Scientific Journal of Supply Chain Management
Vol. 25, No. 2, Summer 2023, Serial No. 79
ISSN: 2008-9198 , E-ISSN: 2717-1647

Integrating Sustainability and Reliability in the Supply Chain: a Systematic Literature Review

Sajad Amirian , Maghsoud Amiri *, Mohammad Taghi Taghavifard
* Professor, Department of Industrial Management, Faculty of Management and Accounting, Allameh Tabataba'i University, Tehran, Iran

(Received: 02/01/2023, Revised: 04/03/2023, Accepted: 31/05/2023, Published: 22/06/2023)

DOR: 20.1001.1.20089198.1402.25.79.8.2

ABSTRACT

The continuity of any business depends on responding to customers' ever-changing needs. Production of innovative products is an effective way to meet this need. Design is one of the main tools for companies to achieve innovation. Designing a sustainable and reliable supply chain as an innovative strategy can gain customer satisfaction and ensure the company's survival. In this regard, the agenda of the present research is the descriptive analysis and content analysis of supply chain network design models, which considered sustainability and reliability in an integrated manner. This literature review includes 65 articles published in Web of Science and Scopus databases from 2011 to August 2022. The research result showed that the integration of sustainability and reliability in the supply chain network design is vibrant and rapidly growing in various industries. Developing countries and the energy industry with the most significant number of articles have been the research fields of the studies. Most of the studies have considered the structure of the supply chain as a forward flow. Mixed integer linear programming (MILP) is the most widely used modeling approach supported by heuristic and meta-heuristic algorithms. The results of the present review can be used as a guide by planners and policymakers to formulate strategies and policies to advance the sustainable-reliable program effectively.

Keywords: Sustainability, Reliability, Supply Chain, Systematic Literature Review

This article is an open-access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license.

Publisher: Imam Hussein University © Authors

* Corresponding Author Email: amiri@atu.ac.ir

نشریه علمی «مدیریت زنجیره تامین»
سال بیست و پنجم، شماره ۷۹، تابستان ۱۴۰۲؛ ص ۱۵۱- ۱۲۳
شاپای چاپی: ۲۰۰۸-۹۱۹۸| شاپای الکترونیکی: ۲۷۱۷-۱۶۴۷
علمی – مروری

ادغام پایداری و قابلیت اطمینان در زنجیره تأمین: مرور سیستماتیک ادبیات

سجاد امیریان[۱]، مقصود امیری[۲*]، محمدتقی تقوی‌فرد[۳]

۱- دانشجوی دکتری مدیریت تحقیق در عملیات، دانشکده مدیریت و حسابداری، دانشگاه علامه طباطبائی، تهران، ایران، ۲و۳- استاد گروه مدیریت صنعتی، دانشکده مدیریت و حسابداری، دانشگاه علامه طباطبائی، تهران، ایران.

DOR: 20.1001.1.20089198.1402.25.79.8.2

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۱۰/۱۲ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۳/۱۰
تاریخ بازنگری:۱۴۰۱/۱۲/۰۸ تاریخ انتشار: ۱۴۰۲/۰۴/۰۱

چکیده

تولید محصولات نوآورانه به عنوان راه‌کار مؤثری در رفع نیازهای دائماً در حال تغییر مشتریان از طریق طراحی زنجیره تأمین قابل حصول است. زنجیره تأمین پایدار و قابل اطمینان به عنوان یک استراتژی نوآورانه، می‌تواند رضایتمندی مشتریان را کسب کرده و بقاء شرکت را تضمین کند. با این حال، بررسی ادبیات موضوع مشخص ساخت که خلأ بزرگی در زمینه ادغام پایداری و قابلیت اطمینان در طراحی شبکه زنجیره تأمین وجود دارد و هنوز کار کافی برای شناسایی پارادایم زنجیره تأمین پایدار و قابل اطمینان صورت نگرفته که ضرورت علمی انجام این تحقیق را نشان می‌دهد. بنابراین، تجزیه و تحلیل توصیفی و محتوایی ادبیات طراحی شبکه زنجیره تأمین که پایداری و قابلیت اطمینان را به صورت یکپارچه در نظر گرفته‌اند، دستور کار پژوهش حاضر می‌باشد. این مرور ادبیات، تعداد ۶۵ مقاله منتشر شده از ۲۰۱۱ تا آگوست ۲۰۲۲ در پایگاه‌های وب آو ساینس و اسکوپوس را شامل می‌شود. نتیجه بررسی نشان داد که ادغام پایداری و قابلیت اطمینان در طراحی شبکه زنجیره تأمین، پر جنب و جوش و به سرعت در حال رشد در صنایع مختلف است. کشورهای در حال توسعه و صنعت انرژی با بیشترین تعداد مقاله، زمینه‌های پژوهشی مطالعات بوده‌اند. بیشتر مطالعات، ساختار زنجیره تأمین را به صورت جریان رو به جلو در نظر گرفته‌اند. برنامه‌ریزی خطی مختلط عدد صحیح، پرکاربردترین رویکرد مدل‌سازی است که توسط الگوریتم‌های اکتشافی و فراابتکاری پشتیبانی می‌شوند. نتایج بررسی حاضر می‌تواند به عنوان یک راهنما، توسط برنامه‌ریزان و سیاست‌گذاران به طور مؤثر در تدوین استراتژی‌ها و سیاست‌هایی برای پیشبرد برنامه پایدار-قابل اطمینان استفاده شود.

واژه‌های کلیدی: پایداری، قابلیت اطمینان، زنجیره تأمین، مرور سیستماتیک ادبیات

۱- مقدمه

در طول چند دهه گذشته مرزهای مفهوم پایداری به مسائل اقتصادی محدود نشده است، بلکه تأثیرات منفی زیست‌محیطی و اجتماعی را نیز شامل می‌شود. همچنین، مفهوم قابلیت اطمینان فراتر از تفسیر اصلی کنترل کیفیت (یعنی به حداقل رساندن احتمال شکست محصول) مورد توجه قرار گرفته است. در ادبیات مفهوم قابلیت اطمینان، برای توصیف اینکه چگونه طراحی سیستم می تواند تأثیر احتمالی عدم قطعیت‌ها را بدون حذف منابع آن‌ها کاهش دهد، معادل مفاهیم استحکام[۱]، سازگاری[۲]، تطبیق‌پذیری[۳]، تاب‌آوری[۴] و انعطاف‌پذیری[۵] در نظر گرفته شده است [۱].

طراحی برنامه‌هایی برای مقابله با خطرات اختلال در زنجیره تأمین، هزینه‌های سرمایه‌گذاری و عملیاتی را افزایش می‌دهد. از این رو، مدیران شرکت ممکن است هزینه‌های سرمایه‌گذاری و عملیاتی بالای زنجیره تأمین را فقط برای محافظت در برابر خطر اختلالات بسیار نادر نپذیرند. اما وقتی بدانند که پیشرفت‌های قابل توجهی در قابلیت اطمینان با حداقل افزایش در هزینه زنجیره تأمین قابل دستیابی است [۲]، اجرای این برنامه‌ها را پیگیری می‌کنند. گزارش‌های زیادی وجود دارد که در نظر گرفتن اختلالات نامشخص در مرحله طراحی می‌تواند به کاهش اثرات منفی آن‌ها کمک کند [۳]. این نتایج هم برای شبکه‌های زنجیره تأمین رو به جلو و هم برای شبکه های زنجیره تأمین حلقه بسته تأیید شده است [۴]. برای دستیابی به قابلیت اطمینان بیشتر با حداقل هزینه زیست محیطی، ادبیات پیشنهاد می‌کند که یک چارچوب منسجم از پایداری و قابلیت اطمینان ایجاد شود [۵]. برای اینکه چنین چارچوب واحدی با موفقیت ایجاد شود، مشارکت فعال ذی نفعان مختلف در تمام مراحل زنجیره تأمین ضروری است. از این رو، مدیران و محققان جامعه تحقیق در عملیات (به‌ویژه مدیران صنایع) به اهمیت

* رایانامه نویسنده مسئول: amiri@atu.ac.ir

[1] Robustness
[2] Adaptability
[3] Versatility
[4] Resilience
[5] Flexibility

* این مقاله یک مقاله با دسترسی آزاد است که تحت شرایط و ضوابط مجوز Creative Commons Attribution (CC BY) توزیع شده است.
ناشر: دانشگاه جامع امام حسین (ع) © نویسندگان

برنامه‌ریزی یکپارچه پایداری-قابلیت اطمینان در طراحی و برنامه‌ریزی شبکه زنجیره تأمین، عمدتاً به دلیل مزایای بالقوه به دست آمده از ادغام، توجه کرده‌اند.

از نظر پیکربندی شبکه، مدل سازان برای داشتن یک زنجیره تأمین قابل اعتماد، از ساخت تأسیسات در مناطق پرخطر اجتناب کرده و به طور کلی حجم کار و نسبت‌های جریان در این تأسیسات مختل شده را کاهش می‌دهند [۶]. برای کاهش هزینه‌های عملیاتی، تصمیم‌گیرندگان معمولاً تمایل دارند شبکه را متمرکز کرده و تسهیلات را در کنار نقاط بزرگ تقاضا راه‌اندازی کنند. هنگام در نظر گرفتن خطرات اختلال، این پیکربندی به دو دلیل هزینه های بالاتری را ایجاد می‌کند: اول، نقاط تقاضای بزرگ می‌تواند با مناطق پرخطر مرتبط باشد [۷] و دوم، در صورت اختلال، هزینه ارائه این امتیازات بالاتر خواهد بود. بنابراین، منطقی به نظر می رسد که ساختار جهانی زنجیره تأمین با هدف به اشتراک گذاشتن ریسک از طریق جابجایی و راه‌اندازی تسهیلات در مکان های با فواصل وسیع (مانند تنوع بخشیدن به مکان تأسیسات) طراحی شود [۸].

مشکل در اجرای شیوه‌های پایداری و قابلیت اطمینان در زنجیره‌های تأمین مربوط به اهداف متناقضی است که بر کارآیی (پایداری) یا اثربخشی (پایایی) تمرکز دارند. تناقض این اهداف در مطالعه مارچی و همکاران [۹] با این استدلال پشتیبانی می‌شود که حمل و نقل با حجم بزرگتر و سریعتر می‌تواند هزینه‌های کلی زنجیره تأمین را تا حدود ۸۰ درصد کاهش دهد. اما سرعت زیاد تولید منجر به نقص بیشتر و خرابی مکرر ماشین‌آلات تولیدی می‌شود. علیرغم وجود این ارتباط علمی و عملی، معیارهای پایداری و قابلیت اطمینان به طور جداگانه در ادبیات طراحی شبکه زنجیره تأمین مطالعه شده است.

اکثر مرورهای ادبیات دیدگاهی جدید و تلفیقی در مورد موضوعات مرتبط و در عین حال متنوع ارائه می‌دهند. علاوه بر این، مرورهای ادبیات از ارائه چارچوب‌های تحلیلی برای یک موضوع خاص یا معرفی یک موضوع تحقیقاتی جدید پشتیبانی می کنند. به عنوان مثال، سنتوبلی و همکاران [۱۰] بر اساس شناسایی ساختارمند شکاف‌های تحقیقاتی در ۹۴ مطالعه ثانویه در ادبیات زنجیره تأمین پایدار، ارائه پارادایم‌های ترکیبی جدید و همچنین مدل‌های کل‌نگر و مفهومی را به عنوان یک نیاز پژوهشی معرفی کردند. اخیراً اسمی‌زاده و ملت‌پرست [۱۱] ضمن بررسی عملکرد طرح‌های لجستیکی از نظر هزینه، کیفیت، تحویل، انعطاف پذیری و تاب آوری، نقاط قوت و ضعف هر نوع لجستیک را برای استراتژی های عملیاتی مختلف ارزیابی کردند. پس از آن، جوشی [۱۲] با مطالعه ۸۷ مقاله مطابق رویه مرور سیستماتیک متون با تمرکز بر موضوعات نوظهور، روند تکامل مفهوم پایداری در شبکه‌های زنجیره تأمین را در طول یک دهه (۲۰۱۰-۲۰۲۰) ارائه کرد. با دقت در محتوای این مطالعات و جریان تحقیقاتی اخیر و آگاهی از این موضوع که از کل هزینه‌های زنجیره تأمین به ترتیب ۲۰ درصد مربوط به انرژی مصرفی و گازهای گلخانه‌ای منتشره، و ۱۵ الی ۱۸ درصد سهم کیفیت و قابلیت اطمینان فرآیند می‌باشد [۹]، نشانه‌هایی از همگرایی میان پایداری و قابلیت اطمینان قابل ردیابی است. به طور کلی، تلاقی میان پایداری و قابلیت اطمینان و رابطه آن با مدیریت تداوم کسب و کار به عنوان یک موضوع مهم در دانشگاه و صنعت رخ نموده است [۱۳]. این ادغام می تواند به عنوان یک معیار پیچیده اما مرتبط در طراحی شبکه زنجیره تأمین دیده شود. از منظر بهینه سازی سیستم، تصمیمات طراحی در پایداری، قابلیت اطمینان و زنجیره تأمین به هم مرتبط هستند و می توان مسئله کلی را به عنوان یک مسئله بهینه سازی همزمان در این سه حوزه طراحی دید. به عنوان مثال، دسوزا و همکاران [۱۴] چارچوبی را برای طراحی شبکه‌های تأمین پیشنهاد می کند که بر اساس آن با تغییر از یک دیدگاه انسان‌محور به یک دیدگاه زیست‌مرکزی و فرا رشته‌ای، می‌توان شبکه زنجیره تأمینی طراحی نمود که در طولانی مدت، عملکرد پایداری را در حین سازگاری با اختلالات تضمین کند. با این حال، مدیریت زنجیره تأمین پایدار و قابل اطمینان به دلیل پایه‌های نظری محدود و پراکنده‌ای که بر اساس آن تکامل یافته است، از نظر مفهومی نابالغ و توسعه نیافته قلمداد می‌شود [۱۵]. در نهایت، این تحقیق با هدف ایجاد درک روشن‌تری از پارادایم نوظهور "زنجیره تأمین پایدار و قابل اطمینان" در مسئله طراحی شبکه زنجیره تأمین به انجام رسیده است. درک این پارادایم، نیازمند تلاش تحقیقاتی مضاعفی برای آزمایش سازه‌ها، مفاهیم و نظریه‌هایی دارد که در سیر تاریخی ظهور این پارادایم پدیدار می‌شوند، و نتیجه این تلاش فراهم کردن زمینه مشترکی برای تحقیقات آینده می‌باشد.

این تحقیق، یک روش سیستماتیک نوآورانه و قابل تکرار ارائه داده است که می تواند توسط سایر نویسندگان در سایر زمینه‌های تحقیقاتی مورد بهره‌برداری قرار گیرد. این روش‌شناسی مرور به خودی خود یکی از کمک‌های این مطالعه ثانویه به ادبیات میباشد. مطابق این بررسی ادبیات، یک چارچوب مفهومی برای برجسته کردن چالش‌ها و مزایای برنامه‌ریزی یکپارچه، و همچنین ویژگی‌های اصلی مقالات مرجع در رابطه با روند زمانی انتشارات، مجلات با بیشترین انتشار، منطقه جغرافیایی نویسندگان مسئول، و حوزه مورد مطالعه ارائه می‌شود. این مقاله نه تنها به تحلیل توصیفی مطالعات اولیه می‌پردازد، بلکه فراتر می‌رود و شکاف‌های برآمده از ادبیات را شناسایی کرده و دستور کار به روز شده و اولویت‌بندی شده را تدوین

می‌کند. در نتیجه با قرار گرفتن سهم مفهومی در کنار سهم روش‌شناختی، سهم این کار دوچندان است.

شناسایی شکاف‌ها و فرصت‌های پژوهشی، یک هدف پیش‌فرض برای مقالات مروری است. در میان اهدافی که باعث مرور ادبیات فعلی شده است، ارائه یک بررسی پیشرفته از مطالعات مرتبط با موضوع طراحی شبکه زنجیره تأمین پایدار و قابل اطمینان به عنوان هدف اصلی شناخته شد که تقریباً در همه مرورها مشترک است. از اهداف دیگر این تحقیق بررسی مدل‌های ریاضی طراحی شبکه زنجیره تأمین پایدار و قابل اطمینان به منظور گروه‌بندی مناسب مدل‌ها و برجسته کردن تفاوت‌ها و شباهت‌های بین مدل‌ها است. علاوه بر این، بررسی مقالات منتخب از نظر معیارها و شیوه‌های ارزیابی هر دو پارادایم پایداری و قابلیت اطمینان می‌تواند با ارائه بینش‌هایی برای مدیریت و کاربران، مهم تلقی گردد. به طور کلی، تجزیه و تحلیل گسترده پایداری و قابلیت اطمینان، ویژگی کلیدی است که مطالعه حاضر را از سایر بررسی های ادبیات منتشر شده در این موضوع متمایز می کند و ارزش افزوده‌ای برای آن محسوب می‌شود.

این مقاله بر اساس دستورالعمل‌های نظام‌مند قبلی مانند آکیوز و گورسوی [۱۶] و سیلوا و همکاران [۱۷] ساختاردهی شده است. بخش ۲، روش بررسی سیستماتیک ادبیات را تشریح می‌کند. اسناد انتخاب شده در بخش ۳ مورد تحلیل و بحث قرار می‌گیرد. بخش ۴ مربوط به نتیجه‌گیری است. شکاف‌های تحقیقاتی و تحقیقات آتی به ترتیب در بخش‌های ۵ و ۶ بیان می‌شوند.

۲- روش‌شناسی

مرور نظام‌مند ادبیات، فرآیندی را طراحی می‌کند که تکرارپذیر، علمی و شفاف باشد [۱۸]. این فرآیند می‌تواند شامل: (۱) برنامه‌ریزی و تدوین مسئله، (۲) جستجو در ادبیات، (۳) جمع‌آوری داده‌ها، (۴) ارزیابی کیفیت، و (۵) گزارش و استفاده از نتایج باشد [۱۹]. معیارهای انتخاب دقیق، روش‌های تجزیه و تحلیل و گزارش مورد استفاده در این رویکرد، امکان ترکیب دانش گسترده در مطالعات موجود را برای تولید دانش جدید فراهم می آورند [۲۰]. مرور ادبیات ممکن است برای نقشه برداری، تثبیت و توسعه تئوری نیز استفاده شود [۲۱]. اخیراً مرور نظام‌مند ادبیات، به روشی استاندارد برای انجام بررسی ادبیات در زنجیره تأمین پایدار تبدیل شده است [۲۲]. بر این اساس، با هدف افزایش دقت روش شناختی و ایجاد بینش جدید از دانش موجود، یک روش مرور سیستماتیک متون برای این مطالعه اتخاذ شده است.

۲-۱- برنامه‌ریزی و تدوین مسئله

مسئله تحقیق و دامنه بررسی باید از قبل به وضوح مشخص گردد [۱۹]. برای این بررسی، ۱۷ پرسش در چهار دسته تدوین شد. یک پرسش به روش تحقیق، چهار پرسش به تحلیل توصیفی، ده پرسش به تحلیل محتوا، و دو پرسش به دستور کار آتی مربوط می‌شود. شرح و محل پاسخ‌گویی به این پرسش‌ها در جدول (۱) ارائه شده است.

جدول (۱). پرسش‌های تحقیق

دسته	شماره	شرح	بخش پاسخ‌دهی
روش تحقیق	۱	فرآیند شناسایی ادبیات و انتخاب مقالات مرجع در حوزه زنجیره تأمین پایدار و قابل اطمینان چگونه بوده است؟	۲
تحلیل توصیفی	۲	روند زمانی انتشار ادبیات حوزه زنجیره تأمین پایدار و قابل اطمینان چگونه است؟	۳-۱-۱
	۳	سهم و طبقه‌بندی موضوعی مجلات در انتشار ادبیات حوزه زنجیره تأمین پایدار و قابل اطمینان چگونه است؟	۳-۱-۲
	۴	سهم نویسندگان در توسعه ادبیات حوزه زنجیره تأمین پایدار و قابل اطمینان چگونه است؟	۳-۱-۳
	۵	سهم صنایع مختلف در طراحی زنجیره تأمین پایدار و قابل اطمینان چگونه است؟	۳-۱-۴
تحلیل محتوایی	۶	ساختار طراحی زنجیره تأمین پایدار و قابل اطمینان چگونه است؟	۳-۲-۱
	۷	کدام معیارها برای ارزیابی پایداری زنجیره تأمین استفاده شده است؟	۳-۲-۲
	۸	کدام معیارها برای ارزیابی قابلیت اطمینان زنجیره تأمین استفاده شده است؟	۳-۲-۲
	۹	توزیع تعداد اهداف میان پایداری و قابلیت اطمینان در طراحی زنجیره تأمین چگونه است؟	۳-۲-۲
	۱۰	ویژگی تعداد محصولات در طراحی زنجیره تأمین پایدار و قابل اطمینان چگونه است؟	۳-۲-۳
	۱۱	ویژگی افق برنامه‌ریزی برای طراحی زنجیره تأمین پایدار و قابل اطمینان چگونه است؟	۳-۲-۴
	۱۲	ویژگی شیوه حمل و نقل در طراحی زنجیره تأمین پایدار و قابل اطمینان چگونه است؟	۳-۲-۵
	۱۳	مدل ریاضی برای طراحی زنجیره تأمین پایدار و قابل اطمینان از چه ماهیتی برخوردار است؟	۳-۲-۶
	۱۴	کدام نوع مدل ریاضی برای طراحی زنجیره تأمین پایدار و قابل اطمینان مناسب است؟	۳-۲-۷
	۱۵	کدام ریسک‌ها و در کدام صنایع منشأ طراحی زنجیره تأمین پایدار و قابل اطمینان می‌باشد؟	۳-۲-۸
دستور کار	۱۶	چه شکاف‌هایی در ادبیات زنجیره تأمین پایدار و قابل اطمینان وجود دارد؟	۴
	۱۷	چه فرصت‌های تحقیقاتی برای حوزه زنجیره تأمین پایدار و قابل اطمینان پیشنهاد می‌شود؟	۴

۲-۲- جستجوی داده‌ها

مرور حاضر با در نظر گرفتن یک بازه زمانی ۱۰ ساله (از ۲۰۱۱ تا ۲۰۲۱ به علاوه برخی از مطالعات اخیر در سال ۲۰۲۲) طیف گسترده‌ای را برای تکامل پارادایم زنجیره تأمین پایدار و قابل اطمینان پوشش می دهد. مطالب به دنبال یک پروتکل دقیق شامل دو بازبین جمع‌آوری و انتخاب شد که اعتبار نتایج به‌دست‌آمده را تأیید می‌کند.

