



مرکز ملی باوردهای علمی و فناوری

سازمان بنادر و دریانوردی به عنوان تنها مرجع حاکمیتی کشور در امور بندری، دریایی و کشتی‌رانی بازرگانی به منظور ایفای نقش مرجعیت دانشی خود و در راستای تحقق راهبردهای کلان نقشه جامع علمی کشور مبنی بر "حمایت از توسعه شبکه‌های تحقیقاتی و تسهیل انتقال و انتشار دانش و سامان‌دهی علمی" از طریق "استانداردسازی و اصلاح فرایندهای تولید، ثبت، داوری و سنجش و ایجاد بانک‌های اطلاعاتی یکپارچه برای نشریات، اختراعات و اکتشافات پژوهشگران"، اقدام به ارایه این اثر در سایت SID می‌نماید.



سازمان بنادر و دریانوردی

دینامیک سیستم‌ها راه کاری برای عملیاتی نمودن تفکر سیستمی در مدیریت

بنادر ۳۵

رسام مشرفی : کارشناس ارشد برنامه ریزی سیستم‌ها ، دانشجوی دکتری اقتصاد

مدیر شرکت مشاوران پویانگر اقتصاد

r-moshrefi@sbu.ac.ir

چکیده:

تفکر تحلیلی منشاء پیدایش بسیاری از علوم بشری است. در این تفکر برای حل مساله ابتدا باید آن را به اجزا تفکیک نموده و با بررسی آن‌ها کلیت مساله پیش رو را حل نمود. اما موفقیت این طرز تفکر در حل مسایل منوط به دو پیش شرط است: نخست میان اجزا کنش متقابل وجود نداشته باشد و دوم آن که روابط توصیف کننده رفتار اجزا خطی باشد. چون فقط تحت این شرایط است که اجزا را می‌توان به طور منطقی و ریاضی از هم جدا و آن گاه با هم جمع کرد. اما این شرایط در پدیده هایی که سیستم خوانده می شوند یعنی متشکل از اجزای با کنش‌های متقابل بالا هستند وجود ندارد. بنادر در تعریفی که از ساز و کارهای عملکردی و مدیریتی آن وجود دارد، نمونه بارز یک سیستم پیچیده است. بنابراین به ضرورت در مدیریت آن نیاز به نگرش سیستمی است.

35 - بخش‌هایی از این مقاله در اولین گردهمایی بزرگ سالانه مدیران کشور: "بازانگاری مدیریت"، در آذر ۱۳۸۵ به شکل سخنرانی توسط نگارنده ارائه شده است.

فلسفه نگرش سیستمی که از عمر آکادمیک آن تنها کمی بیش از ۵۰ سال می گذرد، به دلیل فایده مندی عملی آن در بهبود کیفیت مدیریت بنگاه‌ها و سازمان‌ها، به تدریج در حال رسوخ در تمامی ابعاد مدیریت است. بررسی فهرست برخی از خدمات مشاوره‌ای مورد اقبال مدیران در چند دهه اخیر از قبیل مدل‌های ارزیابی متوازن، برنامه ریزی استراتژیک، TQM، تعالی سازمان‌ی، شبیه‌سازی‌های مدیریتی و ... که همگی با توجه به نگرش سیستمی به فعالیت یک بنگاه پدید آمده‌اند، نشان از وجود نیاز جدی بازار به عملیاتی نمودن این نگرش است. روش مدل‌سازی دینامیک سیستم‌ها (system dynamics) که پیتر سنگه در کتاب نظم پنجم آن را یکی از ضروری‌ترین نیازهای مدیریت در سازمان‌ها یادگیرنده می‌داند، یکی از شاخه‌های اصلی پشتیبان این نوع نگرش در تصمیم‌گیری است.

به نظر می‌رسد بنادر به عنوان یکی از نمادهای بارز سیستم‌های متعامل و در عین حال پیچیده، همسازی مناسبی برای بهره‌گیری از این متدولوژی در سطوح تصمیم‌گیری داشته باشد. در این مقاله وجوه کلی متدولوژی دینامیک سیستم‌ها، مطرح شده و در خصوص ضرورت بهره‌برداری از آن در بنادر جمع‌بندی لازم صورت می‌گیرد.

کلید واژه:

دینامیک سیستم‌ها، تفکر سیستمی، مدیریت سازمان‌ی، توسعه بنادر، تصمیم‌سازی.

۱- تفکر تحلیلی و تفکر سیستمی

مروری بر فرآیند توسعه دانش بشری نشان می‌دهد که بخش عمده‌ای از آن متکی بر پایه‌های تفکر تحلیلی^{۳۶} پدید آمده است. روش تفکر تحلیلی عبارت است از اعتقادی که می‌گوید تمام اشیا و وقایع، خواص آن‌ها و تجربه و معلومات ما درباره آن‌ها از یک سری اجزای تفکیک‌ناپذیر و عناصر نهادی تشکیل شده است. بنابراین برای درک مسایل و پدیده‌ها باید اجزای نهادی آن‌ها را شناخت و با شناخت خواص این اجزای به درک ویژگی‌های مساله یا پدیده مورد بحث دست یافت. روش تحلیلی در حدود ۴۰۰ سالی که از عمر آن می‌گذرد تقریباً بدون تغییر مانده است. در این روش برای بررسی هر مساله‌ای ابتدا اجزای آن شناسایی می‌گردد. رفتار تک تک اجزا به طور مجزا تحلیل می‌شود و در گام سوم سعی می‌شود با تجمیع رفتار این اجزا در قالب یک کل پاسخی برای مساله مورد بررسی یافت شود [Gharajedaghi, 1999].

این نوع نگرش همان طور که اشاره شد، زیربنای بسیاری از علوم به خصوص علوم تجربی و محض است. از نظر تاریخی بررسی‌ها در دانش فیزیک با کشف این مساله که همه چیز از اجزای غیر قابل تقسیم مادی موسوم به اتم‌ها ساخته شده‌اند^{۳۷} متحول شد. این نگرش خرد کردن یک ماده به اجزای اولیه آن توسط علمای شیمی با تحلیل مواد به عناصر بسیط و زیست‌شناسان با تحلیل ارگان‌ها به سلول‌ها به عنوان عنصر نهایی حیات نیز انجام گرفت. حتی در علم روانشناسی نیز جان لاک (۱۶۳۲-۱۷۰۴) فیلسوف برجسته و روانشناس پیشرو بریتانیایی ادعا نمود که در تجربه و معلومات و رفتار انسان‌ها مقداری عناصر نهایی وجود دارد به نام ایده‌های ساده. این ایده‌ها در

³⁶ - Analytical Approach

³⁷ - البته امروزه برخی معتقدند که خود اتم‌ها نیز دارای اجزایی به نام کوآرک‌ها و پارتون‌ها هستند ولی در

نهایت فلسفه جزء نهایی ماده را خدشه دار نمی‌کند.

سالیان بعد توسط زیگموند فروید بنیانگذار روانکاوی بسط یافت و شخصیت و رفتار انسان را به تعامل میان سه عنصرنهایی به نام "اید"، "اگو" و "سوپراگو" نسبت داد [راسل ل اکاف، ۱۳۶۵].

روش تفکر تحلیلی در حل مسایل مدیریتی نیز مبتنی بر این ایده است که ابتدا مساله باید به اجزای مستقل تفکیک گردد و با تلاش برای رفع مشکل در هر جزو کل مساله را مرتفع نمود. به عنوان مثال مشکل اداره یک شهر، به اداره حمل و نقل، مسکن، بهداشت، آموزش، شهرداری، نیروی انتظامی و ... تجزیه می شود و این گونه فرض می شود که اگر هر یک از وظایف به طور مستقل از یکدیگر به طرز صحیحی انجام شود، در آن صورت تمام شهر به عنوان یک کل به وجه مناسبی اداره خواهد شد.

اما کاربرد موفق روش تحلیلی به دو شرط بستگی دارد: نخست آن که میان اجزای کنش متقابل وجود نداشته باشد یا در صورت وجود، آنقدر ضعیف باشد که به خاطر برخی از هدف های پژوهش بتوان آن ها را نادیده انگاشت. فقط تحت این شرایط است که اجزای را به طور منطقی و ریاضی می توان از هم جدا و آن گاه با هم جمع کرد. شرط دوم آن است که روابط توصیف کننده رفتار اجزای خطی باشد. چون تنها در این صورت است که شرط جمع پذیری ممکن است. یعنی معادله بیان کننده رفتار کل همانند جمع معادلات بیان کننده رفتار اجزای است و فرآیندهای جزیی را می توان بر هم افزود تا فرایند کلی به دست آید.

این شرایط در پدیده هایی که سیستم خوانده می شوند یعنی متشکل از اجزای با کنش های متقابل بالا هستند وجود ندارد/لودویگ فن برتالنفی، ۱۳۷۴].

سیستم یک عنصر نهایی غیرقابل تقسیم نیست، بلکه کلی است که می تواند اجزای متعددی داشته باشد. عناصر و اجزایی که یک سیستم را تشکیل می دهند دارای خواص سه گانه ذیل هستند:

۱- خواص یا عملکرد هر عنصر مجموعه دارای اثری در خواص و عملکرد مجموعه است.

۲- خواص یا عملکرد هر عنصر مجموعه و نحوه اثرگذاری آن بر خواص و عملکرد کل، حداقل به یک عنصر دیگر آن مجموعه وابسته است.

۳- هر گروه فرعی از عناصر مجموعه دارای دو خاصیت اشاره شده در فوق می باشند. بنابراین عملاً نمی توان کل را به عناصر مستقل تقسیم نمود.

به این ترتیب، مجموعه ای از عناصر که سیستمی را تشکیل می دهند، مجموعه رفتارهایی از خود بروز می دهند که از هیچ یک از اجزا یا گروه‌های فرعی سیستم بر نمی آید. به عبارت دیگر سیستم چیزی بالاتر از مجموع اجزای خود است و از نظر ساختمان، کلی است قابل تقسیم ولی اگر از نظر نقش و کاری که انجام می دهد به آن نظر افکنیم یک کل غیرقابل تقسیم است زیرا در اثر تفکیک، بعضی یا تمام خواص ضروری اش را از دست می دهد.

با توجه به این بینش، از دهه ۴۰ میلادی نوع نگرش دیگری در مباحث علمی در مورد سیستم‌ها پدید آمد که جهتی بر خلاف جهت تحلیلی داشت. به هر حال با گسترش این مباحث علمی و تعمیق افکار، در سال‌های ۱۹۵۰ تا ۱۹۵۹ میلادی علم سیستم‌ها به دلیل فعالیت‌های اندیشمندی به نام لودویک فن برتالنی در حوزه زیست‌شناسی پایه گذاری شد. به عقیده او برای این که بتوان به طور موثرتر با طبیعت زنده- پدیده‌های اجتماعی، رفتاری و زیستی- سروکار داشت نه تنها دانش فیزیکی کافی

نیست بلکه در برخی موارد تحلیل با این نوع دانش غیرممکن است. از آن به بعد مفهوم سیستم به طور متزایدی در نگاه علمی ما به جهان وارد شد و به این ترتیب عصر سیستم‌ها آغاز شد^{۳۸}. البته این مفهوم چیز تازه‌ای نیست اما نقش آن در سازمان دهی ما نوین است^{۳۹}.

عصر سیستم‌ها به جای جدا ساختن اشیا بیش‌تر به این نکته توجه دارد که آن‌ها را در کنار هم قرار دهد. البته هیچ یک از این دو طرز فکر نافی ارزش دیگری نیست. به هر حال پس از دهه ۴۰ میلادی رشته‌های علمی مرتبط به نگرش سیستمی گسترش یافت که برای فهم و کاربرد ارتباطات و علایم و کنترل به کار گرفته شدند. این رشته‌ها شامل علوم "سایبرنتیکس"، تحقیق در عملیات"، "علوم رفتاری"، "ارتباطات"، "مدیریت"، "مهندسی سیستم‌ها" می‌گردد. این رشته‌ها "مصالح نرم" انقلاب فوق صنعتی را فراهم می‌آورد. درست همان طور که مهندسی صنعتی بسیاری از مصالح سخت را برای انقلاب صنعتی فراهم آورد.

۲- اهمیت نگرش سیستمی در مدیریت بنگاه‌ها

متکی بر تسلط نگرش تحلیلی در علوم و رشته‌های دانشگاهی، تمرکز روش مدیریت بنگاه‌های اقتصادی نیز تا چند دهه گذشته بر روی چگونگی بهبود وضعیت و ارتقای کیفیت و کمیت عملکرد اجزای اصلی بنگاه قرار داشت. به عبارت دیگر این اعتقاد وجود

³⁸ - البته هر عصری بر پایه عصر پیشین شکل می‌گیرد و آغاز عصر سیستمی به معنی از بین رفتن و یا کنار گذاشتن نگرش تحلیلی نیست. بلکه در عصر سیستم‌ها نگرش تحلیلی تکامل یافت و آن‌چه که زمانی کل مساله انگاشته می‌شد در این عصر خود جزیی از مساله شد.

³⁹ - داستان فیل در اتاق تاریک مولانا نمونه‌ای از نگرش سیستمی و اهمیت آن در درک پدیده‌ها در ادبیات کهن ایران است.

داشت که ارتقای عملکرد اجزا به طور حتم منجر به بهبود فعالیت بنگاه به عنوان یک کل می‌گردد. نگاهی به فهرست انواع خدمات متعارف مشاوره پدید آمده در عالم مدیریت نیز نشان می‌دهد که این نوع نگاه مدیران به بنگاه، فنون و روش‌های مورد نیاز برای اجرایی و عملیاتی نمودن آن را در عالم مشاوره نیز پدید آورده است. به عنوان مثال انواع روش‌های بهبود بهره‌وری، بازاریابی، مدیریت منابع انسانی، مدیریت مالی و ... بر اساس این نگرش تفکیک‌پذیری بنگاه به اجزا، توسعه یافته‌اند. البته این روش‌ها در ارتقای عملکرد بنگاه‌ها بسیار موثر بوده و هستند و حاصل اجرایی شدن آن‌ها در سیستم‌های عملیاتی، رشد مداوم وضعیت بنگاه‌ها اقتصادی و تسلط آن‌ها بر بسیاری از شوون جامعه جهانی است. اما با گسترش رقابت میان بنگاه‌های اقتصادی، مدیریت کارآمد آن‌ها دیگر از طریق تلاش برای بهبود تمامی اجزای اصلی میسر نمی‌باشد. به عبارتی، به دلیل پیچیده‌تر شدن مسایل، هم‌چنین محدودیت منابع مالی و اقتصادی و به خصوص تنگنای زمان، مدیریت بنگاه نمی‌تواند بدون نگرش سیستمی و شناسایی دقیق مشکلات و گلوگاه‌ها و تنها بر اساس نگرش ایده‌آلیسم به بهبود همه اجزا و ارتقا وضعیت آن‌ها در بهترین حالت ممکن، منجر به رشد و توسعه بنگاه شود. از سوی دیگر بسیاری از مشکلاتی که در حال حاضر بنگاه‌ها با آن مواجه می‌شوند آثار جانبی ناخواسته تصمیم‌هایی است که در گذشته برای حل یک مشکل و بدون توجه به بازخوردها و تبعات جانبی ناشی از آن گرفته شده است.^{۴۰}

40 - بر اساس مطالعات و تجربیات دکتر فورستر (دانشمند برجسته تفکر سیستمی و پدیدآور متدولوژی دینامیک سیستم‌ها) در زمینه مشاوره به بنگاه‌های اقتصادی، چند نتیجه جالب به دست آمده است. اول این که بسیاری از مشکلات ناشی از درون سیستم هستند هر چند که تمایل گسترده و گمراه‌کننده‌ای برای انداختن مشکل به گردن نیروهای بیرونی وجود دارد. دوم این که عکس‌العملی که افراد برای حل مساله انجام می‌دهند و آن را راه حل مساله می‌شناسند اغلب علت مشکلات و مسائلی است که پدید می‌آید. سوم طبیعت بازخوردهای

این واقعیت منجر به تغییر نوع نگاه به بنگاه از یک سیستم مکانیکی تفکیک پذیر به یک سیستم اجتماعی درهم تنیده شده است. بدیهی است برای چنین سیستمی روش‌های بهبود و ارتقای پیشین پاسخ گو نخواهد بود. به عبارت دیگر شناخت، درمان و کنترل چنین سیستمی روش متفاوتی از آنچه در نگرش مکانیکی توصیه می شود، نیاز دارد [راسل ل اکاف، ۱۳۸۱].

اما بر خلاف نگرش جزئی نگر و تحلیلی که حوزه مسایل در آن محدود است و امکان برنامه ریزی دقیق و کمی برای حرکت، میسر می باشد، چگونه می توان به یک بنگاه و مسایل آن به شیوه ای سیستمی نگریست و بر اساس این نگرش برای اجزای آن برنامه های کمی و قابل اجرا تدوین نمود. به عبارت دیگر آیا تنها می توان به شیوه ای کیفی و تنها با نگرش سیستمی به حل مسایل کمی و ملموس بنگاه پرداخت. به هر حال این نگاه از بالا و نگرش کل نگر که در نگاه سیستمی وجود دارد برای اثر گذاری بر عملیات واحدها باید روی زمین فرود بیاید و توصیه های قابل فهم برای کارکنان و مدیران بخش‌هایی دهد که شاید بیش تر به دنبال یک جهت حرکت مشخص باشند تا توصیه‌های سیستماتیک.

پویا در سیستم‌های اجتماعی معمولاً منجر به هدایت افراد در راستای تصمیم گیری های غیر کارا و گاهی بدتر کننده اوضاع می شود. چهارم این که مردم معمولاً در مورد دلیل تصمیماتشان اطمینان دارند. آن‌ها می دانند چه اطلاعاتی وجود دارد و چگونه این اطلاعات منجر به تصمیم آن‌ها شده است. اما آن‌ها معمولاً نمی توانند دریابند که در کل و با توجه به تمامی تعاملات چه خروجی رفتاری از تصمیمات معلوم آن‌ها حاصل خواهد شد. (برای مطالعه بیشتر به منبع زیر رجوع شود:

System Dynamics And The Lessons Of 35 Years, Jay W. Forrester, a chapter for the systemic basis of policy making in the 1990's, edited by Kenyon B. De Green, 1991)

بدیهی است به دلیل سابقه نسبی کم‌تر این نوع نگرش به بنگاه‌ها، نهادینه شدن روش‌های اجرایی موثر در تبدیل نگرش سیستمی به برنامه‌های عملیاتی و اجرایی هنوز تا حد کمال خود فاصله داشته باشند. مروری بر برخی از خدمات مشاوره‌ای مورد اقبال مدیران در چند دهه اخیر از قبیل مدل‌های ارزیابی متوازن، برنامه ریزی استراتژیک، TQM، تعالی سازمانی، شبیه‌سازی‌های مدیریتی و ... که همگی با توجه به نگرش سیستمی به فعالیت یک بنگاه پدید آمده‌اند، نشان از وجود نیاز جدی بازار به عملیاتی نمودن این نگرش است. اما با دقت در هر یک از این روش‌ها و موارد مشابه می‌توان دریافت که همه آن برای پاسخ‌گویی سیستمی به مسایل مشخصی تدوین شده‌اند. به عبارت دیگر قابلیت تعمیم به کلیه مسایل پیش روی بنگاه‌ها را ندارند. در حالی و همان طور که اشاره شد، نگرش سیستمی، یک نوع نگاه متفاوت به مسایل است و با این نگاه باید بتوان به هر مساله‌ای با دید سیستمی نگریست و برای آن راه حل ارائه داد.

در واقع نگرش سیستمی که پیتر سنگه در کتاب نظم پنجم آن را یکی از ضروری‌ترین نیازهای مدیریت در سازمان‌ها یادگیرنده می‌داند، تنها برای پاسخ‌گویی به مسایل کلان بنگاه نیست^{۴۱}. بلکه این نگرش باید در بررسی هر مساله جزیی سازمان نیز حاکم گردد تا بتوان در ورای هر مساله، نظامی که پدید آورنده آن است را شناخت و به اصلاح و بهبود آن همت گمارد/مایک سی. جکسون، ۱۳۸۱/.

41 - پیتر سنگه اندیشمند برجسته در زمینه مدیریت در کتاب خود به نام نظم پنجم، مفهوم سازمان یادگیرنده را به عنوان سازمانی که به طور پیوسته ظرفیت خود را برای ساختن آینده گسترش می‌دهد معرفی می‌کند. مدیریت موفق از دید او در چنین سازمانی دارای ۵ شرط است، که مهم‌ترین آن نظم پنجم یا نگرش سیستمی است. سنگه طرفدار پویایی سیستم است، نوع نسبتاً سراسری از تفکر سیستمی که به دنبال درک واقعیت بر حسب رابطه‌های بین متغیرهای متصل به حلقه‌های بازخورد مثبت و منفی است، تا امکان شناخت ساختارهای سیستماتیک را از مشاهده رفتارهای سیستم فراهم کند.

این همان نیازی است که متدولوژی دینامیک سیستم‌ها در پی پاسخ‌گویی به آن است. در این متدولوژی با اصالت دادن به مساله پیش روی بنگاه، سعی می‌گردد، مساله مذکور از دید سیستمی و با توجه به ماهیت پویا و به هم پیوسته سازمان فعالیت در بنگاه، کالبد شکافی گردد و در نهایت مدل کمی سیستمی پویایی طراحی گردد، که نحوه پدید آمدن مساله و سازوکارهای پشتیبان آن را شبیه‌سازی نماید. به همین دلیل این متدولوژی در حیطه‌های مختلفی از بررسی معضل ترافیک شهری، رفع مشکل اپیدمی یک بیماری در یک زیست بوم آبی، تدوین برنامه‌های استراتژیک و اجرایی نمودن آن در بنگاه‌ها، مدیریت زنجیره عرضه و ... مورد استفاده قرار گرفته است.

۳- متدولوژی دینامیک سیستم‌ها چیست؟

از زمان پیدایش متدولوژی دینامیک سیستم‌ها، این متدولوژی به طور شتابانی مورد توجه و اقبال قرار گرفته است. این توجه و اقبال ناشی از توانایی منحصر به فرد آن در ارائه مدل در نزدیک‌ترین حالت به دنیای واقعی است. این متدولوژی توان پذیرش پیچیدگی‌ها، روابط غیر خطی و ساختار حلقه‌های بازخوردی را دارد که از ویژگی‌های ذاتی سیستم‌های فیزیکی و اجتماعی است.

بسیاری از تصمیم‌های ما به هدف مورد نظر نمی‌رسند و حتی به دلیل آثار جانبی که به وجود می‌آورند، ممکن است ما را از هدف دور نمایند. فورستر این نتایج غیرمنتظره ناشی از سیاست‌ها را "رفتار ناخواسته سیستم‌های اجتماعی"^{۴۲} نام می‌دهد. دلیل این مساله در ساختار بازخوردهای سیستم نهفته است.

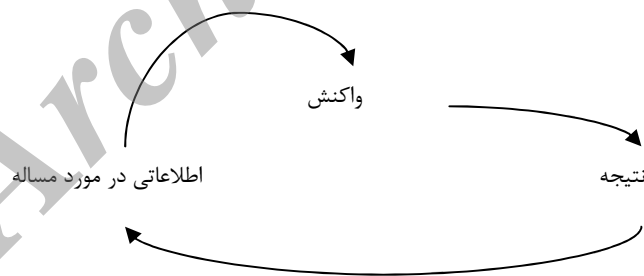
ساختار بازخورد در یک سازمان ممکن است تصمیم‌سازی در آن را بیش از آنچه افراد در درون سازمان متوجه باشند، تحت تاثیر قرار دهد. منظور از ساختار بازخورد

ترتیباتی است که باعث می شود تصمیمات ما به طور درون زا به وسیله چرخه‌های سیستم بدون این که متوجه باشیم، تعیین گردد.

ما در یک دنیای خطی و یک سویه زندگی نمی‌کنیم که در آن مسایل با واکنش ما رفع شوند. اکثر تصمیمات ما چه در سطح خرد و چه در سطح کلان ساختاری مشابه نمودار زیر از خود نشان می دهند. در واقع ما این گونه فرض کرده ایم که دنیا یک سویه است و مشکلات و مسایل ایستا هستند و تنها کاری که باید انجام شود این است که واکنش از خود نشان دهیم و به نتیجه دلخواه دست یابیم.

اطلاعاتی در مورد مساله → واکنش → نتیجه

اما در عمل مسایل دنیای ما بر مدار دواری در حرکت است، که در آن هر عمل ما وابسته به شرایطی است که احساس می‌کنیم. اما چنین عملی بر روی شرایط تاثیر می‌گذارد و زمینه ساز تصمیم‌های جدیدی می‌گردد. در واقع هیچ آغاز و پایانی برای این فرآیند قابل تصور نیست.



دینامیک سیستم‌ها روشی است که درک و یادگیری در مورد سیستم‌های پیچیده را بهبود می‌بخشد. همان‌گونه که شبیه‌سازی پرواز یادگیری خلبانی را تسهیل می‌کند، متدولوژی دینامیک سیستم‌ها نیز به کمک شبیه‌سازی‌های کامپیوتری به مانند شبیه‌سازی پروازی برای مدیران است که به آن‌ها درک پیچیدگی‌های پویای دنیای واقعی، شناخت دلایل مقاومت در مقابل سیاست‌گذاری‌ها و طراحی سیاست‌های موثر و کارا کمک می‌کند [John D. Sterman, 2000].

در واقع متدولوژی دینامیک سیستم‌ها با امکان بهره‌برداری از رایانه‌ها و شناسایی اهمیت شبیه‌سازی در تحلیل سیستم‌ها توسعه یافته است. بدیهی است نگرش هم‌زمان به رفتار اجزا و تعامل بین آن‌ها نیاز به حل مجموعه‌ای از معادلات دیفرانسیل هم‌زمان دارد/لودویگ فن برتالنفی، ۱۳۷۴. اما مدل‌سازی و تعریف یک سیستم با این معادلات حتی اگر خطی هم باشد، با وجود چند مجهول به سختی قابل حل هستند و اگر غیرخطی باشند جز در موارد خاص قابل حل نیستند. (جدول ۱). به همین دلیل رایانه‌ها نه تنها از راه تسهیل محاسباتی که انجام آن از حد وقت و انرژی موجود فراتر می‌رود و یا جایگزین کردن روش‌های متداول روزمره به جای نبوغ ریاضی و بلکه با گشودن زمینه‌هایی که در آن هیچ نظریه ریاضی یا راه حلی وجود ندارد برخوردار می‌شوند نو در زمینه پژوهش در سیستم‌ها پدید آورده‌اند.

به عبارت دیگر متدولوژی دینامیک سیستم‌ها با کمک امکانات رایانه‌ها، امکان نگرش سیستمی به بسیاری از مسایل را میسر نموده است.

جدول ۱ رده بندی مسایل ریاضی و سهولت حل آن‌ها با روش تحلیلی

معادلات غیر خطی			معادلات خطی			تعداد معادلات نوع معادلات
معادلات بسیار	چند معادله	یک معادله	معادلات بسیار	چند معادله	یک معادله	
غیرممکن	بسیار دشوار	بسیار دشوار	اساساً غیرممکن	آسان	بدیهی	جبری
غیرممکن	غیرممکن	بسیار دشوار	اساساً غیرممکن	دشوار	آسان	دیفرانسیل عادی
غیرممکن	غیرممکن	غیرممکن	غیرممکن	اساساً غیرممکن	دشوار	دیفرانسیل جزئی

منبع: Franks, R. G. E. 1967, *Mathematical Modeling in Chemical Engineering*, New York, Wiley

۳-۱- زمینه پیدایش دینامیک سیستم‌ها

پدید آمدن متدولوژی کاربردی نمودن تفکر سیستمی، ریشه در تلاش‌های فورستر دارد. در سال ۱۹۵۲ نیروی هوایی آمریکا ریاست آزمایشگاه لینکلن را به فورستر می‌سپارد و او را مامور می‌کند تا همه کوشش‌ها و تحقیقات را برای ایجاد یک سیستم زنگ خطر و دفاع در برابر حمله‌های هوایی هماهنگ کند.

هدف این سیستم - که برای نخستین بار به طور هم زمان رادار، رایانه و سیستم ضد هوایی را مورد استفاده قرار می‌داد- آن بود که از هر گونه حمله به سرزمین‌های ایالات متحده و آمریکای شمالی به موقع اطلاع یابد و تمام وسایل دفاعی را با شبیه سازی مسیر حرکت هواپیما، بدون اتلاف وقت و در کم‌ترین مدت ممکن به کار اندازد. در این هنگام است که فورستر به اهمیت و فایده متدولوژی سیستمی برای بررسی سازمان‌های پیچیده‌ای که جهت رسیدن به این هدف لازم بود تشکیل شوند و هم چنین برای کنترل کردن کار این سازمان‌ها و مشخص کردن روابط درست و به

هنگامی که باید افراد با ماشین‌ها داشته باشند (یعنی برای تصمیم‌گیری به موقع، بنابر اطلاعاتی که به تدریج به دست می‌آیند)، پی برد.

فورستر در سال ۱۹۶۱ به سمت استاد مدرسه‌ی مدیریت موسسه تکنولوژی ماساچوست برگزیده می‌شود و رشته‌ی «دینامیک صنعتی»^{۴۳} را به وجود می‌آورد. هدف او از ایجاد این رشته آن بود که به بنگاه‌ها و موسسات صنعتی را همانند یک سیستم بنگرد و از راه شبیه‌سازی نحوه کارشان را دریابد. او در سال ۱۹۶۴ به مسایل مربوط به فزاینده‌ی اقتصاد و انحطاط شهرها می‌پردازد و سعی می‌کند دینامیک صنعتی را به سیستم‌های شهری نیز تعمیم دهد و دینامیک شهری^{۴۴} را بیابد. سرانجام فورستر در سال ۱۹۷۱ با تعمیم دادن کارها و تحقیقات گذشته‌اش، دانش نوینی را به نام «دینامیک سیستم‌ها» پی می‌افکند و کتابی به عنوان دینامیک جهان منتشر می‌کند. این کتاب پایه‌ی کارهای دنیس میدوز و گروه همکاران‌اش، درباره‌ی محدودیت‌های فزاینده‌ی، قرار می‌گیرد که بعدها به نام نخستین گزارش کلپ ریم شهرت فراوانی در جهان می‌یابد.

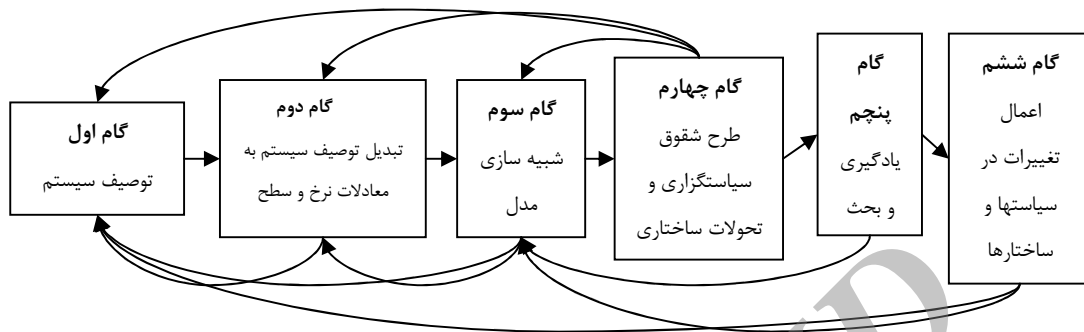
۳-۲- فرایندهای اجرایی در متدولوژی دینامیک سیستمی

همان طور که اشاره گردید طراحی و تدوین مدل در این متدولوژی با اصالت مساله پیش روی بنگاه است. فرآیند دینامیک سیستمی از مساله‌ای که باید حل شود، وضعیتی که باید بهتر فهمیده شود یا رفتار نامطلوبی که باید اصلاح شود یا از آن پرهیز شود آغاز می‌گردد. نمودار ۱ فرایندهای اجرایی در متدولوژی دینامیک سیستم‌ها را نشان می‌دهد.

⁴³ Industrial Dynamics

44 - Urban Dynamics

نمودار ۱- گام‌های تدوین یک مدل دینامیک سیستمی



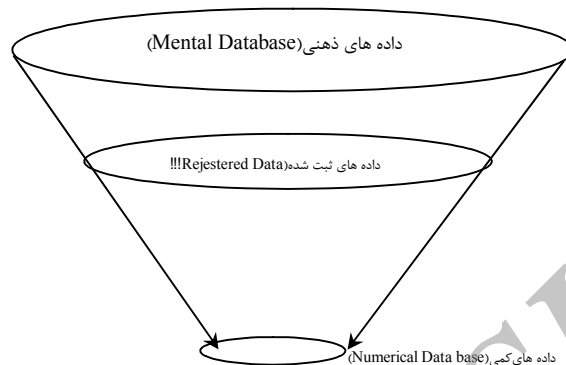
در گام نخست، بررسی و پژوهش پیرامون مساله‌ای که منجر به رفتار نامطلوب سیستم شده است، انجام می‌گیرد. در واقع چرایی و چگونگی پدید آمدن رفتار نامطلوب سیستم مورد بررسی قرار می‌گیرد. در این مرحله جمع‌آوری و دسته‌بندی داده‌ها به خصوص سرمایه‌اطلاعاتی که افراد در ذهن خود دارند، بسیار اهمیت دارد. داده‌های ذهنی یک منبع غنی از اطلاعات درباره اجزای سیستم و روابط آن‌ها، اطلاعاتی در مورد زوایای مهم و در عین حال نامشهود سیستم و پاسخ سیستم به سیاست‌هایی که در تصمیم‌سازی‌ها اتخاذ شده است، می‌باشد.

مدیریت و علوم اجتماعی در دهه‌های گذشته بدون توجه و حساسیت نسبت به داده‌ها و دانش ارزشمندی که در قالب تجربه و دانش افراد درگیر کار وجود دارد، خود را محدود به داده‌های اندازه‌گیری شده کرده است. در حالی که این داده‌های ذهنی مملو از اطلاعاتی در مورد ارتباط عناصر و سیستم کنترلی آن‌ها است.

متدولوژی دینامیک سیستمی بر روی هر سه دامنه داده‌ها متمرکز می‌شود تا

شناختی اساسی نسبت به سیستم مورد مدل‌سازی به دست آورد.

نمودار ۲- دامنه داده های مورد استفاده در مدل سازی دینامیک سیستمی



مرحله دوم به تدوین مدل شبیه سازی اختصاص دارد. توصیف سیستم و رفتار آن که در گام اول انجام گرفته است در این مرحله به معادلات سطح و نرخ تبدیل^{۴۵} می گردد. این مرحله کلیدی ترین بخش در متدولوژی دینامیک سیستمها است. چون با کمک کامپیوتر اطلاعات توصیفی و داده های پراکنده ای که در فاز اول جمع آوری شده است در این گام در قالب یک مدل در چارچوبی سیستمی به هم گره می خورند. از سوی دیگر قابلیت اتکای شبیه سازیها و سیاست گذاریهایی که در گامهای بعدی انجام می گیرد، متکی به قابلیت اتکا و تواناییهای مدلی است که در این گام تدوین شده است. به همین دلیل در بخش بعدی این مقاله به بررسی مفهوم مدل در متدولوژی دینامیک سیستمها پرداخته می شود.

لازم به ذکر است که با اجرای مرحله دوم و در حین تدوین معادلات، بسیاری از

نقایص و کمبودهای اطلاعاتی و ناسازگاری‌هایی که در گام اول وجود داشت، شناسایی و اصلاح می‌گردد.

مرحله سوم مرحله شبیه‌سازی مدل است. پس از این که تمامی معادلات تعریف شده در گام دوم، معیارهای منطقی برای قابل محاسبه بودن را گذراندند، شبیه‌سازی قابل انجام خواهد بود. به عبارت دیگر وقتی تمامی متغیرها تعریف شدند و سازگاری واحدها در معادلات از نظر دیمانسیون تایید شد، شبیه‌سازی ممکن می‌شود. نرم افزارهای مدل‌سازی سیستمی چنین آزمون‌هایی را خود انجام می‌دهند.

شبیه‌سازی سیستم در مرحله اول ممکن است رفتارهای غیر واقعی از سیستم ارایه دهد. این فرایندی است که به طور معمول در مراحل مدل‌سازی دینامیک سیستمی روی می‌دهد. در چنین مواقعی ضروری است به گام‌های قبلی بازگشت و حتی به اصلاح توصیف سیستم پرداخت. در واقع فرآیند شبیه‌سازی-اصلاح در مراحل ۱ و ۲ باید آن قدر تکرار شود که بتوان رفتار نامطلوبی که در سیستم دنیای واقعی وجود دارد، شبیه‌سازی نمود. در واقع متدلوژی دینامیک سیستم‌ها بر خلاف متدلوژی‌هایی که تنها بر روی وضعیت مطلوب تمرکز دارند، در مرحله اول بر روی ساختن وضعیت موجود و این که چگونه به این وضعیت دچار شده ایم متمرکز می‌گردد و پس از آن در مراحل بعدی به مسیری که به اصلاح و بهبود سیستم منجر می‌گردد، می‌پردازد.

در واقع شبیه‌سازی‌های اولیه در گام سوم سوالاتی را ایجاد می‌کند که منجر به بازگشت مکرر به گام‌های اول و دوم می‌شود. همان طور که اشاره شد این بازگشت تا زمانی که مدلی مطمئن و کارآمد برای پاسخ‌گویی به مساله مورد بررسی حاصل شود، ادامه می‌یابد. به عبارت دیگر تا مرحله کفایت^{۴۶} سیستم این آزمون‌ها تکرار می‌شود.

لازم به ذکر است که میزان کفایت وابسته به تبادل بین میزان دقت مورد نیاز و زمان و هزینه لازم ارتقا مدل است.

در گام چهارم شقوق سیاست‌گذاری برای آزمون مدل انتخاب می‌گردد. آزمون‌های شبیه‌سازی نشان می‌دهد که کدام سیاست‌ها برای رفع مشکل کارا تر هستند. شقوق مختلف سیاست‌گذاری ممکن است از بینشی که در حین انجام مرحله ۱ تا ۳ حاصل شده است، استخراج گردد، یا از تجربه مدل ساز یا پیشنهادهای افرادی که با سیستم واقعی سر و کار دارند یا با آزمون بسیار مطول خودکار کلیه پارامترهای سیستم.

بدیهی است آزمون سیاست‌هایی که متکی بر تحلیل، تجربه و مهارت است بسیار از آزمون‌های خودکار و گسترده کامپیوتری مفید تر باشد. این مساله به خصوص در سیستم‌های پیچیده که نیازمند آزمون سیاست‌هایی که متکی بر تحریک همزمان چند پارامتر است، بیش‌تر نمود دارد. به علاوه برخی از شقوق سیاست‌گذاری از ایجاد تغییر در ساختار سیستم ناشی می‌شود که بدیهی است چنین آزمون‌هایی به کمک روش خود کار قابل اجرا نخواهد بود.

گام پنجم در پی رسیدن به اجماع برای اعمال تحول در سیستم است. این گام مهم‌ترین چالش برای رهبری و هماهنگی در سازمان است. چون بدون توجه به این که چه تعداد از افراد در گام‌های ۱ تا ۴ درگیر شده اند اجرای نتایج همه را درگیر خواهد کرد.

مدل نشان می‌دهد که چگونه سیستم، مشکلی را که با آن مواجه شده، خلق کرده است. استفاده از مدل برای ارزیابی راه کار اجرایی برای اعمال سیاست گاهی اوقات منجر به پیشنهاد سیاست‌هایی می‌گردد که به طور کامل با تصور و پیش زمینه ذهنی بسیاری از مدیران متفاوت است. در واقع هیچ کس نسبت به اهداف اختلاف نظری ندارد اما

چگونگی رسیدن به آن است که مبنای اختلافات است. حتی پس از ساختن مدلی که مورد تایید است و توصیه های سیاست‌گذاری مورد تاکید، تغییر نسبت به رویه گذشته برای بسیاری از ذینفعان مشکل و نامطلوب است.

برای غلبه بر مخالفت‌ها نیاز به دوره زمانی کافی و آموزش‌ها و بحث‌ها بسیاری برای پذیرش تغییر در رویه گذشته است. در این بین ممکن است سوالاتی مطرح گردد که نیاز به تکرار مجدد گام‌های اول تا پنجم شود.

در مرحله ششم سیاست‌های جدید اعمال می‌گردد. بدیهی است مشکلاتی که ممکن است در این مرحله به وجود بیاید ناشی از نقایص در یکی از مراحل قبلی است. اگر مدل معتبر و کارا باشد و آموزش‌های ارائه شده در گام پنجم کافی باشد، آن گاه گام ششم بدون مشکل خاصی قابل پی‌گیری است. هر چند اعمال سیاست ممکن است نیاز به طی زمان بسیار داشته باشد چون سیاست‌های قبلی باید برچیده شود و منابع و آموزش و تمرین‌های لازم برای اعمال سیاست جدید انجام گیرد.

۳-۳- مقصود از مدل سیستمی در متدولوژی دینامیک سیستم‌ها

جدا از مفاهیمی که در پی کلمه سیستم نهفته است کارکرد ساختاری سیستم‌ها حاصل و نتیجه ترکیبی از کار مدارها، شامل بازخورها^{۴۷} جریان‌ها^{۴۸} و مخازن^{۴۹} است. این سه مفهوم با همه کلیتی که دارند در روش سیستمی و به خصوص متدولوژی دینامیک سیستمی دارای اهمیت فراوانی هستند و در واقع کلید فهم دانش‌های گوناگون از بیوتکنولوژی گرفته تا اقتصاد و مدیریت و مهندسی و اکولوژی به شمار

۴۷-Feedbacks

۴۸-Flows

۴۹-Stocks or Reservoirs

می‌روند.

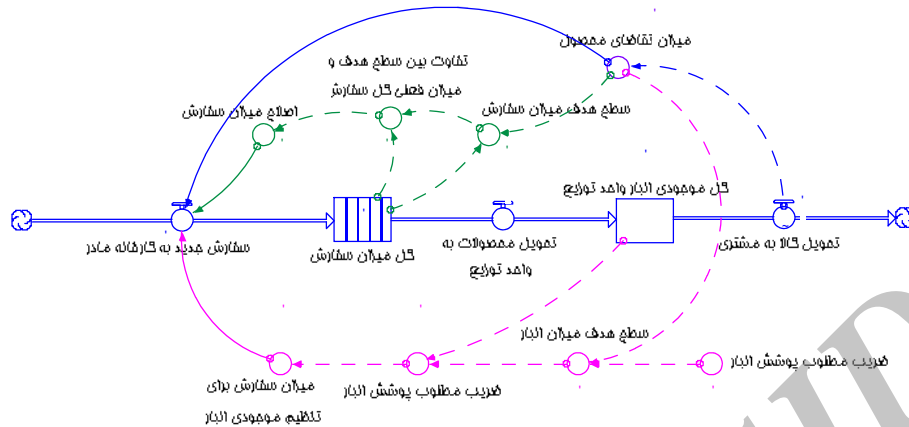
ما هر روزه در مباحث روزمره به مفاهیم مختلف از واژه سیستم استفاده می‌کنیم اما در مدل‌سازی دینامیک سیستمی واژه سیستم معنی بسیار روشنی دارد، معنی سیستم در دینامیک سیستم‌ها به معنی مجموعه‌ای از اجزا و عناصر است که در قالب چهار شکل مخزن، فرایند، مبدل و روابط در کنار یکدیگر قرار گرفته اند [مایکل دیتون، جیمز وینبرک، ۱۳۸۲].

الف) مخازن

مخزن در مدل‌سازی پویا سازه‌ای است که چیزی در آن انباشته یا ذخیره می‌گردد و به طور بالقوه می‌تواند بر روی سایر اجزای سیستم اثر بگذارد. به عنوان مثال اگر بخواهیم یک سیستم بسیار ساده واحد توزیع محصول (مثلاً انبار قطعات یدکی شناورهای دریایی بندر) را مدل‌سازی کنیم، موجودی انبار این واحد در مدل به صورت یک مخزن ظاهر می‌گردد. آن چه که قبل از تعریف یک متغیر به شکل مخزن در مدل باید در ذهن داشت این است که مخازن تعریف کننده حالت اولیه مدل می‌باشند و همواره باید مقدار اولیه‌ای به آنها اختصاص داد. بر همین اساس به چنین متغیرهایی متغیرهای حالت^{۵۰} نیز می‌گویند. به هر حال معمولاً یک "چهارضلعی" نماد مخزن در مدل‌سازی دینامیک سیستمی است.

^{۵۰} - State Variables

نمودار ۳- مدل بسیار ساده سیستم سفارش و تحویل کالا



ب) جریان‌ها یا فرآیندها

جریان‌ها در مدل‌سازی پویا فعالیتی هستند که در اثر آن اندازه مخازن در طی زمان تغییر می‌کند. جریان‌ها به دو دسته ورودی و خروجی تقسیم می‌شوند. جریان‌های ورودی^{۵۱} در طی زمان باعث افزایش کمیت مخزن می‌گردند و جریان‌های خروجی^{۵۲} باعث کاسته شدن از آن می‌شوند. به عنوان مثال در مدل سیستم سفارش، فرایند سفارش جدید به کارخانه مادر، جریان ورودی و فرایند تحویل کالا به مشتری جریان خروجی از مخزن هستند. همان‌طور که ملاحظه می‌گردد جریان تحویل محصول به واحد توزیع همان‌طور که در شرایط واقعی نیز این‌گونه است، جریان خروجی از مجموعه سفارشات و جریان ورودی به مجموعه انبار است. به‌طور معمول جریان‌ها به شکل پیکانی که شیری بر روی آن قرار دارد نشان داده می‌شوند. اگر جهت پیکان به سمت مخزن باشد نشان دهنده یک جریان ورودی است ولی اگر جهت پیکان به سمت

^{۵۱}-Inflows

^{۵۲}- Outflows

خارج از مخزن باشد جریان طراحی شده جریان خروجی خواهد بود.

ج) مبدل‌ها یا ثابت‌های سیستم

مبدل‌ها متغیرهایی در سیستم‌ها هستند که می‌توانند نقش‌های مختلفی بازی کنند. اما مهم‌ترین کارکرد آن‌ها در مدل‌های سیستمی تعیین نرخ است که تحت آن جریان‌ها اتفاق می‌افتند. در حقیقت اندازه شیرهای ورودی و خروجی مخزن که بر روی سازه جریان قرار دارد به وسیله این نوع سازه مدل‌سازی تعیین می‌گردد. در مثال سیستم سفارش تمامی متغیرهایی مانند ضریب مطلوب پوشش انبار که به صورت یک دایره نمایش داده شده‌اند، مبدل هستند.

د) اتصال دهنده‌ها

اتصال دهنده‌ها به منظور نمایش روابط علی و معلولی در بین متغیرهای سیستم مورد استفاده قرار می‌گیرند. بعد از اتصال متغیرهای مرتبط به وسیله این سازه مدل‌سازی امکان تعریف روابط ریاضی بین آن‌ها فراهم می‌گردد. معمولاً از خطوط پیکان‌دار باریک برای نمایش این سازه مدل‌سازی در طراحی مدل‌های سیستمی بهره گرفته می‌شود که جهت پیکان جهت رابطه علی را نشان می‌دهد.

۴- کاربرد مدل‌سازی در تحلیل سیستم بنادر^{۵۳}

در بخش‌های پیشین اهمیت نگرش سیستمی در مدیریت موفق نظام‌هایی که آن را سیستم می‌نامیم، مورد اشاره قرار گرفت و بیان شده که یکی از ابزارهای موفق و کارآمد عملیاتی نمودن نگرش سیستمی در مدیریت، متدولوژی دینامیک سیستم‌ها (SD) است. در این بخش برای ملموس شدن بیشتر بحث، نمونه‌ای بسیار ساده شده از

⁵³ - مطالب این بخش بر اساس طرح تدوین مدل دینامیکی یکپارچه توسعه بنادر تجاری کشور در مرکز تحقیقات سازمان بنادر و کشتیرانی انجام شده، آرایه شده است.

کاربرد روش دینامیک سیستم‌ها در حوزه عملیات بنادر ارایه می‌شود. لازم به ذکر است این بخش از مقاله بر پایه پروژه تدوین مدل دینامیکی توسعه بنادر تجاری کشور که در مرکز تحقیقات سازمان بنادر و دریانوردی انجام یافته است، استوار شده است.

۴-۱- بندر نمونه بارز یک سیستم متعامل

امروزه ارتباط با جهان و تجارت بین الملل نقش ویژه ای در رشد اقتصادی هر کشوری دارد. با گسترش تجارت جهانی و تخصصی شدن تولید و شکل گیری نسبی تقسیم کار بین المللی در سطح جهان، نیاز کشورها به ارتباط با یکدیگر افزایش یافته است. به گونه‌ای که در دهه اخیر میزان رشد تجارت جهانی از رشد تولید جهان فزونی گرفته است. این مهم برای ایران با توجه به جایگاه منحصر به فرد جغرافیای آن، به عنوان یکی از کشورهای مهم خاورمیانه و مسیر بالقوه ارتباطی بسیاری از بلوک‌های اقتصادی جهان از اهمیت ویژه ای برخوردار است.^{۵۴}

بدیهی است در گسترش تجارت جهانی بخش حمل و نقل یکی از سیستم‌های اساسی است و در صورت کارا نبودن آن مشکلات و مسایل عدیده ای را در اجرای برنامه های توسعه و رشد کشورها ایجاد خواهد نمود. در بین سیستم‌های ترابری، حمل و نقل دریایی به لحاظ کوتاه نمودن مسیرها و کم هزینه بودن آنها در اکثر موارد در ایجاد مزیت، نسبت به سایر روش‌های حمل، بسیار موثرتر است. در این سیستم حمل، بندر به عنوان پایانه ای برای حمل و نقل دریایی و نقطه تبدیل دو شیوه حمل زمینی و دریایی از اهمیت ویژه ای برخوردار می‌باشد. در نتیجه کارایی این نقاط اتصال و توانایی آن در پاسخ گویی مناسب به تقاضای پیش رو حایز اهمیتی استراتژیک است.

⁵⁴ - شاخه جنوبی کریدور تراسیکا (کریدور شرق به غرب) و کریدور نوستراک (کریدور شمال - جنوب) که دو کریدور اصلی اتصال آسیا و اروپا به یکدیگر هستند، از ایران می‌گذرد.

جدا از روند کلی جهان در بحث تجارت بین الملل، که خواه ناخواه زمینه ها و انگیزه‌های بالقوه شکل گیری زیربناهای ارتباطی و حمل و نقل در کشور را فراهم خواهد نمود، اهداف کلان کشور، مصرح در سند چشم انداز ۲۰ ساله، در راستای تبدیل شدن به قدرت اقتصادی منطقه و تعامل فعال با اقتصاد بین الملل نیز نیازمند وجود یک سیستم توانمند حمل و نقل در کشور است. گسترش صادرات به ویژه صادرات غیرنفتی که در برنامه های مختلف اقتصادی کنونی نیز به طور موکد مطرح است، مستلزم گسترش نظام تولید و توزیع می باشد. در واقع سیستم توزیع (که سیستم حمل و نقل بخش اساسی آن است) در ادبیات رشد و توسعه صادرات هم سنگ نظام تولید نقش بارزی دارد. مزیت نسبی در صادرات، در نظام جهانی کنونی که تکنولوژی تولید در آن روز به روز از طریق گسترش تکنولوژی اطلاعات به سمت هم گرایی حرکت می کند، در بهره برداری از صرفه های اقتصادی، نهفته است. صرفه و مزیت در حمل و نقل یکی از مهم ترین آنهاست.

با توجه به مدیریت متمرکز بنادر توسط سازمان بنادر و دریانوردی، به طور طبیعی مدیران این سازمان با مسوولیت بسیار مهم و سنگینی در ارتباط با ذینفعان (اعم از ارگان های دولتی، خصوصی، داخلی و بین الملل، صاحبان کالا و خطوط کشتیرانی و ...) مواجه می باشند. به این ترتیب برخی از مسایل اساسی پیش روی مدیران سازمان بنادر به عنوان متولیان اصلی حمل و نقل دریایی کشور به این شرح است که آیا وضعیت موجود بنادر کشور پاسخ گوی تقاضاست؟ اگر نیست کدام سرمایه گذاری بیش تر می تواند ما را به اهداف و استراتژی های مورد نظر از بندر نزدیک نماید؟ برای پاسخ گویی به دورنمای تقاضا چه تعداد تجهیزات و از کدام نوع مورد نیاز است؟ آیا در افق بررسی نیاز به توسعه تاسیسات زیربنایی وجود دارد؟ تغییر الگوی بسته بندی کالا و

تغییر اندازه کشتی‌ها چه آثاری بر عملکرد بندر دارد؟ بهبود بهره‌وری در هر زیرسیستم بندر چه تاثیری بر روی ظرفیت عملیاتی بندر دارد؟ گلوگاه‌های اصلی سیستم بندر در آینده برای پاسخ‌گویی به تقاضا چه خواهد بود؟

بدیهی است ارایه پاسخ درست به سوالات روشن و صریح فوق که هر یک منجر به تحولی پرهزینه در سیستم بندر می‌گردد، به سادگی میسر نباشد. چون عملکرد بندر همانند هر سیستم پیچیده دیگر وابسته به عملکرد اجزا و نحوه تعامل آن‌ها با یکدیگر است و تحلیل سیستم بندر به دلیل برخورداری از اجزای متعدد و پیچیدگی نظام‌های حاکم بر آن با نگرش جزء نگر ممکن نیست.

خود سیستم عملیاتی بندر، از زیرسیستم‌های متعددی نظیر زیرسیستم پیش‌کرانه (شامل زیرسیستم‌های لنگرگاه، ناوبری و یدک‌کشی، پایلوت، شرایط آبراه و ...)، زیرسیستم کرانه (شامل زیرسیستم‌های اسکله و تجهیزات تخلیه و بارگیری، انتقال، انبارها و محوطه‌ها و ...) و زیرسیستم پس‌کرانه (شامل زیرسیستم‌های زمین‌ها و محوطه‌های پشتیبانی، درب خروج، سامانه‌های حمل و نقل در خارج از محیط بندر و مراکز تقاضا از خدمات بندری ...) تشکیل شده است. این اجزا به‌طور سیستماتیک در تعامل پویا با یکدیگر هستند. در واقع جریان اطلاعات^{۵۵} و مواد^{۵۶} در زیرسیستم‌های بندر به‌طور پویا قابل ردیابی است بنابراین متدولوژی پویای سیستمی^{۵۷} به‌طور کامل در تناسب با مسایل پیش‌رو است.

اما علاوه بر زیرسیستم‌های درونی بندر، که در فوق به آن اشاره شد، سیستم‌های تجارت جهانی و منطقه‌ای و ترانزیت و هم‌چنین اقتصاد ملی و منطقه‌ای نیز از آن جا

⁵⁵ -Information

⁵⁶ - Material

⁵⁷ - System Dynamics Approach

که به طور مستقیم روی تقاضای خدمات بندری در طول زمان تاثیر می گذارند در پویایی عملیات بندر دارای نقش مهمی خواهند بود. به عبارت دیگر ورود کشتی و کالا به بندر تابعی از میزان و نوع صادرات، واردات، ترانزیت و ترانشیپ می باشد که اقتصاد و تجارت ملی، منطقه ای و جهانی نقش بارزی در شکل دهی آن دارند. در واقع نیاز برای جابه جایی کالاهای مختلف در حوزه بنادر به دو صورت تجلی می یابد.

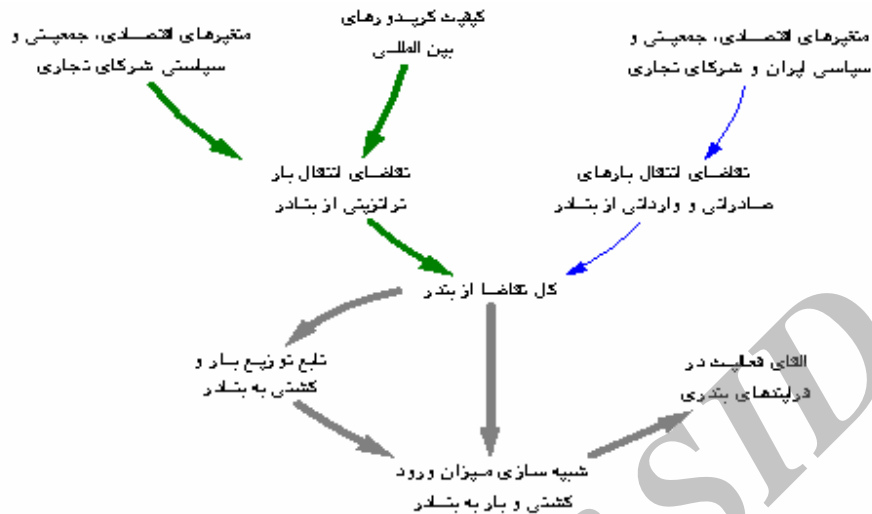
الف- جریان متکی بر اقتصاد داخلی (واردات و صادرات کالاها).

ب- جریان متکی بر تجارت منطقه ای و جهانی (ترانزیت کالاها).

واردات و صادرات به طور کل منتج از عدم تعادل بین تولید و مصرف در داخل کشور است^{۵۸}. در حالی که ترانزیت، حوزه های بین المللی این عدم تعادل را مد نظر قرار می دهد. نمودار ۴ مسیر اصلی تاثیرگذاری زیرسیستم های محیطی بر تقاضای خدمات بندری را نشان می دهد.

58 - هر چند در اقتصادهای پیشرفته امروز دنیا، مفهوم خودکفایی و برابری تولید و مصرف، تجارت را منتفی نمی کند. گسترش تجارت دوطرفه باعث شده است که حتی در زمان برابری مقداری تولید و مصرف یک محصول در یک کشور، صادرات و واردات آن محصول همچنان به شکل صادرات و واردات محصولات با عناوین تجاری مختلف (brand) وجود داشته باشد. به عنوان مثال در حالیکه میزان امکانات تولیدی دو کشور فرانسه و آلمان در زمینه تولید خودرو تکافوی نیاز داخلی شان را می دهد، اما برای رفاه مصرف کنندگان و رضایت گروه های مختلف مصرف کننده، همزمان پژو از فرانسه به آلمان صادر می شود و بنز نیز از آلمان به فرانسه ارسال می گردد.

نمودار ۴- نقش و جایگاه ترانزیت و اقتصاد داخل در شبیه سازی عملکرد بنادر



پاسخ گویی به این تقاضا برای جابه جایی کالا وظیفه سیستم بندر است. اما این جابجایی منوط به طی شدن فرایندهای متعددی است که هر یک از این فرآیندها نیز خود تابعی از عوامل گوناگونی است. به همین دلیل در اکثر مطالعات در زمینه بررسی و تحلیل ظرفیت جریان بندر، از مطالعات شبیه سازی سیستمی بهره برداری می گردد^{۵۹}. بنابراین یک بندر هم در درون خود و هم در تعامل با محیط پیرامون تمامی شرایط یک سیستم پیچیده را دارا است. در واقع دو شرطی که برای موفقیت اتکا به روش تحلیل در بخش اول مقاله حاضر ارایه شد، در مورد بنادر به سختی قابل پذیرش است.

⁵⁹ - برای مطالعه بیشتر در این زمینه به فصل ششم کتاب

Port Planning and Development, Ernest G. Frankel, Wiley Interscience Publication, 1986
Models And
رجوع شود.

بنابراین نمی توان انتظار داشت تنها با اتکا به نگرش جزءنگر و تحلیلی بتوان تمامی مسایلی که یک بندر با آن مواجه است را مرتفع نمود. همان گونه که استفاده از نگرش سیستمی در ارتقاء کیفیت مدیریت سازمان ها و سیستم های اقتصادی در خلال دهه اخیر نقش موثر خود را نشان داده است (Funke, ۲۰۰۱). می توان به طور نظری انتظار اثر بخشی توسعه چنین نگاهی را در مدیریت بنادر کشور نیز داشت.

۴-۲- استفاده از SD در مدیریت ظرفیت عملیاتی بندر

همان طور که اشاره شده استفاده از روش سیستمی و متدولوژی دینامیک سیستم ها برای هر مساله پیش روی در یک سیستم قابل تعریف و استفاده است. تنها شرط، تعریف درست مساله و شناخت صحیح مرزهای سیستم و حرکت به ترتیب گام های مورد اشاره در نمودار ۱ است.

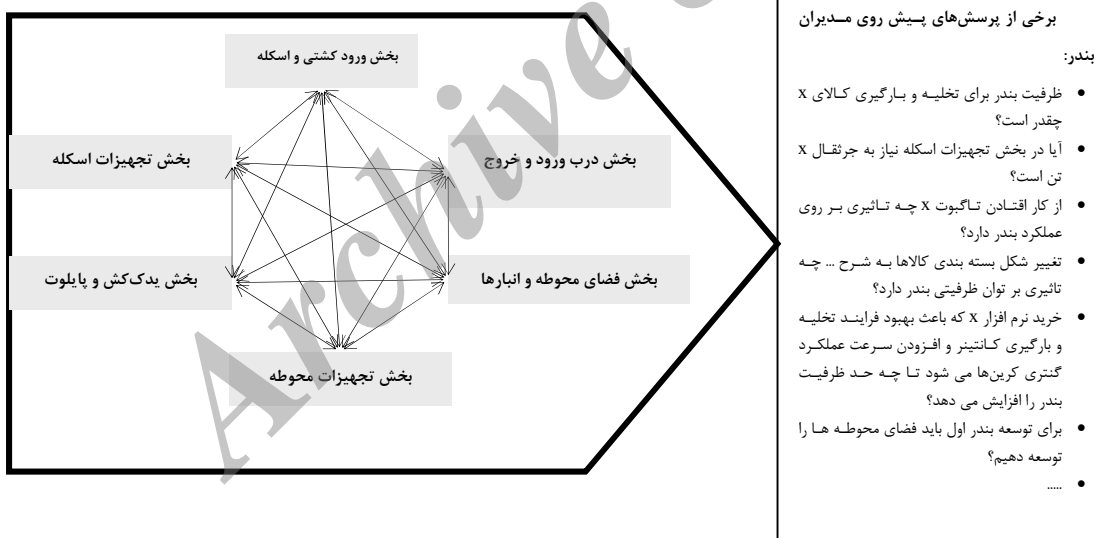
برای ساده سازی بحث فرض کنید تنها سوال پیش روی مدیران بندر تعیین کل ظرفیت بندر باشد. در بسیاری از موارد برای تعیین ظرفیت از نرم های تجهیزات استفاده می شود. به عنوان مثال اگر جرثقال های کنار اسکله جنرال کارگو بر اساس نرم موجود، توان و ظرفیت تخلیه و بارگیری ۱۰۰۰ تن در ساعت را داشته باشند، بیان می شود که ظرفیت بندر برای تخلیه و بارگیری جنرال کارگو ۱۰۰۰ تن در ساعت است. یا به طور سرانگشتی اعلام می شود هر پست اسکله چندمنظوره در سال توان تخلیه و بارگیری ۵۰۰ هزار تن بار را دارد.

اما این ارقام متوسط و سرانگشتی نمی تواند در مدیریت پرقابلیت یک سیستم بندری در فضای مدیریت امروز بنادر جهان مبنای تصمیم سازی قرار گیرد. فرض کنید، اگر کسندگی های لازم برای انتقال نگله های تخلیه شده از کشتی توسط جرثقال ها به

محوطه ها (در حمل غیریکسره) موجود نباشد، آیا ظرفیت تخلیه و بارگیری کاهش نمی‌یابد؟ اگر یدک کش لازم برای هدایت به موقع کشتی‌های موجود در لنگرگاه به اسکله وجود نداشته باشد، آیا بر ظرفیت تخلیه و بارگیری بندر تاثیر نمی‌گذارد؟ و... ملاحظه می‌شود پاسخ گویی علمی به سوال میزان ظرفیت بندر که سوالی به ظاهر ساده و در عین حال بسیار مهم و کلیدی در برنامه ریزی‌های بندری و حتی اقتصادی کشور است، بدون نگاه سیستمی به کل بندر ممکن نیست.

اگر زیرسیستم‌های مجموعه بندر را همانند نمودار ۵ به شش بخش افراز کنیم، آیا می‌توان به سووال‌های نمونه ارایه شده که پرسش‌هایی عادی و روزمره در مدیریت بندر است بدون توجه به باقی بخش‌ها پاسخ داد؟

نمودار ۵- نگرش لازم برای امکان پاسخ گویی به سوالات توسعه عملیات



از سوی دیگر، فرض کنید که به روشی این نتیجه رسیدیم که آن چه باعث کاهش توان عملکرد جرثقال‌های اسکله از ۱۰۰۰ تن در ساعت شده است، عدم حضور به موقع کشنده‌ها در کنار جرثقال باشد. آیا چاره رفع این گلوگاه افزایش تعداد کشنده‌ها است؟ باید اشاره کنیم که اگر کل سیستم دیده نشود، ممکن است پاسخ نادرستی در این خصوص ارائه نماییم و به جای این که هزینه خرید کشنده‌ها مشکل را حل نماید، باعث بدتر شدن مشکل شود!

نمودار ۶- مثالی ساده از گسترش دامنه مشکل در نگاه خطی به یک مساله بندری



به عنوان نمونه اگر دلیل عدم حضور به موقع کشنده‌ها در پای جرثقال‌های اسکله صف پدید آمده در محوطه، به دلیل نبود تجهیزات تخلیه و بارگیری در محوطه باشد، به نظر می‌رسد هزینه خرید کشنده در این شرایط هزینه نمودن برای بدتر کردن مشکل

است! پس به نظر می‌رسد که راه حل مشکل در خرید تجهیزات محوطه است. اما اگر دلیل در دسترس نبودن تجهیزات محوطه برای تخلیه و بارگیری به موقع کامیون‌ها، زمان طولانی کار هر جرثقال محوطه به ازای هر کامیون، ناشی از صفای فشرده و فضای دپوی نامناسب در محوطه‌ها باشد چه؟ پس باید فضای دپو را برای رفع مشکل توسعه داد؟ اما اگر دلیل بارچینی فشرده، رسوب طولانی مدت ناشی از نگاه اقتصادی صاحبان کالا به هزینه‌های انبارداری بندری باشد، افزودن فضای دپو نیز هزینه‌ای سنگین بر دوش بنادر کشور است که تنها بروز مشکل را به تعویق خواهد انداخت.

اگر فرض کنیم این زنجیره علت و معلولی که منجر به کاهش ظرفیت بندر شده است، به همین جا ختم شود، در این صورت، در کوتاه مدت برای رفع مساله نبود به موقع کشنده‌ها در پای جرثقال‌های اسکله، می‌توان با فراهم نمودن فضای دپوی موقت و کاهش تراکم در محوطه‌های بندری (مثلاً ترانزیت اداری به یک بندر خشک) دامنه مشکل را محدود نمود و در میان مدت برای اصلاح ساختار تعرفه‌ها برای تشویق صاحبان کالا به ترخیص کالاها در بندر برنامه‌ریزی کرد. مشاهده می‌شود نبود نگاه سیستمی در همین مثال ساده، باعث می‌شود بندر (یا اپراتور بندری) با هزینه‌های زاید خرید کشنده‌ها یا خرید تجهیزات محوطه مواجه شود. در حالی که چاره مشکل در جای دیگری نهفته است که شاید اصلاح آن بیش از هزینه‌های مالی نیاز به چانه زنی‌های مدیریتی داشته باشد.

به هر حال این گونه مشکلات در نظام عملیات بنادر بسیار فراوان است و از سوی دیگر دامنه آن‌ها بسیار پیچیده تر و متنوع تر از مثال ساده‌ای است که در بالا ارایه شده است. از سوی دیگر، هم زمانی این مشکلات با هم نیز مساله‌ای است که امکان تحلیل ذهنی کل مساله را غیر ممکن می‌نماید. در واقع بر اساس تحقیق دورنر ذهن

انسان به هیچ عنوان به تنهایی توان پیش بینی و مقابله با تحولات به هم وابسته غیرخطی پویا را ندارد. (Dorner, ۱۹۸۰)، حال آن که پارامترهای عملیات یک بندر بسیار در هم تنیده و در اغلب موارد غیر خطی است. بدیهی است بدون استفاده از ابزارهای مدل سازی رایانه ای نمی توان امکان جاری نمودن نگاه سیستمی را در بنادر عملیاتی نمود. در واقع بدون بهره برداری از متدولوژی دینامیک سیستمی و نرم افزارهای تخصصی این رشته از دانش سیستم ها، نگاه سیستمی به یک بندر تنها در سطح توصیه های کلی باقی می ماند که بسیار دور از محیط عملیاتی و ملموس بنادر خواهد بود.

منابع

۱. لودویگ فن برتالنفی، ۱۳۷۴، مبانی تکامل و کاربردهای نظریه عمومی سیستم ها، ترجمه کیومرث پریانی، نشر تندر.
۲. ژول دوروسنی، جون بیسون، ۱۳۷۴، تفکر سیستمی، ترجمه امیرحسین جهاننگلو، انتشارات پیشبرد.
۳. مایکل دیتون، جیمز وینبرک، ۱۳۸۲، مدل سازی پویای سیستم های زیست محیطی، ترجمه رسام مشرفی، مهدی رضوی، انتشارات علمی دانشگاه صنعتی شریف
۴. راسل ل اکاف، ۱۳۶۵، "تجدید بنای آینده: کاربرد روش سیستم ها در مسایل اجتماعی"، ترجمه محمد جواد سهلانی، انتشارات بعثت.
۵. راسل ل اکاف، ۱۳۸۱، تفکر سیستمی و سیستم های متفکر، مترجمان رسام مشرفی و بهراد رنجبری، مجله تدبیر، شماره ۱۳۰.
۶. مایک سی. جکسون، ۱۳۸۱، فراتر از مد: اندیشیدن نظام گرا (سیستمی) برای مدیران، ترجمه منصور مجدم، مجله مدیرساز، سال دوم شماره ۳ و ۴.
7. Gharajedaghi Jamshid, 1999, System Thinking, Managing Chaos And Complexity, A Platform For Designing Business Architecture, Butterworth- Heinemann.
8. Belly and P. Senge, 1980, System Dynamics and Scientific Method in Renders, Walthman, MA: Pegasus Communication

9. Coyle, R, 1985, The Practice of System Dynamics: Milestones, Lessons and Ideas from 30 Years of Experience, System Dynamic Review, 1(1), 81-91.
10. Ruth Matthias, 1997, Bruce Hannon, "Dynamic Modeling of Economic Systems", Springer- Verlag.
11. Sterman John, 2000, Business Dynamics: System Thinking and Modeling For Complex World, Mc Graw Hill Higher Education.
12. Ernest G. Frankel, 1986, Port Planning and Development, Wiley Interscience Publication.
13. Deardorff, Alanv. 1995, Determinants of Bilateral Trade: Does Gravity Work in a Neoclassical World? Regionalization of the World Economy, Chicago University of Chicago NBER.
14. Meifeng Lou and Thomas A. Grigalanas, 2003, A Multimodal Transportation Simulation Model for US Coastal Container Ports, TRB, Annual Meeting CD-ROM, USA.
15. Franks, R. G. E. 1967, Mathematical Modeling in Chemical Engineering, New York, Wiley
16. Dörner, D., 1980. On the difficulty people have in dealing with complexity. Simulation & Games, 11, 87–106.
17. Funke J., 2001, Dynamic systems as tools for analyzing human judgment, THINKING AND REASONING, Heidelberg University, Germany 7 (1), 69–89
18. www.iseesystems.com
19. www.sysdyn.com

Archive of SID