

به نام خداوند بخشاینده مهربان



دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شمال

دانشکده فنی و مهندسی

گروه مهندسی صنایع

تحلیل سیستم ها

استاد: سینا لاله

ie.sinalaleh@yahoo.com

تایپ و ویرایش: علیرضا نادرخانی

زمستان ۱۳۹۵

منابع اجباری

- ✓ تجزیه و تحلیل و طراحی سیستم ها نویسنده: واسین جفری؛ ترجمه دکتر اصغر صافی زاده
- ✓ پویایی سیستم، دکتر ابراهیم تیموری و همکاران / انتشارات دانشگاه علم و صنعت
- ✓ شبیه سازی سیستم های پویا با نرم افزار Vensim / محمد مهدی رجائیان - نشر فرایاز
- ✓ پویایی شناسی سیستم / جان د. استرمن
- ✓ سیستم دینامیک / شهلا قبادی
- ✓ تجزیه و تحلیل و طراحی سیستم های ساخت یافته / بتول ذاکری - انتشارات زمان مدیریت صنعتی
- ✓ جزوه ی درسی تحلیل سیستم ها - دکتر مهدی نیک فرجام / دانشگاه آزاد اسلامی تهران شمال

منابع اختیاری

- ✓ شبیه سازی سیستم های گسسته-پیشامد-جری بنکس مترجم: هاشم مهلوجی / موسسه انتشارات علمی
- ✓ نظریه سیستم ها ، چرچمن / مترجم رشید اصلانی / مرکز آموزش مدیریت دولتی
- ✓ شبیه سازی سیستم های پویا با نرم افزار Vensim / محمد مهدی رجائیان - نشر فرایاز
- ✓ موج سوم / آلوین تافلر
- ✓ ریاضی چیست؟
- ✓ رهبران / نوشته نیکسون

فهرست

۳	فصل اول: مدل
۱۹	شش اصل مدل سازی:
۳۴	فصل سوم: فرآیند مدل سازی
۴۱	فصل چهارم: ساختار و رفتار سیستم های پویا
۴۷	فصل پنجم: نمودار های علت و معلولی
۵۲	فصل ششم: حالت ها و جریان ها
۵۷	فصل هفتم: دینامیک حالت ها و جریان ها
۵۹	فصل هشتم: دینامیک ساختار های ساده
۶۱	فصل نهم:
۶۲	فصل دهم: تاخیر ها
۶۴	فصل یازدهم: روش شناسی سیستم های نرم
۷۹	فصل دوازدهم: مدل سازی ریاضی و منطقی
۹۱	فصل سیزدهم: اعتبار و ارزیابی مدل
۹۹	فصل چهاردهم: آشنایی با نرم افزار VENSIM

فصل اول: مدل

مدل:

تصویر ساده شده از جهان واقعیست که در حد فهم سازنده ی آن در واقعیت شکل میگیرد. این بدان معناست که مدل خود واقعی نیست بلکه تصویری از آن است وقتی که مفهوم تصویر مطرح میشود زاویه دید اهمیت پیدا میکند. مثلاً یک تصویر اگر دو بعدی باشد بخشی از واقعیت را منعکس میکند. در حالی که اگر سه بعدی باشد قسمت بیشتری از واقعیت را نشان خواهد داد. مدل ها با توجه به نوع نگاه به موضوع و زاویه دید دارای انواع مختلفی هستند و هر نوع نیز انعکاس دهنده ی بخشی از واقعیت می باشند. مدل تصویر ساده شده ای از جهان واقعی در حد فهم سازنده ی آن است این بدان معناست که یک مدل تنها برخی از قسمت های واقعیت را که برای موضوع مورد نظر مناسب است در بر میگیرد. وارد کردن همه ی متغیرها باعث پیچیده شدن سیستم شده و این کار موجب پنهان ماندن سازوکارهای کلیدی سیستم و در نتیجه عدم تحلیل سیستم میگردد. میزان و نوع متغیرهای لازم برای بررسی سیستم با توجه به کاربرد هر مدل تعیین میگردد.

مدل تصویر ساده شده ای از جهان واقعی در حد فهم سازنده ی آن است یعنی مدل ها برای نشان دادن جهان فیزیکی بکار میروند برای نشان دادن ساختار متافیزیکی آن.

مدل تصویر ساده شده ای از جهان واقعی است در حد فهم سازنده ی آن، پس آگاهی بشر از واقعیت محدود است. بنابراین نمیتوان مدلی از واقعیت همانند آن چه هست ایجاد کرد. هرچند دانش بشر از جهان افزایش یابد، کیفیت مدل های طراحی شده بیشتر خواهد شد؛ همچنین استفاده از مدل ها باعث افزایش درک شخص از واقعیت میشود و افزایش درک شخص از واقعیت وی را به سمت مدل سازی بهتر هدایت میکند. لذا برهم کنش متقابلی بین دانش و معرفت بشر و فرآیند ساخت مدل وجود دارد

هدف از ساخت مدل چیست!؟

مهم ترین هدف از مدل سازی کسب دانش در مورد رفتار سیستم واقعی است. در واقع مدل ابزار مناسب برای بررسی تصمیمات مختلف و آثار و نتایج حاصل از آنها میباشد. همچنین در مواردی که انجام آزمایش در سیستم های فیزیکی ممکن نباشد مانند بررسی اثرات رشد تکنولوژی در تولید ناخالص ملی و یا اینکه آزمایش سیستم های واقعی هزینه ی بسیار بالایی داشته باشد. مثال: «ساخت و عملیاتی کردن نیروگاه برای مقایسه هزینه هایشان» از دیدگاه اهداف مدل سازی اتخاذ تصمیمات مناسب در کوتاه ترین زمان ممکن است. فایده مدل سازی برای این که در زمان کمتری تصمیم بگیریم: این است که روابط درون سیستم تقسیم میشوند پس بهتر میتوان تصمیم گیری کرد

معیار های طبقه بندی مدل ها:

۱- براساس نحوه مدل سازی:

A: مدل های مادی Material Model : این مدل ها بیشتر در علوم تجربی مورد استفاده قرار میگیرند و نمایش کوچکی از سیستم های واقعی هستند. آزمایشاتی که در علوم مختلف از جمله فیزیک، شیمی و زیست شناسی و... انجام میگیرد از این دسته است.

B: مدل های ذهنی Mental Model : مدلی که در ذهن از واقعیت بیرون ساخته میشود مدل ذهنی نامیده میشود مثل تفکر درباره ی اقتصاد یک کشور و مجسم نمودن آن در ذهن ، این مدل ها محدود و ضعیف هستند زیرا تعداد عواملی که میتوان به طور همزمان در یک مدل ذهنی مجسم نمود محدود میباشد. از سوی دیگر هم انتقال این مدل ها به دیگران نیز دشوار است. لذا این مدل ها به خودی خود معمولاً ارزش استفاده ندارند بلکه پایه ای برای مدل های دقیق تر از جمله مدل های ریاضی می باشد.

C: مدل های تشریحی Verbal Model : در این مدل ها ذهنیات شخص در قالب عبارات و جملات در آمده و به صورت مکتوب ارائه میشود و علوم اجتماعی و سیاسی معمولاً در این قالب ارائه میشود. استنتاج از این مدل ها نیز ضعیف است

D: مدل های ریاضی Mathematic Model : در این گونه مدل ها عوامل و روابط بین پارامترهای مدل با علائم ریاضی نشان داده می شود. در این گونه مدل ها هیچگونه ابهامی وجود ندارد و تعداد عوامل مدل میتواند زیاد باشد و از این نظر هیچگونه محدودیتی در آن وجود ندارد. نتایج حاصل از این مدل دقیق است و چون بر اساس منطق ریاضی به دست آمده قابل استفاده میباشد. از خصوصیات این مدل ها پیچیدگی آن ها نسبت به انواع دیگر مدل ها میباشد.

۲- طبقه بندی براساس محتوا:

A: مدل های علی Casual Model : روابط علی و معلولی میان پدیده ها را بیان میکند، دو عامل A و B را در نظر بگیرید دارای یک رابطه ی علت و معلولی می باشند. اگر تغییر در A موجب تغییر در B گردد به طوری که سایر عوامل ثابت باشد روابط علت و معلولی میتواند مثبت و منفی باشد. اگر علت در یک جهت حرکت کند و معلول هم در همان جهت حرکت نماید در آن صورت به آن یک رابطه ی علت و معلولی مثبت گفته میشود اگر علت در یک جهت و معلول در یک جهت مخالف آن حرکت نماید به آن رابطه ی علت و معلولی منفی گفته میشود. به مدل های علی که به تشریح این روابط می پردازد مدل های مفهومی گفته میشود Conception Model. در این مدل ها، موضوع مورد نظر از دیدگاه پدیده شناسی مورد بررسی قرار گرفته و روابط اجزای درون سیستم به طور جزئی مورد بررسی قرار میگیرد، در این مدل ها به سیستم به عنوان یک جعبه ی سفید نگاه میشود White Box .

B: مدل های توصیفی: در این مدل ها روابط بین پدیده ها به صورت تجربی مشاهده میشود. به عنوان مثال در یک مدار الکتریکی با تغییر ولتاژ، جریان نیز تغییر خواهد کرد. رسم داده های حاصل از این آزمایش با استفاده از یک رگرسیون خطی ساده نشان میدهد که جریان متناسب با ولتاژ تغییر میکند. اما بیان این موضوع بدان معنا نیست که ولتاژ و جریان باهم رابطه ی علت و معلولی دارند. این رابطه تنها ارتباط ورودی و خروجی را بدون توجه به فرآیندهای درونی سیستم بررسی میکند یعنی این مدل ها به سیستم به عنوان یک جعبه ی سیاه نگاه میکنند و به اجزای درون سیستم و ارتباط آنها با یکدیگر نمیپردازند. در این مدل ها رابطه ی ورودی و خروجی بر پایه ی همبستگی آماریست که از طریق روش هایی مثل رگرسیون شکل میگیرد.

۳- طبقه بندی بر اساس نوع کاربرد مدل ها :

A: مدل های شبیه سازی Simulation Model: در این مدل ها وضعیت فعلی سیستم با توجه به روندها و رفتارهای گذشته مدل میشود تا درک بهتری از رفتار سیستم واقعی حاصل شود. در مدل های فوق معمولاً برای سیستم هدفی تعریف میشود و سایر مدل ها برای رسیدن به آن هدف تغییر میکنند. این مدل ها را اصطلاحاً مدل های هدف محور می نامند Objective Model .

B: مدل های بهینه یابی Optimize: این مدل ها در صدد پاسخگویی به این سوال هستند که چگونه میتوان به حالت مطلوب در بهترین شرایط آن دست یافت در این مدل ها با شناخت رفتار سیستم نقاط بهینه ی یک منطقه ی موجه با توجه به یک تابع هدف از پیش تعیین شده شناخته میشود، پس از مرور اجمالی دیدگاه های مختلفی که در ساخت مدل وجود دارد به معرفی تکنیک هایی که به کمک آن ها ساختار ریاضی یک مدل شکل میگیرد اشاره خواهد شد.

از میان مدل های معرفی شده مدلی برای کاربردهای پیشرفته و پیچیده مفید میباشد که بتوان با استفاده از آن ها تعداد زیادی از متغیرها و روابط پیچیده ی بین آنها را مدل کرد علاوه بر این چون این مدل ها برای تصمیم گیری مورد استفاده قرار میگیرند باید قدرت استنتاج بالایی داشته باشند.

C: مدل های ریاضی Mathematical Model : امروزه مدل های ریاضی پیشرفت های فراوانی داشته و دسته بندی های زیادی ایجاد شده در ادامه به این دسته بندی ها اشاره می کنیم.

۴- طبقه بندی بر اساس درجه بندی قطعیت پارامترها و متغیرهای مدل:

A مدل های قطعی : در یک مدل قطعی متوسط رفتار متغیرها در مشاهدات مختلف مدل میشود، در این مدل ها توزیع احتمال متغیرها در نظر گرفته نمیشود بلکه مقدار متوسط آن ها منظور میشود. این مدل ها بیشتر در مواقعی که مدل فیزیکی مشخصی وجود داشته باشد مفید می باشد. چون در این موارد پراکندگی داده ها بسیار ناچیز میباشد.

B مدل های تصادفی: در این مدل ها فرآیند ساخت مدل بر پایه ی این فرض بنا شده است که داده هایی که از آن ها برای فرآیند مدل سازی استفاده میشود دارای یک توزیع احتمال مشخص می باشد. بدین ترتیب با داشتن توزیع احتمال متغیرها میتوان توزیع احتمال خروجی را نیز بدست آورد. این مدل ها امروزه توسعه فراوانی یافتند و ابزار های مختلفی برای آن ها به وجود آمده است. از جمله زنجیره ی مارکوف تئوری صف و ... اشاره کرد.

۵- طبقه بندی براساس نوع برخورد با زمان

A مدل های ایستا: در این مدل ها تصویری از سیستم واقعی در یک نقطه ی زمانی تهیه میشود. مشخصه ی اصلی این مدل ها حذف عنصر زمان از فرمول بندی مدل میباشد این مدل ها معمولا در سیستم های در حال تعادل و پایا مفید میباشد.

B مدل های پویا: در این مدل ها تغییرات سیستم در طول زمان و با کمک معادلات دیفرانسیلی یا معادلات تفاضلی (با توجه به این که زمان به صورت پیوسته یا گسسته منظور شود) بررسی میشود.

۶- طبقه بندی براساس نوع روابط مدل

A مدل های خطی Linear Model: مدل های که در آن ها روابط بین متغیر ها خطی باشد، این مدل ها به دلیل سادگی در مدل سازی های اولیه کاربردهای فراوانی یافته اند

B مدل های غیر خطی Nonlinear: مدل هایی که روابط بین متغیر ها را غیر خطی نمایش میدهند. مدل های غیر خطی نام دارد. این مدل ها دارای پیچیدگی زیادی هستند و لذا در بسیاری از موارد سعی میشود تا آن ها را به مدل های خطی تبدیل کرده و سپس از آن ها استفاده کرد

C مدل های ترکیبی: مهمترین ویژگی این مدل ها وجود بازخورد یا Feedback درون مدل میباشد. در این مدل ها تاثیر نتایج هر پدیده بر خود آن پدیده بررسی میشود یعنی یک متغیر پس از اینکه موجب تغییر عوامل دیگر میشود از طریق تاثیر بر آن عوامل موجب تغییر در خودش نیز میشود، این مدل ها دارای عمر و پیچیدگی بیشتری هستند. در این مدل ها ممکن است روابط خطی و غیر خطی باشند (Cybernetic Model).

اعتبار سنجی مدل: یکی از دغدغه های اساسی مدل سازان ارزیابی میزان اعتبار مدل و تطابق آن با واقعیت می باشد همانگونه که در تعریف مدل ذکر شد مدل تصویر ساده شده ای از یک سیستم واقعی است. به همین دلیل ارزیابی یا اعتبار سنجی مطلق یک مدل ممکن نیست. لذا اعتبار سنجی مدل به صورت نسبی انجام میشود و عملکرد مناسب یک مدل در رابطه با هدف آن مورد بررسی قرار میگیرد. روش هایی که به طور عمومی برای سنجش اعتبار همه مدل ها یا اکثر مدل ها میتوان اعمال کرد به این شرح می باشد.

الف) با طراحی سناریو های مختلف ساختار مدل آزمایش شود. مدلی ساختار درستی دارد که با اعمال شرایط مختلف پاسخ های معقولی تولید کند

ب) آزمایش روابط به کمک تست های آماری (درجه توزیع آماری خوب به معنی وجود رابطه ی علت و معلولی نیست بلکه معنی آن است که روابط تخمین زده شده آماری قابل اعتماد هستند)

ج) تولید مجدد رفتار گذشته سیستم واقعی با کمک مدل و مقایسه آن با اطلاعات تاریخی

د) بررسی رفتار مدل با توجه به انتظارات و نیز بررسی رفتار مدل در کران های سیستم

ه) ارزیابی مدل به وسیله ی متخصصین و تصمیم گیران

تکنیک های مدل سازی: ۱- اقتصادسنجی: این روش برپای آمار بنا شده است. رابطه ی میان متغیر وابسته (y) و متغیر مستقل (x) را بررسی میکند. به طوریکه $y = f(x) + u$ ، y بردار متغیر های وابسته و x بردار متغیر های مستقل و u بردار خطا میباشد. که امید ریاضی خطا در یک معادله باید صفر باشد تا معادله مورد نظر از اعتبار لازم برخوردار باشد و این روش بیشتر برای برقراری ارتباط میان نتایج حاصل از آزمایش ها و مشاهدات مختلف در یک سیستم مورد استفاده قرار میگیرد. البته در تعیین رابطه متغیرهای مختلف به لحاظ آماری ممکن است مشکلاتی پیش بیاید. از قبیل همبستگی، ناهمسانی واریانس که با پیشرفت علم آمار این مشکلات مرتفع شده، این روش امروزه توسعه ی بسیاری یافته و در علوم اقتصادی کاربرد های فراوانی دارد به عنوان ابزار اساسی در دست اقتصاد دانان برای سنجش روابط اقتصادی مورد استفاده قرار میگیرد.

۲- آنالیز سری های زمانی (Time Series): این روش از جمله روش های متکی به آمار میباشد و روند متغیرها را در بستر زمان مورد بررسی قرار میدهد $y_t = f(t)$. داده های تاریخی حاصل از مشاهدات و تجزیه و تحلیل آنها پایه ای برای تصمیم گیری، برنامه ریزی و پیش بینی فراهم می آورد. یک مدل سری زمانی مرکب از چهار جز اصلی است که عبارتند از:

۱. جز روند: این جز تحولات بلند مدت اعم از رشد، نزول یا رکود را نشان میدهد.
۲. جز فعالیت اقتصادی: حرکت چرخه ای رشد اقتصادی در طول سال های متمادی را نمایش میدهد.
۳. جز فصلی: تحول تناوبی تکرار شونده در یک سال با استفاده از این جزء بیان میشود.
۴. جز تصادفی یا نامنظم: سایر تحولات سری های زمانی که تصادفی و نامنظم هستند توسط این جز نشان داده میشود.

یک مدل سری زمانی ترکیبی از ۴ جزء فوق میباشد.

۳- **آنالیز داده - ستاده**: داده ستاده مدلی است که شامل یک سیستم از معادلات هم زمان که سطوح تعادل همه ی صنایع را نشان میدهد. از محاسن این روش انعطاف زیاد آن است به طوری که میتوان با فرض های خاص اقتصادی مکمل، پویایی را وارد معادلات کرد و سیستم معادلات دیفرانسیل یا معادلات تفاضلی را بدست آورد. البته باید توجه داشت که این روش براساس این فرضیه بنا شده است که امکان جایگزینی نهاده های مختلف با یکدیگر وجود ندارد، برخی صاحب نظران به همین دلیل آن را فاقد اعتبار کافی میدانند.

۴- **سیستم دینامیک System Dynamic**: این روش بر پایه ی ساختار مدار کنترلی بنا شده است و امکان مطالعه ی ساختار و رفتار سیستم های پیچیده ی اقتصادی، اجتماعی، زیستی و فنی را فراهم میکند.

در این روش سیستم های پیچیده ی واقعی توسط بازخوردهای متعدد، تاخیر زمانی، ذخیره سازی و از طریق معادلات دیفرانسیل مربوط به هم توصیف میشوند، هدف سیستم های پویا، پیش بینی کمی آینده نیست بلکه به دنبال دست یافتن به دانش وسیع در مورد ارتباطات دینامیکی متقابل میان سیستم های اجتماعی، اقتصادی، زیستی و فنی میباشد.

۵- **برنامه ریزی ریاضی**: این روش برای پیدا کردن نقطه ی بهینه (بهینه یابی) مورد استفاده قرار می گیرد شامل یک تابع هدف می باشد که در این تابع متغیر وابسته باید maximize یا minimize گردد و متغیرهای مستقل تعیین کننده ی مقدار تابع هدف می باشد. مقدار متغیرهای مستقل نیز باتوجه به محدودیت های موجود تعیین میشود یعنی در یک مساله ی برنامه ریزی ریاضی مقدار تابع هدف به شرط برابر شدن مجموعه ی محدودیت های حاکم بر سیستم max یا min میشود به عنوان مثال یک مساله برنامه ریزی ریاضی به ترتیب زیر مطرح میشود

$$\max w=f(x,y)$$

$$s.t \quad g(x,y)=c$$

$$x,y \geq 0$$

با توجه به این که معادلات مربوط به تابع هدف یا محدودیت ها خطی یا غیر خطی هستند، روش های مختلفی برای حل یک مساله ی برنامه ریزی ریاضی وجود دارد. اگر هر دو معادله یعنی تابع هدف و محدودیت ها، خطی باشد، روش Simplex به عنوان روش حل مساله استفاده میشود و در صورتی که یکی از این دو غیر خطی باشد، سایر روش ها از قبیل قضیه ی کوهن تا کر مورد استفاده قرار می گیرد.

۶- **برنامه ریزی پویا**: این روش یک روش ریاضی است که برای بهینه یابی فرآیندهای چند مرحله ای مورد استفاده قرار میگیرد. این روش هنگامی مورد استفاده قرار میگیرد که امکان شکستن تصمیمات به اجزای کوچکتر و ترکیب دوباره تصمیمات اخیر در فرم جدید برای رسیدن به جواب مطلوب وجود داشته باشد. این روش حل چند مرحله ای مساله نامیده میشود و برنامه ریزی پویا یک تکنیک سیستماتیک برای رسیدن به چنین مسائلی است.

الف) مدل های فیزیکی ساده

ساده ترین نوع طرح های مدل های فیزیکی ساده طرح های دو بعدی هستند که جزئیات را نشان داده و چگونگی آن را برای ما مشخص میکنند در مدل های فیزیکی ساده میتوان به محدودیت های مالی توجه کرد چنین طرح هایی روی کاغذ و یا سیستم طراحی به کمک کامپیوتر CAD ساخته میشود تا روی صفحه ی مانیتور نمایش داده شود مانند طراحی یک پل ساده

ب) ماورای مدل های فیزیکی

برای پروژه های بسیار عظیم، طراحان باید کار خود را فراتر از طراحی فقط مدل های فیزیکی قرار دهند برای مثال اگر پلی برای کاهش ترافیک ساخته شود طراحان باید اثر طراحی خود را روی جریان ترافیک نیز بررسی کنند. یکی از راه ها شبیه سازی با استفاده از نرم افزار است. چنین مدل های شبیه سازی طراحان را قادر می سازد تا استراتژی های کنترل ترافیک را براساس ظرفیت پل و وضعیت جاده توسعه دهند. آنها باید زمانی که طول میکشد پل ساخته شود را ارزیابی کنند و همچنین توجه کنند که پروژه مطابق نقشه پیش برود برای این کار میتوانند از نرم افزار برنامه ریزی CPM (روش مسیر بحرانی) استفاده کنند. این روش توان کنترل هزینه و زمان را در انجام پروژه دارد و میتوان فن بازنگری و ارزیابی برنامه (PERT) به منظور طراحی پروژه و کنترل عملکرد استفاده کند، چنین ابزاری به سازندگان کمک میکند تا دلایل تأخیر و پیش روی صحیح کارها را بدانند.

نکته: هدف ما از مدل سازی این است که به کار بگیریم انواع مدل های مختلف را در کنترل پیچیدگی ها و آشفتگی ها جهت کاهش ریسک در تصمیم گیری ها به کار بگیریم. استفاده از مدل ها میتواند ارزش آن ها را در عمل بالا برد.

مدل چیست؟

۱. مدل یک نمایش از واقعیت است (ایکاف ۱۹۶۸)
۲. یک مدل نمایشی از واقعیت است که برای اهداف مشخصی بکار میرود
۳. یک مدل نمایشی از واقعیت است که برای کمک به مدیر جهت فهم واقعیت به کار میرود
۴. یک مدل نمایشی از واقعیت است توسط افراد در فهم تغییر مدیریت و کنترل بخشی از واقعیت به کار میرود (Zegdler ۱۹۸۴): میتوان از یک واقعیت مدل های گوناگونی را بیان کرد.
۵. یک مدل نمایش بخشی از واقعیت است که توسط افرادی که علاقه به فهم، تعقیب و کنترل آن بخش از واقعیت را دارند، استفاده میشود.
۶. مدل نمایش خارج از ذهن و صریح بخشی از واقعیت است و توسط افرادی استفاده میشود که علاقه به فهم تغییر و کنترل آن بخش از واقعیت را دارند.

مدل های نرم و سخت

در علوم مدیریت علاوه بر مدل های ریاضی مدل های بسیاری از انواع گوناگون دیگر به کار می رود. ریاضی و مدل های ریاضی بسیار مفید هستند که در آینده درباره شان بحث خواهیم کرد اما مهم این است که بدانیم ارزش مدل ها و مدل سازی بسیار فراتر از کاربرد های ریاضی است. در این جا دو نوع از مدل هایی که اهمیت فراوانی در علوم مدیریت و مهندسی صنایع دارند را معرفی می کنیم.

۱. مدل های فرآیند کسب و کار BPR مهندسی فرآیند کسب و کار Business Process Rengineering :

در سال ۱۹۹۰ فرآیند های کسب و کار به ویژه از نوع مهندسی آن افزایش یافتند. مهندسی مجدد فرآیند کسب و کار (BPR) واژه ی جدید بود که برای نگاهی اساسی به چگونگی کاربرد تجارت به کار برده میشد. موضوعات بسیار جالب دیگری نیز در این واژه وجود دارد. اول این که مدیران علاوه بر ساختار تجاری روی فرایند تجارت نیز تمرکز می کنند. یک فرآیند مجموعه ای از فعالیت های پویا می باشد که برای انجام دادن کاری و اضافه کردن ارزش به آن کار مورد توجه قرار میگیرد

BPR : مهندسی مجدد فرآیند کسب و کار اولین بار توسط مایکل هامر و چمپی مطرح شد ، اشاره ای فرآیند گرایی در ساختار سازمان و تحول همه جانبه در جهت ایجاد سازمانی ارگانیک و دموکراتیک دارد.

۲. مدل های نرم Soft Model : شاید وابستگی بین مدل سازی و فرآیند های کسب و کار مدل های مورد

استفاده در مهندسی مجدد واضح باشد اما مدل هایی وجود دارد که تا حدی انتزاعی هستند و در علوم مدیریت و مهندسی صنایع بسیار به کار میروند. چنین روش هایی به مدل های نرم تحقیق در عملیات معروف هستند و ویژگی هایی دارند که آنها را از فرآیند مدل سازی فرآیندهای تجاری، مدل سازی تصمیم گیری و کنترل متمایز میکند

اکثر آنها در برنامه ریزی و مدیریت استراتژیک کاربرد دارند. تصمیم گیری استراتژیک مقداری پیچیده است و این پیچیدگی ابعاد مختلفی دارند. مثل این که از هر نوع داده های کمی و کیفی و Hybrid با حجم زیاد داریم.

تعریف مسائل و مساله اغلب نا واضح و گیج کننده است البته نه در سطح مقدماتی

افراد گوناگون در تیم استراتژیک ممکن است دارای اهداف متفاوت باشند و در این راه باهم رقابت کنند. هدف مدل های نرم این است که اختلافات و ابهامات را شناسایی نموده و بر این اساس تعهدی مقبول را برای فعالیت صحیح در میان اعضای تیم به وجود آورد. مدل های نرم خلاصه ای از روش های تفسیری و توصیفی هستند؛ این روش ها افراد را قادر میسازند تا اتفاقات و همچنین تجربیات افراد دیگر را تفسیر و درک کنند. بسیار طبیعی است که افراد مختلف تفسیر های مختلفی ارائه دهند.

نکته: مدل ها ابزاری هستند برای تفکر.

اگر تنها ابزاری که دارید چکش باشد آنگاه میتوانید هر فعالیتی را انجام دهید به شرطی که میخ داشته باشید. در انگلستان یک لطیفه ای وجود دارد که میگوید یک چکش دقیقا مثل پیچ گوشتی است منظور این است که اگر پیچ گوشتی ندارید تا پیچ را بیچانید گاهی پیچ ها را با ضربات چکش وارد میکنیم و این خود کار مناسبی نیست و منظور کلی این لطیفه این است که اگر ساختاری در ابتدا سالم و بی نقص به نظر میرسد ولی مشکلات کم کم خود را نشان خواهند داد. پس مدل ها ممکن است اشتباه و نادرست به کار روند و در این صورت هیچ جایگزینی برای هوش انسان و توسعه ی یک مدل بهتر وجود ندارد.

ساختار دهی به مساله:

مسائل به عنوان ساختارهای اجتماعی

چه چیزی میتوان در مورد بحث هایی که تا کنون در کلاس مطرح شد، گفت. آیا میتوان گفت مسائل، معما ها و آشفتگی ها، ساخت های اجتماعی اند؟ این تقریبا مثل زیبایی، نسبی است. مانند این مثل که می گویند که علف باید به دهن بز شیرین بیاید البته این بدان معنا نیست که تحلیل گران باید در این مورد نظر دهند. این که تجارتي ورشکسته میشود یا آمبولانس کار خود را انجام نمیدهد قابل بحث نیست اما میتوان این وقایع را تفسیر کرد. که البته تفسیر افراد از آن ها متفاوت خواهد بود. نظریات معتبر زیادی در مورد چگونگی به وقوع پیوستن حوادث وجود دارد که ممکن است بعضی از آنها به دلیل عدم اثباتشان، اشتباه باشند. سال پیش جان رویی نوشت، اگر مساله ای خوب مطرح نشود، حل کردن آن نیز سخت است و البته غیر ممکن نیست. اگر این تصور را بکنیم که مسائل حداقل در سازمان ها، ساخت های اجتماعی هستند، اهمیت ساختاری کردن مسائل مشخص میشود. اولین کاری که باید انجام شود روشن کردن مفهوم مساله است. این بحث توسط ایکاف بین سال های ۱۹۷۴ تا ۱۹۹۹ مطرح شد. نظریه ی وی در یک طیف با سه مقطع مطرح میشود. ۱- مسائل ۲- معما ها ۳- آشفتگی ها

✓ معما: در اینجا معما مجموعه ای از موقعیت هایی میباشد که وقتی ایده ای برای انجام کاری داده شود دیگر ابهامی در کار وجود نخواهد داشت ← معما چو حل شود آسان شود. پس مسائلی که با آن ها مواجه میشویم ساده هستند. دامنه آن ها محدود است و اغلب راه حل ساده ای برای معما وجود دارد. معما ها ساختار مند هستند و میتوان اطمینان حاصل کرد وقتی که معما مطرح شود حتما راه حل وجود دارد. معما در مقابل فعالیت های بی پایان قرار دارد که روش های متفاوتی برای رسیدن به جواب دارند. اما تعریف معما کامل است. چرا؟ چون معما فقط یک جواب صحیح دارند.

✓ مسائل: یک مساله پیچیده تر از یک معما است اما ساده تر از یک آشفتگی است پیچیدگی به خاطر این است که یک مساله تنها یک جواب صحیح ندارد ممکن است در دنیای واقعی نیز این مسائل به وقوع بپیوندند و آنالیزور (تحلیل گر) باید بداند چگونه با آن مواجه میشود. یک مثال ← این سوال که به چه مقدار انبار جهت ذخیره ی مواد غذایی سوپر مارکت خود نیاز داریم. این سوال بسیار واضح و مستقیم به نظر می رسد. چنین سوالی به ندرت تنها یک جواب صحیح دارد. زیرا که بستگی به چگونگی تحلیل کردن شما دارد به عنوان یک

مسأله جواب های معتبر و متمادی برای این سوال وجود دارد. حال دوباره به این سوال توجه کنید یکی از راه های تحلیل آن، این است که این طور آن را تجزیه کنیم. تصور کنیم که انبارها در اندازه ی مشخص خود باقی میماند. سوپر مارکت ها نیز همین طور. به چند انبار جهت برآورده شدن نیازها و ضمانت کردن این که مواد غذایی هر روز در عرض ۳۰ دقیقه به فروشگاه ها و مغازه ها میرسند نیاز داریم. ممکن است با این طرز فکر بتوان یک جواب صحیح پیدا کرد. در واقع این مساله را باید به شکل معما در آوریم. پس میتوانیم بگوییم: تصور کنیم که سوپر مارکت ها و انبارها در اندازه ی مشخص خود باقی می ماند و به مناطقی گروه بندی میشوند. به چند انبار جهت برآورده کردن نیازهای هر منطقه و ضمانت این که مواد غذایی در عرض ۳۰ دقیقه به مغازه ها میرسد احتیاج داریم؟

نه تنها این ساختار از اولی طولانی تر است بلکه متفاوت تر هم هست. انبارها و سوپر مارکت ها باید سازماندهی منطقه ای داشته باشند این امر به این معنی است که انباری در منطقه ی A مواد را به مارکتی در منطقه ی B نخواهد برد. ساختار دوم راه حلی متفاوت از ساختار اول خواهد داشت.

✓ آشفتگی ها Complexity ← طبق تعریف ایکاف یک آشفتگی مجموعه ای از موقعیت هاست که در آن ابهام و اختلاف نظر وجود دارد. در یک آشفتگی تعریف ها و شرح های متفاوتی وجود دارد و حتی نمیتوان اطمینان داشت که اصلا جوابی وجود دارد یا نه. برخی از نویسندگان اسم آشفتگی را مساله ی ناجور میگذارند. در یک آشفتگی شما با مسائل مختلفی روبرو میشوید که خود دارای زیر مجموعه هایی هستند که به اندازه ی خود مساله مهم می باشند یک آشفتگی در واقع یک مجموعه از مسائل است. در اکثر سازمان ها مدیریت و تصمیم گیری های استراتژیک بیشتر به آشفتگی وابسته هستند تا معما و مساله. تصمیم گیری استراتژیک ویژگی هایی چون ابهام اهداف، عدم قطعیت نتایج و خطر پذیری را در خود دارد آشفتگی در مورد کارهای کوچکتر نیز کاربرد دارد. دوباره به مدل حمل و نقل در مارکت ها توجه کنید منطقی است که بپرسید با چه مسائل مرتبطی در این حوزه روبرو خواهید شد. به عنوان مثال آیا تکنولوژی به کار رفته در سیستم بعد از یک دوره ی زمانی مشخص ثابت خواهد ماند از دهه ی ۱۹۹۰ به بعد سیستم مارکت ها کامپیوتری شد و اطلاعات زیادی به طور سریع درباره ی کالاها در اختیار مردم قرار گرفت مساله دیگر این است که آیا منطقی است که نوع کالا های انبار شده بعد از یک دوره زمانی مشخص ثابت بماند؟ جواب مسلما منفی است. چون مواد مارکت ها باید همواره نو بودن و تازگی خود را حفظ کند. تغییرات در انواع کالاها به تجهیزات نگه داری و ذخیره سازی گوناگونی نیاز دارد. حتی سوال کنیم که آیا سیستم حمل و نقل جاده ای ثابت می ماند؟ آیا اندازه وسایل حمل و نقل تغییر میکند؟ این یکی از ویژگی های آشفتگی است که ممکن است این سوالات به هم وابسته باشند. حتی در موارد گسسته و پیوسته. یک تحلیل گر برای روبروی با آشفتگی باید توانا باشد. علاوه بر ارزیابی خود مسائل و سوالات، ارتباط بین آنها را نیز تشخیص دهد.

ارتباطات به اندازه ی خود نیز بخش هایی از آشفتگی هستند که مهم اند و باید به آنها توجه کرد. یکی از بزرگترین اشتباهاتی که در مواجهه با یک آشفتگی ممکن است انجام گیرد این است که بخش هایی از یک آشفتگی را برداریم

و با آنها مانند یک مساله برخورد کنید و سپس بدون توجه به سایر جنبه های آشفتگی مانند یک معما آن را حل کنید. پس بنابراین بسیار مهم است که به ارتباط بین بخش های آشفتگی نیز توجه کنید.

ساختار دهی به مساله

از آن جایی که مهم ترین مسائل زندگی سازمانی به صورت سیستمی از مسائل و آشفتگی ها ظاهر میشوند چگونه میتوان تعاریفی از مساله را توسعه داد که در آن توزیع مفیدی داشته باشیم. این پروسه اغلب ساختار دهی مساله نام دارد و ایده مطرح شده در آن این است که مسائل سازگار هستند و میتوانند به اشکال و فرم های مختلفی درآیند. ما احتیاج به روش هایی برای انجام موفقیت آمیز این کار داریم. مسائل از ماوراء نمی آیند تا تحلیل گر با خود کلنجر رود و راه حل در آخر پیدا شود؛ مسائل ساخت هایی هستند که از زنجیره ی پیوسته ی مواردی که باید به آنها توجه شود بیرون می آیند. (آقای اسکن ← مطالعه)

چارچوب دهی و نام گذاری

برای عکاسی با دوربین هایی که تقریباً همه چیزشان جز قسمت گرفتن عکس اتوماتیک است این گونه عمل میشود که دوربین را در دست میگیریم و داخل سوراخ را نگاه میکنیم و انگشتمان را روی دکمه میگذاریم. حال اگر این عکس ها توسط بچه ها گرفته شده بود و وقتی به آن نگاه میکردید متوجه میشدید خیلی چیز ساده ای نیست. فرآیندی است که نیاز به چهارچوب و کادر بندی دارد. یک عکاس خوب دقیقاً میداند چه چیزی را میخواهد در تصویر نهایی ببیند، برای این کار منظره یاب چهار چوبی را برای چیزی که میخواهیم در کادر باشد یا در کادر نباشد میسازد. پس چارچوب دهی به عنوان روشی جهت چگونگی معنا دادن به وقایع توسط به کارگیری طرحی از تفاسیر معرفی میشود (یک چهارچوب).

هنگامی که میخواهیم تجربه های جدیدی را تفسیر کنیم آن ها را از چارچوب خودمان میبینیم. افراد از چارچوب های مربعی استفاده میکنند که لایه بندی شده اند. چارچوب های مقدماتی لایه های اولیه اند که به همین ترتیب بقیه ی لایه ها نیز معنا پیدا می کنند. به موضوع عکاسی برگردیم یک چارچوب ما را قادر می سازد تا چیزهایی را ببینیم و برخی دیگر را نادیده بگیریم. وقتی افراد چارچوب های مشخصی ندارند پس چیزها را به طور متفاوتی میبینند. این نظریه میتواند در سازمان ها نیز یکسان باشد. افراد با دیدهای متفاوتی در یک گروه قرار گرفته و روی موردی بحث میکنند.

مشکلاتی که ممکن است برای ساختار دهی پیش بیاید:

- (۱) خطر فرا ساده سازی
- (۲) خطر فرا مشکل بینی
- (۳) ساختار دهی مسائل به عنوان اکتشاف

کاربردهای ساختار دهی مساله

کاربرد های ساختاردهی : ۱- سولات ساده،آزمون های بحرانی

۲- نمودار اسپری

۳- عکس های غنی شده

۴- طوفان ذهنی

۱. سولات ساده،آزمون بحرانی (ایده آزمون های حساسیت)

چند سوال مطرح میکنیم.این سولات به ما کمک میکند

مثال:من شش کارگر صادق با خودم دارم (هرچه من بدم ،از آن ها یاد گرفتم)

اسم هایشان چیست؟این سوال ها به ما کمک میکند تا چند چیز مهم را در اول پروژه برای ساختار دهی مساله پیدا

کنیم.این ها تنها میتوانند در ابتدا سوال شوند.تحلیل گری که این ها را می پرسد مهم است بدانند که این

سولات،سولات مستقیم نیستند

۲. نمودارهای اسپری Spray Diagram : نمودار اسپری روشی گرافیکی است که در ساختاردهی مساله استفاده

میشوند.این روش در سال ۱۹۹۵ توسط فرچن و پیتز مطرح شد.به این نمودارها نمودارهای پاشش هم می

گویند.این متدولوژی،شیوه ای حداقل راکه ساختار دهی در آن توضیح داده میشود مورد خطاب قرار

میدهد.این نمودارها ابزاری هستند که روابط را نشان میدهند.آن ها برای تفکر تحلیل،مصاحبه و ... مورد

بررسی قرار میگیرند.باید توجه کرد که نمودار حتما تمرکزش روی مساله ی اصلی باشد.

۳. عکس های غنی شده:استفاده از عینی سازی به عنوان بخشی از متدولوژی سیستم های نرم پیشنهاد

میشود،آن ها با موقعیتی از مساله که به ساختار دهی بستگی دارد سروکار دارند.تصاویر نقش اصلی و ارتباطات

را نشان می دهد.در واقع هدف در برداشتن اطلاعات نرم(همانند نقش ها،تفکرات و عقاید افراد)علاوه بر

اطلاعات سخت مانند داده های تکنیکی و سیستم های کامپیوتری است.اگر دقت کرده باشید،متوجه میشوید

چارچوب دهی به ایده ی عینی سازی بسیار نزدیک است.مثل : Infography

۴. طوفان ذهنی: فعالیت ذهنی یکی از تکنیک هایست که خلاقیت افراد را بالا میبرد. ۲ اصل اساسی دارد ۱- ارزیابی ایده ها تا هنگامی که تولید ایده ها متوقف نشده باید به عقب بیفتند. (ایده ها وقتی ارزیابی میشوند که تولیدشان تمام شده باشد. ذکر این نکته ضروریست که ایده هایی که مفید نیستند میتوانند برای سایر ایده ها مشکل ایجاد کنند) ۲- کمیت کیفیت را تولید میکند این بدان معنی است که هرچه تعداد ایده ها و نظریات بیشتر باشد شانس پیدا کردن ایده ی خوب بیشتر است. ایده ها تقریباً از طریق ۴ قانون به کار گرفته میشوند: (۱) انتقاد وجود ندارد (۲) همه میتوانند ایده بدهند. (۳) محوریت مورد توجه است (۴) باید به دنبال ترکیب و بهبود گشت

رگرسیون: زمانی که ارتباط بین ۲ یا چند متغیر مطرح میشود. وارد دنیای بسیار زیبای توابع ریاضی می شویم. رگرسیون یک تابع است ورودی رابطه بین ۲ متغیر کار میکند.

متغیرهای معروف:

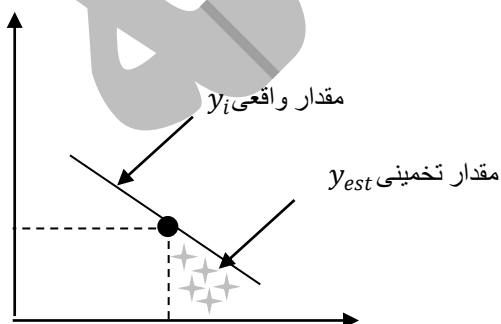
۱- متغیر های مستقل ۲- متغیر وابسته

متغیر مستقل، متغیر موثر به متغیر وابسته است.

مستقل (x) (علت)

وابسته (y) (معلول) متغیر وابسته، متغیر تحقیق است.

ما در مسائل و تحقیقاتی که رویکرد علت و معلولی دارند (علی هستند)، از رگرسیون استفاده میکنیم. رویکرد این تحقیقات علی - تاریخی Historical و نیاز به اطلاعات کمی سیستماتیک گذشته دارد. حال روی این Database یک اسکات پلات (دیگرام پراکنشی) رسم میکنیم.



$$\min f(x) = \sum_{i=1}^n (y_{est} - y_i)^2$$

* مجموع مجذور تفاضل که مقادیر برآورد از واقعی را حداقل می نماید.

پیش بینی forecast : تحویل وقایع آینده با استفاده از اطلاعات سیستماتیک گذشته

پیش بینی forecast : مالی

اقتصادی

برنامه ریزی تولید و تکنولوژی

در تحقیقات پیش بینی از رگرسیون استفاده میشود. بررسی روابط بین متغیرها برای تخمین و پیش بینی از رگرسیون استفاده میکنیم.

Foresite تخمین روابط آینده با استفاده از نظر خبرگان

Foresiting : * علت و معلولی

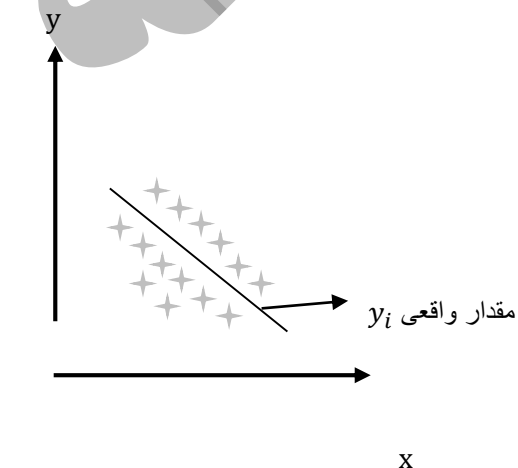
* سری زمانی Timeseries

* ذهنی قضاوتی

* فرا ابتکاری

وقتی با بیش از یک متغیر سروکار داریم وارد دنیای توابع ریاضی میشویم.

نکته) در رگرسیون در ازای هر y ، باید نظیر x داشته باشیم، رابطه y و x را بررسی میکنیم. حتما باید به این نکته توجه کرد که در رگرسیون متغیرها، کمی هستند.



$$y_{est} = \alpha + \beta x$$

خط

x

مقدار تخمینی y_{est}

$$\min f(x) = \sum_{i=1}^n (y_{est} - y_i)^r$$

$$\min f(x) = \sum (\alpha + \beta x_i - y_i)^r$$

$$\min f(x) = [(\alpha + \beta x_1 - y_1)^r + (\alpha + \beta x_2 - y_2)^r + \dots + (\alpha + \beta x_n - y_n)^r]$$

$$\frac{\partial f(x)}{\partial \alpha} = \cdot \quad \text{نسبت به } \alpha \text{ مشتق میگیریم}$$

$$\Rightarrow r[(\alpha + \beta x_1 - y_1) + (\alpha + \beta x_2 - y_2) + \dots + (\alpha + \beta x_n - y_n)]$$

$$\text{معادله ی اول نرمال} = n\alpha + \beta \sum_{i=1}^n x_i - \sum_{i=1}^n y_i = \cdot$$

$$\alpha + \beta \bar{x} - \bar{y} = \cdot \quad * \alpha = \bar{y} - \beta \bar{x}$$

$$\frac{\partial f(x)}{\partial \beta} = \cdot \Rightarrow r[x_1(\alpha + \beta x_1 - y_1) + x_2(\alpha + \beta x_2 - y_2) + \dots + x_n(\alpha + \beta x_n - y_n)]$$

$$= \cdot$$

$$\text{معادله ی دوم نرمال} = \alpha \sum_{i=1}^n x_i + \beta \sum_{i=1}^n x_i^r - \sum_{i=1}^n x_i y_i = \cdot$$

$$(\bar{y} - \beta \bar{x}) \sum x_i + \beta \sum x_i^r = \sum x_i y_i$$

$$\left(\sum \frac{y_i}{n} - \beta \sum \frac{x_i}{n}\right) \sum x_i + \beta \sum x_i^r = \sum x_i y_i$$

$$\text{از } B \text{ فاکتور میگیریم} \rightarrow \frac{\sum x_i - \sum y_i}{n} - \beta \frac{(\sum x_i)^r}{n} + \beta \sum x_i = \sum x_i y_i$$

$$\beta \sum x_i^r - \beta \frac{(\sum x_i)^r}{n} = \sum x_i y_i - \frac{\sum x_i \sum y_i}{n}$$

$$\beta \left(\sum x_i^r - \frac{(\sum x_i)^r}{n} \right) = \sum x_i y_i - \frac{\sum x_i \sum y_i}{n}$$

$$\beta = \frac{\sum x_i y_i - \frac{\sum x_i \sum y_i}{n}}{\sum x_i^r - \frac{(\sum x_i)^r}{n}}$$

$$\beta = \frac{n \sum x_i y_i - \sum x_i \sum y_i}{n \sum x_i^r - (\sum x_i)^r}$$

$$r = \frac{n \sum x_i - y_i - \sum x_i \sum y_i}{\sqrt{[]}}$$

نکته: همیشه در شرکت ها اطلاعات به دست آمده از فرم خطی تبعیت نمیکنند و برخی اوقات از درجه ی ۲ و درجه ی ۳ و ... در این صورت از کمترین مجذورات پارامترهای α و β را به دست می آوریم.

