تئوری عمومی سیستم ها

مولف: عباس نژاد عبدالله

مرکز آموزش سازمان صدا و سیما

گروه علمی آموزشی مدیریت و عمومی

جزوه تئووری عمومی سیستم ها

مولف: عباس نژاد عبدالله

ناشر: مرکز آموزش سازمان صدا و سیما

تهیه شده در: گروه علمی آموزشی مدیریت و عمومی

سال نشر: پاییز ۱۳۸۹

فهرست

فصل اول: مبانی سیستم

۱-۱- مقدمه ۱

۱-۲- مفاهیم و تعاریف ۳

۱-۲-۱- تعریف سیستم ۳

۱-۲-۲-عناصر سیستم ۸

۱- ورودیها ۹

۲- فراگرد(خانه پردازش) ۱۱

۳- بازخور ۱۲

۴- خروجی ها ۱۳

۱-۲-۳- نمایش هندسی سیستم ۱۶

۱-۲-۴- طبقه بندی سیستم ها ۱۷

الف – طبقه بندی رفتاری ۱۹

ب. طبقه بندی بولدینگ یا طبقه بندی بر اساس میزان پیچیدگی ۲۰

ج- طبقه بندی بر اساس هدفمندی سیستم و اجزاء ۲۳

۱-۳- پویایی سیستم ۲۴

- تاریخچه ۲۵
- موضوعات و مسائل پویا ۲۵
- الگوهای رسمی (Formal Model) ۲۶
- شبیه سازی مسئله (Simulation) ۲۷

- مشکلات در سیستم های بازخوردی ۲۸
- مراحل بررسی در سیستم های پویا ۲۹

۱-۴- روابط ۳۰

۱-۵- محیط سیستم ۳۲

۱-۵-۱- انواع محیط ۳۵

۱-۶- مرز سیستم ۳۶

۱-۷- عکس العمل نسبت به محیط ۳۸

۱-۸- سیستم باز و بسته ۳۹

۱-۸-۱- ویژگی های سیستم باز ۴۰

۱-۹- سیستم های همشکل ۴۴

۱-۱۰- رفتار سیستم ۴۷

۱-۱۰-۱- انواع رفتار سیستم ۴۹

۱-۱۱- آرایش درونی سیستم ۵۰

۱-۱۲- حلقه بازخور سیستم و سطوح سازمانی ۵۴

فصل دوم: نگاه کلی بر سیستم ها ۵۶

۲-۱- تفکر سیستمی ۵۷

۲-۲- اهمیت نگرش سیستمی ۶۰

۲-۳- نظریه عمومی سیستم ها ۶۱

۲-۴- تاریخچه نظریه سیستمها ۶۲

الف) تحولات دانشگاهMIT ۶۳

ب) تحولات متدولوژی علم ۶۵

۲-۵- منشاء و نحوه شکل گیری نظریه عمومی سیستم ها ۶۸

۲-۶- ویژگیهای نظریه عمومی سیستمها ۷۰

۲-۷- تفاوت این نگرش با نگرش های قبلی ۷۴

۲-۸- علم کنترل و ارتباطات (سایبرنتیک) ۷۶

۲-۹- کاربرد " نظریه عمومی سیستم ها " و " علم کنترل و ارتباطات " در سازمان ها ۷۷

۲-۱۰- قوانین تفکر سیستمی ۸۰

- ✓ نباید شرایط محیطی را سرزنش کرد ۸۰
- ✓ دریافتن الگوی تغییرات به جای تمرکز بر روی وق ۸۲
- ✓ تفکر براساس رابطه علت و معلولی ۸۳
- ✓ تعیین صحیح مرز سیستم ۸۴
- ✓ تفکر دینامیک به جای تفکر استاتیک ۹۰
- ✓ مقاومت در برابر سیاستها، پیامدهای ناخواسته و رفتار نامشهود سیستمهای اجتماعی ۹۲
- ✓ تفکر ترکیبی ۹۴
- ✓ اهمیت چگونگی تعامل بین اجزاء سیستم در عملکرد آن ۹۷
- ✓ ساختار سیستم بوجود آورنده رفتار آن است ۹۸
- ✓ باید به دنبال نقاط حساس و مؤثر گشت ۱۰۰
- ✓ باید به مهلتی که برای دریافت پاسخ ضروری است، توجه نمود ۱۰۰

۲-۱۱- تاثیر نظریه عمومی سیستم ها بر مطالعه سازمانها ۱۰۱

فصل سوم: علم کنترل و ارتباطات ۱۰۳

۳-۱- علم کنترل و ارتباطات ۱۰۴
۳-۲- طبقه بندی سیستم ها بر اساس میزان
کنترل پذیری ۱۰۴
۳-۳- بازخور به مثابه ابزاری برای کنترل ۱۰۸
۳-۴- نمودار خانه ای ۱۰۹
۳-۵- سیستمهای بازخور نوع اول ۱۱۰
۳-۶- سیستمهای بازخور نوع دوم ۱۱۱
۳-۷- سیستمهای بازخور نوع سوم ۱۱۲
۳-۸- پیچیدگی و جعبه سیاه ۱۱۲
۳-۹- پیچیدگی ۱۱۲
۳-۱۰- نظریه اطلاعات ۱۱۵
۳-۱۱- مجموعه های پیچیده « غیر قابل
پیش بینی » و « قابل پیش بینی » ۱۱۶
۳-۱۲- ساختار سلسله مراتب حلقه های
بازخور در "مجموعه های پیچیده قابل پیش بینی " ۱۱۸
فصل چهارم : شناخت خرده سیستمها و ساده
سازی الگوی تعاملی آنها ۱۲۴
۴-۱- شناخت خرده سیستم ها ۱۲۵
۴-۲- فراگرد تعریف خرده سیستمها ۱۲۶
۴-۳- مفاهیم طراحی خام ۱۲۶
۴-۴- شاخصهای غالب ۱۲۸
۴-۵- روشهای شناخت خرده سیستم ها ۱۲۸

۴-۵-۱- روش جریان کار و عملیات ۱۲۸

۴-۵- ۲- روش کارکردی ۱۳۰

۴-۵-۳- روش تغییر حالت ۱۳۱

۴-۶- جداسازی (تفکیک) ۱۳۲

۴-۶-۱- کاربرد جدا سازی و تفکیک در مدیریت پروژه ۱۳۴

۴-۷- محاسبه روابط تعاملی خرده سیستم ها ۱۳۶

۴-۸- منشاء تعامل خرده سیستم ها ۱۳۶

۴-۹- ساده سازی الگوی تعاملی خرده سیستمها و روشهای آ ۱۳۷

فصل پنجم: دینامیک سیستم ها و مدلسازی ۱۴۱

۵-۱- پویایی‌های سامانه ۱۴۲

۵-۲- تاریخچه ۱۴۲

۵-۳- مفاهیم و اصول دینامیک سیستم ۱۴۲

۵-۴- نمودار حلقه علّیتCausal Loop Diagram ۱۴۵

۵-۵- مبانی شبیه سازی ۱۴۹

۱. سیستم‌ها ۱۴۹

۲. مدلها ۱۵۱

۵-۶- شبیه سازی ۱۵۴

۵-۷- تعریف شبیه سازی ۱۵۵

۵-۸- موارد استفاده از شبیه سازی ۱۵۷

۵-۹- انواع شبیه سازی ۱۵۹

۵-۱۰- فرایند شبیه سازی ۱۶۰

۵-۱۱- تشریح فرایند شبیه سازی ۱۶۲
۵-۱۲- زبانهای شبیه سازی ۱۶۷
۵-۱۳- مثالهایی از شبیه سازی ۱۷۳
۵-۱۴- کاربردهای شبیه سازی ۱۸۲
۵-۱۵- مزایا و معایب شبیه سازی ۱۸۵
۵-۱۶- شبیه سازی؛ کمک مدیران در تصمیم گیری ۱۸۶
۵-۱۷- شبیه سازی؛ تکنیک برتر مهندسی صنایع ۱۸۸
۵-۱۸- نقش شبیه سازی در مهندسی فرایند ۱۹۲
الف – کاربردهای شبیه سازی در پژوهش و توسعه فرایندها ۱۹۲
ب – کاربردهای شبیه سازی در طراحی فرایند ۱۹۳
پ – کاربردهای شبیه سازی در بهره برداری مطلوب از تاسیسات موجود ۱۹۴
ت) کاربردهای نوین شبیه سازی پیشرفته ۱۹۵
مراجع ۱۹۸

۱-۱- مقدمه

بی شک یکی از بزرگترین پیشرفتها در چگونگی درک و راهنمای تغییر در سازمان های امروزی نظریه سیستم ها و تفکر سیستمی می باشد. برای درک چگونگی عملکرد آن در سازمان ، ما باید ابتدا سیستم را به خوبی بشناسیم. بسیاری از ما درک شهودی خوبی از این واژه داریم، اما به منظور استفاده بهینه از تفکر سیستمی و ابزار های سیستمی در سازمانها نیازمند درک صریح و روشن این مفاهیم هستیم.

مفهوم سیستم که در بیان عامیانه مترادف با واژه های روش و شیوه یا متد به کار رفته است با تعاریف متعددی ارائه شده که هریک از نقطه نظر خاصی به تعریف سیستم پرداخته اند . برای دستیابی به تعریف کامل و جامعی از سیستم ، ابتدا برخی از تعاریف که توسط صاحب نظران بیان شده مرور می شود.

اندیشمندی انسان و دقت نظر او بر پایه جزئی نگری، خواه به صورت تمثیلی یا استقرایی و یا کلی نگری به صورت قیاسی که به شکل گیری رشته های جدید علمی نیز انجامید و به تدریج با بسط آنها انشعاب از یکدیگر را در پی داشت، از یک سو ضرورت همراهی با واقعیت های خارجی - که مستلزم به کارگیری رشته های مختلف و پیوند علوم و دانش های انشعاب یافته با یکدیگر بود - را ایجاب می کرد و از سوی دیگر پدید آمدن علوم فراشته ای و میان رشته ای را به همراه داشت که زمینه ساز شکل گیری نوعی خاص از تفکر شد که امروز به عنوان "تفکر سیستمی" شناخته می شود. این نوع تفکر برای درک بهتر پدیده ها و همچنین درک درست از مسائل و مشکلاتی که با طرز فکر و الگوهای ذهنی خاص خود ایجاد کرده ایم، بسیار کارآمد و اثربخش می باشد.

تفکر سیستمی به تغییر از نگرش مبتنی بر تفکیک علوم به حوزه های تخصصی مجزا، به نگرشی مبتنی بر ترکیب یافته های رشته های گوناگون علمی تأکید دارد و به جای تفکر تحلیلی تجزیه گرا که تفکر تمثیلی، استقرایی و قیاسی

مبتنی بر آن هستند، بر تفکر تحلیلی ترکیب گرا تأکید می ورزد. در کنار این تفاوت و ویژگی خاص روشی، امروزه به دلیل پیچیده تر شدن جهان پیرامون ما، نیاز به تفکر سیستمی بیشتر شده است. شاید برای اولین بار در تاریخ، ذهن بشر قادر به خلق میزانی از اطلاعات گردیده است که هیچ حافظه انسانی به تنهایی توان جذب و نگهداری تمامی آن را ندارد، زیرا امروزه پدیده هایی بروز کرده اند که به دلیل ارتباطات درونی بسیار پیچیده خود، امکان مدیریت فردی بر خود را عملاً از بین برده اند. از همین رو، سرعت تغییرات به حدی بالا رفته است که هیچ ذهنی یارای تعقیب آن را ندارد. در چنین شرایطی تفکر سیستمی اسلوبی برای شناخت ساختارهایی است که شرایط و موقعیت های پیچیده را به وجود می آورند و از طریق آن می توان تغییرات عمده و یا ناچیز را تمیز داد.

تفکر سیستمی محقق را تشویق و ترغیب می کند که به تغییر ذهنیت و الگوهای ذهنی خود روی آورده و به جای جستجوی اطلاعات بیشتر، به ساماندهی اطلاعات موجود بپردازد. تفکر سیستمی می تواند علاوه بر روش های فکری مبتنی بر تخیل و تعقل، تفکر خلاق و شهودی ما را نیز ضمیمه خود کرده و در جایگاه خود به کار گیرد. زیرا در این نوع از تفکر بر استفاده بهینه از منابع در دسترس تأکید شده و علاوه بر خودآگاه به ناخودآگاه آدمی نیز توجه دارد. کوتاه سخن آن که تفکر سیستمی راه و روشی برای کل نگری به شمار می رود و چهارچوبی است که تأکید آن بر دریافت روابط داخلی پدیده ها است نه شناسایی تک تک آنها. این شیوه تفکر، روشی برای شناخت و درک الگوها و مدل های ذهنی جهت تغییر و تحول است نه شناختی ایستا. جوهر اصلی تفکر سیستمی تغییر نگرش در دو جهت زیر است:

۱. مشاهده و درک روابط درونی پدیده ها به جای روابط خطی علی و معلولی؛

۲. شناخت فرایند تغییر در سیستم به جای اقدام فوری و عاجل؛

۱-۲- مفاهیم و تعاریف

۱-۲-۱- تعریف سیستم

ما در دنیایی زندگی می کنیم که احاطه شده از سیستم های گوناگون است . سیستم های بزرگی همچون " منظومه شمسی" که خود چون ذره کوچک و بی مقداری از "سیستم کهکشان" است و خود کهکشان نیز یکی از سیستمهای کهکشانی بی شمار کیهانی است . همچنین سیستمهای بسیار کوچکی مانند "سیستمهای سلولی" در قلمرو بیولوژی و "سیستمهای اتمی" در قلمرو فیزیک وجود دارند .(سایت دانشنامه) علاوه بر اینها سیستم های دیگری وجود دارند مانند "سیستم های مکانیکی" مثل موتور ها و مولدهای برق، "سیستم های بیولوژیکی " مانند انسان و حیوان و نبات و " سیستمهای اجتماعی " مانند کارخانه ها و احزاب سیاسی و خانواده . هنگامیکه یک سیستم بیولوژیکی با هم جمع آیند مانند هنگامی که انسانی اتومبیلی یا هواپیمایی را براند یا نوع دیگری از سیستمها روبرو می شویم که نامشان " سیستم های انسان به علاوه ماشین" است. همچنین مشاهده می شود که " سیستم های طبیعی ای" نیز وجود دارند که بدون دخالت انسان کار می کنند، مانند جنگلها و رودخانه ها که هر یک از آنها " سیستم طبیعی" و مستقل و خاصی است .

در نظر اول همه این سیستمها بسیار متفاوت با یکدیگر جلوه می کنند، اما آنچه سبب می شود که همگی آنها با نام " سیستم" خوانده شوند آن است که همگی از یک لحاظ با هم شباهت دارند، بطوریکه که همه آنها از قسمت های گوناگونی تشکیل شده اند . که به یکدیگر وابسته اند و با هم روابط متقابل دارند . (سایت شرکت بهساد)

واژه سیستم از علوم دقیقه، بویژه فیزیک، به علوم اجتماعی راه یافته است . فیزیک با ماده، انرژی، حرکت و نیرو سروکار دارد که همگی قابل سنجش بوده، از قوانین معین پیروی می کنند . به همین دلیل در فیزیک سیستم را با

واژگانی بسیار دقیق و در قالب یک مدل ریاضی که بر وجود روابط معینی میان متغیر ها دلالت دارد تعریف می کنند . به هر حال در علوم اجتماعی که با متغیرهای بسیار پیچیده تر و اغلب چند بعدی سروکار دارند . این نوع تعریف کاربرد کمتری دارد . تعریفی که در اینجا ارائه می شود یک تعریف کاربردی است . با وجود اینکه این تعریف غیر کمی است، ولی مانند آنچه که در علوم دقیقه مطرح می شود، تعریفی کاملا دقیق و جامع است بدین ترتیب که:

سیستم، مجموعه ای از اجزاء و روابط میان آنهاست که توسط ویژگی های معین، به هم وابسته و یا مرتبط می شوند و این اجزاء با محیطشان یک کل را تشکیل می دهند .

این تعریف دو ویژگی دارد :

۱ – به اندازه کافی جامع است و کاربرد گسترده ای دارد .

۲ – به اندازه کافی ژرف نگری دارد، به طوریکه که تمام عناصر لازم را برای تمییز و شناسایی سیستمها معرفی می کند . (رضائیان ، ۱۳۷۶ ، ص ۲۷)

تعریف سیستم از زمانی که متفکران قرن بیستم به بینش سیستمی روی آورده اند، خود از جمله مسائلی بوده که مباحث فراوانی را در پی داشته است . از نظر برتالنفی، سیستم عبارت از تعدادی عنصر است که با یکدیگر ارتباطهای دارند . برخی دیگر سیستم را عبارت از مجموعه چیزهایی که بین اعراض آنها روابطی وجود دارد دانسته اند . بعضی نیز گفته اند که سیستم عبارت از مجموعه فعالیت هایی است که در زمان و مکان با نوعی کنترل و تصمیم گیرندگی و ارزیابی به هم مربوط می باشند . بالاخره، گروهی نیز سیستم را عبارت از هر چیزی که متشکل از عناصر مرتبط با هم باشند تعریف نموده اند. با توجه به وجود خصوصیاتی کلی سیستم چون ۱ – مجموعه ای از عناصر و روابط متقابل بین آنها ۲ – وجود پیوستگی و وابستگی تعدادی از عناصر و اجزاء سیستم ۳ – وجود هدف و منظور سیستم ۴ – وجود اجزاء و هماهنگی بین آنها در راستای نیل به هدف معین، می توان تعریف جامع و کامل ذیل را از سیستم ارائه داد :

سیستم عبارتست از مجموعه ای از اجـزاء بـه هـم پیوسـته کـه در راه نیـل بـه یـک یـا چنـد هـدف معـین بـه هـم وابسته اند،به ترتیبی که، هرگاه یک یا چند داده وارد آن مـی شـوند، یـک یـا چنـد سـتاده از آن خـارج مـی گردنـد. (مرعشی و دیگران ، ۱۳۸۵ ، ص ۶۷)

یکی از دلایل تنوع تعاریف برای سیستم، دیدگاه و نوع سیستمهای مورد مطالعه توسط ارائه کننده تعریف است. به طور مثال بزرگان این عرصه تعاریف زیر را از سیستم ارائه داده اند:

- **برتالنفی:** سیستم موجودیتی است که حیات آن از طریق روابط متقابل میان اجزاء امکان پذیر است.
- **کنت وانت:** سیستم مجموعه ای از فرآیندهای گوناگون است که در این مجموعه روابط علت و معلولی وجـود دارد.
- **چک لند:** سیستم مجموعه ای از عوامل مرتبط با یکدیگر است که بیشتر حاکی از ویژگیهـای کـل اسـت تـا ویژگیهای اجزای متشکله.
- **پیترسنگه:** سیستم هرچیزی است که کلیت و شکل خود را در تعامل روبه گسترش اجزای خود به دست می آورد. یک سیستم بر اساس این واقعیت تعریف مـی شـود کـه عناصـر آن هـدف مشـترکی دارنـد و بـه روش مشترکی عمل می کنند چرا که جهت نیل به هدف مورد نظر درارتباط با یکدیگر قرار گرفته اند.

در اینجا، چند مورد ازتعاریف مختلف در این زمینه ارائه می گردد:

۱. سیستم، مجموعه ای از اجزاء است که در یک رابطه منظم با یکدیگر فعالیت می کنند.

۲. سیستم، مجموعه ای از اجزاء مرتبط است که در راستای دستیابی به مأموریت خاصی، نوع و نحوه ارتباط بین آنها بوجود آمده باشد.

۳. سیستم، مجموعه ای است از متغیرها که بوسیله یک ناظر(Observer) انتخاب شده اند. این متغیرها ممکن است اجزاء یک ماشین پیچیده، یک ارگانیسم یا یک موسسه اجتماعی باشند.

طبق تعریف فوق که توسط اشبی در سال ۱۹۶۰ ارائه شده، سه موضوع متفاوت وجود دارد :

• یک واقعیت (شئ مشاهده شده)

• یک برداشت (درک) از واقعیت

• یک بیان (نمایش) از برداشت صورت گرفته

اشبی، اولی را Machine ، دومی را Model و سومی را System می نامید.

۴. سیستم، بخشی از جهان واقعی است که ما انتخاب و آنرا در ذهن خود به منظور در نظر گرفتن و بحث و بررسی تغییرات مختلفی که تحت شرایط متفاوت ممکن است در آن رخ دهد، از بقیه جهان جدا می کنیم. (این تعریف ازJ.W. Gibbs است)

۵. تعریف راسل ایکاف از سیستم :

سیستم مجموعه ای از دو یا چند عنصر(element) است که سه شرط زیر را داشته باشد :

• هر عنصر سیستم بر رفتار و یا ویژگیهای کل سیستم(whole)، مؤثر است.

به عنوان مثال رفتار اجزایی از بدن انسان مثل قلب و مغز و شش می توانند عملکرد و ویژگیهای بدن انسان را به عنوان یک کل تحت تاثیر قرار دهند.

• بین عناصر سیستم از نظر رفتاری و نوع تاثیر بر کل سیستم، وابستگی متقابل وجود دارد.

یعنی نحوه رفتار هر عنصر و نیز نحوه تاثیر هر عنصر بر کل سیستم، بستگی به چگونگی رفتار حداقل یک عنصر دیگر از سیستم دارد. به عنوان مثال در بدن انسان، نحوه رفتار چشم بستگی به نحوه رفتار مغز دارد.

• هر زیر مجموعه ای از عناصر تشکیل شود، بر رفتار کل سیستم مؤثر است و این تاثیر بستگی به حداقل یک زیر مجموعه دیگر از سیستم دارد. به عبارت دیگر اجزای یک سیستم چنان به هم مرتبط اند که هیچ زیر گروه مستقلی از آنها نمی توان تشکیل داد.

تعریف فوق، یکی از تعاریف عمیق و دقیق سیستم است که درک آن نیاز به تعمق دارد. نتایجی که از تعریف فوق در مورد سیستم می توان گرفت :

۱. هر سیستم، یک کل است که نمی توان آنرا به اجزاء مستقل تقسیم نمود.

هر جزء سیستم، ویژگیهایی دارد که اگر از سیستم جدا شود، آنها را از دست می دهد. به عنوان مثال چشم به عنوان جزئی از سیستم بدن انسان، اگر از بدن جدا باشد، نخواهد دید.

۳. هر سیستم، ویژگیهایی دارد که در هیچ یک از اجزاء، بطور مستقل وجود ندارد. به عنوان مثال، انسان به عنوان یک سیستم می تواند بخواند و بنویسد که هیچ یک از اجزاء بدن، به تنهایی قادر به این کار نیستند.

۴. وقتی سیستم به اجزاء مستقلی تقسیم شود، برخی از ویژگیهای ضروری خود را از دست می دهد.

۵. اگر اجزاء یک موجودیت (entity) با یکدیگر تعامل نداشته باشند، تشکیل یک مجموعه می دهند نه یک سیستم. به عبارت دیگر، مشخصه مهم یک سیستم، تعامل و ارتباط است و ویژگیهای اصلی سیستم از تعامل اجزاء بدست می آید نه از رفتار مستقل اجزاء. به عنوان مثال اگر قطعات یک خودرو را به صورت منفک در یک مکان کنار یکدیگر قرار دهیم، تشکیل خودرو نخواهند داد. (مقدمه ای بر تفکر سیستمی، ویرایش ششم ، قاسم مختاری، دی ۸۸)

۱-۱۲-۲- عناصر سیستم

با یک نگرش ایستا، عناصر هر سیستم، همان بخشهایی هستند که سیستم را شکل می دهند، در حالی که با یک نگرش کارکردی، بخشهایی که وظایف اساسی سیستم را بر عهده دارند، عناصر آن سیستم هستند. به این ترتیب عناصر یک سیستم عبارتند خواهند بود از :

۱ – ورودیها (درونداد، داده)

۲ – فراگردها (خانه پردازش ، فرایند تبدیل)

۳ – خروجیها (برونداد، ستاده)

۴ – بازخور کنترلی (بازخور) (رضائیان ، ۱۳۷۶ ، ص ۲۹ الی ۳۰)

عناصر هر سیستم

با نگرش ایستا ← همان بخش هایی که یک سیستم را شکل می دهند

با نگرش کارکردی ← همان بخش هایی که وظایف اساسی سیستم را برعهده دارند

باید توجه داشت که زمانی که بتوان عنصری از یک سیستم را به منزله سیستمی جداگانه در نظر گرفت، آن عنصر "خرده سیستمی" ازسیستم بزرگتر تلقی می شود. هر خرده سیستم نیز به منزله یک سیستم ممکن است از خرده سیستمهای دیگری تشکیل شده باشد . در همین رابطه مفهوم " جعبه سیاه" پیش می آید که عبارت از موقعیتی است که امکان شناسایی درون و محتوای یک خرده سیستم را وجود ندارد . باید توجه داشت که جعبه های سیاه از

عناصر ضروری اولیه یا اتم های تشکیل دهنده یک سیستم می باشند و این مفهوم در صفحات بعدی بیشتر توضیح داده می شود . (رضائیان ، ۱۳۷۶ ، ص ۲۹ الی ۳۰)

۱- ورودیها

ورودی یک سیستم ممکن است ماده، انرژی، انسان، محصول، خدمت و اطلاعات باشد . ورودی، همان نیروی محرکه سیستم است که نیازهای عملیاتی آن را بر طرف می کند . برای نمونه، ورودیهای مورد استفاده در برخی از سیستمها عبارتند از : مواد اولیه ای که فراگردهای تولیدی را به کار می اندازند، کارهای مشخصی که به وسیله افراد شاغل در یک سیستم اداری انجام می شوند، بحثهایی که در یک محیط آموزشی مطرح می شوند؛ یا منابع مالی و خدمات معینی که سایر سازمانها ارائه می کنند . ورودیهای متعدد یک سیستم، ممکن است از خروجیهای سیستمهای دیگر تامین شوند. ورودیهای هر سیستم، به سه طبقه اساسی ذیل قابل تقسیم هستند :

الف) ورودیهای زنجیره ای

ب) ورودیهای تصادفی

ج) ورودیهای بازخور (رضائیان، ۱۳۷۶، ص ۳۰)

الف) ورودیهای زنجیره ای : ورودی زنجیره ای، نوعی ورودی است که خودش نتیجه و خروجی سیستم دیگری است که با سیستم مورد نظر به طور زنجیره ای یا مستقیم مرتبط است (مانند خروجی سیستم پیش بینی که ورودی برخی سیستمهای دیگر – نظیر سیستم طراحی محصول – است). شناسایی و مطالعه این نوع ورودیها آسان است و مشکل زیادی را برای تحلیلگر ایجاد نمی کند ؛ زیرا عدم وجود (قطع روند ورود) آن ورودی فورا احساس می شود ؛ مانند قطع روند حرکت در داخل سیستم .

ورودیهای زنجیره ای یا به هم پیوسته را " زوجی مستقیم" یا " ورودیهای متصل" نیز می نامند . یک سازمان تولیدی را به منزله یک سیستم تبدیل تصور کنید که از سه عامل "انسان"، "مواد" و "پول " محصولات قابل فروش

خود را تولید کرده و دارای دو خرده سیستم . الف) خرده سیستم تهیه مواد اولیه وب) خرده سیستم تولید، می باشد . خروجی خرده سیستم تهیه مواد اولیه، ورودی خرده سیستم تولید می باشد و کمیت و کیفیت مواد اولیه بر روی بازدهی سیستم تاثیر دارد. این ورودی (تهیه مواد اولیه) یک ورودی زنجیره ای است زیرا دو خرده سیستم را به هم به طور مستقیم مربوط می سازد. (رضائیان ، ۱۳۷۶ ، ص ۳۰ الی ۳۲)

ب) ورودیهای تصادفی : وجود ورودیهای تصادفی (در مفهوم آماری آن)، بر وجود ورودیهای بالقوه برای یک سیستم دلالت دارد . سیستم، ورودیهای خود را از میان خروجیهای خرده سیستمهای گوناگون موجود انتخاب می کند ؛ به این ترتیب، می توان هر یک از خروجیهای سیستمهای دیگر را به مثابه یک ورودی محتمل برای سیستم مورد بررسی، در نظر گرفت . در نتیجه، برای هر یک از ورودیهای بالقوه سیستم مورد نیاز، با توجه به درجه همبستگی میان نیازهای سیستم و ویژگیهای هر یک از ورودیهای بالقوه در دسترس، یک احتمال وقوع – بین "صفر" و "یک "– معین می شود . به این ترتیب، انتخاب واقعی سیستم مذکور با توجه به توزیع احتمال و شاخص تصمیم گیری سیستم، قابل پیش بینی است .

ورودیهای تصادفی، جالبترین نوع ورودی برای مطالعه تحلیگران می باشند، زیرا بر خلاف ورودیهای زنجیره ای، تشخیص حضور یا عدم حضور ورودیهای تصادفی دشوار است ؛ در حالی که گاهی حتی بیشتر از خود عملیات سیستم، بر درجه کیفیت محصول یا کارایی سیستم اثر می گذارند . (رضائیان ، ۱۳۷۶ ، ص ۳۲ الی ۳۴)

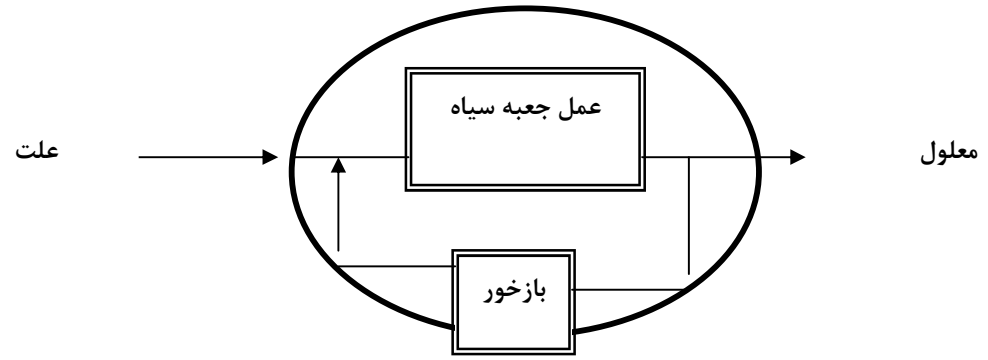
ج) ورودی های باز خور: برخی از ورودی های یک سیستم، در واقع بخشی از خروجی های قبلی همان سیستم هستند. این نوع ورودی ها را بازخور می نامند. بازخور فقط نشان دهنده بخش کوچکی از خروجی یک سیستم است که برای نشان دادن تفاوت میان وضع مطلوب (دستیابی به هدف) و وضع موجود (عملکرد واقعی سیستم)، در نظر گرفته می شود.

در صورتی که تحلیل گر رفتار سیستم، با یک ورودی بازخور مواجه شود، دانستن موارد ذیل برای وی جالب خواهد بود:

- دلیل وجود این ورودی بازخور
- مقدار آن
- نشانه آن
- و تاثیر و ارزش احتمالی آن بر سیستم (رضائیان ، ۱۳۷۶ ، ص ۳۴)

۲. فراگرد(خانه پردازش)

طبق فراگرد یا فرایند سیستم، ورودی یا دروندادی که به سیستم وارد می شود، در جریان تغییر و تبدیل قرار می گیرد. در واقع کاری در سیستم انجام می شود و در نتیجه، در داده ها تغییر پدید می آید. (زاهدی، ۱۳۸۱، ص ۱۰) به عبارت دیگردر فراگرد سیستم، ورودی به خروجی تبدیل می شود. ممکن است عواملی نظیر ماشین، انسان، سازمان، کامپیوتر، مواد شیمیایی و مانند آن انجام دهنده عمل تبدیل در فراگرد یک سیستم باشند. تحلیلگران همواره مترصد آن هستند که نحوه تبدیل ورودی به خروجی را در فراگرد سیستم شناسایی کنند. هنگامی که نحوه این تبدیل مشخص باشد، فراگرد را "جعبه سفید" می نامند. معمولا فراگردها یا خانه های پردازش، توسط مدیران طراحی می شوند. با وجود این، در بیشتر موارد فراگردها تبدیل کننده ورودی به خروجی به تفصیل شناخته شده نیست؛ زیرا فراگرد تبدیل بسیار پیچیده است و نحوه تلفیق ورودی ها یا ترتیب تنظیم آنها در آن، ممکن است به تولید خروجی های متفاوتی بینجامد. این حالت را که آگاهی دقیقی از ماهیت عملیاتی که بر روی داده ها انجام می گیرد، میسر نباشد، در مورد فرایند تبدیل از اصطلاح "جعبه سیاه" استفاده می شود. (رضائیان ، ۱۳۷۶ ، ص ۳۴) در چنین شرایطی با مطالعه تغییرات در خروجی ها باید به بررسی ورودی ها پرداخت و رابطه بین این دو را مشخص کرد. در نمودار ۱-۲ نشان داده شده که جعبه سیاه به مثابه یک واسطه ناپیدا و یا نامشخص در میان "علت" و "معلول" قرار می گیرد. (زاهدی، ۱۳۸۱، ص ۱۰)



نمودار ۱-۲ نمایش جعبه سیاه

بسیاری از مدیران سازمان های بزرگ، توان تشخیص روابط موجود میان اجزای متعدد تشکیل دهنده سازمان خـود را ندارند؛ به همین دلیل نمی توانند عوامل موثر در کسب هدف آن را شناسایی کنند؛ مدیر باید بتواند مقتضیات و شرایط منجر شده به کسب هدف را تعیین کنند. مدیران در بیشتر فعالیت های خود به فراگردهای تبدیل ورودی به خروجـی می پردازند؛ ولی تعیین و شناسایی تفصیلی همه این فراگردها امکان پـذیر نیسـت؛ بـه همـین دلیـل، بخشـی از ایـن فراگردها که قابل شناسایی نیستند را به منزله "جعبه سیاه" در نظر می گیرند. (رضائیان ، ۱۳۷۶ ، ص ۳۵)

۳. خروجی ها

خروجی های یک سیستم نیز مانند ورودی های آن، ممکن است نوعی ماده، انرژی، حصول، خدمت و یا اطلاعـات باشـد. معمـولا فراگردهـای تبـدیل، بـیش از یـک نـوع خروجـی دارنـد کـه مـی تـوان آنهـا را بـه سـه دسـته طبقه بندی کرد:

۱- خروجی هایی که به طور مستقیم توسط سیستم های دیگر مصرف می شوند. مانند یک واحد آموزشی که خدمات خود را به طور مستقیم به ارباب رجوع ارائه می دهد.

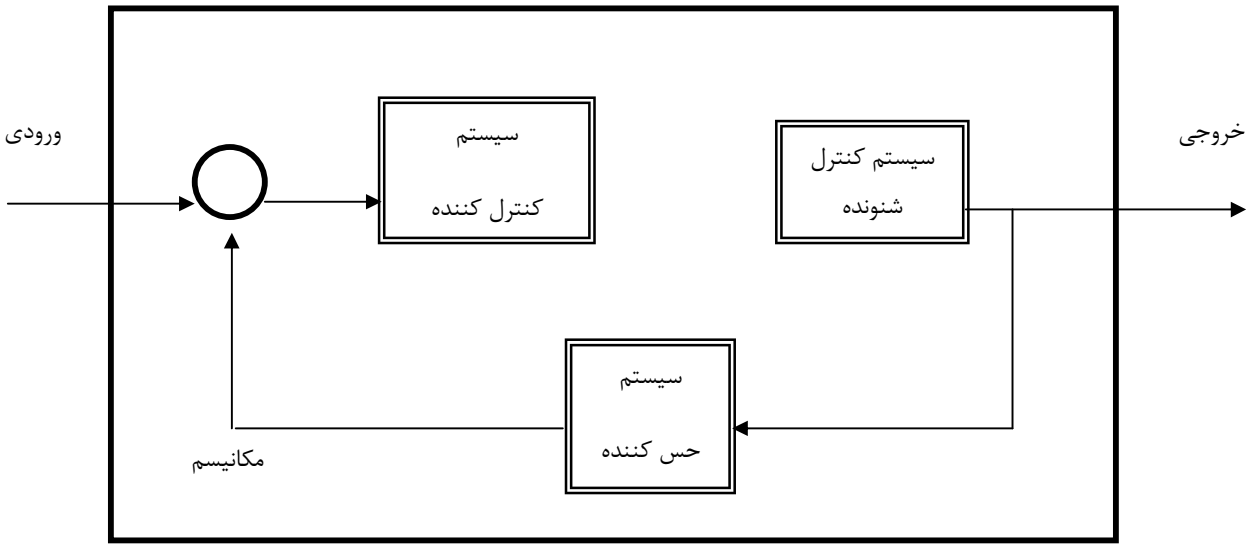
هدف همه سیستم ها، به حداکثر رساندن این نوع خروجی می باشد. معمولا نسبت این نوع خروجی به کل ورودی را "کارایی" می گویند.

۲- خروجی هایی که در فراگرد تولید همان سیستم، در مرحله بعد مصرف می شوند. به عنوان مثال در فراگرد تولید شیشه لازم است که مقداری خرده شیشه به مواد اولیه ساخت شیشه افزوده شود.

۳- خروجی هایی که برای خود سیستم یا سایر سیستم ها قابل استفاده نمی باشند، بلکه ضایعاتی دورریختنی هستند که وارد سیستم اکولوژیکی می شوند، تمامی سیستم ها برای به حداقل رساندن این نوع خروجی تلاش می کنند و یکی از مهمترین معضلات سازمان های معاصر نیز، کنترل این ضایعات می باشد. (رضائیان ، ۱۳۷۶ ، ص ۳۵ الی ۳۶) مثال سازمانی آن را می توان برنامه هایی دانست که تولید می شوند، اما پخش نشده و در آرشیو می مانند.

۴- بازخور

بازخور یا پس خوراند یکی از مکانیسم هایی است که در اغلب سیستم ها به گونه ای موجود است. ترموستات ها ساده ترین دستگاه های مکانیکی هستند که با مکانیسم بازخور عمل می کنند. ترموستاتها با افزایش یا کاهش دما، اقدام به قطع یا وصل دستگاه می کنند. برخی موشک های رها شده از هواپیما از طریق بازدریافت برخورد امواج رادار، مسیر خود را اصلاح می کنند. در سیستم های طبیعی نیز نظام بازخور وجود دارد. موجودات زنده با دریافت نشانه های هشدار، رفتار خود را تغییر می دهند. رابطه یک ارگانیسم زنده و محیط آن ارتباطی دو جانبه و مبتنی بر اصل بازخور است. یک ارگانیسم زنده بر روی محیط خودش تاثیر می گذارد. مکانیسم بازخور معمولا با مکانیسم کنترل همراه است. راننده ای که هدایت یک اتومبیل را بر عهده دارد، اطلاعاتی را از طریق حواس خویش از مسیر دریافت و با آن اطلاعات اتومبیل را کنترل می کند. بازخوردهایی که راننده پیوسته از محیط می گیرد، او را در تصمیم هایش قبل از پیچاندن فرمان، کم یا زیاد کردن سرعت و ترمز به موقع و ... یاری می دهد.



محیط سیستم

بدین ترتیب، بازخور فرایندی است که طی محیط سیستم، از زنجیره ای از روابط علی عبور کرئه تا اینکه مجددا برخودش تاثیر بگذارد. (سایت اصلی شرکت بهساد) در تعریف دیگر بازخور را می توان دریافت اطلاعات از محیط دانست. (رضائیان، ۱۳۷۶ ص ۵۹) و یا بدین صورت تعریف کرد که: بازخور فرایندی دورانی است که در آن، بخشی از ستاده، به عنوان اطلاعات به درونداد بازخورانده می شود و به این ترتیب سیستم را خود کنترل می سازد. (زاهدی، ۱۳۸۱، ص ۱۱) (سایت اصلی شرکت بهساد)

در تعریفی دیگر، بازخور، فرایندی است که طی آن یک سیگنال، از زنجیره ای از روابط علی عبور کرده تا اینکه مجددا بر خودش تاثیر بگذارد. با توجه به نوع تاثیر مجدد، دو نوع بازخور وجود دارد:

دو نوع بازخور وجود دارد:

بازخور مثبت: افزایش (کاهش) در یک متغیر، بعد از یک تاخیر باعث افزایش(کاهش) همان متغیر می شود.

بازخور منفی: افزایش (کاهش) در یک متغیر، بعد از یک تاخیر باعث کاهش (افزایش) همان متغیر می شود.

در ساختار سیستم های بازخور مثبت، نیروهای رشد وجود دارد و این سیستم ها فراگردهای رشد را ایجاد و تقویت می کنند. در این نوع سیستمها، عملکرد نتیجه ای را به بار می آورد که بتواند مولد عملکرد بیشتری برای آینده باشد. در ساخت سیستم های باخور منفی سازوکار مقاومت در برابر عدم ثبات و نوسان قابل رویت است و نسبت به عدم تحقق هدف واکنش نشان می دهند(رضائیان ، ۱۳۷۶ ، ص ۶۰)

اصطلاحی که در همین رابطه مطرح می شود، حلقه بازخوراست که عبارت است از مسیر بسته ای که به ترتیب، تصمیم مبتنی بر کنترل یک عمل، سطح سیستم، و اطلاعات مربوط به سطح سیستم ها را به هم متصل کرده و به نقطه تصمیم گیری بازگشت می دهد.(رضائیان)

اصطلاح دیگر، باز خور تک حلقه ای است که خود نوعی از بازخور است که برای کنترل دستیابی به هدف بکار گرفته می شود. باز دو حلقهای هم بازخوری است که به سیستم امکان کنترل و تغییر هدف را میدهد.

مثالی را که می توان برای باز خور منفی ارائه داد آن است که کاهش دما در یک اتاق موجب فعال شدن ترموستات شده و بخاری را روشن می کند. در اثر روشن شدن بخاری، گرما تشعشع می کند و دما افزایش می یابد.

برای سیستم بازخور مثبت، می توان به رشد باکتری، رشد جمعیت، افزایش پول در حساب بانکی با بهره، ورشکستگی بانک ها در اثرا انعکاس یک خبر در مورد شرایط نامساعد، جنگ قیمت ها (بین دو رقیب) و افزایش فروش یک محصول به دلیل تعریف و تمجید مشتریان را نام برد. (سایت اصلی شرکت بهساد)

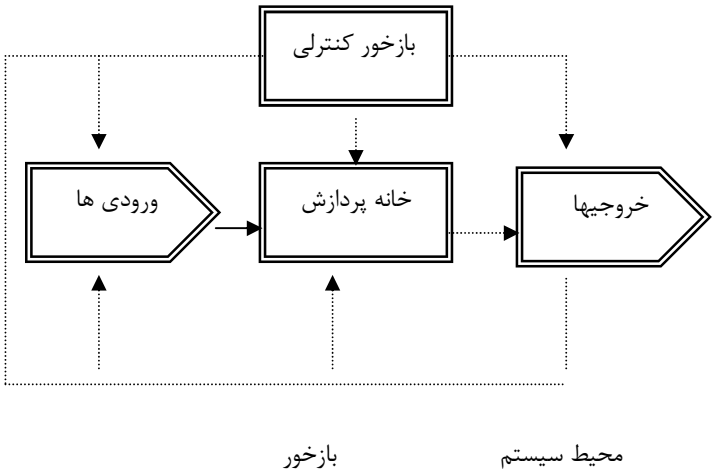
هر چه سیستم پیچیده تر شود، نقش بازخور نیز مهمتر خواهد شد. در سیستم های ساده، بازخور تنها بر مبنای برنامه از پیش تنظیم شده و در جهت حفظ هدف تعیین شده عمل می کند و در نتیجه، فاصله بین عملکرد و هدف کاهش می یابد. به تناسب پیچیدگی سیستم، نقش بازحور نیز افزایش می یابد. به عنوان مثال، ممکن است بازخور به گزینش

یک شق از بین شقرق گوناگون و یا انتخاب مناسبترین گونه از میان گزینه های موجود منتهی شود و یا با اسـتفاده از تجربه گذشته تغییر هدف و اصلاخ روش کار در جهت رشد بینجامد(زاهدی،۱۳۸۱،ص۱۲)

اصطلاحی که در این رابطه مطرح می شود، حلقه بازخور است، حلقه بازخور است که عبارتست از مسیر بسته ای که به ترتیب، تصمیم مبتنی بر کنترل یک عمل، سطح سیستم و اطلاعات مربوط به سطح سیستم ها را به هم متصل کرده و به نقطه تصمیم گیری بازگشت می دهد.(رضائیان، ۱۳۷۶، ص ۶۰)

۱-۱۲-۳- نمایش هندسی سیستم

برای نمایش هندسی سیستم معمولا عناصر آن به همراه ارتباطات بین این عناصر نشان داده می شود. هر سیستم از اجزایی تشکیل شده و هر جزء نقش خاصی را به منظور تحقق هدف سیستم ایفا می کند. در نمودار ۲-۲ چگـونگی ترکیب اجزای سیستم نمایش داده شده است. (زاهدی، ۱۳۸۱، ص ۹)



نمودار ۲- ۲ترکیب سیستم

در این نمودار ۲ نکته حائز اهمیت است که عبارتند از:

نکته اول آن است که خطوطی که عناصر سیستم را به یکدیگر و سیستم را به محیط آن پیوند می دهند، بیانگر وجود روابط متقابل بین آنها هستند.

و نکته دوم آن که به دودلیل خط متمایز کننده سیستم از محیط (مرز سیستم) به صورت نقطه چین است: اولا چنین خطی بر تبادل مستمر انرژی یا اطلاعات میان سیستم های باز و محیط آن دلالت دارد، ثانیا محل واقعی مرز سیستم کم و بیش قراردادی است و به وسیله طراح ساختار سیستم، معین می شود. (زاهدی)

۱-۱۲-۴-طبقه بندی سیستم ها:

(www:tajzie-tahlil.blogfa.com)

با توجه به تنوع دیدگاهها، طبقه بندی های مختلفی از سیستم ارائه شده است . سیستم را با در نظر نظر گرفتن نوع ارتباط، تعامل با محیط، سطح پیچیدگی، حالت و ... می توان به گونه های متفاوتی تقسیم کرد. این امر هر چند ممکن است در ابتدا وجود پراکندگی و تشتت در تعریف و دسته بندی از سیستم را به ذهن متبادر سازد و نقض غرض تفکر سیستمی تلقی شود، اما چنین نبوده و باید توجه داشت که طی تکامل علوم سیستم ها، همچنان که وجود مشکلاتی در تعریف سیستم به عنوان یک اصل پذیرفته شد، اما بر پایه دیدگاههای گوناگون، سیستم های متنوعی رواج و عمومیت یافت و مورد قبول گرفت. به همین خاطر است که امکان ارائه انواع تقسیم بندی از سیستم ها بوجود آمده است. اهم این تقسیم بندی ها عبارتند از:

- سیستم های باز و بسته : با توجه به محیط

هر سیستمی که فاقد هر گونه تعامل و تبادل با محیط باشد، یک سیستم بسته محسوب می شود. چنین سیستمی از تعامل با دیگر سیستم ها نیز محروم است و در حد و مرزهایی محصور می باشد. در مقابل هر سیستمی که دارای تعامل و تبادل با محیط باشد، یک سیستم باز محسوب می شود.

- سیستم های زنده و غیر زنده : با توجه به حالت سیستم

تفکیک این دو نوع سیستم از هم دشوار است چرا کـه منظـور از زنـده، حیـات بـه معنـای عـام نیسـت، بلکـه وجـود خصوصیاتی چون " وجود ارتباط نژادی در سیستم های زنده" ،" وجود سازو کارهای کنترل کننده در سیسـتم هـای زنده"، " وجود زیر سیستم هایی در سیستم های زنده که با یکدیگر و کل ارتباط دارند"، " وجود پایداری یک سیستم زنده که ناشی از نوشاندن دائمی اجزای آن است"، " وجود تکامل هر جز در سیستم زنده که با تحـول اجـزا و تکامـل سیستم همراه است"، " وجود پدیده رشد در سیستم های زنده" و ... در برخی از سیستم ها وجود دارند که آنها را در زمره سیستم های زنده می توان دانست.

- سیستم های ساده و پیچیده : با توجه به مسئله پیچیدگی

سیستم های ساده، سیستم هایی هستند که با قرار گرفتن چند جز غیر متحرک در کنار یکدیگر، کـل یکپارچـه ای را تشکیل می دهند در حالیکه سیستم های پیچیده شامل اجزا و شبکه های ارتباطی زیاد و متنوعی می باشـند کـه بـا توجه به ترکیب های متفاوت از اجزا و ارتباط، سطوح مختلفی از پیچیدگی وجود خواهد داشت.

- سیستم های انطباق پذیر و انطباق ناپذیر : با توجه به توانایی تغییر حالت

سیستم هایی که قابلیت تطبیق با تغییرات محیطی را دارا باشند، انطباق پذیر و در عیر ایـن صـورت انطبـاق ناپـذیر محسوب می شوند.

- سیستم های گسسته و پیوسته : با توجه به کیفیت تغییر حالت

سیستم هایی که تغییر حالت آنها گسسته است، سیستم های گسسته و سیستم هایی که در طـول دوره هـای زمـانی مشخص تغییرات پیوسته ای را در حالات خود به نمایش می گذارند، سیستم های پیوسته گویند.

- سیستم های قطعی و احتمالی : با توجه به میزان پیش بینی رفتار

در یک سیستم قطعی رفتار سیستم با تمام جزئیات آن قابل پیش بینی است در صورتی که رفتار یک سیستم احتمالی تحت تاثیر ورودی های احتمالی قرار دارد.

- سیستم های مانا و پویا : با توجه به تغییر حالت در طول زمان

سیستم هایی که در طول زمان تغییر نمی کنند، سیستم های با حالت مانا و سیستم هایی را کـه در طـول زمـان بـه سرعت تغییر می کنند، سیستم های پویا گویند.

- سیستم های انتزاعی یا مفهومی و منسجم یا عینی : با توجه به ماهیت اجزاء

سیستم های انتزاعی سیستم هایی هستند که تمام اجزا ان را مفاهیم تشکیل داده باشند و در مقابل سیستم منسـجم سیستم هایی که لااقل دو جز از اجزای آن را اشیا یا موجودات زنده تشکیل داده باشند.(مرعشی و دیگـران،۱۳۸۵، ص ۸۲ الی ۸۴)

عـلاوه بـر اینهـا سیسـتم هـا را مـی تـوان در طبقـه بنـدی دیگـری تحـت عنـاوین " طبقـه بنـدی رفتـاری" "طبقه بندی بولدینگ" و "طبقه بندی بر اساس هدفمندی سیستم و ابزارها" مطرح کرد که به شرح هر یک پرداخته می شود.

الف – طبقه بندی رفتاری

در این طبقه بندی از دو معیار هدف و روش رسیدن به هدف، استفاده می گردد. بر این اساس چهـار نـوع مشـهور از سیستم ها تعریف می گردد:

۱- **سیستم حافظ حالت(State- Maintaining System)** سیستمی است که نه هدف (منظور آن چیزی است که می توان در یک دوره زمانی مشخص به آن رسید) و نه روش رسیدن به هدف را خودش انتخاب نمی کند بلکه از قبل در ساختار آن گنجانیده شده است. این سیستم فقط در برابر تغییرات عکس العمل نشان مـی دهـد. آنچـه این سیستم انجام می دهد به طور کامل بستگی به رویداد علت رفتار و ساختار آن دارد. به عنـوان مثـال سیسـتم حرارتی یک ساختمان را در نظر بگیرید که به طور خودکار دمای ساختمان را در مقدار مشـخص نگـه مـی دارد . مثال دیگر قطب نما است که همواره به جهت مشخصی اشاره دارد. سیستم های حافظ حالـت قـادر بـه یـادگیری نیستند چون خودشان رفتارشان را انتخاب نمی کنند. به عبارت دیگر با تجربه بهبود نمی یابند.

یک سیستم حافظ حالت باید قادر باشد بین تغییرات حالتی که در سیستم یا محیط رخ می دهد تشخیص و تمیز قائل شود.

۲- سیستم هدفجو(Goal- Seeking System) سیستمی است که هدف را خودش انتخاب نمی کند اما روش رسیدن به هدف را خود انتخاب می نماید. هدف این سیستم رسیدن به حالت مشخصی است و قادر به انتخاب رفتار است. این نوع سیستم ها اگر حافظه داشته باشند، می توانند در طول زمان کارایی خود را افزایش دهند. مانند سیستم های با راننده خودکار.

۳ - سیستم هدفمند(Purposeful system) هم هدف و هم روش رسیدن به هدف را خودش انتخاب می نماید. انسانها مشهورترین مثال این نوع سیستم هستند .رفتار یک موجود هدفمند، هرگز تماما از بیرون تعیین نمی شود و حداقل بخشی از آن ناشی از انتخاب و تصمیم خود موجود است . سیستم هدفمند حتی تحت شرایط ثابت محیطی نیر می تواند هدفش را تغییر دهد .

۴ - سیستم آرمانمند (Idea1-Seeking System) سیستمی است که به جای هدف، یک آرمان را دنبال می کند . آرمان چیزی که در هیچ دوره زمانی بدست نمی آید اما بدون محدودیت می توان به آن نزدیک شد . بدین ترتیب یک سیستم آرمانمند، یک مفهوم کمال دارد و بطور سیستماتیک آنرا تعقیب می کند .

ب. طبقه بندی بولدینگ یا طبقه بندی بر اساس میزان پیچیدگی

بولدینگ سلسه مراتبی را برای طبقه بندی سیستم های گوناگون ارائه داده است. در این سلسله مراتب، میزان پیچیدگی سیستم های هر سطح، از سیستم های سطح پیشین بیشتر است و قوانین سطوح پیشین در سطوح بعدی نیز صدق می کند، در حالی که سطوح بعدی، هر یک خصوصیات خاصی دارند که طبقات پیشین فاقد آنها هستند. این سطوح عبارتند از:

۱. سطح ساختارهای (ایستا)

قوانین استاتیک توجیه کننده رفتار این سطح است و به آن سطح چهارچوبها نیز گفته می شود. مثل ساختار سازمانی نقشه یک زمین.

۲. سطح سیستمهای متحرک ساده یا بطور کلی حرکت

قوانین دینامیک ، توجیه کننده خصوصیات اصلی این سطح است . حرکات و تغییرات این سیستمها از پیش شناخته شده و معلوم است .مانند حرکت دوچرخه، منظومه شمسی

۳. سطح سیستم های سایبرنتیک

سیستمهایی هستند که توسط مکانیزم بازخور کنترل می شوند . ترموستات ساده ترین و کامپیوتر جالبترین پدیده این سطح است . فهم سایبرنتیک ، قدم اول در بررسی رفتار سیستم های سطح بالاتر است.

۴. سطح سیستم های باز، خود کفا، تک یاخته یا سلول

- پدیده حیات در این سطح ظاهر می شود و مرز جدایی موجود زنده از جماد می باشند.

۵. سطح سیستم های تکاملی رستنی نظیرگیاهان

کار گروهی بین سلولها ، تقسیم کار و اجتماع سلولی مربوط به این سطح است .

۶. سطح سیستم های حیوانی

در این سطح ، گیرنده های اطلاعاتی مانند چشم، گوش، سیستم اعصاب و مغز برای تشخیص علامات بوجود می آید . بدین ترتیب حیوانات قادرند اطلاعات را گرفته، تعبیر و تفسیر کرده و نسبت به آن واکنش لازم نشان دهند.

۷. سطح سیستمهای انسانی

شاید انسان تنها موجودی است که می داند که مـی میـرد .گیرنـده هـای اطلاعـاتی در ایـن سـطح بـه تکامـل خـود می رسند و با درک بعد زمان و قدرت تشخیص و تحلیل علامات و اطلاعات و ربط آنها به یکدیگر ، انسان تصـویری از محـــیط بـــرای خـــود مـــی ســـازد و مداخلـــه آن تصـــویر بـــین محـــرک و عکـــس العمـــل ، شـــناخت و پیش بینی عکس العمل را مشکل می سازد .

انسان قدرت اداره کردن اطلاعات نمادی را دارد .انسان ها علاوه بر هدف جویی، کمال جو نیز بوده و به دنبال مطلـوب هایی است که رسیدن به آنها مشکل و گاهی محال است زبان انسانی ویژگی هایی دارد کـه در هـیچ موجـود دیگـری وجود ندارد .

۸. سطح سیستمهای اجتماعی

پیچیده ترین سطح سیستم های باز است .واحد این سیستم ها انسان نیست بلکه نقشی است که به وی واگـذار شـده است . سیستم های سازمانی جزو این سطح می باشند. سیستمهای این سطح تحت تاثیر عواملی نظیر ارزشها، نقش ها، تاریخچه، فرهنگ و آثار فرهنگی قرار می گیرند.

مدیریت را مهندسی سطح هشتم سیستم ها دانسته اند .

۹. سطح سیستمهای ماوراء الطبیه، نهادی و مجرد دنیای ناشناخته ها

این سیستم ها در مرتبه ای قرار دارند که گیرنده های اطلاعاتی بشر، قادر به گـرفتن اطلاعـات از آنهـا نیسـت و انسان از طریق دانش نتوانسته است به آنها راه یابد، از این رو ماهیت پدیده ها و حوادثی ماننـد مـرگ بـرای او مـبهم مانده است (رضائیان، ۱۳۷۶، ص ۲۴). سیستم های عناوین همچون زبان، منطق، ریاضیات، علوم، هنرها، اخلاق در این سطح قرار می گیرند.(زاهدی، ۱۳۸۱، ص ۱۷)

ج- طبقه بندی بر اساس هدفمندی سیستم و اجزاء :

بر اساس هدفمند بودن سیستم و اجزاء تشکیل دهنده آن، سیستمها را به صورت زیر تقسیم می کنند:

۱. سیستم های جبری

سیستم هایی که نه خودشان به عنوان یک کل و نه اجزایشان از خود هدفی ندارند . سیستمهایی هستند که رفتارشان جبری است . ماشینها نمونه کامل این گونه سیستم ها هستند .اگر چه سیستم های جبری از خود هـدف و مقصـودی ندارند اما غالبا در خدمت اهداف یک و یا چند وجود خارج از خودشان مثلا سازندگان ، کنترل کنندگان و یا اسـتفاده کنندگانشان هستند .

