Industrial Management Journal
Print ISSN: 2008-5885
Online ISSN: 2423-5369

A SCOR-based Sustainable Performance Evaluation System: A Case of Sepahan Cement Company

Zeynab Razi Khaneqah
MSc., Department of Industrial Management, Faculty of Management and Economic, University of Qom, Qom, Iran. E-mail: znb.rzi92@yahoo.com

Amirali Foukerdi
*Corresponding Author, Assistant Prof., Department of Management, Faculty of Management and Economic, University of Qom, Qom, Iran. E-mail: r.foukerdi@qom.ac.ir

Abstract

Objective: This research pursues two main objectives: 1) designing an integrated system for evaluating sustainable performance with an emphasis on the main executive processes of the cement supply chain, and 2) identifying the position and role of the criteria of this system in interaction with each other.

Methods: Achieving these goals in Sepahan Cement Company (SCC) is pursued in two phases. First, the supply chain operations reference (SCOR) model is used to design an integrated framework for evaluating the sustainable performance of the cement supply chain (CSC). Second, interpretive-structural modeling (ISM) and MICMAC analysis are used to analyze the position and role of sustainable performance criteria in CSC main processes.

Results: In total, 16 environmental criteria, 10 economic criteria, and 4 social criteria were identified. The contribution of the executive processes of sourcing, manufacturing, delivery, and return of the cement supply chain from these criteria were 11, 15, 7, and 6 criteria, respectively. In each process, key and effective criteria that played a fundamental role in promoting process sustainability were identified.

Conclusion: Not all SCC processes play the same role in improving various aspects of sustainability (society, environment, economy). Identifying the key and effective metrics of each process provides managers and policymakers with an appropriate perspective on the preparation of sustainability improvement projects. Despite the presence of economic criteria in all four executive processes of the cement supply chain, the effectiveness of these criteria is not the same in all processes. Therefore, the preferences of decision-makers can be different regarding the prioritization of projects to improve the sustainability of SCC.

Keywords: Sustainable performance evaluation system, Cement supply chain, Supply chain operational reference model, Interpretive-structural modeling

Citation: Razi Khaneqah, Zeynab and Foukerdi, Amirali (2021). A SCOR-based Sustainable Performance Evaluation System: A Case of Sepahan Cement Company. *Industrial Management Journal*, 13(2), 246-277. (*in Persian*)

Industrial Management Journal, 2021, Vol. 13, No.2, pp. 246-277
https://doi.org/10.22059/IMJ.2021.319358.1007824
© Zeynab Razi Khaneqah and Amirali Foukerdi
Published by University of Tehran, Faculty of Management
Article Type: Research Paper
Received: February 19, 2021
Accepted: May 16, 2021

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

نظام ارزیابی عملکرد پایدار مبتنی بر مدل اسکور (مورد مطالعه: شرکت سیمان سپاهان)

زینب راضی خانقاه
کارشناس ارشد، گروه مدیریت صنعتی، دانشکده مدیریت و اقتصاد، دانشگاه قم، قم، ایران. رایانامه: znb.rzi92@yahoo.com

امیرعلی فوکردی
* نویسنده مسئول، استادیار، گروه مدیریت، دانشکده مدیریت و اقتصاد، دانشگاه قم، قم، ایران. رایانامه: r.foukerdi@qom.ac.ir

چکیده

هدف: این پژوهش دو هدف اصلی را دنبال می‌کند: ۱. طراحی نظام یکپارچه ارزیابی عملکرد پایدار با تأکید بر فرایندهای محوری زنجیره تأمین سیمان؛ ۲. شناسایی جایگاه و نقش معیارهای این نظام در تعامل با یکدیگر.

روش: تحقق هدف‌های پژوهش، طی دو مرحله در شرکت سیمان سپاهان دنبال می‌شود. در مرحله نخست، از رویکرد فرایندمحور مدل اسکور برای طراحی چارچوب یکپارچه ارزیابی عملکرد پایدار زنجیره تأمین سیمان و در مرحله دوم از مدل‌سازی تفسیری ـ ساختاری و میک‌مک برای تحلیل جایگاه و نقش معیارهای عملکرد پایدار در فرایندهای این زنجیره استفاده می‌شود.

یافته‌ها: در مجموع، ۱۶ معیار محیط زیستی، ۱۰ معیار اقتصادی و ۴ معیار اجتماعی شناسایی شد. سهم فرایندهای اجرایی منبع‌یابی، ساخت، تحویل و بازگشت زنجیره تأمین سیمان از این معیارها، به‌ترتیب، ۱۱، ۱۵، ۷ و ۶ معیار بود. در هر فرایند، معیارهای کلیدی و اثرگذاری که در ارتقای پایداری فرایندها نقش ریشه‌ای دارند، مشخص شد.

نتیجه‌گیری: همه فرایندهای زنجیره تأمین شرکت سیمان سپاهان، در بهبود جنبه‌های مختلف پایداری (جامعه، محیط زیست، اقتصاد) نقش مشابهی ندارند. شناسایی معیارهای کلیدی و اثرگذار هر فرایند، دیدگاه مناسبی درباره تدارک پروژه‌های بهبود پایداری در اختیار مدیران و سیاست‌گذاران این شرکت قرار می‌دهد. با وجود حضور معیارهای اقتصادی در هر چهار فرایند اجرایی زنجیره تأمین سیمان، قدرت اثرگذاری و اثرپذیری این معیارها در تمام فرایندها به یک میزان نیست. از این رو، ترجیح تصمیم‌گیرندگان در خصوص اولویت‌بندی پروژه‌های بهبود پایداری شرکت سیمان سپاهان متفاوت است.

کلیدواژه‌ها: نظام ارزیابی عملکرد پایدار، زنجیره تأمین سیمان، مدل مرجع عملیاتی زنجیره تأمین، مدل‌سازی تفسیری ـ ساختاری

استناد: راضی خانقاه، زینب و فوکردی، امیرعلی (۱۴۰۰). نظام ارزیابی عملکرد پایدار مبتنی بر مدل اسکور (مورد مطالعه: شرکت سیمان سپاهان). *مدیریت صنعتی*، ۱۳(۲)، ۲۴۶- ۲۷۷.

مدیریت صنعتی، ۱۴۰۰، دوره ۱۳، شماره ۲، صص. ۲۴۶- ۲۷۷
دریافت: ۱۳۹۹/۱۲/۰۱، پذیرش: ۱۴۰۰/۰۲/۲۶
https://doi.org/10.22059/IMJ.2021.319358.1007824
نوع مقاله: علمی پژوهشی
ناشر: دانشکدهٔ مدیریت دانشگاه تهران
© زینب راضی خانقاه و امیرعلی فوکردی

مقدمه

سنجش عملکرد زنجیره تأمین پایدار از مفاهیم نوینی است که به‌اقتضای مسائل روز جهان اهمیت یافته است. وجود نگرانی‌های ناشی از صنعتی‌شدن دنیای مدرن و محدودیت منابع طبیعی، نیاز به چارچوب ارزیابی عملکرد پایدار را برای شرکت‌ها و زنجیره‌های تأمین محسوس‌تر کرده است (حسین، آواستی و تیواری[1]، ۲۰۱۵). امروزه مفهوم پایداری ماهیتی راهبردی پیدا کرده است (کاردین باوومن و بوتا گنولاز[2]، ۲۰۱۴) و سازمان‌ها برای اطمینان از تحقق آن به بهره‌گیری از نظام‌های ارزیابی عملکرد پایدار روی آورده‌اند؛ نظام‌هایی که ضمن سنجش عملکرد سازمان، درجه انطباق آن با ابعاد پایداری را ارزیابی کنند. بویوک‌آزکان و کارابولوت[3] (۲۰۱۸) نظام ارزیابی عملکرد پایدار را «نظامی برای سنجش عملکرد سازمان بر اساس معیارهای متمرکز بر نتایج سیاست‌ها، تصمیمات و اقدامات اقتصادی، اجتماعی و محیط زیستی تعریف کرده‌اند. به زعم کوری، موجکیچ و کراسلاوسکی[4] (۲۰۱۸)، سنجش و مدیریت عملکرد پایدار زنجیره تأمین صرفاً به مواجهه با ریسک‌ها محدود نمی‌شود و با کاهش هزینه‌های سازمان، افزایش اثربخشی، تقویت مزایای رقابتی، تسهیل گزارش‌دهی پایدار، بهبود عملکرد عملیاتی و پشتیبانی از راهبردهای زنجیره نیز سر و کار دارد. با وجود علاقه فزاینده به توسعه پایدار و ظهور ابزارهای جدید ارزیابی عملکرد پایدار (تاتیچی، تونلی و پاسکوالینو[5]، ۲۰۱۳)، هنوز ابزار استانداردی برای ارزیابی معیارهای زنجیره تأمین پایدار در اختیار سازمان‌ها قرار نگرفته است. اغلب ابزارها یا قادر به پوشش همگن ابعاد پایداری نیستند و یا برای مدیریت زنجیره تأمین به کار گرفته نشده‌اند. از طرفی، با وجود ارتباط و وابستگی میان ابعاد پایداری، جامعه علمی و صنعتی هنوز هم آنها را جداگانه تحلیل می‌کند (باوومن و گنولاز، ۲۰۱۴).

امروزه زنجیره تأمین سیمان در کانون توجه توسعه پایدار قرار دارد. از یک سو، این صنعت یکی از صنایع ضروری برای توسعه اقتصادی است و از سوی دیگر، این صنعت بسیار انرژی‌بر و آلاینده است (آمرینا، رمضانی و ویلسی[6]، ۲۰۱۶). در این شرایط، توسعه نظام ارزیابی عملکرد پایداری که بتواند ضمن افزایش رقابت‌پذیری و ایجاد ارزش‌افزوده در این زنجیره، نقشی مؤثر در بهبود محیط زیست، اقتصاد و اجتماع ایفا کند بسیار حائز اهمیت است (سوپینو، مالاندرینو، تستا و سیکا[7]، ۲۰۱۶؛ رکنی‌زاده و نجاتی، ۱۳۹۳). تاکنون تلاش‌هایی برای طراحی و توسعه چنین نظامی در صنعت سیمان انجام شده که اغلب معطوف به کشورهای آسیایی بوده‌اند. آمرینا و همکاران (۲۰۱۶) با اتکا به فنون مدل‌سازی تفسیری ـ ساختاری و فرایند تحلیل شبکه فازی چارچوبی را برای ارزیابی تولید پایدار و دستیابی به سطح عملکردی پایدارتر در صنعت سیمان هند ارائه دادند. سینگ، مودگیل و تیواری[8] (۲۰۱۹) فهرستی سیزده‌گانه از عوامل تعیین‌کننده تولید پایدار در صنعت سیمان هند را معرفی کردند. پوترا، ته، تان و یاو چونگ[9] (۲۰۲۰) پس از ارزیابی پایداری تولید سیمان در سه شرکت اندونزیایی، به اهمیت بهره‌گیری از سوخت‌های جایگزین و فناوری‌های جدید تولید سیمان پی بردند. سانگوان،

1. Hussain, Awasthi, and Tiwari
2. Chardine-Baumann, and Botta-Genoulaz
3. Büyük özkan, and Karabulut
4. Qorri, Mujkić, and Kraslawski
5. Taticchi, Tonelli, and Pasqualino
6. Amrina, Ramadhani, and Vilsi
7. Supino, Malandrino, Testa, and Sica
8. Singh, Modgil, and Tiwari
9. Putra, Teh, Tan, and Choong

باکار و دیگالوار[1] (۲۰۱۹) پس از مرور پیشینهٔ پژوهش و تحلیل عاملی نظرات خبرگان، چارچوبی جامع مشتمل بر ۵۲ معیار پایداری را برای ارزیابی عملکرد صنعت سیمان هند ارائه دادند. همچنین، نواز، حسین، نور، حبیب، عمر[2] (۲۰۲۰) در صدد شناسایی و تعیین میزان اهمیت معیارهای عملکرد اقتصادی پایدار در صنعت سیمان پاکستان برآمدند. سرانجام، آمرینا، کمیل و آریداراما[3] (۲۰۲۰) پس از طراحی مدلی برای ارزیابی عملکرد پایدار در صنعت سیمان هند، پی به نقش کلیدی معیارهای اجتماعی بردند. با وجود دانش ارزشمند حاصل از این مطالعات، بیشتر این پژوهش‌ها بر طراحی معیارهای عملکرد پایدار برای فرایند تولید سیمان تمرکز داشته‌اند و از توجه به دیگر فرایندهای اصلی زنجیره تأمین سیمان، مانند منبع‌یابی، تحویل و بازگشت غافل بوده‌اند. به‌علاوه، هنوز دانش ما درباره نقش و جایگاه معیارها در یک نظام ارزیابی عملکرد پایدار برای صنعت سیمان اندک است و این در حالی است که انجام پژوهش‌های بیش‌تر در این زمینه می‌تواند به برنامه‌ریزی برای اولویت‌بندی پروژه‌های ارتقای پایداری به فعالان این صنعت کمک کند.

یکی از مدل‌های مدیریتی که طی سال‌های اخیر به شکلی گسترده در طراحی نظام‌های ارزیابی عملکرد مورد استفاده قرار گرفته، مدل مرجع عملیات زنجیره تأمین (به‌اختصار، اسکور) است. این مدل چارچوبی یکپارچه را برای پیوند فرایندهای کسب‌وکار (برنامه‌ریزی، منبع‌یابی، ساخت، تحویل و بازگشت) در اختیار قرار می‌دهد و به سازمان‌ها در شناخت وضع موجود فرایندها و هدایت آنها به موقعیتی بهتر، کمی‌سازی عملکرد عملیاتی و تعیین هدف‌های عملکردی و ترسیم اقدامات مدیریتی و راه‌حل‌های فناورانه منجر به بهترین عملکرد کمک می‌کند (شورای زنجیره تأمین[4]، ۲۰۱۲). این کارکرد باعث می‌شود تا بتوان از مدل اسکور برای ارزیابی عملکرد اعضای زنجیره تأمین در چارچوبی واحد بهره برد. با وجود این، محدودیت اصلی مدل اسکور نادیده گرفتن بعد اجتماعی و عدم توسعه کامل و شفاف بعد محیط زیستی توسعه پایدار است (استولر، ربز و برندنبرگ[5]، ۲۰۱۸). خوشبختانه قابلیت این مدل در ارزیابی معیارهای مالی و غیرمالی فرایندهای زنجیره تأمین در سه سطح طرح‌ریزی، اجرایی و توانمندسازها (شورای زنجیره تأمین، ۲۰۱۲؛ آگامی، صالح و رسمی[6]، ۲۰۱۲) راه را برای رفع این کاستی هموار کرده است.

