اکوهیدرولوژی

دورهٔ ۴، شمارهٔ ۱، بهار ۱۳۹۶، ص ۲۷۴-۲۵۹

شناسایی منابع آب‌های گرم زیرزمینی برای تأمین گرمایش و آبیاری گلخانه‌های کشاورزی در استان آذربایجان شرقی

امیرحسین میرآبادی[۱]، یونس نوراللهی[۲*]، مرتضی الماسی[۳]

۱. دانشجوی دکتری دانشکدهٔ کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران

۲. دانشیار دانشکدهٔ علوم و فنون نوین دانشگاه تهران

۳. استاد دانشکدهٔ کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران

(تاریخ دریافت ۱۳۹۵/۰۲/۰۳؛ تاریخ تصویب ۱۳۹۵/۸/۲۵)

چکیده

در این مطالعه برای تهیهٔ نقشهٔ مناطق مستعد احداث گلخانه در استان آذربایجان شرقی به‌منظور بهره‌گیری از انرژی زمین‌گرمایی، از سیستم اطلاعات جغرافیایی (ساج) به‌عنوان نرم‌افزار پشتیبان تصمیم‌گیری استفاده شده است. هدف از این مطالعه، تعیین مناطق پتانسیل‌دار انرژی زمین‌گرمایی در استان به‌عنوان پایهٔ مطالعات تکمیلی برای بهره‌برداری از انرژی طبیعی، پاک و سازگار با محیط زیست برای نیل به اهداف توسعهٔ پایدار در بخش کشاورزی است. پس از بررسی مطالعات انجام‌شده در کشورهای صاحب تکنولوژی اکتشاف و بهره‌برداری از انرژی زمین‌گرمایی، شواهد و مظاهر طبیعی سطحی‌ای تعیین شدند که نشان‌دهندهٔ وجود انرژی زمین‌گرمایی در اعماق هستند و می‌توانند به‌عنوان شاخص در مکان‌یابی مناطق دارای پتانسیل زمین‌گرمایی مناسب باشند. سپس اطلاعات و داده‌های موجود در استان با داده‌های مورد نیاز تطبیق داده و مدل مفهومی مکان‌یابی انرژی زمین‌گرمایی تهیه شد. برای تعیین مناطق پتانسیل‌دار زمین‌گرمایی لایه‌های اطلاعاتی در سه گروه به‌صورت موضوعی شامل زمین‌شناسی، ژئوشیمی و ژئوفیزیک طبقه‌بندی شدند. سپس این لایه‌ها با برنامه‌نویسی در محیط ساج با توجه به‌میزان اهمیت آنها در شناسایی منابع انرژی زمین‌گرمایی با هم تلفیق و مناطق دارای پتانسیل مشخص شدند. در نهایت، با اجرای مدل ساج، مساحت کل مناطق پتانسیل‌دار انرژی زمین‌گرمایی حدود ۲٤ درصد از کل مساحت استان انتخاب شد. این مناطق می‌توانند به‌عنوان مناطق دارای پتانسیل زمین‌گرمایی در آینده برای استفاده در گرمایش گلخانه‌ها و تأمین آب آبیاری استفاده شوند و با تلفیق لایه‌های اطلاعاتی عوامل مؤثر در مکان مناسب برای احداث گلخانه نقشهٔ نهایی تهیه شد.

کلیدواژگان: آذربایجان شرقی، انرژی زمین‌گرمایی، تأمین گرمایش، گلخانه، مکان‌یابی.

* نویسنده مسئول

Email: noorollahi@ut.ac.ir

Archive of SID

www.SID.ir

مقدمه

جهان امروز، جهان توسعهٔ اقتصادی و صنعتی است. روند این توسعه در طول دهه‌های اخیر شتاب بیشتری گرفته است. انرژی به‌عنوان مهم‌ترین کالای تجاری که بیشترین سهم را در تجارت جهان دارد برای فعالیت‌های بشر از اهمیت فراوانی برخوردار است. ایران به‌عنوان کشوری رو به رشد و دارای منابع انرژی غنی و گسترده و وجود مخازن بزرگ نفتی، معادن عظیم زیرزمینی و توان بالقوهٔ انرژی یکی از مصداق‌های الگوی رشد با فشار بر منابع طبیعی به‌شمار می‌رود.

بخش کشاورزی نیز یکی از بخش‌های مصرف‌کنندهٔ انرژی است. انرژی به‌عنوان نهادهٔ مصرفی در بخش کشاورزی اهمیت خاصی دارد. پس می‌توان گفت که یکی از نهاده‌های مهم و مؤثر در تولیدات کشاورزی، تأمین انرژی مورد نیاز است. بررسی مصرف انرژی در بخش کشاورزی، نشان می‌دهد طی سال‌های مختلف همراه با افزایش تولید و ارزش افزودهٔ مصرف انواع حامل‌های انرژی شامل فرآورده‌های نفتی و برق، افزایش یافته است. بخش انرژی همچنین سهم شایان توجهی از کل هزینه‌های تولید را نیز به خود اختصاص داده است. از آنجا که در تولید پایدار محصولات کشاورزی، توجه به نهاده‌ها و بهینه‌سازی مصرف آنها می‌تواند کارکردی اساسی داشته باشد، یافتن روشی برای حذف و یا کاهش تأمین انرژی از منابع ناپایدار (سوخت‌های فسیلی) و ناسازگار با محیط زیست می‌تواند گام مؤثری در جهت رسیدن به هدف پایداری در تولید محصولات باشد.

دسترسی مناسب و آسان به انرژی، موتور رشد، توسعه و پیشرفت کشورها است و تصمیم‌گیری و برنامه‌ریزی دولت‌ها در این زمینه، تأثیرات مستقیمی بر زندگی مردم و جامعه دارد. هم اکنون محدودیت و گرانی سوخت‌های فسیلی، بحران زیست‌محیطی و آلودگی ناشی از آنها جست‌وجوی منابع انرژی تجدیدپذیر را به موضوعی پراهمیت تبدیل کرده است. ارتقای کیفیت زندگی و رونق کار و اشتغال در روستاها می‌تواند به‌طور عمیقی تحت تأثیر بحران‌های انرژی و قیمت آن قرار گیرد. با توجه به اینکه توسعهٔ روستایی به سرمایه‌گذاری در بخش‌های صنعت، کشاورزی و خدمات روستایی نیاز دارد، تأمین انرژی ارزان و پایدار بخش‌های یادشده نیازی ضروری است. از آنجا که یکی بخش‌های جذاب تولید محصولات کشاورزی مربوط به گلخانه‌های کشاورزی است و روزبه‌روز نیز بر تعداد آنها افزوده می‌شود، بنابراین تأمین انرژی مورد نیاز این بخش از منابع پایدار و ارزان می‌تواند کارکرد مؤثری در توسعهٔ گلخانه‌ها و به‌تبع آن توسعهٔ کشاورزی ایفا کند. از طرف دیگر، کشور ایران از منابع و نیروی انسانی فراوان و شرایط استثنایی برای تجدید نظر در زمینهٔ الگوی مصرف انرژی و استفاده انرژی‌های پایدار دارد و تکیه بر فناوری انرژی‌های تجدیدپذیر به‌صورت نیروگاهی و حرارتی رویکردی اجتناب‌ناپذیر برای توسعه، به‌خصوص در توسعهٔ مناطق روستایی است [۱].

انرژی زمین‌گرمایی به‌عنوان یک منبع عظیم و لایزال انرژی، یکی از منابع انرژی‌های تجدیدپذیر است که بر خلاف سایر منابع تجدیدپذیر، منشأ انرژی پایداری است که به‌طور شبانه‌روزی و در تمام طول سال قابل بهره‌برداری است، در حالی که سایر منابع انرژی‌های نو و فصلی به زمان و شرایط خاص وابسته‌اند [۲]. در این میان، علاوه بر تولید برق توسط منابع زمین‌گرمایی، در بسیاری موارد استفادهٔ مستقیم از انرژی به‌دست‌آمده از این منابع مد نظر است. اگرچه استفادهٔ مستقیم از دمای زمین‌گرمایی ریشه در تاریخ هزاران‌ساله دارد، امروزه منابع با دمای کم و متوسط زمین‌گرمایی (۲۰ تا ۱۵۰ درجهٔ سانتی‌گراد) منبع انرژی نسبتاً ارزان و عاری از آلودگی را برای استفاده‌های مستقیم فراهم می‌کنند [۳]. کاربردهای فراوانی در استفادهٔ مستقیم از انرژی زمین‌گرمایی وجود دارد که ازجملهٔ مهم‌ترین آنها کاربرد در کشاورزی است. بدین‌منظور از پتانسیل این منبع انرژی می‌توان در تأمین گرمایش و آب گرم مورد نیاز گلخانه‌ها سود جست؛ به‌طوری که با استفاده از دمای به‌دست‌آمده از آب‌های منابع زمین‌گرمایی، می‌توان به گرمایش گلخانه‌ها پرداخت و پس از استحصال گرمای آب، با ذخیره‌سازی آب‌ها در استخرها، از آن برای آبیاری استفاده کرد [۴]. در نتیجه، با کاهش هزینه‌های انرژی مصرفی که سهم مهمی از هزینه‌های تولید را شامل می‌شوند به اقتصاد پایدار این بخش کمک خواهد شد. از این‌رو، یافتن مناطق دارای پتانسیل انرژی زمین‌گرمایی با هدف ایجاد مجتمع‌های گلخانه‌ای و ارائهٔ یک نقشه برای هر منطقه می‌تواند راه‌گشای تصمیم‌گیران این حوزه قرار گیرد.