۲.سیستم های جاندار

سیستم های جاندار از خود هدف دارند اما اجزای آنها چنین نیستند . آشناترین مثال برای این دسته از سیسـتم هـا ، حیوانات و از جمله انسان هستند .

۳. سیستم های اجتماعی

سیستم های اجتماعی از قبیل شرکت ها ، دانشگاهها و انجمن ها اهدافی برای خود دارند و دربردارنده اجزایی هستند که آنها نیز برای خود اهدافی را دارا هستند .

۴.سیستم های زیست محیطی

این گونه سیستم ها بر خلاف سیستم های اجتماعی از خود هدفی ندارند ، در عین حال به اهداف اجزای خود از جمله ارگانیسم ها و سیستم های اجتماعی خدمت می کنند . (سایت شرکت بهساد)

۱-۱۳- پویایی سیستم

سیستم ها در طی زمان تغییر می کنند. (رضائیان ، ۱۳۷۶ ، ص ۴۰) این تغییرات بر پویایی سیستم دلالت دارند، از این رو سیستم های تغییر پذیر را سیستم های پویا نیز می نامند. در واقع، روابطی که تعامل دو سویه عناصر و همچنین تعامل عناصر با محیط را برای تعقیب هدف های سیستم، محدود می سازند، منشا اصلی این تغییرات هستند.(رضائیان)

به عبارت دیگر روابطی که بین اجزا درونی سیستم و یا بین سیستم و محیط آن برای دستیابی به اهداف سیستم برقرار می شوند، منشا اصلی این تغییرات و پویایی ها هستند. (WWW.i-m-i.blogfa.com)

تفکر و شیوه سیستم های پویا نوعی روش شناسی (Methodology) و شبیه سازی و مدلسازی رایانه ای برای تعیین چهارچوب ، فهم ، درک و بحث در باره بعضی موضوعات و مسائل پیچیده (Complex) مدیریتی ، صنعتی ، اجتماعی و حتی پزشکی است . این تفکر در دهه ۱۹۵۰ میلادی برای کمک به مدیران صنعتی با تمرکز بر موضوعاتی که در شرکتهای صنعتی وجود دارد ، مطرح و آغاز گردید. با این شیوه تفکر به موضوعات و مشکلات مدیریتی مانند ؛ ناپایداری در تولید ، فقدان یا بی ثباتی در رشد و توسعه شرکتها ، از دست دادن سهم بازار و نظایر آن پرداخته شد .

این روش تفکر بعد از مدتی علاوه بر حوزه مدیریت صنعتی در حوزه ها و موضوعات دیگری چون مسائل اجتماعی ، منابع طبیعی و حتی پزشکی کاربرد پیدا کرد و اصطلاح اولیه پویائی صنعتی (Industrial Dynamics) بزودی به واژه ای با مفهوم بسیار کلی تر سیستم های پویا (System Dynamics) تبدیل گردید .

سیستم های پویا یک جنبه از نظریه سیستم ها(Systems Theory) است و به عنوان روشی برای فهم رفتار پویا و مستمر در سیستم های پیچیده بکار میرود .

●تاریخچه

سیستم های پویا در اواسط دهه ۱۹۵۰ میلادی توسط آقای جی رایت فورستر (Jay Wright Forrester) استاد انستیتوی ماساچوست آمریکا ابداع شد . در همین اوان فورستر با مشکلی در شرکت General Electric (GE) برخورد نمود . مدیران جنرال الکتریک از موضوع چرخه سه ساله استخدام در کارخانه ایالات کنتاکی در تعجب بودند . استدلالهای بازرگانی و مدیریتی نمی توانست آنها را در باره ناپایداری در استخدام و ماندگاری کارکنان در شرکت قانع کند . مدل ترسیمی آقای فورستر درباره چرخه استخدام و نحوه و ساختار تصمیمگیری در کارخانه با نشان دادن ساختارهای ؛ ورودی ، جریان کار و بازخور ها ، به مدیران جنرال الکتریک نشان داد که مشکل ناپایداری در استخدام و ماندگاری کارکنان ناشی از عوامل بیرونی نیست بلکه علت آن عوامل داخلی در سیستم شرکت جنرال الکتریک است . این نمایشگر و مدل ترسیمی دستی ، آغازگر تفکر ، مطالعه ، مدلسازی ، تهیه برنامه های کامپیوتری و حل و فصل مسائل پیچیده سیستم های پویا گردید. این تفکر و شیوه به تدریج توسط آقای فورستر و سایر اساتید و متفکرین دیگر رشد ، گسترش و کاربرد بیشتری در مطالعه سیستم های مختلف پیدا کرد .

●موضوعات و مسائل پویا

از دیدگاه و نگرش سیستم های پویا موضوعات و مسائل پیچیده و پویا در ظاهر حداقل دو جنبه دارند :

▪اول ، اینگونه مسائل دارای خاصیت پویائی و ماهیتی مقداری (Quantitative) دارند و مرتبا در حال تغییرند . نوسان اشتغال در یک صنعت ، رابطه کاهش عوارض و مالیات شهری و کیفیت زندگی شهروندان ، افزایش مستمر هزینه های بهداشت و سلامت جامعه ، افزایش بی رویه هزینه های ساختمان سازی ، رشد نظام های حکومتی ، رشد سلولهای سرطانی ، کاربرد نامناسب و تخریب پارک های ملی ، فشار های روانی از جمله مسائل پویا هستند . مهارت در تعریف مسائل پویا ، اولین قدم در یادگیری تفکر و شیوه سیستم های پویا میباشد .

▪دومین وجه مسائل و موضوعات سیستم های پویا ، وجود نظریه بازخور (Feedback) است . بازخورها در سیستم های ؛ مهندسی ، ساختارهای فنی و سیستم های کنترلی ، در سیستم های بدن انسان ، علوم اجتماعی و جوامع انسانی وجود دارند .

تفکر و شیوه سیستم های پویا در باره مسائل پویایی که دارای حلقه بازخور هستند ، کاربرد دارد . سازمانها ، اقتصاد ، جوامع و در حقیقتت کلیه سیستم هائی که به نوعی با انسان سرو کار دارند و یا حتی سیستم های مکانیکی و الکترونیکی و نظایر آن ، سیستم های با حلقه بازخور به حساب می آیند . بررسی ، مطالعه و مدلسازی آنها ، ابزاری برای درک صحیح رفتار و نتایج عملکرد آنها است .

- **الگوهای رسمی (Formal Model)**

شاید قابل مشاهده ترین جنبه از سیستم های پویا ، مدلهای مقداری کامپیوتری است که از یک سیستم پیچیده تهیه می گردد تا رفتار مدل بررسی شود . منظور از الگو یا مدل ، ارائه و ساده سازی بخش از واقعیت یک سیستم پویا است . مدلی از سیستم پویا که محقق طراحی می کند ، مانند نوعی ابزار آزمایشگاهی است . اینگونه مدلهای به محقق امکان تکرار تجربه ، آزمایش فرضیات یا تغییر خط مشی های مدیریتی را بوجود می آورد . هدف و منظور مدلسازی ، دستیابی به فهم و درک موضوع است ، بنابراین ممکن است مسئله ای که برای آن مدل در نظر گرفته شده در نهایت حل شود یا مشکلاتش تقلیل یابد .

الگوی رسمی نسبت به الگوهای غیر رسمی که اغلب مدلهای ذهنی نیز نامیده می شوند و اکثر تصمیمات انسان بر پایه آنها اتخاذ می گردد ، دو مزیت اساسی دارد :

▪اول ، الگوهای رسمی ساده تر بوده و قابلیت تبادل بیشتری دارند . یک مدل سیستم پویا ، در برگیرنده فرضیاتی در باره مسئله ای است که قابل تجربه ، نقد و تکرار است ، همچنین قابلیت تبدیل به فرمول و قاعده را دارد ، در حالیکه مدلهای ذهنی حالتی فازی (Fuzzy) دارند . خاصیت فازی بودن موجب می شود که حد و مرز عوامل موثر کاملا و

به صورت دقیق مشخص نباشند ، نتایج حاصل از آن ، مشحون از جزئیات بینشی و منبع معیارها و انـدازه هـای قابـل تطبیق باشد . همچین ماهیت فازی بودن مدلهای ذهنی ، وابستگی به موقعیت های متفاوت ، اشکال در فهم ، تبادل و کاربرد را ظاهر می سازد .

▪دوم ، مدلهای رسمی ، پیچیدگی و بغرنجی را بسادگی ارائه ، شبیه سازی و هـدایت بـه آسـانی عملـی میگـردد . در مدلهای رسمی به سادگی می توان بدون آنکه جزئیات بر هم موثر باشند ، بـدون سـهو و خطـا ، بـا کمتـرین انحـراف احساسی یا ایجاد فاصله بین برداشت ها ، آزمایش را تکرار کرد و به نتیجه رسید .

مدلهای کامپیوتری به علت این دو خاصیت و نه صرفا بخاطر هوشمند بودن ، بر مدلهای ذهنی ارجحیت دارند و نکتـه دیگر آنکه این مدلها حالتی گنگ و بی زبان دارند و اثرات جانبی بسیار کمی ایجاد می کنند .

●شبیه سازی مسئله (Simulation)

قدرت واقعی روش سیستم های پویا ، طراحی مدل شبیه ساز مسئله است . اگر چـه امکـان اجـرای مـدل بـر صـفحه گسترده (Spread sheet) هم وجود دارد ، ولی در حال حاضر نرم افزارهای مختلفی امکـان اجـرا و بهینـه نمـودن مدل طراحی شده را دارند . مراحل ایجاد یک سیستم شبیه سازی مسئله به شرح زیر است :

▪تعریف حد و مرزها مسئله

▪تعیین مهمترین ورودی ها و جریانهائی (Flows) که سطح ورودی را تغییر میدهد

▪تعریف منابع اطلاعاتی که بر جریان ها اثر دارند

▪تعریف حلقه های (loop) بازخور اصلی

▪ترسیم حلقه های علی (causal Loop) که ورودی ها ، جریانها و منابع اطلاعاتی را بهم مرتبط میکند

▪برآورد عوامل و شرایط اولیه

▪شبیه سازی مدل و تجزیه و تحلیل نتایج

شبیه سازی در فهم موضوع و نتیجه گیری بهتر از حالت مختلف یک مسئله کمک بسیاری به محقق می کند .

●مشکلات در سیستم های بازخوردی

اگر فرض شود که نظام های انسانی نوعی سیستم بازخوردی هستند آنگاه حل مسئله در اینگونه نظام های پیچیده به فهم و درک روابط بین ساختارهای بازخور و رفتارهای مشاهده شده نظام ، نیاز دارد . معمولا نظام های انسانی در مسائل پیچیده از طریق سیستم های بازخور منفی به مسئله واکنش نشان میدهند . بعضی انواع اینگونه نظام ها می توان به شرح زیر برشمرد :

▪مسئله / پاسخ اولیه

ـ افزایش جنایت / استخدام پلیس بیشتر

ـ سنگینی ترافیک / ساختن بزرگراههای بیشتر

ـ گسترش محله های فقیر نشین / ساخت خانه های ارزان قیمت

ـ آلودگی هوا توسط خودروها / نصب فیلتر خاص در اگزوز خودروها

ـ افزایش هزینه های تولید انرژی / ثابت کردن قیمت انرژی

برای حل هر یک از مسائل مذکور ممکن است ساده ترین پاسخ های همان مواردی باشد که در بالا ذکر شده است ولی بعلت پیچیدگی اینگونه موضوعات و اثر گذاری حلقه های بازخور منفی در نتایج ، پاسخ ساده و روشن پیش گفته

جواب موضوع نبوده و مشکلات دیگری در حین اجرا بوجود می آید که نشان میدهد که بایستی از ابتـدا موضـوع بـه صورت کامل و گسترده تر مورد بررسی قرار گیرد .

به طور مثال ؛ برای حل مشکل ترافیک ، اقدام به ساخت بزرگراه در سطح شهر ممکن است بعنوان یک راه حل معقول پیشنهاد گردد ، و بزرگراهها توسعه یابد تا رانندگان بتوانند با ایمنی ، راحتی و سرعت رانندگی کنند ولـی بـا افـزایش تعداد خودروها در سطح شهر در طول زمان ، مجددا وضعیت قبلی حکمفرما خواهد شد .

مسائل واقعی اغلب بسیار پیچیده تر از آن هستند که به نظر می آیند و پاسخ ها و رفتارهای عوامل مختلـف بسـادگی قابل پیش بینی نیست و بررسی موضوع بدون در نظر گرفتن مدل و الگوی مناسب رسمی و بررسـی کامـل رفتارهـای عوامل و سیستم های بازخور مثبت و منفی آن ، تقریبا بسیار مشکل است .

●مراحل بررسی در سیستم های پویا

در تفکر و شیوه حل مسئله سیستم های پویا ، تمرکز بر فرایند های بـازخوردی اسـت . از دیـدگاه کلـی سـاختارهای بازخور علت تغییرات در تجربه در طول زمان هستند . فرض منطقـی آن اسـت کـه رفتارهـای پویـا منـتج از سـاختار سیستمی است .

محققین سیستم های پویا تکیه بر نقاط و عوامل داخلی از سیستم را ترجیح میدهند و معمولا به علـل بیرونـی تاکیـد کمتری می نمایند . برای بررسی یک موضوع پیچیده و پویا مراحل زیر در نظر گرفته می شود :

۱. مشخص و تعریف کردن مسئله

۲. مفهوم سازی سیستم

۳. فرموله کردن مدل

۴. تجزیه و تحلیل رفتار مدل

۵. ارزیابی مدل

۶. تجزیه و تحلیل خط مشی ها

۷. بکار گیری مدل یا اجرای آن

خط مشی های پیشنهادی صرفا براساس نتایج حاصل از مدل ارائه نمی گردد بلکه فهم و درک از سیستم واقعی نیز در این پیشنهاد تاثیر می گذارد .

در تفکر و شیوه سیستم های پویا ، مراحل تعریف و مفهوم سازی مسئله مراحلی کمتر فنی و تکنیکی نسبت به مراحل بعدی است . بهر حال کارشناسی که در نظر دارد موضوع را بررسی نماید لازم است در کلیه مراحل به صورت فعال اقدام نماید و مدلی را ارائه دهد که بعد از بررسی ، ارزیابی و تجزیه و تحلیل ، حصول نتایج دقیق با احتمال زیاد امکان پذیر گردد .

این شیوه بررسی موضوعات پیچیده مدیریتی ، اجتماعی ، سیاسی و بهداشتی و پزشکی در کشور ما کاربرد چندان متداولی ندارد و در بعضی رشته های کارشناسی ارشد و بالاتر تدریس میشود. به نظر میرسد گسترش بنیانهای فکری و شیوه های اقدام و عمل ، شناخت نرم افزارهای موجود و ابداع نرم افزارهای جدیدتر برای حصول به اهداف خرد و کلان جامعه ، یکی از رسالت های مراکز آموزشی ، محققین و دانشجو پژوهان است تا بدینوسیله برنامه ریزان ، تصمیم گیرندگان مسائل کلان ، مدیران و کارشناسان دستگاههای اجرائی و سازمانهای مسئول بتوانند به نتایج مطلوبتری در کارها وفعالیت های خود نائل آیند تا از انجام کارهائی که با سعی و خطا به نتیجه میرسد ، اجتناب شود.

۱-۴- روابط

مسیرهای ارتباطی عناصر سیستم با یکدیگر را "روابط" می نامند. در سیستم های پیچیده ای که هر عنصر آن یک خرده سیستم (یا یک جعبه سیاه) به شمار می آید، اصطلاح "روابط" بر مسیرهای پیوند دهنده خرده سیستم ها

دلالت دارد. با وجود آنکه هر رابطه وضعیتی منحصر به فرد دارد، همه روابط را باید در بافت عناصر سیستم بررسی کرد. به طور کلی روابط موجود در عالم واقع، در یکی از سه طبقه ذیل جای می گیرند:

۱.روابط حیاتی (منطقی)

۲. روابط هم نیروزایی (مراوده ای)

۳. روابط مکرر لازم (موقتی یا زمانی) (رضائیان ، ۱۳۷۶ ، ص ۳۶ الی ۳۷)

۱.رابط حیاتی

رابطه حیاتی، رابطه ای است که در صورت قطع آن، سیستم های وابسته به آن نمی توانند به وظیفه خود عمل کنند. در برخی از موارد رابطه حیاتی یک سویه است و در یک جهت جریان دارد؛ در حالی که در برخی از موارد رابطه حیاتی دو سویه است؛ برای مثال، رابطه حیاتی میان یک انگل گیاهی و گیاه میزبان یک سویه است، زیرا انگل نمی تواند بدون گیاه میزبان به حیات خود ادامه دهد، ولی گیاه میزبان، بدون وجود انگل نیز می تواند زنده بماند؛ اما رابطه حیاتی میان خرده سیستم های تولید و فروش دو سویه است، زیرا اگر فروش متوقف شود، ادامه تولید کاری عبث است؛ و اگر تولید متوقف شود، کالایی برای فروش ارائه نمی شود؛ بنابراین یک رابطه حیاطی دو سویه میان این دو خرده سیستم برقرار است. (رضائیان ، ۱۳۷۶ ، ص ۳۷)

رابطه حیاتی سازمان نیروی برق می باشد که اگر قطع شود، کل سازمان مختل می شود. یعنی رابطه ای که اگر قطع شود، خط تولید قطع می شود و جایگزین هم نمی توان برای آن داد.

۲.رابطه هم نیروزایی

وجود رابطه "هم نیروزایی" از حیث کارکردی ضرورت ندارد، ولی به طور قابل ملاحظه ای بر عملکرد سیستم تاثیر می گذارد. "هم نیروزایی" در اثر "اقدام تلفیقی" ایجاد می شود. در متون علمی سیستم ها، واژه هم نیروزایی بر مفهومی

متفاوت با "تلاش صرف و مبتنی بر همکاری و تشریک مساعی" دلالت دارد. رابطه هم نیروزایی، رابطه ای است که در صورت وجود آن، با همکاری و تشریک مساعی مجموعه ای از خرده سیستم های نیمه مستقل، خروجی و بازده کل سیستم، بیش از جمع بازده ها و خروجی های هر یک از خرده سیستم ها – در حالتی که تنها و مستقل عمل می کنند – خواهد شد؛ یعنی هم نیروزایی موجب می شودکه حاصل تلاش جمعی دو عنصری که برای مثال هر یک "دو واحد" نیرو دارند، چیزی بیش از "چهار" شود. (رضائیان ، ۱۳۷۶ ، ص ۳۷)

۳. رابطه مکرر لازم (موقتی یا زمانی)

رابطه مکرر و لازم، بر تکرار یا بیان دیگری از روبط موجود، دلالت دارد. هدف از این تکرار، افزایش قابلیت اعتماد (اعتبار) است؛ زیرا وجود روابط مکرر و لازم، احتمال عدم توقف سیستم و استمرار فعالیت آن را افزایش می دهد. هر چه این گونه روابط بیشتر باشند، قابلیت اعتماد به سیستم بیشتر می شود، ولی هزینه آن نیز افزایش می یابد. مثال آن را می توان در ارسال فیزیکی یک نسخه از یک سند اداری و نیز فاکس کردن آن دانست. (رضائیان ، ۱۳۷۶ ، ص ۳۷)

۱-۵- محیط سیستم

محیط سیستم را عواملی تشکیل می دهد که در خارج از سیستم قرار می گیرند. شناسایی محیط و عوامل محیطی معمولا به سادگی انجام نمی گیرد. زیرا مرز سیستم با محیط، مرزهای ظاهری آن نیست. طبق تعریف چرچمن، محیط، عوامل و اشیایی را شامل می شود که در رابطه خود با سیستم مؤثر و غیر قابل تغییرند. او به مدیران توصیه می کند در رابطه با شناسایی عوامل محیطی دو سوال مطرح کنند : اول اینکه، آیا عامل مورد نظر سیستم را متاثر می سازد یا خیر ؟ اگر پاسخ این سوال مثبت باشد، سوال دوم را بدین سان مطرح می سازد : آیا سیستم قادر به تغییر آن عامل است ؟ بعبارت دیگر می تواند آن محدودیت یا مانع را از پیش پای فعالیت های خود بردارد ؟ در صورتی که پاسخ سوال دوم منفی باشد، آن عامل، یک عامل محیطی است.

تعریف محیط بستگی به ناظر و منظور دارد. به عنوان مثال، یک خانه، برای یک معمار با تمام اجزاء، یک سیستم است. ولی برای مهندس مکانیک، سیستم حرارتی، یک سیستم و خانه محیط آن است. برای یک روانشناس، سیستم حرارتی و برقی، نامربوط هستند (جزئی از سیستم و محیط آن، نیستند.)

- **سیستم بسته (Closed System)**

سیستمی است که محیط ندارد. به عبارت دیگر، سیستمی است که هیچ تعاملی با هیچ عنصر خارجی ندارد.

- **حالت سیستم (State of a System)**

مجموعه ویژگیهای یک سیستم را در هر لحظه از زمان، حالت سیستم در آن لحظه گویند.

- **سیستم ایستا**

سیستمی است که یک حالت بیشتر ندارد. هیچ رویدادی در آن رخ نمی دهد.

- **سیستم دینامیک**

سیستمی است که حالت آن در طول زمان تغییر کند. در این سیستم رویداد وجود دارد. دینامیک یا استاتیک بودن یک سیستم بستگی به ناظر و منظور دارد. به عنوان مثال یک سازه فلزی ممکن است از دید ما استاتیک و از دید یک مهندس سازه، دینامیک باشد.

- ✓ **سیستم هومواستاتیک**

یک سیستم استاتیک است که عناصر و محیط آن دینامیک باشند. این نوع سیستمها در برابر تغییراتی که در محیط آنها بوجود آید و نیز در برابر اختلال هایی که از درون بر آنها وارد آید، واکنش نشان داده و این واکنش در برابر خنثی سازی تغییر است. به عنوان مثال یک ساختمان را در نظر بگیرید که دمای درون خود را در برابر تغییر دمای محیط

ثابت نگه می دارد. بدن انسان نیز که سعی می کند دمای درونی خود را در میـزان مشخصـی ثابـت نگـه دارد، از ایـن دیدگاه یک سیستم هوموا‌ستاتیک است. (مقدمه ای بر تفکر سیستمی)

محیط در لغت به معنای محیط زیست، محیط اطراف، احاطه و دور بر آمده است. محیط سیستم شامل اجزایـی اسـت که خارج از کنترل مستقیم و کامل سیستم هستند ولی بر عملکرد سیستم تاثیر می گذارند. از آنجا که عوامل محیطی خارج از کنترل سیستم قرار دارند، در تحلیل های سازمانی، محیط سیستم را می توان یک عامل ثابت در نظر گرفـت. ولی همین عوامل محیطی تاثیر قابل ملاحظه ای بر عملکرد سیستم می گذارند. برای تشخیص عامل محیطی، می توان از دو شاخص زیر استفاده کرد:

۱- عامل باید خارج از محیط سیستم باشد.

۲- تاثیر مهمی بر رفتار سیستم داشته باشد.

رفتار سیستم تا حد زیادی بر خلاف رفتار عناصرآن، وابسته به محیط سیستم است. زیـرا محـیط همـواره بـا سیسـتم سروکار دارد و به طور مستمر بر آن اثر می گذارد. البته نمی توان پذیرفت که سیستم نمی تواند هیچ تاثیر بـر محـیط خود داشته باشد. در واقع سیستم ها نیز می توانند تا حدودی بر ویژگی هـای عوامـل محیطـی خـود تـاثیر بگذارنـد. چرچمن برای تشخیص عوامل محیطی مطرح کردن دو سوال زیر را مفید می داند:

آیا عامل مورد نظر با هدف سیستم ارتباط دارد؟

آیا عامل مذکور تحت کنترل سیستم است؟

براساس سوال های فوق عوامل محیطی و سیستمی را می تون در ماتریس زیـر آورد: (رضـائیان ، ۱۳۷۶ ، ص ۵۲ الـی ۵۳)

ماتریس تشخیص نوع عوامل مرتبط با سیستم

عوامل	موثر بر سیستم	بی تاثیر بر سیستم
تحت کنترل سیستم	عامل سیستمی	نه سیستمی و نه محیطی
خارج از کنترل سیستم	عامل محیطی	نه سیستمی و نه محیطی

۱-۵-۱- انواع محیط

مفهوم محیط سازمان را می توان بر حسب شدت تاثیر بر روی سازمان، بـه "محـیط عمـومی" و "محـیط خصوصـی" تقسیم بندی کرد.

محیط عمومی {محیط کلان} همه چیز را در بر می گیرد؛ مثلا عوامل اقتصادی، سیاسی، اجتماعی، فرهنگی، سـاختار حقوقی و وضعیت زیست بومی. محیط عمومی همه شرایطی را که بر سازمان تاثیر داشته، ولی وابستگی سازمان نسبت به آن واضح و روشن نیست را در بر می گیرد.

محیط اختصاصی {محیط خرد} بخشی از محیط سازمان است که به طور مسـتقیم بـه سـازمان، در تحقـق اهـدافش مرتبط می شود و به طور واضح و روشن بر عملکرد سازمان تاثیر دارد. معمولا عرضه کنندگان {منابع مورد نیاز} رقبا، نهادهای قانون گذاری، اتحادیه های کارگری و گروه های فشار را جزء محیط اختصاصی در نظـر مـی گیرنـد. محـیط اختصاصی یک سازمان بر اساس قلمرو انتخابی آن تغییر خواهد کی کند و خود این قلمرو نیز با دامنه محصولات و یـا خدمات و هم چنین با سهم بازار یک شرکت رابطه دارد. (استیفن، ۱۳۷۸، ص ۱۷۷)

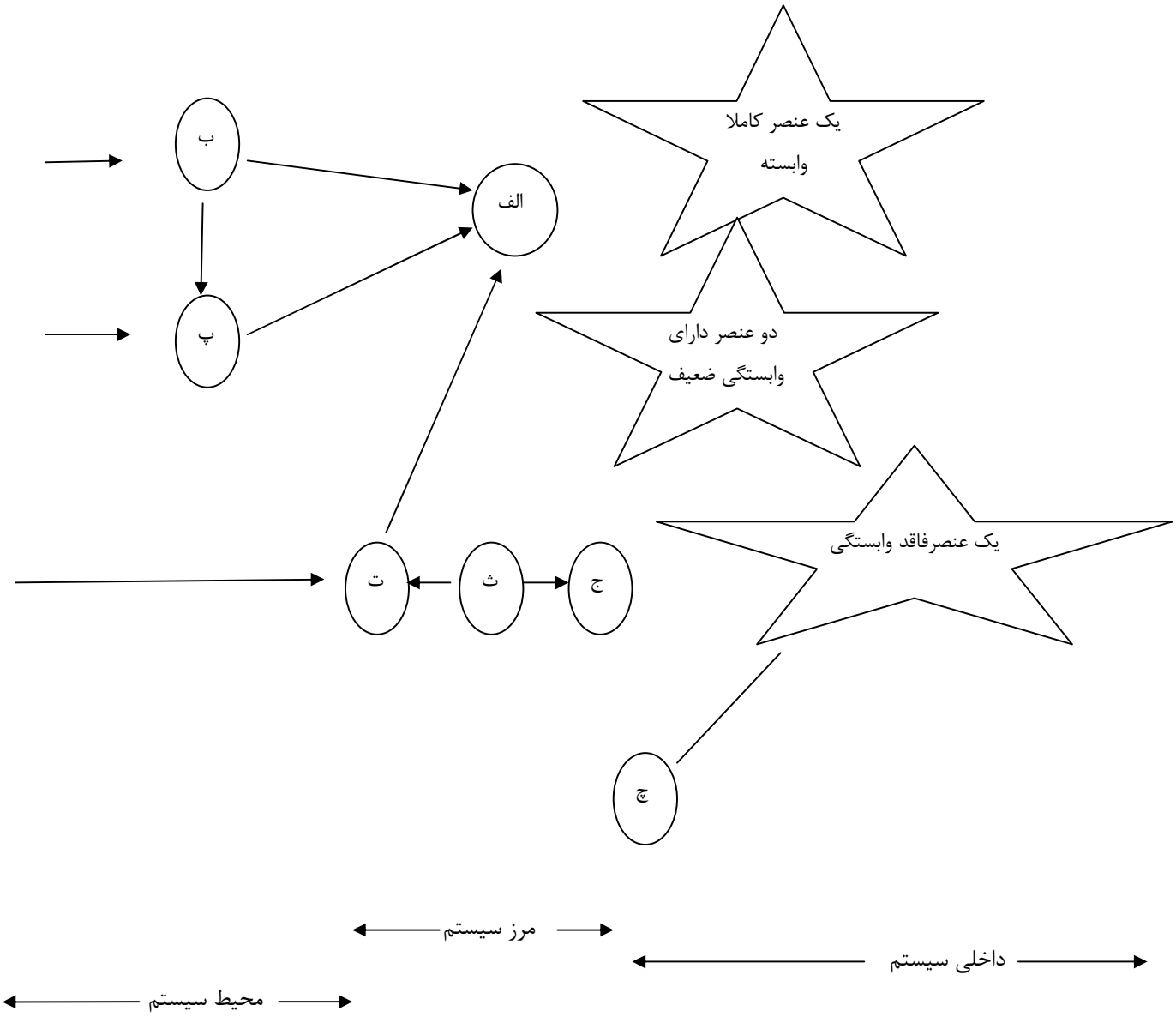
۱-۶- مرز سیستم

مرز سیستم، مجموعه ای از عناصر سیستم است که علاوه بر عناصر درونی سیستم، عوامل دیگری در تعیین رفتار آن موثر هستند، در واقع رفتار عناصر درون هر سیستم تحت تاثیر محدودیت هایی است که از سوی همسایگان (در محیط خارجی) به آنها تحمیل می شود. مرز سیستم بر اساس یک تعریف عملیاتی، عبارت است از یک خط منحنی بسته که دور متغیرهایی معین قرار دارد و در محدوده ای که از پیرامون این خط تا درون آن امتداد می یابد، میزان ارتباط و تبادل انرژی کمتر است . در واقع "مرز" جدا کننده سیستم از محیط آن است. (رضائیان ، ۱۳۷۶ ، ص ۴۱)

محیط سیستم شامل تمامی عناصر بیرون از محدوده سیستم است که بر رفتار سیستم و اجزاء درونی آن تاثیر می گذارند. در واقع مرز سیستم مجموعه ای از عناصر سیستم است که علاوه بر عناصر درونی سیستم، عناصر محیطی نیز در تعیین رفتار آنها نقش دارند.(WWW.i-m-i.blogfa.com)

سیستم باید عوامل محیطی تحت نفوذ خود را کنترل و هدایت کند، و این مهم در مرز سیستم که معمولا جایگاه این گونه تلاش ها و کشمکش هاست عملی است. نمودار ۴_۲ نشان می دهد که رفتار عنصر "الف" کاملا تحت تاثیر عناصر "ب"، "پ"، و "ت" است و بنابراین تحلیل گر می تواند با کسب آگاهی در باره آنچه که "ب"، "پ" و "ت" انجام می دهند، رفتار "الف" را پیش بینی کند. به این ترتیب هر چند هم که روابط این سیستم پیچیده باشد، تحلیل گر می تواند به طور نسبی آن را تجزیه و تحلیل و شناسایی کند. ولی رفتار "پ" شکل دیگری دارد. در واقع عملکرد "پ"، علاوه بر عملکرد "پ" به عملکرد محیط نیز بستگی دارد. نحوه و مقدار ارتباط رفتار یک عنصر به رفتار سایر عناصر، بر میزان "وابستگی" آن دلالت دارد. در نمودار، رفتار عنصر "الف" کاملا وابسته است، رفتار عنصر "پ" وابستگی ضعیفی دارد و رفتار عنصر "ب" وابستگی ندارد. بدیهی است که عناصر دارای وابستگی شدید نمی توانند در مرز سیستم قرار گیرند. در حالی که عناصر فاقد وابستگی، یا دارای وابستگی اندک، ممعمولا فقط در مرز سیستم یافت می شوند.

رفتار عناصر خارجی دور از "مرز سیستم" نیز تا حدودی قابل پیش بینی است ولی این پیش بینی بـه میـزان آگـاهی سیستم از آن عناصر بستگی دارد. (رضائیان ، ۱۳۷۶ ، ص ۴۱ الی ۴۳)



نمودار ۲-۴-

۱-۷- عکس العمل نسبت به محیط

سیستم به یکی از سه شیوه ذیل در برابر محیط عکس العمل نشان می دهد:

۱- نگهداری و تعمیر

مجموعه کارهایی هستند که سیستم در درون خود برای حصول اطمینان از انجام صحیح وظایف، از راه های درست و مناسب انجام می دهد. این نوع فعالیت ها می توانند در بردارنده این موارد باشند:

الف) شناسایی زمان وقوع مساله

ب) کسب دانش لازم برای حل مساله

ج) تأمین زمان و منابع لازم برای حل مساله

برخی از سیستم ها واحدهای تخصصی نگهداری و تعمیر دارند . "تجزیه و تحلیل سیستم" نیز آنجا که برای بهینه شدن عملیات و روان شدن نحوه فعالیت سیستم، انجام می شود، در شمار این نوع وظایف قرار می گیرد. (رضائیان ، ۱۳۷۶ ، ص ۴۳)

۲- دفاع

هر سیستم هدفهایی دارد و ممکن است اهداف سیستم های مختلف با هم در تضاد باشند. تلاش سیستم های مختلف برای تحصیل منابع ضروری، تضادهایی را در میان آنها ایجاد می کند و به ایجاد رقابت بین آنها می انجامد. بدین ترتیب ممکن است یک سیستم از دیدگاه سایر سیستم ها به منزله یک منبع در نظر گرفته شود. بنابراین لازم می شود تا سیستم از موجودیت خود دفاع نماید. این فعالیت های دفاعی در طول مرز سیستم و یا تزدیک آن انجام می گیرد.

وجود تلاشهای دفاعی، همواره حیاتی است چرا که اگر مرز یک سیستم بشکند، موجودیت آن به خطر می افتد و به نابودی تهدید می شود. این نوع فعالیت ها، علی رغم این که هزینه افزا هستند، به طور مستقیم به کسب هدف های سیستم کمک نمی کنند ولی وجود آنها برای سیستم ضرورت دارد. (رضائیان ، ۱۳۷۶ ، ص ۴۴)

۳- رشد

رشد سومین نوع فعالیت هر سیستم است و در مرز سیستم و ماورای آن انجام می شود. سیستم وقتی رشد می کند به تعداد عناصر آن افزوده می شود. طبق تعریف سیستم نیز، افزودن عناصر جدید، متضمن برقراری رابطه با آنهاست. در واقع سیستم ها با برقراری رابطه بین عناصر درونی خود و عوامل محیطی رشد می کنند. رشد فیزیکی هنگامی تحقق می یابد که منابع اخذ شده از محیط به صورت مفیدی برای سیستم قابل استفاده شوند، خواه به مثابه یک ماده مغذی و انرژی زا، خواه به مثابه مواد جایگزین و خواه به مثابه یک واحد وظیفه ای یا خرده سیستم جدید. (رضائیان ، ۱۳۷۶ ، ص ۴۵)

۱-۸- سیستم های باز و بسته

طبقه بندی سیستم ها به سیستم های باز و بسته، مبتنی بر مفاهیم "مرز" و "منابع" سیستم است. منابع هم همه آن چیزهایی است که برای اجرای فعالیت ها و تحقق اهداف سیستم در دسترس آن قرار می گیرند، بنابراین مفهوم منابع علاوه بر نیروی انسانی، پول و تجهیزات، مصادیق دیگری نظیر فرصت های موجود (در مقابل فرصت های از دست رفته) برای ترفیع و توسعه قابلیت های انسانی و غیر انسانی سیستم را نیز در بر می گیرد. بدین ترتیب، سیستم بسته، سیستمی است که میزان منابع آن ثابت است و همه منابع یکباره عرضه می شوند، یعنی ورود منابع اضافی یا نفوذ انرژی جدید از محیط به مرز سیستم و درون آن امکانپذیر نیست. در این نوع سیستم، سیستمی است که عملیات خودش را به طور خودکار، از طریق ابزار واکنش نسبت به اطلاعات تولید شده توسط خود، کنترل یا تعدیل می کند. سیستم بسته به محیط خودش وابسته نیست و خود اتکا بوده و رابطه اش با محیط خارج قطع می باشد، علاوه بر آن

همه انرژی لازم برای انجام دادن وظیفه اش را دارا بوده و بدون صرف منابع خارجی عمل می کند. یک سیستم کـاملا بسته، سیستمی است که به هیچ وجه از محیط انرژی دریافت نمی کند و به هیچ وجه نیز از خود بـه محـیط،، انـرژی ساطع نمی کند، هر چند که تصور چنین سیستمی بسیار دشوار است.

سیستم باز، سیستمی است که با محیط خود تبادل انرژی، ماده و اطلاعات دارد. این نوع سیستم؛ سازوکار خود کنترلی یا خود تعدیلی نداشته(رضائیان ، ۱۳۷۶ ، ص ۵۸ الی ۵۹) و می تواند به تبادل منابع و انرژی اضافی خود بپردازد. این نوع سیستم ها با برخورداری از ورودی ها، فراگرد تبدیل و خروجی ها، چیزهایی نظیر مـواد خـام، انـرژی، اطلاعـات و منابع انسانی را گرفته و طی فراگردی خاص به محصول، خدمت، سود، مواد زاید و .... تبـدیل مـی کننـد. (رضـائیان ، ۱۳۷۶ ، ص ۵۹)

به طور کلی باز و بسته بودن سیستم، امری نسبی است که به میزان ارتبـاط آن بـا محـیط بسـتگی دارد. (رضـائیان ، ۱۳۷۶ ، ص ۵۹)

۱-۸-۱- ویژگی های سیستم باز

۱- آگاهی نسبت به محیط

یکی از بارزترین ویژگی های هر سیستم باز، آگاهی آن سیستم از وابستگی موجود بـین خـود و محـیطش اسـت. هـر سیستم مرزی دارد که آن را از محیطش جدا می سازد و هیچ سیستمی هم بدون مرز نیست. (رضـائیان ، ۱۳۷۶ ، ص ۵۹)

۲- بازخور

سیستم های باز به طور مستمر اطلاعاتی را از محیط دریافت می کنند. وجود این اطلاعات، به تنظیم روابط سیستم با محیط کمک می کند و امکان انجام اقدامات اصلاحی، برای رفع انحرافات ایجاد شده از مسیر اصلی را میسر می سازد.

در سیستم باز، بازداده ها یا خروجی ها، واکنشی نسبت به داده ها محسوب می شوند و با آنها متفاوتند و هیچ تاثیری بر آنها ندارند. (رضائیان ، ۱۳۷۶ ، ص ۵۹ الی ۶۱)

۳- تبعیت از الگوی تناوبی

سیستم های باز با دوره های متناوبی از حوادث سروکار دارند، به این ترتیب که باز داده های سیستم تامین کننده داده های جدیدی هستند که تکرار دوره تناوب را ممکن می سازند. (رضائیان ، ۱۳۷۶ ، ص ۶۳)

۴- آنتروپی منفی

سیستم ها برای آن که بتوانند به حیات خود ادامه دهند، باید بتوانند با آنتروپی و تمایل به از هم گسیختگی و نابودی مقابله کرده و آنتروپی را مهار کنند.(رضائیان) زمانی را که سیستم ها با این حالت مقابله می کنند و نسبت به آن واکنش نشان می دهند تا زنده بمانند آنتروپی منفی مطرح می شود.(سایت مدیریت سازمان های آموزشی)

سیستم های بسته به مرور زمان از هم گسیخته می شوند زیرا انرژی یا داده جدیدی از محیط دریافت نمی کنند. در این سیستم ها آنتروپی مثبت، گرایش به افزایش دارد و بر میزان بی نظمی داخل سیستم می آفزاید. تغییر آنتروپی در سیستم های بسته، همیشه مثبت است و نظم دائماً ازبین می رود. اگر یک سیستم بسته به حال خود رها شود، سرانجام به سوی بی نظمی و اغتشاش و تعادل ایستا خواهد رفت. از سوی دیگر، در سیستم باز، به علت ارتباط داشتن با محیط، آنتروپی مثبت گرایش به کاهش دارد و سیستم باز نسبت به محیط خود، واکنشهایی نشان می دهد که منجر به کامل تر شدن و پیچیده تر شدن سیستم می شود. در این سیستم ها آنتروپی منفی وجود دارد یعنی سیستم می توانند خود را ترمیم کرده و با حفظ ساختار خود، زنده بمانند و حتی با وارد کردن انرژی اضافی – یعنی ورود انرژی بیش از صدور آن – رشد کنند.

سیستم های باز بر عکس سیستم های بسته، گرایش به تعادلی پویا داشته و نیاز به تبادل ماده و انرژی با محیط دارند. از طریق این تبادل با محیط است که میزان آنتروپی مثبت کاهش یافته و بر نظم سیستم افزوده می شود(زاهدی، ۱۳۸۱، ص ۱۵)

۵- حالت ثبات – تعادل

سیستم برای جلوگیری از بی نظمی در ورود انرژی به خود، حتی المقدور تعادل در تبادل انرژی را حفظ کرده و حالتی حاکی از ثبات نسبی را ایجاد می کند. هرچند، همواره جریان پیوسته ای از ورود داده های جدید به سیستم و خروج بازداده ها از آن استمرار دارد؛ ولی به طور نسبی، شخصیت سیستم ثابت باقی می ماند، برای مثال، بدن آدمی بیشتر سلول های مرده خود را در طول سال جایگزین می کند، ولی ظاهر فیزیکی انسان تغییر زیادی نمی کند. بنابراین، در حالی که سیستم های باز در فراگرد تبدیل داده ها به بازداده ها فعال هستند، تمایل آنها به حفظ ثبات خود در طول زمان پابرجاست. (رضائیان ، ۱۳۷۶ ، ص ۶۴)

۶- حرکت به سوی رشد و توسعه

حالت ثبات، ویژگی سیستم های ساده یا ابتدایی است. به تدریج که سیستم های باز پیچیده تر می شوند و به سوی خنثی سازی بی نظمی پیش می روند، رشد و توسعه می یابند. البته، این امر تناقضی با حفظ حالت ثبات ندارد.

سیستم های پیچیده و بزرگ، برای اطمینان از تداوم حیات خود؛ به گونه ای عمل می کنند که برای مرتبه ای بالاتر از مرتبه وجودی فعلی خود، ایمنی داشته باشند. خرده سیستم های متعدد موجود در درون هر سیستم – برای اجتناب از بی نظمی – بیش از نیاز خود برای تولید، انرژی وارد می کنند. در نتیجه، حالت تمایل سیستم های ساده به ثبات و تعادل، در سیستم های پیچیده تر – به دلیل وارد کردن انرژی بیشتر – به نگهداری نهاد سیستم در موقعیت رشد و توسعه می انجامد؛ برای مثال، می توان به چاق شدن بدن انسان در اثر ذخیره سازی کالری اضافی اشاره کرد؛ سازمان

ها و بوروکراسیهای دولتی ناراضی از وضع موجود نیز برای افزایش احتمال بقای خود، به رشد و توسعه سیستم موجود مبادرت می کنند.

ناگفته نماند که ماهیت سیستم اصلی به طور مستقیم در اثر رشد و توسعه، تغییر نمی یابد. متداولترین الگوی این نوع رشد، صرفا بر چند برابر شدن همان نوع حلقه ها یا خرده سیستم های موجود تاکید دارد. به این ترتیب، کمیت سیستم تغییر می یابد، در حالی که کیفیت به همان گونه باقی می ماند؛ برای مثال بیشتر دانشکده ها و دانشگاه ها با تلاش به منظور توسعه فعالیت های جاری خود- به جای تعقیب فعالیت های جدید یا خلاق – گسترش می یابند. (رضائیان ، ۱۳۷۶ ، ص ۶۴)

۷- موازنه میان فعالیت های انطباقی و نگهدارنده

سیستم های باز، در گیر ایجاد سازگاری میان دو دسته از فعالیت ها هستند که اغلب با هم تضاد دارند: ۱) فعالیت های نگهدارنده که موجب ایجاد تعادل میان خرده سیستم های گوناگون؛ و همچنین هماهنگ ساختن کل سیستم با محیط می شوند. در نتیجه این فعالیت ها، از تغییرات سریعی که ممکن است سیستم را از حالت تعادل خارج کنند، ممانعت می شود؛۲) فعالیت های انطباقی که برای تنظیم نحوه دگرگونی نیازهای داخلی و خارجی سیستم در طی زمان، ضروری هستند. بنابراین، در حالی که یک دسته از فعالیت ها برای رسیدن به ثبات و حفظ وضع موجود سیستم – از طریق خرید، نگهداری، تعمیر اساسی تجهیزات، گزینش و آموزش کارکنان، و ایجاد ساز و کارهای تدوین و اجرای قوانین و رویه ها – فعال هستند، دسته دیگری از فعالیت ها – از طریق برنامه ریزی، پژوهش بازار، طراحی محصول جدید، و مانند آن – بر تغییر وضع موجود تمرکز یافته اند.

البته فعالیت های نگهدارنده و فعالیت های انطباقی، هر دو برای ادامه حیات سیستم ضروری هستند؛ زیرا سازمان های منسجم و با ثباتی که با اوضاع متغیر، و شرایط زمانی و مکانی جدید، وفق نمی یابند، ثبات خود را از دست می

دهند و عمری کوتاه خواهند داشت و بعید است که با این وضعیت بی ثبات راه به جایی ببرند. (رضائیان ، ۱۳۷۶ ، ص ۶۵)

۸- همپایانی

مفهوم همپایانی این است که برای انجام هر کار، شیوه های گوناگونی وجود دارد. به بیان دقیق تر، هر سیستم می تواند به طرق گوناگون و از نقاط شروع و وضعیت های متفاوت، به یک حالت نهایی برسد؛ یعنی هر سیستم سازمانی می تواند با داده ها و فراگردهای تبدیل گوناگون، به اهداف خود دست یابد. این ویژگی این کاربرد مدیریتی را دارد که مدیر را ترغیب می کند تا برای حل یک مساله، راه های مختلف را بیازماید و فقط به یک راه حل مطلوب بسنده نکند. (رضائیان ، ۱۳۷۶ ، ص ۶۵)

۱-۹- سیستم های همشکل

به وفور می توان سیستم هایی را یافت که از حیث روابط ساختاری با هم شباهت دارند. گاهی نیز سیستم هایی یافت می شوند که روابط ساختاری آنها با هم یکسان است. به طور کلی، هدف از طراحی مدل ها به نمایش گذاردن تشابهات ساختاری این گونه سیستم ها، از طریق مدلسازی عناصر واقعی آن ها است. اگر طراحی مدل ها خوب باشد، باید با چیزهایی که برای آنها مدلسازی شده اند، انطباق مورد به مورد داشته باشند. در این صورت می گویند که میان عناصر مدل و اجزای تشکیل دهنده سیستم مدلسازی شده تشابه یک به یک وجود دارد؛ برای مثال می توان با نوشتن سی و دو حرف الفبای فارسی و اعداد ۱ تا ۳۲، بین آنها ارتباط یک به یک برقرار کرد. همچنین میان سیستم های مکانیکی و الکتریکی شباهت جالبی وجود دارد؛ به طوری که می توان بین عناصر موجود در ساختار آنها، یک ارتباط یک به یک ملاحظه کرد. در واقع، روابط کمی مورد استفاده در سیستم های مکانیکی و الکتریکی، با معادلاتی یکسان بیان می شوند. برخی از مفاهیم کمی مرتبط در این دو نوع سیستم عبارتند از: نیرو و ولتاژ؛ سرعت و جریان، جرم و مغناطیس؛ مقاومت مکانیکی و مقاومت الکتریکی؛ و قابلیت ارتجاع و ظرفیت الکتریکی.

تهیه مدل ها و نقشه های دقیق، برای مطالعه اجزای سیستم های همشکل اهمیت دارد؛ زیرا علاوه بر وجود تشابه ساختاری میان این سیستم ها، بین ویژگی های عملیاتی آنها نیز شباهت وجود دارد و در واقع، وجود همین شباهت های کمی و کیفی میان سیستم های همشکل است که پژوهشگران را قادر به بررسی و پیش بینی خواص سازمان سیستم ها می سازد. پیدایش و طرح علم کنترل و ارتباطات نیز – توسط نوربرت مبتنی بر این معنی بود که ساختار و نحوه فعالیت حیوانات و ساختار و نحوه عملکرد ماشین ها، کاملا مشابه یکدیگر هستند؛ بنابراین، می توان با مطالعه و بررسی فراگردها کنترل در فعالیت های حیوانات، سیستم های کنترل ماشینی را مدلسازی کرد. (رضائیان ، ۱۳۷۶ ، ص ۶۶ الی ۶۷)

۱-۱۰- سازگاری سیستم

قدرت سازگاری یک سیستم، مبتنی بر توان آن سیستم برای یادگیری و تغییر عملیات درونی، در پاسخ به تغییرات محیط بیرونی است. معمولا تغییرات از بیرون بر سازمان ها تحمیل می شوند؛ بنابراین، برای بررسی میزان سازگاری، به جای مطالعه تغییرات درونی بسیاری از خرده سیستم های سازمان، باید تغییرات در نوع وروی های سازمان مطالعه شود. به هر حال، با وجود آن که این "تغییرات تحمیلی محیط بیرونی" به واحدهای داخلی سیستم (افراد و گروه ها) نیز منتقل می شوند، معمولا قدرت سازگاری سیستم مانع از آن می شود که بازداده های سیستم اصلی تغییر یابند. یکی از پیش نیازهای سازگاری سیستم ها- هم در سیستم های طبیعی و هم در سیستم های مصنوع بشر آشنایی آنها با محیطشان است. همان طور که انسان ها با استفاده از حواس پنجگانه خود، مبادرت به کسب اطلاعات محیطی می کنند، سازمان ها نیز باید – پیش از آن که تغییری در محیط ایجاد شود – مبادرت به کسب اطلاعات کرده، خود را با تغییرات محیطی منطبق سازند. در واقع، همه سیستم های زنده برای ادامه حیات خود به چنین قدرتی نیاز دارند.

سازمان ها برای افزایش قابلیت انطباق خود با محیط، از دو استراتژی "متنوع ساختن محصولات و خدمات" و "منعطف ساختن ساختار سازمانی" استفاده می کنند. داشتن ساختار منعطف، مستلزم اجرای خط مشی عدم تمرکز است؛ زیرا

در این صورت، مدت زمان لازم برای پاسخگویی و واکنش سازمان در برابر تغییرات سریع محیطی – در مقایسه با یک ساختار بسیار متمرکز – کاهش می یابد.

توان و تمایل یک سازمان برای کسب اطلاعات در مورد اوضاع محیطی، عاملی حیاتی برای انطباق مطلوب با محیط به شمار می آید. در واقع، سازمان فقط از طریق کسب اطلاعات می تواند از تهدیدات یا فرصت های محیطی آگاه شود؛ تهدیداتی که ممکن است در قالب ظهور رقبای جدید، وضع قوانین و مقررات جدید، و تقاضا برای محصولات یا فراگردهای جدید جلوه گر شوند؛ و فرصت هایی که ممکن است مبتنی بر آگاهی از نیازهای مشتریان، توان ایجاد نیاز برای آنان، و امکان استفاده از تکنولوژی های جدید و ابداعی خود سازمان باشد.

غفلت از اهمیت سازگاری در سازمان های کم توجه به تحولات محیطی، آنها را با مشکل مواجه می سازد؛ به گونه ای که گاهی نمی توانند به حیات خود ادامه دهند و گاهی نیز موقعیت و سهم بازار خود را از دست می دهند. (رضائیان ، ۱۳۷۶ ، ص ۶۷ الی ۶۸)

۱-۱۰- ویژگی های کارکردی (رفتاری) یا ساختاری سیستم

زمانی که عناصر سیستم به صورت منفرد در نظر گرفته می شوند و اقدام به بر شمردن و توصیف عناصر عمده سیستم می شود، و به دنبال آن هستیم که "ورودی ها و بازخورها چه می کنند؟" تجزیه و تحلیل صورت گرفته روی سیستم، ماهیتی کارکردی دارد.

در چنین شرایطی، با زبان کارکردی به تشریح سیستم پرداخته می شود و به تدریج بر کارکردهای عناصر گوناگون سیستم تمرکز می یابد. توجه نیز معطوف به عملیاتی است که سیستم را شکل می دهند. حال اگر کل سیستم مدنظر گرفته شود ماهیت این تجزیه و تحلیل ساختاری است. آنچه که از طریق تجزیه و تحلیل ساختاری سیستم به دست می آید، چیزی نیست جز فهرستی از اقلام (عناصر) تشکیل دهنده ساختار سیستم در حالی که تفکر سیستمی، مستلزم تجزیه و تحلیل کارکردی عناصر سیستم است. گاهی این سوال برای تحلیل گر مطرح می شود که "آیا کارکرد

(یا رفتار) سیستم، تحت تاثیر ساختار آن قرار دارد؟". در پاسخ باید گفت که نظزیه پردازان سیستمی بر این باورند که "ساختار سیستم بر رفتار آن اثر دارد"؛ ولی این امر از اهمیت و مطلوبیت تجزیه و تحلیل کارکردی نمی کاهد. در واقع بعد از شناخت سیستم و ساختار آن، این پرسش مطرح می شود که "سسیستم برای چیست؟" یا "قرار است چه کاری انجام دهد؟" و "چگونه باید آن کار انجام دهد؟".

پاسخ به سوالات فوق آشکارا به توصیف ماهیت تغییرات احتمالی در ویژگی های عناصر سیستم و هم چنین نحوه تعامل آنها با یکدیگر (در طی زمان) مربوط می شود.

در مطالعه سیستم معمولاً بر ویژگی های رفتاری آن تاکید می شود که به تشریح این مفهوم پرداخته می شود. (رضائیان ، ۱۳۷۶ ، ص ۶۸ الی ۷۰)

۱-۱۰- رفتار سیستم

منظور از کارکرد یا رفتار سیستم، زنجیره تغییراتی است که در یک یا چند ویژگی ساختاری سیستم صورت می پذیرد. در واقع، رشته ای از رفتار سیستم، با در نظر گرفتن توالی حالت های سیستم و فواصل زمانی بروز این حالت ها مشخص می شود.

حالت یک سیستم در هر لحظه از زمان، مجموعه از فراگردهای سیستم در آن مقطع زمانی است (که به صورت عدد و رقم بیان می شود). ممکن است سوال شود که چه چیزی حالت سیستم را معین می کند. در پاسخ باید گفت که حالت سیستم در یک مقطع معین، حاصل جمع یا تلفیق جریان ها یا نرخ های گذشته آن است. بدین ترتیب، برای تشریح رفتار سیستم با دو مفهوم سرو کار داریم:

۱- حالت ها(یا سطوح)

۲- جریان ها (یا نرخ ها)

حالت های سیستم، تحت تاثیر نرخ ها یا جریان های آن قرار دارند و متقابلاً، نرخ ها نیز تحت تاثیر حالت ها یا سطوح سیستم هستند. اما سطوح یا حالت ها، به طور مستقیم با حالت ها و سطوح دیگر – و نرخ ها نیز با جریان هـا و نـرخ های دیگر- تعامل ندارند.

این دو مفهوم اساسی، تعینن کننده رفتار سیستم هستند و اهمیت زیادی در مطالعه سیستم دارند؛ زیرا نحوه حرکـت سیستم و تغییرات آن را از یک دوره زمانی تا دوره زمانی دیگر پی گیری می کنند؛ برای مثال، حالـت هـا یـا سـطوح سیستم بر متغیرهایی نظیر "کمیت موجودی انبار در یک زمان خاص"، "تعداد فروشندگان"، "میزان فـروش" دلالـت دارند؛ در حالی که نرخ ها یا جریان ها، عواملی هستند که حالت یا سطح یک سیستم را در فاصله یک دوره زمـانی تـا دوره زمانی دیگر تغییر می دهند؛ نظیر "نرخ تولید"، "میزان استخدام"، و "سرعت بازگشـت سـرمایه". گـزارش هـای مالی به طور واضحی، هم "سطح" و هم "نرخ" متغیرها را معین می کنند و آنها را در ترازنامـه و صورتحسـاب سـود و زیان متمایز می سازند.

نهایتاً اینکه، حالت های هر سیستم، با توجه به روند فعالیت های گوناگون آن معین می شوند. جمع همه حالت هـا در یک مقطع زمانی معین شکل دهنده حالت کلی سیستم در آن زمان است. "مسیر حرکت" از یک حالت به حالت دیگر، نشان دهنده "رفتار سیستم" است. حالت آغازین هر سیستم را "حالت نخستین" و آخرین حالت آن را "حالت نهایی" می نامند. آگاهی از حالت نخستین یک سیستم معین ممکن است اطلاعات نسبتاً دقیقی را در باره محتمل ترین حالت نهایی آن سیستم، فراهم آورد؛ هر چند در بیشتر سیستم ها، آگاهی از حالت نخستین، شناخت زیادی در بـاره حالـت نهایی ارائه نمی دهد. سیستم هایی که حرکت می کنند و رفتار خود را به نمایش می گذارند سیستم هایی چند حالته یا پویا هستند. سیستم های یک حالته، سیستم هایی ایستا هستند و حرکت یا رفتاری از خود بروز نمی دهنـد، بـرای مثال، میزها یا خانه ها، سیستم هایی یک حالته هستند در حالی که سازمان ها یا ماشین های سواری، سیستم هـایی چند حالته هستند. ذکر این نکته لازم است که در این کتاب فقط سیستم های چند حالته مد نظر قرار دارند. (رضائیان ، ۱۳۷۶ ، ص ۶۸ الی ۷۰)

۱-۱۰-۱- انواع رفتار سیستم

رفتارهای سیستم را می توان "واکنش"، "پاسخ" و "اقدام" برشمرد.

"واکنش"، تغییری است در ویژگی های ساختاری سیستم یا محیط که در برابر یک تغییر دیگر- که به طور تقریباً قطعی ایجاد شده است- رخ می دهد؛ بنابرا ین "واکنش" رخدادی است که به دلیل وقوع رخداد دیگری در سیستم یا محیط، به وقوع می پیوندد در این گونه مواقع واکنش سیستم، امری "لازم و کافی" است؛ برای مثال تغییر قوانین و مقررات مربوط به ایمنی و تأمین سلامت کارکنان در محیط کار، مستلزم تجدید ساختار سازمانی است؛ به طوری که در صورت تغییر این گونه قوانین، ممکن است سازمان مجبور شود که به تعداد متخصصان و کارشناسان خود در زمینه مسائل حقوقی، محیطی و ایمنی بیفزاید. اتخاذ چنین تصمیماتی در سازمان، واکنشی است در برابر تغییراتی که توسط یک عامل محیطی (یعنی دولت) ایجاد می شود.

"پاسخ" نیز رخدادی سیستمی است که در برابر رخداد دیگری در همان سیستم یا محیط، به وقوع می پیوندد. ارائه پاسخ توسط سیستم، امری "لازم" است، ولی "کافی" نیست؛ زیرا در اینجا، سیستم خواص ساختاری خود را در برابر محرک محیطی، تغییر نمی دهد. به عبارت دیگر، "پاسخ" بر تغییری در حالت سیستم دلالت دارد که توام با تحریک یک سیستم یا محرک خارجی صورت می پذیرد. تفاوت اساسی "واکنش" با "پاسخ" در این است که در هنگام "پاسخ" دادن، سیستم سازمانی نمی خواهد ترتیبات ساختاری خود را (به طور خود کار) تغییر دهد؛ فرض کنید که سیستم می کوشد تا با همکاری خرده سیستم ها یا عوامل محیطی دیگر، پاسخی را از طریق مذاکره فراهم کند برای مثال صاحبان صنایع می کوشند با نمایندگان کارگران یا گروه های غیر رسمی مذاکره کنند تا بدون تغییر ساختار سیستم، به نتیجه مورد نظر خود دست یابند.

"اقدام" به منزله نوعی رفتار ارادی، رخدادی است که ضرورت آن ناشی از تغییر در سیستم یا محیط نیست یعنی وقوع این رخداد اجباری و "لازم" نیست، بلکه سیستم خود آن را اراده می کند؛ از این رو نمی توان حد کفایتی برای اقدام

قائل شد. تغییرات ارادی، تغییراتی هستند که از درون سیستم (و توسط خود آن) پدید می آیند؛ نظیر ایجاد تنوع در محصولات و خدمات، ابداع، نوآوری، خلاقیت و سایر اقداماتی که نتیجه رفتار ارادی خود سیستم هستند. در واقع اقدام ها، رخدادهایی ارادی و برنامه ریزی شده هستند؛ زیرا تصمیم گیرندگان سازمانی پس از ارزیابی دقیق قابلیت ها و توانایی های توسعه و بازسازی خطوط تولید سازمان و نحوه ارائه خدمات، مبادرت به اقدام می کنند؛ مانند اخذ تصمیماتی برای استخدام جانبازان و ایثارگران. خلاصه این که رفتار سیستم ممکن است "واکنش"، "پاسخ" یا یک "اقدام ارادی" باشد. هر یک از حالت های رفتاری سیستم، روش آزمون خاص خود را می طلبد. مطالعه الگوهای رفتار واکنشی و پاسخی، آسانتر از مطالعه الگوی رفتار ارادی و اقدام است؛ زیرا رفتارهای ارادی و فعال، علل یا محرکهای قابل شناسایی ندارند، بلکه در نتیجه سیر تحولات آگاهانه عناصر یا ویژگی های درونی سیستم، به وقوع می پیوندد. (رضائیان ، ۱۳۷۶ ، ص ۷۰الی ۷۲)

۱-۱۱- آرایش درونی سیستم

برای ارائه انواع آرایش های درونی سیستم ها، ابتدا به شرح مفهوم حلقه بازخور و انواع آن پرداخت می شود و سپس با توجه به انواع حلقه های بازخور، سیستم ها از لحاظ تنوع آرایش درونیشان مطرح می شوند.

حلقه بازخور:

عبارت است از مسیر بسته ای که به ترتیب، تصمیم مبتنی بر کنترل یک عمل، سطح سیستم و اطلاعات مربوط به سطح سیستم را به هم متصل می کند و به نقطه تصمیم گیری بازگشت می رسد.

تصمیم های جاری بر مبنای اطلاعاتی اخذ می شوند که در لحظاتی خاص به دست می آیند. این تصمیم ها جریان عمل را کنترل می کنند و جریان عمل نیز سطح سیستم را تغییر می دهد. در سطح واقعی سیستم، اطلاعاتی در باره سیستم تولید می شود که ممکن است به صورت نادرست یا با تاخیر در دسترس تصمیم گیرنده قرار بگیرد، از این رو اطلاعات حاصل از سطح سیستم را "سطح ظاهری سیستم" می گویند. این اطلاعات ممکن است با"سطح واقعی

سیستم"، تفاوت داشته باشد. نکته حائز اهمیت این است که سطح ظاهری سیستم، مبنای فراگرد تصمیم گیری است و نه سطح واقعی سیستم. هدف از ایجاد سیستم اطلاعاتی نیز آن است که حتی المقدور سطح ظاهری سیستم بر سطح واقعی آن منطبق شود. (رضائیان ، ۱۳۷۶ ، ص ۶۱ الی ۶۲)

حلقه های باز خور بر سه گونه می باشند که عبارتند از:

حلقه نخستین یا حلقه عمل: تعادل ایجاد شده در سیستم های ساده بستگی به اندازه سیستم و محیط آن و نیروهای نسبی آنها دارد و از طریق حلقه کنش و واکنش ایجاد می شود که به آن "حلقه عمل و کردار"و یا "حلقه نخستین" می گویند. (رضائیان ، ۱۳۷۶ ، ص ۷۲)

حلقه دوم یا حلقه کنترل: این ها سلول های کنترل کننده ای هستند که نحوه رفتار سایر سلول ها را برای مواجهه با محیط شناسایی می کنند و به اصطلاح زنگ خطر را به صدا در می آورند. (رضائیان ، ۱۳۷۶ ، ص ۷۳)

به عنوان مثال زمانی که گزارش مالی ماهانه مثلا تا روز پنجم ماه بعدی، تهیه نشود، یک سری علائم هشدار دهنده فعال می شوند. در اینجا هشدار، بر ضرورت تنظیم یک برنامه یا اتخاذ یک خط مشی عملی برای هدایت رفتار واحدهای کنترل کننده، دلالت دارد و واحدهای کنترل کننده می توانند بر اساس آن برنامه با خط مشی، میزان حساسیت و بحران در وضعیت را شناسایی و ارزیابی کنند و پس از تجزیه و تحلیل هزینه و منفعت هر گزینه، اقدام مناسب به اجرا درآید.

اتخاذ چنین خط مشی هایی از قلمرو "عمل و کردار" فراتر رفته و برای تفسیر آثار رخدادهای محیطی بر روی سازمان، تلاش می کنند و پیشنهاداتی را برای ایجاد تغییرات درونی مورد نیاز، ارائه می دهد. (رضائیان ، ۱۳۷۶ ، ص ۷۴)

فعالیت این نوع حلقه به جریان اطلاعات متکی است به این ترتیب که سلول های دریافت کننده علائم و یا حسی، آنچه را که در حال وقوع است، ثبت می کنند و اگر متغیرهای حیاتی و مهم، در وضعیت نامناسبی باشند، زنگهای خطر را به صدا در می آورند. (رضائیان ، ۱۳۷۶ ، ص ۷۴) سلول های کنترل (واحدهایی که به نظارت و هدایت سایر سلول های

تخصصی می پردازند و فعالیت های آنها را برای نیل به هدف های کلی سیستم هماهنگ می کنند) نیز به ثبت آنچه که رخ داده است، می پردازند و پاسخ های مناسب، با صرفه و اثر بخش را جستجو می کنند و پس از آن، دستور اقدام عملی را صادر می کنند. باید توجه داشت که حلقه کنترل، حلقه ای ظریف و شکننده است که ممکن است در برخی از موارد نتواند تلاطم موجود در محیط را تشخیص بدهد مانند زمانی که سلول های حس(دریافت کننده علائم) رخداد مورد نظر را تشخیص ندهند، یا به طور صحیح عمل نکنند. در شرایطی ممکن است هشدار سلول های حسی به سلول های کنترل نرسیده و یا تعریف و یا به طور ناقص ارائه شوند. زمانی هم ممکن است سلول های کنترل زنگ خطر را به صدا نیاورند و یا مشغول رسیدگی به سایر هشدارها شده و زحمت رسیدگی به هشدارهای جدید را نداشته باشند. (رضائیان ، ۱۳۷۶ ، ص ۷۴ الی ۷۵)

حلقه سوم یا حلقه خط مشی: وجود این حلقه سیستم را قادر می سازد تا برنامه نحوه پاسخگیی (ارائه خط مشی های) خود را با توجه به نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل میزان موفقیت پاسخ ها و خط مشی های قبلی، تغییر داده و هر چند وقت یک بار، خودش را بر اساس دانشی که از نتایج تعامل های گذشته به دست آورده است، بازسازی و یا بازشناسی کند. (رضائیان ، ۱۳۷۶ ، ص ۷۶)

با توجه به تعریف انواع حله های بازخورد، سه گونه آرایش درونی را برای سیستم ها می توان در نظر گرفت که عبارتند از:

۱- آرایش ساده

۲- آرایش خود تنظیم (سایبرنتیکی)

۳- آرایش سیستم معرفت پذیر (فرا گیرنده)

آرایش ساده

سیستم هایی هستند که در آرایش آنها تنها "حلقه نخستین" وجود دارد. این نوع سیستم ها که معمولاً ضعیف می باشند، در محیط های ثابت و ساده قادر به ادامه حیات هستند؛ نحوه ارتباطشان با محیط، شکل ثابتی دارد؛ چرا که

این سیستم ها قادر به تغییر رفتار خود نبوده و وقوع تغییرات عمده در محیط، نابودی آنها به همراه خواهد داشت. این گونه سیستم ها به ندرت مورد نظر قرار می گیرند؛ زیرا معمولا تحلیل گران سیستم با سیستم های ساده و محیط های آرام سروکار ندارند بلکه در گیر کار با سیستم های پیچیده ای هستند که پیوسته با محیط در حال تحول خود تعامل دارند. (رضائیان ، ۱۳۷۶ ، ص ۷۲)

آرایش خود تنظیم (سایبرنتیکی)

منظور از آرایش خود تنظیم یا سایبرنتیکی، وجود دو حلقه "حلقه عمل یا تخستین" و "حلقه دوم یا حلقه کنترل" در یکسری از سیستم ها می باشد. چنین سیستم هایی را سیستم های خود تنظیم یا سایبرنتیکی گویند. در این سیستمها، تعامل از تعامل های فیزیکی حلقه تخستین، پیچیده تر شده و این سیستم ها به برقراری تعامل اطلاعاتی با محیط می انجامند.

در این نوع سیستم ها، تشخیص رخدادهای محیطی و شناسایی آنها، در قلمرو "محتوا" یا " آنچه در حال رخ دادن است" صورت می پذیرد و تعبیر و تفسیر رخدادها و تعیین آثار آنها، در قلمرو "فراگرد" یا "نحوه واکنش سازمان" انجام می شود (حلقه دوم یا حلقه کنترل) بدین ترتیب، حوزه های چهارگانه "عمل" در برابر "تفکر" و "محتوا" در برابر "فراگرد"، آرایش پیچیده "خود تنظیمی" را که برای مواجهه با تلاطم های محیطی ضرورت دارد، شکل می دهد. (نمودار ساده شده ۱۴-۲ ص ۷۵)

دریک سیستم خود تنظیم حتی "شرایطی که اتصال ها و کارکردها صحیح می باشند، باز هم نمی توان تضمینی برای عملکرد مطلوب سیستم دانست، چرا که ممکن است اقدامات انتخاب شده مناسب نباشند، بسیار پرهزینه بوده و یا انجامشان غیر ممکن باشد.

هر چند وجود تلاطم در محیط، برای توسعه عملکرد سیستم حیاتی است، ولی حتی سیستم های خود تنظیم نیز ممکن است در محیط های پر تلاطم یا محیط های درگیر با تلاطم های بسیار قوی، ناموفق باشند، زیرا ممکن است

رخدادی به وقوع بپیوندد که سلول های حسی موجود، برای تشخیص آن ها برنامه ریزی نشده باشند، یا هیچ گونه پاسخ و راه اثر بخشی برای مقابله با آن پیش بینی نشده باشد. در واقع نقطه ضعف سیستم های خود تنظیم آن است که نمی توانند استراتژی خود را تغییر دهند، در حالی که محیط می تواند تاکتیک های خود را عوض کند. سیستم های خود تنظیم فقط می توانند تغییرات محیطی را شناسایی و ثبت کنند ولی نمی توانند برنامه خود را تغییر بدهند، در حالی که برای تطبیق و سازگاری با محیط، وجود آرایش قوی تر و پیچیده تری ضرورت دارد.

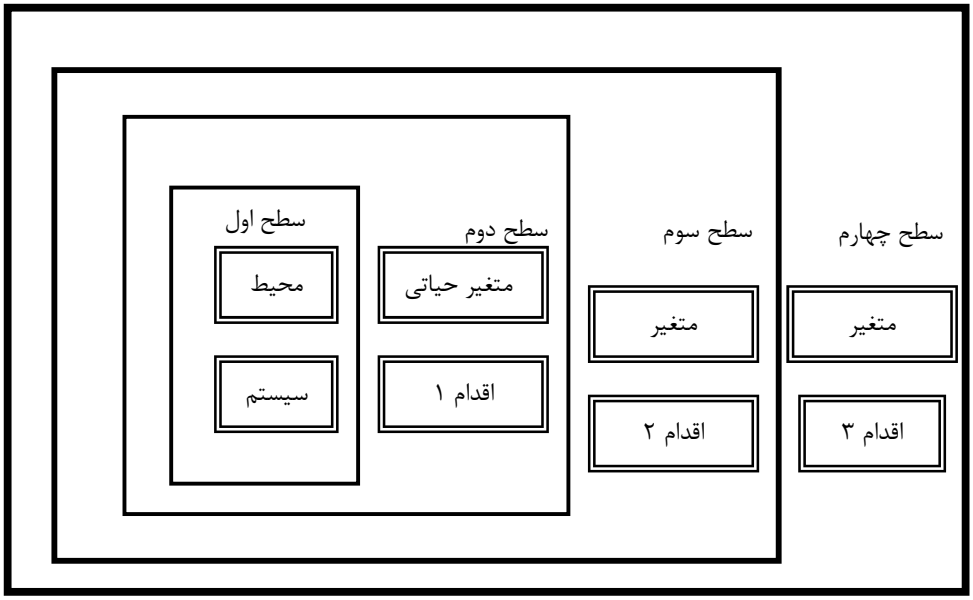
۴- آرایش سیستم معرفت پذیر (یاد گیرنده)

آرایش این نوع سیستم ها به گونه ای است که حلقه های بازخور اول و دوم، به وسیله حلقه بازخور سوم حمایت می شوند. سیستم هایی را که از چنین آرایشی برخوردارند سیستم های یادگیرنده گویند. این سیستم ها به جمع آوری اطلاعات در باره ارزش خط مشی های مورد نظر می پردازند و آنها را بر اساس آنچه (با استفاده از سلول های حسی) فرا می گیرند، تغییر می دهند. این عمل که در مدیریت "خط مشی گذاری" نامیده می شود، در مدیریت منابع اطلاعاتی "برنامه نویسی" نام دارد. (رضائیان ، ۱۳۷۶ ، ص ۷۶)

۱-۱۲- حلقه بازخور و سطوح سازمانی

گاهی می توان حلقه های "عمل"، "کنترل" و "خط مشی" را با توجه به سطوح سازمانی در سازمان های بوروکراتیک، از هم متمایز ساخت، به این صورت که حلقه عمل را به کارگران سطوح عملیاتی، حلقه کنترل را به مدیران میانی و حلقه خط مشی را به مدیران عالی منسوب کرد. فایده این مقایسه از آن جهت است که ساخت حلقه ها و افزایش قلمروها؛ ممکن است تا بی نهایت ارائه یابد. در این صورت، سیستم می تواند برای انطباق با طبقات پرتلاطم تر، سطوح کنترلی خود را افزایش دهد و طی زمان، آرایش های پیچیده تری را ایجاد کند. (رضائیان ، ۱۳۷۶ ، ص ۷۶ الی ۷۸)

چگونگی کارکرد حلقه های بازخور در سطوح مختلف سیستم در نمودار ۲ آمده است بدین ترتیب که در سطح اول، وجود حلقه عمل و یا تخستین باعث می شود که سیستم با محیط خود تبادل منابع داشته باشد. شکوفایی نسیی سیستم نیز به قوت، کارآیی و سایر توانایی های آن بستگی دارد. در سطوح دوم، وجود حلقه کنترل باعث می شود که اثر بخشی سیستم به توان تصمیم گیری آن برای برنامه ریزی اقدام های جدید و بر اساس اطلاعات دریافت شده در باره متغیرهای حیاتی، بستگی پیدا کند. در سطح سوم، حلقه خط مشی سیستم را قادر می سازد تا از طریق بازیابی نتایج و آثار خط مشی ها و تصمیم های پیشین و قضاوت در باره آنها، نحوه تصمیم گیری خود را تغییر دهد. در این نمودار یک سطح دیگر هم آمده است. وجود چنین حلقه های سطوح بالاتر، سیستم را قادر می سازد تا برای برنامه ریزی، ارزشیابی نتایج برنامه ها و همچنین ارزیابی سطوح پایین تر، بر تعداد سطوح کنترل و مدیران عالی خود بیافزاید. (رضائیان ، ۱۳۷۶ ، ص ۷۷)



نمودار ۲- ۵ افزایش سطح کنترل

نکته حائز اهمیت آنکه افزایش یک سطح، باعث افزایش هزینه نگهداری شده و به طور قابل ملاحظه ای هم از سرعت واکنش سیستم در برابر محیط می کاهد. (رضائیان ، ۱۳۷۶ ، ص ۷۸)

فصل دوم

نگاه کلی بر سیستم ها

۲-۱- تفکر سیستمی

تفکر سیستمی بر خلاف برخی از جنبش های فکری که در یک رشته علمی و در محدوده معینی رشد و نما کرده اند، در خارج از محدوده یک علم متولد شد و در محیطی میان رشته ای رشد کرد. از آن جا که این شیوه تفکر، به طور کلی با مجموعه هایی متشکل از اجزاء سر و کار دارد نه با خود اجزاء، ضرورتا از مرزهای سنتی علوم خاص فراتر رفته و عمومیت یافته است. (رضائیان، ۱۳۷۶، ص ۱۰)

تفکر سیستمی دانشی است که نحوه متفاوتی از اندیشه را معرفی می کند و نه تنها رمزآلود و غیر قابل درک نیست، بلکه از دیگر روش های معمول نیز ساده تر بوده و برای کسب آن تنها تغییر چشم انداز ضرورت پیدا می کند. برای درک درست این تفکر بایستی تمامی فرضیات قبلی را موقتاً کنار گذاشت و تلاش کرد تا به چیزهای آشنا و معمول از دیدگاهی جدید نگریست.

هدف تفکر سیستمی، ایجاد انگیزه یادگیری به منظور خلق بینش مشترک برای تصمیم گیری درست و آگاهانه است. امروزه شناخت این تفکر و تجهیز به آن، ضرورتی برای درک بهتر پدیده ها به شمار می رود. پدیده هایی که به تبع پیشرفت علوم، پیچیده تر می شوند و برای جوامع انسانی معضل ایجاد می کنند و کار آمدی آنها را کاهش می دهند. (مرعشی و دیگران، ۱۳۸۵، ص ۶)

قبل از تبیین تفکر سیستمی و ضرورت برخورداری از چنین نگرشی، لازم به نظر می رسد که هر یک از مفاهیم "تفکر سیستماتیک" و " تفکر سیستمیک" روشن شوند. تفکر سیستماتیک، تفکری روشمندانه است که از روی قاعده و نظم صورت می پذیرد. تفکر سیستمیک روشی ساده برای یافتن تفکر روشمندانه است. فرضیه اساسی این نوع تفکر، ارتباط هر موضوع با موضوعات اطراف خود می باشد یعنی اثر پذیری و اثرگذاری. این نوع تفکر بر خلاف روش های مرسوم تفکر که عمدتا تحلیلی هستند، هم تحلیلی و هم ترکیبی می باشد . در تفکر تحلیلی هر چیز به اجزای تشکیل دهنده اش شکسته می شود و بر عکس آن در تفکر ترکیبی، الگویی برای اجزای

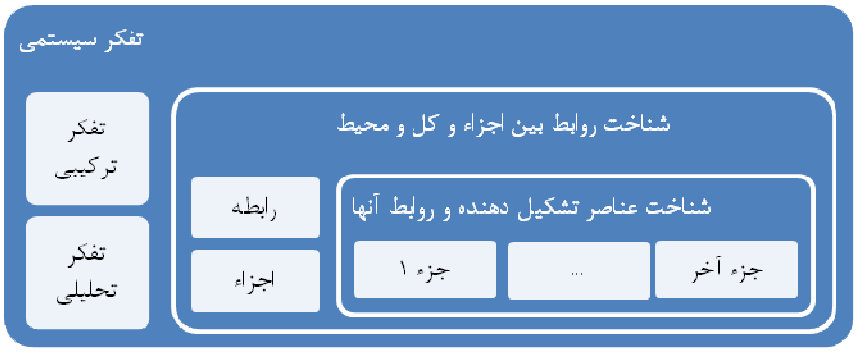
تشکیل دهنده یافت می شود. باید توجه داشت که هرچند تجزیه و تحلیل روشی قدرتمند برای فهم موقعیت اجزاء بشمار می رود، اما از آنجا که با تجزیه هر چیز به اجزاء کوچک و کوچک تر، امکان توجه به ارتباطات میان آن ها از دست می رود، این روش برای درک چگونگی تعامل اجزاء با یکدیگر مناسب نمی باشد.

برای رفع این مشکل تفکر سیستمیک تلفیقی از این دو نوع تفکر تحلیلی و ترکیبی را ارائه می دهد. در این نوع تفکر تا حد ممکن به فهرست کردن عناصر متفاوت پرداخته می شود و پس از آن شباهت های میان آن عناصر، شناسایی می شود. درحالیکه در تفکر تحلیلی تعدادی از عناصر فهرست، مقایسه و دسته بندی شده و سپس بهترین عنصر از میان آن ها انتخاب شده و بقیه عناصر کنار گذاشته می شوند . به عبارت دیگر تفکر سیستمیک تا جایی که ممکن است، بیشترین عناصر تشکیل دهنده موضوع را مورد توجه قرار می دهد و بر کل موضع تمرکز می کند. به صورت نمودار می توان تفکر سیستمیک را حاصل جمع موضوع تفکر تحلیلی و ترکیبی دانست :

تفکر سیستمیک ←

تفکر تحلیلی (شکستن هر چیز به اجزاء تشکیل دهنده آن)

تفکر ترکیبی (یافتن الگویی برای جزای تشکیل دهنده)



(حسنعلی نعمتی زمستان ۸۷)

ادامه حرکت از تفکر تحلیلی به تفکر سیستماتیک، منجر به نوعی تفکر به نام تفکر سیستمی می شود. این نوع تفکر، درصدد فهم کل (سیستم) و اجزای آن، روابط بین اجزاء و کل و روابط بین کل با محیط آن (فراسیستم) می باشد . تفکر سیستمی که برخورد سیستمی با موضوعات را در پی دارد، به دنبال تشخیص عناصر تشکیل دهنده موضوع و پیونهای موجود میان این عناصر است و نه در جست و جوی مجموعه ای از ویژگی های موضوع. بدین ترتیب این نوع تفکر، تفکری جامع و فرا رشته ای تلقی میشود و روش های آن منحصر به یک علم خاص نبوده و به تمامی علوم اختصاص دارد. (مرعشی و دیگران، ۱۳۸۵ ،ص ۱۲ الی ۱۵)

تفکر سیستمی با استفاده از مفهوم سیستم در مورد دنیای پیرامون، تفکر و عمل می کند. در مقایسه این تفکر با تفکر تحلیلی یا تجزیه گرایانه، باید گفت که تفکر تحلیلی با به کارگیری فرآیند استقراء و قیاس سعی دارد تا از طریق شناخته ها (معلومات) توضیحاتی برای ناشناخته ها (مجهولات) فراهم آورد. از طرف دیگر تفکر سیستمی با استفاده از استقراء، قیاس و تعمیم در پی خلاقیت و زایش دانش های جدید است و بر وحدت تضادهای ظاهری و تعاملی که آن ها را به هم پیوند می دهد بیش از ویژگی های رقابتی بین آن ها تاکید دارد. (مرعشی و دیگران، ۱۳۸۵، ص ۱۷). باید توجه داشت که در این نوع تفکر استفاده از فکر و ذهن بیش از بکارگیری چشم به عنوان ابزار دیدن، ضرورت دارد. بدین معنا که از طریق چشم و دیدن، تنها یک شیئ یا ماده ملاحظه می گردد درحالیکه با ذهن و نگاه کردن، قدرت مشاهده و درک روابط امکان پذیر می شود، بنابراین کسانی که روش تفکر سیستمی برمی گزینند ملزم به مشاهده مبتنی بر درک هستند و بدیهی است که این کار تلاش و کوشش بیشتری را می طلبد. (مرعشی و دیگران، ۱۳۸۵، ص ۲۰)

به طور کلی می توان منافع تفکر سیستمی را به صورت زیر بیان نمود:

- راهی برای مشاهده کل همزمان با مشاهده اجزاء
- چشم اندازی برای درک نتایج کوتاه و بلند مدت

- روشی برای فراگیری آسانتر چیزهای جدید
- نگرشی نوین به افراد، گروه ها و سازمان ها (مدیریت پیچیدگی)
- چارچوب و روشی برای درک پیچیدگی های زندگی (سروش نالچیگر)

به موازات رشد و تکامل تفکر سیستمی، جریان های فکری دیگری در حیطه علوم سیستم ها به وجود آمدند که از وجه نظری به اندیشه سیستمی نمی پرداختند، اما یا روشی جایگزین بودند (مانند تحقیق در عملیات) یا مکمل مانند (سایبرنتیک) و یا از معرفت سیستمی تغذیه می کردند (مانند مدیریت کیفیت فراگیر). (مرعشی و دیگران ،۱۳۸۵، ص ۴۸)

از جمله این جریان ها، نگرش سیستمی است از جمله مباحثی است که در ارتباط مستقیم با تفکر سیستمی قرار دارد (مرعشی و دیگران، ۱۳۸۵، ص۴۹) و خود با رشد و توسعه دو جنبش جداگانه – که تقریبا هدف واحدی را دنبال می کردند – هویت مستقل پیدا کرد. این دو جنبش عبارتند از :

۱- نظریه عمومی سیستم ها

۲- علم کنترل و ارتباطات

در ادامه، هریک از این جنبش ها، تشریح می شوند. (رضائیان، ۱۳۸۷، ص ۱۲)

۲-۲- اهمیت نگرش سیستمی

همانطور که پیش از آن اشاره شد، نگرش سیستمی چهارچوبی منطقی و علمی ارائه می دهد که با سایر نگرش ها متفاوت است و این تفاوت، از چند بعدی بودن آن ناشی می شود. بنابراین فردی که قالب ذهنی خود را بر مبنای سیستم نگرشی استوار می سازد، می تواند به شناخت کامل تری از محیط خود دست یابد و با آگاهی از سیستم های گوناگون، ارتباط موجود بین آن ها و همچنین شناخت نقش و موقعیت خود در هر یک از آن ها،

میزان تاثیرپذیری و اثرگذاری خویش را بر آن ها ارزیابی کند و در جهت بهبود سیستم های محیطی خویش بکوشد. (زاهدی، ۱۳۸۱، ص ۲۳) نگرش سیستمی چهارچوب سودمندی برای مدیران و دانشجویان رشته مدیریت قرار می دهد تا بتوانند سازمان و اجزای درهم پیچیده آن را درک کنند. نگرش سیستمی این امکان را برای آن ها ایجاد می کند که سازمان را به منزله یک " کل متشکل از اجزای درهم تافته " در نظر بگیرند. این نگرش، مدیران عملیاتی را از ساده اندیشی و پندار مبتنی بر فرض ایستایی و مجزا بودن عوامل سازمانی باز می دارد و آنان را تشویق می کند تا محیطی را که سیستمشان در آن عمل می کند بررسی کرده، آن را به خوبی شناسایی کنند ؛ به علاوه، این نگرش به مدیران کمک می کندتا سازمان خود را در قالب الگوها و فراگردهای پایدار در یک محدوده، درنظر بگیرند و در مورد علل مقاومت سازمان ها در برابر تغییر و تحول، بینش کافی بدست بیاورند ؛ و سرانجام توجه مدیران را به وجود داده ها و فراگردهای جایگزین برای رسیدن به هدف معطوف می دارد.

به هر حال، نگرش سیستمی نباید درمان همه دردها تلقی شود؛ زیرا چارچوب سیستمی نیز محدودیت های خاص خود را دارد. یکی از مشهورترین ویژگی های نگرش سیستمی، تجرد و انتزاعی بودن آن است. در واقع، ارزش نگرش سیستمی، بیش از آنکه به کاربرد مستقیم آن در حل مسائل سازمانی مربوط شود، در چارچوب مفهومی آن نهفته است. (رضائیان، ۱۳۷۶، ص ۶۵ الی ۶۶)

۲-۳- نظریه عمومی سیستم ها

تاایان قرن نوزدهم سه مکتب عمده فکری نسبت به طبیعتوجود داشت که عبارت بودند از " فیزیک نیوتونی "، " ترمودینامیک کلاسیک " و "زیست شناسی داروینی ". ما بین این سه مکتب و به ویژه مکاتب ترمودینامیک کلاسیک و زیست شناسی داروینی، تعارض وجود داشت. (مرعشی و دیگران، ۱۳۸۵، ص ۲۵) با شروع قرن بیستم، با وجود چنین مشکلاتی در پهنه علم، نیاز فزاینده ای برای برخورداری از دیدگاهی جدید احساس می شد. هرچند این احساس نیاز در هر یک از شاخه های علوم به شکلی متفاوت بروز یافت، اما همه آن ها در مورد

اینکه به زبانی مشترک و میان رشته ای برای شرح پدیده های چند نظامه نیاز دارند، اتفاق نظر داشتند. زیرا هر یک از علوم عموما با شکستن مسائل به اجزاء و پدیده های کوچکتر به راه حل و جواب نمی رسیدند. این مسئله از آن جا ناشی می شد که نظامی در ماهیت پدیده یا مسئله وجود داشت که با خرد کردن آن، این نظام مورد غفلت قرار می گرفت و از آن جا که اثر آن کلیت یا نظام در رفتار پدیده نادیده گرفته می شد، شناخت درستی هم بدست نمی آمد. در چنین شرایطی که از یک سو نیاز به زبان و نگرش جدید برای درک پدیده هایی که به شاخه علمی خاص تعلق نداشته و در عین حال دارای سازمان یا نظام باشند احساس می شد و از سوی دیگر دانشمندان هر یک از شاخه های علوم به سطحی دست یافته بودند که به کشف قوانین عمومی و ناظر بر دیگر شاخه های علمی منجر شده بود، نظریه عمومی سیستم ها متولد شد . (مرعشی و دیگران، ۱۳۸۵، ص۲۶)

به دیگر سخن، ظهور نظریه عمومی سیستم ها را می توان حاصل بحرانی دانست که گفتگو میان دانشمندان در حوزه های تخصصی مختلف را بسیار مشکل کرده بود هریک از آنان برای بیان منظور خود از ادبیات خاص رشته خود استفاده می کردند، لذا به زبان و ابزاری برای تفاهم فکری نیاز داشتند. در چنین شرایطی که نیاز به زبانی مشترک برای هماهنگی علوم درک شده بود، نظریه عمومی سیستم ها بنیان گذاشته شد. (مرعشی و دیگران، ۱۳۸۵، ص ۲۷)

۲-۴- تاریخچه نظریه سیستمها

تاریخچه نظریه سیستمها را از دو دیدگاه می توان بررسی نمود. دیدگاه اول برای بررسی روند توسعه نظریه سیستمها ترجیح می دهد به بررسی روند تحولات و رویدادهایی بپردازد که در دانشگاه های آمریکا (و بخصوص در سالهای ۱۹۴۰ تا ۱۹۷۰ رخ داد. دیدگاه دوم به بررسی روند تحول در شیوه های نگرش به (MIT دانشگاه جهان و متدولوژی علم در سطح جهان می پردازد. آنچه در پی می آید، خلاصه ای از دو نگرش فوق است.

الف) تحولات دانشگاهMIT

پس از جنگ جهانی دوم، سه جهش در دانشگاه MIT بوجود آمد که هریک ۱۰ سال به درازا کشید. در این جهش ها اندیشه و علم پیشرفت های بزرگی کردند و دنیا با شناخت های جدیدی از گرفته تا حادترین مسئله روز یعنی محدودیت رشد اقتصادی آشنا شد. (Cybernetics) سایبرنتیک در جریان بسط و نشر و حرکت و تحول افکار و آراء، رشته های گوناگون دانش، از روشها و لغات و اصطلاحات

یکدیگر استفاده می کنند و به این ترتیب زمینه های بکر و دست نخورده بارور می شوند.

در سالهای ۱۹۴۰ تا ۱۹۵۰ رابطه میان ماشین و ارگانیسم مورد مطالعه قرار می گیرد. در این دوران مفاهیمی که تا آن زمان در مورد ماشین ها بکار می رفت، در مورد ارگانیسم نیز بکار رفتند (Feedback) همچون بازخور

و راه پیدا شدن دو دانش جدید یعنی اتوماسیون و انفورماتیک هموار گردید.

در دهه ۱۹۴۰ چندین سمینار (بیش از ده مورد) برگزار شد که در آنها متخصصینی از رشته های مختلف (از مکانیک و الکترونیک تا زیست شناسی و فیزیولوژی و ریاضیات) شرکت جستند و به تبادل اطلاعات و نظریات پرداختند. دانشمندان کم کم دریافتند که برخی مسائل فقط با همکاری متخصصان رشته های مختلف قابل حل

اند. به عبارت دیگر، بررسی و حل برخی مسائل به دیدگاهی فراتر از دیدگاه یک رشته خاص نیاز دارد.

در سال ۱۹۴۸ کتاب "سایبرنتیک" (علم مربوط به چگونگی ارتباطات در انسان و ماشین) توسط وینر (Norbert Wiener) منتشر شد. وینر استاد درس ریاضی در دانشگاه MIT بود که در پروژه ساخت و به کارگیری دستگاههای نشانه گیری خودکار برای توپ های ضدهوایی با همکاری مهندس جوانی بنام جولی ین بیگلاو (Julian Biglow) شرکت جست و به دنبال آن شباهتهایی بین ناهنجاریهای رفتاری در این دستگاهها و بعضی اختلالات در بدن انسان (که در پی آسیب دیدگی مخچه بوجود می آیند) پیدا کردند.

بررسی های انجام شده در آن زمان نشان می داد اگر مخچه انسان آسیب ببیند، بیمار قادر نخواهد بود حتی لیوان آب را بردارد و بنوشد. آنقدر لرزش دستهای بیمار زیاد می شود که سرانجام محتوی لیوان را به بیرون خواهد ریخت. با توجه به شباهت این اختلال با اختلال موجود در دستگاههای هدف گیری خودکار هواپیما، نتیجه گرفتند که برای کنترل حرکاتی که جهت به انجام رساندن مقصود معینی انجام می شوند، اولا باید اطلاعاتی در دست داشت و ثانیاً این اطلاعات باید در مدار بسته ای گردش کنند. در این مدار بسته، نتایج و آثار حرکات و فعالیت ها ارزیابی و سپس براساس تجارب گذشته، حرکات بعدی تعیین می گردد. بدین ترتیب بازخور منفی (Negative Feedback) مطرح شد که هم در تجهیزات و هم در انسان بکار می رفت.

در سال ۱۹۴۸ ، کتاب "نظریه ریاضی ارتباطات" نیز توسط شانون (Shannon) منتشر شد و دو کتاب فوق مبنای سایبرنتیک و نظریه اطلاعات قرار گرفتند.

در دهه ۱۹۵۰ دوباره توجه از ارگانیسم به سوی ماشین منعطف می شود و مفاهیمی همچون حافظه و فراگیری در مورد ماشین هم بکار می رود و به این ترتیب مقدمات پدید آمدن دانش های نوینی همچون بیونیک (علمی که می کوشد ماشین های الکترونیکی را به تقلید از بعضی از دستگاههای موجودات زنده بوجود آورد.) و هوش مصنوعی بوجود می آید.

در دهه ۱۹۶۰ در زمینه سایبرنتیک و دینامیک سیستم پیشرفت های مهمی بوجود آمد. جی فارستر(Jay Forrester) در سال ۱۹۶۱ به سمت استادی در مدرسه مدیریت دانشگاه MIT برگزیده شد و مبحث دینامیک (Industrial Dynamics)را بوجود آورد. هدف او از طرح این موضوع آن بود که سازمانها و مؤسسات صنعتی را همانند سیستمهای سایبرنتیک بنگرد و از راه شبیه سازی (Simulation) ، نحوه کارشان را دریابد. او در سال ۱۹۶۴ دینامیک صنعتی را به سیستم های شهری نیز تعمیم داد و دینامیک شهری(Urban

Dynamics) را مطـرح نمـود و بـدنبال آن در سـال ۱۹۷۱ بـا انتشـار کتـاب دینامیـک جهـان (World Dynamics) رشته دینامیک سیستمها (System Dynamics) ، را بنیان نهاد.

ب) تحولات متدولوژی علم

طبق دیدگاه دوم، شیوه های تفکر را به سه گروه تقسیم می کنند :

۱. کل گرایی اولیه

این شیوه تا رنسانس، روش غالب تفکر بود. این دوره را دوران حاکمیت فلسفه ها و وجود علامه ها (که از هر موضوعی، مقداری می دانستند) می شناسند. در این دوران به زنجیرهٔ علت ها اعتقاد داشتند اما خیلی سریع به خدا می رسیدند (علتهای وسطی بسیاری را حذف می کردند).

انسانها خیلی چیزها را می دیدند اما توجیهی برای آن نداشتند و آنرا به علت نهایی (خدا) متصل می کردند. در قرن شانزدهم همه رویدادهایی را که از شناخت آن عاجز بودند به خدا نسبت می دادند. چرا محصول از بین رفت؟ خدا خواست. چرا زمین می لرزد؟ مشیت پروردگار است. چه چیز عامل نگهداری ستارگان است؟ خدا.

یک اشکال عمده کل گرایی این بود که رشد نداشت.

۲. جزء گرایی

تفکر جزءگرا از زمان تمدنهای باستانی وجود داشته است و آنرا برخاسته از اندیشه فلاسـفه یونـان باسـتان مـی دانند. تفکر جزءگرا هر پدیده ای را ابتدا به اجزاء کوچکتر تقسیم می نماید و می خواهد با مطالعه رفتار هر یـک از اجزاء، به رفتار پدیده اصلی دست یابد. به عبارتی رفتار پدیده اصلی را حاصل جمع رفتار اجزاء آن می داند.

رنه دکارت، فیلسوف فرانسوی (۱۵۹۶- ۱۶۵۰) که خود از طرفداران این نظریه است، اصولی را بـرای آن وضـع نموده است. دکارت می گوید شخص باید در برخورد با هر پدیده ای از اصول زیر پیروی نماید:

۱) تنها چیزی را بپذیرد که برایش حقیقتی روشن باشد

۲) هر مسئله ای را حتی الامکان به اجزاء و عناصر کوچکتر تجزیه کند

۳) کار خود را با بررسی ساده ترین عنصر آغاز نماید سپس بتدریج و با شیوه ای منظم، به مطالعه عناصر پیچیده تر پردازد تا سرانجام به ویژگی های پدیده اصلی پی ببرد یا دلایل رفتار خاص آن پدیده را دریابد.

وقتی شیئی ناشناخته ای به بچه بدهید، اجزاء آن را از هم جدا می کند تا بفهمد چگونه کار می کند. یعنی با درک اینکه اجزاء چگونه کار می کنند، سعی می کند درکی از کل بدست آورد.

روش فوق، یک فرآیند ۳ مرحله ای است:

۱) چیزی که باید شناخته شود، تجزیه می گردد.

۲) تلاش می گردد رفتار اجزاء جدا شده از یکدیگر، درک شود.

۳) تلاش می شود درک مربوط به اجزاء، جهت درک کل، مونتاژ گردد.

پس از رنسانس، روش فوق، روش غالب و فراگیر علمی شد و به آن تحلیل گویند. دراین دوران، دانشمندان، جزء کوچکی را انتخاب و دقیق می شوند. این روش چنان غالب شد که ما امروزه "تحلیل یک مسئله" را با "تلاش جهت حل یک مسئله" برابر می گیریم. اگر از اکثر ما روشی جایگزین برای روش تحلیل بخواهند، در می مانیم. مشاهده و آزمون دو اصل مهم در این دوران است.

طبق روش تحلیل، برای درک یک چیز، باید آن را بصورت فیزیکی یا مفهومی تجزیه کنیم. سؤال این است که اجزاء را چگونه بفهمیم ؟ جواب : اجزاء را نیز تجزیه کنید.

سؤال بعدی که مطرح می شود : آیا این فرآیند انتهایی دارد ؟

برای کسی که معتقد باشد درک کامل جهان امکان پذیر است، جواب سؤال فوق مثبت خواهد بود. اجزاء نهایی را عنصر (Element) می نامند. اگر چنین اجزائی وجود داشته باشند و ما بتوانیم آنها و رفتارشان را درک کنیم، درک کامل جهان، ممکن خواهد شد.

اعتقاد به امکان تقلیل(Reduce) هر واقعیت به عناصر نهایی بخش ناپذیر را Reductionism گویند.

تاثیر روش فوق را در تاریخ تمام علوم می توان مشاهده نمود :

• در فیزیک و شیمی : اعتقاد بر این بود که همه اشیاء فیزیکی قابل تقلیل به ذرات غیر قابل تقسیم ماده به نام "اتم" هستند. (مربوط به قرن ۱۹ و جان دالتون)

اعتقاد بر این بود که اتمها دو ویژگی درونی بنام ماده و انرژی دارند. فیزیکدانان تلاش کردند درک خود از طبیعت را بر اساس درک خود از این عناصر بنا نمایند.

شیمیدان ها نیز عناصر را در جدول تناوبی قرار می دهند.

• در زیست شناسی : تمام موجودات زنده قابل تقلیل به یک عنصر بنام "سلول" هستند.

یکی از مباحثی که در برخی از رشته ها (مثل روانشناسی و جامعه شناسی) در مورد آن بحث فراوان شد، این بود که عنصر در آن رشته چیست.

یکی از مشکلاتی که در جزء گرایی بوجود آمد، این بود که دانشمندان با هم مرتبط نبودند. هر کدام یک جزء را گرفتند و دستاوردهای رشته های مختلف با یکدیگر همخوانی نداشت.

وقتی عناصر چیزی را تعیین و درک نمودیم، ضروری است این درک را جهت درک کل، مونتاژ نماییم. برای این کار نیاز به تشریح روابط بین اجزاء یا چگونگی تعامل آنها داریم. در عصر ماشین اعتقاد براین بود که فقط رابطهٔ علت و معلولی(Cause-effect) برای شرح تعاملات، کافی است. به عبارت دیگر اعتقاد براین بود که هر

چیزی، معلول یک علت است و شانس یا انتخاب معنی ندارد. علت، معلول را به طور کامل مشخص می کند. اعتقاد فوق را تعین گرایی (Determinism)گویند.

طبق تعریف علت و معلول در جزءگرایی، وقتی رابطه علت و معلول بین دو چیز وجود دارد، بدین معنی است که علت برای معلول شرط لازم و کافی است. معلول بدون این علت رخ نمی دهد. اگر علت وجود داشته باشد، حتماً معلول هم وجود خواهد داشت.

در این دوران تلاش شد پدیده های طبیعی را بدون استفاده از مفهوم "محیط" درک نمایند. مثلاً در قانون "سقوط آزاد اجسام"، اصطلاح "آزاد" بمعنی سقوط بدون تأثیرات محیطی است. تحقیقات معمولاً در آزمایشگاه انجام می شود که کمک می کند از محیط تأثیر نگیریم.

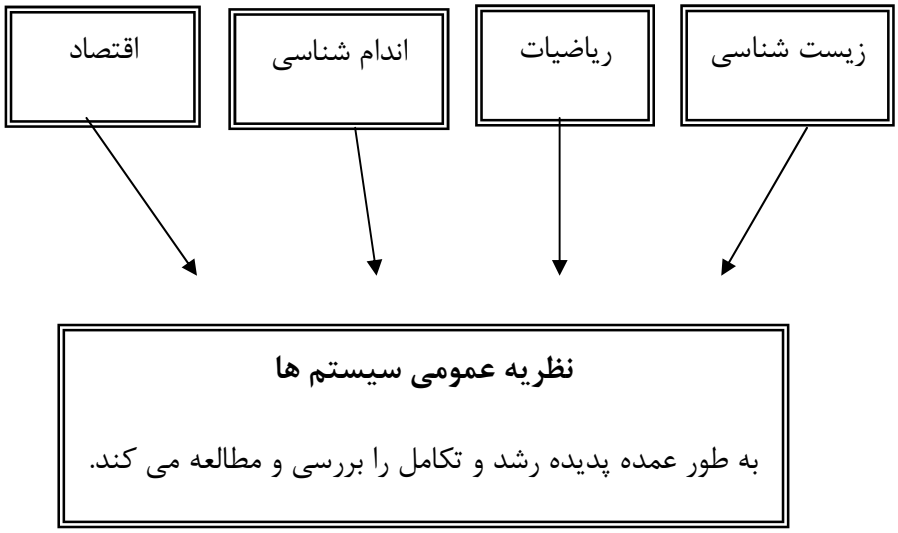
تفکری که از تحلیل استفاده نموده و معتقد به Reductionism و Determinism باشد، تفکر مکانیستی (Mechanistic) نامیده می شود. طبق این تفکر، دنیا بصورت یک ماشین در نظر گرفته می شود و معتقد است رفتار جهان بوسیله ساختار داخلی آن و قانون علیت قابل تعیین است.

تفکر مکانیستی در علوم تجربی موجب پیشرفت های بسیاری شد و علوم رشد کردند. بتدریج تفکر مکانیستی در علوم انسانی و مدیریت نیز بکار رفت ولی ماهیت موضوع این علوم بگونه ای بود که با تفکر مکانیستی سازگار نبود.

۲-۵- منشاء و نحوه شکل گیری نظریه عمومی سیستم ها

اولین بار عبارت نظریه عمومی سیستم ها در دهه ۱۹۳۰ توسط لودویک فون بر تالنفی در سخنرانی ها و سپس در آثار مکتوب وی پس از جنگ جهانی دوم مطرح شد. و نهایتا در سال ۱۹۶۸ در کتابی به نام نظریه عمومی سیستم ها این نظریه را به طور کامل بیان کرد. (مرعشی و دیگران، ۱۳۸۵، ص ۴۱). او در سال ۱۹۰۱ در روستایی در نزدیکی شهر وین به دنیا آمد و در وین به تحصیل زیست شناسی پرداخت و عضو مکتب معروف "

وین " بود. WWW.trans4mind.com . او که یک زیست شناس بود، در مطالعات تخصصی خویش و در برخورد با نسائل زیست شناختی، احساس نیاز به یک نظام فکری تحت عنوان تفکر سیستمی را می کرد و به همین خاطر علم زیست شناسی را مبدأ پیدایش نظریه عمومی سیستم ها و تفکر سیستم ها باید دانست. در همین راستا، برتالنفی در اواخر دهه ۱۹۲۰ عنوان کرد که" تا زمانی که مشخصه بنیادی یک موجود زنده نظام آنست، مطالعات مرسوم به اجزاء و فرآیندهای منفرد و مجزا نمی تواند توضیح و تعریف کاملی از پدیده های زنده ارائه کند . این بررسی ها به ما هیچ اطلاعاتی در مورد هماهنگی بین اجزاء و فرآیندها نمی دهد. از این رو وظیفه اصلی زیست شناسی بایستی کشف قوانینی و قواعد سیستم های زیست شناختی در تمام سطوح نظام باشد". این گفته را می توان شروع نظریه سیستم درباره ارگانیسم تلقی کرد. (مرعشی و دیگران، ۱۳۸۵، ص ۴۰) به همین خاطر بسیاری از واژگان همچون هم پایانی، سیستم های باز و ... که در رابطه با تفکر سیستمی مطرح می باشند و در مباحث بعدی به آن ها پرداخته خواهد شد، برگرفته از همین علم زیست شناسی می باشد. (مرعشی و دیگران، ۱۳۸۵، ص ۲۷) همگام با برتالنفی، متفکران دیگر رشته های علوم، تلاش های مشابهی انجام دادند و هرچند آنان در حوزه های مختلفی اندیشه و فعالیت می کردند، ولی به نتایج همگونی دست یافتند (مرعشی و دیگران، ۱۳۸۵، ص ۴۱) بدین ترتیب که در سال ۱۹۵۴ میلادی یک انجمن پژوهشی به رهبری برتالنفی، کنت بولدینگ (اقتصاد دان)، آناتول راپوپورت (ریاضیدان) و رالف جرارد (اندام شناس)، تحت عنوان " انجمن پژوهشی سیستم های عمومی" تشکیل شد و به توسعه آن دسته از سیستم های نظری که در بیش از یک بخش سنتی دانش کاربرد داشتند، می پرداخت. (رضائیان، ۱۳۷۶، ص ۱۲) به همین خاطر نظریه عمومی سیستم ها به شدت از یافته های زیست شناسی، ریاضیات، اندام شناسی و اقتصاد بهره گرفته است. (رضائیان، ۱۳۷۶، ص ۱۳) که می توان آن را به صورت نمودار ۱-۱ نمایش داد:



نمودار ۱-۱

۲-۶- ویژگیهای نظریه عمومی سیستمها

ویژگیهای برشمرده شده برای نظریه عمومی سیستمها عبارتند از :

۱ – به هم پیوستگی و وابستگی اجزاء، ویژگیها، رخدادها، و مانند آن . هر نظریه سیستمی باید عناصر درون سیستم، کیفیت به هم پیوستگی آن عناصر و نحوه وابستگی اجزای تشکیل دهنده سیستم بـه یکـدیگر را شناسـایی و تبیین کند . عناصر نا پیوسته و مستقل، هرگز نمی توانند یک سیستم را تشکیل دهند . (رضائیان، ۱۳۷۶، ص ۱۶)

۲- کل گرایی . رویکرد سیستمی، رویکردی تحلیلی و تجزیه مدار نیست که کل را به اجزای تشکیل دهنده آن بشکند و هر جزء آن را به طور جدا از هم مطالعه کند ؛ این رویکرد، یک رویکرد کلی نگراست که کل را با همه اجزای تشکیل دهنده و به هم پیوسته و وابسته اش ـ که در تعامل با یکدیگرند ـ در نظر می گیرد، زیرا سیستم را باید یک کل تفکیک ناپذیر دانست، نه اجزایی که سر هم شده اند و یک کل را به وجود آورده اند . (رضائیان، ۱۳۷۶، ص ۱۶) به دیگر سخن سیستم در کلیت وجودی خود خواصی را ظاهر می سازد که در اجزای تشکیل دهنده آن، به تنهایی وجود

ندارد، این کلیت نیز نتیجه گرد آمدن اجذای مجرد نیست، بلکه ارتباط اجزا با یکدیگر و نظمی در ترکیب و سازمان آنهاست که کلیت سیستم را بوجود می آورد. سیستم با چنین جامعیت وجودی است که خواصی را از خود نشان می دهد که با جمع ساده این خواص اجزای آن متفاوت است. (زاهدی، ۱۳۸۱، ص ۱۵)

۳ – هدف جویی. سیستم از اجزایی متعامل تشکیل می شود این تعامل به یک « حالت یا هدف نهایی » یا « وضعیت تعادلی » منجر می شود و فعالیتها را هدفدار می کند . (مرعشی و دیگران، ۱۳۸۵، ص ۶۸)

۴ – ورودیها و خروجیها . همه سیستمها برای فعالیت در جهت کسب اهداف خود، به ورودیهایی وابسته هستند . همچنین، همه سیستمها خروجیهایی تولید می کنند که در سایر سیستمها مورد نیاز هستند . در سیستم بسته، ورودی یک بار و برای همیشه تعیین می شود؛ ولی در سیستمهای باز ورودیهای بیشتری، به دفعات از محیط پذیرفته می شوند . (رضائیان، ۱۳۷۶، ص ۱۶)

۵ – تبدیل . در همه سیستمها، ورودی به خروجی تبدیل می شود ؛ یعنی هر چیزی که وارد یک سیستم می شود، تغییر پیدا می کند و توسط سیستم تعدیل می شود ؛ به طوری که شکل خروجی آن با شکل اولیه اش (ورودی) تفاوت خواهد داشت . (رضائیان، ۱۳۷۶، ص ۱۶)

۶ – مقابله با بی نظمی و کهولت (آنتروپی) . واژه انتروپی یا آنتروپی ریشه در ترمودینامیک داشته و در رشته های گوناگون علمی، معانی متفاوت پیدا کرده است. (رضائیان، ۱۳۷۶، ص ۱۶) در این مبحث عبارت از اندازه بی نظمی سیستم یا ماده ای است که در حال بررسی است . (دانشنامه آزاد ویکی پدیا)

به عبارت دیگر آنتروپی عبارت است از اندازه ای برای درجه بی نظمی در هر سیستم هر چه بی نظمی بالاتر باشد، آنتروپی بیشتر است. (سایت دانشنامه بزرگ ایرانیان www.neotan.mihanbiog.com) آنتروپی قانون عمومی طبیعت است که سیستمها بر اثر گذشت زمان میل به بی نظمی و فروپاشی دارند و هر شکل سازمانداری به سوی بی سازمانی حرکت می کند. (سایت مدیریت سازمان های آموزش

(www.modiriyat&azenanmoz.biaogfa.com

به بیان دیگر آنتروپی حالتی است که همه عناصر سیستم در حداکثر بی نظمی قرار دارند و سیستم رو به از هم گسیختگی و نابودی پیش می رود . حداکثر آنتروپی در یک سازمان رسمی، یعنی نداشتن اطلاعات کامل برای اداره سیستم یا حداکثر وضعیت بی سامانی . برای اینکه یک سیستم به حیات خود ادامه دهد، باید بتواند با چنین وضعیتی مقابله کرده، آنتروپی را مهار کند . (رضائیان، ۱۳۷۶، ص ۱۷)

۷- تنظیم . سیستم مجموعه ای از اجزای به هم پیوسته و به هم وابسته است . این اجزاء باید به گونه ای تنظیم شوند که به کسب هدفهایی معین بینجامند . تحقق این امر در سازمانها، متضمن هدفگذاری و تعیین فعالیتهای است که به کسب هدف منجر می شوند ؛ بدین ترتیب فراگرد برنامه ریزی و کنترل شکل می گیرد . کنترل متضمن وجود یک طرح اولیه برای انجام عملیات است تا بتوان بر اساس آن، هرگونه انحراف از عملیات را ثبت آن را اصلاح کرد . برای اعمال یک برنامه کنترلی اثر بخش، وجود بازخود ضرورت دارد . (رضائیان، ۱۳۷۶، ص ۱۷)

۸ – سلسله مراتب . هر سیستم، معمولا کل پیچیده ای است که از خرده سیستمهای کوچکتری تشکیل می شود ؛ ضمن آنکه خودش خرده سیستمی برای سیستمهای بزرگتر به شمار می آید . به این ترتیب سلسله مراتبی از سیستمها قابل تصور است . بدین ترتیب سیستم های سازمان را می توان متشکل از تیم ها و واحدهای کاری دانست که خود نیز از افراد تشکیل شده اند . (رضائیان، ۱۳۷۶، ص ۱۶)

۹ – جدا سازی . در سیستمهای پیچیده واحدای تخصصی متعددی برای انجام وظایف تخصصی سیستم ایجاد می شوند ؛ یعنی یکی از ویژگیهای موجود در همه سیستمها این است که وظایفشان بر حسب اجزای تشکیل دهنده آنها قابل تفکیک و جدا سازی است . (رضائیان، ۱۳۷۶، ص ۲۲)

۱۰ – هم پایانی . در سیستمهای باز از وضعیتهای آغازین متفاوت می توان به یک حالت نهایی معین رسید ؛ یعنی هر حالت و نتیجه نهایی، ممکن است از مسیرهای گوناگونی قابل حصول باشد .

با توجه به ویژگیهای فوق، می توان یک شرکت، یک بیمارستان، یا یک دانشگاه را به منزله یک سیستم در نظر گرفت و آن را از ابعاد متعدد بررسی کرد .

۲-۷- تفاوت این نگرش با نگرش های قبلی

در گذری بر تاریخچه نگرش های علمی قبل از تفکر سیستمی، دو جریان فکری نمود پیدا می کنند : تفکر تجزیه گرایانه یا اتمیسم و تفکر کل گرایانه یا هولیسم. با ظهور مسیحیت ، تفکر تجزیه گرایانه به رغم پیشینه ای که نزد متفکران و فیلسوفان یونان باستان داشت ، از رونق افتاد و سپس با شروع رنسانس در اروپا ، مجددا احیا شد . طی قرون شانزده تا نوزده میلادی نیز با تلاش دانشمندانی چون دکارت و نیوتن ، اعتلای اتمیسم موجد شاخه جدیدی به نام تجزیه گرایی گشت که توانست موقعیت خود را به عنوان روشی مطمئن جهت انجام مطالعات علمی تثبیت کند. طبق این دیدگاه (تجزیه گرایی) ، پدیده ها متشکل از اجزاء هستند و هیچ خاصیتی را در هیچ مجموعه ای نمی توان یافت مگر آن که آن خاصیت به گونه ای در اجزای مجموعه نیز وجود داشته باشد. این نوع تفکر معتقد است که اجزای یک کل دارای اصالت هستند و بدون توسل به تعاریف و مشخصات مربوط به کل می توان آنها را تعریف و مشخص نمود ، که تفکر مکانیستی مبنای چنین تفکری است. در عین حال اصل برقراری زنجیره علت و معلولی از ارکان اصلی این تفکر است. (مرعشی، ۱۳۸۵ ، ص ۳۷ و ۳۸) درواقع ترکسب دو روش ۱- تجزیه گرایانه و ۲- اعتقاد به وجود رابطه علی و معلولی منجر به ظهور تفکر مکانیستی می شود. مشکل این نگرش آنست که به رغم دستاورد های فراوان، در مسائلی که متغیرهای زیادی را شامل می شدند و یا در زمانی که نظام مورد توجه بود ، ابزار مناسبی به شمار نمی رفت. (مرعشی ، ۱۳۸۵ ، ص ۳۸)

تفکر کل گرایانه یا هولیسم نیز از پیشینه ای طولانی برخوردار است. ارسطو مطرح می کند که **کل بیش از اجزای آن است**. (مرعشی ، ۱۳۸۵ ، ص ۳۷ و ۳۸) این نوع شیوه تفکر تا رنسانس ، روش غالب تفکر بود و از زنجیره علت ها برای بیان پدیده ها استفاده می شد و هرچه که توجیهی برای آن یافت نمی شد ، به علت نهایی (خداوند) متصل می شد. (سایت اصلی شرکت بهساد.)

در اوخر قرن نوزدهم و اوایل قرن بیستم ، پیشرفت علوم موجب آشنایی بشر با مسائلی شد که از پیچیدگی بیشتری برخوردار بودند و نگرش مکانیستی توانایی پاسخگویی به آن ها را نداشت. به طوری که در حوزه های زیست شناسی ، روانشناسی ، جامعه شناسی ، این نتیجه حاصل شد که تفکر مکانیستی برای درک پدیده های اجتماعی کفایت نمی کند. در چنین شرایطی بود که حرکت رو به جلوی دانشمندان در شاخه های مختلف و نیز اندیشه های فلسفی، منجر به ظهور نگرشی جدید تحت عنوان نگرش سیستمی شد ، با این مبنا که " برای شناخت و درک یک کل سازماندهی شده (نظام دار) لازم است که هم اجزاء و هم ارتباط بین آنها شناخته شوند". (مرعشی و دیگران ، ۱۳۸۵، ص ۴۰ الی ۴۱) نکته ای که توجهبه آن حائز اهمیت آن است که هرچند تفاوت بسیار زیادی بین تفکر سیستمی و تفکر مکانیستی وجود دارد و تاکید بر تفکر سیستمی ، روش قابل اعتمادتری برای شناخت پدیده های پیچیده و مطالعه آنها ارائه می کند ، اما این تفکر در تضاد با تفکر مکانیستی نبوده و در واقع این دو روش مکمل یکدیگر می باشند و نه جایگزین هم. (رضائیان ، ۱۳۷۶ ، ص ۱۱)

مقایسه دو نوع تفکر مکانیستی و سیستمی

تفکر مکانیستی	تفکر سیستمی
پدیده مورد نظر را به اجزاء آن تجزیه کن	سیستم بزرگتری را که پدیده مورد نظر تو جزئی از آن است، شناسایی کن
رفتار و ویژگی های هر جزء را بطور جداگانه شناسایی کن	رفتار کل مجموعه را بشناس
تعاریفی را که از شناخت اجزاء بدست آورده ای، با یک ترکیب کن تا تعریف کل را بدست آوری	رفتار پدیده مورد نظر را در مفهوم نقش یا کارکرد آن در قالب سیستم بزرگتر تعریف کن

در تفکر مکانیستی	در تفکر سیستمی
سیستم را از پیرامونش جدا می سازیم و تنها به شناسایی و تعریف عوامل و اجزاء آن می پردازیم	سیستم را درون محیطش بررسی می کنیم
اهمیت روابط متقابل اجزاء را بررسی می کنیم	آثار ناشی از روابط متقابل اجزاء را می بینیم
هدف ما روشن ساختن جزئیات است	هدف اصلی ما درک کل سیستم است
هر بار تنها یک متغیر را تغییر می دهیم	هر بار چند متغیر مختلف را با هم تغییر می دهیم
سیستم را مجزا و مستقل از زمان می بینیم	سیستم را در زمان واقعی بررسی می نماییم
نتیجه کار بررسی ما برنامه ریزی جزء به جزء فعالیت هاست	نتیجه کار ما برنامه ریزی مجموعه با در نظر گرفتن کل هدفهاست
جزئیات را می شناسیم، هدفها کاملا روشن نیستند	هدفها کاملا روشنند و شناخت دقیق جزئیات مطرح نیست

۲-۸- علم کنترل و ارتباطات (سایبرنتیک)

علم کنترل و ارتباطات در حیوان و ماشین، اندکی پیش از نظریه عمومی سیستمها مطرح شد . این علم نیز ماهیتی میان رشته ای دارد و از علوم مهندسی (بویژه نظریه کنترل از طریق بـازخور و خـود تنظیمـی)، کامپیوتر،ریاضـیات، ارتباطات از راه دور و فیزیولوژی) بهره وافر برده است. (رضائیان ، ۱۳۷۸ ، ص ۱۷)

فرایند تبادل اطلاعات بمنظور ایجاد رفتارهای خود نظم در ماشین و سیستم های غیر زنده همانند سیستم های زنده بکار برد. (الوانی ، ۱۳۷۹ ، ص ۳۸) به همین خاطر وینراین علم را علم کنترل و ارتباطات در حیوان

و ماشین نامیده است. بدین ترتیب که این علم الگویی ارائه می دهد که همه سیستم های دارای عامل کنترل را – خواه سیستمهای ماشینی و مصنوعی وخواه سیستم های طبیعی- با یکدیگر مقایسه کرده و ارتباط میان آنها را کشف کند . (رضائیان ، ۱۳۷۶ ، ص ۱۷ الی ۱۸)

نکته مهمی که در تحقیقات سایبر نتیک آشکار شد ، خود نظمی با استفاده از بازخور منفی بود. انسان با استفاده از بازخورمنفی بود. انسان با استفاده از بازخور منفی و اصلاحات پیاپی و پرهیز از خطا به هدف دست می یابد و سیستم ها را نیز می توان چنان طراحی کرد که با تغذیه اطلاعات و کنترل ، چنین خود نظمی را در خود ایجاد کند. (الوانی ، ۱۳۷۹ ،ص ۳۸) در فرایند بازخورد منفی اطلاعات مربوط به هرگونه تفاوتی در رفتار با هدف فعلی ارسال و عمل اصلاحی به منظور بازگرداندن رفتار به سمت هدف بر پایه این اطلاعات ، اتخاذ می شود. (مرعشی و دیگران ، ۱۳۸۵ ، ص ۲۹)

در تئوری ارتباطات و کنترل چهار اصل وجود دارد. نخست آن که سیستم باید توان احساس و درک محیط خود و جذب اطلاعات از آن را دارا باشد . دوم آن که سیستم باید قادر به برقراری ارتباط بین این اطلاعات و عملیات خود باشد. سوم آن که سیستم باید قدرت آگاهی از انحرافات را داشته باشد و نهایتا آن که توانایی عملیات اصلاحی برای رفع مشکلات را دارا باشد. هرگاه این چهار اصل برقرار شوند ، رابطه ای بین سیستم و محیط آن ایجاد شده و سیستم خود نظم می گردد و در مقابل وقایع نوعی هوشمندی از خود بروز می دهد ، اما این هوشمندی تابع استانداردها و معیارهایی است که برای عملیات از قبل تعیین گردیده و هرگاه این معیارها اثر بخشی خود را در شرایطی از دست دهند هوشمندی سیستم نیز افول می کند. (الوانی ، ۱۳۷۹ ، ص ۳۸)

۲-۹- کاربرد "نظریه عمومی سیستمها" و "علم کنترل و ارتباطات" در سازمان ها

کاربرد نظریه عمومی سیستم ها و علم کنترل و ارتباطات، بتدریج در مطالعه سازمان هایی که به دست انسان ساخته شده بودند، رایج شد. در واقع، پژوهشگران و نظریه پردازان، علاقه مند به بررسی مساله رشد(پیدایش) و تکامل

سازمان بودند. هر چند در نظریه عمومی سیستم ها نیز به مساله رشد و تکامل سیستم ها پرداخته می شود، اما دانشجویان و علاقه مندان به مطالعه سازمان و مدیریت تمایل بیشتری به بررسی جنبه های کنترلی سازمان دارند. آنها به تعریف، توصیف و پیش بینی توان سازمان (سیستم) در حفظ عملکرد واقعی و کنترل خروجی های خود، در محدوده های معین، علاقه مند هستند.

علم کنترل و ارتباطات به مساله کنترل خرده سیستم ها و ارتباطات درون سیستم ها می پردازد. گاهی در نگرشی به مفهوم کلان سازمان، جامعه نیز به منزله یک سازمان در نظر گرفته می شود، و تعریف جامعی از جامعه، با تاکید بر مفهوم " یک سیستم پیچیده و انطباق پذیر" ارائه می شود. در یک نگرش دیگر- باز هم با تاکید بر مفهوم کلان – سازمان به منزله یک خرده سیستم از جامعه در نظر گرفته می شود و به اصطلاح "نظریه جدید سازمان" – با مضامینی مشابه نظریه عمومی سیستم ها – مطرح می گردد.

در سطح خرد نیز استفاده از روش های پژوهش عملیاتی، بر به کارگیری رویکرد سیستمی در سازمان دلالت دارد.

تحقیق در عملیات، بر انجام عملیات ضروری برای دستیابی به هدفهای معین (از پیش تنظیم شده) سازمان تایکد دارد. متخصصان تحقیق در عملیات، ابتدا به تجزیه و تحلیل عمیق فعالیت های سازمانی قابل اندازه گیری و قابل مشاهده مبادرت می کردند، ولی تحولات بعدی، آنها را به سمت کمی کردن، انجام محاسبات ریاضی و کامپیوتری کردن عملیات (به جای گسترش مبانی مفهومی تحقیق در عملیات) متمایل ساخت.

پژوهشگران نظامگرا می توانند با استفاده از نظریه عمومی سیستم ها و پیمایش در دنیای واقعی و کشف شباهت های موجود در میان پدیده ها، مدلی برای آنها ارائه کنند و پس از آن به جمع آوری اطلاعات بپردازند. مدیران نیز می توانند بر اساس نظریه عمومی سیستم ها، مدلی را برای کل سازمان خود تهیه کنند.

خلاصه اینکه در نتیجه این جنبش میان رشته ای در میان دانشمندان – که به قول بولدینگ با توسعه "زمینه های کلی" همراه بود – تقاضای فوق العاده ای برای تکنولوژی های اخذ، ارزیابی، ذخیره سازی و انتقال اطلاعات ایجاد شد، به طوری که گاهی این تحول در تکنولوژی اطلاعاتی را انقلاب صنعتی دوم می نامند. به هر حال، در اینجا فقط نقش تکنولوژی اطلاعاتی در به کارگیری رویکرد سیستمی، مد نظر قرار دارد.

مطرح شدن علم کنترل و ارتباطات در مدیریت، توسط بیر، برکاربرد دیگری از رویکرد سیستمی در مسائل صنعتی دلالت دارد که به مقایسه پیوسته و خودکار برخی از ویژگیهای رفتاری یا متغیر سیستم (سازمان)، با یک استاندارد معین می پردازد و با فعالیت مستمر و خودکار بازخور همراه است . به این ترتیب، روابط میان تفکرسیستمی، نظریه عمومی سیستم ها، علم کنترل ارتباطات، و رویکرد سیستمی به شرح ذیل قابل توضیح است:

۱- تفکر سیستمی نحوه نگرش جدیدی برای مطالعه پدیده های طبیعی به مثابه یک سیستم، به شمار می آید.

۲-نظریه عمومی سیستم ها بر به کارگیری تفکر سیستمی، با توجه به مسائل رشد و تکامل تاکید دارد

۳- علم کنترل و ارتباطات بر به کارگیر تفکر سیستمی، با توجه به مسائل کنترل و ارتباطات تاکید دارد

۴- رویکرد سیستمی بر نحوه به کارگیری"نظریه عمومی سیستم ها" و "علم کنترل و ارتباطات" در مسائل صنعتی و اجتماعی دلالت دارد.

۲-۱۰- قوانین تفکر سیستمی

✓ نباید شرایط محیطی را سرزنش کرد

انسانها عموماً تمایل دارند مشکلات خود یا سیستم مورد مطالعه را به محیط نسبت دهند .به عنوان مثال دریک شرکت تولیدی واحد فروش، واحد تولید را مقصر می داند : محصول تولیدی آنها کیفیت لازم را ندارد و الا ما فروش زیادی داشتیم .بخش تولید، بخش مهندسی را مقصر می داند : آنها دست به آچار نیستند و طراحی های آنها ایراد دارد .بخش مهندسی از بازاریابی گله می کند :آنها مرتباً مشخصات محصول را تغییر می دهند.

در سطح شرکت ها، دشمن ممکن است رقبا، قانون کار، قوانین دولتی و یا حتی مشتریانی باشند که اقدام به خرید محصولات رقبا می کنند ! این نوع نگرش موجب می شود هیچ گاه نتوانیم اقدام به حل مسائل نماییم.

راسل ایکاف مانع فوق را تحت عنوانRationality توضیح می دهد : معمولاً وقتی رفتار کسی مورد انتظار ما نیست و نمی توانیم آنرا تشریح کنیم، او را Irrational (نامعقول، غیر منطقی) می نامیم. وقتی فرض می کنیم کسی یا دیگران نامعقول هستند، نمی توانیم مسئله را حل کنیم.

ایکاف در مثالی درباره این تفکر سیستمی نقل می کند که یک زمانی تولید کنندگان بنزین در آمریکا، تبلیغات وسیعی برای افزایش فروش بنزین خود انجام می دادند (صدها میلیون دلار هزینه شد) و سعی می کردند به مشتریان القا کنند که بنزین آنها برتر است. اما نتیجه چندانی حاصل نمی شد. یعنی این تبلیغات موجب تفاوت فروش نمی گردید. بنابراین تولیدکنندگان، مشتریان را نامعقول و غیر منطقی دانستند ! تحقیقاتی که بعدا توسط یکی از شرکتها انجام شد، نشان داد که مارک بنزین برای مشتریان چندان مهم نیست. بلکه آنها از پمپ بنزینی خرید می کردند که زمان خدمت(service Time) کمتری داشت. شرکت نفتی که اسپانسر این تحقیقات بود، از این نتایج جهت مکان یابی، طراحی و اجرای ایستگاههایش جهت حداقل سازی زمان خدمت استفاده نمود و سهم بازار خود را افزایش داد. در تبلیغات خود نیز روی "کمترین زمان خدمت" تاکید نمود.

شرایط محیطی نمی تواند توجیهی برای عملکرد نادرست ما باشد. ما تمایل داریم موفقیت هایمان را ناشی از عملکـرد مثبت خود ولی شکست ها را ناشی از عوامل محیطی و خارج از کنترل تلقی کنیم اما موفقیتهـای دیگـران را ناشـی از شرایط محیطی و شکست های آنها را به خاطر عملکرد ضعیفشان بدانیم. عدم سرزنش شرایط محیطی به معنی برخورد منفعلانه با محیط نیز نمی باشد. چرا که به قول جرج برنارد شاو «انسانهای منطقی خود را با محیط وفق می دهند اما انسانهای غیرمنطقی سعی می کنند محیط را با خود ». مطابقت دهند. تمام پیشرفت بشر حاصل تلاش های انسانهای غیرمنطقی است.

این قانون را می توان معادل عادت اول از کتاب "هفت عادت مردمان مؤثر" دانست. استفان کاوی در این کتاب، عادت اول را "عامل بودن"می داند و این گونه توضیح می دهد:

عامل بودن یعنی مسئولیت خود را بعهده گرفتن، ملامت نکردن اوضاع و شرایط یا اشخاص. مردمان مؤثر، عامل اند. یعنی مسئول اند. در نتیجه رفتارشان حاصل تصمیم و انتخاب آگاهانه خودشان و مبتنی بر ارزشهاست. نه ثمره اوضاع و شرایط آنها که واکنشی مبتنی بر احساس است. صفت مشخصه افراد واکنشی این است که همواره در حال ملامت کسی یا چیزی هستند. یک راه مناسب برای تشخیص میزان عامل بودن خود، این است که ببینیم وقت و انرژی خود را صرف چه چیزهایی می کنیم. همه ما نگرانی هایی -درباره سلامت، فرزندان، مشکلات شغلی، وامها، جنگ اتمی و هزاران مسئله دیگر- داریم. با نگریستن به امور درون حلقه نگرانی خود درمی یابیم که چه چیزهایی بیرون از اختیارمان قرار دارند و در مورد کدام چیزها می توانیم کاری انجام دهیم.

امور دسته اخیر را در حلقه کوچکتر که حلقه نفوذ است، قرار می دهیم. با توجه به اینکه وقت و انرژی خود را صرف امور کدام یک از این دو حلقه می کنیم، می توانیم به میزان عامل بودن خود پی ببریم.

افراد عامل همه تلاش های خود را بر حلقه نفوذ خویش متمرکز می کنند. یعنی به مسائلی می پردازند کـه زیـر نفـوذ مستقیم خودشان قرار دارد: بر اموری که می توانند درباره اش کاری بکنند. طبیعت انرژی آنها مثبـت اسـت و موجـب گسترش و افزایش حلقه نفوذشان می شود.

حال آنکه افراد واکنشی، تلاش های خود را بر حلقه نگرانی خویش متمرکز می کننـد: بـر نقـاط ضـعف سـایر مـردم، مشکلات محیط، و اوضاع و شرایطی که بیرون از اختیار آنهاست. شیوه تمرکزشان به گرایش های ملامتگر و اتهام آمیز و کاربرد زبان واکنشی و احساس قربانی بودن افزون تری می انجامد. انرژی منفی حاصل از این نوع تمرکـز، همـراه بـا غفلت از آنچه می توانند به انجام برسانند، سبب کوچکتر شدن حلقه نفوذشان می شود.

به طور خلاصه باید گفت که طبق تفکر سیستمی، تشریح رفتار و سرنوشـت سیسـتمها بایـد درونـزا(endogenous) باشد نه برونزا (exogenous).

- ✓ **دریافتن الگوی تغییرات به جای تمرکز بر روی وقایع**

تمرکز بر وقایع، یکی دیگر از موانع یادگیری و تفکر سیستمی است .ما زندگی را به صورت مجموعه ای از اتفاقات می دانیم و برای هر اتفاق نیز یک دلیل روشن و واضح ارائه می نماییم . ما معمولاً عادت داریم فقط تغییرات ناگهانی محیط و سیستم را درک نماییم و از درک تغییرات تدریجی عاجزیم . نکته مهم این است که

امروزه اصلی ترین تهدیدها که متوجه بقاء سازمانها و جوامع هستند، نتیجه فرایندهای آرام و تدریجی هستند و نه وقایع ناگهانی. مسابقه تسلیحاتی، معضلات محیط زیست، عدم کفایت نظام تعلیم و تربیت عمومی و کاهش کیفیت محصولات در مقایسه با محصولات رقبا، همگی عواملی هستند که به صورتی آرام و تدریجی عمل می نمایند.

رسانه ها نیز به موضوع فوق دامن می زنند و تمرکز بر وقایع را ترویج می کنند. به عنوان مثال اگر پدری به خاطر فقر، فرزندش را به قتل برساند، شدیداً مورد توجه رسانه ها قرار گرفته و تحلیل می شود اما اگر هزاران و حتی میلیونها نفر به دلیل مشکلات اقتصادی و استرس های ناشی از آن، در واقع دچار مرگ تدریجی شوند، چندان مورد توجه قرار نمی گیرد.

- ✓ **تفکر براساس رابطه علت و معلولی**

یکی دیگر از موانع تفکر سیستمی، تفکر براساس همبستگی بین عوامل به جای تفکر بر اساس رابطه علت و معلولی بین آنهاست .به قول ایکاف :یک مثقال ادراک از رابطه علّی، با ارزش تر از خروارها دانش درباره همبستگی (Correlation) است .

دو متغیر زمانی با یکدیگر همبسته اند (correlated) که با یکدیگر میل به کاهش یا افزایش داشته باشند همبستگی مثبت (و یا اینکه اگر یکی از آنها افزایش یافت، دیگری کاهش بابد(همبستگی منفی).

بنابراین اشتباه بینCorrelation و روابط علّی ممکن است به قضاوتها و سیاستهای اشتباه منجر شود. بسیاری از اعتقادات خرافی نظیر خوش یمنی و بدیمنی برخی افراد و پرندگان، ناشی از تفکر بر اساس همبستگی است. بدست آمده اند. ادبیات مدیریت مالامال از مطالبی است که بر اساس متدولوژیCorrelation بدست آمده اند. مثلا یک دسته از شرکتهای موفق را بررسی و یک یا چند ویژگی آنها که از نظر نویسنده در موفقیت آنها مؤثر بوده اند، به عنوان نمونه بارز نشان داده می شوند. یک دسته از شرکت های ناموفق نیز بررسی و نشان داده می شود که فاقد ویژگیهای مورد نظر بوده اند. سپس موفقیت را به وجود این عوامل و عدم موفقت را به نبود آنها

نسبت می دهند. در برخی موارد، تمایز و تشخیص بین علت و معلول در سیستمهای اجتماعی، کار آسانی نیست.

مثلا ممکن است چند شرکت موفق را بررسی و مشاهده کنیم که مدیر عامل آنها لباسی گران قیمت می پوشد. چند شرکت ناموفق را نیز بررسی و مشاهده کنیم که مدیران آنها لباس گران قیمت ندارند. سپس نوع لباس مدیر را عامل موفقیت شرکتها بدانیم!

- ✓ **تعیین صحیح مرز سیستم**

فرض کنید یک مشکل در یک گروه آموزشی از یک دانشگاه بوجود آمده است .در بررسی این موضوع مرز مطالعه و بررسی را کجا باید در نظر گرفت؟ گروه آموزشی؟ دانشکده؟ دانشگاه؟ نظام آموزش عالی در ایران؟ کل جامعه ایران؟ جهان سوم؟ ...مرز را هر جا که در نظر بگیریم، برخی از روابط موضوع با پیرامون آن را قطع کرده ایم.

یکی از اهداف آموزش رویکرد سیستمی، آموزش تعیین مرز مطالعه است .چه بسا اگر مرز را بزرگتر در نظر بگیریم، واقعیات را بسیار روشن تر و بهتر درک کنیم.

مثال دیگر SCM است. موضوع مدیریت زنجیره تامین(Supply Chain Management) در واقع، نتیجه گسترش محدوده سیستم مورد مطالعه است. یعنی در ابتدا مرز بهینه سازی، محدود به یک شرکت بود ولی به دلایلی محدوده فوق گسترش یافته و یک زنجیره را در بر گرفت. در این دیدگاه، هر مرحله از زنجیره باید بنحوی عمل کند که سود کل زنجیره افزایش یابد. فقدان هماهنگی زمانی بوجود می آید که یا مراحل مختلف زنجیره اهداف متضاد دارند یا اینکه اطلاعاتی که بین مراحل مختلف حرکت می کند، ناقص و تحریف شده باشد. در این صورت هر حلقه سعی می کند سود خودش را ماکزیمم کند اما معمولاً سود کل را کاهش می دهند.

هنگام سازماندهی باید مراقب تأثیر آن بر مرز بهینه سازی باشیم. پیتر سنگه در کتاب پنجمین فرمان، مثال جالبی دارد: اخیراً مدیران یک کارخانه اتومبیل سازی در دیترویت، برای من بازگو می کردند که چگونه یک

اتومبیل وارداتی از ژاپن را با هدف پی بردن به رمز دقت و کارایی و کیفیت بالای اتومبیل علی رغم قیمت پایین آن، بررسی کرده و اجزاء آن را از هم باز کرده اند. یکی از نکاتی که ایشان بدان پی برده بودند، این بود که از یک نوع شفت استاندارد، سه جا در یک موتور و هر جا برای اتصال اجزاء مختلف استفاده شده است. در اتومبیل آمریکایی برای همین عمل از سه نوع شفت مختلف استفاده می شود که طبیعتا نیازمند سه نوع متفاوت ابزار و سه گروه مختلف موجودی انبار است که در نهایت باعث کاهش سرعت مونتاژ اتومبیل و افزایش هزینه های مربوطه خواهد شد. چرا آمریکایی ها از سه نوع شفت مختلف استفاده می کنند؟ دلیل آن این است که سازمان طراحی مستقر در دیترویت سه گروه مهندس طراح دارد که هر کدام فقط خود را مسئول "قطعه خود" می دانند.

ژاپنی ها از یک گروه طراحی استفاده می کنند که مسئول عملکرد کل موتور و یا حتی کل اتومبیل می باشند.

نکته جالب اینکه هر یک از سه گروه طراح آمریکایی نتیجه کار خود را موفقیت آمیز می دانند. چرا که شفت مزبور در مجموعه موتور به خوبی کار می کند!

اگر طراحی موتور را یک مسئله تصمیم گیری در نظر بگیریم، با تقسیم کار بین سه گروه طراح، در واقع مسئله فوق را به سه زیرمسئله تقسیم نموده ایم و هر گروه طراح، یک مسئله کوچکتر با مرزهای محدودتر را حل می کند که منجر به بهینه سازی محلی می گردد.

هنگام تعیین معیارهای اندازه گیری عملکرد نیز باید مراقب تأثیر آنها بر مرز بهینه سازی باشیم. یعنی معیارها نباید به گونه ای باشند که افراد یا واحدهای سازمانی یا شرکتها را به بهینه سازی محلی(Local Optimization) سوق دهند.

دکتر دمینگ، همیاری را برای جلوگیری از بهینه سازی محلی، ضروری می داند. او همیاری در همه زمینه های روابط شرکت با تأمین کنندگان، رابطه بین مدیریت و نیروی کار، ارتباطات درون شرکتی (روابط میان بخش های مختلف یک شرکت)، و حتی همیاری میان رقبا را ضروری می داند.

شرکت های ژاپنی نیز در مواردی به قیمت ضرر بزرگی که هم برای مصرف کنندگان و هم برای تولیدکنندگان

وجود دارد، بر پایه استانداردها به رقابت پرداختند. وقتی اولین گروه از ویدیوهای خانگی به بازار آمد، دو سیستم ناسازگار توسط دو کنسرسیوم بزرگ ارائه شد. سیستم "بتا" را شرکت سونی ارائه کرد و سیستم "وی.اچ.اس" را مادر شرکت پاناسونیک یعنی ماتسوشی تا عرضه نمود. هر دو استاندارد برای مصرف کنندگانی مشابه و برای هدفی مشابه عرضه می شدند. هیچ کدام مزیت خاصی بر دیگری نداشتند. نهایتاً یکی از این دو استاندارد پیروز شد، ولی فقط پس از رساندن ضرری بزرگ به مشتریانی که یا کاست هایی داشتند که به دستگاههای جدید نمی خورد و یا دستگاههایی که نمی توانست کاست های جدیدتر را پخش کند. بازار بسیار آرام تر از آنچه باید، تکوین یافت. شرکت های فیلم سازی زیان دیدند، چرا که باید هر فیلم را بر اساس دو سیستم تولید می کردند. این امر هزینه های آنان را افزایش می داد و قیمت ها را در مقایسه با وقتی که یک نوع استاندارد حاکم بود، بالاتر نگاه با می داشت. تولید کنندگان از این تجربه درس گرفتند و برای تهیه استاندارد دیسک فشرده(compact disc) یکدیگر همکاری کردند. وقتی فقط یک استاندارد کافی است اما دو استاندارد وجود دارد، دچار اتلاف می شویم.

همر و شامپی نیز توجه به کل فرایند را برای جلوگیری از بهینه سازی محلی، ضروری می دانند: آنانیکه به اصلاح پاره ای از بخش های فرایند کار، دست می یازند، ادامه عملکرد بد سازمان را تضمین کرده اند.

با این وصف ما در شرکت های بی شماری شاهد بوده ایم که مدیریت به جای طراحی دوباره و بنیادین فرایندهایی که کار اساسی شرکت را انجام می دهند، در پی بهسازی گوشه هایی از کارند. برای شرکتها دیگر سودمند و ضروری نیست تا کار خود را بر پایه اندیشه "تقسیم کار" آدام اسمیت سازمان دهند. ساختار وظیفه گرا در دنیای کسب و کار امروز که درگیر با نیروهای توانمندی همچون مشتریان، رقبا، و دگرگونیها می باشد، دیگر کارساز نبوده و منسوخ است.

شرکتها بایستی اینک بر گرد فرایندها سازماندهی شوند. شرکتها فرایندی طبیعی همچون "انجام یک سفارش" را گرفته و به تکه های کوچک فراوانی تقسیم می کنند تا با وظایف کارکنانی که در اداره های گوناگون پخش شده اند، همخوانی پیدا کند. پس از آن شرکت باید سواره نظامی را بسیج کند تا آن تکه های از هم جدا افتاده

را دوباره به هم آورند. اعضاء این سواره نظام دارای عنوان هایی همچون حسابرس، پیگیر، کنترلر، رابط، سرپرست، رئیس، و معاون مدیرعامل می باشند. آنها را به سادگی می توان به چسبی تشبیه کرد که تنها افراد اصلی و کننده کار را بهم می چسبانند. در بیشتر شرکتها هزینه نیروی کار مستقیم، کم و هزینه های بالاسری زیاد، و گاهی خیلی زیاد است. به سخنی دیگر، امروزه بیشتر شرکتها هزینه چسبشان بیش از هزینه کار اصلی است.

بر پایه نظریه آدام اسمیت و بخش بخش نمودن هر کار به وظیفه های ساده، و واگذار نمودن هر وظیفه به یک متخصص، شرکتها و مدیرانشان ناچارند تا به جای فرایند کلی کار، به وظیفه های جداگانه توجه نمایند.

وقتی وظیفه گرایی حاکم می شود، نتیجه نهایی فعالیتها، کم رنگ می شود و هر کس به دنبال انجام وظیفه خود با حداکثر کارایی است اما در عین حداکثر شدن کارایی، اثربخشی آسیب می بیند.

اندیشه وظیفه گرایی، به مدت دویست سال بر طراحی سازمانِ شرکتها تأثیر داشته است. ولی چرخش به سوی اندیشه فرایندگرایی آغاز گردیده است. با سازماندهی فرایندی، پاداش ها به جای " فعالیت" به " نتیجه" داده می شوند: در شرکتهای سنتی، جبران زحمات کارمندان مشخص است، آنها در برابر وقتی که صرف کرده اند، پول دریافت می کنند. در اینگونه شرکتها، کار فرد خواه در خط تولید خودرو باشد و یا فرایند صدور یک بیمه نامه، بصورت مستقل ارزشی به بار نمی آورد. تنها کارهای کامل شده مانند یک دستگاه خودرو که از خط تولید خارج می شود و یا سند بیمه نامه ای که به مشتری تحویل می گردد، برای شرکت دارای ارزش و بازده است. با بخش شدن کار به وظیفه های کوچک، کارفرما ناچار است تا کارایی کارکنان را به عنوان معیار به حساب آورد. ولی کارایی در بخش های جدا از هم، دلیل بهینه شدن فرایند کل کار نخواهد بود.

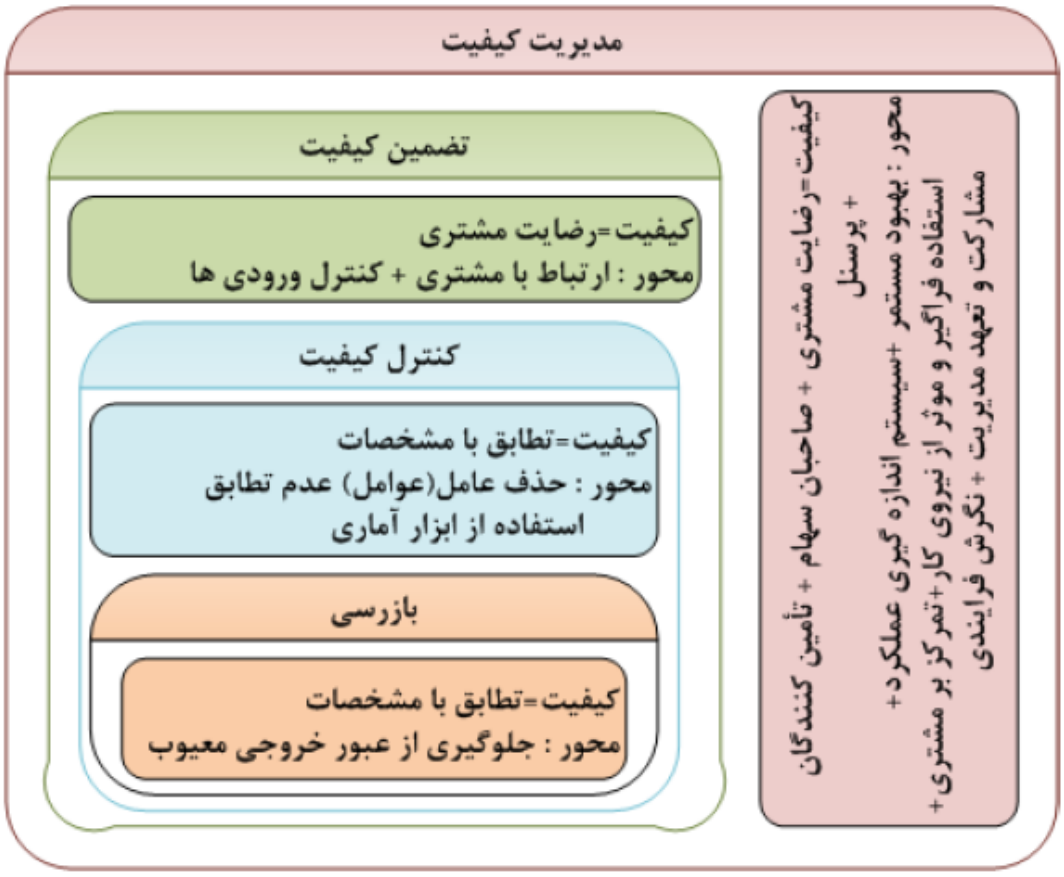
برعکس، در شرکتهایی که مهندسی دوباره شده اند، حجم کارهای میانی و کاغذبازیها به حساب نمی آیند. بلکه شمار کارهای انجام شده، کیفیت آنها، و رضایت مندی مشتریان که از راه نظرسنجیها کسب می شود، دارای ارزش است. در این نظام که کارکنان به تکمیل فرایند کل کار مشغولند، شرکتها می توانند بازده آنها را سنجیده و بر پایه ارزشی که تولید کرده اند، پاداش آنها را بپردازند. ارزش در این نظام سنجش پذیر است زیرا به صورت

عینی و واقعی است. در ساخت یک دوربین عکاسی، ساخت عدسی مستقلاً ارزشی ندارد ولی ارزش یک دوربین کامل، مشخص است.

مراحل تکاملی نگرش به کیفیت نیز مثالی دیگر برای گسترش مرز سیستم در طول زمان است. طبق آنچه که در شکل زیر نیز ارائه شده است، چهار مرحله در نگرش به کیفیت وجود دارد که هر سطح، سطوح قبل از خود را نیزدر بر می گیرد :

- بازرسی
- کنترل کیفیت
- تضمین کیفیت
- مدیریت کیفیت

در سطوح فوق ، هم تعریف کیفیت و هم محورهای مورد تأکید، سیر تکاملی داشته است.



تنگ کردن مرزهای مدل، اغلب به باورهایی منجر می شود که حتی قوانین فیزیک را نیز نقض می کنند: در اواسط دهه ۹۰ میلادی، ایالت کالیفرنیای آمریکا و صنایع خودروسازی، مباحثاتی در مورد ایجاد وسایط نقلیه ای داشتند تا آلودگی هوا کاهش یابد. درست است ،(Zero Emission Vehicles) که انتشار آلودگی آنها صفر باشد که ماشین های الکتریکی(که مورد نظر طرح فوق بوده اند)، لوله اگزوز نیاز نخواهند داشت، اما نیروگاههای مورد نیاز برای تولید برق مصرفی این اتومبیل ها، آلودگی ایجاد می کنند. در واقع، ایالت کالیفرنیا به دنبال ایجاد خودروهایی بود که آلودگی مربوط به آنها در مسیر باد به سایر ایالتها می رفت یا در خارج از مرزهایش، به صورت زباله های هسته ای، جمع می شد. ممکن است خودروهای الکتریکی نسبت به خودروهای احتراق داخلی، یک هدیه محیطی باشند (آلودگی کمی ایجاد کنند). تکنولوژی به سرعت در حال بهبود است و آلودگی هوا یک

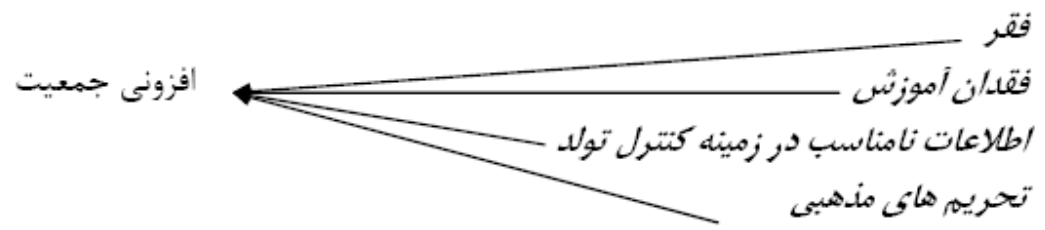
مسئله مهم بهداشتی است. اما هیچ نوع فرایند تبدیل انرژی، عاری از اثرات محیطی نخواهد بود و هیچ مجلسی نمیتواند قانون دوم ترمودینامیک را نقض کند. تعیین نادرست مرزهای مسئله، در بسیاری از موارد به صورت ناخودآگاه صورت می گیرد.

- ✓ **تفکر دینامیک به جای تفکر استاتیک :**

سعی کنید در ذهن خود به این سوال پاسخ دهید:

"علت افزونی جمعیت در بسیاری از کشورهای جهان چیست ؟"

اگر افکار خود را یادداشت نمایید، احتمالاً به صورت یک لیست خواهد بود:



به عبارت دیگر، افراد معمولا در جواب سوال فوق، یک لیست ارائه می کنند که عوامل در آن قرار دارند. در صورت تفکر بیشتر، عناصر لیست را وزن دهی می کنند : این عامل مهمترین است. این یکی، دومین است و... این شیوه تفکر ، رگرسیونی است :

$$y = a_0 + a_1 x_1 + a_2 x_2 + \ldots + a_n x_n$$

در شیوه تفکر فوق، فرض بر این است که هر عامل، مستقیما بعنوان علت برای معلول (افزونی جمعیت) است و هر عامل، مستقل از سایر عوامل عمل می کند و نحوه تاثیر هر عامل در ایجاد معلول مبهم می ماند (فقط علامت آن تعیین می شود. یعنی این عامل اثر مثبت یا منفی دارد.)

اما طبق تفکر سیستمی، عوامل فوق در یک نمودار حلقوی با یکدیگر و با معلول مرتبط هستند :

نمودار فوق نشان میدهد در طول زمان ، افزونی جمعیت موجب ضعف آموزش می شود و ضعف آموزش ، فقر را تشدید می کند و فقر نیز موجب ضعف آموزش است. در دینامیک سیستم ، به حلقه های فوق ، حلقه بازخور Feedback Loop گویند. البته نمودار فوق بطور کامل ترسیم نشده و هدف آن نشان دادن امکان تاثیر حلقوی

عوامل بر یکدیگر است. بر خلاف نمودار قبل که خطی و یک طرفه بود.) یکی از ویژگیهای بارز نمودار فوق، بیان دینامیک بودن سیستم است. یعنی بین عوامل فوق اثرات متقابل وجود دارد و ممکن است در طول زمان یکدیگر را تشدید یا تضعیف نمایند. ولی نمودار قبل، سیستم را ایستا در نظر می گرفت. انتقال روش تفکر از علیت یک طرفه به علیت حلقوی (Circular Causality) و از عوامل مستقل به عوامل وابسته، کاری مشکل است.

تمایز دیگر تفکر سیستمی با تفکر رگرسیونی این است که در تفکر رگرسیونی بالاخره معلوم نمی شود که سیستم چگونه کار می کند. یعنی مفهوم Correlation به تنهایی برای شرح چگونگی کارکرد سیستم کافی نیست.

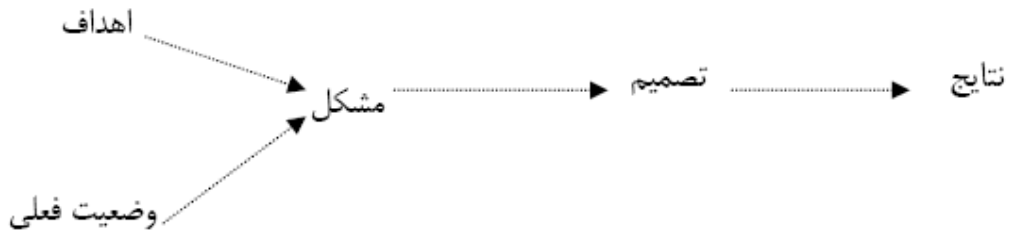
پیتر سنگه مطلب را به گونه دیگری بیان می کند: بعضی اوقات اگر به وضعیتی دشوار از دیدگاه سیستمی نظر کنیم، ابداً مشکل و یا مسئله ای وجود ندارد. بلکه مسئله ناشی از این واقعیت است که ما به جای دیدن فرایند رویدادها، تنها تصویر عجولانه و غیر واقعی از حوادث و اتفاقات در ذهن داریم.

✓ مقاومت در برابر سیاستها، پیامدهای ناخواسته و رفتار نامشهود سیستمهای اجتماعی

در بسیاری از موارد، تلاش برای حل یک مشکل در یک سیستم اجتماعی، آنرا بدتر می کند .خط مشی ها، اثرات جانبی پیش بینی نشده ایجاد می کنند .تصمیمات ما موجب عکس العمل دیگران می شود که می خواهند توازنی را که ما بر هم زده ایم، برگردانند .فارستر این پدیده ها را" رفتار غیرشهودی سیستمهای اجتماعی "می نامد. این پویایی (dynamics)های پیش بینی نشده، منجر به مقاومت در برابر سیاستها می شود :پاسخ سیستم، مداخله ها را با تأخیر، تضعیف یا شکست مواجه می کند.

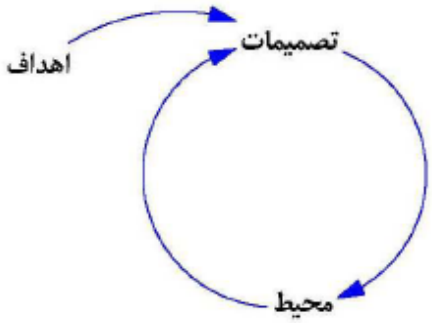
تمرکز بر رویدادها یکی از علل مقاومت در برابر سیاستها است. جهان بینی رویدادگرا(event-oriented worldview) منجر به اتخاذ رویکرد رویدادگرا (event-oriented approach) در حل مسائل می شود.

شکل زیر، چگونگی تلاش ما برای حل مسائل در اغلب موارد را نشان می دهد.



ما وضعیت را بررسی و آنرا با اهدافمان مقایسه می کنیم. فاصله بین وضعیت مطلوب و درک مان از وضعیت فعلی، مسئله ما را تعریف می کند. به عنوان مثال فرض کنید فروش شرکت شما در فصل گذشته، ۸۰ میلیون دلار، اما هدف فروش شما ۱۰۰ میلیون دلار بوده است. مسئله این است که میزان فروش ۲۰ ٪ کمتر از سطح مطلوب بوده است. پس از آن، گزینه های مختلفی را برای حل مسئله در نظر می گیرید. ممکن است قیمت ها را کاهش دهید تا تقاضا تحریک شده و سهم بازار افزایش یابد، معاونت فروش را با شخص پرتکاپویی جایگزین کنید یا اقدامات دیگری انجام دهید. بهترین گزینه ای که می دانید را انتخاب و اجرا می کنید و منجر به یک نتیجه بهتر می گردد (یا حداقل شما امیدوارید که اینگونه باشد). ممکن است با افزایش فروش مواجه شوید : مسئله حل شد.

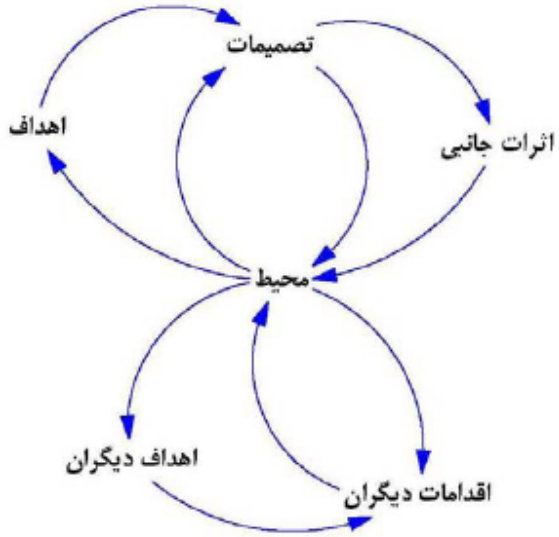
سیستم در برابر راه حل شما عکس العمل نشان می دهد: وقتی فروش شما افزایش می یابد، رقبا قیمت ها را کاهش می دهند و فروش مجدداً افت می کند. راه حل دیروز تبدیل به مسئله امروز می شود. ما همچون استاد خیمه شب بازی نیستیم که بر یک سیستم بیرونی اثر بگذاریم. ما درون سیستم قرار داریم. بازخور وجود دارد: نتایج اقدامات ما، تعیین کننده وضعیتی هستند که در آینده با آن مواجهیم. وضعیت جدید، ارزیابی ما از مسئله و تصمیمات فردایمان را تغییر می دهد. (شکل زیر را ببینید)



تصمیم های ما محیط را تغییر می دهند و منجر به تصمیم های جدید می شوند

مقاومت در برابر سیاستها بوجود می آید چون ما اغلب، بازخورهای عمل کننده در سیستم را به طور کامل درک نمی کنیم. وقتی اقدامات ما، وضعیت سیستم را تغییر می دهند، دیگران واکنش نشان می دهند تا توازن برهم

خورده را برگردانند. اقدامات ما همچنین ممکن است اثرات جانبی ایجاد کنند. (شکل زیر را ببینید)



این بازخورها ممکن است منجر به نتایج پیش بینی نشده و غیر موثر بودن سیاست ها گردد

✓ تفکر ترکیبی

طبق تفکر سیستمی، ویژگیهای مهم یک سیستم از تعامل بین اجزاء آن بوجود می آید نه از فعالیت جداگانه آنها .بنابراین وقتی سیستم را تجزیه می کنیم، ویژگیهای مهم خود را از دست می دهد . بنابراین سیستم، یک کل است که با تحلیل قابل درک نیست .در عصر ماشین، وقتی چیزی بخوبی کار نمی کرد، رفتار اجزاء آن بررسی می شد تا راه ایجاد بهبودی پیدا شود.

با توجه به نکته فوق، روشی غیر از تحلیل برای درک رفتار و ویژگیهای سیستم ضروری است .ترکیب (Synthesis) نقص فوق را جبران نموده و برای تفکر سیستمی، یک موضوع کلیدی است .در واقع، تحلیل و ترکیب، مکمل هم هستند.

۳ گام تفکر ترکیبی:

۱. وقتی می خواهید موضوعی را بررسی کنید، ابتدا سیستم کلی که دربرگیرنده موضوع فوق است، را مشخص نمایید .به عبارت دیگر، یک کلیت(whole) را شناسایی کنید که موضوع فوق، بخشی از آن است. به عنوان مثال، هنگام تفکر در مورد یک" دانشگاه) "به عنوان موضوع، سیستم در برگیرنده آن، ممکن است" نظام آموزش عالی "یا" نظام آموزشی "در نظر گرفته شود.

۲. رفتار و ویژگی های سیستم کلی را بررسی نمایید.

۳. رفتار یا ویژگی های موضوع مورد مطالعه را با توجه به نقشها(roles) یا کارکردهای(functions) آن در سیستم کلی توضیح دهید.

در تفکر سیستمی، توصیه می شود که ترکیب قبل از تحلیل انجام گیرد .در تفکر تحلیلی، چیزی که می خواهیم بررسی کنیم، بعنوان یک کل تجزیه می شود . ولی در ترکیب، چیزی که می خواهیم بررسی کنیم، بعنوان یک جزء از کلی که آنرا دربرگرفته، بررسی می گردد .اولی، حوزه مورد توجه محقق را تقلیل و دومی آنرا گسترش می دهد.

به عنوان مثال، تفکر تحلیلی برای تشریح دانشگاه شروع به تجزیه آن و رسیدن به عناصرش می کند . مثلاً از دانشگاه به دانشکده، به دپارتمان، به دانشجو، هیئت علمی و موضوعات درسی و ...می رسد .سپس عناصر را تعریف و آنها را جهت رسیدن به تعریف دپارتمان، دانشکده و دانشگاه ترکیب می کند.

برای مواجه با واقعیتها، هم ترکیب و هم تحلیل لازم است .تحلیل روی ساختار موضوع متمرکز می شود .تعیین می کند سیستمها چگونه کار می کنند .ترکیب برکارکرد متمرکز می شود .بنابراین تحلیل، دانش(knowledge) ایجاد می کند و ترکیب، درک (understanding) را افزایش می دهد (درک از کل به جزء جریان دارد و دانش از جزء به کل). تحلیل به درون چیزها می نگرد ولی ترکیب از بیرون به آنها نگاه می کند. در تفکر سیستمی اعتقاد براین است که با بسط سیستم مورد بررسی، درک ما از آن افزایش می یابد.

در تفکر سیستمی اعتقاد براین است که با بسط سیستم مورد بررسی، درک ما از آن افزایش می یابد.

در عصر ماشین، به تعامل بین اجزاء درون سیستم توجه می شد. ولی تفکر سیستمی، علاوه برآن، به تعامل بین اجزاء با محیط و نیز به تعامل کارکردی (Functional interaction) بین اجزا سیستم توجه می کند. چرچمن(Churchman) مفهوم فوق را اینگونه توضیح می دهد:

در نگرش تحلیلی، معمولاً سیستم را با توجه به اجزاء تشکیل دهنده آن شناسایی نموده و تعریف می کنند.

در نگرش تحلیلی، معمولاً سیستم را با توجه به اجزاء تشکیل دهنده آن شناسایی نموده و تعریف می کنند. بعنوان مثال اگر از یک فرد عادی بپرسید اتومبیل چیست ؟ جواب می شنوید " اتومبیل وسیله ای است که چهار چرخ دارد و به کمک یک موتور حرکت می کند " اگر از او بپرسید اتومبیل سه چرخه هم وجود دارد؟اساس تعریف او به هم می ریزد. تفکر مکانیکی به مواد تشکیل دهنده سیستم توجه دارد. ولی در روش سیستمها، توجه بیشتر به این نکته است که سیستم چه می کند تا اینکه از چه ساخته شده است. یعنی ابتدا مأموریت و چگونگی ارتباط و کنترل سیستم و ضوابط رفتاری آنرا شناسایی می کند.

طبق دیدگاه فوق، تعریف اتومبیل چنین خواهد بود : اتومبیل وسیله نقلیه ایست برای انتقال تعداد معینی مسافر از یک نقطه به نقطه ای دیگر با توجه به زمان و هزینه تعیین شده. (ابتدا یک کل که اتومبیل جزئی از آن است مد نظر قرار می گیرد.)

✓ اهمیت چگونگی تعامل بین اجزاء سیستم در عملکرد آن

این یک اصل سیستمی است که اگر هر جزء سیستم را بطور جداگانه به گونه ای بسازیم که به کاراترین حد ممکن (Effective) عمل کند، سیستم بعنوان یک کل، به مؤثرترین حد ممکن (Efficient) عمل نخواهد کرد. به عبارت دیگر، اجزاء سیستم را باید بگونه ای طراحی کرد که با یکدیگر Fit شده و هماهنگ با هم بطور مؤثر و کارا عمل کنند.

به طور مثال اگر از بین خودروهای سواری موجود (انواع مدلها و مارک ها) برای هر یک از اجزاء مورد نیاز ماشین، بهترین آن جزء در بین کل ماشین ها را انتخاب و سپس این بهترین ها را مونتاژ کنیم، آیا ماشینی که بدست می آید، بهترین ماشین ممکن است ؟ البته خیر ! حتی به یک اتومبیل که بتواند حرکت کند، هم نمی رسیم.

زیرا اجزاء انتخابی با همFit نمی شوند و حتی اگر فیت شوند، با هم خوب کار نمی کنند. عملکرد یک سیستم بیشتر بستگی به چگونگی تعامل بین اجزاء آن دارد تا به چگونگی عملکرد مستقل آنها (از یکدیگر).

مدیران اکثراً طبق تفکر تحلیلی و مکانیستی عمل می کنند. یک مسئله را به چند بخش قابل حل و قابل مدیریت تجزیه نموده سپس برای هریک بهترین حل را پیدا نموده و نتایج را با هم مونتاژ می کنند. اما می دانیم که مجموع بهترین جواب برای اجزاء، بهترین جواب برای سیستم نخواهد بود.

به عنوان مثال، معمولاً فرض می شود بهترین عملکرد سیستم قابل تقلیل به بهترین عملکرد اجزاء آن بصورت منفرد و جداگانه است. بنابراین معیارهای اندازه گیری عملکرد اجزاء بگونه ای تعیین می شود که باعث تضاد(Conflict) اجزاء سیستم می گردد.

تقسیم بندی هر سیستم به اجزاء کوچکتر که بدون توجه به اصل تداخل و وابستگی متقابل آنها صورت می گیرد، یک تضاد فطری بین اجزاء آن سیستم بوجود می آورد، بهترین جواب برای هر یک از این اجزاء، لزوماً با بهترین جواب

برای جزء دیگر هماهنگی و برابری نمی کند و در نتیجه تضادی با بهترین جواب برای کل سیستم پیدا می کند.

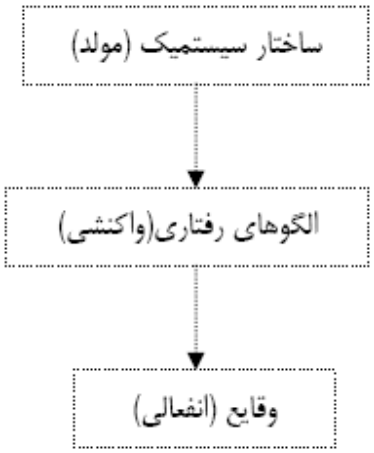
در اثر تقسیم تشکیلات سازمانی به چند فعالیت اصلی، یک فعالیت جدید بوجود می آید که وظیفه آن حل تضادهای بین این فعالیتها و محافظت منافع کل سیستم در مقابل منافع سیستمهای فرعی است. این وظیفه است. روش متداول و کلاسیک در تقسیم بندی (General Management) همان مسئولیت مدیریت عمومی تشکیلات سازمانی، معمولاً چهار فعالیت اصلی بوجود می آورد : تولید، فروش (و بازاریابی)، مالی، پرسنل. که هرکدام از این فعالیتها خود یک سیستم فرعی است و هر کدام با ضوابط اجرایی (توقعات و محدودیتها) متفاوتی کنترل می شود که لزوما با هم هماهنگی ندارد.

- ✓ **ساختار سیستم بوجود آورنده رفتار آن است**

"افراد مختلف، زمانی که در یک سیستم ثابت قرار می گیرند، نتایج یکسانی از خود بروز می دهند ".نگرش سیستمیک به ما می گوید که برای فهمیدن مشکلات اساسی لازم است که به مسائلی فراتر از اشتباهات فردی و یا بخت و اقبال نامساعد بپردازیم. باید از وقایع و شخصیتها فراتر برویم .باید به عمق ساختاری پی بریم که اعمال درافراد و شرایط را به گونه ای شکل می دهد که رویکردی اتفاق می افتد . دانلا میدوز (Donella Meadows) در این باره می گوید " :نگرش ژرف و متفاوت آن است که پی بریم چگونه سیستم خود بوجود آورنده رفتار خود است".

در موقعیت های پیچیده، سطوح مختلفی از تبیین وضعیت وجود خواهد داشت. این مطلب در شکل زیر نشان داده شده است. از بعضی نقطه نظرات، تمامی سطوح مختلف درست هستند و واقعیت را بیان می کنند، اما ثمربخش بودن آنها کاملا متفاوت است. واقعه نگاری "چه کسی چه کاری را انجام داد" منجر به اعمال واکنشی و منفعلانه خواهد شد. همانطور که پیش از این نیز اشاره شده، در فرهنگ معاصر بیان وقایع، امریست بسیار متداول و دقیقا به همین علت است که مدیریت انفعالی بسیار شایع است. الگوهای رفتاری ناظر بر روندهای بلندمدت و تشخیص آثار آنهاست. تفسیر

بر اساس الگوهای رفتاری، عملکرد انفعالی کوتاه مدت را از بین می برد و حداقل بیان می کند که چگونه در بلندمدت ما می توانیم در مقابل تغییر روندها واکنش نشان دهیم.



نمونه استثنایی از یک رئیس دولت که این تفسیر را مورد استفاده قرار داده است، فرانکلین روزولت رئیس جمهور آمریکاست. او در نطق رادیویی خود در ۱۲ مارس ۱۹۳۳ میلادی در توضیح علت تعطیل چهار روزه سیستم بانکی آمریکا، از این نوع تفسیر بهره جست. در آن زمان بحرانی روزولت به آرامی توضیح داد که از نظر ساختاری، سیستم بانکی چگونه فعالیت می کند. "اجازه دهید که این نکته روشن را مورد تاکید قرار دهم که زمانی که شما پول خود را به صورت سپرده نزد بانک می گذارید، بانک آنرا در گاوصندوق خود قرار نمی دهد.

کاری که بانک انجام می دهد این است که پول شما را به طرق مختلفی از قبیل اعطای وام و اعتبارات، سرمایه گذاری می کند. به عبارت دیگر بانکها از پول شما برای به حرکت در آوردن چرخ های اقتصادی استفاده می کنند" او همچنین توضیح داد که بانکها چگونه ملزم به نگهداری مبلغی پول به عنوان ذخائر احتیاطی هستند و همچنین بیان کرد که چرا این ذخائر در صورتی که تعداد زیادی از افراد به صورت همزمان اقدام به برداشتن سپرده های خود نمایند، ناکافی خواهد بود و در نهایت وی توضیحات خود را به این ترتیب کامل نمود که بستن بانکها برای یک دوره چهار روزه جهت برقراری مجدد نظم، ضروری می باشد. بدین ترتیب روزولت موفق شد حمایت عامه مردم را برای یک عمل رادیکالی و در عین حال ضروری جلب نموده و خود را به عنوان فردی برجسته در ارتباطات عمومی مطرح نماید.

اهمیت بالای تفاسیر ساختاری تنها ناشی از آن است که بر علل اساسی رفتارها در سطحی دلالت می کنند که می توان الگوهای رفتاری را تغییر داد. ساختار بوجود آورنده رفتار است و تغییر در ساختار می تواند باعث بروز الگوهای رفتاری متفاوتی شود. بدین معنی تفاسیر ساختاری ذاتا مولد و سازنده هستند. علاوه براین، از آنجا که ساختار سیستمهایی که انسان در آنها دخیل است، مشتمل بر سیاستهای عملیاتی تصمیم گیران نیز می باشد، تجدید نظر در نحوه تصمیم گیری باعث تغییر ساختار سیستم نیز خواهد شد.

- ✓ **باید به دنبال نقاط حساس و مؤثر گشت**

بسیاری معتقدند که تفکر سیستمی،" علم یأس آور جدید "است، زیرا به ما می آموزد که بدیهی ترین راه حلها در بهترین شرایط فقط در کوتاه مدت بهبودی را بوجود می آورد ولی در بلندمدت اوضاع را بدتر می کنـد .امـا این فقط یک طرف قضیه است.

تفکر سیستمی این واقعیت را نیز نشان می دهد که یک اقدام کوچک اگر بخوبی و با قـدرت کـافی در محـل مناسـب صورت گیرد، می تواند پیشرفتی قابل ملاحظه و بزرگ در رفتار سیستم خلق کند. علمای سیستم، این قانون را اهـرم کاری (Leverage) می نامند. در حل مسائل باید از آنجایی شروع کرد که قانون اهرم کاری، بیشترین اثر را دارد تا بتوان با حداقل سعی و تلاش به پیشرفت و نتیجه ای بزرگ دست یافت.

- ✓ **باید به مهلتی که برای دریافت پاسخ ضروری است، توجه نمود**

ژوئل دوروسنی این اصل را به عنوان اصل دهم از" ده فرمان روش سیستمی "آورده است .سیستمهای پیچیده، عامل زمان را نیز در سازمان خود در بر می گیرند .هر سیستمی برای پاسخ دادن، و به عبارت دیگر برای انجام کاری که بر عهده دارد، به علت ترکیب آثار حلقه های بازخور و همچنین به سبب مدت زمانی که برای حرکت

جریانها و یا متغیرهای ذخائر لازم می باشد، زمان و همت خاصی می گذارد .بنابراین در بیشتر موارد) و بخصوص در موسسات و سازمانها(، شتابزدگی برای دریافت سریع پاسخ و انجام فوری کار، بی نتیجه است .کار درست این است که ما دینامیک داخلی سیستم را دریابیم و حداقل مهلت و مدتی را که برای دریافت پاسخ و انجام کار ضروری است، در نظر بگیریم .مسئله آغاز کردن بموقع هر فعالیت – یعنی نه زودتر و نه دیرتر از هنگامی که باید -نکته مهمی است و الا سیستم برای کار و فعالیتی که از آن خواسته شده است واکنش درست نشان نمی دهد.

۲-۱۱- تاثیر نظریه عمومی سیستم ها بر مطالعه سازمانها(رضائیان ، ۱۳۷۶ ، ص ۲۴ الی ۲۶)

تنها از طریق شناخت آگاهانه سازمان به منزله یک سیستم است که مدیر می تواند بر پیچیدگی سازمانی که باید آن را اداره کند، واقف شود، بنابراین ذکر برخی از مزایای بالقوه تفکر سیستمی برای مدیران مفید خواهد بود. این مزایا عبارتند از:

۱- تفکر سیستمی، خطر محدود شدن نگرش مدیر به یک وظیفه را برطرف کرده، او را مجبور می سازد تا سایر خرده سیستمهایی که تامین کننده ورودیها یا استفاده کننده از خروجی های سیستم (سازمان) تحت مدیریت او هستند را شناسایی کند. بسیاری از سیستم ها (سازمان ها) از محصولات و خدمات سایر سیستم ها (سازمان ها) – نظیر سازمان های حسابرسی، بانک ها، استفاده می کنند. شناسایی این سیستم ها (سازمان) یا خرده سیستم های خارجی، برای سازمان ضرورت دارد، زیر ا سازمان به همکاری بسیاری از سیستم های موجود در خارج از مرزهای خود (سیستم سازمانی) نیاز دارد.

۲- تفکر سیستمی این امکان را برای مدیر ایجاد می کند تا هدف های خود را مرتبط با مجموعه هدف های کلان سازمان در نظر بگیرد، زیرا مدیر موظف است که علاوه بر تلاش برای تحقق هدف های خود، نحوه تلفیق آنها با هدفهای گسترده سیستم سازمانی را نیز شناسایی کند. مدیر باید بداند که جمع هدفهای هر سطح سازمانی، از مجموع

هدفهای سطح قبلی بیشتر – یا با آن برابر است. اگر اهداف مذکور به این صورت در نظر گرفته شوند، توجه همگان به وابستگی متقابل کارهایی که فرد فرد اعضای سازمان انجام می دهند، جلب می شود.

۳- تفکر سیستمی این فرصت را برای سازمان ایجاد می کند تا خرده سیستم هایش را به گونه ای ساختار دهد که با اهداف خودش سازگار باشند یعنی سازمان می تواند با بهره گیری از تفکر سیستمی از مزایای تخصص گرایی و تفکیک در درون سیستم و خرده سیستم هایش برخوردار شود زیرا با در نظر گرفتن سازمان به مثابه یک سیستم این واقعیت به ذهن متبادر می شود که به منظور تامین نیازهای گوناگون سیستم، باید بخشهای تشکیل دهنده سازمان را به گونه ای طراحی کرد که کسب هدف آنها، اثر بخشی مجموعه سازمان را به همراه داشته باشد.

۴- تفکر سیستمی با در نظر گرفتن مدل سیستم هدفمند، امکان ارزیابی سازمان و تعیین میزان اثر بخشی خرده سیستم ها را فراهم می سازد. به این ترتیب که در مدل مذکور سیستم ها را با توجه به هدفهای مشخص آنها ارزیابی می کنند، زیرا مدل سیستم هدفمند مبتنی بر مفروضات ضمنی معینی است، نظیر اینکه: همه سازمان ها هدفمند هستند این هدف ها قابل شناسایی هستند و پیشرفت در مسیر تحقق آنها قابل سنجش و ارزیابی است. البته این مفروضات در بیشتر وضعیت ها فاقد استحکام کافی هستنده به طوری که استفاده از آنها امکانپذیر نیست.

خلاصه این که، تفکر سیستمی در طی سالیان طولانی، با تغییر از تاکید بر نگرش کلان به تاکید بر نگرش خرد و بازگشت به تاکید بر کلان نگری، شکل گرفت. با این تفاوت که در رویکرد کلان نخستین، بسیاری از جزئیات مربوط به مطالعات سطح خرد – که بعدها مورد توجه قرار گرفت – نادیده انگاشته می شد، در نتیجه، این جزئیات به صورت متمایز و جدای از یکدیگر در نظر گرفته می شدند، به طوری که نمی توانستند "معرف خوبی" برای کارکرد کل سیستم باشند. در حالی که، در رویکرد کلان کنونی، اجزای تشکیل دهنده سیستم را در جایگاه مناسبی نسبت به یکدیگر در نظر می گیرند، به طوری که مطالعه تعامل های طرفینی آنها و ارزیابی تاثیر این تعامل ها بر کل سیستم و هم چنین بررسی نحوه اثرگذاری متقابل سیستم و محیط امکانپذیر باشد.

فصل سوم

علم کنترل و ارتباطات

۳-۱- علم کنترل و ارتباطات

رویکرد سیستمی بر نحوه به کارگیری "نظریه عمومی سیستم ها" و "علم کنترل و ارتباطات" در مسائل صنعتی و اجتماعی تاکید دارد. علم کنترل و ارتباطات نیز بر به کارگیری "تفکر سیستم" در حل مسائل مربوط به کنترل و ارتباطات تأکید می کنند و آن را می توان به مثابله یکی از شاخه های کلی نظریه عمومی سیستم ها در نظر داشت. "علم کنترل و ارتباطات" با انواع فراگردهای بازخور سروکار دارد. اما پیش از پرداختن به اصل بازخور و نقش کنترلی آن ضروری به نظر می رسد که با توجه به موضوع علم کنترل و ارتباطات، سیستم ها را بر اساس دو شاخص متمایز ۱- "میزان پیچیدگی" و ۲- "قابلیت پیش بینی" طبقه بندی کرد. : (رضائیان ، ۱۳۷۶ ، ص ۸۰)

۳-۲-طبقه بندی سیستم ها بر اساس میزان کنترل پذیری

در صورتی که ویژگی"میزان پیچیدگی" مبنای طبقه بندی سیستم ها قرار گیرد، سیستم ها را می توان به سیستم های ساده، سیستم های پیچیده و سیستم های بسیار پیچیده طبقه بندی کرد. سیستم ساده، سیستمی است که تعداد اجزای تشکیل دهنده آن کم بوده و روابط محدودی میان آنها برقرار است، در حالی که سیستم پیچیده سیستمی است که دارای اجزای بسیار زیاد و به هم وابسته است و سیستم بسیار پیچیده نیز سیستمی است که شناسایی و تشریح دقیق اجزاء و ویژگی های آن، امکانپذیر نمی باشد.

ویژگی دوم (قابلیت پیش بینی) با ماهیت سیستم از حیث "میزان قطعی بودن یا احتمالی بودن"، سروکار دارد؛ در این مورد، دو وضعیت قابل تصور است: در وضعیت اول، اجزای سیستم به گونه ای کاملاً قابل پیش بینی با یکدیگر تعامل داشته؛ در حالی که در وضعیت دیگر، رفتار سیستم قابل پیش بینی نبوده؛ ولی ممکن است آنچه اتفاق می افتد، قابل پیش بینی باشد. در نمودار ۱-۳ ترکیب های ششگانه حاصل از تلفیق طبقات و وضعیت های فوق نشان داده شده است. علاوه بر آن انواع روشهای کنترل مورد نیاز سیستم ها نیز آمده است. همان طور که در نمودار۱-۳ ملاحظه می شود از آنجا که رفتار سیستم های قطعی قابل پیش بین می باشد، سیستم هایی نظیر قرقره، ماشین تحریر، ماشین

های اداری، پردازش قطعات بر روی خط تولید، پردازش خودکار چک در بانک و غیره را شامل می شوند. در همه این سیستم ها، خروجی سیستم از طریق نظارت بر وروی های سیستم، کنترل می شود.

پس از سیستم های قطعی ساده، سیستم های قطعی پیچیده مطرح می شوند که فقط از حیث "درجه پیچیدگی" با هم تفاوت دارند؛ برای مثال، کامپیوترها که بسیار پیچیده تر از "سیستم های قطعی ساده" هستند، به طور کاملا قابل پیش بینی کار می کنند؛ همان طور که ذکر شد، وجوه تمایز این دسته ها:، نسبی و نامعین است؛ برای مثال، کامپیوترها به منزله سیستم های قطعی پیچیده مطرح شدند؛ در حالی که ممکن است از نظر یک متخصص، فاقد پیچیدگی باشند. هم چنین بسیاری از افراد، موتور یک خودرو را سیستمی پیچیده به شمار می آورند؛ در حالی که همین سیستم، از نظر "نیروهای فنی" یک سیستم قطعی ساده محسوب می شود. در همه مثال های فوق، ماهیت سیستم "یک حالته" است – یعنی رفتار آن به وسیله ترتیب ساختاری عناصر تشکیل دهنده اش معین می شود؛ زیرا اگر ترتیب عناصر یک "سیستم قطعی" صحیح باشد، طبق الگویی که برایش تعیین شده است، عمل خواهد کرد.

اگر تعداد حالت های قابل تصور برای نتایج عملکرد یک سیستم، بیشتر از یک باشد، ماهیت سیستم "احتمالی" است. مجموعه مصادیق سیستم های احتمالی؛ از ساده ترین موارد ممکن (مانند پرتاب سکه که فقط دو حالت محتمل دارد) تا پیچیده ترین سیستم های اجتماعی و سازمان ها را (که حالت های محتمل بسیاری برای آن ها قابل تصور است) در بر می گیرد.

مثال هایی نظیر سیستم کنترل کیفیت و تناوب توقف دستگاهها، برای سیستم های احتمالی ساده مطرح می شوند. در فراگردهای تولید دستی، با توجه به تفاوت های فردی کارکنان، ممکن است کیفیت محصولات تولیدی متفاوت باشد؛ به همین دلیل؛ برای تضمین حداقل کیفیت مورد نظر، از فنون کنترل کیفیت آماری استفاده می شود. همچنین با توجه به میزان فرسودگی قطعات و تناوب استفاده از یک ماشین، باید آن را در فواصل زمانی معینی تعمیر کرد. در چنین مواردی نیز توصیه می شود که برای کنترل، از روش های آماری استفاده شود.

با افزایش پیچیدگی یک سیستم احتمالی و افزوده شدن بر تعداد حالت های ممکن برای آن، پیش بینی نتایج عملکرد و کنترل رفتار آن سیستم دشوارتر خواهد شد؛ در واقع، کنترل ورودی های یک سیستم قطعی ممکن است بـه پـیش بینی خروجی های آن بینجامد؛ در حالی که کنترل وروی های یک سیستم احتمالی فقط مـی توانـد بـه پـیش بینـی دامنه نوسانات خروجی ها منجر شود.

سیستم هایی نظیر انسان، سازمان های بزرگ، و سیستم های اقتصادی و اجتماعی، نمونه هـایی از سیسـتم هـای احتمالی بسیار پیچیده هستند. این گونه سیستم ها، حالت های رفتاری و عملکردی متغیری دارند؛ بـرای مثـال، یـک سازمان بزرگ که خود از خرده سیستم های زیادی تشکیل شده است، با سیستم های بیرونی متعددی ماننـد دولـت، رقبا، اتحادیه ها، تامین کنندگان مواد اولیه و بانک ها سروکار دارد. گاهی تعامل واحـدهای داخلـی و اجـزای تشـکیل دهنده سازمان با خرده سیستم های محیطی، آنقدر با ظرافت پویایی صورت می گیرد که تعریف تفصـیلی سیسـتم را غیر ممکن می سازند؛ در حالی که کنترل رفتار این "سیستم های احتمالی پیچیده" بسیار حائز اهمیت است.

همان طور که در نمودار ۳-۱ ملاحظـه مـی شـود، سیسـتم هـای احتمـالی سـاده بـا روش هـای آمـاری کنتـرل می شوند، در حالی که سیستم های احتمالی پیچیده را باید به روش های پیچیده تحقیـق در عملیـات کنتـرل کـرد. البته کارآیی روش های تحقیق در عملیات نیز محدود است، به طوری که برای کنترل "سیستم های احتمـالی بسـیار پیچیده" که به طور دقیق قابل تعریف نیستند، کفایت ندارند، زیرا این گونه سیستم ها، جزئیاتی غیر قابل تعریف دارند و نمی توان آن ها را با روش سنتی تجزیه و تحلیل بررسی کرد. با وجود این، سیستم های احتمالی بسیار پیچیده نیـز باید تحت کنترل درآیند. برای برخورد با این نوع سیستم ها از "فن جعبه سیاه" استفاده شود. : (رضائیان ، ۱۳۷۶ ، ص ۸۰ الی ۸۳)

نمودار ۱-۳ طبقه بندی سیستم های بر اساس میزان کنترل پذیری

میزان پیچید / میزان قابلیت پیش بینی	ساده	پیچیده	بسیار پیچیده	
قطعی (یک حالته	قرقره ماشین تحری کنترل ورودیها	کامپیوتر سیاره کنترل ورودیه	مجموعه تهی کنترل ورودیها	مثال نوع کنترل مورد
احتمالی (چند حالته)	کنترل کیفیـ بازیهای شانس روشهای کنتر آماری	رفتارهای شرط فروش روشهای تحقیق عملیات	سازمانهای بزرگ انسان اقتصاد روشهای متنی در علم کنترل و ارتباطات (سایبرنتیک) مانند فن جعبه سیاه	مثال نوع کنترل مورد

نمودار ۱-۳ طبقه بندی سیستمها بر اساس میزان کنترل پذیری

با توجه به شاخصهای مطرح شده ، سیستم های سایبر نتیکی را می توان سیستم هایی دانست کـه دارای ویژگیهـای " خود تنظیمی "، " احتمالی بودن" و "پیچیدگی بسیار زیاد" می باشند. برای تحلیل هر یک از این ویژگی ها ، نیـاز بـه ابزاری خاص می باشد ، (رضائیان ، ۱۳۷۶ ، ص ۸۴) بدین ترتیب که برای تحلیل ویژگـی " خـود تنظیمـی" در یـک

سیستم سایبر نتیکی ،" اصل باز خور" ابزار مناسبی است. ویژگی " احتمالی بودن" را با استفاده از" نظریه اطلاعات " بهتر می توان بررسی کرد و ویژگی "پیچیدگی بسیار زیاد" هم از طریق فن" جعبه سیاه " تحلیل می شود. (رضائیان ، ۱۳۷۶ ، ص ۹۹ الی ۱۰۰)

۳-۳- بازخور به مثابه ابزاری برای کنترل

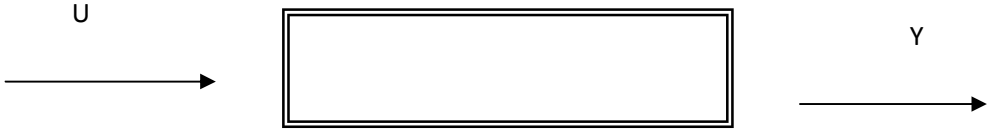
سیستم های بازخور، ابزاری هستند که به وفور با آنها سروکارداریم و از قدمت زیادی برخوردارند. به طوری که پیشینه تاریخی آنها، حداقل به دوهزار سال پیش بر می گردد با وجود این؛ مفاهیم و اصول زیر بنایی سیستم های بازخور در قرن بیستم (آن هم در چند دهه اخیر) کشف شد. تبیین مفاهیم اصلی و پیدایش اندیشه های جدید در باره برخی از جنبه های سیستم های بازخور، به کشف نکات جالب توجه، مهم و عمیقی انجامیدد؛ به طوری که طراحی و ساختن سیستم های مشابه سیستم های بازخور، امکانپذیر شد. همزمان با این تحولات، نخستین نظریه در مورد سیستم های بازخور؛ با پیدایش و ارائه نظریه جهش های کوانتمی (در چند دهه گذشته) همزمان بوده است.

سیستم های بازخور کنترلی، ساختاری مدار بسته دارند و با توجه به همین ویژگی تشخیص داده می شوند. این گونه سیستم ها را می توان به صورت ذیل تعریف کرد: "سیستم بازخور کنترلی، متمایل به حفظ رابطه تجویز شده میان دو متغیر سیستمی است؛ و پس از بررسی کارکدهای دو متغیر مذکور، از مقایسه تفاوت عملکرد آن ها به منزله ابزاری برای کنترل استفاده می کند". همچنین می توان عمل "بازخور" را "انتقال یک علامت از یک مرحله به مرحله پیش از آن" تعریف کرد به منظور طرح مباحث عمیق تر (در این زمینه) باید سیستم های بازخور کنترلی دستی را از سیستم های بازخور کنترلی خودکار متمایز ساخت. در سیستم های بازخور خودکار؛ حلقه بازخور به وسیله خود سیستم فعال می شود؛ در حالی که سیستم های بازخور دستی، به افرادی برای بستن (کامل کردن) حلقه بازخور خود، نیاز دارند؛برای مثال، افراد مذکور باید بر اساس اطلاعات دریافت شده از طریق بازخور، اقداماتی را انجام دهند. البته هر دو نوع این سیستم های بازخور، مهم هستند؛ ولی سیستم های بازخور کنترلی مستقر شده در سازمان ها، برای تکمیل حلقه بازخور خود، از انسان ها استفاده می کنند؛ بنابراین سیستم های بازخور کنترلی دستی، بیشتر مورد توجه قرار می

گیرند. با وجود این، سیستم های بازخور کنترلی خودکار، "نمونه هایی عالی" برای نمایش مفهوم بازخور به شمار می آیند. (رضائیان ، ۱۳۷۶ ، ص ۸۴ الی ۸۵)

۳-۴- نمودار خانه ای

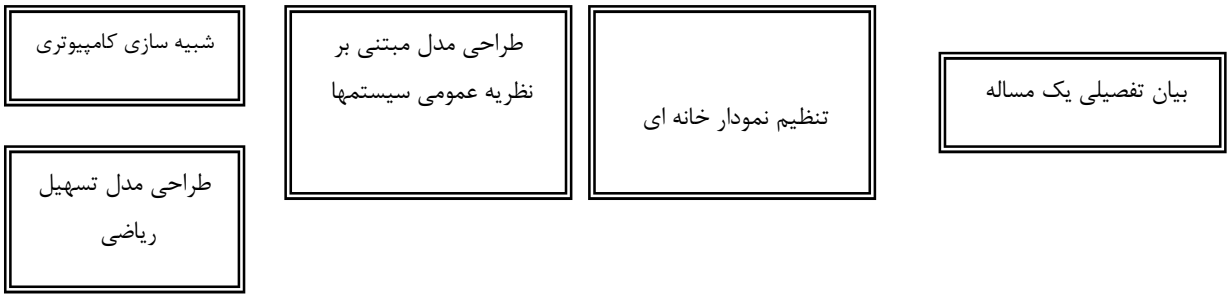
در برخورد با مسائل پیچیده، باید ابتدا آنها را تعریف کرد و برای حل آنها یک به چارچوب مفهومی دست یافت. ابعاد ساختار رفتار و عملیات سیستم باید شناسایی و تعیین شود. روش که برای شناسایی این روابط ساختاری مفید به نظر می رسد، استفاده از "نمودار خانه ای" می باشد. (رضائیان ، ۱۳۷۶ ، ص ۹۱ الی ۹۲) در این نوع نمودار قطعات اصلی و یا عملیات، توسط خانه هایی به نمایش در می آیند و این خانه توسط خطوطی به هم متصل می شوند. هر یک از خانه ها در برگیرنده موجودیت های فیزیکی و تجهیزات نیستند؛ بلکه آنچه را که باید انجام شوند، نشان می دهند و هر کدام در واقع جعبه سیاه می باشند. این نوع نمودار از علائمی چون بردار، خانه های پردازش، عملیات تبدیل و یا انتقال و دایره استفاده می کند (رضائیان ، ۱۳۷۶ ، ص ۸۵) و قوانین حرکت از بالا به پائین و از راست به چپ (در نوشتار فارسی)، از ترتیبات و توالی منطقی تبعیت می کند. ساده ترین نمودار خانه ای در نمودار ۲-۳ آمده است. در این نمودار ورودی u وارد سیستم می شود و روی آن تغییراتی در خانه پردازش صورت می گیرد که تبدیل به خروجی y می شود. رفتار خانه پردازش نامعین است، بدین ترتیب می تواند به هر نوع فرایند عملیاتی که یک ورودی را تبدیل کرده و آن را به چیز دیگری تبدیل می کند، اطلاق شود. آنچه در این نمودار مشخص است، آن است که خروجی y به ورودی u و ارزش های پیش از آن، وابسته است.



نمودار ۲-۳ نمودار ساده خانه ای

منبع (سایت نمودار خطی) www.Wikimedia. Org

در طراحی مدل برای سیستم ها بخصوص سیستم های پیچیده بر مبنای نظریه عمومی سیستم ها می بایستی ابتدا نمودار خانه ای را تنظیم کرد و سپس به ترتیب به طراحی مدل بر "مبنای نظریه عمومی سیستم ها" و "تفصیلی ریاضی"" پرداخت. نمودار ۳-۳ این مراتب را نشان می دهد.



نمودار ۳-۳ رابطه نمودار خانه ای و نظریه عمومی سیستم ها

۳-۵- سیستمهای بازخور نوع اول

این سیستم ها در برابر یک هدف خارجی هدایت می شوند و اصطلاح "سیستمهای خود کار حفظ کننده هدف " هم برای آنها کاربرد دارد .

این سیستم ها طبق برنامه های ویژه، بدون در نظر گرفتن تغییرات محیطی و مانند آن، عمل می کنند . سیستمهای هدفمند دارای سیستم بازخور منفی، با شناسایی و اصلاح انحرافات، از هدف خود محافظت می کنند، این نوع سیستم ها هدفشان حفظ سیستم در یک حالت متعادل و مطلوب است و برای این کار، انحرافات خود را اصلاح می کنند . این سیستمها قادر به ارائه پاسخ شرطی به محیط نمی باشند، چرا که علاوه بر نداشتن حافظه، امکان انجام اقدامات دیگر نیز برای آنها پیش بینی نشده است . عملیات این سیستمهای کنترلی کاملا دورانی است، بدین ترتیب که پس از مقایسه با استانداردها چرخه سیستم دوباره طی می شود . سیستم های بازخور نوع اول، همیشه بدون توجه به

تغییرات محیطی، بر اساس برنامه از پیش تنظیم شده خود عمل می کنند مانند ترموستات که خـود نظـر از وضـعیت جوی محیط، در یک درجه حرارتی معین، تثبیت می شوند . (رضائیان ، ۱۳۷۶ ، ص ۹۲ الی ۹۳)

۳-۶- سیستمهای بازخور نوع دوم

سیستمهای بازخور نوع دوم یا سیستمهای خودکار تغییر دهنده هدف دارای حافظه هستند و می توانند به تغییرات و محرکهای خارجی پاسخ داده و از میان گزینه های متعدد، بهترین گزینه را برای مواجعه با وضعیتهای معین انتخاب کنند . تامین کننده این حافظه در سازمان ها، نیروهای انسانی، واحدهای ستادی، خط مشی ها، سیستمهای بایگـانی می باشند .

سیستم بازخور نوع دوم می تواند هدفهای خود را متناسب با تغییر رفتار سیستم، تغییر دهد، یعنـی تغییـر هـدف بـه منزله بخشی از فراگرد این سیستم های بازخور تلقی می شود . بعنوان مثال ممکن است در یک سیستم، پس از تحقق هدف فرضی " الف"، اولویت به هدف فرضی" ب" داده شود و هنگامی که هدف "ب" به دست آمد اولویـت بـه هـدف "الف" باز گردد و یا به هدف "ج" اعطاء شود. باید در نظر داشت که این توانایی تغییر هدف، متکی به وجـود حافظـه است . هنگامی که حافظه یک سیستم فاقد ظرفیت خالی (اضافی) باشد، یا ارتباط آن با اطلاعات قدیمی قطـع شـده باشد، یا فایده و اثر بخشی اطلاعات آن از بین رفته باشد، امکان تغییر اهداف برای سیستم وجود نداشـته و در نتیجـه سیستم مذکور کنترل رفتار خود را از دست داده و فقط به صورت دستگاه تنظیم کننده خودکار عمل خواهد کرد. هـر چه حافظه بیشتر باشد، توان سیستم برای فراخوانی اطلاعات گذشته افزایش می یابد .توان ذخیره سـازی و فراخـوانی اطلاعات و همچنین قدرت انتخاب گزینه های رفتاری برای پاسخگویی به تغییـرات محیطـی را یـادگیری یـا معرفـت پذیری گویند . در واقع، حاصل این یادگیری در افزایش توان سیستم برای تنظیم منابع توسط خودش خواهد بود، بـه گونه ای که با اهداف سیستم و نحوه آنها هماهنگ باشد . بدین ترتیب، یادگیری به اقداماتی نظیر افزودن یـک مسـیر ارتباطی جدید، ایجاد تغییر در اطلاعات ذخیره شده در حافظه، تغییر دادن فراگرد کنترلی یـا اقـداماتی نظیـر آن مـی انجامد . (رضائیان ، ۱۳۷۶ ، ص ۹۳ الی ۹۴)

۳-۷- سیستمهای بازخور نوع سوم

سیستمهای بازخور نوع سوم یا سیستمهای هوشمند تغییر دهنده هدف، سیستمهایی هستند که می توانند نسبت به تصمیم گیری گذشته خود، واکنش نشان دهند. یعنی علاوه بر جمع آوری و ذخیره سازی اطلاعات در حافظه، می توانند از حافظه خود کمک گرفته و اقدامهای جدیدی را برنامه ریزی کنند . این نوع سیستم ها، علاوه بر خود کنترلی، خودآگاهی نیز دارند .

انسانها و سازمان ها از مصادیق این نوع سیستم ها می باشند. بدین ترتیب که سازمان می تواند با کسب مداوم اطلاعات حیاتی از حافظه و تغییر هدفهای خود، فراگرد رشد خود را هدایت کرده، به تحقیق، سیستم ارزشی نیروی انسانی خود را اصلاح کرده و الگوی عملیاتی اش را تغییر دهد . (رضائیان ، ۱۳۷۶ ، ص ۹۴ الی ۹۶)

۳-۸- پیچیدگی و جعبه سیاه

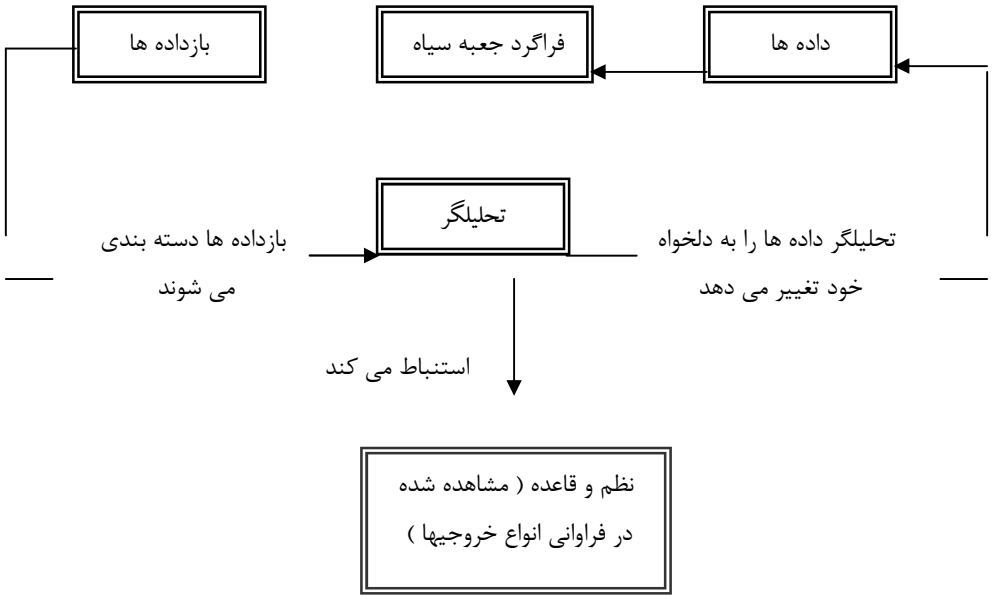
در مبحث طبقه بندی سیستمها بر اساس میزان کنترل پذیری، اشاره شد که برای سیستمهای احتمالی بسیار پیچیده از ابزار "جعبه سیاه" برای بررسی و کنترل این نوع سیستمها استفاده می شود . در اینجا پیش از بررسی مفهوم "جعبه سیاه" ابتدا خصوصیت پیچیدگی مورد مطالعه قرار می گیرد و سپس به تشریح این فن پرداخته می شود.

۳-۹- پیچیدگی

این واژه از ابعاد گوناگونی قابل بررسی می باشد . از دیدگاه کمی، برای شناخت پیچیدگی بهترین راه آن است که پیچیدگی را یک مفهوم آماری در نظر گرفته و احتمال قرار گرفتن یک سیستم در یک حالت خاص تعیین شود . از دیدگاه غیر کمی، تلفیق عواملی چون " تعداد عناصر تشکیل دهنده سیستم"،"ویژگیهای هر یک از عناصر سیستم"، " نحوه تعامل میان عناصر سیستم" و " درجه نظام گرفتگی ذاتی سیستم " باعث بوجود آمدن خصوصیت پیچیدگی برای یک سیستم می شوند . (رضائیان ، ۱۳۷۶ ، ص ۱۰۰)

برای تشخیص میزان پیچیدگی، اکتفا به برخی از شاخصهای عنوان شده گمراه کننده خواهد بود و یک تحلیلگر می بایستی با استفاده از مجموعه این چهار شاخص "تعداد عناصر" و "تعامل میان عناصر"، "ویژگیهای عناصر" و "درجه نظام یافتگی"، میزان پیچیدگی یک سیستم را بررسی کرده و کلیه حالتهای ممکن قابل تصور را برای یک سیستم مدنظر قرار دهد . جعبه سیاه به مثابه ابزار مناسبی برای بررسی این پیچیدگی ها می باشد . بدین ترتیب که فن جعبه سیاه در برخورد با پیچیدگی، فراگرد گزینشی خاصی را بر حسب مجموعه ای از «انشعابهای دوتایی » شکل می دهد و تحلیلگر با دستکاری ورودیهای جعبه سیاه ودسته بندی خروجیهای آن (بر حسب میزان مشابهت آنها در حالت خروجی) در قالب طبقاتی مشخص و معین، هر دسته را از یک دستگاه تبدیل «چند به یک» عبور می دهد. از این طریق تحلیلگر که با یک خروجی دو حالته و تعداد زیادی متغیر ورودی سروکار پیدا می کند، متوجه می شود که برای نمایش یک حالت خروجی، چگونه باید روابط ورودی سیستم مورد نظر را تغییر دهد . (رضائیان ، ۱۳۷۶ ، ص ۱۰۶)

در نمودار ۴-۳ چگونگی بکارگیری فن جعبه سیاه مشخص شده است . بدین ترتیب که یک تحلیلگر با وارد کردن اطلاعات به جعبه سیاه و بررسی و کنترل آثار آن، بدون داشتن هرگونه پیش فرض و انتخاب ابزار ثبت مناسب، خودش را با جعبه سیاه مرتبط می کند . بطوریکه مجموعه تحلیلگر و جعبه سیاه با هم یک سیستم بازخور را تشکیل می دهند . زمانی که ثبت میزان فراوانی انواع خروجیها به حد کافی رسید، تحلیلگر متوجه مشاهده نظم جدید در رفتار سیستم می شود و خود این نظم برآیند اقدامات تحلیلگر برای کنترل ورودیها و خروجیهای جعبه سیاه می باشد . (رضائیان ، ۱۳۷۶ ، ص ۳۰)



نمودار ۴-۳ فن جعبه سیاه

بکارگیری فن جعبه سیاه، متضمن طی کردن گامهای متوالی ذیل است :

۱ – دستکاری ورودی

۲ – طبقه بندی خروجی

۳ – استفاده از تبدیل کننده های «چند به یک »

دستکاری ورودیها در جریان تعداد زیادی فراگرد «آزمون خطا »، موجب آشکار شدن شباهتها یا تکرارهایی معین، در دسته بندی خروجیها می شود . خود این شباهتها نیز از دستگاههای تبدیل کننده «چند به یک » عبور، و به مثابه ابزاری برای کنترل ضمنی عمل می کنند. وجود این تبدیل کننده های « چند به یک » بدون استفاده از ساده سازیهایی غیر ضروری، تنوع در سیستم را کاهش می دهد . (رضائیان ، ۱۳۷۶ ، ص ۱۰۶) بدین ترتیب زمانی که تعریف تفصیلی سیستم امکان پذیر نیست، مدیر می تواند با استفاده از این فن، به میزان کافی از روشهای تبدیل «

چند به یک » استفاده کند و خط مشی هایی را اتخاذ کند که تنوع سیستم را از بین ببرند و خطرهای ناشی از آن را برطرف سازند .

کامپیوترها، نمونه های کاملی برای جعبه سیاه می باشند که بر اساس همان سازوکار دستکاری ورودیها، دسته بندی خروجیها و تبدیل "چند به یک" کار می کنند. (رضائیان ، ۱۳۷۶ ، ص ۱۰۷)

۳-۱۰- نظریه اطلاعات

سومین خصوصیتی که برای سیستمهای سایبرنتیکی مطرح می شود، ویژگی "احتمالی بودن" است این خصوصیت به " میزان قطعیت" رفتار سیستم اشاره می کند. بر اساس فرضیه فلسفی " عدم قطعیت" ، "حصول قطعیت غیر ممکن است و باور احتمالی برای کنترل ایمان و عمل کافی است"؛ یعنی «اگر امکان وقوف حقیقی و یقینی بر عملکرد اخلاقی افراد وجود ندارد، می توان محتملترین فرض را انتخاب کرد». مفهوم احتمال در علم آمار عبارت است از « امکان وقوع یک رخداد معین » و بر « نسبت تعداد اتفاقهای مطلوب به تعداد اتفاقهای ممکن» دلالت دارد. طبق این تعریف، می توان گفت که « میزان احتمالی بودن »، به میزان دانش انسان در مورد رفتار سیستم در مقاطع زمانی معین بستگی دارد. از آنجا که میزان دانش در مورد یک پدیده نیز به امکان کسب و دسترسی به اطلاعات در مورد آن بستگی دارد . استفاده از روشهای آماری برای تحلیل اطلاعات مربوط به سیستمهایی که رفتار آنها کاملا قابل پیش بینی نیست، ضرورت پیدا می کند و از ابزار تحلیلی « نظریه اطلاعات »برای بررسی این نوع سیستم ها استفاده می شود. (رضائیان ، ۱۳۷۶ ، ص ۱۰۷ الی ۱۰۸)

نظریه اطلاعات یک نظریه عمیق و گسترده ریاضی است و کاربردهای عمیق و گسترده ای دارد . این نظریه شاخه ای از ریاضی کاربردی و مهندسی برق است که بر کمی سازی اطلاعات مبتنی است. به لحاظ تاریخی، نظریه اطلاعات برای یافتن حد نهایی فشرده سازی هر چه بیشتر داده های مخابراتی – به گونه ای که قابل اعتماد باشد – ایجاد شد. این نظریه اکنون تا جایی گسترش یافته که در هر زمینه ای که به نوعی با پردازش و تحلیل اطلاعات

سروکار دارد بکار گرفته می شود و در فصل مشترک علوم مختلفی هم چون ریاضی، فیزیک، آمار، علوم کامپیوتر، دانش عصب شناسی و نیز مهندسی برق قرار دارد.

باید توجه داشت که درک مفاهیم اساسی نظریه اطلاعات در گرو شناخت گسترده ترین روش ارتباط انسان یعنی زبان است . http://roshd.ir

پیدایش این نظریه عموماً به مهندسی برق به نام *کلاود شانون* در سال ۱۹۴۸ میلادی نسبت داده می شود . باید در نظر داشت که مفهوم اطلاعاتی که توسط شانون مطالعه شد، اطلاعات از دید آمار و احتمالات بوده و با مفاهیم روزمره از اطلاعات مانند " دانش" و یا استفاده های روزمره از آن در زبان طبیعی مانند « بازیابی اطلاعات »، "تحلیل اطلاعات" « چهار راه اطلاعات » و غیره تفاوت دارد .

آمار و احتمالات نقشی حیاتی و عمده در ظهور و رشد این نظریه داشته اند . (ویکی پدیا)

۳-۱۱- مجموعه های پیچیده « غیر قابل پیش بینی » و « قابل پیش بینی »

مجموعه های پیچیده قابل پیش بینی، پدیده هایی هستند که از اجزای بسیار زیادی تشکیل شده اند و اجزای آنها به طور پیچیده ای با هم تعامل دارند ؛ ولی این تعامل اجزاء، در قالب طرحی منظم، ساختار یافته و هدفمند صورت می گیرد. یعنی مجموعه های پیچیده قابل پیش بینی، ساختار خاصی دارند که برای تبیین و تحقق اهدافی معین، تنظیم شده اند. در مقابل، مجموعه های پیچیده غیر قابل پیش بینی، پدیده هایی هستند که علاوه بر تعداد عناصر یا واحدهای اولیه و ویژگیهای بسیار زیاد، از نظم ساختاری بسیار کمی برخوردار می باشند ،. واژه مترادف «مجموعه های پیچیده و قابل پیش بینی» و یا « سیستمهای قابل پیش بینی » ؛ «ارگانیسم » است که به موجودیتهایی اطلاق می شود که خود مرکب از « خرده موجودیتهای » بسیار است . این خرده موجودیتها، علاوه بر وابستگی به یکدیگر، با محیط و کل مجموعه نیز وابستگی و پیوستگی دارند . معمولا سیستمهای ارگانیک، سیستمهای هدفیاب و غایت نگر

می باشند و به این خاطر که دارای ساختاری سلسله مراتبی بوده و اهدافشان معین است، رفتارشان قابل پیش بینی است .

خصوصیت غایت نگری و یا هدفمندی را دانشمندان قدیم تنها به موجودات زنده نسبت داده می دادند . و آن را وجه تمایز میان سیستمهای ارگانیک و غیر ارگانیک محسوب می کردند در حالی که امروزه « غایت نگری » بر یک مفهوم سایبرنتیکی دلالت داشته و به رفتارهای کنترل شده از طریق سیستمهای بازخور منفی اطلاق می شود . چنین رفتارهایی از نیروی حیاتی خاص پدیده های بیولوژیکی منتج نشده و ناشی از عملیات مربوط به خطا و سازوکار تصحیح آن – که در ماشینها و حیوانات به طور مشابه وجود دارد – ناشی می شود . به عبارت دیگر یک سیستم سایبرنتیکی با مقایسه مستمر عملکرد واقعی خود با هدف و اندازه گیری میزان انحراف از هدف، و انجام اقدام اصلاحی برای به حداقل رساندن تفاوت میان این دو حالت، خود را تنظیم می کند به همین دلیل در تفکر جدید سیستمی، « غایت نگری » را مترادف « خود تنظیمی » می دانند .

غایت نگری از یک ساختار سلسله مراتبی تبعیت می کند . منظور از سیستم سلسله مراتبی، هم سیستمی است که از خرده سیستمهایی به هم وابسته تشکیل می شود و هر یک از این خرده سیستمها نیز خود « سیستمی سلسله مراتبی » تلقی می شوند تا به پایین ترین سطح خرده سیستمهای اولیه می رسیم . در اینجا منظور از واژه « سلسله مراتب » مفهوم سنتی آن یعنی یک ترتیب مافوق – مادونی نبوده و وجود چنین حالتی بطور مطلق، در میان اجزاء سیستم انکار می شود . سیستم های یاد شده دارای سلسله مراتبی از ساختارهای واسطه هستند که از حیث مراتب پیچیدگی، روندی صعودی دارند . بخشی از اجزاء این سیستم ها به شناسایی برخی از ویژگیهای « کل » مورد نظر کمک می کنند در حالی که بخش دیگر تنها بیانگر برخی از ویژگیهای خود اجزاء می باشند .

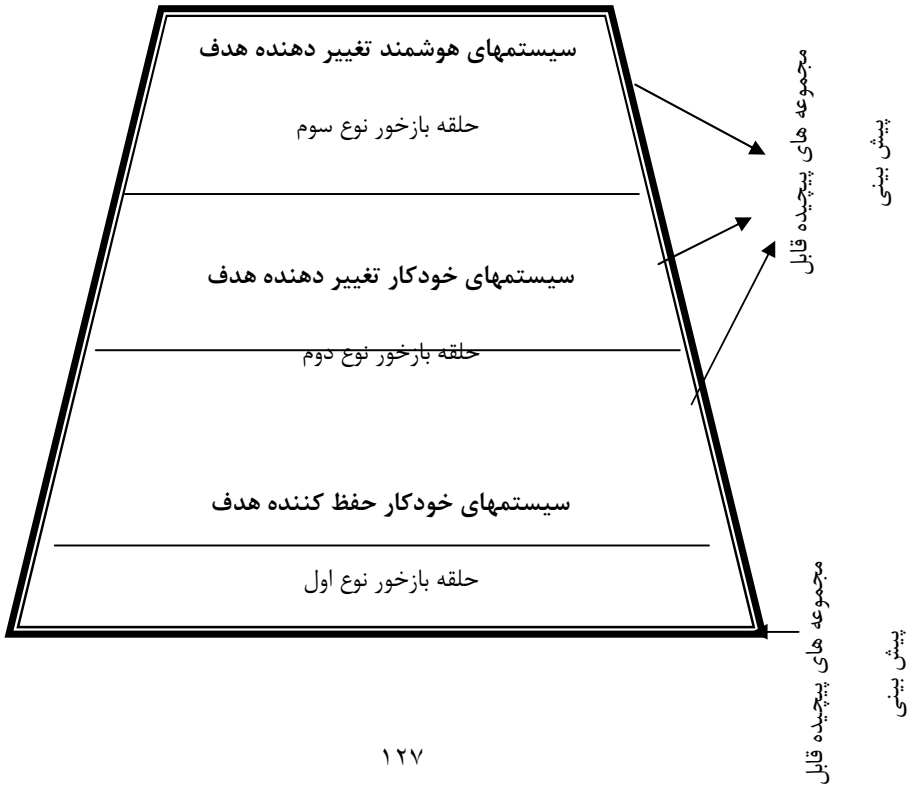
از دیگر ویژگیهای سیستم های پیچیده قابل پیش بینی، آن است که هم در داخل هر خرده سیستم، هم در میان خرده سیستمها، تعاملهایی وجود دارد . ساختار خاص هر سلسله مراتب برحسب درجه تعامل میان خرده سیستم های متفاوت آن شکل می گیرد و درجه تعامل نیز گاهی اوقات برحسب فواصل خرده سیستم های متفاوت آن شکل می

گیرد و درجه تعامل نیز گاهی اوقات برحسب فواصل خرده سیستم ها از یکدیگر تعیین می شود . هر چه یک مجموعه پیچیده قابل پیش بینی از ابزار پیمایش نیرومندتر، مسیرهای ارتباطی کارآمدتر و دقت بیشتر در تصمیم گیری برخوردار باشد، سلسله مراتبش گسترش بیشتری پیدا می کند و حیطه نظارت موثر این سیستم ها هم بر خرده سیستمهایش (نسبت به سیستمهای فاقد این ویژگی) بیشتر می شود . (رضائیان ، ۱۳۷۶ ، ص ۱۲۱)

۳-۱۲- ساختار سلسله مراتب حلقه های بازخور در "مجموعه های پیچیده قابل پیش بینی "

مجموعه پیچیده قابل پیش بینی را که دارای ساختار سلسله مراتبی می باشد، می توان سلسله ای از حلقه های بازخور دانست که بر حسب مراتب پیچیدگی، با روندی صعودی تنظیم شده اند . به عبارت دیگر، فراگرد تعامل داخلی هر خرده سیستم و تعامل میان خرده سیستم ها، شکل حلقه های بازخور را به خود می گیرد که در اینجا به بررسی این ساختار، پرداخته می شود . (رضائیان ، ۱۳۷۶ ، ص ۱۲۱)

نمودار ۳ برای بیان ترتیب این حلقه ها در مجموعه های پیچیده قابل پیش بینی آمده است



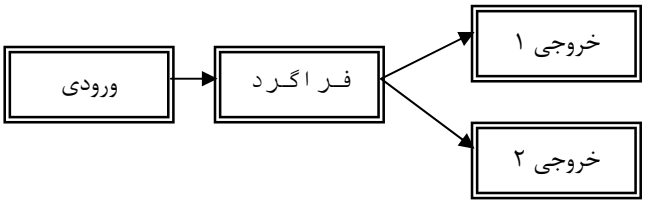
نمودار ۳ ترتیب سلسله مراتبی حلقه های بازخور

در مجموعه های قابل پیش بینی

همانطور که در نمودار مشخص شده است، در سطوح پایه این سلسله مراتب، سیستمهای تبدیل و جداسازی ساده بدون حلقه بازخور قرار می گیرند یک واحد تبدیل ساده، با استفاده از یک سلسله از داده های ورودی، به طور مستمر ستاده هایی را تولید می کند . به عبارت دیگر این مجموعه ها صرفا قادر به جداسازی از طریق فراگرد تبدیل می باشند .

واحدهای تبدیل ساده، هدف عمده ای ندارند . در واحدهای جداسازی، هر داده به چند ستاده تبدیل می شود. در این سطح که سطح پایه نامیده می شود، نسبتهای مناسب ستاده تعیین می شوند، اما قانون یا شاخص آن در سطح بالاتر از این سطح تعبیه شده است . علاوه بر آن حق انتخاب داده و ستاده و نیز حق انتخاب هدف در این سطح وجود ندارد و به همین خاطر واژه سادگی در مورد آنها بکار می رود . هر چه تعداد واحدهای تشکیل دهنده زیاد شوند، سیستمهای تبدیل و جداسازی هم به سوی پیچیدگی حرکت خواهد کرد .

آنچه را که در این سطح پایه اتفاق می افتد بصورت ذیل می توان نمایش داد . (رضائیان ، ۱۳۷۶ ، ص ۱۲۱)

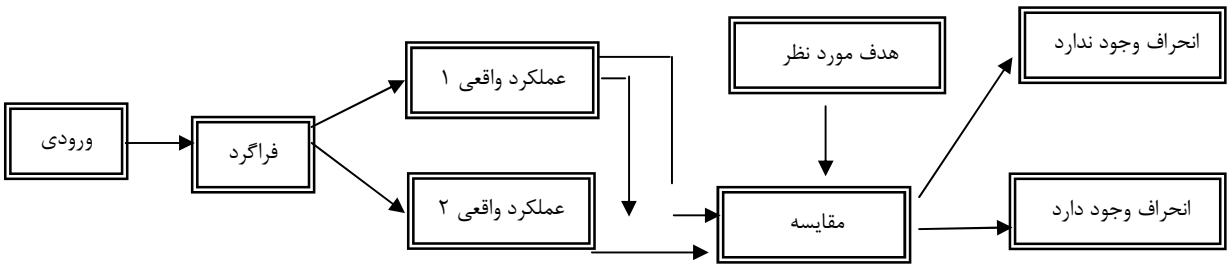


در اولین سطح از مجموعه های پیچیده قابل پیش بینی، خرده سیستم های ساده حفظ کننده هدف قرار دارند و در آنها ساده ترین شکل خود تنظیمی دیده می شود . این نوع سیستم ها با استفاده از سیستم بازخور منفی، هدفهای خود را بدست می آورند و درجه حفظ این اهداف نیز، میزان کنترل سیستم را نشان می دهد . هر چند که هدف این

سیستم ها ممکن است توسط مقام بالاتر (فردی در سازمان) تعیین شود، اما درجه حفظ هدف، تابع توان سیستم در درک، اندازه گیری و رفع انحرافات احتمالی از هدف و عملکرد واقعی است . (رضائیان ، ۱۳۷۶ ، ص ۱۲۱)

به عبارت دیگر، در این نوع مجموعه های پیچیده قابل پیش بینی که تنها حلقه بازخور نوع اول وجود دارد، سیستم می تواند هدف خود را حفظ کرده و میزان انحراف و اختلاف میان عملکرد واقعی اش و هدف را به حداقل برساند . از آنجا که حلقه های بازخور نوع اول توسط سیستمهای سایبرنتیکی مشهور شدند، برخی از صاحبنظران، آنها را در شمار این نوع سیستمهای بازخور قرار می دهند . (رضائیان ، ۱۳۷۶ ، ص ۱۲۱)

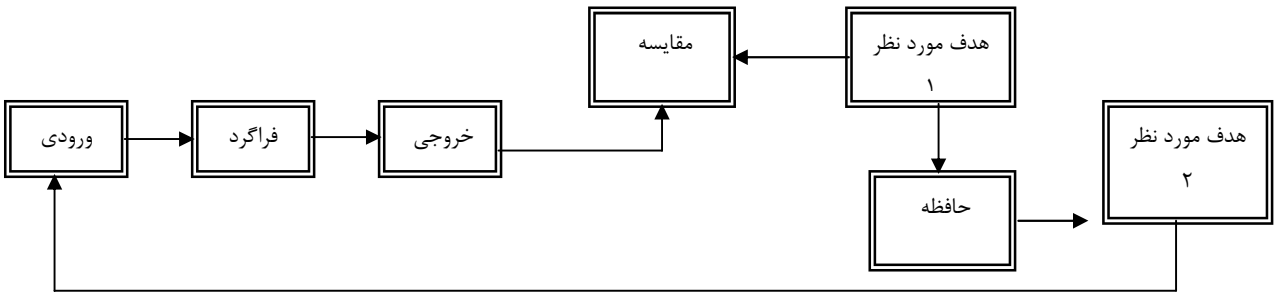
آنچه را که در این سطح اتفاق می افتد می توان بصورت ذیل به نمایش درآورد :



سطح دوم این سلسله مراتب به سیستمهایی اختصاص یافته است که می توانند به طور خودکار، اهداف خود را تغییر دهند . سیستمهای بازخور نوع دوم دارای حافظه برای ذخیره سازی بدیلهای ممکن هستند، بدین ترتیب، این سیستمها علاوه بر اینکه می توانند مانند سیستمهای نوع اول – به طور خودکار تفاوت میان هدف و عملکرد واقعی خود را به صفر برسانند، قادر هستند که هدف خود را نیز تغییر بدهند، یعنی می توانند انتخاب کنند که انحراف را صفر کنند یا تغییر بدهند . درجه استقلال قابل ملاحظه این سیستمها بر زیاد بودن ظرفیت حافظه و توان بازخوانی آنها دلالت دارد . (رضائیان ، ۱۳۷۶ ، ص ۱۲۲)

معمولا در سطح دوم، در مقایسه با سطح اول، آزادی عمل بیشتری وجود دارد . در این سطح، افراد می توانند سطوح عملکرد، هدفها و استانداردها را به انتخاب خود تعیین کنند . البته مجموعه ای از شاخصها و هدفها، توسط سطوح

بالاتر سلسله مراتب معین می شود، ولی مدیران میانی نیز در انتخاب هدفها و تعیین سطح عملکرد، تا حـدی آزادی عمل دارند . بدین ترتیب که اگر فرض مدیران عالی هدفهای غیر قابل دسترسی را برای مدیران میانی تعیین کننـد، این مدیران می توانند با استناد به آمار و اطلاعات که خود جمع آوری کرده اند، اقدام به تغییر ایـن اهـداف کننـد . آنچه که در این سطح رخ می دهد، بصورت ذیل است (رضائیان ، ۱۳۷۶ ، ص ۱۲۴):



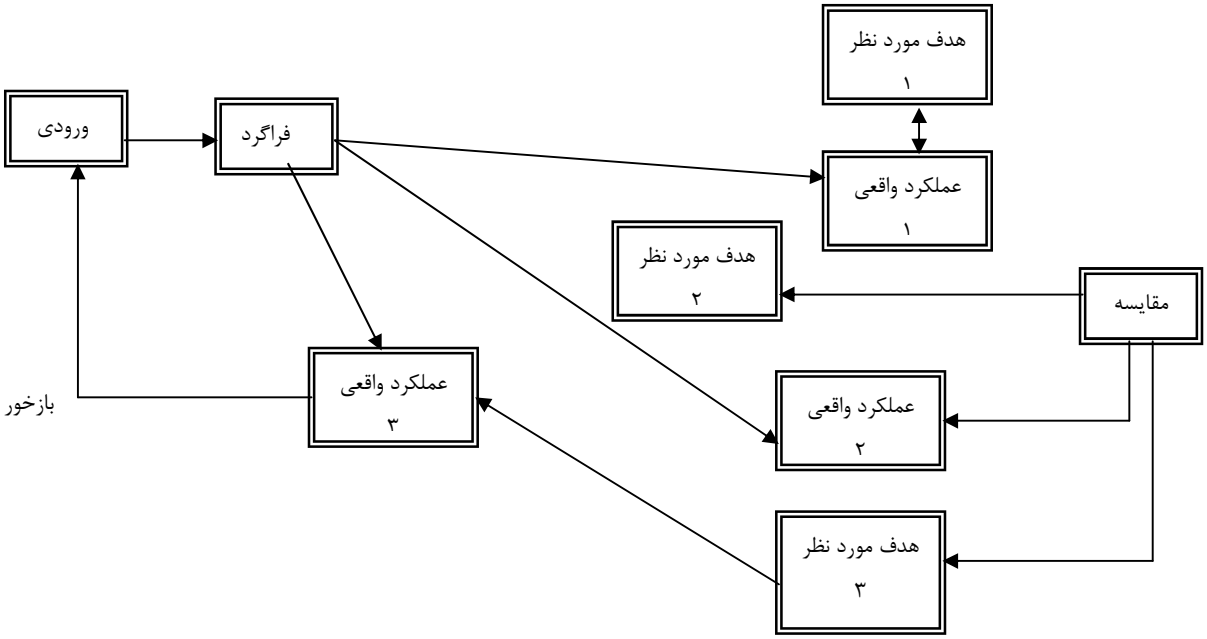
در سطح سوم سلسله مراتب حلقه های بازخور، سیستمهایی قرار دارند که دارای حافظه، تـوان یـادگیری آگاهانـه و قدرت پیش بینی و آگاهی دادن می باشند . (رضائیان ، ۱۳۷۶ ، ص ۱۲۲)این سیستمها می توانند به طور واکنشـی هدف خود را تغییر داده و به دو نوع بازخورهای " پـیش بینـی کننـده " و "آگـاهی کننـده تقسـیم مـی شـوند" . "بازخورهای پیش بینی کننده" در سیستمهایی یافت می شوند که ماهیت خرده سیستم اجرایی آنهـا بـه گونـه ای است که با تاخیز زمانی عمل می کند . در چنین سیستمهایی، بازخور از طریق یک خرده سیستم " جبران کننده " به فعالیت " سازوکار اقدام " سرعت می بخشد، در واقع این خرده سیستم، به منزله یـک "پیشـگویی کننـده" یـا " پیش بینی کننده " کار می کند . بیشتر سازمانها از این نوع سیستم بازخور استفاده می کنند .

سیستمهای بازخور " آگاهی دهنده " به کارگیرنده اقداماتی ابتکاری برای کنترل یک سیستم معین هسـتند، بـدین ترتیب که اجازه می دهند تا سیستم در مدت یا حدود معینی از کنترل خارج شود . بیشتر عوامل کنترل کننـده در

سازمانها، چنین انحرافهایی را مجاز می داند . هدف از اتخاذ چنین تدابیری، جلوگیری از ابزار واکنش شدید در برابر یک پدیده یا یک وضعیت موقتی است . (رضائیان ، ۱۳۷۶ ، ص ۱۲۳)

بطور کلی سیستمهای بازخور نوع سوم را می توان در شمار " فراگردهای خود آگاهانه یادگیری" به حساب آورد که تجربه گذشته را در موارد مشابه بازیابی می کنند و هنگام تجدید نظر در روشهای کنترل خود، بکار می گیرند . (رضائیان ، ۱۳۷۶ ، ص ۱۲۲) این سیستمی بازخور از سایر انواع سیستمهای بازخور پیشرفته تر است . در این سطح، مدیران عالی سازمان، مجموعه ای از اهداف و سیستمهای بازخور ضروری را برای بخشها و سطوح دیگر سازمان در نظر می گیرند . سازمان هایی که مایل به ادامه حیات خود می باشند، می بایستی سازوکارهای سیستم بازخور نوع سوم را در خود ایجاد کنند و به کسب اطلاعاتی در رابطه با محیط، وضعیت جاری عملیات داخلی و رخدادهای گذشته پرداخته و سپس از طریق یک سیستم حافظه، این اطلاعات قابلیت بازیابی پیدا کنند . وجود این گونه اطلاعات، آگاهیها و تواناییها در سازمان، به فراگرد یادگیری در سیستم کمک کرده و عامل تعیین کننده ای برای کنترل رفتار سیستم محسوب خواهد شد . هر زمان که این منابع اطلاعاتی از سازمان جدا شوند، سیستم سازمانی کنترل رفتار خود را از دست خواهد داد چرا که نمی تواند بدون دسترسی به اطلاعات حاصل از رخدادهای گذشته، به فعالیت خود ادامه دهد . از سوی دیگر اگر یک سازمان از طریق این شبکه های اطلاعاتی، از آنچه که در محیطش اتفاق می افتد، اطلاع پیدا نکند ؛ توانایی تطبیق خود را با آن اتفاقات از دست داده و حیاتش در معرض خطر می افتد . (رضائیان ، ۱۳۷۶ ، ص ۱۲۴ الی ۱۲۵)

شرح آنچه که در این سطح اتفاق می افتد، می توان بصورت ذیل ارائه داد :



فصل چهارم

شناخت خرده سیستمها و ساده سازی الگوی تعاملی آنها

۴-۱- شناخت خرده سیستم ها

بسیاری از مسائلی که تحلیلگران سازمان با آنها مواجه می شوند، در نگاه اول مبهم به نظر می رسند . در این فراگرد ابهام زدایی، شاید مهمترین نکته آن باشد که تحلیلگر چه از طریق تجربه پیشین و چه از طریق مطالعه، به شناخت کاملی از این وضعیت و شرایط موجود و مبانی نظری مربوط به آن برسد و سپس آن وضعیت را در قالب یک مدل ارائه کند . برای این کار نیز می بایستی از عوامل و روابط موثر بر رفتار سیستم مطلع باشد، در واقع تحلیلگر علاوه بر مشاهده سیستم و کسب ادراک صحیح از نحوه کارکرد آن، می بایستی در رابطه با نظریه های مربوط به " چرایی رفتار سیستم " نیز به شناخت درست و صحیح نایل شود . به عبارت دیگر یک تحلیلگر زمانی که با یک سیستم پیچیده و یا یک وضعیت ناآشنا مواجعه می شود، می تواند برای خروج از این ابهام از روشهای چندی که تحت عنوان " روشهای شناخت خرده سیستم ها " می باشند، بهره جوید .

بدین ترتیب در مواجعه با سیستمهای بزرگ و پیچیده ابتدا می بایستی فراگرد تعریف خرده سیستم را طی کرد و سپس به شناسایی خرده سیستمهای هر سیستم که اجزای تشکیل دهنده هر سیستم می باشند، پرداخت برای این کار و این شناسایی نیز روشهای گوناگونی موجود می باشد و در نهایت به تفکیک و تقسیم سیستم به چند خرده سیستم پرداخته می شود . (رضائیان ، ۱۳۷۶ ، ص ۱۲۹ الی ۱۳۰)

در ادامه هر یک از این مفاهیم " فراگرد تعریف خرده سیستم" ، " روشهای شناخت خرده سیستم ها" و " جداسازی" تشریح می شوند .

۴-۲- فراگرد تعریف خرده سیستمها

فراگرد تعریف و تشریح خرده سیستمها، با تشریح دو منبع اطلاعاتی اصلی آغاز می شود :

۱. طراحی مفهومی

۲. شاخصهای غالب و دادو ستد

پس از این مرحله، با توجه به ویژگیهای وظایف مشترک، فنون و رویه های مشترک، ارتباط منطقی جریان کـار و داده ها یا بازداده های مشترک، فعالیتها در خرده سیستم دسته بندی و تعیین موقعیت می شوند . (رضائیان ، ۱۳۷۶ ، ص ۱۳۰) در اینجا به تشریح هر یک از این مفاهیم پرداخته می شود :

۴-۳- مفاهیم طراحی خام (مفهومی)

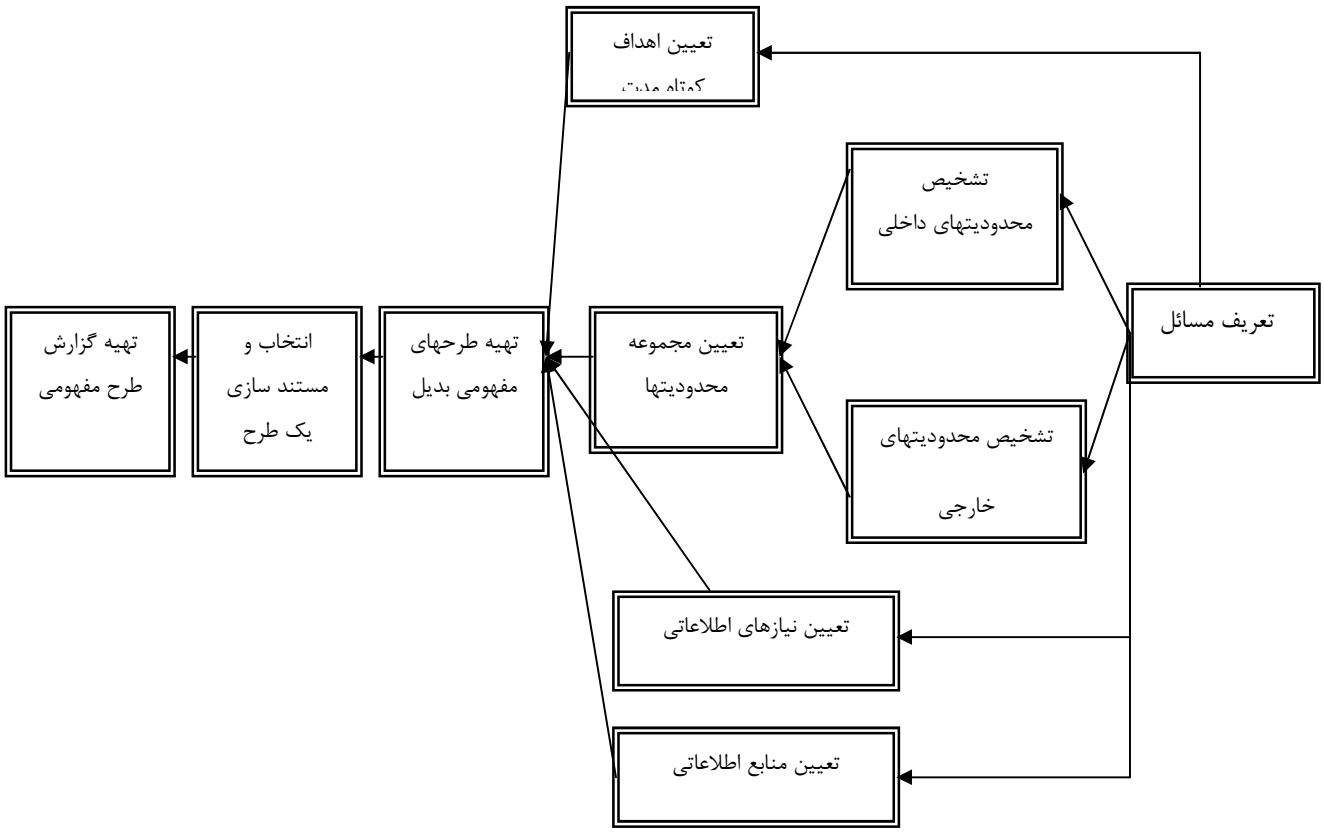
طراحی مفهومی، تعیین کننده چهارچوب و مسیر اجرای پروژه طراحی و ایجاد سیستم اسـت . طراحـی مفهـومی را گاهی " بررسی امکانپذیری" ، " طراحی خام" و " طراحی کلان" نیز می نامند هر یک از این اصطلاحات، فقط بر بخشی از معنای کامل این مرحله از طراحی سیستم دلالت دارند .

در طراحی مفهومی توجه به سه نکته اساسی ذیل ضروری است :

- **ملاحظه و بررسی " علایق مراجعاتی"** . یعنی در زمان برنامه ریزی، جهـت گیریهـا و اسـتراتژی هـای رشـد سازمان در نظر گرفته شود . علایق مراجعاتی همان وضعیتهای عالی و مطلوبی هستند که تصـمیم گیرنـدگان اصـلی، برای آینده سازمان در نظر گرفته اند .

- **اهمیت خلاقیت در طراحی خام** . طراحی خام وظیفه ای خلاق بوده، متضمن ایجاد الگوها و ترتیبـات جدیـدی برای پردازش منابع و اطلاعات است .

– **اهمیت پیش بینی بروز مسائل بالقوه، در جریان طراحی تفصیلی و استقرار سیستم.** با توجه به امکان بروز مسائل پیش بینی نشده، بهتر است مجموعه ای از طرحهای مفهومی بدلیل – با توجه به میزان امکان پذیری طراحی تفصیلی و استقرار آنها – در نظر گرفته شوند و مورد ارزیابی قرار گیرند . مراحل طرح مفهومی در نمودار ۱-۴ آمـده است : (رضائیان ، ۱۳۷۶ ، ص ۲۹۷ الی۲۹۹)



نمودار ۴-۱- مراحل طراحی مفهومی

۴-۴- شاخصهای غالب

شاخصهایی هستند که یک فعالیت را آنقدر مهم می سازند که همه فعالیتهای دیگر را تحت الشعاع خود قرار دهد . برای مثال، یک شاخص غالب عبارت است از : " سیستم باید طوری کار کند که هرگز موجودی انبارش تمام نشود . " (رضائیان ، ۱۳۷۶ ، ص ۳۲۴ الی۳۲۵)

شاخص های داد و ستد

شاخصهایی هستند که میزان عملکرد در یک فعالیت را برای افزایش عملکرد در فعالیت دیگر کاهش می دهند . برای مثال از شاخص پایین نگاهداشتن هزینه های تولید صرف نظر می شود و بودجه ای برای کاهش آلودگی ناشی از تولید در نظر گرفته می شود . (رضائیان ، ۱۳۷۶ ، ص ۳۲۵)

۴-۵- روشهای شناخت خرده سیستم ها

روشهای گوناگون شناسایی خرده سیستم های هر سیستم عبارتند از :

۱. روش جریان کار و عملیات
۲. روش کارکردی (وظیفه ای)
۳. روش تغییر حالت

۴-۵-۱- روش جریان کار و عملیات

متداولترین روش درک یک وضعیت، تعقیب جریان عوامل عمده ای است که در آن پردازش می یابند و روی آنها کار میشود .

با بررسی عملی جریان کارها می توان به این اختلالات و نارسائیها پی برد و راههای بهتر انجام کارها را یافت و برای بهسازی روشهای کاری اقدام کرد . یکی از روشهای این بررسی، مطالعه گردش و جریان کار و عملیات است که در فرمی به نام " نمودار جریان کار " منعکس می شود .

نمودار جریان کار عبارت است از تصویری از مراحل گوناگونی که برای انجام یک کار، از ابتدا تا انتها طی می شود . در این نمودارها با استفاده از علائم ویژه، مراحل هر کار را می توان مصور ساخت و با دقت بر تصویر به دست آمده و انجام تغییراتی در آن، برای رفع مشکلات و کمبودها، پیشنهادات مناسب ارائه داد .

نمودارهای جریان کار بر دو نوع اند : نمودار عمودی که برای کارهایی تنظیم می شود که کلیه مراحل آنها در یک واحد سازمانی انجام می شود و نمودار افقی که برای کارهایی است که مراحل آنها در چند واحد یا چند قسمت انجام می گیرد . مراحل بررسی نمودار جریان کار هم عبارتند از :

۱. تعیین کار مورد نظر
۲. تعیین مراحل کار
۳. ترسیم نمودار برای وضع موجود
۴. تجزیه و تحلیل نمودار وضع موجود
۵. تنظیم نمودار پیشنهادی (تجزیه و تحلیل و طراحی سیستم ها – دکتر زاهدی)

پس از ترسیم این نمودار، از طریق یک مشاهده منظم علمی، روشن می شود که آیا می توان توالی برخی از گامها در سیستم را به منزله تبدیل از نوعی پردازش به پردازشی دیگر و حرکت به فراگرد بعدی تلقی کرد یا خیر . با این روش، بسرعت می توان تاخیرهای احتمالی در هر فراگرد را آشکار ساخت و مشخص کرد که اثرات چنین تاخیرهایی برفراگرد بعدی چه خواهد بود . از سوی دیگر، می توان تعیین کرد که بهبود در چه قسمتهایی بیشترین بازدهی را به دنبال خواهد داشت .

در هنگام استفاده از روش تجزیه و تحلیل جریان کار، باید هر گروه از فراگردها را در قالب یک خرده سیستم اصلی در نظر گرفت . هر فراگرد جدید، در نقطه ای از عملیات آغاز می شود که بطور کلی محصول در آن نقطه دستخوش تغییر شده است . معمولا هر فراگرد، شامل تسهیلات و عواملی مانند پردازشگر، مواد، و رویه پردازش برای تغییر است . جزئیات بیشتر فراگرد عملیات، از طریق مشاهده و مطرح کردن پرسشهای هدفمند و منظم آشکار می گردد .

تحلیگر با استفاده از روش جریان کار، ادراکی کلی از مجموعه سیستم دریافت می کند و تصویری از آن در ذهن خود مجسم می سازد و پس از آن می تواند از این روش برای مطالعه خرده سیستمهای شناسایی شده، استفاده کند .

بطور کلی می توان اشاره کرد که نمودارهای جریان کار از ابزارهای مهمی برای شناسایی اختلالات، رسیدن به راههای بهتر انجام کارها، بهبود روشهای کاری و نهایتا تحقق اهداف به شمار می روند . (رضائیان ، ۱۳۷۶ ، ص ۱۳۳ الی۱۳۴)

۴-۵-۲- روش کارکردی (وظیفه ای)

گاهی اوقات، استفاده از روش " جریان کار و عملیات " برای شناسایی خرده سیستم های سازمانهای پیچیده، مطلوب نمی باشد، چرا که ممکن است هیچ جریان آشکاری از یک عامل وجود نداشته باشد . در این صورت بهتر است از روش " شناسایی کارکردها و وظایف " هر سیستم و پی گیری توالی آنها استفاده کرد . با اتخاذ این روش، تحلیلگر می تواند هر یک از وظایف را به طور عمیقتر بررسی کند و معین سازد که چه کسی عهده دار انجام آنهاست، چه تسهیلات و اطلاعاتی مورد نیاز است، چه رویه هایی باید دنبال شوند و چه بازده هایی باید حاصل شوند . با بررسی و تحلیل هر وظیفه و دسته بندی گروههای وظایف اصلی و فرعی، خرده سیستم ها شکل می گیرند .

در مرحله بعد از شناسایی وظایف، مدلسازی سیستم با تشریح رویه هایی که وظایف به وسیله آنها انجـام مـی شوند – یا قابل انجام می باشند – شروع می شود .

به این ترتیب، شناخت کارکردها و وظایف، روشی را برای آغاز کار طراحی و مدلسازی برای خـرده سیسـتم هـا ارائه می دهد . (رضائیان ، ۱۳۷۶ ، ص ۱۳۵ الی۱۳۶)

۴-۵-۳- روش تغییر حالت

این روش، کاربردهای متعددی دارد . اما بیشتر برای تجزیه و تحلیل مسائلی مناسب است که برای حـل آنهـا می توان از شبیه سازی استفاده کرد . در این روش، زمان به مجموعه ای از لحظات یا نقاط تقسیم می گردد، به طوری که تحلیلگر بتواند در هر لحظه، تصویری از وضعیت سیستم را در همان لحظه، در ذهن مجسم کنـد . در واقع، وضعیت سیستم در هر لحظه از زمان، با مشخص کردن وضعیت متغیرهای داخلی و خارجی مربوط به آن، نمایش داده می شود.

نخستین مرحله استفاده از روش تغییر حالت برای ادراک و شناخت یک وضعیت، شناسایی متغیرهای مربوط به آن است . اقدام بعدی – که مشکلترین گام نیز به شمار می آید – تعریف روابطی است کـه حـالات هـر یـک از متغیرها را در طی زمان توصیف می کنند .

نباید فراموش کرد که متغیرها الزاما با گذشت زمان تغییر نمی کنند، در واقع روابط وابسته به زمان را می توان به صورت مشروط (بین حال و گذشته) در نظر گرفت ؛ یعنی هر متغیر خاص، فقط هنگامی می تواند تغیر یابد که وضع کنونی سیستم از ویژگیهای معینی برخوردار باشد . بنابراین در روش تغییر حالت، تعیین رویه های ذیل ضرورت دارد :

۱ – رویه ای برای معین کردن اینکه آیا تغییر یک متغیر یا گروهی از متغیرها الزامی است ؟

۲ – رویه ای محاسباتی برای به روز کردن اطلاعات در مورد تغییرات متغیرها .

خرده سیستم ها باید به گونه ای تعریف شوند کـه آثـار تغییـر در یـک خـرده سیسـتم بـر رفتـار سـایر خـرده سیستم ها، به حداقل برسد . در روش تغییر حالت، خرده سیستم ها همان رویه های فرعی هستند . (رضائیان ، ۱۳۷۶ ، ص ۱۳۷ الی۱۳۷)

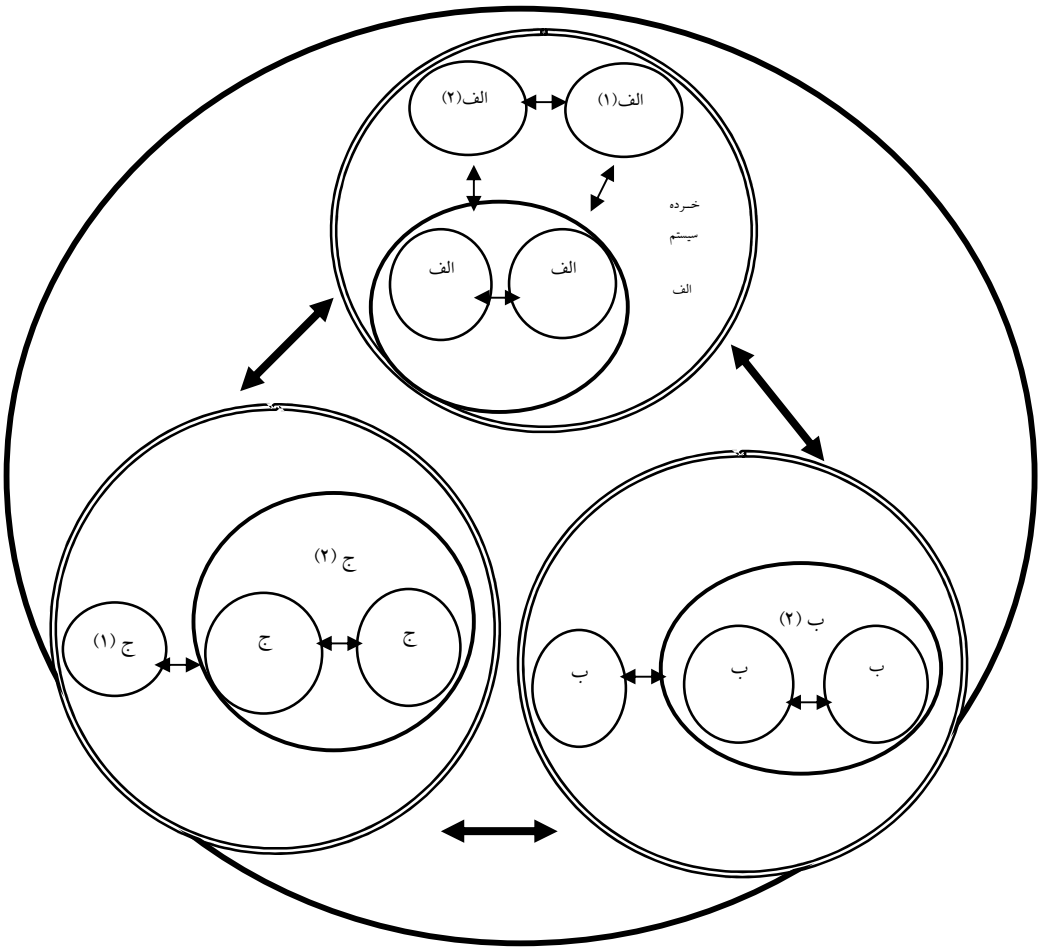
۴-۶- جدا سازی (تفکیک)

هنگامی که " سیستمی پیچیده" ، به منزله یک کل واحد در نظر گرفته می شود، شناخت و تحلیل کـارکرد آن دشوار تر است . البته نگرش نظامگرا، طراحان و تحلیلگران سیستم را بر آن می دارد کـه هـر سیسـتم را بـه مثابه یک کل در نظر بگیرند ؛ ولی برای شناخت هر چه بهتر یک سیسـتم، بایـد مرزهـا و نحـوه تعامـل خـرده سیستمهای آن با یکدیگر را به گونه ای تعریف کرد که معرفی کننده کل سیستم باشند .

فراگرد جداسازی در هر سیستم باید تا جایی ادامه پیدا کند که خرده سیسـتمهای تفکیـک شـده، قابـل اداره و قابل کنترل باشند . در این مرحله، برخی از خرده سیستمها به صورت جعبه هایی سیاه در نظر گرفته می شوند، زیرا ساختار داخلی آنها شناخته شده نیست، ولی رفتار آنها قابل پیش بینی است .

فراگرد جداسازی، مرزهای جدید خرده سیستمها، با دقت مطالعه و تعیین می شوند ؛ سپس بر اسـاس سـاختار جدید تعامل لازم میان آنها برقرار می گردد ؛ و در نهایت، این خرده سیسـتمها در قالـب یـک سـاختار سلسـله مراتبی (نمودار ۲-۴) شکل می گیرند به طوری که هر خرده سیستم در این سلسله مراتب، عنصری از یک اَبـر سیستم (سیستم فوقانی خود) به شمار می آید. ساختار سلسله مراتبی، بیانگر چگونگی تقسیم هدفهای کلـی سیستم در قالب مجموعه ای از هدفهای فرعی است ؛ به این ترتیب، هر خرده سیستم یک وظیفه تخصصی دارد که با انجام آن به تحقق هدفهای اَبر سیستم کمک می کند . مساله عمده ای که در فراگرد جداسازی باید مدنظر قرار گیرد، خطر بهینه نشدن بازدهی کل عملیات است . در واقع بـا محـدودتر شـدن مرزهـا، ممکـن اسـت کـه

احتمال این خطر افزایش پیدا کند ؛ به این ترتیب که بهینه سازی بخشی جایگزین بهینه سازی کلی عملیات گردد .



نمودار ۲-۴ رابطه سلسله مراتبی خرده سیستمها

در فراگرد جداسازی، رعایت یک اصل کلی ضرورت است . بر اساس این اصل – که " انسجام کارکردی" نامیده می شود – هدفهای سیستم دیکته کنندهٔ نحوهٔ تفکیک هستند . آن دسته از اجزای

یک سیستم، که عهده دار وظیفه ای واحد هستند، یک خرده سیستم را تشکیل می دهند ؛ یعنی همـه اجزایـی که در رابطه با یک وظیفه فعالیت می کنند، یک خرده سیستم محسوب می شوند . (رضائیان ، ۱۳۷۶ ، ص ۱۳۸ الی۱۴۰)

۴-۶-۱- کاربرد جداسازی و تفکیک در مدیریت پروژه (ساختار تجزیه کار)

به منظور جلوگیری از دوباره کاریها و پراکنده کاریهایی که خطر بهینه نشدن عملیات را به همراه دارنـد، در مدیریت پروژه از یک روش مهم به نام " ساختار تجزیه کار" ، استفاده می شود . این روش مبتنـی بـر تفکیـک طبیعی پروژه و نتایج آن است و به ترتیب ذیل انجام می شود :

سطح ۱. تجزیه هر سیستم به چند خرده سیستم

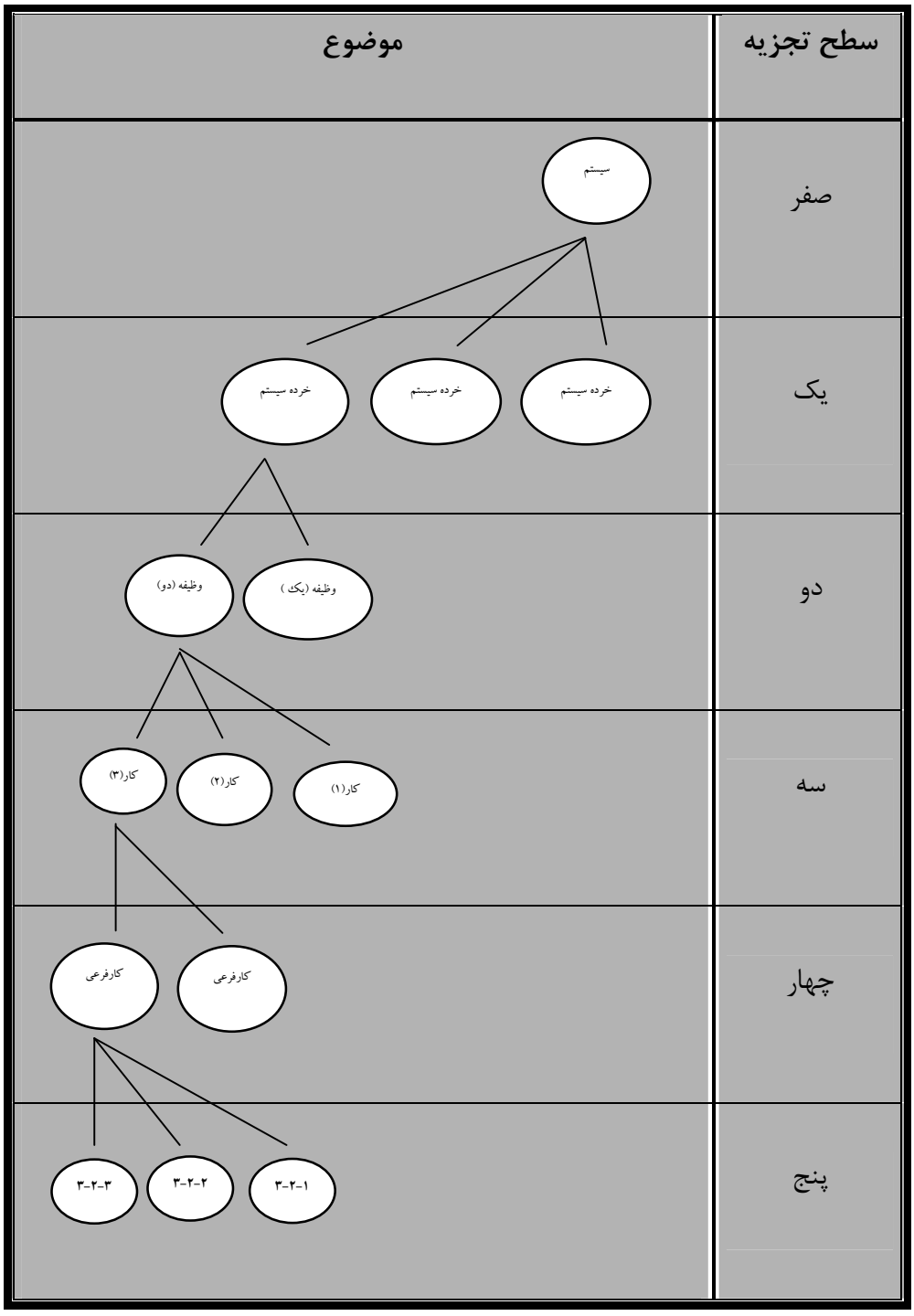
سطح ۲. تجزیه هر خرده سیستم بر حسب کارکردها و وظایفی که برعهده دارد

سطح ۳. تجزیه هر وظیفه (کارکرد) به کارهایی که باید در آن صورت پذیرد

سطح ۴. تجزیه هر کار به کارهای فرعی

سطح ۵. تجزیه هر کار فرعی به جزء کارها (رضائیان ، ۱۳۷۶ ، ص ۱۴۰ الی۱۴۳)

این سلسله مراتب در نمودار ۳-۴ نشان داده شده است .



نمودار ۳-۴ روش ساختار تجزیه کار

۴-۷- محاسبه روابط تعاملی خرده سیستم ها

پس از فراگرد جداسازی خرده سیستم ها، نحوهٔ تعامل بین آنها مطرح می شود . با افزایش تعداد خرده سیستمها، تعداد روابط تعاملی ما بین آنها نیز بسرعت افزایش می یابد . در صورتی که همهٔ خرده سیستمهای یک سیستم با هم در تعامل باشند، تعداد روابط تعاملی از طریق رابطه ذیل قابل محاسبه می باشد:

تعداد روابط تعاملی خرده سیستمهای هر سیستم = ۱/۲ n (n -۱)

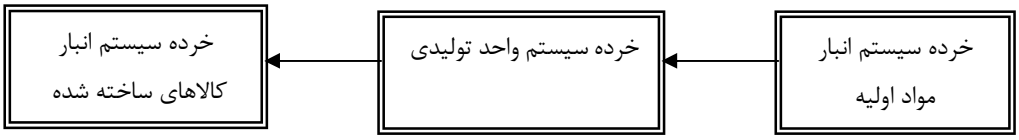
تعداد خرده سیستمهای هر سیستم = n

بعنوان مثال اگر یک سیستم دارای بیست خرده سیستم باشد، طبق فرمول، ۱۹۰ رابطه تعاملی میان آنها برقرار خواهد بود . (رضائیان ، ۱۳۷۶ ، ص ۱۴۳)

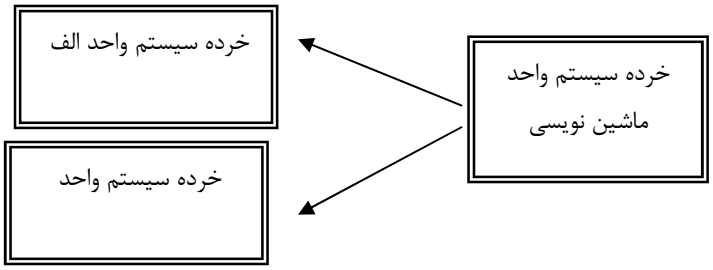
۴-۸- منشا تعامل خرده سیستمها

هر چه تعداد خرده سیستمها بیشتر باشد، تعداد تعاملهای ما بین خرده سیستمها نیز افزایش یافته و به تبع آن مطالعه سیستم و بررسی نحوهٔ پیدایش آن دشوارتر می شود . بطور کلی این تعامل ها در خرده سیستم ها، سه منشا می توانند داشته باشند :

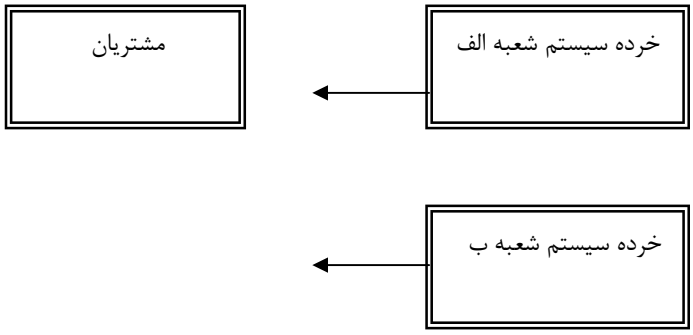
۱. زمانی که بازداده های یک خرده سیستم، داده یا ورودی یک خرده سیستم دیگر باشد، یک اتصال داخلی بوجود می آید . مانند : جریان تولید یک کالا در یک واحد تولیدی به شرح ذیل :



۱. زمانی که چند خرده سیستم از منابع مشترکی استفاده می کنند، اتصال داخلی بوجود می آید . مانند زمانی که واحدهای گوناگون به یک واحد برای انجام کارهای ماشین نویسی مراجعه می کنند .



۱. زمانی که وجود محیط مشترک، منجر به وجود آمدن اتصالات داخلی ما بین خرده سیستم ها میشود . مانند زمانی که یکی از شعب یک فروشگاه زنجیره ای حسن شهرت خود را از دید مشتری از دست می دهد و این مسئله بر روی سایر شعب فروشگاه نیز تاثیر خود را می گذارد .



۴-۹- ساده سازی الگوی تعاملی خرده سیستمها و روشهای آن

در هر سیستم، با افزایش تعداد خرده سیستمها، تعداد تعاملها نیز بسرعت افزایش می یابد و به تبع آن مطالعه سیستم دشوار می شود . در اینجا فراگرد ساده سازی و سازماندهی خرده سیستمها مطرح می شود و هدف از آن نیز آن است که خرده سیستمها به گونه ای تنظیم شوند که تعداد اتصالهای داخلی کاهش یابد (رضائیان ، ۱۳۷۶ ، ص ۱۴۳). چهار روش برای ساده سازی الگوی تعاملی خرده سیستمها بکار می روند که عبارتند از :

۱. انتخاب ساختار مناسب

ساختار هر سیستم باید به گونه ای تنظیم شود که فعالیتهای آن پیوند بسیار نزدیکی با یکدیگر داشته باشند و در یک مسیر قرار بگیرند . اگر در سازماندهی و طراحی یک سیستم سازمانی، ازطراحی بر مبنای پروژه استفاده شود، پروژه ها مستقلتر عمل خواهند کرد و تعامل کمتری میان واحدهای آنها برقرار می شود، در حالی که اگر از طراحی بر مبنای وظیفه استفاده شود، تعداد تعاملها افزایش می یابد . در فراگرد ساده سازی از طریق ساختار، باید مزایای کاهش تعامل خرده سیستمها و مزایای سازماندهی تخصصی کارها با هم مقایسه شوند، بطوریکه کاهش هزینه تعامل از طریق طراحی سازمان ها بر مبنای پروژه، منجر به افزایش هزینه های ناشی از عدم رعایت اصل تخصص در انجام کارها نگردد . (رضائیان ، ۱۳۷۶ ، ص ۱۴۵)

۲ . استفاده از اصل استثنا برای کاهش تعامل

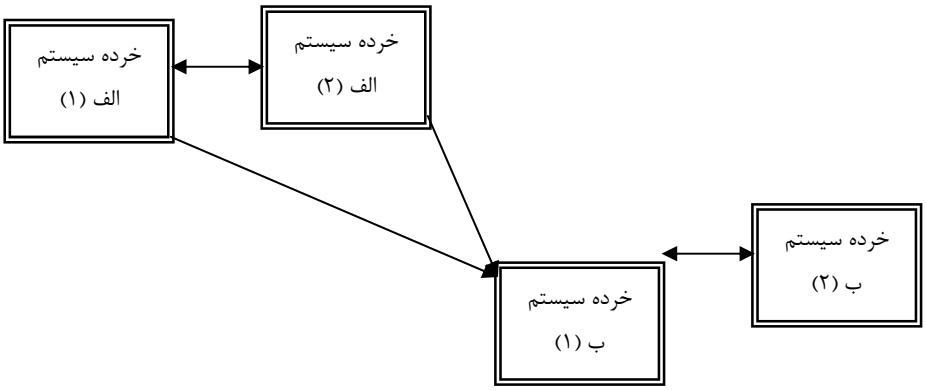
تا زمانی که یک خرده سیستم در قلمروی از پیش تعیین شده فعالیت می کند، موقتا به منزله یک واحد مستقل در نظر گرفته می شود . هنگامی که این خرده سیستم از قلمرو مذکور فراتر برود و با خرده سیستم دیگری تعامل پیدا کند، باید پس از شناسایی این تعامل، به طور مناسبی با آن برخورد شود .

۳. ایجاد خوشه ای از خرده سیستم ها

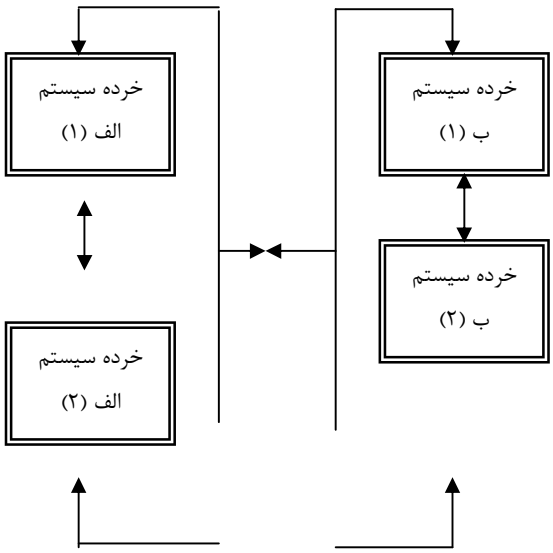
در این روش، خوشه هایی از خرده سیستم ها ایجاد می شوند، به طوری که همه خرده سیستم های داخل یک خوشه با یکدیگر تعامل داشته باشند، ولی هر خوشه فقط از طریق یک مسیر تعاملی، با سایر خوشه ها یا خرده سیستم ها ارتباط برقرار می کند . نمودار ۴- ۴خوشه ای کردن خرده سیستمها را برای ساده سازی الگوی تعاملی آنها با مقایسه در حالت " الف" و" ب" نشان می دهد . در حالت (الف) تمام خرده سیستم ها به هم پیوسته اند .

در حالی که حالت (ب) وضعیتی را نشان می دهد که خرده سیستمهای درون هر خوشه به همه پیوسته اند و خوشه ها نیز از طریق یک رابطه تعاملی منفرد، با هم مرتبط می شوند . مانند یک پایگاه اطلاعاتی که چندین برنامه از آن استفاده می کنند . اما تنها از طریق ارتباط با مدیر پایگاه اطلاعاتی می توان به پایگاه مذکور متصل شوند . (رضائیان ، ۱۳۷۶ ، ص۱۴۶)

نمودار ۴-۴



حالت الف



حالت ب

۴. " خروج از اتصال " برای کاهش تعامل

خروج از اتصال، به معنی تضعیف اتصال خرده سیستم هاست، به گونه ای که بتوانند در کوتاه مدت با استقلالی نسبی به فعالیت بپردازند . برای خروج از اتصال می توان روشهای ذیل را بکار بست :

۱. **ذخیره سازی و تنظیم ورودیها** بدین ترتیب که برای تعدیل نرخ ورود و خروج داده ها در برخی از سیستمهای ارتباطی و کامپیوترها می توان از دستگاه تنظیم میزان ورود داده ها استفاده کرد .
۲. **منعطف ساختن منابع** بدین ترتیب که از ظرفیتهای خالی و منابع منعطف استفاده شود . مانند زمانی که یک سازمان ارائه کننده خدمات سیستمی، برای تحلیلگری سیستم و برنامه نویسی، از نیروی انسانی موجود خود به صورت چند پیشه استفاده می کند .
۳. **تعیین استانداردها** بدین ترتیب که استاندارد کردن هزینه ها، با کاهش دادن نیاز به برقراری ارتباط با سایر خرده سیستم ها، برنامه ریزی و سازماندهی را ساده تر می سازد . مانند زمانی که مدیر یک مرکز اطلاعات قادر است مجموعه ای از استانداردها و اطلاعات مورد نیاز استفاده کنندگان را تدوین کرده و شرایطی را فراهم سازد که برای استفاده از مرکز نیازی به کنترلهای خسته کننده و وقت گیر و بدون هماهنگی با سایر خرده سیستمها، امکان استفاده از اطلاعات حاصل شود . (رضائیان ، ۱۳۷۶ ، ص ۱۴۷ الی ۱۵۰)

فصل پنجم

دینامیک سیستم ها و مدلسازی

۵-۱- پویایی‌های سامانه

پویایی‌های سامانه یا **پویایی‌شناسی سامانه‌ها** (*System dynamics*)، روشی برای درک رفتارهای یک سامانه پیچیده در طول زمان است. در این روش با تمرکز بر حلقه‌های بازخورد (Loops Feedback) درون سیستم، تأثیرات غیرخطی و تاخیرهای زمانی در میان متغیرها و همچنین ماهیت انباشتی و یا جریانی متغیرها به بررسی رفتار یک سیستم می‌پردازند. با توجه به ماهیت عددی روش پویایی‌های سامانه، این امکان وجود دارد که مدل‌های مبتنی بر این روش را با استفاده از رایانه شبیه‌سازی کرد و با مجموعه پارامترهای و متغیرهای مختلف وضعیت سیستم برای یک بازه زمانی در آینده را پیش بینی نمود.

- **تاریخچه**

روش پویایی‌های سامانه در اواخر دههٔ پنجاه میلادی توسط جی فارستر در دانشگاه MIT بنیان نهاده شد. جی فاستر که همچنین به عنوان مخترع حافظهٔ مغناطیسی نیز شهرت دارد بعد از جابه‌جایی به دانشکدهٔ مدیریت Sloan همین دانشگاه روش داینامیک سیستم را برای سیستم‌های مختلف از جمله سیستم‌های اقتصادی و اجتماعی به کار برد. اولین مقالهٔ منتشر شده از جانب وی با این مضمون مربوط به مقاله‌ای است که در سال ۱۹۵۶ در مجله Harvard Business Review و با عنوان پویایی‌های صنعتی منتشر شد. Wikipedia

۵-۳- مفاهیم و اصول دینامیک سیستم

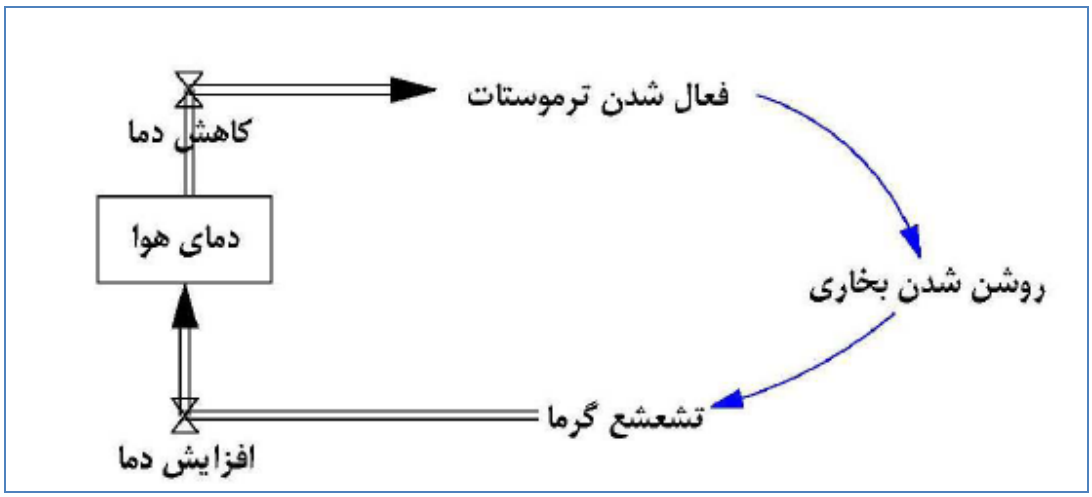
یک اصطلاح کلیدی در مبحث دینامیک سیستم، اصطلاح بازخور است که درک آن اهمیت زیادی دارد . همان گونه که در بخش تعاریف آمده است ، بازخور(feedback) فرایندی است که طی آن یک سیگنال از زنجیره ای از روابط علی عبور می کند تا اینکه مجددا بر خودش تاثیر بگذارد . دو نوع بازخور وجود دارد :

- بازخور مثبت : افزایش(کاهش) در یک متغیر ، بعد از یک تاخیر(delay) باعث افزایش (کاهش) همان متغیر می شود .
- بازخور منفی : افزایش(کاهش) در یک متغیر ، بعد از یک تاخیر(delay) باعث کاهش (افزایش) همان متغیر می شود .

با توجه به مفهوم فوق ، دو نوع سیستم وجود دارد :

- سیستم حلقه باز (open loop): در آن زنجیره ساده ای از علیت وجود دارد . به عنوان مثال دمای هوا کاهش می یابد بنابراین افراد لباس گرم می پوشند . پوشیدن لباس گرم تاثیری بر دمای اتاق ندارد .

- سیستم حلقه بسته (closed loop) : در آن زنجیره ای حلقوی از علیت وجود دارد . به عنوان مثال ، کاهش دما موجب فعال شدن ترموستات شده و بخاری را روشن می کند . در اثر روشن شدن بخاری ، گرما تشعشع می کند و دما افزایش می یابد .

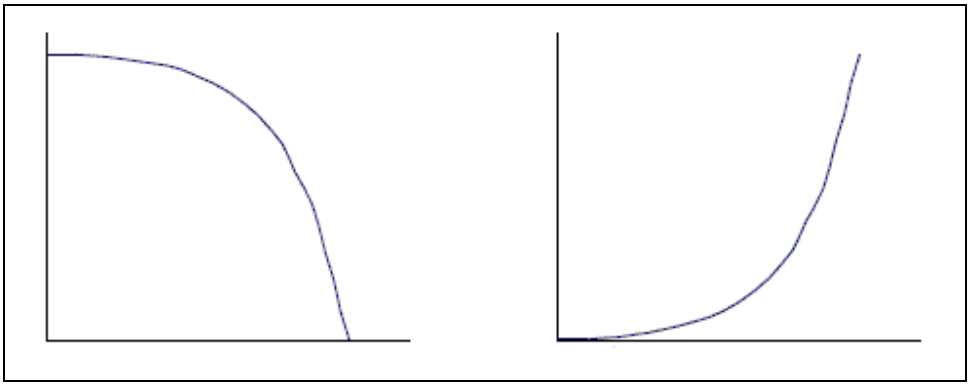


یعنی یک تغییر در دمای اتاق بطور اتوماتیک موجب تغییر دیگری در دما می شود. در مثال ترموستات ، تاثیر دو تغییر فوق در جهت تعادل (balancing) است . کاهش در دما باعث افزایش دما می شود . اگر ترموستات به درستی کار کند ، دمای هوا به مقدار زیادی از مقدار مطلوب تنظیم شده ، انحراف نمی یابد .

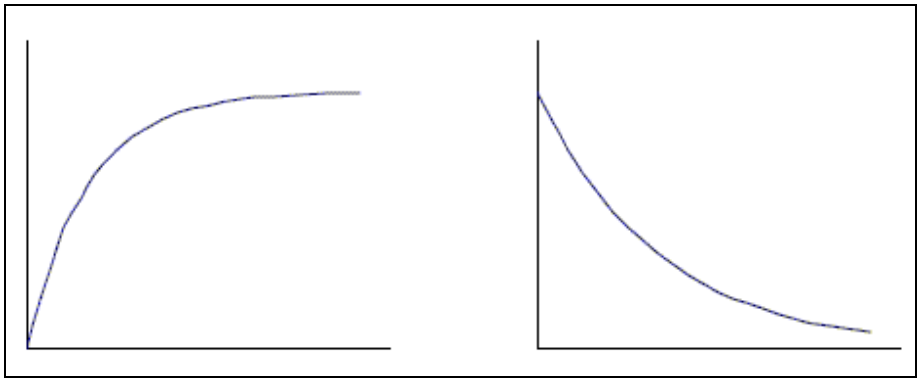
سیستم های حلقه بسته را عموما سیستم های بازخوردی (feedback systems) می نامند . در یک سیستم بازخوردی ، یک متغیر همزمان هم علت است و هم معلول . دمای هوا تحت تاثیر تشعشع کننده ها قرار می گیرد و بر فعالیت ترموستات تاثیر می گذارد .

در یک سیستم بازخوردی ، یک تغییر در محیط(به عنوان مثال تغییر دمای اتاق) منتهی به یک تصمیم (مثل تصمیم ترموستات) می شود که موجب انجام یک اقدام (روشن شدن بخاری) گشته و بـر محـیط تاثیر می گذارد (دمای هوای اتاق را بالا می برد)

به عنوان مثالهایی از سیستم بازخور مثبت ، می توان رشد باکتری ، رشـد جمعیـت ، افـزایش پـول در حساب بانکی با بهره ، اعتیاد را نام برد . نمودارهای زیر ، نحوه تغییرات این نوع سیستم ها را در حالـت ساده نشان می دهند .



به عنوان مثالی از بازخور منفی ، می توان تغییرات موادی که نیمه عمر دارند را نام برد . بازخور منفی موجب ظهور رفتار هدفجویی (goal seeking) می گردد . در سیستم های ساده ، رفتار هـدفجویی ، مجانبی خواهد بود (مثل دو نمودار زیر) اما در سیستم ه ی پیچیده تر ، نوسانی است.



(کتاب "پنجمین فرمان " نوشته Peter M. Senge)

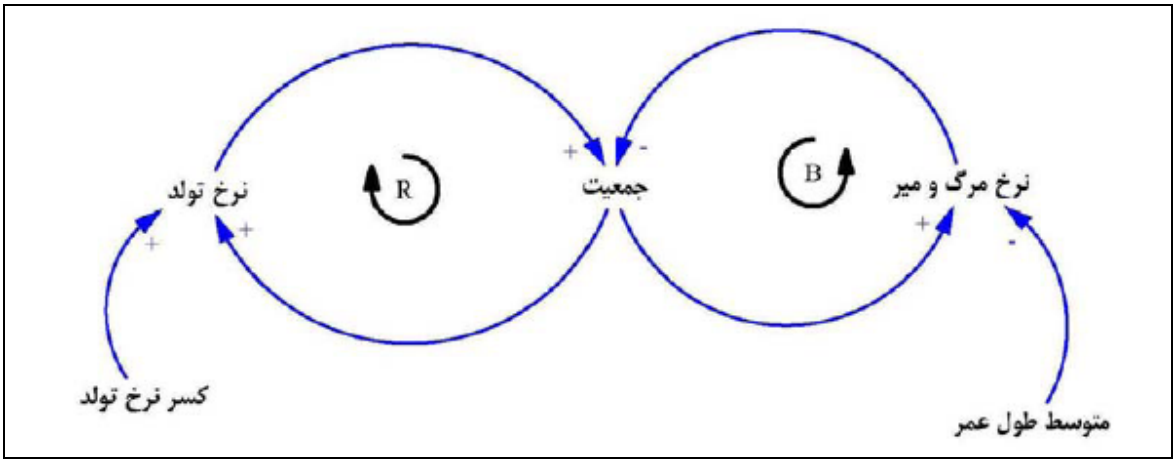
۵-۴- نمودار حلقه علّیت (Causal Loop Diagram)

این نمودارها را به عنوان "نمودار علت و معلول" و "نمودار علّی حلقوی" نیز ترجمه نموده اند و ما از عبارت اختصاری CLD نیز استفاده خواهیم کرد.CLD یکی از ابزارهای مهم برای نشان دادن ساختار بازخور در سیستم ها است. CLDها مدت طولانی است که در کارهای آکادمیک بکار می روند و در کسب و کارها نیز عمومیت بیشتری می یابند . CLD استفاده از برای موارد زیر مناسب است:

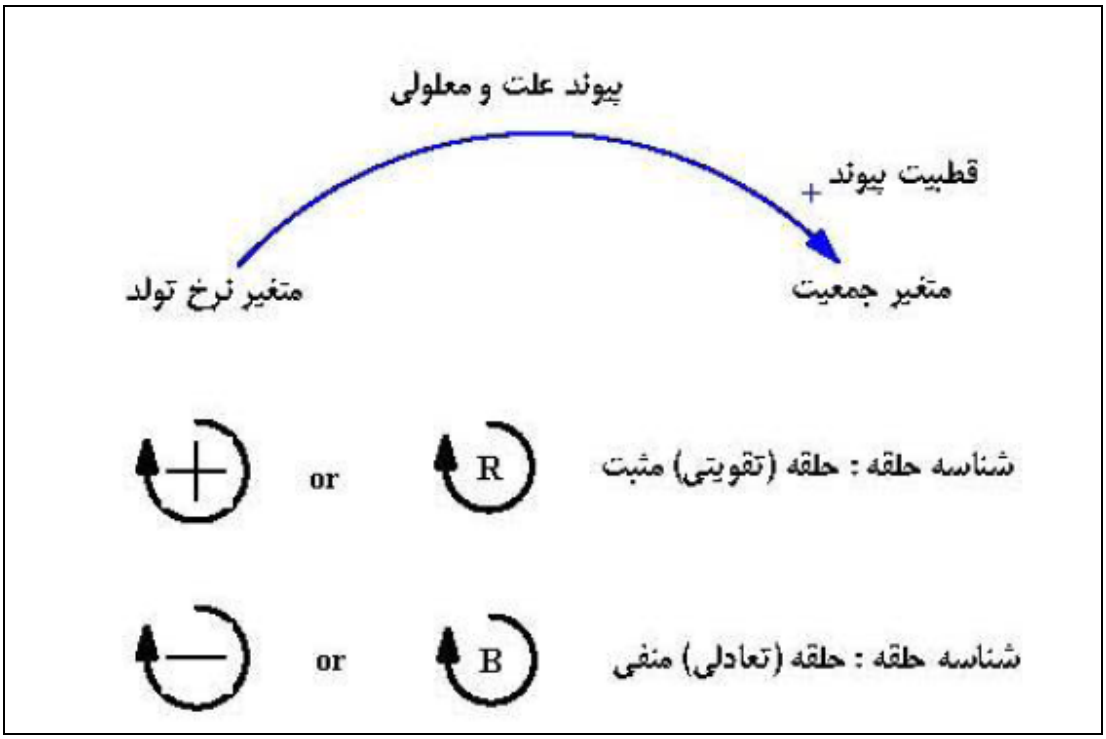
- بدست آوردن فرضیه هایی در مورد علل پویایی موجود در سیستم
- استخراج مدلهای ذهنی افراد و تیمها
- تبادل اطلاعات بازخورهای مهمی که فکر می کنید عامل مشکل هستند

یکCLD شامل متغیرهایی است که با کمان به هم مرتبط شده اند و تأثیرات علّی بین متغیرها را نشان می دهد.

(به عنوان مثال شکل زیر را ببینید)



در شکل زیر، نمادهای مورد استفاده در نمودار حلقه علّیت، نمایش داده شده اند.



متغیرها با پیوندهای علت و معلولی(causal link) که با پیکان(arrow) نمایش داده می شوند، با هم مرتبط می شوند. در مثال ارائه شده، نرخ تولد ((birth rate) هم به وسیله جمعیت و هم کسر نرخ تولد(fractional birth rate) تعیین می گردد. به هر پیوند علت و معلولی، یک قطبیت (polarity) ، به صورت مثبت (+) یا منفی (-) تخصیص می یابد تا چگونگی تغییر متغیر وابسته را هنگامی که متغیر مستقل تغییر می کند، نشان دهد. حلقه های مهم با یک شناسه حلقه (loop identifier) مشخص می گردند که نشان می دهد) آیا حلقه، بازخور تقویتی (balancing) است یا تعادلی (reinforcing) . توجه داشته باشید که شناسه حلقه، هم جهت با حلقه متناظر با آن، چرخش می کند.

وجود پیوند مثبت، بدین معنی است که، اگر علت، افزایش یابد، معلول نیز بیشتر از آن چیزی می شود که در غیر این صورت، می بود و اگر علت، کاهش یابد، معلول نیز کمتر از آن چیزی می شود که در غیر این صورت، می بود.

در مثال قبل، یک افزایش در کسر نرخ تولد، به معنی افزایش نرخ تولد (بر حسب تعداد افـراد در هـر سـال) بـه بیش از آن چیزی است که در غیر این صورت، می بود.

وجود پیوند منفی، بدین معنی است که اگر علت، افزایش یابد، معلول کمتر از آن چیزی می شود که در غیر این صورت، می بود و اگر علت، کاهش یابد، معلول بیش از آن چیزی می شود که در غیر این صورت می بود. در مثال قبل، افزایش متوسط طول عمر افراد، به معنی کاهش نرخ مرگ و میر (بر حسب تعداد افراد در هر سال) به کمتر از آنچه می بود، است.

قطبیت پیوندها ساختار سیستم (link polarities) را تشریح مـی کننـد نـه رفتـار متغیرهـا را. یعنـی آنهـا مشخص می کنند که چه اتفاقی می افتد، اگر تغییری بوجود آید. آنها مشخص نمی کنند واقعاً چه اتفاقی می افتد. کسر نرخ تولد ممکن است افزایش یابد و ممکن است کاهش یابد، نمودار علّیت بـه شـما نمـی گویـد چـه اتفاقی خواهد افتاد. بلکه به شما می گوید چه اتفاقی می افتد اگر متغیر، تغییر نماید.

به عبارت " بیشتر (کمتر) از آن چیزی که در غیر این صورت، می بود" در تعریف قطبیت پیوند، توجه نمایید. افزایش در متغیر علت، لزوما بدین معنی نیست که معلول، واقعاً افزایش می یابد. دو دلیل وجود دارد. اول اینکه، یک متغیر معمولا بیش از یک ورودی(input) دارد. برای اینکه تعیین کنید واقعا چه اتفاقی خواهد افتاد، شما باید بدانید که همه ورودیها چگونه تغییر می کنند.

دوم، و مهمتر، اینکه نمودارهای حلقه علّیت، بین ذخائر(stocks) و جریانها (flows) (جمع شدن منابع در یک سیستم و نرخ هایی که آن منابع را تغییر می دهند) تمایز قائل نمی شوند.