کشور ایران با در اختیار داشتن ۷۲ کارخانه تولید سیمان و ظرفیت اسمی سالانه حدود ۸۵ میلیون تن انواع سیمان، از تولیدکنندگان عمده سیمان در جهان است. این موضوع نشان از جایگاه مهم صنعت سیمان در اقتصاد کشور دارد (قاسمیه، جمالی و کریمی اصل، ۱۳۹۴). با وجود این، انرژی‌بری و آلایندگی بالا، پایین بودن بهره‌وری عوامل و نگرانی‌های فراوان محیط زیست از چالش‌های مهم این صنعت در کشور محسوب می‌شود. این چالش‌ها باعث شده تا ارتقای بهره‌وری، بهینه‌سازی مصرف آب و انرژی و دستیابی به معیارهای استاندارد زیست‌محیطی به هدف‌هایی راهبردی در چشم‌انداز ۱۴۰۴ صنعت سیمان تبدیل شود (برنامه راهبردی صنعت سیمان، ۱۳۹۴). واضح است که تحقق این راهبردها در گرو پیروی از رویکردهای مبتنی بر توسعه پایدار است. در پاسخ به این نیاز، پژوهش حاضر دو هدف اصلی را دنبال می‌کند. نخست با بهره‌گیری از قابلیت‌های مدل اسکور و رفع کاستی‌های این مدل در ارزیابی ابعاد اجتماعی و

1. Sangwan, Bhakar, and Digalwar
2. Nawaz, Hussain, Noor, Habib & Omair
3. Amrina, Kamil, and Aridharma
4. Supply Chain Council
5. Stohler, Rebs and Brandenburg
6. Agami, Saleh, and Rasmy

محیط زیستی توسعه پایدار سعی در طراحی نظامی یکپارچه برای ارزیابی عملکرد پایدار فرایندهای محوری زنجیره تأمین سیمان دارد. دوم با توجه به تنوع معیارهای توسعهٔ پایدار و محدودیت منابع سازمان‌ها در تحقق هم‌زمان این معیارها (کالابریس، کاستا، لویالدی و منیچینی[1]، ۲۰۱۶؛ محتاط و فوکردی؛ ۱۳۹۶)، سعی در مدل‌سازی تفسیری ـ ساختاری تعاملات میان معیارهای عملکرد پایدار و درک جایگاه و نقش معیارهای عملکرد پایدار فرایندهای اجرایی زنجیره تأمین سیمان توسط تحلیل میک‌مک دارد تا از این طریق به معیارهای کلیدی این نظام ارزیابی پی ببرد. انتظار می‌رود یافته‌های این پژوهش بینش سودمندی را برای ارتقای مؤثرتر و کارآمدتر عملکرد پایدار در اختیار مدیران و تصمیم‌گیرندگان شرکت سیمان سپاهان و در سطحی بالاتر، صنعت سیمان کشور قرار دهد.

این پژوهش از چند جنبه دارای نوآوری است. نخست، پژوهش حاضر ابعاد اجتماعی و محیط زیستی مدل اسکور و به بیان واضح‌تر، مدل اسکور پایدار را برای زنجیره تأمین سیمان توسعه داده است. دوم، پیروی این پژوهش از رویکرد فرایندی مدل اسکور باعث شده تا نظام ارزیابی عملکرد پایدار پیشنهادشده معطوف به فرایند تولید در زنجیره تأمین سیمان نباشد و سایر فرایندهای کلیدی این زنجیره، شامل منبع‌یابی، تحویل و بازگشت را نیز در بر گیرد. سرانجام، این پژوهش با درک روابط علت‌ومعلولی حاکم بر معیارهای عملکرد پایدار زنجیره تأمین سیمان و تحلیل نقش و جایگاه این معیارها در نظام ارزیابی عملکرد پایدار فرایندهای کلیدی این زنجیره به اولویت‌بندی مؤثرتر و کارآمدتر پروژه‌های توسعهٔ پایدار در شرکت مورد مطالعه کمک کرده است.

در ادامه، سازماندهی مقاله چنین است. ابتدا با هدف شناخت مفهوم نظام ارزیابی عملکرد پایدار و درک کاستی‌های پیشینه پژوهش، مروری بر مطالعات انجام‌شده در این حوزه خواهیم داشت. همچنین با توجه به بهره‌گیری پژوهش از مدل اسکور و ابزارهای مدل‌سازی تفسیری ـ ساختاری و تحلیل روابط متقابل (میک‌مک)، مروری اجمالی بر این مفاهیم و ابزارها خواهیم داشت. سپس در بخش روش‌شناسی، به سازوکار پیش‌بینی‌شده برای تحقق هدف‌های پژوهش اشاره می‌شود. پس از آن با تأکید بر شرکت مورد مطالعه، یافته‌های حاصل از اجرای گام‌های پژوهش منعکس می‌شود و در ادامه، این یافته‌ها به بحث گذاشته می‌شود. سپس، پیشنهادهای کاربردی مبتنی بر این یافته‌ها و سهم پژوهش در کمک به توسعهٔ نظام‌های ارزیابی عملکرد پایدار در زنجیره تأمین سیمان بیان می‌شود. سرانجام مقاله با بیان محدودیت‌های پژوهش و معرفی فرصت‌هایی برای مطالعات آتی به پایان می‌رسد.

پیشینه پژوهش

نظام ارزیابی عملکرد پایدار

طبق تعریف، نظام ارزیابی عملکرد پایدار چگونگی پایداری عملکرد، معیارهای مورد استفاده، آنچه از سنجش عملکرد توسط این معیارها انتظار می‌رود و هدف از گردآوری داده‌ها را تعیین می‌کند (بویوک‌آزکان و کارابولوت، ۲۰۱۸). باگوات و شارما[2] (۲۰۰۷) سنجش عملکرد را بازخوردی ضروری برای اطمینان از رضایت مشتری، تحقق هدف‌های سازمان و

1. Calabrese, Costa, Levialdi, and Menichini
2. Baghwat and Sharma

اجرای راهبردها می‌دانند. نخستین بار کارتر و راجرز[1] (۲۰۰۸) با تکیه بر تعاریف پایداری و توسعه معیارهای غیراقتصادی (محیط زیستی و اجتماعی) در صدد ارائه نظامی برای ارزیابی عملکرد مدیریت زنجیره تأمین پایدار برآمدند. از آن پس مفهوم نظام ارزیابی عملکرد زنجیره تأمین پایدار مورد توجه پژوهشگران فراوانی قرار گرفت. تاتیچی، تونلی و پاسکوالینو (۲۰۱۳) پس از مرور نظام‌یافته پیشینه ارزیابی عملکرد مدیریت زنجیره تأمین پایدار، از عدم بلوغ، رشد سریع، لزوم توسعه پیکره دانشی و کلیدی بودن این حوزه پژوهشی به عنوان ویژگی‌های اصلی این زمینه مطالعاتی یاد کردند.

جدول ۱ مروری اجمالی بر پیشینه تجربی نظام‌های ارزیابی عملکرد پایدار در زنجیره‌های تأمین دارد. مطابق این جدول با وجود تلاش پژوهشگران در طراحی نظام‌های ارزیابی عملکرد زنجیره تأمین پایدار، کمتر شاهد به‌کارگیری رویکرد جامع اصول سه‌گانه پایداری در طراحی چنین نظام‌هایی بوده‌ایم. نکته دیگر ضعف پیشینه در ارائه رویکردی نظام‌یافته برای شناسایی معیارها است. به‌زعم کوری و همکاران (۲۰۱۸)، هنوز راهنمای دقیق، شفاف و مفصلی برای انتخاب معیارهای عملکرد وجود ندارد. سرانجام، تمرکز اغلب چارچوب‌های پیشنهادشده بر فرایند ساخت/تولید صنعت سیمان بوده است و سایر فرایندهای کلیدی این زنجیره، مانند منبع‌یابی، تحویل و برگشت مورد توجه قرار نگرفته است.

جدول ۱. مروری بر پیشینه نظام‌های ارزیابی عملکرد پایدار در زنجیره تأمین

نویسنده	خلاصه پژوهش
یوسال[2] (۲۰۱۲)	• هدف: طراحی مدلی برای سنجش پایداری زنجیره تأمین و مقایسه شرکت‌ها از منظر عملکرد پایدار با توجه به معیارهای محیط زیستی، اقتصادی و اجتماعی. • رویکرد: دیمتل، نظریه گراف و رویکرد ماتریسی. • کمبود: تعیین مدل اندازه‌گیری در سطح راهبردی و بی‌توجهی به فرایندهای اصلی زنجیره تأمین.
بورلاکیس[3] و دیگران (۲۰۱۳)	• هدف: ارزیابی عملکرد زنجیره تأمین لبنیات یونان و مقایسه آماری اعضای کلیدی زنجیره تأمین با توجه به اندازه شرکت. • رویکرد: تحلیل آمار استنباطی (آزمون تی) • یافته‌ها: نیاز فوری به بهبود معیارهای عملکرد پایدار، پی بردن به نقش کلیدی تولیدکنندگان بزرگ لبنی در اجرای ابتکارعمل‌های پایدار. • کمبود: چشم‌پوشی از معیارهای پایداری، بی‌توجهی به فرایندهای اصلی زنجیره تأمین، بی‌توجهی به روابط میان معیارها.
باوومن و گنولاز (۲۰۱۴)	• هدف: تحلیل روابط میان رویه‌های مدیریت زنجیره تأمین سنتی و اثرات آن بر معیارهای عملکرد پایدار • رویکرد پژوهش: مدل ارزیابی تحلیلی • یافته‌ها: پیشنهاد مدلی تحلیلی برای ارزیابی عملکرد پایدار، اهمیت بیشتر بعد اقتصادی از دو بعد دیگر، توانایی مدل برای تعیین اثر رویه‌های مختلف بر عملکرد پایدار، تعیین ماتریسی برای سنجش بلوغ پایداری شرکت • کمبود: چشم‌پوشی از روابط میان معیارها و زیرمعیارها، بی‌توجهی به فرایندهای اصلی زنجیره تأمین

1. Carter and Rogers
2. Uysal
3. Bourlakis

ادامهٔ جدول ۱

نویسنده	خلاصه پژوهش
آمرینا و همکاران (۲۰۱۶)	• هدف: پیشنهاد رویکرد چندمعیاره فازی برای ارزیابی تولید پایدار و دستیابی به سطح عملکردی پایدارتر در صنعت سیمان • رویکرد پژوهش: تکنیک مدل‌سازی تفسیری ـ ساختاری و فرایند تحلیل شبکه فازی • یافته‌ها: ساخت مدل ارتباط شبکه‌ای پایدار و تعیین اهمیت معیارهای پایداری در فرایند تولید سیمان • کمبود: جامع نبودن معیارهای پایداری، تمرکز بر فرایند ساخت و عدم توجه به فرایندهای تحویل و بازیافت
صفایی قادیکلائی و غلامرضاتبار دیوکلائی (۱۳۹۳)	• هدف: طراحی نظام ارزیابی عملکرد زنجیره تأمین غذا با توجه به معیارهای حاکمیت شرکتی، اقتصادی، اجتماعی، محیط زیستی. • رویکرد: تکنیک دلفی و فرایند تحلیل شبکه‌ای فازی. • یافته‌ها: تعیین سلامت جسمانی، روانی و اجتماعی کارکنان و گازهای گلخانه‌ای به عنوان مهم‌ترین معیارهای پایداری. • کمبود: عدم توجه به فرایندهای اصلی زنجیره تأمین مواد غذایی، عدم تعیین چارچوب در سطح عملیاتی زنجیره تأمین. چشم‌پوشی از وابستگی و روابط میان معیارهای پایداری.
صادقی‌مقدم، صفری و احمدی نوذری (۱۳۹۴)	• هدف: سنجش پایداری زنجیره تأمین بانک با توجه به چهار معیار حاکمیت شرکتی، محیط زیستی، اقتصادی، اجتماعی • رویکرد: سیستم استنتاج فازی (چندمرحله‌ای/ چندبخشی) • یافته‌ها: مشتریان، کارکنان، خدمات و محصولات مسئولانه، مدیریت ریسک، مدیریت ذی‌نفعان و حاکمیت شرکتی مهم‌ترین‌ها مؤلفه‌ها در دستیابی به پایداری شناخته شدند. • کمبود: عدم توجه به فرایندهای اصلی زنجیره تأمین مواد غذایی، عدم تعیین چارچوب در سطح عملیاتی زنجیره تأمین. چشم پوشی از وابستگی و روابط میان معیارهای پایداری.
الفت و مزروعی نصرآبادی (۱۳۹۳)	• هدف: ارائه مدلی برای اندازه‌گیری پایداری زنجیره تأمین فرش ماشینی • رویکرد پژوهش: تکنیک دلفی و تحلیل عاملی و فرایند تحلیل سلسله مراتبی گروهی • یافته‌ها: تعیین بعد اقتصادی به عنوان مهم‌ترین عامل و بعد محیط زیستی به‌عنوان کم‌اهمیت‌ترین عامل در صنعت فرش. • کمبود: بی‌توجهی به فرایندهای اصلی زنجیره، عدم توجه به وابستگی میان معیارها
حقیقی، ترابی و قاسمی[1] (۲۰۱۶)	• هدف: ارائه چارچوب ترکیبی برای رتبه‌بندی عملکرد پایدار در صنعت بازیافت پلاستیک • رویکرد: تکنیک تحلیل پوششی داده‌ها و کارت امتیازی متوازن • یافته‌ها: پیشنهاد مدل شبکه‌ای تحلیل پوششی داده‌ها که معیارهای کیفی و کمی و خروجی‌های مطلوب و نامطلوب را مدنظر قرار می‌دهد، شناسایی عوامل مؤثر بر پایداری در صنعت بازیافت پلاستیک • کمبود: عدم توجه به وابستگی میان معیارها
سینگ و همکاران (۲۰۱۹)	• هدف: شناسایی و ارزیابی عوامل تعیین‌کننده در پایداری تولید در صنعت سیمان هند • رویکرد: فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی و دیمتل • یافته‌ها: در میان عوامل ۱۳گانه اقتصادی، اجتماعی و محیط‌زیستی تولید سیمان، هزینه مواد اولیه، میزان انرژی مصرفی و هزینه موجودی از بیش‌ترین اهمیت و آلودگی هوا، روابط کارگری و میزان مواد مصرفی از کمترین اهمیت برخوردارند. • کمبودها: تأکید صرف بر فرایند تولید سیمان و عدم توجه به دیگر فرایندهای اصلی زنجیره تأمین سیمان

1. Haghighi, Torabi, and Ghasemi

ادامهٔ جدول ۱

نویسنده	خلاصه پژوهش
پوترا و همکاران (۲۰۲۰)	• هدف: ارزیابی پایداری تولید سیمان در سه کارخانه کشور اندونزی • رویکرد: فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی و مدل ارزیابی چرخه عمر • یافته‌ها: استفاده از سوخت‌های جایگزین و بهره‌گیری از فناوری‌های جدید تولید سیمان به ارتقا سطح پایداری در تولید سیمان در اندونزی کمک زیادی می‌کند. • کمبودها: تأکید صرف بر آلاینده‌های محیط‌زیستی و عدم توجه به دامنه گسترده‌تری از معیارهای محیط‌زیستی، تأکید صرف بر فرایند تولید سیمان و عدم توجه به دیگر فرایندهای اصلی زنجیرهٔ تأمین سیمان
سانگوان و همکاران (۲۰۱۹)	• هدف: ارائه چارچوبی برای ارزیابی پایداری در صنعت سیمان هند • رویکرد: مرور نظام‌یافته پیشینه پژوهش، تحلیل عاملی اکتشافی نظرات خبرگان صنعت سیمان • یافته‌ها: استخراج ۱۲۱ شاخص کلیدی عملکرد پایدار برای انواع صنایع (۳۰ اجتماعی، ۲۶ اقتصادی و ۶۵ محیط‌زیستی)، شناسایی ۶۷ شاخص اختصاصی (۱۹ اجتماعی، ۱۷ اقتصادی و ۳۱ محیط‌زیستی) برای صنعت سیمان، شناسایی ۵۲ شاخص مرتبط با صنعت سیمان هند (۱۹ شاخص برای سیاست‌گذاری پایدار، ۱۲ شاخص برای محصول پایدار و ۲۱ شاخص برای فرایند تولید پایدار) • کمبودها: صرفاً ارائه فهرستی از معیارهای پایداری
نواز و همکاران (۲۰۲۰)	• هدف: شناسایی و تعیین میزان اهمیت شاخص‌های کلیدی عملکرد اقتصادی پایدار در صنعت سیمان پاکستان • رویکرد: تحلیل عناصر اصلی[1] و نسبت سیگنال به نویز تاگوچی[2] • شناسایی ۱۴ شاخص کلیدی عملکرد اقتصادی پایدار، افزایش سهم بازار و توسعهٔ بازارهای صادراتی به عنوان مهمترین و کسب درآمد از کربن اعتباری و میزان معافیت مالیاتی و اعتبار مالیاتی دریافتی از دولت به عنوان کم‌اهمیت‌ترین معیارها. • کمبودها: تأکید صرف بر شاخص‌های اقتصادی عملکرد پایدار و عدم توجه به شاخص‌های پیشایند در فرایندهای زنجیرهٔ تأمین سیمان
آمرینا و همکاران (۲۰۲۰)	• هدف: طراحی مدلی برای ارزیابی عملکرد پایدار در صنعت سیمان هند • رویکرد: مدل‌سازی تفسیری ـ ساختاری، فرایند تحلیل شبکه‌ای فازی • یافته‌ها: ساخت مدل روابط حاکم بر معیارهای عملکرد پایدار، معیارهای اجتماعی مانند ایمنی و بهداشت شغلی، محیط کاری و روشنایی و تهویه محیط کار از بیش‌ترین اهمیت برخوردار هستند. • کمبودها: عدم برخورداری از رویکرد زنجیرهٔ تأمین پایدار، عدم برخوداری از دیدگاه فرایندی در طراحی مدل
حسین و همکاران (۲۰۱۵)	• هدف: توسعه چارچوبی یکپارچه برای سنجش رویه‌های مدیریت زنجیره تأمین پایدار • رویکرد: مدل‌سازی تفسیری ـ ساختاری و فرایند تحلیل شبکه‌ای • یافته‌ها: شناسایی مقررات دولتی، پاداش و تشویق و توجه به تقاضای مشتری به‌عنوان توانمندسازهای پایداری زنجیره تأمین و مالیات بر کربن، آموزش و تشویق به‌عنوان رویه‌های پراهمیت برای پایدارسازی • کمبودها: عدم تعیین معیار، عدم توجه به فرایندهای زنجیره تأمین

