Archive of SID

Locating Top Ten Areas of Nuclear Power Stations in Iran

Ali Asghar Jafari [1], Fatemeh Nematollahi [2], Mohammad Hossein Ramesht [3*]

[1] MA in Industrial Engineering, Islamic Azad University, Najaf Abad, Isfahan, Iran
[2] Ph.D. Candidate of Geomorphology, Faculty of Geography and Planning, University of Isfahan, Isfahan, Iran
[3] Professor of Geomorphology, Faculty of Geography and Planning, University of Isfahan, Isfahan, Iran

Abstract

Diversity of power generation in each country can be considered a form of passive defense policy. Although there are enough fossil energy resources in Iran, due to several reasons, diversifying energy production centers has always been considered as a strategic policy and if we consider the occurrence of natural events and unpredictable disasters and the promotion of the diversity of scientific and technical professions to this collection, validity of such a strategy will be more clear. Locating such plants has attracted attention of land logisticians and due to environmental issues and security matters, it demands more attention and accuracy. This article, which is based on Christaller and Lush's theory, underlying the three main factors of environmental considerations, security, and access to the main power supply network and applying geographical information system, first attempts to determine the appropriate locations based on these three features, then, applying a provision of access to the beach and the sea depth in the form of TOPSIS priority ranking, it priorities ten points in Iran, as the candidate for building plants. The results of this study show that the distribution of certain areas of Iran has the advantage of such election and from the total of 10 points two regions in the north coasts, two regions in the domestic land, one region in the coast of Oman and five regions in Persian Gulf have the priority of being selected as locations for establishing nuclear power plants in Iran.

Key words: Site Selection, Nuclear Power Plant, Land Use, TOPSIS, Walter Christaller, August Lösch, Geographical Information System.

* mh.raamesht@gmail.com

www.SID.ir

جغرافیـــا و برنامـــه‌ریـــزی محیطـــی
سال ۲۹، پیاپی ۷۲، شـماره ٤، زمسـتان ۱۳۹۷

مکان‌یابی ده محوطهٔ برتر نیروگاه‌های انرژی اتمی ایران

علی‌اصغر جعفری، کارشناس ارشد مهندسی صنایع، دانشگاه آزاد اسلامی واحد نجف‌آباد، اصفهان، ایران
فاطمه نعمت‌اللهی، دانشجوی دکتری ژئومورفولوژی، دانشکدهٔ علوم جغرافیایی و برنامه‌ریزی دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران
محمدحسین رامشت *، استاد ژئومورفولوژی، دانشکدهٔ علوم جغرافیایی و برنامه‌ریزی، دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران

وصـول: ۱۳۹۵/۰۱/۱۹ پـذیرش: ۱۳۹۵/۰۲/۲۲، صص ۱۸-۱

چکیده

تنوع سبد تولید انرژی در هر کشور، نوعی تدبیر دفاع غیرعامل تلقی می‌شود. منابع انرژی فسیلی در ایران به حد کافی وجود دارد؛ ولی بنا بر دلایل متعدد تنوع‌بخشیدن به مراکز تولید انرژی به‌منزلهٔ سیاستی راهبردی همواره دنبال شده است و اگر وقوع رخدادهای طبیعی و حوادث پیش‌بینی‌نشده و ارتقاء تنوع حرفه‌های علمی و فنی را به این مجموعه نیز بیفزاییم، دلالت بر صحت چنین راهبردی بیشتر روشن خواهد شد. مکان‌گزینی چنین نیروگاه‌هایی همواره توجه آمایشگران سرزمینی را به خود معطوف و به‌واسطهٔ مسائل زیست‌محیطی و امنیتی دقت بیشتری را طلب کرده است. در این مقاله که برگرفته از طرحی پژوهشی در دانشگاه آزاد اسلامی نجف‌آباد است، با اتکا بر نظریهٔ لوش و کریستالر و مبنا قراردادن سه عامل اصلی ملاحظات زیست‌محیطی، امنیتی و دسترسی به تغذیه‌کننده‌های اصلی شبکهٔ برق سراسری با بهره‌گیری از سیستم اطلاعات جغرافیایی، ابتدا محل‌های مناسب براساس این سه ویژگی تعیین و سپس با اعمال عوامل شرطی یعنی دسترسی به ساحل و عمق دریا در قالب رتبه‌بندی روش تاپسیس به اولویت‌بندی ده نقطه در سرزمین ایران به‌منزلهٔ نقاط برگزیده برای احداث نیروگاه‌ها مبادرت شد. نتایج حاصل از این پژوهش نشان می‌دهد توزیع مناطق خاصی از ایران مزیت چنین انتخابی را دارد و از مجموع ده نقطهٔ به‌دست‌آمده، دو منطقهٔ ساحل شمالی و دو منطقه در سرزمین داخلی، یک منطقه در ساحل دریای عمان و پنج منطقه در خلیج فارس، اولویت انتخاب مکانی را برای استقرار نیروگاههای اتمی در ایران حائز هستند.

واژه‌های کلیدی: مکان‌گزینی، نیروگاه برق اتمی، آمایش سرزمین، تاپسیس، کریستالر، لوش، سیستم اطلاعات جغرافیایی.

*نویسنده مسؤول: mh.raamesht@gmail.com

www.SID.ir

مقدمه

طرح مسئله

برنامه‌ریزان مدعی توسعه به مکان به‌منزلهٔ گستره‌ای که فعالیت‌های انسانی در آن شکل می‌گیرد، کمتر توجه داشته‌اند؛ اما رفته‌رفته با درک بهتری از این مقوله توجه پژوهشگران به انتخاب مکان با مطلوبیت‌های خاص در نزد آنان مطرح و تلاش‌های آنها در این زمینه به طرح نظریه‌های مکانی منجر شد؛ به طوری که از سال ۱۸۲٦ با کارهای ماندگار «تونن»[1] در حوزهٔ اقتصاد کشاورزی آلمان دریافت‌های جدیدی از شیوهٔ انتخاب مکان برای فعالیت‌های انسانی متداول شد (سهامی، ۱۳۸۸: ٦۰)؛ ولی آنچه در تمامی این الگوها به‌صورت مشترک دیده می‌شود، دکترین بهره‌مندی اقتصادی در انتخاب مکان است. با طرح روش‌های جدید آمایش سرزمین و مشکلات متعددی که دکترین بهره‌مندی اقتصادی صرف برای جوامع انسانی به وجود آورده است، اکنون با این واقعیت مواجه هستیم که گزینش مکان صرفاً براساس دکترین بهره‌مندی اقتصادی، جامعه را در حوزه‌های دیگر متحمل هزینه‌های متعددی می‌کند که در محاسبات مدل‌های مکان‌گزینی دکترین اقتصادی جایگاهی نداشته است؛ بنابراین باید توجه داشت برای رفع این مشکل چه مؤلفه‌هایی باید در انتخاب مکان فعالیت‌های بشری در نظر گرفته شود تا خرسندی عمومی و بهره‌مندی اقتصادی در مقیاس کلان، حرمت مسائل زیست‌محیطی و سلامت جامعه تضمین شود.

ایران ازجمله کشورهای در حال توسعه است که برای استمرار و تداوم توسعهٔ خود مجبور به توسعهٔ منابع تولید انرژی در سطح ملی است و با توجه به آنکه سیاست‌های کلان ملی بر این نکته تأکید دارد که منابع تأمین انرژی می‌بایست الگوهای متفاوت داشته باشد، بنابراین سهمی از انرژی لازم کشور به نیروگاه‌های برق اتمی اختصاص یافته است.

اهمیت و ضرورت پژوهش

با توجه به اینکه باید به تأسیس و ایجاد نیروگاه‌های برق اتمی از جنبه‌های گوناگون ازجمله زیست‌محیطی، حفاظت، امنیت و ارتباط با شبکه‌های برق اصلی کشور توجه داشت، بنابراین تعیین مناطق مناسب دربرگیرندهٔ این ملاحظات ضروری است. در این مقاله که برگرفته از طرحی پژوهشی در دانشگاه آزاد اسلامی نجف‌آباد است، با اتکا بر نظریهٔ لوش و کریستالر و با مبنا قراردادن سه عامل اصلی ملاحظات زیست‌محیطی، امنیتی و دسترسی به تغذیه‌کننده‌های اصلی شبکهٔ برق سراسری با بهره‌گیری از سیستم اطلاعات جغرافیایی ابتدا محل‌های مناسب براساس این سه ویژگی تعیین شد.

تجارب جهانی دربارهٔ حوادث طبیعی (چون واقعهٔ سونامی ژاپن و انفجار نیروگاه اتمی چرنوبیل) نشان داد انتخاب محل نیروگاه‌های اتمی باید با دقت بیشتری صورت گیرد و به جز عوامل اقتصادی، ملاحظات زیست‌محیطی در تأمین سلامت ساکنان و حفاظت‌های امنیتی اهمیت دوچندانی دارد و نباید فقط به مؤلفه‌های اقتصادی چون دسترسی آسان به منابع آبی، نیروی انسانی و... اکتفا کرد؛ از آن گذشته توزیع جغرافیایی پراکندهٔ نیروگاه‌ها قابلیت اطمینان شبکهٔ برق سراسری را در مواجهه با احتمال از مدار خارج‌شدن نیروگاه‌ها ارتقا می‌بخشد و مسئلهٔ پراکنده‌سازی و تعدد

[1] J.H.von Thünen

www.SID.ir

نیروگاه‌ها نیز آسیب‌پذیری شبکهٔ تولید برق را کاهش خواهد داد.

هدف پژوهش

هدف این مقاله، تعیین مکان‌های مناسب برای استقرار نیروگاه‌های انرژی اتمی و بیشتر دستیابی به اولویت‌بندی مکان‌های مطلوب برای استقرار این نیروگاه‌ها در ایران بوده است.

پیشینهٔ پژوهش

در حوزهٔ مکان‌گزینی نیروگاه‌های اتمی مطالعات گوناگونی صورت گرفته است. نخستین بار مطالعه و مکان‌یابی نیروگاه‌های اتمی ایران را شرکت کرافت ورک یونیون، یکی از شرکت‌های وابسته به زیمنس آلمان، انجام داد (جعفری و رحیمی، ۱۳۹٤: ٤٤).

ارکوت و نیومن[1] (۱۹۸۹)، مطالعات دقیقی را دربارهٔ مسائل مکان‌یابی تسهیلات نامطلوب انجام دادند (ERKUT, 1989: 275). مدل‌های آنها حداکثرسازی بعضی توابع فاصله‌ای را به‌منزلهٔ یکی از اهداف استفاده‌شده به‌منظور تجزیه‌وتحلیل شامل می‌شود.

