

تبیین مبانی فلسفی مطالعات پویایی‌شناسی سیستم با استفاده از رویکرد استقرایی: طبقه‌بندی پارادایمی از مدل‌های مطالعات پویایی‌شناسی سیستم

تاریخ دریافت: ۱۳۹۰/۲/۳

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۰/۶/۶

حمیدرضا فرنوک‌زاده *

محمد رضا ذوالفقاریان **

چکیده

روش‌شناسی پویایی‌شناسی سیستم با ادعای شناخت ساختار اصلی تعیین‌کننده رفتارهای اجتماعی، اقتصادی و فنی، پژوهشگران حوزه‌های مختلفی را به سوی خود جلب کرده است. بی‌تردید، مبانی فلسفی و نظری پویایی‌شناسی سیستم یا همان پیش‌فرض‌های آن، در نحوه اجرای فرایند مدل‌سازی برای تبیین و سناریوسازی مسائل مختلف، نقش مهمی ایفا خواهد کرد؛ به گونه‌ای که ممکن است فرایند مدل‌سازی و خروجی آن با مبانی مختلف، تغییر کند و با انتظارات مدل‌ساز از این روش‌شناسی، در تناقض افتد.

با توجه به اینکه مبانی نظری پویایی‌های سیستم، از ابتدا، به خوبی تبیین نشده در این مقاله بر آنیم پس از مروری گذرا بر نظرات مطروح و بیان علت پراکندگی آنها، به تبیینی جامع از مبانی فلسفی پویایی‌های سیستم برسیم.

بدین منظور در رویکردی استقرایی (جزء به کل)، به بررسی مبانی فلسفی مدل‌هایی که تاکنون با این روش طراحی شده است پرداختیم. خروجی استفاده از این رویکرد، طبقه‌بندی مدل‌های پویایی‌شناسی سیستم بر اساس مبانی فلسفی حاکم بر آنها بود. بر اساس این طبقه‌بندی می‌توان ادعا کرد که رویکردهای متعددی به عنوان مبانی فلسفی مطالعات پویایی‌شناسی سیستم وجود دارد و پیشنهاد نویسندگان برای این عنوان، کثرت‌گرایی تلفیقی است که بنا بر نوع مسئله مورد نظر، پارادایم خاصی در فرایند مدل‌سازی حاکم خواهد بود.

واژگان کلیدی

مطالعات پویایی‌شناسی سیستم، مبانی فلسفی، پارادایم‌های علوم اجتماعی، کثرت‌گرایی تلفیقی

۱. مقدمه

مطالعات پویایی‌شناسی سیستم^۱ با کنجکاوی فارستر^۲ برای فهم مشکلات عملی شرکتی که نوسانات عجیبی در سیستم بازاریابی و ساخت داشت، متولد شد و در زمان اندکی توانست با ترکیبی از نظریه و کاربرد، تاریخ پر فراز و نشیب علمی و عملی خود را آغاز نماید (Winch, 2000).

تولد در اتاق عمل و بهره‌گیری از اصول مهندسی الکترونیک (سیستم‌های بازخورد)، همچنین دستیابی به موفقیت‌های کوتاه‌مدت، مجالی برای تفکر درباره بنیان‌های معرفتی و نظری پویایی‌شناسی سیستم باقی نگذاشت تا اینکه بعد از گذشت دو دهه حضور در عرصه‌های پیچیده فنی، اجتماعی و اقتصادی، فارستر بر آن شد تا ضمن اعتراف به کاستی‌های نظری، فراخوانی برای «بحث‌های عمیق و گسترده درباره فلسفه پویایی‌شناسی سیستم، هم‌پوشانی آن با سایر فلسفه‌ها، ماهیت دانش و نقش اطلاعات مشاهداتی و ذهنی و معیارهای اعتبارسنجی» اعلام کند (Forrester, 1980).

با این فراخوان، تلاش‌هایی برای تفلسف در حوزه مطالعات پویایی‌شناسی، آغاز و رویکردهای مختلف فلسفی به عنوان مبانی نظری پویایی‌شناسی سیستم، پیشنهاد شد. برخی، گونه‌های خاصی از رئالیسم میانه^۳ نظیر ابطال‌گرایی پوپر^۴ یا عقلانیت انتقادی^۵، عرضه کردند. برخی نیز برای توجیه مدل‌های پویایی‌شناسی سیستم، از نوع خاصی از نسبی‌گرایی کاربردی^۶ یا فلسفه عمل‌گرایی^۸ و زمینه‌ای^۹ در امتداد نظرات کوهن^{۱۰}، استفاده کردند^{۱۱}. گروهی با تأکید بر «رئالیسم درونی^{۱۲}» گفتند که این فلسفه می‌تواند با بسیاری از ویژگی‌های پویایی‌شناسی سیستم نظیر نقش مهم مدل‌های ذهنی، تطبیق یابد^{۱۳}. همچنین، تلاش‌هایی برای بهره‌گیری از فلسفه ساخت‌گرایی^{۱۴} جان سیرل^{۱۵} و اکسپرسیویست^{۱۶} رابرت براندوم^{۱۷} صورت پذیرفت تا از تمام ظرفیت‌های فلسفه برای تبیین مبانی فلسفی پویایی‌شناسی سیستم استفاده شود^{۱۸}.

با این حال، به دلیل گستردگی کاربرد پویایی‌شناسی سیستم در حوزه‌های پیچیده فنی، اجتماعی و اقتصادی، همچنین انواع مدل‌های کاربردی، نظری، تعاملی و یادگیرنده و کمی و کیفی مطالعات پویایی‌شناسی سیستم، هیچ یک از این رویکردها نتوانست پاسخگوی مبانی فلسفی پویایی‌شناسی سیستم باشد^{۱۹} به گونه‌ای که بتوان گفت یکی از

این رویکردها، مبنای نظری تمام مدل‌های پویایی‌شناسی سیستم است. به عبارت بهتر، هر یک از این رویکردها، شاید در بیان مبانی فلسفی برخی مدل‌های پویایی‌شناسی سیستم موفق است اما همواره مدل‌هایی یافت می‌شود که با مبانی تعیین‌شده، همخوانی ندارد.

به نظر می‌رسد علت بخشی بودن و تفاوت مبانی فلسفی پویایی‌شناسی سیستم در پژوهش‌های فوق نیز ناشی از آن باشد که هر یک از مبانی فلسفی مطرح، ناظر به مدل‌های خاصی از پویایی‌شناسی سیستم است. بدین منظور، نویسندگان، با رویکردی استقرایی (جزء به کل)، به بررسی مبانی فلسفی مدل‌هایی (جزء) که تاکنون با این روش، طراحی شده است پرداخته‌اند تا به تبیین جامعی از مبانی فلسفی مطالعات پویایی‌شناسی سیستم (کل) دست یابند. گفتنی است این مدل‌ها از ۹۳۰۰ اثر درباره مطالعات پویایی‌شناسی سیستم که از دهه ۱۹۵۰ تا سال ۲۰۰۹ میلادی، منتشر شده و فهرست آن در پایگاه این حوزه به نشانی www.systemdynamics.org دسترس‌پذیر است، انتخاب شده است. در ادامه، ابتدا، شواهد و قرائنی را دال بر ظرفیت مطالعات پویایی‌شناسی سیستم در برخورداری از مبانی فلسفی متنوع، بررسی می‌کنیم و در نهایت نیز به تبیین مبانی فلسفی این حوزه با استفاده از رویکرد استقرایی می‌پردازیم. کاملاً واضح است که با مشخص شدن فرضیات اساسی کلیه مدل‌های پویایی‌های سیستم، تفکر اثربخش و هدفمند در این حوزه افزایش می‌یابد و مسائل، فرصت‌ها و تهدیدات آینده این حوزه، برای بهبود و ارتقا (مثلاً از طریق ترکیب با سایر روش‌شناسی‌ها)، بهتر نموده خواهد شد.

۲. تبیین مبانی فلسفی مطالعات پویایی‌شناسی سیستم

بسیاری از متخصصان پویایی‌شناسی سیستم بر این باورند که این رشته، پارادایم خاصی از مدل‌سازی است که پیش‌فرض‌های مشخص و واحدی دارد. در این صورت، می‌توان با همان رویکرد سنتی - که بسیاری از نویسندگان نیز بدان پرداخته‌اند - پارادایم یا فلسفه‌ای را برای کلیه مدل‌های پویایی‌های سیستم، تعریف و تحدید کرد. اما با مرور نظرات نویسندگان و همچنین، تطبیق فلسفه‌های پیشنهادشده با آنچه در فرایند

مدل‌سازی مسائل مختلف رخ می‌دهد، می‌توان دریافت که مطالعات پویایی‌شناسی سیستم، ظرفیت برخورداری از مبانی فلسفی متنوع را داراست. در ادامه، جهت تبیین این نکته برای ورود به بحث اصلی، شواهدی که مؤید این موضوع است ذیل ویژگی‌های متعارف مبانی فلسفی می‌آوریم:

۲-۱. هستی‌شناسی مطالعات پویایی‌شناسی سیستم

پرسش‌های هستی‌شناسی دربرگیرنده سؤال‌هایی است که به حوزه واقعیت، جهان و هستی معطوف است. برخی از این سؤالات عبارت است از: شکل و ماهیت واقعیت چیست؟ چه چیزی وجود دارد که می‌توان درباره آن شناخت حاصل کرد؟ (محمدپور، ۱۳۸۹، صص ۳۳ و ۳۴).

در تبیین مبانی هستی‌شناسی مطالعات پویایی‌شناسی سیستم، باید به سؤالاتی درباره ماهیت عناصر و متغیرهای مسئله و نحوه ایجاد رفتار پویا - که موضوع مطالعات پویایی‌شناسی سیستم است - پاسخ گفت.

رویکردهای رئالیسم و ایده‌آلیسم و میانه، پاسخ‌هایی است که بزرگان مطالعات پویایی‌شناسی سیستم، پیشنهاد کرده‌اند. در نگاه رئالیسم، برای کلیه عناصر مدل، متناظر خارجی در نظر گرفته می‌شود.^{۲۰} حال آنکه، ایده‌آلیسم، قائل به وجود سیستمی مستقل از افکار و ایده‌های انسان در دنیای خارجی نیست و تبیین بر اساس مدل را تنها نموده‌ها، جلوه‌ها و صور ظاهری مفاهیم ذهنی می‌بیند.^{۲۱} در رویکرد میانه، سیستم‌ها، متغیرهای نرخ و حالت و ... می‌توانند گاهی اوقات وجود داشته باشد و گاهی اوقات نیز تنها به مثابه ابزارهایی باشد که در ساخت، توصیف و ادراک موضوعات پیچیده دنیای واقعی به کار می‌آید (Pruyt, 2006).

۲-۲. معرفت‌شناسی پویایی‌شناسی سیستم

معرفت‌شناسی، نظریه‌ای در باب معرفت یا دانش است؛ نظریه یا معرفتی درباره روش یا پایه دانش؛ نظریه‌ای که بیان می‌کند چه طور انسان به معرفتی درباره جهان اطراف خود دست یافته، دست می‌یابد یا دست خواهد یافت؟ چه طور، آنچه می‌دانیم،

می‌دانیم؟ معرفت‌شناسی، بنیانی فلسفی برای ایجاد انواع معرفت - که ممکن است بتوانیم کسب کنیم - مهیا کرده و معیاری است برای این که تصمیم بگیریم چه طور معرفت می‌تواند به درستی و به صورت منطقی سنجیده شود (Crotty, 1998, p. 8).

یکی از روش‌های تأمل در باب معرفت‌شناسی، توجه به ارتباط میان محققان و اشیاء یا ابژه‌هایی است که موضوع شناخت، واقع خواهد شد. بر اساس این، دو روش اساسی برای معرفت‌شناسی تصور می‌شود:

۱- عینی‌گرایی: که بر اساس آن، اشیاء یا ابژه‌ها، پدیده‌هایی دارای معانی ذاتی است. از این منظر، نقش مدل‌ساز در فرایند مدل‌سازی، کشف این معنا است؛ که البته تصور می‌شود پیش از مشاهده، در آن قرار گرفته باشد. از رویکرد عینی‌گرایی، معنای پدیده‌ها، مستقل از آگاهی انسان است؛ این معنا در انتظار کشف شدن است، چیزی که بر بیننده، مقدم است. بنابراین انتظار می‌رود همه مشاهده‌گران، معنایی یکسان درباره آن پدیده کشف کنند.

۲- ذهنی‌گرایی: بر اساس این رویکرد، اشیاء، هیچ سهمی در معنای منسوب به خود ندارد، بلکه این معانی را مدل‌ساز بر آن‌ها تحمیل می‌کند. بنابراین، ممکن است مدل‌سازان متفاوت معانی مختلفی به اشیاء بدهند (محمدپور، ۱۳۸۹، صص ۴۵ و ۴۶).

در تبیین مبانی معرفت‌شناسی مطالعات پویایی‌شناسی سیستم، بر اساس رابطه میان مدل‌ساز و واقعیت مسئله، باید به ذهنی یا عینی بودن معانی اجزای مدل پرداخت و اینکه آیا این معانی، ذاتی یا عرضی آن‌ها هستند. غالب متخصصان پویایی‌شناسی سیستم بر این باورند انسان‌ها، دنیای خارجی را تنها از طریق مدل‌های ذهنی خود می‌توانند بشناسند. ذهنی میانه، اصطلاح مناسبی برای این نوع معرفت‌شناسی است چرا که بر اساس آن، واقعیت عینی وجود دارد اما با مدل‌های ذهنی تنها به صورت بخشی - و نه کامل - می‌توان به آن دست یافت. (این نگاه با معرفت‌شناسی رئالیست انتقادی و کثرت‌گرایی انتقادی همخوانی زیادی دارد). با وجود این، به نظر می‌رسد با توجه به گستره مدل‌های پویایی‌شناسی سیستم، معرفت‌شناسی‌هایی نیز در طیف عینی (مانند مهندسی خط‌مشی^{۲۲}) تا ذهنی (مانند پویایی‌های هولون^{۲۳}) بر مطالعات پویایی‌شناسی حاکم باشد (Pruyt, 2006).

۳-۲. ارزش‌شناسی پویایی‌شناسی سیستم

ارزش‌شناسی یا نظریه ارزش، بخشی از فلسفه کاربردی است که در آن، درباره ماهیت ارزش، به طور کلی، مطالعه می‌شود (Smith & Thomas, 1998). در اینجا، منظور از ارزش‌ها، عقاید و احساسات پژوهشگر است که در فرایند و نتیجه پژوهش می‌تواند تأثیرگذار باشد. با توجه به اینکه فرایند مدل‌سازی، خود، پژوهش است، می‌توان مبانی ارزش‌شناسی را برای مدل‌های پویایی‌شناسی سیستم نیز تعریف کرد. میدوز^{۲۴} و برخی دیگر از بزرگان پویایی‌شناسی سیستم از نقش ارزش‌ها در فرآیند مدل‌سازی (از انتخاب مسئله تا نتایج)، آگاه و نسبت به آن، دغدغه‌مندند. برخی دیگر نیز در مقابل این دیدگاه، نقش ارزش‌ها را به طور کامل نفی می‌کنند و در نتیجه، هیچ نگرانی‌ای نیز از تأثیرات آن‌ها ندارند. گروهی دیگر نیز تأثیر ارزش‌ها را قبول دارند و سعی می‌کنند این تأثیرات را تا حد امکان، تقلیل دهند. اما گروه چهارمی نیز در میان متخصصان پویایی‌شناسی سیستم مشاهده می‌شود که بر این باورند که مطالعات پویایی‌شناسی سیستم، متأثر از ارزش‌هاست اما نمی‌توان آن‌ها را تقلیل داد (Pruyt, 2006).