مدل اسکور

مدل اسکور در سال ۱۹۹۶ توسط شورای زنجیره تأمین به‌عنوان چارچوب متداول مدیریت زنجیره تأمین معرفی شد (لوکامی و مک‌کورمک[3]، ۲۰۰۴). این مدل با پیوند فرایندهای کسب‌وکار، معیارهای عملکرد، تجربیات برتر و ویژگی‌های فنی سعی در ارائه ساختاری یکپارچه برای پشتیبانی از روابط میان اعضای زنجیره تأمین دارد (شورای زنجیره تأمین،

1. Principal Component Analysis (PCA)
2. Taguchi signal to noise ratio
3. Lockamy and McCormack

۲۰۱۲). اسکور امکان دستیابی به پیکربندی زنجیره تأمین، سنجش عملکرد زنجیره تـأمین و مقایسـه آن بـا هـدف‌هـای داخلی و خارجی صنعت و آرایش دوباره فرایندهای زنجیره تأمین براساس هدف‌های متغیر یا تحقق‌نیافتـه کسـب‌وکـار را فراهم می‌کند (نسلوند و ویلیامسون[1]، ۲۰۱۰). شورای زنجیره تأمین (۲۰۱۲) پنج فرایند اصلی را برای مدل اسکور برشمرده است. این فرایندها و فعالیت‌های متناظر آنها که تشکیل‌دهنده سطوح دوم و سوم مدل اسکور هستند، عبارت‌اند از:

- طرح‌ریزی (برنامه‌ریزی). این فرایند فعالیت‌های مرتبط با گردآوری نیازهـای مشـتری، گـردآوری اطلاعـات و منـابع دردسترس، متوازن‌سازی ظرفیت منابع با تقاضای مورد نیاز و شناسایی کمبود منابع را شامل می‌شود.
- منبع‌یابی. این فرایند فعالیت‌های مرتبط با سفارش‌دهی و دریافت کالاها و خدمات را توصیف می‌کند که عبـارت‌انـد از: سفارش خرید، برنامه‌ریزی تحویل، دریافت، ذخیره‌سازی، حمل‌ونقل و پذیرش صورت‌حساب‌های تأمین‌کننده است.
- ساخت. این فرایند فعالیت‌های مرتبط با تبدیل یا ساخت مواد / خدمت را توصیف می‌کند و تنها بر تولید مـواد تأکیـد نمی‌کند بلکه هر نوع ساخت اعم از مونتاژ، پردازش‌های شیمیایی، نگهداری، تعمیر، بازسازی را شامل می‌شود.
- تحویل. این فرایند فعالیت‌های مرتبط با ایجاد، نگهداری و تکمیل سفارش‌های مشتری را توصیف می‌کنـد و شـامل دریافت، اعتبارسنجی، ایجاد سفارش‌های مشتری، برنامه‌ریزی سفارش‌های تحویـل، بسـته‌بنـدی و حمـل و نقـل و دریافت صورت‌حساب مشتریان می‌شود.
- برگشت. این فرایند فعالیت‌های مرتبط با جریان معکوس کالا از مشتری را توصیف می‌کند. این فرایند فعالیت‌هـایی چون شناسایی نیاز به برگشت، وضع تصمیم‌گیرندگان، برنامه‌ریزی برای برگشت، حمل و دریافت کالاهای برگشـتی (کالاهای تعمیری، بازیافتی و قابل‌بازیابی) را شامل می‌شود.

شورای زنجیره تأمین (۲۰۱۲) معیارهای مدل اسکور را در سه سطح طبقه‌بندی کرده است: ۱. معیـارهـایی کـه بـر سلامت کل زنجیره تأکید دارند؛ این معیارها به‌عنوان معیارهای راهبردی و معیارهای کلیدی عملکرد شناخته می‌شـوند و هدف‌های ملموسی را برای تحقق هدف‌های راهبردی تعیین می‌کنند؛ ۲. معیارهای تشخیصـی بـرای معیـارهـای سـطح نخست؛ شناسایی روابط بین معیارها در این سطح به شناسایی علت یا علل ریشه‌ای شکاف عملکردی سطح یـک کمـک می‌کند؛ ۳. معیارهای تشخیصی برای معیارهای سطح دوم. این معیارها عبارت‌اند از:

- قابلیت اطمینان زنجیره تأمین. توانایی اجرای وظایف در حد انتظار؛ قابلیت پیش‌بینی خروجی فراینـدهـا. ماننـد: درجه انطباق کیفی، مقداری، زمانی؛
- پاسخ‌گویی زنجیره تأمین. سرعت فراهم‌سازی محصولات مدنظر مشتری. مانند: چرخه زمانی تحویل کالا؛
- توانایی پاسخ به اثرات خارجی؛ توانایی پاسخ به تغییرات بازار برای کسب یا حفظ سود. مانند: تطبیق‌پذیری؛
- هزینه. هزینهٔ اجرای فرایندهای زنجیرهٔ تأمین شامل هزینه‌های کارگر، هزینهٔ مواد، هزینهٔ انتقال و مدیریت؛
- اثربخشی مدیریت دارایی‌ها. توانایی استفاده اثربخش از دارایی‌ها. مانند: سطح موجودی، نرخ به‌کارگیری ظرفیت.

1. Naslund, and Williamson

مدل‌سازی تفسیری ـ ساختاری

برای اتخاذ تصمیمات درست، شناخت ساختار سیستم اهمیت زیادی دارد (ساشیل[1]، ۲۰۱۲). از مدل‌سازی تفسیری ـ ساختاری برای نمایش ساختار حاکم بر سیستم استفاده می‌شود. این روش مبتنی بر روابط زوجی میان متغیرهای سیستم است و از گره‌ها و پیوندها برای نمایش روابط میان متغیرها استفاده می‌کند (چیپل، نارخد، آکارت و رائو[2]، ۲۰۱۸). مدل‌سازی تفسیری ـ ساختاری مدل‌های ذهنی پیچیده، ناکافی و نامشخص را به مدل‌های تعریف‌شده، رؤیت‌پذیر و واضح تبدیل می‌کند و با تعریف عناصر کلیدی مسئله به توسعه راه‌حلی برای مسئله می‌انجامد. آتری، دو و شارما[3] (۲۰۱۳) گام‌های این روش را چنین معرفی می‌کنند:

ایجاد ماتریس خودتعاملی ساختاری[4]. این ماتریس با اتکا به نظر خبرگان امکان توسعه روابط مفهومی میان متغیرها را فراهم می‌کند. در این گام، خبرگان در قالب گروه کانونی یا جلسه‌های زایش فکر عوامل و روابط میان آنها را مشخص می‌کنند. هنگام تحلیل روابط میان عوامل از مفاهیم «منجر می‌شود» و «اثر می‌گذارد» استفاده می‌شود. برای تولید ماتریس خودتعاملی ساختاری، از نمادهای V، A، i، j، X و O طبق رابطه ۱ استفاده می‌شود:

رابطه ۱) V: عامل i عامل j را منجر می‌شود. A: عامل j عامل i را منجر می‌شود.

X: برای نمایش اثر دوطرفه عوامل i و j O: برای نمایش عدم اثرگذاری عوامل i و j بر یکدیگر

تشکیل ماتریس دستیابی اولیه[5]. این ماتریس بر مبنای ماتریس خودتعاملی و به کمک رابطه ۲ تشکیل می‌شود:

رابطه ۲)

- اگر در ماتریس خود تعاملی، خانه (j,i) نماد V اختیار کند، خانه متناظر در ماتریس دستیابی عدد ۱ و خانه قرینه آن، یعنی (i,j) عدد صفر می‌گیرد.
- اگر در ماتریس خود تعاملی، خانه (j,i) نماد A اختیار کند، خانه متناظر در ماتریس دستیابی عدد صفر و خانه قرینه آن، یعنی (i,j) عدد ۱ می‌گیرد.
- اگر در ماتریس خود تعاملی، خانه (j,i) نماد X اختیار کند، خانه متناظر در ماتریس دستیابی عدد ۱ و خانه قرینه آن، یعنی خانه (i,j) هم عدد ۱ می‌گیرد.
- اگر در ماتریس خود تعاملی، خانه (j,i) نماد O اختیار کند، خانه متناظر در ماتریس دستیابی عدد صفر و خانه قرینه آن، یعنی خانه (i,j) هم عدد صفر می‌گیرد.

سازگار کردن ماتریس دستیابی اولیه. پس از تشکیل ماتریس دستیابی اولیه، باید سازگاری درونی آن برقرار شود. بدین معنی که اگر متغیر ۱ منجر به متغیر ۲ و متغیر ۲ منجر به متغیر ۳ شود، متغیر ۱ نیز باید منجر به متغیر ۳ شود و اگر در ماتریس دستیابی این حالت برقرار نباشد، ماتریس باید اصلاح شود و روابط از قلم‌افتاده جایگزین شوند. برای سازگار کردن ماتریس دستیابی اولیه روش‌های مختلفی پیشنهاد شده است. در یکی از روش‌ها، با مشاهده ناسازگاری در ماتریس

1. Sushil
2. Chaple, Narkhede, Akarte, and Raut
3. Attri., Dev, and Sharma
4. Structural Self_Interaction Matrix (SSIM)
5. Reachability matrix

دستیابی اولیه، پرسش‌نامه‌ها دوباره توسط خبرگان پر می‌شود و سازگاری ماتریس دستیابی بار دیگر بررسی می‌شود و این کار تا سازگاری کامل ماتریس دستیابی تکرار می‌شود. در رویکردی دیگر، از قوانین ریاضی برای ایجاد سازگاری در ماتریس دستیابی استفاده می‌شود. به این صورت که ماتریس دستیابی اولیه به توان $(k+1)$ رسانده می‌شود $(k \geq 1)$. عملیات به توان رساندن ماتریس طبق قواعد بولی $1=1\times1$ و $1=1+1$ انجام می‌شود.

تعیین سطح و اولویت متغیرها. برای تعیین سطح و اولویت هر متغیر، مجموعه دستیابی[1] و مجموعه مقدم[2] آن متغیر تعیین می‌شود. برای یک متغیر، مجموعه دستیابی شامل متغیرهایی است که از طریق آن متغیر می‌توان به آنها رسید و مجموعه مقدم شامل متغیرهایی است که از طریق آنها می‌توان به متغیر مدنظر رسید. پس از تعیین این دو مجموعه برای هر متغیر، عناصر مشترک مجموعه‌های دستیابی و مقدم آن متغیر شناسایی می‌شوند. این کار امکان تعیین سطح متغیر را فراهم می‌کند. بدین ترتیب که در بالاترین سطح متغیرهایی قرار می‌گیرند که عناصر مجموعه دستیابی و عناصر مجموعه مشترک آنها یکسان باشند. پس از تعیین این متغیر(ها)، آنها از ماتریس حذف می‌شوند و ماتریس بعدی با متغیرهای باقیمانده تشکیل داده می‌شود.

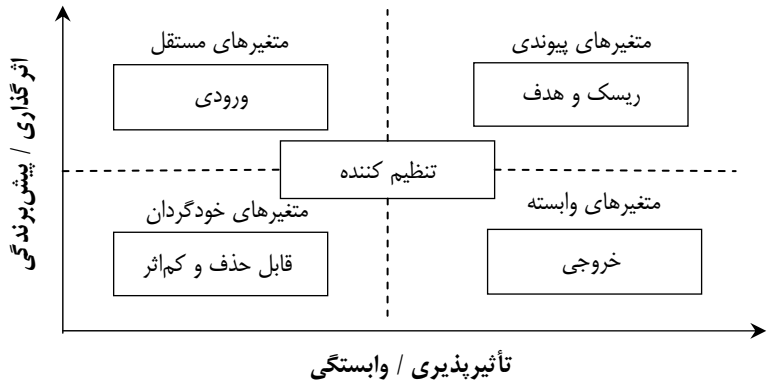
تشکیل دیاگراف. دیاگراف به کمک ماتریس مخروطی رسم می‌شود و شامل گره‌ها و خطوط جهت‌داری است که پس از حذف روابط غیرمستقیم حاصل می‌شود. دیاگراف نمایی بصری از متغیرها و وابستگی میان آنها ارائه می‌دهد. عوامل با رتبه بالاتر در سطح فوقانی و عوامل با رتبه‌های کمتر در سطوح پایین‌تر دیاگراف قرار می‌گیرند.

ترسیم مدل نهایی تفسیری ـ ساختاری. این کار با تبدیل دیاگراف و جای‌گذاری عوامل به جای گره‌ها و در صورت نیاز، توصیف عوامل حاصل می‌شود.

تحلیل میک‌مک

از میک‌مک برای تحلیل جایگاه متغیرها در سیستمی با ساختار سلسله‌مراتبی استفاده می‌شود (دوچاک و شارما، ۲۰۱۶). در این تحلیل، متغیرها با توجه به قدرت محرک بودن[3] (نفوذ) و درجه وابستگی[4] (تأثیرپذیری) در نموداری موسوم به نمودار محرک ـ وابستگی منعکس می‌شوند (ساکسنا و وارت[5]، ۱۹۹۰). در نمودار محرک ـ وابستگی، محور y ها میزان محرک بودن و محور x ها میزان وابستگی هر متغیر را نشان می‌دهد (دیگالوار و گیریدار[6]، ۲۰۱۵). قدرت نفوذ هر متغیر از جمع ورودی‌های موجود در ردیف‌ها و درجه وابستگی هر متغیر از جمع ورودی‌های موجود در ستون‌های ماتریس دستیابی نهایی در روش مدل‌سازی تفسیری ـ ساختاری به دست می‌آید (ساکسنا و وارت، ۱۹۹۰). ربانی (۱۳۹۱) انواع متغیرهای سیستم را در قالب محورهای مختصات شکل ۱ نشان داده است. در این شکل، جایگاه متغیرها حاکی از نقش آنها در پویایی و تحولات سیستم است. در کل، متغیرها به چهار دسته تقسیم می‌شوند:

1. Reachability set
2. Antecedent set
3. Driving force
4. Independence
5. Saxena and Vrat
6. Digalwar and Giridhar



شکل۱. نمودار محرک ـ وابستگی در تحلیل میک‌مک

۱. متغیرهای مستقل[1]. این متغیرها، با اثرگذاری بالا و تأثیرپذیری پایین، از اهمیت زیادی در سیستم برخوردارند. متغیرهای اثرگذار کلیدی‌ترین مؤلفه‌های سیستم هستند و تغییرات سیستم وابسته به آنها است.

