Industrial Management Journal
Print ISSN: 2008-5885
Online ISSN: 2423-5369

Utilization of Fuzzy Inference System in System Dynamics to Design a Business Model for Distribution Companies in Iran

Shokrollah Khajavi
*Corresponding Author, Prof., Department of Accounting, Faculty of Economics and Management and Social Sciences, Shiraz University, Shiraz, Iran. E-mail: shkhajavi@rose.shirazu.ac.ir

Amir Sayed Alikhani
Ph.D., Department of Systems Management, Faculty of Economics and Management and Social Sciences, Shiraz University, Shiraz, Iran. E-mail: alikhani939001@gmail.com

Ali Ghayouri Moghadam
Assistant Prof., Department of Accounting, Faculty of Business and Economics of Persian Gulf University, Bushehr, Iran. E-mail: ali.ghauory@gmail.com

Abstract

Objective: Applying the system dynamics approach in businesses requires specialized knowledge, in particular, of defining mathematical relationships among variables. This stud seeks to make the use of this approach easier by providing a method for using linguistic variables and the fuzzy inference system in the systems dynamics approach. To evaluate the ease of use and efficiency of the presented method, this method would be used to define the relationship among variables in the purchasing department of a distribution company.

Methods: To carry out this research, a literature review was first conducted in the field of fuzzy logic and system dynamics. Next, with the cooperation of an expert from the purchasing department of the distribution company under study, some fuzzy linguistic variables as well as their rules were determined. Finally, the SD model was obtained by using the fuzzy inference system.

Results: The proposed approach can reflect the business dynamics of the distribution company in accordance with what is happening in practice. According to the feedback model feedback and based on the modified linguistic variables, appropriate values were obtained for decision making. In order to evaluate the hybrid approach, a fuzzy inference system was used to calculate the purchase rate according to the two factors of inventory and base sales. These two factors were expressed through linguistic variables by the words "low", "medium", and "high", while the purchase price, as the output of the inference system, was expressed through the five words "very low", "low", "medium", "much", and "too much", according to the expert. After implementing the model, the

presented approach (by modifying the fuzzy linguistic variables) was found capable of changing the output to achieve the desired results, as the expert confirmed.

Conclusion: The combined approach can be used in simulating similar cases (where human factor perception and decision-making play a significant role) and can easily reduce the complexity of the required formulas in the system dynamics approach. An important function of the hybrid approach used in this study was to model and simulate the real world in accordance with what is happening in practice.

Keywords: Fuzzy inference system, Fuzzy rule-based system, Linguistic variables, Systems dynamics.

Citation: Khajavi, Shokrollah, Sayed Alikhani, Amir & Ghayouri Moghadam, Ali (2022). Utilization of Fuzzy Inference System in System Dynamics to Design a Business Model for Distribution Companies in Iran. *Industrial Management Journal*, 14(2), 250-266. (*in Persian*)

Industrial Management Journal, 2021, Vol. 14, No 2, pp. 250-266
Published by University of Tehran, Faculty of Management
https://doi.org/10.22059/IMJ.2022.338575.1007922
Article Type: Research Paper
© Authors
Received: January 05, 2022
Received in revised form: February 28, 2022
Accepted: May 07, 2022
Published online: July 21, 2022

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

مدیریت صنعتی
شاپا چاپی: ۵۸۸۵-۲۰۰۸
شاپا الکترونیکی: ۵۳۶۹-۲۴۲۳

بهره‌گیری از سیستم استنتاج فازی در رویکرد پویایی‌شناسی سیستم به‌منظور الگوسازیِ کسب‌وکارِ شرکت‌های پخش در ایران

شکراله خواجوی *

* نویسنده مسئول، استاد، گروه حسابداری، دانشکده اقتصاد و مدیریت و علوم اجتماعی، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران. رایانامه: shkhajavi@rose.shirazu.ac.ir

امیر سیدعلیخانی

دکتری، گروه مدیریت سیستم‌ها، دانشکده اقتصاد و مدیریت و علوم اجتماعی، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران. رایانامه: alikhani939001@gmail.com

علی غیوری مقدم

استادیار، گروه حسابداری، دانشکده کسب‌وکار و اقتصاد، دانشگاه خلیج فارس، بوشهر، ایران. رایانامه: ali.ghauory@gmail.com

چکیده

هدف: پژوهش حاضر با هدف ارائه روشی برای بهره‌گیری از متغیرهای زبانی و سیستم استنتاج فازی، در رویکرد پویاشناسی سیستم‌ها، به‌منظور منعکس‌کردن شیوه تفکر ذهنی تصمیم‌گیرنده و بررسی روش ارائه‌شده در بخش خرید یک شرکت پخش اجرا شده است.

روش: با انجام مرور ادبیات در حوزه منطق فازی و پویاشناسی سیستم‌ها، نحوه اجرای کار تعیین شد. در ادامه با همکاری کارشناس مربوط به بخش خرید شرکت پخش منتخب و در دست مطالعه، متغیرهای زبانی فازی و قوانین مشخص شدند. در نهایت، الگوی سیستم استنتاج فازی در پویایی سیستم به‌دست آمد.

یافته‌ها: رویکرد ارائه‌شده می‌تواند پویایی‌های کسب‌وکار شرکت پخش مدنظر را در بخش خرید، مطابق با آنچه در عمل رخ می‌دهد منعکس کند. در انتها نیز نشان داده شد که با توجه به بازخوردهای مدل و اصلاح و تعدیل متغیرهای زبانی به‌کارگرفته شده، می‌توان به مقادیر مناسب برای تصمیم‌گیری دست یافت.

نتیجه‌گیری: رویکرد ترکیبی اجرا شده، این پتانسیل را دارد که در شبیه‌سازی موارد مشابه به‌کار گرفته شود: جایی که درک و تصمیم‌گیری عامل انسانی نقشی جدی دارد. همچنین، می‌تواند به‌سادگی از پیچیدگی‌های روابط مورد نیاز در رویکرد پویاشناسی سیستم‌ها بکاهد.

کلیدواژه‌ها: پویاشناسی سیستم‌ها، پایگاه قوانین فازی، سیستم استنتاج فازی، متغیرهای زبانی.

استناد: خواجوی، شکراله؛ سیدعلیخانی، امیر و غیوری مقدم، علی (۱۴۰۱). بهره‌گیری از سیستم استنتاج فازی در رویکرد پویایی‌شناسی سیستم به‌منظور الگوسازیِ کسب‌وکارِ شرکت‌های پخش در ایران. *مدیریت صنعتی*، ۱۴(۲)، ۲۵۰- ۲۶۶.

مدیریت صنعتی، ۱۴۰۱، دوره ۱۴، شماره ۲، صص. ۲۵۰- ۲۶۶
ناشر: دانشکدهٔ مدیریت دانشگاه تهران
نوع مقاله: علمی پژوهشی
© نویسندگان
تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۱۰/۱۵
تاریخ ویرایش: ۱۴۰۰/۱۲/۰۹
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۲/۱۷
تاریخ انتشار: ۱۴۰۱/۰۴/۳۰
doi: https://doi.org/10.22059/IMJ.2022.338575.1007922

مقدمه

شرکت‌های پخش با فراهم‌کردن دسترسی عمده و خُرد به کالاها ارزش خلق می‌کنند. به بیان دیگر، فعالیت اصلی این قبیل شرکت‌ها، خرید کالاها به‌صورت نقد یا مدت‌دار از تولیدکنندگان و پخش آنها در مناطقی است که به این کالاها نیاز دارند. این قبیل شرکت‌ها در پیاده‌سازی بخش‌های مختلف فعالیت خود از تأمین کالا تا فروش، با چالش‌های پیچیده‌ای مواجه می‌شوند. یکی از این چالش‌ها در این شرکت‌ها، تعیین نرخ خرید با توجه به میزان موجودی فعلی و میزان فروش پایه است. به‌دلیل تأثیر عامل انسانی و متغیرهای زبانی (بیانی یا گفتاری) که این عامل به‌کار می‌برد، بررسی و تحلیل درست این چالش با روش‌های ساده و مشخص تحلیل کسب‌وکار امکان‌پذیر نیست.

