مطالعات کمّی در مدیریت، سال دوم، شماره دوم- تابستان ۱۳۹۰- صص ۲۱- ۱

ارزیابی کارایی تکنولوژی‌های بخش انرژی بر اساس مدل ترکیبی AHP / DEA

محمد حسین درویش متولی [۱]
مجید معتمدی [۲]
محمود درویش متولی [۳]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۰/٤/۹ *
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۰/۵/۱۹

چکیده

با توجه به منقضی شدن برنامه‌ی منابع و انرژی‌های ملی [٤] و نیازهای استراتژیک دولت برای ده سال آینده، هدف از این مقاله ارزیابی کارایی تکنولوژی‌های بخش انرژی می‌باشد. بر این اساس در این مقاله اولویت به وزن و ارزش نسبی تکنولوژی‌های انرژی در بخش برنامه‌ی اثربخشی انرژی‌های ملی داده شده است و از مدل ترکیبی AHP/DEA که یکی از مدل‌های چند معیاره‌ی تصمیم‌گیری است و از تحلیل پوشش داده‌ها و فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی تشکیل شده است، استفاده شده است. بررسی مورد نظر با توجه به داده‌های بدست آمده در سال ۱۳۸۹ صورت می‌پذیرد. یافته‌ها نشان می‌دهد که داشتن یک رویه‌ی علمی مناسب به منظور اندازه‌گیری کارایی نسبی و اولویت‌های تکنولوژی‌های کارای انرژی که به مثابه‌ی تصمیم‌گیرنده و تعیین‌کننده‌ی خط مشی انرژی و خط مشی تصمیم‌گیری ملی در زمینه‌ی انرژی خواهد بود می‌تواند در تدوین برنامه‌های بلند مدت کشور مورد استفاده قرار گیرد و کاستی‌های موجود در بخش‌های مختلف در خصوص بکارگیری تکنولوژی‌های بخش انرژی را در راستای دستیابی به این اهداف برطرف نماید.

واژگان کلیدی: کارایی، بخش انرژی، DEA، AHP.

[۱]. مدرس دانشگاه آزاد اسلامی، واحد فیروزکوه، گروه مدیریت صنعتی، فیروزکوه، ایران Mh_darvish@yahoo. com
[۲]. هیئت علمی دانشگاه آزاد اسلامی، واحد نوشهر، گروه مدیریت ، نوشهر، ایران Moatamedy_۱۵٦@yahoo. com
[۳]. عضو باشگاه پژوهشگران جوان دانشگاه آزاد اسلامی، واحد فیروزکوه، فیروزکوه، ایران Mdm_Darvish@yahoo. com

[٤]. National Energy and Resources Plan

Archive of SID
www.SID.ir

۱. مقدمه

بدون شک سازماندهی دولت یک کشور نیاز دارد که یک استراتژی بلند مدت برای منابع و انرژی‌های ملی در ادامه‌ی استراتژی ۱۰ ساله یا بلند مدت قبلی که در آستانه‌ی منقضی شدن می‌باشد، طراحی و تصویب کند، و این مستلزم ایجاد یک استراتژی تحقیق و توسعه برای تکنولوژی‌های اثربخش انرژی می‌باشد و بر این اساس افزایش یکنواخت منابع در بودجه و بخش تحقیق و توسعه‌ی تکنولوژی‌های انرژی، امری ضروری است.

برنامه‌ی منابع و انرژی‌های ملی جدید باید بکوشد که قدرت و اثر انرژی را افزایش داده و منجر به کاهش تولید گازهای گلخانه‌ای شود که بر اساس پیمان برنامه‌ی کار سازمان ملل متحد برای تغییرات آب و هوایی متعهد به آن است، و به توسعه‌ی اقتصادی کشور کمک کند.

کشور ما به لحاظ داشتن منابع غنی و گسترده انرژی از جمله نفت و گاز، باد، خورشید و انرژی صلح آمیز هسته‌ای نسبت به سایر کشورها از وضعیت ممتازی برخوردار است و ضرورت دارد که این منابع عظیم در جهت توسعه اقتصادی و رفاه اجتماعی مورد بهره‌برداری قرار گرفته و با بهینه‌سازی الگوی مصرف انرژی، از مصرف بی‌رویه آن در بخش‌های غیر مولد و آلاینده محیط زیست جلوگیری به عمل آید. وجود همین منابع عظیم و سهولت دسترسی به آن و نیز قیمت پایین انرژی در کشور ما از یک سو موجب گردیده تا ۹۷٪ انرژی کشور از نفت و گاز تامین شود و از سوی دیگر رشد بی رویه مصرف مواد نفتی را به دنبال داشته باشد.

نکته قابل تامل آن است که متوسط رشد مصرف انرژی‌های اولیه در جهان طی سال‌های ۲۰۰۲-۱۹۹۳ سالانه ۱/۷ درصد بوده و در همین دوره در کشور ما رشد مصرف انرژی‌های اولیه ۵/۱ درصد بوده که دقیقاً سه برابر متوسط رشد جهانی است. این امر نشانگر عدم استفاده از تجربیات جهانی و نداشتن هدف و استراتژی مشخص و عملی در خصوص استفاده از انرژی بوده است.

علیرغم تلاش‌های گسترده‌ای که در سال‌های اخیر از سوی مسئولین ذیربط جهت کنترل مصرف فرآورده‌های انرژی صورت گرفته، هنوز آمارها حاکی از آن است که مصرف انرژی در کشور به شکل فزآینده‌ای رو به افزایش است (مهربانی، ۱۳۸۷).

در این مقاله، سعی شده با بکارگیری فرآیند طبقه‌بندی تحلیلی موسوم به AHP و تحلیل پوششی داده‌ها موسوم به DEA ترجیح نسبی تکنولوژی‌های اثربخشی انرژی وزن‌دهی (ارزش‌گذاری) شود.

بدین منظور یک سری معیار به منظور ارزیابی اولویت‌ها در تکنولوژی‌های انرژی در برنامه‌ی اثربخشی انرژی طراحی گردید. این معیارها با یک دیدگاه بلندمدت طراحی شده‌اند. از AHP برای ایجاد وزن نسبی هر معیار و گزینه در برنامه‌ی اثربخشی انرژی استفاده شده و سپس، اوزان نسبی به عنوان داده‌های مدل DEA به منظور ارزیابی اثربخشی استفاده می‌شوند. با این روش اولویت‌بندی خاصی برای تکنولوژی‌های انرژی تعیین گشته و از مدل ترکیبی AHP/DEA برای اولین بار استفاده شده است. نتایج مدل ترکیبی AHP/DEA کارایی تکنولوژی‌های بخش انرژی را تعیین خواهد کرد. این نتایج نه تنها یک ابزار قدرتمند تصمیم‌گیری در اختیار دولت خواهد گذاشت، بلکه یک توافق جمعی میان کارشناسان در زمینه‌ی برنامه‌ی اثربخشی انرژی ایجاد خواهد کرد.

در این مقاله کارائی به این صورت تعریف می شود: نسبت کل ستاده وزن دار بدست آمده به کل نهاده‌ی وزن‌دار مصرف شده را اصطلاحاً کارائی گویند و به مفهوم استفاده بهینه از منابع موجود در جهت رسیدن به حداکثر بهره‌وری می‌باشد. همچنین تحلیل

Archive of SID

www.SID.ir

پوششی داده‌ها روشی غیر پارامتریک است که کارائی نسبی واحدها را در مقایسه با یکدیگر ارزیابی می‌کند. در این تکنیک نیازی به شناخت شکل تابع تولید نیست و محدودیتی در تعداد ورودی و خروجی‌ها نمی‌باشد.

