مجله علمی-پژوهشی «علوم و فناوری‌های پدافند غیرعامل»
سال دوم، شماره ۴، زمستان ۱۳۹۰: ص ۳۲۴- ۳۱۵

الگویی مکان‌یابی نیروگاه‌های برق‌آبی با رویکرد پدافند غیرعامل و با بهره‌گیری از TOPSIS: مطالعه موردی استان اصفهان

محمدرضا رجبی[1*]، احسان گلمهر[2]، داود مجیدی[3]، عبدالمطلب رستگار[4]

۱و٤- کارشناس ارشد، دانشکده ژئودزی و ژئوماتیک، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

۲- استادیار، گروه جغرافیا، دانشگاه پیام نور

۳- مربی، مجتمع دانشگاهی آمایش و پدافند غیرعامل، دانشگاه صنعتی مالک اشتر

(دریافت: ۱۳۹۰/۰۸/۲۵، پذیرش: ۱۳۹۰/۱۲/۱۵)

چکیده

نیروگاه‌های برق‌آبی به‌عنوان یک منبع پاک انرژی الکتریکی می‌توانند نقشی برجسته در تولید برق مورد نیاز کشور ایفا کنند. اما، با توجه به پیچیدگی‌های موجود در ارتباط با انتخاب محلی مناسب برای احداث این سازه‌ها، بایستی عوامل گوناگون مورد بررسی قرار بگیرند. از طرف دیگر، با توجه به دیپلماسی مؤثر بین‌المللی ایران، همواره تهدیداتی از طرف دشمنان به‌سمت ایران مطرح بوده است. این موضوع لزوم مکان‌یابی تأسیساتی حیاتی مانند نیروگاه‌های برق‌آبی را با در نظر گرفتن موضوع پدافند غیرعامل را به‌خوبی نمایان ساخته است. در این پژوهش با استفاده از روش تحلیل چندمعیاره TOPSIS در بستر سامانه نرم‌افزاری GIS به بررسی و مدل‌سازی عوامل مؤثر در مکان‌یابی یک نیروگاه برق‌آبی با مطالعه موردی استان اصفهان پرداخته شده است. به‌همین منظور، ابتدا به شناسایی عوامل تأثیرگذار در روند مذکور پرداخت شده و مدل مفهومی مکان‌یابی طراحی گردید. سپس بر مبنای این مدل، به تهیه داده‌ها و لایه‌های اطلاعاتی GIS- مبنا پرداخته شد. نقشه‌های خروجی، حاکی از این بود که بر اساس مدل TOPSIS، مناطق شمال-شرقی استان اصفهان برای احداث نیروگاه‌های برق‌آبی جدید از شرایط بهتری برخوردارند. با ورود فاکتورهای پدافند غیرعامل به مدل نیز این موضوع تأیید شد، اما وسعت مناطق مناسب ۲۷/۳ درصد کاهش یافت.

کلیدواژه‌ها: GIS، TOPSIS، نیروگاه‌های برق‌آبی، پدافند غیرعامل، مکان‌یابی، الگودهی.

TOPSIS-Based Model for Hydropower Dam Site-Selection in Isfahan Province

M. R. Rajabi[*], E. Golmehr, D. Majidi, A. Rastegar

Faculty of Geodesy and Geomatics, K. N. Toosi. University of Technology (KNTU)

(Received: 11/16/2011, Accepted: 03/06/2012)

Abstract

Hydroelectric power plants as a clean source of electrical energy can play a prominent role in the country's electricity supply. But, given the complexities associated with selecting a suitable place to build these structures,various factors must be considered. On the other hand, effective international diplomacy of Iran causes many threats against Iran. This highlights the requirement of passive defense argument in locating the critical facilities such as hydroelectric power plants. In this study using a GIS in the context of TOPSIS multi-criteria analysis, examination of factors to locate a hydroelectric power plant in Isfahan province has been accomplished.

Keywords: GIS, TOPSIS, Hydropower Dam, Passive Defense, Site Selection.

[*] Corresponding author E-mail: Mreza.rajabi@gmail.com

۱. مقدمه

از نقطه نظر فنی می‌توان نیاز به سیستم‌های پشتیبان تصمیم‌گیری در کارکردهای عمرانی را بسیار تعیین کننده دانست. شروط اولیه و قیود همواره در فرآیندها و امور عمرانی مطرح بوده است. بنابراین می‌بایست با استفاده از یک روند سیستماتیک این موارد را در روند تصمیم‌گیری‌ها لحاظ نمود.

پیش از شروع عصر تکنولوژی، هدف از مکان‌یابی یک نیروگاه، یافتن محلی بود که برق مورد نظر را با کمترین هزینه تولید نماید. با رشد جوامع انسانی و در پی آن افزایش مصرف برق، نیاز به زمین برای مستقر کردن نیروگاه‌های جدید و یا توسعه نیروگاه‌های موجود افزایش یافت. از طرف دیگر، محدودیت‌های ایجاد شده در اثر مقررات منطقه‌بندی، باعث گردید تا اجازه ساخت و یا توسعه نیروگاه‌های موجود در مکان‌های اولیه صنعتی داده نشود (ممنوعیت استقرار صنایع بزرگ در شعاع ۱۲۰ کیلومتری شهر تهران و ۵۰ کیلومتری شهر اصفهان). از طرف دیگر نیاز به تأمین مداوم برق از طریق نیروگاه‌ها باعث شد تا این واحدها مجبور شوند در اطراف و حومه مناطق صنعتی تأسیس شوند. اما با مورد استفاده قرار گرفتن مکان‌های اولیه و مناسب برای ساخت نیروگاه جستجو برای یافتن محل‌های جدید و مناسب پیچیده‌تر و مشکل‌تر شد و پارامترهای اقتصادی و فنی تحت تأثیر فشارهای اجتماعی و رقابت صنعتی قرار گرفتند. آغاز و تقویت دیدگاه‌های حمایت از محیط زیست باعث گردید تا مکان‌یابی نیروگاه‌ها بر اساس پارامترهای اقتصادی، فنی، اجتماعی و سیاسی به‌نظر ناکافی برسد[۱].

انتخاب مکان مناسب برای احداث نیروگاه چه از نظر فنی- اقتصادی و چه از لحاظ زیست محیطی بسیار حائز اهمیت است و برای انتخاب بهترین مکان‌ها، نیاز به اطلاعات زیادی می‌باشد. حجم زیاد داده‌ها در اطلاعات مربوط به بررسی مکان‌های مناسب برای احداث صنعت که به دو دسته کلی توان اکولوژیکی و اقتصادی منطقه تقسیم می‌شود، ضرورت استفاده از ابزارهای کمکی الکترونیکی و روش‌های نوین را مطرح ساخته‌اند[۲].

وجود حجم اطلاعات از منابع مختلف و در مقیاس‌های متفاوت، وجود بخش اعظم اطلاعات به‌صورت آنالوگ، جدا بودن اطلاعات مکانی و توصیفی در اغلب موارد، عدم وجود یک تفکر سیستمی در دریافت، دسترسی و تلفیق اطلاعات مکان‌یابی نیروگاه‌ها را با مشکل مواجه ساخته است. سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی(GIS) دارای قابلیت‌های مختلفی از جمله امکان دریافت، ذخیره‌سازی، بازیابی، به‌هنگام‌رسانی، پردازش، نمایش، کاربرد و تبادل اطلاعات مکان مرجع می‌باشد. از آنجا که اکثر اطلاعات مرتبط با فعالیت‌های مکان‌یابی نیروگاه‌ها، مکان مرجع می‌باشد، GIS می‌تواند در قالب یک سیستم متمرکز اطلاعاتی، به‌عنوان علم و فناوری بهینه در جهت سامان‌دهی و تلفیق جامع و سریع اطلاعات در خدمت فعالیت‌های سازمان‌های ذیربط در ایران قرار بگیرد[۶].

