Archive of SID

2th International Conference on Industrial Management
19 & 20 April 2017
دومین کنفرانس بین المللی مدیریت صنعتی
(30 و 31 فروردین 1396)

اولویت بندی منابع انرژی تجدیدپذیر برای ایران با استفاده از روش ترکیبی GREY- DEMATEL - ELECTRE III

اکبر یوسفی[1]، سلمان نظری شیرکوهی[2*]

[1] دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی صنایع، دانشکده فنی فومن، پردیس دانشکده فنی، دانشگاه تهران، ایران؛ akbar.yousefi@ut.ac.ir
[2]استادیار گروه مهندسی صنایع، دانشکده فنی فومن، پردیس دانشکده های فنی دانشگاه تهران، دانشگاه تهران، ایران.
[*]عهده دار مکاتبات: snnazari@ut.ac.ir

چکیده

انرژی‌های تجدیدپذیر و پاک با توجه به محدود بودن منابع سوخت‌های فسیلی و آلودگی محیط زیست می‌توانند به اولین گزینه برای تولید انرژی تبدیل شوند. کشور ما نیز به دلیل موقعیت جغرافیایی، ظرفیت‌های متعددی در حوزه تولید انرژی‌های تجدیدپذیر دارد و همین موضوع باعث شده است که ضرورت توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر در دستور کار مسئولین قرار گیرد. در این مقاله روش GREY-DEMATEL به عنوان یک ابزار تصمیم گیری قدرتمند برای ایجاد روابط ساختاری میان معیارهای انتخاب بهترین انرژی تجدیدپذیر و شناسایی معیارهایی که بیشترین تاثیر در انتخاب انرژی تجدیدپذیر دارند، مورد استفاده قرار گرفته است. همچنین روش ELECTRE III برای انتخاب بهترین انرژی تجدیدپذیر جایگزین سوخت‌های فسیلی استفاده شده است. نتایج حاصله نشان می‌دهد که انرژی زیست توده نسبت به سایر انرژی‌ها دارای اولویت بالاتر است. البته باید به این نکته توجه داشت که منابع انرژی که در اولویت پایین‌تری قرار می‌گیرند به معنای بی‌ارزش بودن آن‌ها نمی‌باشد.

کلمات کلیدی

انرژی‌های تجدیدپذیر، GREY-DEMATEL، ELECTRE III

1- مقدمه

انرژی به عنوان یک جزء اساسی از جامعه مدرن و زندگی، دارای تاثیر مستقیم بر روی هر یک از فعالیت‌های انسانی و نقش مهمی در توسعه اجتماعی و اقتصادی ایفا می‌کند ، در واقع انرژی عمیقا در هر جزء از توسعه انسان از قبیل مسائل اقتصادی، اجتماعی و زیست محیطی تعبیه شده است (Ahmad & Tahar, 2014)، (Tang & Tan, 2013). تولید انرژی از سوخت های فسیلی یکی از علل مهم انتشار گازهای گلخانه‌ای و تغیرات آب‌وهوایی است (Taufiq et al., 2007). به منظور کنترل این اثرات، بسیاری از روش‌ها توسط دانشمندان و پژوهشگران مانند بهینه‌سازی مصرف انرژی و استفاده از منابع انرژی تجدیدپذیر پیشنهاد شده است. این روش‌ها در حال حاضر توسط کشورهای توسعه‌یافته استفاده می‌شود و به نظر می‌رسد که انرژی‌های تجدیدپذیر، منابع اصلی انرژی برای جهان در آینده خواهد بود (Mohammadnejad, Ghazvini, Mahlia, & Andriyana, 2011).

ایران در جنوب غرب آسیا با مساحت 1648195 کیلومترمربع واقع شده است. جمعیت ایران از 61.83

www.SID.ir

Archive of SID

میلیون نفر در سال 1998 به 78.6 میلیون نفر در سال 2015 افزایش یافته است (Sorapipatana & Yoosin, 2011)، (Mazandarani, Mahlia, Chong, & Moghavvemi, 2010). مانند بسیاری از کشورهای در حال توسعه، صنعتی سازی در ایران با اثر افزایش مصرف انرژی به همراه است. بخش انرژی ایران تا حدود زیادی بستگی به نفت خام و گاز طبیعی دارد. سهم نفت خام در تامین انرژی در ایران 54.3 درصد و سهم گاز طبیعی 44.3 درصد در سال 2014 بوده است. سهم منابع انرژی های دیگر مانند زغال سنگ، زیست توده، برق آبی، انرژی باد و خورشید فقط 1.4 درصد بوده است که در مقایسه با کشورهای دیگر بسیار پایین است (Husnawan, Masjuki, Mahlia, & Saifullah, 2009).

کاهش سوخت ذخایر فسیلی و اثرات نامطلوب انتشار گازهای گلخانه ای بر آب و هوا دو عامل اصلی بر ضرورت افزایش سهم انرژی تجدیدپذیر و پایدار در مصرف انرژی در ایران هستند، بنابراین وابستگی ایران به سوخت های فسیلی اثرات سوء بر اقتصاد کشور خواهد داشت، پس استفاده از منابع انرژی تجدیدپذیر باید به عنوان یک اولویت در برنامه دولت قرار گیرد (Yazdanpanah, Komendantova, & Ardestani, 2015).

در این وضعیت، انرژی‌های تجدیدپذیر مانند خورشیدی، زمین گرمایی، توربین های بادی، برق آبی و زیست توده می‌توانند به عنوان یکی از گزینه‌ها برای برآورده کردن تقاضای انرژی با تولید انرژی کم‌کربن استفاده شوند (Komendantova, Patt, Barras, & Battaglini, 2012).

این مطالعه لیست دقیق و کامل از معیارهای اقتصادی، فنی، اجتماعی، محیط زیست و سیاسی برای اولویت بندی منابع انرژی تجدیدپذیر فراهم می کند.

هیچ گاه تمامی انرژی‌ها به طور یکسان مورد توجه سازمان قرار نخواهد گرفت، زیرا از میان انرژی‌های جایگزین، باید مجموعه‌ای از انرژی‌های مناسب مورد توجه قرار گیرند. انتخاب انرژی‌های جایگزین مناسب وظیفه‌ای دشوار است، زیرا باید ابعاد و معیارهای زیادی را به طور هم‌زمان در نظر گرفت. در این پژوهش از روش ترکیبی GREY–DEMATEL–ELECTRE III برای ارزیابی معیارها و انتخاب بهترین گزینه استفاده کرده‌ایم.