بنا به تعریف فرهنگ لغت کمبریج[1]، الگوسازی، به‌معنای ایجاد نسخه یا ایجاد چیزی بر اساس چیز دیگر است. موقعیت‌های مختلفی وجود دارد که جایگزینی سیستم واقعی با یک سیستم ساختگی، مفید یا حتی ضروری است. برای مثال، ممکن است سیستم دنیای واقعی برای آزمایش مناسب نباشد و با آزمایش، به‌شکلی نامطلوب تحت تأثیر قرار بگیرد. یا اینکه بعضی از سیستم‌های کسب‌وکار، در دوره‌های زمانی بلند، نتایجی ایجاد می‌کنند که جمع‌آوری داده‌های کافی از سیستم واقعی برای تحلیل معنادار را سخت می‌کند. در الگوسازی و شبیه‌سازی از زمان مجازی استفاده می‌شود که می‌تواند برحسب نیاز به‌منظور مشاهده یک پدیده مشخص، تند یا کند شود.

پژوهشگران در خصوص الگوسازی و شبیه‌سازی در صنعت و کسب‌وکار، به این نتیجه دست یافتند که برای توسعه مدل‌ها، فرایند رسمی و واضح و مشخص وجود ندارد؛ بلکه این موضوع به زمینه مطالعه بستگی دارد (احمد و رابینسون[2]، ۲۰۱۴). در این راستا، برای ارائه راه‌کارهای مدیریت و بهبود وضعیت کسب‌وکار، رویکرد پویاشناسی سیستم‌ها[3] به‌منظور الگوسازی به‌کار گرفته شده است که به نظر می‌رسد با توجه به سابقهٔ درخشانِ این روش در الگوسازیِ کسب‌وکارها (استرمن[4]، ۲۰۰۰)، می‌تواند پویایی‌های موجود در دنیای واقعی را به شکلی کاربردی الگوسازی نماید (عبادی ضیائی، محقر، آذر، صادقی مقدم و صفری، ۱۳۹۹).

از سویی دیگر، عموماً در الگوسازی موضوعات اقتصادی ـ اجتماعی، جایی که رفتار و تصمیم‌های انسان، اجزای اصلی الگو هستند، مقادیر دارای ابهام، عبارات و واژگان زبانی و متغیرهای فازی، به‌جای مقادیر غیرفازی (کریسپ[5]) به‌کار برده می‌شوند (موسی‌خانی، ثقفی، حسن‌زاده و صادقی[6]، ۲۰۲۲). منطق افراد برمبنای متغیرهای زبانی و مقادیر زبانی آنها نظیر «بدتر»، «بد»، «نامقبول»، «خوب» و «بهتر» است. متغیرهای زبانی و مقادیر زبانی آنها را می‌توان از طریق مجموعه‌های فازی ارائه و رابطه بین متغیرها را از طریق عملیات‌های فازی توصیف کرد (یوزنیک و ترنسک[7]، ۲۰۱۳). از این رو، در این پژوهش با توجه به ماهیت مسئله تصمیم‌گیری انسانی و با به‌کارگیری سیستم استنتاج فازی، تلاش می‌شود تا شیوه تصمیم‌گیری عامل انسانی از طریق رویکرد پویایی‌شناسی سیستم الگوسازی گردد.

1. Cambridge
2. Ahmed & Robinson
3. System Dynamics
4. Sterman
5. Crisp
6. Mousakhani, Saghafi, Hasanzadeh & Sadeghi
7. Usenik & Turnsek

استرمن در سال ۲۰۱۸، در شماره ویژه‌ای که برای شصتمین سالگرد حوزه پویاشناسی سیستم‌ها منتشر شد، دربارهٔ بهبود این رشته با استفاده از ابزارها و تکنیک‌های سایر حوزه‌ها تأکید کرد (استرمن، ۲۰۱۸). به‌طور مشابه، انگیزه اصلی در این پژوهش، از امکان استفاده از نقاط قوت مدل‌سازی مرتبط با رویکرد منطق فازی در یک فرمول در رویکرد پویاشناسی سیستم‌ها نشئت گرفته است؛ به‌ویژه زمانی که مسئله در دست بررسی، مشتمل بر متغیرهای ادراک چندگانه‌ای است که معمولاً در قالب‌های زبانی بیان می‌شوند. با توجه به اینکه متغیرهای ارائه‌شده توسط منطق فازی می‌توانند درجه‌ای از تعلق به یک دسته داشته باشند، معرفی متغیرهای فازی در فرمول‌بندی‌های رویکرد پویاشناسی سیستم‌ها، می‌تواند قابلیت‌های این رویکرد را برای تطبیق اطلاعاتی گسترش دهد که با دانش و ادراک انسان از زبان‌های طبیعی مطابقت دارد (مهمان‌پذیر، خلیلی دامغانی و حافظ‌الکتب[1]، ۲۰۲۲). زاده[2] (۱۹۷۵) متغیرهای زبانی را متغیرهایی تعریف می‌کند که مقادیر آنها اعداد نیستند، بلکه در کلمات یا جملات به زبان طبیعی یا مصنوعی بیان می‌شوند. در این پژوهش، معرفی متغیرهای فازی با بررسی نمایش‌های مناسب از عملگرهای فازی و مکانیسم‌های استنتاج در فرمول‌های پویاشناسی سیستم‌ها بررسی می‌شود.

به‌طور خلاصه، در این پژوهش به دو دلیل از سیستم استنتاج فازی و متغیرهای زبانی در رویکرد پویایی‌شناسی سیستم استفاده شده است. دلیل اول، نقش اساسی عامل انسانی در درک، بیان و تصمیم‌گیری در سیستم‌های اقتصادی و اجتماعی است و دلیل دوم، سهولت کاربرد و دقت سیستم استنتاج فازی است، در نگاشت بین ورودی‌ها و خروجی‌های نادقیق (موسی‌خانی و همکاران، ۲۰۲۲). در ادامه این پژوهش، در بخش دوم به بیان مختصری در خصوص رویکرد پویایی‌شناسی سیستم و سیستم استنتاج فازی و مرور ادبیات موضوع پرداخته شده است. بخش سوم به الگوسازی موضوع مورد مطالعه اختصاص یافته است. در بخش چهارم تحلیل نتایج پژوهش ارائه شده است و در نهایت در بخش پنجم، به نتیجه‌گیری و ارائه پیشنهادها پرداخته شده است.

پیشینه پژوهش

پویایی‌های کسب‌وکار شرکت‌های پخش، در زمره پویایی‌های مطرح شده در حوزه مدیریت زنجیره تأمین است (گودرزیان، شیشه‌بری، ناصری و دادور[3]، ۲۰۲۱). در الگوسازی زنجیره تأمین با رویکرد پویاشناسی سیستم‌ها، تویل[4] (۱۹۹۶) با هدف بهبود کسب‌وکار، پس از الگوسازی، سناریوهای بهبود ارائه داد. متز[5] (۱۹۹۸)، تکامل مدیریت زنجیره تأمین را در چهار مرحله با افزایش وسعت عملکرد توصیف کرد. مرحله اول، تحویل فیزیکی است که یکپارچه‌سازی عملکردهای ذخیره‌سازی و حمل‌ونقل را شامل می‌شود. مرحله چهارم و آخر نیز عملکردهای اضافی، مانند بازاریابی، توسعه محصول و خدمات مشتری است. کومار و ترویاکی[6] (۲۰۰۷)، به الگوسازی پویای زنجیره تأمین در صنعت خودروهای دوستدار محیط زیست پرداختند. یاسارکان[7] (۲۰۱۱) با هدف کمینه کردن ضرر ذینفعان زنجیره تأمین، الگویی

1. Mehmanpazir, Khalili-Damghani & Hafezalkotob
2. Zadeh
3. Goodarzian, Shishebori, Nasseri & Dadvar
4. Towill
5. Metz
6. Kumar & Teruyuki
7. Yasarcan

