

## فرآیند سایت یابی جهت احداث راکتور تحقیقاتی فارس

نیلوفر منوچهری چرامکانی<sup>۱</sup>، محمدرضا نعمت اللهی\*<sup>۱،۲</sup>، محمدرضا رئوفت<sup>۳</sup>

<sup>۱</sup> دانشکده مهندسی مکانیک، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران

<sup>۲</sup> مرکز تحقیقات ایمنی دانشگاه شیراز، شیراز، ایران

<sup>۳</sup> اداره کل منابع طبیعی و آبخیزداری استان فارس، شیراز، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۲/۱۸

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۶/۱۴

### مکیده

هدف پژوهش حاضر ارزیابی سایت های پیشنهادی جهت احداث راکتور تحقیقاتی پیشنهادی فارس می باشد. به دلیل این که راکتور تحقیقاتی پیشنهادی در حال طراحی مفهومی است و به راکتور تحقیقاتی تهران شباهت زیادی دارد، از مشخصات راکتور تحقیقاتی تهران استفاده شده است. در این پژوهش به کمک معیار های مکان یابی و استفاده از امکانات سامانه اطلاعات جغرافیایی، در محیط نرم افزار Arc Gis 10.4.1، برای سه منطقه شیراز، مرودشت و سروستان فرآیند مکان یابی صورت گرفته است. نتایج نشان می دهد، سایت باجگاه در شهرستان شیراز، سایت ارجح جهت احداث راکتور تحقیقاتی فارس می باشد. روند انجام پژوهش حاضر می تواند به عنوان معیار و راهکاری برای سایت یابی سایر تأسیسات هسته ای مشابه به کار رود.

**واژه های کلیدی:** راکتور تحقیقاتی، انتخاب سایت، ارزیابی سایت، Arc Gis 10.4.1.

### ۱- مقدمه

بر احداث راکتور تحقیقاتی آب سبک در استان فارس و بررسی های کارشناسی گسترده در سطح استان، جلسه ای در سازمان استانداری فارس برگزار گردید. در این جلسه گزارشی از اقدامات انجام شده و بررسی های میدانی مناطق در نظر گرفته شده شامل اسماعیل آباد مرودشت، اراضی جنب خط راه آهن زرقان، اراضی ضلع شمالی دانشکده کشاورزی در باجگاه و مناطق متعددی در شهرستان سروستان ارائه شد. مبنای پژوهش حاضر نیز، صورت جلسه ذکر شده می باشد. با وجود این که در این جلسه، تعداد محدودی از مناطق سه شهرستان شیراز، مرودشت و سروستان ذکر شده است، در این

در ارزیابی مناسب بودن یک سایت خاص برای یک راکتور، عواملی مانند ویژگی های سایت شامل خطرات زمین شناسی و ژئوتکنیک، حوادث شدید طبیعی، تراکم جمعیت و نزدیکی به تأسیسات صنعتی دیگر که ممکن است جنبه های ایمنی راکتور تحقیقاتی را تحت تأثیر قرار دهد، توسط سازمان عامل باید بررسی و ارزیابی گردد. قابل توجه است که جزئیات ارائه شده برای راکتورهای کم توان، به طور قابل ملاحظه ای نسبت به راکتور های با قدرت متوسط یا بالا می تواند کاهش یابد. (IAEA.2005)

### ۲- روش انجام تحقیق

در اجرای درخواست سازمان انرژی اتمی کشور، مبنی

- پژوهش تمام مساحت این سه شهرستان ارزیابی می-گردد.
- یکی از مراحل مهم در فرآیند طراحی و ساخت نیروگاه‌های هسته‌ای، انتخاب مکان مناسب می‌باشد. مکان‌یابی به منظور حفاظت کافی از کارکنان سایت، عموم مردم و محیط در برابر اثرات ناشی از کارکرد نیروگاه هسته‌ای صورت می‌گیرد. به‌طور کلی یک سایت از دیدگاه ایمنی در صورتی قابل قبول است که (NRC.2018) :
- سیستم‌های حفاظتی در طراحی تحت تأثیر پدیده‌های طبیعی قرار نگیرند.
- احتمال رویداد پدیده‌های مخرب، زیاد بالا نباشد.
- شاخصه‌های سایت ( توزیع جمعیت، زمین-شناسی، هیدرولوژی و .... ) به گونه‌ای باشند که پتانسیل حادثه در محدوده قابل قبولی قرار گیرد.
- نمونه‌هایی از معیارهای فرآیند سایت‌یابی در جدول ۱ ذکر شده است.