۱. در ضریب رگرسیون، مقیاس بایستی نسبی باشد.
۲. $-1 < R < 1$ اگر منفی باشد با رابطه ی X و Y رابطه ی معکوس است. اگر مثبت باشد رابطه ی X و Y مستقیم است.
۳. اگر رابطه ی R مساوی $+0,9$ یعنی 90% تغییرات Y در این تخمین وابسته به X است و $0,1$ یعنی 10% مربوط به عواملی است که ما نداریم
۴. فقط برای رابطه خطی ضریب پیرسون استفاده میشود
۵. آزمون رگرسیون، پارامتریک است پس وقتی مجاز به استفاده از آن هستیم که توزیع نرمال باشد. نرم افزار های `table care`, `spss`, `minitab`, `statistica`, `studgraph`, `matlab` و ...

نش اصل مدل سازی:

اصل اول: مدل ساده، تفکر پیچیده

مدل ساده تفکر پیچیده بیان میدارد که یک مدل ساده باید با تفکر عمیق و تحلیل و بحث مورد بررسی قرار گیرد. برای مثال یک مدل میتواند جمله ای باشد: دنیا هنگامی که کارها خوب پیش نمیرود، میتواند خطرناک و پیچیده باشد. برای این مدل هیچ تفکر عمیقی وجود ندارد، اگر مدل تنوعی نداشته باشد، به تفکر عمیق احتیاجی نیست در چنین مواردی مدل میتواند به یک سیستم کامپیوتری که بدون دخالت انسان انجام میشود تبدیل گردد. چنین پیچیدگی اگر از مدل کنترل اتوماتیک بخواهیم، ضروریست. مدل ها نه جزئی اند و نه کامل، بلکه خلاصه شده هستند. یکی از فواید مدل های ساده نسبت به مدل های پیچیده این است که، راحت تر درک میشوند. جانل دیتل در سال ۱۹۷۰ میگوید یکی از ویژگی های مدل ها این است که باید ساده باشد، زیرا که شفافیت از مدل های ساده به دست می آید. ما مدل ها را میسازیم تا بتوانیم برای افراد و سازمان از آن ها استفاده ی مفید کنیم. این بدان معناست که نتایج آن ها مورد استفاده قرار میگیرد و این نیاز به اعتماد کاربر دارد. اعتماد هنگامی که حداقل، کاربر نتایج کلی را تحسین کند، راحت تر جلب میشود.

اصل دوم: خسیس باشید با کم شروع نموده و بعد اضافه کنید

ما وسیله ای برای تشخیص میزان سادگی نداریم، اما میتوانیم حدی برای آن قایل شویم. برای مثال مدل های ذهنی به عنوان حدی برای مدل بودن هستند و در غیر این صورت نمی شد مدل دیگری را توسعه داد. این کار را با به کار گیری اصل خست که در مدل سازی شبیه سازی کامپیوتری نیز وجود دارد میتوانیم انجام دهیم. هدف این است که مدل ها به آرامی و توسط فرضیات ساده توسعه داده شوند و تنها در موارد ضروری، چیزهای دشوار به آن ها اضافه شود. پس به جای شروع کردن با مدلی واقعی و بی نظیر که ممکن است در آخر موفق نباشد با مدلی ساده و حتی فرضیات غیر واقعی شروع میکنیم

اصل سوم: تقسیم و تسخیر، از ابرمدل ها بپرهیزید (تجزیه و تحلیل)

این اصل پیشنهادی است که برای فهم چگونگی کارکرد سیستم های پیچیده داده میشود. این اصل میگوید از هدف کلی آگاه باشید، مدل هایی را که به خوبی عمل می کنند، بزرگ کنید. اعتبار و تفسیر و توضیح دادن برای چنین مدل هایی به طور آماری دشوار است، پس بهتر است به جای کار با یک مدل بزرگ، با چند مدل ساده کار کنیم.

مثال: یک کارخانه ی بسته بندی موادی را در نظر بگیرید که برای ارائه ی خدمات بهتر به مشتریان در جاهای مختلف فعالیت می کند، یک راه اندازه گیری خدمات، اندازه و نسبت سفارش هایی است که در زمان های مشخصی توسط

مشتریان صورت میگیرد به منظور فهم چگونگی بهبود دادن به خدمات میتوانیم ۳ مدل جداگانه ای را در نظر گرفته و بعد آنها را هم ارتباط دهیم.

۱. مدلی از تقاضاهای اصلی محصولات که گوناگونی تقاضاها را به طور روزانه و همچنین فصلی نشان دهد، در واقع این مدلی از سری های زمانی استاندارد است
۲. مدلی از ظرفیت تولید که دامنه ی محصولات کالا های گوناگونی را برای فروش در اختیار میگذارد
۳. مدلی از پروسه ی اختصاص دادن محصولات به مشتریان که بستگی به سفارش ها و همچنین اندازه ی تریلی های مخصوص توزیع اجناس دارند.

اصل چهارم: از مقیاس ها، شباهت ها و استعارات استفاده کنیم

میتوان به جای توجه کردن به یک جنبه از مساله، جنبه های متفاوتی را در نظر گرفت البته این با استفاده از مدل فرق دارد، منظور این است که استفاده از مسائل جانبی دیگر مانند مقایسه ها، پیدا کردن شباهت ها و ... خود میتواند مفید واقع شود. موریس در سال ۱۹۶۷ میگوید بهتر است تحلیل گران از مقیاس هایی با سیستم های دیگر استفاده کنند. در جست و جوی چنین ارتباطاتی مدل ساز از تجربیات گذشته ی خود و دیگران استفاده میکند.

اصل پنجم: عاشق داده ها نشوید

مدل ها باید داده ها را کنترل کنند نه برعکس. قابل دسترس بودن نرم افزار های کامپیوتری باعث شده نسل جدید عاشق داده ها شوند. البته به این معنی نیست که تحلیل داده ها مهم نیست و باید نادیده گرفته شود. اکثر افراد تصور میکنند مدل سازی بدون داده غیر ممکن است. آنها تصور میکنند به دلیل این که یک مدل نمادین است از یک سیستم، ساختار داده های آن سیستم هر چیزی را که برای ساخت مدل لازم است، فراهم میکند. چنین تصویری اشتباه است اگرچه تحلیل داده ها بسیار مفید است، هرگز نمیتواند جای تفکر را بگیرد.

در شبیه سازی گسسته ی سیستم های تولیدی برای جمع آوری داده ها باید تمامی هوش خود را به کار ببریم، فرآیند جمع آوری بی ارزش تر از چیزی است که فکرش را میکنید. مدل باید داده ها را تحت کنترل خود قرار دهد و بعد از این در مورد نوع داده های مورد نیاز تفکر کند.

بهترین روش توسعه ی یک مدل ساده، و بعد جمع آوری داده ها برای امتحان میباشد آنگاه میدانیم که مدل ساده ی ما خوب است یا ممکن است به اصلاحات و داده های بیشتری نیاز داشته باشد، داده ها باید برای محاسبات ما مفید واقع شوند و باید چک کنیم که آیا تحلیل و جمع آوری آن ها ارزشمند است تا این که به نقطه ای برسیم که داده ها برای ما سود داشته باشد.

نکته: پارامتر ۱: استفاده از داده کاوی

پارامتر ۲: داده ها در ساخت مدل مفید هستند

پارامتر ۳: داده ها فقط نمونه هستند

پارامتر ۴: خطاهای تحلیل: وقتی که داده ها از سیستمی به سیستم دیگر انتقال میابند ممکن است خطا رخ

دهد.

اصل ششم: ساخت مدل ممکن است درهم برهم زدن باشد

بسیاری از مدل ها نمایش های پاینده ی کارهای واقعی هستند که ساخته میشوند از آن جایی که این روش ها منطقی هستند میتوان گفت که مدل سازی پروسه ای کاملاً خطی و منطقی است. اما شواهد میگوید که مدل سازی پروسه ای خطی و حتی منطقی نیست و ممکن است افراد بینش ها و نظرات خود را با مدل سازی درآمیزند و به چیزها از نقاط مختلفی نگاه کنند (تفکر جانبی). البته این بدین معنی نیست که حتماً و الزاماً مدل سازی باید به این شکل باشد، بلکه باید بدانیم تحلیل گره های موفق چه میکنند

ساخت مساله: به ساختار دهی مساله مربوط است که پروسه ی به دست آوردن تدریجی مناسب از مساله برای رسیدن به مدل سازی میباشد

ساختار مدل: باید تشخیص داد از چه نوعی، مدل داده های تحلیلی برای ساخت آن استفاده می شود

درک مدل: فرآیند تخمین پارامترهای مدل یا محاسبه ی نتایج میباشد.

ارزیابی: تعیین میکند که مدل معتبر و قابل قبول هست یا نه

تکمیل مدل: کار با مدل به جهت به دست آوردن ارزش آن است

۶۰٪ کار متوجه ساختار مدل است که هسته ی اصلی آن است.

۳۰٪ بافت مساله و ارزیابی مدل میپردازد و تنها ۱۰٪ برای درک مدل است.

خلاصه ها:

اصل اول: مدل ساده، تفکر پیچیده: یک مدل نباید به پیچیدگی سیستمی که میخواد مدل شود باشد. زیرا مدل با هدف مشخص شده در ذهن ساخته میشود البته مدل باید ارزیابی شود و روی آن تفکر کرد.

اصل دوم: خسیس باشید، با کم شروع نموده و بعد اضافه کنید: بهتر است به جای شروع کردن با یک مدل کامل و پیچیده، با مدل ساده و کوچک شروع نماییم و سپس آن را کم گسترش دهیم.

اصل سوم: (تقسیم و تفهیم) از ابرمدل ها پرهیز کنیم: تقریباً این ادامه ی اصل دوم است بهتر است مدل های کوچکی استفاده شود که به راحتی درک میشوند

اصل چهارم: از قیاس ها، شباهت و استعاره ها استفاده کنید: سعی کنید با توجه به تجربیات گذشته ی خود از بینش های جدید استفاده کنید. میتوانید برای اجرای بهتر، این کار را برای بخشی از سیستمی که میخواهید مدل شود در نظر بگیرید.

اصل پنجم: عاشق داده ها نشوید: ایده کلی این است که، مدل ها باید داده ها را تحت کنترل و تحلیل خود قرار دهند نه برعکس یعنی داده ها باید مدل را بوجود آورند.

اصل ششم: ساخت مدل ممکن است همراه با اعوجاج باشد: هیچکس نباید تصور کند که مدل سازی به عنوان یک فعالیت آرام است که همه چیز در آن با چیزهای دیگر مطابقت می دهند، در عوض بسیاری از مدل سازان حرفه ای در هنگام مدل سازی، مدام از موضوعی به سراغ موضوع دیگر میروند و اصلاحات انجام میدهند. اما آنها از این کار لذت میبرند و در آخر چیزی مفید تولید میکنند.

نکات کتاب جری بنکس

سیستم پایدار: سیستمی که پاسخ آن به ورودی های محدود کران دار، محدود و کران دار است.

سیستم ناپایدار: سیستمی که پاسخ آن به ورودی های محدود کران دار، نامحدود و کران دار است

$I \rightarrow system \rightarrow o$

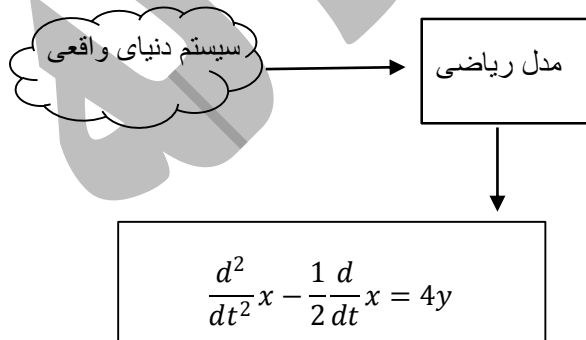
انواع سیستم ها از نظر زمان

۱- سیستم های زمان پیوسته

۲- سیستم گسسته با زمان ۱- دیجیتالی

۲- باینری

مدل های ریاضی: براساس منطق شناخته شده ی ریاضی برای تجزیه و تحلیل یا طراحی یک سیستم دنیای واقعی، از یک سری روابط ریاضی استفاده می شود. خروجی این نوع مدل سازی، یک سری روابط ریاضی است.



مدل های ریاضی سه دسته هستند

۳) مدل های ترکیبی

۲) مدل های تحلیلی

۱) تجربی (آزمایشی)

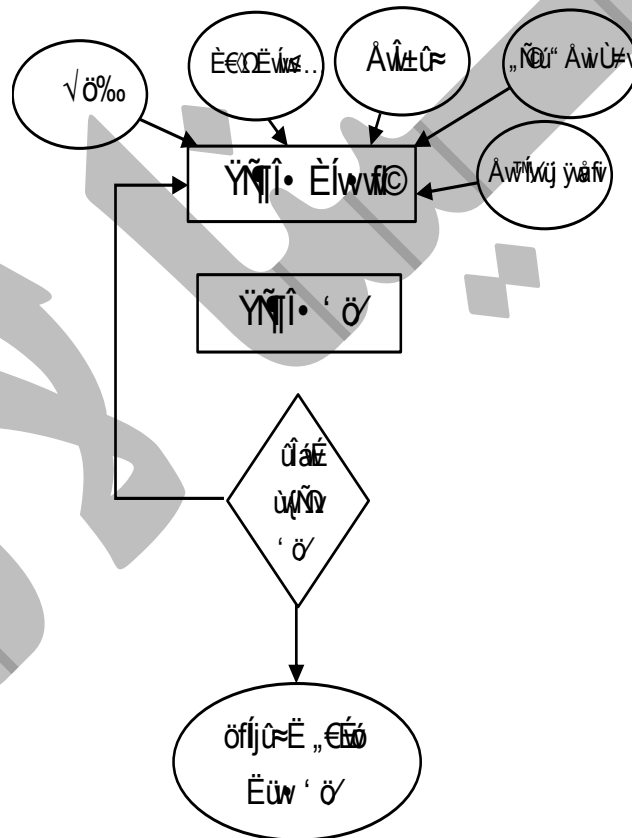
۱- تجربی (رفتاری): فقط رفتار سیستم دنیای واقعی را بررسی میکنیم Behavior کاری به اجزای داخلی آن نداریم، این نوع مدل Black Box بوده و از اجزای داخل آن شناختی نداریم و فقط شرایط سیستم را تحت شرایط معین تحریک ورودی ها مطالعه میکنیم.

سه دلیل استفاده از این نوع مدل سازی: (۱) اساسا مشاهده و بررسی اجزای داخل سیستم ممکن نباشد (۲) هزینه بر باشد (۳) خیلی زمان بر باشد.

۲- مدل سازی تحلیلی: این مدل سازی مبتنی بر شناسایی اجزای دنیای واقعی در داخل سیستم می باشد، پیش فرض اساسی این روش، قابلیت شناسایی اجزای داخل سیستم دنیای واقعی میباشد.

مثال: مخزن آب: اجزای قابل شناسایی، آب ورودی به مخزن، آب خروجی از مخزن، سطح مقطع ارتفاع مخزن و...

۳- مدل سازی ترکیبی: ترکیبی از دو نوع مدل سازی قبلی است.



مثال زادوولد

هدف: تعیین جمعیت

$$f(x) = (L, T)$$

A عوامل موثر روی جمعیت : زادوولد (A_1) مرگ و میر (A_2) مهاجرت (A_3) / قحطی (A_4) / جنگ (A_5) خشکسالی (A_6)

B فرضیات ساده کننده

 B_1 مرض جغرافیایی بسته است. (مهاجرت = \emptyset) B_2 جنگ و بلایای طبیعی اتفاق نمی افتد و... (فرض میکنیم)

آخرش میمونه زاد و ولد و مرگ میر ← از محاسبات باقی ماند

B_3 حال فرض میکنیم که نرخ زاد و ولد و مرگ و میر تابعی از زمان نبوده و مقدار ثابتی است. و x را به سمت صفر میل میدهیم، نتیجه یک معادله ساده خطی است که نهایتاً تعیین متغیر وابسته انجام میشود و simulation (شبهه سازی)

صید و صیاد / روباه و خرگوش

نکته: متغیر تصادفی نمایی

$$f(x) = \begin{cases} \lambda e^{-\lambda x} & x \geq 0 \\ 0 & \text{و.غ.} \end{cases}$$

$$E(x) = \frac{1}{\lambda} \quad Var = \frac{1}{\lambda^2}$$

متغیر نرمال:

$$f(x) = \frac{1}{\delta\sqrt{2\pi}} e^{-1/2 \left(\frac{x-\mu}{\delta}\right)^2}$$

$$E(x) = \mu \quad Var = \delta^2$$

برنولی

$$P(X = x) = p^x (1-p)^{1-x}$$

$$P = \text{پیروزی} \quad 1-p = \text{شکست}$$

پواسن

$$P(X = x) = \frac{e^{-\lambda} \lambda^x}{x!}$$

مدل سازی تحلیل سیستم های گسسته: ۲ متغیر مکان و زمان داریم، برای مدل سازی سیستم های گسسته ۲ روش عمده وجود دارد.

الف) اجزای اصلی سیستم، شناسایی میشوند و با استفاده از قوانین حاکم به آنها و روابط بین ورودی و خروجی سیستم که عمدتاً معادلات دیفرانسیلی است بررسی میشوند (روش PDF)

ب) سیستم اصلی به زیر سیستم هایی تقسیم میشود به نحوی که در هر سیستم، متغیرها، تنها تابعی از زمان باشند، سپس با نوشتن روابط حاکم بر اجزای داخل سیستم ها، سعی در ترکیب آنها میشود. با ترکیب روابط زیر سیستم ها به روابط اضافی میرسیم (روش المان نهایی)

توزیع ارلنگ: زنجیره ای از K ایستگاه در نظر بگیرید که به منظور کامل کردن خدمت دهی به هر مشتری باید از تمام آن ایستگاه ها گذر کرد. تا مشتری که کارش در دست پردازش است با موفقیت از تمام ایستگاه عبور نکرده باشد، مشتری دیگری نمیتواند به ایستگاه اول وارد شود. در هر ایستگاه مدت خدمت دهی دارای توزیع نمایی با پارامتر K است

قضیه ی پیچش: توزیع احتمال جمع ۲ یا چند متغیر تصادفی مستقل را، پیچش توزیع های متغیرهای اصلی می نامند، به این ترتیب روش پیچش به افزودن دو یا چند متغیر تصادفی به منظور بدست آوردن متغیر تصادفی تازه ای با توزیع مورد نظر، اشاره دارد. با این روش میتوان مقادیر توزیع ارلنگ را با توزیع نرمال و مقادیر ۲ جمله ای به دست آورد.

روش کمی کردن فیشر:

برای کمی کردن المان های کیفی، روش های مختلفی وجود دارد. که یکی از آنها روش فیشر است، مقدار کمی برای هر یک از پاسخ کیفی، طوری انتخاب میشوند که پس از تجزیه ی واریانس ملاک F حداکثر گردد، یعنی، زیر مجموعه ها به بهترین وجه ممکن از هم متمایز شوند،

نکته: میتوان از روش ماکسیمم درستنمایی (MLE) برای تبدیل کیفی به کمی ها، استفاده کرد.

تفکر سیستمی سه ابزار دارد:

۱. شبیه سازی
۲. سیستم تئوری
۳. مدل سازی کمی کیفی

۴ المان مورد استفاده در شبیه سازی و مدل سازی : ۱- Information ۲- Desicion ۳- Analaysis ۴- Resource

در تئوری سیستمی ۴ آیتم برای ما بسیار مهم است

۱- خالق سیستم System Creator ۲- اشراف سیستم System View ۳- مفهوم هدف Target Nature ۴- حفظ سیستم System acceptance

نکته: متد یعنی داده ها را چگونه به دست آوریم. متدولوژی یعنی داده ها را چگونه تحلیل کنیم؟

نکته ۲: مسیر حرکت ما برای تحلیل یک سیستم پیچیده تئوری گراف است چون دو سطحی است: تئوری هذلولی بی نهایت: رسیدن به پایداری سیستم: hello system thinking

نکته ۳: همیشه باید پاسخ به سیستم General باشد و بستگی به زمان و مکان خاص نداشته باشد، جوابش در ۱۰ سال قبل و ۱۰ سال بعد همان باشد. در این صورت تحلیل درست میباشد. پس پاسخ ما نباید تحت سیطره ی زمان و مکان باشد.

مراحل تحلیل و تفکر سیستمی:

مرحله ی اول: یک فرض در نظر میگیریم. فرض ما باید کلی و مدیریتی باشد، مهندسی نباشد

مرحله ی دوم: به صورت Systematic به آن نگاه کنیم

مرحله ی سوم: مدل را شبیه سازی (simulation) می کنیم

مرحله ی چهارم: علت استفاده از آن را ذکر میکنیم

مرحله ی پنجم: از دید تئوری سیستم، چه اهدافی را برآورده کرده ایم

نکته ۱: متغیر کلان و سیستماتیک: توزیع ارلنگ و متغیر جزئی و Reductionism: توزیع برنولی

مثال: فرض کنید یک مدیر هستید و میخواهید داخل یک استان، فرودگاهی بسازید. در مسئله دنبال چه چیز میگردیم. ویژگی ها را مینویسیم، هدف سیستم را مشخص میکنیم، Binding & Limit (حدود و صقورسیستم) را مشخص میکنیم. Basic Eleman های سیستم چه چیزهایی هستند؟ ۱- ظرفیت ۲- مسافر ۳- امنیت

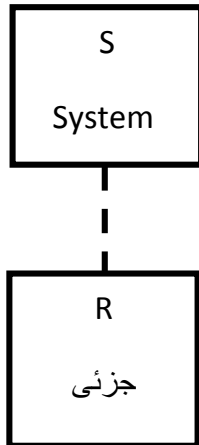
نیازمندی ها چه می باشد؟ ۱- Transfer ۲- کجا باید قرار بگیرد (جانمایی)

نکته: Basic Eleman هارا نمیتوان از داخل خود سیستم به دست آورد

فرضیه: سرعت جابجایی مردم؛ برای مدل کردن این از چه مدل ریاضی استفاده کنیم؟

جواب: من به ابزاری نیاز دارم که بتوانم زمان را براساس تعداد درخواست سفرها در آن مدل کنم ← ابزار ← سری های زمانی Time Series

نکته: ما برای این یک چیز ۲ سطحی ارائه دادیم که بالا Systematic و پایین آن Reductionism



بیشتر بخوانید و بدانید {
 ✓ صفحه ی ۱۰۴ چرچمن را با دقت ویژه ای بخوانید
 ✓ مثال صفحه ی ۱۰۶ چرچمن
 ✓ دانشمند مدیریت جهان را چگونه تحلیل می کند

نکته: خالق سیستم ۳ ویژگی دارد

- (۱) اشراف کامل دارد
- (۲) ساختار را در نظر میگیرد
- (۳) هدف را در نظر میگیرد

خالق سیستم تا زمانی که سیستم هست، وجود دارد

شناخت سیستم های پیچیده

بزرگترین ثابت، تغییر است. شتاب موجود در تغییرات تکنولوژی، جمعیت و فعالیت های اقتصادی منجر به تغییر در جهان از حالت ثابت و یکنواخت به حالتی پویا گردیده است. تاثیر تکنولوژی اطلاعات بر استفاده از تلفن و یا تاثیر گازهای گل خانه ای بر وضعیت آب و هوا تغییراتی هستند که بعضی از آن ها برای بشر خطرناک بوده و برخی دیگر مفید هستند، برخی مواقع عکس العمل ما برای حل مساله منجر به وخیم تر شدن اوضاع میشود.

در تفکر سیستمی با استفاده از ابزارها و فرآیندهای معرفی شده، درک رفتار سیستم های پیچیده ممکن شده و به تبع آن در تصمیم گیری ها، سیاست های مناسب اتخاذ میشود تا بتوان تغییرات را در مسیر صحیح هدایت نمود، البته درک رفتارهای سیستم های پیچیده، هنگامی که خود نیز جزئی از آن سیستم میباشیم، کار مشکلی است. System Dynamic مانند یک شبیه ساز پرواز برای آموزش خلبانان جهت درک رفتار پیچیده مناسب است. برای بررسی رفتار سیستم (Behavior) در System Dynamic از ابزارهایی برای ساخت مدل های ریاضی استفاده میکنیم. System Dynamic بر پایه ی تئوری دینامیک غیرخطی و کنترل بازخوردی در ریاضیات، فیزیک و مهندسی صنایع، مورد استفاده قرار میگیرد. باتوجه به این که در System Dynamic ابزارهای فوق برای مدل نمودن رفتار انسان مورد استفاده قرار میگیرند، لذا System Dynamic بر علوم جامعه شناسی، اقتصاد و سایر علوم اجتماعی بنا نهاده شده است، با توجه به این که در System Dynamic ما مسائل و مشکلات جهانی واقعی را مدل میکنیم، لذا باید نحوه ی دسته بندی تغییرات سازمان و نحوه ی تعامل موثر با افراد سیاست گذار را بدانیم.

در این جا در رابطه با مهارت های لازم جهت توسعه ی تفکر سیستمی، نحوه ی درک رفتار سیستم پیچیده و نحوه ی استفاده از System Dynamic جهت حل مشکلات سازمان بحث میکنیم. درک رفتار سیستم ها (Behavior) بسیار مشکل است چرا که رفتار سیستم متأثر از بازخوردهای داخل سیستم می باشد. برای درک مناسب از رفتار سیستم، نیاز به ۱- ابزارهایی جهت ارائه ی مدل ذهنی ما از مسائل پیچیده ی سازمان ۲- استفاده از ابزارهای شبیه سازی جهت تست مدل ذهنی، طراحی سیاست های جدید و بررسی نتایج حاصل از آن هاست.

عکس العمل متضاد سیستم به سیاست

علل عکس العمل سیستم

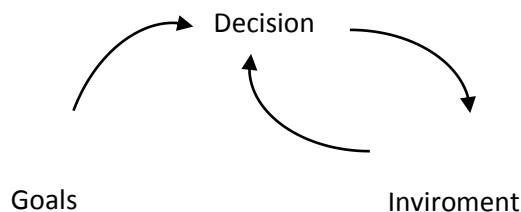
علت عکس العمل متضاد سیستم به سیاست های اعمال شده در این است که ما معمولاً علاقه مندیم، تجربیات خود را به صورت سری از وقایع تفسیر نماییم نه به صورت موازی. به عنوان مثال (موجودی انبار افزایش یافت و یا فروش کاهش یافت به این ترتیب سعی میکنیم با ساده ترین مسیر ممکن، واقعه ی فوق را بر طرف نماییم: افزایش موجودی و یا کاهش فروش در صورتی که ممکن است افزایش موجودی به دلیل کاهش فروش و آن هم به دلیل کاهش قیمت محصول رقبا باشد و خود کاهش قیمت رقبا نیز به صورت سلسله وار دارای مسائل دیگری باشد. بنابراین نگرش واقعه گرا منجر به اتخاذ روش های واقعه گرا برای حل مساله میشود.



هدف ها و موقعیت باعث مساله میشود سپس تصمیم گیری و نهایتاً نتایج.

در عالم واقعیت عملکرد ما منجر به باز خوردهایی میشود که وضعیت ما را نسبت بر گذشته تغییر میدهد به این ترتیب، عکس العمل متضاد سیستم به سیاست های ما، افزایش خواهد یافت. چراکه ما تمام محدوده ی بازخوردهای ممکن را در سیستم در نظر نمیگیریم. معمولاً اثراتی را که انتظار داریم، مدنظر قرار میدهیم و از اثراتی که برای ما قابل پیش بینی نبودند، صرف نظر میکنیم. بنابراین عکس العمل متضاد سیستم معمولاً به سرعت رخ میدهد، چرا که معمولاً دلیل و اثر اعمال ما، از نظر زمانی و مکانی به یکدیگر نزدیک میباشند.

برای اجتناب از عکس العمل متضاد سیستم به سیاست ها باید مرز مدل ذهنی خود را، گسترش داده و بازخوردهای ممکن را در نظر گرفت.



بازخورد

هنر System Dynamic ترسیم رفتار سیستم با استفاده از مدل سازی فرآیند های بازخوردی داخل سیستم از طریق ساختار های حالت-جریان، تاخیرهای زمانی و روابط غیرخطی میباشد. اغلب رفتارهای پیچیده ی سیستم به دلیل تعاملات (بازخوردها) بین اجزای سیستم است و نه به دلیل پیچیدگی اجزای آن ها. رفتارهای سیستم متأثر از ۲ نوع بازخورد است: بازخوردهای (+) و باخورد های (-). باخورد مثبت منجر به تقویت هر آنچه در سیستم رخ میدهد، میشوند ولی بازخوردهای منفی در جهت تعادل اتفاقات داخل سیستم، رفتار می کنند.



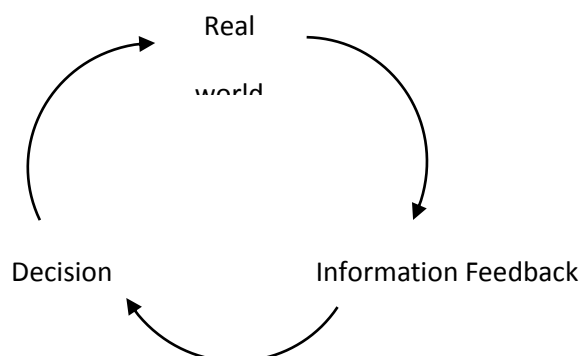
A system's feedback Structure



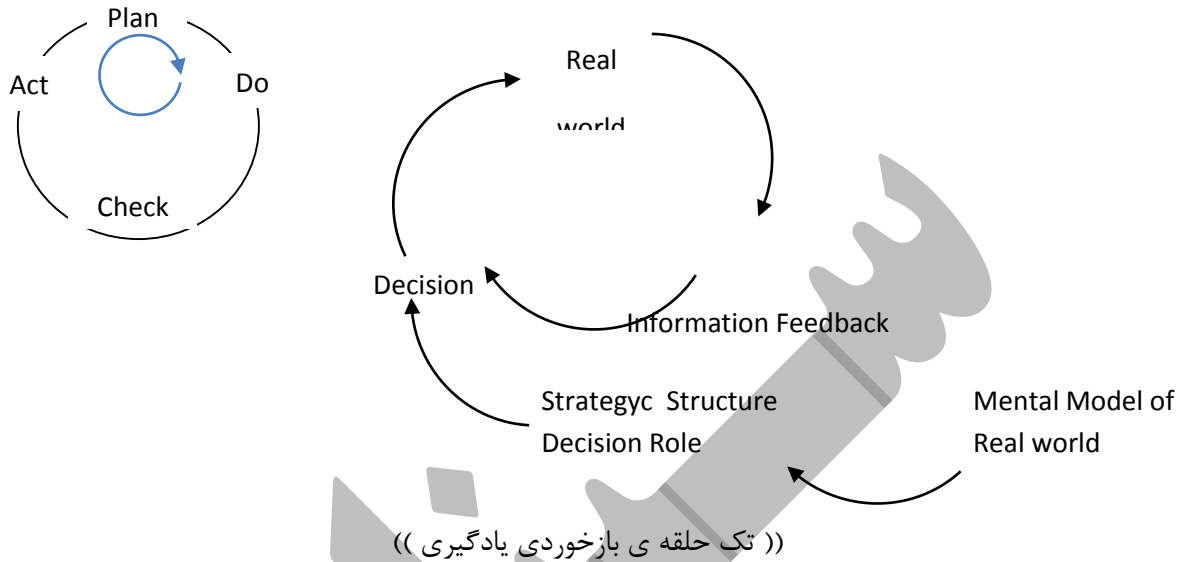
بازخوردهای منفی و مثبت

یادگیری، یک فرآیند بازخوردی

یادگیری یک فرآیند بازخوردی است که در آن با توجه به اطلاعات گرفته شده از جهان واقعی و مقایسه ی آن با هدف، تصمیم اتخاذ شده و عمل انجام شده منجر به ایجاد تغییر در وضعیت فعلی میشود. (یادگیری بازخوردی است)

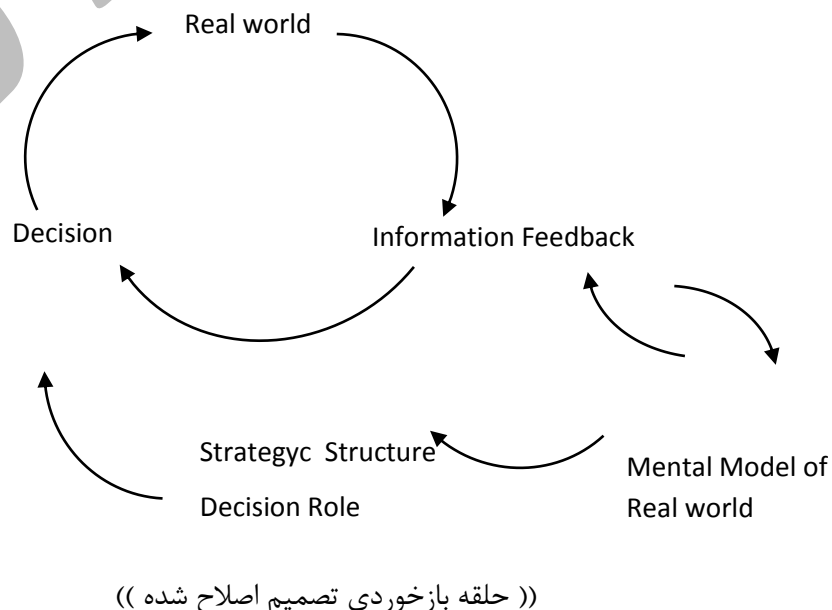


بازخورد مفهومی است که در سایر رشته ها نیز مورد استفاده قرار میگیرد به عنوان مثال در چرخه ی دمینگ PDCA (P:plan / D:do / C:check / A:act)، از این مفهوم برای بیان چرخه ی بهبود کیفیت استفاده شده است. در حلقه ی تصمیم، تنها ورودی برتی اتخاذ تصمیم، اطلاعات جهان واقعی نیست، بلکه قوانین و سیاست های تصمیم متاثر از مدل های ذهنی تصمیم گیرنده هستند. در System Dynamic، مدل های ذهنی، همان برداشت های مشخص از مجموعه شبکه ی علل و تاثیرات آنها می باشد که مشخص میکند سیستم چگونه عمل میکند.



بازخورد: (+) افزایشی / (-) تعدیلی
مدل ذهنی شخص، به مرور زمان و با گرفتن بازخورد از اطلاعات دنیای واقعی خود را تعدیل می نماید پس بازخورد منفی است.

بدین ترتیب مکانیزم تصمیم گیری از ۲ حلقه تشکیل شده است که یکی به صورت کوتاه مدت، سیستم را تحت تاثیر قرار می دهد و دیگری به صورت بلند مدت



موانع یادگیری

در عصر حاضر ما ناچار به مدل نمودن مسائل هستیم چراکه در برخی موارد ما امکان کسب تجربه را نداریم و برخی حالات نیز مدت زمان تاخیر بین عمل و عکس العمل سیستم به قدری زیاد است که در عمل، امکان کسب تجربه را، ناکارآمد میکند. در حلقه های دوگانه ی بازخوردی یادگیری، موانعی رخ میدهد که فرآیند یادگیری را کند میکند. از جمله موانع فوق، پیچیدگی در رفتار سیستم، عدم وجود اطلاعات کافی از دنیای واقعی، وجود برخی متغیرهای مبهم در مساله، توان علمی ضعیف در تحلیل مسائل و اجرای نامناسب تصمیمات می باشد.

پیچیدگی رفتار سیستم

در اغلب علوم از یادگیری به صورت یک بازخورد منفی ساده یاد میشود. در صورتی که در دنیای واقعی مساله کمی پیچیده تر است. برخی افراد فکر میکنند که این پیچیدگی به دلیل تعداد عوامل تاثیرگذار بر سیستم است در صورتی که پیچیدگی رفتار در سیستم های ساده هم دیده میشود. پیچیدگی رفتار سیستم ها به دلیل وجود تعاملات اجزای سیستم در طول زمان است. زمان تاخیر بین اتخاذ تصمیم و مشاهده ی نتایج آن از عوامل اصلی در ایجاد پیچیدگی رفتار سیستم است. بدیهی است که تاخیر باعث میشود، مدت زمان لازم برای طی چرخه ی یادگیری افزایش یابد. لذا ما به دفعات کمتری میتوانیم چرخه ی یادگیری را طی نموده و تجربیات خود را افزایش دهیم. پیچیدگی رفتار علاوه بر این که یادگیری را کند میکند میزان یادگیری حاصل از طی یک چرخه ی یادگیری را کاهش میدهد.

تاخیر منجر به ایجاد بی ثباتی، در سیستم های پویا میشود.

با افزودن تاخیر به یک حلقه ی بازخوردی منفی تمایل سیستم به ایجاد رفتار نوسانی افزایش می یابد.

محدودیت اطلاعات

با توجه به این که در عمل ما اطلاعات را از طریق تخمین با روش های مختلفی چون نمونه گیری، میانگین گیری از داده های اندازه گیری شده با تاخیر به دست آوریم لذا همواره اطلاعات ما با داده های واقعی متفاوت است. در برخی مواقع نیز داده های به دست آمده با واقعیت مطابق نیستند. زیرا چشمان ما آنچه ذهنمان ترجیح میدهد میبیند.

گنگ و مبهم بودن برخی متغیرها

با توجه به این که در حلقه ی تصمیم بر اساس اطلاعات دریافتی از وضعیت موجود، تصمیم اتخاذ می شود، لذا در صورتی که این اطلاعات ناقص باشد در نتیجه ممکن است تصمیم نادرستی اتخاذ شود.

اطلاعات ممکن است از ۲ جنبه کیفی و کمی دارای نقص باشد. در زمینه ی کیفی با توجه به این که در زبان گفتاری برخی از اصطلاحات دارای چندین معنی میباشد لذا ممکن است برداشت نادرست از وضعیت موجود ایجاد شود. در زمینه ی کمی نیز بین مهندسين و اقتصاد دانان کشمکش چندین ساله در رابطه با استفاده از یک روش یگانه برای تخمین ساختار و پارامترهای یک سیستم از طریق مشاهده ی رفتار سیستم فوق وجود دارد.

عقلانیت محدود و درک نادرست از بازخورد

پیچیدگی رفتار سیستم و محدودیت اطلاعات با کاهش آگاهی ما نسبت به جهان واقعی، پتانسیل شناخت را کاهش می‌دهند ولی در صورتی که داده‌های مناسب وجود داشته باشد آیا ما قادر با اتخاذ تصمیم مناسب هستیم. ظرفیت ذهن انسان برای فرموله کردن و حل مسائل پیچیده در مقایسه با ابعاد مسائل بسیار ناتوان است بنابراین به دلیل محدودیت فوق در حل مسائل، ما معمولاً واقع‌گرا عمل نموده و حلقه‌ها را به صورت باز فرض می‌کنیم، همچنین تاخیر‌های زمانی بین تصمیم و اثرات آنرا در نظر نمی‌گیریم و درک صحیحی از مفاهیم جریان و حالات نداریم.

برداشت‌های ناصحیح

روابط علی از ویژگی‌های اصلی مدل‌های ذهنی است.

ما همواره سعی در ساختن و به روز نمودن برداشت‌های خود از روابط علی و معلولی بین موجودیت‌های اطرافمان هستیم. مطالعات نشان می‌دهد که معمولاً برداشت‌های ما شامل حلقه‌های علی بسیار محدود و اندکی است. معمولاً افراد سعی می‌کنند براساس دریافت‌های شهودی خود یک درخت تصمیم برای حالت مختلف ممکن ایجاد کنند. در این راستا افراد به پدیده‌ها به صورت یک حلقه تنها نگاه می‌کنند و هراتفاقی را متأثر از یک علت میدانند. بنابراین به محض اینکه اولین علت می‌رسند، جواب سوال خود را یافته‌اند و مطالعه‌ی مساله را رها می‌کنند. یک اصل اساسی در System Dynamic ایجاد رفتار به واسطه‌ی ساختار سیستم است در صورتی که افراد به این مساله توجه نکنند و در هر مساله‌ای به دنبال مقصر گشته و و او را سرزنش می‌کنند در صورتی که مطالعات نشان داده در برخی سیستم‌ها نوع تصمیم افراد مختلف کاملاً یکسان است بنابراین باید ساختار سیستم را شناخت تا بتوان تصمیم مناسبی اتخاذ کرد

▪ استنباط غلط در رابطه با رفتار

حتی اگر درک صحیحی از جهان واقعی در مدل ذهنی شخص ایجاد شود لزوماً منجر به اتخاذ تصمیم صحیح نخواهد شد. در مدل تصمیم‌گیری با ۲ حلقه بازخورد پس از ایجاد مدل ذهنی براساس اطلاعات حاصل از دنیای واقعی، استراتژی‌ها و سیاست‌ها تعیین می‌شود

جهت تعیین استراتژی‌ها و سیاست‌های مختلف باید نتایج قوانین مختلف روی مدل بررسی شده و بهترین آنها انتخاب شود با توجه به محدودیت انسان در نگرش همه جانبه و عدم توانایی وی در تحلیل همزمان چندین عامل حتی با فرض وجود یک مدل ذهنی مناسب نیز ممکن است تصمیم مناسب اتخاذ نشود.

▪ استدلال غیر علی

اشخاص در تصمیم‌گیری‌ها و داوری‌های خود معمولاً به گزینه‌های موجود اطمینان بیش از حد می‌کنند (تخمین کمتر از مقدار واقعی) و یا در داوری‌های خود از نگرش آرزو و امید استفاده می‌کنند و فرض را بر کنترل اوضاع قرار می‌دهد، بنابراین افراد در تصمیم‌گیری‌های خود حتی برخی از قوانین اولیه نظیر قانون احتمالات و یا قوانین آمار را نقض می‌کنند.

تعصبات و موانع شخصی در یادگیری

با استفاده از تعصبات برای خود وجهه ای ایجاد کرده و به هر طریق ممکن سعی در اعمال نظرات خود بر دیگران داریم و تمام اعمال و رفتار خود را در عین حقیقت و صحیح میدانیم و در این حالت ما با مخفی نمودن برخی اطلاعات مهم از دیگران و اجتناب از برخی آزمون ها سعی در مخفی نمودن مدل ذهنی خود از دیگران مینماییم. این روش معمولاً در مباحث گروهی رخ میدهد به گونه ای که گروهی سعی در اعمال نظرات خود به دیگران می نماید.

مشکلات اجرا

در عمل ممکن است اطلاعات به صورت صحیح رسیده و مدل ذهنی به صورت مناسبی شکل گیرد و براساس مدل فوق استراتژی ها و سیاست های مناسبی اتخاذ شود ولی در حین اجرای موارد فوق درست پیاده نشوند. بنابراین با توجه به اینکه مدیریت به این نتیجه می اندیشد، ممکن است بدون اینکه به علت بروز نتیجه ی نامطلوب بنگرد کل سیستم را کنار بگذارد.

نیازمندی های یادگیری موفق در سیستم های پیچیده؛ بهبود فرآیند یادگیری: مزایای جهان مجازی

برای رفع موانع یادگیری باید زمان لازم برای تجربه یک دور کامل بازخوردی یادگیری را کوتاه نمود برای این منظور میتوان از جهان مجازی استفاده کرد که همانند جهان واقعی رفتار میکند: بنابراین در کتاه ترین زمان میتوان چندین بار نتایج تصمیمات مختلف را تجربه نمود و بهترین را اتخاذ کرد.



فصل سوم : فرآیند مدل سازی

قدم های مدل سازی

در مدل سازی قدم اول شناخت دقیق صورت مساله و مشتری مدل میباشد. مشتری مدل یعنی مدل ساز باید با سازمان مربوطه آشنا شده و مشتری مدل خود را تعیین نمود. مشتری مدل شما شخصی که شما را به سازمان مربوطه میبرد و یا شخصی که مسئولیت پرداخت هزینه ی کار را بر عهده دارد در کار مدل سازی از شما پشتیبانی می کند نیست بلکه کسی است که در کار مدل سازی برای حل مسئله شما را یاری میکند. برای اینکه مدل شما موثر و مفید باشد باید بر نیازمندی های مشتری مدل خود تمرکز نماییم. البته در این مسیر مدل ساز نباید نسبت به جزئیات مشتری مدل نیز توجه کند بلکه فقط در طراحی مدل خود، مشتری مدل خود را همیشه مدنظر داشته باشد. شما باید به فرآیندهای مدل سازی اجازه دهید تا بتواند مدل ذهنی شما را تغییر دهد. اگر در برخی موارد مدل نشان میدهد که نظرات مشتری شما اشتباه است، صادقانه آنرا مطرح نمایید. اگر مدل شما، شما را در امر مدل سازی به امر خاصی متمایل می نماید سعی کنید آن را کنار بزنید و اگر در بدترین حالت مشتری مدل شما، سعی در اعمال نظرات خود در روند مدل سازی دارد سعی کنید مشتری دیگری را در مدل سازی خود انتخاب کنید.