چهار سطحی ارائه کرد. تیموری، ندایی، انصاری و صباغی[1] (۲۰۱۳) به منظور کنترل قیمت میوه و صیفی‌جات، به الگوسازی زنجیره تأمین محصولات کشاورزی پرداختند. گل‌رودباری و زهرایی[2] (۲۰۱۵) در یک مطالعه موردی، به ارزیابی رفتار سیستم یک شرکت تولید کننده برق با استفاده از پویاشناسی سیستم‌ها و الگوسازی زنجیره تأمین حلقه بسته[3] پرداختند. کوچان، نوویکی، سوسر و راندال[4] (۲۰۱۸) با بررسی محاسبات ابری به‌عنوان عامل توان‌بخش سیستم‌های مدیریت زنجیره تأمین الکترونیکی[5] و افزایش‌دهندهٔ اشتراک‌گذاری اطلاعات مشترک در زنجیره تأمین بیمارستان‌های چندرده‌ای و همچنین، با بهره‌گیری از نظریه سیستم و رویکرد پویاشناسی سیستم‌ها، به توسعه دو رفتار علّی پرداختند. یکی از رفتارها نشان‌دهنده اشتراک‌گذاری اطلاعات سنتی و دیگری مبتنی بر داده‌های ابری در زنجیره تأمین بیمارستان است. رفتارهای علّی و مدل‌های پویاشناسی سیستم‌ها معادل آنها، برای شبیه‌سازی عملکرد زنجیره‌های تأمین بیمارستان سنتی و مبتنی بر داده‌های ابری استفاده شدند. الیوارز آگویلا و المراقی[6] (۲۰۲۱) با مدنظر داشتن اینکه رویدادهای غیرمنتظره یا رویدادهای قوی سیاه[7]، عملکرد زنجیره تأمین را به‌شدت بدتر کند، استراتژی‌های فعال و واکنشی را هنگام برنامه‌ریزی برای اختلال‌ها در یک زنجیره تأمین چندلایه در نظر گرفتند. در این مطالعه، یک چارچوب پویاشناسی سیستم‌ها برای مشاهده رفتار زنجیره تأمین و ارزیابی تأثیرهای اختلال‌ها معرفی شده است. این مدل امکان بررسی اختلال‌های کامل و جزئی و ادغام دستورهای تسریع‌کنندهٔ پس از اختلال را فراهم می‌کند. تأثیر اختلال‌ها بر سطوح خدمات، هزینه‌ها، سود و سطوح موجودی زنجیره تأمین تجزیه و تحلیل شد. پس از اجرای چندین سناریو، مشخص شد که اختلال‌هایی که در سطوح پایین‌دست اتفاق می‌افتد، در مقایسه با اختلال‌هایی که در سطح بالادستی رخ می‌دهد، تأثیر بیشتری بر عملکرد زنجیره تأمین دارد. از این رو، سیاست‌های اختلال در سطوح پایین‌دستی باید اولویت بیشتری داشته باشد. علاوه بر این، نتایج نشان می‌دهد که تسریع فرایندها پس از اختلال‌ها، برای عملکرد بلندمدت زنجیره تأمین مزیتی ندارد.

علاوه بر موضوعات فوق، در اندک پژوهش‌هایی نیز از مفاهیم فازی در الگوسازی زنجیره تأمین با رویکرد پویاشناسی سیستم‌ها بهره‌گیری شده است. برای مثال، موضوع نگاشت‌شناختی فازی، در پژوهش مندوزا و پرابو[8] (۲۰۰۶) استفاده شده است. همچنین اورجی و وی[9] (۲۰۱۵)، از یک مدل تصمیم‌گیری چند معیاره پویا استفاده کردند که در آن رفتار تأمین‌کننده در محیطی فازی در نظر گرفته شده است و به‌کمک آن، نتایج حاصل از مدل پویاشناسی سیستم‌ها را مقایسه کردند.

همچنان که مشاهده می‌گردد، در به‌کارگیری رویکرد پویاشناسی سیستم‌ها در تحلیل کسب‌وکارهای مرتبط با موضوع زنجیره تأمین، به‌ندرت از متغیرها، قوانین و مفاهیم فازی بهره‌گیری شده است (ربس، برندنبرگ و سرینگ[10]،

1. Teimoury, Neadei, Ansari & Sabbaghi
2. Golroudbary & Zahraee
3. Closed-loop Supply Chain (CLSC)
4. Kochan, Nowicki, Sauser & Randall
5. E-SCM
6. Olivares-Aguila & ElMaraghy
7. Black swan
8. Mendoza & Prabhu
9. Orji & Wei
10. Rebs, Brandenburg, & Seuring

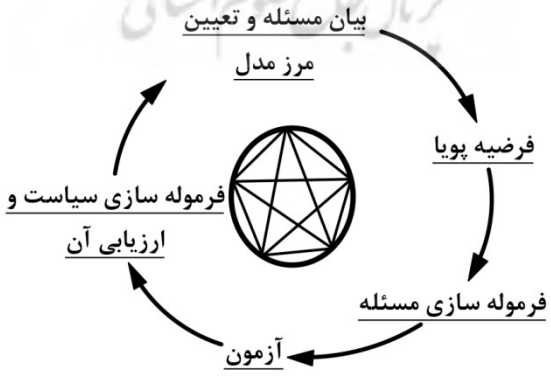
۲۰۱۹). این در حالی است که معرفی متغیرهای فازی در فرمول‌بندی‌های رویکرد پویاشناسی سیستم‌ها، می‌تواند قابلیت‌های آن را برای تطبیق اطلاعاتی گسترش دهد که با دانش و ادراکات انسان از زبان‌های طبیعی مطابقت دارد (صابون‌چی، تریانتیس، کیانمهر و سارنگی[1]، ۲۰۱۹).

روش‌شناسی پژوهش

این پژوهش از حیث هدف، کاربردی محسوب می‌گردد؛ زیرا به بررسی، شناخت و حل مسائل شرکت‌های پخش می‌پردازد. ماهیت پژوهش توصیفی و بر پایه مطالعه موردی است. نوع پژوهش آمیخته، و مبنی بر استراتژی اکتشافی متوالی بوده که این استراتژی از دو مرحله تشکیل شده است: در اولین مرحله با استفاده از رویکرد کیفی (مصاحبه)، به شناسایی عوامل مدل پرداخته شد و در دومین مرحله، با به‌کارگیری رویکرد کمّی (پویاشناسی سیستم‌ها)، الگو پیاده‌سازی و خروجی‌های آن مورد تحلیل قرار گرفت. از این حیث، جامعه آماری در مرحله اول شامل کلیه افراد مطلع و فعال در حوزه پویایی‌های زنجیره تأمین و به‌طور خاص شرکت‌های پخش بوده و در مرحله دوم، شامل شرکت‌های فعال در این حوزه می‌باشد. همچنین، در هر دو مرحله از رویکرد نمونه‌گیری در دسترس استفاده شد و در این راستا، مدیرعامل و مسئول حسابداری شرکت پخش تحت مطالعه، انتخاب شدند.

پویاشناسی سیستم‌ها

علم پویاشناسی سیستم‌ها رویکردی جهت کشف رفتار دینامیکی غیرخطی و مطالعه چگونگی تأثیر ساختارها و پارامترهای سیستم بر الگوهای رفتاری سیستم است. اجزای الگوهای ایجاد شده توسط روش‌شناسی پویاشناسی سیستم‌ها عبارت‌اند از: کردارهای علت ـ معلولی، حلقه‌های علّی و کردارهای جریان. فرایند الگوسازی پیشنهادی استرمن به‌منظور اجرای رویکرد پویاشناسی سیستم‌ها، مطابق با شکل ۱، دارای حالت بازخوردی است. فرایند یادشده بیانگر این مهم است که نتایج هر مرحله، به آگاهی منجر خواهد شد که می‌تواند بازنگری در مراحل قبلی را موجب گردد (استرمن، ۲۰۰۰). در شکل این اتفاق به‌وسیله اتصال صورت گرفته توسط مرکز کردار نمایش داده شده است.



شکل ۱. فرایند الگوسازی در رویکرد پویاشناسی سیستم‌ها

1. Sabounchi, Triantis, Kianmehr & Sarangi

سیستم استنتاج فازی و رویکرد پویاشناسی سیستم‌ها

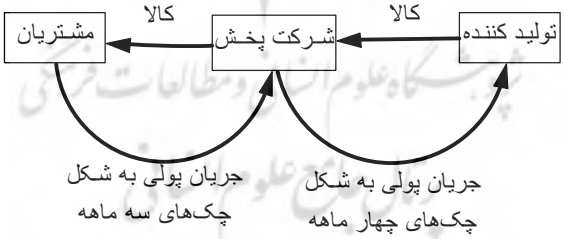
اگر الگوی پویاشناسی سیستم‌ها، حداقل یکی از شرایط زیر را داشته باشد، می‌تواند با منطق فازی الگوسازی شود (یوسفی، نهایی و نعمتیان[1]، ۲۰۱۱):

- برخی از متغیرهای حالت یا جریان یا سایر متغیرها فازی باشند.
- در عامل زمان ابهام وجود داشته باشد.
- برخی از روابط میان متغیرها را بتوان با عبارات شرطی شامل متغیرهای فازی جایگزین کرد.
- زمانی که اطلاعات در دست، مبهم یا ناقص باشد، بتوان درجهٔ عدم قطعیت متغیرها را با احتمالات فازی بیان کرد.
- برخی عملگرها[2] فازی باشند.

یافته‌های پژوهش

الگوی پویاشناسی سیستم‌ها استفاده شده در این پژوهش، به کسب‌وکار شرکت‌های نمایندگی یا پخش در ایران مربوط است. فعالیت اصلی‌ای که این قبیل شرکت‌ها انجام می‌دهند، عبارت‌اند از: دریافت کالا به‌صورت انبوه از تولیدکننده یا تولیدکنندگان و توزیع و پخش آن در منطقه یا مناطقی دیگر. در واقع می‌توان کارکردِ این قبیل شرکت‌ها را در تسهیل دسترسی به کالاهای مورد نیاز خلاصه کرد.

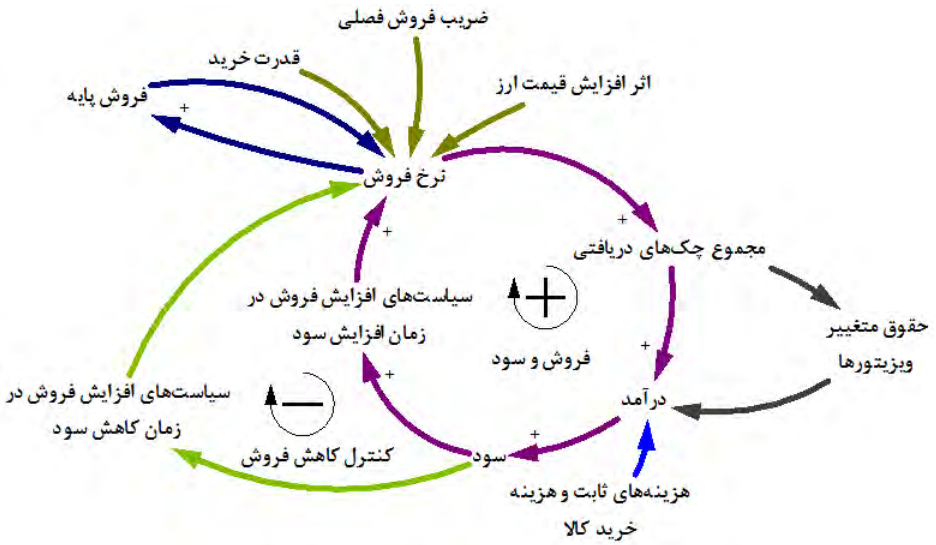
شرکت پخش مورد مطالعه از سال ۱۳۸۶ فعالیت خود را در سطح شهر تهران آغاز کرد. این شرکت محصولات[3] خود را از عامل تولیدکننده در یکی از کشورهای حاشیه خلیج فارس وارد می‌کند و از طریق عاملان فروش[4] در بین فروشگاه‌ها توزیع می‌کند (شکل ۲).



شکل ۲. تبادلات کالایی و مالی شرکت پخش

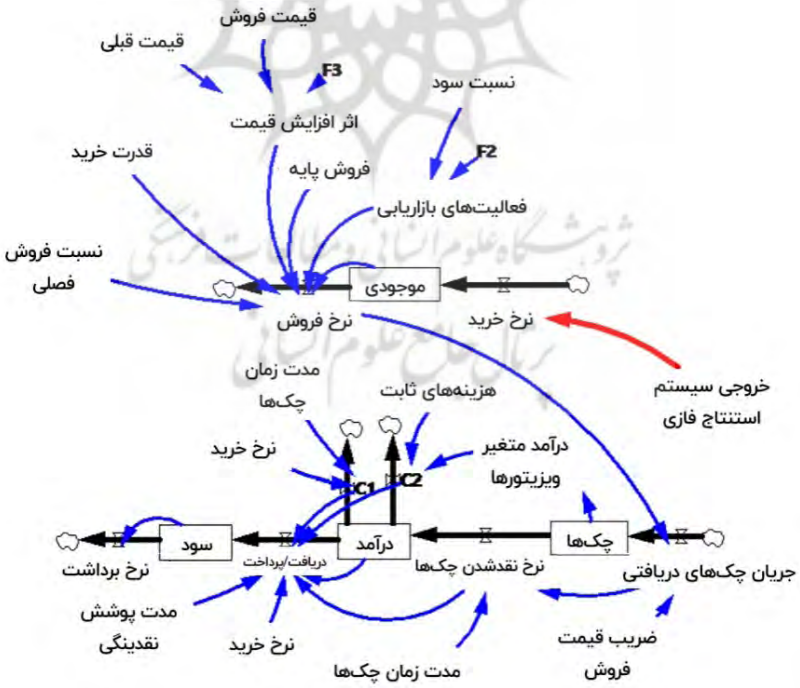
الگوی علّی مرتبط با حلقه‌های تأثیرگذار بر فعالیت شرکت مطابق با شکل ۳ است. در این شکل نرخ فروش و عوامل و حلقه‌های تأثیرگذار برآن نمایش داده شده است. میانگین مقادیر این متغیر نرخ در دوره‌های قبل، بیان‌کننده مقدار فروش پایه این شرکت است.

1. Youssefi, Nahaei, & Nematian
2. Operators
۳. محصولات این شرکت از جمله اقلام آرایش بهداشتی محسوب می‌شود که در دسته کالاهای لوکس قرار می‌گیرد.
4. Visitors



شکل ۳. الگوی علّی شرکت پخش

همچنین، الگوی حالت و جریان مرتبط با کسب‌وکار بیان شده مطابق با شکل ۴ است.



شکل ٤. الگوی حالت و جریان مرتبط با کسب‌وکار شرکت پخش

خروجی مدل استنتاج فازی که در ادامه بیان خواهد شد تعیین کننده نرخ خرید در مدل نهایی است که در شکل ۴ با پیکان قرمز رنگ نمایش داده شده است. این نرخ تعیین کننده چگونگی افزایش در متغیر حالت موجودی است. در