۲. متغیرهای پیوندی[2]. این متغیرها هم‌زمان دارای قدرت اثرگذاری و تأثیرپذیری بالایی هستند. این ماهیت ناپایدار باعث می‌شود تا هر تغییری در آنها به تغییر در دیگر متغیرها منجر شود.

۳. متغیرهای وابسته. این متغیرها دارای اثرگذاری پایین و تأثیرپذیری بالایی هستند و در مقایسه با متغیرهای اثرگذار و پیوندی از حساسیت بیشتری برخوردارند. لذا به عنوان خروجی سیستم در نظر گرفته می‌شوند.

۴. متغیرهای خودگردان. این متغیرها نه تأثیری از جانب سایر متغیرها می‌پذیرند و نه بر آنها اثر چندانی می‌گذارند. این متغیرها ارتباط کمی با سیستم دارند و باعث توقف یا پیشرفت سایر متغیرهای سیستم نمی‌شوند.

در سال‌های اخیر مدل‌سازی تفسیری ـ ساختاری جایگاه ویژه‌ای در تعیین روابط میان عوامل پایداری پیدا کرده است. راوتا، نارخدیب و گارداسب[3] (۲۰۱۷) ضمن ارائه رویکردی برای شناسایی رویه‌های کلیدی مدیریت زنجیره تأمین پایدار در صنعت نفت و گاز هند، از این روش برای تعیین روابط میان معیارها و از ابزار میک‌مک برای تعیین میزان اثر و وابستگی معیارها استفاده کردند. آمرینا و همکاران (۲۰۱۶) از مدل‌سازی تفسیری ـ ساختاری و فرایند تحلیل شبکه‌ای فازی برای ارزیابی پایداری صنعت سیمان بهره بردند. تیروپاتی و وینود[4] (۲۰۱۵) از مدل‌سازی تفسیری ـ ساختاری، تحلیل میک‌مک و مدل‌یابی معادلات ساختاری برای تحلیل عوامل تولید پایدار در صنعت قطعه‌سازی خودروی هند استفاده کردند و نشان دادند که مدل‌سازی تفسیری ـ ساختاری می‌تواند در تعریف روابط ساختاری میان توانمندسازها قدرتمندتر از مدل‌یابی معادلات ساختاری عمل کند. سرانجام، حسین و همکاران (۲۰۱۵) به‌کمک مدل‌سازی تفسیری ـ ساختاری و فرایند تحلیل شبکه‌ای، چارچوبی یکپارچه برای سنجش پایداری مدیریت زنجیره تأمین توسعه دادند.

1. Autonomous variables
2. Linkage variables
3. Rauta, Narkhedeb, and Gardasb
4. Thirupathi and Vinodh

روش‌شناسی پژوهش

این پژوهش دو هدف اصلی را دنبال می‌کند: ۱. طراحی نظام یکپارچه ارزیابی عملکرد پایدار با تأکید بر فرایندهای محوری زنجیره تأمین سیمان؛ ۲. شناسایی جایگاه و نقش معیارهای این نظام در تعامل با یکدیگر. مطابق شکل ۲، روش‌شناسی پژوهش این اهداف را در دو مرحله محقق می‌کند. در مرحله اول، از رویکرد فرایندی مدل اسکور برای طراحی چارچوب یکپارچه ارزیابی عملکرد پایدار صنعت سیمان و در مرحله دوم از مدل‌سازی تفسیری ـ ساختاری و میک‌مک برای تحلیل جایگاه و نقش معیارهای عملکرد پایدار در فرایندهای زنجیره تأمین سیمان استفاده می‌شود. تعدد عناصر تعیین‌کننده در پایداری صنعت سیمان و ساده‌انگارانه بودن استقلال این عناصر از یکدیگر بهره‌گیری از مدل‌سازی ساختاری ـ تفسیری را توجیه می‌کند. در عین حال، تلفیق این رویکرد با تحلیل میک‌مک بینش ارزشمندی را دربارهٔ چارچوب مفهومی عوامل مؤثر بر عملکرد پایدار فرایندهای اصلی زنجیره تأمین سیمان و اولویت‌بندی پروژه‌های بهبود پایداری با هدف کسب مزیت رقابتی فراهم می‌کند.

شکل ۲. گام‌های پژوهش

در حالی که برای افزایش روایی یافته‌های حاصل از مدل‌سازی تفسیری ـ ساختاری، مشارکت دست‌کم هشت خبره توصیه شده است (پناهی‌فر، بیرن و هیوی[1]، ۲۰۱۴)، در این پژوهش از نظرات و قضاوت‌های ۱۲ خبره استفاده شد. خبرگان پژوهش از میان کارشناسان عملیاتی و مدیران میانی شرکت سیمان سپاهان، به‌شیوه قضاوتی و با توجه به معیارهای تجربه و تخصص در صنعت سیمان، آشنایی با حوزه توسعه پایدار، تنوع تخصص‌ها و زمینه‌های کاری افراد و علاقمند بودن به همکاری با پژوهشگر انتخاب شدند. دریافت گواهی‌نامه تعهد سبز از دبیرخانه جایزه مدیریت سبز ایران و امور محیط زیست وزارت صمت، احراز رتبه صنعت برگزیده سبز کشور، استقرار سامانه ایزو ۱۴۰۰۱، دریافت لوح تقدیر و تندیس روابط عمومی برتر از کنفدراسیون صنعت در جشنواره قهرمانان صنعت ایران و دریافت لوح تقدیر نخستین نمایشگاه

1. Panahifar, Byrne, and Heavey

محیط زیست استان اصفهان حکایت از توجه ویژه شرکت به مباحث توسعه پایدار و آگاهی مدیران آن از این مباحث دارد. در ادامه، به یافته‌های پژوهش ضمن معرفی گام‌های پژوهش اشاره می‌شود.

یافته‌های پژوهش

شناسایی مباحث پایداری در زنجیره تأمین سیمان

شناخت مباحث[1] پایداری به هدف‌گذاری صحیح توسط تصمیم‌گیرندگان کمک می‌کند. در این پژوهش برای شناسایی مباحث پراهمیت پایداری در صنعت سیمان، از گزارش به سوی صنعت پایدار سیمان شورای جهانی کسب‌وکار برای توسعه پایدار (هامفریز و ماهاسنان[2]، ۲۰۰۲)، منشور و راهنماهای پایداری صنعت سیمان[3] (انجمن جهانی سیمان و بتن، ۲۰۱۸) و مدل اسکور (شورای زنجیره تأمین، ۲۰۱۲) استفاده شد. جدول ۲ مباحث پیش روی ذی‌نفعان این زنجیره را از جنبه‌های سه‌گانه پایداری (محیط زیست، جامعه، اقتصاد) نشان می‌دهد.

جدول ۲. مباحث توسعه پایدار در صنعت سیمان

جنبه	مبحث	هامفریز و ماهاسنان (۲۰۰۲)	انجمن جهانی سیمان و بتن (۲۰۱۸)	شورای زنجیره تأمین (۲۰۱۲)
محیط زیست	بهره‌وری منابع	بهره‌وری منابع	آب، مسئولیت‌پذیری در مصرف مواد خام	
	بهره‌وری انرژی مصرفی		مسئولیت‌پذیری در مصرف سوخت	
	حفظ محیط زیست	حفظ محیط زیست، مباشرت بوم‌شناختی	دی‌اکسید کربن و حفظ محیط زیست	
	کاهش آلودگی	کاهش آلودگی	کاهش آلودگی	
جامعه	ایمنی، سلامت و رفاه کارکنان	رفاه کارکنان	ایمنی و سلامت کارکنان	
	اثرات محلی بر جامعه	رفاه جامعه، توسعه منطقه	اثرات محلی بر جامعه	
			گزارش‌دهی و ارتباطات با ذی‌نفعان	
اقتصاد	ایجاد ارزش برای ذی‌نفعان	ایجاد ارزش برای ذی‌نفعان		هزینه، چابکی، انعطاف‌پذیری، پاسخ‌گویی، اثربخشی دارایی‌ها

تعریف هدف‌های پایداری و جفت کردن آنها با فرایندهای اصلی زنجیره تأمین سیمان

پس از شناسایی مباحث پایداری در زنجیره تأمین سیمان نوبت به تعیین اهداف پایدار برای زنجیره می‌رسد. با اقتباس از گزارش به سوی صنعت پایدار سیمان شورای جهانی کسب‌وکار برای توسعه پایدار (هامفریز و ماهاسنان، ۲۰۰۲)، این

1. Issues
2. Humphreys and Mahasenan
3. Sustainability Charter and Guidelines

هدف‌ها استخراج و با فرایندهای اجرایی نسخه ۱۱ مدل اسکور (شورای زنجیره تأمین، ۲۰۱۲) جفت شد. چون هدف‌های پایداری می‌توانند به‌اقتضای زمان و شرایط صنعت تغییر کنند، در این مرحله از نظرات خبرگان پژوهش برای تطبیق هدف‌های مستخرج از گزارش مذکور با مقتضیات صنعت سیمان کشور و جفت کردن این هدف‌ها با فرایندهای اجرایی مدل اسکور استفاده شد. جدول ۳ نتایج حاصل را نشان می‌دهد.

جدول ۳. جفت کردن هدف‌های توسعه پایدار زنجیره تأمین سیمان با فرایندهای اصلی این زنجیره

مبحث پایداری	هدف‌های توسعه پایدار صنعت سیمان			
	منبع‌یابی	ساخت	تحویل	بازگشت
بهره‌وری منابع	استخراج کمتر مواد اولیه	کاهش هزینه عملیات		
حفظ محیط زیست	مسئولیت پذیری بیشتر در محافظت از زمین و محافظت از اکوسیستم و گوناگونی زیستی	کاهش آلاینده‌های گلخانه‌ای، خدمات دفع ضایعات برای جامعه		کاهش زیان‌های اقتصادی اقلیمی، دفع ضایعات، دفع پسماندها و ضایعات
کاهش آلودگی		حداقل شدن گردوغبار و آلاینده‌های گلخانه‌ای	بهبود روش‌های حمل‌ونقل	بهبود و ترویج تصویر، درستکاری در عملیات بازیافت
اثر بر جامعه محلی	اشتغال‌زایی، استفاده از نیروی کار محلی، رشد اقتصادی و بهبود سطح بهداشت، ارتقای استانداردها و کیفیت زندگی منطقه			
ایمنی و سلامت کارکنان		داشتن موقعیت کاری سالم و ایمن، کاهش زمان ازدست‌رفته، افزایش بهره‌وری		
ارزش‌آفرینی برای ذی‌نفعان	بهبود و ترویج تصویر درستکاری شرکت در اجرا و عملیات ، بهبود عملکرد مالی شرکت و رقابت‌پذیری مثبت	بهبود عملکرد مالی، ارتقای رقابت‌پذیری، حداقل کردن جرایم دی‌اکسید کربن	بهبود وجهه شرکت در عملیات و تحویل کامل و بی‌عیب و نقص سفارش‌ها	بهبود عملکرد مالی شرکت و رقابت‌پذیری مثبت

منبع: هامفریز و ماهاسنان، ۲۰۰۲؛ شورای زنجیره تأمین، ۲۰۱۲

تعیین معیارهای عملکرد پایدار به‌تفکیک فرایندهای اصلی زنجیره تأمین سیمان

با تعیین هدف‌های توسعه پایدار، امکان انتخاب معیارهای مرتبط با این هدف‌ها و تفکیک آنها بر اساس فرایندهای اصلی زنجیره تأمین سیمان فراهم می‌شود. بدین منظور، برای دسترسی به فهرستی جامع از معیارهای محیط زیستی و اجتماعی، از منشور و راهنماهای پایداری صنعت سیمان (انجمن جهانی سیمان و بتن، ۲۰۱۸) و بیانیه محیط زیستی تولید سیمان پورتلند[1] (انجمن سیمان اروپا[2]، ۲۰۲۰) و برای دستیابی به معیارهای اقتصادی از مدل اسکور (شورای زنجیره

1. Environmental Product Declaration: Portland Cement
2. The European Cement Association

تأمین، ۲۰۱۲) استفاده شد. چون استراتژی بازپرسازی در صنعت سیمان عموماً به صورت «ساخت برای ذخیره» و «ساخت برای سفارش» است (اگودیلو[1]، ۲۰۰۹)، برای انتخاب معیارهای اقتصادی از میان گستره‌ای جامع از معیارهای پیشنهادی مدل اسکور برای فرایندها و سطوح مختلف زنجیره تأمین، از نظرات خبرگان استفاده شد. در این گام از هر خبره خواسته شد تا در قالب پرسش‌های دوگزینه‌ای بله ـ خیر، مشخص‌کنند کدام‌یک از معیارهای اقتصادی ذکرشده در مدل اسکور با فرایندهای سطح دوم صنعت سیمان (ساخت برای ذخیره و ساخت برای سفارش) مرتبط هستند. معیارهای دارای فراوانی نسبی بیش از ۵۰ درصد در فهرست نهایی قرار گرفتند.

با توجه به نادیده انگاشته شدن بعد اجتماعی و عدم توسعه کامل و شفاف بعد محیط زیستی در مدل اسکور (استولر و همکاران، ۲۰۱۸)، پیروی از چارچوبی برای جفت کردن معیارهای محیط زیستی، اجتماعی و اقتصادی احصاشده با فرایندهای اجرایی زنجیره تأمین سیمان ضروری است. لذا، از چارچوب پیشنهادی استولر و همکارانش (۲۰۱۸) استفاده شد. مطابق جدول ۴، این چارچوب معیارهای عملکرد پایدار را به تناسب ماهیت کارکردی، به سطوح دوم و سوم فرایندهای اجرایی اسکور اختصاص می‌دهد. بدین ترتیب، پس از مصاحبه‌های ساختاریافته با خبرگان پژوهش، معیارهای محیط زیستی، اجتماعی و اقتصادی شناسایی‌شده با توجه به ماهیت کارکردی به فرایندهای اجرایی مدل اسکور تخصیص یافت. در این مصاحبه‌ها، ضمن تشریح چارچوب استولر و همکاران (۲۰۱۸) و توضیح فرایندهای سطح سوم مدل اسکور، از خبرگان خواسته شد تا با ذکر دلیل هر کدام از معیارهای عملکرد پایدار را به این فرایندها تخصیص دهند. پس از جمع‌بندی نتایج و تأیید توسط چهار تن از خبرگان، چارچوب مفهومی فرایند محور نظام ارزیابی عملکرد پایدار زنجیره تأمین سیمان به شرح جدول ۵ حاصل شد.

جدول ٤. چارچوب مفهومی تخصیص معیارهای عملکرد پایدار به فرایندهای سطح دوم و سوم زنجیره تأمین

جنبه پایداری	معیار	فرایندهای سطح سوم مدل اسکور					فرایندهای سطح دوم اسکور
		طرح‌ریزی	منبع‌یابی	ساخت	تحویل	بازگشت	
زیست‌محیطی	معیار ۱، ۲، ۳، ...						ساخت برای ذخیره ساخت برای سفارش
اجتماعی	معیار ۱، ۲، ۳، ...						
اقتصادی	معیار ۱، ۲، ۳، ...						

