مجله تحقیق در عملیات در کاربردهای آن، سال بیست و دوم، شماره اول (پیاپی ۸۴)، بهار ۰۴، ص ص ۵۶-۳۷
شاپا ۷۲۸۶-۲۲۵۱

تعیین عوامل پایداری زنجیره تامین و ارجحیت حلقه‌های SSCM در صنعت سیمان (مورد مطالعه: شرکت سیمان مازندران)

مجید باقری سرخی[۱]، محمود مدیری[۲*]، کیامرث فتحی هفشجانی[۳]
۱. دانشجوی دکتری، گروه مدیریت، واحد تهران جنوب، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.
۲. استادیار، گروه مدیریت، واحد تهران جنوب، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.
۳. استادیار، گروه مدیریت، واحد تهران جنوب، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.

رسید مقاله: ۲ مهر ۱۴۰۲
پذیرش مقاله: ۱۲ دی ۱۴۰۲

چکیده
موانع و مشکلات متعدد اقتصادی، اجتماعی و زیست محیطی موجود در جامعه که بر توانمندی در تولید و توزیع به موقع محصولات اثر گذاشته موجب ناپایداری در مدیریت بهینه حلقه‌های زنجیره تامین صنایع شامل تامین به موقع و کم هزینه مواد اولیه، تولید با کیفیت و توزیع متناسب با نیاز مصرف‌کننده شده است. در این تحقیق تلاش‌شده تا ضمن شناسایی عوامل موثر بر پایداری زنجیره تامین با استفاده از جدیدترین نسخه مدل اسکور، پیشینه تحقیق و نظر خبرگان و تعیین وزن هر عامل به روش IVHF-DANP، نسبت به تعیین ارجحیت حلقه‌های SSCM با استفاده از روش EHFL-VIKOR در صنعت سیمان با هدف بهبود عملکرد زنجیره تامین، اقدام گردد. در نتیجه علاوه بر شش معیار مدل اسکور و سه بعد رویکرد پایداری، ده عامل دیگر نیز توسط خبرگان و در مجموع وزن نوزده عامل تعیین گردید که از میان عناصر مدل پیشنهادی بعد اقتصادی دارای بیشترین وزن است و پس از آن زیست محیطی، اجتماعی، قابلیت اطمینان و پاسخ‌گویی در رده‌های دوم تا پنجم قرار دارند و در نهایت حلقه منافع مشتری و پس از آن حلقه کارخانه دارای بیشترین ارجحیت شده‌اند و می‌توان گفت که مشتری در مرکز توجه مدیریت زنجیره تامین شرکت مورد مطالعه قرار دارد.

واژه‌های کلیدی: پایداری، زنجیره تامین، مدل اسکور، فازی تردیدی.

۱ مقدمه
صنعت سیمان از جمله صنایع زیرساختی در هر کشور در حال توسعه است که در صورت وجود ظرفیت کافی قادر به تامین نیاز سایر صنایع در حال توسعه خواهد بود و به این طریق نقش موثر خود در پویایی صنعت آن کشور را ایفا خواهد کرد. بر این اساس لازمه ایفای نقش موثر صنعت سیمان در برنامه‌های توسعه‌ای، توانمندی آن در تولید و توزیع به موقع محصولات به جامعه هدف خود است و این امر محقق نخواهد شد مگر با تامین به موقع و کم هزینه مواد اولیه و اقلام مورد نیاز، تولید با کیفیت و توزیع به موقع و متناسب با نیاز مصرف‌کننده که

* عهده‌دار مکاتبات
آدرس الکترونیکی: M_Modiri@azad.ac.ir

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-11-02]
[DOI: 10.71773/jamlu-2025-1-2022]

هر یک از این مراحل حلقه‌ای از زنجیره تامین آن صنعت را تشکیل می‌دهد. بنابراین مدیریت زنجیره تامین تولید و عملیات صنعت سیمان با هدف بهبود مستمر عملکرد حلقه‌های تشکیل‌دهنده آن در پی تحقق اهداف آن صنعت است. در این پژوهش با مطالعه منابع علمی مرتبط با موضوعات زنجیره تامین، پایداری و صنعت سیمان و بررسی انواع روش‌ها و تکنیک‌های قابل بهره‌مندی، سعی بر آن شده تا زمینه لازم برای بهبود عملکرد زنجیره تامین صنایع، مبتنی بر رویکرد پایداری فراهم گردد و تکنیک‌ها و ابزارهای نوینی همچون IVHF-DANP[1]، EHFL-VIKOR[2] و آخرین نسخه مدل اسکور[3] (نسخه ۱۲) برای نخستین بار در دانش مدیریت زنجیره تامین پایدار به منظور تعیین عوامل موثر بر پایداری زنجیره تامین و ارجحیت حلقه‌های SSCM مورد آزمون قرار گرفته است. علاوه بر آن مقدمات لازم برای پژوهش‌های آتی به منظور مدل‌سازی زنجیره تامین پایدار فراهم شده است.

۲ بیان مساله و اهمیت آن

زنجیره تامین به عنوان یک مجموعه، محصولات و خدمات مناسب را در زمان و مکان مناسب با مشخصه‌های مورد نیاز برای مشتریان سازمان‌های تولیدی فراهم می‌کنند. روندها در مدیریت زنجیره تامین (SCM)[4]، مانند جهانی شدن اقتصاد بازار، چرخه عمر کوتاه‌تر محصول، دیجیتال‌سازی و انتظارات چندوجهی مشتری، همراه با تحولاتی مانند کمبود منابع، الزامات نظارتی سختگیرانه‌تر و تمرکز طولانی مدت، به تکامل زنجیره تامین بسیار پیچیده منجر شده است [۱]. پایداری در عملیات سازمان‌ها، همچنین در زنجیره تامین، به یک مساله معاصر و یک مقوله مهم تحقیقات تبدیل‌شده است. اتخاذ شیوه‌های پایداری نه تنها عملکرد زیست محیطی و اجتماعی سازمان‌ها و زنجیره‌های عرضه آنها را بهبود می‌بخشد، بلکه برای سازمان‌ها فرصتی ارایه می‌کند برای به دست آوردن یک مجموعه جدید از صلاحیت‌ها، که می‌تواند به آنها برای رسیدن به مزیت رقابتی با انجام ابتکارات پایدار در داخل و خارج از مرزهای سازمانی کمک کند[۲]. امروزه محیط‌های کسب‌وکار دارای پیچیدگی و پویایی فزاینده‌ای هستند به طوری که شرکت‌ها نمی‌توانند مدت زمان زیادی به صورت مجزا و مستقل به رقابت با دیگران بپردازند. به منظور تقویت مزیت‌های رقابتی و حضور در فضای رقابتی، فرایندهای تولید و عملیات باید توان پاسخگویی به اختلالات غیرمنتظره، پاسخگویی سریع به نیازهای متغیر مشتری در بازار آشفته و پرنوسان، پیوستگی با مسئولیت‌های زیست محیطی و ضرورت کاهش هزینه و حذف فرایندهای بدون ارزش افزوده را داشته باشند [۳]. صنعت سیمان ایران در سایه تحریم‌های اقتصادی تحمیل شده بر کشور و تاثیر آن بر آشفتگی زنجیره تامین نیازمندی‌ها و بازار محصولات این صنعت از یک سو و رقابت شدید و گاهی ناسالم میان تولیدکنندگان این صنعت به دلیل صدور نامتعارف مجوزهای تاسیس کارخانجات سیمان در سطح کشور از سوی دیگر قرار دارد. انجام این پژوهش با تکیه بر دانش در حال توسعه مستتر در رویکرد پایداری[5] می‌تواند پشتوانه قوی‌تری نسبت به راهکارهای رایج در کشور از جمله راهکار اقتصاد مقاومتی باشد و گامی در جهت رفع

[1] Interval valued hesitant fuzzy- DANP
[2] Extended hesitant fuzzy linguistic-VIKOR
[3] Supply Chain Operations Reference MODEL
[4] Supply Chain Management.
[5] Sustainability

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-11-02]
[DOI: 10.71773/jamlu-2025-1-2022]

دغدغه‌های مدیران و متخصصان این صنعت و اتصال به دانش روز با قید توسعه پایدار بردارد. با توجه به نقش و جایگاه زنجیره تامین در میان مجموعه فرایندهای تولید و عملیات، شناسایی عوامل موثر بر پایداری آن به منظور ارایه راه‌کارهای مناسب، تعیین وزن هر عامل با هدف اولویت‌بندی راه‌کارها و تعیین ارجحیت حلقه‌های SSCM برای هدایت کانون تمرکز مدیران آن صنعت اهمیت دارد. ضمن آنکه انجام این تحقیق برای پژوهش‌های آتی تا دستیابی به مدل‌های یکپارچه زنجیره تامین پایدار ضرورت دارد. این پژوهش با تکیه بر دانش در حال توسعه مستتر در رویکرد پایداری در پی پاسخ به این سوالات است که، چه عواملی در پایداری زنجیره تامین صنعت سیمان موثر هستند؟ و کدام یک از حلقه های مدیریت زنجیره تامین پایدار از ارجحیت بالاتری برخوردار است؟ تا به این طریق گامی در جهت کمک به تصمیمات آتی به منظور رفع دغدغه های مدیران و متخصصان صنعت و اتصال به دانش روز با قید توسعه پایدار برداشته شود.

۳ پیشینه تحقیق

سرآغاز اقدامات در موضوع پایداری زنجیره تامین را می‌توان تصویب لایحه هوای پاک در ایالات متحده در سال ۱۹۹۶ دانست [۴]. پژوهشی که به عوامل موثر بر یکپارچگی زنجیره تامین پرداخته[۵] مدعی است پژوهش‌های مرتبط با زنجیره تامین در زمینه های چابکی، پایداری و رقابت پذیری زنجیره تامین بوده است و پژوهشی در زمینه یکپارچگی زنجیره تامین صورت نگرفته است . تحقیقی که به امور مالی زنجیره تامین با هدف بهبود اعتبار کلی از کل زنجیره تامین پرداخته [۶] نشان داد که حمایت های مدیریتی ، اعتماد و زیرساخت‌های فناوری اطلاعات از عوامل مهم در ارایه خدمات مالی محسوب می‌شوند و مشوق‌ها از عوامل مهم هستند. کوبرگ و لانگونی [۷] به بررسی سیستماتیک مدیریت زنجیره تامین پایدار در زنجیره تامین جهانی با هدف ارایه یک سنتز از عناصر کلیدی مدیریت زنجیره تامین پایدار در زنجیره تامین جهانی پرداختند. ماریولی و ابوعبدالله [۸] یک مدل جدید از انتخاب تامین‌کننده برای مدیریت زنجیره تامین پایدار ارایه کرده و با استفاده از ابزارهای تصمیم‌گیری چندمعیاره اقدام به مدل‌سازی ریاضی نمودند و سپس آن را مورد آزمون قرار دادند. مقاله راهکارهای SSCM در صنعت خودرو هند [۹]: نگرش ذینفعان چندگانه را با شاخص های مدیریت زنجیره تامین پایدار ارایه کرده و از تکنیک بررسی نظام‌مند مقالات و دیمتل استفاده شده است. در پژوهش دیگری با عنوان مدل‌های کمی برای مدیریت زنجیره تامین پایدار- تحولات و جهات[۱۰] به بررسی همه مقالات مرتبط با این موضوع پرداخته‌اند که نتایج آن در هندبوک زنجیره تامین پایدار [۱۱] نیز به‌روزرسانی و تصدیق شد. بر اساس این تحقیق، استفاده از روش‌های تحقیق در عملیات و مدل‌های مرتبط، یعنی مدل‌سازی رسمی، برای SCM حلقه بسته و لجستیک معکوس به طور موثری در تحقیقات منتشرشده پیشین مورد بررسی قرارگرفته است. این وضعیت در مقایسه با درک و بررسی مدل‌های ریاضی که بر عوامل محیطی و اجتماعی در زنجیره تامین رو به جلو تمرکز می‌کنند، کمتر تحقیقی دیده می‌شود. بر اساس این تحقیق مواردی دیگری از شکاف تحقیقاتی نیز وجود دارد: عدم وجود جنبه‌های اجتماعی در مدل‌های SSCM ،تحقیقات بیشتر SSCM با توجه به ادغام روش مبتنی بر مدل با تحقیقات تجربی مورد نیاز است، که دارای تمرکز قوی بر محیط زیست بهره‌وری و جنبه‌های زیست محیطی نیز