یکی از مهم‌ترین اصول پدافند غیرعامل و یکی از ارکان مهم آمایش سرزمین، اصل مکان‌یابی بهینه برای انواع فعالیت‌ها و مراکز مختلف است. یافته‌ها و مطالعات و نتایج به‌دست آمده نشان می‌دهد که یکی از حلقه‌های گم‌شده یا یکی از مواردی که در طرح‌ها و برنامه‌های آمایش سرزمین کمتر به آن پرداخته شده است، موضوع دفاع و آن هم دفاع غیرعامل می‌باشد که با توجه به تنوع در نوع و شدت تهدیدات متصور بر مناطق مختلف کشور، در طرح‌های آمایش سرزمین در هر سه سطح ملی، منطقه‌ای و محلی باید به امر دفاع بیشتر توجه شود. علاوه بر آنها، از آنجا که طرح‌های آمایش سرزمین امر مکان‌یابی برای فعالیت‌های معلوم و فعالیت‌یابی برای مکان‌های معلوم را انجام می‌دهد، با موضوع مکان‌یابی نیز ارتباط تنگاتنگ دارد. همچنین به لحاظ اینکه با مکان‌یابی بهینه فعالیت‌ها و مراکز مهم حیاتی کشور می‌توان به اهدافی مانند افزایش قدرت دفاعی کشور، استمرار تولید فعالیت‌ها، بازداشتن کشورهای متخاصم از حمله و کاهش هزینه‌های صنایع و تسلیحات نظامی دست یافت، در نتیجه امر مکان‌یابی به‌ویژه از لحاظ پدافند غیرعامل مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته است.

هدف از این مقاله تعیین مکان‌های مناسب جهت استقرار نیروگاه‌های برق‌آبی جدید در استان اصفهان، اولویت‌بندی مکان‌های مناسب برای احداث نیروگاه‌های برق‌آبی و تهیه نقشه مکان‌های مناسب برای استقرار نیروگاه‌های برق‌آبی در استان می‌باشد. جهت تعیین مکان‌های مناسب برای استقرار انواع نیروگاه‌های برق‌آبی ابتدا پارامترهای مهم در مکان‌یابی نیروگاه‌ها تعیین گردید. این پارامترها شامل شکل زمین، پوشش گیاهی، محدوده‌های آبی، محدوده‌های زیست محیطی، نقاط جمعیتی، دسترسی، تأمین آب، تولید و انتقال برق می‌باشد. با بررسی این پارامترها، عوارض مورد نیاز در مکان‌یابی نیروگاه‌های برق‌آبی تعیین و در چهار کلاس اصلی محیط فیزیکی، محیط زیست، اقتصادی و اجتماعی و فنی تقسیم‌بندی گردید.

در این مرحله ابتدا برای تمام عوارض مورد نیاز در کلاس‌های مربوطه، اهمیت هر عارضه در خصوص مناسب بودن برای احداث نیروگاه برق‌آبی بررسی گردید و با توجه به نقش هر عارضه و روش‌های متداول در تهیه نقشه‌های فاکتور، نقشه فاکتور هر یک از پارامترهای مورد نیاز تهیه گردید. بعد از تهیه نقشه‌های فاکتور، تلفیق آنها با استفاده از روش‌های متداول تلفیق لایه‌های اطلاعاتی در دستور کار قرار گرفت. خروجی مرحله مقدماتی مکان‌یابی نیروگاه‌های برق‌آبی، تهیه نقشه مکان‌های مناسب برای احداث نیروگاه می‌باشد.

در سال ۲۰۰۲ توسط کلی کلاس و آلیسون ماجریسون مکان‌یابی اولیه توربین بادی در ایالت پایپستون امریکا با استفاده از GIS انجام گرفت[۹]. در این مطالعه، ابتدا پارامترهای مورد نیاز در مکان‌یابی

توربین بادی تعیین گردیدند. در این مقاله به‌دلیل محدود بودن لایه‌های اطلاعاتی، فقط تعدادی از این پارامترها آماده‌سازی گردید. بعد از تهیه نقشه‌های فاکتور، این نقشه‌ها وزن‌دهی شده و با انجام MCE[1]، نقشه‌های فاکتور با هم تلفیق گردیدند. در کمیته خدمات عمومی (PSC)[2] ایالت Wisconsin امریکا، به‌منظور تعیین فاکتورهای مؤثر در مکان‌یابی یک نیروگاه جدید، گروهی با نام PSC تشکیل شده است. PSC برای صدور گواهی اثرات زیست محیطی، اقتصادی و اجتماعی نیروگاه پیشنهادی را در مناطق اطراف و همچنین مسیرهای خطوط برق جدید، خطوط لوله گاز طبیعی، لوله‌های آب و ... که نیروگاه در هر یک از سایت‌های مورد نظر به آنها نیاز خواهد داشت، ارزیابی می‌نماید و در نهایت درخواست مربوط به احداث نیروگاه را می‌پذیرد، رد می‌کند و یا تغییراتی در آن اعمال می‌نماید [۱۰]. در این فرآیند تمامی پارامترهای مؤثر بر اساس نوع نیروگاه مورد نظر جداگانه در قالب مدل مفهومی از پیش طراحی شده‌اند و با بهره‌گیری از GIS به تجزیه و تحلیل سایت‌ها پرداخته می‌شود.

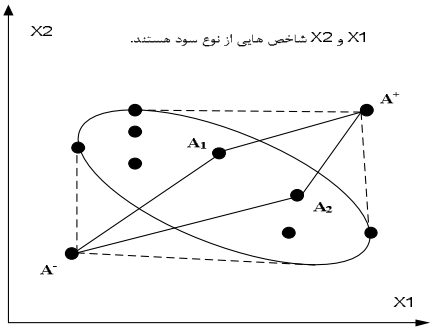
در این مقاله پس از مقدمه، در بخش دوم و در قسمت مواد و روش‌ها به تشریح روش TOPSIS پرداخته می‌شود. سپس در بخش سوم به مدل‌سازی، پیاده‌سازی و ارزیابی نتایج پرداخته می‌شود و در نهایت، در بخش چهارم، نتیجه‌گیری ارائه گردیده است.

۲. روش‌ها

۲-۱. روش TOPSIS

تکنیک‌های آنالیز چندمعیاره معمولاً المان‌های تحلیل عددی را در قالب یک "ماتریس کارایی[3]" و در ۲ مرحله به‌کار می‌گیرند: (۱) رتبه-بندی، (۲) وزن‌دهی. در رتبه‌بندی، به هر کدام از معیارها با توجه به عواقب حاصل از در نظر گرفتن آنها در مدل، یک امتیاز تخصیص داده می‌شود. گزینه‌های بهتر معمولاً امتیاز بالاتر وگزینه‌های بدتر امتیاز پایین‌تر می‌گیرند. معمولاً محدوده این امتیازدهی از اعداد بین صفر و یک تعیین می‌گردد. در وزن‌دهی یک مقدار عددی برای هر کدام از معیارها به‌گونه‌ای تعیین می‌شود که بیانگر ارزش نسبی معیارها باشد. بنابراین فرآیند امتیازدهی یک فرآیند مستقل و فرآیند وزن‌دهی یک فرآیند وابسته است.

