

علوم و تکنولوژی محیط زیست، دوره بیست و دوم، شماره هفت، مهرماه ۹۹

پیشگیری از ترویج آلودگی زیست محیطی در زنجیره تامین پایدار صنعت سیمان: رهیافت تحلیل عاملی و تصمیم گیری فازی

محمد حسین درویش متولی^۱

فرهاد حسین زاده لطفی^{۲*}

hosseinzadeh_lotfi@srbiau.ac.ir

نقی شجاع^۳

امیر غلام ابری^۳

تاریخ پذیرش: ۹۶/۱۱/۲۱

تاریخ دریافت: ۹۶/۷/۶

چکیده

زمینه و هدف: امروزه توجه به شاخص های محیط زیست پایدار، بسیار با اهمیت است و بخش قابل توجهی از مدیریت محیط زیست را به خود معطوف ساخته است. بروز آلودگی های زیست محیطی در صنایع و انتشار آن ها در طول زنجیره تامین، پایداری را تحت الشعاع خود قرار می دهد. هدف از این مقاله شناسایی شاخص های زیست محیطی موثر بر زنجیره تامین پایدار در صنعت سیمان و رتبه بندی زنجیره های این صنعت است به گونه ای که کمک کند تا از بروز و ترویج آلودگی زیست محیطی پیشگیری به عمل آید. روش بررسی: بدین منظور، از تحلیل عاملی و تکنیک تصمیم گیری ویکور فازی استفاده شده است.

یافته ها: شاخص های موثر در قالب چهار سطح پایداری، استراتژیک، فرایندی و عملیاتی شناسایی و تبیین شده اند. سپس با توجه به شاخص های تعیین شده عملکرد زیست محیطی زنجیره تامین پایدار ۴۲ کارخانه حاضر در بورس اوراق بهادار تهران رتبه بندی شدند. نتایج اجرای مدل نشان می دهد که سطح پایداری دارای بالاترین همبستگی با متغیر مکنون عملکرد زنجیره تامین پایدار بوده و این میزان همبستگی ۴۴ درصد است. وزن سطح عملیاتی ۴۰ درصد، سطح استراتژیک ۲۳ درصد و سطح فرایندی ۱۲ درصد به دست آمد. بحث و نتیجه گیری: نتایج نشان می دهد که شاخص های سطح پایداری در زنجیره تامین پایدار صنعت سیمان دارای اهمیت بالاتری در راستای جلوگیری از بروز و ترویج آلودگی زیست محیطی می باشند. و زنجیره تامین پایدار کارخانه ایلام بر مبنای شاخص های زیست محیطی رتبه اول و زنجیره تامین کارخانه باقران رتبه آخر را کسب نموده اند.

واژه های کلیدی: ترویج آلودگی محیط زیست، زنجیره تامین پایدار، شاخص های عملکرد، مدل ویکور.

۱- دانش آموخته دکتری، گروه مدیریت صنعتی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.

۲- استاد گروه ریاضی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران. * (مسوول مکاتبات)

۳- دانشیار گروه ریاضی، واحد فیروزکوه، دانشگاه آزاد اسلامی، فیروزکوه، ایران.

Preventing of Environmental Pollution in the Sustainable Supply Chain of the Cement Industry: A Factor Analysis and Fuzzy Decision Making

Mohammad Hossein Darvish Motevalli¹

Farhad Hosseinzadeh Lotfi^{2*}

hosseinzadeh_lotfi@srbiau.ac.ir

Naghi Shoj³

Amir Gholam Abri³

Admission Date: February 10, 2018

Date Received: September 28, 2017

Abstract

Background and objectives: Today, sustainable activities are essential for maintaining environmental sustainability, and have attracted a significant part of the environmental economy. The occurrence of environmental pollution in the industry and its dissemination throughout the supply chain tend to overcome sustainability. The purpose of this paper is to identify environmental indicators that affect the sustainable supply chain in the cement industry and rank the chain of the industry in such a way as to prevent the occurrence of Prevention.

Method: Method: For this purpose, factor analysis and fuzzy vikor decision making technique have been used.

Finding: Effective indicators are identified and explained in four levels of sustainability, strategic, process and operational. Then, according to the determined indicators of environmental performance of the sustainable supply chain, 42 factories listed on Tehran stock exchange ranked. The results of the implementation of the model show that the stability level has the highest correlation with the current variable supply chain performance and this correlation is 44%. Operating surface weight was 40%, the strategic level was 23% and the process level was 12%.

Discussion and Conclusion: The results show that sustainability indices in the sustainable supply chain of the cement industry are more important in preventing the occurrence of environmental Prevention. And the sustainable supply chain of the Ilam factory has been ranked in the first rank and supply chain of Bagher Factory based on environmental indicators.

Keywords: Promoting Environmental Pollution, Sustainable Supply Chain, Performance Indicators, Vikor Model.

1- Ph.D., Department of Industrial Management, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran

2- Professor, Department of Mathematical, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran. *(Correspondin Author)

3- Associate Professor, Department of Mathematical, Firoozkooh Branch, Islamic Azad University, Firoozkooh, Iran

مقدمه

هم برای جامعه انسانی شده است سازمان ها جهت حل این مشکلات به سمت استفاده از روش های نوین مدیریتی سوق یافته اند. یکی از الگو های نوین مدیریت محیط زیست، مدیریت زنجیره تامین سبز است که به عنوان یک واژه رایج علمی و مدیریتی در سال ۱۹۸۲ توسط اولیور و وبر برای توصیف یک سیستم کنترل سلسله مراتبی برای مواد، اطلاعات و جریان های مالی در یک شبکه چند بعدی بالقوه از نهادهای تصمیم گیری مستقل، معرفی شد (۶).

مدیریت پایداری به صورت فعالیت های کسب و کار راهبردی برای کمینه سازی ریسک های پایداری محیطی، اقتصادی و اجتماعی، بیشینه سازی ارزش شرکتی از جمله ارزش سهام دار در زنجیره تامین و به تبع اقتصاد محیط زیست تعریف می شود (۷، ۸). مالنکوب و همکاران (۲۰۱۱) (۹) خاطر نشان کردند که اولویت های رقابتی در زنجیره تامین پایدار^۱ اشاره به اهداف واحد های تولیدی دارد که شرکت ها را قادر به رقابت، دستیابی به قابلیت های اثبات شده برای فعالیت و تقویت مزیت رقابتی شرکت می کند. بادی زاده (۲۰۱۷) (۱۰) بیان کرد که انعطاف پذیری دینامیک در عملیات یک لازمه رقابتی برای شرکت ها در مدیریت محیط زیست و رسیدن به زنجیره تامین پایدار است. برادنبرگ (۲۰۱۴) (۱۱) خاطر نشان کردند که توسعه پایدار در مدیریت زنجیره تامین، نه تنها یک عامل محدود کننده بلکه یک رویکرد برای بهبود عملکرد است. این بر قدرت رقابتی شرکت و سازمان دهی زنجیره تامین آن اثر دارد. در منابع مربوط به مدیریت زنجیره تامین پایدار، سبز کردن زنجیره تامین موجب افزایش کارایی و هم افزایی بین شرکا و تسهیل عملکرد زیست محیطی، کاهش پسماند ها و صرفه جویی در هزینه می شود (ماتیاژگان، ۲۰۱۳) (۱۲). از این روی مدیریت زنجیره تامین پایدار مستلزم ترکیب دیدگاه های اقتصادی، زیست محیطی و اجتماعی عملیات کسب و کار است (توکه و همکاران ۲۰۱۲) (۱۳).

شالوده اقتصاد محیط زیست و پیشگیری از بروز ناهنجاری های زیست محیطی در صنایع در طول دهه ۱۹۶۰ پایه ریزی شد. منشا شروع این رویکرد جدید به زمان شروع اولین موج مدرن تفکر سبز و برداشتهای سیاسی از آن در کشورهای پیشرفته، که به محیط زیست گرای معروف است، آغاز شده است (۱). منظور از ترویج آلودگی، روند رشد، تکثیر و تهاجم آلودگی زیست محیطی در مکان های مختلف است و در این مقاله منظور آنتروپی مثبت حادث شده در زنجیره تامین پایدار صنعت سیمان به دلیل بروز خروجی های نامطلوب و به وجود آمدن شرایط بد زیست محیطی می باشد. بر همین اساس در این مقاله شاخص های مهم زنجیره تامین پایدار این صنعت شناسایی می شود و با عنایت به اهمیت و اولویت بندی آن ها می توان از بروز و ترویج آلودگی زیست محیطی جلوگیری نمود.