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-11-02]

[DOI: 10.71773/jamlu-2025-1-2022]

باشد. روش تحقیق تجربی باید به منظور شناسایی عوامل اجتماعی در SCM و پیش‌نیازها و پیامدهای اقتصادی آنها به کار گرفته شود، به طوری که روش‌های تحقیق مبتنی بر مدل برای بررسی کمی این زمینه مورد نیاز است. استفاده از تحقیقات مطالعه موردی به طور دقیق نه تنها برای مدل‌های SSCM به طور خاص بلکه برای تحقیق مبتنی بر مدل به طور کلی توصیه می‌شود. برقراری ارتباط میان پژوهش‌های تجربی و پژوهش‌های مبتنی بر مدل، می‌تواند زمینه علمی SSCM را با توجه به صنایع متمرکز گسترش دهد. مواد غذایی، پوشاک یا صنایع خودرو نشان‌دهنده بخش‌هایی هستند که به طور کامل توسط لااقل یکی از طرح‌های روش‌شناسی بررسی شدند در حالی که سایرین نادیده گرفته شده‌اند. نیاز به تحقیق بیشتر در مورد برنامه‌های کاربردی، روش‌های کیفی هیبریدی و کمی و همچنین دقت بیشتر و تجربی در تحلیل عددی مدل‌های SSCM نتیجه‌گیری تقویت‌شده توسط این مطالعه است. با مطالعه تحقیقات پیشین چنین دریافت می‌شود که با وجود پذیرش درک و اهمیت موضوع پژوهش پیرامون مبحث پایداری مدیریت زنجیره تامین توسط پژوهشگران، برخی از جنبه‌های قابل تحقیق پیرامون موضوع SSCM مغفول مانده و یا بر آن تمرکز نیافته است که در تحقیق حاضر بر پوشش بخشی از این شکاف تلاش شده است.

زنجیره تامین شبکه‌ای از سازمان‌های وابسته به یکدیگر شامل تامین‌کنندگان، تولیدکنندگان، عمده‌فروشان، خرده‌فروشان و مشتریان است که به منظور کنترل، مدیریت و بهبود جریان مواد و اطلاعات از تامین‌کنندگان به مشتریان نهایی با یکدیگر همکاری می‌کنند. هدف اصلی زنجیره‌های تامین ایجاد حداکثر ارزش در کل زنجیره است[۱۲]. زنجیره تامین شامل تمامی مراحلی است که به صورت مستقیم و غیرمستقیم تقاضای مشتری را براورده می‌کنند، از این دیدگاه زنجیره‌تامین تنها شامل تولیدکننده و تامین‌کننده نمی‌شود بلکه حمل‌کننده، عمده‌فروش‌ها، خرده‌فروش‌ها و مشتری را نیز در بر می‌گیرد. شرکت‌هایی که در زنجیره تامین وجود دارند با تبدیل مواد اولیه به محصولات نهایی باعث ایجاد ارزش افزوده می‌شوند[۱۳]. پایداری بر برآوردن نیازهای حاضر بدون به خطر انداختن توانایی نسل‌های آینده برای رفع نیازهای خود تمرکز دارد. مفهوم پایداری متشکل از سه رکن است: اقتصادی، زیست محیطی و اجتماعی. همچنین به طور غیررسمی به عنوان منافع ، سیاره و مردم شناخته شده است. پایداری به عنوان جزیی از اخلاق سازمانی در پاسخ به نارضایتی عمومی درک شده بر آسیب درازمدت ناشی از تمرکز بر منافع کوتاه مدت پدید آمد. با این حال ، حرکت به سمت تولید پایدار اغلب یک فرایند پیچیده برای شرکت‌ها است. بر پایه تصمیم‌گیری در جدول زمانی، برخی از سرمایه‌گذاری‌ها در صف مقابل بالاتر در بهره‌وری و منابع تجدیدپذیر برای توجیه آسان‌تر هستند. سرمایه‌گذاران باید انتظارات خود را برای بازده تنظیم کنند زیرا شرکتی که به توسعه پایدار منابع متعهد می‌شود ممکن است نتایج درآمدی متوسطی در کوتاه‌مدت داشته باشد [۱۴].

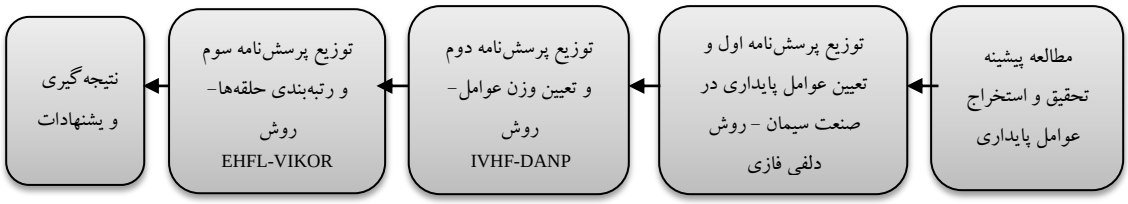
٤ روش تحقیق

پژوهش حاضر از نظر هدف در زمره پژوهش‌های کاربردی است و با توجه به اینکه از روش‌های مطالعه کتابخانه‌ای و نیز میدانی نظیر پرسش‌نامه استفاده شده، بر اساس ماهیت و روش گرداوری داده ها یک پژوهش

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-11-02]

[DOI: 10.71773/jamlu-2025-1-2022]

توصیفی پیمایشی است. در این تحقیق از سه پرسشنامه استفاده‌شده و در اختیار خبرگان دانشگاهی و حرفه‌ای قرار گرفته که در زمینه مدیریت زنجیره تامین با رویکرد مذکور آشنایی داشته و به روش نمونه‌گیری غیراحتمالی قضاوتی و از طریق تکنیک گلوله برفی انتخاب شده اند. مراحل تحقیق در شکل ۱ آمده است.



شکل ۱. مراحل تحقیق

مدل اسکور یا همان مدل مرجع عملیات زنجیره تامین توسط مجمع زنجیره تامین[1] در موسسه تحقیقات صنعتی آمریکا با حدود ۷۰ شرکت عمده در سال ۱۹۹۶ تاسیس شد و اکنون که بیش از ۹۰۰ شرکت عضو این مجمع هستند نسخه دوازدهم این مدل منتشر شده است. مدل اسکور شامل پنج دسته مشخصه است: مشخصه قابلیت اطمینان با سنجه تکمیل کامل سفارشات. مشخصه پاسخگویی با سنجه زمان چرخه تکمیل سفارش، مشخصه چابکی با سنجه‌های سازگاری زنجیره تامین رو به بالا، سازگاری زنجیره تامین رو به پایین و ارزش کلی در معرض ریسک، مشخصه هزینه با سنجه‌های هزینه کل مدیریت زنجیره تامین و هزینه کالای فروخته شده و مشخصه کارائی مدیریت سرمایه با سنجه‌های زمان چرخه تبدیل وجه نقد، بازده سرمایه ثابت زنجیره تامین، بازده سرمایه در گردش[۱۵]. نسخه ۱۲ به عنوان جدیدترین نسخه این مدل در سال ۲۰۱۷ توسط سازمان آپیکس آمریکا تدوین و منتشر شده است [۱۶].

از زمانی که مجموعه‌های فازی توسط زاده معرفی شد شکل‌های توسعه‌یافته مختلفی از مجموعه‌های فازی ارایه شده است. مجموعه فازی تردیدی که توسط تورا و ناراکاوا توسعه‌یافته است به درجه عضویت اجازه می‌دهد یک مجموعه از مقادیر ممکن بین صفر و یک را داشته باشد. روش مجموعه های فازی تردیدی بازه مقدار در این تحقیق به این دلیل انتخاب شده است که، به طور معمول افراد هنگام تصمیم‌گیری بین گزینه‌های مختلف مردد هستند که این موضوع توافق نهایی را مشکل می‌سازد. برای رسیدن به نتیجه منطقی‌تر، خبرگان باید اطلاعات ترجیحی را در مورد مجموعه‌ای از گزینه‌ها فراهم نمایند. به طور معمول گروه تصمیم‌گیرنده هنگام تخمین درجه رضایت یک شاخص توسط یک گزینه، در مورد یک ارزش مشخص اطمینان کامل ندارند و بین مقادیر مختلف تردید دارند . به عنوان مثال برخی خبرگان درجه عضویت ۰/۳، برخی دیگر درجه عضویت ۰/۵ و دیگران درجه عضویت ۰/۶ را به عنوان درجه رضایت یک معیار نسبت به یک گزینه در نظر می‌گیرند. وقتی افراد قادر به متقاعد کردن یکدیگر نباشند درجه رضایت معیار نسبت به گزینه مورد نظر را با جزء فازی تردیدی (۰/۶، ۰/۵، ۰/۳) نمایش می‌دهیم [۱۷]. HFS[2] با سمبل ریاضی $A = \{< x, h_A(x) > | x \in X\}$ نمایش داده می‌شود در

[1] SCC: Supply Chain Council
[2] Hesitant fuzzy sets

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-11-02]
[DOI: 10.71773/jamlu-2025-1-2022]

اینجا $h_A(x)$ مجموعه‌ای از مقادیر ممکن در بازه بسته صفر و یک است که نشان‌دهنده درجه عضویت ممکن جزء xϵX به مجموعه A است. $h = h_A(x)$ یک جزء فازی تردیدی است. در مجموعه‌های فازی تردیدی درجات عضویت به صورت اعداد قطعی بیان می‌شود. اما در واقعیت، درجه عضویت اعضای یک مجموعه به طور الزامی عدد قطعی نیست و می‌تواند به صورت زیربازه‌ای متعلق به بازه [۰،۱] باشد. در رویارویی با چنین وضعیتی مفهوم مجموعه‌های فازی تردیدی بازه مقدار مطرح می‌شود [۱۸]. تعریف: در مجموعه مرجع X، مجموعه فازی تردیدی بازه مقدار $\tilde{A}$ به صورت تابعی تعریف می‌شود که وقتی روی X اعمال شود زیربازه‌ای از بازه [۰،۱] را بازگشت می‌دهد. یک IVHFS به صورت $\tilde{A} = \{\langle x, \tilde{h}_{\tilde{A}}(x)\rangle | x \in X\}$ نمایش داده می‌شود، اینجا $\tilde{h}_{\tilde{A}}(x)$ مجموعه‌ای از زیربازه های متفاوت در [۰،۱] است که درجه عضویت ممکن هر جزء $x \in X$ به $\tilde{A}$ را نشان می‌دهد [۱۹]. استفاده از رویکرد زبانی فازی برای حل مساله با محدودیت مواجه است. در این رویکرد تنها از یک جمله زبانی ساده جهت بیان اطلاعات توسط خبرگان استفاده می‌شود. در حالی که در مسائل واقعی، ممکن است خبرگان بین دو یا چند جمله به طور هم‌زمان تردید داشته باشند و به دنبال جملات زبانی پیچیده‌تری برای بیان اطلاعات باشند. جهت حل این مشکل، مفهوم مجموعه جملات زبانی فازی تردیدی معرفی شده است [۲۰].