۵-۵- مبانی شبیه سازی (مرکز اطلاعات و مدارک علمی ایران)

انسان برای رفع نیازهـای خـویش سیسـتم هـای متنـوعی اعـم از تولیـدی و خـدماتی را بوجـود آورده اسـت . این‌سیستمها در طول زمان رشد و توسعه یافته‌اند و بـه نوبـۀ خـود مسـائل و مشـکلات مختلفـی را هـم ایجـاد نموده‌اند.از طرف دیگر پیچیدگی های این سیستم ها فرایند تصمیم‌گیری ، هدایت و کنترل را برای افراد مسئول بسیارحساس و مشکل ساخته است . لـذا بـرای حـل مسـائل و مشـکلات و در نهایـت کمـک بـه مسـؤلان بـه منظورشناخت و بهبود عملکرد و تصمیم‌گیری در مورد سیستم ها ، روشها و تکنیک‌های متفاوتی بوجـود آمـده اند که‌بکارگیری آنها بستگی به نوعی سیستم و مشکل مربوطه دارد . تجزیه و تحلیل های ریاضی مشاهده عینی وتجربی و فنون مختلف پژوهش عملیاتی را می‌توان نمونه‌ای از این روشها دانسـت . طبیعـی اسـت کـه هریـک ازروشهای مذکور دارای نقاط قوت و محدودیت‌هایی می‌باشند و بکارگیری همه آنها در مورد یک سیستم‌خـاص

نه بسادگی امکان پذیر است و نه نتیجه مشابه خواهد داشت . یکی دیگر از روشهائی که برای شناخت‌وضع موجود و بهبود عملکرد سیستم‌ها بوجود آمده ، شبیه سازی است. شبیه سازی یکی از پرقدرترین و مفید ترین ابزارهای تحلیل عملکرد فرایندهای پیچیدهٔ سیستم‌هااست . هر مهندس یا مدیری که بخواهد اطلاعاتش را کامل کند باید با این روش آشنا باشد . مدلسازی از طریق‌شبیه سازی تاحد زیادی به‌علوم کامپیوتر، ریاضیات ، احتمالات و آمار متکی است .

چون شبیه سازی نوعی مدلسازی سیستم است لذا در بخش نخست سیستم ها و سپس مدلها و در نهایت‌شبیه سازی را مورد بحث قرار خواهیم داد .

۱ ـ سیستم‌ها

برای آشنایی با مفهوم سیستم ابتدا مثالهای از سیستم را ارائه می‌کنیم و سپس با جزئیات بیشتر به بحث‌خواهیم پرداخت . به تشکیلات یک بانک توجه کنید . یک بانک تعدادی انسان ، ماشین، دفاتر، کامپیوتر،مقررات اداری و قوانین پولی و اقتصادی است که همه به نوعی وابسته به یکدیگر بوده و با اثر گذاشتن بر هم‌بمنظور ارائه خدمات بانکی و کسب درآمدهای اقتصادی دارای وحدت و هماهنگی هستند . یک واحدتولیدی ، مثلاً تولید اتومبیل ، مثال دیگری از سیستم است در این واحد هم تعداد زیادی از مهندسین ،کارگران، ماشین آلات ، قوانین کار ، فرمولهای مهندسی، مواد اولیه و قوانین تولید گردهم آمده و هریک در راه‌هدف نهایی یعنی تولید دارای نقشی بوده و در اجرای این نقش از دیگران تأثیر پذیر و بر دیگران تاثیر گذارمی‌باشند. مسلماً هدف از ایجاد یک سیستم یا اداره یک سیستم موجود، کسب بهترین نتایج حاصل از آن‌است. لذا در مورد سیستم های موجود باید تأثیر اجزاء آن بریکدیگر، قوانین و رابطه‌های حاکم برآن و دیگرخصوصیات آنرا شناخت. و اگر هدف ایجاد یک سیستم است باید بهترین تعداد و ترکیب اشیاء و مؤثرترین‌قوانین را برای آن انتخاب نمود . اما انتخاب بهترین ها خود مستلزم شناخت رفتار سیستم با ترکیبات و قوانین‌متفاوت می‌باشد . در هر حال لازمه ایجاد یا اداره مطلوب یک سیستم ، بررسی و تجزیه و تحلیل آن است

.بطور کلی سیستم را می‌توان چنین تعریف کرد "مجموعه‌ای از اشیاء با مشخصه‌های معلوم ، که روابط بین آنهاو قوانین حاکم بر آنها مشخص است . اشیاء یک سیستم ممکن است دائمی یا موقت باشند." مثلاً در یک‌سیستم تولیدی ، ماشین های تولیدی جزء اشیاء دائمی و مواد اولیه و یا تولیدات از اشیاء موقت سیستم بشمارمی‌روند . هر یک از اشیاء دائمی یا موقت دارای یک یا چندین مشخصه هستند . اما در یک بررسی تنها آندسته‌مشخصهایی که در ارتباط با هدف بررسی بوده و نتایج از آنها تأثیر پذیر است مدنظر قرار گرفته و بعنوان‌مشخصه در مدل سیستم گنجانیده میشوند. به چگونگی اشیاء ، مشخصات و روابط یک سیستم در یک لحظه‌زمانی وضعیت سیستم در آن لحظه می‌گویند . اغلب ، تغییرات خارجی سیستم مؤثر واقع شده و بعضی‌تغییرات در سیستم دارای اثراتی بر عوامل خارجی هستند. مجموعهٔ این گونه عوامل خارجی را که بر سیستم‌مؤثر و یا از آن تأثیر پذیرند محیط سیستم خوانند . همراه با گذر زمان مقدار بعضی از مشخصه‌های اشیاءسیستم تغییر می‌یابند . این تغییرات نسبت به زمان ممکن است بصورت پیوسته یا ناپیوسته باشد . بطور مثال‌در یک سیستم بانک تعداد مشتریها یکی از مشخصه‌های سیستم است که تغییرات آن بصورت ناپیوسته باورود و خروج مشتری ها صورت میگیرد . یک ورود باعث افزایش آن و یک خروج باعث کاهش آن میگردد .در عوض یک تصفیه خانه را در نظر بگیرید . مایعات تصفیه نشده و تصفیه شده از اشیاء سیستم بوده و مقدارآنها مشخصه‌ای برای سیستم هستند. تغییرات این مشخصه با گذر زمان ارتباط پیوسته‌ای دارد . به این نوع‌سیستم، سیستم پیوسته و به سیستم مثال قبل یک سیستم گسسته گویند .

۲ ـ مدلها

همانطور که گفته شد برای مطالعه و تجزیه و تحلیل سیستم‌ها، روشهای متفاوتی وجود دارد . در مطالعه‌تجربی یکی سیستم ، متغیرها تغییر داده شده و تاثیر آنها بر روی سیستم مشاهده می‌شود . اما تعدادسیستمهای که بتوان این روش را برای بررسی آنها بکار برد بسیار محدودند . زیرا اولاً تغییر یک متغیر در یک‌سیستم ممکن است باعث دگرگونی سیستم و لذا بی اعتباری بررسی و نتایج حاصل از آن گردد . ثانیاً

ایجادتغییر برای مشاهده عکس العمل رفتاری در همه سیستم ها عملی نیست . علاوه بر این ، این روش ، زمانیکه‌طراحی و ایجاد یک سیستم جدید در کار بوده و برای رسیدن به نتیجه مطلوب باید رفتار آن مورد بررسی قرارگیرد ، بی معنی خواهد بود . در اینگونه موارد از یک الگو یا مدلی از سیستم که شامل اطلاعات لازم برای‌بررسی و تجزیه و تحلیل آن باشد استفاده می‌کنند.

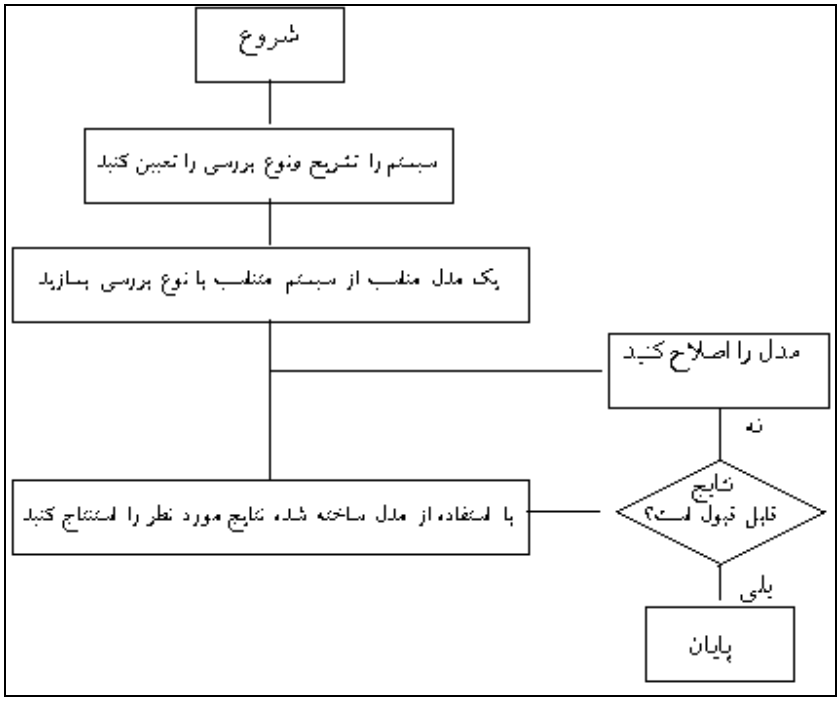
بطور کلی مدل را می‌توان چنین تعریف کرد «مدل ، ترکیب مناسبی از خصوصیات یک سیستم و اطلاعات‌مربوط به آن است که به منظور بررسی سیستم مورد استفاده قرار می‌گیرد.» معمولاً نوع بررسی، مدل و میزان‌اطلاعات قرار داده شده در انرا تعیین می‌کند . لذا ممکن است بررسی های متفاوت، مدل‌های متفاوتی از یک‌سیستم را لازم داشته باشد . بعبارت دیگر سیستم ها در بررسی های گوناگون دارای یک مدل منحصر بفردنیستند . مسئله‌ای که در اینجا پیش می‌آید ، فراگیری جزئیات سیستم بوسیله مدل و یا میزان نزدیک بودن مدل‌به واقعیت است . به بیان دیگر در موقع مدلسازی دو سؤال مطرح می‌گردد:

ـــ در مدل کدامیک و به چه اندازه خصوصیات و جزئیات سیستم باید وجود داشته باشد ؟

ـــ میزان شباهت مدل به سیستم واقعی چقدر است ؟

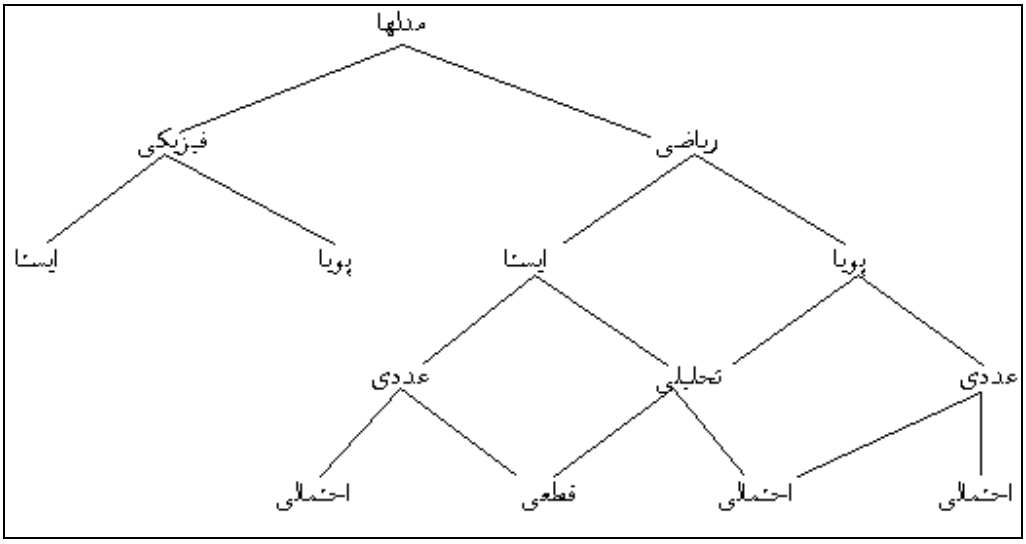
مسلماً هرچه جزئیات بیشتر از سیستم در مدل گنجانده شود ،شباهت زیادتری به سیستم واقعی پیدا نموده‌و رفتار آنرا بهتر نمایش می‌دهد . در این صورت اگر نتیجه‌ای از مطالعه و بررسی مدل حاصل گردد ، به واقعیت‌نزدیکتر و لذا بکارگرفتن آن در سیستم واقعی عملی‌تر است . از طرف دیگر، وجود جزئیات بیشتر در مدل‌سبب مشکل تر نمودن مطالعه و رسیدن به نتیجه میگردد . اغلب افزودن جزئیات بیش از حد به یک مدل باعث‌تغییر روش بررسی شده و کلیت بحث از دست میرود . بالعکس از قلم انداختن بعضی جزئیات ، تجزیه وتحلیل مدل را ساده‌تر و راه رسیدن به نتیجه را آسانتر و کوتاه تر می‌نماید و از طرف دیگر نتایج حاصل را ازواقعیت‌ها دورتر و بکارگیری آنها را در سیستم واقعی بی‌ثمر خواهد ساخت . بهر حال ، در مدل سازی معیاری‌برای قابل قبول بودن شمول جزئیات یک مدل قبل از بکارگیری نتایج در واقعیت وجود ندارد . ازمسئولیت‌های تحلیل‌گر است که در ساخت مدل و گنجانیدن جزئیات سیستم در آن ، با توجه به دقت مورد

نیازدر نتایج ، جانب تعادل و اعتبار را رعایت کند . این تعادل باید به گونه‌ای باشد که اولاً بوسیله تکنیکها و وسایل‌موجود، بررسی مدل امکان پذیر بوده و ثانیاً نتایج بررسی منطبق یا نزدیک به واقعیت باشد . فرایند یک‌مدلسازی مطلوب در زیر نشان داده شده است .



مدلهایی که برای مطالعه سیستمها ساخته و بکار برده میشوند ، با توجه به خصوصیات عمومی شان بطرق‌مختلف دسته‌بندی می‌شوند . با این دسته‌بندیها نه تنها انواع مدلها از یکدیگر متمایز می‌سازند ، بلکه‌روش‌هایی برای بررسی هر گروه تعیین می‌کنند . در مرحله اوّل مدلها را میتوان به دو دسته فیزیکی و ریاضی‌تقسیم نمود . مدلهای فیزیکی ، شامل خصوصیات عمده و فیزیکی سیستم واقعی بوده و تنها از مقیاس‌کوچکتری برخوردارند. مدلهای ریاضی که خود به دو دسته متمایز بنام های سمبولیک و گرافیک تقسیم‌می‌شوند ، با بکار بردن سمبولها یا گرافها و چارتها سیستم را نمایش می‌دهند . در مدلهای ریاضی ،مشخصه‌های سیستم به وسیله متغیرها ، و روابط موجود بین آنها نمایش داده می‌شوند . در یک تقسیم بندی‌دیگر مدلها ، اعم از فیزیکی یا ریاضی ، بدو دسته ایستا و پویا تقسیم می‌گردند . در یک مدل ایستا، یا بعد زمان‌بطور کلی نادیده گرفته می‌شود یا وضعیت یک سیستم در یک لحظه زمانی بطور ایستا نشان داده می‌شود .

درمقابل ، یک مدل پویا بـه طـور صـریح گـذر زمـان را شـامل بـوده و رابطـه وضـعیت سیسـتم و زمـان را بـه نمایش‌می‌گذارد . مدلهای ریاضی با یک دیدگاه دیگر شامل مدلهای تحلیلـی و عـددی مـی‌شـوند. ایـن تقسـیم بندی‌بیشتر با توجه به روش بررسی مدل و کسب نتایج انجام شـده اسـت . بـالاخره نـوع دیگـر تقسـیم بنـدی مدلها،بصورت قطعـی و احتمـالی اسـت . کلیـه تغییـرات در یـک مـدل قطعـی، معـین و براسـاس روابـط غیـر احتمالی‌صورت می‌گیرد، اما در یک مدل احتمالی، حداقل قسـمتی از تغییـرات یـا روابـط، تصـادفی و احتمـالی است.نمودار زیر دسته‌بندی مدلها را نشان می‌دهد .



۳ ـ شبیه سازی

همانطور که ذکر شد یکی از روشهای تجزیه و تحلیل سیستم‌ها ، شبیه سازی اسـت . ایـن کـه مفهـوم دقیق‌شبیه سازی چیست و چه موقع از آن استفاده می‌شود و دارای چه کاربردهایی است و چه مزایـا و معـایبی دارد ودارای چه فرایندی است ،بحث هایی هستند که در این بخش به آنها خواهیم پرداخت.

برخلاف بسیاری از علوم فنی که می‌توانند برحسـب رشـته‌ای کـه منشـاء آنهـا اسـت رده‌بنـدی شـوند (مانندفیزیک یا شیمی) ، شبیه سازی در تمام رشته‌ها قابل استفاده است . انگیزه اصلی شـبیه سـازی ریشـه در برنامه‌های فضایی دارد ، اما حتی یک بررسی غیر رسمی نوشته‌های مربوط به شـبیه سـازی ، مـی‌توانـد زمینـه

وسیع‌کاربردهای فعلی آن را نشان دهد . بـه عنـوان مثـال رابـرت شـانون در کتـاب خـود (علـم و هنـر شـبیه سازی‌سیستم‌ها) از کتابهایی که در رابطه با کاربرد شبیه سازی در موارد زیر نوشته شده‌انـد نـام مـی‌بـرد . ایـن مواردعبارتنـد از بازرگـانی ، اقتصـاد، بازاریـابی، تعلـیم و تربیـت، سیاسـت ، علـوم اجتمـاعی ، علـوم رفتـاری، روابط‌بین‌الملل ، ترابری، نیروی انسانی، اجرای قوانین ، مطالعات شهری و سیسـتم‌هـای جهـانی. بعـلاوه تعـداد بیشمارمقالات فنی ، گزارشها و رساله‌های دورهٔ دکترا و کارشناسی ارشد، تقریباً در همـه زمینـه‌هـای اجتمـاعی ،اقتصادی، فنی و انسانی، گواه بر تأثیر و رشد گسترده استفاده از شبیه سازی در تمام جنبه‌های زندگی دارد .

۵-۷- تعریف شبیه سازی

از شبیه‌سازی تعاریف زیادی ارائه شده است اما جامعترین و کاملترین تعریف را شانون ارائـه داده اسـت .شانون شبیه سازی را چنین تعریف می‌کند «شبیه سازی عبارت از فرایند طراحی مدلی از سیستم واقعی‌وانجام آزمایشهایی با این مدل است کـه بـا هـدف پـی‌بـردن بـه رفتـار سیسـتم ، یـا ارزیـابی اسـتراتژیهای گونـاگون (درمحدوده‌ای که به وسیله معیـار و یـا مجموعـه‌ای از معیارهـا اعمـال شـده اسـت) بـرای عملیـات سیسـتم ، صورت‌می‌گیرد.» بنابراین در می‌یابیم که فرایند شبیه سازی، هـم شـامل سـاختن مـدل و هـم شـامل اسـتفاده تحلیلی از آن‌برای مطالعهٔ یک مسئله است . در تعریف فوق، سیستم واقعی به معنای سیستمی که وجود دارد یا قابلیت‌ایجاد شدن را دارد ، بکار رفته است . قبل از پرداختن به مسائل دیگر شاید بهتر باشـد کـه بـرای تشـریح مفهوم‌شبیه سازی به مثال ساده‌ای توجه کنیم . سیستم باجه پرداخت پول یک بانک را در نظـر بگیـرد . فـرض کنید که‌یک نفر در قسمت پرداخت پول کار می‌کند . و همچنین فرض کنید که زمان بین ورود مشتریان روی ۱ تا ۱۰دقیقه بطور یکنواخت توزیع شده باشد (برای سادگی ، اندازهٔ تمام زمانهـا را بـه نزدیکتـرین عـدد صـحیح گردمی‌کنیم). همچنین فرض کنید که زمان لازم بـرای خـدمت بـه هـر مشـتری روی ۱ تـا ۶ دقیقـه بـه طـور یکنواخت‌توزیع شده است . می‌خواهیم متوسط مدت زمانی را که مشتری در سیستم صرف می‌کند، اعم از زمان انتظارمشتری و زمان خدمت و درصد مدت زمانی را که صندوقدار مشغول به کار نیست محاسـبه کنـیم . بـرای

شبیه‌سازی کردن این سیستم نیاز داریم آزمایشی ساختگی که معرف وضعیت بالا باشد ، بوجود آوریم . بدین‌منظور باید روشی برای تولید مراجعهٔ ساختگی گروهی از مشتریان و زمان لازم برای خدمت به هر یک از آنهارا ایجاد کنیم . در یکی از روشهایی که می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد کار را با ۱۰ مهره و یک تاس آغازمی‌کنیم . سپس مهره ها را از یک تا ده شماره گذاری کرده ، آنها را داخل ظرفی می‌گذاریم و با تکان دادن ظرف‌آنها را قاطی می‌کنیم . با استخراج یک مهره از داخل ظرف و خواندن عدد روی آن می‌توان زمان بین ورودی‌مشتری فعلی و قبلی را مشخص کرد. زمان خدمت به این مشتری را نیز می‌توان با پرتاب تاس و خواندن تعدادنقطه‌های روی وجه فوقانی آن به دست آورد . با تکرار این عملیات (با جایگذاری مهره ها در داخل ظرف وتکان دادن آن بعد از هر بار استخراج) ما ورود و زمانهای خدمت یک گروه از مشتریان فرضی را تولید کرده‌ایم .جدول زیر نشان می‌دهد که نمونه‌ای با ۱۵ مشتری چه شکلی خواهد داشت .

مشتری‌مدت زمان بین دو ورودمدت زمان‌زمان ورودزمان شروع خدمت‌زمان پایان خدمت‌مـــــدت زمان انتظار زمان تلف شده

مشتری	متوالی (به دقیقه)		خدمت (به دقیقه)		(به دقیقه)	(به دقیقه)	
صندوقدار							
۱	—	۱	:۰۰	:۰۰	:۰۱	۱	۰
۲	۳	۴	:۰۳	:۰۳	:۰۷	۴	۲
۳	۷	۴	:۱۰	:۱۰	:۱۴	۴	۳
۴	۳	۲	:۱۳	:۱۴	:۱۶	۳	۰
۵	۹	۱	:۲۲	:۲۲	:۲۳	۱	۶
۶	۱۰	۵	۳۲:	۳۲:	:۳۷	۵	۹

۷	۶	۴	:۳۸	:۳۸	:۴۲	۴	۱
۸	۸	۶	:۴۶	:۴۶	:۵۲	۶	۴
۹	۸	۱	:۵۴	:۵۴	:۵۵	۱	۲
۱۰	۸	۳	۰۲:۱	۰۲:۱	۰۵:۱	۳	۷
۱۱	۷	۵	۰۹:۱	۰۹:۱	۱۴:۱	۵	۴
۱۲	۳	۵	۱۲:۱	۱۴:۱	۱۹:۱	۷	۰
۱۳	۸	۳	۲۰:۱	۲۰:۱	۲۳:۱	۳	۱
۱۴	۴	۶	۲۴:۱	۲۴:۱	۳۰:۱	۶	۱
۱۵	۴	۱	۲۸:۱	۳۰:۱	۳۱:۱	۳	۰
		جمع				۵۶	۴۱

دقیقه ۳/۷۳ = ۵۶۱۵ = متوسط مدت زمان انتظار مشتری

۰/۴۵ = ۱۰۰ * ۴۱۹۱ = درصد وقت تلف شده صندوقدار

توجه کنید که ۹۱ کل زمانی است که سیستم شبیه سازی شده است . چون زمان پایان خدمت آخرین مشتری‌در ساعت یک و ۳۱ دقیقه خاتمه یافته است پس کل زمانی که سیستم شبیه سازی شده ۹۱=۳۱+۶۰ دقیقه‌می‌باشد .

مسلماً برای اینکه مثال بالا از لحاظ آماری معنی دار باشد مجبوریم از نمونه‌ای با حجم بزرگتر استفاده‌کنیم. لازم به تذکر است که در این مثال چندین مطلب مهم از قبیل شرایط شروع ، که بعداً مورد بحث قرارخواهد گرفت ، نادیده گرفته شده است . نکته مهم در اینجا این است که با استفاده از دو وسیله برای

تولیداعداد تصادفی (مهره‌های شماره گذاری شده و تاس) آزمایش ساختگی (شبیه سازی شده) برای سیستمی که‌بتوانیم بعضی از مشخصات رفتاری آن را مورد بررسی قرار دهیم ایجاد کرده‌ایم .

۵-۸- موارد استفاده از شبیه سازی

مسئله یا مسائل مورد نظر در بررسی یکی سیستم اغلب روش بررسی و حل آنرا تعیین می‌کنند . روشهای‌تحلیل ریاضی هر جا که ممکن باشد، مطلوب ترین و دقیق ترین روشها برای مطالعه سیستم‌ها می‌باشند، زیرا این روشها معمولاً با کمترین کوشش، جوابها یا نتایجی را تولید می‌کنند که برای مقادیر مختلف پارامترهای‌مدل قابل محاسبه بوده و میزان دقت آنها صد درصد می‌باشد . اما جائیکه روشهای تحلیلی ، بعلت پیچیدگی‌مدل‌ها یا نیاز به تولید واقعی تر رفتار سیستم غیر عملی است ، روش‌های مطالعه سیستم از طریق شبیه سازی‌مطرح می‌گرد. شبیه سازی به عنوان آزمایش کردن با مدل یک سیستم واقعی تعریف می‌شود. یک مسئله‌آزمایشی، موقعی پدید می‌آید که به اطلاعات بخصوصی دربارهٔ یک سیستم نیاز بوده و آنها را از منابع موجودنتوان تهیه کرد . آزمایش کردن روی سیستم واقعی، مشکلات زیادی را که در تطبیق دادن مناسب مدل باشرایطی واقعی وجود دارد از بین می‌برد . شانون در کتاب خود به نقل از بریش معایب آزمایش مستقیم راچنین بیان می‌کند:

۱ ـ می‌توانند عملیات سازمان را مختل کنند .

۲ ـ اگر مردم جزء جدا نشدنی سیستم باشند، نتایج حاصل ممکن است متأثر از «اثر هاثورن» باشند ، یعنی‌مردم به علت تحت نظر بودن ، ممکن است رفتارشان را تغییر دهند .

۳ ـ ممکن است یکسان نگهداشتن شرایط عمل برای هر بار تکرار یا اجرای آزمایش بسیار مشکل باشد .

۴ ـ به‌دست آوردن حجم نمونه‌ای یکسان (و در نتیجه معنی دار بودن آماری) ممکن است به زمان و هزینهٔزیادی نیاز داشته باشد .

۵ ـ ممکن است که آزمایش کردن در جهان واقعی امکان کاوش بسیاری از گزینه‌ها را به دست ندهد .

شانون خاطر نشان می‌سازد که در صورت وجود یک یا چند شرط از شرایط زیر ، تحلیلگر می‌تواند از شبیه‌سازی استفاده کند:

۱ ـ تدوین ریاضی کاملی از مسئله وجود نداشته ، یا برای حل مدل ریاضی هنوز روشهای تحلیل به وجودنیامده باشد .

۲ ـ روشهای تحلیلی وجود داشته اما شیوه‌های ریاضی آنقدر پیچیده و سخت باشند که شبیه سازی ، روشی‌ساده‌تر برای حل مسئله به حساب آید .

۳ ـ راه‌حلهای ریاضی وجود داشته ، یا به دست آوردن آنها امکان پذیر بوده ، اما انجام آن خارج از توان ریاضی‌افراد دست‌اندر کار باشد . در این صورت باید هزینهٔ طراحی، آزمایش و اجرای شبیه سازی ، در مقابل هزینه‌بدست آوردن کمک از خارج سازمان ارزیابی شود .

۴ ـ علاوه بر برآورد بعضی از پارامترهای خاص ، مشاهدهٔ گذشته در طول دوره‌ای از زمان مطلوب باشد .

۵ ـ ممکن است به علت مشکلات موجود در انجام آزمایشها و مشاهده پدیده ها در محیط واقعی آنها، شبیه‌سازی تنها را ه ممکن باشد . ایجاد یک سازمان جدید مثالی از این حالت است .

۶ ـ تراکم زمان برای سیستمها یا فرایندهایی که دارای چارچوب زمانی بلند مدت هستند مورد نیاز باشد . درشبیه سازی، کنترل کاملی روی زمان وجود دارد ، زیرا سرعت یک پدیده را می‌توان به دلخواه کم و زیاد کرد .

۵-۹- انواع شبیه سازی

فرم‌های مختلفی از شبیه سازی وجود دارد که اینجا برخی از آنها را یادآور می‌شویم :

۱ ـ شبیه سازی همانی : مدلها از نظر شباهت به سیستم واقعی، در یک حوزه وسیع قرار دارند . در منتهاالیه این‌حوزه میتوان خود سیستم را بعنوان مدل آن در نظر گرفت و رفتار آنرا بررسی نمود . این روش را شبیه سازی‌همانی نامند. به عبارت دیگر این روش همان آزمایش مستقیم روی سیستم است که گرچه ساده بنظر

می‌رسدو در صورت یافتن پاسخی برای مسئله مورد نظر، صد در صد قابل استفاده و مفید مـی‌باشـد ولـی دارای معایب‌زیادی هم می‌باشد که در قسمت های قبل ذکر گردید .

۲ ـ شبیه سازی نیمه همانی : همانطور که از نام این روش بر می‌آید ، در مطالعه سیستم سعی می‌گردد تا آنجـا که‌امکان دارد از اشیاء و قوانین واقعی سیستم استفاده گردد تنها اشیاء یا مراحلی از سیسـتم واقعـی کـه باعـث غیرممکن شدن شبیه سازی همانی است ، مدلسازی میگردد . بعبـارت دیگـر بخشـی از مـدل سیسـتم، واقعـی وبخش دیگر غیر واقعی یا شبیه سازی شده است . بعنوان مثال مانورهای نظامی کـه در آن سـربازان ، افسـران وسلاح‌ها واقعی بوده ولی خرابی یا کشتاری صورت نمی‌گیرد . و محل عمل ، محل واقعی حمله یا دفاع‌نمی‌باشد . هرچند این روش عملی تر از شبیه سازی همانی است ولی معایب آنرا کم و بیش دارد .

۳ ـ شبیه سازی آزمایشگاهی : در این روش بعضی از نماها و اشیاء سیستم واقعی بوسیله امکانـات‌آزمایشـگاهی ساخته شده و بعضی نماها و روابط دیگر به وسیله سمبلها جایگزین میگردند .

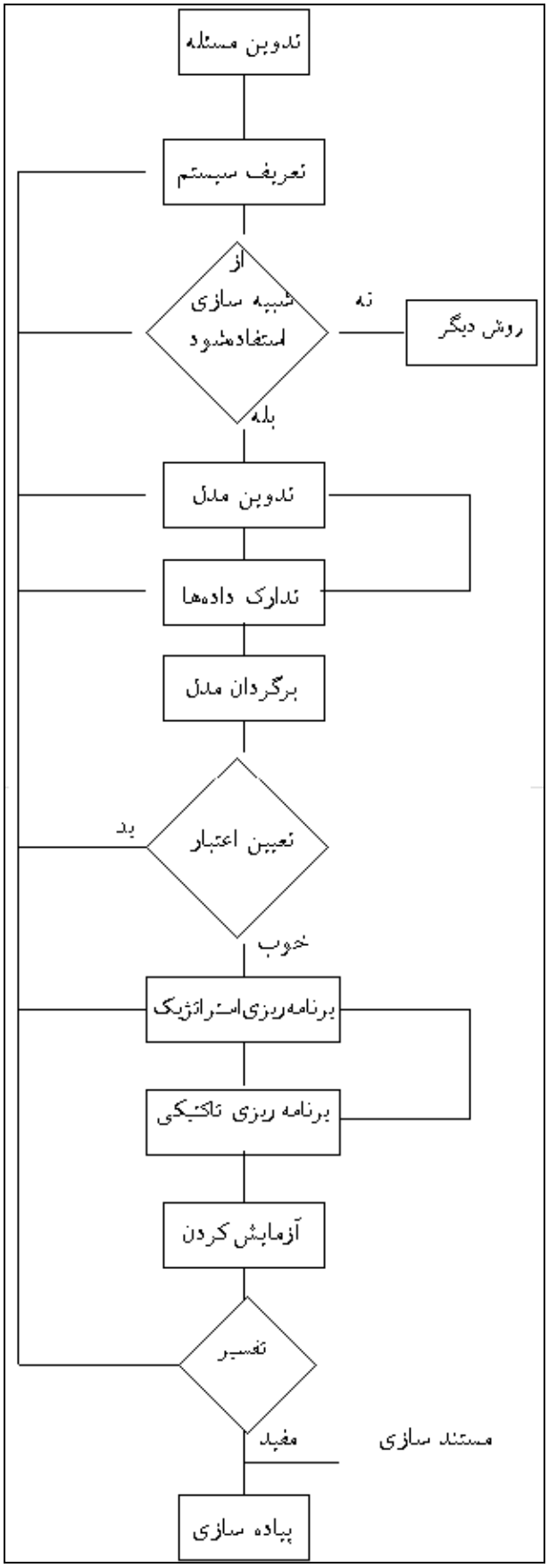
۴ ـ شبیه سازی کامپیوتری: در شبیه سازی کامپیوتری، مدلی که از سیسـتم تحـت بررسـی سـاخته مـی‌شـود یک‌برنامه کامپیوتری است یعنی کلیه اشیاء ها و نماهای سیستم به ساختارهای برنامـه‌ای و کلیـه مشخصـات و رفتارآنها به متغیرها و توابع ریاضی تبدیل می‌گردد . قوانین و روابط حاکم بر سیستم و ارتباطشـان بـا یکـدیگر دربرنامه در نظر گرفته می‌شود . شبیه سازی کامپیوتری به علـت عملـی بـودن و دارا بـودن امتیازهـای خـاص خودبرای بررسی و مطالعه اغلب سیستم‌ها از قبیل حمل و نقل ، بیمارستان ، سیسـتم‌هـای صـنعتی ، تولیـدی ،ترافیک ، انبار و غیره بکار می‌رود . منظور ما نیز از شبیه سازی، شبیه سازی کامپیوتری است .

۵-۱۰- فرایند شبیه سازی

مراحل بررسی و مطالعه یک سیستم بوسیله فلوچارت صفحه بعد مشخص گردیده است. هر یک از مراحل‌مذکور قدمهای اساسی‌ای هستند که احتیاج به توضیح بیشتری دارند . از طرف دیگر مراحل تعین شده‌فلوچارت جنبـه کلی داشته و در برگیرنده همه انواع بررسی هایی است که شامل یک مدل می‌باشند ، درحالیکه هدف ما در این

جا مطالعه روش شبیه سازی کامپیوتری است . لذا مراحل مذکور در ادامه بحث‌بصورت دقیق‌تر توضیح داده می‌شود.

شاید تصور شود که آزمایش شبیه سازی تنها شامل شناخت سیستم و ساختن مدل کامپیوتری آن می‌باشد،و بهمین علت در بعضی دوره‌های آموزشی تنها به جنبه های برنامه‌ای و زبانهای خاص شبیه سازی توجه‌می‌شود. در صورتیکه ساختن مدل سیستم بوسیله یک زبان کامپیوتری تنها یکی از قدمهای لازم است . اهمیت‌این مطلب ، بخصوص وقتی زیادتر می‌گردد که آزمایش جنبه آموزشی نداشته و نتایج آن باید در موردیک‌سیستم واقعی بکار گرفته شود. در آنجاست که باید تا حد ممکن مطمئن بود که مدل معتبر بوده و رفتار سیستم‌را بخوبی شبیه سازی می‌کند . علاوه بر آن ، نتایج خام بدست آمده از اجرای مدل، مورد تجزیه و تحلیل قرارگیرند تا باعث قضاوتهای دقیق تری در مورد سیستم گردد . فرایند شبیه سازی در فلوچارت صفحه بعد نشان‌داده شده است .


تدوین مسئله
تعریف سیستم
از شبیه سازی استفاده‌شود
نه
روش دیگر
بله
تدوین مدل
تدارک داده‌ها
برگردان مدل
تعیین اعتبار
بد
خوب
برنامه‌ریزی استراتژیک
برنامه ریزی تاکتیکی
آزمایش کردن
تفسیر
مفید
مستند سازی
پیاده سازی

آغاز پروژه، زمانی اتفاق می‌افتد که شخصی در سازمانی بر این عقیده است که مسئله‌ای وجود دارد و نیازبه رسیدگی آن است . معمولاً در سازمان از گروهی که با مسئله مواجه هستند فردی تعیین می‌شود تا بررسی‌های مقدماتی را انجام دهد . گاهی تشخیص داده می‌شود که روشهای کمّی در مطالعه مسئله ممکن است مفیدباشد و در این موقع تحلیلگر سیستم به گروه اضافه می‌شود . بدین ترتیب تعریف و تدوین مسئله آغازمی‌گردد.

۵-۱۱- تشریح فرایند شبیه سازی

۱ ـ *تدوین مسئله :* آلبرت انیشتین بیان داشت که تدوین صحیح مسئله، حتی از حل آن اساسی‌تر است .برای یافتن جواب مسئله ، ابتدا باید فهمید که مسئله چیست . این نکته ممکن است ساده به نظر آید اما بسیاری‌از دانشمندان علم مدیریت ، آن را کاملاً نادیده می‌گیرند. هر ساله در جهان جهت یافتن جوابهای عالی و جامع‌برای سؤالات اشتباه، سرمایه های گزافی هزینه می‌شوند . در بسیاری از موارد ممکن است مدیریت نتواند یاقادر نباشد مشکل خود را بطور صحیح تشخیص دهد . آنها می‌دانند که مشکل وجود دارد اما ممکن است‌مشکل حقیقی را تشخیص ندهند . بنابراین پروژه تحلیل سیستم ، معمولاً با انجام مطالعه‌ای جهت آشنا شدن باسیستم تحت کنترل تصمیم گیرنده ، آغاز می‌شود . تجربه نشان می‌دهد که تدوین مسئله در طول مطالعه وبررسی ، فرایندی پیوسته است . بنابراین اولین قدم در هر آزمایش ، منجمله یک آزمایش شبیه سازی ، تعیین‌هدف آزمایشی است . چون این هدف است که نحوه آزمایش، جزئیات لازم و نتایج نهایی را تعیین می‌کند. شانون در کتاب خود به نقل از بارتی مسئله را این چنین عنوان می‌کند «می‌توان مسئله را به عنوان حالتی‌از خواست برآورده نشده ، تعریف کرد» . زمانی که نتایج دلخواه از عملیات سیستم حاصل نشوند، وضعیت‌سیستم به یک مسئله تبدیل می‌شود . وقتی که نتایج مورد نظر به دست نیایند، نیاز به اصلاح سیستم یا محیطی‌که سیستم در آن عمل می‌کند ، به وجود می‌آید . مسئله را می‌توان بصورت ریاضی این چنین تعریف کرد :

[Pt = [Dt -At که در این فرمول

Pt : وضعیت مسئله در زمان t است .

Dt: حالت مطلوب در زمان t است .

At: حالت واقعی (وضعیت سیستم) در زمان t است .

۲ ـ *تعریف سیستم :* قسمت مهمی از فرایند تحلیل سیستم ، تعریف سیستمی است که باید مورد مطالعه قرارگیرد . وقتی که هدف مطالعه و بررسی مشخص گردید، آنگاه باید به شناخت سیستم و تعریف قسمتهائی از آن‌که بطور مستقیم یا غیر مستقیم به هدف بستگی دارند پرداخت . البته این به آن معنی نیست که شناخت‌قسمتهای دیگر یا کسب اطلاعات بیشتر در مورد سیستم مخرب بوده و مسیر آزمایش را تغییر می‌دهد . بلکه‌تنها اشکالی که ممکن است ایجاد گردد این است که وجود جزئیات زیاد و اطلاعات اضافی باعث سردرگمی‌مدلساز و یا پیچیدگی مدل گردد . تعریف سیستم شامل تعیین جزء سیستم، اشیاء و عوامل داخلی و خارجی ،محیط سیستم ، اشیاء آن و بالاخره پارامترها و متغییرهای سیستم می‌باشد . بعد از تعیین دقیق بخشها واطلاعات مذکور، مشخصاتی از اشیاء سیستم که در ارتباط با هدف مطالعه و بررسی هستند تعریف و روابط وقوانین حاکم بین آنها و بین اشیاء سیستم مشخص یا فرموله میگردند . آنگاه چگونگی رفتار سیستم موردبررسی قرار گرفته و جزئیات تغییر وضعیت ها و اثر پیش آمدها در سیستم معلوم میگردند .

۳ ـ *آیا از شبیه سازی استفاده شود؟* تاکنون سیستم ، بررسی و مشکل سیستم مشخص شد . حال باید با انتخاب‌روشی صحیح و منطقی سیستم را مورد مطالعه و بررسی قرار داده و مشکل را حل کرد . در این مرحله بایدمشخص کرد که از چه روشها و تکنیک‌هایی می‌توان برای این منظور استفاده کرد . اگر فقط از شبیه سازی‌می‌توان استفاده کرد و دیگر روشها کاربرد ندارند و یا کاربرد آنها چندان مطلوب نیست ، قطعاً از شبیه سازی‌استفاده می‌کنیم . اما اگر هم از شبیه سازی و هم از روشهای دیگر بتوان استفاده کرد باید به تجزیه و تحلیل‌روشها از دیدگاههای مختلف مانند هزینه ، میزان دقت نتایج و غیره و همچنین امکانات در دسترس و دیگرعواملی که برای مسئولان مهم است پرداخت و سپس به انتخاب روش صحیح و منطقی برای بررسی

سیستم‌پرداخت . با فرض اینکه مشخص شده که از شبیه سازی باید استفاده کرد ، به تشریح قدمهای بعدی این فرایندمی‌پردازیم.

۴ ـ *تدوین مدل* : چهارمین مرحله از فرایند شبیه سازی ساختن مدل است . باید خاطرنشان ساخت که‌مدلسازی یک هنر است و لذا میزان مطلوبیت مدل بستگی زیاد به فردی دارد که مدل را تهیه کـرده اسـت . روش‌سـاخت موفقیت آمیز مدلها بر اساس تکمیل و توسعهٔ آنها استوار است . کار را با مدلی بسیار ساده شروع کرده، به نحوی تکاملی سعی می‌شود که کار به سوی مدلی پیش رود که کاملتر بوده و وضعیت پیچیده را روشنترمنعکس کند . هنر مدلسازی عبارت است از توانایی تحلیل مسئله ، چکیده سـازی خصـایص اساسـی آن،انتخـاب مفروضـات و سپس تکمیل و توسعه مدل تا وقتی که تقریبی مفید از واقعیت بدست آید . شـانون درکتـاب خـود بـه نقـل از موریس برای مدلسازی هفت رهنمود زیر را پیشنهاد می‌کند :

۱ ـ سیستم مورد سؤال را به مسائل ساده‌تر تقسیم کنید.

۲ ـ بیان روشنی از اهداف ارائه دهید .

۳ ـ شباهتها را جستجو کنید .

۴ ـ یک مثال عددی مشخص از مسئله را در نظر بگیرید .

۵ ـ چند نماد فراهم کنید .

۶ ـ بدیهیات را مشخص کنید .

۷ ـ اگر مدل قابل کنترل بود آن را توسعه دهید ، در غیر این صورت آن را ساده کنید .

بطور کلی ، ساده سازی را می‌توان با یکی از روشهای زیر انجام داد ، در حالی که درست عکـس مـوارد زیربرای غنی‌سازی صورت می‌پذیرد:

۱ ـ تبدیل متغیرها به مقادیری ثابت

۲ ـ حذف یا ترکیب متغیرها

۳ ـ خطی فرض کردن روابط

۴ ـ افزودن فرض‌ها و محدودیت های مؤثرتر

۵ ـ محدود کردن حدود سیستم

یکی از عواملی که سرعت و جهت تکاملی مدلسازی به آن بستگی دارد ، رابطهٔ بین سازندهٔ مدل و استفاده‌کنندهٔ آن است . با همکاری نزدیک در فرایند تکاملی ، سازنده مدل و استفاده کننده آن می‌توانند محیطی ازاعتماد و تفاهم متقابل به وجود آورند که به کمک آن ، متناسب بودن نتیجهٔ نهایی با اهداف ، مقاصد ومعیارهای مورد نظر تأمین می‌شود . به هنگام تلاش برای مدل کردن سیستم حتماً باید اهداف یا مقاصد آنرابیان داشت و از آنها منحرف نشد تا مدل مناسبی حاصل شود . چون شبیه سازی با حل مسائل جهان واقعی‌سروکار دارد ، باید اطمینان یافت که نتیجهٔ نهایی مدل، وضعیت حقیقی را دقیقاً به تصویر می‌کشد . در نتیجه‌مدلی که جوابهای بی‌معنی می‌دهد باید فوراً مورد سوء ظن قرار گیرد. مدل باید همچنین قادر باشد به‌سؤالهای »چه می‌شود اگر...» پاسخ گوید زیرا این گونه سؤالها هستند که در درک مسئله و کوشش برای ارزیابی‌گزینه‌ها بر ایمان بسیار مفیدند. شانون در کتاب خود معیارهای خاصی که هر مدل خوب شبیه سازی باید به‌آنها برسد را چنین تعیین می‌کند :

۱ ـ درک آن برای استفاده کننده آسان باشد .

۲ ـ در جهت هدف یا مقصود باشد .

۳ ـ قوی بوده، بدین مفهوم که جوابهای بی‌معنی ندهد .

۴ ـ برای استفاده کننده ، کنترل و کار کردن با آن راحت بوده ، یعنی ارتباط با آن آسان باشد .

۵ ـ در مورد موضوعات مهم کامل باشد .

۶ ـ اصلاح یا به هنگام کردن مدل به آسانی انجام شود.

۷ ـ تکاملی باشد ، بدین مفهوم که به طور ساده شروع و سپس پیچیده‌تر شود.

۵ ـ *تدارک داده‌ها:* هر مطالعه‌ای مستلزم جمع‌آوری داده‌هاست . معمولاً جمع‌آوری داده‌ها را به مفهوم‌جمع‌آوری اعداد تعبیر می‌کنند در صورتی که جمع‌آوری اعداد ، تنها جنبه‌ای از کار جمع‌آوری داده‌هاست.تحلیلگر سیستم

باید داده‌ها مربوط به ورودیها و خروجی‌های سیستم و نیز با اطلاعات مربوط به اجزاءمختلف سیستم و ارتباطهای بین آنها ارتباط نزدیک داشته باشد . بنابراین تحلیلگر به جمع‌آوری داده‌های کمّی‌و کیفی علاقه‌مند بوده و باید تصمیم بگیرد که چه داده‌هایی مورد نیازند، آیا داده‌ها مناسب‌اند ، آیا داده‌های‌موجود برای اهداف او قابل قبول‌اند، و چگونه این اطلاعات را باید تهیه کرد . طراحی یک مدل شبیه سازی‌تصادفی ، همیشه مستلزم این انتخاب است که آیا داده‌های تجربی مستقیماً در مدل به کار روند یا از توزیعهای‌نظری احتمال با فراوانی استفاده شود. به سه دلیل این انتخاب مهم و بنیادی است . اول آنکه استفاده ازداده‌های تجربی خام ، به این مطلب اشاره می‌کند که تمام آنچه را که یک مدل انجام می‌دهد شبیه سازی حالت‌گذشته است . حال آنکه ، استفاده از داده‌های یک سال ، تنها عملکرد همان سال را تکرار کرده و لزوماً در موردعملکرد مورد انتظار سیستم در آینده ، چیزی به ما نمی‌گوید . دوم آنکه برای تولید متغیرهای تصادفی که درعملیات مدل لازم‌اند، از لحاظ وقت کامپیوتر و حافظه مورد نیاز ، کاربرد توزیع نظری احتمال عموماً نسبت به‌کاربرد شیوه‌های مراجعه به جدول، کارایی بیشتری دارند. سوم آنکه اگر الزامی در کار نباشد ، بسیار مطلوب‌است که تحلیلگر ، حساسیت مدلش را نسبت به شکل دقیق توزیعهای احتمالی که به کار رفته‌اند و نسبت به‌مقادیر پارامترها ، تعیین کند . به عبارت دیگر ، آزمونهای حساسیت نتایج، نسبت به داده‌های ورودی بسیارمهم‌اند .

بنابراین ، تصمیمهای مربوط به داده‌هایی که به کار می‌روند ، اعتبار و شکل آنها ، نیکویی بر ارزش آنها وعملکرد گذشته آنها برای موفقیت آزمایش شبیه سازی حیاتی بوده و فقط در سطح علمی و نظری مطرح‌نیستند.

۶ ـ *برگردان مدل* : در این مرحله باید مدلی که از سیستم تهیه شده برای کامپیوتر توصیف کنیم . پذیرش سریع‌شبیه سازی کامپیوتری موجب توسعهٔ بسیاری از زبانهای خاص برنامه نویسی شده که برای آسان کردن این‌برگردان ، طرح ریزی شده‌اند . عملاً اکثر زبانهای پیشنهاد شده تنها روی تعداد محدودی از کامپیوترها پیاده‌شده‌اند . مدلهای شبیه سازی از لحاظ منطقی معمولاً بسیار پیچیده بوده ، دارای فعل و انفعالهای متقابل‌بسیاری در بین عناصر سیستم اند ، که اکثر این فعل و انفعالها در حین برنامه به طور پویا تغییر می‌کنند .

این‌وضعیت موجب شده‌است که محققان ، زبانهای برنامه نویسی را ایجـاد و توسـعه دهنـد تـا مشـکل برگـردان راآسان کنند . در اینجا برخی از زبانهای شبیه سازی را همراه با توصیف مختصری درباره آنها معرفی می‌کنیم .

۵-۱۲- زبانهای شبیه سازی

Gpss III

Gpss را ابتدا در آغاز دهه ۱۹۶۰ فردی به نام جی.جردن برای شرکت آی.بـی.ام سـاخت . Gpss IIIسـومین نسخه این زبان ، برنامه ای دو قسمتی است که نیازمند به کارگیری همگردان اسـت . قسـمت اوّل یـک‌برنامـه مونتاژ است که توصیف کننده‌های سیستم را به صورت دادهٔ قسمت دوم تبدیل می‌کند . قسمت دوم‌شبیه سازی را انجام می‌دهد . Gpss III به برنامه نویسی به مفهوم معمول آن نیاز ندارد . مدل سیستم بااستفاده از دسـتور العملهای مستطیلی ساخته مـی‌شـود . اسـتفاده از Gpss بـه هـیچ گونـه دانـش قبلـی در موردبرنامـه نویسـی کامپیوتری نیاز ندارد .

DYNAMO

دینامو در سال ۱۹۵۹ در دانشگاه ام.آی.تی توسط فیلیس فوکس و الکساندر رال پو تدوین شد. این‌زبان به عنوان محصولی که به وسیله جی.دبیلو.فرستر برای تحلیل رفتار جامع سیستمهای صنعتی درمقیاس وسـیع طراحی شده ، به وجود آمده است . دینامو یک برنامه کامپیوتری است که مـدل بـه صـورت‌مجموعـه معـادلات توصیف کنندهٔ نشان داده می‌شود . سپس رفتار سیستم ، با ارزیابی مستمر معادلات در طول‌زمان ، شبیه سازی می‌شود . از این زبان به صورت مؤثر در مدلسازی و اقتصاد سنجی و شبیه سازی‌سیستمهای پیچیـدهٔ صـنعتی و همچنین برنامه ریزی سیستمهای شهری ـ اجتماعی استفاده می‌شود . این زبان‌نیز مانند Gpss به دانش برنامه نویسی نیاز ندارد .

GASP IV

این زبان را در سال ۱۹۷۳ ای.آلن.بی. پریتسکر و نیکولاس آر.هرست ساختند و به جای زبان GASP II ـ که کاملاً یک زبان شبیه سازی متغیرهای گسسته بود ـ جایگزین شده است . زبان GASP II نتیجه‌کار فیلیپ جی کیویات در شرکت فولاد آمریکا بود . تفاوت عمدهٔ بین GASP II و GASP IV توانایی‌اضافی GASP IV در شبیه سازی متغیرهای پیوسته علاوه بر متغیرهای گسسته است . این زبان توانایی اجرای‌ترکیبی از متغیرهای پیوسته و گسسته را داراست . این زبان کاملاً به زبان فورترن IV نوشته شده و در هرکامپیوتری با همگردان فورترن قابل استفاده و این یکی از ویژگی‌های جذاب و بی‌نظیر آن است . این زبان ازچندین برنامه فرعی فورترن تشکیل شده که هر یک وظیفهٔ خاصی را در شبیه سازی انجام می‌دهند ، یک‌برنامه نویس می‌تواند GASP IV را طوری تغییر داده و اصلاح کند که با خصوصیات مورد علاقه خود که دربرنامه لحاظ نشده است ، منطبق شود .

SIMSCRIPT

simscript را در اوایل دههٔ ۱۹۶۰ هری مارکویتز در شرکت راند به عنوان یک زبان برنامه نویسی به وجودآورد . گرچه در ابتدا برای تجزیه و تحلیلهای شبیه سازی طراحی شد ، ولی می‌توان از آن به عنوان یک زبان‌برای مقاصد کلی و عمومی استفاده کرد . این زبان ، یک زبان قدرتمند شبیه سازی است که در آن از واژه‌های‌انگلیسی استفاده نشده است و به هیچ گونه کد کردن خاصی نیاز ندارد و برای استفاده از آن هم به یک زبان‌واسطهٔ همچون فورترن ، نیازی نیست .

Q-GERT

این زبان برای مدلسازی شبکه و خصوصاً تحلیل سیستمهای صف مناسب است . این زبان را پریتسکردر طی دههٔ ۱۹۶۵ ساخت . GERT علامت اختصاری برای تکنیک ارزیابی و بازنگری با استفاده از نموداراست . تفاوت عمدهٔ بین Q-GERT و GERT در این است که Q-GERT توانایی وارد نمودن خدمت دهندگان وصفها را در مدل شبکه دارد . علاوه بر این به استفاده کننده (کاربر) امکان می‌دهد که مسیر نهاده‌های خاصی

رادر طول جریان سیستم پیگیری کند . از زبانهای که در این قسمت معرفی شد، Q-GERT ساده‌ترین زبان شبیه‌سازی برای کاربران است .

SLAM

SLAM برمبنای زبان فورترن بنا نهاده شده و آن را پریتسکر به وجود آورده است . امکان استفاده از این زبان درمدلهای شبکه ، مدلهای با حوادث گسسته ، مدلهای حوادث پیوسته و ترکیبی از این سه مدل، وجود دارد .

SLAM علامت اختصاری »زبان شبیه سازی برای مدلسازی جایگزین» است . SLAM به دلیل توان ترکیب‌مدلهای شبکه، حوادث گسسته و پیوسته به کاربر امکان می‌دهد تا مدلهای دیگری را توسعه دهد . این زبان‌محصول زبانهای GERT و GASPIV است که به وسیله پریتسکر به وجود آمده است .

۷ ـ *تعیین اعتبار:* این مرحله از مهمترین و معمولاً مشکلترین مراحل شبیه سازی است . تعیین اعتبار عبارت ازفرآیند اطمینان دادن به استفاده کنندهٔ مدل، تا آن سطح که بپذیرد هر گونه استنباط حاصل از شبیه سازی دربارهٔسیستم ، صحیح است . به عبارتی دیگر تعیین اعتبار یعنی پاسخ دادن به این سؤال که »آیا مدل ساخته شده‌رفتار سیستم واقعی را بدرستی شبیه سازی می‌کند یا خیر؟» بنابراین آنچه که به ما مربوط می‌شود قابل اعتباربودن مدل است ، نه حقیقت ساختار آن. تعیین اعتبار مدل بیش از حد مهم است ، زیرا شبیه سازی ها معمولاًواقعی جلوه کرده و مدلسازها و استفاده کنندگان به راحتی آنها را باور می‌کنند. مفروضاتی که در شبیه سازی‌هابه کار می‌رود اغلب از دید یک شخص عادی و حتی گاهی از دید مدلساز نیز پنهان می‌ماند. در نتیجه ، اگرمراحل تعیین اعتبار و ارزیابی ، به دقت و به طور کامل انجام نگیرد ، ممکن است نتایج غلط با اثرات خطرناک‌پذیرفته شود . در تعیین اعتبار مدل یک سؤال مطرح می‌شود و آن این است که ضابطه اندازه گیری تطابق رفتارمدل با رفتار سیستم چیست و چگونه از آن استفاده می‌شود. معمولاً دو روش برای آزمایش رفتار مدلهای‌شبیه سازی بکار می‌رود :

الف) در مواقعی که ارقام و نتایج رفتار سیستم واقعی در دست می‌باشد ، مقادیر و نتایج مشابه بدست آمده ازبررسی مدل را با آنها مقایسه می‌کنند .

ب) دقت مـدل را در پـیش بینـی و تعیـین مقـادیر پارامترهـا و متغیرهـای سیسـتم در آینـده مـورد بررسـی قرارمی‌دهند . بـرای تعیـین اعتبـار مطمـئن و دقیـق مـدل بحـث هـا و بررسـی‌هـای زیـادی صـورت گرفتـه و نظریه‌های‌متعددی بیان گردیده است. پرداختن به این نظریه ها خارج از محدوده این مجموعـه اسـت و لـذا در اینجا فقط به‌ذکر مراحل یک روش تعیین اعتبار می‌پردازیم . این مراحل عبارتند از :

الف ـ در مرحله اول ، اساسی که مدل بر پایه آنها بنا شده است باید مشـخص گـردد . ایـن اسـاس شـامل یـک سری‌واقعیات غیر قابل انکار و یک سری فرضیات است که در هنگام شناخت و تعریف سیستم تعیـین شـده‌انـد. برای‌این تشخیص ، مدلساز از اطلاعات خود راجع به سیستم واقعی یا سیستم‌هـای مشـابهی کـه شـبیه سـازی شده‌انداستفاده خواهد کرد . مدلساز فرضیات را از بدیهیات غیر قابل انکار بازشناخته و از بین آنها فرضیاتی را که قابل‌آزمایش هستند انتخاب می‌کند. دلیل این انتخاب این است کـه در شـبیه سـازی مـواردی وجـود دارد کـه آزمون‌یک فرض، گاه غیر ممکن و یا بسیار مشکل است . در این گونه موارد ، با این اسـتدلال کـه فرضـیه غیـر قابل‌آزمایش بی‌معنی است ، کنار گذاشته می‌شود و یـا آنـرا بصـورت مـوقتی قبـول کـرده و در عـین حـال بـه جستجوی‌فرضیه قابل آزمایشی پرداخته می‌شود .