روش TOPSIS به‌وسیله هوانگ و یون در سال ۱۹۸۱ پیشنهاد شد. این روش یکی از بهترین روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره است و کاربرد زیادی دارد. در این روش m گزینه به‌وسیله n شاخص مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. پایه این فن، بر این مفهوم استوار است که گزینه انتخابی باید کمترین فاصله را با راه‌حل ایده‌آل مثبت (A^+: بهترین حالت ممکن) و بیشترین را با راه‌حل ایده‌آل منفی (A^-: بدترین حالت ممکن) داشته باشد. فرض بر این است که هر شاخص به‌طور یکنواخت افزایشی یا کاهشی است.



شکل۱. فاصله‌های اقلیدسی راه‌حل ایده‌آل مثبت و منفی

حل مسئله با این روش مستلزم شش گام است:

۱. کمّی‌کردن و بی‌مقیاس‌سازی ماتریس تصمیم (N): برای بی‌مقیاس‌سازی، از بی‌مقیاس‌سازی نورم استفاده می‌شود.

۲. به‌دست آوردن ماتریس بی‌مقیاس موزون (V): ماتریس بی‌مقیاس شده (N) را در ماتریس قطری وزن‌ها ($W_{n\times n}$) ضرب می‌کنیم، یعنی: $W_{n\times n}=N\times V$

۳. تعیین راه‌حل ایده‌آل مثبت و راه‌حل ایده‌آل منفی: راه‌حل ایده‌آل مثبت (V_{+j}) و ایده‌آل منفی (V_{-j})، این‌گونه تعریف می‌شوند:

V_{+j}=[بردار بهترین مقادیر هر شاخص ماتریس]

V_{-j}=[بردار بدترین مقادیر هر شاخص ماتریس]

"بهترین مقادیر" برای شاخص‌های مثبت، بزرگ‌ترین مقادیر و برای شاخص‌های منفی کوچک‌ترین مقادیر است و "بدترین" برای شاخص‌های مثبت، کوچک‌ترین مقادیر و برای شاخص‌های منفی بزرگ‌ترین مقادیر است.

۴. به‌دست آوردن میزان فاصله هر گزینه تا ایده‌آل مثبت و منفی: فاصله اقلیدسی هر گزینه از ایده‌آل مثبت (d_i^+) و فاصله هر گزینه تا ایده‌آل منفی (d_i^-) با فرمول‌های زیر حساب می‌شود.

$$d_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^{n} (v_{ij} - v_j^+)^2}, \quad i = 1, 2, .., m$$

$$d_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^{n} (v_{ij} - v_j^-)^2}, \quad i = 1, 2, .., m$$

۵. تعیین نزدیکی نسبی (CL^*) یک گزینه به راه حل ایده‌آل:

$$CL_i^* = \frac{d_i^-}{d_i^- + d_i^+}$$

۶. رتبه‌بندی گزینه‌ها: هر گزینه که CL آن بزرگ‌تر باشد، بهتر است.

[1] Multi-Criteria Evaluation
[2] Public Service Commission
[3] Performance Matrix

۳. نتایج و بحث

۳-۱. نیازمندی‌های سایت

برای مکان‌یابی نیروگاه‌ها باید بر اساس ویژگی‌ها و خصوصیات مربوط یک‌سری معیار به‌عنوان شروط اولیه شناسایی شوند تا از آنها در قالب مدل بهره‌برداری نمود. این نیازمندی‌ها شامل دسترسی، محدودیت‌های فضا، ایجاد حریم، دشت سیلابی، تحویل سوخت، نیاز به انرژی الکتریکی، سازگاری سایت، قابلیت توسعه سایت، جغرافیای سایت، اندازه سایت، از بین بردن زباله‌های جامد، انتقال، تخلیه آب و تأمین آب می‌باشد، که در ادامه تشریح می‌گردند.

جهت ساخت و بهره‌برداری از نیروگاه دسترسی به جاده، راه‌آهن و راه‌های آبی ضروری است. تعداد و محل ورودی‌های سایت، فاصله تا جاده و راه‌آهن و نیز کیفیت آنها باید مورد بررسی قرار گیرد. دسترسی آسان به سایت باید به‌گونه‌ای باشد که تراکم ترافیک یا مشکلات ایمنی ایجاد نگردد. سایت‌های نزدیک بزرگ‌راه‌های اصلی و مسیرهای کم‌تردد بیشتر مورد توجه قرار می‌گیرد.

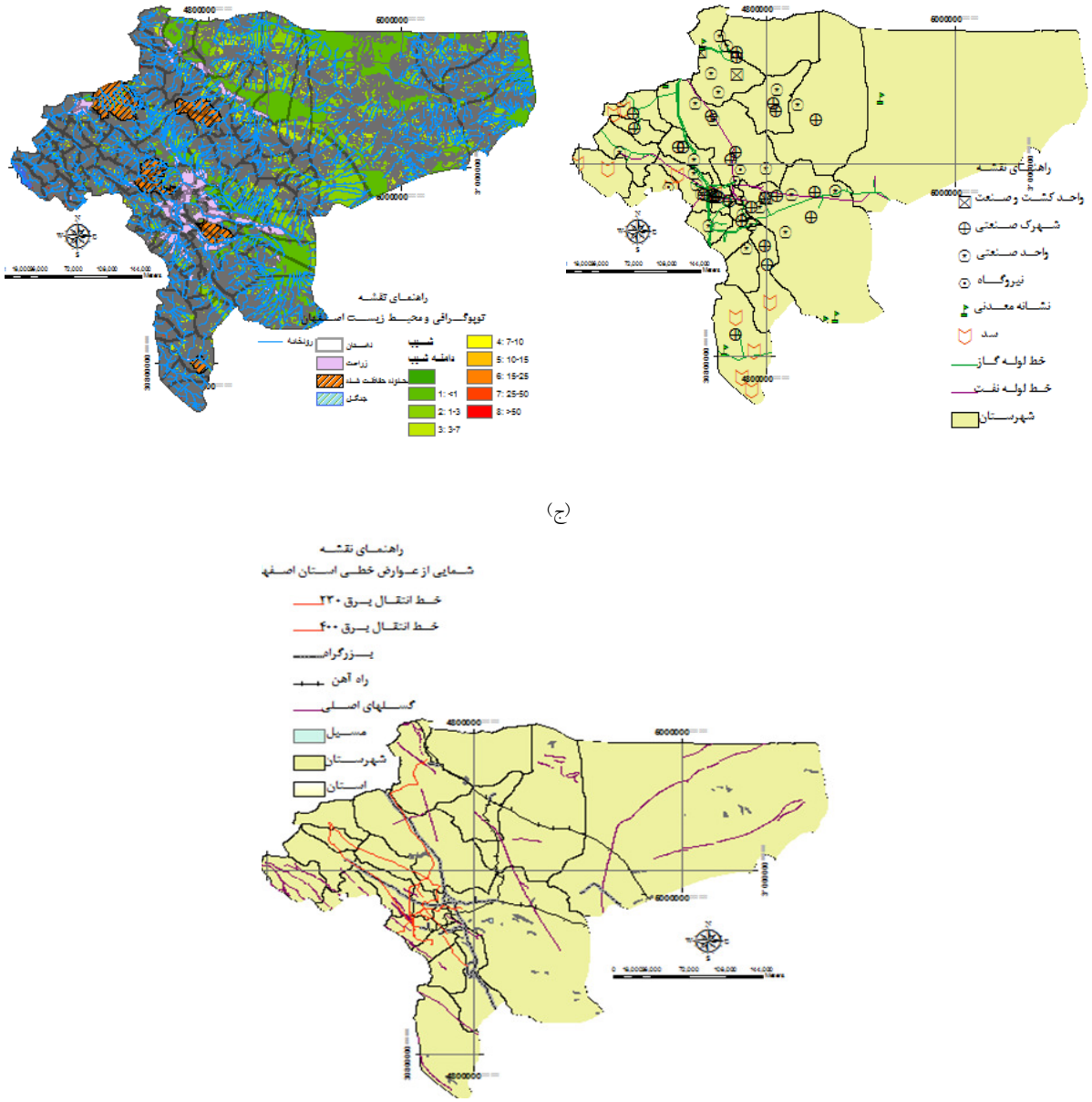
با ایجاد یک نیروگاه یک حریم استاندارد برای آن تعیین می‌شود. هدف از ایجاد حریم، به حداقل رساندن آلودگی صوتی و مشکلات مربوط به نیروگاه می‌باشد. منطقه حریم زمینی است که نیروگاه را احاطه می‌کند و باعث ایجاد فاصله بین تجهیزات نیروگاه و املاک مجاور به‌خصوص مناطق مسکونی و روستایی می‌گردد. در تعیین حریم باید به وسعت، فاصله و نوع زمین توجه کرد و قابلیت تغییر وضعیت این زمین‌ها را بررسی نمود. سایت‌های با حریم بهتر و بیشتر مطلوب‌ترند[۶].