سه فرآیند اصلی (استخراج، فرآیندسازی یا تولید و مصرف) تماماً متضمن تولید ضایعاتی است که در نهایت به محیط زیست (هوا، آب یا زمین) بازگردانده می شوند. وجود ضایعات فراوان در محل، فرایند تولید سنتی و عدم توجه به مسایل اجتماعی در فرایند تولید و عملیات موجب بروز تغییرات بیولوژیک در محیط زیست خواهد شد، که خود باعث آسیب به حیوانات، گیاهان و اکوسیستم می شوند (۲). هدف اصلی پایداری محیط زیست ایجاد موازنه بین فعالیت های اقتصادی و اثرات زیست محیطی با در نظر گرفتن همه هزینه ها و فایده های آن ها است (۳). در ایران هم بر اساس ماده ۵۹ قانون برنامه چهارم توسعه بر ضرورت محاسبه ارزش ها و هزینه های محیط زیستی و لحاظ کردن این ارزش ها و هزینه ها در فرآیند امکان سنجی طرح های توسعه ای و صنعتی یا به عبارتی اقتصاد محیط زیست تاکید شده است (۴). فضای کسب و کار جوامع کنونی به گونه ای است که سازمان ها را مجبور ساخته تا برای بقا و توسعه پیوسته به دنبال کسب مزایای رقابتی به سمت مدیریت های جدیدی چون مدیریت زنجیره تامین روی آورند (۵). اما این فضاهای پیچیده، باعث مشکلات عدیده هم برای سازمان ها و

مقاله به دنبال آن هستیم تا با مطالعه دقیق مطالعات پیشین و بهره مندی از رویکرد تلفیقی فوق به بهبود عملکرد زنجیره تامین پایدار صنعت سیمان در کشور ایران بپردازیم و وزن شاخص‌ها و رتبه زنجیره‌های تامین کارخانه‌های فعال را بر اساس میزان فعالیت‌های آن‌ها در زنجیره تامین پایدار شناسایی کنیم.

روش تحقیق

این تحقیق از نوع هدف توصیفی-تبیینی می‌باشد و از نظر جهت‌گیری تحقیق از نوع ارزیابی (کاربردی) می‌باشد و از نظر استراتژی پیمایشی است. جامعه آماری این تحقیق ۴۲ کارخانه تولیدکننده سیمان حاضر در بورس اوراق بهادار تهران، به عنوان یک صنعت استراتژیک و کلان می‌باشد. در این تحقیق سعی شده است که با طراحی پرسش‌نامه و طراحی سوالاتی پیرامون نقاط مجهول مساله، از خبرگان (خبرگان در تحقیق کسی است که حداقل دارای سابقه ۵ ساله فعالیت در حوزه مدیریت یا کارشناس صنعت سیمان و محیط زیست بوده و مدرک تحصیلی کارشناسی و بالاتر دارد)، بخواهیم که با تکمیل صحیح پرسش‌نامه، اطلاعات لازم را در اختیار ما قرار دهد. در این تحقیق ۳ نوع پرسش‌نامه طراحی و بکارگیری شده است. در پرسش‌نامه اول از روش طرح بلوکی ناکامل متعادل استفاده شده می‌شود تا بر اساس آن به غربال‌گری شاخص‌های شناسایی شده پرداخته شود. جهت تکمیل این پرسش‌نامه از نمونه در دسترس استفاده شده است. پرسش‌نامه دوم به منظور تحلیل عاملی مولفه‌ها و شاخص‌های تجمیع شده است که در آن تعداد نمونه ۳۷۰ نفر به صورت تصادفی بر اساس جدول مورگان انتخاب شده‌اند و توزیع به گونه‌ای انجام شد که متناسب با هر کارخانه پوشش لازم را داشته باشد. در این پرسش‌نامه‌ها جهت سنجش نگرش از مقیاس ۵ گزینه‌ای لیکرت استفاده شده است. در پرسش‌نامه سوم که به منظور رتبه‌بندی کارخانه‌ها بر اساس شاخص‌های منتخب، پرسش‌نامه‌ای طراحی و توزیع شده است که بتواند به درستی مقایسات را بین کارخانه‌ها و شاخص‌ها، بر مبنای تکنیک‌های

بسیاری از مطالعات چارچوب‌های مدیریت زنجیره تامین پایدار جامع را پیشنهاد می‌کنند برای مثال، هالت (۲۰۰۹)، (۱۴) تلاش زیادی برای رسیدگی به مدیریت زنجیره تامین پایدار از جمله طراحی محصول، منبع‌یابی و انتخاب مواد، فرایند تولید، تحویل محصول نهایی به مشتری و مدیریت محصول پایان عمر بعد از عمر مفید کرده است. ماریدوس، (۲۰۱۶) (۱۵) یک چارچوب مدیریت زنجیره تامین پایدار را ارائه کرده و فرضیاتی را بر اساس نظریه وابستگی منبع، اقتصاد هزینه تراکنش، اکولوژی جمعیت و دیدگاه منبع محور شرکت برای در نظر گرفتن ابعاد کلیدی پشتیبانی که به صورت لازمه اجرای عملیات مدیریت زنجیره تامین پایدار مطرح شده است ارائه کردند.

هدف از مدیریت زنجیره تامین پایدار این است که اطمینان حاصل شود که تامین‌کنندگان با الزامات و انتظارات اجتماعی و زیست محیطی کار می‌کنند و چارچوب اقتصاد محیط زیست رعایت می‌گردد. آزادی، (۲۰۱۵) (۱۶) این کار اغلب گسترده و پیچیده و چالش برانگیز است.

نوآوری این مقاله این است که از چهار بعد به زنجیره تامین پایدار می‌پردازد و شاخص‌های مرتبط را شناسایی می‌کند و به منظور پیاده‌سازی این شاخص‌ها و سنجش اثرگذاری آن‌ها روش رتبه‌بندی ویکور فازی را پیشنهاد می‌نماید. یکی از صنایع استراتژیک کشور که هم سهم بسیار مهمی در توسعه داشته و هم در چرخه محیط زیست نقش آفرینی می‌کند، صنعت سیمان است و به همین دلیل بررسی جایگاه آن در اقتصاد محیط زیست و رتبه‌بندی زنجیره‌های تامین پایدار آن ضرورت می‌یابد. چرا که آلودگی انتشار یافته از این صنایع مهم‌ترین دلیل بروز و ترویج آلودگی خواهد بود.

هدف از این تحقیق، اولاً شناسایی شاخص‌های عملکردی موثر در زنجیره تامین پایدار صنعت سیمان است که با توجه همه جانبه به آن‌ها می‌توان تا حد زیادی از بروز و ترویج آلودگی زیست محیطی پیشگیری کرد. و ثانیاً تعیین درجه اهمیت این شاخص‌ها و رتبه‌بندی زنجیره تامین صنایع سیمان می‌باشد. برای دست‌یابی به این هدف، از رهیافت تحلیل عاملی و تکنیک تصمیم‌گیری ویکور فازی استفاده می‌شود. از این‌رو در این

مرحله هفتم: رتبه بندی زنجیره تامین پایدار کارخانه ها با استفاده از روش تصمیم گیری ویکور فازی و بر اساس شاخص های نهایی شده صورت می گیرد تا وضعیت عملکردی زنجیره های تامین صنعت سیمان در اقتصاد محیط زیست تعیین شود.

– الگوریتم روش پیشنهادی

قدم اول: شناسایی شاخص های زیست محیطی بر اساس روش های آماری و تحلیل عاملی انجام می شود.

قدم دوم: بهره گیری از منطق فازی به منظور قضاوت دقیق در راستای شناسایی وضعیت شاخص ها صورت می پذیرد. برای حل ابهامات و وارد کردن احساسات تصمیم گیران از متغیرهای زبانی استفاده می گردد. (واراسی، ۲۰۱۷) (۱۷). این متغیرها با استفاده از تئوری مجموعه فازی کمی می شوند و در محاسبات مورد استفاده قرار گیرند.

قدم سوم: شناسایی اهداف تصمیم گیری و تعیین محدوده مساله تحت بررسی (شکل ۷)

قدم چهارم: تشکیل ماتریس معیار – فرد تصمیم گیرنده ماتریس تصمیم یا همان ماتریس امتیازدهی گزینه ها بر اساس معیارها مانند ماتریس D تشکیل می شود. و هر درایه آن با x_{ij} نشان داده شده است.

$$\begin{aligned} \widetilde{x}_{ij} &= (x_{ij1}, x_{ij2}, x_{ij3}) & (1) \\ x_{ij1} &= \min\{x_{ij1}\}_k, & x_{ij3} \\ &= \max\{x_{ij3}\}_k. \end{aligned}$$

ماتریس تصمیم گیری به صورت زیر طرح ریزی می شود (لیو، ۲۰۱۳):

$$D = A_i \begin{bmatrix} A_i X_{11} & \dots & X_{1j} & \dots & X_{1n} \\ A_i X_{i1} & \dots & X_{ij} & \dots & X_{in} \\ A_i X_{m1} & \dots & X_{mj} & \dots & X_{mn} \end{bmatrix} \quad (2)$$

بنابراین برای وزن ها خواهیم داشت:

$$\begin{aligned} W_{j1} &= \min\{w_{jk1}\}, w_{j2} = \frac{1}{k} \sum_k w_{jk2}, w_{j3} = \max\{w_{jk3}\} & (3) \\ W &= (W_1, \dots, W_j \dots W_n); W_j = \alpha_1, \beta_j, \varphi_n \end{aligned}$$

تصمیم گیری انجام دهد. جهت تکمیل این پرسش نامه ها از اسناد و مدارک موجود در کارخانه ها نیز استفاده شده است.

مراحل انجام تحقیق

مرحله اول: در این تحقیق با الهام از مدل هرم عملکرد سه وجهی زنجیره تامین و توسعه آن به هرم چهار وجهی برای زنجیره تامین پایدار، شاخص های عملکردی از طریق مطالعه و بررسی مقاله ها و منابع معتبر علمی و پژوهشی و بررسی پیشینه تحقیق، شناسایی و تعیین شده است.

