Industrial Management Journal

Print ISSN: 2008-5885

Online ISSN: 2423-5369

Development a Quantitative Framework for Multilayer Fuzzy Cognitive Maps by combining "Self-Organizing Map" and "Graph Theory and Matrix Approach" (SOM-GTMA)

Mohammad Ali Sangbor

Ph.D. Cadidate in Operation Research Management, Faculty of Economic Management and Administrative Sciences, Semnan University, Semnan, Iran. E-mail: masangbor@semnan.ac.ir

Mohammad Reza Safi

Assistant Professor, Department of Operation Research, Faculty of Mathematics, Semnan University, Semnan, Iran. E-mail: msafi@profs.semnan.ac.ir

Adel Azar*

*Corresponding Author, Professor, Department of Industrial Management, Faculty of management, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran. E-mail: azara@modares.ac.ir

Masood Rabieh

Assistant Professor, Department of Industrial Management, Faculty of Management and Accunting, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran. E-mail: masood.rabieh@sbu.ac.ir

Abstract

Objective: The purpose of this study is to develop and improve the multilayer fuzzy cognitive maps in structuring and analysis of problems with high dimensions by providing a quantitative framework.

Methods: In this study, the Self-Organizing Map method and Graph Theory and Matrix Approach has been combined in the multilayer fuzzy cognitive maps approach. Based on this approach, problem structuring is done by clustering and creating a multilayer structure for cognitive mapping.

Results: The developed method in the present study has been used to analyze the problem of sustainable supply chain management achievement in the petrochemical industry. According to the results of data analysis based on the presented approach, "cooperation in the supply chain", "organizational development" and "management commitment to sustainable development" are the most effective factors in enabling sustainable supply chain management.

Conclusion: Based on the method presented in the present study, the problem is modeled by clustering components and creating a multilayer structure for cognitive mapping. The method presented in the present study can model problems with a large

number of intervening variables. The proposed method in this study can model problems with a high number of variables.

Keywords: Multilayer Fuzzy Cognitive Maps, Self-Organizing Map, Graph Theory and Matrix Approach, Sustainable Supply Chain Management.

Citation: Sangbor, Mohammad Ali; Safi, Mohammad Reza; Azar, Adel & Rabieh, Masood (2021). Development a Quantitative Framework for Multilayer Fuzzy Cognitive Maps by combining "Self-Organizing Map" and "Graph Theory and Matrix Approach" (SOM-GTMA). *Industrial Management Journal*, 13(1), 80-104. (in Persian)

Industrial Management Journal, 2021, Vol. 13, No.1, pp. 80-104
DOI: 10.22059/IMJ.2021.308177.1007769
Received: August 14, 2020; Acceped: July 24, 2021
Article Type: Research-based
© Faculty of Management, University of Tehran

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

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

ارائه چارچوبی کمّی برای نگاشت شناختی فازی لایه‌ای، با استفاده از رویکرد ترکیبی «نقشه خودسازمان‌دهنده» و «تئوری گراف و رویکرد ماتریس» (SOM-GTMA)

محمدعلی سنگبر
دانشجوی دکترای مدیریت تحقیق در عملیات، دانشکده اقتصاد مدیریت و علوم اداری، دانشگاه سمنان، سمنان، ایران. رایانامه: masangbor@semnan.ac.ir

محمدرضا صافی
استادیار، گروه تحقیق در عملیات، دانشکده ریاضی آمار و علوم کامپیوتر، دانشگاه سمنان، سمنان، ایران. رایانامه: msafi@profs.semnan.ac.ir

عادل آذر*
* نویسنده مسئول، استاد، گروه مدیریت صنعتی، دانشکده مدیریت، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران. رایانامه: azara@modares.ac.ir

مسعود ربیعه
استادیار، گروه مدیریت صنعتی، دانشکده مدیریت و حسابداری، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران. رایانامه: masood.rabieh@sbu.ac.ir

چکیده

هدف: هدف تحقیق حاضر، توسعه و بهبود نگاشت شناختی فازی لایه‌ای در ساختاردهی مسائل با ابعاد بالا و ارائه چارچوبی کمّی برای استفاده از این رویکرد در تحلیل مسائل آشفته و ساختار نیافته مدیریتی است.

روش: در این تحقیق با ترکیب روش خوشه‌بندی «نقشه خودسازمان‌دهنده» و «تئوری گراف و رویکرد ماتریس» و استفاده از آن در روش نگاشت شناختی فازی لایه‌ای، تلاش شده محدودیت‌های این رویکرد در تحلیل مسائل بزرگ کاهش یابد. مبتنی بر روش ارائه شده در تحقیق حاضر، مسئله از طریق خوشه‌بندی مولفه‌ها و ایجاد ساختار لایه‌ای برای نگاشت شناختی مدل‌سازی می‌شود. پژوهش حاضر از لحاظ هدف توسعه‌ای و کاربردی است و از حیث نحوه به دست آوردن داده‌ها، در زمره پژوهش‌های توصیفی محسوب می‌شود.

یافته‌ها: مبتنی بر روش‌شناسی ارائه شده در تحقیق حاضر، مسائل دارای بیش از ۱۲ مولفه، ابتدا در یک فرایند کاهش ابعاد از طریق خوشه بندی به تعداد کمتری دسته مولفه که زیرنگاشت نامیده می‌شود، مدلسازی می‌شود. سپس روابط بین مولفه ها در هر زیرنگاشت مورد تحلیل قرار گرفته و وزن اعتباری هر زیرنگاشت بر اساس روابط فی ما بین مولفه‌های همسایه، به دست می‌آید. این رویه تا لایه اول نگاشت ادامه پیدا می‌کند تا در نهایت، درجه فعالسازی هر یک از زیرنگاشت‌ها در تکرار $n+1$ به دست آید و رفتار هر یک از متغیرها در بلند مدت مشخص شود. در تحقیق حاضر، مسئله دستیابی به مدیریت زنجیره تامین پایدار در صنعت پتروشیمی، تحلیل شده است و بر اساس نتایج حاصل، «همکاری در زنجیره تامین»، «توسعه سازمانی» و «تعهدات مدیریت به توسعه پایدار» به ترتیب مؤثرترین عوامل در توانمندسازی مدیریت زنجیره تامین پایدار در صنعت پتروشیمی هستند.

نتیجه‌گیری: مبتنی بر روش ارائه شده در تحقیق حاضر، مسئله از طریق خوشه‌بندی مولفه‌ها و ایجاد ساختار لایه‌ای برای نگاشت شناختی مدل‌سازی می‌شود. روش ارائه شده در تحقیق حاضر قابلیت مدل‌سازی مسائل با تعداد بالای متغیر مداخله‌گر را دارد.

کلیدواژه‌ها: نگاشت شناختی فازی لایه‌ای، روش نقشه خودسازمان‌دهنده، تئوری گراف و رویکرد ماتریس، مدیریت زنجیره تامین پایدار

استناد: سنگبر، محمدعلی؛ صافی، محمدرضا؛ آذر، عادل و ربیعه، مسعود (۱۴۰۰). ارائه چارچوبی کمّی برای نگاشت شناختی فازی لایه‌ای، با استفاده از رویکرد ترکیبی «نقشه خودسازمان‌دهنده» و «تئوری گراف و رویکرد ماتریس» (SOM-GTMA). *مدیریت صنعتی*، ۱۳(۱)، ۸۰- ۱۰۴.

مدیریت صنعتی، ۱۴۰۰، دوره ۱۳، شماره ۱، صص. ۸۰ – ۱۰۴
DOI: 10.22059/IMJ.2021.308177.1007769
دریافت: ۱۳۹۹/۰۵/۲۴، پذیرش: ۱۴۰۰/۰۴/۲۲
نوع مقاله: علمی پژوهشی
© دانشکده مدیریت دانشگاه تهران

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

مقدمه

سازمان‌ها در محیط بسیار رقابتی امروز با مسائل پیچیده‌ای مواجه هستند که تجزیه و تحلیل آن ها در چارچوب رویکردهای سنتی تحقیق در عملیات، ممکن نیست (آذر و انوری، ۱۳۹۲). ماهیت بسیاری از مسائل کیفی، پیچیده و پویا بوده و دانش لازم برای فهم آن‌ها به صورت مفاهیمی با روابط علّی معلولی مبهم و حلقه‌های بازخوردی فراوان قابل ارائه است (اوبیدات و سامارسین[۱]، ۲۰۱۶). روش‌های ساختاردهی به مسئله، به عنوان رویکردهای نوین تحقیق در عملیات به منظور تجزیه و تحلیل چنین مسائلی توسعه یافته‌اند (آذر، خسروانی و جلالی، ۱۳۹۲). نگاشت شناختی فازی[۲] به عنوان یکی از روش‌های ساختدهی به مسئله، ابزاری مناسب و شناخته‌شده برای طراحی سیستم‌های با ویژگی‌های تفسیری و مبتنی بر دانش محسوب می‌شود (کاسکو[۳]، ۱۹۸۶). نگاشت شناختی فازی طی دو دهه گذشته به منظور حل مسائل مختلف در حوزه‌های مدل‌سازی، پیش‌بینی، تفسیر، نظارت، تصمیم‌گیری و مدیریت مورد استفاده قرار گرفته و ابزاری مناسب برای مدلسازی و شبیه‌سازی سیستم‌های پویا به شمار می‌رود (پاپاجورجیو[۴]، ۲۰۱۱ و پاپاجورجیو و سالمرون، ۲۰۱۴). این رویکرد به عنوان روشی ترکیبی–محاسباتی، تلفیقی از ویژگی‌های منطق فازی، مدل‌های غیر خطی و پویا بوده و معمولا از شبکه‌های عصبی برای تحلیل مسایل استفاده می‌کند (کاسکو، ۱۹۸۶). آسانی در به‌کارگیری و همچنین سهولت روش در ساختاردهی و پارامتری‌کردن مسئله از عمده مزایای روش نگاشت شناختی فازی است (وان‌ولیت، کوک و ولدکمپ[۵]، ۲۰۱۰). اما این روش با محدودیت‌هایی از قبیل فقدان روش‌های تجزیه و تحلیل کمّی مناسب برای تحلیل نگاشت‌های بزرگ و در نتیجه عدم پاسخگویی به نیازهای تحلیلی مدیران مواجه است (فرولیچ و سالمرون[۶]، ۲۰۱۷؛ اوبیدات و سامارسین[۷]، ۲۰۱۶؛ گلیکاس[۸]، ۲۰۱۰؛ اوزمی و اوزمی[۹]، ۲۰۰۴ و هومندا و جاسترزبکا، ۲۰۱۷). برخی از پژوهشگران، تعداد ایده‌آل گره در یک نگاشت شناختی را حدود ۱۲ گره عنوان کرده‌اند (بوئده و فرل[۱۰]، ۱۹۹۳). به منظور توسعه کاربردی نگاشت شناختی فازی در تحلیل مسائل با ابعاد بالا، فرایندهای چگالش[۱۱] و تجمیع[۱۲] به عنوان جزئی از فرایند مدل‌سازی مسئله ارائه شده که با استفاده از روش‌های کنکر[۱۳] و روش بهینه‌سازی جست‌وجوی تابو[۱۴] و ایجاد مدل‌های نگاشتی بلوکی تلاش می‌شود از ابعاد و پیچیدگی مسئله کاسته شود (بورگاتی، اورت و فریمن [۱۵]، ۲۰۰۲؛ هاراری[۱۶]، ۲۰۰۵ و سامارسین و استریکرت [۱]، ۲۰۱۳). در این رویکرد بلوک‌بندی بر اساس حذف برخی از مولفه‌های

---

[1] . Obiedat & Samarasinghe
[2] .Fuzzy Cognitive Maps (FCM's)
[3] . Kosko
[4] . Papageorgiou
[5] . Van Vliet, Kok & Veldkamp
[6] . Froelich & Salmeron
[7] . Obiedat & Samarasinghe
[8] . Glykas
[9] . Özesmi & Özesmi
[10] . Buede & Ferrell
[11] . condensation
[12] . aggregation
[13] . Concor
[14] . Tabu Search Optimization (TSO)
[15] . Borgatti, Everett & Freeman
[16] . Harary