اعداد خاکستری روشی بسیار موثر در مواجهه با مشکلات عدم اطمینان همراه با اطلاعات ناشناخته و ناکامل است. در عمل نیز قضاوت تصمیم‌گیرندگان اغلب نامطمئن بوده و به وسیله مقادیر عددی دقیق قابل بیان نیستند. بنابراین از اعداد خاکستری برای مطالعه عدم اطمینان و ناکامل بودن اطلاعات استفاده کرده‌ایم.

از روش DEMATEL برای شناسایی و اهمیت موانع استفاده شده است. مزیت این روش نسبت به روش-های دیگر این است که ارتباطات متقابل بین موانع را در نظر می‌گیرد به طوری که متخصصان قادرند با تسلط بیشتری به بیان نظرات خود در رابطه با اثرات میان موانع بپردازند. همچنین ساختاردهی به موانع در قالب گروه‌های علت و معلولی یکی دیگر از مزیت‌های این روش نسبت به سایر روش‌هایی است که دیگر پژوهشگران استفاده کرده‌اند.

از تکنیک ELECTRE III برای ارزیابی گزینه‌ها استفاده شده است. تکنیک ELECTRE III دارای مزیت‌هایی مانند مفاهیم برتری و حدود آستانه بی‌تفاوتی است که در سایر روش‌ها به چشم نمی‌خورد. همچنین در این تکنیک دو مفهوم سازگاری و ناسازگاری به صورت توابع فازی تعریف می‌شوند و از این طریق معیارهای کمی و کیفی برای ارزیابی راه‌حل‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرند. سازماندهی بخش های مقاله به صورت زیر

www.SID.ir

Archive of SID

است: در بخش 2 به بررسی انرژی‌های تجدیدپذیر در ایران پرداخته شده‌است. بخش 3 در مورد روش GREY-DEMATEL برای شناسایی اهمیت معیارهای ارزیابی انرژی‌های تجدیدپذیر و روش ELECTRE III برای ارزیابی انرژی‌های تجدیدپذیر، بحث می‌کند. مطالعه موردی به عنوان استفاده از این مدل در بخش 4 نشان داده شده‌است. در نهایت نتایج در بخش 5 ارائه شده‌است.

2- انرژی‌های تجدیدپذیر در ایران

دسترسی کشورهای درحال توسعه به انواع منابع جدید انرژی، برای توسعه اقتصادی آنها اهمیت اساسی دارد و پژوهش‌های جدید نشان داده که بین سطح توسعه یک کشور و میزان مصرف انرژی آن، رابطه مستقیمی برقرار است.

درکشورما نیز، با توجه به نیاز روز افزون به منابع انرژی و کم شدن منابع انرژی فسیلی، ضرورت سالم نگه داشتن محیط زیست، کاهش آلودگی هوا، محدودیت های برق رسانی و تأمین سوخت برای نقاط و روستاهای دورافتاده و... استفاده از انرژی های نو مانند: انرژی باد، انرژی خورشیدی، انرژی های زمین گرمایی، انرژی آبی و زیست توده می تواند جایگاه ویژه ای داشته باشند.

حال به بررسی وضعیت انواع انرژی های تجدیدپذیر در ایران می پردازیم:

2-1 انرژی باد

ایران در یک محل کم فشار واقع شده است و جریان‌های باد قوی در تابستان و زمستان در برخی از نقاط کشور وارد می‌شوند.کشور در حالت کلی تحت تاثیر دو جریان باد اصلی قرار می‌گیرد:

1. بادهایی از اقیانوس اطلس و دریای مدیترانه و همچنین از آسیای مرکزی در زمستان
2. بادهایی از اقیانوس هند و اقیانوس اطلس در تابستان

یک مطالعه که توسط دانشگاه صنعتی شریف در ایران صورت گرفته است، نشان می‌دهد که در 26 مکان از کشور پتانسیل انرژی باد بیش از 6500 مگاوات برآورد شده است. اما سهم آن در تولید برق با استفاده از انرژی باد در جهان تنها 0/04 درصد است (Mostafaeipour, Jadidi, Mohammadi, & Sedaghat, 2014).

مزایای استفاده از انرژی باد شامل رایگان بودن انرژی باد، کمتر بودن هزینه سرمایه گذاری در بلند مدت، تنوع بخشیدن به منابع انرژی و ایجاد سیستم پایدار انرژی، عدم نیاز به آب و زمین زیاد برای نصب، نداشتن آلودگی محیط زیست نسبت به سوخت‌های فسیلی و ... است. ایران یکی از کشورهایی است که به تازگی توجه زیادی برای نصب و همچنین توربین‌های بادی پرداخته است. انرژی های بادی می‌تواند یه جایگزین مناسب برای سوخت‌های فسیلی و یکی از مهم‌ترین روش‌های تولید برق باشد (Mostafaeipour, 2010).

2-2 انرژی خورشیدی

انرژی خورشیدی یک منبع دائمی از انرژی طبیعی است که پتانسیل بسیار زیادی برای طیف گسترده‌ای از برنامه‌های کاربردی با توجه به فراوانی و در دسترس بودن، دارد. ما می‌توانیم ضبط و تبدیل انرژی خورشیدی را به اشکال مفید از انرژی مانند گرما و برق را با استفاده از فن‌آوری‌های مختلف انجام دهیم (Ramedani, Omid, & Keyhani, 2013).

ایران کشوری است با وجود 300 روز آفتابی در سال و متوسط تابش 4.5 – 5.5 کیلووات ساعت بر متر مربع در روز یکی از کشورهای با پتانسیل بالا در زمینه انرژی خورشیدی معرفی شده است. برخی از کارشناسان

www.SID.ir

Archive of SID

انرژی خورشیدی گام را فراتر نهاده و در حالتی آرمانی ادعا می‌کنند که ایران در صورت تجهیز مساحت بیابانی خود به سامانه‌های دریافت انرژی تابشی می‌تواند انرژی مورد نیاز بخش‌های گسترده‌ای از منطقه را نیز تأمین و در زمینه صدور انرژی برق فعال شود (Najafi, Ghobadian, Mamat, Yusaf, & Azmi, 2015).