در مدل سازی قدم اول شناخت دقیق صورت مساله و مشتری مدل میباشد. قدم های بعدی مدل سازی معمولاً یک حالت روتین و ساخت یافته ندارد چرا که مدل سازی خلق کردن است این مساله نیز حالت ذاتی و فطری دارد ولی میتوان فرآیند ساخت مدل را به چند مرحله تقسیم کرد

مرحله ی اول

۱. تشریح دقیق صورت مساله (تعیین مرز مدل)

a. انتخاب موضوع : مساله و مشکل چیست

b. متغیرها و مفاهیم کلیدی چیست

c. افق زمانی چیست؟ مساله ی مورد نظر از نظر زمانی چه بازه ای از گذشته و آینده را شامل

میشود

d. ترسیم رفتار متغیرها در گذشته و احتمال رفتار آنها در آینده

مرحله ی دوم

۲. تعیین تئوری و فرضیه ی دینامیک درباره علل بروز مساله

a ← فرضیه ی اولیه برای رفتار مدل : در حال حاضر برای رفتار سیستم چه تئوری و فرضیه ای وجود دارد؟

b ← تمرکز بر عوامل درون زا : تعیین روابط علی داخلی در ایجاد رفتار سیستم

c ← ترسیم روابط علی و معلولی: با استفاده از فرضیه ها و تئوری های اولیه، متغیرها و مفاهیم کلیدی رفتار سیستم در گذشته، سایر داده های در دسترس و استفاده از ابزارهایی مثل الف) نمودار های مرز مدل ب) نمودار زیر سیستم ج) نمودارهای علت و معلولی د) نمودار های حالت جریان ه) نمودار های ساختار سیاست و سایر ابزار مرحله سوم

۳. ساختن یک مدل شبیه سازی برای تست فرضیه فوق

a ← تعیین ساختار وقواعد تصمیم

b ← تخمین مقادیر اولیه، پارامترهای مدل و ارتباطات رفتاری

c ← تست میزان سازگاری مدل با اهداف و مرزهای آن

مرحله ی چهارم

۴. تست مدل برای اطمینان از صحت عملکرد آن

a ← مقایسه ی رفتار مدل با رفتار مرجع (رفتار گذشته ی سیستم)

b ← بررسی رفتار مدل در شرایط حدی: آیا مدل با وارد کردن شرایط حدی معقول عمل میکند

c ← تحلیل حساسیت: بررسی رفتار مدل در صورت تغییر مقادیر اولیه ی پارامترها و مرزهای مدل

مرحله ی پنجم

۵. طراحی سیاست های مختلف و ارزیابی آنها بوسیله ی مدل

a ← طراحی سناریو: یعنی چه شرایط محیطی ممکن است رخ دهد

b ← طراحی سیاست: یعنی چه قوانین و استراتژی هایی میتوان در دنیای واقعی پیاده نمود

c ← آنالیز: یعنی بررسی نتایج اعمال سیاست های مختلف

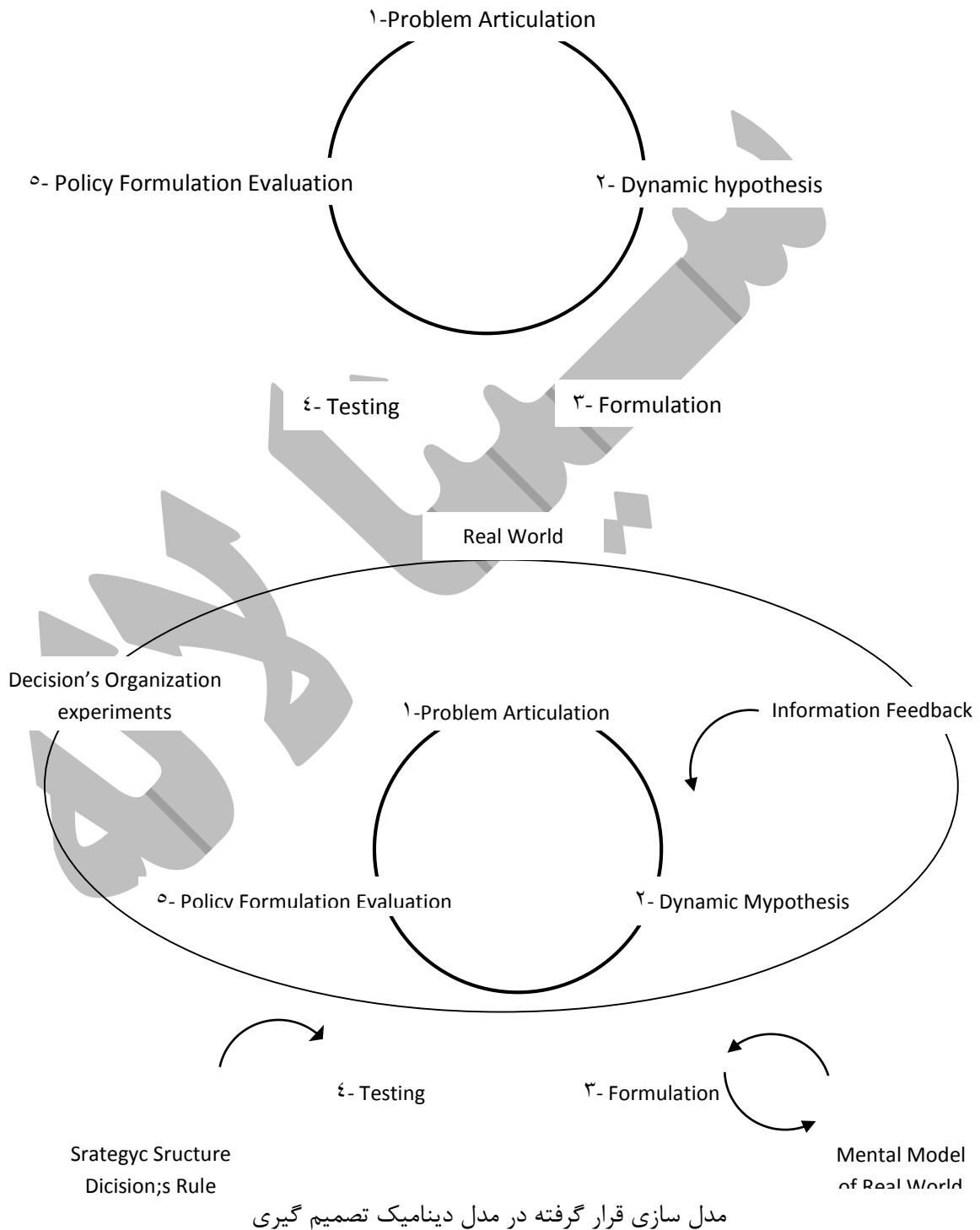
d ← آنالیز تحلیل سیاست: یعنی بررسی نتایج مدل در صورت وقوع سناریوهای مختلف

e ← بررسی تعامل بین سیاست ها: یعنی آیا سیاست های مختلف با یکدیگر در تعامل و اثر متقابل می باشند

مدل سازی به عنوان یک فرآیند تکراری

مدل سازی یک فرآیند بازخوردی است و نه یک توالی خطی از مجموعه ای از فعالیت ها. طبق شکل زیر در قدم اول مدل سازی محدوده و مرز مدل تعیین شده سپس در قدم دوم رفتار دینامیک مدل و با رفتار مرجع متغیرهای مورد نظر بررسی شده و در قدم سوم سیستم شبیه سازی شده و پس از تست مدل و اطمینان از صحت عملکرد مدل سیاست

های مختلف مورد بررسی و ارزیابی قرار میگیرند: نکته ی قابل توجه این است که با بررسی سیاست های مختلف روی مدل ممکن است مجددا درمرز مدل ویا تعریف صورت مساله تغییری رخ دهد و چرخه ی فوق دوباره تکرار شود. در تکرار های بعدی لزوما ترتیب قدم ها رعایت نخواهند شد و ممکن است از مرحله ی اول به مرحله ی n ام مراجعه نمود .



۱- مروری بر فرآیند مدل سازی (تعریف مسئله: اهمیت موضوع)

مهمترین قدم در مدل سازی تعیین صورت مسئله است. آنچه که برای مشتری مدل مهم بوده و مورد علاقه‌ی اوست در تعیین صورت مسئله، مهم‌ترین مساله تعیین هدف از مدل سازی است. به عبارت دیگر مدل است به چه سوال یا سوالاتی پاسخ دهد. در مجموع باید یک مساله را مدل نمود نه یک سیستم را. برای تعریف صورت مسئله دو ابزار مهم استفاده از رفتار مرجع و تعیین افق زمانی است.

الف) رفتار مرجع: بررسی رفتار مساله و یا متغیر مورد نظر در طول زمان می‌باشد. به این ترتیب با بررسی رفتار گذشته می‌توان برآوردی از رفتار متغیر در آینده داشت. رفتار مرجع را می‌توان با استفاده از مجموعه‌ای از نمودارها و با شرح عملکرد متغیر ترسیم نمود. با ترسیم رفتار مرجع شما و مشتری مدل از نگرش واقعه گرا و کوتاه مدت به مساله دور شده و رفتار سیستم را در گذر زمان مورد توجه قرار خواهید داد. برای مطالعه‌ی رفتار مرجع باید افق زمانی و متغیرها و مفاهیم مهم مورد نیاز تعیین شود.

ب) افق زمانی: باید به اندازه‌ای باشد که با نگاه به گذشته در طول افق زمانی بتوان علل و نحوه‌ی رخداد پدیده‌ی مورد مطالعه را دریافت کنیم. همچنین افق زمانی باید به اندازه‌ای باشد که با نگاه به آینده در طول افق زمانی بتوان اثرات تأخیرات سیستم و تأثیرات غیر مستقیم تصمیمات بر سیستم را مشاهده نمود. در نظر گرفتن یک افق زمانی طولانی نیز یک راه حل مشروط برای فارغ شدن از نگرش واقعه گراست چرا که افق زمانی بیش از حد بلند مدت مشکلات و تبعات خاص خود را دارد. تعیین مدت افق زمانی، نوع سیاست‌های مورد ارزیابی در مدل را تحت تأثیر قرار می‌دهد. یکی از روش‌های مفید برای تعیین افق زمانی این است که آن را معادل چندین برابر طولانی‌ترین تأخیر موجود در نظر بگیریم

۲- تعیین یک فرضیه و تئوری دینامیک

پس از تصویب صورت مسئله مدل سازی باید رفتار مساله مورد نظر، تئوری و فرضیه‌ی آن را ارائه کند و تئوری دینامیک، علت رفتار مساله را تشریح می‌کند. در فرآیند مدل سازی روش‌های مختلفی برای بررسی صحت فرضیه‌ی ارائه شده وجود دارد. با استفاده از مدل شبیه سازی شده و داده‌های حاصل از جهان واقعی می‌توان صحت آنرا تست نمود. در این مرحله مدل ساز باید به عنوان یک شنونده‌ی متفکر و صبور با گوش دادن به سخنان افراد شاغل در سیستم بدون فیلتر کردن، مسائل مورد نظر خود مدل ذهنی آنها را در رابطه با علت رفتار مساله درک نماید. برای نمایش مدل ذهنی افراد داخل سیستم از برخی ابزارها و نمودارها می‌توان استفاده کرد.

۲- الف- تفسیر درون‌زا

سیستم دینامیک به دنبال تفسیر درون‌زا از علل وقوع پدیده‌هاست. درون‌زا بودن در یک System Dynamic به این معنی است که علل رفتار دینامیک مساله از تعامل بین اجزاء داخلی سیستم نشأت می‌گیرد. با تعیین ساختار سیستم و قواعد موثر در عملکرد سیستم می‌توان به رفتار سیستم پی برد. تمرکز System Dynamic در متغیرهای درون‌زا

دلیل آن نیست که مفهوم متغیرهای برونزا کنار گذاشته شود ولی تعداد متغیرهای برونزا باید کم باشد. همچنین در تعیین متغیرهای برونزا باید دقت شود که بازخوردی بین متغیرهای درونزا و برونزا وجود نداشته باشد. که در این صورت باید مرز مدل گسترش یافته و متغیر فوق درونزا فرض شود. باید دقت نمود که محدود نمودن مرز مدل و اعتماد بیش از حد به متغیرهای برونزا میتواند مدل را با مشکل مواجه سازد.

۲-ب- ترسیم ساختار سیستم

در سیستم دینامیک ابزارهای مختلفی جهت نمایش مدل و ارائه ی ساختار علی و معلولی مساله وجود دارد. برخی از ابزارهای فوق شامل نمودارهای مرز مدل، نمودارهای زیرسیستم، نمودارهای علی و معلولی و نمودارهای حالت - جریان میباشند

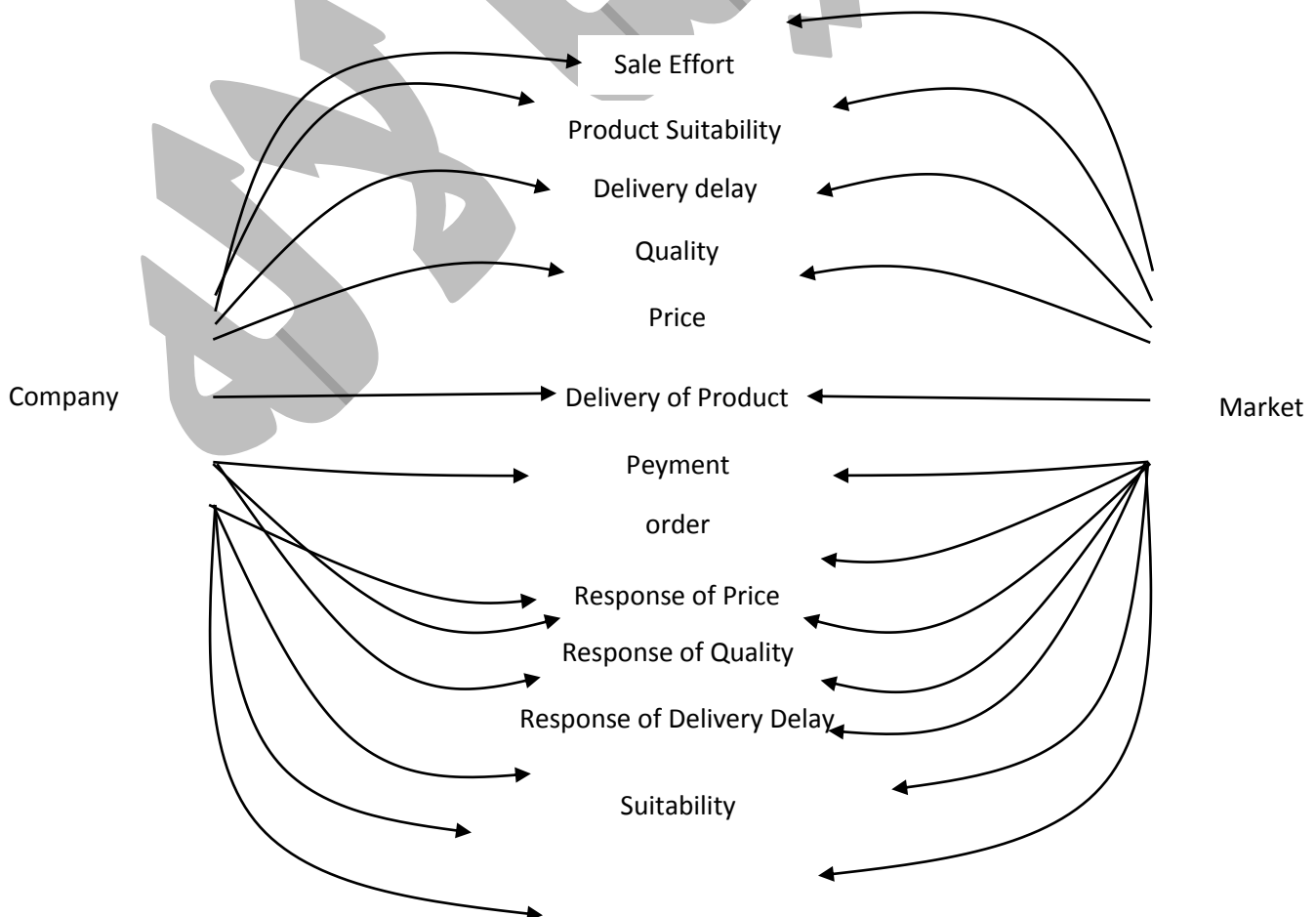
۲-ب-۱- نمودار مرز مدل

این ابزار محدوده ی مدل را با لیست نمودن متغیرهای درونزا و متغیرهای غیرموثر بر مدل نمایش میدهد.

۲-ب-۲- نمودار زیر سیستم

این نمودار معماری کلی مدل را نشان میدهد. در این نمودار زیر سیستم ها میتوانند نشان دهنده ی جریان مواد، پول، کالا و اطلاعات باشند که با یکدیگر در تعامل اند. همچنین زیر سیستم ها میتوانند به صورت بخش های تشکیل دهنده ی یک سازمان مانند فروش، تولید، طراحی و توسعه محصول و غیره باشند.

نمودار زیر سیستم تعداد و نوع عوامل تاثیرگذار بر مساله ی نشان دهنده ی مرز مدل و میزان یکپارچگی آن است.



۲-ب-۲- C- نمودار های علی و معلولی

نمودارهای مرز مدل و زیر سیستم های مرز مدل و معماری اصلی مدل نشان میدهند ولی ارتباطات بین متغیرها را نشان نمیدهند. نمودارهای علی و معلولی نحوه ی تاثیر علت بر معلول را نمایش می دهند و ابزار مناسبی جهت ترسیم ساختار بازخوردی سیستم می باشند.

۲-ب-۲- D- نمودارهای حالت جریان

نمودارهای علی و معلولی بر ساختار بازخوردی یک سیستم توجه دارند و نمودارهای حالت جریان به ساختارهای فیزیکی به وجود آورنده ی آن ساختار بازخوردی تمرکز میکنند.

در نمودار حالت جریان متغیرهای حالت نشان دهنده ی وضعیت سیستم از قبیل تعداد جمعیت ، موجودی مواد ، بدهی ها و ارزش نقدی میباشد و در صورتیکه متغیرهای نرخ نشان دهنده ی نرخ تغییرات سیستم همانند مرگ و میر، نرخ تولید، نرخ دریافت وام و بازپرداخت آن و نرخ سرمایه گذاری و استهلاک سرمایه درسیستم ها براساس متغیرهای حالت، تصمیم ها اتخاذ شده وبا تغییر متغیرهای جریان آن تصمیمات اعمال می شود.

۲-ب-۲- E- نمودارهای ساختار سیاست

نمودارهای فوق متشکل از نمودارهای علی میباشد که ورودی های اطلاعاتی برای یک قاعده ی تصمیم گیری را ترسیم میکنند. در این نمودارها تمرکز بر داده های سیستم که مدل ساز آنها برای تصمیم گیری استفاده میکند.

۳- ساخت یک مدل شبیه سازی

پس از اینکه فرضیه و تئوری اولیه برای علت و رفتار مساله ایجاد شد و به تبع آن مرز مدل و مدل مفهومی طراحی شد باید بتوان آن را تست نمود. برخی مواقع با استفاده از مجموعه داده های واقعی ویا آزمایش فرضیات فوق درجهان واقعی میتوان آن را تست نمود. برخی مواقع با استفاده از مجموعه ی داده های واقعی یا آزمایش فرضیات فوق در جهان واقعی میتوان آن را تست نمود ولی در اغلب مواقع مدل مفهومی ایجاد شده به قدری پیچیده است که نمیتوان آنرا سادگی ارزیابی نمود لذا نیاز به ارزیابی مدل می باشد.

۴- تست مدل

با نوشتن اولین معادله تست مدل نیز شروع خواهد شد یکی از انواع تست مقایسه ی رفتار مدل با رفتار واقعی آن میباشد. همچنین در مدل ساخته شده باید تمام معادلات از نظر دیمانسیون درست باشند. همچنین تحلیل حساسیت مدل و بررسی سیاستهای مختلف نباید طبق شرایط خاصی صورت بگیرد. چه از نظر پارامتری چه از نظر ساختاری. یکی دیگر از تست ها بررسی مدل در شرایط مرزی است. شرایط مرزی حدود پارامترهای مدل میباشد که ممکن است در واقعیت اصلا رخ ندهند ولی مدل طبق این شرایط باید درست عمل کند

۵- طراحی و ارزیابی سیاست

پس از اینکه مدل ساخته شد و شماو مشتری مدل از عملکرد صحیح آن اطمینان حاصل کردید، میتوان سیاست های مختلف را با استفاده از مدل آزمود. طراحی سیاست فراتر از تغییر یک پارامتر مانند نرخ مالیات در مدل میباشد. طراحی سیاست به منزله ی طراحی یک ساختار ویا یک استراتژی جدید ویا تغییر قواعد تصمیم گیریست. با توجه به اینکه رفتار سیستم متاثر از حلقه های بازخوردی سیستم میباشد لذا بهترین روش طراحی سیاست ، تغییر حلقه های بازخوردی قالب در مدل با تغییر ساختار متغیرهای حالت جریان میباشد. همچنین به دلیل تاثیر تاخیرات سیستم بر رفتار آن با رفع تأخیرهای فوق نیز میتوان سیاست های مختلفی را طراحی نمود.



فصل چهارم: ساختار و رفتار سیستم

های پویا

رفتار سیستم متأثر از ساختار آن است ساختار نیز شامل مجموعه ای از حلقه های بازخوردی، متغیرهای حالت و جریان و روابط غیرخطی متأثر از فرآیندهای تصمیم گیری داخل سیستم میباشد بنابراین در این بخش به بررسی رابطه ی بین ساختار و رفتار سیستم می پردازیم. رفتارهای مرجع توسط ساختارهای مختلف بازخوردی ایجاد میشوند. به عنوان مثال رفتار رشد نمایی حاصل یک حلقه ی بازخوردی مثبت؛ رفتار هدف جو حاصل یک حلقه ی بازخوردی منفی و رفتار نوسانی نیز متأثر از حلقه ی بازخوردی منفی با تاخیر زمانی است.

سایر رفتارهای مرجع نظیر رفتار S شکل از تعامل بین ساختارهای پایه حاصل میشود. همچنین در این بخش به مفاهیم نمودارهای رفتار مرجع برای ترسیم رفتار سیستم و نمودار علت و معلولی برای ترسیم ساختار بازخوردی سیستم پرداخته خواهد شد.

حالت های پایه رفتار پویا

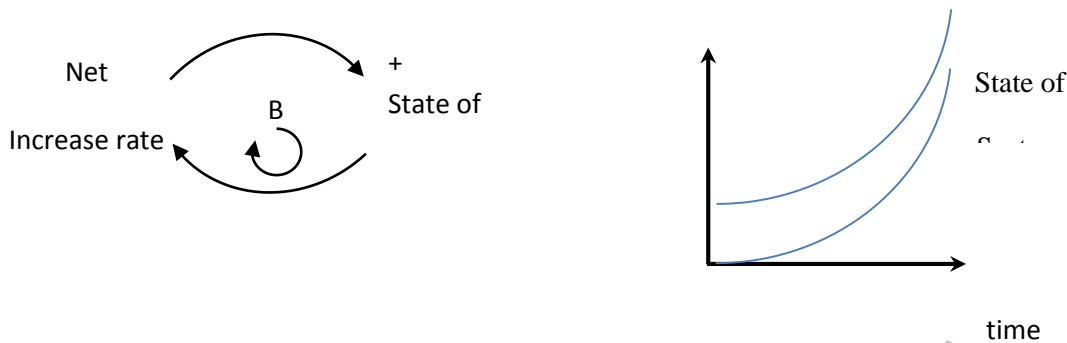
تغییرات مختلف در دنیا در شکل های مختلف روی میدهد ولی مطالعه ی آنها نشان میدهد که چند رفتار پایه برای تغییرات وجود دارد بطوریکه با ترکیب این رفتارهای پایه میتوان رفتارهای پیچیده دیگر را تولید نمود. به عنوان مثال رفتارهای رشد نمایی، رشد هدف جو و نوسانی جزء رفتارهای پایه میباشد. که با ترکیب آنها بایکدیگر میتوان رفتارهای رشد S شکل، رشد بیش از حد به همراه نوسانات و سایر رفتارها را ایجاد کرد.

شکل رفتارهای معمول در سیستم های دینامیکی

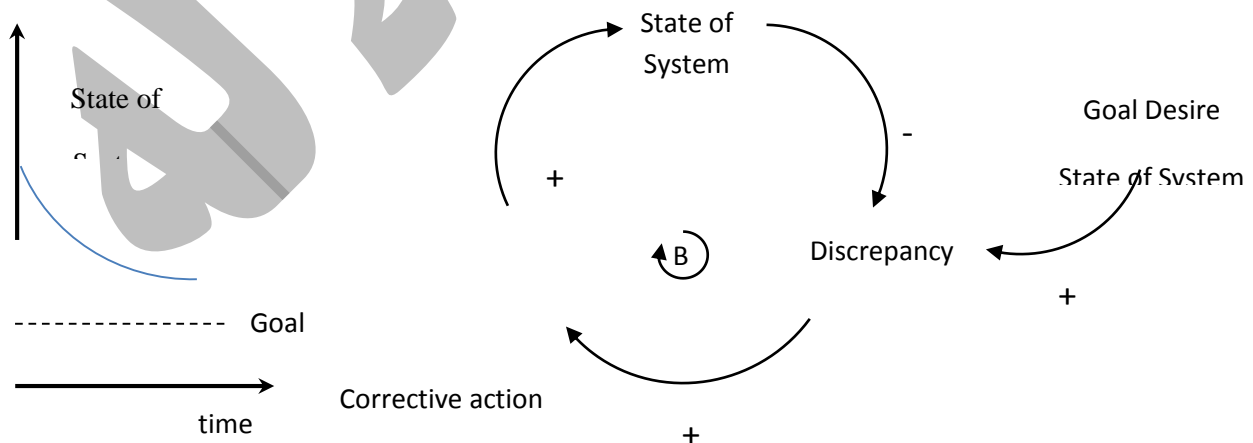
۱ - رشد نمایی: توسط یک حلقه ی بازخوردی مثبت ایجاد میشود به عنوان مثال جمعیت موجود هرچه بیشتر باشد خالص زادوولد بیشتر میشود و در نتیجه جمعیت افزایش میابد. این چرخه همینطور ادامه پیدا میکند و باعث رشد جمعیت به صورت نمایی میشود.

در یک رشد نمایی مدت زمان لازم برای دوبرابر شدن مقدار متغیر ثابت است. رشد خطی معمولاً نادر و کمیاب است چراکه در این نوع رشد خالص تغییرات مستقل از مقدار متغیر حالت میباشد و در سیستم های واقعی این مساله به ندرت رخ میدهد.

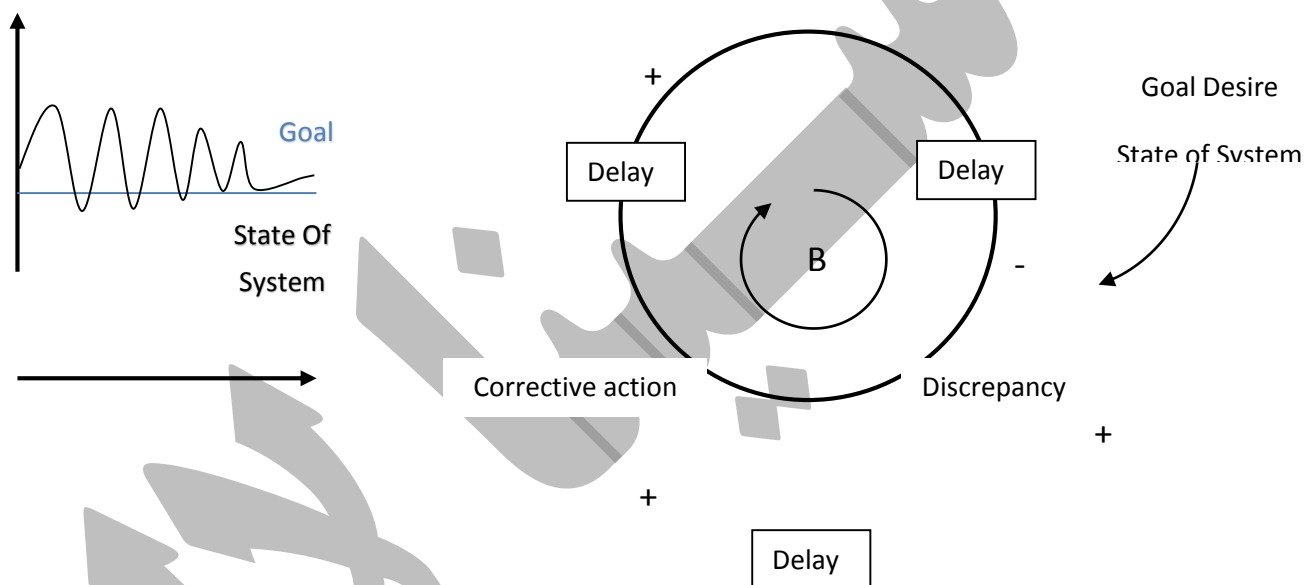
مثال: طبق شکل زیر با توجه به این که مدت زمان لازم برای ۲ برابر شدن جمعیت ۴ سال میباشد لذا قسمت اول نمودار به نظر میرسد که دارای رشد خطی است در صورتیکه واقعیت چنین نیست.



۲- رفتار هدف جو: باز خورد مثبت منجر به رشد سیستم میشود و باز خورد منفی سعی در ایجاد تعادل در سیستم و رساندن متغیر به حالت آن در یک متغیر مقدار مطلوب دارد. در رفتار هدف جو مقدار فعلی متغیر حالت با مقدار مطلوب مقایسه شده و در صورت اختلاف سیستم به گونه ای عمل میکند که اختلاف فوق رفع گردد. بنابراین پس از مدتی به مقدار مطلوب خواهد رسید. به عنوان مثال: وقتی شخصی گرسنه میشود به مقداری که رفع گرسنگی میکند غذا میخورد و پس از اینکه سیر شد دست از غذا خوردن میکشد. در برخی مواقع مقدار هدف روشن و تحت کنترل تصمیم گیر است. مانند میزان استراحت مورد نیاز جهت رفع خستگی. با توجه به اینکه تغییرات سیستم تابعی از اختلاف سیستم با وضع مطلوب میباشد لذا در ابتدا تغییرات دارای مقدار بیشتر و به مرور تغییرات کم میشود. در این حالت میزان تغییرات سیستم تابعی از اختلافات وضعیت سیستم با مقدار مطلوب است. در رفتار هدف جو نیز مانند رفتار رشد نمایی مدت زمان لازم برای نصف شدن یا دوبرابر شدن متغیر حالت همواره در هر نقطه از منحنی ثابت است.



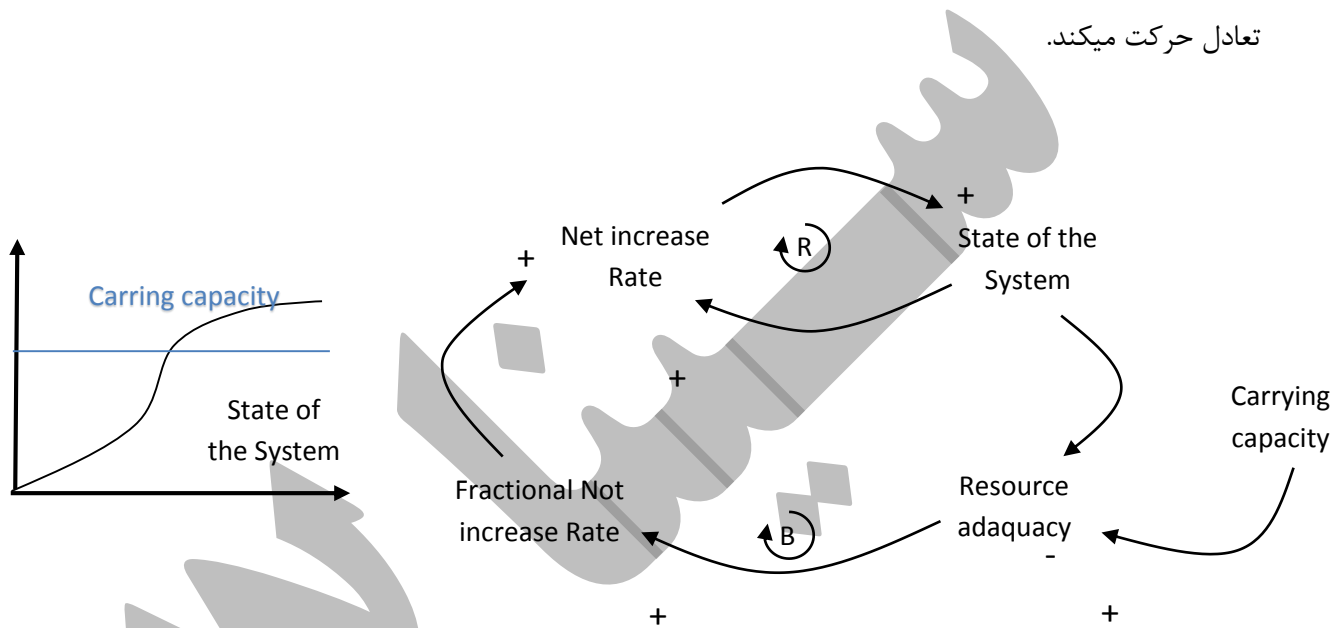
۳- رفتار نوسانی: سومین نوع از رفتارهای پایه ای است که مانند رفتار هدف جو از یک بازخورد منفی حاصل میشود. باین تفاوت که این بازخورد منفی دارای زمان تاخیر قابل ملاحظه ای است. علت رفتار نوسانی بدین ترتیب است که به دلیل وجود تاخیر در قسمت های مختلف باخورد مثل تاخیر در دریافت اطلاعات درباره ی وضعیت فعلی متغیر حالت و یا تاخیر در اعمال تصمیمات در سیستم. مقدار متغیر بیش از حالت تعادل میشود پس تصمیم اتخاذ شده اعمال شده و مقدار متغیر را بیش از مقدار تعادل کاهش میدهد بنابراین با تأخیر وضعیت فوق درک شده و در نتیجه تصمیم گیری مبنی بر افزایش مقدار متغیر اتخاذ میشود. و به همین ترتیب این چرخه تکرار میشود. مشاهده ی نوسانات سیستم های واقعی نشان میدهد که دامنه ی نوسان و بازه های زمانی نوسان مانند نوسانات پاندول ساخت منظم و دقیق نیست. این مساله طبیعی است چرا که در سیستم های واقعی بیولوژیکی اجتماعی و اقتصادی تعداد عوامل تاثیر گذار بسیار زیاد است



نکته: وجود ارتباط بین ساختار و رفتار ما را در شناخت ساختار سیستم ها با مشاهده ی رفتار آنها کمک میکند به عنوان مثال با مشاهده ی رفتار رشد نمایی در سیستم میتوان نتیجه گرفت که در سیستم فوق حداقل یک باخورد مثبت وجود دارد. البته امکان وجود بازخورد منفی نیز هست اما بازخورد غالب در این سیستم بازخورد مثبت است. ممکن است تیم مدل ساز برای مساله ی مورد نظر چندین بازخورد مثبت ترسیم کرده باشد. با یقین نمیتوان در رابطه با میزان تاثیر هر یک از حلقه های بازخوردی فوق اظهار نظر نمود مگر در صورت وجود داده های مناسب یا مدل شبیه سازی شده. با استفاده از ایده ی وجود ارتباط بین ساختار و رفتار میتوان تئوری و فرضیه های مناسبی برای حلقه های کلیدی طرح نمود. در عالم واقعی هیچگاه رشد نمایی فرض شده برای یک سیستم تا بینهایت ادامه پیدا نخواهد کرد. زیرا برخی باز خوردهای منفی وجود دارند که با رشد متغیر پس از مدتی فعال شده و مانع رشد سیستم میشوند. بنابراین پس از مشخص نمودن حلقه های بازخوردی مثبت سیستم باید در رابطه با محدودیت های سیستم نیز فکر نمود.

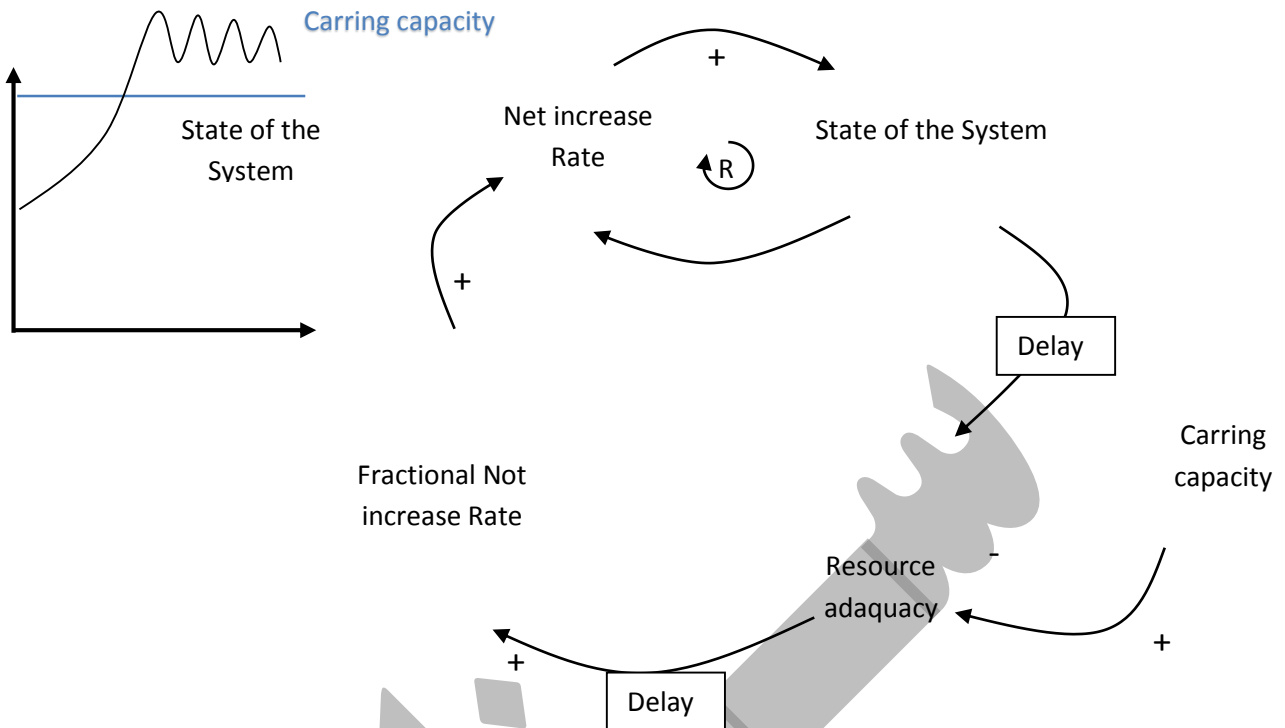
تقابل بین رفتارهای پایه ← سه رفتار پایه ی رشد نمایی، هدف جو و نوسانی به واسطه ی ۳ ساختاردهی ساده باز خورد مثبت، منفی و منفی همراه با تاخیر صورت میگیرد. سایر رفتار های پیچیده از ترکیب غیر خطی بین سه ساختار ساده ی فوق تشکیل شده است.

۴- رشد S شکل: در جهان واقعی رشد سیستم ها به صورت نامحدود صورت نمیگیرد بلکه با گذشت زمان برخی محدودیت ها برای سیستم ایجاد میشود که رشد آنها را کند میکند. رایج ترین رفتار موجود رفتار S شکل است که در این نوع رفتار ابتدا سیستم به صورت نمایی رشد میکند ولی پس از مدتی رشد سیستم کاهش یافته و به سمت یک مقدار تعادل حرکت میکند.

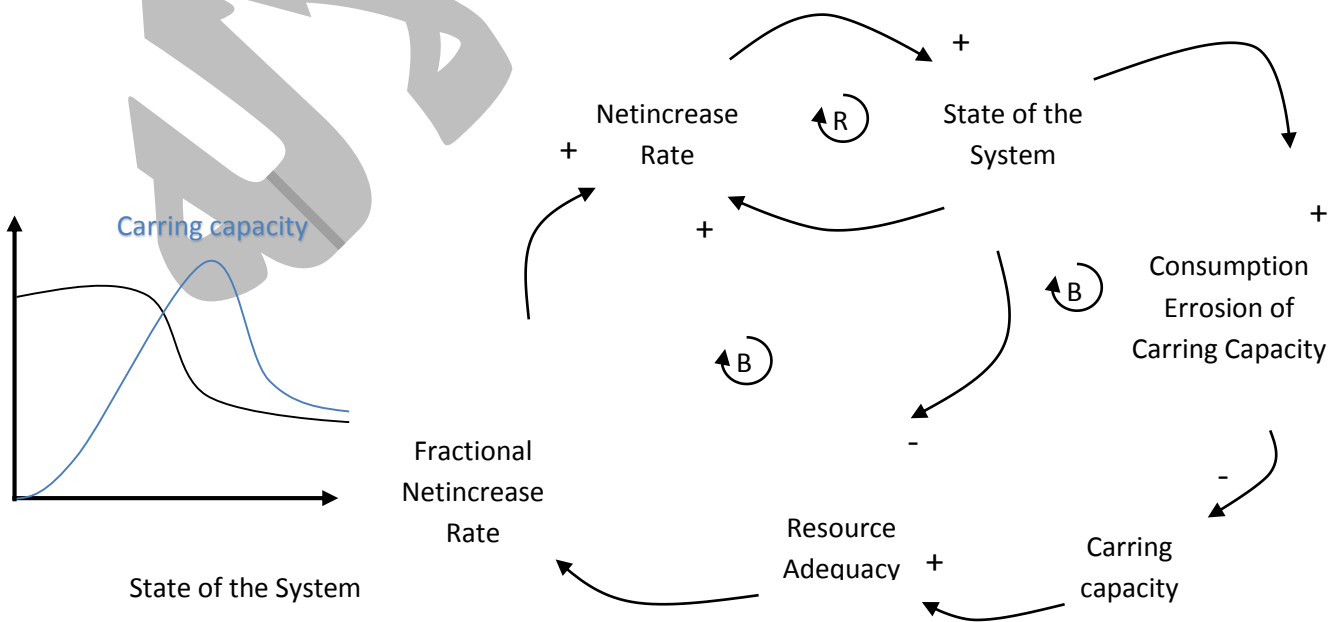


برای اینکه یک سیستم دارای رفتار S شکل باشد باید ۲ فرض صادق باشد. (۱) حلقه های بازخوردی منفی نباید دارای تاخیر قابل ملاحظه ای باشد (۲) دوما منابع محدود کننده ی رشد باید ثابت بماند. به عبارت دیگر منبع فوق نباید ضریبی از متغیر حالت سیستم باشد. یکی از جنبه های کلیدی ساختار S شکل وجود رابطه ای غیر خطی بین بازخورد مثبت و منفی است. به این ترتیب که در ابتدا بازخورد مثبت حلقه غالب در سیستم است ولی پس از مدتی حلقه ی غالب به سمت بازخورد منفی انتقال میابد. نقطه ی عطف منحنی نیز جایی است که این انتقال صورت میگیرد.

۵- رشد S شکل همراه با overshoot: رشد S شکل نیاز به بازخورد منفی دارد تا رشد نمایی سیستم را محدود کند در صورتی که بازخورد منفی نیز دارای زمان تاخیر قابل ملاحظه ای باشد سیستم ابتدا دارای رشد نمایی است و با فعال شدن بازخورد منفی نرخ رشد کاهش می یابد ولی با توجه به اینکه بازخورد منفی با تاخیر عمل میکند لذا متغیر حالت از حالت تعادل بیشتر شده و سپس با فعال شدن بازخورد منفی مجددا کاهش یافته و حول مقدار تعادل به صورت نوسانی رفتار میکند.



۶- رفتار رشد بیش از حد سقوط: در رفتار S شکل فرض دوم ثابت بودن سطح منابع محدود کننده ی رشد بود. در برخی مواقع رشد سیستم منجر به از بین رفتن و کاهش سطح کل منابع نیز میشود. به این ترتیب رشد سیستم دارای دو تاثیر عمده خواهد بود. اولاً سرانه ی منبع کاهش می یابد. ثانیاً سطح کل منبع کاهش خواهد یافت به عنوان مثال رشد جمعیت آهوها در یک منطقه حفاظت شده منجر به از بین رفتن مراتع آن منطقه خواهد شد.



۷- سایر حالات رفتار: رشد نمایی رفتار هدف جو - نوسانی و ترکیبات آنها تنها رفتار های موجود نیستند ولی اغلب رفتارهای پویایی سیستم ها در این چند نوع رفتار خلاصه میشود. ولی علاوه بر رفتارهای فوق رفتارهای دیگری نیز وجود دارد. (۱- رفتار تعادل ۲- رفتار تغییر تصادفی). تعادل ← پایداری و ثبات نیز در سیستم ها ممکن است وجود داشته باشد. چرا که در برخی موارد اثرات دینامیک به قدری کند و آهسته هستند که تغییرات سیستم نامحسوس خواهد بود

در حالت دیگر به دلیل وجود حلقه های بازخوردی قوی و منفی در سیستم مقدار سیستم در اطراف حالت مطلوب نگه داشته میشود. در رابطه با حالت اول میتوان به شکل کوه ها و برای حالت دوم میتوان به جاذبه ی زمین اشاره کرد که اشیاء را به سمت خود میکشد.



فصل پنجم: نمودارهای علت و معلولی

معلولی

علائم مورد استفاده در ترسیم نمودار علت و معلولی

نمودارهای علت و معلولی یکی از مهم ترین ابزارها در ساختار بازخوردی سیستم میباشند این نمودارها برای موارد زیر مناسب هستند.

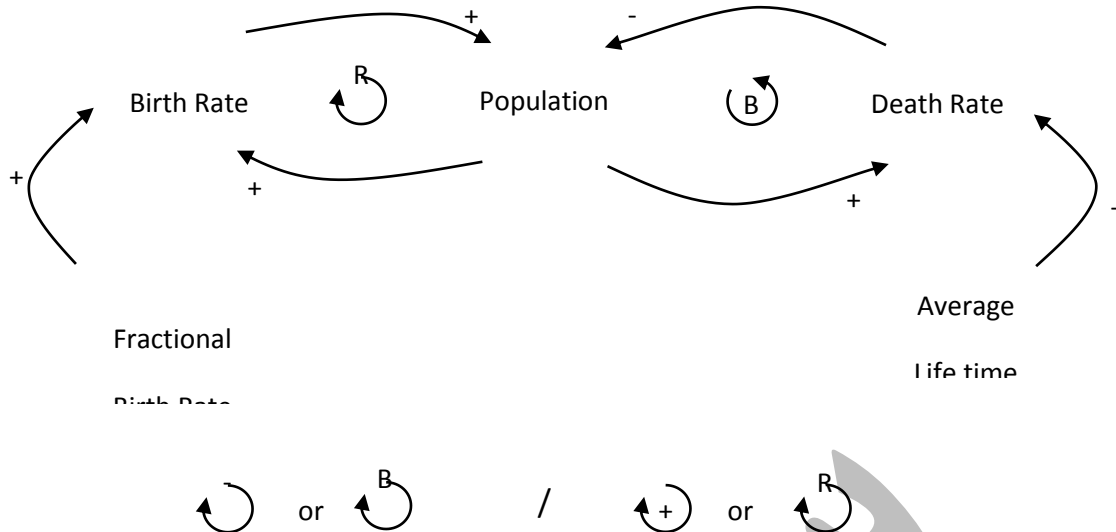
۱- با استفاده از این نمودارها به سرعت میتوان فرضیه ها و تئوری های مورد نظر در رابطه با علل رفتار سیستم را ارائه نمود

۲- ترسیم مدل ذهنی اشخاص و اعضای تیم

۳- ترسیم بازخورد های مهمی که به نظر شما در صورت بروز مساله اتفاق خواهد افتاد

نمودار علت و معلولی شامل متغیرهای است که توسط پیکان نحوه ی تاثیر هریک بر دیگری را نشان میدهد. رابطه ی علی با ۲ علامت مثبت و منفی نشان داده میشود. در صورتی که تغییرات متغیر مشتمل و وابسته در یک جهت باشد رابطه ی علی مثبت خواهیم داشت. و در صورتی که تغییرات متغیر مستقل و وابسته عکس یکدیگر باشند رابطه ی علی منفی خواهیم داشت. به عنوان مثال افزایش جمعیت منجر به افزایش زادوولد میشود بنابراین این رابطه یک رابطه ی علی مثبت میباشد. و با افزایش مرگ و میر جمعیت کاهش میابد لذا رابطه ی فوق یک رابطه ی علی منفی است. در تعیین علامت رابطه ی علی فرض بر آن است که سایر متغیرها ثابت بوده و هدف بررسی اثر تغییرات متغیر مستقل بر متغیر وابسته است. از ترکیب روابط علت و معلولی در یک دایره ی بسته بازخورد یا دایره ی علت و معلولی حاصل میشود.