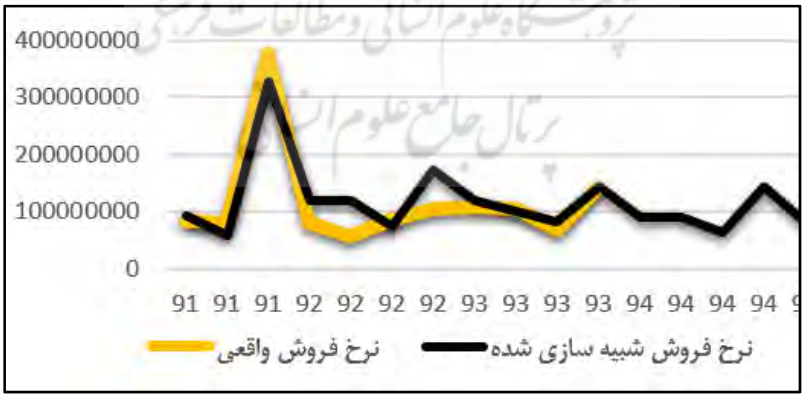
ادامه، متغیر نرخ فروش که از عوامل متعددی نظیر فعالیت‌های بازاریابی، قیمت فروش، قدرت خرید مردم و اثر فروش فصلی متأثر می‌گردد، بیانگر چگونگی کاهش موجودی انبار است. در اتصال بین دو بخش کردار، نرخ فروش با ضرب شدن در ضریب قیمت فروش، نرخ چک‌های ورودی را تعیین می‌نماید. نرخ چک‌های ورودی با تأخیری که ناشی از زمان سر رسیدشان است به نرخ نقد شدن تبدیل می‌گردند و این نرخ در طول زمان، تعیین کننده سطحِ متغیرِ حالت درآمد می‌باشد. از متغیرِ حالتِ سطح درآمد هزینه‌های ثابت[۱] و حقوق متغیر(پورسانت) بازاریابان و همچنین هزینه‌های مربوط به خرید کالا[۲] از تولیدکننده کسر می‌گردد و چنانچه مبلغی باقی مانده باشد به متغیر حالتِ سود اضافه می‌شود. در صورتی که در یک یا چندین دوره، درآمد به‌حدی کاهش یابد که از هزینه‌ها کمتر شود و شرکت نتواند موجودی انبار را با توجه به کمبود نقدینگی تأمین نماید، سیستم به‌نحوی طراحی شده که شرکت بتواند از محل سود انباشته دوره‌های قبل تأمین نقدینگی جهت موجودی انبار نماید. در نهایت میزان فعالیت بازاریابی با محاسبه نسبت سود دوره قبل به دوره مشابه سال قبل تعیین می‌گردد و حلقه‌های مورد بحث کامل می‌گردند.

اعتبارسنجی

برای بررسی صحت عملکرد الگو، با توجه به ارتباط بین متغیرها که از طریق روابط ریاضی و منطقی بیان شده است، آزمون‌های متعددی از طریق نرم‌افزار نسیم[۳] و به‌صورت دستی انجام شد. نتایج این آزمون‌ها به شرح زیر است.

آزمون رفتار مجدد

در این آزمون، هدف، مقایسه نتایج شبیه‌سازی با داده‌های واقعی به منظور تعیین صحت رفتار الگو می‌باشد. مطابق با شکل ۵ و مقایسه اطلاعات واقعی و نتایج شبیه‌سازی طی چندین دوره، می‌توان عنوان کرد که رفتار سیستم واقعی به میزان قابل قبولی توسط الگو شبیه‌سازی شده است.



شکل ۵. مقایسه داده‌های واقعی و شبیه‌سازی شده در الگو

۱. مرتبط با هزینه‌های اجاره‌بها، تلفن، اینترنت، حقوق کارکنان اداری، تجهیزات و ...

۲. این مورد با تأخیر صورت می‌پذیرد

3. Vensim

آزمون محاسبه میزان خطا

علاوه بر مقایسه فوق، از طریق روش‌های آماری، خطای متغیر نیز محاسبه شده است.

حداقل خطای مجذورات (RMSPE)[1]

بر اساس این معیار، هر چه تفاوت بین داده‌های شبیه‌سازی شده و واقعی کمتر باشد، نتایج قابلیت اطمینان بیشتری خواهند داشت. میزان خطا از طریق رابطه زیر به‌دست می‌آید:

$$RMSPE = \sqrt{\frac{1}{\theta}\sum_{i=1}^{\theta}\left(\frac{y_{T+i}^{s} - y_{T+i}^{a}}{y_{T+i}^{a}}\right)^{2}} \times 100$$ رابطهٔ ۱)

در رابطه بالا، y_{T+i}^{s} مقادیر شبیه‌سازی شده، y_{T+i}^{a} داده‌های واقعی و θ بیانگر تعداد مشاهدات است؛ از این رو، هر چه مقدار RMSPE به صفر نزدیک‌تر باشد، الگوی شبیه‌سازی، خطای کمتری خواهد داشت.

شناسایی ریشه‌های خطا

انحراف مقادیر واقعی از مقادیر شبیه‌سازی شده، از طریق محاسبه UT[2] نیز قابل محاسبه خواهد بود:

$$UT = \sqrt{\frac{\frac{1}{\theta}\sum_{i=1}^{\theta}\left(y_{T+i}^{s} - y_{T+i}^{a}\right)^{2}}{\frac{1}{\theta}\sum_{i=1}^{\theta}\left(y_{T+i}^{s}\right)^{2} + \frac{1}{\theta}\sum_{i=1}^{\theta}\left(y_{T+i}^{a}\right)^{2}}}$$ رابطهٔ ۲)

مقدار محاسبه شده بالا همواره بین صفر و یک است و مقادیر کمتر، گویای خطای کمتر یا دقت بیشتر است.

محاسبه ریشه‌های خطا

در انتها، محاسبه ریشه‌های خطا نیز از رابطه زیر حاصل می‌شود:

$$U^{m} + U^{s} + U^{c} = 1$$ رابطهٔ ۳)

در بهترین حالت، $U^{s} = U^{m} = 0$ و $U^{c} = 1$ خواهد شد و مجموع این سه مقدار باید برابر با یک باشد. این مقادیر از طریق روابط زیر به‌دست می‌آیند:

$$U^{m} + U^{s} + U^{c} = 1$$ رابطهٔ ۴)

$$U^{m} = (\bar{Y}^{s} - \bar{Y}^{a})^{2} / \left[\frac{1}{\theta}\sum_{i=1}^{\theta}(Y_{T+i}^{s} - Y_{T+i}^{a})^{2}\right]$$ رابطهٔ ۵)

$$U^{s} = (SDS - SDA)^{2} \Big/ \left[\frac{1}{\theta}\sum_{i=1}^{\theta}(Y_{T+i}^{s} - Y_{T+i}^{a})^{2}\right]$$ رابطهٔ ۶)

1. Root Mean Squares Percentage Error
2 . U-Theil's.

$$U^c = [2 \times (1-r) \times (SDS \times SDA)] / \left[\frac{1}{\theta}\sum_{i=1}^{\theta}(Y^s_{T+i} - Y^a_{T+i})^2\right]$$ رابطهٔ ۷)

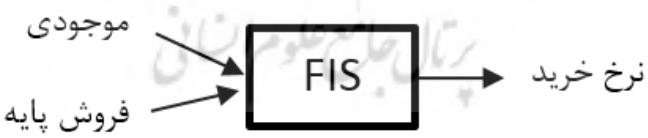
در روابط فوق، $\bar{Y}^a$ متوسط داده‌های واقعی، $\bar{Y}^s$ متوسط داده‌های شبیه‌سازی شده، r ضریب هم‌بستگی بین داده‌های شبیه‌سازی شده و واقعی و SDS[1] و SDA[2] به ترتیب انحراف معیار داده‌های شبیه‌سازی شده و واقعی هستند. نتایج محاسبه خطا از طریق روابط فوق در جدول ۱ مشاهده می‌شود.

جدول ۱. نتایج آزمون‌های محاسبه میزان خطا

آزمون	نرخ فروش واقعی
RMSPE	۱۲/۸۷
UT	۰/۱۷۱۶
Um	۰/۰۹۰۰
Us	۰/۱۲۸۸
Uc	۰/۷۸۱۲
Um +Us + Uc	۱

به‌کارگیری سیستم استنتاج فازی

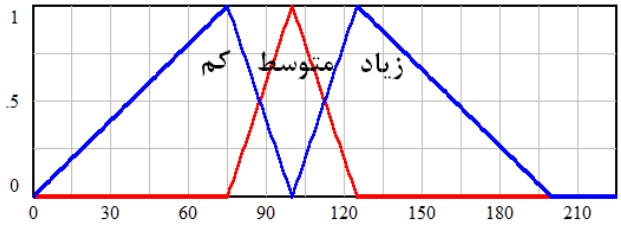
همچنان که به اختصار اشاره شد، در این پژوهش از سیستم استنتاج فازی به منظور انعکاس شیوه تصمیم‌گیری در خصوص نرخ خرید محصولات با توجه به دو عامل موجودی انبار و میزان فروش پایه استفاده شده است (شکل ۶). به بیان دیگر سعی شده است تا به جای نگارش فرمول محاسبه نرخ خرید در الگوی سیستم (که با پیچیدگی‌های خاص خود از طریق توابع لوک آپ[3] میسر می‌شود)، با توجه به نحوه تصمیم‌گیری در خصوص نرخ خرید در دنیای واقعی، این نگاشت صورت گیرد.