2-3 انرژی برق آبی

امروزه نیروگاه‌های آبی بیشترین سهم را در تولید برق جهان دارند. در حال حاضر گرایش عمومی تولید برق در جهان، بیشتر متوجه احداث نیروگاه‌های برق آبی است. تولید برق در نیروگاه‌های برق آبی از مزایایی برخوردار است که باعث شده است در جهان، به‌ویژه در کشورهایی که از منابع آب نسبتا قابل توجهی برخوردار هستند، مورد استقبال قرار گیرد (Masih, Uhlenbrook, Turral, & Karimi, 2009).

نیروگاه‌های برق آبی نقش موثری در پایداری شبکه برق و بویژه تامین برق مورد نیاز شبکه سراسری در ساعات اوج مصرف دارند. بیشترین مزیت استفاده از انرژی برق آبی، عدم نیاز به استفاده از سوخت‌های فسیلی و در نتیجه حذف هزینه‌های مربوط به تامین آن است.

ایران به دلیل وجود منابع آبی زیاد از جمله رود کارون، دریاچه ارومیه، دریاچه هامون و .... پتانسیل زیادی برای انرژی برق آبی دارد و می‌تواند جایگزین مناسبی برای سوخت‌های فسیلی باشد (Mohammadnejad et al., 2011).

2-4 انرژی زمین گرمایی

در حقیقت زمین منبع عظیمی از انرژی حرارتی می باشد. هر چه به اعماق زمین نزدیکتر می شویم حرارت آن افزایش می یابد بطوریکه این حرارت در هسته زمین به بیش از پنج هزار درجه سانتیگراد می رسد. این حرارت به طریقه های متفاوتی از جمله فورانهای آتشفشانی، آبهای موجود در درون زمین و یا بواسطه خاصیت رسانایی از بخش هایی از زمین به سطح آن هدایت می شود..

استفاده از انرژی زمین گرمایی به دو بخش عمده تولید برق، و استفاده مستقیم از انرژی حرارتی طبقه بندی می گردد. استفاده از انرژی زمین گرمایی برای تولید برق بطور کلی در نیروگاههای زمین گرمایی از انرژی سیال خروجی از چاههای حفر شده جهت به چرخش درآوردن توربو ژنراتورها و در نتیجه تولید برق استفاده می کنند (Noorollahi, Yousefi, Itoi, & Ehara, 2009).

کاربردهای استفاده مستقیم از انرژی زمین گرمایی عبارتند از: ایجاد استخرهای شنا و مراکز آب درمانی، گرمایش ساختمانها، استفاده های کشاورزی (زراعت گلخانه ای و دامداریها) پرورش آبزیان، فرایندهای صنعتی وذوب برف در معابر.

موقعیت قرارگیری ایران در مرزهای تکتونیکی، نیروی عظیم نهفته در کالبد کشور را نشان می‌دهد. فشار صفحه‌ای قاره‌ای عربسان و صفحه اقیانوس هند از سوی دیگر باعث تغییر شکل وسیعی در ایران شده‌است که چین‌خوردگی‌های منطقه زاگرس و راندگی آن، شواهد سطحی عظیم این نیروها هستند. قرارگرفتن در کمربند آتشفشانی باعث شده‌است که گستره ایران از لحاظ زمین ساختاری، بسیار فعال بوده و از پتانسیل بالای انرژی زمین گرمایی بهره‌مند باشد و وجود فعالیت‌های آتشفشانی و چشمه‌های آب گرم فراوان، گواه بر این مدعی است (Mohammadnejad et al., 2011).

2-5 انرژی زیست توده

www.SID.ir

Archive of SID

زیست توده به عنوان چهارمین منبع اصلی انرژی بشر و به عنوان بزرگترین منبع انرژی تجدیدپذیر در جهان محسوب می‌گردد. همچنین مهم‌ترین منبع انرژی در کشورهای در حال توسعه است که حدود سه چهارم از جمعیت جهان در آن زندگی می‌کنند. زیست توده قابلیت تولید برق، حرارت، سوخت‌های گازی، مایع، جامد با انواع کاربردهای مفید شیمیایی را داراست. منابع زیست تودهی شامل فضولات دامی، محصولات انرژی زا، ضایعات کشاورزی و جنگلی، ضایعات غذایی، پسماندهای شهری، فاضلاب‌های شهری و صنعتی است.

پتانسیل زیست توده سالانه ایران از نظر کشاورزی، دامی و ضایعات شهری به ترتیب $8.78*10^6$ ، $7.7*10^6$ ،$3*10^6$ تن است. علاوه بر این، کاشت صنوبر و ریزجلبک‌ها می‌تواند نقش مهمی در بازیابی انرژی آینده در ایران داشته باشد (Hamzeh, Ashori, Mirzaei, Abdulkhani, & Molaei, 2011).

3- روش تحقیق

در این قسمت برخی ملزومات نظریه خاکستری، روشDEMATEL و ELECTRE III به طور مختصر تعریف می‌کنیم.

3-1 نظریه خاکستری

نظریه سیستم خاکستری را می‌توان برای حل مشکلات عدم قطعیت در موارد با داده‌های گسسته و اطلاعات ناقص استفاده کرد (Julong, 1989). مزیت عمده آن توانایی تولید نتایج رضایت بخش با استفاده از یک مقدار نسبتا کمی از داده‌ها است یا هنگامی که تنوع زیادی در عوامل وجود دارد (Li, Tan, & Lee, 1997). نظریه سیستم خاکستری یک روش برای تجزیه و تحلیل و مدلسازی سیستم‌های با اطلاعات محدود و ناقص فراهم می‌کند، که ممکن است عدم قطعیت تصادفی نشان دهد. نظریه سیستم خاکستری دارای کاربردهای موفق بسیاری در زمینه‌های مانند اقتصاد، کشاورزی، پزشکیف جغرافیا، بلایای طبیعی، صنعت و غیره است. در سال-های اخیر، نظریه سیستم خاکستری یک روش موثر برای مقابله با عدم‌قطعیت و مشکلات ناقص بوده است. ما در حال حاضر به معرفی برخی از نمادهای عمومی و عملیات برای سیستم‌های خاکستری می‌پردازیم.

فرض کنید X به مجموعه بسته و محدود از اعداد حقیقی دلالت می‌کند. $\otimes X$ اعداد خاکستری است که به عنوان یک بازه زمانی با مرزهای بالایی و پایینی شناخته شده‌است، اما اطلاعات توزیع ناشناخته برای X تعریف شده است.

$$\otimes X = \left[\underline{\otimes} X , \overline{\otimes} X \right] = \left[X' \in X \mid \underline{\otimes} X \le X' \le \overline{\otimes} X \right]$$

که $\underline{\otimes} X$ و $\overline{\otimes} X$ مرزهای پایینی و بالایی $\otimes X$ می‌باشند.

