تبیین مدل ارزیابی توسعهٔ پایدارکشورها و ارائهٔ بهبود عملکرد با استفاده از تحلیل پوششی داده‌ها

سارا یوسفی *
زهره موسوی‌کاشی **

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۵/۲۴ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۴/۱۵

چکیده

توسعه‌ی پایدار در سال‌های اخیر مورد توجه جوامع بین‌المللی قرار گرفته و نقش مهمی در تغییر مدیریت، بهبود زیرساخت‌ها و افزایش توانمندی‌های هر کشوری دارد. توسعه‌ی پایدار دارای دو جزء توسعه و ضروریات پایداری است و پایداری از سه بعد مهم اقتصادی، اجتماعی و زیست محیطی تشکیل شده است. امروزه با توجه به افزایش جمعیت، جهان با بحران‌های پیچیده اقتصادی، اجتماعی و زیست محیطی مواجه شده است. مراجع قانونی نیز در راستای توجه و اهمیت به موضوع پایداری صنایع را تحت فشار قرار می‌دهند، بنابراین سازمان‌ها و کشورها تلاش می‌نمایند که عملکرد پایداری خود را بهبود دهند. با توجه به اهمیت این موضوع، در این پژوهش مدل‌های تحلیل پوششی داده‌های یکپارچه SORM و مدل تحلیل پوششی داده‌های معکوس یکپارچه SORM توسعه و از آن‌ها جهت محاسبه پایداری کشورها و ارائه مقادیر بهبود به آن‌ها جهت پایداری بیشتر استفاده شده است. در مدل یکپارچه SORM، میزان پایداری ۲۴ کشور با توجه هم‌زمان به ورودی‌ها و خروجی‌ها محاسبه شده است. در مدل معکوس یکپارچه SORM نیز تغییرات مقادیر بهینه ورودی‌ها و خروجی‌ها با حفظ شرط ثبات کارایی یا پایداری ارائه شده است. تغییرات بهینه ارائه شده به کشورها در راستای اهداف توسعه پایدار و هدف کلی رسیدن به توسعه بلندمدت جهانی بوده است. در پایان دو کشور آلمان و ایران مقایسه شده است. نتایج ارائه شده، کاهش یا ثبات ورودی‌ها و خروجی‌های نامطلوب و افزایش یا ثبات ورودی‌ها و خروجی‌های مطلوب را نشان می‌دهد.

واژگان کلیدی: تحلیل پوششی داده‌ها، تحلیل پوششی داده‌های معکوس، تخصیص منابع ، تحلیل سرمایه‌گذاری، توسعهٔ پایدار
طبقه‌بندی JEL: **C02, O2, O21**

---

* دانشجوی دکتری مدیریت صنعتی، گروه مدیریت، واحد کرج، دانشگاه آزاد اسلامی، کرج، ایران.
** استادیارگروه مدیریت، واحد کرج، دانشگاه آزاد اسلامی، کرج، ایران. (نویسندهٔ مسئول)
Email: zohreh.mousavi@kiau.ac.ir

مقدمه

امروزه، به‌دلیل فعالیت‌های انسانی، مانند سوختن سوخت‌های فسیلی و جنگل‌زدایی، انتشار گازهای گلخانه‌ای، افزایش یافته که منجر به گرم شدن کرۀ زمین و تغییرات آب و هوایی گردیده است(Halkos et al., 2015). با ادامۀ تهدیدات جهانی، از جمله کمبود منابع، اختلالات زیست‌محیطی و تغییرات آب و هوایی، توسعۀ پایدار، مورد توجه جوامع بین‌المللی قرار گرفته است (Yu, 2015). مفهوم توسعۀ پایدار، اولین بار، در سال ۱۹۸۷، در کمیسیون جهانی محیط زیست و توسعه (WCED) با عنوان «آیندۀ مشترک ما» منتشر شده است(WCED, 1987). توسعۀ پایدار عبارت است از هرگونه توسعه‌ای که ضمن تأمین نیازهای نسل حاضر، توانایی نسل آینده را نیز، در تأمین نیازهایشان، مورد مخاطره قرار ندهد (Mavi et al., 2018). ازاین‌رو، باید نگرانی‌های زیست‌محیطی کاهش و شاخص‌های اقتصادی و اجتماعی افزایش یابد (Rashidi and Farzipoor, 2015). شاخص‌های اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی، در کشورهای توسعۀافته و درحال‌توسعه، وسیله‌ای برای سنجش درجۀ توسعه‌یافتگی و سنجش میزان موفقیت و ناکامی برنامه‌های توسعه به‌شمار می‌روند(کمالی، ۱۳۹۴). تحول در ساختارهای سیاسی، اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی، موجب تحقق توسعۀ پایدار می‌گردد (اطاعت و موسوی، ۱۳۸۹).

توسعۀ پایدار، به‌عنوان یک اصل کلی، جهت توسعۀ بلندمدت جهانی شناخته شده است، بدین‌منظور، بسیاری از کشورها، بر برنامه‌ریزی سیاست‌های توسعۀ پایدار، جهت ایجاد جامعه‌ای بهتر، متمرکز شده‌اند (Rondinelli and Berry, 2000)؛ برای‌اینکه توسعۀ پایدار، نقش‌مهمی در تغییر مدیریت، بهبود زیرساخت‌ها و افزایش توانمندی‌های آنها دارد (Keshavarz and Toloo, 2018).

توسعۀ پایدار دارای دو جزء توسعه و ضروریات پایداری است (Rashidi and Farzipoor, 2015) و پایداری نیز، شامل سه بُعد مهم اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی است (Hassanzadeh et al., 2018). توسعۀ پایدار، به معنی ادغام مسائل اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی است (Carter and Rogres, 2008;

(Hassanzadeh et al. 2018). درحال‌حاضر، باتوجه‌به افزایش جمعیت، جهان با بحران‌های پیچیدهٔ اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی، از جمله کمبود منابع، اختلالات زیست‌محیطی، تغییرات آب و هوایی و مهاجرت افراد مواجه شده است (Rashidi et al., 2015; Yu, 2015).

ازطرف‌دیگر، مراجع قانونی نیز، صنایع را تحت فشار قرار می‌دهند تا به پایداری، توجه کنند(Mota et al., 2014). سازمان‌های بین‌المللی، مانند سازمان برنامهٔ محیط‌زیست سازمان ملل (UNEP) و سازمان توسعه و همکاری اقتصادی (OECD)، می‌توانند کشورهای ناکارآمد را در حوزه‌های زیست‌محیطی مجازات کنند (Rashidi and Farzipoor, 2015). بنابراین، باتوجه‌به افزایش آگاهی عمومی، در مورد موضوعات مربوط به پایداری، سازمان‌ها و کشورها، جهت بهبود عملکرد پایداری خود، تلاش می‌نمایند (Zailani et al., 2012). بنابراین، استفاده از تکنیکی که بتوان، با استفاده از آن، پایداری کشورها را ارزیابی نمود، ضروری است. دراین‌راستا، ارزیابی پایداری، به‌عنوان یک ابزار مهم، جهت کمک به تغییر در راستای پایداری، به‌شمار می‌رود (Pope et al., 2004).

یکی از روش‌های ناپارامتریک، جهت ارزیابی کارایی نسبی واحدهای تصمیم‌گیرنده (DMUs)[1]، تحلیل پوششی داده‌ها (DEA)[2] است(Cooper et al., 2002). تحلیل پوششی داده‌ها، توسط چارنز و همکاران، در سال ۱۹۷۸، جهت ارزیابی کارایی واحدهای تصمیم‌گیرنده، معرفی گردیده است (Charnes et al., 1978). سپس بنکر و همکاران، در سال۱۹۸۴، آن را، جهت محاسبه در بازده، به مقیاس متغیر، توسعه داده‌اند (Banker et al., 1984). تحلیل پوششی داده‌ها، مجموعه واحدهای تصمیم‌گیرنده را، براساس مقدار کارایی آنها، به دو گروه کارا و ناکارا تقسیم می‌کند (معظمی گودرزی و همکاران، ۱۳۹۳). یکی از انواع مدل‌های DEA، مدل‌های تحلیل پوششی داده‌های معکوس[3] است که هدف آن، تعیین مقادیر بهینه ورودی‌ها و خروجی‌ها، بدون

1. Decision making unit
2. Data envelopment analysis (DEA)
3. Inverse Data envelopment analysis (IDEA)

ایجاد تغییر در امتیاز کارایی است. مدل‌های تخصیص منابع[1] و تحلیل سرمایه‌گذاری[2]، در تحلیل پوششی داده‌های معکوس، ارائه شده است. در مدل‌های تخصیص منابع، هدف، تعیین مقادیر بهینهٔ ورودی‌ها با توجه به خروجی‌ها، با شرط حفظ ثبات کارایی، و در مدل‌های تحلیل سرمایه‌گذاری، هدف، تعیین مقادیر بهینهٔ خروجی‌ها، باتوجه‌به ورودی‌ها، بدون ایجاد تغییر در امتیاز کارایی است (Yousefi et al., 2018).

در دنیای واقعی امروز، بسیاری از شاخص‌ها مانند سود و برخی از شاخص‌های ارزیابی پایداری، مقادیر منفی دریافت می‌کنند(Hassanzadeh et al., 2018)؛ بنابراین لازم است، مدل‌های DEA ای توسعه داده شود که توانایی محاسبهٔ هر دو نوع مقادیر مثبت و منفی را داشته باشد. یکی از مؤثرترین مدل‌های DEA، که توانایی محاسبهٔ داده‌های مثبت و منفی را دارد، مدل اندازه‌گیری شعاعی با ماهیت نیمه‌گرا (Semi (SORM oriented radial measureاست که توسط امروزنژاد و همکاران، در دو حالت ورودی و خروجی‌محور، جهت رسیدن به اهداف برای بهبود عملکرد و برای حالتی که برخی از متغیرها ارزش منفی و برخی دیگر ارزش مثبت بگیرند، ارائه گردیده است (Emrouznejad et al., 2010).

ازآنجایی‌که توسعهٔ پایداری، به معنی ادغام مسائل اقتصادی، اجتماعی و زیست محیطی است و هریک از این مسائل، از ورودی‌ها و خروجی‌های زیادی تشکیل شده‌اند، در این مقاله، به منظور ادغام این مسائل، مدل یکپارچه‌ای طراحی شده که توانایی استفادهٔ هم‌زمان از ورودی‌ها و خروجی‌ها را با داده‌های مثبت و منفی داشته و بتواند کارایی کشورها را، باتوجه به این سه عامل، محاسبه نماید. بدین‌منظور، جهت ارزیابی پایداری کشورها، مدل تحلیلِ پوششیِ داده‌هایِ یکپارچه SORM و به منظور بهبود عملکرد و توسعهٔ پایداری کشورها، مدل تحلیلِ پوششیِ داده‌هایِ معکوسِ یکپارچه SORM ارائه گردیده است. با مدل یکپارچهٔ پیشنهادی، میزان پایداری کشورها، باتوجه هم‌زمان به ورودی‌ها و خروجی‌ها، محاسبه می‌گردد. با مدل معکوسِ یکپارچهٔ

1. Resource Allocation
2. Investment Analysis

پیشنهادی نیز، تغییرات مقادیر بهینهٔ ورودی‌ها و خروجی‌ها، باشرط حفظ ثبات کارایی، ارائه می‌گردد.

لذا هدف این مقاله، توسعهٔ مدل‌های جدید، جهت ارزیابی پایداری کشورها و ارائهٔ مقادیر بهینه، برای پایداری بیشتر به آنها است؛ به‌طوری‌که امتیاز کارایی آنها ثابت باقی بماند.

نوآوری‌های این مقاله عبارت است از:

- برای اولین بار، مدل تحلیل پوششیِ داده‌هایِ یکپارچه SORM ارائه گردید.
- برای اولین بار، مدل تحلیل پوششیِ داده‌های معکوسِ یکپارچه SORM ارائه گردید.
- برای اولین بار، مدل یکپارچه SORM، جهت ارزیابی پایداری کشورها و همچنین مدل معکوس یکپارچه، جهت افزایش میزان پایداری کشورها، ارائه گردید.
- مطالعهٔ موردی ارائه شده است.