پنگ[2] و همکاران (۲۰۱٤) سطح تجزیه‌وتحلیل ایمنی احتمالاتی نیروگاه برق اتمی چینی را با رویکرد جامع به‌منظور ارزیابی ریسک‌های احتمالی نیروگاه برق اتمی در مناطق استقراریافته بررسی کردند.

ایرول[3] و همکاران (۲۰۱٤) به بررسی معیارهای کیفی مکان‌های مناسب استقرار تسهیلات نیروگاه برق اتمی در کشور ترکیه مبادرت کردند.

چارچ و سکاپارا[4] (۲۰۰۷) زیرساخت‌های حیاتی را عناصری تعریف کردند که برای حمایت از زندگی افراد و ایمنی لازم هستند.

بیر[5] و همکاران (۲۰۰۵) میزان حفاظت از سیستم‌های موازی و سری دارای اجزایی با ارزش‌های متفاوت را تجزیه‌وتحلیل کردند.

چو[6] (۲۰۰۲) مدل تاپسیس فازی را با تصمیم‌گیری‌های گروهی به‌منظور حل مسائل مکان‌یابی تسهیلات توسعه داد. در این بررسی ویژگی‌های مکان تسهیلات به‌صورت ویژگی‌های کیفی شامل دردسترس‌بودن نیروی کار ماهر، انرژی، آب و همچنین ویژگی‌های کمّی مانند هزینه‌های سرمایه‌گذاری ارزیابی شدند.

ویلهلم[7] (۱۹۹۹) تحلیل هزینه - سود را به‌منظور آزمون اثربخشی اقتصادی طرح‌های مختلف سازه‌های دفاعی به‌صورت قیاسی مطرح کرد.

فوچ و مک آلپین[8] (۲۰۰۵) ارزیابی اثربخشی این طرح‌ها را از راه استقرایی پیشنهاد کردند.

اسمیت[9] (۱۹٦٦) با توجه به تغییرات منحنی هزینهٔ فضایی و منحنی درآمد، فضای مکان بهینهٔ صنعت و خدمات را تعیین کرد.

در این پژوهش با اتکا بر نظریهٔ لوش و کریستالر و با مبنا قراردادن سه عامل اصلی به تعیین محل‌های مناسب برای استقرار نیروگاه‌های اتمی مبادرت شده است. نظریهٔ کریستالر[10] در قالب کلی نظریه‌های سازمان فضایی بررسی می‌شود که بیشتر این نظریات

[1] Erkut and Neuman
[2] ChanghongPeng et al
[3] Erol et al Beyazıt et al

[4] Church and Scaparra
[5] Bier et al
[6] Chu
[7] Wilhelm
[8] Fuchs and McAlpin
[9] David. M, Smith
[10] Walter Christaller

www.SID.ir

چگونگی ارتباط بهینه میان عوامل و الگوی استقرار مطلوب فضایی را شرح می‌دهند (رضوانی، ۱۳۹۰: ۹۸). در گسترش و اصلاح نظریهٔ کریستالر، لوش[1]، اقتصاددان آلمانی، نظریهٔ فضای اقتصادی شهرها را بیان کرد (Chand, 2015).

پرسش پژوهش

پرسش اصلی پژوهش براساس هدف کلی پژوهش به شرح زیر تدوین شده است:

چه مکان‌هایی برای استقرار نیروگاه‌های اتمی ایران براساس شاخص‌های امنیت، محیط زیست و دسترسی به شبکهٔ توزیع برق سراسری کشور مناسب‌اند؟

روش‌شناسی پژوهش

نخستین مرحله در این پژوهش، دسترسی به اطلاعات سرزمینی برای تعریف شاخص‌های مکانی بود؛ بنابراین نقشهٔ رقومی ارتفاعی[2] ایران، آمار شهرها، ویژگی‌های زمین‌شناسی، اطلاعات تصاویر ماهواره‌ای و نقشهٔ شبکهٔ توزیع برق سراسری کشور بررسی و در سیستم اطلاعات جغرافیایی، نرم‌افزار تحلیلی GIS (ArcMap)، پردازش شدند. در این مرحله از کار شاخص‌های جمعیتی تعریف و استاندارد فواصل از گسل‌ها، عمق مطلوب و فاصله از ساحل و شاخص‌های امنیتی که برای انتخاب مکان به کار می‌روند روی نقشهٔ دیجیتالی ایران مشخص و در مرحلهٔ دوم با اعمال متغیرهای شرطی یعنی اعمال فاصله از خطوط ساحلی و عمق دریا، نقاط بهینه غربال شدند.

در مرحلهٔ سوم از میان مکان‌هایی که حائز شرایط مشروط بودند، عملیات ماتریس تاپسیس (رامشت و شاه‌زیدی، ۱۳۹۰: ٣٦٤) اجرا و بدین صورت نقاط به‌دست‌آمده اولویت‌بندی و در پایان نتیجهٔ ارزیابی‌ها در این پژوهش به‌صورت نقشه‌ای رقومی ارائه شد.

مرکز آمار ایران، سازمان زمین‌شناسی کشور، سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح، سازمان فضایی ایران و وزارت نیرو ازجمله منابع اصلی تأمین داده‌های لازم در این پژوهش به شمار می‌روند.

محدودهٔ پژوهش

نظر به اینکه مکان‌یابی بهینهٔ نیروگاه برق هسته‌ای برای کشور در مقیاس ملی صورت می‌گیرد، بنابراین سرزمین ایران در این پژوهش بررسی می‌شود. این کشور ازنظر موقعیت جغرافیایی بین عرض ۲۵ تا ٤٥ درجهٔ شمالی و طول ٤٤ تا ٦٦ درجهٔ شرقی و در جنوب غربی آسیا واقع شده است.

یافته‌های پژوهش

به‌منظور تعیین محوطه‌های برتر برای استقرار نیروگاه‌های انرژی اتمی شاخص‌های مهم در مکان‌یابی نیروگاه‌ها تعیین، با بررسی آنها داده‌های جمع‌آوری‌شده در دو فاز پایش و این اطلاعات به‌صورت اصلی و شرطی مهیا شدند؛ زیرا مراحل دقیق انتخاب محل‌ها در دو فاز جداگانه صورت پذیرفت.

فاز اول

با مهیاسازی داده‌های چهارگانهٔ فاصله‌ای به‌منظور تعریف آنها در محیط سیستم اطلاعات جغرافیایی، موضع اهمیت هریک از آنها مطرح شد؛ بنابراین

[1] August Lösch
[2] Dem

www.SID.ir

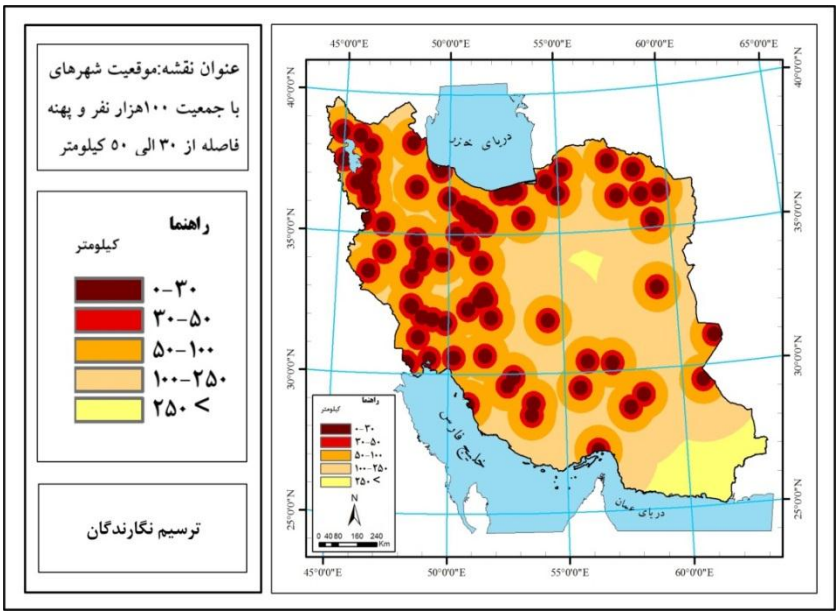
براساس جدول (۱)، چهار شاخص فاز اول استخراج شده‌اند که میزان درجهٔ اهمیت پهنه‌های مطلوب و ممنوعهٔ آنها از استانداردهای زیست‌محیطی و استقرار این دست نیروگاههاست.

جدول ۱. درجهٔ اهمیت و پهنه‌های مطلوب و ممنوعهٔ استقرار

شاخص‌های فاصله‌ای	درجهٔ اهمیت	فاصلهٔ مطلوب
فاصله از شهر	۰/۳۵	از ۵۰ کیلومتر تا ۱۰۰ کیلومتر
فاصله از گسل	۰/۲۰	بیش از ۳ کیلومتر
فاصله از شبکهٔ برق سراسری	۰/۳۵	تا ۱۰ کیلومتر
فاصله از راه‌ها	۰/۱۰	تا ۱۰ کیلومتر

در این مرحله چهار شاخص فاصله‌ای بررسی شد:

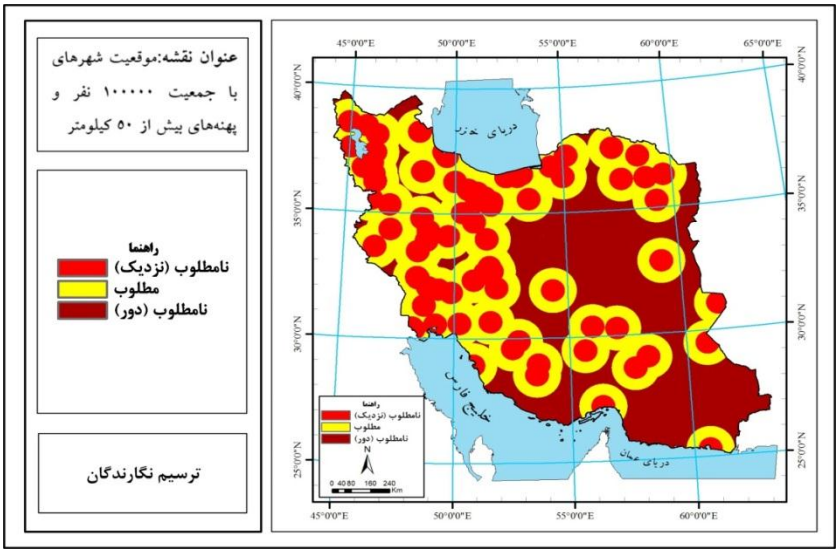
۱- فاصله از مراکز جمعیتی: فاصلهٔ بهینهٔ نیروگاه می‌بایست برای حفظ مسائل زیست‌محیطی بین ۵۰ تا ۱۰۰ کیلومتر از مراکز جمعیتی بیش از یکصد هزار نفر باشد. دلیل انتخاب این دامنه از جمعیت، رعایت استاندارد خدماتی شهری بوده است تا در صورت بروز حادثه، کمترین امکانات امدادی و بهداشتی دردسترس باشند و از سوی دیگر این مراکز از خسارات احتمالی به دور بمانند و فرصت جابه‌جایی و اقدامات حفاظتی برای مردمان آنها وجود داشته باشد. بدین منظور مراکز جمعیتی بیش از یکصد هزار نفر شناسایی شدند و نتیجهٔ آن ترسیم نقشهٔ زیر است (شکل ۱).