این مقاله به این صورت تنظیم شده است که در بخش ۲، به پیشینه تحقیق می‌پردازیم و سپس در بخش ۳ ادبیات موضوع مطرح خواهد شد. در بخش ٤ متدولوژی مطرح می‌شود و در بخش ۵ مدل طراحی شده تشریح می‌گردد و در نهایت در بخش ٦ نتیجه‌گیری و پیشنهادات مطرح خواهد شد.

۲. مبانی نظری تحقیق

AHP یک مدل ذهنی یا انتزاعی است که برای تحلیل معیارهای کیفی به منظور ایجاد یک نظام وزن‌دهی به واحدهای عملیاتی کاربرد دارد. ساعتی[۵] پیشنهاد می‌کند که AHP یک روش تصمیم‌گیری در مورد مسائل بدون ساختار است که از ۱۹۷۷ موجود است (ساعتی، ۱۹۸۰). به طور کلی، ساعتی بیان می‌کند که فرآیند تصمیم‌گیری، درگیر یک سری امور بدین شرح است: برنامه‌ریزی، تولید مجموعه‌ای از گزینه‌ها، تعیین اولویت‌ها، انتخاب بهترین سیاست بعد از ارزیابی گزینه‌های ممکن، تخصیص منابع، تعیین نیازمندی‌ها، پیش‌بینی خروجی‌ها، طراحی سیستم‌ها، اندازه‌گیری عملکرد، تضمین پایداری سیستم، بهینه‌سازی و حل تضادها.

ساعتی چهار اصل کلی را برای AHP معرفی کرد: تجزیه (به اجزاء کوچکتر)، اولویت‌بندی، ترکیب، و تحلیل حساسیت. در AHP، یک فرآیند تصمیم‌گیری در یک ساختار هرمی مدل‌سازی شده است. در هر طبقه از هرم، تصمیم‌گیرنده باید با انجام مقایسه‌های دوگانه میان گزینه‌ها و معیارهای موجود و با استفاده از نرخ‌های خاص برای وزن‌دهی به مشخصه‌های هر کدام اقدام کند. AHP جایگاه نسبی یا اولویت هر کدام از گزینه‌های تصمیم را تعیین می‌کند (لی، ۲۰۰۸).

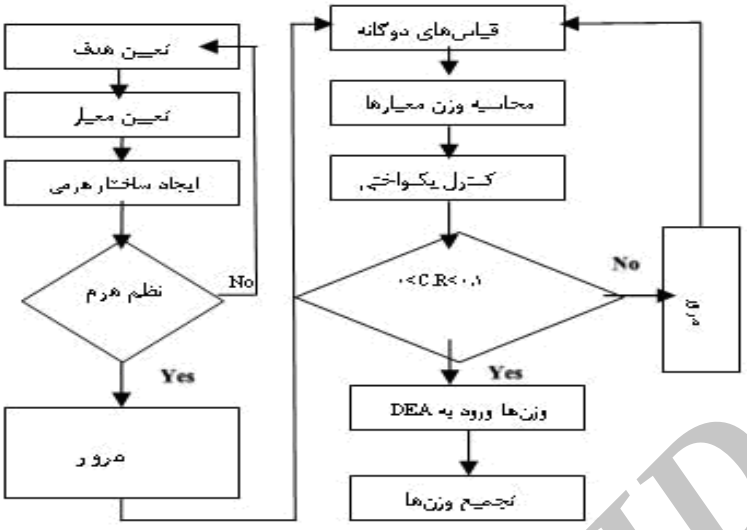
روش AHP توانایی ساختاربندی یک مسئله‌ی پیچیده در قالب یک هرم ساده و ارزیابی تعداد زیادی از فاکتورهای کمی و کیفی در یک نگاه سیستماتیک و تحت معیارهای چندگانه‌ی متضاد را به تصمیم‌گیرنده می‌دهد (چافینت، ۲۰۰٤). متد AHP از یک ماتریس مقایسه‌ای دوگانه، ساختار هرمی، و مقیاس‌دهی نرخی به منظور تخصیص وزن به مشخصه‌ها استفاده می‌کند. در فرآیند AHP مسئله‌ها در قالب یک هرم شامل اهداف، مشخه‌ها، و گزینه‌ها تجزیه می‌شوند (شکل ۲). معیارها و گزینه‌های جایگزین، و فاز سوم، ساختار هرمی را تشکیل می‌دهند. ساختاری که مسئله‌ی پیچیده را در قالب یک مجموعه از اجزای کوچک می‌شکند و اجزا را در قالب هرمی ساختاربندی می‌کند.

---

۵. Saaty

Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۱- فرایند AHP

فاز چهارم، ارزیابی می‌کند که آیا هرم به صورت مناسبی نظم یافته است یا خیر، و این ارزیابی را با توجه به اهداف انجام می‌دهد. بعد از ارزیابی هرم، مرور و کنترل در فاز ۵ اجرا می‌شود، فازی که در آن وزن‌دهی توسط کارشناسان تجمیع می‌شود. در فاز ششم، قیاس‌های دوگانه انجام می‌شود و سپس وزن معیارها مورد سنجش قرار می‌گیرد و در فازهای هفتم و هشتم یکنواختی و پایداری بررسی می‌شود. سپس در فاز نهم، وضعیت نرخ پایداری یا نرخ یکنواختی CR را می‌سنجیم که باید بین ۰ و ۰/۱ باشد. اگر CR بیشتر از ۰ و کمتر از ۰/۱ باشد به گام دهم می‌رویم که اوزان را تجمیع می‌کند. در خاتمه، مجموع اوزان اثربخشی تکنولوژی‌های انرژی را به مدل DEA انتقال می‌دهیم.

جدول ۱- اهمیت مقیاس‌ها

اهمیت مقیاس	تعریف	توضیح
۱	به طور مساوی مهم	دو عنصر اهمیت یکسان دارند
۳	تقریباً اهمیت یکسان	یک عنصر به طور جزئی مهم‌تر است
۵	اهمیت متفاوت	یک عنصر به طور عمده مهم‌تر است
۷	اهمیت بسیار متفاوت	یک عنصر به طور بسیار عمده مهم‌تر است
۹	تفاوت شدید	یک عنصر کاملاً مهم‌تر از دیگری است

جدول ۱، اهمیت مقیاس‌ها را برای مقایسه‌های بین عناصر دوگانه نشان می‌دهد. اعداد ۱ و ۳ و ۵ و۷ و ۹ به عنوان مقیاس‌ها به کار می‌روند، این اعداد به درجه‌ی قوت ترجیح یک عنصر بر دیگری دلالت می‌کنند. به طور کلی، مقیاس ۹ تایی به این دلیل استفاده شده است که تفاوت‌های بین عناصر کیفی در آن به خوبی مشخص است و دقت خاصی از مقایسه‌ها در آن وجود دارد. قابلیت ایجاد تمایز کیفی توسط ۵ گزاره ایجاد می‌شوند: یکسان، تقریبا یکسان، متفاوت، بسیار متفاوت، تفاوت شدید (مومنی، ۱۳۸۵).