استفاده از انرژی زمین‌گرمایی در بخش کشاورزی و به‌ویژه گلخانه‌ها سال‌ها است که در بسیاری از کشورهای

Archive of SID

www.SID.ir

دنیا مورد توجه جدی قرار گرفته است و می‌تواند تأثیر زیادی در اقتصاد کشورهای در حال توسعه داشته باشد. در سال ۲۰۱۵، حدود ۷۳ کشور به‌طور مستقیم از انرژی زمین‌گرمایی استفاده کرده‌اند؛ بخش مهمی از این انرژی در بخش کشاورزی مصرف شده است. طی ۲۵ سال گذشته، گرمایش گلخانه‌ها رایج‌ترین نوع استفاده از انرژی زمین‌گرمایی در بخش کشاورزی بوده است و این امر، در بسیاری از کشورهای اروپایی برای تولید محصولات گلخانه‌ای در طول سال استفاده شده است [۳]. جدول ۱ روند رو به رشد استفادهٔ مستقیم از انرژی زمین‌گرمایی در گرمایش گلخانه‌ها در جهان را نشان می‌دهد، اما در کشور ایران، به‌رغم وجود پتانسیل بسیار زیاد، از این امر غفلت شده است و با مطرح‌شدن موضوع آزادسازی قیمت حامل‌های انرژی، بخش کشاورزی با آسیب‌های جدی مواجه شده و خواهد شد. بنابراین، انجام تحقیق پیشنهادی می‌تواند زمینه‌ساز توسعهٔ فناوری کاربرد حرارتی انرژی زمین‌گرمایی در بخش کشاورزی و برطرف کردن بخشی از دغدغه‌های فعالان این بخش باشد.

در زمینهٔ پتانسیل‌سنجی منابع زمین‌گرمایی تحقیقات متعددی در سال‌های گذشته انجام شده است. در سال ۱۹۹۸، پرول- لزوماً از نرم‌افزار ساج برای اکتشاف منابع انرژی زمین‌گرمایی در مکزیک استفاده کرد. در آن مطالعه برای تعیین دقیق محل مخزن از داده‌های مطالعات ژئوفیزیک و زمین‌شناسی استفاده شد و امروزه این میدان با نام Los Azufres از معروف‌ترین میدان‌های زمین‌گرمایی این کشور است [۵]. در سال ۲۰۰۲، کول باگ از دانشگاه نوادا امریکا در ارزیابی میزان انرژی زمین‌گرمایی و پروژه‌های اکتشاف منطقه‌ای در میدان Great Basin امریکا از نرم‌افزار ساج استفاده کرد. در این مطالعه هدف اولیهٔ نشان‌دادن ارتباط بین انرژی زمین‌گرمایی با ساختارهای زمین‌شناسی، مطالعات ژئوشیمیایی و داده‌های ژئوفیزیکی بود [۶]. در سال ۲۰۰۵ نوراللهی در پروژهٔ مطالعات اکتشافی در میدان زمین‌گرمایی Namafjall در شمال کشور ایسلند از نرم‌افزار ساج به‌طور گسترده استفاده کرد. در این پروژه بهترین محل برای حفاری چاه‌های زمین‌گرمایی و احداث نیروگاه زمین‌گرمایی در ناحیهٔ Bjarnarflag با استفاده از نرم‌افزار ساج انتخاب شد. در این پروژه که در دانشگاه سازمان ملل انجام شد دادگان‌های زمین‌شناسی، ژئوشیمیایی، ژئوفیزیکی و زیست‌محیطی استفاده شد [۷].

برای استفاده از انرژی زمین‌گرمایی در گرمایش و تأمین آب برای آبیاری گلخانه‌ها از سیستم اطلاعات جغرافیایی به‌عنوان نرم‌افزار پشتیبان تصمیم‌گیری برای شناسایی مناطق پتانسیل‌دار انرژی زمین‌گرمایی و مناطق مستعد برای احداث گلخانه در استان آذربایجان شرقی استفاده شده است. هدف از این مطالعه تعیین مناطق پتانسیل‌دار انرژی زمین‌گرمایی در استان به‌عنوان پایهٔ مطالعات تکمیلی برای بهره‌برداری از انرژی طبیعی، پاک و سازگار با محیط زیست برای نیل به اهداف توسعهٔ پایدار در بخش کشاورزی است. پس از بررسی مطالعات انجام‌شده در مقالات و مطالعات متعدد در زمینهٔ انرژی زمین‌گرمایی، شواهد و مظاهر طبیعی سطحی‌ای تعیین شدند که نشان‌دهندهٔ وجود انرژی زمین‌گرمایی در اعماق هستند و می‌توانند به‌عنوان شاخص در مکان‌یابی مناطق پتانسیل‌دار باشند. سپس اطلاعات و داده‌های موجود در منطقه با داده‌های مورد نیاز تطبیق داده و مدل مفهومی مکان‌یابی انرژی زمین‌گرمایی تهیه شد.

منطقهٔ مطالعه‌شده

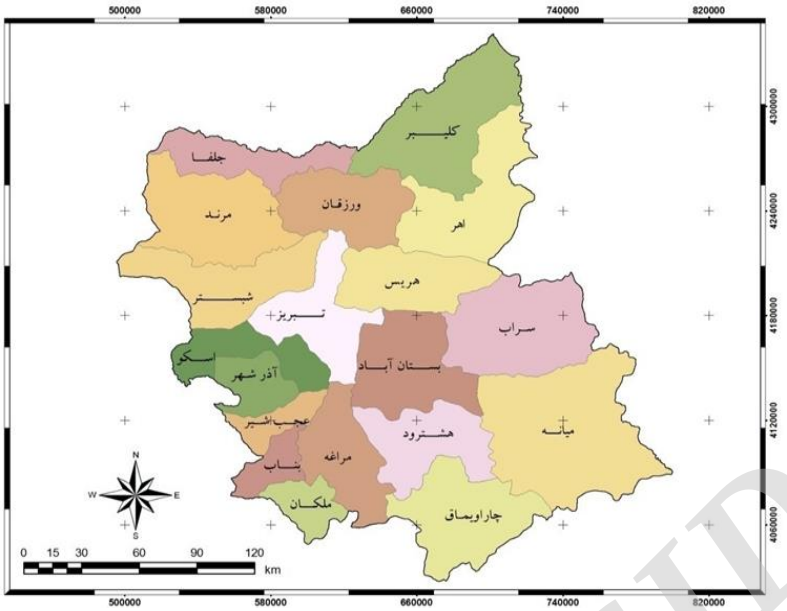
منطقهٔ مطالعه‌شده در این تحقیق استان آذربایجان شرقی است. این استان در شمال غرب کشور و بین مدارهای ۳۶ درجه و ۴۵ دقیقه تا ۳۹ درجه و ۲۶ دقیقهٔ عرض شمالی و نصف‌النهارهای ۴۵ درجه و ۵ دقیقه تا ۴۸ درجه و ۲۲ دقیقهٔ طول شرقی جای گرفته است. مدارهای ′۵، ۰٫۴۵ و ′۲۲، ۰٫۳۶ منتهی‌الیه غربی و شرقی مختصات جغرافیایی این استان را مشخص می‌کند (شکل ۱).

جدول ۱. روند مصرف مستقیم انرژی زمین‌گرمایی در گرمایش گلخانه‌ها در جهان (سال‌های ۱۹۹۵-۲۰۱۰) [۳]

سال	۱۹۹۵	۲۰۰۰	۲۰۰۵	۲۰۱۰
ظرفیت (مگاوات حرارتی)	۱۰۸۵	۱۲۴۶	۱۴۰۴	۱۵۴۴
مصرف انرژی (تراژول در سال)	۱۵۷۴۲	۱۷۸۶۴	۲۰۶۶۱	۲۳۲۶۴

Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۱. نقشهٔ مرزهای سیاسی شهرستان‌های استان آذربایجان شرقی

در سطح استان پوشش‌های گیاهی جلگه‌ای، دره‌ای، کوهستانی و جنگلی به چشم می‌خورند. دامنهٔ ارتفاعات استان مملو از گیاهان و پوشش گیاهی غنی برای چرای دام‌هاست.

شرایط آب و هوایی، ویژگی‌های خاک و فراوانی آب، آذربایجان شرقی را به منطقه‌ای مناسب و مستعد برای کشاورزی و زراعت تبدیل کرده است. در این سرزمین وسیع، محصولاتی نظیر گندم، جو، برنج، حبوبات، سبزیجات، صیفی‌جات، نباتات صنعتی، محصولات علوفه‌ای، انواع محصولات باغی، پیاز، سیب‌زمینی و خشکبار به‌دست می‌آیند که برخی از آنها به خارج از منطقه و کشور نیز صادر می‌شوند.

آب و هوای آذربایجان شرقی به‌طور کلی سرد و خشک است، ولی به‌علت تنوع توپوگرافیکی اقلیم‌های متفاوتی دارد. این استان همواره تحت تأثیر بادهای سرد شمالی و سیبری و بادهای مرطوب دریای سیاه و مدیترانه و اقیانوس اطلس قرارگرفته است؛ به علاوه، بادهای محلی نیز تحت تأثیر شرایط طبیعی استان از سوی کوهستان‌های بلند و دریاچه‌های ارومیه و خزر به سوی دشت‌ها و جلگه‌ها می‌وزند. آذربایجان شرقی منطقه‌ای سردسیر و کوهستانی است و از لحاظ تقسیم‌بندی‌های اقلیمی جزء مناطق نیمه‌خشک به حساب می‌آید و میانگین بارندگی سالیانهٔ آن ۲۵۰ تا ۳۰۰ میلی‌متر است.