مرحله دوم: در این مرحله با بهره گیری از روش ناپارامتری طرح بلوکی ناکامل متعادل اقدام به غربال سازی شاخص ها نمودیم تا در نهایت اولاً شاخص های ارجح به دیدی خبرگان تعیین شوند تا در مراحل بعد از آن ها استفاده شود. و ثانیاً امکان ارزیابی منطقی برای تعداد بی شمار شاخص تسهیل شود. مرحله سوم: به منظور تسهیل در محاسبات و شناسایی شاخص های مستقل و همجنس، شاخص های غربال شده مرحله قبل بر مبنای روش مرکب تجمیع می شوند.

مرحله چهارم: گام بعدی جمع آوری اطلاعات می باشد که از طریق طراحی پرسش نامه صورت می گیرد. روایی پرسش نامه تحقیق از نوع روایی محتوا است که توسط نظر خبرگان تعیین شده است. پایایی پرسش نامه نیز از روش آلفای کرونباخ محاسبه گردید که مقدار آن دارای آلفای کرونباخ ۰/۷۰۸ بود. مرحله پنجم: پس از طراحی پرسش نامه و انجام پیش آزمون و رفع نقایص احتمالی، با استفاده از نرم افزارهای SPSS و لیزرل و روش تحلیل عاملی مدل چهارسطحی زنجیره تامین پایدار اجرا گردیده و شاخص های برازش مدل بررسی می گردد. مدل مفهومی تحلیل عاملی چند سطحی در شکل (۴) نشان داده شده است.

مرحله ششم: با عنایت به تحلیل عاملی صورت گرفته شاخص های نهایی تعیین می شود.

قدم ششم: استفاده از روش فازی زدایی برای تبدیل اعداد فازی به غیر فازی

برای تعیین وزن اهمیت معیارها از K فرد تصمیم گیرنده و از طریق متغیرهای کلامی (نمودارهای ۴ و ۵) استفاده می شود. قدم پنجم: ترکیب ماتریس های معیار-فرد تصمیم گیرنده با گزینه ها و معیارهای نظیر به نظیر

$$BNP: x_{ai} = lh_{ai} + \frac{(uh_{ai} - lh_{ai}) + (mh_{ai} - lh_{ai})}{3}, \forall a \quad (4)$$

$$R_i = \max_j \left[W_j \left(\frac{f_j^* - f_{ij}}{f_j^* - f_j^-} \right) \right] \quad (8)$$

قدم نهم: در این مرحله شاخص ویکور (Q) برای هر گزینه به صورت جداگانه محاسبه می شود (گنوز، ۲۰۱۷) (۱۹):

$$Q_i = v \frac{S_i - S^*}{S^- - S^*} + (1 - v) \frac{R_i - R^*}{R^- - R^*} \quad (9)$$

قدم دهم: رتبه بندی گزینه ها بر اساس ترتیب نزولی مقادیر به دست آمده به ازای مقادیر (Q_i, R_i, S_i) صورت می پذیرد. قدم یازدهم: بهترین گزینه با کمترین مقدار (Q_i) تحت شرایطی محقق خواهد شد که دو شرط زیر برقرار باشد که عبارت اند از:

شرط یک: اگر گزینه $A1$ و $A2$ در میان m گزینه رتبه اول و دوم را داشته باشند، باید رابطه زیر برقرار باشد:

$$Q(A^n) - Q(A^m) \geq DQ,$$

- نتایج آزمون بارتلت جهت کفایت نمونه

با توجه به مقدار KMO به دست آمده (۰/۷۰۶) که بزرگتر از ۰/۷ است نتیجه گرفته می شود که همبستگی های موجود در بین داده ها برای تحلیل عاملی مناسب خواهد بود. از سوی دیگر برای اطمینان از مناسب بودن داده ها مبنی بر اینکه ماتریس همبستگی هایی که پایه تحلیل قرار می گیرد در جامعه برابر با صفر نیست از آزمون بارتلت^۱ (t) استفاده کرده ایم که در آن مقدار (Sig = ۰/۰۰۰) محاسبه شد. بنابراین با استفاده از آزمون بارتلت می توان از کفایت نمونه گیری اطمینان حاصل نمود.

قدم هفتم: تعیین نقطه ایده آل مثبت و منفی برای هر معیار که بهترین و بدترین هریک را در میان همه گزینه ها تعیین کرده و به ترتیب f^* و f^- نامیم. اگر معیار از نوع سودمندی باشد خواهیم داشت (کانان، ۲۰۱۴) (۱۸):

$$f_j^* = \max(f_{ij}) \quad (5)$$

$$f_j^- = \min(f_{ij}) \quad (6)$$

قدم هشتم: تعیین مقادیر دو مفهوم اساسی سودمندی (S) و تاسف (R) که در محاسبات ویکور مطرح است. مقدار سودمندی (S) بیان گر فاصله نسبی گزینه i ام از نقطه ایده آل و مقدار تاسف (R) بیان گر حداکثر ناراحتی گزینه i ام از دوری از نقطه ایده آل می باشد (بادیزاده، ۲۰۱۷):

$$S_i = \sum_{j=1}^n W_j \left[\frac{f_j^* - f_{ij}}{f_j^* - f_j^-} \right] \quad (7)$$

$$DQ = \frac{1}{m-1} \quad (10)$$

شرط دو: گزینه $A1$ باید حداقل در یکی از گروه های R و S به عنوان رتبه برتر شناخته شود. اگر شرط نخست برقرار نباشد هر دو گزینه بهترین گزینه خواهند بود. اگر شرط دوم برقرار نباشد گزینه $A1$ و $A2$ هر دو به عنوان گزینه برتر انتخاب می شوند.

(شرط ثبات پذیرش در تصمیم گیری) (۵)

$$Q(A^{t-1}) - Q(A^m) < DQ \quad (11)$$

۱- یافته های تحقیق

مقدار آلفای کرونباخ مولفه ها و شاخص های مطرح شده در این تحقیق در جدول (۱) ارائه شده است.

- طرح بلوکی ناکامل متعادل

به منظور غربالگری شاخص‌ها از طرح بلوکی ناکامل متعادل استفاده می‌شود که نقطه مقابل طرح بلوکی کامل است. در این تحقیق بر اساس مطالعات تحقیقات پیشین و نظر خبرگان ۲۰۰ شاخص مهم و اثر گذار در زنجیره تامین پایدار صنعت سیمان شناسایی شدند. به منظور پیاده سازی روش مذکور شاخص‌های انتخاب شده در مرحله قبل در قالب پرسش‌نامه‌هایی حاوی ۱۰ شاخص بین ۲۰ نفر از خبرگان توزیع شد تا رتبه هر شاخص تعیین شود. در ضمن به منظور آزمون فرض صفر (هیچ نوعی از شاخص‌ها بر دیگری برتری ندارد) از آزمون طرح بلوکی ناکامل استفاده شده است. با اجرای مدل، آماره آزمون (۰/۱۷۸) و (Sig=000/0) حاصل شد. بنابراین فرض H_0 پذیرفته می‌شود. بر اساس نتایج حاصل از بررسی پرسش‌نامه‌ها به روش طرح بلوکی ناکامل متعادل، از بین ۲۰۰ شاخص تعیین شده بر اساس روش دلفی خبرگان و مطالعات محقق تعداد ۱۲۵ شاخص حائز رتبه برتر شناسایی شدند (که از ذکر آن‌ها در این بخش خودداری می‌شود (رجوع شود به پایان نامه محقق)).

- تجمیع شاخص‌های منتخب

به طور کلی انتخاب شاخص‌های نهایی بر مبنای سه گام مهم، مطالعه چارچوب نظری و تعیین سطوح زنجیره تامین پایدار،

مطالعات تحقیقات پیشین و حقایق آشکار شده برای محقق و خبرگان استوار می‌باشد. با عنایت به این که استفاده از تمامی شاخص‌ها به صورت یک جا بسیار دشوار می‌باشد و ممکن است مسیر منطقی در راستای پاسخ‌گویی به سوالات منحرف شود، محقق با راهنمایی تیم پژوهش و بهره‌گیری از تجارب خبرگان اقدام به تجمیع شاخص‌های مطرح شده بر اساس روش مرکب نموده است تا تعداد شاخص‌ها بدون دستکاری کاهش یابد. این شاخص‌ها در جدول (۲) ارائه شده‌اند. بر این اساس تعداد ۵۳ شاخص نهایی شناسایی شدند.

- تحلیل عاملی تاییدی شاخص‌های تحقیق

وضعیت نرمال بودن مشاهدات با استفاده از آزمون کلموگوف-اسمیرنوف مورد بررسی قرار گرفته است. و با توجه به مقدار معنی داری آزمون از ۰/۵۰ کوچک‌تر است، می‌توان گفت فرض صفر نرمال نبودن متغیرها در سطح ۰/۰۵ رد می‌شود. نتایج حاصل از آزمون KMO-Bartlett در جدول (۱) نشان داده شده است. با توجه به نتایج می‌توان مراحل تحلیل عاملی تاییدی را بر روی داده‌ها به انجام رساند. مقدار بیش از ۰/۵ آماره KMO موید کفایت نمونه‌گیری و سطح اطمینان ۰/۰۰۰ برای آزمون بارتلت نیز نشان دهنده مناسب بودن مدل عاملی مورد استناد می‌باشد.