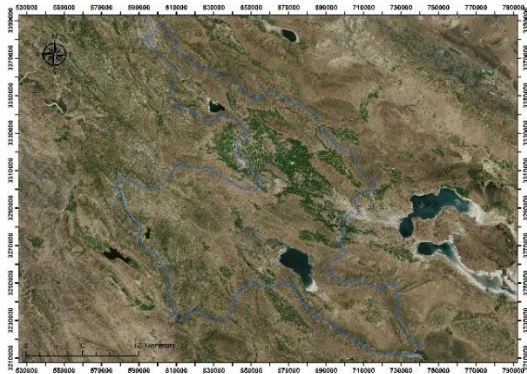
جدول ۱: نمونه‌هایی از معیارهای فرآیند سایت‌یابی (IAEA.2015)

ردیف	مشخصات	مقادیر غربالگری	ملاحظات
۱	فاصله از گسل فعال	۸/۰ km	معیار حذف
۲	فاصله از مسیرهای پرواز نزدیک به فرودگاه	۴/۰ km	معیار تشخیص
۳	فاصله از فرودگاه‌های کوچک	۱۰/۰ km	معیار تشخیص
۴	فاصله از فرودگاه‌های بزرگ	$<(d=)۱۶/۰ \text{ km}$	معیار تشخیص
	$>500d^2$ برای پروازهای سالانه	$>(d=)۱۶/۰ \text{ km}$	
	$>1000d^2$ برای پروازهای سالانه		
۵	فاصله از تأسیسات نظامی یا عملیات‌های هوایی مانند تمرین، بمب‌گذاری و شلیک	۳۰/۰ km	معیار تشخیص
۶	فاصله از نیروگاه‌های نظامی ذخیره‌سازی مهمات	۸/۰ km	معیار تشخیص

ادامه جدول ۱: نمونه‌هایی از معیارهای فرآیند سایت‌یابی (IAEA.2015)

ردیف	مشخصات	مقادیر غربالگری	ملاحظات
۷	فاصله از تجهیزات ذخیره‌سازی و جابجایی مواد قابل اشتعال، سمی، خورنده و منفجره	۵/۰ km	معیار تشخیص
۸	منشأ ابرهای خطرناک	۸/۰ km	معیار تشخیص
۹	ذخایر طبیعی، مناطق حساس زیست محیطی و جنگل‌ها	ناحیه قرنطینه	معیار حذف
		۱۰ km از ساحل دریا یا اقیانوس، ۱ km از	
۱۰	سونامی	ساحل دریاچه و ۵۰ m بالاتر از سطح متوسط آب	معیار تشخیص

شناسایی اولیه عوارض، با تبدیل فرمت محدوده مورد نظر و جانمایی آن در محیط نرم افزار گوگل ارث<sup>۲</sup> به بررسی جزئیات تصاویر ماهواره‌ای محدوده پرداخته شده است. موقعیت این محدوده بر روی تصاویر ماهواره‌ای در شکل ۴ مشاهده می‌شود.



شکل ۲: موقعیت محدوده سه شهرستان شیراز، مرودشت و سروستان بدون در نظر گرفتن مرزهای سیاسی بر روی تصویر ماهواره‌ای