3-2- روش DEMATEL

تکنیک DEMATEL که از انواع روش‌های تصمیم‌گیری بر اساس مقایسه‌های زوجی است، با بهره‌مندی از قضاوت خبرگان در استخراج عوامل یک سیستم و ساختاردهی نظام‌مند به آنها با بکارگیری اصول نظریه گراف‌ها، ساختاری سلسله‌مراتبی از عوامل موجود در سیستم همراه با روابط تاثیر و تاثر متقابل ارائه می‌دهد، بگونه‌ای که شدت اثر روابط مذکور را به صورت امتیاز عددی معین می‌کند. روش DEMATEL جهت شناسایی و بررسی رابطه متقابل بین معیارها و ساختن نگاشت روابط شبکه به کار گرفته می‌شود (Xia, Govindan, & Zhu, 2015).

www.SID.ir

Archive of SID

- در نظرگرفتن ارتباطات متقابل؛ مزیت این روش نسبت به تکنیک تحلیل شبکه ای، روشنی و شفافیت آن در انعکاس ارتباطات متقابل میان مجموعه‌ی وسیعی از اجزاء می‌باشد. به طوری که متخصصان قادرند با تسلط بیشتری به بیان نظرات خود در رابطه با اثرات (جهت و شدت اثرات) میان عوامل بپردازند.

- ساختاردهی به عوامل پیچیده در قالب گروه‌های علت و معلولی. این مورد یکی از مهمترین کارکردها و یکی از مهم ترین دلایل کاربرد فراوان آن در فرایندهای حل مسئله است. بدین صورت که با تقسیم بندی مجموعه‌ی وسیعی از عوامل پیچیده در قالب گروه های علت‌ومعلولی، تصمیم‌گیرنده را در شرایط مناسب‌تری از درک روابط قرار می‌دهد. این موضوع سبب شناخت بیشتری از جایگاه عوامل و نقشی که در جریان تاثیرگذاری متقابل دارند، می‌شود (Lin, 2013).

چهار مرحله برای انجام تکنیک DEMATEL شناسائی کرده‌اند:

۱- تشکیل ماتریس ارتباط مستقیم (M) : زمانیکه از دیگاه چندنفر استفاده می‌شود از میانگین ساده نظرات استفاده می‌شود و M را تشکیل می‌دهیم.

۲- نرمال کردن ماتریس ارتباط مستقیم

$$N = K * M \quad (1)$$

که در این فرمول K به صورت زیر محاسبه می‌شود. ابتدا جمع تمامی سطرها و ستون‌ها محاسبه می‌شود. معکوس بزرگترین عدد سطر و ستون k را تشکیل می‌دهد.

$$K = \frac{1}{\sum_{j=1}^{n} aij} \quad (2)$$

3- محاسبه ماتریس ارتباط کامل

$$T = N(N - I)^{-1} \quad (3)$$

4- ایجاد نمودار علی

- جمع عناصر هر سطر(D) (میزان تاثیر گذاری متغیرها).
- جمع عناصر ستون (R) (میزان تاثیرپذیری متغیرها).
- بنابراین بردار افقی (D + R) میزان تاثیر و تاثر عامل مورد نظر در سیستم است.
- بردار عمودی (D - R) قدرت تاثیرگذاری هر عامل را نشان می‌دهد.

3-3- روش ELECTRE III

هر مساله تصمیم‌گیری به دو مرحله اصلی تقسیم می‌شود. مرحله اول، مرحله ارزیابی است. در این مرحله شاخص‌های کلیدی ارزیابی گزینه‌ها تعیین می‌شوند. نتیجه این مرحله تشکیل ماتریس تصمیم‌گیری است. مرحله دوم نیز مرحله انتخاب می‌باشد که اساس آن رتبه بندی گزینه‌ها توسط ماتریس تصمیم‌گیری است (Carlsson & Fullér, 1996).

در مقابل روش‌های سنتی که دو رابطه برتری و بی‌تفاوتی را در مقایسه دو گزینه در نظر می‌گرفتند، روش

www.SID.ir

Archive of SID

ELECTRE III مفهوم ارزش آستانه بی‌تفاوتی، q، ارزش آستانه برتری، p، و روابط برتری را در نظر می‌گیرد.

در ادامه مراحل تکنیک ELECTRE III جهت تعیین چارچوب محاسبات صورت گرفته تشریح می‌گردد.

گام اول: محاسبه هماهنگی

اگر Kj ضریب اهمیت یا وزن مختص به هر شاخص j باشد. پارامتر هماهنگی کل توسط رابطه (8) محاسبه می‌گردد که پیش از آن لازم است هماهنگی هر دو گزینه به ازای هر شاخص $C_{j(a,b)}$ توسط رابطه (6) محاسبه گردد.

$$C(a,b) = \frac{1}{K}\sum K_j C_j(a,b) \tag{4}$$

$$K = \sum_{j=1}^{r} K_j \tag{5}$$

$$C_j(a,b) = \begin{cases} 1 & g_j(a) + q_j \geq g_j(b) \\ 0 & g_j(a) + P_j \leq g_j(b) \\ \dfrac{P_j + g_j(a) - g_{j(b)}}{P_j - q_j} & o.w \end{cases} \tag{6}$$

گام دوم: محاسبه ناهماهنگی

برای محاسبه ناهماهنگی، ارزش آستانه دیگری به نام ارزش وتو را باید تعریف کرد. ارزش آستانه وتو (V_J) این امکان را دارد تا اعتبار a S b را به طور کامل رد کند، اگر برای هر شاخص j رابطه‌ای به این صورت باشد، $g_j(b) \geq g_j(a) + V_j$. اندیس ناهماهنگی برای هر دو گزینه به ازای هر شاخص به صورت رابطه (7) محاسبه می‌گردد:

$$d_j(a,b) = \begin{cases} 0 & g_j(a) + P_j \geq g_j(b) \\ 1 & g_j(a) + V_j \leq g_j(b) \\ \dfrac{g_j(b) - g_j(a) - p}{V_j - P_j} & o.w \end{cases} \tag{7}$$

