

روش تحلیل پوششی داده ها برای اندازه گیری پایداری زنجیره تامین

نزیه گرجی^۱، نیکبخش جوادیان^۲

^۱ دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی صنایع، دانشگاه علوم و فنون مازندران، ایران

^۲ دانشیار گروه صنایع، دانشکده صنایع، دانشگاه علوم و فنون مازندران، ایران

چکیده

ارزیابی پایداری برای زنجیره تامین ابزاری است که سیاست‌گذاران و برنامه‌ریزان را در مورد گزینه‌های پیشه‌روی آن‌ها مطلع می‌کند. در همین راستا بررسی شاخص‌های پایداری مرتبط می‌توانند در ارزیابی گزینه‌های مختلف برای سیاست‌گذاران و برنامه‌ریزان نقش مهمی را ایفا کنند و تعریف مجموعه‌ای از شاخص‌های پایداری برای زنجیره تامین می‌تواند یک گام مهم در ارزیابی پایداری باشد. لازم به ذکر است که شاخص‌ها فقط آمار و اطلاعات زنجیره تامین را نشان نمی‌دهند بلکه استفاده از این شاخص‌ها موجب درک عمیق‌تر در مورد تعاملات بین محیط زیست و بخش‌های اجتماعی و اقتصادی می‌شود. در این مقاله به بررسی شاخص‌های زنجیره تامین انرژی‌های تجدیدپذیر در سه سطح تامین‌کننده، توزیع‌کننده و مشتری پرداخته شده و سپس ابعاد پایداری شامل بعد اقتصادی، اجتماعی و زیست محیطی در هر سطح از زنجیره بررسی و شاخص‌های مربوط به هر کدام از ابعاد شناسایی و استخراج شده و با استفاده از تکنیک تحلیل پوششی داده‌ها^۱ (DEA) ارزش‌گذاری می‌شوند. روش تحلیل پوششی داده‌ها می‌تواند یکی از روش‌های محاسبه کارایی (ارزش) برای شاخص‌ها باشد. با استفاده از این روش، می‌توان با تعیین میزان کارایی (ارزش) نسبی برای هر شاخص، شاخص‌های کارا تر را جهت رسیدن به پایداری شناسایی کرد.

واژه‌های کلیدی: پایداری، زنجیره تامین، تحلیل پوششی داده ها.

^۱Data Envelopment Analysis

۱- مقدمه

پایداری^۱ به معنای تداوم در امری همچون فعالیت و ایجاد موازنه‌ی پویا^۲ میان عوامل موثر فراوان نظیر عوامل طبیعی، اجتماعی، اقتصادی مورد نیاز نوع بشر می‌باشد. پایداری در معنای وسیع خود به توانایی جامعه، اکوسیستم یا هر سیستم جاری، برای تداوم کارکرد در آینده نامحدود اطلاق می‌شود، بدون اینکه به طور اجبار در نتیجه تحلیل رفتن منابعی که سیستم به آن وابسته است یا به دلیل تحمیل بار بیش از حد روی آنها، به ضعف کشیده شود (کریستوفر، ۲۰۱۶). از طرف دیگر توانایی سیستم برای استقامت و پایایی به گونه‌ای اجتناب ناپذیر وابسته به موفقیتی است که سیستم در ایجاد ارتباط با محیط بیرونی کسب می‌کند؛ به عبارت دیگر پایداری سیستم به طور کامل وابسته به قابلیت سیستم برای سازگاری و انطباق، تغییر و تحول و پاسخگویی به محیط است و از آنجا که محیط به نوبه خود همواره در حال تغییر است، این فرآیند سازگاری و انطباق سیستم باید یک فرآیند پویا و حساس باشد (ریچی و دیگران، ۲۰۱۰).