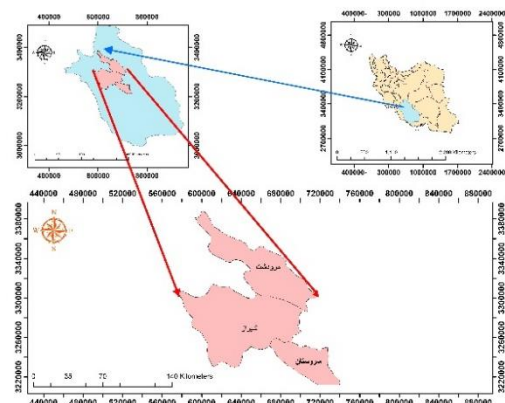
در گام اول جهت بررسی عوامل ارائه شده در چارچوب خط سیر پژوهش، از اطلاعات نقشه‌ی رقومی پوشش گیاهی سراسری کشور در مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰ سازمان جنگل‌ها، مراتع و آبخیزداری کشور و نقشه گسل‌ها که از مرکز زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی منطقه جنوب کشور تهیه شده است، استفاده می‌شود. در نقشه‌ی رقومی پوشش گیاهی سراسری کشور طبقات کاربری مانند محدوده پوشش‌های جنگلی و مرتعی، اراضی مسکونی، سطوح آبی و ... مشخص است. در شکل ۳ نقشه‌ی پوشش گیاهی که مبنای استخراج اطلاعات مورد نیاز می‌باشد، مشاهده می‌شود.

در جدول ۲ مناطق اضطراری و شعاع پیشنهادی برای راکتورهای با توان ۱۰-۲ MW (th) مشاهده می‌شود.

جدول ۲: مناطق اضطراری و شعاع پیشنهادی برای راکتورهای با توان ۱۰-۲ MW (th) (IAEA.1987)

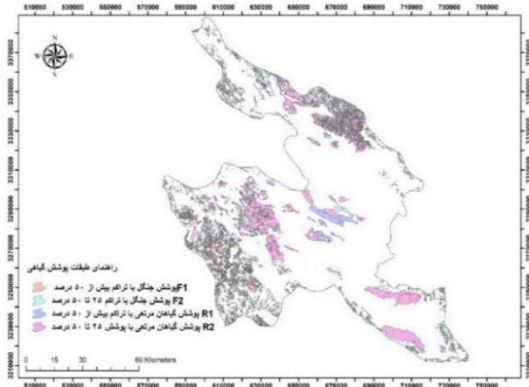
شعاع منطقه‌ای برنامه‌ریزی فعالیت حفاظتی ضروری (km)	شعاع منطقه اقدامات پیشگیرانه (km)	راکتور با توان MW (th)
۰/۵	ندارد	۲-۱۰

در مرحله اول فرآیند مکان‌یابی، با استفاده از امکانات سامانه اطلاعات جغرافیایی<sup>۱</sup> در محیط نرم افزار Arc Gis 10.4.1، محدوده سیاسی سه شهرستان شیراز، مرودشت و سروستان بررسی و انتخاب شده است. با استفاده از قابلیت‌های سامانه فوق، این سه محدوده از نقشه تقسیمات سیاسی استان فارس جدا گردیده و پس از جداسازی و کنار هم‌گذاری محدوده‌ها<sup>۲</sup> لایه نهایی به صورت پیوسته تهیه گردیده است. در شکل ۱ محدوده‌های سیاسی کنار هم قرار گرفته هر سه شهرستان، از لحاظ جغرافیایی نشان داده شده است.



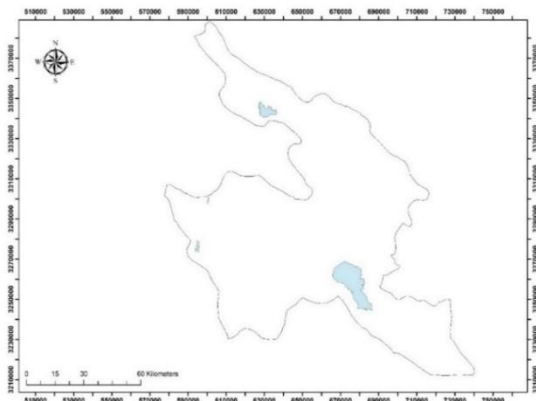
شکل ۱: موقعیت سه شهرستان مورد بررسی قرار گرفته در کشور و در سطح استان فارس

پس از نهایی شدن مرز منطقه مورد پژوهش، جهت



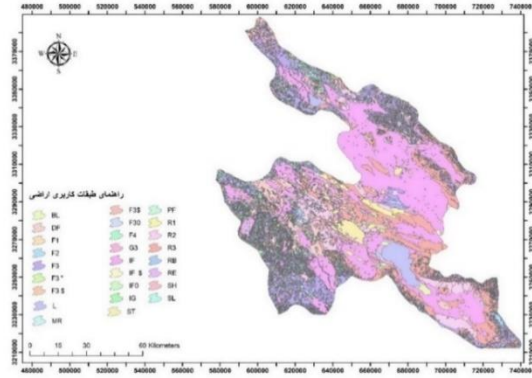
شکل ۵: نقشه مناطق جنگلی و مرتعی با تراکم بالای ۲۵٪

سومین نقشه‌ای که بر اساس نقشه پوشش گیاهی تهیه شده است، نقشه سطوح آبی است. این نقشه شامل دریاچه مہارلو، دریاچه ارزن، رودخانه کر و دریاچه هفت برم می‌باشد که در شکل ۶ مشاهده می‌شود.