در این مقاله، برای شناسایی اسناد از اطلاعات موجود در پایگاه‌های علمی اسکوپوس[1] و وب آف ساینس[2] به عنوان منابع جامع پژوهشی استفاده شده است. بسیاری از مطالعات قبلی از این پایگاه‌ها به عنوان منابع اطلاعاتی قابل اعتماد و با کیفیت برای مرور ادبیات بهره برده‌اند [۱۰و۲۳]. سال ۲۰۱۱ به عنوان سال آغاز انتخاب شده است. اولین مقاله منتشر شده در تحقیقات تجربی مربوط به کار هسو و لی [۲۴] است که قابلیت اطمینان را در تنظیم طراحی شبکه زنجیره تأمین برای پاسخگویی به نوسانات مختلف تقاضا مورد ارزیابی قرار داده است. در واقع، این مقاله نخستین مطالعه‌ای است که توانسته معیارهای ورود به مجموعه مقالات مرجع در تحقیق حاضر را برآورده کند. از این رو، سال ۲۰۱۱ یک نقطه شروع خوب برای درک ارتباط میان فعالیت‌های اقتصادی و قابلیت اطمینان در زنجیره تأمین می‌باشد. مرحله جمع‌آوری داده‌ها در اول آگوست ۲۰۲۲ انجام شد که به عنوان نقطه پایانی در نظر گرفته شده است. جستجوی انجام شده علاوه بر دوره انتشار (بین ۲۰۱۱ و آگوست ۲۰۲۲)، بر اساس نوع سند (مقاله پژوهشی و مقاله کنفرانسی) و زبان (انگلیسی) پالایش شد. اصولاً انتخاب واژگان کلیدی یکی از ملزومات اساسی در برنامه‌ریزی برای بررسی ادبیات است. یک مرور نظام‌مند ادبیات باید دارای واژگان کلیدی به اندازه کافی گسترده باشد تا اطمینان حاصل شود که مشارکت‌های مرتبط مستثنی نمی‌شوند [۱۹]. به همین علت، از علامت ستاره (*) در انتهای برخی از واژگان کلیدی برای پوشش طیف وسیعی از نتایج (به عنوان مثال، "پایداری*" و "قابلیت اطمینان*") استفاده شد [۲۵]. فرآیند انتخاب مقالات زمانی که هیچ مقاله مرتبط دیگری یافت نشود، متوقف می‌شود [۲۶]. برای اطمینان از کامل بودن و دقت واژگان کلیدی انتخاب شده، از نظر متخصصان و اساتید دانشگاهی در زمینه‌های مدیریت و طراحی شبکه زنجیره تأمین، توسعه پایدار، و قابلیت اطمینان استفاده شده است. عبارات جستجو در عنوان، چکیده و واژگان کلیدی قرار داشتند. ترکیب واژگان کلیدی و شیوه‌ی جستجو در جدول (۲) آمده است. در پایان این مرحله، تعداد مقالات بازیابی شده با استفاده از رشته‌های جستجوی مختلف پس از حذف مقالات تکراری (۵۹ مقاله) به ۳۰۵ مقاله رسید.

جدول (۲). واژگان کلیدی و ترکیب آن‌ها برای جستجو

رشته جستجو	ترکیب واژگان کلیدی	تعداد مقاله
رشته اول	"زنجیره تأمین[3]" و "شبکه[4]" و (پایداری[5] یا ابعاد سه گانه پایداری[6]) و (قابلیت اطمینان[7] یا عملیات بدون شکست[8])	۲۰۹
رشته دوم	"طراحی زنجیره تأمین[9]" و (پایداری یا ابعاد سه گانه پایداری) و (قابلیت اطمینان یا عملیات بدون شکست)	۱۵۵

۲-۳- انتخاب داده‌ها

در این مرحله معیارهای ورود و خروج برای شناسایی مقالات نهایی تعیین شد. معیارهای پذیرش و حذف مقالات باید روشن باشد [۲۷]. مقالاتی که در عنوان، چکیده و کلمات کلیدی خود حاوی هر کدام از کلمات کلیدی انتخابی باشند و جزء مقالات مروری نباشند، به فرآیند ارزیابی وارد می‌شوند. معیارهای خروج شامل رشته‌های غیرمرتبط (به عنوان مثال، پزشکی) و مقالاتی است که طراحی شبکه، پایداری یا قابلیت اطمینان را با هم در نظر نمی‌گیرند. این مقالات خارج از محدوده تلقی می‌شوند. این نتایج برای کاهش تعصب به طور مستقل توسط دو بازبین (از نویسندگان مقاله) تجزیه و تحلیل شد [۱۹]. هر اختلاف نظر تا رسیدن به اجماع مورد بحث قرار گرفت. بازبینی انجام گرفته بر اساس معیارهای ورودی ذکر شده، به‌ترتیب از طریق تجزیه و تحلیل عنوان و تجزیه و تحلیل چکیده ۱۲۱ و ۹۳ مقاله را حذف کرد. ۹۱ مقاله باقی مانده تحت تجزیه و تحلیل متن کامل قرار گرفتند، که ۳۸ مقاله اضافی تشخیص داده شد. در نهایت روش گلوله برفی[10] (به عنوان معیار ورود) در مورد منابع استفاده شده در ۵۳ مقاله پایانی به اجرا گذاشته شد [۱۰و۲۸]. نتیجه اجرای این روش ۱۱ مقاله را به لیست اضافه کرد (این مقالات از بینش مفید بیشتری در مورد موضوع تحقیق برخوردار بودند). در نتیجه ۶۵ مقاله برای تجزیه و تحلیل انتخاب شدند. شکل (۱) جزئیات انتخاب مقالات را نمایش می‌دهد.

۲-۴- ارزیابی کیفیت

[1] Scopus
[2] Web of science
[3] Supply chain
[4] Network
[5] Sustainability
[6] Triple Bottom Line (TBL)
[7] Reliability
[8] Non-failure operation
[9] Supply chain design
[10] Snowball Method

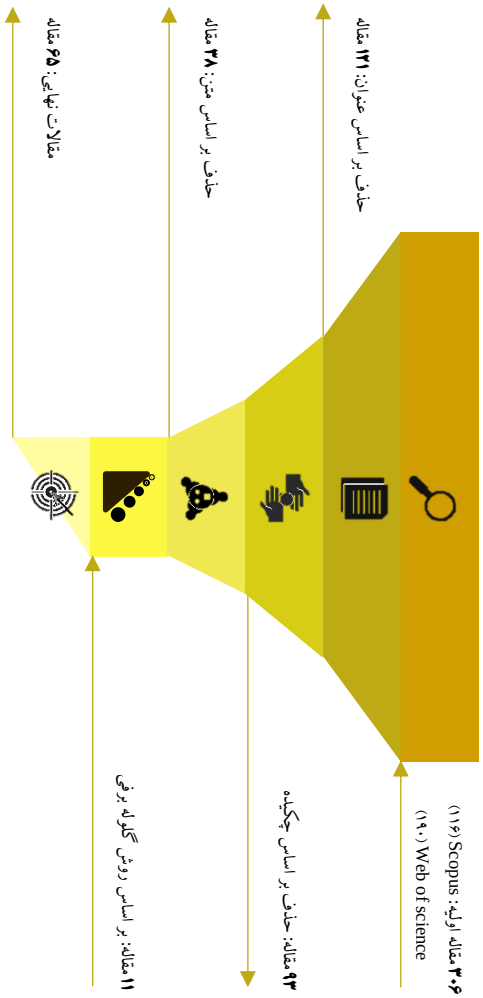
ارزیابی اعتبار داخلی و بیرونی در این مرحله تکمیل می‌شود [۱۹]. چندین استراتژی برای ارزیابی اعتبار تحقیق استفاده می‌شود [۲۹]. ابتدا، به دنبال توصیه سورینگ و گلد [۲۱] به منظور اطمینان از شفافیت و تکرارپذیری طرح تحقیق، کل فرآیند به دقت مستند شده است. اعتبار داخلی[1] به این معنی است که تحقیق در ارائه نتایج بی‌طرفانه عمل کرده است. از این رو خطا و سوگیری[2] را به حداقل می‌رساند. اعتبار داخلی مقاله‌ها با تجزیه و تحلیل و انتخاب دو بازبین تضمین می‌شود. به منظور حصول اطمینان از اجرای صحیح و منسجم معیارهای ورود و خروج، نمونه‌ای متشکل از ۱۵ مقاله (معادل ۵ درصد از کل مقالات گردآوری شده) به صورت تصادفی انتخاب و توسط دو نفر از نویسندگان بررسی شد. با توجه به اینکه دو ارزیاب درگیر بودند، معیار آماری انتخاب شده برای ارزیابی سطح پایایی، ضریب کاپا کوهن [۳۰] بود. اندازه توافق بین دو ارزیاب K = ۰/۸۱ بود که در محدوده بالایی از فاصله توافق پیشنهاد شده توسط لندیس و کوچ [۳۱] قرار دارد. از اعتبار بیرونی[3] برای ارزیابی تعمیم‌پذیری نتایج به جامعه یا سایر محیط‌ها استفاده می‌شود. این امر ذاتاً به طراحی تحقیق برمی‌گردد، زیرا تحقیق به هیچ صنعت یا محیط خاصی محدود نمی‌شود [۳۲]. علاوه بر این، برای اطمینان از صحت داده‌های تحلیل شده نتایج با تجزیه و تحلیل داخلی پایگاه‌های داده مقایسه شد.

۲-۵- گزارش نتایج

این بخش با ارائه نتایج کمی و کیفی در مورد مقالات مرجع و پاسخ به سؤالات تحقیق تکمیل می‌شود. تجزیه و تحلیل توصیفی اسناد مطابق نظر سورینگ و گولد [۲۱] علیرغم ارزیابی ویژگی‌های رسمی مقالات انتخابی، زمینه را برای تحلیل‌های دسته‌بندی و محتوایی فراهم می‌کند.

۳- نتایج

سازماندهی مرور ادبیات در بخش قبل، به شناسایی ادبیات پیشرفته در مورد طراحی شبکه زنجیره تأمین پایدار و قابل اطمینان کمک کرد. نمونه نهایی شامل ۶۵ مقاله با در نظر گرفتن مراحل طی شده برای بررسی (یعنی پروتکل بررسی) و هدف اصلی مرور ادبیات به دست می‌آید.



شکل (۱). فرآیند بررسی مقالات

۳-۱- تجزیه و تحلیل توصیفی

۳-۱-۱- روند انتشار مقالات

شکل (۲) تکامل مقالات را در طول زمان، با در نظر گرفتن سال انتشار و تعداد استنادهای دریافت شده توسط هر مقاله، نشان می‌دهد. ۶۵ مقاله شناسایی شده بین سال‌های ۲۰۱۱ تا ۲۰۲۲ منتشر شده‌اند. مرحله جمع‌آوری داده‌ها در ابتدای آگوست ۲۰۲۲ انجام شد و بنابراین، تنها ۱۰ مقاله منتشر شده در سال ۲۰۲۲ بازیابی شدند. اولین مقاله در نمونه ما در ۲۹ مارس ۲۰۱۱ توسط هسو و لی [۲۴] منتشر شد. بالاترین تعداد استناد با ۲۳۸ مورد مربوط به مقاله فهیم‌نیا و جبارزاده [۳۳] است. بین سال‌های ۲۰۱۱ تا ۲۰۱۴ تنها چهار مقاله انتشار یافته است و بیشترین تعداد انتشار با ۱۳ مقاله در سال ۲۰۲۰ ثبت شد. مطابق شکل ۲ بیش از ۸۴ درصد مطالعات از سال ۲۰۱۷ به بعد منتشر شده است. این نتیجه ممکن

[1] Internal Validity
[2] Error or Bias
[3] External Validity

است به علت افزایش تقاضا برای تحقیقات در مورد کاربرد نظریه‌های اجتماعی در ادبیات مدیریت زنجیره تأمین باشد [۳۴]، تقریباً ۹۰ درصد شرکت‌های دولتی، کمیته‌های مسئولیت اجتماعی شرکت‌ها[1] را در اوایل سال ۲۰۱۳ تشکیل دادند [۳۵]. حتی ممکن است به دلیل اهمیت فزاینده مدیریت ریسک و اختلال برای جامعه دانشگاهی و صنعتی باشد [۳۶]. بنابراین، ادغام پایداری و قابلیت اطمینان در طراحی شبکه زنجیره تأمین می‌تواند موضوعی امیدوارکننده و در حال تحول در ادبیات فعلی باشد. بر اساس استنادهای دریافتی از محقق گوگل تا ۱ آگوست ۲۰۲۲، برای ادبیات مطالعه شده دو نقطه اوج در سال‌های ۲۰۱۶ و ۲۰۱۹ به ترتیب با تعداد ۴۸۵ و ۵۶۹ استناد وجود دارد (شکل ۲ را ببینید). این در حالی است که مقاله‌های ۲۰۱۶ (سه مقاله) تنها یک سوم مقاله‌های ۲۰۱۹ (نه مقاله) می‌باشد.

۳-۱-۲- توزیع مقالات میان مجلات

از ۶۵ مقاله انتخاب شده، تنها دو مقاله جبارزاده و همکاران [۳۷] و آبیر و همکاران [۳۸] از نوع کنفرانسی و ۶۳ مورد بقیه از نوع پژوهشی است. مقالات شناسایی و انتخاب شده که به موضوع پایداری و قابلیت اطمینان در طراحی شبکه زنجیره تأمین می‌پردازد، از نظر تعداد انتشار در هر مجله و حوزه‌های موضوعی نیز بررسی شده‌اند. در این راستا، ۳۶ مجله منحصر به فرد شناسایی شد. مجله تولید پاکتر[2] با ۸ مقاله (۱۲ درصد از تعداد کل مقالات) بیشترین سهم را در انتشار مقالات داشته است. به طور کلی، ۱۱ مجله برتر با انتشار ۳۸ مقاله، در توزیع مقالات سهمی بالغ بر ۵۸ درصد داشته‌اند. این در صورتی است که سهم سایر مجلات (۲۵ مجله) ۴۰ درصد است. برای شناسایی حوزه‌های موضوعی تحت پوشش مجلات، از قابلیت‌های ارائه شده توسط پلتفرم رتبه‌بندی مجلات سایماگو[3] (با آدرس: www.scimagojr.com) استفاده شده است. حوزه‌های موضوعی مجلات در دسته‌های زیر جای می‌گیرد: (۱) کسب و کار، مدیریت و حسابداری، (۲) انرژی، (۳) مهندسی، (۴) علوم محیطی، (۵) علوم تصمیم‌گیری، (۶) علوم اجتماعی، (۷) علوم کامپیوتر، (۸) اقتصاد، اقتصادسنجی و مالی، (۹) ریاضیات، (۱۰) چند رشته‌ای، (۱۱) فیزیک و نجوم، (۱۲) علوم مواد، (۱۳) مهندسی شیمی. چند رشته‌ای بودن حوزه‌های موضوعی شناسایی شده، نشان دهنده یک زمینه تحقیقاتی گسترده برای جامعه علمی است. خلاصه‌ای از تعداد مقالات منتشر شده، مجموع استناد، و نسبت استناد به هر مقاله به تفکیک برای هر مجله در جدول ۳ ارائه شده است.

نرخ استناد به مقاله، معیاری برای مؤثر بودن مقاله است. هفت مقاله از مقالات مرجع بیش از ۱۰۰ بار مورد استناد قرار گرفته است. این هفت مقاله در چهار مجله انتشار یافته است. از یک سو، منشأ این تأثیرگذاری می‌تواند به شاخص رتبه‌بندی مجله[4] (SJR) مربوط باشد. شاخص SJR در آخرین گزارش مربوط به سال ۲۰۲۱ برای چهار مجله بین‌المللی تحقیقات تولید[5] (دو مقاله)، مجله تحقیق حمل و نقل قسمت E: بررسی تدارکات و حمل و نقل[6] (دو مقاله)، سالنامه تحقیق در عملیات[7] (دو مقاله)، و مجله تولید پاکتر[8] (یک مقاله) به ترتیب ۲,۷۸؛ ۲,۸۴؛ ۱,۱۷؛ ۱,۹۲ می‌باشد. شاخص SJR هر مجله یک مقدار عددی است که نشان دهنده میانگین تعداد استنادهای وزنی دریافت شده در طول یک سال انتخابی به ازای هر سند منتشر شده در آن مجله در طول سه سال گذشته است که توسط اسکوپوس نمایه می‌شود. مقادیر بالاتر شاخص SJR نشان دهنده اعتبار بیشتر مجله است. از سوی دیگر، سال انتشار نیز می‌تواند در تأثیرگذاری مقالات مذکور نقش داشته باشد. انتشار مقالات در سال‌های ۲۰۱۶ (دو مقاله)، ۲۰۱۷ (یک مقاله)، ۲۰۱۸ (یک مقاله)، ۲۰۱۹ (دو مقاله)، و ۲۰۲۰ (یک مقاله) توزیع شده است. شایان ذکر است که در میان این هفت مقاله، دو مقاله کمال‌احمدی و ملت‌پرست [۳۹]، و پاولوف و همکاران [۴۰]، مربوط به پارادایم زنجیره تأمین سودآور و قابل اطمینان هستند. مقاله کائور و سینگ [۴۱] در قالب پارادایم زنجیره تأمین سبز و قابل اطمینان جای می‌گیرد. آثار فهیم‌نیا و جبارزاده [۳۳]، ظهیری و همکاران [۴۲]، جبارزاده و همکاران [۴۳]، و تیرکلائی و همکاران [۴۴]، نیز تأثیرگذارترین مقالات در ادبیات زنجیره تأمین پایدار و قابل اطمینان می‌باشند.

۳-۱-۳- توزیع مقالات بر اساس نویسنده

منشأ جغرافیایی مقالات مرجع از نظر موقعیت جغرافیایی نویسنده مسئول[9]، در ۱۶ کشور پراکنده شده است. ایران با ۳۸ مقاله، ایالات متحده آمریکا با شش مقاله و ترکیه با سه مقاله بیشترین تولید را دارند. استرالیا، دانمارک، چین، ژاپن و تایوان هر کدام با دو مقاله در رتبه‌های بعدی قرار دارند. کشورهای ایتالیا، کانادا، هند، کره جنوبی، مالزی، بنگلادش، روسیه و امارات متحده عربی نیز هر کدام با یک مقاله در شکل‌گیری پارادایم زنجیره تأمین پایدار و قابل اطمینان سهیم بوده‌اند.

[1] Corporate Social Responsibility (CSR) Committees
[2] Journal of Cleaner Production
[3] Scimago
[4] SCImago Journal Rank (SJR)
[5] International Journal of Production Research
[6] Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review
[7] Annals of Operations Research
[8] Journal of Cleaner Production
[9] Corresponding author's geographical location

نتایج به دست آمده حاکی از آن است که ایران، ایالات متحده آمریکا و ترکیه مجموعاً با ۴۷ مقاله (۷۲ درصد از کل مقالات) فعال‌ترین خوشه‌ی تحقیقاتی در حوزه ادغام پایداری و قابلیت اطمینان در زنجیره تأمین هستند. این موضوع مؤید اهمیت و نقش تغییرات شدید در شرایط اقلیمی (از جمله آلودگی هوا، خشک‌سالی و غیره) و وقوع اختلالات گسترده طبیعی (مانند زلزله، سیل، طوفان و غیره) و بحران‌های اجتماعی (مثل بیکاری، تحریم‌های بین‌المللی، پیری جمعیت، مناقشات حقوق زنان و غیره) در این مناطق است. کشور ایران با ۵۸ درصد بیشترین سهم از مطالعات زنجیره تأمین پایدار و قابل اطمینان را دارد. این نشان می‌دهد که کشور ایران به تازگی مزایای ناشی از ادغام پایداری و قابلیت اطمینان را در طراحی زنجیره تأمین درک کرده است. این در حالی است که ایده‌های پایداری در کشورهای توسعه یافته مانند انگلستان و آلمان به مقبولیت گسترده‌ای دست یافته است [۴۵]. پیش از این، سانچز-فلورس و همکاران [۴۶] نیز نشان دادند که تحقیقات مدیریت زنجیره تأمین پایدار برای کشورهای نوظهور از تحقیقات در مورد مدیریت زنجیره تأمین پایدار در سطح جهانی عقب مانده است. واریانس و تأخیر در تحقیقات پایداری را می‌توان به صنعتی شدن کمتر، و پیچیدگی‌های جمع‌آوری داده‌های قابل اعتماد/در دسترس از کشورهای در حال توسعه به دلیل شرایط ضعیف اقتصادی و نظارتی تشدید شده نسبت داد.

امروزه سازمان‌ها در معرض نوعی از تحولات فن‌آوری اطلاعات قرار گرفته‌اند و اثرات کاربرد فن‌آوری اطلاعات و ارتباطات در تمامی حوزه‌های زنجیره تأمین -از تأمین‌کننده تا تولید و مشتری- به راحتی قابل مشاهده است [۴۷]. نتایج یک نظرسنجی نشان داد که شرکت‌های ایرانی و مالزیایی هر دو از کمبود تخصص و عدم آگاهی در مورد مدیریت زنجیره تأمین رنج می‌برند [۴۸]. اجرای مدیریت زنجیره تأمین در یک کشور در حال توسعه مانند ایران، به دلیل موانع متعدد، هنوز به عنوان یک چالش بزرگ در نظر گرفته می‌شود. به عنوان مثال، آرویس و همکاران [۴۹] بیان می‌کنند که عملکرد کشورهای صادرکننده نفت از نظر تسهیل لجستیک تجارت بین‌المللی کمتر از پتانسیل آن‌هاست. سیلوستر [۵۰] در این رابطه استدلال می‌کند که "زنجیره‌های تأمین در اقتصادهای در حال توسعه و نوظهور با موانع بیشتری برای پایداری روبرو هستند، که به دلیل وجود محیط‌های تجاری بسیار آشفته است که به درجه بالاتری از پیچیدگی و عدم اطمینان منتهی می‌شود".

بسیاری از آنچه از نقطه نظر پایداری در کشورهای توسعه یافته حاصل شده، به خاطر حمایت دولت و سیاست‌های مرتبط امکان‌پذیر شده است [۵۱]. در مقابل، دولت‌ها در اقتصادهای نوظهور انگیزه‌ای برای افزایش عملکرد پایدار از طریق تلاش‌های مشترک میان شرکای زنجیره تأمین ارائه نمی‌کنند [۵۲]. زیرا اقدامات پایداری اغلب به معنای سرمایه‌گذاری سنگین و افزایش هزینه‌ها است که به همین دلیل، بسیاری از تولیدکنندگان تمایلی به پیاده‌سازی آن‌ها ندارند [۵۳]. این موضوع، با شواهد به دست آمده از ابتکارات پایداری در اقتصادهای توسعه یافته، که در آن مشخص شد مدیریت زنجیره تأمین پایدار هزینه‌های عملیاتی را کاهش می‌دهد، در تضاد است [۵۴]. علاوه بر این، الگوهای تولید و مصرف پایدار در کشورهای نوظهور به شدت تحت تأثیر تنظیمات نهادی و جمعیت‌شناسی اجتماعی است. به عنوان مثال، تلاش‌های پایداری کشورهای در حال توسعه به دلیل سطح سواد پایین، نیروی کار با مهارت کمتر، زیرساخت‌های فیزیکی ناکافی، اجرای قانون ناسازگار، و خدمات مالی ناکافی مختل شده است [۵۵]. در واقع، پایداری در کشورهای کمتر توسعه‌یافته بیشتر به عنوان یک رویکرد اجباری یا تنظیم شده به مرحله اجرا گذاشته شده است [۵۳].

تفاوت‌های زمینه‌ای بین اقتصادهای نوظهور و توسعه‌یافته توسط پیچیدگی و اجرای مقررات پایداری قابل توصیف است [۵۶]. انتظارات مشتری و جامعه باعث شد که اقتصادهای توسعه یافته به سمت جهت‌گیری استراتژیک‌تر از مدیریت زنجیره تأمین پایدار حرکت کنند، در حالی که اقتصادهای نوظهور عمدتاً توسط قوانین ایالتی و مقررات کشور صادراتی هدایت می‌شوند [۵۷]. سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی نسبت به انواع دیگر سرمایه‌گذاری خارجی نقش پررنگ‌تری در تحقق اهداف توسعه پایدار دارد. بر اساس گزارش آنکتاد[1]، کشور ایران در مقایسه با کشورهای غرب آسیا شامل ترکیه، امارات متحده عربی و عربستان، در جذب سرمایه‌گذاری خارجی عملکرد ضعیف‌تری داشته است. این در حالی است که ترکیه بیشترین سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی را جذب کرده است.

با توجه به تنوع و گستردگی صنایع در ایران و مسائل زیست محیطی ناشی از آن‌ها، سیاست‌گذاری جامع در مورد زنجیره تأمین پایدار و مد نظر قرار دادن ابعاد پایداری در کنار شاخص‌های قابلیت اطمینان برای ارزیابی عملکرد صنایع بزرگ و کوچک و متوسط ضروری به نظر می‌رسد، که به نوبه خود توجه محققان و همکاری آن‌ها با متخصصان صنایع را برانگیخته است. بزرگترین تغییر در شرایط زیست محیطی مربوط به انتشار دی اکسید کربن ناشی از مصرف انرژی‌های تجدیدناپذیر است. از این رو، صرفه‌جویی در مصرف انرژی‌های تجدیدناپذیر و جایگزینی آن با انرژی‌های تجدیدپذیر در کشورهای توسعه یافته، نه تنها رشد اقتصادی را

[1] United Nations Conference on Trade and Development (UNCTAD)

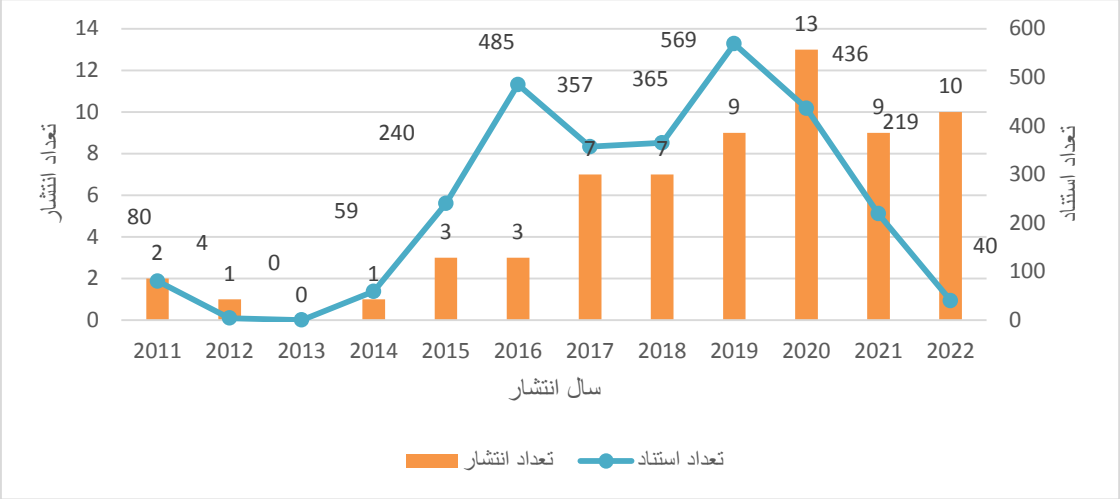
کاهش نمی‌دهد، بلکه از تخریب محیط زیست نیز جلوگیری به عمل آورده است. مطابق گزارش آژانس بین‌المللی انرژی[1] در سال ۲۰۲۱، یارانه مستقیم پرداختی به بخش انرژی در اقتصادهای بزرگ جهان مانند آمریکا، ژاپن و آلمان به طور کامل حذف شده است. این در حالی است که ایران در سال ۲۰۲۰ با پرداخت مبلغ ۲۹٫۶ میلیارد دلار در رتبه اول جهان از نظر پرداخت یارانه انرژی قرار داشته است [۵۸].

اگرچه جهانی‌شدن یک روند است، زنجیره‌های تأمین مبتنی بر منابع طبیعی (کشورهای وابسته به ثروت نفت مانند ایران) اغلب از نظر جغرافیایی محدودتر هستند و نسبت به سایر زنجیره‌های تأمین با مسائل اجتماعی محلی بیشتری مواجهند. با این حال، تأثیر خاص منابع طبیعی بر عملکرد اقتصادی ساده نیست، زیرا پدیده «نفرین منابع» (یعنی کشورهایی با ثروت منابع طبیعی زیاد تمایل به رشد آهسته‌تری نسبت به کشورهای فقیر از منابع دارند) در تحقیقات شناسایی شده است [۵۹]. به عنوان مثال، امارات متحده عربی علیرغم توسعه سریع -که عمدتاً ناشی از درآمدهای نفتی بود- به عنوان یک اقتصاد نوظهور منحصر به فرد، هنوز هم برای رشد اقتصادی پایدار با چالش‌هایی مانند اتکا به نفت و کمبود نیروی کار ماهر در جمعیت کوچک محلی مواجه است [۵۷]. منابع همچنین ممکن است بر سیاست‌های روزمره مدیریت زنجیره تأمین تأثیر بگذارد: به‌عنوان مثال، کوفی [۶۰] اشاره می‌کند که چگونه در دسترس بودن ارز خارجی شیوه‌های مدیریت مواد در غنا را تعیین می‌کند.

پدیده معمای فراوانی یا نفرین منابع با این تصور که ثروت منابع طبیعی باعث رشد اقتصادی می‌شود، در تضاد است. کالدور و همکاران [۶۱] با مقایسه رشد تولید ناخالص سرانه در کشورهای صادرکننده نفت در سال ۲۰۰۴ نشان دادند که بسیاری از کشورهای وابسته به نفت، نرخ‌های رشد بسیار پایین‌تری نسبت به متوسط جهان و حتی متوسط کشورهای در حال توسعه با درآمد پایین داشته‌اند. عنصر محوری در تعیین میزان بهره‌مندی یک کشور از رانت منابع نفتی، کارآیی چارچوب نهادی پایدار خواهد بود، به طوری که یک چارچوب نهادی بالغ و نسبتاً کارآ، به تبدیل رانت منابع نفتی به موهبت منجر می‌شود، اما یک چارچوب نهادی نابالغ و نسبتاً ناکارآ به تبدیل رانت منابع نفتی به یک نفرین منجر خواهد شد. تجربه صد ساله در ایران نشان می‌دهد منابع نفتی موجب افزایش وابستگی دولت به ثروت‌های طبیعی و بزرگ شدن حجم دولت، اهمال در اخذ مالیات، عدم شفافیت عملکرد دولت و پاسخگو نبودن آن، اشاعه فرهنگ رانت‌خواری و تبعیض، ایجاد شکاف طبقاتی و در مقاطعی مصداق نفرین منابع شده است. همکاری در زنجیره تأمین نقش اساسی برای دستیابی به توسعه پایدار دارد [۵۰]. کوتزاب و همکاران [۶۲] اشاره کردند که برای اجرای موفقیت‌آمیز اهداف زنجیره تأمین، مدیریت باید نه تنها بر "امور داخلی" بلکه بر "ادغام بیرونی" تمرکز کند. شاید بتوان گفت به دلیل وضعیت نامناسب اقتصادی و عدم وجود قدرت و اعتماد در زنجیره‌ها، مدیریت‌ها نتوانستند از طریق اجرای مدیریت زنجیره تأمین ارتباط خوبی با سایر زنجیره‌ها ایجاد کنند. با این حال، در اقتصادهای نوظهور همکاری ممکن است همیشه "خوب" نباشد زیرا در برخی موارد می‌تواند خطر فساد را افزایش دهد [۶۳].

وجود سیستم‌های مالیاتی پیچیده و سطوح بالای بوروکراسی اغلب طرح‌های رشوه‌خواری و «فرهنگ فساد» را تقویت می‌کند. اگرچه سطحی از بوروکراسی مورد نیاز است، اما سطح بیش از حد بوروکراسی مشکلی است که مانع توسعه اقتصادی می‌شود [۶۴]. علاوه بر این، یک محیط بیش از حد بوروکراتیک سرعت تصمیم‌گیری را کاهش می‌دهد و فساد را تسهیل می‌کند (یعنی همیشه یک راه "آسان‌تر" برای حل مشکل از طریق رشوه وجود دارد). این همان چیزی است که لف [۶۵] «فساد بوروکراتیک» نامیده است. سیستم‌های مالیاتی پیچیده و دولت‌های بیش از حد بوروکراتیک شفافیت را کاهش می‌دهند و برای شرکت‌ها و زنجیره‌های تأمین پیچیدگی می‌آفرینند [۶۶]، که به نوبه خود اعتماد جمعیت، سازمان‌ها و زنجیره‌های تأمین را به دولت کاهش می‌دهد. در واقع، بی‌اعتمادی به دولت یک چالش مهم در اقتصادهای در حال توسعه و نوظهور است. تجارب بد کارآفرینان علل اصلی بی‌اعتمادی است، اما سیاستمدارانی که به وعده‌های انتخاباتی خود عمل نمی‌کنند، بی‌اعتمادی را تشدید می‌کنند. بنابراین، فضای عدم اطمینان ایجاد می‌شود که با نوآوری‌ها، سرمایه‌گذاری‌های بلندمدت و زنجیره‌های تأمین پایدار ناسازگار است. به عنوان مثال، اخیراً یک سری اعتراضات خشونت‌آمیز در چندین شهر بزرگ ایران رخ داد، جایی که مردم در تلاش بودند نارضایتی خود را از عملکرد دولت نشان دهند [۶۷]. در مجموع ۲۱۴ نویسنده در نگارش مقالات منتخب مشارکت داشته‌اند. شکل (۳) نویسندگان با دو مشارکت یا بیشتر را نشان می‌دهد. سهم نویسندگان، بدون توجه به موقعیت آن‌ها در مقاله در نظر گرفته شده است.

[1] International Energy Agency (IEA)



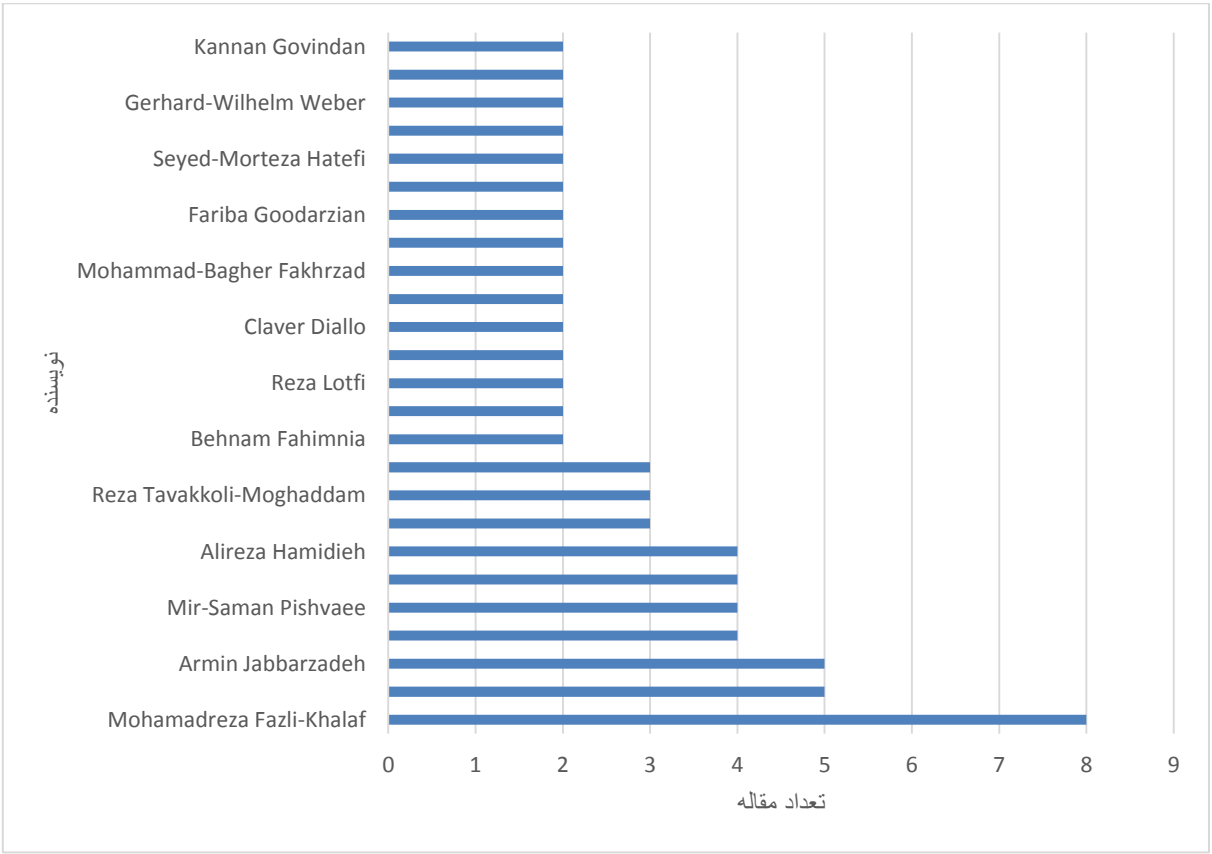
شکل (۲). تعداد مقالات و استنادهای دریافتی بر اساس سال انتشار

جدول (۳). توزیع مقالات در هر مجله

عنوان مجله	دسته‌بندی حوزه موضوعی													تعداد مقاله	٪ از کل	تعداد استناد	استناد/مقاله
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	XIII				
Cleaner Production	✓	✓	✓	✓										۸	۱۲,۳۱	۳۲۶	۴۶,۵۷
Annals of Operations Research					✓									۵	۷,۶۹	۲۹۶	۵۹,۲
Transportation Research Part E	✓		✓		✓	✓								۵	۷,۶۹	۶۰۵	۱۲۱
Computers & Industrial Engineering			✓				✓							۳	۴,۶۱	۳۳	۱۱
Engineering			✓											۳	۴,۶۱	۵۲	۱۷,۳۳
Production Economics	✓		✓		✓			✓						۳	۴,۶۱	۲۴۳	۸۱
Production Research	✓		✓		✓									۳	۴,۶۱	۴۳۸	۱۴۶
Manufacturing Systems			✓				✓							۲	۳,۰۷	۱۴۲	۷۱
Clean Technologies and Environmental Policy	✓			✓				✓						۲	۳,۰۷	۲۶	۱۳
Industrial and Production Engineering			✓											۲	۳,۰۷	۲۱	۱۰,۵
Industrial and Systems Engineering			✓											۲	۳,۰۷	۷	۷
Applied Energy		✓	✓	✓										۱	۱,۵۴	۲۰	۲۰
Applied Mathematical Modelling									✓					۱	۱,۵۴	۱۵	۱۵
Applied Soft Computing							✓							۱	۱,۵۴	۲۴	۲۴
Complexity							✓			✓				۱	۱,۵۴	۰	۰
Electronic Commerce Research and Applications	✓						✓							۱	۱,۵۴	۵	۵
Energies		✓	✓						✓					۱	۱,۵۴	۱۸	۱۸
Energy Science & Engineering		✓	✓											۱	۱,۵۴	۱۴	۱۴
Energy		✓	✓	✓					✓					۱	۱,۵۴	۵۶	۵۶
Engineering Applications of Artificial Intelligence			✓				✓							۱	۱,۵۴	۵۸	۵۸
Environment, Development and Sustainability				✓		✓		✓						۱	۱,۵۴	۱۴	۱۴
Expert Systems with Applications			✓				✓							۱	۱,۵۴	۹۸	۹۸
Human and Ecological Risk Assessment				✓										۱	۱,۵۴	۶۳	۶۳
Hydrogen Energy		✓									✓			۱	۱,۵۴	۱۱	۱۱
Integrated Engineering			✓									✓		۱	۱,۵۴	۱۲	۱۲
Supply and Operations Management	✓		✓		✓	✓								۱	۱,۵۴	۴۵	۴۵
Advanced Manufacturing Systems	✓		✓				✓							۱	۱,۵۴	۱۷	۱۷
Numerical Algebra, Control and Optimization									✓					۱	۱,۵۴	۶۷	۶۷
RAIRO-Operations Research					✓		✓		✓					۱	۱,۵۴	۶۷	۶۷
Reliability Engineering & System Safety			✓						✓					۱	۱,۵۴	۲۲	۲۲

عنوان مجله	دسته‌بندی حوزه موضوعی														تعداد مقاله	%از کل	تعداد استناد	استناد/مقاله
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	XIII					
South African Journal of Chemical Engineering		✓				✓							✓		۱	۱,۵۴	۰	۰
Operations Management Research	✓		✓		✓										۱	۱,۵۴	۰	۰
Sustainable Production and Consumption		✓	✓	✓											۱	۱,۵۴	۱۰	۱۰
Uncertain Supply Chain Management	✓				✓										۱	۱,۵۴	۲	۲
Cogent Mathematics	این دو مجله توسط برنامه رتبه‌بندی مجلات سایماگو پشتیبانی نمی‌شوند														۱	۱,۵۴	۱۹	۱۹
arXiv															۱	۱,۵۴	۴	۴
IEEE	این دو مقاله از نوع کنفرانسی می‌باشند														۱	۱,۵۴	۳	۳
CIE41															۱	۱,۵۴	۱	۱
جمع	۱۰	۸	۲۱	۷	۸	۴	۹	۳	۶	۱	۱	۱	۱		۶۵	۱۰۰	۲۸۵ ۴	۴۳,۹

I: بازرگانی، مدیریت و حسابداری، II: انرژی، III: مهندسی، IV: علوم محیطی، V: علوم تصمیم‌گیری، VI: علوم اجتماعی، VII: علوم رایانه، VIII: اقتصاد، اقتصادسنجی و مالی، IX: ریاضیات، X: چند رشته‌ای، XI: فیزیک و نجوم، XII: علوم مواد، XIII: مهندسی شیمی.



شکل (۳). توزیع مقالات بر اساس نویسنده

۳-۱-۴- مطالعات موردی

یکی دیگر از جنبه‌های مهم در تحلیل مقالات، نوع محصول یا صنعت خاصی است که زنجیره تأمین برای آن طراحی شده است. همانطور که مشخص است، تقریباً ۴۴ درصد از موارد در دو صنعت تأمین انرژی (۲۴٪) و بهداشت و درمان (۲۰٪) متمرکز است. ترجیح مطالعات انتخاب شده برای این دو صنعت، حساسیت این صنایع را نسبت به ارائه راهبردهای پایدار و قابل اطمینان نشان می‌دهد. صنایع مورد مطالعه به تفصیل در جدول ۴ آمده است. لازم به ذکر است که ۲۴ مقاله مورد مطالعه نداشتند و زنجیره تأمین در آن‌ها به صورت عمومی طراحی شده بود.

جدول (۴). توزیع موارد مطالعه بر اساس صنعت و کشور

صنعت	مورد مطالعه	محققان (سال)
انرژی (٪۲۴)	سوخت زیستی	فتاحی و گووییندان (۲۰۱۸)، پودل و همکاران (۲۰۱۸)، سلیمی و وحدانی (۲۰۱۸)، لی و همکاران (۲۰۱۹)، موسوی اهرنجانی و همکاران (۲۰۲۰)، سلیمانیان خضرلو و همکاران (۲۰۲۱)
	هیدروژن	فضلی خلف و همکاران (۲۰۲۰)
	تولید برق	حسینی مطلق و همکاران (۲۰۲۰)، تسائو و تان (۲۰۲۰)
	سازمان بهره‌وری انرژی‌های تجدیدپذیر و برق (ساتبا)	صالحی و همکاران (۲۰۲۲)
بهداشت و درمان (٪۲۰)	شبکه بهداشت و درمان	محمدی و همکاران (۲۰۱۴)، گودرزیان و همکاران (۲۰۲۱)، محمدی و نیکزاد (۲۰۲۲)
	داروسازی	ظهیری و همکاران (۲۰۱۷)
	زنجیره تأمین خون	دیابات و همکاران (۲۰۱۹)، حق جو و همکاران (۲۰۲۰)
	زنجیره تأمین واکسن	سازور و همکاران (۲۰۲۱)، لی و همکاران (۲۰۲۲)
لاستیک و پلاستیک (۱۲٪)	لوله‌های پلاستیکی	جبارزاده و همکاران (۲۰۱۸)
	تایر	فضلی خلف و همکاران (۲۰۱۸)، عبدالعظیمی و همکاران (۲۰۲۰)، فضلی خلف و همکاران (۲۰۲۱)، زارع مهرجردی و شفیعی (۲۰۲۱)
خودرو و ساخت قطعات (٪۷)	خودروسازی	زارع مهرجردی و لطفی (۲۰۱۹)، لطفی و همکاران (۲۰۲۱)
	بازیافت خودروهای فرسوده	گووییندان و قلی زاده (۲۰۲۱)
ماشین‌آلات و دستگاه‌های برقی (٪۱۰)	نیم رسانا	هسو و لی (۲۰۱۱)، حمیدیه و فضلی خلف (۲۰۱۷)، تیرکلایی و همکاران (۲۰۲۰)
	باتری	فضلی خلف و همکاران (۲۰۱۷)
ماشین‌آلات و تجهیزات (٪۷)	وسایل آموزشی و کمک آموزشی	حمیدیه و همکاران (۲۰۱۷)، حمیدیه و همکاران (۲۰۱۸)
	لوازم خانگی	یلماز و همکاران (۲۰۲۱)
اطلاعات و ارتباطات (٪۵)	فناوری ارتباطات	شاکر اردکانی (۲۰۲۰)
	تجارت الکترونیکی	پراکاش و همکاران (۲۰۲۰)
غذایی (٪۵)	روغن نخل	فونگ و ان جی (۲۰۲۲)
	محصولات تصفیه شده	وانگ و همکاران (۲۰۲۰)
منسوجات (٪۲,۵)	تولید و توزیع پوشاک ورزشی	فهیم نیا و جبارزاده (۲۰۱۶)
استخراج فلزات (٪۲,۵)	مس	اکبری کاسگری و همکاران (۲۰۲۲)
رایانه (٪۲,۵)	مرکز تولید/بازسازی کارتریج	طالعی زاده و همکاران (۲۰۲۲)
سایر (٪۲,۵)	مطالعه موردی فرضی اما واقع بینانه	کابودرماس و اردوغان (۲۰۲۰)

از نظر موارد دنیای واقعی، مشهود است که مسائل طراحی زنجیره تأمین پایدار و قابل اطمینان عمدتاً در زنجیره‌های محلی (به یک کشور واحد) پیاده‌سازی شده‌اند. ایران کشوری است که تعداد موارد مطالعه بیشتری داشته است. برخی از مقالات، مطالعات موردی را با زنجیره‌های فراملی انجام می‌دهند. این آثار مربوط به کشورهای همسایه است که می توانند به عنوان گسترش زنجیره های محلی در نظر گرفته شوند، مثلاً، ACO به عنوان یک شرکت چند ملیتی فعال در زمینه تولید و توزیع لباس ورزشی، با دفتر مرکزی واقع در استرالیا و کارخانه هایی در چهار کشور آسیایی: چین (کوانژو)، ویتنام (هوشی مین)، کامبوج (پنوم پن) و بنگلادش (داکا) مورد مطالعه قرار گرفته است [۳۳]. تنها مطالعه‌ای که با استفاده از یک مطالعه موردی فرضی اما واقع بینانه به فرآیندهای جهانی پاسخ می‌دهد، مقاله کابودرماس و اردوغان [۶۸] است.

۳-۲- تجزیه و تحلیل محتوایی

تحلیل محتوا برای تجزیه و تحلیل کمی و کیفی مجموعه بزرگی از اسناد (مانند مقالات علمی و رونوشت مصاحبه) مناسب است [۶۹]. این مطالعه برای یافتن چرایی و چگونگی ادغام پایداری و قابلیت اطمینان در طراحی شبکه زنجیره تأمین، از ترکیب رویکردهای قیاسی و استقرایی برای تجزیه و تحلیل محتوای مقالات استفاده می‌کند. مقالات بر اساس تحلیل قیاسی به سه شیوه طبقه‌بندی شدند: ویژگی‌های مسئله طراحی شبکه زنجیره تأمین، ابعاد پایداری و رویکردهای قابلیت اطمینان. شیوه اول، به پیروی از طبقه‌بندی فراهانی و همکاران [۷۰]، یک طبقه‌بندی نهایی از مقالات مرجع از نظر ویژگی‌های اصلی مدل‌های پیشنهادی ارائه می‌شود. شیوه دوم، برای طبقه‌بندی پایداری، از ابعاد اقتصادی، زیست محیطی و اجتماعی به عنوان ارکان سه گانه پایداری[1] (TBL) استفاده شده است. شیوه سوم، برای ایجاد طبقه‌بندی بر اساس قابلیت اطمینان، از سه رویکرد اساسی ارزیابی قابلیت اطمینان زنجیره تأمین که توسط لوکینسکی و همکاران [۷۱] معرفی شده یعنی (۱) رویکرد فنی مبتنی بر نظریه قابلیت اطمینان سیستم‌های پیچیده، (۲) رویکرد اقتصادی مانند سفارش کامل یا ایده‌آل و مدل عرضه و تقاضا، و (۳) رویکرد اقتضائی مانند مدل به موقع استفاده شده است. جزئیات این طبقه‌بندی به تفکیک برای هر مقاله در ضمیمه ۱ قابل مشاهده است. تجزیه و تحلیل استقرایی، تأثیر هماهنگی اعضاء و طراحی یکپارچه شبکه را بر تقویت پایداری و قابلیت اطمینان زنجیره تأمین نشان می‌دهد. در ادامه برای پاسخ به پرسش‌های تحقیق، مقالات مرجع از نظر ویژگی‌های روش‌شناختی ارزیابی می‌شوند.

مدل نمایی ساده‌تر از یک سیستم مفهومی یا واقعی است. مدل ریاضی برای نمایش واقعیت از نمادهای ریاضی مانند متغیرها، معادلات و نابرابری‌ها استفاده می‌کند. با حل مدل‌های ریاضی می‌توان تأثیرات اجزای مختلف سیستم را مطالعه و رفتار چنین سیستم‌هایی را پیش‌بینی کرد [۷۲]. اغلب مقالات بررسی شده یک مدل ریاضی برای بهینه‌سازی زنجیره‌های تأمین ارائه کردند. این مدل‌ها بعضاً مشابهت‌ها یا تفاوت‌هایی با یکدیگر دارند. باید توجه داشت که این مدل‌ها برای قابل حل شدن تحت یک سری دگرگونی‌ها قرار می‌گیرند. تبدیل چندین هدف به یک هدف، تبدیل یک مدل تصادفی به یک مدل قطعی معادل، تبدیل یک مدل فازی به نسخه قطعی آن، یا خطی کردن یک مدل غیرخطی، از جمله این دگرگونی‌هاست. به طور کلی، مدل‌های ریاضی برای مسائل طراحی شبکه زنجیره تأمین را می‌توان بر اساس تعداد اهداف، تعداد محصول، دوره برنامه‌ریزی، سیستم حمل‌ونقل، ماهیت مدل، و نوع مدل طبقه‌بندی کرد. این دسته‌بندی از مدل‌های ریاضی در ادامه شرح داده می‌شود. جدول (۵) ویژگی‌های مسئله طراحی شبکه زنجیره تأمین را به تفکیک برای هر پارادایم در ادبیات ارائه می‌دهد.

۳-۲-۱- ساختار شبکه زنجیره تأمین

پیکربندی شبکه لجستیک، یکی از مهمترین موضوعات استراتژیک برای کاهش اثرات زیست‌محیطی زنجیره تأمین بنگاه‌ها است. شبکه لجستیک در ۶۶ درصد مقالات فقط شامل زنجیره رو به جلو یا معکوس بوده است و تنها ۲۲ مقاله به صورت حلقه بسته ساختاردهی شده‌اند. اگرچه الزامات زیست محیطی در پارادایم‌های سبز و قابل اطمینان (۱۵ مقاله) و پایدار و قابل اطمینان (۲۱ مقاله) در نظر گرفته شده است، اما فقط ۳۶ درصد از مجموع این مقالات به صورت حلقه بسته طراحی شده است. علاوه بر این، این الزامات فقط در یک سوم مقالات بر اساس سیاست‌های انتشار کربن: مالیات کربن (یک مقاله)، سقف کربن (پنج مقاله)، و سقف و مبادله کربن (شش مقاله)، مدل‌سازی شده است. از این میان، اخیراً امیریان و همکاران [۷۳] و محمدی و نیکزاد [۷۴] از سیاست سقف و مبادله کربن برای کاهش اثرات زیست محیطی در طراحی شبکه زنجیره تأمین بهره گرفته‌اند. بنابراین، اغلب مقالات بررسی شده از این موضوع و ظرفیت غافل شده‌اند که ادغام لجستیک پیشرو و معکوس می‌تواند از بروز زیربهینگی‌های طراحی جداگانه این دو شبکه جلوگیری کرده [۷۵] و با در نظر گرفتن سیاست انتشار مناسب، هم هزینه و هم اثر کربن را در سراسر زنجیره تأمین کاهش دهد [۷۶]. علاوه بر این، اشتراک‌گذاری اطلاعات در میان اعضای زنجیره تأمین می‌تواند به کاهش عدم قطعیت و بهبود دید منجر شود [۷۷] و از فرآیندهای شفاف، قابل اعتماد و سازگار با فن‌آوری‌های پایداری پشتیبانی کند [۷۸]. این مزیت برای زنجیره‌های تأمین حلقه بسته به واسطه‌ی اعضای بیشتر، ارزشمندتر است.

[1] Triple Bottom Line (TBL)

جدول (۵). توزیع ویژگی‌های مسئله طراحی شبکه زنجیره تأمین میان پارادایم‌ها

ویژگی‌های طراحی شبکه		پارادایم‌های زنجیره تأمین				جمع
		سودآور و قابل اطمینان	مسئولیت‌پذیر و قابل اطمینان	سبز و قابل اطمینان	پایدار و قابل اطمینان	
ساختار شبکه	حلقه باز	۱۸	۲	۱۰	۱۳	۴۳
	حلقه بسته	۵	۴	۵	۸	۲۲
توابع هدف	تک هدفه	۱۵	۰	۷	۳	۲۵
	چند هدفه	۸	۶	۸	۱۸	۴۰
تعداد محصول	تک محصولی	۱۷	۴	۶	۷	۳۴
	چند محصولی	۶	۲	۹	۱۴	۳۱
دوره زمانی	تک دوره‌ای	۱۴	۵	۱۰	۷	۳۶
	چند دوره‌ای	۹	۱	۵	۱۴	۲۹
شیوه حمل و نقل	تک حالته	۲۰	۴	۸	۱۴	۴۶
	چند حالته	۳	۲	۷	۷	۱۹
ماهیت مدل	خطی	۱۹	۶	۱۳	۲۰	۵۸
	غیرخطی	۴	۰	۲	۱	۷
نوع مدل	قطعی	۱۴	۱	۶	۳	۲۴
	غیرقطعی	۹	۵	۹	۱۸	۴۱

۳-۲-۲- تعداد اهداف

بر اساس اهداف، مدل‌های ریاضی را می‌توان به دو دسته‌ی تک هدفه و چند هدفه طبقه‌بندی کرد. بهینه‌سازی چند هدفه برای تجزیه و تحلیل مبادله بین اهداف می‌تواند در یک چارچوب سیستم پشتیبانی تصمیم تعبیه شود [۷۹]. اخیراً، ابعاد سه‌گانه سنتی پایداری به ساختارهای دیگری که اهمیت فزاینده‌ای دارند، مانند ریسک [۸۰و۸۱]، تاب‌آوری [۲۸]، و قابلیت اطمینان [۷۳]، گسترش یافته است. از یک سو، تصمیم‌گیری برای موضوعات مشترک با حل مبادلات و اهداف متضاد مشخص می‌شود [۸۲]. از سوی دیگر، رویکردهای جامع‌تری با توجه به پیچیدگی و فوریت پایداری توصیه شده است [۸۳]. در نتیجه، این کل‌نگری برای طراحی بهینه زنجیره تأمین پایدار و قابل اطمینان به دلیل اهداف متضاد و مبادلات، مورد نیاز است.

مدل‌های تعادل و همچنین تصمیم‌گیری چندهدفه بر اساس موقعیت‌های مبادله بین اهداف پایداری (یعنی اقتصادی، زیست محیطی و اجتماعی) و قابلیت اطمینان شکل گرفته‌اند. ادغام معیارهای پایداری-قابلیت اطمینان در صورتی در نظر گرفته می‌شود که حداقل یکی از اهداف به پایداری و/یا قابلیت اطمینان اشاره داشته باشد. تقریباً ۶۱ درصد از مقالات مرجع به صورت چند هدفه طراحی شده است. نسبت طراحی مدل‌های چند هدفه به مدل‌های تک هدفه در پارادایم دو بعدی سودآور و قابل اطمینان، پارادایم‌های سه بعدی مسئولیت‌پذیر و قابل اطمینان به علاوه سبز و قابل اطمینان (به صورت میانگین)، و پارادایم چهار بعدی پایدار و قابل اطمینان به ترتیب ۳۴٪، ۶۷٪، و ۸۶٪ می‌باشد. اکثر تحقیقات قبلی در این زمینه معیارهای تصمیم گیری چندگانه را با تبدیل مسئله چند هدفه به یک همتای تک هدفه انجام داده‌اند. روش‌های وزن‌دهی و محدودیت اپسیلون به طور گسترده برای تبدیل مسائل چند هدفه به مسائل تک هدفی مورد استفاده قرار گرفتند.

در پاسخ به پرسش‌های سوم و چهارم تحقیق باید گفت که مقالات مرجع از شاخص‌های متعددی برای ارزیابی ابعاد سه گانه پایداری و قابلیت اطمینان استفاده کرده‌اند. این شاخص‌ها به تفکیک نوع هدف مدل ریاضی در جدول(۶) ارائه شده است. از جنبه اقتصادی، شاخص‌های پرکاربرد به حداقل رساندن هزینه و حداکثر کردن سود بودند. از بعد زیست محیطی، اکثر مدل‌ها از حداقل‌سازی انتشار CO_2، هزینه انتشار CO_2، و مصرف انرژی استفاده می‌کردند. از منظر اجتماعی، بیشترین تعداد مدل‌ها بر به حداکثر رساندن فرصت‌های شغلی، برآوردن تقاضا، و توسعه منطقه‌ای یا به حداقل

رساندن روزهای کاری از دست رفته و نرخ بیکاری متمرکز شده‌اند. از دیدگاه قابلیت اطمینان، اغلب مقالات به حداقل رساندن ریسک اختلال و به حداکثر رساندن پوشش تقاضا و قابلیت اطمینان را دنبال کرده‌اند.

جدول (۶). شاخص‌های پایداری و قابلیت اطمینان در مقالات مرجع

ابعاد اصلی	شاخص	تعداد اهداف		جمع
		تک هدفه	چند هدفه	
اقتصادی	هزینه	۲۰	۳۵	۵۵
	سود	۵	۵	۱۰
اجتماعی	ایجاد شغل	۳	۱۱	۱۴
	پاسخ‌گویی به تقاضا/توازن در ارائه خدمت	۰	۶	۶
	روزهای کاری از دست رفته/مرخصی استعلاجی	۱	۴	۵
	رشد اقتصادی/توسعه منطقه‌ای	۰	۴	۴
	استفاده از انرژی تجدیدپذیر	۰	۲	۲
	نرخ بیکاری/پیشگیری از مهاجرت	۰	۲	۲
	مخارج عمومی دولت/حمایت از تولید داخلی	۰	۲	۲
	گردش مالی سالیانه	۱	۰	۱
	پذیرش اجتماعی	۱	۰	۱
زیست محیطی	انتشار گازهای گلخانه‌ای	۶	۱۲	۱۸
	هزینه انتشار گازهای گلخانه‌ای	۴	۵	۹
	مصرف انرژی	۰	۳	۳
قابلیت اطمینان	ریسک اختلال	۱۵	۱۱	۲۶
	تحویل تقاضا/سفارش (مقدار و زمان)	۲	۱۶	۱۸
	نرخ قابلیت اطمینان	۵	۶	۱۱
	توقف احتمالی تجهیزات/تکنولوژی	۱	۳	۶
	انعطاف‌پذیری/پیچیدگی	۱	۲	۳
	کیفیت محصول/کارآیی اولیه	۱	۲	۳
	اقلام معیوب	۱	۰	۱

۳-۲-۳- تعداد محصولات

به‌طور کلی، نزدیک به ۴۸ درصد از مدل‌ها در ادبیات مورد بررسی به صورت چند محصولی طراحی شده است. این ویژگی (تعداد محصول) از طراحی در پارادایم‌های سودآور و قابل اطمینان (۲۷٪)، و مسئولیت‌پذیر و قابل اطمینان (۳۳٪) به نفع تک محصولی است. در مقابل، طراحی اغلب مدل‌ها در پارادایم‌های سبز و قابل اطمینان (۶۰٪)، و پایدار و قابل اطمینان (۶۷٪)، چند محصولی می‌باشد. این تغییر جهت طراحی پارادایم‌های زنجیره تأمین از تک محصولی به چند محصولی می‌تواند به پیچیدگی پارادایم‌ها ناشی از تعداد ابعاد پایداری مربوط باشد. زیرا با پیچیده‌تر شدن پارادایم‌های زنجیره تأمین، عواملی مانند عدم ثبات تقاضای مشتریان، جایگزینی تولید سفارشی به جای تولید انبوه، و تأخیر در تحویل سفارش مشتریان، اهمیت بیشتری یافته‌اند. در این راستا، وقتی یک برنامه در بسیاری از محصولات هماهنگ شود، می‌تواند به هم‌افزایی قابل توجهی منتهی شود. به عنوان مثال، موفقیت یک شرکت برق نوآور در انگلستان برای تطبیق زنجیره تأمین خود با تأثیر چرخه‌های عمر محصول، به توانایی طبقه‌بندی محصولات و توسعه استراتژی‌های زنجیره تأمین مناسب شرکت نسبت داده شده است [۸۴]. علاوه بر این، شرکت‌های بزرگ به دلیل رقابت پذیری بالاتر ناشی از ظرفیت عرضه بیشتر، انگیزه های چند محصولی نسبتاً بالاتری دارند [۸۵]. در ادامه، افزایش طراحی چند محصولی در روند تکامل پارادایم‌های طراحی زنجیره تأمین تشریح می‌شود.

طراحی سنتی محصول برای برآوردن نیازهای مشتری عمدتاً بر کیفیت و هزینه‌ها تمرکز داشت [۸۶]. به عنوان مثال، طراحی محصول در پارادایم زنجیره تأمین سودآور و قابل اطمینان، به حداقل رساندن هزینه و به حداکثر رساندن عملکرد محصول را دنبال می‌کند. اهداف طراحی سنتی با افزودن ابعاد بیشتری از پایداری در پارادایم‌های تکاملی زنجیره تأمین گسترده‌تر شده است. به طوری که زنجیره تأمین مسئولیت‌پذیر و قابل اطمینان، برای حفظ منابع از انرژی و مواد کمتری در تولید محصول استفاده می‌کند. گستردگی دامنه نگرانی‌های طراحی اثرات زیست محیطی واقعی از چرخه عمر یک محصول واحد فراتر رفته است [۸۷]. طراحی چند محصولی، نیاز یک مهندس را برای کاهش اثرات زیست محیطی زنجیره تأمین برطرف می‌کند. بنابراین، زنجیره تأمین سبز و قابل اطمینان، به دنبال تولید محصول با کمترین اثرات منفی زیست محیطی است. بیشترین توسعه در طراحی محصول مربوط به پارادایم زنجیره تأمین پایدار و قابل اطمینان است. زیرا، طراحی محصول پایدار به طور سیستماتیک عملکردهای اقتصادی، زیست‌محیطی و اجتماعی را در کل چرخه عمر محصول در نظر می‌گیرد [۸۸]. علاوه بر این، طراحی محصول مبتنی بر قابلیت اطمینان به کاهش حاشیه‌های ایمنی اضافی ناشی از استفاده از رویکردهای طراحی سنتی اشاره دارد. در این راستا، باسو و لی [۸۹] اذعان می‌کنند که توانایی ارائه طرح های ناب، از طریق استفاده از روش های مبتنی بر قابلیت اطمینان، از ایده پایداری پشتیبانی می‌کند، زیرا در این صورت احتمال می‌رود که منابع کمتری مصرف شود و اثرات زیست‌محیطی کاهش یابد.

۳-۲-۴- دوره برنامه‌ریزی

مسائل طراحی شبکه زنجیره تأمین شامل تمام سطوح تصمیم‌گیری (استراتژیک، تاکتیکی و عملیاتی) است [۷۰]. تلاقی این تصمیمات با مفاهیم پایداری و قابلیت اطمینان، معیاری برای یکپارچگی طراحی شبکه زنجیره تأمین پایدار و قابل اطمینان است.

زمان‌بندی به معنای همزمانی تصمیمها با افق زمانی مناسب، یکی از مهمترین تصمیم‌ها در طراحی شبکه زنجیره تأمین است [۹۰]. تصمیم‌های سطح استراتژیک نسبت به تصمیم‌های سطح تاکتیکی تأثیر طولانی‌تری دارند، که می‌تواند حتی سال‌ها طول بکشد زیرا با مسائلی سروکار دارند که به راحتی تغییر نمی‌کنند. بنابراین، ماهیت تصمیم‌های استراتژیک در مسئله طراحی شبکه زنجیره تأمین (مانند جابجایی تسهیلات) به تک دوره‌ای نزدیک است [۹۱]. تصمیم‌های تاکتیکی دارای افق زمانی چند ماهه است و تصمیم‌های عملیاتی معمولاً به صورت روزانه گرفته می‌شوند [۹۲]. به عبارت دیگر، افق زمانی بر اساس سطوح تصمیم‌گیری استراتژیک، تاکتیکی و عملیاتی به ترتیب شامل: افق بلندمدت (طراحی)، افق میان مدت (برنامه‌ریزی) و افق کوتاه مدت (کنترل) می‌باشد [۹۳].

تعداد مقالات از نظر افق برنامه‌ریزی تک دوره‌ای یا چند دوره‌ای، متعادل هستند، به طوری که ۵۵,۳۸٪ تک دوره‌ای و ۴۴,۶۱٪ چند دوره‌ای هستند. این اختلاف ممکن است به دلیل پیچیدگی حل مسائل چند دوره‌ای باشد. برای کاهش این پیچیدگی، اکثر محققان فرض می‌کنند که تدارکات، تولید، هزینه‌های حمل و نقل و زمان تحویل ثابت هستند. این فرض در صورت کوتاه بودن چرخه عمر محصول، واقع‌بینانه است. اما برای محصولاتی که چرخه عمر طولانی دارند، مفروضات قبلی نمی‌توانند به خوبی با ویژگی پویا مقابله کنند. زیرا هزینه‌های خرید، نیروی کار و حمل و نقل در یک دوره طولانی در حال تغییر است. با این حال، حل مسائل با دوره‌های متعدد اجازه می‌دهد که مدل‌های پیشنهادی به واقعیت نزدیک‌تر باشند [۹۴]. مدل‌های چند دوره‌ای در پارادایم‌های سودآور و قابل اطمینان (٪۶۴)، مسئولیت‌پذیر و قابل اطمینان (٪۲۰)، و سبز و قابل اطمینان (٪۵۰)، نصف مدل‌های تک دوره‌ای است. در حالی که این نسبت برای پارادایم زنجیره تأمین پایدار و قابل اطمینان دو برابر شده است. علاوه بر این، طراحی یک زنجیره تأمین حلقه بسته با یک نوع پردازش مجدد (یعنی تولید مجدد، بازیافت و نوسازی) به این دلیل که استفاده از یک محصول جدید را برای یک دوره معین برنامه‌ریزی می‌کند، معمولاً یک مسئله چند دوره‌ای است [۹۵]. با این حال، تنها نزدیک به ۳۲٪ از مدل‌های طراحی شبکه‌های زنجیره تأمین حلقه بسته در پارادایم‌های چهارگانه به صورت چند دوره‌ای در نظر گرفته شده است. البته این نسبت برای پارادایم زنجیره تأمین پایدار و قابل اطمینان به تنهایی ۵۰٪ است.

۳-۲-۵- شیوه حمل و نقل

سیستم سنتی حمل‌ونقل تک‌وجهی به حالت‌های مختلفی در لجستیک مدرن از جمله چند وجهی[1]، میان‌وجهی[2]، وجه ترکیبی[3]، و هم‌وجهی[4] تبدیل شده است [۹۶]. این پارادایم‌های لجستیکی همگی دلالت بر استفاده از تغییر وجه دارند. تقسیم‌بندی‌های حمل‌ونقل به دلایل مختلفی نظیر اقتصادی و زیست‌محیطی [۹۷] و امنیت و ایمنی [۹۸] نابهینه هستند. گزینه‌های لجستیک و حمل‌ونقل چندوجهی از طریق استفاده از سطوح چندگانه برای انتقال، پردازش و توزیع محصولات، پتانسیل قوی برای ایجاد ارزش افزوده در سراسر سیستم دارد [۹۹]. با فن‌آوری‌های نوظهور، حمل‌ونقل چندوجهی امروزه به عنوان یک تحول امیدوارکننده از نظر اقتصادی، زیست‌محیطی و اجتماعی بسیار فراگیر و متنوع شده است [۱۰۰]. در نتیجه، حمل‌ونقل چندوجهی به عنوان یک پیکربندی معقول از حالت‌های حمل‌ونقل چندگانه در حال تبدیل شدن به یک انتخاب واقعی برای توزیع کالا است [۱۰۱]. بنابراین، روند صعودی استفاده از حمل‌ونقل چندوجهی در مسیر ظهور پارادایم زنجیره تأمین پایدار و قابل اطمینان مورد انتظار است.

میزان استفاده از حمل‌ونقل چندوجهی در پارادایم‌های سودآور و قابل اطمینان، مسئولیت‌پذیر و قابل اطمینان، سبز و قابل اطمینان، و پایدار و قابل اطمینان به ترتیب ۱۳٪، ۳۳٪، ۴۷٪، و ۳۳٪ است. به طور کلی، حمل‌ونقل تک‌وجهی در مقابل حمل‌ونقل چندوجهی از نسبت سه به یک در میان مقالات مرجع برخوردار است. دلیل این اقبال توسط محققان را می‌توان به ساده‌تر بودن مدل‌های تک‌وجهی نسبت داد. در مقایسه با ساختار شبکه سنتی، شبکه چندوجهی با پیوند چند ویژگی (از جمله به حداقل رساندن هزینه کل و انتشار) و گره‌های انتقال وابسته، به طور قابل توجهی پیچیدگی مسئله طراحی شبکه زنجیره تأمین را افزایش می‌دهد [۱۰۲]. در واقع، برنامه‌ریزی چندوجهی، هم در سطح عملیاتی (یعنی برنامه‌ریزی محموله‌های فردی)، و هم در سطح تاکتیکی/استراتژیک (یعنی برنامه‌ریزی جریان کالا از طریق شبکه) دشوارتر از برنامه‌ریزی تک‌وجهی است [۹۸]. برنامه‌ریزی و

[1] Multi-Modality
[2] Inter-Modality
[3] Combined-Modality
[4] Co-Modality

بهینه‌سازی جریان‌های توزیع بر روی شبکه لجستیک چندوجهی به عنوان یک مسئله بسیار سخت در ادبیات علم مدیریت[1] و مدیریت عملیات[2] شناخته شده است [۱۰۳].

اخیراً، الگوی جدیدی از حمل و نقل پیشرو که قادر به مقابله با روندهای زنجیره تأمین فعلی است تحت عنوان همگام‌سازی[3] پدیدار شده است [۱۰۴]. همگام‌سازی، این ایده را معرفی می‌کند که انتخاب‌های حمل و نقل یکی از اجزای مهم استراتژی زنجیره تأمین هستند و باید به طور مشترک با سایر فعالیت‌های زنجیره تأمین بهینه شوند [۱۰۵]. همگام‌سازی پتانسیل کاهش هزینه‌ها، انتشار CO2، زمان تحویل، و اجتناب از اختلالات را بدون به خطر انداختن کیفیت خدمات دارد [۱۰۶]. به طور کلی، در نظر گرفتن لجستیک چند حالته با در اختیار گذاشتن انتخاب‌های بیشتر می‌تواند بر قابلیت اطمینان و پایداری زنجیره تأمین بیفزاید. در یک مطالعه موردی، بهبود عملکرد زیست محیطی حمل و نقل بار با استفاده بیشتر از حمل و نقل چندوجهی در چارچوب همگام‌سازی -بدون اینکه لزوماً هزینه کل لجستیک افزایش یا سطح خدمات کاهش یابد- به تأیید رسیده است [۹۷].

۳-۲-۶- ماهیت مدل

مدل‌های ریاضی را می‌توان بر اساس ساختار تابع هدف و محدودیت‌هایی که در مسئله بهینه‌سازی دخیل هستند، طبقه‌بندی کرد [۱۰۷]. با این طبقه‌بندی، مدل‌های ریاضی می‌توانند برنامه‌ریزی خطی (LP)، برنامه‌ریزی خطی عدد صحیح مختلط (MILP)، برنامه‌ریزی غیرخطی (NLP)، یا برنامه‌ریزی غیرخطی عدد صحیح مختلط (MINLP) باشند. طبق گفته دوتا [۱۰۷] توابع هدف و محدودیت‌ها در مدل‌های LP خطی هستند. مدل‌های MILP همان مدل‌های LP هستند با این تفاوت که برخی از متغیرها عدد صحیح هستند. علاوه بر این، مدل‌های NLP آن دسته از مدل‌هایی هستند که از توابع هدف غیرخطی و/یا محدودیت‌های غیرخطی استفاده می‌کنند. مدل‌های MINLP نسبت به مدل‌های NLP متغیرهای عدد صحیح دارند.

با بررسی مقالات مشخص شد که در تمامی مدل‌ها از متغیرهای عدد صحیح استفاده شده است. برنامه‌ریزی خطی مختلط عدد صحیح (MILP) پرکاربردترین ابزار مدل‌سازی (نزدیک به ۹۰٪) است و تنها هفت مقاله برای مدل‌سازی از برنامه‌ریزی غیرخطی مختلط عدد صحیح (MINLP) بهره گرفته‌اند. نسبت خطی-غیرخطی به تفکیک برای پارادایم سودآور و قابل اطمینان (۸۳٪-۱۷٪)، مسئولیت‌پذیر و قابل اطمینان (۱۰۰٪-۰٪)، سبز و قابل اطمینان (۸۷٪-۱۳٪)، و پایدار و قابل اطمینان (۹۵٪-۵٪) می‌باشد. علاوه بر این، از نظر زمان انتشار، نمی‌توان تفاوتی میان مقالات با مدل خطی در مقایسه با مقالات با مدل غیرخطی قائل شد.

۳-۲-۷- نوع مدل

مدل‌های ریاضی بر اساس نوع مدل نیز قابل طبقه‌بندی هستند. به این ترتیب، یک مدل ریاضی می‌تواند قطعی یا غیرقطعی باشد. مدل‌های قطعی، حالت‌های متغیر منحصربه‌فردی دارند و همیشه جواب بهینه یکسانی را برای مجموعه معینی از شرایط اولیه ایجاد می‌کنند. در حالی که مدل‌های غیرقطعی، حالت تصادفی را برای متغیرها در نظر می‌گیرند [۱۰۷]. در مجموع، مدل‌های غیرقطعی (۶۳٪) نسبت به مدل‌های قطعی (۳۷٪) برتری دارند. توجه مدل‌سازان به مفهوم قابلیت اطمینان و اجتناب از اختلال می‌تواند دلیل این برتری باشد، که نتیجه آن نزدیک شدن مدل به شرایط واقعی است. بیشترین توجه به عدم قطعیت به ترتیب مربوط به پارادایم‌های پایدار و قابل اطمینان (۸۶٪)، مسئولیت‌پذیر و قابل اطمینان (۸۳٪)، سبز و قابل اطمینان (۶۰٪)، و سودآور و قابل اطمینان (۳۹٪) می‌باشد. اگرچه مدل‌های غیرقطعی در بازه زمانی تحقیق از پراکندگی برخوردارند. با این حال، بیش از نیمی از مقالات منتشره در سه سال ۲۰۱۵، ۲۰۱۹، و ۲۰۲۲ به صورت قطعی مدل‌سازی شده‌اند.

برنامه‌ریزی تصادفی، امکانی و استوار روش‌هایی هستند که برای کنترل عدم قطعیت پارامترها در محدوده طراحی شبکه زنجیره تأمین به کار می‌روند [۱۰۸]. از مجموع ۴۱ مقاله‌ای که شرایط عدم قطعیت را در نظر گرفته‌اند، مدل هشت مقاله به صورت تصادفی است و ۳۳ مورد دیگر از ترکیب مدل‌های تصادفی، فازی، و استوار استفاده کرده‌اند. افزایش استفاده از مدل‌های ترکیبی را می‌توان با این واقعیت توضیح داد که این مدل‌ها تمایل دارند داده‌های تصادفی و نامطمئن را بهتر از مدل‌های ریاضی مدیریت کنند. علاوه بر این، بیشتر رویکردهای تصادفی برای طراحی شبکه زنجیره تأمین تنها تصمیمات سطح تاکتیکی را که معمولاً با عدم قطعیت تقاضا مرتبط هستند در نظر می‌گیرند (۸۰٪ مقالات)، این در حالی است که عدم قطعیت عرضه در ۱۲٪ از مقالات در نظر گرفته شده و اغلب ظرفیت عرضه نامحدود فرض می‌شود. عدم قطعیت عرضه و تقاضا به طور همزمان فقط در سه مقاله (ظهیری و همکاران [۴۲]، فخرزاد و گودرزیان [۱۰۹]، و یلماز و همکاران [۱۱۰] در نظر گرفته شده است.

[1] Management Science (MS)
[2] Operations Management (OM)
[3] Synchromodality

۳-۲-۸- ریسک‌های زنجیره تأمین

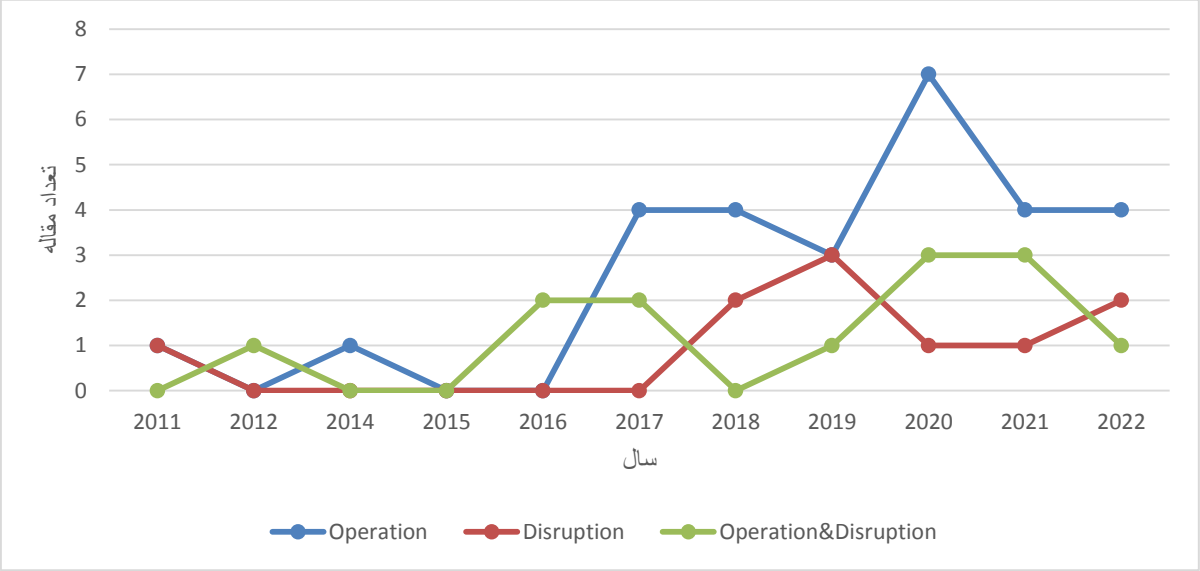
با دقت نظر در این موضوع که ریسک عملیاتی زنجیره تأمین معمولاً از طریق گنجاندن پارامترهای غیرقطعی در مدل ریاضی، مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. بخش بعدی به بررسی دقیق و جامع‌تری از مفاهیم عدم قطعیت و اختلال (به‌عنوان زیرمجموعه‌های ریسک زنجیره تأمین) و ارتباط آن‌ها با مطالعات موردی در گذر زمان می‌پردازد.

ریسک توسط سازمان بین‌المللی استاندارد به عنوان اثر عدم قطعیت بر اهداف و اینکه چنین اثری می‌تواند مثبت یا منفی باشد تعریف شده است [۱۱۱]. کلیندورفر و ساد [۱۱۲] و تانگ [۱۱۳] ریسک‌های زنجیره تأمین را به دو دسته اصلی طبقه‌بندی می‌کنند: (۱) ریسک‌های عملیاتی ناشی از عدم قطعیت در تطابق عرضه و تقاضا مانند خرابی ماشین‌آلات، قطع برق و نوسانات تقاضا، و (۲) ریسک‌های اختلال که ناشی از بلایای طبیعی مانند زلزله، خشکسالی، سیل و طوفان، و همچنین بلایای انسان‌ساز مانند جنگ، اعتصابات کارگری، بحران‌های مالی و حملات تروریستی است. ریسک‌های اختلال اگرچه با فراوانی کمتری در مقایسه با ریسک‌های عملیاتی اتفاق می‌افتند، اما تأثیرات بزرگتری دارند [۱۱۳]. خطرات اختلال به دو دسته وابسته به مکان و مستقل از مکان، طبقه‌بندی می‌شوند. بلایای طبیعی عمدتاً وابسته به مکان هستند و بلایای انسانی عمدتاً مستقل از مکان هستند [۱۱۴]. کاهش هزینه در اثر کنترل این عدم قطعیت‌ها قابل پیش‌بینی است [۱۱۵]، زیرا مدل‌سازی همزمان عدم‌قطعیت‌های ذکر شده می‌تواند کیفیت و قابلیت اعتماد تصمیمات را افزایش داده و نتایج را واقعی‌تر کند و همچنین زیان‌های ناشی از وقوع اختلالات را کاهش دهد [۱۱۶]. آگاهی از نحوه‌ی فعل و انفعال این دو شکل از عدم قطعیت برای مدل‌سازی عدم قطعیت ترکیبی ضرورت دارد. زیرا تأثیرات تغییر تقاضا بر تصمیمات خرید سازنده شدیداً به خطرات اختلال عرضه وابسته است [۱۱۷]. برای وضوح موضوع، اشمیت و همکاران [۱۱۸] در بیانی ساده، استراتژی‌های بهینه برای مقابله با اختلال در عرضه و عدم قطعیت تقاضا را تصویر آینه‌ای از یکدیگر می‌دانند. برای مثال طراحی غیرمتمرکز برای کاهش تأثیر هر گونه اختلال ترجیح داده می‌شود. در مقابل، تحت عدم قطعیت تقاضا، طراحی متمرکز بهینه است. به طور کلی، طراحی زنجیره‌های تأمین قابل اعتماد، راه‌کاری است که محققان برای کاهش و مقابله با اثرات نامطلوب اختلالات (ریسک‌های اختلال) و عدم قطعیت‌ها (ریسک‌های عملیاتی) به کار گرفته‌اند [۱۲۲-۱۱۹].

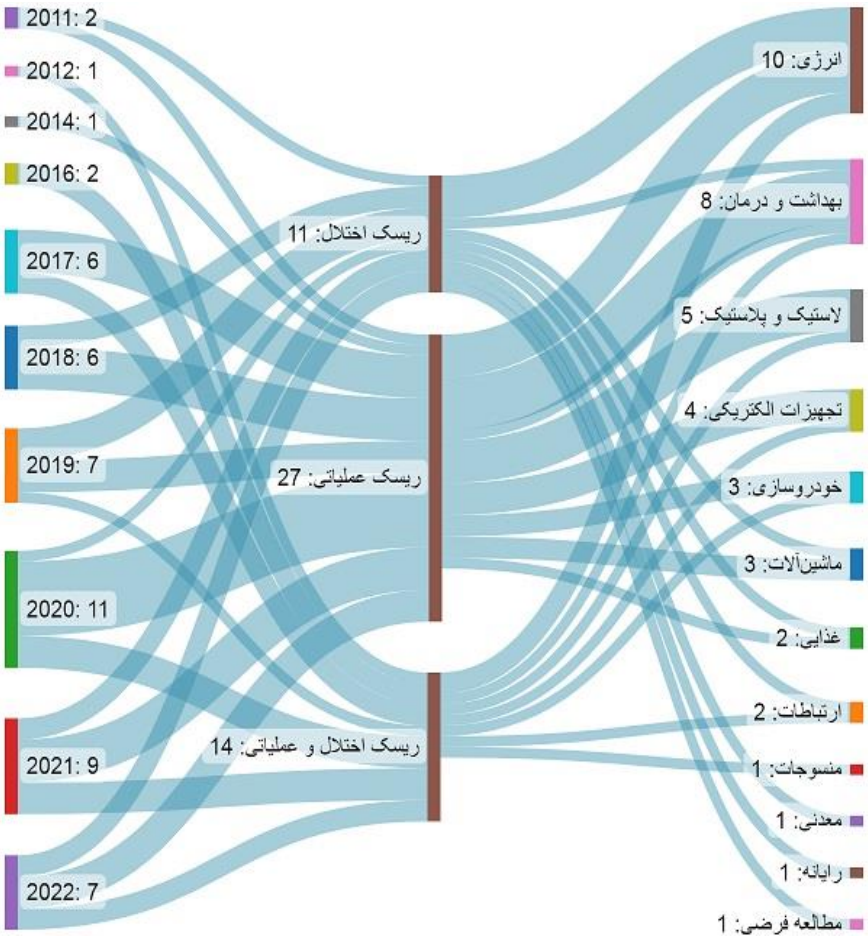
شکل ۵ تکامل سالانه تعداد مقالات با سه رویکرد ریسک عملیاتی (عدم قطعیت پارامترها)، ریسک اختلال (خطر مختل شدن)، و ترکیب ریسک‌های عملیاتی و اختلال را نشان می‌دهد. از ۶۵ مقاله بررسی شده، ۵۱ مقاله موضوع ریسک را در طراحی شبکه در نظر گرفته‌اند. برتری ریسک عملیاتی نسبت به ریسک اختلال در سال‌های اخیر قابل توجه است. تا سال ۲۰۱۶ تفاوت خاصی میان ریسک‌ها مشاهده نمی‌شود. از آن سال به بعد، ریسک عملیاتی به وضوح بر ریسک‌های اختلال و ترکیبی غالب است. به طور کلی، در دوره ۱۲ ساله تحقیق یعنی از ۲۰۱۱ لغایت ۲۰۲۲، ۲۸ مقاله از ریسک عملیاتی (۵۵٪)، ۱۰ مقاله از ریسک اختلال (۲۰٪)، و ۱۳ مقاله از ترکیب ریسک‌های عملیاتی-اختلال (۲۵٪) در طراحی شبکه زنجیره تأمین استفاده کرده‌اند.

بهینه‌سازی قطعی سنتی برای درک رفتار مسئله دنیای واقعی مناسب نیست. با این مضمون، انتظار می‌رود مقالات مرجع با رویکرد عدم قطعیت دارای مطالعه موردی واقعی باشند. با کنکاش در میان مقالات مرجع مشخص شد که ۷۳٪ مدل‌های طراحی شده در بستر عدم قطعیت، مورد مطالعه داشته‌اند. از این رو، برای سادگی تجزیه و تحلیل "جریان" بین سال انتشار، عدم قطعیت، و مطالعه موردی در مقالات مرجع از نمودار سانکی[1] استفاده می‌شود. این نمودار ابزار مفیدی برای نمایش جریان‌های منابع و داده‌های چند بعدی است [۱۲۳و۱۲۴]. در نمودار سانکی، اندازه کادرها و پهنای فلش‌ها با فراوانی مقالات متناسب است [۱۲۵]. شکل ۶ به صورت نمودار سه میدانی، روابط بین ۱۰ سال، سه نوع ریسک و ۱۱ صنعت مورد مطالعه را برای تحقیقات مربوط به پایداری و قابلیت اطمینان در طراحی شبکه زنجیره تأمین نشان می‌دهد. سمت چپ نمودار سال انتشار مقاله را نشان می‌دهد. در سمت راست، مورد مطالعه و در وسط، نوع ریسک نشان داده شده است. بررسی دقیق شکل ۶ نشان می‌دهد که کدام ریسک در چه سالی و در کدام صنایع بررسی شده است. به عنوان مثال، ریسک عملیاتی در هشت سال و در هفت مطالعه موردی به کار گرفته شده است. از عریض‌تر بودن کادر صنایعی مانند "تأمین انرژی" و "مراقبت و سلامت" در شکل ۶ می‌توان متوجه شد که برقراری الزامات پایداری و قابلیت اطمینان در این صنایع از حساسیت بالاتری نسبت به سایر صنایع برخوردار است. علاوه بر این، قابل مشاهده است که ریسک عملیاتی چندین مطالعه موردی را پوشش داده است و در مقایسه با ریسک اختلال و ریسک ترکیبی در سال‌های اخیر رونق بیشتری داشته‌اند. این برداشت با این واقعیت پشتیبانی می‌شود که تصمیم‌گیری‌های طراحی شبکه در مقالات مرجع بیشتر از نوع تاکتیکی و عملیاتی است.

[1] Sankey diagram



شکل (۵). مقایسه ریسک‌ها در طول زمان



شکل (۶). ارزیابی روابط میان سال انتشار، نوع ریسک، و مطالعه موردی

۴- نتایج بحث و تعریف دستور کار تحقیق

تجزیه و تحلیل توصیفی تعداد روزافزون انتشارات، نویسندگان برجسته، مجلات پیشرو، توزیع جغرافیایی محققان، مقالات پراستناد، روند استنادها و مجلات با بیشترین استناد را برجسته کرد. مجلات ۱۲ حوزه موضوعی اصلی را پوشش دادند. بیشترین موضوعات به ترتیب مربوط به مهندسی (۱۴ مورد)، تجارت، مدیریت و حسابداری (۹ مورد)، و علوم تصمیم‌گیری (۸ مورد) می‌شود. نویسندگان استدلال می‌کنند که ادبیات زنجیره تأمین پایدار و قابل اطمینان از نظر کمیت در حال شکوفایی است (به شکل (۱) نگاه کنید). با این وجود، کیفیت تحقیق هنوز از مرتبط بودن فاصله زیادی دارد و تنها دو مقاله از جمله غایب‌لو و همکاران [۱۲۶] و وانگ و همکاران [۱۲۷] تئوری قابل توجهی را برای توسعه بیشتر این رشته ارائه می‌کنند.

با توجه به رویکرد پایداری، ملاحظات اقتصادی بر سایر ابعاد (زیست محیطی و اجتماعی) برتری دارد. ارزیابی ابعاد پایداری از طریق اندازه‌گیری‌های مستقیم در مدل‌ها گنجانده می‌شود. رایج‌ترین هدف در پایداری اقتصادی به حداقل رساندن هزینه‌ها است. بیش از ۳۶ درصد از مقالات دیدگاه‌های زیست‌محیطی را بررسی می‌کنند. برای پایداری زیست‌محیطی، انتشار CO_2 بیشترین استفاده را در تابع هدف یا محدودیت‌ها دارد. شاخص‌های دیگر ردپای کربن و مصرف انرژی است. مؤلفه اجتماعی پایداری با شش مقاله کمترین کاربرد را در طراحی شبکه زنجیره تأمین دارد و عمدتاً اشتغال‌زایی را مد نظر دارد. این موضوع همچنان پتانسیل بهره‌مند شدن از تحقیقات بیشتر را دارد. با این وجود، مطالعه ما نشان داد که در حال حاضر حدود نیمی از ادبیات مورد بررسی، دیدگاه سه‌گانه‌ای را اتخاذ می‌کنند. این نشان می‌دهد که فراخوان‌های قبلی برای گنجاندن جنبه اجتماعی در رویکردهای پایداری منجر به افزایش مسئولیت‌پذیری مردم، همراه با عوامل اقتصادی و زیست محیطی شده است. از نظر پایداری در طراحی شبکه‌ها، بعد اقتصادی این خاصیت را دارد که دو بعد دیگر را پوشش دهد. این امر از طریق هزینه‌های خاص زیست محیطی مانند مالیات کربن [۴۱و۴۲و ۶۷ و۱۲۸] و اجتماعی مانند بیکاری [۱۲۸و۱۲۹] به‌دست می‌آید. از این نظر، پایداری را می‌توان به طور جامع و بدون نیاز به اندازه‌گیری تأثیر مستقیم ابعاد سه‌گانه نگریست. وقتی همه ابعاد پایداری به عنوان اهداف گنجانده شوند، معمولاً متناقض هستند، به همین دلیل است که یک مرز پارتو برای تصمیم‌گیرنده ایجاد می‌شود تا بین جواب‌های غیر مسلط انتخاب کند.

چشم‌انداز زنجیره تأمین بسیار مهم است زیرا ریسک پایداری و قابلیت اطمینان نه با محصولات یک شرکت، بلکه از تأمین‌کنندگان آن شروع می‌شود. سازمان‌ها باید از شیوه‌های کاری غیراخلاقی یا فعالیت‌های پردازش، بسته‌بندی یا حمل و نقل ناپایدار که ممکن است به اعتبار آن‌ها آسیب برساند، دست بردارند. این نکته به نقش ذینفعان داخلی و خارجی زنجیره تأمین (به عنوان مثال تأمین‌کنندگان، مشتریان، دولت و سازمان‌های غیردولتی) و تأثیر آن‌ها در ایجاد شبکه‌های پایدار و قابل اطمینان اشاره دارد. به عنوان یک مفهوم نظری، تجزیه و تحلیل این که چه چیزی و چه کسانی تحت تأثیر اقدامات پایداری-قابلیت اطمینان قرار می‌گیرند و چگونه و چرا آن‌ها تحت تأثیر قرار می‌گیرند ضروری است. تحقیق و برقراری ارتباط مؤثر میان اقدامات پایداری و قابلیت اطمینان در زنجیره‌های تأمین هر صنعتی به درک و عملیاتی کردن این اقدامات کمک می‌کند، این پشتیبانی نیازمند مشارکت عمیق‌تر محققان برای شناسایی و تعامل با ذینفعان متعدد است. از این رو، دیدگاه‌های نظری جدید، مانند نظریه‌های کاربردی و مطالعات رفتاری، می‌توانند از محققان طراحی زنجیره تأمین پایدار و قابل اطمینان حمایت کنند.

معمولاً بهبود قابلیت اطمینان توسط واحدهای کنترل کیفیت و تحقیق و توسعه در شرکت مرکزی برنامه‌ریزی می‌شود. با این حال، اجرای برنامه‌های پایداری اغلب در گرو قاعده‌مند ساختن سیاست‌های توسعه مناسب و اصلاحات اقتصادی و اجتماعی در سه سطح داخلی، ملی و بین‌المللی است [۱۳۰] که از طریق راهنمایی و استانداردسازی‌های بین‌المللی از جمله استاندارد مدیریت محیط زیست (ISO14001)، استاندارد مسئولیت‌پذیری اجتماعی (ISO26000) و استاندارد مدیریت توسعه پایدار (ISO37101) تقویت می‌شود. در تأیید این موضوع، راجش [۱۳۱] پیشنهاد می‌کند که استراتژی‌های پایداری محور باید در بالادست زنجیره تأمین اجرا شوند، در حالی که فعالیت‌های پایین‌دستی برای اقدامات تاب‌آوری مناسب‌تر هستند.

شناسایی و رتبه‌بندی بهترین شیوه‌ها برای پایدار و قابل اطمینان شدن زنجیره‌های تأمین، نیاز به مطالعه موردی، شواهد تجربی و کاربرد در صنایع دارند. کاربردهای ترکیب پایداری با قابلیت اطمینان در صنایع مختلف پراکندگی دارد و معمولاً محصولاتی با ارزش افزوده بالا را پوشش می‌دهد. همانطور که انتظار می‌رفت، صنایع حساس مانند انرژی یا بهداشت و درمان موضوع اغلب بررسی‌ها بوده‌اند. دامنه شبکه‌های طراحی شده از سطح منطقه‌ای تا فراملی گسترده شده است. از نظر کمی، بیشترین تعداد تحولات در کشورهای خاورمیانه و عمدتاً ایران رخ داده است. اکثر شبکه‌های مورد بررسی تنها جریان رو به جلو را با توجه بیشتر به مراکز تأمین، تولید، توزیع و تقاضا در نظر می‌گیرند. در مواردی که جریان معکوس در نظر گرفته شده است (مانند زنجیره‌های تأمین حلقه بسته)، رایج‌ترین پیوندهای مورد استفاده مراکز جمع‌آوری و بازیابی هستند.

تحقیقات تجربی علیرغم مرتبط و مفید بودن، بسیار کمیاب است. یکی از دلایل اصلی این است که تعداد کمی از شرکت‌ها ممکن است پایداری و قابلیت اطمینان را به طور همزمان در زنجیره تأمین خود اجرا کنند. برای آگاهی از دیدگاه شرکت‌ها در مورد زنجیره‌های تأمین پایدار و قابل اطمینان، انجام مطالعات بیشتری در سطح شرکت‌ها لازم است تا مشخص شود که کدام محرک‌ها، شیوه‌ها و شاخص‌های ارزیابی عملکرد مشترک توسط شرکت‌ها به کار برده می‌شوند. شرکت‌هایی که برای پایداری زنجیره تأمین خود برنامه‌ریزی می‌کنند معمولاً بزرگ هستند. بنابراین، پایداری هنوز برای شرکت‌های کوچک و متوسط دور از دسترس است [۱۳۲]. موفقیت هر برنامه پایداری در شناسایی و اندازه‌گیری ریسک‌های پایداری (بحران مالی، انتشار کربن، و نابرابری درآمد) در سراسر زنجیره تأمین و تعیین استانداردهایی برای کاهش آن‌ها نهفته است. سنجش تأثیر و ارزیابی قابلیت اطمینان برای تمامی عناصر زنجیره تأمین در مسئله طراحی شبکه زنجیره تأمین ضروری است. در نهایت، در مورد استراتژی‌های پایداری-قابلیت اطمینان، اهمیت اجرای استراتژی‌هایی که قادر به توسعه آگاهی همزمان شرکای زنجیره تأمین از مسائل پایداری و قابلیت اطمینان باشند، آشکار شد.

به غیر از شکاف‌های معاصر مانند پایداری سه بعدی (TBL) و بعد اجتماعی در طراحی شبکه زنجیره تأمین، که هنوز یک راه تحقیقاتی پربار هستند، کمبودهای واقعی پژوهش حاضر با شناسایی شکاف‌های مربوط به قابلیت اطمینان برجسته‌تر شد. علاوه بر این، موضوعات تحقیقاتی جدیدی در ادبیات طراحی شبکه زنجیره تأمین پایدار و قابل اطمینان با در نظر گرفتن مفاهیم نوظهور یا مفاهیم وارد شده از سایر زمینه‌های تحقیقاتی مانند اقتصاد دایره‌ای، انقلاب چهارم صنعتی، یا داده‌های بزرگ و تجزیه و تحلیل پیش‌بینی، قابل تعریف هستند. جدول (۱۰) مجموعه‌ای از توصیه‌ها را بر اساس یافته‌های حاصل از شکاف‌های مربوط به ویژگی‌های مدل‌سازی مقالات مرجع (جدول ۶)، ارزیابی قابلیت اطمینان (شکل ۹)، و طبقه‌بندی صورت گرفته از ادبیات (پارادایم‌های زنجیره تأمین) ارائه می‌نماید.

به‌طور کلی، تحقیق در مورد اقدامات پایداری و قابلیت اطمینان در زنجیره‌های تأمین راهی طولانی برای اکتشافات جدید و تحقیقات تجربی ارائه می‌کند که می‌تواند نقاطی را که رویه‌های پایداری و قابلیت اطمینان در زنجیره تأمین اتفاق می‌افتد برجسته کند. با این حال، برای افزایش تأمل در مورد بلوغ حوزه زنجیره تأمین پایدار و قابل اطمینان پاسخ به یک سوال باز مؤثر می‌باشد: چه نظریه‌های ناشناخته دیگری می‌توانند با تکمیل و گسترش تحقیقات فعلی به بهبود توسعه مفاهیم نظری و عملی در این زمینه کمک کنند؟

۵- بینش‌های مدیریتی

اولین و رایج‌ترین اقدام برای ایجاد آمادگی و استحکام در برابر اختلال، این است که تسهیلات بیشتری بازگشایی شود [۱۳۳]. تسهیلات پشتیبان می‌توانند افزونگی بهتری را برای کیفیت خدمات قابل اعتماد در برابر خرابی تسهیلات فراهم کنند، به خصوص زمانی که هزینه حمل و نقل تأثیر بیشتری نسبت به هزینه موجودی/نگهداری دارد [۱۳۴]. یک جایگزین برای افزایش تعداد تسهیلات، سرمایه‌گذاری در سیستم‌های حفاظتی است که آسیب‌پذیری تأسیسات را در برابر خطر اختلال و اثرات آن کاهش می‌دهد [۱۳۵]. سیستم‌های حفاظتی به یک زنجیره تأمین اجازه می‌دهند تا تعداد تأسیسات باز شده را کاهش دهد و مزایای قابل‌توجهی را از نظر به حداقل رساندن هزینه کل به دست آورد [۱۳۶]. علاوه بر این، حتی با در نظر گرفتن مکان‌های پرخطر، اجازه می‌دهد تا مکان‌های بازگشایی شده در مناطق استراتژیک و با تقاضای زیاد حفظ شوند [۱۳۵].

جدول (۷). دستورکار تحقیق

شکاف‌ها	پیشنهادهای پژوهشی
سطوح تصمیم‌گیری	طراحی مدل‌های کل نگر که ادغام موضوعات برنامه‌ریزی تاکتیکی و عملیاتی را در مدل‌های استراتژیک فعلی در نظر می‌گیرند می‌تواند علایق محققان را برای مدل‌سازی و حل مسائل طراحی شبکه زنجیره تأمین پایدار و قابل اطمینان تهییج کند.
پیکربندی	میزان اجرای اقدامات سبز و مسئولیت‌پذیری اجتماعی با استفاده از لجستیک معکوس و زنجیره‌های تأمین حلقه بسته در طراحی پارادایم‌های زنجیره تأمین می‌تواند مورد تجزیه و تحلیل قرار گیرد. علاوه بر این، ارزیابی عملکرد پایدار و پایای زنجیره تأمین ناشی از تصمیم‌گیری در مورد مکان استقرار تسهیلات شبکه (چیدمان متمرکز/چیدمان غیرمتمرکز) موضوع جالبی برای طراحان زنجیره تأمین می‌باشد.
تعداد هدف	با افزایش علاقه به ادغام پایداری و قابلیت اطمینان در طراحی شبکه زنجیره تأمین، انتظار می‌رود که ابزارهای حمایتی بیشتری با قابلیت‌های بهینه‌سازی چند هدفه برای تصمیم‌گیری توسعه یابد. توسعه مدل‌های چندهدفه و تکنیک‌های حل با هدف هم‌افزایی و تأکید بر مبادله میان اهداف صورت می‌گیرد. علاوه بر این، شباهت‌ها و تفاوت‌های دو رویکرد تک هدفه و چند هدفه به صورت جامع و با ذکر جزئیات بیشتر باید تحلیل شود.
تعداد محصول	رضایت‌مندی مشتریان به عنوان اساس تداوم هر کسب و کاری، نتیجه‌ی مدیریت مشترک محصول/زنجیره تأمین است که قادر است محصولاتی را برای رفع نیازهای فردی مشتری طراحی کند. روند فزاینده طراحی چند محصولی در دو پارادایم سبز و قابل اطمینان و پارادایم پایدار و قابل اطمینان، باید با تعمیق بیشتری از طریق تأثیر طراحی چند محصولی بر عملکرد زنجیره تأمین بررسی شود.
تعداد دوره	زمان‌بندی بین سطوح تصمیم (راهبردی-تاکتیکی-عملیاتی) و همچنین عدم قطعیت پارامترها در افق زمانی، باید هنگام مدل‌سازی مسائل یکپارچه از جمله پارادایم‌های طراحی زنجیره تأمین در نظر گرفته شود. بنابراین، در آینده، طراحی چند دوره‌ای زنجیره تأمین به ویژه برای پیکربندی حلقه بسته باید به طور گسترده مورد مطالعه قرار گیرد.
حالت لجستیک	حمل و نقل چندوجهی، پایداری و قابلیت اطمینان را بهبود می‌بخشد (فایده) در حالی که حل مسئله طراحی شبکه زنجیره تأمین را پیچیده‌تر می‌کند (هزینه). بنابراین، تحلیل هزینه-فایده استفاده از حمل و نقل چندوجهی در مدل‌سازی و روش‌های حل مسئله می‌تواند یکی از مقاصد مطالعات آتی باشد.
عدم قطعیت	"مدیریت عدم قطعیت" در طراحی زنجیره تأمین می‌تواند شکست را قابل کنترل کند. شناسایی منابع عدم قطعیت و بکارگیری استراتژی‌های مناسب، به ترتیب نخستین و مهمترین اقدام در فرآیند مدیریت عدم قطعیت است. بنابراین، برای تدوین یک استراتژی دقیق نیاز به یک چارچوب سیستماتیک است که محققان را با ارائه پارامترهای قابل سنجش راهنمایی کند.
ریسک	در یک نگرش ریسک گریز، آزمایش موقعیت‌های مختلف آگاهی از ریسک و تجزیه و تحلیل سناریوها با هدف حفظ سطح پایداری در یک زنجیره تأمین قابل اعتمادتر می‌تواند بینش‌های تازه‌تری را برای مدیران زنجیره‌های تأمین به همراه داشته باشد.
پایداری اقتصادی	دیدگاه کلان اقتصادی تحقیقات پایداری زنجیره تأمین باید با مطالعات مبتنی بر دیدگاه اقتصاد خرد تکمیل شود.
پایداری زیست محیطی	تحقیقات آینده می‌توانند اثرات بکارگیری مکانیزم‌های انتشار کربن را بر پایداری زیست محیطی زنجیره تأمین در نظر بگیرند. علاوه بر این، بررسی عمیق‌تر تعامل بین مخاطرات محیطی درون‌زا و برون‌زا در شرکت‌های با مدیریت موفق/خسارت دیده از ریسک‌های زیست محیطی به عنوان یک موضوع تحقیقاتی جالب مورد نیاز است.
پایداری اجتماعی	به طور کلی، برای دستیابی به اجماع واضحی از مسئولیت‌پذیری اجتماعی و درک ارتباط آن با پایداری، تحلیل اجرای اقدامات اجتماعی مناسب از طریق مطالعه موردی به ویژه در کشورهای در حال توسعه جالب خواهد بود. به طور خاص، گنجاندن تأثیرات اجتماعی به عنوان مثال کمبود ناگهانی نیروی کار به دلیل سیاست‌های جدید دولتی در زمینه بازنشستگی یا تغییرات در مشارکت نیروی کار سالمند [۱۳۷] جهت‌گیری‌های بالقوه خوبی برای تحقیقات آینده هستند.
مدل‌سازی	مدیریت پارادایم پایداری-قابلیت اطمینان از طریق استفاده از روش‌های کمی و مدل‌های ریاضی هنوز یک زمینه در حال ظهور است [۳۶]. کارهای آینده ممکن است اثربخشی تکنیک‌های مدل‌سازی زنجیره تأمین پایدار و قابل اطمینان را مورد مقایسه قرار دهند. این امر محققان را قادر می‌سازد تا بر اساس طبقه‌بندی تکنیک‌های مدل‌سازی، مؤثرترین تکنیک زیرمجموعه را برای بهینه‌سازی زنجیره تأمین تعیین کنند.
مشارکت ذینفعان	نیاز به مدل‌های کمی برای انعکاس همسویی راهبردهای شرکت کانونی با شرکای بالادستی و پایین‌دستی زنجیره تأمین خود که توسط تانگ و ژو [۱۳۸] تشخیص داده شده است، ظرفیت تحقیقاتی وسیعی در طراحی زنجیره تأمین پایدار و قابل اطمینان ایجاد می‌کند. به طور کلی، شناسایی ابزارهایی برای توسعه همکاری و هماهنگی میان ذینفعان می‌تواند نقش‌های مختلفی که برای اجرای شبکه‌های زنجیره تأمین پایدار و قابل اطمینان ایفا می‌کنند را بررسی کند. به طور خاص، می‌توان تأثیر بلاک چین بر همکاری بین بازیگران مختلف شبکه برای رسیدن به سطح بالایی از عملکرد پایدار را مورد ارزیابی قرار داد.
فن‌آوری‌های توانمند	علاوه بر این، برای اندازه‌گیری درجه سازگاری بین استراتژی‌های پایداری و قابلیت اطمینان می‌توان مدل‌های طراحی را با ادغام فن‌آوری‌های انقلاب صنعتی چهارم[1] (مانند داده‌های بزرگ، اینترنت اشیاء و دیجیتالی شدن) توسعه داد و پارادایم‌های یکپارچه جدیدی که جنبه‌های پایداری، قابلیت اطمینان و صنعت ۴،۰ را در نظر می‌گیرد، ایجاد نمود.
مطالعه موردی	طراحی زنجیره تأمین با تمرکز بر پایداری و قابلیت اطمینان به‌ویژه اگر برای موارد واقعی در نظر گرفته شود، یک فرصت تحقیقاتی امیدوارکننده را نشان می‌دهد. مطالعات خاص کشور و صنعت می‌تواند چارچوب‌های مسئله طراحی شبکه زنجیره تأمین پایدار و قابل اطمینان را توسعه داده و ادبیات آن را بیشتر ترویج کند.

[1] Industry 4.0

به‌عنوان یک استراتژی احتمالی، هر چه احتمال و بزرگی اختلال بیشتر باشد، امکانات بیشتری تقویت می‌شوند. نگهداری موجودی بیشتر می‌تواند بر کمبودهای احتمالی تسهیلات غلبه کند و زنجیره تأمین را برای انطباق با تغییرات بازار انعطاف‌پذیرتر کند [۱۳۹] حتی اگر این امر پیچیدگی مدیریت را افزایش دهد.

منبع‌یابی چندگانه به طور گسترده به عنوان یک استراتژی موفق برای مقابله با خطر اختلال شناخته شده است [۳۳]. در سمت تقاضا، منبع‌یابی چندگانه شامل یک تخصیص اولیه و سپس چندین تخصیص ثانویه از تسهیلات توزیع به مناطق مشتری است که تنها در صورت اختلال در تسهیلات اولیه، مسئول جریان مواد خواهند بود. این نوع استراتژی تخصیص مجدد باعث کاهش قابل توجه هزینه‌های عملیاتی در دوره‌های اختلال می‌شود [۱۴۰]. علاوه بر این، چند منبعی را می‌توان با انتقال جانبی تقویت و تسهیل کرد، که به عنوان یک استراتژی مؤثر برای حفظ نوسانات و کمبود در تسهیلات شناخته می‌شود [۱۴۱]. در این استراتژی، شبکه‌های زنجیره تأمین تمایل دارند تا تسهیلات را به صورت خوشه‌ای راه‌اندازی کنند زیرا میانگین مجموع فاصله بین مناطق مشتری و تخصیص اولیه و ثانویه به حداقل می‌رسد [۱۴۲]. در پیکربندی خوشه‌ای شبکه، اثر تجمیع ریسک شروع به کاهش می‌کند و در صورت اختلال مرتبط، احتمال خرابی همزمان تأسیسات مجاور بیشتر می‌شود [۱۴۳].

منابع چندگانه در سمت عرضه شامل توسعه قراردادها و روابط با تعداد بیشتری از تأمین‌کنندگان یا با تأمین‌کنندگان اولیه و تأمین‌کنندگان پشتیبان است. امکان تهیه مواد از منابع مختلف از طریق اخذ قرارداد با تأمین‌کنندگان پشتیبان، قابلیت اطمینان و توانایی سازگاری با چندین اختلال مانند کاهش ظرفیت غیرمنتظره یا افزایش تقاضای فوری را افزایش می‌دهد. اختلال در عرضه یا به‌طور کلی‌تر، اختلال در سمت چپ یک زنجیره تأمین به عنوان بحرانی‌ترین و تأثیرگذارترین رویداد از نظر عملکرد هزینه زنجیره تأمین و ساختار شبکه شناسایی شده است [۴۳]. به‌عنوان مثال، اختلال یک تأمین‌کننده/مرکز تولید، با احداث سایر تسهیلات (مانند مراکز توزیع) در منطقه مجاور، جبران نمی‌شود. مشارکت بیشتر تأمین‌کنندگان در یک زنجیره تأمین انعطاف‌پذیر به تأمین‌کنندگان بی‌تأثیر این امکان را می‌دهد تا کمبود عرضه ناشی از اختلالات را از طریق انتقال نیاز به مواد در میان تأمین‌کنندگان جبران کنند [۳۳]. علاوه بر این، وابستگی به یک منبع واحد را که می‌تواند بسیار کارآمد اما آسیب‌پذیرتر در برابر اختلال باشد، کاهش می‌دهد [۸و۱۴۴].

افزایش موجودی اضافی و به تعویق انداختن تقاضا، راهبردهای دیگری برای بهبود قابلیت اطمینان هستند که به طور کامل مورد تجزیه و تحلیل قرار نگرفته‌اند. نگهداری موجودی بیشتر، علیرغم افزایش هزینه‌های عملیاتی [۱۴۵] و افزایش پیچیدگی مدیریت [۱۳۹]. در مقابل، به تعویق انداختن یک اقدام مؤثر برای تولید کالاهای نیمه ساخته است که منجر به تاب‌آوری و چابکی زنجیره تأمین در پاسخ به عدم اطمینان ناشی از خطر اختلال می‌شود [۱۴۵]. اطلاع از این استراتژی‌ها به مدیران کمک می‌کند تا با تعیین حد بهینه‌ای برای تولید محصولات، علاوه بر به حداقل رساندن جریمه کمبود و هزینه نگهداری، مسیر دستیابی به اهداف سه گانه مدل یعنی سودآوری، مسئولیت‌پذیری اجتماعی و قابلیت اطمینان را کوتاه‌تر کنند [۷۳].

۶- نتیجه‌گیری

مطالعه حاضر با طبقه‌بندی ۶۵ مقاله مرجع تحت دیدگاه‌های پایداری، یک چارچوب جهانی از ادبیات فعلی در مورد ادغام پایداری-قابلیت اطمینان در زمینه زنجیره تأمین ارائه می‌دهد.

زنجیره تأمین غیرمتمرکز شبکه‌ای از شرکت‌ها با مالکان و ترکیب اهداف مختلف (مانند پایداری-قابلیت اطمینان) است تا عملکرد و رقابت یکدیگر را بهبود بخشند. در زنجیره‌های تأمین غیرمتمرکز، نوعی رقابت تعاونی بین موجودیت‌های زنجیره وجود دارد [۷۰]. پیگیری همزمان اهداف چندگانه پایداری به‌طور بالقوه سرعت تصمیم‌گیری را کاهش می‌دهد [۱۴۶]. بنابراین، انتظار می‌رود که ادغام قابلیت اطمینان با پایداری سرعت تصمیم‌گیری را بیشتر کاهش دهد. اگر چه ساختارهای تصمیم‌گیری متمرکز ممکن است این رابطه را تعدیل کند. اما ساختار بیشتر زنجیره‌های تأمین در بازارهای امروزی غیرمتمرکز است. در نتیجه، می‌توان گفت که اهمیت سرعت تصمیم‌گیری برای مدیران در مواجهه با ریسک‌های پایداری و اختلال یکی از عوامل تعیین کننده ساختار متمرکز/ساختار غیرمتمرکز زنجیره تأمین می‌باشد. تجزیه و تحلیل این رابطه می‌تواند فرصت جالبی برای تحقیقات پیش روی محققان باز کند. در بسیاری از موارد علیرغم افزایش کمیت مطالعات انجام شده حول محور هم‌افزایی ناشی از ادغام پایداری و قابلیت اطمینان در مدیریت زنجیره تأمین، کیفیت استراتژی‌ها، برنامه‌های تدوین شده و اقدامات اجرا شده با سطح مطلوب فاصله زیادی وجود دارد. بنابراین، برای دست‌یابی به مزیت‌های بالقوه ناشی از ترکیب پایداری و قابلیت اطمینان پیشنهاد می‌شود که پژوهش‌ها از رویکردهای صرفاً تحلیلی به سمت مطالعات تجربی با نتاج ملموس و کاربردی تغییر مسیر دهد.

به‌طور کلی، روش مروری و دیدگاه تحلیلی اتخاذ شده، می‌تواند جزء محدودیت‌های این مطالعه باشد. به طور خاص، برخی از مطالعات مرتبط ممکن است به دلیل معیارهای حذف یا

فیلترهای اتخاذ شده از نمونه ما حذف شده باشند. این محدودیت ممکن است مربوط به پایگاه داده مورد استفاده، کلمات کلیدی انتخاب شده، حوزه موضوعی و معیارهای ورود/خروج شناسایی شده باشد. این محدودیت که عموماً در تحقیقات مفهومی و کیفی درک می‌شود، از امکان تعمیم یافته‌ها می‌کاهد. اگرچه این محدودیت تحلیل ما را بی‌اعتبار نمی‌کند.

قدردانی

نویسندگان مایلند از کارشناسان سازمان حفاظت از محیط زیست ایران به خاطر ارائه اطلاعات مفید در مورد برنامه نقشه راه محیطی با هدف تعامل بین‌المللی که کیفیت پژوهش را بهبود بخشید، تشکر کنند.

۷- مراجع

[1] M. J. Chalupnik, D. C. Wynn, and P. J. Clarkson, "Comparison of ilities for protection against uncertainty in system design," J. Eng. Des., vol. 24, no. 12, pp. 814–829, 2013.

[2] S. Yan and X. Ji, "Supply chain network design under the risk of uncertain disruptions," Int. J. Prod. Res., vol. 58, no. 6, pp. 1724–1740, 2020.

[3] A. Diabat, A. Jabbarzadeh, and A. Khosrojerdi, "A perishable product supply chain network design problem with reliability and disruption considerations," Int. J. Prod. Econ., vol. 212, pp. 125–138, 2019.

[4] S. A. Torabi, J. Namdar, S. M. Hatefi, and F. Jolai, "An enhanced possibilistic programming approach for reliable closed-loop supply chain network design," Int. J. Prod. Res., vol. 54, no. 5, pp. 1358–1387, 2016.

[5] S. Roostaie, N. Nawari, and C. J. Kibert, "Sustainability and resilience: A review of definitions, relationships, and their integration into a combined building assessment framework," Build. Environ., vol. 154, pp. 132–144, 2019.

[6] S. Mari, Y. Lee, and M. Memon, "Sustainable and resilient garment supply chain network design with fuzzy multi-objectives under uncertainty," Sustainability, vol. 8, no. 10, p. 1038, 2016.

[7] Y. An, B. Zeng, Y. Zhang, and L. Zhao, "Reliable p-median facility location problem: two-stage robust models and algorithms," Trans. Res. Part B: Methodol., vol. 64, pp. 54–72, 2014.

[8] A. Hasani and A. Khosrojerdi, "Robust global supply chain network design under disruption and uncertainty considering resilience strategies: A parallel memetic algorithm for a real-life case study," Transp. Res. Part E: Logist. Trans. Rev., vol. 87, pp. 20–52, 2016.

[9] B. Marchi, S. Zanoni, L. E. Zavanella, and M. Y. Jaber, "Supply chain models with greenhouse gases emissions, energy usage, imperfect process under different coordination decisions," Int. J. Prod. Econ., vol. 211, pp. 145–153, 2019.

[10] P. Centobelli, R. Cerchione, L. Cricelli, E. Esposito, and S. Strazzullo, "The future of sustainable supply chains: a novel tertiary-systematic methodology," Supply Chain Manage.: Int. J., vol. 27, no. 6, pp. 762–784, 2022.

[11] Y. Esmilzadeh and M. Parast, "Logistics and supply chain network designs: incorporating competitive priorities and disruption risk management perspectives," International Journal of Logistics Research and Applications, vol. 24, no. 2, pp. 174–197, 2021.

[12] S. Joshi, "A review on sustainable supply chain network design: Dimensions, paradigms, concepts, framework and future directions," Sustainable Operations and Computers, vol. 3, pp. 136–148, 2022.

[13] A. M. Corrales-Estrada, L. L. Gómez-Santos, C. A. Bernal-Torres, and J. E. Rodriguez-López, "Sustainability and resilience organizational capabilities to enhance Business Continuity Management: A literature review," Sustainability, vol. 13, no. 15, p. 8196, 2021.

[14] V. de Souza, J. Bloemhof-Ruwaard, and M. Borsato, "Towards Regenerative Supply Networks: A design framework proposal," J. Clean. Prod., vol. 221, pp. 145–156, 2019.

[15] S. Amirian, M. Amiri, and M. T. Taghavifard, "The emergence of a sustainable and reliable supply chain paradigm in supply chain network design," Complexity, vol. 2022, pp. 1–29, 2022.

[16] G. A. Akyuz and G. Gursoy, "Strategic management perspectives on supply chain," Manag. Rev. Q., vol. 70, no. 2, pp. 213–241, 2020.

[17] M. E. Silva, M. M. C. Fritz, and W. H. El-Garaihy, "Practice theories and supply chain sustainability: a systematic literature review and a research agenda," Modern Supply Chain Research and Applications, vol. 4, no. 1, pp. 19–38, 2022.

[18] D. Denyer and D. Tranfield, Producing a systematic review. 2009.

[19] A. M. T. Thomé, L. F. Scavarda, and A. J. Scavarda, "Conducting systematic literature review in operations management," Prod. Plan. Control, vol. 27, no. 5, pp. 408–420, 2016.

[20] A. Fink, Conducting research literature reviews: From the internet to paper. Sage publications, 2019.

[21] S. Seuring and S. Gold, "Conducting content-analysis based literature reviews in supply chain management. Supply Chain Management," An International Journal, 2012.

[22] C. L. Martins and M. V. Pato, "Supply chain sustainability: A tertiary literature review," J. Clean. Prod., vol. 225, pp. 995–1016, 2019.

[23] L. F. López-Castro and E. L. Solano-Charris, "Integrating resilience and sustainability criteria in the Supply Chain Network Design. A systematic literature review," Sustainability, vol. 13, no. 19, p. 10925, 2021.

[24] C.-I. Hsu and H.-C. Li, "Reliability evaluation and adjustment of supply chain network design with demand fluctuations," Int. J. Prod. Econ., vol. 132, no. 1, pp. 131–145, 2011.

[25] C. C. Nakamba, P. W. Chan, and M. Sharmina, "How does social sustainability feature in studies of supply chain management? A review and research agenda," Supply Chain Manage.: Int. J., vol. 22, no. 6, pp. 522–541, 2017.

[26] Y. Levy, Y. and T.J. Ellis, "A systems approach to conduct an effective literature review in support of information systems research", Informing Science, 9. 2006.

[27] B. J. Shea et al., "Development of AMSTAR: a measurement tool to assess the methodological quality of systematic reviews," BMC Med. Res. Methodol., vol. 7, no. 1, p. 10, 2007.

[28] M. Negri, E. Cagno, C. Colicchia, and J. Sarkis, "Integrating sustainability and resilience in the supply chain: A systematic literature review and a research agenda," Bus. Strat. Environ., vol. 30, no. 7, pp. 2858–2886, 2021.

research directions," J. Clean. Prod., vol. 278, no. 123357, p. 123357, 2021.

[46] R. B. Sánchez-Flores, S. E. Cruz-Sotelo, S. Ojeda-Benitez, and M. E. Ramírez-Barreto, "Sustainable supply chain management—A literature review on emerging economies," Sustainability, vol. 12, no. 17, p. 6972, 2020.

[47] R. Salehi, M. Ali Asaadi, M. Haji Rahimi, and A. Mehrabi, "The information technology barriers in supply chain of sugarcane in Khuzestan province, Iran: A combined ANP-DEMATEL approach," Inf. Process. Agric., vol. 8, no. 3, pp. 458–468, 2021.

[48] M. Manzouri, M. N. A. Rahman, H. Arshad, and A. R. Ismail, "Barriers of supply chain management implementation in manufacturing companies: a comparison between Iranian and Malaysian companies," J. Chin. Inst. Ind. Eng., vol. 27, no. 6, pp. 456–472, 2010.

[49] J. Arvis, M. Mustra, J. Panzer, L. Ojala, and T. Naula, Connecting to compete: Trade logistics in the global economy. Washington DC, Washington: World Bank. International Trade Department, 2007.

[50] B. S. Silvestre, "Sustainable supply chain management in emerging economies: Environmental turbulence, institutional voids and sustainability trajectories," Int. J. Prod. Econ., vol. 167, pp. 156–169, 2015.

[51] S. Luthra and S. K. Mangla, "Evaluating challenges to Industry 4.0 initiatives for supply chain sustainability in emerging economies," Process Saf. Environ. Prot., vol. 117, pp. 168–179, 2018.

[52] N. Pakdeechoho and V. Sukhotu, "Sustainable supply chain collaboration: incentives in emerging economies," J. Manuf. Technol. Manag., vol. 29, no. 2, pp. 273–294, 2018.

[53] A. A. Nand, R. Menon, A. Bhattacharya, and R. Bhamra, "A review of sustainability trade-offs affecting suppliers in developed and less developed countries," J. Bus. Ind. Mark., vol. 38, no. 3, pp. 463–483, 2023.

[54] J. Thorpe and K. Prakash-Mani, Developing value '. Managing the business case for sustainability: the integration of social, environmental and economic performance. 2006.

[55] H. L. Lee and C. S. Tang, "Socially and environmentally responsible value chain innovations: New operations management research opportunities," Manage. Sci., vol. 64, no. 3, pp. 983–996, 2018.

[56] F. Jia, L. Zuluaga-Cardona, A. Bailey, and X. Rueda, "Sustainable supply chain management in developing countries: An analysis of the literature," J. Clean. Prod., vol. 189, pp. 263–278, 2018.

[57] M. Malik and S. Abdallah, "Sustainability initiatives in emerging economies: A Socio-cultural perspective," Sustainability, vol. 11, no. 18, p. 4893, 2019.

[58] I. Khan and F. Hou, "The dynamic links among energy consumption, tourism growth, and the ecological footprint: the role of environmental quality in 38 IEA countries," Environ. Sci. Pollut. Res. Int., vol. 28, no. 5, pp. 5049–5062, 2021.

[59] E. H. Bulte, R. Damania, and R. T. Deacon, "Resource intensity, institutions, and development," World Dev., vol. 33, no. 7, pp. 1029–1044, 2005.

[60] Q. D. Kofie, "Transfer of logistics knowledge to Third World countries," International journal of physical distribution & logistics management, vol. 28, pp. 272–283, 1998.

[61] M. Kaldor, TL. Karl, and Y. Said, Oil wars. Pluto Press; 2007.

[62] H. Kotzab, D. B. Grant, and A. Friis, "Supply chain

[29] K. Burgess, P. J. Singh, and R. Koroglu, "Supply chain management: a structured literature review and implications for future research," Int. J. Oper. Prod. Manage., vol. 26, no. 7, pp. 703–729, 2006.

[30] J. Cohen, "A coefficient of agreement for nominal scales," Educ. Psychol. Meas., vol. 20, no. 1, pp. 37–46, 1960.

[31] J. R. Landis and G. G. Koch, "The measurement of observer agreement for categorical data," Biometrics, vol. 33, no. 1, pp. 159–174, 1977.

[32] M. A. Handley, C. R. Lyles, C. McCulloch, and A. Cattamanchi, "Selecting and improving quasi-experimental designs in effectiveness and implementation research," Annu. Rev. Public Health, vol. 39, no. 1, pp. 5–25, 2018.

[33] B. Fahimnia and A. Jabbarzadeh, "Marrying supply chain sustainability and resilience: A match made in heaven," Transp. Res. Part E: Logist. Trans. Rev., vol. 91, pp. 306–324, 2016.

[34] A. M. Alison and M. Leat, "Making Connections: A Review of Supply Chain Management and Sustainability Literature," În. Supply Chain Management: An International Journal, vol. 17, no. 5, pp. 497–516, 2012.

[35] Y. Li, B. Liu, and T.-C. (T C.). Huan, "Renewal or not? Consumer response to a renewed corporate social responsibility strategy: Evidence from the coffee shop industry," Tour. Manag., vol. 72, pp. 170–179, 2019.

[36] R. Aldrighetti, D. Battini, D. Ivanov, and I. Zennaro, "Costs of resilience and disruptions in supply chain network design models: A review and future research directions," Int. J. Prod. Econ., vol. 235, no. 108103, p. 108103, 2021.

[37] A. Jabbarzadeh, M. B. Aryanezhad, and S. Abedi, "Designing a reliable supply chain network with random disruption consideration," in Proceedings of the 41st International Conference on Computers & Industrial Engineering, Los Angeles, CA, USA, 2011, pp. 429–434.

[38] A. S. Abir, I. A. Bhuiyan, M. Arani, and M. M. Billal, "Multi-objective optimization for sustainable closed-loop supply chain network under demand uncertainty: A genetic algorithm," arXiv [cs.CY], 2020.

[39] M. Kamalahmadi and M. Mellat-Parast, "Developing a resilient supply chain through supplier flexibility and reliability assessment," Int. J. Prod. Res., vol. 54, no. 1, pp. 302–321, 2016.

[40] A. Pavlov, D. Ivanov, D. Pavlov, and A. Slinko, "Optimization of network redundancy and contingency planning in sustainable and resilient supply chain resource management under conditions of structural dynamics," Ann. Oper. Res., 2019.

[41] H. Kaur and S. P. Singh, "Sustainable procurement and logistics for disaster resilient supply chain," Ann. Oper. Res., vol. 283, no. 1–2, pp. 309–354, 2019.

[42] B. Zahiri, J. Zhuang, and M. Mohammadi, "Toward an integrated sustainable-resilient supply chain: A pharmaceutical case study," Transp. Res. Part E: Logist. Trans. Rev., vol. 103, pp. 109–142, 2017.

[43] A. Jabbarzadeh, B. Fahimnia, and F. Sabouhi, "Resilient and sustainable supply chain design: sustainability analysis under disruption risks," Int. J. Prod. Res., vol. 56, no. 17, pp. 5945–5968, 2018.

[44] E. B. Tirkolaee, A. Goli, A. Faridnia, M. Soltani, and G.-W. Weber, "Multi-objective optimization for the reliable pollution-routing problem with cross-dock selection using Pareto-based algorithms," J. Clean. Prod., vol. 276, no. 122927, p. 122927, 2020.

[45] S. A. R. Khan, Z. Yu, H. Golpira, A. Sharif, and A. Mardani, "A state-of-the-art review and meta-analysis on sustainable supply chain management: Future

Rev., vol. 78, pp. 3–18, 2015.
[80] A. Göçer, S. Fawcett, and O. Tuna, "What does the sustainability-risk interaction look like? Exploring nuanced relationships in emerging economy sustainability initiatives," Sustainability, vol. 10, no. 8, p. 2716, 2018.
[81] Göçer, Jin, and Fawcett, "How does the contingent sustainability–risk–cost relationship affect the viability of CSR? An emerging economy perspective," Sustainability, vol. 11, no. 19, p. 5435, 2019.
[82] J. Korhonen and T. P. Seager, "Beyond eco-efficiency: a resilience perspective," Bus. Strat. Environ., vol. 17, no. 7, pp. 411–419, 2008.
[83] J. Fiksel, "Sustainability and resilience: toward a systems approach," Sustain. Sci. Pract. Policy, vol. 2, no. 2, pp. 14–21, 2006.
[84] J. Aitken, P. Childerhouse, and D. Towill, "The impact of product life cycle on supply chain strategy," Int. J. Prod. Econ., vol. 85, no. 2, pp. 127–140, 2003.
[85] O. D. Palsule-Desai, "Multi-product supply networks: Implications of intermediaries," Eur. J. Oper. Res., vol. 292, no. 3, pp. 909–929, 2021.
[86] B. Lu, J. Zhang, D. Xue, and P. Gu, "Systematic lifecycle design for sustainable product development," Concurr. Eng. Res. Appl., vol. 19, no. 4, pp. 307–324, 2011.
[87] S. L. Coulter, Reducing environmental impact through systematic product evolution. 1998.
[88] B. Gagnon, R. Leduc, and L. Savard, "From a conventional to a sustainable engineering design process: different shades of sustainability," J. Eng. Des., vol. 23, no. 1, pp. 49–74, 2012.
[89] D. Basu and M. Lee, "A combined sustainability-reliability approach in geotechnical engineering," in Risk, Reliability and Sustainable Remediation in the Field of Civil and Environmental Engineering, Elsevier, 2022, pp. 379–413.
[90] H. Badri, M. Bashiri, and T. H. Hejazi, "Integrated strategic and tactical planning in a supply chain network design with a heuristic solution method," Comput. Oper. Res., vol. 40, no. 4, pp. 1143–1154, 2013.
[91] T. Melo, T. Nickel, S. and F. Saldanha-da-Gama, "Network design decisions in supply chain planning," 2008.
[92] A. Hiassat, A. Diabat, and I. Rahwan, "A genetic algorithm approach for location-inventory-routing problem with perishable products," J. Manuf. Syst., vol. 42, pp. 93–103, 2017.
[93] M. Amiri-Aref, W. Klibi, and M. Z. Babai, "The multi-sourcing location inventory problem with stochastic demand," Eur. J. Oper. Res., vol. 266, no. 1, pp. 72–87, 2018.
[94] F. Santana Robles, E. S. Hernández-Gress, N. Hernández-Gress, and R. Granillo Macias, "Metaheuristics in the Humanitarian Supply Chain," Algorithms, vol. 14, no. 12, p. 364, 2021.
[95] S. Bhattacharya, V. D. R. Guide Jr, and L. N. Wassenhove, "Optimal order quantities with remanufacturing across new product generations," Prod. Oper. Manag., vol. 15, no. 3, pp. 421–431, 2009.
[96] V. Reis, "Should we keep on renaming a+ 35-year-old baby?," Journal of Transport Geography, vol. 46, pp. 173–179, 2015.
[97] C. Dong, R. Boute, A. McKinnon, and M. Verelst, "Investigating synchromodality from a supply chain perspective," Transp. Res. D Transp. Environ., vol. 61, pp. 42–57, 2018.
management implementation and priority strategies in danish organizations," J. Bus. Logist., vol. 27, no. 2, pp. 273–300, 2006.
[63] B. S. Silvestre, M. S. Monteiro, F. L. E. Viana, and J. M. de Sousa-Filho, "Challenges for sustainable supply chain management: When stakeholder collaboration becomes conducive to corruption," J. Clean. Prod., vol. 194, pp. 766–776, 2018.
[64] J. W. Hopkins, "Evolution and revolution: Enduring patterns and the transformation of Latin American Bureaucracy," in Handbook of comparative and development public administration, 2019, pp. 1039–1052.
[65] N. H. Leff, "Economic development through bureaucratic corruption," Am. Behav. Sci., vol. 8, no. 3, pp. 8–14, 1964.
[66] R. B. de Siqueira, J. R. B. Nogueira, E. S. de Souza, and D. B. Carvalho, "O custo marginal social da tributação indireta no Brasil: identificando direções de reforma," Econ. Apl., vol. 16, no. 3, pp. 365–380, 2012.
[67] S. Sardarnia, and H. Alborzi, "Analysis of Social Guild Protests in Iran from Perspective of Street Politics Theory", Quarterly of Political Strategic Studies., vol. 40, no. 11, pp. 107-150, 2022, (In Persian).
[68] O. Kabadurmus and M. S. Erdogan, "Sustainable, multimodal and reliable supply chain design," Ann. Oper. Res., vol. 292, no. 1, pp. 47–70, 2020.
[69] P. Mayring, Qualitative Inhaltsanalyse. Grundlagen und Techniken. Beltz. 2010.
[70] R. Z. Farahani, S. Rezapour, T. Drezner, and S. Fallah, "Competitive supply chain network design: An overview of classifications, models, solution techniques and applications," Omega, vol. 45, pp. 92–118, 2014.
[71] V. Lukinskiy, V. Lukinskiy, and R. Churilov, "Problems of the supply chain reliability evaluation," Transp. Telecommun. J., vol. 15, no. 2, pp. 120–129, 2014.
[72] F. R. Giordano, P. William, and S. B. Fox, "A first course in mathematical modeling," in Cengage Learning, 2013.
[73] S. Amirian, M. Amiri, and M. T. Taghavifard, "Sustainable and reliable closed-loop supply chain network design: Normalized Normal Constraint (NNC) method application," Journal of Industrial and Systems Engineering, vol. 14, no. 3, pp. 33–68, 2022.
[74] M. Mohammadi and A. Nikzad, "Sustainable and reliable closed-loop supply chain network design during pandemic outbreaks and disruptions," Oper. Manag. Res., 2022.
[75] K. P. Nurjanni, M. S. Carvalho, and L. Costa, "Green supply chain design: A mathematical modeling approach based on a multi-objective optimization model," Int. J. Prod. Econ., vol. 183, pp. 421–432, 2017.
[76] A. Choudhary, S. Sarkar, S. Settur, and M. K. Tiwari, "A carbon market sensitive optimization model for integrated forward–reverse logistics," Int. J. Prod. Econ., vol. 164, pp. 433–444, 2015.
[77] M. Christopher and H. Lee, Mitigating supply chain risk through improved confidence. International journal of physical distribution & logistics management. 2004.
[78] S. A. Yawar and S. Seuring, "Management of social issues in supply chains: A literature review exploring social issues, actions and performance outcomes," J. Bus. Ethics, vol. 141, no. 3, pp. 621–643, 2017.
[79] S. A. Mansouri, H. Lee, and O. Aluko, "Multi-objective decision support to enhance environmental sustainability in maritime shipping: A review and future directions," Transp. Res. Part E: Logist. Trans.

[98] L. Talarico, G. Reniers, K. Sörensen, and J. Springael, "MISTRAL: A game-theoretical model to allocate security measures in a multi-modal chemical transportation network with adaptive adversaries," Reliab. Eng. Syst. Saf., vol. 138, pp. 105–114, 2015.

[99] F. Delfani, H. Samanipour, H. Beiki, A. V. Yumashev, and E. M. Akhmetshin, "A robust fuzzy optimisation for a multi-objective pharmaceutical supply chain network design problem considering reliability and delivery time," Int. J. Syst. Sci. Oper. Logist., vol. 9, no. 2, pp. 155–179, 2022.

[100] X. Pi, Multi-modal Mesoscopic Transportation System Modeling and Management with Mobility Data (Doctoral dissertation). 2019.

[101] H. Hu, J. Li, and X. Zhao, "A study on location-route optimization model of logistics distribution center and its heuristics solving algorithm in multi-modal transport network," in Advances in Transdisciplinary Engineering, IOS Press, 2020.

[102] M. Zhou, Y. Duan, W. Yang, Y. Pan, and M. Zhou, "Capacitated multi-modal network flow models for minimizing total operational cost and CO2e emission," Comput. Ind. Eng., vol. 126, pp. 361–377, 2018.

[103] R. Yu and J. Wang, "Research on combination optimization of multimodal transportation system of containers," System Simulation Technology, vol. 4, pp. 272–275, 2009.

[104] T. Ambra, A. Caris, and C. Macharis, "Should I stay or should I go? Assessing intermodal and synchromodal resilience from a decentralized perspective," Sustainability, vol. 11, no. 6, p. 1765, 2019.

[105] B. Acero, M. J. Saenz, and D. Luzzini, "Introducing synchromodality: One missing link between transportation and supply chain management," J. Supply Chain Manag., vol. 58, no. 1, pp. 51–64, 2022.

[106] R. Giusti, D. Manerba, G. Bruno, and R. Tadei, "Synchromodal logistics: An overview of critical success factors, enabling technologies, and open research issues," Transp. Res. Part E: Logist. Trans. Rev., vol. 129, pp. 92–110, 2019.

[107] S. Dutta, "Formulation of optimization problems in chemical and biochemical engineering," in Optimization in Chemical Engineering, Cambridge: Cambridge University Press, 2016, pp. 12–39.

[108] M. S. Pishvaee, M. Rabbani, and S. A. Torabi, "A robust optimization approach to closed-loop supply chain network design under uncertainty," Appl. Math. Model., vol. 35, no. 2, pp. 637–649, 2011.

[109] M. B. Fakhrzad and F. Goodarzian, "A Fuzzy multi-objective programming approach to develop a green closed-loop supply chain network design problem under uncertainty: Modifications of imperialist competitive algorithm," RAIRO Oper. Res., vol. 53, no. 3, pp. 963–990, 2019.

[110] Ö. F. Yılmaz, G. Özçelik, and F. B. Yeni, "Ensuring sustainability in the reverse supply chain in case of the ripple effect: A two-stage stochastic optimization model," J. Clean. Prod., vol. 282, no. 124548, p. 124548, 2021.

[111] I. Iso, "Risk management-Principles and guidelines," International Organization for Standardization, 2009.

[112] P. R. Kleindorfer and G. H. Saad, "Managing disruption risks in supply chains," Prod. Oper. Manag., vol. 14, no. 1, pp. 53–68, 2009.

[113] C. S. Tang, "Perspectives in supply chain risk management," Int. J. Prod. Econ., vol. 103, no. 2, pp. 451–488, 2006.

[114] G. Yu, W. B. Haskell, and Y. Liu, "Resilient facility location against the risk of disruptions," Trans. Res. Part B: Methodol., vol. 104, pp. 82–105, 2017.

[115] M. Wang and F. Jie, "Managing supply chain uncertainty and risk in the pharmaceutical industry," Health Serv. Manage. Res., vol. 33, no. 3, pp. 156–164, 2020.

[116] Z. Mamashli, S. Nayeri, R. Tavakkoli-Moghaddam, Z. Sazvar, and N. Javadian, "Designing a sustainable–resilient disaster waste management system under hybrid uncertainty: A case study," Eng. Appl. Artif. Intell., vol. 106, no. 104459, p. 104459, 2021.

[117] J. Hou, S. Zhao, H. Wang, and E. Bi, "Sourcing decisions with capacity reservations under supply disruptions," J. Manag. Sci. Eng., vol. 2, no. 2, pp. 132–159, 2017.

[118] A. J. Schmitt, S. A. Sun, L. V. Snyder, and Z.-J. M. Shen, "Centralization versus decentralization: Risk pooling, risk diversification, and supply chain disruptions," Omega, vol. 52, pp. 201–212, 2015.

[119] P. Peng, L. V. Snyder, A. Lim, and Z. Liu, "Reliable logistics networks design with facility disruptions," Trans. Res. Part B: Methodol., vol. 45, no. 8, pp. 1190–1211, 2011.

[120] N. Azad, G. K. D. Saharidis, H. Davoudpour, H. Malekly, and S. A. Yektamaram, "Strategies for protecting supply chain networks against facility and transportation disruptions: an improved Benders decomposition approach," Ann. Oper. Res., vol. 210, no. 1, pp. 125–163, 2013.

[121] S. M. Hatefi and F. Jolai, "Robust and reliable forward–reverse logistics network design under demand uncertainty and facility disruptions," Appl. Math. Model., vol. 38, no. 9–10, pp. 2630–2647, 2014.

[122] A. Mohamadreza, "A robust fuzzy stochastic programming model for the design of a reliable green closed-loop supply chain network," Human and ecological risk assessment: an international journal, vol. 23, no. 8, pp. 2119–2149, 2017.

[123] P. Riehmann, M. Hanfler, and B. Froehlich, "Interactive Sankey Diagrams," in Proceedings of the 2005 IEEE Symposium on Information Visualization (INFOVIS'05), 2006.

[124] R. C. Lupton and J. M. Allwood, "Hybrid Sankey diagrams: Visual analysis of multidimensional data for understanding resource use," Resour. Conserv. Recycl., vol. 124, pp. 141–151, 2017.

[125] K. Soundararajan, H. K. Ho, and B. Su, "Sankey diagram framework for energy and exergy flows," Appl. Energy, vol. 136, pp. 1035–1042, 2014.

[126] S. Ghayebloo, M. J. Tarokh, U. Venkatadri, and C. Diallo, "Developing a bi-objective model of the closed-loop supply chain network with green supplier selection and disassembly of products: The impact of parts reliability and product greenness on the recovery network," J. Manuf. Syst., vol. 36, pp. 76–86, 2015.

[127] B. Wang, H. Zhang, M. Yuan, Z. Guo, and Y. Liang, "Sustainable refined products supply chain: A reliability assessment for demand-side management in primary distribution processes," Energy Sci. Eng., vol. 8, no. 4, pp. 1029–1049, 2020.

[128] Y.-C. Tsao and V.-V. Thanh, "A multi-objective fuzzy robust optimization approach for designing sustainable and reliable power systems under uncertainty," Appl. Soft Comput., vol. 92, no. 106317, p. 106317, 2020.

[129] L. M. Maiyar and J. J. Thakkar, "Modelling and analysis of intermodal food grain transportation under hub disruption towards sustainability," Int. J. Prod. Econ., vol. 217, pp. 281–297, 2019.

[130] I. Scholz, Reflecting on the Right to Development from the Perspective of Global Environmental Change and the 2030 Agenda for Sustainable Development. Sustainable Development Goals and Human Rights. 2020.

[131] R. Rajesh, "On sustainability, resilience, and the sustainable-resilient supply networks. Sustainable Production and Consumption," vol. 15, pp. 74–88, 2018.

[132] P. Taticchi, F. Tonelli, and R. Pasqualino, "Performance measurement of sustainable supply chains: A literature review and a research agenda," International Journal of Productivity and Performance Management, 2013.

[133] S. Jalali, S. H. R. Pasandideh, and A. Chambari, "A joint inventory reliable capacitated facility location problem using a continuum approximation," Int. J. Manag. Sci. Eng. Manag., vol. 12, no. 2, pp. 104–110, 2017.

[134] Y. Zhang, L. V. Snyder, M. Qi, and L. Miao, "A heterogeneous reliable location model with risk pooling under supply disruptions," Trans. Res. Part B: Methodol., vol. 83, pp. 151–178, 2016.

[135] L. Tang, C. Zhu, Z. Lin, J. Shi, and W. Zhang, "Reliable facility location problem with facility protection," PLoS One, vol. 11, no. 9, p. e0161532, 2016.

[136] S. M. Khalili, F. Jolai, and S. A. Torabi, "Integrated production–distribution planning in two-echelon systems: a resilience view," Int. J. Prod. Res., vol. 55, no. 4, pp. 1040–1064, 2017.

[137] D. Bogataj, D. Battini, M. Calzavara, and A. Persona, "The ageing workforce challenge: Investments in collaborative robots or contribution to pension schemes, from the multi-echelon perspective," Int. J. Prod. Econ., vol. 210, pp. 97–106, 2019.

[138] C. S. Tang and S. Zhou, "Research advances in environmentally and socially sustainable operations," Eur. J. Oper. Res., vol. 223, no. 3, pp. 585–594, 2012.

[139] N. Azad and E. Hassini, "A Benders decomposition method for designing reliable supply chain networks accounting for multimitigation strategies and demand losses," Transp. Sci., vol. 53, no. 5, pp. 1287–1312, 2019.

[140] Z. Liu, S. Wang, and Y. Ouyang, "Reliable biomass supply chain design under feedstock seasonality and probabilistic facility disruptions," Energies, vol. 10, no. 11, p. 1895, 2017.

[141] S. M. Hatefi and F. Jolai, "Reliable forward-reverse logistics network design under partial and complete facility disruptions," Int. J. Logist. Syst. Manag., vol. 20, no. 3, p. 370, 2015.

[142] L. Yun, Y. Qin, H. Fan, C. Ji, X. Li, and L. Jia, "A reliability model for facility location design under imperfect information," Trans. Res. Part B: Methodol., vol. 81, pp. 596–615, 2015.

[143] M. Lu, L. Ran, and Z.-J. M. Shen, "Reliable facility location design under uncertain correlated disruptions," Manuf. Serv. Oper. Manag., vol. 17, no. 4, pp. 445–455, 2015.

[144] S. Pirtaj, and M. Mousazadeh, "Resilient Distribution Network Design in Sustainable Grain Supply Chain: a Robust-Possibilistic Approach", Scientific Journal of Supply Chain Management., vol. 24, no. 77, pp. 9-21, 2023. (In Persian)

[145] R. Aldrighetti, I. Zennaro, S. Finco, and D. Battini, "Healthcare supply chain simulation with disruption considerations: A case study from northern Italy," Glob. J. Flex. Syst. Manag., vol. 20, no. S1, pp. 81–102, 2019.

[146] J. M. Stritch, S. Bretschneider, N. Darnall, L. Hsueh, and Y. Chen, "Sustainability policy objectives, centralized decision making, and efficiency in public procurement processes in US local governments," Sustainability, vol. 12, no. 17, 2020.

ضمیمه

جدول (۸) با درج ویژگی‌های مطالعات شرح داده شده، ضمن ارائه طبقه‌بندی دقیق‌تری از موضوع، خلأ موجود در ادبیات را نمایان می‌سازد.

جدول (۸). خلاصه پیشینه تحقیق

پارادایم	مرجع	ساختار شبکه	پیکربندی چندگانه				شرایط مسئله		سطح پایداری	سطح قابلیت اطمینان
			هدف	محصول	دوره	حمل و نقل	مدل‌سازی	قطعیت		
زنجیره تأمین سودآور و قابل اطمینان	هسو و لی (۲۰۱۱)	OL	S	S	S	S	L	ND	SBL	N
	جبارزاده و همکاران (۲۰۱۱)	OL	S	S	S	S	NL	D	SBL	N
	مددی و همکاران (۲۰۱۲)	OL	S	S	S	S	L	ND	SBL	N
	خلیفه‌زاده و همکاران (۲۰۱۵)	OL	M	M	M	M	L	D	SBL	A
	پسندیده و همکاران (۲۰۱۵)	OL	M	M	M	S	L	D	SBL	N
	کمال‌احمدی و ملت‌پرست (۲۰۱۶)	OL	S	S	S	M	L	D	SBL	N
	ترابی و همکاران (۲۰۱۶)	CL	S	S	S	S	L	ND	SBL	N
	قمی اویلی و همکاران (۲۰۱۷)	CL	S	S	M	S	L	D	SBL	N
	پودل و همکاران (۲۰۱۸)	OL	S	S	M	S	L	D	SBL	N
	روحانی‌نژاد و همکاران (۲۰۱۸)	OL	S	S	S	S	NL	D	SBL	N
	سلیمی و وحدانی (۲۰۱۸)	OL	S	S	S	S	NL	D	SBL	C
	فضلی خلف و همکاران (۲۰۱۸)	OL	M	S	S	S	L	ND	SBL	N
	پاولوف و همکاران (۲۰۱۹)	OL	M	S	M	M	L	D	SBL	N
	هاتفی و همکاران (۲۰۱۹)	OL	M	S	S	S	L	D	SBL	N
	دیابات و همکاران (۲۰۱۹)	OL	M	M	M	S	L	ND	SBL	N
	غلامی و همکاران (۲۰۱۹)	OL	M	M	M	S	L	ND	SBL	N
	پراکاش و همکاران (۲۰۲۰)	CL	S	S	S	S	L	ND	SBL	C
	حق‌جو و همکاران (۲۰۲۰)	OL	S	S	M	S	L	ND	SBL	N
	ساموئل و همکاران (۲۰۲۱)	CL	S	M	S	S	L	D	SBL	N
	سلیمانیان خضرلو و همکاران (۲۰۲۱)	OL	S	S	S	S	L	D	SBL	C
	لی و همکاران (۲۰۲۲)	OL	S	S	M	S	L	D	SBL	A
	گودرزی و همکاران (۲۰۲۲)	CL	M	M	S	S	L	ND	SBL	C
	ژو و همکاران (۲۰۲۲)	OL	S	S	S	S	NL	D	SBL	N
زنجیره تأمین مسئولیت‌پذیر و قابل اطمینان	محمدی و همکاران (۲۰۱۴)	OL	M	S	S	S	L	ND	DBL	N
	حمیدیه و همکاران (۲۰۱۷)	CL	M	M	S	S	L	ND	DBL	N
	حمیدیه و فضلی خلف (۲۰۱۷)	CL	M	S	S	S	L	ND	DBL	N
	فضلی خلف و حمیدیه (۲۰۱۷)	CL	M	S	S	M	L	ND	DBL	A
	حمیدیه و همکاران (۲۰۱۸)	CL	M	S	S	S	L	ND	DBL	N
	شاکر اردکانی و همکاران (۲۰۲۰)	OL	M	M	M	M	L	D	DBL	C

پارادایم	مرجع	ساختار شبکه	پیکربندی چندگانه				شرایط مسئله		سطح پایداری	سطح قابلیت اطمینان
			هدف	محصول	دوره	حمل و نقل	مدل‌سازی	قطعیت		
زنجیره تأمین سبز و قابل اطمینان	غایب‌لو و همکاران (۲۰۱۵)	CL	M	M	S	S	L	D	DBL	N
	فضلی‌خلف و همکاران (۲۰۱۷)	CL	M	S	S	S	L	ND	DBL	N
	رحمانی و ماهودیان (۲۰۱۷)	OL	S	M	S	M	L	ND	DBL	N
	فخرزاد و گودرزیان (۲۰۱۹)	CL	M	M	M	M	L	ND	DBL	N
	لی و همکاران (۲۰۱۹)	OL	M	S	S	S	L	D	DBL	N
	مارچی و همکاران (۲۰۱۹)	OL	S	S	S	S	L	D	DBL	N
	کائور و سینگ (۲۰۱۹)	OL	S	M	M	M	NL	D	DBL	N
	آبیر و همکاران (۲۰۲۰)	CL	M	S	S	S	L	ND	DBL	N
	موسوی اهرنجانی و همکاران (۲۰۲۰)	OL	S	M	M	M	L	ND	DBL	N
	کابادرماس و اردوغان (۲۰۲۰)	OL	S	M	S	M	L	D	DBL	N
	نصرتی و ارشدی خمسه (۲۰۲۰)	OL	M	M	S	M	NL	ND	DBL	C
	وانگ و همکاران (۲۰۲۰)	OL	S	S	M	M	L	D	DBL	N
	عبدالعظیمی و همکاران (۲۰۲۰)	CL	M	M	M	S	L	ND	DBL	N
	یلماز و همکاران (۲۰۲۱)	OL	S	M	S	S	L	ND	DBL	A
	فونگ و ان جی (۲۰۲۲)	OL	M	S	S	S	L	ND	DBL	N
زنجیره تأمین پایدار و قابل اطمینان	فهیم‌نیا و جبارزاده (۲۰۱۶)	OL	M	M	S	M	L	ND	TBL	N
	ظهیری و همکاران (۲۰۱۷)	OL	M	M	M	M	L	ND	TBL	N
	فتاحی و گووندان (۲۰۱۸)	OL	S	S	M	M	L	ND	TBL	N
	جبارزاده و همکاران (۲۰۱۸)	OL	M	S	S	S	L	ND	TBL	N
	زارع مهرجردی و لطفی (۲۰۱۹)	CL	M	M	M	S	L	ND	TBL	N
	فضلی‌خلف و همکاران (۲۰۲۰)	OL	M	M	M	M	L	ND	TBL	N
	حسینی مطلق و همکاران (۲۰۲۰)	OL	M	S	M	S	L	ND	TBL	C
	تیرکلایی و همکاران (۲۰۲۰)	OL	M	M	M	S	L	ND	TBL	N
	سائو و سان (۲۰۲۰)	OL	M	S	M	S	L	ND	TBL	A
	فضلی خلف و همکاران (۲۰۲۱)	CL	M	S	S	S	L	ND	TBL	N
	لطفی و همکاران (۲۰۲۱)	CL	M	M	M	S	L	ND	TBL	N
	زارع مهرجردی و شفیعی (۲۰۲۱)	CL	M	M	S	S	L	ND	TBL	N
	صادقی و همکاران (۲۰۲۱)	OL	M	M	S	S	L	ND	TBL	N
	گووندان و قلی‌زاده (۲۰۲۱)	OL	S	M	M	S	L	ND	TBL	N
	سازور و همکاران (۲۰۲۱)	OL	M	S	M	M	L	ND	TBL	N
	اکبری کاسگری و همکاران (۲۰۲۲)	CL	M	M	S	S	L	D	TBL	N
	امیریان و همکاران (۲۰۲۲)	CL	M	M	M	M	NL	D	TBL	C
	صالحی و همکاران (۲۰۲۲)	OL	S	M	M	S	L	ND	TBL	N
	طالعی‌زاده و همکاران (۲۰۲۲)	CL	M	S	S	S	L	D	TBL	N
	گودرزیان و همکاران (۲۰۲۲)	OL	M	M	M	M	L	ND	TBL	N
	محمدی و نیکزاد (۲۰۲۲)	CL	M	M	M	S	L	ND	TBL	N

راهنمای جدول:*

ساختار شبکه (OL: حلقه باز، CL: حلقه بسته)؛ پیکربندی (S: منفرد، M: چندگانه)

شرایط مسئله: مدل‌سازی (L: برنامه‌ریزی مختلط خطی عدد صحیح، NL: برنامه‌ریزی مختلط غیرخطی عدد صحیح)

قطعیت مدل (D: قطعی، ND: غیرقطعی)

سطح پایداری: (یک بعدی: SBL، دو بعدی: DBL، سه بعدی: TBL)

سطح قابلیت اطمینان: (N: گره، A: کمان، C : زنجیره)