زنجیره تامین را می‌توان شبکه‌ای از سازمان‌ها دانست که فعالیت‌ها و فرآیندهای آن به وسیله‌ی ارتباط بالادستی و پایین دستی تعریف شده و به صورت محصولات و خدمات ارائه شده به مشتری نهایی، تولید ارزش می‌کنند. در این تعریف، زنجیره تامین متشکل از دو یا چند سازمان جدا از هم است که توسط جریان‌های مواد، اطلاعات و پول با هم مرتبط هستند. این سازمان‌ها می‌توانند شرکت‌هایی باشند که قطعات و اجزای تشکیل دهنده و محصولات نهایی تولید می‌کنند و حتی تامین کنندگان خدمات، تهیه و توزیع (لجستیک) و خود مشتری نهایی را نیز در برگیرند (سورینگ و بسک، ۲۰۱۰)؛ بنابراین می‌توان گفت زنجیره‌های تامین حلقه‌های کلیدی هستند که ورودی‌های سازمان را به خروجی‌های آن متصل می‌کنند. در واقع شبکه‌ای ایجاد می‌شود که تامین‌کننده تا مصرف‌کننده را در بر می‌گیرد (لوش، ۲۰۱۱). چالش‌هایی که این شبکه با آن مواجه است، پیرامون کاهش هزینه‌ها، تضمین تحویل به موقع و کاهش زمان حمل و نقل به منظور عکس‌العمل بهتر به محیط کسب و کار می‌باشد؛ اما از طرفی افزایش هزینه‌های زیست محیطی در این شبکه‌ها و رشد فشار مصرف‌کنندگان به منظور ارائه کالاهایی که از نظر زیست محیطی استاندارد باشند و از سوی دیگر آگاهی جامعه بیرونی و کارکنان شرکت از مسائل اجتماعی مرتبط با سازمان‌ها و ایجاد گروه‌هایی در حمایت از جامعه و افراد و افزایش مسئولیت اجتماعی سازمان‌ها و شرکت‌ها، موجب گردیده است که بسیاری از سازمان‌ها به سمت پایداری در زنجیره تامین حرکت کرده و معیارهای جدیدی را در عملیات خود مد نظر قرار دهند (هیت، ۲۰۱۱). این معیارها علاوه بر الزامات سودآوری شرکت مسائل اجتماعی و زیست محیطی را نیز مد نظر قرار می‌دهند. همچنین به فراخور توجه به توسعه پایدار، سازمان‌ها نیز به این امر در زنجیره‌های تامین توجه کردند. امروزه شرکت‌ها با بهره‌گیری از مزیت‌های رقابتی شرکای راهبردی و تامین‌کنندگان و توزیع‌کنندگان سعی در کسب مزیت رقابتی در سطح صنعت، ملی و بین‌المللی را دارند. در واقع سیر تاریخی زنجیره تامین که در ابتدا بر توجه صرف بر مباحث اقتصادی دنبال می‌شد، رفته‌رفته به خاطر دغدغه‌های زیست‌محیطی در کنار مسائل اجتماعی منجر به شکل‌گیری زنجیره تامین پایدار شد. در واقع زنجیره تامین پایدار فرزند توسعه پایدار و زنجیره تامین می‌باشد که از منافع آن، هم سازمان، هم محیط‌زیست و هم اجتماع منتفع می‌شود (برندنبرگ و دیگران، ۲۰۱۴). به طور کلی زنجیره تامین پایدار عبارت است از بهبود عملکرد طولانی مدت زنجیره تامین جهت رفع مشکلات اجتماعی، اقتصادی و زیست محیطی در زنجیره تامین سنتی. وجود مشکلات متعدد اجتماعی، اقتصادی و زیست محیطی سازمان‌ها را به سمت استفاده از مدیریت زنجیره تامین پایدار هدایت کرده است (ایزاکسون و دیگران، ۲۰۱۰). جنبه اجتماعی زنجیره تامین پایدار بیشتر به معیارهای رقابتی توجه دارد. جنبه اقتصادی شامل هزینه، بهره‌وری و... بوده و جنبه زیست محیطی آن نیز میزان انتشار ضایعات در کسب و کار را در بر می‌گیرد. در آغاز قرن بیست‌ویکم، در طی یک دوره جهانی سازی^۳، برون سپاری فعالیت‌های کلیدی، گفتگو و همکاری ذینفعان، لجستیک معکوس^۴، توسعه مسئولیت پذیری اجتماعی سازمان^۱، حساسیت زمانی تکمیل سفارش، توسعه تکنولوژی اطلاعات

¹sustainability²Dynamic balance³Globalization⁴Reverse Logistics

پیشرفته، مسائل امنیتی و غیره اکثر سازمان‌ها دریافتند که اکنون زمان استفاده از یک دیدگاه کلی درباره فعالیت‌های کسب و کار، بخصوص در زمینه زنجیره تامین و مدیریت بر آن میباشد (اسکندرپور و دیگران، ۲۰۱۵). یکی از این مفاهیمی که اخیراً مورد توجه قرار گرفته است، مفهوم مدیریت زنجیره تامین پایدار^۲ می‌باشد که به عنوان یک بخش مهم از تلاش‌ها برای ساخت سیستم صنعتی پایدار است (سیتک، ۲۰۱۵). جهت توسعه مفهوم مدیریت زنجیره تامین پایدار، باید به موضوعاتی مانند سیر تکاملی زنجیره تامین و توسعه پایدار توجه شود که با توجه به بعضی روندهای معاصر امکان‌پذیر است (سورینگ، ۲۰۱۱).

