Archive of SID

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

ارائه یک مدل ترکیبی تصمیم گیری چند معیاره جهت ارزیابی و اولویت بندی استراتژی های انتقال تکنولوژی توربین های بادی

عباس دین محمدی[1]، محمود شفیعی[2]

[1]دانشجوی کارشناسی ارشد مدیریت صنعتی، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران abbas.dinmohammadi@yahoo.com
[2]استادیار تحلیل ریسک مهندسی، مرکز تحقیقات انرژی های تجدید پذیر، دانشگاه کرانفیلد، انگلستان m.shafiee@cranfield.ac.uk

چکیده

سرعت بالای پیشرفت محصولات و کالاهای صنعتی در جهان باعث گردیده تا انتقال تکنولوژی به عنوان یک مزیت رقابتی مهم برای بسیاری از سازمانها به حساب آید. برای انتقال تکنولوژی از کشورهای توسعه یافته به کشورهای مقصد، راهکارهای مختلفی ارائه گردیده است، در این تحقیق با توجه به وضعیت تکنولوژی طراحی و ساخت توربین های بادی در ایران و همچنین رویکرد کشورهای دیگر نسبت به آن، معیارهای انتقال تکنولوژی بر مبنای نظرات سرمایه گذاران و شرکت های سازنده توربین های بادی تعیین شده است. سپس با استفاده از یک مدل ترکیبی تصمیم گیری چند معیاره بر اساس روشهای فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) و تاپسیس (TOPSIS)، استراتژیهای انتقال تکنولوژی توربینهای بادی ارزیابی و اولویت بندی گردیده و گزینه برتر انتخاب می شود. در انتها، مدل ارائه شده در این تحقیق بر روی یک مطالعه موردی پیاده سازی شده و نتایج آن با مدلهای کلاسیک تصمیم گیری چند معیاره مقایسه می شوند.

واژگان کلیدی

انتقال تکنولوژی، توربین بادی، طراحی و ساخت، تصمیم گیری چند معیاره ترکیبی.

ABSTRACT

High-speed development of industrial products and goods in the world has caused the transfer of technology to be considered as a crucial competitive advantage for many organizations. Currently, there are a variety of solutions to transfer a particular technology from technology developers. In this study, a number of criteria for transferring the technology of design and manufacture of wind turbines to Iran are defined from the viewpoint of manufacturers and operators. A hybrid Multiple-Criteria Decision Making (MCDM) model based on Analytic Hierarchy Process (AHP) and Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS) techniques is proposed to evaluate and prioritize different technology transfer strategies for wind turbine systems. The model is then applied to a case study and the results are compared with those obtained using classical decision-making techniques.

KEYWORDS

Technology Transfer, Wind Turbine, Design and Manufacture, hybrid Multiple-Criteria Decision Making (MCDM).

www.SID.ir

Archive of SID

۱-مقدمه

با توجه به رویکرد کشورهای پیشرفته و توسعه یافته برای انتقال برخی صنایع تولیدی خود به کشورهای در حال توسعه که امکانات تولیدی مانند نیروی انسانی ارزان تر و منابع طبیعی بیشتری دارند، و همچنین تلاش کشورهای در حال توسعه برای دسترسی به روشها و ابزارهی تولیدی جدید، باعث گردید که بحث انتقال تکنولوژی به یکی از مهمترین مباحث جهان امروز تبدیل شود. انتقال تکنولوژی یک استراتژی مهم برای هر کشور محسوب می شود که با انتخاب مناسب روش انتقال تکنولوژی موجب بالا رفتن توانایی های نوآوری، توانایی های فنی، بهبود بهره وری، افزایش تکنیکی صنعت، افزایش اثر بخشی و بهبود نرخ رشد اقتصادی می شود. انتقال تکنولوژی از دو جهت فنی و اقتصادی بسیار مورد توجه قرار گرفته است بطوریکه هم اکنون قوانینی برای حمایت از صاحبان تکنولوژی در جهان وضع گردیده که به عنوان ابزارهای کنترل کننده مبادله و شناسایی مکانیزم های انتقال تکنولوژی معرفی شده است. در حال حاضر اگرچه با خرید و واردات ماشین الات و استفاده از مهندسی معکوس پیشرفت های در زمینه تکنولوژی کشورهای در حال توسعه و توسعه نیافته صورت گرفته اما باید توجه نمود هم اکنون مفهوم انتقال تکنولوژی و طریقه مبادله آن از حیث تجاری و حقوقی بسیار حائز اهمیت گردیده، بطوریکه مالکیت های فکری انتقال بر مبنای جنبه های نرم افزاری و حقوقی استقرار یافته است و از مهمترین بخش های یک قرار داد انتقال تکنولوژی شناخته می شود. شناسایی و بررسی مدل های مختلف انتقال تکنولوژی و دستیابی به مدل مناسب با توجه به شرایط کشور مقصد و مبداء در اینگونه قراردادها دارای اهمیت ویژه ای می باشد. متاسفانه در کشور ایران، در زمینه بهره برداری از انرژی های نو و در مقایسه با ملل در حال توسعه مانند هندوستان که به چندین تکنولوژی پیشرفته در زمینه ساخت توربین های بادی دست یافته و هم اکنون در محصولات شرکت هایی نظیر وستاز، مایکن، بونس، نوردکس را به صورت Joint Venture فعالیت می کند، پیشرفت های چندانی صورت نگرفته است (قرشی).

موسی خانی، قراخانی(1392) با شناسایی عوامل موثر بر انتقال تکنولوژی در سازمان ها و استفاده از تکنیک های MADM، معیارهای مورد نظر را شناسایی کرده و با استفاده از 3 تکنیک به الویت بندی گزینه ها پرداخته اند.

جوآنا لیوایز(2011) با بررسی انتقال تکنولوژی در صنعت توربین های بادی در 3 کشور چین، هند و کره جنوبی پرداخته و مدل های گوناگون پیشرفت ورشد تکنولوژی را برای چندین کشور مورد بررسی قرار داده است.

زارع، مختاری(1392) در مقاله ای با بررسی اجزاء و فرآیند انتقال تکنولوژی، انواع مختلف روش های انتقال تکنولوژی را مورد بررسی قرار داده اند و نتیجه گیری مورد نظر در این مقاله اهمیت انتخاب روش انتقال تکنولوژی با توجه به سیاست های کشور مبدا و مقصد را نشان می دهد.

دیانی و سایران(1394) با بررسی تاریخی استفاده از انرژی باد در ایران و همچنین تکنولوژی موجود در ساخت و توسعه نیروگاه های بادی در کشور، به تشریح روند انتقال تکنولوژی به کشور و وضعیت حال حاضر و آینده انرژی بادی ایران پرداخته و برای پیشرفت در این زمینه، طرحی جامع تحت عنوان الگوی پیشرفت ارائه نمودند.

رحمانی و فاضلی (2015) با آسیب شناسی انتقال تکنولوژی توربین بادی در ایران، به بررسی سطح این تکنولوژی در ایران پرداخته و با توجه به فاصله موجود تکنولوژی بین ایران و کشورهای پیشرفته، لزوم پیشرفت ایران در زمینه طراحی و ساخت توربین های بادی را گوشزد نموده اند.