مرور ادبیات

مدل‌های تحلیل پوششیِ داده‌ها در برخورد با داده‌های منفی

در مدل‌های اولیهٔ DEA ، مقادیر ورودی‌ها و خروجی‌ها مثبت فرض شده است؛ ولی در دنیای واقعی امروز، بسیاری از داده‌ها دارای مقادیر منفی‌اند؛ مانند نرخ رشد و برخی از مقادیر صورت‌های مالی(Yousefi et al., 2018) و انتشار گاز CO2 (Sharp et al., 2007). به‌منظور حل این مورد، پژوهشگران مختلف، مدل‌های متفاوتی را، جهت استفاده از داده‌های منفی، ارائه نمودند.

شیل (۲۰۰۱)، جهت استفاده از داده‌های منفی در DEA، از قدرمطلق خروجی‌های منفی، به‌عنوان ورودی، و از قدرمطلق ورودی منفی، به‌عنوان خروجی، استفاده نمود (Scheel, 2001). شارپ و همکاران (۲۰۰۷) مدل توسعه‌یافته (MSBM)[1] را، جهت به‌کاربردن انواع داده‌های مثبت و منفی، ارائه نمودند (Sharp et al., 2007). امروزنژاد

1. Modified slack-based measure (MSBM)

و همکاران (۲۰۱۰) مدل‌های ورودی‌محور و خروجی‌محور SORM را، جهت استفاده هم‌زمان داده‌های مثبت و منفی، ارائه نمودند (Emrouznejad et al., 2010). کاظمی‌متین و عزیزی (۲۰۱۱) یک روش دو مرحله‌ای، براساس مدل ویرایش یافتهٔ DEA جمعی[1] کلاسیک را پیشنهاد دادند(Kazemi Matin and Azizi, 2011). توانا و همکاران (۲۰۱۸) مدل شبکهٔ دو مرحله‌ای پویا (RDM)[2] را جهت داده‌های منفی، مطلوب و نامطلوب ارائه نمودند (Tavana et al., 2018). یوسفی و همکاران (۲۰۱۸) مدل تحلیل پوششی داده‌های ورودی‌محور (RDM) را، جهت داده‌های منفی و مدیریت جریان وجوه نقد شرکت خودروسازی سایپا، ارائه نمودند (Yousefi et al., 2018).

مدل‌های تحلیل پوششیِ داده‌هایِ معکوس (Inverse DEA)

ژانگ و کو (۱۹۹۹) مفهوم اصلی تحلیل پوششی داده‌های معکوس را، برای ارزیابی کارایی نسبی زیرسیستم‌های سیستم اقتصادی چین، ارائه دادند (Zhang and Cui, 1999). تحلیل پوششی داده‌های معکوس، اولین بار، توسط وی و همکاران، جهت تخمین میزان خروجی‌ها با افزایش میزان ورودی‌ها و ثابت نگه‌داشتن میزان کارایی معرفی گردید (Wei et al., 2000). جهانشاهلو و همکاران (۲۰۰۵) مدل تحلیل پوششی داده‌های معکوس را، جهت سیاست‌گذاری در مقادیر ورودی و خروجی DMUها، به‌جهت تحلیل حساسیت مدل‌های معکوس، ارائه نمودند (Jahanshahloo et al., 2005). لرتوراسریکول و همکاران (۲۰۱۱) مدل تحلیل پوششی داده‌های معکوس BCC را، جهت تخصیص منابع، با حفظ ثبات کارایی، ارائه نمودند (Lertworasirikul et al., 2011). یوسفی و همکاران (۲۰۱۸) مدل تحلیل پوششی داده‌های معکوس ورودی‌محور RDM را، جهت تعیین سطح بهینهٔ ورودی‌ها و خروجی‌ها، با حفظ ثبات کارایی در جریان وجوه‌نقد شرکت‌های تأمین‌کنندهٔ خودروسازی معرفی کردند (Yousefi et al., 2018). امین و همکاران (۲۰۱۹) ترکیبی

1. Additive
2. dynamic range directional measure (RDM)

از برنامه‌ریزی آرمانی و روش تحلیل پوششی داده‌های معکوس را، جهت تنظیم اهداف[1] در ادغام بانک‌ها، ارائه نمودند (Amin et al., 2019).

ارزیابی پایداری با تحلیل پوششی داده‌ها (DEA) :

یو و وِن (۲۰۱۰) به ارزیابی زیست‌محیطی ۴۶ شهر، در کشور چین، با کمک DEA، پرداختند. آنها در مقالهٔ خود از شاخص‌های اقتصادی، زیست‌محیطی و زیرسیستم‌های منابع استفاده کردند (Yu and Wen, 1999). رشیدی و همکاران (۲۰۱۵) با کمک تکنیک تحلیل پوششی داده‌ها، کارایی زیست‌محیطی[2] تعدادی از کشورهای عضو OECDرا، با شاخص‌های ورودی انرژی، خروجی‌های نامطلوب و شاخص‌های غیر اختیاری، ارزیابی نمودند (Rashidi et al., 2015). هالکوس و همکاران (۲۰۱۵)، با استفاده از مدل دو مرحله‌ای جمعی DEA، شاخص کارایی پایداری را، برای مناطق ۷ کشور اروپایی تعیین کردند. این شاخص پایداری، دارای ۲ قسمت کارایی تولید و کارایی زیست‌محیطی است (Halkos et al., 2015). کشاورز و طلوع (۲۰۱۸) مدل هیبریدی تحلیل پوششی داده‌ها و مدل تصمیم‌گیری چندشاخصه MADM را، جهت ارزیابی پایداری در تکنولوژی‌های تولید برق در انگلستان، ارائه کردند (Keshavarz and Toloo, 2018). حسن‌زاده و همکاران (۲۰۱۸) مدل‌های تحلیل پوششی داده‌های معکوس ورودی‌محور و خروجی‌محور SORM را، جهت ارزیابی پایداری کشورهای عضو OECD و ارائه سیاست‌های بهبود به آنها، ارائه نمودند (Hassanzadeh et al., 2018). یو (۲۰۱۹)، با استفاده از مدل تحلیل پوششی داده‌های جمعی مبتنی برکمترین فاصله و تحلیل پنجره‌ای، اقدام به ارزیابی پایداری و به‌دست آوردن نزدیکترین هدف الگوبرداری[3]، با وجود خروجی‌های نامطلوب در مجموع ۱۹ منطقه (۹ شهر و۱۰ شهرستان) از کشور تایوان نمود (Yu, 2015). تاجبخش و شمسی (۲۰۱۹) با ارائهٔ یک مدل تحلیل پوششی داده‌ها، پایداری ۱۳۳ کشور را ارزیابی و رتبه‌بندی نمودند (Tajbakhsh and Shamsi, 2019). کالائو و همکاران (۲۰۱۹) دو مدل تحلیل پوششی داده‌های ورودی و خروجی‌محور را، جهت ارزیابی پارامترهای

1. target setting
2. eco-efficiency
3. Benchmarking

زیست‌محیطی، در راستای توسعهٔ پایدار ۳۲ کشور اروپایی، ارائه نمودند (Callao et al., 2019). بامپاتسو و هالکوس (۲۰۱۹) مدل تحلیل پوششی داده‌ها تحت شرایط بازه به مقیاس متغیر را، جهت تعیین کارایی فنّی کشورهای G7، در راستای رشد اقتصادی و توسعهٔ پایدار، ارائه نمودند (Bampatsou and Halkos, 2019). حجاجی و همکاران (۲۰۲۱) مدل چندمرحله‌ای تحلیل پوششی داده‌های (RAM) را، جهت ارزیابی پایداری صنعت کاغذ در ایران با تعیین فرصت‌های سرمایه‌گذاری، ارائه نمودند(Hajaji et al., 2021).

براساس بررسی‌های انجام شده، هیچ‌کدام از مطالعات قبلی، مدل تحلیل پوششی داده-های یکپارچه SORM را توسعه نداده‌اند. همچنین، هیچ‌کدام از محققان، مدل تحلیل پوششی داده‌های معکوس یکپارچه SORM را، که به‌طور هم‌زمان تغییرات ورودی و خروجی را بدون تغییر در میزان کارایی ارائه می‌دهد، توسعه نداده‌اند. در این مقاله، برای اولین بار، مدل‌های تحلیل پوششی داده‌های یکپارچه SORM و مدل تحلیل پوششی داده‌های معکوس یکپارچه SORM ارائه گردیده و از آنها، جهت محاسبهٔ پایداری کشورها و ارائهٔ مقادیر بهبود به آنها، استفاده شده است.

مدل‌های تحلیل پوششی داده‌های یکپارچه و معکوس SORM

مدل‌های تحلیل پوششی داده‌های SORM

ارزیابی عملکرد و سنجش کارایی، با استفاده از مدل‌های تحلیل پوششی داده‌ها، یک تکنیک الگویابی پُرکاربرد و قابل‌توجه در حیطهٔ تحقیق در عملیات است (تیموری و همکاران، ۱۳۹۹ ; اسماعیلی و همکاران، ۱۳۹۸). یکی از انواع مدل‌های تحلیل پوششی داده‌ها، مدل SORM است. این مدل، برای غلبه بر مشکل مدل استاندارد ورودی‌محور و خروجی‌محور DEA-VRS، توسعه یافته است. مدل‌های DEA-VRS در صورتی استفاده می‌گردند که DMU ها مقادیر نامنفی را، به عنوان ورودی، دریافت و مقادیر نامنفی، تحت عنوان خروجی، را تولید می‌نمایند (Thanassoulis, 2001). ولی چنانچه DMU تحت بررسی، ورودی منفی دریافت نموده و یا خروجی منفی تولید نمایند، کاربرد نداشته و بایستی اصلاح گردند. جهت حل این مشکل، امروزنژاد و همکاران در سال ۲۰۱۰ ، مدل استاندارد DEA-VRS را برای حالتی که ورودی‌ها و خروجی‌ها مقدار مثبت و منفی بگیرند، توسعه دادند و مدل SORM را، در دو حالت

ورودی‌محور و خروجی‌محور، ارائه نمودند (Emrouznejad et al., 2010). چنانچه متغیری جهت برخی DMU ها مقادیر مثبت و برای برخی دیگر، مقادیر منفی دریافت نماید، دو نوع ورودی x_{lj}^1 و x_{lj}^2 و دو نوع خروجی y_{kj}^1 و y_{kj}^2 را برای DMUj را، به‌صورت زیر، تعریف نمودند:

$$x_{lj}^1 = \begin{cases} x_{lj} & \text{if } x_{lj} \geq 0, \\ 0 & \text{if } x_{lj} < 0, \end{cases} \quad (1) \qquad \& \qquad x_{lj}^2 = \begin{cases} 0 & \text{if } x_{lj} \geq 0 \\ -x_{lj} & \text{if } x_{lj} < 0 \end{cases} \quad (2)$$

$$y_{kj}^1 = \begin{cases} y_{kj} & \text{if } y_{kj} \geq 0, \\ 0 & \text{if } y_{kj} < 0, \end{cases} \quad (3) \qquad \& \qquad y_{kj}^2 = \begin{cases} 0 & \text{if } y_{kj} \geq 0, \\ -y_{kj} & \text{if } y_{kj} < 0, \end{cases} \quad (4)$$

همچنین y_k و x_l را به‌صورت ذیل تعریف نمودند:

$$x_l = x_{lj}^1 - x_{lj}^2, \quad x_{lj}^1 \geq 0, \quad x_{lj}^2 \geq 0. \qquad (5)$$

$$y_k = y_{kj}^1 - y_{kj}^2, \quad y_{kj}^1 \geq 0, \quad y_{kj}^2 \geq 0. \qquad (6)$$

در مدل‌های خروجی‌محور، هدف Max کردن خروجیDMU تحت بررسی است. مدل خروجی‌محور SORM، با توجه به دو نوع ورودی x_{lj}^1 و x_{lj}^2 و دو نوع خروجی y_{kj}^1 و y_{kj}^2، به شرح ذیل است [۱۷]:

Max h

Subject to.

$$\sum_{j=1}^{n} \lambda_j x_{ij} \leq x_{ijo} \; ; \; \forall i \in I$$

$$\sum_{j=1}^{n} \lambda_j x_{lj}^1 \leq x_{ljo}^1 \; ; \; \forall l \in L$$

$$\sum_{j=1}^{n} \lambda_j x_{lj}^2 \geq x_{ljo}^2 \; ; \; \forall l \in L$$

$$\sum_{j=1}^{n} \lambda_j y_{rj} \geq h y_{rjo} \; ; \; \forall r \in R \qquad (7)$$

$$\sum_{j=1}^{n} \lambda_j y_{kj}^1 \geq h y_{kjo}^1 \; ; \; \forall k \in K$$

$$\sum_{j=1}^{n} \lambda_j y_{kj}^2 \leq h y_{kjo}^2 \; ; \; \forall k \in K$$

$$\sum_{j=1}^{n} \lambda_j = 1$$

$$\lambda_j \geq 0.$$

که در آن

x_{ij} :میزان ورودی iام برای واحد j ام $(i = 1,2, \dots, m)$

y_{rj} :میزان خروجی rام برای واحد j ام $(r = 1,2, \dots, s)$

و مقدار کارایی از رابطه $1/h$ بدست می آید[۱۷].