شکل ۱. موقعیت شهرهای با جمعیت ۱۰۰۰۰۰ نفر و پهنهٔ فاصله از ۳۰ تا ۵۰ کیلومتر

در این نقشه مراکز شهرها به شکل دایره نشان داده شده‌اند که پهنهٔ مطلوب با رنگ نارنجی و در فاصلهٔ ۵۰ تا ۱۰۰ کیلومتری از مراکز شهرها نمایش داده شده است. همان‌گونه که در نقشهٔ بالا دیده می‌شود، بخش‌های عمده‌ای از ایران مرکزی و سواحل جنوبی و شرقی ایران ازنظر اعمال شاخص‌های زیست‌محیطی برای استقرار نیروگاه‌ها مناسب و مطلوب تلقی نشده‌اند.

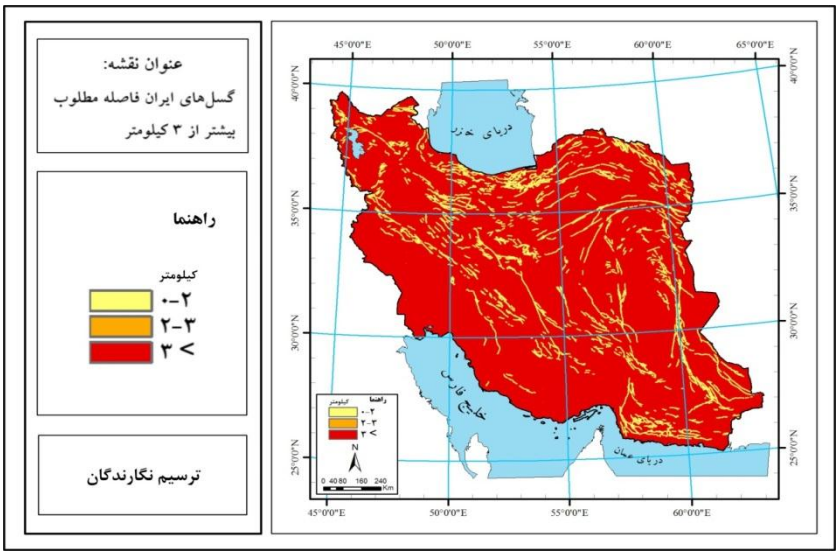
www.SID.ir



شکل ۲. موقعیت شهرهای با جمعیت ۱۰۰۰۰۰ نفر و پهنه‌های بیش از ۵۰ کیلومتر (پهنه‌های نامناسب)

با بررسی نقشه‌های (۱) و (۲) درمی‌یابیم بیشتر مناطق مناسب برای تأسیس تسهیلات نیروگاه برق اتمی با درنظرگرفتن همین شاخص به‌تنهایی نقاط شرقی، جنوب شرقی، شمال شرقی و چند نقطه در غرب و شمال غربی‌اند و مناطق پرتراکم غربی و شمالی از لحاظ فاصله از شهرها، نقاط مطلوب زیست‌محیطی نیستند.

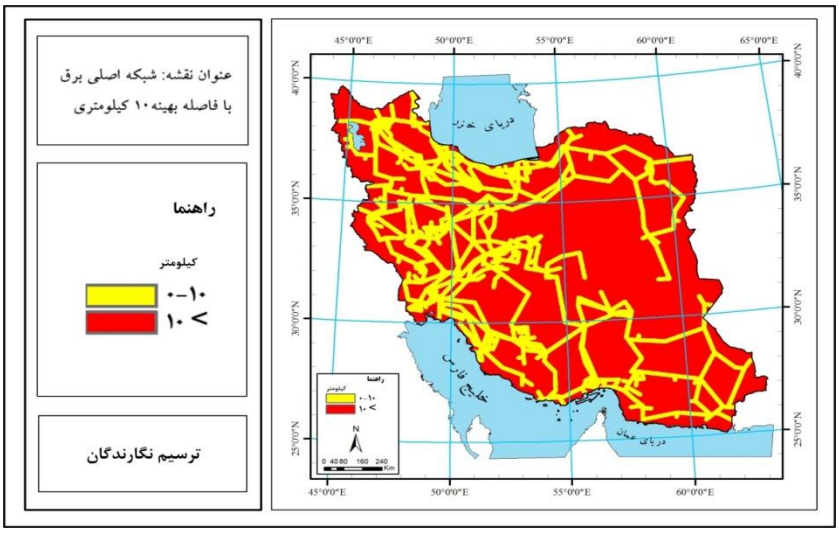
۲- فاصله از گسل: برای رعایت مسائل مخاطره‌آمیز چون گسل‌ها، با بررسی نقشهٔ گسل‌های فعال ایران، فاصلهٔ مطلوب نیروگاه از آنها تعیین شد. بهترین فاصله براساس نظر خبرگان بیش از ۳ کیلومتر موقعیت نیروگاه از گسل‌های فعال مشخص شد. با توجه به وزن و اهمیت این شاخص که فاصلهٔ بیش از ۳ کیلومتر از گسل‌های فعال حد مطلوب استقرار تلقی شده است، با اعمال داده‌های مربوط به گسل‌های فعال در نقشهٔ رقومی ایران شکل (۳) به دست آمد. همان‌گونه که در این نقشه دیده می‌شود، فواصل بیش از ۳ کیلومتر، نقاط مجاز و قابل اعمال در نقشهٔ نهایی تلقی شده‌اند.



شکل ۳. گسل‌های ایران، فاصلهٔ مطلوب بیش از ۳ کیلومتر

www.SID.ir

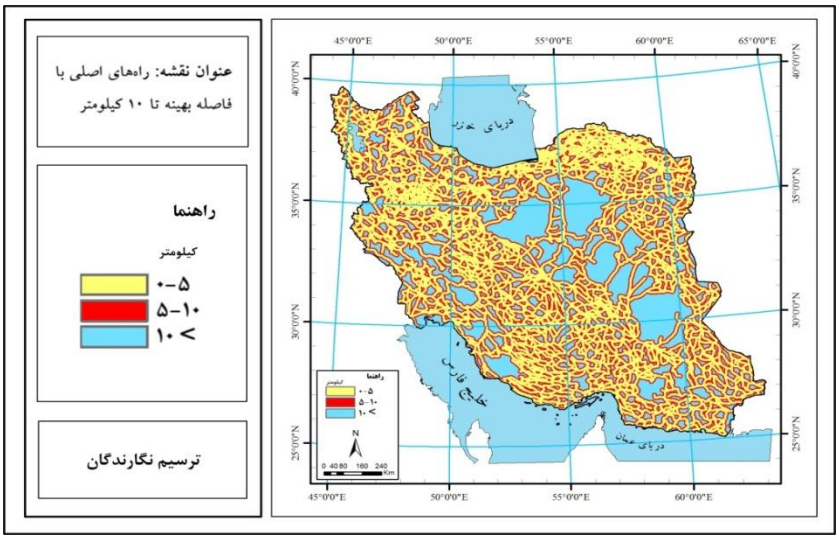
۳- فاصله از شبکهٔ برق سراسری: با اخذ داده‌های شبکهٔ برق سراسری کشور از وزارت نیرو و تهیهٔ نقشهٔ دیجیتال از آنها، فاصلهٔ بهینه تا ۱۰ کیلومتر از آن مشخص شد (شکل ٤).



شکل ٤. شبکهٔ اصلی برق با فاصلهٔ بهینهٔ ۱۰ کیلومتری

خطوط در نقشهٔ بالا نشان‌دهندهٔ خطوط انتقال اصلی برق و پهنهٔ مطلوب استقرار نیروگاه‌ها از آن است. فاصلهٔ مطلوب از این خطوط براساس جدول، (۱) تا ۱۰ کیلومتر تعیین شده است. در این نقشه برخلاف نقشهٔ گسل‌ها که نقاط پرتراکم پهنهٔ نامطلوب تلقی می‌شدند، در نقشهٔ راه‌های اصلی، نقاط پرتراکم مطلوب‌تر تلقی می‌شوند.

٤- فاصله از راه‌ها: آخرین شاخص فاصله‌ای، فاصلهٔ مکان گزینش‌شدهٔ نیروگاه‌ها از شبکهٔ اصلی راه‌های کشور بود که با بررسی نقشهٔ راه‌های کشور فاصلهٔ بهینه تا ۱۰ کیلومتر از آن مشخص شد. با اعمال داده‌های مربوط به شبکهٔ راه‌های کشور و به‌کارگیری بافر ۱۰ کیلومتری از آن، نقشه‌ای ترسیم شد (شکل ۵). همان‌گونه که در نقشه دیده می‌شود، بیشتر نقاطی که با بافر ۱۰ کیلومتر تعیین شده‌اند، نقاط مطلوب و بقیهٔ نقاط، به‌ویژه مناطق کویری و بیابانی ازجمله مکان‌های نامطلوب تلقی می‌شوند.