حلقه ی بازخورد دارای ۲ حالت مثبت (R:Reinforcing) یا منفی (B:Balancing) است در بازخورد مثبت تغییر یک متغیر منجر به تغییر خود در همان جهت شده در صورتی که در بازخورد منفی تغییر یه متغیر منجر به تغییر خود در جهت عکس خواهد شد. مثال: افزایش زادوولد منجر به افزایش جمعیت و افزایش جمعیت نیز منجر به افزایش زادوولد خواهد شد. پس زادو ولد طی یک بازخورد مثبت منجر به افزایش جمعیت می شود. همچنین افزایش مرگ و میر منجر به کاهش جمعیت و کاهش جمعیت منجر به کاهش مرگ و میر میشود. بنابراین مرگ و میر توسط یک بازخورد منفی منجر به کاهش جمعیت میشود.



نکته: در برخی مستندات System Dynamic جهت تعیین نوع روابط علی و معلولی به جای علامت + و - اول کلمات Oppsite و Same استفاده میشود، استفاده از S به معنی این است که علت و معلول در یک جهت حرکت میکنند و استفاده از O به این معنی که خلاف جهت هم حرکت میکنند

راهنمای نمودار های علت و معلولی

الف) علیت در مقابل همبستگی

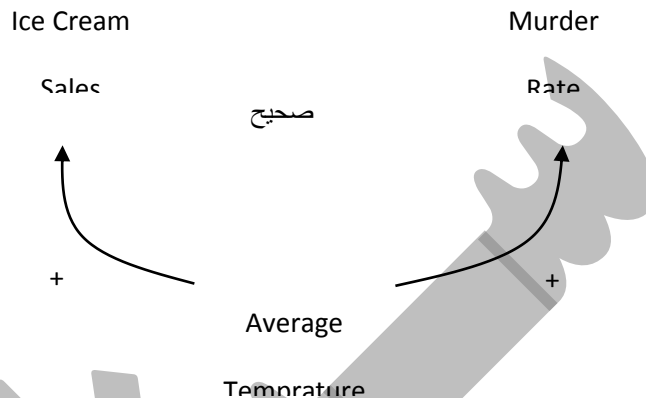
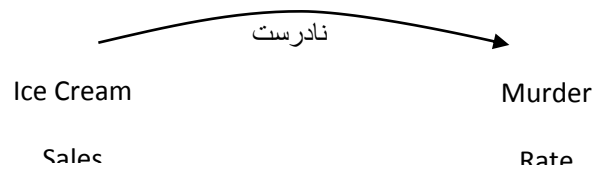
در ترسیم نمودار علت و معلولی داشتن همبستگی بین متغیرها مهم نیست بلکه باید بین دو متغیر رابطه ی علی برقرار باشد

شبیه سازی به معنای تقلید میباشد. یک مدل شبیه سازی در System Dynamic باید بتواند ساختار سیستم را تقلید نماید و به گونه ای رفتار آنرا ایجاد کند. ایجاد رفتار فقط به این معنی نیست که مدل تجربه ی گذشته را تولید نماید بلکه باید بتواند به رویدادها و سیاست های کاملاً جدید پاسخ دهد. "همبستگی بین متغیرها نشان دهنده ی وضعیت سیستم در گذشته است" و ساختار سیستم را نشان نمیدهد. بدین ترتیب با بروز "رویدادهای جدید" و یا "اعمال سیاست های نو" و یا با "فعال شدن برخی از حلقه های بازخوردی غیر فعال" در گذشته ممکن است همبستگی بین متغیرها صادق نباشد.

به عنوان مثال ← داده ها نشان از وجود همبستگی بین تقاضا برای بستنی و تعداد قتل میباشد. بدین ترتیب آیا میتوان گفت مصرف بستنی منجر به قتل خواهد شد

با بررسی دقیق تر مشخص خواهد شد که با افزایش دما میزان بستنی و افزایش قتل، افزایش می یابد. بنابراین میتوان گفت افزایش دما علت مصرف بالای بستنی و تعداد زیاد قتل میباشد.

عدم تفکیک بین همبستگی و علیت ممکن است منجر به داوری و قضاوت های اشتباهش شود



تعیین علامت روابط علی

مطمئن شوید که حتما علائم مربوط به روابط علی نمودار خود را تعیین نمایید. همچنین علامت حلقه های بازحوردی مدل را نیز تعیین نمایید برای حلقه های + از R و برای حلقه های - از B استفاده نمایید.

تمرین: اثر عوامل مختلف بر جذابیت محصول و به تبع آن تقاضای محصول را تعیین نموده و نمودار علت و معلول آن را به همراه علائم و روابط علی را مشخص نمایید؟؟

تعیین علامت حلقه های علی:

دوروش برای تعیین علامت وجود دارد:

(۱) روش صحیح: در این روش تعداد روابط علی منفی را بشمارید اگر تعداد آن فرد است و منفی است و اگر زوج بود حلقه ی علی مثبت خواهد بود

(۲) روش صحیح: بررسی اثر تغییرات از طریق طی کامل حلقه ی علی در این روش براساس علائم هر یک از روابط علی به ترتیب اثر تغییر متغیر منتخب خود را به متغیر بعدی بررسی مینماییم (به ترتیب توالی آنها) در صورتی که تغییر متغیر اولیه پس از یک دور کامل با تغییر اولیه هم راستا باشد حلقه ی فوق (+) و در غیر این صورت (-) خواهد بود. (یک چرخه میاد مشخص کنید + است یا -) در برخی مواقع روابط علی ترسیم میشود که با توجه به سایر پارامترها و یا در شرایط مختلف دارای علامت مختلفی است:

به عنوان مثال: رابطه ی بین قیمت کالا و درآمد یک شرکت را یک رابطه ی علی فرض کنید. در صورتیکه بسته به کشش تقاضا نسبت به قیمت میتواند (+) یا (-) باشد. در مواقعی که یک رابطه ی علی بیش از یک علامت میپذیرد معنی آن این است که بیش از یک مسیر برای ترسیم رابطه ی علی بین دو متغیر فوق وجود دارد. در مثال قبل افزایش قیمت، میزان قیمت واحد کالا را افزایش میدهد و همزمان افزایش قیمت میزان تقاضا را کاهش میدهد و به این ترتیب افزایش قیمت واحد کالا، درآمد را افزایش میدهد و کاهش تقاضا نیز، درآمد شرکت را کاهش میدهد.

نکته: تمام روابط علی باید دارای علائم دقیق و غیر مبهم باشد. همچنین جداسازی مسیر های تاثیر قیمت بر درآمد شرکت منجر به شناخت دقیق تری از انواع تاخیرات سیستم نیز خواهد شد. به عنوان مثال تغییر قیمت واحد کالا بدون تاخیر بر درآمد شرکت تاثیر خواهد گذاشت. در صورتی که تغییر قیمت و تاثیر آن از طریق کاهش فروش بر درآمد دارای تاخیر بیشتری است.

نام حلقه های علت و معلولی

هنگامی که سعی در ترسیم مدل ذهنی مشتری مدل خود دارید پس از مدتی با انبوهی از حلقه های علی روبرو خواهید شد که ممکن است خواننده ی مدل شما را سردرگم نماید. لذا بهتر است حلقه های بازخوردی اصلی مدل را با استفاده از یک شماره و نام تفکیک کنید. شماره ی حلقه در یافتن آن و نام حلقه در درک عملکرد حلقه موثر است.

مشخص نمودن تاخیرهای مهم در روابط علت و معلولی

تاخیرها از عوامل اصلی در ایجاد رفتار سیستم میباشد. تاخیرها با ایجاد یک سکون و اینرسی در سیستم منجر به رفتار نوسانی میشود. معمولاً تاخیرها مرز بین اثرات کوتاه مدت و بلند مدت را نشان میدهد بنابراین مدل علی شما باید تاخیرها را نیز نشان دهد.

نام های متغیر

نام های متغیر باید به صورت اسم یا عبارات اسمی باشند. در نمودارهای علت و معلولی برای نام متغیرها باید از یک اسم و یا عبارت اسمی استفاده کرد زیرا روابط علی بیان کننده ی عمل انجام شده میباشد و نمودار علی میخواهد ساختار مدل را بیان کند نه رفتار آن را. به عنوان مثال اگر هزینه ها افزایش یابد قیمت نیز افزایش خواهد یافت و اگر هزینه ها کاهش یابند قیمت نیز کاهش خواهد یافت.

نکات پیرامون اسم متغیرها

- ۱) نام های متغیر باید یک برداشت روشنی از رابطه ی علی ارائه دهد
- ۲) استفاده از کلمات و مفاهیم مثبت برای نام گذاری متغیرها

نکاتی پیرامون ساختار علت و معلولی:

- ۱) برای نشان دادن بازخوردها از فلش منحنی استفاده کنید زیرا نسبت به فلش مستقیم مفهوم بازخورد را بهتر نشان میدهد
 - ۲) حلقه های بازخوردی مهم را به شکل دایره یا بیضی نشان دهید
 - ۳) نمودارهای علت و معلولی را به طوری ترسیم نمایید که کمترین برخورد بین خطوط باشد
 - ۴) برای رسیدن به بهترین وضعیت نمودار علی باید آن را چندین بار ترسیم کنید (تکرار)
- انتخاب مناسب ترین سطح جزئیات

نمودار علت و معلولی ابزاری است برای نشان دادن ساختارهای بازخوردی اصلی مدل ذهنی شما در رابطه با یک مساله لذا در ترسیم این نمودارها، میزان جزئیات نمودار باید به گونه ای باشد که نه خیلی وارد جزئیات شده و نه خیلی کلی و مبهم به روابط علت و معلولی پرداخته شود زیرا جزئیات زیاد درک مدل را مشکل نموده و کلی گویی نیز به منطق روابط علت و معلولی صدمه میزند.

نکته: تمام حلقه های بازخوردی را در یک نمودار بزرگ قرار ندهید، استفاده از روابط علی پیچیده و بزرگ، بررسی و درک نمودار و این که نمودار فوق چگونه رفتار دینامیک سیستم را ایجاد میکند، مشکل خواهد نمود بنابراین شما باید مدل خود را طی چند مرحله و شامل مجموعه ی کوچک و ساده ای از روابط علت و معلولی ترسیم نمایید

نکته ۲): اهداف (حالت تعادل) حلقه های علی منفی را مشخص نمایید

الف) ترسیم نمودار علت و معلولی با استفاده از داده های حاصل از مصاحبه برای ارائه ی فرضیه ای در مورد رفتار دینامیک سیستم نیاز به داده دارد. داده های فوق را به روش های مختلفی میتوان جمع آوری نمود که عبارتند از بازدید و مشاهده، مصاحبه و استفاده از مستندات موجود

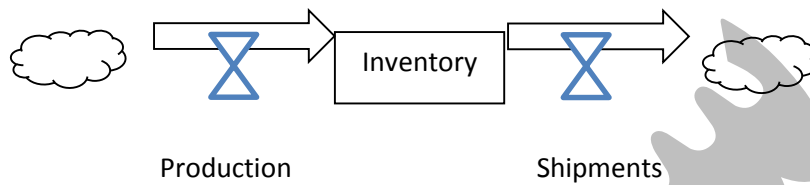
ب) روش بازدید و مشاهده معمولاً برای System Dynamic روش مناسبی نیست اما روش مصاحبه بسیار مفید و مناسب است و حتماً توجه کنید که مصاحبه به تنهایی کافی نبوده و حتماً باید از مستنداتی که در رابطه با سیستم فوق وجود دارد در کنار مصاحبه استفاده کرد. داده های حاصل از مصاحبه باید شامل شرح فرآیندهای تصمیم گیری، سیاست های داخلی و ویژگی های انگیزشی موجود در سیستم و... باشد.



Valve (Flow Regulator)

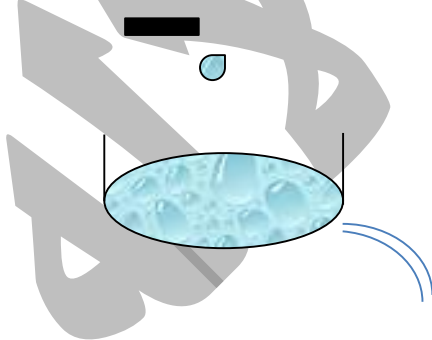


Source or sink (stock outside model boundary)



نمایش ریاضی حالت ها و جریان ها

سمبل های به کار رفته برای ترسیم نمودار های حالت جریان توسط آقای فارستر اولین بار به کار گرفته شد و برگرفته از مباحث هیدرولیک است. به عبارت دیگر حالت استعاره ای از منبع آب و جریان نیز نشان دهنده ی جریان آب ورودی یا خروجی است..



$$Stock(t) = \int_{t_0}^t [Inflow(s) - outflow(s)] ds + stock(t_0)$$

میزان تغییرات حالت در واحد زمان برابر است با نرخ خالص افزایش حالت و یا اختلاف نرخ ورودی و خروجی

$$\frac{d(stock)}{dt} = Inflow(t) - outflow(t)$$

جریان ورودی نیز تابعی از حالت، سایر متغیرهای حالت و پارامترهای سیستم میباشد

نقش حالت ها در ایجاد دینامیک سیستم

(۱) متغیرهای حالت نشان دهنده ی وضعیت سیستم بوده و تصمیمات و فعالیت های سیستم نیز بر پایه ی آنها صورت میگیرد و متغیرهای حالت با تهیه ی اطلاعات مورد نیاز موقعیت فعلی سیستم را به تصمیم گیرندگان نشان میدهد

مثال: یک خلبان آموزشی باید نسبت به موقعیت ارتفاع، سطح سوخت و... آگاه باشد تا بتواند تصمیم مناسب را اتخاذ کند. در صورت عدم آگاهی نسبت به مسائل فوق نمیتوان امیدوار بود که به مدت طولانی پرواز نماید

(۲) متغیرهای حالت سیستم هایی با سکون و پایداری بیشتر و دارای حافظه ی تاریخی ایجاد میکند مقدار متغیر حالت تجمع رویدادهای گذشته است. به عبارت دیگر با تغییر متغیر نرخ ورودی و یا خروجی است که مقدار متغیر حالت تغییر میکند. در غیر این صورت مقدار متغیر حالت تغییر نخواهد کرد.

مثال: موجودی گازهای مخرب لایه ی ازن را در نظر بگیرید. حتی با کاهش نرخ افزایش گازهای فوق بازهم تا مدت طولانی مشکل گازهای فوق وجود خواهد داشت چرا که نرخ کاهش آنها به کندی صورت گرفته و مقدار متغیر حالت به کندی تغییر خواهد نمود. حافظه و اعتقادات شما یک متغیر حالت میباشد که ذهنیت شما را نسبت به پدیده های مختلف مشخص میسازد. فرض کنید شما سفر هوایی طی سال های قبل داشته باشید و از سرویس ارائه شده ناراضی باشید به این ترتیب در صورتی که مدت ها سفر هوایی نداشته باشید حتی با بهبود وضعیت سرویس خطوط هوایی، کماکان شما ذهنیت خوبی ندارید

(۳) متغیر های حالت منبع تاخیرها میباشد. تمام تاخیرها شامل متغیرهای حالت هستند و تاخیر فرآیندی است که در آن خروجی نسبت به ورودی دیرتر رخ میدهد. اختلاف بین متغیر ورودی و خروجی در یک متغیر حالت قرار میگیرد. مثال: بین نامه ای که میفرستید و زمان دریافت، یک فاصله ی زمانی وجود دارد در این فاصله ی زمانی نامه ی شما در یک متغیر حالت به نام موجودی نامه ی در حال گذر قرار خواهد گرفت. مثال: بین تصمیم برای ساختمان های اداری و ساختمان های اداری قابل استفاده چندین سال تاخیر وجود دارد. بدین ترتیب بین این دو وضعیت دو متغیر حالت وجود دارد. پروژه های تصویب شده و ساختمان های در حال ساخت.

مشخص نمودن متغیرهای علامت و جریان

تشخیص متغیر حالت و جریان به روش های مختلف صورت میگیرد در ریاضیات سیستم دینامیک، تئوری کنترل و سایر شاخه های مهندسی از حالت به عنوان های انتگرال و متغیر حالت یا وضعیت نام میبرد. از متغیر جریان نیز با عنوان های نرخ و مشتق یاد میشود. در علم شیمی به متغیر حالت محصولات واکنش و به متغیرهای جریان نیز نرخ واکنش گفته میشود. در بخش تولید به متغیر حالت بافر و به متغیر نرخ، توان عملیاتی گفته میشود. در اقتصاد به متغیر حالت سطح و متغیر جریان نرخ گفته میشود.

متغیرهای حالت مقدار مواد یا سایر انباشته ها میباشند که حالت و وضعیت سیستم را نشان میدهد. متغیرهای جریان نرخی میباشند که حالت و وضعیت سیستم را تغییر میدهد واحدهای اندازه گیری برای متغیرهای حالت و جریان به شرح زیر است

متغیرهای حالت معمولا به صورت مقدار میباشند. مثلا تعداد کالاهای داخل انبار و یا تعداد شاغلین. متغیرهای جریان نیز دارای همان واحد میباشند. با این اختلاف که در یک بازه ی زمانی تعریف میشوند. به عنوان مثال نرخ اضافه شدن و یا کم شدن از انبار دارای واحد تعدا در روز و یا تعداد در یک بازه ی زمانی میباشند.

تست تصویر لحظه ای

متغیرهای حالت وضعیت سیستم را نشان میدهد برای تفکیک متغیرهای حالت از جریان تجسم کنید که یک تصویر از سیستم بگیرید. به عبارت دیگر فرض کنید سیستم از حرکت بایستد در این صورت متغیرهایی که قابل اندازه گیری میباشند، متغیر حالت هستند. به عنوان مثال فرض کنید یک تصویر از مخزن آب یا دریاچه گرفته شود با استفاده از تصویر فوق میتوان درباره ی سطح آب و یا حجم آب اظهار نظر نمود ولی نمی توان نرخ بالا آمدن یا پایین رفتن آب را تعیین نمود پس سطح یا حجم آب متغیر حالت بوده و نرخ متغیر سطح آب متغیر جریان میباشد.

سیستم های برپایه ی متغیر حالت

تئوری System Dynamic بر پایه تعیین متغیرهای حالت بنا شده است. متغیر حالت تنها از طریق متغیرهای نرخ ورودی و خروجی تغییر میکند. بنابراین متغیرهای حالت تعیین کننده ی متغیرهای جریان مورد نیاز میباشند. بدین ترتیب سیستم ها متشکل از شبکه ای از متغیرهای حالت و جریان میباشند که به وسیله ی بازخوردهای اطلاعاتی که از سمت متغیرهای حالت به متغیرهای جریان صورت میگیرد و به یکدیگر متصل هستند.

یک متغیر کمکی هم داریم در مدل های پیچیده برای ساده کردن مدل مان. معمولا هم در جایی که معادله ریاضی داریم استفاده میشود

متغیرهای حالت تنها از طریق متغیرهای جریان تغییر میکند.

زمان پیوسته و متغیرهای جریان آنی

در سیستم دینامیک زمان به طور پیوسته بوده و وقایع و رویدادها میتوانند در هر لحظه از زمان روی دهند. یک مدل سیستم دینامیک با توجه به درجات بالای معادلات دیفرانسیل آن به طور ریاضی قابل حل نبوده و به صورت محاسبات عددی حل میشود. در محاسبات عددی زمان به بازه های کوچکی شکسته شده و در بازه های زمانی فوق محاسبات انجام میشود در تعیین بازه های زمانی فوق باید دقت نمود که کوچکترین زمان تاخیر موجود در مدل کوچکتر باشد.

متغیرهای جریان پیوسته در مقابل گسسته:

متغیرهای جریان در نهایت به صورت گسسته میباشند مثلاً متغیر جریان استخدام نشان دهنده ی تعداد افراد به کار گرفته شده است و این در حالی است که کمترین تعداد آن یک نفر کامل است. در رابطه با نرخ وارد نمودن نفت با استفاده از تانکر نیز کمترین مقدار نیز برابر یک تانکر است. در مثال مخزن آب و نرخ ورود و خروج آب نیز از تعدادی ملکول آب تشکیل شده است پس در نهایت همه ی متغیرهای جریان گسسته میباشد.

برای مدل سازی متغیرهای فوق در System Dynamic فرض بر پیوسته بودن متغیرهاست البته گسسته یا پیوسته فرض کردن متغیر جریان بسته به هدف از مطالعه متفاوت است مثلاً در صورتی که هدف، بررسی رفتار ورود و خروج نفت به یک پالایشگاه باشد میتوان فرض پیوسته بودن متغیر جریان را در نظر گرفت ولی در صورتی که هدف محاسبه ی تعداد ایستگاه های خدمات دهی به تانکرها باشد باید متغیر جریان را گسسته فرض نمود و از روش های مدل سازی گسسته مانند تئوری صف استفاده کرد.

پیشینه سینا لاله

فصل هفتم: دینامیک حالت ها و

جریان ها

مفهوم متغیرهای حالت و جریان در فصل قبل بیان شد، حال به بررسی رفتار متغیرهای حالت و جریان میپردازیم با فرض پویایی متغیرهای جریان رفتار متغیرهای حالت چگونه خواهد بود. رفتار متغیرهای جریان از طریق پویایی متغیرهای حالت قابل استنباط است. این کارها معادل انتگرال گرفتن از متغیرهای جریان برای به دست آوردن متغیر حالت و مشتق گرفتن از متغیر حالت برای به دست آوردن نرخ خالص تغییر آن است.

ارتباط بین متغیرهای جریان و حالت

نرخ خالص تغییر متغیر حالت عبارت است از مجموع ورودی ها منهای مجموع خروجی های آن متغیر. تعریف ریاضی بدین صورت خواهد بود که متغیرهای حالت انتگرال خالص نرخ جریان بوده و خالص جریان، مشتق متغیر حالت است.

تبادل استاتیک و دینامیک (ایستا و پویا)

یک متغیر حالت در تعادل است هرگاه تغییری در آن صورت نگیرد (یک سیستم در تعادل است هرگاه همه ی متغیرهای حالت آن در تعادل باشد) مثلاً در صورتی که نرخ آب خروجی از یک وان حمام برابر نرخ آب ورودی به آن باشد میتوان نتیجه گرفت که اندازه و مقدار آب در درون وان ثابت مانده و وان به تعادل خواهد رسید. این حالت تعادل پویا نام دارد زیرا آب درون وان همواره در حال تغییر است.

تعادل ایستا زمانی است که تمامی جریان های ورودی و خروجی به متغیر حالت برابر صفر باشد در این صورت نه تنها مقدار آب موجود درون وان ثابت است بلکه آبی که در وان قرار دارد در طی زمان بدون تغییر باقی میماند.

حساب دیفرانسیل و انتگرال بدون ریاضیات:

برای درک پویایی شما باید قادر به برقراری ارتباط بین رفتار متغیرهای حالت و جریان در یک سیستم باشید با فرض وجود جریان های ورودی به متغیر حالت رفتار آن چگونه خواهد بود؟ با فرض وجود رفتار یک متغیر حالت خالص نرخ ورود آن چگونه خواهد بود؟ این سوالات محدوده و دامنه ی حساب دیفرانسیل و انتگرال است

حساب دیفرانسیل و انتگرال قوائدی را فراهم مینماید که بتوان به این پرسش ها به صورت ریاضی پاسخ گفت. در صورتی که نموداری از متغیر جریان در گذر زمان به شما داده شود همواره قادر خواهید بود تا رفتار متغیر حالت را استنباط کنید. تحت عنوان انتگرال گیری ترسیمی شناخته شده است. همچنین از روند رفتار متغیر حالت شما میتوانید خالص تغییرات آنرا تخمین بزنید. فرآیندی که تحت عنوان مشتق گیری ترسیمی از آن یاد میشود.

نکته: مشتق گیری عکس عمل انتگرال گیری است و برعکس

انتگرال گیری گرافیکی

در انتگرال گیری گرافیکی، ابتدا مجموعه ای از محور های مربوط به متغیر جریان و در بالای آن متغیر حالت را در نظر میگیریم سپس نرخ خالص را محاسبه میکنیم از آن جایی که یک متغیر جریان ورودی و یک متغیر جریان خروجی وجود داشته و متغیر جریان خروجی صفر است. بنابراین خالص تغییرات متغیر حالت (کل ورودی منهای کل خروجی) برابر متغیر جریان ورودی است.

انتگرال گیری ریاضی از نوسانات

متغیر حالت (S)، انتگرال نرخ خالص جریان (R) است. با فرض اینکه خالص نرخ جریان تابع کسینوس با پریود ۱۲ و دامنه ی ۵۰ واحد است خواهیم داشت:

$$R = 50 \cdot \cos\left(\frac{2\pi t}{12}\right)$$

بنابراین S برابر خواهد بود با :

$$S = \int R dt = \int 50 \cdot \cos\left(\frac{2\pi t}{12}\right) dt = 50 \cdot \left(\frac{12}{2\pi}\right) \sin\left(\frac{2\pi t}{12}\right) + st.$$

بنابراین متغیر حالت یک موج سینوس با پریود مشابه و دامنه $\frac{12}{2\pi}$ برابر دامنه ی متغیر خالص جریان است. تاخیر ایجاد شده در متغیر حالت به دلیل اختلاف فاز $\frac{\pi}{2}$ بین تابع Sin و Cos است به طوری که

$$\sin(\theta) = \cos\left(\theta + \frac{\pi}{2}\right)$$

فصل هشتم: دینامیک ساختارهای

ساده

در این فصل ارتباط بین ساختار و رفتار به وسیله ی ترسیم ساختارهای حالت - جریان از روی روابط علی و معلولی بحث میشود تمرکز بر روی بازخوردهای ساده ایست که دارای یک متغیر حالت (درجه ۱) میباشد، سیستم های درجه ۱ خطی رفتارهای رشد نمایی و هدف جو تولید می کنند. غیر خطی بودن در ساختارهای درجه ۱ منجر به انتقال بین بازخوردهای غالب شده و رفتارهایی همچون رشد S شکل ایجاد میکند.

سیستم های درجه ۱

درجه سیستم یا حلقه ی بازخوردی نشان دهنده ی تعداد متغیرهای حالت میباشد بنابراین سیستم های درجه ۱ شامل یک متغیر حالت میباشد. سیستم های خطی نیز سیستم هایی هستند که متغیر نرخ آنها ترکیب خطی از متغیرهای حالت و مقادیر برون زا مدل میباشد.

بازخورد مثبت و رشد نمایی

ساده ترین سیستم بازخوردی یک حلقه ی مثبت درجه ۱ است. در این حلقه ی بازخوردی فقط یک متغیر حالت وجود دارد که از تجمع متغیر جریان خالص ایجاد میشود. نرخ خالص افزایش، وابسته به متغیر حالت است. در حالت کلی نرخ خالص افزایش تابعی از متغیر حالت است.

▪ قدرت بازخورد مثبت: زمان های دو برابر شدن متغیر حالت (قانون هفتاد)

حلقه ی بازخوردی مثبت یک فرآیند بسیار قوی است زیرا در این سیستم نرخ خالص افزایش متناسب با متغیر حالت می باشد بنابراین با افزایش هر یک دیگری به همان تناسب افزایش میابد. هنگامی که درصد نرخ خالص افزایش، ثابت باشد، رشد متغیر حالت به صورت نمایی بوده و در نتیجه مدت زمان دو برابر شدن سیستم همواره در طول زمان ثابت است. با استفاده از یک محاسبه ی ساده میتوان زمان دو برابر شدن متغیر حالت را محاسبه نمود.

$$S = S(\cdot) \exp(gt_1)$$

$$2S = S(\cdot) \exp(gt_2)$$

$$td = \left(\frac{2}{g}\right) \Rightarrow \ln 2 \cong 0.7 \Rightarrow$$

$$t = 70 / (100 \cdot g)$$

با اینکه قانون هفتاد بسیار ساده است ولی درک رشد نمایی برای افراد مشکل است. مطالعات انجام شده برای بررسی مطالعه ی افراد در زمینه ی پیش بینی رشد متغیرهای نمایی نشان میدهد که اغلب پیش بینی ها کمتر از مقدار واقعی صورت میگیرد. با توجه به اینکه اغلب افراد پدیده ها را به صورت خطی تصور میکنند لذا در صورتی که درصد نرخ رشد یک تابع نمایی کم باشد و یا اینکه افق زمان پیش بینی کوتاه باشد رابطه ی خطی تقریب خوبی برای توضیح نمایی است. ولی در صورتی که درصد نرخ رشد و یا افق زمانی افزایش یابد رابطه ی خطی خیلی کمتر از رابطه ی نمایی تقریب میزند. مثال: به نظر شما در صورتی که یک برگه کاغذ ۴۲ بار تازده شود چقدر ضخامت خواهد داشت؟ اغلب در جواب این سوال حداکثر چند صد متر را تخمین میزنند در صورتی که ضخامت آن بیشتر از فاصله ی زمین از ماه خواهد بود.



فصل نهم :

رشد S شکل / بیماری های همه گیر / اشاعه ی نوآوری و رشد و توسعه ی محصولات جدید

همانطور که میدانید بازخورد مثبت رشد نمایی ایجاد میکند ولی هیچ رشد نمایی در عالم واقعیت نمیتواند تا بی نهایت ادامه یابد هر سیستمی که به صورت اولیه با یک بازخورد غاب مثبت آغاز میشود در نهایت به دلیل محدودیت ظرفیت محیط متوقف میشود.

به عنوان محدودیتی برای رشد تغییر حالتی غیر خطی از چیرگی بازخورد مثبت به بازخورد منفی صورت میگیرد. که تحت شرایط قطعی نتایج حاصل رشد S شکل میباشد. مدل سازی رشد S شکل، به مدل غیر خطی جمعیت اشاره دارد. براساس این مدل تعداد جمعیت هر مقداری میتواند باشد و تا هر اندازه ای قابل افزایش است و همچنین تعداد افرادی که پذیرای نوآوری بوده اند و یا تعداد افرادی که به بیماری های عفونی نیز که دارای شرایط و ویژگی های یکسانی هستند. در مدل جمعیت در صورتی که جمعیت به وسیله ی بازخورد مثبت ایجاد شود و بازخورد منفی از ابتدا فعال باشد و یا از محدودیتی که برای آن در نظر گرفته شده همواره کوچکتر باشد. با در نظر گرفتن اینکه تاخیر زمانی در اعمال محدودیت وجود داشته باشد، رفتار رشد نمایی تبدیل به رفتار رشد S شکل خواهد شد و در صورتی که تاخیر یا وقفه ای در اعمال محدودیت وجود داشته باشد رفتار تبدیل به رشد بیش از حد و یا رفتار نوسانی خواهد بود.

برعکس زمانی که سیستمی با رفتار S شکل مشاهده میشود مشخص است که سیستم با یک بازخورد منفی غالب شروع به فعالیت کرده و در گذر زمان تغییر وضعیتی غیر خطی به بازخورد منفی غالب داده است

فصل دهم: تاخیرها

تاخیرها یکی از عوامل اصلی پویایی در سیستم‌ها میباشند برخی از تاخیرها به علت ایجاد نوسان و بی‌ثباتی نامناسب و خطرناک میباشند و برخی تاخیرها برای مدیران بسیار سودمند و مفید هستند زیرا باعث تشخیص سیگنال واقعی از نویز میشوند.

تاخیرها بسیار فراگیر هستند به عنوان مثال اندازه‌گیری و گزارش دهی زمان بر است، اتخاذ تصمیم براساس گزارشات دریافتی زمان بر است، تأثیرگذاری تصمیمات بر سیستم زمان بر است، بنابراین مدل ساز باید بداند که تاخیرها چگونه رفتار میکنند. چگونه باید آنها را نمایش داد و در وضعیت‌های مختلف از کدام یک از انواع تاخیرها استفاده کرد هم چنین چگونه مدت زمان تاخیرها را میتوان محاسبه کرد. تاخیر فرایندی است که طی آن خروجی با یک وقفه نسبت به ورودی در اشکال مختلف بروز میکند با توجه به اینکه همواره به دلیل تاخیر زمانی اختلافی بین ورودی و خروجی وجود دارد لذا باید حداقل یک متغیر حالت وجود داشته باشد که ما به تفاوت بین ورودی و خروجی را در خود نگه دارد. به عنوان مثال: نرخ فرستادن نامه، نرخ ورودی و نرخ دریافت نامه، نرخ خروجی میباشند و ما به تفاوت آنها یعنی نامه‌های در حال انتقال نیز متغیر حالت میباشند. تاخیر فوق از نوع تاخیر مواد میباشند زیرا جریان فیزیکی مواد که همان نامه میباشند صورت گرفته است. در تاخیر نامه‌ها جریان نامه‌ها وارد متغیر حالت شده و پس از طی مدت زمانی از آن خارج میشود تاخیر در مثال‌های فوق مانند یک محل نگه‌داری می‌ماند

Input → Delay → Output

برخی از تاخیرها به نوعی تعدیل از یک برداشت و درک در رابطه با مساله را ارائه میکنند اینگونه تاخیرها، تاخیری‌های اطلاعاتی میباشند به عنوان مثال تاخیر بین تغییر در نرخ سفارش محصولات کارخانه و دیدگاه ما در رابطه با میزان نرخ سفارش از این نوع میباشند. مثال: اکنون نرخ سفارش ۱۰۰۰ واحد در روز باشد، بنابراین شما در برنامه ریزی‌های خود در آینده نرخ ۱۰۰۰ واحد در روز را در نظر میگیرید. اگر روزی نرخ سفارش ۲۰۰۰ واحد در روز شود شما بلافاصله ذهنیت خود را نسبت به متوسط نرخ سفارش تغییر نمیدهد و برنامه ریزی‌های خود را براساس نرخ جدید تغییر نمیدهد. اگر نرخ فوق در روزهای بعد نیز تکرار شود شما به مرور زمان ذهنیت خود را در رابطه با نرخ سفارش تغییر خواهید داد. بنابراین تاخیری در تغییر نرخ سفارش و تغییر ذهنیت شما از نرخ سفارش وجود دارد. در این حالت جریان فیزیکی داده وجود ندارد. در تاخیر اطلاعاتی نیز متغیر حالت وجود دارد که در مثال فوق ذهنیت شما نقش متغیر حالت را دارد. تاخیرهای اطلاعاتی همانند تاخیرهای مواد، نرخ ورودی را در خود حفظ و نگه‌داری نمیکند بلکه دارای ساختاری متفاوت از تاخیرهای مواد میباشند.

تاخیرهای مواد، ساختار و رفتار

در برخی از حالات خروجی متغیر حالت به وسیله ی منابع مختلف محدود میشود و برای مدل نمودن نوع تاخیر باید نوع تاثیر هر یک از منابع فوق مدل شود. تولید بدون وجود کارگر، Material، سرمایه و سایر منابع امکان پذیر نیست.

تاخیر لوله ای

در تاخیر لوله ای همانند خط مونتاژ اتومبیل مدت زمان تاخیر برای تمامی آیتم ها ثابت بوده و هر آیتم به همان ترتیب که وارد میشود با همان ترتیب نیز خارج خواهد شد. در تاخیر فوق نرخ ورودی را به عنوان یک متغیر برون زا در نظر گرفته ایم که میتواند حالت های مختلف پالس، پله ای، خط شیبدار و نوسانی باشد.

ریاضیات تاخیرها

تاخیرهای کوچک و توزیع های ارلنگ یا ارلانگ

در بخش ریاضیات تاخیرها برای انواع تاخیرهای اصلی در حالت زمان پیوسته و گسسته مورد بررسی قرار میگیرد. در سیستم دینامیک زمان به صورت پیوسته است در صورتی که داده ها گسسته جمع آوری میشود بنابراین استفاده از زمان گسسته میتواند مفید باشد همچنین در تمام محاسبه ی انجام شده برای ساده سازی و خطی شدن و خطی شدن روابط فرض ثابت بودن در مدت زمان تاخیر در نظر گرفته شده است.

فرمولاسیون کلی تاخیرها

شکل عکس العمل تاخیر برای یک ورودی پالس بیانگر توزیع احتمال خروجی میباشد. در حالت گسسته خروجی تاخیر در زمان t ترکیب وزنی ورودی زمان های قبل از t میباشد.

$$Output(t) = W.I_t + W_1 I_{t-1} + W_2 I_{t-2} + \dots$$

W_i وزن های تاخیر میباشد که بیانگر احتمال اینکه تاخیر برابر i باشد را نشان میدهد. بنابراین مجموع W_i ها برابر ۱ میباشد

$$W + W_1 + W_2 + \dots = 1$$

وزن ها نشان دهنده ی میزان تاثیر هر یک از ورودی ها بر تاخیر نهایی است.

نکته) میتوان مواردی که در بالا گفته شد را با استفاده از زمان پیوسته نیز در نظر گرفت که طبیعتا محاسبات آن متفاوت خواهد بود.

فصل یازدهم: روش شناسی سیستم

های نرم

علوم مدیریت و تحقیق در عملیات اولین بار در جنگ جهانی دوم ظاهر شد. اولین استفاده کنندگان این علوم دانشمندان فیزیک، مهندسان و ریاضی دانان بودند که مشاهدات و تحلیل هایشان آنها را قادر به توسعه ی تاکتیک ها و استراتژی های جدید میکرد در پایان جنگ بسیاری از آنها به کارهای آکادمیکی که می کردند بازگشتند اما عده ای هم به توسعه ی علم پرداختند. نظرات متفاوتی در مورد تحقیق در عملیات وجود دارد که به شش مورد از آن اشاره می کنیم

(OR-MS)(Operation Research / Management Sincence)

(۱) به عنوان مدل ریاضی تصمیم گیری ← در این نظریه کار تحلیل گر توسعه ی یک یا چند مدل تصمیم گیری بر اساس نوعی منطق است. مدل هایی که به دست می آیند بر این عقیده استوارند که سازمان ها به مثابه ماشین ها هستند.

(۲) به عنوان بهره وری ← این نظریه ادامه ی نظریه ی اول است و بر این عقیده استوار است که علوم مدیریت و تحقیق در عملیات توسط روش های بهره وری مشخص میشوند.

(۳) به عنوان حل مساله

(۴) به عنوان علمی از مدیریت

(۵) به عنوان روشی از سیستم ها ← ایده ی کلی این است که میتوان به جهان به عنوان مجموعه ای از سیستم های مرتبط نگاه کرد. در این نظریه از تحلیل برای درک این ارتباطات استفاده میشود.

(۶) به عنوان مداخله و تغییر ← این نظریه در قسمت SODA، بررسی میشود اساس این نظریه این است که این علم به افراد و سازمان ها کمک میکند تا انعکاس تجاری که انجام میدهند را ببینند و در صورت لزوم تغییرات مناسب ایجاد کنند.

روش های نرم :

به منطبق فراتر از مسائل ریاضی نگاه میکند و بیان اینکه افراد مختلف ممکن است تجربه یکسانی را به طرق متفاوتی تفسیر کنند میپردازد. از مدل های کمی برای نشان دادن اثرات سیاست های مختلف استفاده میشود در واقع توجه بیشتری روی اهداف قرار دارد نه روش ها زیرا در تحلیل استراتژیک کاملاً طبیعی است که افراد بحث نموده و نظرات و پیشنهادات مختلفی ارائه نمایند. ما سعی داریم با معرفی روش های نرم به وسیله مدل سازی افراد را متوجه نقطه نظرات یکدیگر کنیم سه روش نرم مطرح خواهیم کرد.

۱- SoDA ۲- نگاهت ادراکی Cognitive Map ۳- سیستم های دینامیک

نرم در مقابل سخت:

هدف این بحث گفتن تفاوت های آنهاست که به صورت زیر آن را تحلیل می کنیم :

۱- **تعریف مسئله** : روش های نرم با این تصور شروع میشوند که تعریف مسئله مستقیم نیست، بلکه خود مشکل ساز است. می گویند درک افراد از جهان و ترجیحاتشان متفاوت است. مسائل ساخت های اجتماعی و یا روان شناسی که نتایج چارچوب دهی دارند با نظریه ای که در مهندسی رایج است که میگویند که کار وقتی شروع میشود که تقاضا داشته باشیم متفاوت است.

۲- **طبیعییت زندگی سازمانی** : روش های نرم سازمان ها را به عنوان انسان های ماشینی که طبق اهداف و وظایف خاصی سازمان یافته اند در نظر نمیگیرد. در نظر میگیرد که افراد به طور صحیح یا اشتباه برای عقاید خود میجنگند. روش های سیستم های نرم براساس این نظریه است که سیستم های فعالیت های انسانی راه مناسبی برای تفکر در سازمان ها میباشد. در این روش نظریه سیستمی از سازمان ها ارائه میشود.

۳- **مدل ها به عنوان نمایش نماینده ها**: روش های سخت و نرم خود در درباره ی مدل ها متفاوت هستند در یک روش سخت اینطور فرض میشود که مدل نماینده ای از بخشی از یک دنیای واقعی است. در واقع مدل خلاصه شده و ساده سازی شده از دنیای واقعی است.

در این نظریه مهم است که مدل نماینده ای واقعی و معتبر از فعالیتی در دنیای واقعی باشد در غیر این صورت مدل ضعیف به حساب آمده و باید بهبود یابد. در مقابل در روش های نرم مدل ها توسعه می یابند تا به افراد اجازه دهند درباره فعالیت هایی که باید انجام شود فکر و بحث کنند پس توجه اصلی در اینجا این است که مدل باید قادر به انجام چنین کاری باشد و ذات چرخشی متدولوژی های مربوطه را پشتیبانی کند. در این جا این سوال مطرح میشود که آیا یک مدل قدیمی کار تحقیق در عملیات را انجام میدهد؟ تحلیل گر باید با دقت زیاد دنبال مدل هایی باشد که افراد حتی با اشتباهات ساخته اند. البته این جمله صحیح است که سوال اعتبار برای مدل های نرم مشکل ساز است

پیامد ها به عنوان محصول یا به عنوان یادگیری

ویژگی نهایی روش های نرم این است که یادگیری فردی و سازمانی در آن از اهمیت ویژه ای برخوردار است. این روش ها ضمانت نمیکنند که یک محصول خاص موفق خواهد شد بلکه تاکید آنها روی شانس یادگیری است که در موقعیت های دشوار به افراد داده میشود تا عملکردشان بهبود یابد.

مکمل سازی

آیا روش های سخت و نرم میتوانند باهم ترکیب شوند؟ جواب مثبت است زیرا که این کار هر روزه انجام میشود اگر روش های نرم مانند روش های ساختار دهی مسئله تحت کنترل نگه داشته شوند مشخص است که در مواقع مناسب همراه با روش های سخت قابل استفاده اند. به عنوان مثال اگر یک تمرین ساختار دهی که در آن از متدولوژی سیستم های نرم (SoDA) استفاده شده نشان دهد که توزیع فیزیکی باید دوباره بررسی شود احتمالا میتوانیم از روش های فرا ابتکاری (Meta heuristic) استفاده شود. البته گاهی اوقات نمیتوان روش های سخت و نرم را باهم ترکیب کرد مهم این است که بدانید روش های مدل سازی سخت در موارد زیادی کاربرد دارند به عنوان مثال درخت های تصمیم گیری

روش شناسی سیستم های نرم

اصطلاح سیستم بسیار متداول است و خیلی کم به معنی آن توجه میشود. ما از سیستم های متفاوتی صحبت میکنیم. سیستم گوارشی-سیستم عصبی-سیستم حمل و نقل - سیستم اقتصادی - سیستم دولتی - سیستم خورشیدی - سیستم مکانیکی و سیستم های کامپیوتری

این اصطلاح آنقدر متداول شده که معنی خود را از دست داده در حالت کلی وقتی بخواهیم رفتار چیزی را مطالعه کنیم از این اصطلاح استفاده میکنیم. ایده هایی که تحت عنوان روش های سیستمی وجود دارد بیشتر در مطالعه ی سیستم های مکانیکی و زیستی استفاده می شده اند. بعدها نیز در علم مدیریت به کار رفته اند. روش سیستم های نرم توسط چک لند توسعه یافت زیرا که تصور میکرد تحلیل سیستم های سخت کاربرد محدودی دارد

ویژگی عمومی سیستم ها

هر سیستمی ۴ ویژگی دارد

۱- مرزها: این ها کل ها هستند بعضی چیز ها درون سیستم اند و برخی دیگر خارج اند. این ها محیط سیستم را تشکیل میدهند توجه داشته باشید مرز ممکن است واضح نباشد. به عنوان مثال مرز سیستمی که آن را انسان مینامیم کجاست؟ آیا پوست اوست؟ شامل لباس هایش هم میشود؟

۲- اجزا: بیش از یک جز در مرز وجود دارد. مرزی که از چیزی تشکیل نشده باشد سیستم نیست البته یک مرز تنها از یک جز و عنصر ساده نیز تشکیل نشده است.

۳- سازمان درونی: عناصر و اجزا طبق روش خاصی سازمان یافته اند و بی نظم نیستند.

۴- رفتار: سیستم ویژگی هایی دارد که به هم وابسته هستند و متعلق به خود سیستم اند و تنها از اجزای فرعی نمی آیند. البته سیستم اعصاب انسان مرزی که حد بدن است دارد و هم چنین اجزایی دارد که میتوانند مطالعه شوند، آسیب ببینند و حتی بعد از آسیب دوباره سالم شوند.

مطالبی مهم از روش شناسی سیستم های نرم

روش شناسی سیستم های نرم هم روش و هم یک رویکرد است. فرهنگ لغت تعاریف متعددی از روش میدهد که یکی از آنها به شرح زیر است.