در مدل‌های ورودی‌محور، هدف Min کردن ورودی DMU تحت بررسی است. مدل ورودی‌محور SORM، با توجه به دو نوع ورودی x_{lj}^1 و x_{lj}^2 و دو نوع خروجی y_{kj}^1 و y_{kj}^2 به شرح زیر است [۱۷]:

Min h

Subject to.

$$\sum_{j=1}^{n} \lambda_j x_{ij} \leq h x_{ijo} \; ; \; \forall i \in I$$

$$\sum_{j=1}^{n} \lambda_j x_{lj}^1 \le h x_{ljo}^1 \; ; \; \forall l \in L$$

$$\sum_{j=1}^{n} \lambda_j x_{lj}^2 \ge h x_{ljo}^2 \; ; \; \forall l \in L$$

$$\sum_{j=1}^{n} \lambda_j y_{rj} \ge \; y_{rjo} \; ; \; \forall r \in R \qquad (8)$$

$$\sum_{j=1}^{n} \lambda_j y_{kj}^1 \ge y_{kjo}^1 \; ; \; \forall k \in K$$

$$\sum_{j=1}^{n} \lambda_j y_{kj}^2 \le y_{kjo}^2 \; ; \; \forall k \in K$$

$$\sum_{j=1}^{n} \lambda_j = 1$$

$$\lambda_j \ge 0.$$

که در آن

x_{ij} :میزان ورودی iام برای واحد j ام $(i = 1,2, \dots, m)$

y_{rj} :میزان خروجی rام برای واحد j ام $(r = 1,2, \dots, s)$

و مقدار کارایی همان مقدار h می باشد[۱۷].

امروزنژاد و همکاران(۲۰۱۰) توانستند، جهت رسیدن به اهداف، برای بهبود عملکرد و برای حالتی که برخی از متغیرها، ارزش منفی و برخی دیگر، ارزش مثبت بگیرند، این دو مدل را توسعه دهند؛ این موضوع یک ویژگی کلیدی است که این مدل را، از سایر مدل‌ها مانند RDM و MSBM، متمایز می‌کند. همچنین، این مدل قادر به مدیریت داده‌های منفی در DEA است (Emrouznejad et al., 2010).

مدل پیشنهادی تحلیل پوششی داده‌های یکپارچه SORM

به‌منظور جلوگیری از انجام محاسبات متعدد، لازم است مدلی ارائه گردد که، به‌صورت ترکیبی از مدل‌های ارائه‌شدهٔ ۷ و ۸ باشد و توانایی محاسبات کارایی را، به طور هم‌زمان، از طریق کاهش ورودی و افزایش خروجی، داشته باشد. هدف از مدل تحلیل پوششیِ داده‌هایِ یکپارچه، افزایش کارایی از طریق کاهش هم‌زمان ورودی‌ها و افزایش خروجی‌ها است. با توجه به معادله‌های ۱ تا ۶ و با هدف افزایش کارایی، مدل یکپارچه SORM به شرح ذیل است:

Max h

Subject to.

$$\sum_{j=1}^{n} \lambda_j x_{ij} \leq h x_{ijo} \; ; \; \forall i \in I$$

$$\sum_{j=1}^{n} \lambda_j x_{lj}^{1} \leq h x_{ljo}^{1} \; ; \; \forall l \in L$$

$$\sum_{j=1}^{n} \lambda_j x_{lj}^{2} \geq h x_{ljo}^{2} \; ; \; \forall l \in L$$

$$\sum_{j=1}^{n} \lambda_j y_{rj} \geq h y_{rjo} \; ; \; \forall r \in R \qquad (9)$$

$$\sum_{j=1}^{n} \lambda_j y_{kj}^{1} \geq h y_{kjo}^{1} \; ; \; \forall k \in K$$

$$\sum_{j=1}^{n} \lambda_j y_{kj}^{2} \leq h y_{kjo}^{2} \; ; \; \forall k \in K$$

$$\sum_{j=1}^{n} \lambda_j = 1$$

$$\lambda_j \geq 0.$$

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

که در آن

x_{ij} :میزان ورودی iام برای واحد j ام $(i = 1,2, \dots, m)$

y_{rj} :میزان خروجی rام برای واحد j ام $(r = 1,2, \dots, s)$

و مقدار کارایی از رابطه $1/h$ بدست می آید.

مدل پیشنهادی تحلیل پوششی داده‌های معکوس یکپارچه SORM

یکی از اهداف مدل‌های تحلیل پوششی داده‌های معکوس [1]، تعیین مقادیر بهینهٔ ورودی‌ها و خروجی‌ها است؛ به‌طوری‌که امتیاز کارایی DMU تحت بررسی [2] و سایر DMU ها تغییر نکند (Yousefi et al., 2018). مدل‌های تخصیص منابع و تحلیل سرمایه‌گذاری دو نوع از مدل‌های DEA معکوس‌اند. هدف در مدل‌های تخصیص منابع، تعیین مقادیر بهینه ورودی‌ها برای خروجی‌های مشخص، بدون ایجاد تغییر در امتیاز کارایی DMU_o و سایر DMU ها است. هدف، در مدل‌های تحلیل سرمایه‌گذاری نیز، تعیین مقادیر بهینهٔ خروجی‌ها برای ورودی‌های مشخص، بدون ایجاد تغییر در امتیاز کارایی DMU_o و سایر DMU ها است(Lertworasirikul et al., 2011).

هدف از مدل‌های تحلیل پوششیِ داده‌هایِ معکوسِ یکپارچه، محاسبهٔ میزان تغییرات ورودی‌ها و خروجی‌ها، به‌طور هم‌زمان، بدون تغییر در میزان کارایی است. مدل ارائه‌شدهٔ میزان تغییرات در ورودی‌ها را حداقل و میزان تغییرات در خروجی‌ها را حداکثر می‌نماید. به‌عبارت‌دیگر، این مدل ترکیبی از مدل‌های تخصیص منابع و تحلیل سرمایه‌گذاری است.

فرض می‌کنیم برای DMU_o با مقدار کارایی θ^*_o ، مقدار خروجی‌ها از Y_o به $Y_o + \Delta Y_o$ و مقدار ورودی‌ها از X_o به $X_o + \Delta X_o$ تغییر کند. در این مدل، می‌خواهیم حداقل ΔX_o و حداکثر ΔY_o را بیابیم به نحوی که DMU_o, جدید کماکان مقدار کارایی θ^*_o را داشته و مقدار کارایی سایر DMU ها نیز، بدون تغییر، باقی بماند DMU_o, ، DMU جدیدی است که بردار ورودی و خروجی‌اش تغییر می‌کند اما از مرز کارایی خارج نمی‌شود و مرز کارایی جدیدی تشکیل نمی‌دهد[۲۵].

1. Inverse Data envelopment analysis (IDEA)
2. DMU_o

براین‌اساس، تابع هدف مدل پیشنهادی به شرح ذیل است:

$$Max \quad \frac{\Delta y_r}{\Delta x_i} \qquad (10-1)$$

محدودیت‌های ورودی برای ورودی‌های DMU_j که تماماً مثبت هستند، به شرح ذیل است:

$$\sum_{j=1}^{n} \lambda_j x_{ij} \le h(x_{ijo} + \Delta x_{ijo});\ \forall i \in I \qquad (10-2)$$

محدودیت‌های ورودی، که برای برخی DMU_j ها مثبت و برای برخی دیگر منفی هستتند، به شرح ذیل است:

$$\sum_{j=1}^{n} \lambda_j x_{lj}^{1} \le h(x_{ljo}^{1} + \Delta x_{ljo}^{1});\ \forall l \in L \qquad (10-3)$$

$$\sum_{j=1}^{n} \lambda_j x_{lj}^{2} \ge h(x_{ljo}^{2} + \Delta x_{ljo}^{2});\ \forall l \in L \qquad (10-4)$$

محدودیت‌های خروجی برای خروجی‌های DMU_j که تماماً مثبت هستند، به شرح ذیل است:

$$\sum_{j=1}^{n} \lambda_j y_{rj} \ge h(y_{rjo} + \Delta y_{rjo});\ \forall r \in R \qquad (10-5)$$

محدودیت‌های خروجی، که برای برخی DMU_j ها مثبت و برای برخی دیگر منفی هستتند، به شرح ذیل است:

$$\sum_{j=1}^{n} \lambda_j y_{kj}^{1} \ge h(y_{kjo}^{1} + \Delta y_{kjo}^{1});\ \forall r \in k \qquad (10-6)$$

$$\sum_{j=1}^{n} \lambda_j y_{kj}^{2} \le h(y_{kjo}^{2} + \Delta y_{kjo}^{2});\ \forall r \in k \qquad (10-7)$$

محدودیت (۸-۱۰) نشان می‌دهد تغییرات ورودی‌های DMU_o می‌تواند مقادیر مثبت و منفی را بگیرد.

$$Free\ \Delta x_i \qquad (10-8)$$

محدودیت (۹-۱۰) نشان می‌دهد تغییرات خروجی‌های DMU_o می‌تواند مقادیر مثبت و منفی را بگیرد.

$$Free\ \Delta y_r \qquad (10-9)$$

محدودیت (۱۰-۱۰) شرط بازه به مقیاس متغیر را نشان می‌دهد:

$$\sum_{j=1}^{n} \lambda_j = 1 \qquad (10-10)$$

با توجه به محدودیت‌های ۱-۱۰ الی ۱۰-۱۰ ، مدل تحلیل پوششیِ داده‌هایِ معکوسِ یکپارچه SORM به شرح ذیل است:

$$Max \quad \frac{\Delta y_r}{\Delta x_i}$$

Subject to.

$$\sum_{j=1}^{n} \lambda_j x_{ij} \le h(x_{ijo} + \Delta x_{ijo});\ \forall i \in I$$

$$\sum_{j=1}^{n} \lambda_j x_{lj}^1 \le h(x_{ljo}^1 + \Delta x_{ljo}^1);\ \forall l \in L$$

$$\sum_{j=1}^{n} \lambda_j x_{lj}^2 \ge h(x_{ljo}^2 + \Delta x_{ljo}^2);\ \forall l \in L \qquad (10)$$

$$\sum_{j=1}^{n} \lambda_j y_{rj} \ge h(y_{rjo} + \Delta y_{rjo});\ \forall r \in R$$

$$\sum_{j=1}^{n} \lambda_j y_{kj}^1 \ge h(y_{kjo}^1 + \Delta y_{kjo}^1);\ \forall r \in k$$

$$\sum_{j=1}^{n} \lambda_j y_{kj}^2 \le h(y_{kjo}^2 + \Delta y_{kjo}^2);\ \forall r \in k$$

$$\sum_{j=1}^{n} \lambda_j = 1$$

تابع هدف مدل (۱۰) یک تابع هدف غیرخطی و شکلی از برنامه‌ریزی غیرخطی چندهدفه است. به‌منظور تبدیل آن به مدل برنامه‌ریزی خطی، می‌توان از تبدیل کوپر[1] استفاده نمود (Charnes and Cooper, 1962). برای این منظور، مخرج کسر در تابع هدف را برابر با یک فرض کرده که به صورت یک محدودیت جدید به مدل افزوده می‌شود. این بدان معنی است که مقدار تغییرات در ورودی‌ها، همواره ثابت است.

$$\Delta x_i = 1$$

تابع هدف با استفاده از تبدیل فوق به یک تابع هدف خطی تبدیل گردید.