منبع: استولر و همکاران (۲۰۱۸)

تعیین جایگاه و نقش معیارهای عملکردی به‌تفکیک فرایندهای اجرایی مدل اسکور

پس از طراحی نظام ارزیابی عملکرد پایدار زنجیره تأمین سیمان، جایگاه و نقش معیارهای عملکرد در هر کدام از فرایندهای اجرایی مدل اسکور مشخص می‌شود. این کار با هدف شناسایی درجه کلیدی بودن معیارهای عملکرد پایدار در هر فرایند اجرایی انجام می‌شود. بدین منظور، از مدل‌سازی تفسیری ـ ساختاری برای ترسیم مدل سلسه‌مراتبی روابط و از تحلیل میک‌مک برای تعیین نقش معیارها استفاده شد.

1. Agoudelo

جدول ۵. نظام ارزیابی عملکرد پایدار زنجیره تأمین سیمان

معیار	مبحث	کد	معیار	منبع‌یابی	ساخت	تحویل	بازگشت
محیط زیستی	انرژی مصرفی	EU1	حرارت ویژه مصرفی برای تولید کلینکر (مگاژول/ تن کلینکر) [الف، د]		✓		
		EU2	به‌کارگیری سوخت‌های جایگزین (درصد از انرژی حرارتی مصرفی) [الف، ب، د]		✓		
		EU3	به‌کارگیری سوخت زیست‌توده (درصد از انرژی حرارتی مصرفی) [الف، د]		✓		
		EU4	کارایی انرژی (تن سیمان تولیدی به‌ازای هر مگاژول انرژی مصرفی) [الف، د]		✓		
	بهره‌وری منابع	RP1	به‌کارگیری مواد خام جایگزین در تولید (درصد) [الف، ب، د]		✓		
		RP2	مجموع آب برداشتی به تفکیک منابع [الف]	✓			
		RP3	کارایی آب مصرفی (تن سیمان تولیدی به‌ازای هر متر مکعب آب) [الف، ب]		✓		
	حفظ محیط زیست	CP1	میزان ضایعات برون‌ریز به ازای هر تن سیمان تولیدی [الف]		✓		
		CP2	میزان آب بازیافتی و بازگشتی به زنجیره [الف]				✓
		CP3	میزان بتن بازیافتی در سال [ب]				✓
		CP4	تعداد معادن فعال در مناطق با تنوع زیستی بالا و دارای برنامه‌های به‌روز مدیریت تنوع زیستی [الف]	✓			
		CP5	میزان سرمایه‌گذاری برای احیای گونه‌های گیاهی و جانوری [الف، ب]	✓			
	کاهش آلودگی	ER1	NOx و SOx (گرم بر هر تن کلینکر) [الف، ب]		✓		
		ER2	گرد و غبار (گرم بر هر تن کلینکر) [الف، ب]		✓		
		ER3	انتشار دی‌اکسید کربن ویژه ـ خالص/ناخالص (کیلوگرم/تن سیمان) [ب، د]		✓		
		ER4	درصد کلینکر تولیدی با نظارت مستمر بر تولید آلاینده‌های اصلی [الف، د]		✓		
اجتماعی	اثر بر جامعه محلی	LI1	تعداد جلسات و برنامه‌ها با هدف تعامل با جامعه محلی [الف، ب]	✓			
		LI2	تعداد شغل‌های ایجادشده برای نیروی کار محلی [ب]	✓			
		LI3	تعداد ساعات ارائه داوطلبانه خدمات بهداشت و سلامت همگانی [ب]	✓			
	سلامت، بهداشت و ایمنی کارکنان	HSE1	نرخ تلفات، جراحات، بیماری‌های نیروی کار و پیمانکار (نفر- ساعت) [الف، ب]		✓		
اقتصادی	ارزش آفرینی برای ذی‌نفعان	SVC1	بهبود وجهه شرکت [الف]	✓	✓	✓	✓
		SVC2	ارزش افزوده اقتصادی [الف]	✓	✓	✓	✓
		SVC3	تندرستی و سلامت جامعه محلی [الف]	✓	✓	✓	✓
	اثربخشی دارایی‌ها	AME1	بازده سرمایه به‌کار گرفته‌شده [الف، ب]	✓	✓	✓	✓
	هزینه	C1	هزینهٔ حمل‌ونقل [ج]			✓	
		C2	هزینه نیروی کار [ج]			✓	
		C3	هزینهٔ منبع‌یابی [ج]	✓			
	چابکی	AG1	حد بالای انعطاف‌پذیری در تحویل سفارش‌ها [ج]			✓	
	انعطاف‌پذیری	RL1	درصد سفارش‌هایی که به‌طور کامل تحویل داده شده‌اند [ج]			✓	
	پاسخ‌گویی	RS1	میزان تأخیر زمانی در پاسخ‌گویی به سفارش [ج]			✓	

الف. انجمن جهانی سیمان و بتن (۲۰۱۸)؛ ب. هامفری و ماهسینن (۲۰۰۲)؛ ج. شورای زنجیره تأمین (۲۰۱۲)؛ د. انجمن سیمان اروپا (۲۰۲۰).

برای اجرای مدل‌سازی تفسیری ـ ساختاری، ابتدا، روابط میان معیارها به‌تفکیک چهار فرایند اجرایی تأمین، ساخت، تحویل و بازگشت در قالب ماتریس‌های خودتعاملی توسط خبرگان تعیین شد. هنگام طراحی پرسش‌نامه، از عبارت «اثر می‌گذارد بر» برای نمایش روابط بین معیارها استفاده شد، بدین معنی که معیار «الف» اثر می‌گذارد بر معیار «ب». لذا در این پژوهش ماتریس خودتعاملی جهت روابط میان معیارها را نشان می‌دهد. بدین ترتیب، ماتریس‌های خودتعاملی هر

خبره به کمک نشانه‌های معرفی‌شده در رابطه ۱ تشکیل شد. در ادامه، با مبنا قرار دادن بیشترین فراوانی روابط میان معیارها، ماتریس ادغامی خودتعاملی ساختاری، برای معیارهای پایداری در هر یک از فرایندهای چهارگانه منبع‌یابی، ساخت، تحویل و بازگشت تشکیل شد (جدول‌های ۶، ۷، ۸ و ۹). برای نمونه، درج نماد V برای دو معیار RP2 و SVC3 در جدول ۶ نشان از اثر یک‌سویه «مجموع آب برداشتی به تفکیک منابع» بر «تندرستی بر سلامت جامعه محلی» دارد. همچنین در جدول ۷، درج نماد X برای دو معیار EU1 و EU4 دلالت بر اثر متقابل دو معیار «حرارت ویژه مصرفی برای تولید کلینکر» و «کارایی انرژی» دارد. به طور مشابه، درج نماد A برای معیارهای SVC1 و AG1 در جدول ۸ بیانگر عدم اثرگذاری «بهبود وجهه شرکت» بر «حد بالای انعطاف‌پذیری در تحویل سفارش‌ها» و در عین حال تأثیرپذیری از این معیار است. سرانجام، درج نماد O برای دو معیار CP2 و CP3 در جدول ۹ نشان می‌دهد که دو معیار «میزان آب بازیافتی و بازگشتی به زنجیره» و «میزان بتن بازیافتی در سال» اثری بر یکدیگر ندارند.

جدول٦. ماتریس خودتعاملی فرایند منبع‌یابی

C3	AME1	SVC3	SVC2	SVC1	LI3	LI2	LI1	CP5	CP4	RP2	معیار
V	V	V	O	O	O	O	O	O	O	X	RP2
V	O	V	O	V	O	O	O	X	X		CP4
V	O	V	V	V	O	O	O	X			CP5
O	O	O	O	V	V	V	X				LI1
V	V	V	O	O	O	X					LI2
V	O	V	O	V	X						LI3
O	V	O	V	X							SVC1
A	X	O	X								SVC2
O	O	X									SVC3
A	X										AME1
X											C3

جدول ۷. ماتریس خودتعاملی فرایند ساخت

AME1	SVC3	SVC2	SVC1	SHE1	ER4	ER3	ER2	ER1	CP1	RP3	EU4	RP1	EU3	EU2	EU1	معیار
V	O	V	O	O	O	V	O	O	V	V	X	A	A	A	X	EU1
V	V	V	V	O	V	V	O	O	V	O	V	O	O	X		EU2
V	V	V	V	O	V	V	O	O	V	O	V	O	X			EU3
V	O	V	O	O	V	V	V	V	V	V	V	X				RP1
V	O	V	O	O	V	V	O	V	O	O	X					EU4
V	V	V	O	O	V	V	V	V	V	X						RP3
O	V	O	O	O	X	O	O	O	X							CP1
O	V	O	V	V	A	O	O	X								ER1
O	V	O	V	V	A	O	X									ER2
O	V	O	V	V	A	X										ER3
V	O	V	O	O	X											ER4
V	V	V	V	X												HSE1
V	O	V	X													SVC1
X	O	X														SVC2
O	X															SVC3
X																AME1

جدول ۸. ماتریس خودتعاملی فرایند تحویل.

معیار	SVC1	SVC2	AME1	C1	C2	AG1	RL1	RS1
SVC1	X	V	V	O	O	A	A	A
SVC2		X	X	A	A	A	A	A
AME1			X	A	A	A	A	A
C1				X	O	A	O	A
C2					X	A	O	O
AG1						X	V	V
RL1							X	X

جدول ۹. ماتریس خودتعاملی فرایند بازگشت.

معیار	CP2	CP3	SVC3	SVC2	SVC1	AME1
CP2	X	O	V	V	V	V
CP3		X	V	V	V	V
SVC3			X	O	O	O
SVC2				X	A	X
SVC1					X	V

با در اختیار داشتن ماتریس‌های خودتعاملی ساختاری، ماتریس‌های دستیابی اولیه به کمک رابطه ۲ تشکیل شد. سپس، طبق قائده بولین و به کمک نرم‌افزار متلب، ماتریس‌های سازگار نهایی برای فرایندهای اجرایی چهارگانه حاصل شد. این ماتریس‌ها از شرط انتقال‌پذیری برخوردار هستند. بدین معنی که اگر معیار الف منجر به معیار ب و معیار ب منجر به معیار ج شود، آن‌گاه معیار الف نیز منجر به معیار ج خواهد شد. جدول‌های ۱۰، ۱۱، ۱۲ و ۱۳ نتایج حاصل را نشان می‌دهد. در این جدول‌ها، ۱های حاصل از فرایند سازگارسازی ماتریس‌های دستیابی اولیه با قلم ضخیم مشخص شده‌اند.

جدول ۱۰. ماتریس سازگار نهایی فرایند منبع‌یابی

شماره	معیار	RP2	CP4	CP5	LI1	LI2	LI4	SVC1	SVC2	SVC3	AME1	C3	نفوذ
۱	RP2	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	**۱**	۱	۱	۱	۵
۲	CP4	۰	۱	۱	۰	۰	۰	۱	**۱**	۱	**۱**	۱	۷
۳	CP5	۰	۱	۱	۰	۰	۰	۱	۱	۱	**۱**	۱	۷
۴	LI1	۰	۰	۰	۱	۱	۱	۱	**۱**	**۱**	**۱**	**۱**	۸
۵	LI2	۰	۰	۰	۰	۱	۰	۰	**۱**	۱	۱	۱	۵
۶	LI4	۰	۰	۰	۰	۰	۱	۱	**۱**	۱	**۱**	۱	۶
۷	SVC1	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱	۱	۰	۱	۰	۳
۸	SVC2	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱	۰	۱	۰	۲
۹	SVC3	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱	۰	۰	۱
۱۰	AME1	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	**۱**	۰	۱	۰	۲
۱۱	C3	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	**۱**	۰	۱	۱	۳
	وابستگی	۱	۲	۲	۱	۲	۲	۵	۱۰	۷	۱۰	۷	

جدول ۱۱. ماتریس سازگار نهایی فرایند ساخت

شماره	معیار	EU1	EU2	EU3	RP1	EU4	RP3	CP1	ER1	ER2	ER3	ER4	SHE1	SVC1	SVC2	SVC3	AME1	نفوذ
۱	EU1	۱	۰	۰	۰	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱۳
۲	EU2	۱	۱	۰	۰	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱۴
۳	EU3	۱	۰	۱	۰	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱۴
۴	RP1	۱	۰	۰	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱۴
۵	EU4	۱	۰	۰	۰	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱۳
۶	RP3	۰	۰	۰	۰	۰	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱۲
۷	CP1	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱۰
۸	ER1	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱	۰	۰	۰	۱	۱	۱	۱	۱	۶
۹	ER2	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱	۰	۰	۱	۱	۱	۱	۱	۶
۱۰	ER3	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱	۰	۱	۱	۱	۱	۱	۶
۱۱	ER4	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱۰
۱۲	SHE1	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱	۱	۱	۱	۱	۵
۱۳	SVC1	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱	۱	۰	۱	۳
۱۴	SVC2	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱	۰	۱	۲
۱۵	SVC3	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱	۰	۱
۱۶	AME1	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱	۰	۱	۲
	وابستگی	۵	۱	۱	۱	۵	۶	۸	۹	۹	۹	۸	۱۳	۱۴	۱۵	۱۳	۱۵	

جدول ۱۲. ماتریس سازگار نهایی فرایند تحویل

شماره	معیار	SVC1	SVC2	AME1	C1	C2	AG1	RL1	RS1	نفوذ
۱	SVC1	۱	۱	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۳
۲	SVC2	۰	۱	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۲
۳	AME1	۰	۱	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۲
۴	C1	۰	۱	۱	۱	۰	۰	۰	۰	۳
۵	C2	۰	۱	۱	۰	۱	۰	۰	۰	۳
۶	AG1	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۸
۷	RL1	۱	۱	۱	۱	۰	۰	۱	۱	۶
۸	RS1	۱	۱	۱	۱	۰	۰	۱	۱	۶
	وابستگی	۴	۸	۸	۴	۲	۱	۳	۳	

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی

جدول ۱۳. ماتریس سازگار نهایی فرایند بازگشت

شماره	معیار	CP2	CP3	SVC3	SVC2	SVC1	AME1	نفوذ
۱	CP2	۱	۰	۱	۱	۱	۱	۵
۲	CP3	۰	۱	۱	۱	۱	۱	۵
۳	SVC3	۰	۰	۱	۰	۰	۰	۱
۴	SVC2	۰	۰	۰	۱	۰	۱	۲
۵	SVC1	۰	۰	۰	۱	۱	۱	۳
۶	AME1	۰	۰	۰	۱	۰	۱	۲
	وابستگی	۱	۱	۳	۵	۳	۵	

در ادامه، ماتریس‌های سازگار نهایی فرایندهای چهارگانه زنجیره تأمین سیمان مبنای سطح‌بندی معیارهای پایداری در هر کدام از این فرایندها قرار گرفت. جدول‌های ۱۴، ۱۵، ۱۶ و ۱۷ نتایج حاصل از این سطح‌بندی را نشان می‌دهد. بدین منظور، با توجه به ماتریس سازگار نهایی، مجموعه‌های دستیابی و مقدم هر معیار تعیین شد. برای مثال در جدول ۱۴، مجموعه دستیابی معیار RP2 شامل معیارهایی است که معیار RP2 بر آنها اثر می‌گذارد. در عین حال، مجموعه مقدم این معیار شامل معیارهایی است که معیار RP2 از آنها اثر می‌پذیرد. با در اختیار داشتن مجموعه‌های دستیابی و مقدم، مجموعه مشترک هر معیار تعیین شد. این مجموعه دربرگیرنده معیارهایی است که در دو مجموعه دستیابی و مقدم وجود دارند. در جدول ۱۴، این مجموعه برای معیار RP2 تنها دارای یک عضو است (معیار شماره ۱ در جدول ۱۰). در ابتدا معیارهای دارای مجموعه دستیابی و مشترک یکسان در اولین سطح سلسله‌مراتب مدل تفسیری ـ ساختاری قرار گرفتند. سپس معیارهای قرار گرفته در اولین سطح کنار گذاشته شدند و همین فرایند برای معیارهای باقی‌مانده تا مرحله سطح‌بندی همه معیارها تکرار شد. برای مثال، هنگام سطح‌بندی معیارهای فرایند منبع‌یابی، در نخستین تکرار معیارهای SVC2، SVC3 و AME1 مجموعه‌های دستیابی و مشترک یکسانی دارند. لذا این معیارها در سطح نخست جای گرفتند و در تکرار بعدی از فهرست معیارها حذف شدند. سپس این فرایند تا مرحله تخصیص همه معیارها به سطوح مختلف تکرار شد.

