Journal of Decisions & Operations Research

Volume 5, Issue 4, Winter 2020

An Integrated Approach Based on Scientometrics and Artificial Intelligence for Extracting the Supply Chain Resilience Assessment Model

Mostafa Ziyaei Hajipirlu, Houshang Taghizadeh*, Morteza Honarmand Azimi

Department of Industrial Management, Tabriz Branch, Islamic Azad University, Tabriz, Iran.

Abstract

Due to the complex and multifaceted nature of supply chain resilience, hasn't yet been proposed a comprehensive, concrete, and aggregative model that includes the prevailing consensus of researchers in this field. In order to try to achieve that, the present study was conducted with the aim of forming a comprehensive model for supply chain resilience assessment using an integrated approach based on scientometrics and various artificial intelligence methods based on knowledge extraction from the text. The statistical population includes all indexed articles related to supply chain resilience from 2002 to 2020 in the two scientific databases Scopus and WOS. During the three stages of document refinement with a systematic review approach, scientometric information, and the full text of 346 articles were extracted and used in the analysis process. Utilizing an integrated approach based on the fusion of scientometrics of related metadata, and artificial intelligence tools to extraction of supply chain resilience assessment tool obtain the main innovation of this research which makes feasible establishing an evaluation model without interfering with researcher source biases. Finally, the supply chain resilience evaluation model including 4 main structures and 25 sub-structures was extracted from related scientific documents.

Keywords: Supply chain resilience, Spectral clustering, Scientometrics, Text analysis, Constrained clustering.

Research Paper

Receive: 04/09/2020 Review: 24/09/2020 Revise: 18/12/2020 Accept: 24/12/2020

Citation:

Ziyaei Hajipirlu, M., Taghizadeh, H., & Honarmand Azimi, M. (2020). An integrated approach based on scientometrics and artificial intelligence for extracting the supply chain resilience assessment model. *Decisions & operations research*, *5*(4), 522-546.

*** Corresponding**

Email Address: taghizadeh@iaut.ac.ir

DOI: 10.22105/dmor.2021.251723.1229

www.journal-dmor.ir

Journal of Decisions & Operations Research, Volume 5, Issue 4, Winter 2020, Page: 522-546

نشریه علمی
تصمیم‌گیری و تحقیق در عملیات
Journal of Decisions and Operational Research
دوره ۵، شماره ۴، زمستان ۱۳۹۹

ارائه رویکرد تلفیقی مبتنی بر علم‌سنجی و هوش مصنوعی در استخراج الگوی ارزیابی تاب‌آوری زنجیره تأمین

مصطفی ضیائی حاجی‌پیرلو، هوشنگ تقی‌زاده*، مرتضی هنرمند عظیمی
گروه مدیریت صنعتی، واحد تبریز، دانشگاه آزاد اسلامی، تبریز، ایران.

چکیده

به دلیل ذات و ماهیت پیچیده و چندجانبهٔ تاب‌آوری در زنجیره‌های تأمین، تاکنون طرحی جامع، کامل و همه‌جانبه که اجماع غالب پژوهشگران در این حوزه را دربر داشته باشد، ارائه نشده است. در راستای تلاش برای دستیابی به چنین طرحی، تحقیق حاضر با هدف تشکیل مدل جامع ارزیابی تاب‌آوری زنجیره تأمین با استفاده از رویکرد تلفیقی مبتنی بر علم‌سنجی و روش‌های مختلف هوش مصنوعی بر پایه استخراج دانش از متن انجام گردید. جامعه آماری شامل تمامی مقالات نمایه شده مرتبط با تاب‌آوری زنجیره تأمین در دو پایگاه اطلاعات علمی *Scopus* و *WOS* طی سال‌های ۲۰۰۲ تا ۲۰۲۰ میلادی است. در طی انجام سه مرحله پالایش اسناد با رویکرد مرور نظام‌مند، اطلاعات علم‌سنجی و متن کامل مربوط به ۳٤٦ مقاله استخراج و در فرایند تجزیه‌وتحلیل مورداستفاده قرار گرفت. بهره‌گیری از رویکردی تلفیقی بر پایه علم‌سنجی و کلان‌دادهٔ استخراج‌شده از پایگاه‌های اطلاعات علمی، همراه با ابزارهای هوش مصنوعی در استخراج الگوی ارزیابی تاب‌آوری زنجیره تأمین به‌عنوان جنبه نوآوری اصلی این تحقیق می‌باشد که شناخت و تحلیلی سامانمند، دقیق و بدون سوگیری از مبانی نظری تحقیقات در حوزه ارزیابی تاب‌آوری زنجیره تأمین را امکان‌پذیر ساخته است. نهایتاً الگوی ارزیابی تاب‌آوری زنجیره تأمین شامل ٤ ساختار اصلی و ۲۵ ساختار فرعی از اسناد مرتبط علمی استخراج گردید.

مقاله پژوهشی

واژه‌های کلیدی: تاب‌آوری زنجیره تأمین، خوشه‌بندی طیفی، علم‌سنجی، متن‌کاوی، خوشه‌بندی مقید.

دریافت: ۱۳۹۹/۰۶/۱۴ داوری: ۱۳۹۹/۰۷/۰۳ اصلاح: ۱۳۹۹/۰۹/۲۸ پذیرش: ۱۳۹۹/۱۰/۰۴

۱- مقدمه

با گذشت تقریباً چهار دهه از ارائه مفهوم مدیریت زنجیره تأمین توسط اولیور و وبر[1] (۱۹۸۲)، پیشرفت‌های فراوانی در تحلیل، بررسی و توسعه مفاهیم پیرامون و مرتبط با آن حاصل شده است. در این مدت، پارادایم‌ها و الگوهای متنوعی مانند: چابک، سبز، ناب، انعطاف‌پذیر، پایدار و تاب‌آور برای تبیین، ارتقای شناخت و توسعه رویکردهای مرتبط با مدیریت زنجیره تأمین از جنبه‌های مختلف ارائه‌شده است. درواقع هرکدام از پارادایم‌های مورد اشاره، سعی در آشکارکردن زوایای گوناگون مدیریت در زنجیره‌های تأمین داشته‌اند. در

[1] Oliver & Webber

* نویسنده مسئول
آدرس رایانامه: taghizadeh@iaut.ac.ir
شناسه دیجیتال: 10.22105/dmor.2021.251723.1229

میان مفاهیم یادشده، برساخته تاب‌آوری زنجیره تأمین که سابقه تاریخی آن تنها به دو دهه اخیر برمی‌گردد، ذات و ماهیت نسبتاً پیچیده‌تری نسبت به بقیه دارد و علاوه بر تحت پوشش قراردادن بخش‌هایی از سایر پارادایم‌های مدیریت زنجیره تأمین، ریشه و خاستگاه بخصوصی در علوم طبیعی نهفته دارد. به‌عنوان مثال، در علم فیزیک و شاخه‌های مرتبط با شناخت مواد، توانایی بروز رفتار ارتجاعی[۱] مانند قابلیت بازگشت به شکل اولیه پس از خم‌شدن، کشش یا فشرده شدن، عملکرد مواد مختلف را از منظر تاب‌آوری تعیین می‌کند (هارینگ[۲]، ۲۰۱۵؛ پیتل و کیوسالاس[۳]، ۲۰۰۳). بنابراین در علم فیزیک می‌توان روشی مشخص، مشاهده‌پذیر و نسبتاً دقیق برای ارزیابی رفتار ارتجاعی تعیین کرد و بر اساس آن، تاب‌آوری مواد مختلف را ارزیابی نمود (پورویس و همکاران[۴]، ۲۰۱۶). در دو دهه اخیر، پژوهشگران برای ارائه روشی منسجم برای ارزیابی تاب‌آوری زنجیره تأمین تلاش کرده‌اند. علیرغم این امر، جای تأمل است که باوجود انجام مطالعات نسبتاً زیاد و از جوانب متنوع از سوی پژوهشگران مختلف، تاکنون طرحی جامع و کامل برای ارزیابی تاب‌آوری در زنجیره تأمین ارائه نشده است (چن و همکاران[۵]، ۲۰۲۰). شاید دلیل این امر را بتوان به ذات و ماهیت پیچیدهٔ اقتصادی-اجتماعی زنجیره‌های تأمین مرتبط نمود (ریبیرو و بابوسا-پووا[۶]، ۲۰۱۸).

انجام بررسی‌های عمیق و تحلیلی پیرامون پژوهش‌های انجام‌شده درزمینه ارزیابی تاب‌آوری زنجیره‌های تأمین مشخص می‌کند که نحوه ارزیابی تاب‌آوری می‌تواند ازلحاظ نظری و کارکردی، به شیوه‌های متنوعی بخش‌بندی شود. در این زمینه، اسپیگلر و همکاران[۷] (۲۰۱۲) با لحاظ‌نمودن مفاهیم پایه‌ای تئوری کنترل، شاخص‌های ارزیابی تاب‌آوری زنجیره تأمین را در سه دسته اصلی: آمادگی[۸]، عکس‌العمل[۹] و بازیابی[۱۰] تقسیم‌بندی کرده‌اند. ملنیك و همکاران[۱۱] (۲۰۱٤) با بهره‌گیری از تئوری سیستم‌ها و استفاده از ابزار شبیه‌سازی، رویکردهای ارزیابی عملکرد تاب‌آوری در زنجیره تأمین را در دو دسته اصلی: ظرفیت‌های پایایی[۱۲] در برابر اختلال (شامل اجتناب[۱۳] از مخاطرات و محدودسازی[۱٤] اثرات مخرب) و ظرفیت‌های بازیابی عملکرد پس از وقوع اختلال (شامل تثبیت[۱۵] وضعیت عملکردی و بازگشت[۱٦] به وضعیت مطلوب) بخش‌بندی کرده است. بخش‌بندی‌های مشابهی توسط سایر پژوهشگران مانند: شیبه و بلك‌هورست[۱۷] (۲۰۱۸)، هوهنستین و همکاران[۱۸] (۲۰۱۵) و ریبیرو و باربوسا-پووا (۲۰۱۸) در تبیین و ارزیابی تاب‌آوری زنجیره تأمین و از جنبه‌های مختلف نظری مورداستفاده قرار گرفته است. ازمنظر بررسی و تفکیك مبانی و پشتوانه‌های نظری و تحلیلی نیز، تاکنون رویکردهای متنوعی برای ارزیابی عملکرد تاب‌آوری در زنجیره تأمین بخصوص برای تأمین‌کنندگان بالارده به‌کارگیری شده است. در این میان، مطالعاتی وجود دارند که با اهداف تحقیقاتی و مبانی نظری و تحلیلی متنوع، تعاریف مزبور را گردآوری، تفسیر و مورداستفاده قرار داده‌اند. به‌عنوان مثال، در پژوهش‌های انجام‌یافته توسط چن، دوئی و زانگ (۲۰۲۰)، پتیت و همکاران[۱۹] (۲۰۱۹)، توکاموهابوا و همکاران[۲۰] (۲۰۱۵) و هوهنستین و همکاران (۲۰۱۵)، درمجموع ۲۸ تعریف مجزا از تاب‌آوری زنجیره تأمین از مطالعات پیشین گردآوری و استخراج کرده‌اند که از ترکیب دوازده مؤلفه کلی شامل: قابلیت، آماده‌سازی، احیاء عملکردی، توان پاسخ‌دهی، زمان، بازیابی وضعیت اولیه، وضعیت مطلوب (بهتر)، اثربخشی هزینه، مزیت رقابتی، قدرت و نیرومندی، پیوستگی در نظارت و حالت‌های خطا تشکیل یافته‌اند. نکته جالب‌تر آن است که به اذعان محققین در پژوهش‌های مزبور، همچنان که دامنه کاربرد مفاهیم در حیطه مدیریت ریسك و تاب‌آوری در زنجیره تأمین وسیع‌تر می‌شود، بر گستره‌ی ابعاد مسئله در خصوص چگونگی ارزیابی

[۱] Elastic Behavior
[۲] Häring
[۳] Pytel & Kiusalaas
[۴] Purvis et al.
[۵] Chen et al.
[۶] Ribeiro & Barbosa-Povoa
[۷] Spiegler et al.
[۸] Readiness
[۹] Response
[۱۰] Recovery
[۱۱] Melnyk et al.
[۱۲] Resistance Capacity
[۱۳] Avoidance
[۱٤] Containment
[۱۵] Stabilization
[۱٦] Return
[۱۷] Scheibe & Blackhurst
[۱۸] Hohenstein et al.
[۱۹] Pettit et al.
[۲۰] Tukamuhabwa et al.

عملکرد تاب‌آوری اجزای زنجیره تأمین نیز افزوده می‌شود. لذا، می‌توان گفت که با لحاظ‌نمودن تنوع بالا در جبهه‌های پژوهشی[1] نوظهور درزمینه ارزیابی تاب‌آوری زنجیره تأمین و اجزای آن و افزایش کمی و کیفی تحقیقات در این زمینه، شکاف پژوهشی مرتبط با استخراج مدل منسجم در ارزیابی تاب‌آوری زنجیره تأمین نیز روزبه‌روز گسترده‌تر و عمیق‌تر می‌شود. بنابراین ضروری است تا با لحاظ نمودن تنوع جنبه‌های نظری مرتبط با آن و یافته‌های پژوهش‌های معتبر در این زمینه، مدلی جامع برای ارزیابی تاب‌آوری زنجیره تأمین و نحوه ارزیابی آن ایجاد شود.

امروزه مجلات تخصصی معتبر در حوزه‌های علمی مختلف، بخصوص درزمینه مطالعات تاب‌آوری، نقش مهمی در مستندسازی و رشد علم ایفا می‌کنند. روند مدیریت منسجم و دقیق مجلات در انجام داوری همه‌جانبه توسط متخصصین، غربال و گزینش مقالات برتر بر اساس وجود نوآوری علمی، کیفیت روش‌شناختی و میزان ارزشمندی یافته‌ها، به‌نوعی تضمین‌کننده کیفیت پژوهش‌های به چاپ رسیده است. از سوی دیگر، نظم مشخصی بر چگونگی نگارش و نوشتار مقالات حاکم است و امروزه بانک‌های اطلاعاتی منسجم متشکل از اطلاعات بخش‌بندی شده برای مقالات به چاپ رسیده به زبان انگلیسی درزمینه‌های علمی مختلف وجود دارند که موجب ایجاد جذابیت بالا برای انجام تحقیق با استفاده از اطلاعات کلان‌داده ساختاریافته و متشکل، برای پژوهشگران شده است. امروزه، باوجود پیشرفت‌های انجام‌یافته در حوزه هوش‌مصنوعی و استخراج اطلاعات از کلان‌داده متنی، می‌توان اطلاعات مقالات را به‌صورت بخشی یا یکجا از کلان‌داده بانک‌های اطلاعاتی استخراج نمود و با استفاده از نرم‌افزارهای مختلف در این زمینه، با درنظرگرفتن ترکیبی از شاخص‌های علم‌سنجی و روش‌های هوش‌مصنوعی مورد تجزیه‌وتحلیل قرار داد. همچنین، در حال حاضر، زمینه و دسترسی برای پژوهشگران به اطلاعات کلان‌داده بخصوص در مورد انجام پژوهش‌های پیچیده‌ای مانند ارزیابی تاب‌آوری زنجیره تأمین در بانک‌های اطلاعاتی مختلف فراهم شده است. از سوی دیگر، علیرغم فراوانی مطالعات انجام‌شده در خصوص ارائه مدل‌های ارزیابی تاب‌آوری زنجیره تأمین، تاکنون طرحی جامع، کامل و با درنظرگرفتن طیف وسیع‌تری از گستره یافته‌های پژوهش‌های مستخرج از پیشینه پژوهشی معتبر علمی برای ارزیابی آن در راستای تسهیل در مدیریت همه‌جانبه ریسک و مخاطرات ارائه نشده است، لذا، انجام پژوهشی که اساس تحلیل‌های آن، لحاظ‌نمودن داده‌های مستخرج از متن تمامی مطالعات پژوهشی معتبر در قلمرو زمانی مشخص و با مدنظر قراردادن میزان اهمیت مطالعات از منظر علم‌سنجی و کاوش متون از طریق به‌کارگیری ابزارهای متنوع هوش مصنوعی و یادگیری ماشینی، برای استخراج مدلی جامع و کامل ارزیابی تاب‌آوری در زنجیره تأمین ضروری به نظر می‌رسد. در این راستا، هدف اصلی از انجام تحقیق حاضر، تشکیل مدل ارزیابی تاب‌آوری زنجیره تأمین با استفاده روش‌شناسی تلفیقی رویکردهای علم‌سنجی و روش‌های مختلف هوش مصنوعی بر پایه استخراج دانش از متن می‌باشد. برای دستیابی به هدف مزبور، پرسش‌های این پژوهش به‌قرار ذیل قابل‌طرح می‌باشد: ۱) خوشه‌بندی مفاهیم اصلی مرتبط با تاب‌آوری زنجیره تأمین بر مبنای کلان‌داده اسناد علمی مرتبط با آن چگونه است؟ ۲) نقشه علم از منظر گرایش‌ها و مبانی نظری و تحلیلی اسناد تاب‌آوری زنجیره تأمین بر اساس اطلاعات پایگاه‌های معتبر علمی چگونه است؟ ۳) تئوری‌ها و مبانی نظری مناسب برای استخراج شاخص‌های ارزیابی تاب‌آوری زنجیره تأمین از اسناد علمی بر اساس مفروضات و محدودیت‌های تحقیق کدام‌اند؟ ۴) مدل ارزیابی تاب‌آوری در زنجیره تأمین با درنظرگرفتن یافته‌های مرتبط با تفکیک مفاهیم کلیدی و مبانی نظری منتخب با رویکرد استخراج دانش از متون و مقالات علمی چگونه قابل تشکیل است؟

ساختار پژوهش حاضر به‌قرار ذیل قابل بخش‌بندی می‌باشد: در ادامه با انجام مروری مختصر بر ادبیات تحقیق، رویکردهای ارزیابی تاب‌آوری زنجیره تأمین، علم‌سنجی و متن‌کاوی موردبررسی قرار گرفته است. در بخش روش پژوهش نیز، روند انجام تحقیق و تجزیه‌وتحلیل داده‌ها به تفکیک گام‌ها ارائه شده است. نهایتاً یافته‌های پژوهش و تحلیل و نتیجه‌گیری از آن‌ها به همراه ارائه محدودیت‌ها و پیشنهادهای پژوهش ارائه شده است.

[1] Research Fronts

نشریه تصمیم‌گیری و تحقیق در عملیات، دوره ۵، شماره ۴، زمستان ۱۳۹۹، صفحه: ۵۴۶-۵۲۲

۲- مروری مختصر بر مبانی و ادبیات تحقیق

۲-۱- رویکردهای ارزیابی تاب‌آوری زنجیره تأمین

ارائه روش‌های انتخاب و ارزیابی تأمین‌کننده در زنجیره‌های تأمین مختلف، در دهه‌های اخیر همواره در کانون توجه و از دغدغه‌های اصلی پژوهشگران در حوزه زنجیره تأمین بوده و پژوهش‌های گوناگونی از جنبه،های مختلف در این زمینه انجام شده است (ماولیدینا و پوترا[۱]، ۲۰۱۸؛ نجفی و همکاران[۲]، ۲۰۱۶؛ محمودی و همکاران[۳]، ۲۰۱۹). یکی از معیارهای اصلی در انتخاب تأمین‌کننده، سطح تاب‌آوری آن در مقابله با اختلال و ریسك‌ها در چهارچوب شبکه‌های ارتباطی با سایر اجزای زنجیره می‌باشد. تاکنون رویکردهای متنوعی برای ارزیابی تاب‌آوری زنجیره تأمین در پژوهش‌های گوناگون ارائه شده است. شاید بتوان گفت که در نگاه اول تنها نقطه مشترك مابین اغلب پژوهش‌های ارزیابی تاب‌آوری در زنجیره تأمین، به‌کارگیری کلیدواژه "عملکرد" در کنار تاب‌آوری باشد. ارزیابی عملکرد تاب‌آوری زنجیره تأمین، خود به دو حوزه اصلی اشاره دارد: ۱) ارزیابی عملکرد تاب‌آوری زنجیره تأمین در چهارچوب یك کلیت[۴] منسجم و یکپارچه و ۲) ارزیابی عملکرد تاب‌آوری اجزای تشکیل‌دهنده زنجیره تأمین (ارزیابی در سطح خُرد). در ارزیابی عملکرد تاب‌آوری زنجیره تأمین به‌عنوان یك کلیت منسجم، تأکید بر آن است که بایستی زنجیره تأمین به‌صورت یك کلیت پیوسته و نظامی یکپارچه درنظر گرفته می‌شود، بنابراین، تاب‌آوری از طریق ارزیابی قابلیت‌های سازگاری[۵] زنجیره با لحاظ‌نمودن شرایط محیطی و قدرت باز تنظیم و طراحی مجدد فعالیت‌ها با توجه به موقعیت، میزان تراکم و پیچیدگی ساختارهای شبکه‌ای سنجیده می‌شود (فالاسکا و همکاران[۶]، ۲۰۰۸؛ پونوماروف و هلکامب[۷]، ۲۰۰۹). ارزیابی عملکرد تاب‌آوری نیز از طریق بررسی میزان پیچیدگی روابط مابین اجزای زنجیره تأمین، تعاملات مابین ساختار و راهبردهای مدیریت ریسك در زنجیره به‌صورت یك کلیت منسجم و سطح پیگیری راهبردهای ارتقای آگاهی در پیش‌بینی و شناسایی مخاطرات بالقوه و تلاش برای رفع آن‌ها انجام می‌گیرد (لی و زوبل[۸]، ۲۰۲۰). در این رویکرد، عملکرد اجزای مختلف زنجیره تأمین وابسته به همدیگر فرض شده و از طریق انجام تحلیل‌های جامع در راستای شناسایی انواع تهدیدهای درون‌زا (مرتبط با اجزا) و برون‌زا (در ارتباط با تعامل زنجیره با محیط) و راهبردهای کاهش اثر تهدیدها بر عملکرد زنجیره تأمین، ارزیابی‌های موردنیاز انجام می‌شود (توکاموهابوا و همکاران، ۲۰۱۵؛ تقی‌زاده و حافظی[۹]، ۲۰۱۲). از سوی دیگر، ارزیابی عملکرد تاب‌آوری در سطح اجزاء جنبه عملیاتی بیشتری نسبت به رویکرد کل‌نگر داشته و می‌تواند در سطح کارخانه کانونی[۱۰] و اجزای دیگر بالارده مانند تأمین‌کنندگان در لایه‌های مختلف زنجیره تأمین پیاده‌سازی و ارزیابی شود. تأکید نگرش جزءنگر بر توانایی بازیابی عملکرد در کمترین زمان پس از وقوع اختلال می‌باشد. با توجه به میزان سختی خطرات محیطی و شاخص‌های مدیریت ریسك، انعطاف‌پذیری و چابکی پارادایم‌های نظری است که در نگرش جزءنگر عمدتاً بر پیگیری اهداف آن‌ها تأکید می‌شود، ولی از سوی دیگر اجزای زنجیره تأمین با لحاظ‌نمودن شاخص شدت مخاطرات، از پیگیری سیاست‌های همسو با فلسفه پایداری و تولید ناب منع شده‌اند (حسینی و همکاران[۱۱]، ۲۰۱۹). در یك جمع‌بندی در ارائه مزیت‌های ارزیابی اجزاء به‌جای ارزیابی زنجیره تأمین به‌عنوان یك کلیت منسجم، در ارزیابی اجزاء به ارائه برآوردهای کاربردی‌تر از منظر سطوح عملکردی جزءنگر با تکیه‌بر سنجه‌های ارزیابی ظرفیت‌های تاب‌آوری تأکید می‌شود. ولی دیدگاه کل‌نگر همواره تلاش دارد تا تصویری جامع‌تر از وضعیت و تعاملات مابین اجزای زنجیره را از منظر یك سیستم منسجم و با هدف ارزیابی و آسیب‌شناسی ساختار ارائه دهد.

---

[۱] Maulidina & Putra
[۲] Najafi et al.
[۳] Mahmudi et al.
[۴] Holistic Approach
[۵] Adaptive Capabilities
[۶] Falasca et al.
[۷] Ponomarov & Holcomb
[۸] Li & Zobel
[۹] Taghizadeh & Hafezi
[۱۰] Focal Firm
[۱۱] Hosseini et al.

۲-۲- علم‌سنجی و CiteSpace

علم‌سنجی[۱] حوزه‌ای بسیار مهم تحقیق در علوم اطلاعات است که با ایجاد و گسترش پایگاه‌های علمی و استفاده از هوش مصنوعی، تبدیل به ابزاری کارآمد برای پژوهشگران درزمینه‌های علمی مختلف شده است. در پژوهش‌های علم‌سنجی به کشف دانش نهفته در کلان‌داده از جنبه‌های گوناگون پرداخته می‌شود. علیرغم این‌که علم‌سنجی سابقه‌ای نسبتاً طولانی دارد، ولی سابقه استخراج نظام‌مند اطلاعات مرتبط با ادبیات پژوهشی و مدل‌سازی در قالب شبکه‌های ساختاریافته از مفاهیم و اسناد علمی به دهه اخیر برمی‌گردد. علت این امر امکان دسترسی پژوهشگران به قابلیت‌های کلان‌داده مرتبط با بانک‌های اطلاعات علمی معتبر به‌واسطهٔ نرم‌افزارهای متنوع علم‌سنجی بوده است. یکی از نرم‌افزارهای مؤثر و بسیار کارآمد در این زمینه، *CiteSpace* است که ابزاری برای تجزیه، تحلیل و تصویرسازی ادبیات پژوهشی با استفاده از شاخص‌های علم‌سنجی و کلان داده می‌باشد. این نرم‌افزار می‌تواند از طریق استخراج ساختارهای مشترک مقالات و اسناد علمی، استناد، هم‌استنادی[۲]، مضامین و مفاهیم مشترك را با استفاده از کلان‌داده مرتبط با بانک‌های اطلاعات علمی معتبر استخراج و زمینه را برای انجام مرور نظام‌مند با استفاده از فرآیند عمیق تحلیل بصری فراهم کند (هوانگ و همکاران[۳]، ۲۰۱۹). این نرم‌افزار به دو صورت آنلاین و آفلاین کار می‌کند و اطلاعات قابل‌دسترس خود از منابع علمی را به گراف‌های شبکه ارتباطی تبدیل می‌کند. نرم‌افزار *CiteSpace* نیاز دارد که داده‌های مرتبط با هرکدام از مقاله‌ها به‌صورت برچسب‌دار[۴] و مشخص، در چهارچوب ۳۲ بخش مجزا به‌صورت آفلاین وارد شود. ازجمله اطلاعاتی که بایستی برای هر مقاله از بانک‌های اطلاعاتی برای ورود به این نرم‌افزار از قبل استخراج و آماده‌سازی شود، شامل عنوان مقاله، نام نویسندگان، وابستگی سازمانی نویسندگان، متن چکیده، کلیدواژه‌ها، منابع و مآخذ و شماره دسترسی[۵] (شماره مسلسل) است. برخی دیگر از اطلاعات نظیر شاخص‌های مختلف کیفیت و تأثیر علمی مقالات و پژوهشگران مانند فراوانی و درصد فراوانی ارجاع، ارجاعات مشترك[۶]، ضرایب تأثیر جهانی و مقطعی اسناد (بر مبنای بازه زمانی از قبل تعیین‌شده)، در زمان تشکیل گراف و بر اساس شماره مسلسل مقاله مرتبط با بانک‌های اطلاعاتی معتبر مانند *Scopus* و *WOS* به‌صورت برخط از کلان‌داده استخراج‌شده و مطابق با انتخاب پژوهشگر و برای تشکیل گراف شبکه اسناد و هم‌استنادی و خوشه‌بندی مفاهیم در تشکیل نقشه علم درزمینهٔ‌های مختلف علمی از طریق نرم‌افزار مذکور مدنظر قرار داده می‌شود (یه[۷]، ۲۰۱۸).

۲-۳- متن‌کاوی و استخراج دانش

متن‌کاوی زیرمجموعه‌ای از روش‌های داده‌کاوی محسوب می‌شود که داده‌های آن شامل کلمات و عبارات استخراج‌شده از متن هستند. در دهه اخیر و با پیشرفت الگوریتم‌های هوش مصنوعی و ارتقای ظرفیت پردازش رایانه‌ها، استفاده از متن‌کاوی به‌عنوان روش کشف دانش از پایگاه اسناد و مقالات علمی، بسیار موردتوجه پژوهشگران بوده است. از سوی دیگر، با توجه به افزایش روزافزون تعداد و پیچیدگی متون علمی، امکان بررسی بهینه و با دقت بالای تمامی مقالات در یك زمینهٔ تخصصی در زمان کوتاه و با روش های سنتی مانند مطالعه و خلاصه‌سازی عملاً وجود ندارد؛ متن‌کاوی با رویکرد استخراج دانش متنی از فنون بازیابی اطلاعات، داده‌کاوی، فرهنگنامه تخصصی، یادگیری ماشین و روش‌های آماری برای دستیابی به اهداف خود در استخراج مفاهیم و تشکیل مدل استفاده می‌کند (جو[۸]، ۲۰۱۸). روش‌های مختلفی برای متن‌کاوی انجام وجود دارد که با توجه به نیاز محقق به‌کارگیری می‌شود. یکی از روش‌های تحلیل در متن‌کاوی، دسته‌بندی مفاهیم بر مبنای الگوریتم‌های یادگیری با نظارت است. خوشه‌بندی، مدل‌سازی موضوعات اصلی، استخراج تابع شباهت-فاصله و کاهش ابعاد مفاهیم متنی، ازجمله دسته‌بندی‌های اصلی است که در موتور متن‌کاوی و استخراج دانش بر اساس مسئله و اهداف تحقیق به کار گرفته می‌شود (کوبایاشی و همکاران[۹]، ۲۰۱۸).

---

[۱] Scientometrics
[۲] Co-citation
[۳] Huang et al.
[۴] Tagged
[۵] Accession Number (UT Code)
[۶] Co-citations
[۷] Ye
[۸] Jo
[۹] Kobayashi

مقالات پژوهشی از منظر متن‌کاوی، در رده متونی به شمار می‌آیند که می‌توان ساختارهای مشخص (ساخت‌بندی شده[۱]) و قاعده‌مند برای آن‌ها تعریف نمود. زیرا که دارای قابلیت تعیین حدود و تفکیک‌پذیری به بخش‌های مختلف می‌باشند. به‌عنوان مثال، مقالات پژوهشی یقیناً شامل عنوان، چکیده، کلمات کلیدی، مقدمه (بیان مسئله)، روش، یافته‌ها، نتایج و مراجع می‌باشند. علیرغم آن‌که بخش هایی هم‌چون مرور ادبیات تحقیق، معرفی جامعه و نمونه آماری، تئوری تحقیق، محدودیت‌ها، بحث و نظایر آن نیز در مطالعات مختلف امکان ظهور دارد، ولی بخش‌های مشترك ذکرشده می‌تواند به‌عنوان مبنای اولیه و مناسب جهت برچسب‌گذاری[۲] بخش‌های مختلف متن برای دسترسی آسان الگوریتم‌های متن‌کاوی استفاده شود. استفاده از فرهنگنامه تخصصی، روشی نوین است که در یك دهه اخیر برای استخراج و دسته‌بندی مفاهیم از متن توسط پژوهشگران مختلف ارائه‌شده و گسترش‌یافته است. در این روش، تنها به شباهت ظاهری واژه‌ها توجه نشده و مفاهیم آن‌ها نیز توسط روش‌های ریشه‌یابی در متن‌کاوی لحاظ می‌شود (کوك و جنسن[۳]، ۲۰۱۹). روش‌های متن‌کاوی پیشرفته بر مبنای استخراج دانش از متن[۴] برای زبان انگلیسی به‌عنوان زبان علم در دهه اخیر پیشرفت قابل‌ملاحظه‌ای کرده و قادر هستند با تکیه بر الگوریتم‌های قطعه‌بندی و استفاده از دانش‌نامه تخصصی ایجادشده در قالب هوش مصنوعی، معانی پیچیده را در قالب مفاهیم مرکب از چند کلمه تشخیص و استخراج نمایند (جاستیکا دلاتوره و همکاران[۵]، ۲۰۱۸).

۳- روش پژوهش

پژوهش حاضر به‌صورت تلفیقی از ارجاع کاوی با استفاده از ابزارهای علم‌سنجی، پارادایم‌های متن‌کاوی سطح میانی (استخراج داده‌های متنی و وزن‌دهی بنا بر تکرار (*TF-IDF*[۶]) و متن‌کاوی در سطح استخراج دانش متنی[۷])، تشخیص و دسته‌بندی مفاهیم با کمك ابزارهای داده‌کاوی متنی[۸]، ریشه‌یابی تخصصی مفاهیم با ترکیب رویکردهای هوش مصنوعی و بهره‌گیری از واژه‌نامه تخصصی و روش‌های شمارش آماری انجام شده است. جامعه آماری، شامل تمامی اسناد نمایه شده درزمینهٔ تاب‌آوری زنجیره تأمین تا تاریخ مارس ۲۰۲۰ بوده است. برای مشخص‌کردن دقیق اعضای جامعه آماری، ابتدا، کلیدواژه‌های مناسب جهت جستجوی اسناد علمی در خصوص تاب‌آوری زنجیره تأمین انتخاب شد و در پایگاه‌های اطلاعاتی *Scopus* و *WOS* در میان اسناد انگلیسی‌زبان مورد جستجو قرار گرفت. دلیل محدودکردن جستجوی اسناد به مقالات انگلیسی‌زبان در میان کلان‌داده مستخرج از بانك‌های اطلاعاتی، مهیابودن امکان دسترسی و استخراج به اطلاعات علم‌سنجی و تأثیرگذاری اسناد، از طریق پایگاه‌های علمی مورداشاره برای محققین و عدم امکان استخراج موارد مزبور از سایر مراجع اطلاعات علمی بخصوص درگاه‌های علمی فارسی‌زبان بوده است. مجموعاً ۱۰۳٤ مقاله علمی از پایگاه‌های اطلاعاتی در طول ۲ ماه متوالی با رویکرد جستجوی نظام‌مند به‌عنوان جامعه آماری استخراج شد. بررسی‌ها نشان داد که تاریخ چاپ مقالات مابین ژانویه ۲۰۰۲ تا مارس ۲۰۲۰ بوده است. سپس، عناوین ارجاع تمامی مقالات و چکیده آن‌ها به *Endnote* وارد شد. پالایش اولیه مقالات پس از بررسی و مطالعه عناوین و چکیده‌ها و کنارنهادن موارد کمتر مرتبط و مقالات تکراری انجام شد. پالایش ثانویه اسناد نیز، از منظر امکان دسترسی به متن و محتوای کامل اسناد و بررسی ارتباط محتوای کامل متنی با اهداف تحقیق در تشکیل بانك اطلاعات محلی اسناد صورت پذیرفت. در گام نهایی، متن کامل مقالات با لحاظ نمودن معیار ارتباط محتوا با تاب‌آوری زنجیره تأمین ارزیابی گردید و موارد غیر مرتبط کنار گذاشته شد. نهایتاً، ۳٤٦ مقاله تحت عنوان پژوهش‌های مرتبط با ارزیابی تاب‌آوری زنجیره تأمین از میان جامعه آماری مقالات، برای انجام پژوهش حاضر استخراج گردید. پس از طی روند آماده‌سازی، داده‌های مربوط به مقالات به نرم‌افزارهای علم‌سنجی و تحلیل شبکه وارد شد. سپس، در کنار شبکه‌های هم‌استنادی و مفاهیم، دو نوع خوشه‌بندی جداگانه برای محتوا و مفاهیم اصلی و روش‌ها، مبانی نظری و تحلیلی در ارزیابی تاب‌آوری زنجیره تأمین انجام گردید. وضعیت گراف مربوط به "روش‌ها، مبانی نظری و تحلیلی" به تفکیك اسناد، با روش خوشه‌بندی مقید و با لحاظ‌نمودن مبانی نظری تحقیق، مورد بازنگری قرار گرفت. یافته‌های مربوط به کیفیت و دسته‌بندی مقالات از منظر شاخص‌های علم‌سنجی، استخراج و مقالات دارای شاخص‌های بالاتر از منظر قدرت علمی شناسایی شد. سپس، مقالات مورداشاره، پس از آماده‌سازی به

---

[۱] Structured
[۲] Tagging
[۳] Cook & Jensen
[۴] Text knowledge mining
[۵] Justicia de la Torre et al.
[۶] Term Frequency-Inverse Document Frequency (TF-IDF)
[۷] Knowledge Discovery in Texts (KDT)
[۸] Text Data Mining (TDM)

عنوان ورودی داده‌های آموزش در یادگیری هوش مصنوعی برای روش متن‌کاوی مورداستفاده قرار گرفت. در روند انجام متن‌کاوی، افرازهای حاصل‌شده از خوشه‌بندی مفاهیم به‌عنوان داده‌های نظارت استفاده شد و اسناد آموزش سیستم هوش مصنوعی نیز بر اساس یافته‌های خوشه‌بندی مبانی نظری و تحلیلی انتخاب شد. درنهایت، مدل ارزیابی تاب‌آوری زنجیره تأمین از استخراج شد. در این مطالعه از نرم‌افزارهای *Excel*، *Notepad2Plus*، *Endnote*، *Matlab*، *CiteSpace 5.6.R2*، *NodeXL*، *Python* و *R* برای انجام بخش‌های مختلف آماده‌سازی داده، داده‌کاوی، تصویرسازی و اخذ خروجی‌ها استفاده شده است. در ادامه، مهم‌ترین گام‌های روند تجزیه‌وتحلیل داده‌ها که در پاراگراف جاری به‌صورت اجمالی بدان اشاره شد، تشریح شده است.

۱-۳- آماده‌سازی و پیش‌پردازش داده‌ها

پس از مشخص شدن مقالات نمونه آماری با روش جستجوی نظام‌مند در حوزه تاب‌آوری زنجیره تأمین، داده‌های مربوط به مقالات مزبور جهت ورود به تحلیل‌ها به دو صورت جداگانه استخراج و آماده‌سازی شد: ۱) آماده‌سازی برای ورود به نرم‌افزارهای علم‌سنجی و ۲) آماده‌سازی برای استخراج دانش از اسناد علمی(متن‌کاوی). در ادامه، موارد مزبور به‌صورت جداگانه تشریح شده است.

۱-۱-۳- آماده‌سازی داده‌ها برای ورود به ابزارهای علم‌سنجی و خوشه‌بندی

اطلاعات علم‌سنجی مربوط به ۳٤٦ مقاله استخراج‌شده مطابق با روند تشریح شده در بند قبل، به‌صورت جداگانه از پایگاه‌های اطلاعات علمی *Scopus* و *WOS* استخراج شد. سپس، مطابق با روش پیشنهادشده تاشکین و آل[۱] (۲۰۱۴)، توسط نرم‌افزار *Excel* و *Notepad2Plus* اطلاعات مربوط به ارجاع یکسان‌سازی و به فرمت *txt*. تبدیل گردید تا برای ورود به *CiteSpace* آماده شود. همچنین، جهت اطمینان از استخراج آنلاین شاخص‌های ارزیابی علمی مقالات در زمان تشکیل ماتریس فواصل و گراف شبکه‌ای در *CiteSpace*، از وجود شماره‌های دسترسی بانك اطلاعاتی برای تمامی مقالات در اطلاعات واردشده به نرم‌افزار، اطمینان حاصل گردید. در گام بعدی به استخراج گراف‌های شبکه‌ای از نویسندگان، مضامین و مفاهیم پرداخته شد. نرم‌افزار *CiteSpace* برای مدل‌سازی و تشکیل فضای بصری ادبیات پژوهشی و شبکه‌های هم‌استنادی، از الگوریتم مقیاس‌بندی و شبکه‌یابی پت فایندر[۲] استفاده می‌کند. این الگوریتم با لحاظ‌نمودن مفروضات فاصله‌ای مینکوفسکی[۳]، تاکنون کاربردهای فراوانی درزمینه‌هایی هم‌چون مدل‌سازی شناختی، طراحی رابط کاربری مناسب برای نرم‌افزارهای رایانه‌ای، ارزیابی و بهینه‌سازی روش‌های مدیریت دانش و علم‌سنجی داشته است. *CiteSpace* از الگوریتم پت‌فایندر برای مقیاس‌بندی و شبکه‌یابی از طریق تبدیل انواع کلان‌داده به ماتریس‌های مختلف (ماتریس موقعیت مکانی در فضای شبکه‌ای، ماتریس وزنی و ...) و ترکیب آن‌ها با یکدیگر و تشکیل گراف ارتباطی استفاده می‌کند. به‌طورکلی ۲٦ حالت برای انتخاب نوع گره در *CiteSpace 5.6.R2* و تشکیل گراف وجود دارد که ۱۱ حالت آن بر پایه متن‌کاوی از ترکیب انتخاب چهار گزینه: مفهوم، کلیدواژه، منبع و دسته‌بندی[٤] حاصل می‌شود. گزینه "منبع" نیز شامل چهار حالت انتخاب "عنوان مقاله، چکیده، کلیدواژه‌های نویسنده و کلیدواژه‌ها" است که می‌تواند هم‌زمان و همگی باهم نیز انتخاب شوند. در این پژوهش، ابتدا برای تشکیل گراف توصیفی اسناد، نوع گره نویسنده و ارجاع‌های مشترك[۵] انتخاب شد و نوع تحلیل، استخراج ارجاع‌های مشترك لحاظ گردید. برای تشکیل گراف مفاهیم نیز، گزینه‌های کلیدواژه و چکیده به‌عنوان نوع گره انتخاب و الگوریتم یادگیری در تشخیص شبکه به‌صورت برخط اجرا شد. برای استخراج گراف نقشه علم نیز، عنوان نویسندگان (نام سند) برای عنوان گره انتخاب شد و برای تشکیل ماتریس همسایگی[٦] $C_{n\times n}$ در شبکه ارتباط مابین گره‌ها، دو گزینه "عنوان مقاله" و "کلیدواژه‌های اضافی"[۷] تنظیم شد. نهایتاً می‌توان گفت که تمامی گراف‌های شبکه‌ای تشکیل‌شده توسط *CiteSpace*، در حالت بدون هرس[۸] و با معیار

نشریه تصمیم‌گیری و تحقیق در عملیات، دوره ۵، شماره ۴، زمستان ۱۳۹۹، صفحه: ۵۴۶-۵۲۲

[۱] Taşkın & Al
[۲] Pathfinder
[۳] Minkowski Distance
[٤] Term, keyword, source and category
[۵] Co-citations
[٦] Adjacency Matrix
[۷] Keywords Plus (ID)
[۸] Without Prunning

انتخاب *G-index* تشکیل شد، همچنین، چگونگی استخراج مقادیر مناسب برای خوشه‌بندی برای کدام از گراف‌های تشکیل‌شده، در بخش یافته‌ها تشریح شده است.

۲-۱-۳- آماده‌سازی و پیش‌پردازش داده‌ها برای روند متن‌کاوی

روند پیش‌پردازش و آماده‌سازی برای استخراج دانش از متن مقالات با ورود آن‌ها به نرم‌افزار و تبدیل قالب متنی آغاز شد. سپس، منابع، کاراکترهای فاصله و بخش‌های غیرمتنی (شکل‌ها و جدول‌ها)، پالایش و حذف شد. همچنین، شروع و انتهای اسناد، عنوان مقالات، چکیده، مقدمه، یافته‌ها و نتیجه‌گیری با اعمال کنترل و نظارت محقق، به‌صورت نیمه‌خودکار برچسب‌گذاری گردید. پس از فرآیند برچسب‌گذاری بخش‌های مختلف مقاله،جهت یکسان‌سازی املای کلمات و رفع ناهمسانی‌های نگارشی، الگوریتم یکسان سازی املایی کلمات به‌صورت نگارش املای انگلیسی ایالات‌متحده[۱] از طریق پایتون پیاده‌سازی و اجرا شد.

۲-۳- خوشه‌بندی طیفی[۲] در گراف‌های شبکه‌ای

خوشه‌بندی یکی از مهم‌ترین روش‌های شناسایی الگو در هوش مصنوعی می‌باشد. روش‌های متنوعی برای خوشه‌بندی وجود دارد که هرکدام به‌نوعی سعی دارند که داده‌ها را به بهترین نحو افرازبندی کنند. درصورتی‌که ساختار داده دارای پیچیدگی بسیار زیاد بوده و به‌عبارت دیگر، الگوهای مستخرج از داده‌ها دارای ابعاد زیاد و از نوع غیرخطی و نا محدب باشد، روش‌های مرسوم و کلاسیك خوشه بندی قادر به تشکیل الگوهای معنادار و منطقی از داده‌ها نبوده و روش‌های پیشرفته‌تری مانند خوشه‌بندی طیفی گزینه مناسب‌تری است. همان‌گونه که در بخش ۲-۲ تشریح شد، داده‌های مربوط به اسناد علمی ازجمله مواردی است که دارای پیچیدگی‌های مخصوص به خود بوده و از جنبه‌های مختلفی می‌تواند ترکیب‌شده و در قالب گراف ارائه شود. در ادامه، چهارچوب اصلی خوشه‌بندی طیفی پیاده‌سازی شده در تشکیل افرازهای موردنیاز خارج از محیط *Citespace* و با استفاده از یك رویکرد بر پایه گراف بهنجار لاپلاسی[۳] ارائه شده است.

ورودی‌ها: مجموعه گره‌ها $V=\{s_1,s_2,...,s_n\}$ از گراف بدون جهت $G=(V,E)$؛ ماتریس فواصل ($B_{n\times n}$)؛ مقیاس σ برای تشکیل ماتریس تشابه؛ تعداد موردنیاز خوشه‌ها *(k)*.

خروجی: گراف خوشه‌بندی‌شده و تشکیل مجموعه‌های عناصر و درجات تعلق آن‌ها به هرکدام از خوشه‌ها.

تشکیل ماتریس تشابه[۴] $W_{n\times n}$. روش‌های متنوعی برای تشکیل ماتریس تشابه با توجه به داده‌ها وجود دارد. در این پژوهش، ماتریس تشابه یا وابستگی $W_{n\times n}$ با استفاده از اطلاعات ماتریس فواصل با استفاده از عملگر تشابه گاوسی[۵] و با بهره‌گیری از عملگر تشابه تشکیل شده است. لذا، درایه دلخواه w_{ij}از ماتریس تشابه به‌قرار **رابطه (۱)** به‌دست می‌آید. درایه‌های $W_{n\times n}$، اوزان کمی هستند که میزان مشابهت یا عدم مشابهت مابین گره‌های گراف را مشخص می‌کنند.

$$w_{ij}=e^{-\frac{b_{ij}}{2\sigma^2}} \qquad (۱)$$

در **رابطه (۱)**، b_{ij} فاصله ماهالانوبیس[۶] مابین دو گره s_i و s_j مستخرج از $B_{n\times n}$ است. مقیاس σ نیز با توجه به حدود تعیین‌شده در تنظیم مقیاس فاصله‌ای مابین گره‌ها تعیین می‌شود. بدین گونه که مقدار σ با توجه به وسعت فضای تعریف‌شده در نرم‌افزار شبیه‌سازی

---

[۱] American English
[۲] Spectral Analysis
[۳] Laplacian Normalized Graph
[۴] Similarity or Affinity Matrix
[۵] Gaussian Similarity Function
[۶] Mahalanobis

و مقیاس‌های فضای شبکه‌ای موردنیاز، بر مبنای تنظیم چن و موریس[1] (۲۰۰۳) از طریق الگوریتم پت‌فایندر در نرم‌افزار *CiteSpace* و بر مبنای نوع گره و داده‌های علم‌سنجی انتخاب‌شده برای تشکیل مدل محاسبه و تعیین می‌شود. بدین ترتیب، $W_{n\times n}$ یك ماتریس مربعی و متقارن نسبت به قطر اصلی می‌باشد که به‌صورت **رابطه (۲)** قابل تشکیل است.

$$W_{n\ n} = \begin{matrix} 0 & w_{12} & \cdots & w_{1n} \\ w_{12} & 0 & \cdots & w_{2n} \\ \vdots & \vdots & 0 & \vdots \\ w_{1n} & w_{1(n-1)} & \cdots & 0 \end{matrix} \qquad (۲)$$

تشکیل ماتریس تشابه بهنجار شده قطری $D_{n\times n}$. درواقع، $D_{n\times n}$ به‌صورت یك ماتریس قطری بوده و درایه‌های آن از تحویل درایه‌های $W_{n\times n}$ با استفاده از **رابطه (۳)** ایجاد می‌شود. بنا بر **رابطه (۳)**، در $D_{n\times n}$ به‌غیراز قطر اصلی، بقیه درایه‌ها مقادیر صفر اخذ می‌کنند. درایه قطر اصلی برای هر سطر نیز از جمع درایه‌های همان سطر در ماتریس $W_{n\times n}$ حاصل می‌شود.

$$d_{ii} = \sum_{j=1}^{n} w_{ji} \quad if\ \ i = j \qquad d_{ij} \quad 0 \quad if\ \ i \quad j \qquad (۳)$$

محاسبه ماتریس لاپلاس بهنجار شده $L_{n\times n}$. ماتریس $L_{n\times n}$ از طریق **رابطه (٤)** به‌صورت جبری قابل‌محاسبه است (نگ و همکاران[2]، ۲۰۰۲). در رابطه مزبور، $I_{n\times n}$ ماتریس همانی در بعد n می‌باشد.

$$L_{n\ n} = I_{n\ n} - D_{n}^{-\frac{1}{2}} W_{n\ n}\ D_{n}^{-\frac{1}{2}}. \qquad (۴)$$

استخراج k بزرگ‌ترین مقدار ویژه از $L_{n\times n}$ و بردارهای ویژه مرتبط با آن‌ها. برای انجام این کار، مجموعه‌ای k عضوی (که $k \in N, 1 < k < n$) از مقادیر ویژه از ماتریس لاپلاس بهنجار $L_{n\times n}$ استخراج می‌شود. مجموعه مزبور به‌صورت $\lambda = \{\lambda_1, \lambda_2, ..., \lambda_k\}$ می‌باشد که بایستی حاوی بزرگ‌ترین مقادیر ویژه $L_{n\times n}$ باشد که در آن داشته باشیم: $0 = \lambda_1 \le \lambda_2 \le ... \le \lambda_k$. در ادامه، بردارهای ویژه متناظر با هرکدام از مقادیر ویژه با لحاظ نمودن ترتیب نزولی مقادیر ویژه به‌صورت v_1، v_2، ... و v_k قابل‌استخراج است.

تشکیل ماتریس بلوکی ستونی خوش‌ترتیب از بردارهای ویژه. با توجه به یافته‌های بند قبل، ماتریس بلوکی، خوش‌ترتیب و ستونی از بردارهای ویژه، می‌تواند از طریق چینش بردارهای ویژه در داخل آن مطابق با **رابطه (۵)** تشکیل شود:

[1] Chen & Morris
[2] Ng et al.

$$A_{n\ k} = v_1 \quad v_2 \quad \dots \quad v_k \quad {}_{n\ k} . \qquad (۵)$$

بهنجارسازی ماتریس $A_{n\times k}$. در این گام، درایه‌های ماتریس $A_{n\times k}$ با روش نُرم اقلیدسی بی‌مقیاس می‌شود. اگر a_{ij} درایه دلخواه از $A_{n\times k}$ باشد، $T_{n\times k}$ به‌عنوان ماتریس بهنجارشده $A_{n\times k}$ به‌گونه‌ای در نظر گرفته می‌شود که درایه‌های آن (t_{ij}) از طریق نُرم اقلیدسی به‌قرار **رابطه (٦)** استخراج گردد:

$$t_{ij} = a_{ij} \left(\quad {}_j a_{ij} \right)^{-\frac{1}{2}} . \qquad (۶)$$

افراز گره‌ها. با بهنجارسازی‌های انجام‌یافته در مراحل قبلی، ابعاد و پیچیدگی مسئله کاهش‌یافته است و به‌راحتی می‌توان داده‌های تبدیل یافته را با روش‌های ساده‌تر افرازی مانند *K-means* به تعداد k خوشه، افرازبندی نمود. برای انجام این کار، کافی است هر سطر از ماتریس T به‌عنوان مختصات یك نقطه (گره) از گراف در فضای k بعدی لحاظ شود. با توجه به اینکه برای هرکدام از n گره، یك متناظر مشخص در T به‌صورت برداری از بعد k تولیدشده است، بنابراین، به‌راحتی می‌توان گره‌ها را با استفاده از *K-means* به k خوشه $Cl_1,...,Cl_k$ افراز نمود. خروجی آن نیز به‌صورت اجزای ضروری و اصلی در هر خوشه لحاظ می‌شود.

تعیین مرز خوشه‌ها در گراف. با توجه به مشخص شدن اجزای اصلی هر خوشه در گام قبلی، ابتدا اجزای هر خوشه در گراف اصلی مشخص می‌شود؛ سپس، گراف با یکی از رویکردهای مرسوم مانند فن برش بهنجارشده[۱]، بخش‌بندی می‌شود. برای انجام این کار، در حالت کلی مدل برنامه‌ریزی خطی با هدف مینیمم‌کردن مقدار اثر ماتریس $A_{k\times n}^T \times L_{n\times n} \times A_{n\times k}$ با یك محدودیت به‌صورت $A_{k\times n}^T A_{n\times k} = I_{k\times k}$ تشکیل و حل می‌شود. به دلیل حجم بالای مطالب، از تشریح کامل نحوه بخش‌بندی گراف بر پایه برش بهنجار شده، خودداری شده است. خواننده می‌تواند برای کسب اطلاعات بیشتر به پژوهش‌هایی نظیر شی و مالك[۲] (۲۰۰۰) و ون لوکسبورگ[۳] (۲۰۰۷) مراجعه نماید. نهایتاً، می‌توان گفت که با توجه به ماهیت درهم‌تنیده داده‌های مرتبط با علم‌سنجی، خوشه‌های به‌دست‌آمده لزوماً ازلحاظ ظاهری ماهیت تماماً محدب و کاملاً از هم مجزا نخواهند داشت، بلکه، می‌توانند بخش‌های همپوشان[۴] با همدیگر نیز داشته باشند (زانگ و همکاران[۵]، ۲۰۲۰).

۱-۲-۳- تعیین تعداد خوشه‌ها در خوشه‌بندی طیفی

تاکنون روش‌های مختلفی برای تعیین تعداد بهینه خوشه‌ها برای انواع الگوریتم‌های خوشه‌بندی طیفی ارائه شده است که هرکدام مزایا و معایب مخصوص به خود را داشته‌اند (مور و همکاران[۶]، ۲۰۱۶). در *CiteSpace* برای تعیین تعداد خوشه‌ها از ۷ نوع شاخص انتخاب گره می‌توان استفاده کرد. در این پژوهش از شاخص *G-index* برای انتخاب نمونه‌های کوچك در خوشه‌بندی و تعمیم خروجی به‌کل گره‌ها استفاده شده است. به‌علاوه، با توجه به انتخاب الگوریتم خوشه‌بندی خودتنظیم و محاسبه ماتریس بهنجار شده لاپلاسی، از الگوریتم مقیاس محلی[۷] زنلیك-مانور و پرونا[۸] (۲۰۰۵) مبتنی بر انتخاب شاخص‌های سیگمای محلی با لحاظ‌نمودن مقادیر بهسازی شده سیلووت[۹] و گنجایش[۱۰] Q هم‌زمان با تشکیل شبکه‌های ارتباطی در *CiteSpace* استفاده شده است. از مزایای آن می‌توان به‌راحتی در پیاده‌سازی و اجرا و از معایب آن به وابستگی محاسبات به مقیاس فضای خوشه‌بندی (σ) اشاره نمود.

---

[۱] Normalized Cut
[۲] Shi & Malik
[۳] Von Luxburg
[۴] Overlapping Segments
[۵] Zhang et al.
[۶] Mur et al.
[۷] Local Scaling
[۸] Zelnik-Manor& Perona
[۹] Silhouette
[۱۰] Modularity Q

۳-۳- خوشه‌بندی مقید[۱]

کاربرد الگوریتم‌های خوشه‌بندی در سیستم‌های یادگیری هوش‌مصنوعی به دلیل آن‌که کاملاً بدون نظارت انجام می‌شود، حائز اهمیت فراوان است. این امر می‌تواند به‌عنوان نقطه‌ضعف خوشه‌بندی نیز محسوب شود زیرا الگوریتم‌های بدون ناظر خوشه‌بندی سعی دارند تا ساختاری برای داده‌ها پیدا نمایند که ممکن است تطابقی بین آن ساختار و ساختار واقعی داده وجود نداشته باشد (وانگ و همکاران[۲]، ۲۰۱۴). برای رفع این مشکل در مسائل داده‌کاوی، از اطلاعات جانبی[۳] با هدف اعمال نوعی نظارت و هدایت خروجی الگوریتم‌های خوشه‌بندی بر مبنای خواسته‌ها و نیازهای محقق در تشخیص خوشه‌ها استفاده می‌شود. این روند، به‌طور کلی روش‌های خوشه‌بندی مقید[۴] خوانده می‌شود. در خوشه‌بندی مقید، امکان استفاده از دانش بیرونی در فرآیند خوشه‌بندی امکان‌پذیر می‌شود. در روش‌های خوشه‌بندی مقید، اطلاعات جانبی می‌تواند به دو صورت دانش بیرونی و دانش موجود در داده‌ها اعمال گردد. مزایای استفاده از روش‌های خوشه‌بندی مقید نسبت به حالت عادی و بدون نظارت، شامل افزایش دقت در خوشه‌بندی و ارتقای قدرت تشخیص ساختار واقعی داده‌ها بر مبنای یك سری مفروضات قبلی می‌باشد، به‌گونه‌ای که خوشه‌های استخراج‌شده، به شکل و طرح موردنیاز و قابل‌قبول برای انجام مراحل بعدی در داده‌کاوی تشکیل می‌شود. استفاده از قیدها می‌تواند سبب بهبود متوسط دقت الگوریتم‌های خوشه‌بندی شود و از طرفی هم امکان ایجاد خوشه‌های با اشکال دلخواه را به الگوریتم‌های خوشه‌بندی می‌دهد.

تاکنون دوشاخه اصلی و چندین روش انشعابی از آن‌ها برای اعمال قیدها در انجام خوشه‌بندی طیفی ارائه شده است (کاوال و بولی[۵]، ۲۰۱۳): الف) روش‌هایی که قیدها را مستقیماً به گراف شبکه ارتباطی، ماتریس شباهت یا ماتریس لاپلاسی وارد می‌کنند و ب) روش هایی که قیدها را به‌صورت محدودیت فضای جواب‌های مدل نهایی بهینه‌سازی در خوشه‌بندی طیفی وارد می‌کنند. همچنین، الگوریتم‌های مربوط به ارضای قیدها نیز به دو صورت ارضای قید سخت[۶] و ارضای قید نرم[۷] تقسیم می‌شوند. الگوریتم‌های مرتبط با روش‌های مبتنی بر ارضای قید سخت، تلاش دارند تمامی قیدها را به‌طور کامل برآورده نمایند. از سوی دیگر، کارآمدی الگوریتم‌های مبتنی بر ارضای قید سخت در مواردی که قیدها کاملاً قابل‌اعتماد باشند، می‌تواند کارآمد باشد. اما در بسیاری از موارد قیدهای مسئله به کمك دانش موجود در داده‌های مسئله و توسط روش‌های مکاشفه‌ای استخراج می‌شوند که در چنین مواردی از روش‌های مبتنی بر ارضای قید نرم به‌جای ارضای سخت استفاده می‌شود. در این پژوهش، قیدهای خوشه‌بندی مقید به کمك دانش موجود در داده‌های مسئله تشکیل‌شده است. الگوریتم ارضای قیدها نیز، به‌صورت غیرمستقیم بر ماتریس لاپلاسین به همراه یك عبارت جریمه برای نقض قیدها وارد شده است. برای انجام این کار، نیاز است که اطلاعات گردآوری‌شده از خوشه‌بندی طیفی به‌عنوان داده‌های اولیه در دست باشد. نرم‌افزار *CiteSpace* امکان اجرای خوشه‌بندی مقید را ندارد. بنابراین، داده‌های مربوط به گراف شبکه ارتباطی اولیه مانند ماتریس فواصل[۸] $B_{n\times n}$ و ماتریس همسایگی $C_{n\times n}$ از *CiteSpace* استخراج شده و به‌عنوان ورودی‌های اولیه شبکه در انجام خوشه‌بندی مقید در کنار قیدهای استخراج‌شده به کمك دانش موجود از مسئله، به‌صورت ماتریس وزنی استفاده شده است. همچنین، شاخص تعلق گره‌ها به هرکدام از خوشه‌ها در حالت اولیه و حالت تنظیم‌شده با حذف هدفمند برای خوشه‌ها نیز به‌عنوان داده‌های ورودی موردنیاز می‌باشد. در ادامه، نحوه اعمال قیدها در پژوهش حاضر برای تغییر در فضای خوشه‌بندی به تفکیک خوشه‌های منتخب (برای تئوری‌های ارزیابی تاب‌آوری)، به‌صورت اجمالی ارائه شده است.

اگر مجموعه گره‌ها $V=\{s_1,s_2,...,s_n\}$ بوده و $i,j\in\{1,2,...,n\}$ باشد، $ML=\{(S_i,S_j)\}$ مجموعه شباهت گره‌ها درنظر گرفته می‌شود که مشخص می‌کند دو گره s_i و s_j با چه مقدار وزنی به هرکدام از k خوشه تعلق دارند. همچنین، $CL=\{(s_i,s_j)\}$ مجموعه عدم‌شباهت است که از ماتریس فواصل حاصل می‌شود. در این پژوهش، هدف از مقیدکردن شباهت‌ها، تغییر بخش‌هایی از ماتریس شباهت است که اطلاعات r خوشه نامرتبط از k خوشه اولیه (بدون انجام دست‌کاری در وضعیت و تعداد گره‌ها) حذف شود. برای انجام این کار، قیدهای شباهت از مجموعه مرتبط از داده‌های ماتریس، استخراج می‌شود. با توجه به وجود خاصیت معکوسی درایه‌ها نسبت به

---

[۱] Constrained Clustering
[۲] Wang et al.
[۳] Side information
[۴] Constrained clustering
[۵] Kawale & Boley
[۶] Hard Constraints Satisfication
[۷] Soft Constraints Satisfication
[۸] Distance Matrix

قطر اصلی در ماتریس فواصل، اگر $(s_i, s_j) \in ML$ باشد، آن‌گاه $(s_j, s_i) \in ML$. بنابراین، ارزش درایه متناظر در ماتریس تشابه $w_{ij} = 1$ لحاظ می‌شود که نشان می‌دهد s_i و s_j باهم بیشترین شباهت را دارند. بر این اساس، اگر برای گره دلخواه s متعلق به شبکه، $N(s)$ به‌عنوان افراز k نزدیک‌ترین همسایگی از آن شبکه فرض شود و $(s_{i0}, s_{j0}) \in ML$، آن‌گاه برای $s_i \in N(s_{i0})$ و $s_j \in N(s_{j0})$، **رابطه (۷)** برای مقدار متناظر با دو گره s_i و s_j در ماتریس تشابه صادق است (قید شباهت):

$$w_{ij} = f(s_i, s_j) = max\{w_{ij}, w_{iii0}, w_{i0j0}, w_{jj0}\}. \qquad (۷)$$

در ادامه، قیدهای عدم شباهت از مجموعه داده‌های ماتریس فواصل استخراج می‌شود. با توجه به خاصیت معکوس‌بودن نسبت به قطر اصلی در ماتریس فواصل، اگر $(s_i, s_j) \in CL$ باشد، آن‌گاه $(s_j, s_i) \in CL$ بوده و ارزش درایه متناظر در ماتریس تشابه $w_{ij} = 0$ لحاظ می‌شود. این امر نشان می‌دهد s_i و s_j باهم بیشترین میزان عدم شباهت را دارند. بر این اساس، اگر $(s_{i0}, s_{j0}) \in CL$ باشد، آنگاه گره‌های همسایگی هرکدام از آن‌ها نیز بایستی باهم عدم‌شباهت داشته باشند. لذا، اگر $s_i \in N(s_{i0})$ و $s_j \in N(s_{j0})$ که در آن $s_i \neq N(s_{j0})$ و $s_j \neq N(s_{i0})$ باشد، عملگر عدم‌تشابه $h(s_i, s_j)$ برای تعیین ارزش درایه متناظر در ماتریس تشابه به‌صورت **رابطه (۸)** قابل‌تعریف است (قید عدم‌شباهت):

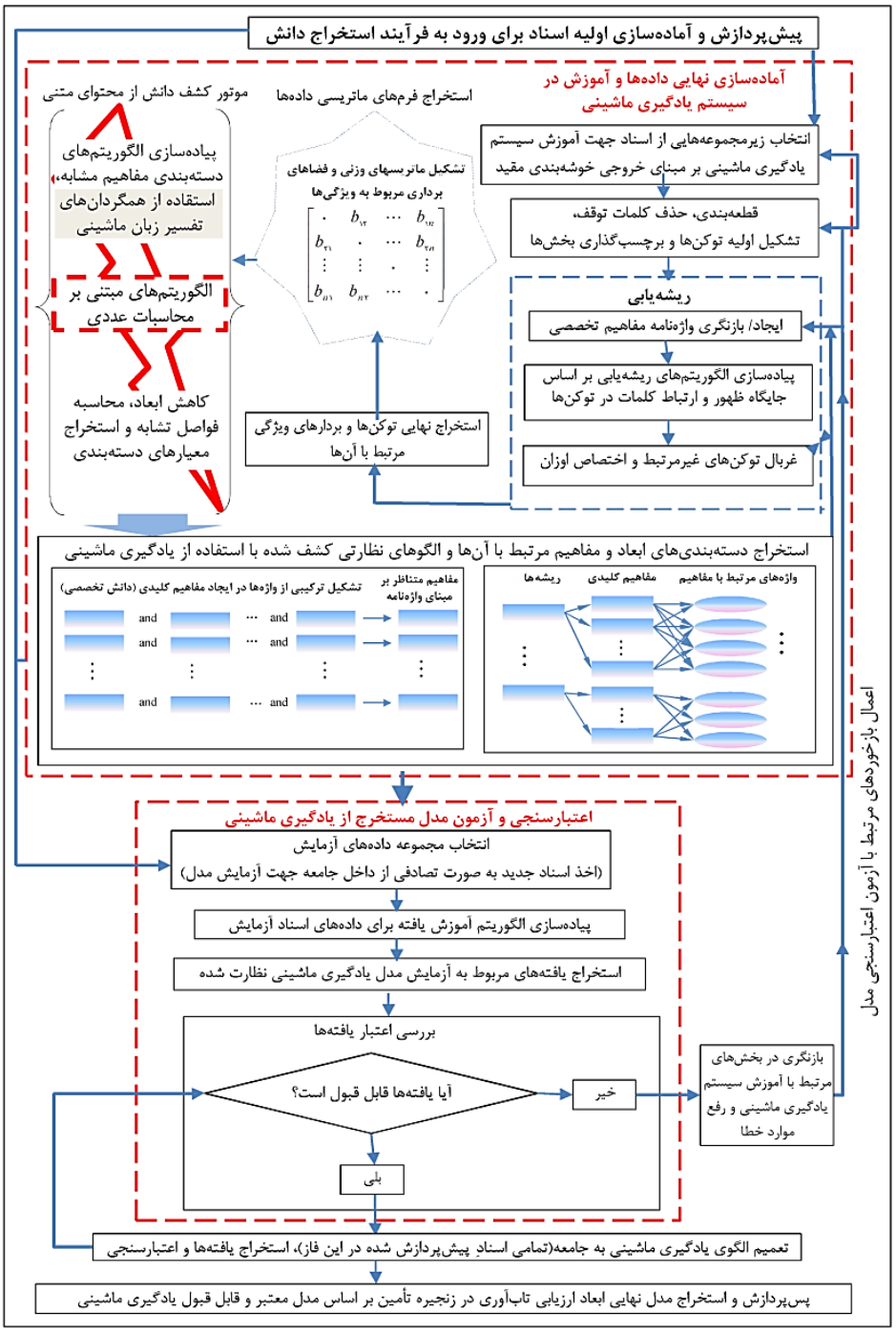
$$w_{ij} = h(s_i, s_j) = min\{w_{ij}, 1 - w_{ii0}, w_{jj0}\}. \qquad (۸)$$

در پژوهش حاضر، درایه‌های ماتریس تشابه $W_{n\times n}$ بر مبنای تغییرات موردنیاز محقق جهت تنظیم مجدد تعداد و مرز خوشه‌ها با توجه به **روابط (۷)** و **(۸)** مورد تجدیدنظر قرار گرفت و ماتریس تجدیدنظر شده در روند تجزیه‌وتحلیل استفاده شده است.

٤-۳- استخراج دانش از متن مقالات (متن‌کاوی)

یکی از شاخه‌های اصلی متن‌کاوی، دسته‌بندی مفاهیم بر مبنای الگوریتم‌های نظارت شده است. در این پژوهش برای تشکیل مدل تاب‌آوری زنجیره تأمین از رویکرد مزبور استفاده شده است. برای انجام این کار ورودی داده‌های نظارت در این سیستم از خوشه‌بندی مفاهیم کلیدی تأمین گردید. لذا، جهت کاهش ابعاد فضای ویژگی با توجه به ویژگی‌های مجموعه هدف،چهار دسته مفهوم اصلی (آگاهی از ریسك، واکنش‌پذیری، برنامه‌ریزی راهبردی مدیریت ریسك و انعطاف‌پذیری) و زیرمجموعه‌هایشان که از دور اول خوشه‌بندی استخراج‌شده بود، به‌عنوان داده‌های نظارت لحاظ شده است. از سوی دیگر، همان‌گونه که پیش‌تر نیز اشاره شد، مهم‌ترین گام در روند متن‌کاوی در استخراج دانش، انتخاب اسناد مناسب جهت آموزش سیستم یادگیری ماشینی می‌باشد. در این پژوهش، انتخاب اسناد برای آموزش سیستم یادگیری ماشینی بر مبنای خروجی خوشه‌بندی مبانی نظری و تحلیلی اسناد انجام پذیرفت. بدین گونه که مجموعه‌های اسناد برای آموزش سیستم بر مبنای میزان شاخص قدرت اثر استخراج‌شده در دور دوم خوشه‌بندی انتخاب‌شده‌اند (به جدول در ضمایم مراجعه شود). با توجه به کارکرد و نوع خروجی‌های موردنیاز از سیستم یادگیری، دسته‌بندی مفاهیم نیز مطابق با تحقیق کوبایاشی و همکاران (۲۰۱۸) از گونه دسته‌بندی تخت و با الگوریتم‌های شبکه عصبی انتخاب شده است. همچنین، طول قطعه‌های استخراج‌شده در جملات مابین ۱ تا ۶ کلمه انتخاب و ریشه‌یابی تخصصی با بهره‌گیری از تحلیل‌گر نحوی، معنایی و واژه‌نامه تخصصی انجام پذیرفت. در شکل زیر نمایی ساده از فلوچارت سیستم یادگیری ماشینی پژوهش حاضر آمده است.

نشریه تصمیم‌گیری و تحقیق در عملیات، دوره ۵، شماره ۴، زمستان ۱۳۹۹، صفحه: ۵۴۶-۵۲۲



شکل ۱- نمایی ساده از سیستم استخراج دانش تنظیم‌شده برای تشکیل مدل ارزیابی تاب‌آوری زنجیره تأمین.

Figure 1- View of the adapted KDT system designed for establishing SCR evaluation model.

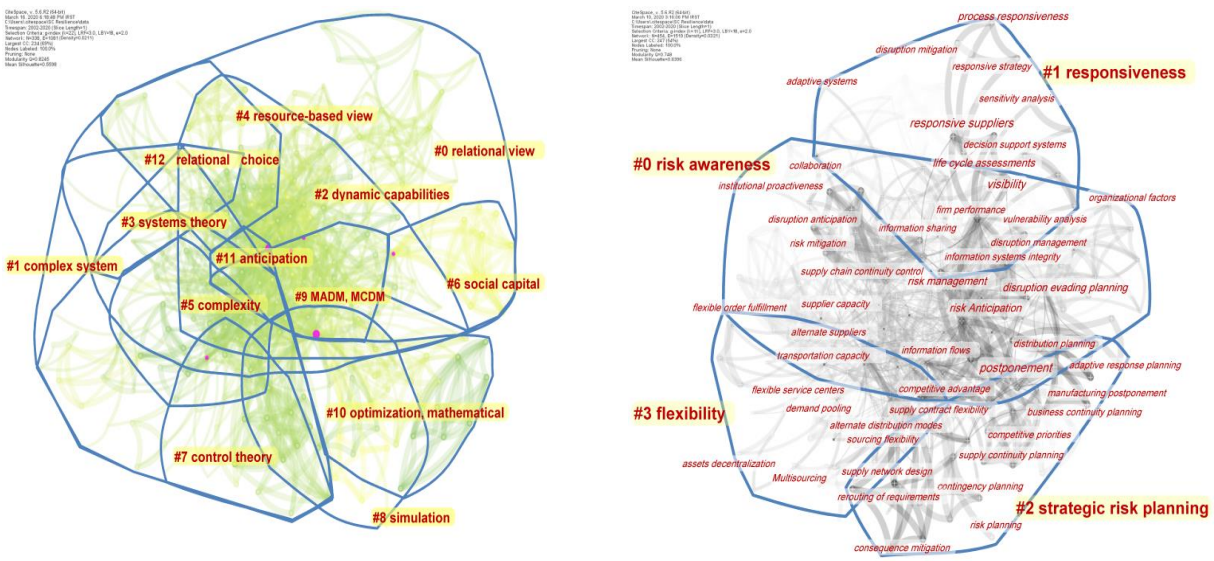
۴- یافته‌ها

قبل از ارائه یافته‌های پژوهش به‌صورت بخش‌های مجزا، ذکر این نکته ضروری می‌نماید که به دلیل وجود حجم بسیار زیاد یافته‌ها و خروجی‌های مرتبط با بخش‌های مختلف تحلیلی، آن دسته که به‌طور مستقیم ارتباط کم‌تری با روند ارائه پاسخ به سؤالات پژوهش داشته‌اند، در بخش ضمایم آورده شده است.

۴-۱- یافته‌های خوشه‌بندی طیفی با CiteSpace

در راستای خوشه‌بندی مفاهیم اصلی مرتبط با تاب‌آوری زنجیره تأمین و دستیابی به پاسخ مناسب برای سؤال اول پژوهش، نیاز است تا کلان‌داده بر مبنای روند رایج در فرآیند علم‌سنجی تشکیل شده و خوشه‌بندی گردد. با توجه به این امر، شبکه هم‌استنادی اسناد،

خوشه‌بندی نگردید و تنها به ارائه گراف شبکه هم‌استنادی مقالات در بخش ضمایم بسنده شده است. در ادامه، یافته‌های خوشه‌بندی طیفی گراف محتوا و مفاهیم اصلی و مبانی نظری و تحلیلی مقالات آمده است. در **شکل (۱)** خروجی حاصل‌شده توسط *CiteSpace* در دورهای اول و دوم خوشه‌بندی آمده است.



الف) خوشه‌بندی محتوا و مفاهیم اصلی ارزیابی تاب‌آوری در اسناد (دور اول خوشه‌بندی).

a. Content and the main concepts clustering of document resilience assessment (period I).

ب) خوشه‌بندی اسناد بر اساس مبانی نظری و تحلیلی در ارزیابی تاب‌آوری و تشکیل نقشه علم (خروجی دور دوم خوشه‌بندی).

b. document clustering based on theoretical and analytical foundations in resilience assessment and science map establishment (period II).

شکل ۲- خروجی‌های حاصل‌شده توسط CiteSpace در دورهای اول و دوم خوشه‌بندی.

Figure 2- CiteSpace results related to clustering in period I & II.

یافته‌های دور اول خوشه‌بندی (محتوا و مفاهیم اصلی تاب‌آوری زنجیره تأمین). در بخش حاضر، مفاهیم اصلی مرتبط با تاب‌آوری زنجیره تأمین بر مبنای کلان‌داده اسناد علمی مرتبط با آن در راستای ارائه پاسخ مناسب به سؤال دوم تحقیق خوشه‌بندی شده است برای انجام خوشه‌بندی محتوا و مفاهیم، گراف محتوا و مفاهیم اصلی مبانی نظری و تحلیلی با انتخاب کلیدواژه و چکیده به‌عنوان نوع گره انتخاب شد. برای تعیین ضریب شاخص *G-index* در انجام خوشه‌بندی، مقدار ضریب مزبور از مقدار اولیه یعنی ۲۵ تا مقدار ۵ به‌صورت مداوم تغییر داده شد و الگوریتم خوشه‌بندی برای تمامی حالت‌های مذکور پیاده‌سازی شد. مقادیر به‌دست‌آمده برای دو شاخص سیلووت و گنجایش Q برای تمامی خروجی‌های خوشه‌بندی یادداشت شد. مشاهده شد که مقادیر هر دو شاخص مزبور درخوشه‌بندی با مقدار *G-index=11* در بهترین وضعیت نسبت به باقی حالت‌ها داشتند. بنابراین خوشه‌بندی حاصل‌شده در این مقدار به‌عنوان خوشه‌بندی بهینه استخراج شد. پس از اعمال تنظیمات مربوط به شاخص G، نرم‌افزار به‌صورت برخط اجرا شد و نهایتاً الگوریتم خوشه‌بندی، مفاهیم را به ۴ خوشه افراز نمود. در خوشه‌بندی نهایی شده، مقدار شاخص‌های سیلووت و گنجایش Q به ترتیب: ۰/۶۳۹۶ و ۰/۷۴۸ به‌دست آمده است. مقدار عددی شاخص سیلووت کیفیت خوشه‌بندی را نشان داده و می‌تواند مابین ۱+ و ۱- متغیر باشد. مقادیر سیلووت نزدیک‌تر به ۱ (بخصوص مقادیر بیشتر از ۰/۷)، نمایانگر موفقیت بالا در روند انجام خوشه‌بندی و استخراج افرازهایی است که عناصر داخل هر خوشه با همدیگر مشابهت دارند. همچنین، برای شاخص گنجایشQ که مابین صفر و یك به‌دست می‌آید، اعداد نزدیك به صفر، نمایانگر تجزیه‌پذیری پایین و اعداد نزدیك به ۱ تجزیه‌پذیری بالای شبکه به خوشه‌های مختلف را نشان می‌دهد (چن[۱]، ۲۰۱۰). یافته‌های مربوط به دو شاخص مزبور نشان می‌دهد که خوشه‌بندی با تعداد افراز به‌دست‌آمده

[۱] Chen

دارای کیفیتی مناسب از منظر دو شاخص مزبور است. بنابراین تعداد مناسب خوشه‌ها برای خوشه‌بندی شبکه مفاهیم ۴ خوشه برای شبکه محتوا و مفاهیم اصلی به‌دست آمده است. تعداد گره‌ها یا مفاهیم استخراج‌شده بدون تکرار، ۴۵۴ مفهوم بوده است که ۲۴۷ مفهوم در بزرگ‌ترین خوشه گرد آمده است. در خوشه‌بندی طیفی با *CiteSpace*، عنوان خوشه‌ها (در صورت امکان) توسط نرم‌افزار هوش مصنوعی تعیین می‌شود (چن، ۲۰۱۹). بزرگ‌ترین خوشه که در *CiteSpace*، با شماره صفر مشخص می‌شود *(#0)*، توسط نرم‌افزار تحت عنوان "آگاهی از ریسك" *(risk awareness)* نام‌گذاری شده است. خوشه مزبور، مجموعاً ۵۴٫۴ درصد گره‌ها را دربر گرفته است. مشخصات کامل خوشه‌ها در دور اول خوشه‌بندی با *CiteSpace* در **جدول ۱(الف)** آمده است. همچنین، فضای خوشه‌بندی محتوا و مفاهیم اصلی ارزیابی تاب‌آوری در اسناد حاصل‌شده از دور اول خوشه‌بندی در **شکل ۲ (الف)** نمایش داده شده است. با توجه به فضای مفهومی در حوزه تاب‌آوری ارائه‌شده در شکل مزبور، آگاهی از ریسك، واکنش‌پذیری، برنامه‌ریزی راهبردی مدیریت ریسك و انعطاف‌پذیری چهار افراز اصلی مفاهیم تاب‌آوری که با هم‌دیگر زیرمفهوم‌هایی هم‌پوشان نیز دارند، از هم متمایز شده است.

یافته‌های دور دوم خوشه‌بندی (تفکیك اسناد بر اساس مبانی نظری و تحلیلی در ارزیابی تاب‌آوری زنجیره تأمین). برای انجام خوشه‌بندی اسناد بر اساس مبانی نظری و تحلیلی در ارزیابی تاب‌آوری زنجیره تأمین، عنوان نویسندگان (نام سند) برای عنوان گره انتخاب شد و عنوان مقاله و کلیدواژه‌های اضافی استخراج‌شده از کلان‌داده به‌عنوان سایر متغیرها در انجام خوشه‌بندی انتخاب شد. برای تعیین ضریب شاخص *G-index* در انجام خوشه‌بندی، مقدار ضریب مزبور از مقدار اولیه ۲۵ تا مقدار ۵ به‌صورت مداوم تغییر داده شد و الگوریتم خوشه‌بندی برای تمامی حالت‌های مذکور اجرا گردید. مقادیر به‌دست‌آمده برای دو شاخص سیلووت و گنجایشQ برای تمامی خروجی‌ها برسی شد و مشاهده گردید که مقادیر هر دو شاخص مزبور درخوشه‌بندی با مقدار *G-index=19* در بهترین وضعیت نسبت به باقی حالت‌ها داشتند. بنابراین خوشه‌بندی حاصل‌شده در این مقدار به‌عنوان خوشه‌بندی بهینه مشخص شد. پس از اعمال تنظیمات مربوط به شاخص G، نرم‌افزار به‌صورت برخط اجرا شد و الگوریتم خوشه‌بندی مجدداً اجرا شد. بر مبنای یافته‌ها، مقاله‌ها در قالب ۱۳ خوشه افراز شد. در خوشه‌بندی نهایی‌شده، مقدار شاخص‌های سیلووت و گنجایش Q به ترتیب: ۰/۵۵۹۸ و ۰/۸۲۴۵ به‌دست آمده است. مقدار عددی به‌دست‌آمده برای شاخص سیلووت، نمایانگر وجود بخش‌های همپوشان مابین برخی از خوشه‌ها می‌باشد. علیرغم این امر، این مقدار با توجه به تعداد گره‌ها، داده‌های مرتبط با تشکیل $B_{n\times n}$ و تعداد خوشه‌ها نسبتاً مناسب می‌باشد. تعداد گره‌ها یا اسناد، ۳۴۸ مقاله علمی بوده و بزرگ‌ترین خوشه یعنی خوشه صفر، نگرش ارتباطی *(relational view)* نام‌گرفته که ۲۳۴ مقاله را شامل شده است. این خوشه درمجموع ۶۹٫۲۳ درصد گره‌ها را دربر گرفته است. مشخصات کامل خوشه‌ها در دور دوم خوشه‌بندی با *CiteSpace* در **جدول ۱ (ب)** بخش ضمایم آمده است. همچنین، فضای خوشه‌بندی اسناد بر اساس مبانی نظری و تحلیلی در ارزیابی تاب‌آوری حاصل‌شده از دور دوم خوشه‌بندی در **شکل ۲ (ب)** نمایش داده‌شده است. یافته‌های مربوط به شاخص شکوفایی[1] علمی نیز از این بخش حاصل شد که در بخش پیوست‌ها در **جدول ۲ (ج)** گزارش شده است.

بر مبنای یافته‌های دور دوم خوشه‌بندی، نقشه علم از منظر گرایش‌ها و مبانی نظری و تحلیلی اسناد تاب‌آوری زنجیره تأمین بر اساس اطلاعات پایگاه‌های معتبر علمی شامل برخی خوشه‌های کاملاً همپوشان تحت عناوین ذیل است که توسط نرم‌افزار علم‌سنجی استخراج و نام‌گذاری شده است: نگرش ارتباطی (*#0 relational view*)، سیستم‌های پیچیده (*#1 complex system*)، ظرفیت‌های پویایی (*#2 dynamic capabilities*)، تئوری سیستم‌ها (*#3 systems theory*)، نگرش منبع محور (*#4 resource-based view*)، پیچیدگی (*#5 complexity*)، سرمایه اجتماعی (*#6 social capital*)، تئوری کنترل (*#7 control theory*)، شبیه‌سازی (*#8 simulation*)، روش‌های چندمتغیره و چند شاخصه تصمیم‌گیری (*#9 MADM, MCDM*)، روش‌های بهینه‌سازی و ریاضی (*#10 optimization, mathematical*)، تئوری پیش‌بینی (*#11 anticipation*) و نظریه انتخاب منطقی (*#12 relational choice*).

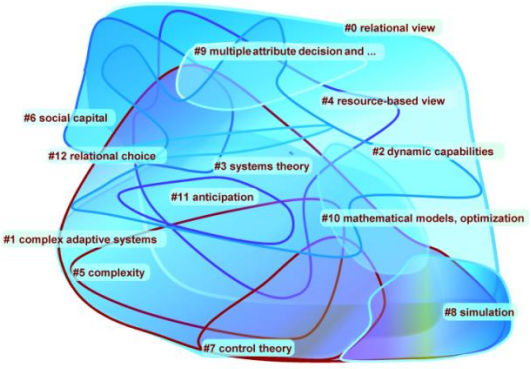
برای ارائه پاسخ مناسب به سؤال سوم تحقیق مبتنی بر استخراج تئوری‌ها و مبانی نظری مناسب در شناسایی شاخص‌های ارزیابی تاب‌آوری زنجیره تأمین از اسناد علمی بر اساس مفروضات و محدودیت‌های تحقیق، نیاز است که اسناد دارای شکوفایی علمی بالا و

[1] Burstiness

پر استناد به تفکیک مبانی نظری و جبهه‌های منتخب تحقیق بر مبنای اهداف ارزیابی تاب‌آوری زنجیره تأمین تفکیک شود. لذا خوشه ۸، ۹ ،۱۰ و ۱۱ تحت عناوین شبیه‌سازی، روش‌های چندمتغیره و چندشاخصه تصمیم‌گیری و روش‌های بهینه‌سازی و ریاضی به دلیل دارابودن عناوین غیرمرتبط با مبانی نظری تاب‌آوری و صرفاً دسته‌بندی بر مبنای رویکرد تجزیه‌وتحلیل، نیاز است که از خوشه‌بندی حذف شوند. همچنین، خوشه‌های ۱۲ و ۱۳ تحت عناوین تئوری پیش‌بینی و نظریه انتخاب منطقی به دلیل پایین‌بودن نسبی تعداد اسناد تحت پوشش توسط آن‌ها طبق قاعده هرس می‌توانند از خوشه‌بندی حذف شوند (استناد به محدودیت‌های محاسباتی و ساده‌سازی مدل). بنابراین، مقالات شکوفا و پر استناد به تفکیک مبانی نظری و جبهه‌های تحقیق شامل ۸ خوشه تحت عناوین: نگرش ارتباطی، سیستم‌های پیچیده، ظرفیت‌های پویایی، تئوری سیستم‌ها، نگرش منبع‌محور، پیچیدگی، سرمایه اجتماعی و تئوری کنترل شناسایی شد.

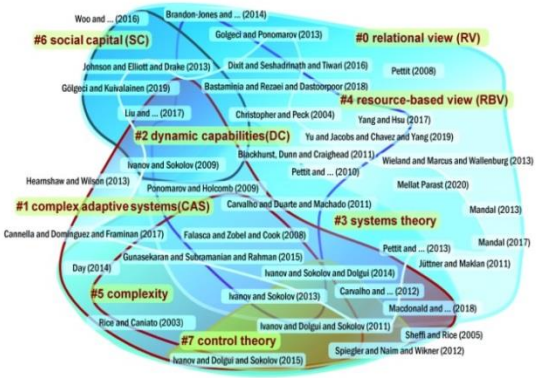
۲-٤- یافته‌های خوشه‌بندی مقید (تدقیق در یافته‌های خوشه‌بندی دور دوم جهت ورود به فرآیند متن‌کاوی)

برای تشکیل داده‌های آموزش مناسب در سیستم یادگیری ماشینی مرتبط با متن‌کاوی نیاز است تا خوشه‌بندی نقشه علم از منظر گرایش‌ها و مبانی نظری و تحلیلی اسناد تاب‌آوری زنجیره تأمین مورد تجدیدنظر قرار بگیرد. در این پژوهش، برای انتخاب مناسب داده‌های گام آموزش در انجام متن‌کاوی، از مجموعه‌های اسناد دارای مقادیر قدرت ارجاع و نرخ شکوفایی بالاتر با توجه به تفکیک مبانی نظری منتخب استفاده شد. برای انجام این کار، یافته‌های دور دوم خوشه‌بندی ازلحاظ نوع و تعداد خوشه‌های تشکیل‌شده، مبتنی بر تفکیک مبانی نظری منتخب مورد تجدیدنظر قرار گرفت. برای این کار، ابتدا ماتریس فواصل $B_{n\times n}$ و ماتریس همسایگی $C_{n\times n}$ از *CiteSpace* استخراج و مجدداً گراف شبکه‌ای تشکیل و مطابق با روند تشریح شده در بخش ۳-۲ خارج از محیط *Citespace* خوشه‌بندی شده است. در ادامه، ضمن تجدیدنظر در تشکیل اطلاعات مربوط به ماتریس تشابه $W_{n\times n}$ با توجه به روند تشریح شده در ۳-۳ از طریق اعمال قیدها، الگوریتم خوشه‌بندی ۳-۲ مجدداً با درنظر گرفتن $W_{n\times n}$جدید اجرا شد و نتایج و افرازهای حاصل‌شده، با یافته‌های *Citespace* از منظر قدرت ارجاع و شکوفایی مطابقت داده شد. همان‌گونه که قبلاً نیز اشاره گردید، *CiteSpace* امکان پیاده‌سازی و اجرای روند تحلیلی بر مبنای خوشه‌بندی مقید را ندارد. از طرف دیگر، با توجه به این‌که امکان حذف خوشه‌ها به‌صورت انتخابی و نظارت‌شده و تشکیل خوشه‌بندی جدید نیز در آن وجود ندارد، داده‌های مربوط به گراف شبکه ارتباطی مانند ماتریس فواصل $B_{n\times n}$، ماتریس همسایگی $C_{n\times n}$ و درجات تعلق گره‌ها به خوشه‌ها از *CiteSpace* استخراج شد و به‌عنوان ورودی‌های مربوط به شبکه در انجام خوشه‌بندی مقید استفاده‌شده است. در **شکل (۳)** نمایی از فضاهای خوشه‌های همپوشان اولیه (الف) و خوشه‌بندی مقید با اعمال تغییرات موردنیاز (ب) ارائه شده است.



الف) نمایی ساده از فضای خوشه‌های همپوشان تحت عنوان رویکردهای ارزیابی تاب‌آوری در زنجیره تأمین بدون تغییر در ماتریس تشابه(طرح اولیه نقشه علم).

a. A simple view of the overlapping of resilience assessment approaches in the supply chain without changing the similarity matrix (preliminary design of science map).



ب) نمایی از فضاهای افرازی نهایی شده از طریق خوشه‌بندی‌مقید برای نظریات منتخب(تغییر در ماتریس تشابه و خوشه‌بندی مجدد).

b. View of final split spaces through clustering-binding to selected theories (change in similarity matrix and re-clustering).

شکل ۳- نماهایی از فضاهای خوشه‌های همپوشان (الف) و خروجی خوشه‌بندی مقید (ب).

Figure 3- View of the spaces of overlapping clusters (a) and the output of constrained clustering (b).

به دلیل رعایت اصل سادگی و کاستن از به‌هم‌ریختگی‌های ناشی از ارائه اطلاعات تکراری و اضافی، اطلاعات گراف ازجمله مکان گره‌ها و مسیرهای ارتباط‌دهنده با آن در **شکل (۳)** مزبور پالایش شده است. با توجه به یافته‌های خوشه‌بندی مقید در **شکل ۳ (ب)**، به دلیل حذف مرکزیت برخی از عامل‌ها، گره‌های مربوط به خوشه‌های حذف‌شده در افرازهای هم‌جوار با توجه به چرخش لاپلاسین باز توزیع گردید. این امر بر اساس اعمال تغییر در ماتریس تشابه پس از تشکیل $W_{n\times n}$ و بر مبنای روند تشریح شده برای بازنگری در ارزش درایه‌ها توسط **روابط (۷)** و **(۸)** انجام شد. همچنین، با توجه به ذات تغییرات اعمال‌شده، تأکید می‌شود که هیچ‌کدام از گره‌ها در این فرآیند حذف نشده و فقط اطلاعات مرتبط با $W_{n\times n}$، تغییر داده می‌شوند. بنابراین، فضای توزیعی خوشه‌ها با توجه به یافته‌های خوشه‌بندی در دور قبلی تا حدودی تغییر یافته است. همچنین، در ارائه خروجی فضاهای ارتباطی مرتبط با خوشه‌بندی مقید، برای عناوین برخی از خوشه‌ها به‌صورت نمادین (مطابق با ادبیات نظری مرتبط)، به‌صورت جزئی و ریز تغییراتی از سوی محقق اعمال شده است.

۳-٤- یافته‌های متن‌کاوی و تشکیل مدل تاب‌آوری زنجیره تأمین

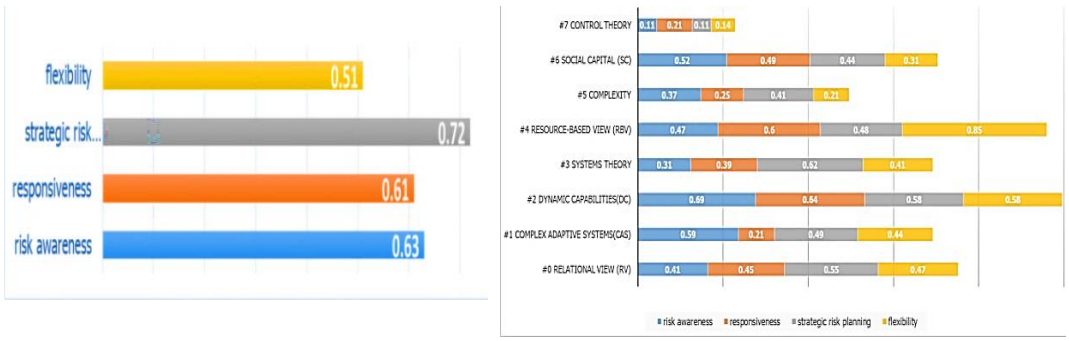
برای ارائه پاسخ مناسب به سؤال سوم تحقیق، مدل ارزیابی تاب‌آوری در زنجیره تأمین با در نظر گرفتن یافته‌های مرتبط با تفکیک مفاهیم کلیدی و مبانی نظری منتخب با رویکرد استخراج دانش از متون و مقالات علمی به‌قرار ذیل تشکیل شد. همان‌گونه که قبلاً نیز ذکر گردید، یکی از روش‌های اصلی متن‌کاوی، دسته‌بندی مفاهیم برمبنای الگوریتم‌های نظارت شده است. در پژوهش حاضر برای استفاده از الگوریتم‌های کلاس‌بندی، داده‌های نظارت سیستم بر اساس دسته‌بندی مفاهیم کلیدی استخراج‌شده دور اول خوشه‌بندی (به‌عنوان محتوا و مفاهیم اصلی تاب‌آوری زنجیره تأمین) انتخاب شد. همان‌گونه که قبلاً نیز اشاره گردید، مهم‌ترین گام در متن‌کاوی بر پایه الگوریتم‌های استخراج دانش، انتخاب محتوای مناسب برای گام آموزش هوش مصنوعی می‌باشد. بنابراین شاید بتوان گفت که یکی از مهم‌ترین خروجی‌های خوشه‌بندی مقید بر مبنای نظریات منتخب در گام قبلی، شناسایی دسته‌بندی‌های موردنیاز مقالات و تشکیل مجموعه‌های آموزش برای ورود به مرحله اول یادگیری سیستم متن‌کاوی بوده است. مطابق با الگوریتم **شکل ۱**، پس از تعیین مجموعه‌های اسناد آموزش بر مبنای یافته‌های خوشه‌بندی مقید با لحاظ نمودن تعلق به مبانی نظری هشت‌گانه و اولویت‌بندی برای ورود به روند یادگیری بر مبنای مقادیر شاخص‌های قدرت علمی استخراج‌شده برای هرکدام، قطعه‌ها (شامل مفاهیم دارای ترکیبی از یك تا ٦ کلمه) با کمك الگوریتم‌های ریشه‌یابی تخصصی تشکیل شد و بردارهای ویژگی مرتبط با آن‌ها استخراج گردید. سپس، ابعاد و مفاهیم مرتبط با آن‌ها با توجه به الگوهای نظارتی کشف‌شده با استفاده از یادگیری ماشینی در چندین نوبت استخراج و دسته‌بندی شد. پس از اعتبارسنجی و آزمون مدل‌های مستخرج از یادگیری ماشینی و اخذ یافته‌های نهایی، آموخته‌های سیستم یادگیری جهت استخراج مدل به‌کل اسناد تعمیم گردید. الگوریتم‌های خودتنظیمِ انتخاب‌شده برای کلاس‌بندی در سیستم هوش‌مصنوعی به‌گونه‌ای تنظیم شد که یافته‌های دسته‌ها از منظر تفکیك مفاهیم خرد، از نوع سخت[۱] باشد. همچنین، برای بررسی و ارزیابی کارایی کل مدل پس از هر بار تکرار الگوریتم، از معیار F[۲] استفاده شده است. این شاخص از طریق ترکیب سه شاخص میزان دقت، بازیابی و صحت[۳] تشکیل می‌شود. در راستای انجام ارزیابی، معیار F در هر بار از تکرار الگوریتم، از طریق انتخاب تصادفی مجموعه‌های آزمایش (که اعضای آن مستقل از مجموعه‌های آموزش در آن دور از تکرار الگوریتم بوده است) و ارزیابی یافته‌ها محاسبه می‌شود. برای انجام این کار، برچسب‌هایی که برای توکن‌های[٤] مرتبط با مجموعه آزمایش توسط مدل تخمین زده می‌شود، با برچسب واقعی هرکدام از آن‌ها از منظر سه شاخص میزان دقت، بازیابی و صحت مقایسه شده و مقدار معیار F تشکیل می‌شود. در آخر، خروجی‌هایی که دارای بیشترین میزان کارایی باشند، به‌عنوان خروجی نهایی سیستم یادگیری هوش مصنوعی درنظر گرفته می‌شوند. در **جدول ۱**، خلاصه یافته‌های نهایی سیستم یادگیری ماشینی پس از استخراج از مدل و پس‌پردازش غیرخودکار یافته‌ها توسط محقق و به‌عنوان مدل نهایی ابعاد ارزیابی تاب‌آوری در زنجیره تأمین بر اساس دسته‌بندی مفاهیم مستخرج از متن‌کاوی ارائه شده است. در کنار ارائه یافته‌های متن‌کاوی در جدول مزبور، در ستون "رویکرد"، مبانی و پیشینه رویکردهای ارزیابی ازمنظر تقسیم‌بندی عملکرد تاب‌آوری بر اساس رویکرد مبتنی بر مفاهیم استخراج‌شده متناظر با آن توسط محققین در راستای تسهیل در انجام تحلیل‌ها و تشریح

---

[۱] Hard Classification
[۲] F-score
[۳] Accuracy, Recall and Precision
[٤] Tokens

بیشتر مدل آورده شده است. با توجه به یافته‌های مدل و رویکردهای ارزیابی متناظر با هرکدام، می‌توان گفت که تمامی مفاهیم استخراج‌شده مرتبط با ساختار آگاهی از ریسك (هوشیاری در قبال مخاطرات) و بخشی از مفاهیم ساختار ارزیابی بر مبنای برنامه‌ریزی‌های راهبردی مدیریت ریسك، رویکردی اجتنابی در مواجهه با اختلال و از جنبه تاب‌آوری زنجیره تأمین داشته‌اند. همچنین، رویکرد محدودسازی عمدتاً در ساختار اصلی سطح واکنش‌پذیری و به‌صورت بخشی در برنامه‌ریزی راهبردی مدیریت ریسك و انعطاف‌پذیری مشهود بوده است. به‌علاوه، رویکردهای تثبیت و بازگشت عمدتاً مرتبط با ساختارهای برنامه‌ریزی راهبردی مدیریت ریسك و انعطاف‌پذیری بوده و به‌صورت جزئی نیز مرتبط با ارزیابی با ساختار مفهومی واکنش‌پذیری مرتبط بوده است.

با توجه به جمع‌بندی یافته‌های مربوط به پیاده‌سازی روند استخراج دانش در متن‌کاوی در قالب **جدول ۱**، مشاهده می‌شود که ارزیابی تاب‌آوری زنجیره تأمین از منظر آگاهی از ریسك در ۷ قسمت از منظر مفاهیم و عبارات اصلی تحت عناوین: ارزیابی و تحلیل مخاطرات درون شرکتی، ارزیابی و تحلیل مخاطرات بین شرکتی، سودمندی جریان‌های دانشی شرکت مبدأ، سودمندی جریان‌های اطلاعاتی شرکت مقصد، سیستم‌های اطلاعاتی زمان واقعی، شناسایی و پیش‌بینی تغییرات عرضه و حساسیت و دقت در شناسایی تغییرات تقاضا بخش‌بندی شده است. ساختار اصلی مورداشاره ازمنظر استخراج مفاهیم در رتبه دوم پس از "برنامه‌ریزی راهبردی مدیریت ریسك" را داشته است. برنامه‌ریزی راهبردی مدیریت ریسك نیز در ۷ قسمت از منظر مفاهیم و عبارات اصلی تحت عناوین واکنش در قبال وقوع اختلال تقاضا در زنجیره تأمین، واکنش در مقابله با اختلال در بالارده، واکنش در قبال وقوع اختلال‌های فرآیندی، واکنش در قبال تغییرات ناگهانی فناوری، واکنش در قبال اختلال در حمل‌ونقل، واکنش‌پذیری در قبال وقوع اختلال‌های آنی اطلاعاتی و واکنش‌پذیری در قبال وقوع اختلال آنی با منشأ محیطی توسط الگوریتم یادگیری استخراج و بخش‌بندی شده است. سطح واکنش‌پذیری و انعطاف‌پذیری نیز به‌عنوان دو ساختار اصلی، به ترتیب هرکدام به ۸ و ۳ دسته اصلی رده‌بندی شده است. در **شکل ۴**، پراکندگی توزیع مفاهیم استخراج‌شده بر اساس مبانی نظری و دسته‌بندی مفاهیم بر مبنای داده‌های ناظر به تفکیك و بر اساس یافته‌های متن‌کاوی ارائه شده است. میزان استخراج مفاهیم صحیح و بدون خطا برای ارزیابی تاب‌آوری زنجیره تأمین به تفکیك کلیدواژه‌های اصلی به ترتیب با ارجاع به داده‌های ناظر برنامه‌ریزی راهبردی مدیریت ریسك (۰/۷۲)، آگاهی از ریسك (۰/۶۳)، واکنش‌پذیری (۰/۶۱)، و انعطاف‌پذیری (۰/۵۱) به‌دست آمده است. بر اساس اطلاعات **شکل ۴**، دسته‌های نهایی مفاهیم مستخرج از مبانی نظری برچسب‌گذاری شده تحت عنوان نگرش ارتباطی به میزان ۱۳/۶۲ درصد، سیستم‌های پیچیده و انطباق‌پذیر ۱۲/۵۴ درصد، قابلیت‌های پویایی ۱۸/۰۴ درصد، تئوری عمومی سیستم‌ها ۱۲/۵۴ درصد، نگرش منبع‌محور ۱۷/۳۹ درصد، نظریه پیچیدگی ۸/۹۹ درصد، سرمایه اجتماعی ۱۲/۷۵ درصد و تئوری کنترل ۴/۱۳ درصد از مدل نهایی را تشکیل داده است.



الف) پراکندگی توزیع مفاهیم استخراج‌شده به تفکیك مبانی نظری.
a. Distribution of extracted concepts by considering theoretical foundations.

ب) توزیع آماری مفاهیم استخراج‌شدهٔ منبع ناظر.
b. Distribution of extracted concepts based on the observer source.

شکل ٤- پراکندگی مفاهیم استخراج‌شده بر اساس مبانی نظری و دسته‌بندی‌های منبع ناظر.

Figure 4- distribution of extracted concepts based on theoretical foundations and the observer source categories.

جدول ۱- خلاصه‌ای از دسته‌بندی مفاهیم و عبارات اصلی استخراج‌شده از متن‌کاوی(مدل استخراج‌شده برای ارزیابی تاب‌آوری زنجیره تأمین).

Table 1- Summary of the classification of key contents extracted from text mining (extracted model for supply chain resilience evaluation).

موضوع (ساختار مفهومی اصلی)	عنوان استخراج‌شده برای مفهوم	عبارات اصلی نهایی شده (دانش متنی مستخرج از سیستم یادگیری) (عبارات انگلیسی پس از خروج از نرم‌افزار توسط پژوهشگر موردبررسی قرار گرفته و برخی از آن‌ها صرفاً ازلحاظ دستور زبان تغییراتی داده شده است)	رویکرد
آگاهی از ریسك(هوشیاری در قبال مخاطرات) risk awareness, risk assessment, threat vigilance, risk anticipation	ارزیابی و تحلیل مخاطرات درون شرکتی intra-firm risk analysis	Intra-firm risk analysis tools, internal risk awareness, internal risk analysis, firm internal knowledge management systems, internal risk forecasting, intra risk control, internal risk monitoring, enterprise knowledge management system.	اجتنابی
	ارزیابی و تحلیل مخاطرات بین شرکتی(مرتبط با سایر اجزای زنجیره) inter-firm risk analysis tools	External risk analysis, supply chain risk analysis, environmental risk measurement, inter-firm risk analysis, supply chain threats, upstream risks, external threats, external risk forecasting, inter-firm information sharing usefulness sharing internal risk pooling.	اجتنابی
	سودمندی جریان‌های دانشی شرکت مبدأ (از شرکت به‌سوی لایه‌های بالا رده زنجیره) effective internal origin knowledge flow	Internal origin knowledge flow effectiveness, internal knowledge flow effectiveness, intra-firm shared information usefulness, intra-firm information flow, intra-firm information collaborative efforts, sharing inter-firm risk pooling, firm risk informal information flow, firm knowledge transfer across supply chain, intra-firm information system effectiveness, risk knowledge share upstream supply chain.	اجتنابی
	سودمندی جریان‌های اطلاعاتی شرکت مقصد(از زنجیره به‌سوی شرکت) effective inter-firm knowledge flow	Information sharing effectiveness, effective inter-firm information sharing, intra-firm information flow effectiveness, intra-firm information sharing efficiency, inter-firm collaborate information-sharing efforts.	اجتنابی
	(به‌کارگیری) سیستم‌های اطلاعاتی زمان واقعی (در طی زنجیره) real time information system	Supply chain real-time information flow, real time information system, real time information management execution, real time demand information, real time inventory information, real time financial flow management, clarify demand information, supply chain demand information.	اجتنابی
	شناسایی و پیش‌بینی تغییرات عرضه (در بالارده زنجیره) upstream supply variability	Upstream supply information, upstream supply information accuracy, predicting upstream supply information, supply mutability data efficiency, supply mutability data accuracy, data efficiency supply mutability, upstream supply change.	اجتنابی
	حساسیت و دقت در شناسایی تغییرات تقاضا (در پایین‌رده زنجیره) demand change anticipation, demand change sensitivity	Demand change anticipation, demand anticipation, supply chain demand anticipation, supply chain demand change sensitivity, order change anticipation, supply chain demand change, demand anticipation efficiency downstream layers, downstream demand change.	اجتنابی
سطح واکنش‌پذیری (عکس‌العمل در مقابله با ریسك- اختلال) responsiveness, disruption responsiveness, responsive risk management tools, disruption mitigation, disruption effect hindering	واکنش در قبال وقوع اختلال تقاضا در زنجیره تأمین (در پایین‌رده) demand side disruption responsiveness	demand risk response, demand side disruption mitigation, demand side risk mitigation, responsive demands, supply chain demand risk, inter layer demand disruption mitigation, supply side risk mitigation.	محدودسازی
	واکنش در مقابله با اختلال در بالارده supply side disruption responsiveness	Supply side risk mitigation, supply side disruption avoidance, supply side risk responsiveness.	محدودسازی
	واکنش در قبال وقوع اختلال‌های فرآیندی process risk responsiveness	Process risk response, regrouping task force, work team regrouping, agile work team, process infrastructure disruptions.	محدودسازی
	واکنش در قبال تغییرات ناگهانی تکنولوژی technology risk responsiveness	Response unforeseen technology failures, technology risk adaptation, technology failure response, equipment visibility change, alternative technology development, technology adaptation.	محدودسازی
	واکنش در قبال اختلال در حمل و نقل logistics risk responsiveness	Logistics disruption response, logistics risk response, logistics disruption assessment.	محدودسازی – تثبیت
	واکنش‌پذیری در قبال وقوع اختلال‌های آنی اطلاعاتی information risk responsiveness	Supply chain information risk responsiveness, information risk response, information infrastructure risk responsiveness, demand information flow risk.	محدودسازی
	واکنش‌پذیری در قبال وقوع اختلال آنی با منشأ محیطی environmental risk responsiveness	Supply chain environment risk response, inter-firm instantaneous problem solving, inter-supply chain risk responsiveness.	محدودسازی – تثبیت

موضوع (ساختار مفهومی اصلی)	عنوان استخراج‌شده برای مفهوم	عبارات اصلی نهایی شده (دانش متنی مستخرج از سیستم یادگیری) (عبارات انگلیسی پس از خروج از نرم‌افزار توسط پژوهشگر موردبررسی قرار گرفته و برخی از آن‌ها صرفاً ازلحاظ دستور زبان تغییراتی داده شده است)	رویکرد
برنامه‌ریزی راهبردی مدیریت ریسک strategic risk planning, strategic resilience management, continuity planning	فرهنگ مدیریت ریسک (برنامه‌ریزی آموزشی مدیریت ریسک) risk management culture	Risk management planning, skill management culture, risk management learning, supply chain risk management culture, culture of caring, benchmarking culture, human resource structures, human resource culture policies, employees caring culture, supply chain caring culture, employee involvement.	اجتنابی- محدودسازی تثبیت
	سطح شفافیت در زنجیره تأمین supply chain visibility	Visibility boundary, supply chain product traceability, commodity traceability, supply chain traceability enhancement, supply chain barrier visibility.	اجتنابی- محدودسازی - تثبیت
	ارزیابی و کنترل مستمر اجزای بالارده (تأمین‌کنندگان) supplier evaluation	Supply chain supplier monitoring, supplier assessment, continuous supplier evaluation, continuous supplier monitoring, supplier risk monitoring, continuous supplier assessment.	اجتنابی
	راهبردهای تعویق postponement strategy	Postponement demand management, supply chain postponement strategy, postponement strategy, product design postponement, ordering postponement, manufacturing postponement, design postponement, postponement demand management, modular product design, production postponement.	اجتنابی
	افزونگی در نظارت و کنترل cross checking redundancy	Cross checking redundancy strategy, internal resource limits sensitivity, intra-firm information monitoring, intra-firm information partnership, information monitoring redundancy, intra-firm monitoring redundancy, inter-firm monitoring redundancy.	اجتنابی تثبیت بازگشت
	(راهبردهای) پشتیبان‌گیری backup strategy	Backup supplier, alternate supplier, replacement workforces, outsourced manufacturing, backup business plan, backup strategy, replacement infrastructures, replacement warehouses, replacement production facilities.	تثبیت بازگشت
	(راهبردهای) عملکرد چندوظیفه‌ای cross functionality, cross-functional tasks	Multi-functional groups, workforce adaptability, fast re-routing requirements, alternate task forces, multiple task handling, alternate manufacturing, adaptation experience learning, strategic gaming and simulation.	تثبیت بازگشت
	راهبرد (های) افزونگی تکثیر duplication redundancy strategy	Capacity duplication strategy, capacity duplication, capacity buffers enhancement, duplication redundancy, transportation capacity buffers, manufacturing capacity buffers, multiple distribution channels strategy, unforeseen safeguard capability, Inventory redundancy.	محدودسازی تثبیت، بازگشت
انعطاف‌پذیری flexibility	منبع یابی انعطاف‌پذیر flexible sourcing	Source interchangeability, multiple use supplies, multiple-use sourcing, common product platforms, supplier capacity, alternate suppliers, part commonality, supplier contract flexibility, multiple sources, multi-sourcing.	تثبیت بازگشت
	انعطاف‌پذیری فرآیندی process flexibility, manufacturing flexibility	Process re-configurability product commonality , modularity among products, product modularity, scalability, alternative technology strategy, manufacturing expediting, changeover speed	محدودسازی تثبیت
	انعطاف‌پذیری در تکمیل سفارش flexible fulfillment	Flexible order fulfillment, flexible batch size, demand fulfillment multisourcing, pooling, inventory management, alternate distribution modes, alternate distribution channels, multiple service centers, transportation capacity, transportation expedit, flexible transportation, delayed order fulfillment.	اجتنابی- تثبیت- محدودسازی

برای بررسی یافته‌های نهایی‌شده، یافته‌ها در قالب بخش‌های مختلف مدل و قطعه‌ها یا توکن‌های مرتبط با آن‌ها از منظر فراوانی بر اساس تفکیک مبانی نظری و منابع ناظر در الگوریتم یادگیری استخراج‌شده و موردبررسی قرار گرفته است. با توجه به **شکل ۴** قسمت الف، توکن‌های مستخرج از مقالات مرتبط با خوشه‌های "نگرش منبع محور" و "ظرفیت‌های پویایی (به‌عنوان اسناد آماده‌سازی شده در آموزش مدل)، بیشترین کارایی تجمعی در استخراج مفاهیم ارزیابی تاب‌آوری زنجیره تأمین را نشان داده‌اند. پس‌از آن، مقالاتی با گرایش عمده ارتباطی و سرمایه اجتماعی قرار داشته‌اند. به‌علاوه، ازمنظر داده‌های نظارت، بیشترین ارجاع از کلاس‌بندی با توجه به داده‌های خوشه "برنامه‌ریزی راهبردی مدیریت ریسك "مستخرج از دور اول به‌دست آمده است.

۴- بحث و نتیجه‌گیری

بهره‌گیری از روش‌های استخراج دانش از اسناد علمی و ادبیات پژوهشی با استفاده از ابزارهای هوش مصنوعی می‌تواند منجر به کاهش یا حذف خطاهای انسانی متداول در سوگیری یا کلیشه‌های ذهنی محقق در تشکیل مدل از ادبیات تحقیق شود. استفاده از ابزار علم‌سنجی با ایجاد دید وسیع و همه‌جانبه در خصوص موضوع، به ایجاد دیدگاهی جامع‌تر از مسئله و شناسایی جبهه‌های تحقیق و مبانی نظری-تحلیلی مرتبط با هرکدام منجر می‌شود. تلفیق این دو روش می‌تواند منجر به برخورداری توأمان از مزایای دو رویکرد با همدیگر و به‌صورت یکجا شود. نکته متمایزکننده پژوهش حاضر با سایر مطالعات در خصوص سامانه‌های هوش‌مصنوعی، بهره‌گیری از یافته‌ها و خروجی‌های ابزار علم‌سنجی به‌عنوان ورودی‌های نظارت و آموزش در روش‌های یادگیری بر اساس استخراج دانش از متن بوده است. درواقع، ایده اصلی در تلفیق خروجی‌های ابزار علم‌سنجی و روش‌های هوش مصنوعی بر پایه استخراج دانش، تأکیدنهادن بر رتبه‌بندی مقالات علمی ازلحاظ معیارهای بازنشر و هم‌استنادی در تشکیل مدل جامع تاب‌آوری زنجیره تأمین بوده است. در ارائه خلاصه یافته‌ها می‌توان گفت که در تحقیق حاضر، محققین تلاش در استخراج مدل ارزیابی تاب‌آوری زنجیره تأمین از طریق تلفیق علم‌سنجی و هوش‌مصنوعی مبتنی بر استخراج دانش از متن داشته‌اند. بر اساس یافته‌ها، ساختار مدل تاب‌آوری زنجیره تأمین در ۴ خوشه آگاهی از ریسك، واکنش‌پذیری، برنامه‌ریزی راهبردی مدیریت ریسك، و انعطاف‌پذیری تفکیك گردید. خوشه‌بندی طیفی اولیه برای مبانی نظری نیز، ۱۳ خوشه اصلی را مشخص نمود. در دور دوم خوشه‌بندی، فضای خوشه‌ها با استفاده از خوشه‌بندی مقید مورد تجدیدنظر قرار گرفت و ۸ خوشه از مبانی نظری تحت عناوین نگرش ارتباطی، سیستم‌های پیچیده و انطباق‌پذیر، ظرفیت‌های پویایی، تئوری سیستم‌ها، نگرش منبع‌محور، پیچیدگی، سرمایه اجتماعی و تئوری کنترل انتخاب شد و مقالات دارای شکوفایی علمی بالا در آن‌ها شناسایی و برای ورود به سیستم هوش‌مصنوعی استخراج دانش متنی آماده‌سازی شد. در گام آخر، یافته‌های مرتبط با مدل تحقیق تحت عنوان مدل تاب‌آوری زنجیره تأمین در ۴ بخش اصلی و ۲۵ بخش فرعی از طریق رویکرد استخراج دانش متنی تشکیل و به‌عنوان مدل ارزیابی تاب‌آوری زنجیره تأمین ارائه شد. در این پژوهش، خروجی‌های ابزار علم‌سنجی از دو جنبه اخذ گردید. جنبه اول بر تفکیك و افرازبندی مابین اجزای کلیدی در ادبیات پژوهشی تاب‌آوری زنجیره تأمین تأکید داشته است. جنبه دوم، بر تفکیك اسناد علمی ازلحاظ مبانی نظری و روش‌شناسی پرداخته و نقشه جامعی از جبهه‌های پژوهشی مرتبط با موضوع را ارائه داده است.

با توجه به نتایج مرتبط با نقشه علم از منظر گرایش‌ها و مبانی نظری تاب‌آوری زنجیره تأمین، می‌توان گفت که در نقشه علم نگرش ارتباطی، سیستم‌های پیچیده و انطباق‌پذیر و ظرفیت‌های پویایی سه جریان غالب است که بالاترین تعداد پژوهش‌های انجام‌یافته در این موضوع را به خود اختصاص داده‌اند. اهداف اصلی نگرش ارتباطی عمدتاً بررسی عوامل مؤثر بر ارتقای توان رقابتی شرکت‌ها و ارتقای راهبردی رقابت‌پذیری در سطح خرد است. در نگرش سیستم‌های پیچیده و انطباق‌پذیر، نگرش غالب بر پایه ارزیابی زنجیره تأمین به‌عنوان یك کلیت منسجم در کنار بررسی اجزاء از منظر قابلیت‌های انطباق در شرایط مخاطره و ریسك بوده است. تأکید عمده مطالعات در حوزه ظرفیت‌های پویایی نیز بر ارتقای توان بازیابی سطح عملکرد زنجیره پس از وقوع انواع مختلف اختلال بوده و مهم‌ترین ظرفیت‌های پویایی در ارزیابی تاب‌آوری در زنجیره تأمین را تحت عناوینی هم‌چون ظرفیت‌های انعطافی مرتبط با منابع، اجرایی فرآیندی، ذخیره‌سازی (منابع سرمایه‌ای، مواد موردنیاز تولید و سرمایه‌های انسانی)، ظرفیت‌های تطابق با شرایط پرالتهاب محیط کسب‌وکار برشمرده است (پتیت و همکاران، ۲۰۱۹؛ توکاموهابوا و همکاران، ۲۰۱۵). با دقت در مدل استخراج‌شده در پژوهش حاضر نیز می‌توان غلبهٔ رویکردهای ارزیابی مربوط به سه نگرش یادشده در فوق را در شکل‌دهی ابزار ارزیابی تاب‌آوری ملاحظه نمود (**جدول ۱**).

در بیان مختصر محدودیت‌های تشکیل مدل ارزیابی تاب‌آوری می‌توان بدین نکته اشاره نمود که سامانه‌های یادگیری بر اساس الگوریتم‌های رده‌بندی بر پایه هوش مصنوعی، وابستگی بالایی به داده‌های نظارت و آموزش دارند؛ لذا، با توجه به نحوه هدایت و

نشریه تصمیم‌گیری و تحقیق در عملیات، دوره ۵، شماره ۴، زمستان ۱۳۹۹، صفحه: ۵۴۶-۵۲۲

انتخاب مقالات درزمینهٔ تاب‌آوری زنجیره تأمین و بررسی ساختار مدل نهایی، می‌توان گفت که مسئله ارزیابی تاب‌آوری زنجیره تأمین عمدتاً از جنبه تولید و عملیات نگریسته شده است و بر ارزیاب‌های تاب‌آوری از جنبه شاخص‌های مالی (ازجمله انعطاف‌پذیری مالی) در سطح زنجیره تأمین و اجزای آن توجه کمتری شده است. البته شاید دلیل این امر در نحوه نوشتار مطالعات درزمینهٔ تاب‌آوری مالی بازگردد. علیرغم این‌که مطالعاتی از قبیل لی و همکاران[۱] (۲۰۱۷) و یو و همکاران[۲](۲۰۱۹) در چهارچوب نمونه آماری مقالات تاب‌آوری در پژوهش حاضر حضور داشته‌اند، ولی سیستم یادگیری هوش مصنوعی توجه نسبتاً کمتری در استخراج مفاهیم از آن‌ها نشان داده است. شاید دلیل این امر به کم‌تعداد بودن مطالعات با موضوع ارزیابی تاب‌آوری مالی زنجیره تأمین و عدم وجود ارجاع‌های بالا در چهارچوب نمونه آماری ارتباط داشته باشد. همچنین، پیچیدگی بسیار زیاد تعاملات مابین سطوح هزینه و تاب‌آوری و درنتیجه عدم ظهور مطالعات مرتبط با آن در چهارچوب داده‌های آموزش نیز می‌تواند به‌عنوان عاملی دیگر طرح گردد. به‌علاوه، بررسی مفاهیم استخراج‌شده در مدل تحقیق نشان می‌دهد که ارزیاب‌های تاب‌آوری زنجیره تأمین عمدتاً برای ارزیابی اجزای بالا رده در زنجیره تأمین ارائه و تنظیم‌شده است که این امر به‌عنوان محدودیت دیگر مدل محسوب می‌شود. همچنین عدم دسترسی به شاخص‌های علم‌سنجی برای مقالات به زبان فارسی، محدودیت دیگری است که منجر شد محققین در استفاده ازاین‌گونه مقالات در فرایند تحلیل علم‌سنجی منصرف شوند. عدم وجود یا محدودیت‌ها در تفسیرگرهای زبانی و فرهنگنامه‌ها برای استفاده در الگوریتم‌های هوش‌مصنوعی درزمینهٔ مدیریت زنجیره تأمین و تاب‌آوری نیز، منجر شده است تنها از مقالات انگلیسی‌زبان در تشکیل مدل ارزیابی تاب‌آوری در زنجیره تأمین مورداستفاده قرار گیرد.

با توجه به روند روزافزون توسعه کاربردهای بانک‌های اطلاعات علمی، پیش‌بینی می‌شود که در آینده نزدیک، تحقیقاتی نظیر پژوهش حاضر در خصوص تحلیل کلان‌داده و استخراج دانش از بانک‌های اطلاعات علمی رو به فزونی گذاشته و هرروز بیشتر از پیش شاهد ورود تحقیقات علم‌سنجی در رشته‌های علمی مختلف برای تشریح مسائل پیچیده باشیم. بنابراین شاید این امر به‌عنوان یك نقطه عطف درروند انجام تحقیقات علمی در آینده به شمار آید. البته به شرطی که امکان دسترسی آسان به کلان‌داده از طریق بانك‌های اطلاعاتی به عموم پژوهشگران فراهم شود. در انتهای مطالب بخش حاضر، پیشنهاد می‌شود که محققین درزمینه ارزیابی تاب‌آوری زنجیره تأمین، از مدل جامع ارزیابی تاب‌آوری که در تحقیق حاضر به‌عنوان یافته نهایی ارائه گردید را برای تحلیل و ارزیابی تاب‌آوری زنجیره‌های تأمین در حوزه‌های مختلف به کار بگیرند. همچنین، برای سایر محققین در حوزه‌های علمی دیگر نیز پیشنهاد می‌شود که رویکرد تلفیقی استفاده‌شده در تحقیق حاضر را به‌عنوان الگو قرار داده و با استفاده از روش‌های داده‌کاوی و هوش‌مصنوعی، به تحلیل و بررسی ادبیات و مبانی نظری در تحقیقات مختلف بخصوص تحقیقات مرتبط با مدیریت زنجیره تأمین بپردازند. همچنین، به اولیای امور و سیاست‌گذاران در حوزه مدیریت بانك‌های اطلاعات علمی داخل کشور نیز توصیه می‌شود تا تسهیلات و امکاناتی فراهم آورند که اطلاعات علم‌سنجی مقالات فارسی‌زبان (مانند اطلاعات هم‌استنادی، ضرایب تأثیر مقالات و نویسندگان، مؤسسات حمایت‌کننده از پروژه‌های تحقیقاتی و سایر موارد مرتبط با روش‌های علم‌سنجی) با رعایت استانداردهای موجود در این زمینه از بانك‌های اطلاعات علمی جهانی یا محلی به‌راحتی قابل‌استخراج شده و در دسترس عموم قرار گیرد تا از این طریق، محققین بتوانند با صرف زمان کمتر و با راحتی بیشتری، داده‌های علم‌سنجی را برای ورود به روندهای نظام‌مند تجزیه تحلیل درزمینه‌های مختلف علمی به‌کارگیری نمایند.

منابع

Chen, C. (2010). Information visualization. *Wiley interdisciplinary reviews: computational statistics*, *2*(4), 387-403. https://doi.org/10.1002/wics.89

Chen, C., & Morris, S. (2003, October). Visualizing evolving networks: Minimum spanning trees versus pathfinder networks. *IEEE symposium on information visualization 2003 (IEEE Cat. No. 03TH8714)* (pp. 67-74). IEEE. DOI: 10.1109/INFVIS.2003.1249010

Chen, L., Dui, H., & Zhang, C. (2020). A resilience measure for supply chain systems considering the interruption with the cyber-physical systems. *Reliability engineering & system safety*, *199*, 106869. https://doi.org/10.1016/j.ress.2020.106869

Cook, H. V., & Jensen, L. J. (2019). A guide to dictionary-based text mining. In R. S. Larson & T. I. Oprea (Eds.), *Bioinformatics and drug discovery* (pp. 73-89). New York: Springer. https://doi.org/10.1007/978-1-4939-9089-4_5

[۱] Li et al.
[۲] Yu et al.

Falasca, M., Zobel, C. W., & Cook, D. (2008, May). A decision support framework to assess supply chain resilience. *Proceedings of the 5th international ISCRAM conference (pp. 596-605)*. Washington, DC, USA.

Häring, I. (2015). *Risk analysis and management: engineering resilience (pp. 9-26)*. Singapore: Springer.

Hohenstein, N. O., Feisel, E., Hartmann, E., & Giunipero, L. (2015). Research on the phenomenon of supply chain resilience. *International journal of physical distribution & logistics management*, *45*(1/2), 90-117.

Hosseini, S., Ivanov, D., & Dolgui, A. (2019). Review of quantitative methods for supply chain resilience analysis. *Transportation research part E: logistics and transportation review*, *125*, 285-307. https://doi.org/10.1016/j.tre.2019.03.001

Huang, L., Kelly, S., Lv, K., & Giurco, D. (2019). A systematic review of empirical methods for modelling sectoral carbon emissions in China. *Journal of cleaner production*, *215*, 1382-1401. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.01.058

Jo, T. (2018). *Text mining: concepts, implementation, and big data challenge (Vol. 45)*. Springer.

Justicia De La Torre, C., Sánchez, D., Blanco, I., & Martín-Bautista, M. J. (2018). Text mining: techniques, applications, and challenges. *International journal of uncertainty, fuzziness and knowledge-based systems*, *26*(04), 553-582. https://doi.org/10.1142/S0218488518500265

Kawale, J., & Boley, D. (2013, May). Constrained spectral clustering using l1 regularization. *Proceedings of the 2013 SIAM International Conference on Data Mining* (pp. 103-111). Society for Industrial and Applied Mathematics. https://doi.org/10.1137/1.9781611972832.12

Kobayashi, V. B., Mol, S. T., Berkers, H. A., Kismihók, G., & Den Hartog, D. N. (2018). Text mining in organizational research. *Organizational research methods*, *21*(3), 733-765.

Li, X., Wu, Q., Holsapple, C. W., & Goldsby, T. (2017). An empirical examination of firm financial performance along dimensions of supply chain resilience. *Management research review*, *40*(3), 254-269. https://doi.org/10.1108/MRR-02-2016-0030

Li, Y., & Zobel, C. W. (2020). Exploring supply chain network resilience in the presence of the ripple effect. *International journal of production economics*, *228*, 107693. https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2020.107693

Mahmudi, A., Mojibian, F., & Noory Sabet, A. (2019). A mathematical model for supplier selection in supply chain considering inventory control and pricing problems. Journal of decisions and operations research, 4(1), 88-99. (**In Persian**). DOI: https://doi:10.22105/dmor.2019.89845

Maulidina, A. D., & Putra, F. E. (2018). Selection of tugboat gearbox supplier using the analytical hierarchy process method. *Journal of applied research on industrial engineering*, *5*(3), 253-262.

Melnyk, S. A., Zobel, C. W., Macdonald, J. R., & Griffis, S. E. (2014). Making sense of transient responses in simulation studies. *International journal of production research*, *52*(3), 617-632.

Mur, A., Dormido, R., Duro, N., Dormido-Canto, S., & Vega, J. (2016). Determination of the optimal number of clusters using a spectral clustering optimization. *Expert systems with applications*, *65*, 304-314. https://doi.org/10.1016/j.eswa.2016.08.059

Najafi, S. E., Behnood, R., & Omidi Rakavandi, M. (2016). Evaluation of logistics service supplier with integrated approach of group analytical hierarchy process and borda group decision making. *Journal of decisions and operations research*, *1*(1), 15-31. (**In Persian**). DOI: https://doi:10.22105/dmor.2016.40312

Ng, A. Y., Jordan, M. I., & Weiss, Y. (2002). On spectral clustering: Analysis and an algorithm. *Advances in neural information processing systems*, *2*, *849-856*.

Oliver, R. K., & Webber, M. D. (1982). Supply-chain management: logistics catches up with strategy. *Outlook*, *5*(1), 42-47.

Pettit, T. J., Croxton, K. L., & Fiksel, J. (2019). The evolution of resilience in supply chain management: a retrospective on ensuring supply chain resilience. *Journal of business logistics*, *40*(1), 56-65.

Ponomarov, S. Y., & Holcomb, M. C. (2009). Understanding the concept of supply chain resilience. *The international journal of logistics management*, *20*(1), 124-143. https://doi.org/10.1108/09574090910954873

Purvis, L., Spall, S., Naim, M., & Spiegler, V. (2016). Developing a resilient supply chain strategy during 'boom'and 'bust'. *Production planning & control*, *27*(7-8), 579-590. https://doi.org/10.1080/09537287.2016.1165306

Pytel, A., & Kiusalaas, J. (2003). *Mechanics of materials*. Stamford: Cengage Learning.

Ribeiro, J. P., & Barbosa-Povoa, A. (2018). Supply chain resilience: definitions and quantitative modelling approaches–a literature review. *Computers & industrial engineering*, *115*, 109-122

Scheibe, K. P., & Blackhurst, J. (2018). Supply chain disruption propagation: a systemic risk and normal accident theory perspective. *International journal of production research*, *56*(1-2), 43-59.

Shi, J., & Malik, J. (2000). Normalized cuts and image segmentation. *IEEE transactions on pattern analysis and machine intelligence*, *22*(8), 888-905.

Spiegler, V. L., Naim, M. M., & Wikner, J. (2012). A control engineering approach to the assessment of supply chain resilience. *International journal of production research*, *50*(21), 6162-6187.

Taghizadeh, H., & Hafezi, E. (2012). The investigation of supply chain's reliability measure: a case study. *Journal of industrial engineering international*, *8*(22), 1-10. https://doi.org/10.1186/2251-712X-8-22

Taşkın, Z., & Al, U. (2014). Standardization problem of author affiliations in citation indexes. *Scientometrics*, *98*(1), 347-368.

Tukamuhabwa, B. R., Stevenson, M., Busby, J., & Zorzini, M. (2015). Supply chain resilience: definition, review and theoretical foundations for further study. *International journal of production research*, *53*(18), 5592-5623.

Von Luxburg, U. (2007). A tutorial on spectral clustering. *Statistics and computing*, *17*(4), 395-416.

Wang, X., Qian, B., & Davidson, I. (2014). On constrained spectral clustering and its applications. *Data Mining and knowledge discovery*, *28*(1), 1-30. https://doi.org/10.1007/s10618-012-0291-9

Ye, C. (2018, July). Bibliometrical analysis of international big data research: Based on citespace and vosviewer. *14th international conference on natural computation, fuzzy systems and knowledge discovery (ICNC-FSKD)* (pp. 927-932). IEEE.

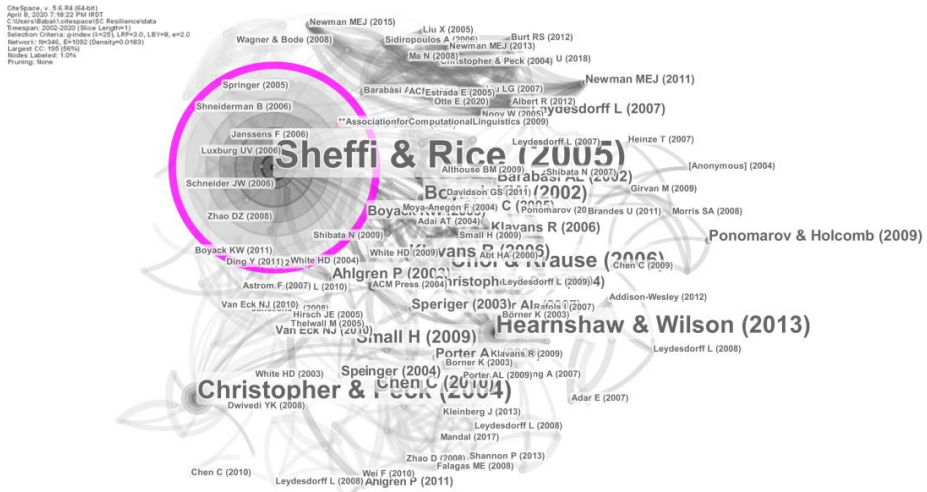
Yu, W., Jacobs, M. A., Chavez, R., & Yang, J. (2019). Dynamism, disruption orientation, and resilience in the supply chain and the impacts on financial performance: a dynamic capabilities perspective. *International journal of production economics*, *218*, 352-362. https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2019.07.013

Zelnik-Manor, L., & Perona, P. (2005). Self-tuning spectral clustering. *Advances in Neural information processing systems* (pp. 1601-1608). MIT Press, Cambridge, MA. https://resolver.caltech.edu/CaltechAUTHORS:20160314-152424746

Zhang, Q., Rong, G., Meng, Q., Yu, M., Xie, Q., & Fang, J. (2020). Outlining the keyword co-occurrence trends in Shuanghuanglian injection research: A bibliometric study using CiteSpace III. *Journal of traditional Chinese medical sciences*, *7*(2), 189-198. https://doi.org/10.1016/j.jtcms.2020.05.006

Licensee Decisions & Operations Research. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

ضمایم



شکل الف- توصیفی از شبکه هم‌استنادی مقالات تاب‌آوری زنجیره تأمین(خروجی CiteSpace).

Figure A- The view of the SCR Co-Citation Network (CiteSpace output).

جدول الف- خلاصه ای از مشخصات خوشه‌های شبکه کلیدواژه‌ها در دور اول با CiteSpace.

Table A- Summary of the clusters of co-cited keywords of the network in Period I by CiteSpace.

Cluster	Size	Silhouette	Label (log-liklihood ratio)	Mean cited year
0	247	0.6442	risk awareness (45720.74, 1.0E-4)	2017
1	160	0.6402	responsiveness (34468.85, 1.0E-4)	2015
2	127	0.6385	strategic risk planning (25845.34, 1.0E-4)	2011
3	101	0.6356	flexibility (19536.5, 1.0E-4)	2014

جدول ب- مشخصات خوشه‌ها در دور دوم خوشه‌بندی با CiteSpace بر مبنای تشکیل شبکه مفاهیم.

Table B- Summary of the co-cited term clusters of -category based of the network in Period II.

Cluster	Size	Silhouette	Label (log-liklihood ratio)	Mean cited year
0	234	0.5944	relational view (20210.74, 1.0E-4)	2016
1	188	0.5879	complex system (17348.85, 1.0E-4)	2014
2	156	0.5681	dynamic capabilities (14835.34, 1.0E-4)	2014
3	145	0.5639	systems theory (23236.5, 1.0E-4)	2010
4	120	0.5684	resource-based view (9190.3, 1.0E-4)	2009
5	109	0.5589	complexity (7187.57, 1.0E-4)	2014
6	97	0.5565	social capital (6843.28, 1.0E-4)	2018
7	84	0.5457	control theory (9911.64, 1.0E-4)	2014
8	80	0.5373	simulation (7002.86, 1.0E-4)	2014
9	72	0.5231	MADM, MCDM (9582.86, 1.0E-4)	2009
10	69	0.5201	optimization, mathematical (10852.86, 1.0E-4)	2015
11	17	0.5124	anticipation (9242.86, 1.0E-4)	2008
12	13	0.5114	relational choice (5412.86, 1.0E-4)	2013

جدول ج- اطلاعات تکمیلی مربوط به ۲۶ مقاله اول تاب‌آوری دارای نرخ شکوفایی بیشتر از ۱.

Table C- Additional information about the 26 top resilience articles with the burstiness rate greater than 1.

References	Burstiness	Relative Citation Ratio (Local)	Major Theoretical Frameworks (Clusters)	Burst Peak		Burst Timeline		Journal Name
				Begin	End	2002	2020	
Sheffi & Rice (2005)	11.904	0.715	Control Theory, Systems Theory	2010	2017			MIT Sloan management review
Christopher & Peck (2004)	4.867	0.811	Systems Theory, Social Capital, Relational View	2007	2014			The international journal of logistics management
Ponomarov & Holcomb (2009)	4.728	0.779	Systems Theory, Dynamic Capabilities, Relational View	2010	2017			The international journal of logistics management
Falasca, Zobel, & Cook (2008)	4.665	0.801	Complexity Theory, Systems Theory, Dynamic Capabilities	2010	2017			International ISCRAM
Pettit, Fiksel, & Croxton, (2010)	4.514	0.795	Systems Theory, Dynamic Capabilities, Relational View	2012	2018			Journal of Business Logistics
Jüttner & Maklan (2011)	3.515	0.596	Systems Theory, Relational View	2012	2017			Computers & Industrial Engineering
Rice & Caniato (2003)	3.211	0.678	Anticipation, Systems Theory,	2012	2016			Supply Chain Management Review
Pettit, Croxton, & Fiksel (2013)	2.855	0.701	Resource-Based View, Dynamic Capabilities, Relational View	2014	2018			Journal of Business Logistics
Carvalho et al. (2012)	2.842	0.417	Systems Theory, Simulation Theory, Control Theory	2013	2017			Computers & Industrial Engineering
Blackhurst, Dunn & Craighead (2011)	2.745	0.589	Systems Theory, Resource-Based View, Social Capital, Anticipation, Relational View	2015	2018			Journal of Business Logistics
Wieland & Marcus Wallenburg (2013)	2.521	0.402	Relational View	2015	2018			International Journal of Physical Distribution & Logistics Management
Hearnshaw &Wilson (2013)	2.268	0.506	Complex Adaptive Systems, Complexity	2015	2018			International Journal of Operations & Production Management
Spiegler, Naim & Wikner (2012)	2.224	0.611	Control Theory, Systems Theory	2014	2017			International Journal of Production Research
Brandon-Jones et al. (2014)	2.221	0.548	Resource-Based View, Relational View	2015	2017			Journal of Supply Chain Management
Carvalho, Duarte, & Machado (2011)	2.201	0.501	Systems Theory, Complexity	2015	2017			International Journal of Lean Six Sigma
Ivanov, Sokolov & Dolgui (2014)	2.199	0.701	Control Theory, Complexity Theory, Dynamic Performance Analysis	2016	2019			International Journal of Production Research
Day, (2014)	2.195	0.597	Complex Adaptive Systems, Complexity Theory	2017	2020			International Journal of Production Research
Ivanov & Sokolov (2013)	2.158	0.425	Control Theory, System Dynamics	2016	2018			Journal of Operational Research,
Johnson, Elliott & Drake (2013)	2.122	0.485	Social Capital, Relational View	2017	2020			Supply Chain Management: An International Journal
Scholten, Scott & Fynes, (2014)	1.98	0.658	Relational View, Resource-Based View	2016	2019			Supply Chain Management: An International Journal
Golgeci & Ponomarov (2013)	1.847	0.214	Dynamic Capabilities, Relational View	2015	2018			Supply Chain Management: An International Journal
Gunasekaran, Subramanian, & Rahman, (2015)	1.629	0.18	Complexity Theory	2017	2020			International Journal of Production Research
Yang & Hsu (2017)	1.558	0.311	Relational View, Dynamic Capabilities, Resource-Based View	2018	2020			Transportation Research Part A: Policy and Practice
Dixit, Seshadrinath & Tiwari (2016)	1.484	0.38	Dynamic Capabilities	2018	2020			Computers & Industrial Engineering
Macdonald et al. (2018)	1.186	0.397	Simulation , Complexity Theory, Control Theory,	2018	2020			International Journal of Production Research
Woo et al. (2016)	1.012	0.215	Social Capital	2018	2019			Journal of Cleaner Production