مدل نهایی تحلیل پوششی داده‌های معکوس یکپارچه SORM ارائه شده در این مقاله، با تابع هدف خطی شده (مدل ۱۱)، به‌شرح ذیل خواهد بود:

$$\begin{aligned}
&\text{Max} \quad \Delta Y_r \\
&\text{Subject to.} \\
&\Delta x_i = 1 \\
&\sum_{j=1}^{n} \lambda_j x_{ij} \le (x_{ijo}) ; \ \forall i \in I \\
&\sum_{j=1}^{n} \lambda_j x_{lj}^{1} \le (x_{ljo}^{1}); \ \forall l \in L \\
&\sum_{j=1}^{n} \lambda_j x_{lj}^{2} \ge (x_{ljo}^{2}); \ \forall l \in L \\
&\sum_{j=1}^{n} \lambda_j y_{rj} \ge h(y_{rjo} + \Delta y_{rjo}); \ \forall r \in R \qquad (11) \\
&\sum_{j=1}^{n} \lambda_j y_{kj}^{1} \ge h(y_{kjo}^{1} + \Delta y_{kjo}^{1}) \ ; \ \forall r \in k \\
&\sum_{j=1}^{n} \lambda_j y_{kj}^{2} \le h(y_{kjo}^{2} + \Delta y_{kjo}^{2}) \ ; \ \forall r \in k
\end{aligned}$$

1. Cooper

$$\sum_{j=1}^{n} \lambda_j = 1$$

$$\lambda_j \geq 0 \ ; \ \text{free} \ \Delta Y_r \ , \Delta X_i$$

مدل‌های ارائه شده می توانند در همهٔ زمینه‌ها استفاده شوند؛ در این مقاله، کاربرد مدل در ارزیابی پایداری کشورها استفاده گردیده است. همچنین، تصمیم‌گیر می‌تواند، به تناسب ورودی‌ها و خروجی‌های خود، محدودیت‌هایی مانند $\Delta X_i \leq 0$ و $\Delta Y_r \geq 0$ را به مدل اضافه نماید.

مطالعهٔ موردی

در این پژوهش، از اطلاعات ۲۴ کشور عضو گروه بانک جهانی، استفاده گردیده و پایداری آنها، باتوجه‌به سه رویکرد اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی، در سال ۲۰۱۲، ارزیابی گردیده است. گروه بانک جهانی، متشکل از پنج سازمان بانک بین-المللی بازسازی و توسعه، انجمن توسعهٔ بین‌المللی، شرکت مالی بین‌المللی، آژانس تضمین سرمایه‌گذاری چندجانبه و مرکز بین‌المللی حل اختلافات سرمایه‌گذاری است. بانک جهانی، یک مؤسسهٔ مالی بین‌المللی است که به کشورهای جهان، برای پروژه‌های سرمایه‌ای آنها، وام ارائه می‌دهد. ۱۸۹ کشور، عضو گروه بانک جهانی هستند که با مرور مقالات معتبر، استفاده از نظر خبرگان و مراجعه به سایت www.worldbank.org ، اطلاعات و داده‌های مرتبط با شاخص‌های پایداری جمع‌آوری شده و در این پژوهش مورد استفاده قرار گرفته است. شاخص‌های پایداری عبارتند از: شاخص اقتصادی: هزینه، تولید ناخالص داخلی، شاخص اجتماعی: مهاجرت خالص، شاخص زیست‌محیطی: مصرف انرژی، مصرف برق الکتریکی، میزان انتشار گاز CO_2.

همان‌طورکه از تعریف ورودی مشخص است، ورودی عاملی است که با افزایش آن، با حفظ تمام عوامل دیگر، کارایی تقلیل یافته و با کاهش آن، ضمن حفظ تمام عوامل دیگر، کارایی بهبود می یابد؛ لذا ورودی‌های این پژوهش عبارتند از: مصرف انرژی ، مصرف برق الکتریکی و هزینه.

همچنین، باتوجه‌به تعریف خروجی، که عاملی است که با کاهش آن، ضمن حفظ تمام عوامل دیگر، کارایی کاهش یافته و با افزایش آن ،ضمن حفظ تمام عوامل دیگر، کارایی ارتقا می یابد، خروجی‌های این پژوهش عبارتند از: تولید ناخالص داخلی، میزان انتشار

گاز CO2، مهاجرت خالص. به‌اختصار، شرح کوتاهی از هریک از ورودی‌ها و خروجی‌ها، که از سایت World bank اخذ شده است، ارائه گردیده است.

ورودی‌ها

مصرف انرژی

مصرف انرژی برحسب سرانهٔ مواد نفتی و به کیلوگرم است. استفاده از انرژی، اشاره به استفاده از انرژی اولیه، قبل از تبدیل به سایر سوخت‌های مصرف نهایی است که برابر با تولید بومی، به همراه واردات و تغییرات موجودی، منهای صادرات و سوخت‌های عرضه شده به کشتی‌ها و هواپیماهای درگیر در حمل و نقل بین‌المللی است. منبع این اطلاعات، سایت OECD با موضوع محیط زیست: تولید و استفاده از انرژی است.

مصرف برق الکتریکی

مصرف برق الکتریکی برحسب سرانهٔ کیلووات ساعت است و تولید نیروگاه و گرمای ترکیبی و نیروگاه‌های انتقال کمتر، توزیع و ضایعات تبدیل و استفادهٔ شخصی از طریق گرما و نیروگاه‌ها را اندازه‌گیری می‌کند. منبع این اطلاعات، سایت OECD با موضوع محیط زیست: تولید و استفاده از انرژی است.

هزینه

هزینه، پول نقدی است که برای فعالیت‌های عملیاتی دولت در ارائهٔ کالاها و خدمات پرداخت می‌شود که شامل پاداش کارکنان، مانند حقوق و دستمزد، بهره و یارانه‌ها، کمک هزینهٔ تحصیلی، مزایای اجتماعی و سایر هزینه‌ها مانند اجاره و سودسهام است. منبع این اطلاعات، صندوق بین‌المللی پول، فایل‌های داده و سالنامهٔ آمار مالی دولت‌ها است. برای راحتی محاسبات، برحسب میلیارد LCU در نظر گرفته شده است. باتوجه‌به اینکه پرداخت هزینهٔ مذکور، یک ورودی مطلوب است، کاهش آن برعکس سایر ورودی‌ها مورد نظر تصمیم‌گیرنده نمی‌باشد، لذا این ورودی به عنوان ورودی مطلوب در نظر گرفته می‌شود و محدودیت $\Delta X_3 \geq 0$ به مدل اضافه گردیده تا باعث افزایش این ورودی شود. افزایش این هزینه‌ها باعث رفاه اجتماعی گردیده و سطح رضایت عموم را افزایش می‌دهد.

خروجی‌ها

تولید ناخالص داخلی

تولید ناخالص داخلی بر حسب دلار بوده که برای راحتی محاسبات، بر حسب میلیارد دلار در نظر گرفته شده است. تولید ناخالص داخلی با قیمت های خریدار، مجموع ارزش‌افزودهٔ ناخالص توسط همهٔ تولیدکنندگان ساکن در اقتصاد به‌علاوهٔ هر گونه مالیات کالا و منهای یارانه‌هایی است که در ارزش محصولات گنجانده نشده است. این بدون کسر کردن برای استهلاک دارایی‌های تولید شده یا برای تخلیه و تخریب منابع طبیعی محاسبه شده است. داده‌ها به دلار ایالات متحده در حال حاضر است. شاخص-های دلار برای تولید ناخالص داخلی، با استفاده از ارزهای داخلی و با استفاده از نرخ ارز رسمی یک‌ساله تبدیل می‌شوند. برای چند کشور که نرخ مبادلهٔ رسمی نرخ بهره را، به‌طور واقعی، در معاملات ارز خارجی نشان نمی‌دهند، یک عامل تبدیل جایگزین استفاده می‌شود. منبع این اطلاعات، داده‌های حسابداری ملی بانک جهانی و پرونده-های داده‌های حساب‌های ملی OECD، با موضوع سیاست‌های اقتصادی و بدهی: حساب‌های ملی: دلار آمریکا در قیمت‌های فعلی: شاخص‌های کلیدی، است.

میزان انتشار گاز CO_2

برحسب سرانه متریک تن می باشد. انتشار گاز دی اکسید کربن ناشی از سوختن سوخت‌های فسیلی و تولید سیمان است. آنها عبارتند از دی اکسید کربن تولید شده در هنگام مصرف سوخت جامد، مایع و گاز و گازهای گلخانه‌ای. منبع این اطلاعات، مرکز تجزیه و تحلیل اطلاعات دی‌اکسیدکربن، بخش علوم زیست‌محیطی، آزمایشگاه ملی اوج ریج، تنسی، ایالات متحده، با موضوع محیط‌زیست: انتشار، است.

با توجه به اینکه میزان انتشار گاز CO_2 یک خروجی نامطلوب است و افزایش آن، برعکس سایر خروجی‌ها، مورد نظر تصمیم‌گیرنده نیست؛ این خروجی به عنوان خروجی نامطلوب درنظر گرفته می‌شود. یکی از روش‌های مقابله با خروجی‌های نامطلوب، این است که آنها را به عنوان ارزش منفی در نظر بگیرند (Sharp et al., 2007). امروزنژاد و همکاران (۲۰۱۰) نیز انتشار گاز CO2 را منفی فرض نموده‌اند (Emrouznejad et al., 2010). این بدان معنی است که بایستی مقادیر این شاخص همگی در یک منفی ضرب گردند.

مهاجرت خالص

مهاجرت خالص تعداد مهاجران داخلی، منهای تعداد مهاجران خارجی، از جمله شهروندان و غیر شهروندان، برای مدت پنج سال است. برای راحتی محاسبات تعداد نفرات برحسب هزارنفر در نظر گرفته شده است. درصورتی‌که تعداد مهاجران به داخل کشور بیشتر از تعداد مهاجران به خارج از کشور باشد، این عدد مثبت و در صورتی که تعداد مهاجران به داخل کشور، کمتر از تعداد مهاجران به خارج از کشور باشد این عدد منفی است. منبع این اطلاعات، بخش جمعیت ملل متحد، چشم‌انداز جهانی جمعیت: ویرایش ۲۰۱۷، با موضوع حمایت اجتماعی و کار: مهاجرت، است.

طبق قوانین حاکم بر مدل‌های تحلیل پوششی داده‌ها، تعداد واحدهای تصمیم‌گیر، که دراین مقاله کشورها هستند، نباید از ۳ برابر ورودی‌ها و خروجی‌های استفاده‌شده کمتر باشد؛ ازاین‌رو، با توجه به تعداد ورودی‌ها و خروجی‌های این مقاله و در نظر گرفتن شرط فوق، تعداد ۲۴ کشور برای بررسی شرایط پایداری درنظر گرفته شد.

جدول یک، داده‌های ورودی و خروجی ۲۴ کشور را در سال ۲۰۱۲ نشان می‌دهد. به دلیل نبودن اطلاعات سال‌های جدید و عدم به‌روزرسانی سایت، از داده‌های سال ۲۰۱۲ استفاده شده است.

جدول ۱: داده‌های ورودی و خروجی ۲۴ کشور

کشورها (DMU)	ورودی‌ها			خروجی ها		
	مصرف انرژی	مصرف برق الکتریکی	هزینه	تولید ناخالص داخلی	میزان انتشار گاز CO_2	مهاجرت خالص
اتریش	3886.8	8548.9	147	409.4	-7.4	267.2
اسپانیا	2683.3	5573.4	265.8	1336.0	-5.7	-570.0
استرالیا	5573	10403.6	391.5	1543.4	-17.1	913.1
انگلستان	3042.8	5449.2	715.7	2662.1	-7.4	990.0
ایتالیا	2709.3	5397.7	680.6	2072.8	-6.2	264.1
آلمان	3876.9	7270.2	780.7	3544.0	-9.2	1777.1
آمریکا	6869.5	12959.4	3887.2	16155.3	-16.3	4500.0

کشورها (DMU)	ورودی‌ها			خروجی ها		
	مصرف انرژی	مصرف برق الکتریکی	مصرف انرژی	مصرف برق الکتریکی	مصرف انرژی	مصرف برق الکتریکی
برزیل	1404.8	2485.6	1453	2465.2	-2.3	15.9
بلژیک	4836.2	7973.2	177.2	497.9	-8.6	258.7
پرتغال	2039	4736.4	74.3	216.4	-4.4	-140.0
دانمارک	3091.6	6038.6	824.8	327.1	-6.5	106.8
رومانی	1741.7	2604.2	199.1	171.2	-4.1	-300.0
ژاپن	3537.4	7998.3	90766.1	6203.2	-9.6	33.0
سوئد	5269.5	14289.6	1200.7	543.9	-4.9	254.0
سوئیس	3202.8	7886.1	105.1	668.0	-4.7	397.3
فرانسه	3836.7	7363.4	1013.5	2683.8	-5.1	361.7
کانادا	7725.3	15320.6	320.1	1824.3	-14.9	1145.7
کرهٔ جنوبی	5248.5	10305.3	354749	1222.8	-11.6	169.6
مکزیک	1586.6	2187.2	3460	1201.1	-4.1	-300.0
نیوزلند	4357.8	9360.9	76.2	176.2	-7.8	90.9
هلند	4646.3	6876.6	268.9	828.9	-10.2	62.7
یونان	2403.2	5534.9	105.8	245.7	-7.3	-161.8
ایران	2835	2751.3	806.6	598.9	-8	-400

نتایج و یافته‌ها

جهت محاسبه پایداری کشورها و ارائهٔ مقادیر بهبود، جهت پایداری بیشتر به آنها، مراحل ذیل اجرا می‌شود:

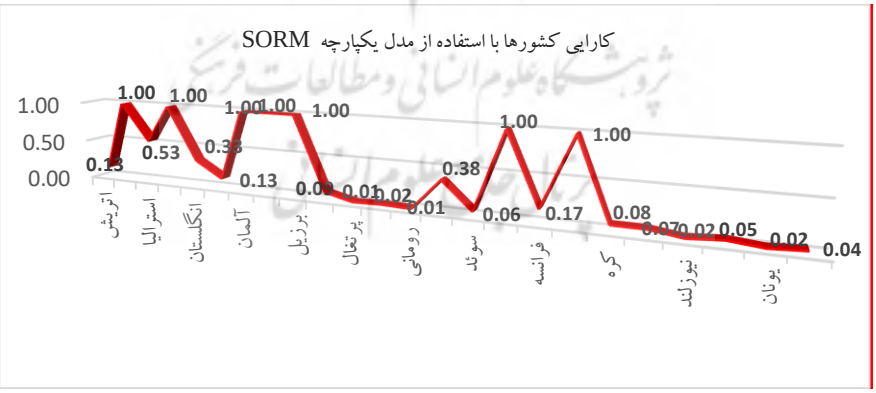
۱. کارایی کشورها یا پایداری کشورها، با استفاده از مدل پیشنهادی یکپارچه SORM (مدل شمارهٔ ۹)، اندازه‌گیری می‌شود.

۲. کارایی به‌دست آمده از مدل ۹ ، در مدل پیشنهادی معکوس SORM (مدل شمارهٔ ۱۱) گذاشته می‌شود و تغییرات بهینهٔ ورودی‌ها و خروجی‌ها به‌دست می‌آید.

۳. تغییرات ورودی‌ها و خروجی‌های به‌دست آمده از مدل شمارهٔ ۱۱، به مقادیر اولیه ورودی‌ها و خروجی‌ها در مدل شمارهٔ ۹ کسر و اضافه می‌گردند تا کارایی کشورها، با تغییرات بهینه در ورودی‌ها و خروجی‌هایشان، محاسبه گردد. کارایی به‌دست آمده از تغییرات بهینهٔ ورودی‌ها و خروجی‌ها، با کارایی اولیهٔ به‌دست آمده، مقایسه گردیده که هیچ تفاوتی بین آنها مشاهده نمی‌شود که نشان‌دهندهٔ شرط حفظ ثبات کارایی در مدل پیشنهادی تحلیل پوششی داده‌های معکوس یکپارچه SORM است.

مرحله اول: اندازه‌گیری کارایی یا پایداری کشورها

با استفاده از مدل پیشنهادی تحلیل پوششی داده‌های یکپارچه SORM، میزان کارایی یا پایداری کشورها، باتوجه‌به سه شاخص توسعهٔ پایدار (اقتصادی، اجتماعی، زیست‌محیطی) اندازه‌گیری و کشورهای کارا و ناکارا، در حوزهٔ توسعهٔ پایدار، مشخص گردید. بدین‌منظور، ابتدا میزان ناکارایی کشورها (h) با استفاده از حل مدل در نرم افزار Lingo اندازه‌گیری شد و سپس از رابطه 1/h مقدار کارایی یا پایداری این کشورها به‌دست آمد. نتایج در شکل ۱ نشان داده شده است:



شکل ۱: کارایی یا پایداری ۲۴ کشور

کشورهای اسپانیا، امارات متحده عربی، آلمان، آمریکا، برزیل، سوئیس و کانادا دارای امتیاز کارایی یک می‌باشند که نشان دهندهٔ پایداری این کشورها، با توجه به شاخص های ورودی و خروجی‌های مشخص شده نسبت به سایر کشورها، است.

مرحلهٔ دوم: ارائه مقادیر بهبود به کشورها جهت پایداری بیشتر

به منظور بهبود عملکرد و توسعهٔ پایداری کشورها و ارائهٔ مقادیر بهبود به آنها، جهت پایداری بیشتر، از مدل تحلیل پوششی داده‌های معکوس یکپارچه SORM، استفاده گردیده است. مدل‌های Inverse DEA بهترین ورودی‌های (خروجی‌های) ممکن را برای خروجی‌های (ورودی‌های) مفروض تعیین می‌کند؛ به‌قسمی‌که مقدار کارایی نسبی فعلی (مقدار تابع هدف) واحد تصمیم‌گیری تحت بررسی، نسبت به دیگر واحدهای تصمیم‌گیری، بدون‌تغییر باقی بماند. مدل‌های تخصیص منابع و تحلیل سرمایه‌گذاری، دو نوع مدل ارائه شده در تحلیلی پوششی داده‌های معکوس است. در مدل اول، با ثابت ماندن کارایی واحد تحت بررسی، تغییرات ورودی بهینه می‌گردد. در مدل دوم، با ثابت ماندن کارایی واحد تحت بررسی، تغییرات خروجی بهینه می گردد (Lertworasirikul et al., 2011). دراین‌مقاله از تلفیق دو مدل استفاده گردیده است که با ثابت ماندن کارایی، تغییرات ورودی و خروجی، هر دو به صورت هم‌زمان، بهینه گردند.

ارائهٔ مقادیر بهبود به کشور آلمان

برای تحلیل بیشتر مقادیر ورودی و خروجی پیشنهادی، توسط مدل تحلیل پوششی داده‌های معکوس یکپارچه SORM، کشور آلمان در نظر گرفته می‌شود که دارای کارایی یک است.

مقدار اولیه ورودی و خروجی‌های این کشور، میزان تغیرات پیشنهادی مدل و مقدار ورودی و خروجی جدید به‌دست‌آمده در جدول ۲ ارائه گردیده است.

جدول ۲: تغییرات پیشنهادی مدل تحلیل پوششی داده‌های معکوس SORM برای کشور آلمان

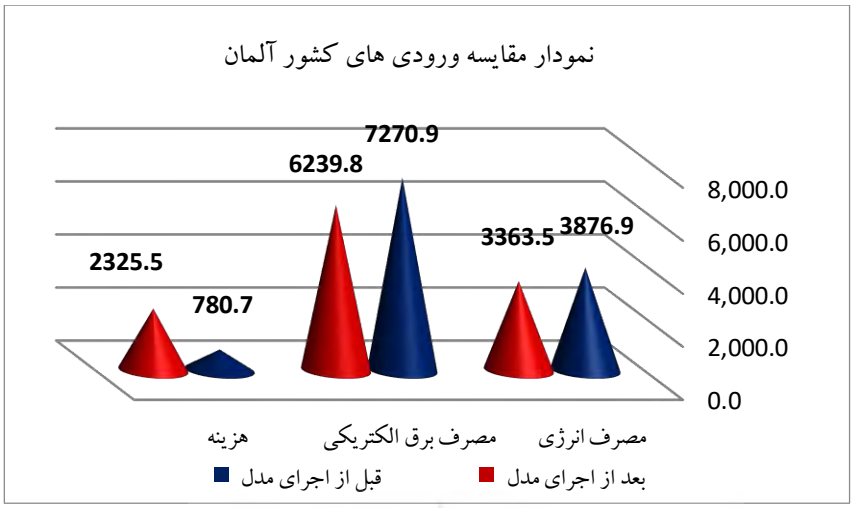
ورودی‌ها	مقدار اولیه قبل از اجرای مدل	میزان تغییرات پیشنهادی ورودی (Δx)	مقادیر ورودی جدید $(x + \Delta x)$
مصرف انرژی	3876.9	-513.4	3363.5
مصرف برق الکتریکی	7270.2	-1030.4	6239.8
هزینه	780.7	1544.8	2325.5
خروجی‌ها	**مقدار اولیه قبل از اجرای مدل**	**میزان تغییرات پیشنهادی خروجی (Δy)**	**مقادیر خروجی جدید $(Y + \Delta y)$**
تولید ناخالص داخلی	3544	3828.2	7372.2
میزان انتشار گاز CO_2	-9.2	1.9	7.3
مهاجرت خالص	1777.1	-153.9	1623.2

از آنجایی که میزان انتشار گاز CO_2 یک خروجی نامطوب می باشد، به‌صورت منفی نمایش داده می‌شود؛ لذا مقادیر اولیلهٔ آن در منفی‌یک ضرب گردیده است. بنابراین، میزان تغییرات این خروجی باید مثبت فرض شود. سپس مقادیر ابتدایی و تغییرات پیشنهادی، توسط مدل در یک منفی ضرب و مقادیر جدید آن محاسبه می‌گردد.

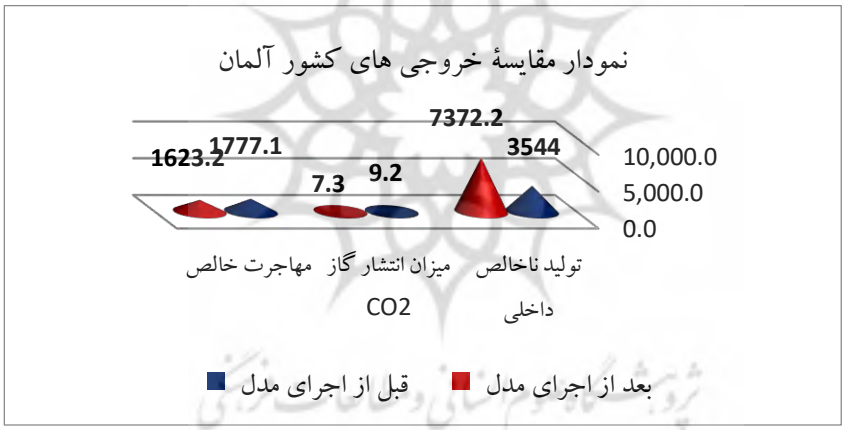
به‌عنوان‌مثال، میزان انتشار گاز CO_2 در کشور آلمان ۹/۲ متریک تن است که آن را با ۹/۲- در خروجی‌ها نمایش داده‌ایم . میزان پیشنهادی مدل ۱/۹ متریک تن است. برای محاسبهٔ مقدار جدید گاز CO2، به شرح ذیل، اقدام می‌کنیم:

(-۱) * (-۹/۲) + (-۱) * ۱/۹ = ۹/۲ − ۱/۹ =۷/۳

در شکل های ۲ و ۳ نتایج تغییرات ورودی‌ها و خروجی‌ها، قبل و بعد از اجرای مدل شمارهٔ ۱۲، نشان داده شده است:



شکل ۲: تغییرات ورودی‌های کشور آلمان



شکل ۳: تغییرات خروجی‌های های کشور آلمان

ارائهٔ مقادیر بهبود به کشور ایران

برای تحلیل بیشتر، مقادیر ورودی و خروجی پیشنهادی، توسط مدل تحلیل پوششی داده‌های معکوس یکپارچه SORM کشور ایران در نظر گرفته می‌شود که دارای کارایی ۰/۰۴می‌باشد. مقدار اولیهٔ ورودی و خروجی‌های این کشور،

میزان تغیرات پیشنهادی مدل و مقدار ورودی و خروجی جدید به‌دست آمده در جدول ۳ ارائه گردیده است.

جدول ۳: تغییرات پیشنهادی مدل تحلیل پوششی داده‌های معکوس SORM برای کشور ایران

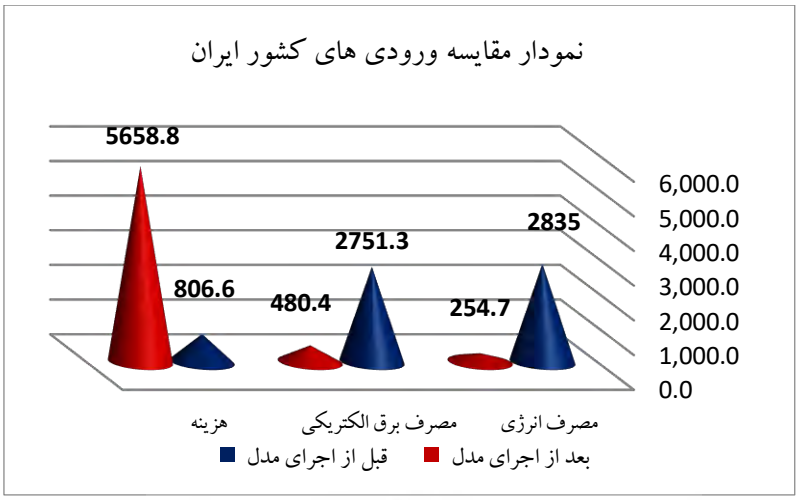
ورودی ها	مقدار اولیه قبل از اجرای مدل	میزان تغییرات پیشنهادی ورودی (Δx)	مقادیر ورودی جدید ($x + \Delta x$)
مصرف انرژی	2835	-2580.3	254/7
مصرف برق الکتریکی	2751.3	-2270.9	480.4
هزینه	806.6	4852.2	5658.8
خروجی ها	**مقدار اولیه قبل از اجرای مدل**	**میزان تغییرات پیشنهادی خروجی (Δy)**	**مقادیر خروجی جدید ($Y + \Delta y$)**
تولید ناخالص داخلی	598.9	0.0	598.9
میزان انتشار گاز CO_2	-8	7.4	0.6
مهاجرت خالص	-400	566.8	166.8

همان‌گونه که قبلاً ذکر گردید، میزان انتشار گاز CO_2 یک خروجی نامطوب است که به صورت منفی نمایش داده می شود و تغییرات آن، به شرح ذیل، محاسبه می‌گردد:

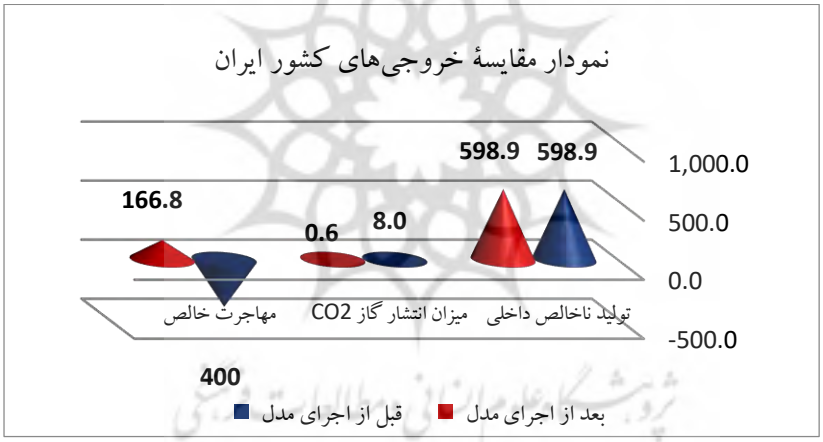
میزان انتشار گاز CO_2 در کشور ایران ۸ متریک تن است که آن را با ۸- در خروجی‌ها نمایش داده‌ایم . میزان پیشنهادی مدل ۷/۴ متریک تن است . برای محاسبه مقدار جدید گاز CO2 به شرح ذیل اقدام می کنیم :

$$(-1) * (-8) + (-1) * ۷/۴ = ۸ - ۷/۴ = ۰/۶$$

در شکل‌های ۴ و ۵ نتایج تغییرات ورودی‌ها و خروجی‌ها، قبل و بعد از اجرای مدل شمارهٔ ۱۱ نشان داده شده است:



شکل ۴: تغییرات ورودی های کشور ایران



شکل ۵: تغییرات خروجی‌های کشور ایران

به‌طورکلی، جهت مقایسهٔ کشورهای آلمان و ایران به عنوان واحدهای تصمیم گیر کارا و ناکارا ، هر دو کشور، باید میزان مصرف انرژی و مصرف برق الکتریکی (ورودی‌های اول و دوم) خود را کاهش داده و هزینه‌ها (ورودی سوم) که یک ورودی مطلوب است و کاهش آن، برعکس سایر ورودی‌ها، مورد نظر تصمیم‌گیرنده نیست را افزایش دهند. نسبت این تغییرات در ایران، به‌مراتب، بیشتر از آلمان است.

در خروجی‌ها نیز، باید آلمان تولید ناخالص داخلی را افزایش داده و ایران می‌تواند همان سطح تولید ناخالص داخلی را حفظ کند؛ ولی هردو کشور، باید میزان انتشار گاز CO_2 را کاهش دهند که نسبت این کاهش در ایران، بیشتر از آلمان است. جهت مهاجرت خالص نیز، آلمان باید میزان ورود مهاجران به کشورش را کاهش داده و ایران باید مانع خروج مهاجران از کشور شده و همچنین مهاجر نیز بپذیرد. در ایران، این تغییر با افزایش هزینه‌های پیشنهادی در ورودی سوم امکان‌پذیر است، که شامل پاداش کارکنان مانند حقوق و دستمزد، بهره و یارانه‌ها، کمک هزینهٔ تحصیلی و مزایای اجتماعی است. افزایش هزینه‌ها باعث رفاه اجتماعی گردیده و سطح رضایت عموم را افزایش می‌دهد و مانع خروج مهاجران از کشور می‌گردد.

با انجام تغییرات بهینهٔ پیشنهادی، این دو کشور، با حفظ سطح کارایی فعلی، می‌توانند به پایداری بیشتری برسند.

مرحلهٔ سوم: تست ثبات کارایی

میزان تغییرات ورودی‌ها و خروجی‌های پیشنهادی به‌دست آمده از مدل تحلیل پوششی داده‌های معکوس یکپارچه SORM در مدل شمارهٔ ۹، به‌جهت تست کارایی ، به ورودی‌ها و خروجی‌ها کسر و اضافه گردید. سپس، مجدداً، مدل اجرا و کارایی محاسبه گردید. نتایج جهت دو کشور ایران و آلمان در جدول ۴ نشان داده شده است.

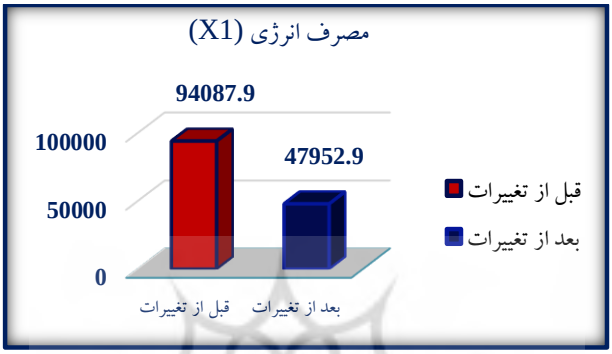
جدول ۴: تست ثبات کارایی تغییرات پیشنهادی مدل تحلیل پوششی داده‌های معکوس SORM برای کشورهای آلمان و ایران

کشور (DMU)	ناکارایی اولیه	کارایی اولیه	ناکارایی پس از اعمال تغییرات پیشنهادی مدل	کارایی پس از اعمال تغییرات پیشنهادی مدل	تغییرات کارایی Δ
آلمان	1/00	1/00	1/00	1/00	0
ایران	26/97	0/04	26/97	0/03	0

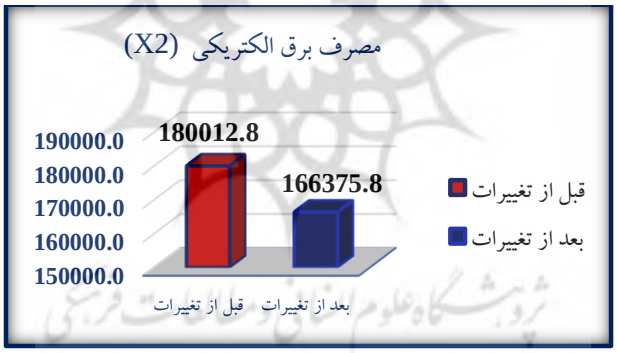
همان‌گونه که مشاهده می شود، مقدار کارایی تغییر نداشته است.

نتایج کلی تغییرات ورودی‌ها و خروجی‌ها

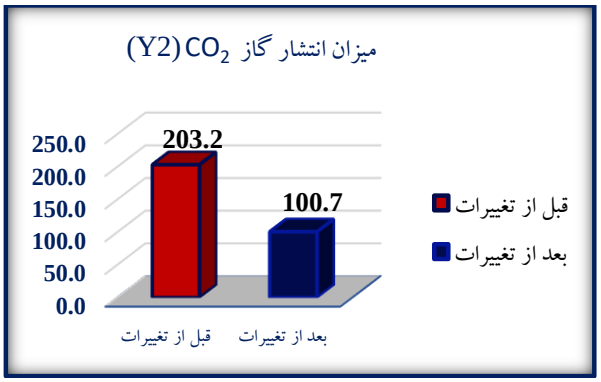
نتایج کلی تغییرات ورودی‌ها و خروجی‌های ۲۴ کشور، قبل و بعد از اجرای مدل، به‌منظور منعکس کردن تغییرات بهینهٔ پایداری، در شکل‌های ۶ الی ۱۱، نشان داده شده است.