جدول ۱٤. سطح‌بندی معیارهای فرایند منبع‌یابی

شماره	معیار	مجموعه دستیابی	مجموعه مقدم	مجموعه مشترک	سطح
۱	RP2	۱،۸،۹،۱۰،۱۱	۱	۱	۳
۲	CP4	۲،۳،۷،۸،۹،۱۰،۱۱	۲،۳	۲،۳	۳
۳	CP5	۲،۳،۷،۸،۹،۱۰،۱۱	۲،۳	۲،۳	۳
۴	LI1	۴،۵،۶،۷،۸،۹،۱۰،۱۱	۴	۴	۴
۵	LI2	۵،۸،۹،۱۰،۱۱	۴،۵	۵	۳
۶	LI3	۶،۷،۸،۹،۱۰،۱۱	۴،۶	۶	۳
۷	SVC1	۷،۸،۱۰	۲،۳،۴،۶،۷	۷	۲
۸	SVC2	۸،۱۰	۱،۲،۳،۴،۵،۶،۷،۸،۱۰،۱۱	۸،۱۰	۱
۹	SVC3	۹	۱،۲،۳،۴،۵،۶،۹	۹	۱
۱۰	AME1	۸،۱۰	۱،۲،۳،۴،۵،۶،۷،۸،۱۰،۱۱	۸،۱۰	۱
۱۱	C3	۸،۱۰،۱۱	۱،۲،۳،۴،۵،۶،۱۱	۱۱	۲

جدول ۱۵. سطح‌بندی معیارهای فرایند ساخت

شماره	معیار	مجموعه دستیابی	مجموعه مقدم	مجموعه مشترک	سطح
۱	EU1	۱،۵،۶،۷،۸،۹،۱۰،۱۱،۱۲،۱۳،۱۴،۱۵،۱۶	۱،۲،۳،۴،۵	۱،۵	۷
۲	EU2	۱،۲،۵،۶،۷،۸،۹،۱۰،۱۱،۱۲،۱۳،۱۴،۱۵،۱۶	۲	۲	۸
۳	EU3	۱،۲،۵،۶،۷،۸،۹،۱۰،۱۱،۱۲،۱۳،۱۴،۱۵،۱۶	۳	۳	۸
۴	RP1	۱،۲،۵،۶،۷،۸،۹،۱۰،۱۱،۱۲،۱۳،۱۴،۱۵،۱۶	۴	۴	۸
۵	EU4	۱،۵،۶،۷،۸،۹،۱۰،۱۱،۱۲،۱۳،۱۴،۱۵،۱۶	۱،۲،۳،۴،۵	۱،۵	۷
۶	RP3	۵،۶،۷،۸،۹،۱۰،۱۱،۱۲،۱۳،۱۴،۱۵،۱۶	۱،۲،۳،۴،۵،۶	۶	۶
۷	CP1	۷،۸،۹،۱۰،۱۱،۱۲،۱۳،۱۴،۱۵،۱۶	۱،۲،۳،۴،۵،۶،۷،۱۱	۷و۱۱	۵
۸	ER1	۸،۱۲،۱۳،۱۴،۱۵،۱۶	۱،۲،۳،۴،۵،۶،۷،۸،۱۱	۸	۴
۹	ER2	۹،۱۲،۱۳،۱۴،۱۵،۱۶	۱،۲،۳،۴،۵،۶،۷،۹،۱۱	۹	۴
۱۰	ER3	۱۰،۱۲،۱۳،۱۴،۱۵،۱۶	۱،۲،۳،۴،۵،۶،۷،۱۰،۱۱	۱۰	۴
۱۱	ER4	۷،۸،۹،۱۰،۱۱،۱۲،۱۳،۱۴،۱۵،۱۶	۱،۲،۳،۴،۵،۶،۷،۹،۱۱	۷و۱۱	۵
۱۲	SHE1	۱۲،۱۳،۱۴،۱۵،۱۶	۱،۲،۳،۴،۵،۶،۷،۸،۹،۱۰،۱۱،۱۲	۱۲	۳
۱۳	SVC1	۱۳،۱۴،۱۶	۱،۲،۳،۴،۵،۶،۷،۸،۹،۱۰،۱۱،۱۲،۱۳	۱۳	۲
۱۴	SVC2	۱۴،۱۶	۱،۲،۳،۴،۵،۶،۷،۸،۹،۱۰،۱۱،۱۲،۱۳،۱۴،۱۶	۱۴و۱۶	۱
۱۵	SVC3	۱۵	۱،۲،۳،۴،۵،۶،۷،۸،۹،۱۰،۱۱،۱۲،۱۵	۱۵	۱
۱۶	AME1	۱۴،۱۶	۱،۲،۳،۴،۵،۶،۷،۸،۹،۱۰،۱۱،۱۲،۱۳،۱۴،۱۶	۱۴و۱۶	۱

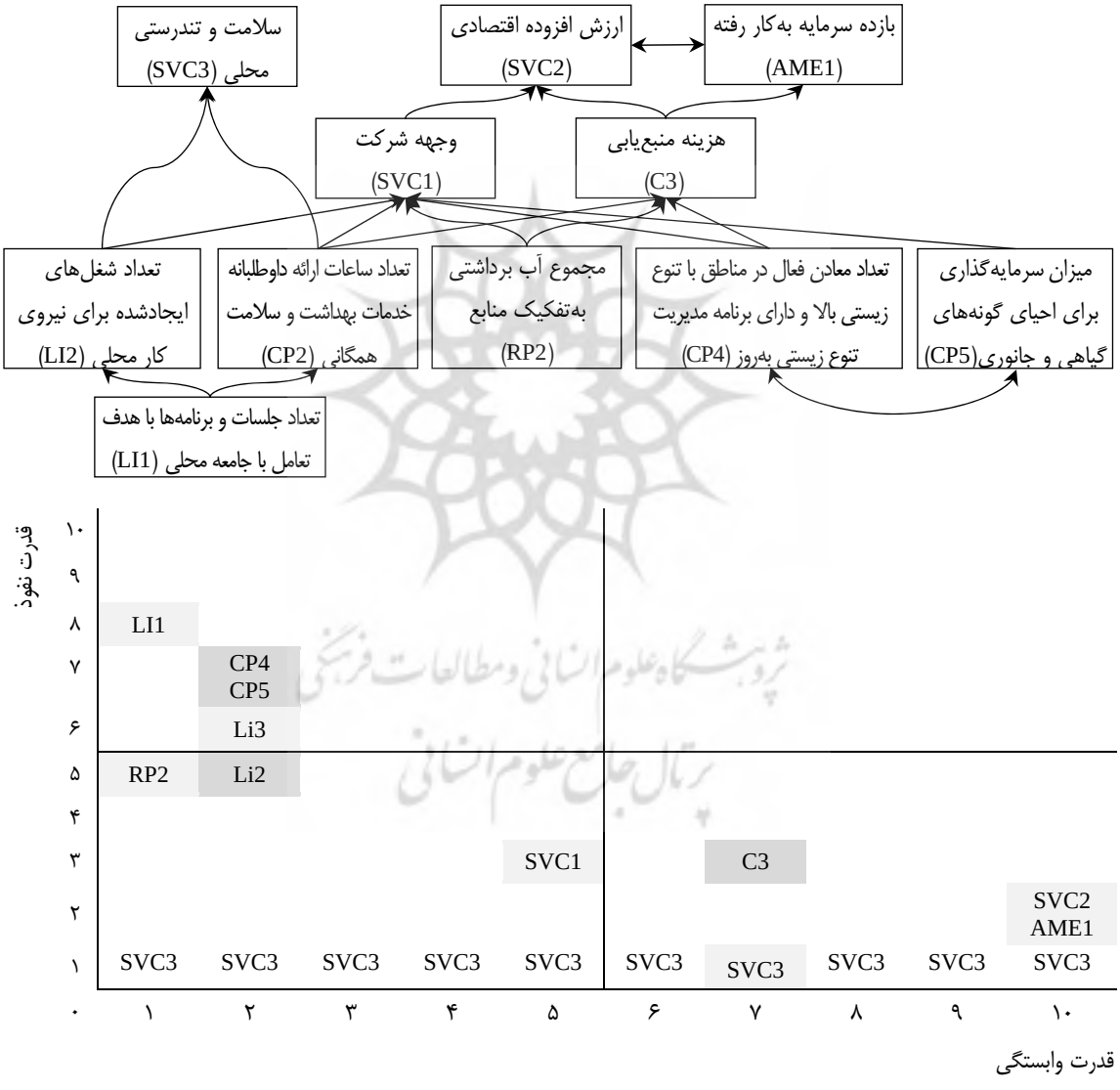
جدول ۱٦. سطح‌بندی معیارهای فرایند تحویل

شماره	معیار	مجموعه دستیابی	مجموعه مقدم	مجموعه مشترک	سطح
۱	SVC1	۱،۲،۳	۱،۶،۷،۸	۱	۲
۲	SVC2	۲،۳	۱،۲،۳،۴،۵،۶،۷،۸	۲،۳	۱
۳	AME1	۲،۳	۱،۲،۳،۴،۵،۶،۷،۸	۲،۳	۱
۴	C1	۲،۳،۴	۴،۶،۷،۸	۴	۲
۵	C2	۲،۳،۵	۵،۶	۵	۲
۶	AG1	۱،۲،۳،۴،۵،۶،۷،۸	۶	۶	۴
۷	RL1	۱،۲،۳،۴،۷،۸	۶،۷،۸	۷،۸	۳
۸	RS1	۱،۲،۳،۴،۷،۸	۶،۷،۸	۷،۸	۳

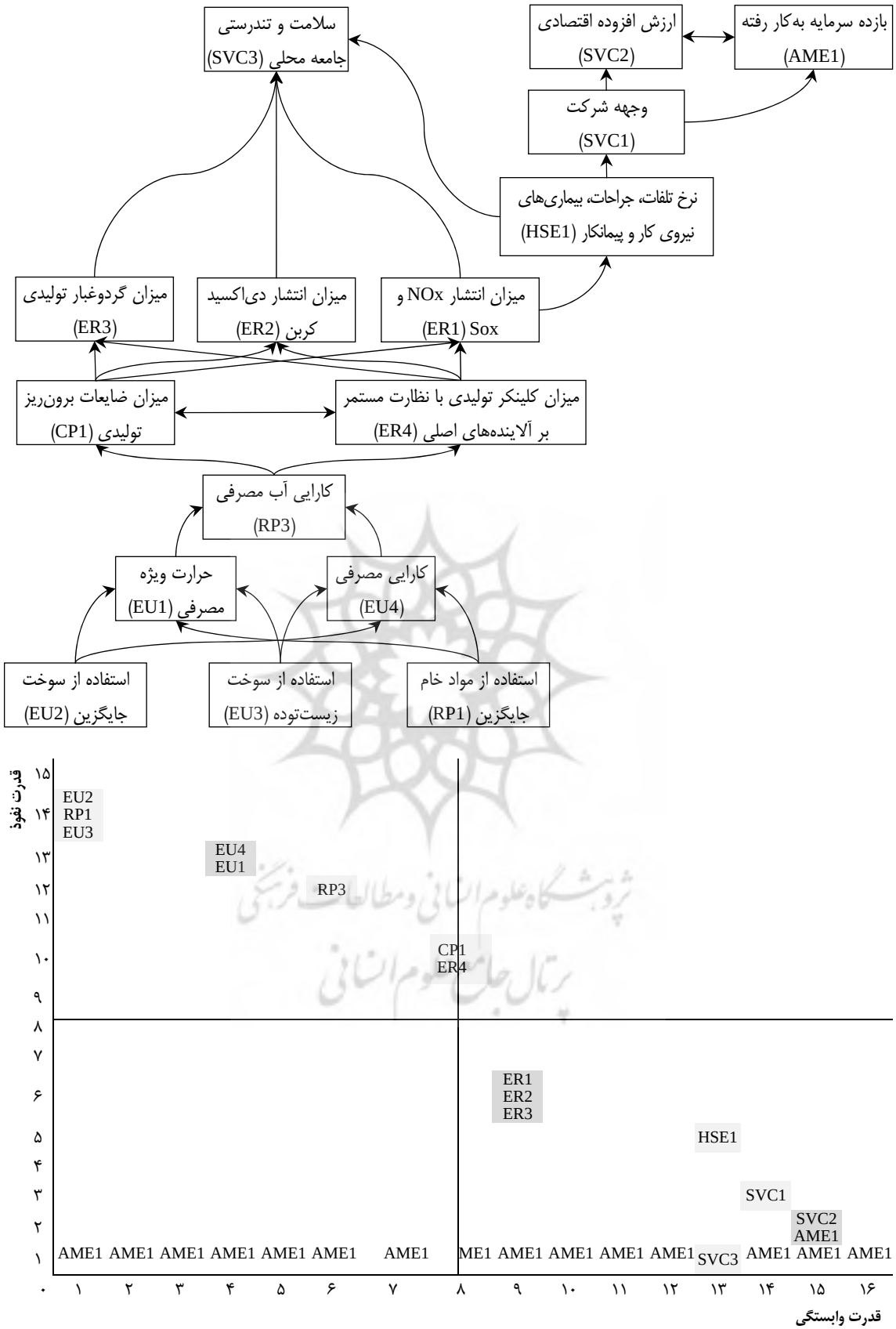
جدول ۱۷. سطح‌بندی معیارهای فرایند بازگشت

شماره	معیار	مجموعه دستیابی	مجموعه مقدم	مجموعه مشترک	سطح
۱	SVC2	۱،۳،۴،۵،۶	۱	۱	۳
۲	SVC1	۲،۳،۴،۵،۶	۲	۲	۳
۳	AME1	۳	۱،۲،۳	۳	۱
۴	CP2	۴،۶	۱،۲،۴،۵،۶	۴،۶	۱
۵	CP3	۴،۵،۶	۱،۲،۵	۵	۲
۶	SVC3	۴،۶	۱،۲،۴،۵،۶	۴،۶	۱