ارزیابی معیارها و شاخص‌ها برای شناسایی مناطق مستعد زمین‌گرمایی

مناطق دارای پتانسیل زمین‌گرمایی به‌طور طبیعی شواهد و شاخص‌هایی در سطح زمین دارند که از جملهٔ آنها می‌توان به چشمه‌های آب گرم، گازفشان‌ها، گل‌فشان‌ها، سنگ‌های دگرسانی اسیدی و.. اشاره کرد که بیانگر وجود منابع انرژی زمین‌گرمایی در اعماق هستند. در پروژه‌های شناسایی انرژی زمین‌گرمایی از این شاخص‌ها برای مکان‌یابی‌های اولیه استفاده می‌شود و سپس از مطالعات دقیق‌تر و تکنیک‌های پیشرفته‌تر برای ارزیابی مخزن و میزان انرژی قابل استحصال بهره می‌گیرند.

همچنین برای شناسایی مناطق مناسب برای احداث گلخانه‌های کشاورزی نیز پارامترهای بسیاری دخیل هستند که قابلیت اقتصادپذیری سیستم را افزایش می‌دهند. عوامل پارامترهای تأثیرگذار بر این مکان‌یابی در بخش‌های بعدی این مقاله بررسی خواهد شد.

امروزه در دنیا برای تعیین مکان‌های مناسب از همهٔ اطلاعات و شواهد موجود و تأثیرگذار استفاده می‌شود و به‌دلیل حجم زیاد اطلاعات و داده‌ها، استفاده از مدل‌های کامپیوتری برای تلفیق داده‌ها ضرورتی اجتناب‌ناپذیر است و میزان خطای انسانی برای تجزیه و تحلیل داده‌ها را کاهش می‌دهد. بنابراین، در این مطالعه از نرم‌افزار ArcGIS برای تجزیه و تحلیل اطلاعات استفاده شده است چرا که برای

Archive of SID

www.SID.ir

مقیاس‌های بزرگ، این نرم‌افزار در امر مکان‌یابی و ترکیب داده‌ها و تلفیق نقشه‌ها و کاهش هزینه‌های مطالعات بسیار تواناست. بدین‌ترتیب، ابتدا در محیط نرم‌افزار برنامه‌نویسی لازم برای مراحل مختلف پروژهٔ پتانسیل‌سنجی انرژی زمین‌گرمایی و شناسایی مناطق مناسب برای احداث گلخانه انجام شده و مدلی مفهومی تفصیلی طراحی می‌شود. سپس اطلاعات موجود به‌صورت رقومی در این مدل قرار داده می‌شود تا نتایج تدوین شود.

بعد از بررسی داده‌های موجود در کشور و تطبیق آنها با لایه‌های مورد نیاز برای پتانسیل‌سنجی تعدادی دادگان (Dataset) یا (گروه داده) اصلی برای مدل تعریف شد که هریک از دادگان‌ها شامل تعدادی لایهٔ اطلاعاتی هستند. در این مقاله ابتدا مناطق مستعد برای انرژی زمین‌گرمایی شناسایی می‌شود. سپس در این مناطق شرایط مناسب احداث گلخانه‌های کشاورزی جست‌وجو شده و مناطق منطبق بر معیارهای احداث گلخانه انتخاب می‌شود.

برای تعیین مناطق پتانسیل‌دار زمین‌گرمایی لایه‌های اطلاعاتی در سه گروه به‌صورت موضوعی شامل زمین‌شناسی، ژئوشیمی و ژئوفیزیک طبقه‌بندی شدند. سپس این لایه‌ها با برنامه‌نویسی در محیط نرم‌افزار با توجه به‌میزان اهمیت آنها در شناسایی منابع انرژی زمین‌گرمایی با هم تلفیق و مناطق دارای پتانسیل مشخص شدند.

در این بخش لایه‌های شاخص رقومی، مشخصات آنها و معیارهای (اندازهٔ Buffer) ایجادشده برای آماده‌سازی و تهیهٔ نقشه‌های فاکتور استفاده‌شده در مدل برای تعیین مناطق پتانسیل‌دار، توضیح داده شده است. در ادامه شاخص‌هایی که در این مطالعه استفاده شده‌اند به‌همراه نقشهٔ آنها نشان داده شده است. کل داده‌های به‌کاررفته در این مطالعه شامل سه دادگان (Dataset) به شرح زیر است:

- دادگان زمین‌شناسی شامل شاخص‌های سنگ‌های آتشفشانی، دهانه‌های آتشفشانی، گل‌فشان‌ها و گسل‌ها؛
- دادگان ژئوشیمیایی شامل چشمه‌های آبگرم و سنگ‌های دگرسان اسیدی؛
- دادگان ژئوفیزیکی شامل زمین‌لرزه‌ها کوچک و بزرگ و مغناطیس‌سنجی هوایی.

عوامل و پارامترهای زمین‌شناسی

سنگ‌های آتشفشانی

بررسی میدان‌های زمین‌گرمایی در دنیا نشان داده است که در اغلب آنها سنگ‌های آتشفشانی به‌وفور یافت می‌شوند به‌بیانی در اغلب مناطق مستعد دارای منابع زمین‌گرمایی سنگ‌های آتشفشانی توزیع سطحی وسیعی دارند. بنابراین، وجود سنگ‌های آتشفشانی در یک منطقه می‌تواند گواه و شاخصی بر وجود فعالیت‌های آتشفشانی در گذشته و دلیلی بر احتمال تشکیل منابع زمین‌گرمایی در عمق باشد (در صورت وجود عوامل دیگر برای تشکیل منابع زمین‌گرمایی).

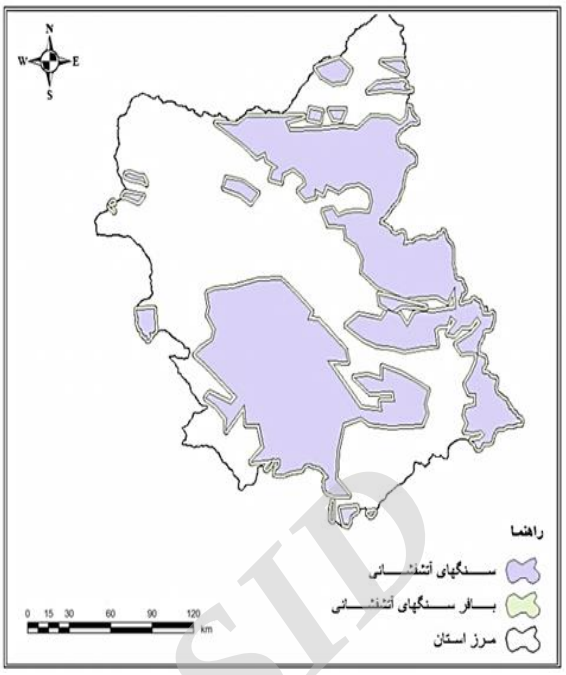
این سنگ‌ها در ایران در امتداد دو رشته‌کوه البرز و زاگرس کشیده شده‌اند و همچنین در اطراف کوه‌های آتشفشانی شرق کشور دیده می‌شوند. نگاهی به نقشهٔ سنگ‌های آتشفشانی استان (شکل ۲) نشان می‌دهد که مساحت پوشیده‌شده با سنگ‌های آتشفشانی حدود ۳۹۴۳۸ مترمربع است. در این مطالعه برای تهیهٔ «نقشهٔ فاکتور» مورد نیاز برای مدل، بافر سه‌کیلومتری در اطراف سنگ‌های آتشفشانی ایجاد شده است [۸]. شکل ۲ نقشهٔ سنگ‌های آتشفشانی به‌همراه بافر آن را نشان می‌دهد.

دهانه‌های آتشفشانی

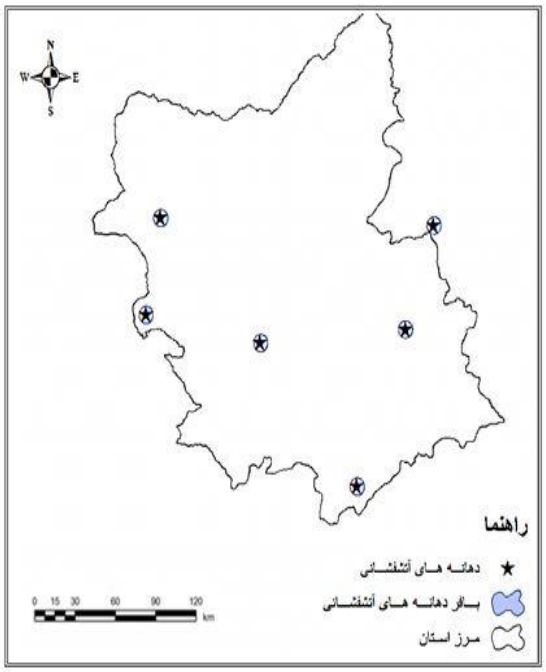
بیشتر دمای لازم برای انرژی زمین‌گرمایی از ماگمای درون زمین نشئت می‌گیرد. از نظر زمین‌شناسی این انرژی بیشتر در مناطقی است که دهانه‌های آتشفشانی فعال یا غیرفعال جوان دارند که هنوز در حال تبادل انرژی با لایه‌های زمین‌شناسی اطراف هستند. بنابراین، دهانه‌های آتشفشانی می‌توانند به‌عنوان منبع حرارتی میدان‌های زمین‌گرمایی محسوب شوند و حضور آنها می‌تواند شاهد و شاخصی برای وجود این انرژی باشد. در این مطالعه حضور دهانه‌های آتشفشانی به‌عنوان یکی از لایه‌های شاخص در دادگان زمین‌شناسی در نظر گرفته شده است. در حال حاضر شش دهانهٔ آتشفشانی در نقشهٔ تهیه‌شده توسط سازمان نقشه‌برداری کشور دیده می‌شود (شکل ۳). در این مطالعه با استفاده از نرم‌افزار ساج، بافری پنج‌کیلومتری [۸] در اطراف این دهانه‌ها ایجاد و نقشهٔ فاکتور مورد نیاز در مدل تهیه شده است که می‌توان گفت احتمال حضور منابع زمین‌گرمایی در مناطق بیشتر از مناطق دیگر است.

Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۲. نقشهٔ سنگ‌های آتشفشانی به‌همراه مناطق انتخاب‌شده



شکل ۳. دهانه‌های آتشفشانی موجود در استان

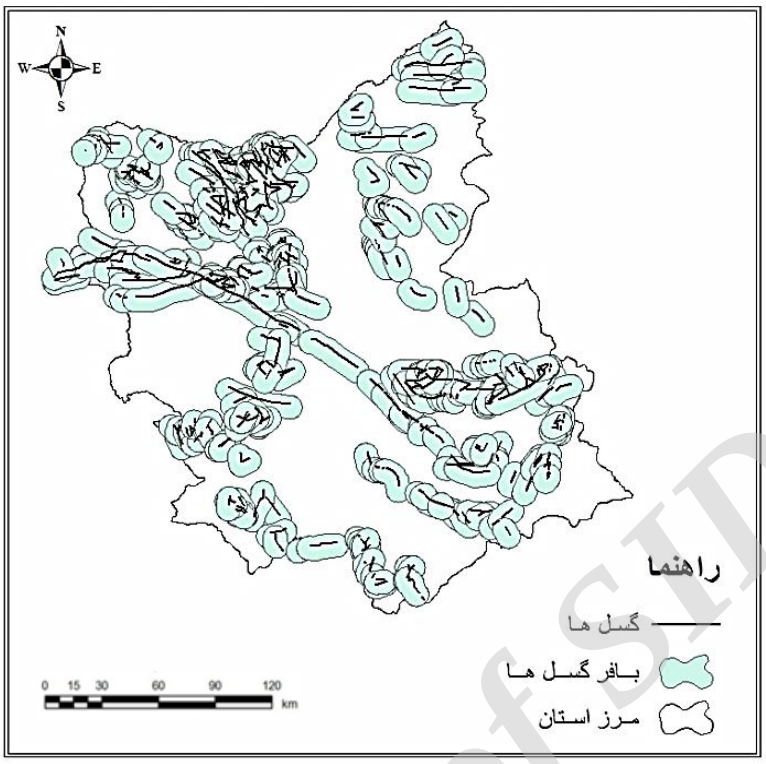
گسل‌ها و شکستگی‌ها

یکی از شواهد مهم حضور انرژی زمین‌گرمایی در یک منطقه وجود گسل‌ها و شکستگی‌ها است چراکه گسل‌ها در ایجاد جریان آب‌های زیرزمینی، شارژ و پایداری مخازن تأثیر بسزایی دارند. امروزه در دنیا تأثیر مهم گسل‌ها در توسعه و پایداری مخازن زمین‌گرمایی و حتی نفت به‌خوبی شناخته شده است. هانون در سال ۲۰۰۰ میلادی اثر گسل‌ها بر خصوصیات طبیعی، جریان سیال و هدایت حرارت در مخازن زمین‌گرمایی را بررسی و نتیجه‌گیری کرده است که گسل‌ها تأثیر تراوایی ثانویه در مخازن زمین‌گرمایی دارند. تراوایی ثانویهٔ مهم‌ترین تأثیر را در انتقال سیال در بیشتر میدان‌های زمین‌گرمایی دنیا به عهده دارد [۹]. بلویت در سال ۲۰۰۳ با بررسی محل قرارگرفتن نیروگاه‌های زمین‌گرمایی و چاه‌های تولیدی در میدان زمین‌گرمایی Great Basin در آمریکا ثابت کرد که محل قرارگرفتن نیروگاه‌های زمین‌گرمایی با گسل‌ها و شکستگی‌های درونی زمین تطابق دارد. بنابراین، بیان کرد که جریان سیال زمین‌گرمایی در لایه‌های زمین‌شناسی توسط گسل‌ها و شکستگی‌ها کنترل می‌شود [۱۰].

نوراللهی و همکارانش در سال ۲۰۰۷ میلادی با مطالعه روی ۴۳۰ چاه زمین‌گرمایی در دو استان شمالی ژاپن نتیجه‌گیری کردند که بیش از ۹۵ درصد چاه‌های تولیدی در میدان‌های زمین‌گرمایی در فاصلهٔ حداکثر شش‌کیلومتری از گسل‌ها قرار دارند [۸]. بنابراین، در مطالعهٔ مکان‌یابی مناطق پتانسیل‌دار انرژی زمین‌گرمایی در این استان نیز از وجود گسل‌ها به‌عنوان شاهدی برای وجود منابع زمین‌گرمایی استفاده شد. در کل، محدودهٔ استان در مقیاس ۱:۲۵۰،۰۰۰ حدود ۳۳۶ گسل مشخص شد. شکل ۴ نقشهٔ گسل‌ها و شکستگی‌ها در استان آذربایجان شرقی است که یک بافر شش‌کیلومتری نیز اطراف این گسل‌ها ایجاد شده و نقشهٔ فاکتور مربوط به آن تهیه شده و در مدل مکان‌یابی استفاده شده است. مناطق انتخاب‌شده در این نقشه مناطقی هستند که از منظر گسل‌ها و شکستگی‌ها می‌توانند مناطق پتانسیل زمین‌گرمایی داشته باشند و احتمال حضور منابع آب‌های گرم زیرزمینی در این مناطق زیاد است.

Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۴. نقشهٔ گسل‌ها و شکستگی‌های استان که با اعمال پارامتر مکانی به نقشهٔ فاکتور تبدیل شده است

گل‌فشان‌ها

گل‌فشان‌ها ترکیب آب و خاکسترهای آتشفشانی هستند که به‌صورت گل‌داغ جوشان از زمین نمود دارند. گل‌فشان‌ها ممکن است در زمان فعالیت آتشفشان تشکیل شوند و مثل ماگما جریان یابند. وجود گل‌فشان در یک منطقه می‌تواند دلیلی بر وجود منبع حرارتی در عمق باشد که در سطح زمین به‌صورت یادشده دیده می‌شود. در استان آذربایجان شرقی هیچ‌گونه گل‌فشانی مشاهده نشده است، بنابراین از این معیار استفاده نشد.

عوامل و پارامترهای ژئوشیمی

روش‌های مختلف ژئوشیمیایی به‌صورت گسترده‌ای در اکتشافات اولیه و تکمیلی میدان‌های زمین‌گرمایی و توسعهٔ میدان استفاده می‌شوند. در این مطالعه که هدف از آن مشخص‌کردن مناطق دارای پتانسیل انرژی زمین‌گرمایی در استان آذربایجان شرقی است در دادگان ژئوشیمی از دو لایهٔ مهم اطلاعاتی شامل چشمه‌های آب گرم با دمای بیش از ۲۵ درجهٔ سانتی‌گراد و لایهٔ سنگ‌های دگرسان‌شدهٔ اسیدی استفاده شده است.

چشمه‌های آب گرم

تقریباً در همهٔ مناطق پتانسیل‌دار دنیا مهم‌ترین شاخص انرژی زمین‌گرمایی وجود چشمه‌های آب گرم است. در واقع چشمه‌های آب گرم شاهدی برای وجود منبع حرارتی در منطقه هستند و دمای چشمه‌های مد نظر رابطهٔ مستقیمی با میزان دمای منبع دارد. می‌توان ادعا کرد مناطقی که در آن چشمه‌های آب گرم در سطح زمین دیده می‌شوند، مناطق با پتانسیل انرژی زمین‌گرمایی هستند چراکه در این مناطق احتمال وجود منبع حرارتی بسیار بیشتر از سایر مناطق است. در یک مطالعه در کشور ژاپن [۸] نشان داده شده است که همهٔ چاه‌های زمین‌گرمایی حداکثر در فاصلهٔ چهارکیلومتری از چشمه‌های آب گرم قرار دارند. بنابراین، در مطالعهٔ حاضر نقشهٔ چشمه‌های آب گرم استان به‌عنوان شاخص انرژی زمین‌گرمایی در نظر گرفته شد.

به‌طور کلی، چشمه‌های آب گرم در ایران در همه‌جای کشور پراکنده شده‌اند که بیشترین آنها در شمال غرب کشور و همچنین بیشترین دما مربوط به چشمهٔ آب گرم قینرجه در جنوب شهرستان مشکین‌شهر در ناحیهٔ

Archive of SID

www.SID.ir

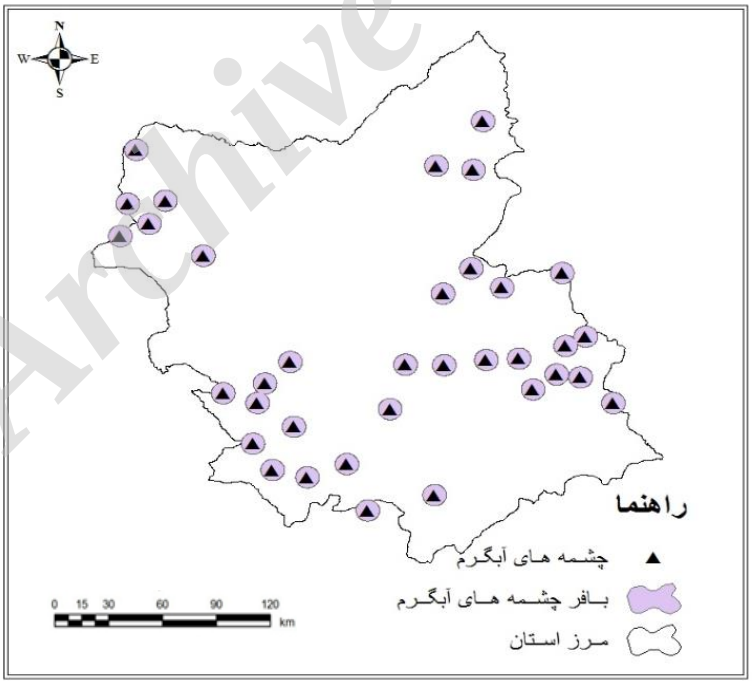
زمین‌گرمایی سبلان واقع شده است. در مدل تهیه‌شده برای چشمه‌های آب گرم ابتدا نقشهٔ چشمه‌های آب گرم ایجاد و سپس بافری چهارکیلومتری در اطراف چشمه‌ها ایجاد و نقشهٔ فاکتور تهیه‌شده در مدل مکان‌یابی استفاده شد. شکل ۵ نقشهٔ توزیع مکانی چشمه‌های آب گرم در استان آذربایجان شرقی را نشان می‌دهد.