مداخله‌گر در مسئله و همچنین روابط بین آن‌ها انجام می‌شود. پاپاجورجیو و همکاران، با استفاده از روش‌های خوشه‌بندی یک رویکرد تقلیل مفاهیم در فرایند ایجاد نقشه‌های شناختی ارائه کردند (پاپاجورجیو، هاتواگنر[۲]، بروزس[۳] و کازی[۴]، ۲۰۱۷). علاوه بر تعداد بالای متغیرهای مسئله، در برخی مسائل متغیرها نیز به پارامترهایی تجزیه می‌شوند که ساختار مسئله و تحلیل آن را تحت تأثیر قرار می‌دهند. رویکرد نگاشت شناختی، در تحلیل چنین موقعیت‌هایی که اولاً تعداد مفاهیم مؤثر در مسئله بالا بوده و ثانیاً، مسئله ساختار لایه‌ای پیدا می‌کند، نیز با محدودیت مواجه است (متئو و اندریو[۵]، ۲۰۰۵؛ متئو، اندریو و استیلیانو[۶]، ۲۰۰۶). در همین راستا، نگاشت شناختی فازی لایه‌ای توسعه یافته‌است که به حلّ پیچیدگی‌های ناشی از ساختار چندلایه‌ای مسئله و کارآیی بیشتر رویکرد نگاشت شناختی در توصیف جنبه‌های مختلف یک سیستم واقعی کمک می‌کند (متئو، اندریو و استیلیانو، ۲۰۰۶ و آگویلار[۷]، ۲۰۱۶). در این رویکرد، هر یک از مفاهیم مسئله، به مولفه‌هایی تجزیه شده و هر یک از مولفه‌ها نیز در صورت امکان به زیر مولفه‌ها تجزیه می‌شوند و بدین ترتیب مسئله، یک ساختار لایه‌ای پیدا می‌کند (کریستوفرو[۸] و اندریو، ۲۰۰۱۷). در حال حاضر، روش کمّی مناسبی جهت مدل‌سازی و تحلیل مسئله در چارچوب نگاشت شناختی فازی لایه‌ای ارائه نشده و تعداد کمی از تحقیقات به این موضوع پرداخته‌اند (پاپاجورجیو[۹]، ۲۰۱۱). توسعه روش‌های کمّی تحلیل مسئله در چارچوب روش نگاشت شناختی فازی و افزایش قابلیت‌های آن در مدلسازی و تحلیل مسائل با ابعاد بالا، یکی از زمینه‌های تحقیق است (اوبیدات و سامارسین، ۲۰۱۶ و دودورکا[۱۰]، یسیل[۱۱] و اورباس[۱۲] ، ۲۰۱۷). در راستای توسعه کمّی روش نگاشت شناختی فازی، دودورکا و همکاران مبتنی بر شناسایی اثرات مستقیم و غیر مستقیم بین گره‌ها، روشی برای تجزیه و تحلیل ایستای نگاشت شناختی توسعه دادند (دودورکا، یسیل و اورباس، ۲۰۱۷). کریستوفرو و آندرو نیز از طریق تلفیق تحلیل ایستا و تحلیل پویا چارچوبی به منظور تجزیه و تحلیل نگاشت شناختی ارائه کردند (کریستوفرو و اندریو، ۲۰۰۱۷). اوبیدت و سامارسین به منظور بهبود فرایند تجمیع نقشه‌های شناختی با استفاده از شاخص‌های مرکزیت، روشی به منظور تجزیه و تحلیل ایستای گره‌ها در نگاشت شناختی ارائه کردند (اوبیدات و سامارسین[۱۳]، ۲۰۱۶). تمرکز تحقیقات اخیر بر ارائه روش‌های کمّی برای محاسبه وزن گره‌ها در نگاشت شناختی و کاربرد روش‌های خوشه‌بندی به منظور کاهش ابعاد نگاشت شناختی بوده و توسعه کمّی رویکرد نگاشت شناختی لایه‌ای کمتر مورد توجه قرار گرفته است در حالی‌که این رویکرد، می‌تواند معایب نگاشت شناختی را بر طرف کرده و به توسعه کاربردی آن کمک کند. با توجه به فقدان چارچوبی کمیّ برای استفاده از رویکرد نگاشت شناختی فازی لایه‌ای به عنوان شکاف تحقیقات گذشته در توسعه نگاشت شناختی، هدف تحقیق حاضر ارائه

[1] . Samarasinghe & Strickert
[2] . Hatwágner
[3] . Buruzs
[4] . Kóczy
[5] . Mateou & Andreou
[6] . Stylianou
[7] . Aguilar
[8] . Christoforou
[9] . Papageorgiou
[10] . Dodurka
[11] . Yesil
[12] . Urbas
[13] . Obiedat & Samarasinghe

چارچوب کمّی برای کاربرد نگاشت شناختی فازی لایه‌ای به منظور تحلیل مسائل با ابعاد بالا و توسعه کاربردی آن، با استفاده از ویژگی‌های جبر ماتریس‌ها است. به همین منظور و با توجه به ویژگی‌های رویکرد نظریه گراف- ارزش دایمی ماتریس در تحلیل مسائل با ماهیت و ساختار لایه‌ای و سلسله مراتبی، در این تحقیق تلاش شده محدودیت‌های روش نگاشت شناختی فازی در تحلیل مسائل بزرگ کاهش یابد. از چارچوب و روش کمّی توسعه یافته در این تحقیق به منظور مدلسازی و تحلیل مسئله توانمندسازی مدیریت زنجیره تامین پتروشیمی در دستیابی به پایداری استفاده شده‌است.

پیشینه پژوهش

در این قسمت ابتدا به توصیف نگاشت‌شناختی فازی، نگاشت شناختی فازی لایه‌ای و تحلیل آن پرداخته شده است. سپس آخرین تحقیقات پیرامون توسعه روش نگاشت شناختی ارائه شده‌است.

نگاشت شناختی فازی

نگاشت شناختی فازی، یک گراف وزن‌دار جهت‌دار و متشکل از گره‌ها و ارتباطات بین آن‌ها است. گره‌ها بیانگر مفاهیم یا متغیرهای توصیف‌کننده رفتار سیستم و کمان‌های وزن‌دار جهت‌دار نیز نشان‌دهنده رابطه علّی موجود بین این مفاهیم است (آگویلار، ۲۰۱۳). یک نگاشت شناختی فازی، با چهارگانه (C, W, A, f) تعریف می‌شود که در آن $C=\{C_1, C_2, \dots, C_N\}$ گره‌های نگاشت و بیانگر مفاهیم درگیر در مسئله است. $W: C \times C \rightarrow [-1, 1]$ یک ماتریس N×N است که در برگیرنده w_{ij}، اوزان ناظر بر روابط علّی بین مفاهیم است. در واقع رابطه علّی بین دو مفهوم C_i و C_j با $w_{ij} \in [-1, 1]$ تعیین می‌شود که نشان‌دهنده شدت و جهتی است که مفهوم C_i، مفهوم C_j را تحت تاثیر قرار می‌دهد. $w_{ij} > 0$ نشان می‌دهد که افزایش در C_i موجب افزایش در C_j می شود و برعکس. در حالی که $w_{ij} < 0$ نشان می‌دهد که افزایش در C_i موجب کاهش در C_j می‌شود و برعکس (کاسکو، ۱۹۸۷).

A و f توابعی برای محاسبه درجه فعال‌سازی مفاهیم هستند. این دو تابع به صورت بازگشتی در زمان‌های گسسته $t \in \{1,2, \dots T\}$ روی C عمل کرده و برای هر C_i درجه فعال‌سازی آن را در زمان t با استفاده از رابطه (۱) محاسبه می‌کند.

$$A_i^{t+1} = f\left(A_i^t + \sum_{\substack{j=1 \\ i \neq j}}^{N} A_j^t w_{ji}\right) \quad \text{رابطه}(1)$$

معمولا برای f از زیگموئید $f(x) = \frac{1}{1+e^x}$ یا از تانژانت هذلولوی $f(x) = \frac{e^{2x}-1}{e^{2x}+1}$ استفاده می‌شود. در این مقاله ما از زیگموئید استفاده می‌کنیم.

مدل اولیه حاصل‌از روش نگاشت شناختی در یک حالت ناپایدار قرار دارد و درجه فعال‌سازی هر مفهوم به دلیل روابط علّی-معلولی بین مفاهیم، در هر مرحله از اجرای مدل ممکن است تغییر کند (کاسکو، ۱۹۸۷). بنابراین، مدل اولیه

با استفاده از رابطه A تا رسیدن به نقطه پایداری در چندین مرحله اجرا می‌شود. نقطه پایداری زمانی است که تغییرات وزن هر یک از مفاهیم به مقدار ناچیزی میل کند. به عبارت دیگر t_0 نقطه پایداری است هر گاه برای هر $i = 1,2, \dots, N$ داشته باشیم $A_i^{t+1} = A_i^t, \forall t \geq t_0$ (تسادیراس[1]، ۲۰۰۸).

وزن اعتباری هر مفهوم (گره) در ساختار نگاشت شناختی فازی

یکی از موضوعات مورد بحث در حوزه نگاشت شناختی مربوط به تجزیه و تحلیل مفاهیم و محاسبه میزان اثرگذاری هر مفهوم در ساختار نگاشت است. به منظور تجزیه و تحلیل گره‌ها در یک نگاشت شناختی از مفهوم وزن اعتباری یک گره استفاده می‌شود. فریمن مفهوم مرکزیت را در شبکه‌های اجتماعی معرفی کرد و سپس کاسکو، آن را برای محاسبه اهمیت و وزن یک گره در یک نگاشت شناختی فازی به کار برد (کاسکو، ۱۹۸۶). یکی از کارآمدترین شاخص‌ها در شناسایی اثرگذارترین مفهوم در ساختار نگاشت شناختی، شاخص مرکزیت انطباق[2] است و وزن اعتباری هر گره از طریق نرمال‌سازی این شاخص به دست می‌آید (اوبیدات و سامارسین، ۲۰۱۱). شاخص مرکزیت انطباق مطابق رابطه (۲)، از مجموع سه شاخص مرکزیت درجه $(Cen_D(C_i))$[3]، مرکزیت نزدیکی[4] $(Cen_C(C_i))$ و مرکزیت بینابینی[5] $(Cen_B(C_i))$ به دست می‌آید.

$$Cen_{Cons}(C_i) = Cen_D(C_i) + Cen_C(C_i) + Cen_B(C_i)$$ رابطه (۲)

شاخص مرکزیت درجه با استفاده از رابطه (۳)، مرکزیت بینابینی با استفاده از رابطه (۶) و مرکزیت نزدیکی با استفاده از رابطه (۷) محاسبه می‌شود (فریمن[6]، ۱۹۷۸).

$$Cen_D(C_i) = id(C_i) + od(C_i)$$ رابطه (۳)

$$id(C_i) = \sum_{j=1}^{N} |w_{ji}|$$ رابطه (۴)

$$od(C_i) = \sum_{j=1}^{N} |w_{ij}|$$ رابطه (۵)

$$Cen_B(C_i) = \sum_{\substack{S \neq C_i \\ S \neq T}} \frac{\sigma_{ST}(C_i)}{\sigma_{ST}}$$ رابطه (۶)

$$Cen_C(C_i) = \frac{1}{\sum_{t \in C \setminus C_i} d_G(C_i, t)}$$ رابطه (۷)

$id(C_i) =$ درجه ورودی مفهوم i و معادل مجموع وزن تمام یال‌های ورودی به گره C_i است.

$od(C_i) =$ درجه خروجی مفهوم i و معادل مجموع وزن تمام یال‌های خروجی از گره C_i است.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

[1]. Tsadiras
[2]. Consensus centrality measure (CCM)
[3]. Degree centrality measure
[4]. Closeness centrality measure
[5]. Betweenness centrality measure
[6]. Freeman

σ_{ST} = تعداد کوتاه‌ترین مسیرهای بین گره T و گره S

$\sigma_{ST}(C_i)$ = تعداد کوتاه ترین مسیرهای بین گره T و گره S که از گره C_i می‌گذرد.

$d_G(C_i, t)$ = کوتاه‌ترین مسیرهای بین گره t و گره C_i

با توجه به روابط پویای موجود در ساختار نگاشت شناختی فازی، تحلیل ایستای مسئله ممکن است تصمیم‌گیران را دچار خطا کند. بنابراین، می‌توان از طریق تحلیل پویای ارزش هر مفهوم به یک تحلیل استوار از مسئله دست یافت. تحلیل پویای نگاشت شناختی فازی با استفاده از تابع انتقال و اجرای مدل در گام‌های مختلف صورت می‌گیرد که در نهایت، وزن مفاهیم و نحوه تغییر آن در طی زمان بررسی می‌شود.