وقتی فرآیند AHP را به کار می‌بریم تا وزن‌های معیارها را تشخیص دهیم، تصمیم‌گیرنده باید وضعیت پایدار و یکنواختی را از لحاظ مقیاس‌های مورد نظرش اتخاذ کند. مدل ۱ فرآیند تخصیص اوزان کلی را به گزینه‌ها نشان می‌دهد.

Archive of SID

www.SID.ir

چنانچه n معیار به نام‌های $C_n,...,C_2,C_1$ داشته باشیم و وزن آنها به ترتیب $W_n,...,W_2,W_1$ باشد، ماتریس مقایسه زوجی برای این عناصر به صورت زیر خواهد بود:

$$A=\begin{array}{c} \\ C_1 \\ C_2 \\ \vdots \\ C_n \end{array}\begin{array}{c} \begin{array}{cccc} C_1 & C_2 & \cdots & C_n \end{array} \\ \begin{bmatrix} w_1/w_1 & w_1/w_2 & \cdots & w_1/w_n \\ w_2/w_1 & w_2/w_2 & \cdots & w_2/w_n \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ w_n/w_1 & w_n/w_2 & \cdots & w_n/w_n \end{bmatrix} \end{array}$$

از آنجا که در این ماتریس عناصر a_{ij} برابر W_i/W_j است، به راحتی می‌توان گفت که این ماتریس سازگار است. برای این ماتریس و بردار وزنی آن می‌توان نوشت:

مدل(۱)

$$A\times W=\begin{bmatrix} W_1/W_1 & W_1/W_2 & \cdots & W_1/W_n \\ W_2/W_1 & W_2/W_2 & \cdots & W_2/W_n \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ W_n/W_1 & W_n/W_2 & \cdots & W_n/W_n \end{bmatrix}\times\begin{bmatrix} W_1 \\ W_2 \\ \vdots \\ W_n \end{bmatrix}=n\times\begin{bmatrix} W_1 \\ W_2 \\ \vdots \\ W_n \end{bmatrix}=n.W$$

چنانچه ملاحظه می‌شود طبق عبارت فوق می‌توان گفت که در هر ماتریس سازگار مقدار ویژه، برابر طول ماتریس است. با توجه به مطالب بیان شده می‌توان نتیجه‌گیری کرد که هر ماتریس سازگار دارای خصوصیات زیر است:

الف- مقدار وزن عناصر برابر مقدار نرمالیزه هر ستون می‌باشد،

ب- مقدار ویژه برابر طول ماتریس است $(A\times W=nW)$،

ج- مقدار ناسازگاری در این ماتریس صفر است.

برای هر ماتریس مقایسه زوجی A (که مثبت و معکوس است) می‌توان قضایای زیر را اثبات نمود:

قضیه۱- اگر $\lambda_n,...,\lambda_2,\lambda_1$ مقادیر ویژه ماتریس مقایسه زوجی A باشد، مجموع مقادیر آنها برابر n است:

$$\sum_{i=1}^{n}\lambda_i=n$$

قضیه۲- بزرگترین مقدار ویژه $(\lambda_{\max})$ همواره بزرگتر یا مساوی n است (در این صورت برخی از λها منفی خواهند بود).

$$\lambda_{\max}\geq n$$

قضیه۳- اگر عناصر ماتریس مقدار کمی از حالت سازگاری فاصله بگیرد، مقادیر ویژه آن نیز مقدار کمی از حالت سازگاری خود فاصله خواهد گرفت.

از طرف دیگر طبق تعریف برای هر ماتریس مربعی A داریم:

$$A\times W=\lambda.W$$

Archive of SID

www.SID.ir

که در آن W و λ به ترتیب بردار ویژه و مقدار ویژه ماتریس A می‌باشند در حالتی که ماتریس A سازگار باشد یک مقدار ویژه برابر n بوده (بزرگترین مقدار ویژه) و بقیه آنها برابر صفر هستند، بنابراین در این حالت می‌توان نوشت:

$$A \times W = n.W$$

در حالتی که ماتریس مقایسه زوجی A ناسازگار باشد طبق قضیه ۳، λ_{max} کمی از n فاصله می‌گیرد که می‌توان نوشت:

$$A \times W = \lambda_{max}.W$$

از آنجایی که λ_{max} همواره بزرگتر یا مساوی n است و چنانچه ماتریس از حالت سازگاری کمی فاصله بگیرد λ_{max} از n کمی فاصله خواهد گرفت، بنابراین تفاضل λ_{max} و n (یعنی $\lambda_{max} - n$) می‌تواند معیار خوبی برای اندازه‌گیری ناسازگاری ماتریس باشد. بی‌تردید مقیاس ($\lambda_{max} - n$) به مقدار n (طول ماتریس) بستگی داشته و برای رفع این وابستگی می‌توان مقیاس را به صورت زیر تعریف نمود که آن را شاخص ناسازگاری[۶] (I. I.) می‌نامیم:

$$I.I. = \frac{\lambda_{max} - n}{n-1}$$

(توجه: طبق قضیه ۱ داریم که $\sum_{i=1}^{n} \lambda_i = n$ و یا $\lambda_{max} - n = -\sum_{i=2}^{n} \lambda_i$ یعنی $\lambda_{max} - n$ مجموع $n-1$ عدد است). مقادیر شاخص ناسازگاری (I. I.) را برای ماتریس‌هایی که اعداد آنها کاملاً تصادفی اختیار شده باشند محاسبه کرده‌اند و آنرا شاخص ناسازگاری ماتریس تصادفی (I. I. R)[۷] نام نهاده‌اند، که مقادیر آنها برای ماتریس‌های n بعدی مطابق جدول (۲) است.

جدول۲- شاخص ناسازگاری ماتریس‌های تصادفی

N	۱	۲	۳	٤	٥	٦	۷	۸	۹	۱۰
I. I. R	۰	۰	۰/۵۸	۰/۹	۱/۱۲	۱/۲٤	۱/۳۲	۱/٤۱	۱/٤٥	۱/٤٥

برای هر ماتریس حاصل تقسیم شاخص ناسازگاری (I. I.) بر شاخص ناسازگاری ماتریس تصادفی (I. I. R) هم بعدش معیار مناسبی برای قضاوت در مورد ناسازگاری می‌باشد که آنرا نرخ ناسازگاری (I. R)[۸] می‌نامیم. چنانچه این عدد کوچک‌تر یا مساوی ۰/۱ باشد سازگاری سیستم قابل قبول است و گرنه باید در قضاوت‌ها تجدید نظر نمود (موحدی، ۱۳۸۹).

-تحلیل پوششی داده‌ها یک روش ناپارامتری برای ارزیابی واحدهای هم جنس می‌باشد که اولین بار در سال ۱۹۷۸ توسط کوپر و همکاران برای ارزیابی یک مرکز آموزشی در ایالات متحده تحت عنوان مقاله CCR، ابداع گردید. در ادامه بنکر و همکاران این روش را تحت عنوان مقاله BCC، توسعه بخشیدند. در روش تحلیل پوششی داده‌ها با تعریف ورودی‌ها و خروجی‌های همسان برای تمام واحدهای تصمیم‌گیری (DMU) آنها را مورد ارزیابی قرار می‌دهند (چانگ، ۲۰۰۵). در مدل با ماهیت ورودی نمره یک به واحدهای کارا اختصاص می‌یابد و واحدهای ناکارا نمره‌ای در بازه (۱ و۰) اخذ می‌کنند و در مدل با ماهیت خروجی نمره یک به واحدهای کارا اختصاص می‌یابد و واحدهای ناکارا نمره کارایی بیش از یک را اختیار می‌کنند. در مسائل کاربری ممکن است بیش از یک واحد کارا شوند، در این صورت مساله تمایز بین این واحد مطرح شد. اندرسون و پیترسون در سال ۱۹۹۳ مدل AHP را برای رتبه‌بندی واحدهای کارا معرفی کرده‌اند.