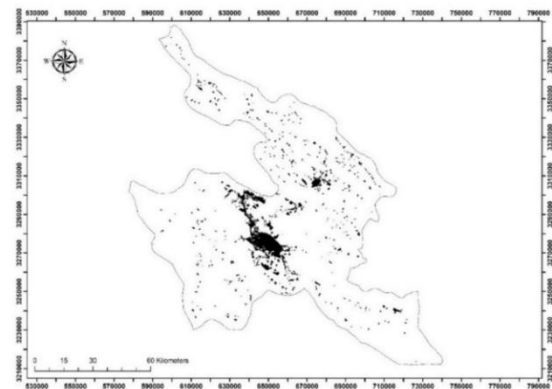
شکل ۶: نقشه سطوح آبی

با استفاده از امکانات نرم‌افزار Arc Gis، سه لایه اطلاعات مورد نیاز در قالب نقشه‌ی پراکنش مناطق شهری و مسکونی، نقشه مناطق جنگلی و مرتعی با تراکم بالای ۲۵٪ و نقشه‌ی سطوح آبی، با هم ادغام و یک لایه تحت عنوان لایه مناطق ممنوعه ساخت راکتور ایجاد شده است. در مناطق مشخص شده لایه مزبور به دلیل وجود محدودیت‌های بیان شده، قابلیت کاربری تأسیسات راکتور وجود ندارد. نقشه مناطق ممنوعه ساخت راکتور در شکل ۷ مشاهده می‌شود.



شکل ۳: برش تهیه شده از نقشه پوشش گیاهی ۱:۱۰۰۰۰۰ سازمان جنگل‌ها، مراتع و آبخیزداری کشور

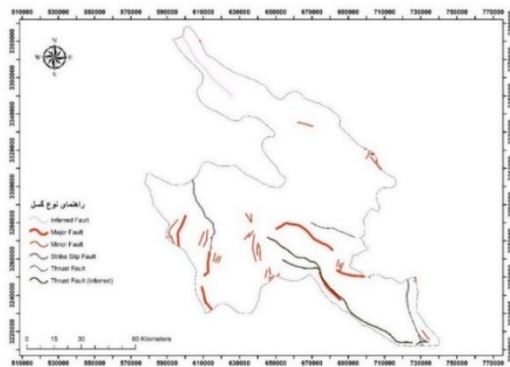
همان‌طور که روشن است تأسیسات هسته‌ای نباید در محدوده مراکز جمعیتی قرار داشته باشد. لذا اولین نقشه‌ای که بر اساس نقشه پوشش گیاهی ایجاد شده است، نقشه‌ی پراکنش اراضی مسکونی می‌باشد. در واقع این نقشه شامل کل مراکز جمعیتی و تأسیسات می‌باشد. این مناطق در شکل ۴ به صورت محدوده‌های بسته<sup>۴</sup> مشخص شده‌اند.



شکل ۴: نقشه پراکنش اراضی شهری و مسکونی

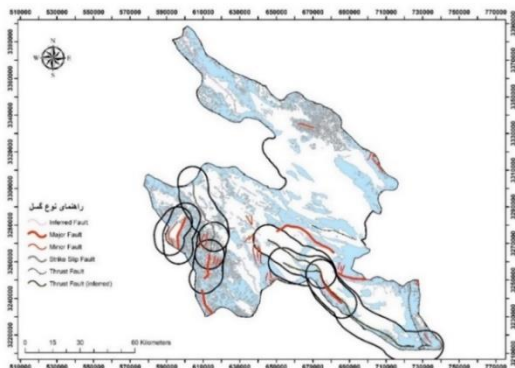
دومین نقشه‌ای که بر اساس نقشه پوشش گیاهی ایجاد شده است، نقشه‌ی پراکنش مناطق دارای پوشش جنگلی و مرتعی با تراکم بالای ۲۵٪ می‌باشد. این نقشه در شکل ۵ مشاهده می‌شود.