ارزش دائمی ماتریس[1]

ارزش دائمی ماتریس یکی از روش‌های محاسباتی متداول در جبر ماتریس‌ها است. تفسیر نظری ارزش دایمی برای اولین بار در سال ۱۹۶۶ توسط یورکات و رایسر بحث شده‌است (جورکات و ریسر[2]، ۱۹۶۶). از مفهوم ارزش دایمی ماتریس در مطالعات مختلف به عنوان روشی جهت محاسبه وزن مفاهیم با ابعاد چندگانه استفاده شده‌است. ارزش دایمی از نظر مفهوم شبیه به دترمینان است با این تفاوت اساسی که در محاسبه ارزش دایمی، اثر جایگشت‌ها در نظر گرفته نمی‌شود. از همین رو در مقایسه با دترمینان و سایر روش‌های توسعه یافته در جبر ماتریس‌ها، هیچ داده‌ای در فرایند محاسبه ارزش دایمی ماتریس از دست نمی‌رود (مینک[3]، ۱۹۸۴). معادله محاسبه ارزش دایمی ماتریس یک تابع استاندارد مبتنی‌بر ریاضیات ترکیبی است. ماتریس $A = (r_{ij})$ را به عنوان یک ماتریس $n \times n$ در نظر بگیرید، مقدار ارزش دایمی آن بر اساس فرمول رایسر به صورت عمومی با استفاده از رابطه (۸) محاسبه می‌شود (بایکاس اوغلو[4]، ۲۰۱۴؛ مینک، ۱۹۸۴):

$$Per(A) = (-1)^n \sum_{S \subseteq \{1,\dots,n\}} (-1)^{|S|} \prod_{i=1}^{n} \sum_{j \in S} r_{ij} \qquad \text{رابطه (۸)}$$

که در آن S، تمام زیرمجموعه‌های $\{1, \dots, n\}$ و $|S|$ تعداد عناصر ماتریس S می‌باشند. به عنوان مثال نحوه محاسبه ارزش دایمی برای یک ماتریس ۳×۳ بر اساس فرمول رایسر، به صورت زیر محاسبه می‌شود (بایکاس اوغلو، ۲۰۱۴):

$$A = \begin{bmatrix} a & d & g \\ b & e & h \\ c & f & i \end{bmatrix}$$

$$Per(A) = (a+b+c)(d+e+f)(g+h+i) - (a+b)(d+e)(g+h) - (a+c)(d+f)(g+i) - (b+c)(e+f)(h+i) + adg + beh + cfi.$$

$$Per(A) = aei + bfg + cdh + afh + bdi + ceg.$$

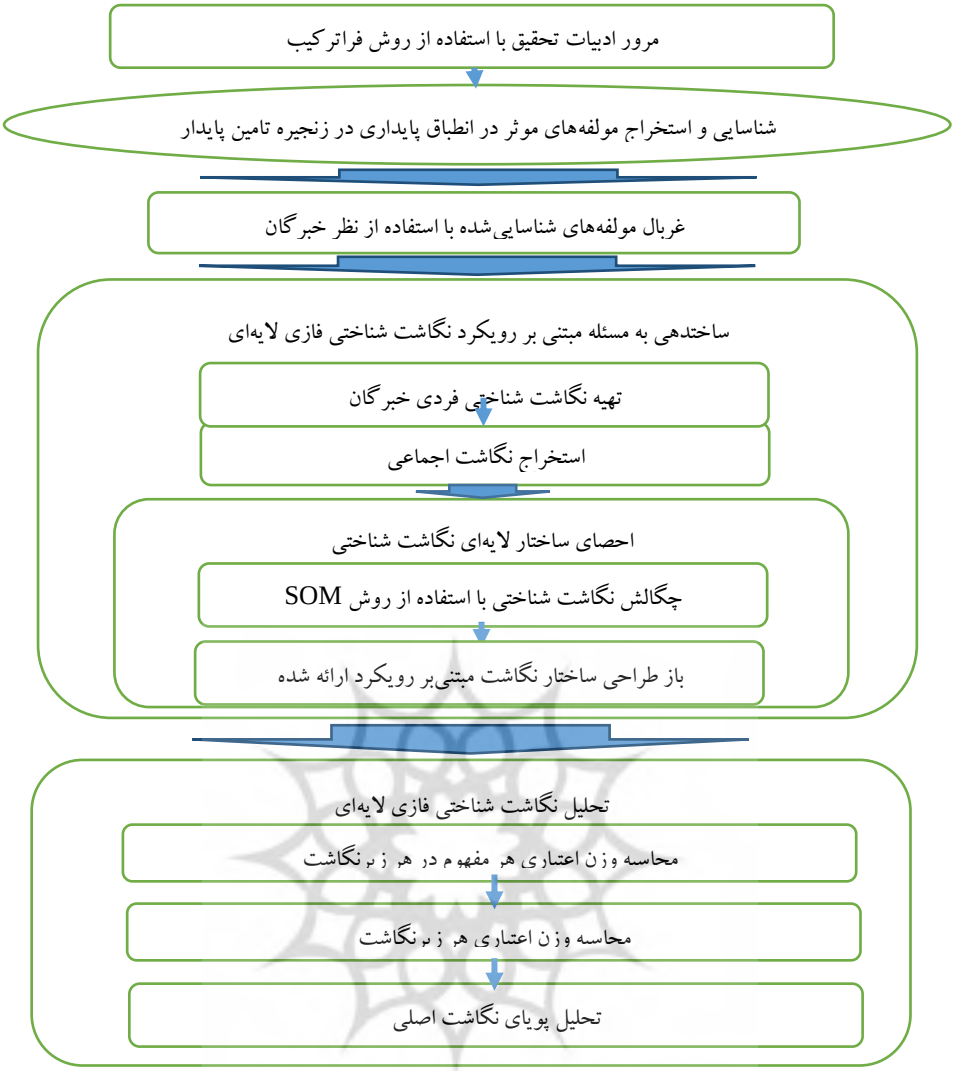
[1]. Matrix Permanent Value
[2]. Jurkat & Ryser
[3]. Minc
[4]. Baykasoglu

روش‌شناسی پژوهش

پژوهش حاضر از آن جهت که به دنبال توسعه و بهبود رویکرد نگاشت شناختی فازی لایه‌ای در تحلیل مسائل با ابعاد بالا است، از لحاظ نوع و هدف توسعه‌ای محسوب می‌شود و از آنجا که به قصد کاربرد نتایج و یافته‌هایش در تحلیل مسئله‌ای خاص در زنجیره تامین صنعت پتروشیمی انجام شده، کاربردی است. با توجه به این‌که پژوهشگر در اجرای تحقیق، متغیرها را دستکاری نمی‌کند و یا برای وقوع رویدادها شرایطی را به وجود نمی‌آورد، از جهت نحوه به دست آوردن داده‌ها در زمره پژوهش‌های توصیفی محسوب می‌شود. در این تحقیق توسعه نگاشت شناختی از طریق ترکیب روش خوشه‌بندی «نقشه خودسازمان‌دهنده» و رویکرد نظریه گراف- ارزش دایمی ماتریس و استفاده از آن در روش نگاشت شناختی فازی لایه‌ای، انجام شده‌است. یکی از اهداف تحقیق حاضر، تحلیل مسئله دستیابی به مدیریت زنجیره تامین پایدار در صنعت پتروشیمی ایران با استفاده از چارچوب کمّی ارائه‌شده، است. بنابراین، جامعه خبرگی تحقیق، مدیران ارشد و میانی شرکت ملی صنایع پتروشیمی و شرکت‌های وابسته است. با توجه به این‌که هدف از تحقیق تعمیم نتایج نیست، از روش نمونه‌گیری هدفمند برای انتخاب نمونه استفاده شده است. معیارهای انتخاب خبرگان تسلط نظری، تجربه عملی، تمایل و توانایی مشارکت در پژوهش و دسترسی بوده است. رویه اجرایی تحقیق مطابق شکل (۱) است. در این تحقیق طی دو مرحله به خبرگان مراجعه شده است. در مرحله اول جهت تایید و نهایی‌سازی مؤلفه‌های مستخرج از مطالعه ادبیات تحقیق به یک خبره دانشگاهی که با مقوله مدیریت زنجیره تامین پایدار در صنعت پتروشیمی آشنا بود و برخی از مدیران فعال در شرکت‌های پتروشیمی، مراجعه شده‌است. در مرحله دوم نیز به منظور تعیین روابط علّی بین مولفه‌ها و استخراج نقشه‌های شناختی به ۹ تن از مدیران فعال در صنعت پتروشیمی به عنوان خبره مراجعه شده‌است.

جدول ۱. مشخصات اعضای نمونه

موقعیت شغلی	تحصیلات و رشته تحصیلی	سابقه کار
مشاور مدیر عامل شرکت ملی صنایع پتروشیمی	کارشناسی ارشد MBA	۲۷ سال
رئیس مرکز تحقیقات و توسعه مدیریت پروژه	دکترای مدیریت تولید	۱۷ سال
رئیس دفتر توسعه صنایع پایین‌دستی شرکت ملی پتروشیمی	کارشناسی ارشد مهندسی پلیمر	۱۵ سال
دبیر جایزه تعالی صنعت پتروشیمی	دکترای مدیریت صنعتی	۱۰ سال
مدیر عامل شرکت مدیریت صنعت نکو و موسس مرکز تحقیقات و توسعه مدیریت پروژه پتروشیمی	دکترای مدیریت پروژه	۱۲ سال
مدیران شرکت بازرگانی پتروشیمی در حوزه مدیریت بازرگانی خارجی	کارشناسی ارشد MBA	۱۶ سال
مدیران شرکت بازرگانی پتروشیمی در حوزه بازاریابی و صادرات محصولات پتروشیمی	دکتری مدیریت بازرگانی	۱۰ سال
رئیس HSE شرکت پتروشیمی پارس	دکتری	۲۰ سال
معاون شرکت صنایع پتروشیمی خلیج‌فارس	دکتری	۲۳ سال



شکل ۱. رویه اجرایی تحقیق

رویکرد نظریه گراف-ارزش دایمی ماتریس

نظریه گراف-ارزش دایمی ماتریس یکی از رویکردهای توسعه یافته در تصمیم‌گیری چندمعیاره است که با استفاده از خواص نظریه گراف و محاسبات مربوط به جبر ماتریس‌ها، مدل‌سازی و حل مسائل پیچیده تصمیم‌گیری را آسان‌تر کرده‌است. روش‌های توسعه‌یافته در این رویکرد قابلیت بالایی در تحلیل روابط علّی بین متغیرهای یک مسئله را دارند و در تحلیل مسائل با ماهیت و ساختار لایه‌ای استفاده می‌شود (موکتادیر، رحمان، رحمان، علی و پائول[1]، ۲۰۱۸). استفاده از این رویکرد در حوزه تصمیم‌گیری در سال‌های اخیر متداول شده و در زمینه‌های مختلف مورد استفاده قرار گرفته است (موکتادیر، رحمان، رحمان، علی و پائول، ۲۰۱۸؛ مرادی و جولایی، ۲۰۱۸؛ سینق[2] و سینگرو[3]، ۲۰۱۸ و بایکاس اوغلو و

[1]. Moktadir, Rahman, Rahman, Ali & Paul
[2]. Singh
[3]. Singru

گولکوک[1]، ۲۰۱۷). روش‌شناسی تحلیل مسئله مبتنی‌بر رویکرد نظریه گراف–ارزش دایمی ماتریس بر اساس انجام گام‌های زیر است (مرادی و جولایی، ۲۰۱۸):

گام اول: شناسایی معیارها، زیرمعیارها و مولفه‌های مربوط به هر زیرمعیار و طراحی ساختار مسئله.