۴-۲. روش‌شناسی مطالعات پویایی‌شناسی سیستم

در اینجا، منظور از روش‌شناسی، نوع متغیرها، روش‌ها و فنون به‌کاررفته (اعم از کمی، کیفی و ترکیبی) در فرایند مدل‌سازی است. اغلب مدل‌های پویایی‌شناسی سیستم، ترکیبی از فنون و متغیرهای کیفی و کمی را به کار می‌گیرند؛ هر چند مدل‌هایی نیز وجود دارد که اغلب فنون و متغیرهای آن، کمی یا کاملاً کیفی باشد^{۲۵}.

۵-۲. انسان‌شناسی (ماهیت انسان) مطالعات پویایی‌شناسی سیستم

ماهیت انسان، یکی از ویژگی‌هایی است که در فلسفه‌های مختلف، بررسی می‌شود. آنچه در مطالعات پویایی‌شناسی سیستم، محل مناقشه است، فعال یا منفعل بودن انسان در برابر ساختاری است که بنا بر ایده پویایی‌شناسی سیستم، تولیدکننده رفتار است. در تحلیل انسان‌شناسی مطالعات پویایی‌شناسی سیستم، برخی، انسان را در

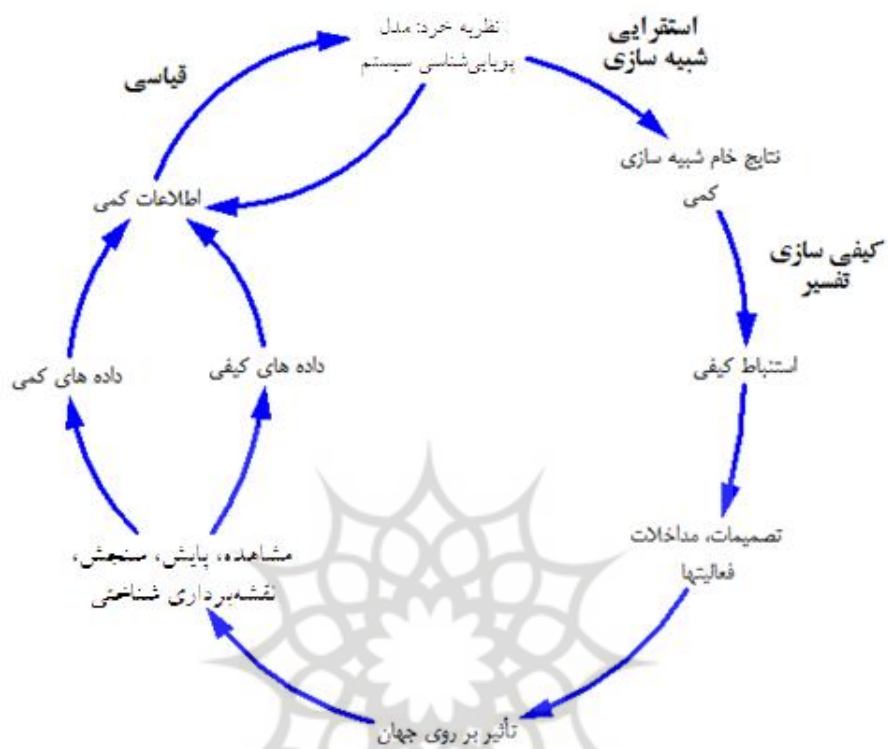
مدل‌های پویایی‌های سیستم، منفعل می‌دانند حال آنکه عده‌ای نیز تأثیر و تأثر انسان و ساختار را در مدل‌ها متقابل قلمداد می‌کنند.

۲-۶. علیّت در مطالعات پویایی‌شناسی سیستم

علیّت مستقیم یکی از فرضیات اساسی پویایی‌شناسی سیستم است که با وجود انکارناپذیر آن در مدل‌های پویایی‌شناسی سیستم می‌تواند معانی مختلفی داشته باشد.^{۲۶} برخی، علیّت را واقعی و شناختنی می‌دانند در حالی که عده‌ای با انکار علیّت عمومی، شناخت علت واقعی را ناممکن می‌پندارند. در این بین، عده‌ای نیز علیّت کشف‌شده را احتمالاً درست می‌دانند اما معتقدند این علیّت در طول زمان، تغییر خواهد کرد. گروهی نیز با توجه به مبانی هستی‌شناسی و معرفت‌شناسی پویایی‌شناسی سیستم، علیّت را زائیده ذهن آدمی می‌دانند، حال، علیّتی وجود داشته یا این علیّت (علت و معلول) تمیزناپذیر باشد.

۲-۷. منطق پویایی‌شناسی سیستم

منطق پویایی‌های سیستم در مراحل مختلف چرخه پژوهش مطالعات پویایی‌شناسی سیستم، متفاوت است (نمودار ۱). ابتدا، مدل‌ها از اطلاعات موجود، قیاس می‌شود (منطق قیاسی) و سپس برای شبیه‌سازی، استفاده می‌شود (منطق استقرایی). می‌توان بر اساس قیاسی و استقرایی بودن مراحل مدل‌سازی، پویایی‌شناسی سیستم را به رویکردهای مختلف، تقسیم کرد؛ چرا که در برخی، تنها قیاس یا استقرا و یا هر دو روی می‌دهد.



نمودار ۱. چرخه پژوهش پویایی شناسی سیستم (Pruyt, 2006)

۲-۸. مناسب بودن مدل‌ها، نتایج و راهبردها

اعتبارسنجی یا به عبارت بهتر، تضمین کیفیت، بخش مستمر و ذاتی فرایند مدل‌سازی است (Coyle & Exelby, 2000)^{۲۷}. مروری بر ادبیات دانشگاهی در حوزه اعتبارسنجی مدل‌های مطالعات پویایی شناسی سیستم نشان می‌دهد که دیدگاه نویسندگان، درباره این موضوع متفاوت است.^{۲۸}

برخی، مدل مناسب را مدل ابطال‌پذیری می‌دانند که تا کنون رد نشده است (Bell & Bell, 1980, Pp. 3-21). برخی نیز هدف را در تعیین اعتبار -یا به گفته خودشان- اعتمادسازی برای ذی‌نفعان پویایی شناسی سیستم، محوری می‌دانند (Coyle & Exelby, 2000; Coyle, 1977, p. 181). اعتمادی که در فرآیند مدل‌سازی به دست می‌آید ذی‌نفعان

را نسبت به مدل، اجرا و نتایج آن، خوش‌بین می‌کند. در این بین، فایده‌مندی^{۲۹} می‌تواند ملاک مناسب بودن مدل، نتایج و راهبردهای پیشنهادشده باشد. در این حال، فایده‌مندی در یکی از قالب‌های رسیدن به اهداف خاص نظیر حل سؤال پژوهشی یا رسیدن به تغییرات مطلوب و حتی توسعه عدالت و دموکراسی (اینکه اکثریت ملاک باشد) مطرح می‌شود.

۳. تبیین مبانی فلسفی مطالعات پویایی‌شناسی سیستم با رویکرد استقرایی

با آنچه در فوق اشاره شد واضح شد که نمی‌توان رویکرد واحدی را به عنوان مبانی فلسفی مطالعات پویایی‌شناسی سیستم ذکر کرد؛ که البته منافاتی با وجود مبانی مشترک میان رویکردهای مختلف نخواهد داشت. همان‌طور که در مقدمه نیز اشاره شد، نویسندگان مقاله بر این باورند که علت ناکامی این رویکردها - به عنوان مبانی فلسفی مطالعات پویایی‌شناسی سیستم - این است که هر یک از آنها، ناظر به مدل‌های خاصی از پویایی‌شناسی سیستم هستند و نمی‌توانند کلیه مدل‌ها را پوشش دهند. اساساً جست‌وجو برای یافتن یک رویکرد فلسفی برای پویایی‌های سیستم، اشتباه است و باید به دنبال مجموعه‌ای از رویکردها در قالبی منسجم بود. بدین منظور با رویکردی استقرایی، مبانی فلسفی مدل‌هایی که تاکنون با این روش طراحی شده است بررسی کردیم که خروجی آن، طبقه‌بندی‌ای از مدل‌های پویایی‌های سیستم بر اساس مبانی فلسفی حاکم بر آنها بود. گفتنی است که عناوین این طبقه‌بندی، پارادایم‌های متعارف علوم اجتماعی است که نویسندگان بر این باورند ویژگی‌های آنها در فرایند مدل‌سازی به صورت ضمنی یا صریح، در نظر گرفته شده است. واضح است محققان، ادعای تطابق کامل این مدل‌ها را با رویکردهای مشخص‌شده، ندارند کما اینکه این ادعا دور از منطق نیز هست چرا که هیچ مدل‌سازی، کار خود را با تطبیق ویژگی‌های پارادایمی خاص با مسئله مورد نظر انجام نمی‌دهد؛ با این حال، بسیاری از ویژگی‌های مدل‌های نمونه با مبانی پارادایم‌های مشخص‌شده، نزدیک است. عناوین طبقه‌های مذکور عبارت است از:

پویایی‌شناسی اثبات‌گرای سیستم، پویایی‌شناسی فرااثبات‌گرای سیستم، پویایی‌شناسی کثرت‌گرای انتقادی سیستم، پویایی‌شناسی عمل‌گرای سیستم، پویایی‌شناسی ساخت‌گرای سیستم، پویایی‌شناسی تفسیرگرای سیستم. در ادامه، برای آشنایی بیشتر مخاطبان با مبنای گردآوری و تحلیل اطلاعات و طبقه‌بندی عرضه‌شده، روش تحقیق مقاله را توضیح می‌دهیم:

۳-۱. روش تحقیق

طبقه‌بندی، فرآیندی مرکزی در همه ابعاد زندگی و به قدری بدیهی است که معمولاً تحلیل فهم حضور آن، برایمان دشوار است. همچنین، طبقه‌بندی یکی از مرکزی‌ترین و عام‌ترین فرایندهای مفهومی است و نه تنها بنیانی برای مفهوم‌سازی، زبان و گفت‌وگو است بلکه پایه ریاضیات، آمار و به طور کلی تحلیل داده‌ها است (Bailey, 1994, p. 1). بدون طبقه‌بندی، هیچ‌گونه مفهوم‌سازی پیشرفته، استدلال، زبان، تحلیل داده‌ها یا پژوهشی در علوم اجتماعی صورت نمی‌پذیرد. طبقه‌بندی را می‌توان هم فرآیند و هم نتیجه آن دانست؛ به عبارت دیگر، علاوه بر فرآیند طبقه‌بندی، به خروجی و شکل نهایی فرآیند نیز طبقه‌بندی می‌گویند.

در ساده‌ترین شکل، طبقه‌بندی، تنها، به مرتب کردن موجودیت‌ها در قالب گروه‌ها یا طبقه‌ها بر اساس مشابهتشان می‌پردازد. از لحاظ آماری، ما به دنبال کاهش نوسان میان اعضای هر گروه هستیم در حالی که هم‌زمان، انحراف میان گروه‌ها را به بیشینه آن‌ها می‌رسانیم. در واقع، با طبقه‌بندی، گروه‌های متمایزی را می‌سازیم که اعضای آن گروه از شباهت حداکثری برخوردارند (Bailey, 1994, p. 1). با این حال، شاید بتوان گفت که رمز طبقه‌بندی مطلوب، تشخیص ویژگی‌های اساسی موضوع است که این خود، مسئله‌آمیز است و نمی‌توان به راحتی به این عناصر و ویژگی‌ها دست یافت (Bailey, 1994, p. 2).

به طور کلی، در طبقه‌بندی، سه سطح تحلیلی برای هر موضوع می‌توان در نظر گرفت:

۱- سطح مفهومی^{۳۰} که عناصر طبقه‌بندی، مفهومی است.

۲- سطح تجربی^{۳۱} که عناصر طبقه‌بندی، تنها موضوعات و موارد تجربی و ملموس است.

۳- سطح عملیاتی^{۳۲} (مفهومی / تجربی) که ترکیبی از عناصر مفهومی و تجربی را در ذیل طبقه‌بندی خود، خواهد داشت. در این سطح، ابتدا طبقه‌بندی مفهومی انجام می‌شود و سپس مثال‌های تجربی همه یا برخی سلول‌ها شناخته می‌شود.

در این مقاله، محققان برای دستیابی به طبقه‌بندی پارادیمی از پویایی‌های سیستم و به منظور دستیابی به تبیین جامعی از مبانی فلسفی آن - که یکی از کارکردهای طبقه‌بندی نیز هست - سطح عملیاتی تحلیل را برگزیدند. آنها علاوه بر بررسی اجمالی مبانی فلسفی مدل‌های بیش از ۹۳۰۰ اثر - درباره مطالعات پویایی‌شناسی سیستم که شامل مقالاتی از دهه ۱۹۵۰ میلادی تا سال ۲۰۰۹ بود - با الهام از مقاله پرویت^{۳۳} (۲۰۰۶)، مبانی فلسفی پیشنهاد شده وی را از پویایی‌های سیستم، تکمیل کردند (سطح مفهومی) و پس از بیان و تفصیل ویژگی‌های طبقات، مثال‌هایی تجربی، متناسب با طبقات، شناختند (سطح تجربی) که برای نمونه، از هر طبقه، یک مورد ذکر شده است. در ذیل به تشریح این طبقه‌بندی خواهیم پرداخت:

۲-۳. پویایی‌شناسی اثبات‌گرای سیستم^{۳۴}

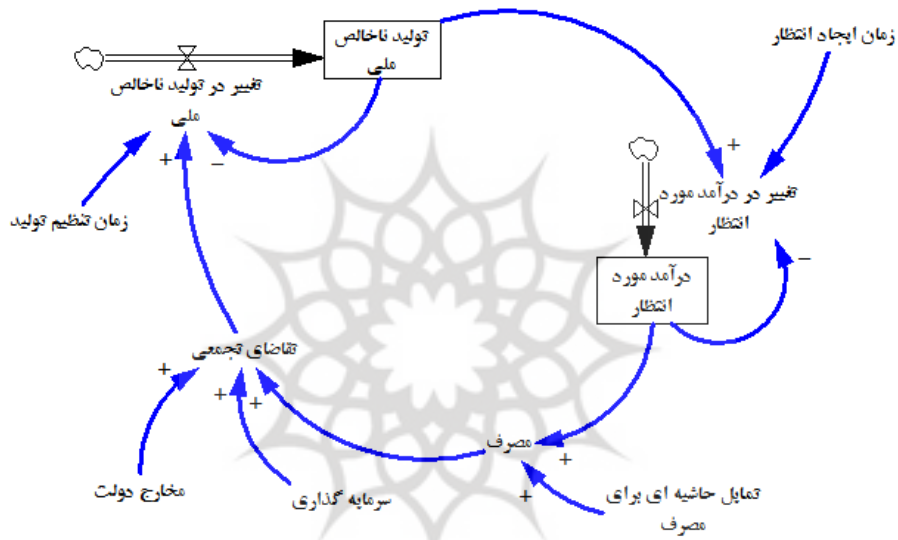
گونه نخست مدل‌های پویایی‌شناسی سیستم، کاملاً کمی (از نظر متغیرها و فرمول‌بندی میان آن‌ها) است و در سطح خرد به کار می‌رود.

