Aalborg Universitet

AALBORG UNIVERSITY
DENMARK

Multi-Attribute Distributed Generation Planning in a Micro-Grid Considering Uncertainty Conditions

Ghasemkhani, Amir; Setareh, Mohammad; Anvari-Moghaddam, Amjad; Parvizi-Mosaed, Mehdi ; Rahimi-Kian, Ashkan

Published in:
Proceedings of the 21st Iranian Conference on Electrical Engineering (ICEE)

Publication date:
2013

Link to publication from Aalborg University

Citation for published version (APA):
Ghasemkhani, A., Setareh, M., Anvari-Moghaddam, A., Parvizi-Mosaed, M., & Rahimi-Kian, A. (2013). Multi-Attribute Distributed Generation Planning in a Micro-Grid Considering Uncertainty Conditions. In *Proceedings of the 21st Iranian Conference on Electrical Engineering (ICEE)* (pp. 1-6)

General rights
Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal -

Take down policy
If you believe that this document breaches copyright please contact us at vbn@aub.aau.dk providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

برنامه ریزی توسعه واحدهای تولید پراکنده در یک ریز شبکه بر اساس آنالیز سلسله مراتبی و با در نظر گرفتن عدم قطعیت‌ها

امیر قاسم‌خانی، محمد ستاره، امجد انوری مقدم، مهدی پرویزی مساعد و اشکان رحیمی‌کیان
دانشگاه تهران، دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر
a.ghasemkhani@ut.ac.ir

چکیده - این مقاله به بررسی برنامه‌ریزی توسعه واحدهای تولید پراکنده در یک ریزشبکه نمونه با در نظرگرفتن عدم قطعیت‌ها پرداخته است. ابتدا با برنامه‌ریزی یک ریز شبکه و مقداردهی اولیه آن، از میان تعداد زیادی از طرح‌های پیشنهادی توسط نرم افزار *HOMER* ، تعدادی از طرح-های مناسب‌تر که طیف گسترده‌ای از منابع تولید پراکنده و حالت‌های عملکردی متنوع را در بردارد، انتخاب می‌گردد و هر کدام از طرح‌ها طبق روش تصمیم‌گیری چند معیاره، آنالیز سلسله مراتبی *(AHP)* و بر اساس معیارهای فنی، اقتصادی و زیست محیطی برای دو دیدگاه مختلف بهره-بردار شبکه که وظیفه‌ی تأمین امنیت و پایداری شبکه را برعهده دارد و شرکت برق که وظیفه‌ی تأمین انرژی و تحویل برق به مشترکین را دارد رتبه بندی می‌شوند و سپس بهترین طرح انتخاب می‌شود. در گام بعدی اثر عوامل نایقین در معیارهای مقاوم بودن، انعطاف‌پذیری و ریسک پذیری طرح‌ها جهت انتخاب طرح‌های برتر مورد بررسی قرار می‌گیرد.

کلید واژه- آنالیز سلسله مراتبی، تولید پراکنده، تصمیم‌گیری چند معیاره، ریز شبکه

۱- مقدمه

برنامه‌ریزی واحدهای تولید پراکنده با درنظرگرفتن عوامل نایقینی یا همان عدم قطعیت‌ها و قیود مختلف، یک مسئله‌ی بهینه‌سازی چند هدفه است که حل آن بسیار پیچیده و مشکل می‌باشد. برای یافتن بهترین جواب برای چنین مسائلی نیاز به روشی است تا بتوان اهداف مختلف را باهم مقایسه کرد و بهترین جواب را با درنظر گرفتن همه‌ی عوامل بدست آورد. تکنیک‌های مختلفی در زیرشاخه‌ی روش‌های "تصمیم‌گیری چند معیاره" برای این امر وجود دارد. روش AHP[1] که در این مقاله استفاده شده است، از جمله‌ی این روش‌ها می‌باشد. برای برنامه‌ریزی واحدهای تولید پراکنده باید معیارهای مختلفی مانند زیست محیطی، فنی و اقتصادی به همراه عدم قطعیت‌ها درنظرگرفته شود. این معیارها از دیدگاه تولیدکننده، مصرف کننده و بهره-بردار شبکه از درجه‌ی اهمیت متفاوتی برخوردار هستند و لذا در وزن‌دهی طرح‌ها به صورت متفاوت عمل می‌کنند. طرح‌های متفاوت در مرجع [۱] بر اساس معیار میانگین و انحراف معیار مقایسه شده‌اند اما انتخابی برای بهترین طرح صورت نگرفته است. نویسندگان در مرجع [۲] بر اساس مجموعه جواب Pareto بهترین طرح‌ها را در یک ریزشبکه شامل سه منبع تولید پراکنده تعیین نموده‌اند و فقط انواع حالات ترکیبی از ظرفیت این منابع را بر اساس معیارهای عدم قطعیت رتبه بندی کرده‌اند و معیارهای زیست محیطی، فنی و اقتصادی را در نظر نگرفته‌اند. در مرجع [۳-۴] دو روش برای انتخاب چند معیاره برای طراحی مورد نظر معرفی شده است.

در این مقاله برنامه‌ریزی واحدهای تولید پراکنده با در نظر گرفتن سه معیار زیست‌محیطی، فنی و اقتصادی برای طرح‌هایی که از شبیه‌سازی در نرم افزار HOMER انتخاب شده‌اند، انجام می‌شود. این طرح‌ها از دو دیدگاه بهره بردار شبکه که وظیفه‌ی تأمین امنیت و پایداری شبکه را برعهده دارد و شرکت برق که وظیفه‌ی تأمین انرژی و تحویل برق به مشترکین را دارد، وزن-دهی می‌شوند و سپس بر اساس روش AHP رتبه بندی می‌شوند و بهترین طرح‌ها انتخاب می‌شود. در قسمت بعد، معیارهای نایقینی نیز به مسئله اضافه شده و روند فوق تکرار می‌شود تا تأثیر عوامل نایقینی که در برنامه‌ریزی توسعه تولیدات پراکنده بسیار مهم و تأثیرگذار هستند، مشاهده و بررسی شود.

۲- روش AHP برای انتخاب بهترین طرح

روش AHP یک روش تصمیم‌گیری چند شاخصه‌ای است

[1] Analytic Hierarchy Process

که در آن معیارهای مختلف وزن‌دهی می‌شوند و سپس بهترین گزینه انتخاب می‌شود. برای اینکار از نرم افزار Expert Choice استفاده شده است و ضرایب وزنی مستقیماً بطور مستقل و عددی بین صفر تا یک وارد نرم افزار شده‌اند. ضریب وزنی نهایی هر یک از طرح‌ها بر اساس تابع هدفی که در رابطه‌ی (۱) نشان داده شده است، بدست می‌آید.

$$OF(u_1,u_2,...,u_n)=\sum_{i=1}^{n} c_{l,i} w_i \qquad (۱)$$

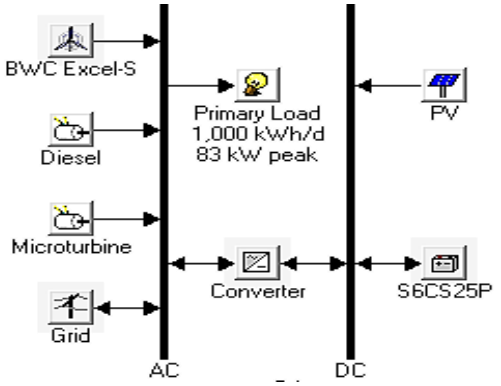
w_i، ضریب وزنی هر یک از معیارها نسبت به دیگر معیارها و $c_{l,i}$، ضریب وزنی هر طرح برای معیار iام است. واضح است که مجموع ضرایب وزنی معیارها برای هر طرح و همچنین مجموع ضرایب طرح‌ها باید برابر یک باشد.

$$\sum_{i=1}^{n} w_i = \sum_{l=1}^{m} c_{l,i} = 1 \qquad (۲)$$

که m، تعداد طرح‌ها است. هرچقدر مقدار تابع هدف برای هر یک از طرح‌ها بیشتر باشد، طرح مورد نظر از رتبه‌ی بهتری برخوردار خواهد بود.

۳- پتانسیل‌سنجی اجزای ریزشبکه برای حضور در مسأله‌ی برنامه‌ریزی توسعه

ریز شبکه نمونه‌ای که در کار حاضر مورد استفاده قرار گرفته است بصورت شماتیک درشکل ۱ نشان داده شده است. ساختار کلی این ریز شبکه مبتنی بر واحدهای تولید پراکنده و بارهای محلی می‌باشد که در مد اتصال به شبکه بالادست قادر است عمل نماید. المان‌های استفاده شده برای پیاده‌سازی این ریز-شبکه عبارتند از: توربین بادی، سیستم فتوولتائیک، میکروتوربین، دیزل ژنراتور، باتری، مبدل و لینک ارتباطی با شبکه بالادست.



شکل۱: ساختار ریزشبکه‌ی نمونه

- **سیستم فتوولتائیک**

به طور کلی هزینه سرمایه‌گذاری در سیستم فتوولتائیک نسبت به سایر واحدهای تولیدپراکنده بیشتر است و در اکثر مواقع استفاده از این نوع واحدها مقرون به صرفه نیست. البته در سوی دیگر به دلیل پاک بودن انرژی تولیدی سیستم فتوولتائیک به لحاظ زیست محیطی بسیار مناسب می‌باشد. نکته‌ی دیگری که در مورد استفاده از سیستم فتوولتائیک باید در نظر داشت بحث عدم قطعیت در تولید انرژی این واحد تولیدی است که با میزان تابندگی خورشید نسبت مستقیم دارد.

- **توربین بادی**

توربین بادی استفاده شده در ریز شبکه از نوع BWC Excel-S و تولید کننده‌ی برق متناوب می‌باشد. به طور کلی هزینه سرمایه‌گذاری برای توربین بادی به نسبت سیستم فتوولتائیک پایین‌تر است و همانند آن دارای معیارهای زیست محیطی مناسبی می‌باشد. بحث عدم قطعیت برای توربین بادی به‌دلیل تغییرات سرعت باد و درنتیجه تغییرات توان خروجی توربین بادی بسیار مهم می‌باشد.

- **دیزل ژنراتور**

دیزل ژنراتورها نوعی دیگر از واحدهای تولیدپراکنده هستند که قابلیت روشن شدن در زمان بسیار کوتاه را دارند. به همین جهت در زمان‌های اضطراری برای تولید انرژی مورد استفاده قرار می‌گیرند. البته این واحدها معیارهای زیست محیطی مناسبی ندارند. پارامتر عدم قطعیت در دیزل ژنراتور قیمت گازوئیل در نظر گرفته می‌شود.

- **میکروتوربین**

میکروتوربین‌ها از دو واحد حرارتی و الکتریکی تشکیل شده-اند. این واحدها از لحاظ زیست محیطی وضعیت مناسب‌تری نسبت به دیزل ژنراتورها دارند. سوخت مورد استفاده در میکروتوربین‌ها گاز طبیعی می باشد که آلایندگی کمتری نسبت به سوخت دیزل دارد. پارامتر عدم قطعیت در میکروتوربین قیمت گاز طبیعی در نظر گرفته می‌شود.

- **باتری**

باتری مورد استفاده در این شبیه‌سازی از نوع Surrette 6CS25P می‌باشد که انرژی مازاد در شرایط کم باری را ذخیره می‌کند و در ساعات اوج بار و افزایش قیمت بازار، به شبکه تحویل می‌دهد.

- **مبدل**

در ریزشبکه‌ها به دلیل اینکه واحدهایی وجود دارد که برق تولیدی آنها DC است (سیستم فتوولتائیک ، باتری و بعضی مدل‌های توربین بادی) لذا باید از یک مبدل دو سویه برای اتصال

باس‌های DC به AC و تبادل توان بین آنها استفاده کرد.

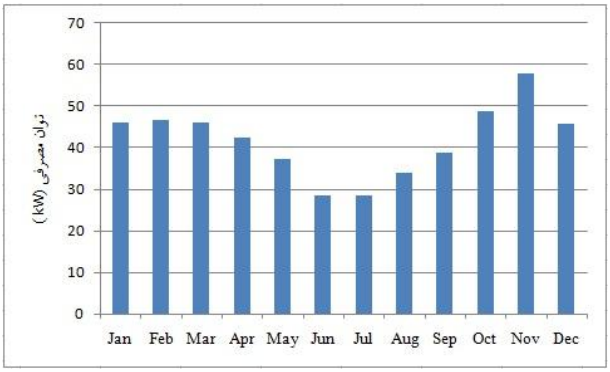
۴- مشخصات المان‌های ریزشبکه

مشخصات هزینه‌ی المان‌های موجود در ریزشبکه در جدول ۱ نشان داده است [۵].

جدول۱: هزینه المان‌های موجود در ریز شبکه

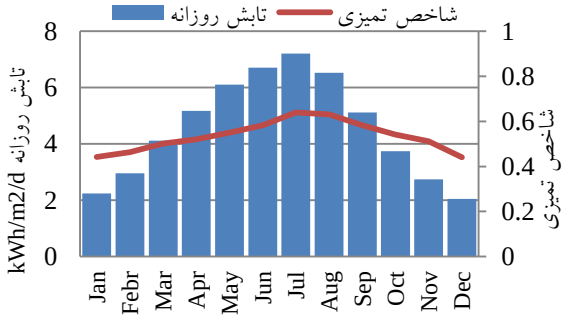
نوع منبع انرژی	هزینه‌ی تعمیر و نگهداری($/kw.yr)	هزینه‌ی جایگزینی($/kw)	هزینه‌ی سرمایه گذاری($/kw)
فتوولتائیک	۷۰	۶۰۰۰	۷۰۰۰
توربین بادی	۳۰	۱۲۰۰	۱۵۰۰
دیزل	۱۷۵/۲	۳۰۰	۴۰۰
میکروتوربین	۹۶/۳۷	۷۵۰	۸۰۰
مبدل	۱۰	۷۰۰	۷۰۰
باتری	۲/۱۶	۹۴/۴	۱۲۰

انتخاب‌های موجود برای سایزینگ سیستم فتوولتائیک، توربین بادی، دیزل ژنراتور، میکروتوربین و باتری بصورت kW ۰،۳۰،۶۰،۹۰ و برای باتری kWh ۵۸/۲، ۳۴/۷، ۲۰/۸۲، ۶/۹۴، ۰ و مبادله با شبکه‌ی بالادست بصورت kW ۰،۲۵،۷۵،۱۰۰ می‌باشد. پروفایل بار ماهانه در شکل ۲ نشان داده شده است. میانگین بار مصرفی kWh/day ۱۰۰۰ و اوج بار مصرفی سالانه kW ۸۳ می‌باشد.



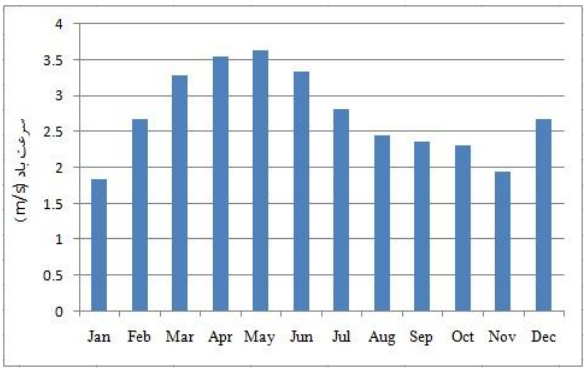
شکل۲: متوسط بار مصرفی ماهانه در یک سال

منحنی تابش روزانه و شاخص تمیزی که می‌توان از تابش خورشید دریافت کرد در شکل ۳ نمایش داده شده است.



شکل۳: منحنی تابش خورشید در یک سال

منحنی فوق از سایت NASA گرفته شده و برای طول و عرض جغرافیایی تهران می‌باشد[۶]. همچنین اطلاعات مربوط به سرعت باد از سایت فرودگاه مهرآباد اخذ شده و در شکل ۴ نشان داده شده است. متوسط سرعت باد سالیانه ۲/۷۴ m/s می‌باشد[۷].



شکل۴: متوسط سرعت باد ماهیانه در یک سال

ضرایب جریمه‌ی آلودگی‌ها در جدول۲ داده شده است. قیمت سوخت دیزل و میکروتوربین به ترتیب بر اساس نرخ قیمت گازوئیل و گازطبیعی در ایران محاسبه شده و برابرند با: ۰/۲۸۵ $/L و ۰/۱۶۴ $/m3 [۸].

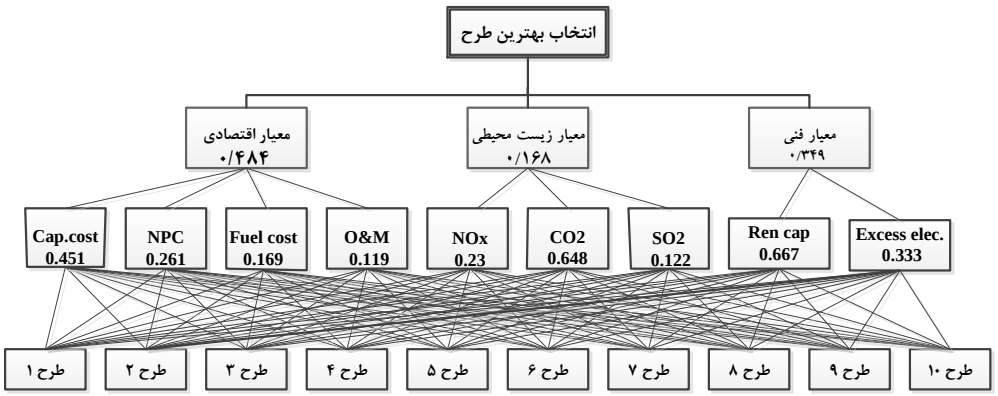
جدول۲: ضرایب جریمه‌ی آلودگی‌ها

CO_2($/t)	CO($/t)	HC($/t)	PM($/t)	SO_2($/t)	NO_2($/t)
۲/۸۷۵	۱۲۵	۸	۱۰	۷۵۰	۱۰۰۰

قیمت پایه‌ی خرید و فروش به شبکه بر اساس سه نرخ کم‌باری، میان‌باری و پرباری در ایران می‌باشد که به شرح جدول ۳ می‌باشند. نرخ خرید از شبکه در تابستان ۱/۲ برابر نرخ خرید پایه در دیگر فصول انتخاب شده است. همچنین برای شرکت برق که مسائل اقتصادی مهم‌تر از مسائل فنی می‌باشد، ضریب وزنی معیار اقتصادی بیش‌تر از فنی است و برای بهره‌بردار شبکه عکس این مطلب صادق است. در یک سطح پایین‌تر همین روند برای زیرمعیارهای هر یک از معیارها هم انجام می‌شود و ماتریس ضرایب مربوطه بدست می‌آید. در پایین‌ترین سطح، هریک از طرح‌ها برای هریک از زیرمعیارها وزن‌دهی می‌شود و ضرایب مربوطه بدست می‌آید که در شکل ۵ درخت AHP و ضرایب وزنی معیارهای بدست آمده بر اساس روند گفته شده، نشان داده شده است.

جدول۳: نرخ قیمت برق از شبکه

میزان بار	قیمت خرید از شبکه ($/kWh)	قیمت فروش به شبکه ($/kWh)
کم باری	۰/۰۱	۰/۰۷۳
میان باری	۰/۰۱۹	۰/۱۰۶
پرباری	۰/۰۳۹	۰/۱۰۶



شکل۵: درخت سلسله مراتبی روش AHP

۵- نتایج شبیه‌سازی در حالت پایه

ماتریس AHP برای معیارهای بالاترین سطح از دیدگاه شرکت برق در جدول ۴ ارائه شده است.

جدول ۴: ماتریس AHP از دیدگاه شرکت برق

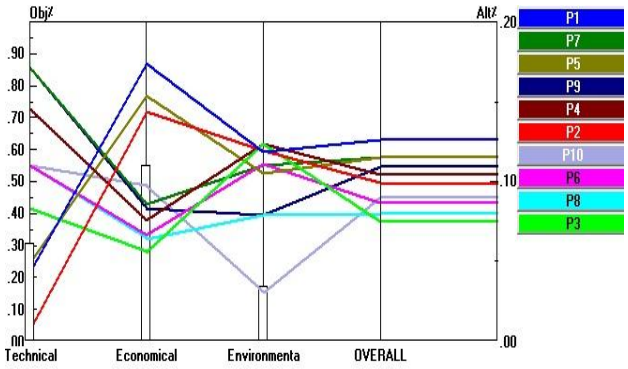
شرکت برق	زیست محیطی	اقتصادی	فنی
فنی	۲	۰/۵	۱
اقتصادی	۳	۱	۲
زیست محیطی	۱	۰/۳۳	۰/۵
کل	۰/۱۶۸	۰/۴۸۴	۰/۳۴۹

زیر معیارها به دو دسته معیار مثبت و منفی تقسیم بندی می‌شوند. معیارهای مثبت و منفی به ترتیب معیارهایی هستند که هرچه مقدار بیشتر و کمتری داشته باشند بهتر است. مثلاً آلودگی‌ها معیار منفی و معیار (Ren.cap) که معرف درصد تولید از انرژی‌های تجدید پذیر به تولید کل انرژی می‌باشد، یک معیار مثبت است. برای معیارهای منفی طرح‌ها بدین صورت وزن‌دهی می‌شوند که بدترین طرح، وزن صفر و بهترین طرح وزن یک و بقیه‌ی طرحها براساس رابطه‌ی (۳) وزن‌دهی می‌شوند. به همین ترتیب معیارهای مثبت بر اساس رابطه‌ی(۴) وزن دهی می‌شوند.

$$C_i = \frac{\max - value}{\max - \min} \qquad (۳)$$

$$C_i = \frac{value}{\max} \qquad (۴)$$

بر اساس جدول طرح‌های منتخب که در پیوست آمده است، Max بیشترین مقدار وMin کمترین مقدار برای معیار مذکور از بین ده طرح و Value، مقدار هر طرح برای معیار مذکور می‌باشد. پس از اعمال محاسبات فوق، رتبه بندی طرح‌ها بصورت نشان دهده شده در شکل ۶ بدست می‌آید. همانطورکه مشاهده می‌شود طرح شماره هفت و یک، برترین طرح ها می‌باشند.



شکل۶: رتبه بندی طرح ها از دیدگاه شرکت برق

طرح هفتم از لحاظ فنی بهترین طرح و از لحاظ اقتصادی طرح دوم می‌باشد، زیرا هزینه‌ی سیستم فتوولتائیک نسبت به بقیه‌ی المان ها بیشتر است و در مجموع یکی از بهترین طرح‌ها است. طرح شماره‌ی یک از لحاظ اقتصادی بهترین طرح است زیرا سلول خورشیدی و توربین بادی که هزینه‌ی ساخت زیادی دارند را شامل نمی‌شود و از لحاظ زیست محیطی هم در رتبه‌ی مناسبی قرار دارد. از دیدگاه بهره بردار شبکه، معیارهای فنی مهم‌تر از دیگر معیارهاست، بنابراین باید ضریب وزنی بالاتری نسبت به بقیه‌ی معیارها داشته باشد. با درنظر گرفتن این موضوع، ماتریس AHP برای این معیارها را اصلاح کرده و ضریب وزنی معیارهای فنی، اقتصادی و زیست محیطی را به صورت جدول ۶ بدست می‌آوریم و دوباره طرح‌ها را رتبه بندی می‌نماییم که در جدول ۷ نشان داده شده است.

جدول ۶ : ماتریس AHP از دیدگاه بهره بردار شبکه

بهره بردار شبکه	زیست محیطی	اقتصادی	فنی
فنی	۲	۰/۵	۱
اقتصادی	۳	۱	۲
زیست محیطی	۱	۰/۳۳	۰/۵
کل	۰/۲۴۹	۰/۱۵۷	۰/۵۹۴

جدول۷: رتبه بندی طرح‌ها از دیدگاه بهره بردار شبکه

رتبه‌ی طرح	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰
شماره طرح	۷	۹	۴	۶	۸	۳	۱۰	۱	۵	۲

۶- نتایج شبیه‌سازی با حضور عدم قطعیت‌ها

در مسائل برنامه‌ریزی توسعه ریزشبکه‌ها، همواره پدیده‌هایی وجود دارند که در گذر زمان تغییر می‌کنند، مانند: قیمت سوخت، سرعت باد، تابش خورشید و غیره. بنابراین طرحی مناسب است که در برابر این پدیده‌ها جواب منطقی بدهد. در این کار، برای سرعت باد عدم قطعیت‌های، ۲ m/sec و۴ ، برای بار مصرفی سالیانه،MWh/day ۱۰۰۰ و ۱۴۰۰ و برای قیمت سوخت دیزل، ۰/۲۸۵ $/L و ۰/۴۲۸ $/L انتخاب شده است که مجموعاً ۸ سناریو را تعریف می‌کنند. بر این اساس یک سطح دیگر به مراحل سلسله مراتبی درخت AHP اضافه می‌شود که معیارهای مدیریت ریسک می‌باشند. این معیارها عبارتند از انعطاف پذیری، مقاومت پذیری و ریسک پذیری. در این قسمت به تعریف هر یک از معیارهای مدیریت ریسک می‌پردازیم.

- **معیار مقاومت**

طرح‌های مقاوم طرح‌هایی هستند که در اکثر سناریوهای مفروض ظاهر شوند. اگر طرحی برای حالتی از عدم قطعیت‌ها مناسب نباشد، در این صورت مقاومت‌پذیری طرح کاهش خواهد یافت.

- **معیار انعطاف پذیری**

طبق تعریف طرحی را انعطاف پذیر می نامیم که تغییرات و عدم قطعیت های مختلف در آینده را بپذیرد و جواب منطقی به آن دهد، به عبارت دیگر نسبت به حالت پایه تغییرات کمتری داشته باشد. به این منظور طبق مرجع [۲] انحراف معیار طرح‌ها را به عنوان معیار انعطاف‌پذیری می‌پذیریم. انحراف معیار کمتر به معنی طرح منعطف‌تر می‌باشد.

$$Flx_j = \left(\frac{1}{NUS-1}\right)\sum_{i=1}^{i=NUS}(\Delta OF_{i,j} - \overline{\Delta OF_j})^2)^{1/2} \qquad (۵)$$

که NUS تعداد عدم‌قطعیت‌ها، j شماره طرح، $\Delta OF_{i,j}$ تابع هدف طرح j ام برای عدم قطعیت iام و $\overline{\Delta OF_j}$ میانگین تابع هدف j ام برای هشت عدم‌قطعیت موجود است.

- **معیار ریسک پذیری**

معیار ریسک‌پذیری یک طرح، مصالحه‌ای بین مقدار متوسط و انحراف معیار توابع هدف آن طرح در سناریوهای مختلف می‌باشد. طبق مرجع [۲] می‌توان برای ریسک‌پذیری ضریبی در نظر گرفت که به آن ضریب ریسک پذیری (α) می‌گویند. بر این اساس هر چه این ضریب بزرگتر باشد یعنی تغییرات، ارزش بیشتری دارد و هر چه کمتر باشد ، پایین بودن این ارزش را نشان می‌دهد. در این مسأله ضریب ریسک‌پذیری $\alpha = ۰/۵$ درنظر گرفته شده است. ماتریس ضرایب AHP برای معیارهای انعطاف پذیری، مقاومت‌پذیری و ریسک پذیری در جدول ۸ نمایش داده شده است. ماتریس ضرایب AHP برای زیر معیارهای فنی، اقتصادی، زیست محیطی نیز همانند قسمت پایه فرض می‌شود.

جدول ۸: ماتریس AHP برای پارامترهای عدم قطعیت

عدم قطعیت	ریسک پذیری	انعطاف پذیری	مقاومت پذیری
مقاومت پذیری	۱/۵	۱/۵	۱
انعطاف پذیری	۰/۶۶	۱	۰/۶۶
ریسک پذیری	۱	۱/۵	۰/۶۶
کل	۰/۳۲۵	۰/۲۴۸	۰/۴۲۶

با تشکیل مجدد درخت سناریوها و انجام محاسبات سلسله مراتبی، رتبه‌بندی طرح‌ها مطابق نتایج نشان داده شده در جداول ۹ و ۱۰ بدست می‌آید. همانطور که مشاهده می شود طرح شماره‌ی پنج در دو معیار در رتبه‌ی اول قرار دارد و در مجموع هم در رتبه‌ی اول قرار می‌گیرد . طرح‌های شماره هفت و یک نیز در رتبه‌های بعدی قرار می‌گیرند. طرح شماره‌ی پنج طرحی است که شامل توربین بادی، میکروتوربین، مبدل، باتری و اتصال به شبکه است. این طرح بدلیل اینکه از لحاظ عدم قطعیت فقط پارامتر باد را دارد، بنابراین طرح نسبتاً مطمئنی است، ضمن آنکه از لحاظ انعطاف پذیری بعد از طرح‌های شماره ده و هفت قرار می‌گیرد.

جدول۹: رتبه بندی طرح ها بادرنظر گرفتن عدم قطعیت از دیدگاه شرکت برق

معیار	رتبه‌ی طرح	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰
مقاومت پذیری	شماره طرح	۹-۱	۱۰	-	-	-	-	-	-	-	-
انعطاف پذیری	شماره طرح	۱۰	۷	۵	۶	۹	۱	۴	۳	۸	۲
ریسک پذیری	شماره طرح	۵	۱	۲	۸	۶	۱۰	۹	۷	۳	۴
مجموع سه معیار	شماره طرح	۵	۷	۱	۶	۹	۲	۸	۴	۳	۱۰

جدول۱۰: رتبه بندی طرح ها بادرنظر گرفتن عدم قطعیت از بهره‌بردار شبکه

معیار	رتبه‌ی طرح	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰
مقاومت پذیری	شماره طرح	۹-۱	۱۰	-	-	-	-	-	-	-	-
انعطاف پذیری	شماره طرح	۷	۱۰	۱	۹	۴	۵	۶	۳	۸	۲
ریسک پذیری	شماره طرح	۵	۱	۸	۶	۲	۱۰	۹	۷	۳	۴
مجموع سه معیار	شماره طرح	۱	۵	۷	۹	۶	۸	۴	۳	۲	۱۰

۷- نتیجه گیری

در این مقاله از آنالیز سلسله مراتبی برای رتبه بندی طرح-های موجود در برنامه‌ریزی توسعه واحدهای تولید پراکنده در یک ریزشبکه استفاده شد. در حالت پایه، طرح‌ها بدون اعمال عدم قطعیت‌ها ارزیابی شدند که بر اساس نتایج مشخص شد طرحی که از لحاظ اقتصادی بهتر است، همواره نمی‌تواند بهترین طرح باشد و در مسئله‌ی برنامه‌ریزی توسعه باید معیارهای دیگر هم درنظر گرفته شوند. در ادامه کار، عدم قطعیت‌های موجود در یک برنامه‌ریزی واقعی در مدلسازی مسأله اعمال و نتایج شبیه-سازی متناظراً ارائه شدند. بر اساس نتایج مشاهده شد طرح‌هایی که درحالت پایه در رتبه‌های برتر قرار داشتند با در نظر گرفتن عدم قطعیت‌ها نزول رتبه می‌یابند. این موضوع به این دلیل بود که طرح‌هایی که در آن‌ها پارامترهای نایقینی وجود دارد در مسأله مدیریت ریسک در رتبه‌های پایین‌تری قرار می‌گیرند و هر چه طرحی دارای عدم قطعیت کمتری باشد طرحی مطمئن‌تر و قابل اعتمادتر است. همچنین در حل مساله برنامه‌ریزی توسعه، هرچه معیارهای بیشتری درنظر گرفته شود مسئله به حالت واقعیت نزدیک‌تر می‌شود و جواب واقعی‌تری بدست می‌آید ضمن آنکه حل مسئله پیچیده‌تر خواهد شد.

مراجع

[1] F. A. Roques, D. M. Newbery, W. J. Nuttall, "Fuel mix diversification incentives in liberalized electricity markets: a Mean-Variance Portfolio Theory Approach", Technical Report, March 2006

[2] AliZangeneh· ShahramJadid· AshkanRahimi-Kian, "Uncertainty based distributed generation expansion planning in electricity markets", DOI 10.1007/s00202-010-0146-6

[3] A. P. Agalgaonkar, S. V. Kulkarni,, and S. A. Khaparde , Evaluation of Configuration Plans for DGs in Developing Countries Using Advanced Planning Techniques, IEEE Transactions on Power Systems, Vol. 21, No. 2, May 2006

[4] Noor M Maricar ,Efficient Resource Development in Electric Utilities Planning Under Uncertainty ,Dissertation submitted to the Faculty of the Virginia Polytechnic Institute and State University in partial fulfillment of the requirement for the degree of Doctor of Philosophy ,Aug. 31, 2004.

[5] GetnetTadesse,''Feasibility Study of Small Hydro/PV/Wind Hybrid System for Off- Grid Rural Electrification in Ethiopia''A thesis Submitted to Addis Ababa Institute of Technology, School of Graduate Studies, Addis Ababa University

[6] Renewable Energy Resource website: www.eosweb.larc.nasa.gov

[7] Iran meteorological organization (IRIMO) www.Irimo.ir

[۸] م مسائلی، س جوادیان، م حقی فام، "ارزیابی منافع زیست محیطی منابع تولید پراکنده و مقایسه هزینه تولید آنها با نیروگاههای حرارتی با در نظر گرفتن تاثیر آلودگی تولیدی بر سلامتی انسان"، بیست و چهارمین کنفرانس بین المللی برق، ۲۰۰۹

پیوست– ده طرح برتر مستخرج از نرم افزار HOMER

جدول۴: ده طرح برتر از نرم افزار HOMER

شماره طرح	شبکه (kW)	سیستم فتوولتائیک (kW)	توربین بادی(kW)	دیزل ژنراتور(kW)	میکروتوربین(kW)	باتری(kWh)	مبدل(kW)
۱	۱۰۰	-	-	۶۰	۹۰	-	-
۲	۱۰۰	-	۳۰	۶۰	۹۰	۶/۹۴	۳۰
۳	۱۰۰	۳۰	۳۰	۶۰	۹۰	۶/۹۴	۳۰
۴	۱۰۰	۳۰	-	۶۰	۹۰	۶/۹۴	۳۰
۵	۱۰۰	-	۳۰	-	۹۰	۶/۹۴	۳۰
۶	۱۰۰	۳۰	۳۰	-	۹۰	۶/۹۴	۳۰
۷	۱۰۰	۳۰	-	-	۹۰	۶/۹۴	۳۰
۸	۲۵	۳۰	۳۰	۹۰	-	۶/۹۴	۳۰
۹	۲۵	۳۰	-	۹۰	-	۶/۹۴	۳۰
۱۰	۱۰۰	۳۰	۳۰	-	-	۶/۹۴	۳۰