گام دوم: تعیین اهمیت نسبی هر یک از مولفه‌های مربوط به هر زیرمعیار در مقایسه با یکدیگر و تشکیل ماتریس β

$$\beta = \begin{bmatrix} 0 & r_{12} & \cdots & r_{14} \\ r_{21} & 0 & \cdots & r_{2n} \\ . & \cdots & . & . \\ r_{n1} & \cdots & \cdots & 0 \end{bmatrix}$$

گام سوم: تعیین اهمیت نسبی هر یک از زیر معیارهای مربوط به هر معیار و تشکیل ماتریس ω

$$\omega = \begin{bmatrix} C_1 & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & C_2 & \cdots & 0 \\ . & \cdots & . & . \\ 0 & \cdots & 0 & C_n \end{bmatrix}$$

گام چهارم: تشکیل ماتریس روابط مربوط به هر معیار (ماتریس ε)

$$\varepsilon = \beta + \omega = \begin{bmatrix} C_1 & r_{12} & r_{13} & .. & .. & r_{1n} \\ r_{21} & C_2 & r_{23} & .. & .. & r_{2n} \\ r_{31} & r_{32} & C_3 & .. & .. & r_{3n} \\ .. & .. & .. & .. & .. & .. \\ .. & .. & .. & .. & .. & .. \\ r_{n1} & r_{n2} & r_{n3} & .. & .. & C_n \end{bmatrix}$$

گام پنجم: تعیین ارزش هر معیار در ساختار مسئله از طریق محاسبه ارزش دایمی ماتریس ε

$$\text{ارزش هر معیار در ساختار مسئله} = Per(\varepsilon)$$

$$\begin{aligned} &= \prod_{i=1}^{N} C_i \\ &+ \sum_{i,j,\ldots,N} (r_{ij}r_{ji}) C_k C_l \ldots C_N + \sum_{i,j,\ldots,N} (r_{ij}r_{jk}r_{ki} + r_{ik}r_{kj}r_{ji}) C_k C_l \ldots C_N \\ &+ \left\{ \sum_{i,j,\ldots,N} (r_{ij}r_{ji})(r_{kl}r_{lk}) C_n C_m \ldots C_N \right. \\ &\left. + \sum_{i,j,\ldots,N} (r_{ij}r_{jk}r_{kl}r_{li} + r_{il}r_{lk}r_{kj}r_{ji}) C_l C_n \ldots C_N \right\} \\ &+ \left[\sum_{i,j,\ldots,N} (r_{ij}r_{ji})(r_{kl}r_{ln}r_{nk} + r_{kn}r_{ln}r_{lk}) C_m C_o \ldots C_N \right. \\ &\left. + \sum_{i,j,\ldots,N} (r_{ij}r_{jk}r_{kl}r_{ln}r_{ni} + r_{in}r_{nl}r_{lk}r_{kj}r_{ji}) C_m C_o \ldots C_N \right] + \cdots \end{aligned}$$

[1]. Gölcük

رویکرد ترکیبی نگاشت شناختی فازی لایه‌ای و رویکرد ماتریس

در این تحقیق با استفاده از مفهوم وزن اعتباری نگاشت شناختی فازی و تلفیق آن با مفهوم ارزش دایمی ماتریس ضمن جلوگیری از حذف اطلاعات مفید، روشی جدید به منظور افزایش کارایی فرایند چگالش نگاشت شناختی و همچنین تحلیل مسئله در چارچوب نگاشت شناختی فازی لایه‌ای ارائه شده‌است. در این روش، ابتدا با استفاده از روش خوشه‌بندی SOM مولفه‌های مسئله در قالب زیرنگاشت‌های مختلف خوشه‌بندی و ساختار نگاشت شناختی لایه‌ای استخراج می‌شود. سپس، وزن اعتباری هریک از زیرنگاشت‌ها با استفاده از روابط (۹) و (۱۰) به‌دست می‌آید. در نهایت نیز مبتنی بر رابطه (۱۱) مسئله در چارچوب نگاشت شناختی فازی لایه‌ای مورد تحلیل پویا قرار گرفته و نحوه تغییر درجه اهمیت هر یک از متغیرها در مراحل مختلف اجرای مدل بررسی می‌شود.

$$CW(Sub_FCM_i) = Per(Sub_FCM_i) = Per\left(\begin{bmatrix} F_1^i & r_{12}^i & \dots & r_{1n}^i \\ r_{21}^i & F_2^i & \dots & \vdots \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ r_{n1}^i & \dots & \dots & F_n^i \end{bmatrix}\right) \quad \text{رابطه (۹)}$$

$$F_l^i = CW(C_l) = Cen_{Cons}(\mathrm{C_l}); (l = 1, 2, \dots, n) \quad \text{رابطه (۱۰)}$$

$$(CW_{Sub_FCM})_i^{t+1} = f\left((CW_{Sub_FCM})_i^t + \sum_{\substack{j=1 \\ i\neq j}}^{N}(CW_{Sub_FCM})_j^t W_{ji}\right) \quad \text{رابطه (۱۱)}$$

W_{ji} در رابطه (۱۱) بیانگر رابطه علّی بین زیرنگاشت j و زیرنگاشت i در نگاشت اصلی است. در این تحقیق به منظور محاسبه درجه فعال‌سازی وزن اعتباری زیرنگاشت‌ها در هر تکرار از تابع انتقال (f) مبتنی بر رویکرد هبین[1] (دیکرسون[2] و کاسکو، ۱۹۹۴) استفاده شده‌است.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

یافته‌های پژوهش

به منظور دستیابی به اهداف تحقیق، ابتدا با استفاده از روش فراترکیب و بررسی مطالعات گذشته، مولفه‌های مؤثر در انطباق پایداری در زنجیره تامین شناسایی و سپس در قالب توانمندسازهای مدیریت زنجیره تامین پایدار دسته‌بندی شدند. در ادامه به منظور ساختاردهی به توانمندسازهای مدیریت زنجیره تامین در قالب روابط علّی–معلولی، با استفاده از روش‌شناسی نگاشت شناختی فازی ابتدا نگاشت فردی خبرگان به‌دست آمد؛ سپس با ترکیب نگاشت‌های فردی، ساختار توانمندسازها ایجاد شد و هریک از توانمندسازها مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت.

[1] . Hebbian-based approach
[2] . Dickerson

استخراج توانمندسازهای مدیریت زنجیره تامین پایدار

به منظور شناسایی و استخراج توانمندسازهای مدیریت زنجیره تامین پایدار، مبتنی بر روش فراترکیب مطالعات گذشته مورد بررسی سیستماتیک قرار گرفت. در نهایت ۲۴ مقاله جهت تجزیه و تحلیل نهایی انتخاب شد. مقالات منتخب، بر اساس سوالات «مشخصه‌های (نتایج) مدیریت زنجیره تامین پایدار چیست؟»، «محرک‌های مدیریت زنجیره تامین پایدار جهت حرکت به سمت پایداری چیست؟» و «چه مولفه‌هایی، مدیریت زنجیره تامین را در دستیابی به پایداری توانمند می‌کند؟»، مورد بررسی قرار گرفت و مولفه‌های شناسایی شده در نهایت با استفاده از نظر خبرگان، در سه دسته محرک‌ها، توانمندسازها و نتایج پایداری دسته‌بندی شد. نتایج حاصل از بررسی مقالات منتخب در جدول (۲) و نتایج دسته بندی در جدول (۳) ارائه شده‌است.

جدول ۲. مولفه‌های مؤثر در انطباق پایداری در زنجیره تامین حاصل از روش فراترکیب

مولفه‌های شناسایی‌شده
آلودگی زیست محیطی، مواد اولیه بازیافت شده، غرامت‌های زیست محیطی، ریسک‌های زیست محیطی (لوترا، گارگ و هالیم[1]، ۲۰۱۶)
وفاداری مشتری، رضایت مشتری، توسعه بازار، سهم بازار، کاهش هزینه، سودآوری، مزیت رقابتی، تصویر شرکت (کومار و رحمان[2]، ۲۰۱۵)
حفظ مشتریان، آموزش به مردم، سیستم ارزیابی عملکرد، ارائه پاداش به کارکنان، بهبود محیط کار، کاهش تبعیض (داس[3]، ۲۰۱۷)
تامین مالی، ارتقای عملیات، چشم انداز بنگاه و کارمندان (هنگ، ژانگ و دینگ[4]، ۲۰۱۸)
بهبود کیفیت، انعطاف‌پذیری منابع، مواد اولیه مصرفی، مسئولیت اجتماعی، تجارت سالم، پاسخگویی، قوانین و معاهدات بین المللی، قوانین کشور مقصد (کاردین و بوتا[5]، ۲۰۱۴)
خلق ارزش، کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای، کاهش ضایعات، بهره‌وری در مصرف انرژی، ایجاد اشتغال منطقه‌ای، فروش منطقه‌ای محصولات (گونگ، سیمپسون، کوه و هوآ تان[6]، ۲۰۱۸)
کاهش ضایعات، تولید پاک، استفاده از مواد اولیه بازیافت شده، یکپارچگی لجستیک، محصولات سازگار با محیط زیست (لیم، تسنگ، هوآتان و دات بوئی[7]، ۲۰۱۷)
رهبری مدیریت ارشد، تعهد به پایداری، فرهنگ سازمانی، مدیریت عملکرد، مدیریت و تسهیم ریسک، مدیریت تامین کننده، یکپارچگی کارکردهای مشابه (وان احمد، رضایی، تاوازی و دی بریتو[8]، ۲۰۱۶)
مسئولیت اجتماعی، تبعیض، حقوق کارکنان، ایمنی و بهداشت کار (مانی، گوناسکاران و دلگادو[9]، ۲۰۱۸)
مقررات سازمانی، لجستیک معکوس، خرید و تولید محصولات سازگار با محیط زیست، رویه‌های سازگار، بازطراحی فرایندها، همکاری با مصرف کنندگان، مدیریت ایمنی و بهداشت، طراحی اقتصادی محصولات (ژانگ، تسه، دوهرتی، لی و اختر[10]، ۲۰۱۸)
حقوق کارکنان، حقوق سهامداران، آگاه‌سازی سهامداران، شفافیت عملکرد و اطلاعات، آموزش کارکنان، اثرگذاری و نفوذ سهامداران (بدری احمدی، کسی–سارپونگ و رضایی[11]، ۲۰۱۷)
پایداری شغل، مسائل ایمنی و بهداشت، سیاست ها و مقررات دولتی (دیابات، کانان و متیواتانان[12]، ۲۰۱۴)
تبعیض، ایمنی و بهداشت کار، کیفیت زندگی، وضعیت کار (وینتر و لاسچ[13]، ۲۰۱۶)

[1]. Luthra, Garg & Haleem
[2]. Kumar & Rahman
[3]. Das
[4]. Hong, Zhang & Ding
[5]. Chardine-Baumann & Botta-Genoulaz
[6]. Gong, Simpson, Koh & Hua Tan
[7]. Lim, Tseng, Hua Tan & Dat Bui
[8]. Wan Ahmad, Rezaei, Tavasszy & de Brito
[9]. Mani, Gunasekaran, Delgado
[10]. Zhang, Tse, Doherty, Li & Akhtar
[11]. Badri Ahmadi, Kusi-Sarpong & Rezaei
[12]. Diabat, Kannan & Mathiyazhagan
[13]. Winter & Lasch

تعهد مدیریت، همکاری در زنجیره تامین، هماهنگی در زنجیره تامین، آگاهی تامین‌کنندگان، یکپارچگی لجستیکی، به کارگیری محصولات جانبی، بسته‌بندی سبز (ماتیواتانان، کانان و نورالحق[1]، ۲۰۱۸)
مشارکت مدیریت، استعداد زنجیره تامین، قابلیت‌های تدارکاتی، انتظارات اجتماعی، خطوط راهنمای دولتی، جرائم تعیین‌شده توسط دولت، تعهدات اجتماعی، اتصال زنجیره تامین (شیبین، گوناسکاران و دوبی[2]، ۲۰۱۷)
تخصیص بودجه، وضوح اهداف، فرهنگ ملی، یکپارچگی فناوری (گوسلینگ، جیا، گونگ و بران[3]، ۲۰۱۷)
آگاهش مشتری، صدای مشتری، مزیت رقابتی، مقررات دولتی (گینیپرو[4]، ۲۰۱۲)
حمایت مشتری، تبعیت تامین کننده از استانداردها، ارزیابی تامین‌کنندگان، آموزش تامین کنندگان، گواهی ISO 14001 (جیا، دیابات و ماتیواتانان[5]، ۲۰۱۵)
سیاست‌ها و مقررات دولتی (گَرگ، شارما و گویال[6]، ۲۰۱۷)
حمایت مدیریت، مشارکت مدیریت، پذیرش ایده‌های نوآورانه، یکپارچگی اهداف پایداری، انعطاف‌پذیری زنجیره تامین، سیستم جریان اطلاعاتی، شایستگی نیروی کار، درک اهمیت پایداری، هنجارهای صنعتی (لوترا، گویندان و منگلا[7]، ۲۰۱۷)
استانداردها، انتظارات ذی‌نفعان خارجی، برنامه‌های کاهش مصرف انرژی، برنامه‌های کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای، سیستم مدیریت ایمنی و سلامت شغلی، سیاست‌های تعادل زندگی- کار، اشتراک‌گذاری اطلاعات (سانچا، لنگونی و گیمنز[8]، ۲۰۱۵)
مستندسازی دانش، فناوری اطلاعات، جهت‌گیری زنجیره تامین، گرایش راهبردی زنجیره تامین، رویکرد خطوط سه‌گانه، نوآوری، یادگیری، ارزیابی محصولات و تحلیل چرخه عمر، مدیریت ذی‌نفعان (بسکه، لاند و سیورینگ[9]، ۲۰۱۴)
فشار رقبا، مشوق ها و پاداش های دولتی، سیاست ها و مقررات دولتی، استانداردهای ایمنی (رات، نارخد و گارداس[10]، ۲۰۱۷)
کیفیت زندگی کاری، سلامت کارکنان، استفاده از فناوری پاک، کاهش نابرابری (حسین، آواشتی و تیواری[11]، ۲۰۱۶)

