

## Locating Top Ten Areas of Nuclear Power Stations in Iran

Ali Asghar Jafari <sup>1</sup>, Fatemeh Nematollahi <sup>2</sup>, Mohammad Hossein Ramesht <sup>3\*</sup>

<sup>1</sup> MA in Industrial Engineering, Islamic Azad University, Najaf Abad, Isfahan, Iran

<sup>2</sup> Ph.D. Candidate of Geomorphology, Faculty of Geography and Planning, University of Isfahan, Isfahan, Iran

<sup>3</sup> 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.

## مکان‌یابی ده محوطه برتر نیروگاه‌های انرژی اتمی ایران

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

وصول: ۱۳۹۵/۰۱/۱۹ پذیرش: ۱۳۹۵/۰۲/۲۲، صص ۱۸-۱

### چکیده

تنوع سبب 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 به‌منزله 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 به‌واسطه 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 نظریه لوش و کریستالر و مبنای قرارداد سه عامل اصلی ملاحظات زیست‌محیطی، امنیتی و دسترسی به تغذیه‌کننده‌های اصلی شبکه 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 به‌منزله 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 نقطه به‌دست آمده، دو منطقه 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.

## مقدمه

## طرح مسئله

برنامه‌ریزان مدعی توسعه به مکان به‌منزله 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 ۱۸۲۶ با کارهای ماندگار «تونن»<sup>۱</sup> در حوزه اقتصاد کشاورزی آلمان دریافت‌های جدیدی از شیوه انتخاب مکان برای فعالیت‌های انسانی متداول شد (سهامی، ۱۳۸۸: ۶۰)؛ 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 توسعه خود مجبور به توسعه

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 از جمله زیست‌محیطی، حفاظت، امنیت و ارتباط با شبکه‌های برق اصلی کشور توجه داشت، بنابراین تعیین مناطق مناسب دربرگیرنده این ملاحظات ضروری است. در این مقاله که برگرفته از طرحی پژوهشی در دانشگاه آزاد اسلامی نجف‌آباد است، با اتکا بر نظریه لوش و کریستالر و با مبنا قرار دادن سه عامل اصلی ملاحظات زیست‌محیطی، امنیتی و دسترسی به تغذیه‌کننده‌های اصلی شبکه برق سراسری با بهره‌گیری از سیستم اطلاعات جغرافیایی ابتدا محل‌های مناسب براساس این سه ویژگی تعیین شد.

تجارب جهانی درباره حوادث طبیعی (چون واقعه 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 پراکنده نیروگاه‌ها قابلیت اطمینان شبکه برق سراسری را در مواجهه با احتمال از مدار خارج شدن نیروگاه‌ها ارتقا می‌بخشد و مسئله پراکنده‌سازی و تعدد

<sup>۱</sup> J.H.von Thünen

نیروگاه‌ها نیز آسیب‌پذیری شبکه 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.

### پیشینه پژوهش

در حوزه 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، ۱۳۹۴: ۴۴).

ارکوت و نیومن<sup>۱</sup> (۱۹۸۹)، مطالعات دقیقی را درباره مسائل مکان‌یابی تسهیلات نامطلوب انجام دادند (ERKUT, 1989: 275). مدل‌های آنها حداکثرسازی بعضی توابع فاصله‌ای را به‌منزله یکی از اهداف استفاده‌شده به‌منظور تجزیه‌وتحلیل شامل می‌شود.

پنگ<sup>۲</sup> و همکاران (۲۰۱۴) سطح تجزیه‌وتحلیل ایمنی احتمالاتی نیروگاه برق اتمی چینی را با رویکرد جامع به‌منظور ارزیابی ریسک‌های احتمالی نیروگاه برق اتمی در مناطق استقرار یافته بررسی کردند.

ایرول<sup>۳</sup> و همکاران (۲۰۱۴) به بررسی معیارهای کیفی مکان‌های مناسب استقرار تسهیلات نیروگاه برق اتمی در کشور ترکیه مبادرت کردند.

چارچ و سکا‌پارا<sup>۴</sup> (۲۰۰۷) زیرساخت‌های حیاتی را عناصری تعریف کردند که برای حمایت از زندگی افراد و ایمنی لازم هستند.

بیر<sup>۵</sup> و همکاران (۲۰۰۵) میزان حفاظت از سیستم‌های موازی و سری دارای اجزایی با ارزش‌های متفاوت را تجزیه‌وتحلیل کردند.

چو<sup>۶</sup> (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 در دسترس بودن نیروی کار ماهر، انرژی، آب و همچنین ویژگی‌های کمی مانند هزینه‌های سرمایه‌گذاری ارزیابی شدند.

ویلهلم<sup>۷</sup> (۱۹۹۹) تحلیل هزینه - سود را به‌منظور آزمون اثربخشی اقتصادی طرح‌های مختلف سازه‌های دفاعی به‌صورت قیاسی مطرح کرد.

فوج و مک آلپین<sup>۸</sup> (۲۰۰۵) ارزیابی اثربخشی این طرح‌ها را از راه استقرایی پیشنهاد کردند.

اسمیت<sup>۹</sup> (۱۹۶۶) با توجه به تغییرات منحنی هزینه فضایی و منحنی درآمد، فضای مکان بهینه صنعت و خدمات را تعیین کرد.

در این پژوهش با اتکا بر نظریه لوش و کریستالر و با مبنا قراردادن سه عامل اصلی به تعیین محل‌های مناسب برای استقرار نیروگاه‌های اتمی مبادرت شده است. نظریه کریستالر<sup>۱۰</sup> در قالب کلی نظریه‌های سازمان فضایی بررسی می‌شود که بیشتر این نظریات

<sup>4</sup> Church and Scaparra

<sup>5</sup> Bier et al

<sup>6</sup> Chu

<sup>7</sup> Wilhelm

<sup>8</sup> Fuchs and McAlpin

<sup>9</sup> David. M, Smith

<sup>10</sup> Walter Christaller

<sup>1</sup> Erkut and Neuman

<sup>2</sup> ChanghongPeng et al

<sup>3</sup> Erol et al Beyaz et al

در مرحله سوم از میان مکان‌هایی که حائز شرایط مشروط بودند، عملیات ماتریس تاپسیس (رامشت و شاهزیدی، ۱۳۹۰: ۳۶۴) اجرا و بدین صورت نقاط به‌دست‌آمده اولویت‌بندی و در پایان نتیجه 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 از جمله منابع اصلی تأمین داده‌های لازم در این پژوهش به‌شمار می‌روند.

#### محدوده پژوهش

نظر به اینکه مکان‌یابی بهینه نیروگاه برق هسته‌ای برای کشور در مقیاس ملی صورت می‌گیرد، بنابراین سرزمین ایران در این پژوهش بررسی می‌شود. این کشور از نظر موقعیت جغرافیایی بین عرض ۲۵ تا ۴۵ درجه شمالی و طول ۴۴ تا ۶۶ درجه 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 جمع‌آوری شده 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 چهارگانه فاصله‌ای به‌منظور تعریف آنها در محیط سیستم اطلاعات جغرافیایی، موضع اهمیت هریک از آنها مطرح شد؛ بنابراین

چگونگی ارتباط بهینه میان عوامل و الگوی استقرار مطلوب فضایی را شرح می‌دهند (رضوانی، ۱۳۹۰: ۹۸). در گسترش و اصلاح نظریه کریستالر، لوش<sup>۱</sup>، اقتصاددان آلمانی، نظریه 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 شبکه توزیع برق سراسری کشور مناسب‌اند؟

#### روش‌شناسی پژوهش

نخستین مرحله در این پژوهش، دسترسی به اطلاعات سرزمینی برای تعریف شاخص‌های مکانی بود؛ بنابراین نقشه رقومی ارتفاعی<sup>۲</sup> ایران، آمار شهرها، ویژگی‌های زمین‌شناسی، اطلاعات تصاویر ماهواره‌ای و نقشه شبکه 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 نقشه دیجیتالی ایران مشخص و در مرحله دوم با اعمال متغیرهای شرطی یعنی اعمال فاصله از خطوط ساحلی و عمق دریا، نقاط بهینه غربال شدند.