سیستمی از روش ها و قوانین که در تحقیق یا کار مخصوصی از حیطه هنر یا علم کاربرد داشته باشد در علوم مدیریت این اصطلاح دو معنی مجزا دارد. اولی در آمریکا معمول است که از اصطلاح روش شناسی برای برنامه های خطی یا پیش بینی ها استفاده میکنند. در حالیکه در انگلستان برای توصیف تکنیک ها و روش ها از آن ها استفاده میشود. در روش سیستم های نرم روش دوم کاربرد دارد. در ادامه توضیح خواهیم داد که چرا متدولوژی سیستم های نرم به عنوان روش نرم در نظر گرفته میشود. از نرم استفاده میشود زیرا که این روش مانند بسیاری از روش هایی که در پروژه های مهندسی استفاده میشود اهداف مطالعه ای توافق شده و مشخص دارد.

ممکن است یک مهندسی که با یک معمار روی ساخت پلی کار میکند روی وزن پل - جایگاه ساختنش و ... به توافق برسند. هنگامی که چنین اهدافی مشخص هستند کار مهندسی یافتن راه هایی برای رسیدن به چیزهای ضروری و مورد نیاز تعریف شده است. تمرکز باید روی چگونگی رسیدن به اهداف باشد، باید سوالاتی از قبیل چرا به پل نیاز داریم؟ چگونگی وزنش؟ و جایگاهش، توجه کنیم. اهداف باید ساخته شوند. مدل تصمیم گیری باید درست شود و نتایج کار نیز باید جست و جو شود. در روش های نرم مانند متدولوژی سیستم های نرم سوال ها بیش از چگونگی کارها روی چرایی آن هاست. مسلم است که هر دو سوال در سیستم های فعالیت انسانی حائز اهمیت هستند زیرا که این سیستم ها توسط افراد طراحی و استفاده میشوند.

مبانی روش شناسی سیستم های نرم

برای استفاده موفقیت آمیز از متدولوژی سیستم های نرم تحلیل گر باید همزمان در دو جهان زندگی کند. اولی دنیای واقعی فعالیت انسانی که هر روزه فعالیت و تجارت در آن بیشتر و بیشتر میشود. این دنیای شخصی از حافظه ها، تجربیات، احساسات و مقاصد تشکیل شده است و دومی دنیای تفکر سیستم هاست که تحلیل گر روی انتزاعاتی که از دنیای واقعی آورده کار میکند و ممکن است از آن ها بعد ها دوباره در دنیای واقعی استفاده کند. به عنوان یک

سیستم یادگیری متدولوژی سیستم های نرم یک چرخه است و هیچ تصویری وجود ندارد که بگوید لزوما در یک چرخه واحد کامل می شود. در طول هر چرخه یادگیری اتفاق می افتد.

مراحل اول و دوم روش شناسی سیستم های نرم

اکتشاف و یافتن

در این مراحل توجه و تمرکز روی شرایط است. موقعیتی که فرد در آن احساس میکند باید مسئله ای به وجود آمده دست و پنجه نرم کند. این فعالیت ها مشخص میکند که چه اتفاقاتی در حال وقوع هستند و ایده این است که باید راهی جهت فهم و جست جوی یافت حاضر بیابیم که بر اساس نظریه سیستماتیک بودن جهان و نه متشکل بودن جهان از سیستم های متفاوت باشد.

سه تحلیل را که باید در طول مرحله یافتن در سیستم های نرم انجام شوند به شرح زیر هستند.

تحلیل اول: مشخص کردن افرادی که نقش هایی در پروژه دارند. اولی حل کننده مسئله است کسی که تصمیم گرفته یا از او خواهش شده تا موقعیت را بررسی کند. دومی صاحب کار است. کسی که برای او بررسی ها انجام می دهیم. سومی صاحبان مسئله هستند که شامل شرکای مختلف با علایق متفاوت میشود.

توجه داشته باشید که ممکن است بعضی افراد از متدولوژی سیستم های نرم تنها برای پشتیبانی کردن کار خودشان استفاده کنند.

تحلیل دوم: موقعیت را به عنوان یک سیستم اجتماعی تحلیل کنید. نقش افراد و تمامی مسائل مربوط و نرمال را بررسی کنید. نقش ها موقعیت های اجتماعی هستند که افراد آن ها را به طور آموزش یا رفتاری اشغال میکنند. نرم ها رفتار های نرمال و پیش بینی شده در محیط کاری اند و ارزش های استانداردهای داخلی و موضوعی هستند که نرم های افراد توسط آن ها داوری میشود. ایده این است که تحلیل گر باید درک کند که چگونه افراد نقش هایشان را ایفا میکنند

تحلیل سوم: به موقعیت به عنوان سیستمی نگاه شود تا چگونگی رسیدن علایق مختلف به جایگاهشان درک شود و در این تشخیص خارجی قدرت نقشی اساسی در سازمان ها ایفا میکند این تحلیل باید با دقت و گاهی پنهانی انجام شود

مرحله سوم: تعاریف ریشه ای از سیستم های مرتبط

با استفاده از روش شناسی سیستم های نرم میتوان چیزها را بهتر درک کرد و بهبود داد بنا بر این باید از جست و جوی ساختار یافته ای استفاده نمود و برخی از جنبه های آن را با استفاده از اصطلاحات سیستمی توضیح دهید. در واقع باید بدانیم افراد به چه سیستم هایی نیاز دارند این بدین معنی است که باید نظریه هایی در مورد سیستم های ممکن بدهیم. یک تعریف ریشه ای اصولاً از ۶ جز تشکیل میشود.

- **جز اول: مشتریان** ← اولین قربانی‌ها یا کسانی که سود می‌برند از سیستم می‌باشند. می‌توانند یک فرد - گروه یا گروه‌ها باشند. این به نظریه TQM یا مدیریت کیفیت جامع، بسیار نزدیک است که می‌گوید فرد دیگری است که در فرآیند دخالت دارد (مشتری در اینجا خروجی سیستم و ارتباطات خارجی اش مشخص می‌شود).
- **جز دوم: ایفا کنندگان نقش** ← در هر سیستم فعالیت انسانی یا افرادی وجود دارند که عهده دار برخی از فعالیت‌های سیستم می‌شود. این ا بخشی از روابط داخلی سیستم را تشکیل می‌دهند. ممکن است افراد یا گروه‌هایی متعددی وجود داشته باشد که در اینصورت روابط داخلی سیستم‌ها هم بیشتر خواهد بود.
- **جز سوم: فرآیند تبدیل** ← این هسته و قسمت مرکزی فعالیت انسانی است که ورودی شخصی به خروجی منجر شده و بعد به مشتریان منتقل می‌گردد. ایفا کنندگان نقش در این فرآیند شرکت دارند این فرآیند یک فعالیت است پس برای توصیفش باید از فعل‌ها استفاده کنیم. در واقع یک تعریف ریشه‌ای باید تمرکزش روی انتقال باشد
- **جز چهارم: جهان بینی** ← این نظریه کلی است که به تعریف ریشه‌ای در حال توسعه معنا می‌بخشد. مشخص کردن این نظریه مهم است زیرا که تعاریف هر سیستمی تنها به وسیله بافت‌های تعریف شده‌ای معنا می‌یابند البته یک تعریف ریشه‌ای تنها به یک جهان بینی نیاز دارد
- **جز پنجم: مالکیت** ← این وظیفه فرد یا گروه می‌باشد زیرا که آن‌ها با توجه به قدرتی که دارند تصمیم می‌گیرند چه وقت سیستم را باز یا تعطیل کنند البته با ایفا کنندگان نقش هم سروکار دارند.
- **جز ششم: تضاد محیطی** ← تمامی سیستم‌های فعالیت انسانی با تضادهایی که از محیط خارج مواجه هستند این تضادها می‌تواند قانونی - فیزیکی - اخلاقی و... باشند. این‌ها بخشی از روابط خارجی سیستم بوده و باید شناسایی شوند

مرحله چهارم: مدل سازی مفهومی

شاید توسعه دادن تعاریف ریشه‌ای جالب باشد اما خود یک هدف نیست به همین دلیل به روش شناسی سیستم‌های نرم به عنوان روش در ساختار دهی مسئله نگاه می‌شود. تعاریف ریشه‌ای و روش‌هایی برای رسیدن به هدف هستند و آن هدف توسعه مدل‌های مفهومی است. یک سیستم باید چه چیزی داشته باشد تا به تعاریف ریشه‌ای برسد مدل‌های مفهومی به عنوان توصیف‌هایی از زیر مجموعه‌های سیستم یا اجزا هستند که در تعاریف ریشه‌ای وجود دارد. این مدل‌ها به هیچ سازمان خاصی رجوع نمی‌کنند به خاطر داشته باشید که در این مرحله ما در واقعیت تفکر سیستم‌ها و نه دنیای واقعی کار داریم. مدل مفهومی نمایش نموداری از فعالیت‌هایی است که به وسیله تعریف ریشه‌ای معنا پیدا می‌کند. مدل مفهومی برای تعریف ریشه‌ای می‌باشد. مسلماً مدل مفهومی دو فرد با یکدیگر متفاوت است

سه معیار برای ارزیابی مدل‌های مفهومی وجود دارد.

- ۱- سود مندی: آیا سیستم کاری که باید انجام دهد را انجام خواهد داد؟
 - ۲- کارایی: به چه منابعی جهت قادر ساختن سیستم برای کار کردن نیاز داریم؟
 - ۳- اثر بخشی: آیا این بهترین روش جهت رسیدن به اهداف است؟
- هرکدام از این سه معیار باید در تعریف ریشه‌ای مطابقت کند هم چنین هر کدام از این سه مورد معیاری برای اندازه گیری نحوه عملکرد سیستم در دنیای واقعی محسوب می‌شود.

مرحله پنجم

مقایسه ای بین مدل مفهومی و وضعیت موجود

مدل های مفهومی توسعه یافته اند تا افراد را در درک بهتر سیستم های باز در دنیای واقعی یاری دهند بنابراین لازم است موقعیت حاضر را با مدل های مفهومی مقایسه نموده و با تفکر صحیح تغییرات لازم را به وجود آوریم. چهار راه برای انجام این کار وجود دارد

۱- استفاده از مدل های مفهومی برای پشتیبانی کردن سوالات منظم

از مدل ها به عنوان منبعی برای مجموعه سوالاتی که از افراد حاضر در موقعیتی پرسیده شود استفاده میشود. تحلیل گر باید از مدل های مفهومی برای باز کردن بحث و گفت و گو جهت به وجود آوردن تغییرات لازم در مواقع ضروری استفاده کند. این برای تحلیل گر جذاب است زیرا او با افراد سروکار دارد و دیگر اینکه به او تهمت زده نمیشود که در مورد سیستم زیاد میداند اما نمیداند چه کار باید بکند؟ تحلیل گر باید از مدل مفهومی آگاهی داشته باشد.

۲- باید به ترتیب وقایعی که در گذشته اتفاق افتاده میان مدل های مفهومی قدم زد

در اینجا چگونگی رسیدگی به وقایع باید بررسی شود که آیا در آن زمان سیستم های مدل های مفهومی وجود داشتند بسیار مهم است که بدانید در هنگام اتفاق وقایع حافظه ی افراد مختلف بسیار متفاوت و انتخابی است.

۳- باید بحثی کلی درباره ویژگی های سطح بالای مدل های مفهومی توسط مقایسه با موقعیت کنونی ارائه داد. تحلیل گر باید روی این قسمت زمان بگذارد و مدل ها را به ایفاگران معرفی نموده و شباهت ها و تفاوت ها را برایشان توضیح دهد.

۴- باید جزئیات مدل مفهومی با جزئیات موقعیت کنونی مقایسه شود و این به معنی مقایسه مدل مفهومی با مدل دیگری که هم اکنون از آن استفاده میکنید میباشد.

مرحله ی ششم و هفتم

به وجود آوردن تغییرات خوشایند و ممکن

در اینجا ممکن است صاحب کار با موقعیتی مواجه شود که زیاد به روش های نرم ربطی ندارد. در چنین شرایطی نتیجه باید از طریق یادگیری و مطالعه به دست آید. واگرچه در اکثر موارد به دلیل چنین مطالعاتی تغییراتی به وجود می آید این تغییرات ممکن است در سطح بزرگی بمانند تکمیل برنامه و کنترل سیستمی که در مطالعات قبلی موفق نبوده. شاید هم در سطح کوچک باشد و تنها نیاز باشد اصطلاحات کوچک در طریقه ی انجام کار به وجود آید

نکته : در طول مراحل جست و جوی متدولوژی سیستم های نرم سه جنبه بررسی ساختار - پردازش و بررسی موقعیت وجود داشته پس عجیب نیست که بگوییم با توجه به چرخه ای بودن متدولوژی سیستم های نرم در لحظه تکمیل کار باید اعمال شود در واقع شباهت های زیادی بین مراحل تکمیل و جست و جو در یک متدولوژی وجود دارد.

Strategic Option Development Analysis (SODA)

کتاب تصاویر سازمان (نویسنده مورتال - ۱۹۸۶)

استعارات متفاوتی را برای نظریه سازمانی استفاده میکند که ۳ تا از آنها پرکاربرد تر هستند

۱- سازمان به مثابه ماشینی بروکراتیک

۲- سازمان به مثابه یک سیستم یا ارگان

۳- سازمان به مثابه وسیله ای جهت نشان دادن فرهنگ

یک فن و دو روش شناسی

روش نگاشت ادراکی تنها یک روش نیست. از یک تکنیک (نگاشت ادراکی) و از دو متدولوژی مرتبط تشکیل شده است.

SODA شماره ۱ به افرادی کمک میکند تا با استفاده از آن (نگاشت) به مسائل دشوار فکر نموده و راه حل برای آن بیابند.

SODA شماره ۲ هم به افراد کمک می کند تا با کار گروهی نگاشتی بسازند

هر دو متدولوژی در نگاشت سازی با رویکرد تصمیم گیری و توافق نظر گروهی به افراد کمک میکند چگونه از ادراکیات خود استفاده کنند

نگاشت ادراکی

شکلی از نمودار مشابه آنچه در سیستم های دینامیکی استفاده میشود است. این نگاشت ها، نگاشت های علت یا دلیل هستند. در آن ها از گره ها یا بندهایی به عنوان مفاهیم و هم چنین از کمان هایی مرتبط استفاده میشود. مفاهیم ایده ها و مسائلی هستند که افراد در ارتباط با دنیایی که در آن زندگی میکنند از آن ها استفاده میکنند یا با آن ها روبه رو میشوند. کمان ها نمایشگر ارتباط بین مفاهیم هستند. ممکن است نماد یا نشانه ای در قسمت بالایی کمان وجود داشته باشد که نبود این نماد، نشان دهنده ی ارتباطی مثبت و وجود داشتنش بیانگر ارتباطی منفی است

جهت کمان ، جهت اتفافی ارتباط را نشان میدهد

مفاهیم (گره ها)

مفهوم ایده یا مسئله ای است که توسط گروه یا فردی بیان شده و مورد توافق قرار میگیرد. یک مفهوم باید شامل نظرات فردی که آن را بیان نموده باشد. گاهی اوقات برای بیان یک مفهوم از (:) استفاده میشود.

اگر مفهومی دو قطب داشته باشد مهم است که بدانید مفهیمی که توسط فرد یا گروه روی نگاشت در حال توسعه یافتن میباشند از لحاظ روانشناسی مقابل هم قرار دارند. قطب ها نباید از لحاظ منطقی در مقابل هم قرار گیرند زیرا که شامل نظرات افرادند. قطب دوم نفی کننده ی قطب اول نیست.

کمان ها (پیکان ها)

کمان ها روابط بین گره ها یا مفاهیم را نشان میدهند. مفهومی که در ابتدای کمان (دم کمان) قرار دارد میتواند منجر به مفهومی که در انتهای کمان (سر کمان) قرار دارد شود. البته مفاهیم بیشتر در انتهای هر کمان به صورت زنجیره ای از مفاهیم قرا میگیرد. زنجیره های مفاهیم اهدافی هستند یعنی اینکه نگاشت باید طوری کشیده شود که به سمت بالا جهت رسیدن به هدف نهایی برود. علامت منفی که در کنار برخی کمان ها وجود دارد نشان دهنده ی وجود ارتباطی منفی بین دو مفهوم است. این به معنی قطع ارتباط نیست. معنی های بسیاری از جمله معنای زیر را دارد:

۱. افزایش مفهومی در ابتدای کمان باعث کاهش دیگری در انتهای کمان میشود

۲. قطب دوم مفهوم از لحاظ روانشناسی به قطب اول مرتبط است

FCM نگاشت ادراکی فازی

بررسی ارتباط بین پدیده ها و نیز متغیرهای گوناگون از دیرباز ذهن انسان را به خود مشغول نموده است. در این راستا علوم مختلف گام های اساسی برداشته اند خصوصا علوم آمار و ریاضیات و البته علوم انسانی نیز بیکار ننشسته است با استفاده از علوم یاد شده به بررسی متغیرهای کیفی و نحوه ارتباطات آن ها پرداخته است و نگاشت ادراکی از این گونه اند. میخواهیم به معرفی تکنیک FCM در جهت یافتن الگوهای پنهان در شبکه های پیچیده که شامل متغیرهای کیفی هستند با استفاده از جمع ماتریسی بپردازیم

معرفی مفاهیم اولیه در FCM

راس یا گره : هر متغیر مورد بررسی در شبکه به عنوان یک راس شناخته میشود

یال یا کمان : هر ارتباط بین دو متغیر توسط یک کمان جهت دار معرفی میگردد

گره فعال : هر گره مورد بررسی را فعال میگویند. در این حالت سایر گره ها غیر فعال میباشند.

الگوهای پنهان: مناسبات و ارتباطات بین گره های مختلف به واسطه ی سایر گره ها در یک شبکه که به سادگی قابل کشف نیست

ماتریس ارتباطات: یک ماتریس مربع K در K که در سطرها و ستون های آن به طور مشابه شامل همه متغیرها (راس ها) میباشد. لازم به ذکر است که متغیرهای نوشته شده در سطرها به عنوان متغیر مستقل (تاثیر گذار) در نظر گرفته میشود

معادله ی استنتاج: معادله ای است که به صورت داینامیک و پویا ارتباط بین گره فعال و سایر گره ها را مشخص میسازد این معادله را در زیر مشاهده میکنید.

$$O(i) = \sum_{N=1}^K \sum_{M=1}^K I(m) \times C_{(k*k)}$$

معادله اولین بردار خروجی

$$O(i+1) = O(i) + \sum_{n=1}^k \sum_{i=1}^p O(i) \times C_{(k*k)}$$

معادله تکرار بردار خروجی تا رسیدن به همگرایی

i : شماره بردار خروجی بر گره فعال

$O(i)$: بردار سطری خروجی (i) ام برای گره فعال

$C_{(k*k)}$: ماتریس ارتباطات مربوط به کل شبکه

K : تعداد متغیرها (رئوس) شبکه

P : بردار خروجی P ام که به همگرایی رسیده است.

معادله ی حدی

تمامی عناصر ماتریس ارتباطات و بردار های سطری ورودی و خروجی تنها شامل عناصر سه ارزشی $+1$ و 0 و -1 میباشدند که به ترتیب ارتباط افزایشنده ($+$)، بدون وجود ارتباط یعنی 0 و ارتباطات کاهنده ($-$) را نشان میدهد. در بردار خروجی حتی اگر نتایج حاصله از عملیات ماتریسی اعدادی بیرون از این دامنه را نشان دهد اعداد حاصله طبق معادله حدی زیر و در دامنه سه ارزشی یاد شده در فوق تعدیل خواهد شد (چون در FCM شدت ارتباطات مد نظر نیست)

$$O(i) = \begin{cases} -1 & \text{if } x < 0 \\ 0 & \text{if } x = 0 \\ +1 & \text{if } x > 0 \end{cases}$$

همگرایی

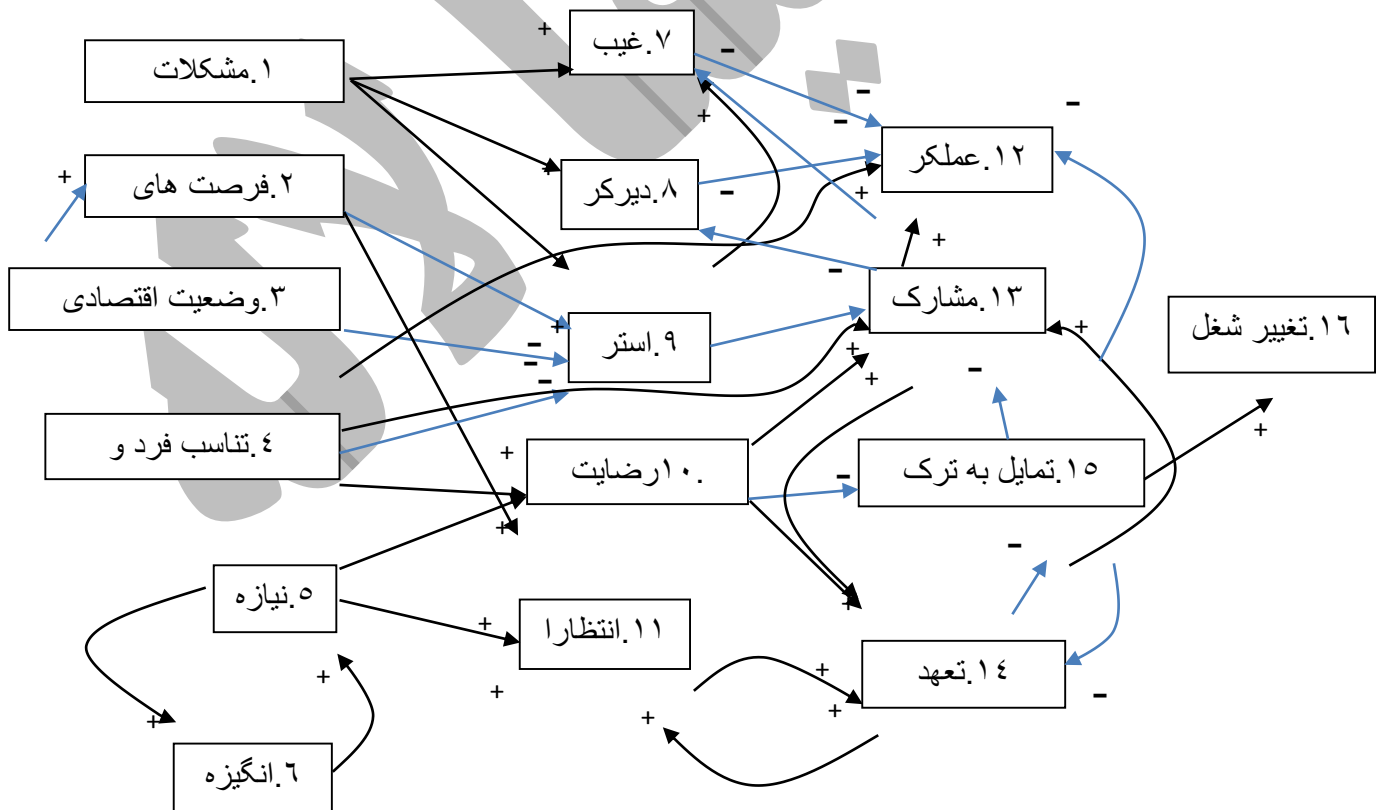
اگر پس چندبار تکرار (توسط معادله تکرار) بردار خروجی $O(i+1)$ دائما عناصر یکسان و مشابه را نشان دهد به همگرایی رسیده ایم. این همگرایی قابل مقایسه با همگرایی در تکنیک بردار ویژه در MADM میباشد. بدین ترتیب بردارهای مشابه را حذف و اگر از ح بردار به بعد همگی عناصر یکسان باشند بردار $P+1$ حذف و بردار P به عنوان بردار نتیجه در نظر گرفته خواهد شد. در واقع در این تکرارها به نوعی تمام ارتباطات ممکن بررسی شده و با ادامه ی انتقالات ارتباط جدید و بررسی نشده ای باقی نخواهد ماند و به همین دلیل بردار خروجی دائما تکرار خواهد شد.

مثال: به کارگیری FCM در شبکه رفتار سازمانی

مسیر فرضی کمان یا بردار A به $B \xrightarrow{+} B$ و $B \xrightarrow{-} C$ را در نظر بگیرید. در این مسیر تغییر A اثر فزاینده (+) بر روی B دارد و B نیز بر روی C اثر کاهنده (-) دارد. در FCM به طور کلی میخواهیم اثر A را بر روی C مشاهده کنیم

$$A \xrightarrow{+} B \xrightarrow{-} C$$

شبکه زیر را در نظر بگیرید



در شکل بالا مشاهده می‌گردد که مشکلات خانوادگی (رأس شماره ۱) به استرس (رأس شماره ۹) رابطه + یعنی فزاینده دارد. علامت + روی یال، نوشته شده است این ارتباط در ماتریس ارتباطات با عدد +۱ نشان داده میشود. بدین وسیله مشخص شده است که مشکلات خانوادگی بر روی استرس اثر فزاینده دارد. یا به عنوان مثال تعهد کاری (رأس شماره ۱۴) با تمایل به ترک شغل (رأس شماره ۱۵) رابطه ی منفی یعنی کاهنده دارد

این ارتباط در ماتریس ارتباطات با عدد -۱ نشان داده میشود پس مشخص شده است که تعهد کاری بر روی تمایل به ترک شغل اثر کاهنده دارد. عدم ارتباط (برای مثال بین رئوس شماره ۱ و ۱۰) بر روی شکل با نبودن هیچ گونه یال ارتباطی و در ارتباطات با عدد ۰ مشخص می‌گردد و همانگونه که مشاهده میشود رئوس شبکه شماره گذاری شده اند و این عمل در بررسی ماتریس و بردارها و عملیات جبری بر روی آن‌ها با عث سهولت انجام کار می‌گردد. هرگاه بین دو رأس از شبکه ارتباط متقابل وجود داشته باشد این ارتباط با دو یال جداگانه جهت دار نشان داده میشود. در شبکه نسبتاً پیچیده فوق برای مثال ارتباط بین مشکلات خانوادگی و تعهد کاری شناخته شده نیست و این را یک الگوی پنهان می‌نامیم. اما با به کارگیری FCM و از طریق ضرب داخلی ماتریس‌ها این الگوی پنهان آشکار خواهد شد. از درس فیزیک دوره دبیرستان و مسائل مربوط به چرخ دنده‌ها به یاد داریم که غالبه مسائلی مطرح می‌گردد که تعداد بسیار زیادی چرخ دنده با یکدیگر در ارتباط بوده اند و از ما خواسته میشد که یکی از چرخ دنده‌ها را بچرخانیم و نتیجه چرخش را در سایر چرخ دنده‌ها مشاهده کنیم غالباً این موارد در آزمایشگاه انجام نمیشود و دانش آموز با تکیه بر تفکر و هوش خود نتیجه را حدس می‌زند. در مقایسه با این عمل فیزیکی با استفاده از تکنیک FCM می‌خواهیم الگویی را مشاهده کنیم که اثر تغییرات یک متغیر کیفی را در سایر متغیرها نشان میدهد حال با آشنایی نسبی در شبکه ماتریس ارتباطات را تشکیل می‌دهیم. اکنون برای مثال رأس شماره ۱ (مشکلات خانوادگی) را به عنوان رأس فعال در نظر می‌گیریم و در بردار ورودی $I(m)$ به درایه نظیر آن، مقدار ۱ نسبت می‌دهیم (سایر رئوس در این حالت غیر فعال بوده و مقادیر آن‌ها در برابر ورودی $I(m)$ برابر ۰ خواهد بود.

می‌خواهیم رابطه این رأس فعال با سایر رئوس را مشاهده کنیم. ماتریس ورودی این رأس خواهد بود.

$$I(1) = \{1, 0\}$$

مشاهده میشود که از ۱۶ رأس فقط عنصر اول بردار ورودی که مربوط به رأس شماره ۱ است مقدار عددی ۱ پیدا کرده و بقیه مقدار ۰ دارند.

	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲	۱۳	۱۴	۱۵	۱۶
۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱	۱	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
۲	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	-۱	۰	۱	۰	۰	۰	۰	۰
۳	۰	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	-۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
۴	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	-۱	۱	۰	۱	۱	۰	۰	۰
۵	۰	۰	۰	۰	۰	۱	۰	۰	۰	۱	۱	۰	۰	۰	۰	۰
۶	۰	۰	۰	۰	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۱	۰	۰	۰	۰	۰
۷	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	-۱	۰	۰	۰	۰
۸	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	-۱	۰	۰	۰	۰
۹	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱	۰	۰	-۱	۰	۰	-۱	۰	۰	۰
۱۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱	۱	-۱	۰
۱۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱	۰	۰	۰	۱	۰	۰
۱۲	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
۱۳	۰	۰	۰	۰	۰	۰	-۱	-۱	۰	۰	۰	۱	۰	۱	۰	۰
۱۴	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱	۰	۱	۰	-۱	۰
۱۵	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	-۱	-۱	-۱	۰	۱
۱۶	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰

ماتریس ارتباطات

با استفاده از معادله اول از معادلات استنتاج، بردار خروجی $O_{(1)}$ مطابق زیر مشاهده میکنید.

$$O_{(1)} = \{0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 1, 1, 1, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0\}$$

با استفاده از معادله تکرار، معادلات استنتاجی مقادیر $O(2)$ و $O(3)$ تا $O(p)$ را محاسبه میکنید. تاجایی که عناصر بردار $O(p+1)$ دقیقاً مانند عناصر بردار $O(p)$ باشد. در اینصورت به همگرایی رسیدیم. یا لاقلاً به فرضیات مسئله نزدیک شده ایم. بردار $O(p+1)$ را حذف و بردار $O(p)$ بردار نتیجه خواهد بود. نتایج محاسبات را در زیر مشاهده میکنید.

$$O(2) = O(1) + \sum \sum O(1) \times C[16 * 16]$$

$$O(2) = \{0,0,0,0,0,0,1,1,1,-1,0,-1,-1,0,0,0\}$$

$$O(3) = O(2) + \sum \sum O(2) \times C[16 * 16]$$

$$O(3) = \{0,0,0,0,0,0,1,1,1,-1,0,-1,-1,-1,1,0\}$$

$$O(4) = O(3) + \sum \sum O(3) \times C[16 * 16]$$

$$O(4) = \{0,0,0,0,0,0,1,1,1,-1,-1,-1,-1,-1,1,1\}$$

$$O(5) = O(4) + \sum \sum O(4) \times C[16 * 16]$$

$$O(5) = \{0,0,0,0,0,0,1,1,1,-1,-1,-1,-1,-1,1,1\}$$

از مقایسه دو بردار انتهایی مشاهده میشود عناصر آن ها مثل هم هستند. پس همگرایی رسیده ایم بنابراین بردار $O(4)$ بردار نتیجه است و این بردار فقط برای فعال بودن رأس شماره ۱ است. برای یافتن سایر روابط پنهان میتوانید هربار یک گره را به عنوان فعال در نظر بگیرید. همانطوری که میبینید ارتباط بین مشکلات خانوادگی و رؤس ۲ و ۳ و ۴ و ۵ و ۶ وجود ندارد ممکن است تصور شود که در عالم واقعیت بین این متغیرها ارتباط وجود دارد اما باید توجه کنیم تکنیک FCM یا آشکار سازی الگوهای پنهان حاصل از طراحی شبکه توسط محقق میپردازد و توانایی پیشگویی از عهده ی این تکنیک خارج است. برای مثال بین مشکلات خانوادگی و تمایل به ترک شغل و نیز تغییر شغل ارتباط فزاینده (+) وجود دارد (دو عنصر آخر بردار نتیجه عدد ۱ را نشان میدهد) و نیز بین مشکلات خانوادگی و عملکرد ارتباط معکوس وجود دارد (عنصر ۱۲ بردار نتیجه عدد ۱ را نشان می دهد) با این روش میتوان هربار یکی از رؤس را به عنوان رأس فعال در شبکه در نظر گرفت و با نوشتن بردار ورودی $I(m)$ برای آن نهایتاً بردار خروجی $O(p)$ را به دست آورد.

بررسی رؤس در شرایط رقابتی

در مثال فوق هربار فقط یک رأس به عنوان رأس فعال در نظر گرفته شد و نتایج بررسی شد حال اگر بخواهیم تاثیرات توأمان چند متغیر را نیز مشاهده کنیم میتوانیم دوبا چند رأس را همزمان به صورت فعال در نظر گرفته و $I(m)$ را برای آن تشکیل دهیم. مجدداً تاکید میشود که در این بردار ورودی رؤس فعال مقدار ۱ و سایر رؤس مقدار ۰ خواهند داشت. اما با انتخاب همزمان رؤس تغییری در سایر مراحل تکنیک FCM ایجاد نخواهد کردید.

در اغلب موارد چون این رأس های فعال در تناقض با یکدیگر خواهند بود. نتایج جالبی را در نتیجه مشاهده خواهیم کرد. این نتایج جالب ناشی از خنثی شدن اثر یک متغیر بر اثر دخالت متغیر دیگر میباشد. این عمل را تعدیل شدگی مینامند. حال اگر I که بردار ورودی همزمان رؤس رقیب (۴ و ۱) میباشد را مطابق عبارت زیر داشته باشیم میتوانیم بردارهای خروجی اول تا P را مطابق زیر استخراج کنیم

$$I(1,4) = \{1,0,0,1,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0\}$$

$$O(1) = \{0,0,0,0,0,1,1,0,1,0,1,1,0,0,0\}$$

$$O(2) = \{0,0,0,0,0,0,0,1,1,1,1,1,-1,-1\}$$

$$O(3) = \{0,0,0,0,0,0,0,1,1,1,1,1,-1,-1\}$$

مشاهده میشود که بردار $O(3)$ به همگرایی رسیده است پس آن را حذف و بردار $O(2)$ بردار نتیجه خواهد بود. برای مشاهده نتایج جالب ناشی از تعدیل شدگی بردار $O(2)$ ، بردار $O(2)$ را در این قسمت با بردار $O(4)$ در شرایط غیر رقابتی مقایسه کنید. برای مثال در شرایط غیر رقابتی مشکلات خانوادگی بر غیبت بی تاثیر است. این تغییر ناشی از تاثیر خنثی کننده (خاصیت تعدیل شدگی) متغیر تناسب فردوسازمان می باشد. یعنی در واقع این متغیر اثر مثبت بیشتری از تاثیر منفی مشکلات خانوادگی بر روی متغیر غیبت داشته باشد

نقاط قوت و ضعف FCM:

نقاط قوت: ۱- با بررسی کیفی الگوهای پنهان را در مدل های پیچیده آشکار میسازد ۲- به سرعت به نتیجه میرسد و جواب ها در معرض بررسی محقق قرار میدهد ۳- توانایی بررسی تعداد نسبتاً زیادی از روابط یکسوئه و دوسوئه بین متغیرهای کیفی را داراست ۴- به اطلاعات کمی و مقداری نیاز ندارد ۵- لزوماً نباید ارتباط بین متغیرها خطی باشد (چون به شدت ارتباطات توجه ندارد و فقط به جهت آن میپردازد) ۶- متغیرهای تعدیل کننده و متغیرهای میانجی را شناسایی کرده و تاثیرات آنها را دنبال میکند ۷- نتایج این روش تعارضی با پیش فرض های تئوری و نیز نتایج تجربی ندارد ۸- تسهیلات برای مشاهده ی ضمنی تحقیقاتی که به زمان و هزینه نیاز دارند را فراهم می سازد.

نقاط ضعف : تنها برپای اطلاعات کیفی کار میکند ۲- نظر محقق در تشکیل بردار جواب بسیار تاثیر میگذارد ۳- از هیچ مقدار واقعی یا مقدار تخمینی کمی استفاده نمیکند بنابراین برای ریاضی دانان جذابیت ندارد.

فصل دوازدهم: مدل سازی ریاضی

و منطقی

این فصل شامل سه قسمت ذیل است که در مورد هر یک صحبت خواهیم کرد و به عنوان روش های سخت مطرح میشوند.

۱- روش های برنامه ریزی ریاضی: این روش ها اصولاً با علم مدیریت سروکار دارند و بخشی از مدل های سخت محسوب میشود این روش ها از بهینه سازی مدل ها استفاده میکنند. برخی از افراد بدون استفاده از روش های بهینه سازی اصولاً نمیتوانند با تحقیق در عملیات یا علوم مدیریت مواجه شوند.

۲- روش شبیه سازی: از این روش در موقعیت های که زمان کمی در اختیار داریم و با هویت های نسبتاً پیچیده ای سروکار داریم استفاده میکنیم. روش های شبیه سازی کامپیوتری روش جدیدی به نام مدل سازی تعاملی بصری به وجود آورد

۳- روش های فرآینکاری و ابتکاری: هدف این روش ها یافتن راه هایی برای سروکله زدن با مسائلی است که بسیار با ایده ی راضی کردن تصمیم گیرنده نزدیک هستند. این روش ها برخی از محدودیت های موجود در بهینه سازی را از بین میبرد و علوم مدیریت را به روش های هوش مصنوعی نزدیک میکند.

مدل سازی از نوع بهینه سازی برنامه ریزی خطی: علم مدیریت یا مهندسی صنایع مترادف با روش های بهینه سازی میباشد در جهانی ما در آن زندگی میکنیم منابع گوناگون وجود دارد پس باید در حد امکان به طور موثر از این منابع استفاده کنیم. برنامه ریزی خطی زیر مجموعه ای از بهینه سازی با محدودیت است که آن نیز زیر مجموعه ای از برنامه ریزی ریاضی است. میتوان گفت در این مدل ها میزان عملکرد باید بهینه شود البته با توجه به محدودیت های موجود معمولاً عملکرد بیشینه یا کمینه میگردد. گاهی اوقات این عملکردها بصورت مقادیر مالی بیان میشود. در بهینه سازی با محدودیت، عملکردی وجود دارد به نام عملکرد مقصد (تابع هدف) که باید با توجه به مجموعه ی مطلوبیت ها بهینه سازی شود. محدودیت ها خود راه حل ها را برای بهینه سازی تعریف میکنند و هر راه حل قابل قبولی باید محدودیت ها را ارضاء کند. برنامه ریزی ریاضی کاربردهای زیادی از زمان توسعه اش در سال ۱۹۵۰ تاکنون داشته است. مثل برنامه ریزی تولید، اعتبار سنجی مالی، مدیریت زنجیره تامین، توازن نیروی کار در سازمان های بزرگ، برنامه ریزی شبکه های مخابراتی و حمل و نقل و بازاریابی. اولین مرحله در توسعه یک مدل ریاضی در برنامه ریزی خطی تنظیم مسئله میباشد. این امر بدین معنی است که مجموعه ای از معادلات به منظور در نظر گرفتن محدودیتها و عملکردها (توابع هدف) باید ساخته شوند. اولین مرحله در انجام این کار به وجود آوردن متغیرهای مناسب میباشد.

راه حل ترسیمی: اساس این روش نمایش محدودیت روی یک نمودار ساده میباشد اما واضح نیست که چگونه میتوان مجموعه نامساوی ها را روی آن نشان داد.

به منظور کار با برنامه ریزی خطی مهم است که ایده ریاضی آن را تعریف کرده و توسعه دهیم. اولین ایده مفهوم خطی بودن میباشد. برنامه ریزی خطی در سیستم هایی به کار میرود که تابع هدف محدودیت ها و سایر عبارات خطی هستند. عباراتی چون $x^2, e^x, \frac{1}{x}, \frac{x}{y}$ که x و y متغیر هستند در برنامه ریزی خطی وجود ندارد. این ایده اصلی خطی بودن است. زیرا وقتی تنها دو متغیر یک معادله خطی وجود داشته باشند معادله ی حاصل خطی، برای مثال معادله $X_2 = AX_1 + B$ یک خط است که X_2 روی محور عمودی و X_1 روی محور افقی جای دارد شیب خط A میباشد و محور X_2 را در B قطع میکند. اگر تابع هدف غیر خطی بود آنگاه بوسیله یک خط راست نشان داده نمیشود و میتواند ناحیه ممکن را در بیش از یک نقطه قطع کند. اگر محدودیت ها هم غیر خطی بودند کناره های ناحیه ی ممکن صاف و مستقیم نبودند. وضخامتی وجود نداشت که تابع هدف در ناحیه ممکن به گوشه ای بپینه برسد برای مثال اگر تابع به محدودیت ها مقعر بودند نقطه ای که سود آن قطع میکرد دیگر یک گوشه نبود و انحنا ی زاویه \tan را بوجود می آورد. دومین ایده مؤثر ریاضی در برنامه ریزی خطی جمع پذیر بودن میباشد از حرف بزرگ یونانی Σ (سیگما) برای نشان دادن این کار استفاده میشود. زیرا که بسیار کسل کننده است که عبارتی مثل عبارت ذیل را به طور کامل بنویسیم.

$$a_1x_1 + a_2x_2 + a_3x_3 + a_4x_4 + a_5x_5$$

در عوض می نویسیم به طور خلاصه :

$$\sum_{i=1}^5 a_i x_i$$

این کار ما را قادر میسازد تا فرم های کلی عبارات و محدودیت ها را به شیوه ای اقتصادی تر بنویسیم در حالت کلی میتواند برای ساخت برنامه خطی بیشینه ای با n متغیر تصمیم و m محدودیت به شکل زیر عمل کرد.

$$\begin{aligned} & \text{Max} \sum_{j=1}^n c_j x_j \\ & \text{S.t} \quad \sum_{j=1}^n a_{1j} x_j \leq b_1 \\ & \quad \quad \sum_{j=1}^n a_{2j} x_j \leq b_2 \\ & \quad \quad \vdots \\ & \quad \quad \sum_{j=1}^n a_{mj} x_j \leq b_m \end{aligned}$$

مقادیر a ضرایب فنی محدودیت ها هستند که هر کدام دارای پایه های i و j هستند بنابراین j در a_{ij} به ضریب j زمین متغیر در i امین محدودیت برمیگردد. مقادیر منابع یا RHS توسط b_m نشان داده شده اند. که پایه بیانگر شماره

محدودیت هست. در مورد مسائل کمینه سازی تابع هدف به شکل

$$\text{Min} \sum_{j=1}^n c_j x_j$$

که مجموعه ی محدودیت ها با عبارت بزرگتر یا مساوی در فرم کلی زیر نشان داده میشود

$$\sum_{j=1}^n a_{ij} x_j \geq b_m$$

استفاده از جبر ماتریسی در مدل برنامه ریزی خطی کار را ساده تر میکند.

۲- مدل های تعاملی بصری: شبیه سازی کامپیوتری در واقع استفاده از یک مدل به عنوان مبنایی برای جستجو و تجربه میباشد مانند تمامی روش های مدل سازی شبیه سازی به خاطر ارزان تر بودن و سریع تر بودن و امن تر بودن از خود سیستم واقعی استفاده میشود. مدل شبیه سازی از داده ها استفاده میکند تا نتایج را روی خروجی مشاهده کند. مدل سازی هنگامی که پدیده ها غیر قطعی هستند. در بسیاری از موقعیت ها در مورد آنچه که باید اتفاق بیافتد عدم قطعیت وجود دارد. در چنین مواردی باید از احتمال اتفاق افتادن وقایع استفاده کنیم. پس دو نوع شبیه سازی تعریف میکنیم (۱) شبیه سازی های استاتیک یا ثابت: این روش ها گاهی به نام تحلیل خطریا مونت کارلو معروف است که بخشی از تلاش های آمریکا در توسعه سلاح های اتمی در جنگ جهانی دوم بوده است. در این نوع شبیه سازی ها تاثیرات متقابل پویا در طول زمان مورد توجه قرار نمیگیرد. (۲) شبیه سازی های دینامیک یا پویا: با سیستم هایی که رفتار آنها در طول زمان متغیر است سروکار داریم. این نوع شبیه سازیها با استفاده از سیستم های دینامیکی انجام میشوند.

شبیه سازی وقایع گسسته: در شبیه سازی مدل باید تمامی تغییراتی که در سیستم رخ میدهد را تقلید کند. در علوم مدیریت و مهندسی صنایع سه روش مختلف برای مدل سازی شبیه سازی پویا وجود دارد. شبیه سازی وقایع گسسته، شبیه سازی پیوسته و شبیه سازی مختلط (پیوسته - گسسته). اما باید توجه کرد که بخش اعظم کاربردهای متدهای شبیه سازی پویا از مدل های وقایع گسسته استفاده میکند. شبیه سازی وقایع گسسته به دلیل برخی ویژگی هایی که دارند این نام را به خود گرفته اند. سیستم هایی که از این طریق شبیه سازی میشوند شامل هویت های گسسته ای هستند که شرایط آنها در طول زمان مشخص تغییر میکند. به عنوان مثال: یک بیمارستان شامل بیماران است که شرایط پذیرش آنها در بخش یا اتاق عمل و اورژانس متفاوت می باشد به طور مشابه خود کارکنان بیمارستان ممکن است به عنوان موجودیت هایی که شرایط را تغییر میدهند در نظر گرفته شوند برای مثال ممکن است دکترها یک بیمار را ویزیت کنند یا برایش نسخه بنویسند یا جراحی اش کنند. (وضعیت ها) بیمار و دکتر نیز موجودیت ها هستند. بنابراین اساس مدل سازی وقایع گسسته تلاش جهت یافتن ویژگی های مهم یک سیستم با شناخت وضعیت

ها و موجودیت هاست بنابراین میتوان گفت مدل شبیه سازی وقایع گسسته شامل مجموعه ای از عبارات منطقی که به شکلی کامپیوتری نوشته میشوند و موجودیت ها را شرح میدهد. در برخی مراحل بر حسب منطق شبیه سازی وقایع گسسته بایستی اطلاعات در غالب کامپیوتری آورده شوند. گاهی این برنامه ها با زبان های برنامه نویسی مانند جاوا ، C++ یا Visual Basic نوشته میود گاهی نیز ممکن است از ابزار ساده ای با نام VIMS استفاده کرد.