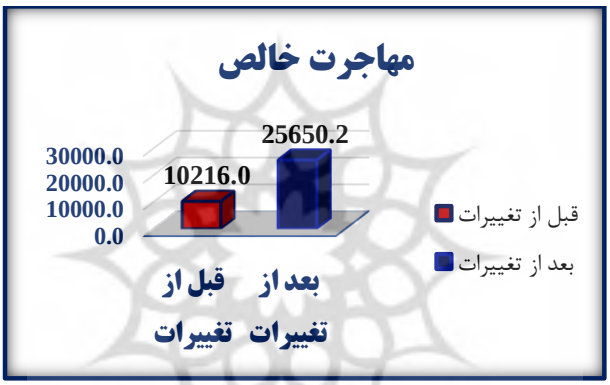
شکل ۶: تغییرات مصرف انرژی



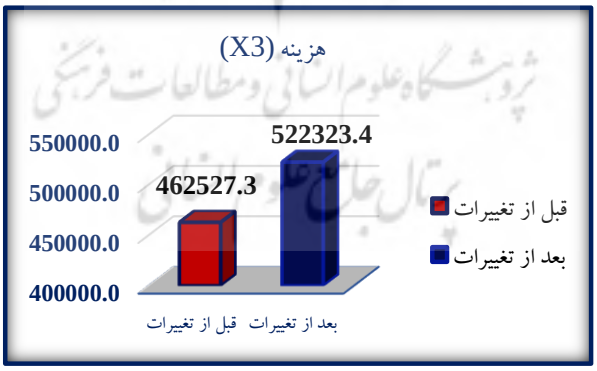
شکل ۷: تغییرات مصرف برق الکتریکی



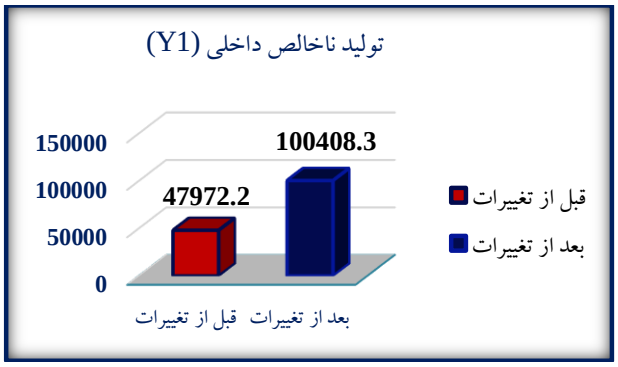
شکل ۸: تغییرات میزان انتشار گاز CO_2



شکل ۹: تغییرات مهاجرت خالص



شکل ۱۰: تغییرات هزینه



شکل ۱۱: تغییرات تولید ناخالص داخلی

همان طور که مشاهده می‌شود، تغییرات ورودی‌ها و خروجی‌های ۲۴ کشور، قبل و بعد از اجرای مدل، به شرح ذیل است:

مصرف انرژی: مجموع میزان مصرف انرژی ۲۴ کشور، قبل از اجرای مدل، ۹۴۰۸۷,۹ کیلوگرم بوده است. با اجرای مدل ۱۱، این میزان به ۴۷۹۵۲,۹ کیلوگرم رسیده، لذا به‌منظور بهبود عملکرد و توسعهٔ پایداری کشورها، مدل ارائه‌شده، درمجموع، ۴۶۱۳۵کیلوگرم کاهش را پیشنهاد می‌دهد.

مصرف برق الکتریکی: مجموع میزان مصرف انرژی ۲۴ کشور، قبل از اجرای مدل، ۱۸۰۰۱۲,۸کیلووات‌ساعت بوده است. با اجرای مدل ۱۱، این میزان به ۱۶۶۳۷۵,۸ کیلووات‌ساعت رسیده، لذا، به‌منظور بهبود عملکرد و توسعهٔ پایداری کشورها، مدل ارائه شده درمجموع، ۱۳۶۳۷ کیلووات‌ساعت کاهش را پیشنهاد می‌دهد.

هزینه: مجموع میزان هزینهٔ پرداخت‌شدهٔ ۲۴ کشور، جهت رفاه اجتماعی قبل از اجرای مدل ۴۶۲۵۲۷,۳ میلیارد LCU بوده است. با اجرای مدل ۱۱، این میزان به ۵۲۲۳۲۳,۴ میلیارد LCU رسیده، لذا به منظور بهبود عملکرد و توسعهٔپایداری کشورها، مدل ارائه‌شده، درمجموع، ۵۹۷۹۶,۱ میلیارد LCU افزایش را پیشنهاد می‌دهد. همان‌طورکه در قسمت ۱-۴ بیان شد، این ورودی یک ورودی مطلوب است که شامل پاداش کارکنان مانند حقوق و دستمزد ، بهره و یارانه‌ها ، کمک هزینهٔ تحصیلی

و مزایای اجتماعی است؛ لذا افزایش آن، باعث رفاه اجتماعی بیشتر شده و سطح رضایت عموم را افزایش می‌دهد.

تولید ناخالص داخلی: مجموع میزان تولید ناخالص داخلی ۲۴ کشور، قبل از اجرای مدل، ۴۷۹۷۲,۲ میلیارد دلار است. با اجرای مدل ۱۱ ، این میزان به ۱۰۰۴۰۸,۳ میلیارد دلار رسیده، لذا به منظور بهبود عملکرد و توسعهٔ پایداری کشورها، مدل ارائه شده درمجموع، ۵۲۴۳۶,۱ میلیارد دلار افزایش را پیشنهاد می‌دهد.

میزان انتشار گاز CO_2: مجموع میزان انتشار گاز CO_2 در ۲۴ کشور، قبل از اجرای مدل، ۲۰۳,۲ متریک تن است. با اجرای مدل ۱۱ ، این میزان به ۱۰۰,۷ متریک تن رسیده، لذا به منظور بهبود عملکرد و توسعهٔ پایداری کشورها، مدل ارائه شده در مجموع، ۱۰۲,۵ متریک تن کاهش را پیشنهاد می‌دهد. همان‌طورکه در قسمت ۲-۴ بیان شد این خروجی یک خروجی نامطلوب است، لذا کاهش آن، در راستای سیاست های توسعهٔ پایدار، باعث کاهش نگرانی‌های زیست‌محیطی می‌شود.

مهاجرت خالص: مجموع میزان مهاجرت خالص ۲۴ کشور، قبل از اجرای مدل، ۱۰۲۱۶ هزار نفر است. با اجرای مدل ۱۱، این میزان به ۲۵۶۵۰,۲ هزار نفر رسیده، لذا، به‌منظور بهبود عملکرد و توسعهٔ پایداری کشورها، مدل ارائه‌شده درمجموع، مقدار ۱۵۴۳۴,۲ هزار نفر افزایش را پیشنهاد می‌دهد. این افزایش نشان‌دهندهٔ آن است که درکل، تعداد مهاجران به داخل کشورها، باید بیشتر از تعداد مهاجران به خارج از کشور باشد. باتوجه‌به افزایش پیشنهادی در هزینه‌های رفاهی پرداخت شده توسط دولت، جهت رفاه بیشتر جامعه (ورودی سوم)، نه‌تنها تعداد مهاجران به خارج از کشور کمتر شده، بلکه باعث می‌شود تعداد مهاجران بیشتری به داخل کشورها آمده که این امر موجب توسعه و رونق بیشتر کشورها می‌شود.

سیاست‌های پیشنهادی مدل ارائه‌شده در راستای اهداف توسعهٔ پایدار

توسعه و بالندگی هر جامعه‌ای، در نتیجهٔ برنامه‌ریزی توسعه و تدوین سیاست‌ها و استراتژی‌های توسعهٔ پایدار است (گودرزوند چگینی، ۱۳۹۴). در هر نظام سیاسی، در کنار رشد اقتصادی، مؤلفه‌های اجتماعی و زیست‌محیطی نیز، باید سنجیده شوند و

توسعهٔ اقتصادی نمی‌تواند جدا از ابعاد اجتماعی و زیست‌محیطی قلمداد شود (شیروی و خداپرست، ۱۳۹۸). لازمهٔ سیاست توسعهٔ پایدار، داشتن شاخص‌های اندازه‌گیری برای نیل به اهداف آن است؛ ازاین‌رو، برخی از نویسندگان برای توسعهٔ پایدار، سه رکن اساسی پایداری زیست‌محیطی (اکولوژیکی)، پایداری اقتصادی و پایداری اجتماعی را متصور شده و کارآمدی هر سیستمی را، به لحاظ کردن هر سه بعد پایداری، به شمار آورده‌اند. (گودرزوند چگینی، ۱۳۹۴). باتوجه‌به اهمیت موضوع و در نظر گرفتن سه بُعد پایداری در راستای اهداف توسعهٔ‌پایدار، با استفاده از مدل طراحی شده تحلیل پوششی داده‌های یکپارچه SORM ، کشورهای کارا و ناکارا، یا کشورهای پایدار یا ناپایدار در حوزهٔ توسعهٔ پایدار، مشخص گردید. همچنین، ازآنجایی‌که مدل طراحی‌شدهٔ تحلیل پوششی داده‌های معکوس یکپارچه SORM بهترین ترکیب ورودی‌های ممکن را برای خروجی‌ها و بهترین ترکیب خروجی‌ها را برای ورودی‌ها تعیین می‌کند، بهترین ترکیب مصرف انرژی، مصرف برق الکتریکی و هزینه‌ها را، برای تولید ناخالص داخلی، میزان انتشار گاز CO_2 و مهاجرت خالص و بالعکس را، به‌منظور پایداری بیشتر کشورها در حوزه‌های زیست‌محیطی، اقتصادی و اجتماعی، ارائه داده است. تغییرات ارائه شده توسط مدل، بهینه بوده و ازآنجایی‌که سیاست‌های توسعهٔ پایدار به‌دنبال کاهش یا ثبات ورودی‌های نامطلوب (مصرف انرژی، مصرف برق الکتریکی)، افزایش یا ثبات ورودی‌های مطلوب (هزینه)، افزایش یا ثبات خروجی‌های مطلوب (تولید ناخالص داخلی، مهاجرت خالص) و کاهش یا ثبات خروجی‌های نامطلوب (میزان انتشار گازCO_2) است، مدل ارائه شده، به‌خوبی توانسته است نتایجی مطابق با اهداف توسعهٔ پایدار و سیاست‌های مرتبط با آن و هدف کلی رسیدن به توسعهٔ بلندمدت جهانی را ارائه بدهد.

نتیجه‌گیری

با ادامهٔ تهدیدات جهانی، از جمله کمبود منابع، اختلالات زیست‌محیطی و تغییرات آب و هوایی، توسعهٔ پایدار موردتوجه جامعهٔ بین‌المللی قرار گرفته است. توسعهٔ پایدار، به‌عنوان یک اصل کلی جهت توسعهٔ بلندمدت جهانی شناخته شده و بسیاری از کشورها، بر برنامه‌ریزی سیاست‌های توسعهٔ پایدار متمرکز شده‌اند تا جامعه‌ای بهتر ایجاد کنند. سازمان‌های بین‌المللی مانند سازمان برنامه محیط زیست سازمان ملل

(UNEP) و سازمان توسعه و همکاری اقتصادی (OECD) می‌توانند کشورهای ناکارآمد را در حوزه‌های زیست محیطی مجازات کنند. لذا، باتوجه به افزایش آگاهی عمومی در مورد موضوعات مربوط به پایداری، سازمان‌ها و کشورها در تلاش جهت بهبود عملکرد پایداری خود هستند. در این راستا، ارزیابی پایداری به عنوان یک ابزار مهم، به‌طور فزآینده‌ای، جهت کمک به تغییر در راستای پایداری به‌شمار می‌رود.

در این پژوهش، مدل تحلیل پوششی داده‌های یکپارچه SORM توسعه داده‌شد و ازآن، جهت محاسبهٔ پایداری ۲۴کشور استفاده گردید. در سطح کلان، با معرفی کشورهای ناکارآمد، سازمان‌های بین‌المللی می‌توانند کشورها را محبور کنند که تلاش بیشتری برای عملیاتشان کنند و قوانین زیست‌محیطی را رعایت کنند. در میان کشورهای مورد مطالعه، کشورهای اتریش، اسپانیا، ایتالیا، آلمان، آمریکا، سوئیس و کانادا دارای امتیاز کارایی یک می‌باشند که نشان دهندهٔ پایداری این کشورها، با توجه به شاخص‌های ورودی و خروجی‌های مشخص شده، نسبت به سایر کشورها هستند. در سطح خرد، ظرفیت بهبود کشورها می‌تواند محاسبه شود. این ویژگی کشورها را قادر می‌سازد تا منابع طبیعی خود را مدیریت و شرایط اقتصادی و اجتماعی خود را حفظ یا ارتقاء دهند. در این مقاله، به‌منظور بهبود عملکرد و توسعهٔ پایداری کشورها و ارائهٔ مقادیر بهبود به آنها جهت پایداری بیشتر ، مدل تحلیل پوششی داده‌های معکوس یکپارچه SORM توسعه داده شد. در این مدل، با ثابت ماندن کارایی واحد تحت بررسی، تغییرات ورودی و خروجی، به‌طور هم‌زمان، بهینه می‌گردند. تغییرات کلی ورودی‌ها و خروجی‌ها، قبل و بعد از اجرای مدل، نشان داده شد و مشخص گردید که این تغییرات باعث ایجاد مقادیر بهینه در ورودی‌ها و خروجی‌ها گردیده است. باتوجه‌به اینکه هدف کلی، رسیدن به توسعهٔ بلندمدت جهانی، به‌منظور کاهش بحران-ها و نگرانی‌ها، از جمله کمبود منابع، اختلالات زیست‌محیطی، مهاجرت افراد و ... از طریق کاهش یا ثبات ورودی‌ها و خروجی‌های نامطلوب و افزایش یا ثبات ورودی‌ها و خروجی‌های مطلوب است، مدل ارائه شده، به‌خوبی توانسته است نتایجی مطابق با اهداف توسعهٔ پایدار را ارائه بدهد و درصورتی‌که هر یک از کشورها در راستای اهداف توسعهٔ پایدار گام بردارند، بحران های پیشِ رو کاهش می‌یابد. این نتایج می‌تواند به کشورها، در جهت بهبود پایداری خود با تعیین مقدار دقیق بهبود در ورودی‌ها و خروجی‌ها، کمک کند و آنها را به‌سمت رسیدن به هدف توسعهٔ پایدار هدایت کند که

به حداکثر رساندن رشد اقتصادی، با به حداقل رساندن آسیب به محیط‌زیست و حفظ منابع طبیعی و فراهم آوردن یک زندگی بهتر برای انسانها حاصل می‌شود.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

منابع

امیر تیموری، ح.، امیر تیموری، ع.، کرباسیان، م.، (۱۳۹۹). «تحلیل کارایی و رتبه‌بندی شرکت‌های گاز استانی با حضور شاخص‌های نامطلوب. تحقیق در عملیات در کاربردهای آن»، ۱۷(۲)، ۱-۸.

سید اسماعیلی، ف.، رستمی مال خلیفه، م.، حسین زاده لطفی، ف.، (۱۳۹۸). «ارائهٔ مدل استوار تحلیل پوششی داده‌های بازه‌ای برای اندازه‌گیری کارایی در شرایط عدم‌قطعیت مضاعف. تحقیق در عملیات در کاربردهای آن»، ۱۶(۲)، ۵۹-۷۵.

کمالی، ی.، (۱۳۹۴). «تدوین چارچوبی برای تحلیل وضعیت توسعه پایدار با استفاده از شاخص یکپارچه سنجش توسعه: نمونهٔ موردی پنج صنعت تولیدی». *سیاستگذاری عمومی*، ۱(۱)، ۵۷-۷۶.

اطاعت، ج.، موسوی، س.، (۱۳۸۹). تمرکز زدایی و توسعه پایدار در ایران. *پژوهش‌های جغرافیای انسانی*، ۷۱، ۸۹-۱۰۶.

معظمی گودرزی، م.، جابر انصاری، م.، معلم، آ.، شکیبا، م.، (۱۳۹۳). «کاربرد تحلیل پوششی داده‌ها (DEA) در ارزیابی کارایی نسبی و رتبه‌بندی شعب بانک رفاه استان لرستان و مقایسهٔ نتایج آن با روش llTOPSIS. پژوهش‌های اقتصادی (*رشد و توسعهٔ پایدار*، ۱۴(۱)، ۱۱۵-۱۲۶.

شیروی، ع.، خداپرست، ن.، (۱۳۹۸). «اقتصاد مقاومتی و توسعهٔ پایدار در اسناد بین‌المللی. مطالعات حقوق عمومی»، ۴۹(۱)، ۲۷۰-۲۴۹.

گودرزوند چگینی، م.، ۱۳۹۴. «توسعهٔ پایدار؛ شاخص‌ها و سیاست‌ها». *سیاست جهانی*، ۴(۲)، ۲۳۸-۲۱۵.

Amin, G.R., Al-Muharrami, S., Toloo, M. (2019), A combined goal programming and inverse DEA method for target setting in mergers, Expert Systems with Applications, Vol. 115, pp.412-417.

Bampatsou, C., Halkos, G. (2019), Economic growth, efficiency and environmental elasticity for the G7 countries. Energy Policy, Vol. 130, pp. 355-360.

Banker, R.D., Charnes, A., Cooper, W.W. (1984), Some models for estimating technical and scale inefficiencies in data envelopment analysis, Management Science, Vol. 30, No. 9, pp. 1078-1092.

Callao, C., Martinez-Nuñez, M., Latorre, M.P. (2019), European Countries: Does common legislation guarantee better hazardous waste performance for European Union member states?, Waste Management, Vol. 84, pp.147-157.

Carter, C. R., Rogers, D. S. (2008), A framework of sustainable supply chain management: moving toward new theory, International Journal of Physical Distribution & Logistics Management, Vol. 38, No. 5, pp. 360-387.

Charnes, A., Cooper, W.W. (1962), programming with linear fractional functionals, Naval Reacerch Logistic Quarterly, Vol. 9, No. (3-4), pp. 181–186.

Charnes, A., Cooper, W.W., Rhodes, E. (1978), Measuring the efficiency of decision making units, European Journal of Operational Research, Vol. 2, No. 6, pp. 429-444.

Cooper, W.W., Seiford, L.M., Tone, K. (2002), Data envelopment analysis: A comprehensive text with models, Application, References and DEA-Solver Software, Kluwer Academic publishers.

Emrouznejad, A., Anouze, A.L., Thanassouli, E. (2010), A semi-oriented radial measure for measuring the efficiency of decision making units with negative data, using DEA, European Journal of Operational Research, Vol. 200, No. 1, pp. 297-304.

Hajaji, H., Yousefi, S., Saen, R.F., Hassanzadeh, A., (2021), Recommending investment opportunities given congestion by adaptive network data envelopment analysis model: Assessing sustainability of supply chains, RAIRO: Recherche Opérationnelle, Vol. 55, p. 21.

Halkos, G.E., Tzeremes, N.G., Kourtzidis, S.A. (2015), Regional sustainability efficiency index in Europe: an additive two-stage DEA approach. Operational Research, Vol. 15, No. 1, pp. 1-23.

Hassanzadeh, A., Yousefi, S., Farzipoor Saen, R., Seyyedi Hosseininia, S.S. (2018), How to assess sustainability of countries via inverse data envelopment analysis? Clean Technologies and Environmental Policy, pp.1-12.

Jahanshahloo, G.R., Hosseinzadeh Lotfi, F., Shoja, N., Tohidi, G., Razavyan, S. (2005), "Sensitivity of efficiency classifications in inverse DEA models", Applied Mathematics and Computation, Vol. 169 No. 2, pp. 905-916.

Kazemi Matin, R., Azizi, R. (2011), A two-phase approach for setting targets in DEA with negative data. Applied Mathematical Modelling, Vol. 35, No. 12, pp. 5794–5803.

Keshavarz, E., Toloo, M. (2018), A hybrid data envelopment analysis and multi-attribute decision making approach to sustainability assessment, Expert Systems, p.e12347.

Lertworasirikul, S., Charnsethikul, P., Fang, S.C. (2011), Inverse data envelopment analysis model to preserve relative efficiency values: The case of variable returns to scale, Computers & Industrial Engineering, Vol. 61, No. 4, pp. 1017-1023.

Mavi, R.K., Saen, R.F., Goh, M. (2018), Joint analysis of eco-efficiency and eco-innovation with common weights in two-stage network DEA: A big data approach, Technological Forecasting and Social Change.

Mota, B., Gomes, M. I., Barbosa-Póvoa, A. P. (2014), Supply Chain Design towards sustainability: accounting for growth and jobs, In Computer Aided Chemical Engineering, Vol. 34, pp. 789-794.

Pope, J., Annandale, D., Morrison-Saunders, A. (2004), Conceptualising sustainability assessment, Environmental Impact Assessment Review, Vol. 24, No. 6, pp. 595–616.

Rashidi, K. and Saen, R.F., (2015), Measuring eco-efficiency based on green indicators and potentials in energy saving and undesirable output abatement, Energy Economics, Vol. 50, pp. 18-26.
Rashidi, K., Shabani, A., Saen, R.F. (2015), Using data envelopment analysis for estimating energy saving and undesirable output abatement: a case study in the Organization for Economic Co-Operation and Development (OECD) countries, Journal of Cleaner Production, Vol. 105, pp.241-252.
Rondinelli, D. A., Berry, M. A. (2000), Environmental citizenship in multinational corporations: social responsibility and sustainable development, European Management Journal, Vol. 18, No. 1, pp. 70–84.
Scheel, H. (2001), Undesirable outputs in efficiency valuation, European Journal of Operational Research, Vol. 132, No. 2, pp. 400-410.
Sharp, J.A., Meng, W., Liu, W. (2007), A modified slacks-based measure model for data envelopment analysis with 'natural' negative outputs and inputs, Journal of the Operational Research Society, Vol. 58, No. 12, pp. 1672-1677.
Tajbakhsh, A., Shamsi, A. (2019), Sustainability performance of countries matters: A non-parametric index. Journal of Cleaner Production.
Tavana, M., Izadikhah, M., Di Caprio, D., Saen, R.F. (2018), A new dynamic range directional measure for two-stage data envelopment analysis models with negative data, Computers & Industrial Engineering, Vol. 115, pp.427-448.
Thanassoulis, E. (2001), Introduction to the theory and application of data envelopment analysis: A foundation text with integrated software. Kluwer Academic Publishers, Boston.
WCED (World Commission on Environment and Development), (1987), our common future. Oxford: Oxford University Press.
Wei, Q., Zhang, J., Zhang, X. (2000), An inverse DEA model for inputs/outputs estimate, European Journal of Operational Research, Vol. 121, No. 1, pp. 151-163.
Yousefi, S., Farzipoor Saen, R. Seyedi Hosseininia, S.S. (2018), Developing an inverse range directional measure model to deal with positive and negative values, Management Decision
Yu, S.H. (2019), Benchmarking and Performance Evaluation towards the Sustainable Development of Regions in Taiwan: A Minimum Distance-Based Measure with Undesirable Outputs in Additive DEA. Social Indicators Research, pp.1-26.
Yu, Y., Wen, Z. (2010), Evaluating China's urban environmental sustainability with data envelopment analysis, Ecological Economics, Vol.69, No. 9, pp. 1748–1755.
Zailani, S., Jeyaraman, K., Vengadasan, G., Premkumar, R. (2012), Sustainable supply chain management (SSCM) in Malaysia: A survey, International Journal of Production Economics, Vol. 140, No. 1, pp. 330-340.
Zhang, X. S., Cui, J. C. (1999), A project evaluation system in the state economic information system of china an operations research practice in public sectors, International Transactions in Operational Research, Vol. 6, No. 5, pp. 441-452.