سنگ‌های دگرسانی اسیدی

پراکنش سنگ‌های دگرسان‌شده در یک منطقه می‌تواند شاخصی برای حضور منابع انرژی زمین‌گرمایی باشد. به‌بیان دیگر، احتمال وجود منابع زمین‌گرمایی در مناطقی که سنگ‌های دگرسانی به‌وفور یافت می‌شوند بسیار بیشتر از مناطق دیگر است چراکه عمل دگرسان‌شدن سنگ‌ها و تغییر در ترکیب کانی‌ها توسط آب‌های گرم صورت می‌پذیرد و این عمل می‌تواند دلیلی برای وجود منبع حرارتی و سیال در یک منطقه باشد.

ساختار زمین‌شناسی و نوع کانی‌های سنگ‌های دگرگون‌شده در مناطق زمین‌گرمایی توسط وضعیت فیزیکی و شیمیایی سیستم حرارتی تعیین می‌شود. به‌طوری که مقدار، فراوانی، و پایداری کانی‌های سنگ‌های دگرگون‌شده به دما، فشار، نوع سنگ، نفوذپذیری، و ترکیب شیمیایی سیال بستگی دارد. بنابراین، تجزیه و تحلیل مکان و نوع سنگ‌های دگرسان‌شده می‌تواند اطلاعات رخ‌دادهای منابع زمین‌گرمایی را در گذشته و حال در اختیار محققان قرار دهد [۱۱].

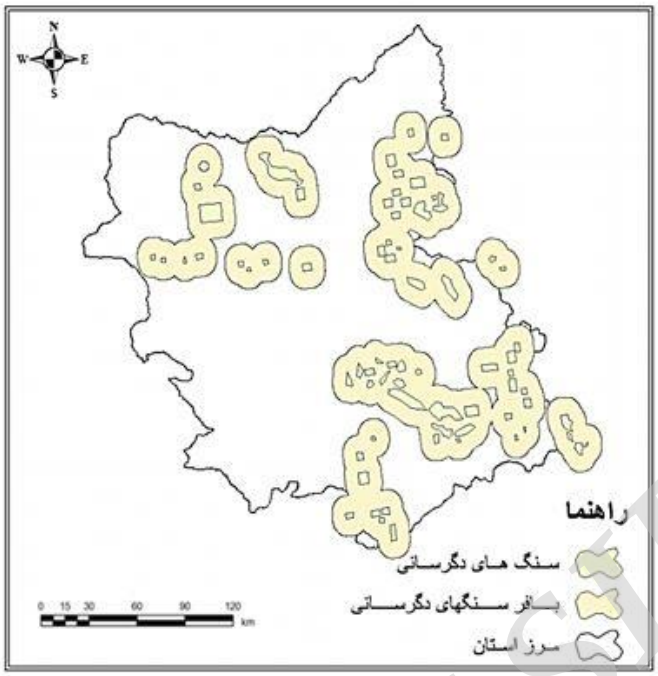
مطالعات نشان می‌دهد بیش از ۹۰ درصد چاه‌های زمین‌گرمایی ژاپن درون محدوده یا حداکثر تا فاصلهٔ سه‌کیلومتری از حاشیهٔ سنگ‌های دگرگونی قرار دارند [۸]. در ایران بیشترین فراوانی سنگ‌های دگرگونی در شمال غرب، مرکز و شرق ایران دیده می‌شود. حدود ۱۸۰۳ کیلومترمربع از کل استان توسط سنگ‌های دگرگونی پوشیده شده است (شکل ۶). برای افزایش ضریب اطمینان در انتخاب مناطق پتانسیل‌دار استان و اهمیت دادگان ژئوشیمیایی، در این مطالعه بافر پنج‌کیلومتری در اطراف سنگ‌های دگرسان‌شده ایجاد شده و سپس نقشهٔ فاکتور تهیه‌شده در مدل تلفیقی پتانسیل‌سنجی وارد شده است.



شکل ۵. نقشهٔ چشمه‌های آب گرم و محدودهٔ مستعد انتخاب‌شده

Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۶. نقشهٔ سنگ‌های دگرسانی و مناطق مستعد انتخاب‌شده برای ارزیابی منابع

ژئوفیزیک

استفاده از روش‌های ژئوفیزیکی در اکتشاف منابع زمین‌گرمایی بسیار متداول و موفقیت‌آمیز بوده است. در مکان‌یابی مکان‌های با پتانسیل انرژی زمین‌گرمایی اطلاعات ژئوفیزیکی متعددی می‌توانند استفاده شوند، ولی دسترسی به این اطلاعات و دردسترس‌بودن آنها برای کل استان در این مطالعه امکان‌پذیر نیست.

در مطالعهٔ حاضر براساس اطلاعات قابل دسترس کشور زمین‌لرزه‌های کوچک (کمتر از ۴ ریشتر) زلزله‌های بزرگ (بیشتر از ۶ ریشتر) و داده‌های مغناطیس‌سنجی هوایی که به شناسایی سنگ‌های آتشفشانی نفوذی منجر می‌شود به‌عنوان شاخص در دادگان ژئوفیزیک استفاده شده است.

زمین‌لرزه‌های بزرگ

بررسی عمق زلزله‌های بزرگ و محل رخداد آنها برای تهیهٔ نقشهٔ شکستگی‌ها و گسل‌ها و مسیر حرکت آب‌های زیرزمینی داخل مخزن استفاده می‌شود و از طرفی اغلب سیستم‌های زمین‌گرمایی در طول صفحات تکتونیک جایی قرار دارند که مرکز زمین‌لرزه‌های بزرگ است [۱۲].

زمین‌لرزه‌های کوچک

مطالعات نشان می‌دهند زمین‌لرزه‌های کوچک در میدان‌های زمین‌گرمایی به‌مراتب بیشتر از مناطق دیگر رخ می‌دهند و همچنین محل رخ‌دادن زمین‌لرزه‌های کوچک با محل‌هایی مطابقت دارد که از نظر ساختار زمین‌شناسی اجازهٔ حرکت به آب‌های زیرزمینی را می‌دهند [۱۳]. همین‌طور طبیعت زمین‌لرزه‌های مناطق زمین‌گرمایی متفاوت و بزرگی آنها زیاد نیست در حالی که در خارج از مناطق زمین‌گرمایی زلزله‌هایی با بزرگی بیشتر و عمیق‌تر رخ می‌دهد [۱۲]. بنابراین، زمین‌لرزه‌های کوچک می‌توانند به‌عنوان شاخص و نشان‌دهندهٔ انرژی زمین‌گرمایی در نظر گرفته شوند.

در این مطالعه زمین‌لرزه‌های ثبت‌شده در استان بررسی و استفاده شد (شکل ۷). برای تهیهٔ نقشهٔ فاکتور این لایه ابتدا زمین‌لرزه‌های کوچک‌تر از ۴ ریشتر انتخاب و در اطراف آنها بافر پنج‌کیلومتری ایجاد و سپس در مدل استفاده شد.

مغناطیس‌سنجی هوایی

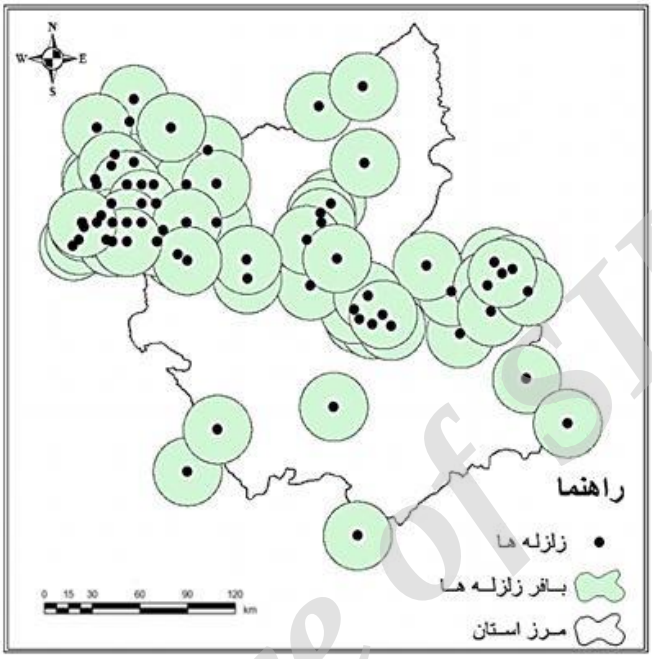
سنگ‌های آتشفشانی نفوذی به سنگ‌های آتشفشانی‌ای گفته می‌شود که به‌صورت لایهٔ نفوذی در ساختارهای زمین‌شناسی در نزدیکی سطح زمین به‌آرامی سرد شده‌اند. این لایه توسط مغناطیس‌سنجی هوایی قابل شناسایی است. در بعضی میدان‌های زمین‌گرمایی لایه‌های نفوذی جوان به‌عنوان منبع حرارتی مستقیم عمل می‌کنند، بنابراین موقعیت و فراوانی این سنگ‌ها می‌تواند دلیلی بر وجود انرژی زمین‌گرمایی باشد. به‌بیانی احتمال تشکیل