<sup>۱</sup> August Lösch

<sup>۲</sup> Dem

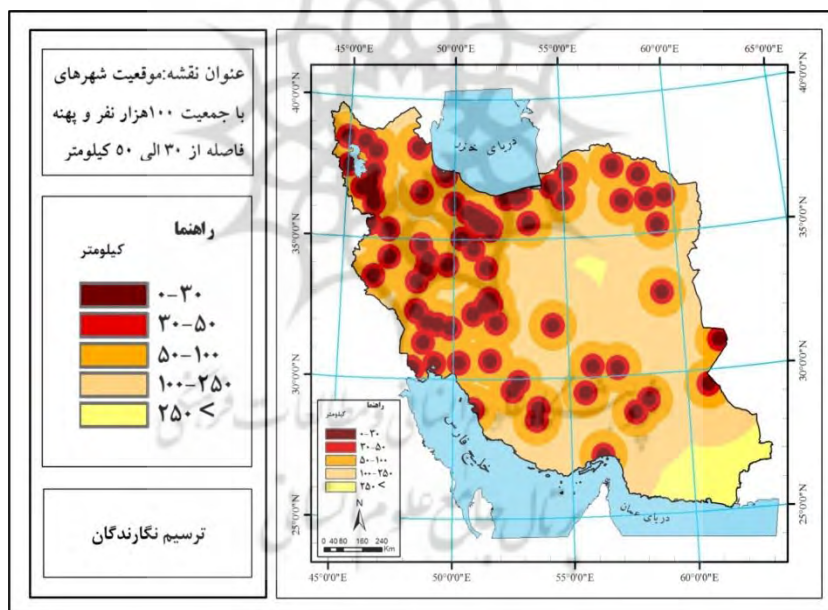
۱- فاصله از مراکز جمعیتی: فاصله بهینه نیروگاه می‌بایست برای حفظ مسائل زیست‌محیطی بین ۵۰ تا ۱۰۰ کیلومتر از مراکز جمعیتی بیش از یکصد هزار نفر باشد. دلیل انتخاب این دامنه از جمعیت، رعایت استاندارد خدماتی شهری بوده است تا در صورت بروز حادثه، کمترین امکانات امدادی و بهداشتی در دسترس باشند و از سوی دیگر این 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 نتیجه آن ترسیم نقشه زیر است (شکل ۱).

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

جدول ۱. درجه اهمیت و پهنه‌های مطلوب و ممنوعه استقرار

شاخص‌های فاصله‌ای	درجه اهمیت	فاصله مطلوب
فاصله از شهر	۰/۳۵	از ۵۰ کیلومتر تا ۱۰۰ کیلومتر
فاصله از گسل	۰/۲۰	بیش از ۳ کیلومتر
فاصله از شبکه برق	۰/۳۵	تا ۱۰ کیلومتر
سراسری	۰/۱۰	تا ۱۰ کیلومتر

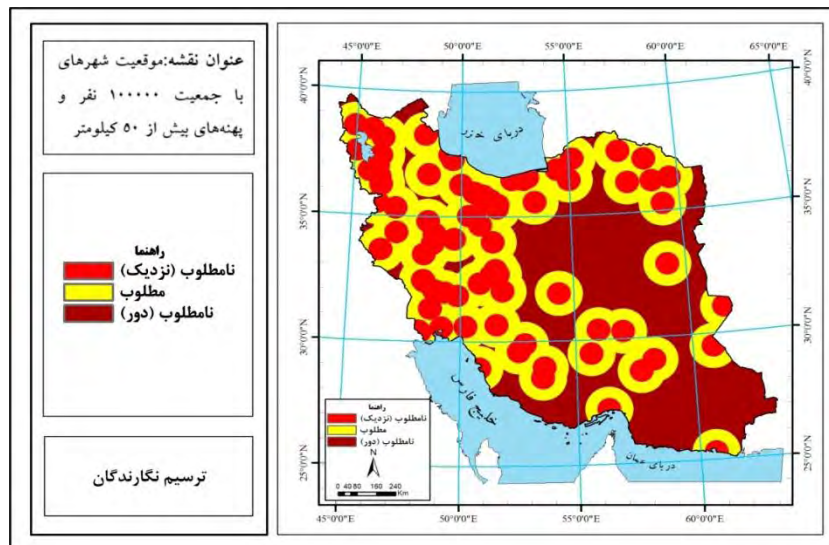
در این مرحله چهار شاخص فاصله‌ای بررسی شد:



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

بخش‌های عمده‌ای از ایران مرکزی و سواحل جنوبی و شرقی ایران از نظر اعمال شاخص‌های زیست‌محیطی برای استقرار نیروگاه‌ها مناسب و مطلوب تلقی نشده‌اند.

در این نقشه مراکز شهرها به شکل دایره نشان داده شده‌اند که پهنه مطلوب با رنگ نارنجی و در فاصله ۵۰ تا ۱۰۰ کیلومتری از مراکز شهرها نمایش داده شده است. همان‌گونه که در نقشه بالا دیده می‌شود،

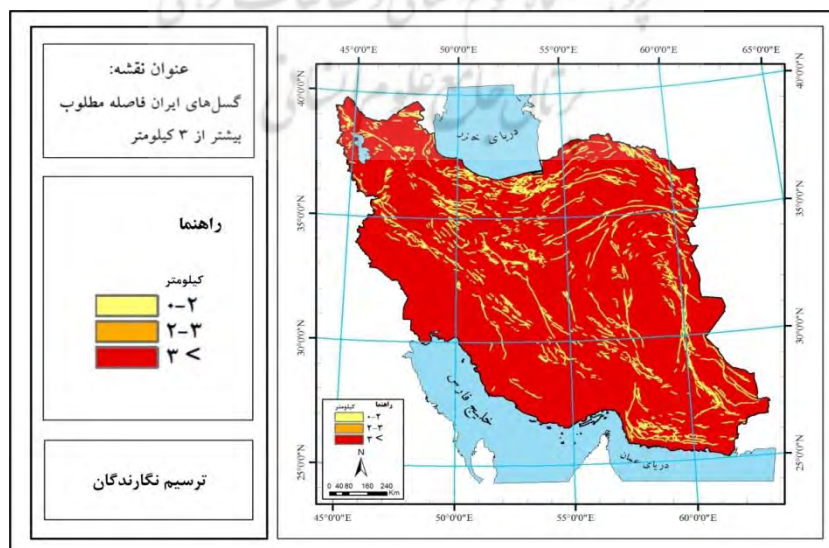


شکل ۲. موقعیت شهرهای با جمعیت ۱۰۰۰۰۰ نفر و پهنه‌های بیش از ۵۰ کیلومتر (پهنه‌های نامناسب)

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 فاصله بیش از ۳ کیلومتر از گسل‌های فعال حد مطلوب استقرار تلقی شده است، با اعمال داده‌های مربوط به گسل‌های فعال در نقشه 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 نقشه نهایی تلقی شده‌اند.

با بررسی نقشه‌های (۱) و (۲) درمی‌یابیم بیشتر مناطق مناسب برای تأسیس تسهیلات نیروگاه برق اتمی با در نظر گرفتن 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.

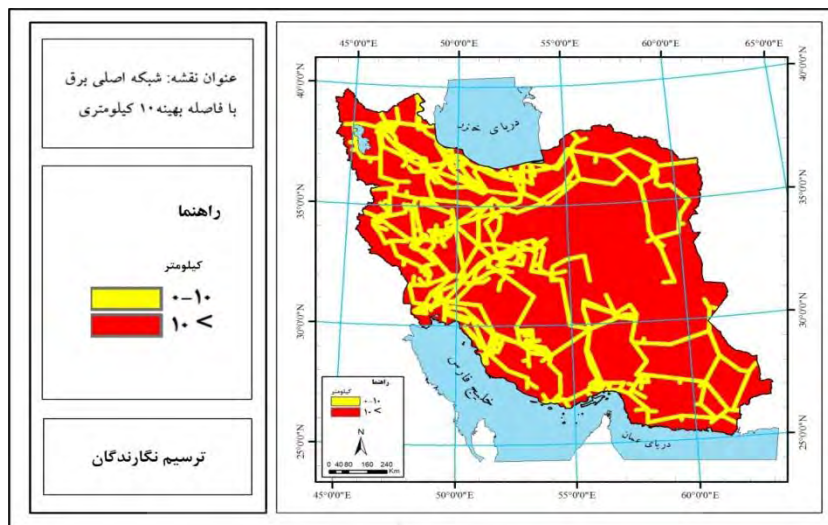
۲- فاصله از گسل: برای رعایت مسائل مخاطره‌آمیز چون گسل‌ها، با بررسی نقشه گسل‌های فعال ایران، فاصله مطلوب نیروگاه از آنها تعیین شد.



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

دijیتال از آنها، فاصله بهینه تا ۱۰ کیلومتر از آن مشخص شد (شکل ۴).

۳- فاصله از شبکه برق سراسری: با اخذ داده‌های شبکه برق سراسری کشور از وزارت نیرو و تهیه نقشه

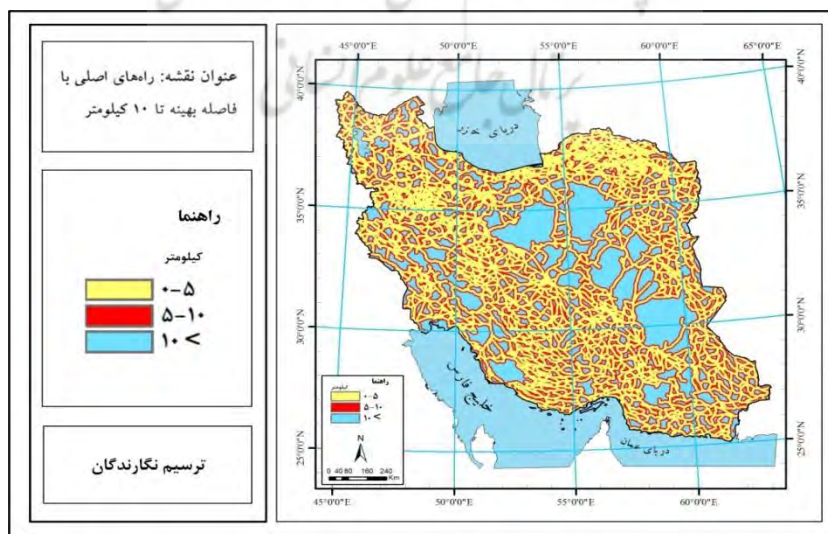


شکل ۴. شبکه اصلی برق با فاصله بهینه ۱۰ کیلومتری

کشور بود که با بررسی نقشه راه‌های کشور فاصله بهینه تا ۱۰ کیلومتر از آن مشخص شد. با اعمال داده‌های مربوط به شبکه 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 بقیه نقاط، به‌ویژه مناطق کویری و بیابانی از جمله مکان‌های نامطلوب تلقی می‌شوند.

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

۴- فاصله از راه‌ها: آخرین شاخص فاصله‌ای، فاصله مکان‌گزینه شده نیروگاه‌ها از شبکه اصلی راه‌های



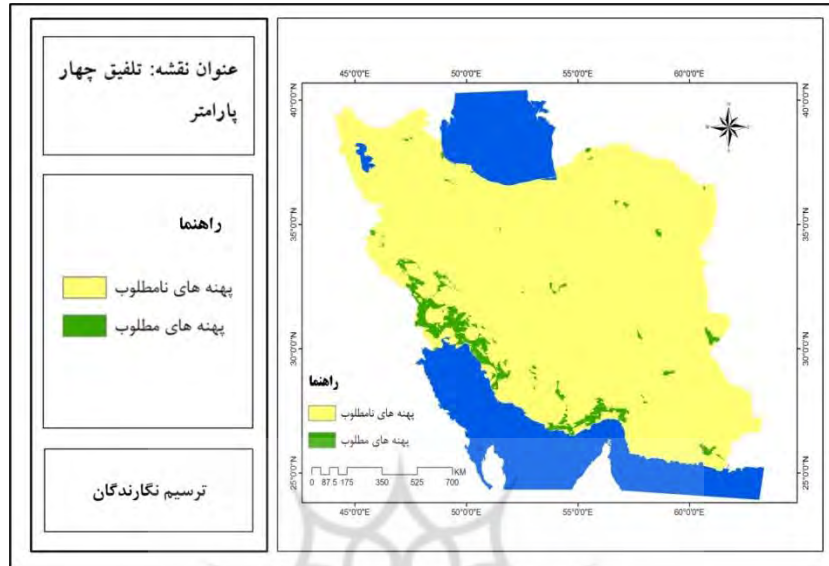
شکل ۵. راه‌های اصلی با فاصله بهینه تا ۱۰ کیلومتر



### تلفیق شاخص‌های فاز اول

برای اجرای فصل مشترک نقاط مطلوب فراهم آمده است. سپس از تلفیق این داده‌ها و حذف نقاط غیرمشترک نقشه‌ای به دست آمد (شکل ۶).

برای انجام این مرحله، نخست وزن هریک از شاخص‌های چهارگانه اعمال شده و داده‌های لازم



شکل ۶. تلفیق چهار شاخص

غربی نیز به صورت لکه‌هایی دیده می‌شود، فاصله از مرز به واسطه شرایط امنیتی خاص، حذف شده تلقی می‌شود؛ زیرا از نظر اصول دفاع ملی چنین مراکزی در نزدیکی مرز که به سادگی تهدید می‌شوند، نقاط مطلوب تلقی نخواهند شد.

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

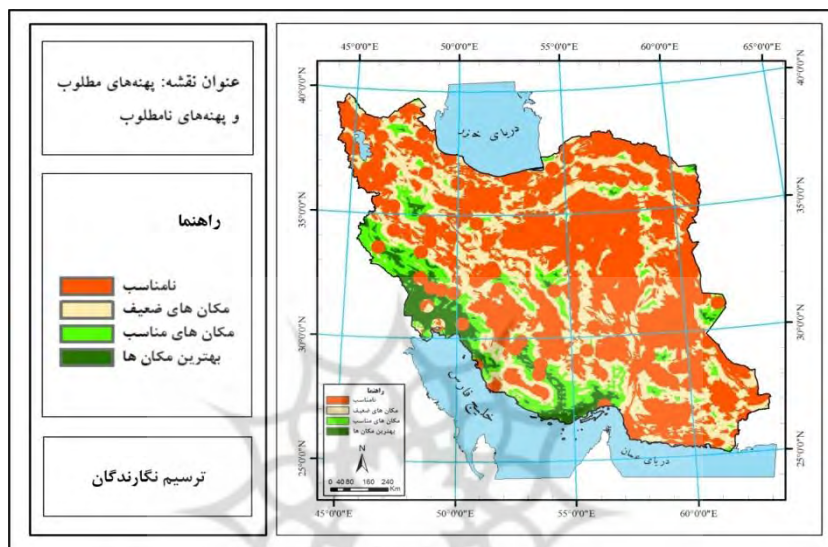
نکته جالب توجه در این نقشه، قرارگرفتن بخش مهمی از مناطق مناسب در مجاورت مناطق بهینه است؛ این بدان معناست که داشتن نیروگاه‌هایی با فاصله از دریا در پشت مناطق ساحلی امکان‌پذیر است؛ ولیکن از مزایای مجاورت با دریا نیز بهره‌مند می‌شویم.

همان‌گونه که در نقشه بالا دیده می‌شود، ۴ پهنه به واسطه 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 منطقه مطلوب و نامطلوب مواجه هستیم. دقت در نقشه بالا نشان می‌دهد بیشتر مناطق مطلوب استقرار نیروگاه‌های اتمی در حاشیه 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

انتخاب نکردن نقاط جنوب شرقی به دلیل تراکم خطوط گسلی و همچنین نقاط کویری دشت لوت به دلیل در دسترس نبودن شبکه برق سراسری، تراکم پایین راههای اصلی، نقاط شهری و قرار گرفتن روی خطوط گسل است. نواحی شمال غربی ایران هم به دلیل تراکم جمعیتی زیاد جزو نقاط مطلوب قرار نگرفته‌اند.

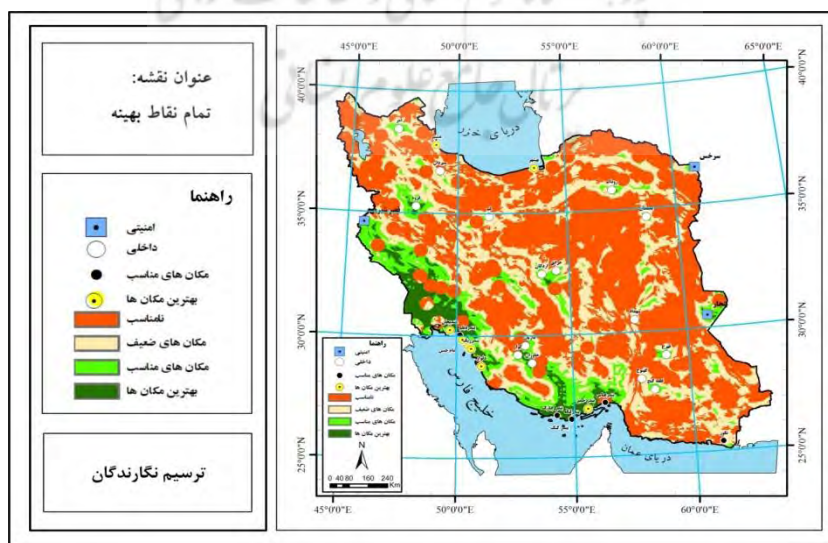
از نکات بسیار مهم دیگر این مکان‌گزینی در فاز اول این است که سواحل شمالی با وجود موقعیت مناسب ساحلی، در این طبقه‌بندی جایگاهی ندارند و این به‌خوبی نشان می‌دهد نوار ساحلی شمالی ایران به‌واسطه بار سنگین جمعیتی، کشش بارگذاری توسعه دیگری را در این زمینه‌ها ندارد.



شکل ۷. بهینه‌های مطلوب و بهینه‌های نامطلوب

شکل (۸)، مکان‌های کاندیداشده در سه طیف طبقه‌بندی شده‌اند.

فاز دوم برای اجرای فاز دو نخست همه نقاط بهینه از نقشه (۸) استخراج و سپس در جدول (۲) لیست شد. در



شکل ۸. تمام نقاط بهینه

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، بجنستان، روداب، قلعه گنج، خراتق، قروه، داریان، کوار	امام حسن، بندر گناوه، بندر ریگ، دلوار، بندر خمیر، هندیجان، بندر دیلم، بندرعباس، بندر کنگ، نگور، بندر چارک، هشتپر، بهشهر

فاصله‌ای) از سیستم اطلاعات جغرافیایی استخراج شدند و نتیجه آن جدول (۳) شد.

جدول ۳. ماتریس خام تاپسیس

فاصله از دریا	فاصله از راه اصلی شبکه برق	فاصله از گسل	ردیف نقاط کاندیدا	شهر
۱۳/۵	۲۰	۱	۱۷۷	هنديجان
۲/۲	۱۷	۱	۱۲۱	امام حسن
۲/۶	۱۴	۲	۹۶	گناوه
۲/۴	۱۱	۱	۸۷	بندر ریگ
۴/۵	۴	۱	۱۱۲	دلوار
۲/۸	۱۰	۱/۵	۱۶۹	بندر خمیر
۱/۵	۲۵	۱/۵	۱۳۴	بندر دیلم
۱/۹	۱۲	۱/۵	۱۲۶	بندر چارک
۳/۷	۱۳	۱	۱۷۷	بندر لنگه
۳	۱۷/۵	۱/۵	۱۷۶	بندر کنگ
۳	۸/۵	۱	۹۵	بندرعباس
۲۳	۴۵	۱	۲۵	نگور
۱۵۱	۱	۴	۵۳	اهر
۳	۶	۳	۲۰	هشتمپر
۸۲	۴/۵	۶/۵	۱۷	سیردان
۱	۳/۵	۵	۱۲	بهشهر
۱۹۲	۱۵	۱/۵	۳۶	قم
۲۹۸	۳	۱/۵	۵۴	روداب
۴۸۰	۱	۵	۴۲	بجنستان
۴۷۰	۵	۴/۵	۵۴	اردکان
۳۸۵	۵	۱/۵	۱۸	شهداد
۱۵۰	۱	۱	۱۳	کهنوج
۲۹۸	۱	۳/۵	۵۳	فهرج
۱۶۱	۷	۱۹	۵۲	قلعه گنج
۲۷۸	۳/۵	۷	۷۶	قروه
۲۱۷	۱	۶	۶۱	داریان
۱۶۷	۶	۲	۵۵	کوار
۱۶۱	۲/۵	۵	۶۶	خاوران

۱- طیف اول، نقاط بهینه مرزی در فاصله اندکی از مرزهای غربی و شرقی قرار می‌گیرند. با توجه به اهمیت تأمین امنیت نیروگاه اتمی و احتمال خطرپذیری نقاط مرزی و مطمئن نبودن سیستم‌های تأمین‌کننده 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 حاشیه سواحل شمالی و جنوبی ایران قرار گرفته‌اند. این نقاط از نظر دسترسی به منابع آبی نامحدود و بندرگاهی مزایای فراوانی دارند.

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

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

مرحله ۱- تهیه ماتریس خام تاپسیس: به‌منظور تهیه این ماتریس تمام شاخص‌ها (شاخص‌های

مرحله ۲- تهیه ماتریس بی‌بعدشده: (برای حاصل بی‌بعدسازی جدول (۳) در جدول (۴) بی‌بعدکردن اعداد از روش نرم استفاده شده است) آورده شده است.

$$n_{ij} = \frac{r_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m r_{ij}^2}} \quad \text{فرمول ۱}$$

جدول ۴. ماتریس بی‌بعدشده

ردیف	نقاط کاندیدا	فاصله از گسل	راه اصلی	شبکه برق	فاصله از دریا
۱	هندیجان	۰.۳۷۲۷۴۸۸۹۵	۰.۰۷۵۰۵۸۶۶۳	۰.۲۸۸۰۷۵۶	۰.۰۱۴۴۹۹۹۹۱
۲	امام حسن	۰.۲۵۴۸۱۷۰۴۱	۰.۰۷۵۰۵۸۶۶۳	۰.۲۴۴۸۶۴۲۶	۰.۰۰۲۳۶۲۹۶۲
۳	گناوه	۰.۲۰۲۱۶۸۸۹۲	۰.۱۵۰۱۱۷۳۲۵	۰.۲۰۱۶۵۲۹۲	۰.۰۰۲۷۹۲۵۹۱
۴	بندر ریگ	۰.۱۸۳۲۱۵۵۵۸	۰.۰۷۵۰۵۸۶۶۳	۰.۱۵۸۴۴۱۵۸	۰.۰۰۲۵۷۷۷۷۶
۵	دلوار	۰.۲۳۵۸۶۳۷۰۷	۰.۰۷۵۰۵۸۶۶۳	۰.۰۵۷۶۱۵۱۲	۰.۰۰۴۸۳۳۳۳۳
۶	بندر خمیر	۰.۳۵۵۹۰۱۴۸۷	۰.۱۱۲۵۸۷۹۹۴	۰.۱۴۴۰۳۷۸	۰.۰۰۳۰۰۷۴۰۶
۷	بندر دیلم	۰.۲۸۲۱۹۴۰۷۸	۰.۱۱۲۵۸۷۹۹۴	۰.۳۶۰۰۹۴۵	۰.۰۰۱۶۱۱۱۱۱
۸	بندر چارک	۰.۲۶۵۳۴۶۶۷۱	۰.۱۱۲۵۸۷۹۹۴	۰.۱۷۲۸۴۵۳۶	۰.۰۰۲۰۴۰۷۴
۹	بندر لنگه	۰.۳۷۲۷۴۸۸۹۵	۰.۰۷۵۰۵۸۶۶۳	۰.۱۸۷۲۴۹۱۴	۰.۰۰۳۹۷۴۰۷۲
۱۰	بندر کنگ	۰.۳۷۰۶۴۲۹۶۹	۰.۱۱۲۵۸۷۹۹۴	۰.۲۵۲۰۶۶۱۵	۰.۰۰۳۲۲۲۲۲۲
۱۱	بندرعباس	۰.۲۰۰۰۶۲۹۶۶	۰.۰۷۵۰۵۸۶۶۳	۰.۱۲۴۳۲۱۳	۰.۰۰۳۲۲۲۲۲۲
۱۲	نگور	۰.۰۵۲۶۴۸۱۴۹	۰.۰۷۵۰۵۸۶۶۳	۰.۶۴۸۱۷۰۱	۰.۰۲۴۷۰۳۶۸۹
۱۳	اهر	۰.۱۱۱۶۱۴۰۷۶	۰.۳۰۰۲۳۴۶۵	۰.۱۴۴۰۳۷۸	۰.۱۶۲۱۸۵۰۸۸
۱۴	هشتپر	۰.۰۴۲۱۱۸۵۱۹	۰.۲۲۵۱۷۵۹۸۸	۰.۰۸۶۴۲۳۶۸	۰.۰۰۳۲۲۲۲۲۲
۱۵	سیردان	۰.۰۳۵۸۰۰۷۴۱	۰.۴۸۱۷۸۸۱۳۰۶	۰.۰۶۴۸۱۷۰۱	۰.۰۸۱۰۷۴۰۲۱
۱۶	بهشهر	۰.۰۲۵۲۷۱۱۱۱	۰.۳۷۵۲۹۳۳۱۳	۰.۰۵۰۴۱۳۲۳	۰.۰۰۱۰۷۴۰۷۳
۱۷	قم	۰.۰۷۵۸۱۳۳۳۴	۰.۱۱۲۵۸۷۹۹۴	۰.۲۱۶۰۵۶۷	۰.۲۰۶۲۲۲۰۹۸
۱۸	روداب	۰.۱۱۳۷۲۰۰۰۲	۰.۱۱۲۵۸۷۹۹۴	۰.۰۴۳۲۱۱۳۴	۰.۳۲۰۰۷۳۸۸۲
۱۹	بجستان	۰.۰۸۸۴۴۸۸۹	۰.۳۷۵۲۹۳۳۱۳	۰.۱۴۴۰۳۷۸	۰.۵۱۵۵۵۵۲۴۶
۲۰	اردکان	۰.۱۱۳۷۲۰۰۰۲	۰.۳۳۷۶۳۹۸۱	۰.۰۷۲۰۱۸۹	۰.۵۰۴۸۱۴۵۱۱
۲۱	شهداد	۰.۰۳۷۹۰۶۶۶۷	۰.۱۱۲۵۸۷۹۹۴	۰.۰۷۲۰۱۸۹	۰.۴۱۳۵۱۸۲۷
۲۲	کهنوج	۰.۰۲۷۳۷۷۰۳۷	۰.۰۷۵۰۵۸۶۶۳	۰.۱۴۴۰۳۷۸	۰.۱۶۱۱۱۱۱۰۱۴
۲۳	فهرج	۰.۱۱۱۶۱۴۰۷۶	۰.۲۶۲۷۰۵۳۱۹	۰.۱۴۴۰۳۷۸	۰.۳۲۰۰۷۳۸۸۲
۲۴	قلعه گنج	۰.۱۰۹۵۰۸۱۵	۱.۴۲۶۱۱۴۵۸۸	۰.۱۰۰۸۲۶۴۶	۰.۱۷۲۹۲۵۸۲۲
۲۵	قروه	۰.۱۶۰۰۵۰۳۷۳	۰.۵۲۵۴۱۰۶۳۸	۰.۰۵۰۴۱۳۲۳	۰.۲۹۴۲۹۶۱۱۹
۲۶	داریان	۰.۱۲۸۴۶۱۴۸۳	۰.۴۵۰۳۵۱۹۷۵	۰.۱۴۴۰۳۷۸	۰.۲۳۳۰۷۳۹۳۴
۲۷	کوار	۰.۱۱۵۸۲۵۹۲۸	۰.۱۵۰۱۱۷۳۲۵	۰.۰۸۶۴۲۳۶۸	۰.۱۷۹۳۷۰۲۶۳
۲۸	خاوران	۰.۱۳۸۹۹۱۱۱۳	۰.۳۷۵۲۹۳۳۱۳	۰.۳۶۰۰۹۴۵	۰.۱۷۲۹۲۵۸۲۲

(۵) استفاده شد و با اعمال آن در ماتریس بی‌بعد، ماتریس بی‌بعد وزین‌شده به دست آمد (جدول ۶).

مرحله ۳- تهیه ماتریس بی‌بعد وزین‌شده: برای تهیه این ماتریس از وزن شاخص‌های چهارگانه در جدول

## جدول ۵. وزن‌ها

شاخص‌ها	فاصله از گسل	راه اصلی	شبکه برق	فاصله از دریا
وزن‌ها	۰/۱۵	۰/۱۵	۰/۱	۰/۶

## جدول ۶. ماتریس V

ردیف	نقاط کاندیدا	فاصله از گسل	راه اصلی	شبکه برق	فاصله از دریا
۱	هندیجان	۰.۰۵۵۹۱۲۳۳۴	۰.۰۱۱۲۵۸۷۹۹	۰.۰۴۳۲۱۱۳۴	۰.۰۰۲۱۷
۲	امام حسن	۰.۰۳۸۲۲۲۵۵۶	۰.۰۱۱۲۵۸۷۹۹	۰.۰۳۶۷۲۹۶۴	۰.۰۰۰۳۵
۳	گناوه	۰.۰۳۰۳۲۵۳۳۴	۰.۰۲۲۵۱۷۵۹۹	۰.۰۳۰۲۴۷۹۴	۰.۰۰۰۴۲
۴	بندر ریگ	۰.۰۲۷۴۸۲۳۳۴	۰.۰۱۱۲۵۸۷۹۹	۰.۰۲۳۷۶۶۲۴	۰.۰۰۰۳۹
۵	دلوار	۰.۰۳۵۳۷۹۵۵۶	۰.۰۱۱۲۵۸۷۹۹	۰.۰۰۸۶۴۲۲۷	۰.۰۰۰۷۲
۶	بندر خمیر	۰.۰۵۳۳۸۵۲۲۳	۰.۰۱۶۸۸۱۹۹	۰.۰۲۱۶۰۵۶۷	۰.۰۰۰۴۵
۷	بندر دیلم	۰.۰۴۲۳۲۹۱۱۲	۰.۰۱۶۸۸۱۹۹	۰.۰۵۴۰۱۴۱۸	۰.۰۰۰۲۴
۸	بندر چارک	۰.۰۳۹۸۰۲۰۰۱	۰.۰۱۶۸۸۱۹۹	۰.۰۲۵۹۲۶۸	۰.۰۰۰۳۱
۹	بندر لنگه	۰.۰۵۵۹۱۲۳۳۴	۰.۰۱۱۲۵۸۷۹۹	۰.۰۲۸۰۸۷۳۷	۰.۰۰۰۶۰
۱۰	بندر کنگ	۰.۰۵۵۵۹۶۴۴۵	۰.۰۱۶۸۸۱۹۹	۰.۰۳۷۸۰۹۹۲	۰.۰۰۰۴۸
۱۱	بندرعباس	۰.۰۳۰۰۹۴۴۵	۰.۰۱۱۲۵۸۷۹۹	۰.۰۱۸۳۶۴۸۲	۰.۰۰۰۴۸
۱۲	نگور	۰.۰۰۷۸۹۷۲۲۲	۰.۰۱۱۲۵۸۷۹۹	۰.۰۹۷۲۲۵۵۲	۰.۰۰۳۷۱
۱۳	اهر	۰.۰۱۶۷۴۲۱۱۱	۰.۰۴۵۰۳۵۱۹۸	۰.۰۰۲۱۶۰۵۷	۰.۰۲۴۳۳
۱۴	هشتپر	۰.۰۰۶۳۱۷۷۷۸	۰.۰۳۳۷۷۶۳۹۸	۰.۰۱۲۹۶۳۴	۰.۰۰۰۴۸
۱۵	سیردان	۰.۰۰۵۳۷۰۱۱۱	۰.۰۷۳۱۸۲۱۹۶	۰.۰۰۹۷۲۲۵۵	۰.۰۱۳۲۱
۱۶	بهشهر	۰.۰۰۳۷۹۰۶۶۷	۰.۰۵۶۲۹۳۹۹۷	۰.۰۰۷۵۶۱۹۸	۰.۰۰۰۱۶
۱۷	قم	۰.۰۱۱۳۷۲	۰.۰۱۶۸۸۱۹۹	۰.۰۳۲۴۰۸۵۱	۰.۰۳۰۹۳
۱۸	روداب	۰.۰۱۷۰۵۸	۰.۰۱۶۸۸۱۹۹	۰.۰۰۶۴۸۱۷	۰.۰۴۸۰۱
۱۹	بجستان	۰.۰۱۳۲۶۷۳۳۴	۰.۰۵۶۲۹۳۹۹۷	۰.۰۰۲۱۶۰۵۷	۰.۰۷۷۳۳
۲۰	اردکان	۰.۰۱۷۰۵۸	۰.۰۵۰۶۶۴۵۹۷	۰.۰۱۰۸۰۲۸۴	۰.۰۷۵۷۲
۲۱	شهداد	۰.۰۰۵۶۸۶	۰.۰۱۶۸۸۱۹۹	۰.۰۱۰۸۰۲۸۴	۰.۰۶۲۰۳
۲۲	کهنوج	۰.۰۰۴۱۰۶۵۵۶	۰.۰۱۱۲۵۸۷۹۹	۰.۰۰۲۱۶۰۵۷	۰.۰۲۴۱۷
۲۳	فهرج	۰.۰۱۶۷۴۲۱۱۱	۰.۰۳۹۴۰۵۷۹۸	۰.۰۰۲۱۶۰۵۷	۰.۰۴۸۰۱
۲۴	قلعه گنج	۰.۰۱۶۴۲۶۲۲۲	۰.۲۱۳۹۱۷۱۸۸	۰.۰۱۵۱۲۳۹۷	۰.۰۲۵۹۴
۲۵	قروه	۰.۰۲۴۰۰۷۵۵۶	۰.۰۷۸۸۱۱۵۹۶	۰.۰۰۷۵۶۱۹۸	۰.۰۴۴۱۴
۲۶	داریان	۰.۰۱۹۲۶۹۲۲۳	۰.۰۶۷۵۵۲۷۹۶	۰.۰۰۲۱۶۰۵۷	۰.۰۳۴۹۶
۲۷	کوار	۰.۰۱۷۳۷۳۸۸۹	۰.۰۲۲۵۱۷۵۹۹	۰.۰۱۲۹۶۳۴	۰.۰۲۶۹۱
۲۸	خاوران	۰.۰۲۰۸۴۸۶۶۷	۰.۰۵۶۲۹۳۹۹۷	۰.۰۰۵۴۰۱۴۲	۰.۰۲۵۹۴

مطلوبیت را مشخص می‌کند؛ بنابراین شاخص مینیمم برای این دسته از اعداد انتخاب و برای شاخص‌های راه اصلی و فاصله از شبکه برق و فاصله از دریا،

مرحله ۴- تعیین ایده‌آل مثبت و ایده‌آل منفی: برای تهیه ایده‌آل مثبت و ایده‌آل منفی، نخست رقوم مربوط به فاصله از گسل به‌واسطه افزایش نقطه از گسل

ماکسیمم اعداد مشخص می‌شود. آنگاه عملیات تعیین ایده‌آل مثبت و منفی هر یک از شاخص‌ها را نشان می‌دهد.

جدول ۷. ایده‌آل مثبت و منفی

فاصله از دریا	شبکه برق	راه اصلی	فاصله از گسل	
۰.۰۷۷۳۳	۰.۰۹۷۲۲۵۵۲	۰.۲۱۳۹۱۷۱۸۸	۰.۰۰۳۷۹۰۶۶۷	ایده‌آل مثبت
۰.۰۰۰۰۱۶	۰.۰۰۲۱۶۰۵۷	۰.۰۱۱۲۵۸۷۹۹	۰.۰۵۵۹۱۲۳۳۴	ایده‌آل منفی

۰.۰۲۵۹۳۰۴۵۳	۰.۲۳۳۳۵۷۵۹۷	بندر لنگه	۹
۰.۰۳۶۰۹۳۹۱	۰.۲۲۵۶۹۹۷۷۷	بندر کنگ	۱۰
۰.۰۳۰۵۵۵۵۴۵	۰.۲۳۲۱۲۶۶۲۸	بندرعباس	۱۱
۰.۱۰۶۵۶۱۵۲۴	۰.۲۱۵۶۵۷۸۹۹	نگور	۱۲
۰.۰۵۷۰۸۹۲۱۵	۰.۲۰۱۳۳۵۰۳۶	اهر	۱۳
۰.۰۵۵۵۲۸۹۷۷	۰.۲۱۳۲۲۰۸	هشتمهر	۱۴
۰.۰۸۱۳۴۱۹۲۸	۰.۱۷۷۶۹۹۹۰۴	سیردان	۱۵
۰.۰۶۹۰۹۴۲۲۹	۰.۱۹۷۰۷۹۰۸	بهشهر	۱۶
۰.۰۶۲۲۶۸۷۵۴	۰.۲۱۲۶۷۸۳۹۹	قم	۱۷
۰.۰۶۲۰۴۵۴۷۸	۰.۲۱۹۲۹۵۸۶۵	روداب	۱۸
۰.۰۹۹۰۰۶۶۱۵	۰.۱۸۴۳۱۵۵۵	بجستان	۱۹
۰.۰۹۴۰۵۶۵۷۷	۰.۱۸۵۱۹۹۶۳۸	اردکان	۲۰
۰.۰۸۰۳۵۲۶۱۹	۰.۲۱۵۷۰۱۵۴	شهداد	۲۱
۰.۰۵۷۰۹۷۳۲۷	۰.۲۳۰۰۷۵۱۱۳	کهنوج	۲۲
۰.۰۶۷۹۴۲۴۷۳	۰.۲۰۱۲۹۳۵۷	فهرج	۲۳
۰.۲۰۸۴۷۵۷۰۲	۰.۰۹۷۶۸۱۶۶۱	قلعه گنج	۲۴
۰.۰۸۶۸۶۱۹۷	۰.۱۶۶۷۴۳۱۹۶	قروه	۲۵
۰.۰۷۵۶۴۸۹۹۴	۰.۱۸۰۲۶۳۳۳۱	داریان	۲۶
۰.۰۴۹۴۳۶۲۰۱	۰.۲۱۵۵۴۸۹۹۳	کوار	۲۷
۰.۰۶۲۷۱۰۶۵۲	۰.۱۹۰۲۸۶۸۷۹	خاوران	۲۸

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

محاسبه فاصله گزینه‌ها از گزینه‌های ایده‌آل مثبت و منفی با استفاده از روابط زیر:

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

فرمول ۲

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

مرحله ۶- محاسبه نزدیکی براساس مؤلفه‌های چهارگانه با استفاده از رابطه ۳ که نتیجه آن در جدول (۹) آمده است.

$$C_i = \frac{a_i}{d_i^+ + d_i^-} \quad \text{فرمول ۳}$$

جدول ۸. فاصله از ایده‌آل مثبت و ایده‌آل منفی

جدول ۹. نتیجه فرایند تاپسیس

Ci	شهر	ردیف
۰.۱۵۲۲۷۴۱۹۹	هندیجان	۱
۰.۱۴۵۷۰۳۱۲۶	امام حسن	۲
۰.۱۵۳۵۲۵۹۹۴	گناوه	۳
۰.۱۳۴۳۳۷۲۵۵	بندر ریگ	۴
۰.۰۸۳۵۷۳۱۲۹	دلوار	۵
۰.۰۸۱۴۷۳۲۱	بندر خمیر	۶
۰.۱۹۷۲۴۶۹۱۳	بندر دیلم	۷

di -	di +	شهر	ردیف
۰.۰۴۱۱۰۰۱۴۳	۰.۲۲۸۸۰۸۶۳۲	هندیجان	۱
۰.۰۳۸۸۳۲۸	۰.۲۲۷۶۸۷۲۲۱	امام حسن	۲
۰.۰۳۹۶۲۸۵۵۱	۰.۲۱۸۴۹۴۱۹۲	گناوه	۳
۰.۰۳۵۷۰۸۸۳۳	۰.۲۳۰۱۰۵۹۸۸	بندر ریگ	۴
۰.۰۲۱۵۳۸۹۲۷	۰.۲۳۶۱۸۶۵۸۳	دلوار	۵
۰.۰۲۰۴۰۲۷۵۹	۰.۲۳۰۰۲۰۱۵۷	بندر خمیر	۶
۰.۰۵۳۸۹۸۰۲۶	۰.۲۱۹۳۵۳۵۳۲	بندر دیلم	۷
۰.۰۲۹۲۵۸۹۸۲	۰.۲۲۶۱۲۸۱۲۹	بندر چارک	۸

۰.۲۲۶۴۷۵۳۵۶	قم	۱۲	۰.۱۱۴۵۶۷۱۸۴	بندر چارک	۸
۰.۲۲۰۹۱۲۷۶۳	اهر	۱۳	۰.۱۰۰۰۰۶۳۵۶	بندر لنگه	۹
۰.۲۲۰۵۳۴۵۲۱	روداب	۱۴	۰.۱۳۷۸۷۱۵۸۲	بندر کنگ	۱۰
۰.۲۰۶۶۱۹۶۲۲	هشتپر	۱۵	۰.۱۱۶۳۲۱۳۴۸	بندرعباس	۱۱
۰.۱۹۸۸۲۵۹۲۷	کهنوج	۱۶	۰.۳۳۰۷۱۱۰۵۱	نگور	۱۲
۰.۱۹۷۲۴۶۹۱۳	بندر دیلم	۱۷	۰.۲۲۰۹۱۲۷۶۳	اهر	۱۳
۰.۱۸۶۵۶۲۱۲۷	کوار	۱۸	۰.۲۰۶۶۱۹۶۲۲	هشتپر	۱۴
۰.۱۵۳۵۲۵۹۹۴	گناوه	۱۹	۰.۳۱۴۰۱۰۷۸۱	سیردان	۱۵
۰.۱۵۲۲۷۴۱۹۹	هندیجان	۲۰	۰.۲۵۹۵۸۳۶۱۳	بهشهر	۱۶
۰.۱۴۵۷۰۳۱۲۶	امام حسن	۲۱	۰.۲۲۶۴۷۵۳۵۶	قم	۱۷
۰.۱۳۷۸۷۱۵۸۲	بندر کنگ	۲۲	۰.۲۲۰۵۳۴۵۲۱	روداب	۱۸
۰.۱۳۴۳۳۷۲۵۵	بندر ریگ	۲۳	۰.۳۴۹۴۴۸۸۸۶	بجستان	۱۹
۰.۱۱۶۳۲۱۳۴۸	بندرعباس	۲۴	۰.۳۳۶۸۱۱۰۴۲	اردکان	۲۰
۰.۱۱۴۵۶۷۱۸۴	بندر چارک	۲۵	۰.۲۷۱۴۱۱۸۹۱	شهداد	۲۱
۰.۱۰۰۰۰۶۳۵۶	بندر لنگه	۲۶	۰.۱۹۸۸۲۵۹۲۷	کهنوج	۲۲
۰.۰۸۳۵۷۳۱۲۹	دلوار	۲۷	۰.۲۵۲۳۵۲۸۱۳	فهرج	۲۳
۰.۰۸۱۴۷۳۲۱	بندر خمیر	۲۸	۰.۶۸۰۹۴۲۹۶۳	قلعه گنج	۲۴
			۰.۳۴۲۵۰۸۶۷۶	قروه	۲۵
			۰.۲۹۵۶۰۵۱۲۲	داریان	۲۶
			۰.۱۸۶۵۶۲۱۲۷	کوار	۲۷
			۰.۲۴۷۸۷۰۶۰۹	خاوران	۲۸

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

۱- گروه ساحلی

۲- گروه نزدیک به ساحل

۳- گروه درون‌سرزمینی

برای اعمال دو مؤلفه فاصله از دریا و عمق ساحلی ضرایب خاصی برای هر یک 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
۰/۹۵	۰/۸۵	۰/۰۵	

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

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

جدول ۱۰. اولویت‌بندی نقاط ۲۸ گانه

رتبه	شهر	Ci
۱	قلعه گنج	۰.۶۸۰۹۴۲۹۶۳
۲	بجستان	۰.۳۴۹۴۴۸۸۸۶
۳	قروه	۰.۳۴۲۵۰۸۶۷۶
۴	اردکان	۰.۳۳۶۸۱۱۰۴۲
۵	نگور	۰.۳۳۰۷۱۱۰۵۱
۶	سیردان	۰.۳۱۴۰۱۰۷۸۱
۷	داریان	۰.۲۹۵۶۰۵۱۲۲
۸	شهداد	۰.۲۷۱۴۱۱۸۹۱
۹	بهشهر	۰.۲۵۹۵۸۳۶۱۳
۱۰	فهرج	۰.۲۵۲۳۵۲۸۱۳
۱۱	خاوران	۰.۲۴۷۸۷۰۶۰۹

جدول ۱۲. اولویت‌بندی با ضریب فاصله از دریا

ردیف	شهر	Ci
۱	قلعه گنج	۰.۵۷۸۸۰۱۵۱۹
۲	نگور	۰.۳۱۴۱۷۵۴۹۹
۳	سیردان	۰.۲۶۶۹۰۹۱۶۴
۴	بهشهر	۰.۲۴۶۶۰۴۴۳۲
۵	هشتپر	۰.۱۹۶۲۸۸۶۴۱
۶	اهر	۰.۱۸۷۷۷۵۸۴۸
۷	بندر دیلم	۰.۱۸۷۳۸۴۵۶۷
۸	گناوه	۰.۱۴۵۸۴۹۶۹۴
۹	هندیجان	۰.۱۴۴۶۶۰۴۸۹
۱۰	امام حسن	۰.۱۳۸۴۱۷۹۶۹
۱۱	بندر کنگ	۰.۱۳۰۹۷۸۰۰۲
۱۲	بندر ریگ	۰.۱۲۷۶۲۰۳۹۲
۱۳	بندرعباس	۰.۱۱۰۵۰۵۲۸۱
۱۴	بندر چارک	۰.۱۰۸۳۸۸۲۵
۱۵	بندر لنگه	۰.۰۹۵۰۰۶۰۳۸
۱۶	دلوار	۰.۰۷۹۳۹۴۴۱۳
۱۷	بندر خمیر	۰.۰۷۷۳۹۹۵۴۹
۱۸	بجستان	۰.۰۱۷۴۷۲۴۴۴
۱۹	قروه	۰.۰۱۷۱۲۵۴۳۴
۲۰	اردکان	۰.۰۱۶۸۴۰۵۵۲
۲۱	داریان	۰.۰۱۴۷۸۰۲۵۶
۲۲	شهداد	۰.۰۱۳۵۷۰۵۹۵
۲۳	فهرج	۰.۰۱۲۶۱۷۶۴۱
۲۴	خاوران	۰.۰۱۲۳۹۳۵۳
۲۵	قم	۰.۰۱۱۳۲۳۷۶۸
۲۶	روداب	۰.۰۱۱۰۲۶۷۲۶
۲۷	کهنوج	۰.۰۰۹۹۴۱۲۹۶
۲۸	کوار	۰.۰۰۹۳۲۸۱۰۶