۲- ادبیات تحقیق

در این تحقیق ابتدا به معرفی زنجیره تامین انرژی‌های تجدیدپذیر و جریان و عملکرد آن با توجه به مدل پیشنهادی توسط سازمان ملل پرداخته شده است. سپس شاخص‌های مربوط به سطوح زنجیره در سه بعد اقتصادی، اجتماعی و زیست محیطی توسعه پایدار ارائه شده تا برای تصمیم‌گیری‌های خرد و کلان ارزش‌گذاری و رتبه‌بندی شوند.

۲-۱- زنجیره تامین انرژی‌های تجدیدپذیر

در تحلیل زنجیره تامین انرژی‌های تجدیدپذیر، هدف از تشکیل آن شناسایی و کمینه کردن شاخص‌های مربوط به تولید و بهره‌برداری از این نوع انرژی‌ها، با در نظر گرفتن یک سری استانداردها و معیارهای مشخص می‌باشد. بدین منظور شاخص‌هایی برای سیستم‌های انرژی در سطح خرد و یا کلان تعریف می‌شود، به گونه‌ای که با استفاده از این شاخص‌ها به قضاوت در مورد کارایی سیستم‌های انرژی پرداخته می‌شود (کوستوسک و دیگران، ۲۰۱۶). زنجیره تامین سیستم‌های انرژی در مقیاس‌های خرد (مانند یک واحد عملیاتی، یا یک فرآیند و یا حتی یک کارخانه) و در مقیاس کلان (مانند یک بخش صنعتی یا منطقه‌ای، کشور و یا حتی جهان) در نظر گرفته می‌شوند. لذا شاخص‌های قضاوت در مورد آن‌ها نیز باید هم در مقیاس خرد و هم در مقیاس کلان قابلیت تحلیل عملکرد آن سیستم‌ها را داشته باشند.

به طور کلی همواره معیار اصلی در تصمیم‌گیری‌های مربوط به مدیریت زنجیره تامین و به خصوص زنجیره تامین انرژی‌های تجدیدپذیر هزینه بوده است اما آن چیزی که بررسی مدیریت زنجیره تامین در حوزه توسعه پایدار را مهم می‌نماید، حضور دو فاکتور زیست محیطی و اجتماعی است (ووه و دیگران، ۲۰۱۶). در واقع ادبیات مدیریت زنجیره تامین انرژی‌های تجدیدپذیر در محیط توسعه پایدار در دو بخش، راهکارهای زیست محیطی برای مدیریت زنجیره تامین و سناریوهای مختلف برای مدیریت زنجیره تامین در محیط توسعه پایدار بررسی می‌شود. منابع انرژی‌های تجدیدپذیر بسیار زیاد و غیرمستقیم بوده‌اند و همیشه به دلیل شرایط غیرقابل کنترل آب و هوایی و سایر عوامل همیشه تغییر می‌کنند و غیر قابل پیش‌بینی هستند. با این حال، استفاده و توزیع انرژی‌های تجدیدپذیر، از وظایف اصلی در زنجیره تامین آن‌ها است (اصلانی و دیگران، ۲۰۱۳).

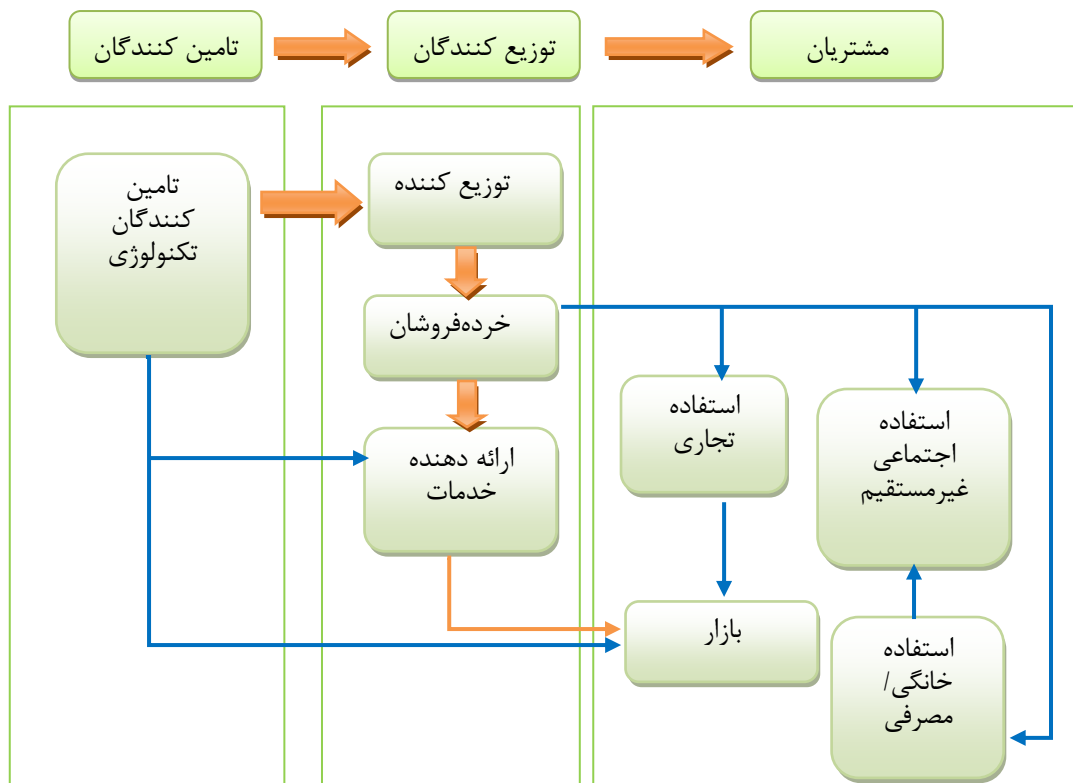
۲-۲- جریان و عملکرد زنجیره تامین انرژی‌های تجدیدپذیر

در حال حاضر، انرژی‌های تجدیدپذیر و لزوم استفاده از این نوع انرژی‌ها و زنجیره تامین آن به یک موضوع مهم و در حال تحول تبدیل شده است و این زنجیره تاثیر قابل توجهی در اجرای برنامه‌های اقتصادی، اجتماعی و زیست محیطی می‌گذارد. زنجیره پایدار انرژی‌های تجدیدپذیر تنها محدود به مسائل اقتصادی نمی‌شود، بلکه مباحث مربوط به گرمایش زمین، مسائل اجتماعی، محیط زیست و ... را نیز در بر می‌گیرند؛ مانند بسیاری از زنجیره‌های عرضه معمول، عناصر زنجیره تامین انرژی‌های تجدیدپذیر شامل جریان فیزیکی، اطلاعاتی و مالی هستند. از منظر جریان فیزیکی در صنایع، افزایش آگاهی از فرآیندهای تولید این نوع انرژی‌ها، محصولات و شاخص‌های مرتبط با عملکرد مدیریت زنجیره تامین آن‌ها، مسائل مد نظر هستند. این مسائل توجه بسیاری از محققان را به دلیل سهم بالقوه انرژی‌های تجدیدپذیر در کاهش مشکلات جهانی محیط زیستی به

¹Extended Corporate Social Responsibility

²Sustainable Supply Chain Management

تصویر کشیده است. جریان زنجیره تامین مورد مطالعه در این پژوهش شامل سه سطح، تامین کننده، توزیع کننده و مشتری می باشد. در بررسی های انجام شده و طبق نظر کارشناسان انرژی های تجدیدپذیر، برای نشان دادن شکل کلی برای زنجیره تامین انرژی های تجدیدپذیر در کشور، شکل شماره ۱ در نظر گرفته شده است



شکل شماره ۱. زنجیره تامین انرژی های تجدیدپذیر

سپس به منظور بررسی ابعاد پایداری و توسعه پایدار در این زنجیره، شاخص های مربوط به هر یک از ابعاد اقتصادی، زیست-محیطی و اجتماعی توسعه پایدار، در هر لایه از زنجیره تامین شناسایی شده تا برای برنامه ریزی های کلان انرژی در کشور به کار گرفته شوند. عناصر این زنجیره تامین شامل جریان فیزیکی، جریان اطلاعاتی و جریان مالی می باشد. برای بررسی درست و شناسایی نقاط ضعف و قوت این جریان ها به بررسی شاخص های مربوط به آن ها پرداخته شده است. این شاخص ها فقط آمار زنجیره تامین و سیستم های انرژی را نشان نمی دهند؛ بلکه استفاده از آن ها موجب درک عمیق تر در مورد تعاملات بین جریان های زنجیره، محیط زیست و بخش های اجتماعی و اقتصادی می شود. یکی از مهم ترین نکات در مدیریت زنجیره تامین کنترل موثر جریان فیزیکی در زنجیره است. معمولاً ۳۰٪ از قیمت کالا مربوط به فرآیند توزیع است؛ بنابراین، بهبود جریان مواد و کالا از طریق مدیریت کارآمد فرآیند توزیع یک فعالیت ضروری برای افزایش رضایت مشتریان است. به همین دلیل بسیاری از سازمان ها در حال تحقیق و توسعه روش هایی برای کنترل موثر جریان مواد خود هستند؛ بنابراین به طور مثال شاخص های مربوط به جریان فیزیکی می تواند چگونگی فراهم آوردن تجهیزات و تکنولوژی های سیستم های تولیدکننده انرژی از منابع تجدیدپذیر (پنل های خورشیدی) و چگونگی انتقال این تجهیزات از تامین کنندگان به مشتریان را مورد بررسی قرار دهد (کلین و کافی، ۲۰۱۶). جریان مالی نیز در خلاف جهت جریان مواد و کالا در سرتاسر زنجیره برقرار می باشد. عملکرد مالی در زنجیره تامین انرژی های تجدیدپذیر مورد مطالعه شامل هزینه ها؛ مانند هزینه های سرمایه گذاری، هزینه های عملیاتی و هزینه های تعمیر و نگهداری بوده و شاخص های مورد بررسی نیز در همین راستا تهیه و تنظیم شده اند. جریان اطلاعاتی صحیح در زنجیره تامین، همکاری بین اعضا زنجیره تامین را از طریق انتقال و توزیع سریع اطلاعات دقیق، بهبود بخشیده و باعث افزایش کارایی

زنجیره تامین می‌گردد. مدیریت زنجیره تامین بر سودآوری بلند مدت و کلی برای تمام شرکای زنجیره تامین بواسطه انتقال و توزیع دقیق و قوی اطلاعات تاکید دارد که این خود دلالت بر اهمیت فناوری اطلاعات در مدیریت زنجیره تامین است. در عصر حاضر، اطلاعات یک عامل کلیدی در تصمیم‌گیری جهت بقا و توسعه بنگاه می‌باشد. از طرفی دو ستون اصلی مدیریت زنجیره تامین، یکپارچه‌سازی شبکه بنگاه‌ها و هماهنگ سازی جریان پولی، مواد و اطلاعات است. این هماهنگ سازی در طول زنجیره با استفاده از پیشرفت‌های اخیر در فناوری اطلاعات و ارتباطات به نحو موثری بهبود یافته است. جریان‌های اطلاعاتی در زنجیره تامین انرژی‌های تجدیدپذیر می‌تواند در برگزیده اطلاعات مربوط به تعاملات بین محیط زیست و بخش‌های اقتصادی و اجتماعی در استفاده از این نوع انرژی‌ها باشد.

۲-۳- تدوین شاخص‌های زنجیره تامین انرژی‌های تجدیدپذیر برای رسیدن به توسعه پایدار

یکی از روش‌های ارزیابی وضعیت زنجیره تامین انرژی در کشور، بررسی شاخص‌های اصلی توسعه‌ی پایدار در این حوزه می‌باشد. توسعه پایدار در حقیقت ایجاد تعادل میان توسعه و محیط زیست است. پایداری می‌تواند چهار جنبه داشته باشد: پایداری در منابع طبیعی، پایداری سیاسی، پایداری اجتماعی و پایداری اقتصادی؛ بنابراین توسعه پایدار تنها بر جنبه زیست محیطی اتفاقی تمرکز ندارد بلکه به جنبه‌های اجتماعی و اقتصادی آن هم توجه می‌کند و محل تلاقی جامعه، اقتصاد و محیط زیست است. به همین دلیل اغلب توسعه پایدار را در سه محور اصلی زیست محیطی، اقتصادی و اجتماعی مورد بررسی قرار می‌دهند. گزارش‌های مربوط به توسعه پایدار انرژی‌های تجدیدپذیر، اغلب مجموعه‌ای از شاخص‌ها را برای اندازه‌گیری عملکرد پایداری معرفی می‌کنند. در این گزارش‌ها، مولفه‌های توسعه پایدار تبدیل به شاخص‌های قابل اندازه‌گیری در حوزه‌های اقتصادی، زیست محیطی و اجتماعی شده و اطلاعاتی را درباره نحوه حرکت به سمت آن را فراهم می‌آورند (اپستل و دیگران، ۲۰۱۶). اصولاً شاخص‌های تهیه شده مورد قبول همگان نیستند، بطوریکه تاکنون یکسری شاخص‌های مشترک تهیه نشده است تا مورد پذیرش همگان باشد. تنوع جغرافیایی محیط‌های انسانی و طبیعی ایجاب می‌کند که شاخص‌هایی متناسب با وضعیت محلی و زمینه مورد تحقیق انتخاب شود که قابل مشاهده، قابل برآورد، بیان‌کننده ویژگی منحصر به فرد تا حد ممکن جامع و کلی، قابل تولید مجدد، نسبت به زمان و مکان حساس، نشان‌دهنده روند تغییرات، وابسته به تاثیرات انسانی، به طور مفهومی قابل کاربرد و برای جمع‌آوری ساده باشند.

بدین ترتیب به تفکیک، شناسایی و استخراج شاخص‌های مربوط به انرژی‌های تجدیدپذیر در هر سطح (لایه) از زنجیره تامین آن و سپس در هر بعد از ابعاد سه‌گانه پایداری پرداخته می‌شود. این شاخص‌ها به منظور اندازه‌گیری عملکرد پایداری در گزارش‌های جهانی مربوط به انرژی‌های تجدیدپذیر و اسناد توسعه پایدار انرژی‌های تجدیدپذیر در ایران شناسایی و استخراج شده است.

جدول شماره ۱. شاخص‌ها در سطوح زنجیره تامین در ابعاد توسعه پایدار

سطوح	ابعاد توسعه پایدار	شاخص‌ها
تامین کنندگان	اقتصادی	۱. نرخ گسترش انرژی‌های تجدیدپذیر ۲. ظرفیت تولید برق از انرژی‌های تجدیدپذیر و پسماند در کل کشور طی سال ۳. سرانه مصرف نهایی انرژی به تفکیک حامل‌ها ۴. سهم منابع تجدیدپذیر ۵. میزان سرمایه‌گذاری برای انرژی‌های تجدیدپذیر در ایران

۶. غلظت مواد الاینده در محیط های شهری	زیست محیطی	توزیع کنندگان
۷. درصدی از منابع دیگر که به جای منابع فعلی میتواند مصرف شود	اجتماعی	
۸. درصد جمعیتی که مشکلات جدی تامین انرژی دارند.	اقتصادی	مشتریان
۹. نرخ تغییر انرژی لازم برای برداشت یک واحد از منابع تجدیدپذیر	زیست محیطی	
۱۰. رشد سالانه مصرف نهایی حامل های انرژی در بخش های مختلف	اجتماعی	
۱۱. انرژی لازم برای برداشت یک واحد از منابع تجدیدپذیر	اقتصادی	
۱۲. میزان منابع با توجه به شرایط بومی	زیست محیطی	
۱۳. نرخ رشد بهره‌وری انرژی های تجدیدپذیر	اجتماعی	
۱۴. آلودگی هوا	اجتماعی	
۱۵. میزان تهی سازی منابع تجدیدناپذیر		
۱۶. اثرات مثبت استفاده از تجدیدپذیرها در فرهنگ عمومی جامعه		
۱۷. فشار وارد بر نسل آینده ناشی از نیازهای بیش از حد امروز		

پس از شناسایی و محاسبه شاخص‌ها، ایجاد یک قالب برای سازماندهی آن‌ها به منظور بررسی مناسب بودن و تطبیق داشتن شاخص‌ها با اهداف و اولویت‌های خاص کشور لازم و ضروری می‌باشد. از آنجا که اولین گام‌های اساسی در زمینه کمی کردن توسعه پایدار، همواره همراه با گرایش عمده به سمت تدوین و توسعه شاخص‌ها و معیارهای پایداری بوده است، بدین ترتیب ارزش‌گذاری این شاخص‌ها می‌تواند گام مهمی برای شناسایی آن‌ها بر طبق اولویت‌ها و اهداف خاص کشور، برای توسعه‌ی پایدار باشد؛ بنابراین پس از جداسازی شاخص‌های انرژی‌های تجدیدپذیر، در هر لایه و سپس در هر بعد از زنجیره تامین آن، به منظور ارزش‌گذاری و رتبه‌بندی این شاخص‌ها از تکنیک تحلیل پوششی داده‌ها استفاده می‌شود.

۳- مدل تحلیل پوششی داده‌ها (DEA)

به منظور رتبه‌بندی شاخص‌های ارائه شده، از مدل CCR تحلیل پوششی داده‌ها استفاده می‌شود. این الگو سعی دارد که با انتخاب وزن‌های بهینه، برای متغیرهای ورودی (شاخص‌ها) که طبق نظر خبرگان برای هر شاخص بدست آمده، میزان کارایی را به گونه‌ای بیشتر کند که کارایی سایر واحدها از حد بالای ۱ تجاوز نکند. الگوی پوششی مجموعه‌ای از راه‌حل‌ها را ارائه می‌دهد که این راه‌حل‌ها، حد بالایی را ایجاد می‌کند که تمام مشاهدات را پوشش می‌دهد و به عنوان تحلیل پوششی داده‌ها عینیت می‌بخشد. شکل پوششی این امکان را می‌دهد که ترکیب محدب ایجاد شده، برای هر واحد ناکارا و میزان دخیل بودن واحدهای کارا در این ترکیب به عنوان λ_r مشخص می‌شود؛ بنابراین مزیت اساسی شکل پوششی در نوع جوابی است که برای کارایی واحدهای مختلف بدست می‌دهد. در این پژوهش واحدها همان شاخص‌ها و کارایی واحدها در اینجا ارزش هر شاخص در نظر گرفته شده است؛ بنابراین به منظور ارزش‌گذاری شاخص‌های ارائه شده، میانگین وزنی هر شاخص که طبق نظر خبرگان بدست آمد، بعنوان ورودی به مدل تحلیل پوششی داده‌ها داده شده است. سپس مدل تحلیل پوششی داده‌ها با نرم افزار لینگو ارزش بدست آمده برای هر شاخص را بدست می‌آورد.

$$\text{Min } \theta + \varepsilon \left[\sum_{i=1}^m S_i^- + \sum_{r=1}^s S_r^+ \right] \quad (1)$$

s.t

$$y_{rp} = \sum_{j=1}^n y_{rj} \lambda_j - S_r^+ \quad r = 1, \dots, s \quad (2)$$

$$\theta x_{ip} = \sum_{j=1}^n x_{ij} \lambda_j + S_i^- \quad i = 1, \dots, m \quad (3)$$

$$\lambda_j \geq 0 \quad j = 1, \dots, n \quad (4)$$

$$S_r^+, S_i^- \geq 0 \quad r = 1, \dots, s, \quad i = 1, \dots, m \quad (5)$$

۳-۱- خروجی مدل (DEA)

نتایج خروجی مدل DEA میزان کارایی یا ارزش هر واحد (شاخص) را نشان می‌دهد. این میزان برای هر شاخص مربوط به هر سطح از زنجیره و هر بعد پایداری در جدول شماره ۲ نشان داده شده است.

جدول شماره ۲. خروجی مدل DEA (میزان کارایی و ارزش شاخص‌ها)

X ₉₂₁	X ₈₁₃	X ₇₁₂	X ₆₁₂	X ₅₁₁	X ₄₁₁	X ₃₁₁	X ₂₁₁	X ₁₁₁
۰.۹۲۵۲	۰.۷۸۱۲	۰.۹۱۴۳	۰.۶۰۹۷	۰.۷۸۱۲	۰.۸۴۵۳	۰.۹۲۵۹	۰.۸۰۶۴	۰.۶۵۷۸
-	X ₁₇₃₃	X ₁₆₃₃	X ₁₅₃₂	X ₁₄₃₂	X ₁₃₃₁	X ₁₂₂₃	X ₁₁₂₂	X ₁₀₂₁
-	۰.۸۶۷۴	۰.۷۱۴۳	۰.۷۵۷۵	۰.۹۱۸۹	۰.۷۳۵۲	۰.۸۹۳۲	۰.۶۵۷۸	۰.۷۸۱۲

این نتایج نشان می‌دهد که با ارزش‌گذاری و رتبه‌بندی شاخص‌ها می‌توان در راستای تطابق هر چه بیشتر آن‌ها با اهداف و اولویت‌ها در تصمیم‌گیری گام برداشت. به طور مثال شاخص سوم نسبت به شاخص چهارم ارزش کمتری دارد بنابراین شاخص سوم در تصمیم‌گیری در اولویت قرار خواهد گرفت.

۴- بحث و نتیجه‌گیری

اندازه‌گیری و سنجش میزان توسعه همواره به عنوان یکی از مهمترین موضوعات مورد توجه بسیاری از صاحب‌نظران اقتصادی و توسعه و همچنین سیاستگذاران و برنامه‌ریزان بوده است. زیرا هر کشوری می‌خواهد بداند که جایگاه آن در مقایسه با سایر کشورها از نظر توسعه یافتگی، رشد اقتصادی، رفاه اجتماعی و منابع طبیعی و محیط زیستی چگونه بوده و روندهای آن نیز طی سال‌های گذشته چه سمت و سویی داشته است. بدین ترتیب در این مقاله ابتدا به شناسایی و تدوین شاخص‌های توسعه-ی پایدار در سطوح زنجیره تامین انرژی‌های تجدیدپذیر، در سه بعد اقتصادی، اجتماعی و زیست محیطی توسعه پایدار پرداخته

شد. سپس از روش تحلیل پوششی داده‌ها (DEA) به منظور ارزش‌گذاری و رتبه‌بندی این شاخص‌ها با اهداف و اولویت‌های خاص کشور پرداخته شد تا مدیران و سیاست‌گذاران را برای اتخاذ تصمیمات مناسب جهت توسعه‌ی هر چه بیشتر انرژی‌های تجدیدپذیر در کشور یاری نماید.

منابع

1. Apostol, D., Palmer, J., Pasqualetti, M., Smardon, R., & Sullivan, R. (Eds.). (2016). *The Renewable Energy Landscape: Preserving Scenic Values in our Sustainable Future*. Taylor & Francis.
2. Aslani, A., Helo, P., Feng, B., Antila, E., & Hiltunen, E. (2013). Renewable energy supply chain in Ostrobothnia region and Vaasa city: Innovative framework. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 23, 405-411.
3. Brandenburg, M., Govindan, K., Sarkis, J., & Seuring, S. (2014). Quantitative models for sustainable supply chain management: Developments and directions. *European Journal of Operational Research*, 233(2), 299-312.
4. Christopher, M. (2016). *Logistics & supply chain management*. Pearson UK.
5. Eskandarpour, M., Dejax, P., Miemczyk, J., & Péton, O. (2015). Sustainable supply chain network design: an optimization-oriented review. *Omega*, 54, 11-32.
6. Gold, S., Seuring, S., & Beske, P. (2010). Sustainable supply chain management and inter-organizational resources: a literature review. *Corporate social responsibility and environmental management*, 17(4), 230-245.
7. Hitt, M. A. (2011). Relevance of strategic management theory and research for supply chain management. *Journal of Supply Chain Management*, 47(1), 9-13.
8. Isaksson, R., Johansson, P., & Fischer, K. (2010). Detecting supply chain innovation potential for sustainable development. *Journal of business ethics*, 97(3), 425-442.
9. Klein, S. J., & Coffey, S. (2016). Building a sustainable energy future, one community at a time. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 60, 867-880.
10. Kostevšek, A., Klemeš, J. J., Varbanov, P. S., Papa, G., & Petek, J. (2016). The concept of an ecosystem model to support the transformation to sustainable energy systems. *Applied Energy*, 184, 1460-1469.
11. Lusch, R. F. (2011). Reframing supply chain management: a service-dominant logic perspective. *Journal of Supply Chain Management*, 47(1), 14-18.
12. Richey, R. G., Roath, A. S., Whipple, J. M., & Fawcett, S. E. (2010). Exploring a governance theory of supply chain management: barriers and facilitators to integration. *Journal of Business Logistics*, 31(1), 237-256.
13. Seuring, S. (2011). Supply chain management for sustainable products—insights from research applying mixed methodologies. *Business Strategy and the Environment*, 20(7), 471-484.
14. Sitek, P., & Wikarek, J. (2015). A hybrid framework for the modelling and optimisation of decision problems in sustainable supply chain management. *International Journal of Production Research*, 53(21), 6611-6628.
15. Wee, H. M., Yang, W. H., Chou, C. W., & Padilan, M. V. (2012). Renewable energy supply chains, performance, application barriers, and strategies for further development. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16(8), 5451-5465.
16. Wu, M. H., Ng, T. S., & Skitmore, M. R. (2016). Sustainable building envelope design by considering energy cost and occupant satisfaction. *Energy for sustainable development*, 31, 118-129.

Data Envelopment Analysis Method to Measure Supply Chain Sustainability

Nazih Gorji¹, Nikbakhsh Javadian²

1. Master Student in Industrial Engineering, Mazandaran University of Science and Technology, Iran

2. Associate Professor, Department of Industry, Faculty of Industry, Mazandaran University of Science and Technology, Iran

Abstract

Sustainability assessment for the supply chain is a tool that informs policy makers and planners about their options. In this regard, the evaluation of related sustainability indicators can play an important role in evaluating different options for policy makers and planners, and defining a set of sustainability indicators for the supply chain can be an important step in sustainability assessment. It should be noted that indicators do not only show statistics and supply chain information, but the use of these indicators will give a deeper understanding of the interactions between the environment and the social and economic sectors. In this paper, the indices of renewable energy supply chain are analyzed at three levels of supplier, distributor and customer. Then, sustainability dimensions including economic, social and environmental dimensions at each level of the chain of research and indicators related to each dimension of identification and Extracted and evaluated using DEA technique. Data Envelopment Analysis can be one of the methods for calculating the efficiency or value for indicators. By using this method, it is possible to identify more efficient indicators for achieving sustainability by determining the relative efficiency or value for each indicator.

Keywords: Sustainability, Supply Chain, Data Envelopment Analysis.