مشاهده می شود.



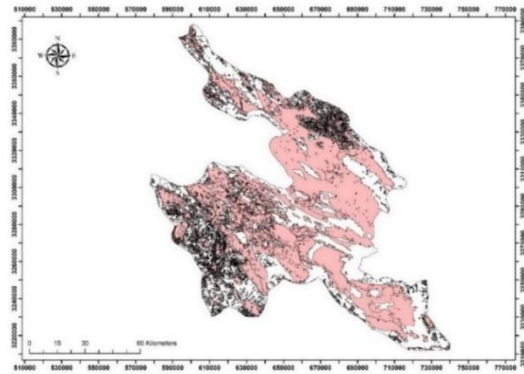
شکل ۹: نقشه گسل‌های منطقه

با توجه به جدول ۱ ضروری است که فاصله ۸ کیلومتر تا گسل‌های فعال، ایجاد شود. لذا به کمک نرم‌افزار، فاصله ای به شعاع ۸ کیلومتر در اطراف گسل‌های فعال ایجاد شده است تا مناطق انتخابی خارج از این محدوده باشد. در شکل ۱۰ نقشه مناطق مستعد با در نظر گرفتن حفظ فاصله ۸ کیلومتر تا گسل‌های فعال، مشاهده می‌شود.



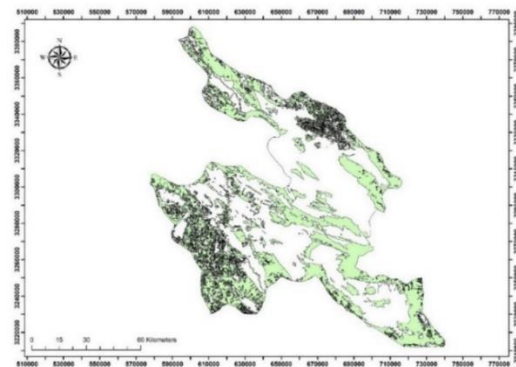
شکل ۱۰: نقشه مناطق مستعد با در نظر گرفتن حفظ فاصله ۸ کیلومتر تا گسل‌های فعال

طبق معیارهای ذکر شده در 10CFR Part 100 و استانداردهای ایمنی آژانس بین‌المللی انرژی هسته‌ای، سایت تأسیسات هسته‌ای نباید در محلی باشد که ناپایداری زیاد شیب وجود داشته باشد. جهت دستیابی به نقشه شیب، از مدل رقومی ارتفاعی زمین<sup>۵</sup> استفاده



شکل ۷: مناطق فاقد تناسب جهت کاربری تأسیسات هسته‌ای

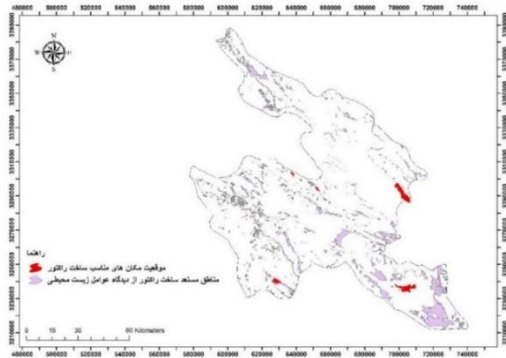
در مرحله بعد با استفاده از حذف مناطق موجود در لایه فاقد تناسب، از کل محدوده مورد پژوهش، نقشه‌ای تحت عنوان مناطق مستعد جهت احداث تأسیسات هسته‌ای ایجاد شده است. که در شکل ۸ مشاهده می‌شود. این لایه اطلاعاتی، دارای ۴۶۷۰۰۰ هکتار وسعت است که سطح وسیعی از کل محدوده را شامل می‌شود.



شکل ۸: نقشه مناطق مستعد ساخت تأسیسات هسته‌ای

در گام‌های بعد سایر پارامترها از جمله، فاصله تا گسل‌های فعال، پایداری شیب، دسترسی به راه‌های ارتباطی و جاده‌ها، و فاصله تا فرودگاه‌ها بررسی گردیده است. همان‌طور که بیان شد، نقشه‌ی گسل‌ها از مرکز زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی منطقه جنوب کشور تهیه شده است. این نقشه شامل تمام گسل‌های منطقه می‌باشد. طبق معیارهای 10CFR Part 100 تمام گسل‌ها در بحث زلزله مشکل‌ساز نبوده و گسل‌های فعال در این زمینه مهم می‌باشند. نقشه گسل‌های منطقه در شکل ۹

با توجه به جدول ۲ حریمی به شعاع ۵۰۰ متر جهت اجرای طرح اضطراری نیاز است. در مرحله بعد با در نظر گرفتن حداقل مساحت ۸۰ هکتار و در نظر گرفتن نقشه گسل‌ها و نقشه مناطق مستعد در کلاس شیب صفر تا ۱۰ درصد، نقشه سایت‌های پیشنهادی مشخص می‌گردد که در شکل ۱۳ مشاهده می‌شود.



شکل ۱۳: نقشه سایت‌های پیشنهادی

### ۳- نتایج و بحث

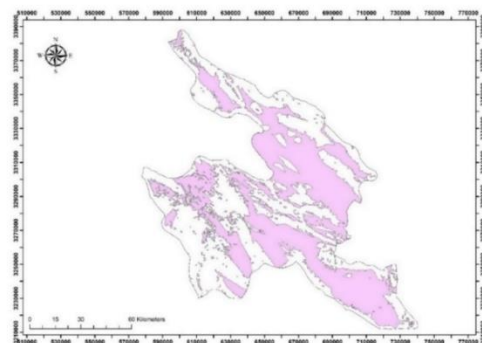
بعد از بررسی‌های لازم برای سه شهرستان شیراز، مرودشت و سروستان و تهیه نقشه‌های مورد نیاز، در مجموع تعداد ۶ سایت پیشنهادی مشخص شده است. در جدول ۳ مشخصات مربوط به ۶ سایت پیشنهادی مشاهده می‌شود.

جدول ۳: مشخصات مربوط به طول و عرض جغرافیایی ۶ سایت پیشنهادی

منطقه	طول جغرافیایی (E)	عرض جغرافیایی (N)
۱	۵۳/۰۵۶۱۸۴	۲۹/۷۷۱۹۶۱
۲	۵۲/۶۱۳۸۹۳	۲۹/۷۰۲۴۶۴
۳	۵۳/۰۹۵۲۱۳	۲۹/۲۲۷۵۷۰
۴	۵۲/۳۱۵۸۸۶	۲۹/۲۸۰۲۰۶
۵	۵۲/۵۶۹۸۲۶	۲۹/۷۷۱۶۴۰
۶	۵۲/۴۲۲۶۶۳	۲۹/۸۱۵۸۴۱

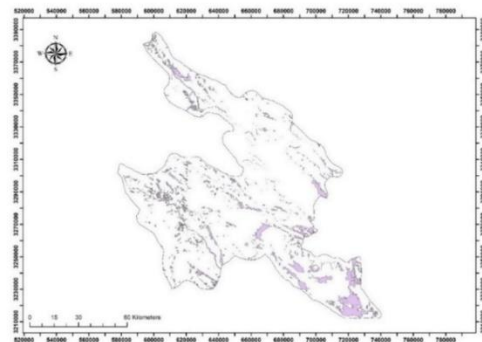
با در نظر گرفتن شرایط موجود و به کمک معیارهای

شده است. این مدل بر اساس نقشه‌های توپوگرافی یا تصاویر ماهواره‌ای تهیه می‌شود. فرمت این نقشه‌ها رستری است، یعنی کوچک‌ترین جزء این نقشه‌ها، پیکسلی می‌باشد. با توجه به وسعت منطقه مورد پژوهش برای تهیه نقشه شیب از نقشه مدل رقومی ارتفاعی با دقت زمینی ۹۰ متر استفاده شده است. با استفاده از مدل رقومی ارتفاعی و برنامه جانبی Spatial Analyst در محیط نرم افزار Arc Gis، نقشه طبقات درصد شیب تهیه شده است. در شکل ۱۱ نیز نقشه‌های شیب ۰-۱۰ درصد مشاهده می‌شود.