تعریف: اگر $S = \{s_۱, s_۲, \dots, s_\tau\}$ یک مجموعه جملات زبانی باشد آنگاه HFLTS داده شده Hs یک زیر مجموعه مرتب متناهی از جملات متوالی S است. مثال: اگر

$S = \{s_۰ =$ ندارد, $s_۱ =$ خیلی کم, $s_۲ =$ کم, $s_۳ =$ متوسط, $s_٤ =$ زیاد, $s_۵ =$ خیلی زیاد, $s_۶ =$ عالی$\}$

مجموعه جملات زبانی باشد. $H_S = \{s_۱, s_۲\}$, $H_S^۱ = \{s_۳, s_۴\}$ و $H_S^۲ = \{s_۵\}$ سه HFLTS روی S هستند. تا اینکه مجموعه جملات زبانی با زیرنویس متقارن $S = \{s_t | -\tau, \dots, -۱, ۰, ۱, \dots, \tau\}$ به عنوان جایگزین $S = \{s_۰, s_۱, \dots, s_\tau\}$ معرفی شده است [۲۱].

تکنیک دیمتل با هدف تبدیل رابطه علت و معلولی شاخص‌ها به یک مدل ساختاری معقول از سیستم، نشات گرفته است. روش DANP یکی از روش‌های تصمیم‌گیری چند شاخصه است که جهت تعیین روابط ساختاری و همچنین اندازه‌گیری وزن عناصر یک مدل به کار می‌رود. این روش ترکیبی از دو روش DEMATEL و ANP است. استفاده از این روش سبب می شود حجم محاسبات نسبت به روش ANP به مراتب کمتر شود، همچنین در مقایسه با روش دیمتل از این مزیت برخوردار است که امکان تعیین وزن عناصر و معیارها را نیز فراهم می‌کند[۳، ۲۲]. گام‌های حل مساله به روش IVHF-DANP:

گام اول: تشکیل ماتریس تاثیر مستقیم $(\tilde{G})$ با توجه به نظر خبرگان و استفاده از اعداد فازی تردیدی بازه‌مقدار به صورت رابطه زیر

$$\tilde{g}^{ij} = \left(\tilde{\gamma}_۱^{ij}, \dots, \tilde{\gamma}_t^{ij}, \dots, \tilde{\gamma}_s^{ij}\right), \tilde{\gamma}_t^{ij} = [\tilde{\gamma}_t^{ijL}, \tilde{\gamma}_t^{ijR}] \quad (۱)$$

گام دوم: تشکیل ماتریس تاثیر کلی از طریق رابطه زیر به دست می‌آید.

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-11-02]

[DOI: 10.71773/jamlu-2025-1-2022]

$$\tilde{T} = \tilde{G} + \tilde{G}^{۲} + \tilde{G}^{۳} + \cdots + \tilde{G}^{m} = \tilde{G}(\tilde{I} - \tilde{G})^{-۱} \quad (۲)$$

اما از آنجایی که عناصر قطر اصلی ماتریس $\tilde{G}$ همگی صفر هستند بنابراین با توجه به روابط بین اعداد فازی تردیدی توسط فرمول زیر به دست می‌آید.

$$\tilde{G}(I - \tilde{G})^{-۱} = \tilde{G}I \quad (۳)$$

نتیجه این عملیات ماتریسی بیانگر این موضوع است که ماتریس تاثیر کلی برابر ماتریس تاثیر مستقیم است و در عمل تشکیل روابط ساختاری و علی با استفاده از داده‌های خام به صورت اعداد فازی تردیدی بازه مقدار ممکن نیست. برای حل این مشکل باید ابتدا با استفاده از عملگرهای مناسب اعداد فازی تردیدی بازه مقدار را به اعداد قطعی تبدیل نماییم. به این منظور بایستی از عملگری استفاده شود که تا حد ممکن اطلاعات مربوط به اعداد فازی تردیدی را در خود نگه دارد و باعث نادیده گرفتن برخی اطلاعات نشود. از آنجا که تابع امتیاز معادل میانگین اعداد فازی تردیدی است و درجه انحراف اعداد فازی تردیدی معادل انحراف معیار اعداد فازی تردیدی بهتر است. کوچک بودن میزان درجه انحراف بر نزدیک بودن اعداد فازی تردیدی به یکدیگر دلالت می‌کند. این بدین معناست که بین خبرگان توافق بیشتری وجود دارد، درجه تردید و عدم اطمینان پایین است و دقت و سازگاری بالاتر است بر اساس مطالب بیان شده در این پژوهش جهت شناسایی بهتر اعداد فازی تردیدی از عملگر $s(\tilde{h}) - \sigma(\tilde{h})$ که هم‌زمان میزان تابع امتیاز و درجه انحراف را شامل می‌شود استفاده می‌کنیم. میزان بیشتر این عملگر بیانگر عدد فازی تردیدی بزرگ‌تر است. در ادامه جهت تشکیل ماتریس تاثیرکلی با استفاده از اعداد فازی تردیدی بازه مقدار با استفاده از عملگر معرفی شده، ماتریس تاثیر مستقیم را به ماتریسی با اعداد قطعی تبدیل می‌کنیم.

گام سوم: سپس ماتریس تاثیر اولیه نرمال شده و ماتریس تاثیر کلی را با رابطه (۴) به‌دست می‌آوریم

$$T = D + D^{۲} + D^{۳} + \cdots + D^{m} = D(I - D)^{-۱} \quad (۴)$$

مراحل بعدی به روش معمول DANP ادامه پیدا می‌کند.

گام چهارم: ارزیابی روابط بین معیارها با محاسبه جمع ستونی و جمع سطری عناصر ماتریس T. بنابراین $(r_i + c_i)$ و $(r_i - c_i)$ به ترتیب نشان‌دهنده درجه اهمیت و درجه علیت معیار i هستند.

گام پنجم: برای تشکیل سوپرماتریس ناموزون با ترکیب روش دیمتل و ANP ابتدا ماتریس T نرمال می‌شود. برای نرمال‌سازی، هر درایه از این ماتریس را بر مجموع سطری درایه‌ها در بلوک مربوط به آن درایه تقسیم می‌کنیم تا در نهایت ماتریس کلی نرمال شده تشکیل شود. با محاسبه ترانهاده ماتریس تاثیر کلی نرمال‌شده، سوپرماتریس ناموزون به دست می‌آید.

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-11-02]

[DOI: 10.71773/jamlu-2025-1-2022]

گام ششم: محاسبه ماتریس تاثیر کلی ابعاد با استفاده از ماتریس تاثیر کلی عناصر. هر کدام از درایه‌های این ماتریس برابر است با میانگین همه عناصر زیر ماتریس مربوط به آن درایه در ماتریس تاثیر کلی معیارها.

گام هفتم: هر کدام از درایه‌های ماتریس تاثیر کلی ابعاد را بر مجموع سطری درایه‌ها تقسیم می‌کنیم تا ماتریس تاثیر کلی نرمال شده ابعاد به‌ست آید.

گام هشتم: با ضرب عناصر هر بعد ماتریس تاثیر کلی در عدد متناظر آن در ماتریس تاثیر نرمال‌شده ابعاد، سوپر ماتریس موزون مساله را به دست آورده و آن را به توان می‌رسانیم تا جایی که همه عناصر همگرا شوند و وزن مربوط به هر عنصر را محاسبه می‌کنیم.

پس از تعیین وزن ابعاد و عناصر مساله باید در محیط فازی تردیدی توسعه‌یافته ترتیب گزینه‌های تصمیم را معین نماییم. بدین منظور از مفهوم فاصله در عبارات فازی تردیدی توسعه‌یافته استفاده شده است. روش مقایسه برای دو EHFLTS[1] داده شده $\tilde{H}_S^1$ و $\tilde{H}_S^2$ بدین گونه خواهد بود که اگر $CV(\tilde{H}_s^1) > CV(\tilde{H}_s^2)$ باشد آنگاه $(\tilde{H}_S^1 > \tilde{H}_S^2)$ و اگر $CV(\tilde{H}_s^2) = CV\left(\tilde{H}_s^1\right)$ باشد آنگاه $\tilde{H}_S^1$ و $\tilde{H}_S^2$ اطلاعات مشابهی را ارایه می‌کنند $(\tilde{H}_S^1 \cong \tilde{H}_S^2)$. [۲۳].