شکل ٦. سیستم استنتاج فازی برای تعیین نرخ خرید

مقادیر دو متغیر فروش پایه و موجودی طبق نظر کارشناس شرکت از طریق متغیرهای زبانی مطابق با اشکال زیر است (شکل‌های ۷ و ۸).

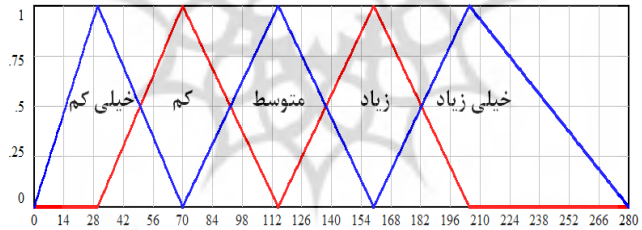
1. Standard Deviation Simulated.
2. Standard Deviation Actual.
3. Lookup



شکل ۷. متغیرهای زبانی مرتبط با فروش پایه

شکل ۸. متغیرهای زبانی مرتبط با موجودی

نرخ خرید نیز از طریق متغیرهای زبانی مطابق با شکل ۹ فازی‌سازی می‌گردد.



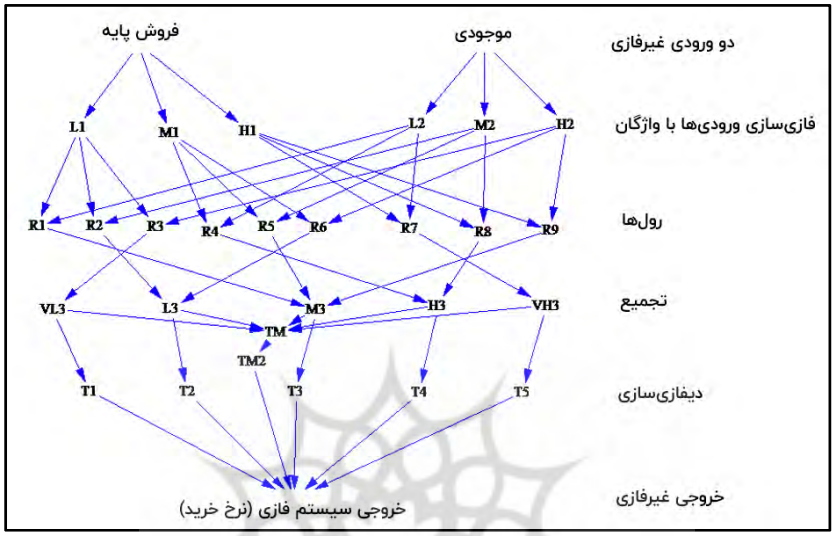
شکل ۹. متغیرهای زبانی مرتبط با نرخ خرید

با توجه به تجربیات کارشناس خرید، می‌توان قوانین سیستم استنتاج فازی را چنین بیان کرد:

- قانون۱: چنانچه فروش پایه کم بوده و میزان موجودی انبار نیز کم باشد، نرخ خرید متوسط خواهد بود.
- قانون۲: چنانچه فروش پایه کم بوده و میزان موجودی انبار متوسط باشد، نرخ خرید کم خواهد بود.
- قانون۳: چنانچه فروش پایه کم بوده و میزان موجودی انبار زیاد باشد، نرخ خرید خیلی کم خواهد بود.
- قانون۴: چنانچه فروش پایه متوسط بوده و میزان موجودی انبار کم باشد، نرخ خرید زیاد خواهد بود.
- قانون۵: چنانچه فروش پایه متوسط بوده و میزان موجودی انبار متوسط باشد، نرخ خرید متوسط خواهد بود.
- قانون۶: چنانچه فروش پایه متوسط بوده و میزان موجودی انبار زیاد باشد، نرخ خرید کم خواهد بود.
- قانون۷: چنانچه فروش پایه زیاد بوده و میزان موجودی انبار کم باشد، نرخ خرید خیلی زیاد خواهد بود.
- قانون۸: چنانچه فروش پایه زیاد بوده و میزان موجودی انبار متوسط باشد، نرخ خرید زیاد خواهد بود.
- قانون۹: چنانچه فروش پایه زیاد بوده و میزان موجودی انبار زیاد باشد، نرخ خرید متوسط خواهد بود.

همچنان که پیش‌تر اشاره شد، در گام آخر می‌بایست خروجی فازی را به منظور انجام تصمیم‌گیری، دی‌فازی کنیم که در اینجا از روش ارتفاع استفاده شده است.

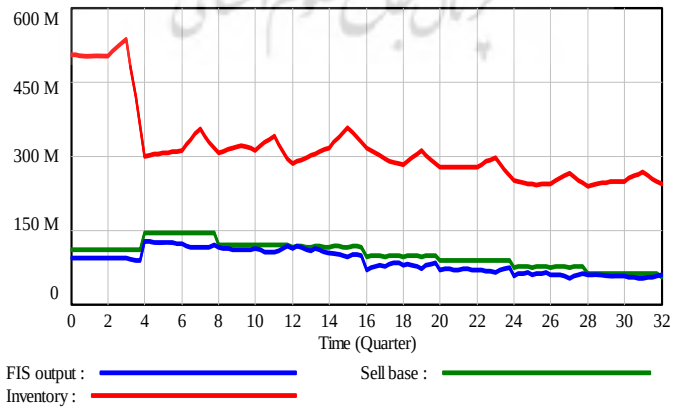
مدل اجرا شدهٔ سیستم استنتاج فازی در نرم‌افزار ونسیم مطابق با شکل ۱۰ است که مراحل مختلف اجرای آن نیز در مدل نمایش داده شده است.



شکل ۱۰. مدل سیستم استنتاج فازی اجرا شده در Vensim

نتایج اجرای الگو

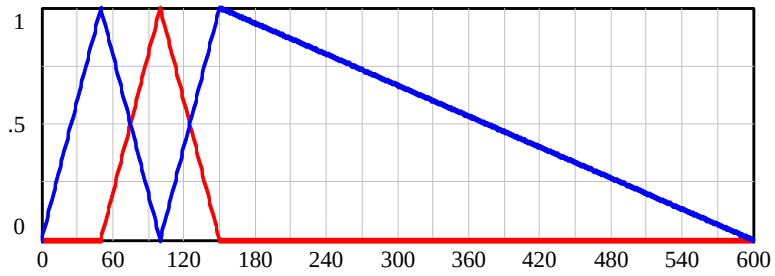
همچنان که در شکل ۱۱ مشاهده می‌گردد، در زمان‌هایی که فروش پایه(خط سبز رنگ) ثابت بوده و موجودی انبار(خط قرمز رنگ) روندی افزایشی داشته باشد، خروجی سیستم استنتاج فازی یا نرخ خرید(خط آبی رنگ)، کاهش می‌یابد (برای مثال زمان‌های ۳ و ۷). از سویی دیگر روند افزایش یا کاهش خروجی سیستم استنتاج فازی با روند تغییرات فروش پایه هم‌جهت است.