Visual Interactive Modelling System

موجودیت ها و طبقه ها

جهت درک بهتر مدل سازی از نوع شبیه سازی وقایع گسسته بهتر است تعریفی از اصطلاحاتی که معرفی و به کار برده شده اند ارائه دهیم. اجزای ملموس یک سیستم یه موجودیت ها معروف هستند. یک موجودیت جزئی از مدل است که رفتارش در حین انجام شبیه سازی بررسی میشود یک مدل شامل عناصر متعددی از موجودیت ها خواهد بود که دارای ارتباطاتی با یکدیگر هستند، همان مثال بیمارستان ، در یک بیمارستان موجودیت ها میتوانند بیماران - دکتر ها - پرستاران - تجهیزات و ... باشند. در یک فرودگاه موجودیت ها شامل مسافران - بارها - کارکنان - هواپیما و - است. سیستم شبیه سازی رفتار هر کدام از این موجودیت ها را نگه داری و بررسی اطلاعاتی درباره وضعیت های ممکن آن ها دنبال میکند و در برخی نرم افزارهای کامپیوتری موجودیت ها ممکن است به سلیقه های خاصی گروه بندی شوند. این ها طبقه ها، گروه بندی هایی موقت از اجزای مشابه هستند که در ویژگی های مشابه باهم سهیم هستند. اعضای یک طبقه یا یک کلاس نباید حتما کاملا مشابه باشند بلکه کفایت که برخی ویژگی های یکسان را داشته باشند

وضعیت ها - رویداد ها - فعالیت ها و فرآیند ها

همانطور که بیان شد موجودیت ها میتوانند وضعیت های متفاوتی را در زمان های گوناگون داشته باشند بهتر است تصور کنید که یک موجودیت نمیتواند در عین حال و در واحد زمان با چند وضعیت سروکار داشته باشد این امر مدل ساز را وادار میکند تا در مورد وضعیت های سیستم در حال مدل شدن اندیشه کند. هر موجودیت در مدل باید در طول شبیه سازی در یکی از وضعیت ها باشد. اگر وضعیت ها ایده آل باشد به عنوان وضعیت مناسب شناخته میشوند. موجودیت ها برای مدت زمانی در یک وضعیت باقی می مانند و هنگامی که وضعیت آن ها تغییر کند میگوییم که یک رویداد یا واقعه اتفاق افتاده است. هنگامی که یک موجودیت در وضعیت شناخته شده ی فعلی است چه اتفاقی می افتد از یک نقطه نظر میتوان گفت که موجودیت ، وضعیت را تغییر میدهد و این تغییر در طول زمان اتفاق میافتد. این پدیده را یک فعالیت میدانیم. یک فعالیت احتیاج به همکاری بیش از یک طبقه از موجودیت ها دارد.

یک فرآیند ترکیب زمانی فعالیت هایی و هم چنین وقایعی است که یک موجودیت از آن ها میگذرد. هر طبقه ای از این موجودیت ها یک یا چند فرآیند همراه خود دارد. هنگامی که موجودیتی که عضوی از طبقه ای میباشد در شبیه

سازی ظاهر شود فرآیند راهی برای موجودیت جهت گذراندن آن میشود. پیشرفت موجودیت در طول فرآیند ممکن است با تاخیرات زمانی همراه باشد.

پویایی های زمان

در شبیه سازی زمان توسط ساعت شبیه سازی کنترل میشود. ساعت شبیه سازی واقعه ای به واقعه ی دیگر را که به جلو حرکت میکند را نشان میدهد. t_1 رویداد شروع وضعیت یک را نشان میدهد که با شروع فرآیند ۱ منطبق است. مثلاً t_2 شروع وضعیت ۴ را نشان میدهد که با شروع فرآیند ۲ منطبق (زیرا وضعیت چهار اولین وضعیتی است که موجودیت دو در فرآیند خود به کار می گیرد) است و الی آخر.

استفاده از نمودار برای شناختن مدل های شبیه سازی

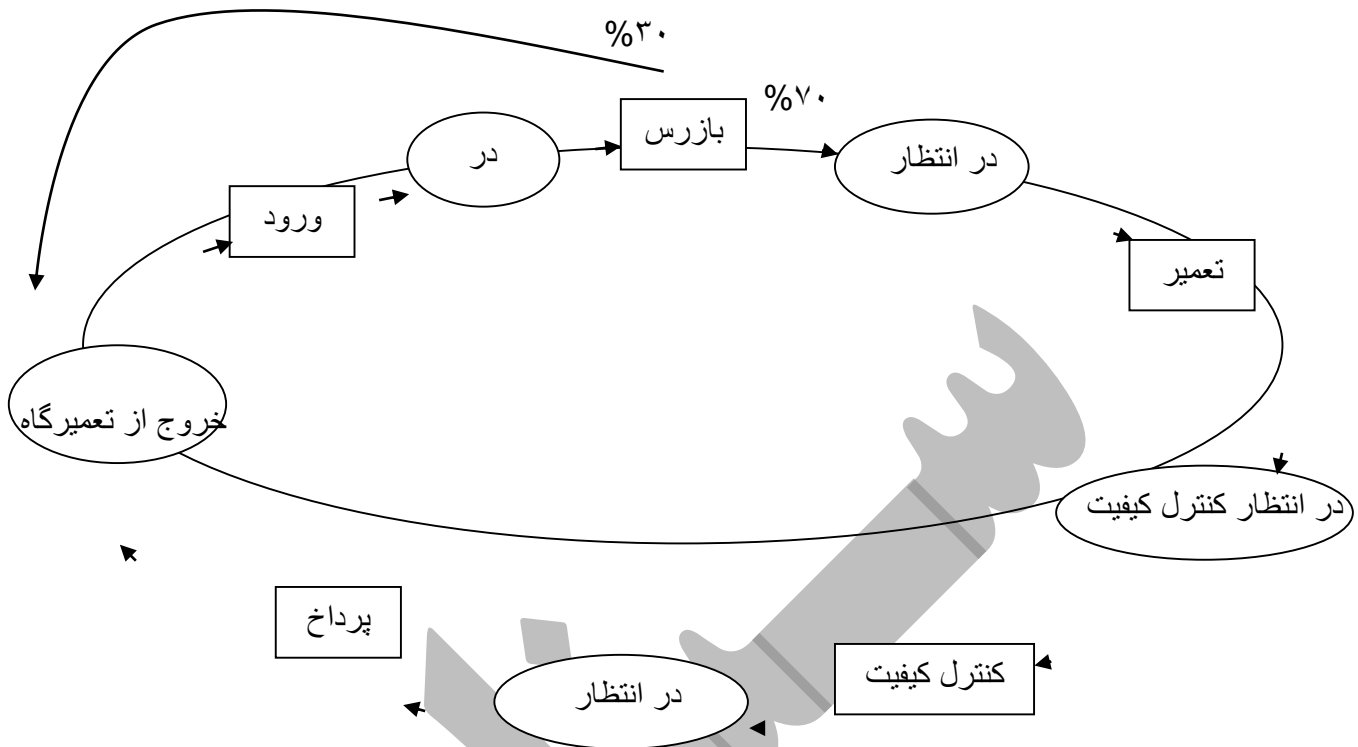
در هنگام ساخت یک مدل شبیه سازی وقایع گسسته درک منطق سیستمی با در نظر گرفتن موجودیت ها و تعاملات متقابل آن ها بسیار مهم است. هرچند این منطق ارتباطات میتواند به صورت کلامی نیز مطرح شود. اما به کارگیری نمودار در انتقال مفاهیم بسیار کمک میکند. این کار اغلب به شبیه سازی مفهومی معروف است. روش های ترسیمی گوناگونی برای این کار وجود دارد مثل نمودارهای گردش فعالیت (ACD) Activity Cycle Diagram: یک نمودار گردش فعالیت (ACD) شبکه ای است که چگونگی فرآیند کارکرد تعاملات گوناگون موجودیت های مختلف را نشان میدهد.

ACD فقط دو نما دارد مستطیل و بیضی

مستطیل یا وضعیت فعال : در وضعیت فعال میتوان شروع وقایع را تعیین کرد به این دلیل که طول زمان معین است و یا اینکه میتوان آن را از توزیع احتمال نمونه برداری کرد.

بیضی یا وضعیت غیر فعال یا **وضعیت مرده** : طول زمان قابل تعیین نیست در اکثر موارد در این وضعیت، موجودیت منتظر است تا اتفاقی بیفتد بنابراین اغلب آن را با نام صف بیان میکنند

هر طبقه موجودیت ها دارای گردش فعالیتی است که ترتیب فعالیت ها و وقایعی را که از آن موجودیت ها میگذرد و تقریباً معادل یک فرآیند شبیه سازی است نشان میدهد. برای رسم یک ACD ابتدا باید به طبقه ی موجودیت هایی که مورد نیاز است توجه کنیم بعد یک گردش فعالیت برای هر طبقه موجودیت رسم میشود ترکیب گردش های مختلف منجر به نمودار کاملی که چگونگی ارتباط طبقه های موجودیت های مختلف را در مدل شبیه سازی نشان میدهد می شود. در این مرحله نیاز به جنبه های آماری مدل نیست.



۳- جستجوی ابتکاری و فراابتکاری ها

اصطلاح ابتکاری معنایی متفاوتی دارد اما در اینجا برای روش هایی به کار می رود که اصولاً ضمانت نمیکنند که به بهترین راه حل برسند. این روش ها با روش های بهینه سازی که قبلاً مطرح شد مغایرت دارد آن روش ها مانند برنامه ریزی خطی ضمانت میکنند که در صورت وجود راه حل مسئله را به سوی راه حل بهینه ای سوق دهد. البته این بدان معنا نیست که راه حل بهینه بهترین راه حل ممکن است. به دو دلیل در تحلیل سیستم ها از روش های جستجو ابتکاری نام بردیم اول اینکه در علوم مدیریت و مهندسی صنایع بسیار کاربرد دارند و راه هایی را برای سروکله زدن با مسائل پیچیده در اختیار ما قرار میدهند. مثال های این مورد در برنامه ریزی سیستم های حمل و نقل - کنترل سرویس های اورژانس می باشد. دلیل دوم اینکه علوم مدیریت و مهندسی صنایع را به روش های هوش مصنوعی نزدیک میکنند. روش های ابتکاری استراتژی هایی در اختیار ما قرار دهند که توسط آن ها میتوان جستجو را تا رسیدن به نقطه ی هدف ادامه داد. توجه داشته باشید که هیچ قطعیتی در رسیدن به هدف ندارد. مگر اینکه شکل دقیق آن ناحیه را بدانیم البته اگر دقیق میدانیم که دیگر نیازی به جستجو نبود. در حالت عکس یعنی پیدا کردن بالاترین نقطه هم این نوع جستجو ممکن است انجام شود تصور کردن این مسئله جستجو در فضای سه بعدی هم راحت است. البته نسبت

به دو بعدی با دشواری بیشتری مواجهیم. طبیعتاً اگر فضا N بعدی میشود دشواری های مسئله و راه حل های جستجو بسیار بیشتر خواهد شد. برای استفاده از روش های جستجوی ابتکاری به برخی چیز نیاز داریم اولین چیز این است که تابع هدف داشته باشیم. تابع هدف عمیقی را که در لحظه جستجو در آن وجود دارد اندازه گیری میکند اغلب اوقات تابع هدف باید کمینه شود. دومین مورد را در همین مثال فوق در مثال کوهپیمایی نشان میدهم. در این کوهپیمایی بایستی بتوانیم آزادانه از نقطه ای به نقطه ی دیگر حرکت کنیم البته این امر بدین معنی نیست که لزوماً باید به طور مستقیم حرکت کنیم. ممکن است این حرکات کاملاً مارپیچ و با اعوجاج باشد. سومین نیاز رویه ای است که جستجوی ابتکاری را قرار به پیدا کردن راه حلی راضی کننده به صورت مرحله به مرحله کنند.

استراتژی های ابتکاری و فرا ابتکاری: یک روش ابتکاری برای موقعیت های خاص یا مسائل ویژه طراحی میشود. اما در علوم مدیریت و مهندسی صنایع روش هایی از این نوع برای بسیاری از انواع مسائل توسعه یافته اند و بنابراین با نام فرابتکاری خوانده میشود. روش را در این کلاس آشنا می شویم: ۱. تبلور شبیه سازی شده ۲. جستجوی ممنوع ۳. الگوریتم های ژنتیک

یک طبقه بندی از استراتژی های ابتکاری ارائه شده است که به شرح زیر میباشد

استراتژی ساختاری: ای استراتژی ها با داده ها و اطلاعات در موقعیت مسئله آغاز میشود. این داده ها برای عناصری که به نظر می رسد راه حل مناسبی برای مسئله باشند آزمایش میشوند. سپس عناصر دیگری که به نظر بهبود بخش میباشند اضافه خواهد شد.

استراتژی بهبود: در این رویکردها روش ابتکاری با راه حل های ممکن (شدنی) و کامل شروع میشوند و بعد کم کم برای بهبود بر روی آن کار میشود.

استراتژی تجزیه و تحلیل عوامل: این روش براساس تقسیم بندی میباشد. در صورتی که مسئله بسیار پیچیده باشد اجزای مسئله به قسمت های کوچکتری تقسیم میشود. ایده اصلی یافتن راه حلی برای اجزای کوچکتر مسئله و نهایتاً ترکیب دوباره ی مناسب آنهاست.

استراتژی یادگیری: ابتدا انتخاب های متفاوتی مانند شاخه هایی از درخت به وجود می آیند و بعد بهترین راه حل از بین آنها انتخاب میشود.

نکته: در بسیاری از موقعیت ها این استراتژی ها با یکدیگر ترکیب شوند مثلاً رویکرد کلی تجزیه و تحلیل عوامل باشد اما از استراتژی بهبود برای هر جز استفاده شود

برخی ایده های اساسی

۱- **بهبود همراه با تکرار**: هر سه ی این استراتژی های ابتکاری دارای ویژگی های مشترکی هستند که یکی از این ویژگی ها این است که راه های بهبود در آنها به صورت تکراری خواهد بود. یعنی در واقع الگوریتم ها به صورت گام ب گام انجام میشوند و مشخص میشود در هر گام مسئله بهبود یافته یا خیر و سپس مورد بازبینی قرار میگیرد. پس میتوان گفت که این سه رویکرد براساس استراتژی بهبود عمل میکنند و یک راه حل ممکن را به امید بهبود آن پیش می برند. اینکه چقدر طول میکشد تا راه حل به نقطه ی بهینه برسد علاوه بر نوع استراتژی جستجو به نقطه ی شروع نیز بستگی دارد.

۲- **همسایگی ها**: ویژگی دوم این روش ها از مثال کوهنورد ما در مثال قبل درک میشود از آنجایی که این روش ها تکراری است باید توجه داشته باشیم که انتخاب هایمان را در هر مرحله ای محدود به نقاط همسایگی، نقطه ی فعلی انجام خواهیم داد. این ایده ی اصلی جستجوی همسایگی است. بنابراین الگوریتم ها حتما باید همسایگی را تعریف کنند و در مثال کوهنورد ما این شبیه نقطه هایی که جستجو گر در اولین حرکت بعدی خود به آنها میرسد است. هر نقطه فراتر از آن جز همسایگی محسوب نمیشود. بنابراین جستجو شامل بررسی راه حل ها در همسایگی و انتخاب بهترین آنها برای حرکت بعدی خواهند بود.

۳- **جستجوی همسایگی ساده**: استراتژی های ابتکاری میتوانند توسط چارچوبی استاندارد به طور عمومی به کار گرفته شوند. این چارچوب شامل یک الگوریتم کلی که دارای ۳ مرحله میباشد به صورت زیر

مرحله ۱ - اولیه سازی (الف): آغازین یعنی X فعلی را از X انتخاب کنیم (ب) بهترین هزینه را تعریف کنیم.

مرحله ۲ - انتخاب و به انتها رسیدن (الف): راه حل X بعدی را از $N(X)$ (فعلی) به گونه ای انتخاب کنید که در آن C_x فعلی بزرگتر از C_x بعدی باشد (ب) اگر راه حل مناسبی برای بهبود X فعلی پیدا نشد توقف کنید. در غیر این صورت به مرحله ی ۳ بروید.

مرحله ۳ - به روز کردن (الف): X فعلی را برابر X بعدی قرار دهید (ب) بهترین هزینه را برابر C_x قرار دهید (ج) به مرحله ی ۲ بروید

نکته: بنابراین روش حول همسایگی جستجو میکند و هر حرکتی به نقطه ی جدیدتر از که منجر به مقدار پایین تری برای تابع هزینه ی شود قبول میکند. اگر نقطه ی دیگری در همسایگی منجر به بهتر نشود الگوریتم متوقف میشود. راه حل ممکن با متغیر X نشان داده میشود. فرض کنید مجموعه ی کامل راه حل های ممکن X بزرگ باشد پس X کوچک عضوی از X بزرگ باشد. می خواهیم یک X کوچک را از مجموعه X بزرگ با گونه ای انتخاب کنیم که C_x یعنی هزینه های را X کوچک کمینه کند برای راه حل در X کوچک همسایگی n_x وجود دارد که شامل راه حل های دیگری است که میتوان از X کوچک با حرکت ساده ای به آن ها رسید. فرض کنید که راه حل ها باید تکراری باشد و در هر تکرار راه حل کنونی با X فعلی نمایش داده میشود

مرحله ۴ - جستجو همسایگی با نزولی سریع: میتوان از اصل نزولی سریع هنگامی که در جست و جوی همسایگی راه حل بعدی را یعنی X_{n+1} از n_x فعلی انتخاب کنید استفاده کنید. این کار مانند جستجوی فرد گم شده در پرشیب ترین نقطه ی همسایگی مکان های اطراف خود میباشد. اگر می توانست تمامی مکان های نزدیک در همسایگی خود را مشاهده کند بهترین استراتژی حرکت به عمیق ترین نقطه ی میبود. الگوریتم نزول سریع به شرح زیر است:

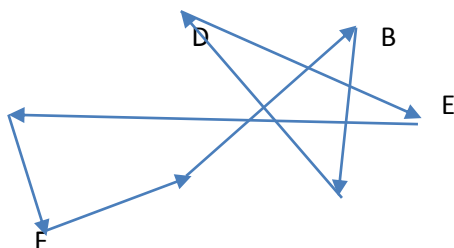
مرحله یک: اولیه سازی: الف) راه حل آغازین یعنی X کوچک فعلی را از X بزرگ انتخاب کنید. بهترین هزینه را تعریف کنید C_x

مرحله دوم: انتخاب وبه انتها رسیدن: الف) راه حل X بعدی را از N_x فعلی به گونه ای انتخاب کنید که X بعدی کمینه ی X فعلی بوده و کمتر C_x باشد ب) اگر راه حل مناسبی برای بهبود X فعلی پیدا نشد توقف کنید. در غیر این صورت به مرحله ۳ بروید.

مرحله سوم: به روز کردن: الف) X فعلی را برابر X بعدی و C_x فعلی را برابر C_x بعدی قرار دهید ب) به مرحله ی ۲ بروید نکته: بنابراین کنترل هزینه یعنی C_x فعلی از گام سوم به گام دوم منتقل شده است.

مسئله ی فروشنده ی دوره گرد

شکل زیر در کشور خیالی جیبوتی در نظر بگیرید. فرض کنید فردی میخواهد از کوتاه ترین راه ممکن با شروع از شهر A تمام شهر را ببیند و در آخر سفر وی مجدداً به شهر A ختم شود این مثال ساده است اما نمادی کلی از مسئله ی عمومی فروشنده ی دوره گرد میباشد که برای نشان دادن قدرت روش های ابتکاری بسیار به کار می رود. این مسئله یک معماست که تنها یک جواب دارد. این مثال بسیار کوچک است و به راحتی وبا در نظر گرفتن همه ی راه ها و مقایسه آن ها با یکدیگر و انتخاب کمترین فاصله ممکن حل خواهد شد. در این جا ما تنها هفت شهر داریم. تعداد انتخاب های ممکن با تعداد شهرها به صورت تصاعدی افزایش میابد امروزه روش های ابتکاری برای سروکله زدن با مسئله فروشنده دوره گرد با تعداد میلیون ها نقطه سفر به کار می رود.



فرض کنید این مسئله برای فروشنده ای با نام آقای نادرخانی میباشد. آقای نادرخانی باید از هر هفت شهر در هر روز جمعه دیدار کند و به همین خاطر قصد دارد فاصله ای را که باید طی کند را کمینه کند. او سفر خود را از هفته آینده آغاز میکند و میخواهد راهی را که از

شهر A شروع میشود و در عصر جمعه و به همان جا برمیگردد را انتخاب کند. اطلاعات مربوط به حد واصل شهرها برحسب کیلومتر در جدول زیر داده شده است. یکی از کارمندهای او پیشنهاد میکند که مسیر معمولی که وی طی

میکند انتخاب کند. راه پیشنهادی کارمند او از A شروع شده و به B و سپس به ترتیب به C, D, E, F, G و در نهایت به A برمیگردد. نشان دادن مسیر با شهرهایی که به ترتیب به آنها سفر میکند و با در نظر گرفتن اینکه او بایستی نهایتاً به شهر مبدا بازگردد میتواند یک شروع مناسب باشد.

متوانید مسیر پیشنهاد شده را با فهرستی که در آن از نام شهرها استفاده شده است نشان داد. بنابراین اگر او این مسیر را قبول کند مسیر به ترتیب زیر خواهد بود: A B C D E F G

	A	B	C	D	E	F	G
A	-	۲۵	۳۲	۲۳	۲۵	۳۲	
B	۳۰	-	۳۳	۳۰	۶۰	۷۰	
C		۲۵	-	۳۷	۳۳	۱۸	
D		۵۵	۵۲	-	۴۳	۵۷	
E				۴۵	-	۵۰	
F					۵۲	-	
G						۲۱	-

همسایگی ها در مسئله ی فروشنده دوره گرد

برای روش های ابتکاری که بر اساس جستجوی همسایگی استوار هستند ابتدا مهم است که همسایگی را تعریف کنیم. برای یک مسئله ی فروشنده ی دوره گرد مفید خواهد بود تا یک همسایگی دوطرفه تعریف شود که در هر صورت لزوم هر ۲ ارتباط در آن با ارتباط دیگر قابل جا بجا شدن خواهد بود. برای مثال اگر رابطه بین A و B را D و E جابجا کنیم و راه کنونی به صورت A, B, C, D, E, F, G باشد با اینجا به جایی میتوان مسیر دیگری را بصورت G, A, D, B, C, E, F که در آن نوع جای شهرهای B و D عوض شده است. هر دو این حرکت ها تنها یک نتیجه ی شدنی خواهند داشت. هرچقدر همسایگی بزرگتر باشد مجموعه انتخاب های جستجو نیز بیشتر خواهد بود و این امر به این دلیل خواهد بود که الگوریتم آهسته تر عمل خواهد کرد. هرچند ممکن است به یک همسایگی کوچک باشد اما راه طولانی برای رسیدن به جواب بهینه داشته باشد. ساختار همسایگی جستجو را محدود میکند و میتوان گفت رابطه معکوس بین اندازه ی همسایگی و سرعت رسیدن به جواب بهینه وجود دارد. اگر مسئله فروشنده ی دوره گرد شامل

N مکان باشد تعداد مسیر های ممکن $\frac{(n-1)!}{n}$ میباشد که $(n-1)!$ به معنی حاصل ضرب $n-1$ در $n-2$ در $n-3$ تا 1 میباشد. که در این مثال 7 شهر وجود دارد که در واقع 360 مسیر ممکن وجود داشته باشد. پس میتوان در یک مسئله کوچک از نام گذاری استفاده کرد تا همه ی انتخاب را چک کرد تا به کوتاه ترین مسیر رسید اما برای مسائل بزرگ تعداد مسیر ها بصورت تصاعدی افزایش می یابد. مثلاً اگر N برابر 10 باشد بیش از 180000 راه ممکن وجود دارد و اگر N برابر 12 باشد تقریباً 20 میلیون مسیر وجود خواهد داشت. همان طور که قبلاً گفته شد ما باید همسایگی را در جستجو مطرح کنیم. فرض کنید تصمیم بگیریم که 2 شهر را انتخاب کرده و موقعیتشان را در فهرست جابجا کنیم در همسایگی به شرح زیر خواهد بود.

$$\frac{n \times (n - 1)}{2}$$

به خاطر این است که هریک از هفت شهر دارای 6 جفت دیگر هستند که میتوانند با هم جابجا شوند اما فاصله ی هر شهر قبلی تا شهر بعدی معادل فاصله ی شهر بعدی تا شهر قبلی است و به همین علت مقدار فواصل در فرمول به عدد 2 تقسیم میشود بنا براین در این مثال 21 جابجایی برای هر همسایگی امکان پذیر خواهد بود

جست و جوی ممنوع

ایده اصلی در این جستجو توسعه ی روش هایی می باشد که فرآیند جستجو را در موارد دشوار نیز انجام داده و از رسیدن به راه حل های نیمه بهینه جلوگیری کند. مانند سایر روش ها این روش نیز اصولی دارد که توسط استفاده از حافظه ی انعطاف پذیر که اطلاعاتی درباره ی راه حل های گذشته را علاوه بر راه حل های جدید ذخیره می کند بدست می آید. این جستجو به این دلیل ممنوع نام گرفته که از روش هایی استفاده میکند که حرکتی به سمت ممنوع بودن، منع شدن انجام میدهد گرچه خود بخشی از همسایگی هستند در یک همسایگی ساده تمامی اعضای همسایگی یک کاندیدای حل از نقطه ی فعلی هستند اما در جستجوی ممنوع این همسایگی محدودیتی پیدا میکند برخی از اجزاء ممنوع میشوند و در فهرست ممنوع ها قرار میگیرد این بدین معنی است که روش ابتکاری پایین ترین مقدار همسایگی غیر ممنوع را انتخاب خواهد کرد. بنابراین مدلساز باید از قبل قواعدی را که جزئیات مشخصی را با توجه به موقعیت کنونی آنها به عنوان ممنوع انتخاب میکنند به کاربرد حرکات ممنوع به اساس تاریخچه ی کوتاه و بلند مدت جستجو می باشد و در واقعا از حرکات بد اعضا و شکست آنها جلوگیری میکند. حافظه ی انعطاف پذیر به الگوریتم جستجوی ممنوع اجازه میدهد تا برخی جنبه های تاریخچه جستجو را کنترل کند راه دقیقی که این حافظه در آن سازمان می یابد به روش های ممنوع در حال استفاده و چگونگی برنامه ریزی ابتکاری در کامپیوتر بستگی دارد این حافظه ی انعطاف پذیر 4 جنبه دارد. نوع گدایی (یعنی محدود کردن جستجو) فراوانی یعنی (متنوع کردن جستجو) نفوذ و کیفیت (یعنی استفاده از معیارهای تشویق برای شکست دادن ممنوع)

الگوریتم های ژنتیکی

این استراتژی از این بابت ناشی میشود که جهش های تصادفی در سطوح ژنتیک و در شرایط مناسب باعث به وجود آمدن جمعیتی سالم که شامل ژن های موفق است میشود ایده اساسی این روش این است که شرایط (محیط) جهش تصادفی را با انتخاب جهش هایی بهتر با بقا مطابقت دارند متعادل می کنند. این روش نیز براساس نوعی تصادف است. مفهوم اولیه در این روش وجود یک کروموزوم است. این کروموزوم ۷ متغیر باینری (صفر و یک) دارد. هر کدام مکان هندسی مخصوص به خود را دارند و با نام امل شناخته میشوند



فصل سیزدهم: اعتبار و ارزیابی

مدل

مبانی اعتبار: یک مدل نمایشی از دنیای واقعی یا بخشی از آن است بنابراین اعتبار آن در شرایط واقعی بسیار مهم است. کاری که باید بکنیم این است که رفتار مدل در شرایط واقعی را کنترل کنیم و این که بینم اینکه آیا مدل ما در شرایط واقعی هم کار میکند. اگر اینگونه باشد مدل معتبر است. در غیر این صورت معنبر نیست باین که مسئله ی اعتبار بنظر ساده میرسد اما بسیار پیچیده است.

MCDM روشی است که به دنبال یافتن راه هایی برای یافتن ترجیحات مختلف در چارچوب یکسان است همان قدر که این مورد به مدل سازی کمی مربوط میشود به مدل سازی تفسیری نیز ربط دارد و همین یافتن اعتبار مسئله را کمی دشوار میکند.

اعتبار داشتن به معنی کاملا صحیح بودن نیست. این نوع اعتبار تقریبا غیر ممکن است اعتبار همواره یک پدیده ایده آل است و می گوید که آیا مدل های ما ناصحیح هستند یا خیر مدل ساز باید اعتبار را در برنامه کاری و هدف مدل قرار دهند. اما این کار محدودیت هایی نیز دارد.

درواقع تئوری ها هیچ وقت کاملا صحیح نیستند اما میتوانند مفید واقع شوند بنابراین این امر بستگی به نوع مدل و استفاده از آن دارد.

خطاهای اعتبار:

الف) استنباط آماری: ما را قادر میسازد تا نمونه ای از یک جامعه ی آماری را انتخاب کرد. و با بررسی به آن به نتیجه برسیم.

به عنوان مثال تنها راه آزمایش طول عمر لامپ خراب کردن آن است. اما اگر یک کارخانه بخواهد تمام محصولات خود را اینگونه آزمایش کند دیگر چیزی باقی نخواهد ماند در عوض کارخانه نمونه هایی را انتخاب کرده و با استفاده از نتیجه ی آنها استنباط هایی درباره ی کل محصولات ارائه می دهد.

ساختن استنباط درباره ی یک جمعیت یا امتحان کردن نمونه هایی از اعضای جمعیت غیر معمول نیست البته تمامی اعضای جامعه تا حدی مشابه باشد. این استنباط درباره ی جامعه ی نزدیک به واقعیت خواهد بود. هرچند با کمی تفاوت

پس میتوانیم طول عمر هر عضو جامعه ی نمونه از لامپ هارا اندازه گیری کرده و بعد طول عمر متوسط کل نمونه و از آنجا جامعه را محاسبه کنیم. از آنجا که این نمونه ها ممکن است کاملا نشان دهنده ی جمعیت کل نباشند پس گاهی میتوانند ناصحیح باشند به عنوان مثال انتخاب تنها ۲ نمونه از ۲ لامپ A و B ممکن است پیشنهاد کنند که طول عمر A بیشتر از B است هرچند این نمونه تصادفی انتخاب شده اند ولی ممکن است غلط باشند شاید نمونه برداشته شده از B از بین لامپ های خراب باشد پس این استنباط کاملا ناعادلانه است برای مقابله با این مشکل تئوری های آماری سطوح اعتماد با مرزهایی روی مقادیر تعیین میکند پس عبارت ۹۵٪ حدود اطمینان برای طول عمر لامپ ها نشان گر طول عمر خواهد بود عدد ۹۵٪ نشان میدهد

عدد ۹۵٪ نشان میدهد که ۹۵٪ احتمال وجود دارد که میانگین واقعی طول عمر کل جمعیت لامپ ها در این حدود قرار بگیرد

ب) خطاهای نوع اول و دوم

یکی از کاربردهای استنباط آماری آزمایش تئوری و ابداع است برای مثال ممکن است بدانیم که آیا دو نوع متفاوت از لامپ طول عمر متفاوتی خواهد داشت یک راه نمونه برداری از هر نوع و محاسبه ی طول عمر میانگین نمونه ها میباشد. برای یافتن این که طول عمر A بیشتر است یا B باید به تفاوت های طول عمر میانگین آنها و بزرگتر از صفر بودن تفاوت آنها توجه کنیم.

یک ادعا میگوید که تفاوت میانگین آنها برابر صفر است و ادعای دیگر تفاوت را به نفع A میداند.

ادعای اول را در سطح اعتماد ۹۵٪ رد میکنند. این به این معنی است که ۹۵٪ احتمال دارد که تفاوت نمونه ها در کل جمعیت آنها بزرگتر از ۳ باشد البته ممکن است نتیجه اشتباه باشد چون تفاوت در کل جمعیت میتوان خیلی کوچک و حتی صفر باشد. برای مقابله با این مشکل از اصطلاحات خطاهای نوع اول و دوم استفاده میکنیم. خطای نوع اول هنگامی است که فرض صحیحی رد میشود در همین مثال ممکن است نتیجه گرفته باشیم که تفاوت زیادی بین طول عمر لامپ A و B وجود دارد اگر به کل جمعیت این لامپ ها دسترسی داشته باشیم ممکن بود که بفهمیم این نتیجه گیری غلط است. این یک خطای نوع اول است. خطای نوع دوم هنگامی که فرض غلطی پذیرفته میشود اتفاق می افتد برای مثال ممکن است قبول کنیم که در یک سطح اعتماد مشخص میانگین طول عمر ۲ نوع لامپ یکسان است. اگر این فرض و ادا اشتباه باشد آنگاه یک خطای نوع دوم اتفاق خواهد افتاد. گفته شده که اعتبار یک مدل شامل کاربرد ایده های آماری از نمونه ای مدل و مقایسه ی آن با نمونه های دنیای واقعی است. این یک فرا ساده سازی برای مدل های تفسیری و کمی میباشد. درحالت کلی برای اعتبار میتوان گفت یک خطای نوع اول خطر یا ریسک اشتباه رد کردن یک مدل معتبر و خطای نوع دوم ریسک اشتباه قبول کردن یک مدل غیر معتبر است.

خطاهای نوع صفر:

یک خطای نوع صفر هنگامی رخ میدهد که مدل ساز به طور کلی اشتباه کند در نتیجه مدلی کاملاً غلط و بدون هیچ ارزشی قبول خواهد شد. این امر در مدل های پیچیده اتفاق می افتد بهترین راه برای جلوگیری از خطای نوع صفر توجه و دقت فراوان به تنظیم مدل و شناسایی خود مشکل میباشد. مدلسازان حرفه ای اغلب بیشتر تمرکز خود را روی جنبه های تکنیکی مدل می گذارند و اغلب ۳۰٪ کوشش خود را به ارزیابی و اعتبار مدل اختصاص میدهند

ارزیابی و اعتبار مدل های کمی:

یک سیستم واقعی میتواند به عنوان جعبه ی سیاهی که ورودی های تعریف شده ای را به خروجی های قابل مشاهده تبدیل میکند در نظر گرفته شود. این تبدیل رابطه ی ورودی و خروجی را در یک سیستم واقعی تعریف میکند و ما آن را تنها در زمان های مشخص T میتوانیم مشاهده کنیم این کار برگرفته از مفاهیم مرتبط با شبیه سازی کامپیوتری گسسته مربوط میشود. ۱۹۸۴ زیگلر مفهوم چارچوب تجربی را به عنوان تعریف دقیقی از موقعیت هایی که میتوان رابطه ی ورودی و خروجی را در آنها مشاهده و به دست آورد معرفی کرد بنابراین اگر چه ما مایل هستیم رابطه های ورودی خروجی را به طور کامل شناسایی کنیم اما انجام این کار در T زمان مشخص و در چارچوب تجربی ممکن خواهد بود اگر این صحیح باشد و بتوان رابطه ی ورودی و خروجی در سیستم واقعی را در چارچوب تجربی مشخصی دید. پس میتوان رابطه ی ورودی و خروجی مربوطه در مدل را نیز مشاهده کرد

نظریه زیگلر ۲ جنبه ی مهم دارد. اول اینکه اعتبار شامل محاسبه کردن مشاهدات (تعدادی از مدل و تعدادی از سیستم واقعی است) پس اگر بخواهیم ورودی فرآیند و خروجی سیستم های واقعی با مدل را مقایسه کنیم میتوانیم با استفاده از بررسی ها و آزمایشات آماری این کار را انجام دهیم.

دوم اینکه مفهوم چارچوب تجربی زیگلر به ما یادآوری میکند هر عبارت دارای اعتباری باید با هدف مشخص ساخته شود چرا که اعتبار خود آزمایش از صحت هدف است.

سیستم واقعی:

به عنوان منبعی از داده های قابل مشاهده تعریف میشود. حتی اگر ما یک سیستم واقعی را درک نکنیم میتوانیم رفتارش را مشاهده کنیم داده های قابل مشاهده شامل مجموعه ای از روابط ورودی و خروجی هستند که لزوماً میتوانند ساده نباشند

چارچوب تجربی:

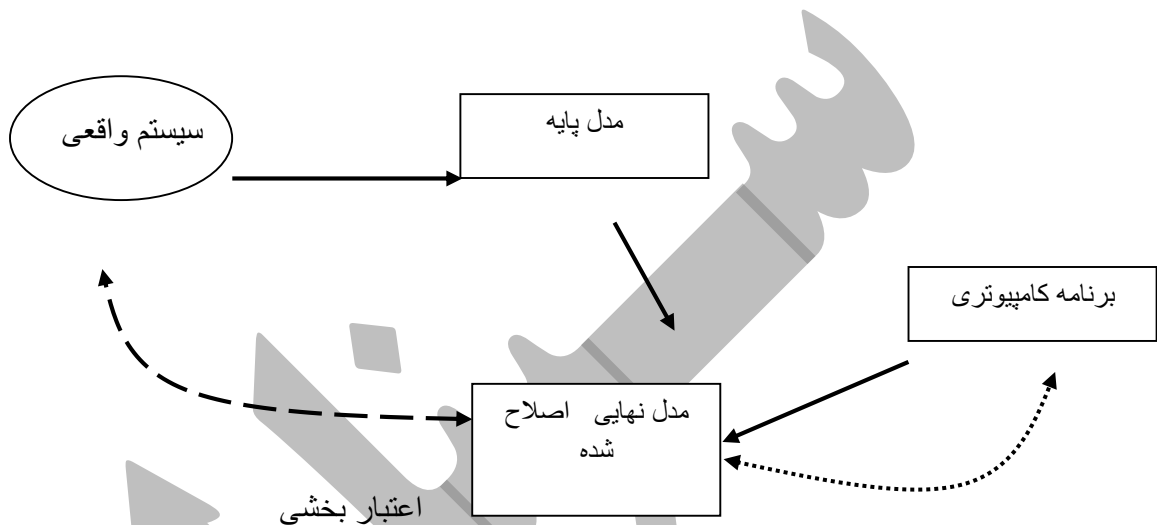
این مجموعه ی محدودی از موقعیت هایی است که تحت آنها سیستم باید مورد آزمایش قرار گیرد

مدل پایه :

مدل فرضی اولیه تئوری که تمامی روابط و رفتار ورودی و خروجی را محاسبه میکند ممکن است نتایج ملموس نداشته باشد بنابراین نمایانگر دنیای واقعی نیست.

مدل نهایی اصلاحی : تیم گونه اصلاح شده و و سده سازی شده و صریح مدل است

برنامه کامپیوتری: در اینجا مدل نهایی و اصلاح شده برای یک پارچه سازی روابط و ورودی و خروجی به کار گرفته میشود.



اعتبار سنجی: میخواهیم ببینیم اعتبار دارد؟

هنگامی که با سیستم پیچیده ای برای ساختار مدل روبرو میشود و ابتدای مدل پایه و مفهوم بسازید و سپس مدل نهایی را توسعه دهید و وارد برنامه کامپیوتری کنید. به یاد داشته باشید که محصول نهایی مورد استفاده قرار گرفتن مدل ها در اهداف تعیین شده توسط چارچوب تجربی است. اعتبار سنجی و اعتبار بخشی در مدل های شبیه سازی اعتبار و یا اعتبار بخشی فرآیند ارزیابی درجه همانندی رابطه ورودی و خروجی مدل نهایی و سیستم واقعی با چارچوب تجربی مشخص است. اعتبار سنجی آزمایش یک برنامه ی کامپیوتری برای بررسی یکسان بودن رابطه ی ورودی و خروجی آن با مدل نهایی استونکته اعتبار سنجی معمولاً از اعتبار بخشی آسان تر است. ۲. راه برای اعتبار بخشیدن به مدل : (۱) اعتبار جعبه ی سیاه (۲) اعتبار جعبه ی باز (سپید)

(۱) اعتبار جعبه ی سیاه: (قدرت پیش بینی)

در اعتبار نوع جعبه ی سیاه با مدل به عنوان سیستم ورودی و خروجی و با ساخت درونی نا مشخص رفتار میشود. آزمایش براساس مقایسه ی بین خروجی مدل و خروجی های تولید شده توسط سیستم است که مدل از روی آن تهیه شده است. فرض میشود که هم مدل و هم سیستم های واقعی تحت شرایط یکسانی کار میکنند اگر خروجی مدل از خروجی سیستم غیرقابل تشخیص باشد به معنی معتبر بودن مدل است این نوع از اعتبار روی قدرت پیش بینی مدل تمرکز دارد.

مهم است که بدانید اطلاعات جعبه ی سیاه براساس مشاهده ی دو مجموعه است اولی از مدل و دومی از سیستم تولید میشود. هدف این روش تولید نتایج یکسان نیست بلکه آزمایش هر ۲ مجموعه مشاهدات از لحاظ نزدیک بودن به یکدیگر است

نکته: در مطالعاتی که سیستم مرجع و واقعی برای آنها وجود ندارد روش جعبه ی سیاه به مشکل برمیخورد زیرا مقایسه ی خروجی مدل و سیستم امکان پذیر نیست

(۲) اعتبار جعبه ی باز: (سپید)

مدل ساخته ی ذهن افراد است و شامل روابطی است که باید توسط سازندگان آن کاملاً درک شود. ایده اصلی این روش مقایسه ی جزئیات ساختار درونی مدل با سیستم مرجع آن است. بنظر میرسد مشکل در اینجا به وجود آید زیرا که دلیل ساخت یک مدل کمک به درک ساختار سیستم مرجع و واقعی است. اعتبار جعبه ی باز براساس ارزیابی متغیرها و روابطی که در مدل موجود هستند استوار است مثلاً برنامه ریزی خطی به عنوان شکلی از مدل سازی بهینه سازی میباشد. محدودیت هایی در این مثال وجود دارند که بدون در نظر گرفتن اینها مدل غیر قابل معتبر میشود. امتحان این محدودیت ها و روابط در تابع هدف بخشی مهمی از اعتبار مدل های بهینه سازی به حساب می آید.

مسئله ی دیگری که باید در این مدل ها امتحان کرد توزیع های احتمال میباشد. اگر توزیع احتمال پدیده ها مشخص باشد آیا میتوان از آن برای مدل کردن سیستم ها از آن استفاده کرد مثلاً در سیستم های صف ممکن است توزیع احتمال پواسن برای مدل کردن زمان مشتریان مورد استفاده قرار گیرد در شرایطی که احتمال رسیدن هر مشتری مستقل از دیگر مشتریان است یا بطور مثال توزیع احتمال وایبول برای بررسی خرابی ماشین آلات مورد استفاده قرار میگیرد. بهتر است به فرآیندی که توزیع احتمال نمایشگر آن است توجه کنید توزیع های احتمال تجربی از جمع آوری تعداد زیادی داده و پردازش مخفی بر روی آنها شکل میگیرند.

برخی توضیحات پیوسته و تعدادی از آنها گسسته هستند بعضی از توزیع ها فرض میکنند که متغیرها دامنه ی حدی بینهایتشان را پوشش میدهند برخی عقیده دارند دامنه ی با مقادیر \min و \max محدود میشود. برای این اساس توزیع احتمال پیروی میکند یا نه؟

بدیهی است که اعتبار جعبه ی باز بخشی از فرآیند مدل سازی است و باید در حین مدل سازی و نه فقط برای یک بار انجام شود تک تک اجزای فرآیند مدل سازی نیز باید در این کار سهیم باشند ممکن است کار اصلی را دل ساز حرفه ای انجام دهد (یعنی فرآیند مدل سازی را) اما نفر دومی نیز دامنه ی مشکل را بررسی میکند در مدل سازی های بزرگ بیشتر این اعتبار بخشی و اعتبار سنجی و ارزیابی مدل به شخص سومی واگذار میشود تا جزئیات مدل و اعتبار آن را بررسی کند (اثبات صحت)

ارزیابی و اعتبار مدل های تفسیری و توصیفی:

روش های مدل سازی نرم که پیشتر توضیح داده شد کمک میکند تا افرادی که نظرات مختلف و گوناگون درباره ی چیزهای مختلف دارند به توافق نظر و اجماع برسند

اعتبار در روش شناسی مدل های نرم:

اعتبار از نوع کمی به علوم فیزیکی نزدیک است و این مسئله را در ۳ مورد زیر توضیح می دهیم

(۱) **تقلیل گرایی**: یعنی یک سیستم پیچیده را بدون از بین رفتن اطلاعات آن میتوان به اجزای تشکیل دهنده اش تبدیل کرد

(۲) **تکرار پذیری**: این ایده براساس حوضه های مطالعه شده ی علمی میگوید که هر تجربه ای باید حتی در سطح مفهوم تکرار پذیر باشد مثلا در بسیاری از جرنال های معتبر از نویسنده ای محترم خواسته میشود که مسیر دقیق خود در مقاله را بنویسد تا تکرار پذیری آن توسط دیگران کنترل و تجربه شود

(۳) **تکذیب یا ابطال پذیری**: این نظریه به آقای کوپر برمیگردد که میگفت هیچ تجربه ای نمیتواند صحت یک تئوری را ثابت کند و تلاش های علمی و واقعی آنهایی بودند که میتوانستند غیر صحیح بودن تئوری و یا بخشی از آن را نشان داده و اثبات کنند در اینصورت تمامی تئوری های علمی برپایه ی حدس و گمان خواهد بود که البته به معنی یکسان بودن آنها از لحاظ ارزشی نمیشود

۳ مطلب ذکر شده در فوق در اثبات پذیری تجربی استفاده میشود. بنابراین هر نوع تفکر علمی بر مبانی فرضیات بایستی این ۳ مفهوم را لحاظ کند پس روش های اعتبار و ارزیابی مدل کمک میکند تا ببینیم مدل به سیستم واقعی چقدر نزدیک است زیرا که این مدل ها برای توسعه ی سیستم های واقعی طراحی میشوند

روش شناسی مدل های نرم روش شناسی سیستم است. پس ایده های سیستمی و منطق خاص خودش را به کار میگیرد. کاربرد ایده های سیستم روش شناسی مدل های نرم ممکن است باعث شود که برخی تصور کنند که مدل های مفهومی نیز باید براساس ایده های سیستم باشد اما این امر الزامی نیست و میتوان از آنها در مدل ها استفاده نکرد.

یک مدل مفهومی می بایستی هر یک از فعالیت هایش دارای یک مفهوم یا لغت در تعاریف ریشه ای باشد که اجزای تعریف ریشه ای را میتوان به عنوان بخش های یک سیستم ورودی - خروجی در نظر گرفت. پس وقتی ارتباط بین یک مدل مفهومی و تعریف ریشه ای برقرار شود به ایده های سیستمی خواهیم رسید. پس اعتبار یک مدل مفهومی در روش شناسی مدل های نرم به نظریه ای بدیهی از تئوری سیستم ها ربط دارد. آقای چک لند و پیشنهاد در رابطه با اعتبار دارد: ۱- اولی به درجه ی معتبر بودن تعاریف ریشه ای که مدل ها از آن ها شناخته شده اند ۲- دومی به ارتباط اعتبار با نتیجه ی کار بستگی دارد.