جدول (۳). نتایج دسته‌بندی

دستاوردهای مدیریت زنجیره تامین پایدار
مشتری (O1)، توسعه بازار (O2)، تامین مالی (O3)، کاهش هزینه (O4)، منابع پایدار (O5)، سودآوری (O6)، رقابت‌پذیری (O7)، کیفیت (O8)، تولید پاک (O9)، کاهش مصرف مواد اولیه (O10)، مدیریت لجستیک (O11)، هزینه‌های زیست محیطی (O12)، بهبود کیفیت زندگی کاری (O13)، ایمنی و بهداشت (O14)، حفظ حقوق ذی‌نفعان (O15)، اشتغالزایی (O16)، حفظ حقوق کارکنان (O17)، مسئولیت اجتماعی (O18)، فروش منطقه‌ای (O19)، اشتغال منطقه‌ای (O20)
توانمندسازهای مدیریت زنجیره تامین در دستیابی به پایداری
مدیریت (E1)، نوآوری (E2)، تعریف اهداف مربوط به پایداری (E3)، تعهد به توسعه پایداری (E4)، آگاهی اعضای زنجیره تامین (E5)، مشارکت و همکاری در زنجیره تامین (E6)، انعطاف‌پذیری زنجیره تامین در برابر تغییرات بیرونی (E7)، سیستم ارزیابی عملکرد (E8)، مدیریت دانش (E9)، فرهنگ (E10)، یکپارچگی در زنجیره تامین (E11)، کاربرد فناوری اطلاعات (E12)، کارکنان (E13)، تسهیم ریسک بین اعضا (E14)، تعهد شرکا به پایداری (E15)، اشتراک‌گذاری منابع بین اعضای زنجیره تامین (E16)، اعتماد در زنجیره تامین (E17)، هماهنگی در زنجیره تامین (E18)
محرک‌های گذار به مدیریت زنجیره تامین پایدار
صدای مشتری (D1)، افزایش سطح رقابت‌پذیری (D2)، مزایای توسعه پایدار (D3)، رقابت (D4)، پاسخگویی به مسائل زیست محیطی (D5)، مقررات دولتی (D6)، انتظارات اجتماعی (D7)، معاهدات بین‌المللی (D8)، قوانین کشور مقصد (D9)، استانداردهای بین‌المللی (D10)، انتظارات ذی‌نفعان خارجی (D11)، هنجارهای صنعتی (D12)، تعهدات زیست محیطی (D13)، تعهدات اجتماعی شرکت (D14)

[1]. Mathivathanan, Kannan & Noorul Haq
[2]. Shibin, Gunasekaran & Dubey
[3]. Gosling, Jia, Gong & Brown
[4]. Giunipero, Hooker & Denslow
[5]. Jia, Diabat & Mathiyazhagan
[6]. Garg, Sharma, & Goyal
[7]. Luthra, Govindan & Mangla
[8]. Sancha, Longoni & Giménez
[9]. Beske, Land & Seuring
[10]. Raut, Narkhede & Gardas
[11]. Hussain, Awasthi & Tiwari

ساختدهی به مسئله مبتنی بر روش نگاشت شناختی فازی لایه‌ای

به منظور ساختدهی به مولفه‌های شناسایی‌شده، ابتدا از طریق توزیع پرسشنامه بین خبرگان، نگاشت شناختی فازی فردی هر یک از خبرگان استخراج و سپس از طریق تجمیع آن‌ها، نگاشت اجماعی به دست آمد. برای این منظور پرسشنامه روابط علّی طراحی شد. شکل ظاهری این پرسشنامه‌ها توسط افرادی که سابقه پژوهش در زمینه نگاشت شناختی را داشتند، مورد تایید قرار گرفت. پرسشنامه روابط علّی، یک پرسشنامه مقایسه زوجی است اما چون برای استخراج مدل ذهنی خبرگان پیرامون مسئله استفاده شده‌است، سازگاری درونی برای آن بی معنی است (گلیکاس، ۲۰۱۰). نقشه‌های شناختی فازی به صورت یک ماتریس N×N نمایش داده می‌شوند. نقشه‌های اجماعی مبتنی بر روش نقشه تجمیعی، به صورت جمع ماتریسی نقشه‌های فردی به دست می‌آید. اگر w_{ij}^{l} درایه نقشه شناختی خبره k ام در خصوص ارتباط بین مولفه i و مولفه j در نظر بگیریم، درایه‌های نقشه شناختی فازی اجماعی (e) حاصل از تجمیع نقشه‌های شناختی k خبره با استفاده از رابطه زیر به دست می‌آید (کاسکو، ۱۹۸۶):

$$e_{ij} = \frac{\sum_{l=1}^{k} w_{ij}^{l}}{K}$$ رابطه(۱۲)

نگاشت شناختی اجماعی با استفاده از نرم‌افزار Netdraw و از طریق محاسبه میانگین نظرات خبرگان به دست آمد. نظر خبرگان در خصوص میزان رابطه علّی بین مولفه‌ها با استفاده از طیف فازی پنج‌گانه (M_1 تا M_5) مطابق جدول (۴) اخذ شده‌است. مقادیر زبانی فازی با استفاده از روش ارائه‌شده توسط گیتا و سکار، به مقادیر کمّی و قطعی تبدیل شد (بایکاس اوغلو، ۲۰۱۴). این تبدیلات با اعداد فازی مثلثی متقارن$M_1(0, 0.3)$، $M_2(0.25, 0.25)$، $M_3(0.5, 0.25)$، $M_4(0.75, 0.25)$ و $M_5(1, 0.3)$ که توابع عضویت آن‌های به صورت زیر است، انجام شده‌اند. به منظور به دست آوردن رابطه علّی بین زیرنگاشت‌ها نیز پرسشنامه‌ای بین خبرگان توزیع شد.

جدول ٤. طیف فازی پنج‌گانه (بایکاس اوغلو، ۲۰۱٤)

عبارت‌های زبانی فازی	معنای توصیفی	مقادیر کمّی قطعی
M_1	مولفه i بر مولفه j اثر ندارد	۰,۱۱۵
M_2	مولفه i بر مولفه j اثر کم دارد	۰,۲۹۵
M_3	مولفه i بر مولفه j اثر متوسط دارد	۰,۴۹۵
M_4	مولفه i بر مولفه j اثر زیاد دارد	۰,۶۹۵
M_5	مولفه i بر مولفه j اثر خیلی زیاد دارد	۰,۸۹۵

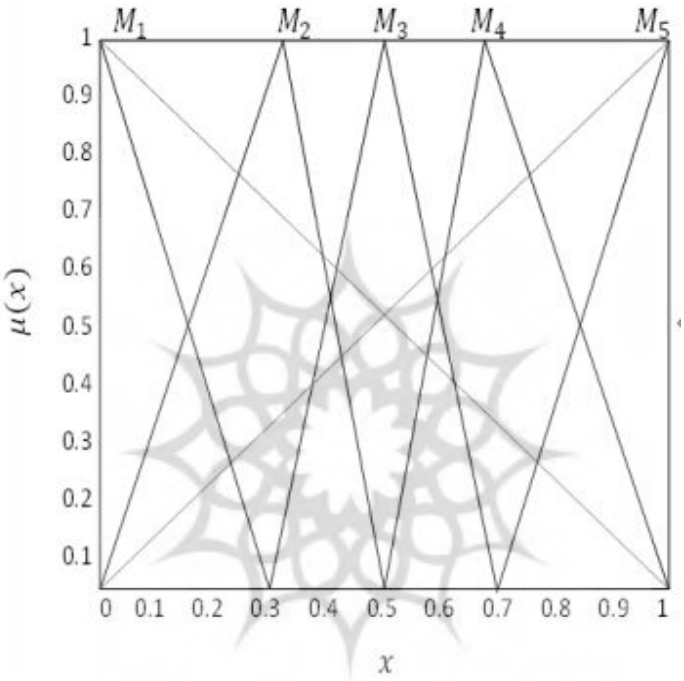
$$\mu_{M_1}(X) = \begin{cases} 1, & X = 0 \\ \dfrac{0.3 - X}{0.3}, & 0 \le X \le 0.3 \end{cases}$$

$$\mu_{M_2}(X) = \begin{cases} \dfrac{X - 0}{0.25}, & 0 \le X \le 0.25 \\ \dfrac{0.5 - X}{0.25}, & 0.25 \le X \le 0.5 \end{cases}$$

$$\mu_{M_3}(X)=\begin{cases}\dfrac{X-0.3}{0.2}, & 0.3\le X\le 0.5\\ \dfrac{0.7-X}{0.2}, & 0.5\le X\le 0.7\end{cases}$$

$$\mu_{M_4}(X)=\begin{cases}\dfrac{X-0.5}{0.25}, & 0.5\le X\le 0.75\\ \dfrac{1-X}{0.25}, & 0.75\le X\le 1\end{cases}$$

$$\mu_{M_5}(X)=\begin{cases}\dfrac{X-0.7}{0.3}, & 0.7\le X\le 1\\ 1, & X=1\end{cases}$$



شکل ۲. تابع عضویت اعداد فازی پنج‌گانه (بایکاس اوغلو، ۲۰۱٤)

احصای ساختار لایه‌ای نگاشت شناختی فازی

به منظور احصای ساختار لایه‌ای نگاشت شناختی فازی، ابتدا مبتنی بر روش SOM و با استفاده از نرم‌افزار متلب[1] مولفه‌های ارائه شده در جدول (۳) خوشه‌بندی شد. تعداد خوشه‌ها مبتنی بر روش اکتشافی به صورت شهودی و با تایید خبرگان تعیین و هر یک از خوشه‌ها برچسب‌گذاری شد. در نهایت، از طریق تعیین میزان ارتباط بین خوشه‌ها (زیرنگاشت‌ها) توسط خبرگان، نگاشت شناختی اصلی به صورت شکل (۳) به دست آمد.

جدول ۵. نتایج حاصل از روش SOM

رقابت پذیری (Sub_FCM_1)
مشتری، رقابت‌پذیری، کیفیت
بهبود محیط کار (Sub_FCM_2)
بهبود کیفیت زندگی کاری، ایمنی و بهداشت کار، حفظ حقوق کارکنان
تعهد اعضای زنجیره تامین (Sub_FCM_3)

[1]. MATLAB

آگاهی اعضای زنجیره تامین، تعهد شرکا به پایداری، اشتراک‌گذاری منابع بین اعضای زنجیره تامین
تعهد مدیریتی به توسعه پایدار (Sub_FCM_4)
تعهد مدیریت، تعریف اهداف مربوط به پایداری، تعهد به توسعه پایدار، یکپارچگی در زنجیره تامین، تسهیم ریسک بین اعضای زنجیره تامین و شرکا
تعهدات شرکت (Sub_FCM_5)
هنجارهای صنعتی، تعهدات زیست محیطی، تعهدات اجتماعی شرکت
نتایج اقتصادی (Sub_FCM_6)
توسعه بازار، تامین مالی، کاهش هزینه، منابع پایدار، سودآوری
کاهش تبعات زیست محیطی (Sub_FCM_7)
تولید پاک، کاهش مصرف مواد اولیه، مدیریت لجستیک، هزینه‌های زیست محیطی
محدودیت‌های زیست محیطی شرکت (Sub_FCM_8)
مقررات دولتی، انتظارات اجتماعی در خصوص پایداری، معاهدات بین المللی، قوانین کشور مقصد، استانداردهای بین المللی، انتظارات ذی‌نفعان خارجی
مزایای اقتصادی حاصل از پایداری (Sub_FCM_9)
صدای مشتری، افزایش سطح رقابت‌پذیری، مزایای توسعه پایدار، رقابت، پاسخگویی به مسائل ایمنی و بهداشت
مسئولیت اجتماعی شرکت (Sub_FCM_{10})
حفظ حقوق ذی‌نفعان، اشتغالزایی، مسئولیت اجتماعی، فروش منطقه‌ای، ایجاد اشتغال منطقه‌ای
همکاری در زنجیره تامین (Sub_FCM_{11})
مشارکت و همکاری، کاربرد فناوری اطلاعات، اعتماد در زنجیره تامین، هماهنگی در زنجیره تامین
توسعه سازمانی (Sub_FCM_{12})
نوآوری، انعطاف‌پذیری، سیستم ارزیابی عملکرد، مدیریت دانش، فرهنگ، کارکنان

محاسبه وزن هر یک از مولفه‌ها در نگاشت شناختی فازی

در راستای تعیین میزان اثرگذاری هر یک از مولفه‌ها، وزن اعتباری هر مولفه با استفاده از رابطه (۱) محاسبه شد. برای این منظور با استفاده از نرم‌افزار UCINET ابتدا مقادیر مرکزیت درجه، مرکزیت نزدیکی و مرکزیت بینابینی برای هر مولفه محاسبه و سپس شاخص مرکزیت انطباق برای هر یک محاسبه شد. در نهایت از طریق نرمال‌سازی شاخص مرکزیت انطباق، وزن اعتباری هر مولفه به دست آمد. نتایج تحلیل داده‌ها در جدول (۶) ارائه شده است.