---

۶. Inconsistency Index

۷. Inconsistency Index of Random Matrix

۸. Inconsistency Ratio

Archive of SID

www.SID.ir

در این مقاله از مدل DEA برای تعیین اثربخشی نسبی واحدهای تصمیم‌گیری استفاده می‌شود. بعد از ارزیابی اثربخشی هر کدام از تکنولوژی‌های انرژی، یک واحد تصمیم به صورت اثربخش یا غیراثربخش طبقه‌بندی می‌شود.

شکل ٤ ساختار هرمی DEA را نمایش می‌دهد که تشکیل شده است از فاکتور ورودی تکی و فاکتورهای خروجی چندگانه. فاکتور ورودی از هزینه‌ی سرمایه‌گذاری برای توسعه‌ی تکنولوژی‌های اثربخشی انرژی تشکیل شده است. خروجی از ٥ فاکتور تشکیل شده است که عبارتند از: امکان توسعه‌ی تکنولوژی، مقدار بالقوه‌ی ذخیره‌ی انرژی، حجم بازار، سود سرمایه‌گذاری، و سهولت گسترش انرژی، که در اوزان مربوط به این فاکتورها ضرب می‌شوند: پیمان برنامه کار سازمان ملل متحد برای تغییرات آب و هوایی[٩]، جنبه‌ی اقتصادی، جنبه‌ی تکنولوژیکی، ضرورت توسعه‌ی انرژی، و مقدار استفاده از انرژی. اوزان نسبی، که از نتایج AHP به دست آمده‌اند به عنوان خروجی‌های DEA استفاده می‌شوند.

مدل‌های استاندارد DEA

فرض کنید که n واحد تصمیم‌گیری DMUj (j =١,...,n) موجود می‌باشد که هر کدام مقادیر مختلفی از m ورودی را برای تولید مقادیر مختلفی از s خروجی، مصرف می‌کنند. بردار ورودی DMUj را با $Xj=(xj1,...,xmj)$ ، و بردار خروجی آنرا با $Yj=(Y1j,...,Ysj)$ نشان می‌دهیم که در آنها:

$$Xij > 0 \qquad i = 1,..., m$$
$$Yrj > 0 \qquad r = 1,..., s$$

-مدل CCR

برای محاسبه کارایی هر DMU باید بیشینه شاخص کارایی یعنی نسبت مجموع خروجی‌های وزن دار (خروجی مجازی) به مجموع ورودی‌های وزن دار (ورودی مجازی) را بدست آورد (ویتنر، ٢٠٠٨). در واقع اگر هدف بررسی کارایی n واحد که هر کدام دارای m ورودی و s خروجی است باشد، کارایی واحد j ام به صورت زیر محاسبه می‌گردد:

$$\text{کارایی} = \frac{\sum_{r=1}^{s} u_r y_{rj}}{\sum_{i=1}^{m} v_i x_{ij}}$$

که در آن:

x_{ij} : میزان ورودی i ام برای واحد j ام

y_{rj} : میزان خروجی r ام از واحد j ام

u_r : وزن خروجی r ام

v_i : وزن ورودی i ام

در رابطه فوق آنچه که مهم است این است که ارزش یا وزن ورودی‌ها و خروجی‌ها می‌تواند برای واحدهای مختلف متفاوت باشد. چارنز، کوپر و رودز مشکل فوق را شناخته و برای حل آن مدل نسبت CCR را معرفی کردند (شجاع، ١٣٨٩). مدل CCR دارای دو ماهیت ورودی محور و خروجی محور می‌باشد که در زیر به طور کامل تشریح می‌گردد.

---

٩. UNFCCC

Archive of SID

www.SID.ir

[قرارداد: از این به بعد واحد تحت بررسی را واحد صفر می‌نامیم] .

در این مدل هدف حداکثر کردن کارایی واحد صفر می‌باشد که به صورت زیر بیان می‌شود:

$$\max \frac{\sum_{r=1}^{s} u_r y_{r0}}{\sum_{i=1}^{m} v_i x_{i0}}$$

s. t:

$$r = 1,..., s$$
$$i = 1,..., m$$

مدل (٤)

$$Ur \geq 0$$
$$Vi \geq 0$$

برنامه‌ریزی ریاضی (٤) در حالت کلی نامحدود است و برای اینکه رابطه فوق از حالت نامحدود خارج شود مجموعه‌ای از محدودیت‌های فنی به آن اضافه می‌شود به طوریکه کارایی هر DMU بیشتر از یک نباشد. زیرا اگر در مدل فوق u_rها خیلی بزرگ و V_iها خیلی کوچک باشند، این مقدار تابع هدف بی‌نهایت خواهد شد، بر همین اساس شرط محدودکننده زیر را هم به مدل اضافه کردند.

$$\max \frac{\sum_{r=1}^{s} u_r y_{rj}}{\sum_{i=1}^{m} v_i x_{ij}} \leq 1 \longrightarrow j = 1,2,...,n$$

بنابراین مساله برنامه‌ریزی فوق به صورت زیر تغییر می‌کند.

مدل (٥)

$$\max Z_0 = \frac{\sum_{r=1}^{s} u_r y_{r0}}{\sum_{i=1}^{m} v_i x_{i0}}$$

s. t.

$$\frac{\sum_{r=1}^{s} u_r y_{rj}}{\sum_{i=1}^{m} v_i x_{ij}} \leq 1 \longrightarrow j = 1,2,...,n$$

$$r = 1,..., s \qquad i = 1,..., m \qquad j = 1,..., n$$

با حل مدل فوق برای هر j، u_rها و v_iهای بهینه به دست می‌آیند (جهانشاهلو، ١٣٨٥). مساله (٥) به صورت کسری می‌باشد. این مدل به دلیل غیر خطی و غیر محدب بودن تابع هدف دارای تعداد جواب‌های بهینه نامحدود نیز می‌باشد.

Archive of SID

www.SID.ir

جهت رفع مشکل بیان شده، از بین بی‌نهایت جواب بهینه‌ای که مدل کسری (۲) می‌تواند داشته باشد جواب بهینه هم ارزی از مدل خطی بدست می‌آید که شرط نرمال‌سازی مخرج کسر واحد تصمیم‌گیری تحت ارزیابی را راضی می‌سازد. حاصل این تبدیل مدلی خواهد بود که به مدل مضربی CCR ورودی محور مشهور است.

مدل (٦)

$$\max Z_0 = \sum_{r=1}^{s} u_r y_{r0}$$

.s. t

$$\sum_{i=1}^{m} v_i x_{i0} = 1$$

$$\sum_{r=1}^{s} u_r y_{rj} - \sum_{i=1}^{m} v_i x_{ij} \le o \longrightarrow j = 1,2,...,m$$

$$u_r, v_i \ge 0$$

دو گان مسأله خطی (٦) مدل پوششی CCR ورودی محور می‌باشد. مدل پوششی، در واقع فرم ثانویه یا دوگان مدل مضربی است. در این مدل اگر متغیر متناظر با محدودیت اول را با θ و متغیرهای متناظر با محدودیت‌های بعدی را با λ_jها معرفی کنیم، مدل پوششی با اندکی تغییر در روابط به شکل زیر در خواهد آمد:

مدل (۷)

$$\min y_0 = \theta$$

.s. t

$$\sum_{j=1}^{n} \lambda_j y_{rj} \ge y_{r0} \longrightarrow r = 1,2,...,s$$

$$\sum_{j=1}^{n} \lambda_j x_{ij} \le \theta x_{i0} \longrightarrow i = 1,2,...,m$$

$$\lambda_j \ge 0 \longrightarrow j = 1,2,...,n$$

θ آزاد در علامت

در این مدل هدف یافتن θ و λ_jها است. مقدار به دست آمده برای θ، میزان کارایی بنگاه مورد بررسی را نشان می‌دهد. همانطور که در فوق اشاره شد مدل CCR دارای ماهیت خروجی محور نیز می‌باشد که این مدل هم به دو فرم پوششی و مضربی به صورت زیر بیان می‌شود.

۳- پیشینه تحقیق

آذر و همکاران (۱۳۸٤)، به طراحی مدل ریاضی جهت ارزیابی عملکرد وزارت صنایع و معدن بر اساس مدل TOPSIS[۱۰] و AHP و SAW[۱۱] پرداختند.

---

۱۰. Technique For Order Preference by Similarity to Ideal Solution

۱۱. Simple Additive Weighted

Archive of SID

www.SID.ir

حاتمی (۱۳۸۳)، در رساله کارشناسی ارشد خود کاربرد مدل AHP در اجرای مدیریت زنجیره تامین مناسب در صنایع کوچک و متوسط پرداخت.

قدسی پور و ابرایان (۱۳۸٦)، در تحقیق خود به طراحی سیستم مناسب به منظور ارزیابی عرضه‌کنندگان برتر با استفاده از AHP پرداختند.

فاطمه مهربانی (۱۳۸۹)، در تحقیق خود به ارزیابی عملکرد برنامه‌های توسعه در برنامه‌ریزی سوخت و شاخص‌های متاثر از آن با استفاده از روش تحلیل پوششی داده‌ها پرداخت.

مرتضی رسول رویسی (۱۳۸۷)، در تحقیق خود با استفاده از مدل DEA جهت برآورد کارایی فنی ادارات پستی استان‌های کشور به استثنای استان تهران، را مورد مطالعه قرارداد.

محمد حسین درویش متولی (۱۳۸۷)، در رساله کارشناسی ارشد خود با راهنمایی دکتر نقی شجاع به ارزیابی عملکرد واحدهای دانشگاهی منطقه ۱۲ دانشگاه آزاداسلامی با استفاده از مدل تحلیل پوششی داده‌ها پرداخت.

علی اصغر اسماعیل نیا (۱۳۷۹)، در تحقیق خود تحت عنوان «بررسی تاثیر افزایش قیمت بنزین روی مصرف» بیان می‌دارد که پایین بودن سطح قیمت انرژی در کشور منجر به مصرف بی‌رویه آن گردیده است لذا اصلاح الگوی مصرف و بهینه مصرف انرژی در کشور ضروری است و یکی از روشهای بهینه کردن مصرف، سیاست منطقی کردن قیمت انرژی می‌باشد.

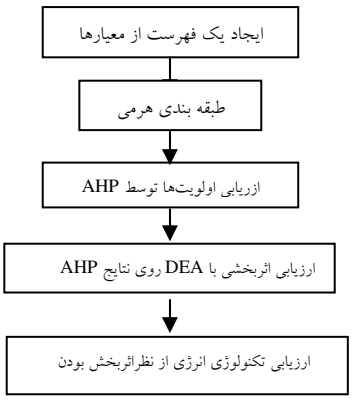
زهرا آخانی(۱۳۷۸)، در تحقیق خود تحت عنوان مدل‌های برآورد تابع تقاضای سوخت در بخش حمل و نقل، به بیان این موضوع می‌پردازد که معرفی یک مدل کلی برای برآورد تقاضای انرژی در بخش‌های اقتصادی تورش ایجاد خواهد کرد.

اسدالله جلالی و همکاران (۱۳۸٤)، در تحقیقی تحت عنوان «افزایش قیمت بنزین و چالش پیش روی دولت» به این موضوع می‌پردازند که افزایش قیمت حامل‌های انرژی از مهمترین بحث‌های پیش‌روی دولت می‌باشد.

٤. روش تحقیق

برای بیان ساده‌تر از چگونگی فرایند اجرایی در این مقاله فلوچارتی به شرح شکل (۲) تدوین شده است.

این فلوچارت اجرایی از ٦ فاز تشکیل شده است. شکل (۲) شمای کلی فلوچارت را نشان می‌دهد. در فاز اول، خط مشی و سیاست انرژی، محیط انرژی، و یک لیست کوتاه از تکنولوژی‌های اثربخش انرژی را آنالیز کردیم. دومین فاز یک لیست مناسب به منظور وزن‌دهی به اهمیت نسبی معیارها و گزینه‌ها ایجاد می‌کند.



Archive of SID

www.SID.ir

شکل۲- فلوچارت اجرایی

در فاز سوم، یک ساختار هرمی ایجاد کردیم و معیارها را طبقه‌بندی نمودیم. در فاز چهارم، اولویت‌های تکنولوژی‌های انرژی را توسط AHP ارزیابی کردیم. فاز پنجم، اثربخشی تکنولوژی‌های انرژی را توسط DEA ارزیابی می‌کند. در نهایت فاز ششم ارزش‌های اثربخشی ناشی از فاز پنجم را ارزیابی و تجمیع می‌کند. این مقاله بر روی اولویت‌بندی تکنولوژی‌های انرژی در بخش برنامه‌ی اثربخشی انرژی ملی متمرکز شده و بدین منظور از مدل ترکیبی APH/DEA استفاده شده است.

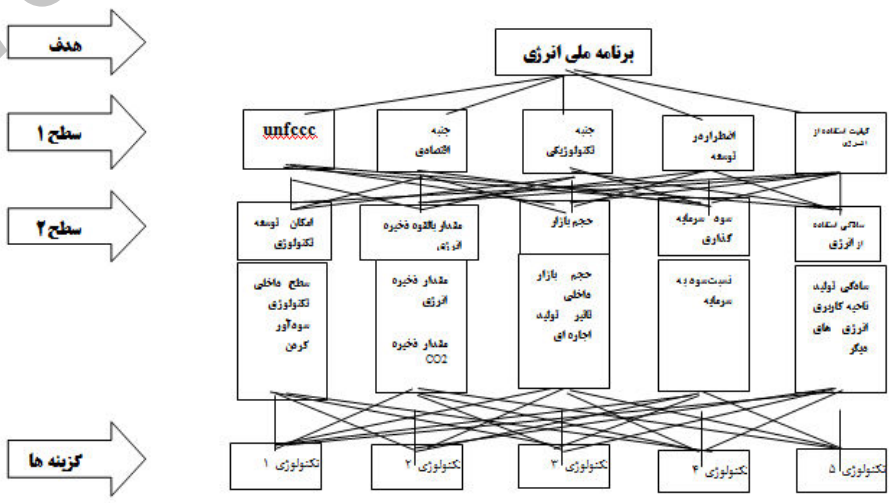
اجرای رویکرد تلفیقی جهت تعیین ارزیابی کارایی تکنولوژی‌های بخش انرژی

معیار AHP از یک هرم ۲ طبقه تشکیل شده است. ساختار هرم معیارها در شکل (۳) نشان داده شده است. در بالای هرم کنترل، هدف باید تکنولوژی‌های انرژی در بخش برنامه‌ی ملی اثربخشی انرژی باشد. در زیر به تشریح این شکل می‌پردازیم.

در سطح۱، پنج معیار وجود دارد. که عبارتند از: پیمان برنامه‌ی کار سازمان ملل متحد برای تغییرات آب و هوایی است. دیگر خانه‌ها در این سطح عبارتند از: جنبه‌ی اقتصادی، جنبه‌ی تکنولوژیکی، اضطرار در توسعه‌ی تکنولوژی، کیفیت استفاده از انرژی. سطح ۲ از ۵ زیر معیار مربوط به امکان توسعه‌ی تکنولوژی، مقدار بالقوه‌ی ذخیره‌ی انرژی، حجم بازار، سود سرمایه‌گذاری، و سادگی استفاده از انرژی تشکیل شده است.

جزئیات معیارها به شرح زیر است:

- امکان توسعه‌ی تکنولوژی: سطح داخلی تکنولوژی، امکان اقتصادی سازی (سودآور کردن).
- مقدار بالقوه‌ی ذخیره‌ی انرژی: مقدار ذخیره‌ی انرژی، مقدار ذخیره‌ی CO_2
- حجم بازار: حجم بازار داخلی، حجم بازار بالقوه‌ی صادراتی، تأثیر تولید اجاره‌ای
- سود سرمایه‌گذاری: نسبت سود به سرمایه
- سادگی استفاده از انرژی: سادگی تولید، ناحیه‌ی کاربردی انرژی‌های دیگر

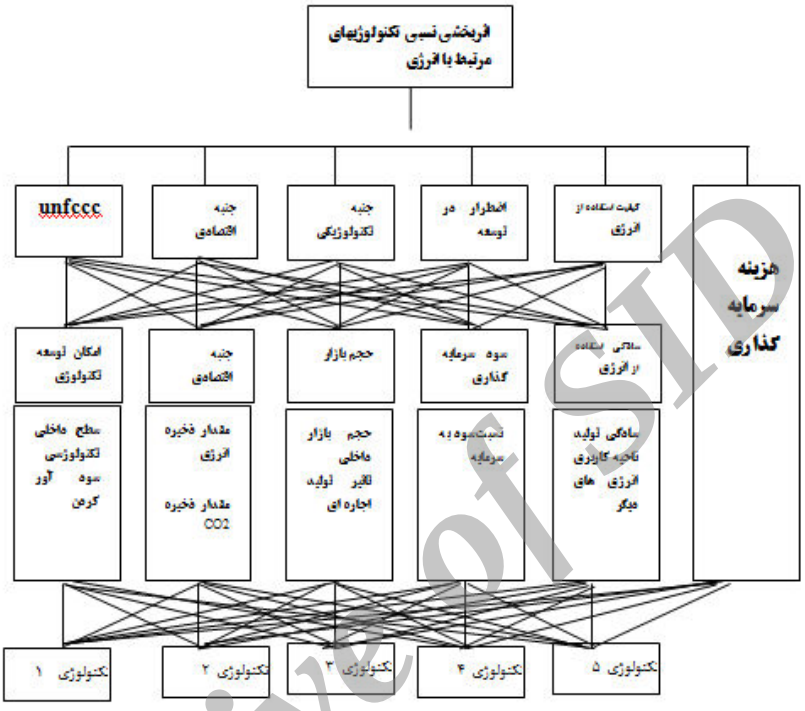


Archive of SID

www.SID.ir

شکل۳- ساختار هرمی AHP

همانگونه که در بخش‌های گذشته بیان شد نتایج حاصل از اجرای روش AHP به مدل DEA انتقال می‌یابد تا کارایی نسبی تکنولوژی‌های بخش انرژی تعیین شوند. شکل (٤) به چگونگی ارتباط متغیرهای مورد استفاده در رویکرد تلفیقی جهت تعیین نمره کارایی می‌پردازد.



شکل ٤- ساختار هرمی DEA

نتایج حاصل از اجرای رویکرد تلفیقی

هدف از به کار بردن نگرش AHP این است که وزن‌های نسبی هر معیار و گزینه‌ی انتخابی مشخص شود، که به عنوان ورودی و خروجی برای اندازه‌گیری اثربخشی تکنولوژی‌های اثربخشی انرژی در بخش برنامه‌ی ملی اثربخشی انرژی با نگرش DEA استفاده می‌شوند.

همان طور که در جدول شماره‌ی (۳) مشاهده می‌کنید، خروجی‌های چندگانه و ورودی تکی، نتایجی بوده‌اند که از AHP به دست آمده‌اند. امکان توسعه‌ی تکنولوژی، مقدار بالقوه‌ی ذخیره‌ی انرژی، حجم بازار، سود سرمایه‌گذاری، و سهولت گسترش انرژی به عنوان خروجی‌ها و هزینه‌ی سرمایه‌گذاری به عنوان ورودی DEA در نظر گرفته شده‌اند. لازم به ذکر است که واحد هزینه‌ی سرمایه‌گذاری میلیون دلار آمریکا در سال ۲۰۱۰ است.

نتایج DEA در جدول شماره‌ی ٤ نشان داده شده‌اند. نمره‌ی اثربخشی ۱ به این معنی است که آن گزینه یا واحد تصمیم‌گیری به طور نسبی دارای اثربخشی بالایی است و در بازه‌ی اثربخشی در نظر گرفته می‌شود که باید با سایر گزینه‌های اثربخش مقایسه گردد.

Archive of SID

www.SID.ir

تکنولوژی‌های جدا سازی سطوح سخت و تکنولوژی ذخیره انرژی (اثربخشی بالا) در گروه تکنولوژی‌های اثربخش هستند. سایر اعضای این گروه عبارتند از: تکنولوژی فوق بحرانی مایع، تکنولوژی پمپاژ گرما و تکنولوژی DSM. تمام ۲۸ تکنولوژی دیگر غیراثربخش هستند. ۵ تکنولوژی اثربخش انرژی که ذکر آن‌ها رفت ۹۵ درصد نمره‌ی اثربخشی را به دست آورده‌اند.

۵- نتیجه‌گیری

این مقاله، کارایی نسبی یا بهره‌وری که توسط مدل‌های AHP و DEA به صورت ترکیبی به دست آمده‌اند، را مورد بررسی قرار داده و با روش ارائه شده در آن می‌توانیم نمرات کارایی را که مربوط به تکنولوژی انرژی است محاسبه کرده و از آن‌ها در تدوین برنامه‌های استراتژیک در حوزه اقتصاد انرژی برای سال‌های آینده استفاده نماییم. AHP یک ابزار قدرتمند برای تجزیه‌ی مسائل پیچیده به اجزای کوچکتر و ساختار هرمی است، و DEA بسیاری از مسائل تصمیم‌گیری را بدون محدودیت واحدها و ورودی‌ها و خروجی‌ها چندگانه حل می‌کند. متدهای DEA مختلفی وجود دارند. و در این مقاله از مدلی استفاده شده که بر اساس خروجی‌ها و ماکزیمم کردن آن‌ها بنا شده است.

این مقاله این نکته را ارائه می‌دهد که چگونه باید در تدوین برنامه‌ی ملی انرژی تکنولوژی‌های انرژی را جهت کارایی بیشتر بر اساس AHP و DEA اولویت‌بندی کرد. این تحقیق کاربردی نشان می‌دهد که تکنولوژی‌های کارای انرژی می‌توانند توسط روش‌های تصمیم‌گیری وزن‌دهی شوند. درنتیجه‌ی استفاده از رویکرد AHP/DEA، دو تکنولوژی جداسازی سطوح سخت و تکنولوژی ذخیره انرژی با کارایی بالا، با ۳۱ تکنولوژی دیگر مورد مقایسه قرار گرفتند و رتبه‌های نخست را بدست آوردند؛ در واقع این دو تکنولوژی به عنوان تکنولوژی‌های مرجع الگویی برای سایر تکنولوژی‌ها به شمار می‌روند. با استفاده از این مدل ترکیبی، می‌توانیم امتیاز کارایی تکنولوژی کارا را در حوزه‌ی انرژی استخراج کرده و به کار ببریم.

این مقاله بیان می‌کند که تصمیم‌گیرنده و خط‌مشی تصمیم‌گیری در بخش انرژی که با مسائل تصمیم‌گیری روبرو هستند، می‌توانند توسط رویه‌های علمی مانند مدل ترکیبی AHP و DEA مورد تجزیه و تحلیل قرار بگیرند و در تدوین برنامه‌های اقتصادی از آنها استفاده نمود.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۳- ورودی و خروجی‌ها

	ورودی	خروجی‌ها				
	هزینه‌ی سرمایه‌گذاری	سهولت گسترش انرژی امکان	سود سرمایه‌گذاری	حجم بازار	مقدار بالقوه‌ی ذخیره‌ی انرژی	توسعه‌ی تکنولوژی
تکنولوژی خشک کردن با کارائی بالا	۹۹	۰.۲۱	۰.۰۱۵	۰.۰۱۵	۰.۰۲۲	۰.۰۱۹
فرایند شیمیایی عالی	۹٤	۰.۰۱۵	۰.۰۲۰	۰.۰۲۰	۰.۰۱۷	۰.۰۱٦
تکنولوژی دگرگونی انرژی	۱۲٦	۰.۰۲۰	۰.۰۲۱	۰.۰۲۱	۰.۰۲۱	۰.۰۲۲
تکنولوژی استفاده از انرزی	۱۰۵	۰.۰۱۷	۰.۰۱۸	۰.۰۱۸	۰.۰۱۹	۰.۰۱۸
تکنولوژی مرتبط با اتالف انرژی	۱۷۸	۰.۰۲۰	۰.۰۲۲	۰.۰۲۲	۰.۰۲۱	۰.۰۲۲
فرایند تکنولوژی هوشمند و اتوماتیک	٤۷	۰.۰۱٦	۰.۰۱٦	۰.۰۱٦	۰.۰۱٤	۰.۰۱٦
تکنولوژی فوق بحرانی مایع	٤۷	۰.۰۲۳	۰.۰۲۹	۰.۰۲۹	۰.۰۲۳	۰.۰۲۵
تکنولوژی بخار و تقطیر	٦۸	۰.۰۱۲	۰.۰۱۲	۰.۰۱۲	۰.۰۱۲	۰.۰۱۳
تکنولوژی جدا سازی سطوح سخت و جامد	۵۲	۰.۰۲٤	۰.۰۲۲	۰.۰۲۲	۰.۰۲۸	۰.۰۳۰
تکنولوژی جدا سازی غشایی	۱۰۵	۰.۰۲۰	۰.۰۱۹	۰.۰۱۹	۰.۰۱۸	۰.۰۲۰
تکنولوژی بلور و شیشه سازی	۱۵۷	۰.۰۲۹	۰.۰۲۷	۰.۰۲۷	۰.۰۳۰	۰.۰۲۲
تکنولوژی سختمان سبز	۹٤	۰.۰۱۸	۰.۰۱٦	۰.۰۱٦	۰.۰۱٤	۰.۰۱٦
تکنولوژی تخریب و بازسازی مجدد	۱۰۵	۰.۰٤٤	۰.۰۳۳	۰.۰۳۳	۰.۰۵۲	۰.۰۳٦
تکنولوژی HVAC[1] با کارائی بالا	۵۸	۰.۰۲۲	۰.۰۳۲	۰.۰۳۲	۰.۰۲۱	۰.۰۲۳
تکنولوژی CHP[2]	۱۰۵	۰.۰۲۹	۰.۰۲۷	۰.۰۲۷	۰.۰۲٤	۰.۰۳٦
خط مشی بهبود کارایی انرژی	۳٤۵	۰.۰۲٦	۰.۰۲۹	۰.۰۲۹	۰.۰۲۵	۰.۰۲٦
تکنولوژی خروجی پائین وسائل نقلیه با کارآمدی بالا	٤۷	۰.۰۲۳	۰.۰۲۳	۰.۰۲۳	۰.۰۲۳	۰.۰۲۳
تکنولوژی فوق هدایتی	۷۳	۰.۰۰۵	۰.۰۰۵	۰.۰۰۵	۰.۰۰۵	۰.۰۰۵
تکنولوژی تبدیل قدرت الکتریکی	٦۳	۰.۰۲٤	۰.۰۱۵	۰.۰۱۵	۰.۰۳۲	۰.۰۲۵
تکنولوژی گرمایی الکتریکی با کارآمدی بالا	۲۳۰	۰.۰۵۱	۰.۰۵۷	۰.۰۵۷	۰.۰٤۱	۰.۰۵۲
تکنولوژی ذخیره انرزی	٦۳	۰.۰۳۷	۰.۰۳۸	۰.۰۳۸	۰.۰۳۵	۰.۰۳٤
تکنولوژی آماده سازی ذخیره انرژی	۳۲٤	۰.۰٤۱	۰.۰۳۸	۰.۰۳۸	۰.۰٤۵	۰.۰٤۷
تکنولوژی پمپاژ گرما	٦۸	۰.۰۳۸	۰.۰٤۱	۰.۰٤۱	۰.۰۳٦	۰.۰۳۲
تکنولوژی مبادله گرما	۱٤۷	۰.۰۱۳	۰.۰۱۲	۰.۰۱۲	۰.۰۲۵	۰.۰۲۰
تکنولوژی دیگ بخار	٤۷	۰.۰۲۰	۰.۰۱٤	۰.۰۱٤	۰.۰۱٤	۰.۰۱۸
تکنولوژی گرم کردن کوره با کارآمدی بالا	۵۲	۰.۰۱۳	۰.۰۱۵	۰.۰۱۵	۰.۰۱۰	۰.۰۱۱
تکنولوژی نیروگاهی	٤۷	۰.۰۰۸	۰.۰۰۹	۰.۰۰۹	۰.۰۰۹	۰.۰۱۱
تکنولوژی حرکت	۵۲	۰.۰۱۳	۰.۰۱۵	۰.۰۱۵	۰.۰۰۸	۰.۰۰۷
تکنولوژی روشنایی	۵۲	۰.۰۱۸	۰.۰۱٦	۰.۰۱٦	۰.۰۲۱	۰.۰۲۰
تکنولوژی ماشین مایع	٦۸	۰.۰۰۹	۰.۰۱۱	۰.۰۱۱	۰.۰۱۰	۰.۰۰۹
تکنولوژی کاربدی در منازل[3]	۱۵۲	۰.۰۰۸	۰.۰۰٦	۰.۰۰٦	۰.۰۰٦	۰.۰۰۵
تکنولوژی DSM	٤۷	۰.۰۲٦	۰.۰۲۸	۰.۰۲۸	۰.۰۲۱	۰.۰۲۵
تکنولوژی کاربردی در صنایع کوچک	۵۲	۰.۰۰٤	۰.۰۰۵	۰.۰۰۵	۰.۰۰۷	۰.۰۰۷

Archive of SID

www.SID.ir

۱- شرایط گرمایی و سرمایی و تهویه هوا

۲- ترکیب گرما و واحد قدرت

۳- یخچال، ماشین ظرفشویی، کولر، کامپیوتر و پلوپز

جدول٤- نمره‌ی اثربخشی Efficiency Score برای هر تکنولوژی انرژی (هر چه به ۱ نزدیک‌تر باشد اثربخش‌تر است)

رتبه	نمره کارایی	تکنولوژی	رتبه	نمره کارایی	تکنولوژی
۳۲	۱۱۲ .۰	تکنولوژی فوق هدایتی	۱۸	۰.۳۸٤	تکنولوژی خشک کردن با کارائی بالا
٦	۹۱٦ .۰	تکنولوژی تبدیل قدرت الکتریکی	۱۹	۰.۳٤۷	فرایند شیمیایی عالی
۱٦	٤۱٦ .۰	تکنولوژی گرمایی الکتریکی با کارآمدی بالا	۲۵	۰.۳۱۷	تکنولوژی دگرگونی انرژی
۱	۰۰۰ .۱	تکنولوژی ذخیره انرژی	۲٤	۰.۳۲۵	تکنولوژی استفاده از انرزی
۲۸	۲۵۸ .۰	تکنولوژی آماده سازی ذخیره انرژی	۳۰	۰.۲۲۳	تکنولوژی مرتبط با اتالف انرژی
۳	۹۹٦ .۰	تکنولوژی پمپاژ گرما	۱۲	۰.٦۱٦	فرایند تکنولوژی هوشمند و اتوماتیک
۲٦	۲۹۷ .۰	تکنولوژی مبادله گرما	٤	۰.۹۹۵	تکنولوژی فوق بحرانی مایع
۱۰	۷٤۷ .۰	تکنولوژی دیگ بخار	۲۰	۰.۳٤۷	تکنولوژی بخار و تقطیر
۱۵	٤۷۰ .۰	تکنولوژی گرم کردن کوره با کارآمدی بالا	۱	۱.۰۰۰	تکنولوژی جدا سازی سطوح سخت و جامد
۱۷	٤۰۷ .۰	تکنولوژی نیروگاهی	۲۱	۰.۰۳٤۱	تکنولوژی جدا سازی غشایی
۱٤	٤۷٦ .۰	تکنولوژی حرکت	۲۲	۰.۳٤۰	تکنولوژی بلور و شیشه سازی
۱۱	۷۱۰ .۰	تکنولوژی روشنایی	۲۳	۰.۳۲۵	تکنولوژی سختمان سبز
۲۷	۲٦۸ .۰	تکنولوژی ماشین مایع	۸	۰.۸۸۰	تکنولوژی تخریب و بازسازی مجدد
۳۳	۰۹۵ .۰	تکنولوژی کاربدی در منازل[3]	۷	۰.۹۰۵	تکنولوژی HVAC۱ با کارائی بالا
۵	۹۸۹ .۰	تکنولوژی DSM	۱۳	۰.۵۹٦	تکنولوژی CHP۲
۲۹	۲۵٤	تکنولوژی کاربردی در صنایع کوچک	۳۱	۰.۱۳۹	خط مشی بهبود کارایی انرژی
*	****	**********	۹	۰.۸۷۳	تکنولوژی خروجی پائین وسائل نقلیه با کارآمدی بالا

Archive of SID

٦- منابع و مآخذ

۱- اصغر پور، محمد جواد، (۱۳۸۵) تصمیم‌گیری چند معیاره، انتشارات دانشگاه تهران.

۲- جهانشاهلو، غلامرضا، (۱۳۸۵)، تحلیل پوششی داده‌ها، انتشارات دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات، تهران.

۳- شجاع، نقی و محمد حسین درویش متولی، (۱۳۸۹)، ارزیابی عملکرد واحدهای دانشگاهی منطقه ۱۲ دانشگاه آزاد اسلامی.

٤- موحدی، محمد مهدی؛ معتمدی، مجید (۱۳۸۹) آشنایی با نظریه‌های تحلیل تصمیم، ناشر مولف.

۵- مومنی، منصور(۱۳۸۵)، مباحث نوین در تحقیق در عملیات، انتشارات دانشگاه تهران.

٦- مهربانی، فاطمه، (۱۳۸۹) ارزیابی عملکرد برنامه‌های توسعه در برنامه‌ریزی سوخت با استفاده از تحلیل پوششی داده‌ها، فصلنامه مدلسازی اقتصادی، شماره ٦.

www.SID.ir

٧–T. L. Saaty, (١٩٨٠)"The Analytic Hierarchy Process," first ed McGraw-Hill, NewYork,.

٨–S. K. Lee, Y. J. Yoon, J. W. Kim,(٢٠٠٨) "A study on making a longterm. improvement in the national energy efficiency and GHG control plans by the AHP approach," *Energy policy*,-vol. ٣٥, no. ٥, pp. ٢٨٦٢–٢٨٦٨.

٩–T. L. Saaty,(١٩٨٦) "Exploring Optimization Through hierarchies-and Ratio Scales," *Socio-Economic Planning Sciences*, vol. ٢٠, no. ٦, pp. ٣٥٥–٣٦٣.

١٠–C. Schaaffnit, D. Rosen, and J. C. Paradi,(٢٠٠٤) "Best Practice-Analysis of Bank Branches: An Application of DEA in aLarge Canadian," *European Journal of Operations research*, vol. ٩٨, pp. ٢٦٩–٢٨٩,

١١–H. H. Chang, (٢٠٠٥) "Determinants of Hospital Efficiency: the Case of Central Government-owned Hospitals in Taiwan,"*Omega*, vol. ٢٦, pp. ٣٠٧–٣١٧.

١٢– B. Casu, E. Thanassoulis, (٢٠٠٧) "Evaluating cost efficiency in central administrative services in UK universities," Omega. Vol. ٣٤, pp. ٤١٧–٤٢٦, .

١٣–G. Vitner, S. Rozenes, S. Spraggett, (٢٠٠٨) "Using data envelope analysis to compare project efficiency in a multi-projectenvironment," *International Journal of Project Management*,vol. ٢٤, pp. ٣٢٣–٣٢٩, .

١٤– A. Charnes, W. W. Cooper, E. Rhodes, (١٩٧٨)"Measuring the efficiency of decision making units," *European Journal of Operations research*, vol. ٢, no. ٦, pp. ٤٢٩–٤٤٤.

Archive of SID

www.SID.ir