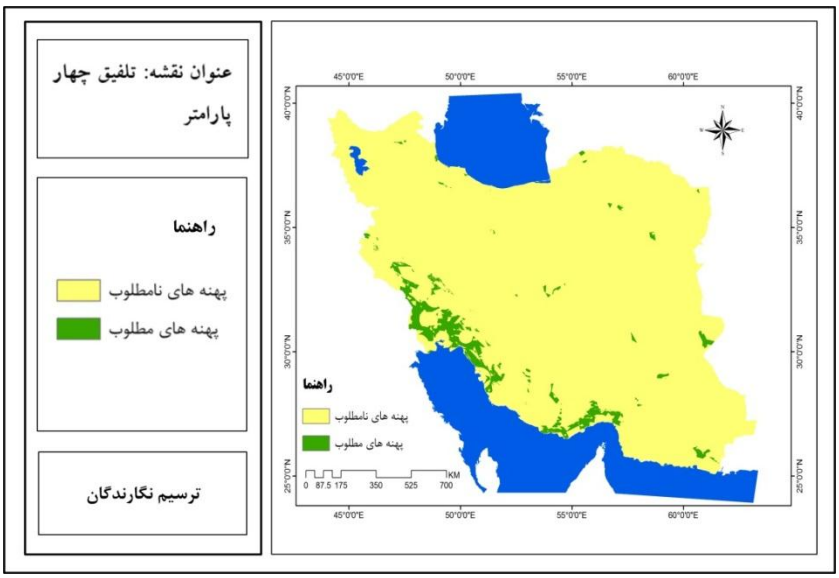


شکل ۵. راه‌های اصلی با فاصلهٔ بهینهٔ تا ۱۰ کیلومتر

www.SID.ir

تلفیق شاخص‌های فاز اول

برای انجام این مرحله، نخست وزن هریک از شاخص‌های چهارگانه اعمال شده و داده‌های لازم برای اجرای فصل مشترک نقاط مطلوب فراهم آمده است. سپس از تلفیق این داده‌ها و حذف نقاط غیرمشترک نقشه‌ای به دست آمد (شکل ٦).



شکل ٦. تلفیق چهار شاخص

همان‌گونه که در نقشهٔ بالا دیده می‌شود، ٤ پهنه به‌واسطهٔ اعمال داده‌ها به دست آمده است. مکان‌های با فصل مشترک کامل به رنگ سبز و نقاط بدون وجه اشتراک کامل به رنگ زرد روی نقشه نشان داده شده‌اند.

با توجه به اینکه در این تفریق فصل اشتراک با منطق صفر و یک اعمال شده است، بنابراین با دو منطقهٔ مطلوب و نامطلوب مواجه هستیم. دقت در نقشهٔ بالا نشان می‌دهد بیشتر مناطق مطلوب استقرار نیروگاههای اتمی در حاشیهٔ سواحل خلیج فارس و دریای عمان قرار می‌گیرند. این گزینش در حالی است که هنوز نخستین فاز شرایط مکان‌گزینی در محیط سیستم اطلاعات جغرافیایی اعمال شده است و چنانچه فاصله از دریا و عمق ساحلی اعمال شود، بخش عمده‌ای از نقاط داخل سرزمینی حذف خواهند شد. با توجه به اینکه چندین نقطه در مرز شمالی و غربی نیز به‌صورت لکه‌هایی دیده می‌شود، فاصله از مرز به‌واسطهٔ شرایط امنیتی خاص، حذف‌شده تلقی می‌شود؛ زیرا ازنظر اصول دفاع ملی چنین مراکزی در نزدیکی مرز که به‌سادگی تهدید می‌شوند، نقاط مطلوب تلقی نخواهند شد.

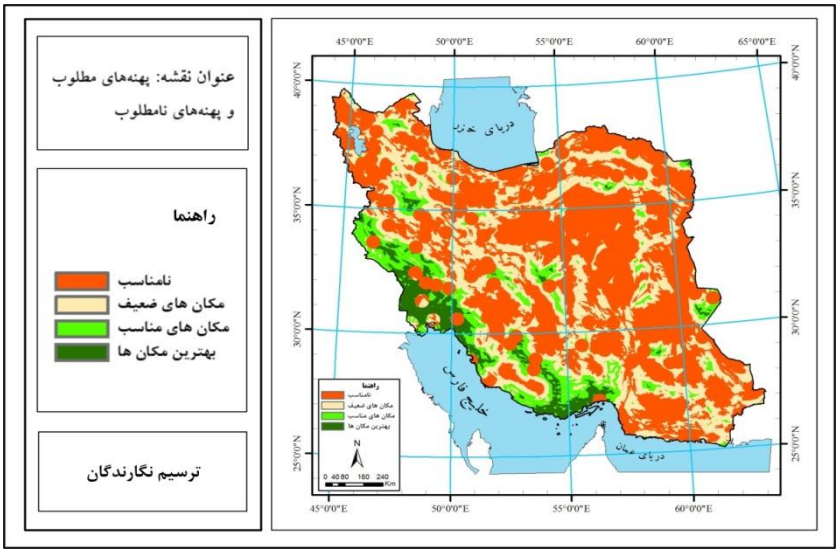
برای آنکه بتوان تفسیر روشن‌تری در فاز اول از مکان‌گزینی نیروگاه‌ها به دست آورد، مناطق با دامنهٔ خاصی به چهار پهنه شامل مناطق نامناسب، مناطق ضعیف، مناطق مناسب و مناطق بهینه طبقه‌بندی شدند. حاصل این طبقه‌بندی در نقشهٔ (۷) به نمایش گذاشته شده است.

نکتهٔ جالب توجه در این نقشه، قرارگرفتن بخش مهمی از مناطق مناسب در مجاورت مناطق بهینه است؛ این بدان معناست که داشتن نیروگاه‌هایی با فاصله از دریا در پشت مناطق ساحلی امکان‌پذیر است؛ ولیکن از مزایای مجاورت با دریا نیز بهره‌مند می‌شویم.

www.SID.ir

از نکات بسیار مهم دیگر این مکان‌گزینی در فاز اول این است که سواحل شمالی با وجود موقعیت مناسب ساحلی، در این طبقه‌بندی جایگاهی ندارند و این به‌خوبی نشان می‌دهد نوار ساحلی شمالی ایران به‌واسطهٔ بار سنگین جمعیتی، کشش بارگذاری توسعهٔ دیگری را در این زمینه‌ها ندارد.

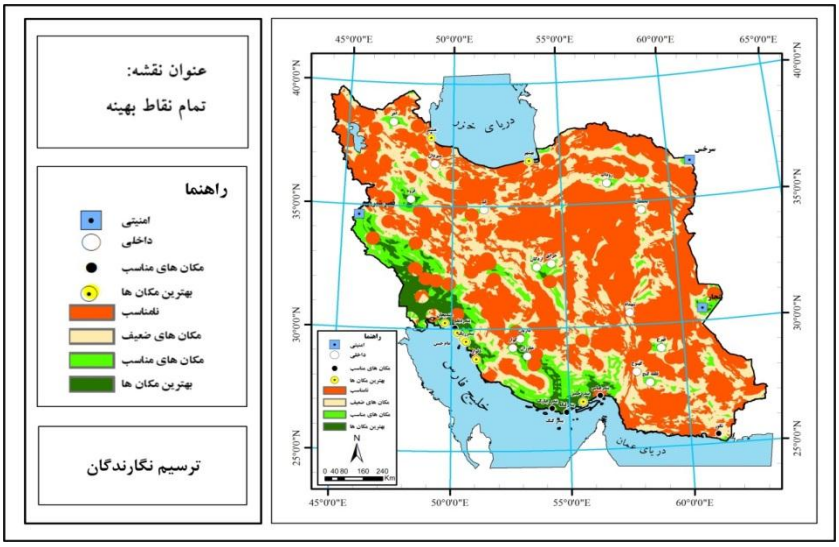
انتخاب‌نکردن نقاط جنوب شرقی به دلیل تراکم خطوط گسلی و همچنین نقاط کویری دشت لوت به دلیل دردسترس‌نبودن شبکهٔ برق سراسری، تراکم پایین راههای اصلی، نقاط شهری و قرارگرفتن روی خطوط گسل است. نواحی شمال غربی ایران هم به دلیل تراکم جمعیتی زیاد جزو نقاط مطلوب قرار نگرفته‌اند.



شکل ۷. پهنه‌های مطلوب و پهنه‌های نامطلوب

فاز دوم

برای اجرای فاز دو نخست همهٔ نقاط بهینه از نقشهٔ (۸) استخراج و سپس در جدول (۲) لیست شد. در شکل (۸)، مکان‌های کاندیداشده در سه طیف طبقه‌بندی شده‌اند.



شکل ۸. تمام نقاط بهینه

www.SID.ir

جدول ۲. شهرهای کاندیداشده به تفکیک موقعیت

شهرهای مرزی	شهرهای داخل سرزمین	شهرهای ساحلی (بهترین نقاط)
سرخس، بنجار، قصر شیرین	خاوران، اهر، سیردان، قم، فهرج، شهداد، کهنوج، اردکان، بجستان، روداب، قلعه گنج، خرانق، قروه، داریان، کوار	امام حسن، بندر گناوه، بندرریگ، دلوار، بندر خمیر، هندیجان، بندر دیلم، بندرعباس، بندر کنگ، نگور، بندر چارک، هشتپر، بهشهر

۱- طیف اول، نقاط بهینهٔ مرزی در فاصلهٔ اندکی از مرزهای غربی و شرقی قرار می‌گیرند. با توجه به اهمیت تأمین امنیت نیروگاه اتمی و احتمال خطرپذیری نقاط مرزی و مطمئن‌نبودن سیستم‌های تأمین‌کنندهٔ امنیت آنها در مواقع بحرانی، این نقاط از لیست نقاط بهینه حذف شدند؛ زیرا همواره احتمال خطر برای آنها وجود خواهد داشت.

۲- طیف دوم، نقاط بهینه‌ای هستند که در حاشیهٔ سواحل شمالی و جنوبی ایران قرار گرفته‌اند. این نقاط ازنظر دسترسی به منابع آبی نامحدود و بندرگاهی مزایای فراوانی دارند.

۳- طیف سوم نقاط داخلی ایران را تشکیل می‌دهند که اگرچه ازنظر شاخص‌های زیست‌محیطی، فاصله از گسل و شبکه‌های برق سراسری و راه‌ها مزایای فراوانی دارند، ولیکن بیشتر آنها ازنظر دسترسی به منابع آب مزیتی ندارند و تأمین آب مستلزم سرمایه‌گذاری‌های سنگین انتقال آب است.

اکنون پس از حذف نقاط مرزی که ازنظر امنیتی مشکل داشتند، بقیهٔ نقاط انتخاب‌شده برای رتبه‌بندی امتیاز و مشخص‌شدن اولویت در روش تاپسیس براساس جدول (۲) در نظر گرفته شدند و مراحل شش‌گانهٔ رتبه‌بندی در روش تاپسیس به شرح زیر اعمال شد:

مرحلهٔ ۱- تهیهٔ ماتریس خام تاپسیس: به‌منظور تهیهٔ این ماتریس تمام شاخص‌ها (شاخص‌های فاصله‌ای) از سیستم اطلاعات جغرافیایی استخراج شدند و نتیجهٔ آن جدول (۳) شد.