گام سوم: بررسی درجه اعتبار رابطه غیررتبه‌ای S

برای هر جفت از گزینه‌های $A \in (a,b)$ مقادیر هماهنگی و ناهماهنگی به دست می‌آید. درجه اعتبار برای هر جفت از گزینه‌های $A \in (a,b)$ به صورت رابطه (8) تعریف می‌گردد:

$$C_j(a,b) = \begin{cases} C(a,b) & d_j(a,b) \leq C(a,b) \\ C(a,b).\sqcap \dfrac{1 - d_j(a,b)}{1 - c(a,b)} & g_j(a) + P_j \leq g_j(b) \end{cases} \tag{8}$$

www.SID.ir

Archive of SID

گام چهارم: رتبه بندی گزینه‌ها

گام بعدی در روش ELECTRE III بهره برداری از این مدل و ایجاد رتبه بندی نهایی گزینه‌ها از اطلاعات موجود در ماتریس اعتبار است. روش عمومی برای بهره‌برداری از این ساختار تولید دو پیش رتبه‌بندی صعودی و نزولی Z_1 و Z_2 است که از ترکیب آنها $Z = Z_1 \cap Z_2$ رتبه بندی نهایی روش حاصل می‌شود. برای این منظور باید پارامتر λ توسط رابطه (9) تعیین گردد:

$$\lambda = \begin{cases} maxS(a,b) \\ (a,b) \in A \end{cases} \quad (9)$$

این پارامتر مقدار اعتباری را معین می‌کند که تنها مقادیری از $S(a,b)$ که نزدیک به آن هستند مورد ملاحظه قرار می‌گیرند. پارامتر جدیدی به نام $S(\lambda)$ معرفی می‌شود که $S(\lambda)$ برابر $\lambda\alpha + \beta$ است. در نهایت باید مقدار $\lambda - S(\lambda)$ را محاسبه نمود. بر این اساس ماتریس T به صورت رابطه (10) تعریف می‌شود:

$$T(a,b) = \begin{cases} 1 & S(a,b) \geq \lambda - S(\lambda) \\ 0 & O.W \end{cases} \quad (10)$$

سپس مطلوبیت برای هر گزینه با $Q(a)$ نشان داده می‌شود که به مفهوم تعداد گزینه‌هایی است که گزینه a بر آنها غلبه کرده است منهای تعداد گزینه‌هایی که برتر از a بوده‌اند، $Q(a)$ به بیان ساده برابر مجموع اعداد موجود در سطر منهای مجموع اعداد موجود در ستون‌های ماتریس T برای هر گزینه تعریف می‌شود. در فرآیند نزولی، مجموع گزینه‌هایی که دارای بیشترین و بزرگ‌ترین مطلوبیت هستند رتبه‌های بالا را به خود اختصاص می‌دهند. پس از خروج گزینه‌های دارای بالاترین مطلوبیت از فرآیند، مجددا با محاسبه λ و $S(\lambda)$ فرآیند ادامه می‌یابد تا رتبه تمامی گزینه‌ها مشخص شود. نتیجه بدست آمده پیش رتبه‌بندی Z_1 با عنوان رتبه‌بندی نزولی خواهد بود. نتایج صعودی به روش مشابهی بدست می‌آید با این تفاوت که ابتدا گزینه‌هایی که دارای کمترین مطلوبیت هستند مورد استفاده قرار می‌گیرند.

4- GREY–DEMATEL–ELECTRE III پیشنهاد شده برای ارزیابی انرژی‌های تجدیدپذیر در ایران

چارچوب GREY–DEMATEL–ELECTRE III پیشنهاد شده برای اولویت بندی راه حل های پذیرش مدیریت دانش در زنجیره تامین برای غلبه بر موانع، شامل 3 مرحله زیر است:

4-1 شناسایی معیارها و انرژی‌های تجدیدپذیر مناسب جایگزین سوخت‌های فسیلی در ایران

در اولین مرحله، گروه تصمیم گیری وجوددارد‌که تشکیل یافته از مدیران در زمینه انرژی هستند. سپس معیارهای ارزیابی انرژی‌های تجدیدپذیر از طریق بازنگری اثار مشخص شده و نظر کارشناسان انتخاب شده است. در نتیجه کارشناسان 16 معیار موجود در جدول (1) را به عنوان موانع اصلی و همچنین 5 گزینه موجود در جدول (2) را به عنوان بهترین انرژی‌های تجدیدپذیر، انتخاب کرده‌اند.

جدول (1): معیارها و زیرمعیارهای ارزیابی انرژی تجدیدپذیر

معیار اصلی		معیار فرعی	ارجاع
اقتصادی	B1	هزینه تحقیق و توسعه	(Cannemi, García-Melón, Aragonés-Beltrán, & Gómez-Navarro, 2014

www.SID.ir

Archive of SID

	B2	هزینه تعمیر و نگهداری	(Şengül, Eren, Shiraz, Gezder, & Şengül, 2015)
	B3	عمر موثر	(Şengül et al., 2015)
	B4	هزینه تکنولوژیکی	(Ahmad & Tahar, 2014)
فنی	B5	بلوغ فناوری	(Kabak & Dağdeviren, 2014)
	B6	ضریب بهره‌وری	(Mattiussi, Rosano, & Simeoni, 2014)
	B7	قابلیت اطمینان	(Şengül et al., 2015)
	B8	در دسترس بودن منابع	(Mattiussi et al., 2014)
اجتماعی	B9	پذیرش اجتماعی	(Kabak & Dağdeviren, 2014)
	B10	ایجاد شغل	(Ahmad & Tahar, 2014)
	B11	رفاه اجتماعی	(Şengül et al., 2015)
محیط زیست	B12	نیاز زمین	(Şengül et al., 2015)
	B13	تولید گاز گلخانه‌ای	(Şengül et al., 2015)
	B14	تاثیر بر محیط زیست	(Mattiussi et al., 2014)
سیاسی	B15	امنیت انرژی ملی	(Kahraman, Cebi, & Kaya, 2010)
	B16	منافع اقتصاد ملی	(Jaber, Jaber, Sawalha, & Mohsen, 2008)

جدول (2): انرژی‌های تجدیدپذیر

	انرژی‌های تجدیدپذیر
E1	بادی
E2	خورشیدی
E3	برق آبی
E4	زمین گرمایی
E5	زیست توده

4-2 جمع آوری داده و شناسایی اهمیت معیارها با استفاده از GREY - DEMATEL

توسعه یک ماتریس رابطه مستقیم برای هر خبره شامل مراحل زیر است:

1.2.4 تعریف مقیاس مقایسه برای تاثیر مستقیم معیارها با استفاده از اعداد خاکستری. در این مقاله ما از پنج سطح با موارد بی‌تاثیر [0,0]، تاثیرخیلی کم [0,0.25]، تاثیر کم [0.25,0.5]، تاثیرزیاد [0.5,0.75]، تاثیر خیلی زیاد [0.75,1] استفاده می‌کنیم (جدول 3).

2.2.4 هر خبره به طور جداگانه ماتریس رابطه مستقیم بین معیارها را با استفاده از اعداد نرمال ذکر شده در جدول (4) تکمیل می‌کند.

3.2.4 معادل سازی ماتریس نظرسنجی خبرگان با استفاده از اعداد خاکستری ذکر شده در جدول (3).

جدول(3): مقیاس زبانی خاکستری برای ارزیابی پاسخ دهندگان

نظر زبانشناسی	اعداد خاکستری	اعداد نرمال
بدون تاثیر	[0,0]	0
تاثیرخیلی کم	[0,0.25]	1

www.SID.ir

Archive of SID

تاثیر کم	[0.25,0.5]	2
تاثیر زیاد	[0.5,0.75]	3
تاثیر خیلی زیاد	[0.75,1]	4

4.2.4 تشکیل یک ماتریس میانگین روابط مستقیم (A) با استفاده از 4 ماتریس ارزیابی شده توسط خبرگان .

5.2.4 تشکیل ماتریس نرمالیزه (N) با استفاده از فرمول (5-6) .

6.2.4 تشکیل ماتریس رابطه کل (T) با استفاده از فرمول (7).

7.2.4 سپس جمع هر سطر(R) و هر ستون (C) را در ماتریس T بدست می‌آوریم و در نهایت R+C و R-C را برای مشخص کردن معیارهای تاثیرگذار و تاثیرپذیر محاسبه می‌کنیم، که در جدول (4) نشان داده شده است.

جدول(4): درجه اهمیت و علت و معلولی هر مانع

موانع	R Sum	D Sum	R+D	R-D
B1	0.88	1.39	2.27	-0.51
B2	0.73	0.77	1.51	-0.04
B3	1.46	1.43	2.9	0.03
B4	0.96	0.63	1.65	0.33
B5	1.22	0.61	1.83	0.61
B6	0.91	0.86	1.76	0.05
B7	1.22	1.09	2.32	0.13
B8	1.47	0.92	2.39	0.55
B9	0.93	1.21	2.14	-0.28
B10	1.13	1.53	2.66	-0.4
B11	0.81	1.24	2.05	-0.43
B12	1.58	1.17	2.75	0.41
B13	1.27	1.19	2.47	0.08
B14	1.27	1.37	2.64	-0.1
B15	1.16	1.41	2.57	-0.25
B16	1.35	1.51	2.86	-0.16

همانطور که از نتایج مشخص است عمر موثر و منافع اقتصاد ملی دارای بیشترین تاثیر هستند.

4-3 رتبه بندی گزینه‌ها با استفاده از روش ELECTRE III

به منظور تشکیل ماتریس ارزیابی انرژی‌های تجدیدپذیر بر اساس معیارهای ذکر شده در جدول 1، پرسشنامه ارزیابی و امتیازدهی ویژه‌ای طراحی شده و پس از توزیع میان خبرگان و جمع‌آوری، در مجموع 4 پرسشنامه خاکستری به دست آمد، سپس یک پرسشنامه از میانگین نظرات کارشناسان تشکیل داده ایم و در نهایت ماتریس را نرمالیزه کرده‌ایم. با استفاده از وزن بدست آمده برای هر معیار از روش DEMATEL و حدود آستانه معیارها شامل آستانه بی‌تفاوتی (q)، آستانه برتری (p) و آستانه وتو (v) محاسبه پارامترهای هماهنگی و ناهماهنگی گزینه‌ها لازم است. به دلیل پیچیدگی و حجم بالای محاسبات مورد نیاز، الگوریتم تکنیک ELECTRE III در نرم افزار EXCEL برنامه نویسی شده و مقادیر هر مرحله از این طریق به دست آمده‌اند.

4-3-1 محاسبه هماهنگی

در این مرحله ابتدا باید بر اساس رابطه(9) پارامتر هماهنگی گزینه‌ها به صورت زوجی به ازای هر معیار

www.SID.ir

Archive of SID

($c_{j(a,b)}$) محاسبه گردد. بر این اساس برابر با تعداد 16 معیار، ماتریس هماهنگی خواهیم داشت که در آن به مقایسه زوجی گزینه‌ها با توجه به معیار مورد نظر پرداخته شده است. سپس عناصر تشکیل دهنده ماتریس هماهنگ کل (C)، پس از محاسبه شاخص هماهنگی به ازای هر دو گزینه بر اساس هر معیار توسط رابطه (8) محاسبه می‌گردند.

4-3-2 محاسبه ناهماهنگی

در این گام باید پارامتر ناهماهنگی هر دو استراتژی بر اساس هر شاخص را توسط رابطه (10) محاسبه نمود. بنابراین همانند هماهنگی، 16 ماتریس ناهماهنگی به دست می‌آید که در هر یک از آنها به مقایسه زوجی گزینه‌ها بر اساس بر اساس یک معیار پرداخته شده است.

4-3-3 بررسی درجه اعتبار رابطه غیر رتبه‌ای S

در این گام باید درجه اعتبار غیررتبه‌ای برای مقایسات زوجی گزینه‌ها از طریق ترکیب شاخص‌های مقادیر هماهنگی و ناهماهنگی محاسبه گردد. محاسبات مورد نظر از طریق رابطه (11) صورت گرفته و در نتیجه ماتریس S که بیان‌گر درجه اعتبار برتری یک گزینه بر گزینه دیگر بر اساس جمیع شاخص‌ها است، بدست می‌آید.

4-3-4 رتبه‌بندی گزینه‌ها

در گام چهارم ELECTRE III، باید نسبت به پیش‌رتبه بندی گزینه‌ها و سپس رتبه‌بندی نهایی آنها اقدام نمود. بدین منظور ابتدا باید ماتریس T که مبنای پیش رتبه‌بندی‌ها می‌باشند بر اساس رابطه (13) محاسبه شود. پیش از آن لازم است مقادیر λ و سپس $S(\lambda)$ توسط رابطه (12) تعیین شوند. مقادیر α و β در این تحقیق همچون مقادیر پیش فرض به ترتیب برابر با 15/ .- و 3/ . در نظر گرفته شده و ماتریس T به صورت جدول (5) به دست می‌آید.

جدول (5) : ماتریس T

	بادی	خورشیدی	برق آبی	زمین گرمایی	زیست توده
بادی	0	0	0	0	0
خورشیدی	1	0	1	0	0
برق آبی	1	0	0	0	0
زمین گرمایی	1	0	1	0	0
زیست توده	1	1	1	0	0

پس از تعیین ماتریس T، باید به پیش رتبه بندی صعودی و نزولی گزینه‌ها بر اساس این ماتریس و سپس ترکیب آنها جهت ایجاد رتبه‌بندی نهایی گزینه‌ها پرداخت.

در ادامه با توجه به شیوه توضیح داده شده در گام چهارم ELECTRE III، با محاسبه مطلوبیت هر یک از گزینه‌ها ($Q(A_i)$) در هر یک از پیش رتبه بندی‌های صعودی و نزولی، اولویت بندی گزینه‌ها به دست می‌آید. اولویت بندی گزینه‌ها بر اساس پیش رتبه بندی نزولی گزینه‌ها که ابتدا به تعیین گزینه‌های دارای بیشترین میزان مطلوبیت می‌پردازد.

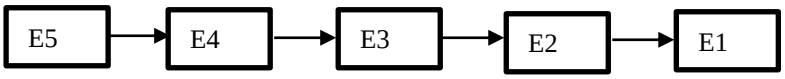
اولویت استراتژی‌ها در پیش رتبه‌بندی صعودی گزینه‌ها که بر خلاف رتبه‌بندی صعودی، ابتدا به تعیین

www.SID.ir

Archive of SID

گزینه‌های دارای کمترین میزان مطلوبیت
می‌پردازد.

پس از ایجاد دو پیش رتبه بندی صعودی و نزولی، باید به ترکیب گزینه‌ها به شیوه‌ای که حالات بی تفاوتی و غیر قابل مقایسه بودن گزینه‌ها را نیز بر اساس روش ELECTRE III فراهم می‌آورد، پرداخت. نتایج رتبه-بندی نهایی گزینه‌ها که حاصل ترکیب دو پیش‌رتبه‌بندی یاد شده است، گزینه‌های گوناگون آن را در جایگاه-های شکل (1) قرار می‌دهد.



شکل(1) : رتبه بندی نهایی گزینه‌ها

با توجه به اولویت بندی فوق که نتیجه استفاده از تکنیک ELECTRE III است، انرژی زیست توده اولویت اول را به خود اختصاص داده است.

5- نتیجه‌گیری

ویژگیهای منحصر به فرد انرژی‌های تجدیدپذیر باعث شده است که کشورهای مختلف جهان بر روی استفاده از این انرژی‌ها متمرکز شوند. در کشور ایران نیز محل‌های بسیاری دارای پتانسیل مناسب برای انرژی-های تجدیدپذیر هستند. با استفاده از این انرژی‌ها که پاک، اقتصادی و تجدیدپذیر هستند، می‌توان میزان قابل توجهی از نیاز برق کشور را برآورده نمود. از این رو، وجود یک رویکرد دقیق و قابل اطمینان برای استفاده سیاست‌گذاران حوزه انرژی به منظور ارزیابی انرژی‌های تجدیدپذیر لازم و حیاتی است. در این پژوهش پنج انرژی تجدیدپذیر بادی، خورشیدی، برق‌آبی، زمین گرمایی و زیست توده مورد ارزیابی قرار گرفت.

انتخاب روش تصمیم‌گیری می‌تواند تاثیر قابل توجهی برنتایج تصمیم داشته باشد. حتی گاهی انتخاب یک روش مهم‌تر از کاربر آن است. توضیحات زیادی برای این مسئله وجود دارد که از آن جمله می‌توان به این موضوع اشاره نمود که ممکن است تصمیم‌گیر به طور کامل روش را درک نکند و یا برخی روش‌ها قادر به نمایش درجه تقدم تصمیم‌گیران نباشند. انتخاب یک روش تصمیم‌گیری به‌منزله انتخاب یک منطق جبرانی است که، به ویژه زمانی که تعداد زیادی از معیارها باید مورد توجه قرار گیرد، یک انتخاب دشوار محسوب می-شود. روش مورد استفاده برای این ارزیابی GREY–DEMATEL–ELECTRE III است. ارزیابی گزینه‌ها با استفاده از متغیرهای زبانی، سبب سهولت استفاده از روش پیشنهادی شده‌است. علاوه بر آن امکان در نظر گرفتن عدم قطعیت‌ها و ابهامات نیز در این روش فراهم است. از روش DEMATEL برای شناسایی و اهمیت موانع استفاده شده است. مزیت این روش نسبت به روش‌های دیگر این است که ارتباطات متقابل بین موانع را در نظر می‌گیرد و در نهایت از تکنیک ELECTRE III برای ارزیابی گزینه‌ها استفاده شده است. تکنیک ELECTRE III دارای مزیت‌هایی مانند مفاهیم برتری و حدود آستانه بی‌تفاوتی است که در سایر روش‌ها به چشم نمی‌خورد. نتایج حاصله نشان می‌دهد که انرژی زیست توده نسبت به سایر انرژی‌ها دارای اولویت بالاتر است. البته باید به این نکته توجه داشت که منابع انرژی که در اولویت پایین‌تری قرار می‌گیرند به معنای بی-ارزش بودن آن‌ها نمی‌باشد، بلکه به معنای بااهمیت‌تر بودن اولویت‌های بالاتر است و بهتر است در جهت توسعه

www.SID.ir

Archive of SID

آن‌ها گام برداشت.

Prioritization of renewable energy sources using an integrated GREY- DEMATEL - ELECTRE III method

Akbar Yousefi [a], Salman Nazari-Shirkouhi [b]

[a] MSc Student of Industrial Engineering, Fouman Faculty of Engineering, College of Engineering, University of Tehran, Iran.

[b] Assistant Professor, Department of Industrial Engineering, Fouman Faculty of Engineering, College of Engineering, University of Tehran, Iran.

ABSTRACT

Considering limited fossil fuels and environmental pollution, renewable and clean energies can be the first option for energy generation. Due to its geography, Iran has many capabilities for renewable energy generation; hence, development of renewable energies has been in the agenda of policy-makers. This study applies GREY-DEMATEL as a powerful decision-making instrument to establish structural relationships between criteria of the best renewable energy and identify the most influential criteria in selecting renewable energy. Moreover, ELECTRE III is used to select the best renewable energy for replacing fossil fuels. The results show that biomass energy is the highest priority compared to other energies. However, this means that energy resources with lower priorities are not worthless.

KEYWORDS

Renewable energies, Supply chain, GREY-DEMATEL, ELECTRE III

6- مراجع

Ahmad, S., & Tahar, R. M. (2014). Selection of renewable energy sources for sustainable development of electricity generation system using analytic hierarchy process: A case of Malaysia. *Renewable energy, 63*, 458-466 .

Cannemi, M., García-Melón, M., Aragonés-Beltrán, P., & Gómez-Navarro, T. (2014). Modeling decision making as a support tool for policy making on renewable energy development. *Energy Policy, 67*, 127-137 .

Carlsson, C., & Fullér, R. (1996). Fuzzy multiple criteria decision making: Recent developments. *Fuzzy sets and systems, 78*(2), 139-153 .

Hamzeh, Y., Ashori, A., Mirzaei, B., Abdulkhani, A., & Molaei, M. (2011). Current and potential capabilities of biomass for green energy in Iran. *Renewable and Sustainable Energy Reviews, 15*(9), 4934-4938 .

Husnawan, M., Masjuki, H., Mahlia, T., & Saifullah, M. (2009). Thermal analysis of cylinder head carbon deposits from single cylinder diesel engine fueled by palm oil–diesel fuel emulsions. *Applied Energy, 86*(10), 2107-2113 .

Jaber, J., Jaber, Q., Sawalha, S., & Mohsen, M. (2008). Evaluation of conventional and renewable energy sources for space heating in the household sector. *Renewable and Sustainable Energy Reviews, 12*(1), 278-289 .

Julong, D. (1989). Introduction to grey system theory. *The Journal of grey system, 1*(1), 1-24 .

www.SID.ir

Archive of SID

Kabak, M., & Dağdeviren, M. (2014). Prioritization of renewable energy sources for Turkey by using a hybrid MCDM methodology. *Energy Conversion and Management, 79*, 25-33 .

Kahraman, C., Cebi, S., & Kaya, I. (2010). Selection among Renewable Energy Alternatives Using Fuzzy Axiomatic Design: The Case of Turkey. *J. UCS, 16*(1), 82-102 .

Komendantova, N., Patt, A., Barras, L., & Battaglini, A. (2012). Perception of risks in renewable energy projects: The case of concentrated solar power in North Africa. *Energy Policy, 40*, 103-109 .

Li, P., Tan, T., & Lee, J. (1997). Grey relational analysis of amine inhibition of mild steel corrosion in acids. *Corrosion, 53*(3), 186-194 .

Lin, R.-J. (2013). Using fuzzy DEMATEL to evaluate the green supply chain management practices. *Journal of Cleaner Production, 40*, 32-39 .

Masih, I., Uhlenbrook, S., Turral, H., & Karimi, P. (2009). Analysing streamflow variability and water allocation for sustainable management of water resources in the semi-arid Karkheh river basin, Iran. *Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C, 34*(4), 329-340 .

Mattiussi, A., Rosano, M., & Simeoni, P. (2014). A decision support system for sustainable energy supply combining multi-objective and multi-attribute analysis: An Australian case study. *Decision Support Systems, 57*, 150-159 .

Mazandarani, A., Mahlia, T., Chong, W., & Moghavvemi, M. (2010). A review on the pattern of electricity generation and emission in Iran from 1967 to 2008. *Renewable and Sustainable Energy Reviews, 14*(7), 1814-1829 .

Mohammadnejad, M., Ghazvini, M., Mahlia, T., & Andriyana, A. (2011). A review on energy scenario and sustainable energy in Iran. *Renewable and Sustainable Energy Reviews, 15*(9), 4652-4658 .

Mostafaeipour, A. (2010). Feasibility study of harnessing wind energy for turbine installation in province of Yazd in Iran. *Renewable and Sustainable Energy Reviews, 14*(1), 93-111 .

Mostafaeipour, A., Jadidi, M., Mohammadi, K., & Sedaghat, A. (2014). An analysis of wind energy potential and economic evaluation in Zahedan, Iran. *Renewable and Sustainable Energy Reviews, 30*, 641-650 .

Najafi, G., Ghobadian, B., Mamat, R., Yusaf, T., & Azmi, W. (2015). Solar energy in Iran: Current state and outlook. *Renewable and Sustainable Energy Reviews, 49* .942-931 ,

Noorollahi, Y., Yousefi, H., Itoi, R., & Ehara, S. (2009). Geothermal energy resources and development in Iran. *Renewable and Sustainable Energy Reviews, 13*(5), 1127-1132 .

Ramedani, Z., Omid, M., & Keyhani, A. (2013). Modeling solar energy potential in a Tehran Province using artificial neural networks. *International Journal of Green Energy, 10*(4), 427-441 .

Şengül, Ü., Eren, M., Shiraz, S. E., Gezder, V., & Şengül, A. B. (2015). Fuzzy TOPSIS method for ranking renewable energy supply systems in Turkey. *Renewable energy, 75*, 617-625 .

Sorapipatana, C., & Yoosin, S. (2011). Life cycle cost of ethanol production from cassava in Thailand. *Renewable and Sustainable Energy Reviews, 15*(2), 1343-1349 .

Tang, C. F., & Tan, E. C. (2013). Exploring the nexus of electricity consumption, economic growth, energy prices and technology innovation in Malaysia. *Applied Energy, 104*, 297-305 .

Taufiq, B., Masjuki, H., Mahlia, T., Saidur, R., Faizul, M., & Mohamad, E. N. (2007). Second law analysis for optimal thermal design of radial fin geometry by convection. *Applied Thermal Engineering, 27*(8), 1363-1370 .

Xia, X., Govindan, K., & Zhu, Q. (2015). Analyzing internal barriers for automotive parts remanufacturers in China using grey-DEMATEL approach. *Journal of Cleaner Production, 87*, 811-825 .

Yazdanpanah, M., Komendantova, N., & Ardestani, R. S. (2015). Governance of energy transition in Iran: Investigating public acceptance and willingness to use renewable energy sources through socio-psychological model. *Renewable and Sustainable Energy Reviews, 45*, 565-573 .

www.SID.ir