با توجه به تحقیقات صورت گرفته در زمینه انتقال تکنولوژی توربین های بادی در ایران و سایر کشورهای مختلف

www.SID.ir

Archive of SID

جهان این موضوع مشخص می شود، که یکی از زمینه های پیشرفت این صنعت انتقال صحیح تکنولـوژی اسـت. هـم اکنون در کشور ایران از روش مهندسی معکوس همراه با تغییراتی جهت بهره وری بیشتر صورت می پذیرد کـه ایـن امر اگرچه تا حدی قابل قبول است ولی مزیت رقابتی قابل توجهی برای کشور در ایـن صـنعت بوجـود نخواهـد آورد. برای کاهش شکاف تکنولوژی بین ایران و سایر کشورهای جهان باید از سایر روش های انتقال تکنولوژی نیز اسـتفاده نمود، برای انتخاب مناسب روش انتقال تکنولوژی با توجه به معیارهای متفاوت و متنـاقض و همچنـین گزینـه هـای فراوان می توان از روش فرآیند سلسله مراتبی(AHP) به همراه روش تاپسیس(Topsis) که یکی از روش هـای پـر کاربرد تصمیم گیری چند معیاره است استفاده نمود.

۲- وضعیت تکنولوژی توربین های بادی

۲-۱- روند توسعه توربین های بادی

در سال 1887 چالز براش آمریکایی اولین توربین بادی به منظور تولید الکتریسته برای شارژ باتری های مورد استفاده در یک عمارت بزرگ را ساخت. این توربین 17 متر قطر و 144 پره داشت، اما علی رغم اندازه بزرگ تنها 12 کیلووات ظرفیت داشت.

. از سال 1975 پیشرفتهای چشمگیری در زمینه ساخت توربین های بادی جهت تولید برق حاصل گردیده است. اولین توربین برق بادی در سال 1980 به شبکه سراسری متصل گردید و پس از مدت کوتاهی اولین مزرعه بادی در سال 1985 در منطقه Palm Spring کالیفرنیا متشکل از 1000 توربین بادی 55 کیلووات جهت تولید بخشی از برق کالیفرنیا احداث گردید که هنوز هم در دست بهره برداری قرار دارد.

انرژی باد با رشد تولید متوسط سالیانه بیش از 26 درصد دارای بالاترین میزان رشد در بین منابع مختلف انرژی تجدیدپذیر از سال 1990 تاکنون بوده است، ظرفیت جهانی تولید انرژی باد در انتهای سال 2015 به بیش از 432 گیگاوات رسیده است. این روند توسعه و پیشرفت در نیروگاه های بادی به سرعت ادامه دارد بطوریکه بر اساس پیش بینی های صورت گرفته توسط انجمن جهانی انرژی بادی (WWEA)، انرژی بادی تا سال 2020 قادر به تامین حداقل 12٪ از برق مصرفی جهان خواهد بود و همچنین ظرفیت نصب شده جهانی در این سال به حداقل 1500 گیگاوات خواهد رسید. همچنین بر اساس پیش بینی آژانس بین المللی انرژی تا سال 2030، انرژی برق بادی دومین منبع بزرگ تجدید پذیر بعد از برق آبی به شمار خواهد آمد و طبق برآورد شورای جهانی انرژی باد (GWEC) تا سال2040 صنعت برق بادی توانایی گردش مالی سالیانه 67 میلیارد دلاری را خواهد داشت.

۲-۲- انواع توربین های بادی

تکنولوژی طراحی، ساخت و بکارگیری توربین های بادی از جهات مختلفی قابل تقسیم بندی می باشد:

۲-۲-۱- آنشور (خشکی) و آفشور(دریا)

توربین های بادی در خشکی (آن شور) دارای مزیت های زیادی از جمله پایین تر بودن هزینه نصب، ساخت (از لحاظ کیفیت و هم کمیت)، هزینه بهره برداری و هزینه های تعمیرات و نگهداری و همچنین دسترسی آسانتر نسبت به توربین های بادی در دریا (آف شور) برخوردار هستند.

www.SID.ir

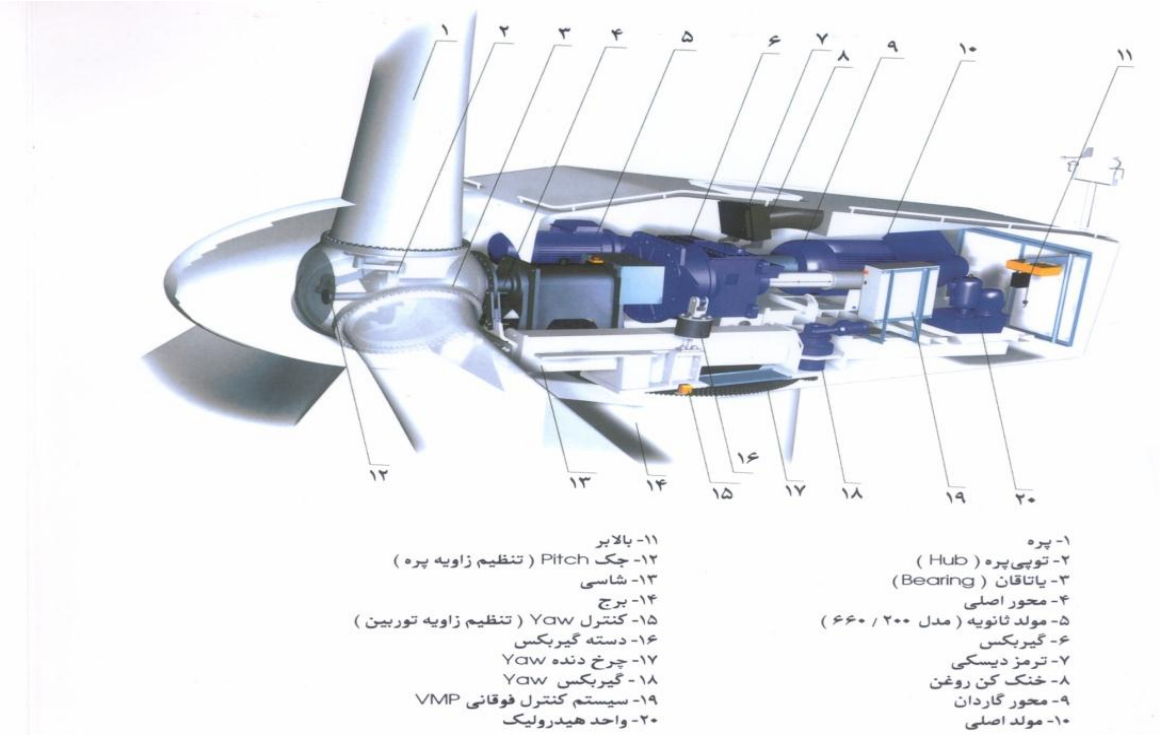
Archive of SID

نیروگاه های بادی در دریا (آفشور)، نرخ خرابی و هزینه تعمیرات و نگهداری بالاتری دارند به طوری که بر اساس تحقیقات اخیر این هزینه بین 20٪ تا 25٪ بیشتر از نیروگاه های در خشکی می باشد. نیروگاه بادی در دریا (آف شور) از بادهایی با شدت بیشتر و مناسب تر از نیروگاه بادی ساحلی برخوردار هستند که این امر منجر به تولید بالاتر الکتریسیته و جبران مزیت های بیان شده در مورد نیروگاه های بادی ساحلی می گردد.

۲-۲-۲- محور افقی و محور قائم

مهمترین مزیت توربین های محور قائم در مقایسه به محور افقی، عدم نیاز آنها به هر نوع سیستم جهت یابی می باشد در حالیکه این سیستم یکی از ضروری ترین اجزای توربین های محور افقی محسوب می گردد و وسیله ای است که روتور را دائماً در جهت باد قرار می دهد. بنابراین توربین های محور قائم از هزینه ای که باید صرف این سیستم شود یا افت هایی که از خطای این سیستم یا تاخیر آن در پاسخ به تغییر باد ناشی می شود برحذر می باشند.