فاصله همینگ بین $\tilde{H}_s^1$ و $\tilde{H}_s^2$ از طریق رابطه زیر محاسبه شد.

$$d_{hd}\left(\tilde{H}_s^1, \tilde{H}_s^2\right) = \frac{1}{m.L}\sum_{i=1}^{m}\sum_{l=1}^{L}\frac{\left|\alpha_l^i - \beta_l^i\right|}{2\tau + 1} \quad (۵)$$

روش ویکور برای بهینه‌سازی چند شاخصه سیستم‌های پیچیده توسعه یافته است. توسعه روش ویکور با رابطه (۶) آغاز می‌شود.

$$L_{p,k} = \left(\sum_{j=1}^{n}\left[\frac{w_j(f_j^* - f_{kj})}{(f_j^* - f_j^-)}\right]^p\right)^{1/p}, \quad 1 \le p \le \infty; \ k = 1, 2, \dots, n \quad (۶)$$

در این روش $L_{1,k}$ و $L_{\infty,k}$ جهت اندازه‌گیری رتبه‌ها محاسبه می‌شوند. راه حل به‌دست آمده توسط حداقل مقدار Sk دارای یک منفعت گروهی حداکثر است (شکاف متوسط در حالتی که p= ۱ است) و راه‌حل به‌دست آمده توسط حداقل مقدار Rk دارای یک تاسف فردی حداقل است. روش EHFL-VIKOR برای حل مسایل تصمیم‌گیری گروهی با معیارهای کیفی به کار برده می‌شود. اگر $A = \{A_1, A_2, \dots, A_m\}$ مجموعه گزینه‌ها، $C = \{C_1, C_2, \dots, C_n\}$ مجموعه معیارها، $W = \{w_1, w_2, \dots, w_n\}$ مجموعه اوزان معیارها و

[1] Extended hesitant fuzzy linguistic term set

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-11-02]

[DOI: 10.71773/jamlu-2025-1-2022]

$G = \{G_1, G_2, \dots, G_P\}$ مجموعه گروه‌های خبرگان باشد. برای مجموعه عبارات زبانی داده شده $S = \{s_t | t = -\tau, \dots, \tau\}$ به گونه‌ای که $\tilde{H}_s^{ij} = \{h_s^{ij1}, h_s^{ij2}, \dots, h_s^{ijp}\}$ نشان‌دهنده یک EHFLT است که توسط خبرگان گروه kام برای گزینه i با توجه به معیار jام ارایه شده است. برای حل مساله باید ابتدا پاسخ‌های ایده‌آل مثبت و منفی عبارات زبانی فازی تردیدی توسعه‌یافته را مشخص و به ترتیب با A^+ و A^- نشان دهیم. $A^+ = \left\{\tilde{H}_s^{1+}, \tilde{H}_s^{2+}, \dots, \tilde{H}_s^{n+}\right\}$ و $A^- = \left\{\tilde{H}_s^{1-}, \tilde{H}_s^{2-}, \dots, \tilde{H}_s^{n-}\right\}$ به صورت زیر محاسبه می شود.

$$\tilde{H}^{j+} = \begin{cases} \max\limits_{i=1,2,\dots,m} \tilde{H}_s^{ij} & \text{برای معیار منفعت} \\ \min\limits_{i=1,2,\dots,m} \tilde{H}_s^{ij} & \text{برای معیار هزینه} \end{cases} \quad (۷)$$

$$\tilde{H}^{j-} = \begin{cases} \min\limits_{i=1,2,\dots,m} \tilde{H}_s^{ij} & \text{برای معیار منفعت} \\ \max\limits_{i=1,2,\dots,m} \tilde{H}_s^{ij} & \text{برای معیار هزینه} \end{cases} \quad (۸)$$

مطلوبیت گروهی و تاسف فردی را بر اساس اندازه فاصله ها به صورت زیر محاسبه می‌کنیم

$$\tilde{R}_i = \max\left(w_j \frac{d_{hd}\left(\tilde{H}_s^{ij}, \tilde{H}_s^{j+}\right)}{d_{hd}\left(\tilde{H}_s^{j+}, \tilde{H}_s^{j-}\right)}\right) \quad (۹)$$

$$\tilde{S}_i = \sum_{j=1}^{n} w_j \frac{d_{hd}\left(\tilde{H}_s^{ij}, \tilde{H}_s^{j+}\right)}{d_{hd}\left(\tilde{H}_s^{j+}, \tilde{H}_s^{j-}\right)} \quad (۱۰)$$

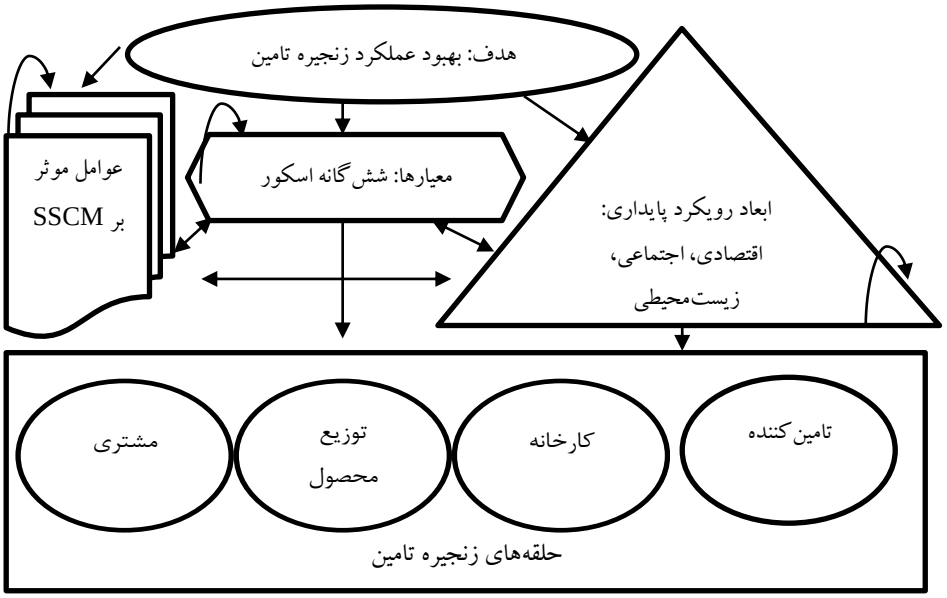
که w_j وزن معیارها و بیانگر اهمیت نسبی آنها است. با محاسبه S و R، سایر مراحل حل مساله همانند روش ویکور معمولی است. نتیجه فهرست رتبه‌بندی گزینه ها و راه حل سازشی با استفاده از رتبه مزیت است. [۲۳، ۲۴، ۲۵، ۲۶، ۲۷، ۲۸].

۵ فنون تجزیه و تحلیل اطلاعات و بحث در یافته‌ها

شبکه روابط پژوهش حاضر در قالب مدل مفهومی به شکل ۲ نمایش داده شده است. هدف این مدل بهبود عملکرد زنجیره تامین است. مطابق شکل ۲ هدف به صورت مستقیم بر ابعاد سطح اول که شامل رویکرد، عوامل و معیارها است تاثیر می‌گذارد. هرکدام از این ابعاد نیز دارای ارتباط داخلی هستند. ابعاد ذکرشده نیز بر ذینفعان که همان حلقه‌های زنجیره تامین است اثر می‌گذارند.

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-11-02]

[DOI: 10.71773/jamlu-2025-1-2022]



شکل ۲. مدل مفهومی پیشنهادی تحقیق حاضر

پرسش‌نامه اول جهت تعدیل عوامل (شاخص‌های پایداری زنجیره تامین) جمع‌آوری شده از ادبیات تحقیق در اختیار خبرگان قرار گرفته است. عوامل تعدیل‌شده بر اساس نظرات خبرگان و با استفاده از روش دلفی فازی انتخاب می‌شوند. به این منظور از متغیرهای زبانی فازی در مقیاس شش نقطه‌ای، کاملا مهم (۷،۹،۹)، خیلی مهم (۹،۷،۵)، مهم (۷،۵،۳)، اهمیت متوسط (۵،۳،۱)، اهمیت کم (۳،۱،۰) و اهمیت خیلی کم (۱،۰،۰) استفاده می‌شود. پرسش‌نامه دوم برای تعیین اوزان هر کدام از ابعاد مدل و عناصر هر بعد در اختیار خبرگان قرار گرفته است. از آنجایی که وزن‌دهی با استفاده از روش DANP در فضای اعداد فازی تردیدی بازه مقدار انجام می‌شود، مقایسه زوجی به صورت بازه‌ای در فاصله بسته صفر تا یک صورت می‌گیرد. از خبرگان مورد نظر خواسته می‌شود نظرات خود را در قالب اعداد فازی تردیدی بازه مقدار بیان نمایند. مقیاس اعداد فازی تردیدی بازه مقدار مورد استفاده در این تحقیق شامل پوچ، خیلی‌کم، کم، متوسط، زیاد و خیلی زیاد با درجات عضویت عدد فازی به ترتیب ۰ ، ۰/۲، ۰/۴، ۰/۶، ۰/۸و ۱ است. به عنوان مثال درجه عضویت [۰/۳،۰/۵] در مقایسه زوجی بین دو عنصر بیانگر تردید خبره مورد نظر بین مقادیر اهمیت خیلی کم، کم و متوسط است. پرسش‌نامه سوم جهت رتبه‌بندی حلقه‌های زنجیره تامین در اختیار خبرگان قرار گرفته است. با استفاده از تکنیک تصمیم‌گیری چند شاخصه IVHF-DANP وزن ابعاد مدل و عناصر هر بعد محاسبه و سپس حلقه‌های زنجیره تامین با استفاده از روش EHFL-VIKOR رتبه‌بندی شده است. در این تحقیق روایی پرسش‌نامه‌ها به روش قضاوتی و بر اساس نظر خبرگان و پایایی پرسش‌نامه اول با روش دلفی فازی، پرسش‌نامه دوم با روش IVHF-DANP و پرسش‌نامه سوم با روش EHFL-VIKOR مورد ارزیابی قرار گرفته است. برای محاسبات مربوط به تصمیم‌گیری‌های چند شاخصه از نرم افزار اکسل استفاده شده است. با مطالعه تحقیقات پیشین در این راستا ۶۵ عامل اقتصادی، ۵۳ عامل اجتماعی و ۸۷ عامل زیست محیطی شناسایی و استخراج گردید. جهت تعیین عواملی که بیشترین تاثیر را در بهبود عملکرد زنجیره تامین پایدار در صنعت سیمان دارند، ابتدا پرسش‌نامه اول در اختیار خبرگان قرار گرفت و پس از

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-11-02]

[DOI: 10.71773/jamlu-2025-1-2022]

نظرسنجی، میانگین نظرات خبرگان در خصوص هر یک از عوامل محاسبه شده است. در ادامه میزان اختلاف نظر هر خبره از میانگین بدست آمده محاسبه شده و همراه با پرسش‌نامه اولیه در اختیار خبرگان قرار گرفته تا در صورت لزوم نظرات خود را تعدیل نمایند. پس از نظرسنجی دوم، میانگین نظرات خبرگان دوباره محاسبه و با میانگین نظرات حاصل از نظرسنجی اول مقایسه شده است. با توجه به اینکه اختلاف مقادیر میانگین برای عوامل مورد بررسی در دو نوبت نظرسنجی کمتر از ۰/۲ شده، بنابراین فرایند دلفی فازی متوقف می‌شود و می‌توان گفت خبرگان به اجماع قابل قبولی رسیده‌اند. با توجه به مقیاس مطرح شده عواملی که در نظرسنجی دوم در محدوده خیلی مهم و کاملا مهم قرار گرفته‌اند به عنوان مناسب‌ترین عوامل انتخاب شده‌اند(ستون میانی جدول ۱). ابعاد سه‌گانه تصمیم شامل D_1 معیارها (برگرفته از مدل اسکور[۱۶])، D_2 عوامل پایداری زنجیره تامین در صنعت سیمان (برگرفته از روش دلفی فازی در این تحقیق) و D_3 ابعاد رویکرد پایداری (برگرفته از پیشینه تحقیق [۱۱])، بر گزینه‌های تصمیم تاثیر می‌گذارند. این سه بعد در مجموع شامل نوزده عنصر هستند که در جدول ۱ آمده است.