ب ـ در مرحله دوم فرضیات منتخب مرحله اول مورد آزمون قرار مـی‌گیرنـد. ایـن فرضـیات کـه اغلـب مربـوط به‌متغیرهای تصادفی سیستم (بعنوان پارامترهای ورودی) مـی‌باشـند بایـد بـا روشـهای آمـاری آزمـون فـرض، موردآزمایش قرار گیرند.

ج ـ مرحله سوّم تست رفتار مدل یا تطابق نتـایج اسـت. بـرای انجـام ایـن مرحلـه دو روش وجـود دارد کـه در صفحه‌قبل ذکر گردید. واضح است که مدل ساخته شده باید متناسب بـا هـدف شـبیه سـازی رفتـار و عملکـرد سیستم رابه نمایش بگذارد . بعبارت دیگر باید کلیه وقایعی که در سیستم رخ می‌دهند، هر کدام بموقع خـود، و تمام‌جزئیات اثر یا اثرات آنها در مدل گنجانیده شود . گاه اتفاق می‌افتد که بعضی جزئیات در مدل از قلم افتـاده یااشتباهی برنامه نویسی شده و یا حتی بعضی از قسـمتها بطـور نادرسـت مدلسـازی شـده‌انـد. ایـن اشـتباهات گاهی‌آنقدر مخرب هستند که نتایج حاصل بجای عملی بودن اصولاً مسخره خواهند بود .

۸ ـ *برنامه ریزی استراتژیک و تاکتیکی :* بطور کلی برنامه استراتژیک یعنی طرح آزمایشی که اطلاعات مطلوب‌از آن حاصل شود و برنامه ریزی تاکتیکی یعنی تعیین این موضوع که هر یک از آزمونهای مشخص شده درطرح آزمایش ، چگونه انجام گیرد.

استفاده از طرح‌های آزمایش به دو دلیل است : ۱ ـ کاهش تعداد دفعات آزمایش و ۲) ساختاری برای‌فرایند یادگیری محققین . در طرح آزمایش روشی برای جمع آوری اطلاعات اساسی انتخاب می‌شود که‌دربارهٔ پدیده یا سیستم، آن قدر آگاهی به دست آید که بتوان استنباطهای معتبری راجع به رفتار آن کسب کرد .در آزمایش شبیه سازی عوامل متعددی وجود دارند که باید دارای طرح معینی باشند . بعضی از این عوامل‌عبارتند از ، شرایط اولیه (یا شرایط شروع) شبیه سازی، شرایط پایانی و زمانهایی که مدل باید اطلاعاتی راتولید کند . هر یک از این عامل ها اثرات بسیار مهمی روی نتایج حاصل از شبیه سازی دارند که با تغییر آنها ،میزان تأثیرشان تغییر می‌یابد . آزمایش کننده می‌بایست قبل از به اجرا گذاشتن مدل، تصمیم خود را در موردچگونگی این عوامل ، البته براساس روشهای علمی و فنی ، بگیرد . نتیجه این تصمیم بخشی از طراحی‌آزمایش را تشکیل می‌دهد . دو نوع از اهداف آزمایش به سهولت قابل تشخیص اند : ۱) یافتن ترکیبی از مقادیرپارامترها که جواب آزمایش را بهینه کند و یا ۲) یافتن روابط بین جواب آزمایش و عوامل قابل کنترل سیستم.برای هر دوی این اهداف طرح‌های آزمایشی زیادی به وجود آمده و در دسترس‌اند .

عموماً در برنامه ریزی تاکتیکی مسئله بازدهی مطرح است و با تعیین چگونگی اجرای مدل که در طرح‌آزمایشی مشخص می‌شوند، سروکار دارد . برنامه ریزی تاکتیکی ، حل دو گروه از مسائل را در نظر دارد: ۱)شرایط شروع ، چون در رسیدن به تعادل مؤثرند و ۲) نیاز به کاهش پراکندگی (واریانس) جواب تاحد ممکن ،در حالی که حجم نمونه های لازم مینیمم شوند.

اولین مشکل از ماهیت تصنعی عملکرد مدل ناشی می‌شود. بر خلاف جهان واقعی ، مدل شبیه سازی فقط‌در فواصل معین عمل می‌کند . یعنی آزمایش کننده ، مدل را به کار انداخته ، اطلاعاتش را بدست آورده و سپس‌تا اجرای بعدی آنرا از کار باز می‌دارد . هر بار که اجرای مدل آغاز می‌شود ممکن است مدت زمانی

طول‌بکشد تا مدل به شرایط تعادل که نمایشگر عملکرد سیستم جهان واقعی است برسد . در نتیجه ، دورهٔ ابتدایی‌عملکرد مدل به علت دارا بودن شرایط ابتدایی شروع ، نمایشی غیر واقعی است . راه حل این مشکل عبارت‌است از : ۱) صرفنظر کردن از بعضی از داده‌های دورهٔ ابتدایی و ۲) انتخاب شرایطی برای شروع که زمان لازم‌برای رسیدن به تعادل را کاهش دهند . هر چه مدل شبیه سازی پیچیده تر شود اهمیت برنامه ریزی تاکتیکی‌خوب قبل از اجرای آزمایشها بیشتر می‌شود.

۹ ـ *آزمایش کردن و تفسیر (تحلیل حساسیت):*

بالاخره بعد از آن همه برنامه ریزی و توسعه مدل بدست آوردن اطلاعات مطلوب، مدل اجرائی می‌شود . دراین مرحله است که اشتباهات و نقایص برنامه ریزی آشکار می‌شود و تا رسیدن به اهدافی که ابتدا مشخص‌شده‌اند مراحل اجرا شده مورد بازرسی قرار می‌گیرد . تحلیل حساسیت یکی از مهمترین مفاهیم مدلسازی ازطریق شبیه سازی است . منظور از آن ، تعیین حساسیت جوابهای نهایی نسبت به مقادیر پارامترهای به کار رفته‌است . معمولاً در تحلیل حساسیت مقادیر پارامترها را روی محدودهٔ مورد نظر به طور منظم تغییر می‌دهند واثر آن را روی پاسخ مدل مشاهده می‌کنند . تقریباً در هر مدل شبیه سازی، بسیاری از متغیرها براساس‌داده‌هایی قرار دارند که بسیار قابل بحث‌اند. در اکثر موارد ، ممکن است تنها براساس حدس افراد با تجربه و یاتحلیلی بسیار شتابزده از حداقل داده‌ها، مقادیر آنها تعیین شود . بنابراین تعیین درجهٔ حساسیت نتایج نسبت به‌مقادیر به کار رفته، بی‌نهایت مهم است . اگر با تغییری مختصر در مقادیر بعضی از پارامترها، جواب به میزان‌زیادی تغییر کند ، این مطلب ممکن است انگیزه و توجیه لازم برای صرف کردن زمان و پول بیشتر جهت کسب‌برآوردهای دقیق تر را فراهم کند . از طرف دیگر ، اگر با وجود نوسانات زیاد در مقادیر پارامترها، نتایج به‌دست آمده تغییر نکنند، تلاش بیشتری لازم نبوده و قابل توجیه هم نیست . به علت میزان کنترلی که آزمایش‌کننده از آن برخوردار است ، به طور ایده‌ال ، شبیه سازی برای تحلیل حساسیت مناسب است .

۱۰ ـ *پیاده سازی و مستند سازی :* پیاده سازی و مستند سازی آخرین عناصری هستند که باید در هر پروژه شبیه‌سازی موجود باشند . نمی‌توان پروژهٔ شبیه سازی را با موفقیت پایان یافته تلقی کرد ، مگر آنکه پذیرفته

شده ،تفهیم شود و مورد استفاده قرار بگیرد . بزرگترین شکست علمای مدیریت ، در بـه دسـت آوردن پـذیرش واستفاده از کارهایشان بوده است . شانون در کتاب خـود نتـایج بررسـی گرشفسـکی را چنـین ذکـر مـی‌کنـد .گرشفسکی در بررسیهایشان دریافت که به طور متوسط از زمان کـل ایجـاد و توسـعه یـک مـدل ، ۲۵٪ بـرای تدوین‌مسئله ، ۲۵٪ برای جمع‌آوری و تحلیل داده‌های گذشته ، ۴۰٪ برای ایجاد و توسعه یک مدل کامپیوتری و۱۰٪ برای پیاده سای صرف شده است .» بنابراین تعجب آور نیست که یکی از بزرگترین علل شکست‌پروژه‌های شبیه سازی ، ناشی از آن باشد که استفاده کننده، از نتایج درک کافی نداشته ، در نتیجه مـدل را پیـاده‌نکـرده است . مستند سازی رابطهٔ نزدیکی با پیاده سازی دارد . مستند سازی دقیق و کاملی از چگونگی ایجاد وتوسعه و نحوه عمل مدل می‌تواند عمر مفید و شانس پیاده سازی موفق آن را ، بسیار افزایش دهد . مستندسازی خـوب ، اصلاح مدل را آسانتر ساخته ، حتی در صورت نبودن ایجاد کننده‌های اصلی آن ، توانایی‌استفاده از آن را ، تأمین می‌کند .

۵-۱۳- مثالهایی از شبیه سازی

در این قسمت به منظور درک مفهوم شبیه سازی چند مثال شبیه سازی را ذکر می‌کنیم .

شبیه سازی یک سیستم موجودی انبار با تقاضا و زمان تأخیر احتمالی

تقاضای هفتگی برای یک توزیع کنندهٔ تجهیزات الکتریکی ، متغیر تصادفی گسسته‌ای است که توزیع احتمال‌آن به شکل جدول زیر است .

هفته تقاضای هر	احتمال تقاضا
X	P(X)

۱۴	۲/۰
۱۵	۴/۰
۱۶	۲/۰
۱۷	۱/۰
۱۸	۱/۰

در این جدول ، X(P)احتمال آن است که تقاضا برای این کالا در هفته‌ای مشخص X باشد . این توزیع کننـده ،تجهیزات مورد نیاز خود را به وسیله سفارش از تولید کننده تهیه کنـد . از طرفـی بـین زمـان صـدور سـفارش تازمانی که تجهیزات را دریافت می‌کند ، زمان تأخیری وجود دارد . که این زمان تأخیر ثابـت نبـوده بلکـه یـک متغیرتصادفی گسسته است که توزیع احتمال آن در زیر نشان داده شده است .

زمان تأخیر بر حسب هفته	احتمال‌زمان‌تأخیر
Y	P(Y)
۲	۰/۶
۳	۰/۳
۴	۰/۱

	۱/۰۰

هدف توزیع کننده آن است که تعداد بهینهٔ سفارش را به اضافهٔ زمانی که باید سفارش داده شود (نقطه سفارش‌مجدد) مشخص کند . تصمیم بهینه ، تصمیمی خواهد بود که موجب حداقل هزینه‌های کل انبار شود . توزیع‌کننده پارامترهای هزینه زیر را تعیین کرده است : هزینه هر بار سفارش (Co) ۱۵۰ تومان ، هزینه انبار داری(Cc) برای هر واحد در هفته ۱ تومان و در صورت کمبود کالا برای پاسخگوئی به تقاضا تامین نشده به ازای هرواحد ۱۰۰ تومان است (هزینه کمبود(Cs) .

توجه کنید که طول هر پاره خط عمودی در هر پله دقیقاً متناظر با احتمال کمیتی از تقاضا ، P(X) ، است .برای مثال ، در قسمت بالای نمودار ، پاره خط عمودی که مستقیماً بالای مقدار ۱۸ قرار دارد ، دارای احتمالی‌بین ۰/۹ تا ۱/۰ است . این دامنه با احتمال تقاضای ۱۸ ترمینال کامپیوتری ، p(۱۸) = ۰/۱ متناظر است . همین‌قضیه برای تقاضاهای دیگر نیز صادق است .

بنابراین ، تابع تجمعی X ، شامل چندین دامنه است که هر دامنه متناظر با میزان مشخصی از تقاضا است .همین مطلب برای زمان تأخیر و احتمال آن نیز صادق است . حال اگر اعداد تصادفی مانند r۱و r۲ را بتوان بین ۰تا ۱ تولید کرد ، در این صورت با توجه به اینکه این عدد های تصادفی در کجا قرار گیرند می‌توان مقدار متناظرتقاضا و زمان تأخیر را روی محور افقی مشخص کرد . برای مثال مقدار r۱=۰/۷۶ در دامنه F(x>۰/۸)<۰/۶قرار می‌گیرد. پس تقاضای متناظر آن ۱۶ واحد است که از روی محور افقی پیدا می‌شود. بنابراین ، با انتخاب‌مقادیر تصادفی r۱ وr۲ می‌توان مقادیر x وy را به صورت تصادفی براساس توزیع احتمال تقاضا و زمان تاخیرتولید کرد . برای تولید اعداد تصادفی از جدول اعداد تصادفی استفاده شده است .

دامنه اعداد تصادفی r1	دامنه توزیع تجمعی F(x)	احتمال تقاضا (P(x)	تقاضاx
19 - 00	19/0 - 0/00	2/0	14
59 - 20	59/0 - 20/0	4/0	15
79 - 60	79/0 - 60/0	2/0	16
89 - 80	89/0 - 80/0	1/0	17
99 - 90	99/0 - 90/0	0/11/0	18

برای مثال توجه کنید که اولین دامنه r1 شامل۲۰ مقدار ممکن است ، یعنی از ۰۰ تا ۰۱۹ ایـن دامنـه متنـاظر بااحتمال تقاضای ۱۴ = x است .

دامنه اعداد تصادفی r2	دامنه توزیـع تجمعی p(y)	احتمال زمان تأخیر p(y)	زمـــــان تأخیر(هفته (y
59 - 00	59/ - 00/	60/	2
89 - 60	89/ - 60/	30/	3
99 - 90	99/ - 90/	10/	4
		00/1	

توجه کنید که برای مقادیر r1 و r2 ما ۱۰۰ عدد تصادفی که احتمال انتخاب شدن همه آنها مساوی (۰/۰۱)است ، انتخاب می کنیم . با توجه به این تعداد اعداد و دامنهٔ r1و r2 ، این دامنه ها همان احتمال مربوطه رامشخص می کنند . مثلا زمان تأخیر ۲ هفته احتمالش ۰/۶۰ است و تعداد اعداد بین ۰ تا ۵۹ می شود ۶۰ عددکه احتمال آن نسبت به کل اعداد (۱۰۰) همان ۰/۶۰ است .

چون هدف تجزیه و تحلیل انبار ، تعیین تعداد بهینه سفارش و بهترین زمان سفارش (نقطه سفارش مجدد)است ، آزمایش شبیه سازی را با انتخاب تعداد سفارش ونقطه سفارش خاصی شروع می کنیم . شبیه سازی رابا تعداد سفارش ۴۰ ترمینال (Q = ۴۰) در هر بار سفارش ونقطه سفارش مجدد ۳۰ ترمینال (R = ۳۰)شروع می کنیم . پس هر موقع موجودی انبار کمتر یا مساوی ۳۰ ترمینال باشد ، ما ۴۰ عدد سفارش می دهیم .

به تعویق انداختن سفارش در زمان کمبود مجاز نیست . وقتی در هفته n ام سفارشی داده می شود ، در هفته n + y (که yزمان تأخیر است) سفارش دریافت می شود . دراین مثال شرایط شروع شبیه سازی با فرض۲۰ ترمینال کامپیوتری در انبار شروع شده تا به شرایط واقعی نزدیکتر باشد .

آزمایش شبیه سازی با Q = ۴۰ و R = ۳۰

هفته	موجودی ابتدای هفته	دریافت سفارش	سطح موجودی	r_1	تقاضا (x)	موجودی پایان هفته	r_2	زمان (y)	C_o	+ C_c	+ C_s	= TC
۱	۲۰-	-	۲۰-	-	۱۴	۶	۴۶	۲	۱۵۰-	۶	-	۱۵۶
۲	۶	-	۶	۴۹	۱۵	-	۸۰-	۳	۱۵۰-	-	۹۰۰-	۱۰۵۰-
۳	-	۴۰-	۴۰-	۴۱	۱۵	۲۵	۶۱	۳	۱۵۰-	۲۵	-	۱۷۵
۴	۲۵	۴۰-	۶۵	۹۴	۱۸	۴۷			-	۴۷	-	۴۷
۵	۴۷	-	۴۷	۸۹	۱۷	۳۰-	۸۷	۳	۱۵۰-	۳۰-	-	۱۸۰-
۶	۳۰-	۴۰-	۷۰-	۴۷	۱۵	۵۵			-	۵۵	-	۵۵
۷	۵۵	-	۵۵	۳۳	۱۵	۴۰-			-	۴۰-	-	۴۰-
۸	۴۰-	۴۰-	۸۰-	۶۷	۱۶	۶۴			-	۶۴	-	۶۴
۹	۶۴	-	۶۴	۴۴	۱۵	۴۹			-	۴۹	-	۴۹
۱۰	۴۹	-	۴۹	۶۳	۱۶	۳۳			-	۳۳	-	۳۳

آزمایش شبیه سازی که در جدول فوق انجام شده را به طور خلاصه توضیح می دهیم تا مراحل آن روشن شود۱ - یک عدد تصادفی ، r1 از جدول اعداد تصادفی انتخاب می شود . این مقدار ۰۰ است با توجه به دامنه ای‌که قبلا برای تعداد تصادفی تقاضا تشکیل دادیم ، ملاحظه می کنید که ۰۰ متناظر با تقاضای ۱۴ ترمینال است .

۲ - با کم کردن ۱۴ واحد تقاضا از سطح موجودی ۲۰ واحدی ، موجودی پایان هفته ۶ واحد می شود این‌مقدار زیر نقطه سفارش مجدد ۳۰ واحدی است ، بنابراین سفارش جدیدی داده می شود .

۳ - دومین عدد تصادفی r۲ از جدول اعداد تصادفی انتخاب می شود مقدار آن ۴۶ بوده که متناظر با زمان‌تأخیر ۲ هفته است ، بنابراین سفارش ۴۰ عددی از تولید کننده در هفته ۳ (یعنی ۳ = ۲ + ۱ (n + y =خواهد رسید .

۴ - چون یک سفارش داده شده است ، هزینه سفارش o(c(۱۵۰ تومان می شود موجودی پایان هفته ۶واحد است لذا هزینه انبارداری c(C(نداریم هزینه کل انبارداری برای هفته اول ۱۵۶ تومان خواهد رسید . همین مراحل نیز برای ۹ هفته باقیمانده تکرار شده است درپایان هزینه کل انبارداری ۱۸۵۸ تومان است که‌متوسط هزینه انبارداری هر هفته ۱۸۵/۸ تومان (۱۰ ۱۸۵۸) خواهد شد .

گرچه این آزمایش نحوهٔ عمل یک شبیه سازی پیچیده انبار را برای چند متغیر تصادفی بخوبی نشان میدهد، ولی نافص است . معمولا شبیه سازی ۱۰ دوره ای خیلی کم است و نمی توان از آن ، حالت پایدار واقعی‌رانتیجه گرفت . شبیه سازی ۱۰۰۰ دوره ای مناسبتراست ، متوسط هزینه هفتگی انبار، هزینه ای است که فقطبا یک نمونه (سفارش ۴۰ و نقطه سفارش ۳۰ واحدی) حاصل شده است . همچنین این آزمایش تنها معرف‌قسمتی از یک آزمایش کامل شبیه سازی است . برای تکمیل آزمایش شبیه سازی ، چند آزمایش شبیه سازی، هر کدام با ترکیب های مختلف RوQ ضرورت دارد . ترکیبی از QوR که به حداقل هزینه کل منتهی شودمبین بهترین سیاست انبارداری است . بدیهی است که اجرای آزمایش به صورت دستی برای ترکیب های‌مختلف RوQ برای تعیین بهترین سیاست انبارداری عملا غیر ممکن است . تکرار آزمایشها برای ۱۰۰۰هفته بجای ۱۰ هفته ، روزها وقت می گیرد ، شبیه سازی واقعی بایستی ، با کامپیوتر انجام شود . تنها چند ثانیه‌طول خواهد کشید که کامپیوتر کل این شبیه سازی را انجام دهد . به هر حال این مثال مختصر و خیلی ساده نیازبه شبیه سازی را هنگامی که پیچیدگی مسأله جوابهای تحلیلی را غیر ممکن می سازد ، نشان می دهد. این‌واقعیت که RوQ به همدیگر وابسته اند وهر دو باید به صورت همزمان در تعیین سیاست بهینه دخالت داده‌شوند و این واقعیت که هم تقاضای محصول و هم زمان تأخیر دریافت سفارش متغیرهای تصادفی هستند ،حاکی از آن هستند که مسائلی وجود دارد که تحلیل آنها با هر نوع روش محاسباتی بجز شبیه سازی غیرممکن است . مثالی که ارائه شد و دارای متغیرهای تصادفی با توزیعهای احتمال گسسته بود . در اغلب مواردااستفاده از متغیر تصادفی پیوسته به واقعیت نزدیکتر است . در اینجا مثالی از شبیه سازی با متغیر تصادفی‌پیوسته را ذکر می کنیم .

شبیه سازی زمان خرابیهای ماشین

شرکت تولیدی براساس تجربه ، تصور می کند تعداد خرابیهای ماشینهایش بیش از حداست . مدیریت شرکت‌می خواهد رفتار فعلی کار (و خرابی) ماشین ها را در یک دور زمانی طولانی ، برای درک بهتر رفتار سیستم‌شبیه

سازی کند . پرسنل ستادی شرکت معتقدند که زمان بین خرابیهای ماشین به هفته با تقریب دارای توزیع یکنواخت به صورت ۴<x>۰ f(x)=x۸ است . شکل زیر نشان دهنده تابع احتمال پیوسته است که در آن‌متغیر تصادفی x نشان دهندهٔ زمان (به هفته) بین خرابیها است . مساحت زیر منحنی معرف احتمال وقوع‌متغیر تصافی x است بنابراین ، مساحت زیر منحنی با یک است .

با محاسبه سطح زیر منحنی از صفر تا هر مقداری از متغیرتصادفی x می توان احتمال تجمعی مقدار x راتعیین کرد .ملاحظه می کنید که دامنهٔ مقادیر متغیر تصادفی x (۴<x>۰) با احتمالات تجمعی ۱<F(x)>۰ متناظراست. از این رو برای هر مقدار F (x) در فاصله (۱ و ۰) مقداری برای x وجود دارد .

در مثال قبل متغیر تصادفی گسسته را با مقادیر مختلف x را با دامنه ای از توزیع تجمعی x مربوط می‌کردیم . ولی در حالتی که متغیر تصادفی پیوسته باشد ، رابطهٔ بین x و تابع توزیع تجمعی ، F(x) ، برقرارمی‌شود . پس هر مقدار تابع توزیع تجمعی متناظر با مقدار خاصی از x است بنابراین ، هر عدد تصادفی r(بین۰ و ۱) را می توان به طور مستقیم به مقدار متناظر x آن با استفاده از تابع توزیع تجمعی آن ترجمه کرد . چونF(x) در فاصله (۱ و ۰) تعریف می شود وعدد تصادفی نیز در همین فاصله (۱ و ۰) تعریف می شود ،داریم: r=F(x)= r= x۱۶۲چون می خواهیم با اعداد تصادفی r مقادیر متغیر تصادفی x را به دست آوریم ،ابتدا بایستی ، معادله را برای x بر حسب r حل کنیم لذا x۴= r بعداز به دست آوردن عدد تصادفی r ،جایگزینی آن در معادلهx۴= r مقدار x متناظر آن به دست می آید . برای مثال ، اگر r۰/۲۵ = آنگاه x=۲است . مولد فرایند x۴= r همان کاری را می کند که در مثال متغیر گسسته قبل دامنه برای r انجام می داد .سپس از مقادیرx درمدل شبیه سازی همانند مثالهای قبل استفاده می شود .

با مراجعه به مثال شرکت تولیدی ، به یاد آورید که متغیر تصادفی پیوسته x زمان بین خرابیها به هفته است ومدیریت علاقه مند است خرابیها را برای یک سال شبیه سازی کند . اعداد تصادفی که در این آزمایش‌بایداستفاده شود باید بین ۰ تا ۱ باشد ، اگر این چنین نبود باید اعداد را بر عددی مناسب تقسیم

کنیم تا اعدادبین ۰ تا ۱ بدست آید . سپس از این مقادیر، استفاده شده تا مقادیر تصادفی برای x براساس فرمول تولید شودr x۴= نتایج شبیه سازی درجدول صفحه بعد آمده است .

تعداد تجمعی خرابیها	زمان تجمعی هفته	زمان بین خرابیهاxهفته x۴= r	r
	۱	۲/۶۸	۰/۴۵ ۲/۶۸
۲	۶/۴۸	۳/۸۰	۰/۹۰
۳	۱۰/۱۵	۳/۶۷	۰/۸۴
۴	۱۱/۸۰	۱/۶۵	۰/۱۷
۵	۱۵/۲۴	۳/۴۴	۰/۷۴
۶	۱۹/۱۲	۳/۸۸	۰/۹۴
۷	۲۰/۱۸	۱/۰۶	۰/۰۷
۸	۲۱/۷۳	۱/۵۵	۰/۱۵
۹	۲۲/۵۳	/۸۰	۰/۰۴
۱۰	۲۴/۷۶	۲/۲۳	۰/۳۱
۱۱	۲۵/۸۲	۱/۰۶	۰/۰۷
۱۲	۲۹/۸۰	۳/۹۸	۰/۹۹
۱۳	۳۳/۷۴	۳/۹۴	۰/۹۷
۱۴	۳۷/۱۶	۳/۴۲	۰/۷۳
۱۵	۳۸/۶۰	۱/۴۴	۰/۱۳۳
۱۶	۳۹/۳۰	/۷۰	۰/۰۳

۱۷	۴۲/۴۵	۳/۱۵	۰/۶۲
۱۸	۴۵/۱۹	۲/۷۴	۰/۴۷
۱۹	۴۹/۱۷	۳/۹۸	۰/۹۹
۲۰	۵۲/۶۳	۳/۴۶	۰/۷۵

شبیه سازی برای ۵۲ هفته (یک سال) بعد از ۲۰ خرابی صورت گرفته است ، با استفاده ازهمین روش ،شرکت می تواند خرابیهایی ماشین را برای یک دورهٔ طولانی انجام دهد .

۵-۱۴- کاربردهای شبیه سازی

اکنون با توجه به مفهوم شبیه سازی و توانایی آن در تجزیه و تحلیل سیستم ها و کمک به حل مسائل آنها و ازطرفی توجه به پیچیدگی سیستم هایی که در دنیای واقعی وجود دارند ، میتوان به راحتی میزان کاربرد فراوان‌شبیه سازی را حدس زد البته در این زمینه مطالعات و بررسی های نیز انجام شده است که نتایج حاصل از آنهامطلب فوق را تأئید می کنند . مثلا شانون در کتاب خود نتایج حاصل از بررسی نمونه‌ای را که توسط شانون وبیلز از اعضای دائمی غیر دانشگاهی انجمن پژوهش عملیاتی آمریکا به دست آمده را ذکر می کند . حاصل این‌نتایج در جدول صفحه بعد نشان داده شده است .

مطلوبیت فنون پژوهش عملیاتی برای افراد دست اندرکار

(نظریهٔ احتمال (و استنباط آماری	182/0
(تحلیل اقتصادی (کارایی هزینه	150/0
شبیه سازی	143/0

برنامه ریزی خطی	12/0
کنترل موجودی ها	097/0
(خط انتظار (صف بندی	085/0
(تحلیل شبکه ای (ترتیب دهی	072/0
تحلیل جایگذاری	042/0
نظریه بازی ها	040/0
برنامه ریزی پریا	031/0
فنون جستجو	020/0
برنامه ریزی غیر خطی	018/0

۱/۰۰

می بینم برای محققینی که عملا کار می کنند ، تنها احتمال و روش کارایی هزینه است که از لحاظ ارزش یامطلوبیت در مرتبهٔ بالاتری از شبیه سازی قرار می گیرند .

از دیگر مطالعات و بررسی هایی که در زمینه کاربرد فنون مختلف تحقیق درعملیات انجام شده است ،گزارش تورین است . این مطالعه در مورد ۵۰۰ شرکت که توسط مجله فورچون به عنوان بزرگترین‌شرکتهای عالم معرفی شده بود ، صورت گرفت . نتیجهٔ این مطالعات درجدول زیر آمده است .

کاربرد فنون مختلف تحقیق در عملیات

« گزارش تورین »

نام فن	طرحها تعداد	درصد استفاده
*تحلیل آماری	63	29
شبیه سازی	54	25
برنامه ریزی خطی	41	19
نظریه موجودی ها	13	6
نظریه شبکه ها	13	6
برنامه ریزی پویا	9	4
برنامه ریزی غیر خطی	7	3
نظریه صف	2	1
برنامه ریز ابتکاری	2	1
گوناگون	13	6

* شامل احتمالات ، رگریسون ، تفریب نمایی ، نمونه گیری آماری، آزمون فرض

علاوه بر این صرف ۷۴ میلیون دلار در سال مالی ۱۹۸۶ برای بررسیهای شبیه سازی توسط ارتش آمریکاکاربرد شبیه سازی را بیشتر آشکار می کند . بنابراین با وجود ظرافت و نداشتن پیچیدگی ریاضی ، شبیه سازی‌یکی از پر مصرفترین فنون کمی است که در حل مسائل مدیریت به کار می رود .

۵-۱۵- مزایا و معایب شبیه سازی (شبیه سازی کامپیوتری)

در سراسر بحث از مزایا شبیه سازی به نوعی یاد شده است . در اینجا بعضی از مزایای شبیه سازی را فهرست‌وار عنوان می کنیم :

داشتن قدرت فشردن زمان . بدین ترتیب که به وسیله شبیه سازی ممکن است چندین سال از فعالیت‌یک سیستم را در چند ثانیه ملاحظه و بررسی نمود . در نتیجه، بررسی کننده قادر است چندین طرح از یک‌سیستم را در یک فرصت کوتاه مطالعه نموده و نتاج عملکرد آنها را مقایسه نماید .

داشتن قدرت گسترش زمان. به وسیله جمع آوری آمار و اطلاعات لازم در برنامه شبیه سازی ، بررسی‌کننده قادر است جزئیات تغییراتی که در زمان واقعی قابل مشاهده نیستند مطالعه کند . بعبارتی دیگر تغییراتی‌که بعلت بالا بودن سرعت ایجاد آنها در سیستم واقعی قابل مشاهده یا مطالعه نمی باشند ، در این روش قابل‌کنترل و بررسی هستند. این عمل با کمک کند نمودن زمان در مدل صورت می گیرد مانند کند نمودن سرعت‌حرکت یک فیلم برای بررسی حرکت هایی که در حال عادی قابل دقت و بررسی نیستند .

در یک بررسی گاه لازم است که حرکت زمان را متوقف کرده و نتایج بدست آمده تا این لحظه را مطالعه‌نمود و پس از تصمیم های لازم بررسی را از همان نقطه توقف یا از سر گرفت . لازمه این نیاز، این است که تمام‌پدیده های وابسته به سیستم وضعیت خود را تاشروع مجدد بررسی و آزمایش دقیقاً حفظ کنند . این امکان‌فقط در شبیه سازی ممکن است .

شبیه سازی این امکان را به تحلیل گر می دهد که یک آزمایش یا بررسی را با حفظ کلیه شرایط اولیه ورفتار سیستم بوسیله یک برنامه تکرار کند . در هر یک از دفعات تکرار، تنها مقادیر بعضی از پارامترها را به‌منظور دریافت اثر آنها بر رفتار سیستم و نتایج حاصل تغییر می دهد .

شبیه سازی قادر به بررسی تغییرات جدید در سیستم های موجود و مطالعه سیستم هایی که در مرحله‌طرح می باشند و هنوز هیچ گونه امکانات ، سرمایه و زمان برای پیشرفت یا ایجاد فیزیکی آنها صرف نشده‌است . همچنین بررسی و آزمایش سیستمهای فرضی که احیاناً ایجاد و مطالعه آنها بوسیله روش های

دیگرغیر ممکن یا خطر ناک می باشد با این روش امکان پذیر است. و اما معایب شبیه سازی را می توان چنین عنوان‌کرد :

ایجاد و توسعه یک مدل خوب شبیه سازی اغلب گران و محتاج زمان است و نیاز به اطلاعات زیادی‌دارد که ممکن است به آسانی دردسترس نباشد . شانون به به نقل از فازستو در کتاب خود ذکر می کند که‌توسعه یک مدل خوب برنامه ریزی شرکتها ممکن است ۳ تا ۱۰ سال وقت بخواهد .

شبیه سازی می تواند چنین وانمود کند که وضعیت جهان واقعی را به دقت نشان می‌دهد ، در حالی که‌واقعاً این کار را نمیکند . چندین مسئله ذاتی در شبیه سازی وجود دارند که اگر به درستی حل نشوند می توانندنتایج غلطی را به وجود آورند .

شبیه سازی دقیق نبوده و نمی توان درجه این بی دقتی را اندازه گرفت . تحلیل حساسیت مدل نسبت به‌تغییر مقدار پارارمترها تنها قسمتی از این مشکل را حل می کند .

معمولا نتایج شبیه سازی به صورت عددی بوده و با هر تعداد ارقام اعشاری که آزمایشگر انتخاب کند ،معین می شوند در نتیجه، خطر بزرگ کردن اعداد، یعنی اعتبار دادن بیش از حد به اعداد پیش می آید .

درنهایت هر چند شبیه سازی روش بسیار با ارزش و مفید برای حل مسائل است ، ولی به طور حتم راه حل‌تمام مسائل مدیریت نیست . هنوز تا حد زیادی توسعه و استفاده از مدلهای شبیه سازی به جای اینکه علم‌باشد هنر است . بنابراین مانند سایر هنرها تا حد زیادی فن ، موفقیت یا شکست را معین نمی کند بلکه عامل‌تعیین کننده ، چگونگی کار برد آن است .

۵-۱۶- شبیه سازی؛ کمک مدیران در تصمیم گیری

تصمیم گیری برای استفاده کارا از نیروی انسانی، تجهیزات و دیگر منابع سازمانی برای هر مدیری، امری ضروری است . از این رو، مدیر همیشه در صدد است تا بیشترین بهره‌وری را از امکانات و منابع خود برای دستیابی به هدفهای از پیش تعیین شده، محقق سازد. شبیه سازی (Simulation)می‌تواند به عنوان یکی از تکنیکهای

موَثر و پرقدرت مدیران امروزی مورد استفاده قرار گیرد. شبیه سازی تقلیدی از عملکرد یا سیستم واقعی با گذشت زمان است که گذشته از اینکه با دست یا به وسیله کامپیوتر انجام می شود، به ایجاد ساخت تاریخچه سیستم و بررسی آن به منظور دستیابی به نتیجه گیری هایی در مورد عملکرد سیستم واقعی مربوط می شود. تکنولوژی و نرم افزارهای شبیه سازی یکی از قدرتمندترین روشها و ابزارهای در خدمت مدیران، مهندسان صنایع، تحلیل‌گران سیستمها و ... که آنها را قادر می‌سازد پیش از اتخاذ هر تصمیمی در مورد هر سیستم تولیدی یا خدماتی در دست پیاده سازی و یا در حال کار را شبیه‌سازی کرده،بررسی‌های لازم آماری را در تمامی ابعاد آن، برای تصمیم‌گیری بهتر و با هدف کاهش هزینه و افزایش سود یا راندمان به عمل آورند.

تکنیک های شبیه سازی که برای ارزیابی سیستم ها به کار می روند، ابزار بسیار مناسبی برای بهبود کیفیت مقیاس ، و معیارهای مورد استفاده در فرآیند طراحی، کدگذاری، و آزمایش گامهای سازمان ارائه می دهند که می توان آن را در شرایط واقعی به کار گرفت. در نتیجه، احتمال وجود نقص در محصولات و خدماتی که به مشتری ارائه می شوند کاهش یافته، نیازها و خواسته‌های مشتریان برآورده شده، سازمان به کامیابی در مأموریت خود دست می یابد.

از سوی دیگر با استفاده از تکنیک شبیه‌سازی می توان هزینه‌ها را پیش بینی و اولویتها را تعیین کرد. محصولات و خدمات را طبقه بندی کرده، نیروی کار مورد نیاز را تشخیص داد و در حقیقت با استفاده از داده های حاصل از به کارگیری تکنیک شبیه سازی، مدیریت با اطمینان بیشتری در مورد هزینه، بودجه، نیروی انسانی و... برنامه ریزی و تصمیم گیری می کند.

۵-۱۷- شبیه سازی؛ تکنیک برتر مهندسی صنایع

رای حمایت از بیان اینکه شبیه سازی اصلیترین تکنیک و ابزار برای مهندسی صنایع است، باید گفت: "شبیه سازی مهمترین روش برای زدودن خیالپردازی در تمام زمینه های مدلسازی و تحلیل ها است".

بیش از ۳۵ سال پیش (۱۹۶۹ میلادی) اچ. ام. واگنر گفت: "اکثر تحلیلگران و متخصصان تحقیق در عملیات به سوی کامپیوترهای دیجیتالی شبیه سازی به عنوان آخرین راه چاره نگاه می کنند"؛ در حالیکه متخصصین تحقیق در عملیات به ایراد و ذکر این گفته ادامه می دادند این مورد هرگز برای مهندسین صنایع قابل توجه نبود

شبیه سازی روشی است که یک مسأ له را به سا دگی تعر یف کرده، سپس مدلی را ارائه میدهد که از روی آن مشخصه های متغیر زمانی برای حل مساله تعیین میشوند. کاربر شبیه سازی بیش از آنکه مسأله را به صورت یک نوع مدل دقیق یا مدل سازی تهیه کند (وسپس بتواند روی آن تجزیه وتحلیل کند)، روی ساختن مدلی که بتواند آن مسأله را حل کند، تفکر وتمرکزمیکند. بنابراین، شبیه سازی درباره مدلهای سیستمهایی بحث می کند که خروجی قابل قبولی تولید کنند و به جوابهای قابل قبولی منجر شوند. این باید همیشه نقطه آغازینی برای بسیاری ازمدلهای مهندسی صنایع باشد که به فعالیتهای حل مسأله مربوط هستند و البته در بسیاری موارد، ممکن است که نقطه پایانی باشد.

درمهندسی صنایع، مسایل می توانند به سه بخش کاربردی مربوط شوند:

- طراحی مهندسی
- برنامه ریزی

- عملیات(بهره برداری

طراحی مهندسی دراین مرحله تصیمیم می گیرد که چه سیستم و دستگاهی برای کار مورد نیاز، باید وجود داشته باشند. برنامه ریزی در این باره بحث وتصمیم گیری می کند که آن سیستم ودستگاه چگونه باید کار کند. قسمت بهره برداری وعملیات هم مربوط به استفاده وعملکردواقعی سیستم است. شبیه سازی در هر یک از این سه بخش کاربردی، در سه سطح به کار برده می شود:

۱) ارزیابی تصمیمها: یعنی تهیه اطلاعات برای تصمیم گیرندگان و اینکه سیستم، چگونه زیر نظر یک برنامه و طرح داده شده یا یک سیاست کاری، عمل می کند.

۲) حمایت از جستجو برای تصمیم گیریها و سیاستهای کاری بهتر و آماده کردن پیشنهادها و نظریاتی که از تصمیم گیرنده پشتیبانی کند.

۳) واقعی کردن تصمیم گیریها: برای مثال، شبیه سازی برای تهیه یک برنامه زمانی برای بخشهای تولیدی کارخانه استفاده می شود تا برای کار هایی که در جریان هستند، اولویتهای کاری را به موقع گوشزد کند.

تصویر دیگری از نمونه های خروجی قراردادی و دلخواه با اهداف مختلفی برای طرح ریزی و ساختن یک شبیه سازی است .

هدف شبیه شبیه سازی		خروجی اصلی شبیه سازی
وسایل تشریحی	Z	انیمیشن (تحریکات)
وسایل ارتباطی	Z	انیمیشن، رسم نقاط، نمودار پای، آنالیز، هزینه، نمایش پردازنده جدولی(صفحه گسترده)
ابزار تجزیه	Z	جدول بندی، برآوردکننده های آماری، نمودارهای آماری، ترسیمهای حساسیت
ارزیاب طراحی	Z	برآورد کننده های آماری، آمارهای مختصر، تولیدکننده های منظم و منتخب
زمانبندی کننده	Z	زمانبندی های برنامه ریزی شده، نمودارگانت، ترسیم منابع
مکانیسم کنترل	Z	برآوردهای آماری، ناسازگاریها و تغییرپذیریها
ابزار تعلیم	Z	انیمیشن، ترسیم وقایع، برآورد کننده های آماری، آمارهای مختصر، نمایش خروجیها برای کارآموزی ورودیها

شبیه سازی یک تکنولوژی اساسی برای تولید کارخانه درون کامپیوتر خواهد شد. این سیستم توسط مساله و نوع کاربر، یک پایه و اساس برای تخمین اجرای متریک و اندازه گیری شده تهیه خواهد کرد.

قبل از تصمیم گیریها، یک مدیر قادر خواهد بود اطلاعات را به دست آورده، تجزیه و تحلیلهایی را انجام دهد که این کار موجب حمایت از برنامه ریزی و کارکردهای عملیاتی روزانه خواهد شد؛ مدیر معظم این کار را به وسیله فشاردادن دکمه های ماوس انجام خواهد داد. یک شبیه سازی برای عملیات در ساعتی بعد، بلافاصله با استفاده از وضعیت فعلی، به عنوان نقطه شروع قابلیت نمایش دارد.

این کارخانه که درون کامپیوتر است چه چیزی را فراهم کرده، به ما تحویل خواهد داد؟هم اکنون سخت افزار و نرم افزار در دسترس هستند، اما ادغام سیستمها لازم است تا داده ها به سیستم شبیه سازی منتقل شوند.

نیازمندیهای داده ها با اطلاعات روی سفارشها، منابع، برنامه ریزی فرآیندها و مانند آنها ارتباط دارد. همچنین باید اطلاعات پایه ای از مجموعه سیستمهای تولیدی کارخانه در دسترس باشد. این شرطی را برای توانایی ادغام سیستم با شبیه سازی می گذارد، و آن اینکه اطلاعات موجود فعلی فقط برای اهداف زمان بندی قابل استفاده است.

از جهت تجزیه و تحلیل، سیستمهای شبیه سازی به این نیازمندند که به کاربردها و تقاضاهای دیگر اجازه داده شود تا به طور پیوسته به همراه سیستم شبیه سازی مورد استفاده قرار گیرند.

استانداردکردن سیستمهای شبیه سازی در نمودارها و اجزای مبادلات اطلاعاتی مورد نیازند، حتی اگر آن یک انتخاب از گزینه هایی چون windows یا مدیر نمایش و یا پیوستگی استفاده از ساختارهای سیستمهای باز (open system)باشد؛ دوباره سازی سیستم شبیه سازی، نسبت به استفاده از تکنیک های رشد خانگی که کارهای توسعه یافته ما را ساده می کنند، توانایی و کوشش بیشتری لازم ندارد؛ این کارها در سطح pc انجام شده است و حالا زمان آن است که تکنیکهای شبکه ای (net work) درون سیستمهای شبیه سازی گذاشته شوند تا به ارتباطات اجازه داده شود تا از حیطه عریض سخت افزار کامپیوتر عبور کنند .

دراین مقدمه استخوان بندی برای کاربردهای آینده از شبیه سازی نشان داده شده است. کالبدی که شبیه سازی را به عنوان تکنیک و فن برتر مهندسی صنایع معرفی می کند، زیرا آن از موارد زیر حمایت و پشتیبانی می کند:

۱) سه بخش کاربردی طراحی – برنامه ریزی و عملیات (اجرا و بهره برداری

۲) ساختن مدلهایی برای تعریف جوابهای قابل قبول وقابل استفاده برای مسایل

۳) اهداف گوناگون برای ساختن مدلهایی که از میدان و حیطه انواع مسایل می گذرد

۵-۱۸- نقش شبیه سازی در مهندسی فرایند

امروزه سیستمهای کامپیوتری نقش عمده ای در تسریع و ارتقای کیفیت فعالیت های مهندسی از جمله طراحی و ساخت کارخانجات واحدهای تولیدی و راهبری آنها دارند. بطوری که اکنون ارایه خدمات مهندسی خواه در دفاتر طراحی و دفاتر کارفرمایان، و خواه از شرکتی به شرکت دیگر بدون دخالت کامپیوتر در مراحل مختلف برآورد و انجام محاسبات، نقشه کشی، تولید و انتقال مدارک و مدیریت اطلاعات و اسناد، خارج از عرف و تقریباً بی معناست .

از آنجا که این روش موجبات صرفه جویی در وقت و هزینه ها را فراهم می آورد، بطور طبیعی مورد استقبال عمومی مدیران بخش صنعت قرار گرفته است. با روشنتر شدن مزایای بکارگیری کامپیوتر در این امور، و پیدایش کاربردهای جدید برای آن، هر روز افراد بیشتری به استفاده از آن بجای ادامه روشهای سنتی تمایل نشان می دهد .

یکی از کاربردهای موثر کامپیوتر در صنایع نفت، گاز و پتروشیمی، شبیه سازی واحدهای تولیدی بوسیله نرم افزارهای خاص است. این زمینه با توجه به جو رقابتی بازارهای جهانی و نیز حرکت هایی که در زمینه افزایش بهره وری تولید، استفاده هرچه بهتر از منابع، و کاهش هزینه ها مشاهده میشود، طی سالهای اخیر رشد چشمگیری یافته، اما هنوز بسیاری از مزایای این کار شناخته نشده است. در این نوشتار، برخی زمینه های کاربرد نرم افزارهای شبیه سازی با هدف بازخوانی مهمترین مزایای این نرم افزارها بطور خلاصه توضیح داده شده است .

الف – کاربردهای شبیه سازی در پژوهش و توسعه فرایندها :

بطور سنتی، پژوهش درباره روشها یا سیستمهای جدید تولید به کمک واحدهای پیشتاز انجام می شده است. اما نظر به هزینه زیاد ساخت و نگهداری این واحدها، از چندین سال پیش، فکر استفاده از نرم افزارهای شبیه سازی برای کاستن از این هزینه ها مطرح شده است. با بکارگیری این نرم افزارها میتوان گزینه های مختلف خط تولید را بررسی کرد، افزایش ظرفیت واحد را مورد مطالعه قرار داد و در نهایت، واحد پیشتاز را بهینه طراحی کرده و ساخت. از طرف دیگر، بخشهایی از فرآیند را که با شبیه سازی آنها اطلاعات کافی برای طراحی واحد بدست می آید، می توان از واحد پیشتاز حذف کرد.همچنین ازاشتباهات پرخرج در طراحی و ساخت واحدهای پیشتاز پیشگیری کرد .

ب – کاربردهای شبیه سازی در طراحی فرایند

امروزه به نحو گسترده ای از نرم افزارهای شبیه سازی در طراحی فرایند استفاده میشود. کاربردهای این نرم افزارها در این حوزه از حیث گستردگی کار از محاسبه ساده خصوصیات ترموفیزیکی جریانها یا حتی مواد خالص شروع شده و به طراحی کارخانجات کامل با در نظر گرفتن تاسیسات جانبی، خطوط لوله تامین خوراک، یا انتقال محصول، و بررسی سیستمهای کنترل میرسد. از آنجا که این روش از محاسبات دستی ساده تر، سریعتر و دقیقتر است، با تکرار آن در شرایط مختلف به سهولت و با صرف زمان بسیار کمتری میتوان مجموعه کاملی از عملکرد فرآیند در حالت های مختلف را پیش بینی کرده و از این طریق، ضمن کاهش هزینه های اضافی سرمایه گذاری ثابت (دستگاههای اضافی) و کاستن از هزینه های عملیاتی (مصرف آب، انرژی و ...)، قابلیت انعطاف بیشتری را در طرح فرایند بوجود آورده و نقطه بهینه از لحاظ هزینه ها، روانی عملیات، ایمنی، محیط زیست و غیره را بدست آورد .

افزون بر این، از آنجا که طراحی فرایند از طراحی دستگاه ها و تجهیزات مکانیکی، پایپینگ، ابزار دقیق، سیستم های برقی و سازه و ساختمان جدا نیست، از اطلاعات حاصل از شبیه سازی در حالتهای مختلف میتوان برای کمک به طراحی این سیستمها نیز بهره گرفت. نرم افزارهای جدید شبیه سازی از قابلیت اتصال به نرم افزارهای طراحی این سیستم ها و انتقال اطلاعات به آنها بهره مندند .

پ – کاربردهای شبیه سازی در بهره برداری مطلوب از تاسیسات موجود

در کارخانجات موجود با کمک نرم افزارهای شبیه سازی می توان فرایند تولید را مورد بررسی و ارزیابی موشکافانه قرار داده و از این طریق، بطور کلی عملیات را بهبود بخشید. در صورتی که از نرم افزارهای پیشرفته تر استفاده شود، امکان بهینه سازی در جا براساس شرایط تولید (مانند دمای خوراک و شرایط اقلیمی) نیز وجود دارد .

کاستن از مواد و انرژی مصرفی نیز از جمله مطالعاتی است که میتوان به کمک این نرم افزارها انجام داد. اما یکی از کاربردهای بسیار مهم استفاده از نرم افزارهای شبیه سازی کشف حداکثر ظرفیتهای تولیدی موجود و قابل استفاده در خط تولید است که گاه بهره گیری از آنها هزینه ای بسیار کم و درآمدی قابل توجه دارد. در همین زمینه میتوان تنگناهای فرایند را نیز شناسایی کرد و به رفع آنها همت گماشت .

یکی از کاربردهای جدید نرم افزارهای شبیه سازی، بررسی صحت عملکرد سیستمهای کنترل موجود و تنظیم مجدد آنها است. این کار به کمک نرم افزارهای شبیه سازی دینامیک انجام میشود. با ظهور نرم افزارهای پیشرفته تر جدید که امکاناتی از قبیل توسعه پذیری، شکل پذیری، اتوماسیون، اتصال به نرم افزارهای دیگر و پایگاه های داده ها، گنجاندن مدلهای نزدیک به واقعیت (موسوم به High-fidelity) در آنها و توانایی های ترسیمی و ارزیابی وسیعی را در اختیار قرار داده اند، نه تنها این کاربردها گسترش بیشتری یافته بلکه استفاده از منافع این کار با سرعت و بازدهی بیشتری نیز همراه شده است .

ت) کاربردهای نوین شبیه سازی پیشرفته

باید دانست که در گذر سالها، با انباشته شدن تجربیات متعدد از شبیه سازی، اعتماد به نتایج شبیه سازی بسیار مستحکمتر شده است بطوری که امروزه کمتر مدیر مطلعی یافت میشود که نه تنها در مورد فواید اصل شبیه سازی که حتی کاربرد آن در موارد حساسی چون کنترل فرآیندها تردید به خود راه دهد. نظر به برخی از کاربردهای پیشرفته نرم افزارهای شبیه سازی این موضوع را بیشتر روشن میکند :

الف – ارتباط با نرم افزارهای دیگر: تبادل اطلاعات با نرم افزارهای دیگر بصورت دوطرفه، توانایی دست ورزی در اطلاعات کتابخانه ای، افزودن مدلهای دلخواه کاربر و اجرای برنامه طبق روش دلخواه کاربر با معماری باز نرم افزارهای امروزی شبیه سازی ممکن شده است. با پدید آمدن فکر CAPE-OPEN این کار شکل جدی تری نیز به خود گرفته و نوید ظهور نرم افزارهایی با قابلیتهای گسترده پذیرش قطعاتی از نرم افزارهای دیگر برای بهینه سازی توانمندیها را میدهد .

ب – استفاده مستقیم در کنترل فرایند: نرم افزارهای نوین از توانایی اتصال مستقیم یا با واسطه به انواع سیستم های کنترل فرایند واقعی برخوردارند و در نتیجه، می توان از آنها برای بهینه سازی لحظه ای عملکرد واحد با تعیین نقاط مقرر بهینه بهره گرفت. معماری باز و توان محاوره با نرم افزارهای دیگر، حتی امکان پیاده سازی الگوریتم های پیشرفته کنترل مانند کنترل مدلی پیشگو (MPC) ، کنترل بهینه، کنترل تطبیقی و نظایر آنها را فراهم میآورد .

پ – آموزش اپراتورها : دقت شبیه سازی دینامیک فرآیندها امروزه چنان است که میتوان از آن برای خلق موقعیتهای نامطلوب یا اضطراری مجازی و آموزش چگونگی مهار آنها به اپراتورها استفاده کرد. نظیر این کار سالها پیش از این در کارهای حساس مانند ناوبری هواپیما و سیستم های دفاعی انجام می شده است. با کاهش

هزینه های پیاده سازی این توانایی در صنایع شیمیایی، زمینه های کاربرد آن در این صنایع نیز فراهم آمده است .

ت – تسریع پروژه ها : طراحی کارخانجات فعالیتی گروهی است که با توزیع مناسبتر داده ها و اطلاعات، جلوگیری از دوباره کاری و مدیریت شایسته تغییرات، به طرز چشمگیری شتاب میگیرد. توجه به نیاز واحدهای مختلف مهندسی برای تبادل اطلاعات، لزوم حرکت از سطح سیستمهای سنتی نقشه – محور (بیشتر متکی به نرم افزارهای ساده نقشه کشی مانند AutoCAD) به سطح سیستمهای نوین «داده – محور» را بطور جدی مطرح میکند. از آنجا که در این سیستمهای هوشمند، تمام بخشهای مهندسی و مدیریت پروژه ها به پایگاه مرکزی داده ها دسترسی دارند، پویایی قابل ملاحظهای در انجام پروژه ها به وجود می آید .

افزون براین، اطلاعات طراحی سرمایه ارزشمندی است که پس از پایان طراحی نیز در طول عمر کارخانجات باید مورد استفاده قرار گیرد. بنابراین، وجه دیگر این کاربرد، ایجاد امکان بهره گیری از اطلاعات طراحی در طول عمر کارخانه برای انواع طراحی، برنامه ریزی تعمیرات و نظایر آنهاست .

نرم افزارهای امروزی شبیه سازی از توان قابل ملاحظه ای برای تبادل اطلاعات با پایگاه های داده ها از طریق پروتکلهای استاندارد برخوردارند و در ضمن مدلهای ساخته شده در آنها را با توجه به بندهای ب و پ بالا میتوان در طول زمان بهره برداری از کارخانجات مورد استفاده قرار داد .

ث – اتصال به سیستم مدیریت : در دوران ما، تولید به کمک کامپیوتر(CIM) ، تجارت الکترونیکی، بازرگانی الکترونیکی و سیستم های اطلاعات مدیریت به سرعت در حال رشدند. امروزه سیستم های مدیریت، حسابداری، برنامه ریزی، طراحی، کنترل عملیات و راهبری به دلیل نیاز به نظارت و تنظیم روابط میان تولیدکنندگان، مجاری توزیع فرآورده ها، شبکه های حمل و نقل و خریداران به یکدیگر متصل می شوند .

ازاین طریق، امکان پیش بینی و در نظر گرفتن تقاضای بازار، اجرای سفارشها و ایجاد هماهنگی در تامین مـواد اولیه، تخصیص ظرفیت های تولید و برنامه ریزی برای آن و زمانبندی تحویل محصول به وجود می آیـد کـه در فضای رقابتی تجارت جهانی امری حساس و فوق العاده مهم ارزیابی می شود. مجدداً، شبیه سازهای امروزی بـه دلیل توان محاوره با پایگاه های داده ها و معماری باز خود توان مشارکت در این فعالیت مهم را دارند .

منابع

مقدمه ای بر تفکر سیستمی (ویرایش ششم) ترجمه و تدوین : قاسم مختاری، دی ماه ۱۳

تفکر سیستمی،حسنعلی نعمتی ، زمستان ۸۷

Definitions: Systems, Systems Theory, Systems Thinking, Tools, '*Field Guide to Consulting and Organizational Development: Collaborative and Systems Approach to Performance Change and Learnin'*.

Five Disciplines of Systems Thinking -- Per Peter Senge, (Doubleday, 1990).

System Engineering, Modeling and Simulation (SEMS) Laboratory, Industrial Engineering Department , University of Indonesia, 2006 Report

Practical Challenges of Systems Thinking and Modeling in Public Health, |William M. Trochim, PhD, Derek A. Cabrera, MA, Bobby Milstein, MPH, Richard S. Gallagher, BS, and Scott J. Leischow, Phd

Integrating Hybrid Modeling with System Dynamics, Tzur Levin and Ilya Levin, Tel Aviv University, Schools of Education, Ramat Aviv, Israel

شبیه سازی

۱ ـ شانون، رابرت، علم و هنر شبیه سازی سیستم‌ها، مرکز نشر دانشگاهی .

۲ ـ صالحی فتح آبادی، دکتر حسن، شبیه سازی سیستم‌ها به وسیله کامپیوترهای رقمی، نشر جهاد دانشگاهی .

۳ ـ مومنی ، منصور، پژوهش عملیاتی (مدلهای احتمالی)، انتشارات سمت .

۴ ـ هیلیر و لیبرمن، برنامه ریزی خطی ، نشر تندر.

. ۵CHISMAN JEMES A . Introduction to simulation Modeling Using GPSS/PC, prentice Hall , 1992

۵ جری بنکس و جان کارسن، شبیه سازی سیستم‌های گسسته- پیشامد، انتشارات دانشگاه شریف، ۱۳۷۶

۶. مقالات اینترنتی