۲-۳- اجزای اصلی توربینهای بادی



شکل ۱- شمای کلی از قطعات اصلی یک توربین بادی[10]

۲-۴- سطوح تکنولوژی توربین بادی

با بررسی های انجام شده در زمینه طراحی و ساخت توربین های بادی در کشور و همچنین نظرسنجی از خبرگان و کارشناسان در این زمینه، دریافتیم که روش استفاده از تکنولوژی در کشور بر اساس مهندسی معکوس برای طراحی مجدد و سپس بهینه کردن اجزاء به منظور بالا بردن کارایی توربین های بادی است. این امر بیانگر این مطلب می

www.SID.ir

Archive of SID

باشد که هم اکنون ایران اصول اولیه در طراحی و ساخت توربین های بادی را دارا می باشد و هم اکنون نیاز به یک پله ترقی در زمینه دانش بنیان شدن و طراحی توربین بادی بومی سازگار با منطقه جغرافیایی و آب و هوایی کشور دارد.

حال به بررسی تکنولوژی طراحی و ساخت توربین های بادی در ایران پرداخته می شود. سپس با مقایسه با تکنولوژی های روز جهان به میزان شکاف و وضع کنونی تکنولوژی ایران نسبت به تکنولوژی های حال حاضر جهان خواهیم پرداخت. همان طور که اشاره شد ایران هم اکنون به تکنولوژی طراحی و ساخت توربین های بادی 2.5 مگاواتی دست پیدا کرده و تمامی مراحل طراحی و ساخت و نصب و راه اندازی و همچنین بهره برداری از این نوع توربین بادی به پایان رسیده است. همچنین ایران به عنوان دومین کشور جهان موفق به ساخت نیروگاه بادی موبایل 25 مگاواتی گردیده است.

با توجه به تحقیقات انجام شده هم اکنون چندین شرکت اروپایی که صاحب تکنولوژی و جزء اولین سازندگان توربین های بادی در جهان بشمار می آیند موفق به ساخت توربین 10 مگاواتی شده اند. همچنین یک شرکت آمریکایی طرحی ارائه نموده که تا سال 2020 توربین بادی 50 مگاواتی با ارتفاع 479 متر خواهد ساخت که این موضوع سرعت بالای تکنولوژی در زمینه ساخت توربین های بادی غول پیکردر جهان را نشان می دهد.

با توجه به مطالب بیان شده و شکاف عمیق موجود در تکنولوژی طراحی و ساخت توربین های بادی در ایران در مقایسه با کشورهای دیگر، باید به دنبال راهکارهایی برای کاهش و از بین بردن این شکاف و بدست آوردن تکنولوژی مورد نیاز در این زمینه باشیم. راهکار عمده در این زمینه که وابسته به فرهنگ، توان علمی و نیروی انسانی یک کشور می باشد، انتقال و کسب تکنولوژی خواهد بود. با توجه به سیاست های جمهوری اسلامی ایران در خصوص اقتصاد مقاومتی و اندیشه بنیان شدن علوم در کشور و عدم وابستگی به کشورهای دیگر، هدف نهایی در این زمینه کسب تکنولوژی بومی و اکتساب فناوری خواهد بود.

انتقال تکنولوژی را می توان به انتقال مهارت ها، دانش ها، تجهیزات و روش های ساخت جهت خلق کالا یا ارائه خدمات بیان نمود. انتقال تکنولوژی به دو طریق صورت می گیرد: انتقال عمودی و انتقال افقی، در انتقال عمودی یا انتقال تحقیق و توسعه، اطلاعات فنی و درستاوردهای تحقیقات کاربردی به مرحله توسعه و طراحی مهندسی انتقال می یابد و سپس با تجاری شدن تکنولوژی به فرآیند تولید وارد می شود. در انتقال افقی، تکنولوژی در یک سطح توانمندی در یک کشور به همان سطح توانمندی در جای دیگر منتقل می شود. انتقال اثربخش تکنولوژی نیازمند شناسایی اهداف صنعت، تکنولوژی های مورد نیاز، منابع تکنولوژی، روش های انتقال و عوامل موثر در نحوه جذب و توسعه آن است و بدون استفاده از کارشناسان متخصص در این زمینه معمولا انتقال ناقص و نامناسب صورت می گیرد.

۲-۵- مراحل انتقال تکنولوژی

الف- انتخاب تکنولوژی: نخستین و مهمترین قسمت در انتقال تکنولوژی انتخاب نوع تکنولوژی و پتانسیل کشور مقصد برای دریافت تکنولوژی و همچنین مطابقت تکنولوژی در کشور مبدا با مقصد، جهت تطبیق هرچه بیشتر تکنولوژی با فرهنگ محیطی کشور مقصد می باشد.

ب- انطباق: فرآیند تطبیق دادن تکنولوژی وارداتی با منابع و فرهنگ داخلی کشور از جمله سرمایه، فرهنگ جامعه،

www.SID.ir

Archive of SID

سطح دانش و آموزش، منابع نیروی انسانی، تکنولوژی ساخت تجهیزات و همچنین شرایط اقلیمی و اهداف کشوربیان میشود. انطباق با این تعریف زیربنای اساسی برای خودکفایی تکنولوژی بشمار می آید.

پ-جذب و تحلیل: فرآیند آموزش و آگاهی کامل گیرنده تکنولوژی، برای کسب کلیه مهارت های لازم (نصب و راه اندازی، تولید و...) جهت استفاده بهینه از تکنولوژی در کشور مقصد صورت می گیرد.

ت- کاربرد و اجرا: استفاده از تکنولوژی کسب شده در تولید و توزیع کالاها و خدمات، پس از انطباق با کلیه شرایط محیطی کشور مقصد.

ث: توسعه و بهره برداری از تکنولوژی وارد شده و همچنین کسب تجربه و مهارت حاصل از مطالعات و انطباق با محیط داخلی و ترکیب دانش داخلی با تکنولوژی وارد شده، تکنولوژی نوینی در جهت فرآیند تولید کالا و ارائه خدمات جدیدتر بدست می آید.

روش های انتقال تکنولوژی توربین بادی بسیار متفاوت هستند. منظور از روش های انتقال تکنولوژی، مجموعه فعالیت های برنامه ریزی شده که طی آن تکنولوژی مورد نیاز از منابع موجود در اختیار گیرنده قرار میگیرد. گروه تصمیم گیری با توجه به شرایط کشور مقصد و سیاست های کشورهای توسعه یافته در قبال این کشورها 4 گزینه انتقال تکنولوژی در این زمینه را معرفی کردند(مهندسی معکوس- آموزش کسب مهارت و دانش بنیان شدن تکنولوژی- قرار داد کلید در دست- انتقال از طریق خرید لیسانس).

۱- مهندسی معکوس: معمولا زمانی انجام می پذیرد که شرکتها ی چند ملیتی و یا کشور عرضه کننده تکنولوژی از انتقال حق امتیاز تکنولوژی های پیشرفته به کشورهای در حال توسعه امتناع می ورزند. این روش دارای سرعت بالای انتقال تکنولوژی می باشد ولی مشکل اساسی در متوقف شدن در همان سطح تکنولوژی و عدم ورود به بازارهای جهانی می توان نام برد.

