مهندسی نرم افزار 1

ویراست هفتم

تألیف:

راجر اس. پرسمن

ترجمه:

عین‌الله جعفرنژاد قمی، ابراهیم عامل محرابی

دانش نگار

فصل ۱

نرم‌افزار و مهندسی نرم‌افزار

؟

نگاهی گذرا

نرم‌افزار چیست؟ نرم‌افزار کامپیوتری، محصولی است که مهندس نرم‌افزار طراحی می‌کند و می‌سازد. شامل برنامه‌هایی می‌شود که در کامپیوتری به هر اندازه و با هر معماری، قابل اجرا هستند، مستنداتی دارد که شامل فرم‌های واقعی و مجازی می‌شود و داده‌هایی دارد که ترکیبی از ارقام و حروف است و البته می‌تواند شامل اشکال نمایشی از قبیل اطلاعات تصویری، ویدیویی و صوتی باشد.

چه می‌کند؟ مهندسان نرم‌افزار آن را می‌سازند و در حقیقت هر کسی در دنیای صنعت چه مستقیم و چه غیر مستقیم از آن استفاده می‌کند.

چرا اهمیت دارد؟ چون تقریباً همه‌ی جنبه‌های زندگی ما را تحت‌تأثیر قرار می‌دهد و در تجارت، فرهنگ و فعالیت‌های روزمره ما نمایان است.

چه مراحلی دارد؟ نرم‌افزارهای کامپیوتری نیز همانند تمام محصولات موفق دیگر ساخته می‌شوند، یعنی با اجرای فرایندی چابک و انعطاف‌پذیر، منجر به نتیجه‌ای با کیفیت بالا می‌شود و نیازهای کاربران آن را برآورده می‌سازد. شما روش مهندسی نرم‌افزار را به کار خواهید بست.

محصول کار چیست؟ از دیدگاه مهندس نرم‌افزار، محصول کار، برنامه‌ها، مستندات و داده‌ها هستند که نرم‌افزار کامپیوتری است. ولی از دیدگاه کاربر، محصول کار، اطلاعاتی است که به نحوی به درد کاربر می‌خورند.

چطور مطمئن شوم که درست از عهده کار برآمده‌ام؟ بقیه کتاب را بخوانید، ایده‌های قابل اجرا روی نرم‌افزار خود را انتخاب و آن را در کار خود اجرا نمایید.

به‌نظر می‌رسید مدیر ارشد یک شرکت نرم‌افزاری بزرگ باشد – بیش از چهل سال سن داشت و موهای روی شقیقه‌اش خاکستری شده بود؛ اندامی تراشیده و ورزشکاری داشت با چشمانی که هنگام سخن‌گفتن در شنونده نفوذ می‌کردند. ولی چیزی گفت که مرا شوکه کرد. «نرم‌افزار مرده است.»

با شگفتی خودم را به نادانی زدم و با لبخندی گفتم: «شوخی می‌کنید، نه؟ دنیا را نرم‌افزارها اداره می‌کنند و شرکت شما هم سود خوبی از آن می‌برد. نرم‌افزار هنوز زنده است و رشد می‌کند.»

سرش را با تأکید تکان داد و گفت: «خیر. مرده است... حداقل آن طور که زمانی می‌شناختیم.»

به جلو خزیدم و گفتم: «ادامه بدهید.»

در حالی که برای تأکید بر گفته‌هایش روی میز ضرب گرفته بود، شروع به صحبت کرد: «این دیدگاه مکتب قدیمی به نرم‌افزار – که آن را می‌خری، مالک آن می‌شوی و مدیریت آن وظیفه تو است – به پایان رسیده است. امروز با ظهور وب ۲/۰ و قدرت بالای کامپیوترها شاهد نسل کاملاً متفاوتی از نرم‌افزارها خواهیم بود. نرم‌افزارها از طریق اینترنت تحویل داده خواهند شد و انگار که دقیقاً روی دستگاه هر کدام از کاربران قرار دارند... ولی در واقع روی یک سرور بسیار دور قرارداده شده‌اند.»

ناچار بودم موافقت کنم: «پس زندگی خیلی ساده‌تر می‌شود. آدم‌هایی مثل شما دیگر مجبور نیستند نگران پنج نسخه‌ی متفاوت از یک برنامه‌ی کاربردی باشند که ده‌ها هزار کاربر از آنها استفاده می‌کنند.»

او لبخندی زد: «دقیقاً. فقط آخرین نسخه‌ای که روی سرورهای ما قرار دارد. همین که تغییر یا تصحیحی به عمل آورده شود، قابلیت عملیات بهنگام شده را در اختیار همه‌ی کاربران قرار می‌دهیم و همه بلافاصله آن را در اختیار خواهند داشت.»

شکلکی در آوردم و گفتم: «ولی اگر مرتکب اشتباه هم بشوید، همه این اشتباه را هم بلافاصله خواهندديد.»

او با لبخند گفت: «درست است و به همین خاطر هم تلاش‌های خودمان را دو برابر کرده‌ایم تا مهندسی نرم‌افزار را بهتر کنیم. مشکل اینجاست که باید این کار را «سریع» انجام دهیم، چون بازار در هر حیطه‌ی کاربردی شتاب گرفته است.»

به صندلی تکیه دادم و دست‌هایم را پشت سرم گذاشتم: «می‌دانید، می‌گویند... می‌توانید سریع، درست و ارزان به آن برسید. از اینها دو مورد را انتخاب کنید!»

در حالی که از جای خود بر می‌خاست، گفت: «من سریع و درست را انتخاب می‌کنم.»

من هم از جای خودم بلند شدم و گفتم «پس واقعاً به مهندسی نرم‌افزار احتیاج دارید.»

در حالی که دور می‌شد گفت: «این را می‌دانم ولی مشکل این است که هنوز باید یک نسل دیگر از افراد فنی را قانع کنیم که این حرف درست است!»

آیا نرم‌افزار *واقعاً* مرده است؟ اگر چنین بود که این کتاب را نمی‌خواندید.

نرم‌افزار کامپیوتری همچنان مهمترین فن‌آوری در صحنه جهانی به شمار می‌رود. و در عین حال مثالی از قانون پیامدهای ناخواسته است. پنجاه سال قبل هیچ کس نمی‌توانست پیش‌بینی کند که نرم‌افزارها به یک فن‌آوری ضروری برای تجارت، علوم و مهندسی تبدیل خواهند شد؛ که با کمک نرم‌افزار فن‌آوری‌های جدیدی (مانند مهندسی ژنتیک و فن‌آوری نانو) خلق شود، فن‌آوری‌های موجود (مانند ارتباطات) بسط و توسعه یابند و در فن‌آوری‌های قدیمی‌تر (مانند صنعت چاپ) تغییرات بنیادی پدید آید؛ که نرم‌افزارها نیروی محرکه‌ای برای انقلاب در زمینه کامپیوترهای شخصی شوند؛ که

> «ایده‌ها و تکنیک‌های فن‌آوری نیروی محرکه رشد اقتصادی هستند.»
>
> **مجله‌ی اقتصادی وال‌استریت**

مشتریان بتوانند از مغازه سرکوچه نرم‌افزارها را در قالب بسته‌بندی‌های کوچک خریداری کنند؛ که نرم‌افزار به آهستگی از یک محصول به سرویسی تکامل پیدا کند که شرکت‌های نرم‌افزاری مطابق با درخواست مشتری در قالب یک عملکرد ویژه از طریق مرورگر وب در اختیار او قرار دهند؛ که یک شرکت نرم‌افزاری از تقریباً هر شرکت صنعتی هم عصر خودش بزرگتر و تأثیر گذارتر شود؛ که یک شبکه گسترده که با نرم‌افزار هدایت می‌شود و به آن اینترنت گفته می‌شود، تکامل یابد و همه چیز را از جستجو در کتابخانه گرفته تا خرید از فروشگاه و مسائل سیاسی تغییر دهد.

هیچ کس قادر به این پیش‌بینی نبود که نرم‌افزارها در هر نوع سیستمی تعبیه خواهند شد: حمل و نقل، پزشکی، ارتباطات، نظامی، صنعتی، سرگرمی، ماشین‌های اداری،... و این فهرست تقریباً پایانی ندارد. و اگر به قانون پیامدهای ناخواسته اعتقاد دارید، اثرات فراوانی وجود دارد که هنوز قابل پیش‌بینی نیست.

هیچ کس پیش‌بینی نمی‌کرد که میلیون‌ها برنامه کامپیوتری را باید اصلاح کرد، تطبیق داد و با گذر زمان بهبود بخشید. زحمت اجرای این فعالیت‌های «نگهداری» از کل کار لازم برای ایجاد نرم‌افزار جدید بیشتر است و به افراد و منابع بیشتری نیاز دارد.

از آنجا که اهمیت نرم‌افزارها افزایش یافته است، جامعه نرم‌افزاری پیوسته در تلاش بوده است تا فن‌آوری‌هایی را توسعه بخشد که آن را ساده تر، سریع‌تر و کم هزینه‌تر ساخته، کیفیت برنامه‌ها را در سطحی بالا حفظ کنند. برخی از این فن‌آوری‌ها با هدف یک دامنه‌ی کاربرد مشخص (مثلاً طراحی و پیاده‌سازی وب‌سایت)؛ عده‌ای دیگر بر دامنه‌ی فن‌آوری دیگری تأکید دارند (مثلاً سیستم‌های شیءگرا یا جنبه‌گرا)؛ و عده‌ای نیز پایه‌ای گسترده دارند (مانند سیستم‌های عامل نظیر Linux). ولی هنوز باید فن‌آوری نرم‌افزاری را توسعه بخشیم که همه‌ی این کارها را انجام دهد و احتمال ظهور یک چنین فن‌آوری در آینده اندک است. با این حال، انسان‌ها کار، راحتی، امنیت، سرگرمی، تصمیم گیری‌ها و زندگی خود را روی نرم‌افزارهای کامپیوتری می‌گذارند. پس بهتر است درست این کار را انجام دهند.

این کتاب چارچوبی ارائه می‌دهد که سازندگان نرم‌افزارهای کامپیوتری از آن بتوانند استفاده کنند – یعنی کسانی که باید این کار را درست انجام دهند. این چارچوب شامل یک فرایند، مجموعه‌ای از روش‌ها و آرایه‌ای از ابزارها می‌شود که آن را *مهندسی نرم‌افزار* می‌نامیم.

۱-۱ ماهیت نرم‌افزار

امروزه نرم‌افزار نقشی دوگانه دارد. نرم‌افزار نوعی محصول است و در عین حال وسیله‌ی نقلیه‌ای برای تحویل یک محصول. به‌عنوان محصول، توان محاسباتی بالقوه‌ی یک سخت‌افزار کامپیوتری یا به طور گسترده‌تر، شبکه‌ای از کامپیوترها را بالفعل می‌کند. نرم‌افزار چه در داخل یک تلفن همراه باشد و چه درون یک کامپیوتر بزرگ عمل کند، یک مبدل اطلاعات است. تولید، مدیریت، اکتساب، اصلاح، نمایش یا انتقال اطلاعاتی که می‌تواند به سادگی یک بیت باشد یا به پیچیدگی یک نمایش چندرسانه‌ای. نرم‌افزار به‌عنوان وسیله‌ی نقلیه‌ای برای تحویل یک محصول، مبنای کنترل کامپیوتر (سیستم‌عامل)، مخابرات اطلاعات (شبکه‌ها) و خلق و کنترل برنامه‌های دیگر (محیط‌ها و ابزارهای نرم‌افزاری) را تشکیل می‌دهد.

> **نکته‌ی کلیدی**
>
> نرم‌افزار هم محصول و هم وسیله نقلیه‌ای است که محصول را تحویل می‌دهد.

نرم‌افزار مهمترین محصول عصر ما را تحویل می‌دهد: *اطلاعات*. نرم‌افزار داده‌های شخصی (مانند تراکنش‌های مالی یک فرد) را تبدیل می‌کند به‌طوری که به چیزهای مفیدتری در یک حیطه‌ی محلی تبدیل شوند؛ اطلاعات تجاری را مدیریت می‌کند تا رقابت را بهبود بخشد؛ دروازه‌ای است به سوی شبکه‌های اطلاع‌رسانی جهانی (مانند اینترنت) و وسیله‌ای است برای به‌دست‌آوردن اطلاعات در تمامی اَشکال آن.

> «نرم‌افزار جایی است که در آن رویا کاشته می‌شود و کابوس درو می‌شود، یک برکه اسرارآمیز و انتزاعی که در آن ارواح پلید با اکسیرهای جادویی در رقابت‌اند، جهانی از انسان‌های گرگ‌نما و گلوله‌های نقره‌ای.»
>
> **براد ج. کاکس**

نقش نرم‌افزارهای کامپیوتری طی ۵۰ سال گذشته دستخوش تغییرات فراوان شده است. پیشرفت‌های عالی در زمینه کارآیی سخت‌افزار، تغییرات بنیادی در معماری کامپیوتر، افزایش زیاد حافظه و ظرفیت ذخیره‌سازی و انواع دستگاه‌های ورودی و خروجی، همگی در پیچیده‌ترشدن سیستم‌های کامپیوتری سهیم بوده‌اند. پیچیدگی سیستم می‌تواند باعث حصول نتایج درخشان شود ولی برای کسانی که قرار است سیستمی پیچیده را بسازند، مشکلات عظیمی به بار می‌آورد.

امروزه صنعت عظیم نرم‌افزار به عاملی تعیین کننده در اقتصاد جهان صنعتی تبدیل شده است. تیم‌های متخصصان نرم‌افزار، که هر یک روی بخشی از فن‌آوری لازم برای تحویل یک برنامه‌ی کاربردی پیچیده کار می‌کنند، جایگزین برنامه‌نویسان تنهای گذشته شده‌اند. و هنوز پرسش‌هایی که از آن برنامه‌نویسان تنها پرسیده می‌شدند، همان‌هایی هستند که هنگام ساخته شدن سیستم‌های کامپیوتری مدرن پرسیده می‌شوند[1].

- چرا به پایان رساندن یک نرم‌افزار این قدر وقت می‌گیرد؟
- چرا ساخت نرم‌افزار هزینه‌ی بالایی دارد؟
- چرا نمی‌توانیم همه‌ی خطاها را پیش از تحویل نرم‌افزار به مشتری بیابیم؟
- چرا برای نگهداری یک نرم‌افزار موجود، این قدر وقت و هزینه صرف می‌کنیم؟
- چرا در اندازه‌گیری پیشرفت ساخت و نگهداری نرم‌افزار، دچار مشکل می‌شویم؟

این پرسش‌ها و بسیاری پرسش‌های دیگر، بیانیه‌ای هستند درباره دغدغه‌های مربوط به نرم‌افزار و شیوه توسعه‌ی آن - دغدغه‌هایی که نتیجه‌اش کار مهندسی نرم‌افزار بوده است.

۱-۱-۱ تعریف نرم‌افزار

امروزه اکثر حرفه‌ای‌ها و بسیاری از افراد عامه، سخت معتقدند که می‌دانند «نرم‌افزار» چیست. ولی آیا واقعاً می‌دانند؟

> نرم‌افزار را چگونه باید تعریف کنیم؟

توصیفی درسی از نرم‌افزار می تواند به شکل زیر باشد:

نرم‌افزار عبارت است از: (۱) دستورالعمل‌ها (برنامه‌های کامپیوتری) که هنگام اجرا، ویژگی، عملکرد و کارایی مطلوب را فراهم می‌سازند؛ (۲) ساختمان‌های داده‌هایی که برنامه‌ها را قادر به پردازش مناسب داده‌ها کنند و (۳) اطلاعات توصیفی در هر دو قالب کپی سخت و مجازی که راه‌اندازی و استفاده از برنامه‌ها را شرح دهند.

تردیدی نیست که تعاریف دیگری از نرم‌افزار نیز قابل ارائه است.

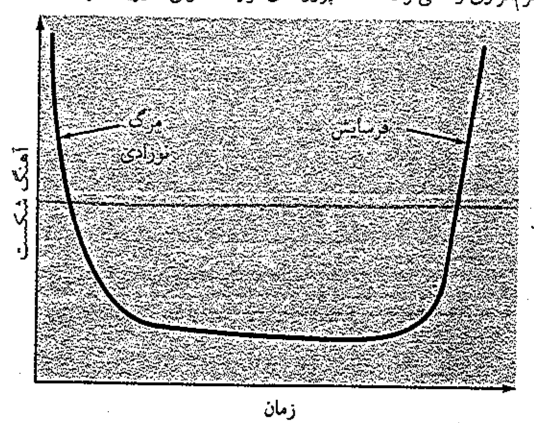
[1] تام دومارکو [DeM95] در یک کتاب عالی در باب تجارت نرم‌افزار خلاف این مدعا را بحث می‌کند و می‌گوید: «به‌جای اینکه بپرسیم چرا نرم‌افزارها این همه هزینه‌بردار هستند دیگر باید بپرسیم: «چه کرده‌ایم تا نرم‌افزارهای امروز هزینه بسیار کمی داشته باشند؟» پاسخ این پرسش به ما کمک خواهد کرد تا سطح موفقیت فوق‌العاده‌ای را که همواره صنعت نرم‌افزار را برجسته ساخته است، حفظ کنیم.»

ولی یک تعریف رسمی‌تر، احتمالاً درک شما را به میزان محسوس‌تری افزایش نخواهد داد. برای دستیابی به این منظور، بررسی خصوصیات نرم‌افزار که آن را با سایر ساخته‌های دست بشر متفاوت می‌سازد، حائز اهمیت است. نرم‌افزار، بیشتر یک عنصر منطقی است تا یک عنصر سیستمی فیزیکی. بنابراین، نرم‌افزار دارای خصوصیاتی است که تفاوت چشمگیری با سخت افزار دارد.

۱. *نرم‌افزار، مهندسی و بسط داده می‌شود و چیزی نیست که به معنای کلاسیک کلمه، ساخته شود.*

> **نکته‌ی کلیدی**
> نرم‌افزارها ساخته نمی‌شوند، بلکه مهندسی می‌شوند.

گرچه شباهت‌هایی میان بسط نرم‌افزار و ساخت سخت‌افزار وجود دارد، این دو عمل، تفاوت بنیادی دارند. در هر دو عمل، کیفیت بالا از طریق طراحی خوب به دست می‌آید، ولی فاز ساخت برای سخت‌افزار باعث بروز مشکلات کیفیتی می‌شود که برای نرم‌افزار وجود ندارند (یا به‌راحتی قابل رفع هستند). هر دو عمل وابسته به انسان هستند، ولی رابطه‌ی میان انسان و کاری که انجام می‌شود، کاملاً متفاوت است (فصل ۲۴). هر دو عمل مستلزم ساخت یک «محصول» هستند ولی روش‌ها متفاوت است. هزینه‌های نرم‌افزار در مهندسی آن متمرکز است. این بدان معناست که پروژه‌های نرم‌افزاری را نمی‌توان همانند پروژه‌های تولید معمولی مدیریت کرد.



شکل ۱-۱ منحنی شکست سخت‌افزار.

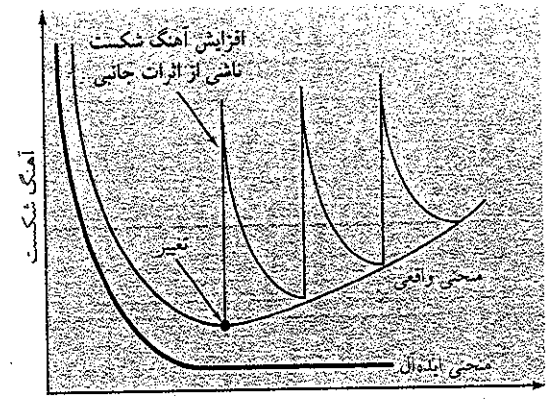
۲. *نرم‌افزار «فرسوده نمی‌شود».*

شکل ۱-۱ نمودار آهنگ شکست را به‌صورت تابعی از زمان برای سخت‌افزار نشان می‌دهد. این رابطه که غالباً «منحنی وانی» نامیده می‌شود، نشان می‌دهد که سخت‌افزار، آهنگ شکست نسبتاً شدیدی در ابتدای عمر خود نشان می‌دهد (این شکست‌ها را غالباً می‌توان به عیوب طراحی و تولید نسبت داد)؛ این عیوب تصحیح می‌شوند و آهنگ شکست برای یک دوره زمانی به مقداری ثابت نزول می‌کند (که امید می‌رود، بسیار پایین باشد). با گذشت زمان، سخت‌افزار شروع به فرسایش کرده دوباره آهنگ شکست شدت می‌گیرد.

> **اندرز**
> اگر می‌خواهید فرسایش نرم‌افزار را کاهش دهید، باید طراحی بهتری انجام دهید (فصل‌های ۸ تا ۱۳).

نرم‌افزار نسبت به ناملایمات محیطی که باعث فرسایش آن می‌شود، نفوذپذیر نیست. بنابراین، در تئوری، منحنی شکست برای نرم‌افزار باید شکل منحنی ایده‌آل شکل ۱-۲ را به خود بگیرد. عیوب کشف نشده باعث آهنگ شکست شدید، در ابتدای عمر برنامه می‌شود. ولی، این عیوب برطرف می‌شوند (با این امید که خطاهای دیگر وارد نشود) و منحنی به‌صورتی که نشان

داده شده است، هموار می‌شود. منحنی ایده‌آل نسبت به منحنی واقعی مدل‌های شکست نرم‌افزار، بسیار ساده‌تر است. ولی، معنای آن واضح است، نرم‌افزار هرگز دچار فرسایش نمی‌شود بلکه زوال می‌یابد!



شکل ۲-۱ منحنی‌های شکست واقعی و ایده‌آل برای نرم‌افزار.

این تناقض ظاهری را می‌توان با در نظر گرفتن «منحنی واقعی» به بهترین وجه توضیح داد (شکل ۲-۱). نرم‌افزار در دوران حیات خود[1] دستخوش تغییر می‌شود (نگهداری). با اعمال این تغییرات، احتمال دارد که برخی عیوب جدید وارد شوند و باعث خیز منحنی آهنگ شکست شوند (شکل ۲-۱). پیش از آنکه منحنی بتواند به آهنگ شکست منظم اولیه خود برسد، تغییر دیگری درخواست می‌شود که باعث خیز دوباره‌ی منحنی می‌شود. حداقل میزان شکست به آهستگی افزایش می‌یابد – نرم‌افزار در اثر تغییر فاسد می‌شود.

یک جنبه‌ی دیگر از فرسایش نیز اختلاف میان سخت‌افزار و نرم‌افزار را نشان می‌دهد. هنگامی که یک مؤلفه از سخت‌افزار فرسوده می‌شود، با یک مؤلفه‌ی یدکی تعویض می‌شود. ولی نرم‌افزار قطعات یدکی ندارد. هر شکست نرم‌افزاری نشانگر خطایی در طراحی یا فرایندی است که طراحی از طریق آن به کدهای قابل اجرا روی ماشین تبدیل می‌شود. از این رو، نگهداری نرم‌افزار به مراتب پیچیده‌تر از نگهداری سخت‌افزار است.

۳. *گرچه صنعت در حال حرکت به سوی مونتاژ قطعات است، اکثر نرم‌افزارها همچنان به‌صورت سفارشی ساخته می‌شوند.*

به موازات تکامل یک رشته‌ی مهندسی، مجموعه‌ای از قطعات طراحی استاندارد ایجاد می‌شود. پیچ‌های استاندارد و مدارات مجتمع آماده،فقط دو مورد از هزاران مؤلفه‌ی استانداردی هستند که مهندسان مکانیک و برق در طراحی سیستم‌های جدید به کار می‌برند. قطعات قابل استفاده‌ی مجدد طوری طراحی شده‌اند که مهندس بتواند بر عناصر واقعاً جدید یک طراحی، یعنی قطعاتی از طراحی که ارائه‌دهنده‌ی چیزی تازه هستند، تمرکز داشته باشد. در جهان سخت‌افزار، استفاده‌ی

نکته‌ی کلیدی

در روش‌های مهندسی نرم‌افزار تلاش می‌شود که از بزرگی و پیرازبزرگی شیب منحنی واقعی در شکل ۲-۱ کاسته شود.

«ایده‌ها قطعات سازنده ایده‌ها هستند.»

جیسون زباسی

[1] درواقع، از همان لحظه‌ای که توسعه‌ی نرم‌افزار آغاز می‌گردد و مدت‌ها قبل از تحویل اولین نسخه، تغییرات ممکن است توسط طرف‌های ذینفع گوناگون درخواست گردد.

مجدد از قطعات، بخشی طبیعی از فرایند مهندسی است. در مهندسی نرم‌افزار این امر به تازگی مورد توجه قرار گرفته است.

یک مؤلفه‌ی نرم‌افزاری باید چنان طراحی و پیاده‌سازی شود که بتوان در برنامه‌های متفاوت از آن بهره برد. در دهه ۱۹۶۰، کتابخانه‌هایی از زیرروال‌های علمی ساختیم که در آرایه‌ی گسترده‌ای از کاربردهای مهندسی و علمی قابل استفاده بودند. این کتابخانه‌ها از الگوریتم‌هایی معین به شیوه‌ای کارامد استفاده می‌کردند، ولی دامنه‌ی کاربرد محدودی داشتند. امروزه، ایده‌ی استفاده‌ی مجدد نه تنها الگوریتم‌ها، بلکه ساختمان داده‌ها را نیز در بر می‌گیرد. قطعات مدرن قابل استفاده‌ی مجدد، هم داده‌ها و هم پردازشی را که در مورد آنها اعمال می‌گردد، پنهان‌سازی کرده مهندس نرم‌افزار را قادر می‌سازد تا از قطعات قابل استفاده‌ی مجدد، برنامه‌های کاربردی جدید بسازد[1]. برای مثال، واسط‌های کاربر گرافیکی امروزی با استفاده از قطعات قابل استفاده‌ی مجدد ساخته می‌شوند که ایجاد پنجره‌های گرافیکی، منوهای بازشونده و انواع راهکارهای محاوره را میسر می‌سازند.

۲-۱-۱ دامنه‌های کاربرد نرم‌افزار

امروزه هفت گروه وسیع از نرم‌افزارهای کامپیوتری، پیوسته باعث چالش برای مهندسان نرم‌افزار می‌شوند:

نرم‌افزارهای سیستمی. نرم‌افزار سیستمی مجموعه‌ای از برنامه‌هاست که برای سرویس‌دهی به برنامه‌های دیگر نوشته شده‌اند. برخی نرم‌افزارهای سیستمی (مثل کامپایلرها، ویراستارها و برنامه‌های کمکی مدیریت فایل) ساختارهای اطلاعاتی پیچیده ولی قطعی[2] دارند. برخی برنامه‌های سیستمی دیگر (نظیر قطعات سیستم‌عامل، راه‌اندازها، پردازنده‌های ارتباط راه دور) مقادیر زیادی از داده‌های مبانی را پردازش می‌کنند. در هر حال، مشخصه‌های حیطه‌ی نرم‌افزارهای سیستمی عبارتنداز: تعامل سنگین با سخت‌افزار کامپیوتر؛ استفاده سنگین توسط چند کاربر؛ عمل کنونی که مستلزم زمان‌بندی است؛ مدیریت فرایند پیچیده و اشتراک منابع؛ ساختمان داده‌های پیچیده و واسط‌های خارجی چندگانه.

نرم‌افزارهای کاربردی – برنامه‌های مستقلی که یک نیاز تجاری مشخص را بر طرف می‌سازند. برنامه‌های کاربردی در این حوزه، داده‌های تجاری و فنی را به شیوه‌ای پردازش می‌کنند که عملیات تجاری یا تصمیم‌گیری‌های مدیریتی/فنی را سهولت بخشند. علاوه بر برنامه‌های کاربردی مرسوم داده‌پردازی از نرم‌افزارهای کاربردی برای کنترل عملیات تجاری در زمان حقیقی (بی‌درنگ) (مانند پردازش تراکنش‌های نقطه فروش و کنترل فرایندهای تولیدی بی‌درنگ) استفاده می‌شود.

نرم‌افزارهای مهندسی/علمی. نرم‌افزارهای علمی توسط الگوریتم‌هایی مشخص می‌شوند که «ارقام و اعداد» را پردازش می‌کنند. کاربردهای آن از نجوم تا بررسی آتش‌فشان‌ها، از تحلیل فشار خودکار تا دینامیک مدار شاتل‌های فضایی و از زیست‌شناسی مولکولی تا مکانیزاسیون صنعتی را

مرجع وب

از جمله جامع‌ترین کتابخانه‌های حاوی نرم‌افزارهای رایگان و اشتراکی می‌توان به سایت زیر اشاره کرد:
shareware.cnet.com

[1] توسعه‌ی مبتنی بر مؤلفه‌ها موضوع بحث فصل ۱۰ است.

[2] نرم افزار درصورتی *قطعی* است که ترتیب و زمان‌بندی ورودی‌ها، پردازش و خروجی‌ها قابل پیش‌بینی باشد. نرم افزار درصورتی *غیرقطعی* است که ترتیب و زمان‌بندی ورودی‌ها، پردازش و خروجی‌ها را نتوان از قبل در آن پیش‌بینی کرد.

در بر می‌گیرد. ولی، کاربردهای نوین در حیطه‌ی مهندسی و علمی از الگوریتم‌های عددی مرسوم فراتر رفته‌اند. طراحی به کمک کامپیوتر، شبیه‌سازی سیستم‌ها، و برنامه‌های کاربردی محاوره‌ای دیگر، رفته رفته خصوصیات نرم‌افزارهای بی‌درنگ و نرم‌افزارهای سیستمی را به خود می‌گیرند.

نرم‌افزارهای تعبیه شده. در حافظه فقط خواندنی جای دارند و برای کنترل محصولات و سیستم‌های مربوط به بازارهای صنعتی و مصرفی به کار می‌رود. نرم‌افزار تعبیه شده قادر به انجام اعمالی بسیار محدود و اختصاصی (از قبیل کنترل صفحه‌کلید برای فرهای مایکروویو) بوده یا وظایف مهم و قابلیت کنترل (مانند عملیات دیجیتال در خودروها از قبیل کنترل سوخت، صفحه نمایش داشبورد، سیستم ترمز و غیره) را بر عهده دارد.

نرم‌افزارهای خط تولید- برای فراهم آوردن یک قابلیت خاص، جهت استفاده توسط بسیاری از مشتریان مختلف طراحی می‌شوند. نرم‌افزارهای خط تولید ممکن است یک بازار محدود و خاص (مانند محصولات کنترل موجودی) را هدف قرار دهند یا بازارهای پرمشتری (مانند برنامه‌های کاربردی واژه‌پرداز، صفحه‌گسترده، گرافیک کامپیوتری، خبر رسانه‌ای، سرگرمی، مدیریت بانک‌های اطلاعاتی و اموال تجاری) را پوشش دهند.

برنامه‌های کاربردی تحت وب - این گروه از نرم‌افزارهای شبکه‌ای شامل مجموعه‌ی گسترده‌ای از برنامه‌های کاربردی می‌شود. برنامه‌های تحت وب می‌توانند قدری بیشتر از یک مجموعه فایل‌های اَبَرمتن[1] باشند که اطلاعات را با استفاده از متن و گرافیک محدود ارائه می‌دهند. ولی با ظهور وب ۲/۰، برنامه‌های تحت وب در حال تکامل به محیط‌های کامپیوتری پیچیده‌ای هستند که نه تنها ویژگی‌های مستقل فراهم می‌آورند بلکه شامل بانک‌های اطلاعاتی و برنامه‌های کاربردی تجاری نیز می‌شوند.

نرم‌افزارهای هوش‌مصنوعی. نرم‌افزارهای هوش‌مصنوعی (AI) برای حل مسائل پیچیده‌ای که به روش‌های عددی قابل حل نیستند، از الگوریتم‌های غیرعددی استفاده می‌کنند. *سیستم‌های خبره*، که سیستم‌های مبتنی بر آگاهی نیز نامیده می‌شوند؛ تشخیص الگوها (تصویری و صوتی)؛ شبکه‌های عصبی مصنوعی؛ اثبات قضایا و بازی، همگی مثال‌هایی از کاربرد این گروه هستند.

میلیون‌ها مهندس نرم‌افزار در سرتاسر جهان روی یک یا چند مورد از این گروه‌ها سخت مشغول کارند. در برخی موارد، سیستم‌های جدیدی در حال ساخته شدن هستند ولی در بسیاری موارد دیگر، برنامه‌های کاربردی موجود در حال تصحیح، انطباق و بهسازی هستند. به‌وفور پیش می‌آید که یک مهندس نرم‌افزار جوان روی برنامه‌ای کار کند که سن آن از خود او بیشتر باشد! نسل‌های گذشته در هر کدام از گروه‌های ذکرشده در بالا میراثی به‌جا گذاشته‌اند. امید می‌رود که این میراث توسط نسل جدید مهندسان پشت سر نهاده شود و زحمت مهندسان آینده کم شود. و به علاوه، چالش‌های جدیدی (فصل ۳۱) نیز پیش روی داریم.

کار با کامپیوتر در جهانی باز - رشد سریع شبکه‌های بی‌سیم ممکن است به زودی به محیطی واقعاً فراگیر و توزیع شده برای کار با کامپیوتر منجر شود. چالشی که مهندسان فراروی خود خواهند داشت، توسعه‌ی سیستم‌ها و برنامه‌های کاربردی است‌که برقراری ارتباط میان کامپیوترهای شخصی، دستگاه‌های همراه و سیستم‌های اداری را از طریق شبکه‌های گسترده میسر سازند.

> «هیچ کامپیوتری نیست که عمل سلیم داشته باشد.»
> **مارووین مینسکی**

[1] hypertext

تامین منابع از طریق شبکه - شبکه جهانی وب به سرعت در حال تبدیل به یک موتور کامپیوتری و نیز منبعی برای ارائه اطلاعات است. چالش برای مهندسان نرم‌افزار، معماری برنامه‌های کاربردی ساده (مانند برنامه‌های مالی شخصی) و پیچیده‌ای است که بازارهای کاربر نهایی هدف را در سرتاسر جهان متقع سازند.

کد منبع باز[1] - تمایل رو به رشدی است که منجر به توزیع کدهای منبع سیستم‌ها و برنامه‌های کاربردی (مانند سیستم‌های عامل، بانک‌های اطلاعاتی و محیط‌های برنامه‌سازی) شده است به‌طوری که افراد بسیاری بتوانند در توسعه‌ی آن سهیم شوند. چالش پیش روی مهندسان نرم‌افزار، ساختن کد منبعی است که خودگویا باشد و از آن مهمتر، توسعه‌ی تکنیک‌هایی که هم مشتری و هم توسعه‌دهنده را قادر سازد تا بدانند چه تغییراتی به عمل آمده است و این تغییرات در نرم‌افزار چگونه نمود می‌یابند.

هر کدام از این تغییرات جدید بدون تردید از *قانون پیامدهای ناخواسته*[2] پیروی می‌کنند و دارای اثراتی هستند (برای دست اندرکاران امور تجاری، مهندسان نرم‌افزار و کاربران نهایی) که امروز قابل پیش‌بینی نیستند. ولی مهندسان نرم‌افزار با ارائه‌ی فرایندی که به قدر کافی هوشمند و قابل انطباق باشد تا بتواند تغییرات فن‌آوری را سامان دهد و قوانین تجاری‌ای را که مطمئن هستند طی دهه بعد ظهور خواهند کرد، پوشش دهد، می‌توانند خود را آماده کنند.

> «همیشه نمی‌توان پیش‌بینی کرد ولی همیشه می‌توان آماده بود.»
> **گمنام**

۳-۱-۱ نرم‌افزارهای قدیمی

صدها هزار برنامه کامپیوتری در یکی از هفت دامنه‌ی وسیعی قرار می‌گیرند که در بخش قبل ذکر شدند. برخی از آنها نرم‌افزارهایی با فن‌آوری پیشرفته‌اند- که تنها برای افراد خاص، صنایع یا دولت ارائه می‌شوند. ولی سایر برنامه‌ها قدیمی‌تر و در برخی موارد، بسیار قدیمی‌ترند.

این برنامه‌های قدیمی‌تر- که غالباً از آنها به‌عنوان *نرم‌افزارهای قدیمی* یاد می‌شود- از دهه ۱۹۶۰ کانون توجه بودند. دیانی- فارد و همکاران [Day99] نرم‌افزارهای قدیمی را چنین توصیف می‌کنند:

> سیستم‌های نرم‌افزاری قدیمی... چند دهه قبل ساخته شده‌اند و پیوسته اصلاح شده‌اند تا تغییرات به عمل آمده در خواسته‌های تجاری و سکوهای محاسباتی را پاسخ‌گو باشند. ازدیاد این گونه سیستم‌ها باعث دردسر برای سازمان‌های بزرگی می‌شود که نگهداری از آنها را پر هزینه و تکامل بخشیدن به آنها را خطرناک می‌دانند.

لیو و همکاران [Liu98] این توصیف را با ذکر این نکته بسط می‌دهند که «بسیاری از سیستم‌های قدیمی همچنان عملیات اصلی و مرکزی تجاری را پشتیبانی می‌کنند و نمی‌توان از آنها چشم‌پوشی کرد.» از این رو، مشخصه‌های نرم‌افزارهای قدیمی عمر طولانی و اهمیت تجاری آنهاست.

متأسفانه، گاهی یک مشخصه اضافی وجود دارد که در نرم‌افزارهای قدیمی به چشم می‌خورد- کیفیت ضعیف[3]. سیستم‌های قدیمی گاهی دارای طراحی غیرقابل گسترش، کدهای پیچیده، مستندسازی ضعیف یا بدون مستندسازی، موارد و نتایج آزمونی که هرگز بایگانی نشده‌اند و یک

> اگر با یک سیستم قدیمی مواجه شوم که کیفیت ضعیفی دارد، چه باید بکنم؟

[1] open source
[2] law of unintended consequences
[3] در این مورد، کیفیت بر اساس تفکر جدید مهندسی نرم‌افزار قضاوت می‌شود- یک ملاک نسبتاً ناعادلانه چرا که برخی اصول و مفاهیم مهندسی نرم‌افزار نوین در زمان ساخته‌شدن نرم‌افزارهای قدیمی هنوز به خوبی شناخته نشده بودند.

تاریخچه تغییر با مدیریت ضعیف هستند که البته این فهرست را می‌توان باز هم ادامه داد و با تمام این تفاصیل، این سیستم‌ها «عملیات اصلی و مرکزی تجاری را پشتیبانی می‌کنند و نمی‌توان از آنها چشم‌پوشی کرد.» حال، تکلیف چیست؟

تنها پاسخ منطقی ممکن است این باشد که «کاری نکنیم.» دست کم تا زمانی که سیستم قدیمی باید دستخوش یک تغییر چشمگیر شود. اگر نرم‌افزار قدیمی نیازهای کاربران خودش را برآورده می‌سازد و با اطمینان کار می‌کند، خراب نیست و نیازی هم به ترمیم ندارد. ولی با گذشت زمان، سیستم‌های قدیمی غالباً به یک یا چند دلیل از دلایل زیر تکامل می‌یابند:

- نرم‌افزار باید برای برآورده‌ساختن نیازهای محیط‌های جدید کامپیوتری یا فن‌آوری‌های جدید اصلاح گردد.
- نرم‌افزار باید بهبود یابد تا خواسته‌های تجاری جدید را پیاده‌سازی کند.
- نرم‌افزار باید گسترش داده شود تا با سایر سیستم‌ها یا بانک اطلاعاتی جدیدتر قابلیت همکاری داشته باشد.
- نرم‌افزار باید دوباره معماری شود تا در یک محیط شبکه نیز قادر به ادامه‌ی حیات باشد.

چه نوع تغییراتی در سیستم‌های قدیمی به‌عمل آمده است؟

هنگامی که این شیوه‌های تکامل رخ دهد، یک سیستم قدیمی را باید دوباره مهندسی نمود (فصل ۲۹) به‌طوری که در آینده بتواند به حیات خود ادامه دهد. هدف مهندسی نرم‌افزار جدید، «ابداع روش‌شناسی‌هایی است که براساس مفهوم تکامل بنا نهاده می‌شوند.» یعنی این مفهوم که سیستم‌های نرم‌افزاری پیوسته در حال تغییرند، سیستم‌های نرم‌افزاری جدید از سیستم‌های قدیمی ساخته می‌شوند و... همه باید قادر به همکاری باشند.» [Day99]

۲-۱ ماهیت منحصر به فرد برنامه‌های کاربردی تحت وب

در روزهای اولیه شبکه جهانی وب (حدود ۱۹۹۰ تا ۱۹۹۵)، وب‌سایت‌ها شامل یک مجموعه فایل‌های آبرمتن پیونددار می‌شد که اطلاعات را با استفاده از متن و گرافیک محدود ارائه می‌دادند. با گذشت زمان، تکمیل HTML با ابزارهای برنامه‌نویسی (مانند XML و جاوا) به مهندسان وب این امکان را داد تا قابلیت‌های کامپیوتری را همراه با محتوای اطلاعاتی فراهم سازند. سیستم‌ها و برنامه‌های کاربردی مبتنی بر وب[1] (که آنها را در کل برنامه‌های تحت وب می‌نامیم) پا به عرصه وجود نهادند. امروزه برنامه‌های تحت وب به ابزارهای کامپیوتری پیچیده‌ای تکامل یافته‌اند که نه تنها عملکردی مستقل را در اختیار کاربر نهایی قرار می‌دهند، بلکه با بانک‌های اطلاعاتی و برنامه‌های کاربردی تجاری یکی شده‌اند.

«تا آن هنگام که هر گونه ناپایداری بیم، وب به چیزی کاملاً متفاوت تبدیل شده است.»

لویی مونیه

همان‌طور که در بخش ۲-۱-۱ گفته شد، برنامه‌های تحت وب، یکی از گروه‌های متماز نرم‌افزارند. با این حال، می‌توان استدلال کرد که برنامه‌های تحت وب، متفاوتند. پاول [Pow98] پیشنهاد می‌کند که

[1] در حیطه این کتاب، عبارت «برنامه‌ی تحت وب» شامل همه چیز از یک صفحه وب ساده می‌شود که ممکن است به مصرف کننده کمک کند تا بدهی خود را برای خرید خودرو پرداخت کند تا یک وب‌سایت جامع و فراگیر که خدمات مسافری کامل را برای بازرگانان و افراد عادی که به تعطیلات می‌روند، فراهم می‌آورد. این گروه شامل وب‌سایت‌های کامل، عملکردهای خاص موجود در وب‌سایت‌ها و برنامه‌های پردازش اطلاعات می‌شود که روی اینترنت یا روی یک اینترانت یا اکسترانت قرار دارند.

برنامه‌های کاربردی سیستم‌های مبتنی بر وب «شامل مخلوطی از انتشارات چاپی و توسعه‌ی نرم‌افزار، از بازاریابی و کار با کامپیوتر، از ارتباطات داخلی و ارتباطات خارجی و از هنر و فن‌آوری هستند.» در اکثریت وسیع برنامه‌های تحت وب، صفحه‌های زیر مشاهده می‌شود.

چه خصوصیاتی برنامه‌های تحت وب را از سایر نرم‌افزارها متمایز می‌سازند؟

میزان تمرکز شبکه. برنامه‌های تحت وب روی یک شبکه قرار دارند و باید نیازهای جامعه‌ای متنوع از کلاینت‌ها را برآورده سازند. شبکه ممکن است برقراری ارتباط و دستیابی جهانی را میسر سازد (یعنی اینترنت) یا برقراری ارتباط و دستیابی جهانی را در سطحی محدودتر امکان‌پذیر کند (مثلاً یک اینترنت شرکتی).

همروندی.[1] ممکن است یک باره تعداد بسیاری از کاربران به برنامه‌ی تحت وب دستیابی داشته باشند. در بسیاری موارد، الگوهای استفاده در میان کاربران نهایی ممکن است تفاوتی گسترده داشته باشد.

بار غیرقابل پیش‌بینی. تعداد کاربران برنامه‌های تحت وب ممکن است از روزی به روز دیگر ده یا صد برابر شود. ممکن است دوشنبه صد کاربر ظاهر شوند و روز سه‌شنبه ده‌هزار کاربر داشته باشد.

کارایی. اگر کاربر یک برنامه‌ی تحت وب باید مدتی طولانی منتظر بماند (برای دستیابی، پردازش از طرف سرور، فرمت‌بندی و نمایش از طرف کلاینت)، ممکن است تصمیم بگیرد به‌جای دیگری برود.

قابلیت دسترسی. گرچه انتظار ۱۰۰ درصد قابلیت دسترسی، غیر منطقی است، کاربران برنامه‌های تحت وب پرطرفدار غالباً تقاضای دسترسی ۲۴ ساعته در هفت روز هفته و ۱۲ ماه سال را دارند. کاربران مقیم در استرالیا یا آسیا ممکن است متقاضی دستیابی طی زمان‌هایی باشند که برنامه‌های کاربردی سنتی در امریکای شمالی برای امور نگهداری، از خط خارج شده‌اند.

داده-محوری.[2] عملکرد اصلی بسیاری از برنامه‌های تحت وب، استفاده از آبررسانه‌ها[3] برای ارائه متون، گرافیک، صوت و تصاویر ویدیویی به‌کاربران نهایی است. به علاوه، برنامه‌های کاربردی تحت وب معمولاً برای دستیابی به اطلاعاتی به‌کار می‌رود که روی بانک‌های اطلاعاتی وجود دارند و بخشی از محیط مبتنی بر وب (نظیر برنامه‌های کاربردی تجارت الکترونیکی یا مالی) می‌شوند.

حساس به محتویات. کیفیت و ماهیت زیبایی‌شناختی محتویات از جمله مهمترین عوامل تعیین کننده کیفیت در برنامه‌های تحت وب است.

تکامل پیوسته. بر خلاف نرم‌افزارهای کاربردی سنتی که طی یک سری نسخه‌های برنامه‌ریزی‌شده و با فاصله زمانی تکامل پیدا می‌کنند، برنامه‌های تحت وب پیوسته در حال تکامل هستند. این برای برخی برنامه‌های تحت وب غیر عادی نیست (به ویژه از لحاظ محتویات) که بر اساس یک زمان‌بندی دقیقه به دقیقه بهنگام‌سازی شوندیا اینکه محتویات آنها بسته به درخواست، مستقلاً محاسبه شود.

[1] concurrency
[2] data driven
[3] hypermedia

بی‌واسطگی.[1] بی‌واسطگی- نیاز اجباری برای رساندن سریع نرم‌افزار به بازار- یکی از خصوصیات بسیاری از دامنه‌های کاربردی است ولی برنامه‌های تحت وب غالباً یک زمان رسیدن به بازار دارند که می‌تواند چند روز یا چند هفته باشد.[2]

امنیت. از آنجا که برنامه‌های تحت وب از طریق شبکه در دسترس قرار می‌گیرند، محدودکردن جمعیتی از کاربران نهایی که به برنامه دستیابی داشته باشند، اگر غیر ممکن نباشد، دشوار است. برای محافظت از محتویات حساس و فراهم ساختن شیوه‌های امن برای انتقال داده ها معیارهای امنیتی قوی‌ای باید پیاده‌سازی شوند.

زیبایی‌شناسی. یک بخش غیر قابل انکار از جاذبه‌ی برنامه‌های تحت وب، ظاهر آنهاست. هنگامی که یک برنامه‌ی کاربردی برای بازاریابی یا فروش محصولات یا ایده‌ها طراحی شده باشد، زیبایی شناسی نیز ممکن است به اندازه موفقیت در طراحی فنی اهمیت داشته باشد.

می‌توان استدلال کرد که سایر گروه‌های بحث شده در بخش ۲-۱-۱ گاهی برخی از صفات ذکرشده در بالا را از خود نشان دهند. ولی برنامه‌های تحت وب تقریباً همواره همه‌ی آنها را نشان می‌دهند.

۳-۱ مهندسی نرم‌افزار

به‌منظور ساخت نرم‌افزارهایی که آمادگی برآورده ساختن چالش‌های قرن بیست و یکم را داشته باشند، باید چند واقعیت ساده را بدانید.

نکته‌ی کلیدی
پیش از آنکه برای مساله راهکاری بیابید، آن را درک کنید.

- نرم‌افزارها در واقع به‌طور عمیق در همه‌ی شؤونات زندگی ما تعبیه شده‌اند و در نتیجه، تعداد افرادی که به ویژگی‌ها و عملکردهای فراهم آمده توسط یک برنامه‌ی کاربردی خاص علاقه دارند[3] به‌طور چشمگیری افزایش یافته است. هنگامی که قرار است یک برنامه‌ی کاربردی یا سیستم تعبیه‌شده‌ی جدید ساخته شود، صداهای زیادی را باید شنید و گاهی به‌نظر می‌رسد که هر کدام از آنها دارای عقیده‌ای با اندک تفاوت درباره ویژگی‌ها و عملکردهایی هستند که باید تحویل شود. *لازم می‌آید که برای درک مساله قبل از توسعه‌ی یک راهکار نرم‌افزاری، تلاشی هماهنگ به عمل آید.*
- خواسته‌های فن‌آوری اطلاعات مورد تقاضای افراد، شرکت‌های تجاری و دولت‌ها هر ساله پیچیده‌تر می‌شود. اکنون تیم‌های بزرگی از افراد، برنامه‌های کامپیوتری ایجاد می‌کنند که زمانی توسط یک نفر به تنهایی ساخته می‌شدند. نرم‌افزارهای پیچیده‌ای که زمانی در یک محیط کامپیوتری قابل پیش‌بینی و خود محتوی پیاده‌سازی می‌شدند، اکنون در هر چیزی از دستگاه‌های الکترونیکی مصرفی گرفته تا دستگاه‌های پزشکی و سیستم‌های تسلیحاتی تعبیه شده‌اند. پیچیدگی این سیستم‌های کامپیوتری جدید نیازمند بذل توجه دقیق به تعامل همه‌ی عناصر سیستم است. *لازم است که طراحی، فعالیتی محوری باشد.*

نکته‌ی کلیدی
طراحی، یکی از فعالیت‌های محوری در مهندسی نرم‌افزار است.

[1] immediacy

[2] با ابزارهای مدرن، صفحات وب پیچیده‌ای را در عرض چند دقیقه می‌توان تهیه کرد.

[3] این افراد را بعداً در این کتاب «طرف‌های ذی‌نفع» خواهیم خواند.

نکته‌ی کلیدی
کیفیت و قابلیت نگهداری، هردو نتیجه طراحی خوب هستند.

- افراد، شرکت‌های تجاری و دولت‌ها به‌طور فزاینده‌ای برای تصمیم‌گیری‌های راهبردی و تاکتیکی خود و نیز برای عملیات و کنترل روزمره خود به نرم‌افزارها تکیه می‌کنند. اگر نرم‌افزاری با شکست مواجه شود، افراد و شرکت‌های تجاری، ممکن است شاهد هر چیزی از یک ناراحتی کوچک گرفته تا شکست‌های فاجعه بار باشند. *لازم است که نرم‌افزار، کیفیت بالا یی از خود نشان دهد.*
- با رشد ارزش شناخته‌شده‌ی یک برنامه‌ی کاربردی خاص، این احتمال وجود دارد که تعداد کاربران آن و عمر استفاده از آن نیز رشد کند. با افزایش تعداد کاربران و زمان استفاده، تقاضا برای بهسازی و انطباق نیز رشد می‌کند. *لازم است که نرم‌افزار قابل نگهداری باشد.*

این واقعیت‌های ساده به یک نتیجه منجر می‌شود: *نرم‌افزار در تمامی اشکال خود و در همه‌ی دامنه‌های کاربردی‌اش باید مهندسی شود.* و این ما را به‌عنوان این کتاب- مهندسی نرم‌افزار – رهنمون می‌شود.

گرچه صدها نویسنده، تعاریفی شخصی از مهندسی نرم‌افزار ارائه داده‌اند، تعریفی که فریتزباور [Nau69] در یک همایش مهم ارائه کرده است هنوز هم مبنای بحث ما را تشکیل می‌دهد:

> [مهندسی نرم‌افزار عبارت است از] وضع اصول مهندسی بجا و مناسب و استفاده از آنها برای به دست آوردن یک نرم‌افزار مقرون به صرفه که قابل اطمینان بوده، روی ماشین‌های واقعی به طرزی کارآمد عمل کند.

«مهندسی بیش از یک رشته علمی یا مجموعه اطلاعات است؛ مهندسی یک فعل، واژه‌ای برای کنش و راهی برای نگرش به مساله است.»
اسکات ویتمیر

خواننده وسوسه می‌شود که نکته‌ای به این تعریف بیفزاید[1]. این تعریف چیز زیادی درباره جنبه‌های فنی کیفیت نرم‌افزار نمی‌گوید؛ این تعریف به‌طور مستقیم، نیاز به راضی نمودن مشتری یا تحویل به موقع محصول را مشخص نمی‌کند؛ در آن ذکری از اهمیت موازین و استانداردها به عمل نمی‌آید؛ از اهمیت یک فرایند بالغ سخن به میان نمی‌آورد و با این همه، تعریف فریتزباور یک تعریف بنیادی است. «اصول مهندسی مناسب و بجا» کدامند که در بسط نرم‌افزار کامپیوتری قابل اجرا هستند؟ چطور می‌توان نرم‌افزار «مقرون به صرفه‌ای» ساخت که «قابل اطمینان» باشد؟ برای ایجاد برنامه‌های کامپیوتری که نه تنها یک ماشین واقعی بلکه «ماشین‌های واقعی» متفاوت به‌طرزی کارآمد عمل کنند، چه چیزهایی لازم است؟ اینها پرسش‌هایی است که همچنان مهندسان نرم‌افزار را به چالش فرا می‌خوانند.

مهندسی نرم‌افزار را چگونه تعریف می‌کنیم؟

IEEE [IEE93a] تعریف مفهومی‌تری ارائه می‌دهد:

> مهندسی نرم‌افزار: (۱) کاربرد یک روش سیستماتیک، علمی و کمیت‌پذیر در بسط، راه‌اندازی و نگهداری نرم‌افزار؛ یعنی استفاده از مهندسی در نرم‌افزار. (۲) مطالعه روش‌ها به‌صورت ذکرشده در (۱).

و با این وجود، یک روش «سیستماتیک، منضبط و کمیت‌پذیر» که یک تیم به‌کار می‌برد ممکن است برای تیم دیگر، پرزحمت به نظر آید. ما به انضباط نیاز داریم ولی به انطباق‌پذیری[2] و سرعت انتقال هم نیازمندیم.

[1] برای چندین تعریف دیگر از مهندسی *نرم‌افزار*، وب‌سایت زیر را ببینید:
www.answers.com/topic/software-engineering#wp-_note-13

[2] adaptability

شکل ۳-۱ لایه‌های مهندسی نرم‌افزار

نکته‌ی کلیدی
مهندسی نرم‌افزار شامل یک فرایند، روش‌هایی برای مدیریت و مهندسی کردن نرم‌افزار و یک سری ابزار می‌شود.

مهندسی نرم‌افزار یک فن‌آوری لایه‌ای است. با توجه به شکل ۳-۱، هر روش مهندسی (از جمله مهندسی نرم‌افزار) باید متکی بر تعهد سازمانی به کیفیت باشد. مدیریت کیفیت فراگیر (TQM)[1]، شش سیگما[2] و سایر فلسفه‌های مشابه[3] رواج‌دهنده‌ی فرهنگ بهبود پیوسته‌ی فرایند هستند و همین فرایند است که سرانجام به توسعه‌ی روش‌های کارامدتر در مهندسی نرم‌افزار می‌انجامد. سنگ بنای نگهدارنده‌ی مهندسی نرم‌افزار، توجه به کیفیت است.

بنیاد مهندسی نرم‌افزار، لایه‌ی فرایند است. مهندسی نرم‌افزار به مثابه چسبی عمل می‌کند که لایه‌های فنّاوری را به هم نگه می‌دارد و بسط موجه و به‌موقع نرم‌افزارهای کامپیوتری را میسر می‌سازد. فرایند، *چارچوبی* را تعریف می‌کند که باید برای تحویل مؤثر فنّاوری مهندسی نرم‌افزار وضع شود. فرایند نرم‌افزار، پایه‌ای برای کنترل مدیریتی پروژه‌های نرم‌افزاری تشکیل داده بستری برای اِعمال روش‌های فنی، تولید محصولات کاری (مدل‌ها، مستندات، داده‌ها، گزارش‌ها، فرم‌ها و غیره)، تعیین مراحل، حصول اطمینان از کیفیت و مدیریت مناسب تغییرات ایجاد می‌کند.

روش‌های مهندسی نرم‌افزار، شیوه‌های فنی برای ساخت نرم‌افزار را فراهم می‌آورند. این روش‌ها شامل آرایه‌ی وسیعی از وظایف از جمله: تحلیل خواسته‌ها، طراحی، ساخت برنامه‌ها، آزمایش و پشتیبانی می‌شوند. روش‌های مهندسی نرم‌افزار متکی بر یک مجموعه اصول بنیادی است که بر تمام زمینه‌های فنّاوری حاکم بوده شامل فعالیت‌های مدلسازی و فنون توصیفی دیگر می‌شوند.

ابزارهای مهندسی نرم‌افزار، متضمن پشتیبانی خودکار یا نیمه خودکار برای فرایند و روش‌ها هستند. هنگامی که ابزارها گرد هم آیند به طوری که اطلاعات ایجاد شده توسط یک ابزار، توسط ابزارهای دیگر قابل استفاده باشند، سیستمی برای پشتیبانی بسط نرم‌افزار شکل می‌گیرد که *مهندسی نرم‌افزار به کمک کامپیوتر* (CASE)[4] نام دارد.

مرجع وب
CrossTalk نشریه‌ای تخصصی است که درباره فرایند، روش‌ها و ابزارها، اطلاعاتی عملی فراهم می‌سازد. می‌توان آن را در وب‌سایت زیر یافت:
www.stsc.hill.af.mil

۱-۴ فرایند نرم‌افزار

عناصر فرایند نرم‌افزار کدامند؟

فرایند، مجموعه‌ای از فعالیت‌ها، کنش‌ها[5] و وظایف است که هنگام ایجاد یک محصول کاری اجرا می‌شوند. یک *فعالیت*، کوششی است در جهت رسیدن به هدفی گسترده (مانند برقراری ارتباط با افراد ذی‌نفع) و دامنه‌ی کاربرد، اندازه پروژه، پیچیدگی تلاش‌ها یا میزان جدیت به‌کارگیری مهندسی نرم‌افزار

[1] Total Quality Mnagement
[2] six sigma
[3] مدیریت کیفیت و روش‌های مرتبط در فصل ۱۴ و سرتاسر بخش سوم از این کتاب بحث شده‌اند.
[4] Computer Aided Software Engineering
[5] actions

هرچه که باشد، این کوشش باید انجام شود. یک *کنش* (مانند طراحی معماری) شامل مجموعه‌ای از وظایف می‌شود که یک محصول کاری عمده را تولید می‌کنند (مانند مدل طراحی معماری). *وظیفه* به یک شیء کوچک ولی کاملاً معین (مانند اجرای آزمون روی یک واحد) توجه دارد که نتیجه‌ای ملموس ایجاد کند.

در حیطه‌ی مهندسی نرم‌افزار، فرایند، دستورالعمل نهایی برای چگونگی ساخت نرم‌افزارهای کامپیوتری نیست بلکه یک روش انطباق‌پذیر است که افراد کننده‌ی کار (تیم نرم‌افزار) به کمک آن می‌توانند مجموعه‌ی مناسبی از کنش‌ها و وظایف کاری را برگزینند. هدف، همیشه تحویل سروقت نرم‌افزار با کیفیت کافی به‌منظور راضی نمودن کسانی است که ایجاد آن را پشتیبانی کرده‌اند و کسانی که از آن استفاده می‌کنند.

چارچوب فرایند با تعیین تعداد کوچکی از *فعالیت‌های چارچوبی* که برای کلیه پروژه‌های نرم‌افزاری قابل استفاده باشند، صرف نظر از اندازه و پیچیدگی آنها، شالوده‌ای برای یک فرایند مهندسی نرم‌افزار کامل پی‌ریزی می‌کند. به علاوه، چارچوب فرایند شامل مجموعه‌ای از *فعالیت‌های چتری* می‌شود که در سرتاسر فرایند نرم‌افزار قابل اِعمال هستند. یک «چارچوب فرایند» کلی برای مهندسی نرم‌افزار شامل پنج فعالیت می‌شود:

پنج فعالیت چارچوبی در فرایند کلی را نام ببرید.

ارتباطات (Communication). پیش از اینکه هرگونه کار فنی آغاز شود، برقراری ارتباط و همکاری با مشتری (و سایر افراد ذی‌نفع[1]) بسیار مهم است. هدف، درک اهداف طرف‌های ذی‌نفع برای پروژه و جمع‌آوری خواسته‌هایی است که می‌توانند ویژگی‌ها و قابلیت‌های عملیاتی نرم‌افزار را تعیین کنند.

برنامه‌ریزی (Planning). هر سفر پیچیده‌ای را با در اختیار داشتن یک نقشه می‌توان ساده کرد. یک پروژه‌ی نرم‌افزاری، سفری پیچیده است و فعالیت برنامه‌ریزی، «نقشه‌ای» ایجاد می‌کند که به راهنمایی تیم در انجام این سفر کمک می‌کند. این نقشه – که نقشه پروژه نرم‌افزار نامیده می‌شود – با توصیف وظایف فنی که قرار است اجرا شوند، خطرات احتمالی، منابعی که مورد نیاز خواهند بود، محصولات کاری‌ای که باید تولید شوند و زمان‌بندی کاری، مهندسی نرم‌افزار را مشخص می‌کند.

مدل‌سازی (Modeling). شما خواه یک انبوه‌ساز باشید، خواه یک پل‌ساز یا مهندس هوانوردی، نجار باشید یا معمار، هر روز با مدل‌ها کار می‌کنید. اِتودی می‌زنید تا تصویر بزرگ را درک کنید – اینکه از نظر معماری چه ظاهری دارد، بخش‌های سازنده‌اش چگونه با هم جور در خواهند آمد، و بسیاری خصوصیت‌های دیگر. در صورت نیاز، این اتود را به جزئیات بیشتر و بیشتر پالایش می‌کنید تا مسأله و چگونگی حل آن را بهتر درک کنید. مهندس نرم‌افزار با ایجاد مدل‌هایی جهت درک بهتر خواسته‌ها و طراحی که به این خواسته‌ها برسد، همین کار را می‌کند.

ساخت (Construction). این فعالیت، تولید کدها (چه دستی و چه خودکار) و آزمون لازم برای آشکارکردن خطاهای موجود در کدها را با هم تلفیق می‌کند.

[1] طرف‌های ذی‌نفع به کسانی گفته می‌شود که در پیامدهای موفق پروژه سهم دارند-حدیران تجاری، کاربران نهایی، مهندسان نرم‌افزار، افراد پشتیبان و غیره.

> «فرایند تعیین می‌کند که چه کسی چه کاری را در چه زمانی و چگونه انجام دهد تا به هدفی معین برسد.»
> **ایوار جیکابسون**

دایستین استدلال می‌کرد که برای طبیعت باید توضیحی ساده وجود داشته باشد چون خداوند از روی هوس کار نکرده است. ولی چین ایمانی را به مهندس نرم‌افزار نمی‌توان داشت. بیشتر پیچیدگی‌هایی که او باید مدیریت کند، این گونه‌اند.
فرد بروکز

استقرار (Deployment). نرم‌افزار (به‌عنوان یک موجودیت کامل یا در مرحله‌ای از تکامل) به مشتری تحویل می‌شود که محصول تحویل شده را ارزیابی کرده بر اساس این ارزیابی، بازخوردی ارائه دهد.

این پنج فعالیت کلیِ چارچوبی را می‌توان طی توسعه‌ی برنامه‌های کوچک و ساده، در ایجاد برنامه‌های تحت وب و برای مهندسی سیستم‌های کامپیوتری پیچیده و عظیم به‌کار برد. جزئیات فرایند نرم‌افزار در هر مورد کاملاً متفاوت خواهد بود، ولی فعالیت‌های چارچوبی همین‌ها خواهند بود.

برای بسیاری از پروژه‌های نرم‌افزاری، فعالیت‌های چارچوبی به موازات پیشرفت پروژه به‌صورت تکراری به‌کاربرده می‌شوند. یعنی فعالیت‌های ارتباطات، برنامه ریزی، مدل‌سازی، ساخت و استقرار به‌طور مکرر در چند دور تکرار پروژه به‌کار برده می‌شوند. در هر دور تکرار پروژه، یک نسخه (افزایش)[1] از نرم‌افزار ایجاد می‌شود که زیر مجموعه‌ای از قابلیت‌های عملیاتی و ویژگی‌های نرم‌افزار کامل را در اختیار افراد ذی‌نفع قرار می‌دهد. با تولید هر نمو، نرم‌افزار کامل و کامل‌تر می‌شود.

فعالیت‌های چارچوبی فرایند مهندسی نرم‌افزار توسط تعدادی از *فعالیت‌های چتری* تکمیل می‌شود. به‌طور کلی، فعالیت‌های چتری در سرتاسر یک پروژه‌ی نرم‌افزاری به‌کار برده می‌شوند و به تیم نرم‌افزاری کمک می‌کنند تا پیشرفت، کیفیت، تغیر و ریسک را کنترل کند. فعالیت‌های چتری متداول عبارتند از:

کنترل و پیگیری پروژه‌های نرم‌افزاری – به تیم نرم‌افزاری امکان می‌دهد تا پیشرفت را در مقایسه با نقشه‌ی پروژه بسنجد و هرگونه کنش لازم را برای حفظ زمان‌بندی به عمل آورد.

مدیریت ریسک – خطراتی را ارزیابی می‌کند که ممکن است بر نتیجه‌ی پروژه یا کیفیت محصول تأثیر بگذارند.

تضمین کیفیت نرم‌افزار – فعالیت‌های لازم برای حصول اطمینان از کیفیت نرم‌افزار را معین می‌کند.

بازبینی‌های فنی – محصولات کاریِ مهندسی نرم‌افزار را در تلاش برای آشکار کردن خطاها قبل از انتشار آنها در فعالیت بعدی و برطرف کردن آنها ارزیابی می‌کند.

اندازه‌گیری – موازینی از فرایند، پروژه و محصول را تعریف می‌کند که نیازهای طرف‌های ذی‌نفع را برطرف می‌سازند؛ از آن می‌توان همراه با سایر فعالیت‌های چارچوبی و چتری استفاده کرد.

مدیریت پیکربندی نرم‌افزار – اثرات تغییرات را در سرتاسر فرایند نرم‌افزار مدیریت می‌کند.

مدیریت قابلیت استفاده‌ی مجدد – ملاک‌های مربوط به استفاده‌ی مجدد (از جمله قطعات نرم‌افزاری) را تعریف می‌کند و سازوکارهایی برای دستیابی به قطعات قابل استفاده‌ی مجدد برقرار می‌سازد.

تهیه و تولید محصول کاری – شامل فعالیت‌های لازم برای ایجاد محصولات کاری از قبیل مدل‌ها، مستندات، وقایع نگارها (کارنامه‌ها)، فرم‌ها و فهرست‌ها می‌شود.

هر کدام از این فعالیت‌های چتری را در این کتاب به تفصیل شرح خواهیم داد. قبلاً در این بخش متذکر شدیم که فرایند مهندسی نرم‌افزار یک دستورالعمل نهایی و غیر قابل تغییر نیست که تیم نرم‌افزاری باید با تعصب از آن پیروی کند بلکه باید سریع الانتقال و انطباق‌پذیر باشد (برای مسأله،

نکته‌ی کلیدی

فعالیت‌های چتری در سرتاسر فرایند نرم‌افزار رخ می‌دهند و کانون توجه آنها اساساً مدیریت پروژه، پیگیری و کنترل است.

نکته‌ی کلیدی

انطباق فرایندهای نرم‌افزار برای موفقیت پروژه ضروری است.

[1] increment

برای پروژه، برای تیم و برای فرهنگ سازمانی). بنابراین، فرایندی که برای یک پروژه پذیرفته می‌شود، ممکن است با فرایند پذیرفته شده برای پروژه‌ای دیگر تفاوتی چشمگیر داشته باشد. از جمله این تفاوت‌ها عبارتند از:

- جریان کلی فعالیت‌ها، کنش‌ها و وظایف و بستگی آنها به یکدیگر.
- درجه‌ی تعریف کنش‌ها و وظایف در هر فعالیت چارچوبی.
- درجه‌ی شناسایی محصولات کاری و نیاز به آنها.
- شیوه اِعمال فعالیت‌های تضمین کیفیت.
- درجه‌ی کلی جزئیات به‌کار رفته در توصیف فرایند.
- درجه‌ی دخالت مشتری و طرف‌های ذی‌نفع در پروژه.
- سطح استقلال داده شده به تیم نرم‌افزار.
- درجه‌ی توصیف نقش‌ها و سازمان‌دهی تیم.

در بخش اول این کتاب، فرایند نرم‌افزار را با جزئیات قابل ملاحظه‌ای بررسی خواهیم کرد. مدل‌های فرایندی تجویزی (فصل ۲) بر جزئیات تعریف، شناسایی و کاربرد فعالیت‌ها و وظایف فرایند تأکید دارند. هدف آنها بهبود بخشیدن به کیفیت سیستم، بالا بردن قابلیت مدیریت پروژه‌ها، قابل پیش‌بینی کردن تاریخ‌های تحویل و هزینه‌ها و راهنمایی تیم‌های مهندسان نرم‌افزار در اجرای کارهای لازم برای ساخت یک سیستم است. متاسفانه، مواقعی هست که این اهداف برآورده نمی‌شود. اگر مدل‌های تجویزی با تعصب و بدون انطباق‌پذیری به‌کاربرده شوند، می‌توانند سطح بوروکراسی مرتبط با سیستم‌های کامپیوتری را افزایش دهند و مشکلات جدی برای طرف‌های ذی‌نفع به‌بار آورند.

مدل‌های فرایندی چابک (فصل ۳) بر «سرعت» تأکید دارند و مجموعه‌ای از اصول را دنبال می‌کنند که به یک روش غیر رسمی‌تر (ولی به قول طرفداران آن، نه با کارایی کمتر) برای فرایند نرم‌افزار منجر می‌شود. این مدل‌های فرایندی عموماً با عنوان «چابک» مشخص می‌شود زیرا بر قابلیت مانور و انطباق‌پذیری تأکید دارند. این فرایندها برای انواع بسیاری از پروژه‌ها مناسب بوده به‌ویژه هنگام مهندسی برنامه‌های کاربردی تحت وب مفید واقع می‌شوند.

۱-۵ مهندسی نرم‌افزار در عمل

در بخش ۴-۱ یک مدل فرایند نرم‌افزار کلی معرفی کردیم که مرکب از مجموعه‌ای از فعالیت‌هاست که چارچوبی برای پیاده‌سازی مهندسی نرم‌افزار در عمل وضع می‌کنند. فعالیت‌های چارچوبی کلی – ارتباطات، برنامه ریزی، مدل‌سازی، ساخت و استقرار – و فعالیت‌های چتری یک معماری اسکلتی برای کار مهندسی نرم‌افزار وضع می‌کنند. ولی مهندسی نرم‌افزار در عمل چگونه درست از آب در خواهد آمد؟ در بخش‌هایی که به دنبال خواهد آمد، درکی بنیادی از مفاهیم و اصول کلی به دست خواهید آورد که در فعالیت‌های چارچوبی کاربرد دارند[1].

۱-۵-۱ جوهر عمل

جورج پولیا در یک کتاب کلاسیک با عنوان «چگونگی حل مسأله» [Pol45] که قبل از وجود

[1] در آینده هنگام بحث درباره روش‌های مهندسی نرم‌افزار و فعالیت‌های چتری خاص، بهتر است بخش‌های مربوط را در این فصل دوباره مطالعه کنید.

مدل‌های فرایند چه تفاوت‌هایی با یکدیگر دارند؟

«احساس می‌کنم هر دستور غذا مثل آهنگی است که آشپز هوشمند می‌تواند هر بار آن را با یک واریاسیون جدید بنوازد.»

مادام بنوا

فرایند «چابک» چه خصوصیاتی دارد؟

مرجع وب

مجموعه‌ای متنوع از نقل‌قول‌های جالب درباره مهندسی نرم‌افزار در عمل را می‌توان در وب سایت زیر یافت:
www.literateprogramming.com

کامپیوترهای مدرن نوشته شده است، جوهر حل مسأله و در نتیجه «جوهر عمل» در مهندسی نرم‌افزار را چنین مطرح می‌کند:

۱. شناخت مسأله (برقراری ارتباط و تحلیل).
۲. طرح ریزی برای یک حل (مدل‌سازی و طراحی نرم‌افزار).
۳. اجرای برنامه‌ریزی (ایجاد کد).
۴. بررسی نتیجه برای صحت (آزمایش و تضمین کیفیت).

در حیطه مهندسی نرم‌افزار، این مراحل (که عقل سلیم آنها را حکم می‌کند) به یک سری پرسش‌های اساسی می‌انجامد [برگرفته از Pol45]:

شناخت مسأله. گاهی پذیرفتن این واقعیت دشوار است ولی بیشترمان هنگامی که مسأله‌ای به ما ارائه می‌شود، احساس می‌کنیم که به غرور ما لطمه وارد آمده است. چند ثانیه‌ای گوش می‌کنیم و سپس فکر می‌کنیم، *آهان، گرفتم، حالا حلش می‌کنیم.* متأسفانه، درک و شناخت مسأله همیشه آسان نیست. بد نیست زمان اندکی را صرف پاسخ گفتن به چند پرسش ساده کنیم:

- چه کسی از حل مسأله منتفع می‌شود؟ یعنی، طرف‌های ذی‌نفع چه کسانی هستند؟
- مجهولات کدام‌ها هستند؟ چه داده‌ها، توابع و ویژگی‌هایی برای حل مناسب مسأله لازم است؟
- آیا مسأله را می‌توان به قطعات کوچکتر تبدیل کرد که درک آنها ساده‌تر باشد؟
- آیا مسأله را می‌توان با یک نمودار ارائه داد؟ آیا یک مدل تحلیلی برای آن قابل ایجاد است؟

برنامه‌ریزی حل. اکنون مسأله را درک کرده‌اید (یا فکر می‌کنید که درک کرده‌اید) و نمی‌توانید برای نوشتن کدها صبر کنید. پیش از آن که اقدام به کدنویسی کنید قدری حوصله به خرج دهید و اندکی برنامه‌ریزی کنید:

- آیا مسائلی مشابه را قبلاً دیده اید؟ آیا الگوهایی وجود دارند که در حل احتمالی قابل تشخیص باشند؟ آیا نرم‌افزاری برای پیاده‌سازی داده‌ها، قابلیت‌های عملیاتی و ویژگی‌های مورد نیاز وجود دارد؟
- آیا مسائل مشابه را می‌توان حل کرد؟ اگر پاسخ مثبت است، آیا عناصر حل قابلیت استفاده‌ی مجدد را دارند؟
- آیا می‌توان مسأله را به مسائل فرعی تقسیم کرد؟ اگر پاسخ مثبت است، آیا حل مسأله به آسانی از مسائل فرعی هویدا هست؟
- آیا می‌توان حلی را به شیوه‌ای ارائه کرد که به پیاده‌سازی اثربخش منجر گردد؟ آیا یک مدل طراحی قابل ایجاد هست؟

اجرای برنامه‌ریزی. طراحی‌ای که شما ایجاد کرده‌اید، برای سیستمی که در صدد ساخت آن هستید، به‌عنوان یک نقشه راه عمل می‌کند. ممکن است راه‌های انحرافی غیر منتظره وجود داشته باشد و امکان دارد که در طی مسیر، راه‌های بهتری هم کشف کنید ولی این «نقشه» به شما کمک می‌کند تا بدون اینکه گم بشوید، به راه خود ادامه دهید.

- آیا راهکار با برنامه‌ریزی مطابقت دارد؟ آیا کد منبع تا مدل طراحی قابل ردگیری هست؟
- آیا هر بخش از راهکار درست است؟ آیا طراحی و کدها بازبینی شده‌اند یا بهتر از آن، آیا الگوریتم‌ها از نظر درستی بررسی شده‌اند؟

اندرز

ممکن است استدلال کنید که روش پولیا چیزی جز عقل سلیم نیست. درست، ولی جالب است که همین عقل سلیم غالب اوقات در جهان نرم‌افزار به‌کاربرده نمی‌شود.

«در حل هر مسأله، ذره‌ای کشف وجود دارد.»
جورج پولیا

بررسی نتیجه. نمی‌توان اطمینان یافت که راهکار ارائه شده کامل است ولی می‌توان مطمئن شد که تعداد آزمون‌های کافی برای برملاساختن هرچه بیشتر خطاها طراحی شده‌اند.

- آیا می‌توان هر مؤلفه از راهکار را آزمود؟ آیا راهبرد آزمون منطقی پیاده‌سازی شده است؟
- آیا این راهکار، نتایجی ایجاد می‌کند که با داده‌ها، قابلیت‌های عملیاتی و ویژگی‌های مورد نیاز مطابقت داشته باشد؟ آیا نرم‌افزار از لحاظ کلیه‌ی خواسته‌های طرف‌های ذی‌نفع وارسی شده است؟

جای شگفتی نیست که این رویکرد عمدتاً از عقل سلیم نشأت گرفته است. در واقع، منطقی است که بگوییم یک روش مبتنی بر عقل سلیم برای مهندسی نرم‌افزار هرگز شما را گمراه نخواهد کرد.

۲-۵-۱ اصول کلی

واژه‌ی *اصل* (principle) به معنای یک قانون یا فرض زیربنایی است که در یک سیستم فکری وجود آن ضروری است. در سرتاسر این کتاب درباره اصولی با سطوح انتزاع متفاوت بحث خواهیم کرد. برخی از این اصول به مهندسی نرم‌افزار به‌عنوان یک کلیت توجه دارند و برخی دیگر به یک فعالیت چارچوبی کلی مشخص (مانند **ارتباطات**)، می‌پردازند و از آن گذشته عده‌ای نیز بر کنش‌های مهندسی نرم‌افزار (مانند طراحی معماری) یا وظایف فنی (مانند نوشتن یک سناریوی کاربرد) تأکید دارند. این اصول، در هر سطحی از تأکید که قرار داشته باشند، به شما در برقراری یک فضای فکری برای مهندسی نرم‌افزار در عمل، کمک خواهند کرد و اهمیت آنها از این لحاظ است. دیوید هوکر [Hoo96] هفت اصل را مطرح نموده است که کانون توجه آنها کار در مهندسی نرم‌افزار به‌عنوان یک کلّیت است. این اصول را در بندهای زیر عیناً تکرار می‌کنیم[1]:

اصل نخست: دلیل وجود سیستم

هر سیستم به یک وجود نیاز دارد: این که برای کاربرانش ارزشی فراهم سازد. همه‌ی تصمیم گیری‌ها باید با مد نظر داشتن این نکته انجام شود. پیش از مشخص‌کردن یک خواسته‌ی سیستم، پیش از توجه به قطعه‌ای از قابلیت عملیاتی یک سیستم و قبل از تعیین سکوی سخت افزاری یا فرایندهای توسعه‌ای، از خود پرسش‌هایی از این قبیل بپرسید: «آیا این کار ارزشی واقعی به سیستم اضافه می‌کند؟» اگر پاسخ منفی است، آن کار را نکنید. همه‌ی اصول دیگر مؤید این اصل هستند.

اصل دوم: ساده نگه داشتن

طراحی نرم‌افزار یک فرایند تصادفی نیست و در هر تلاش برای طراحی باید عوامل فراوانی را در نظر گرفت. همه‌ی طراحی‌ها باید تا حد امکان ساده باشد ولی نه ساده‌تر. این باعث می‌شود که داشتن یک سیستم قابل‌فهم‌تر با قابلیت نگهداری بالاتر آسان تر شود. این بدان معنا نیست که ویژگی‌های سیستمی، حتی آنهایی که درونی هستند باید به بهانه ساده‌سازی کنار گذاشته شوند. در واقع، طراحی‌های ظریف‌تر معمولاً طراحی‌های ساده‌ترند. ساده در عین حال به معنی «سریع و نامنظم» هم نیست. در حقیقت، ساده‌سازی نیاز به مقادیر معتنابهی فکر و کار در چند دور تکرار دارد. نتیجه، نرم‌افزاری با قابلیت نگهداری بالاتر و کم خطاتر خواهد بود.

اندرز

پیش از شروع یک پروژه نرم‌افزاری، بپرسید چه حاصل کند که نرم‌افزار دارای هدفی تجاری است و کاربران در آن ارزشی خواهند یافت.

«در سادگی شکوه خاصی نهفته است که والاتر از ظرافت نهفته در خوش طبعی است.»
الکساندر پوپ

[1] برگرفته از نویسنده [Hoo96] با کسب اجازه. هوکر الگوهایی را برای این اصول در صفحه زیر تعریف می‌کند:
http://c2.com/cgi/wiki?SevenPrinciplesOfSoftwareDevelopment

اصل سوم: حفظ چشم‌انداز (vision)

برای موفقیت یک پروژه‌ی نرم‌افزاری، چشم‌اندازی روشن، ضروری است و بدون آن پروژه تقریباً همواره به جایی می‌رسد که دو یا چند ایده بر آن حاکم خواهد شد. یک سیستم بدون یکپارچگی مفهومی، به مجموعه‌ی ناجوری از طراحی‌های ناسازگار تبدیل می‌شود که به یکدیگر وصله-پینه شده باشند... مسامحه در خصوص چشم انداز معماری یک سیستم نرم‌افزاری باعث تضعیف سیستمی با طراحی خوب و سرانجام از کار افتادن آن می‌شود. داشتن یک معمار خوب که بتواند چشم انداز را حفظ کند و همخوانی را تقویت نماید، به حصول اطمینان از یک پروژه‌ی نرم‌افزاری بسیار موفق کمک خواهد کرد.

اصل چهارم: آنچه که شما تولید می‌کنید، دیگران مصرف می‌کنند

به‌ندرت پیش می‌آید که یک سیستم نرم‌افزاری پرقدرت صنعتی در محیطی خالی ساخته و به‌کار گرفته شود. به نحوی از انحا، یک شخص دیگر از سیستم شما استفاده و آن را مستندسازی و نگهداری خواهد کرد، و در غیر این صورت، برای اینکه قادر به شناخت سیستم شما باشد، باید به شما وابسته باشد. بنابراین، همواره تعیین مشخصات، طراحی و پیاده‌سازی را طوری انجام دهید که دیگران نیز قادر به درک کار شما باشند. تعداد مخاطبان هر محصول توسعه‌ی نرم‌افزار بالقوه زیاد است. تعیین مشخصات را با در نظر گرفتن کاربران انجام دهید. طراحی را با مدنظر قرار دادن پیاده‌سازی انجام دهید. هنگام کدنویسی، آنها را در نظر داشته باشید که باید سیستم را نگهداری کنند و آن را گسترش دهند. ممکن است شخصی بخواهد کدی را که شما نوشته اید، اشکال زدایی کند و این باعث می‌شود که بتواند از کدهای شما استفاده کند. آسان‌تر کردن کار آنها به ارزش سیستم می‌افزاید.

نکته‌ی کلیدی

اگر نرم‌افزاری ارزش داشته باشد، طی دوره حیات مفید خود تغییر خواهد کرد. به همین دلیل، نرم‌افزار باید طوری ساخته شود که قابل نگهداری باشد.

اصل پنجم: آینده‌نگری

سیستمی با طول عمر بالا از ارزش بیشتری برخوردار است. در محیط‌های کامپیوتری امروزی، که مشخصات به‌طور لحظه‌ای تغییر می‌کنند و تنها با گذشت چند ماه، سکوهای سخت افزاری، کهنه و قدیمی به شمار می‌روند، طول عمر نرم‌افزارها به جای سال بر حسب ماه سنجیده می‌شود. ولی، سیستم‌های «صنعتی پرقدرت» باید بیش از اینها دوام بیاورند. برای انجام موفقیت آمیز این کار، سیستم‌ها باید آمادگی انطباق بر این تغییرات و سایر تغییرات را داشته باشند. سیستم‌هایی که این ویژگی را با موفقیت ارائه می‌دهند، از ابتدا با این ویژگی طراحی می‌شوند. *هرگز طوری طراحی نکنید که خود را گرفتار کنید.* همواره از خود بپرسید، «اگر فلان مورد پیش آید، چه خواهد شد؟» و با ایجاد سیستمی که مسأله‌ی کلی را و نه فقط موردی خاص را حل می‌کند، خود را برای همه‌ی پاسخ‌های ممکن آماده کنید[1]. به این ترتیب، امکان استفاده‌ی مجدد از کل سیستم بسیار بالا خواهد بود.

اصل ششم: برنامه‌ریزی پیشاپیش برای استفاده‌ی مجدد

استفاده‌ی مجدد باعث صرفه جویی در زمان و کار می‌شود[2]. می‌توان استدلال کرد که دست یافتن

[1] این اندرز اگر بیش از حد به کار بسته شود می‌تواند خطرناک باشد. طراحی برای «مسأله کلی» گاهی مستلزم فداکردن کارایی است و باعث می‌شود راهکارهای ویژه ناکارآمد شوند.

[2] گرچه این برای کسانی که از نرم‌افزار برای پروژه‌های آتی استفاده‌ی مجدد می‌کنند، صحت دارد، استفاده‌ی مجدد ممکن است برای آنها که باید قطعات قابل استفاده‌ی مجدد را طراحی کنند و بسازند، هزینه بردارد. مطالعات نشان می‌دهد که طراحی و ساخت مؤلفه‌های قابل استفاده‌ی مجدد، ممکن است بین ۲۵ تا ۲۰۰ درصد بیشتر از نرم‌افزار هدف هزینه بردارد. در برخی موارد، اختلاف هزینه‌ها توجیه‌بردار نیست.

به سطح بالایی از قابلیت استفاده‌ی مجدد، سخت ترین هدف در رسیدن به یک سیستم نرم‌افزاری است. استفاده‌ی مجدد از کدها و طراحی‌ها به‌عنوان مزیت اصلی فن‌آوری‌های شیءگرا مطرح شده است. ولی عایدی این سرمایه گذاری به‌صورت خودکار به دست نمی‌آید. امکان استفاده‌ی مجددی که برنامه‌نویسی شیءگرا (یا سنتی) فراهم می‌آورد، نیاز به برنامه‌ریزی قبلی دارد. برای تحقق بخشیدن به استفاده‌ی مجدد در هر سطح از فرایند توسعه‌ی سیستم، تکنیک‌های بسیاری وجود دارد... برنامه‌ریزی پیشاپیش برای استفاده‌ی مجدد باعث کاهش هزینه‌ها و افزایش ارزش قطعات قابل استفاده‌ی مجدد و نیز سیستمی می‌شود که این قطعات در آن به‌کار برده می‌شوند.

اصل هفتم: تفکر!

این آخرین اصل، احتمالاً بیش از بقیه مورد بی مهری قرار می‌گیرد. تعقل و تفکر کامل و روشن قبل از اقدام به عمل، همواره نتایج بهتری به بار می‌آورد. هنگامی که درباره چیزی فکر کنید، احتمال اینکه آن را درست انجام دهید، بیشتر می‌شود. به علاوه، درباره انجام دوباره‌ی آن اطلاعاتی به دست خواهید آورد. اگر درباره چیزی فکر کنید و هنوز آن را اشتباه انجام دهید، این به یک تجربه با ارزش تبدیل می‌شود. یک اثر جانبی تفکر، این است که پی می‌برید هنگامی که چیزی را نمی‌دانید، در کدام نقطه می‌توانید در جستجوی پاسخ باشید. با تفکر روشن درباره سیستم، ارزش آن بالا می‌رود. به‌کارگیری شش اصل نخست نیاز به تفکر عمیق دارد و در این صورت، فایده بسیاری از آن عاید خواهد شد.

اگر هر مهندس نرم‌افزار و هر تیم نرم‌افزار از این هفت اصل هوکر پیروی کرده بود، بسیاری از مشکلاتی که در ساخت سیستم‌های کامپیوتری پیچیده تجربه می‌کنیم، برطرف می‌شدند.

۶-۱ پندارهای باطل نرم‌افزاری

ریشه‌ی پندارهای باطل نرم‌افزاری – باورهای نادرستی درباره نرم‌افزارها و **فرایند** به‌کاررفته در ساخت آنها- را می‌توان تا اولین روزهای کار با کامپیوتر دنبال نمود. پندارهای باطل نرم‌افزاری دارای چند ویژگی هستند که آنها را زیانبار ساخته‌اند؛ برای نمونه، به ظاهر، بیانی منطقی از واقعیتها بوده‌اند (گاه چند عنصر واقعی در آنها وجود دارد) ولی دارای احساسی نبوغ آمیز بوده غالباً توسط برنامه‌نویسان کارآزموده‌ای که «قدر می‌دانند» به آگاهی عموم می‌رسند.

امروزه اکثر مهندسان نرم‌افزار حرفه‌ای و باهوش با پندارهای باطل در زمینه‌ی نرم‌افزار آشنایی دارند-می‌دانند که این پندارها باعث گمراهی مدیران و دست اندرکاران می‌شوند و مشکلاتی جدی را به بار می‌آورند. ولی اصلاح نگرش‌ها و عادت‌های کهنه دشوار است و هنوز بقایایی از این پندارهای باطل برجای مانده‌اند.

پندارهای باطل مدیریتی. مدیرانی که مسؤولیت نرم‌افزاری دارند، همانند مدیران دیگر، غالباً تحت فشار کاهش هزینه‌ها، جلوگیری از بی‌برنامه‌گی و بهبود بخشیدن به کیفیت هستند. مدیر نرم‌افزاری همانند غریقی که به هر چیزی دست می‌اندازد، غالباً به پندارهای باطل نرم‌افزاری اعتقاد پیدا می‌کند، اگر بداند این اعتقاد باعث کاهش فشار می‌شود (حتی به‌طور موقت).

پندار باطل: *ما از قبل کتابی داریم که آکنده از استانداردها و روال‌های لازم برای ساختن نرم‌افزارهاست. آیا این کتاب آنچه را که افراد من باید بدانند در اختیارشان قرار نخواهد داد؟*

«صنعت جدیدی مثل نرم‌افزار، در غیاب استانداردهای مناسب، ناگزیر از اتکا به عرف خواهد بود.»

تام دومارکو

مرجع وب

شبکه مدیریت پروژه‌های نرم‌افزاری در www.spmn.com می‌تواند شما را در شناسایی و دور-ساختن این پندارهای باطل و موارد دیگر یاری دهد.

واقعیت: ممکن است کتاب استانداردهای خیلی خوبی وجود داشته باشد، ولی آیا از آن استفاده می‌شود؟ آیا سازندگان نرم‌افزار از وجود آن آگاهند؟ آیا مهندسی نرم‌افزار نوین را ارائه می‌دهد؟ آیا کامل است؟ آیا آنقدر روان هست که زمان تحویل را بهبود بخشد و در عین حال کیفیت را حفظ کند؟ در بسیاری از موارد، پاسخ اکثر این پرسش‌ها «خیر» است.

پندار باطل: *اگر از برنامه عقب بیفتیم، می‌توانیم بر تعداد برنامه‌نویسان بیفزاییم و عقب‌افتادگی را جبران کنیم (این وضعیت را گاه «یورش مغولی» می‌گویند).*

واقعیت: ایجاد نرم‌افزار، یک فرایند مکانیکی نظیر ساخت تولیدات معمولی نیست. به قول بروکز [Bro95]: «... با افزودن افراد دست‌اندرکار به نرم‌افزاری که تأخیر دارد، بر میزان تأخیر آن افزوده خواهد شد». در نگاه نخست ممکن است این گفته خلاف منطق به نظر برسد، ولی با از راه رسیدن افراد جدید، افراد قدیمی باید زمانی را صرف آموزش آنها کنند و درنتیجه زمانی که باید صرف کار روی نرم‌افزار شود، هدر می‌رود. اضافه‌کردن افراد، عملی است ولی به شیوه‌ای هماهنگ و با برنامه‌ریزی منظم.

پندار باطل: *اگر تصمیم به «برون‌سپاری»[1] یک پروژه‌ی نرم‌افزاری به شرکت دیگری بگیرم، می‌توانم خودم را آسوده سازم و بگذارم تا آن شرکت آن را بسازد.*

واقعیت: اگر سازمانی نداند که چگونه پروژه‌های نرم‌افزاری را از نظر داخلی مدیریت و کنترل کند، هنگامی که پروژه‌های نرم‌افزاری را برون سپاری کند، خود را به تقلایی بیهوده انداخته است.

اندرز

پیش از شروع به کار بکوشید که دریابید چه باید بکنید. ممکن است قادر به بسط و توسعه‌ی همه جزئیات نباشید ولی هرچه بیشتر بدانید، خطر کمتری در کمین شماست.

پندارهای باطل مشتریان. مشتری‌ای که درخواست یک نرم‌افزار کامپیوتری دارد، ممکن است پشت میز کناری باشد، یک گروه تکنیکی در آن سوی سالن باشد، بخش فروش و بازاریابی باشد، یا یک شرکت دیگر باشد که قراردادی برای نرم‌افزار منعقد نموده است. در بسیاری موارد، مشتری به پندار باطل‌هایی درباره نرم‌افزارها اعتقاد دارد، زیرا مدیران نرم‌افزار و سازندگان آن کمتر سعی در برطرف‌کردن سوءتفاهم‌ها دارند. این پندار باطل منجر به انتظارات نادرست (از جانب مشتری) و درنهایت عدم رضایت از سازنده می‌شود.

پندار باطل: *بیانی کلی از اهداف، برای شروع به نوشتن برنامه‌ها کفایت می‌کند—جزئیات را بعداً می‌توانیم پر کنیم.*

واقعیت: گرچه بیانی جامع و پایدار از خواسته‌ها همواره امکان‌پذیر نیست، «بیان مبهم اهداف» دستورالعملی برای مصیبت است. خواسته‌های نامبهم (که معمولاً با تکرار به دست می‌آیند) تنها از طریق برقراری ارتباط پیوسته و اثربخش میان مشتری و سازنده شکل می‌گیرند.

[1] outsourcing

پندار باطل: *نیازهای پروژه پیوسته در حال تغییر است، ولی این تغییرات را به‌راحتی می‌توان در نرم‌افزار جای داد زیرا نرم‌افزار انعطاف‌پذیر است.*

واقعیت: این درست است که نیازمندی‌های نرم‌افزار تغییر می‌کند، ولی تأثیر تغییر به زمان اِعمال تغییر بستگی دارد. اگر به تعریف صریح توجه جدی شود، درخواست‌های اولیه برای تغییر را به‌راحتی می‌توان پاسخ گفت. مشتری می‌تواند نیازمندی‌ها را مرور کند و اصلاحاتی را با تأثیر نسبتاً کم بر هزینه‌ها توصیه کند.[1] ولی با گذر زمان، هزینه‌ها به سرعت بالا می‌رود. منابع مصرف شده‌اند و یک چارچوب طراحی مشخص شده است. تغییر می‌تواند باعث تغییرات مشکل آفرینی شود که نیاز به منابع اضافی و اصلاح اساسی طراحی دارد.

اندرز

هرگاه به این فکر افتادید که برای مهندسی نرم‌افزار وقت ندارید، از خود بپرسید که آیا برای انجام دوباره‌اش وقت دارید یا خیر.

پندارهای باطل سازندگان. پندارهای باطلی که نرم‌افزارنویسان به آنها باور دارند، نتیجه‌ی ۵۰ سال فرهنگ برنامه‌نویسی است. در نخستین دهه‌های ساخت نرم‌افزار، برنامه‌نویسی شکلی از هنر پنداشته می‌شد. سنت‌های قدیمی دیر از بین می‌روند.

پندار باطل: *هنگامی که برنامه را نوشتیم و برنامه کار کرد، دیگر کار تمام است.*

واقعیت: یک بار کسی گفته بود: «هر چه زودتر دست به کار نوشتن دستورهای برنامه شوید، زمان بیشتری صرف به پایان بردن آن خواهید کرد». داده‌های صنعتی نشان می‌دهد که بین ۶۰٪ تا ۸۰٪ از همه‌ی کوشش‌های صرف شده روی نرم‌افزارها، پس از نخستین بار تحویل آنها به مشتری صورت می‌پذیرد.

پندار باطل: *تا هنگامی که برنامه را «اجرا» نکرده‌ام، راهی برای ارزیابی کیفیت آن ندارم.*

واقعیت: یکی از مؤثرترین راهکارهای تضمین کیفیت نرم‌افزار از زمان آغاز پروژه قابل اجراست – یعنی مرور تکنیکی. مرور نرم‌افزار (فصل ۱۵) یک فیلتر کیفیتی است که از آزمایش نرم‌افزار برای یافتن گروههای معینی از معایب نرم‌افزاری مؤثرتر است.

پندار باطل: *تنها چیز قابل تحویل برای یک پروژه موفق، برنامه‌ای است که کار کند.*

واقعیت: یک برنامه‌ی کاری، تنها بخشی از پیکربندی نرم‌افزاری است که شامل عناصر فراوان می‌شود. انواع محصولات کاری (از قبیل مدل‌ها، مستندات، طرح‌ها) بستری برای مهندسی موفق و مهمتر از آن، راهنمایی برای پشتیبانی نرم‌افزار، فراهم می‌آورند.

پندار باطل: *مهندسی نرم‌افزار، ما را وادار می‌سازد که مستندات حجیم و بیهوده تهیه کنیم و از سرعت کار ما می‌کاهد.*

[1] بسیاری از مهندسان نرم‌افزار به روش «چابک» روی آورده‌اند که به تغییرات به‌طور تدریجی پاسخ می‌دهد و لذا کنترل تأثیرات و هزینه‌ها نیز تدریجی است. روش‌های چابک در فصل ۳ بحث خواهند شد.

SafeHome

چگونگی آغاز یک پروژه

صحنه: اتاق کنفرانس در شرکت CPI، یک شرکت (خیالی) که محصولات مصرفی برای استفاده‌ی خانگی و تجاری می‌سازد.

نقش‌آفرینان: مال گولدن، مدیر ارشد، توسعه‌ی محصول؛ لیزا پرز، مدیر بازرگانی؛ لی وارن، مدیر مهندسی؛ جو کامالری، معاون مدیر اجرایی، توسعه‌ی تجاری.

مکالمه

جو: خب، لی، شنیده‌ام افرادت در حال ساخت یک جعبه بی‌سیم جهانی هستند.

لی: چیز خیلی خوبی است. به اندازه یه قوطی کبریت کوچک... می‌توانیم آن را به همه جور حس‌گری وصل کنیم، یا حتی به دوربین‌های دیجیتال؛ تقریباً به هرچیزی. با استفاده از پروتوکل بی‌سیم g802.11 می‌توانیم بدون سیم به خروجی دستگاه‌ها دستیابی داشته باشیم. ما فکر می‌کنیم این یه یک نسل کاملاً جدید از محصولات ختم می‌شود.

جو: مال؟ تو موافقی؟

مال: بله موافقم. در واقع با فروش بدون رشدی که امسال داشتیم، به یک چیز جدید احتیاج داریم. من و لیزا یک مقدار تحقیق در بازار انجام داده‌ایم و فکر می‌کنم به خط جدیدی از محصولات دست پیدا کردیم که می‌تواند عالی باشد.

جو: چقدر عالی...

مال (درحالی که از تعهد مستقیم شانه خالی می‌کند): ایده‌ات را برایش بگو لیزا.

لیزا: این یک نسل کاملاً جدید است که ما به آن می‌گوییم «محصولات مدیریت خانگی» اسم آن را گذاشته‌ایم «SafeHome». این محصولات از یک رابط بی‌سیم استفاده می‌کنند و سیستمی را در اختیار خانه‌دارها و مالکان شرکت‌های کوچک قرار می‌دهند که توسط کامپیوتر شخصی آنها کنترل می‌شود- امنیت منزل، پایش منزل، کنترل لوازم خانگی- مثلاً روشن کردن کولر منزل در راه رسیدن به خانه- و خلاصه از این چیزها.

لی (حرف لیزا را قطع می‌کند): بخش مهندسی، مطالعه امکان‌سنجی را انجام داده. جو- با هزینه ساخت پایین، شدنی است. بیشتر سخت افزار را می‌توان آماده تهیه کرد. مشکل، نرم‌افزار است ولی چیزی نیست که از پس آن برنیاییم.

جو: جالب است.

مال: کامپیوترهای شخصی در بیش از ۷۰٪ از منازل ایالات متحده نفوذ کرده‌اند. اگر بتوانیم این محصول را درست قیمت‌گذاری کنیم، می‌تواند غوغا کند. هیچ شرکت دیگری این جعبه بی‌سیم ما را ندارد- یک محصول انحصاری. در رقابت با شرکت‌های دیگر یک پرش دو ساله خواهیم داشت و از نظر درآمدی، ۳۰ تا ۴۰ میلیون دلار در سال دوم خواهیم داشت.

واقعیت: مهندسی نرم‌افزار، مستندسازی نیست بلکه به ایجاد محصولی با کیفیت مربوط می‌شود. کیفیت بهتر، به دوباره کاری کمتر می‌انجامد. کاهش دوباره کاری به تحویل سریع تر محصول می‌انجامد.

بسیاری از حرفه‌ای‌های نرم‌افزار به اشتباه بودن پندارهای باطل بالا واقفند. متأسفانه برداشتها و روش‌های مرسوم باعث ضعف مدیریت و عملکرد تکنیکی می‌شود، حتی هنگامی که واقعیت، روش بهتری را حکم می‌کند. شناخت واقعیتهای نرم‌افزار، نخستین گام در جهت فرمول‌بندی راهکارهای علمی برای ساخت نرم‌افزار است.

۱-۷ شروع به‌کار

هر پروژه‌ی نرم‌افزاری با یک نیاز تجاری شروع می‌شود-نیاز به تصحیح یک نقص در برنامه‌ی کاربردی موجود؛ نیاز به تطبیق یک «سیستم قدیمی» بر یک محیط تجاری در حال تغییر؛ نیاز به توسعه‌ی قابلیت‌های عملیاتی و ویژگی‌های یک برنامه کاربردی؛ یا حتی نیاز به ایجاد یک محصول، سرویس یا سیستمی جدید.

در شروع یک پروژه‌ی نرم‌افزاری، نیاز تجاری غالباً به‌طور غیر رسمی به‌عنوان بخشی از یک مکالمه ساده بیان می‌شود. نمونه‌ای از این مکالمه در کادر صفحه‌ی قبل آورده شده است.

به استثنای یک ارجاع گذرا، از نرم‌افزار به ندرت در این مکالمه ذکری به میان آمد و با این حال، نرم‌افزار است که باعث ایجاد خط تولید محصول «*SafeHome*» یا به شکست انجامیدن آن می‌شود. تلاش مهندسی در صورتی موفق خواهد شد که نرم‌افزار *SafeHome* موفق شود. بازار در صورتی این محصول را خواهد پذیرفت که نرم‌افزار تعبیه‌شده در آن به طرزی مناسب، نیازهای مشتری (که هنوز بیان نشده است) برآورده سازد. در بسیاری از فصول آیند، پیشرفت مهندسی نرم‌افزار را در خصوص این محصول دنبال خواهیم کرد.

۱-۸ خلاصه

نرم‌افزار، عنصر کلیدی در تکامل محصولات و سیستم‌های کامپیوتری و یکی از مهمترین فن‌آوری‌ها در دنیا به شمار می‌رود. طی ۵۰ سال اخیر، نرم‌افزارها از یک ابزار تخصصی حل مسأله و تحلیل اطلاعات، خود به صنعتی جداگانه تکامل یافته‌اند. با این همه، هنوز در توسعه‌ی سروقت نرم‌افزار با بودجه‌ی تعیین شده مشکل داریم.

نرم‌افزار-که شامل برنامه‌ها، داده‌ها و اطلاعات می‌شود- مجموعه‌ای گسترده از کاربردها و فن‌آوری‌ها را در بر می‌گیرد. نرم‌افزارهای قدیمی همچنان چالش‌های خاصی را فرا روی کسانی قرار می‌دهند که باید از آنها نگهداری کنند.

سیستم‌ها و برنامه‌های مبتنی بر وب، از مجموعه‌های ساده‌ای از محتوای اطلاعات، به سیستم‌هایی پیچیده تکامل پیدا کرده‌اند که قابلیت‌های عملیاتی پیچیده و محتویات چند رسانه‌ای را ارائه می‌کنند. گرچه این برنامه‌های تحت وب دارای ویژگی‌ها و خواسته‌های منحصر به فردند، باز هم نرم‌افزارند.

مهندسی نرم‌افزار شامل فرایند، روش‌ها و ابزارهایی می‌شود که به کمک آن می‌توان سیستم‌های کامپیوتری پیچیده را با زمان‌بندی ساده و با کیفیت، ایجاد کرد. فرایند نرم‌افزار شامل پنج فعالیت چارچوبی می‌شود-ارتباطات، برنامه ریزی، مدل‌سازی، ساخت و استقرار-که در کلیه پروژه‌های نرم‌افزاری قابل به‌کارگیری‌اند. مهندسی نرم‌افزار در عمل یک فعالیت حل مسأله است که از مجموعه‌ای از اصول بنیادی پیروی می‌کند.

مجموعه‌ی گسترده‌ای از پندارهای باطل نرم‌افزاری همچنان باعث گمراهی مدیران و دست اندرکاران می‌شود، هرچند که دانش کلی ما از نرم‌افزار و فن‌آوری‌های لازم برای ساخت آن رشد کرده است. با آموختن مطالب بیشتر درباره مهندسی نرم‌افزار، رفته رفته خواهید دانست که چرا این پندارهای باطل را به محض مواجهه باید به کناری نهاد.

مسائل و نکاتی برای تعمق

۱-۱ دست کم پنج مثال ارائه دهید که چگونگی به‌کارگیری قانون پیامدهای ناخواسته را در نرم‌افزارهای کامپیوتری نشان دهد.

۱-۲ چند مثال (مثبت و منفی) بیاورید که نشان‌گر تأثیر نرم‌افزار بر جامعه ما باشد.

۱-۳ پاسخ‌هایی را که به پنج پرسش مطرح شده در آغاز بخش ۱-۱ دادید، توسعه دهید. آنها را با هم کلاسی‌های خود به بحث بگذارید.

۱-۴ بسیاری از برنامه‌های کاربردی مدرن به‌وفور تغییر می‌کنند-پیش از آنکه به‌کاربر نهایی ارائه شوند و سپس بعد از به‌کارگرفته شدن نخستین نسخه‌ی آنها. چند شیوه برای ساخت نرم‌افزار به منظور متوقف کردن تباه شدگی ناشی از تغییر پیشنهاد کنید.

۱-۵ هفت گروه نرم‌افزار ارائه شده در بخش ۱-۲-۱ را در نظر بگیرید. آیا تصور می‌کنید برای همه‌ی این گروه‌ها روش یکسانی از مهندسی نرم‌افزار را می‌توان به‌کار برد؟

۱-۶ در شکل ۱-۳، سه لایه مهندسی نرم‌افزار روی لایه‌ای با عنوان «تأکید بر کیفیت» قرار داده می‌شوند. این به معنای یک برنامه کیفیتی سازمانی نظیر مدیریت کیفیت فراگیر است. درباره برنامه مدیریت کیفیت فراگیر قدری تحقیق کنید و اصول کلیدی آن را مطرح نمایید.

۱-۷ آیا مهندسی نرم‌افزار به هنگام ایجاد برنامه‌های تحت وب نیز قابل اعمال است؟ در صورت مثبت بودن پاسخ، چگونه می‌توان آن را اصلاح کرد تا خصوصیات منحصر به فرد برنامه‌های تحت وب را در برگیرد؟

۱-۸ با فراگیرتر شدن نرم‌افزارها، خطراتی که عموم را تهدید می‌کند (به دلیل خطا در کار برنامه‌ها) به یک نگرانی فزاینده تبدیل می‌شود. یک سناریوی فاجعه بار (ولی واقع‌بینانه) بنویسید که در آن، خطا در کار یک برنامه‌ی نرم‌افزاری به ضرری هنگفت (مالی یا جانی) بینجامد.

۱-۹ یک فعالیت چارچوبی را به زبان ساده شرح دهید. هنگامی که می‌گوییم فعالیت‌های چارچوبی برای همه‌ی پروژه‌ها قابل به‌کارگیری هستند، آیا این بدان معناست که وظایف کاری یکسانی برای همه‌ی پروژه‌ها، صرف نظر از اندازه و پیچیدگی آنها، قابل استفاده‌اند؟ توضیح دهید.

۱-۱۰ فعالیت‌های چتری در سرتاسر فرایند نرم‌افزار رخ می‌دهند. آیا فکر می‌کنید که این فعالیت‌ها به‌طور یکنواخت در سرتاسر فرایند به‌کار گرفته می‌شوند یا اینکه برخی در یک یا چند فعالیت چارچوبی متمرکز شده‌اند؟

۱-۱۱ به پندارهای باطل فهرست‌شده در بخش ۱-۶ دو مورد اضافه کنید؛ واقعیت مربوط به هر یک را نیز ذکر نمایید.

بخش نخست

فرایند نرم‌افزار

در این بخش از کتاب، درباره‌ی فرایندی که بر مهندسی نرم‌افزار یک چارچوب فراهم می‌آورد، مطالبی خواهید آموخت.

در فصل‌های آینده به این پرسش‌ها خواهیم پرداخت:

- فرایند نرم‌افزار چیست؟
- فعالیت‌های چارچوبی کلی موجود در هر فرایند نرم‌افزار کدام‌اند؟
- فرایندها چگونه مدل‌سازی می‌شوند و الگوهای فرایند چیستند؟
- مدل‌های فرایند تجویزی چیستند و نقاط قوت و ضعف آن‌ها کدام‌اند؟
- چرا «چابکی» در کار مهندسی نرم‌افزار یک واژه‌ی کلیدی به‌شمار می‌رود؟
- توسعه‌ی نرم‌افزار «چابک» چیست و چه تفاوتی با مدل‌های فرایند سنتی دارد؟

هنگامی که به این پرسش‌ها پاسخ گفته شد، بهتر آماده خواهید شد تا حیطه‌ای را که مهندسی نرم‌افزار در آن به‌کارگرفته می‌شود، بشناسید.

فصل ۲

مدل‌های فرایند

نگاهی گذرا

فرایند چیست؟ وقتی کار می‌کنید تا یک سیستم یا یک محصول بسازید، حتماً باید یک سری مراحل قابل پیش‌بینی را چک کنید: یک نقشه راه که در ایجاد نتیجه‌ای با کیفیت بالا و به موقع شما را یاری می‌کند. این نقشه که آن را دنبال می‌کنید، «فرایند نرم‌افزار» نام دارد.

چه کسی آن را انجام می‌دهد؟ مهندسان نرم‌افزار و مدیران آنها، فرایند را با نیازهای خود مطابقت داده سپس آن را دنبال می‌کنند. به‌علاوه، کسانی که نرم‌افزار را درخواست کرده‌اند، در فرایند نرم‌افزار نقش دارند.

چرا اهمیت دارد؟ زیرا باعث ثبات، کنترل و سازمان‌دهی فعالیتی می‌شود که اگر به‌حال خود گذاشته شود ممکن است باعث آشوب شود. ولی یک رویکرد نوین در مهندسی نرم‌افزار باید «چابک[1]» باشد. تنها باید آن دسته از فعالیت‌ها، کنترل‌ها و محصولات کاری را طلب کند که مناسب تیم پروژه و محصولی باشد که قرار است تولید شود.

چه مراحلی دارد؟ در سطح مشروح، فرایندی که برمی‌گزینید، به نرم‌افزاری که می‌خواهید بسازید، بستگی دارد. یک فرایند ممکن است برای ایجاد نرم‌افزار مربوط به سیستم هوا-فضای یک هواپیما مناسب باشد، حال آنکه برای ایجاد یک وب‌سایت ممکن است فرآیندی کاملاً متفاوت موردنیاز باشد.

حاصل کار چیست؟ از دیدگاه مهندس نرم‌افزار، حاصل کار، برنامه‌ها، داده‌ها و مستنداتی است که به‌عنوان نتیجه‌ای از فعالیت‌های مهندسی نرم‌افزارِ مشخص‌شده توسط فرایند، تولید می‌شوند.

چطور مطمئن شوم که درست از عهده‌ی کار برآمده‌ام؟ چند راهکار ارزیابی فرایند نرم‌افزار وجود دارد که سازمان‌ها را قادر به تعیین «بلوغ» فرایند نرم‌افزار می‌سازد. ولی کیفیت، به‌موقع بودن و کارایی درازمدتِ محصولی که ساخته‌اید، بهترین ملاک‌ها برای بازدهی فرایند مورد استفاده شما هستند.

---

[1] agile

هاورد باتیر [Bae98] در کتاب فوق‌العاده‌ی خویش، دیدی اقتصادی از نرم‌افزار و مهندسی نرم‌افزار ارائه می‌دهد. او در خصوص فرایند نرم‌افزار می‌گوید:

> چون نرم‌افزار همانند همه‌ی سرمایه‌ها، تجسم آگاهی و دانش است و چون این آگاهی و دانش در ابتدا بسیار پراکنده، بالقوه و تلویحی است، توسعه‌ی نرم‌افزار یک فرایند یادگیری اجتماعی است. فرایند، گفتگویی است که در آن دانشی که باید به نرم‌افزار تبدیل گردد، جمع‌آوری می‌شود و به‌صورت نرم‌افزار تجسم می‌یابد. فرایند، ارتباط متقابل میان طراحان و کاربران، بین کاربران و ابزار در حال تکامل، و بین طراحان و ابزارها (فن‌آوری) فراهم می‌آورد. این یک فرایند تکراری است که در آن با هر دور جدید از گفتگو که مطالب بیشتری از افراد مربوط به‌دست می‌آید، ابزار در حال تکامل، خود به‌عنوان رسانه‌ای برای برقراری ارتباط عمل می‌کند.

درحقیقت، ساختن نرم‌افزارهای کامپیوتری، یک فرایند یادگیری تکراری است و نتیجه، یا به قول باتیر «سرمایه نرم‌افزاری»، تجسم اطلاعات و آگاهی جمع‌آوری شده، تلخیص شده و سازمان‌دهی‌شده در اثنای اجرای فرایند است.

ولی یک فرایند نرم‌افزار از دیدگاه فنی دقیقاً چیست؟ در این کتاب، فرایند نرم‌افزار را به‌عنوان چارچوبی برای اعمال موردنیاز جهت ساخت نرم‌افزاری با کیفیت بالا تعریف می‌کنیم. آیا «فرایند» مترادف با مهندسی نرم‌افزار است؟ پاسخ این است: «بلی» و «خیر». فرایند نرم‌افزار روش مهندسی را مشخص می‌کند. ولی مهندسی نرم‌افزار شامل فن‌آوری‌هایی که فرایند را تشکیل می‌دهند - روش‌های فنی و ابزارهای خودکار - نیز می‌شود.

مهم‌تر اینکه، مهندسی نرم‌افزار توسط افرادی خلاق و آگاه انجام می‌شود و باید در چارچوب یک فرایند نرم‌افزاری مشخص کار کنند که مناسب محصولاتِ ساخته‌ی دست آنها بوده بازار خاص خود را طلب کند.

۱-۲ یک مدل فرایند کلی

در فصل ۱، فرایند به‌عنوان مجموعه‌ای از فعالیت‌های کاری، کنش‌ها و وظایف تعریف شد که هنگام ایجاد یک محصول باید اجرا شوند. هر کدام از این فعالیت‌ها، کنش‌ها و وظایف در یک چارچوب یا مدل قرار دارند که رابطه‌ی آنها را با فرایند و با یکدیگر تعریف می‌کند.

طرحی از فرایند نرم‌افزار در شکل ۱-۲ نشان داده شده است. با رجوع به شکل، هر فعالیت چارچوبی حاوی مجموعه‌ای از کنش‌های مهندسی نرم‌افزار است. هر کنش مهندسی نرم‌افزار به‌وسیله مجموعه‌ای از وظایف تعیین می‌شود که مشخص می‌کند به چه وظایفی باید عمل شود، چه محصولاتی باید تولید شوند، به چه نقاط تضمین کیفیتی نیاز است و چه نقاط عطفی برای نشان دادن پیشرفت فرایند به‌کار گرفته خواهد شد.

همان طور که در فصل ۱ بحث شد، چارچوب فرایند کلی برای مهندسی نرم‌افزار، پنج فعالیت چارچوبی-**ارتباطات، برنامه‌ریزی، مدل‌سازی، ساخت و استقرار**- را تعریف می‌کند. به‌علاوه، مجموعه‌ای از فعالیت‌های چتری-کنترل و پیگیری پروژه، **مدیریت خطر** (ریسک)، **تضمین کیفیت**، **مدیریت پیکربندی**، **بازبینی‌های فنی** و غیره- در سرتاسر پروژه به‌کار گرفته می‌شوند.

نکته‌ی کلیدی

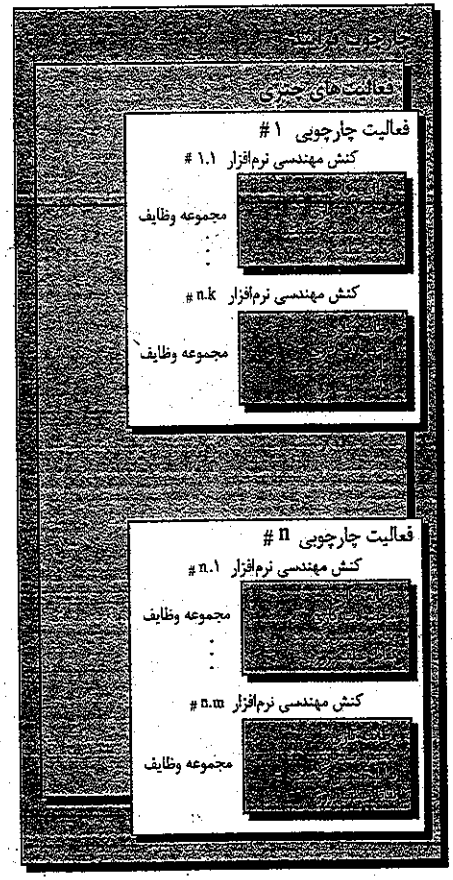
سلسله مراتب کارهای فنی در فرایند نرم‌افزار به‌صورت فعالیت‌هایی است که شامل کنش‌ها می‌شوند و هر کنش خود شامل چند وظیفه می‌شود.

باید توجه داشت که یک جنبه‌ی مهم از فرایند نرم‌افزار هنوز بحث نشده است. این جنبه-که جریان فرایند نامیده می‌شود- شرح می‌دهد که فعالیت‌های چتری و کنش‌ها و وظایفی که در داخل هر فعالیت چارچوبی رخ می‌دهند از نظر ترتیب زمانی چگونه سازمان‌دهی می‌شوند (شکل۲-۲).

در یک **جریان فرایند خطی**، هر کدام از پنج فعالیت چارچوبی به‌ترتیب اجرا می‌شود، به‌طوری که با ارتباطات آغاز و به استقرار ختم می‌شود (شکل۲-۲الف). در یک جریان فرایند مبتنی بر تکرار، پیش از رفتن به دور تکرار بعدی، یک یا چند فعالیت تکرار می‌شود (شکل۲-۲ب). در جریان فرایند تکاملی، فعالیت‌ها به‌شیوه‌ای «حلقوی» اجرا می‌شوند. هر مدار از پنج فعالیت عبور می‌کند که به نسخه‌ی کامل‌تری از نرم‌افزار می‌انجامد (شکل۲-۲پ). در **جریان فرایند موازی** (شکل۲-۲ت) یک یا چند فعالیت به موازات سایر فعالیت‌ها انجام می‌شوند (مثلاً مدل‌سازی برای یک جنبه از نرم‌افزار ممکن است به موازات ساختار، جنبه‌ی دیگری از نرم‌افزار اجرا گردد.)

> «ما تصور می‌کنیم که سازندگان نرم‌افزار یک حقیقت حیاتی را فراموش کرده‌اند: اکثر سازمان‌ها نمی‌دانند که چه می‌کنند. آنها خیال می‌کنند که می‌دانند، ولی نمی‌دانند.»
>
> **تام دومارکو**

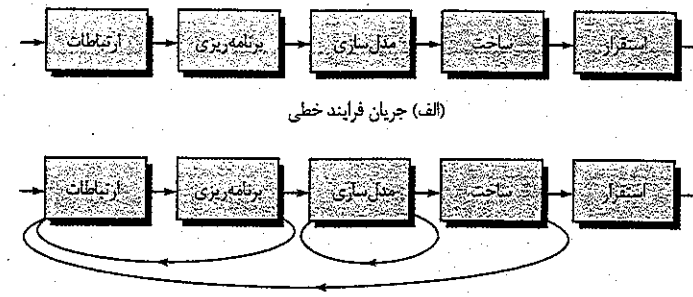
فرایند نرم‌افزار



شکل۱-۲ یک چارچوب فرایند نرم‌افزار

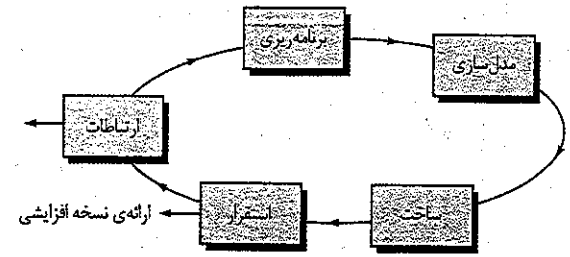
۲-۱-۱ تعریف یک فعالیت چارچوبی

گرچه پنج فعالیت چارچوبی را توصیف کردیم و تعریفی مقدماتی از هر کدام در فصل ۱ ارائه نمودیم، یک تیم نرم‌افزاری پیش از اینکه بتواند هر کدام از این فعالیت‌ها را به‌طور مناسب به‌عنوان بخشی از فرایند نرم‌افزار اجرا کند، باید اطلاعات به‌مراتب بیشتری در اختیار داشته باشد. پس یک پرسش کلیدی پیش رو دارید: اگر ماهیت مسأله، خصوصیات افرادی که کار را انجام می‌دهند و طرف‌های ذی‌نفعی که پروژه را پشتیبانی می‌کند، معلوم باشد، کدام کنش‌ها برای یک فعالیت چارچوبی مناسب خواهد بود؟

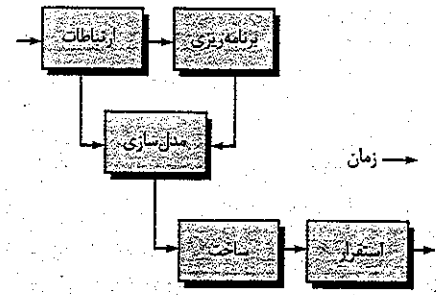


(الف) جریان فرایند خطی

(ب) جریان فرایند مبتنی بر تکرار



(پ) جریان فرایند تکاملی



(ت) جریان فرایند موازی

شکل ۲-۲ جریان فرایند.

برای یک پروژه‌ی نرم‌افزاری کوچک که یک نفر با خواسته‌های صریح و ساده (در مکانی دوردست) درخواست می‌کند، فعالیت برقراری ارتباط ممکن است شامل چیزی در حد یک تماس تلفنی با ذی‌نفع مورد نظر باشد. بنابراین، تنها کنش لازم، مکالمه تلفنی است و وظایف کاری (مجموعه وظایف) که این کنش شامل آنها می‌شود، عبارتند از:

برقراری تماس با فرد ذی‌نفع از طریق تلفن.

۱. بحث درباره خواسته‌ها و یادداشت برداشتن.

۲. سازمان‌دهی یادداشت‌ها در یک بیان مختصر از خواسته‌ها.

۳. ارسال ایمیل برای بازبینی و تصویب.

اگر پروژه به واسطه وجود تعداد زیادی از طرف‌های ذی‌نفع پیچیدگی بیشتری می‌یافت، که هر کدام مجموعه‌ای متفاوت از خواسته‌ها را دارند (که گاهی با یکدیگر در تضادند)، فعالیت ارتباطات ممکن است شش کنش متمایز داشته باشد (که در فصل ۵ توصیف شده‌اند): شروع (inception)، استخراج (elictation)، شناخت (elaboration)، مذاکره (negotiation)، تعیین مشخصات (specification) و اعتبارسنجی (validation). هر کدام از این کنش‌های مهندسی نرم‌افزار دارای چندین وظیفه‌ی کاری و تعدادی محصولات کاری متمایزند.

یک فعالیت چارچوبی چگونه با تغییر ماهیت پروژه تغییر می‌کند؟

۲-۱-۲ تعیین مجموعه وظایف

با رجوع دوباره به شکل ۲-۲، هر کنش مهندسی نرم‌افزار (مثلاً استخراج که کنشی مرتبط با فعالیت ارتباطات است) را می‌توان با تعدادی از مجموعه وظایف متفاوت نشان داد که هر کدام مجموعه‌ای از وظایف کاری در مهندسی نرم‌افزار مرتبط با محصولات کاری، نقاط تضمین کیفیت و نقاط عطف پروژه‌اند. باید مجموعه وظایفی را برگزینید که نیازهای پروژه را به بهترین نحو برآورده سازد و خصوصیات تیم شما را در بر گیرد. این بدان معناست که یک کنش مهندسی نرم‌افزار را می‌توان بر نیازهای خاص پروژه نرم‌افزار و خصوصیات تیم نرم‌افزاری تطبیق داد.

نکته‌ی کلیدی

پروژه‌های متفاوت، مجموعه وظایف متفاوتی را طلب می‌کند. تیم نرم‌افزاری، مجموعه وظایف را بر اساس خصوصیات پروژه و مسأله انتخاب می‌کند.

۲-۱-۳ الگوهای فرایند

هر تیم نرم‌افزاری به موازات پیشروی در فرایند نرم‌افزار با مشکلاتی مواجه می‌شود. اگر راهکارهای اثبات‌شده برای این مشکلات به‌راحتی در دسترس تیم قرار داشته باشند، به‌طوری که بتوان به این مشکلات پرداخت و آنها را به‌راحتی برطرف کرد، مفید خواهد بود. الگوی فرایند[1]، مشکلی مرتبط با فرایند را توصیف می‌کند که طی کار مهندسی نرم‌افزار با آن مواجه شده باشند، محیطی را که در آن مشکل مشاهده شده است، مشخص می‌کند و یک یا چند راهکار برای آن مشکل پیشنهاد می‌کند. الگوی فرایند، به بیان کلی‌تر، یک قالب[2] [Amb98]- روشی سازگار برای توصیف راهکارهای مسأله در حیطه‌ی فرایند نرم‌افزار- در اختیار شما قرار می‌دهد. تیم نرم‌افزاری با ترکیب‌کردن این الگوها می‌تواند مسائل را حل کند و فرایندی را بنا نهد که به بهترین وجه، نیازهای یک پروژه را برآورده سازد.

الگوی فرایند چیست؟

[1] در فصل ۱۲ بحث مشروحی درباره الگوها ارائه خواهد شد.

[2] template

> «تکرار الگوها چیزی کاملاً متفاوت با تکرار بخش‌هاست. در واقع؛ بخش‌های متفاوت، منحصر به فرد خواهند بود زیرا الگوها یکسان هستند.»
>
> **کریستوفر الکساندر**

اطلاعات

مجموعه وظایف

در یک مجموعه وظایف، کارهای واقعی که باید برای پیشبرد اهداف یک کنش مهندسی نرم‌افزار انجام شوند، تعیین می‌شود. برای مثال، استخراج، یا به عبارت عوامانه‌تر آن، «جمع‌آوری خواسته‌ها» یک کنش مهم در مهندسی نرم‌افزار است که طی فعالیت ارتباطات رخ می‌دهد. هدف از جمع‌آوری خواسته‌ها، آن است که بدانیم طرف‌های ذی‌نفع گوناگون، از نرم‌افزاری که قرار است ساخته شود، چه انتظاری دارند.

برای یک پروژه ساده و نسبتاً کوچک، مجموعه وظایف برای جمع‌آوری خواسته‌ها ممکن است به‌صورت زیر باشد:

۱. تهیه فهرستی از طرف‌های ذی‌نفع در پروژه.
۲. دعوت از همه‌ی طرف‌های ذی‌نفع برای یک جلسه غیررسمی.
۳. درخواست از طرف‌های ذی‌نفع برای تهیه فهرستی از ویژگی‌ها و قابلیت‌های مورد نیاز.
۴. بحث درباره خواسته‌ها و تهیه فهرست نهایی.
۵. اولویت‌بندی خواسته‌ها.
۶. ذکر حوزه‌های عدم قطعیت.

برای یک پروژه‌ی نرم‌افزاری بزرگتر و پیچیده‌تر، ممکن است به مجموعه وظایف متفاوتی نیاز باشد. این مجموعه می‌تواند شامل وظایف کاری زیر باشد:

۱. تهیه فهرستی از طرف‌های ذی‌نفع در پروژه.
۲. مصاحبه جداگانه با هر کدام از طرف‌های ذی‌نفع برای تعیین خواسته‌ها و نیازهای کلی.
۳. تهیه فهرستی مقدماتی از قابلیت‌ها و ویژگی‌ها براساس ورودی طرف‌های ذی‌نفع.
۴. زمان‌بندی برای یک سری جلسات برای تسهیل تعیین مشخصات برنامه‌های کاربردی.
۵. برگزاری جلسات.
۶. تولید سناریوهای کاربری غیررسمی به‌عنوان بخشی از هر جلسه.
۷. پالایش سناریوهای کاربری بر اساس بازخورد از طرف‌های ذی‌نفع.
۸. تهیه فهرست بازبینی‌شده‌ی خواسته‌های طرف‌های ذی‌نفع.
۹. استفاده از فنون استقرار عملیات کیفیتی برای اولویت‌بندی خواسته‌ها.
۱۰. بسته‌بندی خواسته‌ها به‌طوری که به‌صورت افزایشی قابل تحویل باشند.
۱۱. ذکر قیدوبندهایی که بر سیستم نهاده خواهد شد.

بحث درباره روش‌های اعتبارسنجی سیستم.

هر دو مجموعه وظایف فوق «جمع‌آوری خواسته‌ها» را پیش می‌برند، ولی از نظر عمق و رسمیت، کاملاً متفاوت هستند. تیم نرم‌افزار، مجموعه وظایفی را انتخاب می‌کند که به کمک آن بتواند به هدف هر کنش دست پیدا کند و در عین حال، کیفیت و چابکی را حفظ کند.

الگوها را در هر سطحی از انتزاع می‌توان تعریف کرد[1]. در برخی موارد، از یک الگو می‌توان برای

[1] الگوها برای بسیاری از فعالیت‌های مهندسی نرم‌افزار قابل استفاده‌اند. تحلیل، طراحی و آزمودن الگوها در فصل‌های ۷، ۹، ۱۰، ۱۲ و ۱۴ بحث شده است.

توصیف یک مسأله مرتبط با یک مدل فرایند کامل (مثلاً ساخت نمونه‌ی اولیه) یا راهکار آن مسأله استفاده کرد. در شرایط دیگر، می‌توان از الگوها برای توصیف یک مشکل (و راهکار آن) مرتبط با یک فعالیت چارچوبی (مانند برنامه‌ریزی) یا کنشی در یک فعالیت چارچوبی (مثلاً برآورد پروژه) استفاده نمود.

امبلر [Amb98] برای توصیف الگوی فرایند، یک قالب پیشنهاد نموده است:

نام الگو. به الگو نامی با معنی داده می‌شود که آن را در حیطه‌ی فرایند نرم‌افزار توصیف می‌کند (مثلاً **TechnicalReviews**).

نیروها. محیطی که الگو در آن مشاهده می‌شود و مواردی که مسأله را پدیدار می‌کنند و ممکن است بر راهکار آن تأثیر بگذارند.

نوع. نوع الگو مشخص می‌شود. امبلر [Amb98] سه نوع الگو پیشنهاد می‌کند:

۱. *الگوی مرحله‌ای* – مساله‌ای مرتبط با یک فعالیت چارچوبی را برای فرایند تعریف می‌کند. چون یک فرایند چارچوبی شامل چند کنش و وظیفه کاری می‌شود، الگوی مرحله‌ای شامل چند الگوی وظیفه‌ای می‌شود (بند بعدی را ببینید)که به آن مرحله (فعالیت چارچوبی) مربوط می‌شوند. مثالی از الگوی مرحله‌ای می‌تواند **EstabilishingComminucation** باشد. این الگو شامل الگوی وظیفه‌ای **RequirementsGathering** و چند الگوی دیگر می‌شود.
۲. *الگوی وظیفه‌ای*– مساله‌ای مرتبط با یک کنش یا وظیفه کاری نرم‌افزاری را تعریف می‌کند که کار مهندسی نرم‌افزار موقق به آن بستگی دارد (مثلاً **RequirementsGathering** یک الگوی وظیفه‌ای است).
۳. *الگوی فازی* (*Phase*)– یک سری فعالیت‌های چارچوبی را تعریف می‌کند که درون فرایند رخ می‌دهند حتی هنگامی که جریان کلی فعالیت‌ها ماهیتی تکراری داشته باشند. مثالی از الگوی فازی می‌تواند **SpiralModel** یا **Prototyping** باشد.[1]

حیطه‌ی اولیه. شرایطی را توصیف می‌کند که الگو در آن کاربرد دارد. پیش از آغازکردن الگو: (۱) چه فعالیت‌های سازمانی یا مرتبط یا تیمی قبلاً رخ داده است؟ (۲) حالت ورودی برای فرایند چیست؟ (۳) چه اطلاعاتی درباره مهندسی نرم‌افزار یا پروژه از قبل موجود است؟

برای مثال، الگوی **Planning** (برنامه‌ریزی) مستلزم آن است که

۱. مشتریان و مهندسان نرم‌افزار یک ارتباط مبتنی بر همکاری برقرار کرده باشند؛
۲. چند الگوی وظیفه‌ای [مشخص شده] برای الگوی **Communication** کامل شده باشد؛ و
۳. حوزه‌ی پروژه، خواسته‌های تجاری اساسی و قیدهای پروژه معلوم شده باشند.

مسأله. مسأله‌ی خاصی که قرار است توسط این الگو حل شود.

راهکار. چگونگی پیاده‌سازی موفق الگو را توصیف می‌کند. در این بخش شرح داده می‌شود که حالت اولیه‌ی فرایند (که پیش از پیاده‌سازی الگو وجود دارد) چگونه به‌عنوان پیامدی از شروع الگو اصلاح می‌شود. همچنین چگونگی تبدیل اطلاعات مهندسی نرم‌افزار یا اطلاعات پروژه که قبل از آغاز الگو در دسترس است، به‌عنوان پیامدی از اجرای موفق الگو در همین بخش شرح داده می‌شود.

> **نکته‌ی کلیدی**
> یک قالب الگویی، ابزاری سازگار برای توصیف الگو فراهم می‌آورد.

[1] این الگوهای فازی در بخش ۳-۳-۲ بحث می‌شوند.

اطلاعات

مثالی از یک الگوی فرایند

در الگوی فرایند خلاصه‌شده‌ی زیر، روشی شرح داده شده است که وقتی می‌تواند قابل استفاده باشد که طرف‌های ذی‌نفع ایده‌ای کلی از آنچه باید انجام شود، در ذهن داشته باشند، ولی از خواسته‌های مشخص خود مطمئن نیستند.

نام الگو. RequirementsUnclear

مقاصد. در این الگو روش ساخت مدلی شرح داده می‌شود که به‌صورت تکراری توسط طرف‌های ذی‌نفع برای شناسایی یا تعیین خواسته‌های نرم‌افزاری قابل ارزیابی باشد.

نوع. الگوی فازی.

حیطه‌ی اولیه. پیش از شروع این الگو، شرایط زیر باید برقرار باشد: (۱) طرف‌های ذی‌نفع شناسایی شده باشند؛ (۲) شیوه‌ی ارتباطی میان طرف‌های ذی‌نفع و تیم نرم‌افزاری تعیین شده باشد؛ (۳) طرف‌های ذی‌نفع، مسأله‌ای را که نرم‌افزار باید حل کند، مشخص کرده باشند؛ (۴) درک اولیه‌ای از حوزه‌ی پروژه، خواسته‌های تجاری اساسی و قیدهای پروژه به‌عمل آمده باشد.

مسأله. خواسته‌ها مبهم هستند یا اصلاً وجود ندارند، ولی در عین حال، می‌دانیم که مسأله‌ای هست که باید حل شود و این مسأله باید با یک راهکار نرم‌افزاری حل شود. طرف‌های ذی‌نفع از آنچه می‌خواهند، اطمینان ندارند؛ یعنی، نمی‌توانند خواسته‌های نرم‌افزاری را با ذکر جزئیات توصیف کنند.

راهکار. در اینجا توصیفی از فرایند ایجاد نمونه‌ی اولیه ارائه می‌شود که بعداً در بخش ۳-۳-۲ شرح داده خواهد شد.

حیطه‌ی حاصل. نمونه‌ی اولیه‌ای از نرم‌افزار که خواسته‌های اساسی را تعیین می‌کند (مثل شیوه‌های تعامل، ویژگی‌های محاسباتی، عملیات پردازشی) توسط طرف‌های ذی‌نفع به تصویب می‌رسد. سپس، (۱) نمونه‌ی اولیه ممکن است از طریق یک سری گام‌های پیاپی تکامل یابد تا به نرم‌افزار نهایی برسد یا (۲) نمونه‌ی اولیه ممکن است کنار گذاشته شود و تیم تولید از یک الگوی فرایند دیگر استفاده کند.

الگوی مرتبط. الگوهای زیر با این الگو در ارتباط هستند: **Customer Communication**، **Iterative Design**، **Iterative Development**، **Customer Assessment**، **Requirement Extraction**

کاربردها و مثال‌های شناخته‌شده. تهیه نمونه‌ی اولیه هنگامی توصیه می‌شود که خواسته‌ها قطعی نباشد.

حیطه‌ی حاصل. شرایطی را توصیف می‌کند که ماحصل پیاده‌سازی موفق الگو هستند: (۱) کدام فعالیت‌های سازمانی یا تیمی باید رخ داده باشد؟ (۲) حالت خروج برای فرایند چیست؟ (۳) کدام اطلاعات مهندسی نرم‌افزار یا اطلاعات پروژه توسعه یافته‌اند؟

الگوهای مرتبط. فهرستی از همه‌ی الگوهای فرایند تهیه کنید که با این الگو ارتباط مستقیم دارند. این را می‌توان به‌صورت یک سلسله مراتب یا هر شکل نموداری دیگری نمایش داد. برای مثال،

الگوی مرحله‌ای **Communication** شامل الگوهای وظیفه‌ای **Project Team**، **Collaborative Isolation**، **Guidelines**، **Scope Gathering**، **Requirement Description** و **Constraint Scenario Description** می‌شود.

کاربردها و مثال‌های شناخته‌شده. موارد خاصی را مشخص کنید که الگو در آنها قابل اعمال باشد. برای مثال، **Communication** در آغاز هر پروژه‌ی نرم‌افزاری، لازم‌الاجرا است، در سرتاسر پروژه‌ی نرم‌افزاری توصیه می‌شود و هنگامی که فعالیت استقرار در شُرُف انجام است، لازم‌الاجرا می‌شود.

الگوهای فرایند، سازوکاری اثربخش برای پرداختن به مشکلات مرتبط با هر فرایند نرم‌افزار فراهم می‌آورند. به کمک این الگوها می‌توانید توصیفی سلسله مراتبی از فرایند ارائه کنید که در سطح بالایی از انتزاع آغاز می‌شود (یک الگوی فازی). سپس این توصیف به مجموعه‌ای از الگوهای مرحله‌ای پالایش می‌شود که فعالیت‌های چارچوبی را توصیف کرده پس از پالایش بیشتر به‌شیوه‌ای سلسله مراتبی به الگوهای وظیفه‌ای برای هر الگوی مرحله‌ای تقسیم می‌شود که جزئیات بیشتر را در بر دارند. هنگامی که الگوهای فرایند توسعه یافتند، از آنها می‌توان برای تعریف شکل‌های متفاوت فرایند استفاده کرد-یعنی تیم نرم‌افزاری می‌تواند با استفاده از این الگوها به‌عنوان قطعات سازنده، یک مدل فرایند سفارشی را تعریف نماید.

مرجع وب

منابعی جامع درباره الگوهای فرایند را می‌توان در وب‌سایت زیر یافت.

www.ambysoft.com/processPatternsPage.html

۲-۲ ارزیابی فرایند و بهبودی

وجود یک فرایند نرم‌افزاری، تضمینی برای تحویل به‌موقع نرم‌افزار با توانایی برآوردن نیازهای مشتری یا ارائه‌ی خصوصیات فنی که به خصوصیات کیفیتی دراز مدت منجر شود (فصل‌های ۱۴ و ۱۶)، نیست. الگوهای فرایند باید با کار مهندسی نرم‌افزار (بخش دوم کتاب) همراه شود. به‌علاوه، خود فرایند را می‌توان مورد ارزیابی قرار داد تا اطمینان حاصل شود که ضروری‌بودن مجموعه‌ای از ملاک‌های اساسی برای یک مهندسی نرم‌افزار موفق، نشان داده شده است[1].

نکته‌ی کلیدی

هدف از ارزیابی، شناخت وضعیت فعلی فرایند نرم‌افزار به قصد بهبود بخشیدن به آن است.

چند روش متفاوت برای ارزیابی فرایند نرم‌افزار و بهسازی آن طی چند دهه‌ی گذشته پیشنهاد شده است:

روش ارزیابی استاندارد CMMI برای بهسازی (SCAMPI)- یک مدل ارزیابی فرایند پنج مرحله‌ای فراهم می‌آورد که شامل پنج فاز می‌شود: شروع، عیب‌یابی، ساخت، عملیات و یادگیری. در روش SCAMPI از SEI CMMI به‌عنوان مبنایی برای ارزیابی استفاده می‌شود [SEI00].

ارزیابی مبتنی بر CMM برای بهبودبخشیدن به فرایندهای داخلی (CBA IPI)- یک تکنیک عیب‌یابی برای ارزیابی بلوغ نسبی یک سازمان نرم‌افزاری فراهم می‌آورد؛ در این تکنیک از SEI CMM به‌عنوان مبنایی برای ارزیابی استفاده می‌شود [Dun 01].

SP/CE (ISO/IEC15504)- استانداردی که مجموعه‌ای از خواسته‌ها را برای ارزیابی فرایند نرم‌افزار تعریف می‌کند. هدف این استاندارد، کمک به سازمان‌ها در توسعه‌ی یک ارزیابی عینی از بازدهی هرگونه فرایند نرم‌افزار تعریف شده است [ISO08].

چه تکنیک‌های رسمی‌ای برای ارزیابی فرایند نرم‌افزار موجود است؟

---

[1] در [CMM07] شرحی از فرایند نرم‌افزار ارائه شده است و ملاک‌های مربوط به مهندسی موفق با جزئیات فراوان توصیف شده‌اند.

ISO 9001:2000 برای نرم‌افزار- یک استاندارد عمومی که برای هر سازمانی که مایل به بهسازی کیفیت کلی محصولات، سیستم‌ها یا سرویس‌های ارائه‌شده‌اش باشد، قابل استفاده است. بنابراین، استاندارد مذکور به‌طور مستقیم در سازمان‌ها و شرکت‌های نرم‌افزاری قابل استفاده است [Ant06].

بحث مشروح ارزیابی نرم‌افزار و روش‌های بهسازی فرایند در فصل ۳۰ ارائه خواهد شد.

۲-۳ مدل‌های فرایند تجویزی

مدل‌های فرایند تجویزی[1] در ابتدا برای نظم‌بخشیدن به آشوب موجود در توسعه‌ی نرم‌افزار پیشنهاد شدند. تاریخ نشان داده است که این مدل‌های سنتی به میزان معینی به‌کار مهندسی نرم‌افزار ساختار بخشیده‌اند و راهنمای اثربخشی برای تیم‌های نرم‌افزاری فراهم ساخته‌اند، ولی کار مهندسی نرم‌افزار و محصولی که از آن به‌دست می‌آید، در «آستانه‌ی آشوب» قرار می‌گیرد.

در یک مقاله‌ی جالب در خصوص رابطه‌ی عجیب میان نظم و آشوب در جهان نرم‌افزار، نوگریا و همکاران [Nog00] بیان می‌کنند که:

> آستانه‌ی آشوب به‌صورت «یک حالت طبیعی میان نظم و آشوب، یک مصالحه‌ی بزرگ میان ساختار و شگفتی» تعریف می‌شود [Kau95]. آستانه‌ی آشوب را می‌توان به‌صورت یک حالت ساخت‌یافته‌ی جزئی و ناپایدار تجسم کرد... ناپایدار است چون پیوسته جذب آشوب یا نظم مطلق می‌شود.
>
> ما تمایل داریم فکر کنیم که نظم، حالت ایده‌آل طبیعت است و این می‌تواند اشتباه باشد. پژوهش... مؤید این نظریه است که عملکرد دور از تعادل باعث ایجاد خلاقیت، فرایندهای خود سازمان و افزایش برگشتی می‌شود [Roo96]. نظم مطلق به معنای نبود تغییرات است که می‌تواند تحت شرایط غیرقابل پیش‌بینی، مزیت باشد. تغییر هنگامی رخ می‌دهد که قدری ساخت‌یافتگی وجود داشته باشد، به‌طوری که تغییر را بتوان سازمان‌دهی کرد، ولی نه چنان سخت که نتواند رخ دهد، ولی آشوب بیش‌ازحد، می‌تواند هماهنگ‌سازی و یکپارچگی را غیر ممکن کند. فقدان ساخت‌یافتگی همواره به‌معنای بی‌نظمی است.

این گفته‌ها معنایی فلسفی برای مهندسی نرم‌افزار دارد. اگر مدل‌های فرایند تجویزی[2] در جستجوی ساختار و نظم باشند، آیا برای یک جهان نرم‌افزاری که با تغییرات پیشرفت می‌کند، نامناسب هستند؟ به‌علاوه، اگر مدل‌های فرایند سنتی (و نظم ناشی از آنها) را رد کنیم و چیزی با ساخت‌یافتگی کمتر را جایگزین آنها کنیم، آیا دستیابی به هماهنگی و یکپارچگی در کار نرم‌افزاری را غیر ممکن ساخته‌ایم؟

پاسخ گفتن به این پرسش‌ها آسان نیست، ولی متغیرهای متفاوتی فراروی مهندسان نرم‌افزار وجود دارد. در بخش‌هایی که به‌دنبال خواهد آمد، به بررسی روش فرایند تجویزی خواهیم پرداخت که در آن، نظم و سازگاری پروژه، مسائل عمده به‌شمار می‌رود. ما آنها را «تجویزی» می‌خوانیم زیرا مجموعه‌ای از عناصر فرایند-فعالیت‌های چارچوبی، عملیات مهندسی نرم‌افزار، وظایف، محصولات کاری، تضمین کیفیت و سازوکارهای کنترل تغییرات را برای هر پروژه تجویز می‌کنند. هر مدل فرایند همچنین یک جریان فرایند (یا جریان کاری) را تعریف می‌کند که شیوه‌ی ارتباط میان عناصر فرایند را تعریف می‌کند.

> «سازمان‌های نرم‌افزاری کمبودهای چشمگیری در توانایی خود برای کسب تجربه از پروژه‌های کامل شده از خود نشان داده‌اند.»
>
> ناسا

> «اگر فرایند درست باشد، نتایج خودشان درست خواهند بود.»
>
> تاکاشی اوساداً

نکته‌ی کلیدی

مدل‌های فرایند تجویزی، مجموعه‌ای از عناصر تجویز شده و جریان کار تجویز شده را تعریف می‌کنند.

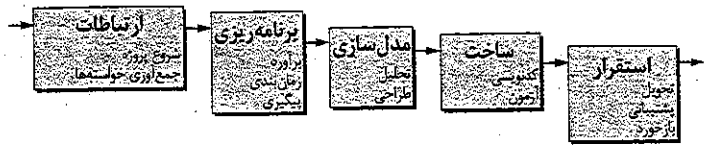
[1] prescriptive

[2] گرچه در مدل آبشاری اولیه‌ای که وینستون رویس [Roy70] پیشنهاد کرد، تدابیری برای «حلقه‌های بازخورد» اندیشیده شده بود، اکثریت وسیع سازمان‌هایی که این مدل فرایند را به‌کار می‌برند، به آن به دیده‌ای کاملاً خطی می‌نگرند.

همه‌ی مدل‌های فرایند می‌توانند فعالیت‌های چارچوبی عمومی توصیف شده در فصل ۱ را در خود جای دهند، ولی هر کدام به‌طرزی متفاوت بر این فعالیت‌ها تأکید می‌گذارد و یک جریان فرایندی تعریف می‌کند که به‌شیوه‌ای متفاوت به هر فعالیت چارچوبی (و نیز کنش‌ها و وظایف مهندسی نرم‌افزار) نظر دارد.

۱-۳-۲ مدل آبشاری[1]

گاه پیش می‌آید که خواسته‌های مربوط به یک مسأله به‌خوبی شناخته شده‌اند- هنگامی که کار به طریق **خطی**، از **برقراری ارتباط** تا **استقرار** جریان پیدا می‌کند (شکل ۳-۲). گاه این وضعیت هنگامی مشاهده می‌شود که تطبیق خوش تعریف یا بهسازی یک سیستم موجود ضرورت پیدا می‌کند (نظیر تغییر نرم‌افزار حسابداری که به دلیل تغییرات در ساختار دولت ضرورت پیدا کرده است).



شکل ۳-۲ مدل آبشاری.

این وضعیت همچنین ممکن است در تعداد محدودی از تلاش‌های توسعه‌ای پیش آید، ولی تنها هنگامی که خواسته‌ها به‌خوبی مشخص شده باشند و از پایداری مناسبی برخوردار باشند.

در مدل آبشاری، که گاه از آن به‌عنوان چرخه‌ی حیاتی کلاسیک یاد می‌شود، روشی سیستماتیک و ترتیبی[2] برای توسعه‌ی نرم‌افزار پیشنهاد می‌شود که با مشخص‌کردن خواسته‌ها توسط مشتری آغاز می‌شود و از طریق برنامه‌ریزی، مدل‌سازی، ساخت و استقرار پیش می‌رود و در پشتیبانی مستمر نرم‌افزار کامل شده به اوج می‌رسد.

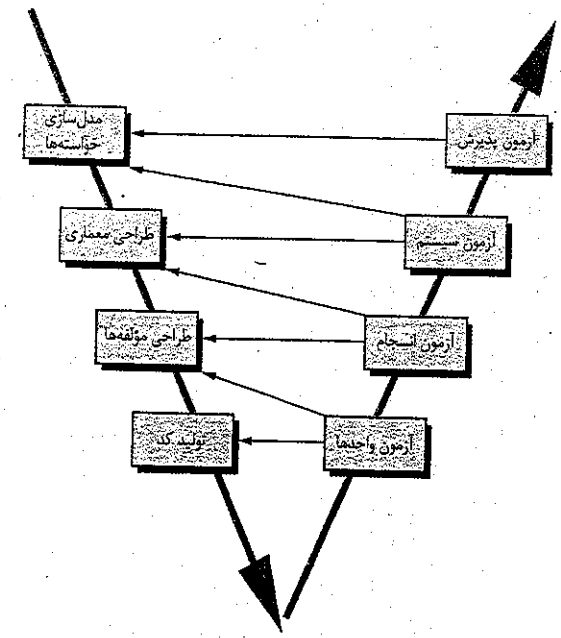
شکل دیگری در نمایش مدل آبشاری به‌عنوان مدل V شناخته می‌شود. مدل V، که در شکل ۴-۲ نمایش داده شده است، [Buc99] رابطه‌ی تضمین کیفیت با کنش‌های مرتبط با ارتباط، مدل‌سازی و فعالیت‌های ساخت اولیه را تصویر می‌کند. با حرکت تیم نرم‌افزاری به طرف پایین و سمت چپ V، خواسته‌های اساسی مسأله رفته رفته پالایش می‌شوند و جزئیات بیشتری از آنها تعیین می‌شود و مسأله و راهکار آن بهتر نمایش داده می‌شود. هنگامی که کدها نوشته شد، تیم در طرف راست V به طرف بالا حرکت می‌کند و اساساً یک سری آزمون اجرا می‌کند (کنش‌های تضمین کیفیت) تا هر کدام از مدل‌های ایجادشده در مدت حرکت تیم به طرف پایین را وارسی کند.[3] در جهان واقعیت، هیچ اختلاف بنیادی میان چرخه‌ی حیات کلاسیک و مدل V وجود ندارد. مدل V راهی برای تجسم بخشیدن به چگونگی وارسی و اعتبارسنجی در ابتدای کار نرم‌افزار فراهم می‌آورد.

نکته‌ی کلیدی

مدل V چگونگی ارتباط کنش‌های وارسی و اعتبار بخشی با کنش‌های قبلی مهندسی را نشان می‌دهد.

[1] waterfall model

[3] بحثی مشروح درباره کنش‌های تضمین کیفیت در بخش سوم این کتاب ارائه شده است.



شکل ۴-۲ مدل V.

مدل ترتیبی خطی، قدیمی‌ترین و پرکاربردترین الگو برای مهندسی نرم‌افزار است. ولی، نقد این الگو باعث شده که حتی هواداران فعال آن نیز بازدهی آن را مورد تردید قرار دهند [Han95]. از جمله مشکلاتی که به هنگام اجرای مدل ترتیبی خطی پیش می‌آید، می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

۱. پروژه‌های واقعی به‌ندرت جریان ترتیبی پیشنهادشده توسط این مدل را دنبال می‌کنند. گرچه مدل خطی می‌تواند پذیرای تکرار باشد، این عمل را به‌طور غیرمستقیم انجام می‌دهد. درنتیجه، با پیش رفتن تیم پروژه، ممکن است تغییرات باعث سردرگمی شوند.

۲. غالباً برای مشتری دشوار است که همه‌ی نیازهای خود را به وضوح بیان کند. مدل ترتیبی خطی، به بیان واضح نیاز دارد و به‌خوبی از پس موارد غیرقطعی که در آغاز اکثر پروژه‌ها وجود دارند، برنمی‌آید.

۳. مشتری باید حوصله داشته باشد. یک نسخه‌ی کاری از برنامه‌ها تا آخرین روزهای پروژه در دسترس او قرار نخواهد گرفت. یک اشتباه عمده که تا زمان بازبینی برنامه‌ی کاری از دید پنهان بماند، می‌تواند بسیار دردسرآفرین باشد.

براداک [Bra94] طی تحلیل جالبی که روی پروژه‌های واقعی انجام داده است، دریافته است که طبیعت خطی چرخه‌ی حیات کلاسیک به «حالت‌های مسدود کننده‌ای» منجر می‌شود که در آنها برخی اعضای تیم پروژه باید منتظر سایر اعضای تیم بمانند تا وظایف وابسته انجام شود. در واقع، زمان

چرا مدل آبشاری گاهی به شکست می‌انجامد؟

صرف‌شده برای این انتظار می‌تواند از زمان صرف‌شده روی کاری با بهره‌وری بالا بیشتر شود! حالت‌های مسدودکننده در ابتدا و انتهای یک فرایند ترتیبی خطی بیشتر رایج‌اند.

امروزه کار نرم‌افزاری با گام‌هایی سریع انجام می‌شود و در معرض جریانی بی‌پایان از تغییرات (در ویژگی‌ها، در عملکردها و در محتوای اطلاعاتی) قرار دارند. مدل آبشاری غالباً برای چنین کاری نامناسب است، ولی در شرایطی که خواسته‌ها ثابت هستند و قرار است کار تا پایان به‌شیوه‌ای خطی پیش برود، می‌توان به‌عنوان مدلی مفید عمل کند.

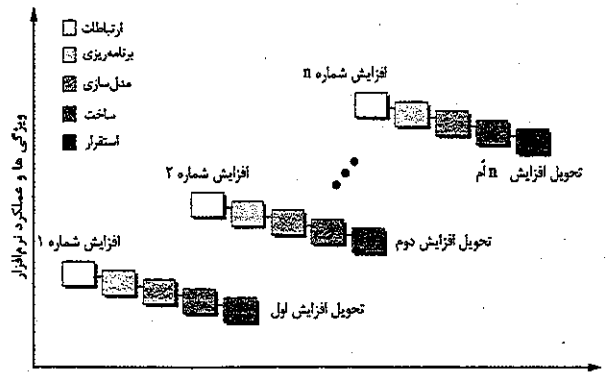
> «کار نرم‌افزاری غالب اوقات از قانون اول دوچرخه‌سواری پیروی می‌کند: در هر مسیری که باشید، سربالایی و باد مخالف را پیش رو دارید.»
>
> ناشناس

۲-۳-۲ مدل‌های فرایند افزایشی

وضعیت‌های فراوانی وجود دارد که در آنها خواسته‌های اولیه‌ی نرم‌افزار به‌خوبی تعریف شده‌اند، ولی حوزه‌ی کلی تلاش‌های به‌عمل‌آمده در توسعه‌ی نرم‌افزار، مانع از یک فرایند خطی محض می‌شود. به‌علاوه، ممکن است نیاز به فراهم کردن سریع مجموعه‌ی محدودی از عملکردهای نرم‌افزار برای کاربران و سپس پالایش و بسط بر اساس آن عملکردها در نسخه‌های بعدی نرم‌افزار ضرورت پیدا کند. در چنین مواردی، می‌توانید یک مدل فرایند انتخاب کنید که برای تولید نرم‌افزار به‌شیوه‌ی افزایشی طراحی شده باشد.

مدل افزایشی، عناصر مدل ترتیبی خطی را با جریان‌های فرایند خطی و موازی بحث‌شده در بخش ۲-۱ تلفیق می‌کند. با رجوع به شکل ۵-۲، مشاهده می‌شود که مدل افزایشی، مراحل ترتیبی خطی را به شیوه‌ای باورنکردنی با پیشرفت زمانی تقویم اجرا می‌کند. هر ترتیب خطی یک «افزایش» قابل تحویل از نرم‌افزار را [McD93] را به شیوه‌ای ارائه می‌دهد که مشابه با افزایش‌های تولیدشده توسط یک جریان فرایند تکاملی است (بخش ۳-۳-۲).

> **نکته‌ی کلیدی**
>
> مدل افزایشی یک سری نرم‌افزار تحویل می‌دهد که هر کدام یک گام تأمله می‌شود و این گام‌ها هر یک نسبت به سلف خود عملکرد بیشتری در اختیار مشتری قرار می‌دهند.



شکل ۵-۲ مدل افزایشی.

برای مثال، نرم‌افزار واژه‌پردازی که با استفاده از الگوی افزایشی توسعه یافته است، ممکن است اعمالی از قبیل مدیریت فایل، تولید و ویرایش مستندات را در نسخه‌ی اول، قابلیت‌های پیچیده‌تر ویرایشی و تولید مستندات در نسخه‌ی دوم؛ چک‌کردن املاء و دستور در نسخه‌ی سوم؛ و قابلیت‌های پیشرفته صفحه‌بندی را در نسخه‌ی چهارم تحویل دهد. باید توجه داشت که جریان فرایند برای هر افزایش می‌تواند الگوی ساخت نمونه‌ی اولیه را در خود داشته باشد.

هنگامی که از یک مدل افزایشی استفاده شود، افزایش نخست غالباً محصول هسته‌ای است، یعنی به خواسته‌های پایه می‌پردازد، ولی بسیاری از ویژگی‌های مکمل (که برخی معلوم و برخی نامعلوم هستند) تحویل داده نمی‌شوند. محصول هسته‌ای توسط مشتری مورد استفاده (یا بازبینی مفصل) قرار می‌گیرد. درنتیجه‌ی استفاده و/یا ارزیابی، طرحی برای افزایش بعدی توسعه می‌یابد. این طرح حاوی اصلاحاتی است که نیازهای مشتری و تحویل قابلیت‌ها و ویژگی‌های اضافی را بهبود می‌بخشد. این فرایند به‌دنبال تحویل هر قطعه تکرار می‌شود تا اینکه محصول کامل تولید شود.

مدل فرایند افزایشی، همانند مدل ساخت نمونه‌ی اولیه (بخش ۵-۲) و روش‌های تکاملی دیگر، ماهیتی تکراری دارد. ولی برخلاف مدل ساخت نمونه‌ی اولیه، مدل افزایشی بر تحویل قطعه‌ای در هر افزایش تأکید می‌ورزد. قطعات اولیه، نسخه‌های «دست‌وپاشکسته‌ای» از محصول نهایی هستند، ولی قابلیت ارائه خدمات به کاربر را داشته به‌عنوان محیطی برای ارزیابی توسط کاربر نیز عمل می‌کنند[1].

توسعه افزایشی به‌ویژه هنگامی مفید واقع می‌شود که تعداد کارمندان لازم برای تکمیل پیاده‌سازی پروژه در مهلت کاری مقرر، در دسترس نباشد. «افزایش‌های» اولیه را با تعداد کمتری از افراد می‌توان پیاده‌سازی نمود. اگر محصول هسته‌ای به‌خوبی دریافت شود، کارمندان دیگری را (در صورت نیاز) می‌توان اضافه کرد و افزایش بعدی را پیاده‌سازی کرد. به‌علاوه، می‌توان افزایش‌ها را طوری برنامه‌ریزی کرد که خطرات تکنیکی قابل مدیریت باشند. برای مثال، یک سیستم اصلی ممکن است نیاز به سخت‌افزار جدیدی داشته باشد که فعلاً در حال توسعه است و تاریخ تحویل آن قطعی نیست. ممکن است برنامه‌ریزی افزایش‌های اولیه به‌شیوه‌ای که از به‌کارگیری این سخت‌افزار پرهیز شود، میسر باشد و در نتیجه، بخشی از عملکردها بدون تاخیر چشمگیر به کاربر نهایی تحویل شود.

اندرز

مشتری شما تاریخ تحویلی را درخواست می‌کند که غیرممکن است. تحویل یک یا چند نسخه از نرم‌افزار را تا آن تاریخ پیشنهاد کنید و بقیه را بعداً تحویل دهید.

۳-۳-۲ مدل‌های فرایند تکاملی

نرم‌افزارها نیز همانند همه‌ی سیستم‌های پیچیده‌ی دیگر، در اثر مرور زمان تکامل می‌یابند. خواسته‌های تجارتی محصول، غالباً به موازات توسعه، تغییر می‌یابند و منجر به ساخت محصول نهایی غیرواقعی می‌شوند؛ مهلت‌های زمانیِ محدود بازار، کامل‌کردن یک محصول نرم‌افزاری مفهومی را غیرممکن می‌سازند، ولی یک نسخه‌ی محدود را باید وارد بازار کرد تا فشارهای رقابتی یا کاری را مرتفع سازد؛ مجموعه‌ای از خواسته‌های اصلی و محوری سیستم یا محصول به‌خوبی درک می‌شود، ولی جزئیات محصول یا سیستم هنوز باید مشخص شود. در این وضعیت‌ها یا وضعیت‌های مشابه، مهندسان نرم‌افزار به مدل فرایندی نیاز دارند که به‌طور مشخص برای محصول طراحی شده باشد و با گذشت زمان تکامل می‌یابد.

نکته‌ی کلیدی

در مدل‌های فرایند تکاملی در هر دور از تکرار نسخه‌ی کامل‌تری از نرم‌افزار تولید می‌شود.

ساخت نمونه‌ی اولیه. غالباً، مشتری یک مجموعه اهداف کلی برای نرم‌افزار تعیین می‌کند، ولی جزئیات خواسته‌های مربوط به قابلیت‌ها یا ویژگی‌ها را مشخص نمی‌کند. در موارد دیگر، ممکن است سازنده از بازدهی یک الگوریتم، قابلیت تطابق با یک سیستم عامل خاص یا شکل تعامل «انسان – ماشین» مطمئن نباشد. در این شرایط و بسیاری از شرایط دیگر، الگوی ساخت نمونه‌ی اولیه ممکن است بهترین روش باشد.

«طوری طراحی کنید که نمونه‌ی اولیه را بعداً کنار بگذارند. چون به‌هرحال این کار را باید بکنید. تنها راهی که دارند این است که بگویند یک محصول موقتی به مشتری بفروشند.»

فردریک پ. بروکس

[1] شایان ذکر است که فلسفه فرایند افزایشی در تمامی مدل‌های فرایند چابکی که در فصل ۳ بحث خواهند شد نیز مفید است.

اندرز

هنگامی که مشتری شما خواسته‌ای مشروح دارد، ولی جزئیات چندانی در اختیار شما قرار نداده است، به‌عنوان نخستین قدم، یک نمونه‌ی اولیه بسازید.

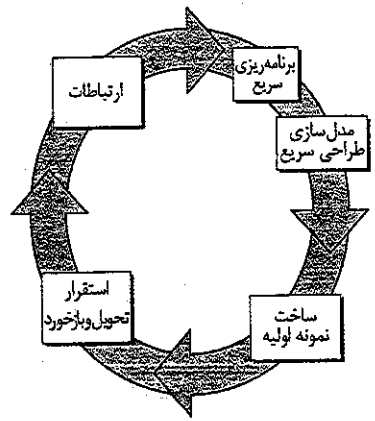
گرچه از تهیه نمونه‌ی اولیه می‌توان به‌عنوان یک مدل فرایند مستقل استفاده کرد، از آن بیشتر به‌عنوان تکنیکی استفاده می‌شود که می‌توان در حیطه‌ی هر کدام از مدل‌های فرایند ذکرشده در این فصل آن را پیاده کرد. شیوه‌ی به‌کار گرفته شده هر چه که باشد، الگوی تهیه‌ی نمونه‌ی اولیه به شما و سایر طرف‌های ذی‌نفع کمک خواهد کرد که بهتر درک کنید هنگام مبهم بودن خواسته‌ها، چه چیزی قرار است ساخته شود.

الگوی ساخت نمونه‌ی اولیه (شکل ۶-۲) با جمع‌آوری خواسته‌ها آغاز می‌شود. مشتری و سازنده با هم ملاقات می‌کنند و اهداف کلی نرم‌افزار را تعیین می‌کنند، همه‌ی خواسته‌های معلوم را شناسایی می‌کنند و زمینه‌هایی را مطرح می‌کنند که تعریف بیشتر در آنها الزامی است. سپس یک «طراحی سریع» صورت می‌پذیرد. در طراحی سریع، هدف اصلی، ارائه آن دسته از ویژگی‌های نرم‌افزار است که به چشم مشتری/کاربر می‌آیند (مثل روش‌های واردکردن اطلاعات و فرمت‌های خروجی). طراحی سریع منجر به ساخت یک نمونه‌ی اولیه می‌شود. نمونه‌ی اولیه مورد ارزیابی مشتری/کاربر قرار گرفته از آن برای پالایش خواسته‌های نرم‌افزار مورد نظر استفاده می‌شود. با تنظیم نمونه‌ی اولیه برای برآوردن نیازهای مشتری، تکرار رخ می‌دهد و در عین حال، سازنده بهتر می‌فهمد که چه نیازهایی باید برآورده شود.

در حالت ایده‌آل، نمونه‌ی اولیه به‌عنوان راهکاری برای تشخیص خواسته‌های نرم‌افزار عمل می‌کند. اگر یک نمونه‌ی اولیه‌ی کاری ساخته شود، سازنده می‌کوشد تا از قطعات برنامه‌ی موجود استفاده کند یا از ابزارهایی (مانند مولد گزارش، مدیریت پنجره و غیره) استفاده کند تا برنامه‌های کاری به سرعت تولید شود.

ولی هنگامی که نمونه‌ی اولیه، اهداف ذکر شده در بالا را برآورده ساخت، با آن چه می‌کنیم؟ بروکز [Bro75] چنین پاسخ می‌دهد:

> در اکثر پروژه‌ها، نخستین سیستمی که ساخته می‌شود چندان قابل استفاده نیست. ممکن است بیش از حد آهسته باشد، بیش از حد بزرگ باشد، استفاده از آن دشوار باشد، یا این هر سه عیب را با هم داشته باشد. چاره‌ای جز شروع دوباره وجود ندارد. باید نسخه‌ی دیگری ساخت که این مشکلات در آن حل شده باشد ...



شکل ۶-۲ الگوی ساخت نمونه‌ی اولیه.

SafeHome

انتخاب یک مدل فرایند

صحنه: اتاق کنفرانس گروه مهندسی نرم‌افزار در شرکت CPI، شرکتی (نخیلی) که محصولات خانگی و تجاری تولید می‌کند.

نقش‌آفرینان: لی وارن، مدیر مهندسی؛ داگ میلر، مدیر مهندسی نرم‌افزار؛ جیمی لازار، عضو تیم نرم‌افزار؛ وینود رامان، عضو تیم نرم‌افزار؛ اد رابینز، عضو تیم نرم‌افزار.

گفتگوها

لی: بسیار خوب. جمع‌بندی می‌کنیم. من مدتی را صرف بحث درباره‌ی خط تولید *SafeHome* کردم. بدون شک، یک عالم کار داریم تا بتوانیم تعریف ساده‌ای از محصول ارائه بدهیم، ولی دوست دارم شماها فکر بکنید ببینید چطور می‌شود به بخش نرم‌افزاری پروژه نزدیک شد.

داگ: به‌نظر می‌رسد ما در گذشته خیلی در نگاه‌کردن به نرم‌افزار منظم عمل نکردیم.

اد: نمی‌دانم داگ، ما همیشه محصول را بیرون دادیم.

داگ: این درست، ولی با یک عالم ادبیت و آزار و این پروژه هم که به‌نظر می‌رسد از هرچه تا به حال انجام داده ایم، بزرگتر باشد.

جیمی: اندازه‌ها هم سخت به‌نظر نمی‌رسد، ولی موافقم- روشی که برای پروژه‌های قبلی به‌کار می‌بردیم اینجا جواب نمی‌دهد؛ مخصوصاً اگر یک برنامه‌ی زمانی فشرده داشته باشیم.

داگ (با لبخند): دوست دارم در روشی که استفاده می‌کنیم، یک قدری حرفه‌ای‌تر باشیم. من هفته قبل در یک دوره‌ی آزمونی کوتاه شرکت کردم و چیزهای زیادی درباره مهندسی نرم‌افزار یاد گرفتم. مطالب جالبی بود. اینجا به یک فرایند نیاز داریم.

جیمی (با اخم): کار من ساختن نرم‌افزار است نه کاغذبازی.

داگ: قبل از این که با من مخالفت کنی، به من فرصت بده منظورم این است. [داگ چارچوب فرایند شرح داده شده در این فصل و مدل فرایند تجویزی را توضیح می‌دهد.]

داگ: خلاصه، به‌نظر من مدل خطی به درد ما نمی‌خورد، چون در این مدل این طور فرض می‌شود که همه‌ی خواسته‌ها معلوم است، که این خیلی محتمل نیست.

وینود: بله، و در ضمن، زیادی ITگرایانه به‌نظر می‌رسد. احتمالاً برای ساختن یک سیستم کنترل موجودی یا چیزهای شبیه آن مناسب است، ولی برای *SafeHome* خوب نیست.

داگ: موافقم.

اد: این روش تهیه‌ی نمونه‌ی اولیه، به‌نظر مناسب می‌آید. خیلی از کارهایی که انجام می‌دهیم، همین طوری است.

وینود: این مشکل ایجاد می‌کند. من نگران این هستم که ساخت‌یافتگی کافی را در اختیار ما قرار ندهد.

داگ: جای نگرانی نیست. ما گزینه‌های زیادی داریم و از شما می‌خواهم بهترین گزینه را برای تیم و برای پروژه انتخاب کنید.

نمونه‌ی اولیه می‌تواند به‌عنوان «نخستین سیستم» عمل کند. یعنی همان‌طور که بروکز توصیه می‌کند، دور انداخته شود. ولی این دیدگاه ممکن است ایده‌آل باشد. این درست است که برخی نمونه‌های اولیه به این منظور ساخته می‌شوند که دور انداخته شوند، ولی عده دیگری نیز طبیعتی تکاملی دارند از این لحاظ که نمونه‌ی اولیه به تدریج به سیستم واقعی تکامل می‌یابد.

هم افراد ذی‌نفع و هم سازندگان، الگوی ساخت نمونه‌ی اولیه را دوست دارند. کاربران احساس می‌کنند که یک سیستم واقعی را آزمایش می‌کنند و سازندگان چیزی را بلافاصله ساخته‌اند. با این همه، ساخت نمونه‌ی اولیه نیز می‌تواند به دلایل زیر مشکل‌آفرین باشد:

اندرز

در برابر فشار توسعه‌ی نمونه‌ی اولیه به محصول، مقاومت کنید. درنتیجه‌ی این روند، همواره کیفیت آسیب می‌بیند.