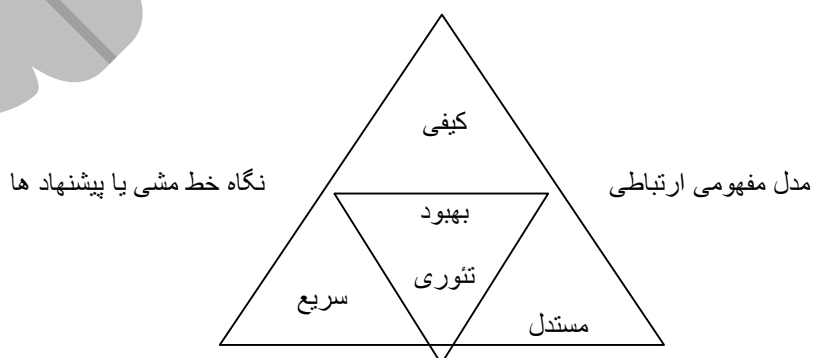
اعتبار در نگاشت ادراکی و سودا

نگاشت ادراکی ابزار تفکر و حل مسئله است مانند روش شناسی مدل های نرم میتوان اعتبار را برای نگاشت ادراکی البته بر اساس نگرش ساختاری بدیهی و ابزاری در نظر گرفت. اگر دو فرد دارای ساختار یکسانی از یک تجربه باشند آنگاه میتوانیم بگوییم که فرآیندهای روان شناختی آن ها یکسان است، ضمناً افراد قادرند که سیستم های ساختاری یکدیگر را درک کنند، و این اساس تعاملات اجتماعی است. در نتیجه اگر افراد نظریه های یکسانی درباره ی مفاهیمی نداشته باشند و اگر خود تئوری دلیلی برای اعتبار نداشته باشد آنگاه نگاشت ادراکی غیر معتبر است. مانند روش شناسی مدل های نرم در نگاشت ادراکی نیز میتوان از نگاه ساختاری و نگاه ابزاری برای اعتبار بخشی استفاده کرد.

اعتبار در سیستم های دینامیکی:

مدل های سیستم های دینامیکی با مدل های مفهومی روش شناسی مدل های نرم و یا نگاشت ادراکی تجربی تفاوت دارد، چون میتوانند هم مانند مدل های کمی و هم مانند مدل های تفسیری مورد استفاده قرار گیرند. این اعتبار این مدل ها را به شکل ستاره که در شکل زیر نمایش داده شده است بیان میکنند. در اینجا چهار راهی را که سیستم های دینامیکی در آن ها استفاده میشوند نشان داده شده. این چهار راه جنبه های مختلف فرآیند مدل سازی سیستم های دینامیکی هستند

بهبود وضعیت



بهبود وضعیت

مدل رسمی

بهبود وضعیت

مدل ستاره ناشده ی لین

بهبود وضعیت:

این راه مربوط به جمع آوری داده ها و تاثیر آن بر دنیای واقعی است بنا براین از آن برای مفهوم سازی از داده های جمع آوری شده برای استفاده های بعدی استفاده میشود. این مورد شبیه ایده ی زیگلر میباشد که سیستم واقعی را به عنوان منبعی از داده ها میبینیم

مدل مفهومی ارتباطی:

این بخش توصیف بهبود وضعیت براساس چارچوبی مشخص است تا برای سایرین نیز قابل فهم گردد این بخش نیز به ایده ی مدل زیگلر نزدیک است

مدل رسمی:

نمایش گر مدل مفهومی ارتباطی است. مثلاً استفاده از نرم افزار ونسیم

نگاه خط مشی ها و پیشنهاد ها:

این ها نتایجی هستند که در غالب مفاهیم کمی و کیفی درسیستم های دینامیکی آورده شده اند مفاهیم فوق تاکید میکند که سیستم های دینامیکی دارای صور مختلفی هستند و تنها یک صورت از آنها تفسیری است

سیستم های دینامیکی سریع:

این بخش در قسمت چپ راس مثلث قرار دارد و به کاربرد مدل رسمی با ترم افزار کامپیوتری درر توسعه پیشنهاد هایی جهت تاثیرات اشاره دارد. میتوان از تکنیک های اعتبار دادن به مدل های کمی از این مدل استفاده کرد.

سیستم های دینامیکی کیفی:

این بخش در بالای مثلث است و مدلی را نمایش میدهد که در آن سیستم های دینامیکی زبانی در اختیار افراد قرار می دهد تا توسط آن نظرات خود از سیستم را مطرح کند پس این قسمت شکل تفسیری از مدل میباشد.

سیستم های دینامیکی مستدل:

این قسمت در سمت راست مثلث قرار دارد و کاربرد مدل رسم را در فهم و توسعه ی یادگیری نشان میدهد این قسمت نیز ویژگی های تفسیری دارد.

سیستم های دینامیکی بصورت تئوری

هیچ یک از رؤس این قسمت به بهبود وضعیت منجر نمیگردد و این به معنی توجه نکردن به سیستم های واقعی است لاین به این خاطر از این ها نام برده تا قدرت روش سیستم های دینامیکی و یا استفاده از مدل هایی را که هیچ کاربرد یا کاربرد مشخصی ندارند را نشان دهد برخی ویژگی های مدل تفسیری در آن دیده میشود.

فصل چهاردهم: آشنایی با نرم افزار

VENSIM

مقدمه:

نرم افزار VENSIM برای مدل سازی یک یا چند کمیت که در طول زمان تغییر می یابند، طراحی شده است. اصول و مکانیزم های پویایی های سیستم ابتدا در دهه های ۱۹۴۰ و ۱۹۵۰ مطرح و بررسی هایی بر روی آن انجام شد. پویایی های سیستم روش درک انواع مشخصی از مسایل پیچیده ی سیستم است. این رشته در واقع از صنعت و مسایل ناشی از آن نشأت گرفته است. کار نخستین آن ابتدا با برخی مسایل مدیریتی نظیر بی ثباتی در تولید و اشتغال، رشد کم یا ناسازگاری فعالیت های سازمانها و کاهش سهم بازار در ارتباط بوده است. پویایی های سیستم که قبلاً به پویایی های صنعت مرسوم بود در اوان ظهور خود توسط "جی - فارستر" در حل مسایل متنوع کاربرد گسترده ای یافت. سیستم دینامیک در گستره وسیعی از مسایل مورد استفاده واقع شده است که از جمله می توان به استراتژی برنامه ریزی و طراحی یکپارچه (فارستر ۱۹۶۱ ولینز ۱۹۸۰)، رفتارهای اقتصادی (اساترمن ۱۹۸۳)، مدیریت اجتماعی (هامر و کلایر ۱۹۹۱)، مدلسازی بیولوژیکی و پزشکی (هانسون و بای ۱۹۸۷)، انرژی و محیط (فورد و لوبر ۱۹۸۹)، پویایی های ترکیبی غیرخطی (موسکید ۱۹۹۱)، توسعه تئوریهای علوم طبیعی و اجتماعی (دیل ۱۹۹۷)، تصمیم گیری های پویا (استرمن ۱۹۸۹)، مهندسی نام افزار (عبدالحمید ۱۹۸۴)، مدیریت زنجیره تأمین (تاویل ۱۹۹۰)، بارلاس و اکسوگان ۱۹۹۷، اکرم ۱۹۹۷) اشاره کرد.

مدل World ۳ توسط فارستر (۱۹۷۳) بنیان گذار سیستم دینامیک، تهیه شده است. این مدل به بررسی تغییرات منابع کانی، آبی و انسانی براساس فعالیت های بشر بر روی زمین می پردازد. این مدل بعداً توسط میدوز و همکاران در سال ۱۹۷۴ و ۱۹۹۲ در مؤسسه تکنولوژی ماساچوست تکمیل شد.

شاید بتوان گفت در تاریخ بشریت هیچ ابزاری تاثیر قدرتمندی در فهم و درک فرایندها و مسایل پیچیده نداشتند. در این جا خلاصه ای از سیستم های دینامیک و حل مسایل آن با ابزار VENSIM را بررسی و تحلیل کرده ایم. آنچه در ادامه خواهید دید نرم افزار دارای محیط ساده و یکپارچه است هدف اصلی این آموزش استفاده ی نرم افزار به صورت کاربردی است. به این منظور چند سیستم دینامیک بررسی شده اند و نهایتاً با نرم افزار VENSIM تحلیل شده اند. نرم افزار مورد مطالعه ی ما نوع PLE است و تفاوت چندانی با نسخه ی کاملش ندارد و تنها محدودیت تعداد و اندازه ی متغیرها را برای شبیه سازی مسایل با پیچیدگی بالا را ایجاد می کند. نرم افزار VENSIM یکی از نرم افزار های تجاری مفید و در دسترس است که گسترش مدل های شبیه سازی پیوسته که بعنوان مدل دینامیک

های سیستم شناخته می شوند را تسهیل کرده است. نرم افزار VENSIM PLE برای مدلسازی یک یا چند کمیت که در طول زمان تغییر میکنند طراحی شده است. نرم افزار VENSIM در مقایسه با نرم افزارهایی که با هم در رقابت هستند به طور فوق العاده ای قدرتمند و در عین حال کم قیمت است. ایجاد کننده و توسعه دهنده ی آن شخصی است به نام Bob Eberlein که اولین بار آنرا بعنوان یک نرم افزار اشتراکی و آزمایشی ارایه و به فروش رساند. این کار فرصتی را برای دانشجویان فراهم میکند که علاوه بر یادگیری این ابزار، قبل از اینکه آنرا واقعا خریداری کنند، آنرا به خوبی ارزیابی کنند.

نسخه ی PLE آنرا می توانید از سایت www.VENSIM.com دانلود کرده و نصب نمایید در قسمت بارگذاری سایت فایل قابل نصب متناسب با پلتفرم هایی اعم از ماکروسافت، لینوکس و مکینتاش قرار داده شده است علاوه بر این نوع ۳۲ بیتی و ۶۴ بیتی نیز تهیه شده است. این نرم افزار با یک تعداد مدل از پیش ساخته شده ی معتبر همراه است که به آسانی می تواند مورد استفاده قرار بگیرد.

مراحل مدل سازی در روش تحلیل پویایی سیستم

به ترتیب زیر است:

- ۱- شناخت و تعریف مسأله
- ۲- رسم نمودارهای مرجع
- ۳- تعریف متغیرهای عمده ی مطرح در مسأله
- ۴- تعریف ارتباط بین متغیرها
- ۵- رسم نمودار علت و معلولی بین متغیرها
- ۶- تعریف مرزهای مدل
- ۷- ساخت نمودار جریان برای مدل، در این نمودار متغیرهای نرخ و انباره ای از هم تفکیک شده مبتنی بر نمودار علت و معلولی و ارتباط بین متغیرها شکل کاملی از مدل رسم میگردد.
- در این نمودار خصوصیات مسأله مانند تأخیر رفتارهای غیرخطی، شروط و ... اعمال میشود.
- ۸- اجرا و کالیبره کردن مدل
- ۹- بررسی اعتبار مدل، تست های مختلفی مانند تحلیل حساسیت، تحلیل حدی، سازگاری بعد متغیرها و ...

نمودارهای مرجع:

نمودارهای مرجع به عنوان الگوی رفتاری مدل از یک طرف به اعتبار سنجی مدل کمک می کند و از طرف دیگر با شناخت الگوی رفتاری متغیرهای مهم و برخی از انباشت ها در روند مدلسازی و انتخاب متغیرها مؤثر خواهد بود.

محیط کاری VENSIM PLE

نرم افزار VENSIM دارای یک محیط مجموع یا یک پارچه و بسیار ساده و با محتوایی است برای افرادی که غالباً با میکروسافت ویندوز کار کرده اند بسیاری از تب ها و منو ها شناخته شده است.

برای ایجاد یک مدل جدید بر روی فایل **FILE** بر روی منوی اصلی کلیک میکنیم و از منوی کرکره ای گزینه **New**

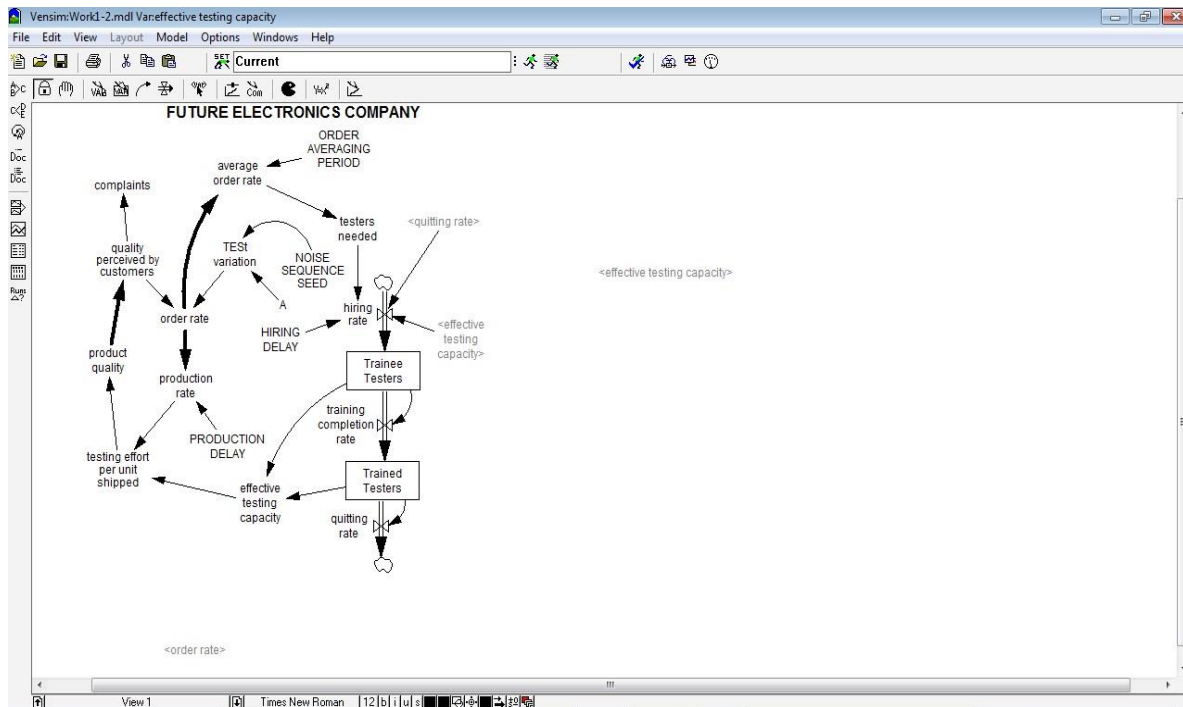
را انتخاب می کنیم و در ادامه با شکل ۱ روبه رو خواهیم شد.

شکل شماره ۱

شکل ۱ را جعبه ی محدوده های زمانی می نامند. در این جعبه می توان زمان شروع ، زمان پایان ، گام زمانی و واحد های زمانی را تعیین کرد. مقادیر گام زمانی باید حداقل ۵۰ گام بین زمان شروع و پایان ایجاد کند. به طور مثال اگر زمان شروع را ۱۳۹۰ انتخاب کنیم و زمان پایان را نیز ۱۴۴۰ انتخاب کنیم، باید گام زمانی را که انتخاب می کنیم بیش از یک سال نباشد. واحد ها می توانند کمتر از یک ثانیه و بزرگتر از یک سال باشد.

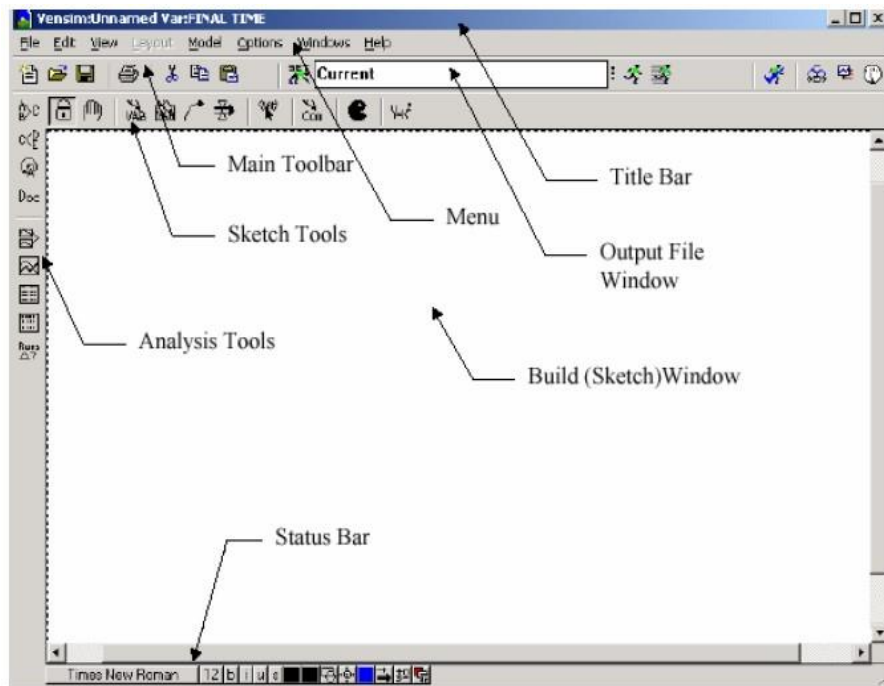
یکبار که بر روی **OK** کلیک کنیم وارد صفحه ی اصلی شبیه سازی می شویم. برای اینکه محدوده ی زمانی یا همان **time bounds** را برگردانیم و یا بخواهیم تصحیح کنیم میتوانیم از منوی اصلی **Model** را انتخاب کرده و از زیر منوی **settings** تب **time bounds** را کلیک کنیم.

شکل صفحه اصلی نرم افزار



صفحه ی اصلی یک سطح ترسیم و یک جدول رنگ و الگوی اضافه را نشان می دهد. از این سطح و پالت رنگ برای ترسیم دیاگرام های حلقه علی و موجودی انبار و دیاگرام های جریان (فلو) استفاده می شود. با این حال تنها موجودی انبار و فلودیاگرام ها قابلیت ترجمه و تفسیر شدن را در هنگام اجرای شبیه سازی دارند. نرم افزار VENSIM یک ردیف ۹ تایی از ابزار آیکن دار را در زیر نوار ابزار اضافه کرده است. از این آیکن ها برای ترسیم کردن دیاگرام ها استفاده شده است. برای دیاگرام های حلقه ی علی فقط ابزار متغییر (variable tool) و ابزار اتصال (connector tool) استفاده شده اند.

حال به توضیح نوار ها و ابزار های موجود می پردازیم :



Main Toolbar

نوار ابزار اصلی

شکل Button	توضیح
	New Model : یک مدل VENSIM جدید را ایجاد می کند.
	Open Model : یک مدل VENSIM که قبلاً ایجاد شده را باز می کند.
	Save : مدل VENSIM را تحت نام فعلیش ذخیره می کند. (نام را می توان در قسمت منوی "File" یا استفاده از قسمت "Save As" تغییر داد و ذخیره کرد.)
	Print برای چاپ کردن کل یا یک قسمت از کار می توان از این قسمت استفاده کرد همچنین از شکل پرینت پر نوار استاندارد نیز می توان استفاده کرد.
	Cut : قسمت انتخاب شده را بریده و در حافظه ی موقت ویندوز قرار می دهد.
	Copy : انتخاب فعلی را در حافظه ی موقت ویندوز کپی می کند.

	Paste : محتوی فعلی حافظه ی ویندوز را در صورتی که با فرمت داده های نرم افزار ونسیم مطابقت داشته باشد در محیط آن بر می گرداند.
	Set up a Simulation : نکات مهم ثابت ها و مراجعات موجود بر روی صفحه ی ترسیم را مشخص می کند. کلیک کردن بر روی هر اسم امکان اصلاح موقتی آنرا به ما میدهد.
Current	Name the Simulation to be Made : مجموعه داده ی انتخاب شده در این جعبه نشان داده می شود.
	Run a Simulation : برای اجرای شبیه سازی از این قسمت استفاده می شود و در صورتی که دیتا ست نشان داده شده در جعبه ی کناری موجود باشد پرسیده می شود که آیا می خواهید آنرا را بازنویسی (overwrite) کنید.
	Automatically simulate on change (SyntheSim) کلیک کردن بر این آیکن باعث می شود که یک سری اسلایدر بار به تمامی ثابت ها و متغیرها اضافه شود و یا تغییر هر یک نتایج شبیه سازی نیز همزمان تغییر می کند.
	Run Reality Checks : به کاربر این اجازه را می دهد که حکم و نظر درستی را در مورد یک مدل ارائه دهد و به طور خودکار یک مدل را برای تطبیق یا حکم های مورد نظر تست می کند. عبارات دیگر یک تکنیک برپاساخت مدل و تصحیح و پالایش آن است.
	Build Windows - show/circulate : صفحه های باز را که گراف ها یا شکل های دیگر را که در حال نشان دادن است را می بندد و صفحه ی مدل را فقط نشان می دهد.
	Output Windows - show/circulate : صفحاتی را که با استفاده از ابزار ترسیم آورده ایم در صورتی که در صفحه اصلی نیاشند را برمیگرداند و بزرگ یا ماکزیمم می کند.
	Control Panel : کنترل پنل را نشان میدهد و می توان با استفاده از این قسمت متغیرهای در حال استفاده در میز کار را تصحیح کرد اضافه و کم کرد. همچنین در تب های دیگر می توان مقیاس و بازه ی زمانی نمودارها را نیز تغییر داد و یا یک متغیر را بر حسب متغیرهای دیگر در یک بازه ی خاص ترسیم کرد.
Sketch Tools	
	Lock Sketch : این علامت در صورت فعال بودن باعث می شو صفحه ی ترسیم قفل شده و نمی توان هیچ تغییری در موقعیت و اندازه ی شکل مدل داد اما می توان آنها را انتخاب کرد.
	Move/Size Words and Arrows (Pointer) : برای تغییر دادن موقعیت مکانی متغیرها، فلش ها و تغییر اندازه ی عناصر موجود در ترسیم از این علامت استفاده می کنیم.
	Variable - Auxiliary/constant : این آیکن در صورتی که انتخاب شود متغیرهایی اعم از ثابت ها و متغیرهای کمکی را ایجاد می کند. زمانی که آنرا انتخاب کنیم و در صفحه ی ترسیم کلیک کنیم یک جعبه ی بدون حاشیه ایجاد می شود که نام متغیر را درخواست می کند. برای تغییر نام متغیر کافی است ابزار متغیر (variable tools) را انتخاب کنیم و بعد بر روی متغیر راست کلیک کنیم.
	Box Variable - Level : متغیرهای اصلی را در یک جعبه ی دارای حاشیه در صفحه ی اصلی ایجاد می کند. با علامت دست می توان اندازه ی این مستطیل را نیز تغییر داد.
	Arrow : یک فلش جهت دار صاف یا منحنی وار را در صفحه ی اصلی ایجاد می کند و در حکم ارتباط اطلاعاتی است. به منظور ایجاد یک لینک بین دو قسمت از متغیر ثابت میدا کلیک کرده و به متغیر ثابت مقصد کشیدن (به صورت خودکار هم حرکت می کند) را پایان می دهیم. همچنین می توانیم خط راست ارتباط را با کشیدن دایره ی روی آن به انحنا تبدیل کرد.
	Rate : برای ایجاد نرخ (فلو) در صفحه ی اصلی باید این آیکن را کلیک کرد. نمودار آن در صفحه ترسیم شامل یک شیر، لوله عمودی و در صورت نیاز شامل یک منبع یا سینک (به شکل ایر) است. اگر آنرا انتخاب کنیم باید ابتدا یک میدا و مقصد را در صفحه ی ترسیم انتخاب کنیم. البته می توانیم میدا و مقصد نامعلومی داشته باشیم که VENSIM به طور خودکار یک شکل ایر را در ابتدا و انتهای rate قرار می دهد. به طور پیش فرض از منبه به طرف متغیرها می باشد ولی می توان با راست کلیک کردن بر روی دایره های کوچک موجود بر فلش جهت را تغییر داد و دو جهته کردن آنرا یا می توان شکل اتصال را تک خطی و دو خطی و... کرد.



Shadow Variable برای اضافه کردن متغیر مدلی که در صفحه موجود است از این قسمت استفاده می کنیم یا انتخاب آن و کلیک در صفحه ی ترسیم به طور خودکار متغیره ایی که در مدل ایجاد شده وجود دارند لیست می شوند.



Input Output Object : این گزینه هم اسلایدر ها و نمودارهای خروجی و جداول را به ترسیم اضافه میکند بدون اینکه نیاز به باز کردن پنجره ی مخصوص گراف ها باشد.



Sketch Comment : برای اضافه کردن شکل ها، عکس ها و کامنت ها این گزینه را انتخاب کنید. هر جا که بخواهیم کامنت بگذاریم در آنجا کلیک کرده و صفحه ای باز خواهد شد که می توان متن را وارد کرد و در آنجا نوع فونت و حالت متن و اندازه ی قلم را نیز تغییر داد و یا از قسمت پایین آن از فایل های خارج از محیط VENSIM نیز استفاده کرد.



Delete : این شکلک در صورتی که انتخاب شود و بر روی هر متغیر قرار گیرید آنرا حذف می کند البته یک صفحه یا چند گزینه باز می شود. که نوع حذف را از ما می خواهد.



Equations : ابزار معادلات با این آیکن نشان داده می شود یا استفاده از این می توان معادلات مدل را وارد کرد یا تصحیح کرد. اگر این گزینه انتخاب شود متغیرهایی که بهشان معادله ای نسبت داده نشده بر جسته می شوند (**High Light**) می شوند



Reference Mode : با استفاده از این قسمت می توان یک سری داده را به صورت دستی به یک مدل داد و حتی یک شکل را با وصل کردن چند نقطه به هم ایجاد کرد.

Analysis Tools



Causes Tree : یک نمایش درختی شکل که علت های متغیر های میزکار را نشان می دهد را ایجاد می کند.



Uses Tree : این قسمت نیز یک نمایش درختی شکل که کاربردها و استفاده های متغیرهای انتخاب شده در میز کار را نشان می دهد.



Causes Strip : اگر این آیکن را کلیک کنیم گرافها در یک نوار واحد همراه با علت های آن رسم می شود و می توان رابطه ی علی را در شکل به طور مستقیم ردیابی کرد و علت های مستقیم متغیرها را در میز کار دید.



Loops : لیست همه ی حلقه های فیدبک که از متغیر کاری می گذرد را نشان می دهد.



Document : برای دیدن کل معادلات تعاریف و واحدهای اندازه گیری شده در مدل از این قسمت استفاده می شود هم می توان برای یک متغیر کاری اینها را مشاهده کرد و هم برای تمامی متغیرها



این نماد نیز برای نمایش کل معادلات موجود در صفحه ی اصلی است.



Graph : این آیکن یک گراف را برای متغیر کاری نمایش می دهد البته به صورت بزرگ و کامل. برای تغییر گراف یا سفارشی سازی آن می توان از کنترل پنل استفاده کرد.



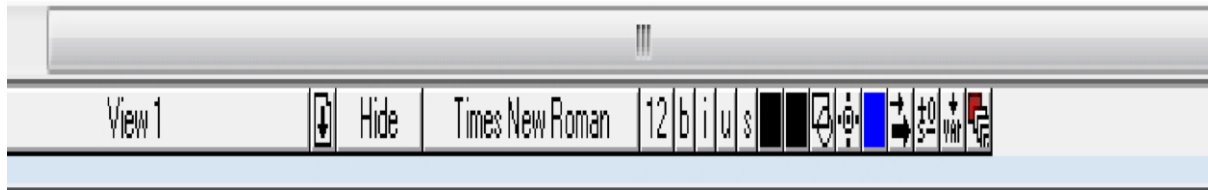
Table Time Down : اگر بخواهیم جدولی عمودی از مقادیر متغیر کاری ایجاد کنیم از این آیتم استفاده می کنیم.



Table : این گزینه نیز مانند قبلی است فقط داده های تولید شده از متغیر کاری را سطر ردیف میکند.



Runs Compare: این قسمت تمامی جداول مراجعه و ثابت ها را در اولین مجموعه داده ی بارگذاری شده را با دیگری در دومین دیتاست بارگذاری شده مقایسه می کند برای مدیریت دیتاست ها از تب دیتاست در کنترل پنل استفاده می شود برای تغییر مرتبه ی دیتاست های بارگذاری شده بر روی دیتاستی که در حال حاضر در بالای لیست دیتاست های بارگذاری شده نیست کلیک می کنیم و این دیتاست به بالای لیست حرکت خواهد کرد.



Status Bar

Set fonts on selected vars

با استفاده از گزینه فوق میتوان فونتهای متغیر انتخاب شده را تغییر داد.

Set size on selected vars

با استفاده از گزینه فوق می توان اندازه فونتهای متغیر انتخاب شده را تغییر داد.

Set bold on selected vars

با استفاده از گزینه فوق می توان متغیر انتخاب شده را با فونت ضخیم نشان داد.

Set italic on selected vars

با استفاده از گزینه فوق می توان متغیر انتخاب شده را به صورت ایتالیک نوشت.

Set underline on selected vars

با استفاده از گزینه فوق میتوان زیر متغیر انتخاب شده خط رسم نمود.

Set color on selected vars

با استفاده از گزینه فوق میتوان رنگ متغیر انتخاب شده را تغییر داد.

Set surround shape on selected vars

با استفاده از گزینه فوق میتوان دور متغیر انتخاب شده خط کشید.

Set text position on selected vars

با استفاده از گزینه فوق می توان نحوه قرار گرفتن نام متغیر در مستطیل را مشخص نمود.

Set color on selected arrows

با استفاده از گزینه فوق میتوان رنگ فلش انتخاب شده را تغییر داد:

Set arrow width on selected

با استفاده از گزینه فوق میتوان ضخامت فلش انتخاب شده را تغییر داد:

Arrows Push the highlighted words to the background

با استفاده از گزینه فوق می توان شی انتخاب شده را به پشت صفحه منتقل نمود:

در نرم افزار vensim مانند نرم افزارهای office با استفاده از $ctrl+Z$ بازگشت به عقب ، $ctrl+F$ جهت جستجو و استفاده کرد.

ترسیم نمودار علت و معلولی (Causal Loop) بر اساس فرضیات روش مدل سازی به صورتهای : دیاگرام حلقه های علت-معلول (Causal Loop) ، نمودارهای جریان و موجودی (Flow & Capital) می باشد.

از منوی File گزینه New Model را انتخاب کنید.

پنجره ای با عنوان Model Setting در مقابل شما باز می شود. Ok را انتخاب کنید. (البته برای رسیدن به پنجره میتوانید مسیر زیر را طی کنید :

Model→Setting

بدین ترتیب صفحه ی ساخت مدل باز می شود.

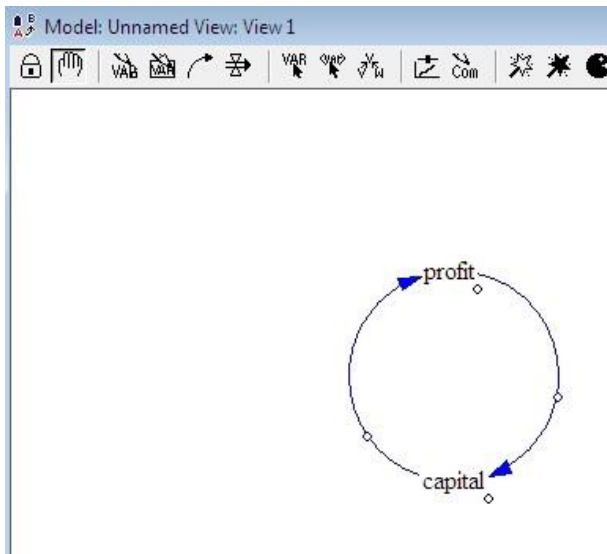
دیاگرام حلقه های علت-معلول :

مثال اول: قصد داریم نمودار علت-معلول سرمایه و سود را رسم کنیم.

روی گزینه Variable – Auxiliary /Constant بروید و سپس روی صفحه کلیک کنید. کادر مستطیل شکلی باز می شود. در داخل کادر capital یا همان سرمایه را تایپ نمایید.

به همین صورت در کادر دیگر profit یا همان سود را تایپ نمایید.

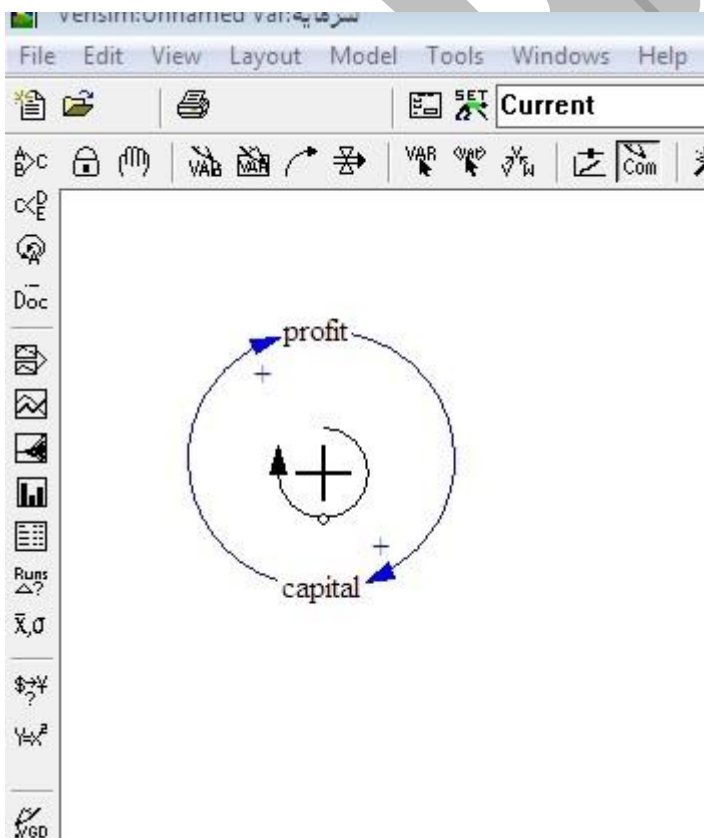
می توانید روی علامت دست کلیک کنید و باکس های داخل صفحه را جابجا کنید، یا در نوع فونت، سایز و... آنها تغییراتی ایجاد نمایید.



روی گزینه arrow کلیک کنید و سپس روی profit کلیک کنید و بعد از آن نوک پیکان را روی capital برده و آن را رها سازید.

روی دایره ای که در وسط پیکان کشیده شده کلیک کنید تا بتوانید فلش را به شکل منحنی درآورید. مجدداً عملیات ۲ مرحله ی قبل را، از capital به profit انجام دهید.

برای تعیین + یا - بودن پیکان ها روی آنها شود کلیک راست کنید تا پنجره ای جدید باز شود. در قسمت PRIORITY مثبت یا منفی بودن یا S به معنای SAME و یا O به معنای OPPOSITE را می توانید تعیین کنید.

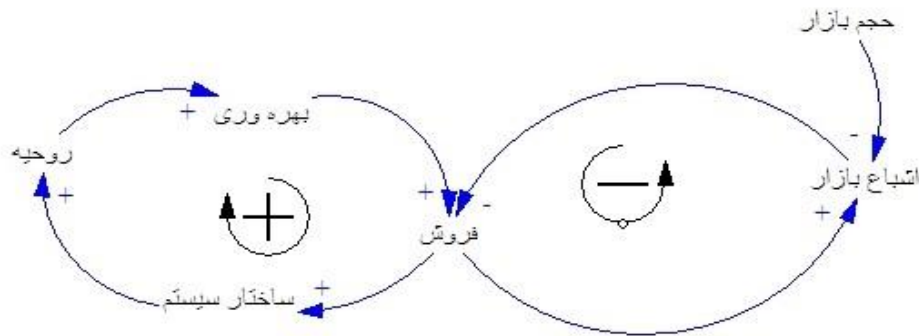


برای تعیین + یا - بودن، حلقه ی بازخور Sketch Comment را انتخاب کنید و سپس در وسط حلقه کلیک کنید. در صورت + بودن حلقه loop clkwise و در قسمت image، شکل + و در صورت - loop counter و در قسمت image، شکل - را انتخاب کنید.

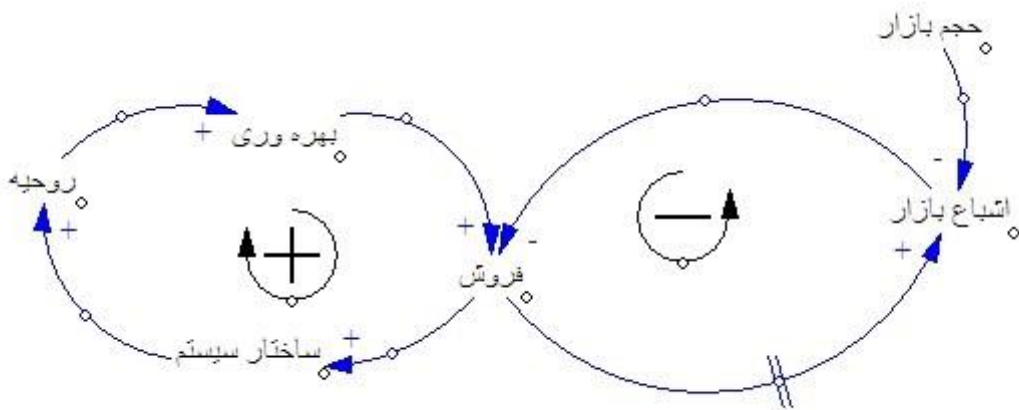
در قسمت comment نیز می توانید نام دیگر را تایپ کنیم.

مثال دوم: نمودار بعدی ف نمودار صفحه ۵۷ کتاب می باشد. نکته قابل توجه وجود تاخیر delay در این دیاگرام می باشد. مراحل را مانند مثال قبل پیش روی می کنیم

برای ایجاد تاخیر در پیکان فروش-اشباع بازار کافی است روی آن راست کلیک کنید و گزینه Delay Mark را



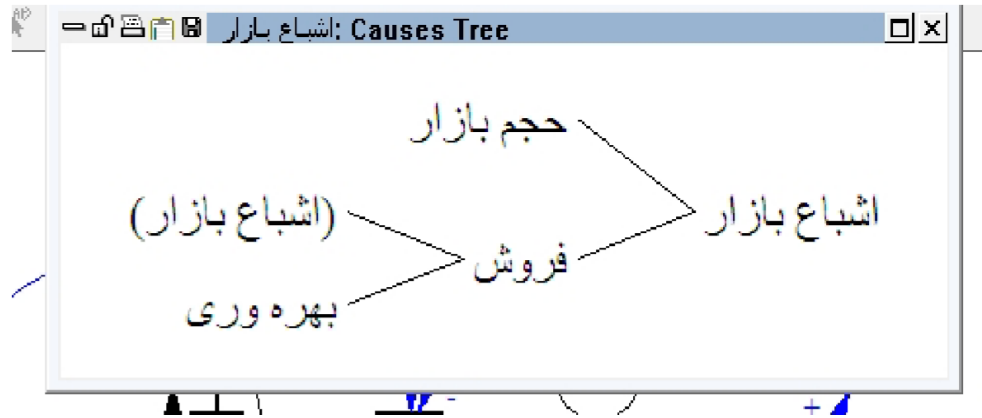
انتخاب کنید.



Uses Tree و Loops و Cause Tree

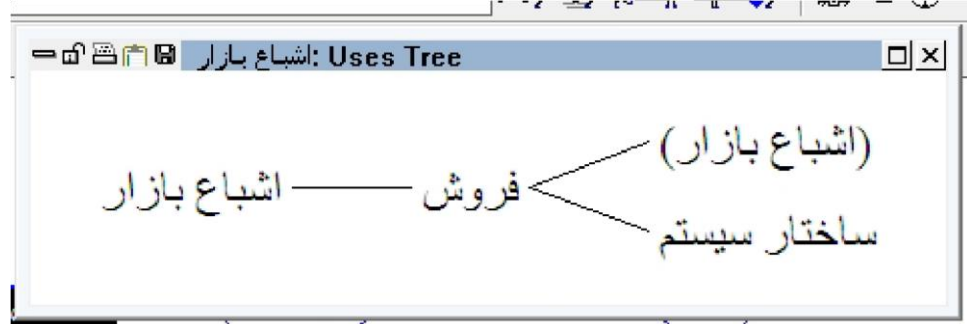
Causes tree •

با استفاده از نمودار فوق میتوان تمام متغیرهای مرتبط به متغیر مورد نظر را به صورت گرافیکی مشاهده کرد.



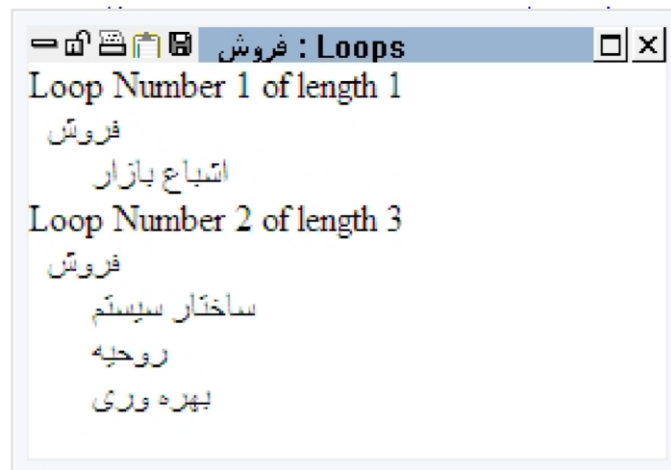
• Uses tree

با استفاده از نمودار فوق میتوان تمام متغیرهای وابسته به متغیر مورد نظر را مشاهده کرد.



• Loops

با استفاده از ابزار فوق می توان تمام حلقه هایی که از یک متغیر عبور می کنند را مشاهده نمود . با انتخاب متغیر "فروش" و کلیک کردن روی ابزار Loop نتیجه زیر حاصل میشود.



در Vensim یک متغیر حالت یک اسم است و نشان دهنده چیزی است که جمع می شود. مثال هایی از متغیر حالت : جمعیت، رادیو اکتیویته، اعتماد به نفس و پول هستند . در هر لحظه از زمان اندازه ی متغیر حالت یک تصویر از وضعیت سیستم را به ما می دهد.

در vensim روی آیکن متغیر حالت کلیک کنید. بدون پایین نگاه داشتن دکمه ماوس، نشانگر را به وسط صفحه بیاورید، نشانگر چه شکلی پیدا کند؟

در وسط صفحه کلیک کنید تا یک متغیر حالت را به صفحه اضافه کنید. بدون اینکه دوباره کلیک کنید، نام متغیر حالت را **population** تایپ نمایید.

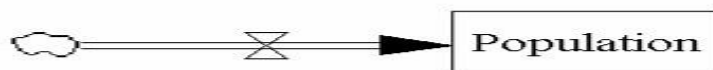
سوال: ابزار دست را انتخاب کنید، سپس روی **population** کلیک کنید و آن را به اطراف صفحه بکشید، چه اتفاقی می افتد؟

از منوی **File** گزینه **Save** را انتخاب کنید یا روی آیکن **save** روی نوار ابزار اصلی کلیک کنید. تا فایل ذخیره شود. یک نام با معنا انتخاب کنید. اگر کار خود را به طور پی در پی ذخیره نمایید، در صورت بروز مشکل قسمت کمی از کار را از دست خواهید داد.

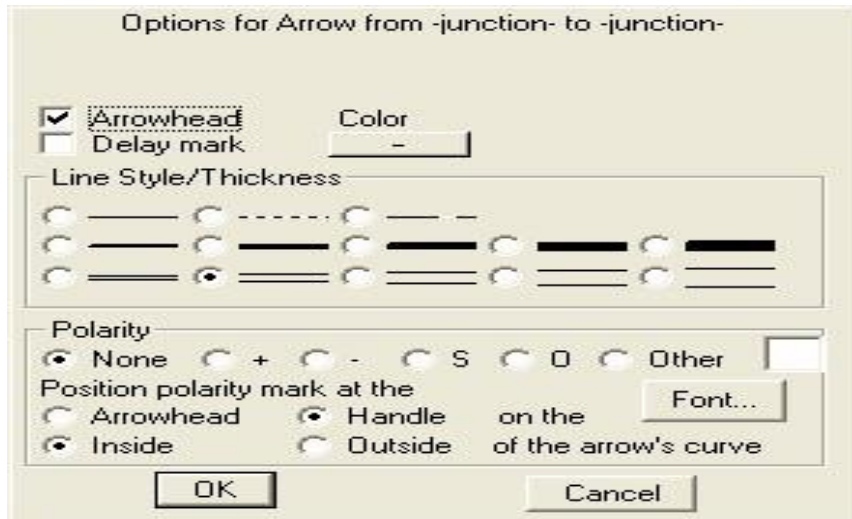
نرخ یا جریان:

در حالی که به زبان **Vensim** یک متغیر حالت اسم است، یک نرخ یا جریان یک فعل است. یک نرخ یک فعالیت است که مقدار متغیر حالت را تغییر می دهد. مثال هایی از این فعالیت ها عبارتند از تولد در جمعیت، واپاشی در پرتوزایی، تقویت اعتماد به نفس یا رشد پول. آیکن نرخ یک لوله به همراه شیر را نمایش می دهد.

روی آیکن جریان کلیک کنید. چندین سانتیمتر قبل از متغیر حالت کلیک کنید سپس روی متغیر حالت کلیک نمایید. نام جریان را **growth** بگذارید.



می توانیم به جای اینکه تنها در جهت افزایش جمعیت جریان داشته باشیم با دوجتهی کردن نرخ در جهت کاهش نیز جریان داشته باشیم. برای این کار ابتدا روی آیکن دست کلیک کنید. سپس روی دایره کوچکی که در کنار شیر قرار دارد کلیک نمایید و چک باکس Arrowhead و سپس OK را انتخاب کنید. حال امکان کم شدن از جمعیت نیز وجود دارد.



شکل دوجتهی را دوباره به صورت یک جهتی درآورید. جهت اصلاح یک فعالیت می توانیم از متغیرهای کمکی یا تبدیل کننده استفاده کنیم که در آن می تواند یک رابطه یا عدد ثابت نوشته شود. برای مثال ، برای جمعیت می توانیم نرخ ثابت رشد ۱۰ درصد را در نظر بگیریم.

به عنوان مثال برای یک واپاشی پرتوزا، ماده پرتوزای بیسموت ۲۱۰ به ماده پرتوزای پولونیوم ۲۱۰ واپاشی می نماید. با نشان دادن مقدار بیسموت ۲۱۰ با A و پولونیوم ۲۱۰ با B ، نسبت B/A در مدل واپاشی اهمیت دارد. یک تبدیل کننده میتواند این نسبت را نگه دارد.


آیکن متغیر کمکی را که شامل VAR و یک مداد بدون مستطیل است را انتخاب کنید. پایین و سمت چپ نام جریان کلیک نمایید. نام متغیر کمکی را growth rate بگذارید.

یک اتصال یک ورودی یا یک خروجی را ارسال می کند. برای مثال در یک مدل جمعیت یک اتصال می تواند اندازه نرخ رشد را از متغیر کمکی به جریان رشد منتقل کند.


در یک مدل واپاشی پرتوزا، اتصال ها از متغیر حالت بیسموت ۲۱۰ (A) و از متغیر حالت پلونیوم ۲۱۰ (B) به متغیر کمکی برای نسبت B/A که مورد استفاده در آن است متصل میشوند.

در مدل جمعیت، هم نرخ رشد و هم میزان جمعیت موجود بر روی رشد فعلی تاثیر می گذارند. این ارتباط را با اتصال متغیر کمکی نرخ رشد و متغیر حالت جمعیت به جریان رشد ایجاد میکنیم.

حذف کردن

برای حذف یکی از اجزای نمودار از ابزار حذف  استفاده می کنیم. وقتی یک آیتم را با استفاده از این ابزار از مدل حذف می کنیم، تمام جریانها و اتصالات مربوط به آن نیز حذف میشوند.