۲- آموزش کسب مهارت تکنولوژی: صنایع رقابت پذیر که نگران آینده خود هستند، عمیقاً دریافته‌اند که دیگر نباید در فکر انتقال رسمی و پرهزینه تکنولوژی باشند. آنان از تحلیل فرصت‌های نوین آموخته‌اند که باید مرزهای حضور خود را در اقصی نقاط جهان بگسترانند و هرجا که ردپایی از علوم و تکنولوژی پیشرفته یافت می‌شود، حضوری آشکار یا پنهان داشته باشند و از طریق تماس مستقیم و نزدیک با مؤسسات و سازمان‌های صنعتی پیشرفته، درس‌هایی بیاموزند. به همین دلیل است که سیاست‌های درون‌گرای تکنولوژی، تدریجاً در چارچوب سیاست‌های برون‌گرای تکنولوژی مورد توجه کشورها قرار گرفته است.

۳- قرارداد لیسانس: قراردادی است که به موجب آن لیسانس گیرنده در قبال پرداخت مبلغی، حق استفاده از حق مالکیت فکری لیسانس دهنده را بدست می آورد.

۴- قرارداد کلید در دست (ای. پی. سی): یک نوع قرارداد پیمانکاری است که به موجب آن پیمانکار متعهد می شود کلیه عملیات پروژه شامل مهندسی، تامین کالا و ساخت و اجرا پروژه را آماده تحویل کارفرما نماید، بطوریکه کارفرما با چرخش یک کلید از پروژه استفاده کند.

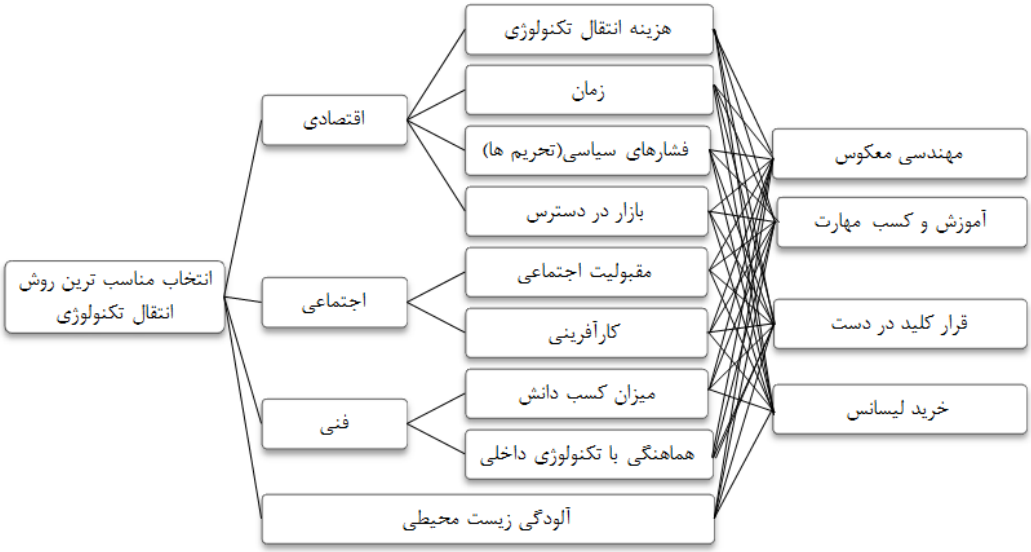
۳- مدل پیشنهادی

در این تحقیق برای اولویت بندی گزینه های انتخاب تکنولوژی ساخت و طراحی توربین های بادی بر اساس معیارها و زیر معیارهای کمی و کیفی از روش تحلیل سلسله مراتبی(AHP) به همرا روش تاپسیس استفاده خواهد شد.

www.SID.ir

Archive of SID

روش تحلیل سلسله مراتبی یکی از فنون تصمیم گیری چند شاخصه است، این روش اولین بار توسط ساعتی ارائه گردید(1980). تصمیم گیری در مسائل چند شاخصه با استفاده از تحلیل سلسله مراتبی با تشکیل درخت سلسله مراتبی و ماتریس مقایسه زوجی انجام می گیرد. درخت سلسله مراتبی یک نمایش گرافیکی از مساله پیچیده واقعی بوده که باعث فهم بیشتر مسئله برای خوانندگان می شود.



نمودار۱- نمودار سلسله مراتبی انتخاب تکنولوژی

معیارها و زیر معیارهای اصلی انتخاب گزینه بهینه انتقال تکنولوژی طراحی و ساخت توربین های بادی:

1- معیار اقتصادی: در تعیین گزینه بهینه انتقال تکنولوژی باید دقت نمود که آیا انتقال تکنولوژی و هزینه های سربار اضافه شده به واسطه آن در برابر وارد کردن توربین بادی صرفه اقتصادی دارد یا خیر.

1-1- هزینه انتقال تکنولوژی: در انتقال تکنولوژی به صرفه بودن انتقال روش مورد نظر از اهمیت ویژه ای برخوردار می باشد و باید در یک برنامه زمانی، توجیح اقتصادی گزینه مورد نظر انتقال تکنولوژی مورد بررسی قرار گیرد.

1-2- زمان: یکی از معیارهایی که نقش عمده ای در سرمایه گذاری انتقال تکنولوژی دارد، زمان است که گزینه انتقال تکنولوژی از ابتدا تا انتها که رسیدن به یک محصول بومی است چقدر زمان می برد و آیا توجیح اقتصادی در این زمان مورد قبول واقع می شود یا خیر.

1-3- فشارهای سیاسی(تحریم ها): با توجه به رویکرد کشورهای جهان در قبال ایران، باید در نظر داشت که با توجه به فشارهای کشورهای دیگر آیا امکان انتقال تکنولوژی امکان پذیر است و چه مقدار بر قیمت گزینه های تکنولوژی تاثیر می گذارد.

1-4- بازار در دسترس: در برنامه ریزی برای انتقال تکنولوژی باید توجه نمود که پس از انتقال تکنولوژی و بومی شدن دانش آن بازار مصرف محصول چگونه خواهد بود.

2- معیار اجتماعی: در انتخاب گزینه مورد نظر باید توجه نمود که هر گزینه برای مردم آن کشور چه تاثیری خواهد

www.SID.ir

Archive of SID

داشت.

2-1- مقبولیت اجتماعی: برای انتخاب گزینه مناسب باید میزان تاثیر هر یک از گزینه ها را در میان افراد جامعه بررسی نمود و میزان مقبولیت آن را پیدا کنیم. یکی از مسئله های دهه اخیر توجه به نیروهای اجتماعی درون کشور است که مقبولیت اجتماعی باعث همراستایی اهداف کشور با افراد جامعه خواهد شد.

2-2- کارآفرینی: زیر معیار کارآفرینی نشان دهنده رابطه هر یک از گزینه ها با میزان اشتغال زایی در کشور می باشد. با توجه به اینکه کشور هم اکنون نیاز به کارآفرینی و اشتغال زایی دارد، در نتیجه گزینه ای که این مهم را تحقق بخشد از اهمیت بیشتری برخوردادر خواهد بود.

3- معیار فنی: برای انتخاب گزینه بهینه باید سطوح آمادگی فناوری کشور در طراحی و ساخت توربین های بادی را مورد بررسی قرار داده و سپس با توجه به دانش موجود، نیروی انسانی متخصص و ابزارهای موجود نسبت به انتخاب گزینه بهینه اقدام نمود.

3-1- میزان جذب دانش(میزان بومی شدن دانش- میزان پیچیدگی محصول): با توجه به سیاست های کلی نظام جمهوری اسلامی ایران در قبال خودکفایی و دانش بنیان شدن علوم و همچنین رتبه برتر علمی در منطقه باید در انتخاب گزینه بهینه دقت نمود که میزان انتقال تکنولوژی گزینه مورد نظر چه مقدار بر بومی شدن دانش طراحی و ساخت توربین های بادی تاثیر خواهد گذاشت.

3-2- هماهنگی با تکنولوژی داخلی: در انتخاب گزینه ها باید توجه نمود کدام گزینه با شرایط فناوری و نیروی انسانی نخبه کشور هماهنگی بیشتر دارد و باعث رشد و شکوفایی بیشتر علمی کشور می شود.

4- آلودگی زیست محیطی: یکی از معیارهای محیطی ارائه شده در این مقاله آلودگی زیست محیطی می باشد که با توجه به نوع تکنولوژی باید مشخص شود که آیا نیاز به ساخت کارخانه یا تجهیزات می باشد یا توربین بادی به صورت کامل وارد کشور می شود. اگر گزینه مورد نظر موجب شود که طراحی و ساخت توربین های بادی در ایران انجام شود باعث آلودگی زیست محیطی می شود و باید نسبت هرکدام از گزینه ها را نسبت به آلودگی زیست محیطی مشخص کرد.

برای رسیدن به هدف مورد نظر یک طرح پیشنهادی ارائه گریده که نمودار آن به طور مختصر مشاهده می شود، بعد از تعیین هدف که انتخاب تکنولوژی مناسب طرحی و ساخت توربین های بادی می باشد، طی مراحل زیر الزامی خواهد بود:

1- گروه تصمیم گیری: ابتدا باید یک تیم تصمیم گیری منتخب تشکیل داد که اعضای آن را افراد نخبه با تجربه کاری بالا تشکیل می دهند. این گروه اطلاعات لازم را با استفاده از مرور منابع، نظرات کارشناسان، شرایط محلی، دسترسی به اطلاعات جمع آوری خواهند نمود.

2- مشخص کردن گزینه ها: با توجه به سیاست های کلان کشور و برنامه ریزی های صورت گرفته در زمینه خودکفایی طراحی و ساخت توربین های بادی می توان گزینه های موثر در این زمینه را انتخاب کرد.

3- مشخص کردن معیارها، زیر معیارها:

2-1- معیارها: با توجه به شرایط داخلی کشور می توان آن دسته از مشخصه های مورد نظر برای انتخاب تکنولوژی مناسب طراحی و ساخت توربین های بادی را مشخص کرد.

2-2- زیر معیارها: هر معیار دارای تعدادی مشخصه های مربوط و تاثیر گذار به سطح معیارها می باشد.

www.SID.ir

Archive of SID

3- تعیین میزان وابستگی میان معیارها، زیر معیارها و گزینه ها: گروه تصمیم گیری بعد از مشخص شدن گزینه ها، معیارها و زیر معیارها، باید ارتباط و میزان ارتباط آنها را نیز با یکدیگر مشخص کنند.

4- ایجاد مدل شبکه ای: بعد از مشخص شدن چهار سطح در تصمیم گیری می توان یک مدل برای رسیدن به هدف ایجاد نمود.

5- تشکیل ماتریس مقایسه زوجی: بعد از تعیین ارتباط گزینه ها، معیارها و زیر معیارها و ایجاد مدل شبکه ای با استفاده از ماتریس مقایسه زوجی باید گروه تصمیم گیری میزان ارتباط میان آنها را به صورت عددی نمایش داد.

6- بررسی ناسازگاری ماتریس: بعد از تکمیل شدن ماتریس مقایسه زوجی داده ها باید میزان ناسازگاری هر یک از ماتریس ها محاسبه شود. اگر میزان ناسازگاری کمتر از 0.1 باشد ادامه می دهیم واگر میزان ناسازگاری بیشتر از مقدار ذکر شده بود از گروه تصمیم گیری درخواست می شود مجدداً ماتریس مقایسه زوجی را بررسی کنند.

7- بدست آوردن وزن های ماتریس ها: در این مرحله از روش میانگین وزنی، وزن معیارها، زیر میعارها و گزینه ها را محاسبه می کنیم.

8- بدست اوردن حاصلضرب ماتریس ها: با توجه به وابستگی معیارها، زیر معیارها و گزینه ها به یکدیگر و میزان وابستگی آنها می توان از ضرب ماتریس ها با وزن ارتباط با یکدیگر وزن نهایی گزینه ها را بدست آورد.

9- انتخاب گزینه برتر: پس از انجام مراحل فوق گزینه ای که وزن بیشتری پیدا کرده است به عنوان گزینه برتر انتخاب خواهد شد.

با توجه به مدل پیشنهادی بعد از تشکیل گروه تصمیم گیری، گروه معیارها، زیر معیارها و گزینه ها را تعین کرده و سپس با پر کردن پرسشنامه ها اهمیت نسبی معیارها، زیر میعارها و گزینه ها نسبت یکدیگر را مشخص می کنند.

سپس با استفاده از مدلی که ساعتی ارائه نموده ماتریس مقایسه زوجی معیارها، زیرم معیارها و گزینه ها را تشکیل می دهیم.

جدول۱- ماتریس مقایسه زوجی پیشنهاد شده توسط ساعتی

معیارها	A_1	A_2	...	...	A_n
A_1	1	r_{ij}	…	…	r_{in}
A_2	r_{ji}	1			
⋮	⋮		·		
⋮	⋮			·	
A_n	r_{ni}				1

در مدل ارائه شده توسط ساعتی رابطه معکوسی نسبت به قطر اصلی در ماتریس وجود دارد بطوریکه $r_{ij} = \frac{1}{r_{ji}}$ است.

برای تبدیل معیارهای کمی و کیفی به اعداد قطعی(crisp) می توانیم از جدولی که ساعتی ارائه نموده(طیف لیکرت)، استفاده نماییم.

جدول۲- مقیاس های مورد استفاده در ماتریس مقایسات زوجی

مقیاس	ارتباط معیارها با یکدیگر
1	خیلی ضعیف
3	ضعیف
5	متوسط

www.SID.ir

Archive of SID

زیاد	7
خیلی زیاد	9
ارتباط مابین ارتباطات معیارها	2و4و6و8

پس از انجام مقایسه زوجی بین مولفه ها برای پیدا کردن مقدار ویژه(λ) می توان از روشی که ساعتی پیشنهاد کرده است استفاده نمود:

$$A.w = \lambda.w$$

که در فرمول بالا λ بزرگترین مقدار ویژه ماتریس A است. بردار w را با روش های پیشنهادی مانند میانگین وزنی هندسی یا میانگین وزنی ساده می توان محاسبه نمود. پس از تشکیل ماتریس مقایسه زوجی برای تعیین میزان ناسازگاری مقایسه ها از شاخص ناسازگاری وزن معیارها استفاده می شود که به فرمول آن به صورت زیر می باشد:

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

$$I.R=\frac{I.I}{I.I.R}$$

I.I.R مقدار شاخص تصادفی است که با توجه به رتبه ماتریس تعیین می شود، اگر مقدار شاخص ناسازگاری(I.R) کمتر از 0.1 باشد مقایسه مورد قبول واقع می شود، پایین بودن میزان ناسازگاری نشان دهنده ارتباط تقریبا صحیح میان اهمیت معیارها با یکدیگر می باشد.

جدول۳- مقدار شاخص های تصادفی

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
I.I.R	0	0	0.58	0.9	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.45

پس از اطمینان از صحت سازگاری ماتریس ها، ماتریس های مقایسه زوجی را با روش نرمالایز خطی ساده ماتریس ها نرمالایز کرده و سپس با روش متوسط وزنی، وزن هر یک از معیار و زیر معیارها را محاسبه می کنیم.

حال با مشخص شدن وزن گزینه ها می توان با استفاده از روش تاپسیس اولویت بندی گزینه ها را انجام داده و سپس گزینه برتر را شناسایی نمود. تکنیک تاپسیس یا اولویت بندی که بر اساس نزدیکی با راه حل ایده آل نخستین بار توسط ونگ و یون در سال 1981 معرفی شد، یکی از روش های پرکاربرد تصمیم گیری چند معیاره شناخته شده است. از این روش می توان برای رتبه بندی و مقایسه گزینه های مختلف و انتخاب بهترین گزینه و تعیین فواصل بین گزینه ها استفاده نمود.

از جمله مزیت های این روش وجود معیارها با مقیاس های متفاوت بوده، بطوریکه می توان از شاخص های منفی و مثبت به شکل ترکیبی در این روش استفاده نمود. بر اساس این روش بهترین گزینه یا راه حل، نزدیکترین راه حل به راه حل یا گزینه ایده آل و دورترین از راه غیر ایده آل است. به طور خلاصه راه حل ایده آل بیشترین سود و کمترین هزینه را داشته و از مجموع مقادیر حداکثر هر یک از معیارها به دست می آید، در حالی که راه حل غیر ایده آل از مجموع پایین ترین مقادیر هریک از معیارها بدست می آید.

فرآیند تاپسیس را به طور خلاصه می توان به صورت زیر نمایش داد:

1- ایجاد ماتریس تصمیم گیری: با توجه به مشخص شدن وزن زیر معیارها توسط روش تحلیل سلسله مراتبی(AHP) ، حال باید یک ماتریس تصمیم گیری که نشان دهنده رابطه زیر معیارها و گزینه ها باشند را تشکیل داد. این ماتریس نیز همانند ماتریس های مقایسه زوجی روش سلسله مراتبی باید توسط کارشناسان و نخبگان

www.SID.ir

Archive of SID

صنعت باد کشور تکمیل گردد.

2- نرمال نمودن ماتریس تصمیم گیری: با توجه به اینکه ماتریس تصمیم گیری دارای معیارهایی با مقیاس متفاوت می باشد باید برای مقایسه، اعداد درون ماتریس را نرمالایز نموده و سپس امکان مقایسه بوجود خواهد آمد. برای نرمالایز کردن ماتریس تصمیم گیری می توان از فرمول زیر استفاده نمود:

$$r_{ij} = \frac{n_{ij}}{\sqrt{\sum (n_{ij})^2}}$$

3- تشکیل ماتریس بی مقیاس موزون (v) : پس از نرمالایز نمودن ماتریس تصمیم گیری، باید ماتریس بدست آمده را در وزن زیر معیارهای بدست آمده از روش تحلیل سلسه مراتبی که خود به صورت یک ماتریس قطری که دارایه های روی قطر اصلی را وزن های زیر معیارها تشکیل می دهد ضرب ماتریسی کنیم.

4- تعیین راه حل ایده آل و راه حل غیر ایده آل: پس از بدست آوردن ماتریس بی مقیاس موزون معیارهای مثبت و منفی مشخص گردیده و بیشترین و کمترین مقدار را در هر معیار مشخص می کنیم. بیشترین مقدار در معیارهای مثبت و کمترین مقدار در هزینه ها راه حل ایده آل (A^+) و کمترین مقدار در معیارهای مثبت و بیشترین مقدار در هزینه ها راه حل غیر ایده آل (A^-) را تشکیل می دهند.

5- بدست اوردن فاصله هر گزینه تا راه حل ایده آل و غیر ایده آل: در روش تاپسیس برای اولویت بندی گزینه ها باید فاصله گزینه ها را از راه حل ایده آل و غیر ایده آل مشخص کرد. برای دستیابی بدین منظور می توان از فرمول های زیر استفاده نمود:

$$d_i^+ = \sqrt{\sum (v_{ij} - A^+)^2}$$

$$d_i^- = \sqrt{\sum (v_{ij} - A^-)^2}$$

6- تعیین ضریب نزدیکی گزینه ها: پس از بدست آوردن فاصله گزینه ها تا راه حل ایده آل و غیر ایده آل، حال می توان با اساتفاده از فرمول های زیر ضریب نزدیکی گزینه ها را نسبت به یکدیگر محاسبه نمود:

$$cl_i^+ = \frac{d_i^-}{d_i^- + d_i^+}$$

7- رتبه بندی گزینه ها بر اساس ضریب نزدیکی: بعد از تعیین ضریب نزدیکی گزینه ها می توان گزینه برتر که نزدیک ترین گزینه به راه حل ایده آل است را مشخص نمود. برای رسیدن به این هدف گزینه ای که بیشترین ضریب نزدیکی را داشت به عنوان گزینه برتر می توان انتخاب نمود.

۴- نمونه کاربردی

در این مقاله برای انتخاب گزینه برتر انتقال تکنولوژی طراحی و ساخت توربین های بادی، 4 میعار اصلی فنی، اقتصادی، اجتماعی و آلودگی زیست محیطی تبین و برای هر کدام زیر معیارهای مربوط به خود ارائه گریده است. 4 گزینه ای که با شرایط کشور عزیزمان ایران همخوانی بیشتری داشته و با توجه به سیاست های کلان کشوری در زمینه دانش بنیان شدن و خودکفایی را فراهم می آورند انتخاب گردیده است.

بعد از شناسایی معیارها و زیر معیارها لازم است نوع ارتباط و میزان اهمیت آنها نسبت یکدیگر مشخص شوند، این امر با تحقیق و جلب نظر نخبگان و با استفاده از منابعی که ذکر گردید انجام می پذیرد.

www.SID.ir

Archive of SID

حال ماتریس مقایسه زوجی معیارها نسبت به هدف مساله را تشکیل می دهیم و سپس وزن معیارها را محاسبه می کنیم.

جدول۴- ماتریس مقایسه زوجی معیارها نسبت به هدف

معیارها	اقتصادی	اجتماعی	فنی	آلودگی زیست محیطی	وزن معیارها(w)
اقتصادی	1	4.2	2.1	5.3	0.524322
اجتماعی	0.24	1	0.54	1.76	0.139065
فنی	0.48	1.85	1	2.54	0.245199
آلودگی زیست محیطی	0.19	0.57	0.39	1	0.091414

I.I.R=0.004157

بعد از تشکیل ماتریس مقایسه زوجی معیارها و هدف، هم اکنون می توانیم ماتریس مقایسه زوجی زیر معیارها را نسبت به معیار مربوطه تشکیل دهیم.

جدول۵- ماتریس مقایسه زوجی زیر معیارها نسبت به معیار اقتصادی

معیار اقتصادی	هزینه	زمان	فشار سیاسی	بازار در دسترس	وزن معیارها(w)
هزینه	1	2.2	1.31	3.41	0.387906
زمان	0.45	1	0.72	1.84	0.192736
فشار سیاسی	0.76	1.39	1	4.3	0.323173
بازار در دسترس	0.29	0.54	0.23	1	0.097185

I.I.R=0.013702

پس از بدست آوردن وزن زیر معیارها توسط روش تحلیل سلسله مراتبی(AHP)، حال باید ماتریسی که رابطه زیر معیارها و گزینه ها را مشخص می کند توسط کارشناسان و نخبگان تکمیل گشته و سپس می توان توسط روش تاپسیس گزینه برتر را مشخص کرد.

جدول ۶- ماتریس مقایسه زیر معیارها نسبت به گزینه ها

وزن زیر معیارها	0.20339	0.101	0.169	0.0509	0.0368	0.1023	0.1669	0.0783	0.0914
	هزینه انتقال تکنولوژی	زمان	تحریم ها	بازار در دسترس	مقبولیت اجتماعی	کارآفرینی	میزان کسب دانش	هماهنگی با تکنولوژی	آلودگی محیط زیست
مهندسی معکوس	60000000	15	9	2000000000	7	15400	9	7	1
آموزش و کسب مهارت	40000000	10	5	10000000000	9	14000	8	9	7
قرار داد کلید در دست	80000000	5	1	5000000000	5	11000	6	5	5
خرید لیسانس	120000000	2	2	6000000000	3	500	2	2	9

پس از نرمالایز کردن ماتریس مقایسه زیر معیارها و گزینه ها و همچنین ضرب ماتریسی در وزن زیر معیارها، حال ماتریس نهایی مساله بدست می آید.

جدول۷- ماتریس بی مقیاس موزون

	هزینه انتقال تکنولوژی	زمان	تحریم ها	بازار در دسترس	مقبولیت اجتماعی	کارآفرینی	میزان کسب دانش	هماهنگی با تکنولوژی	آلودگی محیط زیست
مهندسی معکوس	0/075681399	0/080566	0/144749	0/007933875	0/020121	0/066878	0/110411	0/043488	0/007319
آموزش و کسب مهارت	0/050454266	0/053711	0/080416	0/039669374	0/02587	0/060798	0/098143	0/055914	0/051233
قرار داد کلید در	0/100908533	0/026855	0/016083	0/019834687	0/014372	0/04777	0/073607	0/031063	0/036595

www.SID.ir

Archive of SID

دست									
خرید لیسانس	0/151362799	0/010742	0/032166	0/023801624	0/008623	0/002171	0/024536	0/012425	0/065871

سپس بیشترین و کمترین مقدار هر یک از زیر معیارها را بدست آورده و در مرحله بعدی فاصله مثبت و منفی هر یک از گزینه ها را نسبت به آنها محاسبه می کنیم.

جدول۸- مقادیر راه حل ایده آل

A^+	0/050454266	0/010742	0/144749	0/039669374	0/02587	0/066878	0/110411	0/055914	0/065871

جدول۹- مقادیر راه حل غیر ایده آل

A^-	0/151362799	0/080566	0/016083	0/007933875	0/008623	0/002171	0/024536	0/012425	0/007319

جدول ۱۰- فاصله گزینه ها تا راه حل ایده آل

d_1^+	0/000636408	0/004875	0	0/001007142	0.000330	0	0	0/000154	0/003428
d_2^+	0	0/001846	0/004139	0	0	0.000369	0/00015	0	0/000214
d_3^+	0/002545633	0/00026	0/016555	0/000393415	0/000132	0/000365	0/001354	0/000618	0/000857
d_4^+	0/010182532	0	0/012675	0/000251785	0/000297	0/004187	0/007374	0/001891	0

جدول۱۱- فاصله گزینه ها تا راه حل غیر ایده آل

d_1^-	0/005727674	0	0/016555	0	0/000132	0/004187	0/007374	0/000965	0
d_2^-	0/010182532	0/000721	0/004139	0/001007142	0/000297	0/003437	0/005418	0/001891	0/001928
d_3^-	0/002545633	0/002885	0	0/000141629	0.000331	0/002079	0/002408	0/000347	0/000857
d_4^-	0	0/004875	0/000259	0/000251785	0	0	0	0	0/003428

پس از محاسبه فاصله گزینه ها تا بیشترین و کمترین مقدار زیر معیارها، می توان نزدیکی گزینه ها را نسبت به یکدیگر محاسبه نموده و سپس بیشترین مقدار گزینه برتر خواهد بود.

جدول۱۲- ضریب نزدیکی گزینه ها

Cl_1^+	0/649957
Cl_2^+	0/680683
Cl_3^+	0/411633
Cl_4^+	0/328412

۵- نتیجه گیری

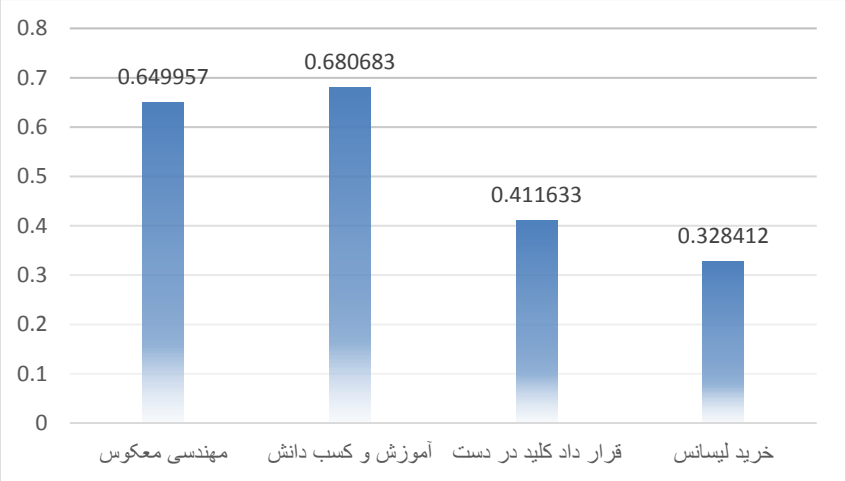
در این تحقیق برای یک تصمیم گیری دقیق در زمینه انتقال تکنولوژی ساخت توربین های بادی از یک روش ترکیبی استفاده گردیده است. ابتدا از روش تحلیل سلسله مراتبی(AHP) برای بدست وزن معیارها و زیر معیارها استفاده گردیده و سپس برای اولویت بندی گزینه ها از روش تاپسیس که بر اساس فاصله گزینه ها تا راه حل ایده آل و غیر ایده آل است، استفاده شده است.

با مشاهده وضعی فعلی کشور ایران و همچنین رویکرد کشورهای توسعه یافته در قبال آن، که مانع از ورود دانش و تجهیزات و حتی دستگاه های مورد نیاز به کشور می شوند مشاهده می شود، که بهترین روش انتقال تکنولوژی ساخت توربین های بادی استفاده از نیروهای انسانی داخل کشور است. با استفاده از نیروی انسانی متخصص داخلی و

www.SID.ir

Archive of SID

همچنین دانش بنیان شدن تکنولوژی ساخت توربین های بادی می توان طی مدت چند سال یک مزیت رقابتی در این صنعت برای کشور ایجاد کنیم. البته می توان طی این دوره با استفاده از روش مهندسی معکوس که گزینه بعدی است، کشور را در حد تکنولوژی روز جهانی پیش برد، و یا اگر دیدگاه های کشورها نسبت به ایران تغییر کرد می توان از گزینه های بعدی برای بهره وری و اثربخشی بیشتر استفاده نمود.



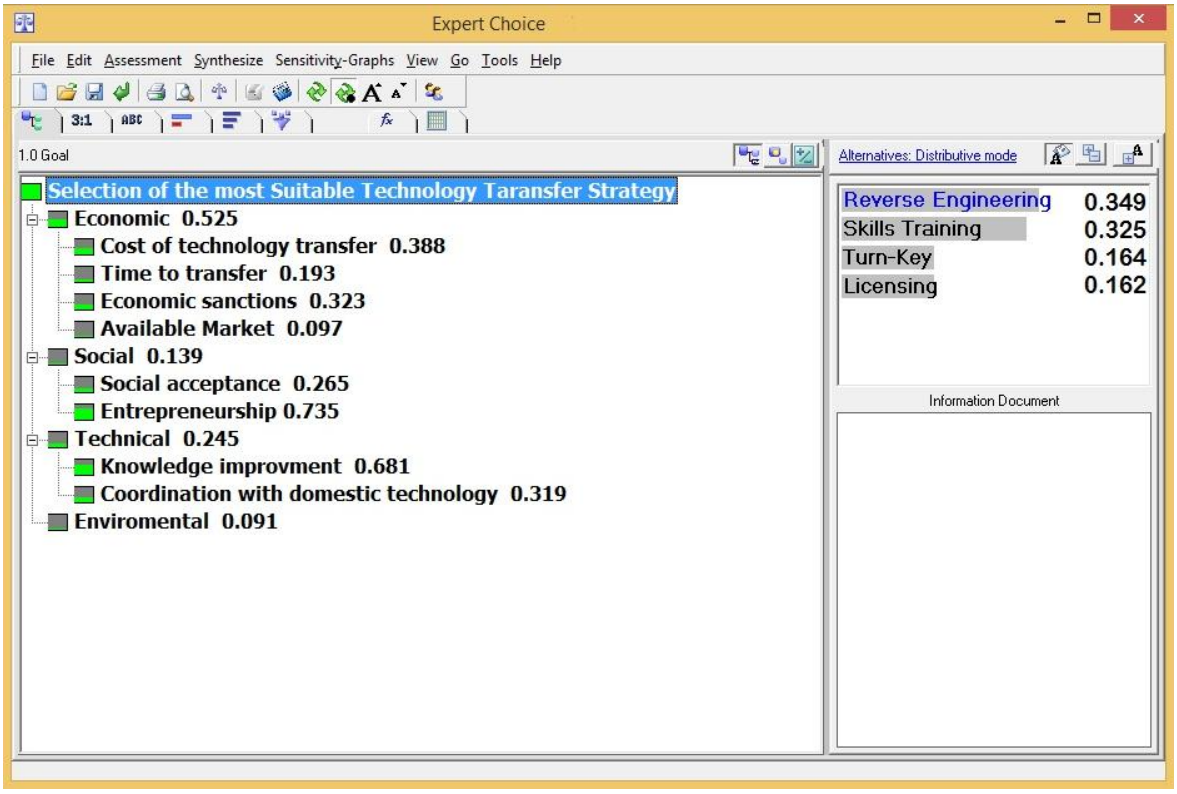
نمودار ۲- نتایج بدست آمده با استفاده از روش ترکیبی AHP-Topsis

هم اکنون برای بررسی بیشتر کارایی مدل ترکیبی تصمیم گیری چند معیاره AHP-Topsis ، می توانیم نتایج بدست آمده از این تحقیق را با مدل تحلیل سلسله مراتبی AHP مقایسه کنیم.

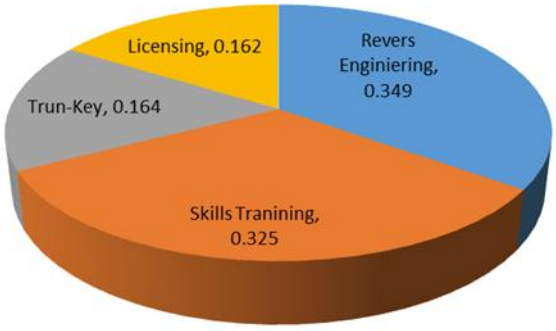
پس از تکمیل ماتریس های مقایسه زوجی و حل با نرم افزار Expert Choice نتایج بدست آمده به شرح زیر می باشد:

www.SID.ir

Archive of SID



شکل۲- شمایی از نرم افزار Expert Choice



نمودار۳- نتایج بدست آمده با استفاده از نرم افزار Expert Choice

همانطور که مشاهده می شود در رتبه بندی گزینه ها توسط روش تحلیل سلسله مراتبی گزینه مهندسی معکوس به عنوان گزینه برتر و آموزش و کسب دانش در رتبه دوم قرار گرفته است.

با مقایسه دو روش مشاهده می شود اولویت بندی گزینه ها در دو روش یکسان نبوده بطوریکه در مدل ترکیبی AHP-Topsis اولویت بندی گزینه ها به صورت آموزش و کسب دانش- مهندسی معکوس- قرارداد کلید در دست- خرید لیسانس می باشد. در حالی که نتایج بدست آمده توسط روش تحلیل سلسله مراتبی به ترتیب مهندسی معکوس- آموزش و کسب مهارت- قرارداد کلید دردست- خرید لیسانس می باشد. این ناهماهنگی در اولویت بندی گزینه ها نشان دهنده این موضوع است که، تغییر الگوی تصمیم گیری در مدل ترکیبی AHP-Topsis که بر اساس اولویت بندی گزینه ها از طریق محاسبه فاصله با راه حل ایده آل و غیر ایده آل محاسبه شده است، با مدل

www.SID.ir

Archive of SID

تحلیل سلسله مراتبیAHP که اولویت بندی گزینه ها از طریق مقایسه زوجی میان گزینه ها حاصل می شود متفاوت خواهد بود و نتایج یکسانی دربر نخواهد داشت.

با توجه به نتایج حاصله از این تحقیق توصیه می شود که به دلیل تعدد معیارها و زیر معیارها های فراوان و نبود اطلاعات دقیق در مورد تصمیم گیری گزینه های مورد نظر و مقایسه زوجی معیارها با یکدیگر، می توان برای انتخاب بهینه روش انتقال تکنولوژی ساخت توربین های بادی از تصمیم گیری چند معیاره استفاده نمود. به دلیل وجود تعدد معیارها و مقایسه آنها با یکدیگر از تحلیل سلسله مراتبی (AHP) در ابتدا تحقیق استفاده گردیده و هدف از آن ساخت یک مدل و مرتبط کردن معیارها، زیر معیارها می باشد و سپس برای انتخاب گزینه برتر از روش تاپسیس (Topsis) استفاده شده است. هدف استفاده از روش تاپسیس (Topsis) بدست آوردن راه حل های ایده آل و غیر ایده آل و فاصله گزینه ها تا راه حل ایده آل و غیر ایده آل می باشد، که باعث شده این روش یکی از بهترین روش های تصمیم گیری باشد.

منابع:

۱- Rahimani, Sajjad, Fazeli,Mohammad Hassan, Pathology of the Model of Wind Turbine Manufacturing Technology Transfer in Iran , Ciência e Natura, Santa Maria, 2015.

۲-Joanna I. Lewis, "Building a National Wind Turbine Industry: Experiences from China, India and South Korea," International Journal of Technology and Globalisation 5, no. 3/4.305-281:(2011)

۳- مرتضی موسی خانی و داود قراخانی، شناسایی و رتبه بندی عوامل موثر بر انتقال تکنولوژی با استفاده از تکنیک های MADM، فصلنامه مدیریت و توسعه و تحول15 (1392) 8-1.

۴- علی زارع و محمدرضا مختاری، الگوهای قراردادهای انتقال تکنولوژی، دانشنامه حقوق و سیاست، شماره20،پاییز و زمستان 1392.

۵- قرشی، امیرحسین، رهیابی به تکنولوژی توربین های برق بادی در جمهوری اسلامی دومین همایش ملی انرژی 1378.

۶- زهتابچیان، محمد حسین، ناصری گیگلو، علی، انتقال تکنولوژی، نشریه عصر مدیریت 1389.

۷- سلامی، رضا، سیاست های انتقال بین المللی تکنولوژی و توسعه صنعتی کشورهای در حال توسعه، مجله پژوهشی دانشگاه امام صادق علیه السلام، شماره 5، مهر 1388.

۸- محمدی دیانی، رشید، سعدی، سجادی، نوروزی، سجاد، پیشرفت ایران؛ گذشته، حال، آینده، اریبهشت1394، چهارمین کنفرانس الگوی اسلامی ایرانی پیشرفت.

۹- خلیل، طارق، کتاب مدیریت تکنولوژی، ترجمه محمد اعرابی

۱۰- سازمان انرژی های نو ایران

www.SID.ir