جدول ۱- نتایج آزمون KMO-Bartlett

Table 1. KMO-Bartlett test results

نتیجه	سطح معنی داری	آماره KMO (معیار کفایت کفایت نمونه گیری)	کای دو	آزمون K.S	مقدار آلفای کرونباخ	تعداد سوالات	تحلیل عاملی اکتشافی متغیر
✓	/۰۰۰	۰/۸۴۰	۱۶۱۶/۲۶۵	۰/۱۱۵	۰/۷۰۴	۱۵	سطح پایداری
✓	/۰۰۰	۰/۶۵۰	۹۴۴/۰۳۶	۰/۱۴۹	۰/۸۸۶	۱۴	سطح استراتژیک
✓	/۰۰۰	۰/۷۲۵	۵۲۴/۴۸۸	۰/۱۱۵	۰/۷۵۵	۷	سطح فرایندی
✓	/۰۰۰	۰/۶۸۸	۱۳۹۵/۳۲۹	۰/۰۹۲	۰/۷۹۳	۱۷	سطح عملیاتی
✓	/۰۰۰	۰/۶۸۵	۱۳۰/۱۰۹	۰/۱۵۰	۰/۷۸۳	۴	عملکرد زنجیره تامین پایدار

مدل تحلیل عاملی مرتبه اول در حالت تخمین استاندارد

در مدل تحلیل عاملی چهار بعد اصلی از زنجیره تامین پایدار نشان داده شده است. بر اساس اطلاعات حاصل از مدل اندازه-گیری عملکرد زنجیره تامین در حالت تخمین استاندارد، می-توان بیان نمود که شاخص‌های تناسب مدل، نشان دهنده مناسب بودن مدل اندازه گیری است. نتایج تخمین استاندارد نشان می دهد در بین متغیرهای آشکار مربوط به سطح پایداری، دارای بالاترین همبستگی با متغیر مکنون متغیر (p1) تاثیر عملکرد کارخانه بر اکوسیستم پیرامون بوده و میزان این همبستگی ۰/۶۴ است. به بیانی دیگر یعنی^۲ (۰/۶۴) واریانس سطح پایداری توسط این متغیر آشکار تبیین می شود. به همین ترتیب در بین متغیرهای آشکار سطح استراتژیکی، متغیر آشکار (E7)، سود هر سهم EPS دارای بالاترین همبستگی با متغیر مکنون است که به میزان ۰/۹۱ می باشد. در بین متغیرهای

آشکار مربوط به سطح فرایندی متغیر (F6)، تلاش در راستای استفاده از فناوری های پیشرفته و مواد اولیه جایگزین دارای بالاترین سطح همبستگی به میزان ۰/۳۲ است و در سطح عملیاتی متغیر (O5) مجموع تناژ محصول تولیدی کارخانه دارای بالاتری میزان همبستگی به میزان ۰/۶۶۹ است. نتایج حاصل از تحلیل عاملی تاییدی مرتبه اول در جدول (۲) ارایه شده است. در ادامه تحلیل عاملی تاییدی، مدل تحلیل عاملی مرتبه دوم اجرا گردید تا میزان همبستگی متغیرهای مکنون سطوح پایداری، استراتژیک، فرایندی و عملیاتی با متغیر مکنون زنجیره تامین پایدار صنعت سیمان مشخص گردد. نتایج اجرای مدل نشان می دهد که سطح پایداری دارای بالاترین همبستگی با متغیر مکنون عملکرد زنجیره تامین پایدار بوده و این میزان همبستگی ۴۴ درصد است. وزن سطح عملیاتی ۴۰ درصد، سطح استراتژیک ۲۳ درصد و سطح فرایندی ۱۲ درصد به دست آمد.

جدول ۲- نتایج تحلیل عاملی تاییدی شاخص‌های زنجیره تامین پایدار^۱

Table 2. Results of Factor Analysis of Sustained Supply Chain Indicators

کد شاخص	شاخص	وزن شاخص	سطح ارزیابی	کد شاخص	شاخص	وزن شاخص	سطح ارزیابی
P 1	تاثیر عملکرد کارخانه بر اکوسیستم پیرامون	۰/۶۴	پایداری	E 13	اثرگذاری کارخانه در منطقه فعالیت	۰/۰۵	استراتژیک
P 2	مسئولیت اجتماعی	۰/۵۲	پایداری	E 14	مجموع مساحت معادن در اختیار	۰/۰۵	استراتژیک
P 3	توجه به اصول استانداردهای قانونی و ضوابط دولتی در طول زنجیره	۰/۱۸	پایداری	F 1	انعطاف پذیری تامین کنندگان	۰/۱۶	فرایندی
P 4	تامین کنندگان پایدار	۰/۵۵	پایداری	F 2	ارایه برنامه آموزشی در راستای تولید پایدار و TQM	۰/۲۹	فرایندی
P 5	ایجاد آلودگی و انتشار مواد غیر قابل بازیافت	۰/۱۲	پایداری	F 3	بهبود روابط در طول زنجیره تامین	۰/۱۷	فرایندی
P 6	تدارکات معکوس	۰/۳۶	پایداری	F 4	مجموع هزینه تحقیق و توسعه	۰/۰۶	فرایندی
P 7	ایجاد آثار مخرب زیست	۰/۱۹	پایداری	F 5	رضایت مندی مشتریان	۰/۲۵	فرایندی

۱- منبع شاخص ها:

Gri (2011), Mathiyazhagan et al (2013), MollenkopI et al. (2010), Dashore and Sohani (2013), Tseng and chiu (2013), Hsu et al (2011), Wolf et al (2010), Shaw Tukker et al (2010), Mangla et al (2014), Yang et al. (2013), کیانی (۱۳۹۴)، چهرگانی (۱۳۹۵)، Dashore and Sohani (2013)، Rao and Holt (2005)

						محیطی	
فرایندی	۰/۳۲	استفاده از فناوری های پیشرفته و مواد اولیه جایگزین	F 6	پایداری	۰/۲۶	پاسخگویی اجتماعی	P 8
فرایندی	۰/۰۵	افزایش قابلیت اطمینان در زنجیره تامین	F 7	پایداری	۰/۲۴	مجموع ارزش ریالی اسبب به محیط زیست	P 9
عملیاتی	۰/۰۷	مجموع هزینه پرداخت انرژی	0 1	پایداری	۰/۴۲	مجموع ذرات غبار تولید شده (کیلوگرم)	P 10
عملیاتی	۰/۵۷	مجموع هزینه برداشت و استخراج از معادن	0 2	پایداری	۰/۴۸	میانگین سالانه گازهای گلخانه ای منتشر شده	P 11
عملیاتی	۰/۰۷	مجموع تناژ مواد معدنی استخراج شده	0 3	پایداری	۰/۰۹	آموزش سبز و پایداری در طول زنجیره	P 12
عملیاتی	۰/۰۶	مجموع هزینه خرید	0 4	پایداری	۰/۱۷	نفوذ فاضلاب در آب های زیر زمینی	P 13
عملیاتی	۰/۹۳	مجموع تناژ محصول تولیدی کارخانه	0 5	پایداری	۰/۴۵	هزینه طراحی سازگاری با محیط زیست	P 14
عملیاتی	۰/۱۶	هزینه رفاه اجتماعی کارکنان	0 6	پایداری	۰/۲۹	مجموع فضای سبز احداث شده	P 15
عملیاتی	۰/۰۶	مجموع هزینه بازاریابی	0 7	استراتژیک	۰/۱۳	مجموع دارایی ها و سرمایه کارخانه	E 1
عملیاتی	۰/۰۶	مجموع تعداد کارکنان	0 8	استراتژیک	۰/۱۴	مجموع بدهی های کارخانه	E 2
عملیاتی	۰/۷۷	هزینه حقوق و دستمزد و مزایای کارکنان	0 9	استراتژیک	۰/۰۵	مجموع هزینه های مالی	E 3
عملیاتی	۰/۱۴	هزینه حمل و نقل پرداختی	0 10	استراتژیک	۰/۲۶	مجموع درآمد حاصل از فروش	E 4
عملیاتی	۰/۱۵	ارزش ریالی موجودی انبار (موجودی مواد و کالا)	0 11	استراتژیک	۰/۰۴	مجموع سود (زیان) حاصل شده	E 5
عملیاتی	۰/۴۵	دارایی ها و موجودی نگداری شده آماده برای فروش	0 12	استراتژیک	۰/۰۹	قیمت تمام شده	E 6
عملیاتی	۰/۰۴	تناژ مواد اولیه معدنی مصرف شده در فرایند تولید	0 13	استراتژیک	۰/۹۱	سود هر سهم EPS	E 7
عملیاتی	۰/۵۰	مواد اولیه شیمیایی و معدنی مصرف شده در فرایند	0 14	استراتژیک	۰/۲۲	بازده دارایی ها ROA	E 8
عملیاتی	۰/۰۲	مجموع تناژ سیمان و کلینکر فروش رفته	0 15	استراتژیک	۰/۶۸	نسبت قیمت به درآمد هر سهم P/E	E 9
عملیاتی	۰/۱۴	مواد اولیه معدنی دیو شده برای استفاده در فصل سرما	0 16	استراتژیک	۰/۲۱	ظرفیت واقعی صنعت	E 10
عملیاتی	۰/۰۱	تناژ مواد اولیه معدنی، شیمیایی و ... خریداری شده	0 17	استراتژیک	۰/۱۶	رقابت پذیری و جهانی سازی برند کارخانه	E 11
				استراتژیک	۰/۰۹	کیفیت زندگی کاری	E 12

-اجرای مدل ویکور فازی

مرحله اول: پس از بررسی و تایید شاخص‌های مرتبط با سطوح چهارگانه زنجیره تامین پایدار بر اساس نظر خبرگان تعداد ۳۶ شاخص با وزن بالاتر به منظور اجرای مدل ویکور فازی و تعیین رتبه عملکرد هر یک از ۴۲ کارخانه تحت بررسی بر اساس اشخاص های کلیدی مرتبط با اقتصاد محیط زیست انتخاب گردیدند که در شکل (۱) ارایه شده است.