رابطه ها و مقادیر اولیه

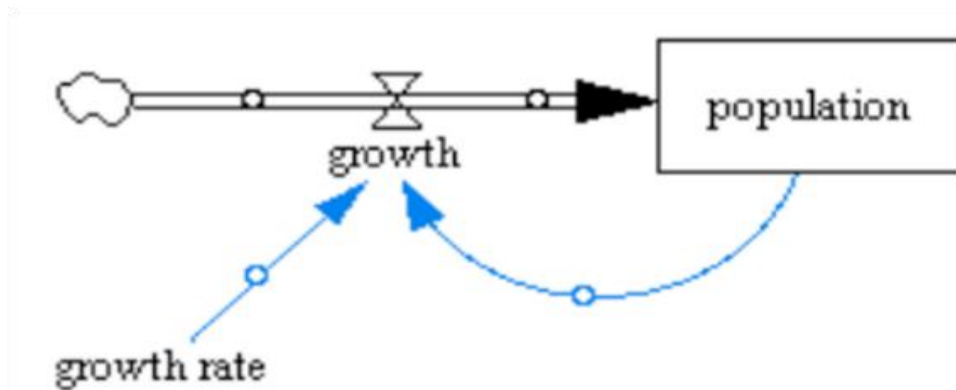
اکنون برای وارد کردن روابط و مقادیر اولیه آماده ایم. برای شروع یک جمعیت اولیه را با کلیک کردن روی ابزار رابطه  تعریف می کنیم. سه آیتم وارد شده که می توانند مقدار یا رابطه بگیرند، سیاه می شوند. روی متغیر population کلیک نمایید تا پنجره شکل زیر را ببینید. برای یک جمعیت اولیه ۱۰۰ باکتری در محل مکان نما در Initial Value عدد ۱۰۰ را وارد کنید. روی دکمه Check Syntax در گوشه چپ پایین پنجره کلیک کنید. در مقابل Errors: بلافاصله Vensim پاسخ می دهد Equation OK.

در منوی آبشاری Units: گزینه هایی وجود دارد، چون گزینه مناسب برای جمعیت موجود نیست، کلمه bacteria را تایپ نمایید.

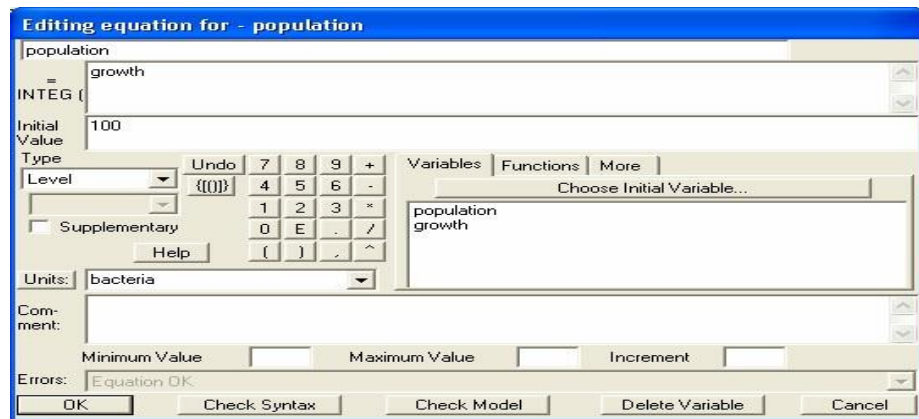
شکل زیر نشان میدهد که جمعیت انتگرال رشد است و مقدار اولیه جمعیت ۱۰۰ باکتری است:

$$P = \int_a^b \text{growth} dt$$

البته برای استفاده از Vensim نیازی به دانستن انتگرال نیست.



$$\begin{aligned}
 (\text{new population}) &= (\text{old population}) + (\text{change in population}) \\
 &= (\text{old population}) + \text{growth} * dt \\
 &= (\text{old population}) + (\text{growth over 1 unit}) * (\text{length of time step})
 \end{aligned}$$



برای کامل شدن کار روی OK کلیک کنید.

روی متغیر کمکی کلیک کنید و مقدار ۱.۰ را وارد نمایید و در قسمت واحدها ۱/Hour را تایپ کنید. OK را کلیک کنید. توجه کنید که پس از وارد کردن مقدار اولیه و نرخ رشد متغیرهای مربوطه دیگر سیاه نخواهند بود.

حال برای وارد کردن فرمول رشد روی growth کلیک نمایید. در قسمت Choose Initial Variable متغیرهایی که برای ساختن فرمول لازم است وجود دارند. با کلیک روی آنها و گذاشتن علامت * بین آنها فرمول رشد را بسازید. برای واحد عبارت bacteria/Hour را تایپ نمایید و OK را کلیک کنید.

در منوی Model با انتخاب گزینه Units Check می توانید درست بودن واحدها را آزمایش نمایید. در صورتی که این کار را انجام دهید Vensim پیغام خواهد داد که واحدهای شما درست نیستند. در واقع رابطه بین Month و Hour را متوجه نمی شود. برای اصلاح این مشکل در منوی Model با انتخاب Settings... پنجره Model Settings باز می شود. Units for Time را به Hour تغییر دهید و دکمه OK را فشار دهید. اکنون مشکل واحدها حل شده است.

برای این مثال، اجازه دهید که طول زمان شبیه سازی و زمان بین گام های شبیه سازی را نیز تغییر دهیم. یک بار دیگر Setting... را انتخاب کنید. بگذارید INITIAL TIME همان ۰ باشد و FINAL TIME را به ۱۲ Hours تغییر دهید. همچنین در قسمت TIME STEP، ۱۲۵.۰ را انتخاب کنید. بنابراین محاسبات برای شبیه سازی به جای هر ساعت هر ۱۲۵.۰ ساعت انجام می شوند. معمولاً یک TIME STEP کوچکتر نتایج دقیقتری را تولید می کند، اما باعث می شود که شبیه سازی بیشتر طول بکشد. روی OK کلیک کنید.

کلیک کردن روی آیکن پرونده (DOC) باعث آشکار شدن فرمولهای وارد شده می شود.

```

Document
(1) FINAL TIME = 100
    Units: Month
    The final time for the simulation.

(2) growth = A FUNCTION OF ( growth rate,population)
    Units: **undefined**

(3) growth rate=
    0.1
    Units: 1/Hour

(4) INITIAL TIME = 0
    Units: Month
    The initial time for the simulation.

(5) population= INTEG (
    growth,
    100)
    Units: bacteria


(6) SAVEPER =
    TIME STEP
    Units: Month [0,?]
    The frequency with which output is stored.

(7) TIME STEP = 1
    Units: Month [0,?]
    The time step for the simulation.


```

یادداشت


مستندسازی کار بسیار مهم است. ما می خواهیم که دیگران بتوانند مدل ما را به سرعت بفهمند. علاوه بر این ممکن است که خودمان نیز به آسانی آنچه که منظورمان بوده را فراموش کنیم. ممکن است که چند نسخه (version) مشابه از یک مدل داشته باشیم که بخواهیم تفاوت آنها را بدانیم.

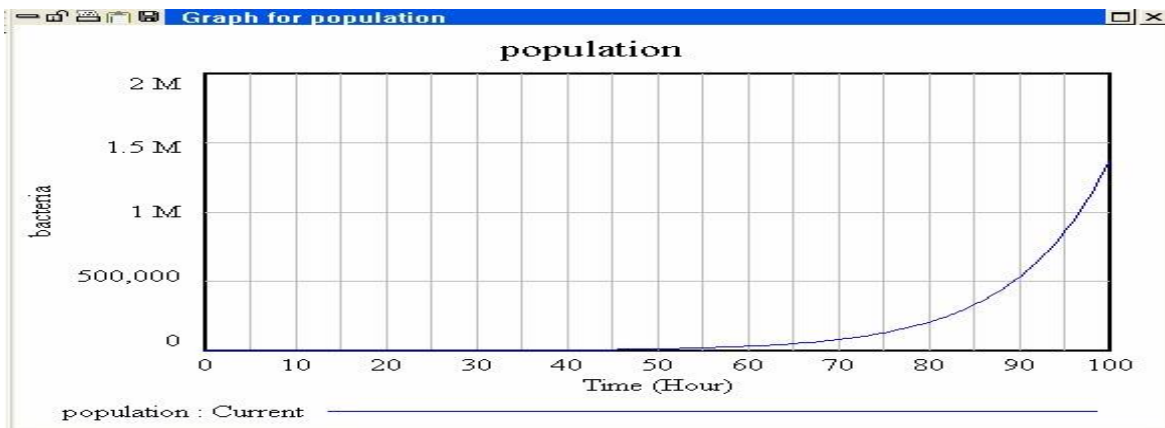
برای این منظور از comment استفاده می کنیم. روی آیکون  comment کلیک نمایید تا شکل نشانگر ماوس تغییر کند. در نقطه ای از صفحه سفید کلیک کنید و تایپ نمایید "Unconstraint Growth Population Model" و تاریخ و نامتان را نیز وارد کنید و OK را کلیک کنید.


اجرای شبیه سازی

برای اینکه بتوانیم مجموعه داده های شبیه سازی و همچنین نمودارها را به دست آوریم باید شبیه سازی را اجرا کنیم. برای این کار روی آیکون  Run a Simulation کلیک کنید. اکنون نام مجموعه داده های نتیجه شده Current نام دارد که در جعبه متن نوشته شده است. می توانیم تغییراتی مثل تغییر در TIME STEP یا طول زمان شبیه سازی را در Setup شبیه سازی ایجاد کنیم و سپس دوباره شبیه سازی را با نام دیگری اجرا نماییم.

نمودارها

ابتدا با یک بار کلیک کردن روی متغیر حالت population و سپس با کلیک کردن روی آیکون نمودار  بلافاصله یک پنجره جمعیت در مقابل زمان ظاهر میشود.



در قسمت سفید صفحه مدل کلیک کنید تا پنجره نمودار جمعیت ناپدید شود. برای دوباره نمایش دادن خروجی ها از آیکون  Output Windows-show/circulate که در قسمت راست آیکون ها واقع است کلیک کنید.

اغلب ما می خواهیم کنترل بیشتری روی نمایش گرافیکی داشته باشیم. مثلا شاید خواهیم چند نمودار را در یک پنجره داشته باشیم. بنابراین روی آیکون  control panel کلیک کنید. اکنون قسمت Graphs را انتخاب نمایید. برای کشیدن یک نمودار جدید روی دکمه New کلیک کنید تا پنجره مربوطه باز شود. در قسمت Title تایپ نمایید Growth and Population. در قسمت Variable بر روی دکمه Sel کلیک کنید و growth را از میان گزینهها انتخاب نمایید. کار را با انتخاب population برای متغیر سطر بعد ادامه دهید.

حال OK را کلیک کنید. برای دیدن نمودار روی Display کلیک نمایید. چون نمودارها شکل یکسانی دارند و مقیاس ها متفاوت هستند، نمودارها روی هم افتادهاند. برای اینکه نمودارها را در یک مقیاس نمایش دهیم، به control panel برگردید و بر روی Modify کلیک نمایید. اکنون Scale را برای هر دو متغیر علامت بزنید و OK را کلیک کنید. برای نمایش نمودار اصلاح شده بر Display کلیک کنید.


به طور پیش فرض، Vensim از رنگ های مختلفی برای نمایش نمودارها استفاده می کند. برای چاپ با یک چاپگر سیاه و سفید، گزینه های مختلفی از طریق Options.. در منوی Options در اختیار داریم. برای اینکه هر نمودار شماره گذاری شود روی Show Line Markers on Graph Lines کلیک نمایید. گزینه های قابل استفاده دیگر در قسمت Color for Display, Print & Clipboard، عبارتند از Monochrome برای نمودارهای سیاه و سفید و Only solid lines برای خطهای کامل به جای خطهای بریده و نقطه چین.



برای جلوگیری از اعمال تغییراتی که بعد از می خواهیم بدهیم در نمودار روی آیکون قفل در قسمت بالا و سمت چپ نمودار کلیک نمایید. برای چاپ نمودار روی دکمه بعدی و برای کپی کردن نمودار در clipboard بر روی دکمه بعدی یعنی Export window content کلیک کنید این کار به شما اجازه می دهد که نمودار را به نرم افزار دیگری مثل Word انتقال دهید.

جدول ها

ساختن جدول ها را مانند نمودارها از آیکون control panel شروع می کنیم. از control panel می توانیم جداول موجود را تغییر دهیم یا اینکه جدول جدیدی ایجاد کنیم. بر روی نمودار Growth and Population و سپس روی کپی کلیک کنید. بر روی دکمه As Table کلیک کنید تا table panel را مشاهده نمایید. در جعبه متن Name نام را به Growth and Population Table تغییر دهید. Running down را از قسمت Time انتخاب کنید تا مقادیر زمان را در یک ستون پایین صفحه مشاهده کنید. اکنون OK را کلیک کنید.

ابزارهای ورودی/خروجی

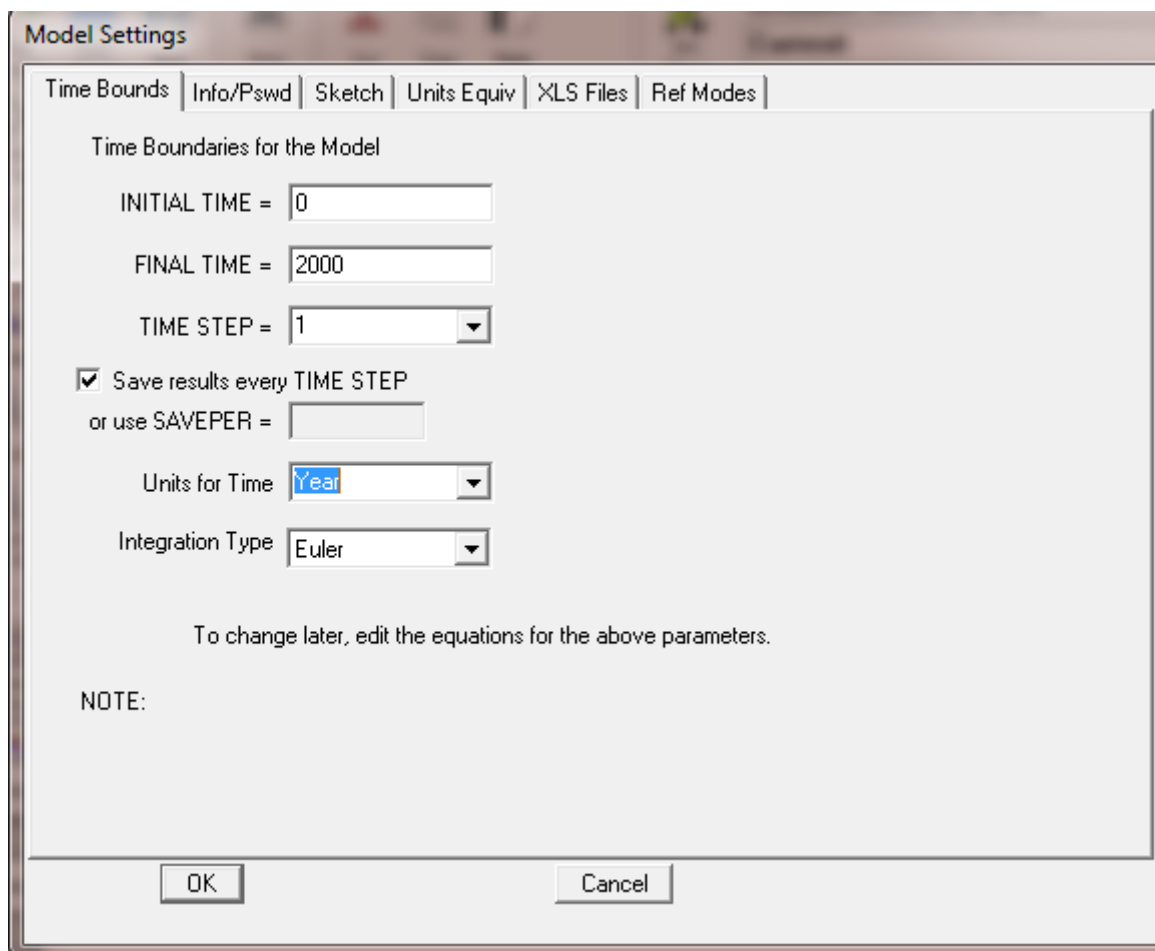
می توانیم مقادیر اولیه و ثابت ها را با انتخاب ابزار equation و سپس کلیک کردن بر متغیر دلخواه تغییر دهیم. برای نمایش تصویری، بر آیکون  Input Output Object کلیک کنید. در منطقه کار مدل کلیک کنید تا Object را در آنجا قرار دهید. بلافاصله Input Output Object Setting panel ظاهر می شود. روی Constant کلیک و growth rate را انتخاب کنید. باید مقادیری بین ۰ و ۰/۲ داشته باشد. پس از

کلیک کردن بر OK نوار تنظیم growth rate ظاهر می شود. آیکون  SET که در کنار نام مجموعه داده ها قرار دارد نوار تنظیم را فعال می کند. برای آزمایش مقدار ۰/۰۹ را برای مقدار نرخ رشد تنظیم کنید. بر روی آیکون Run a Simulation یک بار دیگر کلیک کنید تا این بار شبیه سازی با مقدار جدید برای نرخ رشد اجرا شود. برای اینکه بدون اجرای شبیه سازی با برگرداندن نرخ رشد به مقدار اولیه کار را تمام کنید، روی آیکون  STOP در سمت چپ نام مجموعه داده کلیک نمایید.

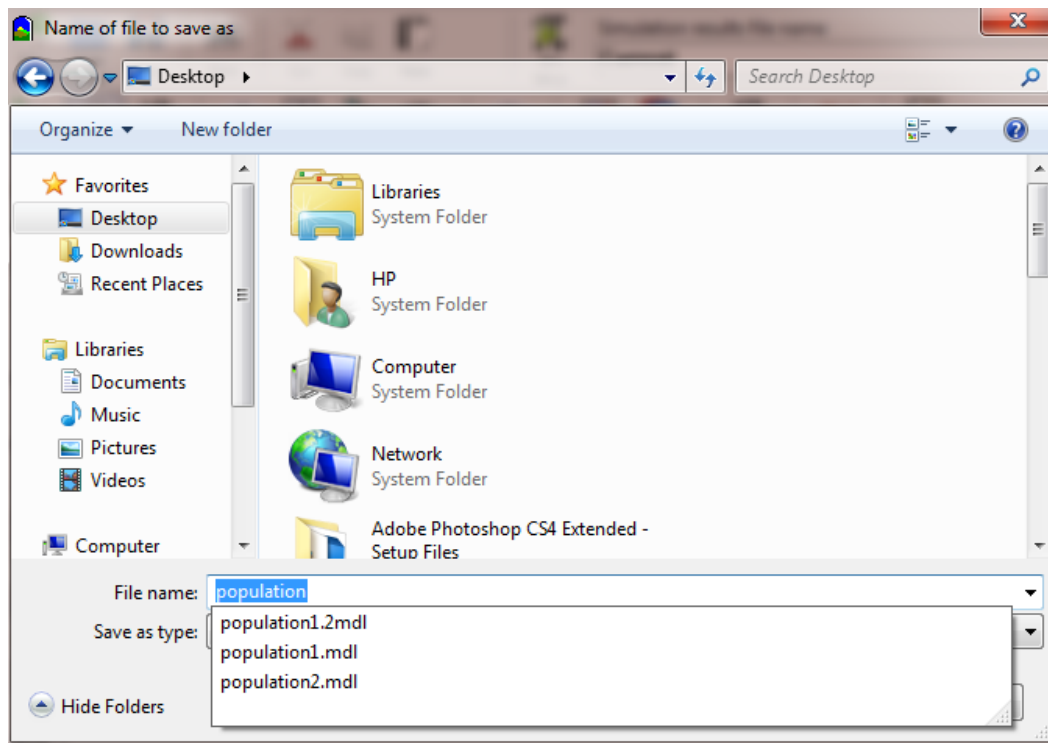
حال پس از معرفی ابزارهای موجود به بررسی مدل جمعیت و ترسیم آن می پردازیم:

از نوار ابزار اصلی گزینه new model

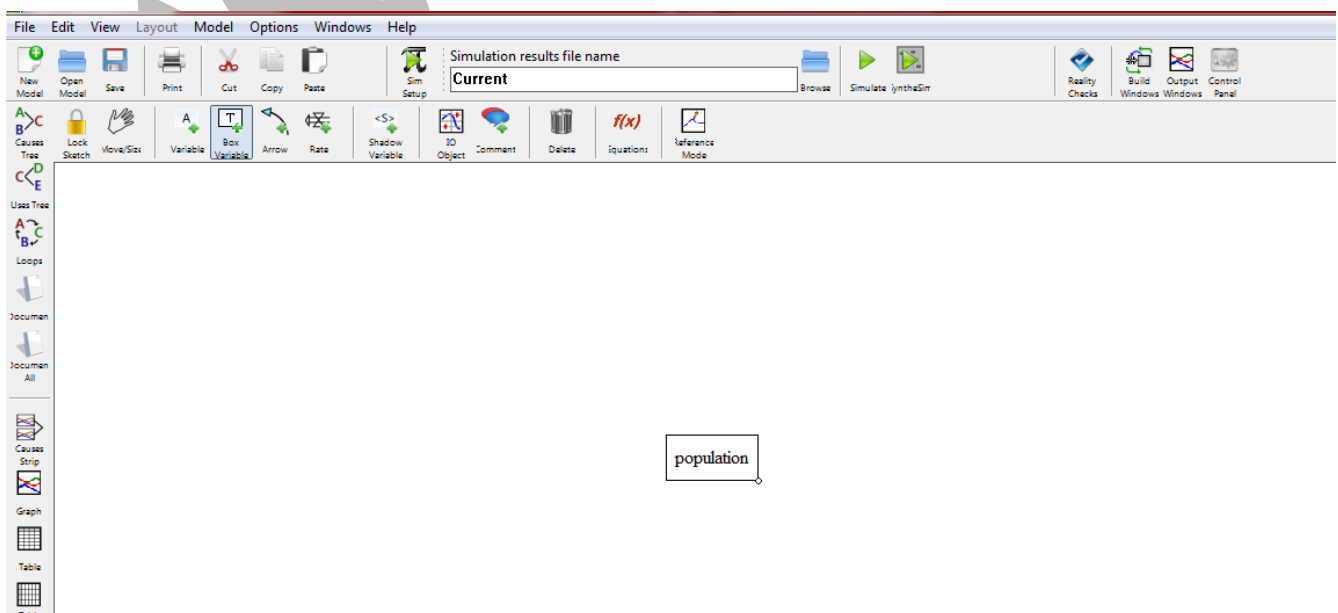
را انتخاب میکنیم و طبق شکل فوق زمان شروع شبیه سازی و زمان پایان شبیه سازی و همچنین گام های اجرای شبیه سازی و واحد زمان را مشخص میکنم.



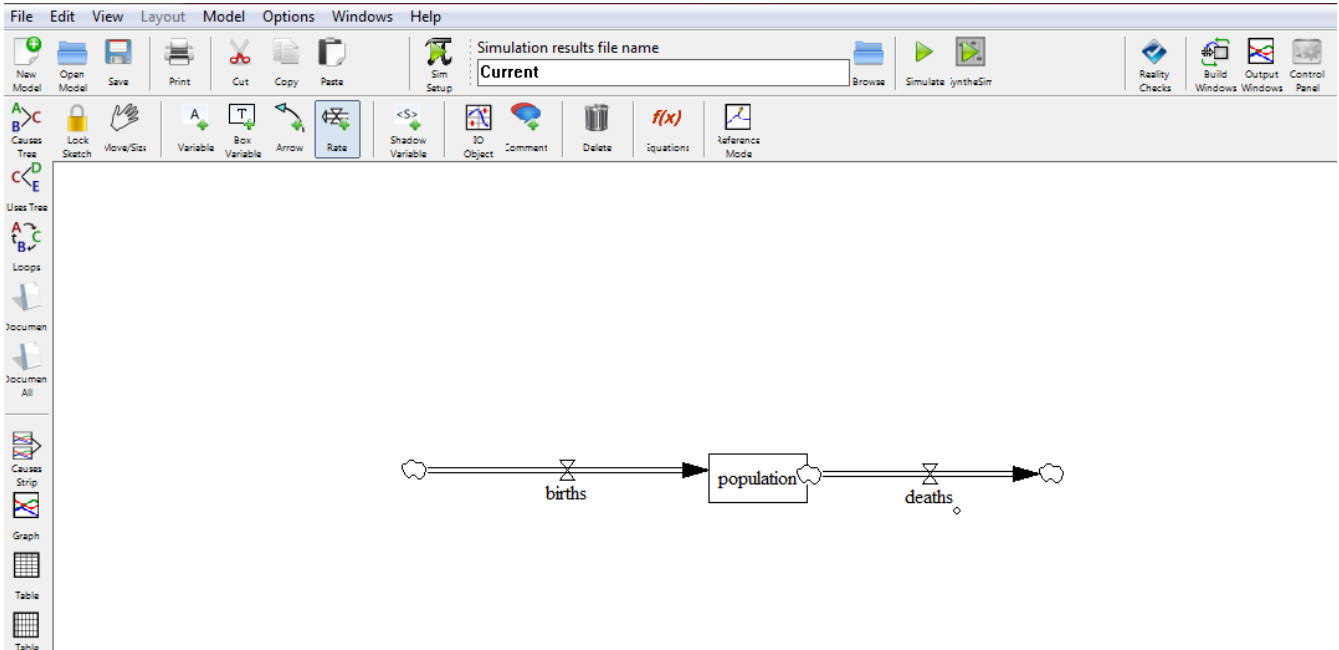
پس از این مرحله باید فایل مورد نظر را ذخیره کنیم پس از نوار بالا گزینه **file** و سپس گزینه **save** را انتخاب می‌کنیم پس از آن مانند شکل زیر فایل مورد نظر را ذخیره می‌کنیم



پس از این مرحله با استفاده از ابزار **Box variable** متغیر اصلی که مورد بررسی است را رسم میکنیم برای این منظور پس از انتخاب این ابزار بر روی صفحه اصلی کلیک کرده و عبارت **population** را در آن تایپ میکنیم:

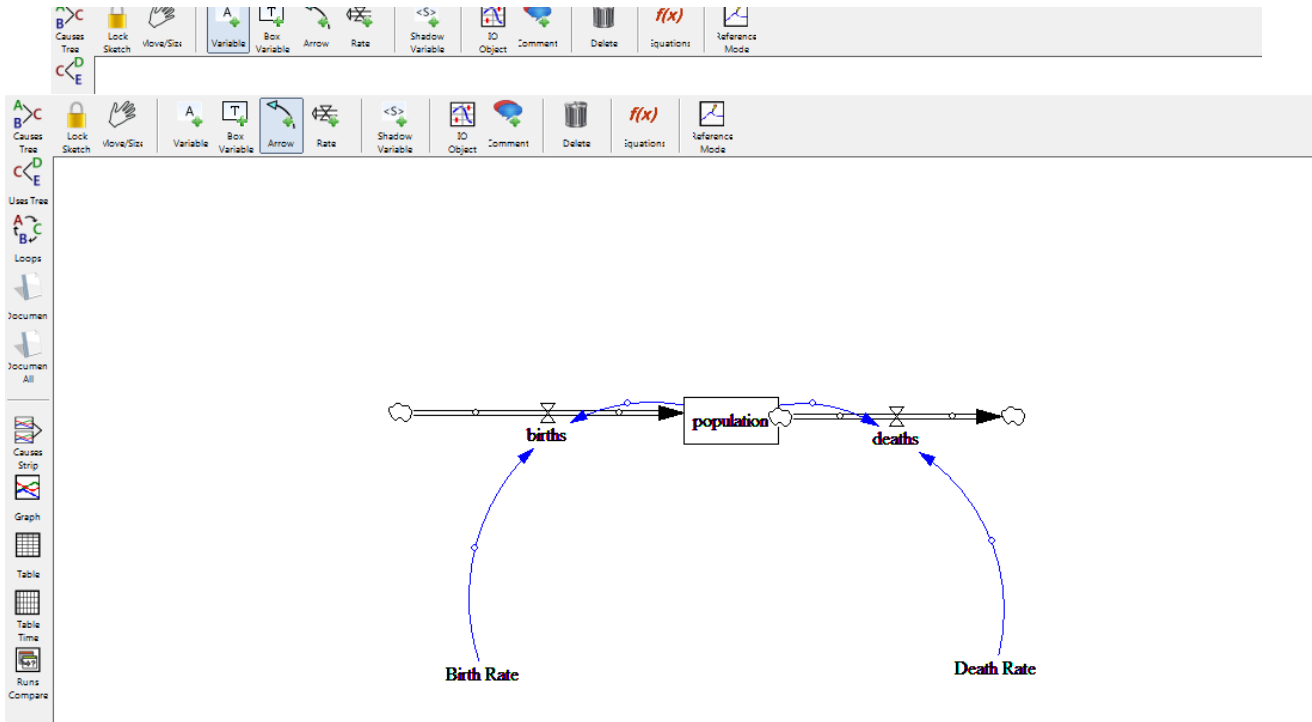


پس از این مرحله باید با انتخاب ابزار Rate که در واقع شیری جهت تنظیم نرخ های مورد نظر دارد که در اینجا births و deaths میباشد را تشکیل می دهیم:



با توجه به شکل فوق متوجه میشویم که برای رسم rate برای عامل تاثیر گذار births باید از سمت چپ population کلیک کنیم و تا متغیر اصلی مورد نظر که در اینجا population است این کار را ادامه میدهیم و مجددا کلیک میکنیم.

در مرحله بعد با استفاده از ابزار variable دو باکس بدون حاشیه برای متغیر های Birth Rate و Death Rate رسم میکنیم:

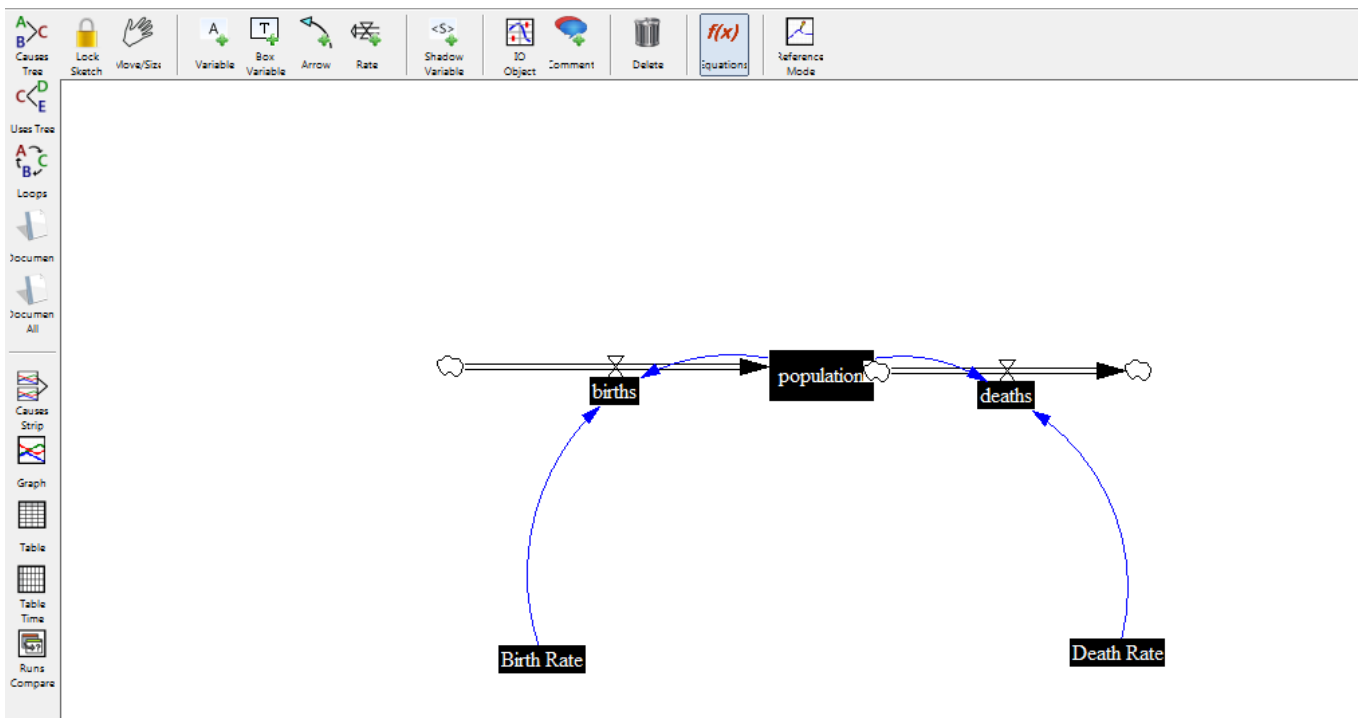


پس از این مراحل باید ارتباط بین متغیر ها را با استفاده از ابزار Arrow ترسیم نمایید:

لازم به ذکر است که برای انحنای دادن به کمان های موجود بر روی کمان مورد نظر کلیک میکنیم و موس را میکشیم.

حال برای نوشتن روابط بین متغیر های موجود باید ابزار Equations را در نوار Sketch tools انتخاب کنیم

با انتخاب این ابزار تمام متغیر هایی که نیاز به تعیین فرمول و رابطه شان است به صورت های لایت مشخص می شوند حال به شکل زیر دقت نمایید :



پس از این مرحله با کلیک بر تک به تک متغیر های لایت شده جدول مربوط به آن را پر میکنیم :

در ابتدا بر روی population کلیک میکنیم و با صفحه زیر روبرو میشویم در این مثال فقط برای قسمت Initial value مقدار ۲۰۰۰ را وارد میکنیم این مقدار نشان دهنده جمعیت در اولین سال اجرای شبیه سازی است و پس از آن ok :

پس از این مرحله بروی birth rate و death rate نیز کلیک میکنیم و میزان نرخ مورد نظر را که کاربر تعیین میکند در قسمت مربوطه تایپ میکنیم برای مثال برای نرخ تولد مقدار ۳ و برای نرخ مرگ و میر مقدار ۲ را وارد میکنیم و پس از آن ok:

Edit: Death Rate

Variable Information

Name: Death Rate

Type: Constant Sub-Type: Normal

Units: Check Units Supplementary

Group: .population3 Min: Max: Incr:

Equations

= 2

Functions Common Keypad Buttons Variables Causes

ABS
DELAY FIXED
DELAY1
DELAY1I
DELAY3
DELAY3I
EXP
GET 123 CONSTANTS
GET 123 DATA
GET 123 LOOKUPS
GET DIRECT CONSTANTS

Keypad Buttons: 7 8 9 + :AND:
4 5 6 - :OR:
1 2 3 * :NOT:
0 E . / :NA:
() , ^ <>
> >= = < <=
[] ! { }
Undo -> {{()}}

Edit a Different Variable

All Birth Rate
Search Model births
New Variable Death Rate
Back to Prior Edit deaths
Jump to Hilite FINAL TIME
INITIAL TIME
population

Comment

Expand

Errors: Equation Modified

OK Check Syntax Check Model Delete Variable Cancel Help

پس از انجام این مراحل نوبت به Births و Deaths میرسد برای مثال بر روی Births کلیک میکنیم و صفحه زیر را مشاهده میکنیم، همانطور که مشخص است در باکس سمت راست پایین این صفحه تمام متغیرهایی که از طریق کمان به Births وارد شده اند لیست شده اند این بدین معنی است که این متغیرها بر روی متغیر Births تاثیر میگذارد پس در کادر اصلی با کلیک بر روی متغیرهای وارد شونده رابطه مورد نظر را تایپ مینماییم و سپس ok:

Variable Information

Name: births

Type: Auxiliary Sub-Type: Normal

Units: Check Units Supplementary

Group: .population3 Min: Max:

Equations

= Birth Rate*population/100

Functions: Common

Keypad Buttons

Variables: Birth Rate, population

Causes:

Comment:

Errors: Equation Modified

OK Check Syntax Check Model Delete Variable Cancel Help

همین روند را برای متغیر Deaths نیز انجام میدهیم:

Variable Information

Name: deaths

Type: Auxiliary Sub-Type: Normal

Units: Check Units Supplementary

Group: .population3 Min: Max:

Equations

= Death Rate*population/100

Functions: Common

Keypad Buttons

Variables: Death Rate, population

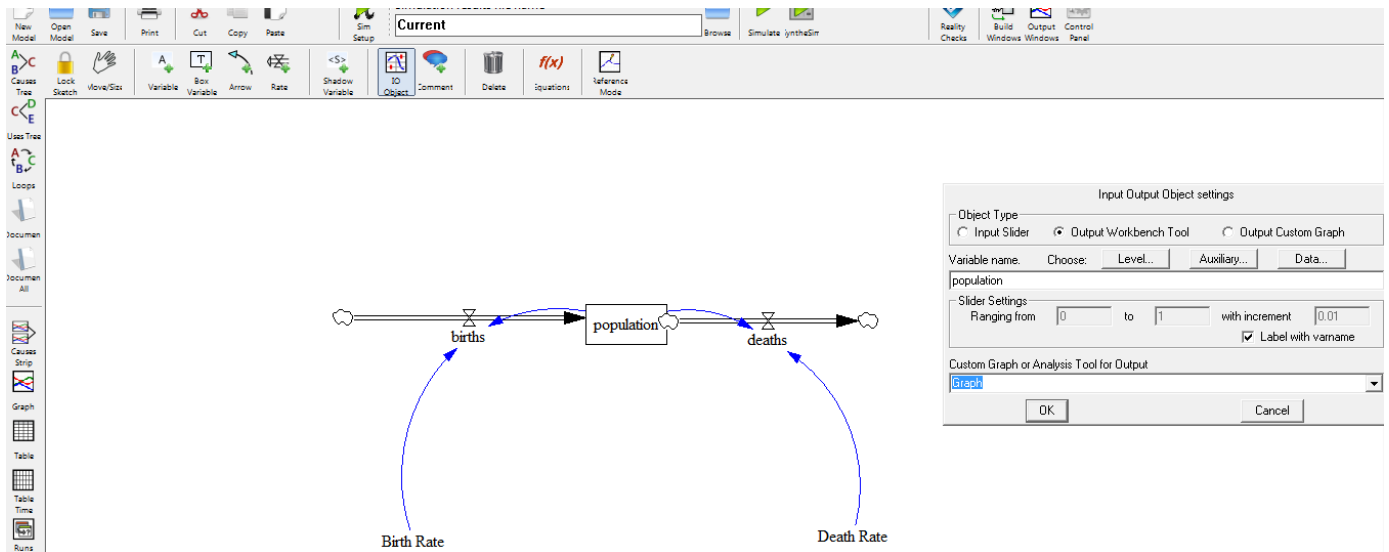
Causes:

Comment:

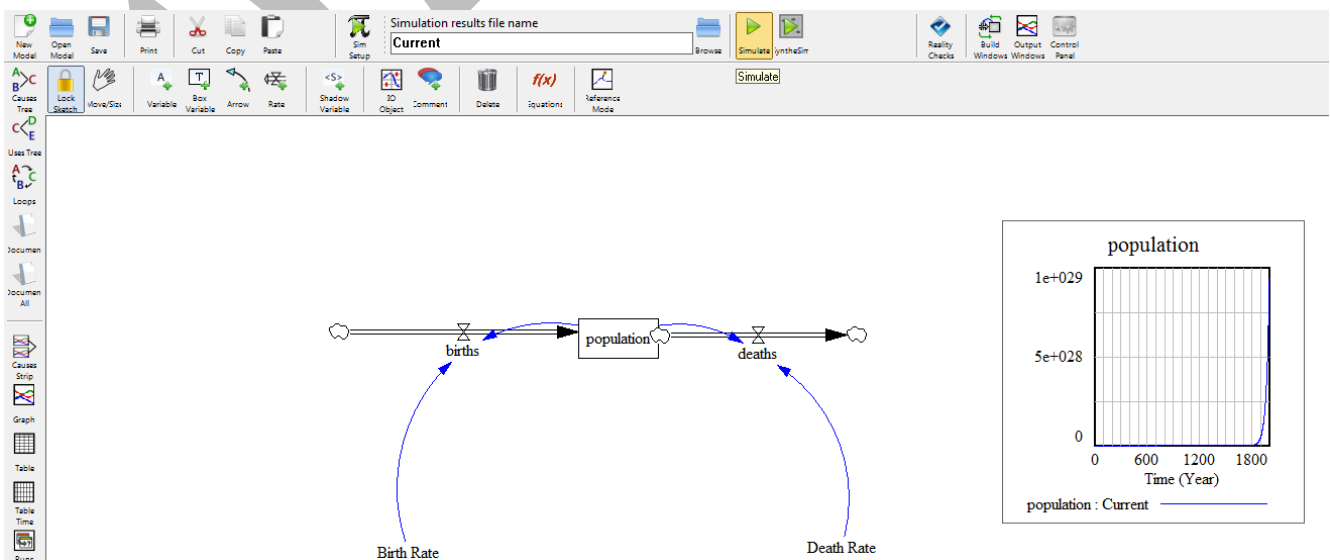
Errors: Equation Modified

OK Check Syntax Check Model Delete Variable Cancel Help

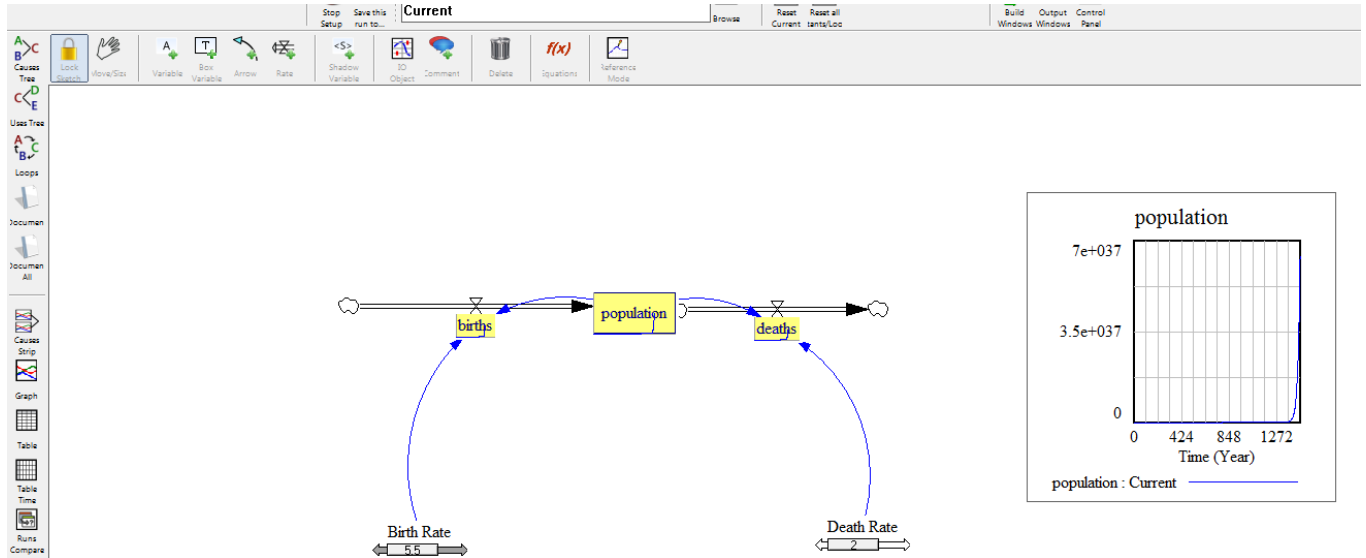
پس از این مرحله با انتخاب ابزار IO Object و کلیک در سمت راست صفحه اصلی با شکل زیر مواجه می شویم و کادر های موجود را طبق شکل زیر پر می نماییم :



پس از کلیک بر روی دکمه OK گرافی در صفحه اصلی ایجاد میشود در این مرحله با کلیک بر روی ابزار simulation شبیه سازی را اجرا کنید با این کار گراف اصلی نمایان می شود :



همچنین میتوان با کلیک بر ابزار Synthesim نرخ های تعیین شده را بر روی متغیر های مورد نظر مشاهده کرد و با گرفتن فلش دوطرفه و تغییر مکان آن تغییرات اصلی را بر روی گراف اصلی ببینیم و به موقعیت مطلوب را مشخص کنیم مانند شکل زیر :



همچنین میتوان با استفاده از ابزار های موجود در نوار آنالیز، گراف ایجاد شده و گزارش نهایی را تجزیه تحلیل کرد برای مثال با انتخاب یکی از متغیر های موجود در صفحه مانند Births و سپس انتخاب ابزار Table Time میتوان تمام تغییرات این متغیر را در طول بازه شبیه سازی مشاهده کرد، برای سایر متغیر ها نیز این موضوع برقرار می باشد. به شکل زیر توجه کنید :

Time (Year)	Current
0	60
1	61.8
2	63.654
3	65.5636
4	67.5305
5	69.5564
6	71.6431
7	73.7924
8	76.0062
9	78.2864
10	80.635
11	83.054
12	85.5457
13	88.112
14	90.7554

پیوست ۱

جدول تبدیل لاپلاس

تابع $f(t)$	تبدیل لاپلاس $F(s)$	شرط وجود تبدیل لاپلاس
a	$\frac{a}{s}$	$s > 0$
$x^{n-1} (n = 1, 2, \dots)$	$\frac{(n-1)!}{s^n}$	$s > 0$
e^{at}	$\frac{1}{s-a}$	$s > a$
t^e	$\frac{\Gamma(a+1)}{s^{a+1}} \xrightarrow{a \in \mathbb{N}} \frac{a!}{s^{a+1}}$	$a > -1, s > 0$
$\cos at$	$\frac{s}{s^2 + a^2}$	$s > a$
$\sin at$	$\frac{a}{s^2 + a^2}$	$s > a$
$\cosh at$	$\frac{s}{s^2 - a^2}$	$s > a $
$\sinh at$	$\frac{a}{s^2 - a^2}$	$s > a $
1	$\frac{1}{s}$	$s > 0$
x	$\frac{1}{s^2}$	$s > 0$
\sqrt{x}	$\frac{1}{\sqrt{\pi}} \sqrt{\pi} s^{-\frac{3}{2}}$	$s > 0$
$\frac{1}{\sqrt{x}}$	$\sqrt{\pi} s^{-\frac{1}{2}}$	$s > 0$
$t e^{at}$	$\frac{1}{(s-a)^2}$	$s > a$
$e^{at} \cos bt$	$\frac{s-a}{(s-a)^2 + b^2}$	$s > a$
$e^{at} \sin bt$	$\frac{b}{(s-a)^2 + b^2}$	$s > a$
$t \cos at$	$\frac{s^2 - a^2}{(s^2 + a^2)^2}$	$s > 0$
$t \sin at$	$\frac{2as}{(s^2 + a^2)^2}$	$s > 0$
$\sin at - at \cos at$	$\frac{2a^3}{(s^2 + a^2)^3}$	$s > 0$