



Evaluating and Comparing Key Indicators of Sustainable Development Performance in the Petrochemical Industry Using SMAA and SMAA-S

Mohammad Ali Shah Hoseini

*Corresponding author, Associate Prof., Department of MBA, Faculty of Management, University of Tehran, Tehran, Iran. E-mail: shahhoseini@ut.ac.ir

Seyede Forouzan Javaheri Shalmani

Ph.D. Candidate, Department of Business Policy, Alborz Campus, University of Tehran, Tehran, Iran. E-mail: forouzan.javaheri@ut.ac.ir

Tahmoures Hasangholipour Yasouri

Prof., Department of Business Management, Faculty of Management, University of Tehran, Tehran, Iran. E-mail: thyasory@ut.ac.ir

Ali Rostami

Assistant Prof., Department of Business Management, Payame Noor University, Tehran, Iran. E-mail: alirostami96@gmail.com

Abstract

Objective: The present study aims to identify key indicators of sustainable development performance in the petrochemical industry of Iran. Moreover, we tend to provide rankings and pairwise comparison of subordinate companies which are related to one of the holding companies of this industry. Additionally, the present study aims at identifying strategic points regarding all indicators and their rankings and also recognizing the most important KPIs regarding the 5-year sustainable development performance.

Methods: In this research, Stochastic Multi-criteria Acceptability Analysis is used that is a new member of Multiple-criteria decision analysis methods. The sampling was done through quota non-probability method.

Results: the results indicated that economic perspective's KPIs include revenue growth, return on assets, and profit to revenue ratio. Environmental perspectives include fresh water usage, greenhouse gas, flaring gas, oil spills, and waste reduction. Also, preventing corruption, injury rate and development and workforce training are the KPIs regarding social perspective. Having provided rankings and comparison among the companies, flaring gas was identified as the most important KPI related to sustainable development.

Conclusion: This research can address all companies related to the petrochemical industry, to consider all perspectives of corporate governance. Not only value creation for all stakeholders should be the goal of this kind of companies, but they should also emphasize on flaring gas as the most important KPIs.

Keywords: Corporate governance, Key performance indicators, Sustainable development, Petrochemical Industry, Flaring gas, SMAA.

Citation: Shah Hoseini, M.A., Javaheri Shalmani, S.F., Hasangholipour Yasouri, T., & Rostami, A. (2019). Evaluating and Comparing Key Indicators of Sustainable Development Performance in the Petrochemical Industry Using SMAA and SMAA-S. *Industrial Management Journal*, 11(2), 273-302. (in Persian)

Industrial Management Journal, 2019, Vol. 11, No.2, pp. 273-302

DOI: 10.22059/imj.2019.280703.1007589

Received: December 06, 2018; Accepted: May 06, 2019

© Faculty of Management, University of Tehran

ارزیابی و مقایسه شاخص‌های کلیدی عملکرد توسعه پایدار در صنعت پتروشیمی با استفاده از SMAA-S و SMAA

محمدعلی شاه‌حسینی

* نویسنده مسئول، دانشیار، گروه MBA، دانشکده مدیریت، دانشگاه تهران، تهران، ایران. رایانامه: shahhoseini@ut.ac.ir

سیده فروزان جواهری شلمانی

دانشجوی دکتری، گروه سیاست‌گذاری بازرگانی، پردیس البرز دانشگاه تهران، کرج، ایران. رایانامه: forouzan.javaheri@ut.ac.ir

طهمورث حسنقلی پور یاسوری

استاد، گروه بازرگانی، دانشکده مدیریت، دانشگاه تهران، تهران، ایران. رایانامه: thyasory@ut.ac.ir

علی رستمی

استادیار، گروه بازرگانی، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران. رایانامه: alirostami96@gmail.com

چکیده

هدف: هدف پژوهش حاضر، شناسایی شاخص‌های کلیدی عملکرد توسعه پایدار صنعت پتروشیمی ایران و همچنین رتبه‌بندی و مقایسه زوجی شرکت‌های زیرمجموعه یکی از شرکت‌های مادر تخصصی این صنعت و شناسایی قوت‌ها و ضعف‌های راهبردی آنها با توجه به تمامی شاخص‌ها و همچنین رتبه‌هایی است که می‌توانند به خویش اختصاص دهند. تعیین مهم‌ترین شاخص کلیدی عملکرد در ارتباط با پنج مارک متوسط عملکرد پنج‌ساله توسعه پایدار از سایر اهداف مهم این پژوهش است.

روش: در این پژوهش از روش تحلیل مقبولیت تصمیم‌گیری‌های تصادفی چندمتغیره SMAA - از اعضای جدید خانواده تصمیم‌گیری چندمتغیره - استفاده شده و روش نمونه‌گیری، غیرتصادفی نیز سهمیه‌ای است.

یافته‌ها: نتایج نشان داد که برای نگاه جدید به حاکمیت شرکتی، شاخص‌های کلیدی عملکرد عبارت‌اند از: از جنبه بعد اقتصادی شامل: رشد درآمد، درصد بازگشت دارایی و نسبت سود به درآمد؛ از جنبه بعد زیست‌محیطی شامل: مصرف آب سالم، تولید گازهای گلخانه‌ای، مشعل‌سوزی، لکه‌های نفتی و کاهش زباله؛ از جنبه بعد اجتماعی شامل: جلوگیری از فساد، مقدار صدمات و جراحات وارده و میزان توسعه و آموزش نیروها است. همچنین رتبه‌بندی شرکت‌ها و مقایسه زوجی آنها و شناسایی قوت‌ها و ضعف‌های هر یک از شرکت‌ها به‌دقت انجام شد. مشعل‌سوزی نیز به‌عنوان مهم‌ترین شاخص در ارتباط با توسعه پایدار شناسایی شد.

نتیجه‌گیری: یافته‌های این پژوهش حاکی از آن است که شرکت‌های فعال در حوزه صنعت پتروشیمی، ضمن توجه به نگاه چندبعدی حاکمیتی و ایجاد ارزش‌آفرینی برای تمامی ذی‌نفعان، می‌بایست به شاخص کلیدی مشعل‌سوزی نگاهی ویژه داشته باشند.

کلیدواژه‌ها: حاکمیت شرکتی، شاخص‌های کلیدی عملکرد، توسعه پایدار، صنعت پتروشیمی، مشعل‌سوزی، SMAA.

استناد: شاه‌حسینی، محمدعلی؛ جواهری شلمانی، سیده فروزان؛ حسنقلی پور یاسوری، طهمورث؛ رستمی، علی (۱۳۹۸). ارزیابی و مقایسه شاخص‌های کلیدی عملکرد توسعه پایدار در صنعت پتروشیمی با استفاده از SMAA-S و SMAA. مدیریت صنعتی، ۱۱(۲)، ۲۷۳-۳۰۲.

مقدمه

همانند بسیاری از مسائل پیرامون ما که در دنیای پیشرفته امروزی شکل جدیدی به خود گرفته‌اند، فضای راهبردی حاکمیت شرکتی نیز چهره خود را تغییر داده و دگرگون شده است. با توجه به اصل تغییر، مفهوم حاکمیت اقتصادی نیز که از دیرباز، از ادبیات مسلط و یکه‌تاز در حوزه شرکت‌ها بوده است، مشمول این اصل قرار گرفت (هوٹ^۱، ۲۰۰۷ و اوخمتویسکی و شین^۲، ۲۰۱۹). به‌گونه‌ای که خلق عباراتی چون «حاکمیت اجتماعی» و «حاکمیت زیست‌محیطی» (مونز، فرناندز، ریورا و اسکرینگ^۳، ۲۰۱۹) گواهی بر ایجاد تغییر نگرش به‌وجودآمده در حوزه راهبردی است.

برای حفظ حقوق تمامی حاکمیت‌ها، پنج مارکینگ شاخص‌های کلیدی عملکرد (مالتز، بی و بیتمن^۴، ۲۰۱۸ و دو پلوی، مری، ماریس و متیوس^۵، ۲۰۱۹) که ابزاری برای نظارت بر عملکرد و همچنین سنجش آن هستند، توجه بسیاری از دانشگاهیان و تحقیقات تجربی را به خود جذب کرده‌اند. این شاخص‌ها نه تنها به منظور سنجش عوامل مالی یا به بیان دیگر سنجش میزان تحقق اهداف اقتصادی صاحبان سرمایه استفاده شده، بلکه سایر ذی‌نفعان سازمان که از مهم‌ترین آنها محیط زیست و جامعه است را نیز مد نظر قرار داده و درصدد سنجش تحقق اهداف آنان نیز هستند (هی و لو^۶، ۲۰۱۸). این شیوه از سنجش یکپارچه عملکرد در دهه اخیر در صنایعی که عملیات آنها بر جامعه و محیط زیست آثار شایان توجهی دارد، مرسوم‌تر شده است. از جمله این صنایع، صنعت پتروشیمی است (هروی، فتحی و فائق^۷، ۲۰۱۵).

با توجه به ماهیت فعالیت‌های بالادستی و پایین‌دستی در صنعت پتروشیمی که موجب ریسک بالایی می‌شود (شارما، ساهو، سینقال و جوشی^۸، ۲۰۱۶)، شرکت‌ها به‌طور مستمر در تلاش‌اند تا به میزان قابل توجهی، آثار مخرب خود بر افراد جامعه و محیط زیست را کاهش دهند. مجموع این تلاش در قالب «توسعه و تولید پایدار» از الزامات صنعت پتروشیمی کشورها محسوب می‌شود که به توجه ویژه‌ای نیاز دارد. در سطح جهانی، شرکت‌ها در این بخش، سالانه از نتیجه تلاش خود در راستای تولید پایدار گزارش‌هایی ارائه می‌دهند که از آن به‌عنوان گزارش «حاکمیت شهروندی» یا «حاکمیت زیست‌اجتماعی» یاد می‌شود. این گزارش‌ها بخش جدایی‌ناپذیری از عملکرد شرکت‌ها شده است که به‌واسطه آن، تمامی ذی‌نفعان سازمان را به حقوق خود آگاه و مطلع باقی می‌دارند (فوکردی و محتاط، ۱۳۹۶؛ اونز و سایکز^۹، ۲۰۰۵ و الهونی و احمد^{۱۰}، ۲۰۱۷).

از آنجا که در رابطه با اهمیت شاخص‌های کلیدی عملکرد و میزان تحقق توسعه پایدار، خلأ پژوهشی تجربی عمیقی وجود دارد، مسئله اصلی این پژوهش، شناسایی زیرشاخص‌های کلیدی عملکرد توسعه پایدار با توجه به سه شاخص کلی، حاکمیت اقتصادی، حاکمیت اجتماعی و حاکمیت زیستی در صنعت پتروشیمی ایران است. سپس با استفاده از روش SMAA از خانواده تحلیل تصمیم‌گیری چندمتغیره (MCDA)^{۱۱} — (لاهدلما، هوکانن و سلمینه^{۱۲}، ۱۹۹۸) و وزن‌دهی دقیق و سیستماتیک آن (کاستا^{۱۳}، ۱۹۸۸) به شاخص‌های کلیدی، به رتبه‌بندی شرکت‌های مورد مطالعه فعال در

1. Huse

3. Muñoz, Fernández, Rivera & Escrig

5. Du Plooy, Mare, Marais & Mathews

7. Heravi, Fathi & Faeghi

9. Owens & Sykes

11. Multi Criteria Decision Analysis

13. Casta

2. Okhmatovskiy & Shin

4. Maltz, Bi & Bateman

6. He & Lu

8. Sharma, Sahoo, Singhal & Joshi

10. Elhuni & Ahmad

12. Lahdelma, Hokkanen & Salminen

این حوزه پرداخته می‌شود. این پژوهش در تلاش است با شناسایی قوت‌ها و ضعف‌های هر یک از شرکت‌ها در هر یک از رتبه‌هایی که می‌توانند به خود اختصاص دهند، مدیران و سیاست‌گذاران را در شناسایی و ارتقای شاخص‌های کیفیت توسعه پایدار یاری رساند. شناسایی مهم‌ترین شاخص کلیدی عملکرد توسعه پایدار در مجموعه شرکت‌های مورد مطالعه از سایر اهداف این مقاله است. بنابراین پرسش‌های این پژوهش را می‌توان چنین بیان کرد:

۱. شاخص‌های کلیدی عملکرد توسعه پایدار در صنعت پتروشیمی ایران کدام‌اند؟
۲. رتبه‌بندی دقیق شرکت‌های مورد مطالعه با توجه به میزان رعایت این شاخص‌های کلیدی چگونه است؟
۳. بهترین و بدترین رتبه‌ای که هر یک از شرکت‌ها می‌توانند به خود اختصاص دهند چگونه است؟
۴. با توجه به کلیه شاخص‌های کلیدی عملکرد توسعه پایدار، مقایسه زوجی شرکت‌ها به‌منظور هر گونه تصمیم‌گیری‌های آتی سیاست‌گذاران چگونه است؟
۵. با توجه به اهمیت و روابط به‌هم وابسته شاخص‌های کلیدی عملکرد توسعه پایدار، قوت‌ها و ضعف‌های هر یک از شرکت‌ها به‌منظور تثبیت و تقویت آنها کدام‌اند؟
۶. مهم‌ترین شاخص کلیدی عملکرد توسعه پایدار چیست و مربوط به کدام یک از حاکمیت‌هاست؟

پیشینه نظری پژوهش

از دیرباز، فضای فکری غالب بر شرکت‌ها این گونه بوده که هر استراتژی بلندمدت می‌تواند با هدف پیشینه‌سازی سود در کوتاه‌مدت در تضاد باشد (مک‌کاهری، ساوتنر و استارکس^۱، ۲۰۱۶). اما از دهه ۱۹۸۰ «حاکمیت زیست‌اجتماعی» و «خلق ارزش برای تمامی ذی‌نفعان» و به‌دنبال آن سنجش تحقق اهداف ذی‌نفعان در قالب شاخص‌های کلیدی عملکرد به یکی از محبوب‌ترین موضوعات در ادبیات علمی مدیریت راهبردی تبدیل شده و فضای حاکمیت شرکتی از سلطه حاکمیت اقتصادی رهایی یافته است (دی سگنی، هولی و آکرون^۲، ۲۰۱۵؛ پارمنتر^۳، ۲۰۱۵ و بنت، جیمز و کلینکرز^۴، ۲۰۱۷).

حاکمیت شرکتی

خاستگاه تعاریف حاکمیت شرکتی به‌مرور زمان دستخوش تعریف شده است. بر اساس یکی از قدیمی‌ترین تعاریف که نگاه اقتصادی بر آن غالب است، سیستم‌های حاکمیت شرکتی، سازوکارهایی برای ایجاد پاسخ‌گویی شرکت، عینیت و شفافیت تصمیم‌های مدیریت در قالب گزارش‌دهی مالی با هدف نهایی هم‌راستایی منافع مدیریت و سهام‌داران و همچنین افزایش شفافیت به‌منظور اطمینان از کیفیت گزارش‌دهی مالی درون یک سازمان هستند (اسپکباچر^۵، ۲۰۰۸). ایده‌های اصلی که بدنه حاکمیت شرکتی را شکل می‌دهند عبارت‌اند از تئوری نمایندگی، تئوری هزینه معاملات و تئوری ذی‌نفعان (هارت^۶، ۱۹۹۵). در بیشتر منابع، فقط از پاسخ‌گویی به‌عنوان پاسخ‌گویی به سهام‌داران اقلیت و حفظ حقوق آنها تعبیر شده (لتزا، سان و کیرکبراید^۷، ۲۰۰۴)، از این رو سولومون^۸ (۲۰۰۷) با در نظر گرفتن دیدگاه مبتنی بر

1. McCahery, Sautner & Starks
3. Parmenter
5. Speckbacher
7. Letza, Sun & Kirkbride

2. Disegni, Huly & Akron
4. Bennett, James & Klinkers
6. Hart
8. Solomon

ذی‌نفعان، حاکمیت شرکتی را بازتعریف می‌کند. وی حاکمیت شرکتی را به‌عنوان سیستمی از توازن‌ها و کنترل‌ها و میزان توجه به محیط داخلی و خارج از شرکت در نظر می‌گیرد. سیستمی که اطمینان حاصل می‌کند که شرکت‌ها مسئولیت‌های خود را در قبال تمامی ذی‌نفعان ادا کرده و در تمامی حوزه‌های فعالیت‌های کسب‌وکار آنها، پاسخ‌گویی اجتماعی را در دستور کار خویش قرار می‌دهند.