شکل ۱۱: نقشه پراکنش شیب ۰-۱۰٪

تا این مرحله، مناطق مستعد بدون در نظر گرفتن شیب مشخص شده است. با توجه به قابلیت‌های نرم‌افزار و ادغام کلاس‌های مختلف شیب و نقشه تناسب تهیه شده، نقشه مناطق مستعد، این بار با در نظر گرفتن شیب به دست می‌آید. در شکل ۱۲ مناطق مستعدی که دارای شیب ۰-۱۰ درصد است، مشاهده می‌شود.



شکل ۱۲: نقشه مناطق مستعد با در نظر گرفتن شیب ۰-۱۰٪

غریبالگری، در مجموع ۴ سایت از سایت‌های شناسایی شده حذف و تنها دو سایت اسماعیل‌آباد مرودشت و منطقه باجگاه به عنوان سایت مناسب جهت احداث راکتور تحقیقاتی پیشنهاد می‌شود.

#### ۴- نتیجه‌گیری

در نهایت به کمک تصاویر ماهواره‌ای در محیط نرم-افزار گوگل ارث و با در نظر گرفتن معیارهایی مانند دسترسی به راه‌های ارتباطی و جاده‌ها، و همچنین معیارهای تشخیص از جمله حفظ فاصله مجاز تا فرودگاه‌ها، یک سایت جهت احداث راکتور تحقیقاتی در استان فارس پیشنهاد می‌شود. با توجه به جدول ۱ یکی از معیارهای بررسی و انتخاب سایت، رعایت حداقل فاصله مجاز تا فرودگاه‌های بزرگ و کوچک است، که برای هر دو سایت پیشنهادی در این پژوهش این فاصله رعایت شده است. با توجه به بازدیدهای میدانی صورت گرفته و توجه به این که سایت منطقه باجگاه، نزدیک به مراکز پژوهشی و فرودگاه است و مسافت بسیار کم‌تری تا مراکز تحقیقاتی شهر شیراز دارد، در نهایت سایت منطقه باجگاه به عنوان سایت انتخابی در نظر گرفته می‌شود.

#### پی‌نوشت‌ها

- <sup>1</sup> Geographic information system, GIS
- <sup>2</sup> Merge
- <sup>3</sup> Google earth
- <sup>4</sup> Poly gon
- <sup>5</sup> Digital elevation model, DEM

#### ۵- مراجع

1. International Atomic Energy Agency. Safety of Research Reactors. No. NS-R-4. Vienna (2005).
2. Nuclear Regulatory Commission. (2018). REACTOR SITE CRITERIA with 10 CFR Part 100.
3. International Atomic Energy Agency, SSG, Specific Safety Guide. "35: Site Survey and Site Selection for Nuclear Installations, IAEA. Vienna

4. International Atomic Energy Agency, IAEA-TECDOC-403, SITING OF RESEARCH REACTORS, Vienna (1987).

.(2015)



## Assessment of Proposed Sites for the Establishment of Fars Research Reactor

N.Manouchehri Charamakani<sup>a</sup>, M. Nematollahi<sup>a,b</sup>, M. Raoufat<sup>c</sup>

<sup>a</sup>School of Mechanical Engineering, Shiraz University, Shiraz, Iran

<sup>b</sup>Safety Research Center of Shiraz University, Shiraz, Iran

<sup>c</sup>General Department of Natural Resources and Watershed Management of Fars Province, Shiraz, Iran

Received: 08 - 05 - 2021

Accepted: 05 - 09 - 2021

---

### Abstract

The main purpose of the present study is the evaluation of the candidate sites for proposed Fars research reactor. Because the proposed research reactor is being designed conceptually and is very similar to the Tehran Research Reactor, the specifications of the Tehran Research Reactor have been used in this study. In this research with the help of site selection criteria and geographic information system utilities in Arc-Gis 10.4.1 software for three regions of Shiraz, Marvdasht and Sarvestan. The results show that Bajgah site in Shiraz region is the preferred site for Fars research reactor. The process of present research can be used as a methodology for site selection of other similar nuclear facilities.

**Keywords:** Research reactor, Site selection, Site evaluation process, Radioactive material dispersion

---