مرحله دوم: در این مرحله متغیرهای کلامی بر مبنای روش فازی مثلثی ارایه شده به صورت اعداد خاکستری تبدیل می - شوند و میزان اهمیت شاخص ها و معیارهای اصلی از دید خبرگان بیان می شود. سپس با استفاده از معادلات (۱۳ و ۱۵) مقادیر فازی جمع شده از نرخ جایگزینی ذهنی خبرگان محاسبه گردید و در جدول جداگانه ارایه می شوند. جداول مربوط به محاسبات تبدیل متغیرهای زبانی به فازی برای شاخص ها، و معیارهای هریک از زنجیره های تامین پایدار، امتیازات جایگزینی، مجموع مقادیر فازی شاخص ها، نظیر به نظیر گزینه ها به دست آمده و به طور کامل در رساله محقق ارایه شده است و در این مقاله به دلیل رعایت اختصار و حجم محاسبات از ذکر آن ها خودداری می شود.

مرحله سوم: در این مرحله مقادیر f^* و f با توجه به روابط (۱۷ و ۱۸) محاسبه می شود. زمانی که شاخص از جنس سود باشد بزرگترین مقدار آن شاخص در بین تمامی گزینه ها و زمانی که از جنس هزینه باشد کمترین مقدار در بین تمامی گزینه ها را به خود اختصاص می دهد.

مرحله چهارم: در این مرحله مقدار فازی جمع شده از گزینه ها با استفاده از معادله (۱۶) فازی زدایی شده است و نتایج در جدول (۵) ارایه شده است. بر اساس این روش وزن ۴ سطح تحت بررسی به صورت زیر استخراج شده است. سطح پایداری با $W1 = 0/368$ دارای بالاترین ضریب وزنی است. سطح استراتژیک دارای اهمیت وزنی $W2 = 0/228$ در رتبه دوم، سطح عملیاتی با اهمیت وزنی $W3 = 0/215$ در رتبه سوم و در نهایت سطح فرایندی با اهمیت وزنی $W4 = 0/189$ در رتبه چهارم قرار دارند.

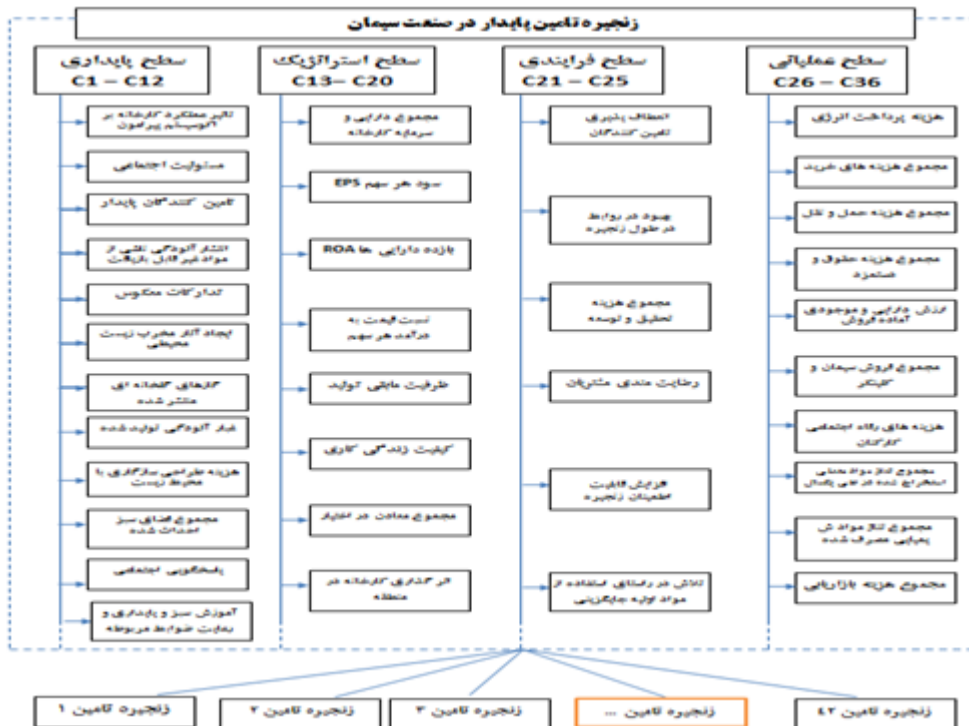
همان طور که در جدول مشاهده می شود پس از تعیین وزن هر شاخص عملیات فازی زدایی صورت گرفت و وزن نرمالیزه شده (عملکرد کارخانه بر $C1$ هر شاخص تعیین شد. شاخص اکوسیستم پیرامون) رتبه اول را در بین ۳۶ شاخص تحت بررسی به خود اختصاص داد که نشان دهنده ضریب اهمیت این شاخص در اقتصاد محیط زیست و زنجیره تامین پایدار است. شاخص $C3$ (تامین کنندگان پایدار) رتبه دوم، شاخص $C2$ (مسئولیت اجتماعی) حایز رتبه سوم، شاخص $C4$ (انتشار آلودگی ناشی از مواد غیر قابل بازیافت) رتبه هیجدهم و به همین ترتیب تا شاخص $C27$ (مجموع هزینه های خرید در زنجیره تامین) که رتبه سی و ششم را به خود اختصاص داد و از اهمیت کمتری برخوردار است. وزن های بدست آمده به مدیران کمک می کند تا تمرکز بیش تری در فرایند تولید و عملیات داشته باشند و سعی کنند شاخص های با ضریب اهمیت بالاتر را بیش تر مد نظر قرار دهند و از این طریق بتوانند زنجیره تامین پایدار را کنترل نمایند. همچنین در این جدول مقادیر وزنی هر شاخص به ازای هریک از زنجیره های تامین صنعت سیمان به صورت تفکیکی نیز ارایه شده است. به طور مثال در زنجیره تامین $A1$ ، وزن شاخص $C1=0/75$ ، $C2=0/625$ ، $C3=0/641$ و ... می باشد. این وزن ها کمک می کند تا مدیریت زنجیره متوجه نقاط ضعف و قوت خود در بکارگیری شاخص ها شود و بر پایه آن برنامه استراتژیک و بلند مدت صنعت را تدوین نماید.

مرحله پنجم: در این مرحله مقادیر Q, R, S برای همه گزینه ها و بر اساس روابط (۱۹ و ۲۰ و ۲۱) محاسبه شده است و نتایج در جدول زیر ارایه گردیده است. در این مقاله وزن استراتژی $v=0/5$ فرض می شود. البته در ادامه و در شکل (۲)، به منظور تحلیل حساسیت مقادیر این استراتژی در حالت های مختلف نیز بیان می گردد.

مرحله ششم: رتبه نهایی گزینه ها بر اساس مقادیر Q, R, S ارایه می شود. این نتایج در جدول (۶) اراده شده است. باید توجه داشت که مقدار Si^* کمترین مقدار Si ها و Si^- بزرگترین مقدار Si ها می باشد. و همچنین مقدار Rj^* کمترین مقدار Rj ها و Rj^- بزرگترین مقدار Rj ها را در بر می

گیرند. بر اساس نتایج بدست آمده، $Si^*=0/0737$ و Si^- و $Rj^*=0/0219$ و $Rj^- = 0/0452$ می باشد. بر اساس نتایج حاصل از مقادیر Q می توانیم رتبه هریک از زنجیره های تامین پایدار تحت مطالعه را مشخص کنیم. همانطور که در جدول (۶) مشاهده می شود زنجیره تامین پایدار سیلام رتبه اول در بهره گیری از شاخص های پایداری و مرتبت با اقتصاد محیط زیست را به خود اختصاص داده است. زنجیره تامین سشرق رتبه دوم، سشمال رتبه سوم، سنیر رتبه چهارم و به همین ترتیب تا زنجیره تامین سباقران رتبه چهل و دوم را به خود اختصاص دادند. قطعاً نسبت تولید خروجی های نامطلوب کمتر و همچنین بهره گیری موقر از منابع ، امکانات و پتانسیل موجود در زنجیره تامین سبب شده تا رتبه هر یک از این کارخانه ها تعیین شود. در ضمن متناسب با مقادیر R و S نیز رتبه بندی صورت گرفته قابل مشاهده است^۱. به طور مثال بر اساس مقادیر R زنجیره تامین پایدار سنیر رتبه اول و سباقران رتبه چهل و دوم را به خود اختصاص دادند. و همینطور بر اساس مقادیر S مشاهده می شود که زنجیره تامین سیلام رتبه اول و زنجیره تامین سرود رتبه آخر را کسب کردند. یادآور می شویم که ملاک رتبه بندی نهایی بر اساس روش پیشنهادی در این مقاله، مقادیر Q می باشد.

۱- به رساله دکتری محقق، ۱۳۹۶ مراجعه شود.