این مقاله، از تئوری ذی‌نفعان که احترام به حقوق تمامی ذی‌نفعان اعم از حاکمان اقتصادی، اجتماعی و زیستی است، بهره برده است.

شاخص‌های کلیدی عملکرد

از سازمان‌یافته‌ترین ابزارهای مدیریت عملکرد، سیستم شاخص‌های کلیدی عملکرد است. از دیدگاه برخی از صاحب‌نظران، این سیستم بر شاخص‌های مالی و غیرمالی مشتمل است که امکان دستیابی به اهداف راهبردی و تاکتیکی را برای سازمان‌ها ایجاد می‌کند (دراگومیر^۱، ۲۰۱۹). این شاخص‌ها، اغلب شامل اطلاعات عددی و نشان‌دهنده ساختار و فرایندهای شرکت هستند. امروزه، شاخص‌های کلیدی عملکرد به‌واسطه ارائه اطلاعات حمایتی، ایجاد شفافیت و حمایت از تصمیم‌گیرندگان مدیریتی، ابزاری بسیار مهم برای برنامه‌ریزی و کنترل محسوب می‌شود (دو، شانکار، گاپتا و دونگ^۲، ۲۰۱۹).

از سوی دیگر، عدم قطعیت در محیط اقتصادی و تأثیر عوامل خارجی، نیاز به تغییر دائمی شاخص‌های کلیدی عملکرد را به‌منظور ارزیابی عملکرد مدیریت و سهام‌داران، ضروری می‌سازد. شرکت‌ها مجبورند خود را با شرایط دائم در حال تغییر سازگار کنند و این یعنی بازبینی و اجرای شاخص‌های غیرمالی در حوزه مسئولیت اجتماعی شرکت (پارمنتر، ۲۰۱۵). توانایی مدیریت برای توسعه یک استراتژی به‌منظور توسعه پایدار مبتنی بر شاخص‌های مالی، معیار شایان توجهی به‌منظور خلق ارزش برای سهام‌داران محسوب می‌شود که نتایج این تلاش، سالانه از طریق ارائه صورت مالی مبتنی بر داده‌های تاریخی به اطلاع ذی‌نفعان می‌رسد (استرلنیک، اوسانوآ و خیرولین^۳، ۲۰۱۵). در حالی که در سال‌های اخیر، برای پوشش این شکاف و اطلاع از فرصت‌های بالقوه موجود و همچنین میزان دستیابی به اهداف حاکمیت زیست‌اجتماعی از گزارش‌های غیرمالی مطابق با استانداردهای ابتکارات گزارش‌دهی جهانی GRI^۴ استفاده می‌شود که بر سه جنبه اصلی اهداف بلندمدت شرکت تمرکز دارد. این اهداف عبارت‌اند از: اهداف اقتصادی، زیستی و اجتماعی. به این گزارش‌ها، گزارش‌های یکپارچه گفته می‌شود (فوکردی و محتاط، ۱۳۹۶ و رومرو، روئیز و فرناندز^۵، ۲۰۱۹).

اهمیت توسعه پایدار در صنعت پتروشیمی

عملیات صنعت پتروشیمی در منطقه و جهان، تأثیرات بالقوه‌ای بر محیط زیست، سلامت، امنیت و همچنین اجتماع و اقتصاد دارد. این صنعت با تولید زباله، فاضلاب و پساب‌های گازی که حاوی اکسید گوگرد، اکسید نیتروژن، گرد و غبار، بنزن و منوکسیدکربن هستند و همچنین ایجاد گازهای گلخانه‌ای و آلودگی صوتی می‌تواند بر سلامتی انسان‌ها، آب‌های

1. Dragomir

3. Strelnik, Usanova & Khairullin

5. Romero, Ruiz & Fernandez

2. Dev, Shankar, Gupta & Dong

4. Global Reporting Initiatives

زیرزمینی، خاک، تنوع زیستی و ساختمان‌ها، آثار سوء جبران‌ناپذیری داشته باشد (مهرگان، جعفرنژاد و محمدی، ۱۳۹۶؛ فوکردی و محتاط، ۱۳۹۶؛ هروی و همکاران، ۲۰۱۵؛ فائول، کای و مک کینزی^۱، ۲۰۱۶ و ساری و محمد^۲، ۲۰۱۸).

به‌طور عموم شرکت‌های مشغول در این صنعت، به‌منظور مدیریت و کاهش اثرهای محیطی، دارای فرایندهای سیستماتیکی هستند. از این رو دیدگاه توسعه پایدار (لی لی^۳، ۱۹۹۱؛ ردکلیفت^۴، ۲۰۰۲؛ ولفورد^۵، ۲۰۱۶ و الگوناویت و همکاران^۶، ۲۰۱۹)، دیدگاهی است که برای مبارزه با پیامدهای منفی محیط زیستی و اجتماعی ناشی از رویکردهای توسعه یک‌جانبه اقتصادی بعد از انقلاب صنعتی پدید آمده است. این مفهوم تلاش دارد، با نگاهی جدید به توسعه و جلوگیری از بروز اشتباهات گذشته بشری، توسعه‌ای همه‌جانبه و متوازن را رقم بزند، به‌گونه‌ای که بتواند آثار سوء را کاهش دهد. رایج‌ترین شاخص‌های مورد استفاده برای ارزیابی توسعه پایدار در صنعت پتروشیمی از شورای جهانی کسب‌وکار WBCSD^۷ برگرفته می‌شود (الهونی و احمد، ۲۰۱۷). شرکت‌ها با در نظر گرفتن این شاخص‌های کلیدی از سه دیدگاه اقتصادی، زیستی و اجتماعی و سنجش ارزش ایجادشده برای تمامی ذی‌نفعان، می‌توانند میزان تحقق هدف بلندمدت توسعه پایدار را در مجموعه خود بسنجند.

SMAA-S و SMAA

SMAA در سال ۱۹۹۸ توسط لاهدلما و همکاران وی به‌منظور حل مشکلات موجود در تصمیم‌گیری‌های چندمتغیره پیشنهاد شده است. این روش با استفاده از روش ریاضیاتی شبیه‌سازی مونت - کارلو (جمشیدی دهنوی، زاینده‌رودی، جلائی و رئیس‌پور، ۱۳۹۶)، روش‌های وزن‌دهی به شاخص‌ها یا سنجه‌ها به‌صورت قضاوت‌های ذهنی و اختیاری را رد کرده و به‌صورت کاملاً سیستماتیک در یک فضای وزنی سه‌بعدی، با یک روش سنجش دقیق، قوی و قابل اعتماد، رتبه‌بندی احتمالی برای تمامی آلترناتیوها را به دست می‌آورد. این رتبه‌بندی قابل اعتمادتر از رتبه‌بندی بر اساس بردارهای تک‌وزن است (لاهدلما، سلمینت و هوکانن^۸، ۲۰۰۲ و ترونن و همکاران^۹، ۲۰۰۹). تعیین رتبه‌بندی آلترناتیوها و مقایسه زوجی آنها با یکدیگر و همچنین ماتریس بردار مرکزی وزن که با نگاهی راهبردی به پیش‌بینی قوت‌ها و ضعف‌های هر یک از آلترناتیوها می‌پردازد، بر روش وزن‌دهی سیستماتیک مبتنی هستند که قابلیت اعتماد به این نتایج را افزایش می‌دهند.

روش SMAA-S (کورنت، گریسو، نیکوترا، رومانو و اسپیلاسی^{۱۰}، ۲۰۱۹)، روشی نوین برای تجزیه و تحلیل مدیریت راهبردی است که می‌تواند رابطه شاخص‌ها و پنج مارکینگ نهایی را بسنجد و مهم‌ترین شاخص‌ها را انتخاب کند. سازوکار این روش بر روش ریاضی بری سنتر مبتنی است که برای اولویت‌بندی شاخص‌ها تمامی جایگشت‌های ممکن را محاسبه و بر اساس آن اقدام می‌کند.

1. Fawole, Cai & MacKenzie

3. Lele

5. Welford

7. World Business Council for Sustainable Development

9. Tervonen, & et al

2. Sari & Muhammad

4. Redclift

6. Algunaibet, & et al.

8. Lahdelma, Salminent & Hokkanen

10. Corrente, Greco, Nicotra, Romano & Schillaci

پیشینه تجربی

پژوهش‌های فراوانی با محوریت موضوع حاکمیت زیست‌اجتماعی، توسعه پایدار و شاخص‌های کلیدی عملکرد در صنایع مختلف صورت پذیرفته است. هر یک از این پژوهش‌ها ابعاد خاصی از موضوع بیان شده را بررسی کرده‌اند. در جدول ۱ شماری از پژوهش‌های انجام شده مشاهده می‌شود. همان‌گونه که از جدول پیداست، در این پژوهش‌ها صرفاً بر مقوله شناسایی شاخص‌های کلیدی عملکرد در توسعه یا تولید پایدار و همچنین بر مدیریت پروژه یا مانند آن تمرکز شده است. همچنین بررسی سایر مدل‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره به کاررفته در قالب پژوهش‌ها نشان داد که وزن‌دهی در این روش‌ها بر پایه مقایسه زوجی قرار دارد. این روش وزن‌دهی دارای دو محدودیت عمده است. نخست اینکه بر قضاوت‌های اشخاص مبتنی است و در مورد دوم، آنگاه که تعداد شاخص‌ها یا معیارها افزایش یابد استفاده از این روش‌های کلاسیک باعث افزایش مقایسه‌های زوجی می‌شود. به دلیل ظرفیت محدود بشری در پردازش اطلاعات، سقف مقایسات زوجی به تعداد 2 ± 7 (کانداکولو، سلیک و آگون^۱، ۲۰۰۹) در نظر گرفته می‌شود. برای مثال برای وزن‌دهی درباره مسئله‌ای با ۱۱ شاخص، ۵۵ مقایسه زوجی لازم است و پاسخ‌دهندگان ممکن است در مقایسات دچار اشتباه شوند یا اینکه به علت کم‌حوصلگی، مقایسات را با دقت انجام ندهند و درصد ناسازگاری افزایش یابد.

جدول ۱. مطالعات تجربی پیشین

نویسنده/ سال	موضوع پژوهش	محیط پژوهش	یافته‌ها
ولوا، هارت، گرینر و کرومبلی ^۲ (۲۰۰۱)	شاخص‌های تولید پایدار	بررسی و مرور شاخص‌های محیطی عملکرد مطابق با استانداردهای ISO، GRI و WBCSD	ایجاد چارچوبی مشتمل بر پنج سطح به منظور دسته‌بندی شاخص‌های موجود مرتبط با اصول اولیه پایداری، شامل سازگاری شاخص‌ها، استفاده از مواد اولیه و عملکرد، شاخص‌های تأثیر، زنجیره تأمین و شاخص‌های چرخه عمر محصول و شاخص‌های سیستم پایدار
آزاپازیک ^۳ (۲۰۰۳)	توسعه چارچوب شاخص‌های توسعه پایدار	بررسی ۴۰ شرکت در صنعت معدن و مواد معدنی، بخش مواد معدنی فلزی، ساختمانی و صنعتی در کشورهای ایالت متحده، کانادا و برخی از کشورهای اروپایی	ارائه چارچوبی که شامل شاخص‌های یکپارچه، اجتماعی، محیطی و اقتصادی می‌شود که می‌تواند هم به منظور شناسایی نقاط داغ داخلی و هم به منظور گزارش‌دهی پایدار مطابق با استانداردهای GRI به سایر ذی‌نفعان، استفاده شود.
سینگ، مورتی، گاپتا و دیکشیت ^۴ (۲۰۰۷)	توسعه شاخص‌های کامپوزیت عملکرد پایدار	بررسی یک مورد از شرکت‌های فعال در صنعت فولاد کشور هندوستان	توسعه ابعاد شاخص‌های کامپوزیت عملکرد پایدار که علاوه بر سه شاخص حاکمیت محیطی، حاکمیت اجتماعی و حاکمیت اقتصادی، دو شاخص حاکمیت سازمانی و جنبه‌های فنی نیز به آن افزوده شد.
روسا و سیرسی ^۵ (۲۰۱۴)	تحلیل شاخص‌های افشا شده در گزارش‌های پایداری شرکت‌ها	مروری بر ۹۴ گزارش در راستای توسعه و تولید پایدار در شرکت‌های کانادایی در سال ۲۰۰۸	نتایج نشان می‌دهد، در مجموع ۵۸۵ شاخص متفاوت در گزارش‌ها استفاده شده بود که از مجموع ۹۴ گزارش، ۳۱ گزارش مطابق با شاخص‌های معرفی شده توسط GRI بوده و ۲۸ گزارش نیز اکثر شاخص‌های GRI را شامل می‌شدند.

1. Kandakoglu, Celik, & Akgun
3. Adisa Azapagic
5. Roca & Searcy

2. Veleva, Hart, T. Greiner & Crumbley
4. Singh, Murty, Gupta & Dikshit

ادامه جدول ۱

نویسنده/ سال	موضوع پژوهش	محیط پژوهش	یافته‌ها
الیتا و ویلسی ^۱ (۲۰۱۵)	شاخص‌های کلیدی عملکرد برای ارزیابی تولید پایدار	بررسی یک مورد از شرکت‌های فعال در صنعت سیمان در پدانگ انزونی	با توجه به سه شاخص حاکمیت اقتصادی، اجتماعی و زیستی، ۱۳ زیرشاخص انتخاب شد و به ترتیب شاخص‌های اقتصادی (بهای تمام‌شده موجودی)، محیطی (مصرف انرژی) و اجتماعی (امنیت و سلامت شغلی) از دیدگاه مدیران شرکت سیمان دارای اهمیت بودند و قوت‌ها و ضعف‌های سه کارخانه با یکدیگر مقایسه شد.
وینروث و آلستروم ^۲ (۲۰۱۶)	شاخص‌های تولید پایدار در سطح کارخانه	بررسی شرکت‌های کوچک و متوسط در کشور سوئد	۵۲ شاخص به‌منظور تولید پایدار پیشنهاد داده شد. از ۵۲ شاخص، ۲۷ مورد کاملاً مرتبط با نتایج آماری و ۲۰ شاخص دیگر تقریباً توسط نیمی از پاسخ‌ها حمایت شدند. نتایج حاکی از آن بود که از دیدگاه مدیران تولید، شاخص‌های اقتصادی از مهم‌ترین شاخص‌ها هستند.
الهورنی و احمد (۲۰۱۷)	شاخص‌های کلیدی عملکرد برای ارزیابی تولید پایدار	بررسی شرکت‌های تولید و پالایش نفت و گاز در کشور لیبی	با توجه به سه شاخص حاکمیت اقتصادی، اجتماعی و زیستی، ۱۴ زیرشاخص انتخاب شد و به ترتیب شاخص‌های اقتصادی (سود ویژه)، محیطی (مشعل‌سوزی) و اجتماعی (جلوگیری از فساد) از منظر مدیران شرکت‌های نفت و گاز دارای اهمیت بودند و نقاط قوت و ضعف سه کارخانه با یکدیگر مقایسه شد.
میر، دپراز، کلاکوت و کولینز ^۳ (۲۰۱۸)	اطلس اهداف توسعه پایدار	مرور اهداف توسعه پایدار (SDGs) ارائه‌شده توسط برنامه توسعه سازمان ملل، IPIECA ^۴ و شرکت بین‌المللی مالی ^۵ طی گزارش مشترک منتشرشده در خصوص صنایع نفت و گاز	این مقاله به بحث درباره اهداف اطلس می‌پردازد. اینکه شرکت‌های نفت و گاز می‌توانند طی همکاری با ذی‌نفعان به‌طور مؤثر اثرهای مثبت و توانایی خود را برای استفاده از منابع اضافی برای حمایت از دستور کار SDG افزایش دهند. نویسندگان ضمن توسعه این اهداف دریافتند که صنعت نفت و گاز می‌تواند به همه ۱۷ هدف SDG کمک کند. با این حال، برخی از SDGها وجود دارد که در آن صنعت دارای فرصت‌های ویژه‌ای برای کمک به دیگران است. از جمله اهداف مربوط به انرژی مقرون به صرفه و قابل اعتماد، اقدامات اقلیمی و زندگی در زمین و در آب، توسعه اقتصادی و نوآوری و بهداشت و دسترسی به آب پاک است.
پی آرپچ، سام و کولون ^۶ (۲۰۱۹)	مشارکت ذی‌نفعان و مدیریت محیطی پایدار	بررسی آلودگی‌های نفتی در نیجریه	نتایج نشان داد مشارکت ذی‌نفعان می‌تواند برای یکپارچه‌سازی ارزش‌ها و دیدگاه‌های جوامع آسیب‌دیده استفاده شود. همچنین این اطلاعات می‌تواند برای آگاهی از مقررات زیستی و توسعه پایدار مفید باشد.

1. Elita Amrina & Annike Lutfia Vils
 3. Mire, Depraz, Collacott & Collins
 4. International Petroleum Industry Environmental Conservation Association
 5. International Finance Corporation

2. Mats Winroth & Peter Almstrom
 6. Prpich, Sam & Coulon

ادامه جدول ۱

نویسنده / سال	موضوع پژوهش	محیط پژوهش	یافته‌ها
گارسیا، مندس داسیلوا و اورساتو ^۱ (۲۰۱۹)	پایداری سازمانی، بازار سرمایه و عملکرد ESG	بررسی رابطه مالی با عملکرد برتر حاکمیتی، اجتماعی و زیستی ۳۶۵ مورد از شرکت‌هایی حساس ^۲ از برزیل، روسیه، هند، چین و آفریقای جنوبی با داده‌های سری زمانی (۲۰۱۰-۲۰۱۲)	بر اساس نتایج سرمایه‌گذاری بازار به‌عنوان عامل پیش‌بینی‌کننده اصلی عملکرد حاکمیتی، زیستی و اجتماعی قلمداد می‌شود. به‌طور کلی شرکت‌های بزرگ‌تر دارای سطح بالاتری از عملکرد هستند. همچنین نتایج نشان داد که شرکت‌های صنایع حساس عملکرد محیطی برتری ارائه می‌دهند.
ساده، محمودی‌منش و اسدی (۱۳۹۲)	مدیریت پسماندهای صنعتی تولیدی از طریق بازیافت و استفاده مجدد	مجتمع‌های پتروشیمی منطقه ویژه اقتصادی انرژی پارس - عسلویه	ضمن بررسی کمی مهم‌ترین پسماندهای تولیدشده در مجتمع‌های پتروشیمی منطقه ویژه اقتصادی انرژی پارس - عسلویه، به‌طور ویژه اقدامات انجام‌شده در راستای مدیریت بهینه پسماندهای صنعتی در مجتمع پتروشیمی نوری که شامل استفاده مجدد از خاک صنعتی در کارخانه‌های سیمان، بازیابی پلاتین موجود در کاتالیست و استفاده مجدد از یک جریان دورریز به‌عنوان سوخت مصرفی در زباله‌سوز، می‌شود، تشریح شده است. ارزیابی اقدامات انجام‌شده نشان می‌دهد که مدیریت پسماندهای صنعتی علاوه بر تأثیرات مثبت زیست‌محیطی در منطقه، موجب سودآوری و رفع مشکلات مربوط به انبارداری و دفع ضایعات صنعتی می‌شود.
سجادی و قدیم (۱۳۹۳)	سیستم‌ها و شاخص‌های مدیریت عملکرد پایدار	بررسی مروری ادبیات	ابعاد حسابداری پایداری (زیست‌محیطی، اجتماعی، اقتصادی)، سیستم حسابداری مدیریت پایدار، استراتژی‌ها و شاخص‌های عملکرد پایداری بررسی شد. مدیریت پایداری به تعریف اهداف پایداری نیاز دارد که از طریق استراتژی‌ها و شاخص‌های کلیدی باید دائم بررسی و ارزیابی شوند.
اسکندری و رحیمی (۱۳۹۶)	تأثیر تعهد زیست‌محیطی بر نوآوری سبز و عملکرد پایدار با نقش تعدیل‌کنندگی آموزش زیست‌محیطی کارکنان	شرکت‌های پتروشیمی مستقر در منطقه ویژه اقتصادی ماهشهر	نتایج نشان می‌دهد که تعهد زیست‌محیطی بر نوآوری سبز تأثیر مثبت و معناداری دارد ولی تأثیر آن بر عملکرد پایدار به‌صورت مستقیم معنادار نیست و بر عملکرد پایدار به‌طور غیرمستقیم تأثیر مثبتی دارد. همچنین نوآوری سبز بر عملکرد پایدار تأثیر مثبت و معناداری دارد. همچنین آموزش زیست‌محیطی در این تحقیق نقش تعدیل‌کننده ایفا نمی‌کند.
رعیت‌پیشه، احمدی کهنعلی و عباسی (۱۳۹۷)	به‌کارگیری رویکرد ترکیبی، کیفی و تصمیم‌گیری چندمعیاره به منظور ارائه مدل زنجیره تأمین پایدار	بررسی اهمیت شاخص‌ها و همچنین روابط بین شاخص‌های پایداری زنجیره تأمین صنایع پتروشیمی ایران	در مجموع ۱۵ شاخص برای پایداری زنجیره تأمین شناسایی و طبقه‌بندی شد. در روش کمی سه شاخص «سازمانی و شرکت محور»، «مدیریت محیطی» و «فشارهای محیطی» به‌عنوان بحرانی‌ترین شاخص‌ها رتبه‌بندی شد. این پژوهش اهمیت شاخص‌ها و همچنین روابط بین شاخص‌های پایداری زنجیره تأمین صنایع پتروشیمی را پررنگ کرده است. نتایج پژوهش می‌تواند برای تصمیم‌گیرندگان در اولویت‌بندی منابع، اقدام‌ها و راهبردهای اداره زنجیره تأمین سودمند باشد.

1. Garcia, Mendes-Da-Silva & Orsato

۲. صنایع حساس به صنایعی گفته می‌شود که تابوهای اجتماعی سیستماتیک، مناظره‌های اخلاقی و فشار سیاسی ناشی از آنها باعث آسیب‌های اجتماعی و محیطی می‌شود.

دلیل استفاده از روش SMAA در این مقاله این بوده است؛ نظر به اینکه مسئله مورد تحقیق در زمره مسائل تصمیم‌گیری چندمعیاره قرار دارد و همچنین با توجه به تعداد زیاد شاخص‌های مورد بررسی آن و روابط از درون به هم وابسته آنها و به تبع پیچیدگی‌های فراروی حل مسئله در خصوص رتبه‌بندی گزینه‌ها، وزن‌دهی به شاخص‌ها در این گروه از تحقیقات از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. بنابراین اگر مدل‌های تصمیم‌گیری، وزن را به صورت سیستماتیک در الگوریتم خویش محاسبه نکند ممکن است جواب‌ها قابل اتکا نباشند (کورنت و همکاران، ۲۰۱۹).

در این مقاله با به کارگیری روش SMAA و ایجاد بردار وزنی سیستماتیک از این وزن‌دهی اختیاری خودداری کرده و به گونه‌ای واقعی‌تر به رتبه‌بندی شرکت‌های مورد مطالعه به صورت زوجی یا در مقایسه با جایگاه‌های بالقوه همان شرکت پرداخته شد. شناسایی قوت‌ها و ضعف‌های هر یک از شرکت‌ها در هر یک از رده‌هایی که می‌توانند به خود اختصاص دهند از مسائل دیگری است که در مطالعات پیشین در رده‌بندی شرکت‌ها در نظر گرفته نشده است. از سوی دیگر پژوهش‌های پیشین به این پرسش که مهم‌ترین شاخصی که موفقیت یک شرکت را در خصوص میزان تحقق توسعه پایدار مشخص می‌کند، کدام است، پاسخی نداده‌اند.

در این مقاله سعی شده است با توجه به اهمیت مسئله شاخص‌های توسعه پایداری صنعت پتروشیمی و ضرورت دقت محاسباتی ضمن معرفی و استفاده از روش SMAA، تمامی شکاف‌های پژوهشی مطرح شده در این حوزه پوشش داده شود.

پلیساری و همکاران^۱ (۲۰۱۹)، ضمن بررسی و مرور جامعی بر SMAA، به تحلیل مطالعات انجام شده با استفاده از این روش پرداختند که نتایج آن در جدول ۲ ارائه شده است.

جدول ۲. توزیع تحقیقات انجام شده با استفاده از روش SMAA در حوزه‌های مختلف

حوزه کاربرد	تعداد مقالات	درصد
مدیریت زیست‌محیطی	۲۳	۲۸
مدیریت انرژی	۱۶	۲۰
مدیریت سلامت	۱۱	۱۳
مالی و کسب و کار	۱۰	۱۲
دولتی، سیاسی و اجتماعی	۶	۷
حمل و نقل و مدیریت لجستیک	۶	۷
سایر حوزه‌ها	۱۱	۱۲
جمع	۸۳	۱۰۰

مأخذ: پلیساری و همکاران، ۲۰۱۹

همان‌طور که در جدول ۲ مشاهده می‌شود، بیشترین سهم از مطالعات انجام شده با استفاده از این روش مربوط به مدیریت زیست‌محیطی است که می‌تواند گویای تناسب روش اتخاذ شده و موضوع مد نظر باشد. تحقیقات انجام شده

توسط هوکانن، لاهدلما و سالمینن^۱ (۲۰۰۰ و ۲۰۰۳)، تروونن و همکاران^۲ (۲۰۰۹)، الوارز و همکاران^۳ (۲۰۱۰)، آرتسن، کینت، اورشوون و مویز^۴ (۲۰۱۱)، پرادو لویز و همکاران^۵ (۲۰۱۴)، آر، اوزکاس و جنسر^۶ (۲۰۱۶)، ژنگ، ایگر و لینرت^۷ (۲۰۱۶)، ژو و همکاران^۸ (۲۰۱۷)، راجاگوپالان، وندیتی، کلی و دایستار^۹ (۲۰۱۷) و ژو، ژانگ و سان^{۱۰} (۲۰۱۸) چند مورد از ۲۸ درصد کل است که با استفاده از روش SMAA به بررسی ابعاد مختلف مدیریت زیست‌محیطی پرداختند.

روش‌شناسی پژوهش

مراحل عملیاتی این پژوهش به شرح شکل ۱ است. شاخص‌های کلیدی عملکرد توسعه پایدار (حاکمیت اقتصادی، اجتماعی و زیستی) بر اساس دستورالعمل‌های گزارش‌های جهانی (GRI)G3 (آغاز شده در سال ۲۰۰۶) انتخاب شده است.



شکل ۱. گام‌های پژوهش

1. Hokkanen, Lahdelma & Salminen
2. Tervonen, Figueira, Lahdelma, Dias & Salminen
3. Alvarez-Guerra, Canis, Voulvoulis, Viguri & Linkov
4. Aertsen, Kint, Orshoven & Muys
5. Prado-Lopez et. al
6. Ar, Özköse & Gencer
7. Zheng, Egger & Lienert
8. Zhu et. al
9. Rajagopalan, Venditti, Kelley & Daystar
10. Zhu, Zhong & Sun
11. Cut off

اساس شاخص‌های گزارش‌های G³ نیز بر رایج‌ترین شاخص‌های متداول شورای جهانی کسب‌وکار توسعه پایدار (WBCSD) مبتنی است. سپس با روش نمونه‌گیری غیرتصادفی سهمیه‌ای، به توزیع پرسش‌نامه بین افرادی دارای دانش و سوابق تخصصی حرفه‌ای مرتبط با مسئله مورد تحقیق شامل دانشگاهیان فعال در این حوزه، کارشناسان دولتی و سهام‌داران، سیاست‌گذاران، مدیران ارشد، میانی، مهندسان و کارشناسان شاغل در این صنعت که به‌نحوی از انحا در امر اجرای توسعه پایدار صنعت پتروشیمی، مشارکتی فعال داشته‌اند، پرداخته شد. پس از جمع‌آوری پرسش‌نامه‌ها، با استفاده از روش کات آف^۱ مهم‌ترین شاخص‌ها در هر دسته از حاکمیت‌ها تعیین شدند. واریانس مشاهدات اولیه و روایی صورتی پرسش‌نامه از طریق اجرای پیش‌آزمون، تعیین و تأیید و پایایی آن به روش آلفای کرونباخ اثبات شد. آلفای کرونباخ پرسش‌نامه به ترتیب برای بخش حاکمیت اقتصادی، زیستی و اجتماعی، ۰/۷۴، ۰/۸۱ و ۰/۷۱ است. آلفای کرونباخ کل پرسش‌نامه نیز معادل ۰/۷۱ ارزیابی شد.

مدل ریاضی مسئله پژوهش

در تحلیل تصمیم‌گیری چندمتغیره (گرسو، فیگییریا و اهرگوت^۲، ۲۰۱۸)، مجموعه‌ای از گزینه‌ها^۳ مانند $A = \{a_1, \dots, a_n\}$ با توجه به مجموعه منسجمی از ویژگی‌ها که از نظر تخصصی به آن شاخص یا معیار^۴ گفته می‌شود (روی و اسلووینسکی^۵، ۲۰۱۳)، به‌منظور انتخاب، رتبه‌بندی یا طبقه‌بندی مسئله بین آنها، ارزیابی می‌شوند. در این مقاله با توجه به تعداد زیرمجموعه‌های شرکت پتروشیمی مورد بررسی، ۱۱ گزینه و با توجه به تعداد شاخص‌های کلیدی عملکرد برگزیده شده، ۱۱ معیار در نظر گرفته شده است. با در نظر گرفتن ماتریس عملکرد، اطلاعاتی به دست می‌آید که نشان می‌دهد، مادامی که گزینه a_1 به گزینه a_2 برتری دارد که در خصوص تمامی معیارها ارزشی به‌خوبی ارزش آن داشته و حداقل در یک معیار از آن برتر باشد. این قاعده در خصوص رتبه‌بندی دو گزینه، بدون ارجح بودن شاخصی به شاخص دیگر، به‌سادگی عمل می‌کند؛ اما با توجه به داشتن چندین گزینه و ترجیحات متفاوت به معیارها، شرایط تصمیم‌گیری پیچیده‌تر می‌شود که SMAA برای حل این پیچیدگی از رابطه ۱، یعنی «تابع ارزش»^۶، بهره می‌برد.

$$U(a_h, w) = \sum_{j=1}^m w_j g_j(a_h) \quad \text{رابطه ۱}$$

اگر $j = 1, \dots, m$

$$w_j \geq 0 \quad \sum_{j=1}^m w_j = 1$$

در این رابطه، a_h گزینه‌های مورد بررسی، g_j معیارها یا شاخص‌ها و w_j وزن‌های تخصیص داده شده به هر معیار است. استفاده از این رابطه مستلزم رعایت دو مورد است. نخست اینکه باید ارزش‌های تخصیص داده شده به هر گزینه در

1. Cut off
3. Alternative
5. Roy & Słowiński

2. Greco, Figueira & Ehrgott
4. Criteria
6. Value Function

مقیاسی قابل مقایسه بیان شده باشند و دوم اینکه به‌کارگیری این رابطه، به ماتریس وزنی نیاز دارد. مورد نخست در بسیاری از اپلیکیشن‌های رایج و تکنیک‌های نرمال‌سازی متعدد توسط نویسندگان پیشنهاد شده است (آنجلینا، کورنت و گرسو^۱، ۲۰۱۵). از این رو قبل از شروع به پردازش داده‌ها، ابتدا به نرمال‌سازی آنها پرداخته شد. بدین گونه که به‌ازای هر شاخص، ارزش بیشینه و کمینه آن مشخص و سپس با استفاده از رابطه زیر، داده‌ها نرمال شده‌اند؛ یعنی به‌ازای تمامی داده‌ها، عددی بین صفر و ۱ به دست می‌آید.

$$y = (x - \min) / (\max - \min) \quad \text{رابطه ۲}$$

ایده اصلی SMAA، ارائه پشتیبانی از تصمیم‌گیری‌های پیچیده با استفاده از روش‌های توصیفی محاسبه‌شده به‌عنوان انتگرال چندبعدی در فضای پارامترهای تصادفی است (تروون و فیگییریا^۲، ۲۰۰۸). یکی از ویژگی‌های اصلی این روش در مقایسه با روش‌های دیگر تصمیم‌گیری چندمتغیره، ایجاد ماتریس وزنی با استفاده از روش ریاضی شبیه‌سازی مونت‌کارلو است. بدیهی است که این ماتریس وزنی، نیاز به قضاوت‌های ذهنی و اختیاری افراد در خصوص وزن‌دهی را مرتفع می‌کند (لاهدلما و همکاران، ۲۰۰۲ و تروون و همکاران، ۲۰۰۹). این بدان معنا نیست که شبیه‌سازی عاری از خطاست، اما اگر تعداد بردارهای وزنی به‌اندازه کافی زیاد باشد معمولاً این خطا آن قدر کوچک است که می‌توان از آن چشم‌پوشی کرد (تروون و فیگییریا، ۲۰۰۸). به این منظور، مجموعه وزن‌های مطلوب از طریق رابطه ۳ تعریف می‌شود.

$$W_i(\xi) = \{w \in W : u(\xi_i, w) \geq u(\xi_k, w), \forall k = 1, \dots, m\} \quad \text{رابطه ۳}$$

به‌ازای $w \in W_i(\xi)$ هر وزنی مطلوبیت کلی a_i را بیشتر یا برابر با مطلوبیت (حسین‌زاده، مهرگان، میدی و عباسیان، ۱۳۹۷) گزینه‌های دیگر می‌سازد.

پس از ایجاد ماتریس داده‌های نرمال، با استفاده از نرم‌افزار برنامه‌نویسی R و بهره‌گیری از پکیج «هیت اند ران»^۳ و تابع «سیمپلکس سمپل»^۴، فرایند ایجاد ماتریس وزنی آغاز شد. با توجه به ۱۱ شاخص کلیدی در این مقاله و نظر به کمینه‌سازی ضریب خطا، ماتریسی به ابعاد ۱۰۰۰/۱۰۰۰ سطر و ۱۱ ستون ایجاد شد. درایه‌های هر ردیف در واقع وزنی به هر یک از شاخص‌های کلیدی اختصاص می‌دهند. شرط لازم برای تخصیص این وزن‌ها این است که در مجموع برابر با ۱ باشند.

شاخص مقبولیت رتبه‌بندی و Rank acceptability یک گزینه، سهم ارزش‌گذاری‌های مختلفی که یک گزینه را در مقایسه با گزینه‌های دیگر مرجح می‌سازد، توصیف می‌کند. این شاخص به‌عنوان یک انتگرال چندبعدی با توزیع شاخص‌ها و وزن‌های رتبه‌های مطلوب در قالب رابطه ۴ محاسبه می‌شود.

$$b(a_k, r) = \int_{\xi \in \mathcal{X}} f_x(\xi) \int_{w \in W_i(\xi)} f_w(w) dw d\xi \quad \text{رابطه ۴}$$

1. Angilella, Corrente, & Greco
3. Hit and run

2. Tervonen & Figueira
4. Simplex Sample

شاخص‌های مقبولیت می‌توانند به منظور طبقه‌بندی گزینه‌ها با ضرایب کارآمد^۱ ($a_i \gg 0$) یا ضرایب ناکارآمد (a_i) نزدیک صفر، برای مثال، $0/05 <$) استفاده شوند. یک شاخص مقبولیت صفر به این معناست که یک گزینه متناظر با آن، هرگز به‌عنوان بهترین گزینه در مدل ترجیح مفروض در نظر گرفته نمی‌شود. هرچه میزان ضریب کارآمد گزینه‌ای بیشتر باشد، نشان‌دهنده قدرت آن گزینه است. شاخص مقبولیت رتبه‌بندی، عددی بین صفر و ۱ است.

پس از ایجاد ماتریس وزنی، با استفاده از پکیج SMAA، در نرم‌افزار R، ارزش‌های ماتریس عملکرد یعنی ماتریس A به ابعاد $[11 \times 11]$ ، در ماتریس وزنی B به ابعاد $[11 \times 11]$ به صورت نظیر به نظیر در یکدیگر ضرب شدند و ماتریس C به ابعاد $[11 \times 11]$ به دست آمد. ماتریس C، ماتریسی است که هر ردیف آن یکی از شرکت‌های مورد بررسی با $1/000/000$ ستون است. این ماتریس از ضرب نظیر به نظیر مقدار ارزش‌های مربوط به یک شرکت به‌طور مثال، ارزش‌های شرکت A در ماتریس A در وزن‌های تخصیص داده‌شده به هر یک از شاخص‌ها، یعنی تمامی سطرهای ماتریس B منتج شده است. آنگاه ارزش‌های درایه‌های هر یک از ستون‌های ماتریس C با یکدیگر مقایسه شده و در واقع نمونه‌های مورد مطالعه با توجه به ارزشی که دارند رتبه‌بندی می‌شوند.

این رتبه‌بندی به‌ازای تمامی ستون‌های ماتریس C انجام می‌شود. سازوکار انجام‌شده برای رتبه‌بندی شرکت‌ها بدین گونه است که برای محاسبه ارزشی که می‌تواند به رتبه ۱ بودن شرکت A منتج شود، مجموع تعداد دفعاتی که شرکت A در رتبه ۱ قرار گرفته است، تقسیم بر $1/000/000$ شده و عدد به‌دست‌آمده در درایه ۱۱ ماتریس Rank Acceptability درج می‌شود. به همین ترتیب، جمع تعداد مواردی که شرکت A در رتبه دوم، سوم تا یازدهم بوده است نیز محاسبه می‌شود. بنابراین، هر شرکت با توجه به ارزش‌های ماتریس عملکرد و وزن‌های هر شاخص در ماتریس وزنی، این پتانسیل را دارد که در رتبه‌های یک تا یازدهم قرار گیرد؛ اما عاملی که بهترین جایگاه آن را مشخص می‌کند، مقدار فراوانی ارزش‌های آن رتبه‌هاست. شاخص مقایسه زوجی (لسکینن، ویتاند، کانگاس و کانگاس^۲، ۲۰۰۶)، فراوانی دفعاتی را می‌سنجد که a_h به a_k برتری دارد.

$$p(a_h, a_k) = \int_{w \in W} f_w(w) \int_{\xi \in \chi: U(\xi_h, w) > U(\xi_k, w)} f_\chi(\xi) d\xi dw. \quad (\text{رابطه ۵})$$

سازوکار ایجاد این شاخص با توجه به این مقاله، بدین گونه است که در ماتریس C ایجاد شده که نتیجه ضرب نظیر به نظیر ماتریس A یعنی ماتریس اطلاعات عملکرد شرکت‌ها و ماتریس B یعنی ماتریس سیستماتیک ضرایب وزنی است، مجموع تعداد دفعاتی که هر یک از شرکت‌ها بر شرکت دیگر برتری دارد بر $1/000/000$ تقسیم شده و عدد به‌دست‌آمده در جدول قید می‌شود. بردار مرکزی وزن w_i^c به‌عنوان مرکز مورد انتظار مرکز ثقل فضای وزنی مطلوب تعریف می‌شود. این بردار به‌عنوان یک انتگرال چندبعدی با توزیع معیارها و وزن‌ها به‌صورت رابطه ۶ محاسبه می‌شود.

$$w_i^c = \frac{1}{a_i} \int_{\xi \in \chi} f_\chi(\xi) \int_{w \in w_i(\xi)} f_w(w) w dw d\xi \quad (\text{رابطه ۶})$$

بردار مرکزی وزن، ترجیحات تصمیم‌گیری درباره یک گزینه را در مدل ترجیحات مفروض، توصیف می‌کند. با ارائه دادن بردارهای مرکزی وزن به تصمیم‌گیرندگان، برای پشتیبانی از تصمیم می‌توان رویکردی معکوس به کار برد. به جای استنباط ترجیحات و ایجاد راه حل برای مشکل، بدون اینکه هیچ‌گونه اطلاعات ترجیحی ارائه شود، تصمیم‌گیرندگان در می‌یابند چه نوعی از ترجیحات، به چنین اقداماتی منتهی می‌شود (تروون و فیگیریا، ۲۰۰۸). سازوکار آن به‌گونه‌ای است که میانگین بردارهای وزنی متناظر با رتبه‌های یکسان گزینه‌ها به‌عنوان بردار مرکزی وزن در نظر گرفته می‌شود. به‌طور مثال دفعتی که شرکت A رتبه اول بوده شناسایی شده و سپس میانگین بردارهای وزنی متناظر با آن به‌عنوان نخستین سطر ماتریس مرکزی وزن در نظر گرفته می‌شود. این دستور برای تمامی رتبه‌هایی که شرکت A می‌تواند به خود اختصاص دهد، صدق می‌کند.

در این مقاله، به‌منظور اولویت‌بندی شاخص‌های کلیدی عملکرد در مقایسه با پنج مارک شاخص نهایی توسعه پایدار که با توجه به حاکمیت زیست‌اجتماعی، هدف غایی سازمان است، از روش SMAA-S (کورنت و همکاران، ۲۰۱۹) و پکیج‌های VGAM و Gtools استفاده شده است. این روش برای اولویت‌بندی شاخص‌ها، ابتدا تمامی جایگشت‌های ممکن به‌ازای تعداد شاخص‌های موجود را ایجاد می‌کند. برای مثال اگر سه شاخص کلیدی عملکرد با نام‌های g_1 ، g_2 و g_3 موجود باشد به‌میزان سه فاکتوریل، یعنی شش جایگشت ممکن، می‌توان این شاخص‌ها را به شرح زیر در مقایسه با یکدیگر اولویت‌بندی کرد.

$$P^{(1)} = \{g_1 \geq g_2 \geq g_3\}, P^{(2)} = \{g_1 \geq g_3 \geq g_2\}, \quad \text{رابطه ۷}$$

$$P^{(3)} = \{g_2 \geq g_1 \geq g_3\}, P^{(4)} = \{g_2 \geq g_3 \geq g_1\},$$

$$P^{(5)} = \{g_3 \geq g_1 \geq g_2\}, P^{(6)} = \{g_3 \geq g_2 \geq g_1\}.$$

بدیهی است زمانی یک شاخص از شاخص دیگر مهم‌تر یا به‌نوعی دارای اولویت محسوب می‌شود که وزن بیشتری داشته باشد. برای محاسبه وزن‌هایی که به هر یک از حالت‌های ممکن تخصیص داده می‌شود از روش بری سنتر استفاده می‌شود. یعنی باید به‌ازای تعداد فاکتوریل شاخص‌های موجود حالات وزنی مختلف وجود داشته باشد. برای رتبه‌بندی اهمیت $P^{(1)}$ ، مجموعه بردارهای وزنی متناظری مانند $W^{(1)}$ وجود دارد که باید در آن شروط زیر در نظر گرفته شود.

$$\begin{cases} w_1 \geq w_2 \geq w_3 \\ w_1 + w_2 + w_3 = 1 \\ w_1 \geq 0, w_2 \geq 0, w_3 \geq 0 \end{cases} \quad \text{رابطه ۸}$$

به‌طور کلی‌تر به‌ازای رتبه‌بندی شاخص‌ها به شرح رابطه ۹، باید رابطه ۱۰ در نظر گرفته شود.

$$W^{(m)} = \{w_1 \geq w_2 \geq \dots \geq w_m\} \quad \text{رابطه ۹}$$

$$P^{(m)} = \{g_1 \geq g_2 \geq \dots \geq g_m\} \quad \text{رابطه ۱۰}$$

رابطه بری سنتر (پائیلینک^۱، ۱۹۷۴) به شرح ذیل است.

$$w^{(1)} = (1, 0, \dots, 0) \quad \text{رابطه (۱۱)}$$

$$w^{(2)} = \left(\frac{1}{2}, \frac{1}{2}, \dots, 0\right)$$

.....

$$w^{(m)} = \left(\frac{1}{m}, \frac{1}{m}, \dots, \frac{1}{m}\right)$$

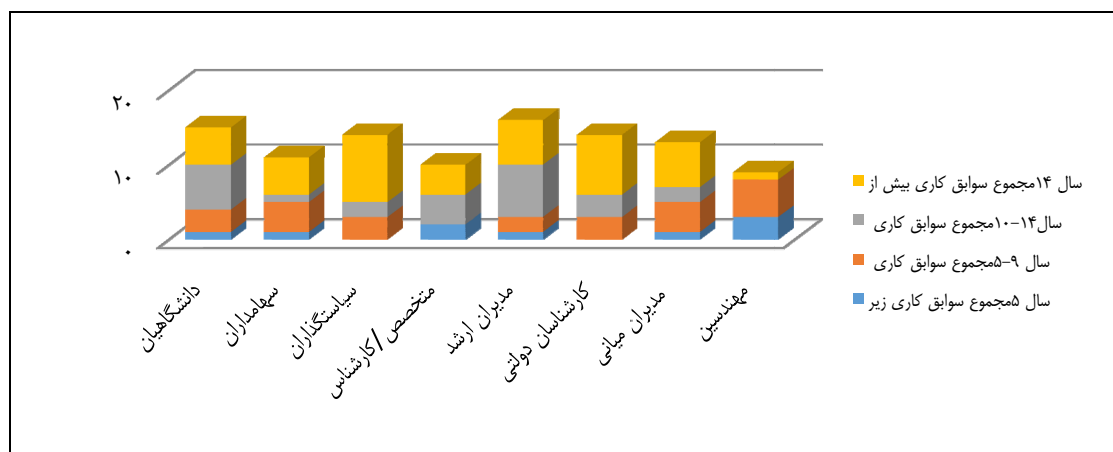
در نتیجه، بری سنتر BW بردارهای وزنی ذکر شده برابر با متوسط عناصر نظیر به نظیر هر بردار است.

$$BW = \frac{1}{m} \left(1 + \frac{1}{2} + \dots + \frac{1}{m}, \frac{1}{2} + \dots + \frac{1}{m}, \dots + \frac{1}{m}\right) \quad \text{رابطه (۱۲)}$$

پس از ایجاد ماتریس وزنی و ضرب نظیر به نظیر در ماتریس عملکرد، ماتریسی حاصل می‌شود که پس از رتبه‌ای کردن آن می‌توان با استفاده از ضریب همبستگی رتبه‌ای کندال تاو (کندال، ۱۹۳۸)، همبستگی هر یک از ستون‌های ماتریس رتبه‌ای نام‌برده را با پنج مارک ماتریس رتبه‌ای عملکرد توسعه پایدار محاسبه کرد. آنگاه به‌ازای بیشینه ارزش کندال‌های به‌دست‌آمده، بردارهای وزنی متناظر جست‌وجو شده و سپس اولویت‌بندی معیارها در آن بردارها مشخص می‌شود (کورت و همکاران، ۲۰۱۹).

یافته‌های پژوهش

با استفاده از شاخص‌های کلیدی عملکرد در ارتباط با توسعه پایدار مبتنی بر GRI، پرسش‌نامه‌ای مشتمل بر سه بخش حاکمیت اقتصادی، حاکمیت زیستی و حاکمیت اجتماعی و در مجموع دارای ۱۹ شاخص تهیه شد. هر یک از بخش‌ها نیز شامل شاخص‌هایی هستند که در جدول ۳ به جزئیات آورده شده است. در مجموع ۱۰۲ پرسش‌نامه تکمیل شده برای شروع تحلیل داده‌ها به دست آمد که اطلاعات جمعیت‌شناختی اعضای نمونه‌گیری در شکل ۲ قابل مشاهده است.



شکل ۲. اطلاعات جمعیت‌شناختی افراد مورد نظر سنجی

پس از جمع‌آوری پرسش‌نامه‌ها، میانگین ارزش‌های مربوط به هر شاخص به دست آمد. سپس با استفاده از روش Cut off، میانگین ارزش‌های مربوط به هر دسته از حاکمیت‌ها محاسبه شد، آنگاه شاخص‌هایی که از میانگین

ارزش به‌دست‌آمده از هر دسته بیشتر بودند، به‌عنوان شاخص‌های بااهمیت آن دسته از حاکمیت از دیدگاه افراد مورد نظرسنجی، انتخاب شدند که در جدول ۳ نشان داده شده است.

سپس در پرسش‌نامه دیگری که مشتمل بر سه بخش حاکمیت شامل حاکمیت اقتصادی با شاخص‌های کلیدی «رشد درآمد، نسبت سود به درآمد، درصد بازگشت دارایی»، حاکمیت زیستی با شاخص‌های کلیدی «میزان تولید گازهای گلخانه‌ای، مشعل‌سوزی، مصرف آب سالم، لکه‌های نفتی و میزان کاهش زباله» و همچنین حاکمیت اجتماعی با شاخص‌های کلیدی «مقدار فراوانی صدمات وارده، جلوگیری از فساد و توسعه و آموزش نیروها» بود، از سیاست‌گذاران و مدیران ارشد یکی از شرکت‌های مادر تخصصی فعال در صنعت پتروشیمی که شامل ۱۱ زیرمجموعه است، خواسته شد با توجه به این شاخص‌های کلیدی به میزان عملکرد پنج‌ساله اخیر خود در مقایسه با توسعه پایدار امتیاز بدهند.

جدول ۳. نتایج شاخص‌های کلیدی عملکرد توسعه پایدار در نظرسنجی

ارزش‌های Cut-off	میانگین ارزش‌ها	شاخص‌های عملکرد
۴/۲۷		حاکمیت اقتصادی
	۴/۰۹	سود خالص
	۴/۶۶	رشد درآمد
	۴/۳۲	درصد بازگشت دارایی
	۴/۶۱	نسبت سود به درآمد
	۳/۸۳	کاهش هزینه
	۴/۲۰	پیروی از طرح تولید
	۴/۲۰	بهبود عملکرد تحویل
۴/۸		حاکمیت محیطی
	*۴/۷۹	تولید گاز گلخانه‌ای
	*۴/۷۹	مشعل‌سوزی
	۴/۸۱	مصرف آب سالم
	*۴/۷۹	لکه‌های نفتی
	۴/۸۱	کاهش زباله
۴/۴۵		حاکمیت اجتماعی
	۴/۷۸	فراوانی صدمات وارده
	۴/۲۶	سرمایه‌گذاری اجتماعی
	۴/۲۵	توسعه بهره‌گیری از تأمین کنندگان و تدارکات محلی
	۴/۶۲	جلوگیری از فساد
	۴/۲۷	تنوع نیروهای کاری
	۴/۲۷	اشتغال نیروهای کاری
	۴/۷۲	توسعه و آموزش نیروها

*: با توجه به اینکه میزان ارزش‌های شاخص‌های کلیدی حاکمیت زیستی به ارزش میانگین بسیار نزدیک است، تمامی شاخص‌ها به‌عنوان شاخص‌های کلیدی انتخاب شدند.

جدول ۴ نتایج پرسش نامه تکمیل شده عملکرد توسعه پایدار پنج ساله اخیر شرکت پتروشیمی مورد مطالعه را با توجه به شاخص های بیان شده نشان می دهد. ستون آخر نیز دربردارنده مقدار ارزش های عملکرد توسعه پایدار است. امتیاز بین ۱ تا ۳ عملکرد ضعیف، امتیاز ۳ تا ۵ عملکرد قابل قبول، امتیاز ۵ تا ۷ عملکرد خوب و بالاتر از ۷ امتیاز عالی محسوب می شود.

جدول ۴. نتایج شاخص های کلیدی عملکرد پنج ساله توسعه پایدار شرکت مورد مطالعه

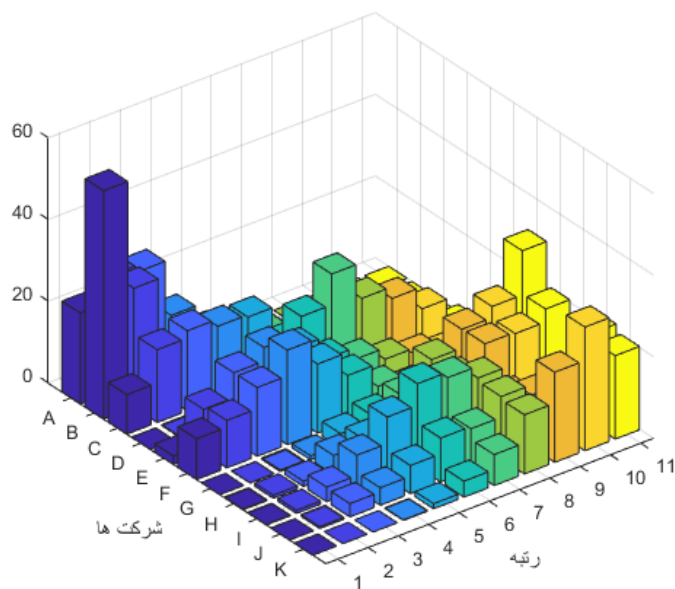
بج مارکینگ	شاخص ها											شرکت / شاخص			
	ارزش عملکرد توسعه پایدار	توسعه و آموزش نیروها	جلب گیری از فساد	فراوانی	صدمات وارده	کاهش زیانه	لکه های نفتی	مصرف آب سالم	مشغل سوزی	تولید گاز	گلخانه ای		نسبت سود به درآمد	درصد بازگشت	دارایی	رشد درآمد
۷	۵	۶	۷	۶	۶	۵	۵	۵	۶	۶	۶	۵	۵	۵	شرکت A
۷	۷	۶	۷	۷	۵	۶	۶	۶	۶	۶	۵	۴	۶	۶	شرکت B
۴	۶	۵	۶	۶	۵	۵	۷	۴	۷	۷	۴	۵	۷	۷	شرکت C
۶	۶	۷	۶	۶	۵	۴	۴	۴	۴	۴	۵	۴	۴	۵	شرکت D
۵	۷	۵	۷	۷	۴	۳	۵	۶	۴	۴	۶	۵	۵	۵	شرکت E
۶	۵	۷	۶	۶	۵	۵	۴	۷	۳	۳	۵	۶	۶	۶	شرکت F
۵	۴	۷	۵	۵	۴	۴	۴	۶	۴	۴	۵	۳	۶	۶	شرکت G
۵	۴	۶	۵	۵	۳	۷	۶	۵	۶	۶	۴	۵	۴	۴	شرکت H
۶	۵	۶	۶	۶	۵	۶	۷	۴	۴	۴	۵	۴	۴	۴	شرکت I
۵	۷	۴	۵	۵	۴	۵	۵	۳	۵	۵	۴	۵	۵	۷	شرکت J
۴	۴	۵	۵	۵	۵	۵	۳	۵	۵	۵	۵	۵	۵	۵	شرکت K

جدول ۵، ماتریس Rank Acceptability نام دارد که نمایانگر تمامی رتبه هایی است که یک شرکت می تواند در مقایسه با سایر شرکت ها در خصوص عملکرد پایدار از خویش نشان دهد. این جدول نشان دهنده این است که شرکت B با فراوانی ۵۵/۸۳ درصد، شرکت A با فراوانی ۲۲/۱۸ درصد و شرکت F با فراوانی ۹/۹۷ درصد سه شرکتی هستند که بیشترین فراوانی را در رتبه نخست به خویش اختصاص داده اند. این بدان معناست که شرکت B در ماتریس C، ۵۵۸/۳۰۰ بار از ۱۰/۰۰۰/۰۰۰ بار دارای رتبه نخست بوده است. به همین ترتیب شرکت G با فراوانی ۳۱/۲۴ درصد، شرکت J با فراوانی ۲۲/۱۶ و شرکت H با فراوانی ۲۰/۷۰ درصد، بیشترین فراوانی را در پایین ترین رده یعنی رتبه ۱۱، به خویش اختصاص داده اند.

فراوانی ۳۱/۲۴ درصد شرکت G بدین معناست که از ۱۰/۰۰۰/۰۰۰ بار، شرکت G ۳۱۲/۳۴۰۰ بار در رتبه ۱۱ قرار گرفت. شایان ذکر است که فراوانی بیشتر در رتبه های پایین تر مزیت و در رتبه های بالاتر نشان دهنده ضعف عملکرد آن شرکت است. شکل ۳، تصویر سه بعدی و جامعی از ماتریس Rank Acceptability نشان می دهد.

جدول ۵. ماتریس Rank Acceptability

شرکت‌ها	۱#	۲#	۳#	۴#	۵#	۶#	۷#	۸#	۹#	۱۰#	۱۱#
شرکت A	۲۲/۱۸	۲۸/۵۹	۲۶/۹۱	۱۳/۱۱	۶/۲۵	۲/۴۶	۰/۴۸	۰/۰۲	۰/۰۰	-	-
شرکت B	۵۵/۸۳	۲۹/۱۵	۱۰/۶۷	۳/۵۱	۰/۶۴	۰/۱۴	۰/۰۴	۰/۰۲	۰/۰۰	-	-
شرکت C	۹/۶۴	۱۷/۸۰	۱۹/۶۰	۱۷/۸۴	۱۷/۲۴	۷/۸۳	۴/۹۵	۲/۸۳	۱/۸۱	-/۴۶	-
شرکت D	۰/۰۱	۰/۲۳	۰/۷۹	۳/۶۶	۹/۴۵	۱۸/۲۷	۲۵/۸۲	۱۷/۰۲	۱۴/۱۵	۸/۸۰	۱/۸۰
شرکت E	۲/۰۷	۱۰/۶۳	۱۶/۷۴	۲۰/۰۶	۱۶/۹۶	۱۱/۴۹	۸/۶۱	۵/۸۳	۴/۰۷	۲/۲۵	۱/۲۸
شرکت F	۹/۹۷	۱۱/۶۲	۱۶/۸۲	۲۳/۱۳	۱۶/۸۸	۱۱/۲۵	۵/۷۳	۳/۰۳	۱/۰۱	-/۴۲	-/۱۳
شرکت G	۰/۰۰	۰/۰۵	۰/۳۴	۰/۹۷	۳/۵۳	۵/۳۳	۷/۲۴	۱۳/۱۳	۱۷/۷۰	۲۰/۴۶	۳۱/۲۴
شرکت H	۰/۱۶	۰/۷۴	۱/۳۱	۴/۷۷	۵/۸۵	۸/۲۳	۱۰/۴۱	۱۲/۴۰	۱۷/۸۸	۱۷/۵۴	۲۰/۷۰
شرکت I	۰/۱۱	۰/۷۴	۳/۵۸	۸/۵۴	۱۵/۰۴	۲۰/۳۴	۱۸/۹۷	۱۶/۰۵	۸/۵۹	۵/۷۶	۲/۲۸
شرکت J	۰/۰۳	۰/۴۵	۳/۲۴	۴/۲۸	۶/۸۸	۱۰/۷۵	۱۰/۱۸	۱۵/۲۲	۱۲/۷۳	۱۴/۰۸	۲۲/۱۶
شرکت K	-	-	-/۰۰	-/۱۳	۱/۲۶	۳/۹۱	۷/۵۷	۱۴/۴۶	۲۲/۰۴	۳۰/۲۴	۲۰/۴۰



شکل ۳. شمای سه‌بعدی ماتریس Rank Acceptability شرکت‌های مورد مطالعه

جدول ۶، نشان‌دهنده بهترین و بدترین جایگاه مربوط به هر شرکت و همچنین بیشترین فراوانی رتبه‌های ۱ تا ۳ است. این جدول که برگرفته از جدول ۵ است، نشان می‌دهد، بدترین جایگاهی که شرکت‌های A و B می‌توانند داشته باشند، رتبه ۹ با فراوانی ۰/۰۰ درصد است. این ارزش، عددی اعشاری با بیشتر از ۴ رقم پس از روند شدن است، از این

رو با صفر مطلق متفاوت است. همچنین شرکت K هیچ‌گاه نمی‌تواند در رتبه ۱ قرار بگیرد، از این رو بهترین جایگاهی که می‌تواند به خود اختصاص دهد رتبه ۳ با فراوانی $0/0018$ است که پس از روند و برش تا دو رقم اعشار به ارزش $0/00$ تغییر یافت.

این فراوانی بیانگر این است که از 10000000 بردار وزنی فقط در ۱۸ بردار وزنی، شرکت K در رتبه ۳ قرار گرفته است، بنابراین ارزشی ناچیزی دارد. این تفسیر برای تمامی جایگاه‌ها قابل تعمیم است.

با توجه به فراوانی ارزش‌های تخصیص داده‌شده، بادوام‌ترین دامنه رتبه‌هایی که یک شرکت می‌تواند به خود اختصاص دهد، مشخص شده است. شرکت‌های A و B در دامنه رتبه‌های ۱ تا ۳، شرکت C در دامنه رتبه‌های ۲ تا ۴ و شرکت D در دامنه ۶ تا ۸ دارای بیشترین فراوانی هستند. با به‌کارگیری این روند در خصوص تمامی شرکت‌ها، شرکت‌های G، H و K در دامنه رتبه‌های ۹ تا ۱۱ بیشترین ثابت را دارند. با توجه به بیشترین ارزش در رتبه ۱۱ که مربوط به شرکت G است، به نظر می‌رسد این شرکت در مقایسه با شرکت‌های H و K که در جایگاه مشابه با آن قرار دارند، با توجه به مجموع شاخص‌های کلیدی عملکرد توسعه پایدار، دارای عملکرد ضعیف‌تری است. با تفسیری مشابه، شرکت B در مقایسه با شرکت A که دارای دامنه بیشترین فراوانی مشابه است، با بیشترین فراوانی در رتبه ۱، عملکردی بهتر از شرکت B دارد.

جدول ۶. بهترین و بدترین جایگاه هر شرکت

شرکت‌ها	بهترین جایگاه	درصد فراوانی بهترین جایگاه	بدترین جایگاه	درصد فراوانی بدترین جایگاه	بیشترین فراوانی نخستین جایگاه	بیشترین فراوانی نخستین پیشینه	درصد فراوانی دومین جایگاه	بیشترین فراوانی دومین جایگاه	درصد فراوانی سومین جایگاه	بیشترین فراوانی سومین پیشینه	درصد فراوانی
شرکت A	۱	۲۲/۱۸	۹	۰/۰۰	۲	۲۸/۵۹	۳	۲۶/۹۱	۱	۲۲/۱۸	۲۲/۱۸
شرکت B	۱	۵۵/۸۳	۹	۰/۰۰	۱	۵۵/۸۳	۲	۲۹/۱۵	۳	۱۰/۶۷	۱۰/۶۷
شرکت C	۱	۹/۶۴	۱۰	۰/۴۶	۳	۱۹/۶۰	۴	۱۷/۸۴	۲	۱۷/۸۰	۱۷/۸۰
شرکت D	۱	۰/۰۱	۱۱	۱/۸۰	۷	۲۵/۸۲	۶	۱۸/۲۷	۸	۱۷/۰۲	۱۷/۰۲
شرکت E	۱	۲/۰۷	۱۱	۱/۲۸	۴	۲۰/۰۶	۵	۱۶/۹۶	۳	۱۶/۷۴	۱۶/۷۴
شرکت F	۱	۹/۹۷	۱۱	۰/۱۳	۴	۲۳/۱۳	۵	۱۶/۸۸	۳	۱۶/۸۲	۱۶/۸۲
شرکت G	۱	۰/۰۰	۱۱	۳۱/۲۴	۱۱	۳۱/۲۴	۱۰	۲۰/۴۶	۹	۱۷/۷۰	۱۷/۷۰
شرکت H	۱	۰/۱۶	۱۱	۲۰/۷۰	۱۱	۲۰/۷۰	۹	۱۷/۸۸	۱۰	۱۷/۵۴	۱۷/۵۴
شرکت I	۱	۰/۱۱	۱۱	۲/۲۸	۶	۲۰/۳۴	۷	۱۸/۹۷	۸	۱۶/۰۵	۱۶/۰۵
شرکت J	۱	۰/۰۳	۱۱	۲۲/۱۶	۱۱	۲۲/۱۶	۸	۱۵/۲۲	۱۰	۱۴/۰۸	۱۴/۰۸
شرکت K	۳	۰/۰۰	۱۱	۲۰/۴۰	۱۰	۳۰/۲۴	۹	۲۲/۰۴	۱۱	۲۰/۴۰	۲۰/۴۰

جدول ۷، جدول مقایسه زوجی شرکت‌ها است. طبق ماتریس جدول ۷، ارزش برتری شرکت A به B، درایه ۱۲، سطر اول و ستون دوم، برابر ۲۸۷/۴۷ درصد است. این عدد به این معناست که با توجه به ماتریس ضرایب وزنی و ارزش‌های عملکرد توسعه پایدار هر شرکت در مقایسه با شاخص‌های کلیدی عملکرد، مجموع دفعاتی که شرکت A بر شرکت B برتر بوده، ۲۸۴/۷۰۰ بار بوده است که با تقسیم این عدد بر ۱،۰۰۰/۰۰۰، عددی معادل ۰/۲۸۴۷ حاصل می‌شود. برتری شرکت B به A نیز برابر ۷۱/۵۳ است و این یعنی ۷۱۵/۳۰۰ بار شرکت B به شرکت A برتری داشته است. مجموع ارزش‌های برتری دو شرکت در مقایسه با یکدیگر برابر ۱۰۰ درصد است. بدیهی است اگر ارزش درایه‌های این ماتریس از ۵۰ درصد بالاتر باشد، یعنی به‌طور قطع یک شرکت بر شرکت دیگر برتری دارد.

جدول ۷ نشان می‌دهد که با توجه به شاخص‌های توسعه پایدار، عملکرد شرکت A از تمامی شرکت‌ها (به‌استثنای شرکت B) با ارزش شایان توجهی بیشتر است. ارزش‌های سطر دوم این ماتریس نشان‌دهنده این است که عملکرد شرکت B از تمامی شرکت‌ها بهتر بوده و در جایگاه نخست قرار دارد. همچنین در خصوص شرکت K می‌توان گفت که با توجه به ماتریس C این شرکت هیچ‌گاه، از شرکت A برتر نبوده و با توجه به ارزش‌های زیر ۵۰ درصد، فقط با ارزش ۵۰/۰۱ درصد به شرکت G برتری دارد. این جدول برای تصمیم‌گیری در خصوص مسائل راهبردی بسیار کاربردی به نظر می‌رسد.

جدول ۷. ماتریس مقایسه زوجی (PW)

شرکت‌ها	شرکت A	شرکت B	شرکت C	شرکت D	شرکت E	شرکت F	شرکت G	شرکت H	شرکت I	شرکت J	شرکت K
	-	۲۸/۴۷	۶۷/۱۷	۹۸/۴۷	۸۳/۳۵	۷۳/۸۱	۹۹/۰۷	۹۷/۴۹	۹۶/۵۵	۹۳/۵۴	۱۰۰
شرکت B	۷۱/۵۳	-	۸۷/۲۳	۹۹/۷۴	۹۳/۱۰	۸۵/۲۱	۹۹/۹۰	۹۹/۵۱	۹۹/۷۲	۹۹/۴۸	۹۹/۹۱
شرکت C	۳۲/۸۳	۱۲/۷۷	-	۸۶/۷۴	۶۰/۵۶	۵۲/۹۴	۹۳/۱۰	۹۴/۳۶	۸۳/۸۱	۹۹/۰۸	۹۷/۰۷
شرکت D	۱/۵۳	۰/۲۶	۱۳/۲۶	-	۱۶/۱۹	۷/۳۵	۸۳/۴۷	۶۶/۱۶	۴۳/۶۳	۶۱/۴۴	۸۰/۲۷
شرکت E	۱۶/۶۵	۶/۹۰	۳۹/۴۴	۸۳/۸۱	-	۴۲/۵۱	۹۰/۹۵	۸۲/۰۰	۷۳/۵۶	۸۳/۶۳	۹۲/۸۱
شرکت F	۲۶/۱۹	۱۴/۷۹	۴۷/۰۶	۹۲/۶۵	۵۷/۴۹	-	۹۹/۶۹	۸۹/۷۲	۸۰/۲۶	۸۶/۴۳	۹۸/۴۸
شرکت G	۰/۹۳	۰/۱۰	۶/۹۰	۱۶/۵۳	۹/۰۵	۰/۳۱	-	۴۲/۳۸	۱۸/۲۵	۳۷/۶۲	۴۹/۹۹
شرکت H	۲/۵۲	۰/۴۹	۵/۶۴	۳۳/۸۴	۱۸/۰۰	۱۰/۲۸	۵۷/۶۲	-	-	۴۹/۱۸	۶۰/۶۰
شرکت I	۳/۴۵	۰/۲۸	۱۶/۱۹	۵۶/۳۷	۲۶/۴۴	۱۹/۷۴	۸۱/۷۵	۷۷/۵۹	-	۶۹/۲۷	۸۴/۰۲
شرکت J	۶/۴۶	۰/۵۲	۰/۹۲	۳۸/۵۶	۱۶/۳۷	۱۳/۵۷	۶۲/۳۸	۵۰/۸۲	۳۰/۷۳	-	۶۰/۸۷
شرکت K	-	۰/۰۹	۲/۹۳	۱۹/۷۳	۷/۱۹	۱/۵۲	۵۰/۰۱	۳۹/۴۰	۱۵/۹۸	۳۹/۱۳	-

جدول ۸ که ماتریس بردارهای مرکزی وزن نام دارد، جدولی است که می‌تواند قوت‌ها و ضعف‌های شرکت A را در تمامی رتبه‌هایی که می‌تواند به خود اختصاص دهد، نشان دهد. در رتبه ۱، هر شاخصی که بالاترین ارزش را به خود اختصاص دهد، نشان می‌دهد که آن شرکت به واسطه عملکرد خوب در آن شاخص به رتبه ۱ رسیده است. کمترین ارزش نیز نشان‌دهنده ضعف آن شرکت در آن جایگاه است. پس در رتبه ۱ بالاترین ارزش برابر با قوت و پایین‌ترین ارزش برابر با ضعف است. در بدترین رتبه‌ای که یک شرکت می‌تواند به خود اختصاص دهد، هرچه میزان ارزش یک شاخص بیشتر باشد، نشان‌دهنده عملکرد ضعیف در آن شاخص است. کمترین ارزش نیز نشان‌دهنده عملکرد بهتر در خصوص آن شاخص بوده است (کورنت و همکاران، ۲۰۱۹).

جدول ۸. بردار مرکزی وزن (با توجه به تمامی رتبه‌های ممکن)، شرکت A

رتبه	رشد درآمد	دارایی	درصد بازگشت درآمد	نسبت سود به درآمد	ای تولید گاز گلخانه	مشعل سوزی	مصرف آب سالم	لکه‌های نفتی	کاهش زباله	فراوانی خدمات وارده	جلوگیری از فساد نیروها	توسعه و آموزش
#۱	۵/۹۱	۱۰/۴۲	۱۶/۴۰	۹/۶۲	۶/۲۷	۶/۸۴	۷/۰۸	۱۴/۴۱	۹/۹۵	۸/۵۳	۴/۵۷	
#۲	۶/۹۷	۸/۶۷	۹/۰۶	۹/۴۴	۸/۷۲	۷/۹۳	۱۰/۴۳	۹/۴۳	۱۱/۸۵	۹/۷۱	۷/۷۹	
#۳	۹/۹۸	۸/۳۸	۶/۷۵	۱۰/۶۹	۱۰/۰۸	۱۰/۱۱	۸/۹۹	۷/۵۵	۸/۳۴	۹/۱۴	۹/۹۸	
#۴	۱۲/۲۳	۹/۲۰	۵/۳۰	۶/۸۰	۱۲/۵۵	۱۱/۵۵	۹/۳۵	۵/۸۳	۶/۴۱	۹/۲۰	۱۱/۵۸	
#۵	۱۵/۶۲	۹/۰۳	۴/۲۴	۵/۹۷	۹/۷۱	۱۲/۲۱	۱۰/۱۳	۴/۶۷	۴/۷۱	۸/۱۹	۱۵/۵۱	
#۶	۱۷/۶۷	۹/۶۹	۳/۷۳	۴/۱۲	۸/۷۳	۱۰/۷۰	۸/۸۸	۳/۸۶	۳/۷۳	۷/۴۲	۲۱/۴۷	
#۷	۱۶/۰۵	۶/۱۴	۲/۸۷	۲/۹۰	۸/۱۰	۹/۱۲	۸/۲۶	۳/۲۷	۲/۷۷	۱۰/۱۹	۳۰/۳۳	
#۸	۱۴/۹۵	۴/۳۸	۱/۷۶	۱/۹۴	۷/۰۶	۱۳/۸۶	۱۰/۶۲	۱/۷۹	۱/۷۴	۱۳/۳۵	۲۸/۵۵	
#۹	۸/۳۶	۳/۵۷	۱/۶۳	۱/۲۱	۸/۶۵	۱۳/۶۷	۲۶/۰۴	۰/۴۰	۰/۹۵	۷/۹۲	۲۷/۶۰	
#۱۰	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
#۱۱	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.

بر اساس جدول ۸، قوت شرکت A در بهترین موقعیت خویش یعنی رتبه ۱، شاخص «نسبت سود به درآمد» به ارزش ۱۶/۴۰ درصد و ضعف آن، شاخص «توسعه و آموزش نیروها» با ارزشی به میزان ۴/۵۷ درصد است. به همین ترتیب در بدترین رتبه‌ای که شرکت A می‌تواند در آن جایگاه قرار بگیرد، یعنی رتبه ۹، شاخص «توسعه و آموزش نیروها» با ارزشی به میزان ۲۷/۶۰ درصد ضعف و «کاهش میزان زباله» با ارزشی برابر ۰/۴۰ درصد، قوت شرکت A است. این جدول برای آگاهی تصمیم‌گیرندگان و سیاست‌گذاران شرکت‌ها بسیار مفید است زیرا می‌تواند از قوت و ضعف خویش برای هرگونه تغییر در سیاست‌گذاری‌ها آگاه شوند. این جدول برای تمامی شرکت‌ها تهیه شده و خلاصه قوت و ضعف هر یک از آنها در جدول ۹ ارائه شده است.

جدول ۹. نقاط راهبردی در بهترین و بدترین رتبه‌های شرکت‌ها

شرکت‌ها	بهترین رتبه	درصد فراوانی بهترین رتبه	ضعف	بدترین رتبه	درصد فراوانی بدترین رتبه	قوت	ضعف
شرکت A	۱	۲۲/۱۸	نسبت سود به درآمد	توسعه و آموزش نیروها	۹	کاهش زباله	توسعه و آموزش نیروها
شرکت B	۱	۵۵/۸۳	توسعه و آموزش نیروها	درصد بازگشت دارایی‌ها	۹	فراوانی خدمات وارده	درصد بازگشت دارایی‌ها
شرکت C	۱	۹/۶۴	رشد درآمد	نسبت سود به درآمد	۱۰	رشد درآمد	نسبت سود به درآمد
شرکت D	۱	۰/۰۱	جلوگیری از فساد	مشعل‌سوزی	۱۱	جلوگیری از فساد	مشعل‌سوزی
شرکت E	۱	۲/۰۷	نسبت سود به درآمد	لکه‌های نفتی	۱۱	فراوانی خدمات وارده	لکه‌های نفتی
شرکت F	۱	۹/۹۷	درصد بازگشت دارایی‌ها	تولید گازهای گلخانه‌ای	۱۱	درصد بازگشت دارایی‌ها	تولید گازهای گلخانه‌ای
شرکت G	۱	۰/۰۰	جلوگیری از فساد	توسعه و آموزش نیروها	۱۱	جلوگیری از فساد	درصد بازگشت دارایی‌ها
شرکت H	۱	۰/۱۶	لکه‌های نفتی	فراوانی خدمات وارده	۱۱	لکه‌های نفتی	رشد درآمد
شرکت I	۱	۰/۱۱	مصرف آب سالم	رشد درآمد	۱۱	مصرف آب سالم	رشد درآمد
شرکت J	۱	۰/۰۳	توسعه و آموزش نیروها	فراوانی خدمات وارده	۱۱	توسعه و آموزش نیروها	جلوگیری از فساد
شرکت K	۳	۰/۰۰	درصد بازگشت دارایی‌ها	فراوانی خدمات وارده	۱۱	کاهش زباله	مصرف آب سالم

از اهداف دیگر این مقاله، مشخص شدن ارتباط بین شاخص‌ها و عملکرد توسعه پایدار مجموعه شرکت‌ها یا به بیان دیگر، رتبه‌بندی شاخص‌ها در خصوص میزان تحقق توسعه پایدار، است. این روش برای اولویت‌بندی شاخص‌ها ابتدا تمامی جایگشت‌های ممکن به‌زای تعداد شاخص‌های موجود را ایجاد می‌کند. در این مقاله با توجه به ۱۱ شاخص موجود یا به بیانی دیگر ۱۱ فاکتوریل، $39/916/800$ حالت محاسبه شد که نشان‌دهنده این است که ۱۱ شاخص می‌توانند به تعداد $39/916/800$ بار در مقایسه با یکدیگر اولویت‌بندی شوند. با بازگشت به داده‌های مقاله، بردار بری سنتر یکی از جایگشت‌های ممکن (به ترتیب شاخص‌های نام‌برده در جدول ۴) برابر با بردار زیر است:

$$BW = (0/275, 0/184, 0/138, 0/108, 0/085, 0/067, 0/052, 0/039, 0/027, 0/017, 0/008)$$

این بردار به‌زای تمامی حالات جایگشت‌های ممکن یعنی $39/916/800$ بار قابل تعریف است. بیشینه کندال تاو محاسبه‌شده طبق فرایند توضیح‌داده‌شده در مدل مسئله پژوهش، برابر با $0/6545$ است. سپس اولویت‌بندی معیارها بر اساس 138 بردار وزنی یافت‌شده که دارای ارزش کندال برابر با این رقم است، انجام شد. جدول ۱۰ اولویت‌بندی این شاخص‌ها را نشان می‌دهد.

همان‌طور که در جدول ۱۰ مشاهده می‌شود شاخص کلیدی عملکرد، میزان «مشعل‌سوزی» که از شاخص‌های حاکمیت زیست‌محیطی محسوب می‌شود با فراوانی ۱۰۰ درصد، به‌عنوان مهم‌ترین شاخص در ارتباط با عملکرد توسعه پایدار تشخیص داده شده است.

جدول ۱۰. اولویت‌بندی شاخص‌های کلیدی عملکرد توسعه پایدار

شاخص‌ها	رتبه ۱	رتبه ۲	رتبه ۳	رتبه ۴	رتبه ۵	رتبه ۶	رتبه ۷	رتبه ۸	رتبه ۹	رتبه ۱۰	رتبه ۱۱
رشد درآمد	۰	۰	۱۰/۸۷	۹/۴۲	۲۲/۴۶	۲/۹۰	-	-	-	-	۵۴/۳
درصد بازگشت دارایی‌ها	-	۷/۲۵	۸/۷۰	۵/۰۷	۴/۳۵	۱۸/۱	-	-	۳۶/۲	-	۲۰/۲
نسبت سود به درآمد	-	۱۴/۴۹	۱۸/۱۲	۹/۴۲	۳/۶۲	۵/۰۷	-	۱۳/۰۴	۲۴/۶۴	-	۱۱/۵۹
میزان تولید گازهای گلخانه‌ای	-	۱۸/۱۲	۸/۷۰	۹/۴۲	۱۳/۷۷	۷/۹۷	-	۲۰/۲۹	۱۳/۷۷	۰/۷۲	۷/۲۵
مشعل‌سوزی	۱۰۰	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
میزان مصرف آب سالم	-	۹/۴۲	۶/۵۲	۷/۹۷	۲۱/۷۴	۷/۲۵	-	۲۷/۵۴	۱۳/۰۴	۲/۱۷	۴/۳۵
لکه‌های نفتی	-	۷/۲۵	۸/۷۰	۱۵/۲۲	۹/۴۲	۱۹/۵۷	-	۲۰/۲۹	۷/۹۷	۹/۴۲	۲/۱۷
کاهش زباله	-	۵/۸۰	۱۰/۱۴	۱۰/۸۷	۹/۴۲	۱۳/۰۴	۲/۱۷	۱۳/۰۴	۴/۳۵	۳۱/۱۶	-
فراوانی صدمات وارده	-	۶/۵۲	۹/۴۲	۱۰/۱۴	۷/۹۷	۵/۰۷	۱۸/۱۲	۵/۸۰	-	۳۶/۹۶	-
جلوگیری از فساد	-	۱۴/۴۹	۱۰/۸۷	۱۳/۰۴	۳/۶۲	۷/۲۵	۳۱/۱۶	-	-	۱۹/۵۷	-
توسعه و آموزش نیروها	-	۱۶/۶۷	۷/۹۷	۹/۴۲	۳/۶۲	۱۳/۷۷	۴۸/۵۵	-	-	-	-

نتیجه‌گیری

اگرچه حاکمیت شرکتی مبحث نوینی نیست، اما طی دوران دستخوش تحول شده است، به‌نوعی که از دیدگاه صرف اقتصادی و نگاه کوتاه‌مدت دست کشیده و به دیدگاه‌های حاکمیت زیست‌محیطی، اجتماعی و نگاه بلندمدت پاسخ مثبت داده است. امروزه سعی غالب سازمان‌ها بر آن است که ارزش‌آفرینی برای تمامی ذی‌نفعان و نگاه بلندمدت را قربانی سود کوتاه‌مدت و رضایت سهام‌داران نکنند (هو، ۲۰۰۷؛ اوخاماتویسکی، ۲۰۱۹ و مونز و همکاران، ۲۰۱۹). سنجش تحقق منافع تمامی گروه‌های ذی‌نفعان در قالب شاخص‌های کلیدی عملکرد، از اقدامات مهمی است که در سال‌های اخیر به آن توجه ویژه‌ای شده است (مالتر و بیتمن، ۲۰۱۸؛ هی و لو، ۲۰۱۸ و دو پلوی و همکاران، ۲۰۱۹).

صنعت پتروشیمی در کشورهای دارای مخازن انرژی، صنعتی محسوب می‌شود که ارزش‌آفرینی اقتصادی بسیاری دارد، اما به‌دلیل ماهیت فعالیت‌های بالادستی و پایین‌دستی، دارای آثار مخرب قابل توجهی بر سلامت انسان‌ها و محیط زیست است. هدف توسعه پایدار و به‌دنبال آن تولید پایدار، مباحثی هستند که امروزه به‌منظور کاهش آثار مخرب این صنعت از الزامات محسوب می‌شود (هروی و همکاران، ۲۰۱۵؛ فائول و همکاران، ۲۰۱۶ و ساری و محمد، ۲۰۱۸).

این مقاله به‌دنبال آن بوده است که طی نظرسنجی از اشخاص صنعت پتروشیمی و دانشگاهیان و کارشناسان دولتی، مهم‌ترین شاخص‌های کلیدی عملکرد توسعه پایدار صنعت پتروشیمی ایران را با توجه به سه حاکمیت اقتصادی، زیست‌محیطی و اجتماعی مبتنی بر تئوری ذی‌نفعان، شناسایی کند. این پرسش‌نامه مبتنی بر ۱۹ شاخص استاندارد

برگرفته از GRI بوده است. نتایج این نظرسنجی در صنعت نشان داد بخش حاکمیت اقتصادی با شاخص‌های کلیدی «رشد درآمد، نسبت سود به درآمد و درصد بازگشت دارایی»، حاکمیت زیستی با شاخص‌های کلیدی «میزان تولید گازهای گلخانه‌ای، مشعل سوزی، مصرف آب سالم، لکه‌های نفتی و میزان کاهش زباله» و همچنین حاکمیت اجتماعی با شاخص‌های کلیدی «فراوانی صدمات وارده، جلوگیری از فساد و توسعه و آموزش نیروها» دارای بیشترین فراوانی و کاربرد در صنعت پتروشیمی ایران هستند. طی توزیع پرسش‌نامه دیگری مشتمل بر شاخص‌های کلیدی عملکرد توسعه پایدار، عملکرد پنج‌ساله یکی از شرکت‌های فعال در این صنعت که دارای ۱۱ شرکت زیرمجموعه بوده است، سنجیده شد. رتبه‌بندی این شرکت‌ها با توجه به تمامی شاخص‌های کلیدی عملکرد، مستلزم وزن‌دهی به هر یک از شاخص‌هاست که این امر با استفاده از روش SMAA که از خانواده تصمیم‌گیری چندمتغیره است، در جدول‌های ۵ و ۶ انجام شده است. دلیل استفاده از این روش، وزن‌دهی سیستماتیک به شاخص‌ها بوده است که نیاز به وزن‌دهی اختیاری توسط اشخاص را از بین می‌برد. هدف از انجام این رتبه‌بندی تعیین محدوده بهترین و بدترین رتبه‌ای که هر شرکت می‌تواند با توجه به این شاخص‌ها به خود اختصاص دهد، بوده است. مقایسه زوجی شرکت‌ها با یکدیگر نیز از اهداف دیگر این مقاله بوده که نتایج آن در جدول ۷ ارائه شد. تعیین نقاط راهبردی یا به عبارتی قوت و ضعف هر شرکت در خصوص هر شاخص در هر رتبه‌ای که می‌تواند به خود اختصاص دهد، از اهداف دیگری بوده است که در جدول‌های ۸ و ۹ به‌دقت و به جزئیات به آن پرداخته شد. تعیین این گلوگاه‌های کلیدی می‌تواند برای تصمیم‌گیری‌های آتی سیاست‌گذاران و مدیران سودمند باشد.

هدف دیگر این مقاله، تعیین مهم‌ترین شاخص کلیدی عملکرد با توجه به پنج مارکینگ عملکرد پنج‌ساله توسعه پایدار بود و نتایج جدول ۱۰ نشان می‌دهد که مشعل سوزی - از شاخص‌های حاکمیت زیستی تئوری ذی‌نفعان - مهم‌ترین شاخص کلیدی عملکرد در خصوص توسعه پایدار محسوب می‌شود. مشعل سوزی پدیده سوزاندن گازهای اضافه در مکان‌های استخراج نفت و گاز است. پیدایش ایده سوزاندن گازهای مرتبط با تولید نفت یا مواد شیمیایی دیگر، بدون اینکه به تجهیزاتی پرهزینه نیاز داشته باشد، در کوتاه‌مدت بسیار آسان و ارزان به نظر رسید. اگرچه این شیوه از سال ۱۹۳۵ در حال اجرا بوده، اما علی‌رغم نگاه کوتاه‌مدت اقتصادی دارای اثرهای منفی زیادی شده است که می‌تواند به کاهش سلامتی انسان‌ها، افزایش گازهای گلخانه‌ای، تغییر متابولیسم گیاهان و کاهش تولیدات زراعی منجر شود (اسماعیل و اوموکورو^۱، ۲۰۱۶ و گیوا، انواکوچا، کویه و آداما^۲، ۲۰۱۷).

محققان از دیدگاه‌های مختلفی به اهمیت موضوع مشعل سوزی پرداخته‌اند. ساری و محمد^۳ در سال ۲۰۱۸، طی تحقیقی ضمن بیان آثار سوء گاز فلر یا مشعل سوزی به معرفی فناوری‌هایی که به کاهش آن کمک کند، پرداختند. ویلیارد^۴ در سال ۲۰۱۹، طی مقاله‌ای ضمن بیان این موضوع که تگزاس برای مشعل سوزی قوانین بازدارنده‌ای دارد اما تبصره قانون ۳۲ به چاه‌های نفتی امکان مشعل سوزی می‌دهد، دلایل تضعیف این قانون طی دوران که به‌طور عمده دلایل توسعه قانونی - سیاسی بوده است را بیان کرده و راهکارهایی برای کاهش اثرهای منفی این گازهای مخرب، ارائه

1. Ismail & Umukoro
3. Sari, & Muhammad

2. Giwa, Nwaokocha, Kuye & Adama
4. Willyard

کرد. آکینالو^۱ در سال ۲۰۱۸ نیز از دیدگاه بازتعریف سیاست‌های مشعل‌سوزی در نیجریه به این مهم پرداخت. اجرای فرایند بازیابی مشعل‌سوزی از جمله مسائل مهمی است که تحقیقات متعددی را به خود اختصاص داده است (عبدالرحمن، هویسینگ و هافکمپ^۲، ۲۰۱۵ و ای کولومبو، باربیری و برامبیللا^۳، ۲۰۱۶). تحقیقات بی‌شماری موجود است که می‌توان با استناد به آنها به اهمیت مشعل‌سوزی در ارتباط با توسعه پایدار پی برد (لسپرانس، کامدم، لینگوئت و آبارلو^۴، ۲۰۱۸؛ الویج، بازیلیان، ژیزین و همکاران^۵، ۲۰۱۸؛ رو و همکاران^۶، ۲۰۱۸؛ ژو، رومین و ویلیامز^۷، ۲۰۱۶؛ سلطانیه، ظهرا بیان، گلی‌پور و کالنای، ۲۰۱۶؛ فائول و همکاران، ۲۰۱۶؛ تانتیساتایامول، فارینو، چوالپاریت و کانچاناپیا^۸، ۲۰۱۶ و کاستانو، باندونی و دایز^۹، ۲۰۱۶).

مخاطبان این پژوهش می‌توانند کلیه مدیران و سیاست‌گذاران شرکت‌های مادر تخصصی باشند که به دنبال سنجش و همچنین رتبه‌بندی عملکرد توسعه پایدار کلیه مجموعه خود هستند. با توجه به اینکه مفهوم پایداری مفهومی بسیار ارزشمند است، اما باید توجه داشت اگرچه تحقق پایداری کامل و واقعی قابل وصول به نظر نمی‌رسد اما این موضوع نباید سازمان‌ها را از تلاش و برنامه‌ریزی و اقدام عملی مثبت برای حرکت به سوی پایداری بازدارد. از این رو لازم است سازمان‌ها، پس از شناسایی قوت‌ها و ضعف‌های خویش در خصوص میزان تحقق شاخص‌های کلیدی عملکرد توسعه پایدار، دست از تلاش بر نداشته و به دنبال تثبیت قوت‌ها و تقویت ضعف‌های خود باشند.

از سویی دیگر با توجه به اینکه کاربرد اصلی شاخص‌های توسعه پایدار، پشتیبانی و اصلاح خط‌مشی‌ها و تصمیم‌گیری در سطوح مختلف سازمان است، سازمان‌ها باید به‌طور مداوم شاخص‌های پایداری خویش را هم‌راستا با شاخص‌های استاندارد جهانی GRI و WBCSD به‌روزرسانی و تعدیل کرده و در تمامی سطوح سازمانی مفهوم پایداری را پیاده‌سازی کنند. طبق اصل هم‌راستایی، پایداری در سطح کلان محقق نخواهد شد مگر با توجه به مفاهیمی مثل زنجیره تأمین پایدار، تولید پایدار، توزیع و عرضه پایدار، ایجاد اشتغال پایدار و... در سطوح زیرین سازمانی. ارائه گزارش‌های سالانه پایداری به ذی‌نفعان می‌تواند نشان‌دهنده میزان توجه و احترام مدیران شرکت‌ها به این دسته از حاکمیت‌های زیست اجتماعی باشد که بر محبوبیت و اعتبار اجتماعی آنها می‌افزاید.

فارغ از بحث توسعه پایدار، روش تحقیق به‌کاررفته در این پژوهش یعنی، SMAA می‌تواند برای تصمیم‌گیری بین چندین سازمان یا چندین کشور که طی فاکتورها یا عواملی امتیازبندی شده‌اند به کار رود و همچنین روش SMAA-S می‌تواند مهم‌ترین شاخص‌ها یا عواملی که با یک بنج مارک در ارتباط هستند را بیابد. به‌طور کل کلیه مدیران و دانشگاهیانی که به دنبال روشی سودمند به منظور تصمیم‌گیری چندمتغیره هستند می‌توانند مخاطبان این پژوهش باشند، زیرا سعی بر آن بوده است که به‌نحوی ساده کلیه فرایندها و همچنین روش SMAA و SMAA-S – که طی بررسی‌های پژوهشگران این اثر، نمونه‌ای از آن در تحقیقات پیشین مشاهده نشده است – توضیح داده شود.

1. Akinola

3. Colombo, Barbieri & Brambilla

5. Elvidge, Bailian, Zhizhin, Gosh, Baugh & Hsu

7. Zhu, Romain & Williams

9. Castano, Bandoni & Diaz

2. Abdulrahman, Huisinigh, Hafkamp

4. Lesperance, Kamdem, Linguet & Albarelo

6. Rui et. al

8. Tantisattayakul, Pharino, Chavalparit & Kanchanapiay

منابع

- اسکندری، یاسر؛ رحیمی، فرجاله (۱۳۹۶). ارزیابی تأثیر تعهد زیست‌محیطی بر نوآوری سبز و عملکرد پایدار در شرکت‌های پتروشیمی ماهشهر. *خط‌مشی‌گذاری عمومی در مدیریت*، ۲۸ (۲۸)، ۳۷-۲۷.
- جمشیدی دهنوی، رامین؛ زاینده‌رودی، محسن؛ جلائی، سید عبدالمجید؛ رئیس‌پور، علی (۱۳۹۶). بهینه‌یابی و شبیه‌سازی (مونت کارلو) تأثیر تکانه‌های بهره‌وری بر تولید ناخالص داخلی ایران با رهیافت الگوریتم‌های پیشرفته. *مدیریت صنعتی*، ۹ (۲)، ۳۰۸-۲۸۷.
- حسین‌زاده، مهناز؛ مهرگان، محمد رضا؛ آقایی مبینی، لیلی؛ عباسیان، عزت‌الله (۱۳۹۸). توسعه مدل مطلوبیت جمع‌پذیر (UTA) تصادفی با توجه به امکان وابستگی میان معیارها. *مدیریت صنعتی*، ۱۰ (۴)، ۵۲۴-۵۰۳.
- رعیت‌پیشه، سعید؛ احمدی کهنعلی، رضا؛ عباسی، میثم (۱۳۹۷). به‌کارگیری رویکرد ترکیبی، کیفی و تصمیم‌گیری چندمعیاره به‌منظور ارائه مدل زنجیره تأمین پایدار در صنایع پتروشیمی. *مطالعات مدیریت صنعتی*، ۱۶ (۵۱)، ۱۴۵-۱۸۰.
- ساده، محمود؛ محمودی منش، مرتضی؛ اسدی، شاهد (۱۳۹۲). مدیریت پسماندهای صنعتی تولیدی در مجتمع‌های پتروشیمی از طریق بازیافت و استفاده مجدد. *شانزدهمین همایش ملی بهداشت محیط ایران*. دانشگاه علوم پزشکی تبریز، دانشکده بهداشت.
- سجادی، سیدحسین؛ بنایی قدیم، رحیم (۱۳۹۳). سیستم‌ها و شاخص‌های مدیریت عملکرد پایدار. *فصل‌نامه پژوهش حسابداری*، ۴ (۴)، ۶۹-۸۲.
- فوکردی، رحیم؛ محتاط، مینو (۱۳۹۶). تعریف محتوای گزارش پایداری شرکت ملی پالایش و پخش فراورده‌های نفتی ایران: کاربرد کارت ارزیابی متوازن و دیمتل خاکستری. *مدیریت صنعتی*، ۹ (۴)، ۷۳۵-۷۶۴.
- مهرگان، محمدرضا؛ جعفرنژاد، احمد؛ محمدی، میلاد (۱۳۹۷). ارائه مدل چندهدفه برای حمل‌ونقل زمینی مواد خطرناک در شبکه هاب (مطالعه موردی: شرکت ملی پخش فراورده‌های نفتی). *مدیریت صنعتی*، ۱۰ (۲)، ۲۲۰-۲۰۱.

References

- Abdulrahman, A. O., Huisingsh, D., & Hafkamp, W. (2015). Sustainability improvements in Egypt's oil & gas industry by implementation of flare gas recovery. *Journal of Cleaner Production*, 98, 116-122.
- Aertsen, W., Kint, V., Orshoven, J. V., & Muys, B. (2011). Evaluation of modelling techniques for forest site productivity prediction in contrasting ecoregions using stochastic multicriteria acceptability analysis (SMAA). *Environmental Modelling & Software*, 26(7), 929-937.
- Akinola, A. O. (2018). Resource Misgovernance and the Contradictions of Gas Flaring in Nigeria: A Theoretical Conversation. *Journal of Asian and African Studies*, 53(5), 749-763.
- Algunaibet, I. M., Fernández, C. P., Galán-Martín, Á., Huijbregts, M. A., Mac Dowell, N., & Guillén-Gosálbez, G. (2019). Powering sustainable development within planetary boundaries. *Energy & Environmental Science*, (6), 1890-1900.
- Alvarez-Guerra, M., Canis, L., Voulvoulis, N., Viguri, J. R., & Linkov, I. (2010). Prioritization of sediment management alternatives using stochastic multicriteria acceptability analysis. *Science of the Total Environment*, 408(20), 4354-4367.
- Amrina, E., & Vilsa, A. L. (2015). Key performance indicators for sustainable manufacturing evaluation in cement industry. *Procedia Cirp*, 26, 19-23.

- Angilella, S., Corrente, S., & Greco, S. (2015). Stochastic multiobjective acceptability analysis for the Choquet integral preference model and the scale construction problem. *European Journal of Operational Research*, 240, 172–182.
- Ar, E., Özköse, H., & Gencer, C. (2016). Ranking Turkish cities and regions for air quality using a multicriteria decision-making method. *Polish Journal of Environmental Studies*, 25(5), 1823–1830.
- Azapagic, A. (2004). Developing a framework for sustainable development indicators for the mining and minerals industry. *Journal of cleaner production*, 12(6), 639-662.
- Bennett, M., James, P., & Klinkers, L. (2017). Key themes in environmental, social and sustainability performance evaluation and reporting. In *Sustainable Measures* (pp. 29-74). Routledge.
- Castaño, A. G., Bandoni, J. A., & Díaz, M. S. (2015). Life cycle optimization for sustainable operations in a petrochemical complex. *Chemical Engineering*, 43, 1441-1446.
- Colombo, E., Barbieri, J., & Brambilla, M. (2016). Alternatives to gas flaring: a multi-criteria decision approach applied to a case study in Russia. *International Journal of Sustainable Engineering*, 9(3), 154-169.
- Corrente, S., Greco, S., Nicotra, M., Romano, M., & Schillaci, C. E. (2019). Evaluating and comparing entrepreneurial ecosystems using SMAA and SMAA-S. *The Journal of Technology Transfer*, 44(2), 485-519.
- Costa, C. A. B. E. (1988). A methodology for sensitivity analysis in three-criteria problems: a case study in municipal management. *European Journal of Operational Research*, 33(2), 159-173.
- Dev, N. K., Shankar, R., Gupta, R., & Dong, J. (2019). Multi-criteria evaluation of real-time key performance indicators of supply chain with consideration of big data architecture. *Computers & Industrial Engineering*, 128, 1076-1087.
- Disegni, D. M., Huly, M., & Akron, S. (2015). Corporate social responsibility, environmental leadership and financial performance. *Social Responsibility Journal*, 11(1), 131-148.
- Dragomir, C. (2019). Key Performance Indicators (KPI) FOR Evaluating Economic Efficiency Of Gender Policies In Shipping Companies With Mixed Crews. *Annals of Constanta Maritime University*, 27(223).
- Du Plooy, D., Maré, P., Marais, J., & Mathews, M. J. (2019). Local benchmarking in mines to locate inefficient compressed air usage. *Sustainable Production and Consumption*, 17, 126-135.
- Elhuni, R. M., & Ahmad, M. M. (2017). Key performance indicators for sustainable production evaluation in oil and gas sector. *Procedia Manufacturing*, 11, 718-724.
- Elvidge, C. D., Bazilian, M. D., Zhizhin, M., Ghosh, T., Baugh, K., & Hsu, F. C. (2018). The potential role of natural gas flaring in meeting greenhouse gas mitigation targets. *Energy strategy reviews*, 20, 156-162.
- Eskandari, Y., & Rahimi, F. (2018). Assessing the Impact of Environmental Commitment on Green Innovation and Sustainable Performance in Mahshahr Petrochemical Companies. *Iranian Journal of Public Administration Mission*, 28 (28), 27-37. (in Persian)
- Fawole, O. G., Cai, X. M., & MacKenzie, A. R. (2016). Gas flaring and resultant air pollution: A review focusing on black carbon. *Environmental pollution*, 216, 182-197.
- Foukerdi, R., & Mohtat, M. (2017). Defining Sustainability Report Content in NIRDC: Application of BSC and Grey-DEMATEL. *Industrial Management Journal*, 9(4), 735-764. (in Persian)
- Garcia, A. S., Mendes-Da-Silva, W., & Orsato, R. J. (2019). Corporate Sustainability, Capital Markets, and ESG Performance. In *Individual Behaviors and Technologies for Financial Innovations* (pp. 287-309). Springer, Cham.
- Giwa, S. O., Nwaokocha, C. N., Kuye, S. I., & Adama, K. O. (2017). Gas flaring attendant impacts of criteria and particulate pollutants: a case of Niger Delta Region of Nigeria. *Journal of King Saud University*, 31(3), 209-217.

- Greco, S., Figueira, J. R., & Ehrgott, M. (2016). *Multiple criteria decision analysis: State of the art surveys*. Berlin: Springer.
- Hart, O. (1995). Corporate governance: some theory and implications. *The Economic Journal*, 105(430), 678-689.
- He, C., & Lu, K. (2018). Risk management in SMEs with financial and non-financial indicators using business intelligence methods. *International Conference*, 16–18 May 2018, Naples, Italy.
- Heravi, G., Fathi, M., & Faeghi, S. (2015). Evaluation of sustainability indicators of industrial buildings focused on petrochemical projects. *Journal of Cleaner Production*, 109, 92-107.
- Hokkanen, J., Lahdelma, R., & Salminen, P. (2000). Multicriteria decision support in a technology competition for cleaning polluted soil in Helsinki. *Journal of Environmental Management*, 60(4), 339–348.
- Hosseinzadeh, M., Mehrgan, M., Aghaei Meibodi, L., Abbasian, E. (2018). Developing Stochastic Additive Utility Method (UTA) Considering the Possible Dependency among Criteria. *Industrial Management Journal*, 10(4), 503-524. (in Persian)
- Huse, M. (2007). *Boards, governance and value creation: The human side of corporate governance*. Cambridge University Press.
- Ismail, O. S. and Umukoro, G. E. (2016). Modelling combustion reactions for gas flaring and its resulting emissions. *Journal of King Saud University*, 28 130–140.
- Jamshidi Dehnavi, R., Zayandeh Roodi, M., Jalae, S., Raees Poor, A. (2017). Optimization and Simulation (Monte Carlo) of the Impact of Productivity Shocks on GDP of Iran using the Advanced Algorithms Approach. *Industrial Management Journal*, 9(2), 287-308. (in Persian)
- Kandakoglu, A., Celik, M. & Akgun, I. (2009). A multimethodological approach for shipping registry selection in maritime transportation industry. *Mathematical and Computer Modeling*, 49, 586 – 597
- Kendall, M. G. (1938). A new measure of rank correlation. *Biometrika*, 30(1/2), 81-93.
- Lahdelma, R., Hokkanen, J., & Salminen, P. (1998). SMAA-stochastic multiobjective acceptability analysis. *European Journal of Operational Research*, 106(1), 137-143.
- Lahdelma, R., Salminen, P., & Hokkanen, J. (2002). Locating a waste treatment facility by using stochastic multicriteria acceptability analysis with ordinal criteria. *European Journal of Operational Research*, 142(2), 345–356.
- Lele, S. M. (1991). Sustainable development: a critical review. *World development*, 19(6), 607-621.
- Leskinen, P., Viitanen, J., Kangas, A., & Kangas, J. (2006). Alternatives to incorporate uncertainty and risk attitude in multicriteria evaluation of forest plans. *Forest Science*, 52(3), 304–312.
- Lesperance, W., Kamdem, J. S., Linguet, L., & Albarelo, T. (2018, August). Renewable Energy in French Guiana: Prospects towards a Sustainable Development Scenario. In *2018 2nd International Conference on Smart Grid and Smart Cities (ICSGSC)* (pp. 133-136). IEEE.
- Letza, S., Sun, X., & Kirkbride, J. (2004). Shareholding versus stakeholding: A critical review of corporate governance. *Corporate Governance: An International Review*, 12(3), 242-262.
- Maltz, E., Bi, H. H., & Bateman, M. (2018). Benchmarking sustainability performance: the next step in building sustainable business models. *Journal of Public Affairs*, 18(3), e1606.
- McCahery, J. A., Sautner, Z., & Starks, L. T. (2016). Behind the scenes: The corporate governance preferences of institutional investors. *The Journal of Finance*, 71(6), 2905-2932.
- Mehrgan, M., Jafarnezhad, A., Mohammadi, M. (2018). Proposing a Multi-objective Model for Ground Transportation of Hazardous Materials in the Hub Network (Case Study: National Iranian Oil Products Distribution Company). *Industrial Management Journal*, 10(2), 201-220. (in Persian)
- Mire, R., Depraz, S., Collacott, B., & Collins, A. (2018, April). Sustainable Development Goals Atlas. In *SPE International Conference and Exhibition on Health, Safety, Security, Environment, and Social Responsibility*. Society of Petroleum Engineers.

- Muñoz-Torres, M. J., Fernández-Izquierdo, M. Á., Rivera-Lirio, J. M., & Escrig-Olmedo, E. (2019). Can environmental, social, and governance rating agencies favor business models that promote a more sustainable development? *Corporate Social Responsibility and Environmental Management*, 26(2), 439-452.
- Okhmatovskiy, I., & Shin, D. (2019). Changing Corporate Governance in Response to Negative Media Reports. *British Journal of Management*, 30(1), 169-187.
- Owens, J., & Sykes, R. (2005). The International Petroleum Industry Environmental Conservation Association social responsibility working group and human rights. *International Social Science Journal*, 57, 131-141.
- Paelinck, J. H. P. (1974). Qualitative multiple-criteria analysis, environmental protection and multiregional development. *Papers of the Regional Science Association*, 36, 59-74.
- Parmenter, D. (2015). *Key performance indicators: developing, implementing, and using winning KPIs*. John Wiley & Sons.
- Pelissari, R., Oliveira, M. C., Amor, S. B., Kandakoglu, A., & Helleno, A. L. (2019). SMAA methods and their applications: a literature review and future research directions. *Annals of Operations Research*, 1-61.
- Prado-Lopez, V., Seager, T., Chester, M., Laurin, L., Bernardo, M., & Tylock, S. (2014). Stochastic multiattribute analysis (SMAA) as an interpretation method for comparative life-cycle assessment (LCA). *International Journal of Life Cycle Assessment*, 19(2), 405-416.
- Prpich, G., Sam, K., & Coulon, F. (2019). Stakeholder Engagement and the Sustainable Environmental Management of Oil-Contaminated Sites in Nigeria. *In Energy in Africa* (pp. 75-97). Palgrave Macmillan, Cham.
- Rajagopalan, N., Venditti, R., Kelley, S., & Daystar, J. (2017). Multi-attribute uncertainty analysis of the life cycle of lignocellulosic feedstock for biofuel production. *Biofuels, Bioproducts and Biorefining*, 11(2), 269-280.
- Rayatpisha, S., Ahmady, R., & Abbasi, M. (2018). Using a Combined Approach of Qualitative & Multi-Criteria Decision Making (Mcdm) Approach in Order to Presentation of Sustainable Supply Chains Model in Petrochemical Industry. *Industrial Management Studies*, 16(51), 145-180. (in Persian)
- Redclift, M. (2002). Sustainable development: Exploring the contradictions. *Routledge Research*, 240, 172-182.
- Roca, L. C., & Searcy, C. (2012). An analysis of indicators disclosed in corporate sustainability reports. *Journal of Cleaner Production*, 20(1), 103-118.
- Romero, S., Ruiz, S., & Fernandez-Feijoo, B. (2019). Sustainability reporting and stakeholder engagement in Spain: Different instruments, different quality. *Business Strategy and the Environment*, 28(1), 221-232.
- Roy, B., & Słowiński, R. (2013). Questions guiding the choice of a multicriteria decision aiding method. *EURO Journal on Decision Processes*, 1(1-2), 69-97.
- Rui, Z., Cui, K., Wang, X., Chun, J. H., Li, Y., Zhang, Z., ... & Patil, S. (2018). A comprehensive investigation on performance of oil and gas development in Nigeria: Technical and non-technical analyses. *Energy*, 158, 666-680.
- Saadeh, M., Mahmoudi Manesh, M., & Asadi, Sh. (2013). Industrial waste management in petrochemical complexes through recycling and reuse. *16th Iranian National Environmental Health Conference*. Tabriz University of Medical Sciences, School of Health. (in Persian)
- Sajadi, S., Bonabi Ghadim, R. (2015). Sustainable Performance Management Systems and Indicators. *Journal of Accounting Research*, 4(4), 69-82. (in Persian)
- Sari, M. S., & Muhammad, F. (2018, November). Flare gas recovery as one of the clean development mechanism (CDM) practices. *In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 200, No. 1, p. 012023). IOP Publishing.

- Sharma, A. K., Sahoo, P. K., Singhal, S., & Joshi, G. (2016). Exploration of upstream and downstream process for microwave assisted sustainable biodiesel production from microalgae *Chlorella vulgaris*. *Bioresource technology*, 216, 793-800.
- Singh, R. K., Murty, H. R., Gupta, S. K., & Dikshit, A. K. (2007). Development of composite sustainability performance index for steel industry. *Ecological Indicators*, 7(3), 565-588.
- Solomon, J. (2007). *Corporate governance and accountability*. John Wiley & Sons.
- Soltanieh, M., Zohrabian, A., Gholipour, M. J., & Kalnay, E. (2016). A review of global gas flaring and venting and impact on the environment: Case study of Iran. *International Journal of Greenhouse Gas Control*, 49, 488-509.
- Speckbacher, G. (2008). Nonprofit versus corporate governance: An economic approach. *Nonprofit management and leadership*, 18(3), 295-320.
- Strelnik, E. U., Usanova, D. S., & Khairullin, I. G. (2015). Key performance indicators in corporate finance. *Asian Social Science*, 11(11), 369.
- Tantisattayakul, T., Pharino, C., Chavalparit, O., & Kanchanapiya, P. (2016). Energy, environmental, and economic analysis of energy conservation measures in Thailand's upstream petrochemical industry. *Energy for Sustainable Development*, 34, 88-99.
- Tervonen, T., & Figueira, J. R. (2008). A survey on stochastic multicriteria acceptability analysis methods. *Journal of Multi Criteria Decision Analysis*, 15, 1-14.
- Tervonen, T., Figueira, J. R. J., Lahdelma, R., Dias, J. A. J., & Salminen, P. (2009a). A stochastic method for robustness analysis in sorting problems. *European Journal of Operational Research*, 192(1), 236-242.
- Tervonen, T., Linkov, I., Figueira, J. R., Steevens, J., Chappell, M., & Merad, M. (2009). Risk-based classification system of nanomaterials. *Journal of Nanoparticle Research*, 11(4), 757-766.
- Veleva, V., Hart, M., Greiner, T., & Crumbley, C. (2001). Indicators of sustainable production. *Journal of Cleaner Production*, 9(5), 447-452.
- Welford, R. (2016). *Corporate environmental management 3: Towards sustainable development*. Routledge.
- Willyard, K. A. (2019). An historical political economy analysis and review of Texas oil and gas well flaring laws and policy. *Energy Policy*, 128, 639-647.
- Winroth, M., Almström, P., & Andersson, C. (2016). Sustainable production indicators at factory level. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 27(6), 842-873.
- Zheng, J., Egger, C., & Lienert, J. (2016). A scenario-based MCDA framework for wastewater infrastructure planning under uncertainty. *Journal of Environmental Management*, 183(3), 895-908.
- Zhu, F., Zhong, P.-A., & Sun, Y. (2018). Multi-criteria group decision making under uncertainty: Application in reservoir food control operation. *Environmental Modelling and Software*, 100, 236-251.
- Zhu, F., Zhong, P.A., Wu, Y.N., Sun, Y., Chen, J., & Jia, B. (2017). SMAA-based stochastic multi-criteria decision making for reservoir flood control operation. *Stochastic Environmental Research and Risk Assessment*, 31(6), 1485-1497.
- Zhu, Y., Romain, C., & Williams, C. K. (2016). Sustainable polymers from renewable resources. *Nature*, 540(7633), 354.