جدول ۱. ابعاد، عوامل و معیارها

رویکرد پایداری (D_3) منبع:[۱۱]	عوامل (D_2)	معیارهای مدل اسکور (D_1) منبع:[۱۶]
اقتصادی (E_{31})	بهبود و توسعه سیستم‌های یکپارچه و منسجم مالی (ارزیابی، گزارش دهی و ...) (E_{21}). مدیریت هزینه (E_{22}). مدیریت موجودی (E_{23}). ارتباط بلند مدت با تامین کنندگان (E_{24}). کنترل و تضمین کیفیت (E_{25})	قابلیت اطمینان(E_{11}) پاسخگویی (E_{12}) چابکی (E_{13}) هزینه (E_{14}) مدیریت سرمایه(E_{15}) اسکور پایدار (E_{16})
اجتماعی (E_{32})	تعهد و حمایت مدیریت ارشد (E_{26}). حفظ تعامل بلند مدت با مشتری (E_{27})	
زیست محیطی (E_{33})	بسته بندی سازگار با محیط زیست (E_{28}). مدیریت لجستیک (E_{29}). بکارگیری سیستم مدیریت زیست محیطی یکپارچه (EMS) و ایزو ۱۴۰۰۱ (E_{210})	

در مرحله دوم پرسش‌نامه دیگری جهت تعیین وزن تاثیری ابعاد و عناصر مدل به روش IVHF-DANP طراحی شده است. به این منظور، از خبرگان خواسته شد تا تاثیر عناصر بر یکدیگر را با مقایسه زوجی بر اساس مقیاس معرفی‌شده در بخش قبل معین کنند و به ترتیب گام‌های هشتگانه مطرح‌شده در بخش روش‌تحقیق محاسبات صورت گرفت. برای محاسبه مقادیر قطعی ماتریس تاثیر کلی، ابتدا تابع امتیاز نظرات خبرگان را محاسبه نموده سپس درجه انحراف نظرات خبرگان را به دست می‌آوریم و پس از آن میزان تاثیر عناصر بر یکدیگر را محاسبه می‌نماییم. به عنوان نمونه درایه ستون اول و سطر دوم ماتریس فوق که نشان‌دهنده میزان تاثیر عنصر دو بر عنصر یک است به صورت زیر محاسبه می‌شود، نظر خبرگان در مورد میزان تاثیر عنصر یک بر عنصر دو به صورت $\{[0/7، 0/5]، [0/6، 0/5]، [1، 0/8]\}$ است. ابتدا میزان تابع امتیاز را به‌دست می‌آوریم:

$$s = \frac{\left(\frac{(0/8+1)}{2}+\frac{(0/5+0/6)}{2}+\frac{(0/5+0/7)}{2}\right)}{3} = 0/6833$$ سپس میزان درجه انحراف را محاسبه می‌کنیم:

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-11-02]

[DOI: 10.71773/jamlu-2025-1-2022]

$$\sigma = \frac{\left(۱ - ۰/۸\right) + \left(۰/۶ - ۰/۵\right) + \left(۰/۷ - ۰/۵\right)}{۳} *$$

$$\sqrt{\frac{۱}{۳}\left(\left(\frac{\left(\frac{۰}{۸}+۱\right)}{۲} - ۰/۶۸۳\right)^{۲} + \left(\frac{\left(\frac{۰}{۵}+\frac{۰}{۶}\right)}{۲} - ۰/۶۸۳\right)^{۲} + \left(\frac{\left(\frac{۰}{۵}+\frac{۰}{۷}\right)}{2} - ۰/۶۸۳\right)^{۲}\right)} = ۰/۰۳۱۱$$

پس از آن میزان تاثیر عنصر دو بر عنصر یک به صورت زیر محاسبه می‌شود: $S - \sigma = ۰/۶۵۲۱$

پس از محاسبه همه مقادیر قطعی همه درایه‌های ماتریس تاثیر مستقیم تشکیل شده است. در ادامه ماتریس تاثیر مستقیم عناصر را نرمال می‌کنیم. پس از محاسبه، مقدار S=۱۲/۶۷۴ و تقسیم عناصر ماتریس تاثیر مستقیم بر عدد به دست آمده، ماتریس تاثیر مستقیم نرمال شده به دست می‌آید. سپس با استفاده از رابطه ۴ ماتریس تاثیر کلی عناصر را به دست می‌آوریم (جدول ۲).

جدول ۲. ماتریس تاثیر کلی عناصر(نمونه بلوک اول و دوم)

	E۱۱	E۱۲	E۱۳	E۱۴	E۱۵	E۱۶	E۲۱	E۲۲	E۲۳	E۲۴	E۲۵	E۲۶	E۲۷	E۲۸	E۲۹	E۲۱۰
E۱۱	۰/۱۳۷	۰/۱۷۷	۰/۱۷۵	۰/۱۷۳	۰/۱۵۹	۰/۱۲۵	۰/۱۴۱	۰/۱۸۳	۰/۱۶۰	۰/۱۶۵	۰/۱۶۲	۰/۲۰۹	۰/۱۹۲	۰/۱۰۳	۰/۱۳۲	۰/۱۳۵
E۱۲	۰/۱۸۷	۰/۱۳۱	۰/۱۷۲	۰/۱۷۴	۰/۱۶۱	۰/۱۲۹	۰/۱۴۷	۰/۱۸۵	۰/۱۶۲	۰/۱۶۷	۰/۱۶۴	۰/۲۱۳	۰/۱۹۲	۰/۱۰۶	۰/۱۳۳	۰/۱۳۶
E۱۳	۰/۱۹۴	۰/۱۸۴	۰/۱۲۷	۰/۱۷۷	۰/۱۶۳	۰/۱۳۳	۰/۱۵۱	۰/۱۸۷	۰/۱۷۰	۰/۱۶۷	۰/۱۶۶	۰/۲۲۰	۰/۱۹۰	۰/۱۱۰	۰/۱۳۵	۰/۱۳۸
E۱۴	۰/۱۸۱	۰/۱۶۷	۰/۱۶۵	۰/۱۲۸	۰/۱۵۹	۰/۱۲۷	۰/۱۴۵	۰/۱۸۰	۰/۱۶۶	۰/۱۶۳	۰/۱۶۲	۰/۲۰۸	۰/۱۸۹	۰/۱۱۷	۰/۱۳۲	۰/۱۳۵
E۱۵	۰/۱۷۹	۰/۱۶۹	۰/۱۶۳	۰/۱۷۴	۰/۱۲۱	۰/۱۲۷	۰/۱۴۷	۰/۱۸۵	۰/۱۶۷	۰/۱۶۳	۰/۱۶۰	۰/۲۰۹	۰/۱۸۵	۰/۱۰۷	۰/۱۲۹	۰/۱۳۴
E۱۶	۰/۱۹۸	۰/۱۹۶	۰/۱۸۷	۰/۱۹۵	۰/۱۸۴	۰/۱۱۰	۰/۱۶۲	۰/۲۱۱	۰/۱۸۰	۰/۱۸۲	۰/۱۸۶	۰/۲۳۵	۰/۲۰۹	۰/۱۲۸	۰/۱۵۵	۰/۱۵۸

در ادامه کار ماتریس تاثیر کلی ابعاد را با استفاده از ماتریس تاثیر کلی عناصر محاسبه می‌نماییم(جدول ۳). هر کدام از درایه‌های این ماتریس برابر است با میانگین همه عناصر زیر ماتریس مربوط به آن درایه در ماتریس تاثیر کلی معیارها.

جدول ۳. ماتریس تاثیر کلی ابعاد

	D۱	D۲	D۳
D۱	۰/۱۶۱	۰/۱۶۴	۰/۱۵۴
D۲	۰/۱۶۵	۰/۱۵۶	۰/۱۵۳
D۳	۰/۱۶۷	۰/۱۶۵	۰/۱۴۳

سپس عناصر زیر ماتریس مذکور را به صورت سطری جمع و میانگین کل عناصر را به دست می‌آوریم. میزان تاثیر و تاثر ابعاد و عناصر مدل نیز مطابق جدول ۴ است.

در ادامه نمودار روابط علی و معلولی مدل (نقشه شبکه روابط بین عوامل) در شکل ۳ آمده است. نمودار میانی روابط میان ابعاد مدل را بیان می‌کند. بر این اساس بعد رویکردها($D_۳$)، که R-C مثبت شده است، عِلّی و اَبعاد دیگر معلول هستند. بعد معیارها($D_۱$) و عوامل($D_۲$) دارای ارتباط متقابل بوده و همزمان بر رویکردها($D_۳$) اثرگذارند(R+C در هر سه مثبت است). نمودار میانی دیگر، روابط ساختاری ابعاد پایداری را نشان می‌دهد. در

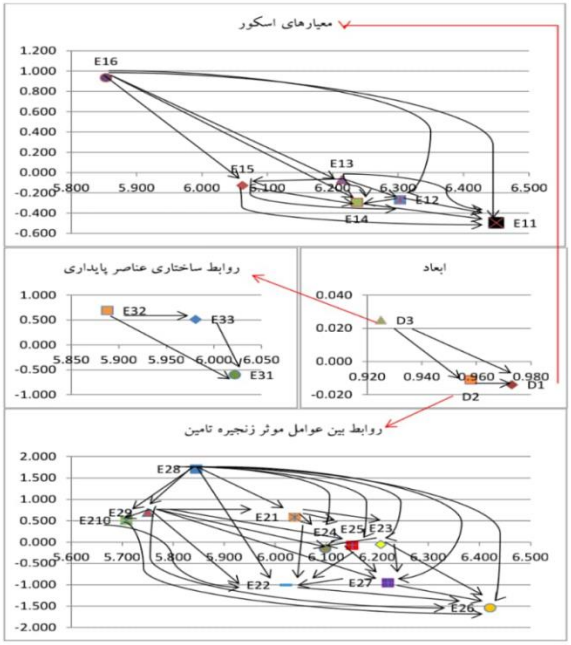
[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-11-02]

[DOI: 10.71773/jamlu-2025-1-2022]

بعد اقتصادی($E_{۳۱}$) بر دیگر ابعاد اثرگذار است اما در عین حال چون R-C منفی است معلول دو عنصر عِلّی (ابعاد اجتماعی($E_{۳۲}$) و زیست محیطی ($E_{۳۳}$)) است. همچنین نمودار فوقاتی روابط میان معیارها است.