۳-۲-۱. مدل ساده اقتصاد کلان

مدل ساده اقتصاد کلان زیر، یکی از مفاهیم مهم را در تحلیل کینزی اقتصاد - به نام ضریب تکاثر مصرف^{۳۵} - تبیین می‌کند^{۳۶}:

اساساً تقاضا برای کالا و خدمات به انتظارات مشتری از درآمد آینده آن‌ها بستگی دارد. انتظارات درآمد، به درآمد کل همه خانواده‌ها - چون کل جمعیت را شامل می‌شود - وابسته است که خروجی نهایی اقتصاد نیز به شمار می‌رود (تولید ناخالص ملی^{۳۷}).

نتیجه اینکه، بازخورد مثبتی به نام ضریب تکاثر مصرف، حاصل می‌شود که در آن، با افزایش GDP، درآمد و مصرف، رشد می‌کند و در نهایت، تقاضا و GDP زیاد می‌شود. در مدل ساده زیر، موجودی‌ها و زنجیره تأمین در اقتصاد واقعی حذف شده است، بنابراین، تولید با کمی تأخیر، با تقاضا تنظیم می‌شود. از سوی دیگر، انتظارات مشتری از درآمد آینده نیز با کمی تأخیر با درآمد واقعی تطبیق می‌یابد.



نمودار ۲. مدل ساده اقتصاد کلان از تکاثر مصرف (Sterman, 2000, p. 718)

ما این نوع مدل‌ها را با توجه به نوع مدل و ویژگی‌هایی که در فرایند مدل‌سازی طی می‌کنند، پویایی‌شناسی اثبات‌گرای سیستم می‌نامیم. این مدل‌ها، اغلب، اثبات‌گرایانه، کارکردی، سخت و عینی است. نمونه‌های معمول این نوع پویایی‌شناسی سیستم، مدل‌سازی بهینه‌ساز و پیش‌بینی‌کننده اقتصاد نئوکلاسیک و مهندسی برای کنترل ساختارهای سیستم (اجتماعی) دنیای واقعی به شمار می‌روند. در جدول^{۳۸} زیر می‌توانید مشخصات کلیدی این گونه را ببینید:

جدول ۱. مبانی فلسفی پویایی‌شناسی اثبات‌گرای سیستم

هستی‌شناسی	تنها یک دنیای خارجی وجود دارد که قابل شناخت و مدل‌سازی است (رنالیسم خام) و سیستم‌های مدل‌شده بر سیستم‌های موجود در جهان واقعی، منطبق است.
معرفت‌شناسی	۱- مشاهده‌گر و مشاهده‌شونده از هم مستقل‌اند. ۲- نمودارهای نرخ و حالت و نمودارهای علی حلقوی، نمودهای عینی خوبی از واقعیت خارجی است. ۳. شبیه‌سازی کمی پویایی‌شناسی سیستم، راهی برای تکرار پویایی‌های سیستم‌های دنیای واقعی خواهد بود.
ارزش‌شناسی	۱- ارزش‌ها باید و می‌تواند تا حد امکان از تحقیق دور شود (البته غیر از انتخاب مسئله)؛ از طریق: الف- مدل‌سازی جریان‌های فیزیکی ب- پیروی از روش علمی و اصول استاندارد مدل‌سازی
روش‌شناسی	کمی
انسان‌شناسی (ماهیت انسان)	در مدل‌ها، جبرگرایی ^{۳۹} وجود دارد و البته انسان تا حدودی نیز اراده‌مند (فعال) است به گونه‌ای که می‌تواند با بصیرت نسبت به ساختارهای پویای رفتاری، ساختار و رفتار آینده آن را تغییر دهد.
علیت	علیت واقعی، مقدم یا هم‌زمان با معلول (اثر) آن است.
منطق	استقرایی است (اگر ابتدا، مدل، قیاس شده و اعتبار آن، بررسی شده باشد).
مقیاس‌های سنجش و عملیات	کمی است و مقیاس‌های کیفی به کمی (عینی) تبدیل می‌شود.
تفسیر نتایج	کاملاً کمی و عینی است.
اعتبارسنجی	فرایندی علمی برای مقایسه واقعیت‌های دنیای واقعی با نتایج شبیه‌سازی وجود دارد.
بهترین مدل	مدلی است که ابطال‌پذیر باشد اما ابطال نشده باشد.
راهبرد مناسب	بهینه

۳-۳. پویایی‌شناسی فرااثبات‌گرای سیستم^{۴۰}

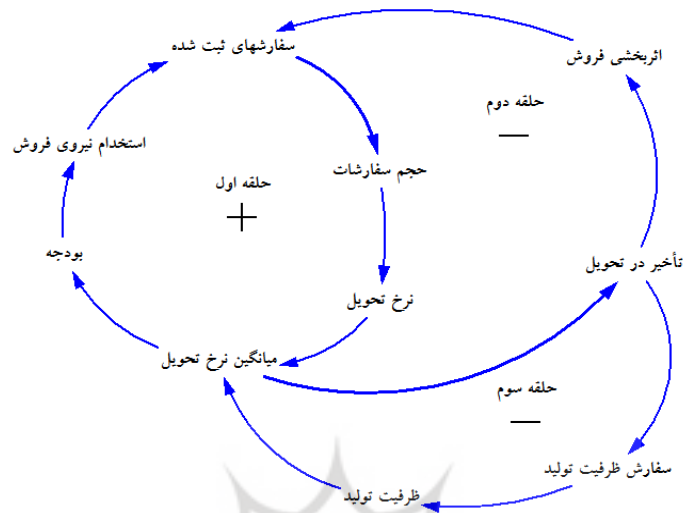
بخش کوچکی از مدل‌های پویایی‌شناسی سیستم، فرااثبات‌گراست. برخی مدل‌های اولیه پویایی‌شناسی سیستم^{۴۱}، زیرمجموعه‌ای از پویایی‌شناسی سیستم توسعه‌یافته^{۴۲} - که بر اعتبارسنجی، کالیبراسیون و داده‌های سخت تکیه می‌کند - مدل‌سازی خالص نرخ و حالت، بخشی از مهندسی خط‌مشی، پویایی‌شناسی سیستم کمی خالص، زیرمجموعه‌ای از رویکرد کمی - کیفی غالب پویایی‌شناسی سیستم - که بر اعتبارسنجی تمرکز دارد - و

پویایی‌شناسی سیستم کمی-کیفی - که بر پیش‌بینی تأکید می‌کند- در این طبقه قرار می‌گیرد (Pruyt, 2006). در ذیل، ابتدا به مثالی از این نوع مدل، اشاره می‌کنیم و در نهایت نیز جدول مبانی فلسفی این‌گونه را مشاهده خواهید کرد:

۳-۳-۱. مدل رشد بازار

این مدل از مجموعه مدل‌هایی است که فارستر در نتیجه تجربه مشاوره به کارآفرینان و شرکت‌های با فناوری نو در دهه ۱۹۶۰ عرضه کرد. این مدل‌ها به مسائلی می‌پردازد که هم‌اکنون نیز در بسیاری از شرکت‌ها و صنایع وجود دارد (فارستر به دنبال این بوده است که ساختارهای قطعی را در سازمان‌ها به تبعیت از علوم مهندسی و طبیعی، عرضه کند). مدل «رشد بازار»، سعی کرده است ساده‌ترین مدل را برای کنترل قواعد کلیدی تصمیم‌گیری مدیران طراحی کند و به همین دلیل، بسیاری از ساختارها و کارکردهای سازمانی را از مدل اصلی حذف کرده است (به عنوان مثال در این مدل هیچ نشانی از صورت‌حساب درآمد یا ترازنامه و یا رقبا، به طور صریح، نیست). مدل پویایی‌شناسی سیستم مربوط، شرکتی را نشان می‌دهد که در بازار نامحدودی، رقابت می‌کند. شرکت در این مدل سه بخش دارد که هر یک نماینده‌ای از بخشی واقعی در سازمان است (هستی‌شناسی رئالیسم): ۱- فروش ۲- تحویل سفارش‌ها ۳- توسعه ظرفیت.

تعاملات میان این سه بخش، حلقه‌های بازخورد مهمی را ایجاد می‌کند (مانند حلقه دوم^{۴۳}) که شرکت را به بازار پیوند می‌دهد (مثلاً افزایش سفارش‌ها، حجم سفارش‌ها را می‌افزاید که سبب تأخیر در تحویل آنها می‌شود و این ممکن است بسیاری از مشتریان را به سمت شرکت‌های رقیب، ترغیب کند). این مدل، سازمان و بازار را زیست‌بومی فرض می‌کند که در آن، کاربران مختلف با اهداف و قواعد تصمیم‌گیری متفاوت عمل می‌کنند. نبود درک جامع و کل‌نگر نسبت به حلقه‌های بازخورد در این سه بخش، سبب می‌شود هر یک از مسئولان، تنها با نگاه به عوامل حلقه خود، تصمیم بگیرد که در نهایت به رکود اقتصادی سازمان منتهی شود.



نمودار ۳. مدل پویای رشد بازار (برگرفته از Forrester, 1968a)

در این مدل، کلیه روابط میان متغیرها به صورت کمی نوشته شده است و هدف فارستر نیز علاوه بر نشان دادن عقلانیت محدود تصمیم‌گیران، کمک به آن‌ها در استفاده از سیاست‌های نزدیک به بهینه است.^{۴۴} ویژگی‌های این نوع مدل با مبانی فلسفی فرائیبات‌گرا، همخوانی دارد که در ادامه آن را تشریح می‌کنیم.

جدول ۲. مبانی فلسفی پویایی‌شناسی فرااثبات‌گرایی سیستم

تنها یک دنیای خارجی وجود دارد که با احتمالی، قابل شناخت و مدل‌سازی است (رنالیسم انتقادی) و سیستم‌های مدل‌شده تا حدودی بر سیستم‌های موجود در جهان واقعی منطبق است.	هستی‌شناسی
۱- مشاهده‌گر و مشاهده‌شونده تا حدی به هم وابسته‌اند. ۲- نمودارهای نرخ و حالت و نمودارهای علی حلقوی، در عین داشتن عناصر اندک ذهنی، نمودهای عینی از واقعیت خارجی به شمار می‌رود.	معرفت‌شناسی
مدل‌سازی و تفسیر نتایج، ارزش‌مدار است. میزان تأثیرگذاری ارزش می‌تواند از طریق استفاده از روش علمی و مدل‌سازی به طور ماهرانه تا حدی کنترل شود.	ارزش‌شناسی
روش‌شناسی غالب، کمی است.	روش‌شناسی
عمدتاً جبرگراست.	انسان‌شناسی (ماهیت انسان)
قوانین علی قانون‌مند و پایدار منطقی در پدیده‌های اجتماعی وجود دارد که احتمالاً می‌توان آنها را شناخت و البته در طی زمان به آرامی تغییر می‌کند، به همین دلیل، باید از نظریات خرد علی برای مطالعه آنها استفاده کرد. این نوع علیت، یک‌طرفه و از یک عنصر به عنصر دیگر است (Forrester, 1980)	علیت
عمدتاً قیاسی است. (البته، اگر ابتدا، مدل، قیاس شده و اعتبار آن، بررسی شده باشد).	منطق
متغیرهای کیفی (متغیرهای نرم) اندکی نیز کمی می‌شود، مدل‌های کیفی (نمودارهای علی) نیز با هدف توسعه مدل‌های کامل کمی به کار می‌رود.	مقیاس‌های سنجش و عملیات
نتایج شبیه‌سازی، اغلب کمی است که به صورت کمی نیز تفسیر می‌شود.	تفسیر نتایج
فرایند علمی و مدل‌سازی علمی دقیقی وجود دارد که به فرااثبات‌گرایان کمک می‌کند تا به یافته‌های احتمالاً درست علمی برسند.	اعتبارسنجی یا کیفیت
مدلی است که نزدیک‌ترین نتایج را نسبت به دنیای واقعی تولید کند.	بهترین مدل
احتمالاً بهینه یا مناسب‌ترین راهبرد	راهبرد مناسب

۳-۴. پویایی‌شناسی کثرت‌گرایی انتقادی سیستم^{۴۵}

رویکرد غالب^{۴۶} در مطالعات پویایی‌شناسی سیستم، زیرمجموعه‌ای از پویایی‌شناسی سیستم گسترش‌یافته، مدل‌های پویایی‌شناسی سیستم کمی-کیفی -که بر افزایش یادگیری تکیه دارد- و زیرمجموعه‌ای از پویایی‌شناسی سیستم تعاملی^{۴۷} -که به دنبال فهم پدیده‌ها است- در این گونه قرار می‌گیرد (Pruyt, 2006). در ادامه، ابتدا، از این طبقه، مثالی می‌زنیم و در پایان نیز مبانی فلسفی مرتبط با آن را عرضه خواهیم کرد:

۳-۴-۱. پروژه مدل‌سازی سرویس جهانی بی‌بی‌سی^{۴۸}

سرویس جهانی بی‌بی‌سی، رسانه‌ای رادیویی و بین‌المللی است که به پخش اخبار و تحلیل آن‌ها برای مخاطبان جهانی می‌پردازد. در میانه دهه ۱۹۹۰ که این مطالعه آغاز شد، بی‌بی‌سی شبکه‌ای با بیش از ۵۰ فرستنده داشت که ۶۵٪ کره زمین و ۸۰٪ جمعیت دنیا را پوشش می‌داد. بی‌بی‌سی، به طور هفتگی، بیش از ۱۲۰۰ ساعت برنامه به زبان انگلیسی و ۴۳ زبان دیگر که ۱۳۸ میلیون نفر را در بر می‌گرفت، پخش می‌کرد. سازمان، در بسیاری از ابعاد، موفقیت زیادی داشت. مخاطبان آن، بیش از دو برابر نزدیک‌ترین رقیب آن بود؛ با این حال، هزینه آن برای هر مخاطب (یا شاخص کلیدی در رادیو) تنها ۱۰٪ هزینه رقبا بود. با وجود این، فشار مستمر بر تأمین مالی دولتی، محیط نامطمئنی را برای سازمان ایجاد کرده بود تا آنجا که سازمان تصمیم گرفت تیمی برای بررسی برنامه‌های تأمین مالی و سیاست‌های فناوری در بازه سال‌های ۱۹۹۵ تا ۲۰۰۵ تشکیل دهد. این تیم، متشکل از پنج مدیر مجرب بی‌بی‌سی و دو مدل‌ساز بود که طی سه ماه، چهار جلسه نصف‌روزه تشکیل دادند تا درباره سیاست‌های تأمین مالی سازمان به نتیجه مشترک برسند.

شکل زیر آغاز مدل‌سازی سرویس جهانی بی‌بی‌سی را نشان می‌دهد. در سمت چپ شکل، بودجه و در سمت راست، شنوندگان قرار دارند. در مرکز نیز (در محدوده مرز سازمان)، فهرستی از منابعی دیده می‌شود که به طور اثربخش، بودجه را به شنوندگان تبدیل می‌کند. این فهرست، ترکیبی از منابع نامحسوس و محسوس است که از نظر تیم مدیریت برای جذب و حفظ مخاطبان، مهم است.



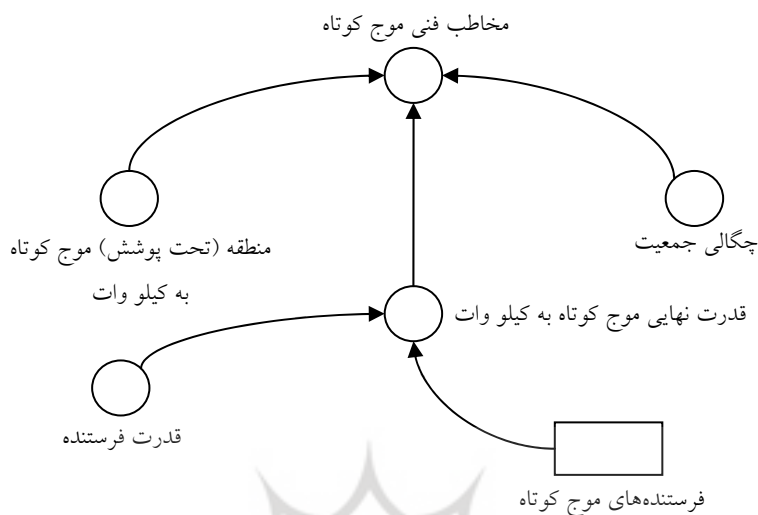
نمودار ۴. منابع در سرویس بین‌الملل جهانی: فهرستی از منابع محسوس و نامحسوس برای تبدیل بودجه به شوندگان (Morecroft, 2004)

تیم مدیریت بر این باور بود که در هر نقطه زمانی، تعداد شوندگان به حجم و ترکیب این منابع بستگی دارد. مثلاً اگر بی‌بی‌سی، فرستنده‌های بیشتری بخرد می‌تواند برنامه‌های خود را در مناطق جدیدتری، پخش و در نتیجه، شوندگان بیشتری را جذب کند یا اگر تعداد کارکنان سازمان بیشتر شود ساعات بیشتری برای برنامه‌سازی و جذب شوندگان در اختیار خواهد داشت. تیم متخصصان تصمیم گرفتند از مدل پویایی‌شناسی سیستم، برای کمک به مدیران استفاده کنند تا اولاً شبکه منابع را به مدیران بشناساند تا روابط میان آنها مشخص شود و ثانیاً نحوه توسعه آنها را در طول زمان بررسی کنند.

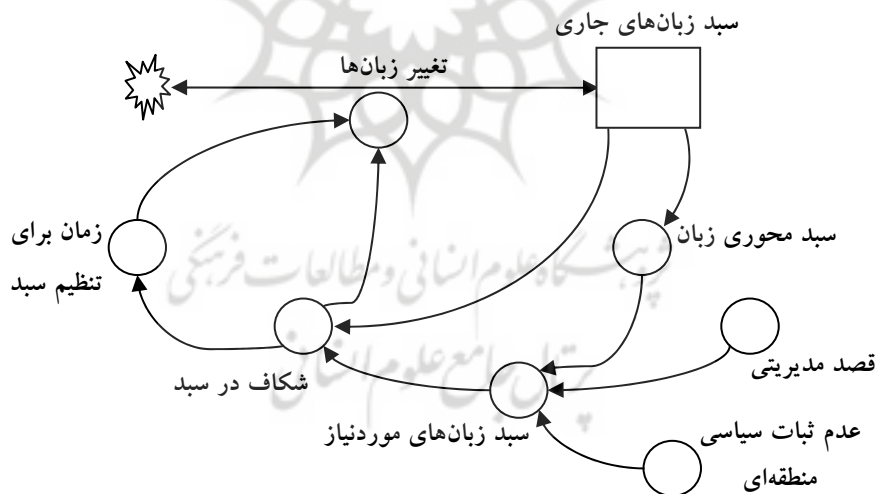
اما واضح بود که هر یک از اعضای مدیریت، مدل ذهنی متفاوتی درباره ترکیب منابع برای جذب حداکثری شوندگان با حداقل هزینه در سر می‌پروراندند که مدل‌سازان تلاش کردند با استفاده از فنون مدل‌سازی گروهی پویایی‌شناسی سیستم، به یک نمود واحد مشترک با هدف بررسی سناریوهای تأمین مالی، برنامه‌سازی و فناوری دست یابند. پویایی‌شناسی سیستم به تیم مدیریت کمک کرد تا شبکه منابع را برای آزمون نحوه ارتباط منابع و بررسی توسعه آنها در طول زمان، تصویرسازی کند. به

همین دلیل، بنا بر قاعده پویایی‌شناسی سیستم، هر یک از منابع به مثابه متغیر حالت در نظر گرفته شد و مدل‌های ذهنی مدیران درباره تغییر هر یک از منابع در ساختار علیّ متشکل از سایر متغیرها بررسی شد. گفتنی است برخی ابعاد مدل‌های ذهنی مدیران از این شبکه منابع، سخت بود به گونه‌ای که فرایندهای فنی، علمی و طبیعی‌ای را نشان می‌داد که مدیران نمی‌توانستند آن را تغییر بدهند. در مقابل، فرایندهای نرمی نیز مشاهده می‌شد که بیانگر خط‌مشی‌ها و روش‌های متفاوتی بود که اعضای مدیریت برای اداره سازمان انتخاب می‌کردند.

به عبارت دیگر، برای مدل‌سازی این منابع و درک ساختار پویایی رفتار هر یک از آنها، دو نوع ساختار علیّ، مشاهده‌پذیر بود. مجموعه‌ای از ساختارهای عملیاتی یا همان قواعد کاربردی برای ترکیب منابع و تولید محصولات و عرضه خدمات - که معمولاً ثابت است - و دسته دیگر، ساختار سیاست‌های عملیاتی که ممکن است در میان سازمان‌های رقیب، متفاوت باشد. مثلاً ممکن است مدل رابطه میان تعداد فرستنده‌ها و مخاطبان در همه سرویس‌های جهانی یکی باشد اما مدل تغییر سبب زبان‌های بین‌المللی تحت پوشش در سرویس‌های رقیب، متفاوت باشد. مثلاً ممکن است حذف و یا ورود زبان جدید به مجموعه زبان‌های سازمان و حتی زمان این انتقال (ورود یا خروج زبان) به عوامل متغیری چون مسائل سیاسی، فرهنگی و ... مرتبط باشد که مدیران، سیاست‌گذاری کرده‌اند. بخشی از مدل نرخ و حالت این دو نوع ساختار را در نمودار ۵ و ۶ می‌بینید:



نمودار ۵. رابطه میان فرستنده‌ها و مخاطبان: مثالی از علّیت عملی (Morecroft, 2004)



نمودار ۶. سبد متغیر زبان: مثالی از خط‌مشی عملیاتی؛ سبد زبانی مبین تاریخ، سنن سازمان و فشارهای جاری عملیاتی است (Morecroft, 2004)

مدل‌های گسترده‌ای از این دست، از طریق مدل‌های ذهنی افراد به اشتراک گذاشته شد و با شبیه‌سازی آن‌ها، محدودیت‌های عملیاتی و سیاست‌های عملیاتی مورد توجه

قرار گرفت تا بهترین سیاست‌ها برای حل مشکل سرویس جهانی بی‌بی‌سی اتخاذ شود.^{۴۹}

در این مجموعه مدل‌ها که به بخشی از آن‌ها پرداختیم، مجموعه‌ای از مبانی یافت می‌شود که با پارادایم کثرت‌گرایی انتقادی مطابقت دارد. در ذیل به مبانی فلسفی این طبقه می‌پردازیم:

جدول ۳. مبانی فلسفی پویایی‌شناسی کثرت‌گرایی انتقادی سیستم

هستی‌شناسی	رئالیست (دنیای خارجی وجود دارد)
معرفت‌شناسی	۱- ذهنی است (دنیای واقعی تنها با مدل‌های ذهنی دسترس‌پذیر است) ۲- واقعیتی خارجی در عالم وجود دارد که به دلیل نزدیکی به آن، با مدل‌های ذهنی، تنها به طور بخشی می‌توان آن را شناخت.
ارزش‌شناسی	مشاهده‌گر از مشاهده‌شونده جدا نیست و مدل‌ها به بافت و زمان وابسته است. مدل‌سازی به طور آگاهانه با موضع ارزشی آغاز می‌شود و کلیه مراحل انتخاب مسئله، روش‌شناسی، فرضیات اساسی و تعیین مرز مدل، ارزش‌مدار خواهد بود.
روش‌شناسی	کمی و کیفی است.
انسان‌شناسی (ماهیت انسان)	افرادی خلاق و سازگار با پتانسیل تحقق‌نیافته و در دام توهم. استقلال مشروط و آزادی انتخاب، به لحاظ ساختاری محدود، اما محدودیت‌ها می‌تواند رفع شوند (Neuman, 2007).
علیت	عنصر کلیدی است چرا که با برقراری ارتباط میان عناصر مدل در ساختارهای جامع، از طریق شبیه‌سازی به تولید رفتار مدل می‌پردازد که تبیینی از واقعیت خارجی به شمار می‌رود (کشف ساختارهای علی که الگوهای خاصی از رویدادها را تولید می‌کند).
منطق	قیاسی (چون مدل‌ها از مدل‌های ذهنی استخراج می‌شوند) و استقرایی است (چون بر روی مدل‌های قیاس‌شده، عملیات شبیه‌سازی انجام می‌شود)
مقیاس‌های سنجش و عملیات	کمی و کیفی
تفسیر نتایج	نتایج شبیه‌سازی‌های کمی برای افزایش فهم نسبت به ساختارهای پویا به صورت کیفی توصیف می‌شود (در این مسئله، تفسیر کمی اهمیت بیشتری دارد)
اعتبارسنجی	میزان باورپذیری (اعتماد)، پرصدايي (شامل صحت و توافق) و اخلاق‌مندی، به اضافه راهبرد کنش تغییر که محور فرض می‌شود تا در صورت موفقیت کنش‌گران، مدل معتبر خوانده شود (Higgs, 2001)
بهترین مدل	مدلی است که در تغییر مدل‌های ذهنی و ساختارهای دنیای واقعی، مفید باشد و بتواند اعتماد کاربران را به خود جلب کند (افزایش فهم و یادگیری نسبت به ساختارها)
راهبرد مناسب	پتانسیل واقعی برای بهبود رفتار ساختارها را داشته باشد

۳-۵. پویایی‌شناسی عملگرای سیستم^{۵۰}

در بیشتر مدل‌های پویایی‌شناسی سیستم، حداقل دو عنصر عملگرا دیده می‌شود:
۱- متغیرهای نرم؛ ۲- رفتار مرجع (که به دنبال بررسی این رفتار مرجع در طی زمان است).

گفتنی است بارتون^{۵۱} (۱۹۹۹)، عملگرایی را فلسفه تفکر سیستمی می‌داند که البته به دلیل عدم اهمیت علیت در این فلسفه، متخصصان پویایی‌های سیستم، چندان بدان توجه نکرده‌اند.

مثال زیر نمونه‌ای از مدل‌سازی با فلسفه عملگرایی است که از پویایی‌شناسی سیستم به مثابه ابزاری که بیشترین سود را در حل مسئله به ارمغان می‌آورد، بهره می‌گیرد.

۳-۵-۱. راهبرد اجاره بلندمدت خودرو

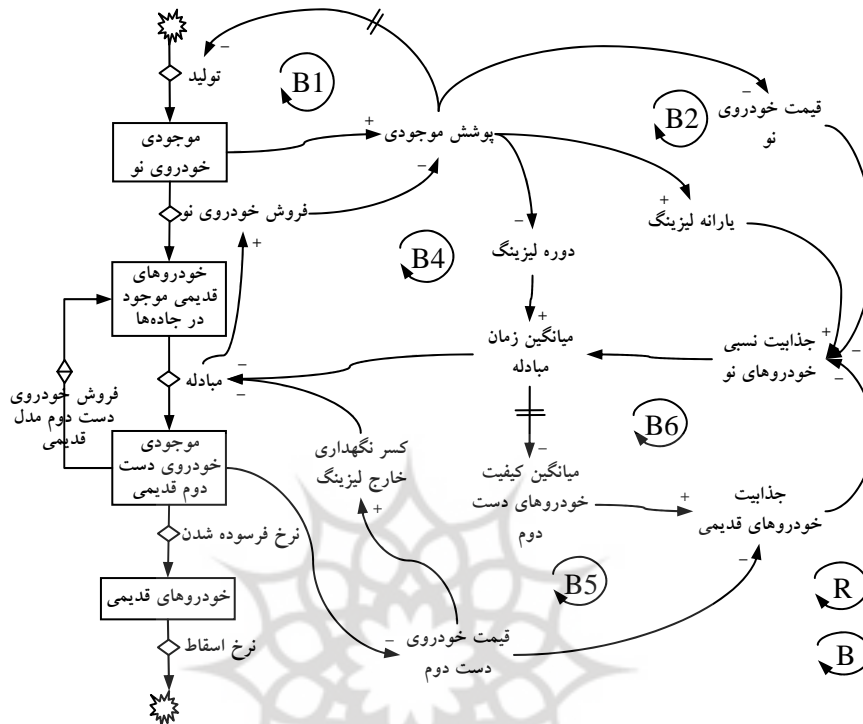
در دهه ۱۹۹۰، فروش بی‌نظیر خودروهای دست دوم تمیز به همراه برخی مزایا، از طریق اینترنت و نمایشگاه‌های بزرگ، سبب شد خودروسازانی مانند جنرال موتورز برای حفظ جایگاه خود در بازار به تمهیداتی بیندیشد تا بتواند خودروهای نوی خود را با قیمت مناسب بفروشد. مرکز پشتیبانی تصمیم‌گیری شرکت جنرال موتورز که از ابزارهای تحلیلی و ترکیبی متنوعی برای حل مسائل شرکت و عملیاتی نمودن آن‌ها (و نه گزارش دهی و تحلیل صرف آن‌ها) استفاده می‌کرد، تصمیم گرفت تا برای حل این مسئله از پویایی‌شناسی سیستم استفاده کند. کلیه رویکردهای این مرکز بر اساس فرایند تصمیم‌گیری گروهی، رسیدن به اجماع و اقدام مؤثر برای حل مسئله بود که در استفاده از این روش‌شناسی نیز مورد توجه قرار گرفت.

در ابتدای کار، مشاوران پویایی‌شناسی سیستم به همراه چند تن از متخصصان مرکز، مدل شبیه‌سازی مشخص و ساده‌ای از روابط میان بازارهای خودروی نو و دست دوم ترسیم کردند (نمودار ۷). این مدل، شامل بخش‌هایی برای خودروهای دست دوم و نو بود که به دو قسمت خودروهای جنرال موتورز و دیگر تولیدکنندگان تقسیم می‌شد و مسیر خودرها را از تولید تا فروش یا لیزینگ اولیه، بازار ماشین دست دوم و

اسقاط شدن آن‌ها نشان می‌داد. این مدل، همچنین، مسیر ورود و خروج مشتریان به بازار را نشان می‌داد و شامل مدل ساده انتخاب مشتری برای تصمیم‌گیری بین خودروهای نو و دست دوم نیز می‌شد. برای رسم این مدل و متغیرهای آن، مدل‌سازان از داده‌های موجود استفاده کردند.

با قرار دادن این مدل به عنوان سکوی آغاز، تحلیل‌ها و بحث‌های تیم مدل‌سازی و سپس ذی‌نفعان - نظیر مدیران و کارکنان - درباره آن بالا گرفت و در ادامه نیز اهرم‌های سیاستی‌ای که شامل دوره لیزینگ، میزان کمک مالی، مشوق‌های خرید، فروش سریع و قوانین تصمیم مختلف بود، بررسی شد.

در پایان، مدل پویا نشان داد که قیمت خودروهای دست دوم به زودی کاهش می‌یابد زیرا حجم زیادی از خودروها که طی چند سال اخیر به صورت لیزینگ یا نقدی، فروخته شده است دوباره وارد بازار خودروی دست دوم خواهد شد. تحلیل تیم نشان می‌داد که مقداری از این افزایش غیرعادی در قیمت خودروهای دست دوم به دلیل خرید زیاد فروشگاه‌های بزرگ خودروهای دست دوم بوده که می‌خواستند حجم انبار خود را افزایش دهند. هنگامی که این دوره افزایش موجودی، پایان یابد، فروش خودروهای دست دوم دچار رکود می‌شود در حالی که جریان خودروهایی که دوره لیزینگ آنها به اتمام رسیده است ادامه می‌یابد. با کاهش قیمت تا زیر قیمت باقی‌مانده توافق‌شده، بسیاری از مشتریان قرارداد لیزینگ را زود پایان می‌دهند و تعداد کمتری حاضر خواهند شد که با لیزینگ، خودرو بخرند. در این صورت، جنرال موتورز مجبور خواهد شد مبالغ زیادی بابت مطالبات مشتریان برای اصلاح ارزش باقی‌مانده پردازد و فروش خودروی نو کاهش خواهد یافت زیرا مشتریان ترجیح می‌دهند، خودروهای مدل بالای دست دومی را بخرند که دوره لیزینگ آن‌ها به پایان رسیده است.

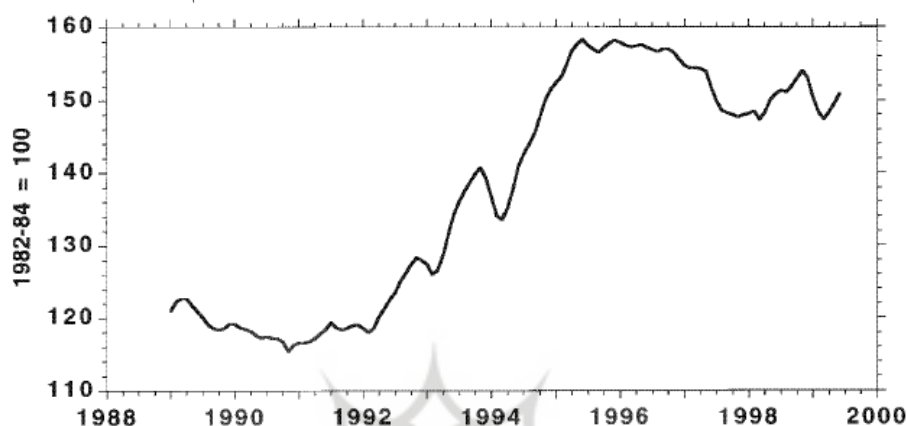


نمودار ۷. مدلی ساده از بازار اتومبیل (Sterman, 2000, p. 45)

با این حال، مدیران ارشد منطقه عملیات آمریکای شمالی تصمیم گرفتند بر دوره ۳۸ تا ۴۸ ماهه متمرکز شوند و لیزینگ دو ساله را حذف کنند. آن‌ها، همچنین، افزایش ارزش باقی‌مانده را نپذیرفتند و در محاسبه ذخیره‌ها، بیشترین ریسک را ممکن برای و پرداخت‌های ماهیانه لیزینگ را افزایش داد.

در سال ۱۹۹۷ سیل عظیمی از خودروهایی که دوره لیزینگ‌شان به اتمام رسیده بود بازار را فرا گرفت و قیمت خودروهای دست دوم به شدت افت کرد (نمودار ۸: داده‌ها، مجموع قیمت را برای تمام خودروهای دست دوم نشان می‌دهد. افت خودروهای مدل بالا، بسیار سریع‌تر بود و در بخش‌هایی که لیزینگ رشد زیادی داشت شدیدتر هم بود).

بررسی شاخص‌ها، نشان‌دهنده جهت ترکیبی خودروی دست دوم و کامیون برای مصرف‌کنندگان آمریکایی است و شاخص قیمت، به طور فصلی تنظیم شده است.



نمودار ۸. قیمت‌های خودروی دست دوم در سال‌های ۹۹-۱۹۸۹ (Sterman, 2000, p. 51)

با افت قیمت‌ها، مشتریان کمتری حاضر به نگهداری خودروهای خود بودند. اتحادیه مصرف‌کنندگان گزارش داد که نسبت خودروهای برگشتی - که دوره لیزینگ آنها پایان یافته بود- از ۲۹٪ در ۱۹۹۷ به ۳۹٪ در ۱۹۹۸ افزایش یافت. تقریباً سه‌چهارم همه خودروهایی که دوره لیزینگ‌شان خاتمه یافته بود و به لیزینگ‌دهنده‌ها برگشت داده می‌شد سبب ضرر لیزینگ‌دهنده‌ها شد؛ میانگین ضرر در سال ۱۹۹۸، ۱۸۷۸ دلار به ازای هر خودرو یعنی ۲۲۰٪ بیشتر از میانگین ضرر در ۱۹۹۳ بود. اقدام به موقع جنرال موتورز با بصیرت ناشی از مدل طراحی شده کمک کرد تا از این ضرر رهایی یابد، در حالی که دیگر خودروسازان با حجم عظیمی از مطالبات مربوط به اختلاف قیمت ارزش بازاری و ارزش باقی‌مانده توافق‌شده روبرو شدند.^{۵۲} مدل فوق به دلیل وجود متغیرهای نرم، رفتار مرجع و هدف عملگرایانه و نه کشف واقعیت، همچنین، تمرکز بر فرایندهای گروهی در مدل‌سازی و یافتن سیاست‌ها و خط‌مشی‌های بهبودساز می‌تواند فلسفه پراگماتیسم را به خود اختصاص دهد:

جدول ۴. مبانی فلسفی پویایی‌شناسی عملگرای سیستم

هستی‌شناسی	پذیرش این نکته که دنیایی خارجی وجود دارد اما انتخاب تبیینی که بهترین خروجی را برای ذی‌نفعان به ارمغان آورد (رنالیسم عملگرایانه)
معرفت‌شناسی	عینی و ذهنی (در برخی موارد با مفاهیم اجزائی از مدل تعریف می‌شود که واقعیت خارجی ندارد یا با واقعی تفاوت دارد)
ارزش‌شناسی	ارزش‌ها در انتخاب پژوهش، نظریه، مدل‌سازی، مدل‌ها و تفسیر آن‌ها تأثیرگذار است اما با وجود آگاهی از این تأثیرگذاری، تلاشی برای سرکوب و یا کنترل آن‌ها نمی‌شود
روش‌شناسی	کمی و کیفی است
انسان‌شناسی (ماهیت انسان)	انسان، معیار همه چیز است و حقیقت، ساخته انسان است
علیت	متخصصان عملگرای پویایی‌شناسی سیستم بر این باورند که علیت واقعی در سیستم‌های اقتصادی-اجتماعی هرگز به طور دقیق شناخته نمی‌شود. علیت عمومی وجود ندارد و با تغییر فرهنگ‌ها، جوامع و نهادها، علیت موجود نیز تغییر می‌کند.
منطق	قیاسی است (مدل‌ها از مدل‌های ذهنی استخراج می‌شود)، استقرایی است (شبیه‌سازی نتایج آن را استقرا می‌کند)
مقیاس‌های سنجش و عملیات	کمی و کیفی. متغیرهای کیفی برای محاسبه بدون هیچ مشکلی کمی می‌شود
تفسیر نتایج	ساخت‌گرایانه نیست زیرا فرضیه خردی انتخاب شده است که با سؤال پژوهش، نتایج مطلوب، ارزش‌های مدل‌سازان و ذی‌نفعان، بهتر همخوانی دارد
اعتبارسنجی	میزان سود حاصل از اجرای سیاست‌ها
بهترین مدل	تشخیص اینکه کدام مدل به واقعیت نزدیک‌تر است ناممکن است. بهترین مدل، مدلی است که خروجی‌های مطلوب، تولید کند یا مدل‌هایی که به ادراکات فردی، جهان‌بینی‌ها و سیستم‌های ارزشی افراد نزدیک‌تر باشد
راهبرد مناسب	با سؤال پژوهش، نتایج مطلوب، ارزش‌های مدل‌سازان و ذی‌نفعان، بهتر همخوانی داشته باشد

۳-۶. پویایی‌شناسی ساخت‌گرایانه سیستم^{۵۳}

کاربردهای این نوع پویایی‌شناسی سیستم عبارت است از: مدل‌های هولون، مدل‌سازی برای یادگیری صرف^{۵۴} و زیرمجموعه‌ای از پویایی‌شناسی تعاملی سیستم که یا بر تفسیر مشترک تکیه دارد یا رویکردی که بر این باور است که همه تفاسیر معتبر است، در این حوزه قرار می‌گیرد (مدل‌هایی که بر فهم

مشترک یا به دست آوردن جواب تنها تکیه می‌کند از این گونه خارج می‌شود). مدل‌سازی برای یادگیری و فهم سایر دیدگاه‌ها، مدل‌سازی برای ظهور مفاهیم و فرضیات، مدل‌سازی برای رسیدن به بصیرت در تحولات ممکن، مدل‌سازی برای رسیدن به تفسیر مشترک، مدل‌سازی برای مصالحه میان نظرات مختلف که به تصمیمات و فعالیت‌های آگاهانه‌تری در حوزه خاصی منجر شود، مدل‌سازی برای ایجاد تعهد به تغییر ساختار (Pruyt, 2006).

۳-۶-۱. مدل مدیریت حجم کار

یکی از مدل‌های معروف ساختارگرایی مطالعات پویایی‌شناسی سیستم، نحوه مدیریت حجم کار است. برای تبادر بهتر مدل در ذهن، می‌توانید از شباهت میان حجم کار و حجم تکالیف دانش‌آموزان استفاده کنید و بر اساس آن به مدل‌سازی درس خواندن دانش‌آموزان در شب امتحان و یا در طول ترم پردازید. به طور کلی، کارکنان و مدیران می‌توانند در اجرای کارهای خود از دو راهبرد، استفاده کنند:

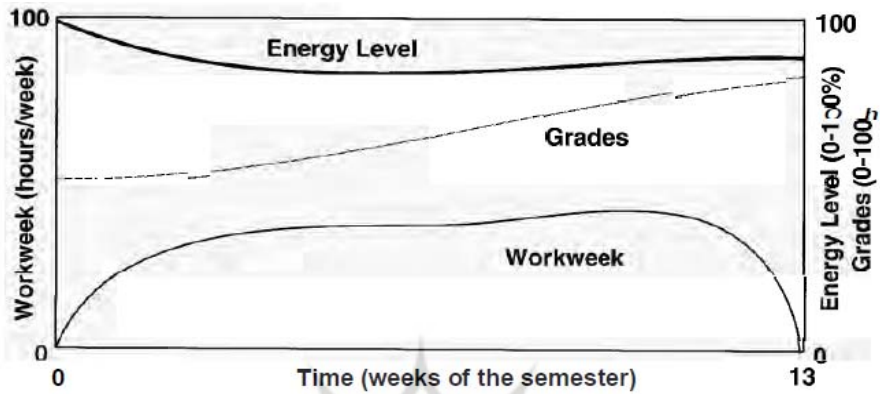
الف- راهبرد مورچه: هرگز کاری را که امروز می‌توانی انجام بدهی به فردا نینداز.

ب- راهبرد ملخ: هرگز کاری را که می‌توانی فردا انجام دهی امروز انجام نده.

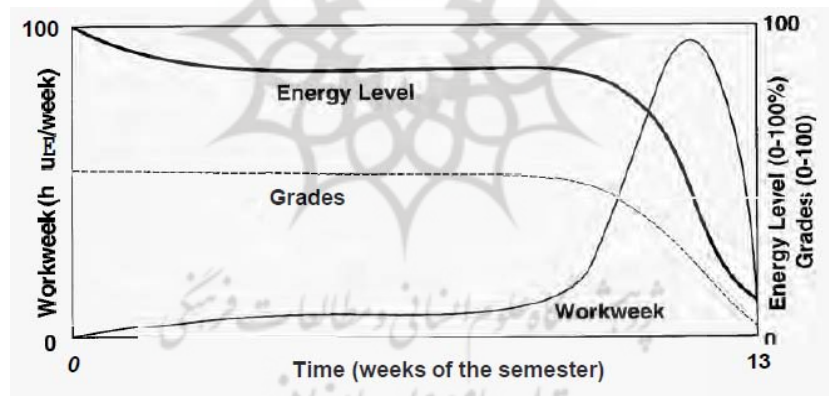
دانش‌آموزی که از راهبرد مورچه استفاده می‌کند در طول ترم سعی می‌کند تکالیف هر روز را همان روز انجام دهد و نگذارد که حجم زیادی از تکالیف، انباشته شود. در نتیجه، در پایان ترم با کنترل و مدیریت تکالیف، استراحت کافی خواهد داشت و با بیشتر شدن بهره‌وری، زمان بیشتری برای فعالیت‌های جانبی پیدا می‌کند.

از سوی دیگر، دانش‌آموزی که از راهبرد ملخ استفاده می‌کند در ابتدای ترم، زمان زیادی، صرف فعالیت‌های جانبی خواهد کرد و در نتیجه، زمانی برای حل تکالیف باقی نمی‌گذارد. با زیاد شدن حجم تکالیف در انتهای ترم، وی مجبور می‌شود از استراحت خود بکاهد و به طور فشرده، تکالیف خود را انجام دهد چنین کاری سبب می‌شود به دلیل خستگی، بهره‌وری کاهش یابد و مقدار و کیفیت تکالیف نیز کم شود و ... در شکل‌ها و نمودارهای زیر می‌توانید ابتدا رابطه نیروی دو دانش‌آموز در طول ترم و

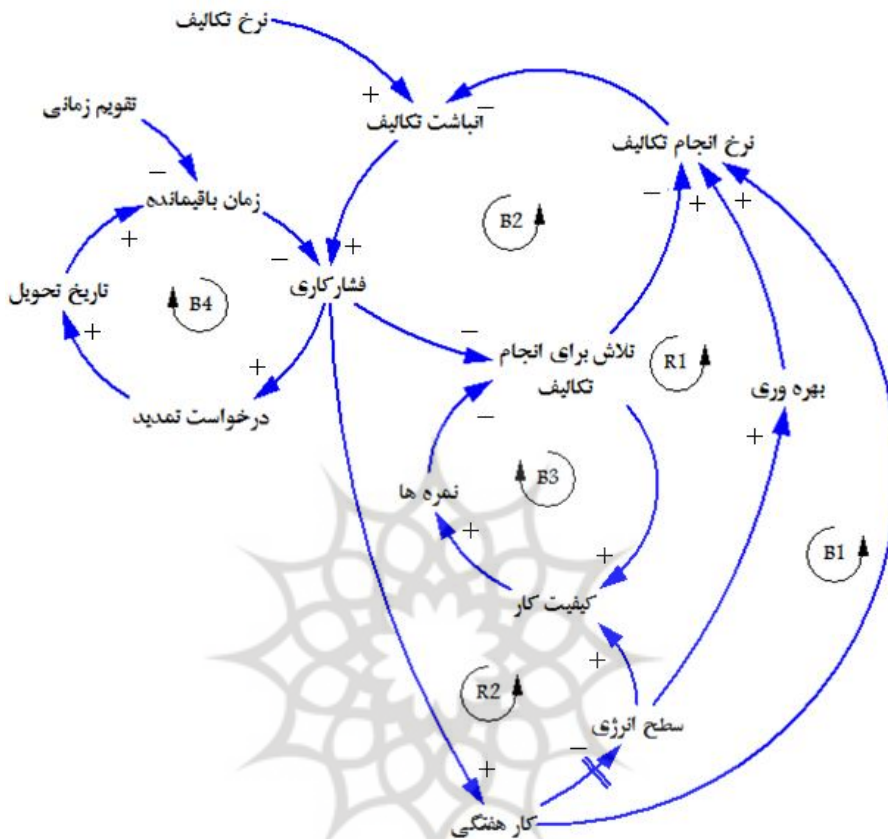
سپس نمودار علی-معلولی را -که به پویایی های این دو راهبرد در متغیرها، مربوط می شود- مشاهده کنید.



نمودار ۹. رفتار مرجع نیروی دانش آموز استفاده کننده از راهبرد مورچه (Sterman, 2000, p. 161)



نمودار ۱۰. رفتار مرجع نیروی دانش آموز استفاده کننده از راهبرد ملخ (Sterman, 2000, p. 162)



نمودار ۱۱. نمودار علی‌مدیریت حجم کاری (Sterman, 2000, p. 167)

از این مدل می‌توان برای فهم سرانجام کاربرد هر یک از این راهبردها استفاده کرد و فرجام اجرای به موقع حجم کار محول به کارکنان را به آنها یاد داد. به نظر می‌رسد بنا به ویژگی‌هایی که در ذیل می‌بینید و در مدل فوق نیز اشاراتی به آن شده است، مدل فوق با فلسفه ساختارگرایی، شباهت زیادی داشته باشد:

جدول ۵. مبانی فلسفی پویایی‌شناسی ساخت‌گرای سیستم

نسبی‌گراست (اینکه سیستمی در واقعیت وجود ندارد)؛ واقعیت اجتماعی، خروجی دایم‌التغییر فرایند اجتماعی است که انسان‌ها در آن به طور مستمر با یکدیگر درباره ادراکات و تفاسیر یکدیگر از دنیای واقعی بحث می‌کنند	هستی‌شناسی
ذهنی	معرفت‌شناسی
ارزش‌مدار است و هیچ راه فراری برای کاهش این تأثیر وجود ندارد	ارزش‌شناسی
اغلب کیفی است، هرچند می‌تواند کمی هم باشد	روش‌شناسی
انسان اراده‌مند و فعال است	انسان‌شناسی (ماهیت انسان)
علیت دنیای واقعی تشخیص‌پذیر نیست، با وجود این، توصیفات ذهنی علی به دنیا معنا می‌بخشد	علیت
قیاسی است	منطق
اغلب کیفی است و مقیاس‌های کمی از طریق تفسیر به مقیاس‌های کیفی ترجمه می‌شود	مقیاس‌های سنجش و عملیات
اغلب کیفی و ساختارگرایانه است	تفسیر نتایج
اعتماد به مدل ساخته	اعتبارسنجی
نمی‌توان دو مدل را از هم تمیز داد و اصولاً انتخاب میان دو مدل، منطقی نیست	بهترین مدل
هر راهبرد	راهبرد مناسب

۳-۷. پویایی‌شناسی انتقادی، تغییرپذیر و آزادی‌بخش سیستم^{۵۵}

این گونه از پویایی‌شناسی سیستم (با هدف خاص کمک به محرومان و مظلومان) برای توسعه دموکراسی و عدالت با استفاده از ابزارهای پویایی‌شناسی سیستم، به کار می‌رود.

جریان مدل‌سازی به عنوان یادگیری صرف (که در آن رویکردهای مدل‌سازی را برای مذاکره باز در گروه‌ها و در ارتباط با قدرت، ایدئولوژی و جبر، گروه‌بندی می‌کنند)، بخشی از پویایی‌شناسی کیفی (مانند QPID) (Liddell and Powell, 2004 & Howard et al, 2005^{۵۶}) و موارد خاصی از پویایی‌شناسی سیستم (که بر توسعه عدالت، دموکراسی و کمک به محرومان تمرکز دارد، در این گونه قرار می‌گیرد. گفتنی است این گونه مدل‌ها در حاشیه پویایی‌شناسی سیستم، رشد یافته است که ناشی از ضعف (یا

ظرفیت اندک) آن برای نمایش قدرت میان‌فردی، روابط اجتماعی و سطح اجتماعی است.

۳-۷-۱. استفاده از پویایی‌های سیستم برای بهبود مشارکت عمومی در تصمیمات محیطی

در حوزه‌های محیطی، فشار برای افزایش مشارکت عمومی در تصمیم‌گیری در حال رشد است. این مشارکت، نه تنها بنیان آرمان‌های دموکراسی دیده می‌شود بلکه به طور فزاینده‌ای ابزاری کاربردی برای عملیاتی کردن تصمیمات نیز به شمار می‌رود. مطالعات پویایی‌شناسی سیستم این پتانسیل را دارد تا مشارکت عمومی در تصمیمات محیطی را به دو طریق، بهبود بخشد^{۵۷}:

- ۱- فراهم کردن چارچوبی برای تفکر ساختاری موقتی ذی‌نفعان در تصمیم‌گیری.
- ۲- فراهم کردن چارچوب آموزشی روشن و مشارکتی برای متقاعد کردن ذی‌نفعان جهت اجرای تصمیمات.

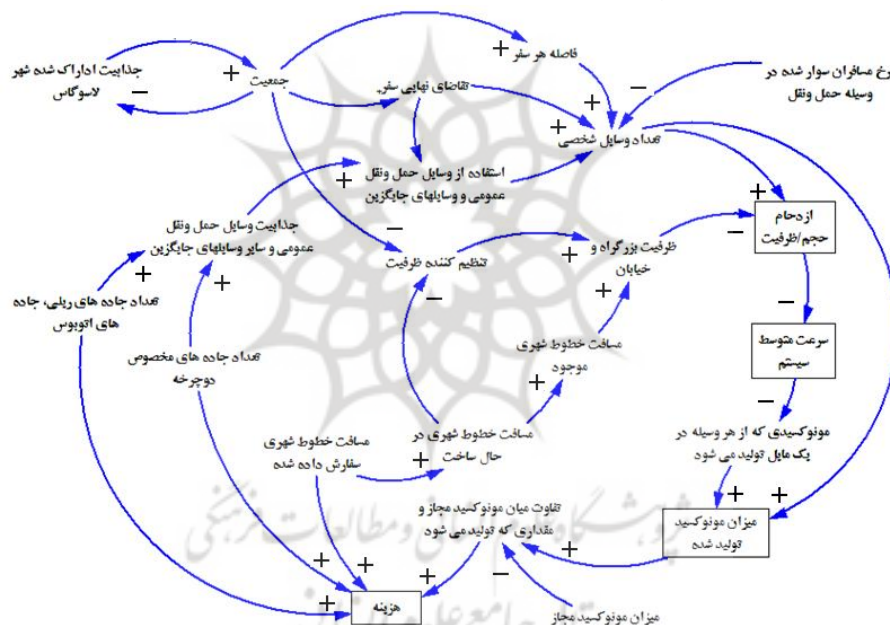
در همین راستا، استیو^{۵۸} (۲۰۰۲) به همراه دو فارغ‌التحصیل در سال ۲۰۰۱، فعالیت مدل‌سازی گروهی را برای پشتیبانی از گروه مشاوره ذی‌نفعان موقت را بر عهده گرفتند. مسئولیت گروه، عرضه پیشنهادهای سیاستی درباره مسائل درهم‌تنیده و فزاینده ازدحام عبور و مرور و کیفیت هوا در لاس‌وگاس و نودا بود.

بنا به درخواست کارفرمای طرح، گروه مشاوره‌ای متشکل از ۳۰ ذی‌نفع تشکیل و مقرر شد به مدت یک سال، هر ماه، این گروه، سیاست‌های خود را درباره سیستم حمل‌ونقل منطقه‌ای عرضه کند. اعضای این گروه شامل این افراد بود: مقامات رسمی منتخب ایالت و چهار شهروند، نمایندگان انجمن کسب‌وکار و صنعت گردشگری، دوستان محیط زیست، رانندگان اتوبوس، سایر مؤسسات عمومی و ساکنان عمومی. گفتنی است این ذی‌نفعان هیچ دانشی غیر از مشاهدات معمولی خود درباره سیستم حمل‌ونقل نداشتند و همه آنها نیز کارهای تمام‌وقت داشتند و هیچ پاداشی برای پیشنهادهای خود نمی‌گرفتند.

در مسیر فرایند مدل‌سازی، پس از تبیین مسئله برای ذی‌نفعان، ۴۰ موضوع سیاستی برای حل مشکل، عرضه و پس از جلسات فراوان بحث و گفت‌وگو، متخصصان، مدل

علی-معلولی پویایی‌شناسی سیستم را طراحی کردند و پس از آن بود که برای رسیدن به فهم مشترک، تحلیل مدل و سیاستگذاری حرفه‌ای، نمودارهای شبیه‌سازی در تعامل با ذی‌نفعان، بررسی و راه‌کارهای پیشنهاد شده برای بهبود وضعیت سیستم حمل‌ونقل به نقد کشیده شد.

مدل پویایی‌شناسی سیستم زیر، نمودار علی متغیرهای درگیر در مسئله را نشان می‌دهد که به دلیل نظر گرفتن نظرات ذی‌نفعان و کیفی بودن و ذهنی بودن آن، به پارادایم انتقادی و تغییرپذیر و آزادی‌بخش سیستم، نزدیک است. در ذیل مدل به مبانی فلسفی آن اشاره خواهیم کرد:



نمودار ۱۲. مروری بر ساختار علی مدل پیشنهاد شده (stave, 2002)

جدول ۶. مبانی فلسفی پویایی‌شناسی انتقادی، تغییر پذیر و آزادی‌بخش سیستم

هستی‌شناسی	نسبی‌گرا است (اینکه سیستمی در واقعیت وجود ندارد) و تنها مفاهیمی را می‌توان توصیف کرد که به طور ذاتی به مدل‌ساز مرتبط است ...
معرفت‌شناسی	ذهنی
ارزش‌شناسی	بی‌طرف نیست و ارزش‌ها در مراحل مختلف مدل‌سازی تأثیرگذار است
روش‌شناسی	کیفی، کمی و ترکیبی
انسان‌شناسی (ماهیت انسان)	انسان اراده‌مند و فعال است
منطق	قیاسی
مقیاس‌های سنجش و عملیات	اغلب، کیفی است و مقیاس‌های کمی با تفسیر به مقیاس‌های کیفی ترجمه می‌شود
تفسیر نتایج	اغلب، کیفی است
بهترین مدل	مدلی که در توسعه عدالت و دموکراسی و کمک به محرومان موفق‌تر باشد
راهبرد مناسب	مدلی که در توسعه عدالت و دموکراسی و کمک به محرومان موفق‌تر باشد

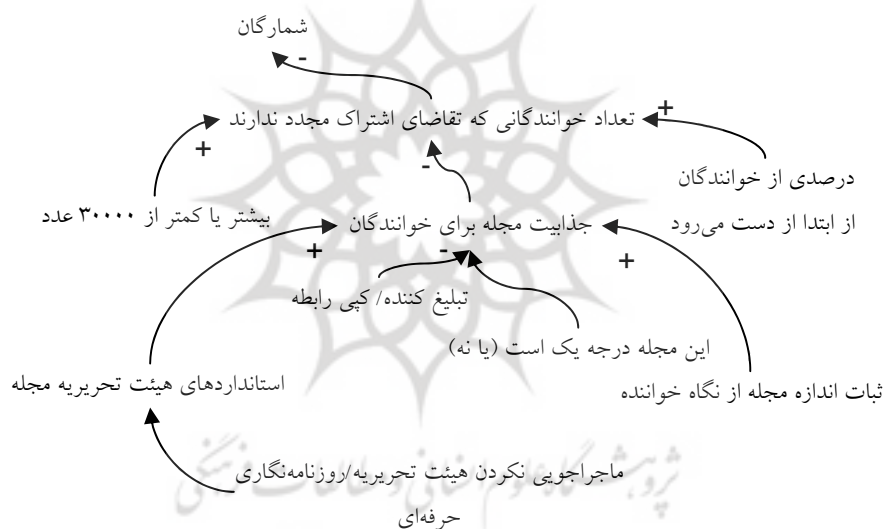
۳-۸. پویایی‌شناسی تفسیرگرا^{۵۹}

این گونه از پویایی‌شناسی را می‌توان جایگاه اصیل پارادایمی مدل‌های هولون و بخشی از مدل‌ها با هدف یادگیری صرف و یادگیری تعاملی دانست. در ادامه به ذکر مثالی از این دست می‌پردازیم و در نهایت نیز جدول مبانی فلسفی این نوع مدل‌های پویایی‌شناسی سیستم، را عرضه می‌کنیم.

۳-۸-۱. چاپ یا نابودی؟^{۶۰}

مجله‌ای انگلیسی در زمینه‌های فنی و تجاری، در طی هفت سال متوالی از کاهش تیراژ و سود، رنج می‌برد. مدیران مجله در آخرین اقدام خود برای رهایی از این وضعیت از تیم مشاوره‌ای استفاده کردند تا بتوانند آینده‌ای روشن برای مجله خود ترسیم کنند. همه اعضای مجله، این فرصت را مرگ و زندگی برای آینده کاری خود می‌دانستند و از همان آغاز به دنبال کسی بودند که با مدیریت علمی خود به بررسی دانش و تجربه آنها بپردازد تا اینکه بخواهند از متخصصی، پیشنهادی برای ارتقای وضعیت خود دریافت کنند. چنین گروه مشاوره‌ای باید اولاً نقش تسهیل‌کنندگی ایفا کند و ثانیاً در فرایند مشاوره، سردبیر و مدیر تبلیغات مجله را نیز درگیر کند (اولین گام

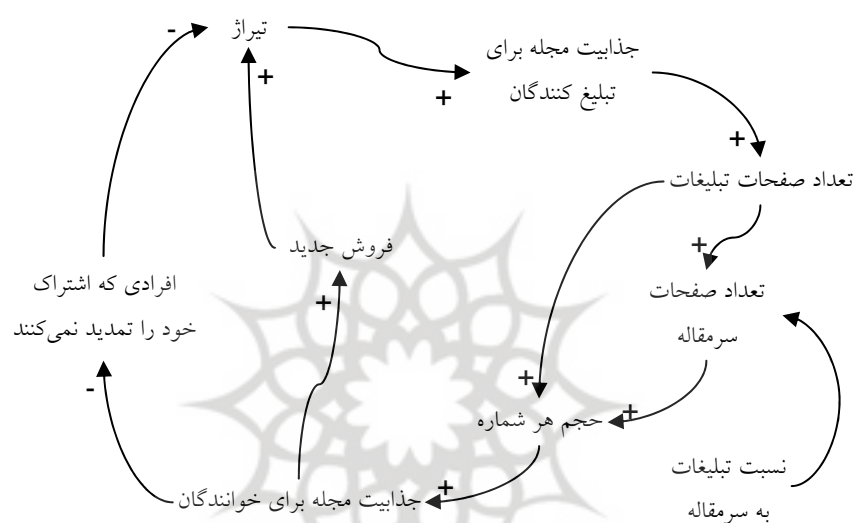
در چنین مسائلی، قبول این نکته است که هر یک از ذی‌نفعان، تجربه و دانش خاصی درباره دنیای سازمانی خود دارد. این نکته در فهم مسئله و ایجاد تعهد برای کار کردن آنها با مدل‌های پیشنهاد شده مشاوران بسیار حیاتی خواهد بود. تیم مشاوره در فهم وضعیت موجود از نظریه‌های گروه ذی‌نفعان درباره چیرستی و علت نابسامانی سازمان پرسیدند. این نظریه‌ها پس از تحلیل محتوا به صورت مدل آشکاری از دیدگاه‌های ذهنی و کیفی درآمد که وضعیت جاری مجله را از دیدگاه ذی‌نفعان و نه واقعیت موجود در جهان خارج، نشان می‌داد. این مدل با تکنیک نقشه‌برداری شناختی^{۶۱} انجام شد که بسیار شبیه مدل‌های ذهنی پویایی‌شناسی سیستم بود. این مدل را می‌توانید در نمودار ۱۳ مشاهده کنید.



نمودار ۱۳. گام‌های نخست تعریف مسئله به کمک نقشه‌برداری شناختی (Eden & Jones, 1980)

این مدل برای فهم و تحلیل جلسات اولیه، ساخته و اساسی برای برنامه‌ریزی جلسات آینده قرار داده شد. در مرحله بعد، ساختاردهی مسئله در دستور کار قرار گرفت و حل مسئله از فاز همدردی^{۶۲} به مذاکره^{۶۳} منتقل شد. بر اساس این، نکات کلیدی و یا علل اصلی نابسامانی از دیدگاه هر یک از اعضا مشخص شد و مذاکرات در چارچوب حلقه‌های بازخورد مدل تهیه شده، پیگیری شد.

در این بین، ذی‌نفعان یا همان اعضای مجله به تعریف مشخص و مشترکی از مسئله، بر اساس مدل ترسیم‌شده، رسیدند (در حالی که نسبت به آن، حس مالکیت نیز داشتند). در اینجا اعضای گروه با قابلیت‌های رایانه‌ای، به مدل‌های پویایی در موضوعات مرتبط رسیدند تا بتوانند بر اساس آن، سیاست‌های بهبود وضعیت جاری را بررسی کنند. مدل زیر، حلقه بازخورد سنتی در انتشار دوره‌ای مجله را نشان می‌دهد.



نمودار ۱۴. حلقه سنتی بازخورد در چاپ دوره‌ای مجله (Eden & Jones, 1980)

در مراحل بعد با این فهم مشترک ناشی از خلق معانی در تعاملات انسانی، هر یک از اعضا، در جلسات مختلف به اصلاح مدل پرداختند و ایده‌های جدید خود را درباره مسائل سازمان مطرح کردند. نتیجه این فرایند تکراری همان گونه که در متن نیز بارها بدان اشاره شد، تعریف مسئله، ایجاد حس تعلق برای کارکنان در ساختن آینده خود با همکاری مدیران با استفاده از ابزارهای مدل‌سازی‌ای بود که در نهایت مجله را از ورشکستگی جدی نجات داد.

این گونه مدل‌ها و فرایندی که برای مدل‌سازی آنها طی می‌شود با پارادایم تفسیرگرایی همخوانی دارد که در ادامه به ویژگی‌های آن خواهیم پرداخت.

جدول ۷. مبانی فلسفی پویایی‌شناسی تفسیر‌گرایی سیستم

تعاریف سیال از واقعیت ساخته‌شده از طریق تعامل انسانی	هستی‌شناسی
ذهنی	معرفت‌شناسی
ارزش‌ها بخش لاینفک زندگی اجتماعی است. ارزش‌های هیچ گروهی اشتباه نیست بلکه تنها متفاوت است	ارزش‌شناسی
کیفی	روش‌شناسی
انسان‌ها، معنا را خلق می‌کنند و پیوسته به جهان‌شان معنا می‌بخشند انسان‌ها دارای اراده قدرتمند هستند؛ آن‌ها معانی را خلق می‌کنند و آزادی انتخاب دارند	انسان‌شناسی (ماهیت انسان)
قیاسی	منطق
اغلب، کیفی است و مقیاس‌های کمی از طریق تفسیر به مقیاس‌های کیفی ترجمه می‌شود	مقیاس‌های سنجش و عملیات
کیفی است	تفسیر نتایج
مدلی که مستدل باشد یا از نظر کسانی که آن را مطالعه کرده‌اند، درست به نظر برسد	بهترین مدل
راهبردی که مستدل باشد یا از نظر کسانی که آن را مطالعه کرده‌اند مناسب به نظر برسد	راهبرد مناسب

۴. نتیجه‌گیری

اکنون، بیش از نیم قرن از ظهور مطالعات پویایی‌شناسی سیستم می‌گذرد و میزان دستیابی به آرمان‌ها و ایده‌های فارستر در ویرتین تحقیقات علمی دنیا به نمایش گذاشته شده است.

فارستر (۱۹۶۱) با ابداع این رویکرد به دنبال رهبری تهاجمی، خلاقانه و همراه با نوآوری رشته مدیریت بود که به ناحق در اختیار آزمایشگاه‌های علوم طبیعی، تجربی و پزشکی دیده می‌شد.

هر چند پویایی‌های سیستم در زمان ظهور خود و حتی اکنون یکی از قدرتمندترین و مؤثرترین رویکردهای حل مسائل مختلف سازمانی و سیستم‌های اجتماعی و اقتصادی به شمار می‌رود اما به دلایل مختلفی نتوانسته به جایگاه آرمانی بنیانگذاران آن نزدیک شود. فقدان مبانی نظری منسجم به همراه بنیان‌های برآمده از مهندسی و نه علوم اجتماعی، همچنین، دشواری اجرای آن از مهم‌ترین عواملی است که سبب شده این رویکرد نه تنها در سیستم‌های اجتماعی و اقتصادی بلکه حتی در مدیریت و حل مسائل سازمانی نیز با اقبال گسترده‌ای مواجه نشود و با آرمان‌های

فارستر فاصله زیادی داشته باشد (این سخن نافی گسترش روزافزون پویایی‌شناسی سیستم در حوزه‌های مختلف کسب‌وکار و سیستم‌های اجتماعی و اقتصادی نیست بلکه ناظر به وضعیت مطلوب پویایی‌شناسی سیستم است).

در این تحقیق، پس از مرور ادبیات موضوع حول مبانی نظری پویایی‌های سیستم و مسائل موجود در آن، با رویکرد استقرایی به مهم‌ترین ضعف پویایی‌شناسی سیستم (از نظر نویسندگان) یعنی مبانی فلسفی آن پرداختیم تا ابتدا به تبیینی از وضعیت موجود مطالعات پویایی‌شناسی سیستم از دیدگاه فلسفی دست یابیم و مسیر غنی‌سازی این روش‌شناسی را در تحقیقات آینده هموار سازیم. از یافته‌های این مقاله، وجود رویکردهای مختلف پویایی‌شناسی سیستم بود که به شرح زیر عرضه شد: پویایی‌شناسی اثبات‌گرا، فرااثبات‌گرا، عملگرا، کثرت‌گرای انتقادی، انتقادی، تغییرپذیر و آزادی‌بخش و ساختارگرا و تفسیرگرای سیستم.

با این اوصاف، پیشنهاد نویسندگان برای مبانی فلسفی مطالعات پویایی‌شناسی سیستم، کثرت‌گرایی تلفیقی است که بر اساس آن، با توجه به ماهیت مسئله، نوع پارادایم حاکم بر فرایند مدل‌سازی انتخاب می‌شود. بنابراین، می‌توان زمینه‌یابی مسئله را گام ابتدایی در فرایند مدل‌سازی پویایی‌شناسی سیستم در نظر گرفت. مثلاً، اگر تمام متغیرهای موجود در مسئله، قابلیت کمی شدن دارد و مدل ما می‌تواند بر واقعیت تطابق کامل داشته باشد، مدل ما باید همخوانی نسبی‌ای با ویژگی‌های طبقه پویایی‌شناسی اثبات‌گرای سیستم داشته باشد اما اگر عینیت مسئله کمی مورد مناقشه واقع شد و متغیرها و مدل‌های کیفی نیز برای مدل‌سازی نیاز باشد و به این نتیجه برسیم که مدل مسئله نمی‌تواند بر واقعیت، تطابق کامل داشته باشد، پارادایم غالب، فرااثبات‌گرایی خواهد بود. وقتی هدف از مدل‌سازی، یادگیری و فهم ساختار مسئله و یافتن پتانسیل‌های بهبود با استفاده از رویکرد بین‌ذهانی است، پارادایم کثرت‌گرایی انتقادی، چارچوب مدل‌سازی را مشخص می‌کند. اگر مسئله ما، تنها، جنبه کاربردی دارد و هدف ما، تنها، به دست آوردن حداکثر خروجی برای ذی‌نفعان است، این مدل باید با ویژگی‌های طبقه پویایی‌شناسی عملگرای سیستم همخوانی داشته باشد. همچنین اگر با مدل‌سازی به دنبال ظهور مفاهیم و فرضیاتی ذهنی و کسب بصیرت بیشتر درباره

مسئله‌ای هستیم، این فرایند باید با ویژگی‌های طبقه پویایی‌شناسی ساخت‌گرای سیستم، تطابق نسبی داشته باشد. ویژگی‌های طبقه پویایی‌شناسی انتقادی، تغییرپذیر و آزادی‌بخش سیستم نیز در مسئله‌ای حاکم خواهد بود که هدف آن، توسعه عدالت و دموکراسی و کمک به محرومان -مانند آنچه در مثال ذیل آن، ذکر کردیم- باشد. در نهایت، اگر مسئله‌ای رخ داده است که با مطالعات پویایی‌شناسی سیستم به دنبال ایجاد حس تعلق نسبت به مسئله، میان ذی‌نفعان از طریق تعامل انسانی اعم از همدردی و مذاکره باشیم، پارادایم غالب در فرایند مدل‌سازی، تفسیرگرایی خواهد بود.

همچنین، این تحقیق می‌تواند مقدمه و راهنمای مفیدی نیز برای تحقیقات آینده در زمینه ترکیب پویایی‌های سیستم با سایر روش‌شناسی‌ها و حل مشکلات نظری مربوط، برای غنی‌سازی آن در رهبری و تصمیم‌گیری فعال در محیط پیچیده به کار آید که می‌توان در پژوهش‌های آینده به طور مفصل بدان پرداخت.

یادداشت‌ها

۱. در این تحقیق، به دلیل رعایت مسائل ادبی، عبارات پویایی‌های سیستم، پویایی‌شناسی سیستم و مطالعات پویایی‌های سیستم به جای هم به کار رفته است که همگی به یک معنا و معادل System Dynamics است.

2. Forrester
3. Moderate realism
4. Poppers falsification
5. Critical rationalism
6. Bell & Bell (1980) and Bell & Senge (1980)
7. Practical realism
8. Pragmatist
9. Contextualist
10. Kuhn

۱۱. برای توضیحات بیشتر، مراجعه کنید به: Barlas & Carpenter, 1990

12. Internal realism

۱۳. برای توضیحات بیشتر مراجعه کنید به: Vazquez et al, 1996

14. Constructivist
15. John searl
16. Expressivist
17. Robert brandom

۱۸. برای توضیحات بیشتر مراجعه کنید به: Vazquez & Liz, 2007
۱۹. گفتنی است به همین دلیل، تلاش‌هایی برای ارائه چارچوبی نظری جهت پوشش همه فعالیت‌های پویایی‌های سیستم صورت پذیرفته که کار لین (۱۹۹۴)، بر اساس چارچوب بورل و مورگان و کار پرویت (۲۰۰۶) در همین جهت است.
۲۰. Forrester, 1961, p. 60 و Meadows & Robinson, 1985, p. 34 و Meadows, 1989 و Mingers & Rosenhead, 2001, p. 229 بر واقع‌گرا بودن مدل‌های پویایی‌های سیستم تأکید می‌کنند.
۲۱. Mingers & Rosenhead, 2001, p. 229 و Lane & Oliva, 1998, p. 219 به نگاه واقع‌گرا در مدل‌های مطالعات پویایی‌شناسی سیستم اشاره کرده‌اند.
۲۲. مهندسی خط‌مشی (Policy engineering): در طبقه‌بندی Lane, 1999. کاربرد مطالعات پویایی‌شناسی سیستم، به مثابه ابزار سنتی شبیه‌سازی به دست مشاوران در فرایند بالا به پایین برنامه‌ریزی شرکت یا تحلیل خط‌مشی سیستم اجتماعی، مهندسی خط‌مشی نامیده می‌شود.
۲۳. مدل‌های هولون (Holon dynamics): از این نوع مدل‌سازی به عنوان تجربه فردی صوری برای فهم دنیا یاد می‌شود. مدل‌سازی به عنوان فرایند اجتماعی پذیرفته می‌شود و مدل‌ها، نمودهای صوری و ابزارهای مفیدی برای انسان‌ها خواهد بود که از طریق مذاکره و ساخت معنای مشترک، به آن‌ها در خلق دنیایشان کمک می‌کند.
24. Meadows
۲۵. برای مشاهده بحث‌های فراوان طرفداران مدل‌های کمی و کیفی به نوشته‌های زیر مراجعه کنید:
- Richardson, 1996; Homer, 1999, p. 307; Richardson, 1999, p. 441; Warren and Langley, 1999; Homer & Oliva, 2001, p. 349 & Oliva, 2003;
- در مقابل
- Coyle & Alexander, 1997, p. 206; Coyle, 1998, Pp. 356 & 357; Wolstenholme, 1999, p. 424; Coyle, 2000 & Coyle, 2001, p. 357.
- گفتنی است مدل‌های پویایی‌شناسی سیستم در تعامل نزدیک میان تصمیم‌گیران و ذی‌نفعان توسعه می‌یابد و در نتیجه ایدئوگرافیک (اندیشه‌نگارانه) است.
۲۶. درباره مفهوم علیت و دوگان‌های مورد بحث، همچنین نظرات برخی متخصصان پویایی‌شناسی سیستم درباره علیت مورد نظر در مطالعات پویایی‌شناسی سیستم به پایان‌نامه کارشناسی ارشد محمدرضا ذوالفقاریان (۱۳۸۹) با عنوان «تبیین مبانی فلسفی پویایی‌های سیستم و دلالت‌های آن در حوزه مدیریت با استفاده از روش قیاسی و استقرایی» مراجعه کنید.

۲۷. کلمه «اعتبارسنجی» باید از واژگان مدل‌سازان حذف شود. همه مدل‌ها، غلط است و بنابراین، هیچ مدلی نمی‌تواند در تبیین حقیقت، معتبر شناخته یا تأیید شود. Stermann, 2000, Pp. 85 & 890 و Forrester & Senge, 1980, p. 211 به همین منظور تأکید کرده‌اند که «اعتبارسنجی اساساً مفهومی نسبی است که نسبت به اهداف مدل‌سازی سنجیده می‌شود».

۲۸. برای مثال به منابع زیر مراجعه کنید:

(Forrester, 1968a; Forrester & Senge, 1980; Barlas & Carpenter, 1990; Barlas, 1996; Lane, 1995; Richardson, 1996; Barlas, 1989; Stermann, 2000; Coyle and Exelby, 2000; Oliva, 2003; Bell & Bell, 1980 & Meadows and Robinson, 1985.

29. Usefulness

30. Conceptual level

31. Empirical level

32. Operational level

۳۳. Pruyt, رویکردهای پویایی‌شناسی سیستم را این چنین بیان می‌کند:

پویایی‌شناسی اثبات‌گرا، فرااثبات‌گرا، برساخت‌گرا، عملگرا، کثرت‌گرای انتقادی، انتقادی، تغییرپذیر و آزادی‌بخش سیستم‌ها.

33. Positivist system dynamics

35. Consumption multiplier

۳۶. برای توضیحات بیشتر مراجعه کنید به: Stermann, 2000, Pp. 718

37. GDP

۳۸. برخی ویژگی‌های پارادایم‌های حاکم بر مدل‌های پویایی‌شناسی سیستم از منابع زیر گرفته شده است:

پرویت (۲۰۰۶)، نیومن (۲۰۰۶) و هیگس (۲۰۰۱)

39. Deterministic

40. Postpositivist system dynamics

۴۱. پویایی‌شناسی سیستم اولیه (Initial SD): این مدل‌ها، حول ایده‌های اصلی فورستر، طراحی شده است و بر عناصر ذهنی مدل‌های پویایی‌شناسی سیستم مانند مدل‌های ذهنی و اعتبارسنجی بر اساس اعتماد به مدل و تحصیل تجربیات یادگیری در فرایند مستمر مدل‌سازی تأکید دارد. گفتنی است، پویایی‌شناسی سیستم در دو دهه نخست ظهور آن، تنها، روش جدید شبیه‌سازی و مدل‌سازی به شمار می‌رفت.

۴۲. پویایی‌شناسی سیستم توسعه‌یافته (Broad SD): این نوع پویایی‌شناسی سیستم، منطقه محوری مطالعات پویایی‌شناسی سیستم را تشکیل می‌دهد. در این دوره، پویایی‌شناسی سیستم توانست خود را در حوزه وسیعی از نظریه اجتماعی تثبیت کند. این نوع پویایی‌شناسی سیستم، بر اساس نوع نگاه آن به بحث اعتبارسنجی به دو بخش تقسیم می‌شود:

الف- نگاه عینی‌تر که مطابق آن، اعتماد به مدل با کاربرد روش دقیق علمی بر اساس رویکرد ابطال‌پذیری پوپر به دست می‌آید.

ب- نگاه ذهنی‌تر که مطابق آن، اعتماد با گفت‌وگوهای اجتماعی به دست می‌آید (با تأکید بر نزدیک کردن مدل‌سازی به کاربران).

43. Loop 2

۴۴. برای توضیحات بیشتر درباره مدل و فرایند فرموله کردن و سیاستگذاری مراجعه کنید به: Forrester, 1968b

45. Critical Pluralist system dynamics

۴۶. غالب بودن این رویکرد با بررسی مطالعات پویایی‌شناسی سیستم به دست آمده است، به گونه‌ای که در حال حاضر، بیشتر پروژه‌ها و مدل‌های پویایی‌شناسی سیستم، با ویژگی‌های این پارادایم، تقارب بیشتری دارد.

۴۷. پویایی‌شناسی تعاملی سیستم (Interactive SD): ایجاد تعادل میان مدل‌سازی گروهی پشتیبان تصمیم‌گیری و ارتقای یادگیری سازمانی با ایجاد ادراک مشترک از مسأله از طریق درگیری افراد در فرایند مدل‌سازی از ویژگی‌های برجسته این نوع پویایی‌شناسی است.

48. BBC World Services

۴۹. برای توضیحات بیشتر راجع به فرایندهای مدل‌سازی مراجعه کنید به: Morecroft, 2004

50. Pragmatist system dynamics

51. Barton

۵۲. برای مطالعه روند کامل فرایند مدل‌سازی و گفت‌وگوهای میان مدل‌سازان و ذی‌نفعان به استرمن (۲۰۰۰، صص ۴۲-۵۵) مراجعه کنید.

53. Constructivist system dynamics

۵۴. مدل‌سازی برای یادگیری صرف (Modeling as radical learning): هدف از این نوع مدل‌سازی، ایجاد شایستگی اجتماعی بیشتر میان گروه‌هاست. در این نوع مدل‌سازی از ظرفیت مطالعات پویایی‌شناسی سیستم در توجه به مسائل سیاسی سازمان نظیر قدرت، ایدئولوژی، جبر و ارتباطات در طراحی مدل خرد از مدل‌های ذهنی افراد استفاده می‌شود.

55. Transformative Emancipatory Critical system dynamics

56. Using system dynamics to improve public participation in environmental decisions

۵۷. میدوز بر این باور بود که مدل‌های شبیه‌سازی رایانه‌ای و تفکر سیستمی می‌تواند ابزارهای قدرتمندی برای دموکراسی باشد و در شفاف‌سازی و بحث و گفت‌وگو در تصمیمات اجتماعی مؤثر واقع شود.

58. Stave

59. Interpretivist system dynamics

60. Publish or Perish? A Case Study
61. Cognitive mapping
62. emphatic paradigm
63. negotiative paradigm

کتابنامه

ذوالفقاریان، محمدرضا (۱۳۸۹)، تبیین مبانی فلسفی پویایی‌های سیستم و دلالت‌های آن در حوزه مدیریت با استفاده از روش قیاسی و استقرایی، پایان‌نامه کارشناسی ارشد معارف اسلامی و مدیریت، به راهنمایی حمیدرضا فرتوک‌زاده و مشاوره رضا اکبری، تهران: دانشگاه امام صادق علیه السلام.

محمدپور، احمد (۱۳۸۹)، روش در روش (درباره ساخت معرفت در علوم انسانی)، تهران: جامعه‌شناسان.

- Barlas, Y. (1996), "Formal Aspects of Model Validity and Validation in System Dynamics", *System Dynamics Review*, Vol. 12, No. 3, Pp. 183-210.
- Barlas, Y. (1989), "Multiple Tests for Validation of System Dynamics Type of Simulation Models", *European Journal of Operations Research*, Vol. 42, No. 1, Pp. 59-87.
- Barlas, Y. & Carpenter, S. (1990), "Philosophical Roots of Model Validation: Two Paradigms", *System Dynamics Review*, Vol. 6, No. 2, Pp. 148-166.
- Barton, J. (1999), "Pragmatism, Systems Thinking and System Dynamics", In *Proceedings of the 17th International Conference of the System Dynamics Society and 5th Australian & New Zealand Systems Conference*, Wellington, New Zealand: The System Dynamics Society, Accessible at: <http://www.systemdynamics.org/conferences/1999/PAPERS/PLEN2.PDF>
- Bell, J. A. & Bell, J. F. (1980), "System Dynamics and Scientific Method" In J. Randers (Ed.), *Elements of the System Dynamics Method* (Pp. 3-21), Cambridge MA: Productivity Press.
- Bell, J. A. & Senge, P. M. (1980), "Methods for Enhancing Refutability in System Dynamics Modeling", *TIMS Studies in the Management Sciences*, Vol. 14, Pp. 61-73.
- Coyle, R. G. (1977), *Management System Dynamics*, London: John Wiley and Sons.
- Id. (1998), "The practice of system dynamics: milestones, lessons and ideas from 30 years Experience", *System Dynamics Review*, Vol. 14, No. 4, Pp. 343-365.
- Id. (2000), "Qualitative and quantitative modelling in system dynamics: some research questions", *System Dynamics Review*, Vol. 16, No. 3, Pp. 225-244.
- Id. (2001), "Rejoinder to Homer and Oliva", *System Dynamics Review*, Vol. 17, No. 4, Pp. 357-363.
- Coyle, R. G. & Alexander, M. (1997), "Two approaches to qualitative modelling of a nation's drugs Trade", *System Dynamics Review*, Vol. 13, No. 3, Pp. 205-222.
- Coyle, R. G. & Exelby, D. R. (2000), "The Validation of Commercial System Dynamics Models", *System Dynamics Review*, Vol. 16, No. 1, Pp. 27-41.
- Crotty, M. (1998), *The foundations of social research: Meaning and perspective in the research process*, London: Sage Publications Ltd.

- Eden, C. & Jones, S. (1980), "Publish or Perish?--A Case Study", *Journal of the Operational Research Society*, Vol. 31, No. 2, Pp. 131-139.
- Forrester, J. W. (1961), *Industrial Dynamics*, Cambridge MA: Productivity Press.
- Id. (1968a), "Industrial Dynamics: After the First Decade", *Management Science*, Vol. 14, No. 7, Pp. 398-415.
- Id. (1968b), "Market Growth as Influenced by Capital Investment", *Industrial Management Rev*, Vol. 9, No. 2, Pp. 83-105.
- Id. (1980), "System Dynamics -- Future Opportunities" In A. A. Legasto, J. W. Forrester, & J. M. Lyneis (Eds.) *System Dynamics* (Pp. 7-21), TIMS Series in the Management Sciences, Vol. 14, Amsterdam: North Holland.
- Id. (1985), "The Model Versus a Modeling Process", *System Dynamics Review*, Vol. 1, No. 1, Pp. 133-134.
- Forrester, J. W. & Senge, P. M. (1980), "Tests for Building Confidence in System Dynamics Models", *TIMS Studies in the Management Sciences*, Vol. 14, Pp. 209-228.
- Higgs, J. (2001), "Charting Standpoints in Qualitative Research" In Bryne-Armstrong, H., Higgs, J. & Horsfall, D. (Eds.), *Critical Moments in Qualitative Research*, Oxford: Butterworth-Heinemann.
- Homer, J. (1997), "Structure, data, and compelling conclusions: Notes from the field", *System Dynamics Review*, Vol. 13, No. 4, Pp. 293-309.
- Homer, J. & Oliva, R. (2001), "Maps and models in system dynamics; a response to Coyle", *System Dynamics Review*, Vol. 17, No. 4, Pp. 347-356.
- Howard, M., Vidgen, R., Powell, P. & Powell, J. (2005), "Exploring the use of QPID: A collaborative study of B2B in the automotive industry", *Omega, International Journal of Management Science in press*, Vol. 35, No. 4, Pp. 451-464.
- Kenneth, D. B. (1994), "Typologies and Taxonomies: An Introduction to Classification Techniques", Thousand Oaks, California: Sage Publication, Inc.
- Lane, D. C. (1994), "Social Theory and System Dynamics Practice", In *Proceedings of the International System Dynamics Conference*, Sterling, Scotland: System Dynamics Society, System Dynamics: Methodological and Technical Issues: 53, Accessible at: http://www.systemdynamics.org/conferences/1994/proceed/papers_vol_1/lane53.pdf
- Id. (1995), "On a resurgence of management simulations and games", *Journal of the Operational Research Society*, Vol. 46, No. 5, Pp. 604-625.
- Id. (1999), "Social theory and system dynamics practice", *European Journal of Operational Research*, Vol. 113, No. 3, Pp. 501-527.
- Lane, D. & Oliva, R. (1998), "The greater whole: towards a synthesis of system dynamics and soft systems methodology", *European Journal of Operational Research*, Vol. 107, No. 1, Pp. 214-235.
- Liddell, W. & Powell, J. (2004), "Agreeing access policy in a general medical practice: a case study using QPID", *System Dynamics Review*, Vol. 20, No. 1, Pp. 49-73.
- Meadows, D. H. (1989), "System Dynamics Meets the Press", *System Dynamics Review*, Vol. 5, No. 1, Pp. 68-80.
- Meadows, D. & Robinson, J. (1985), *The Electronic Oracle, Computer Models and Social Decisions*, Chichester: John Wiley & Sons.

- Mingers, J. & Rosenhead, J. (2001), *Rational Analysis for a Problematic World Revisited: Problem Structuring Methods for Complexity, Uncertainty and Conflict*, Chichester: John Wiley and Sons, Ltd.
- Morecroft, J. (2004), "Mental models and learning in system dynamics practice", In Pidd, M. *Systems modelling: theory and practice* (101-126), Chichester: John Wiley & Sons.
- Neuman, W. (2007), *Basics of social research: Qualitative and quantitative approaches*, Boston: Allyn & Bacon.
- Oliva, R. (2003), "Model calibration as a testing strategy for system dynamics models", *European Journal of Operational Research*, Vol. 151, No. 3, Pp. 552-568.
- Pruyt, E. (2006), "What is System Dynamics? A Paradigmatic Inquiry", In *Proceedings of the 24th International Conference of the System Dynamics Society*, Nijmegen, The Netherlands: The System Dynamics Society, Accessible at: <http://www.systemdynamics.org/conferences/2006/proceed/papers/PRUYT177.pdf>
- Richardson, G. (1996), "Problems for the future of system dynamics", *System Dynamics Review*, Vol. 12, No. 2, Pp. 141-157.
- Id. (1999), "Reflections for the future of system dynamics", *Journal of the Operational Research Society*, Vol. 50, No. 4, Pp. 440-449.
- Smith, B. & Thomas, A. (1998), "Axiology" In *Routledge encyclopedia of philosophy*, London: Routledge.
- Stave, K. A. (2002), "Using System Dynamics to Improve Public Participation in Environmental Decisions", *System Dynamics Review*, Vol. 18, No. 2, Pp. 139-167.
- Sterman, J. D. (2000), *Business Dynamics: Systems Thinking and Modeling for a Complex World*, Boston: Irwin/McGraw-Hill.
- Vazquez, M. & Liz, M. (2007), "System Dynamics and Philosophy, A constructivist and expressivist approach" In *Proceedings of the 2007 International Conference of the System Dynamics Society*, Boston: The System Dynamics Society, Accessible at: <http://www.systemdynamics.org/conferences/2007/proceed/papers/VAZQU501.pdf>
- Vazquez, M., Liz, M. & Aracil, V. (1996), "Knowledge and Reality: Some Conceptual Issues in System Dynamics Modeling", *System Dynamics Review*, Vol. 12, No. 1, Pp. 21-37.
- Warren, K. & Langley, P. (1999), "The effective communication of system dynamics to improve insight and learning in management education", *Journal of the Operational Research Society*, Vol. 50, No. 4, Pp. 396-404.
- Winch, G. (2000), "System Dynamics: from Theory to Practice", In *Proceedings of the First International Conference on Systems Thinking in Management*, Deakin University, Accessible at: <http://ftp.informatik.rwth-aachen.de/Publications/CEUR-WS/Vol-72/K02%20Winch%20Theory.pdf>
- Wolstenholme, E. (1999), "Qualitative vs quantitative modelling: the evolving balance", *Journal of the Operational Research Society*, Vol. 50, No. 4, Pp. 422-428.