جدول ۳. ماتریس خام تاپسیس

ردیف	نقاط کاندیدا	فاصله از گسل	راه اصلی	شبکهٔ برق	فاصله از دریا
۱	هندیجان	۱۷۷	۱	۲۰	۱۳/۵
۲	امام حسن	۱۲۱	۱	۱۷	۲/۲
۳	گناوه	۹٦	۲	۱٤	۲/٦
٤	بندر ریگ	۸۷	۱	۱۱	۲/٤
٥	دلوار	۱۱۲	۱	٤	٤/٥
٦	بندر خمیر	۱٦۹	۱/٥	۱۰	۲/۸
۷	بندر دیلم	۱۳٤	۱/٥	۲٥	۱/٥
۸	بندر چارک	۱۲٦	۱/٥	۱۲	۱/۹
۹	بندر لنگه	۱۷۷	۱	۱۳	۳/۷
۱۰	بندر کنگ	۱۷٦	۱/٥	۱۷/٥	۳
۱۱	بندرعباس	۹٥	۱	۸/٥	۳
۱۲	نگور	۲٥	۱	٤٥	۲۳
۱۳	اهر	٥۳	٤	۱	۱٥۱
۱٤	هشتپر	۲۰	۳	٦	۳
۱٥	سیردان	۱۷	٦/٥	٤/٥	۸۲
۱٦	بهشهر	۱۲	٥	۳/٥	۱
۱۷	قم	۳٦	۱/٥	۱٥	۱۹۲
۱۸	روداب	٥٤	۱/٥	۳	۲۹۸
۱۹	بجستان	٤۲	٥	۱	٤۸۰
۲۰	اردکان	٥٤	٤/٥	٥	٤۷۰
۲۱	شهداد	۱۸	۱/٥	٥	۳۸٥
۲۲	کهنوج	۱۳	۱	۱	۱٥۰
۲۳	فهرج	٥۳	۳/٥	۱	۲۹۸
۲٤	قلعه گنج	٥۲	۱۹	۷	۱٦۱
۲٥	قروه	۷٦	۷	۳/٥	۲۷۸
۲٦	داریان	٦۱	٦	۱	۲۱۷
۲۷	کوار	٥٥	۲	٦	۱٦۷
۲۸	خاوران	٦٦	٥	۲/٥	۱٦۱

www.SID.ir

مرحلهٔ ۲- تهیهٔ ماتریس بی‌بعدشده: (برای بی‌بعدکردن اعداد از روش نُرم استفاده شده است) حاصل بی‌بعدسازی جدول (۳) در جدول (٤) آورده شده است.

فرمول ۱

$$n_{ij} = \frac{r_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^{m} {r_{ij}}^2}}$$

جدول ٤. ماتریس بی‌بعدشده

ردیف	نقاط کاندیدا	فاصله از گسل	راه اصلی	شبکهٔ برق	فاصله از دریا
۱	هندیجان	۰.۳۷۲۷٤۸۸۹۵	۰.۰۷۵۰۵۸٦٦۳	۰.۲۸۸۰۷۵٦	۰.۰۱٤٤۹۹۹۹۱
۲	امام حسن	۰.۲۵٤۸۱۷۰٤۱	۰.۰۷۵۰۵۸٦٦۳	۰.۲٤٤۸٦٤۲٦	۰.۰۰۲۳٦۲۹٦۲
۳	گناوه	۰.۲۰۲۱٦۸۸۹۲	۰.۱۵۰۱۱۷۳۲۵	۰.۲۰۱٦۵۲۹۲	۰.۰۰۲۷۹۲۵۹۱
٤	بندر ریگ	۰.۱۸۳۲۱۵۵۵۸	۰.۰۷۵۰۵۸٦٦۳	۰.۱۵۸٤٤۱۵۸	۰.۰۰۲۵۷۷۷۷٦
۵	دلوار	۰.۲۳۵۸٦۳۷۰۷	۰.۰۷۵۰۵۸٦٦۳	۰.۰۵۷٦۱۵۱۲	۰.۰۰٤۸۳۳۳۳
٦	بندر خمیر	۰.۳۵۵۹۰۱٤۸۷	۰.۱۱۲۵۸۷۹۹٤	۰.۱٤٤۰۳۷۸	۰.۰۰۳۰۰۷٤۰٦
۷	بندر دیلم	۰.۲۸۲۱۹٤۰۷۸	۰.۱۱۲۵۸۷۹۹٤	۰.۳٦۰۰۹٤۵	۰.۰۰۱٦۱۱۱۱
۸	بندر چارک	۰.۲٦۵۳٤٦٦۷۱	۰.۱۱۲۵۸۷۹۹٤	۰.۱۷۲۸٤۵۳٦	۰.۰۰۲۰٤۰۷٤
۹	بندر لنگه	۰.۳۷۲۷٤۸۸۹۵	۰.۰۷۵۰۵۸٦٦۳	۰.۱۸۷۲٤۹۱٤	۰.۰۰۳۹۷٤۰۷۲
۱۰	بندر کنگ	۰.۳۷۰٦٤۲۹٦۹	۰.۱۱۲۵۸۷۹۹٤	۰.۲۵۲۰٦٦۱۵	۰.۰۰۳۲۲۲۲۲
۱۱	بندرعباس	۰.۲۰۰۰٦۲۹٦٦	۰.۰۷۵۰۵۸٦٦۳	۰.۱۲۲٤۳۲۱۳	۰.۰۰۳۲۲۲۲۲
۱۲	نگور	۰.۰۵۲٦٤۸۱٤۹	۰.۰۷۵۰۵۸٦٦۳	۰.٦٤۸۱۷۰۱	۰.۰۲٤۷۰۳٦۸۹
۱۳	اهر	۰.۱۱۱٦۱٤۰۷٦	۰.۳۰۰۲۳٤٦۵	۰.۰۱٤٤۰۳۷۸	۰.۱٦۲۱۸۵۰۸۸
۱٤	هشتپر	۰.۰٤۲۱۱۸۵۱۹	۰.۲۲۵۱۷۵۹۸۸	۰.۰۸٦٤۲۲٦۸	۰.۰۰۳۲۲۲۲۲
۱۵	سیردان	۰.۰۳۵۸۰۰۷٤۱	۰.٤۸۷۸۸۱۳۰٦	۰.۰٦٤۸۱۷۰۱	۰.۰۸۸۰۷٤۰۲۱
۱٦	بهشهر	۰.۰۲۵۲۷۱۱۱۱	۰.۳۷۵۲۹۳۳۱۳	۰.۰۵۰٤۱۳۲۳	۰.۰۰۱۰۷٤۰۷۳
۱۷	قم	۰.۰۷۵۸۱۳۳۳٤	۰.۱۱۲۵۸۷۹۹٤	۰.۲۱٦۰۵٦۷	۰.۲۰٦۲۲۲۰۹۸
۱۸	روداب	۰.۱۱۳۷۲۰۰۰۲	۰.۱۱۲۵۸۷۹۹٤	۰.۰٤۳۲۱۱۳٤	۰.۳۲۰۰۷۳۸۸۲
۱۹	بجستان	۰.۰۸۸٤٤۸۸۹	۰.۳۷۵۲۹۳۳۱۳	۰.۰۱٤٤۰۳۷۸	۰.۵۱۵۵۵۲٤٦
۲۰	اردکان	۰.۱۱۳۷۲۰۰۰۲	۰.۳۳۷۷٦۳۹۸۱	۰.۰۷۲۰۱۸۹	۰.۵۰٤۸۱٤۵۱۱
۲۱	شهداد	۰.۰۳۷۹۰٦٦٦۷	۰.۱۱۲۵۸۷۹۹٤	۰.۰۷۲۰۱۸۹	۰.٤۱۳۵۱۸۲۷
۲۲	کهنوج	۰.۰۲۷۳۷۷۰۳۷	۰.۰۷۵۰۵۸٦٦۳	۰.۰۱٤٤۰۳۷۸	۰.۱٦۱۱۱۱۰۱٤
۲۳	فهرج	۰.۱۱۱٦۱٤۰۷٦	۰.۲٦۲۷۰۵۳۱۹	۰.۰۱٤٤۰۳۷۸	۰.۳۲۰۰۷۳۸۸۲
۲٤	قلعه گنج	۰.۱۰۹۵۰۸۱۵	۱.٤۲٦۱۱٤۵۸۸	۰.۱۰۰۸۲٦٤٦	۰.۱۷۲۹۲۵۸۲۲
۲۵	قروه	۰.۱٦۰۰۵۰۳۷۳	۰.۵۲۵٤۱۰٦۳۸	۰.۰۵۰٤۱۳۲۳	۰.۲۹٤۲۹٦۱۱۹
۲٦	داریان	۰.۱۲۸٤٦۱٤۸۳	۰.٤۵۰۳۵۱۹۷۵	۰.۰۱٤٤۰۳۷۸	۰.۲۳۳۰۷۳۹۳٤
۲۷	کوار	۰.۱۱۵۸۲۵۹۲۸	۰.۱۵۰۱۱۷۳۲۵	۰.۰۸٦٤۲۲٦۸	۰.۱۷۹۳۷۰۲٦۳
۲۸	خاوران	۰.۱۳۸۹۹۱۱۱۳	۰.۳۷۵۲۹۳۳۱۳	۰.۰۳٦۰۰۹٤۵	۰.۱۷۲۹۲۵۸۲۲

مرحلهٔ ۳- تهیهٔ ماتریس بی‌بعد وزین‌شده: برای تهیهٔ این ماتریس از وزن شاخص‌های چهارگانه در جدول (۵) استفاده شد و با اعمال آن در ماتریس بی‌بعد، ماتریس بی‌بعد وزین‌شده به دست آمد (جدول ٦).