جدول ٤. میزان تاثیر و تاثر ابعاد و عناصر مدل پیشنهادی

ابعاد	Row	Column	R+C	R-C	عناصر	Row	Column	R+C	R-C
D۱	۰/۴۷۹	۰/۴۹۴	۰/۹۷۳	-۰/۰۱۴	E۱۱	۲/۹۷۸	۳/۴۷۳	۶/۴۵۰	-۰/۴۹۵
					E۱۲	۳/۰۱۷	۳/۲۸۶	۶/۳۰۳	-۰/۲۶۹
					E۱۳	۳/۰۷۲	۳/۱۴۲	۶/۲۱۴	-۰/۰۷۰
					E۱۴	۲/۹۷۲	۳/۲۶۵	۶/۲۳۷	-۰/۲۹۳
					E۱۵	۲/۹۶۷	۳/۰۹۵	۶/۰۶۲	-۰/۱۲۸
					E۱۶	۳/۳۹۴	۲/۴۵۹	۵/۸۵۳	۰/۹۳۵
D۲	۰/۴۷۴	۰/۴۸۵	۰/۹۵۸	-۰/۰۱۱	E۲۱	۳/۳۱۲	۲/۷۲۷	۶/۰۳۸	۰/۵۸۵
					E۲۲	۲/۵۰۷	۳/۵۱۴	۶/۰۲۱	-۱/۰۰۶
					E۲۳	۳/۰۷۶	۳/۱۳۱	۶/۲۰۷	-۰/۰۵۵
					E۲۴	۲/۹۷۱	۳/۱۲۷	۶/۰۹۸	-۰/۱۵۶
					E۲۵	۳/۰۳۸	۳/۱۱۲	۶/۱۵۱	-۰/۰۷۴
					E۲۶	۲/۴۴۱	۳/۹۸۰	۶/۴۲۱	-۱/۵۳۹
					E۲۷	۲/۶۳۴	۳/۵۸۷	۶/۲۲۱	-۰/۹۵۳
					E۲۸	۳/۷۷۶	۲/۰۶۹	۵/۸۴۵	۱/۷۰۷
					E۲۹	۳/۲۲۴	۲/۵۲۶	۵/۷۵۰	۰/۶۹۷
					E۲۱۰	۳/۱۱۰	۲/۵۹۸	۵/۷۰۸	۰/۵۱۲
D۳	۰/۴۷۵	۰/۴۵۰	۰/۹۲۵	۰/۰۲۵	E۳۱	۲/۷۱۰	۳/۳۱۱	۶/۰۲۲	-۰.۶۰۱
					E۳۲	۳/۲۹۰	۲/۵۹۸	۵/۸۸۸	۰/۶۹۲
					E۳۳	۳/۲۴۶	۲/۷۳۶	۵/۹۸۱	۰/۵۱۰



شکل ۳. نمودار (نقشه شبکه) روابط علی و معلولی (بردار افقی R-C و بردار عمودی R+C است)

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-11-02]

[DOI: 10.71773/jamlu-2025-1-2022]

بر اساس جدول ۴ و شکل ۳، دربعد معیارها، قابلیت اطمینان(E_{11}) با پاسخ‌گویی(E_{12})، چابکی(E_{13}) و هزینه(E_{14}) و همچنین پاسخ‌گویی و چابکی با مدیریت سرمایه دارای ارتباط متقابل هستند. علاوه بر آن، اسکور پایدار دارای بیشترین میزان استقلال است. در نمودار پایینی روابط میان عوامل پایدار زنجیره تامین است. در بعد عوامل، بهبود و توسعه سیستم‌های یکپارچه و منسجم مالی(E_{21})، بسته‌بندی سازگار با محیط زیست(E_{28})، مدیریت لجستیک(E_{29})، و بکارگیری سیستم مدیریت زیست محیطی یکپارچه(EMS) و ایزو ۱۴۰۰۱(E_{210})، از عوامل اَثرگذار(R-C مثبت است) و سایر موارد در بعد دوم اثرپذیرند است. مدیریت موجودی(E_{23})، ارتباط بلندمدت با تامین‌کنندگان (E_{24}) و کنترل و تضمین کیفیت (E_{25}) با یکدیگر ارتباط متقابل دارند.

حال با ترکیب روش دیمتل و ANP به محاسبه اوزان ابعاد و عناصر مدل می‌پردازیم. برای این منظور ابتدا ماتریس تاثیر کلی عناصر را نرمال‌سازی می‌کنیم. برای نرمال‌سازی این ماتریس هر درایه را بر مجموع سطری درایه‌ها در بلوک مربوط به آن درایه تقسیم می‌کنیم. با محاسبه ترانهاده ماتریس تاثیر کلی نرمال شده، سوپر ماتریس ناموزون و سپس ماتریس تاثیر کلی نرمال شده ابعاد را با تقسیم هر کدام از درایه های ماتریس تاثیر کلی ابعاد (جدول ۳) بر مجموع سطری درایه ها به دست می‌آوریم (جدول ۵).

جدول ۵. ماتریس تاثیر نرمال‌شده ابعاد

	D_1	D_2	D_3
D_1	۰/۳۳۷	۰/۳۴۱	۰/۳۲۲
D_2	۰/۳۴۸	۰/۳۳۰	۰/۳۲۲
D_3	۰/۳۵۲	۰/۳۴۷	۰/۳۰۱

در نهایت با ضرب عناصر هر بعد ماتریس تاثیر کلی در عدد متناظر آن در ماتریس تاثیر نرمال‌شده ابعاد، سوپر ماتریس موزون مساله را به‌دست می‌آوریم (جدول ۶).

جدول ٦. سوپر ماتریس موزون (نمونه بلوک اول)

	E۱۱	E۱۲	E۱۳	E۱۴	E۱۵	E۱۶
E۱۱	۰/۰۴۹	۰/۰۶۶	۰/۰۶۷	۰/۰۶۶	۰/۰۶۴	۰/۰۶۲
E۱۲	۰/۰۶۳	۰/۰۴۶	۰/۰۶۳	۰/۰۶۱	۰/۰۶۱	۰/۰۶۲
E۱۳	۰/۰۶۲	۰/۰۶۱	۰/۰۴۴	۰/۰۶	۰/۰۵۹	۰/۰۵۹
E۱۴	۰/۰۶۱	۰/۰۶۲	۰/۰۶۱	۰/۰۴۶	۰/۰۶۳	۰/۰۶۱
E۱۵	۰/۰۵۷	۰/۰۵۷	۰/۰۵۶	۰/۰۵۸	۰/۰۴۴	۰/۰۵۸
E۱۶	۰/۰۴۵	۰/۰۴۵	۰/۰۴۶	۰/۰۴۶	۰/۰۴۶	۰/۰۳۵

سپس با به توان رساندن سوپر ماتریس و رسیدن به همگرایی در توان ۴ مقدار وزن هر کدام از عناصر محاسبه‌شده است تا جدول ۷ استخراج گردد.

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-11-02]

[DOI: 10.71773/jamlu-2025-1-2022]

جدول ۷. وزن محلی (Local) و وزن نهایی (Global) ابعاد و عناصر مدل

ابعاد/ عناصر	وزن محلی	اولویت	وزن نهایی	اولویت
معیارهای مدل اسکور (D_1)	۰/۳۴۶	۱		
قابلیت اطمینان (E_{11})	۰/۲۴۲	۱	۰/۰۲۴۶	۴
پاسخگویی (E_{12})	۰/۱۹۳	۲	۰/۰۱۹۶	۵
چابکی (E_{13})	۰/۱۶۲	۴	۰/۰۱۶۴	۷
هزینه (E_{14})	۰/۱۸۸	۳	۰/۰۱۹۱	۶
مدیریت سرمایه(E_{15})	۰/۱۵۳	۵	۰/۰۱۵۵	۸
اسکور پایدار (E_{16})	۰/۰۶۱	۶	۰/۰۰۶۱	۹
عوامل انتخاب شده توسط خبرگان (D_2)	۰/۳۳۹	۲		
بهبود و توسعه سیستم‌های یکپارچه و منسجم مالی (ارزیابی، گزارش‌دهی و ...) (E_{21})	۰/۰۵۵	۷	۰/۰۰۱۳	۱۶
مدیریت هزینه (E_{22})	۰/۱۴۸	۳	۰/۰۰۳۵	۱۲
مدیریت موجودی (E_{23})	۰/۰۹۵	۴	۰/۰۰۲۳	۱۳
ارتباط بلندمدت با تامین‌کنندگان ($E_{2\ 4}$)	۰/۰۹۴	۵	۰/۰۰۲۲۸	۱۴
کنترل و تضمین کیفیت (E_{25})	۰/۰۹۳	۶	۰/۰۰۲۲۴	۱۵
تعهد و حمایت مدیریت ارشد (E_{26})	۰/۲۴۶	۱	۰/۰۰۵۹	۱۰
حفظ تعامل بلند مدت با مشتری (E_{27})	۰/۱۶۳	۲	۰/۰۰۳۹	۱۱
بسته‌بندی سازگار با محیط زیست (E_{28})	۰/۰۱۸	۱۰	۰/۰۰۰۴	۱۹
مدیریت لجستیک (E_{29})	۰/۰۴۰	۹	۰/۰۰۰۹	۱۸
بکارگیری سیستم مدیریت زیست محیطی یکپارچه و ایزو ۱۴۰۰۱ (E_{210})	۰/۰۴۵	۸	۰/۰۰۱۰	۱۷
ابعاد رویکرد پایداری (D_3)	۰/۳۱۵	۳		
اقتصادی (E_{31})	۰/۵۳۴	۱	۰/۴۶۶۸	۱
اجتماعی (E_{32})	۰/۲۱۲	۳	۰/۱۸۶۰	۳
زیست محیطی (E_{33})	۰/۲۵۳	۲	۰/۲۲۱۱	۲

با توجه به نتایج حاصل از روش IVHF-DANP، گزینه‌های تصمیم با استفاده از روش EHFL-VIKOR مورد ارزیابی قرار می‌گیرند تا به این وسیله اولویت منافع هر کدام از حلقه‌های زنجیره تامین (A_1 تامین‌کننده، A_2 کارخانه، A_3 توزیع‌کننده و A_4 مشتری) مشخص شود. به این منظور خبرگان مورد نظر در دو گروه سه نفره دسته‌بندی شدند که گروه اول شامل خبرگان دانشگاهی و مدیران است. مجموعه زبانی مورد استفاده توسط خبرگان از بی‌تاثیر= S_{-4} تا تاثیر بینهایت = S_4است. پس از نظرسنجی از خبرگان و جمع‌آوری اطلاعات به شکل عبارات زبانی و سپس تبدیل آنها به مجموعه‌های EHFLT جدول ۸ تشکیل می‌شود.

جدول ۸. نمونه ماتریس تصمیم مساله

	E۱۱	E۱۲	E۱۳	E۱٤	E۱۵	E۱٦
A_1	{S,S2,S3}	{S0,S2,S3}	{S-1,S0,S2}	{S2,S3}	{S-2,S-1,S0}	{S-3,S-2,S-1}
	{S-1,S1,S2}	{S-1,S0,S1,S2}	{S-1,S0,S1}	{S0,S2,S3}	{S-2,S0,S1}	{S0,S1}
A_2	{S1,S2}	{S1,S2}	{S0,S1,S2}	{S0,S1,S3}	{S-2,S0,S1}	{S-3,S0,S3}
	{S-1,S2}	{S-1,S2}	{S0,S1,S2}	{S1,S3}	{S1,S2}	{S0,S1,S2}
A_3	{S0,S1}	{S1,S2}	{S-2,S0,S2}	{S0,S1,S2}	{S-2,S-1}	{S-2,S-1,S1}
	{S-2,S2,S3}	{S0,S2}	{S-2,S2}	{S-1,S0,S3}	{S-1,S1}	{S-2,S0}
A_4	{S1,S2,S3}	{S2,S3}	{S1,S2}	{S0,S2,S3}	{S0,S1,S3}	{S-2,S-1,S1}
	{S0,S3}	{S1,S2,S3}	{S0,S2}	{S0,S3}	{S1,S2}	{S0,S1}

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-11-02]

[DOI: 10.71773/jamlu-2025-1-2022]

در ادامه مراحل حل مساله مطابق الگوریتم معرفی شده ارایه می‌شود. مرحله اول: بهترین مقدار A^+ و بدترین مقدار A^- مساله به صورت جدول ۹ به‌دست می‌آید.