تأمین نیاز به انرژی الکتریکی از مهم‌ترین اهداف احداث نیروگاه‌ها می‌باشد. این فاکتور مناطقی را مشخص می‌کند که میزان نیاز انرژی در آینده بیشتر از ظرفیت نیروگاه‌ها و شبکه انتقال موجود خواهد بود. استقرار نیروگاه در چنین مناطقی باعث نزدیکی محل تولید و مصرف انرژی و در نتیجه کاهش تلفات خطوط انتقال می‌گردد، لذا سایت‌هایی که نیاز محلی و منطقه‌ای به تولید انرژی وجود دارد، مناسب‌ترند. جغرافیای سایت شامل توپوگرافی سایت (شیب زمین)، نوع خاک و عمق آب زیرزمینی می‌باشد که محیط زیست و هزینه ساخت را تحت تأثیر قرار می‌دهد. میزان خاک‌ریزی مورد نیاز و همچنین مسائلی نظیر پی‌ریزی و نحوه لوله‌کشی‌ها که به طراحی نیروگاه مربوط می‌شوند، از عوامل فوق تأثیر می‌پذیرند. سایت‌هایی با توپوگرافی مسطح بر سایت‌های تپه مانند یا شیب‌دار ترجیح داده می‌شود. اندازه سایت به‌منظور تعیین اندازه زمین مورد نیاز جهت احداث نیروگاه پیشنهادی، باید مد نظر قرار گیرد. مساحت زمین مورد نیاز بسته به نوع و طرح نیروگاه متفاوت است. اطلاعات مورد نیاز در این مورد شامل اندازه کل سایت و نیز اندازه بخشی از آن است که توسط سیستم‌ها و ساختمان‌های نیروگاهی اشغال خواهد شد. به‌طور کلی سایت‌هایی با فضای بیشتر مطلوب‌ترند. اتصال نیروگاه به سیستم انتقال الکتریکی موجود، مستلزم صرف هزینه هنگفتی است. به‌طور معمول، خطوط انتقال با طول کوتاه و ولتاژ پایین، بر خطوط با طول زیاد ولتاژ بالا ترجیح داده می‌شوند. بازسازی و تقویت خطوط موجود، مقرون به‌صرفه‌تر از احداث خطوط جدید است. خطوط اتصالی که پایداری و قابلیت اطمینان سیستم را افزایش و تلفات آن را کاهش می‌دهند، مطلوب‌ترند.

تجربه نشان داده است که احداث نیروگاه اثرات اجتماعی خاصی را به همراه دارد. این اثرات شامل زیبایی شناسی، آثار تاریخی و باستانی، هزینه خدمات اجتماعی، وجود نیروی انسانی، تعداد تغییر مکان‌های مورد نیاز، طرز برخورد عموم و ... می‌باشد که تشریح می‌گردند. بناهای تاریخی و باستانی از ارزش خاصی در جامعه برخوردارند. مکان نیروگاه باید به‌گونه‌ای انتخاب گردد که به این مکان‌ها آسیب نرسد. جامعهٔ محلی باید در مورد خدمات اجتماعی مورد نیاز نیروگاه پیشنهادی هزینه‌های مربوطه و نحوه پرداخت آنها تحقیق نماید. برخی هزینه‌های غیرمستقیم اجتماعی نیز در این زمینه نظیر احداث جاده‌های جدید، توسعهٔ شبکه آب و فاضلاب و .... به‌وجود می‌آید. سایت‌هایی مطلوب‌ترند که هزینه‌های غیرمستقیم حداقل و امکان ارائه خدمات اجتماعی در آنها بالا باشد. به‌عنوان مثال، بالا بردن کیفیت جاده به‌گونه‌ای که قابلیت تحمل وزن محموله‌های سنگین و ترافیک افزایش یافته را داشته باشد، هزینه‌ای در بردارد که باید قبلاً بررسی گردد.

با توجه به اینکه از نظر علمی دلایل قابل اطمینانی در مورد اثرات جبران‌ناپذیر میدان‌های الکترومغناطیسی بر روی سلامتی وجود دارد، به‌دلیل حساسیت عموم مردم به این موضوع، باید در مکان‌یابی تأسیسات آن را مورد توجه قرار داد. چگونگی تغییرات میدان مغناطیسی را در اطراف نیروگاه و خطوط انتقال مربوطه باید بررسی نمود. سایت‌ها و مسیرهای خطوطی انتقالی مناسب‌ترند که با مردم کمتری در معرض میدان‌های الکترومغناطیسی قرار گیرند[۶].

هنگام احداث نیروگاه بایستی اثرات کاربری زمین را روی آن مورد بحث و بررسی قرار داد. این اثرات شامل جنگل‌های مصنوعی، سازگاری زمین کاربری قبلی، زمین‌های کشاورزی و مناطق تفریحی می‌باشد. جنگل‌های مصنوعی مکان‌های ارزشمندی هستند که در ارزیابی سایت باید به‌وجود چنین منابعی در مناطق اطراف و تأثیر احداث و بهره‌برداری نیروگاه بر روی آنها توجه نمود. سایت‌هایی بهتر هستند که اثرات کمتری بر این منابع بگذارند. با احداث یک نیروگاه جدید لازم است تغییراتی در شبکه انتقال و توزیع صورت گیرد تا نیروگاه به سیستم انتقال متصل گردد. لذا بررسی اثرات اقتصادی این تغییرات نظیر محدودیت‌های کاربری زمین، حق عبور از املاک دیگر ضروری است. سایت‌هایی مناسب هستند که محدودیت‌ها و اثرات تغییر شبکه انتقال و توزیع در آنها کم باشد (شکل (۲- ج)).