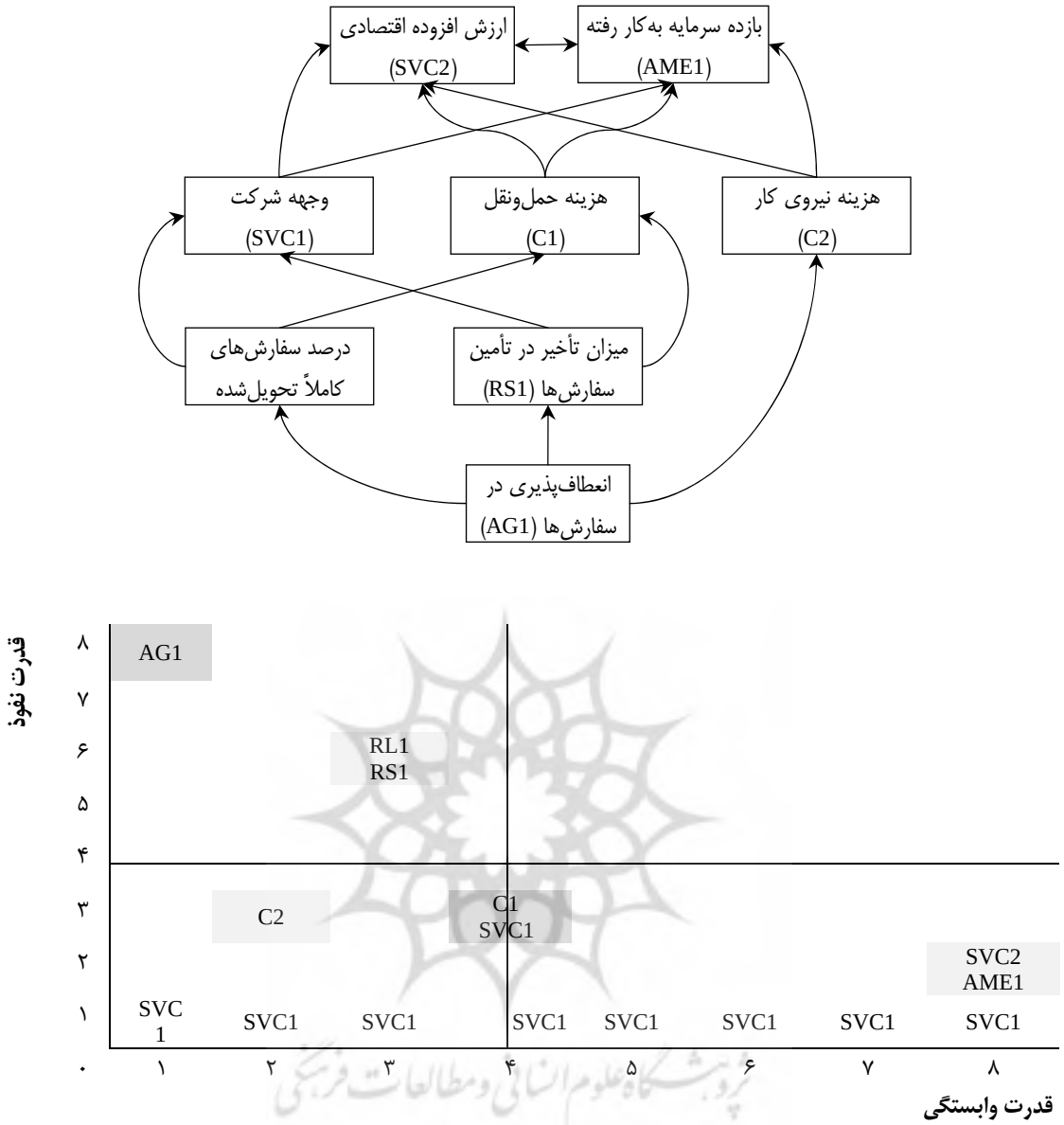
پس از سطح‌بندی روابط میان معیارها، مدل سلسله‌مراتبی حاکم بر معیارهـا بـر حسـب درجـه وابسـتگی و نفـوذ و به‌تفکیک فرایندهای چهارگانه مدل اسکور رسم شد. همچنین، از نتایج ماتریس دستیابی نهایی (جدول‌هـای ۱۰، ۱۱، ۱۲ و ۱۳) برای نمایش معیارهای پایداری در نمودار محرک ـ وابستگی تحلیـل میـک‌مـک اسـتفاده شـد. مـدل تفسـیری ـ ساختاری و نمودار محرک ـ وابستگی معیارهای توسعه پایدار صنعت سیمان به‌تفکیک فرایندهای اجرایی این زنجیـره در شکل‌های ۳، ۴، ۵ و ۶ منعکس شده‌اند.



شکل ۳. مدل ساختاری ـ تفسیری و نمودار محرک ـ وابستگی برای معیارهای توسعه پایدار فرایند منبع‌یابی

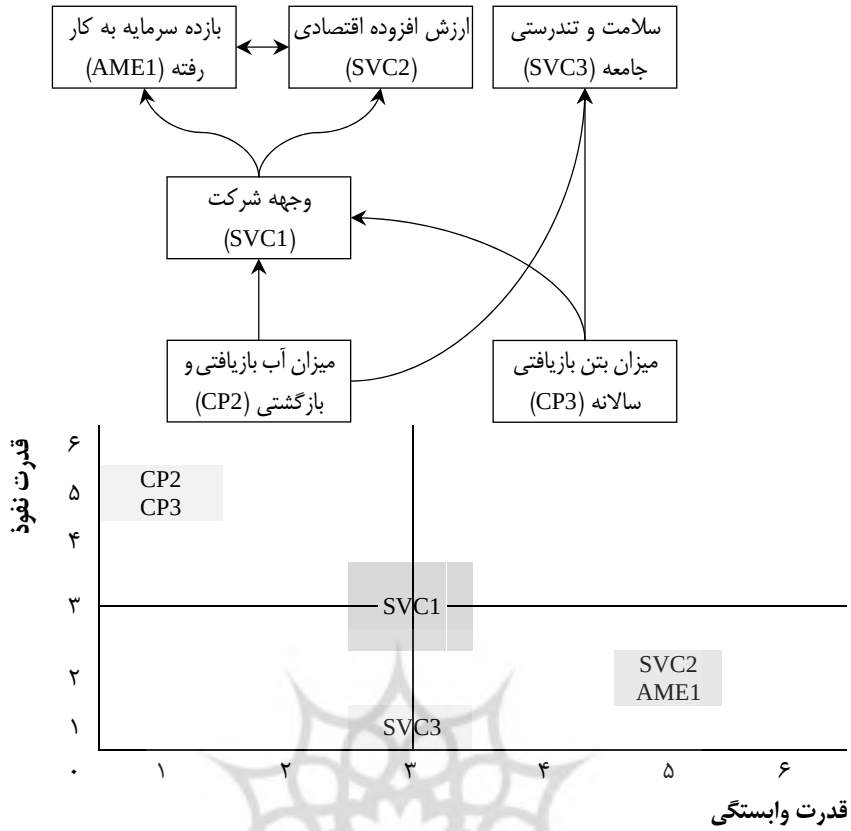


شکل ٤. مدل ساختاری ـ تفسیری و نمودار محرک ـ وابستگی برای معیارهای توسعه پایدار فرایند ساخت



شکل ۵. مدل ساختاری ـ تفسیری و نمودار محرک ـ وابستگی برای معیارهای توسعه پایدار فرایند تحویل

در هر کدام از این شکل‌ها مدل تفسیری ـ ساختاری بیانگر روابط علی حاکم بر معیارهـای عملکـرد پایـدار در هـر کدام از فرایندهای اجرایی صنعت سیمان است. برای نمونه، با نگاه به دیاگراف منعکس‌شده در شکل ۴ می‌توان دریافـت که «برگزاری جلسات و برنامه‌ها با هدف تعامل با جامعه محلی» از چه مسیری بر «ایجاد ارزش افـزوده اقتصـادی» اثـر می‌گذارد. همچنین نمودار محرک‌ـوابستگی منعکس‌شـده در شـکل ۴ جایگـاه هـر کـدام از معیارهـای پایـداری فراینـد منبع‌یابی را از منظر تعداد معیارهای اثرگذار بر آن و تعداد معیارهای اثرپذیر از آن نشان می‌دهد. مطابق این نمودار، از نظر خبرگان، معیار LI1 بر هشت معیار اثر می‌گذارد (قدرت نفوذ بالا) و تنها از یک معیار اثر می‌پذیرد (قدرت وابستگی پایین).



شکل ٦. مدل ساختاری ـ تفسیری و نمودار محرک ـ وابستگی برای معیارهای توسعه پایدار فرایند بازگشت.

بحث

برای طراحی نظام فرایندـمحور ارزیابی عملکرد پایدار زنجیره تـأمین سـیمان، ابتـدا بـا مـرور بـارزترین شـیوه‌نامـه‌هـا و استانداردهای پایداری صنعت سیمان، فهرستی جامع مشتمل بر ۱۰ معیار اقتصادی، ۱۶ معیار محیط زیستی و چهار معیـار اجتماعی استخراج شد. سپس این معیارها به پیروی از مدل اسکور به چهار فرایند اجرایی اصـلی زنجیـره تـأمین سـیمان تخصیص یافت. سهم این فرایندها از معیارهای احصاشده چنین بود: ۱۱ معیار برای منبع‌یـابی، ۱۵ معیـار بـرای سـاخت، هفت معیار برای تحویل و شش معیار برای بازگشت. شایان ذکر است، تخصیص معیارهای اقتصادی به هر چهـار فراینـد اصلی توسط خبرگان دلالت بر لزوم پیروی از دیدگاهی یکپارچه برای ارزیابی عملکرد پایدار فعالان زنجیره دارد. در عـین حال، هم‌خوانی معیارهای پایداری تخصیص‌یافته و تخصیص‌نیافته به فرایند ساخت بـا پیشـینه نشـان از اعتبـار قضـاوت خبرگان پژوهش دارد. برای نمونه، معیارهای اقتصادی، اجتماعی و محیط زیستی پیشنهادی خبرگان برای فرایند سـاخت توسط سینگ و همکاران (۲۰۱۹) و سانگوان و همکاران (۲۰۱۹) پیشـنهاد شـده اسـت. در عـین حـال، عـدم تخصـیص معیارهای هزینه‌ای به فرایند ساخت با کم‌اهمیت دانستن نقش «هزینه‌های عملیـاتی صـرف‌شـده بـرای هـر تـن تولیـد سیمان» در مطالعه نواز و همکاران (۲۰۲۰) هم‌راستا است.

برای درک درجه کلیدی بودن معیارهای پایداری احصاشده برای هر فرایند، از مـدل‌سـازی تفسـیری ـ سـاختاری و تحلیل میک‌مک استفاده شد. این تحلیل برای معیارهای پایداری فرایند منبع‌یابی نشان داد که «تعداد جلسات و برنامه‌ها

با هدف تعامل با جامعه محلی» و سپس «تعداد معادن فعال در مناطق با تنوع زیستی بالا و دارای برنامه‌های مدیریت تنوع زیستی به‌روز»، «میزان سرمایه‌گذاری برای احیای گونه‌های گیاهی و جانوری»، «تعداد ساعات ارائه داوطلبانه خدمات بهداشت و سلامت همگانی»، «تعداد شغل‌های ایجادشده برای جامعه محلی» و «مجموع آب برداشتی به‌تفکیک منابع» مؤثرترین متغیرهای عملکرد پایدار محسوب می‌شوند. همچنین در تحلیل میک‌مک، «تعداد جلسات و برنامه‌ها با هدف تعامل با جامعه محلی»، «تعداد ساعات ارائه داوطلبانه خدمات بهداشت و سلامت همگانی»، «تعداد معادن فعال در مناطق با تنوع زیستی بالا و دارای برنامه‌های مدیریت تنوع زیستی به‌روز» و «میزان سرمایه‌گذاری برای احیای گونه‌های گیاهی و جانوری» به عنوان مؤلفه‌های اثرگذار نفوذ بالایی روی معیارهای وابسته «هزینهٔ منبع‌یابی»، «ارزش افزوده اقتصادی»، «بازده سرمایه به‌کار گرفته‌شده» و «سلامت و تندرستی جامعه» دارند.

مدل‌سازی تفسیری ـ ساختاری معیارهای پایداری فرایند ساخت نشان داد که معیارهای «استفاده از سوخت زیست‌توده»، «استفاده از مواد خام جایگزین» و «استفاده از سوخت جایگزین» از طریق بهبود «کارایی انرژی»، «حرارت ویژه مصرفی برای تولید کلینکر» و «کارایی آب مصرفی» منجر به ارتقای عملکرد زنجیره در معیارهای «بازده سرمایه به‌کار گرفته‌شده»، «ارزش افزوده اقتصادی»، «بهبود وجهه شرکت»، «سلامت و تندرستی جامعه» و «نرخ تلفات، جراحات، بیماری‌های نیروی کار و پیمانکار ناشی از محل کار» می‌شوند. در تحلیل میک‌مک، این معیارهای مستقل با قدرت نفوذ بالای خود نقش مؤثری در ارتقای پایداری عملیات در فرایند ساخت دارند. این یافته از برخی جهات با یافته‌های پوترا و همکاران (۲۰۲۰) مبنی بر نقش پررنگ بهره‌گیری از سوخت‌های جایگزین و کاهش وابستگی به منابع طبیعی هم‌سو است. همچنین، وابسته دانستن بهداشت و سلامت کارکنان به مصرف انرژی (سوخت) و میزان مواد مصرفی توسط این پژوهش با یافته‌های سینگ و همکاران (۲۰۱۸) هم‌خوانی دارد.

در فرایند تحویل، مدل‌سازی تفسیری ـ ساختاری معیارهای پایداری نشان داد که «انعطاف‌پذیری در تحویل سفارش‌ها»، «درصد سفارش‌های کاملاً تحویل‌شده» و «میزان تأخیر در پاسخ‌گویی به سفارش‌ها» به عنوان معیارهای کلیدی عملکرد پایدار مطرح هستند. در نمودار محرک ـ وابستگی تحلیل میک‌مک، این معیارها به عنوان متغیرهای مستقل، معیارهای وابسته «بازده سرمایه به‌کار گرفته‌شده» و «ارزش افزوده اقتصادی» را تحت تأثیر خود قرار می‌دهند. در عین حال، «هزینه نیروی کار»، «هزینه حمل‌ونقل» و «بهبود وجهه شرکت» معیارهای خودگردان هستند که نقش چندانی در بهبود معیارهای وابسته این فرایند ندارند. سرانجام، مدل‌سازی تفسیری ـ ساختاری معیارهای پایداری فرایند بازگشت نشان داد که «میزان آب بازیافتی و بازگشتی» و «میزان بتن بازیافتی» مؤثرترین نقش را در ارتقای پایداری این فرایند دارند. همچنین، در نمودار محرک ـ وابستگی تحلیل میک‌مک، این دو معیار مستقل نفوذ بالایی در «تندرستی و سلامت جامعه» و «بازده سرمایه به‌کار گرفته‌شده» دارند.