جدول ٦. نتایج حاصل از تحلیل داده‌ها

ابعاد	مولفه	مرکزیت نزدیکی	مرکزیت بینابینی	مرکزیت درجه	مرکزیت انطباق	وزن اعتباری ($CW(C_i)$)
توانمندسازهای مدیریت زنجیره تامین در دستیابی به پایداری	مدیریت	۱٫۶۰۷	۱٫۵۶۷	۱۲٫۵	۱۵٫۶۷۴	۰٫۰۳۲۹
	نوآوری	۱٫۵۷۵	۹٫۱۶۷	۹٫۵	۲۰٫۲۴۲	۰٫۰۴۲۵
	تعریف اهداف	۱٫۵۵۸	۱۹٫۹۶۷	۱۰	۳۱٫۵۲۵	۰٫۰۶۶۳
	تعهد به توسعه پایدار	۱٫۸۳۹	۱۹٫۹۶۷	۱۷٫۸۷۵	۳۹٫۶۸۱	۰٫۰۸۳۴
	آگاهی اعضا	۱٫۷۳۹	۱۶	۱۶٫۱۲۵	۳۳٫۸۶۴	۰٫۰۷۱۲
	مشارکت و همکاری	۱٫۹۴۴	۰٫۳۳۳	۲۴	۲۶٫۲۷۷	۰٫۰۵۵۲
	انعطاف‌پذیری	۱٫۸۳۹	۸٫۶۶۷	۱۸	۲۸٫۵۰۶	۰٫۰۵۹۹
	سیستم ارزیابی عملکرد	۱٫۵۴۹	۱۰٫۶۶۷	۹٫۷۵	۲۱٫۹۶۶	۰٫۰۴۶۲
	مدیریت دانش	۱٫۵۳۸	۱۲٫۵	۱۳٫۱۲۵	۲۷٫۲۰۸	۰٫۰۵۷۲
	فرهنگ	۱٫۴۶۴	۳٫۵	۷٫۶۲۵	۱۲٫۵۸۹	۰٫۰۲۶۴
	یکپارچگی	۱٫۷۱۷	۱٫۸۳۳	۱۶	۱۹٫۵۵	۰٫۰۴۱۱
	فناوری اطلاعات	۱٫۷۹۴	۱۰٫۶۶۷	۱۴	۲۶٫۴۶۱	۰٫۰۵۵۶

	کارکنان	۱,۶۲۳	۱۰,۶۶۷	۹,۸۷۵	۲۲,۱۶۵	۰,۰۴۶۶
	تسهیم ریسک	۱,۷۵۴	۱,۵۶۷	۱۴,۳۷۵	۱۷,۹۶۹	۰,۰۳۷۲
	تعهد شرکا	۱,۷۹۴	۱۹,۹۶۷	۱۹,۲۵	۴۱,۰۱۱	۰,۰۸۶۲
	اشتراک‌گذاری منابع	۱,۵۸۳	۲۸,۹۶۷	۱۶,۲۵	۴۶,۸	۰,۰۹۸۴
	اعتماد	۱,۹۴۴	۰	۱۸,۸۷۵	۲۰,۸۱۹	۰,۰۴۳۷
	هماهنگی	۱,۹۴۴	۱	۲۰,۳۷۵	۲۳,۳۱۹	۰,۰۴۹
دستاوردهای مدیریت زنجیره تامین پایدار	مشتری	۱,۳۳۷	۴,۵۱۱	۱۱,۳۵۷	۱۷,۲۲۳	۰,۰۵۱۴
	توسعه بازار	۱,۳۳۴	۳,۶۳۲	۱۴,۲۹۱	۱۹,۲۵۷	۰,۰۵۷۵
	تامین مالی	۱,۳۳۶	۹,۳۸۲	۱۲	۲۲,۷۱۸	۰,۰۶۷۸
	کاهش هزینه	۱,۲۰۹	۰,۷۳۶	۱۲,۵۴۲	۱۴,۴۸۷	۰,۰۴۳۲
	منابع پایدار	۱,۱۸۸	۲,۳۰۸	۱۱,۲۰۸	۱۴,۷۰۴	۰,۰۴۳۹
	سودآوری	۱,۴۱	۷,۳۲۳	۱۵,۰۸۴	۲۳,۸۱۷	۰,۰۷۱۱
	رقابت‌پذیری	۱,۳۸۶	۶,۲۰۳	۱۶,۶۶۶	۲۴,۲۵۵	۰,۰۷۲۴
	کیفیت	۱,۴۲	۱۶,۴۶	۱۵,۳۳۳	۳۳,۲۱۳	۰,۰۹۹۲
	تولید پاک	۱,۱۷۹	۱,۸۲۹	۱۰	۱۳,۰۰۸	۰,۰۳۸۸
	کاهش مصرف مواد اولیه	۱,۰۵۵	۰,۵۱۷	۸,۳۳۳	۹,۹۰۵	۰,۰۲۹۵
	مدیریت لجستیک	۱,۰۲۶	۰,۶۱۵	۷,۱۶۶	۸,۸۰۷	۰,۰۲۶۳
	هزینه‌های زیست محیطی	۰,۹۶۵	۰	۶,۱۶۷	۷,۱۳۲	۰,۰۲۱۳
	بهبود کیفیت زندگی کاری	۱,۰۷۶	۰,۴۷۱	۱۰,۴۱۶	۱۱,۹۶۳	۰,۰۳۵۷
	ایمنی و بهداشت	۰,۹۹۱	۰	۸,۷۵	۹,۷۴۱	۰,۰۲۹۱
	حفظ حقوق ذی‌نفعان	۱,۱۹۲	۱,۳۲۷	۱۰,۲۵	۱۲,۷۶۹	۰,۰۳۸۱
	اشتغالزایی	۱,۲۳۸	۲,۵۹۱	۱۲,۰۸۳	۱۵,۹۱۲	۰,۰۴۷۵
	حفظ حقوق کارکنان	۰,۹۹۱	۰	۱۰,۱۶۷	۱۱,۱۵۸	۰,۰۳۳۳
	مسئولیت اجتماعی	۱,۳۵۹	۱۲,۳۶	۱۶,۵۸۳	۳۰,۳۰۲	۰,۰۹۰۵
	فروش منطقه‌ای	۱,۲۴۹	۴,۵۲۸	۱۱,۶۶۷	۱۷,۴۴۴	۰,۰۵۲۱
	اشتغال منطقه‌ای	۱,۲۳۱	۲,۹۸۳	۱۲,۶۶۷	۱۶,۸۸۱	۰,۰۵۰۴
محرک‌های گذار به مدیریت زنجیره تامین پایدار	صدای مشتری	۱,۳۳۴	۰,۷۱۳	۱۱,۲۵	۱۳,۲۹۷	۰,۰۵۳۹
	افزایش سطح رقابت‌پذیری	۱,۳۶۷	۰,۸۰۵	۱۲,۱۲۵	۱۴,۲۹۷	۰,۰۵۸۰
	مزایای توسعه پایدار	۱,۴۹۱	۱,۵۰۲	۱۲,۸۷۵	۱۵,۸۶۸	۰,۶۴۳
	رقابت	۱,۲۹۷	۰,۹۰۸	۱۰,۳۷۵	۱۲,۵۸	۰,۰۵۱۰
	پاسخگویی به مسائل زیست محیطی	۱,۴۴۵	۱,۲۳۲	۱۲	۱۴,۶۷۷	۰,۰۵۹۵
	مقررات دولتی	۱,۵۴۲	۱,۷۸۸	۱۲,۵	۱۵,۸۳	۰,۰۶۴۲
	انتظارات اجتماعی	۱,۷۳۷	۳,۳۹۷	۱۸,۵	۲۳,۶۳۴	۰,۰۹۵۹
	معاهدات بین‌المللی	۱,۵۴۲	۱,۴۷۷	۱۴,۲۵	۱۷,۲۶۹	۰,۰۷
	قوانین کشور مقصد	۱,۵۶۱	۱,۲۸۵	۱۵,۱۲۵	۱۷,۹۷۱	۰,۰۷۲۹
	استانداردهای بین‌المللی	۱,۶۷	۲,۳۶۶	۱۶,۷۵	۲۰,۷۸۶	۰,۰۸۴۳
	انتظارات ذی‌نفعان خارجی	۱,۵۶۱	۱,۱۸۴	۱۴,۸۷۵	۱۷,۶۲	۰,۰۷۱۵
	هنجارهای صنعتی	۱,۴۷۴	۰,۸۹	۱۱,۸۷۵	۱۴,۲۳۹	۰,۰۵۷۷
	تعهدات زیست محیطی	۱,۶۱۲	۶,۳۴۶	۱۶,۶۲۵	۲۴,۵۸۳	۰,۰۹۹۷
	تعهدات اجتماعی شرکت	۱,۵۷۵	۶,۱۹۹	۱۶	۲۳,۷۷۴	۰,۰۹۶۴

محاسبه وزن اعتباری هر زیر نگاشت ($CW(Sub_FCM_i)$)

به منظور محاسبه وزن اعتباری هر زیرنگاشت، ماتریس ε یا Sub_FCM_i از طریق تجمیع ماتریس وزن اعتباری مولفه‌ها (ماتریس ω) و ماتریس روابط بین مولفه‌ها (ماتریس β) به دست آمد. وزن اعتباری هر زیرنگاشت با استفاده از نرم افزار متلب و از طریق محاسبه ارزش دائمی ماتریس روابط محاسبه شد.

Per (Sub_FCM_1) = 0.1353
Per (Sub_FCM_8) = 0.3671
Per (Sub_FCM_9) = 0.3601
Per (Sub_FCM_{10}) = 0.2591
Per (Sub_FCM_{11}) = 0.4313
Per (Sub_FCM_{12}) = 0.0473

Per (Sub_FCM_7) = 0.0792
Per (Sub_FCM_2) = 0.2656
Per (Sub_FCM_3) = 0.3745
Per (Sub_FCM_4) = 0.5186
Per (Sub_FCM_5) = 0.2579
Per (Sub_FCM_6) = 0.7241

تحلیل پویای نگاشت شناختی فازی لایه‌ای

با توجه به این‌که اهمیت هر یک از مولفه‌ها تحت تاثیر مجموعه روابط علّی بین آن‌ها است، به منظور به‌دست آوردن وزن نهایی هر مولفه با استفاده نرم افزار متلب و مبتنی بر رابطه (۱۱)، مدل اجرا شد. نتایج نهایی حاصل از تحلیل داده‌ها در جدول (۷) و شکل (۴) نشان داده شده است.