شکل۲. لایه‌های اطلاعاتی مربوط به نیازمندی‌های سایت، (الف) شمایی از لایه‌های نقطه‌ای (ب) توپوگرافی و محیط زیست اصفهان (ج) شمایی از عوارض خطی

گسل‌ها نوعی ساختار خطی، همراه با جابه‌جایی هستند که بر تحولات زمین‌ساختی و همچنین تکوین حوضه‌های ساختاری رسوبی مناطق اثر قابل توجه داشته‌اند. گسل‌های یادشده، به‌طور عموم مرز واحدهای ساختاری-رسوبی مختلف ایران را تشکیل می‌دهند. از این میان، اثرگسل‌های طولی عمده، هم‌زمان با جنبش‌های کوه‌زایی کاتانگایی (پرکامبرین پسین) به‌مراتب بیشتر است. گسل‌ها با فعالیت خود، موجب تغییرات عمده در زمین‌شناسی و پایداری مناطق می‌شوند، لذا شناخت آنها از نظر زمان تشکیل، فعالیت، تأثیر آنها بر زمین‌شناسی، لرزه زمین‌ساخت و احتمال فعالیت‌های آتی برای تصمیم‌گیری‌ها، آمایش سرزمین و برنامه‌ریزی‌های توسعه آینده بسیار ضروری است و به این دلایل، در طرح مکان‌یابی نیروگاه‌ها به‌عنوان یک فاکتور مهم در نظر گرفته شده است. بر اساس نگاشته‌های بربریان و قریشی در سال ۱۳۶۴ رعایت فواصل زیر از مرکز گسل‌ها در سازه‌ها ضروری است. در این پژوهش فاصله ۱۰۰-۳۰۰ متری از گسل‌های امتداد لغز، فاصله ۵۰۰ متری از گسل‌های نرمال، و فاصله ۱۰۰۰-۳۰۰۰ متری ازگسل‌های معکوس به‌عنوان منطقه ریسک مدنظر قرار گرفته است[۵].

ذخایر معدنی از دیرباز یکی از مهم‌ترین منابع ملی کشورها محسوب شده و بهره‌برداری از آنها یکی از شاخص‌های توسعه تکنولوژی است. اکتشاف، استخراج و بهره‌برداری از معادن در جهت توسعه صنایع مختلف معدنی و به دنبال آن صنایع پایین دستی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. حفاظت از حریم معادن مهم از اهداف توسعه پایدار

است. آنچه مسلم است در محل موجودیت هر نوع معدن بهترین حالت ممنوعیت ساخت و ساز می‌باشد و برای بهتر شدن نتایج مطالعات ایجاد حریم ممنوعه نیز چندان دور از ذهن نیست. در مکان‌یابی نیروگاه‌ها برای معادن فلزی و مهم حریم ۲ کیلومتری و برای سایر معادن حریم یک کیلومتری در نظر گرفته شده است[۱۰]. در پروژه مکان‌یابی نیروگاه‌ها برای رودخانه‌های اصلی حریم ممنوعه ۵۰۰ متری در نظر گرفته شده است ولی از آنجا که وجود رودخانه در نزدیکی محل نیروگاه یک پارامتر مثبت محسوب می‌گردد، فاصله از ۵۰۰ متری تا ۱۰ کیلومتری اولویت اول جهت احداث نیروگاه در نظر گرفته شده است. اولویت دوم فاصله ۱۰-۲۰ کیلومتری است و محدوده خارج از ۲۰ کیلومتر فاقد اولویت منظور شده است (شکل (۲))[۱۰].

پدافند غیرعامل به‌عنوان یکی از عوامل تأثیرگذار در بسیاری از طرح‌ها و پروژه‌های عمرانی مطرح گردیده است. این مقوله با توجه به پدیده جنگ‌های نامتقارن اخیراً در کشور بسیار مورد بحث و بررسی قرار گرفته است. پدافند غیرعامل در تلاش است تا در حد ممکن تلفات و خسارات ناشی از حملات دشمن به مراکز مختلف مسکونی، تجاری و صنعتی را به حداقل برساند. در این مقاله سه فاکتور کوهستان، جهت شیب و وجود سد جایگزین به‌عنوان موارد مرتبط با پدافند غیرعامل در مدل مکان‌یابی گنجانده شد. مناطقی مستعدتر برای احداث نیروگاه‌های برق‌آبی در نظر گرفته شده‌اند که جهت شیب آنها به سمت مناطق غیرمسکونی بوده، در مناطق کوهستانی قرار داشته و امکان وجود سد جایگزین در مسیر سیلاب آنها بالا بوده باشد.

بدین ترتیب با فرض تهدیدات دشمنان روی سد، می‌توان انتظار داشت که با تخریب آن، ساکنین کمتری در معرض مسیر سیلاب قرار بگیرند. کوهستانی بودن محل باعث می‌شود که از تیررس موشک‌های دشمنان بیشتر در امان باشد. در صورت وجود سد جایگزین در مسیر سیلاب می‌توان تا حد زیادی از به وجود آمدن اثرات تخریبی جلوگیری به عمل آورد.

۳-۲. مکان‌یابی نیروگاه‌های برق‌آبی در استان اصفهان

مدل مفهومی مکان‌یابی نیروگاه‌های برق‌آبی: در بخش قبل به‌منظور تعیین مکان‌های مناسب برای استقرار انواع نیروگاه‌های برق‌آبی، پارامترهای مهم در مکان‌یابی نیروگاه‌ها تعیین گردیدند. با بررسی این پارامترها، عوارض مورد نیاز در مکان‌یابی نیروگاه‌های برق‌آبی تعیین شده و در ۴ کلاس اصلی محیط فیزیکی، محیط زیست، اقتصادی و اجتماعی و فنی و پدافند غیرعامل و ۱۳ زیرکلاس شکل زمین، پوشش گیاهی، محدوده‌های آبی، محدوده‌های زیست‌محیطی، نقاط جمعیتی، دسترسی، تأمین آب، تأمین، تولید و انتقال برق می‌باشد، تقسیم‌بندی گردید. لیست عوارض مکانی، زیرکلاس‌ها و کلاس‌های اصلی مربوطه در جدول زیر ارائه گردیده است (جدول (۱)).

لایه‌های اطلاعاتی آماده‌سازی شده، نحوه عملکرد و ارزش آنها، متفاوت است. نقشه تعیین مکان‌های مناسب اولیه برای احداث نیروگاه از تلفیق لایه‌های اطلاعاتی با توجه به نحوه عملکرد و ارزش لایه‌ها تهیه می‌گردد.

جدول ۱. عوارض مکانی، زیرکلاس‌ها و کلاس‌های اصلی

کلاس	زیر کلاس	عارضه
محیط فیزیکی	شکل زمین	شیب
		ارتفاع
	زمین و خاک‌شناسی	گسل
		معدن
محیط بیولوژیکی	محدوده پوشش گیاهی و کاربری زمین	جنگل
		زمین زراعی
	محدوده آبی	مسیل
		رودخانه
	محدوده زیست محیطی	مناطق حفاظت شده
	محدوده جمعیتی	محدوده شهر
		محدوده سایر نقاط جمعیتی (روستاها، مکان‌های باستانی، آموزشی و...)
اقتصادی و اجتماعی	دسترسی	آزادراه
		بزرگ‌راه
		راه آسفالته
	تأمین آب	رودخانه
		میزان آب‌دهی
فنی	انتقال برق	خط انتقال برق
		پست برق
	تولید برق	نیروگاه
		سد برق آبی
پدافند غیرعامل	پدافند غیر عامل	جهت شیب منطقه
		کوهستان
		امکان سد جایگزین

به‌همین منظور لازم است با انجام یک‌سری پردازش‌ها، نقشه (نقشه‌های) فاکتور هرلایه اطلاعاتی تهیه گردد. به طورکلی روش‌های معمول پردازش داده‌ها به‌منظور تهیه نقشه‌های فاکتور مورد نیازشامل کلاسه‌بندی مجدد نقشه، تولید نقشه‌های مجاورت (Proximity Maps) انجام عملیات بر روی جداول اطلاعات توصیفی، مدل‌سازی هندسی و توپولوژیکی، تبدیل فرمت نقشه‌های فاکتور به فرمت رسترو تهیه نقشه فاکتور واسط می‌باشد (جدول (۲)).

پس از مهیاسازی مدل مفهومی مربوط به مکان‌یابی، لایه‌ها در قالب رابط کاربری مهیا شده (شکل (۳))، با استفاده از روش TOPSIS ارزش‌گذاری و وزن‌دهی گردیدند. سپس با توجه به اینکه این رابط

کاربری در بستر GIS مهیا شده بود، لایه‌های مکانی بر اساس مدل استاندارد از پیش تعیین شده تلفیق گردیدند. نقشه‌های خروجی نشان می‌داد مناطق مستعد احداث نیروگاه‌های برق‌آبی عمدتاً در شمال شرقی استان اصفهان قرار گرفته‌اند (شکل (۴)).

جدول ۲ . عوارض، وزن و طبقه‌بندی لایه‌های اطلاعاتی

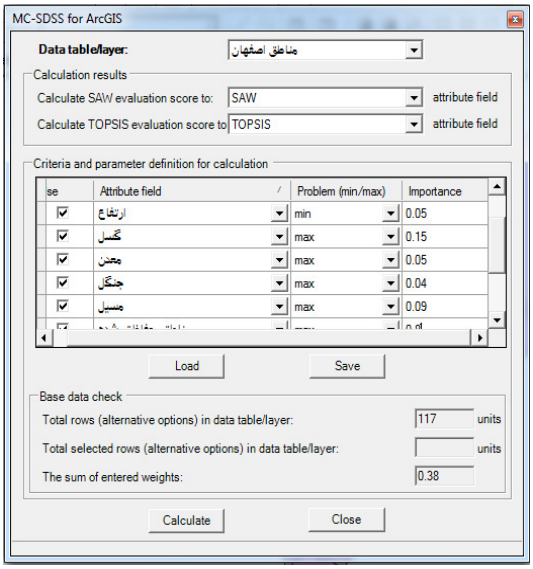
عارضه	وزن	نقشه فاکتور
شیب	۱/۰	۶-۰ درصد
	۰/۷	۱۰-۶ درصد
	۰/۰	بیشتر از ۶ درصد
ارتفاع	۱/۰	۱۰۰۰-۰ متر
	۰/۸	۱۴۰۰-۱۰۰۰ متر
	۰/٤	۱۸۰۰-۱٤۰۰ متر
	۰/۰	۲۵۰۰-۱۸۰۰متر
گسل	۰/۰	بافر ۱ کیلومتری گسل‌های اصلی و فرعی
	۰/۰	بافر ۲ کیلومتری گسل‌های معکوس
	۱/۰	سایر مناطق
معدن	۰/۰	بافر ۱ کیلومتری معادن غیرمهم
	۰/۰	بافر ۲ کیلومتری معادن مهم
	۱/۰	سایر مناطق
جنگل	۰/۰	بافر ۱ کیلومتری جنگل
	۱/۰	سایر
زمین زراعی	۰/۰	محدوده زمین زراعی
	۱/۰	محدوده غیر زمین زراعی
مسیل	۰/۰	محدوده و بافر ۱ کیلومتری مسیل
	۱/۰	سایر مناطق
رودخانه	۰/۰	محدوده و بافر ۵۰۰ متری رودخانه
	۱/۰	بافر ۱۰ کیلومتری رودخانه
	۰/۵	بافر ۲۰ کیلومتری رودخانه
	۰/۰	سایر مناطق
مناطق حفاظت شده	۰/۰	بافر ۳ کیلومتری پارک ملی
	۰/۰	بافر ۲ کیلومتری پناهگاه حیات وحش
	۰/۰	بافر ۱ کیلومتری منطقه حفاظت شده
	۰/۰	بافر ۱ کیلومتری منطقه شکار ممنوع
	۱/۰	سایر مناطق
محدوده شهر	۰/۰	بافر ۱۰ کیلومتری شهر
	۰/۰	بافر ۵ کیلومتری مراکز شهرستان‌ها
	۰/۰	بافر ۳ کیلومتری سایر شهرها
	۱/۰	سایر مناطق
محدوده سایر نقاط جمعیتی (روستاها، مکان‌های باستانی، آموزشی و...)	۰/۰	بافر ۲ کیلومتری نقاط جمعیتی
	۱/۰	سایر مناطق

جدول ۲ . عوارض، وزن و طبقه‌بندی لایه‌های اطلاعاتی

عارضه	وزن	نقشه فاکتور
آزاد راه	۱/۰	بافر ۱۰ کیلومتری آزاد راه
	۰/۷	بافر ۲۰ کیلومتری آزاد راه
	۰/۳	بافر ٤۰ کیلومتری آزاد راه
	۰/۰	سایر مناطق
بزرگراه	۱/۰	بافر ۱۰ کیلومتری بزرگراه
	۰/۷	بافر ۲۰ کیلومتری بزرگراه
	۰/۳	بافر ٤۰ کیلومتری بزرگراه
	۰/۰	سایر مناطق
راه آسفالته	۱/۰	بافر ۱۰ کیلومتری راه آسفالته درجه ۱
	۰/۷	بافر ۲۰ کیلومتری راه آسفالته درجه ۱
	۰/۳	بافر ٤۰ کیلومتری راه آسفالته درجه ۱
	۰/۰	سایر مناطق
مصرف بار (شهرک صنعتی، صنایع، شهرها، روستاها و چاه‌های کشاورزی)	۰/۸	مراکز مصرف دارای تقاضای بار زیاد
	۰/۵	شهرستان‌های دارای تقاضای بار متوسط
	۰/۳	شهرستان‌های دارای تقاضای بار ضعیف
خط انتقال برق	۰/۰	بافر ۵۰۰ متری خط انتقال برق
	۱/۰	بافر ۵ کیلومتری خط انتقال برق
	۰/۸	بافر ۱۰ کیلومتری خط انتقال برق
	۰/٦	بافر ۲۰ کیلومتری خط انتقال برق
	۰/۳	بافر ٤۰ کیلومتری خط انتقال برق
	۰/۰	سایر مناطق
پست برق	۰/۰	بافر ۵۰۰ متری پست انتقال
	۱/۰	بافر ۵ کیلومتری پست انتقال
	۰/۸	بافر ۱۰ کیلومتری پست انتقال
	۰/٦	بافر ۲۰ کیلومتری پست انتقال
	۰/۳	بافر ٤۰ کیلومتری پست انتقال
	۰/۰	سایر مناطق
سد برق آبی	۰/۰	بافر ۲۰ کیلومتری سد برق آبی
	۱/۰	سایر مناطق
کوهستان	۰.٦	مناطق کوهستانی شدید
	۰.۳	مناطق معمولی
	۰.۱	مناطق دشت مانند
جهت شیب	۰.۷	جهت شیب پایین دست به سمت غیر از مناطق مسکونی پر جمعیت
	۰.۲۵	جهت شیب پایین دست به سمت مناطق مسکونی کم جمعیت

جدول ۲ . عوارض، وزن و طبقه‌بندی لایه‌های اطلاعاتی

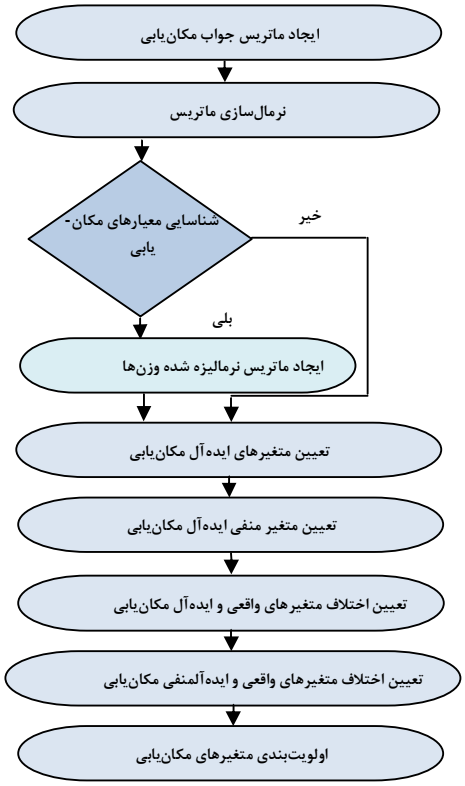
عارضه	وزن	نقشه فاکتور
	۰.۰۵	جهت شیب پایین دست به سمت مناطق مسکونی
سد جایگزین	۰.۹	وجود سد جایگزین مسیر سیلاب سد
	۰.۱	عدم وجود سد جایگزین در مسیر سیلاب سد