Archive of SID

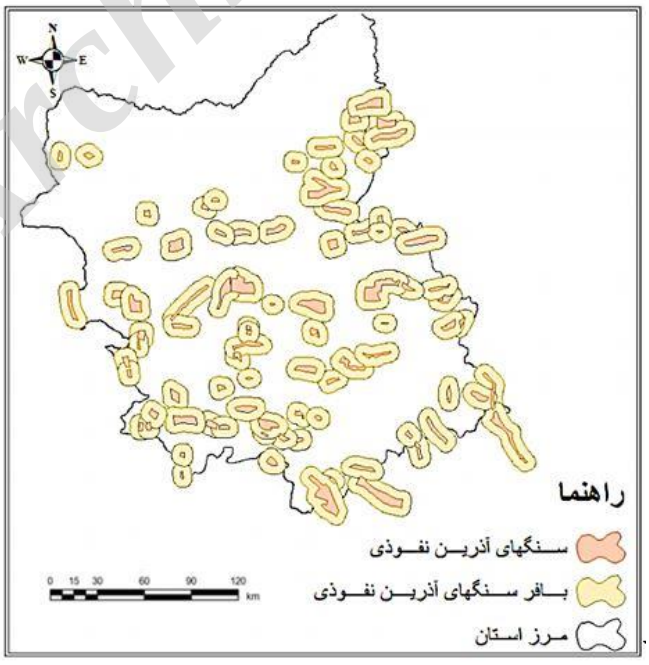
www.SID.ir

منابع زمین‌گرمایی در مناطق حاوی سنگ‌های نفوذی کم‌عمق بیشتر از سایر مناطق است. در این مطالعه لایهٔ سنگ‌های آتشفشانی نفوذی به‌دلیل اینکه با روش‌های ژئوفیزیکی قابل تشخیص است به‌عنوان یکی از شاخص‌های دادگان ژئوفیزیک در نظر گرفته شده است.

این نقشه توسط سازمان نقشه‌برداری کشور در سال ۱۳۸۳ تهیه و منتشر شده است. برای تهیهٔ نقشهٔ فاکتور این لایه بافر پنج‌کیلومتری اطراف عوارض ایجاد و سپس در مدل مکان‌یابی استفاده شد. (شکل ۸)



شکل ۷. نقشهٔ زمین‌لرزه‌ها و مناطق مستعد مربوط به آن



شکل ۸. نقشهٔ سنگ‌های آتشفشانی نفوذی و مناطق انتخاب‌شده در استان

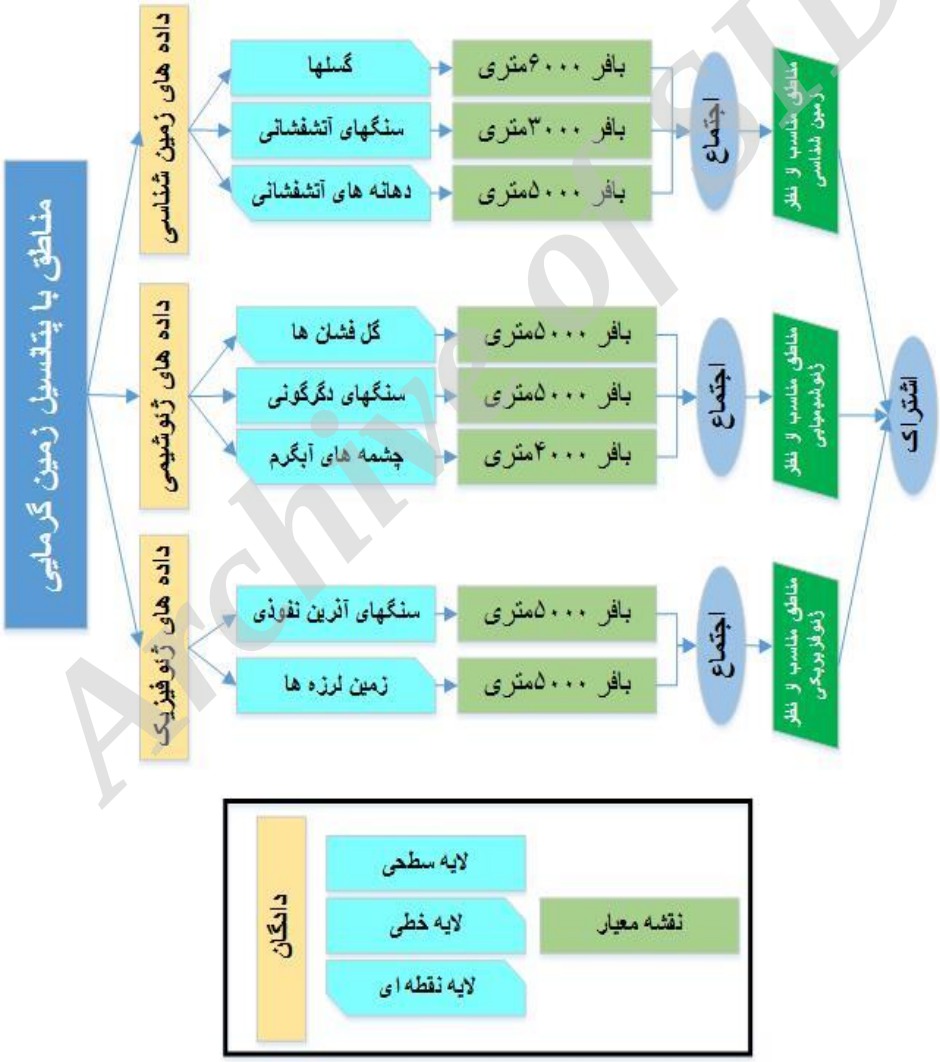
Archive of SID

www.SID.ir

مدل ترکیب و تحلیل مکانی لایه‌های اطلاعاتی برای شناسایی مناطق پتانسیل‌دار

در پروژه‌های مکان‌یابی با استفاده از GIS مهارت و دانش انتخاب لایه‌ها و چگونگی ترکیب و روی‌هم‌گذاری آنها به‌خصوص در مکان‌یابی منابع طبیعی زیرزمینی برای جلوگیری از هزینه‌های اضافی اکتشاف و همچنین عدم شناسایی و انتخاب منابع و از دست دادن آنها، بسیار بااهمیت است [۵].

در مطالعهٔ حاضر مدل بولین (Boolean) استفاده شده است که در واقع ترکیب منطقی نقشه‌های دودویی (Binary) است که با استفاده از عملگردهای "OR" (Union) و "AND"(Intersect) صورت گرفته است. برای استفاده از منطق بولین در محیط سیستم اطلاعات جغرافیایی باید عوارض داخل نقشه در دو کلاس طبقه‌بندی شوند. کلاس اول دارای پتانسیل انرژی زمین‌گرمایی و کلاس دوم فاقد آن است و وزن‌های منتسب به این کلاس‌ها به‌ترتیب یک و صفر است. شکل ۹ مدل مفهومی چگونگی استفاده از منطق بولین، عملگرها و همچنین چگونگی ترکیب لایه‌ها را در این مطالعه نشان می‌دهد و در جدول ۲ دادگان‌ها، لایه‌ها و بافر ایجادشده خلاصه شده است.



شکل ۹. مدل مفهومی مکان‌یابی مناطق پتانسیل‌دار انرژی زمین‌گرمایی در استان آذربایجان شرقی

Archive of SID

www.SID.ir

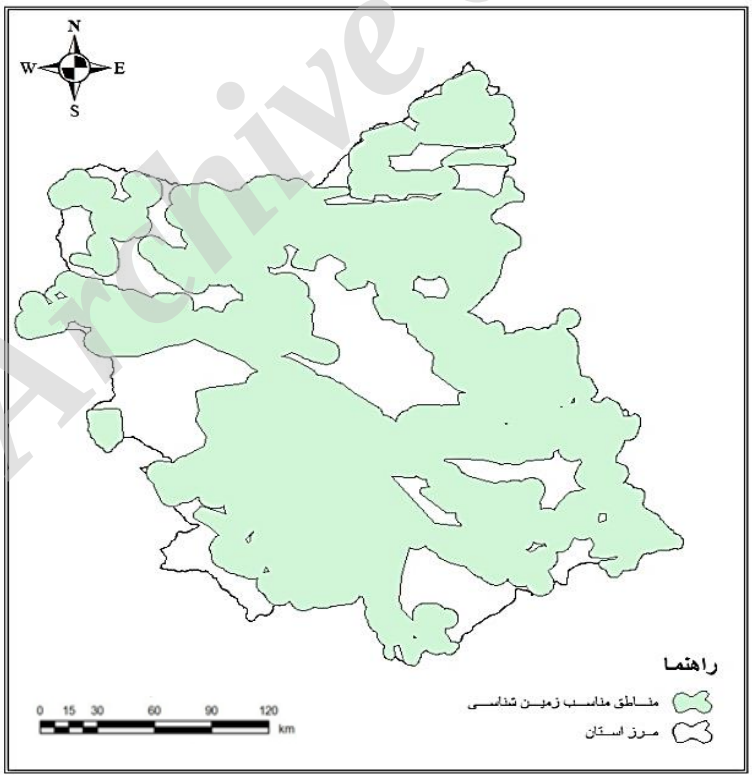
جدول ۲. دادگان‌ها، لایه‌ها و اندازهٔ بافرهای ایجادشده

دادگان	لایه‌ها	بافر (متر)
زمین‌شناسی	سنگ‌های آتشفشانی	۳۰۰۰
	دهانه‌های آتشفشانی	۵۰۰۰
	گل‌فشان‌ها	۵۰۰۰
	گسل‌ها	۶۰۰۰
ژئوشیمی	چشمه‌های آب گرم	۴۰۰۰
	سنگ‌های دگرگونی	۵۰۰۰
ژئوفیزیک	زمین‌لرزه‌های کوچک	۵۰۰۰
	زمین‌لرزه‌های بزرگ	۴۰,۰۰۰
	سنگ‌های آذرین نفوذی	۵۰۰۰

در دادگان زمین‌شناسی نقشه‌های فاکتور تهیه‌شده از لایه‌های شاخص گسل‌ها، سنگ‌های آتشفشانی، دهانه‌های آتشفشانی و گل‌فشان‌ها با عملگر بولین "OR" با هم ترکیب شدند و مناطق پتانسیل‌دار از نظر زمین‌شناسی را ایجاد کردند (شکل ۱۰).