جدول ۷. نتایج حاصل از تحلیل پویای نگاشت شناختی

ابعاد	وزن اولیه	وزن در مرحله ۱۵	میزان تغییرات
رقابت پذیری	۰,۱۳۵۳	۰,۷۷۵۶	۰,۶۴۰۳
بهبود محیط کار	۰,۲۶۵۶	۰,۰۹۲۹	−۰,۱۷۲۶
تعهد اعضای زنجیره تامین	۰,۳۷۴۵	۰,۰۲۹۶	-۰,۳۴۴۸
تعهد مدیریتی به توسعه پایدار	۰,۵۱۸۶	۰,۰۳۳۴	-۰,۴۸۵۱
تعهدات شرکت	۰,۲۵۷۹	۰,۰۱۱۱e-۰۵	-۰,۲۵۷۸
نتایج اقتصادی	۰,۷۲۴۱	۰,۵۹۲۱	-۰,۱۳۱۹
کاهش تبعات زیست محیطی	۰,۰۷۹۲	۰,۱۱۷۲	۰,۰۳۸۰
محدودیت های زیست محیطی شرکت	۰,۳۶۷۱	۹,۳۶۱۹e-۰۵	-۰,۳۶۷۰
مزایای اقتصادی حاصل از پایداری	۰,۳۶۰۱	۰,۰۱۲۳	-۰,۳۴۷۷
مسئولیت اجتماعی شرکت	۰,۲۵۹۱	۰,۰۸۲۴	-۰,۱۷۶۶
همکاری در زنجیره تامین	۰,۴۳۱۳	۰,۱۱۲۴	-۰,۳۱۸۸
توسعه سازمانی	۰,۰۴۷۳	۰,۰۶۱۳	۰,۰۱۴

بحث و نتیجه‌گیری

با توجه به ضعف رویکرد نگاشت شناختی فازی در مدل‌سازی و تحلیل مسائل با ابعاد بالا، هدف تحقیق حاضر ارائه روشی به منظور توسعه کاربردی نگاشت شناختی فازی بوده‌است. در این تحقیق تلاش شده از طریق ترکیب روش SOM و GTMA در رویکرد نگاشت شناختی فازی لایه‌ای، ضعف‌های موجود در مدل‌های نگاشتی بلوکی بر طرف شود و قابلیت رویکرد نگاشت‌شناختی فازی در تحلیل کمی مسائل ارتقا پیدا کند. مبتنی بر روش ارائه شده در تحقیق حاضر، به جای بلوک‌بندی و حذف برخی مولفه‌ها در فرایند چگالش، تلاش شده فرایند تجمیع بهبود داده شود و از طریق

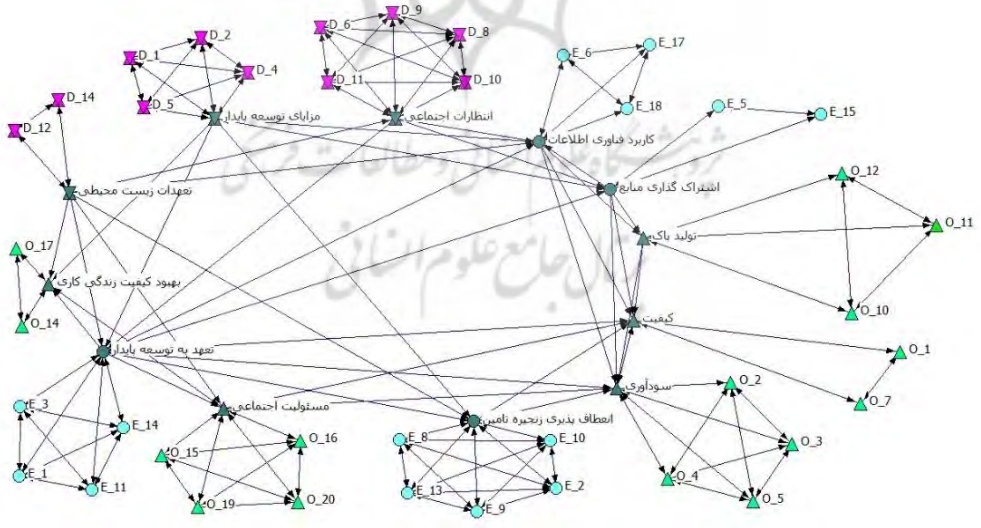
خوشه‌بندی مولفه‌ها و ایجاد ساختار لایه‌ای برای نگاشت شناختی، مسئله مدل‌سازی و تحلیل شود. روش ارائه شده در تحقیق حاضر قابلیت مدلسازی مسائل با تعداد بالای متغیر مداخله‌گر را دارد.

اعتبار چارچوب ارائه شده در این تحقیق، در دو سطح قابل بررسی است. سطح اول مربوط به روش مدل‌سازی است که در این خصوص از رویکرد GTMA الگو گرفته شده است. سطح دوم مربوط به محاسبات کمّی است که در این سطح نیز برای محاسبه وزن اعتباری زیرنگاشت‌ها از ارزش دایمی ماتریس روابط مربوطه، استفاده شده‌است. ارزش دایمی ماتریس یکی از روش‌های متداول در جبر ماتریس‌ها است و در مطالعات گذشته از آن به عنوان روشی جهت محاسبه وزن ابعاد یا مفاهیم چندگانه استفاده شده‌است. در مقایسه با سایر رویکردهای موجود در تحلیل کمّی مسئله در چارچوب نگاشت شناختی فازی، چارچوب ارائه شده در این تحقیق از ساده‌سازی مدل و حذف برخی مولفه‌ها و روابط مربوط به آن‌ها جلوگیری می‌کند. در این چارچوب، مسئله و نگاشت‌های ذهنی با کمترین ساده‌سازی و تغییر مورد تحلیل قرار می‌گیرد و به ازای هر یک از مفاهیم موجود در نگاشت اصلی، چندین زیرنگاشت وجود خواهد داشت که در تعیین معیارهای مسئله، موثر هستند.

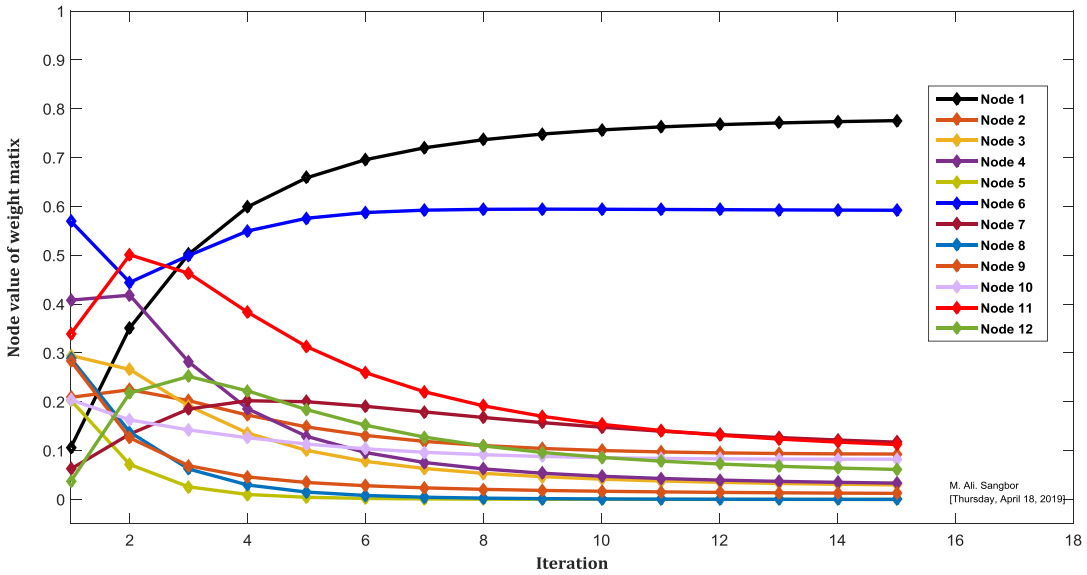
بسط مفهوم توسعه پایدار در مدیریت زنجیره تامین طی دهه‌های اخیر، به یکی از مولفه‌های رقابت‌پذیری تبدیل شده که نقشی کلیدی در توسعه زنجیره‌های تامین در قرن بیست‌ویکم دارد (کاردین و بوتا ، ۲۰۱۴). علاوه بر مزیت‌های اقتصادی حاصل از توسعه پایدار، شرکت‌ها به دلیل تشدید مسائل زیست محیطی، افزایش نگرانی‌های اجتماعی و همچنین وضع مقررات اجرایی توسط دولت‌ها، به انطباق مولفه‌های توسعه پایدار در زنجیره تامین خود مجبور شده‌اند (گَرگ، شارما و گویال، ۲۰۱۷). در کشورهای در حال توسعه نیز، شرکت‌ها بر دستیابی به پایداری تمرکز کرده و انطباق مولفه‌های توسعه پایدار را در کل زنجیره تامین دنبال می‌کنند. مدیریت زنجیره تامین پایدار از درک اهمیت راهبردی فعالیت‌های خرید و تامین و تاثیر آن بر عملکرد بلند مدت شرکت نشأت می‌گیرد و بر رفع مسائل پایداری در چارچوب قابلیت‌ها و توانمندی‌های شرکت تمرکز دارد. طبق اصل همراستایی، پایداری در سطح کلان محقق نخواهد شد مگر با توجه به مفاهیمی مثل زنجیره تأمین پایدار، تولید پایدار، توزیع و عرضه پایدار، ایجاد اشتغال پایدار و ... در سطوح زیرین سازمانی (شاه حسینی، جواهری شلمانی، حسنقلی پور و رستمی، ۱۳۹۸). بنابراین، دستیابی به پایداری و بهره‌مندی از مزایای آن مستلزم طراحی چارچوبی است که به تطابق برنامه‌ها با اهداف توسعه پایدار کمک کند. اما در حال حاضر، مدیران فاقد یک راهنمای جامع برای تصمیم‌گیری در خصوص مسائل مربوط به پایداری هستند (ژانگ، تسه، دوهرتی، لی و اختر ، ۲۰۱۸). بنابراین، طراحی چارچوبی برای تحلیل مسئله انطباق پایداری در زنجیره تامین ضرورت دارد. یکی از حوزه‌هایی که بسط مفهوم پایداری در آن اهمیت دارد، صنعت پتروشیمی است. صنعت پتروشیمی یکی از صنایع پایین دست حوزه نفت و گاز است و ایران در این صنعت به دلیل دسترسی به مواد اولیه، نیروی کار تحصیل کرده و بازارهای منطقه‌ای دارای مزیت رقابتی است. با این وجود اما، مطالعات نشان می‌دهد حجم بالایی از ظرفیت کشور در حوزه تولید محصولات پتروشیمی مغفول مانده‌است. عدم انطباق مولفه‌های توسعه پایدار در صنعت پتروشیمی ایران یکی از دلایل عدم‌نفوذ شرکت‌های ایرانی در بازارهای جهانی محسوب می‌شود. یکی از رویکردها در دستیابی به پایداری، رویکرد توانمندسازی مدیریت زنجیره تامین در انطباق مولفه‌های توسعه پایدار در سراسر زنجیره

تامین است. با توجه به ضرورت انطباق توسعه پایدار در صنعت پتروشیمی ایران، یکی از اهداف تحقیق حاضر، تحلیل مسئله دستیابی به مدیریت زنجیره تامین پایدار در صنعت پتروشیمی ایران با استفاده از چارچوب کمّی ارائه‌شده، است.

صدای مشتری، مقررات دولتی و مشوق های دولتی به عنوان محرک های پایداری منجر به تعهد مدیریت نسبت به پایداری می شود (حسین، آواشتی و تیواری ، ۲۰۱۶). فشارهای بیرونی و منافع مورد انتظار از پایداری از مهمترین عوامل مؤثر بر تعهد مدیر ارشد به سازگاری با شیوه های پایداری محسوب می‌شود (کومار و رحمان ، ۲۰۱۵). تصمیمات عملیاتی در مورد تولید محصولات سازگار با محیط زیست تحت تاثیر محدودیت‌های پایداری است و سیاست‌های تشویقی دولت نقش گسترده‌ای در تعیین رفتارهای محیطی شرکت‌ها در راستای انطباق با پایداری دارد (دینگ، لیو و زنگ، ۲۰۱۶). بر اساس نتایج تحقیق حاضر نیز «رقابت‌پذیری» و «نتایج اقتصادی» مهم‌ترین دستاوردهای توانمندسازی مدیریت زنجیره تامین صنعت پتروشیمی در دستیابی به پایداری محسوب می‌شوند. همچنین، «همکاری در زنجیره تامین»، «توسعه سازمانی» و «تعهدات مدیریت به توسعه پایدار» به ترتیب مؤثرترین عوامل در توانمندسازی مدیریت زنجیره تامین پایدار محسوب می‌شوند. بنابراین، مدیران ارشد صنعت پتروشیمی ضروری است بر توسعه همکاری‌ها در زنجیره تامین محصولات پتروشیمی تمرکز کرده و سیاست‌های مناسب به منظور افزایش سطح همکاری‌ها در زنجیره تامین را دنبال کنند. در راستای توسعه دستاوردهای تحقیق حاضر پیشنهاد می‌شود در سطح کاربردی با استفاده از روش‌های مبتنی‌بر تحلیل سناریو، سیاست‌های مختلف به منظور دستیابی موثرتر به پایداری مورد ارزیابی قرار گیرند و کارهایی مشابه در صنایع دیگر نیز انجام شود. در سطح توسعه روش نیز پیشنهاد می‌شود از طریق بهبود تابع انتقال، کارایی مدل در تحلیل پویای مسئله ارتقا یابد.



شکل ۳. نگاشت شناختی لایه‌ای مسئله (یافته تحقیق)



شکل ٤. نتایج حاصل از تحلیل پویای مسئله

منابع

آذر عادل، انوری علی (۱۳۹۲). "مدلسازی نرم در مدیریت"، انتشارات نگاه دانش، تهران.

آذر عادل، خسروانی فرزانه، جلالی رضا(۱۳۹۲)" تحقیق در عملیات نرم رویکردهای ساختاردهی مسئله"، انتشارات سازمان مدیریت صنعتی.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

References

Aguilar, J. (2013). Different dynamic causal relationship approaches for cognitive maps. *Applied Soft Computing*, *13*(1), 271-282.