۱. افراد ذی‌نفع چیزی را می‌بینند که ظاهراً یک نسخه‌ی کاری از نرم‌افزار است. ولی نمی‌دانند که این نمونه‌ی اولیه با «موم» سرهم‌بندی شده است، نمی‌دانند که به لحاظ شتابی که در به کارگیری داشته‌ایم، کیفیت کلی نرم‌افزار و قابلیت نگهداری درازمدت ملتظر نبوده است. هنگامی که مطلع می‌شود محصول باید بازسازی شود تا به سطوح بالای کیفیت برسد، از کوره در می‌رود و تقاضا می‌کند با چند ترمیم جزئی این نمونه‌ی اولیه به یک محصول کاری تبدیل شود. اکثر اوقات هم مدیریت ساخت نرم‌افزار کوتاه می‌آید.

۲. مهندس نرم‌افزار غالباً برای به‌کارگیری هرچه سریع‌تر نمونه‌ی اولیه، در پیاده‌سازی دقیق آن کوتاه می‌آید. ممکن است از یک سیستم عامل یا زبان برنامه‌نویسی نامناسب استفاده شود، صرفاً به‌خاطر این که در دسترس و شناخته شده است؛ ممکن است یک الگوریتم ناکارآمد پیاده‌سازی شود. صرفاً برای آنکه قابلیت برنامه نشان داده شود. پس از مدتی ممکن است برنامه‌نویس با این انتخاب‌ها مأنوس شود و کلاً فراموش کند که چرا نامناسب بوده‌اند. انتخاب «کمتر از ایده‌آل» اکنون به بخشی از سیستم تبدیل شده است.

ممکن است مشکلاتی رخ دهد، ولی ساخت نمونه‌ی اولیه می‌تواند الگوی مؤثری برای مهندسی نرم‌افزار باشد. کلید کار، تعیین قواعد بازی در همان آغاز است؛ یعنی افراد ذی‌نفع و سازنده هر دو باید بپذیرند که نمونه‌ی اولیه بدین منظور ساخته می‌شود که به‌عنوان سازوکاری برای تعیین خواسته‌ها عمل کند. سپس (دست‌کم بخش‌هایی از آن) دور انداخته می‌شود و نرم‌افزار واقعی با مدنظر قرار دادن کیفیت، مهندسی می‌شود.

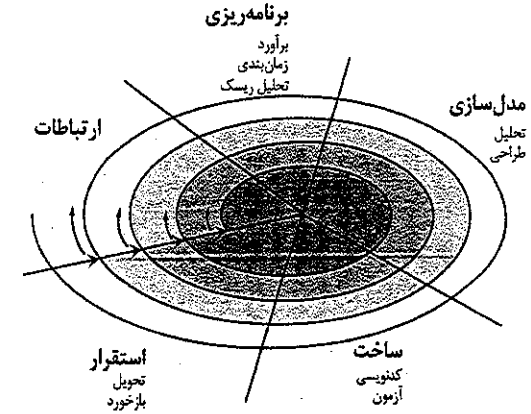
مدل مارپیچی (حلزونی). مدل مارپیچی که نخستین بار بوهم [Boe88] آن را پیشنهاد کرد، یک مدل فرایند نرم‌افزاری تکاملی است که ماهیت تکراری مدل ساخت نمونه‌ی اولیه را با جنبه‌های کنترلی و سیستماتیک مدل ترتیبی خطی (آبشاری) تلفیق می‌کند. این مدل پتانسیل لازم برای بسط سریع نسخه‌های تکاملی نرم‌افزار را داراست. بوهم [Boe01a] این مدل را به شیوه زیر توصیف می‌کند:

> مدل توسعه‌ی مارپیچی، یک مولد مدل فرایند مبتنی بر ریسک است که برای هدایت مهندسی همزمان طرف‌های ذی‌نفع سیستم‌های نرم‌افزاری به‌کار می‌رود. این مدل دو ویژگی متمایز دارد. یکی روش چرخه‌ای برای رشد تدریجی درجه‌ی تعریف سیستم و پیاده‌سازی آن در حالی که درجه‌ی ریسک آن کاهش می‌یابد. دیگری، مجموعه‌ای از *نقاط عطف لنگری*[1] برای حصول اطمینان از تعهد طرف‌های ذی‌نفع به راهکارهای رضایت‌بخش و امکان‌پذیر.

[1] anchor milestones

با استفاده از مدل مارپیچی، نرم‌افزار به‌صورت یک سری نگارش‌های تکاملی توسعه می‌یابد. طی نخستین دورهای تکرار، نگارش تکاملی، ممکن است یک مدل کاغذی یا یک نمونه‌ی اولیه باشد. طی تکرارهای بعدی، هر بار نسخه‌ی کامل‌تری از سیستم، مهندسی شده تولید می‌شود.

مدل مارپیچی به چند فعالیت چارچوبی تقسیم می‌شود که توسط تیم نرم‌افزار تعریف می‌شوند. برای روشن‌شدن مطلب، از فعالیت‌های چارچوبی مطرح‌شده در بخش‌های قبلی استفاده می‌کنیم[1]. هر یک از فعالیت‌های چارچوبی نشان‌گر یک قطعه از مسیر مارپیچی نشان داده شده در شکل ۷-۲ است. با شروع این فرایند تکاملی، تیم نرم‌افزاری فعالیت‌هایی را اجرا می‌کند در یک دور از مارپیچ در جهت ساعتگرد تعیین و از مرکز شروع می‌شود. ریسک (فصل ۲۸) با طی‌کردن هر دور در نظر گرفته می‌شود. نقاط عطف لنگری- تلفیقی از محصولات کاری و شرایطی که در مسیر مارپیچی برقرار می‌شود- در هر دور از مارپیچ مورد توجه قرار می‌گیرد.



شکل ۷-۲ یک مدل مارپیچی متداول.

نخستین مدار مارپیچ ممکن است منجر به ایجاد مشخصه‌ای از محصول گردد، ولی عبورهای بعدی در اطراف مارپیچ برای ایجاد یک نمونه‌ی اولیه و سپس نسخه‌های پیچیده‌تری از نرم‌افزار به‌کار می‌رود. هر بار گذر از ناحیه برنامه‌ریزی، منجر به تنظیم دوباره طرح پروژه می‌شود. هزینه و زمان‌بندی براساس بازخورد حاصل از ارزیابی مشتری تنظیم می‌شود. به‌علاوه، مدیر پروژه تعداد تکرارهای موردنیاز برای کامل‌شدن نرم‌افزار را تنظیم می‌کند.

برخلاف سایر مدل‌های فرایند کلاسیک که با تحویل نرم‌افزار پایان می‌یابند، مدل مارپیچی را می‌توان طوری تطبیق داد که در سرتاسر عمر نرم‌افزار کامپیوتری قابل به‌کارگیری باشد. بنابراین، مدار اول حول مارپیچ نشان‌گر یک «پروژه‌ی توسعه‌ی مفهوم» است که از مرکز مارپیچ آغاز می‌شود و آن‌قدر تکرار می‌شود[2] تا توسعه‌ی مفهوم کامل شود. اگر قرار باشد این مفهوم در یک محصول واقعی

نکته‌ی کلیدی

مدل مارپیچی را می‌توان طوری تطبیق داد که در سرتاسر چرخه‌ی حیات یک برنامه‌ی کاربردی، از توسعه مفاهیم گرفته تا نگهداری، قابل استفاده باشد.

مرجع وب

اطلاعات مفیدی درباره مدل مارپیچی را می‌توان در وب‌سایت زیر یافت:
www.sei.cmu.edu/publications/documents/00.reports/00sr008.html

[1] مدل مارپیچی که در این بخش بحث شد، شکل تغییریافته‌ای از مدل بوهم است. برای اطلاعات بیشتر درباره مدل مارپیچی اولیه، [Boe88] را ببینید. برای بحث‌های جدیدتر درباره مدل مارپیچی بوهم [Boe98] را ببینید.

[2] پیکان‌هایی که روی محور جداکننده ناحیه اعزام از ناحیه ارتباطات قراردارند و به طرف داخل مارپیچ اشاره دارند، نشان‌گر توان بالقوه برای تکرار محلی در راستای مسیر یکسانی از مارپیچ‌اند.

SafeHome

انتخاب یک مدل فرایند، بخش ۲

صحنه: اتاق کنفرانس گروه مهندسی نرم‌افزار در شرکت CPI، شرکتی (تخیلی) که محصولات خانگی و تجاری تولید می‌کند.

نقش‌آفرینان: لی وانگ، مدیر مهندسی؛ داگ میلر، مدیر مهندسی نرم‌افزار؛ وینود و جیمی، اعضای تیم مهندسی نرم‌افزار.

گفتگوها: [داگ گزینه‌های فرایندهای تکاملی را شرح می‌دهد.]

جیمی: حالا چیزی دیدم که خوشم آمد. روش «افزایشی» معقول به‌نظر می‌رسد و من جداً این مدل مارپیچی را دوست دارم. باعث می‌شود که واقعی به‌نظر برسد.

وینود: موافقم. ما یک افزایش را تحویل مشتری می‌دهیم و از بازخوردش چیزهایی دستگیرمان می‌شود؛ دوباره برنامه‌ریزی می‌کنیم و افزایش بعدی را تحویل می‌دهیم. می‌توانیم به سرعت یک چیزی را روانه‌ی بازار کنیم و بعد با هر نسخه یا افزایش جدید، قابلیت‌ها را زیادتر کنیم.

لی: صبر کن ببینم داگ. تو می‌گویی در هر دور، باید دوباره برنامه‌ریزی کنیم؟ این خیلی جالب نیست. ما یک برنامه‌ریزی و یک زمان‌بندی می‌خواهیم و باید به آن پایبند باشیم.

داگ: این طرز تفکر دیگر قدیمی است، لی. همان‌طور که جیمی گفت، باید واقعی باشد. من قول می‌دهم که تغییر برنامه‌ریزی به موازاتی که چیزهای بیشتری دستگیرمان می‌شود و انجام تغییرات درخواست می‌شود، بهتر است. این طوری، کار واقع‌بینانه‌تر انجام می‌شود. اگر برنامه‌ریزی واقعیت را منعکس نکند، به چه دردی می‌خورد؟

لی (اخم می‌کند): فکر می‌کنم درست می‌گویی، ولی مدیران ارشد خوششان نخواهد آمد. آنها یک برنامه‌ریزی ثابت می‌خواهند.

داگ (با لبخند): پس باید یک دوره بازآموزی برایشان بگذاریم رفیق.

تجلی پیدا کند، فرایند از طریق مکعب بعدی (نقطه بعدی ورود به پروژه در بسط محصول جدید) پیش می‌رود و یک «پروژه‌ی توسعه‌ی جدید» آغاز می‌شود. محصول جدید از طریق چند تکرار حول مارپیچ و با دنبال کردن مسیری تکامل می‌یابد که نواحی روشن‌تری از ناحیه مرکزی را مرزبندی می‌کنند. در اصل، هنگامی که مارپیچ به این شیوه مشخص می‌شود، تا پایان کار نرم‌افزار فعال باقی می‌ماند. زمانی فرا می‌رسد که فرایند، غیرفعال می‌شود. ولی هرگاه تغییری آغاز شود، فرایند در نقطه ورودی مناسب (مثلاً بهبود محصول) آغاز می‌شود.

مدل مارپیچی یک روش واقع‌گرا برای توسعه‌ی نرم‌افزارها و سیستم‌هایی در مقیاس انبوه است. از آنجا که نرم‌افزار به موازات پیشرفت فرایند، تکامل می‌یابد، سازنده و مشتری در هر سطح تکامل، ریسک‌ها را بهتر درک کرده به آن واکنش نشان می‌دهند. مدل مارپیچی از ساخت نمونه‌ی اولیه به‌عنوان راهکاری برای کاهش ریسک استفاده می‌کند، ولی مهم‌تر آنکه سازنده را قادر می‌سازد تا روش ساخت نمونه‌ی اولیه را در هر مرحله از تکامل محصول به‌کار بندد. این مدل همان روش مرحله‌ای پیشنهادشده توسط چرخه‌ی حیات کلاسیک را حفظ می‌کند، ولی آن را با یک چارچوب تکراری همراه می‌کند که جهان واقعی را واقعی‌تر منعکس می‌کند. در مدل مارپیچی، در نظر گرفتن ریسک‌های

اندرز

اگر مدیریت شما توسعه‌ی با بودجه‌ی ثابت را دوست دارد (که عموماً ایده‌ی جالبی نیست) مدل مارپیچی می‌تواند مشکل‌آفرین شود. با کامل‌شدن هر دور از مارپیچ، هزینه‌ی پروژه مورد بازبینی قرار می‌گیرد.

فنی در همه‌ی مراحل، ضروری است و اگر به‌طور مناسب به‌کار برده شود، باید ریسک را پیش از آنکه مشکل‌آفرین شوند، کاهش دهد.

ولی همانند الگوهای دیگر، این مدل نیز علاج همه‌ی دردها نیست. ممکن است به سختی بتوان مشتری را قانع کرد (به‌ویژه در شرایط قرارداد) که روش تکاملی قابل کنترل است. این مدل، مهارت ارزیابی خطر فراوانی را طلب می‌کند، و برای موفقیت، بر همین مهارت متکی است. اگر یک خطر عمده کشف و اداره نشود، بدون شک مشکلاتی به بار خواهد آمد.

> «من فقط این قدر، دورم و تنها فرداست که راهنمای من خواهد بود»
>
> **دیو ماتیوس بند**

۴-۳-۲ مدل توسعه‌ی همروند

مدل توسعه‌ی همروند[1] که گاه از آن با عنوان *مهندسی همروند* نیز یاد می‌شود، به تیم نرم‌افزار این امکان را می‌دهد عناصر تکراری و همروند هر کدام از مدل‌های فرایند توصیف شده در این فصل را ارائه نماید. برای مثال، فعالیت مدل‌سازی تعریف شده برای مدل مارپیچی با توجه به وظایف زیر قابل حصول است: ساخت نمونه‌ی اولیه، تحلیل، و طراحی.[2]

شکل ۸-۲ طرحی از یک فعالیت با مدل توسعه‌ی همروند ارائه می‌دهد. این فعالیت – **مدل‌سازی** – ممکن‌است در هر زمان مفروض، در یکی از حالت‌های[3] ذکر شده باشد. به‌طور مشابه، فعالیت‌های دیگر (مانند **ارتباطات** یا **ساخت**) را می‌توان به‌شیوه‌ای مشابه نمایش داد. همه‌ی فعالیت‌ها به‌صورت همروند وجود دارند ولی در حالت‌های متفاوت قرار می‌گیرند.

برای مثال، در ابتدای یک پروژه، فعالیت برقراری ارتباط (که در شکل نشان داده نشده است) نخستین تکرار خود را به پایان رسانده است و در حالت «**انتظار تغییرات**» قرار دارد. فعالیت مدل‌سازی (که هنگام کامل‌شدن ارتباط اولیه با مشتری در حالت **غیرفعال** قرار داشت) اکنون دستخوش گذار به حالت **تحت توسعه** می‌شود. ولی اگر مشتری متذکر شود که تغییراتی در خواسته‌ها باید صورت پذیرد، فعالیت تحلیل از حالت «تحت توسعه» به حالت «انتظار تغییرات» می‌رود.

مدل توسعه‌ی همروند، یک سری رویداد تعریف می‌کند که باعث گذار از حالتی به حالت دیگر برای هر یک از فعالیت‌های مهندسی نرم‌افزار می‌شوند. برای مثال، طی اولین مراحل طراحی (یکی از کنش‌های اصلی در مهندسی نرم‌افزار که طی فعالیت مدل‌سازی انجام می‌شود)، یک ناسازگاری در مدل تحلیل کشف می‌شود. این باعث تولید رویداد *تصحیح مدل تحلیل* می‌شود که گذار از کنش تحلیل خواسته‌ها را از حالت **انجام‌شده** به حالت **انتظار تغییرات** سبب می‌شود.

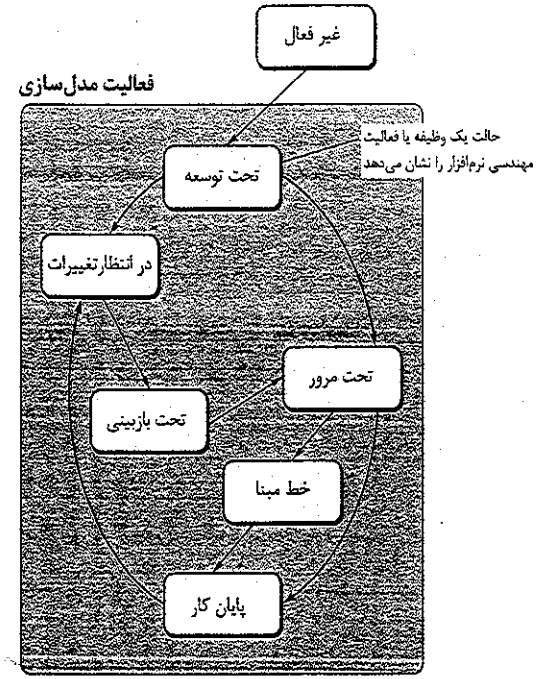
مدل‌سازی همروند برای انواع روش‌های توسعه‌ی نرم‌افزار قابل استفاده است و تصویری صحیح از وضعیت فعلی یک پروژه فراهم می‌سازد. مهندسی نرم‌افزار به‌جای محدودکردن فعالیت‌ها، کنش‌ها و وظایف به یک سری رویدادها، شبکه‌ای از فرایندها را تعریف می‌کند. رویدادهای ایجادشده در یک نقطه از این شبکه‌ی فرایندها، گذار در میان حالت‌ها را آغاز می‌کند.

> «هر فرایندی در سازمان شما یک مشتری دارد و بدون مشتری، فرایند شما هدفی ندارد.»
>
> **و. دانیل هانت**

[1] concurrent model

[2] لازم به ذکر است که تحلیل و طراحی، وظایفی پیچیده‌اند که نیاز به بحث اساسی دارند. در بخش دوم این کتاب به تفصیل به این مباحث خواهیم پرداخت.

[3] حالت، رفتاری از سیستم است که از بیرون قابل مشاهده باشد.



شکل ۸-۲ یک عنصر از فرایند همروند.

> **اندرز**
>
> مدل هم‌زمان غالباً برای پروژه‌های مهندسی‌ای مناسب است که تیم‌های مهندسی متقاوتی در آن شرکت دارند.

۵-۳-۲ سخن آخر درباره‌ی فرایندهای تکاملی

قبلاً گفتیم که مشخصه‌ی نرم‌افزارهای مدرن، تغییر پیوسته، در فواصل زمانی بسیار به هم فشرده و با تأکید بسیار بر رضایت مشتری-کاربر است. در بسیاری موارد، زمان رساندن محصول به بازار، مهمترین خواسته‌ی مدیریتی است. اگر زمان مقرر برای ارائه به بازار از دست برود، خود پروژه‌ی نرم‌افزاری ممکن است دیگر بی‌معنا شود[1].

تصور می‌شد مدل‌های فرایند تکاملی این مشکلات را برطرف سازند و با این وجود، آنها نیز به‌عنوان طبقه‌ای عمومی از مدل‌های فرایند، نقطه‌ضعف‌هایی دارند. نوگریا و همکاران او [Nog00] این نقاط ضعف را چنین خلاصه کرده‌اند:

> به رغم مزایای غیرقابل تردید فرایندهای نرم‌افزاری تکاملی، دغدغه‌هایی نیز وجود دارد. نخست اینکه تهیه‌ی نمونه‌ی اولیه [و سایر فرایندهای تکاملی پیچیده‌تر] به دلیل قطعی نبودن تعداد چرخه‌های لازم برای ساخته‌شدن محصول، برای برنامه‌ریزی پروژه ایجاد مشکل می‌کند. اکثر تکنیک‌های برآورد و مدیریت پروژه برپایه چیدمان خطی فعالیت‌ها استوارند، لذا به‌خوبی در این الگو نمی‌گنجند.

[1] به‌هرحال، لازم به ذکر است که اول بودن در دستیابی به بازار، تضمینی بر موفقیت نیست. در واقع، محصولات نرم‌افزاری موفق فراوانی وجود دارند که دومین یا حتی سومین محصول برده‌اند که وارد بازار شده‌اند (و از اشتباهات اسلاف خود درس گرفته‌اند).

دوم اینکه فرایندهای تکاملی حداکثر سرعت تکامل را تعیین نمی‌کنند. اگر تکامل بیش از حد سریع رخ دهد، بدون اینکه زمان آسایشی داشته باشند، فرایند به‌طور قطع به آشوب کشیده خواهد شد. از طرف دیگر، اگر سرعت بیش از حد کم باشد، بهره‌وری تحت تأثیر قرار خواهد گرفت...

سوم، در فرایندهای نرم‌افزاری، انعطاف‌پذیری (flexibility) و بسط‌پذیری (extensibility) باید بیش از کیفیت بالا مورد توجه قرار گیرد. این تأکید قدری ترسناک به‌نظر می‌رسد، ولی ما باید به سرعت توسعه‌ی نرم‌افزار، اولویتی بیش از خطای صفر بدهیم. پیش رفتن در کار توسعه به‌منظور رسیدن به سطح بالایی از کیفیت می‌تواند به تحویل دیرهنگام محصول منجر شود و بازار هدف از دست برود. این جابجایی در الگو نتیجه‌ی رقابت در آستانه‌ی آشوب است.

در حقیقت، یک فرایند نرم‌افزار که در آن بر انعطاف‌پذیری، بسط‌پذیری و سرعت توسعه بیش از کیفیت بالا تأکید می‌شود، ناعاقلانه به‌نظر می‌رسد. و در عین حال، چند کارشناس معتبر در زمینه‌ی مهندسی نرم‌افزار آن را پیشنهاد کرده‌اند (مانند [You95]، [Bac97]).

هدف مدل‌های تکاملی، توسعه‌ی نرم‌افزارهایی با کیفیت بالا[1] به‌شیوه‌ای افزایشی یا تعاملی است، ولی استفاده از یک فرایند تکاملی برای تأکید ورزیدن بر انعطاف‌پذیری، بسط‌پذیری و سرعت توسعه، امکان‌پذیر است. چالش برای تیم‌های نرم‌افزاری و مدیران آنها برقراری موازنه میان این پارامترهای حیاتی پروژه و محصول و رضایت مشتری (هدف نهایی کیفیت نرم‌افزار) است.

۲-۴ مدل‌های فرایند تخصص‌یافته

مدل‌های فرایند تخصص‌یافته، شامل بسیاری از ویژگی‌های یک یا چند مدل سنتی ارائه شده در بخش‌های پیشین می‌شوند. ولی، این مدل‌ها را معمولاً هنگامی به‌کار می‌برند که یک روش مهندسی تخصصی یا روشی با مشخصات دقیق انتخاب می‌شود.[2]

۲-۴-۱ توسعه مبتنی بر مؤلفه‌ها (Component-Based Development)

مؤلفه‌های نرم‌افزاری آماده (COTS)، توسط عده‌ای از فروشندگان این مؤلفه‌ها توسعه داده می‌شوند، عملکرد مورد نظر را با واسط‌هایی مناسب فراهم می‌آورند، به‌طوری که مؤلفه را می‌توان به‌خوبی در سیستم در حال ساخت الحاق کرد. توسعه‌ی مبتنی بر مؤلفه‌ها بسیاری از خصوصیات مدل مارپیچی را در بر می‌گیرد. ماهیتی تکاملی دارد [Nie92] و برای ایجاد نرم‌افزار به رویکردی تکراری نیاز دارد. به‌هرحال، در مدل توسعه مبتنی بر مؤلفه‌ها، برنامه‌های کاربردی از به هم پیوستن مؤلفه‌های نرم‌افزار آماده ساخته می‌شوند.

فعالیت‌های مدل‌سازی و ساخت با شناسایی مؤلفه‌های کاندیدا آغاز می‌شود. این مؤلفه‌ها را

[1] در این حیطه، کیفیت نرم‌افزاری تعریفی کاملاً گسترده دارد و نه تنها شامل رضایت مشتری بلکه انواع ملاک‌های فنی می‌شود که در فصل‌های ۱۴ و ۱۶ بحث خواهد شد.

[2] در برخی موارد این مدل‌های فرایندی تخصص‌یافته را شاید بتوان به صورت مجموعه‌ای از تکنیک‌ها برای دستیابی به یک هدف خاص در توسعه نرم‌افزار مشخص کرد. ولی آنها خود نیز به معنای یک فرایند هستند.

می‌توان به‌صورت پیمانه‌های نرم‌افزاری سنتی یا کلاس‌ها و پکیج‌های شیءگرا طراحی کرد[1]. فن‌آوری مورد استفاده در ایجاد مؤلفه‌ها هر چه که باشد، مدل توسعه مبتنی بر مؤلفه‌ها شامل مراحل زیر می‌شود (که با استفاده از رویکردی تکاملی پیاده‌سازی می‌شود):

۱. محصولات مبتنی بر مؤلفه‌ی موجود، از نظر دامنه‌ی کاربرد مورد نظر بررسی و ارزیابی می‌شوند.
۲. مسائل مربوط به انسجام مؤلفه‌ها در نظر گرفته می‌شوند.
۳. برای چیدمان مؤلفه‌ها یک معماری نرم‌افزار طراحی می‌شود.
۴. مؤلفه‌ها در این معماری قرار داده می‌شوند.
۵. آزمونی جامع برای حصول اطمینان از عملکرد درست، به عمل می‌آید.

مدل توسعه‌ی مبتنی بر مؤلفه‌ها، استفاده‌ی مجدد از نرم‌افزار را میسر می‌سازد و قابلیت استفاده‌ی مجدد چند مزیت سنجش‌پذیر در اختیار مهندسان نرم‌افزار قرار می‌دهد. اگر استفاده‌ی مجدد از مؤلفه‌ها فرهنگ‌سازی شود، تیم مهندسی نرم‌افزار شما می‌تواند به کاهش زمان چرخه‌ی توسعه و نیز کاهش هزینه‌های پروژه دست پیدا کند. توسعه‌ی مبتنی بر مؤلفه‌ها را در فصل ۱۰ به تفصیل بیشتر بحث خواهیم نمود.

۲-۴-۲ مدل روش‌های رسمی[2]

مدل روش‌های رسمی شامل مجموعه‌ای از فعالیت‌ها می‌شود که به مشخص‌کردن ریاضی و رسمی نرم‌افزار کامپیوتری منجر می‌شود. روش‌های رسمی، مهندس نرم‌افزار را قادر می‌سازند تا با اِعمال یک نظم ریاضی شدید، سیستم کامپیوتری را مشخص کند، بسط دهد و وارسی کند. شکل دیگری از این روش، که *مهندسی نرم‌افزار اتاق تمیز*[3] نامیده می‌شود [Mil87, Dye92] در حال حاضر توسط برخی سازمان‌های نرم‌افزارسازی به‌کار می‌رود.

هنگامی که روش‌های رسمی (فصل ۲۱) در اثنای توسعه‌ی نرم‌افزار به‌کار برده می‌شوند، راهکاری برای حذف بسیاری از مشکلات فراهم می‌آورند که غلبه بر آنها با استفاده از الگوهای مهندسی دیگر، دشوار است. ابهام، ناقص‌بودن و ناسازگاری را می‌توان راحت‌تر کشف و تصحیح کرد، نه از طریق بازبینی خاص بلکه از طریق به‌کارگیری تحلیل ریاضی. هنگامی که روش‌های رسمی در اثنای طراحی به‌کار برده می‌شوند، به‌عنوان مبنایی برای وارسی برنامه عمل کرده از این رو مهندس نرم‌افزار را قادر به کشف و تصحیح خطاهایی می‌سازند که ممکن بود در غیر این صورت مخفی بمانند.

«مدل روش‌های رسمی» گرچه چندان عمومیت نخواهد یافت، نویدبخش نرم‌افزاری عاری از نقص است. با این حال، ملاحظات مربوط به قابلیت اجرای آن در محیط‌های تجارتی چنین اعلام شده است.

- توسعه‌ی مدل‌های رسمی در حال حاضر بسیار وقت‌گیر و پرهزینه است.

[1] مفاهیم شیءگرا در پیوست ۲ بحث خواهد شد و در سرتاسر قسمت دوم این کتاب از آنها استفاده خواهیم کرد. در این حیطه، کلاس شامل مجموعه‌ای از داده‌ها و روال‌هایی می‌شود که آن داده‌ها را پردازش می‌کنند. یک پکیج از کلاس‌ها، مجموعه‌ای از کلاس‌هاست که برای دست‌یابی به نتیجه‌ی نهایی با هم کار می‌کنند.

[2] formal methods model

[3] cleanroom software engineering

- از آنجا که تعداد معدودی از نرم‌افزارسازان دارای زمینه‌ی لازم برای اجرای روش‌های رسمی هستند، آموزش گسترده‌ای مورد نیاز است.
- استفاده از مدل‌ها به‌عنوان راهکار ارتباطی با مشتریانی که دید فنی ندارند، دشوار است.

نظر به این ملاحظات، روش‌های رسمی احتمالاً در میان نرم‌افزارنویسانی هوادار پیدا می‌کند که باید نرم‌افزارهای ایمنی- حیاتی (safety-critical) (مثلاً نرم‌افزارهای دستگاه‌های پزشکی و هوافضا) بسازند یا در میان آنهایی که در صورت بروز خطا در نرم‌افزار دستخوش زیان‌های اقتصادی کلان می‌شوند.

اگر روش‌های رسمی قادر به نشان‌دادن درستی نرم‌افزار هستند، چرا از آن‌ها به‌طور گسترده استفاده نمی‌شود؟

۳-۴-۲ توسعه‌ی نرم‌افزار به روش جنبه‌گرا (Aspect Oriented)

هر فرایند نرم‌افزار که انتخاب شود، سازندگان نرم‌افزارهای پیچیده، مجموعه‌ای از ویژگی‌ها، عملکردها و محتویات اطلاعاتی متمرکز را پیاده‌سازی می‌کنند. این خصوصیات نرم‌افزاری متمرکز به‌صورت مؤلفه‌هایی (مثلاً کلاس‌های شیءگرا) مدل‌سازی و سپس در حیطه‌ی یک معماری سیستم بنا می‌شوند. با پیچیده‌ترشدن سیستم‌های کامپیوتری مدرن، دغدغه‌های خاصی- خواص مورد نیاز مشتری یا مسائل فنی- کل معماری را در بر می‌گیرد. برخی از این دغدغه‌ها خواص سطح بالای سیستم (نظیر امنیت و تحمل‌پذیری خطا) هستند. عده‌ای دیگر بر وظایف سیستم تأثیر می‌گذارند (مثل إعمال قواعد تجاری) در حالی که عده‌ای هم سیستماتیک هستند (مانند هم‌زمان‌سازی وظایف یا مدیریت حافظه).

هنگامی که این دغدغه‌ها در وظایف، ویژگی و اطلاعات سیستمی با یکدیگر تلاقی می‌کنند، غالباً از آنها به‌عنوان دغدغه‌های متلاقی (crossing concerns) یاد می‌شود. خواسته‌های جنبه‌گرا، آن دسته از دغدغه‌های متلاقی را تعریف می‌کنند که بر معماری نرم‌افزار تأثیر می‌گذارند. از توسعه‌ی نرم‌افزار به روش جنبه‌گرا (AOSD)، که از آن غالباً به‌عنوان برنامه‌نویسی جنبه‌گرا نیز یاد می‌شود، یک الگوی مهندسی نسبتاً جدید است که رویکردی فرایندی و روش‌شناختی برای تعریف، مشخص‌سازی، طراحی و ساخت جنبه‌ها ارائه می‌دهد-«سازوکارهایی غیر از زیرروال‌ها و وراثت برای متمرکز ساختن بیان یک دغدغه‌ی متلاقی» [Elr01].

گراندی [Gru02] در حیطه‌ای که آن را مهندسی مؤلفه‌های جنبه‌گرا (AOCE) می‌نامد، درباره جنبه‌ها بیشتر بحث می‌کند:

> AOCE از مفهوم برش‌های افقی (horizontal slices) در مؤلفه‌های نرم‌افزاری استفاده می‌کند که به‌طور عمودی تجزیه شده‌اند و «جنبه» نام دارند؛ هدف از این مفهوم، مشخص‌کردن خواص عملیاتی و غیر عملیاتی متلاقی مؤلفه‌هاست. جنبه‌های متداول و سیستماتیک عبارتند از واسطه‌ها، همکاری‌ها، توزیع، دوام، مدیریت حافظه، پردازش تراکنش‌ها، امنیت و غیره. مؤلفه‌ها ممکن است به یک یا چند مورد از «جزئیات جنبه» مرتبط با یک جنبه‌ی خاص نیاز داشته باشند یا آن را فراهم آورند؛ برخی از این جنبه ها عبارتند از سازوکار مشاهده و نوع واسط (جنبه‌های واسط کاربری)؛ تولید رویدادها، انتقال و دریافت (جنبه‌های توزیع)؛ نگهداری/بازیابی داده‌ها و شاخص‌سازی (indexing) (جنبه‌های پایداری)؛ قوانین احراز هویت، کدگذاری و دستیابی (جنبه‌های امنیتی)؛ اتمی‌بودن تراکنش‌ها، کنترل هم‌زمانی و راهبرد ایجاد کارنامه (logging strategy) (جنبه‌های تراکنشی) و غیره. جزئیات هر جنبه، چند خاصیت مرتبط با ویژگی‌های عملیاتی و/یا غیرعملیاتی جزئیات آن جنبه دارد.

مرجع وب

مجموعه بزرگی از منابع و اطلاعات مربوط به AOP را می‌توان در aosd.net یافت.

نکته‌ی کلیدی

AOSD به تعریف «جنبه‌هایی» می‌پردازد که دغدغه‌های مشتریان را بیان می‌کند و بر چند قابلیت و ویژگی از سیستم تأثیر می‌گذارند.

ابزارهای نرم‌افزاری

مدیریت فرایند

هدف: کمک به تعریف، اجرا و مدیریت مدل‌های فرایند تجویزی.

مکانیک: تیم یا سازمان نرم‌افزاری به کمک ابزارهای مدیریت فرایند می‌تواند یک مدل فرایند کامل (فعالیت‌های چارچوبی، کنش‌ها، وظایف، تضمین کیفیت، نقاط عطف و محصولات کاری) را تعریف کند. به‌علاوه، این ابزارها راهنمایی برای کارهای فنی مهندسان نرم‌افزار و الگویی برای مدیرانی که می‌خواهند فرایند نرم‌افزار را کنترل کنند، فراهم می‌سازد.

چند ابزار نمونه:

GDPA، یک مجموعه ابزار تحقیقاتی برای تعریف فرایند است و در دانشگاه برمن آلمان توسعه یافته است (www.informatik.uni-bremen.de/uniform/gdpa/home.htm) و آرایه‌ای گسترده از مدل‌سازی فرایند و وظایف مدیریتی فراهم می‌سازد.

SpeeDev، که توسط شرکت SpeeDev (www.speedev.com) ارائه شده است و شامل مجموعه‌ای از ابزارها برای تعریف فرایند، مدیریت خواسته‌ها، رفع مشکلات، برنامه‌ریزی پروژه و کنترل می‌شود.

Provision BPMx که توسط Proforma (www.proformacorp.com) ارائه شده است و نماینده‌ی بسیاری از ابزارهاست که به تعریف فرایند و خودکارسازی جریان کاری کمک می‌کنند.

فهرست مفیدی از چندین ابزار مرتبط با فرایند نرم‌افزار را می‌توانید در صفحه‌ی زیر بیابید:
www.processwave.net/Links/tool.links.htm

هنوز فرایند جنبه‌گرای متمایزی به بلوغ نرسیده است، ولی این احتمال وجود دارد که چنین فرایندی خصوصیات هر دو نوع مدل تکاملی و همروند را داشته باشد. مدل تکاملی برای شناسایی و ساخت جنبه‌ها مناسب است. ماهیت موازی در توسعه‌ی همروند نیز ضرورت دارد؛ زیرجنبه‌ها مستقل از مؤلفه‌های نرم‌افزار مهندسی می‌شوند و در عین حال، جنبه‌ها تأثیری مستقیم بر این مؤلفه‌ها دارند. از این رو، بر قراری ارتباط ناهم‌زمان میان فعالیت‌های نرم‌افزاری به‌کاررفته در مهندسی و ساخت جنبه‌ها و مؤلفه‌ها اهمیتی اساسی دارد.

برای بحث جامعی درباره توسعه‌ی نرم‌افزارهای جنبه‌گرا می‌توانید به کتاب‌هایی رجوع کنید که در همین زمینه نگاشته شده‌اند. در صورت علاقه می‌توانید به [Saf08]، [Cla05]، [Jac04]، [Gra03] نگاهی بیندازید.

۲-۵ فرایند یکپارچه (Unified Process)

ایوار جیکابسون، گرادی بوچ و جیمز رومباف [Jac99] در کتاب خود با عنوان فرایند یکپارچه، طی بیانات زیر، نیاز به یک فرایند نرم افزاری «مبتنی بر "use case"، معماری، تکرار و افزایش» را مورد بحث قرار می‌دهند.

امروزه در نرم‌افزار، سیستم‌های پیچیده‌تر و بزرگ‌تر بیشتر مورد نظرند. این امر تا حدی از این واقعیت ناشی می‌شود که هر ساله بر قدرت کامپیوترها افزوده می‌شود و در نتیجه، انتظارات کاربران نیز از آنها بیشتر می‌شود. این روند از کاربرد فزاینده‌ی اینترنت برای تبادل انواع اطلاعات نیز تأثیر پذیرفته است... وقتی که در می‌یابیم یک محصول از نسخه‌ای به نسخه‌ی دیگر چقدر قابلیت بهبود دارد، آشتهای ما برای نرم‌افزارهایی با پیچیدگی بیش از پیش رشد می‌کند . ما نرم‌افزارهایی می‌خواهیم که بهتر بر نیازهای ما منطبق باشند، ولی این به نوبه خود فقط باعث پیچیدگی بیشتر می‌شود. به‌طور خلاصه، بیشتر می‌خواهیم.

فرایند یکپارچه (UP) از جهاتی تلاش برای گرد هم آوردن بهترین ویژگی‌ها و خصوصیات مدل‌های فرایند سنتی است، ولی آنها را به‌شیوه‌ای مشخص می‌کند که بسیاری از بهترین اصول توسعه‌ی نرم‌افزار چابک (فصل ۳) را پیاده‌سازی کند. در فرایند یکپارچه اهمیت برقراری ارتباط با مشتریان و روش‌های ساده و روان برای توصیف دیدگاه مشتریان (use case[1]) یک سیستم به‌خوبی درک می‌شود. در این فرایند بر اهمیت نقش معماری نرم‌افزار تأکید می‌شود و به معمار کمک می‌شود تا به اهداف درستی از قبیل قابلیت درک، اتکا بر تغییرات آتی و استفاده‌ی مجدد توجهی خاص داشته باشد. [Jac99]. در این فرایند، یک جریان فرایند مبتنی بر تکرار و افزایشی پیشنهاد می‌شود و یک حس و حال تکاملی را ایجاد می‌کند که در توسعه‌ی نرم‌افزارهای مدرن ضروری است.

۲-۵-۱ تاریخچه

اوایل دهه ۱۹۹۰، جیمز رومباف [Rum91]، گرادی بوچ [Boo94] و ایوار جیکابسون [Jac92] کار روی یک «روش یکپارچه» را آغاز کردند که بهترین ویژگی‌های هر کدام از روش‌های طراحی و تحلیل شیءگرا را تلفیق می‌کرد و ویژگی‌هایی از سایر کارشناسان (مثلاً [wir90]) در مدل‌سازی شیءگرا را بر آن منطبق می‌ساخت. نتیجه، زبان مدل‌سازی یکپارچه (UML) است که حاوی یک نمادگذاری قدرت‌مند برای مدل‌سازی و توسعه‌ی سیستم‌های شیءگراست. تا سال ۱۹۹۷، UML به یک استاندارد صنعتی غیر رسمی برای توسعه‌ی نرم‌افزارهای شیءگرا تبدیل شد.

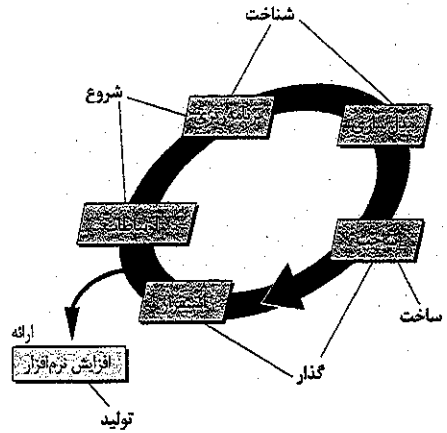
از UML در سرتاسر قسمت دوم این کتاب برای نمایش دادن خواسته‌ها و نیز مدل‌های طراحی استفاده می‌شود. در پیوست ۱، یک خودآموز مقدماتی برای خوانندگان نا آشنا با قواعد مدل‌سازی و نمادگذاری UML ارائه شده است. نمایش جامعی از UML به بهترین نحو در کتاب‌هایی با همین عنوان ارائه شده است که در پیوست ۱ چند مورد از این کتاب‌ها معرفی شده است.

UML فن‌آوری لازم برای پشتیبانی از مهندسی نرم‌افزار شیءگرا را فراهم ساخت، ولی چارچوب فرایندی لازم را برای راهنمایی تیم‌های پروژه در به‌کارگیری این فن‌آوری ارائه نداد. طی چند سال بعد، جیکابسون، رومباف و بوچ، فرایند یکپارچه را توسعه دادند که چارچوبی برای مهندسی نرم‌افزار شیءگرا با استفاده از UML است. امروزه، فرایند یکپارچه (UP) و UML به‌وفور در انواع مختلفی از پروژه‌های شیءگرا به‌کار گرفته می‌شوند. مدل مبتنی بر تکرار و افزایشی‌ای که UP پیشنهاد می‌کند، برای برآوردن نیازهای پروژه‌ای خاص، قابل انطباق بوده و باید هم باشد.

[1] *use case* (فصل ۵) به متن روایی یا گرته‌ای گفته می‌شود که ویژگی یا قابلیتی از سیستم را از دیدگاه کاربر توصیف می‌کند. use case توسط کاربر نوشته می‌شود و به‌عنوان مبنایی برای ایجاد مدل جامعی از خواسته‌ها استفاده می‌شود.

۲-۵-۲ مراحل فرایند یکپارچه[1]

پیش‌تر در این فصل، پنج فعالیت چارچوبی کلی را مورد بحث قرار دادیم و استدلال کردیم که از آنها می‌توان برای توصیف هر مدل فرایند نرم‌افزاری استفاده کرد. فرایند یکپارچه نیز از این قاعده مستثنی نیست. در شکل ۹-۲، مراحل UP و ارتباط آنها با فعالیت‌های بحث شده در فصل ۱، تصویر شده است.



شکل ۹-۲ فرایند یکپارچه

نکته‌ی کلیدی
مراحل UP از نظر مقاصدی که دنبال می‌کند، فعالیت‌های چارچوبی کلی تعریف شده در این کتاب شباهت دارند.

مرحله‌ی آغازین در UP شامل هر دو فعالیت برقراری ارتباط با مشتریان و برنامه‌ریزی می‌شود. از طریق همکاری با طرف‌های ذی‌نفع، خواسته‌های تجاری برای نرم‌افزار شناسایی می‌شود؛ یک معماری تقریبی برای سیستم پیشنهاد می‌شود و برنامه‌ریزی بنیادی برای ماهیت تکراری و افزایشی پروژه‌ی آتی توسعه داده می‌شود. خواسته‌های تجاری بنیادی از طریق یک مجموعه use case مقدماتی (فصل ۵) توصیف می‌شود که نشان می‌دهند کدام ویژگی‌ها و وظایف، مطلوب هر دسته از تمایلات کاربران است. معماری در این نقطه، چیزی نیست جز یک نقشه‌ی آزمایشی از زیرسیستم‌های اصلی و وظایف و ویژگی‌هایی که آنها را تشکیل می‌دهند. بعداً این معماری پالایش خواهد شد و به مجموعه‌ای از مدل‌ها بسط داده خواهد شد که سیستم را از دیدگاه‌های مختلف نشان خواهند داد. در برنامه‌ریزی، منابع شناسایی می‌شوند، خطرات اصلی ارزیابی می‌شوند، یک برنامه‌ی زمانی تدوین می‌شود و برای مراحلی که قرار است به‌عنوان گام در حال توسعه‌ی نرم‌افزار به‌کار برده شوند، مبنایی به‌وجود می‌آید.

مرحله‌ی شناخت شامل فعالیت‌های برقراری ارتباط و مدل‌سازی در مدل فرایند کلی می‌شود (شکل ۹-۲). در این مرحله، «use case‌های» مقدماتی که به‌عنوان بخشی از مرحله‌ی آغازین ایجاد شوند، پالایش یافته و بسط داده می‌شوند؛ به‌علاوه، در این مرحله‌ی نمایش معماری نیز بسط داده می‌شود تا پنج نمای متفاوت نرم‌افزار را در برگیرد-این پنج نما عبارتند از مدل use case، مدل خواسته‌ها، مدل طراحی، مدل پیاده‌سازی و مدل استقرار. در برخی موارد، در مرحله‌ی شناخت، یک «خط مبنای معماری قابل اجرا» [Arl02] ایجاد می‌شود که «اولین برش» از سیستم قابل اجرا

[1] فرایند یکپارچه را گاهی فرایند *یکپارچه‌ی گورا* (Rational Unified Process) نیز می‌نامند.

ارائه می‌شود.[1] خط مبنای معماری نشان‌گر ماندگاری معماری است، ولی همه‌ی ویژگی‌ها و عملکردهای لازم برای استفاده از سیستم را فراهم نمی‌آورد. به‌علاوه، طرح در اوج مرحله‌ی شناخت به دقت بازبینی می‌شود تا اطمینان حاصل شود که حوزه‌ی عملیاتی، خطرات و تاریخ تحویل در حدی منطقی باقی می‌ماند. اصلاحات روی برنامه‌ریزی غالباً در این زمان اعمال می‌شوند.

مرحله‌ی ساخت در UP، هم‌ارز فعالیت ساخت است که برای فرایند نرم‌افزار کلی تعریف شد. مرحله‌ی ساخت با استفاده از مدل معماری به‌عنوان ورودی، مؤلفه‌های نرم‌افزاری را که هر کدام از use case ها را عملیاتی می‌کنند، ایجاد می‌کند یا آنها را توسعه می‌دهد. برای دستیابی به این هدف، خواسته‌ها و مدل‌های طراحی که طی مرحله‌ی شناخت آغاز شده بودند، کامل می‌شوند تا آخرین نسخه از هر «افزایش» نرم‌افزار منعکس شود. سپس همه‌ی ویژگی‌های لازم و ضروری و عملکردها برای هر افزایش (نسخه‌ی) نرم‌افزار در کد منبع پیاده‌سازی می‌شوند. به موازاتی که مؤلفه‌ها پیاده‌سازی می‌شوند، آزمون واحدها[2] برای هر کدام طراحی و اجرا می‌شوند. به‌علاوه، فعالیت‌های انسجام بخشی (مونتاژ مؤلفه‌ها و آزمون انسجام) نیز اجرا می‌شود. موارد استفاده برای به‌دست آوردن مجموعه‌ای از آزمون‌های پذیرش به‌کار گرفته می‌شوند که پیش از شروع مرحله‌ی بعدی UP اجرا می‌شوند.

مرحله‌ی گذار (transition phase) در UP شامل آخرین مراحل در فعالیت ساخت در مدل کلی و اولین بخش از استقرار در مدل کلی (تحویل و بازخورد) می‌شود. نرم‌افزار برای آزمون بتا به کاربران نهایی داده می‌شود و بازخورد به‌دست آمده از کاربران هم نقایص و هم تغییرات لازم را گزارش می‌کند. به‌علاوه، تیم نرم‌افزار، اطلاعات پشتیبانی را (از قبیل جزوات راهنمای کاربران، دستورالعمل اشکال‌زدایی، روال‌های نصب) که برای نسخه‌ی مورد نظر لازم هستند، ایجاد می‌کند. در پایان مرحله‌ی گذار، هر «افزایش» نرم‌افزار به یک نسخه‌ی قابل استفاده تبدیل می‌شود.

مرحله‌ی تولید در UP منطبق بر فعالیت استقرار در فرایند کلی است. طی این مرحله، استفاده از نرم‌افزار، پایش می‌شود، محیط عملیاتی (زیرساخت) پشتیبانی می‌شود و گزارش نقایص و درخواست برای تغییرات، تسلیم و ارزیابی می‌شود. این احتمال هست که در همان زمان اجرای مراحل ساخت، گذار و تولید، کار روی گام بعدی نرم‌افزار نیز شروع شده باشد. این بدان معناست که پنج مرحله‌ی UP یکی پس از دیگری رخ نمی‌دهند بلکه ممکن است هم زمان با هم در جریان باشند.

یک جریان کاری مهندسی نرم‌افزار در سرتاسر فازهای UP توزیع می‌شود. در حیطه‌ی UP، جریان کاری مشابه با یک مجموعه وظایف است (که قبلاً در همین فصل شرح داده شد). یعنی، جریان کاری، وظایف لازم برای دستیابی به یک کنش مهم در مهندسی نرم‌افزار و محصولات کاری تولید شده در نتیجه‌ی انجام موفقیت آمیز این وظایف را تعیین می‌کند. لازم به ذکر است که همه‌ی وظایف تعیین شده برای یک جریان کاری در UP برای هر پروژه‌ی نرم‌افزاری اجرا نمی‌شوند، بلکه تیم، فرایند (کنش‌ها، وظایف، وظایف فرعی و محصولات کاری) را بر نیازهای خود تطبیق می‌دهد.

مرجع وب

یک بحث جالب درباره UP در حیطه‌ی توسعه‌ی چابک را می‌توان در وب‌سایت زیر یافت:

www.ambysoft.com/unifiedprocess/agileUP.html

۶-۲ مدل‌های فرایند تیمی و شخصی

بهترین فرایند نرم‌افزار، فرایندی است که به کسانی که کار می‌کنند، نزدیک باشد. اگر یک مدل فرایند

[1] توجه به این نکته حائز اهمیت است که خط مبنای معماری یک نمونه اولیه به شمار نمی‌رود از این لحاظ که کنار گذاشته نمی‌شود. در عوض، خط مبنا طی مرحله بعدی UP نمو می‌یابد.

[2] بحث جامعی درباره آزمون نرم‌افزار (از جمله آزمون واحد) در فصل‌های ۱۷ تا ۲۰ ارائه شده است.

در سطح شرکتی یا سازمانی توسعه یافته باشد، فقط در صورتی می‌تواند موثر واقع شود که قابلیت تطبیق در آن باشد، به گونه‌ای که قادر به برآوردن نیازهایی باشد که واقعاً کار مهندسی نرم‌افزار را انجام می‌دهند. در یک شرایط ایده‌آل، فرایندی را باید ایجاد کنید که به بهترین وجه بر نیازهای شما تطبیق یابد و در عین حال، نیازهای گسترده‌تر تیم و سازمان را نیز پوشش دهد. به طریق دیگر، تیم می‌تواند برای خودش فرایند نرم‌افزار ایجاد کند و در عین حال نیازهای مشخص‌تر افراد و نیازهای کلی‌تر سازمان را نیز در آن برآورده سازد. واتس هامفری [Hum97] و [Hum00] چنین استدلال می‌کند که ایجاد یک «فرایند نرم‌افزار شخصی» و/یا یک «فرایند نرم‌افزار تیمی» امکان‌پذیر است. هر دو روش مستلزم کار سخت، آموزش و هماهنگی است، ولی هر دو قابل انجام است.[1]

> «کسی که موفق است، ضرفاً عادت کرده است کارهایی را انجام دهد که آدم‌های ناموفق انجام نخواهند داد.»
>
> **دکستر یاگر**

۶-۲-۱ فرایند نرم‌افزار شخصی (PSP)

هر سازنده‌ای برای ساختن نرم‌افزار کامپیوتری از یک فرایند استفاده می‌کند. این فرایند ممکن است برحسب اتفاق شکل گرفته باشد یا با هدفی خاص؛ ممکن است روزانه تغییر کند، ممکن است اثربخش نباشد، موثر نباشد، یا حتی موفقیت‌آمیز هم نباشد، ولی فرایندی «وجود دارد». واتس هامفری [Hum97] پیشنهاد می‌کند که به‌منظور تغییر دادن یک فرایند شخصی فاقد اثربخشی، شخص باید چهار مرحله را پشت سر بگذارد که هر یک نیاز به تعلیم و تجهیزات دقیق دارد. فرایند نرم‌افزار شخصی (PSP) بر اندازه‌گیری شخصی محصول کاری تولیدشده و کیفیت حاصل از محصول کاری تأکید دارد. به‌علاوه، در PSP مجری کار است که مسؤول برنامه‌ریزی پروژه (مثلاً انجام برآوردها و زمان‌بندی) است و کنترل کیفیت همه‌ی محصولات کاری نرم‌افزاری ساخته شده بر عهده‌ی خود او است. در مدل PSP پنج فعالیت چارچوبی تعریف می‌شود:

برنامه‌ریزی. در این فعالیت، خواسته‌ها شناسایی می‌شود و برآورد منابع و تعیین اندازه پروژه انجام می‌شود. به‌علاوه، برآوردی از نقایص (تعداد نقایص پیش‌بینی شده برای کار) به عمل می‌آید. همه‌ی معیارها روی کاربرگ‌ها یا قالب‌ها ثبت می‌شوند. سرانجام، وظایف لازم برای توسعه‌ی نرم‌افزار تعیین و زمان‌بندی پروژه انجام می‌شود.

طراحی سطح بالا. مشخصات خارجی برای هر کدام از مؤلفه‌هایی که قرار است تعیین شود و طراحی مؤلفه‌ها انجام می‌شود. نمونه‌های اولیه ساخته می‌شوند، در حالی که هنوز عدم قطعیت‌هایی موجود است. همه‌ی مسائل و مشکلات، ثبت و پیگیری می‌شوند.

مرورطراحی سطح بالا. روش‌های وارسی رسمی فصل (۲۱) برای یافتن خطاهای طراحی، اعمال می‌شوند. معیارهای مربوط به وظایف مهم و نتایج کار، نگهداری می‌شود.

توسعه. طراحی سطح بالا پالایش و بازبینی می‌شود. کدها تهیه، بازبینی، کامپایل و آزموده می‌شوند. معیارها برای کلیه‌ی وظایف مهم و نتایج کاری حفظ می‌شوند.

پایان کار. با استفاده از معیارها و موازین جمع‌آوری شده (که مقادیر چشمگیری از داده‌ها را شامل می‌شود و باید مورد تحلیل آماری قرار گیرد)، اثربخشی فرایند تعیین می‌شود. موازین و معیارها باید راهنمایی برای اصلاح فرایند و بهبودبخشیدن به اثربخشی آن فراهم آورند.

مرجع وب

مجموعه گسترده‌ای از منابع مربوط به PSP را می‌توان در وب‌سایت زیر یافت:

www.ipd.uka.de/PSP/

طی PSP از چه فعالیت‌های چارچوبی استفاده خواهد شد؟

[1] شایان ذکر است که مدافعان توسعه چابک (فصل ۳) نیز استدلال می‌کنند که فرایند باید به تیم نزدیک بماند. آنها برای این منظور، روش دیگری پیشنهاد می‌کنند.

در PSP تأکید بر شناسایی زود هنگام خطاهاست و شناخت انواع خطاهایی که احتمال ارتکاب آنها وجود دارد نیز به همان اندازه اهمیت دارد. این هدف از طریق یک فعالیت ارزیابی طاقت‌فرسا قابل دستیابی است که باید روی کلیه محصولات کاری تولیدشده اجرا شود.

PSP نمایان‌گر روشی منضبط و مبتنی بر معیارها برای مهندسی نرم‌افزار است که ممکن است برای بسیاری از دست‌اندرکاران موجب شوک فرهنگی شود، ولی هنگامی که PSP به‌طرزی مناسب به مهندسان نرم‌افزار معرفی گردد، [Hum96]، بهبود حاصل در بهره‌وری مهندسی نرم‌افزار و کیفیت محصول، چشم‌گیر خواهد بود [Fer96]، ولی از PSP در سرتاسر این صنعت به‌طور گسترده استقبال نشده است. دلایل این امر متاسفانه بیشتر به طبیعت انسانی و لُختی سازمانی مربوط می‌شود و ربطی به نقاط قوت و ضعف روش PSP ندارد. PSP هوشمندانه ایجاد چالش می‌کند و سطح بالایی از تعهد (توسط دست‌اندرکاران و مدیران ایشان) را طلب می‌کند که همواره دستیابی به آن امکان‌پذیر نیست. آموزش نسبتاً طولانی است و هزینه‌ی آن هم بالاست. در این روش، دستیابی به سطح بالای سنجش مورد نیاز، به لحاظ فرهنگی برای بسیاری از افراد دشوار است.

آیا از PSP می‌توان به‌عنوان یک فرایند نرم‌افزار اثربخش در سطحی شخصی استفاده کرد؟ پاسخ، به‌روشنی «مثبت» است، ولی PSP حتی اگر به‌طور کامل به کاربرده نشود، بسیاری از مفاهیم آن در زمینه بهبود فرایندهای شخصی ارزش یادگیری را دارد.

نکته‌ی کلیدی

PSP بر نیاز به ثبت و تحلیل انواع خطاهای مرتکب شده تأکید دارد، به‌طوری که بتوانید راهبردهایی برای حذف آنها ارائه دهید.

۲-۶-۲ فرایند نرم‌افزار تیمی (TSP)

از آنجا که بسیاری از پروژه‌های نرم‌افزاری در پایه‌ی صنعتی را تیمی از دست‌اندرکاران انجام می‌دهند، واتس هامفری درس‌هایی را که از معرفی PSP فرا گرفته بود، بسط داد و یک فرایند نرم‌افزار تیمی (TSP)[1] نیز پیشنهاد داد. هدف TSP تشکیل یک تیم پروژه‌ی «خودهدایت‌گر[2]» است که سازمان‌دهی برای تولید نرم‌افزارهای پرکیفیت را خود عهده‌دار می‌شود. هامفری [Hum98] فعالیت‌های زیر را برای TSP تعریف می‌کند:

- تشکیل تیم‌های «خودهدایت‌گری» که کار خود را برنامه‌ریزی و پیگیری می‌کنند، اهداف را تعیین می‌کنند و خود به تعیین فرایندها و طرح‌ها اقدام می‌نمایند. این تیم‌ها می‌توانند تیم‌های نرم‌افزاری محض یا تیم‌های محصولات انسجام یافته (IPT) شامل سه تا حدود بیست مهندس باشند.
- نشان دادن شیوه‌ی راهبری و ایجاد انگیزه در تیم‌ها به مدیران و چگونگی کمک به آنها در حفظ حداکثر کارایی.
- شتاب بخشیدن به بهبود فرایند نرم‌افزار با نهادینه ساختن CMM سطح ۵.[3]
- فراهم ساختن دستورالعمل بهسازی برای سازمان‌های بالغ.
- تسهیل آموزش دانشگاهی مهارت‌های تیمی در سطح صنعتی.

مرجع وب

اطلاعات مربوط به تیم‌های با کارایی بالا با استفاده از TSP و PSP را می‌توانید در وب‌سایت زیر بیابید:
www.sei.amu.edu/tsp

[1] Team Software Process
[2] self directed
[3] مدل بلوغ شایستگی‌ها (CMM) که میزانی از اثربخشی یک فرایند نرم‌افزار است و در فصل ۳۰ بحث خواهد شد.

یک تیم «خودهدایت‌گر» درک سازگاری از اهداف و مقاصد خود دارد؛ نقش‌ها و مسؤولیت‌ها را برای هر عضو تیم تعریف می‌کند؛ داده‌های کمّی پروژه (مربوط به بهره‌وری و کیفیت) را زیر نظر دارد؛ تیم پروژه‌ای را تعیین می‌کند که برای پروژه مناسب باشد و برای پیاده‌سازی فرایند، یک راهبرد تعیین می‌کند؛ استانداردهای محلی قابل استفاده را برای کار مهندسی نرم‌افزار تعریف می‌کند؛ خطرات را پیوسته ارزیابی می‌کند و به آن واکنش نشان می‌دهد؛ و سرانجام اینکه وضعیت پروژه را پیگیری، مدیریت و گزارش می‌کند.

در TSP، فعالیت‌های چارچوبی زیر تعریف می‌شود: **آغاز پروژه**، **طراحی سطح بالا**، **پیاده‌سازی**، **انسجام‌دهی و آزمون**، و **پایان کار**. این فعالیت‌ها مانند همتاهای خود در PSP (توجه دارید که اصطلاحات قدری تفاوت دارند)، تیم را قادر به برنامه‌ریزی، طراحی و ساخت نرم‌افزار به‌شیوه‌ای منضبط است در حالی که در عین حال، اندازه‌گیری کمی فرایند و محصول انجام می‌شود. مرحله‌ی پایان کار صحنه را برای بهسازی فرایند آماده می‌کند.

در TSP گستره‌ی وسیعی از اسکریپت‌ها، فرم‌ها و استانداردها به‌کار برده می‌شوند که به راهنمای اعضای تیم در انجام وظایفشان کمک می‌کند. «اسکریپت ها» فعالیت‌های فرایندی خاصی (یعنی آغاز پروژه، طراحی، پیاده‌سازی، انسجام دهی و آزمون سیستم و پایان کار) و جزئیات بیشتری از سایر وظایف کاری (مثل برنامه‌ریزی توسعه، توسعه‌ی خواسته‌ها، مدیریت پیکربندی نرم‌افزار و آزمون واحدها) را تعریف می‌کنند که بخشی از فرایند تیمی به‌شمار می‌روند.

در TSP بهترین تیم‌های نرم‌افزاری، تیم‌های خودهدایت‌گرند.[1] اعضای تیم، اهداف پروژه را تعیین می‌کنند، فرایند را طوری تطبیق می‌دهند تا نیازهای آنها را برآورده کنند، زمان‌بندی پروژه را کنترل می‌کنند و از طریق اندازه‌گیری و تحلیل معیارهای جمع‌آوری‌شده، پیوسته روش تیم برای مهندسی نرم‌افزار را بهبود می‌بخشند.

TSP همانند PSP، روشی طاقت‌فرسا برای مهندسی نرم‌افزار است که مزایایی شاخص و قابل اندازه‌گیری در کیفیت و بهره‌وری به‌دنبال دارد. تیم باید تعهد کامل به فرایند داشته باشد و برای حصول اطمینان از به‌کارگیری مناسب روش، آموزش کامل دیده باشد.

اندرز

برای تشکیل یک تیم «خودهدایت گر»، باید از یک سطح همکاری داخلی خوب و ارتباط خارجی عالی برخوردار باشید.

نکته‌ی کلیدی

اسکریپت‌های TSP، عناصر فرایند تیمی و فعالیت‌هایی را که در این فرایند رخ می‌دهند، تعریف می‌کند.

۲-۷ فن‌آوری فرایند

یک یا چند مورد از مدل‌های فرایندی که در بخش‌های قبل بحث شدند، باید توسط یک تیم پروژه‌ی نرم‌افزاری به‌کار برده شوند. برای رسیدن به این هدف، ابزارهای فن‌آوری فرایند، جهت کمک به سازمان‌های نرم‌افزاری در تحلیل فرایند جاری خود، سازمان‌دهی وظایف کاری، کنترل فرایند و نظارت بر آن، و مدیریت کیفیت فنی به‌وجود آمده‌اند.

ابزارهای فن‌آوری فرایند، به سازمان نرم‌افزاری امکان می‌دهند تا یک مدل خودکار از چارچوب فرایند مشترک، مجموعه وظایف و فعالیت‌های چتری بحث شده در بخش ۳-۲ را بسازد. سپس این مدل را که معمولاً به‌صورت یک شبکه ارائه می‌شود، می‌توان برای تعیین جریان کاری معمول تحلیل نمود و ساختارهای فرایند دیگری را بررسی کرد که استفاده از آنها ممکن است باعث کاهش هزینه و زمان شود.

[1] در فصل ۳ درباره تیم‌های «خودسازمان‌ده» به‌عنوان عنصری مهم در توسعه‌ی چابک بحث خواهیم کرد.

هنگامی که یک فرایند قابل قبول ایجاد شد، از ابزارهای دیگر فن‌آوری فرایند می‌توان برای تخصیص، نظارت و حتی کنترل کلیه وظایف مهندسی نرم‌افزار تعیین شده به‌عنوان بخشی از مدل فرایند استفاده نمود. هر یک از اعضای تیم پروژه‌ی نرم‌افزاری می‌تواند از چنین ابزاری برای تهیه لیست کنترلی از کارهایی که باید انجام شود، محصولات کاری که باید تولید شود و فعالیت‌های تضمین کیفیتی که باید به اجرا درآید، استفاده کند. ابزار فن‌آوری فرایند را می‌توان برای هماهنگ ساختن ابزارهای دیگر مهندسی نرم‌افزار که برای یک وظیفه‌ی خاص مناسب باشند نیز به‌کار برد.

ابزارهای نرم‌افزاری

ابزارهای مدل‌سازی فرایند

هدف: اگر سازمانی برای بهبود بخشیدن به یک فرایند تجاری (یا نرم‌افزاری) کار کند، ابتدا باید آن را بشناسد. ابزارهای مدل‌سازی فرایند (که فن‌آوری فرایند یا ابزارهای مدیریت فرایند نیز نامیده می‌شوند) در ارائه‌ی عناصر کلیدی یک فرایند به‌کار می‌روند، به‌طوری که درک آن آسان‌تر شود. چنین ابزارهایی می‌توانند توصیف‌هایی از فرایند فراهم سازند که به‌دست‌اندرکاران فرایند در فهم کنش‌ها و وظایف کاری مورد نیاز برای اجرای آن کمک کند. ابزارهای مدل‌سازی فرایند ارتباط با سایر ابزارهایی را فراهم می‌سازند که فعالیت‌های فرایندی تعریف شده را پشتیبانی می‌کنند.

مکانیک: ابزارهای موجود در این گروه به تیم این امکان را می‌دهند که عناصر یک مدل فرایند منحصر به فرد (کنش‌ها، وظایف، محصولات کاری، نقاط تضمین کیفیت)، راهنمای مفصلی درباره محتویات یا توصیف هر کدام از عناصر فرایند را فراهم آورند و سپس فرایند را به هنگام اجرا، مدیریت می‌کنند. در برخی موارد، ابزارهای فن‌آوری فرایند شامل وظایف استاندارد مدیریت پروژه از قبیل برآورد، زمان بندی، پیگیری و کنترل می‌شوند.

ابزارهای نمونه:

ابزارهای فرایند Igrafx- ابزارهایی که به تیم امکان طراحی، اندازه‌گیری و مدل‌سازی فرایند نرم‌افزار را می‌دهند (**www.micrograx.com**)

سرور Adeptia BMP- برای مدیریت، خودکارسازی و بهینه‌سازی فرایندهای تجاری طراحی شده است (**www.adeptia.com**)

Speed Dev Suite- مجموعه‌ای از شش ابزار با تأکید زیاد بر مدیریت ارتباطات و فعالیت‌های مدل‌سازی (**www.speedev.com**)

۲-۸ محصول و فرایند

اگر فرایند ضعیف باشد، محصول نهایی بدون شک ضعیف خواهد بود. ولی اتکای بیش از حد به فرایند نیز خطرناک است. ماگارت دیویس [DAV95] در یک مقاله کوتاه درباره دوگانگی محصول و فرایند توضیح می‌دهد:

حدوداً هر ۱۰ سال یا هر ۵ سال، جامعه‌ی نرم‌افزاری با جابجاکردن نقطه توجه از محصول به فرایند، به تعریف دوباره «مسأله» می‌پردازد. از این رو، زبان‌های برنامه‌نویسی ساخت‌یافته (محصول)، سپس روش‌های تحلیل ساخت‌یافته (فرایند)، به‌دنبال آن، پنهان‌سازی داده‌ها (محصول) و سپس تأکید کنونی بر مدل بلوغ قابلیت‌های توسعه‌ی نرم‌افزار، بنیاد مهندسی نرم‌افزار را در آغوش گرفتیم.

هنگامی که قرار است پاندول در جایی بین دو حد نهایی قرار بگیرد، توجه جامعه‌ی نرم‌افزاری به‌طور پیوسته دستخوش دگرگونی می‌شود، زیرا نیروی جدید هنگامی وارد می‌شود که پاندول از آخرین حرکت نوسانی خود باز می‌ماند. این نوسانات زیان‌بارند، چون نرم‌افزارنویس متوسط را با تغییرات بنیادی در معنای انجام کار، دچار سردرگمی می‌کنند. این نوسانات «مسأله» را حل نمی‌کنند زیرا مادامی که تصور شود فرایند و محصول با هم تضاد دارند و به دوگانگی آنها توجه نشود، محکوم به شکست هستند.

در جامعه‌ی علمی هنگامی که تضادهای موجود در مشاهدات را نتوان با یکی از دو نظریه رقیب توضیح داد، موضوع دوگانگی پیش کشیده می‌شود. ماهیت دوگانه نور که به‌نظر می‌رسد در آن واحد هم ذره باشد و هم نور، از سال ۱۹۲۰ یعنی زمانی که لویی دوبروی آن را پیشنهاد کرد، مورد پذیرش قرار گرفت. من معتقدم مشاهداتی که می‌توانیم روی نرم‌افزار و توسعه آن داشته باشیم یک دوگانگی بنیادی میان محصول و فرایند را نشان می‌دهد. اگر چیزی را تنها به‌عنوان یک فرایند یا به‌عنوان یک محصول در نظر بگیرید هرگز نخواهید توانست کاربرد، محتوا، معنا و ارزش آن را به‌طور کامل دریابید ... .

همه‌ی فعالیت‌های انسان ممکن‌است یک فرایند باشند، ولی هر یک از ما از فعالیت‌هایی که منجر به نمونه‌ای قابل استفاده یا مورد تقدیر دیگران بشود، بارها و بارها استفاده بشود، یا در جای دیگری که تصور آن نمی‌رفت مفید واقع شود، احساس غرور می‌کنیم. یعنی از استفاده‌ی مجدد محصولات خود توسط دیگران یا خودمان احساس رضایت می‌کنیم.

از این رو، در حالی که جذب سریع اهداف استفاده‌ی مجدد در توسعه‌ی نرم‌افزار، به‌طور بالقوه باعث افزایش احساس رضایت سازنده‌ی نرم‌افزار می‌شود، ضرورت پذیرش دوگانگی فرایند و محصول را نیز افزایش می‌دهد. در نظر گرفتن یک قطعه‌ی قابل استفاده‌ی مجدد تنها به‌عنوان یک محصول یا تنها به‌عنوان یک فرایند، شیوه‌ها و جایگاه استفاده از آن را دچار ابهام می‌سازد یا این واقعیت را مبهم می‌سازد که هر بار استفاده منجر به محصولی می‌شود که به نوبه‌ی خود به‌عنوان یک ورودی برای یک فعالیت توسعه‌ی نرم‌افزاری دیگر به‌کار می‌رود. ارجح دانستن یک دیدگاه بر دیدگاه دیگر، به‌طرز چشمگیری فرصت استفاده‌ی مجدد را کاهش داده فرصت افزایش رضایت از کار، از دست می‌رود.

افراد به همان اندازه که از محصول نهایی احساس رضایت می‌کنند، از فرایند خلاق نیز احساس رضایت می‌کنند (بلکه بیشتر). یک نقاش به همان اندازه که از نتیجه کار لذت می‌برد، از حرکت قلم‌مو بر روی بوم نیز لذت می‌برد. یک نویسنده به همان اندازه که از کتاب کامل شده لذت می‌برد از گشتن به‌دنبال استعاره و کنایه‌ای مناسب نیز لذت می‌برد. یک نرم‌افزارنویس حرفه‌ای خلاق نیز باید به همان اندازه که از محصول نهایی احساس رضایت می‌کند، از فرایند نیز راضی باشد.

۲-۹ خلاصه

یک مدل فرایند کلی برای مهندسی نرم‌افزار شامل مجموعه‌ای از فعالیت‌های چارچوبی و چتری، کنش‌ها و وظایف کاری می‌شود. هر کدام از انواع مدل‌های فرایند موجود را می‌توان با یک جریان فرایندی متفاوت توصیف کرد- شرحی از چگونگی فعالیت‌های چارچوبی، کنش‌ها و وظایف

به‌صورت ترتیبی و زمان‌بندی شده سازمان‌دهی می‌شوند. از الگوهای فرایند می‌توان برای حل مسائل متداول در فرایند نرم‌افزار استفاده کرد.

طی سال‌ها تلاش برای نظم بخشیدن و ساختاردهی به توسعه‌ی نرم‌افزار، از مدل‌های تجویزی استفاده شده است. در هر کدام از این مدل‌ها یک جریان فرایندی با قدری اختلاف از دیگری پیشنهاد می‌شود، ولی در همه‌ی آنها مجموعه فعالیت چارچوبی یکسانی انجام می‌شود که عبارتند از: برقراری ارتباط، برنامه‌ریزی، مدل‌سازی، ساخت و استقرار.

مدل‌های فرایند ترتیبی نظیر مدل‌های آبشاری و V، قدیمی‌ترین الگوهای مهندسی نرم‌افزارند. در این مدل‌ها، یک جریان فرایند خطی پیشنهاد می‌شود که غالباً با واقعیت‌های مدرن (مانند تغییر پیوسته، سیستم‌های در حال تکامل، جدول‌های زمانی فشرده) در جهان نرم‌افزار سازگاری ندارند، ولی این مدل‌ها قابلیت کاربرد در شرایطی را دارند که خواسته‌ها در آنها کاملاً مشخص و پایدارند.

مدل‌های افزایشی ماهیتی تکراری دارند و نسخه‌هایی کاری از نرم‌افزار را با سرعت زیاد تولید می‌کنند. در مدل‌های فرایند تکاملی، ماهیت افزایشی اکثر پروژه‌های مهندسی نرم‌افزار مورد توجه قرار می‌گیرد و طراحی به گونه‌ای انجام می‌شود که تغییرات را پاسخ‌گو باشد. مدل‌های تکاملی، نظیر ساخت نمونه‌ی اولیه و مدل حلزونی، محصولات کاری افزایشی را به سرعت ایجاد می‌کنند. از این مدل‌ها می‌توان برای همه‌ی فعالیت‌های مهندسی نرم‌افزار(از توسعه‌ی مفاهیم تا نگهداری درازمدت سیستم‌ها) استفاه کرد.

با مدل فرایند همروند، تیم نرم‌افزاری می‌تواند عناصر تکراری و هم زمان هر مدل فرایند را به نمایش بگذارد. مدل‌های تخصص یافته شامل یک مدل مبتنی بر مؤلفه‌هایی می‌شوند که بر استفاده‌ی مجدد از مؤلفه‌ها و مونتاژ آنها تأکید دارد؛ مدل روش‌های رسمی که یک روش مبتنی بر مفاهیم ریاضی را برای توسعه‌ی نرم‌افزار و وارسی آن پیشنهاد می‌کند؛ و مدل جنبه‌گرا که دغدغه‌های متقاطع در برگیرنده‌ی کل معماری سیستم را در خود جای می‌دهد. فرایند یکپارچه یک فرایند نرم‌افزار مبتنی بر use case معماری، تکرار و افزایش است که به‌عنوان چارچوبی برای روش‌ها و ابزارهای UML طراحی می‌شود.

مدل‌های تیمی و شخصی نیز برای فرایند نرم‌افزار پیشنهاد شده‌اند. در هر دو مدل، اندازه گیری، برنامه‌ریزی و خود هدایت گری به‌عنوان مصالح اصلی برای یک فرایند نرم‌افزار موفق مورد تأکید قرار می‌گیرند.

مسائل و نکاتی برای تعمق

۲-۱ در مقدمه‌ی این فصل باتیر اشاره می‌کند که: «فرایند، تعامل میان کاربران و طراحان، میان کاربران و ابزارهای در حال تکامل و میان طراحان و ابزارهای در حال تکامل [فن‌آوری] را فراهم می‌سازد.» پنج پرسش بنویسید که (الف) طراحان باید از کاربران بپرسند، (ب) کاربران باید از طراحان بپرسند، (پ) کاربران باید درباره محصول نرم‌افزاری که قرار است ساخته شود، از خود بپرسند، (ت) طراحان باید درباره محصول نرم‌افزاری که قرار است ساخته شود و نیز درباره فرایندی در ساخت آن به کاربرده شود، از خود بپرسند.

۲-۲ تلاش کنید برای فعالیت برقراری ارتباط یک مجموعه کنش توسعه دهید. یکی از این کنش‌ها را انتخاب کرده مجموعه وظایفی برای آن تعریف کنید.

۲-۳ یک مسأله‌ی متداول طی «برقراری ارتباط» هنگامی رخ می‌دهد که با دو تن از طرف‌های ذی‌نفع مواجه می‌شوید که درباره‌ی ماهیت نرم‌افزار، نظرات و آرای متضاد دارند. یعنی خواسته‌هایی متناقض پیش روی شما قرار می‌گیرد. با استفاده از قالب ارائه شده در بخش ۳-۱-۲ که به این مشکل می‌پردازد، یک الگوی فرایند (که یک الگوی صحنه خواهد بود) توسعه دهید.

۲-۴ قدری روی PSP تحقیق کنید و طی یک سمینار مختصر، انواع اندازه گیری‌های قابل استفاده برای بهبود بخشیدن به اثربخشی شخصی را شرح دهد.

۲-۵ استفاده از «اسکریپت ها» (سازوکاری لازم در TSP) در جامعه‌ی نرم‌افزاری مورد تایید همگانی نیست. فهرستی از مزایا و معایب مربوط به اسکریپت‌ها تهیه کنید و دست کم دو وضعیت پیشنهاد کنید که در آن اسکریپت‌ها مفید باشند و دو وضعیت دیگر ذکر کنید که استفاده از اسکریپت‌ها چندان مزیتی نداشته باشد.

۲-۶ [Nog00] را بخوانید و یک مقاله‌ی دو صفحه‌ای و سه صفحه‌ای بنویسید که تأثیر «آشوب» را بر مهندسی نرم‌افزار بحث کنید.

۲-۷ سه مثال از پروژه‌های نرم‌افزاری ذکر کنید که در مدل آبشاری قابل پیاده‌سازی باشند. به جزئیات بپردازید.

۲-۸ سه مثال از پروژه‌های نرم‌افزاری ذکر کنید که در مدل ساخت نمونه‌ی اولیه قابل پیاده‌سازی باشند. به جزئیات بپردازید.

۲-۹ چه تطبیق‌هایی برای فرایند مورد نیاز است اگر نمونه‌ی اولیه به یک سیستم یا محصول قابل تحویل تکامل یابد.

۲-۱۰ سه مثال از پروژه‌های نرم‌افزاری ذکر کنید که در مدل افزایشی، قابل پیاده‌سازی باشند. به جزئیات بپردازید.

۲-۱۱ با حرکت به طرف بیرون در جریان فرایند مارپیچی (حلزونی)، درباره نرم‌افزاری که درحال توسعه یا نگهداری‌شدن است، چه می‌توان گفت؟

۲-۱۲ آیا امکان تلفیق فرایندها وجود دارد؟ در صورت مثبت بودن پاسخ، مثال بیاورید.

۲-۱۳ مدل فرایند همروند مجموعه‌ای از «حالت ها» را تعریف می‌کند. به زبان ساده شرح دهید که این حالت‌ها چه چیزی را نشان می‌دهند و سپس بگویید که در مدل فرایند هم زمان چگونه وارد عمل می‌شوند.

۲-۱۴ مزایا و معایب نرم‌افزارهای در حال توسعه‌ای که کیفیت آنها «به قدر کافی خوب» است، چیست؟ یعنی، هنگامی که بر سرعت بیش از کیفیت محصول تأکید می‌شود، چه اتفاقی رخ می‌دهد؟

۲-۱۵ سه مثال از پروژه‌های نرم‌افزاری ذکر کنید که در مدل مبتنی بر مؤلفه‌ها قابل پیاده‌سازی باشند. به جزئیات بپردازید.

۲-۱۶ این را می‌توان اثبات کرد که یک مؤلفه‌ی نرم‌افزاری و حتی کل برنامه درست است. پس چرا همه این کار را نمی‌کنند؟

۲-۱۷ آیا فرایند یکپارچه و UML یکسان هستند؟ درباره پاسخ خویش توضیح دهید.

فصل ۳

توسعه‌ی چابک

نگاهی گذرا

توسعه‌ی چابک[1] چیست؟ مهندسی نرم‌افزار چابک، تلفیقی از یک فلسفه و مجموعه‌ای از دستورالعمل‌های توسعه است. این فلسفه مشوق جلب رضایت مشتری و تحویل افزایشی نرم‌افزار از همان ابتدای پروژه؛ تیم‌های پروژه‌ی کوچک با انگیزه بالا؛ روش‌های غیر رسمی؛ حداقل محصولات کاری مهندسی نرم‌افزار؛ و سادگی کلی در توسعه‌ی نرم‌افزار است. دستورالعمل‌های توسعه بر تحویل نرم‌افزار بر اساس تحلیل و طراحی (گرچه این فعالیت‌ها تشویق نمی‌شوند) و برقراری ارتباط فعال و پیوسته میان توسعه دهندگان نرم‌افزار و مشتریان آن تأکید دارد.

چه کسی این کار را انجام می‌دهد؟ مهندسان نرم‌افزار و سایر طرف‌های ذی‌نفع در پروژه (مدیران، مشتریان و کاربران نهایی) با یکدیگر کار می‌کنند و یک تیم چابک تشکیل می‌دهند- تیمی که سازمان‌دهی‌اش بر عهده خودش است و سرنوشت‌اش را خود کنترل می‌کند. تیم چابک، به ارتباطات و همکاری میان همه‌ی افراد تیم رسیدگی می‌کند.

چرا اهمیت دارد؟ محیط کاری جدیدی که سیستم‌های کامپیوتری و محصولات نرم‌افزاری را در بر می‌گیرد، با گام‌های سریع به پیش می‌رود و پیوسته در حال تغییر است. مهندسی نرم‌افزار چابک، برای مهندسی سنتی گروه یعنی از نرم‌افزارها و انواع معینی از پروژه‌های نرم‌افزاری، جایگزینی منطقی ارائه می‌دهد. نشان داده شده است که با این شیوه، سیستم‌های موفق به سرعت تحویل می‌شوند.

مراحل کار کدام است؟ توسعه‌ی چابک را شاید به بهترین وجه بتوان «مهندسی نرم‌افزار» نامید. فعالیت‌های چارچوبی پایه- ارتباطات، برنامه‌ریزی، مدل‌سازی، ساخت و استقرار- همچنان به قوت خود باقی خواهند ماند، ولی به یک مجموعه وظایف کمینه تغییر شکل می‌دهند که تیم نرم‌افزاری را به سمت ساخت و تحویل هدایت می‌کنند (عده‌ای چنین استدلال می‌کنند که این به قیمت حذف تحلیل مسأله و طراحی راهکار تمام می‌شود).

محصول کار چیست؟ مشتری و مهندس نرم‌افزار هر دو دیدگاهی یکسان دارند-تنها محصول کاری مهم واقعی، یک «نرم‌افزار» عملیاتی است که در تاریخ مناسب به مشتری تحویل شود.

چگونه اطمینان حاصل کنیم که کار، درست انجام شده است؟ اگر تیم چابک با پردازش کارها موافقت کند و در مرحله‌های تکاملی، نرم‌افزارهای قابل تحویل تولید نماید که رضایت مشتری جلب شود، کار، به درستی انجام شده است.

---

[1] agile development

سال ۲۰۰۱، کنت بک و شانزده نفر دیگر از سازندگان نرم‌افزار، نویسندگان و مشاوران [Bec01a] (که نام آنها به‌عنوان «اتحادیه چابک» یاد می‌شود) «بیانیه توسعه‌ی نرم‌افزاری چابک» را امضا کردند. مفاد این بیانیه به قرار زیر بود:

ما با انجام توسعه‌ی نرم‌افزار و کمک به دیگران در انجام این کار به کشف راه‌های بهتری نائل آمده‌ایم. با این کار به این نتیجه رسیده‌ایم که:

افراد و تعامل‌ها را بر فرایندها و ابزارها
نرم‌افزار عملیاتی را بر مستندات جامع
همکاری با مشتری را بر مذاکره قرارداد
و پاسخ به تغییر را بر دنبال‌کردن یک برنامه برتری دهیم.

یعنی در حالی که در آیتم‌های طرف چپ هم ارزش وجود دارد، به آیتم‌های طرف راست ارزش بیشتری خواهیم داد.

بیانیه‌ها معمولاً به جنبش‌های سیاسی مربوط می‌شوند- چیزی که به سیستم قدیمی حمله می‌کند و تغییری انقلابی را پیشنهاد می‌کند (به امید بهسازی). از جهاتی، این دقیقاً چیزی است که توسعه‌ی چابک با آن سروکار دارد.

گرچه ایده‌های زیربنایی که توسعه‌ی چابک را هدایت می‌کنند، سال‌ها با ما بوده‌اند، کمتر از دو دهه است که این ایده‌ها در قالب یک «جنبش» متبلور شده‌اند. در اصل، روش‌های چابک[1] در نتیجه‌ی تلاش برای غلبه بر ضعف‌های واقعی و دریافتی در مهندسی نرم‌افزار سنتی توسعه یافته‌اند. توسعه‌ی چابک می‌تواند مزایای مهمی به همراه داشته باشد، ولی برای همه‌ی پروژه‌ها، همه‌ی محصولات، همه‌ی افراد و همه‌ی شرایط قابل استفاده نیست. این روش فقط برای مهندسی نرم‌افزار نیست بلکه به‌عنوان فلسفه‌ای جایگزین برای همه‌ی کارهای نرم‌افزاری قابل استفاده است.

در اقتصاد نوین، پیش‌بینی چگونگی تکامل یافتن یک سیستم کامپیوتری (مثلاً یک برنامه‌ی کاربردی مبتنی بر وب) درگذر زمان، غالباً کاری دشوار است. شرایط بازار به سرعت تغییر می‌کند، نیازهای کاربران نهایی تکامل می‌یابد و تهدیدهای رقابتی بدون هشدار قبلی ظهور می‌کند. در بسیاری شرایط، قادر به تعریف کامل خواسته‌ها قبل از شروع پروژه نخواهید بود. باید به قدر کافی چابک باشید تا بتوانید به یک محیط تجاری متغیر پاسخ دهید.

تغییر، هزینه بردار است. به ویژه اگر کنترل نشده باشد یا مدیریت ضعیفی بر آن اعمال شود. یکی از بارزترین ویژگی‌های روش چابک، توانایی آن در کاهش دادن هزینه‌های ناشی از تغییر در سرتاسر فرایند نرم‌افزار است.

آیا این بدان معناست که شناخت چالش‌های پدید آمده از یک واقعیت جدید، باعث می‌شود که همه‌ی اصول، مفاهیم، روش‌ها و ابزارهای ارزشمند مهندسی نرم‌افزار را به کناری بگذارید؟ مطلقاً خیر! مهندسی نرم‌افزار نیز همانند کلیه رشته‌های مهندسی به تکامل خود ادامه می‌دهد و می‌توان آن را طوری تطبیق داد که چالش‌های ناشی از تقاضا برای سرعت را نیز پاسخ‌گو باشد.

[1] در ادامه چابکی را گاه روش‌های سبک یا روش‌های ناب نیز می‌نامند.

ریچارد کاکبرن در یک کتاب درباره توسعه‌ی چابک [Coc02] استدلال می‌کند که مدل‌های فرایند پرسکتیوی معرفی شده در فصل ۲ یک اشکال عمده دارند. در این مدل‌ها، ضعف و سستی کسانی که نرم‌افزارها می‌سازند، فراموش می‌شود. مهندسان نرم‌افزار، روبات نیستند. آنها در سبک‌های کاری با هم تفاوت‌های بزرگ دارند؛ اختلاف‌های چشمگیر در سطح مهارت، خلاقیت، نظم و انضباط، سازگاری و سرعت عمل. برخی به شکل کتبی قادر به برقراری ارتباط با دیگران هستند و برخی خیر. کاکبرن استدلال می‌کند که در مدل‌های فرایند می‌توان نقاط ضعف متداول افراد را با انضباط یا تحمل اداره کرد و در اکثر مدل‌های تجویزی، انضباط انتخاب می‌شود. او می‌گوید: «چون سازگاری در کنش از نقاط ضعف انسان است، روش‌هایی با انضباط بالا، شکننده‌اند.»

اگر قرار به‌کارکردن روی مدل‌های فرایند باشد، باید سازوکاری واقع بینانه برای تشویق انضباط لازم فراهم آورند، یا باید به نحوی آنها را مشخص کرد که برای افرادی که کار مهندسی نرم‌افزار را انجام می‌دهند، «تحمل» نشان دهند. برای کسانی که در کار نرم‌افزار هستند، روش‌های با تحمل راحت‌تر قابل پذیرش است، ولی (چنان که کاکبرن هم می‌پذیرد) ممکن است بهره‌وری آنها کمتر شود. همانند اکثر چیزهایی که در زندگی وجود دارد، مصالحه میان عوامل را نیز باید در نظر گرفت.

چابکی: ۱همه‌ی چیزهای دیگر: صفر»
تام دومارکو

۱-۳. چابکی چیست؟

در حیطه‌ی کار مهندسی نرم‌افزار، چابکی دقیقاً چه معنایی دارد؟ ایوار جیکابسون [Jac02a] در این خصوص بحث مفیدی ارائه می‌دهد:

> این روزها هنگام توصیف یک فرایند نرم‌افزار مدرن، چابکی واژه‌ای است که به‌وفور به گوش می‌رسد. تیم چابک تیمی فرز و چالاک است که قادر است به تغییرات پاسخ مناسب بدهد. تغییر چیزی است که در توسعه‌ی نرم‌افزار، بسیار با آن مواجه می‌شویم. تغییرات در نرم‌افزارهایی که در حال ساخته‌شدن هستند، تغییرات در اعضای تیم، تغییرات به دلیل فن‌آوری جدید، تغییرات از هر نوع که ممکن است بر محصول در حال ساخت یا محصولی که محصول نهایی را ایجاد می‌کند، تأثیر گذار باشند. هر آنچه در نرم‌افزار انجام می‌دهیم باید خود حاوی ویژگی‌هایی برای پشتیبانی از تغییرات باشد؛ چیزی که قلب و روح نرم‌افزار است. تیم چابک می‌داند که نرم‌افزار توسط افرادی توسعه می‌یابد که در قالب تیمی کار می‌کنند و مهارت‌های این افراد و توانایی ایشان در همکاری، هسته‌ی اصلی موفقیت پروژه است.

از دید جیکابسون، فراگیر بودن تغییر، دلیل اصلی برای چابکی است. مهندس نرم‌افزار اگر می‌خواهد به تغییراتی که جیکابسون توصیف می‌کند، پاسخ مناسب بدهد، باید سریع عمل کند.

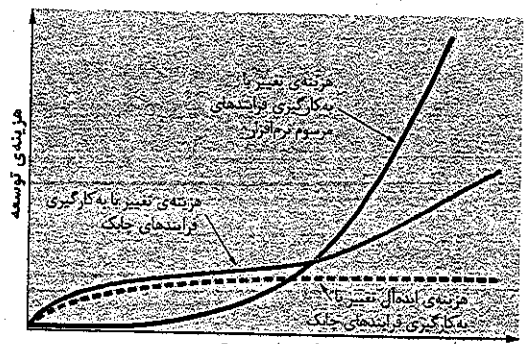
ولی چابکی، چیزی بیش از پاسخ‌دهی موثر به تغییرات است. این روش شامل فلسفه‌ی ذکر شده در بیانیه‌ی ابتدای این فصل نیز می‌شود. ایجاد ساختارها و صفاتی را در تیم تشویق می‌کند که برقراری ارتباطات (در میان اعضای تیم، بین طرف‌های تجاری و فنی، میان مهندسان نرم‌افزار و مدیران آنها) را تسهیل کنند. این روش، بر تحویل سریع نرم‌افزارهای عملیاتی تأکید دارد و تأکید را از روی اهمیت محصولات کاری بینابینی (که همواره هم چیز خوبی نیستند) بر می‌دارد؛ در این رویکرد، مشتری به‌عنوان بخشی از تیم توسعه پذیرفته می‌شود و کوشش می‌شود که حس و حال «ما و ایشان»، که هنوز بر بسیاری از پروژه‌های نرم‌افزاری سایه افکنده است، حذف شود؛ در این روش به این نکته توجه می‌شود که برنامه‌ریزی در دنیایی با عدم قطعیت، محدودیت‌های خاص خود را دارد و برنامه‌ریزی یک پروژه باید انعطاف‌پذیر باشد.

اندرز
مرتکب این اشتباه نشوید که چابکی این مجوز را به شما می‌دهد که بدون برنامه‌ریزی به راهکار برسید. یک فرایند لازم است و انضباط ضروری است.

چابکی را می‌توان در هر فرایند نرم‌افزار به‌کار برد، ولی برای رسیدن به این هدف، طراحی فرایند باید به گونه‌ای باشد که تیم پروژه قادر به انجام وظایف باشد و بتواند آنها را به جریان بیندازد، برنامه‌ریزی به‌شیوه‌ای صورت گیرد که متغیربودن یک روش توسعه‌ی چابک در آن دیده شده باشد، همه‌ی محصولات کاری به جز آنها که ضروری هستند، حذف شوند و بر راهبرد تحویل افزایشی که نرم‌افزار را هرچه سریع‌تر برای مشتری قابل استفاده کند تأکید ورزد.

۲-۳ چابکی و هزینه‌های تغییر

عقل سلیم در توسعه‌ی نرم‌افزار (که چند دهه تجربه پشتیبان آن است) حکایت از آن دارد که هزینه‌ی تغییر به‌صورت غیر خطی با پیشرفت پروژه افزایش می‌یابد (شکل ۱-۳، منحنی با خط توپر). پاسخ‌گویی به تغییر هنگامی که تیم نرم‌افزاری مشغول جمع‌آوری خواسته‌هاست، نسبتاً آسان است (در همان ابتدای پروژه). یک سناریوی کاربرد (usage scenario) ممکن است نیاز به اصلاح داشته باشد، ممکن است فهرستی از قابلیت‌ها گسترش یابد، یا ممکن است مشخصات مکتوب ویرایش شود. هزینه‌های انجام این کار، اندک است و زمان مورد نیاز تأثیری سوء بر نتیجه‌ی پروژه ندارد، ولی اگر چند ماه جلوتر برویم، چطور؟ تیم در میانه‌ی آزمون وارسی است (چیزی که نسبتاً در اواخر پروژه رخ می‌دهد) و یک طرف ذی‌نفع مهم، درخواست تغییری عمده در قابلیت‌های سیستم دارد. این تغییر نیاز به اصلاح طراحی معماری نرم‌افزار، طراحی و ساخت سه قطعه‌ی جدید دارد، پنج قطعه دیگر باید اصلاح شوند، آزمون‌های جدیدی باید طراحی شود و غیره. هزینه‌ها به سرعت بالا می‌رود و زمان و هزینه‌ی لازم برای حصول اطمینان از اینکه تغییرات بدون برجای گذاشتن اثرات جانبی اعمال شود، قابل چشم پوشی نخواهد بود.



شکل ۱-۳ هزینه‌ی تغییرات به‌عنوان تابعی از زمان در توسعه‌ی نرم‌افزار.

هواداران چابکی (مثل [Bec00]، [Amb04]) استدلال می‌کنند که یک فرایند چابک با طراحی خوب، منحنی هزینه‌ی تغییر را «تسطیح» می‌کند (شکل ۱-۳، منحنی خط توپر و سایه دار) و به این ترتیب، تیم نرم‌افزاری قادر به پاسخ گویی به تغییرات در اواخر پروژه خواهند بود بدون اینکه ضربه‌ای قابل ملاحظه از نظر زمان و هزینه بر پروژه وارد آید. قبلاً دانستیم که فرایند چابک شامل تحویل افزایشی محصول می‌شود. هنگامی که تحویل افزایشی با سایر روش‌های چابک از قبیل آزمون

> «چابکی، در آغوش گرفتن تغییراتی بویژه در مشخص مخواست که به سرعت رخ می‌دهد و گرایش به رشد دارد.»
>
> استیون گلدمن

نکته‌ی کلیدی

یک فرایند چابک هزینه‌ی تغییرات را کاهش می‌دهد چون نرم‌افزار در قالب چند گام روانه می‌شود و تغییرات را در یک گام بهتر می‌شود کنترل کرد.

واحدهای پیوسته و برنامه‌نویسی جفتی تلفیق شود، هزینه‌ی اِعمال تغییرات کاهش می‌یابد. گرچه بحث و جدل درباره میزان تسطیح منحنی هزینه همچنان ادامه دارد، شواهد نشان می‌دهد [Cac01a] که کاهش چشمگیری در هزینه‌ها قابل دستیابی است.

۳-۳ فرایند چابک چیست؟

هر فرایند نرم‌افزار چابک به گونه‌ای مشخص می‌شود که تعدادی از فرض‌های کلیدی [Fow02] را درباره اکثریت پروژه‌های نرم‌افزاری پاسخ‌گو باشد:

۱. پیش‌بینی اینکه کدام خواسته‌های نرم‌افزاری باقی خواهند ماند و کدام یک از آنها تغییر می‌کند، دشوار است. پیش‌بینی اینکه اولویت‌های مشتری با پیشرفت پروژه چگونه تغییر می‌کند نیز به همان اندازه دشوار است.

۲. برای بسیاری از انواع نرم‌افزارها، طراحی و ساخت در بین هم انجام می‌شوند. یعنی هر دو فعالیت را باید به‌طور موازی انجام داد، به‌طوری که مدل‌های طراحی به هنگام ایجاد، به اثبات برسند. پیش‌بینی اینکه چه مقدار طراحی مورد نیاز است، قبل از به‌کارگیری ساخت برای به اثبات رساندن طراحی، دشوار است.

۳. تحلیل، طراحی، ساخت و آزمون ممکن است (از دیدگاه برنامه‌ریزی) به آن اندازه که ما دوست داریم، قابل پیش‌بینی نباشد.

با توجه به فرض‌های فوق، یک پرسش مهم مطرح می‌شود: چگونه فرایندی ایجاد کنیم که قادر به مدیریت موارد غیر قابل پیش‌بینی باشد؟ چنان که پیش از این نیز گفته شد، پاسخ در انطباق‌پذیری (adaptability) فرایند (یعنی تغییر دادن سریع شرایط فنی و پروژه) نهفته است. پس فرایند چابک باید از انطباق‌پذیری برخوردار باشد.

ولی انطباق پیوسته و بدون پیشروی از موفقیت چندانی برخوردار نیست. بنابراین، در یک فرایند نرم‌افزار چابک، باید روند انطباق به‌طور افزایشی انجام پذیرد. برای دستیابی به انطباق تدریجی، تیم نرم‌افزاری چابک نیاز به بازخورد از مشتری دارد (تا بتواند انطباق‌های لازم را انجام دهد). یک عاملی شتاب دهنده به بازخورد مشتریان، نمونه‌ی اولیه‌ای از سیستم عملیاتی یا بخشی از آن است. از این رو، یک راهبرد توسعه‌ی افزایشی را باید نهادینه ساخت. نسخه‌های نرم‌افزار (نمونه‌های اولیه قابل اجرا یا بخش‌هایی از سیستم عملیاتی) باید در دوره‌های زمانی کوتاه مدت تحویل شوند تا روند انطباق بتواند همگام با روند تغییرات ادامه یابد (عدم قابلیت پیش‌بینی). مشتری به کمک این روش مبتنی بر تکرار می‌تواند هر نسخه از نرم‌افزار را مرتباً ارزیابی کند، بازخورد لازم برای تیم نرم‌افزاری را فراهم سازد و بر انطباق‌های به‌عمل‌آمده جهت پاسخ گویی به بازخوردها تأثیر بگذارد.

۱-۳-۳ اصول چابکی

در پیمانِ چابک (Agile Alliance) دوازده اصل برای کسانی که می‌خواهند به چابکی دست پیدا کنند، تعریف شده است ([Fow01]، [Agi03]):

۱. جلب رضایت مشتری از طریق تحویل زود هنگام و پیوسته‌ی نرم‌افزارهای ارزشمند، بیشترین اولویت را نزد ما دارد.

مرجع وب

مجموعه جامعی از مقالات درباره فرایندهای چابک را می‌توانید در آدرس زیر بیابید
www.aanpo.org/articles/index

نکته‌ی کلیدی

گرچه فرایندهای چابک با آغوش باز به استقبال تغییرات می‌روند، هنوز هم بررسی دلایل تغییرات اهمیت دارد.

۲. پذیرا بودن تغییرات در خواسته‌ها حتی در اواخر فرایند توسعه. در فرایندهای چابک، تغییرات برای مزایای رقابتی مشتریان تحت کنترل هستند.
۳. تحویل پیوسته‌ی نرم‌افزارهای کاری از دو هفته گرفته تا دو ماه، که بازه‌های زمانی کوتاه‌تر باید در اولویت قرار داده شوند.
۴. دست‌اندرکاران و افراد تجاری باید در سرتاسر پروژه هر روز با هم کار کنند.
۵. سپردن پروژه به افراد باانگیزه، فراهم‌سازی محیط و پشتیبانی مورد نیاز آنها و اطمینان‌کردن به آنها در انجام کارها.
۶. اثربخش‌ترین و موثرترین روش انتقال اطلاعات به درون و بیرون تیم توسعه، گفتگوی رودررو است.
۷. نرم‌افزار کاری، میزان اصلی در سنجش پیشرفت است.
۸. فرایندهای چابک، توسعه پایدار را ارتقا می‌بخشند. حامیان، سازندگان و کاربران باید قادر به حفظ سرعت ثابت در پیشرفت کار باشد.
۹. توجه پیوسته به اعتلای فنی و طراحی خوب، باعث بهبود افزایش چابکی می‌شود.
۱۰. سادگی- هنر به حداکثر رساندن کارهایی که انجام نمی‌شوند- ضروری است.
۱۱. بهترین معماری‌ها، خواسته‌ها و طراحی‌ها از تیم‌های خودسازمان‌دهی شده ظهور می‌کنند.
۱۲. تیم در بازه‌های منظم، بازخوردی از میزان بهبود اثربخشی خود ارائه می‌دهد و سپس رفتار خود را مطابق این بازخورد تنظیم می‌کند.

این دوازده اصل در تمامی فرایندهای چابک با وزن مساوی به‌کار برده نمی‌شوند و در برخی مدل‌ها از اهمیت یک یا چند اصل چشم پوشی می‌شود (یا دست کم نقش آنها کمرنگ‌تر می‌شود). این اصول، تعیین‌کننده‌ی جوهره‌ای چابک هستند که در هر کدام از مدل‌های فرایند ارائه شده در این فصل حفظ خواهد شد.

اندرز
نرم‌افزاری که کار کند مهم است، ولی فراموش نکنید که انواع صفات کیفیتی از جمله قابلیت اطمینان، قابلیت استفاده و قابلیت نگهداری را هم باید داشته باشد.

۲-۳-۳ سیاست توسعه‌ی چابک

درباره مزایا و قابلیت کاربرد توسعه‌ی نرم‌افزار چابک در مقابل فرایندهای سنتی‌تر در مهندسی نرم‌افزار، بحث و جدل فراوان شده است. جیم های‌اسمیت [Hig02a] هنگام بر شمردن خصوصیات اردوگاه چابک‌ها مواردی حدی را ذکر می‌کند. «روش‌شناسان سنتی، یک مشت آدم‌های فاقد خلاقیت هستند که ترجیح می‌دهند مستنداتی بدون نقص تهیه کنند تا اینکه سیستمی کاری ارائه دهند که نیازهای تجاری را برآورده کند.» او در نقطه‌ی مقابل، موفقیت اردوگاه مهندسی نرم‌افزار سنتی را چنین توصیف می‌کند: «روش شناسان سبک بال یا «چابک» یک مشت نفوذگر با استعدادند که وقتی تلاش می‌کنند اسباب بازی‌های خود را بزرگ کنند و به نرم‌افزارهایی در سطح شرکت‌ها تبدیل کنند، کلی ذوق‌زده می‌شوند.»

این مناظره‌ی روش‌شناسی همانند همه‌ی استدلال‌های فن‌آوری نرم‌افزار، خطر اضمحلال به یک جنگ عقیدتی را دارد. اگر جنگ مغلوبه شود، عقل سلیم از میان می‌رود و باورها جای واقعیت‌هایی را می‌گیرند که باید راهنمای تصمیم‌گیری باشند.

هیچ کس با چابکی مخالفتی ندارد. پرسش واقعی این است که: بهترین راه برای انجام آن چیست؟ و به همان اهمیت، چطور نرم‌افزاری می‌سازید که نیازهای امروز مشتری را برطرف سازد و

اندرز
نباید بین چابکی و مهندسی نرم‌افزار یکی را انتخاب کنید بلکه باید یک رویکرد مهندسی نرم‌افزار انتخاب کنید که چابک باشد.

خصوصیات کیفیتی را از خود بروز دهد که قابلیت بسط و توسعه برای برآوردن نیازهای دراز مدت مشتری را هم در آن امکان‌پذیر سازد؟

هیچ پاسخ مطلقی برای هیچ کدام از این پرسش‌ها وجود ندارد. حتی در خود مکتب چابکی، مدل‌های فراوانی برای فرایند پیشنهاد شده است (بخش ۴-۳) که هر یک تفاوتی ظریف در نگرش به چابکی دارند. در داخل هر مدل مجموعه‌ای از ایده‌ها وجود دارد (چابک گراها دوست دارند آنها را «وظایف کاری» بنامند) که خروج چشمگیری از مهندسی نرم‌افزار سنتی را نشان می‌دهند. با این وجود بسیاری از مفاهیم چابکی، صرفاً برگرفته از مفاهیم خوب مهندسی نرم‌افزارند. نکته مهم اینکه، با در نظر گرفتن بهترین ایده‌ها از هر دو مکتب، بیشترین بهره عاید خواهد شد و چیزی از تخریب دیگری به‌دست نخواهد آمد.

اگر به بحث بیشتر در این خصوص علاقه دارید، به [Hig01]، [Hig02a]،[DeM02] رجوع کنید تا خلاصه‌ای از سایر مسائل فنی و سیاسی مهم را مشاهده نمایید.

۳-۳-۳ عوامل انسانی

مدافعان روش چابک برای توسعه‌ی نرم‌افزار، متحمل رنج فراوانی می‌شوند تا بر اهمیت «عوامل انسانی» تأکید کنند. چنان که کاکبرن و های‌اسمیت [Coc01] گفته‌اند، «توسعه‌ی چابک بر استعدادها و مهارت‌های افراد و شکل دهی به فرایند بر اساس افراد و تیم‌های موجود تأکید دارد.» نکته کلیدی در این گفته آن است که فرایند باید بر اساس نیازهای افراد و تیم‌ها شکل پیدا کند نه برعکس.[1]

اگر قرار باشد اعضای تیم نرم‌افزاری خصوصیات فرایندی را به‌دست آورند که برای ساخت نرم‌افزار به‌کار گرفته می‌شود، چند خصوصیت کلیدی باید در میان افراد تیم چابک و خود تیم وجود داشته باشد:

رقابت: در حیطه‌ی توسعه‌ی چابک (و نیز در مهندسی نرم‌افزار)، «رقابت» شامل استعداد ذاتی، مهارت‌های خاص مرتبط با نرم‌افزار و آگاهی کلی از فرایندی است که تیم برای استفاده برگزیده است. مهارت و آگاهی از فرایند به همه‌ی افرادی که به‌عنوان عضوی از تیم چابک خدمت می‌کنند قابل آموزش است و باید آموزش داده شود.

کانون توجه مشترک. گرچه ممکن است اعضای تیم چابک وظایف متفاوتی را به انجام برسانند و مهارت‌های متفاوتی را وارد پروژه کنند، همه‌ی آنها باید یک هدف واحد را کانون توجه خود قرار دهند - تحویل نسخه‌ی جدیدی از نرم‌افزار به مشتری در زمان مقرر. به‌علاوه، تیم باید برای دستیابی به این هدف، پیوسته بر انطباق‌های کوچک و بزرگ تأکید داشته باشد تا فرایند را بر نیازهای تیم مطابقت دهد.

همکاری. مهندسی نرم‌افزار (با هر فرایندی که انجام شود) عبارت است از ارزیابی، تحلیل و به‌کارگیری اطلاعاتی که با تیم نرم‌افزاری تبادل می‌شود؛ ایجاد اطلاعاتی که همه‌ی طرف‌های ذی‌نفع را در فهم کار تیم یاری دهد؛ و انتشار دادن اطلاعات (نرم‌افزار کامپیوتری و بانک‌های اطلاعاتی مربوط) که برای مشتری ارزش تجاری در برداشته باشد. برای دستیابی به این وظایف، اعضای تیم باید همکاری کنند - با یکدیگر و با طرف‌های ذی‌نفع.

«روش‌های چابک بیشتر خاصیت خود را مرهون دانش نهفته در تیم است نه در دانش نوشته شده روی کاغذ»
بری بوهم

اعضای یک تیم نرم‌افزاری به چه صفات مهمی باید آراسته باشند؟

[1] سازمان‌های موفق در زمینه مهندسی نرم‌افزار به این واقعیت اذعان دارند. حال مدل فرایندی انتخاب شده هر چه می‌خواهد باشد.

توانایی تصمیم‌گیری. هر تیم نرم‌افزاری خوب (از جمله تیم‌های چابک) باید آزادی کنترل سرنوشت خود را داشته باشد. این بدان معناست که تیم باید خود مختاری داشته باشد – یعنی اجازه تصمیم‌گیری برای مسائل فنی و پروژه.

توانایی حل مسأله با منطق فازی. مدیران نرم‌افزار باید بدانند که تیم چابک پیوسته ناگزیر از مقابله با ابهام است و پیوسته در معرض تغییر قرار دارد. در برخی موارد، تیم باید پذیرای این واقعیت باشد که مسأله‌ای که امروز در حال حل‌کردن آن است، ممکن است فردا مسأله‌ای باشد که دیگر نیازی به حل آن نباشد، ولی درس‌هایی که از حل هر مسأله گرفته می‌شود (از جمله حل مسائل اشتباهی) ممکن است بعداً در پروژه به‌کار آید.

احترام و اطمینان متقابل. تیم چابک باید به چیزی تبدیل شود که دومارکو و لیستر [Dem98] آن را تیم «قوام‌یافته» می‌نامند (فصل ۲۴). تیم «قوام یافته» اطمینان و احترامی را از خود به نمایش می‌گذارد که به واسطه‌ی آن «اعضای تیم چنان به هم پیوسته می‌شوند که کلیت حاصل چیزی بیش از مجموع اجزای تشکیل‌دهنده باشد.»[Dem98].

خودسازمان‌دهی. در حیطه‌ی توسعه‌ی چابک، خودسازمان‌دهی به معنای سه چیز است (۱) تیم چابک، خودش را سازمان‌دهی می‌کند تا کارها به انجام برسد، (۲) تیم، فرایند را سازمان‌دهی می‌کند تا به بهترین نحو در محیط محلی اسکان یابد، (۳) تیم، زمان‌بندی کاری را سازمان‌دهی می‌کند تا به بهترین نحو، تحویل یک نسخه از نرم‌افزار را امکان‌پذیر سازد. خودسازمان‌دهی چند مزیت فنی دارد، ولی مهم‌تر اینکه به بهبود همکاری و تقویت روحیه تیمی کمک می‌کند. در اصل، تیم، مدیریت خودش را خود بر عهده می‌گیرد. کِن شوابر [Sch02] در این مورد چنین می‌نویسد: «تیم است که تصمیم می‌گیرد چه مقدار کار می‌تواند در هر دور از تکرار انجام دهد و تیم است که متعهد انجام این کار می‌شود. هیچ چیز به این اندازه انگیزه را در یک تیم از بین نمی‌برد که آدم دیگری برایش تعیین تکلیف کند. هیچ چیز به اندازه‌ی پذیرش مسؤولیت برای تعیین وظایف و تعهدات در تیم ایجاد انگیزه نمی‌کند.

> «چیزی که برای یک تیم، کافی به‌شمار می‌رود، برای تیم دیگر می‌تواند یا زیادی کافی باشد یا ناکافی.»
>
> **آلیستر کاکبرن**

نکته‌ی کلیدی

تیم خودسازمان‌ده کنترل کارهایش را بر عهده دارد. این تیم خودش به تعهداتش عمل می‌کند و طرح‌هایی برای انجام آنها تعریف می‌کند.

۳-۴ برنامه‌نویسی حدی (XP)

به‌منظور روشن‌تر ساختن فرایند چابک و واردشدن در جزئیات بیشتر، دیدی اجمالی از برنامه‌نویسی حدی (XP) ارائه خواهیم داد که پرکاربردترین رویکرد در توسعه‌ی نرم‌افزار به روش چابک است. گرچه کارهای اولیه‌ای که روی ایده‌ها و روش‌های مرتبط با XP در اواخر دهه‌ی ۱۹۸۰ انجام شد، کارهای موثر در این خصوص توسط کنت بک [Bec04a] نوشته شده است. به تازگی، شکل دیگری از XP موسوم به XP صنعتی (IXP) پیشنهاد شده است. IXP پالایشی از XP است که فرایند چابک را مشخصاً برای استفاده در سازمان‌های بزرگ هدف قرار داده است.

۳-۴-۱ ارزش‌های XP

بک [Bec04a] مجموعه‌ای از پنج *ارزش* را تعریف می‌کند که مبنایی برای همه‌ی کارهای انجام شده در XP تشکیل می‌دهند–ارتباطات، سادگی، بازخورد، جرأت و احترام. هر کدام از این ارزش‌ها به‌عنوان مجرکه‌ای برای فعالیت‌ها، کنش‌ها و وظایف XP به‌کار می‌رود.

XP به‌منظور دستیابی به ارتباطات اثربخش میان مهندسان نرم‌افزار و سایر طرف‌های ذی‌نفع (مثلاً برقراری قابلیت‌ها و ویژگی‌های لازم برای نرم‌افزار)، بر همکاری نزدیک و در عین حال غیر رسمی (لفظی) میان مشتریان و سازندگان، برقراری استعاره‌های اثربخش[1] برای به مشورت گذاشتن مفاهیم مهم، بازخورد پیوسته و پرهیز از مستندات پرحجم به‌عنوان واسطه‌ای ارتباطی تأکید دارد.

XP برای دستیابی به *سادگی*، سازندگان را محدود می‌کند تا تنها برای نیازهای فوری کار طراحی را انجام دهند نه اینکه همه‌ی نیازهای آینده را در نظر بگیرد. هدف، ایجاد یک طراحی ساده است که به آسانی در قالب کدنویسی قابل پیاده‌سازی باشد. اگر طراحی باید بهبود یابد، می‌توان آن را بعداً بازآرایی کرد.[2]

بازخورد از سه منبع قابل حصول است: خود نرم‌افزار، مشتری و سایر اعضای تیم نرم‌افزاری. با طراحی و پیاده‌سازی یک راهبرد آزمون اثربخش (فصل‌های ۱۷ تا ۲۰). نرم‌افزار (از طریق نتایج آزمون) بازخوردی در اختیار تیم چابک قرار می‌دهد. XP از آزمون واحدی به‌عنوان تاکتیک اولیه در انجام آزمون‌ها استفاده می‌کند. با توسعه یافتن هر کلاس، تیم یک آزمون واحدی برای تمرین دادن هر کدام از عملیات مطابق با قابلیت مشخص آن توسعه می‌دهد. با تحویل یک نسخه از نرم‌افزار به مشتری، داستان‌های کاربر (user stories) یا use case (فصل ۵) که توسط آن نسخه پیاده‌سازی می‌شوند، به‌عنوان مبنایی برای آزمون‌های پذیرش به‌کار می‌روند. میزان پیاده‌سازی خروجی، عملکرد و رفتار ذکر شده در یک use case، شکلی از بازخورد است. سرانجام، با به‌دست آمدن خواسته‌های جدید به‌عنوان بخشی از برنامه‌ریزی تکراری، تیم یک بازخورد سریع از تاثیر زمان‌بندی و هزینه در اختیار مشتری قرار می‌دهد.

بک [Bec04a] چنین استدلال می‌کند که پایبندی سفت و سخت به برخی جنبه‌های XP به جسارت و جرأت نیاز دارد. یک واژه‌ی بهتر می‌تواند *انضباط* باشد. برای مثال، غالباً جهت طراحی برای خواسته‌های آینده، فشار وجود دارد. اکثر تیم‌های نرم‌افزاری هم سر تسلیم فرود می‌آورند با این استدلال که «طراحی برای آینده» در دراز مدت به صرفه جویی در زمان و تلاش کمک می‌کند. تیم XP چابک باید انضباط (جرأت) لازم برای طراحی برای امروز را داشته باشد و در عین حال بداند که خواسته‌های آینده ممکن است به‌طرزی چشمگیر تغییر کند و بنابراین، ممکن است به مقادیر معتنابهی از دوباره‌کاری در طراحی و کدهای پیاده‌سازی شده نیاز داشته باشد.

تیم چابک، با دنبال‌کردن هر کدام از این ارزش‌ها، *احترام* را در میان اعضای خود، در میان سایر طرف‌های ذی‌نفع و اعضای تیم و به‌طور مستقیم برای خود نرم‌افزار نهادینه می‌کند. با تحویل موفق نسخه‌های نرم‌افزار، این تیم احترام بیشتری برای فرایند XP جلب می‌کند.

۳-۴-۲ فرایند XP

در برنامه‌نویسی حدی از یک روش شیءگرا (پیوست ۲) به‌عنوان الگوی توسعه استفاده می‌شود و این

> **اندرز**
>
> هرگاه می‌توانید، سادگی را حفظ کنید، ولی بدانید که «بازآرایی» کردن پیوسته می‌تواند زمان و منابع فراوانی را جذب کند.

> XP پاسخ این سؤال است که «چقدر می‌توان کوچک عمل کرد و هنوز نرم‌افزارهای بزرگ ساخت.»
>
> **ناشناس**

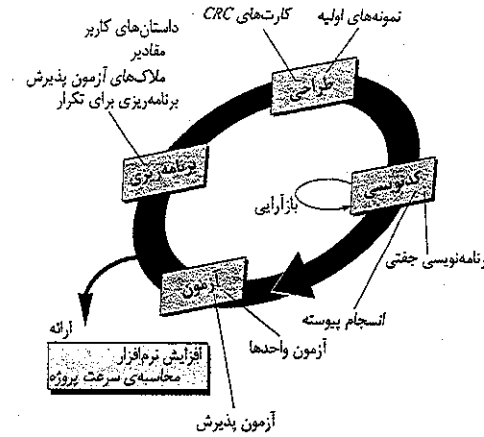
> **موجع وب**
>
> مروری عالی بر «قواعد» XP را می‌توانید در آدرس زیر بیابید:
>
> **www.extremeprogramming.org/rules.html**

---

[1] *استعاره* (metaphor) در حیطه‌ی XP داستانی است که هرکسی – مشتری، برنامه‌نویس، مدیر – می‌تواند درباره چگونگی کارکردن سیستم روایت کند.

[2] مهندس نرم‌افزار با بازآرایی‌کردن می‌تواند ساختار درونی یک طراحی (یا کد منبع) را بهبود بخشد بدون اینکه رفتار یا عملکرد آن را تغییر دهد. در اصل، بازآرایی را می‌توان برای بهبود بخشیدن به بازدهی، خوانایی، یا کارایی یک طراحی یا کدی به کاربرد که آن طراحی را پیاده‌سازی می‌کند.

فرایند شامل مجموعه‌ای از قواعد و اصول می‌شود که در حیطه‌ی چهار فعالیت چارچوبی رخ می‌دهند: برنامه‌ریزی، طراحی، کدنویسی و آزمون. در شکل ۲-۳، فرایند XP نشان داده شده است و برخی ایده‌های کلیدی و وظایف مرتبط با هر فعالیت چارچوبی نشان داده شده است. فعالیت‌های کلیدی XP در پاراگراف‌های زیر خلاصه شده‌اند.



شکل ۲-۳ فرایند برنامه‌نویسی حدی.

برنامه‌ریزی. فعالیت برنامه‌ریزی (که بازی برنامه‌ریزی نیز نامیده می‌شود) با گوش سپردن آغاز می‌شود- فعالیتی برای جمع‌آوری خواسته‌ها که اعضای تیم XP را قادر به شناخت حیطه‌ی تجاری مناسب برای نرم‌افزار ساخته، حس و حال گسترده‌ای از خروجی مورد نیاز و ویژگی‌ها و عملکردهای عمده به‌دست می‌دهد. گوش سپردن، به ایجاد مجموعه‌ای از «داستان ها» می‌انجامد که خروجی لازم، برای نرم‌افزاری که قرار است ساخته شود، ویژگی‌ها و عملکردها را توصیف می‌کند. هر *داستان* (مشابه use case ها در فصل ۵) توسط مشتری نوشته می‌شود و روی یک کارت شاخص قرار داده می‌شود. مشتری بر اساس ارزش تجاری کلی آن ویژگی یا عملکرد، یک *ارزش* (اولویت) به داستان نسبت می‌دهد.[1] سپس اعضای تیم XP هر کدام از داستان‌ها را ارزیابی کرده هزینه‌ای را به آن نسبت می‌دهند (این هزینه بر حسب تعداد هفته‌های لازم برای توسعه بیان می‌شود). اگر برآورد شود که داستانی برای توسعه به بیش از سه هفته زمان نیاز دارد، از مشتری خواسته می‌شود که داستان را به داستان‌های کوچکتر تقسیم کند و دوباره همان فرایند انتساب ارزش و هزینه رخ می‌دهد. لازم به ذکر است که نوشتن داستان‌های جدید در هر زمان امکان‌پذیر است.

مشتریان و سازندگان با همکاری یکدیگر تصمیم می‌گیرند که چگونه داستان‌ها را در نسخه‌ی بعدی (افزایش بعدی نرم‌افزار) که قرار است تیم XP توسعه دهد، گروه‌بندی کنند. هنگامی که قرار اولیه (توافق بر سر داستان‌هایی که باید لحاظ شود، تاریخ تحویل و سایر مواد پروژه) برای یک نسخه‌ی جدید گذاشته شد، تیم XP این داستان‌ها را مرتب می‌کند تا به یکی از سه شیوه‌ی زیر توسعه دهد: (۱) همه‌ی داستان‌ها بلافاصله پیاده‌سازی می‌شود (در عرض چند هفته)، (۲) داستان‌هایی با

[1] ارزش یک داستان ممکن است به وجود یک داستان دیگر نیز بستگی داشته باشد.

«داستان» در XP چیست؟

مرجع وب

یک بازی برنامه‌ریزی جالب را می‌توانید در وب‌سایت زیر بیابید:

C2.com/cgi/wiki?planningGame

بیشترین ارزش در بالای جدول زمان‌بندی قرار داده می‌شوند و ابتدا آن‌ها باید پیاده‌سازی شوند یا (۲) داستان‌هایی با بیشترین ریسک در بالای جدول زمان‌بندی قرار داده می‌شوند و ابتدا آنها پیاده‌سازی می‌شوند.

پس از ارائه‌ی نخستین نسخه‌ی پروژه (که «افزایش» نرم‌افزار نیز نامیده می‌شود)، تیم XP سرعت پروژه را محاسبه می‌کند. به بیان ساده، سرعت پروژه برابر با تعداد داستان‌های مشتری است که در نسخه‌ی نخست پیاده‌سازی شده‌اند. از سرعت پروژه می‌توان برای (۱) کمک به برآورد تاریخ‌های تحویل و زمان‌بندی برای روایت‌های بعدی و (۲) تعیین این نکته استفاده کرد که آیا برای همه‌ی داستان‌های ذکرشده در کل پروژه‌ی توسعه، زیاده‌روی شده است یا خیر. درصورت مشاهده‌ی زیاده‌روی، محتوای نسخه‌ها اصلاح یا تاریخ تحویل نهایی تغییر داده می‌شود.

با پیشرفت کار توسعه، مشتری می‌تواند داستان‌هایی اضافه کند، ارزش یک داستان موجود را تغییر دهد، داستان‌ها را تقسیم کند یا آنها را حذف نماید. سپس تیم XP دوباره به همه‌ی روایت‌های باقیمانده خواهد پرداخت و برنامه‌ریزی‌ها را بر همان اساس اصلاح می‌کند.

نکته‌ی کلیدی

سرعت پروژه، میزان ظرفیتی است از بهره‌وری تیم.

طراحی. طراحی XP قویاً از اصل KIS (حفظ سادگی) پیروی می‌کند. یک طراحی ساده، همواره بر ارائه‌ای پیچیده‌تر ترجیح داده می‌شود. به‌علاوه، در طراحی، راهنمای پیاده‌سازی برای هر داستان به موازات نوشته‌شدن آن ارائه می‌شود-نه چیزی کمتر و نه چیزی بیشتر. طراحی عملکرد اضافی (که سازنده تصور کند بعداً ممکن است لازم شود) تشویق نمی‌شود.[1]

در XP استفاده از کارت‌های CRC (فصل ۷) سازوکاری مؤثر برای تفکر درباره نرم‌افزارهای شیءگرا محسوب می‌شود. کارت‌های CRC (کلاس-مسؤولیت-همکار[2]) کلاس‌های شیءگرایی[3] را شناسایی و سازمان‌دهی می‌کنند که به نسخه‌ی فعلی نرم‌افزار مربوط می‌شوند. تیم XP عمل طراحی را با استفاده از فرایندی مشابه با فرایند توصیف شده در فصل ۸ اجرا می‌کند. کارت‌های CRC تنها محصول طراحی هستند که به‌عنوان بخشی از فرایند XP تولید می‌شود.

اگر در بخشی از طراحی یک داستان، یک مشکل طراحی مشاهد شود، XP ایجاد فوری یک نمونه‌ی اولیه‌ی عملیاتی را برای آن بخش از طراحی توصیه می‌کند. این نمونه‌ی اولیه‌ی طراحی که *راهکار خیزشی*[4] نامیده می‌شود، پیاده‌سازی و ارزیابی می‌شود. هدف از این کار، پایین‌آوردن خطر در هنگام پیاده‌سازی واقعی و نیز اعتبارسنجی برآوردهای اولیه برای داستان حاوی مسأله‌ی طراحی است.

در بخش قبل، گفتیم که در XP، بازآرایی ترغیب می‌شود-یک تکنیک ساخت که روشی برای بهینه‌سازی طراحی نیز هست. فاولر [Fow00]، بازآرایی را به‌شیوه زیر توصیف می‌کند:

> بازآرایی عبارت است از تغییردادن یک سیستم نرم‌افزاری به‌شیوه‌ای که رفتار خارجی کد را تغییر ندهد و در عین حال، ساختار داخلی را بهبود بخشد. شیوه‌ای منضبط برای پاک‌کردن کدها [و اصلاح/ساده‌سازی طراحی داخلی] است که احتمال واردشدن خطاها را کاهش می‌دهد. در اصل، هنگامی که بازآرایی می‌کنید، طراحی کدها را پس از نوشتن آنها بهبود می‌بخشید.

اندرز

در XP تأکید از روی اهمیت طراحی برداشته می‌شود که البته همه با آن موافق نیستند. در واقع، مواقعی پیش می‌آید که باید بر طراحی تأکید شود.

مرجع وب

ابزارها و تکنیک‌های بازآرایی کردن را در وب‌سایت زیر می‌توانید بیابید:

www.refactoring.com

[1] این دستورالعمل‌های طراحی باید در هر روش مهندسی طراحی دنبال شوند، هر چند مواردی هست که نمادگذاری و اصطلاح‌شناسی پیچیده در طراحی ممکن است سد راه سادگی شود.

[2] Class-Responsibility-Collaborator

[3] کلاس‌های شیءگرا در پیوست ۲، در فصل ۸ و در سرتاسر بخش دوم این کتاب بحث می‌شوند.

[4] spike solution

از آنجا که در طراحی XP در واقع از هیچ نمادگذاری استفاده نمی‌شود و غیر از کارت‌های CRC و راهکارهای خیزشی، محصولات زیادی (در صورت وجود) تولید نمی‌شود، طراحی به‌عنوان یک محصول گذرا در نظر گرفته می‌شود که در اثنای ساخت، پیوسته قابل اصلاح است و باید اصلاح شود.

هدف از بازآرایی، کنترل این اصلاحات ازطریق پیشنهاد تغییرات اندک در طراحی است که «می‌توانند به‌طور ریشه‌ای طراحی را بهبود بخشند» [Fow00]، ولی لازم به ذکر است که تلاش لازم برای بازآرایی می‌تواند با رشد اندازه‌ی برنامه‌ی کاربردی به‌طور چشمگیری رشد کند.

یک مفهوم محوری در XP آن است که طراحی هم قبل و هم بعد از شروع کدنویسی رخ می‌دهد. بازآرایی به این معناست که طراحی پیوسته به موازات ساخت سیستم انجام می‌گیرد. در واقع، فعالیت ساخت، خودش راهنمایی لازم برای چگونگی بهبود بخشیدن به طراحی را فراهم می‌سازد.

کدنویسی. پس از توسعه یافتن داستان‌ها و انجام‌شدن کارهای طراحی مقدماتی، تیم به کدنویسی نمی‌پردازد، بلکه یک سری «آزمون واحد» تهیه می‌کند که هر کدام از داستان‌هایی را که قرار است در نسخه‌ی فعلی لحاظ شوند، مورد آزمون قرار می‌دهد.[1] هنگامی که آزمون واحد[2] تهیه شد، سازنده بهتر می‌تواند توجه خود را به آن چیزی معطوف کند که باید پیاده‌سازی شود تا آزمون را با موفقیت پشت سر بگذارد. هیچ چیز فرعی اضافه نمی‌شود (KIS). هنگامی که کدها کامل شدند، می‌توان آزمون واحدی را بلافاصله انجام داد و در نتیجه، بازخوردی فوری در اختیار سازنده قرار داده می‌شود.

یک مفهوم کلیدی طی فعالیت کدنویسی (و یکی از بحث انگیزترین جنبه‌های XP) *برنامه‌نویسی جفتی* است. XP توصیه می‌کند که دو نفر با هم روی یک ایستگاه کاری کار کنند و کد مربوط به یک داستان را بنویسند. به این ترتیب، سازوکاری برای حل مسأله به‌صورت بی‌درنگ (دو فکر غالباً بهتر از یکی است) و تضمین کیفیت بی‌درنگ (کد به محض نوشته‌شدن بازبینی می‌شود) فراهم می‌شود. در این روش، سازندگان نیز باید پیوسته به مسأله مورد نظر توجه داشته باشد. در عمل، هر شخصی دارای نقشی است که قدری با دیگران متفاوت است. برای مثال، یک شخص ممکن است درباره جزئیات کدنویسی بخش خاصی از طراحی فکر کند، در حالی که دیگری اطمینان حاصل کند که استانداردهای کدنویسی (بخشی لازم از XP) رعایت می‌شوند یا کد مربوط به داستان، آزمون واحدی را که برای اعتبارسنجی کد از نظر داستان تدارک دیده شده است، با موفقیت می‌گذارند.

به موازاتی که برنامه‌نویسان جفتی کار خود را کامل می‌کنند، کدی که می‌نویسند در کنار کار دیگران قرار داده می‌شود. در برخی موارد، این کار به‌صورت روزانه توسط تیم انسجام دهنده انجام می‌شود. در موارد دیگر، برنامه‌نویسان جفتی مسؤولیت انسجام بخشی را نیز برعهده دارند. این راهبرد یعنی «انسجام بخشی پیوسته» به پرهیز از مشکلات سازگاری و ایجاد واسط کمک می‌کند و یک محیط آزمون دود (smoke testing) فراهم می‌سازد (فصل ۱۷) که به کشف زود هنگام خطاها کمک می‌کند.

نکته‌ی کلیدی

بازآرایی کردن، ساختار درونی طراحی (یا کد منبع) را بهبود می‌بخشد بدون اینکه عملکرد یا رفتار خارجی را تغییر دهد.

مرجع وب

از وب‌سایت زیر می‌توانید اطلاعات حالی درباره XP به‌دست آورید:
www.xprogramming

برنامه‌نویسی جفتی چیست؟

اندرز

اکثر تیم‌های نرم‌افزاری پر هستند از آدم‌های تک رو. اگر می‌خواهید برنامه‌نویسی جفتی با بازدهی بالا داشته باشید، باید این رویه را در آنها تغییر دهید.

[1] این روش مشابه آن است که سؤالات امتحانی را قبل از مطالعه بدانید. مطالعه مطالب فقط با بذل توجه به سؤالاتی که پرسیده می‌شوند، کار بسیار آسان‌تر می‌شود.

[2] در آزمون واحدها، که به تفصیل در فصل ۱۷ بحث خواهد شد، تنها یک مؤلفه از نرم‌افزار مورد توجه قرار می‌گیرد، واسط آن مؤلفه، ساختمان‌های داده‌ها و عملکرد مورد بررسی قرار می‌گیرد تا خطاهای موجود در آن مؤلفه تشخیص داده شود.

آزمون. پیش از این گفتیم که ایجاد آزمون واحدها قبل از شروع کدنویسی، از ویژگی‌های کلیدی روش XP است. آزمون واحدها که ایجاد می‌شوند باید با استفاده از چارچوبی پیاده‌سازی شوند که آنها را قادر به خودکارسازی کند (تا به این ترتیب بتوان آنها را به سهولت و به کرات اجرا کرد). بنابراین، هرگاه که کدها اصلاح شوند، راهبرد آزمون رگرسیون (فصل ۱۷) مفید واقع می‌شود (که غالباً فلسفه *بازآرایی* کد نامیده می‌شود).

با سازمان‌دهی آزمون واحدها در قالب یک «مجموعه آزمون سرتاسری» [Wel99]، آزمون انسجام و اعتبارسنجی سیستم را می‌توان به‌صورت روزانه انجام داد. به این ترتیب، تیم XP پیوسته در جریان پیشرفت کار قرار خواهد داشت و می‌تواند در صورت خراب‌شدن اوضاع، در همان ابتدای امر هشدارهای لازم را صادر کند. ولز [Wel99] می‌گوید: «برطرف‌کردن مشکلات کوچک در هر چند ساعت یک بار، نسبت به برطرف‌کردن مشکلات بزرگ درست قبل از پایان مهلت، زمان‌کمتری می‌برد.

آزمون‌های پذیرش[1] XP، که آزمون‌های مشتری نیز نامیده می‌شوند، توسط مشتری مشخص می‌شوند و شامل آن دسته از ویژگی‌های سیستم می‌شوند که مشتری قادر به دیدن آنهاست و می‌تواند آنها را مرور کند. آزمون‌های پذیرش از داستان‌های کاربران به‌دست می‌آیند که به‌عنوان بخشی از نسخه‌ی نرم‌افزار، پیاده‌سازی شده‌اند.

شیوه‌ی استفاده از آزمون واحدها در XP از چه قراری است؟

نکته‌ی کلیدی

آزمون‌های پذیرش XP از داستان‌های کاربر به‌دست می‌آیند.

۳-۴-۳ XP صنعتی

جاشوا کریوسکی [Ker05] برنامه‌نویسی حدی صنعتی (IXP) را به‌شیوه زیر تعریف می‌کند: «IXP تکاملی ارگانیک از XP است. این روش از کمینه‌گرایی، مشتری‌مداری و آزمون‌مداری XP الهام گرفته است. بیشترین تفاوت IXP با XP، اِعمال مدیریت بیشتر، گسترش نقش مشتریان و ارتقای روش‌های فنی است.» IXP شامل شش عمل جدید می‌شود که برای کمک به حصول اطمینان از عملکرد موفق پروژه‌ی XP در یک سازمان بزرگ طراحی می‌شوند.

ارزیابی آمادگی. پیش از شروع یک پروژه‌ی IXP، سازمان باید *ارزیابی آمادگی* را انجام دهد. در این عمل اطمینان حاصل می‌شود که: (۱) یک محیط توسعه‌ی مناسب وجود دارد که IXP را پشتیبانی می‌کند، (۲) تیم شامل مجموعه مناسبی از طرف‌های ذی‌نفع است، (۳) سازمان دارای یک برنامه‌ی کیفیت متمایز است و بهبود مستمر را پشتیبانی می‌کند، (۴) فرهنگ سازمانی، پشتیبان ارزش‌های جدید یک تیم جدید است و (۵) جامعه‌ی وسیع‌تر پروژه از افراد مناسبی تشکیل شده است.

چه چیزهای جدیدی به XP افزوده می‌شود تا IXP حاصل آید؟

جامعه‌ی پروژه. در XP کلاسیک، پیشنهاد می‌شود که تیم چابک از افراد مناسب تشکیل شود تا تیم در کارش موفق شود. این بدان معناست که افراد تیم باید به‌خوبی آموزش دیده باشند، انطباق‌پذیر باشند، از مهارت‌های لازم برخوردار باشند و به لحاظ شخصیتی قادر به شرکت در تیم‌های «خودسازمان‌ده» باشند. وقتی قرار باشد که برای یک پروژه‌ی مهم در سازمانی بزرگ از روش XP استفاده شود، مفهوم تیم باید به *«جامعه»* تغییر شکل پیدا کند. این جامعه می‌تواند شامل یک متخصص فن‌آوری و مشتریانی باشد که در موفقیت پروژه نقش محوری دارند و نیز شامل طرف‌های ذی‌نفع (نظیر کارمندان حقوقی، ممیزان کیفیتی و کارمندان بخش تولید و فروش) باشد

> «توانایی به آن چیزی گفته می‌شود که قادر به انجام آن هستید. انگیزه تعیین می‌کند که چه کار می‌کنید. نگرش تعیین می‌کند که چقدر خوب آن کار را انجام می‌دهید.»
>
> **لو هولتز**

[1] acceptance test

که « غالباً در حاشیه‌ی پروژه‌ی IXP قرار دارند و در عین حال نقش‌های مهمی در پروژه داشته باشند» [Ker05]. در IXP، اعضای جامعه و نقش هرکدام از آنها باید به صراحت تعریف شود و سازوکارهای مربوط به برقراری ارتباط و هماهنگی میان اعضای جامعه باید برقرار گردد.

چارترکردن پروژه. تیم IXP، خود به ارزیابی پروژه می‌پردازد تا تعیین کند آیا یک توجیه تجاری مناسب برای پروژه وجود دارد و آیا پروژه اهداف و مقاصد کلی سازمان را پیش می‌برد یا خیر. با عمل چارتر کردن، حیطه‌ی پروژه برای تعیین چگونگی کامل‌شدن، توسعه یافتن یا جایگزین ساختن سیستم‌ها یا فرایندهای موجود تعیین می‌شود.

مدیریت مبتنی بر آزمون. یک پروژه‌ی IXP نیاز به ملاک‌های قابل سنجش برای ارزیابی وضعیت پروژه و میزان پیشرفت آن دارد. در مدیریت مبتنی بر آزمون، یک سری «مقاصد» قابل سنجش تعیین می‌شود [Ker05] و سپس سازوکارهایی برای دستیابی به این مقاصد تعریف می‌شود.

بازنگری (Retrospective). یک تیم IXP پس از تحویل نسخه‌ی جدید نرم‌افزار آن را مورد بازبینی فنی و تخصصی قرار می‌دهد (فصل ۱۵). در این مرور و بازبینی که *بازنگری* نامیده می‌شود، «مسائل، رویدادها، و درس‌های آموخته شده» در طول یک نسخه از نرم‌افزار و/یا کل نسخه‌ی نرم‌افزار بررسی می‌شود. هدف، بهبودبخشیدن به فرایند IXP است.

آموزش پیوسته. از آنجا که آموزش، بخشی حیاتی از بهبود مستمر فرایند است، اعضای تیم XP تشویق می‌شوند تا روش‌ها و تکنیک‌های جدیدی را بیاموزند که به محصول با کیفیت بالاتر منجر شود.

علاوه بر شش عملی که در بالا بحث شد، IXP چند عمل موجود در XP را نیز اصلاح می‌کند. *توسعه مبتنی بر داستان* (SDD) اصرار دارد که داستان‌های مربوط به آزمون‌های پذیرش پیش از تولید حتی یک خط از کد نوشته شوند. *طراحی مبتنی بر دامنه*[1] (DDD) بهبودی بر مفهوم «استعاره‌ی سیستم» (system metaphor) است که در XP استفاده می‌شود. DDD [Eva03] ایجاد تکاملی یک مدل دامنه‌ای را توصیه می‌کند که «به‌طور صحیح چگونگی تفکر کارشناسان دامنه را درباره موضوع به نمایش می‌گذارد.» [Ker05]. *جفت‌کردن* (pairing)، مفهوم برنامه‌نویسی جفتی را بسط می‌دهد، به‌طوری که مدیران و طرف‌های ذی‌نفع را نیز در برگیرد. هدف از بهبود بخشیدن به اشتراک معلومات در میان اعضایی از تیم XP است که ممکن است در توسعه‌ی فنی، شرکت مستقیم نداشته باشند. *قابلیت کاربرد تکراری* (iterative usability)، طراحی واسط‌های پر زرق و برق را به نفع طراحی کاربردگرا مردود می‌داند، به‌طوری که نتیجه‌ی آن نسخه‌های نرم‌افزاری است که تحویل می‌شوند و تعامل کابر با نرم‌افزار مطالعه می‌شود.

IXP در سایر عملیات XP اصلاحات کوچکی به عمل می‌آورد و نقش‌ها و مسؤولیت‌های معینی را دوباره تعریف می‌کند تا برای پروژه‌های مهم در سازمان‌های بزرگ مناسب‌تر شوند. برای بحث بیشتر درباره IXP، وب‌سایت **http://industrialx.org** را ببینید.

۳-۴-۴ مشاجره‌ی XP

همه‌ی روش‌ها و مدل‌های فرایند جدید باعث ایجاد بحث‌های ارزش‌مند می‌شوند که در برخی موارد

[1]

این بحث‌ها به مشاجره منجر می‌گردد. برنامه‌نویسی حدی نیز از این قاعده مستثنا نبوده است. استفنز و روزنبرگ [Ste03] در کتاب جالبی که اثربخشی XP را بررسی کرده‌اند چنین استدلال می‌کنند که بسیاری از کارهای XP ارزش‌مند هستند، ولی در مورد تعدادی دیگر گزافه‌گویی شده است و چند تایی هم اصلاً مشکل‌آفرین هستند. این نویسندگان پیشنهاد می‌کنند که قابلیت‌های XP هم دارای نقاط قوت و هم دارای نقاط ضعف است. از آنجا که بسیاری از سازمان‌ها فقط زیر مجموعه‌ای از قابلیت‌های XP را به‌کار می‌گیرند، اثربخشی کل فرایند را تضعیف می‌کنند. مدافعان آن در مخالفت با این نظر می‌گویند که XP پیوسته در حال تکامل است و بسیاری از مسائلی که منتقدان مطرح می‌کنند، با بلوغ XP برطرف شده‌اند. از میان مسائلی که همچنان ذهن منتقدان XP را مشغول داشته است، می‌توان به موارد زیر اشاره کرد[1]:

- *متغیربودن خواسته‌ها.* چون مشتری عضو فعالی از تیم XP است، تغییراتی که در خواسته‌ها به عمل می‌آید به‌صورت غیر رسمی تقاضا می‌شود. در نتیجه، ممکن است حوزه‌ی پروژه تغییر کند و کارهای اولیه برای پاسخ‌گویی به نیازهای جدید، نیاز به اصلاح داشته باشد. مدافعان، چنین استدلال می‌کنند که این اتفاق در هر نوع فرایند دیگری نیز ممکن است رخ دهد و XP سازوکاری برای کنترل خزش حوزه (scope creep) فراهم می‌آورد.
- *نیازهای متناقض مشتریان.* بسیاری از پروژه‌ها چند مشتری دارند که هر یک مجموعه نیازهای خاص خود را دارد. در XP، خود تیم است که باید نیازهای مشتریان متفاوت را به رسمیت بشناسد و این وظیفه‌ای است که ممکن است خارج از حوزه‌ی مسؤولیت تیم باشد.
- *خواسته‌ها به‌صورت غیر رسمی بیان می‌شوند.* داستان‌های کاربران و آزمون‌های پذیرش، تنها نمود بارز خواسته‌ها در XP به‌شمار می‌روند. منتقدان چنین استدلال می‌کنند که برای حصول اطمینان از اینکه چیزی از قلم نیفتاده است و ناسازگاری‌ها و خطاها پیش از ساخته‌شدن سیستم کشف می‌شوند، به مدلی رسمی‌تر نیاز است. مدافعان با این نظر مخالف هستند و می‌گویند ماهیت متغیر خواسته‌ها این مدل‌ها را تقریباً به محض توسعه یافتن از رده خارج می‌کنند.
- *فقدان طراحی رسمی.* XP در بسیاری از نمونه‌ها تأکیدی بر طراحی معماری ندارد و پیشنهاد می‌کند که طراحی از هر نوع باید نسبتاً غیر رسمی باشد. منتقدان چنین استدلال می‌کنند که هنگام ساخت سیستم‌های پیچیده، باید بر طراحی تأکید گردد تا اطمینان حاصل شود که ساختار کلی نرم‌افزار، کیفیت و قابلیت نگهداری لازم را از خود نشان دهد. مدافعان XP هم استدلال می‌کنند که ماهیت افزایشی فرایند XP، پیچیدگی را محدود می‌سازد (سادگی یک ارزش محوری است) و از این رو، نیاز به طراحی گسترده را کاهش می‌دهد.

شایان توجه است که هر فرایند نرم‌افزار دارای نقایصی است و بسیاری از سازمان‌های نرم‌افزاری، XP را با موفقیت به‌کار گرفته‌اند. مهم این است که بدانید ضعف فرایند در کجاست و آن را بر نیازهای خاص سازمان خود وفق دهید.

کدام مسائل هستند که به مشاجره XP منتهی می‌شوند؟

[1] برای نگاهی مفصل به یک نقد اندیشمندانه از XP به وب‌سایت زیر مراجعه کنید.
www.softwarereality.com/Extremeprogramming.jsp

SafeHome

در نظر گرفتن فرایند چابک

صحنه: دفتر داگ میلر

نقش آفرینان: داگ میلر، مدیر مهندسی نرم‌افزار؛ جیمی لازار، عضو تیم نرم‌افزاری؛ وینود رامان، عضو تیم نرم‌افزاری.

گفتگوها:

(ضربه‌ای به در می‌خورد و جیمی با وینود وارد دفتر داگ می‌شوند)

جیمی: داگ، یک دقیقه وقت داری؟

داگ: البته جیمی. چه خبر شده؟

جیمی: ما داشتیم درباره یحتی صحبت می‌کردیم که دیروز درباره فرایند داشتیم... اینکه قرار است چه فرایندی را برای این پروژه‌ی جدید ***SafeHome*** انتخاب کنیم.

داگ: خب؟

وینود: من با یکی از دوستانم در یک شرکت دیگر حرف زدم و او از برنامه‌نویسی حدی صحبت می‌کرد. یک مدل فرایند چابک است. چیزی درباره‌اش نشنیدی؟

داگ: اره. یک سری چیزهای خوب و یک سری چیزهای بد.

جیمی: خوب برای ما خیلی خوب به‌نظر می‌آید. با این مدل می‌توانی نرم‌افزار را واقعاً به سرعت توسعه بدهی؛ از یک چیزی به اسم برنامه‌نویسی جفتی استفاده می‌شود که در این صورت امکان کنترل کیفیت در همان موقع را می‌دهد... به‌نظر من که خیلی خوب است.

داگ: ایده‌های واقعاً خوب، زیاد دارد. مثلاً از همین مفهوم برنامه‌نویسی جفتی خیلی خوشم می‌آید و اینکه طرف ذی‌نفع هم باید عضوی از تیم باشد.

جیمی: جی؟ منظورت این است که بازاریابی هم با ما در تیم پروژه باید کار کند؟

داگ: (در حالی که سرش را تکان می‌دهد): خب آنها هم از طرف‌های ذی‌نفع هستند دیگر.

جیمی: خدایا... در این صورت هر پنج دقیقه درخواست تغییرات دارند.

وینود: لزومی ندارد. دوستم گفت برای رفتن به استقبال تغییرات در طول پروژه‌ی XP روش‌هایی هست.

داگ: پس شماها فکر می‌کنید باید روش XP را انتخاب کنیم؟

جیمی: قطعاً ارزش دارد که به آن فکر کنیم.

داگ: موافقم. و حتی اگر یک مدل افزایشی را به‌عنوان رویکرد انتخاب کنیم، دلیلی ندارد که نتوانیم آن را با خیلی از مزایای XP همراه کنیم.

وینود: داگ، قبلاً گفتی یک سری چیزهای خوب و یک سری چیزهای بد. بدش چه بود؟

داگ: چیزی که خوشم نمی‌آید این است که XP نقش تحلیل و طراحی را کمرنگ می‌کند... یک جورهایی می‌خواهد بگوید که نوشتن کد نقطه شروع...

(اعضای تیم به هم نگاه می‌کنند و لبخند می‌زنند)

داگ: پس با روش XP موافق هستید؟

جیمی (از طرف هردو): رییس، ما کارمان کدنویسی است!

داگ (با خنده): درست است، ولی دوست دارم ببینم که زمان کمتری را صرف کدنویسی و بعد کدنویسی دوباره کنید و در عوض کمی بیشتر وقت بگذارید تا چیزی را که قرار است انجام شود، تحلیل و راهکار را طراحی کنید.

وینود: شاید بتوانیم هر دو تا را با هم داشته باشیم، چابکی با قدری انضباط.

داگ: من فکر می‌کنم بتوانیم وینود. در واقع شک ندارم.

۳-۵ سایر مدل‌های فرایند چابک

تاریخ مهندسی نرم‌افزار آکنده است از ده‌ها فرایند و روش‌شناسی، مفاهیم و روش‌های مدل‌سازی، ابزارها و فن‌آوری که دیگر از آنها استفاده نمی‌شود. هر یک مشکلاتی داشته است که چیز بهتر و جدیدتری جایگزین آن شده است. جنبش چابک نیز با واردکردن آرایه گسترده‌ای از مدل‌های فرایند جدید-که هر یک برای پذیرفته‌شدن در جامعه‌ی نرم‌افزاری با بقیه در حال رقابت است-همان مسیر را دنبال می‌کند.[1]

چنان که در بخش قبل گفته شد، پرکاربردترین مدل فرایند چابک، برنامه‌نویسی حدی (XP) است، ولی مدل‌های فرایند چابک دیگری پیشنهاد شده‌اند و در صنعت مورد استفاده قرار گرفته‌اند. از میان متداول‌ترین آنها می‌توان به موارد زیر اشاره نمود:

- توسعه‌ی وفقی نرم‌افزار (ASD)[2]
- اسکرام (scrum)
- روش توسعه سیستم‌های پویا (DSDM)
- کریستال
- توسعه‌ی ویژگی‌محور (FDD)
- توسعه‌ی نرم‌افزار ناب (LSD)
- مدل‌سازی چابک (AM)
- فرایند یکپارچه‌ی چابک (AUP)

در بخش‌هایی که به‌دنبال خواهد آمد، نگاهی بسیار مختصر به هر کدام از این مدل‌های فرایند چابک خواهیم داشت. توجه به این نکته ضروری است که تمامی این مدل‌های فرایند چابک (کم و بیش) از بیانیه‌ی توسعه‌ی نرم‌افزاری چابک و اصول ذکر شده در بخش ۱-۳-۳ پیروی می‌کنند. برای جزئیات بیشتر به مراجع ذکر شده در هر بخش رجوع کنید و برای تحقیق بیشتر، درایه «agile software development» را در ویکی‌پدیا ببینید.[3]

«حرفه ما در حال تجربه‌ی روش‌شناسی‌های گوناگون است. درست همان طور که یک نوجوان ۱۴ ساله در حال تجربه لباس‌های مختلف است.»

استفن هاوریش و جیم روپرخت

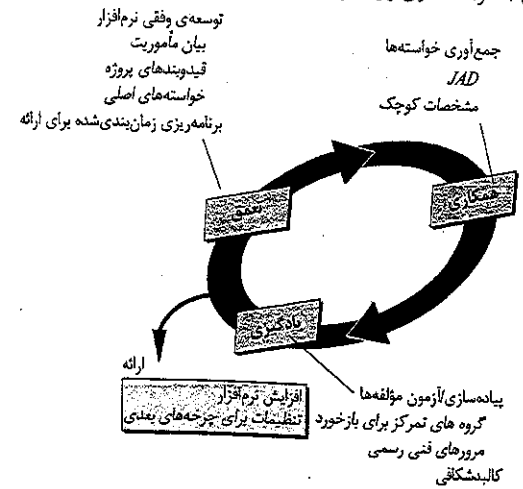
[1] این چیز بدی نیست. پیش از پذیرفته شدن یک یا چند مدل یا روش به‌عنوان استانداردی غیر رسمی، همه باید برای به‌دست آوردن موافقت مهندسان نرم‌افزار با هم رقابت کنند. «برنده ها» به بهترین روش تکامل می‌یابند در حالی که «بازنده‌ها» یا ناپدید می‌شوند یا در مدل‌های برنده ادغام می‌شوند.

[2] Adaptive Software Development

[3] http://en.wikipedia.org/wiki/Agile_software_development#Agile_methods را ببینید.

۳-۵-۱ توسعه‌ی وفقی نرم‌افزار (ASD)

توسعه‌ی وفقی نرم‌افزار (ASD) را جیم های‌اسمیت [Hig00] به‌عنوان تکنیکی برای ساخت نرم‌افزارها و سیستم‌های پیچیده پیشنهاد کرده است. پایه‌های فلسفی ASD بر همکاری انسانی و خودسازمان‌دهی تیمی تأکید دارند. های‌اسمیت چنین استدلال می‌کند که یک روش چابک و وفقی برای توسعه‌ی نرم‌افزار که مبتنی بر همکاری است، در تعامل‌های پیچیده ما به اندازه‌ی انضباط و مهندسی می‌تواند منبعی از نظم و ترتیب باشد. او یک «چرخه حیات» برای ASD تعریف می‌کند (شکل ۳-۳) شامل سه مرحله‌ی تعمق (تفکر)، همکاری و یادگیری می‌شود.



شکل ۳-۳ توسعه‌ی وفقی نرم‌افزار

در طی مرحله‌ی *تعمق*، پروژه آغاز می‌شود و *برنامه‌ریزی چرخه‌ی وفقی* اجرا می‌شود. در برنامه‌ریزی چرخه‌ی وفقی از اطلاعات شروع پروژه-بیان ماموریت مشتری، قیدوبندهای پروژه (از قبیل تاریخ تحویل و توصیف‌های کاربر) و خواسته‌های پایه-برای تعیین مجموعه‌ای از چرخه‌های نسخه‌های نرم‌افزار (افزایش‌های نرم‌افزار) استفاده می‌شود که برای پروژه، مورد نیاز است.

طرح چرخه‌ای، صرف نظر از اینکه چقدر کامل باشد و تا چه حد در آن دوراندیشی منظور شده باشد، بی تردید تغییر خواهد کرد. بر اساس اطلاعات به‌دست آمده در تکمیل چرخه‌ی نخست، طرح طوری بازبینی و تنظیم می‌شود که کار برنامه‌ریزی شود و بهتر با واقعیت‌های فراروی تیم ASD همخوانی داشته باشد.

افرادی که از انگیزه کافی برخوردارند از «*همکاری*» به‌شیوه‌ای استفاده می‌کنند که استعداد و خروجی خلاقانه آنها چند برابر شود. این رویکرد، زمینه‌ای است که در همه‌ی روش‌های چابک به چشم می‌خورد، ولی همکاری آسان نیست. چیزی است که شامل برقراری ارتباط و کار تیمی می‌شود، ولی در عین حال بر فردگرایی نیز تأکید دارد زیرا خلاقیت فردی نقشی مهم در تفکر همکاری دارد. گذشته از همه‌ی اینها، موضوع اعتماد نیز در میان است. افرادی که با هم کار می‌کنند، باید به یکدیگر اعتماد داشته باشند تا (۱) بدون غرض‌ورزی انتقاد کنند، (۲) بدون ناراحتی کمک کنند، (۳) به‌سختی دیگران یا سخت‌تر از آنها کار کنند، (۴) مجموعه مهارت‌های لازم برای کار مورد نظر را داشته باشند و (۵) مسائل و دغدغه‌ها را به‌شیوه‌ای با یکدیگر در میان بگذارند که به کنش مؤثر بینجامد.

مرجع وب

منابع مفیدی برای ASD را می‌توانید در وب‌سایت زیر بیابید:
www.adptivesd.com

اندرز

همکاری مؤثر با مشتری تنها در صورتی امکان‌پذیر خواهد بود که هرگونه نگرش «ما و آنها» را کنار بگذارید.

نکته‌ی کلیدی

ASD بر یادگیری به‌عنوان عنصری کلیدی در دستیابی به تیم «خود سازمان ده» تأکید دارد.

به موازاتی که اعضای تیم ASD شروع به توسعه‌ی مؤلفه‌های یک چرخه‌ی وفقی می‌کنند، تا پایان یافتن آن چرخه، «یادگیری» مورد تأکید قرار می‌گیرد. در واقع، های‌اسمیت [Hig00] استدلال می‌کند که سازندگان نرم‌افزار غالباً درک خود (از فن‌آوری، فرایند و پروژه‌ها) را بیش از مقدار واقعی برآورد می‌کنند و این یادگیری به آنها کمک می‌کند تا سطح شناخت واقعی خود را بهبود بخشند. تیم‌های ASD به سه شیوه می‌توانند یاد بگیرند: گروه‌های توجه (فصل ۵)، بازبینی‌های فنی (فصل ۱۴) و کالبدشکافی پروژه.

فلسفه ASD صرف نظر از نوع مدل فرایند مورد استفاده دارای مزایاست. تأکید کلی ASD بر پویایی تیم‌های خود سازمان ده، همکاری میان افراد و یادگیری فردی و تیمی، به تشکیل تیم‌هایی منجر می‌شود که احتمال موفقیت آنها بسیار بالاتر است.

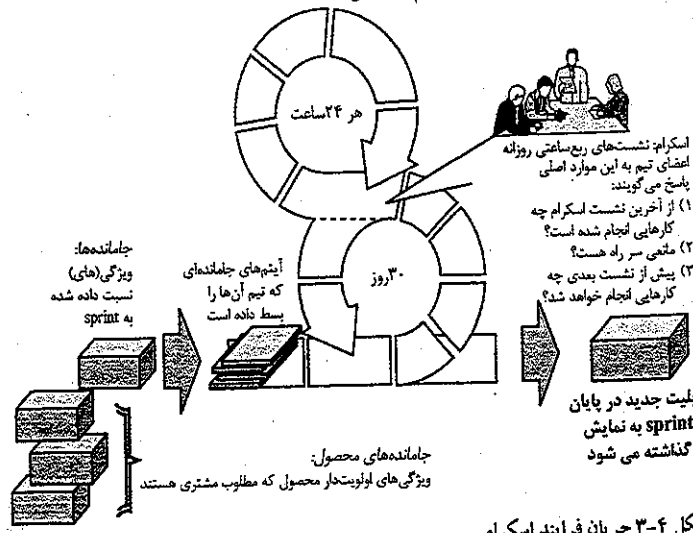
مرجع وب

اطلاعات و منابع مفیدی درباره اسکرام را می‌توانید در آدرس زیر بیابید:
www.controlchaos.com

۳-۵-۲ اسکرام (Scrum)

اسکرام (این نام از فعالیتی گرفته شده است که در بازی راگبی رخ می‌دهد[1]) یک روش توسعه‌ی چابک است که توسط جف ساترلند و تیم توسعه او در اوایل دهه ۱۹۹۰ شکل گرفت. در سال‌های اخیر، توسعه‌ی بیشتر روش‌های اسکرام، توسط شوابر و بیدل [Sch01a] انجام شده است.

اصول اسکرام با بیانیه‌ی چابکی سازگاری دارد و از آنها در هدایت فعالیت‌های توسعه در فرایندی استفاده می‌شود که شامل فعالیت‌های چارچوبی زیر می‌شود: خواسته‌ها، تحلیل، طراحی، تکامل و تحویل. در داخل هر کدام از این فعالیت‌های چارچوبی، وظایف کاری در یک الگوی فرایند موسوم به *sprint* رخ می‌دهد (که در پاراگراف بعدی شرح داده خواهد شد). کاری که در هر sprint انجام می‌شود (تعداد sprintهای لازم برای هر فعالیت چارچوبی بسته به اندازه و پیچیدگی محصول متغیر است) بر مسأله‌ی مورد نظر وفق داده می‌شود و در همان زمان توسط تیم اسکرام تعریف و غالباً اصلاح می‌شود. جریان کلی فرایند اسکرام در شکل ۳-۴ نشان داده شده است.



شکل ۳-۴ جریان فرایند اسکرام.

[1] گروهی از بازیکنان دور توپ حلقه می‌زنند و هم‌تیمی‌ها با هم کارمی‌کنند (گاهی با خشونت!) تا توپ را به‌پایین میدان برسانند.

اسکرام بر کاربرد مجموعه‌ای از الگوهای فرایند نرم‌افزار تأکید دارد [Noy02] که برای پروژه‌هایی با مهلت زمانی فشرده، خواسته‌های در حال تغییر و پروژه‌های تجاری بحرانی مفید واقع شده‌اند. در هر کدام از این الگوهای فرایند، مجموعه‌ای از کنش‌های توسعه تعریف می‌شود:

فهرست جامانده‌ها (backlogs)–فهرستی اولویت‌بندی شده از خواسته‌های پروژه یا ویژگی‌هایی که برای مشتری ارزش تجاری به همراه دارند. در هر زمان می‌توان به این فهرست چیزی اضافه کرد (این گونه است که تغییرات وارد می‌شوند). مدیر تولید فهرست جامانده‌ها را ارزیابی می‌کند و اولویت‌ها را در صورت نیاز بهنگام می‌کند.

اسپرینت‌ها– شامل واحدهای کاری می‌شوند که برای دستیابی به خواسته‌ای تعیین شده در فهرست جامانده‌ها لازم هستند و این واحدها باید در یک کادر زمانی[1] ازپیش‌تعیین‌شده (معمولاً ۳۰ روزه) بگنجند. تغییرات (مثلاً اقلام کاری فهرست جامانده‌ها) در طول sprint وارد نمی‌شوند. از این رو، sprint به اعضای تیم این امکان را می‌دهد که در محیطی کوتاه مدت، ولی پایدار کار کنند.

نشست‌های اسکرام– جلساتی کوتاه (معمولاً ۱۵ دقیقه‌ای) هستند که هر روز توسط تیم اسکرام برگزار می‌شوند. سه پرسش مهم پرسیده می‌شود که همه‌ی اعضای تیم باید به آن پاسخ گویند [Noy02]:

- از آخرین جلسه‌ای که تیم داشت چه کار کردید؟
- با چه موانعی مواجه شدید؟
- در جلسه‌ی بعدی چه چیزی برای ارائه دارید؟

رهبر تیم که به او *استاد اسکرام* گفته می‌شود، جلسه را اداره می‌کند و پاسخ‌های هر کدام از اعضای تیم را مورد ارزیابی قرار می‌دهد. جلسه اسکرام به تیم کمک می‌کند تا مشکلات بالقوه را هر چه زود هنگام تر، کشف و برملا سازد. به‌علاوه، این نشست‌های روزانه به «جمعی‌شدن آگاهی‌ها» منجر می‌شود [Bee99] و از این رو یک ساختار تیمی خودسازمان‌ده را ارتقا می‌بخشد.

دموها– نسخه‌ی نرم‌افزاری را به مشتری تحویل می‌دهید تا عملکرد پیاده‌سازی شده را به نمایش در آورید و مشتری بتواند آن را ارزیابی کند. توجه به این نکته شایان اهمیت است که دمو ممکن است حاوی همه‌ی عملکردهای برنامه‌ریزی شده نباشد بلکه فقط آنهایی را ارائه دهد که در داخل کادر زمانی مشخص شده قابل تحویل بوده‌اند.

بیدل و همکارانش [Bee99] بحثی جامع درباره این الگوها ارائه داده‌اند و در آن چنین عنوان کرده‌اند: «در اسکرام وجود آشوب، امری غیر محال فرض می‌شود...» تیم نرم‌افزاری به کمک الگوهای اسکرام می‌تواند با موفقیت در دنیایی به‌کارش ادامه دهد که در آن، عدم قطعیت پدیده‌ای ذاتی است.

نکته‌ی کلیدی

اسکرام شامل مجموعه‌ای از الگوهای فرایند می‌شود که بر اولویت‌های پروژه، واحدهای کاری قطعه‌بندی شده، ارتباطات و بازخورد پیاپی از مشتری تأکید دارد.

۳-۵-۳ روش توسعه سیستم‌های پویا (DSDM)

روش توسعه سیستم‌های پویا (DSDM) [Sta97] یک روش دیگر توسعه‌ی نرم‌افزار چابک است. این روش، چارچوبی برای ساخت و نگهداری سیستم‌هایی فراهم می‌آورد که قیدوبندهای زمانی فشرده را از طریق به‌کارگیری نمونه‌ی اولیه در یک محیط پروژه کنترل شده برآورده می‌سازند [CCS02]. فلسفه‌ی DSDM از یک نسخه‌ی تصحیح شده‌ی اصل پارتو به عاریت گرفته شده است (۸۰ درصد از

مرجع وب

منابع مفیدی برای DSSD را می‌توان در آدرس زیر یافت:
www.dsdm.org

[1] *کادر زمانی* (time box) عبارتی در مدیریت پروژه است (بخش چهارم این کتاب) و یک دوره زمانی را نشان می‌دهد که به انجام یک وظیفه مشخص اختصاص داده می‌شود.

یک برنامه‌ی کاربردی را می‌توان در ۲۰ درصد از زمان لازم برای تحویل برنامه‌ی کاربردی کامل (۱۰۰ درصد) تحویل داد).

DSDM یک فرایند نرم‌افزار تکراری است که در آن هر دور تکرار از قاعده ۸۰ درصد پیروی می‌کند. یعنی برای هر نسخه به کار کافی نیاز است تا حرکت به سوی نسخه‌ی بعدی تسهیل گردد. جزئیات باقی مانده را بعداً می‌توان کامل کرد، یعنی هنگامی که خواسته‌های تجاری بیشتری مشخص شود یا تغییراتی درخواست و انجام شوند.

کنسرسیوم DSDM (www.dsdm.org) یک گروه جهانی از شرکت‌هاست که در کنار یکدیگر وظیفه‌ی حفظ این روش را بر عهده دارند. این کنسرسیوم، یک مدل فرایند چابک موسوم به چرخه‌ی حیات DSDM تعریف کرده است که سه چرخه‌ی تکرار متفاوت را مشخص می‌کند و دو فعالیت چرخه‌ی حیاتی اضافی قبل از آن انجام می‌شود:

امکان‌سنجی (feasibility study) – خواسته‌های تجاری پایه و قیدوبندهای مرتبط با نرم‌افزار مورد نظر را تعیین می‌کند و سپس مشخص می‌سازد که آیا آن نرم‌افزار کاندیدای لایقی برای فرایند DSDM هست یا خیر.

مطالعه تجاری – خواسته‌های عملیاتی و اطلاعاتی را تعیین می‌کند که به برنامه‌ی کاربردی ارزش تجاری می‌دهند؛ همچنین معماری پایه را برای نرم‌افزار تعیین می‌کند و خواسته‌های مربوط به قابلیت نگهداری را برای نرم‌افزار مشخص می‌سازد.

تکرار مدل‌های عملیاتی – مجموعه‌ای از نمونه‌های اولیه‌ی افزایشی که عملکرد را برای مشتری به نمایش می‌گذارند. (توجه: همه‌ی نمونه‌های اولیه DSDM به‌منظور تکامل به نرم‌افزار قابل تحویل تهیه می‌شوند.) هدف از این چرخه‌ی تکرار، جمع‌آوری خواسته‌های اضافی یا توجه به بازخورد از کاربران در حین تمرین روی نمونه‌ی اولیه است.

تکرار طراحی و ساخت – بازبینی نمونه‌های اولیه ساخته شده طی مرحله‌ی تکرار مدل‌های عملیاتی برای حصول اطمینان از اینکه هر کدام به‌شیوه‌ای مهندسی شده است که بتواند برای کاربران نهایی ارزش تجاری به همراه داشته باشد. در برخی موارد، *تکرار مدل‌های عملیاتی* و *تکرار طراحی و ساخت* به‌صورت همزمان رخ می‌دهد.

پیاده‌سازی – قرار دادن آخرین نسخه‌ی نرم‌افزار (یک نمونه «عملیاتی شده») در محیط کاری است. لازم به ذکر است که (۱) این نسخه ممکن است ۱۰۰٪ کامل نباشد یا (۲) با استقرار این نسخه، هنوز هم تغییراتی درخواست شود. در هر حال، کار توسعه DSDM با برگشت به فعالیت تکرار مدل‌های عملیاتی ادامه می‌یابد.

DSDM را می‌توان با XP تلفیق کرد (بخش ۴-۳) و روشی ترکیبی به‌دست آورد که یک مدل فرایند محکم (چرخه حیات DSDM) تعریف شود، به‌طوری که حاوی اجزای لازم برای ساخت نسخه‌های نرم‌افزار از جنس XP باشد. به‌علاوه، مفاهیم همکاری و تیم‌های خودسازمان‌ده را می‌توان بر این مدل فرایند ترکیبی منطبق ساخت.

نکته‌ی کلیدی

DSDM فرایندی چارچوبی است که می‌تواند تاکتیک‌های سایر رویکردهای چابک نظیر XP را اقتباس کند.

۴-۵-۳ کریستال

آلیستر کاکبرن [Coc05] و جیم های‌اسمیت [Hig02b]، مجموعه‌ای از روش‌های چابک را با عنوان

کریستال ابداع کرده‌اند.[1] هدف آنها دستیابی به روشی برای توسعه‌ی نرم‌افزار بوده است که اولین اولویت را به «قابلیت مانور» در طول پروژه بدهد؛ دوره‌ای که آنها از آن به‌عنوان *«بازی همکاری»* با محدودیت منابع برای ابداع و برقراری ارتباط، با هدف اولیه‌ی *تحویل نرم‌افزاری مفید و کاری* و هدف ثانویه‌ی *شروع بازی بعدی»* یاد می‌کنند [Coc02].

کاکبرن و های‌اسمیت برای دستیابی به این قابلیت مانور، مجموعه‌ای از روش شناسی‌ها را تعریف کرده‌اند که همگی در یک سری عناصر محوری مشترک بوده هر یک دارای نقش‌ها، الگوهای فرایند و عملکرد خاص است. این مجموعه‌ی کریستال در واقع مجموعه مثال‌هایی از فرایندهای چابک است که برای انواع پروژه‌های متفاوت موثر واقع شده‌اند. مقصود این است که تیم‌های چابک بتوانند عضوی از این مجموعه را انتخاب کنند که بیشترین مناسبت را با پروژه و محیط آنها داشته باشد.

۵-۵-۳ توسعه‌ی ویژگی-محور (FDD)

توسعه‌ی ویژگی-محور (FDD) در آغاز توسط پیتر کود و همکاران وی [Coa99] به‌عنوان یک مدل فرایند عملی برای مهندسی نرم‌افزار شیء‌گرا شکل گرفت. استفن پالمر و جان فلسینگ [Pal02] کارهای کود را بهبود و توسعه بخشیدند و فرایندی چابک و انطباق‌پذیر را توصیف کردند که برای پروژه‌هایی با ابعاد متوسط و بزرگ قابل استفاده است.

FDD همانند سایر روش‌های چابک، فلسفه‌ای را اقتباس کرده است که (۱) بر همکاری میان اعضای تیم FDD تأکید دارد؛ (۲) پیچیدگی مسأله و پروژه را با استفاده از تجزیه مبتنی بر ویژگی‌ها و سپس منسجم ساختن نسخه‌های نرم‌افزار مدیریت می‌کند، و (۳) ارتباط میان جزئیات فنی را با استفاده از ابزارهای لفظی، تصویری و متنی برقرار می‌سازد. FDD با تشویق راهبرد توسعه‌ی افزایشی، استفاده از وارسی طراحی و کدها، به‌کارگیری معیزی‌های تضمین کیفیت نرم‌افزار (فصل ۱۶)، جمع‌آوری معیارها، و به‌کارگیری الگوها (برای تحلیل، طراحی و ساخت)، بر فعالیت‌های تضمین کیفیت نرم‌افزار تأکید دارد.

در حیطه‌ی FDD، *ویژگی*[2] «یک عملکرد است که نزد متقاضی دارای ارزش بوده در کمتر از دو هفته قابل پیاده‌سازی است.» [Coa99]. تأکید بر تعریف «ویژگی‌ها» مزایای زیر را به همراه دارد:

- چون ویژگی‌ها قطعات کوچکی از قابلیت‌های قابل تحویل‌اند، کاربران راحت‌تر می‌توانند آنها را توصیف کنند؛ چگونگی ارتباط آنها با یکدیگر را بهتر درک کنند و بهتر آنها را از نظر ابهام، خطا یا موارد جا افتاده بازبینی کنند.
- ویژگی‌ها را می‌توان در قالب گروه‌های سلسله مراتبی و بر اساس ارتباط تجاری میان آنها سازمان‌دهی کرد.
- از آنجا که هر ویژگی یک نسخه‌ی قابل تحویل در FDD به‌شمار می‌رود، تیم باید عملکردها را هر دو هفته یک بار توسعه دهد.
- از آنجا که ویژگی‌ها کوچک هستند، وارسی موثر طراحی و کدهای آنها آسان‌تر است.

نکته‌ی کلیدی

کریستال به مجموعه‌ای از مدل‌های فرایند با «کد عمومی» مشترک، ولی روش‌های متفاوت برای تطبیق بر خصوصیات پروژه‌ی مورد نظر گفته می‌شود.

مرجع وب

گستره‌ی وسیعی از مقالات و قابل‌های پاور پوینت درباره FDD را می‌توانید در آدرس زیر پیدا کنید:
www.featuredrivendevelopment.com

[1] نام کریستال از خصوصیات کریستال‌های زمین‌شناختی گرفته شده است که هر یک دارای رنگ، شکل و سختی خاص خود است.

[2] feature

- سلسله مراتب ویژگی‌هاست که برنامه‌ریزی، زمان‌بندی و پیگیری پروژه را به پیش می‌برد نه مجموعه‌ای از وظایف مهندسی نرم‌افزار که به دلخواه تعیین شده باشد.

کود و همکاران [Coa99] قالب زیر را برای تعریف یک ویژگی پیشنهاد کرده‌اند (از راست به چپ بخوانید):

<action> the <result> <by|for|to> a(n) <object>

که در این قالب بندی، <شیء> یک «شخص، مکان یا هر یا هر چیز دیگری (از جمله نقش‌ها، لحظاتی از زمان یا بازه‌های زمانی، یا توصیفی شبه کاتالوگی)» می‌تواند باشد. مثال‌های از ویژگی‌های مربوط به یک نرم‌افزار تجارت الکترونیک در زیر داده شده است:

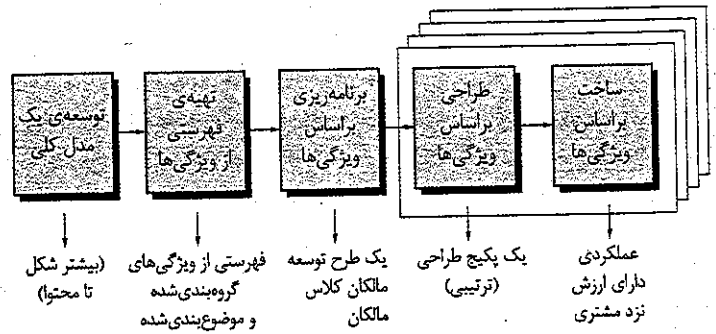
افزودن محصول به سبد خرید
نمایش مشخصات فنی محصول
نگهداری اطلاعات حمل برای مشتری

در مجموعه ویژگی‌ها، ویژگی‌ها در قالب گروه‌هایی با ارتباط تجاری دسته‌بندی می‌شوند؛ مجموعه ویژگی‌ها به‌صورت زیر تعریف می‌شود [Coa99]:

<action><ing> a(n) <object>

برای مثال، به *فروش رساندن یک محصول*، مجموعه ویژگی‌هایی است که شامل ویژگی‌های ذکر شده در قبل و ویژگی‌های دیگر می‌شود.

در رویکرد FDD پنج فعالیت چارچوبی «مبتنی بر همکاری» [Coa99] تعریف می‌شود که در شکل ۵-۳ نشان داده شده‌اند (این فعالیت در FDD، فرایند نامیده می‌شوند).



شکل ۵-۳ توسعه‌ی ویژگی محور [Coa99].

در FDD بیش از هر روش چابک دیگر، بر تکنیک‌ها و دستورالعمل‌های مدیریت پروژه تأکید می‌شود. با رشد اندازه و پیچیدگی پروژه‌ها، مدیریت پروژه به‌شیوه‌ای موردی غالباً ناکافی به‌نظر می‌رسد. درک وضعیت پروژه-اینکه چه پیشرفت‌هایی انجام شده است و چه مشکلاتی به بار آمده است- برای سازندگان، مدیران و سایر ذی‌نفع‌ها ضروری است. اگر فشار مهلت زمانی چشمگیر باشد، تعیین اینکه آیا افزایش‌های نرم‌افزاری (ویژگی‌ها) به‌خوبی زمان‌بندی شده‌اند، اهمیت بسیار دارد. FDD برای این منظور، شش نقطه‌ی عطف در طول طراحی و پیاده‌سازی یک ویژگی تعیین کرده است: «بررسی در طراحی، طراحی، بازرسی طراحی، کدنویسی، بازرسی کد، ارتقا به ساخت» [Coa99].

۶-۵-۳ توسعه‌ی نرم‌افزار ناب (LSD)

در *توسعه‌ی نرم‌افزار ناب* (LSD) اصول تولید ناب (Lean Manufacturing) برای مهندسی نرم‌افزار اقتباس شده‌اند. اصول ناب که الهام بخش فرایند LSD بوده‌اند به‌صورت *حذف ضایعات، تعبیه کیفیت در داخل محصول، ایجاد دانش، احترام به تعهدات، تحویل سریع، احترام به افراد و بهینه‌سازی کلی* خلاصه می‌شوند.

هر کدام از این اصول را می‌توان بر فرایند نرم‌افزار منطبق ساخت. برای مثال، *حذف ضایعات* در حیطه‌ی یک پروژه‌ی نرم‌افزاری چابک به این صورت قابل تفسیر و تعبیر است [Das05]: (۱) اضافه نکردن ویژگی‌ها یا قابلیت‌های زائد، (۲) ارزیابی تاثیراتی که هر خواسته‌ی جدید بر هزینه و زمان‌بندی می‌گذارد، (۳) حذف هرگونه مراحل غیر ضروری از فرایند، (۴) وضع سازوکارهایی برای بهبود بخشیدن به‌شیوه‌ای که اعضای تیم اطلاعات را می‌یابند، (۵) حصول اطمینان از اینکه آزمون‌های انجام شده حداکثر خطای ممکن را برملا خواهند ساخت، (۶) کاهش دادن زمان لازم برای اتخاذ تصمیمی که بر نرم‌افزار یا فرایند به‌کار رفته در تولید آن تاثیر می‌گذارد و (۷) به جریان انداختن شیوه‌ای برای انتقال اطلاعات به همه‌ی طرف‌های ذی‌نفع فرایند.

برای بحث مشروحی درباره LSD و دستورات عملی جهت پیاده‌سازی این فرایند، می‌توانید [Pop06a] و [Pop06b] را ببینید.

۷-۵-۳ مدل‌سازی چابک (AM)

شرایط بسیاری وجود دارد که مهندسان نرم‌افزار باید سیستم‌های بزرگ و با اهمیت تجاری بالا بسازند. حوزه‌ی پیچیدگی این گونه سیستم‌ها باید طوری مدل‌سازی شود که (۱) همه‌ی طرف‌ها بتوانند دریابند که چه نیازهایی باید برآورده شوند، (۲) مسأله را بتوان به‌طور مؤثر در میان افرادی تقسیم کرد که قرار است آن را حل کنند و (۳) کیفیت را بتوان به موازات مهندسی و ساخته‌شدن سیستم، ارزیابی کرد.

طی سی سال گذشته، گستره‌ی وسیعی از روش‌های مدل‌سازی در مهندسی نرم‌افزار برای تحلیل و طراحی (چه به‌صورت سلسله مراتبی و چه در سطح مؤلفه ای) پیشنهاد شده است. این روش‌ها هر کدام مزایایی دارند، ولی ثابت شده است که به‌کارگیری آنها دشوار است و نمی‌توان آنها را بدون چالش روی پروژه‌های فراوان به‌کار برد. بخشی از مشکل به «وزن» این روش‌های مدل‌سازی بر می‌گردد. منظور از این گفته، حجم نمادگذاری لازم، درجه‌ی رسمیت پیشنهاد شده، حوزه‌ی گسترده‌ی این مدل‌ها برای پروژه‌های بزرگ و دشواری نگهداری مدل (ها) با رخ دادن تغییرات است. با این حال، مدل‌سازی تحلیل و طراحی باز هم مزایایی چشمگیر برای پروژه‌های بزرگ دارند- حتی اگر دلیل آن فقط این باشد که پروژه‌ها را از نظر فکری قابل مدیریت سازیم. آیا رویکردی چابک برای مدل‌سازی مهندسی نرم‌افزار وجود دارد که بتواند یک راهکار دیگر فراروی ما قرار دهد؟

اسکات امبلر [Amb02a] در «وب‌سایت رسمی مدل‌سازی چابک» مدل‌سازی چابک را به‌شیوه زیر توصیف می‌کند:

> مدل‌سازی چابک (AM) روشی مبتنی بر عمل برای مدل‌سازی و مستندسازی اثربخش سیستم‌های کامپیوتری است. به بیان ساده، مدل‌سازی چابک (AM) مجموعه‌ای از ارزش‌ها، اصول و اعمال مربوط به مدل‌سازی نرم‌افزار است که به‌شیوه‌ای مؤثر و سبک‌بال، روی پروژه‌های توسعه‌ی نرم‌افزار قابل اجراست. مدل‌های چابک از مدل‌های سنتی اثربخش‌ترند زیرا صرفاً خوب هستند و ضرورتی ندارد که کامل باشند.

مرجع وب

اطلاعات جامع درباره مدل‌سازی چابک از سایت زیر قابل دریافت است.
www.agilemodeling.com

مدل‌سازی چابک، کلیه‌ی ارزش‌های سازگار با بیانیه‌ی چابک را می‌پذیرد. در فلسفه‌ی مدل‌سازی چابک، این اصل به رسمیت شناخته می‌شود که تیم چابک باید جرأت تصمیم‌گیری برای رد یک طراحی یا بازآرایی را داشته باشد. این تیم همچنین باید از چنان فروتنی برخوردار باشد که بداند کارشناسان فن‌آوری، همه‌ی پاسخ‌ها را ندارند و کارشناسان تجاری و سایر طرف‌های ذی‌نفع را نیز باید محترم شمرد و با آغوش باز پذیرا بود.

گرچه در AM آرایه وسیعی از اصول مدل‌سازی «محوری» و «مکمل» پیشنهاد می‌شود، اصولی که AM را از سایر روش‌ها متمایز می‌سازند، عبارتند از [Amb02b]:

مدل‌سازی هدفمند. سازنده‌ای که از AM استفاده می‌کند باید پیش از ایجاد مدل، هدفی مشخص (مانند قراردادن اطلاعات در اختیار مشتری یا کمک به بهسازی شناخت جنبه‌ای از نرم‌افزار) در ذهن داشته باشد. هنگامی که هدف مدل تعیین شد، نوع نمادگذاری مورد استفاده و سطح جزئیات مورد نیاز آشکارتر خواهد شد.

استفاده از مدل‌های چندگانه. مدل‌ها و نمادگذاری‌های متفاوت بسیاری وجود دارند که می‌توان از آن‌ها در توصیف نرم‌افزار استفاده کرد. تنها زیرمجموعه‌ی کوچکی از آنها برای اکثر پروژه‌ها ضروری است. AM پیشنهاد می‌کند که برای به‌دست آوردن دید لازم، هر مدل باید جنبه‌ای متفاوت از سیستم را نشان دهد و تنها آن مدل‌هایی باید استفاده شوند که برای مخاطب هدف، ارزشی را ارائه می‌کنند.

سبک‌بار سفر کنید. با پیش‌رفتن کار مهندسی نرم‌افزار، فقط مدل‌هایی را حفظ کنید که ارزش‌های دراز مدت فراهم می‌سازند و بقیه را کنار بگذارید. هر محصولی که در حال کار است، درصورت نیاز به تغییرات، باید اصلاح شود و این امر باعث کندشدن سرعت تیم می‌گردد. آمبلر [Amb02a] می‌گوید: «هر بار که تصمیم می‌گیرید مدلی را حفظ کنید، از خیر چابکی می‌گذرید، به این امید که به‌راحتی به اطلاعات در دسترس تیم خود به‌شیوه‌ای انتزاعی دسترسی داشته باشید (و در نتیجه به‌طور بالقوه ارتباط خود با تیم و نیز طرف‌های ذی‌نفع پروژه را بهبود بخشید.)»

محتوا مهم‌تر از نمایش است. مدل‌سازی باید اطلاعاتی به مخاطب هدف ارائه دهد. مدلی که به‌لحاظ نحوی (syntax) کامل است، ولی اطلاعات ناچیزی به مخاطب می‌دهد، به اندازه‌ی مدلی که نقص نمادگذاری دارد، ولی محتوای با ارزشی در اختیار مخاطب خود قرار می‌دهد، ارزش ندارد.

شناخت مدل‌ها و ابزارهایی که در ایجاد آنها به‌کار می‌برید. نقاط قوت و ضعف هر مدل و ابزارهای به‌کار رفته در ایجاد آنها را بشناسید.

انطباق محلی. روش مدل‌سازی باید بر نیازهای تیم چابک انطباق یابد. بخش بزرگی از جامعه‌ی مهندسی نرم‌افزار، زبان مدل‌سازی یکپارچه (UML)[1] را به‌عنوان روش ارجح برای نشان دادن مدل‌های طراحی و تحلیل به رسمیت شناخته است. فرایند یکپارچه (فصل ۲) به‌منظور فراهم ساختن چارچوبی برای به‌کارگیری UML توسعه یافته است. اسکات آمبلر [Amb06] نسخه‌ای ساده از UP (فرایند یکپارچه) را توسعه داده است که فلسفه‌ی مدل‌سازی او را در بر دارد.

[1] خودآموز مختصری درباره UML در پیوست ۱ داده شده است.

> «روزی در داروخانه بودم و می‌خواستم قرص سرماخوردگی بگیرم. آسان نبود. یک قفسه‌ی کامل از محصولات وجود دارد که به آنها نیاز داری. با خودت می‌گویی خوب است این یکی زود اثر می‌کند، ولی اثر آن یکی درازمدت است... کدام یک بیشتر اهمیت دارد؟ حال یا آینده؟»
>
> **جری ساینفلد**

اندرز

سبک‌بار سفر کردن، فلسفه مناسبی برای همه‌ی کارهای مهندسی نرم‌افزار است. فقط مدل‌هایی را بسازند که ارزش داشته باشند که بیشتر و به کمتر.

۳-۵-۸ فرایند یکپارچه‌ی چابک (AUP)

فرایند یکپارچه چابک (AUP) شامل یک فلسفه‌ی «ترتیب در مقیاس انبوه» و «مبتنی بر تکرار در مقیاس کوچک» برای ساخت سیستم‌های کامپیوتری می‌شود [Amb06]. AUP با اقتباس فعالیت‌های فازبندی‌شده‌ی کلاسیک UP–*دریافت*، *همکاری*، *ساخت* و *گذار*– ترتیبی خطی از فعالیت‌های مهندسی نرم‌افزار را فراهم می‌سازد که به تیم کمک می‌کند تا جریان کلی فرایند را برای یک پروژه‌ی نرم‌افزاری مجسم کند، ولی در داخل هر کدام از این فعالیت‌ها، تیم برای تحقق بخشیدن به چابکی و تحویل هرچه سریع‌ترنسخه‌های بامعنی از نرم‌افزار به کاربر نهایی باید به روش تکراری متوسل گردد. در هر دور تکرار AUP به فعالیت‌های زیر پرداخته می‌شود [Amb06]:

- *مدل‌سازی*. نمایش‌های UML از دامنه‌های تجاری و مسأله ایجاد می‌شود، ولی برای حفظ چابکی، این مدل‌ها «فقط باید به قدر کفایت خوب باشند» [Amb06] تا تیم بتواند به پیشروی ادامه دهد.
- *پیاده‌سازی*. مدل‌ها به کدهای منبع ترجمه می‌شوند.
- *آزمون*. همانند XP، تیم یک سری آزمون طراحی و اجرا می‌کند تا خطاها کشف شوند و اطمینان حاصل شود که کدهای نوشته شده خواسته‌های موجود را برآورده می‌سازند.
- *استقرار*. همانند فعالیت کلی بحث شده در فصل‌های ۱ و ۲، استقرار در اینجا نیز بر تحویل یک نسخه از نرم‌افزار و گرفتن بازخورد از کاربران نهایی توجه دارد.
- *مدیریت پیکربندی و پروژه*. در حیطه AUP، مدیریت پیکربندی (فصل ۲۲) به مدیریت تغییرات، مدیریت ریسک و کنترل هرگونه محصول پایداری می‌پردازد[1] که توسط تیم تولید می‌شود. مدیریت پروژه، پیشرفت تیم را پایش و کنترل می‌کند و هماهنگی فعالیت‌های تیم را بر عهده دارد.
- *مدیریت محیطی*. مدیریت محیطی وظیفه‌ی هماهنگی زیر ساخت فرایند را بر عهده دارد که شامل استانداردها، ابزارها و سایر فن‌آوری‌های پشتیبان مورد نیاز تیم می‌شود. گرچه AUP ارتباط‌های فنی و تاریخی با زبان مدل‌سازی یکپارچه (UML) دارد، باید توجه داشت که مدل‌سازی UML را می‌توان مرتبط با هر کدام از مدل‌های فرایند چابک دیگری که در بخش ۵-۳ شرح داده شد، به‌کار برد.

۶-۳ مجموعه‌ای از ابزارها برای فرایند چابک

برخی مدافعان فلسفه‌ی چابک چنین استدلال می‌کنند که ابزارهای خودکار نرم‌افزارسازی (مثلاً ابزارهای طراحی) را باید مکملی فرعی و کم اهمیت در فعالیت‌های تیم دانست که به هیچ وجه در موفقیت تیم اهمیت محوری ندارند، ولی آلیستر کاکبرن [Coc04] معتقد است که ابزارها می‌توانند دارای مزیت باشند و می‌گوید: «تیم‌های چابک بر به‌کارگیری ابزارهایی تأکید دارند که به درک و شناخت سریع کمک می‌کنند. برخی از این ابزارها اجتماعی‌اند و حتی در مرحله‌ی استخدام شروع می‌شوند. برخی جنبه‌ی فنی دارند و به تیم‌های توزیع شده کمک می‌کنند تا حضور فیزیکی را

[1] محصول کاری پایدار، یک مدل یا مستند یا مورد آزمون است که تیم تهیه می کند و برای مدت زمانی نامعین آن را نگهداری می کند. محصول کاری پایدار با تحویل یک نسخه از نرم‌افزار دور انداخته نمی‌شود.

ابزارهای نرم‌افزاری

توسعه‌ی چابک

هدف: هدف ابزارهای توسعه‌ی چابک، کمک به یک یا چند جنبه از توسعه‌ی چابک با تأکید بر تسهیل و سرعت بخشیدن به تولید یک نرم‌افزار عملیاتی است. از این ابزارها می‌توان در هنگام به‌کارگیری مدل‌های فرایند تجویزی استفاده کرد.

مکانیک: این ابزارها مکانیک متفاوتی دارند. به‌طور کلی، مجموعه ابزارهای چابک، شامل پشتیبانی خودکار برای برنامه‌ریزی پروژه، توسعه‌ی use case و جمع‌آوری خواسته‌ها، طراحی سریع، کدنویسی و آزموده می‌شوند.

ابزارهای نمونه

توجه: از آنجا که توسعه‌ی چابک مبحثی داغ به‌شمار می‌رود، اکثر فروشندگان ابزارهای نرم‌افزاری ادعا می‌کنند ابزارهایی می‌فروشند که روش چابک را پشتیبانی می‌کنند.

ابزارهایی که در اینجا ذکر می‌شوند، دارای این خصوصیت هستند که به‌طور اخص برای پروژه‌های چابک مناسبند.

OnTime، محصول Axosoft (**www.axosoft.com**) که مدیریت فرایند چابک را برای انواع فعالیت‌های فنی در فرایند پشتیبانی می‌کند.

Ideogramic UML، محصول Ideogramic (**www.ideogramic.com**) که یک مجموعه ابزار UML است و مشخصاً برای استفاده در فرایندهای چابک تهیه شده است.

Together Tool Set، که توسط Borland (**www.borland.com**) توزیع شده است، مجموعه ابزارهایی را فراهم می‌سازد که فعالیت‌های فنی بسیاری را در فرایندهای XP و سایر فرایندهای چابک، پشتیبانی می‌کنند.

شیه‌سازی کنند. بسیاری از این ابزارها فیزیکی بوده به افراد، امکان‌کار در قالب کارگاهی را می‌دهند.»

از آنجا که دسترسی به افراد مناسب (استخدام)، همکاری تیمی، برقراری ارتباط میان طرف‌های ذی‌نفع و مدیریت غیرمستقیم، عناصر کلیدی در کلیه مدل‌های فرایند چابک به‌شمار می‌روند، کاکبرن چنین استدلال می‌کند که «ابزارهای» مرتبط با این امور، عوامل مهمی در موفقیت برای چابکی به‌شمار می‌روند. برای مثال، ممکن است برای اینکه عضو آینده‌ی تیم را وادار به چند ساعت برنامه‌نویسی جفتی با یکی از اعضای فعلی تیم سازیم، ممکن است به یک «ابزار» استخدامی نیاز باشد. به این ترتیب فرد مناسب را می‌توان بلافاصله ارزیابی کرد.

«ابزارهای» همکاری و ارتباطی عموماً از فن‌آوری چندان بالایی برخوردار نیستند و می‌توانند شامل هر سازوکاری («مجاورت فیزیکی، تخته سفید، برگه‌های پوستر، کارت یادداشت و کاغذهای یادداشت» [Coc04]) باشد که اطلاعات را در میان اعضای تیم چابک قرار دهد و ارتباط را برقرار سازد. برقراری ارتباط فعال از طریق پویایی تیم (مثلاً برنامه‌نویسی جفتی) قابل انجام است، در حالی که برقراری ارتباط انفعالی از طریق «نشر دهنده‌های اطلاعات» (نظیر یک صفحه نمایش تخت که وضعیت کلی مؤلفه‌های متفاوت یک نسخه‌ی نرم‌افزار را نشان می‌دهد) صورت می‌گیرد. ابزارهای مدیریت پروژه‌ی دیگر بر نمودار گانت تأکید ندارند و نه«مودارهای ارزش کسبی»[1] را جایگزین آن

[1] Earned Value Charts

می‌کنند؛ «نمودارهایی از آزمون‌های ایجاد شده در مقایسه با قبولی آزمون... سایر ابزارهای چابک در بهینه‌سازی محیطی به‌کار می‌روند که تیم چابک در آن کار می‌کند (مثلاً مکان‌های مناسب تری برای برگزاری جلسات)، بهبود بخشیدن به فرهنگ تیمی با بذل توجه به تعامل‌های اجتماعی (مثلاً تیم‌های متحد)، دستگاه‌های فیزیکی (تخته سفیدهای الکترونیکی) و بهبود فرایند (مثلاً برنامه‌نویسی جفتی یا تعیین پنجره‌های زمانی).» [Coc04].

آیا هیچ کدام از اینها که گفته شد، واقعاً ابزار به‌شمار می‌روند؟ آری، اگر وظایف محول شده به یک عضو تیم چابک را تسهیل کنند و کیفیت محصول نهایی را بهبود بخشند.

۳-۷ خلاصه

در اقتصاد مدرن، شرایط بازار به سرعت تغییر می‌کند، نیازهای مشتری و کاربر نهایی تکامل می‌یابد و تهدیدهای رقابتی جدید بی هیچ هشداری مطرح می‌شود. دست‌اندرکاران باید چنان رویکردی به مهندسی نرم‌افزار داشته باشند که بتوانند به کمک آن چابک باقی بمانند- و فرایندهایی با قابلیت مانور، انطباق‌پذیر و ناب تعریف کنند که قادر به پاسخ گویی نیازهای تجاری مدرن باشند.

در فلسفه‌ی چابکی برای مهندسی نرم‌افزار، چهار مسأله کلیدی مورد تأکید است: اهمیت خودسازمان‌دهی تیم‌هایی که بر کارکرد خود کنترل دارند، برقراری ارتباط و همکاری میان اعضای تیم و میان دست‌اندرکاران و مشتریان آنها، اعتقاد به این که تغییرات با خود فرصت‌ها را به همراه دارند و تأکید بر تحویل سریع نرم‌افزاری که رضایت مشتری را برآورده سازد. برای هر کدام از این مسائل، مدل‌های فرایند چابک طراحی شده است.

برنامه‌نویسی حدی (XP) پرکاربردترین فرایند چابک است. XP که در قالب چهار فعالیت چارچوبی سازمان‌دهی می‌شود- برنامه‌ریزی، طراحی، کدنویسی و آزمون- چند تکنیک نوآورانه و پر قدرت پیشنهاد می‌کند که به تیم چابک این امکان را می‌دهد نسخه‌های پیاپی از نرم‌افزار ایجاد کند که ویژگی‌ها و قابلیت‌های توصیف شده و اولویت‌بندی شده توسط طرف‌های ذی‌نفع را تحویل دهند. سایر مدل‌های فرایند چابک نیز بر همکاری انسانی و خودسازمان‌دهی تیمی تأکید دارند، ولی فعالیت‌های چارچوبی خاص خود را تعریف می‌کنند و بر نقاط متفاوتی تأکید می‌کنند. برای مثال، ASD از یک فرایند مبتنی بر تکرار استفاده می‌کند که شامل برنامه‌ریزی چرخه‌ای وقفی، روش‌های نسبتاً پر کار برای جمع‌آوری داده‌ها و یک چرخه‌ی توسعه‌ی مبتنی بر تکرار می‌شود که «گروه‌های نظارت مشتری» (customer focus groups) و بازبینی‌های فنی رسمی را به‌عنوان سازوکارهای بازخورد بی‌درنگ در بر می‌گیرد. اسکرام بر به‌کارگیری مجموعه‌ای از الگوهای فرایند نرم‌افزار تأکید دارد که برای پروژه‌هایی با مهلت‌های زمانی محدود، خواسته‌های در حال تغییر و اهمیت تجاری بالا مفید واقع شده‌اند. هر الگوی فرایندی، مجموعه‌ای از وظایف توسعه را تعریف می‌کند و به تیم اسکرام این امکان را می‌دهد که فرایندی منطبق بر نیازهای پروژه ایجاد کند. روش توسعه سیستم‌های پویا (DSDM) به استفاده از زمان‌بندی در چارچوب پنجره‌های زمانی روی می‌آورد و پیشنهاد می‌کند که برای هر نسخه‌ی نرم‌افزار فقط باید آن مقدار که لازم است کار انجام شود تا حرکت به سوی نسخه‌ی بعدی تسهیل گردد. کریستال به خانواده‌ای از مدل‌های فرایند چابک گفته می‌شود که بر خصوصیات ویژه‌ی یک پروژه قابل انطباق باشند.

توسعه‌ی ویژگی محور (FDD)، قدری رسمی‌تر از سایر روش‌های چابک است، ولی همچنان با جلب توجه تیم پروژه به توسعه‌ی یک سری ویژگی ها- قابلیت‌هایی که نزد متقاضی ارزش دارند و در کمتر از دو هفته قابل پیاده‌سازی هستند- چابکی را حفظ می‌کند. توسعه‌ی نرم‌افزار ناب (LSD) اصول تولید ناب را وارد دنیای مهندسی نرم‌افزار کرده است. مدل‌سازی چابک (AM) پیشنهاد می‌کند که مدل‌سازی برای همه‌ی سیستم‌ها ضروری است، ولی پیچیدگی، نوع، و اندازه مدل باید متناسب با نرم‌افزاری که قرار است ساخته شود، تنظیم گردد. فرایند چابک یکپارچه (AUP) فلسفه‌ی «ترتیب در مقیاس انبوه» و «تکرار در مقیاس کوچک» را بر ساخت نرم‌افزار مطرح می‌سازد.

مسائل و نکاتی برای تعمق

۳-۱ «بیانیه توسعه‌ی نرم‌افزار چابک» را که در ابتدای فصل آورده شد، دوباره بخوانید. آیا می‌توانید به شرایطی فکر کنید که در آن یک یا چند مورد از ارزش‌های ذکر شده تیم نرم‌افزاری را به دردسر دچار کند؟

۳-۲ چابکی را (برای پروژه‌های نرم‌افزاری) به زبان ساده شرح دهید.

۳-۳ چرا یک فرایند مبتنی بر تکرار، مدیریت تغییر را آسان‌تر می‌سازد؟ آیا همه‌ی فرایندهای چابکی که در این فصل بحث شدند، مبتنی بر تکرارند؟ آیا می‌توان پروژه را تنها یک دور تکرار کامل کرد و باز هم چابک بود؟ پاسخ‌های خود را توضیح دهید.

۳-۴ آیا هر کدام از فرایندهای چابک را می‌توان با استفاده از فعالیت‌های چارچوبی کلی ذکر شده در فصل ۲ توضیح داد؟ جدولی تهیه کنید و فعالیت‌های کلی را به فعالیت‌های تعریف شده برای هر کدام از فرایندهای چابک ربط دهید.

۳-۵ سعی کنید به «یک اصل چابکی» دیگر برسید که باز هم قابلیت مانور بیشتری به تیم نرم‌افزاری بدهد.

۳-۶ یکی از اصول چابکی ذکر شده در بخش ۳-۱ را برگزینید و بکوشید تعیین کنید که آیا هر کدام از مدل‌های فرایند ارائه شده در این فصل، آن اصل را در بردارد یا خیر. [توجه: در این فصل تنها نگاهی اجمالی از این مدل‌های فرایند ارائه شده است، لذا تعیین اینکه آیا اصلی در یک یا چند مدل در بر گرفته شده است، ممکن نخواهد بود مگر اینکه درباره آنها به تحقیق و پژوهش بپردازید (که برای این مسأله لازم نیست).]

۳-۷ چرا خواسته‌ها این قدر سریع تغییر می‌کنند؟ واقعا مردم نمی‌دانند که چه می‌خواهند؟

۳-۸ اکثر مدل‌های فرایند چابک، ارتباط رو در رو را توصیه می‌کنند. با این حال، امروزه اعضای تیم نرم‌افزاری و مشتریان آنها ممکن است از نظر جغرافیایی با هم فاصله داشته باشند. آیا تصور می‌کنید که به این ترتیب باید از فاصله‌های جغرافیایی پرهیز کرد؟ آیا می‌توانید به راه‌هایی برای غلبه بر این مشکل فکر کنید؟

۳-۹ یک داستان کاربری XP بنویسید که توصیفی باشد از ویژگی «مکان‌های مطلوب» یا همان «چوب‌آلف» (Bookmark) که در مرورگرهای وب در دسترس است.

۳-۱۰ راهکار خیزشی در XP چیست؟

۳-۱۱ مفاهیم بازآرایی‌کردن و برنامه‌نویسی جفتی را به زبان ساده شرح دهید.

۳-۱۲ قدری مطالعه کنید و توضیح دهید که کادر زمانی چیست. این مفهوم چگونه به تیم ASD کمک می‌کند تا نسخه‌های نرم‌افزاری را در دوره‌های زمانی کوتاه تحویل دهد؟

۳-۱۳ آیا قاعده ۸۰٪ در DSDM و روش کادر زمانی تعریف شده برای ASD نتیجه‌های یکسان در بر دارند؟

۳-۱۴ با استفاده از الگوهای فرایند ارائه شده در فصل ۲، یک الگوی فرایند برای یکی از الگوهای اسکرام (بخش ۳-۵-۳) ارائه کنید.

۳-۱۵ چرا به گروهی از روش‌های چابک نام کریستال داده شده است؟

۱۶-۳ با استفاده از قالب ویژگی‌ها در FDD که در بخش ۵-۵-۳ شرح داده شد، یک مجموعه ویژگی برای مرورگرهای وب بنویسید. اکنون برای این مجموعه ویژگی‌ها، مجموعه‌ای از ویژگی را بنویسید.

۱۷-۳ از وب‌سایت رسمی مدل‌سازی چابک بازدید کنید و فهرست کاملی از اصول محوری و مکمل AM تهیه کنید.

۱۸-۳ مجموعه ابزارهای پیشنهاد شده در بخش ۶-۳ بسیاری از جنبه‌های «نرم» روش‌های چابک را پشتیبانی می‌کنند. چون برقراری ارتباط بسیار مهم است، یک مجموعه ابزار واقعی توصیه کنید که بتوان در بهبود بخشیدن به ارتباط میان طرف‌های ذی‌نفع یک تیم چابک از آن بهره برد.

بخش دوم

مدل‌سازی

در این بخش از کتاب، مطالبی درباره اصول، مفاهیم و تکنیک‌های به‌کاررفته در ایجاد مدل‌های تحلیل (مدل‌های خواسته‌ها) با کیفیتی بالا خواهید آموخت.

در فصل‌های آینده به این پرسش‌ها خواهیم پرداخت:

- چه مفاهیم و اصولی راهنمای کار مهندسی هستند؟
- مهندسی خواسته‌ها چیست و چه مفاهیمی، بسترساز تحلیل خوب و مناسب خواسته‌ها هستند؟
- مدل خواسته‌ها چگونه ایجاد می‌شود و عناصر آن کدام‌اند؟
- عناصر یک طراحی خوب کدام‌اند؟
- طراحی معماری چگونه چارچوبی برای سایر کنش‌های طراحی فراهم می‌سازد و از چه مدل‌هایی در آن استفاده می‌شود؟
- مؤلفه‌های نرم‌افزاری با کیفیت بالا را چگونه طراحی می‌کنیم؟
- از کدام مفاهیم، مدل‌ها و روش‌ها در طراحی واسط کاربری می‌توان استفاده نمود؟
- الگوی مبتنی بر طراحی چیست؟
- در طراحی برنامه‌های تحت وب از چه راهبردها و روش‌هایی استفاده می‌شود؟

هنگامی که به این پرسش‌ها پاسخ گفته شد، بهتر می‌توانید آماده‌ی به‌کارگیری کار مهندسی نرم‌افزار شوید.

فصل ۴

اصول راهنما در مهندسی نرم‌افزار

نگاهی گذرا

اصول راهنما چیستند؟ مهندسی نرم‌افزار، آرایه وسیعی از اصول، مفاهیم، روش‌ها و ابزارهاست که باید در برنامه‌ریزی برای توسعه یک نرم‌افزار در نظر گرفت. اصول راهنمای این کار، بستری فراهم می‌سازد که مهندسی نرم‌افزار را می‌توان بر آن استوار ساخت.

چه کسی این کار را انجام می‌دهد؟ نرم‌افزارنویسان (مهندسان نرم‌افزار) و مدیران آنها انواع وظایف مهندسی نرم‌افزار را بر عهده دارند.

چرا اهمیت دارد؟ فرایند نرم‌افزار برای رسیدن به هدفی موفق، یک نقشه راه در اختیار همه‌ی افراد دخیل در ایجاد یک سیستم یا محصول کامپیوتری قرار می‌دهد. کار مهندسی، جزئیات لازم برای طی این مسیر را برای شما فراهم می‌سازد. به شما می‌گوید کجا پل هست، راه در چه نقاطی بسته است و کجا با دو راهی مواجه می‌شوید. به شما کمک می‌کند تا مفاهیم و اصولی را که باید درک و رعایت شوند تا با سرعت و با اطمینان به پیش بروید، بهتر بشناسید. شیوه‌ی پیش رفتن را به شما می‌آموزد و مشخص می‌کند که کجا باید از سرعت خود بکاهید و کجا باید سرعت بگیرید. در حیطه‌ی مهندسی نرم‌افزار، کار مهندسی چیزی است که در طول روز انجام می‌دهید تا نرم‌افزار را از یک ایده به واقعیت برسانید.

مراحل کار کدام است؟ سه عنصر کار مهندسی در همه‌ی انواع مدل‌های فرایند، کاربرد دارند. عنصر چهار-یعنی ابزارهای مورد استفاده-بسته به مدل به‌کار رفته متفاوت است.

محصول کار چیست؟ کار مهندسی شامل فعالیت‌های فنی می‌شود که همه‌ی محصولات کاری تعریف شده توسط مدل فرایند نرم‌افزاری انتخاب شده را تولید می‌کند.

چطور اطمینان حاصل کنم که درست از عهده کار برآمده‌ام؟ نخست، از اصول کاری که هر لحظه در حال انجام آن هستید (مثلاً طراحی) درکی درست داشته باشید. سپس یقین حاصل کنید که روشی مناسب برای کار انتخاب کرده‌اید، حتماً چگونگی به‌کارگیری روش را درک کنید، از ابزارهای خودکار در صورت مناسب بودن برای وظیفه‌ی مورد نظر بهره ببرید و درباره نیاز به استفاده از تکنیک‌ها عزمی راسخ داشته باشید تا از کیفیت محصولات کاری تولید شده اطمینان پیدا کنید.

الن اولمان [Ull97] در کتابی که زندگی و افکار مهندسان نرم‌افزار را مورد کندوکاو قرار می‌دهد، بخشی از زندگی آنها را چنین به تصویر می‌کشد و افکار آنها را تحت فشار کاری نمایان می‌سازد:

> نمی‌دانم ساعت چند است. این دفتر هیچ پنجره و هیچ ساعتی ندارد؛ فقط LED قرمز یک اجاق مایکروفر که چشمک می‌زند و مدام ساعت دوازده را نشان می‌دهد. من و جوئل چند روز است که مشغول برنامه‌نویسی بوده‌ایم. یک اشکال از نوع ناجورش داریم. این LED قرمز انگار دارد فعالیت مغز ما را نشان می‌دهد، چون یک جورهایی آهنگ آن با آهنگ چشمک زدن این LED یکی است...
>
> ما روی چه چیزی داریم کار می‌کنیم؟... الان جزئیات از دستم در رفته است. شاید داریم به آدم‌های ضعیف کمک می‌کنیم یا شاید هم یک سری روال‌های سطح پایین تنظیم می‌کنیم تا بیت‌های روی یک پروتکل بانک اطلاعاتی توزیع شده را وارسی کنیم- برایم اهمیتی ندارد. باید به بخش دیگری از وجودم اهمیت بدهم- بعداً وقتی که از این اتاق مملو از کامپیوتر بیرون رفتم- باید ببینم چرا، برای چه کسی و به چه هدفی دارم نرم‌افزار می‌نویسم، ولی فعلاً خیر. من از پرده‌ای گذشته‌ام که در آن، جهان واقعی و کابردهایش دیگر اهمیتی ندارند. من مهندس نرم‌افزارم...

قطعاً این تصویر روشنی از کار مهندسی نرم‌افزار نیست، ولی پس از تعمق، بسیاری از خوانندگان این کتاب با آن ارتباط برقرار خواهند کرد.

کسانی که نرم‌افزار کامپیوتری می‌سازند، هنر، حرفه یا رشته‌ای[1] را تجربه می‌کنند که به آن مهندسی نرم‌افزار گفته می‌شود، ولی «کار مهندسی نرم‌افزار چیست؟» از یک دیدگاه کلی، کار مهندسی به مجموعه‌ای مفاهیم، اصول، روش‌ها و ابزارها گفته می‌شود که یک مهندس نرم‌افزار در طول روز با آنها سروکار دارد. کار مهندسی به مدیران این امکان را می‌دهد که پروژه‌های نرم‌افزاری را مدیریت کنند و به مهندسان نرم‌افزار این امکان را می‌دهد که برنامه‌های کامپیوتری بسازند. کار مهندسی، یک مدل فرایند نرم‌افزاری را از دستورالعمل‌های فنی و مدیریت‌های لازم پر می‌کند تا پروژه به انجام برسد. با کار مهندسی، یک روش بی‌حساب و کتاب، به رویکردی سازمان یافته و اثربخش‌تر تبدیل می‌شود که احتمال موفقیت آن بیشتر است.

جنبه‌های گوناگون کار مهندسی نرم‌افزار را در سرتاسر این کتاب مورد بررسی قرار خواهیم داد. در این فصل، به اصول و مفاهیمی خواهیم پرداخت که به‌طور کلی راهنمای کار مهندسی نرم‌افزار هستند.

۴-۱ دانش مهندسی نرم‌افزار

استیو مک کانل در سر مقاله IEEE Software یک دهه قبل توضیح زیر را ارائه داد [Mcc99]:

> بسیاری از نرم‌افزارنویسان، دانش مهندسی نرم‌افزار را تقریباً به‌طور انحصاری، اطلاع داشتن از فن‌آوری‌های خاص می‌دانند: جاوا، پرل، html، C++، Linux، Windows NT و غیره. اطلاع داشتن از جزئیات فن‌آوری برای انجام برنامه‌نویسی کامپیوتری لازم است. اگر کسی از شما بخواهد برنامه‌ای به زبان C++ بنویسید، باید چیزهایی از C++ بدانید تا برنامه‌تان نتیجه‌بخش باشد.

[1] برخی نویسندگان سعی می‌کنند یکی از این واژه‌ها را به‌کار ببرند و دو واژه دیگر را به کار نبرند. ولی واقعیت این است که مهندسی نرم‌افزار هر سه اینهاست.

> زیاد می‌شنوید که نیمه عمر دانش توسعه‌ی نرم‌افزار، سه سال است: نیمی از آنچه که امروز می‌دانید، سه سال بعد دیگر به کارتان نخواهد آمد. در دامنه دانش‌های مرتبط با فن‌آوری، این احتمالاً درست است، ولی یک نوع دیگر دانش در توسعه‌ی نرم‌افزار وجود دارد- نوعی که ما آن را به‌عنوان «اصول مهندسی نرم‌افزار» در نظر می‌گیریم- که نیمه عمر آن سه سال نیست. این اصول مهندسی نرم‌افزار احتمالاً در سرتاسر زندگی کاری یک برنامه نویس حرفه‌ای به او کمک می‌کنند.

مک کانل در ادامه‌ی بحث خود چنین استدلال می‌کند که توده‌ی دانش مهندسی نرم‌افزار (تقریباً در سال ۲۰۰۰) به یک «هسته‌ی پایدار» متکامل شده است که براساس برآورد او نشان‌گر حدوداً ۷۵٪ از دانش مورد نیاز برای توسعه یک سیستم پیچیده است، ولی این هسته‌ی پایدار حاوی چیست؟

چنان که مک کانل خاطرنشان می‌سازد، اصول هسته‌ای- ایده‌های پایه‌ای که مهندسان نرم‌افزار را در انجام کارهایشان، راهنمایی می‌کنند-اکنون بستری فراهم می‌سازند که مدل‌های نرم‌افزاری، روش‌ها و ابزارها را در آن بستر می‌توان به‌کار برد و ارزیابی کرد.

۴-۲ اصول هسته‌ای

مجموعه‌ای از اصول هسته‌ای وجود دارد که راهنمای مهندسی نرم‌افزار است و به استفاده از یک فرایند نرم‌افزار با معنی و اجرای اثربخش روش‌های مهندسی نرم‌افزار کمک می‌کند. در سطح فرایند، اصول فرایند، یک بنیاد فلسفی ایجاد می‌کنند که تیم نرم‌افزاری را به هنگام اجرای فعالیت‌های چارچوبی و چتری هدایت می‌کند، جریان فرایند را مورد کاوش قرار می‌دهد و مجموعه‌ای از محصولات کاری مهندسی نرم‌افزار تولید می‌کند. در سطح کاری، اصول مهندسی نرم‌افزار، مجموعه‌ای از ارزش‌ها و قواعد را تعیین می‌کند که شما را در تحلیل یک مسأله، طراحی یک راهکار، پیاده‌سازی و آزمون آن راهکار و سرانجام استقرار نرم‌افزار در جامعه‌ی کاربری راهنمایی می‌کند.

> «به لحاظ نظری هیچ تفاوتی میان نظریه و عمل نیست، ولی در عمل، هست.»
>
> یان وان اسنیپشوت

در فصل ۱، مجموعه‌ای از اصول کلی را مشخص کردیم که شامل فرایند و کار مهندسی نرم‌افزار می‌شوند: (۱) فراهم ساختن ارزش برای کاربر نهایی، (۲) حفظ سادگی، (۳) حفظ چشم انداز (محصول و پروژه)، (۴) دانستن این مطلب که دیگران آنچه را که شما ساخته‌اید مصرف می‌کنند (و باید آن را درک کنند)، (۵) نگاه به آینده، (۶) برنامه‌ریزی برای استفاده‌ی مجدد، و (۷) تفکر! گرچه این اصول کلی اهمیت دارند، در چنان سطح بالایی از انتزاع بیان می‌شوند که گاهی ترجمه‌ی آنها به کارهای روزمره در مهندسی نرم‌افزار دشوار است. در بخش‌هایی که به‌دنبال خواهد آمد، اصول هسته‌ای را که راهنمای کار مهندسی و فرایند مهندسی خواهند بود، با جزئیات بیشتر بحث خواهیم کرد.

۴-۲-۱ اصول راهنمای فرآیند مهندسی

در بخش اول این کتاب درباره اهمیت فرایند نرم‌افزاری سخن گفته شد و مدل‌های فراوان و متفاوتِ پیشنهادشده برای مهندسی نرم‌افزار شرح داده شدند. مدل انتخاب شده خطی باشد یا مبتنی بر تکرار، تجویزی باشد یا چابک، تفاوتی ندارد و می‌توان آن را با استفاده از یک چارچوب کلی مشخص کرد که برای همه‌ی مدل‌های فرایند قابل استفاده است. مجموعه اصول هسته‌ای زیر را می‌توان برای چارچوب، و با بسط دادن آن برای هر فرایند نرم‌افزار به‌کار گرفت.

اصل ۱. چابک باشید. مدل فرایند انتخابی شما تجویزی باشد یا چابک، اصول فلسفی توسعه‌ی چابک باید بر رویکردتان حاکم باشد. تمامی جنبه‌های کاری که انجام می‌دهید، باید بر اقتصاد کنش تاکید داشته باشد- در رویکرد فنی خود تا حد امکان سادگی را حفظ کنید، در محصولات کاری‌ای که تولید می‌کنید تا حد امکان ایجاز را رعایت کنید و هر گاه که امکان داشته باشد، تصمیم‌گیری‌ها را محلی کنید.

اصل ۲. در هر مرحله، کیفیت را در کانون توجه قرار دهید. شرط خروج از هر فعالیت، کنش و وظیفه‌ی فرایند باید توجه به کیفیت محصول کاری تولید شده باشد.

اصل ۳. آمادگی انطباق را داشته باشید. فرایند، چیزی نیست که تعصب در آن راه داشته باشد. در صورت نیاز، رویکرد خود را بر محدودیت‌های اعمال شده از طرف مسأله، آدم‌ها و خود پروژه وفق دهید.

اصل ۴. تیمی اثربخش تشکیل دهید. فرایند و کار مهندسی نرم‌افزار اهمیت دارند، ولی سنگ بنای اصلی پروژه را آدم‌های آن تشکیل می‌دهد. یک تیم خودسازمان‌ده تشکیل دهید که اعضای آن از احترام و اطمینان متقابل برخوردار باشد.

اصل ۵. سازوکارهایی برای برقراری ارتباط و هماهنگی ایجاد کنید. اگر اطلاعات مهم در کانون توجه قرار نگیرند و/یا طرف‌های ذی‌نفع از هماهنگ ساختن تلاش‌های خود برای ایجاد یک محصول نهایی موفق، عاجز باشند، پروژه‌ها به شکست می‌انجامند. این‌ها مسائلی مدیریتی‌اند که باید به آنها پرداخته شود.

اصل ۶. مدیریت تغییرات. رویکرد مورد استفاده ممکن است رسمی یا غیررسمی باشد، ولی برای مدیریت شیوه‌ی درخواست، ارزیابی، تصویب و پیاده‌سازی تغییرات باید سازوکارهایی وضع شود.

اصل ۷. ارزیابی ریسک. به موازات توسعه‌ی نرم‌افزار، اشتباهات بسیاری ممکن است رخ دهد. ارائه طرح‌های آینده‌نگر ضروری است.

اصل ۸. ایجاد محصولات کاری که برای دیگران ارزش فراهم می‌کنند. فقط آن دسته از محصولات کاری را ایجاد کنید که برای سایر فعالیت‌ها، کنش‌ها و وظایف فرایند، ارزشی به ارمغان می‌آورند. هر محصول کاری که به‌عنوان بخشی از کار مهندسی نرم‌افزار تولید می‌شود، به دیگری سپرده می‌شود. فهرستی از عملکردها و ویژگی‌های مورد نیاز به شخصی (اشخاصی) داده می‌شود که یک طراحی را توسعه می‌دهند، این طراحی به آنهایی سپرده می‌شود که کدها را می‌نویسند و به همین ترتیب... اطمینان حاصل کنید که هر محصول کاری، اطلاعات لازم را بدون ابهام یا جاافتادگی ارائه دهد.

بخش چهارم این کتاب به مسائل پروژه و مدیریت فرایند اختصاص یافته است و به تفصیل به جنبه‌های گوناگون هر کدام از این اصول خواهد پرداخت.

اندرز

هر پروژه و هر تیمی منحصر به فرد است. این بدان معناست که باید به‌طریقی فرایند خود را به بهترین وجه بر نیازهای خود منطبق سازید.

«حقیقت مطلب این است که شما همیشه می‌دانید کار درست کدام است. بخش دشوار کار، انجام آن است.»

ژنرال اچ. نورمن شوارتزکف

۲-۲-۴ اصول راهنمای کار مهندسی نرم‌افزار

کار مهندسی نرم‌افزار یک هدف غالب دارد- تحویل به‌موقع و با کیفیت بالای نرم‌افزاری عملیاتی که حاوی ویژگی‌ها و قابلیت‌های لازم برای برآورده ساختن نیازهای همه‌ی طرف‌های ذی‌نفع باشد. برای دستیابی به این هدف، باید مجموعه‌ای از اصول را پذیرا باشید که راهنمای فنی شما شوند. هر

روش تحلیل و طراحی‌ای که اعمال کنید، از هر تکنیک ساختی که استفاده کنید (مثلاً زبان‌های برنامه‌نویسی یا ابزارهای خودکار)، یا هر رویکرد اعتبارسنجی و وارسی را که انتخاب کنید، این اصول مزایای خاص خود را خواهند داشت. مجموعه اصول هسته‌ای زیر اساس کار مهندسی نرم‌افزار را تعیین می‌کنند.

نکته‌ی کلیدی

مسائل را اگر به دغدغه‌های جداگانه‌ای تقسیم کنید که هر یک به‌طور جداگانه قابل حل و اعتبارسنجی باشند، بهتر می‌توان آنها را حل کرد.

اصل ۱. تقسیم و حل. به بیان فنی‌تر، در تحلیل و طراحی باید همواره بر جداسازی دغدغه‌ها تاکید داشت. یک مسأله بزرگ را اگر به مجموعه‌ای از عناصر (یا دغدغه‌ها) تقسیم کنیم، حل آن راحت‌تر می‌شود. به‌طور ایده‌آل، هر دغدغه‌ای یک قابلیت متمایز عرضه می‌کند که قابل توسعه بوده در برخی موارد می‌توان آن را مستقل از سایر دغدغه‌ها اعتبارسنجی کرد.

اصل ۲. درک به‌کارگیری انتزاع‌ها. انتزاع، شکل ساده‌ی عنصر پیچیده‌ای از سیستم به‌کاررفته در انتقال معنا در یک عبارت منفرد است. هنگامی که از انتزاع *صفحه‌گسترده* استفاده می‌کنیم، فرض می‌کنیم که مخاطب می‌داند صفحه گسترده چیست، ساختار کلی محتویات ارائه شده توسط یک صفحه گسترده را می‌شناسد و می‌داند چه عملیاتی روی آن قابل اجراست. در کار مهندسی نرم‌افزار، از چندین سطح انتزاع استفاده خواهید کرد که هر کدام معنایی دارد که باید انتقال داده شود. در کار تحلیل و طراحی، تیم نرم‌افزاری معمولاً با مدل‌هایی شروع می‌کند که نشان‌گر سطوح بالایی از انتزاع هستند (مانند یک صفحه گسترده) و به آهستگی این مدل‌ها را به سطوح پایین‌تری از انتزاع (مثلاً یک ستون یا تابع SUM) پالایش می‌کنند.

جوئل اسپولسکی [Spo02] پیشنهاد می‌کند که «همه‌ی انتزاع‌های حائز اهمیت تا حدی نشتی دارند.» هدف یک انتزاع، حذف نیاز به انتقال دادن جزئیات در برقراری ارتباط است، ولی گاهی اوقات، اثرات مشکل آفرین که توسط این جزئیات تکثیر می‌شوند، نشتی پیدا می‌کنند. بدون شناخت این جزئیات، تعیین علت یک مشکل نمی‌تواند آسان باشد.

اصل ۳. تلاش برای سازگاری. خواه در حال ایجاد مدل خواسته‌ها باشید، خواه توسعه‌ی یک طراحی نرم‌افزار یا تولید کد منبع یا ایجاد use case اصل سازگاری بیان می‌کند که یک حیطه‌ی آشنا، استفاده از نرم‌افزار را آسان‌تر می‌کند. به‌عنوان مثال، طراحی واسط کاربر را برای یک برنامه‌ی کاربردی تحت وب در نظر بگیرید. تعیین مکان گزینه‌های منو، استفاده از الگوی رنگ سازگار و به‌کارگیری سازگاری آیکون‌های قابل تشخیص، همگی کمک می‌کنند که واسط دارای ظاهری ارگونومیک باشد.

اصل ۴. توجه ویژه به انتقال اطلاعات. کار نرم‌افزار، انتقال دادن اطلاعات است- از بانک اطلاعاتی به کاربر نهایی، از یک سیستم قدیمی به یک برنامه‌ی کاربردی تحت وب، از یک قطعه‌ی نرم‌افزار به قطعه‌ای دیگر، از کاربر نهایی به واسط گرافیکی کاربر (GUI)، از سیستم عامل به یک برنامه- و این فهرست تقریباً پایانی ندارد. در هر مورد، اطلاعات از طریق یک واسط جریان پیدا می‌کند و در نتیجه، فرصت‌هایی برای خطا، جاافتادگی یا ابهام پیش می‌آید. بنا به این اصل باید توجه ویژه‌ای به تحلیل، طراحی، ساخت و آزمون واسط‌ها مبذول داشت.

اصل ۵. توسعه‌ی نرم‌افزاری که ساختار پیمانه‌ای اثربخش داشته باشد. جداسازی دغدغه‌ها (اصل ۱) فلسفه‌ای برای نرم‌افزار پایه گذاری می‌کند. ساختار پیمانه‌ای، سازوکاری برای تحقق بخشیدن به این فلسفه فراهم می‌سازد. هر سیستم پیچیده‌ای را می‌توان به چند پیمانه (مؤلفه، قطعه)

تقسیم کرد، ولی کار مهندسی نرم‌افزار بیش از این‌ها را طلب می‌کند. ساختار پیمانه‌ای باید اثربخش هم باشد. یعنی، هر پیمانه باید انحصاراً جنبه‌ای از سیستم را کانون توجه قرار دهد که قیدوبندهای آن به خوبی مشخص است-یعنی از نظر عملکرد باید یکپارچه باشد و/یا در حیطه‌ای که ارائه می‌دهد، ابعادی مشخص داشته باشد. به علاوه، ارتباط میان پیمانه‌ها باید به‌شیوه‌ای نسبتاً ساده برقرار شود- هر پیمانه باید ارتباط اندکی با سایر پیمانه‌ها، منابع داده‌ها و سایر جنبه‌های محیطی داشته باشد.

اصل ۶. جستجو به‌دنبال الگوها. براد اپلتون [App00] پیشنهاد می‌کند که:

> هدف الگوها در جامعه‌ی نرم‌افزاری تهیه‌ی نوشتاری است که سازندگان را در حل مشکلات تکراری در سرتاسر فرایند توسعه‌ی نرم‌افزار یاری دهد. الگوها به ایجاد زبانی مشترک برای ارتباط مفاهیم و تجربه درباره مسائل و راهکارهای آنها کمک می‌کنند. تدوین رسمی این راهکارها و روابط آنها به ما این امکان را می‌دهد که به توده‌ی اطلاعاتی دست پیدا کنیم که درک ما از معماری خوب، برای برآوردن نیازهایمان تعیین کند.

اصل ۷. هرگاه که امکان دارد، مسأله و راهکار آن را از چند دیدگاه متفاوت به نمایش بگذارید. هنگامی که یک مسأله و راهکار آن از چند دیدگاه متفاوت به نمایش گذارده شوند، این احتمال که دید بهتری از آن به‌دست آید و خطاها و جاافتادگی‌ها کشف شوند، بیشتر خواهد شد. برای مثال، یک مدل از خواسته‌ها را می‌توان با به‌کارگیری دیدگاهی داده گرا، دیدگاهی عملیات گرا، یا دیدگاهی رفتارگرا به نمایش گذاشت (فصل‌های ۶ و ۷). هر کدام از این‌ها نمایی از مسأله و خواسته‌های آن را فراهم می‌سازند.

اصل ۸. به خاطر داشته باشید که نرم‌افزار را نگهداری خواهید کرد. در درازمدت، نرم‌افزار با کشف‌شدن نقایص بهبود خواهد یافت، خودش را با تغییرات محیط منطبق خواهد ساخت و با درخواست قابلیت‌های بیشتر از سوی ظرف‌های ذی‌نفع ارتقا خواهد یافت. این فعالیت‌های نگهداری را در صورتی می‌توان تسهیل کرد که کار مهندسی نرم‌افزار در سرتاسر فرایند نرم‌افزار لحاظ گردد.

این اصول همه‌ی آن چیزی نیست که برای ساخت نرم‌افزارهای با کیفیت بالا لازم است. بلکه مبنایی برای هر کدام از روش‌های مهندسی نرم‌افزار بحث‌شده در این کتاب فراهم می‌سازند.

اندرز

جهت کسب تجربه و دانش برای نسل‌های بعدی مهندسان نرم‌افزار، از الگوها (فصل ۱۲) استفاده کنید.

«مهندس ایده‌آل ترکیبی از چند چیز است... دانشمند نیست، ریاضی‌دان نیست، جامعه‌شناس یا نویسنده هم نیست؛ ولی ممکن است از دانش و فن هر کدام از این رشته‌ها در حل مسائل مهندسی استفاده کند.»

ان. دبلیو. دافرتی

۳-۴ اصول راهنمای فعالیت‌های چارچوبی

در بخش‌هایی که به‌دنبال خواهد آمد، به اصولی می‌پردازیم که تاثیری جدی بر موفقیت هر کدام از فعالیت‌های چارچوبی تعریف شده به‌عنوان بخشی از فرایند نرم‌افزار دارند. در بسیاری موارد، اصول مورد بحث برای هر کدام از فعالیت‌های چارچوبی، شکل پالایش یافته‌ای از اصول ارائه شده در بخش ۲-۴ هستند. در واقع اینها همان اصول هسته‌ای‌اند اما در سطح پایین‌تری از انتزاع قرار دارند.

۱-۳-۴ اصول ارتباطی

پیش از آنکه بتوان به تحلیل، مدل‌سازی یا مشخص‌کردن خواسته‌های مشتریان پرداخت، آنها را باید از طریق فعالیت‌های ارتباطی جمع آوری کرد. مشتری، مسأله‌ای دارد که می‌توان راهکاری کامپیوتری

برای آن ارائه کرد. شما به درخواست مشتری پاسخ می‌دهید. ارتباط برقرار شده است، ولی مسیر برقراری ارتباط تا شناخت، غالباً پر از دست انداز است.

برقراری ارتباط موثر (در میان همکاران فنی، با مشتری و سایر طرف‌های ذی‌نفع و با مدیران پروژه) از جمله چالش برانگیزترین فعالیت‌هایی است که با آن مواجه خواهید شد. در این حیطه، اصول ارتباطی را در کاربرد آنها برای برقراری ارتباط با مشتری مورد بحث قرار خواهیم داد. به‌هرحال، بسیاری از این اصول در سایر شکل‌های ارتباطی که در یک پروژه‌ی نرم‌افزاری رخ می‌دهند نیز کاربرد دارند.

اصل ۱. گوش‌سپردن. تلاش کنید به سخنان گوینده گوش فرا دهید، نه اینکه در آن اثنا به فکر آماده‌کردن پاسخ خود باشید. اگر چیزی برایتان واضح نیست از گوینده بخواهید تا منظور خود را به وضوح بیان کند، ولی مدام حرف او راقطع نکنید. هنگامی که طرف در حال صحبت است، هرگز در کلام یا رفتارتان ستیزه جویی نشان ندهید (مثلاً با حرکات چشم یا تکان‌دادن سر).

اصل ۲. خود را قبل از برقراری ارتباط آماده کنید. پیش از ملاقات با دیگران، قدری وقت برای دانستن مسأله صرف کنید. در صورت نیاز، قدری پژوهش کنید تا با اصطلاحات تجاری حوزه‌ی مورد نظر آشنا شوید. اگر مسؤولیت برگزاری جلسه با شماست، از قبل دستور کاری برای جلسه تهیه کنید.

اندرز

پیش از برقراری ارتباط حتماً از دیدگاه طرف مقابل شناخت داشته باشید، قدری درباره نیازهایش اطلاع حاصل کنید و سپس گوش کنید.

اصل۳. یک نفر باید این فعالیت را تسهیل کند. هر جلسه ارتباطی باید دارای رهبر (تسهیل‌گری) باشد که (۱) مکالمه را در جهتی پیش ببرد که بهره‌وری داشته باشد، (۲) هرگونه تقابلی را که رخ می‌دهد، میانجی گری کند و (۳) اطمینان حاصل کند که اصول دیگر رعایت می‌شوند.

اصل ۴. بهترین راه، ارتباط رودرروی است. ولی معمولاً در صورت وجود شکل دیگری از ارائه اطلاعات، بهتر هم می‌شود. برای مثال، یکی از شرکت کنندگان می‌تواند تصاویر یا مطالبی آماده کند تا محور بحث مشخص گردد.

اصل ۵. یادداشت بردارید و تصمیم‌گیری را مستند کنید. احتمال اینکه چیزها فراموش شوند یا نادیده انگاشته شوند، زیاد است. یکی از حاضران در جلسه باید به‌عنوان «منشی» عمل کند و نکات و تصمیم گیری‌های مهم را یادداشت کند.

«پرسش‌های ساده و پاسخ‌های ساده، کوتاه‌ترین راه برای رسیدن به سردرگمی است.»

مارک تواین

اصل ۶. تلاش برای همکاری. همکاری و اتفاق نظر هنگامی رخ می‌دهد که از دانش جمعی اعضای تیم برای توصیف قابلیت‌ها و ویژگی‌های سیستم یا محصول استفاده شود. هر همکاری کوچک، به بالا بردن اطمینان در میان اعضای تیم و ایجاد هدفی مشترک برای تیم کمک می‌کند.

اصل ۷. توجه خود را معطوف کنید؛ بحث خود را پیمانه‌ای کنید. هرچه تعداد افراد حاضر در یک ارتباط بیشتر باشد، احتمال اینکه بحث از شاخه‌ای به شاخه دیگر برود، بیشتر است. تسهیل‌گر باید مکالمه را پیمانه‌ای کند و تنها زمانی یک مبحث را ترک کند که برای آن تصمیمی گرفته شده باشد (به‌هرحال، اصل ۹ را هم ببینید.)

اصل ۸. اگر چیزی واضح نبود، یک تصویر بکشید. ارتباط لفظی حد و مرز دارد. گاهی که واژه‌ها از بیان معنی عاجزند، یک طرح یا تصویر می‌تواند مطلب را روشن کند.

اصل ۹. (الف) هنگامی که بر سر مبحثی به توافق رسیدید، به مبحث دیگر بپردازید. (ب) اگر به توافق نرسیدید، به مبحث دیگر بپردازید. (پ) اگر ویژگی یا قابلیتی واضح نیست و نمی‌توان در حال حاضر آن را واضح کرد، باز هم به مبحث دیگر بپردازید. برقراری ارتباط، نظیر هر فعالیت دیگر در مهندسی نرم‌افزار، زمان می‌برد. به‌جای تکرارهای بی پایان، افراد شرکت کننده باید بدانند که بسیاری از مباحث نیاز به بحث دارند (اصل ۲) و «پرداختن به مبحث بعدی» گاهی بهترین شیوه برای دستیابی به چابکی در برقراری ارتباط است.

اصل ۱۰. مذاکره، یک مسابقه یا بازی نیست. وقتی بهترین نتیجه را می‌دهد که هر دو طرف برنده باشند. به‌وفور پیش خواهد آمد که شما و سایر طرف‌های ذی‌نفع باید بر سر قابلیت‌ها و ویژگی‌ها، اولویت‌ها و تاریخ تحویل مذاکره کنید. اگر اعضای تیم همکاری خوبی داشته باشند، همه‌ی طرف‌ها هدفی مشترک خواهند داشت. هنوز هم مذاکره، مستلزم مصالحه از تمام طرف‌هاست.

اگر بر سر یک مسأله مرتبط با پروژه با مشتری به توافق نرسم، چه اتفاقی خواهد افتاد؟

اطلاعات

اختلاف میان مشتری و کاربر نهایی

مهندسان نرم‌افزار با طرف‌های ذی‌نفع فراوانی ارتباط برقرار می‌کنند، ولی مشتریان و کاربران نهایی بیشترین تاثیر را بر کارهای فنی بعدی دارند. در برخی موارد، مشتری و کاربر نهایی، یکی هستند، ولی در بسیاری از پروژه‌ها، مشتری و کاربر نهایی افرادی متفاوت‌اند که برای مدیران متفاوت و در سازمان‌های تجاری متفاوت کار می‌کنند.

مشتری به شخص یا گروهی گفته می‌شود که (۱) ابتدا درخواست می‌کند نرم‌افزاری ساخته شود، (۲) اهداف تجاری کلی برای نرم‌افزار را تعریف می‌کند، (۳) خواسته‌های پایه را فراهم می‌سازد و (۴) بودجه پروژه را تأمین می‌کند. در یک شرکت تولید سیستم یا محصول، مشتری غالباً بخش بازاریابی است. در یک محیط فن‌آوری اطلاعات، مشتری ممکن است بخش تجاری باشد.

کاربر نهایی به شخص یا گروهی گفته می‌شود که (۱) نرم‌افزار ساخته شده را برای رسیدن به یک هدف تجاری واقعاً مورد استفاده قرار دهد و (۲) جزئیات عملیاتی نرم‌افزار را تعیین کند تا هدف تجاری قابل حصول گردد.

۲-۳-۴ اصول برنامه‌ریزی

فعالیت برقراری ارتباط به شما کمک می‌کند تا اهداف و مقاصد کلی خود را تعریف کنید (البته با گذر زمان در معرض تغییر است). ولی، درک این اهداف و مقاصد به معنای تعریف طرحی برای رسیدن به آنها نیست. فعالیت برنامه‌ریزی شامل مجموعه‌ای از امور مدیریتی و فنی می‌شود که تیم نرم‌افزاری را قادر به تعریف نقشه راه در سفر به سوی اهداف راهبردی و مقاصد تاکتیکی‌اش می‌سازد.

هرچه هم که تلاش کنیم، پیش‌بینی چگونگی تکامل‌یافتن یک پروژه‌ی نرم‌افزاری غیر ممکن است. هیچ راه آسانی وجود ندارد که از طریق آن بتوان تعیین کرد چه مسائل فنی پیش‌بینی نشده‌ای ممکن است رخ دهد، چه اطلاعات فنی ممکن است تا انتهای پروژه از دیدها پنهان بمانند، چه سوء تفاهم‌هایی ممکن است رخ دهد یا کدام امور تجاری ممکن است رخ دهد. با این حال، یک تیم نرم‌افزاری خوب باید برای رویکرد خود برنامه‌ریزی کند.

«در آماده شدن برای نبرد، همواره دریافته‌ام که طرح و نقشه بی‌فایده است، ولی برنامه‌ریزی، ضروری است.»

ژنرال دوایت دی. آیزن‌هاور

SafeHome

اشتباه در برقراری ارتباط

صحنه: فضای کاری تیم مهندسی نرم‌افزار.

نقش‌آفرینان: جیمی لازار، عضو تیم نرم‌افزاری؛ وینود رامان، عضو تیم نرم‌افزاری؛ اد رابینز، عضو تیم نرم‌افزاری.

گفتگوها:

اد: چیزی از پروژه‌ی ***SafeHome*** شنیدید؟

وینود: جلسه‌ی اول برای هفته‌ی بعد تنظیم شده.

جیمی: من تا حالا یک کمی تحقیق کردم، ولی خوب پیش نرفته.

اد: منظورت چیست؟

جیمی: خب. من با لیزا چرز تماس گرفتم. او مسؤول این پروژه است.

وینود: و...؟

جیمی: از او خواستم درباره ویژگی‌ها و قابلیت‌های ***SafeHome*** حرف بزنند... از این چیزها. در عوض، او شروع کرد به سؤال‌کردن درباره سیستم‌های امنیتی، سیستم‌های اعلام حریق... من هم که در این زمینه سررشته ندارم.

وینود: چه نتیجه‌ای می‌گیری؟ (جیمی شانه‌اش را بالا می‌اندازد.)

وینود: اینکه بخش بازاریابی به ما به‌عنوان مشاور نیاز دارد و بهتر است قبل از جلسه‌ی اول، تکلیف‌شب‌هایمان را انجام بدهیم. داگ گفت که می‌خواهد با مشتری همکاری کنیم، پس بهتر است یاد بگیریم که چطوری همکاری کنیم.

اد: احتمالاً بهتر است به دفترش برویم. برای این جور کارها، تماس تلفنی نتیجه‌ی خوبی نمی‌دهد.

جیمی: هر دو شما درست می‌گویید. باید کارهایمان را هماهنگ کنیم وگرنه برقراری ارتباط از همان اول درجازدن خواهد بود.

وینود: دیدم که داگ داشت یک کتاب درباره مهندسی خواسته‌ها می‌خواند. شرط می‌بندم یک فهرست از اصول برقراری ارتباط خوب وجود دارد. می‌خواهم کتاب را از او قرض بگیرم.

جیمی: نظر خوبی است... بعد هم می‌توانی به من یاد بدهی.

وینود (با لبخند): بله. درست است.

فلسفه‌های فراوان و متفاوتی برای برنامه‌ریزی وجود دارد.[1] عده‌ای که «کمینه‌گرا» هستند چنین استدلال می‌کنند که تغییر، غالباً نیاز به برنامه‌ریزی مفصل را منتفی می‌سازد. عده‌ای دیگر که «سنت‌گرا» هستند معتقدند که برنامه‌ریزی، یک نقشه‌ی راه اثربخش فراهم می‌آورد و هرچه جزئیات آن بیشتر باشد، احتمال گم شدن تیم کمتر می‌شود. گروه دیگری هم هستند (چابک گرایان) که می‌گویند یک «بازی برنامه‌ریزی» سریع ممکن است ضروری باشد، ولی نقشه راه چیزی است که با «کار واقعی» روی نرم‌افزار شروع می‌شود.

[1] بحث مشروحی درباره برنامه ریزی و مدیریت پروژه‌های نرم‌افزاری در بخش چهارم این کتاب ارائه شده است.

چه باید کرد؟ در بسیاری از پروژه‌ها، برنامه‌ریزی بیش از حد، کاری وقت گیر و بی ثمر است (خیلی چیزها تغییر می‌کنند)، ولی از طرف دیگر کوتاهی در برنامه‌ریزی نیز به آشوب منجر می‌شود. همانند بسیاری از پدیده‌های زندگی، در برنامه‌ریزی نیز باید اعتدال را رعایت کرد، آن قدری که راهنمایی مفید برای تیم باشد- نه بیشتر و نه کمتر. برنامه‌ریزی با هر میزان سخت‌گیری که اجرا شود، اصولی که به‌دنبال خواهد آمد، همواره کاربرد خواهد داشت:

اصل ۱. شناخت حوزه‌ی پروژه. اگر ندانید مقصد کجاست، استفاده از نقشه راه غیر ممکن است. حوزه‌ی پروژه ، مقصدی برای تیم نرم‌افزاری ترسیم می‌کند.

اصل ۲. طرف‌های ذی‌نفع را در فعالیت برنامه‌ریزی دخالت دهید. طرف‌های ذی‌نفع اولویت‌ها و قیدوبندهای پروژه را تعیین می‌کنند. برای پاسخ‌گویی به این واقعیت‌ها، مهندسان نرم‌افزار باید غالباً بر سر تاریخ تحویل، زمان‌بندی و سایر مسائل مرتبط با پروژه، مذاکره کنند.

اصل ۳. این را بدانید که برنامه‌ریزی ماهیتی مبتنی بر تکرار دارد. برنامه‌ریزی پروژه چیزی نیست که روی سنگ حک شده باشد. با شروع کار، احتمال زیادی وجود دارد که اوضاع تغییر کند. در نتیجه، برنامه‌ریزی باید طوری تنظیم شود که این تغییرات را پاسخ‌گو باشد. به علاوه، در مدل‌های فرایند افزایشی و مبتنی بر تکرار، برنامه‌ریزی دوباره، پس از تحویل هر نسخه از نرم‌افزار بر اساس بازخوردهای گرفته شده از کاربران، حکمی قطعی است.

اصل ۴. برآوردهای خود را بر اساس آنچه که می‌دانید، انجام دهید. هدف از برآورد، فراهم ساختن تصویری از هزینه‌ها، کار انجام شده و مدت انجام وظایف بر اساس درک فعلی تیم از کاری است که قرار است انجام شود. اگر اطلاعات، مبهم یا غیر قابل اطمینان باشد، برآوردها نیز به همان میزان غیر قابل اطمینان خواهند بود.

اصل ۵. هم‌زمان با برنامه‌ریزی، ریسک را هم در نظر بگیرید. اگر ریسک‌هایی تعیین کرده‌اید که تاثیر و احتمال آنها بالاست، برنامه‌ریزی برای حوادث محتمل ضروری است. به علاوه، برنامه‌ریزی پروژه (که شامل زمان‌بندی هم می‌شود) باید طوری تنظیم شود که احتمال یک یا چند مورد از این ریسک‌ها در آن دیده شده باشد.

اصل ۶. واقع‌بین باشید. مردم هر روز صد در صد کار نمی‌کنند. امکان وارد شدن نویز در ارتباطات انسانی همواره وجود دارد. جاافتادگی‌ها و ابهامات، حقایق زندگی‌اند. تغییر رخ خواهد داد. حتی بهترین مهندسان نرم‌افزار هم مرتکب اشتباه می‌شوند. این واقعیت‌ها و سایر واقعیت‌ها را به هنگام تعریف برنامه‌ریزی پروژه باید در نظر داشت.

اصل ۷. هنگام تعریف برنامه‌ریزی، گرانولیته (granulity) را تعیین کنید. منظور از گرانولیته، سطحی از جزئیات است که در برنامه‌ریزی پروژه به آن پرداخته می‌شود. در برنامه‌ریزی با گرانولیته‌ی بالا، جزئیات کاری چشمگیری ارائه می‌شود که روی بازه‌های زمانی نسبتاً کوتاه برنامه‌ریزی می‌شود (به‌طوری که امور پیگیری و کنترل را بتوان به‌وفور انجام داد). در برنامه‌ریزی با گرانولیته‌ی پایین، وظایف کاری گسترده تری تعیین می‌شوند که انجام آنها روی بازه‌های زمانی گسترده‌تر برنامه‌ریزی می‌شود. به‌طور کلی، با دور شدن خط زمانی پروژه از تاریخ فعلی، سطح گرانولیته از بالا به پایین تغییر می‌کند. طی چند ماه یا چند هفته بعدی، می‌توان پروژه را با جزئیات بیشتری برنامه‌ریزی کرد. فعالیت‌هایی که تا چند ماه بعد انجام نخواهند شد، نیازی به گرانولیته‌ی بالا ندارند (تغییرات بسیاری ممکن است رخ دهد).

مرجع وب

یک منبع عالی از اطلاعات مدیریت پروژه و برنامه‌ریزی را می‌توان در آدرس زیر یافت:

www.4pm.com/repository.htm

«موفقیت، بیشتر تابعی است از عقل سلیم تا نبوغ.»

آن وانگ

نکته‌ی کلیدی

اصطلاح *گرانولیته* به سطحی از جزئیات اطلاق می‌شود که عنصری از برنامه‌ریزی در آن ارائه یا اجرا می‌شود.

اصل ۸. تعیین کنید که چگونه می‌خواهید از کیفیت اطمینان یابید. برنامه‌ریزی شما باید مشخص کند که تیم نرم‌افزاری چگونه می‌خواهد از کیفیت محصول اطمینان حاصل کند. اگر قرار باشد بازبینی‌های فنی[1] انجام شود، باید آنها را زمان‌بندی کرد. اگر قرار است از برنامه‌نویسی جفتی (فصل ۳) استفاده شود، این امر باید به وضوح در برنامه‌ریزی ذکر شود.

اصل ۹. چگونگی انجام‌دادن تغییرات را شرح دهید. حتی بهترین برنامه‌ریزی نیز ممکن است با تغییرات کنترل‌نشده، اعتبار خود را از دست بدهد. باید مشخص کنید که تغییرات را چگونه می‌توان با پیشرفت کار مهندسی نرم‌افزار انجام داد. برای مثال، آیا مشتری هر زمان درخواست تغییر دارد؟ اگر تغییری درخواست شود، آیا تیم ناگزیر از پیاده‌سازی فوری آن است؟ تاثیر و هزینه‌ی تغییر را چگونه باید ارزیابی کرد؟

اصل ۱۰. برنامه‌ریزی را به‌وفور پیگیری کنید و در صورت نیاز، تنظیماتی به عمل آورید. پروژه‌های نرم‌افزاری گاهی از زمان‌بندی عقب می‌افتند. بنابراین، پیگیری روزانه‌ی پیشرفت پروژه، جستجو به‌دنبال نواحی مشکل آفرین و شرایطی که در آن کارهای زمان‌بندی شده با کار انجام شده همخوانی ندارد، منطقی به‌نظر می‌رسد. در صورت هرگونه لغزش، طرح را باید به فراخور، تنظیم کرد.

برای این که برنامه‌ریزی بیشترین تاثیر را داشته باشد، همه‌ی اعضای تیم باید در فعالیت برنامه‌ریزی شرکت کنند.

۴-۳-۳ اصول مدل‌سازی

ما مدل‌ها را برای درک بهتر یک موجودیت واقعی که قرار است ساخته شود، ایجاد می‌کنیم. هنگامی که این موجودیت یک چیز فیزیکی باشد (مثلاً ساختمان، کارخانه یا ماشین)، می‌توانیم ماکتی بسازیم که از نظر شکل و فرم با آن یکسان باشد، ولی در مقیاسی کوچکتر. ولی، هنگامی که موجودیت ساختنی مورد نظر، نرم‌افزار باشد، مدل ما شکل متفاوتی به خود خواهد گرفت. این مدل باید قادر به نمایش اطلاعاتی که نرم‌افزار تبدیل می‌کند، معماری و عملکردهایی که رخ دادن این تبدیل را میسر می‌سازند، ویژگی‌های مطلوب کاربران و رفتار سیستم در زمان رخ دادن تبدیل، باشد. مدل‌ها باید این اهداف را در سطوح متفاوتی از انتزاع برآورده سازند- ابتدا نرم‌افزار را از دیدگاه مشتری به تصویر می‌کشد و سپس آن را در سطحی فنی‌تر به نمایش می‌گذارد.

در کار مهندسی نرم‌افزار، دو نوع مدل ایجاد می‌شود: مدل‌های خواسته‌ها و مدل‌های طراحی. مدل‌های خواسته‌ها (که مدل *تحلیل* نیز نام دارند) خواسته‌های مشتری را با تصویرکردن نرم‌افزار در سه دامنه متفاوت به نمایش می‌گذارند: دامنه‌ی اطلاعاتی، دامنه عملیاتی و دامنه رفتاری. مدل‌های طراحی، نشان‌گر خصوصیاتی از نرم‌افزارند که به نرم‌افزار نویس کمک می‌کنند تا آن را بهتر بسازد: معماری، واسط کاربر و جزئیات در سطح مؤلفه‌ها.

اسکات امبلر و ران جفریز [Amb02b] در کتاب خود که به مدل‌سازی چابک مربوط می‌شود، مجموعه‌ای از اصول مدل‌سازی[2] را تعیین می‌کنند که برای استفاده کنندگان از مدل فرایند چابک

نکته‌ی کلیدی

مدل خواسته‌ها، خواسته‌های مشتری را به نمایش می‌گذارد. مدل طراحی، یک سری مشخصات معین برای ساخت نرم‌افزار ارائه می‌دهد.

[1] بازبینی فنی موضوع فصل ۱۵ است.

[2] اصول ذکرشده در این فصل برای اهدافی که در این کتاب دنبال می‌شوند، خلاصه و دوباره بیان شده‌اند.

(فصل ۳) نوشته‌اند. ولی برای همه‌ی مهندسان نرم‌افزاری که وظایف و کنش‌های مدل‌سازی را انجام می‌دهند، مناسب هستند.

اصل ۱. هدف اصلی تیم نرم‌افزاری ساخت نرم‌افزار است نه ایجاد مدل. چابکی به معنای رساندن نرم‌افزار به مشتری در سریع‌ترین زمان ممکن است. مدل‌هایی که به رخ دادن این اتفاق کمک می‌کنند، ارزش ایجاد را دارند، ولی از مدل‌هایی که فرایند را کند کنند یا سود چندانی نداشته باشند، باید پرهیز شود.

اصل ۲. سبک‌بار سفر کنید- مدل‌هایی بیش از نیاز خود ایجاد نکنید. هر مدلی که ایجاد می‌شود باید با رخ دادن تغییرات، بهنگام‌سازی شود. مهمتر اینکه ایجاد هر مدل جدیدی زمان می‌برد که در غیر این صورت می‌توان آن را صرف مرحله‌ی ساخت (کدنویسی و آزمون) کرد. بنابراین، فقط مدل‌هایی را ایجاد کنید که ساخت نرم‌افزار را سریع‌تر و آسان‌تر سازند.

اصل ۳. بکوشید ساده‌ترین مدلی را بسازید که مسأله یا نرم‌افزار را توصیف کند. نرم‌افزار را بزرگتر از حد لازم نسازید [Amb02b]. با ساده نگه داشتن مدل‌ها، نرم‌افزار حاصل نیز ساده خواهد بود. نتیجه، نرم‌افزاری خواهد بود که انسجام بخشیدن، آزمودن و نگهداری (تغییر دادن) آن آسان‌تر است. به علاوه درک و نقد مدل‌های ساده برای اعضای تیم راحت‌تر است و حاصل کار شکل مداومی از بازخورد است که نتیجه‌ی نهایی را بهینه می‌کند.

اصل ۴. مدل‌ها را طوری بسازید که قابل تغییر باشد. فرض کنید که مدل‌های شما تغییر می‌کند، ولی اجازه ندهید که این فرض به بی نظمی شما منجر گردد. برای مثال، چون خواسته‌ها تغییر می‌کنند، معمولاً توجه چندانی به مدل خواسته‌ها نمی‌شود. چرا؟ چون می‌دانید که در هر حال تغییر خواهند کرد. مشکل این نگرش آن است که بدون یک مدل کامل از خواسته‌ها، مدل طراحی که ایجاد می‌کنید، ناگزیر فاقد یک سری قابلیت‌ها و ویژگی‌ها خواهد بود.

اصل ۵. توانایی بیان صریح هدف هر مدل ایجاد شده را داشته باشید. هر بار که مدلی را ایجاد می‌کنید از خود بپرسید چرا چنین می‌کنید. اگر نمی‌توانید توجیه قانع‌کننده‌ای برای وجود مدل ارائه کنید، وقتی صرف آن نکنید.

اصل ۶. مدل‌هایی را که توسعه می‌دهید بر سیستم مورد نظر مطابقت دهید. ممکن است برای مطابقت دادن مدل بر برنامه‌ی کاربردی به نمادگذاری یا قواعدی نیاز باشد؛ برای مثال، یک بازی کامپیوتری ممکن است به تکنیک مدل‌سازی متفاوت با یک نرم‌افزار تعبیه‌شده‌ی بی‌درنگ (که موتور خودروها را کنترل می‌کند) نیاز داشته باشد.

اصل ۷. سعی کنید مدل‌های مفید بسازید، ولی ساخت مدل‌های کامل را فراموش کنید. هنگام ساخت مدل خواسته‌ها و طراحی، مهندس نرم‌افزار به نقطه‌ای می‌رسد که دیگر ادامه‌ی کار فایده‌ای ندارد. یعنی، رسیدن به مدلی کامل و با سازگاری درونی، به تلاشی نیاز دارد که به مزایای آن نمی‌ارزد. شاید تصور کنید منظور این است که مدل‌سازی باید ناقص و با کیفیت پایین باشد؟ خیر، مدل‌سازی باید با در نظر داشتن مراحل بعدی مهندسی نرم‌افزار انجام شود. تکرار بی پایان برای رسیدن به مدلی «کامل» کمکی به چابکی نمی‌کند.

اصل ۸. در مورد قالب و نحو مدل، تعصب به خرج ندهید. اگر در انتقال مفاهیم موفق است، نمایش در مرحله‌ی دوم اهمیت قرار دارد. گرچه همه‌ی اعضای تیم نرم‌افزاری باید بکوشند تا

آندرو

هدف و مقصود هر مدل، انتقال اطلاعات است. برای رسیدن به این هدف، از قالبی سازگار استفاده کنید. فرض کنید که شما برای توضیح دادن مدل حضور ندارید. پس آن را طوری بسازید که به حضور شما نیاز نداشته باشد.

هنگام مدل‌سازی از نمادگذاری سازگار استفاده کنند. مهمترین خصلت مدل، به اشتراک گذاشتن اطلاعاتی است که وظیفه‌ی بعدی مهندسی نرم‌افزار را میسر سازد. اگر مدلی این منظور را برآورده سازد، ممکن است نحو نادرست قابل گذشت باشد.

اصل ۹. اگر غریزه شما می‌گوید مدلی درست نیست، هرچند که روی کاغذ درست به‌نظر می‌رسد، احتمالاً دلیلی برای این نگرانی دارید. اگر یک مهندس نرم‌افزار مجرب هستید، به غریزه خودتان اطمینان کنید. از کار نرم‌افزار درس‌های زیادی می‌توان فرا گرفت- که برخی از آنها در سطحی از ناخود آگاهی رخ می‌دهد. اگر چیزی به شما بگوید که یک مدل طراحی محکوم به شکست است (هر چند که دلیلی برای اثبات آن نداشته باشید) وقت بیشتری صرف بررسی مدل یا توسعه‌ی یک مدل دیگر کنید.

اصل ۱۰. به محض این که توانستید، بازخورد بگیرید. هر مدلی باید مورد بازبینی اعضای تیم نرم‌افزاری قرار گیرد. هدف از این بازبینی‌ها دریافت بازخوردی است که می‌توان آن را در تصحیح مدل‌های نادرست، تغییر دادن سوء تعبیرها و افزودن ویژگی‌ها یا قابلیت‌هایی به برنامه‌ی کاربردی که سهواً حذف شده‌اند یا جا افتاده‌اند، به‌کار گرفت.

اصول مدل‌سازی ساخته‌ها. طی سه دهه اخیر، تعداد زیادی از روش‌های مدل‌سازی خواسته‌ها توسعه داده شده است. پژوهشگران، مسائل تحلیل خواسته‌ها و علل آنها را شناسایی کرده اند و انواع نمادگذاری‌های مدل‌سازی و مجموعه‌های ابتکاری را برای غلبه بر این مشکلات توسعه داده‌اند. هر روش تحلیلی دارای دیدگاهی منحصر به فرد است. ولی، همه‌ی روش‌های تحلیل با مجموعه‌ای از اصول عملیاتی با هم مرتبط هستند.

اصل ۱. دامنه‌ی اطلاعاتی یک مسأله باید نمایش داده و درک شود. دامنه‌ی اطلاعاتی شامل داده‌هایی که به درون سیستم جریان می‌یابند (از کاربران نهایی، سیستم‌های دیگر، یا دستگاه‌های خارجی)، داده‌هایی که به خارج سیستم جریان می‌یابند (از طریق واسط کاربر، واسطهای شبکه، گزارش‌ها، تصاویر گرافیکی و سایر ابزارها) و داده‌های ذخیره شده‌ای می‌شود که اشیای داده ماندگار (یعنی داده‌هایی که به نگهداری دائم نیاز دارند) را جمع‌آوری می‌کنند.

اصل ۲. عملکردهای نرم‌افزار باید تعریف شوند. قابلیت‌های نرم‌افزارند که بهره مستقیم را به کاربران نهایی می‌رسانند و همچنین برای ویژگی‌های قابل رؤیت برای کاربران، پشتیبانی داخلی فراهم می‌سازند. برخی از عملکردها، داده‌های جریان یافته به درون سیستم را تبدیل می‌کنند. در موارد دیگر، این قابلیت‌ها بر سطحی از کنترل روی پردازش داخلی نرم‌افزار یا عناصر سیستم خارجی تأثیر می‌گذارند. عملکردها را در سطوح متفاوتی از انتزاع می‌توان توصیف کرد، که از بیان عمومی هدف تا توصیف مفصل عناصر پردازشی را در بر می‌گیرد.

اصل ۳. رفتار نرم‌افزار (به‌عنوان نتیجه‌ای از رویدادهای خارجی) باید نمایش داده شود. رفتار نرم‌افزارهای کامپیوتری را تعامل آن با محیط خارجی تعیین می‌کند. ورودی فراهم شده توسط کاربران نهایی، داده‌های کنترلی فراهم شده توسط یک سیستم خارجی یا داده‌های پایشی جمع آوری شده روی یک شبکه، همگی باعث می‌شوند که نرم‌افزار به‌شیوه‌ای خاص رفتار کند.

اصل ۴. مدل‌هایی که اطلاعات، قابلیت‌ها و رفتارها را تصویر می‌کنند باید به‌شیوه‌ای تقسیم‌بندی شوند که جزئیات را به گونه‌ای لایه‌ای (یا سلسله مراتبی) نمایش دهند. مدل‌سازی

نکته‌ی کلیدی

در مدل‌سازی تحلیل، سه ویژگی نرم‌افزار مورد توجه قرار می‌گیرد: اطلاعاتی که باید پردازش شوند، قابلیت‌هایی که باید تحویل شوند و رفتاری که باید به نمایش گذارده شود.

خواسته‌ها، نخستین گام حل مسأله در مهندسی نرم‌افزار به‌شمار می‌رود. به کمک آن می‌توانید مسأله را بهتر درک کنید و مبنایی برای راهکار (طراحی) پایه گذاری کنید. به‌طور کلی، مسائل پیچیده را به دشواری می‌توان حل کرد. به همین دلیل، باید از راهبرد تقسیم و حل استفاده کنید. یک مسأله بزرگ و پیچیده آنقدر به مسائل فرعی تقسیم می‌شود تا اینکه هر کدام از این مسائل فرعی را بتوان به مسائل فرعی تقسیم کرد تا هر مسأله فرعی را به آسانی بتوان درک کرد. این مفهوم را *افراز* یا جداسازی دغدغه‌ها می‌نامند که راهبردی کلیدی در مدل‌سازی خواسته‌هاست.

اصل ۵. وظیفه‌ی تحلیل باید از اطلاعات ضروری به سمت جزئیات پیاده‌سازی حرکت کند. مدل‌سازی خواسته‌ها با توصیف مسأله از دیدگاه کاربر نهایی آغاز می‌شود. «جوهره‌ی» مسأله بدون در نظر گرفتن چگونگی پیاده‌سازی راهکار توصیف می‌شود. برای مثال، یک بازی کامپیوتری، بازیکن را ملزم می‌سازد که در حرکت‌کردن در داخل یک هزار توی خطرناک، شخصیت بازی را در جهتی «راهنمایی» کند. این جوهره‌ی مسأله است. جزئیات پیاده‌سازی (که معمولاً به صورت بخشی از مدل طراحی توصیف می‌شود) مشخص می‌سازد که این جوهره چگونه پیاده‌سازی خواهد شد. برای این بازی کامپیوتری، ممکن است از ورودی صوتی استفاده شود. به طریق دیگر، ممکن است فرمانی از صفحه کلید وارد شود، یک دسته‌ی بازی (یا ماوس) در جهتی مشخص حرکت داده شود، یا یک دستگاه حساس به حرکت در هوا به اهتزاز در آید.

مهندسی نرم‌افزار با بکارگیری این اصول، رویکردی سیستماتیک به مسائل خواهد داشت، ولی این اصول را چگونه در عمل می‌توان به‌کار گرفت؟ پاسخ این پرسش در فصل‌های ۵ تا ۷ داده خواهد شد.

اصول مدل‌سازی طراحی. مدل طراحی نرم‌افزار مشابه با طرح‌های معماری برای خانه است. مدل با به نمایش گذاشتن کلیت چیزی که قرار است ساخته شود، آغاز می‌شود (مثلاً ماکتی سه بعدی از خانه) و به آهستگی آن را پالایش می‌کند تا راهنمایی برای تعیین هر کدام از جزئیات فراهم آید (مثلاً در طرح لوله کشی). به‌طور مشابه، مدل طراحی ایجاد شده برای نرم‌افزار، نماهای متفاوتی از سیستم را فراهم می‌آورد.

برای به‌دست آوردن عناصر گوناگون یک طراحی نرم‌افزاری، روش‌های متعددی وجود دارد. برخی از این روش‌ها، داده‌محورند، به این معنی که ساختمان داده‌هاست که معماری برنامه و مؤلفه‌های پردازشی حاصل را تعیین می‌کند. عده‌ای دیگر، الگو محورند، یعنی برای توسعه سبک‌های معماری و الگوهای پردازشی از اطلاعات مربوط به دامنه‌ی مسأله (مدل خواسته‌ها) استفاده می‌کنند. عده‌ای هم شیءگرایند و از اشیای دامنه‌ی مسأله به‌عنوان محرکه‌ای برای ایجاد ساختمان داده‌ها و متدهای دستکاری آنها استفاده می‌کنند. با این وجود، همه‌ی این روش‌ها مجموعه‌ای از اصول طراحی را شامل می‌شوند که برای هر نوع از این روش‌ها قابل استفاده‌اند:

اصل ۱. طراحی باید تا مدل خواسته‌ها قابل ردگیری باشد. مدل خواسته‌ها، دامنه‌ی اطلاعاتی مسأله، عملکردهای قابل رؤیت کاربر، رفتار سیستم و مجموعه‌ای از کلاس‌های خواسته‌ها را توصیف می‌کند که اشیای تجاری را با متدهای عمل کننده روی آنها بسته‌بندی می‌کنند. مدل طراحی، این اطلاعات را به یک معماری (مجموعه‌ای از سیستم‌های فرعی که قابلیت‌های اصلی را پیاده‌سازی می‌کنند و مجموعه‌ای از مؤلفه‌ها که تحقق کلاس‌های خواسته‌ها هستند) ترجمه می‌کند. عناصر مدل طراحی باید تا مدل خواسته‌ها قابل ردگیری باشند.

> «نخستین مشکل مهندس در هر طراحی، کشف مسأله واقعی است.»
>
> ناشناس

> «نخست ببینید که آیا طراحی عاقلانه و درست هست و سپس با عزم و اراده آن را دنبال کنید؛ با یک ضربه از آنچه که اراده کرده‌اید، عقب ننشینید.»
>
> ویلیام شکسپیر

اصل ۲. همواره معماری سیستمی را که قرار است ساخته شود، در نظر داشته باشید. معماری نرم‌افزار (فصل ۹) اسکلت سیستمی است که قرار است ساخته شود. بر واسط‌ها، ساختمان داده‌ها، جریان کنترل برنامه و رفتار، شیوه‌ی انجام آزمون‌ها، قابلیت نگهداری سیستم حاصل و بسیاری موارد دیگر تأثیر می‌گذارد. به همه‌ی دلایلی که گفته شد، طراحی باید با ملاحظات معماری آغاز گردد. تنها پس از اینکه معماری تعیین شد، مسائل مربوط به مؤلفه‌ها را باید در نظر گرفت.

اصل ۳. طراحی داده‌ها به اندازه‌ی طراحی عملکردها اهمیت دارد. طراحی داده‌ها عنصر اساسی در طراحی معماری به‌شمار می‌رود. شیوه‌ی تحقق بخشیدن به اشیای داده در یک طراحی را نباید به بخت و اقبال واگذار کرد. طراحی‌ای که داده‌ها در آن به خوبی ساختاردهی شده باشند به ساده‌سازی جریان برنامه‌ها کمک می‌کند، طراحی و پیاده‌سازی مؤلفه‌های نرم‌افزار را ساده‌تر می‌کند و در کل، پردازش را اثربخش‌تر می‌سازد.

اصل ۴. واسط‌ها (چه درونی و چه بیرونی) باید با احتیاط طراحی شوند. شیوه‌ی جریان یافتن داده‌ها میان مؤلفه‌های یک سیستم ارتباط زیادی با کارایی پردازش، انتشار خطا و سادگی طراحی دارد. واسطی با طراحی خوب، کار انسجام‌دهی را آسان‌تر می‌کند و آزمون‌گر را در امر اعتبارسنجی عملکردهای یک مؤلفه یاری می‌دهد.

اصل ۵. طراحی واسط کاربر باید مطابق با نیازهای کاربر نهایی تنظیم گردد، ولی در هر مورد، باید برسهولت کاربرد نیز تاکید ورزیده شود. واسط کاربر نمود آشکار نرم‌افزار است. یک نرم‌افزار هر قدر هم که دارای عملکردهای درونی پیچیده باشد، هر قدر هم که ساختمان داده‌ها در آن فراگیر باشد، هر قدر که معماری آن از طراحی خوبی برخوردار باشد، اگر طراحی واسط آن ضعیف باشد، غالباً برداشت می‌شود که نرم‌افزار بد است.

اصل ۶. طراحی در سطح مؤلفه‌ها باید مستقل از عملکرد باشد. استقلال عملیاتی، میزانی از «یکپارچگی فکری» در یک مؤلفه نرم‌افزاری است. عملکردی که مؤلفه ارائه می‌دهد، باید یکپارچه باشد – یعنی باید یک و تنها یک عملکرد را کانون توجه قرار دهد.[1]

اصل ۷. مؤلفه‌ها باید با یکدیگر و با محیط خارجی ارتباطی سست داشته باشند. ارتباط به‌شیوه‌های گوناگون قابل حصول است– از طریق واسط مؤلفه‌ها، با پیام‌رسانی و از طریق داده‌های سرتاسری. با افزایش سطح ارتباط، احتمال انتشار خطا نیز بالا می‌رود و از قابلیت نگهداری نرم‌افزار کاسته می‌شود. بنابراین، ارتباط میان مؤلفه‌ها باید در سطحی منطقی حفظ گردد.

اصل ۸. نمایش‌ها (مدل‌های) طراحی باید به آسانی قابل درک باشند. هدف از طراحی، انتقال دادن اطلاعات به کسانی است که کدها را می‌نویسند، به آنها که نرم‌افزار را آزمایش می‌کنند و به سایر کسانی است که ممکن است وظیفه‌ی نگهداری از نرم‌افزار را در آینده برعهده داشته باشند. اگر درک طراحی دشوار باشد، نمی‌تواند به‌عنوان یک رسانه‌ی ارتباطی اثربخش عمل کند.

اصل ۹. طراحی باید به صورت تکراری توسعه یابد. در هر دور از تکرار، طراحی باید بکوشد تا سادگی بیشتر شود. طراحی نیز نظیر تقریباً هر فعالیت خلاقانه دیگر به‌صورت تکراری رخ می‌دهد. در اولین دورهای تکرار، طراحی پالایش و خطاها تصحیح می‌شود، ولی در دورهای نهایی تکرار، باید سعی شود که طراحی تا حد امکان ساده باشد.

[1] بحث بیشتر درباره یکپارچگی را در فصل ۸ می‌توانید بیابید.

مرجع وب

نظراتی مفید درباره فرایند طراحی همراه با بحث درباره زیبایی‌شناسی را می‌توان در مرجع زیر مشاهده کرد:
Cs.wwc.edu/~aabyan/Design/

> «اختلاف‌ها جزئی نیستند- چیزی شبیه به اختلاف میان موتسارت و سالیری. مطالعه پس از مطالعه نشان می‌دهد که بهترین طراحان، ساختارهایی ایجاد می‌کنند که سریع‌تر، واضح‌تر و ساده‌ترند و با تلاش کمتری ایجاد می‌شوند.»
>
> شریریک پی. بروکس

هنگامی که این اصول طراحی به‌طور مناسب به‌کار برده شوند، طراحی، هر دو نوع عوامل کیفیتی خارجی و داخلی را به نمایش می‌گذارد [Mye78]. *عوامل کیفیتی خارجی* به خواصی از نرم‌افزار گفته می‌شود که به راحتی توسط کاربران قابل مشاهده اند (مثل سرعت، قابلیت اطمینان، صحت و قابلیت استفاده). *عوامل کیفیتی داخلی*، نزد مهندسان نرم‌افزار اهمیت دارند. این عوامل از دیدگاهی فنی به طراحی با کیفیت بالا منجر می‌شوند. طراح برای دستیابی به عوامل کیفیتی داخلی باید مفاهیم طراحی پایه را درک کند (فصل ۸).

۴-۳-۴ اصول ساخت

فعالیت ساخت شامل مجموعه‌ای از وظایف کدنویسی و آزمایش می‌شود که نتیجه‌ی آن، نرم‌افزاری عملیاتی و آماده تحویل به مشتری یا کاربر نهایی است. در مهندسی نرم‌افزار مدرن، کدنویسی می‌تواند: (۱) ایجاد مستقیم کد منبع در زبان برنامه‌نویسی (مثلاً جاوا) باشد، (۲) تولید خودکار کد منبع با استفاده از یک نمایش شبه طراحی از مؤلفه‌ای باشد که قرار است ساخته باشد یا (۳) تولید خودکار کد قابل اجرا با استفاده از یک زبان برنامه‌نویسی نسل چهارم (مانند Visual C++) باشد.

در مرحله‌ی آزمون، توجه به سیستم ابتدا در سطح مؤلفه‌ها رخ می‌دهد. این رویکرد را *آزمون واحدها* می‌نامند. سایر سطوح آزمون عبارتند از (۱) آزمون انسجام (که با ساخت سیستم اجرا می‌شود)، آزمون اعتبارسنجی که برآورده شدن خواسته‌ها در سیستم (یا نسخه‌ی نرم‌افزار) کامل شده را ارزیابی می‌کند و (۳) آزمون پذیرش که توسط مشتری و به‌عنوان تلاشی برای تمرین روی همه‌ی قابلیت‌ها و ویژگی‌های خواسته شده اجرا می‌شود. مجموعه مفاهیم و اصول بنیادی زیر در کدنویسی و آزمون کاربرد دارند:

اصول کدنویسی. اصول راهگشا در وظیفه‌ی کدنویسی، بستگی تنگاتنگی با سبک برنامه نویسی، زبان برنامه‌نویسی و شیوه‌ی برنامه‌نویسی مورد نظر دارند، اما چند اصل بنیادی در این زمینه قابل بیان است:

اصول آماده‌سازی: پیش از آنکه حتی یک خط برنامه بنویسید، اطمینان حاصل کنید که

- می‌دانید چه مسأله‌ای را قرار است حل کنید.
- اصول و مفاهیم طراحی پایه را می‌دانید.
- زبانی برای برنامه‌نویسی انتخاب کنید که نیازهای نرم‌افزار و محیطی را که قرار است در آن کار کند، برآورده سازد.
- محیطی برای برنامه‌نویسی انتخاب کنید که ابزارهای لازم برای آسان ترکردن کار را در اختیارتان قرار دهد.
- مجموعه‌ای از آزمون‌های پایه را ایجاد کنید که با کامل شدن کدنویسی مؤلفه بتوانید آنها را به‌کار ببرید.

اصول برنامه نویسی: با شروع به کدنویسی، اطمینان حاصل کنید که

- الگوریتم‌هایتان را با دنباله‌روی از برنامه‌سازی ساخت یافته، مقید کنید [Boh00].
- استفاده از برنامه‌نویسی جفتی را در نظر داشته باشید.

«من بیشتر عمرم را صرف نگاه‌کردن به کدهای دیگران کرده‌ام. گاهی یک قطعه جواهر واقعی پیدا می‌کنم، یک برنامه با ساختاری خوب که به سبکی سازگار نوشته شده است، طوری توسعه یافته است که هر مؤلفه‌ی آن ساده و منظم است و طوری طراحی شده است که محصول را می‌توان به راحتی تغییر داد.»

دیوید پارانز

- ساختمان داده‌هایی را انتخاب کنید که نیازهای طراحی را برآورده کند.
- معماری نرم‌افزار را بشناسید و واسط‌هایی سازگار با آن بسازید.
- منطق شرطی را تا حد امکان ساده نگه دارید.
- حلقه‌های تو در تو را به‌شیوه‌ای بنویسید که به آسانی قابل آزمون باشند.
- نام‌هایی با معنی برای متغیرها انتخاب کنید و از سایر استانداردهای کدنویسی محلی پیروی کنید.
- کدهایی بنویسید که خود مستندسازی شده باشند.
- یک چیدمان بصری ایجاد کنید (مثلاً با تو رفتگی و خطوط خالی) که به فهم کدهای شما کمک کند.

اصول اعتبارسنجی: پس از به پایان رساندن اولین دور کدنویسی، حتماً

- در صورت امکان، گشتی در میان کدها بزنید.
- آزمون واحدها را اجرا کنید و خطاهایی را که کشف می‌شوند، تصحیح نمایید.
- کدها را بازآرایی کنید.

درباره برنامه‌نویسی (کدنویسی) و اصول و مفاهیم آن بیش از هر مبحث دیگری در فرایند نرم‌افزار کتاب نوشته شده است. کتاب‌هایی در این مبحث شامل کارهای اولیه روی سبک برنامه‌نویسی [Ker78]، ساخت عملی نرم‌افزار [McC04]، اندیشه‌های ناب برنامه‌نویسی [Ben99]، هنر برنامه‌نویسی [Knu98]، مسائل عملی برنامه‌نویسی [Hun99] و بسیاری از موضوع‌های دیگر می‌شوند. بحث جامعی درباره این اصول و مفاهیم، از حوزه‌ی این کتاب خارج است. در صورت تمایل می‌توانید به منابع ذکرشده رجوع کنید.

اصول آزمون. گلن مایرز در کتابی که برای آزمون نرم‌افزار نوشته است [Mye79] چند قاعده را بیان می‌کند که می‌توان آنها را به خوبی به‌عنوان اهداف آزمون در نظر گرفت:

- آزمون، فرایند اجرای برنامه به قصد یافتن خطاهاست.
- یک مورد آزمون خوب باید خطاهای کشف نشده را با احتمال زیادی کشف کند.
- آزمون موفق، آزمونی است که خطای کشف نشده تاکنون را کشف کند.

این اهداف نشان‌گر تغییر دیدگاهی مهیج برای برخی نرم‌افزارنویسان است. آنها بر خلاف این دیدگاه رایج حرکت می‌کنند که «آزمون موفق، آزمونی است که در آن هیچ خطایی یافت نشود.» هدف شما طراحی آزمون‌هایی است که به صورت سیستماتیک انواع متفاوت خطاها را کشف کند و این وظیفه را در کمترین مقدار از زمان و کار به انجام رسانند.

اگر قرار باشد که آزمون با موفقیت به انجام رسد (مطابق با اهدافی که پیش از این بیان شد)، خطاهای موجود در نرم‌افزار را کشف خواهد کرد. به‌عنوان یک مزیت ثانویه، آزمون نشان می‌دهد که عملکردهای نرم‌افزار ظاهراً مطابق با مشخصات ذکر شده کار می‌کنند و به‌نظر می‌رسد که خواسته‌های رفتاری و کارایی برآورده شده‌اند. به علاوه، داده‌های جمع آوری شده به هنگام انجام آزمون، شاخص خوبی از قابلیت اطمینان نرم‌افزار و شاخصی از کیفیت نرم‌افزار در کل به‌دست می‌دهند. ولی آزمون نمی‌تواند نبودن خطاها و نقایص را نشان بدهد؛ فقط می‌تواند نشان دهد که خطاها و نقایص وجود دارند. هنگام اجرای آزمون‌ها همواره باید این جمله (نسبتاً غم انگیز) را به خاطر داشت.

اندرز

از توسعه یک برنامه ظریف و زیبا که مسأله‌ای اشتباهی را حل می‌کند، بپرهیزید. به اولین اصل آمادگی، توجهی خاص داشته باشید.

مرجع وب

گستره‌ی وسیعی از پیوندهای حاوی استانداردهای کدنویسی را می‌توانید در آدرس زیر بیابید:
www.literateprogramming.com/fpstyle.html

اهداف آزمون نرم‌افزار چیست؟

اندرز

در یک حیطه‌ی گسترده‌تر طراحی نرم‌افزار به خاطر بسپارید که با بذل توجه به معماری نرم‌افزار در مقیاس بزرگ شروع می‌کنید و در پایان با بذل توجه به مؤلفه‌ها، در مقیاس کوچک ادامه می‌دهید. برای آزمون، کافی است، این روند را معکوس کنید.

دیویس [Dav95b] مجموعه‌ای از اصول آزمون[1] را پیشنهاد می‌کند که برای استفاده در این کتاب قدری آنها را تغییر داده ایم:

اصل ۱. همه‌ی آزمون‌ها تا خواسته‌های مشتری قابل ردگیری باشند.[2] هدف از آزمون نرم‌افزار، کشف خطاهاست. پس اکثر تقایص شدید (از دیدگاه مشتری) آنهایی هستند که باعث می‌شوند برنامه نتواند خواسته‌ها را برآورده سازد.

اصل ۲. آزمون‌ها را باید مدت‌ها قبل از شروع آزمون برنامه‌ریزی کرد. برنامه‌ریزی آزمون‌ها (فصل ۱۷) را می‌توان به محض کامل شدن مدل خواسته‌ها آغاز کرد. تعریف جزئیات هر مورد آزمون را می‌توان به محض شکل گرفتن مدل طراحی آغاز کرد. بنابراین، همه‌ی آزمون‌ها را می‌توان قبل از تولید هرگونه کدی برنامه‌ریزی کرد.

اصل ۳. اصل پارتو در آزمون نرم‌افزار کاربرد دارد. در این حیطه، اصل پارتو بدان معناست که اثر ۸۰٪ از همه‌ی خطاهای کشف شده طی آزمون را احتمالاً در ۲۰٪ از کل مؤلفه‌های نرم‌افزار می‌توان پیدا کرد. بدیهی است که مشکل، جداکردن این مؤلفه‌های مظنون و آزمون کامل آنهاست.

اصل ۴. آزمون باید در مقیاس کوچک آغاز شود و به سمت مقیاس بزرگ پیش برود. نخستین آزمون‌های برنامه‌ریزی و اجرا شده عموماً مؤلفه‌های **منفرد** را کانون توجه قرار می‌دهند. با پیش رفتن آزمون، این کانون توجه به سمت تلاش برای یافتن خطاها در خوشه‌های منسجمی از مؤلفه‌ها و سرانجام در کل سیستم جابجا می‌شود.

اصل ۵. آزمون کامل امکان‌پذیر نیست. تعداد حالت‌های ممکن حتی برای یک برنامه با اندازه متوسط، به‌طور نمایی، بزرگ است. به همین دلیل، اجرای هر ترکیبی از مسیرها طی انجام آزمون‌ها غیر ممکن می‌شود، ولی این امکان وجود دارد که منطق برنامه به‌طور مناسب پوشش داده شود تا اطمینان حاصل شود که همه‌ی شرایط طراحی در سطح مؤلفه‌ها تمرین داده شده‌اند.

۴-۳-۵ اصول استقرار

چنان که پیش از این نیز در بخش اول کتاب گفته شد، فعالیت استقرار شامل سه کنش می‌شود: تحویل، پشتیبانی و بازخورد. چون مدل‌های فرایند نرم‌افزار مدرن، ماهیتی تکاملی یا افزایشی دارند، استقرار به‌یک‌باره رخ نمی‌دهد بلکه با حرکت نرم‌افزار به‌سوی تکامل، چند بار تکرار می‌شود. هر چرخه‌ی تحویل، یک نسخه‌ی عملیاتی از نرم‌افزار در اختیار مشتری و کاربران نهایی قرار می‌دهد که قابلیت‌ها و ویژگی‌های جدیدی فراهم می‌سازد. هر چرخه‌ی پشتیبانی، کمک انسانی و مستندسازی برای کلیه قابلیت‌ها و ویژگی‌های ارائه شده طی همه‌ی چرخه‌های استقرار تا آن زمان را فراهم می‌سازد. هر چرخه‌ی بازخورد، راهنمایی‌های مهمی را در اختیار تیم نرم‌افزاری قرار می‌دهد که به اصلاح قابلیت‌ها، ویژگی‌ها و رویکرد در نظر گرفته شده برای نسخه‌ی بعدی نرم‌افزار می‌انجامند.

[1] فقط زیرمجموعه کوچکی از اصول آزمایش دیویس در اینجا ذکر شده است. برای اطلاعات بیشتر، [Dav95b] را ببینید.

[2] این اصل به آزمون‌های عملیاتی اشاره دارد، یعنی آزمون‌هایی که بر خواسته‌ها تاکید دارند. آزمون‌های ساختاری (آزمون‌هایی که بر جزئیات معماری یا منطقی تاکید دارند) ممکن است خواسته‌های مشخصی را مستقیماً مورد توجه قرار ندهند.

تحویل یک نسخه از نرم‌افزار، نشان‌گر نقطه‌ی عطف مهمی برای هر پروژه‌ی نرم‌افزاری است. در همان حال که تیم آماده تحویل یک نسخه‌ی جدید می‌شود، چند اصل کلیدی را باید رعایت کند:

اصل ۱. انتظارات مشتری برای نرم‌افزار باید مدیریت شود. به‌وفور پیش می‌آید که انتظارات مشتری بیش از آن چیزی باشد که تیم قول آن را داده است و بلافاصله نارضایتی شروع می‌شود. این امر منجر به بازخوردی می‌شود که فاقد بهره است و باعث دلسردی تیم می‌شود. نائومی کارتن [Kar94] در کتاب خود که به مدیریت انتظارات مربوط می‌شود، چنین می‌گوید: «نقطه شروع برای انتظارات مشتری، وظیفه‌شناسی بیشتر درباره نحوه برقراری ارتباط و موضوع این ارتباط است.» او معتقد است که مهندس نرم‌افزار باید درباره ارسال پیام‌های متضاد (مثلاً قول تحویل بیش از آنچه که در بازه زمانی موجود امکان‌پذیر است یا تحویل بیش از آنچه که برای یک نسخه قول داده‌اید و تحویل کمتر از آنچه که برای نسخه‌ی دیگر قول داده اید) احتیاط کند.

اصل ۲. پکیج تحویل کامل باید مونتاژ و آزمایش شود. یک CD-ROM یا سایر رسانه‌ها (از جمله دانلودهای مبتنی بر وب) حاوی کلیه نرم‌افزارهای اجرایی، فایل‌های داده‌ای پشتیبان، مستندات پشتیبان و سایر اطلاعات مرتبط را باید در پکیج لحاظ کرد و با کاربران واقعی به‌طور کامل مورد آزمون بتا[1] قرار داد. همه‌ی اسکریپت‌های نصب و سایر ویژگی‌های عملیاتی را باید روی هر تعداد ممکن از پیکربندی‌های کامپیوتری متفاوت (یعنی سخت افزار، سیستم‌های عامل، دستگاه‌های جانبی، چیدمان شبکه) به‌طور کامل تمرین داد.

اصل ۳. پیش از تحویل نرم‌افزار، یک روال پشتیبانی باید مشخص کرد. وقتی پرسش یا مشکلی پیش می‌آید، کاربر نهایی انتظار پاسخ‌گویی و اطلاعات صحیح دارد. اگر پشتیبانی، تک‌منظوره باشد، یا بدتر از آن، اصلاً وجود نداشته باشد، مشتری بلافاصله ناراضی خواهد شد. پشتیبانی باید برنامه‌ریزی شود، مواد پشتیبانی باید آماده شود و سازو کارهایی مناسب برای حفظ سوابق باید وضع شود تا تیم نرم‌افزاری بتواند انواع پشتیبانی را مورد ارزیابی قرار دهد.

اصل ۴. مواد آموزشی مناسب باید برای کاربران نهایی تهیه شود. تیم‌های نرم‌افزاری، چیزی بیش از خود نرم‌افزار تحویل می‌دهند. کمک آموزشی‌های مناسب (در صورت نیاز) باید تهیه شود؛ دستورالعمل‌هایی برای اشکال‌زدایی باید ارائه شود و در صورت نیاز، جزوه‌ای باید منتشر شود تا شرح دهد که این نسخه از نرم‌افزار چه تفاوتی با نسخه‌های قبلی دارد.[2]

اصل ۵. نرم‌افزار مشکل‌دار ابتدا باید اصلاح و بعداً تحویل داده شود. برخی سازمان‌های نرم‌افزاری تحت فشار زمانی، نسخه‌هایی با کیفیت ضعیف تحویل می‌دهند با این هشدار که اشکال‌های موجود در نسخه‌ی بعدی نرم‌افزار برطرف خواهد شد. این اشتباه است. معروف است که می‌گویند: «مشتریان فراموش خواهند کرد که نرم‌افزاری با کیفیت بالا را چند روزی دیرتر تحویل داده‌اید، ولی هرگز مشکلات ناشی از یک محصول با کیفیت پایین را فراموش نخواهند کرد. این نرم‌افزار هر روز این مشکل را به‌یادشان خواهد آورد.»

آندرز

اطمینان حاصل کنید که مشتری شما می‌داند قبل از تحویل نسخه‌ی نرم‌افزار چه انتظاراتی باید داشته باشد. در غیر این صورت، شک نکنید که انتظاراتش بیش از آن چیزی خواهد بود که شما تحویل می‌دهید.

[1] beta test

[2] طی فعالیت برقراری ارتباط، تیم نرم‌افزاری باید تعیین کند که کاربر چه انواعی از مواد کمکی را لازم دارد.

نرم‌افزار تحویل‌شده برای کاربر نهایی مزیت به همراه دارد، ولی برای تیم نرم‌افزاری نیز بازخوردهای مفیدی به همراه خواهد داشت. با به‌کار گرفته شدن نسخه‌ی جدید نرم‌افزاری، کاربران نهایی باید به اظهار نظر درباره قابلیت‌ها و ویژگی‌ها، سهولت کاربرد، قابلیت اطمینان و هر خصوصیت دیگری که مناسب به‌نظر می‌رسد، تشویق گردند.

۴-۴ خلاصه

کار مهندسی نرم‌افزار شامل اصول، مفاهیم، روش‌ها و ابزارهایی می‌شود که مهندسان نرم‌افزار در سرتاسر فرایند مهندسی نرم‌افزار به‌کار می‌برند. هر پروژه‌ی مهندسی نرم‌افزار با پروژه‌ی دیگر تفاوت دارد. با این وجود، مجموعه‌ای از اصول کلی در یک فرایند به صورت یک کلیت و در انجام هر کدام از فعالیت‌های چارچوبی کاربرد دارند و این به نوع پروژه یا محصول بستگی ندارد.

مجموعه‌ای از اصول هسته‌ای به استفاده از یک فرایند نرم‌افزار و اجرای روش‌های اثربخش مهندسی نرم‌افزار کمک می‌کنند. در سطح فرایند، اصول هسته‌ای، بنیادی فلسفی فراهم می‌سازند که تیم نرم‌افزاری را در سرتاسر فرایند نرم‌افزار یاری می‌دهد. در سطح کاری، این اصول هسته‌ای مجموعه‌ای از ارزش‌ها و قواعد را مستقر می‌سازند که به‌عنوان راهنما، شما را در تحلیل مسأله، طراحی راهکار، پیاده‌سازی و آزمون راهکار و سرانجام، استقرار نرم‌افزار در جامعه‌ی کاربران یاری می‌دهند.

اصول ارتباطی، نیاز به کاهش نویز و بهبود بخشیدن به پهنای باند در مکالمه‌ی میان دست‌اندرکاران و مشتریان تأکید دارند. هر دو طرف باید برای رخ دادن بهترین ارتباطات، همکاری کنند.

اصول برنامه‌ریزی، دستورالعمل‌هایی برای تهیه‌ی بهترین نقشه راه برای ساخت سیستم یا محصول کامل فراهم می‌سازند. این برنامه‌ریزی و نقشه ممکن است تنها برای یک نسخه از نرم‌افزار طراحی شده باشد یا ممکن است برای کل پروژه تعریف شود. در هر حال، برنامه‌ریزی باید کار مورد نظر، کنندگان آن کار، و زمان به انجام رسیدن آن را در بر گیرد.

مدل‌سازی شامل هر دو فعالیت طراحی و تحلیل و توصیف نمایش‌هایی از نرم‌افزار می‌شود که پیوسته بر جزئیات آنها افزوده می‌شود. هدف از مدل‌سازی، تبلور شناخت شما از کاری که باید انجام شود و فراهم آوردن راهنمایی فنی برای آنهاست که نرم‌افزارها را پیاده‌سازی می‌کنند. اصول مدل‌سازی به‌عنوان مبنایی برای روش‌ها و نمادگذاری مورد استفاده در ایجاد نمایش‌هایی از نرم‌افزار عمل می‌کنند.

مرحله‌ی ساخت شامل یک چرخه‌ی کدنویسی و آزمون می‌شود که در آن کد منبع برای یک مؤلفه، ایجاد و آزموده می‌شود. اصول کدنویسی، کنش‌هایی کلی را تعریف می‌کنند که پیش از نوشته شدن کدها، در حال نوشته شدن آنها و پس از کامل شدن آنها رخ می‌دهند. گرچه اصول فراوانی برای آزمون وجود دارد، تنها یک اصل است که غالب است: آزمون، عبارت است از اجرای یک برنامه به قصد یافتن خطاها.

مرحله‌ی استقرار با ارائه شدن هر نسخه از نرم‌افزار به مشتری رخ می‌دهد و شامل تحویل، پشتیبانی و بازخورد می‌شود. در اصول کلیدی مربوط به تحویل نرم‌افزار، مدیریت انتظارات مشتری و فراهم ساختن اطلاعات پشتیبانی مناسب برای نرم‌افزار مد نظر بوده است. پشتیبانی مستلزم آمادگی قبلی است. بازخورد به مشتری این امکان را می‌دهد که تغییراتی با ارزش تجاری پیشنهاد کند و برای چرخه‌ی بعدی مهندسی نرم‌افزار، خوراک ورودی تأمین می‌کند.

مسائل و نکاتی برای تعمق

۴-۱ از آنجا که توجه به کیفیت، نیاز به صرف وقت و منابع دارد، آیا می‌توان چابک بود و در عین حال، بر کیفیت تأکید داشت؟

۴-۲ از هشت اصل هسته‌ای که راهنمای فرایند هستند (بخش ۱-۲-۴) به اعتقاد شما کدام یک بیشترین اهمیت را دارد؟

۴-۳ مفهوم جداسازی دغدغه‌ها را به زبان ساده شرح دهید.

۴-۴ یک اصل ارتباطی مهم می‌گوید «پیش از برقراری ارتباط، خود را آماده کنید.» این آمادگی چگونه باید در کارهای اولیه‌ای که انجام می‌دهید، نمود پیدا کند؟ به‌عنوان نتیجه‌ای از این آمادگی اولیه چه محصولات کاری نتیجه خواهد شد؟

۴-۵ روی موضوع «تسهیل» برای یک فعالیت ارتباطی قدری پژوهش کنید (از منابع ذکر شده یا هر منبع دیگر استفاده کنید) و مجموعه‌ای از دستورالعمل‌ها را تهیه کنید که صرفاً بر تسهیل تأکید دارند.

۴-۶ برقراری ارتباط چابک چه تفاوتی با برقراری ارتباط در مهندسی نرم‌افزار سنتی دارد؟ چه شباهتی با آن دارد؟

۴-۷ چرا «حرکت به جلو» ضروری است؟

۴-۸ روی «مذاکره» برای یک فعالیت ارتباطی قدری «پژوهش» کنید و مجموعه‌ای از دستورالعمل‌ها را تهیه کنید که صرفاً بر مذاکره تأکید دارند.

۴-۹ شرح دهید که گرانولیته در حیطه‌ی زمان‌بندی پروژه چه معنایی دارد.

۴-۱۰ چرا مدل‌ها در کار مهندسی نرم‌افزار اهمیت دارند؟ آیا همیشه به آنها نیاز است؟ آیا می‌توانید درباره پاسخی که در خصوص این نیاز داده‌اید، توضیح بیشتری بدهید؟

۴-۱۱ سه «دامنه‌ای» که باید طی مدل‌سازی خواسته‌ها به‌کار گرفت، کدام اند؟

۴-۱۲ بکوشید یک اصل دیگر به اصول بیان شده برای کدنویسی در بخش ۴-۳-۴ اضافه کنید.

۴-۱۳ آزمون موفق کدام است؟

۴-۱۴ برای مخالفت یا موافقت خود با این جمله، دلایلی ارائه دهید: «چون ما چند نسخه از نرم‌افزار را به مشتری ارائه می‌دهیم، چرا باید در همان نسخه‌های اولیه، دغدغه‌ی کیفیت را داشته باشیم- می‌توانیم مشکلات را در دورهای بعدی تکرار برطرف کنیم.»

۴-۱۵ چرا بازخورد برای تیم نرم‌افزاری اهمیت دارد؟

فصل ۵

شناخت خواسته‌ها

نگاهی گذرا

خواسته‌ها چیستند؟ پیش از شروع هر کار فنی، فکر خوبی است که یک مجموعه وظایف مهندسی برای خواسته‌ها تعیین کنید. این وظایف به درک اثر تجاری نرم‌افزار، آنچه که مشتری می‌خواهد و چگونگی تعامل کاربران نهایی با نرم‌افزار می‌انجامد.

چه می‌کند؟ مهندسان نرم‌افزار (که در دنیای IT گاه از آنها به‌عنوان مهندس سیستم یا «تحلیل‌گر» یاد می‌شود) و سایر طرف‌های ذی‌نفع در پروژه (مدیران، مشتریان و کاربران نهایی) همگی در مهندسی خواسته‌ها مشارکت دارند.

چرا اهمیت دارد؟ طراحی و ساخت یک برنامه کامپیوتری زیبا که مسأله‌ای نادرست را حل می‌کند، نیازی را از کسی برطرف نمی‌سازد. از همین رو، پیش از شروع به طراحی و ساخت یک سیستم کامپیوتری، درک و شناخت آنچه که مشتری می‌خواهد، اهمیت دارد.

مراحل کار کدام است؟ نخستین مرحله در مهندسی خواسته‌ها، مرحله‌ی *شروع* (inception) است-این وظیفه‌ی حوزه و ماهیت مسأله‌ای را که باید حل شود، تعیین می‌کند. در ادامه‌ی آن نوبت به وظیفه‌ی دیگری می‌رسد که *استخراج* (elicitation) نام دارد؛ این وظیفه به طرف‌های ذی‌نفع کمک می‌کند تا آنچه را که مورد نیاز است، تعریف کنند و سپس نوبت به *شناخت* (elaboration) می‌رسد- در این مرحله، خواسته‌ها پالایش و اصلاح می‌شود. آن هنگام که طرف‌های ذی‌نفع، مسأله را تعریف می‌کنند، مذاکره آغاز می‌شود- بر سر اینکه اولویت‌ها و ضروریات کدامند و چه هنگام مورد نیازند؟ سرانجام، مسأله به نحوی مشخص می‌گردد و سپس مرور و اعتبارسنجی می‌شود تا اطمینان حاصل شود که شناخت شما از مسأله و شناخت طرف‌های ذی‌نفع از مسأله با هم مطابقت دارد.

محصول کار چیست؟ هدف و مقصود از مهندسی خواسته‌ها، فراهم ساختن یک گزارش مکتوب از مسأله برای همه‌ی طرف‌هاست. این هدف از طریق چند محصول کاری قابل دستیابی است: سناریوهای کاربرد، فهرست ویژگی‌ها و عملکردها، مدل خواسته‌ها یا یک مشخصه.

چگونه اطمینان حاصل کنم که درست از عهده کار برآمده‌ام؟ محصولات کاری در مهندسی خواسته‌ها با طرف‌های ذی‌نفع مرور می‌شود تا اطمینان حاصل شود که آنچه شما فهمیده‌اید، واقعاً همان چیزی است که منظور آنها بوده است. و یک هشدار: حتی پس از توافق همه‌ی طرف‌ها، اوضاع تغییر می‌کند و این تغییرات در سرتاسر پروژه ادامه خواهد یافت.

شناخت خواسته‌های یک مسأله از جمله دشوارترین وظایفی است که مهندس نرم‌افزار با آن مواجه است. در نگاه نخست، شناخت خواسته‌ها کار چندان دشواری به‌نظر نمی‌رسد. هر چه که باشد، آیا مشتری نمی‌داند که چه می‌خواهد؟ آیا کاربران نهایی نباید درک خوبی از ویژگی‌ها و قابلیت‌های سیستم داشته باشند؟ شگفت اینکه در بسیاری موارد، پاسخ به این پرسش، منفی است. حتی اگر مشتریان و کاربران نهایی در بیان نیازهایشان صراحت داشته باشند، آن نیازها در سرتاسر پروژه تغییر خواهد کرد.

من در پیش گفتار کتابی از رالف بانگ [You01] درباره تعیین مؤثر خواسته‌ها چنین نوشتم:

> بدترین کابوس شما همین است. مشتری قدم به دفترتان می‌گذارد، می‌نشیند، مستقیم در چشم شما می‌نگرد و می‌گوید: «می‌دانم که فکر می‌کنید می‌فهمید چه گفتم، ولی چیزی که نمی‌فهمید همان است که گفتم، نه آن که منظورم بوده است.» این اتفاق در اواخر پروژه و زمانی که مهلت‌های پروژه به پایان رسیده است، اعتبار شغلی آدم‌ها مورد سؤال قرار گرفته است و پول زیادی خرج شده است، رخ می‌دهد.
>
> هر یک از ما که در تجارت نرم‌افزار و سیستم‌ها چند سالی را کار کرده باشد، با این کابوس زندگی کرده‌ایم و تازه تعدادی از ما هم یاد گرفته‌اند که آن را از خود دور کنند. ما تلاش می‌کنیم که خواسته‌ها را از مشتری بیرون بکشیم. در فهم اطلاعاتی که به‌دست می‌آوریم مشکل داریم. غالباً خواسته‌ها را به‌شیوه‌ای سازمان‌دهی نشده ثبت می‌کنیم و زمان بسیار اندکی را صرف وارسی آنچه ثبت شده است، می‌کنیم. به‌جای آنکه سازوکارهایی برای کنترل تغییرات وضع کنیم، اجازه می‌دهیم که تغییرات ما را کنترل کنند. به‌طور خلاصه، عاجزیم از اینکه بنیادی محکم برای سیستم یا نرم‌افزار برقرار سازیم. هر کدام از این مشکلات ایجاد چالش می‌کند و این مشکلات در کنار هم حتی مجرب‌ترین مدیران و دست‌اندرکاران را به وحشت می‌اندازد، ولی راهکارهایی هم وجود دارد.

منطقی است که استدلال کنیم تکنیک‌های بحث شده در این فصل، «راهکار» واقعی برای چالش‌های ذکر شده به‌شمار نمی‌روند، ولی رویکردی مناسب برای پرداختن به آنها فراهم می‌آورند.

۵-۱ مهندسی خواسته‌ها (Requirements Engineering)

طراحی و ساخت نرم‌افزارهای کامپیوتری کاری است چالش‌برانگیز، خلاقانه و در عین حال جالب. در واقع، ساخت نرم‌افزار چنان جذاب است که بسیاری از سازندگان پیش از آنکه به درستی بدانند چه چیزی مورد نیاز است، شروع به ساخت نرم‌افزار می‌کنند. استدلال آنها از این قرار است که: به موازات پیشرفت فرایند ساخت نرم‌افزار، خواسته‌ها معلوم می‌شود، طرف‌های ذی‌نفع تنها پس از بررسی و آزمون دوره‌های اولیه‌ی تکرار نرم‌افزار می‌توانند نیازهای خود را شناسایی کنند، اوضاع چنان سریع تغییر می‌کند که هر گونه تلاش در شناسایی مشروح خواسته‌ها اتلاف وقت است، هدف اصلی ساخت نرم‌افزاری است که کار کند و هر چیز دیگری در وهله دوم اهمیت قرار می‌گیرد. نکته فریبنده در خصوص این استدلال‌ها آن است که تنها عناصری از واقعیت در آنها وجود دارد.[1] ولی هر کدام از آنها دارای عیب و نقص است و می‌تواند باعث شکست پروژه‌ی نرم‌افزاری شود.

> «دشوارترین بخش در ساخت یک سیستم نرم‌افزاری، تصمیم‌گیری در این خصوص است که چه باید ساخته شود. هیچ بخش از کار نیست که اگر درست انجام نشود به این اندازه باعث وارد آمدن ضربه به سیستم شود. درست کردن هیچ بخش دیگری در آینده تا این حد دشوار نخواهد بود.»
>
> فرد بروکس

[1] این به‌ویژه برای پروژه‌های کوچک (کمتر از یک ماه) و نرم‌افزارهایی ساده و نسبتاً کوچک صادق است. با رشد اندازه و پیچیدگی نرم‌افزار، این استدلال‌ها به شکست می‌انجامد.

طیف گسترده‌ای از وظایف و فنونی که به شناخت خواسته‌ها می‌انجامد، *مهندسی خواسته‌ها* نامیده می‌شود. از دیدگاه فرایند نرم‌افزاری، مهندسی خواسته‌ها یک کنش اصلی در مهندسی نرم‌افزار به‌شمار می‌رود که طی فعالیت *برقراری ارتباط* آغاز می‌شود و تا فعالیت *مدل‌سازی* ادامه می‌یابد و در آن هم ادامه دارد. این کنش را باید بر نیازهای فرایند، پروژه، محصول و دست‌اندرکاران آن منطبق ساخت.

مهندسی خواسته‌ها پلی است به سوی طراحی و ساخت، ولی نقطه‌ی شروع این پل کجاست؟ می‌توان استدلال کرد که نقطه‌ی شروع آن درست جلوی پای طرف‌های ذی‌نفع (مدیران، مشتریان، کاربران نهایی) است، آنجا که نیازهای تجاری تعیین می‌شود، سناریوهای کاربری توصیف می‌شود، قابلیت‌ها و ویژگی‌های عملیاتی مشخص می‌شوند و قیدوبندهای پروژه شناسایی می‌شود. عده‌ای دیگر ممکن است پیشنهاد کنند که این کنش با یک تعریف سیستمی وسیع‌تر آغاز شود؛ آنجا که نرم‌افزار چیزی نیست جز مؤلفه‌ای از یک سیستم بزرگتر، ولی نقطه شروع هر چه که باشد، با طی‌کردن این پل است که می‌توانید پروژه را آغاز کنید و این امکان فراهم می‌شود که حیطه‌ی کاری را بررسی کنید؛ نیازهای خاصی که در طراحی و ساخت باید به آنها پرداخته شود؛ اولویت‌هایی که ترتیب به انجام رساندن کارها را مشخص می‌کنند؛ و اطلاعات، وظایف و رفتارهایی که تأثیری عمیق بر طراحی خواهند داشت.

مهندسی خواسته‌ها برای شناخت آنچه که مشتری می‌خواهد، تحلیل نیازها، امکان‌سنجی، مذاکره بر سر یک راهکار منطقی، تعیین مشخصات راهکار به‌طور واضح، اعتبارسنجی این مشخصات و مدیریت خواسته‌ها به موازاتی که به یک سیستم عملیاتی تبدیل می‌شوند، سازوکار مناسب را فراهم می‌آورد [Tha97]. این کنش شامل هفت وظیفه‌ی متمایز می‌شود: شروع، استخراج، شناخت، مذاکره، تعیین مشخصات، اعتبارسنجی و مدیریت. ذکر این نکته حائز اهمیت است که برخی از این وظایف به‌صورت موازی قابل انجام بوده بر نیازهای پروژه مطابقت داده می‌شوند.

شروع. یک پروژه‌ی نرم‌افزاری چگونه آغاز می‌شود؟ آیا رویدادی وجود دارد که به تنهایی کاتالیزوری برای ایجاد یک محصول یا سیستم کامپیوتری جدید می‌شود، یا اینکه نیازها به مرور زمان تکامل می‌یابند؟ پاسخ مشخصی بر این پرسش‌ها وجود ندارد. در برخی موارد، تنها چیزی که برای به جریان انداختن یک تلاش مهندسی نرم‌افزار مورد نیاز است، گفتگویی معمولی است، ولی به‌طور کلی، اکثر پروژه‌ها با تعیین یک نیاز تجاری یا یک بازار بالقوه جدید یا کشف یک سرویس جدید آغاز می‌شوند. ذی‌نفع‌ها، از جامعه‌ی تجاری (مثلاً مدیران تجاری، بازاریاب‌ها، مدیران تولید) برای ایده‌ی مورد نظر یک مورد تجاری تعریف می‌کنند، تلاش می‌کنند وسعت و عمق بازار را بیابند، یک امکان‌سنجی تقریبی انجام دهند و توصیفی کاری از دامنه‌ی پروژه ارائه دهند. همه‌ی این اطلاعات در معرض تغییرات قرار دارد، ولی برای شروع بحث و تبادل نظر با سازمان مهندسی نرم‌افزار کفایت می‌کند.[1]

در مرحله‌ی شروع[2]، شناختی پایه‌ای از مسأله، افرادی که خواهان راهکاری برای آن هستند، ماهیت راهکار مطلوب و اثربخشی ارتباطات مقدماتی و همکاری میان سایر طرف‌های ذی‌نفع و تیم نرم‌افزاری به‌دست می‌آید.

نکته‌ی کلیدی

مهندسی خواسته‌ها، بنیادی محکم برای طراحی و ساخت فراهم می‌سازد. نرم‌افزار حاصل بدون آن به احتمال زیاد نیازهای مشتری را برآورده نخواهد کرد.

اندرز

انتظار انجام قدری طراحی در کار خواسته‌ها و قدری کار خواسته‌ها در طراحی را داشته باشید.

> «بذر اکثر مصیبت‌های نرم‌افزاری معمولاً در سه ماه اول شروع پروژه پاشیده می‌شود.»
>
> کاپر جونز

[1] اگر یک سیستم کامپیوتری قرار باشد ساخته شود، بحث و تبادل نظر در حیطه‌ی فرایند مهندسی سیستم آغاز می‌شود. برای بحث مشروح درباره مهندسی سیستم، به وب‌سایت این کتاب رجوع کنید.

[2] به خاطر دارید که در فرایند یکپارچه (فصل ۲) یک «فاز شروع» فراگیرتر تعریف می‌شود که شامل همین وظایف دریافت، استخراج و جزئیات بحث شده در این فصل می‌شود.

استخراج. این مرحله به قدر کافی ساده به‌نظر می‌رسد–از مشتری، کاربران و سایرین بپرسیم که اهداف محصول یا سیستم کدامند، چه چیز باید انجام شود، سیستم یا محصول چگونه باید بر نیازهای تجاری مطابقت داشته باشند و سرانجام اینکه سیستم یا محصول قرار است چگونه مورد استفاده قرار گیرد، ولی این ساده نیست– بسیار هم دشوار است. کریستال و کانگ [Cri92] چند مورد از مشکلاتی را که در طول مرحله‌ی استخراج ممکن است پیش آید، شناسایی کرده‌اند:

- **مشکلات مربوط به حوزه‌ی پروژه.** مرزهای سیستم به‌خوبی مشخص نشده است یا مشتریان/کاربران، جزئیات فنی غیر ضروری را مشخص می‌کنند که ممکن است اهداف سیستم را بیشتر مبهم سازند تا اینکه باعث وضوح شوند.
- **مشکلات مربوط به درک پروژه.** مشتریان/کاربران به‌طور کامل مطمئن نیستند که چه چیزهایی مورد نیاز است، از قابلیت و محدودیت‌های محیط کامپیوتری خود شناخت ضعیفی دارند، درک کاملی از دامنه‌ی مسأله ندارند، در برقراری ارتباط با مهندس سیستم برای انتقال دادن نیازهای خود مشکل دارند، اطلاعاتی را که به‌نظر آنها بدیهی به‌نظر می‌رسد، حذف می‌کنند، خواسته‌هایی را مشخص می‌کنند که با نیازهای سایر کاربران/مشتریان تضاد دارد، یا خواسته‌هایی مبهم و ناپایدار را مطرح می‌کنند.
- **مشکلات مربوط به تغییرپذیری.** خواسته‌ها با گذشت زمان تغییر می‌کنند. برای کمک به غلبه بر این مشکلات، باید جمع‌آوری خواسته‌ها را به‌شیوه‌ای سازمان یافته به اجرا گذاشت.

چرا به‌دست آوردن شناختی واضح از آنچه که مشتری می‌خواهد، دشوار است؟

شناخت. اطلاعات به‌دست آمده از مشتری در طول مراحل دریافت و استخراج، بسط داده‌شده در مرحله‌ی شناخت، پالایش می‌یابد. آنچه در این وظیفه مورد توجه قرار می‌گیرد، توسعه‌ی مدلی پالایش یافته است (فصول ۷ و ۸) که جنبه‌های گوناگون عملکرد نرم‌افزار، رفتار و اطلاعات آن را مشخص سازد.

اندرز
شناخت، چیز خوبی است اما باید بدانید که چه هنگام آن را متوقف سازید. کلید آن هم توصیف مسأله است به‌گونه‌ای که پستری مستحکم برای طراحی پایه‌ریزی کنید. اگر ورای این نقطه کار کنید، در حال کار طراحی هستید.

نیروی محرکه‌ی جزئیات، ایجاد و پالایش سناریوهای کاربری است که چگونگی تعامل کاربر نهایی (و سایر کنش‌گران) با سیستم را توصیف می‌کند. هر سناریو به یک سری کلاس‌های تحلیل استخراج شده تجزیه می‌شود– موجودیت‌های دامنه‌ی تجاری که کاربر نهایی قادر به دیدن آنهاست. صفات هر کلاس تحلیل، تدوین و سرویس‌های[1] لازم برای هر کلاس تحلیل تعریف می‌شوند. روابط و همکاری‌های میان کلاس‌ها شناسایی می‌شود و انواع نمودارهای مکمل، ترسیم می‌شود.

اندرز
در یک مذاکره‌ی اثربخش، نه برنده و نه بازنده‌ای نباید وجود داشته باشد. برد باید با هر دو طرف باشد چون معامله‌ای پسندیده است که هر دو طرف در آن قادر به ادامه‌ی حیات باشند.

مذاکره. اینکه مشتریان و کاربران خواسته‌هایی داشته باشند که بر اساس محدودیت‌های موجود در منابع تجاری، برآورده کردن آنها امکان‌پذیر نباشد، پدیده‌ای عادی است. این هم نسبتاً عادی است که کاربران یا مشتریان متفاوت، خواسته‌هایی متضاد داشته باشند، با این استدلال که خواسته‌ی آنها برای نیازهای ویژه شرکت، ضروری است.

این تضادها را باید از طریق یک فرایند مذاکره به توافق برسانید. از مشتریان، کاربران و سایر طرف‌های ذی‌نفع خواسته می‌شود که نیازهای خود را رتبه‌بندی کنند و سپس تضادها و مغایرت‌ها را

[1] یک سرویس، داده‌های پنهان‌سازی شده در یک کلاس را دستکاری می‌کند. از واژه‌های عمل یا متد نیز استفاده می‌شود. اگر با مفاهیم شیءگرا آشنا نیستید، پیوست ۲ را ببینید.

اطلاعات

قالب تعیین مشخصات خواسته‌های نرم‌افزار

مشخصات خواسته‌های نرم‌افزار (SRS) سندی است که هنگامی ایجاد می‌شود که توصیفی مشروح از همه‌ی جنبه‌های نرم‌افزار مورد نظر فراهم شده باشد. لازم به ذکر است که همواره یک SRS رسمی نوشته نمی‌شود. در واقع، نمونه‌های فراوانی وجود دارد که در آنها، تلاش‌های به‌عمل‌آمده برای ایجاد یک SRS را بهتر است روی فعالیتی دیگر صرف کرد، ولی هنگامی که قرار است نرم‌افزار را یک طرف سوم بسازد، هنگامی که فقدان مشخصات باعث مشکلات تجاری جدی می‌شود، یا هنگامی که سیستمی بی اندازه پیچیده است یا اهمیت تجاری بسیار دارد، ایجاد SRS می‌تواند توجیه داشته باشد.

کارل ویگرز [Wie03] از شرکت Process Impact الگوی با ارزشی ابداع کرده است (قابل دسترس در **www.processimpact.com/process-assets/srs-template.doc**) که می‌تواند به‌عنوان دستورالعملی برای تهیه یک SRS کامل عمل کند.

فهرست محتویات

۵. سایر خواسته‌های غیر عملکردی

۵-۱ خواسته‌های کارایی

۵-۲ خواسته‌های ایمنی

۵-۳ خواسته‌های امنیتی

۵-۴ صفات کیفیت نرم‌افزار

۶. سایر خواسته‌ها

پیوست الف: واژگان

پیوست ب: مدل‌های تحلیل

پیوست پ: فهرست مشکلات

شرح مفصلی از هر کدام از مباحث SRS را می‌توانید با دانلود قالب SRS از آدرس ذکر شده در حاشیه صفحه قبل به‌دست آورید.

بر اساس اولویت‌ها مورد بحث قرار دهند. استفاده از یک روش مبتنی بر تکرار که خواسته‌ها را اولویت‌بندی می‌کند، هزینه و ریسک آنها را ارزیابی می‌نماید، تضادهای داخلی را برطرف می‌سازد، خواسته‌هایی را حذف و تعدادی از آنها را با هم تلفیق و/ یا اصلاح می‌کند، به‌طوری که همه‌ی طرف‌ها به میزانی از رضایت برسند.

تعیین مشخصات. در حیطه‌ی سیستم‌های کامپیوتری (و نرم‌افزار) واژه مشخصات برای افراد متفاوت، معنای متفاوت دارد. مشخصات می‌تواند یک مجموعه مستندات مکتوب، یک مجموعه مدل‌های گرافیکی، یک مدل ریاضی رسمی، مجموعه‌ای از سناریوهای کاربرد، یک نمونه‌ی اولیه یا هر ترکیبی از موارد ذکر شده باشد.

عده‌ای پیشنهاد می‌کنند که [Sam97] برای تعیین مشخصات باید یک «الگوی استاندارد» توسعه یابد و به‌کار گرفته شود، با این استدلال که به این ترتیب، خواسته‌ها به‌شیوه‌ای سازگارتر و بنابراین پایدارتر، ارائه خواهند شد. ولی، گاهی حفظ انعطاف‌پذیری به هنگام تعیین مشخصات ضروری است. برای یک سیستم بزرگ، مستندات مکتوب، تلفیق توصیف‌های زبان طبیعی و مدل‌های گرافیکی ممکن است بهترین روش باشد، ولی برای محصولات یا سیستم‌های کوچکتر که در محیط‌های فنی مشخص به‌کار گرفته می‌شوند، سناریوهای کاربردی می‌توانند کافی باشند.

نکته‌ی کلیدی

میزان رسمیت و قالب تعیین مشخصات بسته به اندازه و پیچیدگی نرم‌افزاری که قرار است ساخته شود، متغیر است.

اعتبارسنجی. محصولات کاری تولیدشده به‌عنوان نتیجه‌ای از مهندسی خواسته‌ها در مرحله‌ی اعتبارسنجی مورد ارزیابی کیفی قرار می‌گیرند. در اعتبارسنجی خواسته‌ها، مشخصات بررسی می‌شود[1] تا اطمینان حاصل شود که: همه‌ی خواسته‌های نرم‌افزار بدون هرگونه ابهام بیان شده‌اند؛ ناسازگاری‌ها، جاافتادگی‌ها و خطاها شناسایی و تصحیح شده‌اند و محصولات کاری از استانداردهای وضع‌شده برای فرایند، پروژه و محصول پیروی می‌کنند.

[1] به‌خاطر بسپارید که ماهیت مشخصات با هر پروژه‌ای تغییر خواهد کرد. « مشخصات» در برخی موارد، مجموعه‌ای از سناریوهای کاربری و قدری چیزهای دیگر است. در موارد دیگر، مشخص‌سازی ممکن است مستندی باشد حاوی سناریوها، مدل‌ها و توصیف‌های مکتوب.

سازوکار اصلی برای اعتبارسنجی خواسته‌ها عبارت از مرور فنی این خواسته‌هاست (فصل ۱۵). تیم مرور که خواسته‌ها را اعتبارسنجی می‌کند، شامل مهندسان نرم‌افزار، مشتریان، کاربران و سایر طرف‌های ذی‌نفعی می‌شود که مشخصات را بررسی می‌کنند و به‌دنبال خطاهایی در محتویات خواسته‌ها یا تعابیر آنها، نقاطی که ممکن است به توضیح نیاز داشته باشند، اطلاعات ناقص، ناسازگاری‌ها (مشکل بزرگی که هنگام کار با سیستم‌های بزرگ پیش می‌آید)، خواسته‌های متضاد، یا خواسته‌های غیرواقع‌بینانه (غیر قابل دستیابی) می‌گردند.

اندرز

یک دغدغه مهم طی اعتبارسنجی خواسته‌ها، سازگاری است. برای اینکه از بیان سازگار خواسته‌ها اطمینان پیدا کنید، از مدل تحلیل استفاده نمایید.

اطلاعات

چک‌لیست اعتبارسنجی خواسته‌ها

بررسی هر کدام از خواسته‌ها در مقابل مجموعه‌ای از پرسش‌های یک چک‌لیست، غالباً کار مفیدی است. زیر مجموعه کوچکی از این گونه پرسش‌ها در زیر داده شده است:

- آیا خواسته‌ها به وضوح بیان شده‌اند؟ آیا امکان سوء تعبیر از آنها وجود دارد؟
- آیا منبع خواسته (شخص، قانون یا مستند) معلوم است، آیا بیان نهایی خواسته با منبع مربوط چک شده است؟
- آیا خواسته دارای قیدوبندهای کمّی است؟
- کدام خواسته‌های دیگر با این خواسته در ارتباط هستند؟ آیا از طریق یک ماتریس مرجع متقاطع (cross-reference matrix) یا سازوکار دیگری به‌وضوح بیان شده‌اند؟
- آیا خواسته از هر گونه قیدوبند در دامنه‌ی سیستم عدول می‌کند؟
- آیا خواسته، آزمون‌پذیر است؟ اگر هست، آیا برای بررسی آن می‌توان آزمون‌هایی (که گاه ملاک‌های اعتبارسنجی نامیده می‌شوند) وضع کرد؟
- آیا خواسته تا هر مدل سیستمی‌ای که ایجاد شده است قابل ردگیری هست؟
- آیا خواسته تا اهداف محصول/ سیستم در کل قابل ردگیری هست؟
- آیا مشخصات از چنان ساختاری برخوردار هستند که به درک آسان، ارجاع آسان و تبدیل آسان به محصول کاری فنی‌تر منجر شوند؟
- آیا برای مشخصات، شاخصی ایجاد شده است؟
- آیا رابطه‌ی میان خواسته‌ها و کارایی، رفتار و خصوصیات عملیاتی به وضوح بیان شده است؟ کدام خواسته‌ها به صراحت بیان نشده‌اند؟

مدیریت خواسته‌ها. خواسته‌ها برای سیستم‌های کامپیوتری تغییر می‌کنند، و این گرایش به تغییر خواسته‌ها در سرتاسر حیات سیستم باقی می‌ماند. مدیریت خواسته‌ها عبارت از مجموعه‌ای از فعالیت‌هاست که تیم پروژه را در شناسایی، کنترل، پیگیری خواسته‌ها و تغییرات به‌عمل‌آمده در آنها در هر زمان از پیشرفت پروژه یاری می‌دهد[1]. بسیاری از این فعالیت‌ها همان تکنیک‌های مدیریت پیکربندی سیستم (SCM) هستند که در فصل ۲۲ بحث شده‌اند.

[1] مدیریت خواسته‌های رسمی تنها برای پروژه‌های بزرگی انجام می‌شود که صدها خواسته‌ی قابل شناسایی دارند. برای پروژه‌های کوچک، این کنش مهندسی خواسته تا حد چشمگیری کمتر رسمی است.

ابزارهای نرم‌افزاری

مهندسی خواسته‌ها

هدف: ابزارهای مهندسی نرم‌افزار به جمع‌آوری خواسته‌ها، مدل‌سازی خواسته‌ها، مدیریت خواسته‌ها و اعتبارسنجی خواسته‌ها کمک می‌کنند.

مکانیک: مکانیک این ابزارها متفاوت است. به‌طور کلی، ابزارهای مهندسی خواسته‌ها انواع مدل‌های گرافیکی (مانند UML) را می‌سازند که جنبه‌های اطلاعاتی، عملیاتی و رفتاری یک سیستم را به تصویر می‌کشند. این مدل‌ها مبنایی برای سایر فعالیت‌ها در فرایند نرم‌افزار فراهم می‌سازند.

ابزارهای نمونه

فهرست جامع (و بهنگام شده ای) از ابزارهای مهندسی خواسته‌ها را می‌توان در سایت منابع Volvere Requirements (در آدرس www.volvere.co.uk/tools.htm) مشاهده کرد. ابزارهای مدل‌سازی خواسته‌ها در فصل ۶ و ۷ بحث خواهند شد. ابزارهایی که در زیر ذکر شده‌اند بر مدیریت خواسته‌ها تأکید دارند.

Easy RM که توسط Cybernetic Intelligence GmbH (www.easy-rm.com) توسعه یافته است، یک واژه نامه مختص پروژه می‌سازد که حاوی توصیف مشروحی از خواسته‌ها و صفات آنهاست.

Rational Requisite Pro که توسط شرکت نرم‌افزاری Rational Software (www.360.ibm.com/software/awdtools/reqpro/) به کاربر امکان ساخت یک بانک اطلاعاتی از خواسته‌ها را می‌دهد؛ روابط میان خواسته‌ها را به نمایش در می‌آورد؛ و خواسته‌ها را سازمان‌دهی، اولویت‌بندی و ردیابی می‌کند.

ابزارهای مدیریت فراوان دیگری را می‌توان در سایت Volvere که پیش از این ذکر شد در آدرس زیر پیدا کرد:

www.jiludwig.com/Requirements-Management-Tools.html

۵-۲ تدارک مقدمات کار

در شرایط ایده‌آل، طرف‌های ذی‌نفع و مهندسان نرم‌افزار در یک تیم کار می‌کنند.[1] در این گونه موارد، مهندسی خواسته‌ها صرفاً انجام مکالمات با معنی با همکارانی است که اعضای شناخته شده‌ای از تیم هستند، ولی واقعیت چیز دیگری است.

مشتری(ها) یا کاربران نهایی ممکن است در شهر یا کشوری دیگر باشند، ممکن است از آنچه که مورد نیاز است فقط تصویری مبهم در ذهن داشته باشند، ممکن است درباره سیستمی که قرار است ساخته شود، آرای متناقض داشته باشند، ممکن است دانش فنی محدودی داشته باشند و ممکن است زمان چندانی برای تعامل با مهندس خواسته‌ها نداشته باشند. هیچ یک از این موارد، مطلوب نیست، ولی همه‌ی آنها کاملاً رایج هستند و شما غالباً ناگزیر از کار در قیدوبندهای ناشی از این شرایط هستید.

[1] این روش قویاً برای پروژه‌هایی توصیه می‌شود که فلسفه توسعه‌ی چابک برای آنها برگزیده می‌شود.

در بخش‌هایی که به‌دنبال خواهد آمد، مراحل مورد نیاز برای تدارک مقدمات شناخت خواسته‌های نرم‌افزار را مورد بحث قرار خواهیم داد- تا پروژه به‌شیوه‌ای آغاز گردد که برای رسیدن به راهکاری موفق حرکت خود را آغاز کند.

۵-۲-۱ شناسایی طرف‌های ذی‌نفع

سامرویل و سایر [Sam97]، ذی‌نفع را به‌عنوان «هر کسی که به‌طور مستقیم یا غیر مستقیم از سیستم در حال توسعه بهره مند خواهد شد» تعریف می‌کنند. من قبلاً به این موارد اشاره کرده‌ام: مدیران عملیات تجاری، مدیران تولید، بازاریاب‌ها، مشتریان داخلی و خارجی و کاربران نهایی، مشاوران، مهندسان تولید، مهندسان نرم‌افزار، مهندسان پشتیبانی و نگهداری و سایران. هر کدام از این طرف‌های ذی‌نفع، از زاویه‌ای متفاوت به سیستم نگاه می‌کند و هنگامی که سیستم با موفقیت توسعه یافت، بهره‌ی متفاوتی از آن خواهد برد و در صورتی که توسعه‌ی نرم‌افزار به شکست بینجامد، متحمل خطرات متفاوتی خواهد شد.

در مرحله‌ی «شروع» باید از کسانی که هنگام استخراج خواسته‌ها سهمی در این کار دارند، فهرستی تهیه کنید (بخش ۳-۵). این فهرست اولیه با برقراری تماس با طرف‌های ذی‌نفع رشد خواهد کرد، چون از هرکدام از این افراد این سؤال پرسیده خواهد شد که «دیگر با چه‌کسی باید صحبت کنیم؟»

۵-۲-۲ شناخت دیدگاه‌های چندگانه

از آنجا که طرف‌های ذی‌نفع فراوانی وجود دارند، خواسته‌های سیستم از دیدگاه‌های متفاوت بسیار بررسی می‌شود. برای مثال، گروه بازاریابی به قابلیت‌ها و ویژگی‌هایی علاقه مند است که بازار بالقوه را برانگیخته کند و فروش سیستم جدید را آسان‌تر نماید. مدیران تجاری به مجموعه‌ای از قابلیت‌ها علاقه نشان می‌دهند که با بودجه‌ی موجود قابل ساخت باشند و آمادگی برآوردن پارامترهای تعریف شده برای بازار را داشته باشد. کاربران نهایی ممکن است ویژگی‌هایی را بخواهند که با آنها آشنایی دارند و یادگیری و استفاده از آنها آسان باشد. مهندسان نرم‌افزار ممکن است به قابلیت‌هایی توجه کنند که از دید طرف‌های غیر فنی پنهاد می‌ماند، ولی زیر ساختی را فراهم می‌سازند که قابلیت‌ها و ویژگی‌های بهتری برای پشتیبانی از بازار ارائه می‌دهند. مهندسان پشتیبانی ممکن است توجه خود را به قابلیت نگهداری نرم‌افزار معطوف نمایند.

هر کدام از این گروه‌ها اطلاعاتی را در فرایند مهندسی خواسته‌ها به‌اشتراک خواهندگذاشت. همچنان که اطلاعات از دیدگاه‌های چندگانه جمع‌آوری می‌شوند، خواسته‌های نوظهور ممکن است با یکدیگر در تناقض یا ناسازگار باشند. شما باید همه‌ی اطلاعات به‌دست آمده از طرف‌های ذی‌نفع (از جمله خواسته‌های ناسازگار و متناقض) را به‌شیوه‌ای گروه‌بندی کنید که به تصمیم گیران این امکان را بدهید تا مجموعه‌ای از خواسته‌ها را انتخاب کنند که از سازگاری درونی برخوردار باشد.

۵-۲-۳ تلاش برای همکاری

اگر پنج طرف ذی‌نفع درگیر یک پروژه‌ی نرم‌افزاری باشند، ممکن است پنج ایده‌ی متفاوت (یا حتی بیشتر) درباره مجموعه‌ی خواسته‌های مناسب داشته باشید. در سرتاسر فصل‌های گذشته، گفته ام که مشتریان (و سایر طرف‌های ذی‌نفع) باید با یکدیگر (با پرهیز از جدل‌های کودکانه) و با دست‌اندرکاران مهندسی نرم‌افزار همکاری کنند تا سیستمی موفق ساخته شود.

نکته‌ی کلیدی

طرف ذی‌نفع هر کسی می‌تواند باشد که از سیستم در حال ساخت به‌طور مستقیم بهره‌مند می‌شود یا به آن توجهی خاص دارد.

«سه طرف ذی‌نفع را در اتاقی قرار دهید و از آنها بپرسید که چه نوع سیستمی می‌خواهند. احتمالاً بیش از سه ایده متفاوت خواهید داشت.»

ناشناس

وظیفه مهندسی خواسته‌ها، شناسایی وجوه اشتراک (یعنی خواسته‌هایی که همه طرف‌های ذی‌نفع در آنها اتفاق نظر دارند) و موارد متضاد یا ناسازگار (یعنی خواسته‌هایی که یک طرف می‌پسندد، ولی با خواسته‌های طرف دیگر تناقض دارد) است. بدیهی است که گروه دوم خواسته‌هاست که ایجاد چالش می‌کند.

همکاری الزاماً به این معنی نیست که خواسته‌ها را به‌صورت گروهی تعیین کنند. در بسیاری موارد، طرف‌های ذی‌نفع با ارائه دیدگاهی از خواسته‌ها همکاری می‌کنند، ولی تصمیم‌گیری نهایی درباره انتخاب خواسته‌ها برعهده‌ی یک «پهلوان پروژه» (مثلاً مدیر تجاری یا مسؤول ارشد فن‌آوری) است.

اطلاعات

استفاده از «اُمتیازهای اولویت‌دار»

یک راه برای برطرف‌کردن خواسته‌های متناقض و در عین حال، شناخت بهتر اهمیت نسبی همه‌ی خواسته‌ها، استفاده از یک الگوی «رأی‌گیری» مبتنی بر امتیازهای اولویت‌دار است. چند امتیاز اولویت‌دار در اختیار همه‌ی طرف‌های ذی‌نفع قرار داده می‌شود که باید این امتیازها را «خرج» تعدادی از اولویت‌ها کنند. فهرستی از خواسته‌ها ارائه می‌شود و هر کدام از طرف‌های ذی‌نفع، اهمیت نسبی هر خواسته را (از دید خودش) با دادن یک یا چند امتیاز به آن خواسته تعیین می‌کند. از امتیازهای خرج شده، دیگر نمی‌توان دوباره استفاده کرد. هنگامی که شخص همه‌ی امتیازهای خود را خرج کرد، دیگر نمی‌تواند به خواسته دیگری امتیاز بدهد. کل امتیازهای خرج شده روی هر خواسته توسط همه‌ی طرف‌های ذی‌نفع، شاخصی از اهمیت نسبی آن خواسته در اختیار می‌گذارد.

۵-۲-۴ پرسیدن نخستین سؤالات

پرسش‌هایی که در مرحله‌ی شروع پروژه مطرح می‌شود باید «مستقل از حیطه‌ی پروژه» باشد [Gau89]. در نخستین مجموعه از پرسش‌های «مستقل از حیطه»، مشتری و سایر طرف‌های ذی‌نفع، اهداف کلی پروژه و منافع آن کانون توجه قرار می‌گیرند. برای مثال، ممکن است بپرسید:

- چه کسی این کار را خواسته است؟
- چه کسی از راهکار ارائه شده استفاده خواهد کرد؟
- راهکار موفق چه مزایای اقتصادی به همراه خواهد داشت؟
- منبع دیگری برای راهکار وجود دارد که به آن نیاز داشته باشید؟

به کمک این پرسش‌ها می‌توانید همه‌ی طرف‌های ذی‌نفعی را که به نوعی به نرم‌افزار مورد نظر توجه نشان می‌دهند، شناسایی کنید. به‌علاوه، این پرسش‌ها مزیت قابل اندازه‌گیری را برای پیاده‌سازی موفق و سایر راه‌های موجود برای سفارشی‌کردن توسعه‌ی نرم‌افزار را تعیین می‌کنند.

به کمک مجموعه پرسش‌های بعدی، می‌توانید درک بهتری از مسأله به‌دست آورید و مشتری می‌تواند آنچه از یک راهکار در ذهن دارد، به زبان آورد:

- از خروجی «خوبی» که یک راهکار موفق ایجاد می‌کند، چه توصیفی دارید؟
- این راهکار به چه مسأله(هایی) اختصاص دارد؟
- آیا می‌توانید محیط تجاری‌ای را که این راهکار در آن استفاده می‌شود به من نشان دهید؟ (یا آن را توصیف کنید؟)

«دانستن بعضی پرسش‌ها بهتر از دانستن همه‌ی جواب‌هاست.»

جیمز تربر

کدام پرسش‌ها شما را در رسیدن به درکی مقدماتی از مسأله کمک خواهد کرد؟

- آیا مسائل یا قیدوبندی‌های عملکردی خاص، بر شیوه‌ی نگرش به راهکار تأثیر دارد؟

در واپسین مجموعه از این پرسش‌ها، مؤثر بودن خود فعالیتِ برقراری ارتباط است که مورد توجه قرار می‌گیرد. گاوز و واینبرگ [Gau89] این‌ها را «شبه‌پرسش» نام نهاده و فهرست (خلاصه‌شده) زیر را پیشنهاد کرده‌اند:

- آیا شما فرد مناسب برای پاسخ گویی به این پرسش‌ها هستید؟ آیا پاسخ‌های شما «رسمی» هست؟
- آیا پرسش‌های من ربطی به مسأله‌ی شما دارد؟
- من زیاد سؤال نمی‌کنم؟
- کس دیگری هست که اطلاعات دیگری ارائه کند؟
- آیا چیزی دیگری هست که بپرسم؟

این پرسش‌ها (و سایر پرسش‌ها) به «فتح باب» و شروع برقراری ارتباط لازم برای استخراجی موفق کمک خواهد کرد، ولی پرسش و پاسخ در قالب یک جلسه، رویکردی نیست که موفقیت چشمگیری داشته باشد. در واقع، جلسه‌ی پرسش و پاسخ را فقط باید برای اولین برخورد به‌کار برد و از آن پس یک قالب استخراج خواسته‌ها را به‌کار برد که عناصر حل مسأله، مذاکره و تعیین مشخصات با هم تلفیق می‌کند. رویکردی از این نوع در بخش ۳-۵ ارائه شده است.

«آن که سؤالی می‌پرسد، فقط پنج دقیقه نادان است؛ آن که سؤالی نمی‌پرسد، تا ابد نادان باقی می‌ماند.»

ضرب المثل چینی

۵-۳ استخراج خواسته‌ها

استخراج خواسته‌ها (که جمع‌آوری خواسته‌ها نیز گفته می‌شود) عناصر حل مسأله، شناخت، مذاکره و تعیین مشخصات را در هم می‌آمیزد. به‌منظور تشویق به یک رویکرد «تیم محور» و با روحیه همکاری برای جمع‌آوری خواسته‌ها، طرف‌های ذی‌نفع با هم کار می‌کنند تا مسأله را شناسایی کنند، عناصر حل را پیشنهاد کنند، بر سر رویکردهای متفاوت مذاکره کنند و مجموعه‌ای مقدماتی از خواسته‌های راهکار را مشخص سازند [Zah90][1]

۵-۳-۱ همکاری در جمع‌آوری خواسته‌ها

روش‌های فراوان و متفاوتی برای همکاری در جمع‌آوری خواسته‌ها پیشنهاد شده است. در هر روش سناریوی متفاوتی استفاده می‌شود، ولی همه‌ی آنها با قدری تغییرات، مبتنی بر دستورالعمل‌های اصلی زیرند:

- در جلسات هم مهندسان نرم‌افزار و هم سایر طرف‌های ذی‌نفع، شرکت دارند.
- قواعد آماده‌سازی و مشارکت وضع می‌شود.
- دستور کار پیشنهادی به قدر کافی رسمیت دارد که همه‌ی نکات مهم را پوشش دهد و در عین حال به قدر کافی غیر رسمی هست که جریان آزاد ایده‌ها را میسر سازد.
- یک «تسهیل‌گر» (facilator) (که می‌تواند از مشتریان، سازندگان یا فردی خارجی باشد) کنترل جلسه را به‌دست می‌گیرد.

دستورالعمل‌های اصلی برای اجرای جلسه‌ی جمع‌آوری خواسته‌ها چیست؟

[1] از این رویکرد گاه به‌عنوان تکنیک تسهیل شده‌ی مشخص‌سازی کاربرد یاد می‌شود.

- یک «سازوکار تعریف» (که می‌تواند کاربرگ، نمودار گردشی یا پوستر دیواری یا حتی تابلو اعلانات دیواری، اتاق چت یا (میزگرد مجازی باشد) به‌کار گرفته می‌شود.

هدف، شناسایی مسأله، پیشنهاد عناصر راهکار، مذاکره بر سر رویکردهای متفاوت و مشخص‌کردن یک مجموعه‌ی مقدماتی از خواسته‌های راهکار در محیطی است که دستیابی به راهکار را دلالت کند. برای درک بهتر جریان رویدادها به‌ترتیبی که رخ می‌دهند، سناریوی مختصری ارائه داده‌ایم که سلسله رویدادهای منتهی به جلسه‌ی جمع‌آوری خواسته‌ها، رویدادهایی را که در حین جلسه و نیز پس از آن رخ می‌دهد، خلاصه می‌کند.

طی مرحله‌ی «دریافت» (بخش ۲-۵) پرسش‌ها و پاسخ‌های پایه، دامنه‌ی مسأله را تعیین می‌کنند و دیدی کلی از راهکار به‌دست می‌دهند. نتیجه‌ی این جلسات اولیه، یک متن یکی دو صفحه‌ای با عنوان «درخواست محصول» است که توسط سازنده و فروشنده به نگارش در می‌آید.

مکان، زمان و تاریخی برای جلسه انتخاب می‌شود؛ فردی به‌عنوان «تسهیل‌گر» برگزیده می‌شود؛ و افرادی برای حضور در جلسه از میان تیم نرم‌افزاری و سایر سازمان‌های ذی‌نفع فراخوانده می‌شوند. قبل از برگزاری جلسه، درخواست محصول بین اعضای جلسه توزیع می‌شود.

به‌عنوان یک مثال،[1] گزیده‌ای از یک درخواست محصول را در نظر بگیرید که مسؤول بازاریابی در پروژه‌ی *SafeHome* آن را نوشته است. این شخص، درباره عملکرد ایمنی در منزل که قرار است بخشی از ***SafeHome*** باشد، چنین می‌نویسد:

پژوهش‌های ما حکایت از آن دارد که بازار سیستم‌های مدیریت منزل سالانه به میزان ۴۰٪ در حال رشد است. نخستین قابلیتی که ***SafeHome*** به بازار عرضه می‌کند، باید قابلیت ایمنی منزل باشد. خیلی‌ها با «سیستم‌های هشداردهی» آشنایی دارند لذا فروش آن نباید کار دشواری باشد.

قابلیت ایمنی منزل، خانه‌ها را در مقابل انواع «شرایط» نامطلوب از قبیل ورود غیر قانونی، آتش سوزی، بالا آمدن آب، افزایش میزان کربن مونوکسید و سایر موارد محافظت می‌کند. این سیستم برای آشکارسازی هر کدام از این شرایط، از حس‌گرهای بی‌سیم استفاده خواهد کرد. صاحب‌خانه می‌تواند آن را برنامه‌ریزی کند و به‌طور خودکار در صورت مشاهده هر کدام از شرایط فوق به یک موجودیت پایش گر(مانند آتش نشانی) تلفن کند.

در واقع، سایر افراد در مطالب نوشته شده در طول جلسه‌ی جمع‌آوری داده‌ها سهم دارند و اطلاعات بسیار بیشتری در دسترس خواهد بود، ولی حتی با اطلاعات اضافی هم ابهام وجود خواهد داشت، احتمال حذف برخی موارد هست و خطاهایی ممکن است رخ دهد. فعلاً، همین توصیف عملیاتی اولیه کفایت می‌کند.

هنگام مرور درخواست محصول در روزهای قبل از برگزاری نشست، از هر کدام از حضار خواسته می‌شود تا از اشیای محیط اطراف سیستم، اشیایی که سیستم باید ایجاد کند و اشیایی که سیستم برای اجرای وظایف خود به‌کار می‌گیرد، فهرستی تهیه کند. به‌علاوه، هر کدام از حضار باید از سرویس‌ها (فرایندها یا وظایفی) که با این اشیا تعامل دارند یا آنها را دستکاری می‌کنند،

[1] در بسیاری از فصل های آینده از این مثال (با بسطها و شکل‌های دیگرش) در روشن‌ساختن روش‌های مهم مهندسی نرم‌افزار استفاده خواهد شد. به‌عنوان تمرین، خوب است خودتان جلسه‌ای برای جمع‌آوری خواسته‌ها تشکیل دهید و مجموعه‌ای از فهرست‌ها را برای آنها تهیه کنید.

«ما زمان فراوانی را- یعنی بخش اعظم تلاش‌های پروژه- نه صرف پیاده‌سازی یا آزمون، بلکه صرف تصمیم‌گیری برای چیزی که باید ساخته شود، می‌کنیم.»

برایان لاورنس

مرجع وب

توسعه الحاقی کاربردها (JAD) تکیکی پر طرف‌دار برای جمع‌آوری خواسته‌هاست. توصیف خوبی از این تکنیک را می‌توانید در وب‌سایت زیر بیابید:
www.carolla.com/wp.jad.htm

اندرز

اگر سیستم یا محصولی به کاربران بسیار سرویس دهد، مطلقاً یقین داشته باشید که خواسته‌ها از نمونه‌ای از کاربران استخراج می‌شوند. اگر تنها یک کاربر همه‌ی خواسته‌ها را تعریف کند، ریسک پذیرش بالا می‌رود.

فهرستی جداگانه ارائه دهد. سرانجام، فهرست‌هایی از قیدوبندها (مثلاً هزینه، اندازه، قوانین تجاری) و ملاک‌های کارایی (مثلاً سرعت و صحت) نیز باید تهیه شود. به اطلاع حضار رسانده می‌شود که ضرورتی ندارد این فهرست‌ها خیلی جامع و فراگیر باشد، بلکه کافی است انعکاس دهنده‌ی ادراک و برداشت فرد از سیستم باشد.

اشیای توصیف شده برای ***SafeHome*** ممکن است شامل پانل کنترل، آشکارسازهای دود، حس‌گرهای در و پنجره، آشکار سازهای حرکت، آژیر هشدار، رویداد (فعال‌شدن یک حس‌گر)، صفحه نمایش، کامپیوتر، شماره تلفن‌ها، تماس تلفنی و غیره باشند. فهرست سرویس‌ها ممکن است شامل پیکربندی سیستم، *تعیین وضعیت آژیر*، *پایش* حس‌گرها، *گرفتن* شماره تلفن، برنامه‌ریزی پانل کنترل و *خواندن* صفحه نمایش شود (توجه دارید که سرویس‌ها روی اشیا کاری انجام می‌دهند). به‌شیوه‌ای مشابه، هر کدام از حضار، فهرستی از قیدوبندها (مثلاً سیستم باید در صورت عمل نکردن حس‌گرها این را تشخیص دهد، باید استفاده از آن آسان باشد، باید مستقیماً به یک خط تلفن استاندارد قابل اتصال باشد) و ملاک‌های کارایی (مثلاً یک رویداد حس‌گر باید در عرض یک ثانیه تشخیص داده شود و یک الگوی اولویت برای رویدادها باید پیاده‌سازی شود) نیز تهیه خواهند کرد.

فهرست اشیا را می‌توان با استفاده از برگه‌های بزرگ کاغذ یا کاغذهای با پشت چسب‌دار به دیوار زد یا روی تخته سفیدهای دیوار نوشت. به طریق دیگر، این فهرست‌ها را می‌توان در یک بولتن الکترونیکی در معرض دید دیگران قرار داد یا در محیط اتاق چت، قبل از برگزاری جلسه به دیگران عرضه کرد. در حالت ایده‌آل، هر درایه (entry) فهرست‌شده باید قابلیت دستکاری جداگانه را داشته باشد، به‌طوری که فهرست‌ها را بتوان در هم آمیخت، درایه‌ها را بتوان اصلاح کرد و مواردی را به آنها افزود. در این مرحله، نقد و مناظره اکیداً ممنوع است.

پس از ارائه‌ی تک‌تک فهرست‌ها در یک مبحث مشترک، گروه با حذف درایه‌های زائد، و افزودن ایده‌های جدیدی که در طول بحث مطرح می‌شوند یک فهرست تلفیقی ایجاد می‌کند. ولی چیزی را حذف نمی‌کند. پس از آن که فهرست‌های تلفیقی را برای همه‌ی مباحث تهیه کردید، بحث- با هماهنگی تسهیل‌گر- بلافاصله آغاز خواهد شد. فهرست تلفیق شده کوتاه، بلند یا بازنویسی می‌شود تا محصول/ سیستم مورد نظر را به‌خوبی منعکس سازد. هدف، توسعه فهرستی از اشیا، سرویس‌ها، قیدوبندها و کارایی برای سیستم است که مورد توافق همگان قرار گرفته باشد.

در موارد بسیار، یک شیء یا سرویس توصیف شده در یک فهرست، به توضیح بیشتر نیاز دارد. برای این منظور، طرف‌های ذی‌نفع یک سری ریزمشخصات برای درایه‌های هر فهرست توسعه می‌دهند.[1] هر مشخصه‌ی کوچک، جزئیاتی از یک شیء یا سرویس است. برای مثال، مشخصات کوچک برای شیء *پانل کنترل* در ***SafeHome*** می‌تواند به شرح زیر باشد:

پانل کنترل، یک واحد قابل نصب روی دیوار با ابعاد حدودی ۲۰ در ۱۲ سانتی‌متر است. پانل کنترل از طریق بی‌سیم به حس‌گرها و کامپیوتر شخصی متصل است. تعامل با کاربر از طریق یک صفحه کلید حاوی ۱۲ کلید صورت می‌گیرد. یک صفحه نمایش LCD رنگی به ابعاد ۷ در ۷ سانتی‌متر، اطلاعات را در اختیار کاربر قرار می‌دهد. نرم‌افزار پیام‌ها، اکو و سایر عملکردهای مشابه را فراهم می‌سازد.

«حقایق با نادیده انگاشتن آنها از وجود ساقط نمی‌شوند.»

آندوس هاکسلی

اندرز

پرهیزید از اینکه به یک یازه به مشتری بگوید ایده‌اش «زیادی هزینه‌بر» است یا «غیر عملی» است. قرار بر این است که روی فهرستی مذاکره شود که قابل قبول همه باشد. برای این منظور، باید ذهنی باز داشته باشید.

[1] بسیاری از تیم‌های نرم‌افزاری به‌جای ایجاد یک سری ریزمشخصات، سناریوهای کاربری موسوم به *use case* تهیه می‌کند که درباره آن در بخش ۴-۵ و فصل ۶ به تفصیل سخن خواهیم گفت.

SafeHome

برگزاری جلسه جمع‌آوری خواسته‌ها

صحنه: اتاق کنفرانس. اولین جلسه جمع‌آوری خواسته‌ها در حال برگزاری است.

نقش‌آفرینان: جیمی لازار، عضو تیم نرم‌افزاری؛ وینود رامان، عضو تیم نرم‌افزار؛ اد رابینز، عضو تیم نرم‌افزار؛ داگ میلر، مدیر مهندسی نرم‌افزار؛ سه عضو بازاریابی؛ نماینده‌ای از مهندسی تولید؛ و یک نفر تسهیل‌گر.

گفتگوها:

تسهیل‌گر (در حالی که به تخته سفید اشاره می‌کند): خلاصه، این، فهرست فعلی اشیا و سرویس‌های مربوط به عملکرد ایمنی منزل است.

عضو بازاریابی: که تقریباً دیدگاه‌های ما را پوشش می‌دهد.

وینود: کسی به این نکته اشاره نکرد که می‌خواهند همه‌ی عملکردهای ***SafeHome*** از طریق اینترنت قابل دستیابی باشد؟ این شامل قابلیت ایمنی منزل هم می‌شود، نه؟

عضو بازاریابی: بله، درست است... باید این عملکرد و اشیای مناسب را هم اضافه کنیم.

تسهیل‌گر: این به قیدوبندها هم چیزی اضافه می‌کند؟

جیمی: بله، هم فنی و هم قانونی.

نماینده تولید: چطور؟

جیمی: بهتر است اطمینان پیدا کنیم که یک غریبه نمی‌تواند در سیستم نفوذ کند، آن را از کار بیندازد و از محل دزدی کند یا حتی بدتر. اگر این اتفاق بیفتد حسابی شرمنده خواهیم شد.

داگ: کاملاً درست است.

عضو بازاریابی: به‌هرحال به این قابلیت نیاز داریم... پس فکری بکنید که مانع از ورود این غریبه به سیستم بشوید.

اد: گفتنش آسان است و...

تسهیل‌گر (حرفش را قطع می‌کند): الآن نمی‌خواهم درباره این مشکل بحث بشود. حالا آن را به‌عنوان یک مورد در فهرست مشکلات یادداشت می‌کنیم و ادامه می‌دهیم.

(داگ که به‌عنوان منشی جلسه عمل می‌کند، این نکته را یادداشت می‌کند.)

تسهیل‌گر: احساس می‌کنم هنوز مطالب بیشتری هست که باید در نظر گرفته شود.

(گروه، بیست دقیقه بعدی را صرف پالایش و توسعه‌ی جزئیات قابلیت ایمنی منزل می‌کند.)

مشخصات کوچک به همه‌ی طرف‌های ذی‌نفع ارائه می‌شود تا درباره آن بحث کنند. حذفیات و اضافات انجام می‌شود و جزئیات بیشتری تعیین می‌شود. در برخی موارد، توسعه‌ی مشخصات کوچک باعث پدیدارشدن اشیا، سرویس‌ها، قیدوبندها یا خواسته‌های کارایی کوچکی می‌شود که به فهرست‌های اولیه افزوده خواهند شد. طی همه‌ی بحث‌ها، تیم ممکن است با مشکلی مواجه شود که طی جلسه قابل حل نباشد. باید فهرستی از مشکلات تهیه شود تا به این ایده‌ها بعداً پرداخته شود.

۱. آیا تغییر در SCI «برجسته» شده است؟ آیا داده‌های تغییر و صاحب تغییر مشخص شده است؟ آیا صفات شیء پیکربندی، این تغییر را منعکس می‌کنند؟

۲. آیا روال‌های SCM برای ذکر تغییر، ثبت آن و گزارش آن دنبال شده‌اند؟

۳. آیا همه‌ی SCIهای مربوط به‌طور مناسب بهنگام‌سازی شده‌اند؟

۵-۳-۲ استقرار عملکرد کیفیت (Quality Function Deployment)

استقرار عملکرد کیفیت (QFD) تکنیک تضمین کیفیتی است که نیازهای مشتری را به خواسته‌های فنی برای نرم‌افزار ترجمه می‌کند. QFD در آغاز در ژاپن توسعه یافت و اولین بار در کشتی‌سازی صنایع سنگین میتسوبیشی در اوایل دهه ۱۹۷۰ مورد استفاده قرار گرفت. این روش، بر به حداکثر رساندن رضایت مشتری از فرایند مهندسی نرم‌افزار تأکید دارد [Zul92]. QFD برای نیل به این هدف، بر شناخت چیزهایی که نزد مشتری باارزش هستند تأکید کرده سپس این ارزش‌ها را از طریق فرایند مهندسی مستقر می‌سازد. QFD سه نوع خواسته را مشخص می‌کند [Zul92]:

خواسته‌های عادی. اهداف و مقاصدی که طی جلسه با مشتری برای محصول یا سیستم بیان می‌شوند. اگر این خواسته‌ها موجود باشند، مشتری راضی خواهد بود. مثال‌هایی از خواسته‌های عادی عبارتنداز انواع صفحه‌نمایش‌های گرافیکی، عملکردهای سیستمی خاص و سطوح مشخصی از کارایی.

خواسته‌های موردانتظار. این خواسته‌ها برای سیستم یا محصول ضروری هستند، ولی ذکری از آنها به میان نمی‌آید و ممکن است چنان بنیادی باشند که مشتری آنها را به وضوح بیان نکند. نبود آنها، نارضایتی را به‌دنبال خواهد داشت. مثال‌هایی از خواسته‌های موردانتظار عبارتنداز: سهولت تعامل انسان با ماشین، درستی و قابلیت اعتماد عملیاتی کلی و سهولت نصب نرم‌افزار.

خواسته‌های مهیج. این ویژگی‌ها ورای انتظارات مشتری بوده در صورت وجود، رضایت مشتری را بسیار بالا می‌برند. برای مثال، نرم‌افزار مربوط به یک تلفن همراه با ویژگی‌های استانداردی ارائه می‌شود، ولی اگر با قابلیت‌های غیر منتظره همراه شود (مثلاً صفحات لمسی، پست صوتی تصویری) هر کاربر محصول را خوشنود می‌سازد.

گرچه مفاهیم QFD را می‌توان در کل فرایند نرم‌افزار به‌کار برد [Par96a]، تکنیک‌های خاصی از QFDدر فعالیت استخراج خواسته‌ها کاربرد دارند. QFD از مصاحبه با مشتریان و مشاهده، نظر خواهی و بررسی داده‌های تاریخی (گزارش‌های مسأله)، به‌عنوان داده‌های خام برای جمع‌آوری خواسته‌ها استفاده می‌کند. این داده‌ها سپس به جدولی از خواسته‌ها ترجمه می‌شوند- که *جدول صدای مشتری*[1] نامیده می‌شود؛ این جدول توسط مشتری و سایر طرف‌های ذی‌نفع مرور و بازبینی می‌شود. سپس انواع نمودارها، معیارها و روش‌های ارزیابی برای استخراج خواسته‌های مورد انتظار و خواسته‌های مهیج به‌کار گرفته می‌شود.

۵-۳-۳ سناریوهای کاربرد (Use Scenarios)

به موازات جمع‌آوری خواسته‌ها، چشم اندازی کلی از عملکردها و ویژگی‌های سیستم شروع به شکل‌گیری می‌کند، ولی تا زمانی که چگونگی به‌کارگیری این قابلیت‌ها و ویژگی‌ها توسط دسته‌های متفاوت کاربران نهایی را درک نکرده باشید، حرکت به سوی فعالیت‌های فنی‌تر مهندسی نرم‌افزار دشوار خواهد بود. برای نیل به این مقصود، سازندگان و کاربران می‌توانند یک مجموعه سناریو ایجاد کنند که برای سیستم مورد نظر رشته‌ای از کاربرد را تعیین کند. این سناریوها که غالباً از آنها به‌عنوان use case یاد می‌شود [Jac92] توصیفی از چگونگی به‌کارگیری سیستم فراهم می‌آورند. use caseها را با جزئیات بیشتر در بخش ۵-۴ به بحث خواهیم گذاشت.

---

[1] Customer Voice Table

نکته‌ی کلیدی

QFD خواسته‌ها را به‌شیوه‌ای تعیین می‌کند که رضایت مشتری به حداکثر برسد.

اندرز

همه می‌خواهند خواسته‌های مهیج فراوان پیاده‌سازی شود، ولی مراقب باشید. «خرش خواسته‌ها» این گونه آغاز می‌شود. از طرف دیگر، خواسته‌های مهیج به محصولی استثنایی منجر می‌شوند.

مرجع وب

اطلاعات مفیدی درباره QFD را می‌توانید در وب‌سایت زیر مشاهده کنید:
www.qfdi.org

SafeHome

توسعه‌ی یک سناریوی کاربرد مقدماتی

صحنه: اتاق کنفرانس، ادامه اولین جلسه‌ی جمع‌آوری خواسته‌ها.

نقش‌آفرینان: جیمی لازار، عضو تیم نرم‌افزار؛ وینود رامان، عضو تیم نرم‌افزار؛ اد رابینز، عضو تیم نرم‌افزار؛ داگ میلر، مدیر مهندسی نرم‌افزار؛ سه عضو بازاریابی؛ نماینده‌ای از مهندسی تولید؛ یک تسهیل‌گر

گفتگوها:

تسهیل‌گر: ما درباره امنیت مربوط به قابلیت دستیابی اینترنتی به ***SafeHome*** صحبت کردیم. من می‌خواهم یک چیز را امتحان کنم. بیایید برای دستیابی به قابلیت ایمنی منزل یک سناریوی کاربرد بنویسیم.

جیمی: چطوری؟

تسهیل‌گر: این کار را می‌توانیم به چند روش متفاوت انجام بدهیم، ولی فعلاً می‌خواهم همه چیز واقعاً غیر رسمی باقی بماند. بگو ببینم (با اشاره به عضو بازاریابی) چه شیوه‌ای را برای دستیابی به سیستم در نظر داری؟

عضو بازاریابی: خب... در مورد من، وقتی از خانه دور هستم و مجبورم کسی را به خانه راه بدهم، مثلاً یک تعمیرکار یا نظافت‌چی، که کد امنیتی را ندارد.

تسهیل‌گر (با لبخند): این که گفتی، دلیل‌اش است... به من بگو این کار را چطور باید انجام داد.

عضو بازاریابی: [... اولین چیزی که لازم دارم، یک کامپیوتر شخصی است. وارد وب‌سایتی می‌شوم که برای همه‌ی کاربران ***SafeHome*** در نظر گرفته شده است. شناسه کاربری و ...

وینود (حرفش را قطع می‌کند): این صفحه وب باید ایمنی داشته باشد و پنهان‌سازی شده باشد تا بتوانیم مطمئن شویم که امنیت...

تسهیل‌گر (حرفش را قطع می‌کند): اینها اطلاعات خوبی است وینود، ولی این یک مسأله فنی است. فعلاً بگذار فقط به نحوه استفاده‌ی کاربر نهایی از این قابلیت توجه کنیم. خب؟

وینود: حتماً.

عضو بازاریابی: خلاصه، همان طور که گفتم با دادن شناسه کاربری و دو سطح از کلمات عبور وارد وب‌سایت می‌شوم.

جیمی: و اگر کلمه‌ی عبور را فراموش کردم؟

تسهیل‌گر (حرفش را قطع می‌کند): نکته خوبی بود جیمی، ولی فعلاً به آن کاری نداشته باشیم. این نکته را یادداشت می‌کنیم و آن را یک *استثنا* می‌نامیم. حتم دارم موارد دیگری هم هست.

عضو بازاریابی: بعد از واردکردن کلمات عبور، صفحه‌ای ظاهر می‌شود که همه‌ی عملکردهای ***SafeHome*** را به نمایش می‌گذارد. من گزینه مربوط به «ایمنی منزل» را انتخاب می‌کنم. سیستم ممکن است از من درخواست کند که هویت خودم را به اثبات برسانم. مثلاً با پرسیدن آدرس یا شماره تلفن. بعد تصویری از پانل کنترل سیستم ایمنی را به نمایش در می‌آورد که در

کنار آن فهرستی از وظایف قابل انجام به چشم می‌خورد؛ مثل راه‌انداختن سیستم، از کار انداختن آن، از کار انداختن گزینشی یک یا چند حس‌گر. من تصور می‌کنم حتی می‌تواند امکان پیکربندی دوباره‌ی نواحی امنیتی را هم فراهم کند و خیلی کارهای دیگر که مطمئن نیستم.

(در همان حال که عضو بازاریابی مشغول صحبت است، داگ یادداشت زیادی بر می‌دارد؛ این یادداشت‌ها مبنایی برای اولین سناریوی کاربرد غیر رسمی محسوب می‌شود. به‌طریق دیگر، از عضو بازاریابی خواسته می‌شد که سناریو را بنویسد، ولی این در خارج از جلسه صورت می‌پذیرفت.)

۵-۳-۶ محصولات کاری استخراج (Elicitation Work Product)

محصولات کاری تولید شده به‌عنوان نتیجه‌ای از استخراج خواسته‌ها بسته به اندازه‌ی سیستم یا محصولی که قرار است ساخته شود، متغیر است. برای اکثر سیستم‌ها، محصولات کاری عبارتند از:

- بیان نیازها و امکان‌سنجی
- بیان محدود حوزه‌ی مربوط به سیستم یا محصول
- فهرستی از مشتریان، کاربران و سایر طرف‌های ذی‌نفع که در استخراج خواسته‌ها مشارکت داشته‌اند.
- توصیفی از محیط فنی سیستم.
- فهرستی از خواسته‌ها (که ترجیحاً بر اساس عملکرد، سازمان‌دهی شده‌اند) و قیدوبندهایی دامنه که در مورد هر کدام کاربرد دارند.
- مجموعه‌ای از سناریوهای کاربرد که دیدی از کاربرد سیستم یا محصول، تحت شرایط عملیاتی متفاوت به‌دست می‌دهند.
- هر نمونه‌ی اولیه‌ای که برای تعریف بهتر خواسته‌ها توسعه یافته باشد.

در نتیجه‌ی جمع‌آوری خواسته‌ها چه اطلاعاتی ایجاد می‌شود؟

هر یک از این محصولات کاری، مورد بازبینی تمامی افراد شرکت کننده در استخراج خواسته‌ها قرار می‌گیرد.

۵-۴ توسعه‌ی use case

آلیستر کاکبرن [Coc01b] در کتابی که چگونگی نوشتن use case اثربخش را شرح می‌دهد، چنین می‌نویسد که «مورد استفاده، قراردادی است ...[که] رفتار سیستم را تحت شرایط گوناگون در پاسخ گیری به درخواستی از سوی یکی از طرف‌های ذی‌نفع توصیف می‌کند...» در اصل، use case داستانی است با سبک و سیاق درباره چگونگی تعامل کاربر نهایی (که یکی از چند نقش ممکن را بر عهده دارد) با سیستم تحت مجموعه شرایط معین. این داستان می‌تواند متنی حکایتی، خلاصه‌ای از وظایف و تعامل‌ها، توصیفی مبتنی بر قالب، یا نمایشی نمودار گونه باشد. شکل آن هر چه که باشد، تصویرگر سیستم یا نرم‌افزار از دیدگاه کاربر نهایی است.

گام نخست در نوشتن یک use case، تعریف مجموعه‌ای از «کنش‌گران[1]» است که در داستان مشارکت

[1] actors

دارند. *کنش‌گران*، افراد (یا دستگاه های) متفاوتی هستند که از سیستم یا محصول، در حیطه‌ی عملکرد یا رفتاری که قرار است توصیف شود، استفاده می‌کنند. کنش‌گران نشان‌گر نقش‌هایی هستند که افراد (یا دستگاه‌ها) در حین کار سیستم، عهده‌دار آن می‌شوند. «کنش‌گر» بنا به تعریفی رسمی تر، هر چیزی است که با سیستم یا محصول ارتباط برقرار می‌کند و خارج از خود سیستم قرار دارد. هر کنش‌گر هنگام استفاده از سیستم، یک یا چند هدف دارد.

شایان ذکر است که کنش‌گر و کاربر نهایی الزاماً یکسان نیستند. یک کاربر معمولی ممکن است هنگام استفاده از سیستم چند نقش را بر عهده بگیرد، در حالی که کنش‌گر نماینده‌ی طبقه‌ای از موجودیت‌های خارجی (غالباً، ولی نه همیشه، آدم هایی) است که فقط یک نقش در حیطه‌ی use case دارند. به‌عنوان مثال، اپراتور (یا کاربر) ماشینی را در نظر بگیرید که با کامپیوتر کنترل‌کننده برای یک سلول تولیدی تعامل دارد؛ این سلول حاوی چند روبات و ماشین‌هایی است که به‌صورت عددی کنترل می‌شوند. پس از مرور دقیق خواسته‌ها، نرم‌افزار مربوط به کامپیوتر کنترل کننده نیاز به چهار حالت (یا نقش) متفاوت برای تعامل دارد. حالت برنامه‌ریزی، حالت آزمون، حالت پایش و حالت اشکال‌زدایی. در برخی موارد، اپراتور ماشین، می‌تواند همه‌ی این نقش‌ها را عهده‌دار شود. در سایر موارد، افراد متفاوت ممکن است نقش هر کنش‌گر را بر عهده داشته باشند.

از آنجا که استخراج خواسته‌ها یک فعالیت تکاملی است، همه‌ی کنش‌گرها در اولین دور تکرار شناسایی نمی‌شوند. شناسایی کنش‌گرهای نوع اول، طی نخستین دور تکرار امکان‌پذیر است [Jac92] و کنش‌گرهای نوع دوم را با کسب اطلاعات بیشتر درباره‌ی سیستم می‌توان شناسایی کرد. کنش‌گرهای نوع اول با هم تعامل می‌کنند تا عملکرد لازم برای سیستم حاصل شود و مزایای مورد نظر از آن به‌دست آید. آنها به‌طور مستقیم و غالباً با نرم‌افزار کار می‌کنند. کنش‌گرهای نوع دوم، سیستم را پشتیبانی می‌کنند، به‌طوری که کنش‌گرهای نوع اول بتوانند کار خود را انجام دهند.

هنگامی که کنش‌گرها شناسایی شدند، use case را می‌توان توسعه داد. جیکابسون [Jac92] چند پرسش مطرح می‌کند[1] که در یک use case به آنها پاسخ گفته شود:

- کنش‌گر نوع اول و کنش‌گر نوع دوم چه کسانی هستند؟
- اهداف کنش‌گر چیست؟
- قبل از شروع داستان چه پیش‌شرط‌هایی باید وجود داشته باشد؟
- چه وظایف اصلی توسط کنش‌گر اجرا می‌شود؟
- چه استثناهایی را باید با توصیف داستان در نظر داشت؟
- چه تغییراتی در تعامل کنش‌گران امکان‌پذیر است؟
- کنش‌گر چه اطلاعاتی را به‌دست می‌آورد، تولید می‌کند یا تغییر می‌دهد؟
- آیا کنش‌گر باید سیستم را از تغییرات به‌عمل‌آمده در محیط خارجی آگاه سازد؟
- کنش‌گر چه اطلاعاتی را از سیستم می‌خواهد؟
- آیا کنش‌گر می‌خواهد درباره تغییرات غیر منتظره مطلع شود؟

نکته‌ی کلیدی

use case از دیدگاه یک کنش‌گر تعریف می‌شوند. کنش‌گری نقشی است که افراد (کاربران) یا دستگاه‌ها در تعامل با نرم‌افزار بر عهده دارند.

مرجع وب

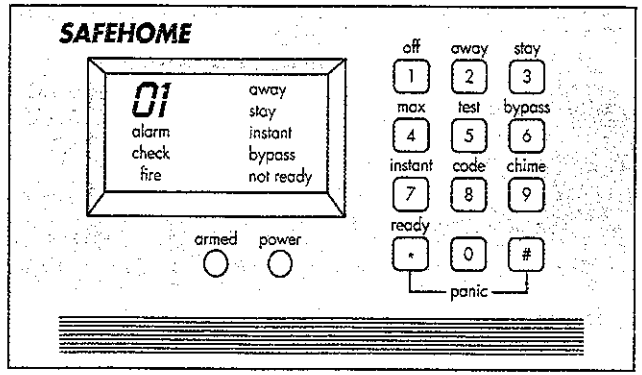
مقاله‌ای عالی درباره use case را می‌توان از آدرس زیر دانلود کرد.
www.ibm.com/developerworks/webservices/library/codesign7.html

برای توسعه‌ی یک use case موثر چه باید بدانم؟

[1] پرسش‌های جیکابسون بسط و توسعه یافته‌اند تا نمای کامل‌تری از محتویات مورد کاربرد فراهم گردد.

با به‌خاطر آوردن خواسته‌های اساسی ***SafeHome*** چهار کنش‌گر را می‌توانیم تعیین کنیم: **صاحب‌خانه** (کاربر)، **مدیر راه‌اندازی** (احتمالاً همان صاحب‌خانه، ولی با نقش متفاوت)، **حس‌گرها** (دستگاه‌های متصل به سیستم) و **زیرسیستم پایش و پاسخ** (ایستگاه مرکزی که عملکرد ایمنی منزل در محصول ***SafeHome*** را پایش می‌کند). برای اهداف این مثال، فقط کنش‌گر اول یعنی **صاحب‌خانه** را در نظر می‌گیریم. کنش‌گر **صاحب‌خانه** به چند شیوه‌ی متفاوت با استفاده از پانل کنترل آژیر یا کامپیوتر شخصی با قابلیت ایمنی منزل تعامل دارد:

- کلمه‌ی عبوری را وارد می‌کند تا همه‌ی تعامل‌های دیگر امکان‌پذیر گردد.
- درباره وضعیت یک ناحیه امنیتی پرسش می‌کند.
- درباره وضعیت یک حس‌گر پرسش می‌کند.
- در یک وضعیت اضطراری، دکمه‌ی لازم را فشار می‌دهد.
- سیستم امنیتی را فعال/غیرفعال می‌کند.



شکل ۱-۵ پانل کنترل *SafeHome*

با در نظرگرفتن شرایطی که در آن، صاحب‌خانه از پانل کنترل استفاده می‌کند، use case پایه برای فعال‌سازی سیستم، به شرح زیر خواهد بود:[1]

۱. صاحب‌خانه پانل کنترل ***SafeHome*** را مشاهده می‌کند (شکل ۱-۵) تا تعیین شود که آیا سیستم برای ورودی آماده هست یا خیر. اگر سیستم آماده نباشد، یک پیام «not ready» روی صفحه LCD به نمایش در خواهد آمد و صاحب‌خانه باید به‌صورت فیزیکی درها یا پنجره‌ها را ببندد. تا پیام «not ready» ناپدید شود [پیام «not ready» بدان معناست که حس‌گری باز است یعنی در یا پنجره‌ای باز است.]

[1] توجه دارید که این مورد کاربرد با وضعیتی که دستیابی به سیستم از طریق اینترنت انجام می‌شود، تفاوت دارد. در این مورد، تعامل از طریق پانل کنترلی رخ می‌دهد نه از طریق یک واسط کاربری گرافیکی (GUI) که هنگام استفاده از PC ارائه می‌شود.

۲. صاحب‌خانه از صفحه کلید برای واردکردن یک کلمه‌ی عبور چهار رقمی استفاده می‌کند. اگر کلمه‌ی عبور درست نباشد، پانل کنترل یک بار بوق می‌زند و خود را برای ورودی بعدی آماده می‌کند. اگر کلمه عبور درست باشد، پانل کنترل منتظر عملیات دیگر می‌ماند.

۳. صاحب‌خانه با استفاده از صفحه کلید یکی از حالت‌های stay یا away را برای فعال‌کردن سیستم انتخاب می‌کند (شکل ۲-۵). stay فقط حس‌گرهای محیطی را فعال می‌کند (حس‌گرهای حرکتی داخلی غیر فعال باقی می‌مانند). در حالت away تمامی حس‌گرها فعال می‌شوند.

۴. پس از فعال شدن، صاحب‌خانه یک نور قرمز مشاهده می‌کند.

این use case پایه، نشان‌گر یک داستان سطح بالاست که تعامل میان کنش‌گر و سیستم را توصیف می‌کند.

در بسیاری از موارد، use case باز هم تجزیه و پالایش می‌شود تا جزئیات بیشتری درباره تعامل فراهم گردد. برای مثال، کاک برن [Coc 01b] الگوی زیر را برای توصیف مشروح use case پیشنهاد کرده است:

use case: *Initiate Monitoring* (راه اندازی پایش)

کنش‌گر نوع اول: صاحب‌خانه

هدف در حیطه: تنظیم سیستم برای پایش حس‌گرها هنگامی که صاحب‌خانه منزل را ترک می‌کند یا در داخل خانه می‌ماند.

پیش‌شرط‌ها: سیستم برای دریافت کلمه‌ی عبور و شناسایی حس‌گرهای گوناگون برنامه‌ریزی شده است.

راه‌انداز: صاحب‌خانه تصمیم می‌گیرد که سیستم را «روشن کند» یعنی قابلیت‌های آژیر را فعال کند.

سناریو:

۱. صاحب‌خانه: پانل کنترل را مشاهده می‌کند.

۲. صاحب‌خانه: کلمه‌ی عبور را وارد می‌کند.

۳. صاحب‌خانه: «stay» یا «away» را انتخاب می‌کند.

۴. صاحب‌خانه: چراغ آژیر را مشاهده می‌کند که نشان می‌دهد ***SafeHome*** فعال شده است.

استثناها:

۱. پانل کنترل آماده نیست (not ready): صاحب‌خانه همه‌ی حس‌گرها را چک می‌کند تا تعیین کند کدام یک از آنها باز است؛ آنها را که باز هستند، می‌بندد.

۲. کلمه‌ی عبور نادرست است (پانل کنترل یک بار سوت می‌زند): صاحب‌خانه این بار کلمه‌ی عبوری درست را وارد می‌کند.

۳. کلمه‌ی عبور شناخته نمی‌شود: باید با زیر سیستم پایش و پاسخ تماس گرفته شود تا کلمه‌ی عبور دوباره تعیین شود.

اندرز

use case غالباً به زبانی غیر رسمی نوشته می‌شوند. به‌هرحال برای حصول اطمینان از اینکه همه‌ی مسائل کلیدی پوشش داده می‌شوند، از این قالب استفاده کنید.

۴. حالت «stay» انتخاب می‌شود: پانل کنترل دو بار سوت می‌زند و چراغ stay روشن می‌شود؛ حس‌گرهای محیطی فعال می‌شوند.

۵. حالت «away» انتخاب می‌شود: پانل کنترل سه بار سوت می‌زند و چراغ away روشن می‌شود؛ همه‌ی حس‌گرها فعال می‌شوند.

اولویت: ضروری؛ باید پیاده‌سازی شود.

چه هنگام در دسترس قرار گیرد: در اولین نسخه

فراوانی کاربرد: چندین بار در روز

کانال ارتباطی با کنش‌گر: از طریق واسط پانل کنترل

کنش‌گرهای نوع دوم: تکنسین پشتیبانی، حس‌گرها

کانال ارتباط با کنش‌گرهای نوع دوم:

تکنسین پشتیبانی: خط تلفن

حس‌گرها: واسط‌های فرکانس رادیویی و سیم کشی

مشکلات باز:

۱. آیا باید راهی برای فعال‌کردن سیستم بدون استفاده از کلمه‌ی عبور یا با یک کلمه‌ی عبوری مختصر وجود داشته باشد؟

۲. آیا باید پانل کنترل پیام‌های متنی دیگری برای نمایش دادن داشته باشد؟

۳. صاحب‌خانه از زمان فشار دادن اولین کلید چقدر زمان برای واردکردن کلمه‌ی عبور دارد؟

۴. آیا راهی وجود دارد که سیستم را پیش از آنکه واقعاً فعال شود، غیر فعال کرد؟

use case برای سایر تعامل‌های **صاحب‌خانه** نیز به‌شیوه‌ای مشابه توسعه خواهد یافت. مرور دقیق هر use case اهمیت دارد. اگر عنصری از تعامل مبهم باشد، این احتمال هست که با مرور use case، مشکلی مشخص گردد.

ابزارهای نرم‌افزاری

توسعه‌ی use case

هدف: کمک به توسعه‌ی use case با فراهم‌ساختن قالب‌های خودکار و سازوکارهایی جهت ارزیابی وضوح و سازگاری.

سازوکارها: مکانیک ابزارها با هم تفاوت دارد. به‌طورکلی، ابزارهای مربوط به use case قالب‌هایی به‌شکل فرم‌های پرکردن جای خالی فراهم می‌آورند که نتیجه آنها ایجاد use case اثربخش است. اکثر عملکرد یک use case در مجموعه وسیع‌تری ازعملکردهای مهندسی‌خواسته‌ها ادغام می‌شود.

ابزارهای نمونه

اکثر ابزارهای مدل‌سازی تحلیل مبتنی بر UML هر دو نوع پشتیبانی متنی و گرافیکی را برای توسعه و مدل‌سازی use case فراهم می‌سازند.

وب‌سایت Objects by Design حاوی پیوندهایی جامع به این گونه ابزارهاست:

www.objectbydesign.com/tools/umltools-bycompany.html

SafeHome

توسعه‌ی نمودار سطح بالا برای یک use case

صحنه: اتاق کنفرانس، ادامه‌ی جلسه جمع‌آوری خواسته‌ها

نقش‌آفرینان: جیمی لازار، عضو تیم نرم‌افزار؛ وینود رامان، عضو تیم نرم‌افزار؛ اد رابینز، عضو تیم نرم‌افزار؛ داگ میلر، مدیر مهندسی نرم‌افزار؛ سه عضو بازاریابی؛ نماینده‌ای از مهندسی تولید؛ یک تسهیل‌گر

گفتگوها:

تسهیل‌گر: ما وقت خوبی صرف صحبت درباره عملکرد ایمنی منزل در ***SafeHome*** کردیم. در طول مدت استراحت، من یک نمودار use case رسم کردم تا سناریوهای مهمی را که بخشی از این قابلیت هستند، خلاصه کنم. یک نگاهی بیندازید.

(همه‌ی حاضران به نمودار شکل ۲-۵ نگاه می‌کنند).

جیمی: من تازه دارم نمادگذاری UML را یاد می‌گیرم. عملکرد ایمنی منزل با یک چهارگوش بزرگ و بیضی‌های داخلش مشخص می‌شود؟ و بیضی‌ها هر کدام نشان دهنده یکی از use case هستند که آنها را به‌صورت متنی نوشتیم؟

تسهیل‌گر: آره. و آن آدمک‌ها کنش‌گرها را نشان می‌دهند- آدم‌ها یا چیزهایی که به‌صورت توصیف‌شده در use case با سیستم تعامل دارند... در ضمن من برای کنش‌گرهای غیر انسانی از چهارگوش‌های نشان‌دار استفاده کردم که اینجا حس‌گرها هستند.

داگ: این در UML قانونی است؟

تسهیل‌گر: قانونی‌بودن، مسأله‌ای ایجاد نمی‌کند. چیزی که مهم است، برقراری ارتباط است. من استفاده از آدمک‌ها برای نمایش دادن یک دستگاه را گمراه کننده می‌دانم. به همین خاطر هم قدری چیزها را تغییر دادم و تصور نمی‌کنم مشکلی ایجاد کند.

وینود: بسیار خوب. پس ما برای هر کدام از بیضی‌ها شرحی از یک use case داریم. آیا باید شرح‌های مبتنی بر الگویی را که خودم درباره آنها مطالعه کرده‌ام، توسعه بدهیم؟

تسهیل‌گر: احتمالاً، ولی این را می‌توانیم به زمانی موکول کنیم که به عملکردهای دیگر ***SafeHome*** هم رسیدگی کرده باشیم.

عضو بازاریابی: صبر کنید، من داشتم به این نمودار نگاه می‌کردم و یک دفعه دیدم که چیزی را فراموش کرده‌ایم.

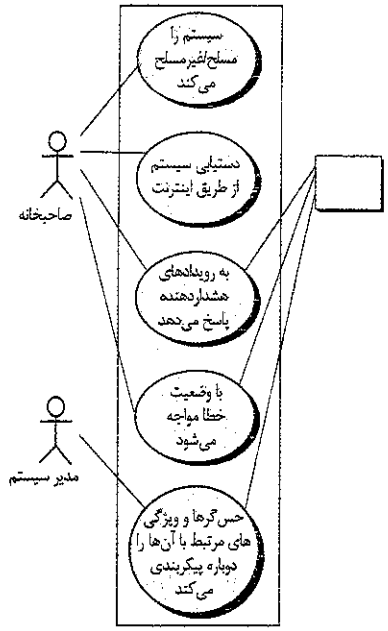
تسهیل‌گر: جدی؟ بگو ببینیم چه چیزی فراموش شده؟

(این جلسه ادامه دارد).

۵-۵ ساخت مدل‌های خواسته‌ها[1]

هدف از این مدل تحلیل، فراهم ساختن توصیفی از دامنه‌های اطلاعاتی، عملیاتی و رفتاری مورد نیاز برای سیستم کامپیوتری است. همچنان که مطالب بیشتری درباره سیستم مورد نظر می‌آموزید و سایر

[1] در سرتاسر این کتاب از دو عبارت *مدل تحلیل* و *مدل خواسته‌ها* به‌عنوان مفاهیمی مترادف استفاده خواهیم کرد. هر دو عبارت به نمایش دامنه‌های اطلاعاتی، عملیاتی و رفتاری توصیف‌کننده‌ی خواسته‌های مسأله اشاره دارند.



شکل ۲-۵ نمودار UML برای use case عملکرد ایمنی منزل در *SafeHome*

طرف‌های ذی‌نفع بیشتر در می‌یابند که واقعاً چه نیازهایی دارند، این مدل تغییر می‌کند. به این دلیل، مدل تحلیل در هر زمان به مثابه عکسی فوری از خواسته‌هاست. باید انتظار تغییرات را داشته باشید. به موازاتی که مدل خواسته‌ها تکامل پیدا می‌کند، عناصر معینی به پایداری نسبی می‌رسند، و بنیادی محکم برای کارهای طراحی بعدی فراهم می‌سازند، ولی سایر عناصر مدل ممکن است فرّار باشند و این نشان می‌دهد که طرف‌های ذی‌نفع هنوز به‌طور کامل خواسته‌های سیستم را درک نکرده‌اند. مدل تحلیل و روش‌های به‌کار رفته در ساخت آن به تفصیل در فصل‌های ۶ و ۷ ارائه شده‌اند. در بخش‌هایی که به‌دنبال خواهد آمد، نگاهی اجمالی به این مباحث خواهیم داشت.

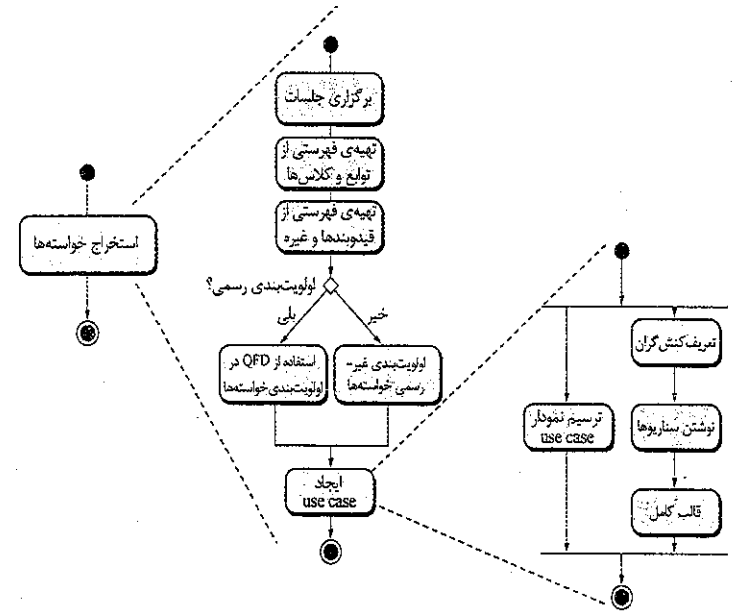
۵-۵-۱ عناصر مدل خواسته‌ها

برای توجه به خواسته‌های یک سیستم کامپیوتری، راه‌های متفاوت بسیاری وجود دارد. برخی دست‌اندرکاران نرم‌افزار استدلال می‌کنند که بهترین کار، انتخاب یک حالت نمایش (مثلاً use case) و به‌کارگیری آن در طرد همه‌ی مدل‌های دیگر است. سایر دست‌اندرکاران بر این باورند که استفاده از چند حالت نمایشی متفاوت برای به تصویر کشیدن مدل خواسته‌ها، ارزش‌مند است. حالت‌های متفاوتی از نمایش، شما را وا می‌دارد که مدل خواسته‌ها را از دیدگاه‌های متفاوت در نظر بگیرید- در این رویکرد، احتمال آشکارشدن موارد جاافتاده، ناسازگاری‌ها و ابهامات بیشتر می‌شود.

عناصر خاصی از مدل خواسته‌ها توسط روش مدل‌سازی دیکته می‌شوند (فصل‌های ۶ و ۷). به‌هرحال، مجموعه‌ای از عناصر کلی در اکثر این مدل‌ها مشترک هستند.

عناصر مبتنی بر سناریو. سیستم از دیدگاه کاربر با استفاده از رویکردی مبتنی بر سناریو توصیف می‌شود. برای مثال، use case پایه (بخش ۴-۵) و نمودارهای use case مرتبط با آنها (شکل ۲-۵)

به use case مبتنی بر الگو و با جزئیات بیشتر، تکامل پیدا می‌کنند. عناصر مبتنی بر سناریو در مدل خواسته‌ها غالباً نخستین بخش از مدلی هستند که توسعه می‌یابد. به این ترتیب، این عناصر به‌عنوان ورودی برای ایجاد سایر عناصر مدل‌سازی عمل می‌کنند. در شکل ۳-۵، یک نمودار UML از فعالیت‌ها برای استخراج خواسته‌ها و نمایش آنها با استفاده از use case نشان داده شده است[1]. سه سطح از شناخت مشاهده می‌شود که در یک نمایش مبتنی به سناریو به اوج خود می‌رسد.



شکل ۳-۵ نمودارهای فعالیت UML برای استخراج خواسته‌ها.

عناصر مبتنی بر کلاس. هر سناریوی کاربرد نشان‌گر مجموعه‌ای از اشیاست که با تعامل یک کنش‌گر با سیستم، دستکاری می‌شوند. این اشیا در قالب چند کلاس طبقه‌بندی می‌شوند- مجموعه‌ای از چیزها که صفات و رفتارهای مشابه دارند. برای مثال، از نمودار کلاس‌های UML می‌توان به‌منظور نمایش کلاس **حس‌گر** برای قابلیت ایمنی منزل در محصول ***SafeHome*** بهره برد (شکل ۴-۵). توجه دارید که در این نمودار صفات حس‌گرها (مثلاً نوع و نام) و عملیات قابل انجام برای اصلاح این صفات (مانند شناسایی و فعال شدن) فهرست شده است. علاوه بر نمودارهای کلاس‌ها، سایر عناصر مدل‌سازی تحلیل، شیوه‌ی همکاری کلاس‌ها با یکدیگر و روابط تعامل میان کلاس‌ها را نیز به تصویر می‌کشند. این روابط را با جزئیات بیشتر در فصل ۷ به بحث خواهیم گذاشت.

عناصر رفتاری. رفتار یک سیستم کامپیوتری می‌تواند اثری عمیق بر انتخاب طراحی و رویکرد مورد استفاده در پیاده‌سازی داشته باشد. بنابراین، مدل خواسته‌ها باید عناصر مدل‌سازی لازم برای تصویرکردن این رفتار را فراهم سازد.

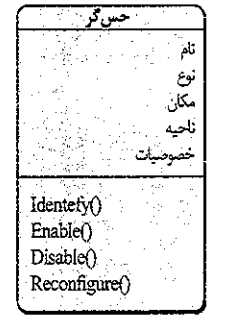
[1] برای آنان که با UML ناآشنا هستند خودآموز مختصری در پیوست ۱ داده شده است.

اندرز

در گیر کردن طرف‌های ذی‌نفع همیشه ایده خوبی است. یکی از بهترین راه‌ها برای انجام این کار، آن است که از هر طرف ذی‌نفع بخواهیم، use case برای توصیف چگونگی استفاده از نرم‌افزار بنویسد.

اندرز

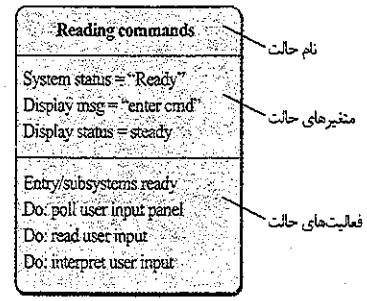
یک راه برای جداسازی کلاس‌ها، جستجو به‌دنبال اسم‌های توصیفی در یک use case است. حداقل برخی از این اسم‌ها نامزدهایی برای کلاس‌ها خواهند بود. توضیحات بیشتر در فصل ۸.



شکل ۴-۵ نمودار کلاس‌ها برای حس‌گر.

نمودار حالت، یکی از روش‌های نمایش رفتار سیستم با به تصویر کشیدن حالت‌ها و رویدادهایی است که باعث می‌شوند سیستم تغییر حالت دهد. *حالت* به هر شیوه‌ی رفتاری سیستم گفته می‌شود که از بیرون قابل مشاهده باشد. به‌علاوه، نمودار حالت نشان‌گر کنش‌هایی (مثلاً فعال‌سازی فرایند) است که به‌عنوان پیامدی از یک رویداد خاص انجام می‌شوند.

برای روشن‌شدن کاربرد یک نمودار حالت، نرم‌افزار تعبیه‌شده در پانل کنترل ***SafeHome*** را در نظر بگیرید که مسؤولیت خواندن ورودی کاربر را بر عهده دارد. یک نمودار حالت UML ساده شده در شکل ۵-۵ نشان داده شده است.



شکل ۵-۵ نمادگذاری نمودار حالت‌ها در UML.

نکته‌ی کلیدی

حالت به یک شیوه‌ی رفتاری قابل مشاهده از خارج سیستم گفته می‌شود. محرک‌های خارجی باعث گذار میان حالت‌ها می‌شوند.

علاوه بر نمایش‌های رفتاری سیستم به‌عنوان یک کل، رفتار تک تک کلاس‌ها را نیز می‌توان مدل‌سازی کرد. بحث بیشتر درباره مدل‌سازی رفتاری را به فصل ۷ موکول می‌کنیم.

عناصر جریان‌گرا. انتقال اطلاعات با جریان یافتن در یک سیستم کامپیوتری صورت می‌پذیرد. سیستم به شکل‌های گوناگون، ورودی می‌پذیرد، عملیاتی را برای تبدیل و تحول آنها به‌کار می‌گیرد و خروجی را به شکل‌های متنوع تولید می‌کند. ورودی می‌تواند سیگنال کنترلی منتشرشده توسط یک مبدل یک سری اعداد تایپ شده توسط اپراتور انسانی، بسته‌ای از اطلاعات انتقال یافته روی یک لینک شبکه‌ای یا فایل حجیمی از داده‌های بازاریابی شده از روی یک حافظه‌ی ثانویه باشد. این تبدیل(ها) ممکن است شامل تنها یک مقایسه منطقی، یک الگوریتم عددی پیچیده، یا استنباط قانون از یک سیستم خبره باشد. خروجی می‌تواند روشن‌شدن یک چراغ LED یا تولید گزارشی ۲۰۰ صفحه‌ای باشد. در عمل می‌توانیم برای هر سیستم کامپیوتری با هر اندازه و هر میزان از پیچیدگی، یک مدل جریان تهیه کنیم. بحث کامل تری از مدل‌سازی جریان در فصل ۷ ارائه خواهد شد.

۵-۵-۲ الگوهای تحلیل

هر کسی که کار مهندسی خواسته‌ها را روی چند پروژه‌ی نرم‌افزاری انجام داده باشد، رفته رفته متوجه می‌شود که مشکلات معینی در تمامی پروژه‌ها در یک دامنه‌ی کاربردی مشخص دوباره رخ می‌دهند.[1] این الگوهای *تحلیل* [Fow97] راهکارهایی (مثلاً یک کلاس، یک عملکرد، یک رفتار) در این دامنه‌ی کاربردی پیشنهاد می‌کنندکه در مدل‌سازی بسیاری از برنامه‌های کاربردی قابل استفاده‌ی مجدد است.

[1] در برخی موارد، مشکلات، جدا از دامنه‌ی کاربرد، درباره رخ می‌دهد. برای مثال، ویژگی‌ها و قابلیت‌های به کار رفته برای حل مشکلات واسط کاربری جدا از دامنه‌ی کاربرد مورد نظر رایج هستند.

SafeHome

مدل‌سازی مقدماتی رفتار

ادامه جلسه خواسته‌ها.

نقش‌آفرینان: جیمی لازار، عضو تیم نرم‌افزاری؛ وینود رامان، عضو تیم نرم‌افزار؛ اد رابینز، عضو تیم نرم‌افزار؛ داگ میلر، مدیر مهندسی نرم‌افزار؛ سه عضو بازاریابی؛ نماینده‌ای از مهندسی تولید؛ و یک نفر تسهیل‌گر.

گفتگوها:

تسهیل‌گر: کم کم داریم به پایان بحث درباره عملکرد ایمنی منزل در *SafeHome* می‌رسیم، ولی قبل از آن، می‌خواهم درباره رفتار این قابلیت صحبت کنیم.

عضو بازاریابی: نمی‌فهمم. منظورتان از رفتار چیست؟

اد (با لبخند): همین که وقتی محصولی درست رفتار نکند، به آن «وقت اضافه» می‌دهید.

تسهیل‌گر: دقیقاً نه. بگذارید توضیح بدهم.

(تسهیل‌گر اصول مدل‌سازی را برای تیم جمع‌آوری خواسته‌ها توضیح می‌دهد.)

عضو بازاریابی: قدری فنی به‌نظر می‌رسد. گمان نکنم من بتوانم در این زمینه کمکی بکنم.

تسهیل‌گر: حتماً می‌توانی. از دیدگاه یک کاربر چه رفتاری را مشاهده می‌کنی؟

عضو بازاریابی: خوب... سیستم، حس‌گرها را پایش خواهد کرد. فرمان‌های صادر شده از سوی صاحب‌خانه را خواهد خواند و حالت خودش را نمایش خواهد داد.

تسهیل‌گر: دیدی؟ می‌توانی.

جیمی: به‌علاوه باید گوش به زنگ PC هم باشد تا اگر ورودی از آن رسید، مثلاً دستیابی اینترنتی یا اطلاعات پیکربندی، آنها را دریافت کند.

وینود: آره. در واقع، پیکربندی سیستم هم به نوبه خودش یک حالت به‌شمار می‌رود.

داگ: شماها دارید تقلای بیهوده می‌کنید. بهتر است بیشتر درباره آن فکر کنیم... راهی برای ارائه این مطالب در قالب نمودار نیست؟

تسهیل‌گر: چرا، هست، ولی می‌گذاریم برای بعد از جلسه.

گه‌یر-شولتز و هاشلر [Gey01] دو مزیت را پیشنهاد می‌کنند که با به‌کارگیری الگوهای تحلیل می‌توان آنها را مرتبط دانست:

> نخست، این الگوهای تحلیل، توسعه‌ی مدل‌های تحلیل انتزاعی را سرعت می‌بخشند؛ این مدل‌های تحلیل انتزاعی، خواسته‌های اصلی مسأله را با فراهم ساختن مدل‌های تحلیل قابل استفاده‌ی مجدد مشخص می‌کنند؛ هر مدل تحلیل شامل یک سری مثال و نیز توصیفی از مزایا و محدودیت‌های موجود است. دوم، الگوهای تحلیل، تبدیل مدل تحلیل به یک مدل طراحی را با پیشنهاد الگوهای طراحی و راهکارهای قابل اطمینان برای مسائل رایج تسهیل می‌کند.

الگوهای تحلیل با ارجاع به نام الگو در مدل تحلیل قرار داده می‌شوند. این الگوها همچنین در یک مخزن نگهداری می‌شوند تا مهندسان خواسته‌ها بتوانند با استفاده از تسهیلات جستجوگر آنها را بیابند

و مورد استفاده قرار دهند. اطلاعات مربوط به یک الگوی تحلیل (و انواع الگوهای دیگر) در یک قالب استاندارد ارائه می‌شود [Gey01] [1] که با جزئیات بیشتر در فصل ۱۲ بحث خواهد شد. مثال‌هایی از الگوهای تحلیل و بحث بیشتر درباره این مبحث در فصل ۷ عرضه خواهد شد.

۵-۶ مذاکره بر سر خواسته‌ها

در یک حیطه‌ی ایده‌آل از مهندسی خواسته‌ها، وظایف دریافت، استخراج و جزئیات، خواسته‌های مشتری را با تفصیل کافی تعیین می‌کنند تا بتوان به سمت سایر فعالیت‌های مهندسی نرم‌افزار حرکت کرد، ولی متاسفانه این اتفاق کمتر رخ می‌دهد. در واقع، ممکن است با یک یا چند طرف ذی‌نفع وارد مشاجره شوید. در اکثر موارد، از طرف‌های ذی‌نفع خواسته می‌شود که عملکردها، کارایی و سایر خصوصیات محصول یا سیستم را در مقابل هزینه و زمان ارائه به بازار موازنه کنند. هدف از این مذاکره توسعه‌ی یک طرح پروژه است که نیازهای طرف ذی‌نفع را بر طرف سازد و در همان حال قیدوبندهای جهان واقعی (مانند زمان، آدم‌ها، بودجه) را که تیم نرم‌افزاری با آنها مواجه است، منعکس می‌کند.

> «مصالحه، هنر تقسیم یک کیک است به گونه‌ای که هر کس بر این باور باشد که بزرگترین قطعه نصیب او شده است.»
>
> لودویگ ارهارد

اطلاعات

هنر مذاکره

فراگیری نحوه‌ی مذاکره موثر می‌تواند شما را در سرتاسر زندگی شخصی و فنی تان یاری دهد. در نظر گرفتن دستورات زیر می‌تواند ارزش مند باشد:

۱. *این که بدانید رقابتی در کار نیست.* برای موفقیت، هر دو طرف باید احساس کنند که برنده‌اند و چیزی عایدشان شده است. هر دو طرف باید به مصالحه برسند.

۲. *راهبردی را ترسیم کنید.* تصمیم بگیرید که چه چیزی می‌خواهید عایدتان شود؛ طرف مقابل به‌دنبال چیست و چه می‌توانید بکنید که هر دو اتفاق رخ دهد.

۳. *فعالانه گوش بدهید.* در حالی که طرف دیگر در حال صحبت است، مشغول کار روی پاسخ خودتان نباشید. به او گوش بدهید. احتمالاً اطلاعاتی به‌دست می‌آورید که به شما کمک می‌کند تا بهتر درباره موقعیت خود مذاکره کنید.

۴. *به علائق طرف دیگر توجه کنید.* اگر می‌خواهید از تضاد و تناقض پرهیز کنید، جبهه‌گیری نکنید.

۵. *اجازه ندهید مسائل جنبه‌ی شخصی پیدا کند.* به مسأله‌ای که قرار است حل شود، توجه کنید.

۶. *خلاق باشید.* اگر در تنگنا قرار گرفتید به فکر چاره‌ای برای خروج از آن باشید.

۷. *آمادگی تعهد را داشته باشید.* پس از اینکه به توافق رسیدید، به آن عمل کنید؛ به قول خود عمل کنید و ادامه دهید.

[1] در برخی موارد، دامنه کاربرد هر چه که باشد، مسأله درباره رخ می‌نماید. برای مثال، ویژگی‌ها و قابلیت‌های عملیاتی به‌کاررفته در حل مسائل واسط کاربری در هر دامنه کاربردی که باشند، مستقل از دامنه مورد نظرند.

SafeHome

شروع مذاکره

صحنه: دفتر لیزا پرز، پس از نخستین جلسه جمع‌آوری خواسته‌ها.

نقش‌آفرینان: داگ میلر، مدیر مهندسی نرم‌افزار و لیزا پرز، مدیر بازاریابی.

گفتگوها:

لیزا: شنیدم که اولین جلسه به‌خوبی برگزار شده.

داگ: راستش، بله. تو آدم‌های خوبی به جلسه فرستاده بودی... واقعاً سهم داشتند.

لیزا (با لبخند): آره، در واقع آنها به من گفتند که خودشان را خوب قاطی کردند و همه‌ی بحث به مسائل فنی محدود نشده.

داگ (با خنده): دفعه بعد که آنها را ببینم، اصطلاحات فنی خودم را رو می‌کنم... ببین لیزا، من فکر می‌کنم با آن تاریخ‌هایی که مدیریت شما برای سیستم ایمنی منزل در نظر گرفته، نتوانیم همه‌ی قابلیت‌ها را تأمین کنیم. زود است، می‌دانم، ولی همین الان هم ما یک کم از برنامه عقبیم و...

لیزا (با اخم): داگ، ما باید در آن تاریخ آماده‌اش کنیم. تو از کدام قابلیت حرف می‌زنی؟

داگ: من می‌دانم که می‌توانیم قابلیت ایمنی منزل را به‌طور کامل تا آن تاریخ تحویل بدهیم، ولی برای دستیابی اینترنتی باید تا نگارش دوم صبر کنیم.

لیزا: داگ، همین دستیابی اینترنتی است که به ***SafeHome*** یک جاذبه غیر عادی می‌دهد. ما می‌خواهیم کل فعالیت‌های بازاریابی خودمان را روی آن بنا کنیم. این ویژگی را حتماً باید داشته باشیم.

داگ: من شرایط شما را درک می‌کنم، واقعاً درک می‌کنم. مشکل اینجاست که برای دستیابی به اینترنت باید یک وب‌سایت با امنیت کامل بسازیم و راه‌اندازی کنیم. و این نیاز به زمان و نیروی کار دارد. به‌علاوه باید یک عالم قابلیت‌های اضافی را در نگارش اول بسازیم... گمان نکنم با منابعی که در اختیار داریم، از پس آن بر بیاییم.

لیزا (هنوز اخم بر چهره دارد): می‌فهمم. ولی باید راهی برای انجام آن پیدا کنی. این قضیه برای قابلیت‌های ایمنی منزل و حتی بقیه قابلیت‌های سیستم، اهمیت محوری دارد... حالا آنها را می‌شود به نگارش بعد موکول کرد... با این موافقم.

به‌نظر می‌رسد لیزا و داگ در تنگنا قرار گرفته‌اند و هنوز باید برای حل این مشکل به مذاکره ادامه دهند. آیا هر دو آنها می‌توانند برنده‌ی این بازی باشند؟ شما در نقش میانجی چه پیشنهادی دارید؟

هدف بهترین مذاکره‌ها، نتیجه‌ای «بُرد- بُرد» است.[1] یعنی طرف‌های ذی‌نفع با دریافت سیستم یا محصولی که اکثر نیازهای آنها را برآورده می‌کند، برنده شده باشد و شما (به‌عنوان عضوی از تیم نرم‌افزاری) با کار در مهلت‌ها و بودجه‌های واقع‌بینانه و قابل دستیابی برنده شده باشید.

[1] درباره مهارت‌های چانه‌زنی ده‌ها کتاب نوشته شده است (مثل [Lew06]، [Rai06]، [Fis06]). این مهارت، یکی از مهمترین مهارت‌هایی است که باید فرا بگیرید. پس یکی از این کتاب‌ها را بخوانید.

بوهم [Boe98] مجموعه‌ای از فعالیت‌های مذاکره را در شروع هر دور تکرار از فرایند نرم‌افزار تعریف می‌کند. به‌جای یک فعالیت منفرد برقراری ارتباط با مشتری، فعالیت‌های زیر تعیین می‌شود:

۱. شناسایی طرف‌های ذی‌نفع مهم سیستم یا زیر سیستم.
۲. تعیین شرایط برد برای طرف‌های ذی‌نفع.
۳. مذاکره بر سر شرایط برد طرف‌های ذی‌نفع برای رساندن آنها به شرایط برد-برد، برای تمامی طرف‌ها (از جمله تیم نرم‌افزار).

با تکمیل موفقیت آمیز این مراحل آغازی، نتیجه‌ی برد-برد عاید خواهد شد که ملاک کلیدی برای پیش‌رفتن به فعالیت‌های بعدی در مهندسی نرم‌افزار است.

مرجع وب

مقاله مختصری درباره مذاکره برای خواسته‌های نرم‌افزار را می‌توانید از آدرس زیر دانلود کنید.

www.alexander-egyed.com/publications/software Requirements-NegotiationSome-Lessons-Learned.html

۵-۷ اعتبارسنجی خواسته‌ها

با ایجاد هر کدام از عناصر مدل خواسته‌ها، باید آن را از نظر ناسازگاری، ابهام و موارد جاافتاده بررسی کرد. خواسته‌هایی که مدل به نمایش می‌گذارد به موازات رشد و توسعه‌ی نرم‌افزار، توسط طرف‌های ذی‌نفع، اولویت‌بندی و در داخل بسته‌هایی گروه‌بندی می‌شود.

با مروری بر مدل خواسته‌ها به پرسش‌های زیر باید پاسخ گفته شود:

- آیا هر خواسته‌ای با اهداف کلی سیستم/ محصول همخوانی دارد؟
- آیا همه‌ی خواسته‌ها در سطح مناسبی از انتزاع، مشخص شده‌اند؟ یعنی آیا در برخی خواسته‌ها سطحی از جزئیات فنی ارائه شده است که در این مرحله مناسب نباشد؟
- آیا این خواسته واقعاً لازم است یا یک ویژگی اضافی را نشان می‌دهد که ممکن است برای هدف سیستم ضروری نباشد؟
- آیا همه‌ی خواسته‌ها خالی از ابهام هستند؟
- آیا همه‌ی خواسته‌ها دارای صفت هستند؟ یعنی یک منبع (عموماً فردی مشخص) برای هر خواسته ذکر شده است؟
- آیا هر خواسته‌ای با سایر خواسته‌ها تضاد ندارد؟
- آیا هر خواسته‌ای در محیط فنی سیستم یا محصول قابل دستیابی است؟
- آیا هر خواسته‌ای پس از پیاده‌سازی قابل آزمون هست؟
- آیا مدل خواسته‌ها به‌طرزی مناسب، اطلاعات، عملکرد و رفتار سیستم مورد نظر را منعکس می‌سازد؟
- آیا مدل خواسته‌ها به‌شیوه‌ای «افراز» شده است که به‌طور فزاینده اطلاعات جزئی تری را درباره سیستم آشکار سازد؟
- آیا از الگوهای خواسته‌ها برای ساده‌سازی مدل خواسته‌ها استفاده شده است؟ آیا همه‌ی الگوها به‌طور مناسب اعتبارسنجی شده‌اند؟ آیا همه‌ی الگوها با خواسته‌های مشتریان سازگارند؟

این پرسش‌ها و نظایر آن باید پرسیده شوند و به آنها پاسخ داده شود تا اطمینان حاصل شود که مدل خواسته‌ها انعکاس درستی از نیازهای ذی‌نفع‌هابوده، بنیادی محکم برای طراحی فراهم می‌سازد.

هنگام بازبینی خواسته‌ها چه باید بپرسم؟

۵-۸ خلاصه

وظایف مهندسی خواسته‌ها برای ایجاد بنیادی محکم جهت طراحی و ساخت نرم‌افزار اجرا می‌شود. مهندسی خواسته‌ها طی فعالیت‌های برقراری ارتباط و مدل‌سازی رخ می‌دهد که برای فرایند مهندسی کلی تعریف شده‌اند. هفت وظیفه در مهندسی خواسته‌ها وجود دارد- دریافت، استخراج، تعیین جزئیات، تعیین مشخصات، اعتبارسنجی و مدیریت- که اعضای تیم نرم‌افزاری باید آنها را انجام دهند.

در مرحله‌ی شروع، طرف‌های ذی‌نفع خواسته‌های اصلی مسأله را تعیین می‌کنند، قیدوبندهای پروژه را مشخص می‌کنند و به ویژگی‌ها و قابلیت‌هایی می‌پردازند که باید در سیستم موجود باشند تا به اهداف خود برسد. این اطلاعات در مرحله‌ی استخراج، پالایش و بسط داده می‌شوند- فعالیتی در جمع‌آوری خواسته‌ها که از جلسات تسهیل شده، QFD و توسعه‌ی سناریوهای کاربرد استفاده می‌کند.

در مرحله‌ی تعیین جزئیات، خواسته‌ها باز هم در یک مدل بسط داده می‌شوند- این مدل مجموعه‌ای از عناصر مبتنی بر سناریو، مبتنی بر کلاس، رفتاری و جریان گراست. مدل مذکور ممکن است به الگوهای تحلیل ارجاع دهد یعنی راهکارهایی برای مسائل تحلیلی که مشاهده شده است در کاربردهای متفاوت دوباره رخ می‌دهند.

با شناخته‌شدن خواسته‌ها و ایجادشدن مدل خواسته‌ها، تیم نرم‌افزاری و سایر طرف‌های ذی‌نفع بر سر اولویت‌ها، دسترسی‌ها و هزینه‌ی نسبی هر خواسته مذاکره می‌کنند. مقصود از این مذاکره، توسعه یک طرح پروژه واقع بینانه است، به‌علاوه، هر کدام از خواسته‌ها و مدل خواسته‌ها در کل در مقابل مشتری باید اعتبارسنجی شود تا اطمینان حاصل شود که درست ساخته خواهد شد.

مسائل و نکاتی برای تعمق

۵-۱ چرا بسیاری از سازندگان نرم‌افزار توجه کافی به مهندسی خواسته‌ها نمی‌کنند؟ آیا شرایطی وجود دارد که بتوان آن را نادیده گرفت؟

۵-۲ مسؤولیت استخراج خواسته‌ها به شما واگذار شده است و مشتری می‌گوید سرش شلوغ‌تر از آن است که بتواند با شما ملاقات کند، چه باید بکنید؟

۵-۳ برخی مشکلات را که ممکن است هنگام دریافت خواسته‌ها از سه یا چهار مشتری متفاوت پدید آید مورد بحث قرار دهید.

۵-۴ چرا می‌گوییم که مدل خواسته‌ها نشان‌گر عکسی از سیستم در زمان است؟

۵-۵ فرض می‌کنیم که مشتری را قانع کرده‌اید تا با همه‌ی درخواست‌های شما به‌عنوان سازنده‌ی نرم‌افزار موافقت کند (چون فروشنده‌ی خوبی هستید). آیا باید شما را استاد مذاکره دانست؟

۵-۶ دست کم سه «پرسش مستقل از حیطه» ارائه دهید که می‌توان در طول مرحله‌ی شروع از یک ذی‌نفع پرسید.

۵-۷ یک کیت جمع‌آوری خواسته‌ها بسازید. این کیت باید شامل مجموعه‌ای از دستورالعمل‌ها برای اجرای یک جلسه جمع‌آوری خواسته‌ها و موادی باشد که بتوان از آنها در تسهیل ایجاد فهرست‌ها و هر چیز دیگری استفاده کرد که ممکن است به تعریف خواسته‌ها کمک کند.

۵-۸ استادتان کلاس را به گروه‌های پنج یا شش نفره تقسیم خواهد کرد. نیمی از هر گروه نقش بخش بازاریابی و نیم دیگر نقش مهندسی نرم‌افزار را بر عهده دارد. وظیفه‌ی شما تعریف خواسته‌ها برای قابلیت ایمنی در محصول ***SafeHome*** است که در این فصل توصیف شده است. جلسه‌ای برای جمع‌آوری خواسته‌ها با استفاده از دستورالعمل‌های ارائه شده در این فصل اجرا کنید.

۵-۹ یک use case برای یکی از فعالیت‌های زیر توسعه دهید:

الف. گرفتن پول نقد از یک خود پرداز.

ب. استفاده از کارت بانکی برای پرداخت پول غذا در رستوران.

پ. خرید سهام با استفاده از حساب سرور بورس.

ت. جستجو به‌دنبال کتاب (در یک مبحث خاص) با استفاده از کتابفروشی آنلاین.

ث. فعالیتی که استادتان مشخص کرده است.

۵-۱۰ use case‌ی با عنوان «استثنائات» چه چیزی ارائه می‌دهد.

۵-۱۱ *الگوی تحلیل* را به زبان ساده شرح دهید.

۵-۱۲ با استفاده از الگوی ارائه شده در بخش ۵-۵-۲ یک یا چند الگوی تحلیل برای دامنه‌های کاربردی زیر پیشنهاد کنید:

الف. نرم‌افزارهای حسابداری.

ب. نرم‌افزارهای پست الکترونیکی.

پ. مرورگرهای اینترنت.

ت. نرم‌افزارهای واژه پرداز.

ث. نرم‌افزارهای ایجاد وب‌سایت.

ج. دامنه‌ی کاربردی که مربی شما مشخص می‌کند.

۵-۱۳ منظور از برد- برد در حیطه‌ی مذاکره طی فعالیت مهندسی خواسته‌ها چیست؟

۵-۱۴ فکر می‌کنید وقتی در اعتبارسنجی خواسته‌ها خطایی کشف شود، چه اتفاقی رخ می‌دهد؟ چه کسی در تصحیح این خطا باید دخالت کند؟

فصل ۶

مدل‌سازی خواسته‌ها: سناریوها، اطلاعات و کلاس‌های تحلیل

نگاهی گذرا

مدل‌سازی خواسته‌ها چیست؟ سخنان مکتوب، وسیله‌ای عالی برای برقراری ارتباط به‌شمار می‌روند، ولی ضرورتاً بهترین راه برای نمایش خواسته‌های مربوط به یک نرم‌افزار کامپیوتری نیستند. در مدل‌سازی خواسته‌ها، تلفیقی از شکل‌های متنی و نموداری برای به تصویر کشیدن خواسته‌ها استفاده می‌شود، به شیوه‌ای که درک آن آسان‌تر باشد و مهمتر از آن، به سهولت بتوان آن را برای تصحیح، تکمیل و سازگاری، مورد بازبینی قرار داد.

چه کسی آن را انجام می‌دهد؟ این مدل را یک مهندس نرم‌افزار (که گاهی *تحلیل‌گر* نامیده می‌شود) با به‌کارگیری خواسته‌های استخراج شده از مشتری می‌سازد.

چرا اهمیت داد؟ برای اعتبارسنجی خواسته‌های نرم‌افزار، باید آنها را از چند دیدگاه متفاوت بررسی کنیم. در این فصل، به بحث مدل‌سازی خواسته‌ها از سه دیدگاه متفاوت خواهیم پرداخت: مدل‌های مبتنی بر سناریو، مدل‌های داده‌ای (اطلاعاتی) و مدل‌های مبتنی بر کلاس. در هر کدام از این مدل‌ها، خواسته‌ها از «بُعدی» متفاوت به نمایش در می‌آید و از این رو، احتمال برملاشدن خطاها، روشدن ناسازگاری‌ها و کشف جاافتادگی‌ها افزایش می‌یابد.

مراحل کار کدام است؟ مدل‌های مبتنی بر سناریو، سیستم را از دیدگاه کاربر به نمایش می‌گذارند. مدل‌سازی داده‌ها، فضای اطلاعاتی را به نمایش در می‌آورد و اشیای داده را که نرم‌افزار دستکاری می‌کند و همچنین روابط میان آنها را به تصویر می‌کشد. مدل‌سازی مبتنی بر کلاس‌ها به تعریف اشیاء صفات و روابط می‌پردازد. پس از این که مدل‌های مقدماتی تهیه شدند، مورد پالایش و تحلیل قرار می‌گیرند تا به وضوح، کمال و سازگاری لازم برسند. در فصل ۷، این ابعاد مدل‌سازی را با نمایش‌های بیشتری بسط و توسعه خواهیم داد و از خواسته‌ها دیدی قوی‌تر ارائه خواهیم کرد.

محصول کاری چیست؟ آرایه گسترده‌ای از فرم‌های متنی و نموداری را می‌توان برای مدل خواسته‌ها برگزید. هر کدام از این نمایش‌ها، دیدگاهی از یک یا چند عنصر مدل فراهم می‌سازند.

چطور اطمینان حاصل کنم که درست از عهده کار برآمده‌ام؟ محصولات کاری مدل‌سازی خواسته‌ها را باید از نظر صحت، کمال و سازگاری بازبینی کرد. این محصولات باید منعکس کننده‌ی نیازهای همه‌ی طرف‌های ذی‌نفع باشند و بستری برای انجام طراحی فراهم سازند.

در سطح فنی، مهندسی نرم‌افزار با یک سری وظایف مدل‌سازی آغاز می‌شود که به تعیین مشخصات خواسته‌ها و نمایش طراحی برای نرم‌افزاری که قرار است ساخته شود، منجر می‌شود. مدل خواسته‌ها[1] -که در واقع مجموعه‌ای از مدل هاست- نخستین نمایش فنی از یک سیستم به‌شمار می‌رود.

تام دومارکو [DeM79] در کتابی مربوط به روش‌های مدل‌سازی خواسته‌ها، این فرایند را چنین توصیف می‌کند:

> من با رجوع به مشکلات و شکست‌های فاز تحلیل، پیشنهاد می‌کنم که باید مواردی را که به دنبال می‌آید به اهداف فاز تحلیل خود اضافه کنیم: محصولات تحلیل باید از قابلیت نگهداری بالایی برخوردار باشند. این *به‌ویژه* برای مستندات هدف [تعیین مشخصات خواسته‌های نرم‌افزار] کاربرد دارد. با مشکلات ناشی از اندازه باید با به‌کارگیری روش‌های‌افزاری اثربخش روبه رو شد. تعیین مشخصات به روش‌های دوره ویکتوریا دیگر جواب نمی دهد. هر جا که امکان داشته باشد، از تصاویر باید استفاده شود.
>
> بین ملاحظات منطقی [اساسی] و فیزیکی [پیاده‌سازی] باید تفاوت قائل شد... در کمترین سطح... به چیزی نیاز داریم که ما را در افراز خواسته‌هایمان یاری دهد و آن افراز را پیش از تعیین مشخصات مستندسازی کند... وسیله‌ای برای پایش و ارزیابی واسط‌ها... ابزارهای جدید برای توصیف منطق و خط مشی، چیزی بهتر از متون روایی.

گرچه دومارکو این مطالب را بیش از یک ربع قرن پیش درباره صفات مدل‌سازی تحلیل نوشته است، نظریات او همچنان در روش‌ها و نمادگذاری مدرن مدل‌سازی خواسته‌ها کاربرد دارند.

۱-۶ تحلیل خواسته‌ها

تحلیل خواسته‌ها به تعیین مشخصات خصوصیات عملیاتی نرم‌افزار منجر می‌شود. واسط نرم‌افزار با سایر عناصر سیستم را مشخص می‌کند و قید و بندهایی را که نرم‌افزار باید رعایت کند، تعیین می‌نماید. تحلیل خواسته به شما (هر نامی که داشته باشید اعم از مهندس نرم‌افزار، تحلیل گر، مدل ساز) این امکان را می‌دهد که طی وظایف دریافت، استخراج و چانه زنی (فصل ۵) جزئیات خواسته‌های پایه را تعیین کنید.

کنش مدل‌سازی خواسته به یک یا چند نوع از مدل‌های زیر می‌انجامد:

- *مدل‌های مبتنی بر سناریو* از دیدگاه «کنش گران» گوناگون سیستم.
- *مدل‌های داده‌ای* که دامنه‌ی اطلاعاتی مسأله را تصویر می‌کنند.
- *مدل‌های مبتنی بر کلاس‌ها* که کلاس‌های شیءگرا (صفات و عملیات) و شیوه‌ی همکاری این کلاس‌ها برای دستیابی به خواسته‌های سیستم را به نمایش می‌گذارند.
- *مدل‌های جریان‌گرا* که عناصر عملیاتی سیستم و چگونگی تبدیل داده‌ها توسط این عناصر را به هنگام حرکت درسیستم نمایش می‌دهند.

> «هر نمایی از خواسته‌ها به تنهایی برای درک یا توصیف رفتار مطلوب یک سیستم پیچیده، ناکافی است.»
>
> **آلن ام. دیویس**

[1] در ویراست‌های گذشته این کتاب از عبارت مدل تحلیل به‌جای مدل خواسته‌ها استفاده شده بود. در این ویراست تصمیم گرفتم برای اشاره به فعالیتی که جنبه‌های گوناگون مسأله را تعریف می‌کنند، از هر دو عبارت استفاده کنیم. تحلیل کنشی است که در به دست آوردن خواسته انجام می‌شود.

- *مدل‌های رفتاری* که چگونگی رفتار نرم‌افزار را به‌عنوان نتیجه‌ای از «رویدادهای» بیرونی به تصویر می‌کشند.

این مدل‌ها اطلاعاتی را در اختیار طراح نرم‌افزار قرار می‌دهند که به طراحی معماری، طراحی واسط‌ها و طراحی در سطح مؤلفه‌ها قابل ترجمه‌اند. سرانجام، مدل خواسته‌ها (و تعیین مشخصات خواسته‌های نرم‌افزار) ابزارهای لازم برای ارزیابی کیفیت را در اختیار سازنده و مشتری قرار می‌دهند.

در این فصل، مدل‌سازی مبتنی بر سناریو را کانون توجه قرار می‌دهیم-تکنیکی که محبوبیت آن در جامعه‌ی مهندسی نرم‌افزار در حال رشدی فزاینده است؛ مدل‌سازی داده‌ها- که تکنیکی تخصصی‌تر به‌شمار می‌رود و *به‌ویژه* هنگامی مناسب است که قرار است نرم‌افزار مورد نظر یک فضای اطلاعاتی پیچیده را ایجاد یا دستکاری کند؛ و *مدل‌سازی کلاس ها*- نمایشی از کلاس‌های شیءگرا و همکاری‌های میان آنها که به سیستم امکان می‌دهند تا قابلیت‌های خودش را بروز دهد. مدل‌های جریان‌گرا، مدل‌های رفتاری، مدل‌سازی مبتنی بر الگوها و مدل‌های مربوط به برنامه‌های تحت وب در فصل ۷ بحث خواهند شد.

۱-۱-۶ فلسفه و اهداف کلی

در سرتاسر مدل‌سازی خواسته‌ها، آنچه که در وهله نخست کانون توجه قرار می‌گیرد، **چیستی** است نه **چگونگی**. در شرایطی خاص چه نوع تعامل‌های کاربری رخ می‌دهد، سیستم چه اشیایی را دستکاری می‌کند، سیستم چه عملیاتی را باید انجام دهد، چه رفتاری باید از خود به نمایش بگذارد، چه واسط‌هایی تعریف می‌شوند و چه قید و بندهایی اعمال می‌شود؟[1]

در فصل‌های اولیه گفتیم که ممکن است تعیین مشخصات کامل خواسته‌ها در این مرحله امکان‌پذیر نباشد. مشتری ممکن است دقیقاً از آنچه که برای جنبه‌های معینی از سیستم مورد نیاز است، مطمئن نباشد. سازنده ممکن است مطمئن نباشد که با یک رویکرد خاص به‌طور مناسب به عملکرد و کارایی خواهد رسید. این واقعیت‌ها باعث می‌شوند که انتخاب رویکردی مبتنی بر تکرار برای مدل‌سازی و تحلیل خواسته‌ها موجه به نظر برسد. تحلیل‌گر باید دانسته‌ها را مدل‌سازی کند و از مدل بدست آمده به‌عنوان مبنایی برای طراحی نسخه‌ی نرم‌افزار استفاده کند.[2]

مدل خواسته‌ها باید به سه هدف دست پیدا کند: (۱) توصیف آنچه که مشتری نیاز دارد، (۲) ایجاد مبنایی برای تهیه طراحی نرم‌افزار و (۳) تعریف مجموعه‌ای از خواسته‌ها که پس از ساخته‌شدن نرم‌افزار بتوان آنها را اعتبارسنجی کرد. مدل تحلیل، پلی است میان توصیف در سطح سیستم (که کل سیستم یا قابلیت عملیات تجاری را آن گونه که مورد دستیابی نرم‌افزار، سخت‌افزار، داده‌ها، انسان یا سایر عناصر سیستمی قرار می‌گیرد، توصیف می‌کند) و یک طراحی نرم‌افزار (فصل‌های ۸ تا ۱۳) که معماری کاربرد نرم‌افزار، واسط‌های کاربری و ساختار را در سطح مؤلفه‌ها توصیف می‌کند. این رابطه در شکل ۱-۶ نشان داده شده است.

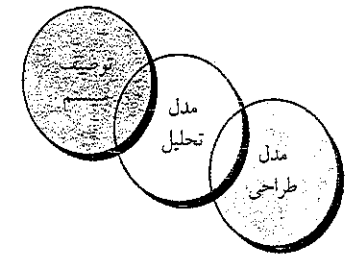
> **نکته‌ی کلیدی**
>
> مدل تحلیل و تعیین مشخصات خواسته‌ها، ابزاری برای ارزیابی کیفیت پس از ساخته‌شدن نرم‌افزار فراهم می‌آورد.

> «خواسته‌ها معماری نیستند. خواسته‌ها طراحی نیستند و واسط کاربر هم نیستند. خواسته‌ها نیازند.»
>
> **اندرو هانت و دیوید توماس**

> **نکته‌ی کلیدی**
>
> مدل تحلیل باید آنچه را که مشتری می‌خواهد، توصیف کند، بستری برای طراحی ایجاد کند و هدفی برای اعتبارسنجی تعیین کند.

[1] لازم به ذکر است که مشتریان از نظر فنی اطلاعات بیشتری کسب می‌کنند و در کنار چیستی، چگونگی نیز باید برای آنها مشخص گردد. ولی توجه اولیه باید برهمان چیستی متمرکز باشد.

[2] به طریق دیگر، تیم نرم‌افزاری ممکن است یک نمونه اولیه ایجاد کند (فصل ۲) تا خواسته‌های سیستم بهتر شناخته شود.



شکل ۱-۶ مدل خواسته‌ها به‌عنوان پلی میان توصیف سیستم و مدل طراحی.

ذکر این نکته حائز اهمیت است که همه‌ی عناصر در مدل خواسته‌ها به‌طور مستقیم تا بخش‌هایی از مدل طراحی قابل ردیابی خواهند بود. تقسیم‌بندی واضح وظایف تحلیل و طراحی میان این دو فعالیت مهم مدل‌سازی، همواره امکان‌پذیر نیست. مقداری از طراحی به‌عنوان بخشی از تحلیل و مقداری از تحلیل در طول طراحی انجام می‌شود.

۶-۱-۲ قواعد ساده‌ی تحلیل

آرلو و نوی اشتات [Arl02] چند قاعده ساده و با ارزش پیشنهاد می‌کنند که هنگام ایجاد مدل تحلیل بهتر است رعایت شوند:

- *مدل باید خواسته‌هایی را که اکنون توجه قرار دهد که در دامنه‌ی تجاری یا مسأله، قابل مشاهده باشند. سطح انتزاع باید نسبتاً بالا باشد.* «خود را درگیر جزئیاتی نکنید [Arl02] که سعی کنید چگونگی کارکردن سیستم را توضیح دهید.
- *هر عنصر از مدل خواسته‌ها باید در کل چیزی به درک ما از خواسته‌های نرم‌افزار بیفزاید و دیدی از دامنه‌ی اطلاعاتی، عملکرد و رفتار سیستم فراهم سازد.*
- *ملاحظات زیر ساختی و سایر مدل‌های غیر عملیاتی را تا طراحی به تأخیر اندازید.* یعنی ممکن است به یک بانک اطلاعاتی نیاز داشته باشید، ولی کلاس‌های مورد نیاز برای پیاده‌سازی آن، عملکردهای لازم برای دستیابی به آن و رفتاری که به هنگام استفاده از خود نشان خواهد داد، مواردی هستند که تنها پس از کامل‌شدن تحلیل دامنه‌ی مسأله باید به آنها پرداخت.
- *ارتباط‌ها را در سرتاسر سیستم به حداقل برسانید.* نمایش روابط میان کلاس‌ها و عملکردها مهم است، ولی اگر سطح «ارتباط میان مؤلفه‌ها» بسیار بالا باشد، باید تلاش کرد تا این سطح کاهش یابد.
- *مدل خواسته‌ها باید حتماً رضایت همه‌ی طرف‌های ذی‌نفع را جلب کند.* هر گروهی کاربردهای خاص خود را از مدل می‌خواهد. برای مثال، ذی‌نفع‌های تجاری باید از این مدل برای اعتبارسنجی خواسته‌ها استفاده کنند؛ طراحان باید از این مدل به‌عنوان مبنایی برای طراحی استفاده کنند؛ اعضای تضمین کیفیت باید این مدل را برای برنامه‌ریزی آزمون‌های پذیرش به‌کار ببرند.
- *سادگی مدل را تا حد امکان حفظ کنید.* اگر *نموداری* هیچ اطلاعات جدیدی فراهم نمی آورد، آن را اضافه نکنید. اگر یک فهرست ساده کفایت می‌کند، از شکل‌های نمادگذاری پیچیده استفاده نکنید.

آیا دستور العمل‌های پایه‌ای وجود دارد که بتواند ما را در کار تحلیل خواسته‌ها یاری دهد؟

«مسائلی که ارزش حمله کردن دارند، ارزش خود را با پاسخ دادن به حملات به اثبات می‌رسانند.»

پیت هاین

۶-۱-۳ تحلیل دامنه

در بحث مهندسی خواسته‌ها (فصل ۵)، گفتیم که الگوهای تحلیلی غالباً در میان بسیاری از کاربردها در یک دامنه‌ی تجاری خاص دوباره مشاهده می‌شوند. اگر الگوها به شیوه‌ای تعریف و گروه‌بندی شده باشند که بتوانید آنها را برای حل مسائل مشترک به‌کار ببرید، ایجاد مدل تحلیل، تسریع می‌شود. مهمتر اینکه احتمال به‌کارگیری الگوهای طراحی و مؤلفه‌های قابل اجرای نرم‌افزار به‌طور چشمگیری بالا می‌رود. این باعث تسریع در ارائه محصول به بازار و کاهش هزینه‌های توسعه می‌شود، ولی الگوهای تحلیل و کلاس‌ها را چگونه در وهله نخست باید شناسایی کرد؟ چه کسی آنها را تعیین و دسته‌بندی می‌کند و آنها را برای استفاده در پروژه‌های بعدی آماده می‌کند؟ پاسخ به این پرسش‌ها در *تحلیل دامنه* نهفته است. فایر اسمیت [Fir93] تحلیل دامنه را چنین توصیف می‌کند:

> تحلیل دامنه نرم‌افزار عبارت است از شناسایی، تحلیل و تعیین مشخصات خواسته‌های رایج از یک دامنه‌ی کاربردی خاص، معمولاً برای استفاده‌ی مجدد در چندین پروژه که در همان دامنه‌ی کاربردی قرار دارند... [تحلیل دامنه به روش شیء‌گرا عبارت است از] شناسایی، تحلیل و مشخص کردن توانایی‌های قابل استفاده‌ی مجدد مشترک در یک دامنه‌ی کاربردی خاص؛ بر حسب اشیاء، کلاس‌ها و چارچوب‌های مشترک.

این «دامنه‌ی کاربرد خاص» می‌تواند از هوانوردی تا بانکداری، از بازی‌های چندرسانه‌ای تا نرم‌افزارهای تعبیه‌شده در دستگاه‌های پزشکی را در بر گیرد. هدف تحلیل دامنه، صریح است: یافتن یا ایجاد کلاس‌های تحلیل و/یا الگوهای تحلیلی که دارای کاربردی گسترده‌اند و می‌توان دوباره از آنها استفاده کرد.[1]

با استفاده از واژه‌های ارائه شده در ابتدای این کتاب، تحلیل دامنه را می‌توان به‌عنوان فعالیتی چتری برای فرایند نرم‌افزار در نظر گرفت. منظور این است که تحلیل دامنه یک فعالیت مستمر در مهندسی نرم‌افزار است که تنها با یک پروژه‌ی نرم‌افزاری در ارتباط نیست. نقش تحلیل‌گر دامنه از یک لحاظ مشابه با نقش ابزارساز (toolsmith) در یک محیط صنایع سنگین است. وظیفه‌ی این ابزارساز، طراحی و ساخت ابزارهایی است که ممکن است بسیاری از افرادی که کار مشابه، ولی نه الزاماً یکسان انجام می‌دهند، بتوانند از آنها استفاده کنند. نقش تحلیل‌گر دامنه[2] کشف و تعیین الگوهای تحلیل، کلاس‌های تحلیل و اطلاعات مرتبطی است که ممکن است بسیاری از افراد در حال کار روی نرم‌افزارهای مشابه، ولی نه الزاماً یکسان از آنها بهره مند گردند.

در شکل ۲-۶ [Ara89] ورودی‌ها و خروجی‌های کلیدی برای فرایند دامنه تحلیل نشان داده شده است. منابع اطلاعاتی دامنه، مورد نظرخواهی قرار می‌گیرد تا اشیای قابل استفاده‌ی مجدد در آن دامنه شناسایی گردد.

۶-۱-۴ روش‌های مدل‌سازی خواسته‌ها

در یک نما (view) از مدل‌سازی خواسته‌ها، که به *تحلیل ساخت‌یافته* موسوم است، داده‌ها و

مرجع وب

بسیاری از منابع مفید برای تحلیل دامنه را می‌توان در آدرس زیر یافت:

www.iturls.com/English/SoftwareEngineering/SE-mod5.asp

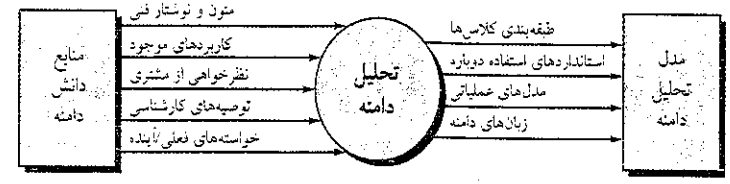
نکته‌ی کلیدی

تحلیل دامنه، به یک برنامه‌ی کاربردی خاص توجه نمی‌کند بلکه دامنه‌ای را مورد توجه قرار می‌دهد که برنامه‌ی کاربردی در آن قرار دارد. هدف آن، شناسایی عناصر مشترک حل مسأله است که می‌توان در همه‌ی برنامه‌های کاربردی دیگر آن دامنه استفاده کرد.

---

[1] دید مکملی از تحلیل دامنه «شامل مدل‌سازی دامنه می‌شود به طوری که مهندسان نرم‌افزار و سایر ذی‌نفع‌ها بهتر بتوانند از آن مطلب بیاموزند... همه کلاس‌های دامنه الزاماً به توسعه ی کلاس‌های قابل استفاده دوباره منجر نمی شوند...» [Let03a]

[2] تصور نکنید چون تحلیل‌گر دامنه در حال کار است، مهندس نرم‌افزار نیازی به شناخت دامنه‌ی کاربرد ندارد. هر عضو تیم نرم‌افزار باید از دامنه‌ای که نرم‌افزار در آن قرار دارد، درکی نسبی داشته باشد.

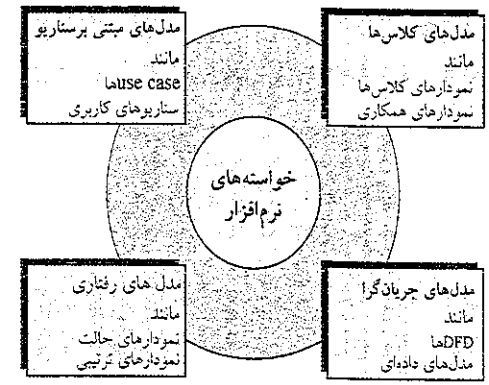


شکل ۲-۶ ورودی و خروجی برای تحلیل دامنه.

فرایندهایی که این داده‌ها را تبدیل می‌کنند، به‌عنوان موجودیت‌هایی مجزا در نظر گرفته می‌شوند. اشیای داده به شیوه‌ای مدل‌سازی می‌شوند که صفات و روابط میان آنها را تعریف کند. فرایندهایی که این اشیای داده را دستکاری می‌کنند، به شیوه‌ای مدل‌سازی می‌شوند که چگونگی تبدیل داده‌ها را به هنگام جریان یافتن اشیای داده در سیستم، نشان دهند.

رویکرد دوم برای مدل‌سازی تحلیل، که *تحلیل شیءگرا* نامیده می‌شود، بر تعریف کلاس‌ها و شیوه‌ی همکاری آنها با یکدیگر برای برآورده ساختن خواسته‌های مشتری تاکید دارد. UML و فرایند یکپارچه (فصل ۲) عمدتاً شیءگرا هستند.

گرچه مدل خواسته‌های پیشنهادی در این کتاب تلفیقی است از ویژگی‌های هر دو رویکرد، تیم مهندسی نرم‌افزارها غالباً تنها یک رویکرد را انتخاب و نمایش‌های مربوط به رویکرد دیگر را از کار خود طرد می‌کنند. مسأله این نیست که کدام رویکرد بهتر است، بلکه باید بپرسیم چه ترکیبی از نمایش‌ها بهترین مدل خواسته‌های نرم‌افزار را در اختیار طرف‌های ذی‌نفع قرار می‌دهد و اثربخش‌ترین پل به طراحی نرم‌افزار خواهد بود.



شکل ۳-۶ عناصر مدل تحلیل.

هر عنصر از مدل خواسته‌ها (شکل ۳-۶) مسأله را از دیدگاهی متفاوت نشان می‌دهد. عناصر مبتنی بر سناریو، چگونگی تعامل کاربر با سیستم و فعالیت‌های خاصی را تصویر می‌کند که هنگام به‌کارگیری نرم‌افزار رخ می‌دهند. عناصر مبتنی بر کلاس‌ها، اشیایی را که سیستم دستکاری می‌کند، عملیاتی را که روی اشیا انجام می‌شود تا این دستکاری‌ها اثر کنند، روابط میان این اشیا (قدری سلسله مراتبی) و همکاری‌هایی را که بین کلاس‌های تعریف می‌شود، مدل‌سازی می‌کنند. عناصر رفتاری، چگونگی تغییر یافتن حالت سیستم یا کلاس‌های موجود در آن توسط رویدادهای خارجی را به

> «... تحلیل کاری است ناراحت کننده، پر از روابط پیچیده میان افراد، نامعین و دشوار. در یک کلام، افسون کننده است. وقتی که به آن عادت کردید، لذت ساخت سیستم به روش قدیمی دیگر هرگز شما را راضی نخواهد کرد.»
>
> تام دومارکو

در توصیف مدل خواسته‌ها چرا می‌توان از دیدگاه‌های متفاوتی بهره برد؟

SafeHome

تحلیل دامنه

صحنه: دفتر داگ میلر، پس از جلسه با بازاریابی.

نقش‌آفرینان: داگ میلر، مدیر مهندسی نرم‌افزار و وینود رامان، عضو گروه مهندسی نرم‌افزار.

مکالمه:

داگ: برای یک پروژه‌ی خاص به تو احتیاج دارم وینود . می‌خواهم تو را از نشست‌های جمع‌آوری خواسته‌ها بیرون بکشم.

وینود (با اخم): خیلی بد شد. آن قالب واقعاً جواب می‌داد... داشت یک چیزهایی از آن دستگیرم می‌شد... موضوع چی هست؟

داگ: جیمی و اد جای تو هستند. خلاصه، بازاریابی اصرار دارد که قابلیت اینترنتی ایمنی منزل را در همان نسخه‌ی اول *SafeHome* ارائه کنیم. در این مورد زیر فشاریم... وقت یا آدم اضافی هم نداریم پس باید حل هر دو تا مسأله-یعنی واسط PC و واسط وب-را با هم و فوری حل کنیم.

وینود (گیج به نظر می‌رسد): نمی دانستم که برنامه ریزی‌ها انجام شده... ما حتی جمع‌آوری داده‌ها را هم تمام نکردیم.

داگ (با لبخندی کمرنگ): می‌دانم، ولی زمان‌بندی آنقدر فشرده است که تصمیم گرفتم الآن با بازاریابی کنار بیایم... خلاصه، وقتی اطلاعاتِ همه‌ی جلساتِ جمع‌آوری خواسته‌ها را در اختیار داشتیم، طرح آزمایشی را بازبینی می‌کنیم.

وینود: بسیار خب. حالا من باید چه کار کنم؟

داگ: تو می‌دانی «تحلیل دامنه» چیست؟

وینود: یک جورهایی. وقتی که داری نرم‌افزاری می‌سازی، در نرم‌افزارهایی با حیطه‌ی کاربرد مشابه، دنبال الگوهای مشابه می‌گردی تا در صورت امکان از این الگوها دوباره استفاده کنی.

داگ: درست است. چیزی که می‌خواهم انجام بدهی، این است که شروع به تحقیق کنی و واسط‌های کاربری موجود برای کنترل دستگاه‌هایی مثل *SafeHome* را پیدا کنی. می‌خواهم یک مجموعه الگو و کلاس‌های تحلیل را پیشنهاد کنی که در واسط PC و واسط اینترنتی دستگاه به‌صورت مشترک قابل استفاده باشند.

وینود: می‌توانیم با یکسان ساختن آنها در وقت صرفه جویی کنیم... چرا این کار را نکنیم؟

داگ: خوب است که آدم‌هایی با طرز تفکر تو داریم. نکته اصلی همین است- اگر هر دو واسط تقریباً یکسان باشند، با کد یکسان پیاده‌سازی شوند و غیره، می‌توانیم در وقت صرفه جویی کنیم.

وینود: پس شما چه می‌خواهید؟ کلاس‌ها، الگوهای تحلیل و الگوهای طراحی؟

داگ: همه‌ی اینها را می‌خواهیم. فعلاً هیچ چیز رسمی وجود ندارد. فقط می‌خواهم کار طراحی و تحلیل درونی از یک جا شروع شود.

وینود: سری به کتابخانه کلاس‌هایمان می‌زنم تا ببینم چه داریم. از شابلون الگوهایی که تازگی‌ها در یک کتاب خوانده بودم هم استفاده می‌کنم.

داگ: خوب است. شروع کن.

تصویر می‌کشند. سرانجام، عناصر جریان‌گرا، سیستم را به‌عنوان یک تبدیل اطلاعات نمایش می‌دهند و چگونگی تبدیل اشیای داده را به هنگام جریان یافتن در سرتاسر عملکردهای گوناگون سیستم به تصویر می‌کشد.

نتیجه‌ی مدل‌سازی تحلیل، به‌دست آمدن هر کدام از این عناصر مدل‌سازی است. ولی، محتوای هر عنصر (یعنی نمودارهایی که برای ساخت آن عنصر و آن مدل به‌کار می‌روند) ممکن است از پروژه‌ای به پروژه‌ی دیگر متفاوت باشد. همان طور که در این کتاب چند بار ذکر شد، تیم مهندسی نرم‌افزار باید در حفظ سادگی بکوشد. تنها آن عناصر مدل‌سازی که ارزشی به مدل اضافه می‌کنند، باید به‌کار گرفته شوند.

۶-۲ مدل‌سازی مبتنی بر سناریو

گرچه موفقیت یک سیستم یا محصول کامپیوتری به طرق گوناگون سنجیده می‌شود، رضایت کاربر در صدر فهرست قرار دارد. اگر بدانید که کاربران نهایی (و سایر کنش گران) چگونه می‌خواهند با یک سیستم تعامل کنند، تیم مهندسی نرم‌افزار شما بهتر قادر به مشخص کردن خواسته‌ها و ساخت مدل‌های تحلیل و طراحی با معنی خواهد بود. از این رو، مدل‌سازی خواسته‌ها با UML [1] با ایجاد سناریوهایی به شکل use case، نمودارهای فعالیت و نمودارهای گردشی آغاز می‌شود.

۶-۲-۱ ایجاد یک use case مقدماتی

آلیستر کاکبرن، use case را به‌عنوان «قرارداد رفتاری» توصیف می‌کند [Coc01b]. چنان که در فصل ۵ بحث شد، این «قرارداد» شیوه‌ی استفاده‌ی یک کنش گر [2] از سیستم کامپیوتری برای رسیدن به هدفی مشخص را تعریف می‌کند. در اصل، use case تعامل‌هایی را به نمایش می‌گذارد که میان تولید کنندگان و مصرف کنندگان اطلاعات و خود سیستم رخ می‌دهد. در این بخش، خواهیم دید که موارد کاربرد چگونه به‌عنوان بخشی از فعالیت مدل‌سازی خواسته‌ها توسعه می‌یابند.[3]

در فصل ۵ ذکر کردیم که use case توصیفی است از یک سناریوی کاربردی خاص به زبانی فصیح از دیدگاه یک کنش‌گر معین، ولی چطور می‌شود فهمید که (۱) درباره چه چیز باید نوشته شود، (۲) چه مقدار باید نوشته شود، (۳) توصیف ما تا چه حد از جزئیات را در برگیرد و (۴) این توصیف چگونه باید سازمان دهی شود؟ اینها پرسش‌هایی هستند که باید پاسخ داده شوند تا use case بتواند ارزش مورد نظر را به‌عنوان ابزار مدل‌سازی خواسته‌ها فراهم سازد.

درباره چه چیز باید نوشت؟ دو وظیفه‌ی نخست در مهندسی خواسته‌ها-دریافت و استخراج- اطلاعات مورد نیاز برای شروع به نوشتن موارد کاربرد را در اختیارتان قرار می‌دهند. نشست‌های جمع‌آوری خواسته‌ها، QFD و سایر سازوکارهای مهندسی خواسته‌ها برای شناسایی ذی‌نفع‌ها، تعریف دامنه

[1] UML به‌عنوان نمادگذاری مدل‌سازی در سرتاسر این کتاب به کار گرفته خواهد شد. در پیوست ۱، خودآموز مختصری برای خوانندگان ناآشنا با نمادگذاری پایه UML ارائه شده است.

[2] کنش‌گر یک فرد خاص نیست بلکه نقشی است که یک فرد (یا دستگاه) در حیطه‌ای مشخص بر عهده دارد. کنش‌گر «سیستم را فراخوانی می‌کند تا یکی از سرویس‌های خود را تحویل دهد» [Coc01b].

[3] use case، بخش به‌ویژه مهمی از مدل‌سازی تحلیل برای واسط‌های کاربری هستند. تحلیل واسط‌ها موضوع فصل ۱۱ است.

«چرا باید مدل بسازیم؟ چرا فقط خود سیستم را نسازیم؟ پاسخ این است که مدل‌ها را طوری می‌سازیم که ویژگی‌های مهم و معینی از سیستم در آن‌ها برجسته‌نمایی شود و در عین حال، بر جنبه‌های دیگری از سیستم، کمتر تأکید گردد.»

اد یوردان

«[use case]ها صرفاً به تعریف آنچه که در بیرون سیستم قرار دارد (کنش‌گر) و آنچه که باید توسط سیستم انجام شود (use case) کمک می‌کند.»

ایوار جیکابسون

اندرز

در برخی وضعیت‌ها، use caseها، به سازوکار غالب در مهندسی خواسته‌ها تبدیل می‌شوند. ولی، این بدان معنا نیست که باید سایر روش‌های مدل‌سازی را کنار بگذارید.

SafeHome

توسعه یک سناریوی کاربری مقدماتی

صحنه: اتاق کنفرانس، طی دومین جلسه جمع‌آوری خواسته‌ها.

نقش‌آفرینان: جیمی لازار، عضو تیم مهندسی نرم‌افزار؛ اد رابینز، عضو تیم مهندسی نرم‌افزار؛ داگ میلر، مدیر نرم‌افزار؛ سه عضو بازاریابی؛ نماینده‌ای از مهندسی تولید؛ و تسهیل‌گر.

گفتگو:

تسهیل‌گر: وقت آن رسیده که صحبت درباره قابلیت پایشی *SafeHome* را شروع کنیم. بیاید یک سناریو کاربری برای دستیابی به قابلیت پایشی بنویسیم.

جیمی: چه کسی نقش کنش‌گر را بازی کند؟

تسهیل‌گر: فکر می‌کنم مردیت (یکی از اعضای بازاریابی) روی این قابلیت کار کرده. تو این نقش را بازی کن.

مردیت: می‌خواهید مثل دفعه‌ی قبل عمل کنیم. درست است؟

تسهیل‌گر: درست است. مثل دفعه قبل.

مردیت: واضح است که دلیل وجود این پایش، این است که به صاحبخانه امکان بدهد خانه را وقتی که بیرون است، زیر نظر داشته باشد و بتواند تصاویر ویدیویی گرفته شده را مشاهده کند. از این جور چیزها.

اد: برای ذخیره و نگهداری تصاویر از فشرده‌سازی هم استفاده می‌کنیم؟

تسهیل‌گر: سؤال خوبی بود اد، ولی اجازه بده مسائل پیاده‌سازی را به بعد موکول کنیم مردیت؟

مردیت: بله، پس اساساً این قابلیت پایش دو بخش دارد... اول سیستم را پیکربندی می‌کند (از جمله از نظر نقشه ساختمان- باید ابزارهایی فراهم کنیم که به صاحبخانه برای این منظور کمک کند- و بخش دوم، خود عملکرد پایش واقع است. چون تعیین نقشه ساختمان بخشی از فعالیت پیکربندی است، توجه خودم را به خود قابلیت پایشی معطوف می‌کنم.

تسهیل گر(با لبخند): حرف از دل من زدی.

مردیت: من... می‌خواهم هم از طریق PC و هم اینترنت به قابلیت پایش دستیابی داشته باشم. احساس می‌کنم که دستیابی اینترنتی بیشتر استفاده می‌شود. به هر حال، باید این امکان را داشته باشم که نمای دوربین‌ها را روی یک PC نمایش بدهم و بتوانم زوم و زاویه دوربین‌ها را از طریق یک کنسول کنترل کنم. به‌علاوه، می‌خواهم امکان مسدود کردن یک یا چند دوربین را با وارد کردن کلمه‌ی عبور داشته باشم. این گزینه را هم می‌خواهم که پنجره‌های کوچکی را ببینیم که نمای همه‌ی دوربین‌ها را به من نشان دهند و بعد بتوانم هر کدام را که خواستم انتخاب کنم تا تصویر بزرگ شود.

جیمی: به اینها می‌گویند نمای شستی.

مردیت: بسیار خب. پس من نمای شستی همه‌ی دوربین‌ها را می‌خواهم. به‌علاوه، می‌خواهم شکل ظاهری واسط قابلیت پایش مثل همه‌ی واسط‌های دیگر *SafeHome* باشد. می‌خواهم گویا باشد طوری که نیاز به جزوه راهنما نداشته باشد.

تسهیل‌گر: احسنت. حالا این قابلیت را با یک کمی جزئیات بیشتر بررسی می‌کنیم...

و حوزه‌ی مسأله، مشخص کردن اهداف عملیاتی کلی، تعیین اولویت‌ها، مطرح کردن همه‌ی خواسته‌های عملیاتی شناخته‌شده و توصیف اشیای دستکاری‌شده توسط سیستم، به‌کارگرفته می‌شوند.

برای شروع به توسعه‌ی یک مجموعه use case عملیات یا فعالیت‌هایی را که یک کنش‌گر خاص انجام می‌دهد، فهرست کنید. می‌توانید این اطلاعات را از فهرست قابلیت‌های درخواست شده برای سیستم، از طریق مکالمه و گفتگو با طرف‌های ذی‌نفع یا توسط ارزیابی نمودارهای فعالیت (که به‌عنوان بخشی از مدل‌سازی خواسته‌ها تهیه می‌شوند) به‌دست آورید.

قابلیت (زیرسیستم) پایش در محصول *SafeHome* که در کادر قبلی بحث شد، قابلیت‌های زیر را مشخص می‌کند (فهرستی خلاصه شده) که کنش‌گر **homeowner** آنها را انجام می‌دهد:

- انتخاب دوربین برای مشاهده
- درخواست تصاویر کوچکی از همه‌ی دوربین‌ها
- به نمایش درآوردن نمای دوربین‌ها در یک پنجره PC
- کنترل زاویه و زوم یک دوربین مشخص
- ضبط انتخابی خروجی دوربین‌ها
- پخش خروجی دوربین‌ها
- دستیابی به پایش دوربین‌ها از طریق اینترنت

با پیشرفت گفتگو با طرف ذی‌نفع (که نقش صاحبخانه را بازی می‌کند)، تیم جمع‌آوری خواسته‌ها، برای هر کدام از قابلیت‌های ذکر شده، use case تهیه می‌کند. به‌طور کلی، use caseها ابتدا به شیوه‌ای روایی و غیر رسمی نوشته می‌شوند. در صورت نیاز به رسمیت بیشتر، همان use case با استفاده از یک قالب ساخت‌یافته نظیر آنچه که در فصل ۵ پیشنهاد شد (و دوباره در این بخش در حاشیه آورده خواهد شد) بازنویسی می‌شود.

برای روشن‌ترشدن مطلب، عملکردی با عنوان *دستیابی به پایش دوربینی از طریق اینترنت- نمایش خروجی دوربین‌ها* (ACS-DCV) را در نظر بگیرید. طرف ذی‌نفعی که نقش کنش‌گر **homeowner** را برعهده گرفته است، ممکن است شکل روایی زیر را نوشته باشد:

use case: دستیابی به پایش دوربینی از طریق اینترنت- نمایش خروجی دوربین‌ها

(ACS-DCV)

کنش‌گر: homeowner

اگر در مکانی دور دست باشم، می‌توانم از هر PC با یک نرم‌افزار مرورگر مناسب وارد وب‌سایت محصولات *SafeHome* شوم. نام کاربری و دو کلمه‌ی عبور را وارد کنم و هنگامی که هویت خود را به اثبات رساندم، به همه‌ی قابلیت‌های سیستم *SafeHome* که در منزلم نصب شده است، دستیابی داشته باشم. برای دستیابی به نمای یک دوربین معین، از طریق دکمه‌های عملیاتی اصلی نمایش داده شده، «پایش» را انتخاب می‌کنم. سپس با انتخاب گزینه‌ی «انتخاب دوربین»، نقشه ساختمان به نمایش در می‌آید و می‌توانم دوربین مورد نظر را انتخاب کنم. به طریق دیگر، می‌توانم با انتخاب گزینه‌ی «همه‌ی دوربین‌ها» تصاویر کوچک همه‌ی دوربین‌ها را همزمان به نمایش در آورم. پس از انتخاب دوربین، با انتخاب گزینه‌ی «نما» دوربین پنجره مذکور با شماره شناسایی دوربین مشخص می‌شود. اگر بخواهم دوربین را تغییر دهم، با گزینه «انتخاب دوربین» پنجره اولیه محو می‌شود و دوباره نقشه‌ی خانه به نمایش در می‌آید و سپس دوربین مورد نظر را انتخاب می‌کنم و پنجره جدیدی ظاهر می‌شود.

در شکل دیگری از use case روایی، تعامل به‌صورت یک سری کنش‌های ترتیبی ارائه می‌شود. هر کنش به‌صورت یک جمله خبری نمایش داده می‌شود. با بازبینی قابلیت ACS-DCV چنین خواهید نوشت:

use case: دستیابی به پایش دوربینی از طریق اینترنت-نمایش خروجی دوربین‌ها

(ACS-DCV)

کنش‌گر: homeowner

۱. صاحبخانه وارد وب سایت محصولات *SafeHome* می‌شود.
۲. صاحبخانه نام کاربری خودش را وارد می‌کند.
۳. صاحبخانه دو کلمه‌ی عبور (هر کدام حداقل به طول هشت کاراکتر) وارد می‌کند.
۴. سیستم همه‌ی دکمه‌های عملیاتی اصلی را به نمایش در می‌آورد.
۵. صاحبخانه «پایش» را از دکمه‌های اصلی انتخاب می‌کند.
۶. صاحبخانه «انتخاب دوربین» را بر می‌گزیند.
۷. سیستم نقشه ساختمان را نمایش می‌دهد.
۸. صاحبخانه آیکون یکی از دوربین‌ها را از روی نقشه انتخاب می‌کند.
۹. صاحبخانه دکمه «نما» را انتخاب می‌کند.
۱۰. سیستم یک پنجره نمایش ظاهر می‌کند که با شماره شناسایی دوربین مشخص می‌شود.
۱۱. سیستم، خروجی دوربین را در پنجره نمایش با سرعت یک فریم در ثانیه نشان می‌دهد.

لازم به ذکر است که در این نمایش ترتیبی هیچ تعامل دیگری در نظر گرفته نشده است (شکل روایی آن قدری آزادتر بود و چند موردی را به نمایش می‌گذاشت). use case هایی از این نوع، گاهی سناریوهای اولیه نامیده می‌شوند [Sch98a].

> «use caseها را می‌توان در بسیاری از فرایندهای نرم‌افزاری به‌کار برد. چیزی که مطلوب ماست، فرایندی مبتنی بر تکرار و ریسک محور است.»
>
> **گری اشنایدر و جیسون وینتزر**

۲-۲-۶ پالایش یک use case مقدماتی

شرحی از تعامل‌های متفاوت برای درک کامل قابلیت توصیف شده در یک use case ضروری است. بنابراین، هر مرحله از سناریوی اولیه با پرسیدن سؤالات زیر ارزیابی می‌شود [Sch98a]:

- *آیا کنش‌گر در این نقطه، کنش دیگری انجام می‌دهد؟*
- *آیا این امکان وجود دارد که کنش‌گر در این نقطه به شرایط خطا برخورد کند؟* اگر پاسخ مثبت است، این شرایط خطا چه می‌تواند باشد؟
- *آیا این امکان وجود دارد که کنش‌گر در این نقطه با رفتار دیگری مواجه گردد (مثلاً رفتاری که علت آن رویدادی خارج از کنترل کنش‌گر باشد)؟* اگر پاسخ مثبت است، آن رفتار چه می‌تواند باشد؟

> هنگامی که یک use case را توسعه می‌دهم، چگونه اقدام‌های دیگر را بررسی کنم؟

پاسخ این پرسش‌ها به ایجاد مجموعه‌ای از سناریوهای ثانویه می‌انجامد که بخشی از use case اولیه‌اند، ولی رفتارهای دیگر را نشان می‌دهند. برای مثال، مراحل ۶ و ۷ را در سناریو اولیه‌ای که در بالا ارائه شد، در نظر بگیرید:

۶. صاحبخانه «انتخاب دوربین» را بر می‌گزیند.
۷. سیستم، نقشه ساختمان را نمایش می‌دهد.

آیا کنش‌گر در این نقطه کنش دیگری انجام می‌دهد؟ پاسخ، مثبت است. با رجوع به همان نسخه‌ی روایی use case در می‌یابیم که کنش‌گر می‌تواند مشاهده‌ی همزمان تصویر کوچک همه‌ی دوربین‌ها را انتخاب کند. از این رو، سناریوی ثانویه می‌تواند «مشاهده‌ی تصویر کوچک همه‌ی دوربین‌ها» باشد.

آیا ممکن است کنش‌گر در این نقطه به شرایط خطا برخورد کند؟ در کار کردن با یک سیستم کامپیوتری، هر تعداد خطایی ممکن است رخ دهد. در این حیطه، تنها شرایط خطایی را در نظر می‌گیریم که ممکن است به‌عنوان نتیجه‌ی مستقیم کنش شرح داده شده در مرحله‌ی ۶ یا مرحله‌ی ۷ رخ دهد.

دوباره، پاسخ، مثبت است. ممکن است نقشه ساختمان با آیکون‌های نشان دهنده‌ی دوربین‌ها هرگز پیکربندی نشده باشد. از این رو، با گزینش «انتخاب دوربین» شرایط خطایی رخ خواهد داد: «هیچ نقشه‌ای برای این خانه پیکربندی نشده است.»[1] این شرایط خطا یک سناریو ثانویه خواهد شد.

آیا این امکان وجود دارد که کنش‌گر در این نقطه با رفتار دیگری مواجه گردد؟ پاسخ این پرسش نیز مثبت است. با رخ دادن مراحل ۶ و ۷، سیستم ممکن است با شرایط هشدار مواجه گردد. این منجر به نمایش هشداری توسط سیستم (نوع، مکان، کنش سیستم) می‌شود و چند نوع عملیات مرتبط با ماهیت هشدار در اختیار کنش‌گر قرار می‌دهد. از آنجا که این سناریوی ثانویه ممکن است هر لحظه، و در واقع برای همه‌ی تعامل‌ها رخ دهد، بخشی از ACS-DCV use case نخواهد شد بلکه باید یک use case جداگانه- **مواجهه با شرایط هشدار**- نوشته شود و در صورت نیاز در use caseهای دیگر به آن ارجاع شود.

هر کدام از وضعیت‌های شرح داده شده در پاراگراف‌های بالا به‌عنوان یک استثنا برای use case مشخص می‌شود. *استثنا وضعیتی* است (خواه یک شرایط شکست باشد خواه شرایط دیگری که کنش‌گر انتخاب کرده باشد) که باعث می‌شود سیستم رفتاری متفاوت از خود به نمایش بگذارد.

کاکبرن [Coc01b] استفاده از یک جلسه «طوفان فکری» را برای به‌دست آوردن مجموعه کاملی از استثناهای مربوط به هر use case توصیه می‌کند. علاوه بر آن سه پرسش کلی که قبلاً در این بحث مطرح شد، مسائل زیر را نیز باید مطرح کرد:

- *آیا مواردی هست که در آن یک نوع «عمل اعتبارسنجی» در حین این use case رخ دهد؟* این بدان معناست که عمل اعتبارسنجی در خواست می‌شود و یک شرایط خطای بالقوه ممکن است رخ دهد.
- *آیا مواردی هست که در آن یک قابلیت (یا کنش‌گر) پشتیبان از پاسخ دهی مناسب باز بماند؟* برای مثال، کنشی از سوی کاربر منتظر پاسخ بماند، ولی قابلیتی که باید این پاسخ را بدهد، به موقع عمل نکند.
- *آیا عملکرد ضعیف سیستم به کنش‌های غیر منتظره یا نامناسب منجر می‌شود؟* برای مثال، یک واسط مبتنی بر وب بیش از حد آهسته پاسخ دهد و در نتیجه، کاربر، دکمه‌ای را چند بار انتخاب کند. این انتخاب‌های پیاپی ممکن است ایجاد یک صف نامناسب کند که نتیجه‌اش شرایط خطاست.

[1] در این مورد، کنش‌گر دیگر، **system administrator** باید نقشه خانه را پیکربندی کند، دوربین‌ها را نصب و راه اندازی کند (مثلاً یک شماره شناسایی به آنها بدهد) و هر کدام از دوربین‌ها را آزمایش کند تا یقین حاصل کند که از طریق سیستم و از طریق نقشه قابل دستیابی اند.

فهرست موارد بسط داده شده به‌عنوان نتیجه‌ای از این پرسش و پاسخ‌ها را باید با استفاده ملاک‌هایی که به دنبال خواهد آمد، «توجیه کرد» [Coc01b].

استثنا را در صورتی باید در use case توصیف کرد که نرم‌افزار قادر به تشخیص شرایط توصیف‌شده و سپس انجام اقدام مناسب در صورت تشخیص آن باشد. در برخی موارد، استثنا باعث به تعلیق در آمدن توسعه یک use case دیگر می‌شود (تا برای آن شرایط کاری صورت گیرد).

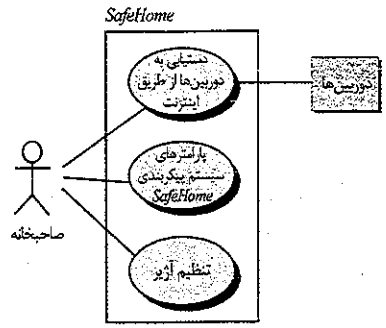
۶-۲-۳ نوشتن یک use case رسمی

use caseهای غیر رسمی که در بخش ۶-۲-۱ ارائه شدند گاهی برای مدل‌سازی خواسته‌ها کفایت می‌کنند. ولی، هنگامی که یک use case شامل فعالیتی مهم می‌شود یا مجموعه پیچیده‌ای از مراحل را با تعداد چشمگیری از استثناها توصیف می‌کند، روشی رسمی‌تر ممکن است مطلوب باشد.

در use case **ACS-DCV** که در کادر زیر نشان داده شد، از یک فرمت‌بندی متداول برای use caseهای رسمی پیروی شده است. *هدف حیطه‌ای* حوزه کلی use case را مشخص می‌کند. *پیش‌شرط*، چیزی را مشخص می‌کند که باید «برقرار» باشد تا use case عمل کند. راه‌انداز (trigger)، رویداد یا شرطی را مشخص می‌کند که «باعث شروع به‌کار use case می‌شود» [Coc01b]. در سناریو، کنش‌های مورد نیاز کنش‌گر و پاسخ‌های مناسب سیستم، فهرست می‌شود. در *استثناها*، شرایطی مشخص می‌شود که با پالایش use case مقدماتی کشف می‌شوند (بخش ۶-۲-۲). عناوین دیگری هم ممکن است به چشم بخورد که خودشان به روشنی توضیح می‌دهند به چه منظور آورده شده‌اند.

در بسیاری موارد، نیازی به ایجاد نمایش گرافیکی از use case نیست، ولی نمودارها می‌توانند درک و شناخت را تسهیل کنند *به‌ویژه* زمانی که سناریو پیچیده باشد. چنان که قبلاً در این کتاب ذکر شد، با UML قادر به نمایش use caseها در قالبی نموداری هستیم. در شکل ۶-۴ یک نمودار مقدماتی use caseها برای محصول *SafeHome* نشان داده شده است. هر use case توسط یک بیضی نشان داده شده است. در این بخش تنها use case **ACS-DCV** را مورد بحث قرار دادیم.

چه هنگامی یک use case به پایان می‌رسد؟ برای بحث ارزش مندی درباره این موضوع، وب سایت زیر را ببینید.
ootips.org/use-cases-done.html



شکل ۶-۴ نمودار یک use case مقدماتی برای سیستم *SafeHome*

هر نمادگذاری مدل‌سازی با محدودیت‌هایی همراه است و use case نیز از این قاعده مستثنا نیست. use case همانند هر شکل دیگری از توصیف مکتوب، فقط به اندازه‌ی نویسندگانش خوب است. اگر این توصیف روشن و واضح نباشد، use case ممکن است باعث گمراهی یا ابهام شود.

SafeHome

برای پایش *use case* قالب‌بندی

use case: دستیابی به پایش دوربینی از طریق اینترنت- نمایش خروجی دوربین‌ها (DCV-ACS)

دور تکرار: ۲، آخرین اصلاح: ۱۴ ژانویه توسط وینود رامان.

کنش‌گر اولیه: صاحبخانه

هدف حیطه‌ای: مشاهده‌ی خروجی دوربین‌های کار گذاشته شده در سراسر خانه از هر مکان دوردست از طریق اینترنت.

پیش‌شرط‌ها: سیستم باید کاملاً پیکربندی شده باشد، نام کاربری و کلمات عبور مناسب باید در اختیار کاربر قرار داده شده باشد.

راه‌انداز: صاحبخانه وقتی که دور از خانه است تصمیم می‌گیرد نگاهی به داخل خانه بیندازد.

سناریو:

۱. صاحبخانه وارد وب سایت محصولات SafeHome می‌شود.
۲. صاحبخانه نام کاربری خودش را وارد می‌کند.
۳. صاحبخانه دو کلمه‌ی عبور (هر کدام حداقل به طول هشت کاراکتر) وارد می‌کند.
۴. سیستم، همه‌ی دکمه‌های عملیاتی اصلی را به نمایش در می‌آورد.
۵. صاحبخانه «پایش» را از دکمه‌های اصلی انتخاب می‌کند.
۶. صاحبخانه «انتخاب دوربین» را بر می‌گزیند.
۷. سیستم، نقشه ساختمان را نمایش می‌دهد.
۸. صاحبخانه آیکون یکی از دوربین‌ها را از روی نقشه انتخاب می‌کند.
۹. صاحبخانه دکمه «نما» را انتخاب می‌کند.
۱۰. سیستم، یک پنجره نمایش ظاهر می‌کند که با شماره شناسایی دوربین مشخص می‌شود.
۱۱. سیستم، خروجی دوربین را در پنجره نمایش با سرعت یک کادر در ثانیه نشان می‌دهد.

استثناها:

۱. نام کاربری یا کلمات عبور نادرست هستند یا تشخیص داده نمی شوند-use case اعتبارسنجی نام کاربری و کلمات عبور را ببینید.
۲. قابلیت پایش برای این سیستم پیکربندی نشده است- سیستم، پیام خطای مناسب را به نمایش در می‌آورد؛ use case پیکربندی قابلیت پایش را ببینید.
۳. صاحبخانه گزینه «مشاهده تصاویر شستی همه‌ی دوربین‌ها» را انتخاب می‌کند-use case مشاهده تصاویر شستی همه‌ی دوربین‌ها را ببینید.
۴. نقشه خانه وجود ندارد یا هنوز پیکربندی نشده است-پیام خطای مناسبی به نمایش در آورید و use case مواجهه با شرایط هشدار را ببینید.

اولویت:

اولویت میانه، پیاده‌سازی پس از قابلیت‌های اصلی.

نوبت دسترسی: در گام سوم نرم‌افزار.

کانال ارتباطی با کنش‌گر: از طریق مرورگر وب PC و اتصال اینترنتی.

کنش‌گران ثانویه: مدیر سیستم، دوربین‌ها.

کانال‌های ارتباطی با کنش‌گران ثانویه:

۱. مدیر سیستم: PC
۲. دوربین‌ها: اتصال بی سیم

مسائل باز

۵. چه سازوکارهایی، مشتری را در برابر استفاده غیر مجاز از این قابلیت توسط کارمندان شرکت محافظت می‌کنند؟
۶. آیا امنیت کافی است؟ با نفوذگری در این قابلیت، حریم خصوصی افراد به‌طور جدی به خطر می‌افتد.
۷. آیا پاسخ سیستم از طریق اینترنت با توجه به پهنای باند لازم برای دیدن خروجی دوربین‌ها قابل دستیابی هست؟
۸. آیا برای کاربرانی که پهنای باند بیشتری در اختیار دارند، سرعتی بیش از یک کادر در ثانیه برای مشاهده دوربین‌ها می‌توان ارائه کرد؟

use case بر خواسته‌های رفتاری و عملیاتی تاکید دارد و عموماً برای خواسته‌های غیر عملیاتی نامناسب است. در وضعیت‌هایی که مدل خواسته‌ها باید دارای جزئیات و دقت بالا باشد (مثلاً در سیستم‌های امنیتی بحرانی)، use case ممکن است کافی نباشد.

به‌هرحال، مدل‌سازی مبتنی بر سناریو برای اغلب وضعیت‌ها که به‌عنوان مهندس نرم‌افزار با آنها برخورد خواهید داشت، مناسب است. use case اگر خوب نوشته شده باشد، می‌تواند به‌عنوان یک ابزار مدل‌سازی، مزایای اساسی در برداشته باشد.

۶-۳ مدل‌های UML که use case را تکمیل می‌کنند

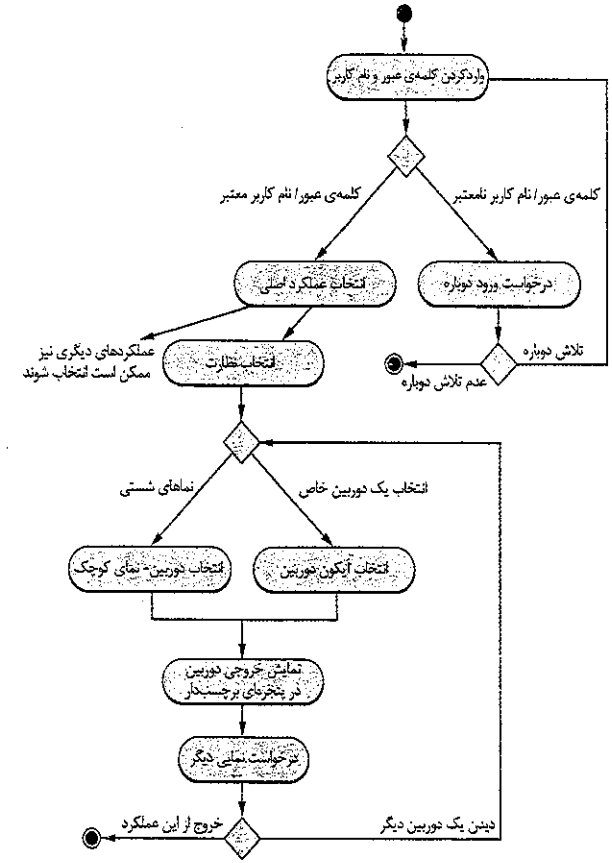
وضعیت‌های زیادی در مدل‌سازی خواسته‌ها وجود دارد که در آنها مدل‌های مبتنی بر متن- حتی مدلی به سادگی یک use case- ممکن است اطلاعات را به طرزی واضح و دقیق ارائه ندهد. در چنین مواردی، آرایه وسیعی از مدل‌های گرافیکی UML را در اختیار دارید.

۶-۳-۱ توسعه‌ی نمودار فعالیت‌ها

نمودار فعالیت‌های UML، use case را با فراهم‌ساختن نمایش گرافیکی جریان تعامل در یک سناریو مشخص، تکمیل می‌کنند. نمودار فعالیت‌ها همانند نمودار گردشی، از مستطیل‌های گوشه گرد برای نشان دادن عملکردهای سیستم، از پیکان‌ها برای نمایش جریان در سیستم، از لوزی‌های تصمیم‌گیری برای به تصویر کشیدن انشعاب‌های تصمیم‌گیری (هر پیکان خروجی از لوزی نشان‌گذاری می‌شود) و از خطوط افقی توپر برای نشان دادن فعالیت‌های موازی استفاده می‌شود. ACS-DCV use case در شکل ۶-۵ نشان داده شده است. لازم به ذکر است که نمودار فعالیت‌ها، جزئیاتی را اضافه می‌کند که

نکته‌ی کلیدی
نمودار فعالیت‌های UML، کنش‌ها و تصمیم گیری‌هایی را که در اجرای یک عملکرد رخ می‌دهند، به نمایش می‌گذارد.

مستقیماً در use case ذکر نمی‌شوند (ولی می‌توان آنها را استنباط کرد). برای مثال، کاربر ممکن است فقط مجاز باشد نام کاربری و کلمه‌ی عبور را به تعداد دفعات محدود وارد کند. این را با یک لوزی تصمیم‌گیری زیر «درخواست برای وارد کردن دوباره» می‌توان نشان داد.



شکل ۵-۶ نمودار فعالیت‌ها برای دستیابی پایش دوربین‌ها از طریق اینترنت-عملکرد مشاهده دوربین.

۶-۳-۲ نمودارهای بخش‌بندی (Swimlane)

نمودار بخش‌بندی UML شکل دیگری از نمودار فعالیت‌هاست که به کمک آن می‌توانید جریان فعالیت‌های توصیف شده در یک use case را به نمایش درآورید و در عین حال ، نشان دهید که کدام کنش‌گر (در صورتی که use case چند کنش‌گر را شامل شود) یا کلاس تحلیل (که بعداً در همین فصل بحث خواهد شد) مسؤولیت کنش توصیف شده توسط یک مستطیل فعالیت است. مسؤولیت‌ها توسط بخش‌های موازی نمایش داده می‌شوند که نمودار را به‌صورت عمودی بخش‌بندی می‌کنند. سه کلاس تحلیل(**Homeowner**، **Camera** و **Interface**) در حیطه‌ی نمودار فعالیتِ ارائه شده در شکل ۵-۶ مسؤولیت‌های مستقیم یا غیر مستقیم دارند. در شکل ۶-۶ نمودار فعالیت‌ها طوری

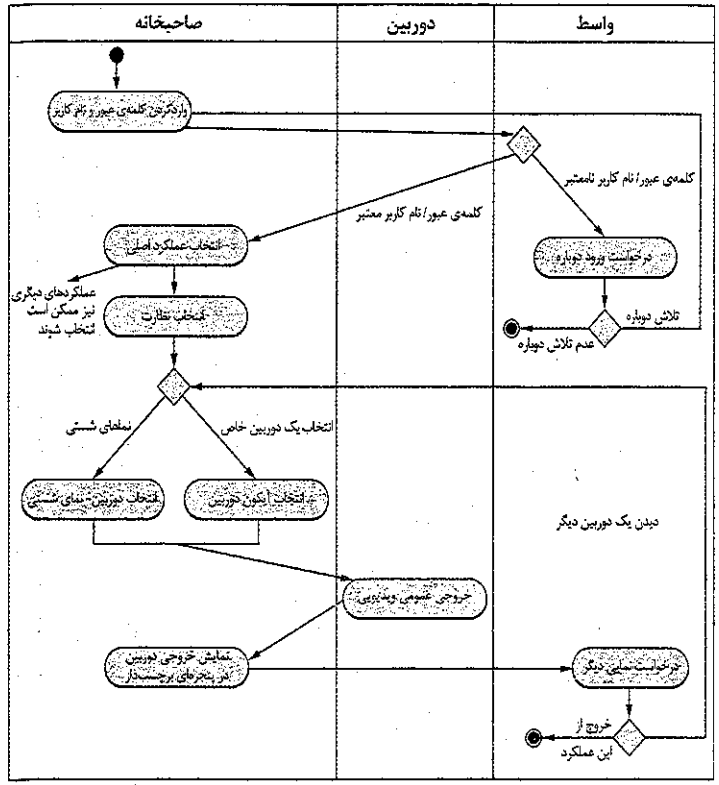
نکته‌ی کلیدی

نمودار بخش‌بندی UML، جریان کنش‌ها و تصمیم گیری‌ها را به نمایش می‌گذارد و نشان می‌دهد کدام کنش گران کدام کنش را انجام می‌دهند.

سازمان‌دهی‌شده است که فعالیت‌های مرتبط با یک کلاس تحلیل خاص، در بخش اختصاص داده شده به آن کلاس قرار گیرند. برای مثال، کلاس واسط نشان دهنده‌ی واسط کاربر از دید صاحبخانه است. در نمودار فعالیت‌ها دو پیام درخواست ذکر شده است که مسؤولیت واسط هستند- «درخواست برای ورود دوباره» و «درخواست برای نمای دیگر». این پیام‌های درخواست و تصمیم گیری‌های مرتبط با آنها در بخش واسط قرار می‌گیرند، ولی پیکان‌هایی از آن بخش به بخش **صاحبخانه** بر می‌گردند که در آن، کنش‌های صاحبخانه رخ می‌دهد.

«یک مدل خوب تفکر ما را هدایت می‌کند و مدل بد آن را منحرف می‌سازد.»

برایان ماریک



شکل ۶-۶ نمودار بخش‌بندی برای دستیابی به پایش دوربین‌ها از طریق اینترنت- عملکرد مشاهده دوربین‌ها.

use caseها، به همراه نمودارهای فعالیت و نمودارهای بخش بندی، به صورت روال‌ها عمل می‌کنند. این ابزارها شیوه‌ی فراخوانی عملکردهای خاص (یا سایر مراحل روالی) توسط کنش‌گران، برای برآورده‌شدن خواسته‌های سیستم را به نمایش در می‌آورند، ولی روالی بودن نمای خواسته‌ها تنها یک بُعدِ سیستم را نشان می‌دهد. در بخش ۴-۶ فضای اطلاعاتی و چگونگی به نمایش درآوردن خواسته‌های داده‌ای را بررسی خواهیم کرد.

۶-۴ مفاهیم مدل‌سازی داده‌ها

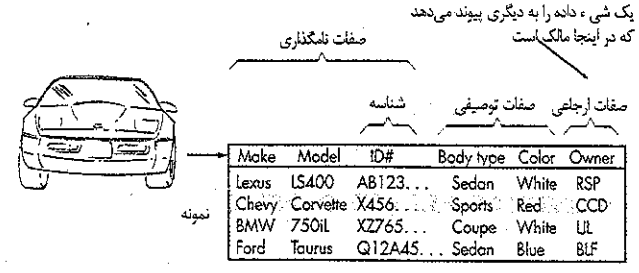
اگر خواسته‌های نرم‌افزار شامل ایجاد، بسط یا برقراری ارتباط با یک بانک اطلاعاتی شود یا مستلزم ساخت و دستکاری ساختار فایل‌های پیچیده باشد، تیم مهندسی نرم‌افزار ممکن است به‌عنوان بخشی از مدل‌سازی خواسته‌ها تصمیم به ایجاد *مدل داده‌ای* بگیرد. مهندس نرم‌افزار یا تحلیل‌گر، همه‌ی اشیای داده را که در سیستم پردازش می‌شوند، روابط میان اشیای داده و سایر اطلاعات مرتبط با این روابط را تعیین می‌کند. *نمودار موجودیت- ارتباط* (ERD)[1] به این مسائل می‌پردازد و همه‌ی اشیای داده را که در یک برنامه‌ی کاربردی، وارد، ذخیره، تبدیل و تولید می‌شوند، به نمایش می‌گذارند.

۶-۴-۱ اشیای داده

شیء داده نمایشی از اطلاعات مرکب است که باید نرم‌افزار آنها را بفهمد. منظور از *اطلاعات مرکب*، چیزی است که دارای چند صفت یا خاصیت متفاوت باشد. بنابراین، پهنا (که تنها یک مقدار دارد)، شیء داده معتبری نیست، ولی **dimensions** (که شامل درازا، پهنا و ارتفاع می‌شود) به‌عنوان یک شیء قابل تعریف است.

یک شیء داده می‌تواند نهادی خارجی (مثلاً هر چیزی که اطلاعات را تولید یا مصرف کند)؛ یک چیز (مثلاً گزارش یا صفحه نمایش)، یک رخداد (مثلاً تماس تلفنی) یا رویداد (مثلاً هشدار)، یک نقش (مثلاً فروشنده)، یک واحد سازمانی (مثلاً بخش حسابداری)، یک مکان (مثلاً انبار)، یا یک ساختار (مثلاً فایل) باشد. برای مثال، **car** یا **person** را می‌توان به‌عنوان یک شیء داده در نظر گرفت از این لحاظ که هر دو آنها را می‌توان بر حسب مجموعه‌ای از صفات تعریف کرد. توصیف شیء داده خود آن شیء داده و همه‌ی صفات آن را در بر می‌گیرد.

شیء داده تنها داده‌ها را پنهان‌سازی می‌کند- در داخل یک شیء داده هیچ آدرسی برای عملیات قابل انجام روی داده‌ها وجود ندارد.[2] بنابراین، شیء داده را می‌توان به‌صورت جدول شکل ۶-۷ به نمایش گذاشت. عناوین ستون‌های جدول، نشان‌گر صفات شیء هستند. در این مورد، شیء خودرو بر حسب مارک، مدل، شماره پلاک، نوع بدنه، رنگ و صاحب خودرو تعریف می‌شود. متن جدول شامل چند نمونه‌ی خاص از شیء داده است. برای مثال، شورلت کوروت، نمونه‌ای از شیء داده **car** است.



Make	Model	ID#	Body type	Color	Owner
Lexus	LS400	AB123...	Sedan	White	RSP
Chevy	Corvette	X456...	Sports	Red	CCD
BMW	750iL	XZ765...	Coupe	White	UL
Ford	Taurus	Q12A45...	Sedan	Blue	BLF

شکل ۶-۷ نمایش جدول‌بندی شده‌ی اشیای داده.

مرجع وب
اطلاعات مفیدی درباره مدل‌سازی داده‌ها را در www.datamodel.org می‌توان یافت.

یک شیء داده چگونه خود را در حیطه‌ی یک برنامه‌ی کاربردی، اعلام می‌کند؟

نکته‌ی کلیدی
یک شیء داده نمایشی است از هرگونه اطلاعات مرکب که توسط نرم‌افزار پردازش می‌شود.

[1] Entity-Relationship Diagram

[2] همین وجه تمایز است که شیء داده‌ای را از کلاس یا شیء تعریف شده به‌عنوان بخشی از رویکرد شیءگرا متمایز می‌سازد (پیوست ۲).

۶-۴-۲ صفات داده‌ها

صفات داده‌ها، خواص یک شیء داده را تعریف می‌کنند و یکی از سه خصوصیت مهم را به خود می‌گیرند. از آنها می‌توان برای (۱) نامگذاری نمونه‌ای از شیء داده‌ای، (۲) توصیف نمونه یا (۳) ارجاع به نمونه‌ای دیگر در جدولی دیگر استفاده کرد. به‌علاوه، یک یا چند صفت را باید به‌عنوان شناسه تعریف کرد- یعنی هنگامی که بخواهیم نمونه‌ای از شیء داده را بیابیم، صفت شناسه به‌عنوان «کلید» عمل می‌کند. در برخی موارد، مقادیر مربوط به شناسه(ها) منحصر به فردند هر چند که این ضروری نیست. در مورد شیء داده **car**، یک شناسه منطقی می‌تواند شماره پلاک باشد.

مجموعه صفات مناسب برای یک شیء داده مفروض از طریق شناخت حیطه‌ی مسأله قابل تعیین است. صفات مربوط به خودرو ممکن است به خوبی برای یک برنامه مورد استفاده توسط بخش وسائط نقلیه موتوری عمل کند، ولی همین صفات ممکن است برای یک شرکت خودروسازی که نیاز به نرم‌افزار کنترل تولید دارد، بی‌فایده باشد. در این مورد اخیر، صفات مربوط به شیء خودرو می‌توانند شامل *شماره پلاک، نوع بدنه* و *رنگ* باشد، ولی صفات دیگری (مثل *کد داخلی، نوع رانش خودرو، نوع انتقال نیرو*) را نیز باید اضافه کرد. شیء خودرو در حیطه‌ی کنترل تولید معنا پیدا می‌کند.

اطلاعات

اشیای داده و کلاس‌های شیء گرا- آیا اینها یکسانند؟

هنگام بحث درباره اشیای داده یک پرسش رایج پیش می‌آید: آیا اشیای داده همان کلاس‌های شیءگرا هستند؟[1] پاسخ، منفی است. شیء داده یک موجودیت داده‌ای مرکب را تعریف می‌کند؛ یعنی شامل مجموعه‌ای از موجودیت‌های داده‌های منفرد (صفات) می‌شود و به این مجموعه یک نام اختصاص می‌دهد (که نام شیء داده است).

کلاس شیءگرا، صفات داده‌ها را پنهان‌سازی می‌کند، ولی شامل عملیات (متدهای) دستکاری آن داده‌ها نیز می‌شود. به‌علاوه، از تعریف کلاس‌ها چنین بر می‌آید که زیر ساختی فراگیر و جامع در رویکرد مهندسی نرم‌افزار شیءگرا باشند. کلاس‌ها از طریق پیام‌ها با هم ارتباط برقرار می‌کنند، می‌توان آنها را در یک سلسله مراتب سازمان دهی کرد و برای اشیایی که نمونه‌ای از یک کلاس هستند، خصوصیات وراثتی به همراه دارند.

۶-۴-۳ ارتباطات

اشیای داده به طرق گوناگون به هم متصل می‌شوند. دو شیء داده **person** و **car** را در نظر بگیرید. این اشیا را می‌توان با به‌کارگیری نمادگذاری ساده‌ی شکل ۶-۸(الف) به نمایش گذاشت. میان **person** و **car** اتصال برقرار شده است، چون این دو شیء با هم ارتباط دارند، ولی این ارتباطات چیستند؟ برای پاسخ گفتن به این پرسش، باید در حیطه‌ی نرم‌افزاری که قرار است ساخته شود، نقش اشخاص (در این مورد مالک) و خودروها را بدانید. می‌توانید مجموعه‌ای از روابط جفتی میان اشیا تعیین کنید که این ارتباط‌ها را مشخص کنند. برای مثال:

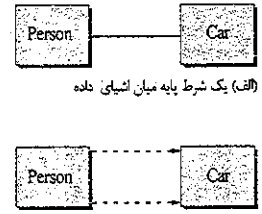
- *شخصی صاحب* یک خودرو است.
- *شخصی مجوز رانندگی* خودرو را دارد.

نکته‌ی کلیدی
صفات، یک شیء داده را نام می‌برند، خصوصیات آن را توصیف می‌کنند و در برخی موارد، به شیء دیگر ارجاع می‌دهند.

مرجع وب
مفهومی به نام «بهنجارش» برای علاقمندان به مدل‌سازی داده‌ها اهمیت دارد. معرفی مفیدی از این مفهوم را در www.datamodel.org می‌توانید بیابید.

نکته‌ی کلیدی
رابطه‌ها نشان‌گر شیوه‌ی اتصال اشیای داده به یکدیگرند.

روابط صاحب بودن و *داشتن مجوز رانندگی*، ارتباط میان شخص و خودرو را تعیین می‌کنند. در شکل ۸-۶ب، این روابط جفتی میان اشیا به‌صورت گرافیکی نمایش داده شده است. پیکان‌های شکل ۸-۶ب، اطلاعات مهمی درباره جهت پذیری واسط در اختیار قرار می‌دهند و غالباً از ابهام و سوء تعبیر می‌کاهند.



(الف) یک شرط پایه میان اشیای داده

(ب) روابط میان اشیای داده

شکل ۸-۶ روابط میان اشیای داده.

ابزارهای نرم‌افزاری

مدل‌سازی داده‌ها

هدف: ابزارهای مدل‌سازی داده‌ها، توانایی نمایش اشیای داده، خصوصیات آنها و روابط میان آنها را در اختیار مهندس نرم‌افزار می‌گذارد. ابزارهای مدل‌سازی داده‌ها، که عمدتاً برای کاربردهای مربوط به بانک‌های اطلاعاتی بزرگ مورد استفاده قرار می‌گیرند، ایجاد نمودارهای ارتباط موجودیت‌ها، دیکشنری‌های اشیای داده، و مدل‌های مرتبط را خودکار می‌سازند.

مکانیک: ابزارهای این گروه، کاربر را در توصیف اشیای داده و روابط میان آنها یاری می‌دهند. در برخی موارد، این ابزارها از نمادگذاری ERD استفاده می‌کنند. در موارد دیگر، این ابزارها، روابط را با استفاده از سازوکاری دیگر مدل‌سازی می‌کنند. ابزارهای این گروه غالباً به‌عنوان بخشی از طراحی بانک اطلاعاتی به‌کار می‌روند و ایجاد یک مدل بانک اطلاعاتی را با تولید طرحی از بانک اطلاعاتی برای سیستم‌های مدیریت بانک اطلاعاتی (DBMS) میسر می‌سازد.

ابزارهای نمونه

AllFusion ERWin، که توسط Computer Associates توسعه یافته است (**www3.ca.com**)، به طراحی اشیای داده، ساختار مناسب و عناصر کلیدی برای بانک‌های اطلاعاتی کمک می‌کند.

ER/Studio که توسط Embarcadero Software توسعه یافته است (**www.embarcadero.com**) مدل‌سازی موجودیت-ارتباط را پشتیبانی می‌کند.

Oracle Designer، که توسط Oracle Systems توسعه یافته است (**www.oracle.com**) «فرایندهای تجاری، موجودیت‌های داده‌ای و روابط میان آنها را [که] به طراحی تبدیل می‌شوند و از آنها برنامه‌ها و بانک‌های اطلاعاتی کامل ایجاد می‌شوند، مدل‌سازی می‌کنند.»

Visible Analyst، که توسط Visible Systems توسعه یافته است (**www.visible.com**)، انواع عملیات مدل‌سازی تحلیل، از جمله مدل‌سازی داده‌ها را پشتیبانی می‌کند.

۶-۵ مدل‌سازی مبتنی بر کلاس‌ها

مدل‌سازی مبتنی بر کلاس‌ها، اشیایی را که سیستم دستکاری می‌کند، عملیاتی (متد یا سرویس) که در مورد اشیا به‌کار می‌رود تا این دستکاری‌ها انجام شوند، روابط میان اشیاء (که برخی از آنها سلسله مراتبی هستند) و همکاری‌هایی را که بین کلاس‌ها رخ می‌دهند، به نمایش می‌گذارند. عناصر یک مدل مبتنی بر کلاس‌ها شامل کلاس‌ها و اشیا، صفات، عملیات، مدل‌های همکاری- مسؤولیت کلاس‌ها (CRC)، نمودارهای همکاری و پکیج‌ها می‌شود. در بخش‌هایی که به‌دنبال خواهد آمد، یک سری دستورالعمل‌های غیر رسمی ارائه خواهد شد که به شناسایی و نمایش آنها کمک خواهد کرد.

۶-۵-۱ شناسایی کلاس‌های تحلیل

اگر نگاهی به اطراف یک اتاق بیندازید، مجموعه‌ای از اشیای فیزیکی وجود دارد که به راحتی می‌توانید آنها را شناسایی، طبقه‌بندی و تعریف کنید (بر حسب صفات و عملیات آنها)، ولی هنگامی که در فضای مسأله‌ی یک نرم‌افزار به اطراف نگاه می‌کنید، شناسایی کلاس‌ها (و اشیاء) ممکن است دشوارتر باشد.

«مسأله‌ی واقعاً دشوار، کشف اشیا [کلاس‌های] درست در وهله‌ی نخست است.»

کارل آرجیلا

می‌توانیم شناسایی کلاس‌ها را با بررسی سناریوهای کاربری آغاز کنیم که به‌عنوان بخشی از مدل خواسته‌ها توسعه می‌یابند و use caseهای تهیه شده برای سیستم را «تجزیه‌ی گرامری» کنیم [Abb83]. کلاس‌ها با خط کشیدن زیر اسم‌ها یا عبارت‌های اسمی و وارد کردن آن در یک جدول ساده تعیین می‌شوند. باید به اسم‌های مترادف توجه کرد. اگر کلاس (اسم) برای پیاده‌سازی یک راهکار مورد نیاز باشد، در آن صورت بخشی از فضای راهکار است؛ در غیر این صورت، اگر کلاسی تنها برای توصیف یک راهکار لازم باشد، بخشی از فضای مسأله است.

کلاس‌های تحلیل چگونه خود را به‌عنوان عناصر فضای راهکار اعلام می‌کنند؟

ولی هنگامی که همه‌ی اسم‌ها را جدا کردیم باید در جستجوی چه باشیم؟ *کلاس‌های تحلیل*، خود را به یکی از طرق زیر نشان می‌دهند:

- *موجودیت‌های خارجی* (مانند سایر سیستم‌ها، دستگاه‌ها، افراد) که اطلاعات مورد استفاده یک سیستم کامپیوتری را تولید یا مصرف می‌کنند.
- چیزهایی (مانند *گزارش‌ها*، صفحه نمایش‌ها، نامه‌ها، سیگنال‌ها) که بخشی از دامنه‌ی اطلاعاتی مسأله‌اند.
- رخدادها یا رویدادهایی (مانند انتقال یک خاصیت یا کامل‌شدن یک سری حرکات روبات) که در حیطه‌ی عملیاتی سیستم به وقوع می‌پیوندند.
- *نقش‌هایی* (مانند مدیر، مهندس، فروشنده) که توسط افراد در حال تعامل با سیستم ایفا می‌شود.
- *واحدهای سازمانی* (مانند بخش، گروه، تیم) که به‌کاربردی خاص مربوط می‌شوند.
- *مکان‌هایی* (مانند قسمت تولید یا بارانداز) که حیطه‌ی مسأله و عملکرد کلی سیستم را تعیین می‌کند.
- *ساختارهایی* (مانند حس‌گرها، وسایل چهار چرخ یا کامپیوترها) که کلاسی از اشیا یا کلاس‌های مرتبطی از اشیاء را تعریف می‌کنند.

این گروه‌بندی یکی از چند نوع گروه‌بندی پیشنهاد شده در متون است.[1] برای مثال، باد [Bud96] طبقه‌بندی دیگری برای کلاس‌ها پیشنهاد می‌کند که شامل *تولید کنندگان* (منابع) و *مصرف کنندگان* (چاهک‌های) داده‌ها، *مدیران داده‌ها*، *کلاس‌های مشاهده‌ای* و *کلاس‌های کمک رسان* می‌شوند.

همچنین شایان ذکر است که بدانیم چه چیزهایی کلاس یا شیء نیستند. به‌طور کلی، یک کلاس هرگز نباید دارای «نام روالی الزام‌آور» باشد [Cas89]. برای مثال، اگر سازندگان نرم‌افزار یک سیستم تصویربرداری پزشکی، شیء‌ای با نام **InvertImage** یا حتی **ImageInversion** (وارونه کردن تصویر) تعریف کرده باشند، مرتکب اشتباهی ظریف شده‌اند. **Image** (تصویر) به‌دست آمده از نرم‌افزار بدون شک می‌تواند یک شیء باشد (چیزی است که بخشی از دامنه‌ی اطلاعاتی است). وارونه‌کردن تصویر،عملی است که برای شیء **Image** تعریف می‌شود، ولی به‌عنوان یک کلاس مجزا برای دلالت

[1] یک گروه‌بندی مهم دیگر که در آن، کلاس‌های کنترل‌گر، موجودیت و مرزی تعریف می‌شود، در بخش ۶-۵-۴ بحث خواهد شد.

ضمنی بر «وارونه کردن تصویر» تعریف نمی شود. چنان که کشمن [Cas89] می‌گوید: «مقصود از شیءگرایی، بسته‌بندی داده‌ها و عملیاتی است که روی آنها انجام می‌شود، ولی جدایی میان آنها همچنان باید حفظ شود.»

برای اینکه نشان دهیم کلاس‌های تحلیل را چگونه می‌توان طی مراحل اولیه‌ی مدل‌سازی تعریف کرد، تجزیه‌ی گرامری روایت پردازش[1] قابلیت امنیتی در محصول *SafeHome* در نظر بگیرید (زیر اسم‌ها خط کشیده می‌شود، فعل‌ها به‌صورت ایتالیک نشان داده می‌شوند).

قابلیت امنیت در محصول *SafeHome* صاحبخانه را *قادر می‌سازد* که سیستم امنیتی را پس از *نصب کردن*، *پیکربندی کند*، همه‌ی حس‌گرهایی را که به سیستم امنیتی *متصل شده‌اند*، *پایش کند* و با صاحبخانه از طریق اینترنت، PC یا پانل کنترلی، *تعامل کند*.

در مدتی که *نصب انجام می‌شود*، از PC *SafeHome* برای *برنامه‌ریزی* و *پیکربندی* سیستم استفاده می‌شود. به هر حس‌گر یک عدد و نوع نسبت داده می‌شود، یک کلمه‌ی عبوری اصلی برای *فعال کردن* و *غیر فعال کردن* سیستم برنامه‌ریزی می‌شود و شماره تلفن(هایی) *وارد می‌شوند* تا در صورت رخ دادن یک رویداد حس‌گری این شماره‌ها *گرفته شوند*.

هنگامی که یک رویداد حس‌گری *تشخیص داده شد*، نرم‌افزار یک آژیر صوتی را به صدا *در می‌آورد* که به سیستم متصل است. پس از *مشخص‌شدن* زمان تأخیر توسط صاحبخانه در طول فعالیت‌های پیکربندی سیستم، نرم‌افزار شماره تلفن یک سرویس پایشی را می گیرد، اطلاعات مربوط به مکان را *ارائه می‌دهد*، و ماهیت رویداد تشخیص داده شده را *گزارش می‌کند*. این شماره تلفن هر ۲۰ ثانیه یک بار *از نو گرفته می‌شود* تا اینکه تماس تلفنی *برقرار شود*.

صاحبخانه، اطلاعات امنیتی را از طریق یک پانل کنترلی، PC یا مرورگر که در مجموع واسط گفته می‌شود، *دریافت می‌کند*. این واسط، پیام‌های *درخواستی* و اطلاعات وضعیتی را روی پانل کنترلی، PC یا پنجره مرورگر به نمایش می گذارد. تعامل صاحبخانه به شکل زیر خواهد بود...

اندرز

تجزیه‌ی گرامری، ضد خطا نیست، ولی می‌تواند نقطه پرسشی عالی در اختیارتان بگذارد، اگر سعی در تعریف اشیای داده و تبدیلاتی دارید که روی آنها عمل می‌کنند.

با استخراج اسم‌ها، چند کلاس بالقوه می‌توان پیشنهاد کرد:

کلاس بالقوه	طبقه‌بندی کلی
صاحبخانه	نقش یا موجودیت خارجی
حس‌گر	نهاد خارجی
پانل کنترلی	نهاد خارجی
نصب	رویداد
سیستم (سیستم امنیتی)	چیز (thing)
شماره، نوع	غیر شیء، صفات حس‌گر
کلمه‌ی عبور اصلی	چیز
شماره تلفن	چیز
رویداد حس‌گری	رخداد
آژیر صوتی	نهاد خارجی
سرویس پایشی	واحد سازمانی یا موجودیت خارجی

[1] روایت پردازش، سبکی مشابه با use case دارد ولی هدف آن قدری متفاوت است. روایت پردازش، توصیفی کلی از قابلیت در حال توسعه ارائه می‌دهد. سناریویی نیست که از دیدگاه تنها یک کنش‌گر نوشته شده باشد. ولی لازم به توجه است که تجزیه گرامری را برای هر use case نهیه شده در جمع آوری خواسته‌ها نیز می‌توان به کاربرد.

این فهرست چندان ادامه می‌یابد که همه‌ی اسم‌های موجود در روایت پردازش در نظر گرفته شوند. توجه دارید که هر دارایه از این فهرست را یک شیء بالقوه می‌خوانیم. پیش از تصمیم‌گیری نهایی باید هر کدام را بیشتر در نظر بگیریم.

کود و یوردان [Coa91] شش خصوصیات انتخابی پیشنهاد می‌کند که در پرداختن به هر کدام از کلاس‌های بالقوه برای لحاظ کردن در مدل تحلیل، باید از آنها استفاده کرد:

چگونه تعیین کنم که آیا یک کلاس بالقوه واقعاً یک کلاس تحلیل است؟

۱. *اطلاعات نگهداری شده*. کلاس بالقوه، تنها در صورتی در تحلیل مفید واقع خواهد شد که به خاطر سپردن اطلاعات مربوط به آن، برای عملکرد سیستم ضروری باشد.

۲. *سرویس‌های لازم*. کلاس بالقوه باید دارای مجموعه‌ای از عملیات قابل شناسایی باشد که بتوانند مقدار صفات آن را به طریقی تغییر دهند.

۳. *صفات چندگانه*. طی تحلیل خواسته‌ها، اطلاعات «اصلی» را باید کانون توجه قرار داد؛ کلاسی با یک صفت به تنهایی ممکن است در طراحی واقعاً مفید واقع شود، ولی طی فعالیت تحلیل احتمالاً بهتر است در قالب صفتی از یک کلاس دیگر نمایش داده شود.

۴. *صفات مشترک*. مجموعه‌ای از صفات که برای کلاس بالقوه، قابل تعریف است و این صفات در همه‌ی نمونه‌های کلاس مصداق دارند.

۵. *عملیات مشترک*. مجموعه‌ای از عملیات‌ها که برای کلاس بالقوه، قابل تعریف است و این عملیات‌ها در همه‌ی نمونه‌های کلاس مصداق دارند.

۶. *خواسته‌های اساسی*. موجودیت‌های خارجی که در فضای مسأله ظاهر می‌شوند و اطلاعات ضروری جهت عملکرد هر راهکار برای سیستم را تولید یا مصرف می‌کنند، نیز در مدل خواسته‌ها همواره به‌عنوان کلاس تعریف می‌شوند.

برای اینکه یک شیء بالقوه به‌عنوان کلاسی قانونی در مدل خواسته‌ها در نظر گرفته شود، باید همه‌ی این خصوصیات (یا تقریباً همه‌ی آنها) را داشته باشد. تصمیم‌گیری برای لحاظ کردن کلاس‌های بالقوه در مدل تحلیل تا حدی ذهنی است و طی ارزیابی‌های بعدی ممکن است شیء‌ای حذف یا دوباره انتخاب شود، ولی نخستین مرحله در مدل‌سازی مبتنی بر کلاس‌ها، تعریف کلاس هاست و در این خصوص تصمیم‌گیری‌هایی (حتی آنها که ذهنی هستند) باید انجام شود. با در نظر داشتن این نکته، باید خصوصیات انتخاب را برای فهرست کلاس‌های بالقوه *SafeHome* به‌کار بگیرید:

«کلاس‌ها نقلا می‌کنند، بعضی پیروز می‌شوند و بقیه حذف می‌شوند.»

مائو زدونگ

کلاس بالقوه	عدد مشخصه‌ای که کاربرد دارد
صاحبخانه	رد: ۱ و ۲ درست نیست هرچند ۶ درست است
حس‌گر	قبول: همه درست است
پانل کنترلی	قبول: همه درست است
نصب	رد
سیستم (سیستم امنیتی)	قبول: همه درست است
شماره، نوع	رد: ۳ درست نیست؛ صفات حس‌گر
کلمه‌ی عبور اصلی	رد: ۳ درست نیست
شماره تلفن	رد: ۳ درست نیست
رویداد حس‌گری	قبول: همه درست است
آژیر صوتی	قبول: ۲، ۳، ۴، ۵، ۶ درست هستند
سرویس پایشی	رد: ۱ و ۲ درست نیست هرچند ۶ درست است

لازم به ذکر است که (۱) فهرست بالا شامل همه‌ی موارد نمی شود و برای کامل‌شدن مدل بالا کلاس‌های دیگری به آن افزوده شود؛ (۲) برخی کلاس‌های بالقوه رد شده به‌عنوان صفات کلاس‌های پذیرفته شده مطرح می‌شوند (مثلاً *شماره* و *نوع*، صفاتی از حس‌گر هستند و *کلمه‌ی عبور اصلی* و *شماره تلفن* ممکن است صفاتی از سیستم باشند)؛ (۳) بیان‌های متفاوتی از مسأله ممکن است به تصمیم گیری‌های متفاوتی برای «پذیرش یا رد» منجر شوند (مثلاً اگر هر صاحبخانه یک کلمه‌ی عبور فردی می‌داشت یا هویت او با تشخیص صدایش تأیید می‌شد، صاحبخانه، خصوصیات ۱ و ۲ را دارا می‌شد و به‌عنوان کلاس پذیرفته می‌شد).

۶-۵-۲ مشخص کردن صفات

صفات، کلاس انتخاب شده برای گنجاندن در مدل خواسته‌ها را توصیف می‌کنند. در اصل، همین صفات هستند که کلاس را تعریف می‌کنند- که مشخص می‌کنند منظور از کلاس در حیطه‌ی فضای مسأله چیست. برای مثال، اگر قرار بود سیستمی بسازیم که آمار بازی بیس بال را برای بازیگران حرفه‌ای پایش کند، صفات کلاس **Player** با صفات همان کلاس در صورت استفاده در حیطه‌ی سیستم و دستمزد در بیس بال حرفه‌ای کاملاً تفاوت می‌داشت. در اولی، صفاتی نظیر *نام*، *موقعیت*، *میانگین ضربه زنی*، *درصد حضور در میدان*، *سال‌های بازی* و *تعداد بازی‌های حضور یافته* ممکن است مرتبط به نظر برسند. برای دومی، برخی از این صفات مرتبط خواهند بود، ولی برخی دیگر جای خود را به صفاتی مثل *میانگین دستمزد*، *آدرس پستی* و *گزینه‌های حقوقی انتخاب شده* می‌دهند.

> **نکته‌ی کلیدی**
> صفات، مجموعه‌ای از اشیای داده هستند که یک کلاس را به‌طور کامل در حیطه‌ی مسأله تعریف می‌کنند.

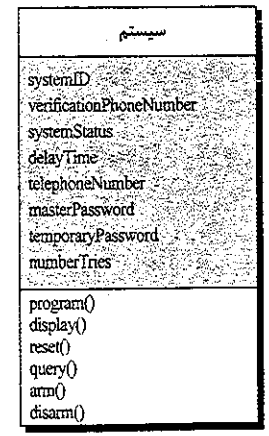
برای توسعه‌ی مجموعه‌ای با معنی از صفات برای یک کلاس تحلیل، باید هر کدام از use caseها را مطالعه کنید و آن «چیزهایی» را انتخاب کنید که به‌طور منطقی به کلاس «تعلق» دارند. به‌علاوه، برای هر کلاس باید به پرسش زیر پاسخ داد: «کدام اقلام داده‌ای (مرکب و/یا پایه) به‌طور کامل این کلاس را در حیطه‌ی مسأله مورد نظر تعریف می‌کنند؟»

جهت روشن‌شدن مطلب، کلاس **System** را که برای *SafeHome* تعریف شده است، در نظر می‌گیریم. صاحبخانه می‌تواند قابلیت امنیتی را پیکربندی کند تا اطلاعات حس‌گر، اطلاعات پاسخ آژیر، اطلاعات فعال سازی/غیر فعال‌سازی، اطلاعات احراز هویت و غیره را منعکس سازد. می‌توانیم این اقلام داده‌ای مرکب را به شیوه‌ی زیر نمایش دهیم:

identification information = system ID + verification phone number + system status
alarm response information = delay time + telephone number
activation/deactivation information = master password + number of allowable tries + temporary password

هرکدام از اقلام داده‌ای واقع در طرف راست علامت تساوی را می‌توان باز هم تا یک سطح پایه‌ای تعریف کرد، ولی برای اهدافی که ما در پی آن هستیم، فهرستی منطقی از صفات برای کلاس سیستم تشکیل می‌دهند (بخش هاشور خورده از شکل ۹-۶).

حس‌گرها بخشی از کل سیستم *SafeHome* هستند و با این حال به‌عنوان اقلام داده‌ای یا صفات در شکل ۹-۶ فهرست نشده‌اند. حس‌گر قبلاً به‌عنوان یک کلاس تعریف شده است و اشیای حس‌گر با کلاس سیستم مرتبط خواهند بود. به‌طور کلی، از تعریف یک قلم به‌عنوان صفت پرهیز می‌کنیم اگر بیش از یک قلم قرار باشد با کلاس مرتبط شود.



شکل ۹-۶ نمودار کلاس‌ها برای کلاس System

SafeHome

مدل کلاس‌ها

صحنه: اتاقک اد؛ در شروع مدل‌سازی خواسته‌ها.

نقش‌آفرینان: جیمی، وینود و اد-همه‌ی اعضای تیم مهندسی نرم‌افزار *SafeHome*

گفتگو:

[اد روی استخراج کلاس‌ها از الگوی use case برای **ACS-DCV** (که قبلاً در این فصل ارائه شد) کار کرده است و کلاس‌های استخراج شده را به همکاران ارائه می‌دهد]

اد: خلاصه، وقتی که صاحبخانه می‌خواهد یک دوربین انتخاب کند، باید آن را از یک نقشه ساختمانی انتخاب کند. من یک کلاس با نام **نقشه ساختمان** تعریف کرده ام. این هم نمودارش (آنها شکل ۱۰-۶ را نگاه می‌کنند).

جیمی: پس **FloorPlan** شیءای است که با دیوارها، درها، پنجره‌ها و دوربین‌ها در ارتباط است. این خطوط نشان دار به همین معنی هستند، نه؟

اد: بله. به آنها «همبستگی» می‌گویند. ارتباط یک کلاس با کلاس دیگر طبق همبستگی‌هایی که نشان داده‌ام به هم مرتبط می‌شوند. [همبستگی‌ها در بخش ۵-۵-۶ بحث خواهند شد.]

وینود: پس نقشه ساختمان واقعی از دیوارها ساخته می‌شود و جاوی دوربین‌ها و حس‌گرهایی است که روی آن دیوارها قرار داده می‌شوند. نقشه ساختمان از کجا می‌داند که این اشیا را کجا باید بگذارد؟

اد: این را نمی‌داند. این، کار کلاس‌های دیگر است. صفات تحت کلاس **قطعه دیوار** را ببینید؛ این کلاس برای ساختن دیوارها به‌کار می‌رود. قطعه دیوار یک مختصات شروع و پایان دارد و عملیات ()draw بقیه کارها را انجام می‌دهد.

جیمی: و برای پنجره‌ها و درها هم همین وضعیت را داریم. ظاهراً دوربین‌ها صفات بیشتری دارند.

اد: بله، کاری کردم که اطلاعات مربوط به زوم و زاویه را هم شامل بشوند.

وینود: من یک سؤال دارم. چرا دوربین‌ها شماره شناسایی دارند، ولی بقیه ندارند؟ می‌بینم که یک صفت به نام *nextWall* داری. **WallSegment** از کجا بداند که دیوار بعدی چیست؟

اد: سؤال خوبی است، ولی همان طور که می‌گویند، این یک مسأله‌ی طراحی است و من هم آن را به بعد موکول.

جیمی: یک لحظه صبر کن- قول می‌دهم که قبلاً فکرش را کرده‌ای.

اد (محجوبانه لبخند می‌زند): درست است؛ از یک ساختار فهرستی استفاده می‌کنم که موقع طراحی، آن را مدل‌سازی می‌کنم. اگر تو درباره جداسازی تحلیل و طراحی تعصب داری، سطح جزئیاتی که اینجا دارم ممکن است ایجاد سوء ظن کند.

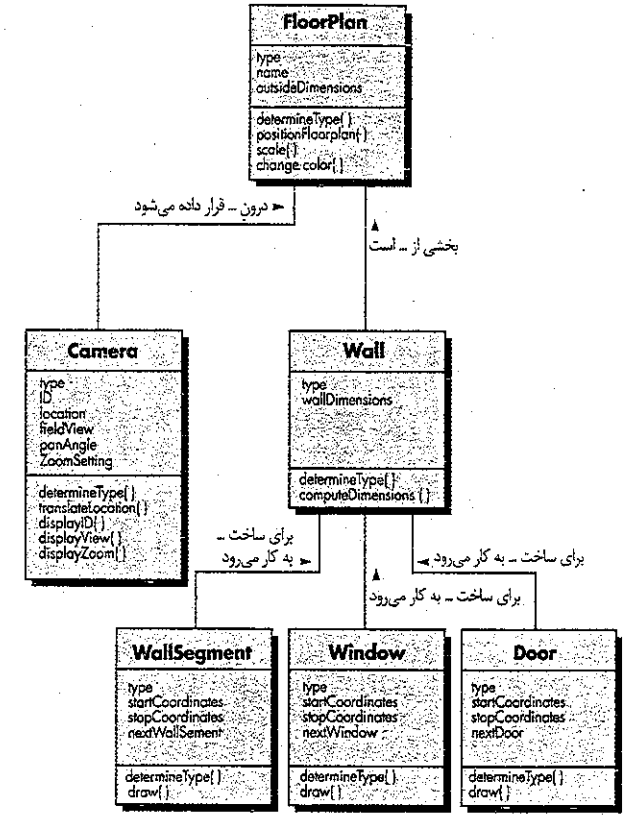
جیمی: به نظر من که عالی است، ولی چند تا سؤال دیگر هم دارم.

(جیمی پرسش‌هایی مطرح می‌کند که به اصطلاحات جزئی منجر می‌شود)

وینود: برای هر کدام از اشیا، کارهای CRC داری؟ اگر داری باید از طریق آنها با هم نقش بازی کنیم تا ببینیم چیزی از قلم نیفتاده باشد.

اد: خیلی از بابت نحوه انجام این کار مطمئن نیستم.

وینود: کار زیاد سختی نیست و واقعاً ارزش‌اش را دارد. به شما نشان می‌دهم.



شکل ۱۰-۶ نمودار کلاس‌ها برای FloorPlan.

۳-۵-۶ تعریف عملیات‌ها

عملیات‌ها، رفتار شیء را تعریف می‌کنند. گرچه انواع بسیار متفاوتی از عملیات وجود دارد، آنها را معمولاً در چهار گروه گسترده تقسیم می‌کنند: (۱) عملیاتی که داده‌ها را به طریقی دستکاری می‌کنند (مثل اضافه کردن، حذف کردن، فرمت‌بندی دوباره و انتخاب کردن)، (۲) عملیات‌هایی که محاسبه انجام می‌دهند، (۳) عملیات‌هایی که درباره‌ی حالت یک شیء تحقیق می‌کنند و (۴) عملیات‌هایی که یک شیء را برای وقوع یک رویداد کنترل کننده پایش می‌کنند. این قابلیت‌ها با عمل کردن روی صفات و/یا همبستگی‌ها (associations) قابل دستیابی خواهند بود (بخش ۵-۵-۶). بنابراین، عملیات باید از ماهیت همبستگی‌ها و صفات کلاس «آگاهی» داشته باشد.

به‌عنوان اولین دور تکرار در به‌دست آوردن مجموعه عملیات‌های یک کلاس تحلیل، می‌توانید دوباره یک روایت پردازش (یا use case) را مطالعه کنید و عملیاتی را انتخاب کنید که به‌طور منطقی به کلاس تعلق دارند. برای نیل به این مقصود، تجزیه‌ی گرامری دوباره مطالعه می‌شود و این بار، افعال جداسازی می‌شوند. برخی از این فعل‌ها عملیات قانونی بوده می‌توان به راحتی آنها را به کلاسی مشخص ربط داد. برای مثال، از روایت پردازشی که قبلاً در همین فصل ارائه شد، مشاهده می‌کنیم که

اندرز

هنگامی که عملیات‌های مربوط یک کلاس تحلیل را تعریف می‌کنید؛ به جای رفتارهای لازم برای پیاده سازی، توجه خود را به رفتارهای مسأله‌گرا معطوف کنید.

«به حس‌گر یک شماره *نوع نسبت داده می‌شود.*» یا «یک کلمه‌ی عبور اصلی برای *فعال کردن* و *غیر فعال کردن* سیستم، *برنامه‌ریزی می‌شود.*» این عبارت‌ها چند مورد را نشان می‌دهند:

- این که عملیاتی با عنوان *assign( )* با کلاس **Sensor** در ارتباط است.
- این که عملیاتی با عنوان *program( )* با کلاس **System** در ارتباط است.
- این که *arm( )* و *disarm( )* عملیات‌هایی هستند که برای کلاس **System** کاربرد دارند.

با بررسی بیشتر، این احتمال وجود دارد که عملیات *program( )* را به چند عملیات فرعی مشخص‌تر تقسیم کنیم که برای پیکربندی سیستم مورد نیازند. برای مثال، *program( )* به معنای مشخص کردن شماره تلفن‌ها، پیکربندی خصوصیات سیستم (مثلاً ایجاد جدول حس‌گرها، وارد کردن خصوصیات آژیر) و وارد کردن کلمه(ها)ی عبوراست، ولی فعلاً *program( )* را به‌عنوان یک عملیات واحد، مشخص می‌کنیم.

علاوه بر تجزیه‌ی گرامری می‌توانید با در نظر گرفتن ارتباطاتی که میان اشیا رخ می‌دهد، دید بیشتری از سایر عملیات به‌دست آورید. اشیا با تبادل پیام به یکدیگر با هم ارتباط برقرار می‌کنند. پیش از ادامه‌ی تعیین مشخصات عملیات‌ها، این موضوع را قدری بیشتر بررسی می‌کنیم.

۴-۵-۶ مدل‌سازی همکار مسؤولیت کلاس‌ها (CRC)

مدل‌سازی همکار- مسؤولیت کلاس‌ها (CRC) [Wir90] ابزاری ساده برای شناسایی و سازمان دهی کلاس‌های مرتبط با خواسته‌های سیستم یا محصول فراهم می‌سازند. امبلر [Amb95] مدل‌سازی CRC را به شیوه‌ی زیر توصیف می‌کند:

مدل CRC در واقع مجموعه‌ای از کارت‌های شاخص استاندارد است که کلاس‌ها را به نمایش می‌گذارند. این کارت‌ها به سه بخش تقسیم می‌شوند:

در بالای کارت، نام کلاس را می‌نویسید. در بدنه‌ی کارت، فهرست مسؤولیت‌های کلاس را در طرف راست و همکاران را در طرف چپ می‌نویسید.

در واقع، برای مدل CRC ممکن است از کارت‌های واقعی یا مجازی استفاده شود. هدف، بسط یک نمایش سازمان یافته از کلاس‌هاست. *مسؤولیت‌ها* صفات و عملیات مرتبط با کلاس هستند. به بیان ساده، مسؤولیت عبارت است از «هر چیزی که کلاس می‌داند یا انجام می‌دهد» [Amb95]. *همکاران*، کلاس‌هایی هستند که برای فراهم ساختن اطلاعات لازم برای کامل‌شدن یک مسؤولیت توسط یک کلاس، مورد نیازند. به‌طور کلی، هر *همکاری* یا به معنای درخواست برای اطلاعات یا تقاضای یک کنش است.

یک کارت شاخص ساده CRC برای کلاس نقشه ساختمان در شکل ۱۱-۶ نشان داده شده است. فهرست مسؤولیت‌های نشان داده شده روی کارت CRC، فهرستی مقدماتی است و ممکن است مواردی به آنها اضافه و اصلاح شود. کلاس‌های دیوار و دوربین در کنار مسؤولیتی ذکر می‌شوند که نیاز به همکاری آنها دارند.

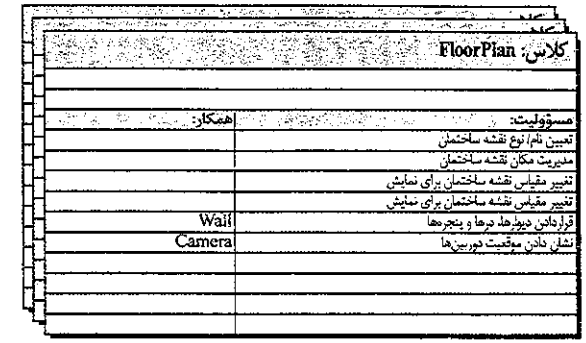
کلاس‌ها، دستور العمل‌های اصلی برای شناسایی کلاس‌ها و اشیا قبلاً در این فصل ارائه شدند. طبقه‌بندی انواع کلاس‌های ارائه شده در بخش ۱-۵-۶ را می‌توان با در نظر گرفتن گروه‌های زیر بسط داد:

«یکی از اهداف کارت‌های CRC، شکست زودهنگام، شکست زیاد و شکست کم‌هزینه است. پاره کردن چند تکه کاغذ به مراتب کم خرج‌تر از سازمان دهی دوباره به مقادیر فراوانی از کد منبع است.»

سی. هورستمان

مرجع وب

بحثی عالی درباره این انواع کلاس‌ها را در وب سایت زیر می‌توانید بیابید:
www.theumlcafe.com/a0079.htm



شکل ۱۱-۶ یک کارت شاخص مدل CRC.

- *کلاس‌های موجودیت*، که کلاس‌های مدل یا تجاری نیز نامیده می‌شوند، مستقیماً از بیان مسأله استخراج می‌شوند (مثلاً **FloorPlan** و **Sensor**). این کلاس‌ها معمولاً چیزهایی را نمایش می‌دهند که قرار است در یک بانک اطلاعاتی ذخیره شوند و در سرتاسر مدت کاربرد ماندگار باشند (مگر اینکه مشخصاً حذف شوند).
- *کلاس‌های مرزی* در ایجاد واسط (مثلاً صفحه نمایش تعاملی یا گزارش‌های چاپی) به‌کار می‌روند که کاربر به هنگام استفاده از نرم‌افزار و تعامل با آن مشاهده می‌کند. اشیای موجودیت حاوی اطلاعاتی هستند که برای کاربران اهمیت دارند، ولی خودشان را نشان نمی دهند. کلاس‌های مرزی با مسؤولیت مدیریت کردن شیوه‌ی ارائه اشیای موجودیت به‌کاربران طراحی می‌شوند. برای مثال، یک کلاس مرزی با نام پنجره دوربین مسؤولیت نمایش خروجی دوربین‌ها را برای سیستم *SafeHome* برعهده خواهد داشت.
- *کلاس‌های کنترل گر*. یک «واحد کار» [UML03] را از ابتدا تا انتها مدیریت می‌کند. یعنی، کلاس‌های کنترل‌گر را می‌توان طوری طراحی کرد که (۱) ایجاد یا بهنگام‌سازی اشیای موجودیت ، (۲) معرفی اشیای مرزی به هنگام کسب اطلاعات از اشیای موجودیت، (۳) ارتباطات پیچیده میان مجموعه‌های اشیا، (۴) اعتبارسنجی داده‌های ارتباطی میان اشیا یا میان کاربر و برنامه را مدیریت کنند. به‌طور کلی، کلاس‌های کنترل‌گر تا شروع فعالیت طراحی در نظر گرفته نمی‌شوند.

> «اشیا را از نظر علمی به سه گروه اصلی می‌توان طبقه‌بندی کرد: آنها که کار نمی کنند، آنها که از کار می‌افتند و آنها که گم می‌شوند.»
>
> راسل بیکر

مسؤولیت‌ها. دستور العمل‌های پایه برای شناسایی مسؤولیت‌ها (صفات و عملیات ها) در بخش‌های ۲-۵-۶ و ۳-۵-۶ ارائه شده‌اند ویرفس-براک و همکارانش [Wir90] پنج دستورالعمل برای تخصیص مسؤولیت‌ها به کلاس‌ها پیشنهاد می‌کنند.

> چه دستورالعمل‌هایی را می‌توان برای تخصیص مسؤولیت‌ها به کلاس‌ها به کاربرد؟

۱. **هوش‌مندی سیستم باید طوری میان کلاس‌ها توزیع شود که به بهترین وجه پاسخ گوی نیازهای مسأله باشد.** هر برنامه‌ی کاربردی شامل سطح معینی از هوش‌مندی می‌شود؛ یعنی آنچه که سیستم می‌داند و آنچه قادر به انجام آن است. این هوش‌مندی به چند شیوه‌ی متفاوت در میان کلاس‌ها قابل توزیع است. کلاس‌های «خنگ» (کلاس‌هایی با تعداد معدودی از مسؤولیت‌ها) را می‌توان برای خدمت رساندن به کلاس‌های «زرنگ» (کلاس‌هایی با مسؤولیت‌های فراوان) مدل‌سازی کرد. گرچه این روش، جریان کنترل در یک سیستم به صراحت مشخص می‌شود،

معایبی هم دارد: همه‌ی هوش‌مندی را در چند کلاس معدود متمرکز می‌کند، اعمال تغییرات را دشوارتر می‌سازد و نیاز به ایجاد کلاس‌های بیشتر و در نتیجه کار و تلاش بیشتر دارد.

اگر هوش‌مندی سیستم به‌طور یکنواخت‌تر در میان کلاس‌های یک برنامه‌ی کاربردی توزیع شده باشد، هر شیء تنها از چند چیز اطلاعات دارد و همان چند چیز را انجام می‌دهد (که عموماً آنها را با توجه خوبی انجام خواهد داد) و یکپارچگی سیستم بهبود خواهد یافت.[1] این باعث بهبود قابلیت نگهداری سیستم شده از تأثیر اثرات جانبی ناشی از تغییر می‌کاهد.

برای اینکه بدانید آیا هوش‌مندی سیستم از توزیع مناسبی برخوردار هست یا خیر، مسؤولیت‌های ذکر شده در هر کارت شاخص مدل CRC را باید ارزیابی کنید تا معلوم شود که آیا کلاس(هایی) دارای فهرست مسؤولیت‌های بلندتر از حد معمول هستند یا خیر. به این شیوه، شاخصی از هوش‌مندی به‌دست می‌آید.[2] به‌علاوه، مسؤولیت هر کدام از کلاس‌ها باید سطح انتزاعی هم‌ردیف با سایر کلاس را از خود نشان دهد. برای مثال، در میان عملیات فهرست شده برای یک کلاس مجتمع با نام **CheckingAccount** در حین بازبینی به دو مسؤولیت برخورد می‌کنید: *موازنه حساب* و *چک‌های پاس شده*. عملیات (مسؤولیت) اول شامل یک روال ریاضی و منطقی پیچیده می‌شود. دومی یک فعالیت دفتری ساده است. چون این دو مسؤولیت در سطح انتزاع یکسان قرار ندارند، *چک‌های پاس شده* باید در مسؤولیت‌های کلاس **CheckEntry** قرار داده شوند، کلاسی که بخشی از کلاس مجتمع **CheckingAccount** است.

۲. **هر مسؤولیتی باید تا حد امکان به‌صورت کلی بیان شود.** این دستور العمل بدان مناسبت که مسؤولیت‌های کلی (هم صفات و هم عملیات) باید در بالای سلسله مراتب کلاس‌ها قرار داده شوند (چون عمومیت دارند، باید در مورد همه‌ی زیرکلاس‌ها کاربرد داشته باشند).

۳. **اطلاعات و رفتار مرتبط با آن باید در یک کلاس قرار داده شوند.** به این ترتیب، اصلی در رویکرد شیء‌گرا با عنوان *پنهان‌سازی* رعایت خواهد شد. داده‌ها و فرایندهایی که این داده‌ها را دستکاری می‌کنند باید به‌صورت یک واحد یکپارچه بسته‌بندی شوند.

۴. **اطلاعات مربوط به یک چیز باید تنها در یک کلاس قرار داده شوند و نباید در میان چند کلاس توزیع شوند.** یک کلاس به تنهایی باید مسؤولیت ذخیره‌سازی و دستکاری نوع مشخصی از اطلاعات را عهده دار گردد. به‌طور کلی، این مسؤولیت نباید در میان چند کلاس به اشتراک گذاشته شود. اگر اطلاعات توزیع شوند، نگهداری نرم‌افزار دشوارتر می‌شود و برای آزمون آن هم چالش بیشتری وجود خواهد داشت.

۵. **مسؤولیت‌ها را در صورت امکان باید در میان کلاس‌های مرتبط به اشتراک گذاشت.** موارد فراوانی وجود دارد که در آنها انواع اشیای مرتبط همگی باید در یک زمان، رفتاری مشابه از خود نشان دهند. به‌عنوان مثال، یک بازی کامپیوتری را در نظر بگیرید که کلاس‌های زیر را نشان می‌دهد: **Player**، **PlayerBody**، **PlayerArms**، **PlayerLegs**، **PlayerHead**. هر کدام از این کلاس‌ها دارای صفات خاص خود است (مثل *موقعیت*، *جهت گیری*، *رنگ*، *سرعت*) و

---

[1] یکپارچگی یک مفهوم طراحی است که در فصل ۸ بحث خواهیم کرد.

[2] در چنین مواردی، ممکن است نیاز باشد که کلاس به چند کلاس دیگر تقسیم گردد تا هوش‌مندی بهتر توزیع شود.

همه‌ی آنها باید با حرکت دادن دسته بازی توسط کاربر، بهنگام شوند و به نمایش درآیند. پس مسؤولیت‌های *update( )* و *display( )* باید در همه‌ی اشیای ذکرشده به‌طور مشترک موجود باشند. بازیکن می‌داند که چه هنگام چیزی تغییر کرده است و update( ) لازم است. این شیء با سایر اشیا همکاری می‌کند تا موقعیت و جهت‌گیری جدیدی اتخاذ شود، ولی هر شیء نمایش خود را کنترل می‌کند.

همکاری‌ها. کلاس‌ها به یکی از دو شیوه، مسؤولیت‌های خود را به انجام می‌رسانند: (۱) کلاس می‌تواند از عملیات‌های خودش برای دستکاری صفات خودش استفاده کند یا (۲) کلاس می‌تواند با سایر کلاس‌ها همکاری کند. ویرفس- براک و همکارانش [Wir90] همکاری را به شیوه‌ی زیر تعریف می‌کنند:

> همکاری‌ها نشان‌گر درخواست‌های یک کلاینت از سرور برای به انجام رساندن مسؤولیت یک کلاینت هستند. همکاری، تجسم هم پیمانی کلاینت و سرور است... می‌گوییم یک شیء با دیگری همکاری می‌کند اگر برای به انجام رساندن مسؤولیتی، نیاز به ارسال پیام به شیء دیگر داشته باشد. یک همکاری منفرد، تنها در یک جهت جریان پیدا می‌کند- که در خواست را از کلاینت به‌سرور نشان می‌دهد. از دید کلاینت، هرکدام از این همکاری‌ها با یک مسؤولیت خاص همراه است که توسط سرور پیاده‌سازی می‌شود.

برای شناسایی همکاری‌ها باید تعیین کرد کدام کلاس می‌تواند هر مسؤولیت را خودش به انجام برساند. اگر نتواند، ناگزیر از تعامل با کلاسی دیگر است. از این رو، یک همکاری به‌شمار می‌رود.

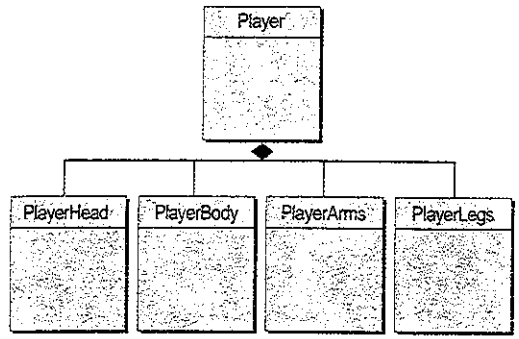
به‌عنوان مثال، قابلیت امنیتی *SafeHome* را در نظر بگیرید. شیء پانل کنترلی به‌عنوان بخشی از روال فعال‌سازی، باید تعیین کند که آیا حس‌گری باز هست. مسؤولیتی با نام *determine-sensors-tatus( )* تعریف می‌شود. اگر حس‌گرها باز باشند، پانل کنترلی باید صفت *وضعیت* را در حالت «غیر آماده» قرار دهد. اطلاعات حس‌گر از هر کدام از اشیای حس‌گر ممکن است به‌دست آید. بنابراین، مسؤولیت *determine-sensor-status( )* تنها در صورتی قابل انجام است که پانل کنترلی با حس‌گر همکاری کند.

برای کمک به شناسایی همکارها می‌توانید سه رابطه‌ی کلی میان کلاس‌ها را بررسی کنید [Wir90]: (۱) رابطه‌ی «*شمول*»، (۲) رابطه‌ی «*آگاهی داشتن از*» و (۳) «*بستگی داشتن به*». هر کدام از سه رابطه‌ی مذکور را به اختصار در پاراگراف‌های زیر شرح خواهیم داد.

همه‌ی کلاس‌هایی که بخشی از یک کلاس مجتمع هستند، از طریق رابطه‌ی شمول به آن کلاس مجتمع متصل‌اند. کلاس‌های مربوط به بازی کامپیوتری را که در بالا گفته شد، در نظر بگیرید: کلاس بدنه بازیکن بخشی از بازیکن است و همین طور، **PlayerArms**، **PlayerLegs** و **PlayerHead**. در نمادگذاری UML، این روابط به‌صورت مجتمع شکل ۱۲-۶ نمایش داده شده است.

هنگامی که یک کلاس باید اطلاعات را از کلاس دیگری کسب کند، رابطه‌ی «*آگاهی داشتن از*» برقرار می‌شود. مسؤولیت *determine-sensor-status( )* که قبلاً ذکر شد، مثالی از رابطه‌ی «*آگاهی داشتن از*» است.

رابطه‌ی «*بستگی داشتن به*» به این معنی است که دو کلاس دارای ارتباطی به جز «*آگاهی داشتن از*» و «*شمول*» هستند. برای مثال، کلاس **PlayerHead** باید همواره به کلاس **PlayerBody** متصل باشد (مگر اینکه در بازی کامپیوتری مورد بحث، خشونت زیادی در نظر گرفته شود)، و در عین حال هر



شکل ۱۲-۶ یک کلاس مجتمع مرکب.

شیء بدون آگاهی از دیگری وجود دارد. یک صفت از شیء **PlayerHead** با نام «*موقعیت-مرکز*» از روی موقعیت مرکز شیء **PlayerBody** تعیین می‌شود. این اطلاعات از طریق یک شیء سوم، **Player**، به‌دست می‌آید که آن را از **PlayerBody** کسب می‌کند پس **PlayerHead** به **PlayerBody** *وابسته* است.

در تمامی کلاس‌ها، نام کلاس همکار روی کارت شاخص مدل CRC در کنار مسؤولیتی نوشته می‌شود که آن همکاری را طلب می‌کند. پس کارت شاخص حاوی فهرستی از مسؤولیت‌ها و همکاری‌های متناظر می‌شود که انجام آن مسؤولیت را میسر می‌سازند (شکل ۱۱-۶).

هنگامی که یک مدل CRC کامل توسعه یافت، طرف‌های ذی‌نفع می‌توانند مدل را با استفاده از رویکرد زیر بازبینی کنند [Amb95]:

۱. به همه‌ی مشارکت کنندگان در بازبینی (مدل CRC) زیر مجموعه‌ای از کارت‌های شاخص مدل CRC داده می‌شود. کارت‌هایی که همکاری دارند، باید جدا شوند (یعنی هیچ کس نباید دو کارت داشته باشد که همکاری دارند).
۲. همه‌ی سناریوهای use case (و نمودارهای مربوط به usecase) باید گروه‌بندی شوند.
۳. سرگروه تیم بازبینی، use case را به شیوه‌ای شمرده قرائت می‌کند. با رسیدن سرگروه به یک شیء نامگذاری شده، رشته سخن را به‌دست کسی می‌سپرد که کارت شاخص کلاس مربوط را دردست دارد. برای مثال، یک use case مربوط به محصول *SafeHome* حاوی متن روایی زیر است:

> صاحبخانه پانل کنترلی *SafeHome* را مشاهده می‌کند تا معلوم شود که آیا سیستم برای وارد کردن دستورات آماده است. اگر سیستم آماده نبود، صاحبخانه باید به‌صورت فیزیکی پنجره‌ها/درها را ببندد، به‌طوری که نشان‌گر آمادگی، روشن شود. [نشان‌گر not-ready مشخص می‌کند که حس‌گری باز است. یعنی در یا پنجره‌ای باز مانده است.]

هنگامی که سرگروه تیم مروز در متن روایی use case به «پانل کنترلی» رسید، رشته سخن به کسی سپرده می‌شود که کارت شاخص **پانل کنترلی** را در دست دارد. عبارت «مشخص می‌کند که حس‌گری باز است» ایجاب می‌کند که کارت شاخص حاوی مسؤولیتی باشد که این معنی را اعتبارسنجی کند (مسؤولیت *determine-sensor-status( )* این کار را انجام می‌دهد). در کنار این مسؤولیت روی کارت اندیس، همکار حس‌گر مشاهده می‌شود. اکنون رشته سخن به شیء حس‌گر سپرده می‌شود.

SafeHome

مدل‌های *CRC*

صحنه: اتاقک اد، در شروع مدل‌سازی خواسته‌ها.

نقش‌آفرینان: وینود و اد- اعضای تیم مهندسی نرم‌افزار *SafeHome*.

مکالمه:

[وینود می‌خواهد با نشان دادن یک مثال، نحوه‌ی توسعه‌ی کارت‌های CRC را به اد یاد بدهد.]

وینود: در جالی که تو داشتی روی سیستم پایش *SafeHome* کار می‌کردی و جیمی هم مشغول قابلیت امنیتی بود، من هم روی قابلیت مدیریت خانه کار می‌کردم.

اد: در چه وضعی است؟ بازاریابی مدام نظرش را عوض می‌کند.

وینود: بیا. این اولین برش از use case مربوط به کل این قابلیت است... ما یک قدری پالایش کردیم، ولی می‌تواند یک دید کلی بدهد...

use case: قابلیت خانه در محصول *SafeHome*

متن روایی: می‌خواهیم از واسط مدیریت خانه روی PC یا اتصال اینترنتی استفاده کنیم و دستگاه‌های الکترونیکی را که دارای کنترل‌گرهای واسط بی‌سیم هستند، کنترل کنیم. این سیستم باید به من این امکان را بدهد که چراغ‌های مشخصی را روشن و خاموش کنم، لوازم خانگی متصل به واسط بی‌سیم را کنترل کنم، سیستم گرمایش و تهویه‌ام را در دماهای معین، تنظیم کنم. برای این منظور، می‌خواهم دستگاه‌ها را از یک نقشه ساختمان منزل انتخاب کنم. هر دستگاه باید روی نقشه ساختمان تعیین گردد. به‌عنوان یک ویژگی اختیاری، می‌خواهم همه‌ی دستگاه‌های صوتی- تصویری- ضبط، تلویزیون، DVD، دوربین‌های دیجیتال و غیره- قابل کنترل باشند.

می‌خواهم قادر باشم با یک انتخاب ساده کل خانه را برای وضعیت‌های گوناگون تنظیم کنم. یکی با عنوان *home* یکی با عنوان *away*، سومی با عنوان *overnight travel* (سفر یک شبه) و چهارمی با عنوان *extended travel*. این وضعیت دارای تنظیماتی خواهد بود که روی همه‌ی دستگاه‌ها اعمال خواهند شد. در حالت‌های overnight travel و extended travel، سیستم باید چراغ‌ها را در فواصل زمانی تصادفی، روشن و خاموش کند (تا به نظر برسد که کسی در خانه است) و سیستم گرمایش و تهویه را کنترل کند. به‌علاوه باید بتوانم از طریق اینترنت با وارد کردن کلمه‌ی عبور مناسب، این تنظیمات را تغییر دهم...

اد: بچه‌های سخت‌افزار همه‌ی واسط‌های بی‌سیم را درست کرده‌اند؟

وینود (لبخند می‌زند): دارند روی آن کار می‌کنند؛ این مسأله مهمی نیست. به هر حال، من یک مشت کلاس برای مدیریت خانه استخراج کرده‌ام و می‌توانیم از آنها به‌عنوان مثال استفاده کنیم.

از کلاس HomeManagementInterface استفاده می‌کنیم.

اد: باشد... پس مسؤولیت‌ها همان صفات و عملیات‌های کلاس هستند و همکارها، کلاس‌هایی که مسؤولیت‌ها به آنها اشاره دارند.

وینود: فکر کنم درست CRC را نفهمیدی.

اد: شاید یک کم، ولی شروع کن.

وینود: من کلاس‌های **HomeManagementInterface** را این طور تعریف کردم.

صفات:

Option Panel–حاوی اطلاعاتی درباره دکمه‌هایی ست که به‌کاربر امکان انتخاب قابلیت را می‌دهد.

Situation Panel–حاوی اطلاعاتی درباره دکمه‌هایی است که به‌کاربر امکان انتخاب وضعیت را می‌دهد.

FloorPlan–همانند شیء پایش است، ولی این یکی دستگاه‌ها را نشان می‌دهد.

Device Icons–اطلاعات مربوط به آیکون‌هایی که چراغ‌ها، لوازم خانگی، HVAC و غیره را نشان می‌دهند.

DevicePanels- پانل کنترلی برای شبیه‌سازی لوازم خانگی یا دستگاه‌ها، کنترل را میسر می‌سازد.

عملیات‌ها:

displayControl( ) *selectControl( )*
displaySituation( ) *selectSituation( )*
accessFloorPlan( ) *selectDeviceIcon( )*
displayDevicePanel( ) *accessDevicePanel( )*

کلاس: HomeManageMentInterface

همکار	مسؤولیت
OptionsPanel (کلاس)	*displayControl( )*
OptionsPanel (کلاس)	*selectControl( )*
SituationPanel (کلاس)	*displaySituation( )*
SituationPanel (کلاس)	*selectSituation( )*
FloorPlan (کلاس)	*accessFloorPlan*

اد: پس وقتی که *accessFloorPlan( )* فراخوانده شود، یا شیء **FloorPlan** همکاری می‌کند، درست مثل همان که برای پایش توسعه دادیم. صبر کن، یک توصیف از آن در اینجا دارم (به شکل ۱۰-۶ نگاه می‌کنند.)

وینود: دقیقاً. و اگر می‌خواستیم کل مدل کلاس‌ها را مرور کنیم، می‌توانستیم با این کارت شاخص شروع کنیم بعد به کارت شاخص کلاس همکار برویم و از آنجا به همکارهای کلاس همکار و غیره.

اد: راه خوبی برای پیدا کردن خطاها یا جاافتادگی‌هاست.

وینود: بله.

۴. هنگام تحویل نشانه، از نگهدارنده‌ی کارت Sensor خواسته می‌شود که مسؤولیت‌های ذکر شده روی کارت را توصیف کند. گروه تعیین می‌کند که آیا یک (یا چند) مورد از مسؤولیت‌ها، خواسته‌ی مورد نظر use case را برآورده می‌سازد یا خیر.

۵. اگر مسؤولیت‌ها و همکاری‌های ذکر شده در کارت‌های شاخص نتوانند پاسخ گوی use case باشند، اصطلاحاتی در کارت‌ها به عمل می‌آید. این اصطلاحات ممکن است شامل تعریف کلاس‌های جدید (و کارت‌های شاخص CRC متناظر با آنها) یا تعیین مشخصات یک مسؤولیت یا همکاری بازبینی شده روی کارت‌های موجود شود.

این شیوه‌ی عمل خاص آن‌قدر ادامه پیدا می‌کند که use case تمام شود. هنگامی که همه‌ی use caseها بازبینی شدند، مدل‌سازی خواسته‌ها ادامه می‌یابد.

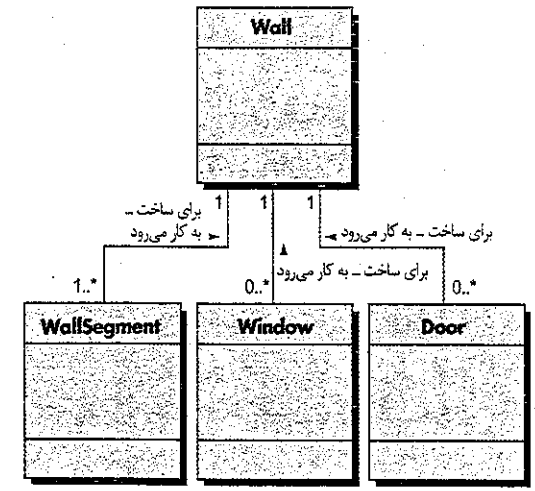
۶-۵-۵ اجتماع و وابستگی

در بسیاری از موارد، دو کلاس تحلیل، به شیوه‌ای بسیار مشابه با ارتباط دو شیء داده‌ای، با هم ارتباط دارند (بخش ۳-۴-۶). در UML، این روابط را *اجتماع* می‌نامند. توجه دوباره به شکل ۱۰-۶ می‌بینیم که کلاس **FloorPlan** با شناسایی مجموعه‌ای از اجتماع‌ها میان **FloorPlan** و دو کلاس دیگر، **Camera** و **Wall** تعریف می‌شوند. کلاس **Wall** با سه کلاس همبستگی دارد که به دیوار امکان ساخته‌شدن را می‌دهند و عبارتند از **Wall Segment**، **Window**، و **Door**.

نکته‌ی کلیدی

اجتماع، رابطه‌ی میان کلاس‌ها را مشخص می‌کند. چندگانگی مشخص می‌کند که چند کلاس با چند کلاس دیگر ارتباط دارند.

در برخی موارد، یک همبستگی ممکن است با ذکر *چندگانگی* (multiplicity) بهتر قابل تعریف باشد. با رجوع به شکل ۱۰-۶، شیء **Wall** از یک یا چند شیء **WallSegment** ساخته می‌شود. این قید و بندهای چندگانگی در شکل ۱۳-۶ نمایش داده شده‌اند که در آن «یک یا چند» با استفاده از *..1 و «صفر یا چند» با استفاده از *..0 نمایش داده می‌شود. در UML، ستاره نشان‌گر مرز بالایی نامحدود گستره است.[1]



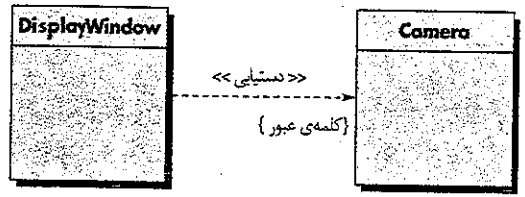
شکل ۱۳-۶ چندگانگی.

[1] سایر روابط چندگانگی-یک به یک، یک به چند، چند به چند، یک به گستره‌ای مشخص و مرزهای پایینی و بالایی و غیره- را می‌توان به‌عنوان بخشی از یک همبستگی ذکر کرد.

کلیشه چیست؟

در بسیاری موارد، میان دو کلاس تحلیل یک رابطه‌ی کلاینت- سرور وجود دارد. در این گونه موارد، کلاس کلاینت به نحوی به کلاس سرور وابسته است و یک *رابطه‌ی وابستگی* برقرار می‌شود. وابستگی‌ها توسط یک کلیشه تعریف می‌شوند. کلیشه یک «سازوکار بسط پذیری» [Arl02] در UML است که به شما امکان تعریف یک عنصر مدل‌سازی خاص را می‌دهد که معناشناسی آن مطابق میل شما قابل تعیین است. در UML، کلیشه‌ها در داخل براکت‌های دوتایی آورده می‌شوند مثلاً << کلیشه>>.

نمایشی از یک وابستگی ساده در داخل سیستم پایش *SafeHome*. یک شیء **Camera** (که در این مورد، کلاس سرور است) یک تصویر ویدیویی در اختیار شیء **DisplayWindow** قرار می‌دهد (که در این مورد، کلاس کلاینت است). رابطه‌ی میان این دو شیء یک همبستگی ساده نیست و در عین حال، یک همبستگی از نوع وابستگی وجود دارد. در یک use case نوشته شده برای پایش (که در اینجا نشان داده نشده است)، در می‌یابید که برای مشاهده مکان دوربین‌های مشخص، باید یک کلمه‌ی عبور خاص ارائه شود. یک راه برای نیل به این مقصود، آن است که **Camera** درخواست کلمه‌ی عبور کند و سپس اجازه تولید نمایش ویدیویی را به **Display Window** اعطا کند. این را می‌توان به‌صورت نشان داده شده در شکل ۱۴-۶ نمایش داد که در آن <<access>> بدان معناست که استفاده از خروجی دوربین توسط یک کلمه‌ی عبور خاص کنترل می‌شود.



شکل ۱۴-۶ وابستگی‌ها.

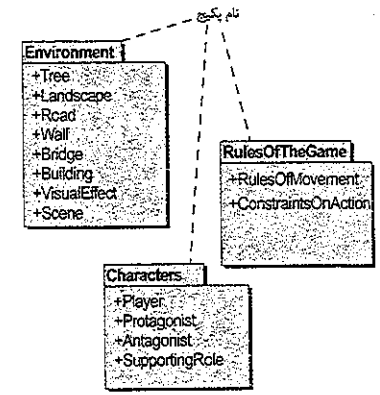
۶-۵-۶ پکیج‌های تحلیل

نکته‌ی کلیدی

پکیج برای بسته‌بندی مجموعه‌ای از کلاس‌های مرتبط به‌کار می‌رود.

بخش مهمی از مدل‌سازی تحلیل، گروه‌بندی است. یعنی عناصر گوناگون مدل تحلیل (مثل use caseها و کلاس‌های تحلیل) طوری گروه‌بندی می‌شوند که یک پکیج از آنها تشکیل شود- و به آنها پکیج *تحلیل* گفته می‌شود؛ به هر کدام از این پکیج‌ها یک نام مشخص داده می‌شود.

برای روشن‌شدن کاربرد پکیج‌های تحلیل، همان مثال بازی کامپیوتری را در نظر بگیرید که قبلاً معرفی شد. همچنان که بازی توسعه پیدا می‌کند، تعداد زیادی از کلاس‌ها به‌دست خواهد آمد. برخی از آنها بر محیط بازی تاکید دارند- منظور، صحنه‌های بصری است که کاربر هنگام نمایش بازی مشاهده می‌کند. کلاس‌هایی نظیر **Tree**، **Landscape**، **Road**، **Wall**، **Bridge**، **Building** و **VisualEffect** ممکن است در این گروه قرار گیرند. کلاس‌هایی نظیر **Player** (که قبلاً شرح داده شد)، **Protagonist**، **Antagonist** و **SupportingRoles** را نیز می‌توان تعریف کرد. به‌علاوه، کلاس‌های دیگری هستند که قواعد بازی را توصیف می‌کنند- اینکه بازیکن چگونه در محیط گشت و گذار کند. کلاس‌هایی نظیر **RulesOfMovement** و **ConstraintsOnAction** مثال‌هایی از این گروه به‌شمار می‌روند. گروه‌های بسیار دیگری نیز ممکن است وجود داشته باشند. این کلاس‌ها را می‌توان در پکیج‌های تحلیل مطابق با شکل ۱۵-۶ گروه‌بندی کرد.



شکل ۱۵-۶ پکیج‌ها.

علامت مثبت قبل از نام کلاس تحلیل در هر پکیج نشان‌گر آن است که این کلاس‌ها در معرض دید عموم هستند و بنابراین از طریق سایر پکیج‌ها قابل دستیابی‌اند. علامت‌های دیگری نیز ممکن است قبل از عناصر داخل یک پکیج قرار داده شوند. علامت منفی نشان می‌دهد که عنصر از همه‌ی پکیج‌های دیگر پنهان است و علامت # نشان می‌دهد که یک عنصر، تنها در دسترس پکیج‌های موجود در داخل پکیجی مشخص قرار دارد.

۶-۶ خلاصه

هدف از مدل‌سازی خواسته‌ها، ایجاد انواع نمایش هاست که نیازهای مشتری را توصیف کنند، بستری برای ایجاد طراحی نرم‌افزار فراهم سازند و مجموعه‌ای از خواسته‌ها را تعریف کنند که پس از ساخته‌شدن نرم‌افزار بتوان آنها را اعتبارسنجی کرد. مدل خواسته‌ها پلی است میان نمایش در سطح سیستمی (که کل سیستم و عملکردهای تجاری آن را توصیف می‌کند) و یک طراحی نرم‌افزار (که معماری کاربرد نرم‌افزار، واسط کاربر، و ساختار سطح- مؤلفه‌ای را توصیف می‌کند).

مدل‌های مبتنی بر سناریو، خواسته‌های نرم‌افزار را از دیدگاه کاربر به تصویر می‌کشند. use case- توصیفی روایی یا مبتنی بر یک الگوی مشخص از تعامل میان کنش‌گر و نرم‌افزار- عنصر اصلی مدل‌سازی به‌شمار می‌رود. use case، که طی استخراج خواسته‌ها به‌دست می‌آید، مراحل کلیدی مربوط به یک عملکرد یا تعامل مشخص را تعریف می‌کند. درجه‌ی رسمیت و جزئیات در use case، متغیر است، ولی نتیجه‌ی نهایی، ورودی لازم برای همه‌ی فعالیت‌های دیگر مدل‌سازی تحلیل را فراهم می‌سازد. سناریوها را با استفاده از نمودار فعالیت‌ها نیز می‌توان توصیف کرد- نمایش گرافیکی شبیه به نمودارهای گردشی که جریان پردازش را در داخل آن سناریو به تصویر می‌کشد. نمودارهای بخش بندی، چگونگی تخصیص دهی جریان پردازش به کنش گران یا کلاس‌های گوناگون را نشان می‌دهد.

مدل‌سازی داده‌ها در توصیف فضای اطلاعاتی که توسط نرم‌افزار ساخته یا دستکاری خواهد شد، به‌کار گرفته می‌شود. مدل‌سازی داده‌ها با نمایش دادن اشیای داده آغاز می‌شود- اطلاعات مرکبی که باید نرم‌افزار آنها را بفهمد. صفات هر شیء داده شناسایی و روابط میان اشیای داده توصیف می‌شود.

در مدل‌سازی مبتنی بر کلاس‌ها از اطلاعات به‌دست آمده از عناصر مدل‌سازی مبتنی بر سناریو یا مدل‌سازی داده‌ها استفاده می‌شود. برای استخراج کلاس‌ها، صفات و عملیات‌های کاندیدا از روایت‌های متنی از تجزیه‌ی گرامری ممکن است استفاده شود. ملاک‌های تعریف یک کلاس مشخص می‌شوند.

برای تعریف روابط میان کلاس‌ها می‌توان از یک مجموعه کارت شاخص CRC استفاده کرد. به‌علاوه، انواع نمادهای مدل‌سازی UML را می‌توان برای تعریف سلسله مراتب‌ها، روابط، همبستگی‌ها، اجتماع‌ها و وابستگی‌ها در میان کلاس‌ها به‌کار گرفت. پکیج‌های تحلیل برای گروه‌بندی کلاس‌ها به‌کار می‌روند تا در سیستم‌های بزرگ، بهتر بتوان آنها را مدیریت کرد.

مسائل و نکاتی برای تعمق

۱-۶ آیا شروع کد نویسی بلافاصله پس از ایجاد مدل تحلیل امکان‌پذیر است؟ بر پاسخ خود توضیح دهید و برای نظر مخالف دلیل بیاورید.

۲-۶ طبق یک قاعده ساده در تحلیل «مدل باید خواسته‌هایی را کانون توجه قرار دهد که در دامنه‌ی مسأله یا کسب و کار قابل مشاهده باشند.» کدام خواسته‌ها هستند که در این دامنه‌ها قابل مشاهده نیستند؟ چند مثال بیاورید.

۳-۶ هدف از تحلیل دامنه چیست؟ چه ارتباطی با مفهوم الگوی خواسته‌ها دارد؟

۴-۶ آیا توسعه‌ی یک مدل تحلیل اثربخش، بدون توسعه دادن هر چهار عنصر شکل ۳-۶ غیر ممکن است؟ توضیح دهید.

۵-۶ از شما خواسته شده است که یکی از سیستم‌های زیر را بسازید:

الف. یک سیستم ثبت نام واحدهای درسی تحت شبکه برای دانشگاه

ب. یک سیستم سفارش‌گیری مبتنی بر وب برای فروشگاه کامپیوتر

پ. یک سیستم صدور فاکتور برای شرکت‌های تجاری کوچک

ت. یک کتاب آشپزی اینترنتی که در اتاق مایکروویو تعبیه‌شده است.

۶-۶ سیستم مورد علاقه خود را انتخاب کنید و یک نمودار رابطه‌ی میان موجودیت‌ها تهیه کنید که اشیای داده، روابط و صفات را توصیف کند.

بخش کارهای عمومی برای یک شهر بزرگ تصمیم گرفته یک سیستم مبتنی بر وب برای ترمیم چاله‌های خیابان‌ها (PHTRS) ایجاد کند. شرح این سیستم به‌صورت زیر است:

> شهروندان می‌توانند وارد یک وب سایت شوند و مکان و شدت چاله را گزارش کنند. این چاله‌ها پس از گزارش‌شدن در یک «سیستم ترمیم چاله‌ها» ثبت می‌شوند و یک شماره شناسایی به آنها داده می‌شود، نشانی خیابان، اندازه چاله (در مقیاس ۱ تا ۱۰)، مکان (وسط خیابان، لبه پیاده رو،...)، ناحیه (از روی آدرس خیابان تعیین می‌شود) و اولویت ترمیم (از روی اندازه چاله) ذخیره می‌شود. داده‌های سفارش کار با هر چاله همراه می‌شوند و شامل مکان و اندازه چاله، شماره شناسایی گروه ترمیم گر، تعداد افراد گروه، تجهیزات لازم، ساعت‌های صرف شده برای ترمیم، وضعیت چاله (کار در حال انجام، ترمیم شده، ترمیم موقت، ترمیم نشده)، مقدار ماده پرکننده به‌کار رفته و هزینه‌ی ترمیم می‌شود (که از روی ساعت‌های کار شده، تعداد افراد، ماده و تجهیزات به‌کار رفته محاسبه می‌شود). سرانجام، یک فایل خسارت ایجاد می‌شود که اطلاعات مربوط به خسارت‌های ناشی از چاله را گزارش می‌کند و شامل نام شهروند، آدرس، شماره تلفن، نوع خسارت و مقدار خسارت برحسب دلار را در خود نگهداری می‌کند. PHTRS یک سیستم آنلاین است؛ همه‌ی پرسش و پاسخ‌ها باید به‌صورت تعاملی باشد.

الف. برای سیستم PHTRS یک نمودار use case UML رسم کنید. برای شیوه‌ی تعامل کاربر با این سیستم باید یک سری فرضیات داشته باشید.

ب. یک مدل کلاس برای سیستم PHTRS توسعه دهید.

۶-۷ یک use case مبتنی بر الگو برای سیستم مدیریت خانه در محصول *SafeHome* بنویسید که به‌طور غیر رسمی در کادر بخش ۴-۵-۶ توصیف شود.

۶-۸ مجموعه کاملی از کارت‌های شاخص مدل CRC برای سیستم یا محصول انتخاب شده در مسأله ۵-۶ تهیه کنید.

۶-۹ کارت‌های شاخص مدل CRC را با همکاران خودتان بازبینی کنید. در نتیجه‌ی این بازبینی چند کلاس، مسؤولیت و همکار دیگر اضافه می‌شود؟

۶-۱۰ پکیج تحلیل چیست و چگونه می‌توان از آن استفاده کرد؟

فصل ۷

مدل‌سازی خواسته‌ها: جریان، رفتار، الگوها و برنامه‌های تحت وب

نگاهی گذرا

مدل‌سازی خواسته‌ها چیست؟ مدل خواسته‌ها چند بُعد دارد. در این فصل، مطالبی درباره مدل‌های جریان‌گرا، مدل‌های رفتاری و ملاحظات خاص برنامه‌های تحت وب برای تحلیل خواسته‌ها خواهید آموخت.

هر کدام از این نمایش‌های مدل سازی، مکمل use case، مدل‌های داده‌ای و مدل‌های مبتنی بر کلاس بحث شده در فصل ۶ هستند.

چه کسی آن را انجام می‌دهد؟ مهندس نرم‌افزار (که گاهی «تحلیل گر» نامیده می‌شود) مدل را با به‌کارگیری خواسته‌های استخراج شده از طرف‌های ذی‌نفع گوناگون می‌سازد.

چرا اهمیت دارد؟ دید شما از خواسته‌های نرم‌افزار متناسب با تعداد ابعاد متفاوت مدل‌سازی خواسته‌ها رشد می‌کند. گرچه ممکن است وقت، منابع یا حتی تمایل به توسعه‌ی همه‌ی نمایش‌های پیشنهادی در این فصل و فصل ۶ را نداشته باشید، بدانید که هر رویکرد مدل‌سازی متفاوت، نگاه متفاوتی از مسأله به شما می‌دهد. در نتیجه، شما (و سایر طرف‌های ذی‌نفع) بهتر می‌توانید تشخیص دهید که آیا آن چه قرار است ساخته شود، به خوبی مشخص شده است یا خیر.

مراحل کار کدام است؟ مدل‌سازی جریان‌گرا چگونگی تبدیل اشیای داده‌ای توسط قابلیت‌های پردازش را نشان می‌دهد. در مدل‌سازی رفتاری، حالت‌های سیستم و کلاس‌های آن و تأثیر رویدادها بر این حالت‌ها به تصویر کشیده می‌شود. در مدل‌سازی مبتنی بر الگو، از دانش موجود درباره‌ی دامنه برای تسهیل در امر خواسته‌ها استفاده می‌شود. مدل‌های خواسته‌های مربوط به برنامه‌های تحت وب باید برای نمایش خواسته‌های مرتبط با محتوا، تعامل، عملکرد و پیکربندی مطابقت داده شوند.

محصول کار چیست؟ آرایه‌ی وسیعی از فرم‌های متنی و نموداری را می‌توان برای مدل‌سازی خواسته‌ها انتخاب کرد. هر کدام از این نمایش‌ها، دیدی از یک یا چند عنصر مدل ارائه می‌دهد.

چگونه مطمئن شوم که درست از عهده کار بر آمده‌ام؟ محصولات کاری مدل‌سازی خواسته‌ها را باید از نظر صحت، کمال و سازگاری بازبینی کرد. این محصولات باید نیازهای کلیه‌ی طرف‌های ذی‌نفع را منعکس سازد و بستری فراهم سازد تا طراحی در آن بستر اجرا گردد.

پس از بحث درباره use case، مدل‌سازی داده‌ای و مدل‌سازی مبتنی بر کلاس‌ها در فصل ۶، منطقی است که بپرسیم: «آیا این نمایش‌ها برای مدل‌سازی خواسته‌ها کفایت می‌کنند؟» تنها پاسخ منطقی که می‌توان داد این است که «بستگی دارد.»

برای برخی انواع نرم‌افزار، use case ممکن است تنها نمایش مورد نیاز برای مدل‌سازی باشد. برای بقیه، یک روش شیءگرا انتخاب می‌شود و مدل مبتنی بر کلاس‌ها را می‌توان برای آن‌ها توسعه داد. ولی در شرایط دیگر، ممکن است خواسته‌های کاربردی پیچیده، بررسی مواردی را که به دنبال خواهد آمد، طلب کند: یعنی چگونگی تبدیل اشیای داده‌ای را به هنگام حرکت در سیستم؛ چگونگی رفتار یک برنامه کاربردی در نتیجه‌ی رویدادهای خارجی؛ اینکه آیا آگاهی از دامنه‌ی موجود را می‌توان بر مسأله فعلی تطبیق داد؛ یا در مورد سیستم‌های مبتنی بر وب، محتوا و قابلیت‌های عملیاتی چگونه توانایی گشت وگذاری موفق در یک برنامه‌ی تحت وب را در اختیار کاربر می‌گذارند تا به اهداف خود دست پیدا کند.

۷-۱ راهبردهای مدل‌سازی خواسته‌ها

در یک دیدگاه از مدل‌سازی خواسته‌ها، که *تحلیل ساخت یافته* نامیده می‌شود، داده‌ها و فرایندهایی که این داده‌ها را تبدیل می‌کنند، موجودیت‌هایی مجزا در نظر گرفته می‌شوند. اشیای داده‌ای به شیوه‌ای مدل‌سازی می‌شوند که صفات و روابط میان آن‌ها را تعریف کند. فرایندهایی که اشیای داده‌ای را دستکاری می‌کنند، به شیوه‌ای مدل‌سازی می‌شوند که چگونگی تبدیل اشیای داده‌ای را به هنگام جریان یافتن آن‌ها در سیستم نشان دهند. رویکرد دوم برای مدل تحلیل، که تحلیل شیءگرا نامیده می‌شود، بر تعریف کلاس‌ها و شیوه همکاری آن‌ها با یکدیگر برای برآورده ساختن خواسته‌های مشتری تأکید دارد.

گرچه مدل تحلیلی که ما در این کتاب ارائه می‌دهیم، ویژگی‌های هر دو رویکرد را ترکیب می‌کند، تیم نرم‌افزار غالباً یک روش را انتخاب می‌کند و نمایش‌های مربوط به روش دیگر را طرد می‌کنند. مسأله این نیست که کدام روش بهتر است، بلکه مسأله این است که کدام ترکیب از نمایش‌ها بهترین مدل خواسته‌های نرم‌افزار را در اختیار طرف‌های ذی‌نفع قرار می‌دهد و کارامدترین پلی را به طراحی نرم‌افزار می‌زند.

۷-۲ مدل‌سازی جریان‌گرا (Flow-Oriented Modeling)

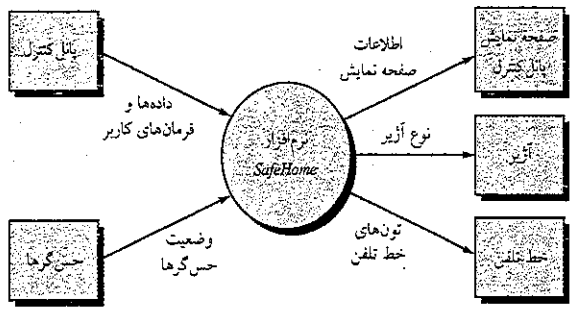
گرچه مدل‌سازی جریان‌گرا از نگاه بسیاری از مهندسان نرم‌افزار، خارج از رده به‌شمار می‌رود، همچنان یکی از پرکاربردترین نمادگذاری‌های تحلیل خواسته‌ها تاکنون بوده است.[1] *نمودار جریان داده‌ها* (DFD) و اطلاعات و نمودارهای مرتبط با آن، بخشی رسمی از UML به‌شمار نمی روند، ولی می‌توان از آن‌ها برای تکمیل نمودارهای UML بهره برد و دیدی اضافی از خواسته‌ها و جریان داده‌ها به‌دست آورد.

[1] در *تحلیل ساخت یافته* مدل‌سازی جریان داده‌ها یک فعالیت مدل‌سازی هسته‌ای به‌شمار می‌رود.

DFD نمایی از سیستم بر اساس ورودی- فرایند- خروجی به‌دست می‌دهد. یعنی اشیای داده‌ای به درون نرم‌افزار جریان پیدا می‌کنند، توسط عناصر پردازشی تبدیل می‌شوند و اشیای داده‌ای حاصل به بیرون نرم‌افزار جریان پیدا می‌کنند. اشیای داده‌ای با پیکان‌های برچسب‌دار (labeled arrows) و تبدیلات با دایره (که حباب هم نامیده می‌شوند) نمایش داده می‌شوند. DFD به شیوه‌ای سلسله مراتبی نمایش داده می‌شود. یعنی، اولین مدل در جریان داده‌ها (که گاهی DFD سطح صفر یا نمودار حیطه‌ای نامیده می‌شود) کل سیستم را نمایش می‌دهد. نمودارهای بعدی جریان داده‌ها، نمودار حیطه‌ای را پالایش می‌کنند و در هر سطح بعدی، جزئیات بیشتری افزوده می‌شود.

۷-۲-۱ ایجاد مدل جریان داده‌ها

با نمودار جریان داده‌ها می‌توانید مدل‌هایی از دامنه‌ی اطلاعاتی و دامنه عملیاتی را توسعه دهید. با پالایش DFD به سطوح بالاتری از جزئیات، می‌توانیم سیستم را به‌طور ضمنی از نظر عملیاتی تجزیه کنیم. در همان حال، پالایش DFD به پالایش داده‌ها در حین حرکت از میان فرایندهای در برگیرنده‌ی برنامه‌ی کاربردی منجر می‌شود. چند دستورالعمل ساده می‌تواند در به‌دست آوردن نمودار جریان داده‌ها کمک کند: (۱) نمودار جریان داده‌ها در سطح صفر باید نرم‌افزار/ سیستم را به‌عنوان یک حباب منفرد تصویر کند؛ (۲) ورودی و خروجی اولیه باید به دقت ذکر شود؛ (۳) پالایش باید با جداسازی فرایندهای کاندید، اشیای داده‌ای و مخزن‌های داده‌ای که قرار است در سطح بعد به نمایش در آیند، آغاز گردد؛ (۴) همه‌ی پیکان‌ها و حباب‌ها باید با نام‌های مناسب نشان‌گذاری شوند. (۵) پیوستگی جریان اطلاعات باید از سطحی به سطح دیگر حفظ گردد[1] و (۶) هر بار تنها یک حباب را باید پالایش کرد. اصولاً تمایل دارند که نمودار جریان داده‌ها را بیش از حد پیچیده کنند. این وضعیت هنگامی رخ می‌دهد که سعی کنید جزئیات زیاده از حد را خیلی زودتر از موعد نشان دهید، یا جنبه‌های روالی نرم‌افزار را به‌جای جریان اطلاعات به نمایش بگذارید.



شکل ۷-۱ DFD در سطح حیطه‌ای برای عملکرد امنیت در *SafeHome*

[1] یعنی اشیای داده‌ای که در سیستم یا در هر تبدیل در یک سطح جریان می‌یابند، باید همان اشیای داده‌ای (یا قطعات سازنده‌ی آن‌ها) باشند که در یک سطح پالایش یافته‌تر به درون تبدیل جریان می‌یابند.

اندرز

برخی پیشنهاد می‌کنند که DFD مکتبی قدیمی است و در کار مدرن جایی ندارد. این دیدگاه باعث می‌شود که از شیوه‌ی نمایشی مفید این روش در سطح تحلیل استفاده نشود. اگر DFD می‌تواند کمک کند، از آن استفاده کنید.

«هدف نمودارهای جریان داده‌ها فراهم ساختن یک پل معنایی میان کاربران و سازندگان سیستم است.»

کنت کوزار

برای نشان دادن کاربرد DFD و نمادگذاری مرتبط با آن، دوباره به قابلیت امنیت در محصول *SafeHome* می‌پردازیم. در شکل ۱-۷، نمودار DFD سطح صفر برای قابلیت امنیت نشان داده شده است. *درایه‌های خارجی* اولیه (چهارگوش‌ها) اطلاعات مورد نیاز سیستم را تولید و اطلاعات تولیدشده توسط سیستم را مصرف می‌کنند. پیکان‌های برچسب‌دار، اشیای داده‌ای یا سلسله مراتب‌هایی از اشیای داده‌ای را نشان می‌دهند. برای مثال، «**user commands and data**» شامل همه‌ی فرمان‌های پیکربندی، همه‌ی فرمان‌های فعال‌سازی/غیر فعال‌سازی، همه‌ی تعاملات متفرقه و همه‌ی داده‌هایی می‌شود که وارد می‌شوند تا فرمانی را بسط دهند یا آن را واجد شرایط لازم سازند.

اکنون DFD سطح صفر باید به یک مدل جریان داده‌ها در سطح یک، بسط داده شود. ولی چگونه باید پیش رفت؟ با دنبال کردن رویکرد پیشنهاد شده در فصل ۶ باید «تجزیه گرامری» [Abb83] را به‌کار گیرید تا به متن روایی case use‌ی که حباب سطح حیطه‌ای را توصیف می‌کند، برسید. یعنی همه‌ی اسم‌ها (و عبارت‌های اسمی) و فعل‌ها (و عبارت‌های فعلی) را در متن روایی به‌دست آمده از اولین جلسه‌ی جمع‌آوری خواسته‌های محصول *SafeHome* جدا می‌کنیم. با به خاطر آوردن متن روایی تجزیه شده در بخش ۱-۵-۶ داریم:

> قابلیت امنیت در محصول *SafeHome*، صاحبخانه را *قادر می‌سازد* که سیستم امنیتی را پس از *نصب کردن*، *پیکربندی کند*، همه‌ی حس‌گرهایی را که به سیستم امنیتی *متصل شده‌اند*، *پایش کند* و با صاحبخانه از طریق اینترنت، PC یا پانل کنترل، *تعامل کند*.
>
> در مدتی که *نصب انجام می‌شود*، از PC *SafeHome* برای *برنامه‌ریزی* و *پیکربندی* سیستم استفاده می‌شود. به هر حس‌گر یک عدد و نوع نسبت داده می‌شود، یک کلمه‌ی عبوری اصلی برای *فعال کردن* و *غیر فعال کردن* سیستم برنامه‌ریزی می‌شود و شماره تلفن(هایی) *وارد می‌شوند* تا در صورت رخ دادن یک رویداد حس‌گر، این شماره‌ها *گرفته شوند*.
>
> هنگامی که یک رویداد حس‌گر *تشخیص داده شد*، نرم‌افزار یک آژیر صوتی را به صدا *در می‌آورد* که به سیستم متصل است. پس از *مشخص‌شدن* زمان تأخیر توسط صاحبخانه در طول فعالیت‌های پیکربندی سیستم، نرم‌افزار شماره تلفن یک سرویس پایشی را می‌گیرد، اطلاعات مربوط به مکان را *ارائه می‌دهد*، و ماهیت رویداد تشخیص داده شده را *گزارش می‌کند*. این شماره تلفن هر ۲۰ ثانیه یک بار *از نو گرفته می‌شود* تا اینکه تماس تلفنی *برقرار شود*.
>
> صاحبخانه، اطلاعات امنیتی را از طریق یک پانل کنترل، PC یا مرورگر که در مجموع، واسط گفته می‌شود، *دریافت می‌کند*. این واسط، پیام‌های *درخواستی* و اطلاعات *وضعیتی* را روی پانل کنترل، PC یا پنجره مرورگر به نمایش می‌گذارد. تعامل صاحبخانه به شکل زیر خواهد بود...

در این تجزیه گرامری، فعل‌ها فرایندهای *SafeHome* هستند که می‌توان آن‌ها را با حباب نشان داد. اسم‌ها یا موجودیت‌های خارجی (چهارگوش‌ها) هستند یا اشیای داده‌ای و کنترل (پیکان ها)، یا مخزن داده‌ها (خطوط موازی). با توجه به بحثی که در فصل ۶ داشتیم، فعل‌ها و اسم‌ها را می‌توان به هم مرتبط کرد (مثلاً هر حس‌گر با یک شماره و نوع مرتبط است؛ بنابراین، *number* و *type* صفات شیء داده‌ای **sensor** هستند). بنابراین، با تجزیه گرامری متن روایی پردازش برای حبابی در هر سطح DFD، می‌توانید اطلاعات بسیار مفیدی درباره چگونگی پیشروی در پالایش بعدی ایجاد کنید. یک DFD

نکته‌ی کلیدی

پیوستگی جریان را باید با پالایش هر سطح از DFD حفظ کرد. این بدان معناست که ورودی و خروجی در یک سطح باید همانند ورودی و خروجی در سطح پالایش یافته باشد.

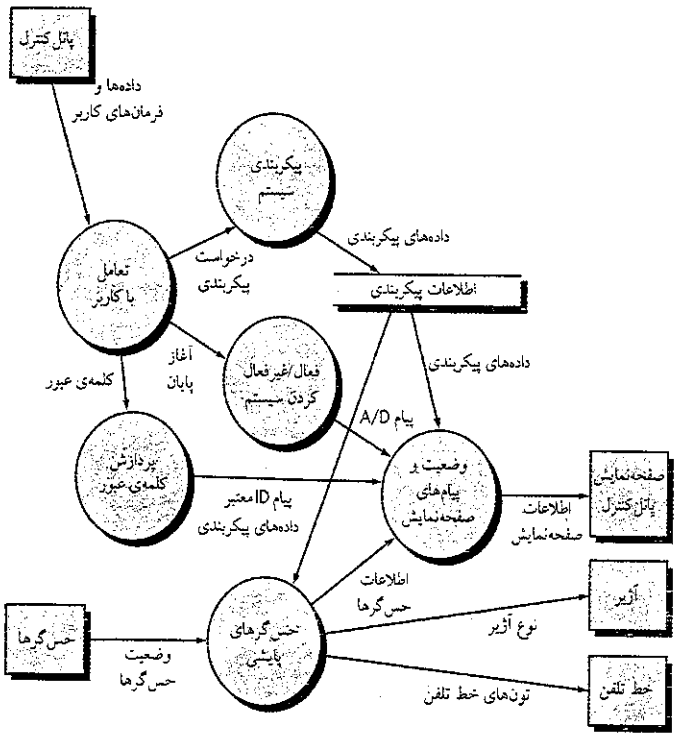
اندرز

در تجزیه‌ی گرامری امکان ارتکاب خطا وجود دارد، ولی اگر تلاش می‌کنید اشیای داده‌ای و تبدیلات روی آن‌ها را تعریف کنید می‌تواند نقطه پرش خوبی باشد.

اندرز

یقین حاصل کنید که متن روایی پردازشی که در شدد تجزیه گرامری آن هستید، همه جا در یک سطح انتزاع نوشته شده باشد.

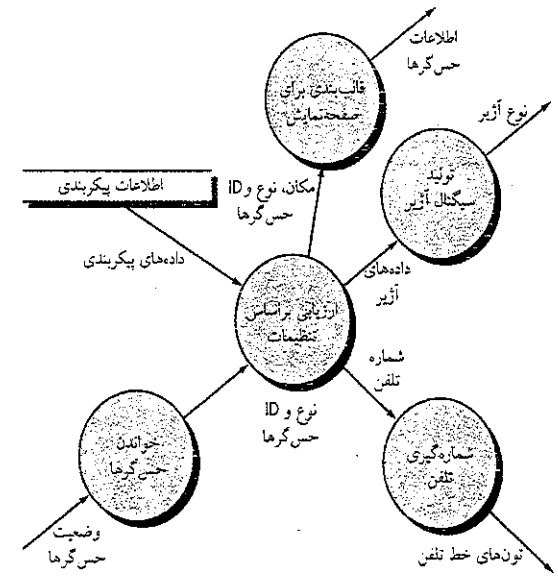
سطح یک که با استفاده از این اطلاعات تهیه شده است، در شکل ۲-۷ نشان داده شده است. فرایند سطح حیطه‌ای که در شکل ۱-۷ نشان داده شده است، به شش فرایند بسط داده شده است که از بررسی تجزیه گرامری به‌دست آمده‌اند. به‌طور مشابه، جریان اطلاعات میان فرایندها در سطح یک از این تجزیه به‌دست آمده است. علاوه بر آن، پیوستگی جریان اطلاعات بین سطوح صفر و یک حفظ شده است.



شکل ۲-۷ DFD سطح یک برای عملکرد امنیت در *SafeHome*

فرایندهای ارائه شده در DFD سطح یک را باز هم می‌توان به سطوح پایین‌تر پالایش کرد. برای مثال، فرایند *monitor sensors* را می‌توان به یک DFD سطح دو پالایش کرد (شکل ۳-۷). باز هم توجه داشته باشید که پیوستگی جریان اطلاعات بین سطوح حفظ شده است.

پالایش DFDها چندان ادامه می‌یابد که هر حباب تنها یک عملکرد را نشان می‌دهد. یعنی، تا هنگامی که فرایند نشان داده شده توسط حباب، عملی انجام دهد که به راحتی به‌عنوان یک مؤلفه‌ی برنامه قابل پیاده‌سازی باشد. در فصل ۸، مفهومی به نام *یکپارچگی* (cohesion) را مورد بحث قرار خواهیم داد که از آن می‌توان برای ارزیابی میزان توجه ویژه به یک عملکرد مفروض استفاده کرد. در حال حاضر تلاش می‌کنیم DFDها را پالایش کنیم تا اینکه هر حباب حاوی تنها یک فکر باشد.



شکل ۳-۷ DFD سطح دو که فرایند *پایش حس‌گرها* را پالایش می‌کند.

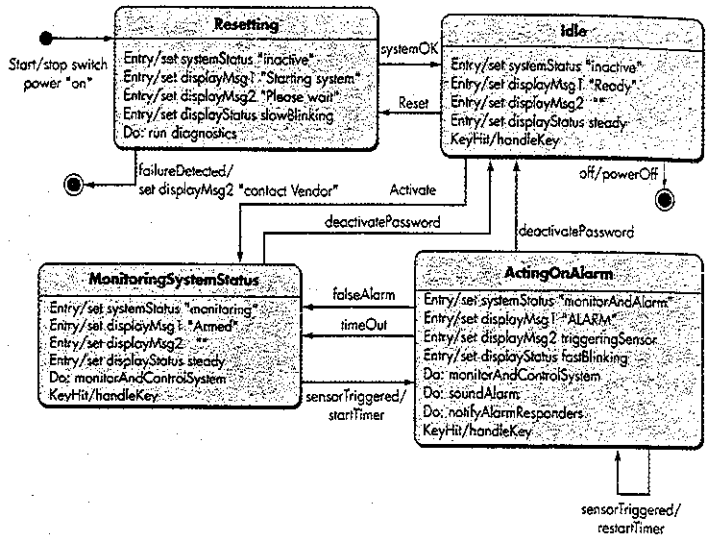
۲-۲-۷ ایجاد مدل جریان کنترل

برای برخی انواع برنامه‌های کاربردی، مدل داده‌ها و نمودار جریان داده‌ها، همه‌ی آن چیزی است که برای به‌دست‌آوردن دیدی مناسب از خواسته‌های نرم‌افزار لازم است. ولی چنان که پیش از این نیز گفته شد، گروه بزرگی از برنامه‌های کاربردی بیشتر توسط «رویدادها» اداره می‌شوند تا توسط داده‌ها، بیشتر اطلاعات کنترلی تولید می‌کنند تا گزارش و چیزهایی برای نمایش، و اطلاعات را با توجه جدی به زمان و کارایی پردازش می‌کنند. این گونه برنامه‌های کاربردی علاوه بر مدل‌سازی جریان داده‌ها به مدل‌سازی جریان کنترل هم نیاز دارند.

قبلاً گفتیم که یک آیتم کنترلی یا رویدادی به‌صورت مقداری بولی (مثلاً درست یا نادرست، خاموش یا روشن، 1 یا 0) یا فهرستی مجزا از شرط‌ها (مثلاً خالی، گیرکرده، پر) پیاده‌سازی می‌شود. برای انتخاب رویدادهای بالقوه‌ی کاندیدا، دستورالعمل‌های زیر پیشنهاد می‌شود:

- همه‌ی حس‌گرهایی را که نرم‌افزار می‌خواند، فهرست کنید.
- همه‌ی شرایط وقفه را فهرست کنید.
- همه‌ی «کلیدهایی» را که توسط اپراتور فعال می‌شوند، فهرست کنید.
- همه‌ی شرایط داده‌ها را فهرست کنید.
- با به‌کار بردن تجزیه اسمی/ فعلی که در متن روایی پردازش به‌کار برده شد، همه‌ی «آیتم‌های کنترلی» را به‌عنوان ورودی ها/خروجی‌های ممکن برای تعیین مشخصات کنترلی مرور کنید.
- رفتار سیستم را با شناسایی حالت‌ها، شناسایی چگونگی رسیدن به هر حالت و تعیین گذارهای میان حالت‌ها توصیف کنید.
- جاافتادگی‌های ممکن- خطایی بسیار رایج در مشخص کردن کنترل- را کانون توجه قرار دهید؛ برای مثال، بپرسید: «آیا راهی هست که بتوانم به این حالت برسم یا از آن خارج شوم؟»

رویدادهای بالقوه برای یک نمودار جریان کنترل، نمودار حالت یا CSPEC را چگونه انتخاب کنم؟



شکل ۴-۷ نمودار حالت برای عملکرد امنیت در *SafeHome*

از میان آیتم‌های کنترلی و رویدادی که بخشی از نرم‌افزار *SafeHome* به‌شمار می‌رود، می‌توان به **sensor event** (یعنی حس‌گری به دام افتاده است) **blink flag** (سیگنالی برای چشمک زدن روی صفحه نمایش) و **start/stop switch** (سیگنالی برای روشن یا خاموش کردن سیستم) اشاره کرد.

۳-۲-۷ مشخصات کنترل

مشخصات کنترل (CSPEC)، رفتار سیستم را (در سطحی که نسبت به آن سنجیده می‌شود) به دو شیوه به نمایش می‌گذارد.[1] CSPEC حاوی یک «نمودار حالت» است که رفتار را به‌صورت ترتیبی مشخص می‌کند. این مشخصات همچنین حاوی یک جدول فعال‌سازی برنامه‌ها- مشخصات ترکیبی رفتار- است.

در شکل ۴-۷ نمودار حالت مقدماتی[2] مدل کنترل فرایند سطح یک برای *SafeHome* به تصویر کشیده شده است. این نمودار چگونگی پاسخ دهی سیستم به رویدادها را به هنگام عبور از چهار حالت تعریف شده در این سطح نشان می‌دهد. با مرور این نمودار حالت می‌توانید رفتار سیستم را تعیین کنید و از آن مهم‌تر، ببینید که آیا در رفتار مشخص‌شده «حفره» وجود دارد یا خیر.

برای مثال، نمودار حالت (شکل ۴-۷) نشان می‌دهد که گذار از حالت **Idle** در صورتی رخ دهد که سیستم reset فعال یا خاموش شود. اگر سیستم فعال شود (یعنی سیستم آژیر روشن شود)، گذار به حالت **Monitoring System Status** رخ می‌دهد، پیام‌های صفحه نمایش، به‌صورت نشان داده شده تغییر می‌کند و فرایند *monitorAndControlSystem* فراخوانی می‌شود. دو گذار در خارج از حالت **MonitoringSystemStatus** رخ می‌دهد- (۱) هنگامی که سیستم غیر فعال شود،گذاری در بازگشت

[1] نمادهای دیگر مدل‌سازی رفتاری در بخش ۳-۷ ارائه خواهد شد.

[2] نمادگذاری نمودار حالت به کار رفته در این کتاب نمادگذاری UML همخوانی دارد. «نمودار گذار حالت» در تحلیل ساخت یافته در دسترس هست ولی قالب UML در محتوا و نمایش اطلاعات برتری دارد.

به حالت **Idle** رخ می‌دهد؛ (۲) هنگامی که حس‌گری به حالت **ActingOnAlarm** برده شود. همه‌ی گذارها و محتوای همه‌ی حالت‌ها طی بازبینی در نظر می‌شوند.

یک شیوه نسبتاً متفاوت برای نمایش رفتار، جدول **فعال‌سازی فرایندها** (PAT) است. PAT اطلاعات موجود در نمودار حالت را در حیطه‌ی فرایندها و نه حالت‌ها، نشان می‌دهد. یعنی، این جدول نشان می‌دهد که کدام فرایندها (حباب‌ها) در مدل جریان، هنگامی فراخوانی می‌شود که رویدادی رخ دهد. طراحی که باید یک فایل اجرایی ایجاد کند تا فرایندهای نشان داده شده در این سطح را بسازد، از PAT می‌تواند به‌عنوان دستورالعملی برای این منظور استفاده کند. در شکل ۵-۷، PAT مربوط به مدل جریان سطح یک برای نرم‌افزار *SafeHome* نشان داده شده است.

input events						
sensor event	0	0	0	0	1	0
blink flag	0	0	1	1	0	0
start stop switch	0	1	0	0	0	0
display action status complete	0	0	0	1	0	0
in-progress	0	0	1	0	0	0
time out	0	0	0	0	0	1
output						
alarm signal	0	0	0	0	1	0
process activation						
monitor and control system	0	1	0	0	1	1
activate/deactivate system	0	1	0	0	0	0
display messages and status	1	0	1	1	1	1
interact with user	1	0	0	1	0	1

شکل ۵-۷ جدول فعال‌سازی فرایند برای عملکرد امنیت در *SafeHome*

CSPEC، رفتار سیستم را توصیف می‌کند، ولی درباره کارکرد داخلی فرایندهایی که در نتیجه‌ی این رفتار فعال می‌شوند، هیچ اطلاعاتی نمی‌دهد. نمادگذاری مدل‌سازی که این اطلاعات را فراهم می‌سازد، در بخش ۴-۲-۷ بحث خواهد شد.

۴-۲-۷ مشخصات فرایندها

مشخصات فرایندها (PSPEC) در توصیف همه‌ی فرایندهای مدل جریان که در سطح نهایی پالایش ظاهر می‌شوند، کاربرد دارد. محتوای تعیین مشخصات فرایندها می‌تواند شامل متن روایی، توصیفی از زبان طراحی برنامه (PDL)[1] برای الگوریتم فرایند، معادلات ریاضی، جداول، یا نمودارهای فعالیت‌های UML باشد. با فراهم ساختن یک PSPEC برای همراه کردن با هر حباب در مدل جریان، می‌توانید مجموعه‌ای از ریزمشخصاتی ایجاد کنید که برای طراحی مؤلفه‌ای از نرم‌افزار، که آن حباب را پیاده‌سازی می‌کند، به‌عنوان دستورالعمل به‌کار می‌رود.

برای نشان دادن کاربرد PSPEC، تبدیل *process password* را در نظر بگیرید که در مدل جریان برای محصول *SafeHome* نشان داده شده است (شکل ۲-۷). PSPEC مربوط به عملکرد ممکن است به شکل زیر باشد:

نکته‌ی کلیدی

«ریزمشخصاتی» PSPEC برای هر تبدیل در پایین‌ترین سطح پالایش در DFD است.

[1] زبان طراحی برنامه‌ها (PDL) نحو و قالب زبان‌های برنامه‌نویسی را با متون روایی در هم می‌آمیزد تا جزئیات طراحی روالی فراهم گردد. درباره تفصیل در فصل ۱۰ بحث خواهیم کرد.

SafeHome

مدل‌سازی جریان داده‌ها

صحنه: اتاقک جیمی، پس از پایان آخرین جلسه جمع‌آوری خواسته‌ها

بازیگران: جیمی، وینود و اد-همه‌ی اعضای تیم نرم‌افزار SafeHome

گفتگو:

(جیمی مدل‌های نشان داده شده در شکل‌های ۱-۷ تا ۵-۷ را رسم کرده است و در حال نشان دادن آن‌ها به اد و وینود است.)

جیمی: وقتی در دانشکده درس مهندسی نرم‌افزار را گرفتم این‌ها را به ما یاد دادند. استان می‌گفت یک قدری قدیمی شده ولی راستش را بخواهید، به من در روشن کردن اوضاع کمک می‌کند.

اد: عالی است. ولی من اینجا هیچ کلاس یا شیءای نمی‌بینم.

جیمی: نه... این فقط یک مدل جریان است که قدری چیزهای رفتاری هم چاشنی آن شده.

وینود: پس این DFDها یک دید IPO از نرم‌افزار ارائه می‌کنند. درست است؟

اد: IPO؟

وینود: ورودی- پردازش- خروجی. DFDها در واقع باید گویا باشند... اگر به آن‌ها نگاه کنید نحوه‌ی جریان پیدا کردن اطلاعات از میان سیستم تبدیل آن‌ها می‌بینید.

اد: انگار که هر حباب را می‌توانیم به یک مؤلفه اجرایی تبدیل کنیم... حداقل در پایین‌ترین سطح DFD این طور به نظر می‌رسد.

جیمی: قسمت جالب آن همین جاست. در واقع، راهی برای ترجمه‌ی DFDها به معماری طراحی وجود دارد.

اد: واقعاً؟

جیمی: بله، ولی اول باید یک مدل کامل از خواسته‌ها توسعه بدهیم و این آن مدل کامل نیست.

وینود: جف. این تازه قدم اول است ولی ما باید عناصر مبتنی بر کلاس و همچنین جنبه‌های رفتاری را در نظر بگیریم هر چند که نمودار حالت و PAT هم این کار را انجام می‌دهند.

اد: ما یک عالم کار داریم و وقت زیادی هم نمانده. (داگ- مدیر مهندسی نرم‌افزار- وارد اتاقک می‌شود.)

داگ: خب. چند روز آینده را صرف توسعه‌ی مدل خواسته‌ها می‌کنید، نه؟

جیمی (مغرور به نظر می‌رسد): ما قبلاً کار را شروع کرده ایم.

داگ: خوب است، یک عالم کار داریم و وقت زیادی هم باقی نمانده.

(سه مهندس نرم‌افزار به هم نگاهی می‌کنند و لبخند می‌زنند.)

PSPEC: پردازش کلمه‌ی عبور (در قاب کنترل). تبدیل process password اعتبارسنجی کلمه‌ی عبور در قاب کنترل را برای قابلیت امنیت در *SafeHome* انجام می‌دهد. *process password* یک کلمه‌ی عبور چهار رقمی از تابعی به نام interact with user دریافت می‌کند. این کلمه‌ی عبور نخست با کلمه‌ی

عبور نگهداری شده در داخل سیستم مقایسه می‌شود. اگر کلمه‌ی عبور اصلی درست باشد، <valid id message=true> به تابع message and status display تحویل می‌شود. اگر کلمه‌ی عبور درست نبود، چهار رقم با جدول کلمات عبور ثانویه مقایسه می‌شود (که ممکن است به مهمانان خانه و/یا کارگرانی که در غیاب صاحبخانه نیاز به ورود به خانه دارند، داده شده باشد). اگر کلمه‌ی عبور با درایه‌ای از این جدول همخوانی داشت، <valid id message=true> به تابع *message and status display* تحویل می‌شود. اگر همخوانی وجود نداشته باشد، <valid id message=false> به تابع *message and status display* تحویل خواهد شد.

اگر در این مرحله، جزئیات الگوریتمی بیشتری مورد نیاز باشد، نمایشی از زبان طراحی برنامه نیز ممکن است به‌عنوان بخشی از PSPEC گنجانده شود. ولی بسیاری بر این باورند که نسخه‌ی PDL باید تا شروع‌شدن طراحی قطعه به تعویق افتد.

ابزارهای نرم‌افزاری

تحلیل ساخت یافته

هدف: مهندس نرم‌افزار به کمک ابزارهای تحلیل ساخت یافته می‌تواند مدل‌های داده ای، مدل‌های جریان و مدل‌های رفتاری را به شیوه‌ای ایجاد کند که سازگاری و چک کردن پیوستگی و بسط و ویرایش آسان را میسر سازد. مدل‌های ایجاد شده با استفاده از این ابزارها دیدی از نمایش تحلیل می‌دهند و به حذف خطاها قبل از انتشار یافتن آن‌ها در طراحی یا در پیاده‌سازی، کمک می‌کنند.

مکانیک: ابزارهای این گروه از یک «دیکشنیری داده‌ها» به‌عنوان بانک اطلاعاتی اصلی برای توصیف تمامی اشیای داده‌ای استفاده می‌کنند. پس از اینکه درایه‌های دیکشنیری تعریف شدند، نمودارهای موجودیت- ارتباط را می‌توان ایجاد کرد و سلسله مراتب‌های اشیا را توسعه داد. ابزارهای ایجاد نمودارهای جریان داده‌ها ایجاد آسان این مدل گرافیکی را میسر می‌سازند و همچنین ویژگی‌هایی برای ایجاد PSPECها و CSPECها فراهم می‌سازند. ابزارهای تحلیلی همچنین به مهندس نرم‌افزار در ایجاد مدل‌های رفتاری با استفاده از نمودار حالت به‌عنوان نمادگذاری عملیاتی کمک می‌کنند.

ابزارهای نمونه

MacA&D، *WinA&D*، که توسط نرم‌افزاری Excel (www.excelsoftware.com) توسعه یافته است، مجموعه‌ای از ابزارهای ساده و ارزان برای تحلیل و طراحی را برای ماشین‌های Mac و Windows فراهم می‌سازد.

MetaCase Workbench که توسط شرکت MetaCase Consulting توسعه یافته است (www.metacase.com) شبه ابزاری است که در تعریف روش تحلیل یا طراحی (از جمله تحلیل ساخت یافته) و مفاهیم، قواعد، نمادها و مولدهای آن به‌کار می‌رود.

System Architect که توسط Popkin Software (www.popkin.com) توسعه یافته است، گستره وسیعی از ابزارهای تحلیل و طراحی از جمله ابزارهای مربوط به مدل‌سازی داده‌ها و تحلیل ساخت یافته را فراهم می‌سازد.

۷-۳ ایجاد مدل رفتاری

نمادگذاری مدل‌سازی که تا این نقطه بحث شد، عناصر ایستای مدل خواسته‌ها را نمایش می‌دهد. اکنون زمان آن فرا رسیده است که به رفتار پویای سیستم یا محصول گذار کنیم. برای این منظور، می‌توانیم رفتار سیستم را به‌صورت تابعی از زمان و رویدادهای مشخص نمایش دهیم.

مدل‌های رفتاری نشان می‌دهد که نرم‌افزار چگونه به رویدادها یا محرک‌های خارجی پاسخ می‌دهند. برای ایجاد این مدل، باید مراحل زیر را اجرا کنید:

۱. ارزیابی همه‌ی موارد برای درک کامل تعامل‌های داخل سیستم.
۲. شناسایی رویدادهایی که این تعامل‌ها را اداره می‌کنند و درک چگونگی ارتباط این رویدادها با اشیای مشخص.
۳. ایجاد یک دنباله یا توالی برای هر use case.
۴. ساخت یک نمودار حالت برای سیستم.
۵. مرور مدل رفتاری برای نشان دادن درستی و سازگاری.

هر کدام از این مراحل را در بخش‌های بعدی به تفصیل شرح خواهیم داد.

واکنش نرم‌افزار به یک رویداد خارجی را چگونه مدل‌سازی کنم؟

۷-۳-۱ شناسایی رویدادها به کمک use case

در فصل ۶ دانستید که use case، دنباله‌ای از فعالیت‌ها را نشان می‌دهد که کنش‌گر و سیستم را شامل می‌شوند. به‌طور کلی، هر گاه که سیستم و کنش‌گری به تبادل اطلاعات بپردازند، یک رویداد رخ می‌دهد. در بخش ۷-۲-۳ نشان دادیم که رویداد، اطلاعات تبادل‌شده نیست بلکه این حقیقت است که، اطلاعات تبادل‌شده است.

use case برای نقاط تبادل اطلاعات بررسی می‌شود. برای روشن‌شدن مطلب، use case بخشی از قابلیت امنیت در *SafeHome* را در نظر می‌گیریم.

صاحبخانه از صفحه کلید استفاده می‌کند و کلمه‌ی عبور چهار رقمی را وارد می‌کند. این کلمه‌ی عبور با کلمه‌ی عبور معتبر نگهداری شده در سیستم مقایسه می‌شود. اگر کلمه‌ی عبور نادرست باشد، قاب کنترل یک بار به‌صدا در می‌آید و خود را برای ورودی جدید، reset می‌کند. اگر کلمه‌ی عبور درست بود، قاب کنترلی برای کنش بعدی منتظر می‌ماند.

بخش‌هایی از use case که زیر آن‌ها خط کشیده شده است، رویدادها را نشان می‌دهند. کنش‌گر باید برای هر رویدادی شناسایی شود؛ اطلاعاتی که تبادل می‌شود باید ذکر شود و هر شرط یا قید وبندی باید فهرست شود.

به‌عنوان مثالی از یک رویداد رایج، عبارت «صاحبخانه از صفحه کلید استفاده می‌کند و کلمه‌ی عبور چهار رقمی را وارد می‌کند» را در نظر بگیرید که زیر آن خط کشیده شده است. در حیطه‌ی مدل خواسته‌ها، شیء **Homeowner**[1] رویدادی را به شیء **ControlPanel** مخابره می‌کند. این رویداد را می‌توان *password entered* نام نهاد. اطلاعاتی که در اینجا مخابره می‌شود، همان چهار رقم تشکیل دهنده‌ی کلمه‌ی عبور است ولی این، بخش ضروری مدل رفتاری نیست. ذکر این نکته حائز اهمیت

[1] در این مثال، فرض می‌کنیم که هر کاربر (صاحبخانه) که با *SafeHome* تعامل می‌کند، دارای کلمه‌ی عبوری برای شناسایی است و لذا شیئی قانونی است.

است که برخی رویدادها تأثیری صریح و روشن بر جریان کنترل در use case می‌گذارند. برای مثال، رویداد *password entered* به‌طور صریح جریان کنترل use case را تغییر نمی‌دهد، ولی نتایج رویداد *password compared* (که از تعامل «این کلمه‌ی عبور با کلمه‌ی عبور معتبر نگهداری شده در سیستم مقایسه می‌شود» حاصل شده است) بر جریان کنترل و اطلاعات در نرم‌افزار *SafeHome* تأثیری آشکار و صریح دارد.

زمانی که همه‌ی رویدادها شناسایی شدند، به اشیای موجود تخصیص داده می‌شوند. اشیاء می‌توانند مسؤول ایجاد رویدادها باشند (مثل **Homeowner** که رویداد *password entered* را ایجاد می‌کند) یا رویدادهایی را که در جای دیگر رخ می‌دهند، شناسایی کنند (مثل **ControlPanel** که نتیجه دودویی رویداد *password compared* شناسایی می‌کند).

۲-۳-۷ نمایش حالت‌ها (State Representation)

در حیطه‌ی مدل‌سازی رفتاری، حالت‌ها را از دو نظر باید مشخص کرد: (۱) حالت هر کلاس در زمانی که به وظیفه خود عمل می‌کند و (۲) حالت سیستم از دید ناظر خارجی در زمانی که به وظیفه خود عمل می‌کند.[1]

نکته‌ی کلیدی
سیستم، حالت‌هایی دارد که رفتار خاص قابل مشاهده از بیرون را به نمایش می گذارد؛ کلاس دارای حالت‌هایی است که رفتار آن را به هنگام اجرای وظایف به نمایش می گذارد.

حالت یک کلاس هر دو خصوصیت انفعالی (passive) و فعال (active) را به خود می‌گیرد [cha93]. حالت انفعالی صرفاً حالت فعلی همه‌ی صفت‌های یک شیء است. برای مثال، حالت انفعالی کلاس **Player** (در بازی کامپیوتری فصل ۶) شامل صفت‌های فعلی *position* و *orientation* برای **Player** و نیز سایر ویژگی‌های **Player** می‌شود که به بازی مربوط می‌شوند (مثل صفتی که *magic wishes remaining* را نشان می‌دهد). حالت *فعال شیء*، وضعیت فعلی شیء را به هنگام قرار گرفتن در معرض تبدیل یا پردازش مستمر نشان می‌دهد. کلاس **Player** ممکن است حالت‌های فعالی را داشته باشد که به دنبال خواهد آمد: در *حال حرکت*، در *حال سکون*، *مجروح*، در *حال مداوا*، *به‌دام‌افتاده*، *گم‌شده* و غیره. رویدادی باید رخ دهد تا گذار از یک حالت فعال به حالت فعال دیگر انجام شود.

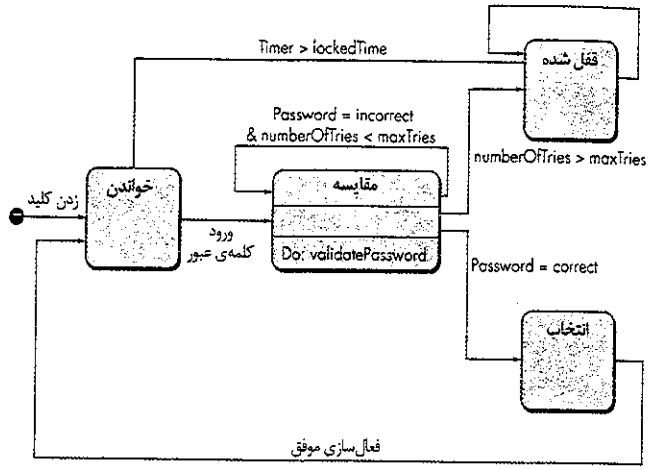
دو نمایش رفتاری متفاوت در پاراگراف‌های زیر بحث خواهد شد. اولی چگونگی تغییر یک کلاس را بر اساس رویدادهای خارجی نشان می‌دهد و دومی نشان‌گر رفتار نرم‌افزار به‌عنوان تابعی از زمان است.

نمودارهای حالت برای کلاس‌های تحلیل. یک مؤلفه از مدل رفتاری، نمودار حالت UML است[2] که حالت‌های فعال هر کلاس و رویدادهایی را نشان می‌دهد که باعث تغییر در این حالت‌های فعال می‌شوند. در شکل ۶-۷ نمودار حالت برای شیء **ControlPanel** در عملکرد امنیت ***SafeHome*** نشان داده شده است.

هرکدام از پیکان‌های شکل ۶-۷، گذاری از یک حالت فعال شیء به حالت فعال دیگر را نشان می‌دهد. برچسب‌های روی هر پیکان، رویدادی را نشان می‌دهند که گذار را آغاز می‌کنند. گرچه مدل

[1] نمودارهای حالت ارائه شده در فصل ۶ و در بخش ۲-۳-۷، حالت سیستم را به تصویر می‌کشند. بحث ما در این بخش بر حالت هر کلاس در مدل تحلیل تأکید دارد.

[2] اگر با UML آشنایی ندارید، معرفی مختصری از این نمادگذاری مهم مدل‌سازی در پیوست ۱ ارائه شده است.



شکل ۶-۷ نمودار حالت برای کلاس ControlPanel.

حالت‌های فعال، دیدی مفید از «تاریخچه‌ی حیات» شیء می‌دهد، می‌تواند اطلاعات دیگری را هم مشخص کند تا از رفتار شیء درکی عمقی‌تر فراهم گردد. علاوه بر تعیین مشخصات رویدادی که باعث رخ دادن گذار می‌شود، می‌توانید یک نگهبان (guard) و کنش مشخص کنید [Cha93]. *نگهبان* یک شرط بولی است که باید برآورده شود تا گذار رخ دهد. برای مثال، نگهبان گذار از حالت «reading» به حالت «comparing» در شکل ۶-۷ را می‌توان با بررسی use case تعیین کرد:

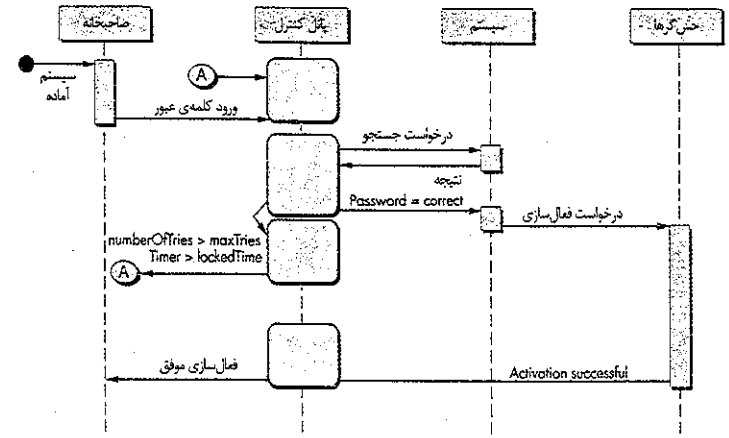
if (password input = 4 digits) then compare to stored password

به‌طور کلی، نگهبان مربوط به یک گذار، معمولاً به مقدار یک یا چند صفت از شیء بستگی دارد. به بیان دیگر، نگهبان به حالت انفعالی شیء بستگی دارد.

هر کنش، همزمان با ساختار گذار یا به‌عنوان نتیجه‌ای از آن رخ می‌دهد و عموماً شامل یک یا چند عملیات (مسؤولیت) از شیء می‌شود. برای مثال کنش متصل به رویداد *password entered* (شکل ۶-۷) عملیاتی است با نام *validatepassword()* که به شیء **password** دستیابی دارد و مقایسه‌ای رقم به رقم انجام می‌دهد تا کلمه‌ی عبور واردشده را اعتبارسنجی کند.

نمودارهای ترتیب (Sequence Diagram). دومین نوع نمایش رفتار، که نمودار ترتیب در UML نامیده می‌شود، نشان می‌دهد که رویدادها چگونه باعث گذار یک شیء به شیء دیگر می‌شوند. پس از آن که رویدادها با بررسی use case شناسایی شدند، مدل‌ساز، یک نمودار ترتیب ایجاد می‌کند که نشان می‌دهد رویدادها چگونه باعث ایجاد جریان از یک شیء به شیء دیگر به‌عنوان تابعی از زمان می‌شوند. در اصل، نمودار ترتیب، نسخه‌ای خلاصه شده از use case است. این نمودار، کلاس‌های کلیدی و رویدادهایی را نشان می‌دهد که باعث جریان یافتن رفتار از کلاسی به کلاس دیگر می‌شوند.

در شکل ۷-۷ بخشی از یک نمودار ترتیب برای قابلیت امنیت در *SafeHome* نشان داده شده است. هر کدام از پیکان‌ها نشان‌گر یک رویداد (به‌دست‌آمده از use case) بوده چگونگی کانال‌زدن رویداد بین اشیا برای جریان یافتن رفتار را نشان می‌دهد. زمان به‌صورت عمودی (بالا به پایین) سنجیده می‌شود و مستطیل‌های باریک عمودی، زمان صرف شده در پردازش یک فعالیت را نشان می‌دهند. حالت‌ها را می‌توان در راستای یک خط زمانی عمودی نمایش داد.



شکل ۷-۷ بخشی از نمودار ترتیب برای عملکرد امنیت در *SafeHome*

رویداد نخست، *system ready*، از محیط خارجی به‌دست می‌آید و جریان رفتار را به سوی شیء **Homeowner** هدایت می‌کند. صاحبخانه کلمه‌ی عبوری را وارد می‌کند. یک رویداد *request lookup* به **System** تحویل می‌شود که کلمه‌ی عبور را در یک بانک اطلاعاتی ساده جستجو کرده نتیجه‌ای را (*موفق* یا *ناموفق*) به **ControlPanel** بر می‌گرداند (که اکنون در حالت *comparing* قرار دارد). کلمه‌ی عبور معتبر به رویداد *password=correct* برای **System** منجر می‌شود که آن هم به نوبه‌ی خود، **Sensors** را با رویداد *request activation* فعال می‌کند. سرانجام، کنترل با رویداد *request activation* دوباره به صاحبخانه باز گردانده می‌شود.

پس از این‌که نمودار ترتیب کاملی ایجاد شد، همه‌ی رویدادهایی را که باعث گذار میان اشیای سیستم می‌شوند، می‌توان در مجموعه‌ای از رویدادهای ورودی و رویدادهای خروجی جمع‌آوری کرد. این اطلاعات در ایجاد طراحی مؤثر برای سیستمی که قرار است ساخته شود، مفید واقع می‌شوند.

نکته‌ی کلیدی

برخلاف نمودار حالت که رفتار را بدون توجه به کلاس‌های موجود نشان می‌دهد، نمودار ترتیب، رفتار را با توصیف چگونگی حرکت کلاس‌ها از حالتی به حالت دیگر به نمایش می‌گذارد.

۷-۴ الگوهایی برای مدل‌سازی خواسته‌ها

الگوهای نرم‌افزاری، سازوکارهایی هستند برای کسب آگاهی از دامنه، به شیوه‌ای که بتوان هنگام مواجهه با مسأله‌ای جدید، آن‌ها را دوباره به‌کار برد. در برخی موارد، دانش حاصل از یک دامنه، برای مسأله‌ای جدید در همان دامنه به‌کار گرفته می‌شود. در سایر موارد، دانش حاصل از دامنه توسط یک الگو را می‌توان از طریق مقایسه با یک دامنه‌ی کاربرد متفاوت به‌کاربرد.

نویسنده‌ی اصلی یک الگوی تحلیل، الگو را «ایجاد نمی کند» بلکه آن را به موازات اجرای کار مهندسی خواسته‌ها، کشف می‌کند. هنگامی که الگو کشف شد، با توصیف صریح مسأله‌ی کلی که الگو در مورد آن کاربرد دارد، راهکار تجویزی، فرضیات و قیدوبندهای استفاده از الگو در عمل و غالباً اطلاعات دیگری درباره الگو، نظیر ایجاد انگیزه و نیروهای محرکه برای استفاده از الگو، بحث درباره مزایا و معایب الگو و ارجاع به مثال‌های شناخته شده‌ای از به‌کارگیری آن الگو در کاربردهای عملی، مستندسازی می‌شود.» [Dev01]

ابزارهای نرم‌افزاری

مدل‌های تحلیل عمومی در UML

هدف: ابزارهای مدل‌سازی تحلیل، توانایی توسعه‌ی مدل‌های مبتنی بر سناریو، مدل‌های مبتنی بر کلاس و مدل‌های رفتاری را با استفاده از نمادگذاری UML فراهم می‌آورند.

مکانیک: ابزارهای این گروه گستره‌ی وسیعی از نمودارهای UML مورد نیاز برای ساخت مدل تحلیل را پشتیبانی می‌کنند (این ابزارها مدل‌سازی طراحی را نیز پشتیبانی می‌کنند). این ابزارها علاوه بر ایجاد نمودار، (۱) همه‌ی نمودارهای UML را از نظر سازگاری و صحت، چک می‌کنند، (۲) پیوندهایی برای طراحی و کدنویسی فراهم می‌سازند، (۳) یک بانک اطلاعاتی می‌سازند که مدیریت و ارزیابی مدل‌های بزرگ UML برای سیستم‌های پیچیده را امکان پذیر می‌سازد.

ابزارهای نمونه

ابزارهای زیر، گستره‌کاملی از نمودارهای UML لازم برای مدل‌سازی تحلیل را پشتیبانی می‌کنند.

Argo UML ابزاری با منبع باز است که در **argouml.tigris.org** می‌توان آن را یافت.

Enterprise Architect، که توسط SparxSystem (**www.sparxsystem.com.au**) توسعه یافته است.

Power Designer، که توسط Sybase توسعه یافته است (**www.sybase.com**)

Rational Rose، که توسط IBM توسعه یافته است (**www01.ibm.com/softwarerational**)

System Architect، که توسط Popkin Software توسعه یافته است (**www.popkin.com**)

UML Studio، که توسط Pragsoft Corporation توسعه یافته است (**www.pragsoft.com**)

Visio، که توسط Microsoft توسعه یافته است (**www.microsoft.com**)

Visual UML، که توسط Visual Object Modelers (**www.visualuml.com**) توسعه یافته‌است

در فصل ۵، مفهوم الگوهای تحلیل را معرفی کردیم و خاطر نشان ساختیم که این الگوها راهکاری را نشان می‌دهند که غالباً شامل یک کلاس، یک عملکرد یا رفتار در داخل دامنه‌ی کاربرد است. این الگو را می‌توان هنگام اجرای مدل‌سازی خواسته‌ها برای برنامه‌ی کاربردی در حیطه‌ی یک دامنه‌ی معین، دوباره استفاده کرد.[1] الگوهای تحلیل در یک مخزن ذخیره می‌شوند، به‌طوری که اعضای تیم نرم‌افزار بتوانند با به‌کارگیری تسهیلات جستجو، آن‌ها را بیابند و دوباره استفاده کنند. هنگامی که الگوی مناسب انتخاب شد، با ارجاع به نام الگو، به مدل خواسته‌ها افزوده می‌شود.

۷-۴-۱ کشف الگوهای تحلیل

مدل خواسته‌ها از گستره وسیعی از عناصر تشکیل می‌شود: مبتنی بر سناریو (use case)، داده محور (مدل داده‌ها)، مبتنی بر کلاس، جریان‌گرا و رفتاری. هر کدام از این عناصر، مسأله را از دیدگاهی متفاوت بررسی می‌کنند و هر کدام برای کشف الگوهایی که ممکن است در سرتاسر یک دامنه‌ی کاربرد رخ دهند، یا بر اساس مقایسه، در میان دامنه‌های کاربردی متفاوت، رخ دهند.

[1] بحثی عمقی از به کارگیری الگوها در طی طراحی نرم‌افزار در فصل ۱۲ بحث خواهد شد.

اصلی‌ترین عنصر در توصیف مدل خواسته‌ها، use case است. در حیطه‌ی این بحث، مجموعه‌ای یکپارچه از use case می‌تواند به‌عنوان مبنا و اساسی برای کشف یک یا چند الگوی تحلیل عمل کند. *الگوی تحلیل معناشناختی* (SAP)[1] الگویی است که مجموعه کوچکی از use case یکپارچه را توصیف می‌کند که به همراه یکدیگر، یک کاربرد کلی و پایه‌ای را توصیف می‌کنند [Fer00].

use case مقدماتی زیر را در نظر بگیرید که برای کنترل و پایش دوربین نمای واقعی و حس‌گر مجاورتی (proximity) در یک خودرو ضروری است.

use case: پایش حرکت دنده عقب

توصیف: هنگامی که وسیله نقلیه در حالت دنده عقب قرار داده شد، نرم‌افزار کنترل‌کننده با استفاده از دوربینی که در پشت خودرو نصب شده است، تصویر ویدیویی آن محل را روی صفحه نمایش جلو داشبورد نشان می‌دهد. این نرم‌افزار کنترل علاوه بر آن، انواع خطوط تعیین فاصله و جهت‌یاب را روی صفحه به نمایش در می‌آورد تا راننده بتواند جهت خود را هنگام حرکت به طرف عقب، حفظ کند. نرم‌افزار کنترلی علاوه بر آن، یک «حس‌گر مجاورتی» را پایش می‌کند تا اگر شیء‌ای در فاصله‌ی سه‌متری آن مشاهده شد، وجود آن را تشخیص دهید. اگر حس‌گر، شیئی را در x متری پشت خودرو دید (که x بر اساس سرعت خودرو تعیین می‌شود) به‌طور خودکار ترمز می‌کند تا خودرو متوقف شود.

این use case شامل انواع قابلیت‌های عملیاتی‌ای می‌شود که طی جمع‌آوری و مدل‌سازی خواسته‌ها پالایش خواهند شد و جزئیات آن‌ها مشخص می‌شود (در قالب مجموعه‌ای از use caseهای یکپارچه). در هر سطحی از جزئیات که باشیم، use case یک SAP ساده و در عین حال با استفاده‌ای گسترده را پیشنهاد می‌کند- پایش و کنترل حس‌گر و محرک‌ها در یک سیستم فیزیکی به کمک نرم‌افزار. در این مورد، «حس‌گرها» اطلاعات مربوط به مجاورت و اطلاعات تصویری را فراهم می‌آورند. «محرک» سیستم ترمز خودکار خودرو است (که در صورت نزدیک‌شدن بیش از حد شیء به هنگام عبور از کنار آن فراخوانی می‌شود). ولی در یک مورد عمومی تر، الگویی با استفاده‌ی گسترده‌تر کشف می‌شود.

نرم‌افزار در بسیاری از دامنه‌های کاربرد متفاوت برای پایش حس‌گرها و کنترل محرک‌های فیزیکی ضروری است. از این رو، یک الگوی تحلیل که خواسته‌های کلی را برای این توانایی توصیف کند، به‌طور گسترده قابل استفاده خواهد بود. الگویی با نام **Actuator-Sensor** به‌عنوان بخشی از مدل خواسته‌ها برای *SafeHome* قابل استفاده است که در بخش ۲-۴-۷ بحث می‌شود.

۲-۴-۷ مثالی از الگوی خواسته‌ها: Actuator-Sensor [2]

یکی از خواسته‌های امنیتی در *SafeHome*، توانایی آن در پایش حس‌گرهای امنیتی (مثلاً حس‌گرهای نشان دهنده‌ی ورود غیرمجاز، آتش‌سوزی، دود یا گاز CO یا حس‌گرهای آب) است. شکل بسط‌یافته و اینترنتی *SafeHome*، توانایی کنترل حرکت دوربین‌های امنیتی (مثلاً زوم یا تغییر زاویه) از داخل منزل را دارد. این بدان معناست که نرم‌افزار SafeHome باید حس‌گرها و «محرک‌های» گوناگونی (مثلاً سازوکارهای کنترل دوربین) را مدیریت کند.

[1] Semantic Analysis Pattern

[2] این بخش از مرجع [Kon02] و با کسب اجازه از مؤلفان آن برگرفته شده است.

کنراد و چنگ [Kon02] یک الگوی خواسته‌ها با نام **Actuator-Sensor** پیشنهاد کرده‌اند که دستورالعملی مناسب برای مدل‌سازی این خواسته در نرم‌افزار *SafeHome* فراهم می‌سازد. نسخه‌ی خلاصه‌شده‌ای از الگوی **Actuator-Sensor** که در آغاز برای کاربردهای خودکارسازی توسعه یافت، به‌صورت زیر است:

نام الگو. Actuator-Sensor

هدف. تعیین مشخصات انواع گوناگون حس‌گرها و محرک‌ها در سیستم‌های تعبیه‌شده.

انگیزه. سیستم‌های تعبیه‌شده معمولاً دارای انواع حس‌گرها و محرک‌ها هستند. این حس‌گرها و محرک‌ها همگی به‌طور مستقیم یا غیرمستقیم به واحد کنترل متصل‌اند. گرچه بسیاری از حس‌گرها و محرک‌ها ظاهری کاملاً متفاوت دارند، رفتار آن‌ها به‌قدر کافی مشابه هست که در داخل یک الگو سازمان دهی شوند. این الگو چگونگی تعیین مشخصات حس‌گرها و محرک‌های یک سیستم، از جمله صفت‌ها و عملیات‌ها را نشان می‌دهد. الگوی **Actuator-Sensor** از سازوکار *واکنشی* (درخواست صریح برای اطلاعات) برای **PassiveSensors** (حس گرهای انفعالی) و از سازوکار انتشار (پخش اطلاعات) برای **Active Sensors** (حس گرهای فعال) استفاده می‌کند.

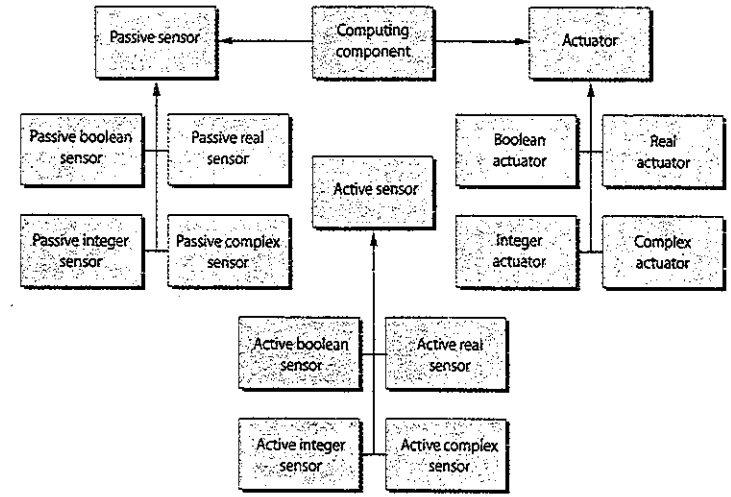
قید و بندها

- هر حس‌گر منفعلی باید یک روش برای خواندن ورودی حس‌گر و صفت‌های نشان دهنده‌ی مقدار حس‌گر داشته باشد.
- هر حس‌گر فعالی باید هنگام تغییر مقدار، توانایی پخش پیام‌های به‌هنگام‌سازی را داشته باشد.
- هر حس‌گر فعالی باید یک تیک حیاتی[1] (یعنی پیام وضعیتی که در یک چارچوب زمانی مشخص صادر می‌شود) برای آشکارسازی موارد سوء عملکرد ارسال کند.
- هر محرک باید یک روش برای فراخوانی پاسخ مناسبی داشته باشد که توسط **ComputingComponent** تعیین می‌شود.
- هر حس‌گر و محرک باید دارای تابعی باشد که برای چک کردن حالت عملیاتی خودش پیاده‌سازی شده باشد.
- هر حس‌گر و محرک باید قادر به آزمایش اعتبار مقادیر دریافتی یا ارسالی باشد و بتواند درصورت قرار گرفتن مقادیر در خارج از مشخصات، حالت عملیاتی خود را تعیین کند.

قابلیت استفاده (Applicability). در هر سیستمی که در آن حس‌گرها و محرک‌های چندگانه وجود دارند، مفید واقع می‌شود.

ساختار (Structure). نمودار کلاس‌های UML برای الگوی **Actuator-Sensor** در شکل ۸-۷ نشان داده شده است. **Actuator**، **PassiveSensor** و **ActiveSensor**، کلاس‌های انتزاعی‌اند و با حروف ایتالیک نشان داده شده‌اند. چهار نوع حس‌گر و محرک در این الگو وجود دارد. کلاس‌های **Boolean**، **Integer** و **Real** متداول‌ترین انواع حس‌گرها و محرک‌ها را نشان می‌دهند، کلاس‌های پیچیده، حس‌گرها یا محرک‌هایی هستند که از مقادیری استفاده می‌کنند که به آسانی برحسب انواع داده‌های اولیه قابل نمایش نیستند؛ مثلاً در یک دستگاه راداری. با این وجود، این دستگاه‌ها هنوز باید واسط را

[1] life tick



شکل ۸-۷ نمودار ترتیب برای الگوی Actuator-Sensor.

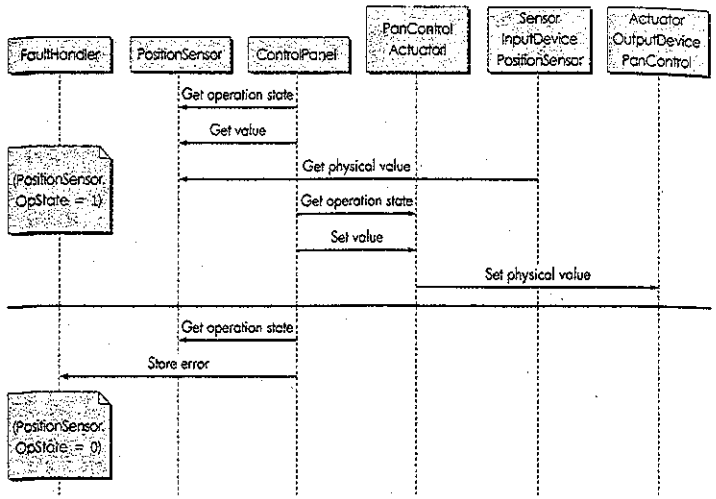
از کلاس‌های انتزاعی به ارث ببرند زیرا این کلاس‌ها دارای قابلیت‌های پایه‌ای از قبیل درخواست حالت‌های عملیاتی هستند.

رفتار (Behavior). در شکل ۹-۷ یک نمودار ترتیب UML برای مثالی از کاربرد الگوی **Actuator-Sensor** در قابلیت کنترل موقعیت دوربین‌های امنیتی در *SafeHome* داده شده است. در اینجا، **ControlPanel**[1] از یک حس‌گر (حس گری در موقعیت انفعالی) و یک محرک (کنترل زاویه دوربین) درخواست می‌کند که حالت عملیاتی را برای اهداف عیب‌یابی قبل از خواندن یا تعیین یک مقدار چک کند. پیام‌های *Set Physical Value* (تعیین مقدار فیزیکی) و *Get Physical Value* (گرفتن مقدار فیزیکی) پیام‌های بین دو شیء نیستند. درعوض، این پیام‌ها تعامل میان دستگاه‌های فیزیکی سیستم و همتاهای نرم‌افزاری آن‌ها را توصیف می‌کنند. در بخش زیرین نمودار، پایین خط افقی، **PositionSensor** گزارش می‌کند که حالت عملیاتی، صفر است. سپس **CompuitngComponent** (که به‌عنوان **ControlPanel** نشان داده می‌شود) کد خطایی را برای شکست حس‌گر موقعیتی به **FaultHandler** ارسال می‌کند تا برای چگونگی تأثیرگذاری این خطا بر سیستم و کنش‌های مورد نیاز تصمیم‌گیری کند. این شیء، داده‌ها را از حس‌گر می‌گیرد و پاسخ لازم برای محرک‌ها را محاسبه می‌کند.

مشارکت‌کنندگان (Partners). در این بخش از توصیف الگوها «ریز کلاس‌های اشیای گنجانده شده در الگوی خواسته‌ها فهرست می‌شود» [Kon02] و مسؤولیت هر کلاس/ شیء توصیف می‌گردد (شکل ۸-۷). یک فهرست مختصر در زیر داده شده است:

- انتزاع **PassiveSensor**: واسطی برای حس‌گرهای منفعل تعریف می‌کند.
- **PassiveBooleanSensor**: حس‌گرهای بولی منفعل را تعریف می‌کند.

[1] در الگوی اولیه از عبارت کلی **ComputingComponent** استفاده می‌شود.



شکل ۹-۷ نمودار کلاس‌های UML برای الگوی Actuator-Sensor.

- **PassiveIntegerSensor**: حس‌گرهای عدد صحیح منفعل را تعریف می‌کند.
- **PassiveRealSensor**: حس‌گرهای عدد حقیقی منفعل را تعریف می‌کند.
- انتزاع **ActiveSensor**: واسطی برای جس‌گرهای فعال تعریف می‌کند.
- **ActiveBooleanSensor**: حس‌گرهای بولی فعال را تعریف می‌کند.
- **ActiveIntegerSensor**: حس‌گرهای عدد صحیح فعال را تعریف می‌کند.
- **ActiveRealSensor**: حس‌گرهای عدد حقیقی فعال را تعریف می‌کند.
- انتزاع **Actuator**: واسطی برای محرک تعریف می‌کند.
- **BooleanActuator**: محرک‌های بولی را تعریف می‌کند.
- **IntegerActuator**: محرک‌های عدد صحیح را تعریف می‌کند.
- **RealActuator**: محرک‌های عدد حقیقی را تعریف می‌کند.
- **ComputingComponent**: بخش مرکزی کنترل گر؛ داده‌ها را از حس‌گرها می‌گیرد و پاسخ لازم را برای محرک‌ها محاسبه می‌کند.
- **ActiveComplexSensor**: حس‌گرهای فعال پیچیده همان قابلیت‌های عملیاتی کلاس انتزاعی **ActiveSensor** را دارند ولی صفات و متدهای اضافی و با جزئیات بیشتری باید برای آن‌ها مشخص شود.
- **PassiveComplexSensor**: حس‌گرهای منفعل پیچیده، همان قابلیت‌های عملیاتی کلاس انتزاعی **PassiveSensor** را دارند ولی صفات و متدهای اضافی و با جزئیات بیشتری باید برای آن‌ها مشخص گردد.
- **ComplexActuator**: محرک‌های پیچیده، همان قابلیت عملیات‌های پایه‌ای کلاس **Actuator** را دارند ولی صفات و متدهای اضافی و با جزئیات بیشتری باید برای آن‌ها مشخص گردد.

همکاری‌ها (Collaborations). در این بخش چگونگی تعامل اشیا و کلاس‌ها با یک دیگر و چگونگی انجام مسؤولیت‌ها توصیف می‌شود.

- هنگامی که قرار باشد **ComputingComponent** مقدار یک **PassiveSensor** را بهنگام کند، با ارسال پیام مناسب و درخواست مقدار، وضعیت حس‌گرها را جویا می‌شود.
- وضعیت **ActiveSensor**ها مورد سؤال قرار نمی‌گیرد بلکه انتقال مقادیر حس‌گرها به واحد محاسبه‌کننده را با استفاده از روش مناسب برای تعیین مقدار در **ComputingComponent** آغاز می‌کنند. این اشیا در چارچوب زمانی مشخص‌شده، حداقل یک بار «تیک حیاتی» ارسال می‌کنند تا مُهر زمانی (time stamp) خود را با زمان ساعت سیستم بهنگام کنند.
- هنگامی که **ComputingComponent** نیاز به تعیین مقدار یک محرک داشته باشد، مقدار را به محرک ارسال می‌کند.
- **ComputingComponent** می‌تواند حالت عملیاتی حس‌گرها و محرک‌ها را با به‌کارگیری متدهای مناسب، پرسش و تنظیم کند. اگر حالت عملیاتی برابر با صفر باشد، خطایی به **FaultHandler** ارسال می‌شود، که کلاسی حاوی متدهای لازم برای کار با پیام‌های خطا از قبیل شروع به‌کار یک سازوکار بازیابی اثربخش‌تر یا دستگاه پشتیبان است. اگر بازیابی میسر نباشد، سیستم فقط می‌تواند از آخرین مقدار معلوم، برای حس‌گر یا مقدار پیش‌فرض استفاده کند.
- **ActiveSensors** متدها را برای اضافه یا حذف کردن آدرس‌ها یا گستره‌ای از آدرس مؤلفه‌هایی ارائه می‌دهد که می‌خواهند پیام‌ها را در مورد تغییر مقدار دریافت کنند.

پیامدها (Consequences)

۱. کلاس‌های حس‌گر و محرک واسط مشترک دارند.
۲. صفات کلاس‌ها تنها از طریق پیام‌ها قابل دستیابی‌اند و کلاس است که تصمیم می‌گیرد آیا پیام را بپذیرد یا خیر. برای مثال، اگر مقدار یک محرک بالای مقداری بیشینه قرار داده شود، کلاس محرک ممکن است پیام را نپذیرد یا ممکن است از یک مقدار بیشینه‌ی پیش‌فرض استفاده کند.
۳. پیچیدگی سیستم به‌طور بالقوه به دلیل یکنواختی واسطها برای محرک‌ها و حس‌گرها کاهش می‌یابد.

این توصیف از الگوی خواسته‌ها ممکن است ارجاع‌هایی به سایر الگوهای طراحی و خواسته‌ها داشته باشد.

۷-۵ مدل‌سازی خواسته‌ها برای برنامه‌های تحت وب[1]

کسانی که در وب کار می‌کنند، غالباً به تحلیل خواسته‌ها برای برنامه‌های تحت وب، با دیده‌ی تردید می‌نگرند و استدلال آن‌ها هم این است که «گذشته از همه‌ی حرف‌ها، فرایند کار در وب باید چابک باشد و تحلیل، کاری است که زمان می‌برد. درست همان زمانی که باید به کار طراحی و ساخت برنامه‌های تحت وب بپردازیم، از سرعت ما کم می‌کند.»

شکی نیست که تحلیل خواسته‌ها زمان می‌برد، ولی حل مسأله‌ی اشتباهی، از آن هم بیشتر زمان می‌برد. پیش روی هر برنامه‌نویس تحت وب این پرسش ساده مطرح می‌شود: آیا مطمئنی که خواسته‌های مسأله را می‌دانی؟ اگر پاسخ به صراحت مثبت باشد، در آن صورت گذشتن از مدل‌سازی

[1] این بخش از منبع [Pre08] و با کسب اجازه آورده شده است.

خواسته‌ها امکان‌پذیر است، ولی اگر پاسخ منفی باشد، مدل‌سازی خواسته‌ها را باید انجام داد.

۷-۵-۱ چقدر تحلیل کافی است؟

میزان تأکید ورزیدن بر مدل‌سازی خواسته‌ها برای برنامه‌های تحت وب، به عوامل زیر بستگی دارد:

- اندازه و پیچیدگی نسخه‌ی برنامه‌های تحت وب.
- تعداد طرف‌های ذی‌نفع (تحلیل می‌تواند به شناسایی خواسته‌های متضاد از منابع متفاوت کمک کند).
- اندازه تیم برنامه‌های تحت وب.
- میزان همکاری قبلی اعضای تیم برنامه‌های تحت وب (تحلیل می‌تواند به درک مشترکی از پروژه کمک کند).
- میزان بستگی مستقیم موفقیت سازمان به موفقیت برنامه‌های تحت وب.

عکس نکات فوق از این قرار است که با کوچکترشدن پروژه، کم‌شدن تعداد ذی‌نفع‌ها، یکپارچگی بیشتر تیم توسعه و حیاتی نبودن پروژه، بهتر است تحلیل کمتری صورت گیرد.

گرچه تحلیل مسأله *قبل* از شروع طراحی خوب است، این درست نیست که *کل* تحلیل باید قبل از *کل* طراحی انجام شود. در واقع، طراحی بخش مشخصی از برنامه‌های تحت وب، مستلزم تحلیل آن دسته از خواسته‌هایی است که تنها بر آن بخش تأثیر می‌گذارند. به‌عنوان مثالی از پروژه‌ی *SafeHome* می‌توانید عناصر زیبایی‌شناختی کل وب سایت (چیدمان‌ها، رنگ‌بندی‌ها و غیره) را به‌طور معتبر طراحی کنید، بدون اینکه خواسته‌های عملیاتی را برای قابلیت‌های تجارت الکترونیکی، تحلیل کرده باشید. فقط کافی است آن بخش از مسأله را تحلیل کنید که با کار طراحی برای تحویل نسخه‌ای از پروژه در ارتباط است.

۷-۵-۲ ورودی در مدل‌سازی خواسته‌ها

نسخه‌ی چابکی از فرایند کلی نرم‌افزار را، که در فصل ۲ بحث شد، می‌توان در مهندسی برنامه‌های تحت وب به‌کاربرد. این فرایند شامل فعالیت برقراری ارتباط می‌شود که در آن گروه‌های ذی‌نفع و کاربر، حیطه‌ی تجاری، اهداف اطلاعاتی و کاربردی تعیین شده، خواسته‌های عمومی برنامه‌های تحت وب و سناریوهای کاربرد- اطلاعاتی که ورودی مدل‌سازی خواسته‌ها می‌شوند- شناسایی خواهند شد. این اطلاعات به شکل توصیف‌های زبان طبیعی، خلاصه‌ی طرح‌های تقریبی و سایر نمایش‌های رسمی و غیر رسمی ارائه می‌شوند.

تحلیل، این اطلاعات را می‌گیرد و با استفاده از یک الگوی نمایش معین، به آن ساختار می‌دهد و سپس مدل‌های محکم‌تری را به‌عنوان خروجی ایجاد می‌کند. مدل خواسته‌ها، ساختار واقعی مسأله را با جزئیات آن به نمایش می‌گذارد و دیدی از راهکار ارائه می‌دهد.

با قابلیت ACS-DCV در محصول *SafeHome* (پایش دوربین‌ها) در فصل ۶ آشنا شدیم. این قابلیت هنگام معرفی، نسبتاً واضح به‌نظر می‌رسید و به‌عنوان بخشی از یک use case با قدری تفصیل شرح داده شد (بخش ۱-۲-۶). ولی با بررسی دوباره use case، اطلاعاتی آشکار می‌شود که قبلاً جای آن‌ها خالی بوده است یا مبهم و ناواضح بوده‌اند.

برخی از جنبه‌های این اطلاعاتِ جاافتاده، به‌طور طبیعی طی طراحی نمایان می‌شوند. مثال‌ها می‌تواند شامل چیدمان مشخص دکمه‌های عملیاتی، شکل و شمایل زیبایی‌شناختی، اندازه نمای دوربین‌ها، قرار دادن نمای دوربین‌ها و نقشه ساختمان در صفحه، یا حتی موارد فرعی نظیر حداکثر و حداقل طول کلمات عبور شود. برخی از این جنبه‌ها، تصمیم‌گیری‌های طراحی (نظیر چیدمان دکمه‌ها) و سایرجنبه‌ها، خواسته‌هایی هستند (نظیر طول کلمات عبور)که تأثیری بنیادی برکار طراحی اولیه ندارند.

ولی ممکن است برخی از اطلاعات جاافتاده، واقعاً بر خودِ طراحی تأثیر بگذارند و بیشتر به درک واقعی خواسته‌ها مرتبط باشند. برای مثال،

پرسش ۱: خروجی دوربین‌های *SafeHome* از چه تفکیکی برخودار است؟

پرسش ۲: اگر شرایط هشدار در هنگام پایش دوربین‌ها پیش آید، چه خواهد شد؟

پرسش ۳: سیستم چگونه می‌تواند با دوربین‌هایی کار کند که زاویه و زوم آن‌ها قابل تغییر است؟

پرسش ۴: چه اطلاعاتی باید همراه با نمای دوربین فراهم آورده شود؟ (برای مثال، مکان؟ زمان/تاریخ؟ آخرین دستیابی قبلی؟)

هیچ یک از این پرسش‌ها در توسعه‌ی اولیه use case، شناسایی یا در نظر گرفته نمی شود و با این حال پاسخ‌ها اثری چشمگیر بر جنبه‌های متفاوت طراحی دارند.

بنابراین، منطقی است نتیجه بگیریم که گرچه فعالیت برقراری ارتباط، بستری مناسب برای درک و شناخت فراهم می‌سازد، تحلیل خواسته‌ها این درک و شناخت را با فراهم آوردن تفسیر اضافی، پالایش می‌کنند. با ترسیم ساختار مسأله به‌عنوان بخشی از مدل خواسته‌ها، ناگزیر پرسش‌هایی پیش می‌آید. همین پرسش‌ها هستند که شکاف‌ها را پر می‌کنند- یا در برخی موارد، ما را در پیدا کردن شکاف‌ها در وهله‌ی نخست یاری می‌دهند.

به‌طور خلاصه، ورودی‌های مدل خواسته‌ها، اطلاعاتی هستند که طی فعالیت برقراری ارتباط به‌دست می‌آیند-و شامل هر چیزی، از نامه‌های الکترونیکی غیر رسمی گرفته تا یک خلاصه پروژه‌ی مشروح با سناریوهای کاربرد جامع و مشخصات کامل محصول را در بر می‌گیرند.

۳-۵-۷ خروجی‌های مدل‌سازی خواسته‌ها

تحلیل خواسته‌ها یک سازوکار منضبط برای ارائه و ارزیابی محتوا و قابلیت‌های عملیاتی برنامه‌های تحت وب، شیوه‌های تعامل فراروی کاربر و محیط و زیرساخت قرار گرفتن برنامه‌های تحت وب فراهم می‌آورد.

هرکدام از این خصوصیات را می‌توان به‌عنوان بخشی از مدل‌هایی نشان داد که تحلیل خواسته‌های برنامه‌های تحت وب را به شیوه‌ای ساخت یافته میسر می‌سازند. در حالی‌که مدل‌های مشخص، بستگی چشمگیری به ماهیت برنامه‌ی تحت وب دارند، آن‌ها را به پنج گروه می‌توان طبقه‌بندی کرد:

- **مدل محتوا**- طیف کاملی از محتوایی را که قرار است برنامه‌ی تحت وب فراهم آورد، مشخص می‌کند. این محتوا عبارت است از داده‌های متنی،گرافیکی و تصاویر، ویدیو، و داده‌های صوتی.
- **مدل تعامل‌ها**- شیوه تعامل کاربران با برنامه‌ی تحت وب را توصیف می‌کند.
- **مدل عملیاتی**- عملیاتی را تعریف می‌کند که روی محتوای برنامه‌ی تحت وب انجام می‌شوند و قابلیت‌های پردازشی مستقل از محتوا و در عین حال ضروری برای کاربر را توصیف می‌کنند.

- **مدل گشت و گذار**- راهبرد کلی گشت و گذار را برای برنامه‌ی تحت وب تعریف می‌کند.
- **مدل پیکربندی**- محیط و زیرساختی را توصیف می‌کند که برنامه‌ی تحت وب در آن قرار داده می‌شود.

هر کدام از این مدل‌ها را می‌توانید با به‌کارگیری یک الگوی نمایش (که غالباً «زبان» نامیده می‌شود) توسعه دهید تا محتوا و ساختار آن را بتوان به راحتی به اطلاع اعضای تیم مهندسی وب و سایر طرف‌های ذی‌نفع رساند. در نتیجه، فهرستی از مسائل کلیدی (مانند خطاها، جاافتادگی‌ها، ناسازگاری‌ها، پیشنهادهایی برای بهسازی یا اصلاح، نقاط وضوح) شناسایی ورودی آن‌ها کار می‌شود.

۴-۵-۷ مدل محتوا برای برنامه‌های تحت وب

مدل محتوا حاوی عناصری ساختاری است که دیدی مهم از خواسته‌های محتوای برنامه‌های تحت وب در اختیار قرار می‌دهد. این عناصر ساختاری شامل اشیای محتوایی و همه‌ی کلاس‌های تحلیل می‌شوند- موجودیت‌های قابل مشاهده از دید کاربر که در تعامل کاربر بابرنامه‌های تحت وب، ایجاد یا دستکاری می‌شوند.[1]

محتوا را می‌توان قبل از پیاده‌سازی برنامه‌های تحت وب، به موازات ساخته‌شدن برنامه‌های تحت وب، یا مدت‌ها پس از عملیاتی‌شدن برنامه‌ی تحت وب توسعه داد. در هر حال، این محتوا از طریق مرجع گشت و گذار در ساختار کلی برنامه‌ی تحت وب گنجانده می‌شود. یک *شیء محتوایی* ممکن است توصیفی متنی از یک محصول، مقاله‌ای در توضیح یک رویداد خبری، عکسی از یک رویداد ورزشی، پاسخ یک کاربر در میزگرد، نمایشی پویانمایی شده از لوگوی یک شرکت، یک قطعه ویدیو از سخنرانی، یا صداگذاری روی مجموعه‌ای از اسلایدها باشد. اشیای محتوایی را می‌توان به‌عنوان فایل‌های مجزا نگهداری کرد، به‌طور مستقیم در صفحات وب تعبیه کرد، یا به‌صورت پویا از یک بانک اطلاعاتی به‌دست آورد. به عبارت دیگر، شیء محتوایی هر آیتمی از اطلاعات یکپارچه است که قرار است به‌کاربر نهایی ارائه شود.

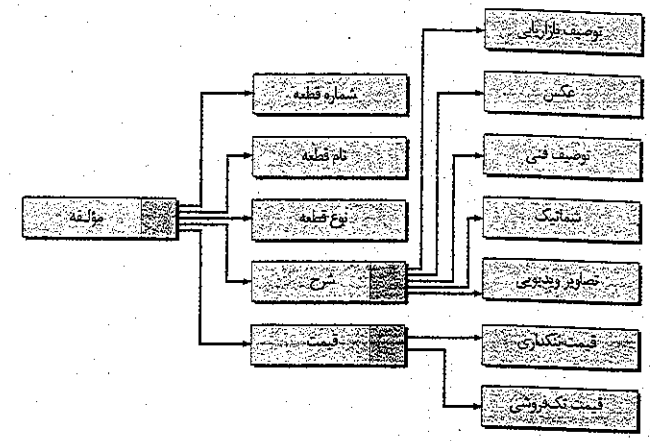
اشیای محتوایی را می‌توان به‌طور مستقیم از روی use case و با بررسی توصیف سناریو برای ارجاع‌های مستقیم و غیر مستقیم به محتوا تعیین کرد. برای مثال برنامه‌ی تحت وبی که *SafeHome* را پشتیبانی می‌کند، در **SafeHomeAssured.com** قرار داده می‌شود. یک use case با عنوان *خرید انتخابی مؤلفه‌های SafeHome* سناریوی لازم برای خرید یک *مؤلفه SafeHome* را توصیف می‌کند و حاوی جمله زیر است:

> من قادر به دریافت اطلاعات توصیفی و قیمت‌گذاری برای هر کدام از مؤلفه‌های محصول خواهم بود.

مدل محتوا باید قادر به توصیف شیء محتوای **Component** باشد. در بسیاری موارد، فهرست ساده‌ای از اشیای محتوایی، در کنار توصیف مختصر هر شیء، برای تعریف خواسته‌های مربوط به محتوایی که قرار است طراحی و پیاده‌سازی شوند، کفایت می‌کند. ولی در برخی موارد، مدل محتوا ممکن است از تحلیلی غنی‌تر بهرمند شود که به‌طور گرافیکی روابط میان اشیای محتوایی و/یا سلسه مراتب محتوای یک برنامه‌ی تحت وب را به نمایش می‌گذارد.

---

[1] کلاس‌های تحلیل در فصل ۶ بحث و بررسی شدند.



شکل ۱۰-۷ درخت داده‌ها برای مؤلفه‌ی SafeHomeAssured.com

برای مثال، درخت *داده‌های* ایجادشده برای مؤلفه‌های **SafeHomeAssured.com** را در نظر بگیرید (شکل ۱۰-۷) [Sri01]. این درخت، سلسله مراتب اطلاعاتی را نشان می‌دهد که در توصیف یک مؤلفه به‌کار می‌رود. آیتم‌های داده‌ای ساده یا مرکب (یک یا چند مقدار داده ای) به‌صورت مستطیل‌های هاشور نخورده نشان داده می‌شوند. اشیای محتوایی به‌صورت مستطیل‌های هاشورخورده نمایش داده می‌شوند. در این شکل *description* توسط پنج شیء محتوایی تعریف می‌شود (مستطیل‌های هاشورخورده). در برخی موارد، یک یا چند شیء از این اشیا با بسط یافتن درخت داده‌ها پالایش می‌شوند.

برای هر محتوایی که از چند شیء محتوایی و آیتم داده‌ای تشکیل می‌شود، یک درخت داده‌ها می‌توان ایجاد کرد. درخت داده‌ها برای تعریف روابط سلسله مراتبی میان اشیای محتوایی و فراهم ساختن ابزاری برای مرور محتوا توسعه می‌یابد به‌طوری که جاافتادگی‌ها و ناسازگاری‌ها قبل از شروع طراحی کشف شوند. به‌علاوه، درخت داده‌ها به‌عنوان مبنایی برای طراحی محتوا عمل می‌کند.

۵-۵-۷ مدل تعامل برای برنامه‌های تحت وب

گستره‌ی وسیعی از برنامه‌های تحت وب، «گفتگو» میان کاربر نهایی و قابلیت عملیاتی، محتوا یا رفتار برنامه را میسر می‌سازند. این گفتگو را می‌توان با به‌کارگیری یک *مدل* تعامل توصیف کرد که از یک یا چند عنصر زیر تشکیل می‌شود: (۱) use case، (۲) نمودارهای ترتیب، (۳) نمودارهای حالت[1] و/یا (۴) نمونه‌های اولیه‌ی واسط کاربری.

در بسیاری از نمونه‌ها، مجموعه‌ای از use case برای توصیف تعامل در سطحی تحلیلی کفایت می‌کند (پالایش جزئیات بیشتر طی مرحله‌ی طراحی وارد خواهد شد). با این وجود، هنگامی که ترتیب تعامل‌ها پیچیده و شامل کلاس‌های تحلیل چند گانه و وظایف فراوان باشد، گاهی به تصویر کشیدن آن با استفاده از یک شکل نموداری‌تر، ارزش‌مند است.

[1] نمودارهای ترتیب و نمودارهای حالت با استفاده از نمادگذاری UML مدل‌سازی می‌شوند. نمودارهای حالت در بخش ۳-۷ شرح داده شدند. برای جزئیات بیشتر، پیوست ۱ را ببینید.

چیدمان واسط کاربری، محتوایی که ارائه می‌دهد، سازوکارهای تعاملی که پیاده‌سازی می‌کند و زیبایی شناسی کلی ارتباطات میان برنامه‌ی تحت وب و کاربر، تأثیر زیادی بر رضایت کاربر و موفقیت کلی برنامه‌ی تحت وب دارد. گرچه می‌توان استدلال کرد که ایجاد نمونه‌ی اولیه‌ای از واسط کاربری، یک فعالیت طراحی به‌شمار می‌رود، اجرای آن طی مرحله‌ی ایجادِ مدل تحلیل، ایده‌ی خوبی به نظر می‌رسد. هر چه زودتر بتوان نمایش فیزیکی واسط کاربری را بازبینی کرد، احتمال رسیدن کاربران نهایی به آن چه می‌خواهند، بیشتر می‌شود. طراحی واسط‌های کاربری را به تفصیل در فصل ۱۱ بحث خواهیم کرد.

از آن‌جا که ابزارهای ساخت برنامه‌های تحت وب، بسیار زیاد، نسبتاً ارزان و دارای قدرت عملیاتی بالا هستند، بهترین کار، ایجاد نمونه‌ی اولیه واسط با استفاده از این گونه ابزارهاست. در این نمونه‌ی اولیه باید پیوندهای اصلی مربوط به گشت و گذار در برنامه‌های تحت وب پیاده‌سازی شود و چیدمان کلی صفحه به همان صورتی که قرار است ساخته شود، به نمایش در آید. برای مثال، اگر پنج عملکرد اصلی قرار است در اختیار کاربر نهایی قرار داده شود، نمونه‌ی اولیه باید آن‌ها را به همان صورتی نشان دهد که کاربر در نخستین بار ورود به برنامه‌ی تحت وب خواهد دید. آیا پیوندهای گرافیکی فراهم خواهد آمد؟ منوی گشت و گذار کجا نمایش داده خواهد شد؟ کاربر چه اطلاعات دیگری را خواهد دید؟ نمونه‌ی اولیه باید به پرسش‌هایی از این دست پاسخ دهد.

۶-۵-۷ مدل عملیاتی برای برنامه‌های تحت وب

بسیاری از برنامه‌های تحت وب، گستره‌ی وسیعی از قابلیت‌های محاسباتی و دستکاری داده‌ها را تحویل می‌دهند که می‌تواند به‌طور مستقیم با محتوا (چه استفاده از آن و چه تولید آن) همراه باشد و غالباً هدف اصلی تعامل میان کاربر و برنامه‌ی تحت وب است. به همین دلیل، خواسته‌های عملیاتی را باید تحلیل و در صورت نیاز مدل‌سازی کرد.

مدل *عملیاتی* به دو عنصر پردازشی در برنامه‌های تحت وب می‌پردازد که هر یک سطح متفاوتی از انتزاع روالی را نشان می‌دهد: (۱) قابلیت‌های عملیاتی که توسط برنامه‌ی تحت وب به‌کاربر نهایی ارائه می‌شوند و او قادر به دیدن آن‌هاست و (۲) عملیاتی که در داخل کلاس‌های تحلیل قرار دارند و رفتارهای مرتبط با هر کلاس را پیاده‌سازی می‌کنند.

قابلیت‌هایی که کاربر قادر به دیدن آنهاست، شامل کلیه‌ی قابلیت‌های پردازشی می‌شوند که به‌طور مستقیم توسط کاربر آغاز می‌شوند. برای مثال، یک برنامه‌ی تحت وب مالی ممکن است انواع قابلیت‌های مالی (از قبیل محاسبه‌ی پس انداز دانشجویی یا پس انداز بازنشستگی) را پیاده‌سازی کند. این قابلیت‌ها ممکن است واقعاً با استفاده از عملیات داخل کلاس‌های تحلیل پیاده‌سازی شوند، ولی از دید کاربر نهایی، عملکرد (یا به عبارت صحیح تر، داده‌هایی که این عملکرد ارائه می‌دهد)، پیامد قابل مشاهده است.

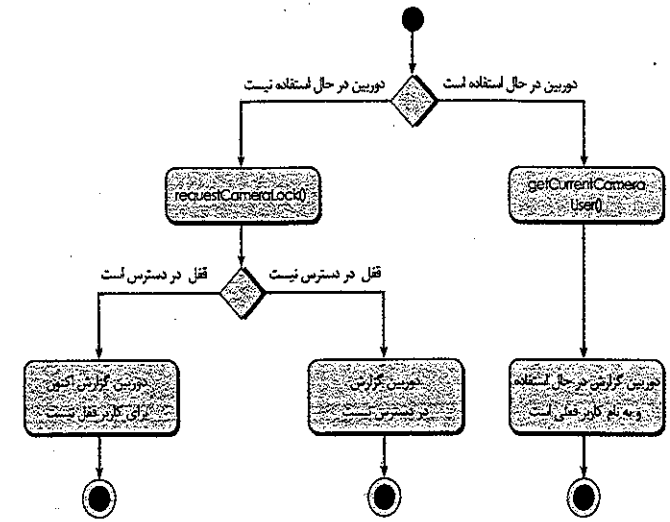
در سطح پایین‌تری از انتزاع روالی، مدل خواسته‌ها پردازشی را توصیف می‌کند که عملیات‌های کلاس تحلیل، آن را انجام می‌دهند. این عملیات‌ها صفات کلاس را دستکاری می‌کنند و به عنوان کلاس‌هایی که برای رسیدن به رفتار مورد نیاز همکاری می‌کنند، در نظر گرفته می‌شوند.

سطح انتزاع هر چه که باشد، از نمودار فعالیت‌های UML می‌توان برای نمایش دادن جزئیات پردازشی استفاده کرد. در سطح تحلیل، از نمودارهای فعالیت‌ها می‌توان تنها هنگامی استفاده کرد که

عملکرد نسبتاً پیچیده باشد. بیشتر پیچیدگی‌ها در بسیاری از برنامه‌های تحت وب، نه در قابلیت فراهم‌شده بلکه در ماهیت اطلاعاتی که قابل دستیابی‌اند و شیوه‌های دستکاری آن‌ها مشاهده می‌شود.

مثالی از یک عملکرد نسبتاً پیچیده برای **SafeHomeAssured.com** را می‌توان در use case با عنوان *«دریافت توصیه‌هایی برای چیدمان حس‌گرها برای فضای امن»* یافت. کاربر قبلاً برای فضایی که قرار است پایش شود، چیدمانی تهیه کرده است و در این use case، آن چیدمان را انتخاب و مکان‌هایی برای قرار دادن حس‌گرها در این چیدمان درخواست می‌کند. **SafeHomeAssured.com** با نمایش گرافیکی چیدمان و ارائه اطلاعات اضافی روی مکان‌های توصیه شده برای حس‌گرها به این درخواست پاسخ می‌دهد. تعامل بسیار ساده است، محتوا قدری پیچیده‌تر است ولی عملکرد نهفته در پس آن بسیار پیچیده است. سیستم باید تحلیل نسبتاً پیچیده‌ای روی چیدمان انجام دهد تا تعیین کند که آیا چیدمان حس‌گرها بهینه هست یا خیر. باید ابعاد اتاق‌ها و مکان درها و پنجره‌ها را بررسی کند و این‌ها را با قابلیت‌ها و مشخصات حس‌گرها هماهنگ کند. این اصلاً وظیفه‌ی کوچکی نیست! مجموعه‌ای از نمودارهای فعالیت را می‌توان برای توصیف پردازش برای این use case به‌کار برد.

مثال دوم، use case *کنترل دوربین‌ها* است. در این use case، تعامل نسبتاً ساده است، ولی با توجه به این که این عملیات «ساده» به ارتباطات پیچیده با دستگاه‌های دور دست و قابل دستیابی از طریق اینترنت نیاز دارد، پتانسیلی برای پیچیدگی وجود دارد. یک پیچیدگی دیگر ممکن است هنگامی رخ دهد که چند نفر همزمان بخواهند یک حس‌گر را پایش و/یا کنترل کنند.



شکل ۱۱-۷ نمودار فعالیت‌ها برای عملیات *takeControlOfCamera()*

در شکل ۱۱-۷ نمودار فعالیت‌ها برای عملیات *takeControlOfCamera()* نشان داده شده است که بخشی از کلاس تحلیل **Camera** است و در داخل use case کنترل دوربین‌ها استفاده شده است. لازم به ذکر است که دو عملیات اضافی در جریان روالی فراخوانده می‌شود: *requestCameraLock()* که سعی می‌کند دوربین را برای کاربر قفل کند و *getCurrentCameraUser()* که نام کاربری را بازیابی می‌کند که هم‌اکنون در حال کنترل دوربین است. جزئیات ساخت نشان دهنده‌ی این عملیات‌ها

فراخوانی می‌شوند و پرداختن به جزئیات واسط برای هر کدام از این عملیات‌ها تا شروع طراحی به تعویق می‌افتد.

۷-۵-۷ مدل‌های پیکربندی برای برنامه‌های تحت وب

در برخی موارد، مدل پیکربندی چیزی بیش از فهرست صفات مربوط به کلاینت و صفات مربوط به سرور نیست. ولی برای اکثر برنامه‌های تحت وب پیچیده، انواع پیچیدگی‌های پیکربندی (مثلاً توزیع بار در میان چند سرور، قراردادن معماری‌ها در نهان گاه‌ها، بانک‌های اطلاعاتی دور دست، سرورهای چندگانه‌ای که به اشیای گوناگون موجود در یک صفحه وب سرویس می‌دهند) ممکن است بر تحلیل و طراحی تأثیر بگذارد. در وضعیت‌هایی که باید معماری پیچیده‌ای برای پیکربندی در نظر گرفته شود، می‌توان از نمودار استقرار UML استفاده کرد.

برای **SafeHomeAssured.com**، عملکرد و محتوای عمومی را باید طوری مشخص کرد که در میان همه‌ی مرورگرهای وب (یعنی آن‌ها که بیش از یک درصد از سهم بازار را در اختیار دارند[1]) قابل دستیابی باشد. برعکس، می‌توان پذیرفت که عملکرد پایشی و کنترل پیچیده‌تر (که تنها در دسترس کاربران **Homeowner** است) به مجموعه کوچک‌تری از مرورگرها محدود گردد. این مدل پیکربندی برای **SafeHomeAssured.com**، عملیات متقابل میان بانک‌های اطلاعاتی موجود و برنامه‌های پایش‌گر را نیز مشخص می‌سازد.

۷-۵-۸ مدل‌سازی گشت و گذار

در مدل‌سازی گشت و گذار، چگونگی سیاحت گروه‌های کاربری از یک عنصر برنامه‌ی تحت وب به عنصر دیگر در نظر گرفته می‌شود. مکانیک این گشت و گذار به‌عنوان بخشی از طراحی تعریف می‌شود. در این مرحله، باید خواسته‌های کلی گشت و گذار را کانون توجه قرار دهید. در این راستا پرسش‌های زیر را می‌توانید بپرسید:

- آیا دستیابی به یک سری عناصر معین آسان‌تر از بقیه باشد (یعنی به مراحل کمتری نیاز داشته باشند)؟ اولویت ارائه عناصر به چه صورت است؟
- آیا باید بر عناصر خاصی تأکید ورزید تا کاربران، گشت و گذار خود را به آن جهت متمایل سازند؟
- با خطاهای گشت و گذار چه باید کرد؟
- آیا باید گشت و گذار به گروه مرتبطی از عناصر، بر گشت و گذار به یک عنصر مشخص اولویت داشته باشد؟
- آیا گشت و گذار باید از طریق پیوندها قابل انجام باشد، از طریق دستیابی مبتنی بر جستجو یا از طریقی دیگر؟
- آیا عناصر معین باید بر اساس حیطه‌ی کنش‌های گشت وگذاری قبلی به‌کاربران ارائه شوند؟

---

[1] تعیین سهم بازار برای مرورگرهای وب بسیار دشوار است و بسته به تحقیق و نظر خواهی مورد استفاده، نتایج متفاوتی به دست می‌آید. با این حال، هنگام نوشته شدن این کتاب، دو مرورگر Internet Explorer و Firefox تنها مرورگرهایی بودند که سهم آن‌ها بالغ بر ۳۰٪ گزارش شده بود و Mozilla، Opera و Safari هر یک فقط بالای یک درصد سهم داشتند.

- آیا برای گشت و گذار هر کاربر، باید یک فایل ایجاد کارنامه تهیه شود؟
- آیا یک منو یا نقشه گشت و گذار کامل (در مقابل پیوند ساده «بازگشت» یا اشاره‌گر جهت دار) باید در هر نقطه تعامل کاربر در دسترس باشد؟
- آیا طراحی گشت و گذار باید بر اساس رفتار مورد انتظار برای اکثر کاربران صورت پذیرد یا بر اساس اهمیت عناصر تعیین شده‌ای از برنامه‌ی تحت وب ؟
- آیا کاربری می‌تواند گشت و گذار خود را از طریق برنامه‌ی تحت وب «ضبط» کند تا در آینده بتواند آن را به‌کار ببرد؟
- برای کدام گروه کاربران باید گشت و گذار بهینه را طراحی کرد؟
- با پیوندهای خارجی منتهی به برنامه‌ی تحت وب چگونه باید کار کرد؟ روی پنجره فعلی مرورگر با شود؟ به‌صورت پنجره‌ای جدید؟ یا یک کادر جداگانه؟

این پرسش‌ها و پرسش‌های بسیار دیگر را باید به‌عنوان بخشی از تحلیل گشت و گذار مطرح کرد و به آن‌ها پاسخ گفت.

همچنین شما و سایر طرف‌های ذی‌نفع باید خواسته‌های کلی را برای گشت و گذار تعیین کنید. برای مثال، آیا «نقشه سایتی» فراهم خواهد آمد تا به‌کاربر دیدی اجمالی از کل ساختار برنامه‌ی تحت وب بدهد؟ آیا کاربر می‌تواند از یک «تور راهنمایی شده» استفاده کند که مهمترین عناصر در دسترس (قابلیت‌ها و اشیای محتوایی) را به او معرفی کند؟ آیا کاربر می‌تواند بر اساس صفات تعیین شده برای آن عناصر به قابلیت‌ها یا اشیای محتوایی دست پیدا کند (مثلاً کاربری ممکن است بخواهد به همه‌ی عکس‌های یک ساختمان مشخص یا همه‌ی قابلیت‌هایی که محاسبه‌ی وزن را امکان پذیر می‌سازند، دستیابی داشته باشد)؟

۶-۷ خلاصه

در مدل‌های جریان‌گرا، جریان اشیای داده‌ای به هنگام تبدیل‌شدن توسط عملیات پردازشی کانون توجه قرار می‌گیرند. مدل‌های جریان‌گرا که از تحلیل ساخت یافته به‌دست می‌آیند، از نمودار جریان داده‌ها استفاده می‌کنند، در این نمادگذاری مدل‌سازی چگونگی تبدیل ورودی به خروجی با به حرکت در آمدن اشیای داده‌ای در سیستم به تصویر کشیده می‌شود. هر عملکرد نرم‌افزار که داده‌ها را تبدیل می‌کند، با متن روایی فرایند توصیف می‌شود. این عنصر مدل‌سازی علاوه بر جریان داده‌ها، جریان کنترل را هم به تصویر می‌کشد- نمایشی که چگونگی تأثیرگذاری رویدادها بر یک سیستم را نشان می‌دهد.

مدل‌سازی رفتاری، رفتار پویای سیستم را به تصویر می‌کشد. مدل رفتاری از ورودی به‌دست آمده از عناصر مبتنی بر سناریو، جریان‌گرا و مبتنی بر کلاس به‌عنوان ورودی استفاده می‌کند و حالت کلاس‌های تحلیل و کل سیستم را به نمایش می‌گذارد. برای نیل به این مقصود، حالت‌ها، شناسایی می‌شوند، رویدادهایی که باعث می‌شوند یک کلاس (یا سیستم) از حالتی به حالت دیگر گذار کند، تعیین می‌شوند و کنش‌هایی که با انجام گذار رخ می‌دهند نیز شناسایی می‌شوند. نمادگذاری مورد استفاده برای مدل‌سازی رفتاری، نمودارهای حالت و نمودارهای ترتیب هستند.

مهندس نرم‌افزار به کمک الگوهای تحلیل می‌تواند از اطلاعات دامنه‌ای موجود برای تسهیل ایجاد مدل خواسته‌ها استفاده کند. الگوی تحلیل یک ویژگی نرم‌افزاری خاص یا قابلیتی را توصیف می‌کند که توسط مجموعه یکپارچگی از use case شرح داده می‌شود. در این الگو، هدف ایجاد آن، انگیزه‌ی استفاده از آن، قید و بندهایی که استفاده از آن را محدود می‌سازند، کاربرد آن در دامنه‌های گوناگون مسأله، ساختار کلی الگو، رفتار و همکاری‌های آن و سایر اطلاعات مکمل گنجانده می‌شود.

در مدل‌سازی خواسته‌ها برای برنامه‌های تحت وب می‌توان اکثر (یا شاید همه) عناصر مدل‌سازی بحث شده در این کتاب را به‌کاربرد. به هر حال این عناصر در مجموعه‌ای از مدل‌های تخصص یافته به‌کار برده می‌شوند که به محتوا، تعامل، قابلیت عملیاتی، گشت و گذار و پیکربندی سرور-کلاینت برای برنامه‌ی تحت وب می‌پردازند.

مسائل و نکاتی برای تعمق

۷-۱ اختلاف بنیادی میان راهبردهای تحلیل ساخت یافته و شیءگرا برای تحلیل خواسته‌ها در چیست؟

۷-۲ در یک نمودار جریان داده‌ها، آیا پیکان، نشان‌گر جریان کنترل است یا چیزی دیگر؟

۷-۳ «پیوستگی جریان اطلاعات» چیست و در پالایش نمودار جریان داده‌ها چگونه به‌کار گرفته می‌شود؟

۷-۴ تجزیه گرامری چگونه در ایجاد DFD به‌کار می‌رود؟

۷-۵ تعیین مشخصات کنترل چیست؟

۷-۶ آیا PSPEC و use case یک چیزند؟ اگر نیستند، تفاوت‌های آن‌ها را شرح دهید.

۷-۷ دو نوع «حالت» متفاوت وجود دارند که مدل‌های رفتاری می‌توانند آن‌ها را به نمایش در آورند. آن دو نوع حالت کدام‌اند؟

۷-۸ نمودار ترتیب چه تفاوتی با نمودار حالت دارد؟ چه شباهتی با هم دارند؟

۷-۹ سه الگوی خواسته‌ها برای یک تلفن همراه مدرن پیشنهاد کنید و شرح مختصری از هر کدام بنویسید. آیا این الگوها را می‌توان برای سایر دستگاه‌ها به‌کار برد؟ مثالی بیاورید.

۷-۱۰ یکی از الگوهایی را که در تمرین ۷-۹ توسعه دادید، انتخاب کنید و توصیف کاملی از الگو را مشابه با آن چه که در بخش ۷-۴-۲ ارائه شده ارائه دهید (مشابه از نظر محتوا و سبک).

۷-۱۱ تصور می‌کنید چه مقدار مدل‌سازی تحلیل برای **SafeHomeAssured.com** لازم است؟ آیا هر کدام از انواع مدل‌های توصیف شده در بخش ۷-۵-۳ مورد نیاز خواهد بود؟

۷-۱۲ هدف مدل تعامل برای یک برنامه‌ی تحت وب چیست؟

۷-۱۳ می‌توان استدلال کرد که مدل عملیاتی یک برنامه‌ی تحت وب را می‌توان تا طراحی به تعویق انداخت. درباره مزایا و معایب این استدلال بحث کنید.

۷-۱۴ هدف مدل پیکربندی چیست؟

۷-۱۵ مدل گشت و گذار چه تفاوتی با مدل تعامل دارد؟

فصل ۸

مفاهیم طراحی

نگاهی گذرا

طراحی چیست؟ طراحی، آن چیزی است که تقریباً هر مهندسی می‌خواهد انجام دهد. جایی است که در آن خلاقیت حاکم است- جایی که خواسته‌های ذی‌نفع‌ها، نیازهای تجاری، و ملاحظات فنی، همگی در کنار یکدیگر به تدوین محصول یا سیستم کمک می‌کنند. طراحی، نمایش یا مدلی از نرم‌افزار ایجاد می‌کند، ولی بر خلاف مدل خواسته‌ها (که توصیف داده‌ها، قابلیت‌ها و رفتار مورد نیاز در کانون توجه آن قرار دارد)، مدل طراحی جزئیات مربوط به معماری نرم‌افزار، ساختمان داده‌ها، واسط‌ها و مؤلفه‌های لازم برای پیاده‌سازی سیستم را فراهم می‌کند.

چه کسی آن را انجام می‌دهد؟ تمامی وظایف طراحی بر عهده‌ی مهندس نرم‌افزار است.

چرا اهمیت دارد؟ طراحی به شما این امکان را می‌دهد تا سیستم یا محصولی را که قرار است ساخته شود، مدل‌سازی کنید. این مدل را می‌توان پیش از تولید کد، اجرای آزمون‌ها و درگیرشدن تعداد کثیری از کاربران از لحاظ کیفیت مورد ارزیابی قرار داد و بهبود بخشید. طراحی جایی است که در آن کیفیت نرم‌افزار تثبیت می‌شود.

مراحل کار کدام است؟ طراحی، نرم‌افزار را به چند شیوه‌ی متفاوت به تصویر می‌کشد. نخست، معماری سیستم یا محصول باید نمایش داده شود. سپس، واسط‌هایی که نرم‌افزار را به‌کاربران نهایی، به سایر سیستم‌ها و دستگاه‌ها و همچنین به مؤلفه‌های سازنده خودش مرتبط می‌سازند، مدل‌سازی می‌شوند. سرانجام، مؤلفه‌های نرم‌افزار که در ساخت سیستم به‌کار می‌روند، مدل‌سازی می‌شوند. هر کدام از این نماها یک کنش طراحی متفاوت را نشان می‌دهند، ولی همه باید از مجموعه‌ای مفاهیم طراحی اصلی پیروی کنند که راهنمای کار طراحی نرم‌افزار هستند.

محصول کار چیست؟ یک مدل طراحی که شامل نمایش‌هایی از معماری و واسط، نمایش در سطح مؤلفه‌ها و نمایش‌های استقرار می‌شود، محصول کاریِ اصلی است که طی طراحی نرم‌افزار ساخته می‌شود.

چگونه اطمینان حاصل کنم که درست از عهده کار بر آمده‌ام؟ مدل طراحی توسط تیم نرم‌افزار ارزیابی می‌شود تا معلوم شود که آیا حاوی خطا، ناسازگاری یا جاافتادگی هست؛ آیا جایگزین‌های بهتری برای آن وجود دارد؛ و آیا این مدل را می‌توان در قید و بندها، زمان‌بندی و یا هزینه‌ی تعیین شده پیاده‌سازی کرد یا خیر.

طراحی نرم‌افزار، شامل مجموعه‌ای از اصول، مفاهیم و کارها می‌شود که به تولید محصول یا سیستمی با کیفیت بالا منجر می‌گردد. اصول طراحی، فلسفه‌ای را پایه‌ریزی می‌کنند که شما را در کار طراحی راهنمایی خواهد کرد. پیش از پیاده‌سازی کار طراحی، مفاهیم طراحی را باید به‌خوبی بشناسید و کار طراحی، خود به ایجاد نمایش‌های متنوعی از نرم‌افزار می‌انجامد که به‌عنوان راهنمایی برای فعالیت بعدی، یعنی ساخت، عمل می‌کنند.

طراحی در موفقیت مهندسی نرم‌افزار اهمیت محوری دارد. در اوایل دهه‌ی ۱۹۹۰، میچ کاپور (پدیدآورنده‌ی Lotus 1-2-3) در مجله‌ی دکتر دابز[1]، «بیانیه‌ی طراحی نرم‌افزار» را این‌گونه منتشر ساخت:

> طراحی چیست؟ طراحی برزخ میان دو دنیاست (دنیای فن‌آوری و دنیای آدمیان و اهداف انسانی) و شما باید این دو دنیا را به هم نزدیک سازید.
>
> معمار و منتقد روم باستان، ویترو ویوس، پیشگام این مفهوم است که ساختمان‌هایی از طراحی خوب برخوردارند که استحکام، تناسب و لذت را به نمایش بگذارند. برای نرم‌افزار خوب هم می‌توان چنین چیزی گفت. *استحکام*: برنامه نباید اشکال و ایرادی داشته باشد که از عملکرد آن ممانعت کند. *تناسب*: برنامه باید برای اهدافی که برای آن نوشته شده است، مناسب باشد. لذت: تجربه‌ی به‌کارگیری برنامه باید تجربه‌ای دلپذیر باشد. اینجاست که نظریه‌ی طراحی برای نرم‌افزار آغاز می‌شود.

هدف طراحی، ایجاد مدل یا نمایشی است که استحکام، تناسب و *لذت* از خود نشان دهد. برای رسیدن به این مقصود، باید تنوع و سپس همگرایی را عملی سازید. بلادی [Bel81] می‌گوید: «تنوع عبارت است از در اختیار داشتن فهرستی از منابع متفاوت، مواد خام طراحی: مؤلفه‌ها، راهکارهای مؤلفه‌ای و آگاهی، که همگی در کاتالوگ‌ها، کتاب‌های درسی و در ذهن افراد موجودند.» هنگامی که این مجموعه اطلاعات گوناگون در کنار هم قرار داده شود، باید عناصری از این فهرست را انتخاب کنید که نیازهای مشخص‌شده در مهندسی خواسته‌ها و مدل تحلیل را برآورده سازند (فصل‌های ۵ تا ۷). با رخ‌دادن این اتفاقات، راه‌های متفاوتی آزموده می‌شوند تا این که به «پیکربندی خاصی از مؤلفه‌ها همگرا شوید و محصول نهایی را ایجاد کنید» [Bel 81].

تنوع و همگرایی، بصیرت و قضاوت را بر اساس تجربه به‌دست‌آمده در ساخت موجودیت‌های مشابه، مجموعه‌ای از اصول و/یا ابتکارات راهنمای شیوه تکامل مدل، مجموعه‌ای از ملاک‌هایی که قضاوت درباره طراحی پایانی را امکان پذیر می‌سازند و یک فرایند تکرار که سرانجام به نمایش طراحی نهایی می‌انجامد، با هم ترکیب می‌کند.

طراحی نرم‌افزار با تکامل روش‌های جدید، تحلیل بهتر و افزایش شناخت پیوسته تغییر می‌کند.[2] حتی امروز، اکثر روش‌شناسی‌های طراحی نرم‌افزار فاقد عمق، انعطاف‌پذیری و ماهیتی کیفی هستند که معمولاً در رشته‌های سنتی‌تر طراحی مهندسی مشاهده می‌شود. به هر حال، روش‌هایی برای طراحی نرم‌افزار وجود دارند، ملاک‌هایی برای کیفیت طراحی در دسترس هستند و نمادگذاری طراحی را می‌توان به‌کار گرفت. در این فصل، اصول و مفاهیم بنیادی قابل استفاده در کل طراحی نرم‌افزار، عناصر

[1] Dr. Dobbs Journla

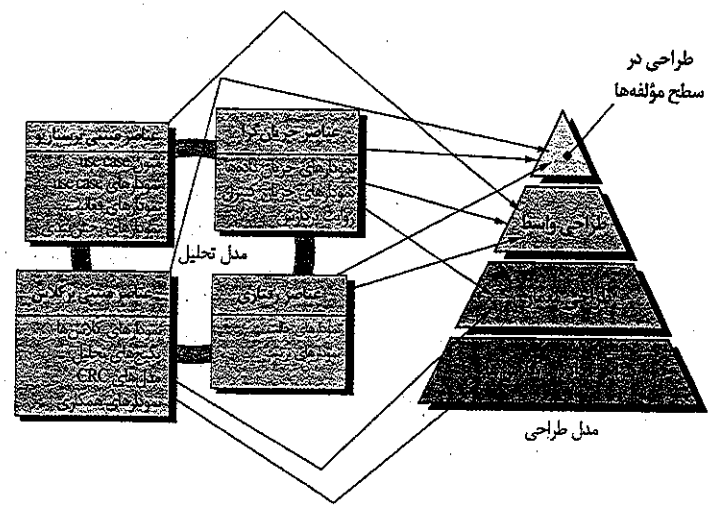
[2] خوانندگانی که به فلسفه طراحی نرم افزار علاقه بیشتری دارند ممکن است بحث فیلیپ کروچن درباره طراحی پنست مدرن را مفید بیابند.

مدل طراحی و تأثیر الگوها بر فرایند طراحی را بررسی خواهیم کرد. در فصل‌های ۹ تا ۱۳، انواع روش‌های طراحی و کاربرد آن‌ها در طراحی معماری، طراحی واسط‌ها و طراحی در سطح مؤلفه‌ها و همچنین روش‌های طراحی مبتنی بر الگو و مبتنی بر وب به‌کار برده خواهند شد.

۱-۸ طراحی در حیطه‌ی مهندسی نرم‌افزار

طراحی نرم‌افزار هسته اصلی نرم‌افزار را تشکیل می‌دهد و به‌کارگیری آن مستقل از نوع مدل فرایند نرم‌افزار مورد استفاده است. طراحی نرم‌افزار که پس از تحلیل و مدل‌سازی خواسته‌ها آغاز می‌شود، آخرین کنش مهندسی نرم‌افزار در فعالیت مدل‌سازی است که صحنه را برای **ساخت** (تولید و آزمایش کد) آماده می‌کند.

هر کدام از عناصر مدل تحلیل (فصل‌های ۶ و ۷) اطلاعاتی را فراهم می‌آورد که برای ایجاد چهار مدل طراحی مورد نیاز جهت تعیین مشخصات کامل طراحی ضروری هستند. جریان اطلاعات طی طراحی نرم‌افزار در شکل ۱-۸ نشان داده شده است. مدل خواسته‌ها، که توسط عناصر مبتنی بر سناریو، مبتنی بر کلاس، جریان‌گرا و رفتاری نمود پیدا می‌کند، وظیفه‌ی طراحی را تغذیه می‌کند. در طراحی، با استفاده از نمادگذاری طراحی و روش‌های طراحی که در فصل‌های آینده بحث خواهد شد، طراحی داده‌های کلاس‌ها، طراحی معماری، طراحی واسط و طراحی مؤلفه‌ها ایجاد می‌شود.



شکل ۱-۸ برگردان مدل خواسته‌ها به مدل طراحی.

طراحی داده‌ها/کلاس‌ها، مدل‌های کلاس‌ها (فصل ۶) به کلاس‌های طراحی و ساختمان داده‌های لازم برای پیاده‌سازی نرم‌افزار تبدیل می‌شوند. اشیا و روابط تعریف شده در نمودار CRC و جزئیات محتویات داده‌های تصویر شده توسط صفات کلاس و سایر نمادگذاری‌ها، مبنایی برای کنش طراحی داده‌ها فراهم می‌آورد. بخشی از طراحی کلاس‌ها ممکن است مرتبط با طراحی معماری نرم‌افزار رخ دهد. طراحی مفصل‌تر کلاس‌ها با طراحی هر مؤلفه از نرم‌افزار صورت می‌پذیرد.

> «متداول‌ترین معجزه‌ی مهندسی نرم‌افزار، گذار از تحلیل به طراحی و گذار از طراحی به کد است.»
>
> **ریچارد دو**

اندرز

طراحی نرم‌افزار همواره باید با در نظر گرفتن داده‌ها- بنیادی برای همه‌ی عناصر دیگر طراحی- آغاز شود. پس از این که بنیاد مذکور گذاشته شد، معماری باید به‌دست آورده شود. تنها در آن صورت است که باید سایر وظایف طراحی را اجرا کرد.

SafeHome

طراحی در مقایسه با کد نویسی

صحنه: اتاقک جیمی، هنگامی که تیم آماده ترجمه خواسته‌ها به طراحی می‌شود.

نقش‌آفرینان: جیمی، وینود و اد- همه‌ی اعضای تیم نرم‌افزار *SafeHome*

گفتگوها:

جیمی: داگ [مدیر تیم] از طراحی خوشش نمی آید. رو راست بگویم، چیزی که دوست دارم انجام بدهم، کد نویسی است. C++ یا جاوا که باشد، خوشحالم می‌کند.

اد: نه... از طراحی خوشت می‌آید.

جیمی: گوش نمی کنی؛ کد نویسی کار اصلی است.

وینود: فکر کنم منظور اد این است که تو واقعاً کد نویسی را دوست نداری بلکه طراحی و بیان آن به‌صورت کد را دوست داری. کد زبانی است برای نمایش طراحی.

جیمی: و مشکل آن چی هست؟

وینود: سطح انتزاع.

جیمی: چی؟

اد: زبان برنامه‌نویسی برای نشان دادن جزئیاتی مثل ساختمان داده‌ها و الگوریتم‌ها خوب است، ولی برای به نمایش در آوردن معماری یا همکاری میان مؤلفه‌ها... یا چیزهایی از این دست خوب نیست.

وینود: و یک معماری بد می‌تواند حتی بهترین کدها را خراب کند.

جیمی (لحظه‌ای به فکر فرو می‌رود): یعنی می‌گویی که من نمی توانم معماری را در قالب کدها نشان دهم... نه خیر درست نیست.

وینود: قطعاً می‌توانی معماری را در قالب کد ارائه بدهی، ولی در اکثر زبان‌های برنامه‌نویسی، به‌دست آوردن تصویری واضح از معماری یا بررسی کدها خیلی سخت است.

اد: و ما قبل از شروع کدنویسی چه می‌خواهیم؟

جیمی: بسیار خب، شاید طراحی و کدنویسی دو تا کار متفاوت باشند، ولی من هنوز کد نویسی را بیشتر دوست دارم.

در طراحی معماری، رابطه‌ی میان عناصر ساختاری اصلی نرم‌افزار، سبک‌های معماری و الگوهای معماری تعریف می‌شود که از آن‌ها می‌توان در دستیابی به خواسته‌های تعریف شده برای سیستم و قید و بندهای مؤثر بر شیوه‌ی پیاده‌سازی معماری استفاده کرد [Sha96]. نمایش طراحی معماری- که چارچوب سیستم کامپیوتری است- از مدل خواسته‌ها به‌دست می‌آید.

در طراحی واسطها چگونگی برقراری ارتباط نرم‌افزار با سیستم‌هایی که با آن همکاری متقابل دارند و با افرادی که از آن‌ها استفاده می‌کنند، توصیف می‌شود. واسط، جریان اطلاعات را (مثلاً کنترل و/یا داده‌ها) و نوع مشخصی از رفتار را نشان می‌دهد. بنابراین، مدل‌های رفتاری و سناریوهای کاربری، اکثر اطلاعات لازم برای طراحی واسط را فراهم می‌سازند.

طراحی در سطح مولفه‌ها، عناصر ساختاری معماری نرم‌افزار را به توصیف روالی از مؤلفه‌های نرم‌افزار تبدیل می‌کند. اطلاعات به‌دست آمده از مدل‌های مبتنی بر کلاس‌ها، مدل‌های جریان و مدل‌های رفتاری به‌عنوان مبنایی برای طراحی مؤلفه‌ها عمل می‌کنند.

در طول طراحی، تصمیم‌هایی می‌گیرند که در نهایت بر موفقیت ساخت نرم‌افزار و به همان اندازه از اهمیت، بر سهولت نگهداری نرم‌افزار تأثیر می‌گذارند. ولی چرا طراحی این همه اهمیت دارد؟

اهمیت طراحی نرم‌افزار را در یک کلمه می‌توان خلاصه کرد- *کیفیت*. طراحی جایی است که کیفیت از آن وارد مهندسی نرم‌افزار می‌شود. طراحی نمایش‌هایی از نرم‌افزار را در اختیارتان قرار خواهد داد که برای کیفیت می‌توانید آن‌ها را مورد ارزیابی قرار دهید. طراحی تنها راهی است که می‌توانید از طریق آن‌ها خواسته‌های طرف‌های ذی‌نفع را به درستی به محصول یا سیستم نهایی ترجمه کنید. طراحی نرم‌افزار به‌عنوان بستری برای همه‌ی فعالیت‌های مهندسی و پشتیبانی نرم‌افزار که به دنبال خواهند آمد، عمل می‌کند. بدون طراحی، ساخت سیستمی ناپایدار را همراه با ریسک می‌پذیرید- سیستمی که با اعمال تغییرات کوچک، به شکست می‌انجامد؛ سیستمی که آزمایش آن ممکن است دشوار باشد؛ سیستمی که کیفیت آن تا اواخر فرایند قابل ارزیابی نیست، یعنی زمانی که وقت تنگ است و مبالغ هنگفتی هزینه شده است.

> دو راه برای بنا نهادن طراحی نرم‌افزار وجود دارد. یکی آن که طراحی را چنان ساده کنیم که به‌وضوح هیچ کمبودی نشان ندهند و راه دیگر آن است که طراحی را چنان پیچیده کنیم که هیچ کمبود آشکاری وجود نداشته باشد. روش اول به مراتب دشوارتر است.
>
> **سی. ای. آر. هوار**

۸-۲ فرایند طراحی

طراحی نرم‌افزار، فرایندی مبتنی بر تکرار است که از طریق آن خواسته‌ها به «نقشه‌ای» برای ساخت نرم‌افزار ترجمه می‌شوند. در آغاز، این نقشه نمایی کلی از نرم‌افزار را به تصویر می‌کشد. یعنی، طراحی در سطح بالایی از انتزاع نمایش داده می‌شود- سطحی که به‌طور مستقیم تا هدف خاصی از سیستم و جزئیات بیشتری از خواسته‌های داده ای، عملیاتی و رفتاری قابل پیگیری است. با تکرارشدن طراحی، پالایش‌های بعدی به نمایش‌های طراحی در سطوح پایین تری از انتزاع منجر می‌شود. این‌ها را نیز می‌توان تا خواسته‌ها پیگیری کرد، ولی ارتباطات ظریف‌ترند.

۸-۲-۱ دستور العمل‌ها و صفات کیفیت نرم‌افزار

در سرتاسر فرایند طراحی، کیفیت طراحی در حال تکامل، با یک سری بازبینی‌های فنی قابل ارزیابی است که در فصل ۱۵ بحث خواهد شد. مک گلافلین [McG91] سه خصوصیت پیشنهاد می‌کند که به‌عنوان راهنمایی برای تکامل طراحی خوب به‌شمار می‌روند.

- طراحی باید همه‌ی خواسته‌های صریح موجود در مدل خواسته‌ها را پیاده‌سازی کند و باید همه‌ی خواسته‌های ضمنی مطلوب طرف‌های ذی‌نفع را پاسخ گو باشد.
- طراحی باید یک راهنمای خوانا و قابل فهم (۱) برای کسانی باشد که کدها را تولید می‌کنند و (۲) برای کسانی که نرم‌افزار را آزمایش و بعداً پشتیبانی می‌کنند.
- طراحی باید تصویر کاملی از نرم‌افزار باشد که دامنه‌های داده‌ای، عملیاتی و رفتاری را از دیدگاه پیاده‌سازی به نمایش بگذارد.

در واقع، هر کدام از این خصوصیت‌ها فرایند طراحی است. ولی هر کدام از این اهداف چگونه قابل حصول است؟

> «نوشتن قطعه کدی هوشمندانه یک چیز است؛ طراحی چیزی که بتوان تجارتی را در درازمدت پشتیبانی کند چیزی کاملاً متفاوت است.»
>
> **سی. فرگوسن**

اطلاعات

دستیابی به کیفیت طراحی- مرور فنی

طراحی مهم است چون به تیم نرم‌افزار امکان ارزیابی کیفیت نرم‌افزار را پیش از پیاده‌سازی آن می‌دهد- یعنی در زمانی که جاافتادگی‌ها، خطاها یا ناسازگاری‌ها را با هزینه بسیار کم می‌توان تصحیح کرد. ولی کیفیت را چگونه می‌توان در طول طراحی ارزیابی کرد؟ نرم‌افزار را نمی‌توان آزمایش کرد چون هنوز اصلاً نرم‌افزاری وجود ندارد که آزمایش شود. چه باید کرد؟ در طول طراحی، کیفیت با اجرای یک سری بازبینی‌های فنی ارزیابی می‌شود. مرور فنی را در فصل ۱۵ به تفصیل مورد بحث قرار خواهیم داد، ولی در این مرحله، ارائه خلاصه‌ای از این تکنیک مناسب به نظر می‌رسد. مرور فنی، جلسه‌ای است که توسط اعضای تیم نرم‌افزار برگزار می‌شود. معمولاً بسته به دامنه‌ی اطلاعات طراحی که باید مرور شود، دو، سه یا چهار نفر در این جلسه شرکت می‌کنند. هر شخص نقشی دارد: رهبر مرور، برنامه‌ریزی جلسه را بر عهده دارد، دستور کاری تنظیم می‌کند و جلسه را اداره می‌کند؛ منشی جلسه یادداشت بر می‌دارد تا چیزی از قلم نیفتد؛ تولیدکننده کسی است که محصول کاری او (مثلاً طراحی مؤلفه‌ای از نرم‌افزار) قرار است مرور شود. پیش از جلسه، به هر یک از افراد حاضر در تیم مرور یک نسخه از محصول کاریِ طراحی داده می‌شود و از او خواسته می‌شود آن را بخواند و به دنبال خطاها، جاافتادگی‌ها یا ابهام‌ها بگردد. با شروع جلسه، هدف، ذکر همه‌ی مشکلات محصولات کاری است به‌طوری که بتوان آن‌ها را قبل از شروع پیاده‌سازی تصحیح کرد. مرور فنی معمولاً نود دقیقه تا دو ساعت زمان می‌برد. در پایان جلسه، تیم مرور تعیین می‌کند که قبل از این که محصول کاریِ طراحی را بتوان به‌عنوان بخشی از مدل طراحی نهایی به تصویب رساند، آیا به کنش‌های بیشتری نیاز هست یا خیر.

دستور العمل‌های کیفیتی. شما و سایر اعضای تیم نرم‌افزار به منظور تعیین کیفیت نمایش طراحی باید ملاک‌هایی فنی برای طراحی خوب وضع کنید. در بخش ۳-۸ درباره مفاهیم طراحی‌ای بحث خواهیم کرد که به‌عنوان ملاک‌های کیفیت نرم‌افزار نیز عمل می‌کنند. در حال حاضر، دستور العمل‌های زیر را در نظر می‌گیریم:

۱. طراحی باید معماری‌ای را نشان دهد که (۱) با استفاده از سبک‌ها یا الگوهای معماری شناخته شده ایجاد شده باشند، (۲) از مؤلفه‌هایی تشکیل شده باشد که خصوصیات طراحی خوبی از خود به نمایش بگذارند (این خصوصیات را بعداً در همین فصل مورد بحث قرار خواهیم داد.)، و (۳) به شیوه‌ای تکاملی قابل پیاده‌سازی باشند[1] تا به این ترتیب، پیاده‌سازی و آزمایش تسهیل گردد.

۲. طراحی باید پیمانه‌بندی شده باشد؛ یعنی نرم‌افزار به طرزی منطقی به عناصر یا زیر سیستم هایش افراز شده باشد.

۳. طراحی باید حاوی نمایش‌های متمایزی از داده‌ها، معماری، واسط‌ها و مؤلفه‌ها باشد.

خصوصیات طراحی خوب کدام‌اند؟

[1] برای سیستم‌های کوچکتر، طراحی را گاهی می‌توان به‌صورت خطی نیز توسعه داد.

۴. طراحی باید به ساختمان داده‌ای منجر گردد که برای کلاس‌هایی که قرار است پیاده‌سازی شوند و از الگوهای داده‌ای قابل تشخیص بیرون کشیده می‌شوند، مناسب باشند.

۵. نتیجه‌ی طراحی باید مؤلفه‌هایی باشد که از خود خصوصیات عملیاتی مستقل به نمایش بگذارند.

۶. طراحی باید به واسط‌هایی بینجامد که پیچیدگی ارتباطات میان مؤلفه‌ها و ارتباط آن‌ها با محیط خارجی را کاهش دهند.

۷. طراحی باید با استفاده از روشی تکرار پذیر به‌دست آید که خود با اطلاعات حاصل از تحلیل خواسته‌های نرم‌افزار به‌دست می‌آید.

۸. طراحی باید با به‌کارگیری نمادهایی ارائه شود که معنا و مفهوم را به خوبی برساند.

رسیدن به این اهداف با بخت و اقبال میسر نخواهد بود. برای رسیدن به آن‌ها باید یک سری اصول بنیادی طراحی، روش شناسی سیستماتیک و مرور کامل را به‌کار برد.

صفات کیفیتی. هیولت- پاکارد [Gra 87] یک مجموعه صفات کیفیتی برای نرم‌افزار توسعه داده است که به اختصار به‌عنوان FURPS (قابلیت عملیاتی، قابلیت کاربرد، قابلیت اطمینان، کارایی و قابلیت پشتیبانی) شناخته می‌شوند. صفات کیفیتی FURPS نشان‌گر هدفی برای همه‌ی طراحی نرم‌افزارند.

- *قابلیت عملیاتی* (Functionality) با تعیین مجموعه ویژگی‌ها و قابلیت‌های برنامه، عملیات کلی که تحویل می‌شوند و امنیت کل سیستم ارزیابی می‌شود.
- *قابلیت کاربرد* (Usability) با اندازه‌گیری عوامل انسانی (فصل ۱۱)، زیبایی شناسی کلی، سازگاری و مستندسازی سنجیده می‌شود.
- *قابلیت اطمینان* (Reliability) با اندازه‌گیری فراوانی و شدت شکست‌ها، صحت نتایج خروجی، میانگین زمان شکست (MTTF)، توانایی خلاصی یافتن از شکست و قابلیت پیش بینی برنامه تعیین می‌شود. *کارایی* با در نظر گرفتن سرعت پردازش، زمان پاسخ دهی، مصرف منابع، توان عملیاتی و بازدهی سنجیده می‌شود.
- *قابلیت پشتیبانی* (Supportability) ترکیبی است از توان بسط برنامه (بسط‌پذیری)، قابلیت انطباق، قابلیت سرویس- این سه صفت، در کل نشان‌گر صفتی متداول‌تر، موسوم به قابلیت نگهداری هستند- و علاوه بر آن، قابلیت آزمایش، سازگاری، قابلیت پیکربندی (توانایی سازمان دهی و کنترل عناصر پیکربندی نرم‌افزار، فصل ۲۲)، سهولت نصب سیستم و سهولت پیداکردن مسائل.

در توسعه‌ی طراحی نرم‌افزار، همه‌ی صفات کیفیتی نرم‌افزار به یک میزان اهمیت ندارند. در یک برنامه‌ی کاربرد ممکن است قابلیت عملیاتی با تأکیدی خاص بر امنیت مورد توجه باشد ولی در برنامه‌ی کاربردی دیگر کارایی همراه با تأکیدی خاص بر سرعت پردازش مورد توجه باشد. در سومی ممکن است قابلیت اطمینان مد نظر باشد. این میزان اهمیت هر چه که باشد، شایان ذکر است که این صفات کیفیتی را باید همان زمان که طراحی شروع می‌شود، مورد توجه قرار داد نه پس از کامل‌شدن طراحی و شروع ساخت.

"کیفیت، چیزی نیست که مثل گذاشتن یک پولک و زرق و برق روی درخت کریسمس به‌دست آید."

رابرت پیرسیگ

اندرز

طراحان نرم‌افزار تمایل دارند مسائلی را کانون توجه قرار دهند که قرار است حل شود. فقط فراموش نکنید که صفات FURPS همه‌واره بخشی از مسأله‌اند. آن‌ها را باید در نظر گرفت.

۲-۲-۸ تکامل طراحی نرم‌افزار

تکامل طراحی نرم‌افزار، فرایندی پیوسته است که اکنون نزدیک به شش دهه را پشت سر گذاشته است.

کار طراحی اولیه بر ملاک‌هایی برای توسعه‌ی برنامه‌های پیمانه‌بندی شده [Den73] و روش‌هایی برای پالایش ساختارهای نرم‌افزار به‌شیوه‌ای از بالا به پایین (top-down) [Wir71] متمرکز است. جنبه‌های روالی (procedural aspects) تعریف، به فلسفه‌ای موسوم به برنامه‌نویسی ساخت‌یافته ([Mil72]، [Dah72]) تکامل پیدا کرد. در کارهای بعدی روش‌هایی برای ترجمه‌ی جریان داده‌ها [Ste74] یا ساختمان داده‌ها ([Jac75]، [War74]) به تعریف طراحی پیشنهاد شد. در رویکردهای جدیدتر طراحی ([Jac92]،[Gsm95]) روشی شیءگرا برای رسیدن به طراحی پیشنهاد شد. در رویکردهای جدیدتر، در طراحی نرم‌افزار، معماری نرم‌افزار [Kru06] و الگوهای طراحی قابل استفاده در پیاده‌سازی معماری نرم‌افزار و سطوح پایین تری از انتزاع در طراحی مورد تأکید بوده‌اند ([Hol06]، [Sha05]). تأکید فزاینده بر روش‌های جنبه‌گرا ([Cla05]، [Jac04])، باعث شده است تا توسعه‌ی مبتنی بر مدل [Sch 06] و توسعه مبتنی بر آزمون [Ast04]، بر تکنیک‌های دستیابی به پیمانه‌بندی و ساختار معماری اثربخش‌تر در طراحی‌های ایجادشده، بیش از پیش مورد توجه قرار گیرد.

چند روش طراحی که از میان کارهای ذکر شده در بالا متبلور شده‌اند، در سرتاسر صنعت نرم‌افزار مورد استفاده قرار گرفته‌اند. همانند روش‌های تحلیلی که در فصل‌های ۶ و ۷ ارائه شدند، هر روش طراحی حاوی نمادگذاری و ابتکاری منحصر به فرد، با دیدی نسبتاً محدود از آن چیزی است که کیفیت طراحی را مشخص می‌کند. با این وجود، همه‌ی این روش‌ها یک سری خصوصیات مشترک دارند: (۱) سازوکاری برای ترجمه مدل خواسته‌ها به نمایش طراحی، (۲) یک نمادگذاری برای نمایش مؤلفه‌های عملیاتی و واسط‌های آن‌ها، (۳) ابتکاراتی برای پالایش و افراز و (۴) دستور العمل‌هایی برای ارزیابی کیفیت.

هر روش طراحی که به‌کار برده شود، باید مجموعه‌ای از مفاهیم طراحی داده ای، طراحی معماری، طراحی واسط‌ها و طراحی در سطح مؤلفه‌ها را به‌کار ببرید، که در بخش بعدی به این مفاهیم خواهیم پرداخت.

«طراح خوب می‌داند که وقتی به کمال رسیده است که چیزی برای دور انداختن وجود نداشته باشد نه اینکه چیزی برای اضافه کردن وجود نداشته باشد.»

آنتوان دوسنت اگزوپری

چه خصوصیاتی در همه‌ی روش‌های طراحی، مشترک هستند؟

۸-۳ مفاهیم طراحی

در تاریخ مهندسی نرم‌افزار، مجموعه‌ای از مفاهیم بنیادی نرم‌افزار تکامل یافته است. گرچه میزان توجه به هر مفهوم طی این سال‌های تغییر کرده است، هر کدام از آن‌ها از امتحان زمان سر بلند بیرون آمده‌اند. هر کدام از این مفاهیم برای طراح نرم‌افزار، بستری فراهم می‌سازد که روش‌های پیچیده‌تر طراحی را بر اساس آن می‌تواند به‌کار ببرد. هر کدام از این مفاهیم شما را در پاسخ گفتن به پرسش‌های زیر یاری می‌دهد:

- برای افراز نرم‌افزار به مؤلفه‌های جداگانه از چه ملاک‌هایی می‌توان استفاده کرد؟
- جزئیات قابلیت عملیاتی یا ساختمان داده‌ها چگونه از نمایش مفهومی نرم‌افزار جدا می‌شود؟
- کدام ملاک‌های یکنواخت، کیفیت فنی طراحی نرم‌افزار را تعیین می‌کنند؟

ام. ای. جکسون [Jac75] زمانی گفته است: «شروع خرد برای مهندس نرم‌افزار زمانی است که اختلاف میان به‌کار انداختن یک برنامه و درست انجام دادن آن را تشخیص دهد.» مفاهیم بنیادی طراحی نرم‌افزار، چارچوب لازم برای «درست انجام دادن» را فراهم می‌آورند.

در بخش‌هایی که به دنبال خواهد آمد، مروری مختصر بر مفاهیم مهم طراحی نرم‌افزار خواهیم داشت که هر دو شیوه سنتی و شیءگرا برای توسعه‌ی نرم‌افزار را شامل می‌شوند.

مجموعه وظایف

مجموعه وظایف کلی مربوط به طراحی

۱. مدل دامنه‌ی اطلاعاتی و ساختمان داده‌ای مناسب را برای اشیای داده‌ای و صفات آن‌ها بررسی کنید.
۲. با استفاده از مدل تحلیل، یک سبک معماری انتخاب کنید که مناسب نرم‌افزار باشد.
۳. مدل تحلیل را به زیر سیستم‌های طراحی، افراز و وظیفه‌ی هر زیر سیستم را در معماری مشخص کنید.
   هر زیر سیستم از نظر عملیاتی باید یکپارچگی داشته باشد.
   رابط‌های میان زیرسیستم‌ها را طراحی کنید.
   به هر زیر سیستم، کلاس‌های تحلیل یا قابلیت‌های عملیاتی تخصیص دهید.
۴. مجموعه‌ای از کلاس‌های طراحی یا مؤلفه‌ها ایجاد کنید:
   توصیف کلاس تحلیل را به کلاس طراحی ترجمه کنید.
   هر کلاس طراحی را در مقابل ملاک‌های طراحی چک کنید؛ مسائل وراثتی را مد نظر داشته باشید.
   متدها و پیام‌های مرتبط با هر کلاس طراحی را تعریف کنید.
   الگوهای طراحی را برای یک کلاس یا زیرکلاس طراحی، ارزیابی و انتخاب کنید.
   کلاس‌های طراحی را مرور و در صورت نیاز بازنویسی کنید.
۵. هرگونه واسط لازم برای سیستم‌ها یا دستگاه‌های خارجی را طراحی کنید.
۶. واسط کاربری را طراحی کنید:
   نتایج تحلیل وظایف را مرور کنید.
   سلسله کنش‌ها را بر اساس سناریوهای کاربری مشخص سازید.
   مدل رفتاری واسط را ایجاد کنید.
   اشیای واسط و سازوکارهای کنترلی را تعریف کنید.
   طراحی واسط‌ها را مرور و در صورت نیاز، بازنویسی کنید.
۷. طراحی را در سطح مؤلفه‌ها را انجام دهید.
   همه‌ی الگوریتم‌ها را در سطح نسبتاً پایین از انتزاع مشخص کنید.
   واسط هر مؤلفه پالایش کنید.
   هر مؤلفه را مرور و همه‌ی خطاهای آشکارشده را تصحیح کنید.
۸. مدلی برای استقرار تهیه کنید.

۸-۳-۱ انتزاع (Abstraction)

هنگامی که راهکاری پیمانه‌ای را برای مسأله در نظر می‌گیرید، سطوح انتزاع متعددی ممکن است پیش آید. در بالاترین سطح انتزاع، راهکار در قالب عبارت‌هایی کلی و با استفاده از زبان محیط مسأله، بیان می‌شود. در سطوح پایین انتزاع، توصیف مشروح‌تری از راهکار ارائه می‌شود. برای بیان راهکار، اصطلاح‌شناسی مسأله با اصطلاح‌شناسی پیاده‌سازی، تلفیق می‌شود. سرانجام، در پایین‌ترین سطح از انتزاع، راهکار به شیوه‌ای بیان می‌شود که به‌طور مستقیم قابل اجرا و پیاده‌سازی باشد.

«انتزاع یکی از شیوه‌های بنیادی است که ما انسان‌ها از طریق آن با پیچیدگی کار می‌آییم.»

گرادی بوچ

با توسعه‌یافتن سطوح متفاوت انتزاع، روی ایجاد هر دو نوع انتزاع فرایندی و داده‌ای کار می‌کنید. منظور از انتزاع فرایندی، دستورالعمل‌هایی است که وظیفه‌ای مشخص و محدود دارند. از نام انتزاع فرایندی، این وظایف پیداست، ولی جزئیات خاصی کنار گذاشته می‌شود. مثالی از انتزاع فرایندی، واژه *باز کردن* برای درهاست. *باز کردن* به معنای سلسله‌ای طولانی از مراحل روالی است (مثلاً رفتن به طرف در، دراز کردن دست و گرفتن دستگیره، چرخاندن دستگیره، کشیدن در و دورشدن از در)[1].

انتزاع داده‌ای مجموعه‌ای از داده‌ها با نام مشخص است که شیء داده‌ای را توصیف می‌کند. در حیطه‌ی انتزاع فرایندی برای *باز کردن در*، می‌توانیم یک انتزاع داده‌ای با نام **door** تعریف کنیم. همانند هر شیء داده‌ای دیگر، انتزاع داده‌ای برای **door** شامل مجموعه‌ای از صفات خواهد شد که در را توصیف می‌کنند (مثل نوع در، جهت بسته‌شدن آن، سازوکار باز شدن، وزن، ابعاد). لازم می‌آید که «*انتزاع فرایندی باز کردن در*» از اطلاعات موجود در صفات انتزاع داده‌ای **door** استفاده کند.

اندرز

به‌عنوان طراح، سخت کار کنید تا هر دو نوع انتزاع فرایندی و داده‌ای را که به مسأله‌ی مورد نظر کمک می‌کند، به‌دست آورید. اگر آن‌ها بتوانند به‌عنوان دامنه‌ی کامل مسائل عمل کنند، حتی بهتر خواهد بود.

۸-۳-۲ معماری (Architecture)

معماری نرم‌افزار به «ساختار کلی نرم‌افزار و شیوه‌هایی مربوط می‌شود که این ساختار باعث یکپارچگی مفهومی در سیستم می‌گردد.» [Sha 95a]. معماری در ساده‌ترین شکل خود، ساختار یا سازمان‌دهی مؤلفه‌های برنامه، شیوه‌ی تعامل این مؤلفه‌ها و ساختمان داده‌های قابل استفاده توسط این مؤلفه‌هاست. ولی از یک دیدگاه گسترده‌تر، مؤلفه‌ها را می‌توان طوری تعمیم بخشید که عناصر اصلی سیستم و تعامل‌های آن‌ها را نشان دهند.

یکی از اهداف مهندسی نرم‌افزار، به‌دست آوردن یک نمای معماری از سیستم است. این نما به‌عنوان چارچوبی عمل می‌کند که از طریق آن فعالیت‌های مشروح‌تر طراحی اجرا می‌شوند. مجموعه‌ای از الگوهای معماری، مهندس نرم‌افزار را قادر به حل مسائل رایج در طراحی می‌سازند.

شا و گارلان [Sha 95a] مجموعه‌ای از خواص را توصیف می‌کنند که خوب است به‌عنوان بخشی از طراحی معماری در نظر گرفته شوند:

خواص ساختاری. در این جنبه از نمایش طراحی معماری، مؤلفه‌های سیستم (مثل پیمانه‌ها، اشیاء، فیلترها) و شیوه‌ی بسته‌بندی و تعامل آن‌ها با یکدیگر تعیین می‌شود. برای مثال، اشیا بسته‌بندی می‌شوند تا هم داده‌ها و هم پردازش‌های عمل‌کننده روی این داده‌ها را پنهان‌سازی کنند و از طریق فراخوانی متدها با یکدیگر تعامل می‌کنند.

خواص عملیاتی اضافی. در توصیف طراحی معماری باید چگونگی برآورده‌شدن خواسته‌های کارایی، ظرفیتی، قابلیت اطمینان، امنیت، انطباق پذیری، و سایر خصوصیات سیستم در معماری طراحی در نظر گرفته شود.

خانواده‌های سیستم‌های مرتبط. در طراحی معماری باید الگوهایی تکرار پذیر به‌دست آورده شود که به‌طور متداول در طراحی خانواده‌هایی از سیستم‌های مرتبط با آن مواجه می‌شویم. در اصل، طراحی باید توانایی استفاده‌ی مجدد از قطعات سازنده‌ی معماری را داشته باشد.

مرجع وب

بحثی عمیق درباره معماری نرم‌افزار را می‌توان در www.sei.cmu.edu/ata/ata_init.html یافت.

«معماری نرم‌افزار محصول کاری‌ای است که بیشترین غایدی را در خصوص سرمایه‌گذاری از نظر کیفیت، زمان‌بندی و هزینه می‌دهد.»

لن باس و سایرین

[1] به هر حال، لازم به ذکر است که مجموعه‌ای از عملیات را می‌توان جایگزین مجموعه‌ای دیگر کرد، مشروط بر آن‌که وظیفه‌ی مورد نظر در انتزاع فرایندی بدون تغییر بماند. بنابراین، مراحل لازم برای پیاده‌سازی روال *باز کردن در* یا خودکاربودن در یا متصل‌شدن آن به یک حس‌گر، به‌طور چشمگیری تغییر خواهد کرد.

با توجه به خواص مذکور، طراحی معماری را می‌توان با به‌کارگیری یک یا چند مدل متفاوت به‌نمایش در آورد [Gar95]. در *مدل‌های ساختاری*، معماری به‌صورت مجموعه‌ای سازمان یافته از مؤلفه‌های برنامه نمایش داده می‌شود. *مدل‌های چارچوبی* با تلاش برای شناسایی چارچوب‌های طراحی معماری تکرارپذیری که در انواع مشابه‌کاربردها مشاهده می‌شوند، سطح انتزاع را در طراحی بالا می‌برند. *مدل‌های پویا* به جنبه‌های رفتاری معماری برنامه می‌پردازند و چگونگی تغییر پیکربندی سیستم یا ساختار را به‌عنوان تابعی از رویدادهای خارجی مشخص می‌کنند. در *مدل‌های فرایندی*، طراحی فرایند تجاری یا فنی‌ای که سیستم باید دربرگیرد، کانون توجه قرار می‌گیرد. سرانجام، مدل‌های عملیاتی را می‌توان برای به نمایش در آوردن سلسله مراتب عملیات‌ها در یک سیستم به‌کار برد.

چند زبان توصیف معماری (ADL) متفاوت برای نشان دادن این مدل‌ها توسعه یافته است [Sha95b]. گرچه ADLهای متفاوت فراوانی پیشنهاد شده است، اکثریت آن‌ها سازوکارهایی برای توصیف مؤلفه‌های سیستم و شیوه‌ی اتصال آن‌ها به یکدیگر فراهم می‌آورند.

باید توجه داشته باشید که درباره نقش معماری در طراحی، بحث و جدل وجود دارد. برخی پژوهشگران چنین استدلال می‌کنند که به‌دست آوردن معماری نرم‌افزار را باید از طراحی جدا کرد و آن را بین کنش‌های مهندسی خواسته‌ها و کنش‌های سنتی‌تر طراحی انجام داد. عده‌ای دیگر بر این باورند که به‌دست آوردن معماری، بخشی جدایی ناپذیر از فرایند طراحی است. شیوه مشخص کردن معماری و نقش آن در فصل ۹ بحث خواهد شد.

اندرز

اجازه ندهید که معماری خودش اتفاق بیفتد. اگر چنین کنید، بقیه‌ی پروژه را صرف این خواهید کرد که طراحی را به اجبار در آن بگنجانید. معماری را به صراحت تعیین کنید.

«هر الگو مسأله‌ای را توصیف می‌کند که بارها و بارها در محیط ما رخ می‌دهد و سپس هسته‌ی راهکار آن مسأله را شرح می‌دهد به گونه‌ای که بتوانید از این راهکار هزاران بار استفاده کنید بدون این که نیاز به دوباره‌کاری داشته باشید.»

کریستوفر الکساندر

۸-۳-۳ الگوها (Patterns)

براد اپلتون، *الگوی طراحی* را به‌صورتی که به‌دنبال خواهد آمد، تعریف می‌کند: «الگو عبارت است از کتیبه‌ای دارای نام که حامل جوهره‌ی راهکار اثبات شده برای مسأله‌ای تکراری در حیطه‌ی معین و در میان دغدغه‌های گوناگون است.» [App00]. به بیان دیگر، الگوی طراحی، توصیفی است از یک ساختار طراحی که یک مسأله طراحی را در حیطه‌ای خاص حل می‌کند و «نیروهایی» بینا بینی که ممکن است بر شیوه به‌کارگیری و استفاده از این الگو تأثیرگذار باشند.

هدف هر الگوی طراحی فراهم‌ساختن توصیفی است که طراح به کمک آن بتواند تعیین کند که (۱) آیا این الگو برای کار فعلی قابل استفاده هست، (۲) آیا این الگو قابل استفاده‌ی مجدد هست (تا در زمان طراحی صرفه‌جویی شود) و (۳) آیا این الگو می‌تواند به‌عنوان راهنمایی برای توسعه‌ی یک الگوی مشابه ولی با ساختار و عملکرد متفاوت عمل کند. الگوهای طراحی را در فصل ۱۲ به تفصیل بحث خواهیم کرد.

۸-۳-۴ جداسازی دغدغه‌ها (Separation of Concerns)

جداسازی دغدغه‌ها، یک مفهوم طراحی است [Dij82] که پیشنهاد می‌کند هر مسأله پیچیده‌ای را می‌توان بهتر حل کرد اگر به قطعاتی تقسیم گردد که هر یک را بتوان به‌طور مستقل، حل و/یا بهینه‌سازی کرد. هر *دغدغه*، ویژگی یا رفتاری است که به‌عنوان بخشی از مدل خواسته‌ها برای نرم‌افزار مشخص می‌شود. با جداسازی دغدغه‌ها به قطعات کوچکتر (و بنابراین با قابلیت اداره‌ی بهتر)، زمان و تلاش کمتری صرف حل مسأله می‌شود.

برای دو مسأله P_1 و P_2، اگر پیچیدگی P_1 بیشتر از پیچیدگی P_2 باشد، لازم می‌آید که تلاش به عمل آمده برای حل کردن P_1 بزرگتر از تلاش به عمل آمده برای حل کردن P_2 باشد. به‌عنوان یک حالت کلی، این نتیجه بدیهی است، چون حل مسائل مشکل‌تر زمان بیشتری طلب می‌کند.

همچنین لازم می‌آید که پیچیدگی تلفیق دو مسأله، غالباً بیشتر از مجموع پیچیدگی‌های هر یک از دو مسأله به تنهایی باشد. این به یک راهبرد، تقسیم و حل منجر می‌گردد- حل یک مسأله‌ی پیچیده با تقسیم آن به قطعات کوچکتر قابل مدیریت، آسان‌تر خواهد شد. این واقعیت، در خصوص پیمانه‌بندی نرم‌افزار، اهمیتی چشمگیر دارد.

جداسازی دغدغه‌ها در سایر مفاهیم طراحی مرتبط نیز نمود می‌یابد: پیمانه‌بندی، جنبه‌ها، استقلال عملیاتی، و پالایش. هر کدام از این مفاهیم را در بخش‌های بعدی مورد بحث قرار خواهیم داد.

۸-۳-۵ پیمانه‌بندی (Modularity)

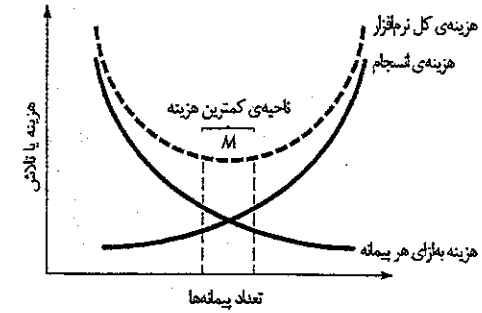
پیمانه‌بندی، متداول‌ترین نمود جداسازی دغدغه‌هاست. نرم‌افزار به مؤلفه‌های جداگانه و دارای نام تقسیم می‌شود که گاه از آن‌ها با عنوان پیمانه یاد می‌شود؛ از انسجام این پیمانه‌ها، خواسته‌های مسأله برآورده می‌شود.

گفته شده است که «پیمانه‌بندی تنها صفت نرم‌افزار است که اداره‌ی هوشمندانه‌ی برنامه را میسر می‌سازد.» [Mye 78]. نرم‌افزار یکپارچه (یعنی برنامه بزرگی متشکل از تنها یک پیمانه) را مهندس نرم‌افزار نمی تواند به آسانی در اختیار داشته باشد. تعداد مسیرهای کنترلی، گستردگی ارجاع‌ها، تعداد متغیرها و پیچیدگی کلی، شناخت برنامه را تقریباً غیر ممکن می‌سازد. تقریباً در همه‌ی نمونه‌ها، باید طراحی را به چندین پیمانه تقسیم کنید، به این امید که درک و فهم مسأله آسان‌تر شود و در نتیجه هزینه لازم برای ساخت نرم‌افزار کاهش یابد.

با توجه به بحثی که در خصوص جداسازی دغدغه‌ها داشتیم، می‌توان نتیجه گرفت که اگر نرم‌افزار را به بی نهایت قطعه تقسیم کنید، تلاش لازم برای توسعه آن بسیار بسیار کوچک خواهد شد! متأسفانه، نیروهای دیگری وارد صحنه می‌شوند که باعث می‌شوند این نتیجه‌گیری (متأسفانه) نادرست از آب در آید. شکل ۲-۸ نشان می‌دهد که تلاش (هزینه) لازم برای توسعه‌ی یک پیمانه نرم‌افزار، با افزایش تعداد پیمانه‌ها کاهش می‌یابد. اگر مجموعه یکسانی از خواسته‌ها را در نظر بگیریم، بیشتربودن تعداد پیمانه‌ها به معنای کوچک‌ترشدن اندازه‌ی هر پیمانه خواهد بود. ولی با رشد تعداد پیمانه‌ها، تلاش (هزینه) مرتبط با انسجام‌بخشیدن به این پیمانه‌ها نیز رشد می‌کند. این خصوصیات به یک منحنی هزینه (تلاش) کل می‌انجامد که در شکل مشاهده می‌کنید. یک تعداد مشخص M از پیمانه‌ها وجود دارد که به کمترین هزینه‌ی توسعه منجر می‌شود، ولی پیش بینی این مقدار M کار آسانی نیست.

اندروز

استدلال مربوط به دغدغه‌ها را می‌توان بسیار بیش از اینها پیش برد. اگر مسأله‌ای را به یک مجموعه مسائل کوچک‌تر فرودستی تقسیم کنید، حل هر کدام از آن‌ها ساده‌تر می‌شود، ولی کار هم گذاشتن و منسجم ساختن آن‌ها نیز می‌تواند بسیار دشوار باشد.



شکل ۲-۸ پیمانه‌بندی و هزینه نرم‌افزار.

منحنی‌های نشان داده شده در شکل ۲-۸ راهنمای کیفی مفیدی برای در نظر گرفتن پیمانه‌بندی فراهم می‌آورند. پیمانه‌بندی را باید انجام دهید، ولی باید احتیاط کنید که تعداد پیمانه‌ها در همان حدود M باشد. از پیمانه‌بندی بیش از حد یا کمتر از حد مناسب باید پرهیز کرد. ولی حدود M را چگونه مشخص خواهید کرد؟ نرم‌افزار شما تا چه حد باید پیمانه‌بندی شود؟ پاسخ گویی به این پرسش‌ها به شناخت سایر مفاهیم طراحی نیاز دارد که بعداً در همین فصل به آن‌ها خواهیم پرداخت.

طراحی (و برنامه‌ی حاصل از آن) را باید طوری پیمانه‌بندی کنید که توسعه را بتوان به آسانی برنامه ریزی کرد؛ نسخه‌های نرم‌افزار را بتوان تعیین کرد و تحویل داد؛ تغییرات را بتوان به آسانی امکان داد؛ آزمایش و اشکال زدایی را با بازدهی بیشتر بتوان اجرا نمود و نگهداری دراز مدت را بتوان بدون اثرات جانبی اجرا کرد.

تعداد صحیح پیمانه‌ها برای یک سیستم مفروض کدام است؟

۸-۳-۶ پنهان‌سازی اطلاعات (Information Hiding)

مفهوم پیمانه‌بندی، شما را به این پرسش بنیادی رهنمون می‌شود: «چگونه یک راهکار نرم‌افزاری را برای به‌دست آوردن بهترین مجموعه از پیمانه‌ها تجزیه کنیم؟» از اصل پنهان کردن اطلاعات [Par72] چنین بر می‌آید که پیمانه‌ها باید «با تصمیم‌گیری‌های طراحی مشخص شوند که (هر) کدام از دید بقیه پنهان هستند.» به عبارت دیگر، پیمانه‌ها باید طوری مشخص و طراحی شوند که اطلاعات (الگوریتم‌ها و داده‌های) موجود در یک پیمانه نتواند در دسترس پیمانه‌های دیگری قرار گیرد که به این اطلاعات نیاز ندارند.

پنهان کردن به این معناست که پیمانه‌بندی اثربخش از طریق تعریف یک مجموعه پیمانه‌های مستقل قابل انجام است. این مجموعه پیمانه تنها با پیمانه‌ی دیگری ارتباط برقرار می‌کند که حاوی اطلاعات لازم برای دستیابی به عملکرد نرم‌افزار است. انتزاع به تعریف موجودیت‌های روالی (یا اطلاعاتی) کمک می‌کند که نرم‌افزار را تشکیل می‌دهند. پنهان‌سازی، قید و بندهای دستیابی به جزئیات روالی در داخل یک پیمانه و در هر ساختمان داده‌ی محلی مورد استفاده‌ی آن پیمانه را تعریف و ایجاب می‌کند [Ros75].

نکته‌ی کلیدی

هدف از پنهان‌سازی اطلاعات، پنهان کردن جزئیات ساختمان داده‌ها و پردازش روالی در پس واسط یک پیمانه است. کاربران پیمانه نیازی به آگاهی از این جزئیات ندارند.

استفاده از پنهان کردن اطلاعات به‌عنوان ملاک طراحی برای سیستم‌های پیمانه‌ای، هنگامی بیشترین مزایا را به همراه خواهد داشت که اصلاحاتی طی آزمایش و سپس طی نگهداری نرم‌افزار لازم باشد. از آن‌جا که اکثر جزئیات روالی و داده‌ای از دید سایر بخش‌های نرم‌افزار پنهان هستند، احتمال انتشار خطاهای سهوی طی انجام اصلاحات در سایر نقاط نرم‌افزار، کمتر می‌شود.

۸-۳-۷ استقلال عملیاتی (Functional Independence)

مفهوم استقلال عملیاتی، نتیجه‌ی مستقیم جداسازی دغدغه‌ها، پیمانه‌بندی و مفاهیم پنهان‌سازی اطلاعات و انتزاع است. ویرث [Wir71] و پارناس [Par72] طی یک سری مقالات برجسته درباره طراحی نرم‌افزار، به تکنیک‌های پالایشی اشاره می‌کنند که استقلال پیمانه‌ها را بهبود می‌بخشند. کارهای بعدی که توسط استیونز، مایرز و کنستانتین [Ste74] انجام شد، این مفهوم را بهتر شکل داد.

استقلال عملیاتی با توسعه‌ی پیمانه‌هایی با عملکرد «یگانه» و «دوری جستن» از تعامل بیش از حد با سایر پیمانه‌ها به‌دست می‌آید. به بیان دیگر، باید نرم‌افزار را طوری طراحی کنید که هر پیمانه، به زیر مجموعه‌ی مشخصی از خواسته‌ها بپردازد و از نگاه سایر بخش‌های ساختار برنامه، دارای واسطی ساده باشد. عادلانه است که بپرسید چرا استقلال اهمیت دارد.

توسعه‌ی نرم‌افزارهایی با پیمانه‌بندی اثربخش، یعنی پیمانه‌های مستقل، راحت‌تر است، چون قابلیت‌های عملیاتی را می‌توان به واحدهای کوچک‌تر تقسیم کرد و واسط‌ها ساده می‌شوند (به انشعاب‌هایی فکر کنید که هنگام اجرای توسعه‌ی نرم‌افزار توسط یک تیم ممکن است رخ دهد). پیمانه‌های مستقل را آسان‌تر می‌توان نگهداری (و آزمایش) کرد چون اثرات ثانویه‌ی ناشی از اصلاح کد یا طراحی محدود می‌شوند، انتشار خطا کاهش می‌یابد و ایجاد پیمانه‌هایی با قابلیت استفاده‌ی مجدد میسر می‌شود. به‌طور خلاصه، استقلال عملیاتی کلید طراحی خوب و طراحی کلید کیفیت نرم‌افزار است.

استقلال با استفاده از دو ملاک کیفیتی قابل ارزیابی است: یکپارچگی (cohesion) و اتصال (coupling). *یکپارچگی*، نشان از قدرت عملیاتی نسبی یک پیمانه دارد. *اتصال*، نشان از استقلال در میان پیمانه‌ها دارد.

یکپارچگی بسط طبیعی مفهوم پنهان‌سازی اطلاعات است که در بخش ۶-۳-۸ شرح داده شد. پیمانه‌ی یکپارچه، وظیفه‌ای منفرد بر عهده دارد و به این ترتیب به تعامل اندک با سایر مؤلفه‌های موجود در بخش‌های دیگر سیستم نیاز دارد. به بیان ساده، پیمانه‌های یکپارچه باید (به‌طور ایده آل) تنها یک کار انجام دهند. گرچه همواره باید برای یکپارچگی بالا تلاش کنید، غالباً لازم است و توصیه می‌شود که مؤلفه‌ای از نرم‌افزار چند وظیفه بر عهده داشته باشد. ولی، از مؤلفه‌های «جنون آمیز» (پیمانه‌هایی که وظایف نا مربوط متعدد انجام می‌دهند) باید پرهیز کرد تا طراحی خوبی حاصل شود.

اتصال، شاخصی از ارتباط میان پیمانه‌های موجود در ساختار نرم‌افزار است. اتصال به پیچیدگی واسط‌های میان پیمانه‌ها، نقطه‌ای که در آن ورود یا ارجاع به یک پیمانه انجام می‌شود و داده‌هایی که از واسط عبور می‌کنند، بستگی دارد. در طراحی نرم‌افزار باید تلاش کنید به کمترین اتصال ممکن برسید. اتصال و ارتباط ساده میان پیمانه‌ها به نرم‌افزاری منجر می‌شود که درک آن آسان‌تر است و کمتر در معرض «اثر تَمَوُّجی» [Ste74] قرار دارند؛ اثر تموجی از رخ‌دادن خطا در یک نقطه و انتشار آن در سرتاسر سیستم ناشی می‌شود.

چرا باید در ایجاد پیمانه‌های مستقل بکوشید؟

نکته‌ی کلیدی

یکپارچگی، شاخصی کیفی از میزان تمرکز یک پیمانه بر تنها یک چیز است.

نکته‌ی کلیدی

اتصال، شاخصی کیفی از میزان ارتباط یک پیمانه با سایر پیمانه‌ها و جهان خارج است.

۸-۳-۸ پالایش (Refinement)

پالایش مرحله‌ای (stepwise refinement) یک راهبرد طراحی از بالا به پایین است که اولین بار توسط نیکولاس ویرث [Wir71] پیشنهاد شد. برنامه با سطوح پالایش پیاپی از جزئیات روالی توسعه داده می‌شود. یک سلسله مراتب، با تجزیه‌ی بیان ماکروسکوپی قابلیت عملیاتی (یک انتزاع فرایندی) به شیوه‌ای مرحله‌ای توسعه می‌یابد تا اینکه به دستورات زبان برنامه‌نویسی برسیم.

پالایش در واقع همان فرایند تعیین جزئیات است. با توصیف عملکرد (یا توصیف اطلاعات) که در سطح بالایی از انتزاع تعریف می‌شود، کار خود را شروع می‌کنید. یعنی، این بیان، قابلیت عملیاتی یا اطلاعاتی را به‌صورت مفهومی شرح می‌دهد، ولی هیچ اطلاعاتی درباره کارکرد داخلی قابلیت عملیاتی یا ساختار داخلی اطلاعات نمی‌دهد. سپس جزئیات مربوط به بیان اولیه را تعیین می‌کنید و با هر بار پالایش پیاپی، جزئیات بیشتر و بیشتری به آن اضافه می‌کنید.

پالایش و انتزاع، مفاهیمی مکمل یکدیگرند. به کمک انتزاع می‌توانید روال و داده‌ها را از نظر داخلی مشخص کنید، ولی نیاز «افراد متفرقه» به داشتن آگاهی از جزئیات سطح پایین را بر طرف می‌سازد. پالایش به شما کمک می‌کند تا با پیشرفت طراحی، جزئیات سطح پایین را آشکار کنید. هر دو مفهوم شما را در ایجاد یک مدل طراحی کامل، یاری می‌دهند.

اندرز

تمایلی برای حرکت فوری به جزئیات کامل، با عبور گذرا از مراحل پالایش، وجود دارد. این مسأله به خطاها و ناقصگی‌ها می‌انجامد و باعث می‌شود که مرور طراحی دشوارتر شود. پالایش را به‌صورت مرحله به مرحله انجام دهید.

۹-۳-۸ جنبه‌ها (Aspects)

در همان حال که تحلیل خواسته‌ها رخ می‌دهد، مجموعه‌ای از «دغدغه‌ها» آشکار می‌شود. این دغدغه‌ها «شامل خواسته‌ها، use case، ویژگی‌ها، ساختمان‌های داده‌ها، مسائل مربوط به کیفیت سرویس، شکل‌های گوناگون، مرزهای عقلانی، همکاری‌ها، الگوها و قراردادها می‌شوند.» [AOS07]. در حالت ایده آل، مدل خواسته‌ها را می‌توانید چنان سازمان دهی کنید که هر کدام از دغدغه‌ها (خواسته‌ها) جداسازی شود، به‌صورتی که بتوان به‌طور مستقل به آن پرداخت. ولی در عمل، برخی از این دغدغه‌ها کل سیستم را در بر می‌گیرند و به آسانی نمی توان آن‌ها را به قطعات کوچک‌تر تقسیم کرد.

با شروع طراحی، خواسته‌ها به نمایش طراحی پیمانه‌ای پالایش می‌شود. دو خواسته‌ی A و B را در نظر بگیرید. خواسته‌ی A، پیش‌نیاز خواسته‌ی B است اگر تجزیه (پالایشی) از نرم‌افزار انتخاب شده باشد که در آن، B را نتوان بدون در نظر گرفتن A برآورده ساخت.» [Ros04].

برای مثال، دو خواسته را برای برنامه تحت وب **SafeHomeAssured.com** در نظر بگیرید. خواسته‌ی A از طریق **ACS-DCV use case** توصیف می‌شود که در فصل ۶ بحث شد. در پالایش طراحی، آن دسته از پیمانه‌هایی کانون توجه قرار می‌گیرند که کاربر ثبت شده را قادر می‌سازند تا به ویدیوی دوربین‌های کار گذاشته شده در سرتاسر یک فضا دسترسی داشته باشد. خواسته‌ی B یک خواسته امنیتی عمومی است که بیان می‌کند، اعتبار کاربر ثبت شده باید قبل از به‌کارگیری **SafeHomeAssured.com** تایید شده باشد این خواسته برای همه‌ی قابلیت‌های عملیاتی که در دسترس کاربران ثبت شده‌ی *SafeHome* قرار دارند، مصداق پیدا می‌کند. با رخ دادن پالایش طراحی، A^* نمایش طراحی برای خواسته‌ی A و B^* نمایش طراحی برای خواسته‌ی B است. بنابراین، A^* و B^* نمایش‌هایی از دغدغه‌ها هستند و B^* پیش‌نیاز A^* است.

جنبه، نمایشی از یک دغدغه‌ی پیش‌نیاز است. بنابراین، نمایش طراحی B^* از این خواسته که «*اعتبار کاربر ثبت شده قبل از به‌کارگیری* **SafeHomeAssured.com** *باید تایید شود*» جنبه‌ای از برنامه تحت وب در *SafeHome* است. شناسایی جنبه‌ها به‌طوری که طراحی بتواند به‌صورت مناسب آن‌ها را ضمن انجام پالایش و پیمانه‌بندی، دربرگیرد، اهمیت دارد. در حالت ایده‌آل، هر جنبه به‌صورت پیمانه‌ای جداگانه (مؤلفه) پیاده‌سازی می‌شود نه به‌صورت تکه‌هایی از نرم‌افزار که در سرتاسر چندین مؤلفه «پراکنده» و «در هم و بر هم» شده باشند [Ban06]. برای دستیابی به این مقصود، معماری طراحی باید از سازوکاری برای تعریف یک جنبه پشتیبانی کند- یعنی پیمانه‌ای که پیاده‌سازی یک دغدغه را در سرتاسر همه‌ی دغدغه‌هایی دیگری که پیش‌نیاز آن باشند، میسر سازد.

۱۰-۳-۸ بازآرایی (Refactoring)

یک فعالیت مهم طراحی که برای بسیاری از روش‌های چابک (فصل ۳) پیشنهاد شده است، *بازآرایی* است که تکنیکی برای سازمان‌دهی مجدد به‌شمار می‌رود و طراحی (یا کد) یک مؤلفه را ساده می‌کند، بدون اینکه قابلیت عملیاتی رفتار آن را تغییر دهد. فاولر [Fow00]، بازآرایی را به این صورت تعریف می‌کند: «بازآرایی، عبارت است از فرایند تغییر دادن سیستم نرم‌افزاری به گونه‌ای که رفتار خارجی کد [طراحی] تغییر نکند و در عین حال، ساختار درونی آن بهبود یابد.»

«اگر کتابی درباره اصول سحر و جادو می‌خوانید، باید هر از چندگاه نظری به جلد آن بیفکنید تا مطمئن شوید که این کتاب به طراحی نرم‌افزار مربوط نمی‌شود.»

بروس تونیاتزینی

نکته‌ی کلیدی

دغدغه‌ی پیش‌نیاز، خصوصیتی از سیستم است که در میان خواسته‌های متفاوت کاربرد دارد.

مرجع وب

منابعی عالی برای بازآرایی را می‌توان در وب‌سایت زیر مشاهده کرد:
www.refactoring.com

SafeHome

مفاهیم طراحی

صحنه: اتاقک وینود، شروع مدل‌سازی طراحی

نقش‌آفرینان: وینود، جیمی و اد- اعضای تیم نرم‌افزار *SafeHome* شکیرا، عضو جدید تیم نیز حضور دارد.

گفتگوها:

[هر چهار عضو تیم هم‌اکنون از یک سمینار صبح گاهی تحت عنوان «به‌کارگیری مفاهیم پایه‌ی طراحی» برگشته‌اند که یکی از استادان محلی علوم کامپیوتر ارائه داده است.]

وینود: چیزی از این سمینار دستگیرتان شد؟

اد: بیشتر مطالب اش را می‌دانستم، ولی شنیدن دوباره آن هم بد فکری نیست.

جیمی: دانشجو که بودم، هیچ وقت واقعاً نفهمیدم چرا پنهان‌سازی اطلاعات این قدر که گفته می‌شود، اهمیت دارد.

وینود: چون- قضیه اصلی- این است که انتشار خطا در برنامه کاهش پیدا کند. در واقع، استقلال عملیاتی هم همین هدف را دارد.

شکیرا: من فارغ‌التحصیل علوم کامپیوتر نیستم و به همین علت هم خیلی از مطالبی که استاد گفت برایم تازگی داشت. من می‌توانم کدهای خوبی را به سرعت ایجاد کنم. نمی فهمم چرا این حرف‌ها این قدر باید مهم باشد.

جیمی: من کارهای تو را دیده‌ام شکیرا، و راستش را بخواهی، تو خیلی از این چیزها را به‌صورت طبیعی انجام می‌دهی- برای همین هم طراحی‌ها و کدهایت جواب می‌دهند.

شکیرا (با لبخند): خب، من همیشه واقعاً سعی می‌کنم که کدهایم را افراز کنم. طوری که هر افراز به یک چیز اختصاص پیدا کند، واسطهای ساده داشته باشم و هر وقت که امکان داشته باشد، از کدها دوباره استفاده کنم- از این جور چیزها.

اد: پیمانه‌بندی، استقلال عملیاتی، پنهان سازی، الگوها- همین است دیگر!

جیمی: من هنوز اولین دوره برنامه‌نویسی را که گذراندم، یادم هست- به ما یاد می‌دادند که کدها را به‌صورت تکراری پالایش کنیم.

وینود: یک کاری هست که می‌توان روی طراحی انجام داد و من قبلاً نشنیده بودم؛ آن هم «بازآرایی» بود و البته چیزی از «جنبه» هم نشنیده بودم.

شکیرا: فکر کنم که استاد گفت در برنامه‌نویسی حدی (xp) از آن استفاده می‌شود.

اد: بله. تفاوت زیادی با پالایش ندارد فقط آن را پس از تمام‌شدن طراحی و کد نویسی انجام می‌دهند. اگر از من بپرسید، می‌گویم یک جور بهینه‌سازی نرم‌افزار است.

جیمی: خب حالا برگردیم به طراحی *SafeHome*. فکر کنم در توسعه‌ی مدل طراحی برای *SafeHome* باید این مفاهیم را هم به «چک‌لیست» مرور خودمان اضافه کنیم.

وینود: موافقم. ولی این هم نکته مهمی است که موقع توسعه‌ی طراحی، همگی ما باید درباره آن‌ها فکر کنیم.

هنگامی که نرم‌افزار بازآرایی می‌شود، طراحی موجود برای زوائد، عناصر استفاده نشده‌ی طراحی، الگوریتم‌های ناکارامد یا غیر ضروری، ساختمان‌های داده‌ای ضعیف یا نامناسب، یا هر گونه شکست طراحی دیگر که قابل اصلاح باشد، بررسی می‌شود تا طراحی بهتری به‌دست آید. برای مثال، در اولین دور تکرار طراحی ممکن است مؤلفه‌ای به‌دست آید که یکپارچگی بالایی از خود نشان ندهد (یعنی مثلاً سه وظیفه انجام دهد که رابطه‌ی چندانی با هم ندارند). پس از ملاحظه‌ی دقیق، می‌توانید تصمیم بگیرید که مؤلفه را باید به سه مؤلفه جداگانه بازآرایی کنید که هر کدام یکپارچگی بالایی از خود نشان می‌دهد. نتیجه، نرم‌افزاری خواهد بود که راحت‌تر می‌توان آن را انسجام بخشید، آسان‌تر می‌توان آزمایش کرد و ساده‌تر می‌توان نگهداری کرد.

نتیجه، نرم‌افزاری خواهد بود که راحت‌تر می‌توان به آن انسجام بخشید و آزمودن و نگهداری آن آسان‌تر است.

مرجع وب

انواع الگوهای بازآرایی را در آدرس زیر می‌توانید بیابید.
http://c2.com/cgi/wiki?RefactorigPatterns

۸-۳-۱۱ مفاهیم طراحی شیءگرا

الگوی شیءگرا (OO) در مهندسی نرم‌افزار نوین، کاربردی گسترده دارد. در پیوست ۲ برای آنان که با مفاهیمی از قبیل کلاس و شیء، وراثت، پیام، چند ریختی و غیره آشنایی ندارند، مفاهیم طراحی شیءگرا ارائه شده است.

۸-۳-۱۲ کلاس‌های طراحی (Design Classes)

در مدل خواسته‌ها، مجموعه‌ای از کلاس‌های تحلیل (analysis classes) تعریف می‌شود (فصل ۶) که هر کدام، *عنصری* از دامنه‌ی مسأله را با توجه خاص به جنبه‌هایی از مسأله توصیف می‌کند که در معرض دید کاربر قرار دارند. سطح انتزاع یک کلاس تحلیل، نسبتاً بالاست.

به موازاتی که مدل طراحی تکامل پیدا می‌کند، مجموعه‌ای از *کلاس‌های طراحی* را تعریف می‌کنید که کلاس‌های تحلیل را با فراهم آوردن جزئیات طراحی پالایش می‌کنند (این جزئیات به کلاس‌ها امکان پیاده‌سازی می‌دهند) و یک زیرساخت نرم‌افزاری را پیاده‌سازی می‌کنند که راهکار تجاری را پشتیبانی می‌کند. پنج نوع متفاوت از کلاس‌های طراحی می‌توان توسعه داد که هر کدام لایه متفاوتی از معماری طراحی را نمایش می‌دهند [Amb01]:

طراح چه نوع کلاس‌هایی ایجاد می‌کند؟

- *کلاس‌های واسط کاربری*، همه‌ی انتزاع‌های لازم برای تعامل میان انسان و کامپیوتر (HCI) را تعریف می‌کنند. در بسیاری موارد، HCI در حیطه‌ی یک *استعاره* (دسته چک، فرم سفارش، ماشین فکس) ظاهر می‌شود و ممکن است کلاس‌های طراحی برای واسط نمایشی از عناصر این استعاره باشند.
- *کلاس‌های دامنه‌ی تجاری*، غالباً شکل پالایش یافته‌ی کلاس‌های تحلیلی هستند که قبلاً تهیه شده‌اند. این کلاس‌ها صفات و سرویس‌ها (متد هایی) را مشخص می‌کنند که برای پیاده‌سازی *عنصری* از دامنه‌ی تجاری مورد نیازند.
- *کلاس‌های پردازش*، انتزاع‌های تجاری سطح پایین لازم برای مدیریت کامل کلاس‌های دامنه‌ی تجاری را پیاده‌سازی می‌کنند.
- *کلاس‌های ماندگار*، انباره‌های داده‌ها (مثلاً بانک‌های اطلاعاتی) را نشان می‌دهند که پس از اجرای نرم‌افزار، ماندگار می‌شوند.

- *کلاس‌های سیستمی*، عملیات‌های مدیریتی و کنترلی را پیاده‌سازی می‌کنند که کارکرد سیستم را میسر می‌سازند و ارتباط میان درون و بیرون محیط کامپیوتری را بر قرار می‌سازند.

با شکل‌گیری معماری، سطح انتزاع با تبدیل هر کلاس تحلیل به یک نمایش طراحی، بیشتر کاهش می‌یابد. یعنی کلاس‌های تحلیل، اشیای داده‌ای (و سرویس‌های مرتبط به‌کار رفته در آن‌ها) را با استفاده از اصطلاحات رایج در دامنه‌ی تجاری مورد نظر به نمایش در می‌آورند. کلاس‌های طراحی، به‌طور چشمگیر، جزئیات فنی بیشتری به‌عنوان راهنمای پیاده‌سازی فراهم می‌سازند.

آرلو و نویشتات [Arl02] پیشنهاد می‌کنند که هر کلاس طراحی مرور شود تا اطمینان حاصل آید که از شکل خوبی برخوردار است. آن‌ها چهار مشخصه برای کلاس طراحی «خوش‌فرم» بر می‌شمرند:

کلاس طراحی «خوش‌فرم» چیست؟

کامل و کافی (Complete and Sufficient). طراحی باید پنهان‌سازی کاملی از همه‌ی صفات و متدهایی باشد که به‌طور منطقی برای آن کلاس انتظار می‌رود (بر اساس تفسیری قابل فهم از نام کلاس). برای مثال، کلاس **Scene** که برای نرم‌افزار ویرایش تصاویر ویدیویی تعریف می‌شود، تنها در صورتی کامل است که حاوی همه‌ی صفات و متدهایی باشد که به‌طور منطقی برای ایجاد یک صحنه‌ی ویدیویی انتظار می‌رود. *کافی بودن* به آن معناست که کلاس تنها حاوی متدهایی باشد که برای دستیابی به هدف کلاس کفایت می‌کنند، نه کمتر و نه بیشتر.

سادگی (Primitiveness). متدهای مرتبط با یک کلاس طراحی باید انجام یک سرویس برای کلاس را کانون توجه قرار دهند. هنگامی که آن سرویس با یک متد پیاده‌سازی شد، کلاس نباید راه دیگری برای دستیابی به همان هدف فراهم سازد. برای مثال، کلاس **VideoClip** برای نرم‌افزار ویرایش تصاویر ویدیویی ممکن است دارای صفاتی از قبیل *start-point* و *point-end* باشد تا نقاط شروع و پایان کلیپ را مشخص کند (ویدیوی دانلودشده در سیستم ممکن است بلندتر از کلیپ مورد استفاده باشد). متدهای *setStartPoint()* و *setEndPoint()* تنها روش ممکن برای تعیین نقاط شروع و پایان کلیپ هستند.

یکپارچگی بالا (High Cohesion). یک کلاس طراحی یکپارچه دارای مجموعه‌ای کوچک و متمرکز از مسؤولیت‌هاست که صفات و متدها را برای پیاده‌سازی همان مسؤولیت‌ها به‌کار می‌برد. برای مثال، کلاس **VideoClip** ممکن است حاوی مجموعه‌ای از متدها برای ویرایش کلیپ ویدیویی باشد. مادامی که هر متد تنها صفات مرتبط با کلیپ ویدیویی را مورد توجه قرار دهد، یکپارچگی حفظ خواهد شد.

اتصال پایین (Low Coupling). در مدل طراحی، کلاس‌های طراحی باید با یکدیگر همکاری کنند. ولی این همکاری باید در یک سطح کمینه‌ی قابل قبول حفظ گردد. اگر در یک مدل طراحی، میزان اتصال بالا باشد (همه‌ی کلاس‌های طراحی با همه‌ی کلاس‌های طراحی دیگر همکاری کنند)، پیاده‌سازی سیستم، آزمایش آن و نگهداری آن در گذر زمان دشوار می‌شود. به‌طور کلی، کلاس‌های طراحی در داخل یک زیر سیستم فقط باید آگاهی محدودی از سایر کلاس‌ها داشته باشد. این محدودیت، که قانون دمتر نامیده می‌شود[Lie03]، پیشنهاد می‌کند که یک متد فقط باید به متدهای موجود در کلاس‌های همسایه پیام ارسال کند.[1]

[1] یک روش کمتر رسمی برای بیان قانون دمتر به این صورت است که: «هر واحد تنها باید با دوستان خود صحبت کند و صحبتی با غریبه‌ها نداشته باشد.»

SafeHome

پالایش کلاس تحلیل به کلاس طراحی

صحنه: اتاقک اد، در شروع مدل‌سازی طراحی.

نقش‌آفرینان: وینود و اد- اعضای تیم نرم‌افزار *SafeHome*.

گفتگوها:

[اد در حال کار روی کلاس **FloorPlan** است (بخش ۳-۵-۶ و شکل ۱۰-۶) و آن را برای مدل طراحی اصلاح کرده است.]

اد: کلاس **FloorPlan** را که یادت هست؟ به‌عنوان بخشی از قابلیت‌های مدیریت خانه و پایش از آن استفاده می‌شد.

وینود (سرش را تکان می‌دهد): آره، فکر کنم موقع بحث CRC برای مدیریت منزل از این کلاس استفاده کردیم.

اد: درست است. به هر حال، دارم آن را برای طراحی پالایش می‌کنم. می‌خواهم نشان بدهم که کلاس **FloorPlan** چطور واقعاً پیاده‌سازی شود. من آن را به‌صورت یک مجموعه فهرست‌های مرتبط [یک ساختمان داده‌ی خاص] پیاده‌سازی می‌کنم. خلاصه می‌بایستی کلاس تحلیل **FloorPlan** (شکل ۱۰-۶) را پالایش می‌کردم و در واقع یک جورهایی آن را ساده می‌کردم.

وینود: کلاس تحلیل، چیزها را فقط در دامنه‌ی مسأله نشان می‌داد، یعنی در واقع روی صفحه‌ی کامپیوتر، که برای کاربرنهایی قابل مشاهده بودند. درست است؟

اد: بله، ولی برای کلاس طراحی **FloorPlan**، باید چیزهایی اضافه کنم که خاص پیاده‌سازی هستند. لازم بود که نشان بدهم **FloorPlan** مجموعه‌ای از یک سری قطعات است (پس کلاس **Segment** است) و نشان بدهم کلاس **Segment** از فهرست‌هایی برای قطعات دیوار، پنجره‌ها، درها و غیره تشکیل می‌شود. کلاس **Camera** با **FloorPlan** همکاری دارد و بدیهی است که دوربین‌های فراوانی در نقشه ساختمان وجود دارد.

وینود: اووه، بگذار ببینم این کلاس طراحی **FloorPlan** چه شکلی است. [اد شکل ۳-۸ را به وینود نشان می‌دهد.]

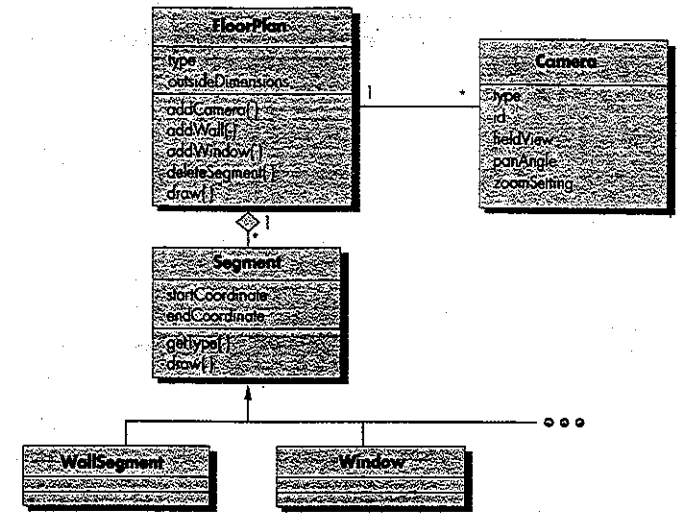
وینود: بسیار خب، حالا می‌فهمم سعی داری چه کار کنی. به این ترتیب می‌توانی نقشه ساختمان را به‌راحتی اصلاح کنی، چون آیتم‌های جدید را می‌شود به فهرست اضافه کنی یا از آن کم کنی، بدون این که مشکلی پیش بیاید.

اد (سری تکان می‌دهد): بله، فکر می‌کنم جواب بدهد.

وینود: من هم فکر می‌کنم.

۸-۴ مدل طراحی (Design Model)

همان طور که از شکل ۴-۸ پیداست، مدل طراحی را از دو بُعد متفاوت می‌توان در نظر گرفت. *بُعد فرایندی*، تکامل مدل طراحی را به موازات اجرای وظایف طراحی به‌عنوان بخشی از فرایند نرم‌افزار نشان می‌دهد. *بُعد انتزاعی*، سطح جزئیات را به موازات تبدیل هر عنصر از مدل تحلیل به یک مدل

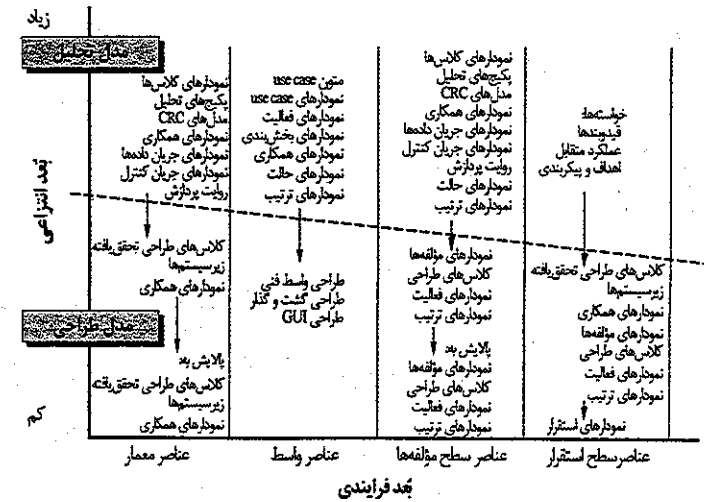


شکل ۳-۸ کلاس طراحی برای FloorPlan (نقشه ساختمان) و مجموعه مرکب برای کلاس.

طراحی و سپس پالایش تکراری، نمایش می‌دهد. همان طور که از شکل ۴-۸ پیداست، خط چین، مرز میان مدل‌های تحلیل و طراحی را نشان می‌دهد. در برخی موارد، تمایز روشن میان مدل‌های تحلیل و طراحی امکان پذیر است. در مواردی، مدل تحلیل به آهستگی با طراحی درآمیخته می‌شود و تمایز میان آن‌ها چندان آشکار نیست.

نکته‌ی کلیدی

مدل طراحی چهار عنصر اصلی دارد: داده‌ها، معماری، مؤلفه‌ها و واسط



شکل ۴-۸ ابعاد مدل طراحی.

در عناصر مدل طراحی، بسیاری از همان نمودارهای UML به‌کار گرفته می‌شود[1] که قبلاً در مدل تحلیل به‌کار برده شدند. اختلاف آن‌ها در این است که نمودارهای مذکور به‌عنوان بخشی از طراحی، پالایش می‌شوند و جزئیاتی به آن‌ها افزوده می‌شود؛ جزئیات بیشتری که در خصوص پیاده‌سازی فراهم می‌آید و سبک و ساختار معماری، مؤلفه‌هایی که در داخل معماری قرار می‌گیرند و واسط‌هایی میان این مؤلفه‌ها و با دنیای خارج که بر همه‌ی آن‌ها تأکید خواهد شد.

به هر حال، لازم به ذکر است که عناصر مدل نشان داده شده در راستای محور افقی، همواره به شیوه‌ای ترتیبی توسعه نمی یابند. در اکثر موارد، طراحی معماری مقدماتی، صحنه را آماده می‌کند و پس از آن نوبت به طراحی واسط‌ها و طراحی در سطح مؤلفه‌ها می‌رسد، که غالباً به‌صورت موازی رخ می‌دهند. مدل استقرار معمولاً تا توسعه کامل طراحی به تأخیر می‌افتد.

می‌توانید الگوهای طراحی (فصل ۱۲) را در هر نقطه از طراحی به‌کار ببرید. با این الگوها می‌توانید آگاهی‌های طراحی را در مسائل خاص دامنه‌ای که دیگران دیده و حل کرده‌اند، به‌کار بگیرید.

> «پرسش‌هایی درباره اینکه آیا طراحی لازم یا قابل انجام هست، کاملاً بی‌مورد است. طراحی اجتناب ناپذیر است. گزینه دیگر در مقابل طراحی کردن، طراحی نکردن نیست، بد طراحی کردن است.»
>
> داگلاس مارتین

۸-۴-۱ عناصر طراحی داده‌ها

طراحی داده‌ها (که گاهی از آن به‌عنوان معماری داده‌ها یاد می‌شود) همانند فعالیت‌های دیگر مهندسی نرم‌افزار، یک مدل از داده‌ها و/یا اطلاعات ایجاد می‌کند که در سطح بالایی از انتزاع نمایش داده می‌شود (دیدگاه مشتری/کاربر نسبت به داده‌ها). این مدل داده‌ها سپس به نمایش‌هایی پالایش می‌شود که به تدریج جزئیات خاص پیاده‌سازی بر آن‌ها افزوده می‌شود و با سیستم کامپیوتری قابل پردازش هستند. در بسیاری از کاربردهای نرم‌افزاری، معماری داده‌ها تأثیری بنیادی بر معماری نرم‌افزاری دارد که باید آن داده‌ها را پردازش کند.

نکته‌ی کلیدی

طراحی داده‌ها در سطح معماری، قابل‌ها یا بانک‌های اطلاعاتی را کانون توجه قرار می‌دهد؛ طراحی داده‌ها در سطح مؤلفه‌ها، به ساختمان‌های داده‌ای مورد نیاز برای پیاده‌سازی اشیای داده‌ای محلی توجه دارد.

ساختمان داده‌ها همواره بخش مهمی از طراحی نرم‌افزار بوده است. در سطح مؤلفه‌های برنامه، طراحی ساختمان‌های داده‌ها و الگوریتم‌های مورد نیاز برای دستکاری آن‌ها در ایجاد برنامه‌های کاربردی با کیفیت بالا، اهمیت اساسی دارد. در سطح برنامه کاربردی، برگردان یک مدل داده‌ای (که به‌عنوان بخشی از مهندسی خواسته‌ها به‌دست می‌آید) به یک بانک اطلاعاتی، اساس دستیابی به اهداف تجاری سیستم است. در سطح تجاری، مجموعه اطلاعات ذخیره شده در بانک‌های اطلاعاتی نامتجانس و سازمان‌دهی شده در یک «انبار داده»، کشف دانش یا داده‌کاوی‌ای را امکان‌پذیر می‌سازند که می‌توانند بر موفقیت خود شرکت تجاری تأثیر گذار باشند. در هر مورد، طراحی داده‌ها نقشی مهم دارد. طراحی داده‌ها را با تفصیل بیشتر در فصل ۹ بحث خواهیم کرد.

۸-۴-۲ عناصر طراحی معماری

طراحی معماری برای نرم‌افزار، هم‌ارز نقشه برای ساختمان است. نقشه‌ی ساختمان، چیدمان کلی اتاق‌ها؛ اندازه‌ی آن‌ها، شکل آن‌ها و واسط آن‌ها با یکدیگر را به تصویر می‌کشد؛ و درها و پنجره‌هایی که حرکت به درون و بیرون خانه را امکان‌پذیر می‌سازند. نقشه ساختمان، دیدی کلی از ساختمان به ما می‌دهد. عناصر طراحی معماری هم دیدی کلی از نرم‌افزار به‌دست می‌دهند.

> «می‌توانید از تخته پاک‌کن روی تخته سیاه استفاده کنید یا در سایت ساختمانی از پتک استفاده کنید.»
>
> فرانک لوید رایت

[1] اگر با UML آشنایی ندارید، معرفی مختصری از این نمادگذاری مهم مدل‌سازی در پیوست ۱ ارائه شده است.

مدل معماری [Sha96] از سه منبع به‌دست می‌آید: (۱) اطلاعات مربوط به دامنه‌ی کاربرد برای نرم‌افزاری که قرار است ساخته شود؛ (۲) عناصر خاصی از مدل خواسته‌ها از قبیل نمودارهای جریان داده‌ها یا کلاس‌های تحلیل، روابط و همکاری‌های میان آن‌ها برای مسأله‌ی مورد نظر؛ و (۳) قابلیت دسترسی به سبک‌های معماری (فصل ۹) و الگوهای معماری (فصل ۱۲).

عنصر طراحی معماری معمولاً به‌عنوان مجموعه‌ای از زیر سیستم‌های متصل به هم تصویر می‌شود، که غالباً از پکیج‌های تحلیل در مدل خواسته‌ها به‌دست می‌آیند. هر کدام از این زیر سیستم‌ها ممکن است معماری خاص خود را داشته باشد (مثلاً ساختار واسط گرافیکی کاربر ممکن است مطابق با سبک موجود برای واسط‌های کاربری تعیین شود). تکنیک‌های مربوط به کسب عناصر خاص از مدل معماری در فصل ۹ ارائه خواهند شد.

> «عوام با طراحی بد آشنایی بیشتری دارند تا طراحی خوب. درواقع طوری بار آمده‌اند که طراحی بد را ترجیح دهند زیرا با آن زندگی می‌کنند. نو تهدید است و کهنه، قوت قلبی دوباره.»
>
> **پاول راند**

۸-۴-۳ عناصر طراحی واسط‌ها

طراحی واسط‌ها برای نرم‌افزار، مشابه با مجموعه‌ای از ترسیم‌های مشروح (و مشخصات) برای درها، پنجره‌ها و سایر امکانات خارجی برای یک خانه است. این ترسیم‌ها، اندازه و شکل درها و پنجره‌ها، شیوه‌ی عملکرد آن‌ها، و چگونگی اتصالات مربوط به امکانات خارجی (لوله کشی آب و گاز، سیم کشی برق و تلفن) و توزیع این امکانات در میان اتاق‌های ترسیم شده در نقشه ساختمان را به تصویر می‌کشند. به ما می‌گویند که زنگ خانه کجا قرار دارد، آیا آیفونی برای اعلام حضور مهمان لازم هست، و سیستم امنیتی چگونه باید نصب شود. در اصل، این ترسیم‌های مشروح (و مشخصات) برای درها، پنجره‌ها و امکانات خارجی به ما می‌گویند که چیزها و اطلاعات چگونه به درون و بیرون خانه و در داخل اتاق‌هایی که بخشی از نقشه ساختمان هستند، جریان پیدا می‌کنند. عناصر طراحی واسط‌ها برای نرم‌افزار، جریان‌های اطلاعات به درون و بیرون سیستم و چگونگی برقراری ارتباط میان مؤلفه‌های تعریف شده به‌عنوان بخشی از معماری را به تصویر می‌کشند.

> **نکته‌ی کلیدی**
>
> عنصر طراحی واسط سه بخش دارد: واسط کاربری، واسط‌هایی با سیستم خارج از برنامه کاربردی و واسط‌هایی با مؤلفه‌های داخل برنامه کاربردی.

سه عنصر مهم در طراحی واسط‌ها وجود دارد: (۱) واسط کاربری (UI)؛ (۲) واسط‌های خارجی با سایر سیستم‌ها، دستگاه‌ها، شبکه‌ها، یا سایر تولید کنندگان یا مصرف کنندگان اطلاعات؛ و (۳) واسط‌های داخلی میان مؤلفه‌های طراحی گوناگون. این عناصر طراحی واسط‌ها به نرم‌افزار امکان می‌دهند که ارتباط خارجی بر قرار کند و همکاری و ارتباطات داخلی میان مؤلفه‌های تشکیل‌دهنده‌ی معماری نرم‌افزار را میسر می‌سازند.

> «هر بار دورشدن از کار و برگشتن دوباره، قدری آسایش به همراه دارد زیرا آن گاه که به‌کار برمی‌گردید، در قضاوت خویش مطمئن‌تر خواهید شد. قدری دورتر بروید تا کار کوچک‌تر شود و بخش بزرگ‌تری از آن را بتوان در یک نگاه دید؛ در این صورت، ناهماهنگی و عدم تناسب راحت‌تر به چشم خواهد آمد.»
>
> **لئوناردو داوینچی**

طراحی UI (که اکنون به‌طور فزاینده‌ای از آن به‌عنوان *طراحی قابلیت استفاده* یاد می‌شود) یک کنش اصلی در مهندسی نرم‌افزار به‌شمار می‌رود که به تفصیل در فصل ۱۱ بحث خواهد شد. طراحی واسط کاربری، شامل عناصر زیبایی‌شناسی (نظیر چیدمان، رنگ، گرافیک، سازوکارهای تعامل)، عناصر ارگونومی (نظیر چیدمان و طرز قرار گرفتن اطلاعات، استعاره‌ها، گشت و گذار در UI) و عناصر فنی (نظیر الگوهای UI، مؤلفه‌های قابل استفاده‌ی مجدد) می‌شود. به‌طور کلی، UI یک زیر سیستم منحصر به فرد در داخل معماری کاربرد کلی است.

طراحی واسط‌های خارجی به اطلاعات قطعی درباره موجودیتی نیاز دارد که اطلاعات به آن ارسال یا از آن دریافت می‌شود. در هر حال، این اطلاعات را باید طی مهندسی خواسته‌ها (فصل ۵) جمع‌آوری و هنگام شروع طراحی واسط‌ها اعتبارسنجی کرد.[1] طراحی واسط‌های خارجی باید، شامل چک کردن خطاها و (در صورت نیاز) ویژگی‌های امنیتی مناسب باشد.

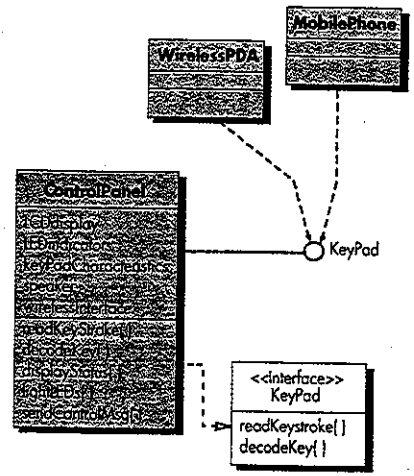
[1] خصوصیات واسط ممکن است با زمان، تغییر کند. بنابراین، طراح باید اطمینان حاصل کند که مشخص‌سازی واسط به درستی و کامل انجام شده است.

طراحی واسط‌های داخلی، رابطه‌ای تنگاتنگ با طراحی در سطح مؤلفه‌ها دارد (فصل ۱۰). تبدیل کلاس‌های تحلیل به کلاس‌های طراحی، همه‌ی عملیات‌ها و الگوهای پیام رسانی لازم برای برقراری ارتباط و همکاری میان عملیات‌های موجود در کلاس‌های گوناگون را به نمایش می‌گذارد. هر پیام باید طوری طراحی شود که انتقال اطلاعات ضروری و خواسته‌های خاص عملیات درخواست شده را پاسخ گو باشد. اگر رویکرد کلاسیک «ورودی- پردازش- خروجی» برای طراحی انتخاب شده باشد، واسط هر مولفه نرم‌افزار بر اساس نمایش‌های جریان داده‌ها و قابلیت عملیاتی توصیف شده در یک روایت پردازش، طراحی می‌شود.

در برخی موارد، واسط تا حد زیادی به شیوه‌ی یک کلاس مدل‌سازی می‌شود. به زبان UML، واسط به‌صورتی که به دنبال خواهد آمد، تعریف می‌شود [OMG03a]: «رابط، مشخص کننده‌ای برای عملیات‌های قابل مشاهده از بیرون یک کلاس، مؤلفه، یا سایر طبقه بندی‌ها (شامل زیر سیستم‌ها) بدون تعیین مشخصات ساختار داخلی است.» به بیان ساده تر، واسط به مجموعه‌ای از عملیات گفته می‌شودکه بخشی از رفتار یک‌کلاس را توصیف می‌کند و دستیابی به این عملیات‌ها را فراهم می‌آورد.

برای مثال، در قابلیت امنیتی در محصول *SafeHome* از یک پانل کنترل استفاده می‌شود که به صاحبخانه این امکان را می‌دهد تا جنبه‌های معینی از قابلیت امنیتی را کنترل کند. قابلیت‌های عملیاتی پانل‌کنترل در نسخه‌ی پیشرفته‌ای از این سیستم از طریق PDA بی سیم یا تلفن همراه قابل پیاده‌سازی است.

کلاس **ControlPanel** (شکل ۵-۸) رفتار مرتبط با یک صفحه کلید را فراهم می‌آورد و بنابراین، باید عملیات‌های *readKeyStroke()* و *decodeKey()* را پیاده‌سازی کند.



شکل ۵-۸ نمایش واسط‌ها برای پانل کنترل.

اگر قرار باشد که این دو عملیات در اختیار سایر کلاس‌ها نیز قرار داده شوند (که در این مورد خاص، دو کلاس **WirelessPDA** و **MobilePhone** خواهند بود)، تعریف یک واسط به‌صورت نشان داده شده در شکل، مفید خواهد بود. واسط، که **KeyPad** نامیده می‌شود، به‌صورت نمونه‌ی اولیه‌ی <<interface>> یا یک دایره کوچک برچسب‌دار مشخص می‌شود که با یک خط به کلاس متصل

می‌گردد. واسط، بدون صفات و مجموعه عملیات‌های لازم برای دستیابی به رفتار یک صفحه کلید تعریف می‌شود.

خط‌چین با مثلث توخالی در انتهای آن (شکل ۵-۸) نشان می‌دهد که کلاس **ControlPanel** عملیات‌های **KeyPad** را به‌عنوان بخشی از رفتار آن فراهم می‌سازد. در زبان UML، این را با تحقق‌بخشی (realization) مشخص می‌کنیم. یعنی بخشی از رفتار **ControlPanel** با تحقق بخشیدن به عملیات‌های **KeyPad** پیاده‌سازی خواهند شد. این عملیات‌ها برای سایر کلاس‌هایی که به این واسط دستیابی دارند نیز ارائه می‌شوند.

۸-۴-۴ عناصر طراحی در سطح مؤلفه‌ها

طراحی در سطح مؤلفه‌ها برای نرم‌افزار، هم ارز مجموعه‌ای از ترسیم‌های مشروح (و مشخصات) مربوط به هر اتاق در خانه‌اند. این ترسیم‌ها، سیم کشی و لوله کشی به هر کدام از اتاق‌ها، محل قرار گرفتن پریزها و کلیدهای دیواری، شیر آلات، دستشویی‌ها، دوش‌ها، وان‌ها، چاه‌ها، کابینت‌ها و کمدها را به تصویر می‌کشند. توصیف کف پوش‌ها، قالب‌هایی که باید استفاده شوند و هرگونه جزئیات دیگر مربوط به اتاق نیز در همین ترسیم‌ها آورده می‌شود. طراحی در سطح مؤلفه‌ها برای نرم‌افزار، توصیف کاملی است از جزئیات داخلی هر مؤلفه‌ی نرم‌افزار. برای نیل به این مقصود، طراحی در سطح **مؤلفه‌ها**، ساختمان داده‌ها برای کلیه اشیای داده‌ای محلی و جزئیات الگوریتمی برای کلیه پردازش‌هایی که در داخل مؤلفه رخ می‌دهد و واسطی که دستیابی به همه‌ی عملیات‌ها (رفتارهای) مؤلفه را امکان پذیر می‌سازد، تعریف می‌کند.

> جزئیات، جزئیات نیستند بلکه طراحی را می‌سازند.
> چارلز ایمز

در حیطه‌ی مهندسی نرم‌افزار شیءگرا، هر مؤلفه‌ی نمودار UML، به‌صورت شکل ۶-۸ نمایش داده می‌شود. در این شکل، مؤلفه‌ای با نام SensorManagement (بخشی از قابلیت امنیتی در *SafeHome*) نمایش داده شده است. پیکان خط‌چین، این مؤلفه را به کلاسی با نام **Sensor** متصل می‌کند که به آن نسبت داده شده است. مؤلفه‌ی **SensorManagement** همه‌ی وظایف مرتبط با حسگرهای *SafeHome*، از جمله پایش و پیکربندی آن‌ها را اجرا می‌کند. بحث بیشتر درباره نمودارهای **مؤلفه‌ها** در فصل ۱۰ ارائه خواهد شد.

شکل ۶-۸ یک نمودار مؤلفه در UML.

جزئیات طراحی یک مؤلفه را می‌توان در سطوح انتزاع متفاوت فراوان مدل‌سازی کرد. از نمودار فعالیت‌های UML می‌توان برای نمایش منطق پردازش بهره برد. «جریان روالی مشروح»[1] برای یک مؤلفه را می‌توان با استفاده از شبه کد (نمایشی شبیه به زبان برنامه‌نویسی که در فصل ۱۰ شرح داده خواهد شد) یا یک شکل نموداری دیگر (مثلاً نمودار گردشی یا نمودار کادری) نمایش داد. ساختارهای الگوریتمی از همان قواعد وضع‌شده برای برنامه‌نویسی ساخت‌یافته (یعنی مجموعه‌ای از

[1] Detailed Procedural Flow

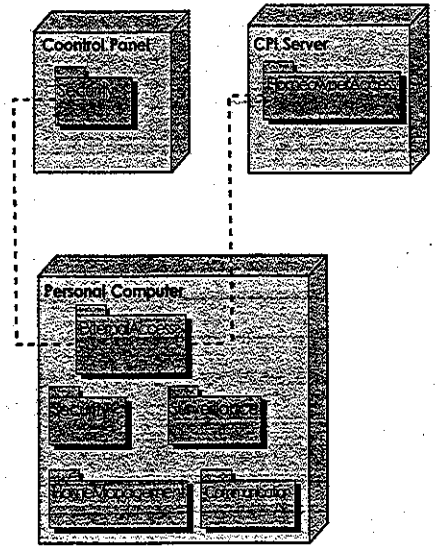
ساخت‌های روالی مقید) پیروی می‌کنند. ساختمان داده‌ها، که بر اساس ماهیت اشیای داده‌ای پردازش شونده انتخاب می‌شوند، معمولاً با استفاده از شبه کد یا زبان برنامه‌نویسیِ به‌کاررفته در پیاده‌سازی، مدل‌سازی می‌شوند.

۸-۴-۵ عناصر طراحی در سطح استقرار

عناصر طراحی در سطح استقرار چگونگی تخصیص یافتن زیر سیستم‌ها و قابلیت‌های عملیاتی نرم‌افزار را در داخل محیط کامپیوتری‌ای نشان می‌دهند که نرم‌افزار را پشتیبانی می‌کند. برای مثال، عناصر محصول *SafeHome* طوری پیکربندی شده‌اند که در سه محیط کامپیوتری اولیه- PC خانگی، پانل کنترل *SafeHome* و کارگزاری که داخل شرکت نصب شده است و دستیابی اینترنتی را فراهم می‌آورد- عمل کنند.

در طی طراحی، یک نمودار استقرار UML توسعه داده می‌شود و سپس به‌صورت نشان داده شده در شکل ۷-۸ پالایش می‌یابد. در این شکل، سه محیط کامپیوتری مذکور نشان داده شده‌اند (در واقع محیط‌های بیشتر وجود خواهند داشت از جمله حسگرها، دوربین‌ها و غیره). زیر سیستم‌ها (قابلیت‌های عملیاتی) قرار داده شده در هر عنصر از محیط کامپیوتری مشخص شده‌اند. برای مثال، کامپیوتر شخصی، زیر سیستم‌هایی را در خود جای می‌دهد که ویژگی‌های مربوط به امنیت، پایش محیط، مدیریت منزل و ارتباطات را پیاده‌سازی می‌کنند. به‌علاوه، یک زیر سیستم دستیابی خارجی هم طراحی شده است که همه‌ی تلاش‌های به عمل آمده جهت دستیابی به سیستم *SafeHome* از یک منبع خارجی را مدیریت کند. هر زیر سیستم باید تجزیه و تحلیل شود تا مؤلفه‌هایی که پیاده‌سازی می‌کند، مشخص گردد.

> **نکته‌ی کلیدی**
> نمودارهای استقرار در شکل توصیفی آغاز می‌شوند؛ در این شکل، محیط استقرار در عبارت‌هایی کلی توصیف می‌شود. بعداً، از شکل نمونه‌ای استفاده می‌شود و عناصر پیکربندی به صراحت نمایش داده می‌شوند.



شکل ۷-۸ یک نمودار استقرار در UML.

نمودار شکل ۷-۸ به صورت یک *توصیف گر* ارائه شده است، به این معنی که نمودار استقرار، محیط کامپیوتری را نشان می‌دهد، ولی جزئیات پیکربندی را به صراحت مشخص نمی کند. برای مثال، «کامپیوتر شخصی» دیگر بیش از این مشخص نمی شود. می‌تواند کامپیوتری با سیستم عامل Mac یا Windows باشد، یک ایستگاه کاری Sun باشد یا با سیستم عامل Linux راه اندازی شده باشد. این جزئیات هنگامی ارائه خواهد شد که نمودار استقرار به *شکل نمونه‌ای* و طی مراحل طراحی یا در آغاز ساخت مرور شود. هر نمونه از استقرار (که یک پیکربندی مشخص و دارای نام است) تعیین می‌شود.

۸-۵ خلاصه

طراحی نرم‌افزار با به پایان رسیدن اولین دور تکرار مهندسی خواسته‌ها آغاز می‌شود. هدف از طراحی نرم‌افزار، به‌کارگیری مجموعه‌ای از اصول، مفاهیم و کارهاست که به توسعه‌ی محصول یا سیستمی با کیفیت بالا می‌انجامد. هدف از طراحی، ایجاد مدلی از نرم‌افزار است که همه‌ی خواسته‌های مشتری را به‌طور صحیح پیاده‌سازی کند و برای کاربران حسی دلپذیر ایجاد کند. طراحی نرم‌افزار باید از میان گزینه‌های فراوان طراحی که پیش روی خود دارد، بهترین‌ها را انتخاب کند تا به راهکاری برسد که به بهترین وجه با نیازهای طرف‌های ذی‌نفع پروژه همخوانی دارند. فرایند طراحی، گذاری است از یک نمای «تصویر بزرگ» از نرم‌افزار به نمایی ریزتر که جزئیات لازم برای پیاده‌سازی را فراهم می‌سازد. این فرایند با بذل توجه فراوان به معماری آغاز می‌گردد. زیر سیستم‌ها تعریف می‌شوند؛ سازوکارهای ارتباطی میان زیر سیستم‌ها برقرار می‌شوند؛ مؤلفه‌ها شناسایی می‌شوند و توصیف مشروحی از هر مؤلفه توسعه می‌یابد. به‌علاوه، واسط‌های خارجی، داخلی و کاربری نیز طراحی می‌شوند.

مفاهیم طراحی طی شصت سال اول مهندسی نرم‌افزار تکامل پیدا کردند. نرم‌افزار کامپیوتری، صرف نظر از فرایند مهندسی نرم‌افزار انتخاب شده، روش‌های طراحی به‌کار گرفته شده یا زبان برنامه‌نویسی مورد استفاده، صفاتی را باید از خود نشان دهند که آن‌ها را با همین مفاهیم می‌توان شناخت. در اصل، مفاهیم طراحی بر مواردی که به دنبال آمد، تأکید دارند: نیاز به انتزاع به‌عنوان سازوکاری برای ایجاد مؤلفه‌های قابل استفاده‌ی مجدد؛ اهمیت معماری به‌عنوان راهی برای درک بهتر ساختار کلی سیستم؛ مزایای مهندسی مبتنی بر الگو به‌عنوان تکنیکی بر طراحی نرم‌افزار با قابلیت‌های به اثبات رسیده؛ ارزش جداسازی دغدغه‌ها و پیمانه‌بندی اثربخش به‌عنوان شیوه‌ای برای قابل فهم‌تر کردن نرم‌افزار، بالا بردن قابلیت آزمایش نرم‌افزار و افزودن بر قابلیت نگهداری آن؛ پیامدهای پنهان‌سازی اطلاعات به‌عنوان سازوکاری برای کاهش انتشار اثرات جانبی در صورت رخ دادن خطا؛ تأثیر استقلال عملیاتی به‌عنوان ملاکی برای ساخت پیمانه‌های اثربخش؛ کاربرد پالایش به‌عنوان سازوکاری برای طراحی؛ در نظر گرفتن جنبه‌هایی که پیش‌نیاز خواسته‌های سیستم هستند؛ به‌کارگیری بازآرایی برای بهینه کردن طراحی به‌دست آمده؛ و اهمیت کلاس‌های شیءگرا و خصوصیات مرتبط با آن‌ها.

مدل طراحی شامل چهار عنصر متفاوت می‌شود. با توسعه یافتن هر کدام از این عناصر، دید کامل تری از طراحی تکامل پیدا می‌کند. عنصر معماری از اطلاعات به‌دست آمده از دامنه‌ی کاربرد، مدل خواسته‌ها و کاتالوگ‌های در دسترس برای الگوها و سبک‌ها استفاده می‌کند تا نمایش ساختاری کاملی از نرم‌افزار، زیر سیستم‌ها و مؤلفه‌های آن به‌دست آورد. عناصر طراحی در سطح مؤلفه‌ها، هر کدام از

پیمانه‌ها (مؤلفه‌های) تشکیل دهنده معماری را تعریف می‌کنند. سرانجام، عناصر طراحی در سطح استقرار، معماری، مؤلفه‌های آن و واسط‌های آن با پیکربندی فیزیکی‌ای که نرم‌افزار را در خود جای می‌دهد، تخصیص می‌دهند.

مسائل و نکاتی برای تعمق

۸-۱ آیا هنگامی که برنامه‌ای «می‌نویسید»، طراحی هم می‌کنید؟ چه چیز، طراحی نرم‌افزار را از کدنویسی متمایز می‌سازد؟

۸-۲ اگر طراحی نرم‌افزار، برنامه نیست (که نیست) پس چیست؟

۸-۳ کیفیت طراحی یک نرم‌افزار را چگونه ارزیابی می‌کنیم؟

۸-۴ مجموعه وظایف ارائه شده برای طراحی را بررسی کنید. در این مجموعه وظایف، کیفیت کجا ارزیابی می‌شود؟ چگونه این کار انجام می‌شود؟ صفات کیفیتی بحث شده در بخش ۸-۲-۱ چگونه قابل دستیابی اند؟

۸-۵ مثال‌هایی از سه انتزاع داده‌ای و سه انتزاع فرایندی، که در دستکاری آن‌ها قابل استفاده باشند، ارائه دهید.

۸-۶ معماری نرم‌افزار را به زبان ساده شرح دهید.

۸-۷ یک الگوی طراحی پیشنهاد کنید که در گروهی از چیزهای روزمره (مثلاً دستگاه‌های الکترونیکی، خودروها یا لوازم منزل) به آن برخورد کرده اید. این الگو را به اختصار شرح دهید.

۸-۸ جداسازی دغدغه‌ها را به زبان ساده شرح دهید. آیا موردی هست که راهبرد تقسیم و غلبه مناسب نباشد؟ چنین مورد چگونه می‌تواند بر پیمانه‌بندی تأثیر بگذارد؟

۸-۹ طراحی پیمانه‌ای چه هنگام باید به‌عنوان نرم‌افزاری یکپارچه پیاده‌سازی شود؟ چگونه می‌توان به آن رسید؟ آیا کارایی تنها توجیه برای پیاده‌سازی نرم‌افزار یکپارچه است؟

۸-۱۰ درباره رابطه‌ی میان مفهوم پنهان‌سازی اطلاعات به‌عنوان صفتی از پیمانه‌بندی اثربخش و مفهوم استقلال عملیاتی توضیح دهید.

۸-۱۱ مفاهیم اتصال و حمل‌پذیری نرم‌افزار چه ارتباطی با هم دارند؟ مثال‌هایی در تأیید بحث خود بیاورید.

۸-۱۲ برای یک یا چند برنامه‌ای که به دنبال می‌آیند، با به‌کارگیری «رویکرد پالایش مرحله‌ای» سه سطح انتزاع فرایندی متفاوت ایجاد کنید: (الف) برنامه‌ای برای نوشتن چک که با گرفتن وجه چک به‌صورت عددی، مقدار آن را به‌صورت حروفی روی چک چاپ می‌کند. (ب) حل ریشه‌های یک معادله متعالی به روش مبتنی بر تکرار، (پ) توسعه یک الگوریتم ساده برای زمان‌بندی وظایف روی یک سیستم عامل ساده.

۸-۱۳ نرم‌افزار مورد نیاز برای پیاده‌سازی قابلیت کامل ناوبری (با استفاده از GPS) در تلفن همراه را در نظر بگیرید. دو یا سه دغدغه پیش‌نیاز موجود را در نظر بگیرید. چگونه یکی از این دغدغه‌ها را به‌عنوان یک جنبه در نظر می‌گیرید؟ در این مورد بحث کنید.

۸-۱۴ آیا «بازآرایی» به معنی اصلاح کل طراحی به‌صورت تکراری است؟ اگر خیر، چه معنایی دارد؟

۸-۱۵ هر کدام از چهار عنصر مدل طراحی را شرح دهید.

فصل ۹

طراحی معماری

نگاهی گذرا

طراحی معماری چیست؟ طراحی معماری نشان‌گر ساختمان داده‌ها و مؤلفه‌های برنامه‌ای است که برای ساخت یک سیستم کامپیوتری مورد نیازند. سبک معماری که سیستم به خود می‌گیرد، ساختار و خواص مؤلفه‌های تشکیل دهنده سیستم و روابط میان همه‌ی مؤلفه‌های معماری سیستم، در این طراحی معماری در نظر گرفته می‌شود.

چه کسی آن را انجام می‌دهد؟ گرچه مهندس نرم‌افزار قادر به طراحی داده‌ها و معماری است، در صورت بزرگ و پیچیده بودن سیستم، این وظیفه به افراد متخصص سپرده می‌شود. طراح بانک اطلاعاتی یا انبار داده‌ها، معماری داده‌های سیستم را ایجاد می‌کند. «معمار سیستم» سبک معماری مناسبی را با توجه به خواسته‌های به‌دست آمده در حین تحلیل خواسته‌های نرم‌افزار انتخاب می‌کند.

چرا اهمیت دارد؟ شما تلاش نمی‌کنید که بدون داشتن نقشه، ساختمان بسازید، درست است؟ ترسیم نقشه را هم با چیدمان لوله‌کشی خانه شروع نمی‌کنید. اول باید به تصویر بزرگ توجه کنید- خود خانه- و بعد به جزئیات بپردازید. این کاری است که در طراحی معماری انجام می‌شود- تصویر بزرگ را در اختیارتان قرار می‌دهد تا اطمینان کنید که کار درست پیش می‌رود.

مراحل کار کدام است؟ طراحی معماری با طراحی داده‌ها شروع می‌شود و سپس با به‌دست آوردن یک یا چند نمایش از ساختار معماری سیستم ادامه می‌یابد. سبک‌ها یا الگوهای معماری متفاوت تحلیل می‌شوند تا ساختاری به‌دست آید که بیشترین مناسبت را با صفات کیفیتی و خواسته‌های مشتری داشته باشد. پس از این که این سبک معماری انتخاب شد، جزئیات این معماری با استفاده از یک روش طراحی معماری تعیین خواهد شد.

محصول کار چیست؟ طی طراحی معماری، یک مدل معماری شامل معماری داده‌ها و ساختار برنامه ایجاد می‌شود. به‌علاوه، خواص مؤلفه‌ها و روابط (تعامل‌ها) نیز توصیف می‌شوند.

چگونه اطمینان حاصل کنم که درست از عهده کار برآمده‌ام؟ در هر مرحله، محصولات کاری طراحی نرم‌افزار از نظر وضوح، صحت، کامل بودن و سازگاری با خواسته‌ها و با یکدیگر بازبینی می‌شوند.

طراحی به‌عنوان یک فرایند چند مرحله‌ای توصیف شده است که در آن، نمایش‌هایی از ساختار برنامه و داده‌ها، خصوصیات واسط و جزئیات روال‌ها از روی خواسته‌های اطلاعاتی ساخته می‌شوند. فریمن این توصیف را به‌صورت زیر بسط داده است [Fre80]:

> طراحی، فعالیتی است مرتبط با تصمیم‌گیری‌های عمده که غالباً ماهیتی ساختاری دارند. وجه اشتراک آن با برنامه‌نویسی در انتزاع نمایش اطلاعات و توالی‌های پردازشی است، ولی سطح جزئیات در حالت‌های حدی کاملاً متفاوت است. طراحی، نمایش‌هایی یکپارچه و خوش ترکیب از برنامه‌ها ارائه می‌دهد که بر روابط میان اجزا در سطحی بالاتر و عملیات‌های منطقی در سطوح پایین‌تر تمرکز دارند.

چنان که در فصل ۸ گفته شد، طراحی یک فعالیت اطلاعات- محور است. روش‌های طراحی نرم‌افزار با در نظر گرفتن هر کدام از سه دامنه مدل تحلیل به‌دست می‌آیند. دامنه‌های داده‌ای، عملیاتی و رفتاری به‌عنوان راهنمایی برای ایجاد طراحی نرم‌افزار عمل می‌کنند.

روش‌های مورد نیاز برای ایجاد «نمایش‌های یکپارچه و خوش ترکیب از لایه‌های معماری و داده‌های مدل طراحی در این فصل ارائه خواهند شد. هدف، فراهم آوردن روشی سیستماتیک برای به‌دست‌آوردن طراحی معماری- نقشه مقدماتی که نرم‌افزار بر اساس آن ساخته می‌شود- است.

۹-۱ معماری نرم‌افزار

شا و گارلان [Sha96] درکتاب برجسته‌ی خود در این باب، معماری نرم‌افزار را چنین توصیف می‌کنند:

> از آن زمان که اولین برنامه به چند پیمانه تقسیم شد، سیستم‌های نرم‌افزاری دارای معماری شدند و مسؤولیت تعامل میان پیمانه‌ها و خواص کلی سرهم‌بندی این پیمانه‌ها بر دوش برنامه نویسان قرار گرفت. به لحاظ تاریخی، معماری‌ها نقشی ناپیدا داشته اند- پیاده‌سازی تصادفی یا سیستم‌های قدیمی به جا مانده از گذشته. نرم‌افزارنویسان خوب، غالباً یک یا چند الگوی معماری را به‌عنوان راهبردهایی برای سازماندهی به سیستم پذیرفته‌اند، ولی از این الگوها به شیوه‌ای غیر رسمی استفاده می‌کنند و راهی برای ابراز صریح آن‌ها در سیستم حاصل ندارند.

امروزه، معماری نرم‌افزار اثربخش، همراه با نمایش و طراحی صریح آن، به زمینه‌های غالب در مهندسی نرم‌افزار تبدیل شده‌اند.

۹-۱-۱ معماری چیست؟

هنگام[illegible]ماری یک ساختمان را در نظر می‌گیرید، صفات فراوانی به ذهن خطور می‌کند. در [illegible]طوح، به شکل کلی ساختار فیزیکی آن می‌اندیشید. ولی در واقعیت، معماری چیزی [illegible]است. معماری، روش انسجام‌بخشی اجزای ساختمان برای تشکیل کلیتی [illegible]فتن ساختمان در محیط و هماهنگی آن با سایر ساختمان‌های هم‌جوار [illegible]دن هدف توسط ساختمان و برآوردن نیازهای مالک آن. حس [illegible]ساختمان - و شیوه ترکیب بافت‌ها، رنگ‌ها و مواد برای ایجاد [illegible]ست. جزئیات ریز است- طراحی نور پردازی، نوع سقف، [illegible]ست همچنان ادامه دارد. و سرانجام این که، معماری،

شکل ۹-۴ ابعاد مدل [illegible]

> «معماری سیستم، یک جارچوب جامع است که شکل و ساختار آن سیستم را توصیف می‌کند- مؤلفه‌های آن و این که چگونه با هم مطابقت می‌کنند»
> **جرولد گروچو**

معماری، چیز دیگری نیز هست: «هزاران تصمیم‌گیری بزرگ و کوچک» [Tyr05]. برخی از این تصمیم‌ها در ابتدای طراحی گرفته می‌شوند و می‌توانند تأثیری عمیق بر کلیه کنش‌های دیگر طراحی بگذارند. سایر تصمیم‌گیری‌ها به تعویق می‌افتند تا این که قیدوبندهای بیش از حد محدود کننده‌ای که ممکن است به پیاده‌سازی ضعیف سبک معماری منجر شوند، از سر راه برداشته شده باشند.

ولی معماری نرم‌افزار چیست؟ باس، کلمنتس و کازمان [Bas03] این عبارت را چنین تعریف می‌کند.

> معماری نرم‌افزار برای یک برنامه یا سیستم برنامه نویسی، ساختار یا ساختارهایی از سیستم است که از مؤلفه‌های نرم‌افزار، خواص بیرونی قابل مشاهده‌ی این مؤلفه‌ها و روابط میان آن‌ها تشکیل می‌شود.

معماری، نرم‌افزار عملیاتی نیست بلکه نمایشی است که به کمک آن می‌توانید (۱) میزان اثربخشی طراحی را در برآورده ساختن خواسته‌های بیان شده تحلیل کنید، (۲) در مرحله‌ای که اعمال تغییرات طراحی هنوز آسان است، آلترناتیوهایی برای معماری در نظر بگیرید و (۳) خطرات مرتبط با ساخت نرم‌افزار را کاهش دهید.

در این تعریف، بر نقش «مؤلفه‌های نرم‌افزار» در هر نمایش معماری تأکید می‌شود. در حیطه‌ی طراحی معماری، مؤلفه نرم‌افزار می‌تواند چیزی به سادگی یک پیمانه از برنامه یا یک کلاس شیء‌گرا باشد و در عین حال می‌تواند چنان بسط یابد که شامل یک بانک اطلاعات یا «میان افزاری» باشد که پیکربندی شبکه‌ای از سرورها و کلاینت‌ها را میسر سازد. خواص مؤلفه‌ها همان ویژگی‌هایی هستند که برای درک چگونگی تعامل مؤلفه‌ها با یکدیگر ضرورت دارند. در سطح معماری، خواص درونی (از قبیل جزئیات الگوریتم) مشخص نمی‌شوند. روابط میان مؤلفه‌ها می‌تواند به سادگی فراخوانی روالی از یک پیمانه به پیمانه دیگر یا به پیچیدگی پروتکل دستیابی به یک بانک اطلاعاتی باشد.

برخی اعضای جامعه نرم‌افزاری (مثل [Kaz03]) بین واکنش‌های مرتبط با به‌دست آوردن معماری نرم‌افزار (که آن را «طراحی معماری» می‌خوانیم) و کنش‌های اعمال شده برای به‌دست آوردن طراحی نرم‌افزار، تفاوت قائل می‌شوند. یکی از کسانی که این ویرایش را مرور کرده است، چنین می‌نویسد:

> تفاوت متمایزی میان واژه‌های طراحی و معماری وجود دارد. طراحی نمونه‌ای از یک معماری است، مشابه با این که یک شیء نمونه‌ای از یک کلاس است. برای مثال، معماری کلاینت- سرور را در نظر بگیرید. من می‌توانم یک سیستم نرم‌افزار کلاینت- سرور را به شیوه‌های متفاوت، از روی این معماری و با استفاده از سکوی جاوا (Java EE) یا سکوی مایکروسافت (.NET framework) طراحی کنم. پس تنها یک معماری وجود دارد، ولی طراحی‌های فراوانی را براساس آن معماری می‌توان ایجاد کرد. از این رو، نمی‌توانید «معماری» و «طراحی» را با هم مخلوط کنید.

گرچه من نیز موافقم که یک طراحی نرم‌افزار، نمونه‌ای از یک معماری نرم‌افزار مشخص است، عناصر ساختارهایی که به‌عنوان بخشی از معماری تعریف می‌شوند، ریشه‌ی هر طراحی‌ای هستند که از آن متکامل می‌شود. طراحی با در نظر گرفتن معماری آغاز می‌شود.

در این کتاب، در طراحی معماری نرم‌افزار به دو سطح از هرم طراحی (شکل ۱-۸) خواهیم پرداخت- طراحی داده‌ها و طراحی معماری. در حیطه‌ی بحث قبلی، در طراحی داده‌ها می‌توانید مؤلفه داده‌ای معماری را در سیستم‌های مرسوم و تعاریف کلاس‌ها (شامل صفات و عملیات‌ها) در

نکته‌ی کلیدی

معماری نرم‌افزار باید ساختار یک سیستم و شیوه‌ی همکاری داده‌ها و مؤلفه‌های عملیاتی با یکدیگر را مدل‌سازی کند.

> «به شتاب با معماری ازدواج کنید و در فراغ خیال از آن دل بکنید»
> **بری بوهم**

مرجع وب

اشاره‌های مفیدی به بسیاری از سایت‌های معماری را در نشان زیر خواهید یافت:
www2.umassd.edu/SECenter/SAResources.html

سیستم‌های شیءگرا نمایش دهید. در معماری طراحی، آن چه که کانون توجه قرار می‌گیرد عبارت است از نمایش ساختار مؤلفه‌های نرم‌افزار، خواص آن‌ها و تعامل‌های میان این مؤلفه‌ها.

۹-۱-۲ اهمیت معماری در چیست؟

باس و همکاران در کتابی که به معماری نرم‌افزار اختصاص دارد [Bas03] سه دلیل مهم برای اهمیت معماری نرم‌افزار ذکر می‌کنند.

- نمایش‌های معماری نرم‌افزار، برقراری ارتباط بین طرف‌های ذی‌نفع در توسعه‌ی یک سیستم کامپیوتری را میسر می‌سازند.
- معماری، تصمیم‌گیری‌های زود هنگامی را که بر همه‌ی کارهای بعدی مهندسی نرم‌افزار تأثیر عمیق می‌گذارند، برجسته می‌سازد و با همان میزان از اهمیت، موفقیت نهایی سیستم را به‌عنوان یک موجودیت عملیاتی نمایان می‌سازد.
- معماری «یک مدل نسبتاً کوچک و قابل درک از چگونگی ساخت یافتگی سیستم و چگونگی همکاری مؤلفه‌های آن تشکیل می‌دهد.» [Bas03].

مدل طراحی معماری و الگوهای معماری موجود در آن، قابل انتقال هستند. یعنی، ژانرها (genres)، سبک‌ها و الگوهای معماری (بخش‌های ۲-۹ تا ۴-۹) را می‌توان در طراحی سایر سیستم‌ها به کاربرد و مجموعه‌ای از انتزاع‌ها را نمایش داد که مهندس نرم‌افزار را در توصیف معماری به شیوه‌های قابل پیش‌بینی یاری دهند.

۹-۱-۳ توصیف‌های معماری

هر کدام از ما تصویری ذهنی از معنا و مفهوم واژه‌ی *معماری* در ذهن دارد. ولی در واقعیت، معماری برای افراد متفاوت، معانی متفاوت دارد. می‌خواهیم بگوییم که طرف‌های ذی‌نفع متفاوت، معماری را از دیدگاه‌های متفاوتی می‌بینند که علت این تفاوت دیدگاه، تفاوت در مجموعه دغدغه‌های متفاوت است. این بدان معناست که یک توصیف معماری در واقع مجموعه‌ای از محصولات کاری است که نماهای متفاوتی از سیستم ارائه می‌دهد.

برای مثال، معمار یک ساختمان اداری بزرگ باید با انواع متفاوتی از طرف‌های ذی‌نفع کار کند. دغدغه‌ی اصلی مالک ساختمان (یکی از طرف‌های ذی‌نفع) حصول اطمینان از این بابت است که ساختمان به لحاظ زیبایی‌شناختی، نمایی دلپذیر داشته باشد و فضای اداری کافی و زیرساخت لازم فراهم شود تا از بابت سودهی خاطرش آسوده شود. بنابراین، معمار باید با استفاده از ساختمان که به دغدغه‌های مالک می‌پردازد، توصیفی ارائه دهد. دیدگاه‌های مورد استفاده، ترسیم‌هایی سه بعدی از ساختمان (برای ارائه جنبه‌های زیبایی‌شناختی) و مجموعه‌ای از نقشه‌های ساختمانی دوبعدی برای پرداختن به دغدغه‌های مالک در خصوص فضای اداری و زیرساخت‌ها خواهد بود.

ولی ساختمان اداری طرف‌های ذی‌نفع دیگری هم دارد که از آن جمله‌اند، اسکلت‌ساز. اسکلت‌ساز به اطلاعات معماری در خصوص تیرآهن‌ها و میل گردهای فولادی برای پشتیبانی ساختمان نیاز دارد؛ این اطلاعات عبارتند از نوع تیرآهن‌ها، ابعاد آن‌ها، شیوه اتصال میان آن‌ها، نوع مواد و بسیاری جزئیات دیگر. به این دغدغه‌ها در محصولات کاری متفاوتی پاسخ گفته می‌شود که نماهای متفاوتی از معماری ارائه می‌دهند. در نقشه‌های تخصصی اسکلت‌بندی فولادی ساختمان، تنها به یکی از دغدغه‌های اسکلت‌ساز پرداخته می‌شود.

> «معماری به مراتب مهم‌تر از آن است که تنها به یک نفر واگذار گردد هر قدر هم که آن فرد، قابل باشد.»
>
> اسکات امبلر

نکته‌ی کلیدی

مدل معماری نمایی کلی از سیستم فراهم می‌آورد به‌طوری که مهندس نرم‌افزار می‌تواند آن را به‌عنوان یک کل بررسی کند.

اندرز

تلاش شما باید بر نمایش‌های معماری‌ای متمرکز باشد که راهنمایی برای کلیه جنبه‌های دیگر طراحی باشند. زمانی را صرف مطالعه‌ی دقیق معماری کنید. اشتباهی در این جا تأثیرات منفی دراز مدت خواهد داشت.

توصیف معماری یک سیستم نرم‌افزاری نیز باید خصوصیاتی را از خود نشان دهد که مشابه با خصوصیات ذکر شده برای ساختمان اداری است. تایری و آکرمن [Tyr05] به این نکات چنین اشاره کرده‌اند: «سازندگان، به راهنمایی واضح و راسخ برای چگونگی پیشروی در کار طراحی نیاز دارند. مشتریان به درک روشنی از تغییرات محیطی که باید رخ دهند و ارائه تضمین در خصوص بر آورده شدن خواسته‌های خود از سوی معماری نیاز دارند. معماران دیگر نیز درکی واضح و برجسته از جنبه‌های کلیدی معماری می‌خواهند.» هر کدام از این «خواستن ها» در نمای متفاوتی منعکس می‌شود که با استفاده از دیدگاهی متفاوت نمایش داده می‌شود.

جامعه کامپیوتری IEEE استاندارد IEEE-Std-1471-2000 را تحت عنوان *کارهای توصیه شده برای توصیف معماری سیستم‌های نرم‌افزاری* [IEE00] پیشنهاد کرده است؛ این استاندارد اهداف زیر را دنبال می‌کند: (۱) ساخت چارچوبی مفهومی و واژگان مربوط به طراحی معماری نرم‌افزار، (۲) فراهم آوردن دستور العمل‌های مشروح برای نمایش یک توصیف معماری و (۳) تشویق به طراحی معماری منطقی.

در این استاندارد IEEE، *توصیف معماری* (AD) به‌عنوان «مجموعه‌ای از محصولات برای مستندسازی یک معماری» تعریف شده است. این توصیف، خود با استفاده از چند نما ارائه می‌شود که در آن هر *نما* «ارائه‌ای است از کل سیستم از دیدگاه یک مجموعه دغدغه‌های مرتبط (طرف ذی‌نفع).» هر *نما* مطابق با قواعد و قراردادهای تعریف شده در یک *دیدگاه* تعریف می‌شود- «مشخصه‌ای از قراردادها برای ساختن و به‌کارگیری یک نما [IEE00]. چند محصول کاری متفاوت در بسط دادن نماهای متفاوتی از معماری نرم‌افزار به‌کار می‌روند که در این فصل بحث خواهد شد.

۹-۱-۴ تصمیم‌گیری‌های معماری

هر کدام از نماهای بسط یافته به‌عنوان یک توصیف معماری به دغدغه معینی از یک طرف ذی‌نفع می‌پردازد. برای بسط دادن هر نما (و توصیف معماری به‌عنوان یک کلیت) معماری سیستم انواع آلترناتیوها را در نظر می‌گیرد و سرانجام درباره ویژگی‌های معماری خاصی که بیشترین همخوانی را با آن دغدغه دارد، تصمیم‌گیری می‌کند. بنابراین، خود تصمیم‌گیری‌های معماری را می‌توان یک نما از معماری در نظر گرفت. دلایلی که تصمیم‌گیری‌ها بر اساس آن‌ها انجام می‌شوند، دیدی از ساختار سیستم و همخوانی آن با دغدغه‌های طرف ذی‌نفع به‌دست می‌دهند.

شما به‌عنوان معمار سیستم می‌توانید از قالب پیشنهاد شده در کادر صفحه‌ی بعد برای مستندسازی هر تصمیم‌گیری استفاده کنید. به این ترتیب، توجیهی برای کار خود فراهم می‌آورید. سوابقی ایجاد می‌کنند که هنگام انجام اصلاحات روی طراحی می‌تواند مفید واقع شود.

۹-۲ ژانرهای معماری

گرچه اصول بنیادی طراحی معماری در تمامی انواع معماری کاربرد دارند، ژانر معماری غالباً رویکرد معماری مشخصی را در ساختاری که قرار است ساخته شود، دیکته می‌کند. در حیطه‌ی طراحی معماری، *ژانر* به معنای گروهی خاص در دامنه کلی نرم‌افزار است. در هر گروه، با چند زیرگروه مواجه می‌شوید. برای مثال، در ژانر ساختمان‌ها، سبک‌های عمومی خانه، آپارتمان، مجتمع مشاع، ساختمان اداری، ساختمان صنعتی، انبار و غیره را خواهید دید. در هر سبک عمومی، سبک‌های

اطلاعات

قالب برای توصیف تصمیم‌گیری‌های معماری

هر تصمیم‌گیری معماری عمده را می‌توان برای بازبینی طرف‌های ذی‌نفع آینده مستندسازی کرد تا توصیف معماری پیشنهاد شده را درک کنند. قالب ارائه شده در این کادر، نسخه‌ای خلاصه شده از قالب پیشنهادی توسط تایری و آکرمن [Tyr05] است.

مسأله طراحی: توصیف مسائل طراحی معماری که قرار است به آن‌ها پرداخته شود.

تحلیل (resolution): بیان رویکرد انتخابی برای پرداختن به مسأله طراحی.

گروه: تعیین گروه طراحی که مسأله طراحی و تحلیل به آن می‌پردازند (مثلاً طراحی داده‌ها، ساختار محتویات، ساختار مؤلفه‌ها، انسجام، ارائه).

فرض‌ها: ذکر هر فرضی که به اتخاذ تصمیم کمک می‌کند.

قیدوبندها: مشخص کردن هرگونه قیدوبند محیطی که به اتخاذ تصمیم کمک می‌کند (مثلاً استانداردهای فن آوری، الگوهای در دسترس، مسائل مرتبط با پروژه).

آلترناتیوها: توصیف مختصر سایر طراحی‌های معماری که در نظر گرفته می‌شوند و دلیل رد آن‌ها.

استدلال: بیان دلیل انتخاب یک رویکرد از میان سایر رویکردها.

دلالت: ذکر پیامدهای طراحی تصمیم‌گیری. تحلیل چگونه بر سایر مسائل طراحی معماری تأثیر خواهد گذاشت؟ آیا تحلیل، طراحی را به نحوی با قیدوبند مواجه می‌کند؟

تصمیم‌گیری‌های مرتبط: کدام تصمیم‌گیری‌های مستندسازی شده‌ی دیگر با این تصمیم‌گیری در ارتباط هستند؟

دغدغه‌های مرتبط: کدام خواسته‌ها با این تصمیم‌گیری در ارتباط هستند؟

محصولات کاری: ذکر این که تصمیم‌گیری در کجای توصیف معماری منعکس می‌شود.

یادداشت‌ها: ارجاع به هرگونه یادداشت‌های تیمی یا سایر مستنداتی که برای تصمیم‌گیری به‌کار گرفته شده است.

مشخص‌تری ممکن است کاربرد پیدا کنند (بخش ۳-۹). هر سبک دارای ساختاری است که با به‌کارگیری مجموعه‌ای از الگوهای قابل پیش‌بینی قابل توصیف است.

گرادی بوچ در کتاب خود با عنوان *راهنمای معماری نرم‌افزار* [Boo08]، ژانرهای معماری زیر را برای سیستم‌های کامپیوتری پیشنهاد می‌کند:

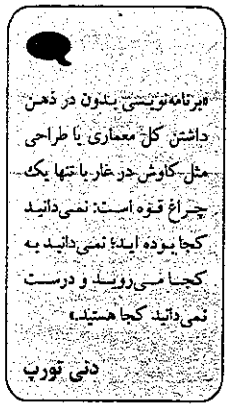
- **هوش مصنوعی**- سیستم‌هایی که شناخت انسانی، حرکت یا سایر فرایندهای آلی را شبیه‌سازی یا تکمیل می‌کنند.

نکته‌ی کلیدی

چند سبک معماری متفاوت ممکن است برای یک ژانر مشخص قابل استفاده باشد.

- **تجاری و غیر انتفاعی**- سیستم‌هایی که در راه اندازی شرکت‌های تجاری اهمیت بنیادی دارند.
- **ارتباطاتی**- سیستم‌هایی که زیرساخت لازم برای انتقال و مدیریت داده‌ها، برای متصل کردن کاربران آن داده‌ها یا برای ارائه داده‌ها در لبه‌ی یک زیرساخت فراهم می‌آورد.
- **پردازش محتویات**- سیستم‌هایی که برای ایجاد یا دستکاری کارهای متنی یا چند رسانه‌ای به‌کار می‌روند.
- **دستگاه‌ها**- سیستم‌هایی که با جهان فیزیکی تعامل دارند و نقاط سرویس‌دهی را برای افراد فراهم می‌آورند.
- **ورزش و تفریح**- سیستم‌هایی که رویدادهای عمومی را مدیریت می‌کنند یا گروه بزرگی از کاربران را سرگرم می‌کنند.
- **مالی**- سیستم‌هایی که زیرساخت لازم برای انتقال دادن و مدیریت پول و سایر موارد امنیتی را فراهم می‌سازند.
- **بازی‌ها**- سیستم‌هایی که تجربه سرگرمی برای افراد یا گروه فراهم می‌سازند.
- **دولتی**- سیستم‌هایی که هدایت و عملیات یک موجودیت سیاسی محلی، ایالتی، فدرال یا جهانی را پشتیبانی می‌کنند.
- **صنعتی**- سیستم‌هایی که فرایندهای فیزیکی را تقویت یا کنترل می‌کنند.
- **حقوقی**- سیستم‌هایی که موجودیت‌های حقوقی را پشتیبانی می‌کنند.
- **پزشکی**- سیستم‌هایی که به معاینه یا درمان کمک می‌کنند یا در پژوهش‌های پزشکی سهم دارند.
- **نظامی**- سیستم‌هایی برای مشاوره، ارتباطات، فرماندهی، کنترل و جاسوسی (C4I) و نیز سلاح‌های دفاعی و تهاجمی.
- **سیستم‌های عامل**- سیستم‌هایی که صرفاً روی سخت افزار نصب می‌شوند و سرویس‌های نرم‌افزاری پایه ارائه می‌دهند.
- **سکوها**- سیستم‌هایی که صرفاً روی سیستم عامل قرار می‌گیرند و سرویس‌های پیشرفته ارائه می‌دهند.
- **علمی**- سیستم‌هایی که برای پژوهش و کاربردهای علمی به‌کار می‌روند.
- **ابزارها**- سیستم‌هایی که در توسعه‌ی سایر سیستم‌ها به‌کار می‌روند.
- **حمل و نقل**- سیستم‌هایی که وسایل نقلیه‌ی آبی، زمینی، هوایی یا فضایی را کنترل می‌کنند.
- **برنامه‌های کمکی**- سیستم‌هایی که با سایر نرم‌افزارها تعامل می‌کنند تا نقاط سرویس‌دهی را فراهم آورند.

از دیدگاه طراحی معماری، هر ژانر نشان‌گر چالشی منحصر به فرد است. به‌عنوان مثال، معماری نرم‌افزار برای یک سیستم بازی را در نظر بگیرید. سیستم‌های بازی، که گاهی از آن‌ها به‌عنوان *برنامه‌های کاربردی تعاملی مجازی* نیز یاد می‌شود، به محاسبه الگوریتم‌های پرکار، گرافیک‌های پیچیده، منابع داده‌ای چند رسانه‌ای جریان‌دار (streaming)، تعامل زمان حقیقی از طریق ورودی‌های متداول و نامتداول و انواع دغدغه‌های تخصصی دیگر نیاز دارند.



«برنامه‌نویسی بدون در ذهن داشتن کل معماری یا طراحی مثل کاوش در غار با تنها یک چراغ قوه است: نمی‌دانید کجا بوده اید؛ نمی‌دانید به کجا می‌روید و درست نمی‌دانید کجا هستید.»

دنی توروپ

الکساندر فرانسواز [Fra03] برای برنامه‌های کاربردی تعاملی[1] یک معماری نرم‌افزار پیشنهاد می‌کند که در محیط بازی قابل استفاده است. او این معماری را چنین توصیف می‌کند:

> معماری نرم‌افزار برای برنامه‌های کاربردی تعاملی مجازی، یک مدل معماری نرم‌افزار جدید برای طراحی، تحلیل و پیاده‌سازی برنامه‌های کاربردی است که پردازش موازی، ناهمگام و توزیع شده‌ی جریان‌هایی از داده‌های کلی را بر عهده دارند. هدف آن، فراهم ساختن چارچوبی جهانی برای پیاده‌سازی توزیع شده‌ی الگوریتم‌ها و انسجام بخشی آسان به آن‌ها در سیستم‌های پیچیده است... مدل داده‌ای قابل بسط زیر بنایی و مدل پردازش موازی ناهمگام توزیع شده (مخزن مشترک و تبادل پیام) امکان دستکاری طبیعی و اثربخش روی جریان‌های داده‌ای کلی را با استفاده از کتابخانه‌های موجود و کدهای مشابه فراهم می‌سازد. پیمانه‌بندی سبک باعث تسهیل در توسعه‌ی کد توزیع شده، آزمون و استفاده مجدد شده علاوه بر آن، طراحی سیستم، انسجام، نگهداری و تکامل آن نیز با سرعت بیشتری قابل انجام است.

بحث مفصلی در این خصوص، خارج از حوصله‌ی این کتاب است. ولی دانستن این نکته حائز اهمیت است که به ژانر سیستم بازی می‌توان با یک سبک معماری پرداخت (بخش ۹-۳) که مشخصاً برای پرداختن به دغدغه‌های مربوط به سیستم‌های بازی طراحی شده است. در صورت علاقه بیشتر، [Fra03] را ببینید.

۹-۳ سبک‌های معماری

هنگامی که معمار از عبارت «عمارت ویلایی» برای توصیف یک خانه استفاده می‌کند، اکثر افراد آشنا با انواع خانه‌ها می‌توانند تصویری کلی از چنین خانه‌ای در ذهن داشته باشند و می‌دانند که این خانه چه شکل و ظاهری دارد. معمار از یک سبک معماری به‌عنوان یک سازوکار توصیفی استفاده کرده است تا این خانه را از سایر سبک‌ها (مثلاً آپارتمانی، حیاط دار، و ...) متمایز سازد. ولی مهمتر این که سبک معماری، قالبی برای ساخت فراهم می‌آورد. جزئیات بیشتر خانه باید اضافه شود، ابعاد نهایی آن تعیین گردد، یک سری ویژگی‌ها به سفارش صاحب منزل به آن‌ها اضافه شود، نوع مصالح ساختمانی تعیین شود، ولی سبک- عمارت ویلایی- معمار را در کارش یاری می‌دهد.

نرم‌افزاری که برای سیستم‌های کامپیوتری ساخته می‌شود نیز یکی از چند سبک معماری را از خود نشان می‌دهد. هر سبک، گروهی از سیستم‌ها را توصیف می‌کند که شامل موارد زیر می‌شود:

۱. مجموعه‌ای از مؤلفه‌ها (مثلاً بانک اطلاعاتی و پیمانه‌های محاسباتی) که وظیفه‌ای برای سیستم به انجام می‌رسانند؛
۲. مجموعه‌ای از کانکتورها که «برقراری ارتباط، هماهنگ‌سازی و همکاری» میان مؤلفه‌ها را امکان‌پذیر می‌سازند؛
۳. قیدوبندهایی که تعیین می‌کنند مؤلفه‌ها را چگونه می‌توان با هم منسجم ساخت و سیستم را ایجاد کرد؛
۴. مدل‌های معناشناختی که طراح به کمک آن‌ها می‌تواند خواص کلی سیستم را با تحلیل خواص بخش‌های سازنده آن درک کند.

«در پس ذهن هر هنرمندی یک الگو یا نوعی معماری وجود دارد.»
ج. ک. چسترتون

سبک معماری چیست؟

[1] فرانسواز برای این برنامه‌ها از اصطلاح immersipresence استفاده می‌کند.

اطلاعات

ساختارهای معماری کانونیک

معماری نرم‌افزار در اصل نشان‌گر ساختاری است که در آن مجموعه‌ای از موجودیت‌ها (که غالباً مؤلفه خوانده می‌شوند) توسط مجموعه‌ای از روابط (که غالباً کانکتور خوانده می‌شوند) به هم متصل می‌شوند. مؤلفه‌ها و کانکتورها هر دو با مجموعه‌ای از خواص همراه هستند که به طراح امکان می‌دهند تا میان انواع مؤلفه‌ها و کانکتورهای در دسترس، تمایز قائل شود. ولی در توصیف یک معماری از چه نوع ساختارهایی (مؤلفه‌ها، کانکتورها و خواص) می‌توان استفاده کرد؟ باس و کازمان [Bas03] پنج ساختار معماری کانونیک یا بنیادی پیشنهاد می‌کنند:

ساختار عملیاتی. مؤلفه‌ها نشان‌دهنده‌ی موجودیت‌های پردازشی یا عملیاتی هستند. کانکتورها، واسط‌هایی را نشان می‌دهند که توانایی «استفاده» یا «تحویل داده‌ها به» یک مؤلفه را فراهم می‌سازند. خواص، ماهیت مؤلفه‌ها و سازمان‌دهی واسط‌ها را توصیف می‌کنند.

ساختار پیاده‌سازی. «مؤلفه‌ها می‌توانند پکیج، کلاس، شیء، روال، تابع، متد و غیره باشند که همه‌ی آن‌ها به‌عنوان ابزاری برای بسته‌بندی قابلیت عملیاتی در سطوح گوناگونی از انتزاع به‌کار می‌روند [Bas03]. کانکتورها شامل توانایی تحویل و کنترل داده‌ها، به‌اشتراک گذاشتن داده‌ها، «استفاده» و «نمونه‌ای است از» می‌شوند. خواص، ویژگی‌های کیفیتی را کانون توجه قرار می‌دهند (مثل قابلیت نگهداری، قابلیت استفاده دوباره)که هنگام پیاده‌سازی ساختار نتیجه می‌شوند.

ساختار همروند. مؤلفه‌ها «واحدهای همروند» را نشان می‌دهند که به‌عنوان نخ‌ها یا وظایف موازی سازمان‌دهی می‌شوند. «روابط [کانکتورها] عبارتند از «همگام می‌شود با ...»، «اولویت بیشتری از...» دارد، «داده‌ها را به... ارسال می‌کند»، «بدون... قابل اجرا نیست» و «با... قابل اجرا نیست». خواص مرتبط با این ساختار شامل اولویت، قابلیت قبضه‌کردن و زمان اجرا می‌شود [Bas03].

ساختار فیزیکی. این ساختار مشابه با مدل استقراری است که به‌عنوان بخشی از طراحی، توسعه می‌یابد. مؤلفه‌ها، سخت افزارهای فیزیکی‌ای هستند که نرم‌افزارها روی آن‌ها اسکان می‌یابند. کانکتورها، واسط‌های میان مؤلفه‌های سخت افزاری هستند، و خواص به چیزهایی از قبیل ظرفیت، پهنای باند، کارایی و سایر صفات می‌پردازند.

ساختار توسعه‌ای. این ساختار، مؤلفه‌ها، محصولات کاری و سایر منابع اطلاعاتی را تعریف می‌کند که با پیشرفت مهندسی نرم‌افزار به آن‌ها نیاز خواهیم داشت. کانکتورها، روابط میان محصولات کاری را نشان می‌دهند و خواص، ویژگی‌های هر آیتم را مشخص می‌سازند.

هر کدام از این ساختارها نمای متفاوتی از معماری نرم‌افزار را نشان می‌دهند و اطلاعاتی را در معرض دید قرار می‌دهند، و به این ترتیب، تیم نرم‌افزاری را در مدل‌سازی و ساخت یاری می‌دهند.

سبک معماری، تبدیلی است که بر طراحی کل یک سیستم اعمال می‌شود. هدف از آن، ایجاد ساختاری برای کلیه مؤلفه‌های سیستم است. در مواردی که یک معماری موجود قرار است دوباره مهندسی شود (فصل ۲۹)، اعمال سبک معماری، به تغییرات بنیادی در ساختار نرم‌افزار منجر خواهد شد که از آن جمله می‌توان به تعیین مجدد قابلیت‌های عملیاتی مؤلفه‌ها اشاره کرد [Bos00].

الگوی معماری، همانند سبک معماری، تبدیل طراحی معماری را باعث می‌شود. ولی الگو به چند طریق بنیادی با سبک‌ها تفاوت دارد: (۱) دامنه الگو از وسعت کمتری برخوردار است و به جای آن که کل معماری را کانون توجه قرار دهد تنها به یک جنبه از آن توجه دارد؛ (۲) الگو قانونی را در معماری وضع می‌کند که شرح می‌دهد نرم‌افزار چگونه باید جنبه‌ای از قابلیت عملیاتی خودش را در سطح زیرساختی سامان بخشد [Bos00]؛ (۳) در الگوهای معماری (بخش ۴-۹) تمایل بر این است که به مسائل رفتاری خاص در حیطه‌ی معماری پرداخته شود (مثلاً این که سیستم‌های بی‌درنگ چگونه به همگام‌سازی یا وقفه‌ها سامان می‌دهند). از الگوها می‌توان در ارتباط با یک سبک معماری استفاده کرد و به ساختار کلی سیستم شکل داد. در بخش ۱-۳-۹، به سبک‌ها و الگوهای معماری رایج در نرم‌افزار خواهیم پرداخت.

مرجع وب

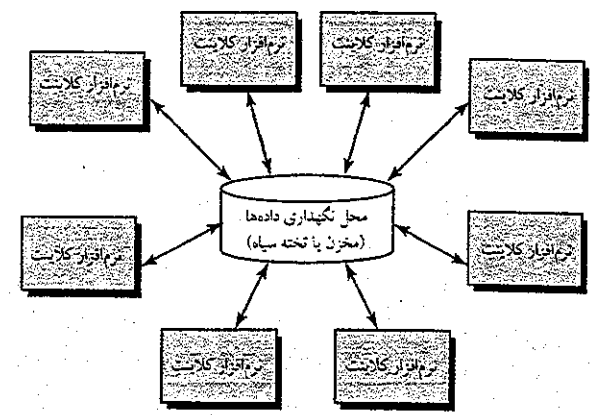
سبک‌های معماری مبتنی بر صفات (ABAS) را می‌توان به‌عنوان قطعات سازنده برای معماری نرم‌افزار به کاربرد. اطلاعات مربوط به آن‌ها را در وب سایت زیر می‌یابید:
www.sei.edu/architecture/abas.html

۱-۳-۹ طبقه‌بندی مختصر سبک‌های معماری

گرچه طی شصت سال اخیر، میلیون‌ها سیستم کامپیوتری ایجاد شده است، اکثر آن‌ها را می‌توان در یکی از چند سبک معماری زیر خلاصه کرد:

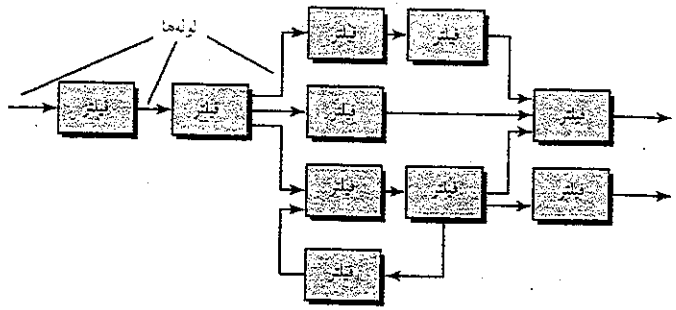
معماری‌های داده محور (Data-centered). محور این نوع معماری را یک انبار داده‌ها (فایل یا بانک اطلاعاتی) تشکیل می‌دهد که دستیابی به آن غالباً توسط مؤلفه‌های دیگری صورت می‌پذیرد که داده‌های موجود در این انبار را به هنگام، اضافه، حذف یا به طریقی دیگر، اصلاح می‌کنند. در شکل ۱-۹ نمونه‌ای از یک سبک معماری داده محور نشان داده شده است. نرم‌افزار کلاینت به یک مخزن مرکزی دستیابی دارد. در برخی موارد، این مخزن داده‌ها منفعل است به این معنی که نرم‌افزار کلاینت مستقل از هرگونه تغییراتی در داده‌ها یا کنش‌های سایر نرم‌افزارهای کلاینت، به این داده‌ها دستیابی دارد. با تغییر این رویکرد، مخزن به یک «تخته سیاه» تغییر ماهیت می‌دهد که هرگاه داده‌های مورد نظر کلاینت تغییر کند، کلاینت را از آن آگاه می‌سازد.

استفاده از الگوها و سبک‌ها در رشته‌های معماری، امری فراگیر است.
مری شا و دیوید گارلان



شکل ۱-۹ معماری داده محور.

معماری داده محور، یکپارچگی و انسجام را ارتقا می‌دهند [Bas03]. یعنی، مؤلفه‌های موجود را می‌توان تغییر داد و مؤلفه‌های کلاینت جدیدی را به معماری افزود، بی آن که نیازی باشد نگران کلاینت‌های دیگر باشیم (زیرا مؤلفه‌های کلاینت، مستقل از هم عمل می‌کنند). به‌علاوه، داده‌ها را می‌توان با استفاده از سازوکار تخته سیاه میان کلاینت‌ها تبادل کرد (یعنی مؤلفه‌ی تخته سیاه به هماهنگ کردن انتقال اطلاعات میان کلاینت‌ها کمک می‌کند). مؤلفه‌های کلاینت، فرایندها را مستقل از هم اجرا می‌کنند.



لوله‌ها و فیلترها

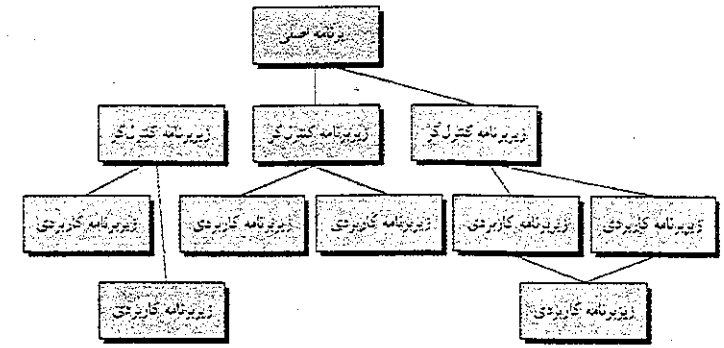
شکل ۲-۹ معماری جریان داده‌ها.

معماری‌های جریان داده‌ها (data-flow). این معماری هنگامی به‌کار برده می‌شود که قرار باشد داده‌های ورودی از طریق یک سری مؤلفه‌های محاسباتی و دستکاری، به داده‌های خروجی تبدیل شوند. الگوی لوله (pipe) و فیلتر (شکل ۲-۹) شامل مجموعه‌ای از مؤلفه‌ها، موسوم به فیلتر، می‌شود که توسط یک سری لوله به هم متصل می‌شوند؛ این لوله‌ها داده‌ها را از مؤلفه‌ای به مؤلفه‌ی بعدی ارسال می‌کنند. هر فیلتر مستقل از مؤلفه‌های فوقانی و زیرین خود عمل می‌کند، طوری طراحی می‌شود که داده‌های ورودی را در شکلی معین پذیرا باشد و داده‌های خروجی را با شکلی خاص تولید می‌کند (تا در اختیار فیلتر بعدی قرار گیرد). به هر حال، فیلتر نیازی ندارد که از عملکرد فیلترهای مجاور خود اطلاع داشته باشد.

اگر جریان داده‌ها تنها به یک خط از تبدیلات منجر شود، به آن، *ترتیب دسته‌ای* (batch sequential) گفته می‌شود. این ساختار، دسته‌ای از داده‌ها را می‌پذیرد سپس یک سری مؤلفه‌های ترتیبی (فیلترها) را به‌کار می‌گیرد تا آن دسته از داده‌ها را تبدیل کند.

معماری‌های فراخوانی و بازگشت. به کمک این سبک معماری می‌توانید به ساختاری برای برنامه دست پیدا کنید که اصلاح و تغییر دادن ابعاد آن نسبتاً آهسته باشد. در این گروه چند سبک فرعی نیز وجود دارد [Bas03]:

- *معماری‌های برنامه اصلی/ زیر برنامه.* در این ساختار کلاسیک برنامه، تابع به یک سلسله مراتب کنترلی تجزیه می‌شود که در آن یک برنامه «اصلی» چند مؤلفه از برنامه را فرا می‌خواند که هر یک به نوبه خود ممکن است مؤلفه‌های دیگری را فراخوانی کند. در شکل ۳-۹، یک معماری از این نوع نشان داده شده است.

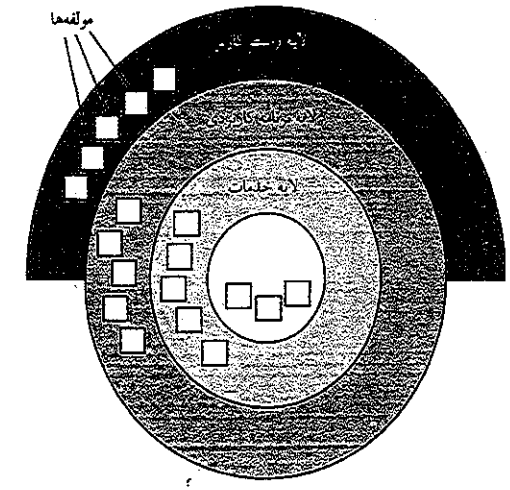


شکل ۳-۹ معماری برنامه اصلی / زیربرنامه.

- *معماری‌های فراخوانی روال‌های راه دور.* مؤلفه‌های معماری «برنامه اصلی / زیربرنامه» در میان چندین کامپیوتر روی یک شبکه توزیع می‌شوند.

معماری شیءگرا. مؤلفه‌های این سیستم، داده‌ها و عملیاتی را که باید برای دستکاری آنها اجرا شوند، کپسوله (encapsulate) می‌کنند. برقراری ارتباط و هماهنگ‌سازی میان مؤلفه‌ها از طریق مبادله پیام انجام می‌شود.

معماری لایه‌ای. ساختار اصلی یک معماری لایه‌ای در شکل ۴-۹ نشان داده شده است. تعدادی لایه‌های متفاوت تعریف می‌شود که هر یک عملیاتی را انجام می‌دهند و به‌طور تدریجی به دستورات ماشین نزدیک‌تر می‌شود. در لایه خارجی، مؤلفه‌ها به عملیات واسط کاربر سرویس می‌دهند. در لایه داخلی، مؤلفه‌ها، ارتباط با سیستم‌عامل را برقرار می‌کنند. لایه‌های میانی خدمات و عملکردهای اصلی نرم‌افزار را فراهم می‌آورند.



شکل ۴-۹ معماری لایه‌ای.

سبک‌های معماری فوق‌الذکر فقط زیرمجموعه کوچکی از سبک‌های در دسترس هستند[1]. هنگامی که در مهندسی خواسته‌ها، ویژگی‌ها و قیدوبندهای حاکم بر سیستم معلوم شد، می‌توان سبک معماری و/یا ترکیبی از الگوها را انتخاب نمود که بهترین مناسبت را با این ویژگی‌ها و قیدوبندها داشته باشند. در بسیاری موارد، بیش از یک الگو ممکن است مناسب باشد و می‌توان سبک‌های معماری متفاوتی را طراحی و ارزیابی کرد.

۹-۳-۲ الگوهای معماری

به موازاتی که مدل خواسته‌ها توسعه می‌یابد، متوجه خواهید شد که نرم‌افزار باید به چند مسأله عمده پاسخ‌گو باشد که کل برنامه کاربردی را در بر می‌گیرند. برای مثال، مدل خواسته‌ها برای هر برنامه کاربردی در زمینه‌ی تجارت الکترونیک با مسأله‌ای مواجه است که به دنبال خواهد آمد: *چگونه تعداد زیادی از کالاها را به آرایه‌ی گسترده‌ای از مشتریان ارائه دهیم و امکان خرید آنلاین کالاهای خود را برای این مشتریان فراهم سازیم؟*

مدل خواسته‌ها همچنین حیطه‌ای را تعریف می‌کند که این پرسش در آن باید پاسخ داده شود. برای مثال، یک شرکت تجارت الکترونیکی که تجهیزات گلف می‌فروشد، در حیطه‌ای متفاوت با شرکت دیگری کار می‌کند که تجهیزات صنعتی گران قیمت به شرکت‌های بزرگ یا میانه می‌فروشد. به‌علاوه، یک مجموعه محدودیت‌ها و قیدوبندها ممکن است برای شیوه‌ی رویارویی شما با مسأله تأثیر بگذارد.

الگوهای معماری به مسأله‌ای با کاربرد خاص در حیطه‌ای مشخص و تحت مجموعه‌ای از محدودیت‌ها و قیدوبندها می‌پردازند. این الگو، یک راهکار معماری پیشنهاد می‌کند که می‌تواند به‌عنوان مبنایی برای طراحی معماری عمل کند.

پیش‌تر در همین فصل متذکر شدیم که اکثر کاربردها در یک دامنه یا ژانر خاص می‌گنجند و یک یا چند سبک معماری ممکن است مناسب آن ژانر باشد. برای مثال، سبک معماری کلی مربوط به یک برنامه کاربردی ممکن است فراخوانی و بازگشت یا شیءگرا باشد. ولی در آن سبک، با مجموعه‌ای از مسائل مشترک مواجه خواهید شد که ممکن است به بهترین وجه با الگوهای معماری مشخص بتوان به آن‌ها پرداخت. برخی از این مشکلات و بحث کامل‌تری درباره‌ی الگوهای معماری در فصل ۱۲ ارائه شده‌است.

۹-۳-۳ سازمان‌دهی و پالایش

از آن‌جا که فرایند طراحی، غالباً چند گزینه مختلف معماری را فرا روی شما قرار می‌دهد، ایجاد مجموعه‌ای از ملاک‌های طراحی که بتوان از آن‌ها در ارزیابی طراحی معماری استفاده کرد، اهمیت دارد. پرسش‌های زیر [Bas03] دیدی از یک سبک معماری به‌دست می‌دهند.

کنترل. کنترل در داخل معماری چگونه مدیریت می‌شود؟ آیا سلسله مراتب کنترلی متمایزی وجود دارد و اگر چنین است، نقش مؤلفه‌ها در این سلسله مراتب کنترلی چیست؟ مؤلفه‌ها چگونه کنترل را در داخل سیستم منتقل می‌کنند؟ کنترل چگونه در میان مؤلفه‌ها به اشتراک گذاشته می‌شود؟ توپولوژی کنترل (یعنی شکل هندسی‌ای که کنترل خود می‌گیرد) چیست؟ آیا کنترل همگام شده است یا مؤلفه‌ها به‌صورت ناهمگام عمل می‌کنند؟

> «شاید در زیر زمین باشد، بگذار بروم نگاهی به طبقه دوم بیندازم»
> **موریس اشر**

> سبک معماری به‌دست آمده را چگونه ارزیابی کنیم؟

[1] برای بحث مفصلی درباره سبک‌ها و الگوهای معماری، [Bus07]، [Gor06]، [Bas03]، [Bos00] یا [Hof00] را ببینید.

SafeHome

انتخاب سبک معماری

صحنه: کابین جیمی، ابتدای مدل‌سازی طراحی.

نقش‌آفرینان: جیمی و اد- اعضای تیم نرم‌افزاری *SafeHome*.

گفتگو:

اد (اخم کرده است): ما قابلیت امنیتی را با UML مدل‌سازی کردیم- منظورم کلاس‌ها، روابط و از این جور چیزهاست. خلاصه، فکر می‌کنم معماری شیءگرا راه درست باشد.

جیمی: ولی...؟

اد: ولی- من نمی‌توانم تجسم کنم معماری شیءگرا چطور باید باشد. معماری فراخوانی و بازگشت را می‌فهمم، یک جورهایی همان سلسله مراتب سنتی فرایندهاست، ولی شیءگرا- نمی‌دانم، بی شکل به نظر می‌رسد.

جیمی (با لبخند): بی شکل؟

اد: بله- منظورم این است که نمی‌توانم یک ساختار واقعی برای آن تصور کنم. فقط کلاس‌های طراحی شناور در فضا.

جیمی: خب، این درست نیست. کلاس‌ها هم سلسله مراتب دارند- سلسله مراتبی را که برای شیء **FloorPlan** (شکل ۳-۸) داشتیم، یادت هست؟ معماری شیءگرا ترکیبی از آن ساختار و ارتباطات- همکاری‌ها- میان کلاس‌هاست. می‌توانیم این را با توصیف کامل صفات و عملیات‌ها- پیام‌هایی که ارسال می‌شوند و ساختار کلاس‌ها نشان دهیم.

اد: من یک ساعتی را صرف ترسیم معماری فراخوانی و بازگشت می‌کنم؛ بعداً بر می‌گردم و معماری شیءگرا را در نظر می‌گیرم.

جیمی: داگ مشکلی با این قضیه ندارد. گفته باید معماری‌های مختلفی را در نظر بگیریم. در ضمن، اصلاً دلیلی وجود ندارد که نتوان این دو معماری را با هم به کار برد.

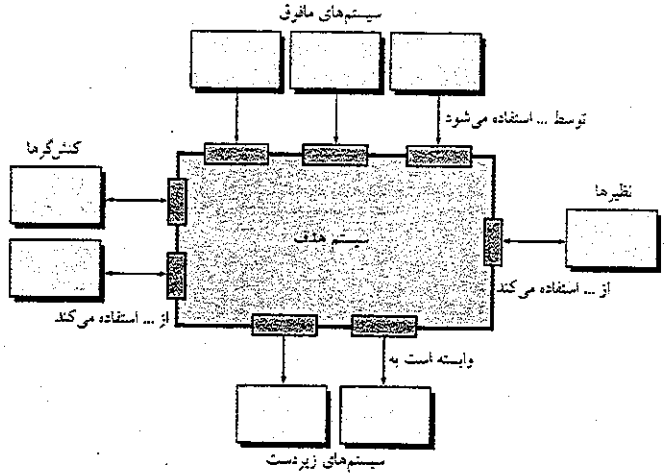
اد: خوب است، پس شروع می‌کنم.

داده‌ها. داده‌ها چگونه میان مؤلفه‌ها مبادله می‌شوند؟ آیا جریان داده‌ها پیوسته است یا اشیای داده‌ای، گاه و بی‌گاه به سیستم تحویل می‌شوند؟ شیوه‌ی انتقال داده‌ها چیست (یعنی آیا داده‌ها از مؤلفه‌ای به مؤلفه‌ی دیگر تحویل می‌شوند یا داده‌ها به‌طور سرتاسری در دسترس قرار دارند تا در میان مؤلفه‌های سیستم به اشتراک گذاشته شوند)؟ آیا مؤلفه‌های داده‌ها (مثلاً تخته سیاه یا مخزن) وجود دارند و اگر وجود دارند، نقش آن‌ها چیست؟ مؤلفه‌های عملیاتی چگونه با مؤلفه‌های داده‌ای تعامل دارند؟ آیا مؤلفه‌های داده‌ای فعال هستند یا منفعل (یعنی آیا مؤلفه داده‌ای با سایر مؤلفه‌های سیستم تعامل دارد)؟ تعامل داده‌ها و کنترل در سیستم به چه شیوه‌ای است؟

طراح با این پرسش‌ها می‌تواند کیفیت طراحی را مورد ارزیابی اولیه قرار دهد و بستری برای تحلیل مشروح‌تر معماری فراهم سازد.

۹-۴ طراحی معماری

به موازاتی که طراحی آغاز می‌شود، نرم‌افزاری که قرار است توسعه یابد، باید در حیطه‌ی کاری قرار داده شود- یعنی طراحی باید موجودیت‌های خارجی (سایر سیستم‌ها، دستگاه‌ها، افراد) را که نرم‌افزار با آن‌ها تعامل دارد و نیز ماهیت تعامل را تعریف کند. این اطلاعات را به‌طور کلی می‌توان از مدل خواسته‌ها و همه‌ی اطلاعات دیگری به‌دست آورد که طی مهندسی خواسته‌ها جمع آوری می‌شوند. هنگامی که حیطه‌ی کار مدل‌سازی شد و همه‌ی واسط‌های خارجی نرم‌افزار توصیف شدند، می‌توانید مجموعه‌ای از نمونه‌های اولیه معماری را شناسایی کنید. *نمونه اولیه*، انتزاعی (شبیه به کلاس) است که یک عنصر از رفتار سیستم را نمایش می‌دهد. این مجموعه نمونه‌های اولیه، مجموعه‌ای از انتزاع‌ها را فراهم می‌سازد که باید از نظر معماری مدل‌سازی شوند تا سیستم ساخته شود، ولی خود نمونه‌های اولیه جزئیات پیاده‌سازی کافی فراهم نمی‌آورند. بنابراین، طراح، با تعریف و پالایش مؤلفه‌هایی که هر نمونه اولیه را پیاده‌سازی می‌کنند، ساختار سیستم را مشخص می‌کند. این فرایند به تکرار چندان ادامه می‌یابد که یک ساختار معماری کامل به‌دست آید. در بخش‌هایی که به دنبال خواهد آمد، هر کدام از این وظایف معماری را با جزئیات بیشتر بررسی خواهیم کرد.



شکل ۹-۵ نمودار حیطه‌ی معماری.

۹-۴-۱ نمایش سیستم در حیطه‌ی کاری

در سطح طراحی معماری، معماری نرم‌افزار برای مدل‌سازی شیوه‌ی تعامل نرم‌افزار با موجودیت‌های خارج از مرزهای خود از نمودار حیطه‌ی معماری (ACD) استفاده می‌کند. ساختار کلی نمودار حیطه‌ی معماری در شکل ۹-۵ نشان داده شده است.

همان‌طور که این شکل نشان می‌دهد، سیستم‌هایی که با سیستم *هدف* (سیستمی که باید برای آن یک طراحی معماری توسعه داده شود) همکاری متقابل دارند، به‌صورت‌های زیر نشان داده می‌شوند:

> «پزشک می‌تواند اشتباهات خود را دفن کند، ولی معمار تنها می‌تواند به مشتری خود بگوید که تاک و پیچک بکارد.»
>
> **فرانک لوید رایت**

نکته‌ی کلیدی

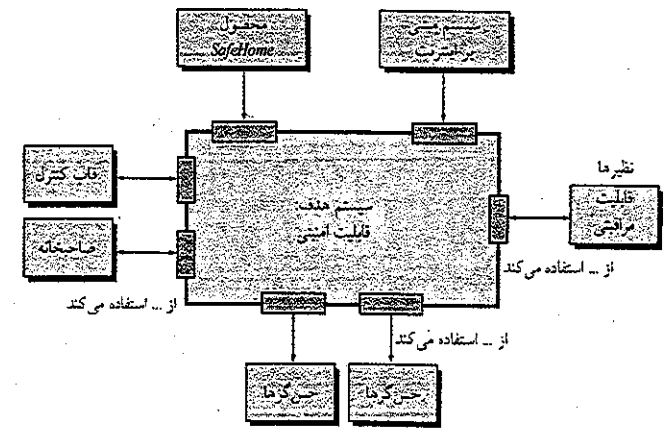
حیطه‌ی معماری چگونگی تعامل نرم‌افزار با موجودیت‌های خارج از مرزهای آن را نمایش می‌دهد.

- *سیستم‌های مافوق (superordinate systems)*- سیستم‌هایی که از سیستم هدف به‌عنوان بخشی از الگوی پردازش سطح بالاتر استفاده می‌کنند.
- *سیستم‌های زیردست (subordinate systems)*- سیستم‌هایی که توسط سیستم هدف به‌کار گرفته می‌شوند و داده‌ها یا پردازش مورد نیاز برای کامل کردن قابلیت‌های عملیاتی سیستم هدف را فراهم می‌سازند.
- *سیستم‌های سطح نظیر (peer-level systems)*- سیستم‌هایی که در سطح نظیر به نظیر تعامل دارند (یعنی اطلاعات توسط سیستم هدف و نظیرها، تولید یا مصرف می‌شود).
- *کنش‌گرها (actors)*- مرجودیت‌ها (افراد، دستگاه‌هایی) که با تولید یا مصرف اطلاعات مورد نیاز برای پردازش‌های ضروری، با سیستم هدف تعامل دارند.

هر کدام از این موجودیت‌های خارجی از طریق یک واسط، با سیستم هدف ارتباط برقرار می‌کنند (واسط‌ها با مستطیل‌های هاشور خورده‌ی کوچک مشخص شده‌اند).

برای نشان دادن کاربرد ACD، قابلیت امنیتی منزل در محصول *SafeHome* را در نظر بگیرید. کنترل‌گر جامع در محصول *SafeHome* و سیستم مبتنی بر اینترنت، هر دو زیردست قابلیت امنیتی به شمار می‌روند و از این رو، در شکل ۶-۹ در بالای سیستم هدف قرار دارند. قابلیت عملیاتی پایش منزل یک سیستم *نظیر* بوده در نسخه‌های بعدی محصول از قابلیت امنیتی منزل استفاده می‌کند (توسط آن استفاده می‌شود). صاحبخانه و قاب‌های کنترل، کنش گرهایی هستند که هم تولید کننده و هم مصرف کننده‌ی اطلاعاتی هستند که توسط نرم‌افزار امنیتی استفاده/ تولید می‌شوند. سرانجام، حس‌گرها توسط نرم‌افزار امنیتی استفاده می‌شوند و به‌عنوان زیردست آن نشان داده می‌شوند.

به‌عنوان بخشی از طراحی معماری، جزئیات هر واسط نشان داده شده در شکل ۶-۹ باید مشخص گردد. همه‌ی داده‌هایی که به درون و بیرون سیستم هدف جریان می‌یابند باید در این مرحله شناسایی شوند.



شکل ۶-۹ نمودار حیطه‌ی معماری برای قابلیت امنیتی منزل در محصول *SafeHome*.

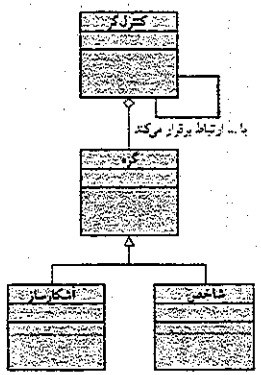
سیستم‌ها چگونه با یکدیگر همکاری می‌کنند؟

۹-۴-۲ تعریف نمونه‌های اولیه

نمونه اولیه، کلاس یا الگویی است که یک انتزاع هسته‌ای را نشان می‌دهد که در طراحی معماری برای سیستم هدف، اهمیت حیاتی دارد. به‌طور کلی، حتی برای طراحی سیستم‌های نسبتاً پیچیده به مجموعه نسبتاً کوچکی از نمونه‌های اولیه نیاز است. معماری سیستم هدف، از این نمونه‌های اولیه تشکیل می‌شود که عناصر پایدار معماری را نشان می‌دهند، ولی ممکن است بر اساس رفتار سیستم، نمونه‌های بعدی به شیوه‌های گوناگون از روی آن‌ها ساخته شود.

نکته‌ی کلیدی
نمونه‌های اولیه، قطعات سازنده انتزاعی در یک طراحی معماری‌اند.

در بسیاری موارد، نمونه‌های اولیه را می‌توان با بررسی کلاس‌های تحلیل تعریف شده به‌عنوان بخشی از مدل خواسته‌ها به‌دست آورد. با ادامه‌ی بحث قابلیت امنیتی منزل، می‌توانید نمونه‌های اولیه زیر را تعریف کنید:



شکل ۷-۹ روابط UML برای نمونه‌های اولیه قابلیت امنیتی منزل.

- **گره (node).** مجموعه‌ای یکپارچه از عناصر ورودی و خروجی قابلیت امنیتی منزل را نشان می‌دهد. برای مثال، یک گره ممکن است از (۱) حس‌گرهای گوناگون و (۲) انواع شاخص‌های آژیر (خروجی) تشکیل شده باشند.
- **آشکارساز (detector).** انتزاعی که شامل همه‌ی تجهیزات حس‌گر می‌شود و اطلاعات را به درون سیستم هدف تغذیه می‌کند.
- **شاخص (indicator).** انتزاعی که همه‌ی سازوکارها (مانند آژیر خطر، نور فلاش، زنگ اخبار) را نشان می‌دهد تا مشخص کند که شرایط هشدار رخ داده است.
- **کنترل‌گر (controller).** انتزاعی که نشان‌دهنده‌ی سازوکاری برای مسلح کردن یا غیر مسلح کردن یک گره است. اگر کنترل‌گر روی شبکه مستقر باشد، این توان را دارد که با دیگران ارتباط برقرار کند.

هر کدام از نمونه‌های اولیه با استفاده از نمادگذاری UML نمایش داده می‌شوند (شکل ۷-۹). به‌خاطر بسپارید که نمونه‌های اولیه، اساس و مبنایی برای معماری تشکیل می‌دهند، ولی انتزاع‌هایی هستند که باید باز هم با پیشرفت طراحی معماری پالایش شوند. برای مثال، **Detector** را شاید بتوان به سلسله مراتبی از حس‌گرها پالایش کرد.

۹-۴-۳ پالایش معماری به مؤلفه‌ها

با پالایش معماری نرم‌افزار به مؤلفه‌های آن، ساختار سیستم نمایان خواهد شد. ولی این مؤلفه‌ها چگونه انتخاب می‌شوند؟ به منظور پاسخ دادن به این پرسش، با کلاس‌هایی شروع می‌کنیم که به‌عنوان بخشی از مدل خواسته‌ها توصیف شد.[1] این کلاس‌های تحلیل، نشان‌گر موجودیت‌هایی در دامنه‌ی کاربرد (تجارت) هستند که باید در معماری نرم‌افزار به آن‌ها پرداخت. از این رو، دامنه کاربرد، یک منبع برای به‌دست آوردن و پالایش مؤلفه‌ها به شمار می‌رود. منبع دیگر، دامنه‌ی زیرساختی است. معماری باید مؤلفه‌های زیرساختی فراوانی را در بر گیرد که مؤلفه‌های کاربردی را فعال می‌سازند، ولی هیچ ارتباط تجاری با دامنه کاربردی ندارند. برای مثال، مؤلفه‌های مدیریت حافظه، مؤلفه‌های مخابراتی، مؤلفه‌های بانک اطلاعاتی و مؤلفه‌های مدیریت وظایف غالباً در معماری نرم‌افزار گنجانده می‌شوند.

ساختار یک سیستم نرم‌افزاری، سوم‌شناختی را مشخص می‌سازد که کد برنامه در آن زاده می‌شود، رشد می‌کند و می‌میرد. نومی که خوب طراحی شده باشد، امکان تکامل موفق را برای همه‌ی مؤلفه‌های مورد نیاز در یک سیستم نرم‌افزاری فراهم می‌سازد.
آر. پاتیس

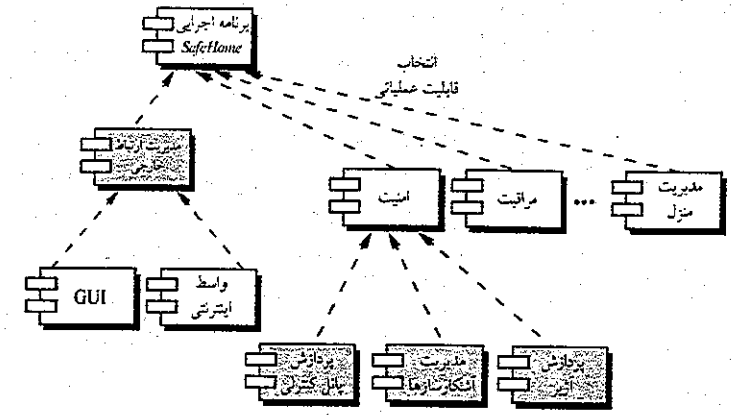
[1] اگر یک رویکرد ستی (غیر شیءگرا) انتخاب شود، مؤلفه‌ها از مدل جریان داده‌ها به‌دست می‌آیند. درباره این رویکرد به اختصار در بخش ۶-۹ بحث خواهیم کرد.

واسط‌های تصویر شده در نمودار حیطه‌ی معماری (بخش ۱-۴-۹) نشان‌گر یک یا چند مؤلفه‌ی تخصص‌یافته‌ترند که داده‌های جریان یافته از میان واسط هستند. در برخی موارد (مانند واسط گرافیکی کاربر)، یک معماری زیر سیستم کامل، با مؤلفه‌های بسیار زیاد باید طراحی شود.

با ادامه‌ی مثال قابلیت امنیتی منزل در محصول *SafeHome* می‌توانید مجموعه‌ای از مؤلفه‌های سطح بالا را تعریف کنید که به قابلیت عملیاتی زیر بپردازد:

- **مدیریت ارتباطات خارجی**- ارتباطات قابلیت امنیتی را با موجودیت‌های خارجی از قبیل سیستم‌های اینترنتی دیگر و سیستم هشدار خارجی هماهنگ می‌کند.
- **پردازش پانل کنترلی**- همه‌ی عملکردهای پانل کنترلی را مدیریت می‌کند.
- **مدیریت آشکارسازها**- دستیابی به همه‌ی آشکارسازهای متصل به سیستم را هماهنگ می‌کند.
- **پردازش هشدارها**- همه‌ی شرایط هشدار را وارسی و روی آن‌ها عمل می‌کند.

به هر کدام از این مؤلفه‌های سطح بالا باید به‌طور تکراری جزئیات بیشتری افزود و سپس در کل معماری *SafeHome* مستقر نمود. کلاس‌های طراحی (با صفت‌ها و عملیات‌های مناسب) برای هر کدام تعریف خواهند شد. ولی ذکر این نکته حائز اهمیت است که جزئیات طراحی همه‌ی صفات و عملیات‌ها، تا طراحی در سطح مؤلفه‌ها مشخص نخواهد شد (فصل ۱۰).



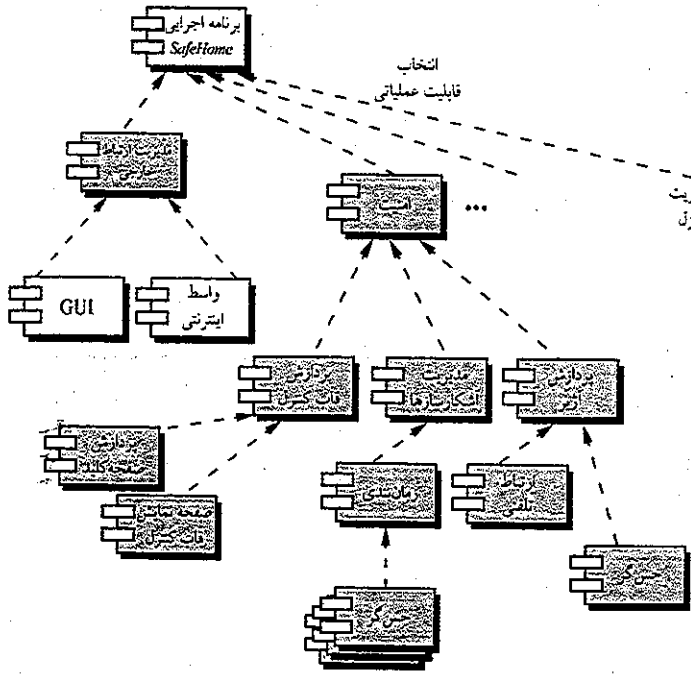
شکل ۸-۹ کل ساختار معماری برای *SafeHome* با مؤلفه‌های سطح بالا.

کل ساختار معماری (که به‌صورت نمودار مؤلفه‌های UML نمایش داده می‌شود) در شکل ۸-۹ نشان داده شده است. تراکنش‌ها به وسیله‌ی *مدیریت ارتباطات خارجی* و به موازات حرکت آن‌ها از مؤلفه‌هایی به‌دست می‌آیند که *SafeHome* GUI و واسط اینترنتی را پردازش می‌کنند. این اطلاعات توسط یک مؤلفه‌ی اجرایی *SafeHome* مدیریت می‌شود که قابلیت عملیاتی مناسب محصول (در این مورد، امنیت منزل) را انتخاب می‌کند. مؤلفه‌ی *پردازش پانل کنترلی* با صاحبخانه تعامل می‌کند تا قابلیت امنیتی منزل را مسلح یا غیر مسلح کند. مؤلفه *مدیریت آشکارسازها*، به حس‌گرها سر می‌زند تا شرایط هشدار را رؤیت کند و در صورت لزوم، مؤلفه‌ی *پردازش هشدارها* خروجی را تولید می‌کند.

۹-۴-۴ توصیف ساخت نمونه‌ای از سیستم

طراحی معماری که تا این نقطه مدل‌سازی شده است، هنوز از سطح نسبتاً بالایی برخوردار است. حیطه‌ی سیستم نشان داده شده است، نمونه‌های اولیه‌ای که انتزاع‌های مهم را در دامنه‌ی مسأله نشان می‌دهند، تعریف شده‌اند، ساختار سیستم مشخص شده است و مؤلفه‌های اصلی نرم‌افزار شناسایی شده‌اند. ولی، هنوز به پالایش بیشتر (به‌خاطر دارید که همه‌ی طراحی، تکراری است) نیاز است.

برای دستیابی به این منظور، نمونه‌ای واقعی از معماری توسعه می‌یابد. هدف، به‌کار گرفتن معماری در یک مسأله‌ی خاص است تا نشان دهیم که ساختار و مؤلفه‌ها مناسب هستند.



شکل ۹-۹ نمونه‌ای برگرفته از قابلیت امنیتی منزل با جزئیات افزوده شده به مولفه‌ها.

در شکل ۹-۹، ساخت نمونه‌ای از معماری *SafeHome* برای سیستم امنیت منزل آمده است. به مؤلفه‌های نشان داده شده در شکل ۸-۹ جزئیات بیشتری افزوده می‌شود تا جزئیات اضافی نشان داده شود. برای مثال، مؤلفه‌ی *مدیریت آشکارسازها* با مؤلفه‌ی زیرساختی *زمان‌بندی*، تعامل می‌کند، که تمام اشیای حس‌گر موجود در سیستم امنیت منزل را چک می‌کند. به هر کدام از مؤلفه‌های نشان‌داده‌شده در ۸-۹ جزئیاتی افزوده می‌شود.

۹-۵ تعیین طراحی‌های معماری متفاوت

کلمتس و همکاران وی [Cle03] در کتابی راجع به ارزیابی معماری‌های نرم‌افزار چنین اظهار کرده‌اند:

ابزارهای نرم‌افزاری

طراحی معماری

هدف: ابزارهای طراحی معماری، کل ساختار نرم‌افزار را با نشان دادن واسط مؤلفه‌ها، وابستگی‌ها و روابط، و تعامل‌ها مدل‌سازی می‌کنند.

مکانیک: مکانیک این ابزارها متفاوت است. در اکثر موارد، قابلیت طراحی معماری بخشی از قابلیت عملیاتی فراهم شده توسط ابزارهای خودکار برای مدل‌سازی طراحی و تحلیل است.

ابزارهای نمونه

Adalon، که توسط شرکت Synhtis (**www.synthis.com**) توسعه یافته است، یک ابزار طراحی تخصص یافته برای طراحی و ساخت معماری مؤلفه‌های مبتنی بر وب است.

ObjectiF، که توسط microTOOL GmbH (**www.microtool.de/objectiF/en/**) توسعه یافته است، یک ابزار طراحی مبتنی بر UML است که به معماری‌های مناسب برای مهندسی نرم‌افزار مبتنی بر مؤلفه‌ها (مثل Coldfusion، J2EE Fusebox) مربوط می‌شود (فصل ۲۹).

Rational Rose، که توسط Rational (**www-360.ibm.com/software/rational/**) توسعه یافته است، یک ابزار طراحی مبتنی بر UML است که همه‌ی جنبه‌های طراحی معماری را پشتیبانی می‌کند.

بی پرده بگوییم، معماری قماری است بر سر موفقیت یک سیستم. به جای این که صبر کنید تا سیستم تقریباً کامل شود و هنوز ندانید که آیا خواسته‌ها را برآورده می‌کند یا خیر، آیا بهتر نیست که از قبل بدانید روی کارت برنده شرط بسته‌اید؟ اگر سیستمی می‌خرید یا برای توسعه‌ی آن پولی می‌پردازید، دوست ندارید تضمینی داشته باشید که در مسیر درست حرکت کند؟ اگر خودتان معمار هستید، دوست ندارید راه خوبی برای اعتبارسنجی تجربه و بصیرت خود داشته باشید به‌طوری که بتوانید شب با خیال آسوده بخوابید در حالی که می‌دانید طراحی را به خوبی ایجاد کرده‌اید.

در واقع پاسخ به این پرسش‌ها ارزش‌مند است. طراحی به چند معماری متفاوت منجر می‌گردد که با ارزیابی هر کدام می‌توان تعیین کرد کدام یک برای مسأله‌ای که باید حل شود، بیش از دیگران مناسب است. در بخش‌هایی که به دنبال خواهد آمد، دو رویکرد متفاوت برای ارزیابی طراحی‌های معماری متفاوت ارائه خواهد شد. روش نخست، از روش تکراری برای ارزیابی طراحی‌های معماری متفاوت یا توازن‌ها (trade-offs) استفاده خواهد کرد. در رویکرد دوم از یک تکنیک شبه کمّی برای ارزیابی کیفیت طراحی استفاده می‌شود.

۹-۵-۱ روش تحلیل توازن‌های معماری

مؤسسه مهندسی نرم‌افزار (SEI) یک روش تحلیل توازن‌های معماری توسعه داده است [Kaz98] که برای معماری‌های نرم‌افزار، یک فرایند ارزیابی تکراری تدارک می‌بیند. فعالیت‌های تحلیل طراحی که در زیر ذکر می‌شوند، به‌صورت تکراری به اجرا درمی‌آیند:

۱. *جمع‌آوری سناریوها.* مجموعه‌ای از use caseها (فصل‌های ۵ و ۶) برای نشان دادن سیستم از دیدگاه کاربر تهیه می‌شود.

مرجع وب

اطلاعاتی عمیق در خصوص ATAM را در سایت زیر می‌توان یافت:

www.sei.cmu.edu/activities/architecture/ata_method.html

۲. *روشن کردن خواسته‌ها*، قیدوبندها و توصیف محیط. این اطلاعات به‌عنوان بخشی از مهندسی خواسته‌ها موردنیاز است و بدین منظور مورد استفاده قرار می‌گیرند که اطمینان حاصل شود که مشتری، کاربر و کلیه افراد ذی‌نفع در نظر گرفته شده‌اند.

۳. *توصیف سبک‌ها / الگوهای معماری که برای پرداختن به سناریوها و خواسته‌ها انتخاب شده‌اند.* سبک(ها) باید با استفاده از نماهای معماری زیر توصیف شوند:

- *نمای پیمانه (module view).* برای تحلیل تخصیص کارها به مؤلفه‌ها و میزان پنهان کردن اطلاعات.
- *نمای پردازش (process view).* برای تحلیل کارایی سیستم.
- *نمای جریان داده‌ها (data-flow view).* برای تحلیل میزان برآورده شدن خواسته‌های عملیاتی در معماری.

۴. *ارزیابی صفات کیفیتی با در نظر گرفتن هر صفت به‌طور مجزا.* تعداد صفات کیفیتی که برای تحلیل انتخاب شد، تابعی از زمان لازم برای بازبینی و میزان ارتباط صفات کیفیتی با سیستم موردنظر است. صفات کیفیتی برای ارزیابی طراحی معماری عبارتنداز: قابلیت اطمینان، کارآیی، امنیت، قابلیت نگهداری، انعطاف‌پذیری، آزمون‌پذیری، قابلیت حمل، قابلیت استفاده مجدد و قابلیت کار متقابل.

۵. *شناسایی حساسیت صفات کیفیتی در مقابل صفات معماری گوناگون برای یک سبک معماری مشخص.* برای این منظور می‌توان تغییرات کوچکی در معماری اعمال کرد و تعیین کرد که یک صفت کیفیتی، مثلاً کارآیی، تا چه حد نسبت به این تغییر حساسیت دارد. هر صفتی که از این تغییر تأثیر زیادی بپذیرد، به‌عنوان نقطه حساسیت در نظر گرفته می‌شود.

۶. *نقد معماری‌های کاندیدا (که در مرحله ۳ توسعه داده شده‌اند) با استفاده از تحلیل حساسیت که در مرحله ۵ اجرا می‌شود.* SEI این روش را به شیوه زیر توصیف می‌کند [Kaz98]:

هنگامی که نقاط حساسیت معماری تعیین شد، یافتن نقاط توازن صرفاً عبارت از شناسایی عناصری از معماری است که چند صفت نسبت به آنها حساسیت دارند. برای مثال، کارایی یک معماری کلاینت/سرور ممکن است نسبت به تعداد سرورها بسیار حساس باشد (در یک گستره معین، کارایی با افزایش تعداد سرورها افزایش می‌یابد). قابلیت دستیابی چنین معماری‌ای نیز ممکن است مستقیماً با تعداد سرورها تغییر کند. ولی، امنیت سیستم ممکن است با تعداد سرورها به‌طور معکوس تغییر کند (زیرا تعداد نقاط حمله‌ی بالقوه سیستم بیشتر می‌شود). در این صورت، تعداد سرورها، یک نقطه توازن برای این معماری به شمار می‌رود. این یکی از چند عنصر بالقوه‌ای است که در آنجا توازن معماری چه به‌صورت خودآگاه و چه ناخودآگاه، صورت می‌پذیرد.

شش مرحله‌ای که در بالا ذکر شد، اولین دور تکرار ATAM را تشکیل می‌دهد. براساس نتایج مراحل ۵ و ۶ ممکن است چند مورد از معماری‌ها حذف شود و یک یا چند معماری باقیمانده را با جزئیات بیشتری اصلاح کرد و به نمایش درآورد و سپس مراحل ATAM را دوباره به اجرا گذاشت.[1]

[1] *روش تحلیل معماری نرم‌افزار* (SAAM) روشی مشابه با ATAM است. بد نیست خوانندگان علاقه‌مند به تحلیل معماری به آن نیز نگاهی داشته باشند. از نشانی www.sei.cmu.edu/publications/articles/saam-metho-propert-sas.html می‌توانید مقاله‌ای درباره SAAM دانلود کنید.

SafeHome

ارزیابی معماری‌ها

صحنه: دفتر داگ میلر؛ پیشرفت مدل‌سازی طراحی معماری.

نقش‌آفرینان: وینود، جیمی و او- اعضای تیم مهندسی نرم‌افزار *SafeHome* و داگ میلر، مدیر گروه مهندسی نرم‌افزار.

گفتگو:

داگ: خبر دارم که شماها دارید دو معماری متفاوت برای محصول *SafeHome* در می‌آورید و این خوب است. فکر می‌کنم سؤال من این باشد که چطور می‌خواهیم گزینه بهتر را انتخاب کنیم.

او: من دارم روی سبک فراخوانی و بازگشت کار می‌کنم و بعد یا خودم یا جیمی یک معماری شیءگرا در خواهیم آورد.

داگ: بسیار خب و چطور انتخاب کنیم؟

جیمی: من سال آخر تحصیلم یک دوره CS در طراحی گذراندم و یادم هست که چند روش برای این انتخاب وجود دارد.

وینود: بله هست، ولی قدری دانشگاهی هستند. ببینید من فکر می‌کنم می‌توانیم ارزیابی و انتخاب خودمان را با استفاده از پرونده‌های کلرد و سناریوها انجام بدهیم.

داگ: این همان مورد نیست؟

وینود: نه وقتی دارید درباره ارزیابی معماری‌ها صحبت می‌کنید. ما از قبل یک مجموعه use case داریم. بنابراین هر کدام را برای هر دو معماری به کار می‌بریم تا ببینیم سیستم چگونه واکنش نشان می‌دهد و مؤلفه‌ها و کانکتورها در حیطه‌ی هر use case‌ها چطور کار می‌کنند.

او: ایده‌ی خوبی است. مطمئن می‌شویم که چیزی از قلم نیفتاده است.

وینود: درست است، ولی این را هم به ما می‌گوید که آیا طراحی معماری پیچیده است. آیا سیستم باید خودش را بیچ و تاب بدهد تا کار انجام شود؟

جیمی: سناریوها دقیقاً همان use case‌ها هستند؟

وینود: نه، در این مورد، سناریو چیزی متفاوت است.

داگ: تو داری درباره سناریوی کیفیتی یا سناریوی تغییر صحبت می‌کنی، درست است؟

وینود: بله. کاری که می‌کنیم این است که به طرف‌های ذی‌نفع رجوع کنیم و از آن‌ها بپرسیم *SafeHome* بعداً (مثلاً سه سال بعد) احتمالاً چطور تغییر می‌کند. منظورم، نسخه‌ها و ویژگی‌های جدید است و از این چیزها. ما یک مجموعه سناریوهای تغییر می‌سازیم. یک مجموعه سناریوهای کیفیتی هم توسعه می‌دهیم که صفات مورد نظر در معماری نرم‌افزار را تعریف می‌کنند.

جیمی: و آن‌ها را در معیاری به کار می‌گیریم.

وینود: دقیقاً. سبکی که بهترین مناسبت را با use case‌ها و سناریوها داشته باشد، سبک مورد انتخاب خواهد بود.

۹-۵-۲ پیچیدگی معماری

یک تکنیک سودمند برای ارزیابی پیچیدگی کلی یک معماری پیشنهادی، عبارت است از در نظر گرفتن وابستگی‌های میان مؤلفه‌های موجود در معماری. این وابستگی‌ها توسط جریان اطلاعات / کنترل موجود در سیستم به‌دست می‌آیند. ژائو [Zha98] سه نوع وابستگی را پیشنهاد می‌کند:

وابستگی‌های اشتراکی (sharing dependencies)، نشان‌گر روابط میان مصرف‌کننده‌هایی هستند که از یک منبع مشترک استفاده می‌کنند یا تولید کننده‌هایی که برای مصرف کننده‌ای مشترک تولید می‌کنند. به‌عنوان مثال، برای دو مؤلفه **u** و **v**، اگر **u** و **v** هر دو به یک سری داده‌های سرتاسری رجوع کنند، بین **u** و **v** وابستگی اشتراکی وجود دارد.

وابستگی‌های جریانی (flow dependencies)، نشان دهنده روابط میان تولیدکننده‌ها و مصرف کننده‌های منابع هستند. به‌عنوان مثال، برای دو مؤلفه **u** و **v** اگر **u** باید پیش از انتقال کنترل به **v** کامل شود (پیش‌نیاز)، یا اگر **u** توسط پارامترها با **v** ارتباط برقرار کند، در آن صورت یک وابستگی جریانی بین **u** و **v** وجود دارد.

وابستگی‌های مقید (constrained dependencies)، نشان‌گر قیدوبندهای حاکم بر جریان نسبی کنترل در میان مجموعه‌ای از فعالیت‌ها هستند. به‌عنوان مثال، برای دو مؤلفه **u** و **v**، اگر **u** و **v** را نتوان همزمان اجرا کرد (انحصار متقابل)، در آن صورت یک رابطه‌ی وابستگی حدی بین **u** و **v** وجود دارد.

وابستگی‌های اشتراکی و جریانی که ژائو ذکر می‌کند، مشابه مفهوم اتصال است که در فصل ۸ بحث شد. معیارهای ساده‌ای برای ارزیابی این وابستگی‌ها در فصل ۲۳ بحث شد.

۹-۵-۳ زبان‌های توصیف معماری

معماری یک خانه، دارای مجموعه‌ای از ابزارهای استاندارد است که ارائه و نمایش طراحی را به‌شیوه‌ای قابل فهم و عاری از ابهام امکان‌پذیر می‌سازد. گرچه معمار نرم‌افزار می‌تواند از نمادگذاری UML، سایر شکل‌های نموداری، و چند ابزار دیگر استفاده کند، برای مشخص‌سازی طراحی معماری به چند رویکرد رسمی‌تر نیاز است.

زبان توصیف معماری (ADL) ابزاری معنایی و نحوی را برای توصیف معماری نرم‌افزار فراهم می‌آورد. هوفمان و همکاران وی [Hof01] پیشنهاد می‌کنند که یک ADL باید توانایی تجزیه مؤلفه‌های معماری، تجزیه هر کدام از مؤلفه‌ها به قطعات معماری بزرگتر و نمایش واسط‌ها (سازوکارهای اتصال) میان مؤلفه‌ها را در اختیار طراح قرار دهد. هنگامی که تکنیک‌های توصیفی و زبانی برای طراحی معماری تعیین شوند، احتمال برقراری روش‌های ارزیابی اثربخش به موازات تکامل طراحی افزایش می‌یابد.

۹-۶ نگاشت معماری‌ها با به‌کارگیری جریان داده‌ها

سبک‌های معماری بحث شده در بخش ۹-۳-۱، معماری‌هایی کاملاً متفاوت را نشان می‌دهند و از این رو تعجبی ندارد که یک نگاشت، گذار از مدل خواسته‌ها به مدل طراحی را انجام دهد. درواقع، برای برخی سبک‌های معماری هیچ نگاشتی وجود ندارد و طراح باید برای تبدیل خواسته‌ها به طراحی برای این سبک‌ها، از فنون بحث شده در بخش ۹-۴ استفاده کند.

ابزارهای نرم‌افزاری

زبان‌های توصیف معماری

در زیر، خلاصه‌ای از چند ADL مهم توسط ریچارد لند [Lan02] فراهم آمده است که با کسب اجازه از وی، عیناً در این جا آورده شده است. لازم به ذکر است که پنج ADL نخست برای اهداف پژوهشی توسعه یافته‌اند و محصولات تجاری نیستند.

Rapide **(http://poset.stanford.edu/rapide)** بر اساس نمادگذاری مجموعه‌هایی با نظم جزئی ساخته شده است و از همین رو، ساختارهای کاملاً جدیدی برای برنامه‌نویسی معرفی می‌کند.

UniCon **(www.cs.cmu.edu/~UniCon)** یک زبان توصیف معماری است که برای کمک به طراحان در تعریف معماری نرم‌افزار بر حسب انتزاع‌هایی که مفید می‌یابند، ساخته شده است.

Aesop **(www.cs.cmu.edu/~able/aesop/)** به مسأله‌ی استفاده مجدد از سبک‌ها می‌پردازد. با Aesop، تعریف سبک‌ها و استفاده از آن‌ها هنگام ایجاد یک سیستم واقعی امکان‌پذیر است.

Wight **(www.cs.cmu.edu/~able/wright/)** یک زبان رسمی شامل عناصر زیر است: مؤلفه‌ها با پورت‌ها، کانکتورها با نقش‌ها و چسب برای متصل کردن نقش‌ها به پورت‌ها. سبک‌های معماری را می‌توان با یک سری گزاره‌ها در زبان تدوین کرد و از این رو، با چک کردن‌های ایستا می‌توان سازگاری و کامل بودن معماری را تعیین کرد.

Acme **(www.cs.cmu.edu/~acme/)** را می‌توان به‌عنوان یک ADL نسل دوم در نظر گرفت، زیرا به منظور شناسایی نوعی مخرج مشترک برای ADLها توسعه یافته است.

UML **(www.uml.org/)** شامل بسیاری از محصولات مورد نیاز برای توصیفات معماری- فرایندها، گره‌ها، نماها و غیره می‌شود. برای توصیفات غیر رسمی، UML بسیار مناسب است، چون استانداردی است که به‌طور گسترده پذیرفته شده است. به هر حال، فاقد قدرت کامل مورد نیاز برای توصیف معماری کافی است.

برای نشان دادن یکی از روش‌های مربوط به نگاشت معماری، معماری فراخوانی و بازگشت (یکی از متداول‌ترین ساختارها برای انواع بسیاری از سیستم‌ها) را در نظر می‌گیریم. معماری فراخوانی و بازگشت را می‌توان در سایر معماری‌های پیچیده‌تر بحث شده در این فصل جای داد. برای مثال، معماری یک یا چند مؤلفه از یک معماری کلاینت- سرور می تواند فراخوانی و بازگشت باشد.

یک تکنیک نگاشت موسوم به طراحی ساخت‌یافته [You79]، غالباً به‌عنوان روشی یک مبتنی بر جریان داده‌ها شناخته می شود، زیرا به کمک آن می‌توان به‌راحتی از نمودار جریان داده‌ها (فصل ۷) به معماری نرم‌افزار رسید.[1] گذار از جریان اطلاعات (که در قالب DFD ارائه می‌شود) به ساختار برنامه، به‌عنوان بخشی از یک فرایند شش مرحله‌ای انجام می‌شود: (۱) نوع جریان اطلاعات تعیین می‌شود؛ (۲) مرزهای جریان اطلاعات مشخص می‌شود؛ (۳) DFD به یک ساختار برنامه‌ای نگاشت می‌شود؛ (۴) سلسله مراتب کنترلی تعریف می‌شود؛ (۵) ساختار حاصل با استفاده از موازین و اصول طراحی مورد پالایش قرار می‌گیرد و (۶) توصیف معماری پالایش شده، تعیین می‌شود.

[1] شایان ذکر است که سایر عناصر مدل خواسته‌ها نیز طی روش نگاشت‌برداری به‌کار گرفته می‌شوند.

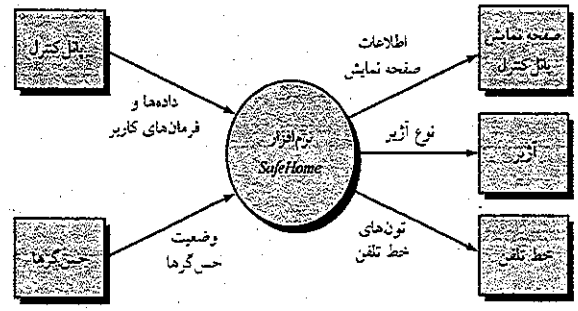
به‌عنوان مثال مختصری از نگاشت جریان داده‌ها، نگاشت مرحله به مرحله‌ای را برای بخش کوچکی از عملکرد *SafeHome* ارائه می‌کنیم.[1] به منظور اجرای حمل نگاشت، نوع جریان اطلاعات باید تعیین گردد. یک نوع جریان اطلاعات، *جریان تبدیل* نام دارد و کیفیت خطی را نشان می‌دهد. داده‌ها در راستای یک مسیر *جریان ورودی* به درون سیستم جریان پیدا می‌کنند که در آن از نمایش جهان خارج به شکل نمایش داخلی تبدیل می‌شود. هنگامی که به شکل داخلی درآمد، در یک مرکز *تبدیل*، پردازش می‌شود. سرانجام در راستای یک مسیر *جریان* خروجی به بیرون سیستم جریان پیدا می‌کند که داده‌ها را به شکل جهان خارج تبدیل می‌کند.[2]

۹-۶-۱ نگاشت تبدیل

نگاشت تبدیل (transform mapping) به مجموعه‌ی مراحلی گفته می‌شود که نگاشت از DFD با خصوصیات جریان تبدیل به یک سبک معماری مشخص را امکان‌پذیر می‌سازد. برای نشان دادن این رویکرد، دوباره قابلیت امنیتی منزل در محصول *SafeHome* را در نظر بگیرید.[3]

یک عنصر مدل تحلیل، مجموعه‌ای از نمودارهای جریان داده‌هاست که جریان اطلاعات را داخل قابلیت امنیتی منزل توصیف می‌کند. برای نگاشت این نمودارهای جریان داده‌ها به یک معماری نرم‌افزار، باید مراحل طراحی زیر را آغاز کرد:

مرحله ۱. بازبینی مدل سیستم بنیادی. مدل سیستم بنیادی یا نمودار حیطه‌ی سیستم، قابلیت امنیتی را به‌صورت یک تبدیل مشخص می‌کند که نشان‌دهنده‌ی مصرف‌کننده‌ها و تولیدکننده‌های خارجی جریان داده‌های ورودی و خروجی این قابلیت امنیتی است. در شکل‌های ۹-۱۰ و ۹-۱۱، جریان داده‌ها در سطح صفر و در سطح ۱ برای نرم‌افزار *SafeHome* نشان داده شده است.

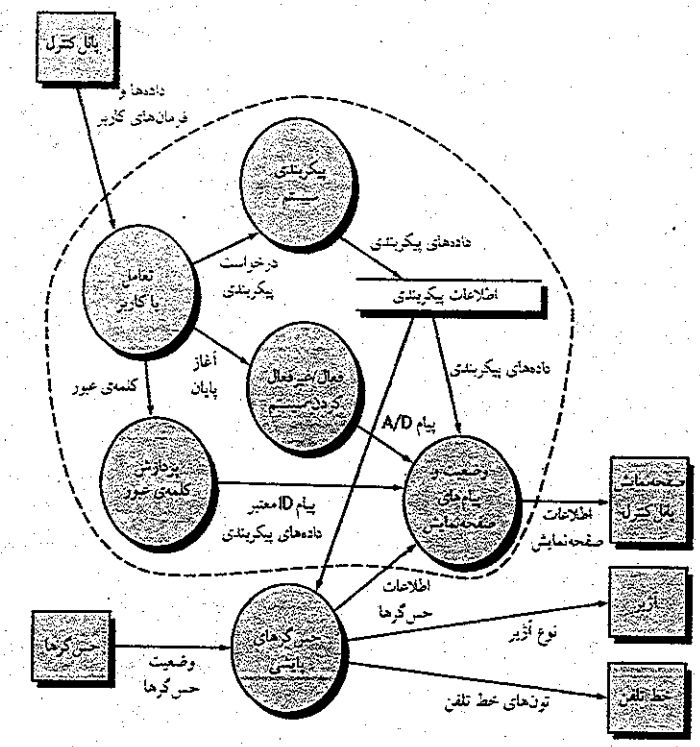


شکل ۹-۱۰ DFD در سطح حیطه‌ای برای قابلیت امنیتی منزل در محصول *SafeHome*.

[1] بحث مشروح‌تری درباره طراحی ساخت‌یافته در وب سایت این کتاب ارائه شده است.

[2] یک نوع مهم دیگر جریان اطلاعات، موسوم به *جریان تراکنش*، در این مثال در نظر گرفته نمی‌شود ولی در مثال مربوط به طراحی ساخت یافته در وب سایت این کتاب ارائه شده است.

[3] تنها بخشی از قابلیت عملیاتی امنیت منزل را در نظر خواهیم گرفت که از قاب کنترل استفاده می‌کند. سایر ویژگی‌های بحث‌شده در سرتاسر این کتاب در این‌جا در نظر گرفته نخواهد شد.



شکل ۱۱-۹ DFD سطح یک برای قابلیت امنیتی منزل در محصول *SafeHome*

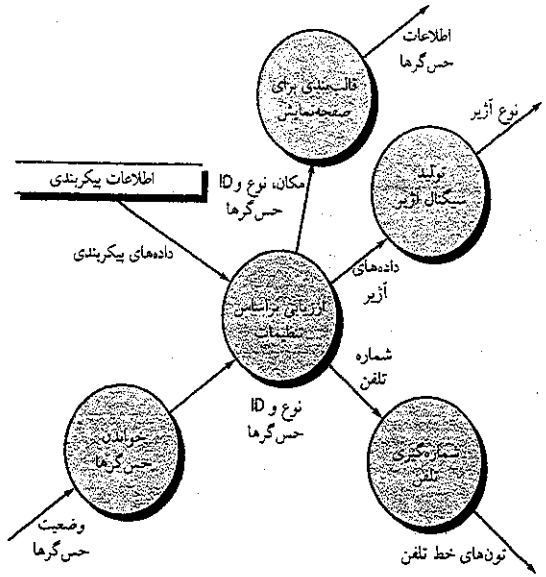
مرحله ۲. بازبینی و پالایش نمودار جریان داده‌ها برای نرم‌افزار. اطلاعات به‌دست آمده از مدل‌های تحلیل موجود در مشخصات خواسته‌های نرم‌افزار، پالایش می‌شود تا جزئیات بیشتری تولید شود. برای مثال، DFDسطح ۲ برای حس‌گرهای پایشی (شکل ۱۲-۹) مورد بررسی قرار می‌گیرد و یک DFD سطح ۳ مطابق شکل ۱۳-۹ به‌دست می‌آید. در سطح ۳، هر تبدیل در نمودار جریان داده‌ها نشان‌گر یک انسجام نسبتاً بالاست (فصل ۸). یعنی، فرایندی که از یک تبدیل ناشی می‌شود، یک عمل متمایز و یگانه انجام می‌دهد که در نرم‌افزار *SafeHome* به‌عنوان یک پیمانه قابل پیاده‌سازی است. بنابراین، DFD شکل ۱۳-۹ حاوی جزئیات کافی برای «نخستین برش» در طراحی زیرسیستم حس‌گرهای نظارتی است و دیگر نیازی به پالایش بیشتر نیست.

مرحله ۳. تعیین اینکه آیا DFD دارای ویژگی‌های جریان تراکنشی است یا جریان تبدیلی.[1] با بررسی DFD (شکل ۱۳-۹)، می‌بینیم که داده‌ها در راستای یک مسیر ورودی به نرم‌افزار وارد می‌شوند و در راستای سه مسیر خروجی از آن خارج می‌شوند. بنابراین، یک ویژگی تبدیل کلی برای جریان اطلاعات در نظر گرفته می‌شود.

اندرز
اگر DFD این بار باز هم پالایش شود، درصدد به‌دست آوردن حباب‌هایی باشید که یکپارچگی بالایی نشان دهند.

نکته‌ی کلیدی
غالباً تا هر دو نوع دیگر جریان داده‌ها در یک مدل جریان‌گرا مواجه خواهید شد. جریان‌ها افراز می‌شوند و ساختار برنامه با استفاده از نگاشت مناسب به‌دست می‌آید.

[1] در جریان تبدیلی، یک آیتم داده‌ای منفرد، موسوم به *تراکنش*، باعث انشعاب جریان داده‌ها در راستای یکی از چند مسیر جریانی می‌شود که ماهیت تراکنش آن‌ها را تعیین می‌کند.



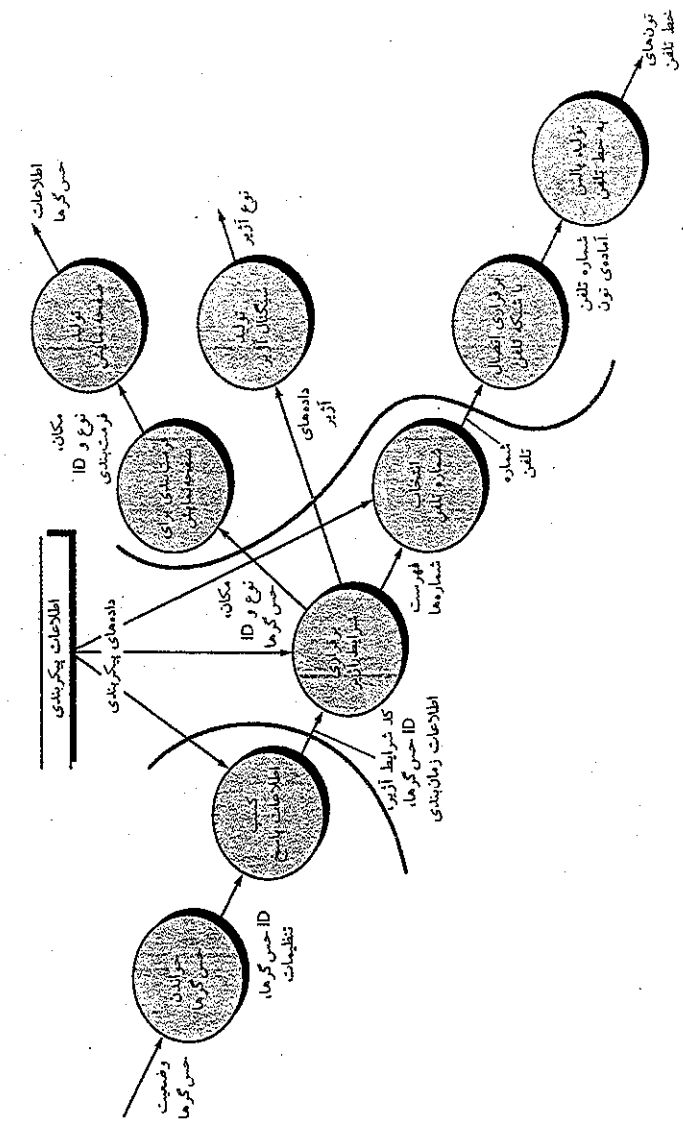
شکل ۱۲-۹ DFD سطح دو که تبدیل حس‌گرهای پایشی را پالایش می‌کند.

اندرز
مکان مرزهای جریان را تغییر دهید تا تولید ساختارهای برنامه‌ای متفاوت را کاوش کنید. این کار زمان‌بر است، کسی نمی‌گوید ولی دید خوبی به‌دست می‌دهد.

مرحله ۴. جداسازی مرکز تبدیل با مشخص کردن مرزهای جریان ورودی و خروجی. در بخش قبلی، جریان ورودی به‌عنوان مسیری توصیف شد که در آن، اطلاعات از شکل خارجی به شکل داخلی تبدیل می‌شود؛ جریان خروجی شکل داخلی را به شکل خارجی تبدیل می‌کند. مرزهای ورودی و خروجی ممکن است به شیوه‌های مختلفی تفسیر شوند. یعنی، طراحان متفاوت ممکن است تقاطی با اندکی تفاوت در جریان را به‌عنوان مکان‌های مرزی در نظر بگیرند. گرچه هنگام انتخاب مرزها باید دقت به عمل آورد، تغییر یک حباب (تبدیل) در راستای مسیر جریان عموماً تأثیر اندکی بر ساختار برنامه نهایی دارد.

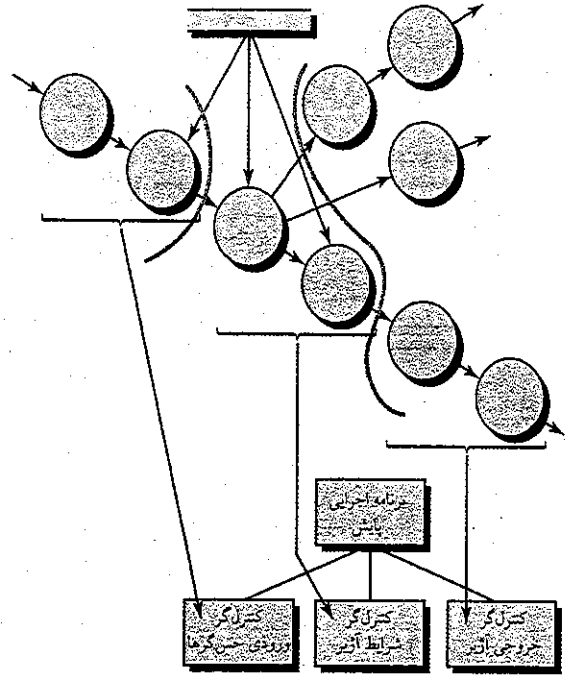
مرزهای جریان برای این مثال به‌صورت منحنی‌های سایه‌داری نشان داده شده‌اند که به‌طور عمودی از جریان عبور می‌کنند (شکل ۱۳-۹). تبدیلات (حباب‌هایی) که مرکز تبدیل را تشکیل می‌دهند در دو مرز سایه‌دار قرار می‌گیرند که از بالا به پایین در این شکل ادامه می‌یابند. تبدیلاتی (حباب‌هایی) که مرکز تبدیل را تشکیل می‌دهند، بین دو مرز سایه‌دار قرار می‌گیرند که در این شکل از بالا به پایین ادامه می‌یابند. برای تنظیم دوباره یک مرز می‌توان استدلالی انجام داد (مثلاً یک مرز جریان ورودی که خواندن حس‌گرها و به‌دست آوردن اطلاعات پاسخ را از هم جدا می‌کند، قابل پیشنهاد است). در این مرحله از طراحی، باید بر انتخاب مرزهای منطقی تأکید شود، نه بر تکرار طولانی تقسیمات.

مرحله ۵. اجرای «فاکتوربندی سطح اول» (first-level factoring). معماری برنامه، که با استفاده از این نگاشت به‌دست می‌آید، توزیع کنترل را از بالا به پایین نشان می‌دهد. *فاکتوربندی*، منجر به ساختار برنامه‌ای می‌شود که در آن، مؤلفه‌های سطح بالا، تصمیم‌گیری‌ها را انجام می‌دهند و مؤلفه‌های سطح پایین کارهای ورودی، محاسباتی و خروجی را انجام می‌دهند. مؤلفه‌های سطح میانی قدری کنترل و قدری کار انجام می‌دهند.



شکل ۱۳-۹ DFD سطح سه برای حس‌گرهای پایشی با مرزهای جریان.

هنگامی که یک جریان تبدیلی به چشم خورد، DFD به ساختاری مشخص (معماری فراخوانی و بازگشت) نگاشت می‌شود که کنترل را برای پردازش اطلاعات ورودی، تبدیل و خروجی فراهم می‌آورد. اولین سطح فاکتوربندی برای حس‌گرهای پایشی در شکل ۱۴-۹ آمده است. یک کنترل‌گر اصلی (موسوم به مدیریت حس‌گرهای ناظر) در بالای ساختار برنامه قرار دارد و به هماهنگ کردن عملیات کنترلی زیردست کمک می‌کند:



شکل ۱۴-۹ فاکتوربندی سطح یک برای حس‌گرهای پایشی.

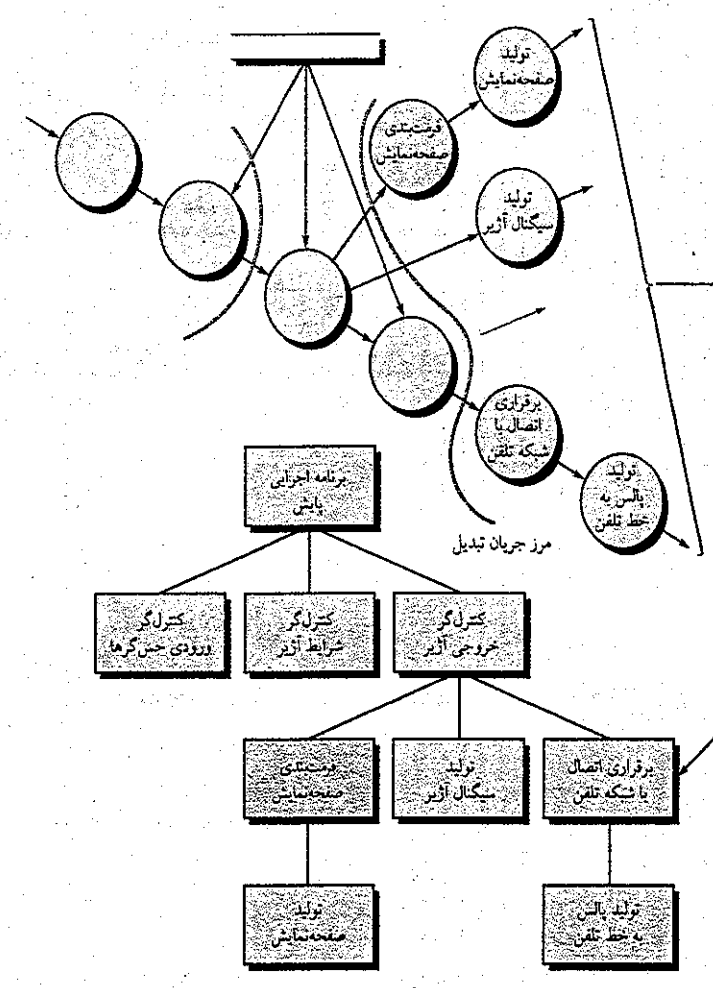
- یک کنترل‌گر پردازش اطلاعات ورودی موسوم به کنترل‌گر ورودی حس‌گر، دریافت کلیه‌ی داده‌های ورودی را هماهنگ می‌کند؛
- یک کنترل‌گر جریان تبدیل موسوم به کنترل‌گر شرایط آژیر، بر انجام کلیه عملیات روی داده‌ها به شکل داخلی آن نظارت دارد (مثلاً مدولی که روال‌های گوناگون تبدیل داده‌ها را فراخوانی می‌کند)؛
- کنترل‌گر پردازش اطلاعات خروجی، که کنترل‌گر خروجی آژیر نیز نامیده می‌شود، تولید اطلاعات خروجی را هماهنگ می‌کند.

گرچه ساختاری سه شاخه از شکل ۹-۱۴ نتیجه می‌شود، در سیستم‌های بزرگ، جریان‌های پیچیده می‌توانند دو یا چند پیمانه کنترل را برای هر یک از عملیات‌های کنترلی دیکته کنند. تعداد پیمانه‌ها در سطح اول باید به حداقلی محدود شود که بتواند کارهای کنترلی را انجام دهد و هنوز ویژگی‌های استقلال عملیاتی را حفظ نماید.

مرحله ۶ اجرای «فاکتوربندی سطح دوم». فاکتوربندی در سطح دوم، با نگاشت تک‌تک تبدیلات (حباب‌های) یک DFD در پیمانه‌های مناسب موجود در معماری انجام‌پذیر است. با شروع از مرز مرکزی تبدیل و حرکت به طرف خارج در راستای مسیرهای ورودی و خروجی، تبدیلات در سطوح زیرین در ساختار نرم‌افزار نگاشت می‌شوند. روش کلی در فاکتوربندی سطح دوم برای جریان داده‌ها در شکل ۱۵-۹ نشان داده شده است.

اندرز

در این مرحله، تعصب به خرج نده. ممکن است بر اساس پیچیدگی سیستمی که قرار است ساخته شود بیش از یه برقراری دو یا چند کنترل‌گر برای پردازش یا محاسبه‌ی ورودی‌ها باشد. اگر عقل سلیم این روش را حکم کرد، چنین کنید.

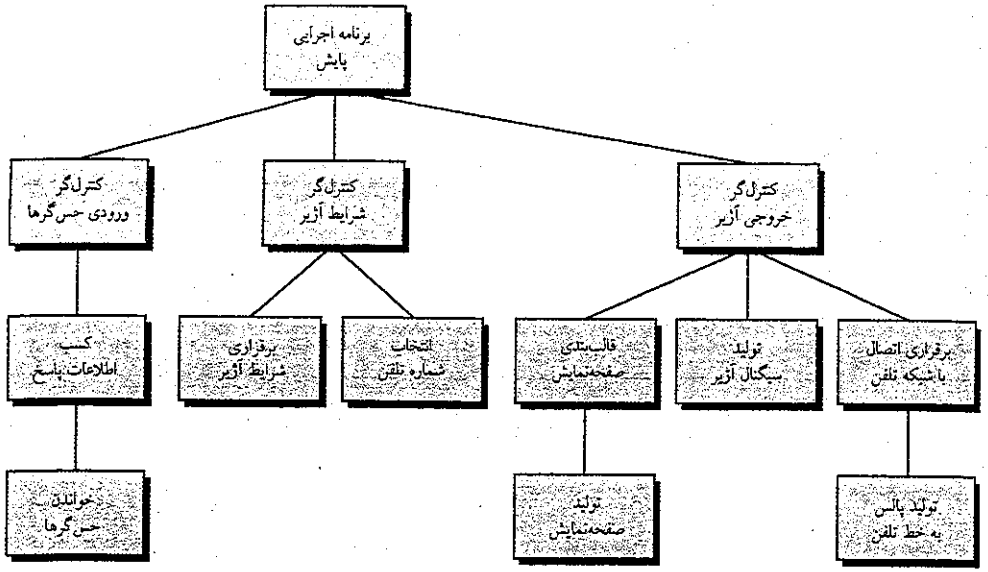


شکل ۱۵-۹ فاکتوربندی سطح دو برای حس‌گرهای پایشی.

گرچه شکل ۱۵-۹ نشان‌دهنده‌ی نگاشت یک به یک میان تبدیلات DFD و پیمانه‌های نرم‌افزار است، نگاشت‌های متفاوت به کرّات رخ می‌دهد. دو یا حتی سه حباب را می‌توان ترکیب کرد و به‌صورت پیمانه‌ای واحد نمایش داد (یا به‌خاطرسپردن مشکلات انسجام) یا یک حباب منفرد را می‌توان به دو یا چند پیمانه بسط داد. ملاحظات عملی و موازین کیفیت طراحی، پیامدهای فاکتوربندی سطح دوم را تعیین می‌کنند. بازبینی و پالایش ممکن است منجر به تغییراتی در ساختار شود، ولی می‌تواند به‌عنوان طراحی «تکرار اول» عمل کند.

فاکتوربندی سطح دوم برای جریان ورودی، به همان شیوه پیش می‌رود. فاکتوربندی مجدد، با حرکت از مرز *مرکز تبدیل* به طرف خارج و روی جریان ورودی انجام می‌شود. مرکز تبدیل نرم‌افزار زیرسیستم حس‌گرهای پایشی تا حدی به شکل متناوب نگاشت می‌شود. هر یک از تبدیلات داده‌ای یا تبدیلات محاسباتی مربوط به بخش تبدیلی DFD به یک پیمانه‌ی زیردست کنترل‌گر تبدیل، نگاشت می‌شود. معماری کامل در نخستین دور تکرار، در شکل ۱۶-۹ نشان داده شده است.

اندرز
پیمانه‌های کنترلی را اندازه حذف کنید. یعنی اگر یک پیمانه کنترلی، کاری جز کنترل یک پیمانه‌ی دیگر انجام نمی‌دهد، وظیفه‌ی کنترلی آن باید به یک پیمانه سطح بالاتر محول شود.



شکل ۱۶-۹ ساختار دور اول تکرار برای حس‌گرهای پایشی.

مؤلفه‌هایی که بدین ترتیب نگاشت می‌شوند و در شکل ۱۶-۹ نشان داده شده‌اند، طراحی اولیه معماری نرم‌افزار را مشخص می‌کنند. گرچه پیمانه‌ها به شیوه‌ای نامگذاری می‌شوند که حاکی از عملکرد آنها باشد، برای هر یک باید شرح پردازشی مختصری (که از PSPEC تهیه شده در هنگام مدل‌سازی تحلیلی برگرفته شده است) نوشته شود. در این شرح موارد زیر بیان می‌شود: اطلاعاتی که به پیمانه تحویل داده می‌شود و از آن تحویل گرفته می‌شود (توصیف واسط)؛ اطلاعاتی که توسط پیمانه حفظ می‌شوند، مثل داده‌های نگهداری شده در یک ساختمان داده محلی؛ یک نسخه عملکردی که نشانگر وظایف و نقاط تصمیم‌گیری اصلی است؛ بحث مختصری از محدودیت‌ها و ویژگی‌های خاص (مثل I/O فایل‌ها، ویژگی‌های وابسته به سخت‌افزار، خواسته‌های زمان‌بندی خاص).

مرحله ۷. پالایش نخستین تکرار معماری با استفاده از اصول طراحی برای بهبود بخشیدن به کیفیت نرم‌افزار. نخستین تکرار معماری را همواره می‌توان با استفاده از مفاهیم استقلال پیمانه‌ها (فصل ۱۳) پالایش کرد. پیمانه‌ها، انبساط یا انقباض می‌یابند تا فاکتوربندی معقول، انسجام خوب، اتصال کمینه و مهمتر از همه، ساختاری ایجاد شود که بدون مشکل پیاده‌سازی شود، بدون ایجاد سردرگمی آزموده شود و بدون دردسر بتوان آن را نگهداری کرد.

پالایش‌ها توسط روش‌های تحلیل و سنجشی که به اختصار در بخش ۹-۵ شرح داده شدند، و نیز ملاحظات عملی و عقلایی دیکته می‌شوند. برای مثال، مواردی پیش می آید که کنترل‌گر مربوط به جریان داده‌های ورودی، کاملاً غیرضروری است، پردازش ورودی در پیمانه زیردست کنترل‌گر ضروری است، اتصال بالا ناشی از داده‌های سراسری، قابل پرهیز نیست، یا ویژگی‌های ساختاری بهینه قابل دستیابی نیست. خواسته‌های نرم‌افزار همراه با داوری بشر، آخرین انتخاب است.

اندرز
پیمانه‌های «کارگر» را در ساختار برنامه در سطحی پایین حفظ کنید. این کار به معماری‌ای منجر خواهد شد که نگهداری از آن آسان‌تر است.

«تا آن حد که امکان دارد، ساده کنید. ولی ساده‌تر نه.»
آلبرت اینشتین

SafeHome

پالایش معماری در نخستین یُرش

صحنه: کابین جیمی، شروع مدل‌سازی طراحی.

نقش‌آفرینان: جیمی و اد- اعضای تیم مهندسی نرم‌افزار *SafeHome*.

گفتگو:

[اد به تازگی طراحی زیر سیستم حس‌گرهای پایشی را به پایان برده است. او به سراغ جیمی می‌رود تا نظر او را جویا شود.]

اد: خلاصه، این هم معماری‌ای که به‌دست آوردم.

[اد شکل ۱۶-۹ را به جیمی نشان می‌دهد و او هم چند لحظه‌ای آن را بررسی می‌کند.]

جیمی: عالی است، ولی فکر کنم می‌توانیم چند تا کار بکنیم تا ساده‌تر و بهتر شود.

اد: مثلا؟

جیمی: حتم، چرا از مؤلفه‌ی «*کنترل‌گر ورودی حس‌گرها*» استفاده کردی؟

اد: چون برای نگاشت به یک کنترل‌گر نیاز داریم.

جیمی: نه واقعاً. کنترل‌گر، کار زیادی انجام نمی‌دهد چون برای داده‌های ورودی یک مسیر منفرد را مدیریت می‌کنیم. می‌توانیم کنترل‌گر را حذف کنیم بدون این که اثر سوئی بگذارد.

اد: مشکلی نیست. این تغییر را می‌دهم و-

جیمی (با لبخند): دست نگه دار! به‌علاوه می‌توانیم مؤلفه‌های «*برقراری شرایط آژیر* و *انتخاب شماره تلفن*» را هم کنار بگذاریم. کنترل‌گر تبدیلی که نشان می‌دهی، واقعاً ضرورتی ندارد و کاهش کوچکی در یکپارچگی قابل تحمل است.

اد: ساده‌سازی، نه؟

جیمی: اره. و در حالی که این پالایش‌ها را انجام می‌دهیم، بد نیست مؤلفه‌های *فرمت‌بندی صفحه‌نمایش* و *تولید صفحه‌نمایش* را کنار بگذاریم. می‌توانیم یک پیمانه‌ی جدید به نام *ایجاد صفحه‌نمایش* تعریف کنیم.

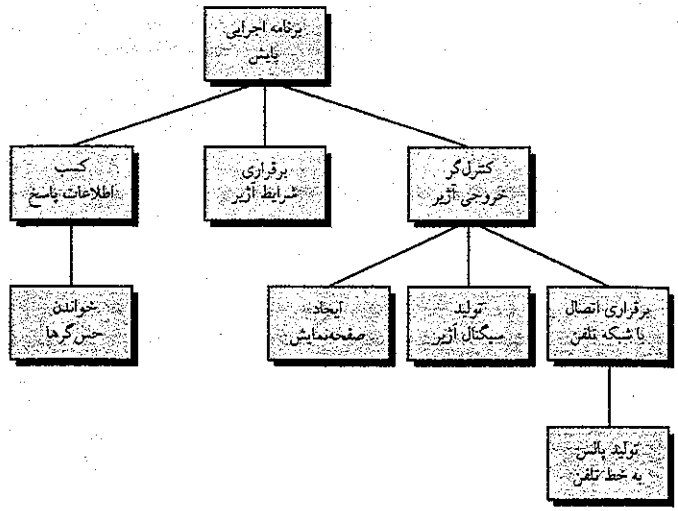
اد (در حال ترسیم): پس فکر می‌کنی باید این طوری باشد؟

[شکل ۱۷-۹ را نشان می‌دهد]

جیمی: شروع خوبی است.

هدف هفت مرحله‌ی فوق، توسعه یک نمایش معماری از نرم‌افزار است. یعنی، هنگامی که ساختار تعیین شد، می‌توانیم معماری نرم‌افزار را با در نظر گرفتن آن به‌عنوان یک کلّیت، مورد ارزیابی و پالایش قرار دهیم. اصلاحاتی که در این زمان انجام می‌شوند، نیاز به کار اضافی چندانی ندارند و در عین حال می‌توانند بر کیفیت نرم‌افزار تأثیر زیادی بگذارند.

خوب است اندکی مکث کنید و به اختلاف میان روش طراحی فوق‌الذکر و فرایند «نوشتن برنامه» توجه کنید. اگر کُد تنها نمایش نرم‌افزار باشد، سازنده در ارزیابی یا پالایش آن در سطح سرتاسری با مشکلات زیادی مواجه خواهد شد و درواقع به دلیل وجود درختان، جنگل را به سختی خواهد دید.



شکل ۱۷-۹ ساختار پالایش شده‌ی برنامه برای حس‌گرهای پایشی.

۹-۶-۲ پالایش طراحی معماری

پیش از هرگونه بحث درباره پالایش طراحی باید توضیح زیر آورده شود:

«به‌خاطر داشته باشید که در شایستگی «طراحی بهینه‌ای» که نتیجه‌بخش نباشد، تردید وجود دارد.» دغدغه‌ی شما باید توسعه‌ی نمایشی از نرم‌افزار باشد که واجد همه‌ی شرایط عملیاتی و کارایی باشد.

پالایش معماری نرم‌افزار طی مراحل طراحی باید تشویق شود. چنان که قبلاً در این فصل بحث شد، سبک‌های معماری متفاوتی ممکن است به‌دست آید، پالایش شود و برای «بهترین» رویکرد، مورد ارزیابی قرار گیرد. این رویکرد بهینه‌سازی، یکی از مزایای توسعه‌ی نمایش معماری نرم‌افزار است.

شایان ذکر است که سادگی ساختاری، غالباً انعکاسی از ظرافت و بازدهی است. پالایش طراحی باید به دنبال کوچکترین تعداد مؤلفه‌هایی باشد که با پیمانه‌بندی اثربخش سازگار باشد و نیز به دنبال ساختمان‌های داده‌ای با کمترین پیچیدگی باشد که خواسته‌های اطلاعاتی را به طرزی مناسب، پاسخ‌گو باشند.

پس از ایجاد معماری چه اتفاقی رخ می‌دهد؟

۹-۷ خلاصه

از یک دیدگاه کلی‌نگر، طراحی معماری با استفاده از چهار گام متمایز قابل انجام است. نخست، سیستم باید در حیطه‌ی مناسب ارائه شود. یعنی طراح باید موجودیت‌های خارجی را که نرم‌افزار با آن‌ها تعامل دارد و نیز ماهیت این تعامل را تعریف کند. هنگامی که حیطه مشخص شد، طراح باید مجموعه‌ای از انتزاع‌های سطح بالا، موسوم به نمونه اولیه، را شناسایی کند که عناصر اصلی رفتار یا عملکرد سیستم را نشان می‌دهند. پس از تعریف انتزاع‌ها، طراح شروع به نزدیک‌تر شدن به دامنه‌ی پیاده‌سازی می‌کند. مؤلفه‌ها در حیطه‌ی معماری‌ای که آن‌ها را پشتیبانی می‌کند، شناسایی و نمایش داده می‌شوند. سرانجام، نمونه‌برداری مشخصی از معماری انجام می‌شود تا طراحی در حیطه جهان واقعی «تصویب» گردد.

به‌عنوان مثالی از طراحی معماری، روش نگاشت ارائه شده در این فصل، از خصوصیات جریان داده‌ها برای به‌دست آوردن یک سبک معماری رایج استفاده می‌کند. یک نمودار جریان داده‌ها با استفاده از رویکرد نگاشت تبدیل، به ساختار برنامه نگاشت می‌یابد. نگاشت تبدیل برای جریان اطلاعاتی به‌کار می‌رود که مرزهای متمایزی میان داده‌های وارد شونده و خارج شونده از خود نشان می‌دهند. DFD به ساختاری نگاشت می‌شود که کنترل را از طریق سلسله مراتب فاکتوربندی شده‌ی جداگانه، به ورودی، پردازش و خروجی تخصیص می‌دهد. هنگامی که معماری‌ای به‌دست آمد، به آن جزئیاتی افزوده می‌شود و سپس با استفاده از ملاک‌های کیفیت مورد ارزیابی قرار می‌گیرد.

معماری نرم‌افزار، از سیستمی که قرار است ساخته شود، یک نمای کلی فراهم می‌آورد. معماری، ساختار و سازمان‌دهی مؤلفه‌های نرم‌افزار، خواص آنها، و ارتباطات میان آنها را مجسم می‌کند. قطعات نرم‌افزار شامل مؤلفه‌های برنامه‌ای و نمایش‌های گوناگونی از داده‌ها است که توسط برنامه دستکاری می‌شوند. بنابراین، طراحی داده‌ها بخشی تفکیک ناپذیر از معماری نرم‌افزار به‌شمار می‌رود. معماری، تصمیم‌گیری‌های طراحی اولیه را برجسته و نمایان کرده راهکاری برای در نظر گرفتن مزایای ساختارهای سیستمی متفاوت فراهم می‌آورند.

چند سبک و الگوی معماری متفاوت در اختیار مهندس نرم‌افزار هست که می تواند در یک ژانر معماری مفروض به کار گیرد. هر سبک، گروهی از سیستم‌ها را توصیف می‌کند که موارد زیر را در بر می گیرد: مجموعه‌ای از مؤلفه‌ها که وظیفه‌ی مورد نیاز سیستم را انجام می‌دهند، مجموعه‌ای از کانکتورها که ارتباطات را میسر می‌سازند، هماهنگ‌سازی‌ها و همکاری میان مؤلفه‌ها، قیدوبندهایی که تعیین می‌کنند مؤلفه‌ها را چگونه می‌توان منسجم کرد تا سیستم را بسازند و مدل‌های معنایی که طراح را قادر به درک خواص کلی سیستم می‌سازند.

مسائل و نکاتی برای تعمق

۹-۱ با استفاده از معماری ساختمان خانه به‌عنوان استعاره، نظیرهایی برای معماری نرم‌افزار بیابید. دو رشته‌ی معماری کلاسیک و معماری نرم‌افزار چه شباهت‌هایی دارند؟ چه تفاوت‌هایی دارند؟

۹-۲ دو یا سه مثال از کاربردهای هر یک از سبک‌های معماری ذکر شده در بخش ۹-۳-۱ ذکر کنید.

۹-۳ برخی از سبک‌های معماری ذکر شده در بخش ۹-۳-۱، ماهیتی سلسله مراتبی دارند و برخی دیگر خیر. از هر دو نوع، فهرستی تهیه کنید. سبک‌هایی که سلسله مراتبی نیستند چگونه پیاده‌سازی می‌شوند؟

۹-۴ اصطلاح‌های *سبک معماری*، *الگوی معماری* و *چارچوب* (که در این کتاب بحث نشده است) غالباً در بحث‌های معماری نرم‌افزار مشاهده می‌شوند. پژوهشی انجام دهید و شرح دهید که این اصطلاحات چه تفاوتی با همتای خود دارند؟

۹-۵ یک برنامه کاربردی را که با آن آشنا هستید، انتخاب کنید. هر یک از پرسش‌های مطرح شده برای کنترل و داده‌ها (بخش ۹-۳-۳) را پاسخ دهید.

۹-۶ درباره ATAM پژوهشی انجام دهید (با استفاده از [Kaz98]) و بحث مفصلی از شش مرحله‌ی ارائه شده در بخش ۹-۵-۱ ارائه دهید.

۹-۷ اگر مسأله‌ی ۹-۶ را حل نکرده اید، این کار را انجام دهید. با استفاده از روش‌های طراحی توصیف شده در این فصل، یک معماری نرم‌افزار برای PHTRS توسعه دهید.

۹-۸ با استفاده از نمودار جریان داده‌ها و روایت پردازش، یک سیستم کامپیوتری توصیف کنید که خصوصیات جریان تبدیل متمایز داشته باشد. مرزهای جریان را تعریف کنید و DFD را با استفاده از تکنیک توصیف شده در بخش ۹-۶-۱ به معماری نرم‌افزار نگاشت کنید.

فصل ۱۰

طراحی در سطح مؤلفه‌ها

نگاهی گذرا

طراحی در سطح مولفه‌ها چیست؟ طی طراحی معماری، مجموعه‌ی کاملی از مؤلفه‌های نرم‌افزاری تعریف می‌شوند. ولی ساختارهای داخلی داده‌ها و جزئیات پردازش هر مؤلفه، در سطحی از انتزاع نشان داده نمی‌شود که به کُد نزدیک باشد. در طراحی در سطح مولفه‌ها، ساختمان داده‌ها، الگوریتم‌ها، سازوکارهای ارتباطی و خصوصیات واسط‌های هر مؤلفه از نرم‌افزار تعریف می‌شوند.

چه کسی آن را انجام می‌دهد؟ طراحی در سطح مؤلفه‌ها را مهندس نرم‌افزار انجام می‌دهد.

چرا اهمیت دارد؟ باید بتوانید پیش از ساخت نرم‌افزار تعیین کنید که آیا کار می‌کند یا خیر. طراحی در سطح مؤلفه‌ها، نرم‌افزار را به شیوه‌ای نشان می‌دهد که به کمک آن بتوان جزئیات طراحی را برای صحت و سازگاری با سایر نمایش‌های طراحی مورد بازبینی قرار داد (یعنی، معماری داده‌ها و طراحی واسط‌ها). به این ترتیب، ابزاری به‌دست می‌آید که با استفاده از آن می‌توانیم ارزیابی کنیم که آیا ساختمان داده‌ها، واسط‌ها و الگوریتم کار می‌کنند یا خیر.

مراحل کار کدام است؟ نمایش‌های طراحی داده‌ها، معماری و واسط‌ها، بستری برای طراحی در سطح مؤلفه‌ها تشکیل می‌دهند. تعریف کلاس‌ها یا توصیف پردازش برای هر مؤلفه، به یک طراحی مشروح تبدیل می‌شود که برای مشخص‌کردن ساختمان داده‌های داخلی، جزئیات واسط‌های محلی و منطق پردازش، از شکل‌های نموداری یا متنی استفاده می‌کنند. نمادگذاری طراحی، شامل نمودارهای UML و شکل‌های مکمل می‌شود. طراحی رویه‌ای با استفاده از یک مجموعه‌ای از ساختارهای برنامه‌نویسی ساخت‌یافته مشخص می‌شود. غالباً به‌جای ساخت مؤلفه‌های جدید می‌توان از مؤلفه‌های موجود استفاده کرد.

محصول کار چیست؟ طراحی برای هر مؤلفه، که در قالب‌های گرافیکی، جدول یا نمادهای متنی ارائه می‌شود، محصول کاری تولید شده طی طراحی در سطح مؤلفه‌هاست.

چگونه اطمینان حاصل کنم که کار را درست انجام داده‌ام؟ بازبینی روی طراحی انجام می‌شود. طراحی بررسی می‌شود تا تعیین گردد که آیا ساختمان داده‌ها، واسط‌ها، ترتیب پردازش‌ها و شرط‌های منطقی درست هستند یا خیر، و آیا تبدیل کنترلی یا داده‌ای مناسب تخصیص یافته به هر مؤلفه را طی مراحل اولیه‌ی طراحی تولید می‌کنند یا خیر.

طراحی در سطح مؤلفه‌ها، پس از طراحی داده‌ها، طراحی معماری و طراحی واسط انجام می‌شود. هدف از این فعالیت، ترجمه‌ی مدل طراحی به نرم‌افزار است. ولی سطح انتزاع در مدل طراحی موجود، نسبتاً بالا و سطح انتزاع برنامه‌ای که کار کند، پایین است. این ترجمه می‌تواند مشکل‌آفرین باشد و باعث وارد شدن خطاهای ظریفی شود که یافتن و تصحیح آنها در مراحل بعدی فرایند نرم‌افزار دشوار است. ادزگار دیکسترا [Dij72] که سهم عمده‌ای در شناخت ما از طراحی دارد، در یک سخنرانی مشهور گفته است:

> به‌نظر می‌رسد نرم‌افزارها با بسیاری از محصولات دیگری که در آنها کیفیت بالاتر به معنای قیمت بالاتر است، تفاوت دارند. آنها که نرم‌افزارهای واقعاً قابل اطمینان می‌خواهند، پی خواهند برد که باید وسیله‌ای برای جلوگیری از اکثر اشکال‌ها بیابند و درنتیجه، فرایند برنامه‌نویسی ارزان‌تر تمام می‌شود ... برنامه‌نویسان کارامد ... نباید وقت خود را برای اشکال‌زدایی هدر دهند - آنها نباید تولید اشکال کنند.

این سخنان سال‌ها قبل ایراد شده‌اند، ولی امروزه کماکان صحت خود را حفظ کرده‌اند. هنگامی که مدل طراحی به کد منبع ترجمه شد، باید مجموعه‌ای از اصول طراحی را دنبال کنیم که نه تنها ترجمه را انجام می‌دهند، بلکه «ایجاد اشکال هم نمی‌کنند».

این امکان وجود دارد که طراحی در سطح مؤلفه‌ها را با استفاده از یک زبان برنامه‌نویسی نشان دهیم. در اصل، برنامه با استفاده از مدل طراحی به عنوان راهنما ایجاد می‌شود. یک روش دیگر برای نشان دادن طراحی در سطح مؤلفه‌ها، استفاده از یک نمایش واسطه (مثلاً گرافیکی، جدولی و متنی) است که به‌راحتی به کد منبع قابل ترجمه باشد. سازوکار به‌کاررفته برای نمایش طراحی در سطح مؤلفه‌ها هرچه که باشد، ساختمان داده‌ها، واسط‌ها و الگوریتم‌هایی که تعریف می‌شوند، باید از انواع متفاوتِ دستورالعمل‌های طراحی کاملاً رویه‌ای پیروی کنند که به پرهیز از خطا در آتای تکامل طراحی رویه‌ای کمک می‌کند. در این فصل به بررسی این دستورالعمل‌ها و روش‌های طراحی در دسترس برای رسیدن به این اهداف می‌پردازیم.

۱-۱۰ مؤلفه چیست؟

مؤلفه به قطعات سازنده‌ی پیمانه‌ای نرم‌افزار کامپیوتری گفته می‌شود. به‌طور رسمی‌تر، در مشخصه‌ی زبان مدل‌سازی یکپارچه OMG [OMG03] مؤلفه به این صورت تعریف می‌شود: «...بخش پیمانه‌ای، قابل استقرار و قابل تعویض از یک سیستم که جزئیات پیاده‌سازی را در خود دارد و مجموعه‌ای از واسط‌ها را ارائه می‌دهد.»

چنان که در فصل ۹ بحث شد، مؤلفه‌ها معماری نرم‌افزار را تشکیل می‌دهند و در نتیجه در دست‌یابی به اهداف و خواسته‌های سیستمی که قرار است ساخته شود، نقش دارند. از آن جا که مؤلفه‌ها در داخل معماری نرم‌افزار جای دارند، باید قادر به برقراری ارتباط و همکاری با سایر مؤلفه‌ها و با موجودیت‌های خارجی (مانند سیستم‌های دیگر، دستگاه‌ها و آدم‌ها) باشند که خارج از مرزهای نرم‌افزار قرار دارند.

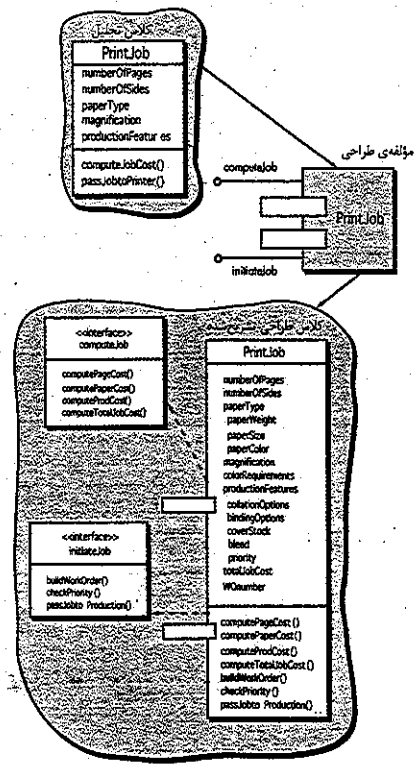
معنای واقعی مؤلفه، به دیدگاه مهندس نرم‌افزاری بستگی دارد که از آن استفاده می‌کند. در بخش‌های بعدی، به بررسی سه دیدگاه مهم درباره ماهیت مؤلفه‌ها و چگونگی استفاده از آن‌ها در پیشرفت مدل‌سازی طراحی خواهیم پرداخت.

> «جزئیات، جزئیات نیستند بلکه طراحی را می‌سازند.»
>
> چارلز ایمز

۱-۱-۱۰ دیدگاه شیءگرا

در حیطه‌ی مهندسی نرم‌افزار شیءگرا، مؤلفه حاوی مجموعه از کلاس‌هاست که با یکدیگر همکاری دارند.[1] هر کلاس در داخل یک مؤلفه دارای جزئیات کامل است به‌طوری که شامل کلیه صفات و عملیات‌ها مرتبط با پیاده‌سازی آن کلاس می‌شود. به‌عنوان بخشی از پرداختن به جزئیات طراحی، همه‌ی واسط‌هایی که کلاس‌ها را قادر به برقراری ارتباط و همکاری با سایر کلاس‌های طراحی می‌کنند نیز باید تعریف شوند. برای نیل به این مقصود، با مدل خواسته‌ها شروع می‌کنید و بر جزئیات کلاس‌های تحلیلی (برای مؤلفه‌هایی که با دامنه‌ی مسأله مرتبط هستند) و کلاس‌های زیرساختی (برای مؤلفه‌هایی که سرویس‌ها را برای دامنه مسأله فراهم می‌سازند) می‌افزایید.

برای نشان دادن این فرایند، پرداختن به جزئیات طراحی، نرم‌افزار پیچیده‌ای را در نظر بگیرید که قرار است برای یک چاپخانه ساخته شود. هدف کلی این نرم‌افزار، جمع آوری خواسته‌های مشتری در پیشخوان، تعیین هزینه کار چاپی و سپس تحویل کار چاپی به یک بخش تولید خودکار است. طی مهندسی خواسته‌ها، کلاس تحلیلی با نام **PrintJob** به‌دست آمده است. صفات و عملیات‌های تعیین‌شده در طول فرایند تحلیل، در بالای شکل ۱-۱۰ ذکر شده‌اند.



شکل ۱-۱۰ تشریح یک مؤلفه طراحی.

[1] در برخی موارد، مؤلفه ممکن است تنها حاوی یک کلاس باشد.

نکته‌ی کلیدی

از دیدگاه شیءگرا، مؤلفه به مجموعه‌ای از کلاس‌ها گفته می‌شود که با یکدیگر همکاری دارند.

طراحی معماری، **PrintJob** به‌عنوان مؤلفه‌ای در داخل معماری نرم‌افزار تعریف می‌شود و با استفاده از نمادگذاری[1] UML، در میانه‌ی سمت راست شکل نمایش داده می‌شود. توجه دارید که **PrintJob** دو واسط دارد، *computeJob* که قابلیت محاسبه هزینه‌ها را فراهم می‌سازد و *initiateJob* که کار را به بخش تولید تحویل می‌دهد. این‌ها به‌صورت نمادهای «آب نبات چوبی»، در طرف چپ چارگوش نشان دهنده‌ی مؤلفه، نمایش داده می‌شوند.

طراحی در سطح مؤلفه‌ها از همین نقطه آغاز می‌شود. جزئیات مؤلفه‌ی **PrintJob** باید تعیین شود تا اطلاعات کافی برای هدایت پیاده‌سازی فراهم گردد، جزئیات کلاس تحلیل اولیه افزوده می‌شود تا همه‌ی صفات و عملیات‌های مورد نیاز برای پیاده‌سازی کلاس به‌صورت مؤلفه‌ی **PrintJob** تعیین شود. با رجوع به بخش پایین و سمت راست شکل ۱-۱۰، کلاس طراحی **PrintJob** که اکنون جزئیات آن تعیین شده است، حاوی اطلاعات مشروح‌تری درباره صفات و همچنین توصیف مبسوطی از عملیات‌های مورد نیاز برای پیاده‌سازی آن مؤلفه است. واسط‌های *computeJob* و *initiateJob* ارتباط و همکاری با سایر مؤلفه‌ها را (که در این جا نشان داده نشده‌اند) بیان می‌کنند. برای مثال، عملیات *computePageCost( )* (بخشی از واسط *computeJob*) ممکن است با مؤلفه‌ی *pricingTable*، که حاوی اطلاعات تعیین قیمت چاپ است، همکاری کند. عملیات *checkPriority( )* (بخشی از واسط *initialJob*) ممکن است برای تعیین نوع و اولویت کارهایی که در حال حاضر منتظر چاپ هستند، با مؤلفه‌ی **JobQueue** همکاری کند.

اندرز

به‌خاطر داشته باشید که مدل‌سازی تحلیل و مدل‌سازی طراحی هر دو، کشش‌هایی مبتنی بر تکرارند. تشریح کلاس‌های تحلیل ممکن است نیاز به مراحل تحلیل اضافی داشته باشد که مراحل مدل‌سازی طراحی از پس آن می‌آید تا کلاس طراحی تشریح‌شده (جزئیات مؤلفه) نمایش داده شود.

این فعالیتِ پرداختن به جزئیات، برای هر کدام از مؤلفه‌های تعریف شده به‌عنوان بخشی از طراحی معماری به‌کار می‌رود و پس از این که کامل شد، به هر صفت، عملیات و واسط نیز جزئیات بیشتری افزوده می‌شود. ساختمان داده‌های مناسب برای هر صفت باید مشخص شود. به‌علاوه، جزئیات الگوریتم مورد نیاز برای پیاده‌سازی منطق پردازش در هر عملیات، طراحی می‌شود. این فعالیت طراحی رویه‌ای را بعداً در همین فصل مورد بحث قرار می‌دهیم. سرانجام، سازوکارهای لازم برای پیاده‌سازی واسط، طراحی می‌شود. برای نرم‌افزار شیءگرا، این ممکن است شامل توصیفی از همه‌ی پیام‌های لازم برای برقراری ارتباط میان اشیای داخلی سیستم شود.

۲-۱-۱۰ دیدگاه سنتی

مؤلفه در حیطه‌ی مهندسی نرم‌افزار سنتی، یک عنصر عملیاتی از برنامه است که منطق پردازش، ساختمان داده‌های داخلی که برای پیاده‌سازی منطق پردازش لازم‌اند و واسطی را در بر می‌گیرند که فراخوانی مؤلفه‌ها و تحویل داده‌ها به آن را میسر می‌سازد. مؤلفه‌های سنتی که به آن‌ها، *پیمانه* نیز گفته می‌شود، در داخل معماری نرم‌افزار جای دارند و به‌عنوان یکی از سه نقش مهم عمل می‌کنند: (۱) *مؤلفه‌ی کنترلی*، (۲) *مؤلفه‌ی دامنه مسأله* (که یک قابلیت عملیاتی کامل یا بخشی از آن را که مورد نیاز مشتری است، پیاده‌سازی می‌کند) یا (۳) *مؤلفه‌ی زیرساختی* (که مسؤول قابلیت‌های عملیاتی پشتیبان برای پردازش لازم در دامنه‌ی مسأله است).

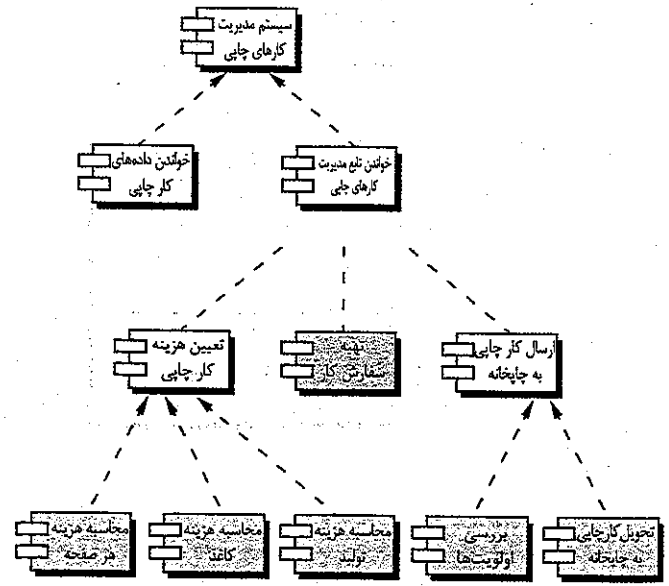
> «سیستم پیچیده‌ای که کار می‌کند بدون شک از سیستم ساده‌ای که کار می‌کرده است، تکامل پیدا کرده است.»
>
> جان گال

مؤلفه‌های نرم‌افزاری سنتی، همانند مؤلفه‌های شیءگرا از مدل تحلیل به‌دست می‌آیند. ولی در این مورد، عنصر جریان‌گرای مدل تحلیل به‌عنوان مبنایی برای به‌دست آوردن مؤلفه‌ها عمل می‌کند. هر

[1] خوانندگان ناآشنا با نمادگذاری UML باید به پیوست ۱ رجوع کنند.

تبدیل (حباب) که در پایین‌ترین سطح از نمودار جریان داده‌ها نمایش داده می‌شود، به سلسله مراتبی از پیمانه‌ها نگاشت می‌شود (بخش ۶-۹). مؤلفه‌ها (پیمانه‌های) کنترلی در نزدیکی بالای سلسله مراتب (معماری برنامه) و مؤلفه‌های دامنه‌ی مسأله بیشتر در پایین سلسله مراتب قرار می‌گیرند. برای دستیابی به پیمانه‌بندی اثربخش، مفاهیم طراحی از قبیل استقلال عملیاتی (فصل ۸) به‌عنوان یک مؤلفه بسط پیدا می‌کنند و جزئیات آن‌ها تعیین می‌شود.

برای نمایش این فرایندِ پرداختن به جزئیات طراحی برای مؤلفه‌های سنتی، دوباره همان نرم‌افزاری را در نظر بگیرید که قرار است برای چاپخانه ساخته شود. مجموعه‌ای از نمودارهای جریان داده‌ها طی مدل‌سازی خواسته‌ها به‌دست می‌آید. فرض کنید این نمودارها به یک معماری نگاشت می‌شود که در شکل ۲-۱۰ نشان داده شده است. هر چارگوش نشان‌گر مؤلفه‌ای از نرم‌افزار است. توجه دارید که چارگوش‌های خاکستری از نظر وظیفه هم‌ارز با عملیات‌های تعریف شده برای کلاس **PrintJob** هستند که در بخش ۱-۱-۱۰ بحث شد. ولی در این مورد، هر عملیات به‌عنوان یک پیمانه‌ی جداگانه نمایش داده می‌شود که به‌صورت نشان داده شده در شکل قابل فراخوانی است. سایر پیمانه‌ها برای کنترل پردازش به‌کار می‌روند و از این رو، مؤلفه‌های کنترلی هستند.



شکل ۲-۱۰ نمودار ساختاری برای یک سیستم سنتی.

طی طراحی در سطح مؤلفه‌ها، هر پیمانه در شکل ۲-۱۰ بسط داده می‌شود و بر جزئیات آن افزوده می‌شود. واسط پیمانه به صراحت تعریف می‌شود. یعنی، هر شیء داده‌ای یا کنترلی که از واسط جریان پیدا می‌کند، به نمایش در می‌آید. ساختمان داده‌های مورد استفاده در داخل پیمانه‌ها نیز تعریف می‌شوند. الگوریتمی که به پیمانه امکان می‌دهد تا وظیفه مورد نظر را انجام دهد، با استفاده از روش پالایش مرحله‌ای بحث شده در فصل ۸ طراحی می‌شود. رفتار پیمانه گاهی با استفاده از نمودار حالت نشان داده می‌شود.

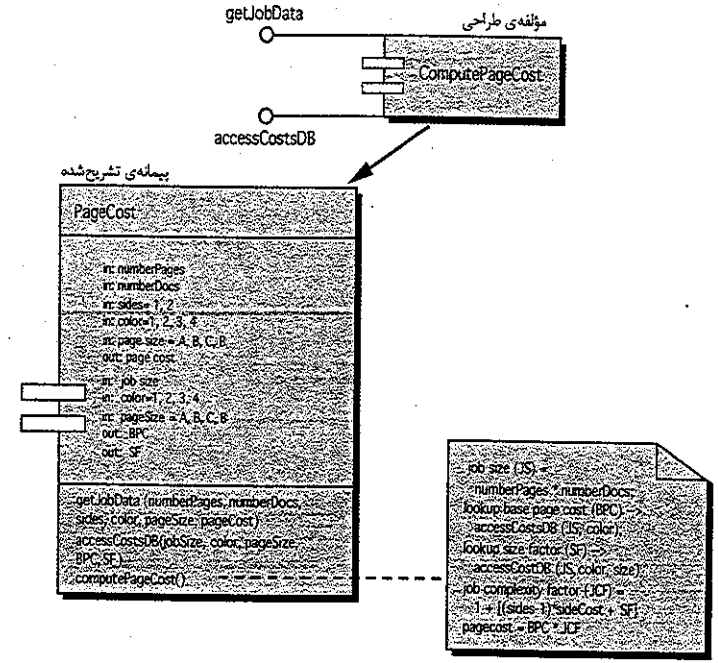
اندرز

به‌موازاتی که طراحی برای هر مؤلفه‌ی نرم‌افزار تشریح می‌شود، کانون توجه به سمت طراحی ساختمان داده‌ها و طراحی روال‌ها جابه‌جا می‌شود تا ساختمان داده‌ها دستکاری شود. ولی فراموش نکنید معماری‌ای که باید این مؤلفه‌ها با ساختمان داده‌های سازگاری راحت خود جای دهد، ممکن است به مؤلفه‌های فراوان سرویس دهد.

برای نشان دادن این فرایند، پیمانه‌ی *ComputePageCost* را در نظر بگیرید. هدف این پیمانه، محاسبه‌ی هزینه‌ی چاپ به ازای هر صفحه بر اساس مشخصات ارائه شده از سوی مشتری است. داده‌های مورد نیاز برای اجرای این وظیفه عبارتند از:

Number of pages in document ،total number of document to be produced ،one-or two-side printing ،color requirements و size requirements.

این داده‌ها از طریق واسط پیمانه به *computePageCost* تحویل می‌شوند. *computePageCost* از این داده‌ها برای تعیین هزینه صفحات بر اساس اندازه صفحه و پیچیدگی کار استفاده می‌کند- تابعی از همه‌ی این داده‌ها از طریق واسط به پیمانه تحویل می‌شود. هزینه‌ی صفحه با اندازه کار نسبت عکس و با پیچیدگی آن نسبت مستقیم دارد.



شکل ۳-۱۰ طراحی در سطح مؤلفه‌ها برای *computerPageCost*.

در شکل ۳-۱۰ طراحی در سطح مؤلفه‌ها با استفاده از نمادگذاری اصلاح شده‌ی UML نمایش داده شده است. پیمانه‌ی *computePageCost* با فرا خواندن پیمانه‌ی *getJobData* (که تحویل همه‌ی داده‌های مرتبط را به مؤلفه امکان پذیر می‌سازد) و یک واسط بانک اطلاعاتی *accessCostDB* (که دستیابی پیمانه به بانک اطلاعاتی حاوی تمامی هزینه‌های چاپی را فراهم می‌آورد) به داده‌ها دست پیدا می‌کند. با ادامه یافتن طراحی، پیمانه‌ی *computePageCost* حاوی جزئیات بیشتری در خصوص الگوریتم و واسط می‌شود (شکل ۳-۱۰). جزئیات الگوریتم را می‌توان به‌وسیله‌ی شبه کدهای متنی نشان داده شده در شکل یا با نمودارهای فعالیت UML به نمایش گذاشت. واسط‌ها به‌صورت مجموعه‌ای از اشیای ورودی و خروجی نشان داده می‌شود. بسط طراحی آن‌قدر ادامه پیدا می‌کند که جزئیات کافی برای ساخت مؤلفه‌ی مورد نظر فراهم آید.

۳-۱-۱۰ دیدگاه فرایندی

در دیدگاه‌های شیءگرا و سنتی طراحی در سطح مؤلفه‌ها که در بخش‌های ۱-۱-۱۰ و ۲-۱-۱۰ ارائه شد، فرض بر این است که مؤلفه از نقطه‌ی صفر ساخته می‌شود. یعنی، باید بر اساس مشخصه‌های به‌دست آمده از مدل خواسته‌ها، مؤلفه جدیدی ایجاد کنید. البته یک روش دیگر نیز وجود دارد.

طی دو دهه گذشته، جامعه‌ی مهندسی نرم‌افزار، بر ساخت سیستم‌هایی تأکید داشته است که از مؤلفه‌های نرم‌افزاری یا الگوهای طراحی موجود استفاده می‌کنند. در اصل، کاتالوگی از مؤلفه‌ها در سطح طراحی یا کد در حین طراحی در اختیار شما قرار داده می‌شود. با توسعه‌ی معماری نرم‌افزار، مؤلفه‌ها یا الگوهای طراحی را از کاتالوگ انتخاب می‌کنید و آن‌ها را در معماری خود جای می‌دهید. از آن جا که این مؤلفه‌ها با در نظر داشتن قابلیت استفاده‌ی مجدد ایجاد شده‌اند، توصیف کاملی از واسط آن‌ها، وظیفه (هایی) که انجام می‌دهند و ارتباطات و همکاری‌هایی که مورد نیاز آن‌هاست، در اختیار شما است. در بخش ۶-۱۰ به برخی جنبه‌های مهم مهندسی نرم‌افزار مبتنی بر مؤلفه‌ها (CBSE) خواهیم پرداخت.

اطلاعات

چارچوب‌ها و استانداردهای مبتنی بر مؤلفه‌ها

یکی از عناصر کلیدی که به موفقیت یا شکست CBSE می‌انجامد، قابلیت دسترسی استانداردهای مبتنی بر مؤلفه‌هاست که گاهی میان‌افزار نامیده می‌شوند. میان‌افزار، مجموعه‌ای از مؤلفه‌های زیرساختی است که مؤلفه‌های دامنه‌ی مسأله را قادر می‌سازد تا روی یک شبکه یا داخل یک سیستم پیچیده امکان برقراری ارتباط می‌دهد. مهندسان نرم‌افزار که مایل به استفاده از توسعه‌ی مبتنی بر مؤلفه‌ها به‌عنوان فرایند نرم‌افزار خود هستند، می‌توانند از میان استانداردهای زیر یکی را انتخاب کنند:

OMG CORBA-www.corba.org/
Microsoft COM-www.microsoft.com/com/tech/complus.asp
Microsoft.NET-http://msdn2.microsoft.com/en-us/netframework/default.as/x
Sun Java Beans-http://java.sun.com/products/ejb/

وب‌سایت‌های ذکرشده، آرایه‌ی وسیعی از مطالب آموزشی، ابزارها، گزارش‌ها و منابع عمومی درخصوص این استانداردهای میان‌افزار ارائه شده است.

۲-۱۰ طراحی مؤلفه‌های مبتنی بر کلاس

چنان که قبلاً گفتیم، طراحی در سطح مؤلفه‌ها، از اطلاعات فراهم شده به‌عنوان بخشی از مدل خواسته‌ها (فصل‌های ۶ و ۷) و اطلاعات نمایش داده شده به‌عنوان بخشی از مدل معماری (فصل ۹)، بهره می‌برد. هنگامی که یک روش مهندسی نرم‌افزار شیءگرا انتخاب می‌شود، آن چه در طراحی در سطح مؤلفه‌ها کانون توجه قرار می‌گیرد، پرداختن به جزئیات کلاس‌های ویژه‌ی دامنه مسأله و تعریف و پالایش کلاس‌های زیرساختی موجود در مدل خواسته‌هاست. توصیف مشروحی از صفات، عملیات‌ها و واسط‌های مورد استفاده‌ی این کلاس‌ها، جزئیات طراحی لازم برای فعالیت ساخت شیء را فراهم می‌آورد.

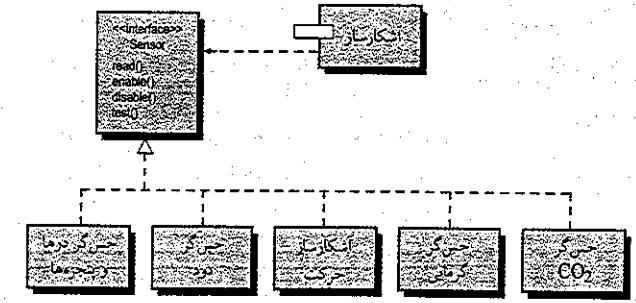
۱۰-۲-۱ اصول پایه‌ی طراحی

در طراحی در سطح مؤلفه‌ها از چهار اصل پایه طراحی استفاده می‌شود که هنگام به‌کارگیری مهندسی نرم‌افزار شیءگرا به‌طور گسترده پذیرفته می‌شوند. انگیزه اصلی برای به‌کارگیری این اصول، ایجاد طراحی‌هایی است که بیشتر مستعد تغییر باشند و انتشار اثرات جانبی ناشی از تغییرات را کاهش دهند. از این اصول می‌توانید به‌عنوان راهنمایی در توسعه هر مؤلفه‌ی نرم‌افزار استفاده کنید.

اصل باز-بسته (OCP). «یک پیمانه [مؤلفه] باید برای عمل بسط، باز و برای عمل اصلاح، بسته باشد.» [Mar00]. این عبارت ممکن است تناقض‌آمیز به‌نظر برسد، ولی یکی از مهمترین خصوصیات طراحی در سطح مؤلفه‌ها را نشان می‌دهد. به بیان ساده، باید مؤلفه را به قسمی مشخص کنید که بتوان آن را بسط داد (در دامنه‌ی عملیاتی مربوط)، بدون این که نیازی به انجام اصطلاحات داخلی (در سطح کدها یا منطق) در خود مؤلفه باشد. برای دستیابی به این هدف، انتزاع‌هایی ایجاد می‌کنید که میان قابلیت عملیاتی که احتمالاً باید بسط و گسترش داده شود و خود کلاس طراحی، به‌عنوان میانجی عمل می‌کند.

برای مثال، فرض کنید قابلیت امنیتی منزل در محصول *SafeHome* از کلاس **Detector** استفاده می‌کند که باید وضعیت هر نوع حس‌گر امنیتی را چک کند. این احتمال وجود دارد که با گذر زمان، تعداد و انواع حس‌گرهای امنیتی رشد پیدا کند. اگر منطق پردازش داخلی به‌صورت دنباله‌ای از ساختارهای if-then-else پیاده‌سازی شود و هر کدام به یک نوع حس‌گر متفاوت بپردازد، افزودن نوع جدیدی از حس‌گر مستلزم منطق داخلی اضافی (هنوز یک if-then-else) خواهد بود.

یک راه دستیابی به اصل OCP برای کلاس **Detector** در شکل ۴-۱۰ نشان داده شده است. واسط *sensor* نشان‌گر دیدگاهی سازگار از حس‌گرها در مؤلفه‌ی **Detector** است. اگر نوع جدیدی از حس‌گر افزوده شود، تغییری برای کلاس (مؤلفه) **Detector** مورد نیاز نیست. پس OCP برقرار است.



شکل ۴-۱۰ پیروی از OCP.

اصل جایگزینی لیسکوف (LSP). «*زیرکلاس‌ها باید با کلاس‌های پایه‌ی خود جایگزین‌پذیر باشند.*» [Mar00]. طبق این اصل طراحی، که اولین بار توسط باربارا لیسکوف [Lis88] پیشنهاد شد، مؤلفه‌ای که از یک کلاس پایه استفاده می‌کند، اگر به‌جای کلاس پایه، کلاس مشتق آن به مؤلفه ارسال شود، مؤلفه باید به‌درستی عمل کند. LSP حکم می‌کند که هر کلاس مشتق باید به قراردادهای میان کلاس پایه و مؤلفه‌ای که از آن استفاده می‌کند، بها دهد. «قرارداد» در این بحث، *پیش‌شرطی* است که باید درست باشد تا مؤلفه از یک کلاس پایه استفاده کند و پس‌شرطی است که باید پس از این که مؤلفه از

یک کلاس پایه استفاده می‌کند، درست باشد. هنگامی که کلاس‌های مشتق را ایجاد می‌کنید، اطمینان حاصل کنید که با پیش‌شرط‌ها و پس‌شرط‌ها همخوانی دارند.

SafeHome

OCP در عمل

صحنه: کابین وینود.

نقش‌آفرینان: وینود و شکیرا- اعضای تیم مهندسی نرم‌افزار *SafeHome*

گفتگو:

وینود: همین الان داگ [مدیر تیم] با من تماس گرفت. می‌گوید بخش بازاریابی می‌خواهد یک حس‌گر جدید اضافه کند.

شکیرا (با پوزخند): خدایا، دوباره؟

وینود: بله... و باورت نمی‌شود چه چیزی درست کرده‌اند.

شکیرا: دوست دارم بشنوم.

وینود (با خنده): اسمش را گذاشته‌اند *حس‌گر نگرانی سگی*.

شکیرا: یعنی چی؟

وینود: برای آدم‌هایی است که حیوان خانگی‌شان را در آپارتمان یا خانه‌هایی می‌گذارند که به خانه‌ها و آپارتمان‌های دیگر نزدیک است. سگ شروع به پارس کردن می‌کند. همسایه عصبانی می‌شود و شکایت می‌کند. ولی با این حس‌گرها، اگر سگ بیشتر از مثلاً یک دقیقه پارس کند، حس‌گر یک حالت هشدار را فعال می‌کند که به تلفن همراه صاحبخانه زنگ می‌زند.

شکیرا: شوخی می‌کنی، نه؟

وینود: نخیر. داگ می‌خواهد بداند چقدر وقت می‌گیرد تا یک قابلیت امنیتی دیگر اضافه کنیم.

شکیرا (لحظه‌ای می‌اندیشد): وقت زیادی نمی‌گیرد. ببین. [شکل ۴-۱۰ را به وینود نشان می‌دهد.] ما کلاس‌های واقعی حس‌گر را پشت واسط **Sensor** جدا کرده‌ایم. هر وقت مشخصات مربوط به حس‌گر سگی را داشته باشیم، اضافه کردن آن باید مثل آب خوردن باشد. تنها کاری که باید بکنم، ایجاد یک مؤلفه‌ی مناسب است... یعنی یک کلاس. مؤلفه‌ی **Detector** به هیچ وجه نباید تغییر کند.

وینود: پس به داگ می‌گویم که مشکل بزرگی وجود ندارد.

شکیرا: با شناختی که از داگ دارم، او از ما می‌خواهد که به کارمان ادامه بدهیم و این حس‌گر سگی را در اولویت بعدی تحویل دهیم.

وینود: این چیز بدی نیست، ولی اگر بخواهد الان هم می‌توانی آن را پیاده‌سازی کنی؟

شکیرا: بله، طراحی واسط طوری بوده که می‌توانم بدون هیچ مشکل خاصی این کار را انجام دهم.

وینود (لحظه‌ای می‌اندیشد): تا حالا از اصل باز-بسته چیزی شنیدی؟

شکیرا (شانه‌اش را بالا می‌اندازد): نه نشنیدم.

وینود (با لبخند): مشکلی نیست.

اصل وارونگی وابستگی (DIP). «*به انتزاع‌ها متکی باشید، به عینیت‌ها* (concretions) *متکی نباشید.*» [Mar00]. چنان‌که در بحث مربوط به OCP دیدیم، انتزاع‌ها نقاطی هستند که طراحی را از آن‌ها بدون پیچیدگی زیاد، بسط و گسترش می‌یابد. هرچه وابستگی یک مؤلفه به سایر مؤلفه‌های عینیت‌یافته بیشتر باشد، بسط و گسترش آن دشوارتر خواهد بود.

اصل جداسازی واسط‌ها (ISP). «*داشتن واسط‌های خاص کلاینت بسیار بهتر از یک واسط چندمنظوره است.*» [Mar00]. واسط‌های فراوانی وجود دارد که در آن‌ها چند مؤلفه‌ی کلاینت از عملیات‌هایی استفاده می‌کنند که توسط یک کلاس سرور منفرد فراهم می‌آیند. طبق اصل ISP، باید برای سرویس‌دهی به هر دسته‌ی عمده از کلاینت‌ها یک واسط تخصص‌یافته ایجاد کنید. تنها آن دسته از عملیات‌هایی که به‌دسته‌ی خاصی از کلاینت‌ها مربوط می‌شوند باید در واسط مربوط به آن کلاینت مشخص شوند. اگر چند کلاینت به عملیات‌های یکسانی نیاز داشته باشند، این را باید در هر کدام از واسط‌های تخصص‌یافته مشخص کرد.

برای مثال، کلاس **FloorPlan** را در نظر بگیرید که برای قابلیت‌های عملیاتی امنیت منزل در محصول *SafeHome* به‌کار برده می‌شود (فصل ۶). برای قابلیت‌های پایشی و امنیتی، **FloorPlan** تنها طی فعالیت‌های پیکربندی به‌کار برده می‌شود و از عملیات‌های *placeDevice( )*، *showDevice( )*، *groupDevice( )* و *removeDevice( )* برای قرار دادن، نشان دادن، گروه‌بندی و حذف حسگرها از پلان همکف استفاده می‌کند. قابلیت عملیاتی پایش منزل از چهار عملیات ذکرشده برای امنیت استفاده می‌کند، ولی به عملیات‌های خاص برای مدیریت دوربین‌ها نیز نیاز دارد: *showFOV( )* و *showDevice ID( )*. از این رو، بنا به اصل ISP، مؤلفه‌های کلاینت از دو قابلیت عملیاتی *SafeHome* دارای واسط‌های تخصص یافته‌ای هستند که برای آن‌ها تعریف شده است. واسط مربوط به امنیت فقط شامل عملیات‌های *placeDevice( )*، *showDevice( )*، *groupDevice( )* و *removeDevice( )* می‌شود. واسط مربوط به پایش، علاوه بر عملیات‌های *placeDevice( )*، *ShowDevice( )*، *groupDevice( )* و *removeDevice( )*، عملیات‌های *showFOV( )* و *showDevice ID( )* را نیز در بر می‌گیرد.

گرچه اصول طراحی در سطح مؤلفه‌ها، راهنمای مفیدی فراهم می‌سازند، خود مؤلفه‌ها در خلاء وجود ندارند. در بسیاری موارد، تک تک مؤلفه‌ها یا کلاس‌ها در قالب چند زیرسیستم یا پکیج سازمان‌دهی می‌شوند. منطقی است که بپرسیم این فعالیت پکیج‌سازی چگونه باید انجام پذیرد. با پیشرفت طراحی، دقیقاً مؤلفه‌ها را چگونه باید سازمان‌دهی کرد؟ مارتین [Mar00] اصول پکیج‌سازی دیگری را پیشنهاد می‌کند که برای طراحی در سطح مؤلفه‌ها قابل استفاده‌اند.

اصل هم‌ارزی استفاده‌ی مجدد از نسخه‌ها (REP). «*استفاده‌ی مجدد، سنگ بنای ارائه‌ی نسخه‌های جدید است.*» [Mar00]. هنگامی که کلاس‌ها یا مؤلفه‌ها برای استفاده‌ی مجدد طراحی می‌شوند، میان سازندگان موجودیتی با قابلیت استفاده‌ی مجدد و کسانی که از آن استفاده می‌کنند، قرارداد نانوشته‌ای وجود دارد. سازنده متعهد می‌شود که یک سیستم کنترلی ایجاد کند که از نسخه‌های قدیمی‌تر آن موجودیت، پشتیبانی و نگهداری کند، در حالی که کاربران به آهستگی به آخرین نسخه‌ی موجود ارتقا پیدا می‌کنند. به‌جای پرداختن به هر کلاس به‌صورت انفرادی، غالباً توصیه می‌شود کلاس‌های قابل استفاده‌ی مجدد در قالب پکیج‌هایی گروه‌بندی شوند که به‌موازات تکامل نسخه‌های جدیدتر بتوان آن‌ها را مدیریت و کنترل کرد.

اندرز

اگر طراحی را تزریق و کدها را به قطعات تقسیم می‌کنید، فقط به‌خاطر داشته باشید که کدها «عینیت» نهایی‌اند. از DIP عدول نکنید.

نکته‌ی کلیدی

طراحی مؤلفه‌ها برای استفاده‌ی مجدد به چیزی بیش از طراحی خوب نیاز دارد. علاوه بر آن به سازوکارهای کنترل پیکربندی از بخش هم نیاز است (فصل ۲۲).

اصل بستار مشترک (CCP). «*کلاس‌هایی که با هم تغییر می‌کنند به هم تعلق دارند.*» [Mar00]. کلاس‌ها باید به‌طور مناسب در پکیج قرار گیرند. یعنی هنگامی که کلاس‌ها به‌عنوان بخشی از طراحی در پکیج‌ها قرار می‌گیرند، باید نواحی رفتاری و عملکردی یکسانی را اداره کنند. وقتی قرار باشد ویژگی‌های آن ناحیه تغییر کند، نباید به تغییر کلاس‌های موجود در آن پکیج نیازی باشد. به‌این ترتیب، کنترل و مدیریت نسخه‌ها بهتر انجام می‌گیرد.

اصل استفاده‌ی مجدد مشترک (CCP). «*کلاس‌هایی که با هم دوباره استفاده نمی‌شوند، نباید در یک پکیج قرار گیرند.*» [Mar00]. هنگامی که یک یا چند کلاس در یک پکیج تغییر می‌کنند، شماره‌ی نسخه‌ی پکیج تغییر می‌کند. همه‌ی کلاس‌ها یا پکیج‌های وابسته به پکیج تغییریافته، اکنون باید به آخرین نسخه‌ی آن پکیج بهنگام شوند و مورد آزمون قرار گیرند تا اطمینان حاصل شود که نسخه‌ی جدید بدون هیچ اتفاق خاصی عمل می‌کند. اگر کلاس‌ها به‌صورت یکپارچه گروه‌بندی نشده باشند، این امکان وجود دارد که کلاسی که با کلاس‌های دیگر موجود در پکیج رابطه ندارد، تغییر کند. این کار باعث آزمون‌های بیهوده می‌شود. به همین دلیل، تنها کلاس‌هایی که با یکدیگر استفاده می‌شوند باید در یک پکیج گنجانده شوند.

۲-۲-۱۰ دستورالعمل‌های طراحی در سطح مؤلفه‌ها

علاوه بر اصول بحث شده در بخش ۱-۲-۱۰، یک سری دستورالعمل‌های طراحی را نیز می‌توان به‌موازات پیشرفت طراحی در سطح مؤلفه‌ها به‌کار گرفت. این دستورالعمل‌ها برای مؤلفه‌ها، واسط‌های آن‌ها و خصوصیات وراثتی و وابستگی‌ای به‌کار برده می‌شوند که بر طراحی حاصل تأثیر دارند. امبلر [Amb2b] دستورالعمل‌های زیر را پیشنهاد می‌کند.

مؤلفه‌ها. برای مؤلفه‌هایی که به‌عنوان بخشی از مدل معماری مشخص می‌شوند و سپس به‌عنوان بخشی از مدل‌سازی در سطح مؤلفه‌ها پالایش می‌شوند و بر جزئیات آن‌ها افزوده می‌شود، قراردادهای نامگذاری مورد نیاز است. نام‌های مولفه‌های معماری باید از دامنه مسأله مشتق شوند و برای همه‌ی طرف‌های ذی‌نفع که مدل معماری را مشاهده می‌کنند، معنی داشته باشد. برای مثال، نام کلاس **FloorPlan** برای هر کس که آن را بخواند با هر دانش فنی که داشته باشد، معنی دارد. از طرف دیگر، مؤلفه‌های زیرساختی یا کلاس‌های سطح مؤلفه‌ای با جزئیات کافی باید طوری نامگذاری شوند که معنی مرتبط با پیاده‌سازی را انعکاس دهند. اگر قرار باشد فهرستی مرتبط به‌عنوان بخشی از پیاده‌سازی **FloorPlan** مدیریت شود، عملیاتی با نام *manageList( )* مناسب است، حتی اگر این امکان وجود داشته باشد که یک فرد فنی آن را سوء تعبیر کند.[1]

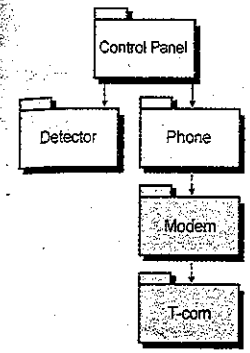
می‌توانید از یک سری کلیشه برای کمک به شناسایی ماهیت مؤلفه‌ها در سطح طراحی مشروح استفاده کنید. برای مثال، <<infrastructure>> را می‌توان برای شناسایی یک مؤلفه زیرساختی استفاده کرد، از <<database>> می‌توان برای شناسایی بانک اطلاعاتی‌ای استفاده کرد که به یک یا چند کلاس طراحی یا کل سیستم، سرویس می‌دهد؛ از <<table>> می‌توان برای شناسایی جدولی در یک بانک اطلاعاتی استفاده کرد.

هنگام نامگذاری مؤلفه‌ها چه نکاتی را باید مد نظر داشت؟

[1] احتمال این که کسی از سازمان بازاریابی یا مشتریان (یک نوع غیر فنی) اطلاعات طراحی مشروح را بررسی کند، زیاد نیست.

واسط‌ها. واسط‌ها اطلاعات مهمی درباره ارتباطات و همکاری فراهم می‌آورند (و همچنین ما را در دستیابی به OCP یاری می‌دهند). ولی، نمایش لجام گسیخته‌ی واسط‌ها باعث پیچیده شدن نمودارهای مؤلفه‌ها می‌شود. امبلر [Amb02c] توصیه می‌کند که (۱) در صورت رشد کردن و پیچیده شدن نمودار باید از نمایش آب نبات چوبی به‌جای نمایش رسمی‌تر چهار گوش و پیکان مقطع UML برای واسط‌ها استفاده کرد؛ (۲) برای سازگاری، واسط‌ها باید از طرف چپ، وارد چهارگوش مؤلفه شوند؛ (۳) تنها آن واسط‌هایی که به مؤلفه‌ی مورد نظر مربوط می‌شوند، باید نشان داده شوند، حتی اگر واسط‌های دیگری در دسترس باشند. این توصیه‌ها به منظور ساده‌سازی ماهیت بصری نمودارهای مؤلفه‌های UML ارائه شده‌اند.

وابستگی‌ها و وراثت. برای بهبود قابلیت خواندن، مدل‌سازی وابستگی‌ها از چپ به راست و مدل‌سازی وراثت از پایین (کلاس‌های مشتق) به بالا (کلاس‌های پایه) ایده‌ی خوبی است. به‌علاوه، وابستگی‌های میان مؤلفه‌ها را باید از طریق واسط‌ها نمایش داد نه با نمایش وابستگی مؤلفه به مؤلفه. دنبال کردن فلسفه‌ی OCP، به شما کمک می‌کند سیستم را با قابلیت نگهداری بیشتری بسازید.



شکل ۵-۱۰ یکپارچگی لایه‌ای

۱۰-۲-۳ یکپارچگی (Cohession)

در فصل ۸، یکپارچگی را به‌عنوان «وحدت رأی» مؤلفه توصیف کردیم. در حیطه‌ی طراحی در سطح مؤلفه‌ها برای سیستم‌های شیءگرا، یکپارچگی بدان معناست که یک مؤلفه یا کلاس فقط صفات و عملیات‌هایی را در خود پنهان‌سازی می‌کند که رابطه‌ای تنگاتنگ با یکدیگر و با خود کلاس یا مؤلفه دارند. لتبریج و لاگانیه [Let01] چند نوع متفاوت از یکپارچگی را تعریف می‌کنند (که در زیر به‌ترتیب سطح یکپارچگی فهرست شده‌اند[1]):

عملیاتی: این سطح از یکپارچگی که اساساً به وسیله‌ی عملیات‌ها نشان داده می‌شود، هنگامی رخ می‌دهد که مؤلفه‌ای یک محاسبه‌ی هدف‌دار انجام دهد و سپس نتیجه‌ای را برگرداند.

لایه‌ای. این نوع یکپارچگی، که به‌وسیله‌ی پکیج‌ها، مؤلفه‌ها و کلاس‌ها به نمایش گذاشته می‌شود، هنگامی رخ می‌دهد که یک لایه بالایی به سرویس‌های لایه پایانی دستیابی دارد، ولی لایه پایینی به لایه بالایی دستیابی ندارد. برای مثال، این خواسته را برای قابلیت امنیتی منزل در محصول *SafeHome* در نظر بگیرید که در صورت فعال شدن یک حس‌گر، با بیرون تماس می‌گیرد. ممکن است تعریف مجموعه‌ای از پکیج‌های لایه‌بندی شده به‌صورت نشان داده شده در شکل ۵-۱۰ امکان‌پذیر باشد. پکیج‌های خاکستری حاوی مؤلفه‌های زیرساختی‌اند. دستیابی از پکیج ControlPanel به طرف پایین است.

ارتباطاتی. همه‌ی عملیات‌هایی که به داده‌های یکسان دستیابی دارند، تنها در یک کلاس تعریف می‌شوند. به‌طور کلی، در این گونه کلاس‌ها فقط داده‌های مورد نظر، دستیابی به آن‌ها و ذخیره‌سازی آن‌ها کانون توجه قرار می‌گیرد.

پیاده‌سازی، آزمون و نگهداری کلاس‌ها و مؤلفه‌هایی که یکپارچگی عملیاتی، لایه‌ای و ارتباطاتی را از خود به نمایش می‌گذارند، نسبتاً آسان است. باید درصورت امکان تلاش کنید به این سطوح

اندرز

گرچه درک سطوح مختلف یکپارچگی، آموزنده است، مهمتر این است که حین طراحی مؤلفه‌ها از این مفهوم کلی آگاه باشید. یکپارچگی را تا حد امکان در سطحی بالا حفظ کنید.

[1] به‌طور کلی، هر چه سطح هم بندی بالاتر باشد، پیاده‌سازی مؤلفه، آزمودن آن و نگهداری از آن آسان‌تر است.

SafeHome

یکپارچگی در عمل

صحنه: کابین جیمی

نقش‌آفرینان: جیمی و اد- اعضای تیم مهندسی نرم‌افزار *SafeHome* که روی قابلیت عملیاتی پایش منزل کار می‌کنند.

گفتگو:

اد: من اولین دور طراحی مولفه‌ی **camera** را تمام کردم.

جیمی: دوست داری نگاهی به آن بیندازیم؟

اد: گمان کنم به اظهار نظرت احتیاج دارم-

(جیمی اشاره می‌کند که ادامه دهد)

اد: ما اول پنج عملیات برای **camera** تعریف کردیم. ببین-

Determine() نوع دوربین را به من می‌گوید.

translateLocation() به من این امکان را می‌دهد که دوربین را حول نقشه منزل حرکت بدهم.

displayID() شماره‌ی ID دوربین را می‌گیرد و آن را نزدیک به آیکون دوربین نمایش می‌دهد.

displayView() میدان دید دوربین را به شیوه‌ی گرافیکی به من نشان می‌دهد.

displayZoom() درشت‌نمایی دوربین را به شیوه‌ی گرافیکی به من نشان می‌دهد.

اد: من هر کدام را جداگانه طراحی کرده‌ام و این‌ها عملیات‌های بسیار ساده‌ای هستند بنابراین، فکر کردم شاید بد نباشد همه‌ی عملیات‌ها را فقط در یک عملیات به نام *displayCamera()* نشان بدهم- که ID نما و درشت‌نمایی را نشان دهد. نظر تو چی است؟

جیمی: مطمئن نیستم. فکر خوبی باشد.

اد (با اخم): چرا؟ همه‌ی این عملیات‌های کوچک باعث سر درد می‌شوند.

جیمی: مشکل ترکیب آن‌ها این است که یکپارچگی را از دست می‌دهیم، یعنی عملیات *displayCamera()* وحدت رأی ندارد.

اد (قدری برآشفته است): خوب که چی؟ کل این‌ها حداکثر صد خط می‌شود. فکر کنم پیاده‌سازی‌اش آسان‌تر باشد.

جیمی: و اگر بازاریابی تصمیم بگیرد که روش میدان دید را تغییر بدهیم؟

اد: کافی است *displayCamera()* را بیاوریم و اصلاح لازم را انجام بدهیم.

جیمی: اثرات جانبی چه می‌شود؟

اد: منظورت چیست؟

جیمی: خب، مثلاً تغییر را اعمال می‌کنی، ولی در نمایش ID یک مشکل پیش می‌آید.

اد: من آنقدرها هم بی‌دقت نیستم.

جیمی: ممکن است، ولی اگر یک نفر دو سال بعد بخواهد این تغییر را اعمال کند؟ ممکن است این عملیات را مثل تو نفهمد و چه کسی می‌داند، شاید او بی‌دقت باشد.

اد: پس مخالفی؟

جیمی: طراح، تو هستی... تصمیم‌گیری با خودت است... فقط مطمئن شو که عواقب یکپارچگی را می‌دانی.

اد (لحظه‌ای می‌اندیشد): شاید عملیات‌های نمایشی را جدا کنیم.

جیمی: تصمیم خوبی است.

یکپارچگی برسید. به هر حال، شایان ذکر است که اصول عملی طراحی و پیاده‌سازی، شما را گاهی وادار به گزینش سطوح پایین‌تر یکپارچگی می‌کنند.

۱۰-۲-۴ اتصال (Coupling)

در بحث قبلی درباره تحلیل و طراحی، متذکر شدیم که ارتباطات و همکاری، عناصر اساسی هر سیستم شیءگرا هستند. ولی این خصوصیت مهم (و ضروری) یک وجه تاریک نیز دارد. با افزایش مقدار ارتباطات و همکاری‌ها (یعنی با بالا رفتن درجه‌ی «اتصال» کلاس‌ها)، بر پیچیدگی سیستم نیز افزوده می‌شود. با افزایش پیچیدگی، پیاده‌سازی، آزمون و نگهداری نرم‌افزار نیز دشوارتر می‌شود.

اتصال، میزانی کیفی از درجه اتصال کلاس‌ها به یکدیگر است. با وابستگی بیشتر کلاس‌ها (و مؤلفه‌ها) به یکدیگر، اتصال افزایش پیدا می‌کند. یک هدف مهم در طراحی در سطح مؤلفه‌ها، حفظ اتصال در حداقل سطح ممکن است.

اتصال کلاس‌ها می‌تواند خود را به شیوه‌های گوناگون نشان دهد. لتبریج و لاگانیه [Let01] گروه‌های زیر را برای اتصال تعریف می‌کنند:

اتصال محتوا: هنگامی رخ می‌دهد که یک مؤلفه «در خفا داده‌هایی را اصلاح می‌کند که در داخل مؤلفه‌ای دیگر قرار دارند» [Let01]. این امر، عدول از پنهان‌سازی اطلاعات است که مفهومی اساسی در طراحی به شمار می‌رود.

اتصال مشترک. هنگامی رخ می‌دهد که چند مؤلفه، همگی از یک متغیر سراسری استفاده کنند. گرچه این گاهی ضرورت پیدا می‌کند (مثلاً برای برقراری مقادیر پیش‌فرض که در سراسر یک برنامه‌ی کاربردی قابل استفاده اند)، اتصال مشترک می‌تواند به انتشار خطای کنترل نشده و اثرات جانبی پیش‌بینی نشده در هنگام اعمال تغییرات بینجامد.

اتصال کنترل. هنگامی رخ می‌دهد که عملیات *A()* عملیات *B()* را فراخوانی کند و یک نشانه‌ی کنترل را به *B* تحویل می‌دهد. از این رو، نشانه کنترلی جریان منطقی را در داخل *B* «هدایت می‌کند». مشکل این نوع اتصال آن است که تغییر بی‌ربطی در *B* می‌تواند به تغییر در معنی نشانه‌ی کنترلی‌ای بینجامد که *A* به آن تحویل می‌دهد. اگر به این امر توجه کافی نشود، خطایی رخ خواهد داد.

اتصال مُهری (Stamp Coupling). هنگامی رخ می‌دهد که **ClassB** به‌عنوان نوع آرگومان یکی از عملیات‌های **ClassA** اعلام شود. چون **ClassB** اکنون بخشی از تعریف **ClassA** است، اصلاح سیستم، پیچیده‌تر می‌شود.

اندرز

به‌موازاتی که طراحی برای هر مؤلفه‌ی نرم‌افزار تشریح می‌شود، کانون توجه به سمت طراحی ساختمان داده‌ها و طراحی روال‌ها جابه‌جا می‌شود تا ساختمان داده‌ها دستکاری شود. ولی فراموش نکنید معماری‌ای را که باید این مؤلفه‌ها یا ساختمان داده‌های سراسری را در خود جای دهد، ممکن است به مؤلفه‌های فراوان سرویس دهد.

SafeHome

اتصال در عمل

صحنه: کابین شکیرا

نقش‌آفرینان: شکیرا و وینود- اعضای تیم نرم‌افزار *SafeHome* که روی قابلیت امنیتی منزل کار می‌کنند.

گفتگو:

شکیرا: فکر می‌کردم ایده خیلی خوبی به ذهنم رسیده... بعدش کمی درباره آن فکر کردم و به‌نظرم رسید که انگار خیلی هم ایده خوبی نیست. دست آخر هم ردش کردم، ولی گفتم قبلاً نظر تو را هم بدانم.

وینود: حتماً ایده‌ات چه بود؟

شکیرا: خب، هر کدام از حسگرها یک نوع شرایط هشدار را تشخیص می‌دهد، نه؟

وینود (با لبخند): به همین خاطر هم به آن‌ها حسگر می‌گویند.

شکیرا (برآشفته): طعنه وینود تو باید یک کم روی مهارت‌های اجتماعی‌ات کار کنی.

وینود: داشتی می‌گفتی...

شکیرا: بسیار خب، به هر حال من به این نتیجه رسیدم که چرا در داخل هر شیء حسگر، یک عملیات با نام *makeCall()* ایجاد نکنیم که به‌طور مستقیم با مؤلفه‌ی **OutgoingCall** کار کند و خب، یک واسط هم با مؤلفه **OutgoingCall** داشته باشد.

وینود (اندیشناک): منظورت این است که به‌جای این که همکاری خارج از مؤلفه‌ی مثل **ControlPanel** رخ بدهد؟

شکیرا: بله... ولی بعدش به خودم گفتم این یعنی این که هر شیء حسگری به مؤلفه **OutgoingCall** متصل خواهد شد و... خب، فکر کردم این خودش باعث پیچیده شدن اوضاع می‌شود.

وینود: در این مورد خاص، ایده‌ی بهتر همین است که بگذاریم واسط هر حسگر اطلاعات را به **ControlPanel** تحویل دهد و تماس با خارج را به عهده آن بگذارد. به‌علاوه، حسگرهای متفاوت ممکن است به تماس‌های تلفنی با شماره‌های متفاوت نیاز داشته باشند، تو که نمی‌خواهی حسگر این اطلاعات را در خودش ذخیره کند، چون اگر تغییر کند...

شکیرا: احساس می‌کردم درست در نیاید.

وینود: ابتکار در طراحی برای اتصال، به ما می‌گوید که درست نیست.

شکیرا: حالا هرچی...

اتصال داده‌ای. هنگامی رخ می‌دهد که عملیات‌ها، رشته‌های طولانی از آرگومان‌ها را ارسال می‌کنند. «پهنای باند» ارتباطات میان کلاس‌ها و مؤلفه‌ها رشد می‌کند و پیچیدگی واسط افزایش می‌یابد. آزمون و نگهداری دشوارتر می‌شود.

اتصال فراخوانی روال‌ها. هنگامی رخ می‌دهد که عملیاتی یک عملیات دیگر را فراخوانی می‌کند. این سطح اتصال، رایج و غالباً لازم است. به هر حال، میزان اتصال را در سیستم بالا می‌برد.

اتصال استفاده از نوع داده. هنگامی رخ می‌دهد که مولفه‌ی **A** از نوع داده‌ی تعریف‌شده در مؤلفه‌ی **B** استفاده می‌کند (مثلاً هنگامی پیش می‌آید که «یک کلاس، یک متغیر نمونه یا متغیر محلی را از نوع کلاس دیگری اعلان می‌کند» [Let01]). اگر نوع تعریف تغییر کند، هر مؤلفه‌ای که از این تعریف استفاده می‌کند نیز باید تغییر کند.

اتصال واردات یا شمول (**Inclusion or Import Couplings**). هنگامی رخ می‌دهد که مؤلفه‌ی **A** پکیج یا محتوای مؤلفه‌ی **B** را وارد کند یا شامل آن می‌شود.

اتصال خارجی (**External Coupling**). هنگامی رخ می‌دهد که مؤلفه‌ای با مؤلفه‌های زیرساخت (مثلاً، توابع سیستم عامل، قابلیت بانک اطلاعاتی، توابع مخابراتی) ارتباط برقرار کند یا همکاری داشته باشد. گرچه این نوع اتصال ضروری است، باید به تعداد کوچکی از مؤلفه‌ها یا کلاس‌های درون یک سیستم محدود گردد.

نرم‌افزار باید دارای ارتباط داخلی و خارجی ارتباط باشد. بنابراین، اتصال یک واقعیت زندگی است. ولی، طراح باید بکوشد تا هرگاه که امکان داشت، اتصال را کاهش دهد و هرگاه امکان پرهیز از آن وجود نداشت، پیامدهای ناگوار آن را بشناسد.

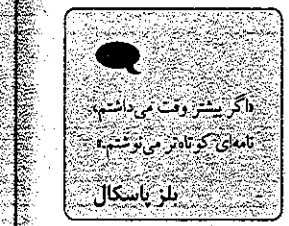
۱۰-۳ اجرای طراحی در سطح مولفه‌ها

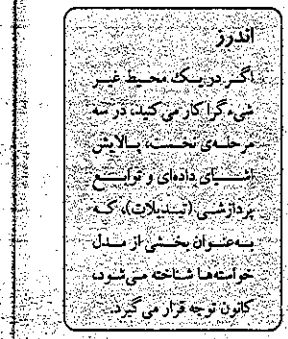
پیش از این، در همین فصل متذکر شدیم که طراحی در سطح مؤلفه‌ها ماهیتی پیچیده دارد. شما باید اطلاعات را از مدل‌های خواسته‌ها و معماری، به یک نمایش طراحی تبدیل کنید که جزئیات کافی برای راهنمایی در فعالیت ساخت (کدنویسی و آزمون) فراهم می‌سازد. مراحلی که به دنبال خواهد آمد، مجموعه‌ای از وظایف متداول برای طراحی در سطح مؤلفه‌ها در سیستم‌های شیءگراست.

مرحله ۱. همه‌ی کلاس‌های متناظر با دامنه‌ی مسأله را شناسایی کنید. با استفاده از مدل خواسته‌ها و مدل معماری، به هر کلاسِ تحلیل و مؤلفه‌ی معماری، جزئیات شرح داده شده در بخش ۱-۱-۱۰ افزوده می‌شود.

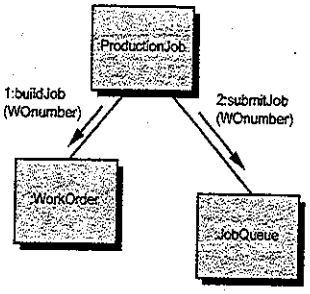
مرحله ۲. همه‌ی کلاس‌های طراحی متناظر با دامنه زیرساختار را شناسایی کنید. این کلاس‌ها در مدل خواسته‌ها توصیف نمی‌شوند و غالباً جای آن‌ها در مدل معماری نیز خالی است، ولی باید در این نقطه آن‌ها را توصیف کرد. چنان که قبلاً متذکر شدیم، کلاس‌ها و مؤلفه‌های این گروه شامل مؤلفه‌های GUI (که غالباً به‌صورت مؤلفه‌های قابل استفاده‌ی مجدد در دسترس قرار دارند)، مؤلفه‌های سیستم عامل و مؤلفه‌های مدیریت داده‌ها و اشیا می‌شوند.

مرحله ۳. جزئیات همه‌ی کلاس‌هایی را که به‌عنوان مؤلفه‌های قابل استفاده‌ی مجدد به‌دست نمی‌آیند، تعیین کنید. تعیین جزئیات ایجاب می‌کند که همه‌ی واسط‌ها، صفات و عملیات‌های لازم برای پیاده‌سازی کلاس به تفصیل توصیف شوند. ابتکار طراحی (مثلاً یکپارچگی و اتصال بالا) را باید در انجام این وظیفه مدّ نظر داشت.





مرحله‌ی ۳ الف. جزئیات پیام‌ها را برای همکاری کلاس‌ها و مؤلفه‌ها مشخص کنید. مدل خواسته‌ها برای نشان دادن چگونگی همکاری کلاس‌های تحلیل با یکدیگر، از یک نمودار همکاری استفاده می‌کند. با پیشرفت طراحی در سطح مؤلفه‌ها، گاهی نشان دادن جزئیات این همکاری‌ها با مشخص کردن ساختار پیام‌هایی که بین اشیای موجود در یک سیستم تبادل می‌شوند، مفید واقع می‌شود. گرچه این فعالیت طراحی، اختیاری است، از آن می‌توان به‌عنوان پیش ماده‌ای برای مشخص کردن واسط‌هایی استفاده کرد که نشان می‌دهند مؤلفه‌های داخل سیستم چگونه با هم ارتباط برقرار می‌کنند و همکاری دارند.



شکل ۶-۱۰ نمودار همکاری همراه با مبادله‌ی پیام.

شکل ۶-۱۰ یک نمودار همکاری ساده برای سیستم چاپی را نشان می‌دهد که قبلاً بحث شد. سه شیء، **ProductionJob**، **WorkOrder** و **JobQue** با یکدیگر همکاری می‌کنند تا کار چاپی را برای ارائه به خط تولید آماده کنند. پیام‌ها با پیکان‌های موجود در شکل مبادله می‌شوند. طی مدل‌سازی خواسته‌ها، پیام‌ها به‌صورت نشان داده شده در شکل مشخص می‌شوند. ولی با پیشرفت طراحی، هر پیام با بسط دادن قالب نحوی آن، به شیوه‌ی زیر جزئیات بیشتری کسب می‌کند [Ben02]:

[guard condition] sequence expression (return value):=

message name (argument list)

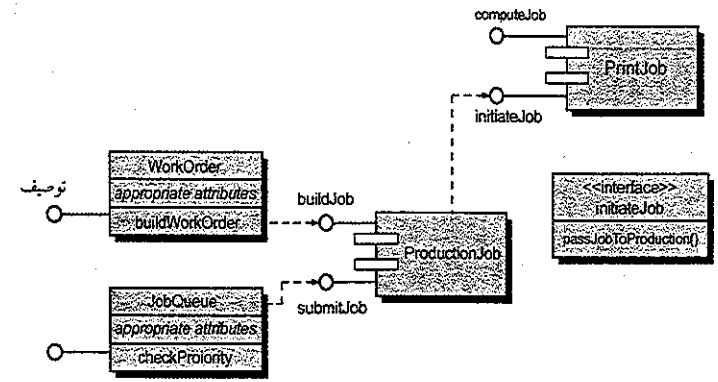
که *[guard condition]* به زبان قیدوبند اشیا (OCL)[1] نوشته می‌شود و هر مجموعه از شرایطی را که باید پیش از امکان ارسال پیام برقرار باشد، مشخص می‌کند؛ *sequence expression* یک مقدار عددی صحیح (یا هر شاخص ترتیب دیگر مثل 3.1.2) است که ترتیب ارسال پیام را مشخص می‌سازد؛ *(return value)* نام اطلاعاتی است که عملیات فراخوانده شده توسط پیام، آن را بر می‌گرداند؛ *message name* عملیاتی را مشخص می‌کند که باید فراخوانده شود و *(argument list)* فهرست صفاتی است که به عملیات ارسال می‌شوند.

مرحله ۳ب. برای هر مؤلفه، واسط‌های مناسب مشخص کنید. در حیطه‌ی طراحی در سطح مؤلفه‌ها، واسط UML «گروهی از عملیات‌هاست که از بیرون (یعنی از دید عموم) قابل مشاهده است. این واسط حاوی هیچ ساختار داخلی نیست، هیچ صفتی ندارد، و با چیزی وابستگی ندارد...» [Ben02].

[1] Object Constraint Language به اختصار در پیوست ۱ شرح داده شده است.

به بیان رسمی‌تر، واسط هم‌ارز، یک کلاس انتزاعی است که در شکل ۱-۱۰ نشان داده شد. در اصل، عملیات‌های تعریف شده برای کلاس طراحی، در یک یا چند کلاس انتزاعی گروه‌بندی می‌شوند. هر عملیات در کلاس انتزاعی (واسط) باید یکپارچه باشد؛ یعنی باید پردازشی را نشان دهد که یک تابع یا زیرتابع محدود شده را مورد توجه قرار می‌دهد.

با رجوع به شکل ۱-۱۰، می‌توان استدلال کرد که واسط *initiateJob* یکپارچگی کافی از خود نشان نمی‌دهد. در واقع، این رابطه سه زیر تابع متفاوت تعریف می‌کند- ساخت ترتیب کاری، چک‌کردن اولویت کارها و تحویل کار به خط تولید. طراحی واسط باید بازآرایی شود. یک روش می‌تواند بررسی دوباره‌ی کلاس‌های طراحی و تعریف کلاس جدید **WorkOrder** باشد که همه‌ی فعالیت‌های مرتبط با ترتیب کارها را بر عهده می‌گیرد. عملیات *buildWorkOrder( )* بخشی از آن کلاس می‌شود. به‌طور مشابه، می‌توانیم کلاسی با نام **JobQueue** را تعریف کنیم که شامل عملیات *checkPriority( )* می‌شود. کلاس **ProductionJob** شامل همه‌ی اطلاعات مرتبط با یک کار تولیدی می‌شود که باید به خط تولید تحویل شوند. سپس واسط *initiateJob* به‌صورتی در می‌آید که در شکل ۷-۱۰ نشان داده شده است. اکنون واسط *initiateJob* یکپارچه است و تنها یک قابلیت عملیاتی را مورد توجه قرار می‌دهد. واسط‌های مرتبط با **ProductionJob**، **WorkOrder** و **JobQueue** به‌طور مشابه وحدت رأی دارند.



شکل ۷-۱۰ بازآرایی واسط‌ها و تعاریف کلاس‌ها برای PrintJob.

مرحله ۳پ. جزئیات صفت‌ها و انواع داده‌ها و ساختمان داده‌های مورد نیاز برای پیاده‌سازی آن‌ها تعریف می‌شوند. به‌طور کلی، ساختمان داده‌ها و انواع مورد استفاده برای تعریف صفات، در زبان برنامه‌نویسی‌ای تعیین می‌شوند که قرار است برای پیاده‌سازی از آن استفاده شود. نوع داده‌ی یک صفت در UML با فرمت نحوی زیر تعریف می‌شود:

Name: type-expression= initial value {property string}

که *name* نام صفت، *type expression* نوع داده، *initial value* مقدار صفت هنگام ایجاد شیء و *property string* خاصیت یا کمیتی از صفت را تعریف می‌کند.

طی نخستین دور تکرار طراحی در سطح مؤلفه‌ها، صفات معمولاً با نام خود توصیف می‌شوند. یک بار دیگر با رجوع به شکل ۱-۱۰، می‌بینید که فهرست صفات PrintJob تنها حاوی نام صفات است. ولی با پیشرفت تعیین جزئیات طراحی، هر صفت با استفاده از فرمت نحوی UML تعریف خواهد شد. برای مثال، *paperType-weight* به‌شیوه‌ی زیر تعریف خواهد شد:

paperType-weight: string= "A" {contains 1 of 4 values-A,B,C, or D}

در اینجا *paperType-weight* به‌عنوان یک متغیر رشته‌ای تعریف می‌شود که مقدار اولیه‌ی A به آن داده شده است و می‌تواند یکی از چهار مقدار را از مجموعه {A,B,C,D} به خود بگیرد.

اگر صفتی به‌صورت مکرر در چند کلاس طراحی ظاهر شود و ساختار نسبتاً پیچیده‌ای داشته باشد، بهترین راه، ایجاد یک کلاس مجزا برای آن صفات است.

مرحله ۳ ت. توصیف مشروح جریان پردازش در هر عملیات. برای این منظور می‌توان از شبه کدهای مبتنی بر یک زبان برنامه‌نویسی یا نمودار فعالیت UML استفاده کرد. هر مؤلفه‌ی نرم‌افزار از طریق چند دور تکرار بسط داده می‌شود که در آن‌ها از مفهوم پالایش مرحله‌ای (فصل ۸) استفاده خواهد شد.

در نخستین دور تکرار، هر عملیات به‌عنوان بخشی از کلاس طراحی تعریف می‌شود. در هر حال، این عملیات باید به گونه‌ای مشخص شود که مشوق یکپارچگی بالا باشد؛ یعنی عملیات باید یک تابع یا زیر تابع با هدفی یگانه باشد. در دور بعدی تکرار، کاری بیش از بسط دادن نام عملیات انجام می‌شود. برای مثال، عملیات *computePaperCost( )* ذکر شده در شکل ۱-۱۰ را می‌توان به شیوه‌ی زیر بسط داد:

computePaperCost (weight,size,color): numeric

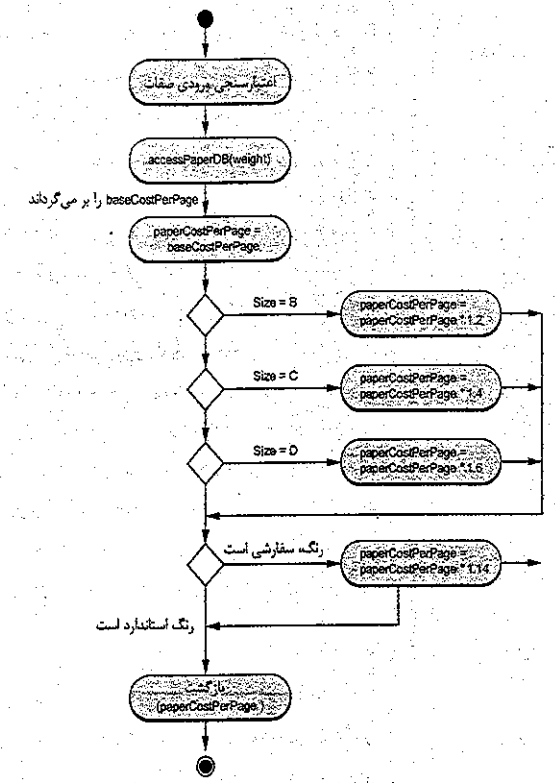
این نشان می‌دهد که *computePaperCost( )* نیاز به ورودی‌های weight، size و color دارد تا مقداری عددی (قیمت بر حسب دلار) را به‌عنوان خروجی باز گرداند.

اگر الگوریتم مورد نیاز برای پیاده‌سازی *computePaperCost( )* ساده باشد و همگان قادر به درک آن باشند، دیگر به جزئیات بیشتری برای طراحی نیاز نیست. مهندس نرم‌افزار که کدنویسی را انجام می‌دهد، جزئیات لازم برای پیاده‌سازی عملیات را فراهم می‌سازد. ولی اگر الگوریتم، پیچیده‌تر یا محرمانه باشد، در این مرحله جزئیات طراحی بیشتری مورد نیاز است. در شکل ۸-۱۰ یک نمودار فعالیت UML برای *computePaperCost( )* تصویر شده است. هنگامی که نمودارهای فعالیت برای مشخص کردن طراحی در سطح مؤلفه‌ها استفاده می‌شوند، به‌طور کلی، در سطحی از انتزاع بیان می‌شوند که قدری بالاتر از کد منبع است. یک روش دیگر- استفاده از شبه کد برای مشخص کردن طراحی- در بخش ۳-۵-۱۰ بحث می‌شود.

مرحله ۴. منابع داده‌ای پایدار (فایل‌ها و بانک‌های اطلاعاتی) را توصیف و کلاس‌های لازم برای مدیریت آن‌ها را تعریف کنید. فایل‌ها و بانک‌های اطلاعاتی معمولاً فراتر از توصیف طراحی یک مؤلفه به شمار می‌روند. در اکثر موارد، این انبارهای داده‌ای پایدار، ابتدا به‌عنوان بخشی از طراحی معماری مشخص می‌شود. به هر حال، با افزوده شدن بر جزئیات طراحی، فراهم آوردن جزئیات اضافی درباره ساختار و سازمان‌دهی این منابع داده‌ای پایدار، مفید واقع می‌شود.

اندرز

به موازاتی که طراحی مؤلفه‌ها را پالایش می‌کنید، از تشریح مرحله به مرحله استفاده کنید. همواره از خود بپرسید «آیا راهی وجود دارد که بتوان این روال را آسان‌تر کرد و در عین حال به همان نتیجه رسید؟»



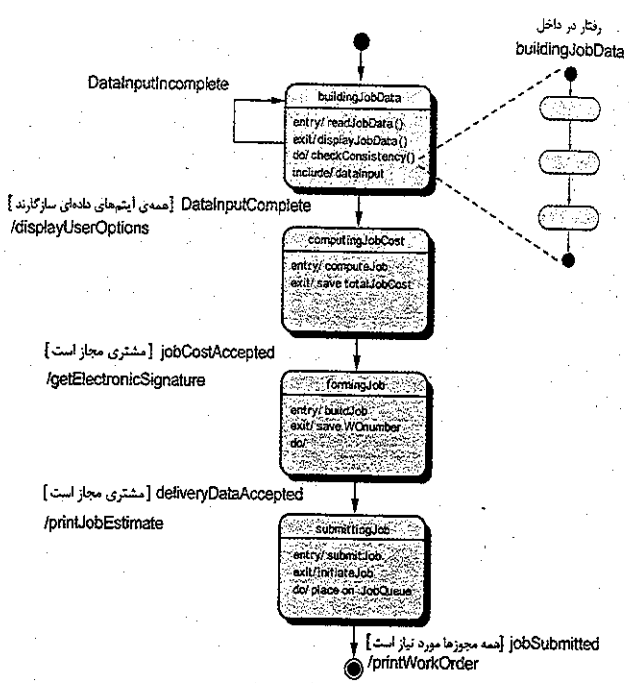
شکل ۸-۱۰ نمودار فعالیت UML برای *computePaperCost()*.

مرحله ۵. نمایش‌های رفتاری مربوط به یک کلاس یا مؤلفه را بسط و توسعه دهید. نمودارهای حالت UML به‌عنوان بخشی از مدل خواسته‌ها برای نمایش رفتار بیرونی سیستم و نیز رفتار محلی هر یک از کلاس‌های تحلیل به‌کار برده شدند. در اثنای طراحی در سطح مؤلفه‌ها، گاهی مدل‌سازی رفتار کلاس‌های طراحی ضرورت پیدا می‌کند.

رفتار پویای یک شیء (نمونه‌ای از یک کلاس طراحی در اجرای برنامه) از رویدادهایی که بیرون از آن به‌وقوع می‌پیوندد و از حالت فعلی (شیوه‌ی رفتار) شیء تأثیر می‌پذیرد. برای درک رفتار پویای یک شیء، باید کلیه‌ی use caseهای مرتبط با کلاس طراحی را در سراسر عمر آن بررسی کنید. این use caseها اطلاعاتی فراهم می‌سازند که شما را در ترسیم رویدادهای تأثیر گذار بر شیء و حالت‌هایی که شیء با گذر زمان و به وقوع پیوستن رویدادها در آن‌ها به سر می‌برد، یاری می‌دهند. **گذارهای میان حالت‌ها** (که رویدادها سبب به وقوع پیوستن آن‌ها می‌شوند) با به‌کارگیری یک نمودار حالت UML [Ben02] نمایش داده می‌شوند (شکل ۹-۱۰).

گذار از یک حالت (که با مستطیل گوشه گرد نشان داده شده است) به دیگری در نتیجه‌ی رویدادی به‌شکل زیر رخ می‌دهد:

Event-name (parameter-list) [guard-condition]/action expression



شکل ۹-۱۰ بخشی از نمودار حالت برای کلاس PrintJob.

که *event-name* رویداد را مشخص می‌کند، *parameter-list* شامل داده‌هایی می‌شود که به رویداد مربوط می‌شوند، *guard-condition* به زبان OCL نوشته می‌شود و شرطی را مشخص می‌کند که باید قبل از به وقوع پیوستن رویداد برقرار باشد و *action expression*، کنشی را تعریف می‌کند که با وقوع رویداد رخ می‌دهد.

در شکل ۹-۱۰ مشاهده می‌شود که هر حالت ممکن است کنش‌های */entry* و */exit* را تعریف کند که با *گذار به یک حالت* و *گذار از یک حالت* رخ می‌دهند. در اکثر موارد، این کنش‌ها متناظر با عملیات‌هایی هستند که به کلاس در حال مدل‌سازی تعلق دارند. شاخص */do* نشان‌دهنده‌ی فعالیت‌هایی است که در حالت رخ می‌دهد و شاخص */include*، ابزاری برای پرداختن به جزئیات رفتار فراهم می‌آورد. برای این منظور، جزئیات بیشتری از نمودارهای حالت را در تعریف یک حالت به‌کار می‌گیرد.

ذکر این نکته اهمیت دارد که مدل رفتاری غالباً حاوی اطلاعاتی است که بلافاصله در مدل‌های طراحی دیگر آشکار نمی‌شود. برای مثال، بررسی دقیق نمودار حالت‌ها در شکل ۹-۱۰ نشان می‌دهد که رفتار پویای کلاس **PrintJob** وابسته به دو بار تصویب مشتری، یکی برای قیمت و یکی برای زمان‌بندی تحویل است. بدون این تصویب‌ها (*شرط نگهبان* تضمین می‌کند که مشتری مجاز به تصویب است)، کار چاپی را نمی‌توان ارائه کرد زیرا هیچ راهی برای رسیدن به حالت *submittingJob* وجود ندارد.

مرحله ۶. نمودارهای استقرار را بسط دهید تا جزئیات پیاده‌سازی اضافی فراهم آید. نمودارهای استقرار (فصل ۸) به‌عنوان بخشی از طراحی معماری به‌کار برده می‌شوند و به شکل توصیف‌گر ارائه می‌گردند. در این شکل، قابلیت‌های اصلی سیستم (که غالباً به‌صورت زیر سیستم نشان داده می‌شوند) در حیطه‌ی محیط محاسباتی‌ای که آن‌ها را در خود جای می‌دهد، نمایش داده شده‌اند.

در اثنای طراحی در سطح مؤلفه‌ها، نمودارهای استقرار را می‌توان بسط داد و بر جزئیات آن‌ها افزود؛ تا مکان پکیج‌های کلیدی مؤلفه‌ها را نمایش دهند. ولی، مؤلفه‌ها عموماً در نمودار مؤلفه‌ها به‌طور انفرادی نمایش داده نمی‌شوند. دلیل آن، پرهیز از پیچیدگی نموداری است. در برخی موارد، در این زمان بر جزئیات نمودارهای استقرار افزوده می‌شود تا به شکل نمونه‌ی اولیه در آیند. این بدان معناست که سخت‌افزارها و محیط(های) سیستم عامل ویژه‌ای که استفاده خواهند شد، مشخص می‌شوند و مکان پکیج‌های مؤلفه در این محیط خاطرنشان می‌شود.

مرحله ۷. نمایش طراحی در سطح مؤلفه‌ها را بازآرایی کنید و همواره راه‌های دیگر را مد نظر داشته باشید. در سراسر این کتاب تأکید کرده ایم که طراحی، فرایندی مبتنی بر تکرار است. نخستین مدل طراحی که در سطح مؤلفه‌ها ایجاد می‌کنید به اندازه‌ی n اُمین دور تکراری که روی مدل به‌کار می‌برید، کامل، سازگار یا صحیح نیست.

به‌علاوه، نباید از چشم‌انداز تونل متأثر شوید. همواره راهکارهای طراحی دیگری وجود دارد و بهترین طراحان، همه‌ی (یا اکثر) آن‌ها را قبل از پرداختن به مدل طراحی نهایی مد نظر قرار می‌دهند. این راه‌های دیگر را توسعه دهید و هر یک را با استفاده از اصول طراحی و مفاهیم ارائه شده در فصل ۸ و در این فصل به دقت در نظر بگیرید.

۱۰-۴ طراحی در سطح مؤلفه برای برنامه‌های تحت وب

مرز میان محتوا و قابلیت عملیاتی در خصوص سیستم‌ها و برنامه‌های کاربردی تحت وب، غالباً تیره و تار است. بنابراین، منطقی است بپرسیم: مؤلفه‌های برنامه‌ی تحت وب چه هستند؟

در حیطه‌ی این فصل، مؤلفه‌های برنامه‌های تحت وب (۱) توابع یکپارچه و تعریف‌شده‌ای هستند که محتوا را دستکاری می‌کنند یا پردازش محاسباتی یا داده‌ای را برای کاربر نهایی فراهم می‌سازند یا (۲) پکیج‌هایی از محتوا و توابع هستند که قدری از توانایی لازم را در اختیار کاربر نهایی قرار می‌دهند.

۱۰-۴-۱ طراحی محتوا در سطح مؤلفه‌ها

در طراحی محتوا در سطح مؤلفه‌ها، آنچه که کانون توجه قرار می‌گیرد، اشیای داده‌ای و شیوه‌ی بسته‌بندی آن‌ها برای ارائه به کاربر نهایی برنامه‌ی تحت وب است. برای مثال، قابلیت پایش ویدیویی مبتنی بر وب در داخل **SafeHomeAssured.com** را در نظر بگیرید. از جمله قابلیت‌های فراوان، کاربر می‌تواند هر کدام از دوربین‌های نقشه‌ی منزل را انتخاب و کنترل کند و تصاویر ویدیویی را از هر کدام از دوربین‌ها به نمایش در آورد. به‌علاوه، کاربر می‌تواند با استفاده از آیکون‌های کنترلی مناسب، زاویه و درشت‌نمایی دوربین را کنترل کند.

چند مؤلفه‌ی محتوایی بالقوه را می‌توان برای قابلیت پایش ویدیویی تعریف کرد: (۱) اشیای محتوایی که چیدمان فضایی (نقشه منزل) را با آیکون‌های اضافی نشان می‌دهد؛ این آیکون‌های اضافی،

مکان حس‌گرها و دوربین‌ها را نشان می‌دهند، (۲) مجموعه‌ای از تصاویر ویدیویی به‌صورت شمایل‌های کوچک (thumbnail) (هر کدام یک شیء داده‌ای جداگانه) و (۳) پنجره‌ی نمایش تصاویر زنده‌ی ویدیویی برای یک دوربین مشخص. هر کدام از این مؤلفه‌ها را می‌توان جداگانه به‌صورت پکیج، نامگذاری و دستکاری کرد.

نقشه‌ی منزلی را در نظر بگیرید که چهار دوربین مستقر در سراسر یک خانه را به تصویر می‌کشد. با درخواست کاربر، یک قاب ویدیویی از هر دوربین به نمایش در می‌آید و به‌عنوان شیئی با محتوای پویا به نام **VideoCapture*N*** شناخته می‌شود که N دوربین‌های ۱ تا ۴ را مشخص می‌کند. یک مؤلفه‌ی محتوایی با نام Thumbnail-Images، هر چهار شیء محتوایی **VideoCapture*N*** را با هم ترکیب کرده آن‌ها را روی صفحه‌ی پایش ویدیویی به نمایش در می‌آورد.

رسمیت طراحی محتوایی در سطح مؤلفه‌ها را باید مطابق با خصوصیات برنامه‌ی تحت وبی که قرار است ساخته شود، تنظیم کرد. در بسیاری موارد، لازم نیست اشیای محتوایی به‌عنوان یک مؤلفه، سازمان‌دهی شوند و می‌توان آن‌هارا به‌طور انفرادی پیاده‌سازی کرد. به هر حال، با رشد اندازه و پیچیدگی (برنامه‌ی تحت وب، اشیای محتوایی، و روابط میان آن‌ها)، ممکن است به سازمان‌دهی محتوا نیاز باشد تا دستکاری طراحی آسان‌تر شود.[1] به‌علاوه، اگر محتوا بسیار پویا باشد (مثل محتوای یک سایت حراج اینترنتی)، تعیین یک مدل ساختاری واضح که شامل مؤلفه‌های محتوایی باشد، اهمیت دارد.

۱۰-۴-۲ طراحی عملیاتی در سطح مؤلفه‌ها

برنامه‌های تحت وب نوین، حاوی قابلیت‌های پردازشی‌ای هستند که پیوسته بر پیچیدگی آن‌ها افزوده می‌شود؛ این قابلیت‌ها عبارتند از (۱) اجرای پردازش محلی برای تولید محتوا و قابلیت گشت‌وگذار به‌شیوه‌ای پویا، (۲) فراهم ساختن توانایی پردازش یا محاسبه داده‌ها که برای دامنه تجاری برنامه‌ی تحت وب مناسب باشد، (۳) فراهم ساختن امکان مراجعه به بانک‌های اطلاعاتی پیچیده و دستیابی به آن‌ها، یا (۴) برقراری واسط‌های داده‌ای با سیستم‌های خارجی. برای دستیابی به این قابلیت‌ها (و بسیاری قابلیت‌های دیگر) مؤلفه‌های عملیاتی‌ای برای برنامه‌ی تحت وب طراحی خواهید کرد که شکل آن‌ها مشابه مؤلفه‌های نرم‌افزاری برای نرم‌افزارهای سنتی است.

عملکردهای برنامه‌ی تحت وب به‌صورت یک سری مؤلفه تحویل داده می‌شوند که به موازات معماری اطلاعات توسعه می‌یابند تا از سازگار بودن آن‌ها اطمینان حاصل شود. در اصل با در نظر گرفتن مدل خواسته‌ها و همچنین معماری اطلاعات اولیه شروع می‌کنید و سپس به بررسی چگونگی تأثیرگذاری عملکردها بر تعامل کاربر با برنامه‌ی کاربردی، اطلاعاتی که ارائه می‌شوند و وظایفی که کاربر انجام می‌دهد، خواهید پرداخت.

طی طراحی معماری، محتوا و عملکردهای برنامه‌ی تحت وب با هم ترکیب می‌شوند تا یک معماری عملیاتی ایجاد گردد. *معماری عملیاتی*، نمایشی از دامنه‌ی عملیاتی برنامه‌ی تحت وب است و مؤلفه‌های عملیاتی کلیدی موجود در برنامه‌ی تحت وب و چگونگی تعامل این مؤلفه‌ها با یکدیگر را توصیف می‌کند.

---

[1] مؤلفه‌های محتوایی را نیز می‌توان در برنامه تحت وب‌های دیگر دوباره به‌کار برد.

برای مثال، قابلیت‌های درشت‌نمایی و تغییر زاویه دوربین برای پایش ویدیویی SafeHomeAssured.com به‌صورت بخشی از مؤلفه‌ی **CameraControl** پیاده‌سازی می‌شوند. به‌طریق دیگر، درشت‌نمایی و تغییر زاویه را می‌توان به‌صورت عملیات‌های *zoom( )* و *pan( )* پیاده‌سازی نمود که بخشی از کلاس **Camera** هستند. در هر حال، عملکردهایی که درشت‌نمایی و تغییر زاویه را ارائه می‌دهند، باید به‌صورت پیمانه‌هایی در داخل **SafeHomeAssured.com** پیاده‌سازی شوند.

۱۰-۵ طراحی مؤلفه‌های سنتی

مبانی طراحی در سطح مؤلفه‌ها در اوایل دهه ۱۹۶۰ شکل گرفت و با کارهای ادزگار دیکسترا و همکاران وی استحکام یافت [Boh66, Dij65, Dij76][1]. در اواخر دهه ۱۹۶۰، دیکسترا و دیگران، استفاده از ساختارهایی منطقی را پیشنهاد کردند که هر برنامه‌ای را با آنها می‌توان نوشت. این ساختارها بر «نگهداری از دامنه‌ی عملیاتی تأکید داشتند» یعنی هر ساختار دارای پیکربندی منطقی قابل پیش‌بینی بود که ورود به آن از بالا و خروج از آن از پایین رخ می‌داد به‌طوری که خواننده با سهولت بیشتری می‌توانست جریان رویه‌ای را دنبال کند.

نکته‌ی کلیدی

برنامه‌نویسی ساخت‌یافته یک تکنیک طراحی است که حاوی جریان منطقی برای سه نوع ساختمان است: ترتیب، شرط، تکرار

این ساختارها عبارتند از ترتیب (sequence)، شرط و تکرار. ترتیب، مراحلی از پردازش را پیاده‌سازی می‌کند که در تعیین مشخصات برنامه ضروری است. شرط، تسهیلات مربوط به پردازش انتخاب‌شده را براساس یک رخداد منطقی فراهم می‌آورد و تکرار، ایجاد حلقه را میسر می‌سازد. این سه ساختار در برنامه‌نویسی ساخت‌یافته - که تکنیک مهمی در طراحی در سطح مؤلفه‌ها به شمار می‌رود - اهمیت اساسی دارد.

پیشنهاد شده است که ساختارهای ساخت‌یافته، در تعدادی از عملیات قابل پیش‌بینی به‌کار گرفته شوند. معیارهای پیچیدگی (فصل ۲۳) نشان می‌دهد که استفاده از ساختارهای ساخت‌یافته، از پیچیدگی برنامه می‌کاهد و لذا خوانایی، آزمون‌پذیری و قابلیت نگهداری آن را افزایش می‌دهد. کاربرد تعداد محدودی از ساختارهای منطقی، در فرایند درک بشری سهم دارد که روان‌شناسان آن را *قطعه‌بندی* (chunking) می‌نامند. برای درک این فرایند، شیوه‌ی خواندن این صفحه در نظر بگیرید. شما حروف را تک به تک نمی‌خوانید بلکه الگوها یا قطعه‌هایی از حروف را می‌خوانید که واژه‌ها یا عبارت‌ها را تشکیل می‌دهند. ساختارهای ساخت‌یافته، قطعاتی منطقی هستند که به خواننده اجازه می‌دهند تا عناصر رویه‌ای یک پیمانه را به‌جای خواندن طراحی یا کد، به‌صورت خط به خط شناسایی کند. میزان درک، هنگامی بهبود می‌یابد که الگوهای منطقی قابل شناسایی وجود داشته باشند.

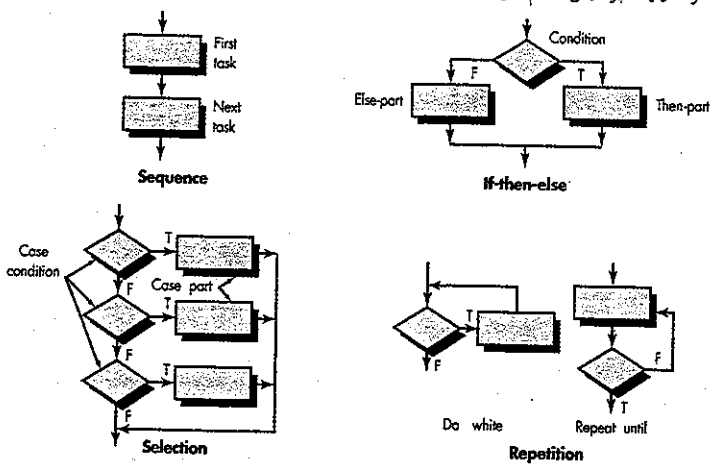
۱۰-۵-۱ طراحی با ابزارهای گرافیکی

«یک تصویر، گویاتر از هزار حرف است» ولی این که کدام تصویر و کدام هزار حرف، قدری اهمیت دارد. شکی نیست که ابزارهای گرافیکی مثل نمودار فعالیت UML یا نمودار گردشی، الگوهای

[1] مؤلفه‌ی سنتی، عنصری از پردازش پیاده‌سازی می‌شود که به تابع یا زیرتابعی موجود در دامنه مسأله یا قابلیتی موجود در دامنه زیرساخت می‌پردازد. مؤلفه سنتی که غالباً از آن با عنوان‌هایی چون پیمانه، روال یا زیرروال یاد می‌شود، داده‌ها را به آن صورت که در مؤلفه های شیءگرا پنهان‌سازی می‌شود، پنهان‌سازی نمی‌کند.

تصویری مفیدی به‌دست می‌دهند که به‌راحتی جزئیات رویه‌ای را منعکس می‌کنند. ولی، اگر از ابزارهای گرافیکی استفاده‌ی نادرست به عمل آید، تصویر نادرست ممکن است به نرم‌افزاری نادرست منتهی شود.

به کمک نمودار فعالیت می‌توانید ترتیب، شرط و تکرار (همه‌ی عناصر برنامه‌نویسی ساخت‌یافته) را به‌نمایش در آورید؛ نمودار فعالیت یک نمایش طراحی تصویری قدیمی‌تر موسوم به *نمودار گردشی* است (که هنوز هم کاربردی گسترده دارد). نمودار گردشی، همانند نمودار فعالیت، از نظر تصویری کاملاً ساده است. برای نشان دادن یک مرحله‌ی پردازش، از مستطیل استفاده می‌شود. لوزی نشان‌گر شرط‌های منطقی و پیکان‌ها نشان دهنده جریان کنترل هستند. در شکل ۱۰-۱۰ سه ساختار ساخت‌یافته را می‌بینید. ترتیب به‌صورت دو مستطیل پردازش نشان داده می‌شود که توسط یک خط (پیکان) کنترل به هم متصل می‌شوند. شرط، که به آن *if-then-else* هم می‌گویند، به‌صورت یک لوزی نشان داده می‌شود که اگر درست باشد، باعث پردازش بخش *then* می‌شود و اگر نادرست باشد، بخش *else* پردازش می‌شود. تکرار، با استفاده از دو شکل نسبتاً متفاوت نشان داده می‌شود. ساختار *do while* شرطی را چک می‌کند و حلقه را مادامی که آن شرط برقرار باشد، تکرار می‌کند. ساختار *repeat until* ابتدا حلقه را اجرا می‌کند، سپس‌شرطی را چک می‌کند و حلقه را آن قدر تکرار می‌کند تا آن شرط دیگر برقرار نباشد. ساختار انتخاب که در شکل نشان داده شده است، درواقع شکل بسط یافته‌ای از *if-then-else* است. پارامتری با تصمیم‌گیری‌های پیاپی چک می‌شود تا اینکه یک شرط درست برقرار گردد و یک پردازش انجام شود.



شکل ۱۰-۱۰ ساختارهای نمودار گردشی.

به‌طور کلی، اگر به‌جای مجموعه‌ای ازحلقه‌ها یا شرط‌های تودرتو، از ساختارهای ساخت‌یافته به‌وفور استفاده شود، بازدهی کاهش می‌یابد. مهم‌تر اینکه پیچیدگی اضافی کلیه آزمون‌های منطقی می‌تواند جریان کنترل نرم‌افزار را نامشخص کرده امکان خطا را بالا ببرد و تأثیری منفی بر خوانایی و قابلیت نگهداری آن بگذارد. پس چه باید کرد؟

دو گزینه فراروی طراح باقی می‌ماند: (۱) نمایش رویه‌ای، دوباره طراحی می‌شود تا در یک مکان تودرتو از جریان کنترل، نیاز به انشعاب نباشد؛ (۲) از ساختارهای ساخت‌یافته به شیوه‌ای کنترل شده صرفنظر می‌شود؛ یعنی یک انشعاب محدود به خارج از جریان کنترل طراحی می‌شود. واضح است که گزینه ۱ روشی ایده‌آل است، ولی گزینه ۲ را می‌توان بدون عدول از جوهره برنامه‌نویسی ساخت‌یافته، عملی کرد.

۲-۵-۱۰ نمادگذاری طراحی به‌روش جدولی

در بسیاری از کاربردهای نرم‌افزاری، ممکن است برای ارزیابی ترکیب پیچیده‌ای از شرط‌ها و انتخاب کنش‌های مناسب براساس این شرط‌ها، به یک پیمانه نیاز باشد. *جدول‌های تصمیم‌گیری* [Hur83]، نمادگذاری مربوط به ترجمه‌ی این کنش‌ها و شرط‌ها را (که در روایت پردازش یا use case آمده‌اند) به شکل جدول فراهم می‌سازند. احتمال تفسیر نادرست این جدول بسیار کم است و حتی از آن می‌توان به عنوان ورودی برای یک الگوریتم جدولی استفاده کرد که ماشین قادر به خواندن آن باشد.

اندرز
هنگامی که به مجموعه‌ی پیچیده‌ای از شرایط و کنش‌ها در یک مؤلفه برخورد کنید، از جدول تصمیم‌گیری استفاده کنید.

برخی از ابزارها و تکنیک‌های کهنه نرم‌افزار به خوبی با ابزارها و تکنیک‌های جدید مهندسی نرم‌افزار جور درمی‌آیند. جدول‌های تصمیم‌گیری مثالی عالی از این مدعایند. جداول تصمیم‌گیری تقریباً یک دهه قبل از ظهور مهندسی نرم‌افزار به وجود آمده‌اند، ولی به خوبی با مهندسی نرم‌افزاری که ممکن است برای آن هدف طراحی شده باشند، جور درمی‌آیند.

قواعد

شرط‌ها	1	2	3	4		
	T	T				
			T	T		
					T	T
	F	T	F	T	F	T
کنش‌ها						
	✓					
			✓	✓		
					✓	✓
		✓		✓		✓

شکل ۱۱-۱۰ نامگذاری جدول تصمیم‌گیری

سازمان‌دهی جدول تصمیم‌گیری در شکل ۱۱-۱۰ نشان داده شده است. جدول به چهار بخش تقسیم شده است. ربع بالا سمت چپ، حاوی فهرستی از کلیه شرط‌هاست. ربع پایین سمت چپ، حاوی فهرستی از کلیه عملیاتی است که براساس ترکیبات شرط‌ها امکان‌پذیرند. ربع‌های دست راستی، ماتریسی را تشکیل می‌دهند که نشان دهنده ترکیبات شرطی و عملیات متناظر با این ترکیبات است.

بنابراین، هر ستون از ماتریس را می‌توان به عنوان یک *قاعده‌ی پردازش* تفسیر کرد. مراحل زیر برای توسعه یک جدول تصمیم‌گیری اجرا می‌شوند:

۱. فهرست کردن کلیه عملیاتی که می‌توان به یک رویه (یا پیمانه) مشخص ربط داد؛
۲. فهرست کردن کلیه شرط‌ها (یا تصمیمات اخذ شده) در اثنای اجرای رویه؛
۳. ربط دادن مجموعه‌های مشخصی از شرط‌ها به عملیات مشخصی که شرط‌های ناممکن را حذف می‌کنند؛ به طریق دیگر، توسعه هر جایگشتِ ممکن از شرط‌ها؛
۴. تعریف قواعد با مشخص کردن اینکه چه کنش(هایی) برای یک مجموعه از شرایط رخ می‌دهد.

چگونه یک جدول تصمیم‌گیری می‌سازیم؟

برای نشان دادن کاربرد جدول تصمیم‌گیری، قطعه‌ی زیر را در نظر بگیرید که از شرح پردازش یک سیستم قبض‌نویسی برای برق منازل گرفته شده است.

> سه نوع مشتری تعریف می‌شود: مشتری عادی، مشتری نقره‌ای و مشتری طلایی (این انواع متناسب با مقدار کار تجاری‌ای که مشتری طی ۱۲ ماه با چاپخانه انجام می‌دهد، به او نسبت داده می‌شود). به مشتری عادی سرعت چاپ و تحویل عادی اختصاص داده می‌شود. مشتری نقره‌ای تخفیف هشت درصدی می‌گیرد و جلوی مشتریان عادی در صف قرار داده می‌شود. مشتری طلایی، پانزده درصد تخفیف می‌گیرد و در صف جلوی مشتریان عادی و نقره‌ای قرار می‌گیرد. علاوه بر سایر تخفیف‌ها یک تخفیف x درصدی خاص نیز روی هر قیمت بنا به اراده‌ی مدیریت قابل اعمال خواهد بود.

در شکل ۱۱-۱۰، نمایشی از جدول تصمیم‌گیری این روایت پردازش نشان داده شده است. هر یک از این شش قاعده، یکی از شش شرط ممکن را نشان می‌دهند. به عنوان قاعده‌ای کلی، جدول تصمیم‌گیری را می‌توان به طور مؤثر برای تکمیل نمادگذاری طراحی رویه‌ای به‌کار برد.

۳-۵-۱۰ زبان طراحی برنامه

زبان طراحی برنامه (PDL)، که به آن *انگلیسی ساخت‌یافته* یا *شبه‌کد* نیز گفته می‌شود، ساختار منطقی زبان برنامه‌نویسی را با توانایی بیانی یک زبان طبیعی (مثلا انگلیسی) در هم می‌آمیزد. متن روایی (مثلاً انگلیسی) در قالب نحوی زبان برنامه‌نویسی ادغام می‌شود. برای بهبود بخشیدن به PDL می‌توان از ابزارهای خودکار (مثلاً [Cai03]) استفاده کرد.

نحو اصلی در PDL باید شامل ساختارهایی برای تعریف زیربرنامه‌ها، توصیف واسط، اعلان داده‌ها، تکنیک‌هایی برای سازمان‌دهی بلوک‌ها، ساختارهای شرطی، ساختارهای تکرار و ساختارهای I/O باشد. لازم به ذکر است که PDL را می‌توان بسط داد تا واژه‌های کلیدی مربوط به پردازش چند کار، و/یا پردازش همروند، مدیریت وقفه‌ها، همگام‌سازی بین فرایندها و بسیاری از ویژگی‌های دیگر را نیز در بر گیرد. طراحی کاربردهایی که PDL باید برای آنها استفاده می‌شود، شکل نهایی زبان طراحی را دیکته می‌کند. فرمت و معنای برخی از این ساختارهای PDL در مثال زیر ارائه می‌شود.

برای نشان دادن کاربرد PDL ، مثالی از یک طراحی رویه‌ای را برای نرم‌افزار سیستم امنیتی *SafeHome* ارائه می‌دهیم. سیستم *SafeHome* موردنظر برای دود، آتش‌سوزی، دزدی، آب و دما (مثلاً وقتی که صاحبخانه در زمستان در منزل نیست و شوفاژخانه خراب می‌شود) هشدار می‌دهد؛ آژیر را به صدا درمی‌آورد و با تولید پیام صدای ضبط شده سرویس پایشی را به کمک فرا می‌خواند.

به‌خاطر بسپارید که PDL، زبان برنامه‌نویسی نیست. طراح می‌تواند بنا به نیاز خود عمل کند و نگران خطاهای نحوی نباشد. ولی، طراحی برای نرم‌افزار پایش‌گر باید مورد بازبینی قرار گیرد (مشکلی احساس نمی‌کنید؟) و پیش از آنکه به کد تبدیل شود، باز هم باید پالایش شود. PDL زیر[1] به تشریح طراحی رویه‌ای برای نسخه ی اولیه‌ای از مؤلفه ی مدیریت هشدارها (**alarmManagemet**) کمک می‌کند.

```
Component alarmManagement;
The intent of this component is to manage control panel switches
and input from sensors by type and to act on any alarm condition
that is encountered.
   set default values for systemStatus(returned value),all data items
   initialize all system ports and reset all hardware
   check controlPanelSwitches(cps)
      if cps = "test" then invoke alarm set to "on"
      if cps = "alarmOFF" then invoke alarm set to "off"
      if cps = "newBoundingValue" then invoke keyBoardInput
      if cps = "burglarAlarmOFF" then invoke deactivateAlarm
      .
      .
      .
      default for cps = none
   reset all singalValues and switches
   do for all sensors
      invoke checkSensor procedure returning singalValue
      if singalValue > bound [alarmType]
         then phoneMessage = message [alarmType]
            set alarmBell to "on" for alarmTimeSeconds
            set system status = "alarmCondition"
            parbegin \parallel block,all tasks are executed in parallel.\
               invoke alarm procedure with "on", alarmTimeSeconds
               invoke alarm procedure set to alarmType, phoneNumber
            endpar
         else skip
      endif
   enddofor
end alarmManagement
```

[1] سطح جزئیات ارائه‌شده توسط PDL به‌صورت محلی تعریف می‌شود. برخی افراد، توصیف‌های زبانی را بیشتر ترجیح می‌دهند درحالی که عده‌ای دیگر، چیزی شبیه به کد را می‌پسندند.

توجه دارید که طراح برای مؤلفه **alarmManagemet** از یک ساختار جدید یعنی *parbegin... parend* استفاده کرده است که بلوکی موازی را مشخص می‌کند. همه‌ی وظایف مشخص شده در داخل بلوک *parbegin* به طور موازی اجرا می‌شوند. در این مورد، به جزئیات پیاده‌سازی کاری نداریم.

۱۰-۶ توسعه مبتنی بر مؤلفه‌ها

در حیطه‌ی مهندسی نرم‌افزار، استفاده‌ی مجدد ایده‌ای است جدید و در عین حال قدیمی. برنامه‌نویسان از اولین روزهای کار با کامپیوتر از ایده‌ها، انتزاع‌ها و پردازش‌ها چندین بار استفاده کردند، ولی رویکرد اولیه به استفاده‌ی مجدد، از روی برنامه‌ریزی نبود. امروزه، سیستم‌های کامپیوتری پیچیده با کیفیت بالا باید در دوره‌های زمانی بسیار کوتاه ساخته شوند و برای استفاده‌ی مجدد، به رویکردی سازمان یافته‌تر نیاز دارند.

مهندسی نرم‌افزار مبتنی بر مؤلفه‌ها (CBSE) فرایندی است که بر طراحی و ساخت سیستم‌های کامپیوتری با به‌کارگیری «مؤلفه های» نرم‌افزار با قابلیت استفاده‌ی مجدد تاکید دارد. کلمنتس [Cle95] مفهوم CBSE را چنین توصیف می‌کند:

> [CBSE] تجسمی است از فلسفه‌ی «بخر و نسازه» که فرد بروکز و سایرین بر آن تاکید بسیار داشتند. به همان شیوه‌ای که زیر روال‌های اولیه، برنامه‌نویس را از اندیشیدن به جزئیات رها می‌ساختند، [CBSE] تأکید را از برنامه‌نویسی نرم‌افزار به ساخت سیستم‌های نرم‌افزاری جابجا می‌کند. کانون توجه از پیاده‌سازی به انسجام‌بخشی تغییر یافته است.

ولی چند سؤال مطرح می‌شود. آیا ساخت سیستم‌های پیچیده با سرهم‌کردن مؤلفه‌های قابل استفاده‌ی موجود در یک کاتالوگ امکان‌پذیر هست؟ آیا می‌توان آن را به شیوه‌ای انجام داد که از نظر هزینه و زمان، بازدهی داشته باشد؟ آیا می‌توان سازوکارهایی برقرار کرد که مهندسان نرم‌افزار را به استفاده‌ی مجدد به جای ابداع دوباره تشویق کند؟ آیا مدیریت، مشتاق پرداخت هزینه‌های اضافی برای ایجاد مؤلفه‌هایی با قابلیت استفاده‌ی مجدد هست؟ آیا کتابخانه‌ی مورد نیاز برای دستیابی به استفاده‌ی مجدد وجود دارد؟ آیا کسانی که به مؤلفه‌های موجود نیاز دارند، قادر به یافتن آنها هستند؟

پاسخ هر کدام از این پرسش به‌طور فزاینده‌ای مثبت است. در باقیمانده‌ی این فصل، به بررسی برخی مسائل خواهیم پرداخت که در موفقیت CBSE در یک سازمان مهندسی نرم‌افزار باید مد نظر داشت.

۱۰-۶-۱ مهندسی دامنه (Domain Engineering)

هدف از *مهندسی دامنه*، شناسایی، پیاده‌سازی، کاتالوگ‌بندی و توزیع مجموعه‌ای از مؤلفه‌های نرم‌افزاری است که در یک دامنه‌ی کاربرد خاص در نرم‌افزار فعلی و نرم‌افزارهای آینده، کاربرد دارد.[1] هدف کلی، برقراری سازوکارهایی است که مهندس نرم‌افزار به کمک آنها بتواند این مؤلفه‌ها را طی کار روی سیستم‌های جدید و سیستم‌های موجود به اشتراک بگذارد – تا از آنها استفاده‌ی مجدد به عمل آید. مهندسی دامنه شامل سه فعالیت اصلی می‌شود – تحلیل، ساخت و توزیع.

رویکرد کلی برای *تحلیل دامنه* غالباً در حیطه‌ی مهندسی نرم‌افزار شیءگرا مشخص می‌شود. مراحل این فرایند به‌صورت زیر تعریف می‌شوند:

[1] در فصل ۹ از ژانرهای معماری سخن به میان آمد که دامنه‌های کاربرد مشخص را تعیین می‌کنند.

> «مهندسی دامنه به یافتن وجوه مشترک میان سیستم‌ها مربوط می‌شود به طوری که بتوان مؤلفه‌های قابل استفاده در چندین سیستم را شناسایی کرد.»
>
> **پل کلمنتس**

۱. تعریف دامنه‌ای که قرار است بررسی شود.
۲. دسته‌بندی اقلامی که باید از دامنه استخراج شوند.
۳. گرفتن یک نمونه‌ی نماینده از برنامه‌های کاربردی موجود در آن دامنه.
۴. تحلیل هر کاربرد نمونه و تعریف کلاس‌های تحلیل.
۵. توسعه‌ی مدل خواسته‌ها برای کلاس‌ها.

لازم به ذکر است که تحلیل دامنه برای هر الگوی مهندسی نرم‌افزار قابل استفاده است و برای توسعه نرم‌افزار به روش سنتی نیز می‌توان از آن استفاده نمود.

۲-۶-۱۰ صلاحیت، تطبیق و ترکیب

مهندسی دامنه، کتابخانه‌ای از مؤلفه‌های قابل استفاده‌ی مجدد فراهم می‌سازد که برای مهندسی نرم‌افزار مبتنی بر مؤلفه‌ها مورد نیاز است. برخی از این مؤلفه‌های قابل استفاده‌ی مجدد به‌صورت داخلی توسعه داده می‌شوند، برخی از این مؤلفه‌های قابل استفاده‌ی مجدد به‌صورت داخلی توسعه داده می‌شوند، برخی دیگر از برنامه‌های کاربردی موجود قابل استخراج هستند و عده‌ای را نیز می‌توان از یک شرکت سازنده دیگر تأمین نمود.

متاسفانه، وجود مؤلفه‌های قابل استفاده‌ی مجدد این را ضمانت نمی‌کند که مولفه‌های مذکور را می‌توان به سهولت یا به‌طرزی اثربخش در معماری برگزیده شده برای برنامه‌ی کاربردی جدید منسجم ساخت. به همین دلیل هنگام پیشنهاد یک مؤلفه، باید دنباله‌ای از کنش‌های توسعه مبتنی بر مولفه‌ها را اعمال نمود.

صلاحیت مؤلفه (Component Qualification). صلاحیت مؤلفه تضمین می‌کند که مؤلفه‌ی مورد نظر، وظیفه‌ی مورد نیاز را انجام می‌دهد، به‌طور مناسب در سبک معماری مشخص‌شده برای سیستم (فصل ۹) می‌گنجد، و ویژگی‌های کیفی (نظیر کارایی، قابلیت اعتماد و قابلیت استفاده) مورد نیاز برای برنامه‌ی کاربردی را فراهم می‌سازد.

توصیف واسط، اطلاعات مفیدی درباره‌ی عملیات و استفاده از یک مؤلفه نرم‌افزار در اختیار می‌گذارد، ولی برای تعیین اینکه آیا از یک مؤلفه‌ی پیشنهادی واقعاً در کاربردی جدید می‌توان استفاده کرد، همه‌ی اطلاعات لازم در اختیار قرار نمی‌دهد. از میان عوامل فراوانی که باید طی تعیین صلاحیت مؤلفه‌ها در نظر گرفت می‌توان به موارد ذیل اشاره نمود:

- واسط برنامه‌ی کاربردی (API)
- ابزارهای توسعه و انسجام بخشی مورد نیاز مؤلفه
- خواسته‌های زمان اجرا، از جمله استفاده از منابع (مثل حافظه یا فضای ذخیره سازی)، زمان‌بندی یا سرعت و پروتکل شبکه.
- خواسته‌های سرویس، از جمله واسط‌های سیستم عامل و پشتیبانی از سایر مؤلفه ها.
- ویژگی‌های امنیتی، از جمله کنترل‌های دستیابی و پروتکل تایید.
- فرض‌های پذیرفته‌شده در طراحی، از جمله استفاده از الگوریتم‌های عددی یا غیرعددی.
- مدیریت استثناها

اگر مؤلفه‌هایی که در داخل سازمان ساخته شده‌اند، به‌عنوان مؤلفه‌های قابل استفاده‌ی مجدد پیشنهاد شده باشند، ارزیابی هر کدام از این عوامل، نسبتاً آسان خواهد بود. اگر طی توسعه‌ی یک

اندرز

فرایند تحلیل که در این بخش بحث می‌کنیم، مؤلفه‌های قابل استفاده‌ی مجدد را مورد توجه قرار می‌دهد. ولی، تحلیل سیستم‌های COTS کامل (مثل برنامه‌های کاربردی تجارت الکترونیک، برنامه‌های خودکارسازی فروش) نیز می‌تواند بخشی از تحلیل دامنه باشد.

طی تعیین صلاحیت مؤلفه‌ها چه عواملی در نظر گرفته می‌شود؟

مؤلفه، کار مهندسی نرم‌افزار به خوبی انجام شده باشد، به این سؤالات می‌توان پاسخ داد. ولی تعیین عملکرد داخلی مؤلفه‌های COTS (Components Off The Shelf) یا مؤلفه‌های تأمین شده از منابع دیگر دشوارتر است، چون تنها اطلاعات در دسترس ممکن است خود مشخصات واسط باشد.

تطبیق مؤلفه‌ها (Component Adaptation). در شرایط ایده‌آل، با مهندسی دامنه، مؤلفه‌هایی ایجاد می‌شود که می‌توان به آسانی آنها را در معماری یک برنامه‌ی کاربردی انسجام بخشید. منظور از «انسجام آسان» این است که (۱) روش‌های سازگار مدیریت منابع برای همه‌ی مؤلفه‌های موجود در کتابخانه پیاده‌سازی شده باشند، (۲) فعالیت‌های رایج از قبیل مدیریت داده‌ها برای تمامی مؤلفه‌ها موجود باشد و (۳) واسط‌های داخل معماری با محیط خارجی به شیوه‌ای سازگار پیاده‌سازی شده باشند.

در واقع، حتی پس از تایید صلاحیت مؤلفه برای استفاده در معماری یک برنامه‌ی کاربردی خاص، تضادهایی ممکن است در یک یا چند مورد از موارد ذکر شده رخ دهد. برای پرهیز از این تضادها، گاهی یک تکنیک تطبیق موسوم به «لفاف‌بندی مؤلفه‌ها» [Bro96] به‌کار برده می‌شود. هنگامی که تیم نرم‌افزار به طراحی داخلی و کدهای مربوط به یک مؤلفه دسترسی داشته باشد (که معمولاً چنین نیست مگر اینکه از مؤلفه‌های COTS منبع-باز استفاده شود)، از تکنیک لفاف‌بندی جعبه‌ی سفید، استفاده می‌شود. لفاف‌بندی جعبه‌ی سفید، همانند همتای خود در آزمون نرم‌افزار (فصل ۱۸) جزئیات پردازشی داخلی مؤلفه را بررسی می‌کند و برای برطرف ساختن هر گونه تضاد، اصلاحاتی در سطح کدها به عمل می‌آورد. لفاف‌بندی جعبه‌ی خاکستری هنگامی به‌کار برده می‌شود که کتابخانه‌ی مؤلفه‌ها یک زبان بسط مؤلفه‌ها یا API فراهم می‌آورد که برطرف ساختن یا پوشاندن تضادها را میسر می‌سازد. لفاف‌بندی جعبه‌ی سیاه نیاز به واردکردن پیش پردازش و پس پردازش در واسط مؤلفه دارد تا بتواند تضادها را برطرف کند یا بپوشاند. شما باید تعیین کنید که آیا تلاش لازم برای لفاف‌بندی کافی یک مؤلفه، توجیه دارد یا اینکه یک مؤلفه‌ی سفارشی (طراحی‌شده به‌منظور حذف تضادهای مشاهده شده) باید دوباره مهندسی شود.

اندرز

علاوه بر ارزیابی این که آیا تطبیق مؤلفه‌ها برای استفاده‌ی مجدد، توجیه اقتصادی دارد، باید این را هم ارزیابی کنید که آیا دستیابی به قابلیت عملیاتی و کارایی مورد نیاز از نظر هزینه‌ها، بازدهی کافی را دارد یا خیر.

ترکیب مؤلفه‌ها (Component Composition). وظیفه‌ی ترکیب مؤلفه‌ها عبارت است از مونتاژ مؤلفه‌های تایید صلاحیت شده، تطبیق یافته و مهندسی شده جهت تشکیل معماری تعیین شده برای یک برنامه‌ی کاربردی. برای دستیابی به این منظور، باید زیرساختی فراهم آید که این مؤلفه‌ها را در قالب یک سیستم عملیاتی به هم پیوند دهد. این زیرساخت (معمولاً کتابخانه‌ای از مؤلفه‌های تخصص یافته) مدلی برای هماهنگی مؤلفه‌ها و سرویس‌های خاص فراهم می‌آورد که مؤلفه‌ها به کمک آن با یکدیگر هماهنگ شده، وظایف مشترک را اجرا می‌کنند.

از آن‌جا که تأثیر بالقوه‌ی استفاده‌ی مجدد و CBSE بر صنعت نرم‌افزار بسیار بزرگ است، چند کنسرسیوم شرکتی و صنعتی، استانداردهایی را برای نرم‌افزارهای مؤلفه‌ای پیشنهاد کرده‌اند.[1]

OMG/CORBA. گروه مدیریت اشیاء یک معماری واسطه‌ی درخواست اشیای مشترک (OMG/CORBA) منتشر ساخته است. واسطه‌ی درخواست اشیا (ORB) سرویس‌های متنوعی فراهم می‌سازد که برقراری ارتباط مؤلفه‌ها (اشیای) قابل استفاده‌ی مجدد با سایر مؤلفه‌ها را فارغ از مکان آنها در یک سیستم میسر می‌سازد.

مرجع وب

آخرین اطلاعات در خصوص CORBA را در www.omg.org می‌توانید بیابید.

[1] گرگ اولسن [Ols06] بحثی عالی از تلاش‌های گذشته و حال برای تحقق بخشیدن به CBSE فراهم ساخته است.

COM و .NET مایکروسافت. مایکروسافت یک مدل اشیای مؤلفه‌ای (COM) توسعه داده است که برای به‌کارگیری مؤلفه‌های تولید شده توسط شرکت‌های گوناگون فعال در یک برنامه‌ی کاربرد که تحت سیستم عامل Windows اجرا می‌شود، مشخصات لازم را تعیین می‌کند. از دیدگاه برنامه‌ی کاربردی، «آنچه که کانون توجه قرار می‌گیرد، فقط چگونگی پیاده‌سازیِ [اشیای COM] نیست، بلکه این واقعیت نیز مورد توجه است که شیء دارای واسطی است که با سیستم ثبت می‌شود و از سیستم مؤلفه‌ها برای برقراری ارتباط با سایر اشیای COM استفاده می‌کند.» [Har98a]. چارچوب .NET مایکروسافت شامل COM می‌شود و کتابخانه‌ای از کلاس‌های قابل استفاده‌ی مجدد را فراهم می‌آورد که آرایه‌ی وسیعی از دامنه‌های کاربرد را پوشش می‌دهند.

مؤلفه‌های JavaBeans سیستم مؤلفه‌های JavaBeans یک زیرساخت مستقل از سکو برای CBSE است که با به‌کارگیری زبان برنامه‌نویسی جاوا توسعه یافته است. سیستم مؤلفه‌های JavaBeans شامل مجموعه‌ای از ابزارها موسوم به **کیت توسعه‌ی دانه‌ها** (BDK) می‌شود که به سازندگان امکان می‌دهد تا (۱) چگونگی کارکردن دانه‌ها (مولفه های) موجود را تحلیل کنند، (۲) رفتار و ظاهر آنها را مطابق سلیقه خود تغییر دهند، (۳) سازوکارهایی برای هماهنگ‌سازی و برقراری ارتباط میان آنها وضع کنند، (۴) برای استفاده در برنامه‌های کاربردی خاص، دانه‌های سفارشی بسازند و (۵) رفتار دانه‌ها را آزمون و ارزیابی کنند.

هیچ یک از این استانداردها، به تنهایی در صنعت غالب نشده است. گرچه بسیاری از سازندگان، استانداردهای خود را براساس یکی از آنها وضع کرده اند، این احتمال وجود دارد که سازمان‌های بزرگ نرم‌افزاری، براساس گروه‌های برنامه‌ی کاربردی و سکوهای انتخاب شده، استانداردی را برگزینند.

مرجع وب

آخرین اطلاعات در خصوص COM و .NET را از وب سایت زیر می‌توانید به‌دست آورید:
www.microsoft.com/COM
و
msdn2.microsoft.com/en-us/netframework/default.aspx

مرجع وب

آخرین اطلاعات در خصوص JavaBeans را در
java.sun.com/products/javabeans/docs
می‌توانید بیابید.

۳-۶-۱۰ تحلیل و طراحی برای استفاده‌ی مجدد

گرچه فرایند CBSE مشوق استفاده از مؤلفه‌های نرم‌افزاری موجود است، گاهی چاره‌ای جز ایجاد مؤلفه‌های نرم‌افزاری جدید و ترکیب آن‌ها با COTSها و مؤلفه‌های داخلی سازمان وجود ندارد. از آن‌جا که این مؤلفه‌های جدید، عضو کتابخانه‌ی داخلی مؤلفه‌های قابل استفاده‌ی مجدد می‌شوند، باید برای استفاده‌ی مجدد مهندسی شوند.

مفاهیم طراحی از قبیل انتزاع، پنهان‌سازی، استقلال عملیاتی، پالایش و برنامه‌نویسی ساخت‌یافته همراه با روش‌های شیءگرا، آزمون، تضمین کیفیت نرم‌افزار (SQA) و روش‌های وارسی (فصل ۲۱) همگی در ایجاد مؤلفه‌های نرم‌افزاری با قابلیت استفاده‌ی مجدد سهم دارند. در این بخش، به مسائل مختص استفاده‌ی مجدد خواهیم پرداخت که مکمل کار مهندسی نرم‌افزار مستحکم است.

مدل خواسته‌ها تحلیل می‌شود تا عناصری تعیین گردند که به مؤلفه‌های قابل استفاده‌ی مجدد موجود اشاره دارند. طی فرایندی که گاه از آن به‌عنوان «*همخوانی مشخصات*» یاد می‌شود، عناصر مدل خواسته‌ها با توصیفات به عمل آمده از مؤلفه‌های قابل استفاده‌ی مجدد مقایسه می‌شوند [Bel95]. اگر همخوانی مشخصات نشان دهد که یک مؤلفه‌ی موجود برای نیازهای برنامه‌ی کاربردی فعلی مناسب است، می‌توانید مؤلفه را از کتابخانه‌ی (مخزن) استخراج کنید و آن را در طراحی سیستمی جدید به‌کار ببرید. اگر چنین مؤلفه‌هایی یافت نشوند (یعنی همخوانی مشاهده نشود)، مؤلفه‌ای جدید ایجاد

می‌گردد. در این نقطه است (یعنی هنگامی که شروع به ایجاد مؤلفه‌ای جدید می‌کنید) که *طراحی برای استفاده‌ی مجدد* (DFR) باید در نظر گرفته شود.

چنان که پیش از این نیز گفته شد، DFR شما را ملزم می‌سازد تا اصول و مفاهیم طراحی نرم‌افزار مستحکمی (فصل ۸) را به‌کار بندید. ولی خصوصیات دامنه‌ای کاربرد را نیز باید مد نظر داشت. بایندر [Bin93] چند مسأله‌ی کلیدی را مطرح می‌کند که بستری جهت طراحی برای استفاده‌ی مجدد تشکیل می‌دهند[1]:

اندرز

هنگامی که قرار باشد مؤلفه‌ها با سیستم‌های قدیمی یا با چند سیستم که معماری ناسازگاری دارند، منسجم شوند، DFR می‌تواند کاری دشوار باشد.

دادەهای استاندارد. دامنه کاربرد باید بررسی شود و ساختمان داده‌ها (مثلاً ساختار فایل‌ها یا یک بانک اطلاعاتی کامل) باید تعیین گردد. سپس همه‌ی مؤلفه‌های طراحی را می‌توان طوری مشخص کرد که از این ساختمان داده‌های استاندارد استفاده کنند.

پروتکل‌های واسط استاندارد. سه سطح از پروتکل واسط را باید وضع کرد: ماهیت واسط‌های بین پیمانه‌ها، طراحی واسط‌های فنی (غیرانسانی) خارجی و واسط‌های میان انسان و کامپیوتر.

قالب‌های برنامه. یک سبک معماری (فصل ۹) انتخاب می‌شود و می‌تواند به‌عنوان قالبی برای طراحی معماری نرم‌افزار جدید عمل کند.

هنگامی که داده‌های استاندارد، واسط‌ها و قالب‌های برنامه تعیین شدند، چارچوبی برای طراحی در اختیار دارید. مؤلفه‌های جدیدی که از این چارچوب پیروی می‌کنند، احتمال استفاده‌ی مجدد از آنها در آینده بیشتر خواهد بود.

۴-۶-۱۰ طبقه‌بندی و بازیابی مؤلفه‌ها

یک کتابخانه دانشگاهی بزرگ را در نظر بگیرید. صدها هزار کتاب، مجله و سایر منابع اطلاعاتی در دسترس قرار دارند. ولی برای دستیابی به این منابع، یک الگوی گروه‌بندی باید پی‌ریزی کرد. کتابدارها برای گشت و گذار در این حجم بزرگ اطلاعات، یک الگوی طبقه‌بندی تعریف کرده‌اند که شامل کد طبقه‌بندی کتابخانه کنگره آمریکا، واژه‌های کلیدی، نام مؤلفان و سایر مدخل‌های نمایه‌ای می‌شود. همه‌ی این اطلاعات به کاربر کمک می‌کنند تا منبع مورد نیاز را به سرعت و به راحتی بیابد.

اکنون یک مخزن بزرگ از مؤلفه‌ها را در نظر بگیرید. ده‌ها هزار مؤلفه‌ی نرم‌افزاری قابل استفاده‌ی مجدد در آن موجود است. ولی چگونه مؤلفه‌ای را که می‌خواهید، پیدا می‌کنید؟ برای پاسخ گفتن به این پرسش، یک سؤال دیگر مطرح می‌شود: مؤلفه‌های نرم‌افزاری را چگونه می‌توان به شیوه‌ای عاری از ابهام و قابل طبقه‌بندی توصیف کرد؟ این‌ها سؤالاتی دشوارند و هیچ پاسخ مشخصی هنوز به آنها داده نشده است. در این بخش، به بررسی دستورهایی می‌پردازیم که به مهندسان نرم‌افزار آینده امکان گشت و گذار در کتابخانه‌های مؤلفه را می‌دهند. یک مؤلفه‌ی نرم‌افزار قابل استفاده‌ی مجدد را به طرق گوناگون می‌توان توصیف کرد، ولی یک توصیف ایده‌آل شامل مدل 3C(*مفهوم، محتوا و حیطه*[2]) می‌شود [Tra95]. *مفهوم* مؤلفه‌ی نرم‌افزار «توصیفی است از آنچه که مؤلفه انجام می‌دهد» [Whi95]. واسط مؤلفه به‌طور کامل توصیف می‌شود و معناشناسی (که در حیطه‌ی پیش‌شرط‌ها و پس‌شرط‌ها ارائه می‌گردد) تعیین می‌شود. مفهوم مؤلفه باید با هدف و مقصد مؤلفه ارتباط برقرار کنند. *محتوای* مؤلفه، چگونگی تحقق یافتن مفهوم آن را توصیف می‌کند. در اصل، محتوا، اطلاعاتی است که از دید

[1] به‌طور کلی، مقدمات DFR باید به‌عنوان بخشی از مهندسی دامنه چیده شود.

[2] Concept, Content, Context

کاربران اتفاقی پنهان می‌ماند و تنها کسانی که قصد اصلاح یا آزمون مؤلفه را دارند، باید از آن مطلع باشند. *حیطه*، جایگاه مؤلفه‌ی قابل استفاده‌ی مجدد را در دامنه‌ی قابلیت کاربرد آن تعیین می‌کند. یعنی حیطه با مشخص کردن ویژگی‌های مفهومی، عملیاتی و پیاده‌سازی، به مهندس نرم‌افزار این امکان را می‌دهد تا مؤلفه‌ی مناسبی را بیابد که خواسته‌های او را برآورده سازد.

ابزارهای نرم‌افزاری

CBSE

هدف: کمک به مدل‌سازی، طراحی، بازبینی و انسجام بخشی به مؤلفه‌های نرم‌افزاری به‌عنوان بخشی از یک سیستم بزرگ‌تر.

مکانیک: مکانیک این ابزارها متنوع است. به‌طور کلی، ابزارهای CBSE به یک یا چند قابلیت زیر کمک می‌کنند: مشخص‌سازی و مدل‌سازی معماری نرم‌افزار؛ مرور و گزینش مؤلفه‌های نرم‌افزاری در دسترس؛ انسجام بخشیدن به مؤلفه‌ها.

ابزارهای نمونه[1]

Component Source (www.componentsource.com) آرایه وسیعی از ابزارها و مؤلفه‌های نرم‌افزاری COTS فراهم می‌آورد که در استانداردهای متفاوت بسیار پشتیبانی می‌شوند.

Component Manager که توسط Flashline (www.flashline.com) ساخته شده است و «یک برنامه‌ی کاربردی است که استفاده‌ی مجدد از مؤلفه‌های نرم‌افزاری را میسر ساخته امکان آن را اندازه‌گیری می‌کند.»

Select Component Factory که توسط Select Business Solutions (www.selectbs.com) توسعه یافته است و «مجموعه‌ای منسجم از محصولات برای طراحی نرم‌افزار، بازبینی طراحی، مدیریت خدمات/مؤلفه‌ها، مدیریت خواسته‌ها و کدنویسی است.»

Software Through Pictures-ACD که توسط Aonix توزیع می‌شود (www.aonix.com) مدل‌سازی جامعی با استفاده از UML برای معماری مدل‌گرای OMG -یک روش باز برای CBSE- فراهم می‌سازد.

برای اینکه مفهوم، محتوا و حیطه در عمل قابل استفاده باشند، باید به یک الگوی مشخصات مستحکم تبدیل شود. درباره‌ی الگوهای مشخصات مربوط به مؤلفه‌های قابل استفاده‌ی مجدد، ده‌ها مقاله نوشته شده است (برای مروری بر آنها می‌توانید [Cec06] را ببینید.)

به کمک طبقه‌بندی می‌توانید مؤلفه‌های قابل استفاده‌ی مجدد را بیابید و بازیابی کنید، ولی برای انسجام اثربخش این مؤلفه‌ها باید یک محیط استفاده‌ی مجدد وجود داشته باشد. محیط استفاده‌ی مجدد، خصوصیات زیر را از خود به نمایش می‌گذارد.

- یک بانک اطلاعاتی از مؤلفه‌ها که قادر به ذخیره‌سازی مؤلفه‌های نرم‌افزاری و طبقه‌بندی اطلاعات لازم برای بازیابی این مؤلفه‌ها باشد.

[1] ذکر نام این ابزارها در اینجا به معنای تأیید آنها نیست بلکه به‌عنوان نمونه‌هایی از این ابزارها به نام آنها اشاره شده است. در اکثر موارد، نام این ابزارها توسط سازندگان‌شان ثبت تجاری شده است.

- یک سیستم مدیریت کتابخانه، دستیابی بانک اطلاعاتی را فراهم سازد.
- سیستم بازیابی مؤلفه‌های نرم‌افزاری (مثلاً یک واسطه درخواست اشیا) که کلاینت را قادر به بازیابی مولفه‌ها و سرویس‌ها از سرور کتابخانه سازد.
- ابزارهای CBSE که انسجام مؤلفه‌های دوباره استفاده شده در یک طراحی یا پیاده‌سازی جدید را پشتیبانی کنند.

هر کدام از این وظایف با یک کتابخانه‌ی استفاده‌ی مجدد تعامل دارند یا در محدودیت‌های آن تجسم پیدا می‌کند.

کتابخانه‌ی استفاده‌ی مجدد، یکی از عناصر یک مخزن نرم‌افزار بزرگتر است (فصل ۲۲) و تسهیلات لازم برای ذخیره‌سازی مؤلفه‌های نرم‌افزاری و گستره‌ی وسیعی از محصولات کاری با قابلیت استفاده‌ی مجدد (مانند مشخصات، طراحی‌ها، الگوها، چارچوب‌ها، قطعات کد، موارد آزمون و راهنماهای کاربران) را فراهم می‌سازد. این کتابخانه شامل یک بانک اطلاعاتی و ابزارهایی می‌شود که برای ارجاع به بانک اطلاعاتی و بازیابی مولفه‌ها از آن لازم هستند. الگوی طبقه‌بندی مؤلفه‌ها به‌عنوان مبنایی برای درخواست‌های کتابخانه‌ای عمل می‌کند.

ارجاع به بانک اطلاعاتی غالباً با به‌کارگیری عنصر حیطه‌ای از مدل 3C مشخص می‌شود، که قبلاً در این بخش شرح داده شد. اگر یک درخواست اولیه، فهرستی بلند بالا از مؤلفه‌های پیشنهادی را ارائه کند، این درخواست پالایش می‌شود تا فهرست کوچکتر شود. سپس اطلاعات محتوایی و مفهومی استخراج می‌شوند (پس از یافته شدن مؤلفه‌های پیشنهادی) تا به انتخاب مؤلفه‌ی مناسب کمک کنند.

خصوصیات کلیدی محیط مناسب برای استفاده‌ی مجدد کدام است؟

مرجع وب

مجموعه‌ای جامع از منابع مربوط به CSBE را در www.cbd-hq.com/ می‌توانید بیابید.

۱۰-۷ خلاصه

طراحی در سطح مولفه‌ها شامل یک سری فعالیت‌های می‌شود که به آهستگی از سطح انتزاع نمایش نرم‌افزار می‌کاهد. طراحی در سطح مؤلفه‌ها در نهایت، نرم‌افزار را در سطحی از انتزاع به نمایش می‌گذارد که به کدهای برنامه نزدیک است.

بسته به ماهیت نرم‌افزاری که قرار است ساخته شود، سه دیدگاه مختلف نسبت به طراحی در سطح مؤلفه‌ها وجود دارد. در دیدگاه شیءگرا، آن چه کانون توجه قرار می‌گیرد، تشریح کلاس‌های طراحی است که از هر دو دامنه‌ی مسأله و زیرساخت نتیجه می‌شود. در دیدگاه سنتی، سه نوع مؤلفه یا پیمانه داریم: پیمانه‌های کنترلی، پیمانه‌های دامنه مسأله و پیمانه‌های زیرساختی. در هر دو مورد، اصول و مفاهیم پایه طراحی اعمال می‌شوند که به ایجاد نرم‌افزارهایی با کیفیت بالا منجر می‌گردند. طراحی در سطح مؤلفه‌ها از دیدگاه فرایندی، از مؤلفه‌های نرم‌افزاری قابل استفاده‌ی مجدد و الگوهای طراحی بهره می‌برد که عناصر مهم مهندسی نرم‌افزار مبتنی بر مؤلفه‌ها هستند.

چند اصل و مفهوم مهم، طراح را در تشریح کلاس‌ها راهنمایی می‌کنند. ایده‌های نهفته در اصل *باز-بسته* و اصل *وارونگی وابستگی*، و مفاهیمی از قبیل اتصال و یکپارچگی، مهندس نرم‌افزار را در ساخت مؤلفه‌هایی با قابلیت آزمون، پیاده‌سازی و نگهداری یاری می‌دهند. برای اجرای طراحی در سطح مؤلفه‌ها در این حیطه، کلاس‌ها با مشخص کردن جزئیات پیام رسانی، شناسایی واسطهای مناسب، تعیین جزئیات صفات و تعریف ساختمان داده‌ها برای پیاده‌سازی این صفات، توصیف جریان پردازشی در داخل هر عملیات و نمایش رفتار در سطح کلاس یا مؤلفه، تشریح می‌شوند. در هر حال، تکرار طراحی (بازآرایی)، فعالیتی ضروری است.

طراحی درسطح مؤلفه‌ها به روش سنتی به نمایش ساختمان داده‌ها، واسط‌ها و الگوریتم‌های یک پیمانه با جزئیات کافی برای راهنمایی تولید کدهای منبع به زبان برنامه‌نویسی نیاز دارد. برای این منظور، طراح از یکی از چند نمادگذاری طراحی استفاده می‌کند که جزئیات در سطح طراحی را در قالب‌های گرافیکی، جدول‌بندی‌شده یا متنی ارائه می‌دهند.

در طراحی در سطح مؤلفه‌ها برای برنامه‌های تحت وب دو مقوله‌ی محتوا و قابلیت عملیاتی که توسط سیستم مبتنی بر وب به کاربر تحویل می‌شود باید مد نظر قرار داده شوند. طراحی محتوا در سطح مولفه‌ها، اشیای محتوایی و شیوه‌ی بسته‌بندی آن‌ها برای ارائه به کاربر نهایی مورد توجه قرار می‌گیرد. طراحی عملیاتی برای برنامه‌های تحت وب توابع پردازشی را کانون توجه قرار می‌دهد که محتوا را دستکاری می‌کنند، محاسبات را انجام می‌دهند، از بانک اطلاعاتی استفسار می‌کنند و به آن دستیابی دارند و با سایر سیستم‌ها رابطه ایجاد می‌کنند. همه‌ی اصول و دستورالعمل‌های طراحی در سطح مؤلفه‌ها در اینجا نیز کاربرد دارند.

برنامه‌نویسی ساخت‌یافته یک فلسفه‌ی طراحی رویه‌ای است که تعداد و نوع ساختمان‌های منطقی به‌کاررفته در نمایش جزئیات الگوریتمی را محدود می‌سازد. هدف از برنامه‌نویسی ساخت‌یافته، کمک به طراح در تعریف الگوریتم‌هایی است که پیچیدگی کمتری دارند و لذا خواندن، آزمودن و نگهداری آن‌ها آسان‌تر است.

مهندسی نرم‌افزار مبتنی بر مؤلفه‌ها، مجموعه‌ای از مؤلفه‌های نرم‌افزاری در یک دامنه‌ی کاربرد خاص، شناسایی، ساخته، کاتالوگ‌بندی و توزیع می‌شوند. این مؤلفه‌ها غالباً برای استفاده در یک سیستم جدید، تطبیق داده و منسجم می‌شوند تا واجد شرایط لازم برای این منظور گردند. مؤلفه‌های قابل استفاده‌ی مجدد باید در محیطی طراحی شوند که ساختمان داده‌های استاندارد، پروتکل‌های واسط و صفات برنامه را برای هر دامنه کاربرد برقرار سازد.

مسائل و نکاتی برای تعمق

۱-۱۰ تعریف واژه‌ی *مؤلفه*، گاه دشوار است. نخست، تعریفی کلی از این واژه ارائه دهید و سپس برای نرم‌افزار سنتی و شیءگرا، تعاریفی صریح‌تر بیاورید. سرانجام، سه زبان برنامه‌نویسی انتخاب کنید که با آن‌ها آشنایی دارید و نشان دهید که در هر کدام، مؤلفه چگونه تعریف می‌شود.

۲-۱۰ چرا مؤلفه‌های کنترلی در نرم‌افزارهای سنتی مورد نیازند، ولی به‌طور کلی در نرم‌افزارهای شیءگرا به آن‌ها نیازی نیست؟

۳-۱۰ OCP را به بیان ساده شرح دهید. چرا ایجاد انتزاع‌هایی که به‌عنوان واسط میان مؤلفه‌ها عمل می‌کنند ضروری است؟

۴-۱۰ DIP را به بیان ساده شرح دهید. اگر طراحی بیش از حد به سفت‌شدگی وابسته باشد چه اتفاقی رخ می‌دهد؟

۵-۱۰ سه مؤلفه‌ای را که به تازگی ساخته‌اید، انتخاب کنید و انواع یکپارچگی را که هر یک از خود به نمایش می‌گذارد، ارزیابی کنید. اگر قرار بود مزیت اصلی یکپارچگی بالا را تعیین کنید، آن مزیت چه می‌بود؟

۶-۱۰ سه مؤلفه انتخاب کنید که به تازگی ساخته‌اید و انواع اتصال را که هر یک از خود به نمایش می‌گذارد، ارزیابی کنید. اگر قرار بود، مزیت اصلی اتصال پایین را تعیین کنید، آن مزیت چه می‌بود؟

۷-۱۰ آیا منطقی است که بگوییم مؤلفه‌های دامنه مسأله هرگز نباید اتصال خارجی از خود نشان دهند؟ اگر موافق هستید، کدام نوع از مؤلفه‌ها، اتصال خارجی از خود به نمایش می‌گذارند؟

۸-۱۰ (۱) یک کلاس طراحی تشریح شده، (۲) توصیفات واسط، (۳) یک نمودار فعالیت برای یکی از عملیات‌های درون کلاس و (۴) یک نمودار حالت مشروح برای یکی از کلاس‌های *SafeHome* که در فصل‌های قبل بحث شد، توسعه دهید.

۹-۱۰ آیا پالایش مرحله‌ای و بازآرایی، مفاهیمی یکسان هستند؟ اگر خیر، تفاوت آن‌ها در چیست؟

۱۰-۱۰ مؤلفه‌ی برنامه‌ی تحت وب چیست؟

۱۱-۱۰ بخش کوچکی از یک برنامه موجود (تقریباً ۵۰ تا ۷۵ خط کد منبع) را انتخاب کنید. ساختارهای برنامه‌نویسی ساخت‌یافته را با رسم کادرهای چهارگوش حول آن‌ها مشخص سازید. آیا این قطعه برنامه، ساختارهایی دارد که از فلسفه‌ی برنامه‌نویسی ساخت‌یافته عدول کنند؟ اگر پاسخ مثبت است، کد را طوری دوباره طراحی کنید که از ساختارهای برنامه‌نویسی ساخت‌یافته پیروی کند. اگر خیر، درباره‌ی کادرهایی که رسم کرده‌اید چه چیزی توجه شما را جلب کرده است؟

۱۲-۱۰ همه‌ی زبان‌های برنامه‌نویسی نوین، ساختارهای برنامه‌نویسی ساخت‌یافته را پیاده‌سازی می‌کنند. از سه زبان برنامه‌نویسی مثال بیاورید.

۱۳-۱۰ یک مؤلفه‌ی کوچک را که کدهای نوشته شده باشد، انتخاب کنید و آن را با به‌کارگیری (۱) نمودار فعالیت، (۲) نمودار گردشی، (۳) جدول تصمیم‌گیری و (۴) PDL نمایش دهید.

۱۴-۱۰ چرا «قطعه‌بندی» طی فرایند مرور بر طراحی در سطح مؤلفه‌ها اهمیت دارد؟

فصل ۱۱

طراحی واسط کاربر

نگاهی گذرا

واسط کاربر چیست؟ در طراحی واسط کاربر، یک رسانه ارتباطی مؤثر میان انسان و کامپیوتر ایجاد می‌شود. طراح با دنبال کردن یک مجموعه از اصول طراحی واسط، اشیای واسط و عملیات را شناسایی کرده سپس یک آرایش از صفحه‌نمایش ایجاد می‌کند که مبنایی برای نمونه‌ی اولیه واسط کاربر تشکیل می‌دهد.

چه می‌کند؟ مهندس نرم‌افزار، واسط کاربر را با اجرای یک فرایند تکرار طراحی می‌کند که از اصول طراحی از پیش تعیین شده پیروی می‌کند.

چرا اهمیت دارد؟ اگر استفاده از نرم‌افزار دشوار است، اگر شما را به اشتباه می‌اندازد یا شما را در رسیدن به اهدافتان با اشکال مواجه می‌سازد، و با همه‌ی قدرت محاسباتی یا عملکرد بالایی که دارد، از آن خوشتان نمی‌آید، باید واسط آن را تغییر دهید.

مراحل کار کدام است؟ طراحی واسط کاربر با شناسایی کاربر، وظیفه و خواسته‌های محیطی آغاز می‌شود. هنگامی که وظایف کاربر مورد شناسایی قرار گرفت، سناریوهای کاربر پس از ایجاد، مورد تحلیل قرار می‌گیرند تا یک مجموعه عملیات و اشیای واسط تعریف شود. اینها مبنایی برای آرایش صفحه‌نمایش تشکیل می‌دهند که طراحی گرافیکی و قرار دادن آیکون‌ها، تعریف متون توصیفی صفحه‌نمایش، مشخصات و عنوان‌بندی پنجره‌ها و مشخصات عناصر اصلی و فرعی منوها در آن تصویر شده است. برای تهیه یک نمونه‌ی اولیه و پیاده‌سازی نهایی مدل طراحی، از تعدادی ابزار استفاده می‌شود و نتیجه نهایی از نظر کیفیت ارزیابی می‌شود.

محصول کار چیست؟ سناریوهای کاربر ایجاد و آرایش‌های صفحه‌نمایش تولید می‌شوند. یک نمونه‌ی اولیه از واسط تهیه و به شیوه‌ای تکراری اصلاح می‌شود.

چگونه اطمینان حاصل کنم که درست از عهده کار برآمده‌ام؟ نمونه‌ی اولیه توسط کاربر مورد آزمون قرار می‌گیرد و از بازخورد آزمون، برای اصلاح تکراری نمونه‌ی اولیه استفاده می‌شود.

ما در جهانی از محصولات با فن‌آوری بالا زندگی می‌کنیم و در واقع همه‌ی آنها – دستگاه‌های الکترونیکی، تجهیزات صنعتی، سیستم‌های شرکتی، سیستم‌های نظامی، نرم‌افزارهای کامپیوترهای شخصی و برنامه‌های تحت وب – به مقیاسی کیفی برای سنجش سهولت و بازدهی نحوه‌ی به کارگیری قابلیت‌ها و ویژگی‌های ارائه شده توسط این محصولات نیاز دارند.

واسط مورد نظر چه برای یک دستگاه پخش موسیقی دیجیتال طراحی شده باشد چه برای سیستم کنترل سلاح‌های یک هواپیمای جنگنده، آنچه که اهمیت دارد، قابلیت استفاده است. اگر سازوکارهای واسط از طراحی خوبی برخوردار باشند، کاربر با استفاده از ریتمی ملایم به تعامل با دستگاه می‌پردازد که به او امکان می‌دهد تا بدون هیچ گونه تلاش زیادی به اهداف خود دست پیدا کند. ولی اگر واسط، خوب طراحی نشده باشد، کاربر سردرگم می‌شود و نتیجه‌ی نهایی چیزی جز ناراحتی و بازدهی ضعیف نخواهد بود.

طی سه دهه‌ی نخست عصر کامپیوترها، قابلیت استفاده در میان سازندگان نرم‌افزار دغدغه‌ی اصلی به‌شمار نمی‌رفت. دانلد نورمن در کتاب کلاسیک خود درخصوص طراحی [Nor88] استدلال می‌کند که زمان تغییر رویکرد فرارسیده بود:

> برای ساخت فن‌آوری‌هایی که برازنده‌ی انسان باشند، مطالعه انسان ضروری است. ولی اکنون ما فقط تمایل داریم فن‌آوری را مطالعه کنیم. در نتیجه، انسان‌ها ناگزیرند از فن‌آوری پیروی کنند. زمان آن فرا رسیده است که این روند وارونه شود، وقت آن رسیده که فن‌آوری را وادار به دنباله‌روی از انسان کنیم.

در نتیجه‌ی مطالعاتی که کارشناسان فن‌آوری روی تعامل‌های انسانی به عمل آوردند، دو مسأله غالب برملا شد. نخست، مجموعه‌ای از قواعد طلایی (بخش ۱-۱۱) شناسایی شد. این قواعد در کلیه‌ی تعامل‌های انسان با محصولات فن‌آوری به کاربرده شدند. دوم، مجموعه‌ای از *سازوکارهای تعاملی* تعریف شدند تا طراح نرم‌افزار به کمک آنها بتواند سیستم‌هایی بسازد که قواعد طلایی را به‌طرزی شایسته پیاده‌سازی کنند. این سازوکارهای تعاملی، که در مجموع واسط *گرافیکی کاربر* (GUI) نام نهاده شده‌اند، برخی از برجسته‌ترین مشکلات واسط‌های انسانی را برطرف ساخته‌اند. ولی حتی در یک «دنیای ویندوزی» همه‌ی ما به واسط‌هایی برخورده‌ایم که فراگیری آنها دشوار است، یا آنها سخت می‌شود کار کرد، گیج کننده‌اند، عاری از هوشمندی‌اند، ارتکاب اشتباه در آنها قابل بازگشت نیست و در بسیاری موارد کلاً خسته کننده‌اند. با این وجود، کسی وقت صرف این واسط‌ها کرده است و به‌نظر نمی‌رسد که سازنده این مشکلات را از قصد ایجاد کرده باشد.

۱-۱۱ قواعد طلایی

تئو مندل در کتاب خود [Man97] سه قاعده طلایی برای طراحی واسط‌ها عنوان می‌کند:

۱. سپردن کنترل به کاربر
۲. کاستن از بار حافظه کاربر
۳. سازگار ساختن واسط

این قواعد طلایی، درواقع مبنایی برای مجموعه‌ای از اصول طراحی واسط کاربر تشکیل می‌دهند که این جنبه‌ی مهم از طراحی نرم‌افزار را هدایت می‌کنند.

۱-۱-۱۱ سپردن کنترل به کاربر

طی یک جلسه جمع‌آوری خواسته‌ها برای یک سیستم اطلاعاتی جدید و بزرگ، از یکی از کاربران اصلی درباره صفات واسط گرافیکی پنجره‌ای سؤال شد.

آن کاربر گفت: «آنچه من واقعاً دوست دارم، سیستمی است که فکر مرا بخواند؛ پیش از آنکه نیاز به انجام کاری داشته باشم آن را به‌راحتی برایم انجام دهد. فقط همین.»

اولین واکنش من این بود که سرم را تکان دهم و لبخندی بزنم، ولی پس از قدری تأمل دریافتم که درخواست آن کاربر به هیچ وجه بیراه نبوده است. او سیستمی می‌خواست که به نیازهای وی پاسخ دهد و به او کمک کند تا کارها را درست انجام دهد. می‌خواست کامپیوتر در کنترل او باشد نه او در کنترل کامپیوتر.

اکثر قیدوبندها و محدودیت‌های حاکم بر واسط، به منظور تسهیل شیوه‌ی تعامل از سوی طراح تحمیل می‌شوند. ولی برای چه کسی؟

در اکثر موارد، به‌عنوان طراح ممکن است قیدوبندها و محدودیت‌هایی را وارد کنید تا پیاده‌سازی واسط را تسهیل کند. نتیجه ممکن است واسطی باشد که ساخت آن آسان ولی استفاده از آن ناراحت‌کننده است. مندل [Man97] چند اصل طراحی را تعریف می‌کند که کنترل را در اختیار کاربر قرار می‌دهد:

تعریف شیوه‌های تعامل به طریقی که کاربر را وادار به انجام عملیات غیرضروری یا نامطلوب نکند. شیوه تعامل، حالت فعلی واسط است. برای مثال، اگر در یکی از منوهای واژه‌پردازی، گزینه‌ی *spell check* (چک کردن املا) انتخاب شود، نرم‌افزار به حالت چک کردن املا می‌رود. دلیلی وجود ندارد که اگر کاربر طی این کار مایل به انجام یک ویرایش متنی باشد، مجبور باشد کماکان در حالت چک کردن املا باقی بماند. کاربر باید بدون انجام کار زیاد، از حالتی به حالت دیگر برود.

انعطاف‌پذیری در تعامل. چون کاربران متفاوت دارای ترجیحات متفاوتی در تعامل با کامپیوتر هستند، باید گزینه‌هایی برای این منظور فراهم آورده شود. برای مثال، نرم‌افزار ممکن است امکان تعامل از طریق فرمان‌های صفحه‌کلید، حرکت ماوس، قلم دیجیتالی یا فرمان‌های تشخیص گفتاری را به کاربر بدهد. ولی هر عملی برای همه‌ی راهکارهای تعاملی مناسب نیست. برای مثال، فکر کنید رسم یک شکل پیچیده از طریق صفحه‌کلید چقدر ممکن است دشوار باشد.

امکان توقف تعامل و خنثی کردن عملیات توسط کاربر. حتی وقتی که کاربر عملیاتی را انجام داد، باید بتواند این عملیات را به منظور انجام امر دیگری متوقف کند (بدون از دست رفتن نتیجه عملیات). کاربر باید قادر به خنثی کردن نتیجه عملیات نیز باشد.

تعامل روان با پیشرفت سطح مهارت و امکان سفارشی کردن نوع تعامل. کاربران غالباً تعدادی عملیات را مکرراً باید انجام دهند. بنابراین خوب است یک راهکار «ماکرو» طراحی شود که کاربران ماهر بتوانند واسط را سفارشی کنند تا تعامل آسان شود.

پنهان کردن جزئیات فنی از دید کاربران موردی. واسط کاربر باید کاربر را به دنیای مجازی برنامه کاربردی منتقل کند. کاربر نباید از سیستم‌عامل، عملیات مدیریت فایل‌ها، یا فن‌آوری‌های کامپیوتری دیگر آگاه باشد. در اصل، واسط نباید کاربر را وادار به تعامل در سطح «داخل» ماشین کند (مثلاً کاربر نباید مجبور به تایپ فرمان‌های سیستم‌عامل از داخل برنامه کاربردی باشد).

> «بهتر است تجربه‌ی کاربر طراحی شود تا اینکه اصلاح شود.»
>
> **جان میدز**

> «همیشه آرزو داشتم استفاده از کامپیوتر به آسانی استفاده از تلفن باشد. این آرزویم به تحقق پیوسته است. دیگر نمی‌دانم چطور از تلفن خود استفاده کنم.»
>
> **بیارن اشتروپ اشتروپ**
> (مبدع C++)

طراحی برای تعامل مستقیم با اشیایی که روی صفحه ظاهر می‌شوند. وقتی کاربر بتواند اشیای لازم برای انجام یک وظیفه را به شیوه‌ای فیزیکی دستکاری کند، احساس می‌کند کنترل بیشتری در اختیار او است. برای مثال، واسطی که به کاربر امکان می‌دهد تا شیءای را حرکت دهد (اندازه آن را تغییر دهد)، نمونه‌ای از دستکاری مستقیم است.

۲-۱-۱۱ کاستن از بار حافظه کاربر

هرچه کاربر مجبور به حفظ جزئیات بیشتری باشد، احتمال خطای او در تعامل با سیستم بالاتر می‌رود. به همین دلیل است که در یک طراحی واسط کاربر خوب، به حافظه کاربر بهایی داده نمی‌شود. در صورت امکان، سیستم باید اطلاعات مربوط را به خاطر بیاورد و به کاربر یادآوری کند که چه باید بکند. مندل [Man97] اصول طراحی‌ای را معین می‌کند که واسط را قادر به کاهش دادن بار حافظه می‌کنند:

کاهش تقاضا برای حافظه کوتاه مدت. هنگامی که کاربران درگیر وظایف پیچیده می‌شوند، تقاضا برای حافظه کوتاه مدت، ممکن است چشمگیر شود. واسط باید طوری طراحی شود که به‌خاطر سپردن عملیات و نتایج گذشته کاهش یابد. این منظور را می‌توان با فراهم آوردن سرنخ‌های عینی برآورده نمود، به این ترتیب که این سرنخ‌ها کاربر را قادر به تشخیص عملیات گذشته کند و دیگر مجبور نباشد آنها را به خاطر بیاورد.

برقراری پیش‌فرض‌های بامعنی. مجموعه‌ای از پیش‌فرض‌های اولیه حداقل باید برای نیمی از کاربران معنا داشته باشد، ولی کاربر باید قادر به مشخص کردن ترجیحات شخصی خود باشد. در هر حال، یک گزینه «تنظیم مجدد» باید در دسترس باشد تا در صورت لزوم بتوان همه‌ی پیش‌فرض‌های اولیه را اعمال کرد.

تعریف میانبرهای هوشمندانه. هنگامی که برای دستیابی به عملکردهای سیستم از کلیدهای میانبر استفاده می‌شود (مثل Alt + P برای عمل چاپ)، بین کلید میانبر و آن عمل باید ارتباطی منطقی وجود داشته باشد که به‌خاطر آوردن آن آسان باشد (مثلاً می‌توان از حرف اول آن عمل استفاده نمود).

چیدمان بصری و دیداری واسط باید مبتنی بر استعاره جهان واقعی باشد. برای مثال، سیستم پرداخت حقوق باید از استعاره دسته چک و ثبت چک استفاده کند تا کاربر را در فرایند پرداخت چک راهنمایی کند. به‌این ترتیب، کاربر می‌تواند به جای حفظ یک سری تعامل‌های اسرارآمیز، بر درک سرنخ‌های عینی تکیه کند.

فاش کردن اطلاعات به شیوه‌ای تدریجی. واسط باید دارای سازمان‌دهی سلسله مراتبی باشد. یعنی اطلاعات مربوط به یک وظیفه، شیء، یا یک رفتار را باید ابتدا در سطح بالایی از انتزاع ارائه داد. جزئیات بیشتر را باید پس از اظهار تمایل کاربر با کلیک ماوس ارائه کرد. یک مثال، که در بسیاری از برنامه‌های کاربردی واژه‌پرداز متداول است، عمل خط کشیدن زیر حروف است. خود این عمل یکی از چند عملی است که در منوی *text style* (شیوه متن) قرار دارند. ولی همه‌ی قابلیت‌های خط‌کشی زیر متن ذکر نشده است. کاربر باید این گزینه را انتخاب کند تا همه‌ی حالت‌های آن (مثل یک خط، دو خط، خط مقطع) در آن ارائه شود.

SafeHome

عدول از یک قاعده‌ی طلایی

صحنه: کابین وینود، شروع طراحی واسط کاربر.

نقش‌آفرینان: وینود و جیمی، اعضای تیم مهندسی نرم‌افزار *SafeHome*

گفتگو:

جیمی: داشتم به واسط پایش منزل فکر می‌کردم.

وینود (با لبخند): فکرکردن خوب چیزی است.

جیمی: فکر کنم شاید بشود یک چیزهایی را ساده کرد.

وینود: منظور؟

جیمی: خب، اگر نقشه‌ی منزل را به‌طور کامل حذف کنیم، چه می‌شود؟ خیلی خوب است، ولی کار بیشتری می‌برد. در عوض، فقط از کاربر می‌خواهیم که دوربین مورد نظرش را مشخص کند و بعد تصاویر ویدیویی آن دوربین را در یک پنجره نشان می‌دهیم.

وینود: صاحبخانه چطوری باید یادش باشد که چند تا دوربین نصب شده است و کجای خانه؟

جیمی (قدری آشفته می‌شود): خب او صاحب خانه است، باید بداند.

وینود: ولی اگر ندانست.

جیمی: نخیر باید بداند.

وینود: قضیه این نیست ... اگر فراموش کرد؟

جیمی: ... می‌توانیم فهرستی از دوربین‌های در حال کار و محل آنها ارائه بدهیم.

وینود: بهتر نیست حداقل مجبور نیست چیزهایی را که ما به او ارائه می‌دهیم، به‌خاطر بسپارد.

جیمی (لحظه‌ای فکر می‌کند): ولی تو همان نقشه‌ی منزل را بیشتر دوست داری، نه؟

وینود: بله.

جیمی: فکر می‌کنی بازاریابی از کدام بیشتر خوشش بیاید؟

وینود: شوخی می‌کنی، نه؟

جیمی: نخیر.

وینود: ببین آنها چیزی را می‌خواهند که برق بزند. مهم نیست که ساختن آن چقدر ساده‌تر باشد.

جیمی (آهی می‌کشد): باشد، شاید از هر دو یک نمونه‌ی اولیه بسازم.

وینود: فکر خوبی است و بعد به مشتری اجازه می‌دهیم تا تصمیم بگیرد.

۳-۱-۱۱ سازگارساختن واسط

واسط باید اطلاعات را به شیوه‌ای سازگار دریافت و ارائه کند. یعنی (۱) همه‌ی اطلاعات بصری براساس یک استاندارد طراحی سازمان‌دهی می‌شوند که در تمام صفحات نمایش رعایت می‌شود؛ (۲) راهکارهای ورودی، به مجموعه‌ای محدود خلاصه می‌شوند که به طور سازگار در سرتاسر برنامه کاربردی مورد استفاده قرار می‌گیرد و (۳) راهکارهایی برای رفتن از وظیفه‌ای به وظیفه دیگر به‌طور

چیزهایی که متفاوت به نظر می‌رسند باید متفاوت عمل کنند. چیزهایی که یکسان به نظر می‌رسند، باید یکسان عمل کنند.

لری مازین

اطلاعات

قابلیت استفاده (usability)

لری کنستانتین در مقاله‌ای پربار درخصوص قابلیت استفاده [Con98] پرسشی مطرح می‌کند که با این موضوع ارتباطی نزدیک دارد: «خلاصه، کاربر چه می‌خواهد؟» و چنین پاسخ می‌دهد:

آنچه کاربران واقعاً می‌خواهند، ابزارهای خوب است. همه‌ی سیستم‌های نرم‌افزاری، از سیستم‌های عامل و زبان‌های برنامه نویسی گرفته تا برنامه‌های پشتیبان تصمیم گیری و واردکردن داده‌ها، همگی فقط ابزار هستند. کاربران نهایی از ابزارهایی که برای آنها مهندسی می‌کنیم، همان چیزی را می‌خواهند که ما از ابزارها می‌خواهیم. آنها سیستم‌هایی می‌خواهند که یادگیری‌شان آسان باشد و آنها را در کارشان یاری دهد. آنها نرم‌افزارهایی می‌خواهند که سرعت کارشان را کم نکند، آنها را سردرگم نکند، ارتکاب خطا را آسان و تمام‌کردن کار را دشوار نکند.

کنستانتین استدلال می‌کند که قابلیت استفاده از زیبایی شناسی، سازوکارهای تعاملی بسیار پیشرفته یا هوشمندی واسط به‌دست نمی‌آید، بلکه هنگامی رخ می‌دهد که معماری واسط با نیازهای کسانی که از آن استفاده می‌کنند، همخوانی داشته باشد.

تعریف رسمی قابلیت استفاده قدری گمراه کننده است. دانیهیو و همکاران او [Don99] آن را چنین تعریف می‌کنند: «قابلیت استفاده میزانی است از اینکه سیستم کامپیوتری چقدر خوب یادگیری را تسهیل می‌کند؛ به یادگیرندگان کمک می‌کند تا آنچه را که یاد گرفته‌اند، به‌خاطر آورند؛ احتمال خطاها را کاهش می‌دهد؛ آنها را قادر می‌سازند تا اثربخش باشند و کاری کند که از سیستم راضی باشند.»

تنها راه برای تعیین اینکه آیا «قابلیت استفاده» در سیستمی که در حال ساخت آن هستید، وجود دارد یا خیر، این است که ارزیابی یا آزمون «قابلیت استفاده» را اجرا کنید. کاربران را در حال تعامل با سیستم مشاهده کنید و به پرسش‌های زیر پاسخ دهید [Con95]:

- آیا سیستم بدون کمک یا راهنمایی پیوسته قابل استفاده هست؟
- آیا قواعد تعامل به کاربران آگاه کمک می‌کنند تا بازدهی کارشان بالا برود؟
- آیا با آگاه‌ترشدن کاربران، سازوکارهای تعامل، انعطاف پذیرتر می‌شوند؟
- آیا سیستم مطابق با محیط فیزیکی اجتماعی که در آن استفاده خواهد شد، تنظیم شده است؟
- آیا کاربر از حالت سیستم آگاه است؟ آیا کاربر در همه حال می‌داند کجاست؟
- آیا واسط به شیوه‌ای منطقی و سازگار سازمان دهی شده است؟
- آیا سازوکارهای تعامل، آیکون‌ها و روال‌ها در سرتاسر واسط سازگارند؟
- آیا تعامل، خطاها را پیش بینی و به تصحیح کاربر کمک می‌کند؟
- آیا واسط تحمل خطاهای مرتکب شده را دارد؟
- آیا تعامل ساده هست؟

اگر پاسخ هر کدام از این پرسش‌ها «آری» است، این احتمال هست که قابلیت استفاده، محقق شده باشد.

مزایای قابل سنجش بسیاری که از یک سیستم قابل استفاده به‌دست می‌آید عبارتند از [Don99]: افزایش فروش و رضایت‌مندی مشتری، مزیت رقابتی، نقدهای بهتر در رسانه‌ها، خوش‌نامی، کاهش هزینه‌های پشتیبانی، بهبود بهره وری کاربران نهایی، کاهش هزینه‌های آموزش، کاهش هزینه‌های مستند سازی، کاهش احتمال شکایت از سوی مشتریان ناراضی.

سازگار تعریف و پیاده‌سازی می‌شوند. مندل [Man97] مجموعه‌ای از اصول طراحی را تعریف می‌کند که به سازگارکردن واسط کمک می‌کند:

به کاربر اجازه دهید تا وظیفه کنونی را در زمینه معنی‌دار قرار دهد. بسیاری از واسط‌ها، لایه‌های پیچیده‌ای از تعامل را با ده‌ها تصویر در صفحه‌نمایش پیاده‌سازی می‌کنند. فراهم آوردن نشان‌گرهایی (مثل عناوین پنجره‌ها، آیکون‌های گرافیکی، ترکیب رنگ سازگار) که کاربر را قادر به تشخیص زمینه کاری می‌سازند، مهم است. به‌علاوه، کاربر باید بتواند تعیین کند که از کجا آمده است و برای رفتن به یک وظیفه جدید، چه راه‌هایی در اختیار دارد.

در میان خانواده‌ای از برنامه‌های کاربردی، سازگاری را حفظ کنید. مجموعه‌ای از برنامه‌های کاربردی (یا محصولات) باید با قواعد طراحی یکسان پیاده شود، به قسمی که سازگاری برای همه‌ی تعامل‌ها حفظ شود.

اگر مدل‌های تعامل گذشته انتظارات کاربر را برآورده کرده است، تغییری اعمال نکنید مگر آنکه دلیل قانع‌کننده‌ای برای آن داشته باشید. هنگامی که تعدادی از تعامل خاص به استانداردی غیررسمی تبدیل می‌شود (مثل استفاده از Alt + S برای ضبط فایل)، کاربر انتظار دارد این را در هر نرم‌افزاری ببیند. یک تغییر (مثل استفاده از Alt + S برای تغییر مقیاس) باعث سردرگمی می‌شود.

اصول طراحی مورد بحث در این بخش‌ها و بخش‌های پیشین، راهنمایی برای مهندسی نرم‌افزار به دست می‌دهد. در بخش‌های آینده، خود فرایند طراحی واسط را مورد بحث قرار خواهیم داد.

۱۱-۲ تحلیل و طراحی واسط کاربر

فرایند کلی برای طراحی یک واسط کاربر با ایجاد مدل‌هایی متفاوت از عملکرد سیستم (آن طور که از خارج به نظر می‌رسد) آغاز می‌شود. سپس وظایف انسان و وظایف کامپیوتر برای تحقق عملکرد سیستم، معین می‌شوند؛ مسائل طراحی که در کلیه طراحی‌های واسط کاربرد دارند، در نظر گرفته می‌شود؛ ابزارهایی برای ساخت نمونه‌ی اولیه و سرانجام پیاده‌سازی مدل طراحی به کار می‌روند و نتیجه از نظر کیفیت ارزیابی می‌شود.

۱۱-۲-۱ مدل‌های تحلیل و طراحی واسط

هنگام طراحی واسط کاربر، چهار مدل متفاوت باید در نظر گرفته شود، مهندس نرم‌افزار یک مدل طراحی ایجاد می‌کند، یک مهندس انسانی (یا مهندس نرم‌افزار) *مدل کاربر* را می‌سازد، مهندس نرم‌افزار یک *مدل طراحی* ایجاد می‌کند، کاربر نهایی یک تصویر ذهنی ایجاد می‌کند که غالباً *مدل ذهنی* یا *ادراک* سیستم خوانده می‌شود و پیاده‌کنندگان سیستم یک *مدل پیاده‌سازی* ایجاد می‌کنند. متأسفانه هر کدام از این مدل‌ها ممکن است با بقیه تفاوت داشته باشد. نقش طراح واسط، آشتی دادن این اختلافات و به‌دست‌آوردن نمایشی سازگار از واسط است.

مدل کاربر، پروفایل کاربران نهایی سیستم را مشخص می‌کند. جف پاتون در خصوص «طراحی کاربر-محور» چنین می‌نویسد [Pat07]:

«اگر کلکی در واسط کاربر باشد، حتماً شکست خواهد خورد»
داگلاس اندرسن

حقیقت این است که، طراحان و سازندگان -از جمله خود من- زیاد به کاربران فکر می‌کنند. ولی در غیاب یک مدل ذهنی قوی از کاربران ویژه، ما خودمان را جای کاربران می‌گذاریم و این «کاربر-محوری» نیست، خودمحوری است.

برای ساخت یک واسط کاربر موثر، «همه‌ی طراحی باید با شناخت کاربران هدف شروع شود که شامل پروفایل سنی، جنسی، توانایی‌های فیزیکی، تحصیلات، زمینه‌های فرهنگی و قومی، انگیزش، اهداف و شخصیت می‌شود» [Shn04]. به‌علاوه، کاربران را می‌توان به‌صورت‌های زیر گروه‌بندی کرد:

- *تازه کار.* فاقد دانش نحوی[1] از سیستم و با اندکی دانش معنایی[2] از برنامه کاربردی یا کامپیوتر به‌طور عام؛
- *کاربران مطلع و متوسط.* با دانش معنایی متعارف از برنامه کاربردی، ولی اطلاعات نحوی نسبتاً پایین درخصوص استفاده از واسط؛
- *کاربران مطلع و دائمی.* دارای دانش معنایی و نحوی خوبی که غالباً منجر به «سندرم کاربران قوی» می‌شود، یعنی افرادی به دنبال میانبر و کوتاه کردن راه‌های تعامل می‌گردند.

اندرز

حتی یک کاربر تازه کار نیز خواهان میانبر است؛ حتی کاربران آگاه و آزموده نیز گاهی به راهنمایی نیاز دارند. آنچه را که نیاز دارند به آنها بدهید.

مدل ذهنی کاربر (ادراک سیستم)، تصویری از سیستم است که کاربر نهایی در ذهن خود دارد. برای مثال، اگر از کاربر یک واژه‌پرداز خاص، خواسته می‌شد که عمل آن واژه‌پرداز را توصیف کند، برداشت سیستم، راهنمایی برای پاسخ به این پرسش می‌بود. صحت توصیف، بستگی به سابقه کاربر (مثلاً تازه‌کاران در بهترین حالت یک پاسخ ناقص می‌دادند) و آشنایی کلی با نرم‌افزار در دامنه کاربرد دارد. اگر کاربری واژه‌پردازها را کاملاً بشناسد، ولی با واژه‌پرداز خاصی فقط یک بار کار کرده باشد، توصیفی که ارائه می‌کند، نسبت به کاربر تازه‌کاری که یک هفته با این واژه‌پرداز کار کرده است، کامل‌تر است.

نکته‌ی کلیدی

مدل ذهنی کاربر به چگونگی ادراک کاربر از واسط و اینکه آیا UI نیازهای کاربر را برآورده می‌سازد، شکل می‌دهد.

مدل پیاده‌سازی، نمای خارجی سیستم کامپیوتری (ظاهر و نمای واسط) را با اطلاعات پشتیبان (کتب، جزوات راهنما، نوارهای ویدیویی، فایل‌های راهنما) ترکیب کرده ساختار نحوی و واسط معنایی سیستم را توصیف می‌کند. هنگامی که تصویر سیستم و برداشت از سیستم بر هم انطباق یابند، کاربران احساس راحتی کرده از نرم‌افزار به‌طور اثربخش استفاده می‌کنند. برای دستیابی به این ترکیب از مدل‌ها، مدل طراحی باید طوری توسعه یافته باشد که اطلاعات موجود در مدل کاربر را در خود جای دهد و تصویر سیستم باید اطلاعات معنایی و نحوی مربوط به واسط را به‌درستی منعکس کند.

مدل‌های توصیف شده در این بخش «چکیده‌ای هستند از آن چیزی که کاربر دارد انجام می‌دهد یا تصور می‌کند که در حال انجام دادن آن است، یا چکیده‌ای از چیزی است که کاربری تصور می‌کند باید هنگام استفاده از سیستم تعاملی انجام دهد.» [Mon84] در اصل، این مدل‌ها، طراح واسط را قادر می‌سازند که یک عنصر کلیدی از مهمترین اصل طراحی واسط کاربر را برآورده سازد: «شناخت کاربر، شناخت وظایف».

نه به آنچه که کاربران انجام می‌دهند، توجه کنید به آنچه که می‌گویند.

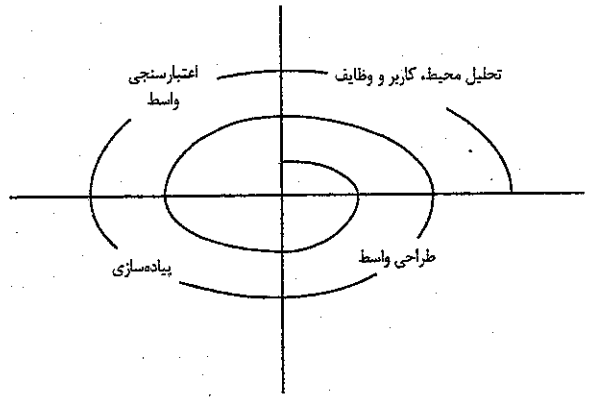
یاکوب نیلسن

[1] در این حیطه، منظور از *دانش نحوی* مکانیک تعاملی است برای استفاده ی اثربخش از واسط مورد نیاز است.

[2] منظور از *دانش معنایی* درک زیربنایی از کاربرد است، یعنی درک وظایفی که به انجام می‌رسد، معنای ورودی و خروجی و اهداف و مقاصد سیستم.

۲-۲-۱۱ فرایند

فرایند طراحی و تحلیل واسط‌های کاربر، طبیعتی تکراری دارد و با استفاده از مدل مارپیچی مشابه با آنچه که در فصل ۲ بحث شد، قابل ارائه است. رجوع به شکل ۱-۱۱ نشان می‌دهد که فرایند تحلیل و طراحی واسط کاربر از درون مارپیچ آغاز می‌شود و شامل چهار فعالیت چارچوبی متمایز می‌شود [Man97]: (۱) تحلیل و مدل‌سازی واسط، (۲) طراحی واسط (۳) پیاده‌سازی واسط (۴) اعتبارسنجی واسط. مارپیچ شکل ۱-۱۱ نشان می‌دهد که هر یک از وظایف بالا بیش از یک بار رخ می‌دهند و با هر بار دور زدن مارپیچ، خواسته‌های بیشتری آشکار می‌شود. در اکثر موارد، فعالیت پیاده‌سازی شامل ساخت نمونه‌ی اولیه - یعنی تنها راه عملی برای اعتبارسنجی آنچه که طراحی شده است - می‌شود.



شکل ۱-۱۱ فرایند طراحی واسط کاربر.

در *تحلیل واسط*، سابقه کاربرانی کانون توجه قرار می‌گیرد که با سیستم تعامل می‌کنند. سطح مهارت، شناخت تجارت و پذیرش سیستم ثبت می‌شود و گروه‌های کاربر متفاوت، تعریف می‌شوند. خواسته‌های هر یک از گروه‌های کاربران مشخص می‌شود. در اصل، مهندس نرم‌افزار کوشش می‌کند تا برداشت سیستم را برای هر طبقه از کاربران بشناسد (بخش ۱-۲-۱۱).

هنگامی که خواسته‌های کلی معین شد، تحلیل مفصل‌تری از وظایف اجرا می‌شود. آن دسته از وظایفی که کاربر انجام می‌دهد تا به اهداف سیستم دست پیدا کند، توصیف و پیاده‌سازی می‌شوند (البته با چند دور تکرار در مارپیچ). تحلیل وظایف را به طور مفصل‌تر در بخش ۳-۱۱ مورد بحث قرار می‌دهیم. سرانجام، در تحلیل محیط کاربر، محیط کار فیزیکی است که کانون توجه قرار می‌گیرد. از جمله پرسش‌هایی که باید مطرح شوند، عبارتند از:

- واسط از نظر فیزیکی در کجا قرار داده خواهد شد؟
- آیا کاربر به حالت نشسته کار می‌کند یا ایستاده، یا کارهای دیگری انجام می‌دهد که با واسط بی‌ارتباط هستند؟
- آیا سخت‌افزار واسط محدودیت‌های جا، نور و سروصدا را در برمی‌گیرد؟
- آیا ملاحظات خاصی درباره عوامل انسانی وجود دارد که عوامل محیطی سبب آنها بوده باشد؟

«بهترین تجزیه کاربر طراحی شود تا اینک اصلاح شود.»

جان میدر

هنگامی که طراحی UI را آغاز می‌کنیم، درباره محیط چه باید بدانیم؟

اطلاعاتی که به‌عنوان بخشی از فعالیت تحلیل جمع‌آوری شده‌است، جهت ایجاد مدل تحلیل برای واسط به کار می‌رود. با استفاده از این مدل به‌عنوان مبنا، فعالیت طراحی شروع می‌شود.

هدف *طراحی واسط*، تعریف یک مجموعه از اشیا و عملیات واسط (و نمایش آنها در صفحه‌نمایش) است که کاربر را قادر به انجام کلیه وظایف تعریف شده می‌سازد، به طوری که همه‌ی اهداف قابلیت استفاده را برای یک سیستم برآورده سازد. درباره طراحی واسط به تفصیل بیشتر در بخش ۴-۱۱ بحث خواهیم کرد.

ساخت واسط معمولاً با ایجاد یک نمونه‌ی اولیه آغاز می‌شود که ارزیابی سناریوهای به‌کارگیری واسط را امکان‌پذیر می‌سازد. به موازاتی که فرایند طراحی تکراری ادامه می‌یابد، می‌توان از یک کیت‌ابزار واسط (بخش ۵-۱۱) برای کامل کردن ساختار واسط استفاده کرد.

اعتبارسنجی واسط بر این موارد تأکید دارد: (۱) توانایی واسط در پیاده‌سازی کلیه وظایف، انجام تمام وظایف و دستیابی به کلیه خواسته‌های عمومی کاربر؛ (۲) میزان سهولت استفاده و فراگیری واسط، و (۳) تلقی کاربران از واسط به‌عنوان یک ابزار مفید در کارهای آنها.

چنان که قبلاً نیز گفته شد، فعالیت‌های توصیف شده در این بخش به‌صورت تکراری رخ می‌دهند. بنابراین، نیازی به مشخص‌کردن همه‌ی جزئیات در همان گذر نخست (برای مدل تحلیل یا طراحی) نیست. با گذرهای بعدی از فرایند، جزئیات وظایف، اطلاعات طراحی و ویژگی‌های عملیاتی واسط بیشتر مشخص می‌شود.

۳-۱۱ تحلیل واسط[1]

یک اصل کلیدی در تمامی مدل‌های فرایند مهندسی نرم‌افزار این است: *درک مسأله قبل از این که اقدام به طراحی راهکار کنید*. در مورد طراحی واسط کاربر، درک مسأله به معنای شناخت (۱) افرادی (کاربران نهایی) است که از طریق واسط با سیستم تعامل می‌کنند، (۲) وظایفی که کاربران نهایی باید انجام دهند تا کار پیش برود، (۳) محتویاتی که به‌عنوان بخشی از واسط عرضه می‌شود و (۴) محیطی که این وظایف در آن اجرا خواهد شد. در بخش‌هایی که به دنبال خواهد آمد، هر کدام از این عناصر تحلیل واسط را به هدفِ بنانهادن بستری مستحکم برای وظایف طراحی آتی بررسی خواهیم کرد.

۱-۳-۱۱ تحلیل کاربران

عبارت «واسط کاربر» احتمالاً تنها توجیهی است که برای صرف زمان جهت شناخت کاربر قبل از پرداختن به موارد فنی لازم است. پیش از این گفتیم که هر کاربر، تصویری ذهنی از نرم‌افزار دارد که ممکن است با تصویر ذهنی سایر کاربران تفاوت داشته باشد. به‌علاوه، تصویر ذهنی کاربر ممکن است تفاوتی گسترده با مدل طراحی مهندس نرم‌افزار داشته باشد. تنها راه برای همگراکردن این تصویر ذهنی و مدل طراحی، این است که خود کاربران و نیز شیوه استفاده‌ی آنها از سیستم را درک کنید. اطلاعات به‌دست آمده از منابع گوناگون را می‌توان برای نیل به این مقصود به کاربرد:

[1] منطقی است که این بخش در فصل های ۵، ۶ یا ۷ آورده شود زیرا مسائل مربوط به تحلیل خواسته‌ها در آن فصل‌ها مطرح شد. ولی آن را در اینجا آوردیم چون تحلیل واسط و طراحی واسط ارتباطی تنگاتنگ با هم دارند و مرز میان این دو چندان مشخص نیست.

مصاحبه با کاربران. در مستقیم‌ترین روش، اعضای تیم نرم‌افزاری با کاربران نهایی ملاقات می‌کنند تا نیازها، انگیزش‌ها، فرهنگ کاری ایشان و بسیاری از مسائل دیگر را درک کنند. این هدف از طریق جلسات یک به یک یا گروه‌های کانونی (focus group) قابل حصول است.

ورودی فروش. کارمندان بخش فروش به‌صورت مرتب با کاربران ملاقات می‌کنند و می‌توانند اطلاعاتی جمع‌آوری کنند که به تیم نرم‌افزاری کمک می‌کند تا کاربران را گروه‌بندی کنند و خواسته‌های آنها را بهتر بشناسند.

ورودی بازاریابی. تحلیل بازار در تعریف بخش‌های مختلف بازار و درک اینکه هر کدام از این بخش‌ها چگونه از نرم‌افزار به شیوه‌هایی با تفاوت‌های ظریف استفاده می‌کنند، می‌تواند بسیار ارزشمند باشد.

ورودی پشتیبانی. صحبت‌های روزمره‌ی کارمندان بخش پشتیبانی با کاربران. این صحبت‌ها محتمل‌ترین منبع اطلاعات درباره مواردی است که به دنبال می‌آید: چیزهایی که کار می‌کنند و چیزهایی که کار نمی‌کنند، کاربران چه چیزهایی را دوست دارند و چه چیزهایی را دوست ندارند، چه ویژگی‌هایی تولید اشکال می‌کنند و استفاده از چه ویژگی‌هایی آسان است.

مجموعه پرسش‌های زیر، برگرفته‌شده از [Hac98]، شما را در شناخت بهتر کاربران سیستم یاری می‌دهد:

- آیا کاربران، افراد حرفه ای، فنی، کارمند یا کارگر تولید هستند؟
- کاربر متوسط از چه سطح تحصیلات برخوردار است؟
- آیا کاربران قادر به فراگیری از مطالب کتبی هستند یا تمایل به آموزش‌های کلاسی را از خود نشان داده‌اند؟
- آیا کاربران، تایپیست حرفه‌ای هستند یا از صفحه کلید خوششان نمی‌آید؟
- گستره سنی جامعه‌ی کاربران چگونه است؟
- آیا یک جنس (مونث یا مذکر) در میان کاربران غالب است؟
- شیوه پاداش‌دهی به کاربران برای آنچه انجام می‌دهند، چگونه است؟
- آیا کاربران در ساعات عادی کار می‌کنند یا آن قدر کار می‌کنند تا وظیفه‌شان را به‌انجام برسانند.
- آیا قرار است نرم‌افزار بخشی از کار روزمره کاربران باشد یا فقط هر از چندگاهی از آن استفاده خواهند کرد؟
- زبان اصلی که کاربران به آن تکلم می‌کنند، چیست؟
- اگر کاربری هنگام استفاده از سیستم، مرتکب خطا شود، پیامدهای آن چه خواهد بود؟
- آیا کاربران در موضوع کار سیستم کارشناس هستند؟
- آیا کاربران مایل هستند درباره فن‌آوری‌ای که ورای واسط قرارداد، اطلاعات داشته باشند؟

هنگامی که به این پرسش‌ها پاسخ داده شود، به هویت کاربران خود پی خواهید برد؛ خواهید دانست چگونه می‌توان در آنها ایجاد انگیزه کرد و محیط کار را برای آنها دلپذیر ساخت و چگونه آنها را در دسته‌های متفاوت کاربری گروه‌بندی کرد، مدل ذهنی آنها از سیستم چیست و واسط کاربر را چگونه می‌توان مشخص کرد به‌طوری که نیازهای آنها را برآورده سازد.

چگونه دریابیم که کاربر چه انتظاری از واسط دارد؟

اندرز

پیش از هر چیز، زمانی را صرف صحبت کردن با کاربران واقعی کنید، ولی مراقب باشید. یک ایده‌ی قوی الزاماً به این معنی نیست که اکثریت کاربران با آن موافق باشند.

نکته‌ی کلیدی

درباره‌ی جمعیت‌شناسی و خصوصیات کاربران نهایی چه می‌دانیم؟

۲-۳-۱۱ مدل‌سازی و تحلیل وظایف

هدف تحلیل وظایف، پاسخ دادن به پرسش‌های زیر است:

- کاربر در شرایط خاص چه کاری انجام می‌دهد؟
- همچنان که کاربر، کارش را انجام می‌دهد چه وظایف یا زیروظایفی انجام می‌شود؟
- کاربر هنگام انجام کار، کدام اشیای مربوط به دامنه‌ی مسأله‌ی خاص را دستکاری خواهد کرد؟
- ترتیب انجام وظایف کاری (جریان کار) چیست؟
- سلسله مراتب وظایف چیست؟

نکته‌ی کلیدی

هدف کاربر، انجام یک یا چند وظیفه از طریق UI است. برای این منظور، UI باید سازوکارهایی فراهم سازد که به کاربر امکان دهد تا به اهداف خود دست پیدا کند.

برای پاسخ گفتن به این پرسش‌ها، باید فنونی را به کار بگیرید که قبلاً در این کتاب بحث شد، ولی در این مورد، فنون ذکر شده برای واسط کاربر استفاده می‌شوند.

use caseها. در فصل‌های قبل آموختید که use case، شیوه‌های تعامل کنش‌گر (در حیطه‌ی طراحی واسط، کنش‌گر همواره انسان است) با سیستم را توصیف می‌کند. use case، در صورت استفاده به‌عنوان بخشی از تحلیل وظایف، طوری توسعه داده می‌شود که چگونگی انجام وظایف خاص توسط کاربر نهایی را نشان دهد. در اکثر موارد، use case به سبکی غیررسمی (در یک پاراگراف ساده) و از زبان اول شخص نوشته می‌شود. برای مثال، فرض کنید که یک شرکت نرم‌افزاری کوچک می‌خواهد یک سیستم طراحی به‌کمک کامپیوتر (CAD) بسازد که به صراحت برای طراحان داخلی کاربرد دارد. برای درک بهتر چگونگی انجام کار توسط طراحان داخلی از آنها خواسته می‌شود تا یک وظیفه‌ی طراحی خاص را توصیف کنند. وقتی از طراح داخلی پرسیده می‌شود: «چطور تصمیم می‌گیری که اثاثیه یک اتاق را کجا قرار دهی؟» او use case زیر را می‌نویسد:

> برای شروع، نقشه‌ی پلان اتاق را می‌کشم و ابعاد و موقعیت قرار گرفتن پنجره‌ها و درها را مشخص می‌کنم. نوری که از بیرون وارد اتاق می‌شود، برای من خیلی اهمیت دارد و همچنین نمای بیرونی پنجره‌ها (اگر نمای زیبایی باشد، می‌خواهم توجه را به آن جلب کنم)؛ و نیز طول دیوارهای بدون حائل و بالاخره جریان حرکت در اتاق. سپس به فهرست اثاثیه مشتری و اثاثیه‌ای که خودم انتخاب کرده‌ام، نگاه می‌کنم —میزها، صندلی‌ها، کاناپه‌ها، کابینت‌ها، و اثاثیه‌ای که خودم انتخاب کرده‌ام، فهرستی از اشیای تزئینی —لامپ‌ها، قالیچه‌ها، نقاشی‌ها، مجسمه‌ها، گیاهان، قطعات کوچکتر یادداشت‌هایی درخصوص خواسته‌های خاص مشتری برای قرار دادن اشیا. سپس هر آیتم را با استفاده از قالبی که در مقیاس نقشه پلان رسم شده است، از فهرست هایم ترسیم می‌کنم. هر آیتمی را که رسم می‌کنم نشان گذاری می‌کنم و از مداد استفاده می‌کنم چون همیشه جای اشیا را تغییر می‌دهم. چند وضعیت متفاوت برای قرار دادن هر کدام در نظر می‌گیرم و سپس بهترین آنها را انتخاب می‌کنم. بعد نمایی سه بعدی (راندو شده) از اتاق رسم می‌کنم تا مشتری از ظاهر و نمای اتاق تصویری به‌دست آورد.

این use case، توصیفی پایه‌ای از یک وظیفه کاری مهم برای سیستم «طراحی به‌کمک کامپیوتر» به‌دست می‌دهد که از آن می‌توانید وظایف، اشیا، و جریان کلی تعامل را استخراج کنید. به‌علاوه، سایر ویژگی‌های سیستم که طراح داخلی را خشنود می‌سازد نیز ممکن است لحاظ شود. برای مثال، یک عکس دیجیتالی از نمای بیرونی هر پنجره ممکن است گرفته شود. هنگامی که وضعیت اتاق مشخص شد، نمای خارجی هر پنجره را می‌توان مشاهده کرد.

SafeHome

UIها برای طراحی usecase

صحنه: کابین وینود، ادامه طراحی واسط کاربر.

نقش‌آفرینان: وینود و جیمی، اعضای تیم نرم‌افزاری *SafeHome*

گفتگو:

جیمی: با واسطمان در بخش بازاریابی تماس گرفتم و از او خواستم برای واسط پایش یک use case بنویسد.

وینود: از دیدگاه چه کسی؟

جیمی: صاحبخانه. مگر کس دیگری هم هست؟

وینود: نقش مدیر سیستم هم هست که حتی اگر صاحبخانه عهده‌دار آن باشد، دیدگاه متفاوتی است. «مدیر» سیستم را پیکربندی می‌کند، وضعیت اجزای آن را مشخص می‌کند، چیدمان نقشه‌ی پلان را تعیین می‌کند، محل قرار گرفتن دوربین‌ها را معین می‌کند.

جیمی: تنها کاری که ازش خواستم، این بود که نقش صاحبخانه را بازی کند که مثلاً دارد ویدیوها را ببیند.

وینود: خوب است. این یکی از رفتارهای اصلی است که واسط قابلیت پایش باید داشته باشد، ولی ما باید رفتار مدیر را هم بررسی کنیم.

جیمی (آشفته): درست می‌گویی.

[جیمی بیرون می‌رود که واسط بازاریابی را پیدا کند و چند ساعت بعد برمی‌گردد]

جیمی: خوشحالم بودم که او را پیدا کردم و با هم روی use case مدیر سیستم کار کردیم. اساساً می‌خواهیم «مدیر» را به‌عنوان یک قابلیت عملیاتی تعریف کنیم که در همه‌ی قابلیت‌های عملیاتی *SafeHome* قابل استفاده باشد. نتیجه‌ای که گرفتیم، این بود.

[جیمی use case غیررسمی زیر را به وینود نشان می‌دهد]

use caseهای غیررسمی: باید بتوانم چیدمان سیستم را در هر زمان که بخواهم پیکربندی کنم یا تغییر دهم. هنگامی که سیستم را پیکربندی می‌کنم، قابلیت عملیاتی با عنوان «مدیر» سیستم را انتخاب کنم که از من می‌پرسد آیا می‌خواهم پیکربندی جدیدی انجام دهم یا یک پیکربندی موجود را ویرایش کنم. اگر پیکربندی جدیدی را انتخاب کنم، سیستم یک صفحه ترسیم به نمایش در آورد که به کمک آن بتوانم نقشه پلان را روی یک شبکه شطرنجی رسم کنم. وجود آیکون‌هایی برای دیوارها، پنجره‌ها و درها، کار ترسیم را آسان می‌سازد. کافی است آیکون را به اندازه لازم امتداد دهم. سیستم، طول‌ها را برحسب متر و فوت نشان خواهد داد. (بتوانم سیستم اندازه گیری را انتخاب کنم.) بتوانم از کتابخانه حس‌گرها و دوربین‌ها، مورد دلخواه را انتخاب کنم و آنها را در نقشه پلان قرار دهم. بتوانم تنظیمات حس‌گرها و دوربین‌ها را از منوهای مناسب انجام دهم. اگر حالت ویرایش را انتخاب کنم، بتوانم دوربین‌ها یا حس‌گرها را جابه جا کنم، دوربین‌ها یا حس‌گرهای جدید اضافه کنم یا اشیای موجود را حذف کنم. نقشه پلان را ویرایش کنم و تنظیمات حس‌گر و دوربین‌ها را اصلاح کنم. در هر حال، انتظار دارم سیستم، سازگاری‌ها را چک کند و مرا در پرهیز از خطا یاری دهد.

وینود (پس از خواندن سناریو): خوب است. احتمالاً الگوهای طراحی مفید [فصل ۱۲] یا مولفه‌های قابل استفاده‌ی مجدد برای GUIهای برنامه ترسیم موجود باشند. شک ندارم که می‌توانیم بخشی از واسط «مدیر» یا قسمت زیادی از آن را پیاده‌سازی کنیم.

جیمی: موافقت شد. من یک نگاهی به آن می‌کنم.

پرداختن به جزئیات وظایف. در فصل ۸، تشریح مرحله‌ای (یا تجزیه عملیاتی یا پالایش مرحله‌ای) را به‌عنوان راهکاری برای پالایش وظایف پردازشی مورد بحث قرار دادیم که برای دستیابی نرم‌افزار به یک عملکرد مطلوب، لازم‌اند. بعداً در این کتاب، تحلیل شیء‌گرا را به‌عنوان یک روش مدل‌سازی برای سیستم‌های کامپیوتری مورد بحث قرار خواهیم داد. در تحلیل وظایف مربوط به طراحی واسط، برای کمک به درک فعالیت‌های انسانی که واسط کاربر باید به آنها پاسخ‌گو باشد، از یک رویکرد تشریحی یا شیء‌گرا استفاده می‌شود.

تحلیل وظایف را به دو شیوه می‌توان اجرا کرد. چنان‌که پیش از این نیز گفتیم، یک سیستم کامپیوتری تعاملی به جای فعالیت‌های دستی یا نیمه دستی به کار می‌رود. برای درک وظایفی که باید اجرا شوند تا هدف فعالیت برآورده شود، مهندس نیروی انسانی باید وظایفی را بشناسد که انسان‌ها در حال حاضر انجام می‌دهند (هنگام استفاده از یک روش دستی) و سپس آنها را در یک مجموعه مشابه (ولی نه الزاماً همسان) از وظایف که در زمینه واسط کاربر پیاده‌سازی می‌شود، نگاشت کند. به طریق دیگر، مهندس نیروی انسانی می‌تواند مشخصه‌ی موجود برای راهکار کامپیوتری را مطالعه کند و مجموعه‌ای از وظایف کاربر را به دست آورد که مدل کاربر، مدل طراحی و برداشت از سیستم را در بر گیرد.

روش کلی تحلیل وظایف هر چه که باشد، مهندس نیروی انسانی باید ابتدا وظایف را تعریف و طبقه‌بندی کند. پیش از این متذکر شدیم که یک روش، تلاشی مرحله‌ای است. برای مثال، فرض کنید که یک شرکت نرم‌افزاری کوچک می‌خواهد یک سیستم طراحی کامپیوتری را برای طراحان داخلی بسازد. مهندس با مشاهده یک طرح داخلیِ در حال کار، متوجه می‌شود که طراحی داخلی از چند فعالیت اصلی تشکیل شده است: چیدن اثاثیه، انتخاب مواد و اجناس، انتخاب پوشش برای درها و پنجره‌ها، ارائه (به مشتری)، تعیین هزینه‌ها و خرید. هر یک از این وظایف اصلی را می‌توان به چند وظیفه فرعی تقسیم کرد. برای مثال، با استفاده از اطلاعات موجود در use case چیدن اثاثیه را می‌توان به وظایف زیر پالایش کرد: (۱) ترسیم طرح کف اتاق براساس ابعاد؛ (۲) قراردادن پنجره‌ها و درها در مکان‌های مناسب؛ (۳الف) استفاده از قالب‌های اثاثیه برای رسم آنها در مقیاس طرح کف اتاق؛ (۳ب) استفاده از قالب‌های تاکیدی برای رسم آنها در مقیاس طرح کف اتاق؛ (۴) جابجا کردن طرح اثاثیه‌ها برای رسیدن به بهترین حالت؛ (۵) نشانه‌گذاری طرح کلیه اثاثیه؛ (۶) رسم ابعاد برای نشان دادن موقعیت‌ها (۷) رسم نمای پرسپکتیو برای مشتری. برای هر یک از وظایف اصلی دیگر نیز می‌توان از روشی مشابه استفاده کرد.

وظایف فرعی ۱ تا ۷ را می‌توان باز هم پالایش کرد. وظایف فرعی ۱ تا ۶ با دستکاری اطلاعات و اجرای عملیات در واسط کاربر اجرا خواهند شد. از طرفی دیگر، وظیفه فرعی ۷ را می‌توان به طور خودکار در نرم‌افزار اجرا کرد که با کاربر تعامل دارد[1]. مدل طراحی واسط باید هر یک از این وظایف را به شیوه‌ای اسکان دهد که با مدل کاربر (سابقه یک طراحی داخلی «معمولی») و برداشت سیستم (آنچه که طراح از یک سیستم خودکار انتظار دارد)، سازگار باشد.

اندرز

پرداختن به جزئیات وظایف کاملاً مفید است، ولی می‌تواند خطرناک هم باشد. فقط به صرف اینکه جزئیات یک وظیفه را تعیین کرده‌اید، نمی‌توانید فرض کنید که راه دیگری برای انجام آن وجود ندارد و راه دیگر هنگامی انتخاب می‌شود که UI پیاده‌سازی می‌شود.

[1] به‌هرحال، ممکن است چنین نباشد. طراح داخلی ممکن است بخواهد پرسپکتیو را که قرار است ترسیم گردد، کاربرد رنگ‌ها، و سایر اطلاعات را مشخص سازد. پرونده کاربرد مرتبط با پرداخت ترسیم پرسپکتیو، اطلاعات مورد نیاز برای پرداختن به این وظیفه را فراهم می‌سازد.

پرداختن به جزئیات اشیا. به‌جای توجه به وظایفی که کاربر باید انجام دهد، می‌توانید استفاده از use case و سایر اطلاعات به‌دست آمده از کاربر را بررسی کنید و اشیای فیزیکی مورد استفاده در طراحی داخلی را استخراج کنید. این اشیا را می‌توان در قالب چند کلاس گروه‌بندی کرد. صفحات هر کلاس تعریف می‌شود و با انجام ارزیابی کنش‌های هر شیء، فهرستی از عملیات‌ها تهیه می‌شود. برای مثال، قالب اثاثیه را می‌توان به کلاسی به نام **Furniture** با صفاتی از قبیل location size shape و غیره تبدیل کرد. طراح داخلی، شیء را از کلاس **Furniture** انتخاب می‌کند، آن را به مکانی در نقشه پلان (شیء دیگری در این حیطه) منتقل می‌کند، طرح‌بندی اثاثیه را ترسیم می‌کند و ... وظایف *انتخاب کردن*، *منتقل ساختن و رسم کردن*، عملیات به شمار می‌روند. مدل تحلیلی واسط کاربر برای هر کدام از این عملیات‌ها یک پیاده‌سازی لفظی (literal) فراهم نمی‌آورد. ولی با افزوده شدن بر جزئیات طراحی، جزئیات هر کدام از عملیات‌ها تعیین می‌شود.

تحلیل جریان کاری. هنگامی که تعدادی کاربر متفاوت، هر یک در نقشی متفاوت، از یک واسط کاربر استفاده می‌کند، گاهی ضرورت پیدا می‌کند که از تحلیل وظایف و پرداختن به جزئیات اشیا فراتر رفته، تحلیل جریان کاری را نیز اعمال کنیم. به کمک این تکنیک، می‌توانید چگونگی به انجام رسیدن یک فرایند کاری را در صورت وجود چند نفر (و چند نقش) درک کنید. شرکتی را در نظر بگیرید که می‌خواهد پیچیدن و تحویل نسخه‌های دارو را به‌طور کامل خودکار کند. کل فرایند[1] حول یک برنامه‌ی تحت وب دور می‌زند که پزشکان، داروسازان و بیماران به آن دستیابی دارند. جریان کاری را می‌توان به‌طور موثر با یک نمودار بخش‌بندی UML (که شکل دیگری از نمودار فعالیت‌هاست) نمایش داد.

ما فقط بخش کوچکی از فرایند کاری را در نظر می‌گیریم: وضعیتی که در آن بیمار درخواست پیچیدن نسخه می‌کند. شکل ۲-۱۱ نمودار بخش‌بندی را نشان می‌دهد که وظایف و تصمیم گیری‌های مربوط به هر کدام از سه نقش ذکر شده‌ی قبلی را مشخص می‌سازد. این اطلاعات ممکن است از طریق مصاحبه یا از طریق use case های نوشته شده توسط هر کدام از کنش‌گران استخراج شده باشند. در هر حال، جریان رویدادها (که در شکل نشان داده شده است) شما را قادر می‌سازد تا چند خصوصیت مهم واسط را شناسایی کنید:

۱. هر کاربر، وظایف متفاوت را از طریق واسط پیاده‌سازی می‌کند؛ بنابراین، شکل ظاهری واسط طراحی‌شده برای بیمار با شکل ظاهری واسط طراحی شده برای داروساز یا پزشک متفاوت خواهد بود.
۲. طراحی واسط برای داروسازان و پزشکان باید دستیابی به اطلاعات از منابع ثانویه (مثلاً دستیابی به فهرست موجودی برای داروساز و دستیابی به اطلاعات مربوط به خواص دارویی برای پزشک) و به نمایش درآوردن این اطلاعات امکان‌پذیر باشد.
۳. بسیاری از فعالیت‌های نشان داده شده در نمودار بخش‌بندی را باز هم می‌توان با استفاده از تشریح اشیا و/یا تحلیل وظایف، ریزتر کرد و جزئیات بیشتری به آنها افزود (مثلاً Fill prescription می‌تواند به معنای تحویل سفارش پستی، بازدید از داروخانه یا بازدید از یک مرکز توزیع دارو باشد).

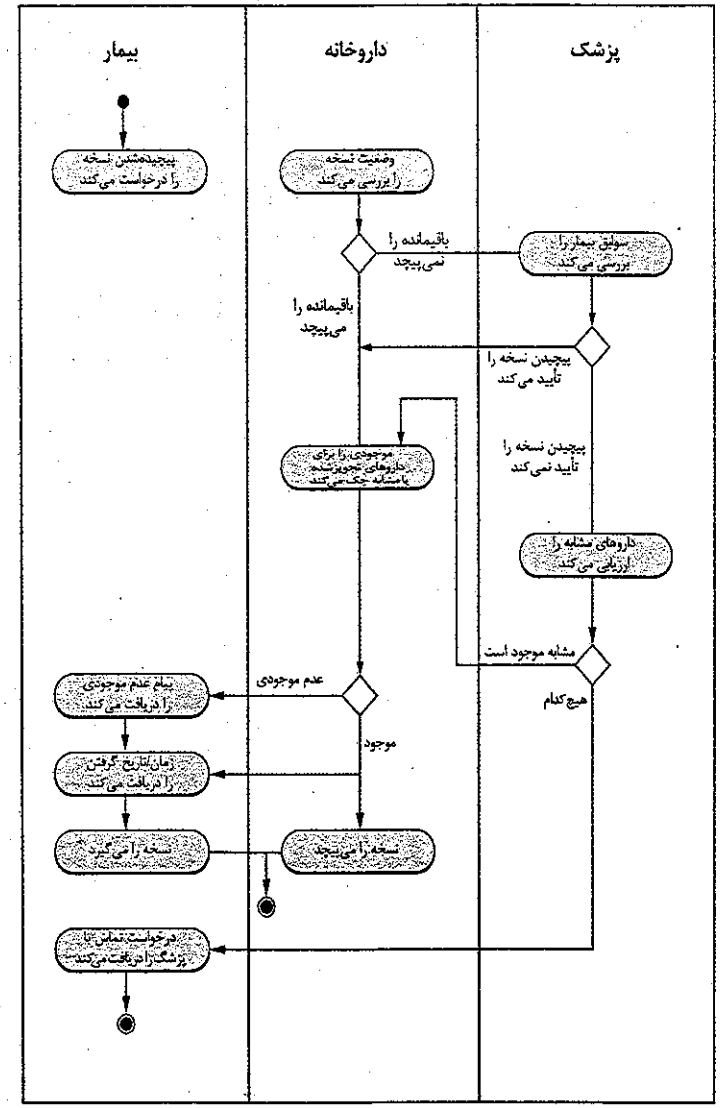
اندرز

گرچه پرداختن به جزئیات اشیا مفید است، نباید از آن به‌عنوان رویکردی قانع‌به‌ذات استفاده کرد. هنگام تحلیل وظایف، *صدای کاربر* نیز باید در نظر گرفته شود.

«به‌مراتب بهتر است فن‌آوری را بر کاربر تطبیق دهیم تا اینکه کاربر را بر فن‌آوری تطبیق دهیم.»

لری مارین

[1] این مثال از [Hac98] برگرفته شده است.



شکل ۲-۱۱ نمودار بخش‌بندی برای وظیفه‌ی پیچیدن نسخه.

نمایش سلسله مراتبی. با شروع تحلیل واسط، فرایند پرداختن به جزئیات رخ می‌دهد. هنگامی که جریان کاری تعیین شد، برای هر نوع کاربر یک سلسله مراتب از وظایف قابل تعریف است. این سلسله مراتب با تشریح مرحله‌ای هر کدام از وظایف شناسایی شده برای کاربر به‌دست می‌آید. برای مثال، سلسله مراتب وظایف و زیروظایف زیر را برای کاربر در نظر بگیرید.

وظیفه کاربر: درخواست برای پیچیدن یک نسخه

- فراهم ساختن اطلاعات هویتی
- مشخص‌کردن نام
- مشخص‌کردن نام کاربری
- مشخص‌کردن PIN و کلمه‌ی عبور
- مشخص‌کردن شماره نسخه
- مشخص‌کردن تاریخی که نسخه باید پیچیده شود.

برای به انجام رساندن این وظیفه، سه وظیفه فرعی تعریف می‌شود. یکی از این وظایف فرعی، یعنی *فراهم ساختن اطلاعات هویتی*، خود شامل سه وظیفه فرعی دیگر می‌شود.

۳-۳-۱۱ تحلیل محتوای صفحه نمایش

وظایف کاربر که در ۲-۳-۱۱ تعریف شدند، به ارائه‌ی انواع متفاوتی از محتوا منجر می‌شوند. برای برنامه‌های کاربردی مدرن، محتوای صفحه نمایش ممکن است از گزارش‌های نوشته شده با کاراکترها (مثلاً صفحات گسترده)، تصاویر گرافیکی (مثلاً بافت نگار، مدل سه بعدی یا تصویری از یک شخص) یا اطلاعات تخصص یافته (مثل فایل‌های صوتی یا تصویری) در تغییر باشد. تکنیک‌های مدل‌سازی تحلیل، که در فصل‌های ۶ و ۷ بحث شدند، اشیای داده‌ای خروجی را مشخص می‌کنند که توسط برنامه کاربردی تولید می‌شوند. این اشیای داده‌ای ممکن است (۱) توسط مولفه‌هایی (نامرتبط با واسط کاربر) در بخش دیگری از برنامه کاربردی تولید شده باشند، (۲) از داده‌های نگهداری شده در بانک اطلاعاتی‌ای به‌دست آیند که از برنامه کاربردی مورد نظر متشر شده باشند.

طی این مرحله از تحلیل واسط، فرمت‌بندی و زیبایی‌شناسی محتوا (آن گونه که توسط واسط به نمایش در می‌آید) مد نظر قرار خواهد گرفت. از جمله پرسش‌هایی که پرسیده و پاسخ داده می‌شوند، عبارتند از

قالب و زیبایی‌شناسی محتوای نمایش داده‌شده به‌عنوان بخشی از UI را چگونه تعیین می‌کنیم؟

- آیا انواع متفاوت داده‌ها به مکان‌های جغرافیایی مناسب در صفحه نمایش نسبت داده می‌شوند (مثلاً عکس‌ها همواره در گوشه‌ی بالا سمت راست ظاهر می‌شوند)؟
- آیا کاربر می‌تواند مکان صفحه نمایش را برای محتوا به سلیقه خود تغییر دهد؟
- آیا همه‌ی محتوا به‌طور مناسب روی صفحه نمایش شناسایی شده‌اند؟
- اگر قرار است گزارش بزرگی ارائه شود، چگونه باید تقسیم‌بندی شود تا بهتر قابل فهم باشد؟
- آیا در خصوص مجموعه‌های بزرگ داده‌ها سازوکارهایی برای حرکت مستقیم به اطلاعات خلاصه‌بندی شده وجود دارد؟
- آیا خروجی گرافیکی طوری مقیاس‌بندی خواهد شد که در مرزهای دستگاه نمایش بگنجد؟
- از رنگ چگونه در بالا بردن درک مطالب استفاده می‌شود؟
- پیام‌های خطا و هشدار چگونه به کاربر عرضه می‌شود؟

پاسخ این پرسش‌ها (و پرسش‌های دیگر) شما را در تعیین خواسته‌ها یاری خواهد داد.

۴-۳-۱۱ تحلیل محیط کار

هاکوس و ردیش [Hac98] اهمیت تحلیل محیط کار را چنین عنوان می‌کنند:

آدم‌ها در انزوا کار نمی‌کنند. آنها از فعالیت‌های اطراف خود، خصوصیات فیزیکی محل کار، نوع تجهیزاتی که به کار می‌برند و روابط کاری خود با دیگران تاثیر می‌پذیرند. اگر محصولاتی که طراحی می‌کنید، برازنده‌ی محیط نباشند، استفاده از آنها ممکن است دشوار یا حتی ناراحت کننده باشد.

در برخی برنامه‌های کاربردی، واسط کاربر برای سیستم‌های کامپیوتری در «مکانی کاربرپسند» (مثلاً نورپردازی مناسب، ارتفاع مناسب برای صفحه نمایش، دستیابی آسان به صفحه کلید) قرار داده می‌شود، ولی در برخی دیگر (مثلاً کف کارخانه یا کابین هواپیما)، نورپردازی ممکن است در حد بهینه نباشد، سروصدا وجود داشته باشد، امکان استفاده از صفحه کلید یا ماوس نباشد، طرز قرار گرفتن صفحه نمایش ایده آل نباشد. طراح واسط ممکن است تحت تاثیر عواملی باشد که سهولت استفاده را محدود می‌سازند.

علاوه بر عوامل محیطی فیزیکی، فرهنگ محیط کار نیز نقشی تعیین کننده دارد. آیا تعامل با سیستم به نوعی سنجیده می‌شود (مثلاً زمان لازم برای هر تراکنش یا صحت هر تراکنش)؟ آیا پیش از فراهم ساختن یک ورودی خاص، دو یا چند نفر باید اطلاعاتی را مشترک داشته باشند؟ این پرسش‌ها و پرسش‌های بسیار دیگر را باید پیش از شروع طراحی واسط پاسخ گفت.

۴-۱۱ مراحل طراحی واسط

هنگامی که تحلیل به پایان رسید، همه‌ی وظایف (یا اشیا و عملیات) مورد نیاز کاربر نهایی، به تفصیل مورد شناسایی قرار گرفته‌اند و فعالیت طراحی واسط شروع می‌شود. طراحی واسط، همانند همه‌ی بخش های طراحی نرم افزار، فرایندی مبتنی بر تکرار است. هر مرحله از طراحی واسط چند دور تکرار می‌شود و در هر دور تکرار، اطلاعات توسعه یافته در مرحله قبل پالایش و بر جزئیات آن افزوده می‌شود.

مدل های فراوانی برای طراحی واسط کاربر پیشنهاد شده است ولی در همه‌ی آنها ترکیبی از مراحل ذیل پیشنهاد می‌شود.

۱. استفاده از اطلاعات به دست آمده طی تحلیل واسط (بخش ۳-۱۱)، تعریف اشیا و کنش‌ها (عملیات‌های واسط).
۲. تعریف راهکارهای کنترلی، یعنی اشیا و عملیات در دسترس کاربر برای تغییردادن حالت سیستم.
۳. به تصویرکشیدن چگونگی تأثیرپذیرفتن حالت سیستم از راهکارهای کنترلی.
۴. نشان دادن چگونگی تفسیر حالت سیستم توسط کاربر با استفاده از اطلاعات به‌دست‌آمده ازطریق واسط.

در برخی موارد، می‌توانید با اتودهایی از هر حالت واسط شروع کنید (یعنی اینکه تحت شرایط گوناگون، واسط چه ظاهری خواهد داشت) و سپس رو به عقب کار کنید تا اشیا، کنش‌ها و سایر اطلاعات طراحی مهم را تعریف نمایید. ترتیب وظایف طراحی، هر چه که باشد، باید (۱) همواره قواعد طلایی بحث شده در بخش ۱-۱۱ را رعایت کنید، (۲) چگونگی پیاده‌سازی واسط را مدل‌سازی کنید و (۳) محیطی را که واسط در آن به کار گرفته می‌شود (مثلاً فن‌آوری صفحه نمایش، سیستم عامل، ابزارهای توسعه) مد نظر داشته باشید.

> «طراحی تعاملی، آمیزه‌ای همگن از هنرهای گرافیکی، فن‌آوری و روان‌شناسی است.»
> **براد وینزر**

۱-۴-۱۱ به کارگیری مراحل طراحی واسط

تعریف اشیا و عملیات واسط یک مرحله‌ی مهم در طراحی واسط، تعریف اشیای واسط و عملیاتی است که در آنها به کار گرفته می‌شوند. برای نیل به این مقصود، سناریوی کاربر تا حدّ زیادی شبیه شرح پردازشی در فصل ۱۲، مورد تجزیه قرار می‌گیرد. یعنی شرحی از سناریوی کاربر نوشته می‌شود. اسمها (اشیا) و فعلها (عملیات) جداسازی می‌شوند تا فهرستی از اشیای عملیات تهیه شود.

هنگامی که اشیا و عملیات تعیین شدند و در چند دور تکرار مورد شرح و تفسیر قرار گرفتند، از نظر نوع، گروه‌بندی می‌شوند. هدف، منبع، و اشیای کاربردی (Application Object) مورد شناسایی قرار می‌گیرد. یک شیء منبع (مثلاً یک آیکن گزارش) کشیده شده (drag) در یک شیء مقصد (مثلاً یک آیکن چاپ) رها می‌شود (drop). پیاده‌سازی این عمل، ایجاد یک گزارش روی کاغذ است. هر شیء کاربردی نشان‌گر داده‌های مشخص کاربردی است که به‌طور مستقیم به‌عنوان بخشی از تعامل با صفحه‌نمایش، دستکاری نمی‌شود. برای مثال برای نگهداری نام و آدرس، از یک فهرست آدرس‌های پستی استفاده می‌شود. خود فهرست ممکن است نگهداری شود، ادغام شود، یا سازمان‌دهی شود (عملیاتی که به کمک منو انجام می‌شوند) ولی از طریق تعامل‌های کاربر، کشیده و رها نمی‌شوند.

هنگامی که به این نتیجه رسیدید که کلیه اشیا و عملیات مهم تعیین شده‌اند (برای یک دور تکرار طراحی)، چیدمان صفحه‌نمایش اجرا می‌شود. برخلاف فعالیت‌های دیگر طراحی واسط، چیدمان واسط یک فرایند تعاملی است که در آن، طراحی گرافیکی و طرز قرار گرفتن آیکون‌ها، تعیین متون توصیفی صفحه‌نمایش، مشخص کردن پنجره‌ها و تعریف عناصر اصلی و فرعی منوها انجام می‌شود. اگر یک استعاره واقعی مناسب برای کاربر موردنظر وجود داشته باشد، در این هنگام مشخص می‌شود و چیدمان به شیوه‌ای سازمان‌دهی می‌شود که این استعاره را در خود جای دهد.

برای روشن کردن مراحل طراحی فوق‌الذکر، یک سناریوی کاربر برای نسخه پیشرفته‌ای از سیستم *SafeHome* در نظر می‌گیریم. در این نسخه پیچیده، *SafeHome* از طریق مودم یا اینترنت قابل دستیابی است. برنامه PC به صاحبخانه اجازه می‌دهد تا وضعیت منزل را از راه دور کنترل کند، پیکربندی *SafeHome* را به حالت اول برگرداند، سیستم را مسلح (arm) یا غیرمسلح (disarm) کند و اتاق‌های منزل را به صورت بصری مورد نظارت قرار دهد.

use case مقدماتی: می‌خواهم به سیستم *SafeHome* نصب‌شده در منزل خود دستیابی داشته باشم. با استفاده از نرم‌افزاری که روی یک PC راه دور قرار دارد (مثلاً یک کامپیوتر کیفی که در سفر یا محل کار خود به همراه دارد) وضعیت سیستم آژیر را تعیین می‌کنم، آن را مسلح یا غیرمسلح می‌کنم، نواحی امنیتی را دوباره پیکربندی می‌کنم و اتاق‌های متفاوت منزل را ازطریق دوربین‌های ویدیویی نصب‌شده مشاهده می‌کنم.

برای دستیابی از محل دور، یک شماره شناسایی و یک کلمه‌ی عبور ارائه می‌دهم. این دو مقدار، سطح دستیابی را تعیین می‌کنند (مثلاً همه‌ی کاربران ممکن است مجاز به پیکربندی دوباره سیستم نباشند) و ایمنی را فراهم می‌آورند. پس از آنکه اعتبار کاربر تأیید شد می‌توانم وضعیت سیستم را با مسلح کردن یا غیرمسلح کردن آن تغییر دهم. کاربر، سیستم را با نمایش یک نقشه پلان از منزل، مشاهده‌ی هر یک از حس‌گرهای امنیتی، به نمایش درآوردن هر یک از مناطق پیکربندی شده فعلی و اصلاح نواحی موردنظر، دوباره پیکربندی می‌کند. کاربر، داخل منزل را از طریق دوربین‌هایی که در محل‌های مهم نصب شده‌اند مشاهده می‌کند. می‌توانم هر یک از دوربین‌ها را زوم کنم و نماهای متفاوتی به‌دست آورم.

براساس use case، وظایف صاحبخانه، اشیا، و آیتم های داده‌ای زیر قابل شناسایی است:

- *دستیابی به سیستم SafeHome*
- *واردکردن یک* **شماره شناسایی و کلمه‌ی عبور** *برای اجازه دستیابی از راه دور*
- **چک کردن وضعیت سیستم**
- *مسلح کردن یا غیرمسلح کردن سیستم*
- *نمایش* **نقشه پلان و مکان حس‌گرها**
- *نمایش* **نواحی** *روی نقشه پلان*
- *تغییر* **نواحی** *روی نقشه پلان*
- *نمایش* **مکان دوربین‌ها** *روی نقشه پلان*
- *انتخاب* **دوربین‌ها** *برای مشاهده*
- *مشاهده* **تصاویر ویدیویی** *(چهار فریم بر ثانیه)*
- *زوم کردن* **دوربین‌ها**

اشیا (حروف ضخیم) و عملیات (حروف ایتالیک) از فهرست وظایف صاحبخانه که در بالا ذکر شد، استخراج می‌شود. اکثر اشیای ذکر شده، اشیای کاربردی‌اند. ولی **video camera lacation** (یک شیء منبع) کشیده می‌شود و روی **video camera** (شیء مقصد) رها می‌شود تا یک **video image** (پنجره‌ای با نمایش ویدیویی) ایجاد گردد.

یک طرح مقدماتی از چیدمان صفحه‌نمایش برای نظارت ویدیویی ایجاد می‌شود (شکل ۳-۱۱)[1]. برای فراخوانی تصویر ویدیویی، یک آیکن مکان دوربین (یک شیء منبع) که در نقشه پلان قرار دارد، در پنجره‌ی پایش انتخاب می‌شود. در این مورد، مکان دوربین در اتاق نشیمن، LR، کشیده می شود روی آیکن دوربین در گوشه بالا سمت چپ صفحه‌نمایش رها می‌شود. پنجره تصویر ویدیویی ظاهر شده، تصاویر زنده را از دوربین موجود در اتاق نشیمن (LR) به نمایش در می‌آورد. از لغزنده‌های Zoom و Pan برای کنترل بزرگ‌نمایی و جهت‌گیری تصویر ویدیویی استفاده می‌شود. برای انتخاب نمای حاصل از یک دوربین دیگر، کافی است کاربر یک آیکن مکان دوربین دیگر را کشیده در آیکن دوربین واقع در گوشه بالا سمت چپ صفحه‌نمایش رها کند.

چیدمان نشان داده شده باید با بسط دادن هر یک از عناصر منوی میله‌ای و نشان دادن عملیاتِ در دسترس برای هر حالت نظارت ویدیویی تکمیل شود. در اثنای طراحی واسط کاربر، مجموعه کاملی از طرح‌ها برای هر یک از وظایف صاحبخانه که در سناریوی کاربر ذکر شد، ایجاد خواهد گردید.

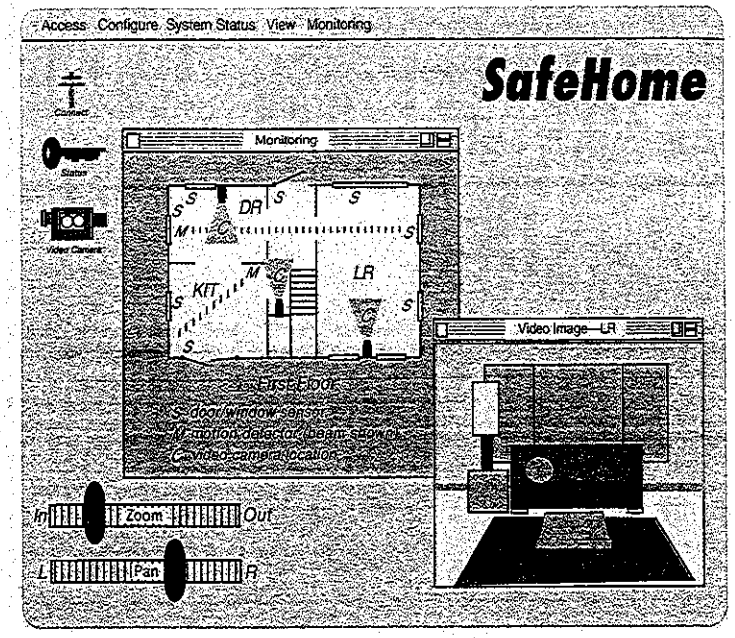
اندرز

گرچه ابزارهای خودکار می‌توانند در تهیه‌ی نمونه‌های اولیه‌ی چیدمان مفید باشند، گاهی مفید و کاغذ تنها چیزی است که لازم می‌شود.

۲-۴-۱۱ الگوهای طراحی واسط کاربر

واسط‌های گرافیکی کاربر چنان متداول شده‌اند که اکنون آرایه گسترده‌ای از الگوهای طراحی برای واسط کاربر پدید آمده‌اند. چنان که پیش‌تر نیز در این کتاب گفته شد، الگوی طراحی، انتزاعی است که برای یک مسأله‌ی طراحی ویژه و با مرزهای معین، راهکاری تجویز می‌کند.

[1] توجه دارید که این تا حدی با پیاده‌سازی این ویژگی‌ها در فصل‌های قبل تفاوت دارد. این را می‌توان به‌عنوان نخستین پیش‌نویس طراحی در نظر گرفت که یکی از راه‌های پیش رو را می‌تواند نشان دهد.



شکل ۳-۱۱ چیدمان صفحه‌نمایش مقدماتی.

مرجع وب

گستره وسیعی از الگوهای طراحی UI پیشنهاد شده است. برای معرفی آنها سایت www.hcipattern.org را ببینید.

به‌عنوان مثالی از مسأله‌ی طراحی واسط که به وفور مشاهده می‌شود، وضعیتی را در نظر بگیرید که کاربر در آن باید یک یا چند تاریخ تقویمی را، گاهی از ماه‌های قبل، وارد کند. راهکارهای بسیاری برای این مسأله ساده وجود دارد و چند الگوی متفاوت قابل پیشنهاد است. لاکسو [Laa00] الگویی به‌نام Calendar Strip (نوار تقویمی) را پیشنهاد می‌کند که تقویمی پیوسته با قابلیت جابه‌جایی تولید می‌کند که در آن، تاریخ فعلی برجسته است و تاریخ‌های آینده را می‌توان با انتخاب آنها از تقویم برگزید. استعاره‌ی تقویم نزد هر کاربری شناخته شده است و سازوکاری موثر برای قرار دادن تاریخ آینده در حیطه فراهم می‌آورد.

طی دهه‌ی گذشته آرایه گسترده‌ای از الگوهای طراحی پیشنهاد شده است. بحث مفصل‌تر الگوهای طراحی واسط در فصل ۱۲ ارائه شده است. به‌علاوه، اریکسون [Eri08] به مجموعه‌های تحت وب بسیار اشاره می‌کند.

۳-۴-۱۱ مسائل طراحی

به موازاتی که واسط کاربر تکامل پیدا می‌کند، همواره چهار مسأله طراحی متداول مطرح می‌شود: زمان پاسخ‌دهی سیستم، امکانات راهنمای کاربر، اداره‌کردن اطلاعات خطا، نشانه‌گذاری فرمان‌ها. متأسفانه بسیاری از طراحان تقریباً تا اواخر فرایند طراحی به این مسائل نمی‌پردازند (گاه این کار تا زمان آماده شدن اولین نسخه کاری به تعویق می‌افتد). نتیجه، غالباً تکرارهای بیهوده، تأخیر در پروژه و ناراحتی مشتری است. در نظر گرفتن هر یک از مسائل فوق در ابتدای طراحی نرم‌افزار، یعنی آنگاه که اِعمال تغییرات به‌راحتی و با هزینه کم امکان‌پذیر است، به مراتب بهتر است.

زمان پاسخ. زمان پاسخ سیستم مشکل اصلی بسیاری از برنامه‌های کاربردی تعاملی است. به طور کلی، زمان پاسخ سیستم، از نقطه‌ای اندازه‌گیری می‌شود که در آن کاربر یک عمل کنترلی را اجرا می‌کند (مثلاً کلید Enter را می‌زند یا ماوس را کلیک می‌کند) تا نرم‌افزار با خروجی یا عمل مطلوب، پاسخ بدهد.

پاسخ سیستم دو ویژگی مهم دارد: طول و تغییرپذیری. اگر *طول* پاسخ سیستم بیش از حد زیاد باشد، ناراحتی و استرس کاربر، نتیجه‌ای اجتناب‌ناپذیر خواهد بود. *تغییرپذیری* عبارت است از انحراف از زمان پاسخ میانگین، که مهمترین ویژگی زمان پاسخ‌دهی است. حتی اگر زمان پاسخ‌دهی نسبتاً طولانی باشد، تغییرپذیری اندک، کاربر را قادر به ایجاد ریتم در تکرار می‌کند. برای مثال، پاسخ یک ثانیه‌ای به یک فرمان، بر پاسخی که بین ۰/۱ ثانیه تا ۲/۵ ثانیه تغییر می‌کند، ترجیح داده می‌شود. کاربر همواره متحیر می‌ماند که آیا پشت پرده اتفاق «متفاوتی» می‌افتد.

تسهیلات کمکی (راهنما). تقریباً همه‌ی کاربران یک سیستم تعاملی و مبتنی بر کامپیوتر هر از گاهی به راهنمایی و کمک نیاز دارد. در برخی موارد، یک پرسش ساده که از همکاری پرسیده می‌شود، راهگشا خواهد بود. در سایر موارد، جستجوی مفصل در مجموعه‌ای چند جلدی از «جزوات راهنمای کاربران» ممکن است تنها گزینه پیش رو باشد. به هر حال، در اکثر موارد، نرم‌افزارهای مدرن امکانات راهنمای آنلاینی فراهم می‌سازند که به کاربر این امکان را می‌دهند تا بدون ترک واسط، پاسخ پرسش خود را بگیرد یا مشکلی را حل کند.

«یک اشتباه رایج که آدم‌ها هنگام طراحی چیزهای کاملاً ضد خطا مرتکب می‌شوند، دست کم گرفتن نوع افراد کاملاً نادان است.»

داگلاس آدامز

چند مسأله طراحی [Rub88] را هنگام پرداختن به تسهیلات راهنما باید در نظر داشت:

- آیا راهنما برای کلیه عملکردهای سیستم و در همه‌ی اوقات تعامل با سیستم در دسترس خواهد بود؟
- حالت‌های ممکن عبارتنداز: راهنما فقط برای زیرمجموعه‌ای از کلیه عملیات‌ها و عملکردها؛ راهنما برای کلیه عملکردها.
- کاربر چگونه درخواست کمک و راهنمایی می‌کند؟ حالت‌های ممکن عبارتنداز: یک منوی راهنما؛ یک کلید خاص؛ یک فرمان HELP.
- راهنما چگونه ارائه خواهد شد؟ حالت‌های ممکن عبارتنداز: یک پنجره جداگانه؛ ارجاع به یک سند چاپ شده (که چندان ایده‌آل نیست)؛ یک یا دو خط پیشنهادی که در مکان ثابتی از صفحه‌نمایش ظاهر می‌شود.
- کاربر چگونه به تعامل‌های عادی باز می‌گردد؟ حالت‌های ممکن عبارتنداز: دکمه برگشتی که بر روی صفحه قرار دارد، یک کلید تابعی یا دنباله کنترلی.
- اطلاعات راهنما چگونه ساختاری دارند؟ حالت‌های ممکن عبارتنداز: یک ساختار «همواره» که در آن همه‌ی اطلاعات از طریق یک واژه کلیدی قابل دستیابی است؛ یک ساختار سلسله مراتبی که با جلو رفتن کاربر در راستای این ساختار، جزئیات بیشتری را در اختیار قرار می‌دهد؛ یا استفاده از اَبَرمتن.

مدیریت خطاها. پیام‌های خطا و هشدار «خبرهای ناگواری» هستند که هنگام خراب شدن اوضاع، تحویل کاربران سیستم‌های تعاملی می‌شود. پیام‌های خطا و هشدارها در بدترین حالت خود، اطلاعات بیهوده و گمراه‌کننده‌ای می‌دهند و فقط به افزایش ناراحتی کاربر کمک می‌کنند. کمتر کاربری است که

به خطاهایی از نوع زیر برنخورده باشد: «برنامه‌ی فلان اجبارا باید خاتمه پیدا کند، چون خطایی از نوع 1023 رخ داده است.» باید برای خطای 1023 توضیحی وجود داشته باشد؛ در غیر این صورت، چه لزومی داشت که طراحان این پیام را اضافه کنند؟ ولی، این پیام خطا واقعاً نشان نمی‌دهد که مشکل چیست یا برای به‌دست آوردن اطلاعات بیشتر، کجا را باید نگاه کرد. پیام خطایی که به شیوه بالا ارائه می‌شود به تسکین کاربر یا حل مشکل کمک نمی‌کند.

به‌طور کلی، هر پیام خطا یا هشدار تولید شده توسط یک سیستم تعاملی باید دارای ویژگی‌های زیر باشد:

- پیام باید مشکل را به زبانی شرح دهد که کاربر قادر به درک آن باشد.
- پیام باید حاوی یک توصیه سازنده برای رهایی از وضعیت خطا باشد.
- پیام باید هرگونه تبعات منفی خطا (مثلاً فایل‌های داده‌ای مخدوش شده) را خاطرنشان کند تا کاربر بتواند آنها را چک کند.
- پیام باید با یک نشانه سمعی یا بصری همراه باشد. یعنی یک صدای بوق یا نمایش پیام همراه شود، یا حالت چشمک زدن داشته باشد یا به رنگی ظاهر شود که به آسانی به‌عنوان «رنگ خطا» قابل تشخیص باشد.
- پیام نباید «قضاوت گونه» باشد. یعنی، لحن آن نباید طوری باشد که کاربر را مورد شماتت قرار دهد.

«واسط از جهنم - برای تصحیح این خطا و ادامه کار هر عدد اول یازده رقمی را که می‌شناسید، وارد کنید ...»

ناشناس

پیام خطای «خوب» چه خصوصیاتی باید داشته باشد؟

از آنجا که هیچ کس واقعاً از خبرهای ناگوار خوشش نمی‌آید، معدود کاربرانی هستند که پیام‌های خطا را دوست داشته باشند، هر چند که این پیام‌ها خیلی خوب طراحی شده باشند. ولی یک فلسفه مؤثر برای پیام‌های خطا می‌تواند تأثیر بسزایی در کیفیت یک سیستم تعاملی داشته باشد و هنگام رخ دادن مشکل، تا حدّ زیادی از ناراحتی کاربر بکاهد.

نشانه‌گذاری منوها و فرمان‌ها. زمانی متداول‌ترین شیوه تعامل میان کاربر و سیستم نرم‌افزاری، تایپ فرمان‌ها بود و از آنها برای انواع برنامه‌های کاربردی استفاده می‌شد. امروزه استفاده از واسط‌های پنجره‌ای، تکیه بر فرمان‌های تایپی را کاهش داده است، ولی بسیاری از کاربران قدرتمند همچنان شیوه تایپ فرمان‌ها را ترجیح می‌دهند. هنگام طراحی محیط تعامل از طریق تایپ فرمان‌ها، به مسائل زیر باید توجه داشت:

- آیا هر یک از گزینه‌های منو دارای یک فرمان متناظر هست؟
- فرمان‌ها چه شکلی به خود می‌گیرند؟ گزینه‌ها عبارتنداز: دنباله کنترلی (مثلاً Alt + P)؛ کلیدهای خاص؛ یا یک واژه تایپ شده.
- فراگیری و به خاطر سپردن فرمان‌ها چقدر دشوار خواهد بود؟ اگر فرمانی فراموش شد، چه می‌توان کرد؟
- آیا کاربر می‌تواند فرمان‌ها را به سلیقه خویش مختصر و کوتاه کند؟
- آیا نشانه‌های منوها در حیطه‌ی واسط، آن‌قدر واضح هستند که نیازی به توضیح نداشته باشند؟
- آیا زیرمنوها با قابلیتی که منوی اصلی بیان می‌کند، سازگاری دارند؟

ابزارهای نرم‌افزاری

توسعه واسط کاربر

هدف: این ابزارها به مهندس نرم‌افزار کمک می‌کنند تا یک GUI پیچیده را با توسعه نرم‌افزار نسبتاً اندک سفارشی ایجاد کند. این ابزارها، دستیابی به مولفه‌های قابل استفاده‌ی مجدد را فراهم ساخته ایجاد واسط را به انتخاب از میان قابلیت‌های از پیش تعیین شده‌ای تبدیل می‌کنند که با استفاده از آنها می‌توان این قابلیت‌ها را به هم مونتاژ کرد.

مکانیک: واسط‌های مدرن کاربر با به کارگیری مجموعه‌ای از مولفه‌های قابل استفاده‌ی مجدد ساخته می‌شوند که با چند مولفه‌ی سفارشی جفت می‌شوند و ویژگی تخصصی مورد نظر را فراهم می‌سازند. اکثر ابزارهای توسعه‌ی واسط به مهندس نرم‌افزار این امکان را می‌دهند تا با به کارگیری قابلیت «کشیدن و رها کردن» به ایجاد واسط بپردازد. یعنی، سازنده‌ی واسط از میان قابلیت‌های از پیش تعیین شده‌ی بسیار (فرم سازها، سازوکارهای تعامل، قابلیت پردازش فرمان) موارد دلخواه را بر می‌گزیند و این قابلیت‌ها را در داخل محتوا واسطی قرار می‌دهد که باید ساخته شود.

ابزارهای نمونه

Lega Suite GUI، که توسط *Seagull Software* (**www.seagullsoftware.com**) توسعه یافته است، ایجاد GUIهای مبتنی بر مرورگرها را میسر می‌سازد و تسهیلاتی برای مهندسی دوباره واسط‌های قدیمی فراهم می‌آورد. *Motif common Desktop Environment* که توسط Open Group (**www.osf.org/tech/desktop/cdel**) توسعه یافته است، یک واسط کاربر گرافیکی منسجم برای برنامه‌های کامپیوتری با سیستم‌های باز است. این ابزار، یک واسط گرافیکی استاندارد و یگانه برای مدیریت داده‌ها و فایل‌ها (رومیزی گرافیکی) و برنامه‌های کاربردی تحویل می‌دهد.

Altia Design 8.0 که توسط Altia (**www.altia.com**) توسعه یافته است، ابزاری برای ایجاد GUIها در انواع سکوهای متفاوت (مثلاً در خودروها، دستگاه‌های دستی و صنعتی) است.

چنان‌که پیش‌تر در همین فصل گفته شد، قرارداد مربوط به استفاده از فرمان‌ها باید در میان همه‌ی برنامه‌های کاربردی رعایت شود. اگر در برنامه‌ای فشاردادن ترکیب Alt+D باعث تکثیر یک شیء گرافیکی شود و در برنامه‌ای دیگر، همین ترکیب کلیدها به حذف شیء بینجامد، باعث سردرگمی کاربر شده احتمال خطا بالا می‌رود.

دسترس‌پذیری در برنامه کاربردی. با همگانی شدن برنامه‌های کاربردی کامپیوتری، مهندسان نرم‌افزار باید اطمینان حاصل کنند که طراحی واسط شامل سازوکارهایی است که برای افرادی با نیازهای خاص، دستیابی آسان را میسر می‌سازد. دسترس‌پذیری برای کاربران (و مهندسان نرم‌افزار) که ممکن است از نظر بدنی دچار مشکلاتی باشند، به دلایل اخلاقی، قانونی و تجاری، الزامی است. انواع دستورالعمل‌های مربوط به دسترس‌پذیری (مانند [W3C03])-که بسیاری از آنها برای برنامه‌های تحت وب طراحی شده‌اند، ولی غالباً برای همه‌ی انواع نرم‌افزار قابل اعمال هستند- برای طراحی واسط‌هایی که سطوح متغیری از دستیابی را امکان پذیر می‌سازند، پیشنهادهای مشروحی دارند. سایرین

مرجع وب

دستورالعمل‌هایی برای توسعه نرم‌افزارهای قابل دسترسی را می‌توان در نشانی زیر یافت:
www3.ibm.com/able/guidelines/software/accessoftware.html

(مثل [App08]، [Mic08]) دستورالعمل‌هایی برای «فن‌آوری کمک رسان» فراهم می‌سازند که به نیازهای افرادی با نارسایی‌های بینایی، شنوایی، حرکتی، گفتاری و یادگیری می‌پردازد.

جهانی‌سازی. مهندسان نرم‌افزار و مدیران آنها، مهارت‌ها و تلاش لازم برای ایجاد واسط‌هایی را که پاسخ‌گوی نیازهای زبان‌ها و مناطق متفاوت باشد، کوچک می‌شمارند. به وفور پیش می‌آید که واسط‌ها برای یک زبان و منطقه طراحی می‌شوند و سپس در کشورهای دیگر از آنها استفاده می‌شود. چالش برای طراحان واسط، ایجاد نرم‌افزارهای «جهانی» است. یعنی، واسط‌های کاربر باید طوری طراحی شوند که یک هسته‌ی کلی عملیاتی را در خود جای دهند که به همه‌ی کسانی که از نرم‌افزار استفاده می‌کنند قابل تحویل باشد. ویژگی‌های محلی سازی، کاربر را قادر می‌سازد تا واسط را مطابق با نیازهای یک بازار خاص، سفارشی کند.

انواع دستورالعمل‌های جهانی‌سازی (مانند [IBM03] در دسترس مهندسان نرم‌افزار قرار دارد. این دستورالعمل‌ها به مسائل طراحی گسترده (مانند اینکه چیدمان‌های صفحه نمایش ممکن است در بازارهای گوناگون با هم تفاوت داشته باشند) و مسائل پیاده‌سازی گسسته (مانند اینکه حروف الفبایی متفاوت ممکن است نشان گذاری تخصصی ایجاد کنند) می‌پردازند. استاندارد یونیکد [Uni03] برای پرداختن به چالش مدیریتِ ده‌ها زبان طبیعی با صدها کاراکتر و نماد، توسعه یافته است.

۱۱-۵ طراحی واسط برنامه‌ی تحت وب

هر واسط کاربر، خواه برای یک برنامه‌ی تحت وب طراحی شده باشد خواه برای یک برنامه سنتی یا محصول مصرفی یا دستگاه صنعتی، باید خصوصیات «قابلیت استفاده» را که قبلاً در همین فصل بحث شد، از خود نشان دهد. دیکس [Dix99] استدلال می‌کند که یک واسط برنامه‌ی تحت وب را باید طوری طراحی کنید که به سه پرسش اولیه برای کاربر نهایی پاسخ بدهد:

من کجا هستم؟ واسط باید (۱) به نحوی نشان دهد که دستیابی به برنامه‌ی تحت وب صورت گرفته است[1] و (۲) کاربر را از موقعیت او در سلسله مراتب محتوا آگاه سازد.

اکنون چه می‌توانم بکنم؟ واسط همواره باید کاربر را در فهم گزینه‌های فعلی اش یاری دهد -اینکه چه قابلیت‌هایی در دسترس قرار دارند، کدام پیوندها فعال‌اند و کدام محتوای مناسبت دارند.

کجا بوده‌ام و به کجا خواهم رفت؟ واسط باید گشت‌وگذار را تسهیل کند. از این رو، باید «نقشه‌ای» فراهم آورد که نشان دهد کاربر کجا بوده است و چه مسیرهایی می‌تواند پیش بگیرد تا به‌جای دیگری از برنامه‌ی تحت وب برسد (این نقشه باید طوری پیاده‌سازی شود که قابل درک باشد).

یک واسط اثربخش برای برنامه‌ی تحت وب باید همچنان که کاربر نهایی در میان محتوا و قابلیت‌های عملیاتی گشت‌وگذار می‌کند، به هر کدام از این پرسش‌ها پاسخ دهد.

اندرز

اگر این احتمال وجود دارد که کاربران در مکان‌ها و سطوح گوناگونی از سلسله مراتب محتوا وارد برنامه‌ی تحت وب شما شوند، حتماً هر صفحه را با ویژگی‌های گشت‌وگذار طوری طراحی کنید که کاربر زاب سایر نقاط مورد نظر هدایت کند.

۱-۵-۱۱ دستورالعمل‌ها و اصول طراحی واسط

واسط کاربر برای یک برنامه‌ی تحت وب، جایی است که اولین تاثیر را بر کاربر می‌گذارد. برنامه‌ی تحت وب هر قدر هم که دارای محتوای باارزشی باشد، قابلیت‌های عملیاتی و سرویس‌های پیچیده

[1] هر کدام از ما صفحه وبی را نشان‌گذاری کرده‌ایم که بعداً دوباره از آن بازدید کنیم، ولی نشانی از حیطه‌ی صفحه نداریم (یا اینکه نمی‌توانیم به مکان دیگری از سایت حرکت کنیم).

داشته باشد و در کل مزایای زیادی در پی داشته باشد، اگر واسط آن از طراحی خوبی برخوردار نباشد، کاربر بالقوه را ناامید می‌کند و در واقع ممکن است باعث شود که کاربر به‌جای دیگری برود. به دلیل حجم بالای برنامه‌های تحت وب رقیب در هر زمینه و موضوع، واسط باید کاربر بالقوه را بلافاصله «به‌چنگ» آورد. بروس تونیوتزی [Tog01] مجموعه‌ای از خصوصیات بنیادی را تعریف می‌کند که همه‌ی واسط‌ها باید از خود نشان دهند و در این راه، فلسفه‌ای را بنیان می‌گذارد که هر طراح واسط برنامه‌ی تحت وب باید آن را دنبال کند:

> واسط‌های اثربخش به چشم می‌آیند و به کاربران خود حس کنترل القا می‌کنند. کاربران به سرعت گستردگی گزینه‌های پیش رو را می‌بینند، چگونگی رسیدن به هدف را درک می‌کنند و کار خود را انجام می‌دهند.
>
> واسط‌های اثربخش توجه کاربر را به کارکرد درونی سیستم جلب نمی‌کنند. کار به دقت انجام می‌شود و پیوسته ضبط می‌شود و کاربر اختیار کامل دارد که هر فعالیتی را در هر زمان بی اثر کند.
>
> سرویس‌ها و برنامه‌های کاربردی اثربخش، حداکثر کار را انجام می‌دهند در حالی که به حداقل اطلاعات از سوی کاربر نیاز دارند.

تونیوتزی [Tog01] به منظور طراحی واسط‌هایی برای برنامه‌ی تحت وب که این خصوصیات را از خود نشان می‌دهند، یک مجموعه اصول طراحی را مطرح می‌کند که باید بر سایر اصول برتری داد.[1]

پیش‌بینی. برنامه‌ی تحت وب *باید طوری طراحی شود که حرکت بعدی کاربر را پیش بینی کند.* برای مثال، یک برنامه‌ی تحت وب برای پشتیبانی مشتری را در نظر بگیرید که توسط سازنده‌ی چاپگرهای کامپیوتر تهیه شده است. کاربری یک شیء محتوایی را درخواست کرده است که اطلاعات مربوط به درایور چاپگر را برای سیستم عاملی که به تازگی وارد بازار شده است، در اختیار می‌گذارد. طراح برنامه‌ی تحت وب باید این را پیش‌بینی کند که کاربر ممکن است درخواست دانلودکردن درایور را داشته باشد و باید امکاناتی برای گشت‌وگذار فراهم سازد که این امر را میسر سازد بدون اینکه کاربر مجبور به جستجو به دنبال این قابلیت باشد.

ارتباطات. واسط *باید وضعیت هر کدام از فعالیت‌های آغاز شده توسط کاربر را انتقال دهد.* این انتقال و ارتباط می‌تواند آشکار باشد (مثلاً در قالب یک پیام متنی) یا با ظرافت انجام شود (مثلاً تصویر یک برگه کاغذ از میان چاپگر عبور می‌کند و نشان می‌دهد که عمل چاپ در حال انجام است). واسط همچنین باید وضعیت کاربر را (مثلاً هویت کاربر) و موقعیت او در سلسله مراتب محتوای برنامه‌ی تحت وب را به اطلاع برساند.

سازگاری. *استفاده از کنترل‌های گشت‌وگذار، منوها، آیکون‌ها و زیبایی‌شناسی (مثلاً، رنگ، شکل، چیدمان) باید در سرتاسر برنامه‌ی تحت وب سازگار باشد.* برای مثال، اگر متن آبی رنگ که زیر آن خط کشیده شده است، به معنای پیوند است، محتوا هرگز نباید حاوی متون آبی رنگ با خط زیرین باشد، در حالی که این متون هیچ پیوندی را مشخص نمی‌کنند. به‌علاوه، یک شیء، مثلاً مثلثی زرد رنگ، که برای نشان دادن پیام احتیاط قبل از فراخوانی تابع یا عملیاتی توسط کاربر استفاده می‌شود،

[1] اصول اولیه‌ی تونیوتزی برای استفاده در این کتاب، برگرفته و بسط داده شده‌اند. برای بحث بیشتر درباره این اصول، [Tog01] را ببینید.

> «اگر سایتی کاملاً قابل استفاده باشد، ولی فاقد سبک طراحی مناسب و ظریف باشد، با شکست مواجه خواهد شد.»
>
> گرت کلونینگر

نکته‌ی کلیدی

یک واسط خوب برای برنامه‌ی تحت وب، قابل فهم است، خطاهای کاربر را نادیده می‌گیرد و به او حس کنترل می‌دهد.

آیا یک مجموعه اصول پایه وجود دارد که بتوان در طراحی GUI به کار برد؟

نباید برای اهداف دیگر در جای دیگری از برنامه‌ی تحت وب استفاده شود. سرانجام اینکه هر ویژگی واسط باید به شیوه‌ای پاسخ دهد که با انتظارات کاربر سازگار باشد.[1]

خودمختاری کنترل شده. واسط *باید حرکت کاربر را در سرتاسر برنامه‌ی تحت وب تسهیل کند. ولی به‌طرزی که قراردادهای گشت‌وگذار وضع شده را تقویت نماید.* برای مثال، گشت‌وگذار به بخش‌های امن برنامه‌ی تحت وب باید با نام کاربری و کلمه‌ی عبور کنترل شود و نباید سازوکاری برای گشت‌وگذار وجود داشته باشد که کاربر را قادر به دور زدن این کنترل‌ها کند.

بازدهی. *طراحی برنامه‌ی تحت وب و واسط آن باید بازدهی کاربر را بهینه کند نه بازدهی سازنده‌ای که آن را طراحی می‌کند و می‌سازد یا بازدهی محیط کلاینت-سروری که آن را اجرا می‌کند.* تونیوتزی [Tog01] در این خصوص چنین می‌نویسد: «این حقیقت ساده، دلیلی است بر اینکه چرا هر کسی که در یک پروژه نرم‌افزار دخالت دارد باید بداند که هدف اول، بهره‌وری کاربر است و از تفاوت میان ساختن یک سیستم اثربخش و قدرت بخشیدن به کاربری اثربخش آگاه باشد.»

انعطاف‌پذیری. واسط *باید به‌قدر کافی انعطاف‌پذیر باشد تا برخی کاربران را قادر به انجام مستقیم وظایف و کاربران دیگر را قادر به کاوش در برنامه‌ی تحت وب به شیوه‌ای تصادفی سازد.* در هر مورد، باید کاربر را قادر سازد تا دریابد کجاست و قابلیت‌هایی را در اختیار کاربر بگذارد که بتواند اشتباهات خود را بی‌اثر کند و مسیرهای گشت‌وگذاری را که ضعیف انتخاب شده‌اند، دوباره دنبال کند.

کانون توجه. واسط *برنامه‌ی تحت وب (و محتویاتی که ارائه می‌دهد) باید وظایفی را کانون توجه قرار دهد که کاربر در دست دارد.* در همه‌ی ابررسانه‌ها، این تمایل وجود دارد که کاربر به محتویاتی هدایت شود که ممکن است ربط چندانی به کار او نداشته باشد. چرا؟ چون انجام این کار بسیار آسان است! مسأله این است که کاربر می‌تواند به سرعت در لایه‌های بسیاری از اطلاعات پشتیبان گم شود و اصلاً فراموش کند که از ابتدا به دنبال کدام محتوا بوده است.

قانون فیت (Fit's Law). «*زمان لازم برای رسیدن به یک هدف، تابعی است از فاصله تا آن هدف و اندازه آن*» [Tog01]. براساس مطالعه‌ای که در دهه ۱۹۵۰ اجرا شد [Fit54]، قانون فیت «روش مؤثری برای مدل‌سازی حرکت‌های سریع و هدف‌مند است که در آن یک دستگاه فرعی (مثلاً یک دست) از سکون در موقعیت شروع حرکت خود را آغاز می‌کند و در ناحیه‌ی هدف دوباره به سکون می‌رسد» [Zha02]. اگر یک سری انتخاب‌ها یا ورودی‌های استاندارد شده (با گزینه‌های متفاوت بسیار در آن سری) توسط یک وظیفه‌ی کاربری تعریف شود، انتخاب اول (مثلاً ماوس) باید از نظر فیزیکی به انتخاب بعدی نزدیک باشد. برای مثال، واسط صفحه اصلی یک برنامه‌ی تحت وب تجارت الکترونیکی را در نظر بگیرید که دستگاه‌های الکترونیکی را به‌فروش می‌رساند.

هر گزینه‌ی کاربر، به‌معنای مجموعه‌ای از انتخاب‌ها یا کنش‌هاست که دستورات کاربر را دنبال می‌کنند. برای مثال، گزینه «خرید یک محصول» ایجاب می‌کند که کاربر یک گروه محصول و سپس نام محصول را وارد کند. گروه محصولات (مثلاً تجهیزات صوتی، تلویزیون پخش DVD) به محض انتخاب «خرید یک محصول» به‌صورت یک منوی بازشونده ظاهر می‌شود. بنابراین، انتخاب بعدی

[1] تونیوتزی [Tog01] می‌گوید تنها راه برای حصول اطمینان از این‌که انتظارات کاربر به طور مناسب درک شده‌اند، آزمودن جامع کاربر است (فصل ۲۰).

> «بهترین سفر، آن است که با چند گام انجام شود فاصله میان کاربر و هدفش را کوتاه کند.»
>
> ناشناس

مرجع وب

جستجو در وب، کتابخانه‌های بسیاری را آشکار خواهد کرد مثل واسط‌ها، کلاس‌ها و پکیج‌های Java API در java.sun.com یا COM، DCOM، TypeLibraries در msdn.Microsoft.com

بلافاصله آشکار می‌شود (دم دست است) و زمان به‌دست آوردن آن قابل چشم‌پوشی است. ولی اگر انتخاب روی منویی ظاهر شود که در طرف دیگر صفحه نمایش قرار دارد، زمان دستیابی کاربر به آنها (و انتخاب آن) بسیار طولانی خواهد بود.

اشیای واسط انسانی. کتابخانه گسترده‌ای از اشیای واسط انسانی که قابلیت استفاده‌ی مجدد دارند، برای برنامه‌های تحت وب توسعه یافته است. از آنها استفاده کنید. هر شیء واسطی که کاربر نهایی بتواند آن را «ببیند، بشنود، لمس کند یا به هر طریق دیگری ادراک کند» [Tog01] از هر کدام از چند کتابخانه‌ی اشیا قابل تامین است.

کاهش تأخیر (Latency Reduction). *به‌جای اینکه کاربر را وادار سازید تا منتظر شود یک عملیات درونی (مثلاً دانلود یک تصویر گرافیکی پیچیده) به پایان رسد، برنامه‌ی تحت وب باید به نحوی از قابلیت‌های چند کاره استفاده کند که کاربر بتواند به انجام کارهای خود ادامه دهد، طوری که انگار آن عملیات پایان یافته است.* علاوه بر کاهش تأخیر، آن را نیز باید به اطلاع کاربر رساند تا بداند چه اتفاقی در حال رخ‌دادن است. این شامل مواردی می‌شود که به‌دنبال خواهد آمد: (۱) فراهم‌آوردن بازخورد صوتی، هنگامی که انتخاب باعث کنش فوری توسط برنامه‌ی تحت وب نمی‌انجامد، (۲) به‌نمایش در آوردن یک ساعت شنی یا نوار پیشرفت که نشان دهد پردازش در حال انجام است و (۳) فراهم آوردن قدری سرگرمی (مثلاً یک پویانمایی یا متن نمایشی) در حالی که پردازش‌های طولانی رخ می‌دهد.

قابلیت یادگیری. واسط *برنامه‌ی تحت وب باید طوری طراحی شود که زمان یادگیری را به حداقل برساند و در صورت مرور برنامه‌ی تحت وب، نیاز به یادگیری دوباره به حداقل برسد.* به‌طور کلی، واسط باید بر یک طراحی ساده و خلاقانه تاکید ورزد که محتوا و قابلیت‌های عملیاتی را در گروه‌های آشکار در مقابل کاربر سازمان‌دهی کند.

استعاره‌ها (Metaphores). *واسطی که از یک استعاره تعاملی استفاده می‌کند، راحت‌تر قابل فراگیری و قابل به کارگیری است، مادامی که این استعاره برای برنامه و برای کاربر مناسب باشد.* استعاره باید تصاویر و مفاهیمی از تجربیات کاربر را به کمک بگیرد، ولی ضرورت ندارد که بازسازی دقیقی از تجربه‌ی کاربر از جهان واقعی باشد. برای مثال، یک سایت تجارت الکترونیک که پرداخت قبض برای موجودیتی مالی را انجام می‌دهد، از یک استعاره دسته چک برای کمک به کاربر استفاده می‌کند تا پرداخت قبض‌ها را زمان‌بندی کند. ولی هنگامی که کاربر، چکی «می‌کشد» ضرورتی ندارد که نام گیرنده‌ی وجه را کاملاً بنویسد چون می‌تواند آن را از فهرستی انتخاب کند یا براساس چند حرف اول تایپ شده پرداخت کند. استعاره بدون تغییر باقی می‌ماند، ولی کاربر از برنامه‌ی تحت وب کمک را دریافت می‌کند.

حفظ انسجام محصول کاری. *یک محصول کاری (مثلاً فرم تکمیل شده توسط کاربر یا فهرست مشخص‌شده به وسیله‌ی کاربر) باید به‌طور خودکار ضبط شود تا اگر خطایی رخ داد، محتوای آن از بین نرود.* هر کدام از ما این ناراحتی را تجربه کرده‌ایم که یک فرم طولانی را در برنامه‌ی تحت وبی پر کرده‌ایم و تنها به‌خاطر خطایی کوچک (که خود مرتکب شده‌ایم، یا برنامه‌ی تحت وب مرتکب شده است یا در انتقال از کلاینت به سرور رخ داده است) همه‌ی محتوای فرم از بین رفته است. برای

اندرز

استعاره‌ها، ایده‌های عالی به‌شمار می‌روند چون انعکاسی از تجربیات جهان واقعی‌اند. فقط اطمینان حاصل کنید که استعاره انتخابی شما به خوبی نزد کاربران نهایی شناخته شده باشد.

جلوگیری از این وضعیت، برنامه‌ی تحت وب باید طوری طراحی شود که همه‌ی داده‌های مشخص‌شده توسط کاربر را به‌صورت خودکار ضبط کند.

خوانایی. *همه‌ی اطلاعاتی که از طریق واسط ارائه می‌شوند باید برای پیر و جوان خوانا باشند.* طراح واسط باید بر سبک‌های خوانایی تایپ، اندازه‌ی فونت‌ها و انتخاب رنگ پس زمینه‌ای که تضاد را بهبود می‌بخشد، تاکید ورزد.

وضعیت پیگیری. *هر گاه که مناسب باشد، وضعیت تعامل کاربر باید پیگیری و ضبط شود، به‌طوری که کاربر بتواند از برنامه خارج شود و بعداً برگردد و از جایی که کار را رها کرده است، ادامه دهد.* به‌طور کلی، کوکی‌ها را می‌توان طوری طراحی کرد که اطلاعات وضعیتی را در خود نگهداری کنند. به هر حال، کوکی‌ها یک فن‌آوری بحث برانگیزند و برای برخی کاربران، سایر راهکارهای طراحی ممکن است خوشایندتر باشد.

گشت‌وگذار مرئی. یک واسط *برنامه‌ی تحت وب با طراحی خوب، این توهم را ایجاد می‌کند که کاربران درجای خود هستند و کار برای آن‌ها آورده می‌شود* [Tog01]. هنگامی که از این رویکرد استفاده شود، گشت‌وگذار، دغدغه‌ی کاربر نخواهد بود. در عوض، کاربر اشیای داده‌ای را بازیابی می‌کند و قابلیت‌هایی را برمی‌گزیند که از طریق واسط به نمایش در می‌آیند و اجرا می‌شوند.

نیلسن و واگنر [Nie96] چند دستورالعمل برای طراحی واسط (براساس طراحی دوباره یک برنامه‌ی تحت وب بزرگ) پیشنهاد می‌کنند که اصول پیشنهاد شده‌ی قبلی در این بخش را به خوبی تکمیل می‌کنند:

- سرعت خواندن مطالب روی مانیتور تقریباً ۲۵٪ آهسته‌تر از سرعت خواندن روی کاغذ است. بنابراین، خواننده را وادار نکنید که مقادیر انبوه متن را روی مانیتور بخواند به ویژه هنگامی که این متن، عملکرد برنامه‌ی تحت وب را توضیح می‌دهد یا به گشت‌وگذار کمک می‌کند.
- از پیام‌های «در دست احداث» بپرهیزید -پیوندی بیهوده که حاصلی جز ناامیدی ندارد.
- کاربران ترجیح می‌دهند که در پنجره حرکت نکنند. اطلاعات مهم را باید در ابعاد پنجره مرورگر بگنجانید.
- منوهای گشت‌وگذار و نوارهای عنوان مطالب باید به‌صورت سازگار طراحی شوند و باید در تمامی صفحات در دسترس، برای کاربر قابل دستیابی باشند. طراحی برای گشت‌وگذار نباید به قابلیت‌های مرورگر اتکا کند.
- زیبایی‌شناسی هرگز نباید بر قابلیت عملیاتی پیشی بگیرد. برای مثال، یک دکمه ساده ممکن است گزینه‌ی بهتری برای گشت‌وگذار باشد تا یک تصویر یا آیکون زیبا و دلپذیر که هدف و مقصود آن مبهم است.
- گزینه‌های گشت‌وگذار حتی برای کاربران عبوری باید واضح باشند. کاربر نباید مجبور باشد صفحه را بگردد تا بفهمد چگونه می‌تواند به سرویس یا محتوای دیگر متصل شود.

واسطی که خوب طراحی شده باشد، درک کاربر از محتوا یا سرویس‌های فراهم آمده توسط سایت را بهبود می‌بخشد. ضرورتی ندارد که پرزرق‌وبرق باشد بلکه همواره باید ساختار خوبی داشته باشد و از نظر ارگونومی مناسب باشد.

آدم‌ها در مقابل سایت‌های WWW، طراحی صفحه اصلاح‌شود

باکوت نیلسن و انت واگنر

SafeHome

مرور طراحی واسط

صحنه: دفتر داگ میلر.

نقش‌آفرینان: داگ میلر (مدیر گروه مهندسی نرم‌افزار *SafeHome*) وینود رامان، عضو تیم مهندسی نرم‌افزار محصول *SafeHome*.

گفتگو:

داگ: وینود، تو و تیمت فرصت پیدا کردید نمونه‌ی اولیه واسط تجارت الکترونیکی **SafeHomeAssured.com** را بازبینی کنید؟

وینود: بله ... همه‌ی ما از یک دیدگاه فنی به قضیه نگاه کردیم و چند تا یادداشت برداشتیم. من هم دیروز آنها را برای شارون آمدیر تیم برنامه‌ی تحت وب برای برون سپاری وظایف مربوط به وب سایت *SafeHome* فرستادم.

داگ: تو و شارون خودتان با هم در تماس باشید و درباره موارد جزئی با هم بحث کنید ... من یک خلاصه‌ای از مسائل مهم می‌خواهم.

وینود: در کل کارشان خوب بوده است. مشکل خاصی وجود نداشته است، ولی این یک واسط تجارت الکترونیکی معمولی است. گرافیک زیبا، چیدمان منطقی، همه‌ی قابلیت‌های مهم را در نظر گرفته‌اند ...

داگ (با ناراحتی لبخند می‌زند): ولی؟

وینود: خب، یک چیزهایی هست ...

داگ: مثلاً؟

وینود (در حالی که یک سری استوری بورد از نمونه‌ی اولیه واسط را به او نشان می‌دهد): اینها قابلیت‌های اصلی است که متوروی صفحه اصلی نمایش می‌دهد.

Learn about *SafeHome*
Describe your home
Get *SafeHome* component recommendations
Purchase a *SafeHome* system
Get technical support

این قابلیت‌ها مشکلی ندارند. همه‌ی آنها خوب هستند، ولی سطح انتزاع آنها درست نیست.

داگ: اینها قابلیت‌های اصلی‌اند، نه؟

وینود: درست است، ولی قضیه این است که ... می‌توانید سیستمی را با وارد کردن فهرست مولفه‌ها خرید کنید ... اگر نمی‌خواهید خانه را توصیف کنید. من فقط چهار گزینه را روی صفحه اصلی پیشنهاد می‌کنم.

Learn about *SafeHome*
Specify the *SafeHome* system you need
Purchase a *SafeHome* system
Get technical support

وقتی Specify the *SafeHome* system you need را انتخاب می‌کنید، دو گزینه‌ی

Select *SafeHome* components
Get *SafeHome* component recommendations

را دارید. اگر یک کاربر آگاه باشید، مولفه‌ها را از یک مجموعه منوهای گروه‌بندی شده برای حس‌گرها، دوربین‌ها، پانل‌های کنترل و غیره انتخاب خواهید کرد. اگر به کمک نیاز داشته باشید، تقاضای توصیه خواهید کرد و این شما را ملزم خواهد کرد که خانه را توصیف کنید. فکر می‌کنم این قدری منطقی‌تر باشد.

داگ: موافقم. در این مورد با شارون حرف زدی؟

وینود: نه، می‌خواهم اول با بازاریابی مطرح کنم؛ بعد با او تماس می‌گیرم.

۲-۵-۱۱ جریان کاریِ طراحی واسط برای برنامه‌های تحت وب

قبلاً در این فصل گفتیم که طراحی واسط کاربر با شناسایی خواسته‌های کاربری، وظیفه‌ای و محیطی آغاز می‌شود. هنگامی که وظایف کاربر مشخص شد، سناریوهای کاربری (use caseها) ایجاد و تحلیل می‌شوند تا مجموعه اشیا و کنش‌های واسط تعریف شوند.

اطلاعات موجود در مدل خواسته‌ها، مبنایی برای چیدمان صفحه نمایش تشکیل می‌دهد که طراحی گرافیکی و محل قرار گرفتن آیکون‌ها، تعریف متن نمایشی و توصیفی، مشخص‌کردن موقعیت پنجره‌ها و مشخص‌کردن آیتم‌های منوهای اصلی و فرعی را به تصویر می‌کشد.

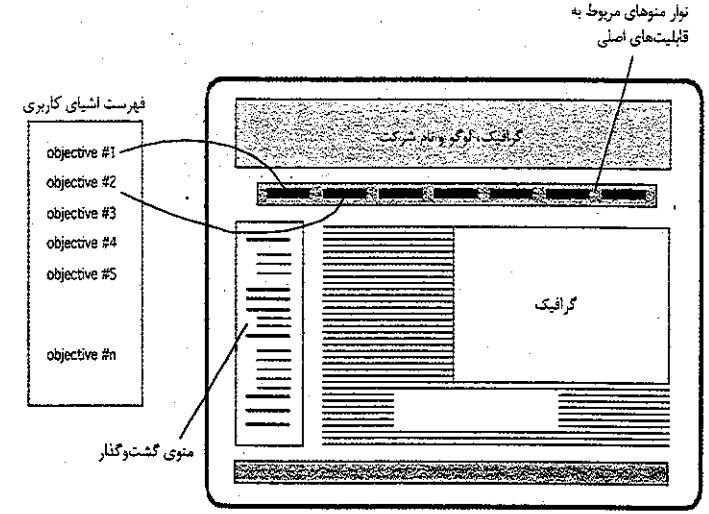
سپس از ابزارهایی برای تهیه‌ی نمونه‌ی اولیه و سرانجام پیاده‌سازی مدل طراحی واسط استفاده می‌شود. وظایف زیرنشان‌گر یک جریان کاری مقدماتی برای طراحی واسط برنامه‌ی تحت وب هستند:

۱. **مرور بر اطلاعات موجود در مدل خواسته‌ها و پالایش آن در صورت نیاز.**

۲. **تهیه‌ی اتودی اولیه از چیدمان واسط برنامه‌ی تحت وب.** نمونه‌ی اولیه یک واسط (که شامل چیدمان آن می‌شود) ممکن است به‌عنوان بخشی از فعالیت مدل‌سازی خواسته‌ها تهیه شود. اگر چیدمان از قبل موجود باشد، باید مرور و در صورت نیاز پالایش گردد. اگر چیدمان واسط توسعه داده نشده باشد، باید با طرف‌های ذی‌نفع کار کنید و آن را در این زمان توسعه دهید. طرحی از اتود اولیه چیدمان در شکل ۴-۱۱ نشان داده شده است.

۳. **نگاشت اهداف کاربر در کنش‌های ویژه واسط.** برای اکثریت برنامه‌های تحت وب ، کاربر یک مجموعه نسبتاً کوچک از اهداف اولیه دارد. این اهداف، چنان که در شکل ۴-۱۱ نشان داده شده است، باید در کنش‌های ویژه واسط نگاشت شوند. در اصل باید به این پرسش پاسخ گفته شود: «واسط چگونه به کاربر امکان می‌دهد که به هر کدام از اهداف خود برسد؟»

۴. **تعریف مجموعه‌ای از وظایف کاربر که به هر کنش مربوط می‌شود.** هر کنش واسط (مثلاً «خرید یک محصول») با مجموعه‌ای از وظایف کاربر در ارتباط است. این وظایف طی مدل‌سازی خواسته‌ها شناسایی شده‌اند. در طول طراحی، آنها را باید در تعامل‌های خاصی نگاشت که شامل مسائل گشت‌وگذار، اشیای محتوایی و قابلیت‌های عملیاتی برنامه‌ی تحت وب می‌شود.



شکل ۴-۱۱ نگاشت اهداف کاربر به کنش‌های واسط.

۵. **تهیه استوری بورد برای هر کنش واسط.** با در نظر گرفتن هر کدام از کنش‌های واسط، یک سری تصاویر استوری بورد باید تهیه شود که چگونگی پاسخ گویی به تعامل کاربر را مجسم می‌کنند. اشیای محتوایی باید شناسایی شوند (حتی اگر طراحی و تهیه نشده باشند)، قابلیت عملیاتی برنامه‌ی تحت وب باید نشان داده شود و پیوندهای گشت‌وگذار باید خاطرنشان شوند.

۶. **پالایش چیدمان واسط و استوری بوردها با استفاده از ورودی حاصل از طراحی زیبایی‌شناختی.** در اکثر موارد، مسؤولیت طراحی حدودی و تهیه استوری‌بورد بر عهده شماست، ولی شکل و شمایل زیبایی‌شناختی برای اکثر سایت‌های تجاری بزرگ غالباً وظیفه افراد هنرمند است نه افراد فنی. طراحی گرافیکی (فصل ۱۳) با کار اجرا شده توسط طراح واسط منسجم خواهد شد.

۷. **شناسایی اشیایی از واسط کاربر که برای پیاده‌سازی واسط ضروری‌اند.** این وظیفه ممکن است مستلزم جستجو در میان کتابخانه‌ای از اشیای موجود برای یافتن اشیا (کلاس‌های) قابل استفاده‌ی مجدد و مناسب برای واسط برنامه‌ی تحت وب باشد. به‌علاوه، همه‌ی کلاس‌های سفارشی در این زمان مشخص می‌شوند.

۸. **توسعه‌ی یک نمایش رویه‌ای از تعامل کاربر با واسط.** برای این وظیفه اختیاری، از نمودارهای ترتیبی و/یا نمودارهای فعالیت UML (پیوست ۱) برای به تصویر کشیدن جریان فعالیت‌ها (و تصمیم‌گیری‌هایی) استفاده می‌شود که هنگام تعامل کاربر با برنامه‌ی تحت وب رخ می‌دهند.

۹. **توسعه‌ی یک نمایش رفتاری از واسط.** در این وظیفه اختیاری، از نمودارهای حالت UML (پیوست ۱) برای نشان دادن گذارهای حالت و رویدادهایی استفاده می‌شود که باعث این گذارها می‌شوند. سازوکارهای کنترلی (یعنی اشیا و کنش‌های در دسترس کاربر برای تغییر دادن حالت یک برنامه‌ی تحت وب) تعریف می‌شوند.

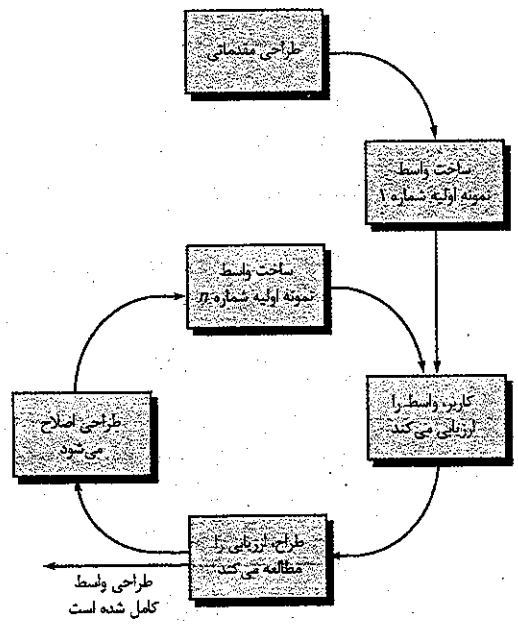
۱۰. **توصیف چیدمان واسط برای هر حالت.** با استفاده از طراحی توسعه یافته در وظایف ۲ و ۵، یک چیدمان خاص یا تصویر صفحه نمایش به هر کدام از حالت‌های برنامه‌ی تحت وب توصیف شده در وظیفه ۸ ربط داده می‌شود.

۱۱. **پالایش و مرور مدل واسط.** در مرور واسط «قابلیت استفاده» باید کانون توجه قرار گیرد.

لازم به ذکر است که مجموعه وظایف نهایی که انتخاب می‌کنید باید با خواسته‌های ویژه برنامه‌ای که قرار است ساخته شود، تطبیق داده شود.

۶-۱۱ ارزیابی طراحی

هنگامی که نمونه‌ی اولیه‌ی عملیاتی واسط کاربر را تهیه می‌کنید، باید آن را ارزیابی کنید تا معلوم شود که آیا نیازهای کاربر را برآورده می‌سازند یا خیر. ارزیابی می‌تواند شامل طیفی از رسمیت باشد که از یک «آزمایش رانندگی» غیررسمی (که در آن کاربر بازخوردی فی‌البداهه فراهم می‌سازد) تا یک مطالعه طراحی شده رسمی (که از روش‌های آماری برای ارزیابی پرسش نامه‌های پرشده توسط جمعیتی از کاربران نهایی استفاده می‌کند) در تغییر باشد.



شکل ۵-۱۱ چرخه‌ی ارزیابی طراحی واسط.

چرخه‌ی ارزیابی واسط کاربر، چیزی شبیه به شکل ۵-۱۱ خواهد بود. پس از کامل شدن مدل طراحی، یک نمونه‌ی اولیه سطح نخست ایجاد می‌شود. این نمونه‌ی اولیه توسط کاربر ارزیابی می‌شود[1] که او توضیحات مستقیمی درباره اثربخش بودن واسط در اختیار شما قرار می‌دهد. به‌علاوه، اگر از تکنیک‌های رسمی ارزیابی (پرسش نامه یا برگه‌های ارزش گذاری) استفاده شود، می‌توانید اطلاعات را از این داده‌ها استخراج کنید (مثلاً ۸۰٪ همه‌ی کاربران از سازوکار ضبط‌کردن فایل‌های داده‌ای راضی نبودند). براساس ورودی‌های کاربران، اصلاحاتی روی طراحی به عمل می‌آید و نمونه‌ی اولیه سطح بعدی تهیه می‌شود. این چرخه ارزیابی چندان ادامه می‌یابد که دیگر نیازی به اصلاحات بیشتر در طراحی واسط نباشد.

رویکرد تهیه نمونه‌ی اولیه موثر است، ولی آیا این امکان وجود دارد که کیفیت واسط کاربر را پیش از ساختن نمونه‌ی اولیه بسنجیم؟ اگر مسائل بالقوه را زودهنگام، شناسایی و تصحیح کنیم، تعداد چرخه‌های ارزیابی کاهش می‌یابد و زمان توسعه کوتاه می‌شود. اگر یک مدل طراحی برای واسط تهیه شده باشد، چند ملاک ارزیابی [Mor81] را می‌توان در اولین مرورهای طراحی به کار برد.

۱. طول و پیچیدگی مدل خواسته‌ها یا مشخصات نوشته‌شده‌ی سیستم و واسط آن، شاخصی از میزان یادگیری لازم برای کاربران سیستم به‌دست می‌دهد.
۲. تعداد وظایف کاربری مشخص شده و تعداد میانگین کنش‌ها به ازای هر وظیفه، شاخصی از زمان تعامل و بازدهی کلی سیستم به‌دست می‌دهد.
۳. تعداد کنش‌ها، وظایف و حالت‌های سیستم که توسط مدل طراحی مشخص می‌شود، بار حافظه‌ای را نشان می‌دهد که بر کاربران سیستم وارد می‌آید.
۴. سبک واسط، امکانات راهنمایی و پروتکل مدیریت خطا، شاخصی از پیچیدگی واسط و میزان پذیرش آن توسط کاربر فراهم می‌آورد.

هنگامی که نخستین نمونه‌ی اولیه ساخته شد، می‌توانید انواع داده‌های کیفی و کمی را جمع‌آوری کنید که به ارزیابی واسط کمک خواهند کرد. برای جمع‌آوری داده‌های کیفی می‌توانید پرسش نامه‌هایی را در میان کاربران این نمونه‌ی اولیه توزیع کنید. پرسش‌ها می‌توانند از این قرار باشند: (۱) پاسخ ساده آری/خیر، (۲) پاسخ عددی، (۳) پاسخ مقیاس‌بندی شده (موضوعی)، (۴) مقیاس‌های لیکرت (مثلاً کاملاً موافق، قدری موافق)، (۵) پاسخ درصدی (موضوعی) یا (۶) تشریحی.

اگر داده‌های کمّی مطلوب باشند، شکلی از تحلیل مطالعه زمانی را می‌توان اجرا کرد. کاربران در زمان تعامل مشاهده می‌شوند و داده‌هایی -از قبیل تعداد وظایفی که طی یک دوره زمانی استاندارد به درستی به انجام می‌رسند، فراوانی کنش‌ها، ترتیب کنش‌ها، زمان صرف شده برای «نگریستن» به صفحه‌نمایش، تعداد و نوع خطاها، زمان بیرون آمدن از خطا، زمان صرف شده برای استفاده از راهنما و تعداد مراجعات به راهنما به ازای دوره زمانی استاندارد- جمع‌آوری و به‌عنوان راهنمایی برای اصلاح واسط به کار برده می‌شوند.

بحث کاملی درباره روش‌های ارزیابی واسط کاربر از حوصله این کتاب خارج است. برای اطلاعات بیشتر [Hac98] و [Sto05] را ببینید.

[1] شایان ذکر است که کارشناسان ارگونومی و طراحی واسط نیز ممکن است واسط را مرور کنند. این مرورها، مرورهای اکتشافی یا کندوکاوهای شناختی نامیده می‌شوند.

۱۱-۷ خلاصه

واسط کاربر مهمترین عنصر سیستم‌ها یا محصولات کامپیوتری به شمار می‌رود. اگر طراحی واسط، ضعیف باشد، توانایی کاربر در استفاده از توان محاسباتی و محتوای اطلاعاتی یک برنامه کاربردی ممکن است با مشکل جدی مواجه شود. در واقع، یک واسط ضعیف ممکن است باعث شود برنامه‌ای که از نظر پیاده‌سازی کاربرد مورد نظر به خوبی طراحی شده است، با شکست مواجه گردد.

سه اصل مهم، راهنمایی طراحی واسط کاربر به طرزی اثربخش هستند: (۱) سپردن کنترل به کاربر، (۲) کاهش دادن بار حافظه‌ی کاربر و (۳) سازگارکردن واسط. برای دستیابی به واسطی که این سه اصل را در خود جای دهد، فرایند طراحی باید به شیوه‌ای سازمان یافته اجرا شود.

توسعه‌ی واسط کاربر با یک سری وظایف تحلیل آغاز می‌شود. با تحلیل کاربران، پروفایلی از انواع کاربران نهایی و منابع تجاری و فنی گوناگون به‌دست می‌آید. با تحلیل وظایف، وظایف و کنش‌های کاربر با استفاده از یک روش شیءگرا یا تشریحی و با به‌کارگیری use case ها، تشریح وظایف و اشیاء تحلیل جریان کاری و نمایش‌های سلسله مراتب وظایف برای درک کامل تعامل میان انسان و کامپیوتر، تعیین می‌شوند. با تحلیل محیطی، ساختارهای فیزیکی و اجتماعی که واسط باید در آنها کار کند، تعریف می‌شود.

هنگامی که وظایف شناسایی شد، سناریوهای کاربری تهیه و تحلیل می‌شوند تا مجموعه کنش‌ها و اشیای واسط تعریف شوند. به این ترتیب، مبنایی برای تعیین چیدمان که طراحی گرافیکی و محل قرار گرفتن آیکون‌ها را به تصویر می‌کشد، تعیین متون توصیفی، مشخص‌کردن ترتیب پنجره‌ها و مشخص‌کردن آیتم‌های منوهای اصلی و فرعی فراهم می‌سازد. مسائل طراحی از قبیل زمان پاسخ‌دهی، ساختار فرمان‌ها و کنش‌ها، مدیریت خطا و امکانات راهنمایی به موازات پالایش شدن مدل طراحی در نظر گرفته می‌شود. از انواع ابزارهای پیاده‌سازی در ساخت نمونه‌ی اولیه‌ای برای ارزیابی توسط کاربران استفاده می‌شود.

همانند طراحی واسط برای نرم‌افزارهای سنتی، طراحی واسط برای برنامه‌های تحت وب نیز ساختار و سازمان‌دهی واسط کاربر را توصیف می‌کند و شامل نمایشی از چیدمان صفحه نمایش، تعریف شیوه‌های تعامل و توصیف سازوکارهای گشت‌وگذار می‌شود. مجموعه‌ای از اصول طراحی و یک جریان کاری طراحی، طراح برنامه‌ی تحت وب را در طراحی سازوکارهای کنترلی واسط و چیدمان آن راهنمایی خواهند کرد.

واسط کاربر، پنجره‌ای فراروی نرم‌افزار است. واسط در بسیاری موارد، ادراک کاربر از کیفیت سیستم را شکل می‌دهد. اگر این «پنجره» غبار گرفته شود، موج‌دار شود یا شکسته شود، کاربر ممکن است سیستمی پرقدرت را پس بزند.

مسائل و نکاتی برای تعمق

۱-۱۱ بدترین واسطی را که تاکنون دیده‌اید، شرح دهید و آن را از نظر مفاهیمی که در این فصل معرفی شده نقد کنید. بهترین واسطی را که تاکنون دیده‌اید، شرح دهید و آن را از نظر مفاهیم معرفی شده در این فصل نقد کنید.

۲-۱۱ دو اصل طراحی دیگر توسعه دهید که «کاربر را در جایگاه کنترل» قرار می‌دهند.

۱۱-۳ دو اصل طراحی دیگر توسعه دهید که از «بار حافظه کاربر» می‌کاهند.

۱۱-۴ دو اصل طراحی دیگر توسعه دهید که «واسط را سازگار» می‌کنند.

۱۱-۵ یکی از برنامه‌های کاربردی تعاملی زیر (یا برنامه‌ای که استادتان تکلیف می‌کند) را در نظر بگیرید:
الف. یک سیستم نشر رومیزی
ب. یک سیستم طراحی به کمک کامپیوتر (CAD)
پ. یک سیستم طراحی داخلی
ت. یک سیستم ثبت‌نام خودکار برای دوره‌های دانشگاهی
ث. یک سیستم مدیریت کتابخانه
ج. یک سیستم رأی‌گیری انتخاباتی به کمک اینترنت
چ. یک سیستم بانکی خانوادگی؛ ح. یک برنامه کاربردی تعاملی.
مدل طراحی، مدل کاربر، تصویر سیستم و برداشت سیستم را برای هر کدام از سیستم‌های بالا توسعه دهید.

۱۱-۶ تحلیل مفصلی از وظایف را برای هر یک از سیستم‌های مسأله ۵-۱۱ اجرا کنید. از یک روش توضیحی یا شیءگرا استفاده کنید.

۱۱-۷ دست کم پنج پرسش به فهرست تهیه شده برای تحلیل محتویات در بخش ۳-۳-۱۱ اضافه کنید.

۱۱-۸ در ادامه مسأله ۵-۱۱، اشیا و کنش‌های واسط را برای هر برنامه‌ای که انتخاب کرده‌اید، تعیین کنید. نوع هر شیء را مشخص کنید.

۱۱-۹ یک مجموعه از چیدمان صفحه‌نمایش همراه با عناصر منوهای اصلی و فرعی برای برنامه‌ای که در مسأله ۵-۱۱ انتخاب کرده‌اید، توسعه دهید.

۱۱-۱۰ یک مجموعه از چیدمان صفحه‌نمایش همراه با عناصر منوهای اصلی و فرعی برای سیستم پیشرفته *SafeHome* توسعه دهید. می‌توانید به سلیقه خود، روش متفاوت با آنچه که در شکل ۳-۱۱ نشان داده شده است، برای چیدمان صفحه‌نمایش در نظر بگیرید.

۱۱-۱۱ روش خود را در قبال تسهیلات راهنمای کاربر جهت مدل طراحی و تحلیل وظایفی که در مسائل ۶ تا ۸ انجام‌داده‌اید، شرح دهید.

۱۱-۱۲ چند مثال بیاورید که نشان دهد چرا تغییرپذیری در زمان پاسخ می‌تواند مسأله‌ساز شود.

۱۱-۱۳ روشی توسعه دهید که به طور خودکار پیام‌های خطا را با تسهیلات همراه منسجم کند. یعنی سیستم به طور خودکار نوع خطا را تشخیص داده یک پنجره راهنما با پیشنهادهایی جهت تصحیح آن فراهم آورد. یک طراحی نرم‌افزار کامل انجام دهید که در آن ساختمان داده‌ها و الگوریتم‌های مناسب در نظر گرفته شده باشند.

۱۱-۱۴ یک پرسش‌نامه ارزیابی واسط تهیه کنید که حاوی ۲۰ پرسش کلی باشد و در اکثر واسط‌ها قابل استفاده باشد. پرسش‌نامه را به ۱۰ نفر از همکلاسی‌های خود بدهید تا درباره یک سیستم تعاملی مورد استفاده همه‌ی آنها پر کنند. نتایج را خلاصه کرده به کلاس گزارش دهید.