www.SID.ir

جدول ۵. وزن‌ها

شاخص‌ها	فاصله از گسل	راه اصلی	شبکهٔ برق	فاصله از دریا
وزن‌ها	۰/۱۵	۰/۱۵	۰/۱	۰/٦

جدول ٦. ماتریس V

ردیف	نقاط کاندیدا	فاصله از گسل	راه اصلی	شبکهٔ برق	فاصله از دریا
۱	هندیجان	۰.۰۵۵۹۱۲۳۳٤	۰.۰۱۱۲۵۸۷۹۹	۰.۰٤۳۲۱۱۳٤	۰.۰۰۲۱۷
۲	امام حسن	۰.۰۳۸۲۲۲۵۵٦	۰.۰۱۱۲۵۸۷۹۹	۰.۰۳٦۷۲۹٦٤	۰.۰۰۰۳۵
۳	گناوه	۰.۰۳۰۳۲۵۳۳٤	۰.۰۲۲۵۱۷۵۹۹	۰.۰۳۰۲٤۷۹٤	۰.۰۰۰٤۲
٤	بندر ریگ	۰.۰۲۷٤۸۲۳۳٤	۰.۰۱۱۲۵۸۷۹۹	۰.۰۲۳۷٦٦۲٤	۰.۰۰۰۳۹
۵	دلوار	۰.۰۳۵۳۷۹۵۵٦	۰.۰۱۱۲۵۸۷۹۹	۰.۰۰۸٦٤۲۲۷	۰.۰۰۰۷۲
٦	بندر خمیر	۰.۰۵۳۳۸۵۲۲۳	۰.۰۱٦۸۸۸۱۹۹	۰.۰۲۱٦۰۵٦۷	۰.۰۰۰٤۵
۷	بندر دیلم	۰.۰٤۲۳۲۹۱۱۲	۰.۰۱٦۸۸۸۱۹۹	۰.۰۵٤۰۱٤۱۸	۰.۰۰۰۲٤
۸	بندر چارک	۰.۰۳۹۸۰۲۰۰۱	۰.۰۱٦۸۸۸۱۹۹	۰.۰۲۵۹۲٦۸	۰.۰۰۰۳۱
۹	بندر لنگه	۰.۰۵۵۹۱۲۳۳٤	۰.۰۱۱۲۵۸۷۹۹	۰.۰۲۸۰۸۷۳۷	۰.۰۰۰٦۰
۱۰	بندر کنگ	۰.۰۵۵۵۹٦٤٤۵	۰.۰۱٦۸۸۸۱۹۹	۰.۰۳۷۸۰۹۹۲	۰.۰۰۰٤۸
۱۱	بندرعباس	۰.۰۳۰۰۰۹٤٤۵	۰.۰۱۱۲۵۸۷۹۹	۰.۰۱۸۳٦٤۸۲	۰.۰۰۰٤۸
۱۲	نگور	۰.۰۰۷۸۹۷۲۲۲	۰.۰۱۱۲۵۸۷۹۹	۰.۰۹۷۲۲۵۵۲	۰.۰۰۳۷۱
۱۳	اهر	۰.۰۱٦۷٤۲۱۱۱	۰.۰٤۵۰۳۵۱۹۸	۰.۰۰۲۱٦۰۵۷	۰.۰۲٤۳۳
۱٤	هشتپر	۰.۰۰٦۳۱۷۷۷۸	۰.۰۳۳۷۷٦۳۹۸	۰.۰۱۲۹٦۳٤	۰.۰۰۰٤۸
۱۵	سیردان	۰.۰۰۵۳۷۰۱۱۱	۰.۰۷۳۱۸۲۱۹٦	۰.۰۰۹۷۲۲۵۵	۰.۰۱۳۲۱
۱٦	بهشهر	۰.۰۰۳۷۹۰٦٦۷	۰.۰۵٦۲۹۳۹۹۷	۰.۰۰۷۵٦۱۹۸	۰.۰۰۰۱٦
۱۷	قم	۰.۰۱۱۳۷۲	۰.۰۱٦۸۸۸۱۹۹	۰.۰۳۲٤۰۸۵۱	۰.۰۳۰۹۳
۱۸	روداب	۰.۰۱۷۰۵۸	۰.۰۱٦۸۸۸۱۹۹	۰.۰۰٦٤۸۱۷	۰.۰٤۸۰۱
۱۹	بجستان	۰.۰۱۳۲٦۷۳۳٤	۰.۰۵٦۲۹۳۹۹۷	۰.۰۰۲۱٦۰۵۷	۰.۰۷۷۳۳
۲۰	اردکان	۰.۰۱۷۰۵۸	۰.۰۵۰٦٦٤۵۹۷	۰.۰۱۰۸۰۲۸٤	۰.۰۷۵۷۲
۲۱	شهداد	۰.۰۰۵٦۸٦	۰.۰۱٦۸۸۸۱۹۹	۰.۰۱۰۸۰۲۸٤	۰.۰٦۲۰۳
۲۲	کهنوج	۰.۰۰٤۱۰٦۵۵٦	۰.۰۱۱۲۵۸۷۹۹	۰.۰۰۲۱٦۰۵۷	۰.۰۲٤۱۷
۲۳	فهرج	۰.۰۱٦۷٤۲۱۱۱	۰.۰۳۹٤۰۵۷۹۸	۰.۰۰۲۱٦۰۵۷	۰.۰٤۸۰۱
۲٤	قلعه گنج	۰.۰۱٦٤۲٦۲۲۲	۰.۲۱۳۹۱۷۱۸۸	۰.۰۱۵۱۲۳۹۷	۰.۰۲۵۹٤
۲۵	قروه	۰.۰۲٤۰۰۷۵۵٦	۰.۰۷۸۸۱۱۵۹٦	۰.۰۰۷۵٦۱۹۸	۰.۰٤٤۱٤
۲٦	داریان	۰.۰۱۹۲٦۹۲۲۳	۰.۰٦۷۵۵۲۷۹٦	۰.۰۰۲۱٦۰۵۷	۰.۰۳٤۹٦
۲۷	کوار	۰.۰۱۷۳۷۳۸۸۹	۰.۰۲۲۵۱۷۵۹۹	۰.۰۱۲۹٦۳٤	۰.۰۲٦۹۱
۲۸	خاوران	۰.۰۲۰۸٤۸٦٦۷	۰.۰۵٦۲۹۳۹۹۷	۰.۰۰۵٤۰۱٤۲	۰.۰۲۵۹٤

مرحلهٔ ٤- تعیین ایده‌آل مثبت و ایده‌آل منفی: برای تهیهٔ ایده‌آل مثبت و ایده‌آل منفی، نخست رقوم مربوط به فاصله از گسل به‌واسطهٔ افزایش نقطه از گسل مطلوبیت را مشخص می‌کند؛ بنابراین شاخص مینیمم برای این دسته از اعداد انتخاب و برای شاخص‌های راه اصلی و فاصله از شبکهٔ برق و فاصله از دریا،

www.SID.ir

ماکسیمم اعداد مشخص می‌شود. آنگاه عملیات تعیین ایده‌آل مثبت و منفی برای هر ۲۸ نقطهٔ کاندیداشده اعمال می‌شود. جدول (۷) ایده‌آل مثبت و منفی هریک از شاخص‌ها را نشان می‌دهد.

جدول ۷. ایده‌آل مثبت و منفی

	فاصله از گسل	راه اصلی	شبکهٔ برق	فاصله از دریا
ایده‌آل مثبت	۰.۰۰۳۷۹۰۶۶۷	۰.۲۱۳۹۱۷۱۸۸	۰.۰۹۷۲۲۵۵۲	۰.۰۷۷۳۳
ایده‌آل منفی	۰.۰۵۵۹۱۲۳۳٤	۰.۰۱۱۲۵۸۷۹۹	۰.۰۰۲۱۶۰۵۷	۰.۰۰۰۱۶

مرحلهٔ ۵- تعیین جدول فاصله از ایده‌آل مثبت و ایده‌آل منفی

محاسبهٔ فاصلهٔ گزینه‌ها از گزینه‌های ایده‌آل مثبت و منفی با استفاده از روابط زیر:

$$d_i^+ = \left\{\sum_{j=1}^{n}\left(v_{ij} - v_j^+\right)^2\right\}^{1/2} \qquad d_i^- = \left\{\sum_{j=1}^{n}\left(v_{ij} - v_j^-\right)^2\right\}^{1/2}$$

فرمول ۲

در جدول (۸) مقادیر فاصله از ایده‌آل مثبت و ایده‌آل منفی آورده شده است.

مرحلهٔ ٦- محاسبهٔ نزدیکی براساس مؤلفه‌های چهارگانه با استفاده از رابطهٔ ۳ که نتیجهٔ آن در جدول (۹) آمده است.

$$C_i = \frac{a_i}{d_i^+ + d_i^-}$$

فرمول ۳

جدول ۸. فاصله از ایده‌آل مثبت و ایده‌آل منفی

ردیف	شهر	di+	di -
۱	هندیجان	۰.۲۲۸۸۰۸۶۳۲	۰.۰٤۱۱۰۰۱٤۳
۲	امام حسن	۰.۲۲۷٦۸۷۲۲۱	۰.۰۳۸۸۳۲۸
۳	گناوه	۰.۲۱۸٤۹٤۱۹۲	۰.۰۳۹٦۲۸۵۵۱
٤	بندر ریگ	۰.۲۳۰۱۰۵۹۸۸	۰.۰۳۵۷۰۸۸۳۳
۵	دلوار	۰.۲۳٦۱۸٦۵۸۳	۰.۰۲۱۵۳۸۹۲۷
٦	بندر خمیر	۰.۲۳۰۰۲۰۱۵۷	۰.۰۲۰٤۰۲۷۵۹
۷	بندر دیلم	۰.۲۱۹۳۵۳۵۳۲	۰.۰۵۳۸۹۸۰۲٦
۸	بندر چارک	۰.۲۲٦۱۲۸۱۲۹	۰.۰۲۹۲۵۸۹۸۲
۹	بندر لنگه	۰.۲۳۳۳۵۷۵۹۷	۰.۰۲۵۹۳۰٤۵۳
۱۰	بندر کنگ	۰.۲۲۵٦۹۹۷۷۷	۰.۰۳٦۰۹۳۹۱
۱۱	بندرعباس	۰.۲۳۲۱۲٦٦۲۸	۰.۰۳۰۵۵۵٤۵
۱۲	نگور	۰.۲۱۵٦۵۷۸۹۹	۰.۱۰٦۵٦۱۵۲٤
۱۳	اهر	۰.۲۰۱۳۳۵۰۳٦	۰.۰۵۷۰۸۹۲۱۵
۱٤	هشتپر	۰.۲۱۳۲۲۰۸	۰.۰۵۵۵۲۸۹۷۷
۱۵	سیردان	۰.۱۷۷٦۹۹۹۰٤	۰.۰۸۱۳٤۱۹۲۸
۱٦	بهشهر	۰.۱۹۷۰۷۹۰۸	۰.۰٦۹۰۹٤۲۲۹
۱۷	قم	۰.۲۱۲٦۷۸۳۹۹	۰.۰٦۲۲٦۸۷۵٤
۱۸	روداب	۰.۲۱۹۲۹۵۸٦۵	۰.۰٦۲۰٤۵٤۷۸
۱۹	بجستان	۰.۱۸٤۳۱۵۵۵	۰.۰۹۹۰۰٦٦۱۵
۲۰	اردکان	۰.۱۸۵۱۹۹٦۳۸	۰.۰۹٤۰۵٦۵۷۷
۲۱	شهداد	۰.۲۱۵۷۰۱۵٤	۰.۰۸۰۳۵۲٦۱۹
۲۲	کهنوج	۰.۲۳۰۰۷۵۱۱۳	۰.۰۵۷۰۹۷۳۲۷
۲۳	فهرج	۰.۲۰۱۲۹۳۵۷	۰.۰٦۷۹٤۲٤۷۳
۲٤	قلعه گنج	۰.۰۹۷٦۸۱٦٦۱	۰.۲۰۸٤۷۵۷۰۲
۲۵	قروه	۰.۱٦٦۷٤۳۱۹٦	۰.۰۸٦۸٦۱۹۷
۲٦	داریان	۰.۱۸۰۲٦۳۳۳۱	۰.۰۷۵٦٤۸۹۹٤
۲۷	کوار	۰.۲۱۵۵٤۸۹۹۳	۰.۰٤۹٤۳٦۲۰۱
۲۸	خاوران	۰.۱۹۰۲۸٦۸۷۹	۰.۰٦۲۷۱۰٦۵۲