Aguilar, J. (2016). Multilayer Cognitive Maps in the Resolution of Problems using the FCM Designer Tool. *Applied Artificial Intelligence*, *30*(7), 720-743.

Azar A., Khosravani F., Jalali R., (2013). Soft Operational Research, Industrial Management Organization Publishing. (In Persian)

Azar A., Khosravani F., Jalali R., (2013). Soft Operational Research, Industrial Management Organization Publishing. (In Persian)

Badri Ahmadi, H., Kusi-Sarpong, S., & Rezaei, J. (2017). Assessing the social sustainability of supply chains using Best Worst Method. Resources, Conservation and Recycling, 126, 99–106.

Baykasoglu, A. (2014). A review and analysis of "graph theoretical-matrix permanent" approach to decision making with example applications. *Artificial intelligence review*, *42*(4), 573-605.

Baykasoğlu, A., & Gölcük, İ. (2017). Comprehensive fuzzy FMEA model: a case study of ERP implementation risks. *Operational Research*, 1-32.

Beske, P., Land, A., & Seuring, S. (2014). Sustainable supply chain management practices and dynamic capabilities in the food industry: A critical analysis of the literature. *International Journal of Production Economics*, *152*, 131–143.

Borgatti, S. P., Everett, M. G., & Freeman, L. C. (2002). Ucinet for Windows: Software for social network analysis.

Buede, D. M., & Ferrell, D. O. (1993). Convergence in problem solving: a prelude to quantitative analysis. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics*, *23*(3), 746-765.

Chardine-Baumann, E., & Botta-Genoulaz, V. (2014). A framework for sustainable performance assessment of supply chain management practices. *Computers and Industrial Engineering*, *76*(1), 138–147.

Christoforou, A., & Andreou, A. S. (2016). A Framework for Static and Dynamic Analysis of Multi-Layer Fuzzy Cognitive Maps. *Neurocomputing*, *232*, 133-145.

Das, D. (2017). Development and validation of a scale for measuring Sustainable Supply Chain Management practices and performance. *Journal of Cleaner Production*, *164*, 1344–1362.

Diabat, A., Kannan, D., & Mathiyazhagan, K. (2014). Analysis of enablers for implementation of sustainable supply chain management - A textile case. *Journal of Cleaner Production*, *83*, 391–403.

Dickerson, J. A., & Kosko, B. (1994). Virtual worlds as fuzzy cognitive maps. *Presence: Teleoperators & Virtual Environments*, *3*(2), 173-189.

Ding H., Liu Q., Zheng L. (2016). "Assessing the Economic Performance of an Environmental Sustainable Supply Chain in Reducing Environmental Externalities", European Journal of Operational Research.

Dodurka, M. F., Yesil, E., & Urbas, L. (2017). Causal effect analysis for fuzzy cognitive maps designed with non-singleton fuzzy numbers. *Neurocomputing*, *232*, 122-132.

Froelich, W., & Salmeron, J. L. (2017). Advances in fuzzy cognitive maps theory. *Neurocomputing*, *100*(232), 1-2.

Garg, C. P., Sharma, A., & Goyal, G. (2017). A hybrid decision model to evaluate critical factors for successful adoption of GSCM practices under fuzzy environment. *Uncertain Supply Chain Management*, *5*, 59–70.

Giunipero, L. C., Hooker, R. E., & Denslow, D. (2012). Purchasing and supply management sustainability: Drivers and barriers. *Journal of Purchasing and Supply Management*, *18*(4), 258–269.

Glykas, M. (Ed.). (2010). *Fuzzy cognitive maps: Advances in theory, methodologies, tools and applications* (Vol. 247). Springer Science & Business Media.

Gong, M., Simpson, A., Koh, L., & Tan, K. H. (2018). Inside out: The interrelationships of sustainable performance metrics and its effect on business decision making: Theory and practice. *Resources, Conservation and Recycling*, *128*, 155–166.

Gosling, J., Jia, F., Gong, Y., & Brown, S. (2017). The role of supply chain leadership in the learning of sustainable practice: Toward an integrated framework. *Journal of Cleaner Production*, *140*, 239–250.

Harary, F. (2005). Structural models: An introduction to the theory of directed graphs.

Homenda, W., & Jastrzebska, A. (2017). Clustering Techniques for Fuzzy Cognitive Map Design for Time Series Modeling. *Neurocomputing*, *232*, 3-15.

Hong, J., Zhang, Y., & Ding, M. (2018). Sustainable supply chain management practices, supply chain dynamic capabilities, and enterprise performance. *Journal of Cleaner Production*, *172*, 3508–3519.

Hussain, M., Awasthi, A., & Tiwari, M. K. (2016). Interpretive structural modeling-analytic network process integrated framework for evaluating sustainable supply chain management alternatives. *Applied Mathematical Modelling*, *40*(5–6), 3671–3687.

Jia, P., Diabat, A., & Mathiyazhagan, K. (2015). Analyzing the SSCM practices in the mining and mineral industry by ISM approach. *Resources Policy*, *46*, 76–85.

Jurkat, W. ., & Ryser, H. (1966). Matrix factorizations of determinants and permanents. *Journal of Algebra*, *3*(1), 1–27.

Kosko, B. (1986). Fuzzy cognitive maps. *International journal of man-machine studies*, *24*(1), 65-75.

Kosko, B. (1987, June). Adaptive inference in fuzzy knowledge networks. In *Proc. 1st Int. Conf. Neural Networks* (Vol. 2, pp. 261-268).

Kosko, B. (1992). Neural networks and fuzzy systems: a dynamical systems approach to machine *intelligence* (No. QA76. 76. E95 K86).

Kumar, D., & Rahman, Z. (2015). Sustainability adoption through buyer supplier relationship across supply chain: A literature review and conceptual framework. *International Strategic Management Review*, *3*(1–2), 110–127.

Lim, M. K., Tseng, M. L., Tan, K. H., & Bui, T. D. (2017). Knowledge management in sustainable supply chain management: Improving performance through an interpretive structural modelling approach. *Journal of Cleaner Production*,

Luthra, S., Garg, D., & Haleem, A. (2016). The impacts of critical success factors for implementing green supply chain management towards sustainability: An empirical investigation of Indian automobile industry. *Journal of Cleaner Production*, *121*, 142–158.

Luthra, S., Govindan, K., & Mangla, S. K. (2017). Structural model for sustainable consumption and production adoption—A grey-DEMATEL based approach. *Resources, Conservation and Recycling*, *125*, 198–207.

Mani, V., Gunasekaran, A., & Delgado, C. (2018). Enhancing supply chain performance through supplier social sustainability: An emerging economy perspective. *International Journal of Production Economics*, *195*, 259–272.

Mateou, N. H., & Andreou, A. S. (2005, November). Tree-structured multi-layer fuzzy cognitive maps for modelling large scale, complex problems. In *Computational Intelligence for Modelling, Control and Automation, 2005 and International Conference on Intelligent Agents, Web Technologies and Internet Commerce, International Conference on* (Vol. 2, pp. 131-139).

Mateou, N., Andreou, A., & Stylianou, C. (2006). Evolutionary multilayered fuzzy cognitive maps: a hybrid system design to handle large-scale, complex, real-world problems. In

Information and Communication Technologies, 2006. ICTTA'06. 2nd (Vol. 1, pp. 1663-1668).

Mathivathanan, D., Kannan, D., & Haq, A. N. (2018). Sustainable supply chain management practices in Indian automotive industry: A multi-stakeholder view. *Resources, Conservation and Recycling*, *128*, 284–305.

Minc, H. (1984). *Permanents* (Vol. 6). Cambridge University Press.

Moktadir, M. A., Rahman, T., Rahman, M. H., Ali, S. M., & Paul, S. K. (2018). Drivers to sustainable manufacturing practices and circular economy: A perspective of leather industries in Bangladesh. *Journal of Cleaner Production*, *174*, 1366–1380.

Moradi, M., & Jolai, F. (2018). Purchasing Planning and Order Allocation in the Pharmaceutical Sustainable Supply Chain Using the Theoretical-Graph (GT-MP-DM) (Case Study: Supplying the clotting factor for patients with hemophilia). *International Journal of Supply and Operations Management*, *5*(4), 361-378.

Obiedat, M., & Samarasinghe, S. (2016). A novel semi-quantitative fuzzy cognitive map model for complex systems for addressing challenging participatory real life problems. *Applied Soft Computing*, *48*, 91-110.

Özesmi, U., & Özesmi, S. L. (2004). Ecological models based on people's knowledge: a multi-step fuzzy cognitive mapping approach. *Ecological modelling*, *176*(1), 43-64.

Papageorgiou, E. I. (2011, June). Review study on fuzzy cognitive maps and their applications during the last decade. In *Fuzzy Systems (FUZZ), 2011 IEEE International Conference on* (pp. 828-835).

Papageorgiou, E. I., & Salmeron, J. L. (2014). Methods and algorithms for fuzzy cognitive map-based modeling. In *Fuzzy cognitive maps for applied sciences and engineering* (pp. 1-28). Springer, Berlin, Heidelberg.

Papageorgiou, E. I., Hatwágner, M. F., Buruzs, A., & Kóczy, L. T. (2017). A Concept Reduction Approach for Fuzzy Cognitive Map Models in Decision Making and Management. *Neurocomputing*, *232*, 16-33.

Raut, R. D., Narkhede, B., & Gardas, B. B. (2017, February 1). To identify the critical success factors of sustainable supply chain management practices in the context of oil and gas industries: ISM approach. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 68, 33-47.

Rosenhead, J., & Mingers, J., Translated by: Azar A. & Anvari A., (2013). Soft modeling in management, methods for constructing a problem in terms of the complexity of conflict uncertainty, *Negahe Danesh Publishing.* (in persian)

Samarasinghe, S., & Strickert, G. (2013). Mixed-method integration and advances in fuzzy cognitive maps for computational policy simulations for natural hazard mitigation. *Environmental modelling & software*, *39*, 188-200.

Sancha, C., Longoni, A., & Giménez, C. (2015). Sustainable supplier development practices: Drivers and enablers in a global context. *Journal of Purchasing and Supply Management*, *21*(2), 95–102.

Shah Hoseini, M.A., Javaheri Shalmani, S.F., Hasangholipour Yasouri, T., & Rostami, A. (2019). Evaluating and Comparing Key Indicators of Sustainable Development Performance in the Petrochemical Industry Using SMAA and SMAA-S. Industrial Management Journal, 11(2), 273-302. (in Persian)

Shibin, K. T., Gunasekaran, A., & Dubey, R. (2017). Explaining sustainable supply chain performance using a total interpretive structural modeling approach. *Sustainable*

Production and Consumption, *12*, 104–118.

Singh, V., & Singru, P. M. (2018). Graph theoretic structural modeling based new measures of complexity for analysis of lean initiatives. *Journal of Manufacturing Technology Management*, *29*(2), 329-349.

Stylios, C. D., & Groumpos, P. P. (2004). Modeling complex systems using fuzzy cognitive maps. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics-Part A: Systems and Humans*, *34*(1)155-162.

Tsadiras, A. K. (2008). Comparing the inference capabilities of binary, trivalent and sigmoid fuzzy cognitive maps. *Information Sciences*, *178*(20), 3880-3894.

Tsadiras, A. K., Kouskouvelis, I., & Margaritis, K. G. (2001, November). Using fuzzy cognitive maps as a decision support system for political decisions. In *Panhellenic Conference on Informatics* (pp. 172-182). Springer, Berlin, Heidelberg.

Van Vliet, M., Kok, K., & Veldkamp, T. (2010). Linking stakeholders and modellers in scenario studies: The use of Fuzzy Cognitive Maps as a communication and learning tool. *Futures*, *42*(1), 1-14.

Wan Ahmad, W. N. K., Rezaei, J., Tavasszy, L. A., & de Brito, M. P. (2016). Commitment to and preparedness for sustainable supply chain management in the oil and gas industry. *Journal of Environmental Management*, *180*, 202–213.

Wang, L. P., Pichler, E. E., & Ross, J. (1990). Oscillations and chaos in neural networks: an exactly solvable model. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *87*(23), 9467-9471.

Winter, S., & Lasch, R. (2016). Environmental and social criteria in supplier evaluation – Lessons from the fashion and apparel industry. *Journal of Cleaner Production*, *139*, 175–190.

Zhang, M., Tse, Y. K., Doherty, B., Li, S., & Akhtar, P. (2018). Sustainable supply chain management: Confirmation of a higher-order model. *Resources, Conservation and Recycling*, *128*, 206–221

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی