# مهندسی همزمان

Concurrent Engineering

**تهیه کننده:محمد جواد رجبی**

**استاد راهنما:جناب آقای دکتر عباسی**

**بهار-1395**

با توجه به اینکه امروزه رقابت جهانی در ارائه محصول جدید بسیار فشرده است و زمان ارائه محصول به بازار وجه تمایز بسیار مهمی بین شرکت های موفق و ناموفق می باشد،شرکت های موفق یاد می گیرند که چگونه زمان و استفاده از پیشرفت های تکنولوژی را مدیریت کنند.

مهندسی همزمان یکی از این پیشرفت ها است که به عنوان یک تکنیک بسیار موفق تکامل یافته است، در این تکنیک مهندسی طراحی محصول و مهندسی طراحی فرآیند همزمان انجام می شود

**مهندسی طراحی محصول:**محصول نهایی را به صورت دستورالعمل های مهندسی و مشخصات مواد تعریف و تعیین می کندکه ایت دستورالعمل ها بیانگر آنچه که باید قسمت خرید تهیه نماید و آنچه که باید قسمت ساخت،تولید و مونتاژ نماید هستند

**مهندسی طراحی فرآیند:**فرآیند هایی را تعیین می نماید که بیانگر آرایش ماشین آلات و ایستگاه های کاری است و نشان می دهد که چگونه محصول مورد نظر باید ساخته و مونتاژ شود

**مهندسی همزمان:**یک روش سیستماتیک (منظم) برای طراحی همزمان و یکپارچه از محصولات و فرایند های مرتبط با آنها شامل ساخت و پشتیبانی است،این روش قصد دارد تا باعث شود که ارایه دهندگان از ابتدای کار به بررسی تمام عناصر چرخه عمر محصول از ابتدای کار تا خراب شدن نهایی بپردازند که شامل کیفیت،هزینه،زمان بندی و نیاز کاربر است.

**مهندسی همزمان:**یک ابزار سازمانی است که یک پارچه سازی را تهسیل می کند . این مفهوم موانع سنتی – دیوارهای سازمانی زمان و جغرافیا - بین طراحی محصول و فرآیند را می شکند و به جای آن مشخصات وظیفه ای , محصول و فرآیند را به طور همزمان توسعه می دهد

- **مهندسی همزمان**:بصورت ایده آل مشتریان , تامین کنندگان شرکت و نمایندگان نواحی وظیفه ای مختلف شرکت را در گیر می کند

سیستم مهندسی همزمان شامل نمایندگان بازاریابی و تولید نیز می باشد . بازاریابی اطلاعات با ارزشی در رابطه با بازار مشتری فراهم میکند . تولید بازخورهای اطلاعاتی از قبیل قابل ساخت بودن طراحی های محصول و همچنین امکان پذیر بودن طراحی های فرآیند را تهیه می نماید .

همچنین اطلاعاتی در مورد انعطاف پذیری منابع تولید در اختیار طراحان قرار می دهد . خرید , امور مالی , تحقیق و توسعه و دیگر نواحی وظیفه ای نیز اطلاعات با ارزشی را در اختیار قرار می دهند و می توانند در تیم طراحی حاضر شوند .

کار گروهی باعث می شود هر فرد در طراحی احساس وجود نماید و نسبت به موفقیت ساخت محصول متعهد شود , کارها پر مایه شوند و خلاقیت افزایش یابد . از انجا که در فرایند طراحی هر فرد با دیگر افراد مراوده دارد , کیفیت محصول بالا می رود , در حین اینکه قیمت محصول کاهش میابد .

**مهندسی ترتیبی :**در گذشته اکثر کارهای یک سازمان تنها انجام ظاهری یک وظیفه مشخص و سپس پاس دادن آن به واحد بعدی طبق سلسله مراتب سازمان بود. مهندسی ترتیبی سنتی رویکردی تدریجی، پر هزینه و کیفیت پایین است که منجر به تغییرات مهندسی فراوان، مشکلات تولید، تاخیر در معرفی محصول می شود.

**روش پرتاب به پشت دیوار:**این روش که همان روش سنتی کار است، اصطلاحا پرتاب به پشت دیوار یا شوت کردن به زمین دیگری نامیده می شود. در این روش هر یک از دپارتمانها فارغ از مشکلات و نظرات سایر همکاران در دپارتمانهای دیگر کار خود را بخوبی انجام داده و بدون نظرخواهی از دیگران آن را تمام شده تلقی می کنند. در چنین روشی در میانه راه و شاید هم در انتهای مسیر مشکلات کیفی محصول به تدریج نمایان می گردد.

**برای درک تمایز میان مهندسی همزمان و مهندسی به روش سنتی به بررسی ساختار این دو رویکرد می پردازیم :**

## ساختار مهندسی همزمان:

**1**- همانگ شده , سیستماتیک و رویکرد تیمی در نوآوری طراحی محصول

**2**- اجرای فعالیت های مرتبط به صورت همزمان به وسیله گروهی از طراحان در یک پروژه هماهنگ شده

**3**- فرآیند مدیریت دانش که به طور کامل توسط سیستم اطلاعاتی و کامپیوتر حمایت می شود

**4**- انتخاب یکی از روشهای تغییر در فرایند سازمانی به منظور اجرای طرح بر طبق فرایندهای در دسترس

## ساختار و خصوصیات مهندسی کلاسیک

فرآیند های مهندسی کلاسیک در طراحی محصولات بر طبق برنامه ریزی زیر صورت می گیرد :

**1**- پیش نویس اهداف فنی طراحی

**2**- تائیده پیش نویس

**3**- آماده سازی فن آوری تولید

**4**- برنامه ریزی طرفیت

**5**- تست کیفیت

**6**- تصمیم گیری در مورد تولید سری

همانطور که در ساختار این دو رویکرد مشاهد کردید ساختار مهندسی به روش سنتی همانند یک فرآیند سری می باشد که فعالیت های مورد نیاز به صورت پی در پی اجراء می شود حال آنکه در ساختار مهندسی همزمان کارها به صورت موازی صورت گرفته و این امر موجب سرعت در انجام امور و در نتیجه کاهش کارهای موازی و تکراری می شود . در ساختار مهندسی سنتی هر گروه وضیفه ای خاص را انجام می دهند و با دیگر گروها فقط از طریق ارائه اطلاعات خاص و روندی مشخص ارتباط دارند حال آنکه در مهندسی همزمان تیم کاری متشکل از تمام افراد و نمایندگان گروهای تخصصی در یک فعالیت یا فرآیند خاص است و این امر باعث تسریع در انتقال اطلاعات می شود .در مهندسی همزمان یادگیری و انتقال دانش میان حوزه های تخصصی سازمان صورت می گیرد اما در مهندسی به روش سنتی این امر اتفاق نمی افتدد . به دلیل کار گروهی صورت

گرفته در مهندسی همزمان افراد احساس تعلق و وابستگی به طرح و فعالیت مورد نظر را دارند اما در روش سنتی این امر به ندرت صورت می گیرد .

## راهکارهای اجراء مهندسی همزمان :

**1**- مدیریت اجرایی باید اختیار تصمیم گیری را به نمایندگان در گروه واگذار کند به نحوی که گروه بتواند مرور , اصلاح و تصویب طرح ها را به سرعت انجام دهد . حدود اختیار و ارتباط باید مرور شده دوباره مرتب شوند .

**2**- هر گونه ارتباط مخاطمه ای با اختلافات موجود بین نواحی وطیفه ای باید از بین برود .

**3**- مسیرهای شغلی متخصصین نواحی وظایف مختلف دیگر به طور واضح مشخص نیستند .

**4**- ساختار تشویقی باید در راستای پرورش کار گروهی به جای تلاشهای انفرادی تغیر یابد , به علاوه این ساختار باید در جهت کاهش آرمانهای ناسازگار عمل کند .

**5**- آموزش ارتباط موثر برای مهندسان برای برقراری ارتباط بین نواحی وظیفه ای مختلف در سازمان

## اهداف عمدهCE

از آنجایی که تمایل مشتریان سمت و سوی حرکت بازار را تعیین می کند، اگر بتوان **6** ماه زودتر از رقبا در جهت برآوردن نظر مشتریان اقدام کرد، سود بیشتر و قابل توجهی نصیب سازمان می شود. مهندسی همزمان به تولیدکنندگان کمک می کند تا بوسیله ابزارهای لازم و فنون ارتباطات و مدیریت و نیز با مد نظر قرار دادن زمانبندی و کارایی هزینه، از همان آغاز عمر محصول، باعث بهبود و توسعه آن شوند.

اولین سودی که از پیاده سازی مهندسی همزمان برای شرکت به ارمغان می آید، کاهش قابل توجه زمان بازاریابی یا ورود محصول به بازار« **Time To Market** » است. منافع دیگرعبارتند از

- کاهش زمان توسعه و ورود محصول جدید به بازار
- بهبود مستمر و پایدار کیفیت محصول
- ایجاد حداکثر تغییرات در شروع پروژه
- کاهش تعداد تغییرات مهندسی
- پاسخ سریع تر به نیازهای مشتری
- کاهش هزینه ها
- افزایش بهره وری
- بهبود سودآوری
- افزایش فروش
- رضایت مشتری
- برگشت سرمایه
- ترویج روحیه وفاداری بین اعضای تیم

## منافع مهندسی همزمان :

از آنجایی که تمایل مشتریان سمت و سوی حرکت بازار را تعیین می کند، اگر بتوان **6** ماه زودتر از رقبا در جهت برآوردن نظر مشتریان اقدام کرد، سود بیشتر و قابل توجهی نصیب سازمان می شود. مهندسی همزمان به تولیدکنندگان کمک می کند تا بوسیله ابزارهای لازم و فنون ارتباطات و مدیریت و نیز با مد نظر قرار دادن زمانبندی و کارایی هزینه، از همان آغاز عمر محصول، باعث بهبود و توسعه آن شوند.

اولین سودی که از پیاده سازی مهندسی همزمان برای شرکت به ارمغان می آید، کاهش قابل توجه زمان بازاریابی یا ورود محصول به بازار« **Time To Market** » است. منافع دیگرعبارتند از

- ✓ توسعه و پیشرفت سریع محصول
- ✓ کیفیت بهتر
- ✓ کار کمتر برای پیشرفت
- ✓ تغییرات کمتر مهندسی
- ✓ افزایش بهره وری

## موانع مهندسی همزمان

- آگاهی و درک ضعیف از مهندسی همزمان
- ریسک و خطرات مهندسی همزمان
- فرهنگ و فرآیندهای ضعیف کار تیمی
- پخش و گسترش تیم ها در بخش های مختلف
- مدیریت ضعیف پروژه ها
- فوانین و مقررات و رویه های خشک و نامناسب
- تمرکز ضعیف کاربران
- عدم حمایت از اقدامات کاربران

### راههای غلبه بر موانع مهندسی همزمان

- ایجاد تیم های چند تخصصی در آغاز پروژه
- تعریف مسئولیتهای اعضا در ابتدا

- اختصاص منابع ضروری
- بهبود فرایند **NPD** ( **New Product Development** )
- تعیین شرایط لازم در ابتدا
- بهبود ارتباطات بین گروههای کارکردی
- آموزش : استفاده از ابزارهای IT

## عناصر مهندسی همزمان

1. ابزارها:مربوط به زیر ساخت های طراحی و توسعه محصول
2. آموزش:یاد دادن نحوه استفاده از ابزارهای مناسب به کارکنان
3. زمان:مدت زمان مورد انتظار و واقعی بر حسب دستیابی به اهداف

## ابزارهای مهندسی همزمان

1-**توسعه مشخصه های کیفی محصول** QFD(Quality Function Deployment)

2-**طراحی برای تولید** DFM(Design for Manufacturing)

الف : طراحی برای مونتاژ(DFA (Design for Assembly

ب : تجزیه وتحلیل اثرات وحساسیت شکست ( failure mode effects & criticality analysis)

ج: مهندسی ارزش ( value engineering )

د : تاگوچی

## 3- روشهای طراحی مدرن و به کار گیری ابزار کامپیوتری در طراحی :

الف : طراحی برای بازیابی ( design for recycling )

ب : طراحی برای دمونتاژ (design fordisassembly)

ج : مهندسی فاکتورهای انسانی ( Human Factors Engineering) (ارگونومی Ergonomics)

د : طراحی مجازی ( Virtual Design)

ه : پوشش طراحی ( design envelope)

و : طراحی به کمک کامپیوتر ( computer –aided design – CAD )

ر : طراحی محصولات در سازمانهای جهانی ( Global Organizations )

ز : واگذاری مسئولیت طراحی به تامین کنندگان

## توسعه مشخصه های کیفی محصول

QFD (Quality Function Deployment)

یکی از بزرگترین چالشهای موجود در طراحی محصول  تعیین دقیق خواسته ها و نیازهای مشتریان و سپس حصول اطمینان از مد نظر قرار دادن آنها در تمامی تصمیمات طراحی است . یکی از روشهای رویاروی با این چالش بکارگیری تکنیک QFD است .

توسعه مشخص های کیفی محصول روشی است که در آن تیمهای چند کاره در هر مرحله از فرآیند توسعه محصول , احتیاجات مشتری را به احتیاجات طراحی تفسیر می کند .

این تکنیک دارای چهار مرحله می باشد که بر طراحی محصول تا تعین فرایند و نحوه اجرائ ان تاکید دارد:

## برنامه ریزی محصول ( Product planning )

### فاز 1:برنامه ریزی محصول :

انتظارات مشتریان بطور دیقی بررسی می شوند این انتظارات ردیف "چه ها " به "چکونه ها " (hows ) (که نیازمندیهای طرحی می باشند ) تبدیل می گردند.بعد از آن ارتباط مابین هر how با هر what مشخص می شود و مقادیر هدف اولیه ای به هر  how تخصیص می یابد.

برنامه ریزی محصول با مشتری شروع می شود، اینکه مشتری چه می خواهد و چه نمی خواهد؟ محصولات فعلی شرکت چقدر به نیازهای مشتریان پاسخ می گویند؟محصولات شرکتهای رقیب چقدر به این نیاز ها پاسخ می گویند؟

به منظور پاسخ به این سوالات از تکنیکهای تحقیق بازار ( market research ) متعدی مثل بررسی مشتریان، گروه های متکرکز و غیر استفاده می شود.

تیم طراحی چندکاره ، با بکارگیری بازخورد های مشتریان ، فهرست نیازمندی های مشتریان را تهیه می کند.این فهرست مشتمل بر what هایی است که شرکت می خواهد محصول دارای آنها باشد.در این مثال ، what های ممکن شامل "زیاد بودن تکه های شکلات " ، " شیرین مزه بودن و " کشی بودن" می باشند.

تمامی نیازمندیها ، به طور مستقیم توسط مشتری بیا ن می گردد و در این مثال مشتریان مشخص نمی کنند که تمامی قسمتهای شیرینی باید پخته شود یا خمیر آن باید یکنواخت باشد ؛ آنها غالباً فرض می کنند که این موارد به هر حال وجود دارند.تیم طراحی همچنین به منظور تکمیل فهرست نیازمندی ها ، باید نیازمندیهای موسسات داخلی و خارجی را نیز در نظر بگیرد.به عنون مثال شورای بهداشت،شرکت را ملزم به بکار نبردن مواد شیمیایی مضر در شیرینی می کند.

سرانجام نیازمندیهای مشتریان به صورت مشخصات طراحی مشروح تفسیر می شوند. اولین قدم برای رسیدن به این هدف،تبدیل "what" ها به how ها یا خصوصیات محصولی قابل اندازهگیری است.در مثال شیرینی "زیاد بودن تکه های شکلات " بوسیله اندازهگیری تکه های شکلات در هر اینچ مکعب اندازه گیری می گردد و "کشی بودن" با نیروی مورد نیاز برای جویدن شیرینی اندازه گیری می شود.توجه کنید که how ها به مفاهیم محصولی خاص یا طراحی های محصول بستگی دارند،اگر چه در مرحله بعدی برای تعیید مفاهیم محصولی و ارزیابی طرهای محصول بکار می آیند.

ارتباطات ما بین what ها و howها خیلی مهم هستند و از آنجایی که هر how بیش از یک نیازمندی مشتری را نشان می دهد و howها ممکن است دارای اثرات ناسازگار و مغایری بر روی whatها باشند،بر پیچیدگی این ارتباطات افزود می شود.برای مثال " تعداد تکه های شکلات در اینچ مکعل "هم بر روی "زیاد بودن تکه های شکلات " و هم بر روی شیرین بودن مزه(که هر دو از احتیاجات مشتری هستند) اثر می گذارند و این در حالی است که "تعداد تکه های شکلات در هر اینچ مکعب "رابطه معکوسی با " کم کالری بودن" دارد.پیچیدگی زیاد ارتباطات ، شناسایی و

درک تبادلات بین whatها و howها را دشوار ساخته،منجر به ناموفق بودن محصول در بازار می شود.

روال بدین ترتیب است که هر howباید یک ارزش هدف اولیه تخصیص داده شود.به عنوان مثال ممکن است ارزش هدف تعداد تکه های شکلات در هر اینچ مکهب 5 تکه ،و به ضخامت یک چخارم اینچ و نیروی موردنیاز برای جویدن شیرینی شکلاتی دارای ارزش هدف 0/3 پوند باشد

ارزشهای هدف ،اهداف قابل اندازه گیری و مشخص را فراهم می کنند که خط دهند طراحی محصول هستند و به ارزیابی هدفمند طرحها کمک می کنند.در اینجا نتایج محک زنی رقابتی بسیار مفید می باشد.ارزیابی های تطبیقی مشخصات فنی محصولات رقیب با محصولات خود شرکت،به شرکت این امکان را می دهد که عملکرد خودش را با رقبایش مقایسه نماید و برای خود اهدافی منعکس کننده عملکرد در سطح جهانی تعیین نماید.

اطلاعاتی که در این فاز تهیه می گردد، در ماتریس برنامه ریزی محصول بکار می رود این ماتریس ارتباط ما بین نیازمندیهای مشتری و نیازمندیهای طراحی را نشان میدند هنگامی که howها و whatها و ارتباطات آن ها در یک ماتریس جمع می شوند،افراد با پیش زمینه های مختلف و در بخشهای مختلف شرکت می توانند آن ها را به سادگی مطالعه و درک کنند.

Whatها در سمت راست ماتریس و howها در بالای ماتریس فهرست شده و ارتباط میان howها وwhatها با نشانه هایی در درون جدول ذکر می شوند و چنانچه ارتباطی موجود نباشد، محل مربوطه خالی گذاشته می شود.

ردیف خالی ماتریس برنامه ریزی محصول بیانگر عدم وجود رابطه مابین WHAT های مربطه با HOWها می باشد.با ازاء هر ردیف خالی باید یک HOW اضافه شود تا از رابطه WHAT با طراحی محصول اطمینان حاصل شود در عوض هر ستون خالی بیانگر خصوصیتی است که به عنوان نیازمندی مشتری در طراحی محصول ۀورده نشده است؛این HOWها غیر ضروری بده باید حذف شوند.

می توان موارد دیگری را به ماتریس پایه برنامه ریزی محصول افزود. این ماتریس پس از اعمال روی موردی خاص به علت شباهت قسمت بالایی آن به سقف اقلب خانه ی کیفیت ( HOUSE OF QUALITY) نامیده می شود.

ماتریس همبستگی (CORRELATION MATRIX) نشانگر ارتباط مابین 2 جفت HOW می باشد و می توان آن را به بالای ماتریس اضافه نمود چنانچه ارتباط قوین مثبت ما بین 2 یا چند HOW وجود داشته باشد می توان یک HOW اضافی را حذف نمود.ارتباط قویاً منفی مابین 2 یا چند HoWبیانگر این است که با نیازمندی های طراحی مطابقت ندارد.بنابر این برای از بین بردن این عدم تطابق‌نیاز به تحقیق و توسعه و نو آوری است (این تلاش ها اقلب باعث پیشرفت های اساسی و مزیتهای رقابتی جدید می شود) در صورتی که بتوان این عدم تطابق را از بین برد انجام یکسری تبادلات ضروری خواهد بود.می توان بمنظور نشان دادن جهات بهبود مورد نظر HOW ها ، یک ردیف دیدگاهی (Orientation row) اضافه کرد که حاوی : تا انداره ی ممکن کم ( ) تا اندازه ی مورد نیازبزرگ ( ) ، تا اندازه ی ممکن مساوی با هدف (o) باشد.

در مثال شیرینی شرکت می خواهد درجه ای که هر تکه طعم شکلات ی دهد بیشینه کالری هر شیرینی کمینه و زخامت تا آنجایی که امکتن دارد به هدف نزدیک باشد.

گرافهای ارزیابی رقابتی (competitive assessment graphs ) چگونگی مقیسه محصولات رقبا با محصولات جاری شرکت را به تصویر می کشند رتبه بندی های مشتری برای ارزیابی عملکرد رقبا در مورد what ها استفاده می شود و تجربه و تحلیل فنی که بوسیله ی مهندسان انجام می شود ، برای ارزیابی عملکرد رقبا در مورد how ها بکارگرفته می شود.نتایج این تجزیه و تحلیل فنی قالباً برای تعیین مقادیر چقدر (how much )بکار می آید.

درجه بندی اهمیت ( importance rating) بیانگر اهمیت نسبی هر what نسبت به هر how می باشد . با مقیاس 10-1 بیان می شود لزوم داد و ستد به معنای بدست آوردن یک مورد به قیمت از دست دادن مورد دیگر بر ارزش درجه بندی اهمیت می افزاید.

-اهمیت هر what طی تحقیق بازار معین می گردد و اهمیت هر how با تخصیص اوزان به ارتباطات و سپس به کارگیری معادله

- ستون شکایات خدماتی ( service complaints column) به طراحان در تشخیص مشکلات فعلی کمک می نمایید . اطلاعات ضمانت و دادهای قابلیت اطمینان در ردیفهای تحت عنوان هزینه های خدماتی (service cost) و تعمیرات خدماتی (service repairs ) منعکس می شود

- دشواری نسبی دسترسی به هر how در ردیف دشواری سازمانی ( organization difficulty row) دکر شدخ است .

- کنترلهای مهم ( important controls) نیازهای اضافی هستند که به وسیله شرکت یا موسسات قانونی بیرونی در خواست می شوند . برای مثال عدم شمول افزودنیهای غیر مجاز می تواند مورد درخواست یک موسسه بهداشتی باشد .

ماتریس برنامه ریزی محصول ، معرفترین ماتریس QFD شناخته شده است و معمولا تنها ماتریسی است که بکار گرفته می شود . چنانچه شرکت واقعا بخواهد کوششهای طراحی قرایند و محصول خود رابر آوای مشتری متمرکز کند ، باید بیش از فاز یک و ماتریس برنامه ریزی محصول وارد عمل شود .

**فاز 2 : برنامه ریزی اجرا ( Part Deployment)**

در این فاز HOW های ماتریس برنامه ریزی محصول به WHAT تبدیل شده ، مفاهیم الترناتیو های طراحی توسعه یافته و با استفاده از WHAT ها مقایسه می شوند . خصوصیات لازم برای رسیدن به منظور هر قطعه حکم HOW های ماتریس برنامه ریزی اجراء را خواهد داشت و بعدا به این ماتریس منتقل می شوند .

چنانچه یک HOW جدید ، در موفقیت محصول بحرانی ، یا از نظر دست یابی ، مشکل باشد ، باید در ماتریس برنامه ریزی اجراء به ان پرداخته شود . به علاوه مقادیر چقدر و درجه اهمیت نیز به این ماتریس منتقل می شوند .

HOW های منتخب مشروح ف تشکیل دهنده WHAT های ماتریس برنامه ریزی اجراء خواهد بود . به فهرست WHAT های این ماتریس ، ان دسته از نیازمندیهای عملکردی ، که بحرانی بوده ، توسط مشتری شناسایی نشده اند ، اضافه می شود . همچنین ممکن است نیازمندیهای محصولی خشنود کننده مشتریان و پاسخ دهنده به انتظارات بیان نشده آنها نیز در این فهرست گنجانده شوند .

اما تیمهای طراحی باید در افزودن نیازمندیهای طراحی مشخص شده توسط مشتری بسیار احتیاط کنند . افزودن خصوصیاتی که مشتری آنها را نخواسته است اغلب نتیجه معکوس به بار می آورد زیرا باعث پیچیدگی بیش از حد محصول می گردد و مصرف کننده بیش از انکه ترغیب شود ترسانیده می شود . تجهیزات الکترونیکی مثال خوبی در این زمینه می باشند .

نیازمندیهای طراحی حین توسعه مفاهیم مختلف طراحی محصولی ، توسط اعضاء تیم بکار می ایند . در این مرحله اغلب نسبت به رقبا بررسی جزئی تری صورت می گیرذد تا به تیم در داشتن الترناتیوهای بیشتر و طراحیهای ممتازتر کمک کند . مادام که یک طراحی انتخاب شده ، لیست قطعات – منظور لیست انفجاری مواد ( BOM) است – بررسی می شود .

در قدم بعدی خصوصیات ضروری رسیدن به اهراف هر قطعه یا هر جزء و محصول مشخص می گردد . برای مثال برای پف کردن خمیر کیک به آن جوش شیرن اضافه می کنند . افزودن مارگارین و عامل تردد کنندهدر اتاق حرارت باعث می گردد که خمیر به اندازه کافی برا مخلوط کردن نرم باشد تا خمیر بتواند نازک باشد و نسوزد . این خصوصیات ف خصوصیات بحرانی اجرائی تلقی می شوند و HOWهای ماتریس برنامه ریزی اجراء را تشکیل می دهند . در ادامه ارتباط ما بین هر how با هر what بررسی می شود ، و ارزشهای هدف هر how مشخص می گردد . در این مرحله تکنیک های همانند تجزیه و تحلیل عوامل شکست طراحی ( Design Failure Mode Analysis-DFMA) ، تجزیه و تحلیل درخت خطاء و روشهای تاگوچی بسیار مفید است . خصوصیات بحرانی قطعه که نسبت به تغییرات محیطی و یا ساخت حساس می باشد ، در فاز بعدی QFD -ماتریس برنامه ریزی محصول - آورده می شود .

**فاز 3 – برنامه ریزی فرآیند**

خصوصیات بحرانب منتخب اجزاء تشکیل دهنده WHAT های ماتریس برنامه ریزی فرایند هستند. در طی این فاز از QFD، WHAT ها به مجموعه ای از پارامترهای بحرانی فرایند تبدیل می شوند . آرمان این فاز طراحی فرایندی است که محصولات را به صورت پیوسته بطوریکه اجزاء دارای ارزشهای هدف از پیش تعیین شده باشند تولید کند.

آلترناتیوهای طراحی فرایند تجزیه و تحلیل و مقایسه می شوند ، و بهترین طرح انتخاب می شود . اجزاء اصلی فرایند مشخص می گردند و نمودار جریان اصلی (Master Flow Diagram ) برای به تصویر کشاندن ارتباط ما بین مواد ورودی و اجزاء اصلی فرایند به کار می رود . توجه کنید که نمودار جریان اصلی منعکس کننده محدودیتهای تولید می باشد .

ارتباطی که در نمودار جریان اصلی به تصویر کشیده می شود ، به تیمهای طراحی در تشخیص پارامترهای بحرانی فرایند هر عملیات کمک می کند . مجددا تکنیکهای همانند تجزیه تحلیل درخت خطاء وروشهای تاگوپی برای تشخیص پارامترهای فرایندو ارزشهای هدف به کار میرود .

نمودار جریان اصلی و پارامترهای بحرانی فرایند ، how های ماتریس برنامه ریزی محصول را تشکیل می دهند . اثر کنترل کردن هر پارامتر بحرانی بر هر خصوصیتبحرانی قطعه در منطقه ارتباطات به تصویر کشیده می شود .

پارامترهای فرایند که کنترل آنها دشوار بوده ، یا به سیستم کنترلی خاص یا رویه های جدید برای کنترل نیاز دارند ، نیز در ماتریس برنامه ریزی تولید اورده می شوند.

**فاز 4 – برنامه ریزی تولید**

پارامترهای فرایند منتخب ، تشکیل whatهای ماتریس برنامه ریزی تولید را می دهند. سپس مشکل کنترل کردن هر What ، تناوب و دشواری مشکلات مورد انتظار و توانایی تشخیص مشکلات ارزیابی می شود .

نیازمندی های برنامه ریزی و اطلاعات عملیاتی مربوط به هر what ( همانند نمودار کنترل کیفیت و نیازمندیهای آموزشی ) بررسی شده ، به صورت دستورالعمل های کارگاهی بیان می گردند .

بنابر این نیازمندیهای مشتری به تدریج به دستورالعملهای طراحی محصول و طراحی فرایند و به طور کلی مجموعه ای از دستور العملهای کارگاهی تبدیل می شود .

QFDفرایندی منعطف می باشد . ماتریسهای QFD ابزاری برای بیان اطلاعات می باشد ، و باید با نیازهای شرکت تعدیل شوند . این قابلیت انعطاف ، QFD را به متدلوژی طراحی مفیدی برای طراحان کالا و خدمات مبدل ساخته است .

بیشتر محصولاتی که این تکنیک در مورد انها به کار می رود دارای ساختاری پیچیده هستند بنابراین به منطور حصول موفقیت ، باید برای تیم طراحی یک برنامه آموزشی جامع ترتیب داده می شود . همچنین لازماست که مدیران میانی و ارشد به ارزش و حوزه عمل QFD واقف نمود ، چون این فرایند چندین ماه طول می کشد و به ورودی هایی از نواحی وطیفه ای مختلف نیاز دارد .

## طراحی برای تولید(DFM (Design for Manufacturing

- فرآیند طراحی برای تولید برای طراحان چهار چوبی ارائه می کند که طی آن قادر باشند , به منظور بهبود همزمان طراحی های محصول و فرآیند با یکدیگر همکاری داشته باشند .

- متدولوژیها و رهنمودهای طراحی برای تولید در برگیرنده راهکارها , تکنیکها و روشهای ابتکاری طراحی محصول هستند که در طی زمان توسعه یافته اند .

- طی این استراتژی , مهندسان , تامین کنندگانو مونتاژ کاران برای کاهش زمان رساندن محصول به بازار ( time to market) و به طور همزمان کاهش هزینه ها و بهبود کیفیت با یکدیگر همکاری می کنند .

رهنمودهای DFM عبارتند از جملات کد شده ای در مورد عملکرد طراحی خوب که به صور مختلف بیان می شود :

**1**- طراحی در رستای داشتن حداقل تعداد قطعات , کاهش تعداد قطعات منجر به کاهش هزینه مونتاژ محصول می شود. این امر به منزله کاهش قطعات خریداری شده و نیاز کمتر به نظارت و نیاز کمتر به نظارت و کنترل , ذخیره سازی , حمل و نقل و بازرسی می باشد . در شرکت Seville با کاهش تعداد قطعات مورد نیاز سپر عقب به نصف از زمان مونتاژ 57 درصد کاسته شد و در عین حال هزینه سالانه نیروی کار به میزان 450 هزار دلار کاهش یافت همچنین هزینه های انبار داری , حمل و نقل و خرید قطعات مرتبط به میزان قابل تاملی کاهش یافت

**2**- توسعه طراحی مدولار ( modular design) با توسعه اجزایی که به طریق مختلف قابل مونتاژ هستند , شرکت ضمن حداقل نگاه داشتن تعداد قطعات خریداری شده یا تولید , می تواند محدوده نسبتا وسیعی از محصولات را ارائه دهد

طراحی مدولار شرکت Hewlett- Packard (HP)را قادربه تولید مستمر چاپگرهای بهبودیافته با هزینه کمتر و عملکرد بهتر و بیشتر نسبت سایر چاپگرها موجود در بازار نموده است. طراحی مدولار همچنین به شرکت HP امکان ارتقاء بسته های نرم افزاری کامپیوتر های شخصی خود را داده است . این بسته نرم افزاری به منظور افزودن بسیاری از خصوصیات جدید به مدلهای قدیمی بکار می رود . شرکت تولید کننده کامپیوتر های شخصی Compaq desktop/M هر یک از زیر سیستمهای اساسی را بر روی بردهای مجزا قرار داد ه است تا مشتری خود بتواند ترکیب مورد نیازش را انتخاب کند . بدین ترتیب ارتقاء و گسترش سیستم تنها پنج دقیقه به طول خواهد انجامید .

**3**- کمینه کردن تنوع قطعات یا مشترک سازی ( communization) , کاهش تعداد قطعات متفاوت مثلا نوع و اندازه پیچها منجر به صرفه جویی در زمان وپول می گردد . بکارگیری قطعات استاندارد باعث کاهش سطوح موجودی , هزینه های خرید و زمان تحویل خرید می شود واز زمان مورد نیاز برای ساخت یک جزء منحصر به فرد در پیدا کردن تامین کننده و آزمایش قطعه ساخته

اجتناب  می شود . استاندارد کردن قطعات همچنین باعث تسهیل در تعمیر و تعویض قطعات می گردد.

سازندگان خودرو شروع به استفاده از قطعات مدلهای قدیمی خود و یا حتی قطعات سایر سازندگان اتومبیل در مدلهای جدید خود نموده اند . بعنوان مثال 60 دزصد قطعات بکار گرفته شده در مدل  domain اتومبیل جدید  Honda  در سایر مدلهای شرکت نیز به کار رفته است و ایندر حالی است که به پیشتر تنها 10 الی 15 درصد قطعات به طور مشترک در مدلهای مختلف استفاده می شوند

**4**- طراحی جهت تسهیل ساخت , باید مناسبترین فرایند ساخت هر قطعه انتخاب شود و قطعه برای این فرایند طراحی شود . از سوی دیگر مواد به کار گرفته شده جهت ساخت قطعه باید منجر به کاهش قیمت و افزایش کیفیت محصول گردد

**ابزارهای  DFM از یک سو در بر گیرنده متدولوژیهای نسبتا جدیدی مثل روشهای Taguchi و روش طراحی برای مونتاژ  Boothroyd-Dewhurst بوده , از یک سو شامل متدولوژیهای سنتی تری چون تجزیه تحلیل اثرات و حساسیت شکست و مهندسی ارزش می باشد .**

## الف :طراحی برای مونتاژ(DFA (Design for Assembly

طراحی برای مونتاژ به یک طراح در ارزیابی قابل تولید بودن طراحی محصول از نظر کمی و حصول اطمینان از به کار گیری صحیح رهنمودهای  DFA  کمک می کند

بین روشهای  DFA  روشی که توسط  G.Boothroyd  و  P.Dewhurst  در دانشگاه ماسا چوست توسعه داده شده است بیشترین کاربرد را داشته است . این روش هزینه مونتاژ را با در نطر گرفتن سایر محدودیتها مورد نیاز طراحی کمینه می کند . طراحان با بکارگیری این متدولوژی می

توانند تعداد کمینه قطعات را برای مونتاژ تعیین کنند و سهولت یا سختی نسبی مونتاژ طراحیها ی خود را بر آورد کنند . زمینه های بالقوه بهبود طراحی با مقایسه طراحی مورد نظر با طراحی تئوریک ایده ال مشخص می شوند

بیش از 7000 مهندس در شرکت ford برای استفاده از این روش آموزش دیده اند و منجر به صرفه جویی یک ملیارد دلاری در شرکت شده اند . شرکتهای Xerox , IBM , Whirloop و سایر شرکتهای امریکای شمالی نیز با اتخاذ این روش دستاوردهای چشمگیری گزارش کرده اند .

روشهای تاگوچی حاوی روشهای طراحی محصولی خوب و با کیفیت بالا علرغم نوسانات فاکتورهای محیطی , تولید و مواد اولیه می باشد . بکارگیری روش های تاگوچی در طراحی محصول و فرایند همچنین باعث کاهش هزینه های تولید و کوتاه شدن نسبی دوره زمانی طراحی می شود . این روشها در بسیاری از شرکتهای امریکای شمالی بطور موفقیت امیزی بکار گرفته شده است .

**جعبه ابزار روش** Boothroyd-Dewhurst DFA

کتاب مرجع این روش حاوی سه بخش انتخاب روش مونتاژ , طراحی برای مونتاژ و طراحی مونتاژ اتوماتیک است .

آیا محصول باید بصورت دستی مونتاژ شود . آیا نیازی به تجهیزات خاص ( special-purpose equipment) می باشد. آیا نیازی به اتوماسیون قابل برنامه ریزی می باشد . بخش اول کتاب مرجع به تشریح رویه ای پرداخته است که طراحان را در تصمیم گیریهای فوق یاری می کند . طراحان اطلاعاتی نظیر میزان تولید هر شیفت , تعداد قطعات مونتاژ شده و تغییرات عمده مورد انتظار طی دوره عمر محصول را فراهم می کند . سپس روش م.نتاژ پیشنهادی با استفاده از این

اطلاعات و بکارگیری نمودار کددار رنگی کتاب مرجع پیشنهاد می شود . فرض کنید مونتاژ دستی پیشنهاد شده باشد . طراح با مراجعه به بخش دوم کتاب رویه زیر را در پیش میگیرد

**قدم 1 – نرخ کارایی مونتاژ دستی را برای طراحی اولیه محاسبه می کند .**

- تعداد قطعات کمینه تئوریک ( theoretical minimum number of Parts-TMNP) را به وسیله پرسیدن سوالاتی در مورد نیاز به هر قطعه تعیین می کند . چنانچه تفاوتی محسوس برای مواردی چون 1) حرکت نسبی 2) تنطیم قطعات 3) سرویس پذیری یا تعمیر پذیری و 4) مواد موجود نداشته باشد بهتر است قطعه حذف شود

- زمان ایده ال مونتاژ را محاسبه می کنید:

زمان ایده ال مونتاژ =3ثانیه ⁎(TMNP)

در زمان ایده ال هر قطعه i باید به آسانی قابل حمل و نقل و جا زدن باشد و بتوان بعلت طراحیهای دقیق در حدود یک سوم دقیقه یعنی بیست ثانیه با یک ضربه در جای خود قرار داد و چفت کرد .

- زمان واقعی مونتاژ را محاسبه کنید :

زمان و اقعی مونتاژ = جمع i ها از یک تا n حاصل جمع i حمل و نقل و i جا زدن

کتاب مرجع , به صورت نموداری , حاوی دادهای مطالعه زمان ( time – study) است . بدین ترتیب طراحان با بکارگیری اطلاعاتی نطیر هندسه قطعه , خصوصیات حمل و نقل و روش اتصال , قادر به برآورد زمان مورد نیاز جابجایی و جا زدن قطعات مختلف از نمودارها خواهند بود .

- نسبت کارایی دستی را محاسبه کنید :

نسبت کارایی = زمان ایده ال مونتاژ تقسیم بر زمان واقعی مونتاژ

**قدم 2 –** محصول را مجددا طراحی کنید .

- ابتدا قطعات را در صورت امکان حذف یا ترکیب کنید , سپس در راستای کاهش زمان مونتاژ قطعات باقی مانده را طراحی کنید .

**قدم 3 –** با محاسبه نسبت کارایی دستی , طراحی جدید را ارزیابی کنید .

- قدمهای 2و3 را تاجایی که لازم است راتکرار کنید .

## ب : تجزیه و تحلیل اثرات و حساسیت شکست ( failure mode effects & criticality analysis)

FMECA عبارتست از سیستمی که از طریق آن طراحان می توانند از روی روش و متدولوژی به بهبود طراحی محصول بپردازند.

تعریف FMECA فریندی است که ابتدا علل روخداد شکست های بالقوه را تعیین ، سپس اثرات آن را ارزیابی و در نهایت یک سری اقدامات اصلاحی پیشنهاد می کند.

## ج:مهندسی ارزش ( value engineering )

تعریف- طی مهندسی ارزش (تحلیل ارزش ( value analysis) ) 1) مشخصه های محصول ارزیابی می شود 2) هزینه ی بوجود آوردن مشخصه های خاص محاسبه می شود و 3) راه کار های کم هزینه مشخص می شود.

ممکن است تأمین کنندگان ، مشتریان و نمایندگان از واحد های مهندسی ، تولید ، تحقیق و توسعه ، بازار یابی و حساب داری در فرایند مهندسی ارزش دخیل باشند.

آرمان این فرایند کاهش هزینه ها ضمن حفظ کیفیت و قابلیت عملکرد ( functionality) محصول است.بعنوان مثال مواد یا قطعاتی که تنها در یم محصول بکار می روند با مواد و قطعاتی که در چند محصول مشترک هستند جایگزین می شوند و بدین تریتب نیازی برای نگهداری موجودی اضافی نخواهد بود.همچنین ممکن است یک ماده ی گران با یک ماده ی ارزان جایگزین شود یا طراحی محصول ساده گردد.وزن محصول ممکن است  نیز کم شود ، یا طریقه ی بسته بندی آن تعویض گردد ومواردی که مورد نیاز مشتری نسیت یا آن ها که به عملیات مشکل و هزینه بر نیاز دارند ، می توانند حذف شوند.برخی مثال ها ی بالاخص در این زمینه به گفته ی مدیر مهندسی شرکت Kiyokazu Seo Toyota بدین قرار است ، وزن کردن چراغ های عقب اتوموبیل با یک متصل کننده به وض دوتا ، کوچک کردن بدنه پلاستیکی عایق حرارتی اتوموبیل و درز گیری مناطق لازم بعوض کل سطح زیرین اتوموبیل.

**د : روشهای کنترل کیفیت غیر مستقیم تاگوچی**

روشهای کنترل کیفیت غیر مستقیم تاگوچی به بهبود کیفیت محصول ، در عینکاهش هزینه های محصول می پردازد .

رویه سه قدمی تاگوچی بر رود طراحی محصول و فرایند تموکز دارد . هدف ، تولید محصول بی خدشه ای است که در تغییرات محیطی غیر قابل کنترل ، کیفیت خود را حفظ نماید .

طراحی سیستم( System Design)

**قدم اول :** طراحی سیستم : طراحی اولیه محصول با استفاده از نیازمندیهای مشتریان و تواناییهای دروند شرکت توسعه می یابد . این طرح مشمول بر تنظیم پارامترهای موثر بر ارزش خصوصیات عملکردی می باشد .

فرض کنید شرکتی در حال طراحی اتومبیل جدیدی باشد و از متدولوژی QFD استفاده می شود . تحقیقات مشتری انجام یافته در طی مرحله اول QFD بیان می کند که نرم بودن فرمان یکی از خصوصیات عملکردی کلیدی در ماشین می باشد . تیم هندسی 13 پارامتر بحرانی طراحی که بر این خصوصیات موثر است ، بدست آورده اند ، از آن جمله می توان به سختی فنر سختی کمک فنر و دیمانسیون مکانیزم فرمان اشاره نمود . شرکت ارزشهای اولیه این موارد و 10 پارامتر طراحی دیگر را تنظیم کرده، سپس طرح اولیه سیستم فرمان را در بهبود طرح اولیه ماشین استفاده می شوند .

طراحی پارامتر ( Parameter Design)

**قدم 2:** طراحی پارامتر : عواملی که بیشترین انحرافات محصول نهایی را به همراه دارند ، معین می گردند. آزمایشهایی به منظور کمینه کردن حساسیت طراحیهای مهندسی نسبت به منابع انحرافات صورت می گیرد . ( منظور کمینه کردن ضایعه وارده بر جامعه است )

وقتی که سیستمی طراحی می گردد ، لازم است شرکت پارامترهایی که بیشترین تاثیر روی عوامل موثر در نرم بودن فرمان سرو کار دارند ، مشورت شود . در اینجا 13 پارامتر بحرانب محصول مشخص شده است ، اما عوامل دیگری نیز وجود دارند که تنظیم آن خارج از کنترل می باشند . این متغییر ها شامل عواملی مانند آب و هوا ، شرایط جاده ای ، باد لاستیک ، منابع اغتشاش (Sources of Noise ) نامیده شده اند . طراحان خواهان شناسایی مجموعه پارامترهای طراحی هستند تا تاثیر اغتشاش را حداقل نمایند و حساسیت نرم بودن فرمان نسبت به منابع اغتشاش را کمینه کنند .

طراحان به منظور بررسی تنظیمات پارامترهای ابتدایی خود در برابر ترکیبات مختلف اغتشاش باید مجموعه ای آزمایشات ساده انجام دهند . متاسفانه به صورت تئوریک تعداد آزمایشهای مورد نیاز همه 13 پارامتر طراحی برای هر سه تنظیم ( ابتدایی ، سطح پایین و سطح بالا ) سه به توان سیزده یا 1594323 آزمایش جداگانه خواهد بود . چناپه هر آزمایش 30 دقیقه طول بکشد ، شرکت می تواند 80 آزمایش در طول هفته انجام دهد. پس تیم برای انجام این آزمایشها به بیش

از 19929 هفته یا 383 سال نیاز خواهد داشت . واضح است که انجام آزمایشهای طراحی با این تعداد متغیر علمی نیست .

تاگوچی رویه آزمایشهای موازی عوامل را بکار می گیرد تا تعداد آزمایشهای را بدون هیچ کم و کاستی به میزان زیادی کاهش دهد در یک آزمایش تعداد آزمایشات که یک و نیم ملیون بود به بیست و هفت آزمایش کاهش یافت .

این آزمایشهای آماری همچنین برای تعیین پارامترهای طراحی که هزینه ها را بدون پایین اوردن کیفیت کاهش می دهد ، به کار می روند و دارای اثر قابل ملاحضه ای بر دیگر پارامترهای طراحی نمی باشند . انها تاثیر زیادی بر مقدار میانگین ارزش خصوصیات عملکردی داشته ، اما اثری بر انحرافات ندارند . پارامترهای طراحی آخرین گروه برای تنظیم مقدار میانگین بکار برده می شوند . برای مثال فرض کنید بکار گیری نوعی فنر به نسبت گران قیمت باعث نزدیک شدن ارزش عددی نرم بودن فرمان به ارزش هدف می گردد ، اما بکارگیری فنر ارزان این میزان را 20درصد بالاتر از ارزش هدف می نماید . از سوی دیگر اگر یک پارامتر طراحی دیگر وجود داشته باشد که بتواند باعث کاهش این میزان سود شود ، می توان با بکارگیری آن از فنر ارزان قیمت استفاده کرد .

طراحی مقدار خطاء مجاز (Tolerance Design )

**قدم 3 –** طراحی خطاء مجاز: خطای مجاز قابل قبول برای ارزشهای هدف پارامترهای طراحی که در قدم دوم معین شده است تعیین می شوند .

روشهای تاگوچی با شناسایی پارامترهایی که نیاز به خطاهای مجاز کم داشته ، فرایندهای تولیدی هزینه بری را می طلبند ، تاثیر بسزای در هزینه های تولید دارند . پارامترهای طراحی که در این گروه قرار می گیرند ف آن دسته از پارامترهای طراحی هستند که انحراف در انها باعث انحراف در خصوصیات عملکردی محصول می شود . بدین ترتیب به نوعی با افزایش هزینه های ساخت ناشی از کیفیت بالا مقابله می شود . همچنین امروزه خطاهای مجاز به جای محاسبه علمی بر مبنای قضاوتهای مهندسی ، روشهای قاعده مند عمومی و رسیدن به بهترین در حد توان ، تغییر یافته اند .

محصول حاطله علیرغم نوسانات مواد، تولید ( تجهیزات و اپراتور ) و شرایط محیطی دارای انحرافات قابل قبولی خواهد بود . از آنجا که کمینه انحرافات به جای کنترل منابع انحرافات ، از طریق کاهش اثر آنها صورتمی گیرد ، روش تاگوچی از نظر هطینه موثر تلقی می شود .

چشم اندازهای تاگوچی

روشهای تاگوچی می تواند در طراحی فرایند و محصول ، و یا هر دو به کار برود ، اما در طراحی محصول کاراتر است . انتقادی که وارد می باشد این است که آزمایشهای تاگوچی بسیار ساده بوده است ، بهبودهای به همراه نمی آورند ، اما شرکتهای امریکایی زیادی بوده اند که این روش را بکار برده اند و صرفه جویی های عظیمی داشته اند . برای مثال صرفه جوی ITT بیش از 35 ملیون دلار بوده است . روش تاگوچی حتی در سیستم های مهندسی به کمک کامپیوتر (CAE) به طراحان کمک می کند که از ابتدا محصول را خیلی قوی طراحی کنند .

روشهای مدرن و به کارگیری ابرزارهای کامپیوتری در طراحی

الف : طراحی برای بازیابی ( design for recycling )

تعریف-تمرکز طراحی برای باز یابی بر روی طراحی محصولات در این راستا است که مواد خام مثل پلاستیک ها ، پس از پایان عمر مفید محصولات قابل بازیافت باشند.

بعنوان مثال در حال حاضر تا 30٪ یک اتوموبیل به نوعی قابل لازیابیست.از سوی دیگر اگر اتوموبیلی به صورتی طراحی شده باشد که به آسانی مونتاژ شود،این رقم تا 80 – 90 ٪ افزایش می یابد.

**ب : طراحی برای دمونتاژ ( disassembly)**

موارد انجام گرفته در شرکت BMW بیش از 2 سال است که یک تیم تحقیقاتی در این شرکت بر روی بازیافت پلاستیکها و مواد قابل بازیافت و چگونگی ططراحی اتومبیلهایی که به سادگی قابل دمونتاژ شدن باشند می پردازند . امروز 75 درصد الی 80 درصد مواد به کار رفته در این شرکت قابل بازیافت است .

**ج : مهندسی فاکتورهای انسانی ( Human Factors Engineering) (ارگونومی Ergoromics)**

راحتی ، ایمنی و سهولت استفاده ،برای بسیاری از مصرف کنندگان ؛ حکم ابعاد مهم کیفیت محصول محاسبه می شود . این امر بخصوص برای محصولاتی که در محیطهای کاری مصرف می شوند ، اهمیت پیدا می کند . شرکتهای امریکای شمالی سالانه ملیاردها دلار برای صدمات کاری (Work-related injuries) هزینه می کنند ، که عمده این صدمات به طراحی ضعیف محصولات بر می گردد .

با وجود اینکه انسان توانایی انجام گستره وسیعی از کارها و حرکات را دارد ، بطور یقین فعالیتهایی که بطور ثابت تکرار می شوند ، ساده تر از سایر فعالیتها که بطور ثابت تکرار می شوند ، ساده تر از سایر فعالیتها بوده خستگی کمتری را به همراه دارند . مهندسی فاکتورهای انسانی به دنبال ایمنی و راحتی بیشتر و کارایی مصرف کننده می باشد .

تعریف - مهندسی فاکتورهای انسانی ، برای طراحی محصول ها و فرایند ها از دانش قابلیتها و محدودیتهای انسانی استفاده می کند .

کاهش صدا ، وزن و ارتعاش ابزاری که در دست نگاه داشته می شوند کاهش نیروی لازم برای فشار دادن دکمه ، قرار دادن موارد مورد مشاهده کردنی در مکانهای هم ارتفاع با چشم و ساختن ایستگاهای کاری دارای ارتفاع قابل تنظیم مثالهای از ساخت محصولات ایمن تر و ساده تر برای استفاده هستند . ملاحضات دیگری که باید در طراحی مد نظر قرار داد عبارت است از طریقه و تناوب استفاده از محصول .

**د : طراحی مجازی ( Virtual Design)**

تعریف – طراحی مجازی عبارت است از یک عرضه وظیفه ای سطح بالا ( high-level functional representation) که برای یک خانواده محصولی مشترک است .

در یک خانواده محصولی هر محصول بیانگر یک خصوصیت فیزیکی طراحی مجازی است . طراحی مجازی این امکان را به طراحان می دهد که متناسب با طراحی یک محصول موجود ، محصولات مرتبط با ان را نیز طراحی کنند . بدین ترتیب از ضایعات ناشی از تلاشهای طراحی مجدد احتراز می شود

**ه : پوشش طراحی ( design envelope)**

تعریف – پوشش طراحی عبارت است از محدو دیتهای ار پیش تعین شده در مورد خصوصیات محصول که می تواند با فرایند های تولید شرکت تطبیق یابد .

مفهوم پوش طراحی بر این فرض است که فرایند های تولیدی به گونه ای طراحی شده اند که در حدود مشخص خیلی منعطف هستند و می تواند به سرعت و با سهولت با تغییرات صورت گرفته در طراحی محصول داخل پوشش طراحی تطبیق پیدا کند ، و گر نه اعمال تغییرات طراحی در خارج از پوشش طراحی بسیار مشکل خواهد بود . به عنوان مثال در فرایند ساخت سریهای 1000 دستگاهیی کپی رو میزی در شرکت Xerox حدودی برای ابعاد محصول ، وزن هر جزء و حداقل درجه دقت جا زدن اجزاء در هنگام مونتاژ مشخص است . این روش همچنین طراحان را در محدوده پوشش طراحی قادر به ساخت یکی سری لوازم اضافی (add-on) برای دستگاه کپی کرده است

**و : طراحی به کمک کامپیوتر ( computer –aided design – CAD )**

طراحی دستی محصولات کند و طاقت فرسا بوده ، در بسیاری شرایط الطامی به نطر نمی رسد . امروزه ابزارهای طراحی به کمک کامپیوتر ( computer –aided design – CAD) به راحتی در دسترس می باشد و به طراحان در خلق و آزمایش محصولات کمک شایانی می کند. شرکت بین المللی Fujima در طراحی غالب های فلزی برای مشتریان خود از ابزارهای CAD استفاده می کند .

## ابزارهای کامپیوتری computer-aided tools

یک شرکت می تواند با به کارگیری ابزارهای کامپیوتری computer-aided tools ( ) به صورت کتابخانه ای اطلاعاتی در مورد اجزاء در راستای استاندارد کردن قطعات ، اجزای مفاهیم طراحی مدولار ، و شماره گذاری یکنواخت قطعات بوجود آورد . گروهای طراحی ، همچنین خواهند توانست با بکارگیری این اطلاعات ، تصمیمات اتخاذ شده گروه های قبلی و منطق آنها را

بازنگری کنند . بدین ترتیب شرکت نه تنها از یک سری مخاطرات احتراز می کند ، بلکه احتیاج به اختراع دوباره چرخ را نخواهد داشت ابزارهای طراحی به کمک کامپیوتر در حال یکپارچه شدن با سیستمهای ساخت به کمک کامپیوتر

( computer-aided manufactuning) و سایر سیستمها هستند .

یکی از فواید کلیدی این سیستمهای یکپارچه قابلیت انتقال الکترونیکی داده به یکدیگر است ، بدین معنا که لازم نیست داده های یک سیستم پرینت گرفته شوند و سپس بصورت دستی وارد دیگری شوند ( در شرکت Milliken دادهای فروش و ارجحیتهای مشتری بطور مستقیم وارد سیستم CAD می شوند و خصوصیات ساخت نیز ، بصورت الکترونیکی ، به ماشینها منتقل می شوند ) از زمانی که طراحیها با سرعت و دقت لازم از یک سیستم به سیستم دیگر منتقل شده اند ، کیفیت بهبود یافته ، بسیاری از دوباره کاری ها حذف شده اند . هستند شرکتهای که می توانند سفارش مشتری را صبح دریافت کنند و محصول را بر مبنای نظر مشتری طراحی و تولید کنند و در همان روز به خارج از درب کارخانه بفرستند .

**ر : طراحی محصولات در سازمانهای جهانی ( Global Organizations )**

تصمیم گیری در مورد چگونگی سازماندهی طراحی در شرکتهای تک بازاره ( single –market firm ) به نسبت مشخص و آسان است . اما هنگامی که یک شرکت بخواهد در بازارها ، کشورهاو قاره های جدید حضور یابد ، این امر پیچیده می شوند . شعار Ohmae بر مبنای قاعده سفت و سختی گفته نشده است . این شعار بصورت جهانی فکر کنید محلی عمل کنید

( think gobally & act locally) می باشد . این شعار در استراتژی طراحی محصول به معنای توسعه محصولات به گونه ای است که از یک سو برای بازارهای مختلف و از سوی دیگر برای تطابق با انواع محصولات بخشی ( sectorial ) ، منطقه ای ( regional ) یا جهانی تولید شده اند . به عبارت ساده تر داشتن مفهوم تولید محصول جهانی در ذهن و تطبیق آن با

سلایق و قوانین محلی مطرح است . از سوی دیگر می توان برای بازارهای مختلف محصولات متفاوت توسعه داد و س به منظور معرفی به بازارهای منطقه ای ، محصولات سر دسته ( Lead products ) را انتخاب نمود . باز خورهای اطلاعاتی از سوی مشتریان وفادار بهترین اطلاعاتی برای تولید محصولات جدید یا تغییر محصولات هستند . بعنوان یک قاعده سر انگشتی ، وقتی نیازها و انتظارات محلی در طراحی منظور می شوند ، طراحی اصلی باید بصورت محلی مدیریت شود . در جائیکه می توان نیازهای محلی را با تغییرات سطحی پیاده نمود

**ز : واگذاری مسئولیت طراحی به تامین کنندگان**

**1- طراحی جعبه سفید ( white box design)** : واحد طراحی شرکت طراحی کامل قطعات را خود به عهده می گیرد و چگونگی کار هر یک رادقیقا می داند تامین کنندگان فقط در مورد عملکرد مالی و تکنیکی قضاوت می شوند وب آنها تنها ارتباز اجرایی و جود دارد

**2**- طراحی جهبه خاکستری (white box design): واحد طراحی شرکت مشخصات قطعات را می نویسد و ممکن است یک نمونه یا یک مدل نیز تهیه کند . تامین کنندگان بر روی قابلیت طراحی به اضافه قابلیت ساخت آن قضاوت می کنند . طراحی جعبه خاکستری برای مونتاژها یا جراء پیچیده تر از قطعات ساده به کار می رود

**3**- طراحی جعبه شیاه ( black box design) : واحد طراحی شرکت مشخصات وسیعی را تهیه می نماید اماتامین کنندگان عهده دار و مسئول کل طراحی می باشند. طراحی جعبه سیاه در سیستم های سخت افزاری نظامی به کار می رود ( مانند هواپیما ) شرکت ارتباط نزدیکی با تامین کنند گان دارا می باشد و تامین کنندگان را بر مبنای مجموعه وسیعی از معیارها , شامل قدرت و مسئولیت مدیریتی قضاوت می کند . خود تامین کننده ممکن است دارای تامین کنندگانی باشد که از طراحی جعبه خاکستری یا طراحی جعبه سفید برای طراحی استفاده نمایند .