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

همه فرایندهای زنجیره تأمین نقش مشابهی در بهبود جنبه‌های مختلف پایداری (جامعه، محیط زیست، اقتصاد) ندارند. برای نمونه، فرایند تحویل در مقایسه با سایر فرایندها نقش کم‌تری در بهبود جنبه‌های محیط زیستی و اجتماعی دارد. با

وجود حضور معیارهای اقتصادی در هر چهار فرایند اجرایی زنجیره تأمین سیمان، قدرت اثرگذاری و اثرپذیری این معیارها در تمام فرایندها به یک میزان نیست. لذا ترجیحات تصمیم‌گیرندگان درباره اولویت‌بندی پروژه‌های بهبود پایداری صنعت سیمان می‌تواند متفاوت باشد. چون معیارهای اثرگذار تحلیل میک‌مک و به عبارتی معیارهای سطوح بالاتر مدل‌سازی ساختاری تفسیری نفوذ بالایی بر سایر معیارهای پایداری دارند، تلاش برای بهبود این معیارها شانس موفقیت پروژه‌های بهبود پایداری در صنعت سیمان را افزایش می‌دهد. از این رو، پیشنهادهای عملی زیر به مدیران این صنعت ارائه می‌شود:

۱. کاهش انرژی مصرفی و هزینه‌های منبع‌یابی از طریق به‌کارگیری سوخت‌های جایگزین و زیست‌توده؛
۲. کاهش هزینه‌های استخراج مواد خام و هزینه‌های منبع‌یابی از طریق به‌کارگیری مواد خام جایگزین؛
۳. تعامل بیشتر با جامعه محلی، در نظر گرفتن ملاحظات اجتماعی و استفاده از نیروی کار محلی
۴. به‌کارگیری بتن بازیافتی و بازیابی آب خروجی با هدف کاهش هزینه‌های منبع‌یابی، حفظ سلامت و محیط زیست؛
۵. تدارک اقدامات و راهکارهایی برای حفظ سلامت و تندرستی کارکنان
۶. استفاده از روش‌های نوآورانه برای حمل محصولات متناسب با شرایط فیزیکی منطقه با هدف تحویل بی‌عیب و نقص و به‌موقع سفارش‌ها؛

ماهیت عملیات در صنعت سیمان لزوم طراحی چارچوبی اختصاصی برای ارزیابی عملکرد پایدار در این صنعت را برجسته کرده است. در حالی که پیشینه پژوهش و تلاش سازمان‌ها و مؤسسات بین‌المللی دانش ارزشمندی را برای ارزیابی عملکرد محیط‌زیستی و اجتماعی صنعت سیمان در اختیار قرار می‌دهد، طراحی چارچوبی جامع که هم‌زمان پیامدهای اقتصادی، اجتماعی و محیط‌زیستی این صنعت را مد نظر قرار دهد کم‌تر مورد توجه بوده است. از طرفی، تفاوت در شرایط فرهنگی و جغرافیایی، کیفیت قوانین و مقررات و درجهٔ بلوغ صنعت در کشورهای مختلف بر لزوم تدوین چارچوب‌های بومی ارزیابی عملکرد پایدار تأکید دارد. در این شرایط، پژوهش حاضر با پایه‌ریزی مدل اسکور پایدار برای صنعت سیمان کشور در جهت رفع این کاستی گام برداشته است. به علاوه، در حالی که بیش‌تر پژوهشگران هنگام استخراج معیارهای پایداری صنعت سیمان بر فرایند تولید/ساخت تأکید داشته‌اند، پیروی این پژوهش از رویکرد فرایندی مدل اسکور گامی در جهت طراحی نظام ارزیابی عملکرد پایدار صنعت سیمان با تأکید بر نقش بازیگران زنجیره تأمین این صنعت در حوزه‌های منبع‌یابی، ساخت، تحویل و بازگشت قلمداد می‌شود. همچنین، پژوهش حاضر با بهره‌گیری از چارچوب پیشنهادی استولر و همکاران (۲۰۱۸) کوشید تا اثربخشی این چارچوب در تخصیص معیارهای پایداری به فرایندهای مدل اسکور را به بوته آزمایش بگذارد. سرانجام، با وجود عدم تأکید پیشینه بر روابط علت و معلولی معیارهای پایداری صنعت سیمان، بهره‌گیری این پژوهش از مدل‌سازی تفسیری ـ ساختاری و تحلیل میک‌مک برای درک جایگاه و نقش معیارهای پایداری در هر کدام از فرایندهای اجرایی زنجیرهٔ تأمین صنعت سیمان به سیاست‌گذاری‌های مؤثرتر و اولویت‌بندی کاراتر پروژه‌های بهبود پایداری در این صنعت کمک می‌کند. البته پژوهش حاضر از چند جنبه با محدودیت‌هایی روبه‌رو است. بهره‌گیری از نظرات و قضاوت‌های خبرگان تنها یکی از شرکت‌های سیمانی کشور تعمیم‌پذیری یافته‌های حاصل را محدود به مورد مطالعاتی پژوهش کرده است. تکرار این پژوهش در دیگر شرکت‌های سیمانی کشور و بررسی تطبیقی یافته‌های حاصل از این مطالعات با یافته‌های پژوهش حاضر می‌تواند به اعتباربخشی

یافته‌های پژوهش حاضر کمک کند. به‌علاوه، روش‌شناسی پژوهش متضمن تعمیم‌پذیری آماری نتایج به کل صنعت سیمان کشور نیست. از این رو، بهره‌گیری از تحلیل‌های آماری می‌تواند به رفع این کاستی کمک کند. در این پژوهش، نسخه به‌کار رفته از روش مدل‌سازی تفسیری ـ ساختاری تنها قادر به نگاشت روابط علت‌ـ‌معلولی حاکم بر معیارهای ارزیابی عملکرد است و از تبیین چرایی و چگونگی روابط و سنجش اندازه روابط باز مانده است. در این رابطه، استفاده از مدل‌سازی تفسیری ـ ساختاری جامع به همراه سایر فنون نرم ساختاردهی به مسئله، مانند دیمتل، پیشنهاد می‌شود. سرانجام، نظام ارزیابی عملکرد پایدار طراحی‌شده توسط این پژوهش با بهره‌گیری از فنون تصمیم‌گیری چندمعیاره می‌تواند مبنای شکل‌گیری شاخص‌های ارزیابی عملکرد پایدار برای فرایندهای اجرایی صنعت سیمان قرار گیرد.

منابع

الفت، لعیا؛ مزروعی نصرآبادی، اسماعیل (۱۳۹۳). مدلی جهت اندازه‌گیری زنجیره تأمین (مطالعه موردی: صنعت فرش ماشینی ایران)، *فصلنامه علوم مدیریت ایران*، ۹(۳۳)، ۲۹- ۴۶.

برنامه راهبردی صنعت سیمان (۱۳۹۴)، *ماهنامه علمی ـ تخصصی فناوری سیمان*، ۸۶، ۲۷ـــ۲۶. برگرفته از: http://www.cementechnology.ir/magazine/No.86/86-06.pdf

ربانی، طاها (۱۳۹۱). روش تحلیل ساختاری ابزاری برای شناخت و تحلیل متغیرهای مؤثر بر آینده موضوعات شهری. *نخستین همایش ملی آینده‌پژوهی*. تهران. https://civilica.com/doc/242374

رکنی‌زاده، جلیل؛ نجاتی، وحید (۱۳۹۳). بررسی فنی و اقتصادی ورود سوخت حاصل از زباله و تایر فرسوده در صنایع سیمان ایران. *نشریه انرژی ایران*، ۱۷(۱)، ۱۱۱- ۱۲۸.

صادقی‌مقدم، محمدرضا؛ صفری، حسین؛ احمدی نوذری، مجتبی (۱۳۹۴). اندازه‌گیری پایداری زنجیره تأمین خدمات با استفاده از سیستم استنتاج فازی چندمرحله‌ای/چندبخشی (مطالعه موردی: بانک پارسیان)، *نشریه مدیریت صنعتی*، ۷(۳)، ۵۳۳-۵۶۲.

صفائی قادیکلائی، عبدالحمید؛ غلامرضاتبار دیوکلائی، زهرا (۱۳۹۳). تبیین چارچوبی برای ارزیابی پایداری زنجیره تأمین مواد غذایی با استفاده از فرایند تحلیل شبکه‌ای فازی، *نشریه مدیریت صنعتی*، ۶(۳)، ۵۳۵-۵۵۴.

فوکردی، رحیم؛ محتاط، مینو (۱۳۹۶). تعریف محتوای گزارش پایداری شرکت ملی پالایش و پخش فراورده‌های نفتی ایران: کاربرد کارت امتیازی متوازن و دیمتل خاکستری. *نشریه مدیریت صنعتی*، ۹(۴)، ۷۳۵- ۷۶۴.

قاسمیه، رحیم؛ جمالی، غلامرضا؛ کریمی اصل، الهام (۱۳۹۴). تحلیل ابعاد رویکرد مدیریت زنجیره تأمین لارج در صنعت سیمان از طریق تلفیق تکنیک‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره. *نشریه مدیریت صنعتی*، ۷(۴)، ۸۱۳- ۸۳۶.

References

Agami, N., Saleh, M., & Rasmy, M. (2012). Supply Chain Performance Measureme Approaches: Review and Classification, *Journal of Organizational Management Studies, 2012*, 1-20.

Agudelo, I. (2009). Supply Chain Management in the Cement Industry (Doctoral dissertation,

Massachusetts Institute of Technology). Retrieved from https://dspace.mit.edu/handle/1721.1/51643

Amrina, E., Kamil, I., & Aridharma, D. (2020). Fuzzy Multi Criteria Approach for Sustainable Maintenance Performance Evaluation in Cement Industry. *Procedia Manufacturing*, *43*, 674-681.

Amrina, E., Ramadhani, C., &Vilsi, A.L. (2016). A fuzzy multi criteria approach for sustainable manufacturing evaluation in cement industry, *Procedia CIRP*, *40*, 619 -624.

Attri, R., Dev, N., & Sharma, V. (2013). Interpretive Structural Modelling (ISM) approach: An Overview, *Research Journal of Management Science*, *2*(2), 3-8.

Bhagwat, R., & Sharma, M.K. (2007). Performance Measurement of Supply Chain Management: A Balanced Scorecard Approach. *Journal of Computers and Industrial Engineering*, *53*(1), 43-62.

Bourlakis, M., Maglaras, G., Aktas, E., Gallear, D., & Fotopoulos, C. (2014). Firm size and sustainable performance in food supply chains: Insights from Greek SMEs. *International Journal of Production Economics*, *152*, 112-130.

Büyük özkan, G., & Karabulut, Y. (2018). Sustainability performance evaluation: Literature review and future directions. *Journal of environmental management*, *217*, 253-267.

Calabrese, A., Costa, R., Levialdi, N., & Menichini, T. (2016). A fuzzy analytic hierarchy process method to support materiality assessment in sustainability reporting. *Journal of Cleaner Production, 121*, 248-264.

Carter, C.R., & Rogers. D.S. (2008). A framework for sustainable supply chain management: moving toward new theory, *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, *38*(5), 360-387.

Cement Industry Strategic Plan (2015), *Scientific Journal of Cement Technology*, *86*, 26-67. http://www.cementechnology.ir/magazine/No.86/86-06.pdf (*in Persian*)

Chaple, A. P., Narkhede, B. E., Akarte, M. M., & Raut, R. (2018). Modeling the lean barriers for successful lean implementation: TISM approach. *International Journal of Lean Six Sigma*, *12*(1), 98-119

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

Dhochak, M., & Sharma, A. K. (2016). Using interpretive structural modeling in venture capitalists' decision_making process. *Decision, 43*(1), 53-65.

Digalwar, A. K., & Giridhar, G. (2015). Interpretive structural modeling approach for development of electric vehicle market in India. Procedia CIRP, 26, 40-45.

Foukerdi, R. & Mohtat, M. (2018). Defining sustainability report content in NIRDC: application

of BSC and Grey-DEMATEL, *Industrial Management Journal, 9*(4). 735-764. (*in Persian*)

Ghadikolaei, A. S., & Divkolaei, Z. G. (2014). Determinants of framework for assessing the sustainability of food supply chains using fuzzy analytic network process. *Industrial Management Journal, 6*(3). 535-554. (*in Persian*)

Ghasemiyeh, R., Jamali, G., & Karimi Asl, E. (2016). Analysis of LARG Supply Chain Management Dimensions in Cement Industry (An Integrated multi-Criteria Decision Making Approach). *Industrial Management Journal, 7*(4), 813-836. (*in Persian*)

Global Cement and Concrete Association (2018). *Sustainability Charter and Guidelines*. Retrieved February 16, 2021, from Global Cement and Concrete Association website: https://gccassociation.org/sustainability-innovation/sustainability-charter-and-guidelines/

Haghighi, S.M., Torabi, S.A., and Ghasemi, R. (2016). An integrated approach for performance evaluation in sustainable supply chain networks (with a case study), *Journal of Cleaner Production.137*, 579-597.

Humphreys, K., and Mahasenan, M. (2002). *Toward a sustainable cement industry*. Battelle study for the World Business Council for Sustainable Development. Columbus, OH: Battelle.

Hussain, M., Awasthi, A., & Tiwari, M.K. (2015). Interpretive structural modeling-analytic network process integrated framework for evaluating sustainable supply chain management, *Applied mathematical modeling, 40*(5-6), 3671_3687.

Lockamy, A., & McCormack, K. (2004). Linking SCOR Planning Practices to Supply Chain Performance: An Exploratory Study. *International Journal of Operations and Production Management, 24*(11-12), 1192-1218.

Naslund, D., & Williamson, S. (2010). What is management in supply chain management? A critical review of definitions, frameworks and terminology, *Journal of Management Policy and Practice, 11*(4), 11-28.

Nawaz, R., Hussain, I., Noor, S., Habib, T., & Omair, M. (2020). The significant impact of the economic sustainability on the cement industry by the assessment of the key performance indicators using Taguchi signal to noise ratio. *Cogent Engineering, 7*(1), 1810383.

Olfat, L. & Mazrooii Nasr Abadi, E. (2014). A model for measuring sustainability of supply chain, case study: mechain made carpet industry of Iran. *Iranian journal of management sciences, 9*(33), 29-46. (*in Persian*)

Panahifar, F., Byrne, P. J., & Heavey, C. (2014). ISM analysis of CPFR implementation barriers. *International Journal of Production Research, 52*(18), 5255-5272.

Putra, M. A., Teh, K. C., Tan, J., & Choong, T. S. Y. (2020). Sustainability assessment of Indonesian cement manufacturing via integrated life cycle assessment and analytical

hierarchy process method. *Environmental Science and Pollution Research, 27*, 29352-29360.

Qorri, A., Mujkić, Z., & Kraslawski, A. (2018). A conceptual framework for measuring sustainability performance of supply chains. *Journal of Cleaner Production, 189*, 570-584.

Rabbani, T. (2012). Structural analysis method as a tool for identifying and analyzing variables affecting the future of urban issues, The First National Conference on Futures Research, Tehran. https://civilica.com/doc/242374 (*in Persian*)

Rauta, R.D., Narkhedeb, B., & Gardasb, B.B. (2017). To identify the CSFs of sustainable supply chain management practices in the context of oil and gas industries: ISM approach, *Renewable and Sustainable Energy Reviews, 68*, 33–47.

Roknizadeh, J. & Nejati, V. (2014). Technical and Economic Evaluation of Refuse-Derived Fuel and Tire-Derived Fuel in Cement Industry in Iran. *Iranian Journal of Energy, 17* (1), 111-128. (*in Persian*)

Sadeghi Moghadam, M., Safari, H., & Nozari, M. A. (2015). Measuring sustainability of service supply chain by using a multi-stage/multicast fuzzy inference system. *Industrial Management Journal, 7*(3). 533-562. (*in Persian*)

Sangwan, K. S., Bhakar, V., & Digalwar, A. K. (2019). A sustainability assessment framework for cement industry–a case study. *Benchmarking: An International Journal. 26*(2), 470-497.

Saxena, J. P., & Vrat, P. (1990). Impact of indirect relationships in classification of variables—a micmac analysis for energy conservation. *Systems Research, 7*(4), 245-253.

Singh, R. K., Modgil, S., & Tiwari, A. A. (2019). Identification and evaluation of determinants of sustainable manufacturing: a case of Indian c*ement manufacturing. Measuring Business Excellence. 23*(1), 24-40.

Stohler, M., Rebs, T., & Brandenburg, M. (2018). Toward the Integration of Sustainability Metrics into the Supply Chain Operations Reference (SCOR) Model. In M. Brandenburg, G. J. Hahn, & T. Rebs (Eds.), Social and Environmental Dimensions of Organizations and Supply Chains: Tradeoffs and Synergies (49–60).

Supino, S., Malandrino, O., Testa, M., & Sica, D. (2016). Sustainability in the EU cement industry: the Italian and German experiences. *Journal of Cleaner Production, 112*, 430-442.

Supply Chain Council (2012). *Supply Chain Operations Reference Model*. Retrieved February 19, 2021, from https://www.apics.org/apics-for-business/frameworks/scor

Sushil, S. (2012). Interpreting the interpretive structural model. Global *Journal of Flexible Systems Management, 13*(2), 87-106.

Taticchi, P., Tonelli, F., & Pasqualino, R. (2013). Performance measurement of sustainable supply chains: A literature review and a research agenda, *International Journal of Productivity and Performance Management*, *62*(8), 782_804.

The European Cement Association. (2020). *Environmental Product Declaration: Portland Cement (CEM I) produced in Europe*. Retrieved from https://cembureau.eu/media/3lplreko/epd-for-cement-cem-i.pdf

Thirupathi, R. M., & Vinodh, S. (2016). Application of interpretive structural modelling and structural equation modelling for analysis of sustainable manufacturing factors in Indian automotive component sector. International *Journal of Production Research, 54*(22), 6661-6682.

Uysal, F. (2012). An integrated model for sustainable performance measurement in Supply chain, *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, *62*, 689 – 694.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی