علوم و تکنولوژی محیط زیست، دوره بیستم، شماره ششم ، اسفند ماه ۹۷

# ارزیابی توان محیط زیست برای انتخاب ساخت‌گاه نیروگاه هسته‌ای با ترکیب منطق بولین- فازی (مطالعه موردی: منطقه سحرخیز استان گیلان)

**مجتبی برزه کار[۱]**
**نغمه مبرقعی دینان[۲*]**
n_mobarghaee@sbu.ac.ir
**امیر سالمی[۳]**
**حسن رمضانی[٤]**

تاریخ دریافت: ۹۴/۰۴/۱۰ تاریخ پذیرش:۹۴/۱۱/۱۳

**چکیده**

**زمینه و هدف:** ارزیابی توان محیط زیست برای انتخاب ساخت‌گاه نیروگاه هسته‌ای با رعایت الزامات آژانس بین المللی انرژی اتمی و در چارچوب اصول آمایش سرزمین یک عامل بسیار مهم در دست‌یابی به توسعه پایدار است. ارزیابی دقیق توان محیط زیست باعث استقرار مناسب نیروگاه هسته‌ای در مناطق ساحلی مطابق با ملاحظات اکولوژیک و اجتماعی- اقتصادی خواهد شد. هدف عمده این پژوهش ارزیابی توان محیط زیست برای انتخاب ساخت‌گاه نیروگاه هسته‌ای در منطقه سحرخیز استان گیلان با استفاده از ترکیب منطق بولین- فازی برپایه ترکیب خطی وزن‌دار در محیط سیستم اطلاعات جغرافیایی است.

**روش بررسی:** ابتدا با بررسی منابع آژانس بین المللی انرژی اتمی، معیارهای انتخاب ساخت‌گاه نیروگاه هسته‌ای مشخص گردید. سپس کلیه لایه‌های اکولوژیک و اجتماعی- اقتصادی وارد محیط سیستم اطلاعات جغرافیایی شد و استانداردسازی لایه ها صورت گرفت. در مرحله بعد از فرآیند تحلیل سلسله مراتبی برپایه مقایسه زوجی برای وزن‌دهی لایه‌ها استفاده گردید. در نهایت کلیه لایه‌های اکولوژیک و اجتماعی- اقتصادی از طریق ترکیب منطق بولین- فازی برپایه روش ترکیب خطی وزن‌دار تلفیق شدند.

**یافته‌ها:** پس از تلفیق لایه های اکولوژیک و اجتماعی- اقتصادی با استفاده از ترکیب منطق بولین- فازی برپایه روش ترکیب خطی وزن‌دار، مشخص شد که کل مساحت منطقه سحرخیز استان گیلان برای انتخاب ساخت‌گاه نیروگاه هسته‌ای نامناسب است.

**نتیجه‌گیری:** نتایج نشان می‌دهد بر طبق الزامات آژانس بین المللی انرژی اتمی و کمیسیون نظارت هسته‌ای آمریکا جهت ارزیابی توان محیط زیست برای انتخاب ساخت‌گاه نیروگاه هسته‌ای در منطقه سحرخیز استان گیلان، روش منطق بولین- فازی برپایه ترکیب خطی وزن‌دار انعطاف پذیری و دقت بالاتری در مقایسه با روش منطق بولین دارد.

**واژه‌های کلیدی:** مکان یابی، ترکیب خطی وزن‌دار، فرآیند تحلیل سلسله مراتبی، سیستم اطلاعات جغرافیایی.

۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد آلودگی محیط زیست، پژوهشکده علوم محیطی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران.
۲- استادیار برنامه‌ریزی محیط زیست، پژوهشکده علوم محیطی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران. *(مسوول مکاتبات)
۳- استادیار آلاینده‌های محیط زیست، پژوهشکده علوم محیطی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران.
۴- کارشناس دفتر مدیریت مطالعات محیطی، شرکت تولید و توسعه انرژی اتمی ایران، تهران، ایران.

Archive of SID
www.SID.ir

*J. Env. Sci. Tech., Vol 20, No.6, March, 2019*

# Environmental Capability Evaluation in Order to Select Nuclear Power Plant Site with Boolean-Fuzzy Logic Combination
## (Case Study: The Sahar Khiz Region of Gilan Province)

**Mojtaba Barzehkar** [1]
**Naghmeh Mobarghaee Dinan** [2 *]
n_mobarghaee@sbu.ac.ir
**Amir Salemi** [3]
**Hassan Ramezani** [4]

Admission Date:February 2, 2016 Date Received: July 1, 2015

**Abstract**

**Background and Objective:** Environmental capability evaluation in order to select nuclear power plant site with observance of International Atomic Energy Agency requirements and in the framework of land use planning is a very important factor to achieve sustainable development. Precise evaluation of environmental capability will prepare the establishment of nuclear power plants in the coastal areas according to ecological and socio-economic considerations. The major purpose of this research is evaluation of environmental capability for nuclear power plant site selection in the Sahar Khiz region of Guilan province using Boolean-Fuzzy logic combination method based on the weighted linear combination (WLC) in Geographic information system environment.

**Method:** At the first step investigating with the International Atomic Energy Agency, the nuclear power plant site selection criteria were identified. Then, all the layers of ecological and socio-economical aspects were entered into the Geographic Information System Environment and then the layers were standardized. In the next stage, the Analytical hierarchy process, based on the paire comparison, for weighting of layers were utilized. Finally all the ecological and socioeconomic layers were combined by Boolean-fuzzy logic based on the weighted linear combination.

**Findings:** After combining the ecological and socio-economical layers, it was determined that the total area of Sahar Khiz region of Gilan province is inappropriate for nuclear power plant site selection.

**Discussion and Conclusion:** According to the International Atomic Energy Agency and United States Nuclear Regulatory Commission requirement, the results demonstrate the environment capability evaluation for nuclear power plant site selection in the Sahar Khiz region of Gilan province based on Boolean-Fuzzy logic method and based on the weighted linear combination (WLC), has higher flexibility and higher accuracy comparing with the Boolean logic method.

**Keywords:** Site selection, weighted linear combination, Analytical hierarchy process, Geographical information system.

1- MSc. Environmental Pollution, Environmental Sciences Research Institute (ESRI), Shahid Beheshti University, Tehran.
2- Assistant Professor of Environmental Planning, Environmental Sciences Research Institute (ESRI), Shahid Beheshti University, Tehran. * *(Corresponding Author)*
3- Assistant Professor of Environmental Pollutants, Environmental Sciences Research Institute (ESRI), Shahid Beheshti University, Tehran.
4- Expert of Environmental Studies Management Office, Nuclear Power Production and Development Company of Iran, Tehran.

Archive of SID

www.SID.ir

**مقدمه**

ارز یابی توان محیط زیســـت اعم از توان اکولوژیکی یا توان اقتصـادی اجتماعی، عبارت از برآورد اسـتفاده ممکن انسـان از سـرزمین برای کاربری‌های کشـاورزی، مرتع‌داری، جنگل‌داری، پارک‌داری (حـفا ظت، توریســم)، آبزی پروری، امور نظامی و مهندسـی و توسـعه شـهری، صـنعتی و روسـتایی در چارچوب استفاده‌های کشاورزی، صنعت، خدمات و بازرگانی است (۱).

امروزه با توجه به رشـد تقاضـا برای خدمات انرژی مدرن، منابع انرژی تجدیدپذیر به تنهایی نمی‌تواند تقا ضای انرژی در آینده را برآورده کند و یکی از مهم‌ترین ملاک ها برای توســعه پا یدار کشورهای در حال توسعه استفاده از انرژی هسته‌ای برای تولید پیو سته برق ا ست و اهمیت این فناوری در تولید روز افزون برق کشور در حال افزایش است (۲). دلایل دیگری هم برای استفاده از نیروگاه هســته‌ای جهت تولید برق وجود دارد که از مهم‌ترین آن ها می‌توان به پاکیزه بودن این روش، عدم تولید گاز های گل‌خانه‌ای و دیگر آلاینده‌های زیســت محیطی اشــاره نمود. سـوخت‌های فسـیلی مانند زغال سـنگ، مقدار قابل توجهی از انواع آلاینده ها همانند ترکیبات کربن و گوگرد را وارد محیط زیست می‌کنند که برای سلامت انسان زیان بار ا ست. از سوی دیگر با توجه به افزایش مصــرف برق و پایان پذیر بودن منابع سـوخت فسـیلی به نظر می رسـد، اسـتفاده از انرژی هسـته‌ای بهترین گزینه خواهد بود. هم چنین با توجه به این که کاربرد انرژی هســته‌ای برای تولید برق دارای مخاطرات احتمالی برای جوامع و اکو سیستم‌ها شامل انتشار عادی مقادیر اندکی از مواد پرتوزا به هوا و آب، مشــکلات حاصــل از جا به جایی و انبار پسـماندها، احتمال بروز حوادث نظیر نشـتی در صـورت رعایت نکردن ملاحظات ایمنی می‌باشــد و نیز به دلیل فعالیت‌هایی نظیر تسـطیح، خاک برداری، اسـتقرار تجهیزات، پاک تراشـی و سایر موارد در هنگام ساخت و ساز نیروگاه می توان دریافت که ارزیابی توان محیط زیســت برای انتخاب ســاخت‌گاه نیروگاه هسته‌ای نقش مهمی در انتخاب بهینه ساخت گاه دارد (۳).

فرآیند انتخاب ساخت‌گاه نیروگاه‌های هـسته‌ای ارتباط مـستقیم ز یادی با ملاح ظات حـفا ظت از محیط زیســت دارد و این ملاحظات شــامل حفاظت از محیط زیســت اکولوژیک یعنی حفاظت از هوا، خاک، منابع آب، زیـ ست‌گاه‌های حفاظت شده و نیز حفاظت از محیط زیست اقتصادی- اجتماعی است و ارزیابی دقیق و جامع ملاحظات محیط زیـ ستی برای انتخاب ساخت‌گاه نیروگاه هســته‌ای باعث می‌شــود تاثیرات متقابل منفی محیط زیســتی برای انتخاب ســاخت‌گاه به حداقل ممکن کاهش یابد (۴). در واقع هدف از انتخاب ســاخت‌گاه نیروگاه هســته‌ای با رویکرد ملاحظات محیط زیستی، اطمینان از استقرار نیروگاه در مکانی اسـت که حداقل ریسـک را برای محیط زیسـت و عموم ایجاد کند و تعیین قابلیت‌ها و محدودیت‌های محیط زیســت برای استقرار صحیح نیروگاه هسته‌ای در مناطق ساحلی با توجه به معیارهای اکولوژیک و اقتصادی- اجتماعی است (۵). سیستم اطلاعات جغرافیایی ابزار مهمی در برنامه ریزی مکانی اســت. ترکیب سامانه اطلاعات جغرافیایی با منطق فازی، رهیافت نسبتاً جدیدی را برای انتخاب موقعیت و ارزیابی تنا سب ارا ضی فراهم می‌کند که ارزیابی چند معیاره نامیده می‌شــود. روش ارزیابی چند معیاره یکی از اصــولی‌ترین روش‌ها در برنامه ریزی مکانی است (۶).

**پیشینه پژوهش**

مرور مطالعات منابع داخلی نشــان می دهد که ارزیابی توان محیط زیست برای انتخاب ساخت‌گاه نیروگاه هسته‌ای با منطق بولین انجام می شود ولی ا ستفاده از ترکیب منطق بولین- فازی برپایه روش ترکیب خطی وزن‌دار (WLC) و وزن‌دهی پارامترها به روش فرآیند تحلیل ســلســله مراتبی (AHP) برای ارزیابی توان محیط زیست جهت انتخاب ساخت‌گاه نیروگاه هسته‌ای در مناطق ساحلی شمال و جنوب ایران م شاهده نـ شده ا ست. در زمینه ارزیابی توان محیط زیست برای انتخاب ساخت‌گاه نیروگاه هسته‌ای با روش‌های هم پوشانی وزنی، منطق فازی برپایه روش ترکیـب خطی وزن‌دار (WLC) و منطق بولین پژوهش‌هـای متعددی صورت گرفته است. جعفری و همکاران در سال ۲۰۱۵ برای مکان یابی ساخت‌گاه نیروگاه هسته‌ای با رویکرد ملاحظات محیط زیســتی در اســتان هرمزگان کشــور ایران از روش هم

Archive of SID

www.SID.ir

پو شانی وزنی برپایه ترکیب خطی وزن‌دار (WLC) و وزن دهی پارامترها به روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی استفاده کردند و تلفیق لایه‌های اطلاعاتی اکولوژیک و اجتماعی- اقتصادی در محیط نرم افزار سیستم اطلاعات جغرافیایی (ARC GIS) را از طریق روش هم پوشانی وزنی برپایه ترکیب خطی وزن‌دار به انجام رساندند و نقشه نهایی حاصل از روش هم پوشانی وزنی را در چهار طبقه نامطلوب، نسبتا نامطلوب، نسبتا مطلوب و مطلوب تهیه کردند (۷). ابودیف و همکاران در سال ۲۰۱۴ برای مکان یابی ساخت‌گاه نیروگاه هسته‌ای در سواحل کشور مصر از روش‌های منطق بولین و روش منطق فازی بر پایه ترکیب خطی وزن‌دار (WLC) استفاده کردند. برای استفاده از منطق بولین، شش لایه اطلاعاتی را با استفاده از عملیات بولین برپایه حاصل جمع لایه ها (OR) در محیط نرم افزار سیستم اطلاعات جغرافیایی (ARC GIS) تلفیق کردند و نقشه نهایی بولین شامل دو طبقه مناسب و نامناسب را به دست آوردند. در مرحله بعد برای غربال‌گری و رتبه بندی مکان های مناسب با استفاده از ۲۲ معیار از روش منطق فازی بر پایه روش ترکیب خطی وزن‌دار (WLC) استفاده کردند که استاندارد سازی فازی لایه‌ها بین ارزش صفر و یک و نیز وزن نهایی لایه‌ها را با استفاده از روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) و از طریق نرم افزار فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (Expert Choice) محاسبه کردند و نهایتا از طریق تلفیق لایه‌های اطلاعاتی با استفاده از روش منطق فازی برپایه ترکیب خطی وزن‌دار (WLC)، نقشه تناسب نهایی با ۵ طبقه با الویت‌های ۱ تا ۴ و نامناسب را در سواحل کشور مصر در مجاورت با دریای مدیترانه و دریای سرخ به دست آوردند (۸). ارول و همکاران در سال ۲۰۱۳ برای مکان یابی ساخت‌گاه نیروگاه هسته‌ای در ترکیه از رویکرد چند معیاره تاپسیس فازی استفاده کردند. برای حل عدم قطعیت‌ها در فرآیند مکان یابی و حل ابهامات در نظرات کارشناسی از این رویکرد استفاده کردند و از طریق تلفیق لایه‌های اطلاعاتی در محیط نرم افزار سیستم اطلاعات جغرافیایی (ARC GIS)، الویت‌بندی گزینه‌های مکانی برای انتخاب سایت‌های نیروگاه هسته‌ای را با استفاده از روش تاپسیس به انجام رساندند (۹). ابدلطیف و ایدریس در سال ۲۰۱۲ برای انتخاب ساخت‌گاه نیروگاه هسته‌ای در استان رائب مالزی از روش هم پوشانی وزنی و وزن‌دهی پارامترها به روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی استفاده کردند. آن‌ها ۷ معیار شامل مناطق با تراکم کم جمعیتی، فاصله از مناطق مسکونی، فاصله از رودخانه، توپوگرفی، کاربری اراضی، فاصله از خطوط انتقال برق و مالکیت اراضی را در مکان یابی نیروگاه هسته‌ای مورد توجه قرار دادند و از طریق تلفیق لایه‌ها با روش هم پوشانی وزنی در محیط نرم افزار سیستم اطلاعات جغرافیایی (ARC GIS)، نقشه نهایی حاصله شامل ۵ سایت برای انتخاب ساخت‌گاه نیروگاه هسته‌ای به دست آمد که سایت E به دلیل مالکیت دولتی اراضی، مجاورت به منابع آب سطحی و کمترین تراکم جمعیتی به عنوان مناسب‌ترین سایت برای انتخاب ساخت‌گاه نیروگاه هسته‌ای پیشنهاد شد (۱۰). مشاور اولیه طرح در سال ۱۳۹۱ برای مطالعات مکان یابی ساخت‌گاه نیروگاه هسته‌ای در مناطق تازه آباد، امیرآباد، انبارسر و سحرخیز استان گیلان، از روش منطق بولین و وزن‌دهی پارامترها به روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی استفاده کردند. از طریق وزن دهی به معیارها با روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی و تلفیق لایه های اطلاعاتی اکولوژیک و اجتماعی- اقتصادی با استفاده از منطق بولین در محیط نرم افزار سیستم اطلاعات جغرافیایی (ARC GIS)، سایت تازه آباد به دلیل مورفولوژی ساحلی، شیب مطلوب و احتمال کم سیل گیری بالاترین امتیاز و سایت سحرخیز عمدتا به دلیل نزدیکی به مناطق حساس زیستی(مانند پناه‌گاه حیات وحش امیرکلایه) و روان‌گرایی بالای خاک به عنوان پایین ترین امتیاز مورد ارزیابی قرار گرفته است (۱۱). لیهان و نارماندولا در سال ۲۰۱۱ برای مکان یابی ساخت‌گاه نیروگاه هسته‌ای با رویکرد ملاحظات محیط زیستی در شهر پکن کشور چین از منطق فازی بر پایه ترکیب خطی وزن‌دار و وزن دهی پارامترها به روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی استفاده کردند. در ابتدا به شناسایی و غربال‌گری معیارهای مکان یابی با استفاده از روش دلفی پرداخته و معیارها را به چهار گروه طبیعی، فنی، اقتصادی و ایمنی تقسیم بندی کرده و سپس وزن نهایی معیارها و زیرمعیارها را با فرآیند تحلیل سلسله مراتبی به دست آورده و

Archive of SID

www.SID.ir

نهایتا تلفیق لایه ها با روش منطق فازی در محیط نرم افزار سیستم اطلاعات جغرافیایی (ARC GIS) صورت گرفت (۱۲). هدف اصلی پژوهش حاضر، ارزیابی توان محیط زیست با ترکیب منطق بولین- فازی بر پایه روش ترکیب خطی وزن‌دار برای انتخاب ساخت‌گاه نیروگاه هسته‌ای در بخشی از منطقه ساحلی دریای خزر واقع در منطقه سحرخیز استان گیلان با لحاظ نمودن الزامات آژانس بین المللی انرژی اتمی و کمیسیون نظارت هسته‌ای آمریکا در محیط سیستم اطلاعات جغرافیایی است.

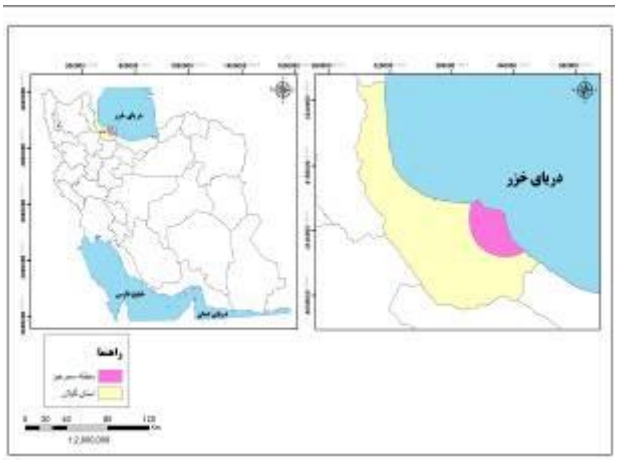
**مواد و روش‌ها**

**منطقه مورد مطالعه**

منطقه مورد مطالعه در بخشی از منطقه ساحلی دریای خزر و در منطقه سحرخیز استان گیلان واقع است. منطقه سحرخیز در اطراف روستای محله سحرخیز و در ۵ کیلومتری مصب شامرود و ۱۰ کیلومتری شمال لاهیجان قرار گرفته است. منطقه سحرخیز در ۳۷ درجه و ۱۹ دقیقه شمالی و ۵۰ درجه و ۱۳ دقیقه شرقی قرار گرفته است و ۲۳ تا ۲۶ متر پایین‌تر از سطح دریا قرار دارد؛ منطقه‌ای با مساحت ۱۶۲۷/۱۰ کیلومتر مربع که جهت عمومی شیب منطقه به طرف شمال غربی است. براساس مشاهدات میدانی این منطقه دارای دشت‌های صافی است که توسط شیب‌های ملایم توصیف می شود و عمدتا برای کاربری کشاورزی استفاده می‌شود. روستاهای پراکنده شده در این منطقه به وسیله تپه‌های شنی خطوط ساحلی پوشانده شده است و مرداب‌های بخش‌های شرقی و جنوبی منطقه مورد مطالعه سحرخیز برای اهداف مسکونی استفاده می‌شوند. نوع آب و هوای منطقه سحرخیز براساس شاخص دومارتون بسیار مرطوب طبقه بندی می‌شود که میزان بارش سالیانه منطقه ۱۴۴۰/۳ میلی متر و جهت سالیانه گل باد در منطقه، جهت شمالی و شمال غربی می باشد. از نظر منابع آب سطحی، در حدود ۱۱ رودخانه دایمی و ۲ دریاچه دایمی در منطقه وجود دارند که رودخانه های سفیدرود و شامرود از مهم ترین رودخانه‌های دایمی منطقه محسوب می شوند. منطقه سحرخیز استان گیلان، شهرهای رودسر، لنگرود، لاهیجان، آستانه اشرفیه، کیاشهر و غیره را در بر می گیرد. منطقه مطالعاتی دارای تراکم بالای جمعیتی می باشد. از طرفی زیستگاه‌های حفاظت شده بسیار مهم که ارزش غنی از نظر گونه های گیاهی و جانوری دارند شامل پارک ملی بوجاق، پناه‌گاه حیات وحش امیرکلایه، ذخیره گاه جنگلی صفرابسته و سایر تالاب‌های با ارزش اکولوژیک در منطقه سحرخیز واقع هستند. هم چنین بسیاری از تاسیسات خطرناک نظیر خط لوله گاز، معادن و کارخانه خودروسازی لاهیجان در داخل محدوده مطالعاتی واقع است که از نظر محیط فیزیکی، زیستی و اقتصادی- اجتماعی منطقه مطالعاتی بسیار حساس و مهم از نظر مطالعات ارزیابی توان محیط زیست برای انتخاب ساخت‌گاه نیروگاه هسته‌ای است. در واقع طبق الزامات آژانس بین المللی انرژی اتمی و کمیسیون نظارت هسته ای امریکا برای هر کدام از زیرمعیارهای اکولوژیک و اجتماعی- اقتصادی، حریمی در نظر گرفته شده است و طبق حریم های لحاظ شده برای هر کدام از زیرمعیارهای اکولوژیک و اجتماعی- اقتصادی، انتخاب ساخت‌گاه نیروگاه هسته‌ای در محدوده منطقه سحرخیز استان گیلان صورت خواهد گرفت (۱۳). شکل (۱) موقعیت منطقه سحرخیز را در استان گیلان و ایران نشان می دهد.

Archive of SID

www.SID.ir




**شکل ۱- موقعیت منطقه مطالعاتی در استان گیلان و ایران**

**Figure 1- Location of study area in Gilan Province and Iran**

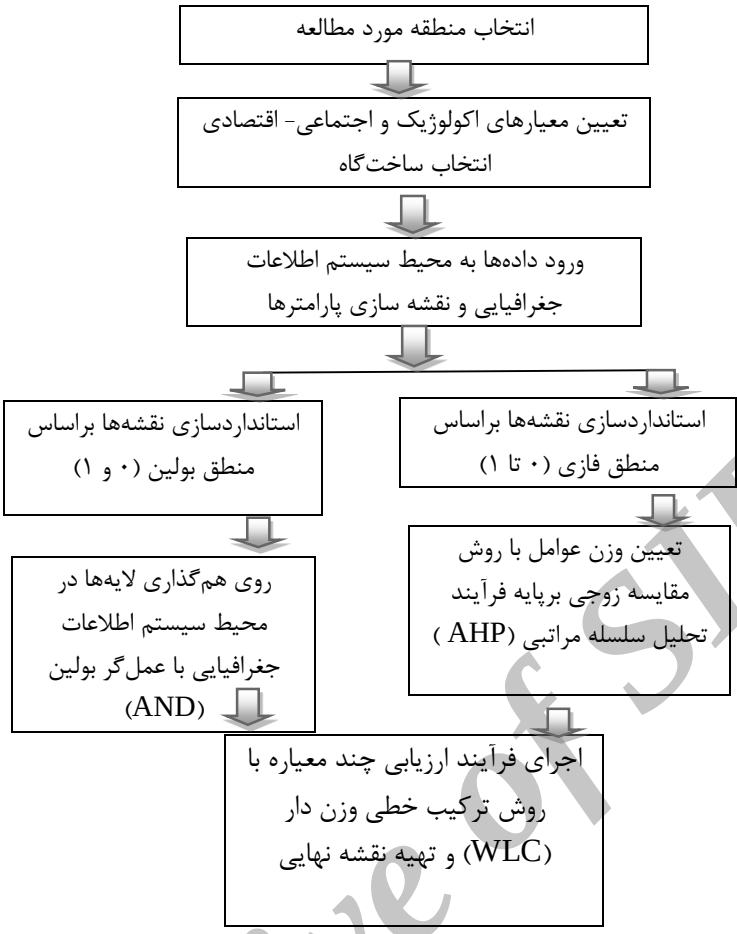
**روش مطالعه**

برای ارزیابی توان محیط زیست جهت انتخاب ساخت‌گاه نیروگاه هسته‌ای در منطقه سحرخیز استان گیلان تعداد زیادی پارامترهای محیط زیستی (اکولوژیک و اجتماعی- اقتصادی) نقش دارند. در مرحله اول پژوهش معیارها و زیرمعیارهای موثر اکولوژیک و اقتصادی- اجتماعی جمع آوری گردید. در مجموع از طریق غربال‌گری معیارها و زیرمعیارها در نهایت ۹ زیرمعیار اکولوژیک و ۶ زیرمعیار اجتماعی- اقتصادی گردآوری شد. پس از تعیین زیرمعیارهای اکولوژیک و اجتماعی- اقتصادی در محیط سامانه اطلاعات جغرافیایی، تمامی لایه‌های اطلاعاتی براساس سیستم تصویر (UTM) زون ۳۹ شمالی و بیضوی مبنا (WGS 1984) پروژکت شدند. سپس تهیه نقشه لایه‌های محدودیت هر یک از زیرمعیارهای اکولوژیک و اجتماعی- اقتصادی از طریق منطق بولین صورت خواهد گرفت. اعمال محدودیت‌ها در روند ارزیابی چند معیاره باعث می شود مناطقی که امکان ساخت نیروگاه هسته‌ای در آن‌ها وجود ندارد از بقیه گزینه‌ها جدا و از فرآیند تصمیم‌گیری حذف شوند. در نقشه محدودیت، به مناطق دارای محدودیت برای انتخاب ساخت‌گاه نیروگاه هسته‌ای ارزش صفر و به سایر مناطق ارزش یک اختصاص می یابد. بعد از این مرحله به منظور امکان ترکیب لایه‌های اطلاعاتی، از توابع عضویت فازی برای استاندارد سازی لایه‌های زیرمعیارهای اکولوژیک و اجتماعی- اقتصادی استفاده خواهد شد. استانداردسازی لایه‌های اطلاعاتی باعث تبدیل همه ارزش‌ها به دامنه یکسانی بین ۰ تا ۱ می شود. در مرحله بعد وزن نهایی زیرمعیارهای اکولوژیک و اجتماعی- اقتصادی با استفاده از روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی و از طریق نرم افزار فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (Expert Choice) به دست خواهد آمد. در نهایت برای تلفیق نقشه‌های زیرمعیارهای اکولوژیک و اجتماعی- اقتصادی، از ترکیب منطق بولین- فازی برپایه روش ترکیب خطی وزن‌دار (WLC) استفاده خواهد شد که رایج ترین روش مورد استفاده در تلفیق داده‌ها می باشد. در روش ارزیابی چند معیاره ترکیب خطی وزن‌دار (WLC) هر لایه استاندارد شده در وزن نهایی مرتبط با آن ضرب می‌گردد و سپس لایه‌ها با هم جمع می شوند. زمانی که وزن ها برای هر سلول محاسبه شد، نقشه حاصل یک بار دیگر در محدودیت‌های بولین ضرب می‌گردد تا مناطقی که نباید مورد محاسبه قرار گیرند خارج گردند. نقشه نهایی، مربوط به محاسبه ترکیب مطلوبیت در محدوده بین صفر تا ۱ برای مناطقی است که محدودیتی برای توسعه نیروگاه هسته‌ای با رویکرد ملاحظات محیط زیستی ندارند.

شکل (۲) مراحل اجرای ارزیابی توان محیط زیست برای انتخاب ساخت‌گاه نیروگاه هسته‌ای با ترکیب منطق بولین- فازی برپایه روش ترکیب خطی وزن‌دار (WLC) در منطقه مورد مطالعه را نشان می دهد.

Archive of SID

www.SID.ir




**شکل ۲- مراحل اجرای ارزیابی توان محیط زیست برای انتخاب ساخت‌گاه نیروگاه هسته‌ای با ترکیب منطق بولین- فازی در منطقه مورد مطالعه**

**Figure 2- The Implementation stages of environmental capability evaluation for nuclear power plant site selection with Boolean-Fuzzy logic combination in the study area**

**اجرای منطق بولین- فازی بر پایه روش ترکیب خطی وزن‌دار** (WLC)

برای اجرای روش ترکیب منطق بولین – فازی در ابتدا با توجه به استانداردهای آژانس بین المللی انرژی اتمی و کمیسیون نظارتی هسته‌ای آمریکا معیارها و زیرمعیارهای اکولوژیک و اقتصادی- اجتماعی موثر در فرآیند مکان یابی ساخت‌گاه نیروگاه هسته‌ای در منطقه سحرخیز استان گیلان شناسایی گردید. مهم ترین زیرمعیارهای اکولوژیک و اجتماعی- اقتصادی، با توجه به شرایط خاص منطقه مطالعاتی شامل فاصله از گسل، سیل خیزی، فاصله از دریا، فاصله از دریاچه، فاصله از تالاب، فاصله از رودخانه، فاصله از مناطق حفاظت شده تحت مدیریت، تراکم مراکز جمعیتی، فاصله از خط انتقال گاز، فاصله از صنایع و معادن و فاصله از خطوط انتقال برق است.

جدول (۱) معیارها و زیرمعیارهای اکولوژیک برای انتخاب ساخت‌گاه نیروگاه هسته‌ای در منطقه سحرخیز را نشان می دهد.

Archive of SID

www.SID.ir

**جدول ۱- معیارها و زیرمعیارهای اکولوژیک برای انتخاب ساخت‌گاه نیروگاه هسته‌ای در منطقه سحرخیز**

**Table 1-Ecological criteria and sub-criteria for nuclear power plant site selection in the sahar khiz area**

| گروه معیار | معیار | زیرمعیار | توضیحات | منابع |
|---|---|---|---|---|
| عوامل اکولوژیک | فیزیکی | فاصله از گسل | یکی از مهم ترین محدودیت‌ها در انتخاب ساخت‌گاه نیروگاه هسته‌ای، مربوط به قرار دا شتن ساخت‌گاه بر روی گ سل‌های فعال ا ست. مکان های منا سب برای ساخت‌گاه نیروگاه هسته‌ای باید در فاصله ۸۰۰۰ متری از گسل های فعال قرار داشته باشد. | (۱۴) |
| | | سیل خیزی | در ارزیابی‌های مکانی نیروگاه هسته‌ای، مناطق واقع شده در محدوده دشت های سیلابی کنار گذاشته می‌شوند. | (۱۵) (۱۶) |
| | | فاصله از دریا | ملاحظات عمده در توسعه نیروگاه‌های هسته‌ای در آینده باید از جهت تامین آب برای سیستم‌های خنک کننده نیروگاه باشد. ساخت‌گاه مطلوب اغلب نیروگاه‌های هسته‌ای جهان در کنار سواحل دریا می باشد، ضمن این که باید به آلودگی حرارتی نیروگاه بر دریا توجه داشت. | (۱۷) |
| | | فاصله از منابع آب سطحی | آب مورد نیاز نیروگاه هسته‌ای می تواند از منابع آب سطحی نظیر رودخانه‌ها و دریاچه‌ها تامین شود. اما از آن جایی که رودخانه‌ها و دریاچه‌ها جزء اکوسیستم‌های تفرج گاهی هستند و از نظر اکولوژیک حساس به تخریب‌های حاصل از استقرار نیروگاه می‌باشند، بنابراین رعایت حریم رودخانه‌ها و دریاچه‌ها از الزامات آژانس بین المللی انرژی اتمی و کمیسیون نظارتی هسته‌ای آمریکا است. | (۱۸) |
| | | شیب منطقه | در مطالعات فیزیوگرافی عمدتا شیب منطقه در ارزیابی مکانی ساخت‌گاه نیروگاه هسته‌ای مورد توجه قرار می گیرد و مناطق با شیب بیش از ۱۲ درصد به عنوان مناطق نامناسب مورد توجه قرار می‌گیرند. | (۱۸) |
| | بیولوژیک | فاصله از مناطق حفاظت شده تحت مدیریت و تالاب‌ها | بر طبق معیارها و د ستورالعمل های کمی سیون نظارتی ه سته‌ای آمریکا و آژانس بین المللی انرژی اتمی، مناطق و زیستگاه‌های دارای ارزش اکولوژیکی بالا ( شامل مناطق حفاظت شده و تالاب‌ها) باید در فاصله ۱۶۰۰۰ متری از مکان ساخت‌گاه نیروگاه هسته‌ای شناسایی و ارزیابی شوند. | (۱۸) |
| | | کاربری اراضی | بر طبق قوانین و مقرارت آژانس بین المللی انرژی اتمی، جنگل ها، مراتع و اراضی کشاورزی دارای ارزش اکولوژیکی کم برای انتخاب ساخت‌گاه نیروگاه هسته‌ای هستند. | (۱۹) |

جدول (۲) معیارها و زیرمعیارهای اجتماعی- اقتصادی برای انتخاب ساخت‌گاه نیروگاه هسته‌ای در منطقه سحرخیز را نشان می‌دهد.

Archive of SID

www.SID.ir

**جدول ۲- معیارها و زیرمعیارهای اجتماعی- اقتصادی برای انتخاب ساخت‌گاه نیروگاه هسته‌ای در منطقه سحرخیز**

**Table 2- Socio-economic criteria and sub-criteria for nuclear power plant site selection in the sahar khiz area**

| گروه معیار | معیار | زیرمعیار | توضیحات | منابع |
|---|---|---|---|---|
| عوامل انسانی | اجتماعی | تراکم مراکز جمعیتی | مراکز جمعیتی با تراکم بیش از ۱۹۴ فرد در هر کیلومتر مربع به عنوان مناطق نامناسب برای ساخت‌گاه نیروگاه هسته‌ای است. | (۲۰) |
| | اقتصادی | فاصله از خطوط انتقال برق | طبق قانون ماده ۱۸ سازمان توسعه و انتقال نیروی برق ایران، برای جلوگیری از بروز خسارت جانی و مالی، حریم ۴۰ متری خطوط انتقال برق باید رعایت شود. | (۲۱) |
| | | فاصله از خط لوله گاز | فعالیت‌های مربوط به تاسیسات خطرناک در محدوده ۸۰۰۰ متری از ساخت‌گاه پیشنهادی باید شناسایی و ارزیابی شود. | (۲۲) |
| | | فاصله از تصفیه خانه فاضلاب | فعالیت‌های مربوط به تصفیه خانه فاضلاب در محدوده ۸۰۰۰ متری از ساخت‌گاه پیشنهادی باید شناسایی و ارزیابی شود. | (۲۲) |
| | | فاصله از صنایع (شامل صنایع چای، کلوچه و کارخانه خودروسازی) | فعالیت‌های مربوط به صنایع در محدوده ۸۰۰۰ متری از ساخت‌گاه پیشنهادی باید شناسایی و ارزیابی شود. | (۲۲) |
| | | فاصله از معادن | فعالیت‌های مربوط به معادن در محدوده ۸۰۰۰ متری از ساخت‌گاه پیشنهادی باید شناسایی و ارزیابی شود. | (۲۲) |

در مرحله بعد پس از تهیه نقشه های رستری مربوط به زیرمعیارهای اکولوژیک و اقتصادی- اجتماعی موثر در فرآیند ارزیابی توان محیط زیست برای انتخاب ساخت‌گاه نیروگاه باید به این نکته توجه داشت که تمامی نقشه‌های زیرمعیارهای اکولوژیک و اقتصادی- اجتماعی با هم دیگر قابل مقایسه نیستند زیرا در واحدهای متفاوتی اندازه گیری می شوند. بنابراین لازم است تا در فرآیند تصمیم گیری چند معیاره، در قالبی تعریف شوند که قابل مقایسه با یک دیگر باشند. لذا باید قبل از تلفیق زیرمعیارهای اکولوژیک و اقتصادی- اجتماعی موثر جهت ارزیابی توان محیط زیست برای انتخاب ساخت‌گاه نیروگاه، از فرمول‌های استانداردسازی استفاده کرده و همه ارزش لایه‌های اطلاعاتی (پیکسل‌های نقشه‌ها) را براساس آن تغییر امتیاز داد. در استانداردسازی فازی میزان عضویت یک عنصر در یک مجموعه، با مقداری در بازه صفر(عدم عضویت کامل) تا ۱ یا ۲۵۵ (عضویت کامل) تعریف می‌شود. در این مقیاس اعداد بزرگ تر مطلوبیت بیش تری خواهند داشت، یعنی عدد ۱ یا ۲۵۵ دارای بالاترین مطلوبیت و عدد صفر فاقد مطلوبیت می‌باشد و طیفی از این مقادیر بین این دو عدد قرار می گیرند که هرچه به عدد ۱ یا ۲۵۵ نزدیک تر می‌شود مطلوبیت افزایش می یابد (۲۳). روش‌های مختلفی برای استانداردسازی لایه‌های اطلاعاتی با استفاده از ارزش‌های حداقل و حداکثر به عنوان نقاط مقیاس ارایه شده است که ساده ترین آن‌ها مقیاس خطی است که معادله برای توابع صعودی به صورت رابطه (۱) است:

$$x_i = \left(\frac{R_i - R_{\min}}{R_{\max} - R_{\min}}\right)$$

هم چنین معادله برای توابع نزولی به صورت رابطه (۲) است:

$$x_i = \left(\frac{R_{\max} - R_i}{R_{\max} - R_{\min}}\right)$$

Archive of SID

www.SID.ir

R امتیاز خام هر کدام از پیکسل‌های نقشه‌ها است.

جدول (۳) معیارهای لازم برای استانداردسازی فازی و تهیه نقشه‌های بولین لایه‌های اکولوژیک و اجتماعی- اقتصادی را براساس الزامات آژانس بین المللی انرژی اتمی و کمیسیون نظارت هسته‌ای امریکا نشان می دهد.

**جدول ۳- معیار برای استانداردسازی لایه‌ها براساس الزامات آژانس بین المللی انرژی اتمی و کمیسیون نظارت هسته‌ای امریکا**

**Table 3- Criteria for standardization of layers based on the International Atomic Energy Agency and United States Nuclear Regulatory Commission requirements**

| عامل محدود کننده | معیار برای استانداردسازی لایه‌ها |
|---|---|
| مناطق حفاظت شده | فاصله ۱۶۰۰۰ متری |
| تالاب ها | فاصله ۱۶۰۰۰ متری |
| شیب | شیب‌های کمتر از ۱۲ درصد |
| دریاچه | فاصله ۲۰۰۰ متری |
| رودخانه | فاصله ۵۰۰ متری |
| صنایع | فاصله ۸۰۰۰ متری |
| معادن | فاصله ۸۰۰۰ متری |
| خطوط لوله گاز | فاصله ۸۰۰۰ متری |
| تصفیه خانه فاضلاب | فاصله ۸۰۰۰ متری |
| خطوط انتقال برق | فاصله ۴۰ متری |
| سیل خیزی | مناطق خارج از محدوه دشت‌های سیلابی |
| گسل | فاصله ۸۰۰۰ متری |
| تراکم مراکز جمعیتی | مراکز جمعیتی با تراکم بیش از ۱۹۴ فرد در هر کیلومتر مربع |

نقشه‌های زیرمعیارها (عوامل) و تهیه نقشه لایه‌های محدودیت برای انتخاب ساخت‌گاه نیروگاه هسته‌ای در منطقه سحرخیز استان گیلان، براساس اهمیت معیارها و زیرمعیارهای اکولوژیک و اجتماعی و اقتصادی باید وزنی به آن‌ها داده شود. در واقع براساس میزان اهمیت و تاثیر معیارها و زیرمعیارها در ارزیابی توان محیط زیست برای انتخاب ساخت‌گاه نیروگاه هسته‌ای، وزن دهی باید صورت گیرد که یکی از رایج ترین روش‌های مورد استفاده برای تصمیم گیری‌های مکانی مبتنی بر سامانه اطلاعات جغرافیایی، استفاده از روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی برای وزن دهی به معیارها و زیرمعیارها است. به منظور تعیین وزن معیارها و زیرمعیارهای اکولوژیک و اجتماعی- اقتصادی ابتدا ماتریس مقایسه زوجی معیارها و زیرمعیارها تهیه گردید. این ماتریس درجه اهمیت هر پارامتر را نسبت به سایر پارامترها نشان می دهد. سپس برای تعیین الویت دو به دوی معیارها نسبت به یک دیگر، از نظرات کارشناسان مسلط به ارزیابی توان محیط زیست و آمایش سرزمین استفاده گردید. در این پژوهش از نظرات ۲۰ متخصص بهره برداری شده است. در ماتریس مقایسه زوجی تعیین میزان اهمیت معیارها وزیرمعیارها نسبت به هم به صورت زیر خواهد بود:

جدول (۴) مقادیر ترجیحات برای مقایسه زوجی معیارها و زیرمعیارها را نشان می دهد (۲۴).

Archive of SID

www.SID.ir

**جدول ۴- مقادیر ترجیحات برای مقایسه زوجی**

**Table 4- Preferences values for pair comparison**

| ترجیحات | مقدار عددی | ترجیحات | مقدار عددی |
|---|---|---|---|
| کاملا ارجح یا کاملا مهم تر یا کاملا مطلوب تر | ۹ | کمی کم اهمیت تر | ۱/۳ |
| ترجیح یا اهمیت یا مطلوبیت خیلی قوی | ۷ | کم اهمیت قوی | ۱/۵ |
| ترجیح یا اهمیت یا مطلوبیت قوی | ۵ | کم اهمیت خیلی قوی | ۱/۷ |
| کمی ارجح یا کمی مهم تر یا کمی مطلوب تر | ۳ | کاملا کم اهمیت تر | ۱/۹ |
| ترجیح یا اهمیت یا مطلوبیت یکسان | ۱ | کم اهمیتی بین فواصل فوق | ۲، ۴، ۶، ۸، ۱/۲، ۱/۴، ۱/۶ و ۱/۸ |

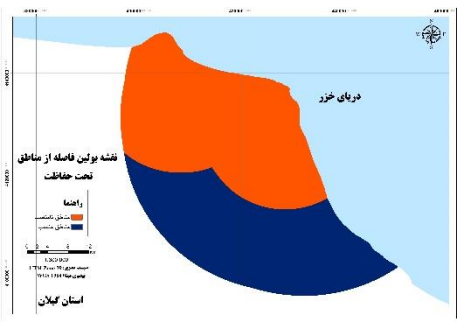
در نهایت وزن نهایی معیارها و زیرمعیارهای اکولوژیک و اجتماعی- اقتصادی مطابق مقادیر ترجیحات جدول فوق و با استفاده از نرم افزار فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (Expert Choice) محاسبه شد. مجموع وزن نهایی زیرمعیارهای اکولوژیک و اجتماعی- اقتصادی برابر یک خواهد بود. در مرحله بعد انجام فرآیند ارزیابی توان محیط زیست برای انتخاب ساختگاه نیروگاه هسته‌ای در منطقه سحرخیز استان گیلان، براساس ترکیب لایه‌های اطلاعاتی زیرمعیارهای اکولوژیک و اجتماعی- اقتصادی است. یکی از رایج ترین روش‌های مورد استفاده در ارزیابی چند معیاره مکانی، استفاده از روش ترکیب خطی وزن‌دار (WLC) است. در این پژوهش ترکیب منطق بولین- فازی بر پایه روش ارزیابی چند معیاره ترکیب خطی وزن‌دار (WLC) برای تلفیق لایه‌های اطلاعاتی مورد استفاده قرار گرفت. به منظور انجام فرآیند ارزیابی توان محیط زیست با این روش، مطابق رابطه (۳) هر عامل استاندارد شده در وزن نهایی مرتبط با آن ضرب می شود و سپس عوامل با هم جمع می شوند. زمانی که وزن‌ها برای هر سلول محاسبه شد، تصویر حاصل یک بار دیگر در محدودیت‌های بولین ضرب می گردند تا مناطقی که نباید مورد محاسبه قرار گیرند خارج شوند. تصویر نهایی، مربوط به محاسبه ترکیب مطلوبیت در محدوده بین صفر تا یک برای مناطقی است که محدودیتی برای توسعه ندارند (۲۵). رابطه (۳) فرمول منطق بولین- فازی برپایه روش ترکیب خطی وزن‌دار (WLC) را نشان می دهد.

$$S = \sum_{i=1}^{n} w_i \; x_i \prod C_j$$

در رابطه (۳)، S نشان دهنده تناسب برای کاربری مورد نظر، $W_i$ وزن نهایی لایه، $X_i$ لایه فازی، $C_j$ لایه محدودیت و $\prod$ علامت ضرب است.

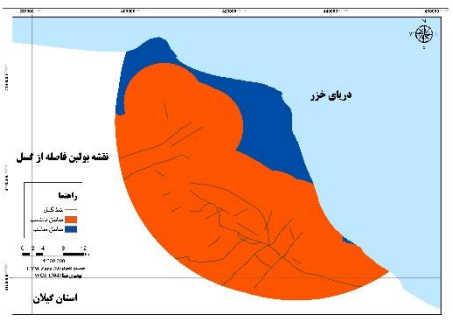
**یافته‌ها**

شکل‌های(۳ تا ۶)، یافته‌های حاصل از اجرای منطق بولین جهت ارزیابی توان محیط زیست برای انتخاب ساختگاه نیروگاه هسته‌ای در منطقه سحرخیز استان گیلان را نشان می دهد.




**شکل ۳- نقشه بولین فاصله از مناطق حفاظت شده**

**Figure 3- Boolean map of distance from fault**

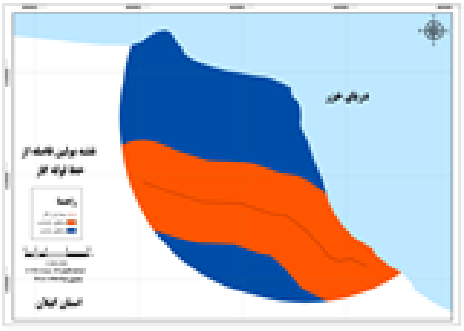



**شکل ۴- نقشه بولین فاصله از گسل**

**Figure 4-Boolean map of distance from protected area**

Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۵- نقشه بولین فاصله از خط لوله گاز

**Figure 5- Boolean map of population density**

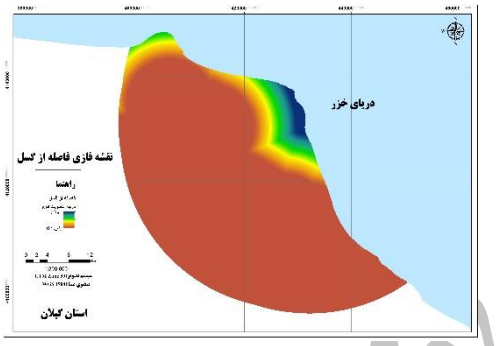
شکل ۶- نقشه بولین تراکم جمعیت

**Figure 6-Boolean map of distance from gas pipeline**

هم چنین شکل‌های (۷تا۱۰)یافته‌های حاصل از استانداردسازی فازی زیرمعیارهای اکولوژیک و اجتماعی- اقتصادی جهت ارزیابی توان محیط زیست برای انتخاب ساخت‌گاه نیروگاه هسته‌ای در منطقه سحرخیز استان گیلان را نشان می‌دهد.

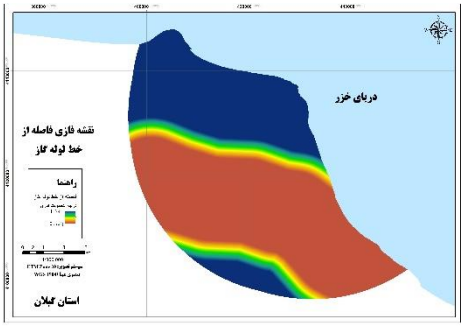
شکل ۷- نقشه فازی فاصله از مناطق حفاظت شده

**Figure 7-Fuzzy map of distance from fault**



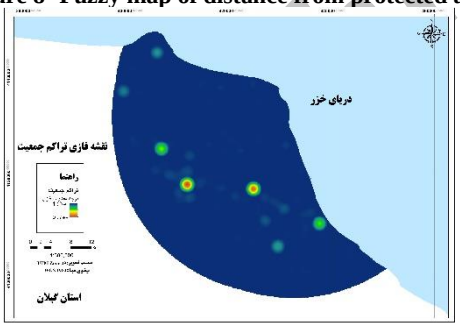
شکل ۸- نقشه فازی فاصله از گسل

**Figure 8- Fuzzy map of distance from protected area**



شکل ۹- نقشه فازی فاصله از خط لوله گاز

**Figure 9- Fuzzy map of population density**



شکل ۱۰- نقشه فازی تراکم جمعیت

**Figure 10- Fuzzy map of distance from gas pipeline**

جدول (۵) نتایج به دست آمده برای وزن نهایی زیرمعیارهای اکولوژیک و اجتماعی- اقتصادی حاصل از روش AHP را نشان می‌دهد.

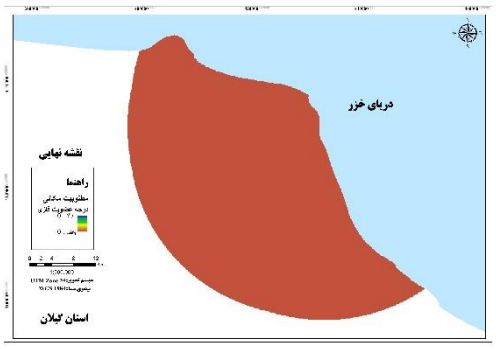
www.SID.ir

**جدول ۵- وزن نهایی و اولویت بندی زیرمعیارهای اکولوژیک و اجتماعی- اقتصادی برای انتخاب ساخت‌گاه نیروگاه هسته‌ای حاصل از روش AHP**

**Table 5- Final weights and priorities of the ecological and socio-economic sub-criteria for nuclear power plant site selection resulted of AHP method**

| ردیف | زیرمعیارهای اکولوژیک | وزن | الویت | ردیف | زیرمعیارهای اجتماعی- اقتصادی | وزن | اولویت |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ۱ | فاصله از گسل | ۰/۱۵۵ | ۱ | ۱ | تراکم جمعیت | ۰/۲ | ۱ |
| ۲ | سیل خیزی | ۰/۰۷۶۵ | ۲ | ۲ | فاصله از خطوط انتقال برق | ۰/۰۹۲۵ | ۲ |
| ۳ | فاصله از دریا | ۰/۰۶۲ | ۳ | ۳ | فاصله از خط لوله گاز | ۰/۰۸۱۵ | ۳ |
| ۴ | فاصله از مناطق تحت حفاظت | ۰/۰۴۹۵ | ۴ | ۴ | فاصله از تصفیه خانه فاضلاب | ۰/۰۴۹ | ۴ |
| ۵ | فاصله از تالاب | ۰/۰۳۹۵ | ۵ | ۵ | فاصله از صنایع | ۰/۰۴۲ | ۵ |
| ۶ | فاصله از دریاچه | ۰/۰۳۸ | ۶ | ۶ | فاصله از معدن | ۰/۰۳۵ | ۶ |
| ۷ | فاصله از رودخانه | ۰/۰۳۴ | ۷ | | | | |
| ۸ | شیب | ۰/۰۲۶ | ۸ | | | | |
| ۹ | کاربری اراضی | ۰/۰۱۹۵ | ۹ | | | | |

در این پژوهش، میزان ضـــریب ناســـازگاری برای زیرمعیارهای اکولوژیک ۰/۰۲ به دســـت آمد و هم چنین میزان ضـــریب ناســـازگاری برای زیرمعیارهای اجتماعی- اقتصـــادی ۰/۰۰۹۵ حاصل شد. وزن‌های نهایی به دست آمده دارای سازگاری خوبی هستند و سازگاری در قضاوت‌ها قابل قبول می‌باشد. شکل (۱۱) نقشـه نهایی حاصـل از اجرای منطق بولین- فازی برپایه روش WLCرا نشان می‌دهد.




**شکل ۱۱- نقشه نهایی حاصل از اجرای منطق بولین- فازی برپایه روش WLC**

**Figure 11. Final map resulted from implementation of Boolean-Fuzzy logic based on the WLC method**

Archive of SID

www.SID.ir

**بحث**

ارزیابی توان محیط زیست جهت انتخاب ساختگاه نیروگاه هستهای طبق الزامات آژانس بین المللی انرژی اتمی و کمیسیون نظارت هستهای آمریکا به عنوان منطقیترین روش برای برنامه ریزی مکانی نیروگاههای هستهای، نقش مهمی در کاهش تاثیرات متقابل منفی محیط زیست و نیروگاه و رسیدن به توسعه پایدار دارد. در واقع کلیه کشورهای جهان جهت اطمینان از ایمنی تاسیسات نیروگاه هستهای در برابر مخاطرات محیطی مهم نظیر زلزله، سیلاب و رانش زمین، افزایش ظرفیت و توان مطلوب نیروگاه در تولید برق و حفظ سلامت محیط فیزیکی و بیولوژیکی منطقه و ضرورت توجه به محیط اقتصادی- اجتماعی منطقه جهت استقرار صحیح نیروگاه هستهای در مناطق ساحلی، ملزم به رعایت استانداردهای آژانس بین المللی انرژی اتمی برای انتخاب ساختگاه مطلوب نیروگاه هستهای هستند. در واقع با مرور الزامات آژانس بین المللی انرژی اتمی مشخص می شود که در اغلب نیروگاههای هستهای جهان تمامی اصول فنی و مهندسی مطابق با ارزیابی توان محیط زیست برای انتخاب ساختگاه این تاسیسات رعایت می شود و تجارب کشورهای حاشیه دریای خزر نظیر کشورهای روسیه، قزاقستان و کشورهای پیشرفته دنیا نظیر کشورهای سوییس، فرانسه و سایر کشورهای پیشگام در استفاده از نیروگاه هستهای برای تولید برق نشان داده است که با رعایت کلیه الزامات آژانس بین المللی انرژی اتمی در انتخاب ساختگاه نیروگاه هستهای متناسب با توان محیط زیست منطقه، می توان به اهداف حفاظت از محیط زیست و توسعه پایدار دست یافت. از طرفی نیازهای اقتصادی- اجتماعی مردم منطقه را برآورده ساخت و نیز از بروز بحرانهای محیط زیستی نظیر بحرانهایی که در حادثه نیروگاه فوکو شیما ژاپن و نیروگاه چرنوبیل اوکراین رخ داد پیشگیری کرد.

در پژوهش انجام شده توسط مشاور اولیه طرح در سال ۲۰۱۲، چهار سایت شامل مناطق تازهآباد، امیرآباد، سحرخیز و انبارسر برای انتخاب ساختگاه نیروگاه هستهای با رویکرد ملاحظات محیط زیستی در سواحل دریای خزر بررسی و مطالعه شده است و از طرفی در این پژوهش، تنها منطقه سحرخیز برای مطالعات ارزیابی توان محیط زیست جهت انتخاب ساختگاه نیروگاه هستهای مورد بررسی و مطالعه قرار گرفت. هم چنین مشاور اولیه طرح روش منطق بولین را جهت مطالعات انتخاب نیروگاه هستهای به کار برده است. در روش منطق بولین به علت محدود بودن انتخابها در فرآیند ارزیابی توان محیط زیست، انعطاف پذیری مناسبی وجود ندارد. بنابراین در نتایج حاصل از منطق بولین در مطالعات ارزیابی توان محیط زیست برای انتخاب ساختگاه نیروگاه هستهای توسط مشاور اولیه طرح، تمامی زیرمعیارهای اکولوژیک و اقتصادی- اجتماعی دارای اهمیت یکسانی در مطالعات انتخاب ساختگاه نیروگاه هستهای مطابق با توان محیط زیستی منطقه می باشند و بنابراین تمامی اطلاعات برای انتخاب مناطق با درجه مطلوبیت متفاوت برای انتخاب ساختگاه نیروگاه هستهای از بین می رود و کل منطقه سحرخیز فاقد توان محیط زیستی برای انتخاب ساختگاه نیروگاه هستهای است. در صورتی که در ترکیب منطق بولین- فازی بر پایه روش ترکیب خطی وزندار انجام گرفته در این پژوهش، استانداردسازی زیرمعیارهای اکولوژیک و اقتصادی- اجتماعی در ساختاری پیوسته فراهم میشود و از طرفی توانایی آن در اختصاص وزن های نسبی متفاوت به هر یک از زیرمعیارهای اکولوژیک و اقتصادی- اجتماعی در فرآیند ترکیب لایههای اطلاعاتی از مزیتهای این روش است که این وزنها اهمیت هر زیرمعیار را در مقابل سایر زیرمعیارها جهت ارزیابی توان محیط زیست برای انتخاب ساختگاه نیروگاه هستهای نشان میدهد و بنابراین متناسب با توان محیط زیستی منطقه (اکولوژیک و اقتصادی- اجتماعی) میتوان برای انتخاب ساختگاه نیروگاه هستهای تصمیمگیری نمود.

استفاده از ترکیب منطق بولین- فازی بر پایه روش ترکیب خطی وزندار برای ارزیابی توان محیط زیست جهت انتخاب ساختگاه نیروگاه هستهای در این پژوهش با نتایج ابودیف و همکاران در سال ۲۰۱۴ برای انتخاب چهار ساختگاه نیروگاه هستهای در کشور مصر مطابقت نمیکند. در نتایج حاصل از پژوهش ابودیف و همکاران برای انتخاب چهار ساختگاه نیروگاه هستهای در سواحل دریای مدیترانه و دریای سرخ با روش

Archive of SID

www.SID.ir

منطق بولین، دو طبقه برای انتخاب ساخت‌گاه نیروگاه هسته‌ای مطابق با توان محیط زیستی منطقه به دست آمده است و برای انتخاب چهار ساخت‌گاه نیروگاه هسته‌ای با روش منطق فازی برپایه ترکیب خطی وزن‌دار در سواحل ذکر شده، پنج طبقه با درجه مطلوبیت متفاوت جهت انتخاب ساخت‌گاه‌های نیروگاه هسته‌ای مطابق با توان محیط زیستی منطقه حاصل شده است و نتایج حاصل از آن‌ها نشان دهنده انعطاف پذیری بالا و دقت منطق فازی بر پایه روش ترکیب خطی وزن‌دار برای انتخاب ساخت‌گاه‌های مطلوب نیروگاه هسته‌ای با رویکرد کم‌ترین تاثیرات محیط زیستی نسبت به روش منطق بولین می‌باشد. در صورتی که از نتایج حاصل از این پژوهش برای مطالعات ارزیابی توان محیط زیست جهت انتخاب ساخت‌گاه نیروگاه هسته‌ای برپایه ترکیب منطق بولین- فازی، یک طبقه فاقد توان محیط زیستی برای انتخاب ساخت‌گاه نیروگاه هسته‌ای در منطقه سحرخیز استان گیلان به دست آمده است.

نتایج حاصل از این پژوهش با نتایج جعفری و همکاران در سال ۲۰۱۵ برای انتخاب ساخت‌گاه نیروگاه هسته‌ای با روش هم پوشانی وزنی برپایه ترکیب خطی وزن‌دار (WLC) در استان هرمزگان مطابقت نمی‌کند. در نتایج حاصل از پژوهش جعفری و همکاران برای انتخاب ساخت‌گاه نیروگاه هسته‌ای با رویکرد ملاحظات محیط زیستی در استان هرمزگان، از طریق تلفیق لایه‌های اطلاعاتی زیرمعیارهای اکولوژیک و اجتماعی- اقتصادی با روش هم پوشانی وزنی برپایه ترکیب خطی وزن‌دار (WLC) در محیط نرم افزار سیستم اطلاعات جغرافیایی (ARC GIS)، چهار طبقه نامطلوب، نسبتا نامطلوب، نسبتا مطلوب و مطلوب تهیه گردیده است و نتایج حاصل از آن‌ها نشان دهنده این است که در روش هم پوشانی وزنی بر پایه ترکیب خطی وزن‌دار (WLC)، از طریق طبقه بندی مناسبت مکانی با توجه به پارامترهای اکولوژیک و اجتماعی- اقتصادی می‌شود توان محیط زیستی منطقه جهت انتخاب ساخت‌گاه نیروگاه هسته‌ای را تعیین کرد. اما در این پژوهش با کاربرد منطق بولین- فازی برپایه ترکیب خطی وزن‌دار (WLC)، به دلیل ماهیت پیوسته آن می توان مطلوبیت مکانی نسبی در فرآیند ارزیابی توان محیط زیست برای انتخاب ساخت‌گاه نیروگاه هسته‌ای را مشخص کرد. در واقع ترکیب منطق بولین- فازی برپایه ترکیب خطی وزن‌دار (WLC) دارای انعطاف پذیری و دقت بالاتری نسبت به روش هم پوشانی وزنی برپایه ترکیب خطی وزن‌دار (WLC) می‌باشد.

**نتیجه گیری**

همان طور که از نقشه نهایی توان محیط زیستی منطقه برای انتخاب ساخت‌گاه نیروگاه هسته‌ای مشخص است، طبق الزامات آژانس بین المللی انرژی اتمی و کمیسیون نظارت هسته‌ای آمریکا، منطقه سحرخیز استان گیلان فاقد توان محیط زیستی برای انتخاب ساخت‌گاه نیروگاه هسته‌ای می باشد. در واقع ارزیابی توان محیط زیست برای انتخاب ساخت‌گاه نیروگاه هسته‌ای در منطقه سحرخیز استان گیلان برای انتخاب مکانی است که کم‌ترین تاثیر محیط زیستی از نیروگاه را بر ساختار و عمل‌کرد اکوسیستم‌های منطقه تحمیل کند و از طرفی محیط زیست نیز بیش‌ترین اطمینان و قابلیت را برای ایمنی تاسیسات نیروگاه هسته‌ای، افزایش توان مطلوب و بازدهی نیروگاه در تولید برق فراهم کند. در واقع متخصصان محیط زیست با مشارکت کارشناسان بخش انرژی اتمی کشور و همکاری با سازمان حفاظت محیط زیست و سایر نهادها و وزارت خانه‌ها و با رعایت دقیق و جامع الزامات آژانس بین المللی انرژی اتمی، باید متناسب با ظرفیت برد محیط زیستی هر منطقه به ارزیابی توان محیط زیست برای انتخاب ساخت‌گاه نیروگاه هسته‌ای بپردازند. چرا که منطقه سحرخیز استان گیلان توان محیط زیستی بسیار محدودی برای استقرار نیروگاه هسته‌ای دارد و به خاطر آسیب‌پذیری اکولوژیکی اکوسیستم‌های منطقه نظیر پارک ملی بوجاق، پناه‌گاه حیات وحش امیرکلایه، ذخیره‌گاه جنگلی صفرابسته و آسیب پذیری آب‌خوان‌های منطقه، انتخاب ساخت‌گاه نیروگاه هسته‌ای در منطقه سحرخیز استان گیلان توصیه نمی‌شود. از طرفی اگر متناسب با قابلیت‌ها و توان طبیعی محیط زیست، برنامه ریزی مکانی صحیحی در راستای اهداف آمایش سرزمین مناطق شمالی کشور صورت نگیرد منجر به، از دست رفتن مقدار زیادی از منابع مالی کشور، تخریب زیاد

Archive of SID

www.SID.ir

اکو سیستم های آبی و خشکی با ارزش اکولوژیک کشور و نیز وقوع بحران‌های محیط زیستی در آینده، برای این مناطق دور از انتظار نخواهد بود. از طرفی نیازهای اقتصادی-اجتماعی مردم یک کشور نادیده گرفته خواهد شد که مغایر با اهداف توسعه پایدار برای حفظ محیط زیست و رشد اقتصادی کشور ایران خواهد بود. هم چنین در روش منطق بولین مورد استفاده توسط مشاور اولیه طرح، به علت این که مناطق به دو بخش مطلوب و نامطلوب طبقه بندی می شوند هیچ درجه مطلوبیتی وجود ندارد و نمی توان مناطق با درجه مطلوبیت دو، سه و درجات دیگر را برای توسعه نیروگاه هسته‌ای تعیین کرد و بنابراین هیچ قضاوتی نیز در مورد انتخاب بهترین موقعیت های مکانی در بین مناطق مطلوب وجود ندارد. در حالی که در روش ترکیب منطق بولین- فازی بر پایه ترکیب خطی وزن‌دار (WLC) و وزن‌دهی به روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) به دلیل دامنه گسترده طبقه بندی مطلوبیت مکانی (بین صفر و یک) قدرت تصمیم‌گیری کارشناس برای انتخاب ساخت‌گاه نیروگاه هسته‌ای بالاتر است و نتایجی که از این روش به دست می آید در تطابق بالاتری با توان محیط زیستی منطقه خواهد بود. در ادامه پیشنهادهای برگرفته از یافته‌های پژوهش ارایه می‌گردد:

۱) پس از تعیین توان محیط زیستی منطقه برای استقرار صحیح نیروگاه هسته‌ای در مناطق ساحلی سحرخیز، باید قضاوت نهایی برای انتخاب ساخت‌گاه نیروگاه هسته‌ای براساس ظرفیت برد محیط زیستی منطقه صورت گیرد تا ارزیابی محیط زیستی دقیق‌تری برای انتخاب ساخت‌گاه نیروگاه هسته‌ای انجام شود.

۲) طبق استانداردهای آژانس حفاظت محیط زیست آمریکا، پارامتر آسیب‌پذیری آب‌خوان از معیارهای موثر در فرآیند انتخاب ساخت گاه نیروگاه های هسته‌ای است. بنابراین توصیه می شود که پارامتر آسیب‌پذیری آب‌خوان جزء پارامترهای اصلی در فرآیند ارزیابی توان محیط زیست برای انتخاب ساخت‌گاه نیروگاه هسته‌ای در منطقه سحرخیز استان گیلان مورد استفاده قرار گیرد.

۳) با توجه به تراکم زیاد مراکز جمعیتی در بخش‌های جنوبی منطقه، وجود مناطق چهارگانه تحت حفاظت در منطقه، وجود مخاطرات عمده محیطی نظیر زلزله و سیلاب و سایر پارامترها در منطقه، توصیه می‌شود که مطالعات ارزیابی توان محیط زیست برای انتخاب ساخت‌گاه نیروگاه هسته‌ای در مناطق شمالی کشور با در نظر گرفتن قابلیت‌ها و محدودیت‌های طبیعی محیط زیست و در راستای اصول آخرین سند آمایش سرزمین استان‌های شمالی کشور صورت گیرد.

۴) پیشنهاد می‌شود که ارزیابی توان محیط زیست برای انتخاب ساخت‌گاه نیروگاه هسته‌ای، علاوه بر ترکیب منطق بولین- فازی برپایه روش ترکیب خطی وزن‌دار با روش‌های دیگری نظیر میانگین وزنی مرتب شده (OWA) صورت پذیرد و نتایج آن با روش ترکیب خطی وزن‌دار مورد ارزیابی و مقایسه قرار گیرد تا نتایج مطلوب‌تری از ارزیابی توان محیط زیست برای انتخاب ساخت‌گاه نیروگاه هسته‌ای به دست آید.

## تشکر و قدردانی

بدین وسیله از مسوولین شرکت مادر تخصصی تولید و توسعه انرژی اتمی ایران به خاطر کمک‌های صمیمانه شان در طول انجام این پژوهش، تشکر و قدردانی می گردد.

## Reference

1. Makhdoum. M. 2010. Fundemental of land use planning.9th edition, university of Teharan Publication. Volume I, Chapter II, p. 25. (In persion)
2. Grover, R. B., 2013. green grouth and role of nuclear power: a perspective from India. Energy Strategy Reviews, Vol.1, pp. 225-260.
3. Nuclear Energy production and development .2000. Elaboration of Environmental Assessment Model for the Construction and Conduct of Nuclear Power Plants, Center for Environmental Research and Studies, Phase 1 Report, p. 35. (In persion)

Archive of SID

www.SID.ir

4. IAEA., 2012. Managing siting Activities for Nuclear Power Plants. Austria (Electronic Book).
5. IAEA., 2014. Managing Environmental Impact Assessment for Construction and Operation in New Nuclear Power Programmes. Austria (Electronic Book).
6. CNSC., 2007. Site Evaluation for New Nuclear Powe Plants. Canada (Electronic Book).
7. Jafari, H., Karimi, S., Nahavandchi, M., Balist, J., 2015. Nuclear Power Plant Locating by WLC& GIS. International Journal of Basic and Applied Sciences,Vol.4, No.1, pp. 132-139.
8. Abudeif,A.M., Abdel Monem, A.A., Farrag, A.F., 2014. Multicriteria Decision Analysis Based on Analytic Heirarchy Process in GIS Environment for Siting Nuclear Power Plant in Egypt. Annals of Nuclear Energy,Vol. 75, pp. 682- 692.
9. Erol, I., Sencer, S., Ozmen, A., Searcy, C., 2013. Fuzzy MCDM framework for locationg a nuclear power plant in Turkey. Energy Policy,Vol. 67, pp. 1-12.
10. Abd Latif., Z., I010dris, R., 2012. GIS Multi-Criteria for Power Plant Site Selection. IEEE Control and System Graduate Research Colloquium,Vol.1, pp. 203-206.
11. Engineering and Consulting Company of Sazehpardazi and Iran's Engineering and Consulting Company of Ofoghe Hasteie 2012, Selection of sites for new nuclear power plants (SNPI project), Documentation Center of the Atomic Energy Production and Development Company, Research Papers, pp. 17-22 . (In persion)
12. Li Han,Y., Naremandula,Y.W., 2012. The study on the site selection of nuclear power plants based on optimized fuzzy comprehensive evaluation. communications in information science and management engineering,Vol. 2, pp. 1-4
13. NPPD., 2012. Site Survey for Nuclear Power Plants. Part 4,Vol 4, Research Report, pp. 1- 338
14. USNRC., 1997. Identification and Characterization of Seismic Sources and Determination of Safe Shutdown Earthquake Ground Motion. USA (Electronic Book).
15. IAEA., 2003. Flood Hazard for Nuclear Power Plants on Coastal and River Sites. Austria (Electronic Book).
16. IAEA., 2011. Meteorological and Hydrological Hazards in Site Evaluation for Nuclear Installations. Austria (Electronic Book).
17. USNRC., 2011. General Site Suitability Criteria for Nuclear Power Stations. USA (Electronic Book).
18. IAEA., 2003. Site Evaluation for Nuclear Installations. Safety requirements. Austria (Electronic Book).
19. USNRC., 2009. Preparation of environmental reports for nuclear power plant license renewal applications. USA (Electronic Book).
20. USNRC., 2012. Terrestrial environmental studies for nuclear power stations. USA (Electronic Book).
21. Lajevardi. M. R. 2005. Iran Power Industry Database (Introduction to Iran's Power Industry), First Edition, Publication of Iran's Power Generation and Transmission Company, Volume I, Chapter Four, pp. 257-253. (In persion)

Archive of SID

www.SID.ir

22. EPRI., 2002. Siting Guide: Site Selection and Evaluation Criteria for an Early Site Permit Application. USA (Electronic Book).
23. Nojavan. M. et al., 2011, Temporary housing site selection, using fuzzy algorithms, Urban Management Magazine -Organization of Municipalities, Year 11, No. 31, p. 213. (In persion)
24. Saaty, T. L., 1980. The Analytical Hierarchy Process, Planning, Priority Setting, Resource Allocation (Decision Making Serious). USA, McGraw-Hill.
25. Mahini A.R.and Kamyab H.R, 2011, Applied Remote Sensing and Geographic Information Systems with the Idrisi Software, Second Edition, Mehr Mehdias Publications, Vol. 1, Second Chapter, pp. 271-262. (In persion)

Archive of SID

www.SID.ir