جدول۹. نمونه بهترین مقدار A^+ و بدترین مقدار A^-

	E۱۱	E۱۲	E۱۳	E۱۴	E۱۵	E۱۶
A^+	{S1,S2,S3}	{S2,S3}	{S0,S1,S2}	{S0,S1,S2}	{S0,S1,S3}	{S-3,S0,S3}
	{S0,S3}	{S1,S2,S3}	{S0,S1,S2}	{S-1,S0,S3}	{S1,S2}	{S0,S1,S2}
A^-	{S1,S2}	{S1,S2}	{S-2,S0,S2}	{S2,S3}	{S-2,S-1,S0}	{S-3,S-2,S-1}
	{S-1,S2}	{S-1,S2}	{S-2,S2}	{S0,S2,S3}	{S-2,S0,S1}	{S0,S1}

مرحله دوم: مقادیر $\tilde{S}_i$ ، $\tilde{R}_i$ و $\tilde{Q}_i$ برای هر کدام از گزینه‌های تصمیم محاسبه می‌شود. با توجه به جدول فوق مقدار فاصله همینگ هر کدام از عناصر گزینه‌های ماتریس تصمیم مسئله با مقادیر A^+ پس از محاسبه، در سطور A1، A2، A3 و A4 در جدول ۱۰ نشان داده شده است. به عنوان مثال مقدار فاصله همینگ گزینه اول (A1) عنصر اول (E11) این گونه محاسبه شده است:

$$d_{hd}\left(\tilde{A}_s^{ij},\tilde{A}_s^{j+}\right)=\frac{۱}{۲*۴}\left(\left(\frac{|۱-۱|}{۹}\right)+\left(\frac{|۲-۲|}{۹}\right)+\left(\frac{|۳-۳|}{۹}\right)+\left(\frac{|۳-۳|}{۹}\right)\right)+$$

$$\frac{۱}{۲*۴}\left(\left(\frac{|-۱-۰|}{۹}\right)+\left(\frac{|۱-۳|}{۹}\right)+\left(\frac{|۲-۳|}{۹}\right)+\left(\frac{|۲-۳|}{۹}\right)\right)=۰/۰۶۹۴۴$$

و همچنین فاصله مقادیر A^+ با A^- پس از محاسبه، در سطر A-A و اوزان عناصر مدل (سطر w) در جدول ۱۰ نشان داده شده است. به عنوان نمونه مقدار $d_{hd}\left(\tilde{A}^+,\tilde{A}^-\right)$ در عنصر اول سطر A-A برابر ۰/۰۸۳ است.

مقادیر $\tilde{S}_i$، $\tilde{R}_i$ و $\tilde{Q}_i$ برای هر کدام از گزینه‌های تصمیم محاسبه شده است (جدول ۱۱). v وزن استراتژی اهمیت معیارها و در اینجا ۰/۵ است.

مرحله سوم: در این مرحله دو شرط مزیت قابل قبول و پایداری قابل قبول را ارزیابی می‌کنیم. الف) مزیت قابل قبول: این شرط را با استفاده از رابطه $Q(a")-Q(a')\geq DQ$ برای دو مقدار حداقل $\tilde{Q}$ بررسی می‌ک $\frac{۱}{۴-۱}$ ≱ ۱/۱۹۸–۱/۰۴۳ مقدار به دست آمده ۰/۱۵۵ ≱۰/۳۳۳ نشان می‌دهد که شرط مزیت قابل قبول برقرار نشده است. ب) پایداری قابل قبول: این شرط هنگامی صادق است که بهترین گزینه بر حسب $\tilde{Q}$ حداقل بر حسب یکی از موارد $\tilde{S}$ و $\tilde{R}$ نیز بهترین گزینه باشد. با توجه به مقادیر نشان داده شده در جدول ۱۲ شرط مورد نظر برقرار است. از آنجا که یکی از دو شرط مورد بررسی برقرار نشده است، بر اساس راه حل سازشی: اگر شرط اول برقرار نباشد و فقط شرط دوم برقرار باشد آنگاه از بین گزینه‌های $a', a", \ldots, a^{(n)}$ گزینه‌هایی انتخاب می‌شوندکه رابطه زیر صادق باشند: $Q(a^{(n)})-Q(a')<\frac{۱}{(m-۱)}$ بر این اساس:

۱/۰۴۳–۱/۰۴۳=۰ ⟹ ۰<۰/۳۳۳

۱/۱۹۸ –۱/۰۴۳=۰/۱۵۵ ⟹ ۰/۱۵۵<۰/۳۳۳

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-11-02]

[DOI: 10.71773/jamlu-2025-1-2022]

۱/۵۵۶ − ۱/۰۴۳=۰/۵۱۳ ⟶ ۰/۵۱۳≮۰/۳۳۳

۱/۹۴۱ − ۱/۰۴۳ = ۰/۸۹۸ ⟶ ۰/۸۹۸ ≮۰/۳۳۳

بهترین گزینه انتخابی باید دارای کمترین مقدار Q باشد. نتیجه فهرست رتبه‌بندی گزینه‌ها و راه‌حل سازشی با استفاده از رتبه مزیت است. بنابراین مطابق جدول ۱۱ گزینه چهار رتبه اول و گزینه دو رتبه دوم را نشان می‌دهد. با رتبه‌بندی انجام‌شده، جهت تشکیل زنجیره تامین پایدار و نگاه یکپارچه نسبت به آن، حلقه منافع مشتری نسبت به سایر ذینفعان ارجحیت بیشتری دارد و حلقه منافع داخلی(کارخانه) در اولویت بعدی است.

جدول ۱۰. فاصله همینگ عناصر و محاسبه $\tilde{S}_i$

	E۱۱	E۱۲	E۱۳	E۱۴	E۱۵	E۱۶	E۲۱	E۲۲	E۲۳	E۲۴
A۱	۰/۰۶۹	۰/۱۳۹	۰/۰۸۳	۰/۱۲۵	۰/۲۳۶	۰/۱۶۷	۰/۲۳۶	۰	۰/۰۲۸	۰
A۲	۰/۰۸۳	۰/۱۱۱	۰	۰/۰۹۷	۰/۰۹۷	۰	۰/۱۲۵	۰/۰۹۷	۰/۰۲۸	۰/۳۳۳
A۳	۰/۱۲۵	۰/۰۹۷	۰/۰۸۳	۰	۰/۲۳۶	۰/۱۸۱	۰/۲۶۴	۰/۱۶۷	۰/۱۳۹	۰/۴۰۳
A۴	۰	۰	۰/۰۴۲	۰/۰۹۷	۰	۰/۱۱۱	۰	۰/۰۲۸	۰	۰/۱۲۵
A-A	۰/۰۸۳	۰/۱۱۱	۰/۰۸۳	۰/۱۲۵	۰/۲۳۶	۰/۱۶۷	۰/۲۶۴	۰/۱۶۷	۰/۱۳۹	۰/۴۰۳
W	۰/۰۲۵	۰/۰۲۰	۰/۰۱۶	۰/۰۱۹	۰/۰۱۶	۰/۰۰۶	۰/۰۰۱	۰/۰۰۴	۰/۰۰۲	۰/۰۰۲
S۱	۰/۰۲۱	۰/۰۲۵	۰/۰۱۶	۰/۰۱۹	۰/۰۱۶	۰/۰۰۶	۰/۰۰۱	۰	۰	۰
S۲	۰/۰۲۵	۰/۰۲	۰	۰/۰۱۵	۰/۰۰۶	۰	۰/۰۰۱	۰/۰۰۲	۰	۰/۰۰۲
S۳	۰/۰۳۷	۰/۰۱۷	۰/۰۱۶	۰	۰/۰۱۶	۰/۰۰۷	۰/۰۰۱	۰/۰۰۴	۰/۰۰۲	۰/۰۰۲
S۴	۰	۰	۰/۰۰۸	۰/۰۱۵	۰	۰/۰۰۴	۰	۰/۰۰۱	۰	۰/۰۰۱

	E۲۵	E۲۶	E۲۷	E۲۸	E۲۹	E۲۱۰	E۳۱	E۳۲	E۳۳	
A۱	۰/۱۳۹	۰/۱۸۱	۰/۲۳۶	۰/۲۷۸	۰/۰۹۷	۰/۱۳۹	۰/۰۴۲	۰/۲۵	۰/۱۶۷	
A۲	۰/۰۶۹	۰	۰/۱۵۳	۰/۲۵	۰/۱۲۵	۰/۰۴۲	۰/۰۸۳	۰/۱۱۱	۰/۰۶۹	
A۳	۰/۲۵	۰/۱۸۱	۰	۰/۱۳۹	۰/۰۸۳	۰/۲۵	۰/۱۳۹	۰/۲۵	۰/۲۲۲	
A۴	۰	۰/۰۲۸	۰/۰۵۶	۰	۰/۱۶۷	۰	۰	۰	۰	
A-A	۰/۲۵	۰/۱۸۱	۰/۲۳۶	۰/۲۷۸	۰/۲۳۶	۰/۲۵	۰/۱۳۹	۰/۲۵	۰/۲۲۲	
W	۰/۰۰۲	۰/۰۰۶	۰/۰۰۴	۰	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۴۶۷	۰/۱۸۶	۰/۲۲۱	SUM
S۱	۰/۰۰۱	۰/۰۰۶	۰/۰۰۴	۰	۰	۰/۰۰۱	۰/۱۴۰	۰/۱۸۶	۰/۱۶۶	۰/۶۰۹
S۲	۰/۰۰۱	۰	۰/۰۰۳	۰	۰/۰۰۱	۰	۰/۲۸۰	۰/۰۸۳	۰/۰۶۹	۰/۵۰۷
S۳	۰/۰۰۲	۰/۰۰۶	۰	۰	۰	۰/۰۰۱	۰/۴۶۷	۰/۱۸۶	۰/۲۲۱	۰/۹۸۶
S۴	۰	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۰	۰/۰۰۱	۰	۰	۰	۰	۰/۰۳۱

جدول ۱۱. مقادیر محاسبه شده $\tilde{S}_i$ ، $\tilde{R}_i$ و $\tilde{Q}_i$ و رتبه‌بندی گزینه‌ها

	S	رتبه	R	رتبه	Q	رتبه
A۱	۰/۶۰۹	۳	۰/۱۸۶	۲	۱/۹۴۱	۴
A۲	۰/۵۰۷	۲	۰/۲۸	۳	۱/۱۹۸	۲
A۳	۰/۹۸۶	۴	۰/۴۶۷	۴	۱/۵۵۶	۳
A۴	۰/۰۳۱	۱	۰/۰۱۵	۱	۱/۰۴۳	۱

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-11-02]

[DOI: 10.71773/jamlu-2025-1-2022]

٦ نتیجه‌گیری و پیشنهادات

مدیریت زنجیره تامین در صنعت سیمان با هدف بهبود مستمر عملکرد حلقه‌های تشکیل‌دهنده آن زنجیره، در پی تحقق اهداف آن صنعت است. با توجه به موانع و مشکلات متعدد اقتصادی، اجتماعی و زیست محیطی موجود در کشور که بر این صنعت اثر گذاشته و موجب ناپایداری در مدیریت بهینه زنجیره تامین آن شده است، در این تحقیق تلاش‌شده تا ضمن شناسایی عوامل موثر بر پایداری زنجیره تامین با استفاده از جدیدترین نسخه مدل اسکور، پیشینه تحقیق و نظر خبرگان به روش دلفی فازی برای ارایه راه‌کارهای مناسب جهت پایداری زنجیره تامین و در ادامه با تحلیل روابط، اثرگذاری و اثرپذیری‌ها و تعیین وزن و اولویت‌بندی عوامل اثرگذار در پایداری زنجیره تامین به روش IVHF-DANP به منظور اولویت‌بندی راه‌کارها، نسبت به تعیین ارجحیت حلقه‌های مدیریت زنجیره تامین پایدار با استفاده از روش EHFL-VIKOR در صنعت سیمان برای هدایت کانون تمرکز مدیران آن صنعت با هدف بهبود عملکرد زنجیره تامین، اقدام گردد. در نتیجه علاوه بر شش معیار مدل اسکور و سه بعد رویکرد پایداری، ده عامل دیگر نیز توسط خبرگان و در مجموع وزن نوزده عامل تعیین گردید که بر اساس یافته‌های روش IVHF-DANP از میان عناصر مدل پیشنهادی بعد اقتصادی دارای بیشترین وزن است و پس از آن زیست محیطی، اجتماعی، قابلیت اطمینان و پاسخ‌گویی در رده‌های دوم تا پنجم قرار دارند و موجب هدایت سیستم برای موفقیت در پایداری زنجیره تامین می‌شوند و از آنجا که رویکرد پایداری به عنوان اثرگذارترین بعد شناسایی شده، مدیران با تمرکز بر عناصر آن می‌توانند برای پایدارتر شدن زنجیره تامین تصمیم‌گیری کنند. روابط ساختاری ابعاد پایداری نشان می‌دهد، بعد اقتصادی بر دیگر ابعاد اثرگذار است اما در عین حال معلول دو عنصر علی (ابعاد اجتماعی و زیست محیطی) است و با نتایج وزن‌دهی هم‌راستا است و ابن هم‌سویی نتایج از مزایای روش ترکیبی DANP است. این نتیجه نشان می‌دهد که در تصمیم‌گیری، اولویت اول برای مدیریت مسایل اقتصادی است و باید برای حل آن کوشش کرد. در نهایت با استفاده از روش EHFL-VIKOR مشخص گردید حلقه منافع مشتری و پس از آن حلقه کارخانه دارای بیشترین ارجحیت شده‌اند و می‌توان گفت که مشتری در مرکز توجه مدیریت زنجیره تامین شرکت مورد مطالعه قرار دارد و پیشنهاد می‌گردد با تمرکز بر نظر و نیاز مشتری و تاکید بر ابعاد پایداری به ویژه بعد اقتصادی برای ایجاد زنجیره تامین پایدار برنامه ریزی و اقدام شود. در پژوهش های آتی، با استفاده از نتایج این تحقیق می‌توان نسبت به ساخت مدل‌های یکپارچه زنجیره تامین پایدار اقدام نمود. از آنجا که حجم بالا و در مواردی اندازه بزرگ داده‌ها محدودیت محاسباتی ایجاد کرده است، پیشنهاد می‌گردد از مجموعه‌های فازی با شکل‌های توسعه‌یافته دیگر مانند مجموعه‌های فازی شهودی، مجموعه‌های فازی نوع دو و چند مجموعه‌ای فازی استفاده نمود. علاوه بر آن، با توسعه روش ویکور استفاده از روش‌های WASPAS یا Mairca پیشنهاد می‌گردد.

منابع

[1] Muhammad Amad Saeed, Wolfgang Kersten, (2019), Drivers of Sustainable Supply Chain Management: Identification and Classification, Sustainability, 11, 1137; doi: 10.3390/su11041137.

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-11-02]

[DOI: 10.71773/jamlu-2025-1-2022]

[2] Saeed, M.A., Waseek, I.; Kersten, W.(2017), Literature review of drivers of sustainable supply chain management In Digitalization in Maritime and Sustainable Logistics: City Logistics, Port Logistics and Sustainable Supply Chain Management in the Digital Age; Jahn, C., Kersten,W., Ringle, C.M., Eds.; Epubli GmbH: Berlin, Germany,;pp. 137–159.
[3] Divsalar, Mehdi, Safaei Qadikolaei, Abdolhamid, Madhoshi, Mehrdad, (**2017**), development of DANP decision making method based on fuzzy sets of question quantity interval, new research in decision making, No. 3.
[4] Seuring, S., & Müller, M. (2008). Core issues in sustainable supply chain management–a Delphi study. Business strategy and the environment, 17(8), 455-466.
[5] Fallah, Alireza, Karimi Taher, Rasool, Shayesteh Tabbakh, Gholamreza, (2019), Developing a Model of Supply Chain Integration for Medical Equipment (Case of a Hospital in Tehran), Health Research Journal; Volume 4, Issue 4, pages 211-219.
[6] Hoi-Lam Ma, Wang, Z.X., Felix, T.S. Chan, (2020), How important are supply chain collaborative factors in supply chain finance? , International Journal of Production Economics 219, 341–346. https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2019.07.002
[7] Koberg, Esteban, Longoni, Annachiara, (2019), A systematic review of sustainable supply chain management in global supply chains, Journal of Cleaner Production 207 - 1084e1098
[8] Mariouli, Oussama El, Abouabdellah, Abdellah, (2019), A New Model of Supplier's Selection for Sustainable Supply Chain Management, ASTESJ ISSN: 2415-6698, Vol. 4, No. 2, 251-259, www.astesj.com, DOI: 10.25046/aj040233.
[9] Zmathivathanan, D., Kannan, D., & Haq, A. N. (2017). Sustainable supply chain management practices in Indian automotive industry: A multi-stakeholder view. Resources Conservation and Recycling.
[10] Brandenburg, M., Govindan, K., Sarkis, J., Seuring, S., (2014), Quantitative models for sustainable supply chain management: developments and directions, European Journal of Operational Research , DOI: 10.1016/j.ejor.2013.09.032, 22-28.
[11] Sarkis, J., (2019), Handbook on the sustainable supply chain, Edward Elgar Pub USA, 44-147. DOI 10.4337/9781786434272.
[12] Chithambaranathan, P., Subramanian, N., & Palaniappan, P. K. (2015). An innovative framework for performance analysis of members of supply chains. Benchmarking, An International journal, 22(2), 309-334.
[13] Chandra, C., & Grabis, J. (2016). Supply chain configuration. Springer.
[14] Grant, Mitchell, (2019), Sustainability, https://www.investopedia.com/terms/s/sustainability.asp
[15] Ntabe, E. N., LeBel, L., Munson, A. D., & Santa- Eulalia, L. A. (2015), A systematic literature review of the supply chain operations reference (SCOR) model application with special attention to environmental issues. International Journal of Production Economics, 169, 310-332.
[16] APICS, (2017), Supply Chain Operations Reference Model (SCOR) Version 12.0. www.apics.org/scor. Supply Chain Council, www.supply-chain.org SCOR® is a registered trademark of Supply Chain Council, Inc, ISBN 0-615-20259-4.
[17] Torra, V., & Narukawa, Y. (2009). On hesitant fuzzy sets and decision . In Fuzzy Systems. FUZZ-IEEE 2009. IEEE International Conference on (pp. 1378-1382).
[18] Jin, F., Ni, Z., Chen, H., Li, Y., & Zhou, L. (2016). Multiple attribute group decision making basedon interval-valued hesitant fuzzy information measures. Computers & Industrial Engineering, 101, 103-115.
[19] Wei, G., Zhao, X., & Lin, R. (2013). Some hesitant interval-valued fuzzy aggregation operators and their applications to multiple attribute decision making. Knowledge-Based Systems, 46, 43-53.
[20] Rodriguez, R. M., Martinez, L., & Herrera, F. (2012). Hesitant fuzzy linguistic term sets for decision making. Fuzzy Systems, IEEE Transactions on, 20(1), 109-119.
[21] Liao, H., & Xu, Z. (2014). Substration and division operations over hesitant fuzzy sets. Journal of Intelligent and Fuzzy Systems, 27(1), 65-72.
[22] Shen, K.-Y., & Tzeng, G.-H., (2015), A decision rule-based soft computing model for supporting financial performance improvement of the banking industry, Soft Computing, 19(4), 859-874.
[23] Safaei Ghadikolaei, Abdolhamid, Madhoshi, Mehrdad, Divsalar, Mehdi, (2018), Extension of the VIKOR method group decision making with extended hesitant fuzzy linguistic information, Neural Comput & Applic, DoI: 10.1007/s00521-017-2944-5.

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-11-02]

[DOI: 10.71773/jamlu-2025-1-2022]

[24] Zhu, G.-N., Hu, J., Qi, J., Gu, C.-C., & peng, Y.-H. (2015). An integrated AHP and VIKOR for design concept evaluation based on rough number. Advanced Engineering Informatics, 29(3), 408-418.
[25] Gul. M., Celik, E., Aydin, N., Taskin Gumus, A., & Guneri, A. F. (2016). A state of the art literature review of VIKOR and its fuzzy extensions on applications. Applied Soft Computing, 46, 60-89.
[26] Kim. Y., Park, D., Um, M.-J., & Lee, H. (2015). Prioritizing alternatives in strategic environmental assessment (SEA) using VIKOR method with random sampling for data gaps. Expert Systems with Applications, 42(22), 8550-8556.
[27] Aghajani Mir, M., Taherei Ghazvinei, p., Sulaiman, N. M. N., Basri, N. E. A., saheri, S., Mahmood, N. Z., Aghamohammadi, N. (2016). Application of TOPSIS and VIKOR improved versions in a multi criteria decision analysis to develop an optimized municipal solid waste management model. Journal of Environmental Management, 166, 109-115.
[28] Lin, C.-K., Chen, Y.-S., & Chuang, H.-M. (2016). Improving Project Risk Management by a Hybrid MCDM Model Combining DEMATEL with DANP and VIKOR Methods- An Example of Cloud CRM. In Frontier Computing (Vol. 375, pp. 1033-1040). Springer.

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-11-02]

[DOI: 10.71773/jamlu-2025-1-2022]