جدول ۱۳. اولویت‌بندی با ضرایب عمق دریا

ردیف	شهر	Ci
۱	قلعه گنج	۰.۴۹۱۹۸۱۲۹۱
۲	نگور	۰.۲۹۸۴۶۶۷۲۴
۳	بهشهر	۰.۲۳۴۲۷۴۲۱۱
۴	سیردان	۰.۲۲۶۸۷۲۷۹
۵	هشتپر	۰.۱۸۶۴۷۴۲۰۹
۶	بندر دیلم	۰.۱۷۸۰۱۵۳۳۹
۷	گناوه	۰.۱۳۸۵۵۷۲۰۹
۸	هندیجان	۰.۱۳۷۴۲۷۴۶۵
۹	امام حسن	۰.۱۳۱۴۹۷۰۷۱
۱۰	بندر کنگ	۰.۱۲۴۴۲۹۱۰۲
۱۱	بندر ریگ	۰.۱۲۱۲۳۹۳۷۲
۱۲	بندرعباس	۰.۱۰۴۹۸۰۰۱۷
۱۳	بندر چارک	۰.۱۰۳۳۹۶۸۸۴
۱۴	بندر لنگه	۰.۰۹۰۲۵۵۷۳۶
۱۵	دلوار	۰.۰۷۵۴۲۴۷۴۹
۱۶	بندر خمیر	۰.۰۷۳۵۲۹۵۷۲
۱۷	اهر	۰.۰۰۹۳۸۸۷۹۲
۱۸	بجستان	۰.۰۰۰۸۷۳۶۲۲
۱۹	قروه	۰.۰۰۰۸۵۶۲۷۲
۲۰	اردکان	۰.۰۰۰۸۴۲۰۲۸
۲۱	داریان	۰.۰۰۰۷۳۹۰۱۳
۲۲	شهداد	۰.۰۰۰۶۷۸۵۳
۲۳	فهرج	۰.۰۰۰۶۳۰۸۸۲
۲۴	خاوران	۰.۰۰۰۶۱۹۶۷۷
۲۵	قم	۰.۰۰۰۵۶۶۱۸۸
۲۶	روداب	۰.۰۰۰۵۵۱۳۳۶
۲۷	کهنوج	۰.۰۰۰۴۹۷۰۶۵
۲۸	کوار	۰.۰۰۰۴۶۶۴۰۵

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

اعمال ۴ شاخص اولیه و دو مؤلفه شرطی ثانویه نشان می‌دهد اولویت ۱۰ مکان مطلوب به ترتیب رتبه به دست آمده عبارت است از: قلعه گنج، نگور، بهشهر، سیردان، هشتپر، بندر دیلم، گناوه، هندیجان، امام حسن و بندر کنگ.



بهشهر، هشتپر، بندر دیلم، گناوه، هندیجان، امام حسن، بندر کنگ، بندر ریگ، بندرعباس، بندر چارک، بندر لنگه، دلواری و بندر خمیر هستند.

از بین این نقاط، دو نقطه 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 (۱۴) معرفی شدند. با توجه به اسامی رتبه‌بندی‌شده می‌توان نتیجه گرفت دو نقطه که رتبه اول و چهارم را در میان ۱۰ نقطه 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 ۱۴. ده نقطه اول بهینه

رتبه	نقاط بهینه	طیف
۱	قلعه گنج	سرزمین مادری
۲	نگور	ساحل دریای عمان
۳	بهشهر	ساحل دریای خزر
۴	سیردان	نزدیک به ساحل شمالی
۵	هشتپر	ساحل دریای خزر
۶	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

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.

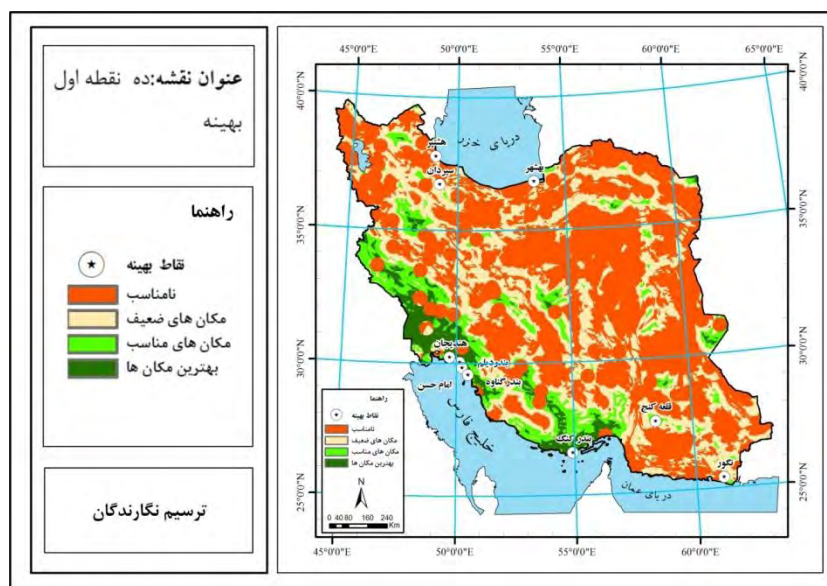
پردازش داده‌های تهیه‌شده در محیط سیستم اطلاعات جغرافیایی و تحلیل آنها در روش تاپسیس نشان داد مجموعاً ۳۱ نقطه در پهنه جغرافیایی ایران براساس ۳ شاخص مهم زیست‌محیطی، امنیتی و دسترسی به شبکه تغذیه‌کننده‌های برق اصلی کشور امکان مکان‌گزینی را برای استقرار نیروگاه‌های اتمی خواهند داشت. از این ۳۱ نقطه، ۳ نقطه مرزی حذف می‌شوند و بقیه در زمره مکان‌های نسبتاً امن از نظر 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، کواری، خاوران، فهرج، کهنوج، سیردان، قلعه گنج و قروه.

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

۲- استقرار نیروگاه‌هایی در حاشیه سواحل: نقاط واقع در مرزهای دریایی به ترتیب اولویت شامل نگور،



شکل ۹. ده نقطه اول بهینه

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**

#### منابع

جعفری، علی‌اکبر و رحیمی خویگانی، فهیمه، (۱۳۹۴).

نگاهی تاریخی تحلیلی به روابط هسته‌ای ایران و

آلمان، دو فصلنامه علمی پژوهشی مطالعات تاریخی جهان اسلام، دوره ۳، شماره ۵، ۵۶-۳۷.

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، ۲۳۶ صفحه.

سهامی، حبیب‌الله، (۱۳۸۸). آمایش و مکان‌یابی،

تک‌جلد، چاپ چهارم، تهران، انتشارات دانشگاه

صنعتی مالک‌اشتر، ۱۴۵ صفحه.

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

<http://www.amar.org.ir/> مرکز آمار ایران آمارنامه

سال ۱۳۹۰

<http://www.isa.ir/> سازمان فضایی ایران

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

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

<http://news.moe.gov.ir/> پایگاه اطلاع‌رسانی وزارت

نیرو

**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). **Industrial 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.