در دادگان ژئوشیمی نقشه‌های فاکتور چشمه‌های آب گرم و سنگ‌های دگرگونی اسیدی با عملگر بولین "OR" با هم ترکیب شده و مناطق با پتانسیل را از نظر ژئوشیمی مشخص کرده‌اند (شکل ۱۱).

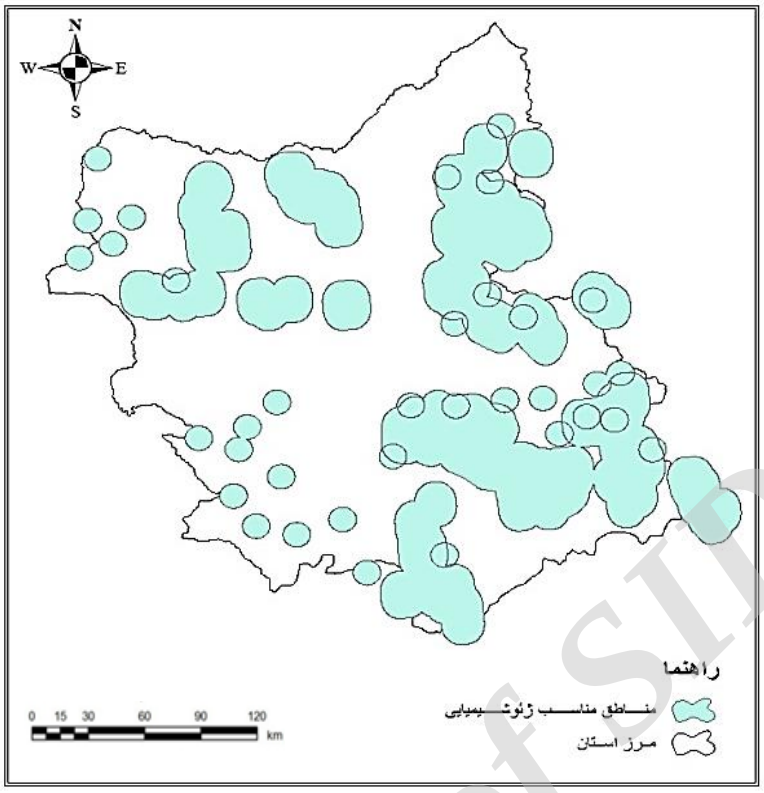
در دادگان ژئوفیزیک نقشه‌های فاکتور زمین‌لرزه‌های کوچک، زمین‌لرزه‌های بزرگ و سنگ‌های آذرین نفوذی با روش بولین و با عملگر "OR" با هم ترکیب شده و نقشهٔ مناطق پتانسیل‌دار انرژی زمین‌گرمایی با توجه به داده‌های ژئوفیزیکی حاصل شده است (شکل ۱۲).



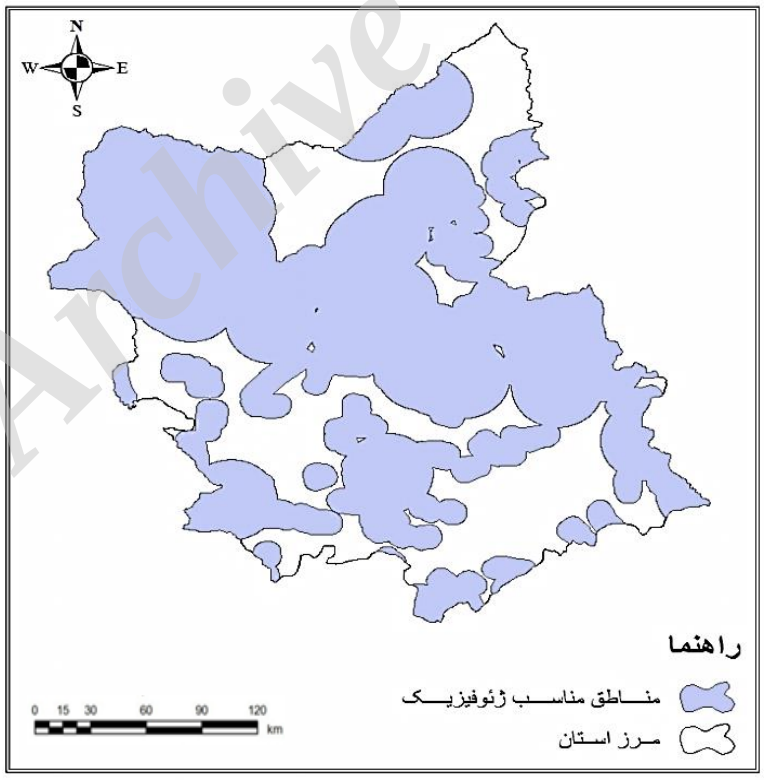
شکل ۱۰. مناطق پتانسیل‌دار براساس لایه‌های دادگان زمین‌شناسی

Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۱۱. مناطق پتانسیل‌دار براساس لایه‌های دادگان ژئوشیمی



شکل ۱۲. مناطق پتانسیل‌دار براساس لایه‌های دادگان ژئوفیزیک

Archive of SID

www.SID.ir

مدل مفهومی و روش تجزیه و تحلیل داده‌ها

در این مطالعه به‌دلیل حجم زیاد اطلاعات توصیفی، نقشه‌های رقومی، تنوع داده‌ها و همچنین ارائهٔ یک روش تحلیلی کامپیوتری از نرم‌افزار ساج استفاده شده است. دو روش اصلی شامل تلفیق (UNION) لایه‌ها و همپوشانی یا تقاطع (INTERSECT) لایه‌ها در تجزیه و تحلیل اطلاعات و نقشه‌ها استفاده شده است. این روش‌ها به‌صورت خیلی خلاصه در این بخش توضیح داده خواهد شد. در این فصل از نقشه‌هایی به مقیاس ۲۵۰/۰۰۰ : ۱ استفاده شده است. نه لایهٔ اطلاعاتی اصلی و شاخص در این مدل وارد شده و محوریت مطالعه براساس وجود این شاخص‌ها در یک منطقه است. در مدل نوشته‌شده این لایه‌ها با معادلهٔ ۱ ترکیب شده‌اند.

$$S = (Fa \cup Vr \cup Vc \cup Mv) \cap (Hs \cup Az) \cap (MiS \cup MaS \cup Ib) \quad (۱)$$

در این معادله $\cup$ و $\cap$ عملگرهای ریاضی ترکیب و تلاقی لایه‌ها، Fa، Vr، Vc، Mv، Hs، Az، MiS، MaS و Ib به‌ترتیب نشان‌دهندهٔ گسل‌ها، سنگ‌های آتشفشانی، دهانه‌های آتشفشانی، گل‌فشان‌ها، چشمه‌های آبگرم، سنگ‌های دگرسان‌شده، زمین‌لرزه‌های کوچک، زلزله‌های بزرگ و توده‌های نفوذی آتشفشانی هستند. مدل تلفیق برای ترکیب لایه در محیط ساج برنامه‌نویسی شد و داده‌ها با همدیگر ترکیب شدند.

ترکیب شاخص‌ها (Union)

برای ترکیب لایه‌ها در این مطالعه از ابزار Union استفاده شده است. از این ابزار در مواردی استفاده می‌شود که نیاز است کلیهٔ اطلاعات توصیفی و مکانی نقشه‌ها به نقشهٔ جدید منتقل شود و هیچ‌یک از اطلاعات از بین نرود. در مدل نوشته‌شده لایه‌های اطلاعاتی شاخص در یک دادگان با هم ترکیب شده‌اند و نقشهٔ جدید تهیه‌شده حاوی کلیهٔ اطلاعات شاخص‌ها در دادگان مربوط به آن است. از این جهت مدل تهیه‌شده دینامیک است و به‌راحتی امکان افزودن لایه‌های شاخص جدید برای افزایش دقت به‌خصوص در اکتشافات سطحی خرد وجود دارد.

تلاقی یا همپوشانی شاخص‌ها (Intersect)

برای تلاقی و انتخاب مناطق همپوشان شاخص‌های اطلاعاتی دادگان‌ها از دستور Intersect برای اجرای مدل استفاده شده است. با استفاده از این ابزار اطلاعات توصیفی و مکانی مشترک بین یک یا چند لایهٔ اطلاعاتی انتخاب می‌شود. مناطق انتخاب‌شده با این روش مناطقی هستند که در همهٔ دادگان‌ها جزء مناطق انتخاب‌شده هستند. به‌بیانی مناطق انتخاب‌شده شامل هر سه شاخص زمین‌شناسی، ژئوشیمیایی و ژئوفیزیکی هستند.

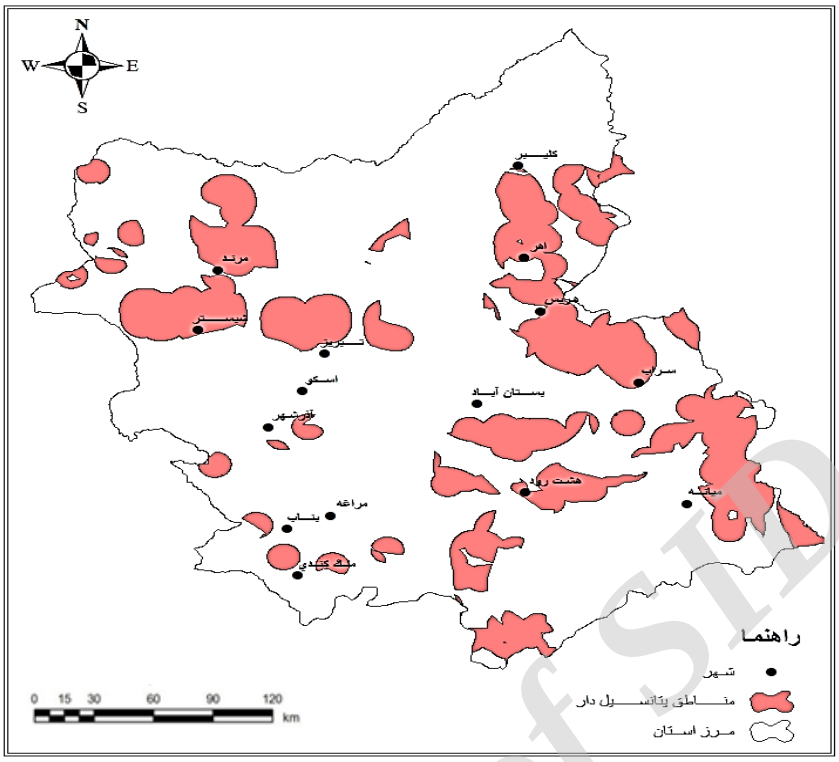
در مرحلهٔ نهایی، نقشه‌های ایجادشده برای دادگان‌های زمین‌شناسی، ژئوشیمی و ژئوفیزیک با استفاده از عملگر بولین "AND" روی‌هم‌گذاری و نقاط همپوشان همهٔ نقشه‌ها به‌عنوان مناطق دارای پتانسیل انتخاب شدند. شکل ۱۳ محدوده و محل مناطق پتانسیل‌دار را نشان می‌دهد.

مساحت کل مناطق پتانسیل‌دار انرژی زمین‌گرمایی حدود ۲۴ درصد از کل مساحت استان است. این مناطق می‌توانند به‌عنوان مناطق دارای پتانسیل زمین‌گرمایی در آینده برای استفاده در گرمایش و تأمین آب گرم گلخانه‌ها استفاده شوند. در مطالعات بعدی درون این مناطق نواحی مستعد برای احداث گلخانه‌های کشاورزی از منظر پارامترهای مؤثر در شناسایی مناطق مستعد گلخانه‌ها تحلیل خواهد شد.

با توجه به شکل ۱۳، کاملاً مشهود است این مناطق پراکندگی خوبی نسبت به سطح استان دارند و تقریباً همهٔ پهنهٔ استان را پوشش داده است. اگر سازمان‌های متولی مانند سازمان جهاد کشاورزی استان برای توسعهٔ گلخانه‌های کشاورزی در این مناطق متمرکز شوند، با حفاری چاه‌های زمین‌گرمایی می‌توان سیال زمین‌گرمایی را به‌دست آورد که هم در فصل سرد سال گرمایش گلخانه‌ها تأمین کند که سبب کاهش هزینه‌های سوخت در نگهداری گلخانه‌ها خواهد بود و هم در فصول دیگر اگر شیمی سیال مناسب باشد می‌توان از این سیالات برای آبیاری محصولات نیز استفاده کرد. از سوی دیگر، سیستم‌های گرمایش زمین‌گرمایی از نظر نصب و نگهداری نسبتاً ساده هستند و کاربری زیادی دارند. همچنین، به‌دلیل نزدیک‌بودن منبع انرژی به محل گلخانه، بازدهی تولید در گلخانه‌های با منبع انرژی زمین‌گرمایی به‌مراتب بیشتر است. با عنایت به اینکه انرژی زمین‌گرمایی یک انرژی تجدیدپذیر است و میزان گازهای گلخانه‌ای منتشرشده از آن نسبت به سوخت‌های فسیلی به‌مراتب کمتر است، بنابراین در صورت استفاده از این نوع سیستم‌ها به سمت توسعهٔ پایدار در بخش کشاورزی پیش خواهیم رفت و اهداف توسعهٔ پایدار در بخش کشاورزی در دسترس‌تر خواهد بود.

Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۱۳. مناطق پتانسیل‌دار انرژی زمین‌گرمایی در استان آذربایجان شرقی

نتیجه‌گیری

این مقاله تهیهٔ نقشه و شناسایی مناطق پتانسیل‌دار انرژی زمین‌گرمایی برای احداث گلخانه‌های کشاورزی در استان آذربایجان شرقی را بررسی و به انجام رسانیده است. هدف غایی از این مطالعه تعیین مناطق مستعد انرژی زمین‌گرمایی در استان به‌عنوان پایهٔ مطالعات تکمیلی برای بهره‌برداری از انرژی‌های طبیعی، پاک و سازگار با محیط زیست برای نیل به اهداف توسعهٔ پایدار در بخش کشاورزی است.

ابتدا فاکتورها و پارامترهای مؤثر در مکان‌یابی مناطق مستعد زمین‌گرمایی از مقالات و کارهای علمی دیگران از دورترین نقاط جهان استخراج شد. سپس نقشه‌ها، اطلاعات و داده‌های موجود در استان با داده‌های مورد نیاز تطبیق داده شده و مدل مفهومی مکان‌یابی انرژی زمین‌گرمایی برای استان تهیه و در سه گروه موضوعی شامل زمین‌شناسی، ژئوشیمی و ژئوفیزیک طبقه‌بندی شد.

در نهایت، این لایه‌ها با برنامه‌نویسی در محیط GIS با توجه به میزان اهمیت آنها در شناسایی منابع انرژی زمین‌گرمایی با هم تلفیق شده و مناطق دارای پتانسیل مشخص شدند که امکان احداث گلخانه‌های کشاورزی در آنها وجود دارد. با این مکان‌یابی از مساحت کل استان به‌میزان ۲۴ درصد منابع زمین‌گرمایی دارند که در صورت فراهم‌کردن سایر شرایط برای احداث گلخانه امکان توسعهٔ پایدار کشاورزی وجود دارد. این حوزه‌ها می‌توانند به‌عنوان مناطق دارای پتانسیل زمین‌گرمایی در آینده برای استفاده در گرمایش گلخانه‌ها و تأمین آب آبیاری استفاده شوند. در ضمن با تلفیق لایه‌های اطلاعاتی عوامل مؤثر در مکان مناسب برای احداث گلخانه نقشهٔ نهایی تهیه شد.

منابع

[1].Noorollahi, Y. An Introduction to Geothermal Energy. Tehran: Talab; 2015. p. 142. [Persian]

[2].Fotouhi M, Noorollahi Y. Principles of Geothermal Energy. Tehran: Mi'aad; 2002. p. 148. [Persian]

[3].Van Nguyen M, Arason S, Gissurarson M, Gunnar Pálsson P. Uses of geothermal energy in food and agriculture: Opportunities for developing countries. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), 2015.

Archive of SID

www.SID.ir

[4].Mohamed M B. Geothermal utilization in agriculture in Kebili region, southern Tunisia. Geo-Heat Center Bull. 2002; 1-6.

[5].Prol-Ledesma R. M. Evaluation of the reconnaissance results in geothermal exploration using GIS. Geothermics. 2000; 29 (1): 83–103.

[6].Coolbaugh MF, Taranik JV, Rains GL, Shevenell LA, Sawatzky DL, Bedell R, Minor TB. A geothermal GIS for Nevada: defining regional controls and favorable exploration terrains for extensional geothermal systems. Transactions-Geothermal Resources Council. 2002 Sep 22:485-90.

[7].Noorollahi, R. Itoi, H. Fujii, T. Tanaka, 2007, Geothermal resources exploration and wellsite selection with environmental considerations using GIS in Sabalan geothermal area, Iran, 32nd Workshop on Geothermal Reservoir Engineering, Stanford, California, USA (2007)

[8].Noorollahi Y, Itoi R, Fujii H, Tanaka T. GIS model for geothermal resource exploration in Akita and Iwate prefectures, northern Japan. Computers & Geosciences. 2007 31; 33(8): 1008-21.

[9].Hanano M. Two different roles of fractures in geothermal development. In Proceedings of the World Geothermal Congress. 2000; p. 2597-2602.

[10]. Blewitt G, Coolbaugh MF, Sawatzky DL, Holt W, Davis JL, Bennett RA. Targeting of potential geothermal resources in the Great Basin from regional to basin-scale relationships between geodetic strain and geological structures. TRANSACTIONS-GEOTHERMAL RESOURCES COUNCIL. 2003 Oct 12:3-8.

[11]. Browne PR. Hydrothermal alteration in active geothermal fields. Annual Review of Earth and Planetary Sciences. 1978 May;6(1):229-48.

[12]. Slemmons D B. Fault activity and seismicity near the Los Alamos Scientific Laboratory Geothermal Test Site, Jemez Mountains, New Mexico, Los Alamos Scientific Laboratory, Report LA-5911-MS. 1975.

[13]. Simiyu SM, Oduong EO, and Mboya TK. Seismic wave parameter analysis at Olkaria, Kenya. KenGen, internal report. 1998; p. 38.

Archive of SID

www.SID.ir