شکل ۱- سطوح زنجیره تامین و شاخص‌های مرتبط
Figure 1. Supply chain levels and related indicators

جدول ۳- اهمیت وزن شاخص‌ها از دید خبرگان

Table 3. Importance of weight indicators from the perspective of experts

Criteria	Decision makers				
	D1	D2	D3	D...	D20
C1	VH	VH	H	*...	VH
C2	VH	H	H	...	H
C3	H	VH	VH	...	H
C4	MH	M	MH	...	M
C5	H	VH	MH	...	MH
C6	H	H	H	...	H
C7	H	H	VH	...	H
C8	H	VH	VH	...	H
C9	H	H	H	...	H
C10	H	MH	MH	...	H
C11	MH	MH	H	...	MH
C12	VH	H	H	...	H
C13	H	MH	H	...	H
C14	MH	MH	MH	...	M
C15	H	H	H	...	H
C16	VH	H	H	...	H
C17	VH	VH	VH	...	VH
C18	VH	VH	H	...	VH

C19	H	H	H	...	MH
C20	H	H	H	...	H
C21	H	H	H	...	MH
C22	VH	H	MH	...	MH
C23	VH	H	H	...	H
C24	H	MH	H	...	H
C25	H	MH	MH	...	H
C26	MH	H	MH	...	H
C27	MH	H	H	...	MH
C28	VH	MH	VH	...	VH
C29	H	MH	MH	...	MH
C30	VH	VH	VH	...	VH
C31	VH	VH	VH	...	VH
C32	VH	H	H	...	H
C33	VH	H	VH	...	H
C34	H	H	H	...	H
C35	H	MH	H	...	VH
C36	MH	MH	MH	...	H

جدول ۴- ارزیابی گزینه ها با توجه به معیار های سطوح چهارگانه

Table 4. Evaluation of options according to the criteria of the four levels

		C1	C2	C3	C4
D1	A1	G	G	G	G
	A2	MG	MG	M	MG
	A3	G	G	MG	MG
	A ...	(...)*	(...)	(...)	(...)
	A42	M	M	M	M
D2	A1	G	G	ML	G
	A2	M	ML	ML	ML
	A3	MG	G	M	G
	A ...	(...)	(...)	(...)	(...)
	A42	G	G	MG	MG
D3	A1	MG	MG	G	G
	A2	G	G	M	G
	A3	M	M	M	M
	A ...	(...)	(...)	(...)	(...)
	A42	G	G	G	G
D...
D20	A1	MG	G	G	G
	A2	M	M	M	MG
	A3	MG	G	M	MG
	A ...	(...)	(...)	(...)	(...)

	A42	MG	G	MG	MG
*مقادیر (...) به دلیل حجم محاسبات در این قسمت آورده نشده است. [به رساله محقق رجوع نمایید.]					

جدول ۵- مقادیر فازی زدایی شده و وزن شاخص ها و گزینه ها

Table 5. Decay values and weight of indices and options

شاخص	W_j^s	Normalized W_j^s	رتبه شاخص	A1	A2	A3	A(...)	A42
C1	(۰/۸۷۵)	(۰/۱۸۱)	اول	(۰/۷۵)	(۰/۶۲۵)	(۰/۶۴۱)	(...)	(۰/۵۸۳)
C2	(۰/۸۴۱)	(۰/۱۷۴)	سوم	(۰/۷۵۸)	(۰/۶۲۵)	(۰/۶۵۸)	(...)	(۰/۶۵۸)
C3	(۰/۸۵)	(۰/۱۷۶)	دوم	(۰/۵۹۱)	(۰/۴)	(۰/۷۵)	(...)	(۰/۶۰۸)
C4	(۰/۶۷)	(۰/۱۳۸)	هیجدهم	(۰/۸۴۱)	(۰/۵۷۵)	(۰/۶۴۱)	(...)	(۰/۶۴۱)
C5	(۰/۷۹۱)	(۰/۱۶۳)	پنجم	(۰/۶۰۸)	(۰/۵۱۶)	(۰/۷۵)	(...)	(۰/۴)
C6	(۰/۸)	(۰/۱۶۵)	چهارم	(۰/۵۲۵)	(۰/۴۶۶)	(۰/۵۰۸)	(...)	(۰/۴۱۶)
C7	(۰/۸۴۱)	(۰/۱۵۲)	هشتم	(۰/۵۸۳)	(۰/۵۷)	(۰/۶۵۸)	(...)	(۰/۶۴۱)
C8	(۰/۸۵)	(۰/۱۵۳)	هفتم	(۰/۴)	(۰/۴)	(۰/۵۳۳)	(...)	(۰/۵۱۶)
C9	(۰/۷۵۸)	(۰/۱۳۷)	نوزدهم	(۰/۵۳۳)	(۰/۴۱۶)	(۰/۷۵)	(...)	(۰/۷۵)
C10	(۰/۷۵)	(۰/۱۳۵)	بیست و یکم	(۰/۴)	(۰/۴۱۶)	(۰/۶۴۱)	(...)	(۰/۷۵)
C11	(۰/۷۴۱)	(۰/۱۳۴)	بست و دوم	(۰/۵۳۳)	(۰/۳۸۳)	(۰/۷)	(...)	(۰/۷)
C12	(۰/۸۴۱)	(۰/۱۴۶)	یازدهم	(۰/۴۸۳)	(۰/۴۱۶)	(۰/۶۴۱)	(...)	(۰/۷۵)
C13	(۰/۷۵۸)	(۰/۱۳۱)	بیست و هشتم	(۰/۴۸۳)	(۰/۴۸۳)	(۰/۶۵)	(...)	(۰/۶۴۱)
C14	(۰/۶)	(۰/۱۰۴)	سی و دوم	(۰/۴)	(۰/۴۸۳)	(۰/۶۱۶)	(...)	(۰/۷۵۸)
C15	(۰/۸)	(۰/۱۳۹)	شانزدهم	(۰/۵۳۳)	(۰/۴۱۶)	(۰/۵۸۳)	(...)	(۰/۷۵)
C16	(۰/۸۵)	(۰/۱۴۷)	دهم	(۰/۴۱۶)	(۰/۴۱۶)	(۰/۶)	(...)	(۰/۷۵۸)
C17	(۰/۹)	(۰/۱۵۸)	ششم	(۰/۴۶۶)	(۰/۴۱۶)	(۰/۶)	(...)	(۰/۷۵۸)
C18	(۰/۸۵)	(۰/۱۴۹)	نهم	(۰/۴)	(۰/۴)	(۰/۶)	(...)	(۰/۷۵)
C19	(۰/۷۵۸)	(۰/۱۳۳)	بیست و سوم	(۰/۴۸۳)	(۰/۳۸۳)	(۰/۶۵)	(...)	(۰/۷۵)
C20	(۰/۸)	(۰/۱۴)	چهاردهم	(۰/۴۶۶)	(۰/۵۱۶)	(۰/۷)	(...)	(۰/۷۵۸)
C21	(۰/۷۵۸)	(۰/۱۳۳)	بیست و چهارم	(۰/۴۸۳)	(۰/۵۸۳)	(۰/۷۴۱)	(...)	(۰/۷۵)
C22	(۰/۷۹۱)	(۰/۱۳۹)	هفدهم	(۰/۴۱۶)	(۰/۴۶۶)	(۰/۵۸۳)	(...)	(۰/۷۴۱)
C23	(۰/۸۴۱)	(۰/۱۱۶)	سی و یکم	(۰/۴۶۶)	(۰/۵۳۳)	(۰/۶۵)	(...)	(۰/۶۵۸)
C24	(۰/۷۵۸)	(۰/۱۰۴)	سی و سوم	(۰/۴۶۶)	(۰/۵۳۳)	(۰/۶۵)	(...)	(۰/۷۵)
C25	(۰/۷۵)	(۰/۱۰۳)	سی و چهارم	(۰/۴)	(۰/۴۱۶)	(۰/۷)	(...)	(۰/۷۵۸)
C26	(۰/۷۵)	(۰/۱۰۳)	سی و پنجم	(۰/۴)	(۰/۴۱۶)	(۰/۶۴۱)	(...)	(۰/۷۵)
C27	(۰/۷۵)	(۰/۱۰۳)	سی و ششم	(۰/۴۱۶)	(۰/۴۶۶)	(۰/۷۴۱)	(...)	(۰/۶۴۱)
C28	(۰/۸۱۶)	(۰/۱۳۳)	بیست و پنجم	(۰/۵۳۳)	(۰/۴)	(۰/۶)	(...)	(۰/۷۵)
C29	(۰/۷۴۱)	(۰/۱۲)	سی ام	(۰/۴۱۶)	(۰/۵۱۶)	(۰/۷۴۱)	(...)	(۰/۶۴۱)

شاخص	W_j^S	Normalized W_j^S	رتبه شاخص	A1	A2	A3	A(...)	A42
C30	(۰/۹)	(۰/۱۴۶)	دوازدهم	(۰/۳۸۳)	(۰/۴۸۳)	(۰/۶۲۵)	(...)	(۰/۶۴۱)
C31	(۰/۹)	(۰/۱۴۶)	سیزدهم	(۰/۳۸۳)	(۰/۶)	(۰/۴)	(...)	(۰/۷۴۱)
C32	(۰/۸۴۱)	(۰/۱۳۷)	بیست ام	(۰/۶)	(۰/۶)	(۰/۶)	(...)	(۰/۷۵)
C33	(۰/۸۵)	(۰/۱۴)	پانزدهم	(۰/۳۵۸)	(۰/۳۸۳)	(۰/۶۴۱)	(...)	(۰/۷۵)
C34	(۰/۸)	(۰/۱۳۲)	بیست و ششم	(۰/۴۱۶)	(۰/۴۶۶)	(۰/۷۴۱)	(...)	(۰/۶۵)
C35	(۰/۸)	(۰/۱۳۲)	بیست و هفتم	(۰/۳۸۳)	(۰/۳۸۳)	(۰/۶)	(...)	(۰/۷۴۱)
C36	(۰/۷۴۱)	(۰/۱۳۲)	بیست و نهم	(۰/۳۵۸)	(۰/۳)	(۰/۵۸۳)	(...)	(۰/۷۴۱)

