دانشگاه خوارزمی

چکیده

System Dynamics

کارشناسی ارشد MBA

یوسف امیری
YousefAmiri.ir

رویکرد یا تفکر سیستمی در سیستم های اجتماعی:

نگاه تحلیلی یا نیوتنی: کل را به اجزا کوچکتر (dx) تقسیم کنید و اجزا را با هم جمع (انتگرال) کنید.

در نگاه سیستمی جمع اجزا لزوما برابر با کل نیست و می تواند کمتر یا بیشتر از کل باشد. به دلیل اینکه این اجزا باهم در ارتباط هستند و ممکن است اثر افزایشی یا کاهشی بر کل داشته باشند. در نگاه سیستمی برای بهبود کل باید روابط بین اجزا را بهبود بدهیم. با بهبود در روابط، اجزا خودشان را تطبیق می دهند چون در بیشتر مواقع این اجزا عوامل هوشمند هستند.

در نگاه تحلیلی متغیرها مستقل هستند اما در نگاه سیستمی همبسته هستند. نحوه شناخت در نگاه تحلیلی، شناخت اجزا برای شناخت کل است اما در نگاه سیستمی باید دید هر جزء در کل چه اثری دارد. در نگاه تحلیلی معمولا محیط درنظر گرفته نمی شود اما در نگاه سیستمی محیط در ارتباط با سیستم است. نگاه تحلیلی به دنبال نتایج بلافاصله و کوتاه مدت است اما در نگاه سیستمی، عواقب و سرنوشت وجود دارد و بلندمدت است.

مسائل در پویایی سیستم نتیجه تعامل چندین عامل هستند، نه یک علت منفرد و تصمیم‌ها اغلب با تأخیر زمانی اثر خود را نشان می‌دهند. وجود حلقه‌های بازخورد می‌تواند یک اقدام را در بلندمدت تقویت یا متعادل کند. برای حل پایدار مسائل باید به ساختار سیستم و روابط بین اجزا توجه کرد، نه فقط به علائم ظاهری.

کمبود پرستار در بیمارستان

تحلیلی: کمبود پرستار یک مشکل مستقل است؛ راه‌حل، افزایش اضافه‌کاری یا استخدام نیروی جدید است. تمرکز بر رفع سریع کمبود است.

سیستمی: کمبود پرستار نتیجه تعامل عواملی مانند حجم کار، فرسودگی شغلی، رضایت کارکنان، ترک خدمت و کیفیت خدمات است. افزایش اضافه‌کاری در کوتاه‌مدت مشکل را کاهش می‌دهد، اما در بلندمدت فرسودگی و ترک خدمت را افزایش داده و کمبود را تشدید می‌کند. راه‌حل، بهبود روابط بین این عوامل و ایجاد تعادل در کل سیستم است.

افزایش سرعت تولید در کارخانه

تحلیلی: تأخیر در تحویل ناشی از پایین بودن سرعت تولید است؛ بنابراین باید سرعت خط تولید افزایش یابد.

سیستمی: سرعت تولید با کیفیت، فشار کاری، نرخ خرابی، دوباره‌کاری و رضایت کارکنان در ارتباط است. افزایش سرعت ممکن است در کوتاه‌مدت تولید را بیشتر کند، اما در بلندمدت با افزایش خطا و دوباره‌کاری، ظرفیت واقعی تولید کاهش می‌یابد. بنابراین باید کل سیستم تولید و روابط بین اجزا بهینه شود.

نمودار علت و معلول

نمودار علت و معلول رابطه دو متغیر را نشان می دهد x --+> y .یعنی x علت y است در نتیجه y معلول x است و رابطه آنها مثبت است یعنی با افزایش x میزان y هم افزایش می یابد یا مشتق مثبت یا هم جهت هستند

حلقه‌های بازخوران:(causal loop diagram)

سنگ بنای تفکر سیستمی هستند. در نگاه سیستمی باید متغیرها و روابط بین آنها را بصورت حلقوی دید در واقع در سیستم‌ها، جنگ بین حلقه‌هاست.

حلقه مثبت) R خودتقویتی :(Rainforcing اگر باضرب علامت‌های حلقه، علامت مثبت بدست آید که باعث اثر گلوله برفی می شوند .

حلقه منفی) B متوازن کننده :(Balancing اگر باضرب علامت‌های حلقه، علامت منفی بدست آید. مانع از رشد مداوم می شوند و متعادل کننده اند. منظور از چالش، حلقه‌های منفی است .

مثال: تولد علت جمعیت است و جمعیت معلول تولد. از طرفی جمعیت هم علت تولد است یعنی متغیرهایی داریم که هم علت و هم معلول هستند. و این یک حلقه است یعنی اگر در جهت فلش حرکت کنیم دوباره به همان متغیر می رسیم.

مرگ علت جمعیت است و جمعیت هم علت مرگ است به این ترکیب، حلقه‌های علت و معلولی گفته می شود.

نقطه عطف: جایی که رفتار از خودتقویتی و رشد به متوازن کننده تغییر می کند. مانند منحنی‌های s روی محور مختصات که نقطه عطف دارند و مسائل نوع دوم

بهبود سیستم‌ها: نقطه عطفی که رفتار سیستم به خود تقویتی منجر شود. بنابراین ما به دنبال رفتار ایده‌آل هستیم.

همبستگی آماری چیست؟ تحلیل رفتاری

همبستیگ آماری، وابستگی و رابطه متغیرها را از نظر تغییرات به یکدیگر نشان می دهد. یعنی از روی رفتار متغیرها میزان شباهت آنها به هم را بدست می آورد و اینکه هنگام تغییر مقدار یک متغیر، دیگری چه تغییری و در چه جهت انجام می دهد برای این کار جدولی با سه ستون که دوستون آن دیتا برای مقایسه است و ستون سوم نتیجه مقایسه آنهاست که همبستگی آماری مثبت یا منفی دارند را نشان می دهد. برخلاف روابط علی، در تحلیل آماری متغیرهای واسطه درنظر گرفته نمی شوند و دو نوع است:

همبستگی مثبت: هر دو متغیر با هم افزایش و کاهش داشته باشند. افزایش درآمد افزایش پس انداز

همبستگی منفی: تغییرات دو متغیر معکوس هم باشد. مثلا از نظر آماری بچه‌هایی که در مهد کودک هستند وزن متوسط کمتری از بچه‌های دیگر دارند اما از نظر علی، مهدکودک علت کاهش وزن بچه‌ها نیست.

رفتار علی باید ۳ ویژگی داشته باشد:

۱ -علت قبل از معلول اتفاق بیافتد ۲- بین علت و معلول نباید متغیر واسطه باشد ۳- بین علت و معلول باید همبستگی وجود داشته باشد

مطالعات سیستمی برای تحلیل ساختاری است نه تحلیل رفتاری بنابراین نباید به دنبال همبستگی آماری باشیم.

در شکل ج۴ حلقه‌های بازخوران رفتار و ساختار توضیح داده شده است. در آمار، رفتارها مورد مطالعه قرار می گیرند، در سیستم داینامیکس به دنبال این هستیم که ساختار را رسم کنیم و رفتار آنرا مشخص کنیم یعنی ساختار را تغییر می دهیم و رفتار را بررسی می کنیم تا به رفتار ایده‌آل برسیم.

***کتاب پنجمین فرمان - پیتر سنگه: ساختار بوجود آورنده رفتار است. در این کتاب سازمان یادگیرنده توضیح داده می شود.

توصیه های رسم نمودار علت و معلولی:

توصیه اول (الزامی) - ارتباطاتی که رسم می شود باید از جنس روابط علی باشد و نباید صرفا بخاطر همبستگی آماری باشد. همبستگی شرط لازم است اما کافی نیست.

توصیه دوم (الزامی) - تعیین نوع (R/B) یا علامت حلقه‌ها برای پیش بینی رفتار سیستم. فروش دهان به دهان - تعداد مشتریان حلقه نوع R یا مثبت است (هردو باعث افزایش هم می شوند). تعداد مشتریان - ترک مشتریان حلقه نوع B یا منفی است (افزایش مشتریان باعث افزایش ترک مشتریان ما می شود و افزایش ترک مشتریان باعث کاهش مشتریان می شود). اگر یک حلقه R و یک حلقه B داشته باشیم می توان پیش بینی کرد که تشکیل یک رفتار S شکل می دهند.

توصیه سوم (الزامی) - علامت یک رفتار نباید مبهم باشد. مثلا رابطه درآمد - قیمت باید رفع ابهام شود. فرمول آنرا پیدا می کنیم و متغیر سوم را وارد می کنیم

$$\text{income} = \text{price} \times \text{qty}$$

$$\text{income} = \text{price} \times \text{sale} \times \text{qty}$$

$$\text{price} \xrightarrow{+} \text{income}\ ,\ \text{price} \xrightarrow{-} \text{sale}\ ,\ \text{sale} \xrightarrow{+} \text{income}$$

توصیه چهارم (اختیاری) - تعیین اسم برای حلقه‌ها در واقع واحدهای مرتبط را مشخص می کند .

توصیه پنجم (الزامی) - درج تاخیر روی نمودار. دونوع تاخیر داریم تاخیر مواد و اطلاعات. انبار برای پوشش دادن leadTime یا تاخیر است که هم برای عرضه و هم تقاضا استفاده می شود. در رابطه علی توزیع میوه - قیمت میوه تاخیر وجود دارد و قیمت بلافاصله تغییر نمی کند leadtime .دو نوع است یکی تاخیر تامین و دیگری تاخیر تنظیم برای تولید. صف از تاخیر می آید

در نمودارهای علت و معلولی ممکن است اثر علت را با تاخیر روی معلول داشته باشیم. تاخیر در حلقه های تعادلی باعث رفتار نوسانی و در حلقه های تقویتی باعث واکنش بیش ازحد می شود مانند) lead time زمان تحویل: فاصله زمانی سفارش گذاری تا تحویل کالا) یکی از موارد کاهش زمان تحویل، انبارداری برای نگهداری موجودی است. پیدا کردن تاخیر و صف، سریع ترین راه عارضه یابی یا پیداکردن گلوگاه سیستم در شرکت هاست. مدیران اغلب به وضعیت فعلی واکنش نشان می‌دهند، در حالی که سیستم هنوز تحت تأثیر تصمیم‌های قبلی آن‌هاست.

توصیه ششم: نام متغیرها را بصورت عبارات اسمی انتخاب کنید.

توصیه هفتم: نام متغیرها باید قابل حس و شفاف باشد. به جای بازخور رئیس بنویسیم تشویق رئیس - به جای رفتار کارمند بنویسیم روحیه کارمند

توصیه هشتم: نام متغیرها را با نگاه مثبت انتخاب کنید. به جای هزینه > ضرر بنویسیم هزینه > سود

توصیه نهم: در رسم نمودار علت های درون حلقه را با خط خمیده و بیرون حلقه بازخوران را با خط مستقیم نشان می دهیم. حلقه های مهم را دایره ای و حلقه های جانبی را با بیضی رسم کنید (تقویت ارائه). خطوط، همدیگر را قطع نکنند.

توصیه دهم: سطح مناسبی از تجمیع را در نمودارهای علت و معلولی انتخاب کنید. (یعنی زاویه دیدی که کل ببیند و جزئیات را تا سطح کافی رسم کنید(

توصیه یازدهم: اهداف در حلقه های منفی باید مشخص شوند. حلقه منفی: برنامه‌های بهبود کیفیت > کیفیت محصول هدف: سطح مطلوب کیفیت

توصیه ۱۱: در حلقه های منفی اهداف را مشخص کنید. هدف از باز کردن شیر آب پرکردن لیوان است. در حلقه های منفی بین سطح فعلی و سطح مطلوب تصمیم گیری می شود. در مثال کولر باید سطح آب (متغیر اصلی) با سطح مطلوب (یک فلش خارجی) مقایسه شود و تبدیل به یک حلقه ۴ متغیره می شود.

نمودار جریان:(Flow Diagram)

متغیر حالت (مستطیل) - متغیر نرخ (الاکلنگ جهت دار) - متغیر کمکی (دایره) - عدد ثابت (لوزی(

متغیر حالت (مستطیل): وضعیت یک متغیر در یک لحظه است. انباشت را نشان می دهد و جریان پیوسته ورودی و خروجی دارد مانند طول صف. اما تعداد کارکنان جریان گسسته ورودی و خروجی دارد و حالت نیست بلکه کمکی برای متغیر نرخ است. متغیر حالت فقط یک ورودی دارد ولی می تواند چند خروجی داشته باشد مثلا به متغیر نرخ و کمکی، خروجی داشته باشد. از بین دو متغیر حالت یکی را درنظر می گیریم که متغیر نرخ دارد .

متغیر نرخ (شیر آب): سرعت و نرخ جریان پیوسته را نشان می دهد و در یک لحظه می تواند صفر شود.

متغیر کمکی: عواملی که روی نرخ سرعت تاثیر می گذارند را کمکی گوییم مانند نرخ خدمت رسانی که تعداد کارکنان، بهره وری و ساعات کاری روی سرعت آن تاثیر دارند. در مثال منابع انسانی اگر تعداد کارکنان، نرخ استخدام و نرخ استعفا را داشته باشیم، آنجا تعداد کارکنان متغیر حالت (موجودی) است چون شیر کنترلی ورودی و خروجی (متغیرهای نرخ) صورت مساله جریانی برای این انباشت نشان می دهند در واقع متغیری که نه حالت است و نه نرخ ولی تابع یک چیز دیگر است. مانند قیمت

عدد ثابت: نه حالت و نه نرخ است و تابع چیز دیگری نیست. عدد ثابت از مفروضات مساله است و در طول زمان تغییر نمی کند مانند ۳ کارمند، ۵ ساعت، ۵ سفارش (۵ تقاضا) و کلا اعداد اولیه، ضرایب، زمان تاخیر، حد آستانه. اما تورم، تعداد کارکنان، تقاضا (تابع درآمد، قیمت،تورم) و بهره‌وری متغیر کمکی هستند چون می توانند در طول زمان تغییر کنند.

ابر: ابر ورودی یا Source و ابر خروجی یاSink

مثال: منبع آب با شیر ورودی و خروجی و یک سطح مشخص از آب داریم اگر در یک لحظه از آن عکس بگیریم سطح آب را داریم (متغیر حالت) اما جریان ورودی و خروجی صفر می شود (متغیر نرخ) به عبارت دیگر متغیرهای وابسته به زمان متغیر نرخ هستند. در مثال نرخ تولد-جمعیت-نرخ مرگ دو متغیر ابتدایی و انتهایی در بستر زمان رخ می دهد و نرخ هستند و جمعیت متغیر حالت است.

ترازنامه مساوی بدهی به اضافه سرمایه است و هر سه متغیر حالت هستند. بدهی یک متغیر حالت است و متغیرهای قرض و بازپرداخت، متغیرهای نرخ آن هستند. در ترسیم نمودار علت و معلول ابتدا متغیر حالت را پیدا می کنیم و در مرکز قرار می دهیم سپس برای پیدا کردن متغیرهای نرخ، ورودی و خروجی را پیدا می کنیم.

مثال: کارمندان (متغیر حالت) - بازنشستگی، ترک کار، اخراج، استخدام (متغیرهای نرخ که در فرمول از آن انتگرال می گیریم(

تشخیص متغیرها:

۱ -عکس برداری از سیستم و توقف زمان. باقیمانده متغیر حالت و صفرها متغیر نرخ هستند چون زمان صفر می شود و جریان آنها متوقف می شود.

۲ -هر متغیر حالت حداقل یک متغیر نرخ دارد

۳ -همخوانی واحد یعنی اگر متغیر حالت براساس لیتر است متغیر نرخ باید لیتر در واحد زمان باشد.

۴ -روی حالت فقط نرخ اثر می گذارد و کمکی و عدد ثابت تاثیر نمی گذارد

۵ -هر حلقه بازخوران حداقل یک متغیر حالت و یک متغیر نرخ دارد.

۶ -بین دو متغیر حالت حداقل یک متغیر نرخ وجود دارد

بیان ترسیمی حالت و نرخ

نرخ خالص: ورودی منهای خروجی یا مشتق. اگر ۴ لیتر در دقیقه به سیستم وارد و ۳ لیتر در دقیقه از آن خارج شود، ۱ لیتر در دقیقه نرخ خالص است. نرخ خالص مثبت یعنی افزایش سطح یا انباشتگی و برعکس. نرخ خالص صفر یعنی ورودی و خروجی برابر

حالت: وضعیت سیستم را نشان می دهد. مقدار افزایش حالت برابر با سطح زیر منحنی نرخ خالص است.

نمودار مساله موجودی با نرم افزار

نرخ پاسخ: تعداد فروش نسبت به تعداد تقاضا

عدم قطعیت در زنجیره تامین: تقاضای انتظاری مشتری (از اطلاعات گذشته تخمین زده می شود) و لیدتایم (زمان تامین(

هرچه لیدتایم یا زمان تامین بالاتر باشد باید موجودی در انبار به همان نسبت بیشتر باشد تا ریسک موجودی نداشته باشیم. شرایط ناپایدار روی لیدتایم تاثیر می گذارد و آنهم روی موجودی

مشتری های واحد تولید: سفارشات و انبار (ذخیره احتیاطی(SaftyStock

نرم افزارpowersim studio