شکل ۱۱. خروجی سیستم استنتاج فازی در الگو

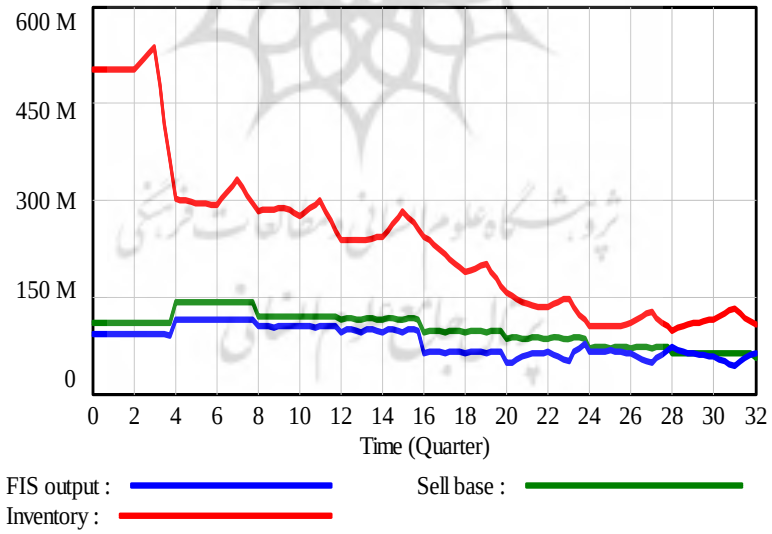
با توجه به خروجی حاصل شده، چنانچه مقادیر میزان موجودی انبار از نظر مدیریت بیش از حد مجاز تعیین شود، یعنی برآورد کارشناس خرید از میزان موجودی مطلوب بیش از حد زیاد باشد، می‌توان با تغییر مقادیر ورودی برای متغیر موجودی این تغییر را در مدل اعمال کرد.

با تغییر مقادیر قبلی متغیرهای زبانی مرتبط با موجودی خواهیم داشت:



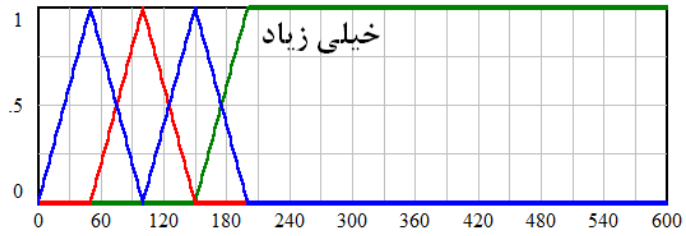
شکل ۱۲. متغیرهای زبانی مرتبط با موجودی

همان طور که در شکل ۱۳ ملاحظه می‌شود، با اعمال این تغییر در الگو مقادیر مرتبط با میزان موجودی کاهش یافته و فاصله بین فروش پایه و میزان موجودی نیز کم می‌شود که این موضوع می‌تواند با جلوگیری از انباشت زیاد کالا در انبار به جریان بیشتر سرمایه در کسب‌وکار کمک کند.

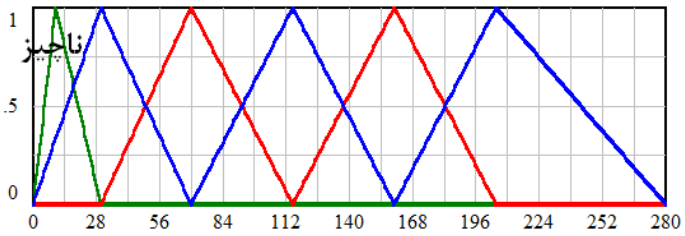


شکل ۱۳. خروجی سیستم استنتاج فازی در الگو

همچنان که ملاحظه می‌گردد، میزان موجودی همچنان در نقاطی که «زیاد» محسوب می‌شود، به‌کُندی کاهش می‌یابد. برای اصلاح این مورد، می‌توان با افزودن یک واژهٔ دیگر (خیلی زیاد)، به مجموعه واژگان متغیر موجودی و یک واژه دیگر (ناچیز) به مجموعه واژگان متغیر نرخ خرید و افزودن دو قانون دیگر به سیستم، نتیجه را بررسی کرد.

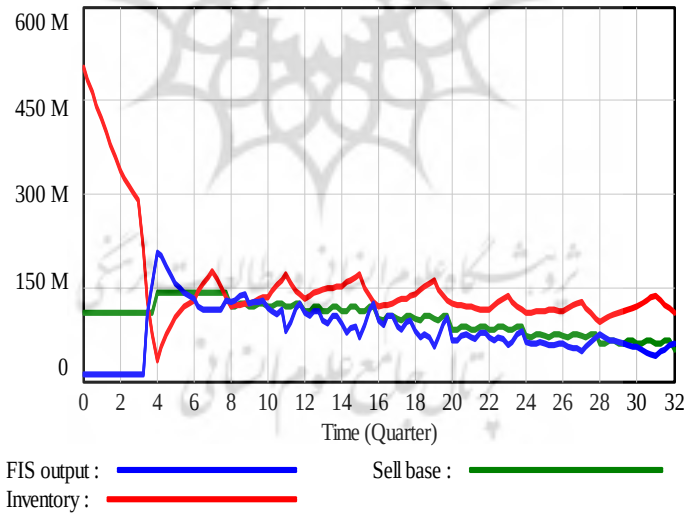


شکل۱۴. متغیرهای زبانی اصلاح شده مرتبط با موجودی



شکل ۱۵. متغیرهای زبانی اصلاح شده مرتبط با نرخ خرید

- قانون۱۰: چنانچه فروش پایه متوسط بوده و میزان موجودی انبار خیلی زیاد باشد، نرخ خرید ناچیز خواهد بود.
- قانون۱۱: چنانچه فروش پایه کم بوده و میزان موجودی انبار خیلی زیاد باشد، نرخ خرید ناچیز خواهد بود.



شکل ۱۶. خروجی سیستم استنتاج فازی در الگو

همان طور که ملاحظه می‌شود، با اجرای اصلاحات بیان شده در سیستم استنتاج، خروجی سیستم استنتاج[1] یا همان نرخ خرید، با شدت بیشتری نسبت به بالا بودن میزان موجودی عکس‌العمل نشان داده و رفتار این متغیر معقول‌تر شده است (شکل ۱۶).

1. FIS output

با اعمال تغییرات مقتضی در سیستم استنتاج فازی همانند آنچه صورت پذیرفت، می‌توان بـه تحلیـل سیاسـت‌هـای مختلف تصمیم‌گیری در الگو پرداخت تا مبانی تصمیم‌گیری درستی حاصل گردد.

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

در این پژوهش، به الگوسازی و تحلیل سازوکار یک شرکت پخش با رویکرد پویاشناسی سیستم‌ها پرداخته شد. بـه‌دلیـل اثرگذاربودن حجم خرید بر کل فعالیت‌های شرکت، بخش خرید یکی از مهمترین بخش‌ها در هر شرکت پخش محسوب می‌شود. تأثیر عامل انسانی در درک و تصمیم‌گیری در بخش خرید، به استفاده از واژگان و کلمات منجر می‌شـود کـه در نهایت، نگاشت بین ورودی‌ها و خروجی‌های نادقیق را در مدل موجب می‌گردد. در این راسـتا از سیسـتم اسـتنتاج فـازی برای بیان رابطه‌ها در رویکرد پویایی‌های سیستم استفاده شد.

به‌منظور ارزیابی رویکرد ترکیبی یاد شده در عمل، سیستم استنتاج فازی در محاسبه نرخ خرید کالا بـا توجـه بـه دو عامل میزان موجودی و فروش پایه به‌کارگرفته شد. در این راستا، متغیرهای زبانی مرتبط با موجودی، فروش پایه و نـرخ خرید ترسیم و قانون‌های ارتباط دهنده بین دو ورودی (موجودی و فروش پایه) و یک خروجی (نرخ خرید) بیان شدند. در ادامه، از طریق پیاده‌سازی سیستم استنتاج فازی در نرم‌افزار ونسیم به بررسی نتایج سیستم پرداختـه شـد. در ابتـدا، رونـد افزایش یا کاهش متغیرها هم‌خوانی داشت؛ یعنی برای مثال، با افزایش موجودی، نرخ خرید روند کاهشـی از خـود نشـان می‌داد؛ اما مقادیر موجودی انبار خیلی زیاد بود، از این رو، اصلاحات در متغیرهای زبانی و قوانین صورت پذیرفت. در ایـن راستا، یک واژه دیگر (خیلی زیاد) به مجموعه واژگان متغیر موجودی و یک واژه دیگر (ناچیز) به مجموعه واژگـان متغیـر نرخ خرید اضافه و با افزودن دو قانون دیگر به سیستم، مقادیر موجودی در خروجی نهایی، تعدیل شـد. در ایـن بخـش از پژوهش، نشان داده شد که تابع تبدیل ورودی‌ها به یک خروجی در رویکرد پویاشناسی سیستم‌ها، می‌توانـد بـه‌راحتـی از طریق متغیرهای کلامی مورد استفاده توسط کارکنان سیستم تعریف و در صورت نیاز به سادگی اصلاح گردد. در صـورت عدم استفاده از این روش، می‌بایست از توابع ریاضی استفاده نمود که نیاز به خبرگی در این حوزه دارد. از این رو، کـاربرد اصلی روش ترکیبی ارائه شده، ساده‌سازی استفاده از رویکرد پویاشناسی سیستم‌ها در سطح کارکنان عمومی سازمان‌هاست.

در اغلب پژوهش‌های پیشین، رویکرد پویاشناسی سیستم‌ها در زنجیـره تـأمین بیشـتر بـا هـدف درک پویـایی ایـن سیستم (برای مثال، پویایی در عملیات حمل‌ونقل، ذخیره‌سازی، توسعه محصـول، خـدمات مشـتری (متـز، ۱۹۹۸)، ضـرر ذینفعان زنجیره تأمین (یاسارکان، ۲۰۱۱)، اشتراک‌گذاری اطلاعات (کوچان و همکاران، ۲۰۱۸)، تأثیر اختلال‌ها بر سطوح خدمات، هزینه‌ها، سود و سطوح موجودی زنجیره تأمین (آگویلا و المراقی، ۲۰۲۱) صورت گرفته است. در مواردی نیـز از مفاهیم فازی برای نگاشت شناختی (مندوزا و پرابو[1]، ۲۰۰۶) و تبیین رفتار تأمین کننـده (اورجـی و وی[2]، ۲۰۱۵) اسـتفاده شده است. این در حالی است که در پژوهش حاضر، به‌طور مشخص، به الگوسـازی فـازی روابـط بـین متغیرهـا در روش پویاشناسی سیستم‌ها پرداخته شد.

کارکرد مهم رویکرد ترکیبی استفاده شده در این پژوهش، الگوسازی و شبیه‌سازی دنیای واقعی مطابق با آن چیـزی

1. Mendoza & Prabhu
2. Orji & Wei

است که در عمل روی می‌دهد که موجب می‌شود درک آن برای مدیران، طراحی آن برای مشاوران و تغییر و اصلاح آن در جلسه‌های ارزیابی به‌سادگی انجام پذیرد. در انتها، پیشنهادهایی برای مدیران و محققان این حوزه ارائه می‌شود:

- به‌دلیل جایگزینی روابط ریاضی پیچیده پویاشناسی سیستم‌ها، با متغیرهای کلامی و سیستم استنتاج فازی در این مقاله، امکان توسعه و الگوسازی مدل‌های پویای سیستمی در جلسه‌های معمول سازمان‌ها (نه لزوماً جلسه‌های تخصصی) با دانش پایه‌ای سیستمی میسر می‌گردد.
- بهره‌گیری از روش‌های یادگیری ماشین به‌منظور تدقیق سیستم پویای ترکیبی مطرح شده.
- اجرای خودکارسازی (اتوماسیون) در سازمان از طریق جایگزینی ماشین‌های تصمیم‌گیر (برنامه‌ریزی شده بر اساس سیستم استنتاج فازی) به جای نیروی انسانی.
- بهره‌گیری از رویکرد پردازش زبان طبیعی (NLP) به‌منظور بهینه‌کردن سیستم استنتاج فازی.

منابع

عبادی ضیائی، علی؛ محقر، علی؛ آذر، عادل؛ صادقی مقدم، محمدرضا و صفری، حسین (۱۳۹۹). شناسایی حلقه‌های علّی مرتبط با رویکردهای متداول در مدل تعالی سازمانی مبتنی بر پویایی سیستم. *مدیریت صنعتی*، ۱۲(۲)، ۲۴۹-۲۷۰.

References

Ahmed, R., & Robinson, S. (2014). Modelling and simulation in business and industry: insights into the processes and practices of expert modellers. *Journal of the Operational Research Society*, *65*(5), 660–672.

Ebadi Ziaei, A., Mohaghar, A., Azar, A., Sadeghi Moghadam, M., Safari, H. (2020). Identifying Causal Loops for Common Approaches of the EFQM Excellence Model. *Industrial Management Journal*, 12(2), 249-270. (*in Persian*)

Golroudbary, S. R., & Zahraee, S. M. (2015). System dynamics model for optimizing the recycling and collection of waste material in a closed-loop supply chain. *Simulation modelling practice and theory*, *53*, 88-102.

Goodarzian, F., Shishebori, D., Nasseri, H., & Dadvar, F. (2021). A bi-objective production-distribution problem in a supply chain network under grey flexible conditions. *RAIRO-Operations Research*, *55*(3), 1971-2000.

Kochan, C. G., Nowicki, D. R., Sauser, B., & Randall, W. S. (2018). Impact of cloud-based information sharing on hospital supply chain performance: A system dynamics framework. *International Journal of Production Economics*, *195*, 168-185.

Kumar, S., Teruyuki, Y. (2007). System dynamics study of the Japanese automotive industry closed loop supply chain. *Journal of management Technology Management*, 18(2), 115-138.

Mehmanpazir, F., Khalili-Damghani, K., & Hafezalkotob, A. (2022). Dynamic strategic planning: A hybrid approach based on logarithmic regression, system dynamics, Game

Theory and Fuzzy Inference System (Case study Steel Industry). *Resources Policy*, *77*, 102769.

Mendoza, G. A., & Prabhu, R. (2006). Participatory modeling and analysis for sustainable forest management: Overview of soft system dynamics models and applications. *Forest Policy and Economics*, *9*(2), 179-196.

Metz, P. J. (1998). Demystifying supply chain management. *Supply Chain Management Review*, 1(4), 55-46.

Mousakhani, M., Saghafi, F., Hasanzadeh, M., & Sadeghi, M. E. (2022). *Proposing dynamic model of functional interactions of iot technological innovation system by using system dynamics and fuzzy DEMATEL* (No. 2206.11847).

Olivares-Aguila, J., & ElMaraghy, W. (2021). System dynamics modelling for supply chain disruptions. *International Journal of Production Research*, *59*(6), 1757-1775.

Orji, I. J., & Wei, S. (2015). An innovative integration of fuzzy-logic and systems dynamics in sustainable supplier selection: A case on manufacturing industry. *Computers & Industrial Engineering*, *88*, 1-12.

Rebs, T., Brandenburg, M., & Seuring, S. (2019). System dynamics modeling for sustainable supply chain management: A literature review and systems thinking approach. *Journal of cleaner production*, *208*, 1265-1280.

Sabounchi, N. S., Triantis, K. P., Kianmehr, H., & Sarangi, S. (2019). Fuzzy rule based inference in system dynamics formulations. *System Dynamics Review*, *35*(4), 310–336.

Sterman, J. D. (2000). *Business dynamics: systems thinking and modeling for a complex world.* Boston: Irwin/McGraw-Hill.

Sterman, J. (2018). System dynamics at sixty: the path forward. *System Dynamics Review*. Wiley Online Library.

Teimoury, E., Neadei, H., Ansari, S., Sabbath, M. (2013). A multi-objective analysis for import quota policy making in a perishable fruit and vegetable supply chain: A system dynamics approach. *Computers and Electronics in Agriculture*, (93), 45-37.

Towill, D. R. (1996). Time compression and supply chain management: a guided tour. *Supply Chain Management*, (1), 27-15.

Usenik, J., & Turnsek, T. (2013). Modeling conflict dynamics with fuzzy logic inference. *Journal of US-China Public Administration*, *10*(5), 457–474.

Yasarcan, H. (2011). Information Sharing in Supply Chains: A Systemic Approach. *29th International Conference of the System Dynamics Society, Washington DC, USA*, (1), 4042- 4060.

Youssefi, H., Nahaei, V., & Nematian, J. (2011). A new method for modeling system dynamics by fuzzy logic: Modeling of research and development in the national system of innovation. *Journal of Mathematics and Computer Science*, *2*(1), 88–99.

Zadeh, L. A. (1975). The concept of a linguistic variable and its application to approximate reasoning—I. *Information Sciences*, *8*(3), 199–249.