جدول ۹. نتیجهٔ فرایند تاپسیس

ردیف	شهر	Ci
۱	هندیجان	۰.۱۵۲۲۷٤۱۹۹
۲	امام حسن	۰.۱٤۵۷۰۳۱۲٦
۳	گناوه	۰.۱۵۳۵۲۵۹۹٤
٤	بندر ریگ	۰.۱۳٤۳۳۷۲۵۵
۵	دلوار	۰.۰۸۳۵۷۳۱۲۹
٦	بندر خمیر	۰.۰۸۱٤۷۳۲۱
۷	بندر دیلم	۰.۱۹۷۲٤٦۹۱۳

www.SID.ir

۸	بندر چارک	۰.۱۱٤٥٦۷۱۸٤
۹	بندر لنگه	۰.۱۰۰۰۰٦۳٥٦
۱۰	بندر کنگ	۰.۱۳۷۸۷۱٥۸۲
۱۱	بندرعباس	۰.۱۱٦۳۲۱۳٤۸
۱۲	نگور	۰.۳۳۰۷۱۱۰٥۱
۱۳	اهر	۰.۲۲۰۹۱۲۷٦۳
۱٤	هشتپر	۰.۲۰٦٦۱۹٦۲۲
۱٥	سیردان	۰.۳۱٤۰۱۰۷۸۱
۱٦	بهشهر	۰.۲٥۹٥۸۳٦۱۳
۱۷	قم	۰.۲۲٦٤۷٥۳٥٦
۱۸	رواب	۰.۲۲۰٥۳٤٥۲۱
۱۹	بجستان	۰.۳٤۹٤٤۸۸۸٦
۲۰	اردکان	۰.۳۳٦۸۱۱۰٤۲
۲۱	شهداد	۰.۲۷۱٤۱۱۸۹۱
۲۲	کهنوج	۰.۱۹۸۸۲٥۹۲۷
۲۳	فهرج	۰.۲٥۲۳٥۲۸۱۳
۲٤	قلعه گنج	۰.٦۸۰۹٤۲۹٦۳
۲٥	قروه	۰.۳٤۲٥۰۸٦۷٦
۲٦	داریان	۰.۲۹٥٦۰٥۱۲۲
۲۷	کوار	۰.۱۸٦٥٦۲۱۲۷
۲۸	خاوران	۰.۲٤۷۸۷۰٦۰۹

با اجرای مرحلهٔ مرتب‌سازی نزولی اعداد به‌دست‌آمده، اولویت‌بندی نقاط ۲۸گانه در جدول (۱۰) مشخص شده است.

جدول ۱۰. اولویت‌بندی نقاط ۲۸گانه

رتبه	شهر	α
۱	قلعه گنج	۰.٦۸۰۹٤۲۹٦۳
۲	بجستان	۰.۳٤۹٤٤۸۸۸٦
۳	قروه	۰.۳٤۲٥۰۸٦۷٦
٤	اردکان	۰.۳۳٦۸۱۱۰٤۲
٥	نگور	۰.۳۳۰۷۱۱۰٥۱
٦	سیردان	۰.۳۱٤۰۱۰۷۸۱
۷	داریان	۰.۲۹٥٦۰٥۱۲۲
۸	شهداد	۰.۲۷۱٤۱۱۸۹۱
۹	بهشهر	۰.۲٥۹٥۸۳٦۱۳
۱۰	فهرج	۰.۲٥۲۳٥۲۸۱۳
۱۱	خاوران	۰.۲٤۷۸۷۰٦۰۹
۱۲	قم	۰.۲۲٦٤۷٥۳٥٦
۱۳	اهر	۰.۲۲۰۹۱۲۷٦۳
۱٤	رواب	۰.۲۲۰٥۳٤٥۲۱
۱٥	هشتپر	۰.۲۰٦٦۱۹٦۲۲
۱٦	کهنوج	۰.۱۹۸۸۲٥۹۲۷
۱۷	بندر دیلم	۰.۱۹۷۲٤٦۹۱۳
۱۸	کوار	۰.۱۸٦٥٦۲۱۲۷
۱۹	گناوه	۰.۱٥۳٥۲٥۹۹٤
۲۰	هندیجان	۰.۱٥۲۲۷٤۱۹۹
۲۱	امام حسن	۰.۱٤٥۷۰۳۱۲٦
۲۲	بندر کنگ	۰.۱۳۷۸۷۱٥۸۲
۲۳	بندر ریگ	۰.۱۳٤۳۳۷۲٥٥
۲٤	بندرعباس	۰.۱۱٦۳۲۱۳٤۸
۲٥	بندر چارک	۰.۱۱٤٥٦۷۱۸٤
۲٦	بندر لنگه	۰.۱۰۰۰۰٦۳٥٦
۲۷	دلوار	۰.۰۸۳٥۷۳۱۲۹
۲۸	بندر خمیر	۰.۰۸۱٤۷۳۲۱

در ادامه با افزودن دو شاخص دسترسی به مرزهای آبی و عمق ساحلی، مکان‌های ۲۸گانه در ۳ گروه طبقه‌بندی شدند:

۱- گروه ساحلی

۲- گروه نزدیک به ساحل

۳- گروه درون‌سرزمینی

برای اعمال دو مؤلفهٔ فاصله از دریا و عمق ساحلی ضرایب خاصی برای هریک از گروه‌ها در نظر گرفته شد که در جدول (۱۱) نشان داده شده است.

جدول ۱۱. ضرایب خاص فاصله از دریا و عمق دریا

	گروه ساحلی	گروه نزدیک به ساحل	گروه درون‌سرزمینی
ضریب	۰/۹٥	۰/۸٥	۰/۰٥

با توجه به این گروه‌بندی، این ضرایب در رتبه‌های به‌دست‌آمده Ci مکان‌ها اعمال شد و جدول (۱۲) به دست آمد.

www.SID.ir

جدول ۱۲. اولویت‌بندی با ضریب فاصله از دریا

ردیف	شهر	Ci
۱	قلعه گنج	۰.۵۷۸۸۰۱۵۱۹
۲	نگور	۰.۳۱٤۱۷٥٤۹۹
۳	سیردان	۰.۲٦٦۹۰۹۱٦٤
٤	بهشهر	۰.۲٤٦٦۰٤٤۳۲
٥	هشتپر	۰.۱۹٦۲۸۸٦٤۱
٦	اهر	۰.۱۸۷۷۷٥۸٤۸
۷	بندر دیلم	۰.۱۸۷۳۸٤٥٦۷
۸	گناوه	۰.۱٤٥۸٤۹٦۹٤
۹	هندیجان	۰.۱٤٤٦٦۰٤۸۹
۱۰	امام حسن	۰.۱۳۸٤۱۷۹٦۹
۱۱	بندر کنگ	۰.۱۳۰۹۷۸۰۰۲
۱۲	بندر ریگ	۰.۱۲۷٦۲۰۳۹۲
۱۳	بندرعباس	۰.۱۱۰٥۰٥۲۸۱
۱٤	بندر چارک	۰.۱۰۸۸۳۸۸۲٥
۱٥	بندر لنگه	۰.۰۹٥۰۰٦۰۳۸
۱٦	دلوار	۰.۰۷۹۳۹٤٤۷۳
۱۷	بندر خمیر	۰.۰۷۷۳۹۹٥٤۹
۱۸	بجستان	۰.۰۱۷٤۷۲٤٤٤
۱۹	قروه	۰.۰۱۷۱۲٥٤۳٤
۲۰	اردکان	۰.۰۱٦۸٤۰٥٥۲
۲۱	داریان	۰.۰۱٤۷۸۰۲٥٦
۲۲	شهداد	۰.۰۱۳٥۷۰٥۹٥
۲۳	فهرج	۰.۰۱۲٦۱۷٦٤۱
۲٤	خاوران	۰.۰۱۲۳۹۳٥۳
۲٥	قم	۰.۰۱۱۳۲۳۷٦۸
۲٦	روداب	۰.۰۱۱۰۲٦۷۲٦
۲۷	کهنوج	۰.۰۰۹۹٤۱۲۹٦
۲۸	کوار	۰.۰۰۹۳۲۸۱۰٦

جدول ۱۳. اولویت‌بندی با ضرایب عمق دریا

ردیف	شهر	Ci
۱	قلعه گنج	۰.٤۹۱۹۸۱۲۹۱
۲	نگور	۰.۲۹۸٤٦٦۷۲٤
۳	بهشهر	۰.۲۳٤۲۷٤۲۱۱
٤	سیردان	۰.۲۲٦۸۷۲۷۹
٥	هشتپر	۰.۱۸٦٤۷٤۲۰۹
٦	بندر دیلم	۰.۱۷۸۰۱٥۳۳۹
۷	گناوه	۰.۱۳۸٥٥۷۲۰۹
۸	هندیجان	۰.۱۳۷٤۲۷٤٦٥
۹	امام حسن	۰.۱۳۱٤۹۷۰۷۱
۱۰	بندر کنگ	۰.۱۲٤٤۲۹۱۰۲
۱۱	بندر ریگ	۰.۱۲۱۲۳۹۳۷۲
۱۲	بندرعباس	۰.۱۰٤۹۸۰۰۱۷
۱۳	بندر چارک	۰.۱۰۳۳۹٦۸۸٤
۱٤	بندر لنگه	۰.۰۹۰۲٥٥۷۳٦
۱٥	دلوار	۰.۰۷٥٤۲٤۷٤۹
۱٦	بندر خمیر	۰.۰۷۳٥۲۹٥۷۲
۱۷	اهر	۰.۰۰۹۳۸۸۷۹۲
۱۸	بجستان	۰.۰۰۰۸۷۳٦۲۲
۱۹	قروه	۰.۰۰۰۸٥٦۲۷۲
۲۰	اردکان	۰.۰۰۰۸٤۲۰۲۸
۲۱	داریان	۰.۰۰۰۷۳۹۰۱۳
۲۲	شهداد	۰.۰۰۰٦۷۸٥۳
۲۳	فهرج	۰.۰۰۰٦۳۰۸۸۲
۲٤	خاوران	۰.۰۰۰٦۱۹٦۷۷
۲٥	قم	۰.۰۰۰٥٦٦۱۸۸
۲٦	روداب	۰.۰۰۰٥٥۱۳۳٦
۲۷	کهنوج	۰.۰۰۰٤۹۷۰٦٥
۲۸	کوار	۰.۰۰۰٤٦٦٤۰٥

برای اعمال ضرایب مربوط به عمق دریا نیز همین ضرایب دوباره در جدول (۱۲) اعمال شد که درنتیجه جدول (۱۳) به دست آمد. رتبه‌های درج‌شده در این جدول، بیان‌کنندهٔ اولویت هریک از مکان‌های کاندیداشده برای استقرار نیروگاه‌های اتمی است.

اعمال ٤ شاخص اولیه و دو مؤلفهٔ شرطی ثانویه نشان می‌دهد اولویت ۱۰ مکان مطلوب به ترتیب رتبهٔ به‌دست‌آمده عبارت است از: قلعه گنج، نگور، بهشهر، سیردان، هشتپر، بندر دیلم، گناوه، هندیجان، امام حسن و بندر کنگ.

www.SID.ir

این نقاط با توجه به نام نزدیک‌ترین شهر یا روستا به آن منطقه مشخص شده‌اند.

جمع‌بندی و نتیجه‌گیری

در این پژوهش با طراحی یک مدل مفهومی و با بهره‌گیری از سیستم اطلاعات جغرافیایی و روش TOPSIS مناطق مناسب در ایران برای احداث نیروگاههای انرژی اتمی شناسایی شده‌اند.

پردازش داده‌های تهیه‌شده در محیط سیستم اطلاعات جغرافیایی و تحلیل آنها در روش تاپسیس نشان داد مجموعاً ۳۱ نقطه در پهنهٔ جغرافیایی ایران براساس ۳ شاخص مهم زیست‌محیطی، امنیتی و دسترسی به شبکهٔ تغذیه‌کننده‌های برق اصلی کشور امکان مکان‌گزینی را برای استقرار نیروگاههای اتمی خواهند داشت. از این ۳۱ نقطه، ۳ نقطهٔ مرزی حذف می‌شوند و بقیه در زمرهٔ مکان‌های نسبتاً امن ازنظر مطلوبیت‌های دیگر قرار می‌گیرند.

برای مکان‌یابی نیروگاه‌های اتمی نتایجی به دست آمد؛ بر این اساس چند الگوی متفاوت برای استقرار این سایت‌ها پیشنهاد می‌شود:

۱- استقرار نیروگاه‌های درون‌سرزمینی: این مکان‌ها عبارت‌اند از: قم، شهداد، بجستان، رودان، داریان، کوار، خاوران، فهرج، کهنوج، سیردان، قلعه گنج و قروه.

از میان مکان‌های درون‌سرزمینی نقاط فهرج، کهنوج، سیردان، قلعه گنج و قروه ازنظر تأمین آب شرایط نسبتاً مناسب‌تری دارند؛ ولیکن بقیهٔ مکان‌ها با مشکل حاد تأمین آب مواجه هستند.

۲- استقرار نیروگاه‌هایی در حاشیهٔ سواحل: نقاط واقع در مرزهای دریایی به ترتیب اولویت شامل نگور، بهشهر، هشتپر، بندر دیلم، گناوه، هندیجان، امام حسن، بندر کنگ، بندر ریگ، بندرعباس، بندر چارک، بندر لنگه، دلوار و بندر خمیر هستند.

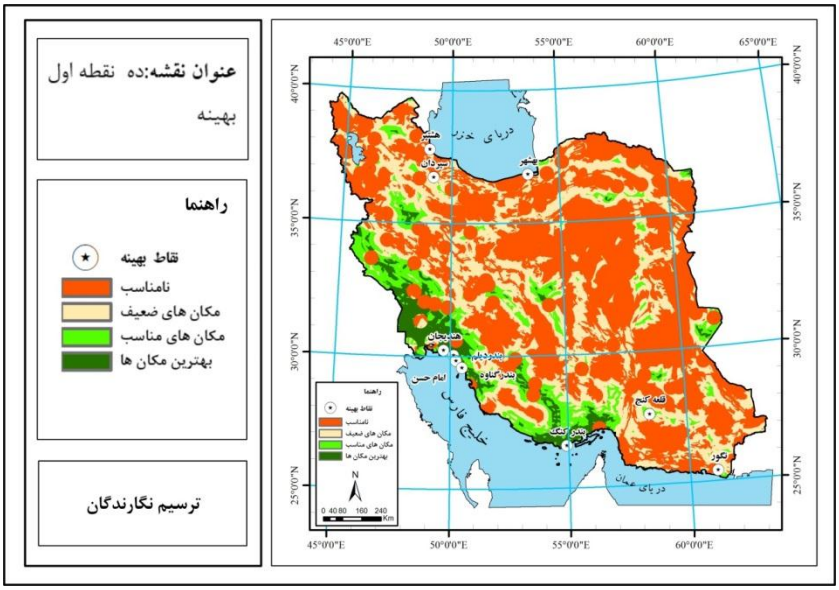
از بین این نقاط، دو نقطهٔ بهشهر و هشتپر در مرز دریایی شمال در دو بخش غربی و شرقی دریای خزر واقع شدند و یک نقطه در سواحل دریای عمان (نگور) و بقیه در مرز دریایی خلیج فارس قرار می‌گیرند.

براساس رتبه‌بندی انجام‌شده ۱۰ نقطه از نقاط به ترتیب اولویت به شرح جدول (١٤) معرفی شدند. با توجه به اسامی رتبه‌بندی‌شده می‌توان نتیجه گرفت دو نقطه که رتبهٔ اول و چهارم را در میان ۱۰ نقطهٔ کاندیداشده به خود اختصاص داده‌اند، در داخل سرزمین مادری (قلعه گنج و سیردان) و یک نقطه در ساحل دریای عمان (نگور) واقع شده‌اند و دو نقطه مربوط به ساحل شمالی دریای خزر (بهشهر و هشتپر) و بقیه هم‌مرز ساحل شمالی خلیج فارس هستند (شکل ۹).

جدول ١٤. ده نقطهٔ اول بهینه

رتبه	نقاط بهینه	طیف
۱	قلعه گنج	سرزمین مادری
۲	نگور	ساحل دریای عمان
۳	بهشهر	ساحل دریای خزر
٤	سیردان	نزدیک به ساحل شمالی
٥	هشتپر	ساحل دریای خزر
٦	بندر دیلم	ساحل خلیج فارس
۷	بندر گناوه	ساحل خلیج فارس
۸	هندیجان	ساحل خلیج فارس
۹	بندر امام حسن	ساحل خلیج فارس
۱۰	بندر کنگ	ساحل خلیج فارس

www.SID.ir



شکل ۹. ده نقطهٔ اول بهینه

منابع

جعفری، علی‌اکبر و رحیمی خویگانی، فهیمه، (۱۳۹٤). **نگاهی تاریخی‌تحلیلی به روابط هسته‌ای ایران و آلمان**، دو فصلنامهٔ علمی‌پژوهشی مطالعات تاریخی جهان اسلام، دورهٔ ۳، شمارهٔ ۵، ٥٦ –۳۷.

رامشت، محمدحسین و شاه‌زیدی، سمیه سادات، (۱۳۹۰). **کاربرد ژئومورفولوژی در برنامه‌ریزی ملی، منطقه‌ای، اقتصادی، توریسم**، تک‌جلد، چاپ دوم، اصفهان، انتشارات دانشگاه اصفهان، ۳۹۲ صفحه.

رضوانی، عبدالله، (۱۳۹۰). **جغرافیا و صنعت توریسم**، تک‌جلد، چاپ ۱۳، تهران، انتشارات دانشگاه پیام نور، ۲۳٦ صفحه.

سهامی، حبیب‌الله، (۱۳۸۸). **آمایش و مکان‌یابی**، تک‌جلد، چاپ چهارم، تهران، انتشارات دانشگاه صنعتی مالک‌اشتر، ۱٤٥ صفحه.

Bier, V. M., A. Nagaraj, and V. Abhichandani., (2005). **Protection of simple series and parallel systems with components of different values**, Reliability Engineering and System Safety, Vol 87, 315–323.

Chand, Smriti., (2015). **Factors Controlling and Influencing the Location of Industries**, http://www.yourarticlelibrary.com.

Erol, I., S. Sencer, A. Özmen and C. Searcy., (2014). **Fuzzy MCDM framework for locating a nuclear power plant in Turkey**, Energy Policy, Vol 67, 186-197.

Erkut, E., and S.Neuman., (1989). **Analytical Models for Locating Undesirable Facilities.Eur**, J. Opnl.Res, Vol 40, 275-291.

Church, R. L. & Scaparra, M. P., (2007). **Protecting critical assets: the r-interdiction median problem with fortification**, Geographical Analysis, Vol 39, 129-146.

Chu, T. C., (2002). **Selecting plant location via a fuzzy TOPSIS approach**, Journal of Advanced Manufacturing Technology, Vol 20, 859-864.

Fuchs, S. & M.C. McAlpin., (2005). **The net benefit of public expenditures on**

www.SID.ir

avalanche defence structures in the municipality of Davos, Switzerland. Natural Hazards and Earth System Sciences, Vol 5 (3), Pp 319-330.

Peng, C., N. Zhang and Y. Yang., (2014). **Review of practicing Level-2 probabilistic safety analysis for Chinese nuclear power plants**, Progress of Nuclear Safety for Symbiosis and Sustainability, Springer, 137-143.

Smith, David M., (1966). **Indusrical Location – An Economic Geographical Analysis**, New York, John Wiley & Sons.

Wilhelm, C., (1999). **Kosten-Wirksamkeit von Lawinenschutzmassnahmen an Verkehrsachsen, edited by: Bundesamt fur Umwelt**, Wald und Landschaft, Praxishilfe, Bern.

پرتال انرژی اتمی ایران http://www.aeoi.org.ir/

مرکز آمار ایران آمارنامهٔ سال ۱۳۹۰ http://www.amar.org.ir/

سازمان فضایی ایران http://www.isa.ir/

سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح http://mod.gov.ir/

سازمان زمین‌شناسی کشور http://www.gsi.ir/

پایگاه اطلاع‌رسانی وزارت نیرو http://news.moe.gov.ir/

www.SID.ir