شکل ۳. پنجره ورود وزن‌های لایه‌ها در روش TOPSIS به محیط GIS

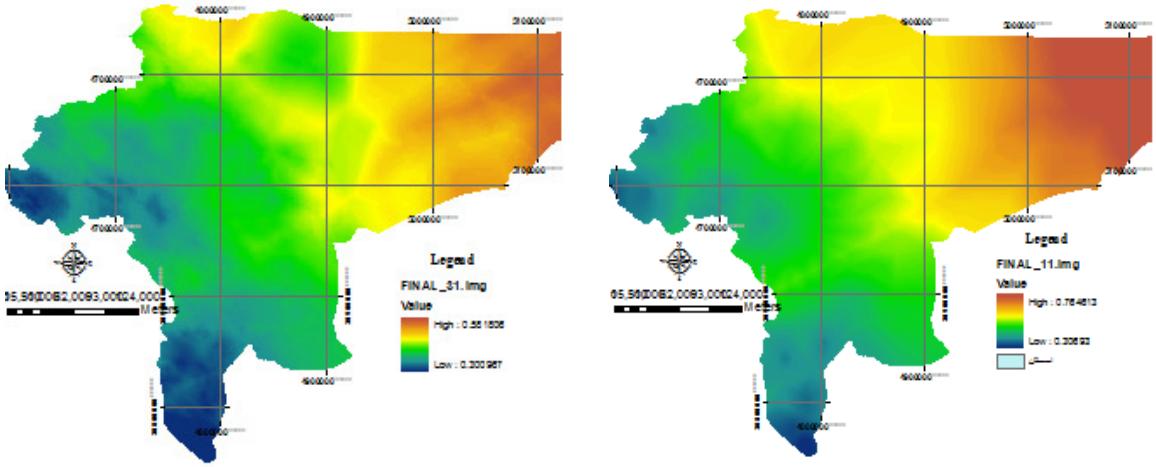
با بهره‌گیری از روش‌های پشتیبان تصمیم‌گیری مانند TOPSIS در یک قالب مکان‌یابی می‌توان به یک جمع‌بندی مناسب روی دانش کارشناسی و اولویت‌های از پیش تعیین‌شده فرآیندها رسید. ماتریس نرمالیزه شده وزن‌ها و همچنین ماتریس سطری اولویت‌بندی، روی نقشه‌های کاربردی با استفاده از فناوری GIS اعمال گردیدند. به‌وضوح می‌توان مزیت اعمال مجموعه‌ای اطلاعات توصیفی روی اطلاعات مکان-محور را در این پیاده‌سازی کاربردی ملاحظه نمود.

در این مقاله پس از طراحی مدل مفهومی مکان‌یابی نیروگاه‌های برق‌آبی و ارزش‌گذاری تمامی معیارها به‌صورت طبقه‌بندی شده، از روش TOPSIS برای معرفی مناطق مناسب در محدوده استان اصفهان برای ساخت نیروگاه با استفاده از یک مدل GIS- مبنا پرداخته شد. اما مسئله‌ای که در اینجا مهم جلوه می‌کند، ارزیابی نیروگاه‌های موجود با توجه به مدل مفهومی جدید و مخصوصاً فاکتورهای پدافند غیرعامل است. در همین راستا در این قسمت از پژوهش با ارائه یک مدل، به ارزیابی نیروگاه‌ها بر اساس چند فاکتور شاخص و در قالب یک جدول نشانگر پرداخته شد.



شکل ۴. مراحل اجرای روش TOPSIS در قالب مکان‌یابی

به‌منظور تحلیل و بررسی نیروگاه‌های استان اصفهان بر اساس مدل مفهومی توسعه داده شده در این مقاله و با توجه به مشکلات مربوط به جمع‌آوری داده در کشور، ۳ سد اصلی در محدوده استان اصفهان شامل کوچری، رودبار و سد زاینده رود انتخاب گردیدند. بر اساس مدل مفهومی توسعه داده شده و در اولویت قرار دادن فاکتورهای پدافند غیرعامل، ۷ عامل اصلی انتخاب گردید: (۱) فاصله از گسل‌های اصلی (۲)کوهستانی بودن (۳) دسترسی (۴) سد جایگزین (۵) جهت شیب (۶) فاصله از منابع معدنی و (۷) فاصله از مراکز جمعیتی. پس از تعیین فاکتورها و همچنین نیروگاه‌های مورد بحث، تمامی داده‌های مرتبط با این مسئله در یک قالب GIS جمع‌آوری گردید. سه نیروگاه کوچری، رودبار و زاینده رود بر اساس فاکتورهای مکانی و بر اساس مدل مفهومی ارزش‌یابی شدند. مجموعه نتایج حاکی از این بود که نیروگاه زاینده رود به‌طور مناسبی فاکتورهای پدافند غیرعامل و سایر فاکتورها را برآورده می‌سازد. اما در مورد دو نیروگاه دیگر، نکته قابل توجه این است که نیروگاه کوچری از لحاظ نبود مرکز جمعیتی در مسیر سیلاب، جهت شیب و وجود کوهستان در منطقه دارای کیفیت بهتری بود. البته هر دو نیروگاه کوچری و رودبار از لحاظ وجود سد جایگزین در مسیر سیلاب در یک وضعیت به‌سر می‌برند (شکل (۶)).



شکل۵. نقشه خروجی مکان‌یابی نیروگاه برق‌آبی (الف) بدون لحاظ فاکتورهای پدافند غیر عامل (ب) با لحاظ فاکتورهای پدافند غیرعامل

شکل ۶. ارزیابی سه نیروگاه برق‌آبی مربوط به سه سد مهم در استان اصفهان

۴. نتیجه‌گیری

رسیدن به تصمیم‌گیری مطلوب روی مجموعه‌ای گسترده از گزینه‌های گوناگون، همواره مدنظر متخصصین در زمینه‌های مختلف بوده است. نیروگاه‌های برق‌آبی به‌عنوان یک منبع سوخت پاک به‌عنوان یکی از جایگزین‌های سوخت‌های فسیلی در نظر گرفته شده‌اند. در این پژوهش با طراحی یک مدل مفهومی و با استفاده از یک سامانه اطلاعات مکانی و با بهره گیری از روش TOPSIS به شناسایی مناطق مناسب در استان اصفهان جهت ایجاد نیروگاه‌های برق‌آبی جدید پرداخته شده است. در این پژوهش بعد از تهیه نقشه‌های فاکتور، تلفیق آنها با استفاده از روش‌های متداول تلفیق لایه‌های اطلاعاتی در دستور کار قرار گرفت. لازم به توضیح است که آمادهسازی لایه‌های اطلاعاتی، تهیه نقشه‌های فاکتور و تلفیق آنها با استفاده از نرم‌افزارهای سامانه اطلاعات جغرافیایی ArcGIS9.3 انجام گردیده است. با توجه به ویژگی‌های مدل‌های بررسی‌شده، مدل TOPSIS به‌منظور مکان‌یابی نیروگاه‌های برق‌آبی استان اصفهان در مرحله مقدماتی مناسب می‌نمود.

به‌منظور مکان‌یابی نیروگاه‌های برق‌آبی استان اصفهان در مرحله مقدماتی، بایستی نقشه‌های فاکتور مورد نظر در یک شبکه استنتاجی با هم تلفیق گردند. شبکه استنتاجی وسیله‌ای مهم برای شبیه‌سازی فرایندهای فکری منطقی یک کارشناس خبره می‌باشد. با بررسی مدل مفهومی مکان‌یابی نیروگاه‌های برق‌آبی استان اصفهان در مرحله مقدماتی و با استفاده از دانش کارشناسی موجود، شبکه استنتاجی برای مکان‌یابی نیروگاه‌های استان اصفهان تعیین گردید. به این منظور لایه‌های اطلاعاتی به دو دسته تقسیم‌بندی گردیدند.

- لایه‌های دارای محدودیت: این لایه‌ها شامل شیب (بالای ده درصد)، ارتفاع (بالای ۲۵۰۰ متر)، گسل‌ها (حریم ۱ تا ۲ کیلومتری)، معادن (حریم ۱ تا ۲ کیلومتری)، جنگل (حریم ۱کیلومتری)، محدوده زمین زارعی، مناطق حفاظت شده (حریم ۱ تا ۲ کیلومتری) و شهرها (حریم ۳ تا ۱۰ کیلومتری) می‌باشد.

• لایه‌های مؤثر: این لایه‌ها شامل شیب (پایین‌تر از ۱۰ درصد)، ارتفاع پایین‌تر از ۲۵۰۰ متر، رودخانه، دسترسی راه‌های اصلی، می‌باشد.

در مکان‌یابی نیروگاه‌های برق‌آبی استان اصفهان در مرحله مقدماتی، ابتدا لایه‌های اطلاعاتی مربوط به محدودیت‌ها با هم تلفیق گردید و نقشه مناطق محدودیت‌دار تهیه گردید. در مرحله بعدی، لایه‌های مؤثر در مکان‌یابی در مرحله مقدماتی با روش هم‌پوشانی TOPSIS تلفیق گردیدند. با در نظر گرفتن مناطق محدودیت‌دار، موقعیت مکانی مکان‌های مناسب برای احداث نیروگاه در سیستم تصویر لامبرت ارائه گردیده است. در مرحله تفصیلی در مقیاس ۱: ۲۵/۰۰۰ نقشه‌های فاکتور مورد نظر مطابق با مدل‌های متداول مناسب در مکان‌های مناسب پیشنهادی مرحله مقدماتی با هم تلفیق می‌گردند و مکان‌های مناسب پیشنهادی در مرحله مقدماتی برای احداث نیروگاه اولویت‌بندی و موقعیت مکانی نیروگاه‌های پیشنهادی به‌صورت دقیق‌تر ارائه می‌گردد. نقشه‌های خروجی حاصل از روش تحلیل چندمعیاره به‌کارگیری شده در این مقاله حاکی از این بود که بهترین مناطق جهت احداث نیروگاه‌های جدید در شمال شرقی استان قرار دارند. اضافه شدن فاکتورهای مربوط به پدافند غیرعامل نیز این موضوع را تأیید نمود. اما با افزوده شدن المان‌های جدید به مدل، وسعت مناطق مناسب جهت احداث نیروگاه‌های برق‌آبی ۲۷.۳٪ کاهش یافت. تصمیم‌گیری‌ها را می‌توان از جنبه‌های متفاوتی مورد پشتیبانی قرار داد. امروزه بسیاری از الگوریتم‌ها و روش‌های اکتشافی و ترکیبی وارد GIS گردیده‌اند. پدافند غیرعامل نیز یکی از مفاهیم کاربردی در دنیای نوین نظامی است که اخیراً در کشور ما بسیار مورد توجه قرار گرفته است. مؤلفین برآنند که با استفاده از الگوریتم‌های قدرت‌مندتر و جامع‌تر مفاهیم پدافند غیرعامل را در کارکردهای وسیع داده‌های مکان-محور در پژوهش‌های آتی مورد کنکاش قرار دهند.

۵.سپاسگزاری

این پژوهش در قالب پروژه "طراحی و ارائه الگوهای پیاده‌سازی سامانه‌های اطلاعات مکانی با رویکرد پدافند غیرعامل" در مجتمع دانشگاهی آمایش و پدافند غیرعامل-دانشگاه صنعتی مالک اشتر اجرا گردیده است. مؤلفین کمال قدردانی را از همکاری این مرکز دارند.

۶. مراجع

[۱] ایاز، قدرتا... و وطن دوست، محمود "ارزیابی آثار زیست‌محیطی سد مخزنی شهید رجایی ساری و تأسیسات وابسته"، اولین کارگاه تخصصی سد و محیط زیست، ۱۳۸۶.

[۲] جهاد دانشگاهی تهران، مطالعات اقتصادی، اجتماعی و طبیعی سد گتوند"، شرکت توسعه منابع آب و نیروی ایران، ۱۳۸۳.

[۳] جهاد دانشگاهی تهران، "گزارش نهایی طرح مطالعات اجتماعی، اقتصادی و طبیعی حوزه بالادست سد گتوند علیا (۱۵جلد)"، شرکت توسعه منابع آب و نیروی ایران، ۱۳۸۵.

[۴] کدیور، سعید "سدها و توسعه چارچوب جدیدی برای تصمیم‌گیری"، کمیسیون جهانی سدهای بزرگ، مؤسسه آموزش عالی و پژوهش مدیریت و برنامه‌ریزی، ۱۳۸۶.

[۵] گروه محیط زیست سابا، "مکان‌یابی نیروگاه‌های حرارتی در استان‌های سمنان، زنجان، ایلام و سمنان"، ۱۳۸۲.

[۶] گروه محیط زیست سابا، "مکان‌یابی نیروگاه‌های حرارتی در کشور"، ۱۳۸۰.

[7] Canadian Dam Association(CDA's) Frequently Asked Questions: http://www.cda.ca/cda/main/newlets/fall00/faq.html, 2000.

[8] Ishida, S.; Kotoku, M.; Abe, E.; Fazal, M. A.; Tesuchihara, T.; Imaizumi, M. "Construction of Subsurface Dams and Their Impact on the Environment."; Material and Geoenvironment 2003, 50, 149-152.

[9] Sait Tahmicioglu, M.; Anul, N.; Ekmekci, F.; Durmus, N. "Positive and Negative Impact of Dams on the Environment."; International Congress on River Basin Management 2007, Turkey, Chapter 2, 759-769.

[10] Stott, R.; Smith, L. "River Recovery Project, Restoring Rivers and Streams Through Dam Decommissioning and Modification."; Outdoor Recreation Council of BC 2001, 48.

[11] Shibani, M. "Environmental Impact Assessment for Dam, http://www.gisdevelopment.net/eia/constractionusingGIS/remotesensing."; 2003.

[12] Ching–Lai, H.; Kwang–Sun, Y. "Multiple Attribute Decision Making Methods and Applications."; Springer–Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, 1981, 57, 260-272.

[13] Diggle, P. J.; Ribeiro, P. J. "Model-Based Geostatistics."; Springer, New York, 2007.

[14] Chen J.; Cheng, R. "Efficient Evaluation of Imprecise Location-Dependent Queries."; Proc. IEEE ICDE, 2007.

[15] Inley, A. O.; Banerjee, S.; Carlin, B. P.; Bayes, S. P. "An R Package for Univariate and Multivariate Hierarchical Point-Referenced Spatial Models."; J. Statistical Softw. 2007, 4, 19.