انتخاب مناسب نیروگاه های مقیاس کوچک
با رویکردتصمیم گیری چند معیاره (M.C.D.M)
(مطالعه موردی : جغرافیای ایران)

قنبر عباس پور اسفدن [1]

چکیده

امروزه صنعت برق در دنیا دستخوش تغییرات جدی ساختاری به منظور دستیابی همزمان به شبکه برق و همچنین استفاده از مزیت های تولید پراکنده شده است . سالها قبل ، برق تنها در نیروگاه های بزرگ با تجهیزات متمرکز، کل وظیفه تولید ، انتقال ، توزیع و تأمین برق را بر عهده داشتند ، ولی هم اکنون تولید و مصرف در یک فضای کاملا رقابتی با یکدیگر قراردارند تا بدین طریق صنعت برق در زمینه تجاری نیز کارایی بیشتری داشته باشد. در نتیجه این کار، بازارازانحصار تنها چند واحد در هر کشور خارج ومصرف کننده این امکان را دارد که تأمین کننده برق خود را انتخاب نماید.از طرف دیگر می توان به راندمان بالاتر، آلودگی کمتر، توجیه پذیری در سوخت مصرفی و حذف

۱ . استادیار دانشگاه آزاد اسلامی ، دانشکده مدیریت ، واحد تهران جنوب

یا کاهش نیاز به توسعه سیستم انتقال و توزیع، نیزاشاره نمود . پژوهش حاضر ضمن بررسی و مطالعه جامع در اهمیت سیستم های تولید پراکنده ، به کمک تیمی از خبرگان امر ضمن شناسایی عوامل موثر ، به رتبه بندی مولدهای مقیاس کوچک یعنی توربینهای احتراقی ، موتورهای احتراق درونی، میکروتوربین ها ، پیلهای سوختی ، سلولهای فتوولتائیک (خورشیدی) و توربین های بادی نیز پرداخته است . اوزان شاخص ها با روش آنتروپی شانون و رتبه بندی گزینه ها نیز با تکنیک علمی TOPSIS انجام شده است .

واژگان کلیدی:تولید پراکنده،نیروگاه مقیاس کوچک،تصمیم گیری چندمعیاره(M.C.D.M [۱]) ، خبرگان[۲]،آنتروپی شانون[۳]، انتخاب به روش تاپسیس[۴] (TOPSIS) .

۱ . Multiple Critria Decision Making
۲ . Experts
۳ . Shannon Entropy
٤ . Technique for Order-Preference by Similarity to Ideal Solution

مقدمه

جوهره زندگی انرژی است و از مصرف منابع مختلف که در طبیعت یافت می شود بدست می آید . یکی از انرژی هائی که امروزه نقش بسیار حساسی در جوامع بشری دارد ، انرژی الکتریکی حاصل از منابع تجدید پذیر و تجدیدناپذیر موجود در طبیعت توسط بشر است . تقاضای مصرف انرژی برق، رشدی صعودی دارد و این رشد ، تابع اضافه شدن مصرف کنندگان بخش های مختلف خانگی، صنعتی، کشاورزی، تجاری وغیره است که هر کدام سهم متمایزدر مصرف برق تولیدی دارند . به منظور تامین تقاضای برق هر یک از بخش ها ، باید در جهت تولید انرژی مورد نیاز تلاش نمود . انرژی مورد نیاز بواسطه نیروگاه ها و مولدهایی که بدست انسان ها ساخته شده است تبدیل به برق شده و در جامعه تزریق می شود . تاکنون برق مورد نیاز عموم بواسطه نیروگاه های بزرگ و متمرکز

که هزینه های بسیاری برای کشورها نیز داشته است تولید می شد ، ولی در حال حاضر یکی دیگر از راه های تولید برق ، تولید پراکنده۱ با مولدهای متفاوت و در حجم های گوناگون است که صنعت برق را متحول نموده و منافع بسیاری به همراه دارد . یکی از تفاوت های موجود تولید برق در شبکه سراسری(روش کنونی) با تولید پراکنده در این است که تولید در شبکه سراسری با حجم عظیمی صورت می گیرد و سپس بوسیله شبکه انتقال و توزیع به سمت مصرف کننده ها فرستاده می شود در حالی که مولدهای تولید پراکنده بنا به درخواست ، در محل مصرف یا نزدیک به مصرف کننده ها نصب و در حجم های مختلف تولید و مصرف می شود . به همین منظور تلاشی صورت گرفته تا بشود توانایی های شبکه سراسری و تولید پراکنده را ضمن معرفی مورد ارزیابی و مقایسه قرار داد . امروزه در سراسر جهان مباحث مربوط به انرژی با حساسیت بیشتری نسبت به گذشته در تمامی ابعاد اقتصادی،سیاسی و امنیتی پیگیری می شود . اهمیت این مباحث روز به روز در حال افزایش بوده و مطالعات مربوط به آن برای تمامی کشورها از ضرورتی راهبردی برخوردار است . دلیل اصلی این امر آن است که انرژی ، محور اصلی توسعه و پیشرفت جوامع بشری به حساب آمده و رشد منطقی این جوامع بدون انرژی غیر ممکن خواهد بود . وجود مجموعه ای از عوامل جهانی از جمله مباحث مربوط به امنیت انرژی ، نگرانی های محیط زیست ،

1- Dispersed Generation

هزینه های انرژی و وجود پتانسیل های بالقوه انرژی تجدید پذیر که تاثیر قابل توجهی در توسعه این نوع انرژی ها دارند موجب گردیده تا رویکرد جدیدی درخصوص توسعه آن ها در کشورهای توسعه یافته و کشورهای در حال توسعه بکار گرفته شود . طی چند سال گذشته نظر به شرایط ویژه حاکم بر ظرفیت قابل تولید نیروگاههای شبکه سراسری کشور به واسطه کاهش نزولات آسمانی و اهمیت به کارگیری کلیه ظرفیت های موجود تولید برق با توجه به آمادگی تولید پراکنده جهت تولید برق این روش اهمیت زیادی پیدا کرده است . شرکت توانیر مهمترین عواملی را که سبب توجه ویژه به تولید پراکنده می شود را به صورت زیر مطرح می نماید .

الف) جغرافیای وسیع کشور

ب) هدف برق رسانی به اقصی نقاط کشور

ت) نیاز به تجدید ساختار در صنعت برق

ث) کیفیت برق و اعتمادپذیری

ج) رشد سریع تکنولوژی و ظهور فناوریها با راندمان بالا

چ) لزوم صرفه جویی در مصرف انرژی با توجه به رو به زوال بودن منابع سوخت فسیلی

بیان مسئله

یکی از دلایل گرایش به سمت تولید پراکنده ، نیاز به افزایش بازده سیستم های تولید انرژی الکتریکی و کاهش آلاینده های تولیدی توسط آن ها است . علت این پدیده نیز افزایش بیش ازحد آلاینده های تولیدی توسط نیروگاه های حرارتی فسیلی است که منجر به امضای توافق نامه کیوتو توسط بسیاری ازکشورهای جهان برای کاهش تولید گازهای گلخانه ای گردید . در سالهای ۱۹۹۹ تا ۲۰۰۱ بسیاری از مؤسسات تحقیقاتی دنیا پیش بینی کردند که تا سال ۲۰۱۰ حدود ۲۵ تا ۳۰ درصد نیروگاههای ساخته شده در دنیا از تکنولوژیهای مختلف تولید پراکنده بهره خواهند برد . در اتحادیه اروپا ظرفیت تولید انرژی از منابع تولید پراکنده در سال ۲۰۰۰ در حدود ۷۵ گیگاوات بوده است و پیش بینی می شود که این مقدار به ۱۹۵گیگاوات که در حدود ۲۲ درصد کل ظرفیت تولید انرژی دراروپا می باشد افزایش یابد . طبق تحقیقاتی که موسسه تحقیقات برق آمریکا در سال ۱۹۹۹ انجام داد پیش بینی کرد که تا سال۲۰۱۵ حدود ۲۵درصد انرژی تولیدی در آمریکا به صورت پراکنده خواهد بود . در ایران عدم استفاده از تولید پراکنده یک مشکل قابل توجه است لذا به لحاظ بهبود کیفیت ، پایداری سیستم ، کاهش هزینه های انتقال و توزیع و ...باید چه در بخش دولتی و چه در بخش خصوصی مورد توجه جدی قرار گیرد .

اهمیت و ضرورت تحقیق

توجه به مسایلی همچون تلفات و هزینه های خطوط انتقال و توزیع برق ، نقصان در دسترسی محلی به شبکه برق سراسری، نیاز به مولدهای کمکی در ساعات اوج مصرف و راحتی و آسایش بیشتر مصرف کنندگان ، نیاز به نسل جدیدی از مولدهای تولید انرژی احساس می شود . این مولدها که در واقع نیروگاه های حرارتی در مقیاس بسیار کوچک می باشند ، به نام مولدهای تولید پراکنده برق شناخته میشوند . استفاده از این مولدها به نتایج قابل توجهی در زمینه صرفه جویی و جلوگیری از اتلاف انرژی و قابلیت اطمینان منجر شده است . مولدهای تولید پراکنده برق ، توانایی تولید توان بین ۳ تا ۱۰ کیلووات برای مصارف خانگی، ۵۰ تا ۵۰۰ کیلووات برای مصارف تجاری و ۱ تا ۵۰ مگاوات برای مصارف صنعتی را دارا می باشند . بنابراین با توجه به فضای رقابتی موجود ، اینکه مصرف کننده حق انتخاب تامین کننده برق خود را داشته باشد ، از اهمیت بسزائی برخوردار است.

اهداف تحقیق

هدف اصلی : معرفی یک روش علمی مناسب به منظور شناسایی و رتبه بندی مولدهای مقیاس کوچک با در نظر گرفتن عوامل ومعیارهای مختلف جهت برنامه ریزی برای توسعه تولیدات پراکنده کشور .

اهداف فرعی :

الف) ارائه راهکار سرمایه گذاری جهت انتخاب رضایت بخش تکنولوژی تولیدات پراکنده

ب)ایجاد انگیزه در مدیران برق وتصمیم گیران موثر در زمینه پیاده سازی تولیدات پراکنده

پ) جلب اعتماد سرمایه گذاران از طریق استفاده نتایج این تحقیق در جهت پیشبرد اهداف ملی و نفع اقتصادی خودشان با توجه به آینده روشن و رویکرد جهانی به استفاده از تولیدات پراکنده به عنوان یک عامل مهم در تامین سبد انرژی کشورهای مختلف جهان .

سوالات تحقیق

الف) شاخص های مناسب انتخاب نیروگاههای مقیاس کوچک کدامند؟

ب) هر یک از شاخص های انتخاب بهینه نیروگاههای مقیاس کوچک دارای چه وزنی هستند؟

پ) رتبه بندی نیروگاههای مقیاس کوچک در جهت توسعه تولیدات پراکنده در مناطق مختلف جغرافیایی کشور کدام است؟

روش تحقیق

برای دستیابی به پاسخ مناسب پرسش های این تحقیق باید روشی مناسب نیز برگزیده می شد ، لذا از آنجائی که فرضیه ای مطرح نیست ، روش تحقیق نیز از حوزه آماری خارج است و لذا برای تعیین شاخص ها و رتبه بندی رویکردهای انتخاب بهینه نیروگاه های مقیاس کوچک ، تکنیک های تصمیم گیری چند شاخصه بکار گرفته شده اند(عباس پور اسفدن ، کاربرد تئوری تصمیم گیری ،۱۳۹۳) ، و به تناسب و اقتضای موضوع با نظر خبرگان امر از مدل TOPSIS استفاده شده که جهت استفاده آموزشی بیشتر مقاله شرح روش نیز مختصر و مفید در زیر ارائه شده است .

معرفی مختصرساختار تکنیک تاپسیس در تحقیق

الف) گزینه ها *(Alternatives)* ، همان رویکردهای بهینه مقیاس کوچک بوده و عبارتند از :

۱) توربین های احتراقی
۲) موتورهای احتراق درونی
۳) میکروتوربین
۴) پیل های سوختی
۵) سلول های فتوولتائیک (خورشیدی)
۶) توربین های بادی

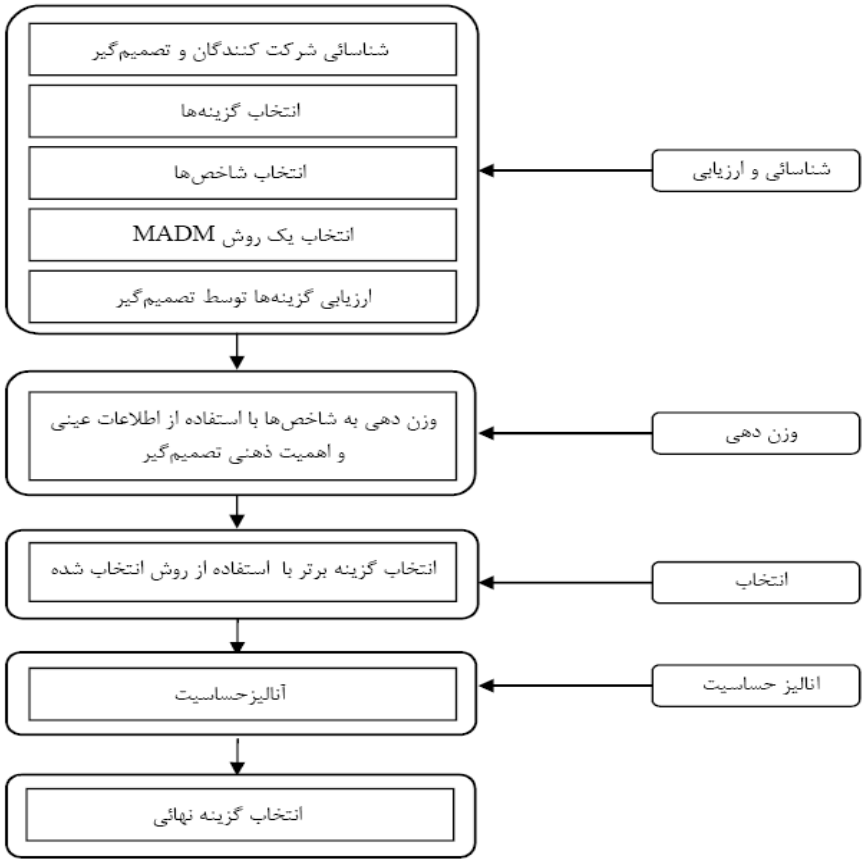
ب) شاخص ها *(Attributes)* ، **عبارتند از :**

۱) میزان آلودگی محیط زیست
۲) امکان وسهولت در دسترسی تجاری
۳) میزان حمایت های دولت
۴) قابلیت اطمینان
۵) هزینه تولید برق(برحسب دلار به کیلو وات ساعت)
۶) عمر(سال)
۷) بازده (درصد)
۸) سهولت در اتصال به شبکه توزیع

که ماتریس تصمیم زیر را تشکیل می دهند .

جدول شماره (۱) ماتریس خام تصمیم گیری برای ارزیابی گزینه ها(مولدهای مقیاس کوچک)								
گزینه	میزان آلودگی محیط زیست	امکان وسهولت در دسترسی تجاری	میزان حمایت های دولت	قابلیت اطمینان	هزینه تولید برق (برحسب دلار به کیلو وات ساعت)	عمر (سال)	بازده (درصد)	سهولت در اتصال به شبکه توزیع
توربینهای احتراقی								
موتورهای احتراق درونی								
میکروتوربین								
پیل های سوختی								
سلول های فتوولتائیک(خورشیدی)								
توربین های بادی								

از آنجا که شاخص ها هم کمی و هم کیفی و دارای جنبه های مثبت و منفـی میباشـند و امکـان ارزیابی با اعداد و وضعیت های دقیق نیست ،از نظر خبرگان در طیفی دو قطبی لیکـرت(Likert) از صفر تا ده استفاده شده است ، که فرایند تصمیم نیز بصورت شکل شماره (۱) می باشد .



شکل شماره (۱) فرآیند تصمیم گیری چندشاخصه (تولید پراکنده ، سازمان انرژی اتمی) تجزیه و تحلیل نظرات خبرگان با الگوی TOPSIS

- ***قدم اول:* بی مقیاس سازی ماتریس تصمیم**

پس از جمع آوری نظرات طبق جدول شماره (۱)ازخبرگان تحقیق که تعداد آنها ۱۲ نفر می باشد

میانگین هندسی نظرات محاسبه شده ، که در جدول شماره (۲) نشـان داده شـده اسـت . بطـور نمونه امتیاز گزینه مولد توربین های احتراقی در مقابل شاخص میزان حمایت های دولت یعنـی خانـه A1-C3+ بصورت زیر محاسبه شده است .

$$\sqrt[12]{1*5*5*5*5*7*5*9*5*1*5*5} = 4.12$$

جدول شماره (۲) ماتریس تصمیم (R) دارای مقیاس

A_i \ C_j	C_1^+	C_2^+	C_3^+	C_4^+	C_5^-	C_6^+	C_7^+	C_8^+
A_1	3.48	6.6	4.12	5.8	0.1029	0.3	0.2	5.35
A_2	3.8	7	4.21	6	0.0934	0.85	0.2	6.12
A_3	5.16	3.46	4.04	5.39	0.117	0.28	0.2	5.51
A_4	7.7	2.31	3.04	5.39	0.1339	0.45	0.1	4.27
A_5	8.9	6.12	5.6	4.6	0.223	0.15	0.2	4.75
A_6	9	5.06	5.24	4.7	0.1846	0.40	0.2	5.8

که پس از بی مقیاس سازی به **روش نرم** با استفاده از رابطه $d_{ij} = \frac{r_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^{6} r_{ij}^{\,2}}}$ ماتریس تصمیم بی مقیاس شده ، مطابق جدول شماره(۳) خواهد بود

جدول شماره (۳) ماتریس تصمیم بی مقیاس شده D

	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	C_6	C_7	C_8
A_1	0.22	0.50	0.38	0.44	0.29	0.26	0.43	0.41
A_2	0.23	0.53	0.39	0.46	0.25	0.75	0.43	0.47
A_3	0.32	0.26	0.37	0.41	0.32	0.25	0.43	0.42
A_4	0.48	0.18	0.28	0.41	0.36	0.4	0.21	0.32
A_5	0.55	0.47	0.51	0.35	0.61	0.13	0.43	0.36
A_6	0.56	0.38	0.48	0.36	0.50	0.35	0.43	0.44

- **قدم دوم : وزن دهی شاخص ها**

در اکثر مسائل تصمیم گیری نیاز به دانستن اهمیت نسبی از شاخص های موجود داریم ، به طوری که مجموع آنها برابر با واحد نرمالیزه شده واین درجه ارجحیت هر شاخص نسبت به بقیه برای تصمیم گیری مورد نظر را نیز نشان می دهد . در این پژوهش برای محاسبه وزن شاخص ها از تکنیک آنتروپی شانون استفاده شده است . آنتروپی در تئوری اطلاعات معیاری برای مقدار عدم اطمینان بیان شده و توسط یک توزیع احتمال گسسته نشان داده می شود . لذا ابتدا ماتریس تصمیم به صورت احتمالات p_{ij} از رابطه زیر نرمال شده است .

$$p_{ij} = \frac{r_{ij}}{\sum_{i=1}^{m} r_{ij}} ; \forall i, j$$

که ماتریس تصمیم نرمال شده (مجموع ستونها یک) به صورت زیر می باشد .

جدول شماره (۴) ماتریس تصمیم نرمالیزه شده N

	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	C_6	C_7	C_8
A_1	0.09	0.21	0.15	0.18	0.25	0.12	0.18	0.17
A_2	0.10	0.24	0.16	0.19	0.27	0.36	0.18	0.19
A_3	0.14	0.11	0.15	0.17	0.22	0.11	0.18	0.17
A_4	0.20	0.07	0.12	0.17	0.18	0.18	0.10	0.14
A_5	0.23	0.20	0.22	0.14	0	0.06	0.18	0.15
A_6	0.24	0.17	0.20	0.15	0.08	0.17	0.18	0.18

از مجموعه شاخصها ، میزان آنتروپی هر شاخص یعنی Ej با توجه به p_{ij} هابه ازای هر شاخص از رابطه زیر محاسبه شده است.

$$Ej = (-k)^* \sum_{i=1}^{m} [(pij)^* \ln(pij)] \; ; \forall i, j \qquad \text{و} \qquad k = \frac{1}{\ln m}$$

درجه انحراف یا گوناگونی یعنی djبه ازای شاخص j ام نیز بـه صـورت زیر محاسبه شده است .

$$d_j = 1 - E_{j,\forall i,j}$$

وسرانجام وزن های WJ ، از شاخص های موجود نیز از رابطه زیر محاسبه گردیده اند.

$$w_j = \frac{d_j}{\sum_{j=1}^{n} d_j}$$

که به ارائه نتایج در جداول زیر اکتفا می شود .

جدول بردار آنتروپی یا Ej :

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8
E_j	0.96	0.957	0.80	0.99	0.86	0.91	0.79	0.996

جدول بردار میزان گوناگونی یا انحراف از یک یعنی dj ها :

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8
dj	0.04	0.043	0.20	0.01	0.14	0.09	0.21	0.01

جدول بردار اوزان شاخص ها یا Wj :

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8
wj	0.05	0.06	0.27	0.01	0.19	0.12	0.29	0.01

- **قدم سوم : محاسبه ماتریس موزون - ابتدا ماتریس تصمیم جدول شماره (۲) ، به روش نرم مطابق جدول (۳) بی مقیاس شده است . که پس از آن ، ماتریس موزون از رابطه زیر محاسبه گردیده است .**

$$H = D * W_{8*8}$$

$$= \begin{pmatrix} 0.22 & 0.50 & 0.38 & 0.44 & 0.29 & 0.26 & 0.43 & 0.41 \\ 0.23 & 0.53 & 0.39 & 0.46 & 0.25 & 0.75 & 0.43 & 0.47 \\ 0.32 & 0.26 & 0.37 & 0.41 & 0.32 & 0.25 & 0.43 & 0.47 \\ 0.48 & 0.18 & 0.28 & 0.41 & 0.36 & 0.40 & 0.21 & 0.32 \\ 0.55 & 0.47 & 0.51 & 0.35 & 0.61 & 0.13 & 0.43 & 0.36 \\ 0.56 & 0.38 & 0.48 & 0.36 & 0.50 & 0.35 & 0.43 & 0.44 \end{pmatrix} * \begin{pmatrix} 0.05 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0.06 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0.27 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0.01 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0.19 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.12 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.29 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.01 \end{pmatrix} H$$

$$= \begin{pmatrix} 0.012 & 0.030 & 0.110 & 0.004 & 0.060 & 0.030 & 0.120 & 0.004 \\ 0.013 & 0.024 & 0.110 & 0.005 & 0.050 & 0.100 & 0.120 & 0.005 \\ 0.020 & 0.016 & 0.100 & 0.0041 & 0.006 & 0.032 & 0.120 & 0.0042 \\ 0.027 & 0.100 & 0.080 & 0.0041 & 0.070 & 0.052 & 0.060 & 0.0032 \\ 0.031 & 0.028 & 0.140 & 0.0035 & 0.120 & 0.017 & 0.120 & 0.004 \\ 0.032 & 0.020 & 0.130 & 0.004 & 0.100 & 0.050 & 0.120 & 0.004 \end{pmatrix}$$

- **قدم چهارم : محاسبه ایده آل های مثبت و منفی یعنی** A^+ و A^-

برای ایده آل مثبت از شاخص های با جنبه مثبت بزرگترین و از شاخص های با جنبه منفی کوچکترین را انتخاب می کنیم ، و برای ایده آل منفی به عکس ، لذا خواهیم داشت .

$$A^+ = \{0.012, 0.100, 0.140, 0.005, 0.006, 0.100, 0.120, 0.005\}$$

$$A^- = \{0.032, 0.016, 0.080, 0.0035, 0.120, 0.017, 0.060, 0.0032\}$$

- **قدم پنجم:محاسبه فاصله اقلیدسی گزینه هاازایده آل های مثبت و منفی یعنی** d_j^+ و d_j^-

این فواصل نیز با استفاده از روابط زیر محاسبه شده اند .

$$d_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^{8} (h_{ij} - a_j^+)^2} \qquad d_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^{8} (h_{ij} - a_j^-)^2}$$

که :

نتایج به شرح زیر می باشند

$$d_1^+ = 0.0700 \qquad d_1^- = 0.0960$$
$$d_2^+ = 0.0706 \qquad d_2^- = 0.1300$$
$$d_3^+ = 0.0640 \qquad d_3^- = 0.0170$$
و
$$d_4^+ = 0.1273 \qquad d_4^- = 0.0870$$
$$d_5^+ = 0.1189 \qquad d_5^- = 0.0930$$
$$d_6^+ = 0.0950 \qquad d_6^- = 0.0950$$

- **قدم ششم : محاسبه نزدیکی نسبی گزینه ها از ایده آل ها**

در اینجا نزدیکی نسبی گزینه ها از ایده آل مثبت با رابطه زیر محاسبه شده است .

$$cl_{i+} = \frac{d_{i-}}{(d_{i+} + d_{i-})} \; ; 0 \leq cl_{i+} \leq 1; i = 1,2, \ldots, m$$

که نتایج حاصله به صورت زیر می باشند.

$$cl_{1+} = \frac{0.096}{(0.070 + 0.096)} = 0.578$$

$$cl_{2+} = \frac{0.130}{(0.064 + 0.017)} = 0.648$$

$$cl_{3+} = \frac{0.017}{(0.064 + 0.017)} = 0.209$$

$$cl_{4+} \frac{0.104}{(0.1273 + 0.104)} = 0.450$$

$$cl_{5+} = \frac{0.087}{(0.1189 + 0.087)} = 0.422$$

$$cl_{6+} = \frac{0.093}{(0.095 + 0.093)} = 0.494$$

قدم هفتم : رتبه بندی نهائی گزینه ها - با توجه به میزان نزدیکی گزینه ها به ایده آل مثبت ، رتبه بندی نهائی مطابق جدول زیر است .

جدول شماره (۵) اولویت بندی گزینه ها بر اساس روش TOPSIS

رتبه	1	2	3	4	5	6
میزان نزدیکی به A^+	0.648	0.578	0.496	0.450	0.422	0.209
گزینه (A_i)	A_2	A_1	A_6	A_4	A_5	A_3
نام گزینه	موتورهای احتراق درونی	توربین های احتراقی	توربین های بادی	پیلهای سوختی	سلول های فتولتائیک(خورشیدی)	میکروتوربین

یعنی : $A_2 > A_1 > A_6 > A_4 > A_5 > A_3$

نتیجه گیری

از نتایج بدست آمده اینگونه استنباط می شود ، با توجه به اینکه ایران خود از کشورهای صادر کننده نفت،گاز ومشتقات آنها می باشد وهمچنین سرمایه گذاری اولیه پایین و قابلیت اطمینان بالا و دسترسی تجاری آسان، موتورهای احتراق درونی وتوربین های احتراقی بعنوان مولدهای مقیاس کوچک در اولویت اول ودوم جهت پیاده سازی واجرا پیشنهاد می شود . بعد از آنها سیستمهایی که با انرژهای تجدید پذیر وپاک کار می کنند در اولویت های بعدی قرار می گیرند .این نشان دهنده آن است که خبرگان صنعت برق با توجه به اهمیت رویکردهای جهانی به سمت استفاده از انرژهای پاک این موضوع را کاملا در برنامه های تولید برق کشور برای رفع نیاز کنونی جامعه و همچنین رشد بار فزاینده آینده گنجانده اند . اما نکته ای که قابل بررسی می باشد این است که با توجه به آماده نبودن بسترهای کافی برای پیاده سازی مولدهای با انرژی تجدید پذیر از جمله عدم دسترسی کافی از تجهیزات و لوازم مورد نیاز برای بهره برداری وتعمیرات بدلیل بومی نشدن این صنعت تاکنون در کشور و همچنین مشکلات متعدد دیگر در مقایسه با موتورهای احتراق درونی و توربین های احتراقی از جمله قابلیت اطمینان پائین وعدم قوانین حمایتی کافی از جانب مراجع دولتی از سرمایه گذاران برای پیاده سازی تولیدات پراکنده با انرژی های تجدید پذیردلیلی بر این مدعا شده است که نیروگاه های مقیاس کوچک با انرژی های تجدیدپذیر در اولویت سوم به بعد قرار گیرد .

پیشنهادات برای پژوهش های آینده

برای پژوهش های آینده موارد زیر در این زمینه ارائه می شود .

الف) ارزیابی اقتصادی وفنی نیروگاه های مقیاس کوچک در کشور

ب) رتبه بندی مولدهای مقیاس کوچک با روش های تصمیم گیری که زیر شاخص ها هـم در آن لحاظ گردند

پ) ادغام محاسبات فنی شاخص های دیگر از جمله شاخص های اقتصادی و زیست محیطی برای ارائه یک مدل جامع جهت پیاده سازی سیستم های تولید پراکنده در کشور

ت)رتبه بندی سیستم های تولید پراکنده با استفاده از مدل های تصمیم گیری فازی

منابع

۱- آذر، عادل، رجب زاده،علی، تصمیم گیری کاربردی با رویکردMADM ، انتشارات نگاه دانش ، (۱۳۹۳)

۲- آزرم ،داریوش ،جایگاه انرژیهای تجدیدپذیر در ساختارانرژی ایران وجهان نشریه علمی برق شماره ۳۱

۳- اصغرپور، محمدجواد ، " تصمیم گیری چندمعیاره"، انتشارات دانشگاه تهران، چاپ ششم(۱۳۸۷)

۴- تولید پراکنده اقدامی مهم درمدیریت انرژی(مقاله ای مربوط به دفتر خصوصی سازی صنعت برق سال ۱۳۸۸)

۵- چهاردولی ، بطحایی ، پروژه کارشناسی " جایابی بهینه تولید پراکنده به منظورکاهش تلفات در شبکه توزیع" ، دانشکده برق خواجه نصیرالدین طوسی

۶- حداد پور جهرمی محمد جعفر،فرآیندسلسله مراتبی انتخاب مناسبترین مولد در تولید پراکنده(۱۳۸۸)

۷- حسینیان آهنگری ، بطحایی سید محمد تقی، انتخاب بهینه نیروگاه های تولید پراکنده (۱۳۸۵)

۸- حقی فام محمودرضا، مسائلی مریم ارزیابی منافع زیست محیطی منابع تولید پراکنده و مقایسه هزینه تولید آنها با نیروگاههای حرارتی با در نظر گرفتن تأثیر آلودگی تولیدی بر سلامتی انسان (۱۳۸۸)

۹ - حقی فام محمود رضا،مدلسازی وتحلیل اثرتولیدپراکنده روی قابلیت اطمینان شبکه های توزیع(۱۳۸۴)

۱۰- خاکی،غلامرضا،روش تحقیق با رویکردی به پایان نامه نویسی، انتشارات بازتاب ، چاپ پنجم (۱۳۸۸)

۱۱- دشتی رضا،یوسفی شقایق، ارزیابی تأثیر سیستمهای تولید پراکنده بر عملکرد شبک ههای توزیع برق با مطالعه موردی مولدهای فتوولتاییک(۱۳۸۷)

۱۲- دفتر برنامه ریزی انرژی" ترازنامه انرژی سال ۱۳۸۰ معاونت انرژی ، وزارت نیرو

- صباغیان رضا،شریفی محمدباقر،مقایسه تعیین وزن شاخصها درتصمیمگیری چندشاخصه ، ۱۳۹۰

۱۳- طاهرخانی مرتضی ، منصف حسن ، برنامه ریزی توسعه تولیدات پراکنده ، (۱۳۸۸)
۱۴- عباس پور اسفدن قنبر ، کاربرد تئوری تصمیم گیری در مدیریت و مهندسی ، ۱۳۹۲ اساتید برتر
۱۵- قدسی پور،حسن،مباحثی درتصمیم گیری چندمعیاره،انتشارات دانشگاه امیر کبیر، چاپ هفتم(۱۳۸۸)
۱۶- کتابچه ی راهنمای توسعه ی مولد مقیاس کوچک(آبان ۱۳۸۸)
۱۷- کمالی نیا سعید،بهبود ساختار شبکه برق با استفاده از قابلیت های تولید پراکنده ، ایران(۱۳۸۷)
۱۸- کسمایی، محمد ، پهنه بندی اقلیمی ایران
۱۹- کنفرانس دانشجویی دانشگاه تهران ۱۳۸۶،تولید پراکنده و مزایای آن
۲۰- گروه انرژیهای نو، گزارشهای پروژه" امکان سنجی احداث نیروگاه حرارتی خورشیدی در ایران"پژوهشکده انرژی
۲۱- هاشمی علی،میثمی احمد،ساخت یک میکروتوربین۱۰۰کیلو واتی ساخت در داخل کشور(۱۳۸۹)
۲۲- مطالعه تولیدات پراکنده با امکان استفاده بصورت CHP برای صنایع بالای یگ مگاوات(مقاله ای مربوط به سازمان انرژی بهره وری ایران(سابا))
۲۳- مومنی،منصور،مباحث نوین تحقیق درعملیات، ۱۳۹۳،انتشارات دانشگاه تهران
۲۴- مومنی، منصور، مدل‌ها و نرم‌افزارهای تصمیم‌گیری چند شاخصه، ۱۳۹۰، انتشارات صانعی
۲۵- نسل جدید نیرو گاه ها برای تامین انرژی صنایع و ساختمانها ، رئوفت مهدی-دانشگاه شیراز
۲۶- A. P. Agalgaonkar, et al ,” Evaluation of Configuration Plans for DG’s in Developing Countries Using Advanced Planning Techniques”, IEEE Transactions On Power Systems, Vol. 21, No. 2, May 2006
27- Ackerman T,Andersson G,Sodder,L,2001 Distributed generation:a definition.Electric Power system Research
۲۸- An Approach to Quantify the Technical Benefits of Distributed Generation”, by Pathomathat Chiradeja & R. Rama Kumar, In IEEE
29- Distributed Generation Business Modeling.Bus Mod Protect;By I.Garcia Boash 2004
30- Energy Information Administration. “Annual Energy outlook 2003”
31- http://www. nrel. gov/homer
32- http://www. mahaurja. com/.
33- http: // europa . eu.int / comm/ energy-transport/html/ssch pfutpot.html/
34- http://bioenergy.ornl.gov/papers/misc/energy-conv.html
35- L.Dale “Distributed Generation Transmission” in Proc. IEEE power Engineering Society wintermeeting vol.1. Jan 2002, 132-134
Transactions on Energy Conversion 10.1109 / TEC.2004

36- Multiple Attribute Decision Making: Methods and Applictions,GWO-HshiungTzeng,Jih-JengHuang, Published by Chapman and Hall/ CRC, 2011.

۳۷ - Multi-criteria Decision Making Methods and Fuzzy sets,cengiz Kahraman,Department of Industrial Engineering, Istanbul Technical University, Istanbul Turkey, 2012.

۳۸- Rangan Banerjee "Comparison of options for distributed generation in India" Department of Engineering and Public Policy, Carnegie Mellon University, Pittsburgh, PA 15217, USA . Available

۳۹- The Role of Distributed Generation and Power Systems in Data Centers(2007)

۴۰- The Role of Distributed Generation in Power Quality and Reliability Ken Darrow (2010)