جدول ۶- رتبه بندی زنجیره های تامین پایدار در صنعت سیمان

Table 6. Ranking of sustainable supply chains in the cement industry

رتبه	SSCM	Q	SSCM	R	SSCM	S
اول	سیلام	۰	سنیر	۰/۲۰۵۵	سیلام	۰/۰۷۳۷
دوم	ششرق	۰/۰۷۲۹۰۶	سیلام	۰/۰۲۱۹	ستران	۰/۰۹۵۳
سوم	ششمال	۰/۱۴۶۷۵۸	سمتاز	۰/۰۲۲۰۶	سپاها	۰/۰۹۸
چهارم	سنیر	۰/۱۸۹۳۸۳	ششرق	۰/۰۲۲۳	سفرز	۰/۱۰۲
نجم	سرود	۰/۱۹۱۸۵۳	ساوه	۰/۰۲۲۶	سفانو	۰/۱۰۳
ششم	سمتاز	۰/۲۰۹۷۸	ششمال	۰/۰۲۲۸	سمازن	۰/۱۰۸
هفتم	سهگمت	۰/۲۱۸۸۸۴	سکرد	۰/۰۲۳۴۷	ششمال	۰/۱۱۱۲
هشتم	سقاین	۰/۲۲۰۳۶۷	سهرمز	۰/۰۲۳۶۹	سمتاز	۰/۱۱۳
نهم	سفاروم	۰/۲۲۴۵۰۶	سکارون	۰/۰۲۴۶	سبهان	۰/۱۲۵
دهم	سهرمز	۰/۲۵۵۵۶۵	سصوفی	۰/۰۲۴۶۸	سبزوا	۰/۱۲۵
یازدهم	سصوفی	۰/۲۵۵۷۱۲	سخوز	۰/۰۲۴۸۷	ششرق	۰/۱۲۷
دوازدهم	سبزوا	۰/۲۵۷۵۲۱	سخرم	۰/۰۲۴۹	سکارون	۰/۱۴۵
سیزدهم	سفار	۰/۲۶۲۸۸۵	سخزر	۰/۰۲۵۷	سصفها	۰/۱۴۸
چهاردهم	ستران	۰/۲۷۰۹۷۶	سدور	۰/۰۲۵۸	ساروم	۰/۱۵۴
پانزدهم	سخرم	۰/۲۷۷۵۸۵	سقاین	۰/۰۲۶۴۷	سصوفی	۰/۱۵۶
شانزدهم	سلار	۰/۲۸۹۳۰۶	سرود	۰/۰۲۶۵۸	سخوز	۰/۱۶۳
هفدهم	سمازن	۰/۲۹۶۵۹۴	ساراب	۰/۰۲۶۷	سفار	۰/۱۶۵
هیجدهم	ساروج	۰/۳۰۷۲۶۴	سدشت	۰/۰۲۶۹	سفروز	۰/۱۶۸
نوزدهم	سصفها	۰/۳۰۷۹۰۵	ستران	۰/۰۲۶۹۱	سفاروم	۰/۱۶۹
بیستم	سبهان	۰/۳۱۶۳۵۹	سارییل	۰/۰۲۷۳	سجام	۰/۱۶۹
بیست و یکم	سخواف	۰/۳۱۶۴۷۸	سخواف	۰/۰۲۹۵۱	ساراب	۰/۱۸۵
بیست و دوم	سخوز	۰/۳۵۵۸۴۴	سصفها	۰/۰۲۹۶۷	سغدیر	۰/۱۸۸
بیست و سوم	سفرز	۰/۳۸۳۲۰۷	ساروج	۰/۰۲۹۸	سنیر	۰/۱۹۴

۰/۱۹۶	سقاین	۰/۰۲۹۸	سبزوا	۰/۳۸۹۵۰۱	سکارون	بیست و چهارم
۰/۱۹۸	سخزر	۰/۰۳۰۰۲	سفاروم	۰/۴۰۵۵۹	سبجنو	بیست و پنجم
۰/۲۰۰۳	سهگمت	۰/۰۳۲۱	سهگمت	۰/۴۲۰۶۷۵	سدشت	بیست و ششم
۰/۲۰۱	سهرمز	۰/۰۳۲۱۴	سفار	۰/۴۲۸۲۰۸	سپاها	بیست و هفتم
۰/۲۱۳	ساوه	۰/۰۳۲۱۴	سفراز	۰/۴۲۸۲۷۸	سغرب	بیست و هشتم
۰/۲۳۴	سخرم	۰/۰۳۲۵۷	سفیروز	۰/۴۳۸۷۴۷	سفیروز	بیست و نهم
۰/۲۳۵	سختاش	۰/۰۳۲۵۸	سمازن	۰/۴۴۹۱۲۷	سخزر	سی ام
۰/۲۴۴	سدشت	۰/۰۳۲۶	سجام	۰/۴۵۷۸۷۶	سکرد	سی و یکم
۰/۲۵۴	سفراز	۰/۰۳۲۶۴	سلار	۰/۴۸۵۳۵۵	سفانو	سی و دوم
۰/۲۵۶۴	سدور	۰/۰۳۴۵۶	سغرب	۰/۵۰۵۷۶	ساربیل	سی و سوم
۰/۲۶۵۳	سغرب	۰/۰۳۴۷	سپهان	۰/۵۰۶۲۸۶	سجام	سی و چهارم
۰/۲۶۷	سکرد	۰/۰۳۴۹۸۱	سختاش	۰/۵۱۲۹۶۳	ساوه	سی و پنجم
۰/۲۸۸	سخواف	۰/۰۳۵۲۷	سکرما	۰/۵۳۲۹۲۸	ساروم	سی و ششم
۰/۳۰۱	ساروج	۰/۰۳۵۷	ساروم	۰/۵۵۵۶۶۵	سختاش	سی و هفتم
۰/۳۱۷	سبجنو	۰/۰۳۵۶۴	سغدیر	۰/۵۸۳۶۹۱	سدور	سی و هشتم
۰/۳۲۱	سکرما	۰/۰۳۶۷	سبجنو	۰/۵۹۲۳۷	ساراب	سی و نهم
۰/۳۵۹	ساربیل	۰/۰۳۶۹۸	سفانو	۰/۵۹۶۱۷۲	سکرما	چهارم
۰/۳۶۴	سباقر	۰/۰۴۰۱۲	سپاها	۰/۶۲۳۴۹۵	سغدیر	چهل و یکم
۰/۳۶۵۲	سرود	۰/۰۴۵۲	سباقر	۰/۹۱۷۳۲۴	سباقر	چهل و دوم

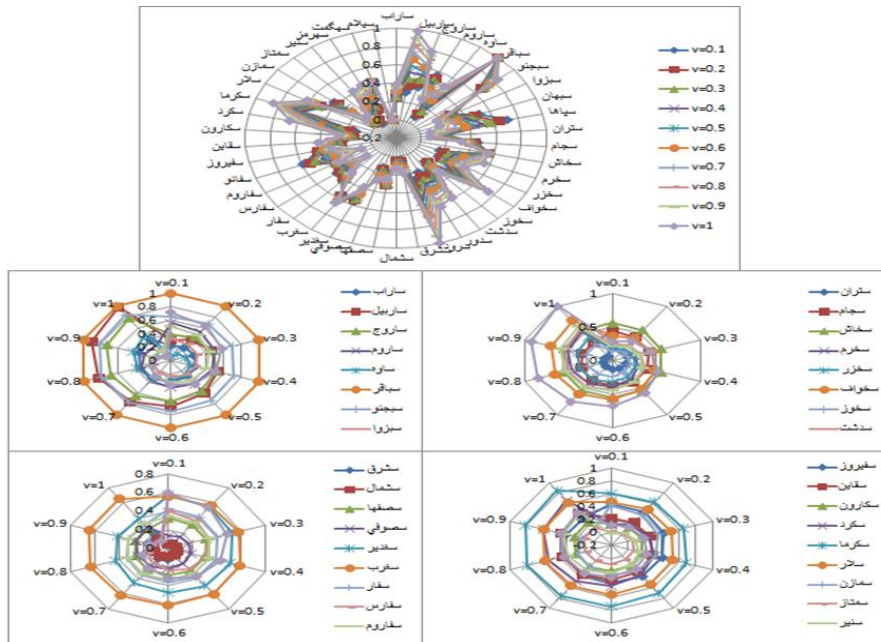
بحث و نتیجه گیری

در طول سه دهه‌ی اخیر میزان توجه عمومی به مسایل زیست محیطی به نحو چشم‌گیری افزایش یافته است. در این راستا یکی از مسایل مهم، شناسایی شاخص‌های مرتبط با مسایل پایداری زیست محیطی در زنجیره‌های تامین می باشد. بدون شک توجه به رویکرد آینده نگری و افزایش آگاهی نسبت به حفاظت از محیط زیست و سوق دادن این امر مهم در همه فعالیت‌های تولیدی و صنعتی و تدوین قوانین و مقررات پیرامون این موضوع، سبب شده است تا سازمان‌های تجاری و صنعتی بیش از پیش به استفاده بهینه از منابع و کاهش آلودگی‌های پیرامون توجه داشته باشند. بدون شک توجه به این ملاحظات در بلند مدت سودآوری و راندمان کاری بهتری را برای این سازمان‌ها به ارمغان خواهد داشت. در این مقاله شاخص‌های اثر گذار زیست محیطی که منجر به بروز پدیده و ترویج آلودگی در زنجیره تامین پایدار صنعت سیمان دارند شناسایی شد و بر مبنای آن‌ها زنجیره‌های تامین صنعت

سیمان رتبه بندی شدند. بر همین اساس در این مقاله ۴۲ کارخانه سیمان به عنوان مطالعه موردی انتخاب شدند و مورد ارزیابی قرار گرفتند. در این ارزیابی ۴ سطح مهم پایداری، استراتژیک، فرایندی و عملیاتی پایه و اساس انتخاب شاخص‌های کلیدی عملکردی تعیین شدند. با مطالعات بررسی‌های صورت گرفته ۵۳ شاخص به منظور تحلیل عاملی تأییدی انتخاب شدند. نتایج حاصل از تحلیل عاملی سبب شد تا با نظر خبرگان ۳۶ شاخص اثرگذار به منظور رتبه بندی زنجیره‌های تامین پایدار این صنعت به وسیله مدل ویکور فازی انتخاب شدند. در راستای افزایش دقت خبرگان در رای دادن به شاخص‌های نهایی از تکنیک تصمیم‌گیری چند معیاره ویکور فازی رتبه بندی استفاده شده است و رتبه بندی زنجیره تامین پایدار صنعت سیمان ارائه شد. از بین ۳۶ شاخص تحت بررسی شاخص اثرگذاری کارخانه بر اکوسیستم پیرامون با وزن (۰/۱۸۱) دارای بالاترین ارجحیت بوده و بعد از آن شاخص‌های تامین

تمرکز کنند که بهترین کاتالیزور در هر صنعتی زنجیره تامین پایدار آن صنعت است. امید می رود در برنامه های کلان و استراتژیک وزارت خانه های مطبوع به معقوله اقتصاد محیط زیست بر پایه زنجیره تامین پایدار توجه شود. با توجه به شاخص های تعیین شده در این مقاله و تعیین ضریب اهمیت هر یک از آن ها پیشنهاد می شود با مدل های دیگر نیز رتبه بندی و ارزیابی عملکرد زنجیره تامین پایدار صورت پذیرد. در چند دهه ای اخیر بسیاری از مطالعات برای ارزیابی عملکرد درجهت بهبود وضعیت عملکرد صنایع از روش تحلیل پوششی داده ها استفاده می شود. ولی هنوز روش مناسبی برای ارزیابی عملکرد زنجیره تامین پایدار با ساختار شبکه که در بر گیرنده شاخص های مبتنی بر اقتصاد محیط زیست باشد ارایه نشده است. لذا در این مطالعه پیشنهادهای زیر برای آینده پیشنهاد می شود: ۱. ارزیابی کارایی زنجیره تامین پایدار با شاخص های منتخب در این مقاله در طی پرپودهای مختلف. ۲. رتبه بندی زنجیره های تامین بر اساس روش تحلیل پوششی داده ها و شاخص های تعیین شده و مقایسه آن با روش مورد استفاده در این مقاله.

کنندگان پایدار با وزن (۰/۱۷۶) و مسئولیت اجتماعی با وزن (۰/۱۷۴) در رده دوم و سوم قرار می گیرند و شاخص هزینه های خرید با کیفیت ملزومات با وزن (۰/۱۰۳) در رتبه آخر قرار گرفته اند. با توجه به شاخص های انتخاب شده بر اساس مدل ویکور فازی رتبه بندی انجام شد که زنجیره تامین سیلام رتبه اول و زنجیره تامین سباقر رتبه چهل و دوم را به خود اختصاص دادند. نتایج تحقیق نشان می دهد که در راستای بهبود وضعیت پایداری زنجیره تامین و حفظ محیط زیست در صنعت سیمان، باید شاخص های متعددی را مد نظر قرار داد به گونه ای که ابعاد کلی این رویکرد پوشش داده شود. با توجه به شناخت وضعیت زنجیره تامین پایدار، هر یک از این کارخانه ها می توانند نقاط قوت و ضعف خود را شناسایی نمایند و تلاش کنند تا از عوامل و شاخص های ضعیف دوری کنند و خود را در شرایط نرمال و مناسبی قرار دهند. این در حالی است که بخشی از انرژی آن ها باید صرف حفظ فاکتورها و شاخص هایی شود که همچنان در وضعیت مطلوب قرار دارند. به هر حال به منظور دستیابی به یک اقتصاد محیط زیست پایدار، زنجیره های تامین اولین فاکتوری هستند که صنایع باید به آن توجه کنند تا خروجی نامطلوب کمتری داشته باشند. مدیران این صنایع باید روی این مساله



شکل ۲- تغییرات نوسان با عنایت به بازه ضریب استراتژی را برای زنجیره های تامین پایدار ۴۲ کارخانه سیمان

Figure 2. Fluctuation variations with respect to the range of strategy coefficient for sustainable supply chains 42 cement plants

- supply chain management using DEMATEL: A case study. *International Strategic Management Review* 3, 96–109
9. Mollenkopf, D., Stolze, H., Tate, W.L. and Ueltschy, M. 2010/ Green, lean, and global supply chains. *International Journal of Physical Distribution and Logistics Management*, 40(1/2): 14-41.
 10. 10/ Badiezadeh, T., Farzipoor Saen, R., Samavati, T. 2017. Assessing sustainability of supply chains by double frontier network DEA: A big data approach. *Computers & Operations Research*, In Press, Corrected Proof, Available online 6 June.
 11. Brandenburg, m. 2014. Quantitative models for sustainable supply chain management: Developments and directions. *European Journal of Operational Research* Volume 233, Issue 2, 1 March 2014, Pages 299-312.
 12. Mathiyazhagan, K., Govindan, K. and Noorul Haq, A. 2014. Pressure analysis for green supply chain management implementation in Indian industries using analytic hierarchy process. *International Journal of Production Research*, 52: 1-16.
 13. Toke, L. K., Gupta, R. C, Dandekar M. 2012. An empirical study of green supply chain management in Indian perspective. *International Journal of Applied Science and Engineering Research*, 1(2): 372–83.
 14. Hsu, C.W., and Hu. A.H. 2008. Green Supply Chain Management in the Electronic Industry. *International Journal of Science and Technology*, 5(2): 205- 216.
 15. Mariadoss, B., TingChi, H., Tansuhaj, P., Pomirleanu, N. Polyakovskiy, S., Varasi, M. 2016. Sustainable supply
- ### Reference
1. Shabanpour, H., Yousefi, S., Farzipoor Saen, R. 2017. Forecasting efficiency of green suppliers by dynamic data envelopment analysis and artificial neural networks. *Journal of Cleaner Production* 142, 1098e1107.
 2. Olfat, Liaia, Morning Sufi, Migmar et al. 1391. "A Model for Assessing Supply Chain Performance Using a Network Data Envelopment Analysis Model in the Drug Industry", *Journal of Industrial Management Studies*, Vol. 10, No. 26, 26-1. (In Persian).
 3. Kiani, Fatemeh, Ansari, Rahimi, 2014. "Economic, social and environmental impacts of Hegmatan cement plant on Shangjarin Village". *Quarterly Journal of Rural Space and Rural Development*, 4 (2), 144-133.
 4. Management and Planning and Budget Organization "Fourth Development Plan of the Country", 2007, Tehran. In Persian.
 5. Seied Hosseini, Seyyed Mohammad, "Advanced Engineering Economics and Decision Analysis". Science and Technology University Press, 2014. (In Persian.)
 6. Liou, J.J.H., 2013. New concepts and trends of MCDM for tomorrow—in honor of Professor. *Journal Technological and Economic Development of Economy* Volume 19,331-347.
 7. Wolf, C., & Seuring, S. 2010/ Environmental impacts as buying criteria for third party logistical services. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 40(1/2), 84–10/
 8. Gandhi, S., Kumar Mangla, S., Kumar, P. 2015. Evaluating factors in implementation of successful green

- development concept: A fuzzy dynamic network-DEA approach. In *Journal of Air - - Transport Management* 57, 272e290/
18. Genovese, A. Adolf A, A. Alejandro, F. 2017. Sustainable supply chain management and the transition towards a circular economy: Evidence and some applications. *O mega* 344- 357.
19. Genovese, A. Adolf A, A. Alejandro, F. 2017. Sustainable supply chain management and the transition towards a circular economy: Evidence and some applications. *O mega* 344- 357
- chain network design: A case of the wine industry in Australia. *Omega* Volume 66, Part B, January 2017, Pages 236–247.
16. Azadi, m. Jafarian, m. 2015. A new fuzzy DEA model for evaluation of efficiency and effectiveness of suppliers in sustainable supply chain management context. *Computers & Operations Research* 54, 274 -285.
17. Olfat, L., Amiri, M., Bamdad Soufi, J., Pishdar, M. 2016. A dynamic network efficiency measurement of airports performance considering sustainable