بنام آنکه جان را فکرت آموخت

چراغ دل به نور جان برافروخت

دانشگاه صنعتی اصفهان
دانشکده منابع طبیعی

شناسایی منابع زمین گرمایی با استفاده از داده های حرارتی ETM^{+} در مناطق خشک (مطالعه موردی :استان خراسان جنوبی، فردوس)

پایان‌نامه کارشناسی ارشد بیابان‌زدایی

کاظم تباکی بجستانی

استاد راهنما

دکتر سید جمال الدین خواجه الدین

۱۳۹۲

« تشکر و قدردانی »

ستایش گر آموزگاری هستم که اندیشیدن را به من بیاموزد، نه اندیشه ها را . . .

سپاس خدای را که سخنوران، در ستودن او بمانند و شمارندگان، شمردن نعمت های او ندانند و کوشندگان، حق او را گزاردن نتوانند. خداوندا به ما توفیق تلاش در شکست، صبر در نومیدی، رفتن بی همراه، جهاد بی سلاح ، کار بی پاداش، فداکاری در سکوت، دین بی دنیا، مذهب بی عوام، عظمت بی نام، خدمت بی نان، ایمان بی ریا، خوبی بی نمود، گستاخی بی خامی، مناعت بی غرور، عشق بی هوس، تنهایی در انبوه جمعیت و دوست داشتن بی آنکه دوستت بدارند، را عنایت فرما.

ممنون و مدیون زحمات بی دریغ پدر و مادر عزیزتر از جانم هستم ،که سایبان محبتشان پناه من، وجود پر مهرشان تکیه گاهم و درخشش چشمانشان نور امید و تداوم سایه اشان، آرزوی من است.

از استاد ارجمندم جناب آقای دکتر سید جمال الدین خواجه الدین که علاوه بر زمینه درسی برای اینجانب استاد اخلاق نیز هستند، و به عنوان استاد راهنما در انجام تمام مراحل این تحقیق دلسوزانه مرا از کمک های ارزنده خویش بهره مند ساختند و با حمایت های بی دریغ و همراهی دلگرم کننده، اینجانب را در تصحیح و تکمیل تحقیق حاظر مورد لطف خویش قرار دادند، تشکر و قدر دانی می نمایم. از اساتید مشاورم جناب آقای دکتر رضا جعفری و جناب آقای دکتر احمدرضا مختاری که با راهنمایی های ارزنده، سعه صدر و همراهی بی دریغ شان مرا یاری کردند، سپاسگذارم. از تمامی اساتیدی که در دوران تحصیلم افتخار شاگردی آنها را داشته ام تشکر می کنم و امیدوارم در تمام مراحل زندگی موفق به توفیقات الهی باشند. بر خود لازم می دانم از همه کسانی که به نوعی مرا در به انجام رساندن این مهم یاری نموده اند ،بخصوص دوستان عزیزم و همچنین کارکنان محترم دانشکده منابع طبیعی دانشگاه صنعتی اصفهان، تشکر نموده و برایشان آرزوی سعادت و خوشبختی داشته باشم.

کاظم تباکی

تابستان ۱۳۹۲

کلیه حقوق مادی مترتب بر نتایج مطالعات، ابتکارات و نوآوریهای ناشی از تحقیق موضوع این پایان‌نامه (رساله) متعلق به دانشگاه صنعتی اصفهان است.

تقدیم به پدر و مادر مهربانم

که در سختی‌ها و دشواری‌های زندگی همواره یاوری دلسوز فداکار و پشتیبانی محکم و مطمئن برایم بوده‌اند.

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

چکیده ۱

فصل اول: مقدمه ۲

۱-۱- کلیات و ضرورت تحقیق ۲

۱-۲- اهداف تحقیق ۷

۱-۳- روش شناسی و محتوای پایان‌نامه ۷

فصل دوم: بررسی منابع ۸

۲-۱- مقدمه ۸

۲-۲ – سابقه تحقیق ۱۳

۲-۳- کاربرد سنجش از دور در مطالعات زمین گرمایی ۲۱

۲-۳-۱- طیف الکترومغناطیس ۲۱

۲-۳-۲- سنجش از دور حرارتی ۲۱

۲-۳-۳- منابع داده های سنجش از دور ۲۲

۲-۳-۴- پیش پردازش تصاویر ماهواره ای ۲۴

الف- تصحیح رادیومتریک ۲۴

ب- تصحیح اتمسفری ۲۴

پ- تصحیح هندسی ۲۵

ت- آنالیز مؤلفه های اصلی ۲۵

ج- تبدیل RGB به IHS ۲۶

چ- تبدیل IHS به RGB ۲۶

۲-۳-۵- تصاویر رنگی کاذب ۲۷

۲-۳-۶- استخراج شاخص های ویژه ۲۷

۲-۳-۷- شناسایی آلتراسیون های هیدروترمال ۲۷

الف- نسبت باندی ۲۸
ب- آنالیز مؤلفه های اصلی ۲۸
پ- تکنیک برازش کمترین مربعات ۲۸
۲-۴- شاخصه‌های زمین شناسی ۲۹
۲-۴-۱- واحدهای سنگی ۲۹
۲-۴-۱- مراکز آتشفشانی ۲۹
۲-۴-۱- گسل ها ۳۰
۲-۵- کاربرد سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) در پتانسیل یابی ژئوترمال ۳۰
۲-۵-۱- تلفیق لایه‌های اطلاعاتی در محیط GIS ۳۰
الف- مدل‌های ریاضی تلفیق لایه‌های اطلاعاتی ۳۰
۲-۵-۲- تلفیق لایه‌ها با استفاده از مدل هم پوشانی وزن‌دار ۳۱
فصل سوم: مواد و روش ها ۳۲
۳-۱- توصیف منطقه مورد مطالعه ۳۲
۳-۱-۱- موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه ۳۲
۳-۱-۲- زمین شناسی منطقه مورد مطالعه ۳۶
الف- زمین شناسی ساختمانی ۳۶
۳-۲- مواد و روش ها ۳۸
۳-۲-۱- مقدمه ۳۸
۳-۲-۲- انتخاب منطقه مورد مطالعه ۳۸
۳-۲-۳- ابزار و داده های مورد نیاز برای مطالعه ۳۸
۳-۲-۴- روش انجام مطالعات صحرایی ۳۹
الف- آنالیزهای آزمایشگاهی خاک ۳۹
۳-۲-۵- پیش پردازش داده های ماهواره ای ۴۰

الف- تصحیح هندسی ۴۰
ب- جداسازی منطقه مورد مطالعه بر روی تصویر ۴۰
پ- تعیین بهترین ترکیب باندی جهت ساختن تصاویر رنگی کاذب ۴۱
ت- آنالیز مؤلفه های اصلی ۴۱
ج- تبدیلات رنگی RGB و IHS به یکدیگر ۴۱
۳-۲-۶- اندازه گیری دمای سطحی زمین(LST) ۴۲
الف- تعیین دمای تابشی ۴۲
ب- تعیین توان تشعشعی سطحی (LSE) ۴۴
پ- تعیین دمای جنبشی (واقعی) ۴۴
۳-۲-۷- فیوژن کردن تصویر دمای سطحی زمین ۴۵
۳-۲-۸- دگرسانی های گرمابی ۴۵
۳-۲-۹- شاخص شناسایی ترکیبات هیدروترمال ۴۶
۳-۲-۱۰- داده‌های زمین‌شناسی ۴۷
الف- واحدهای سنگی ۴۷
ب- مراکز آتشفشانی ۴۷
ب- گسل‌ها ۴۷
۳-۲-۱۱- تلفیق لایه‌ها با استفاده از مدل هم پوشانی وزن‌دار ۴۷
۳-۲-۱۲- بررسی حرارت مناطق مستعد زمین گرمایی در طول سال ۴۸
فصل چهارم: نتایج و بحث ۵۰
۴-۱- آنالیز آزمایشگاهی نمونه های خاک سطحی منطقه ۵۱
۴-۲- پردازش داده های ماهواره ای ۵۱
۴-۲-۱- تصحیح هندسی ۵۱
۴-۲-۲- تعیین بهترین ترکیب باندی و تصاویر رنگی کاذب ۵۲
۴-۲-۳- آنالیز مؤلفه های اصلی ۵۵

۴-۲-۴- تبدیلات رنگی RGB و IHS به یکدیگر ۵۸
۴-۳- اندازه گیری دمای سطحی زمین (LST) ۶۱
۴-۴- آلتراسیون های هیدروترمال ۶۶
۴-۴-۱- برازش حداقل مربعات (LS-fit) ۶۶
۴-۴-۲- تکنیک نسبت باندی ۷۰
۴-۴-۳- آنالیز مؤلفه های اصلی استاندارد ۷۳
۴-۴-۴- آنالیز مؤلفه های اصلی انتخابی (روش کروستا) ۷۵
۴-۵- شاخص شناسایی ترکیبات هیدروترمال ۷۹
۴-۶- واحدهای سنگی ۷۹
۴-۷- مراکز آتشفشانی و آبگرم ۷۹
۴-۸- گسل‌ها ۸۲
۴-۹- تلفیق لایه‌ها با استفاده از مدل هم پوشانی وزن‌دار ۸۴
۴-۱۰- صحت سنجی نقشه نهایی ۸۴
۴-۱۱- بررسی حرارت مناطق مستعد زمین گرمایی در طول سال ۸۶
۴-۱۲- کاربردهای احتمالی منابع زمین گرمایی منطقه ۸۷
فصل پنجم: نتیجه‌گیری و پیشنهادات ۸۸
۵-۱- نتیجه گیری ۸۸
۵-۲- پیشنهادات ۸۹
مراجع ۹۰
چکیده انگلیسی ۹۹

فهرست جداول

عنوان **صفحه**

جدول (۱-۱)- پیش بینی رشد منابع مختلف انرژی تجدید پذیر در آینده ۳

جدول (۲-۱)- بیشترین میزان تولید برق و حرارت در کشورهای جهان (مگاوات) ۹

جدول (۲-۲)- مشخصات ماهواره لندست ۷ و سنجندهٔ ETM^+ ۲۳

جدول (۲-۳)- میزان Lmin و Lmax در باند های مختلف سنجنده ETM^+ ۲۳

جدول (۳-۱)- مقادیر $Lmax_\lambda$ و $Lmin_\lambda$ برای سنجنده ETM^+ ۴۳

جدول (۳-۲)- مقادیر کالیبراسیون ثابت باند ترمال سنجندهٔ TM و ETM^+ ۴۳

جدول (۳-۳)- تفکیک و امتیاز بندی کلاسهای لایه سنگی بر اساس اهمیت در اکتشاف زمین گرمایی ۴۹

جدول (۳-۴)- وزن دهی به لایه‌ها در روش هم‌پوشانی وزن دار ۴۹

جدول (۴-۱)- ضرایب همبستگی نتایج آنالیز آزمایشگاهی نمونه های خاک و همچنین باندهای تصاویر ماهواره ای ۵۳

جدول (۴-۲)- شاخص OIF برای داده های ETM^+ ۵۳

جدول (۴-۳)- درصد اطلاعات موجود در هر مؤلفه PCA ۵۵

جدول (۴-۴)- نسبت واریانس به کوواریانس باندهای سنجنده ETM^+ ۵۵

جدول (۴-۵)- چگونگی قرارگیری اطلاعات هر باند سنجندهٔ ETM^+ در مؤلفه های PCA ۵۵

جدول (۴-۶)- مقادیر بردارهای ویژه آنالیز مؤلفه های اصلی PCA برای سنجندهٔ ETM^+ ۷۳

جدول (۴-۷)- آنالیز مولفه های اصلی برای شناسایی اکسیدهای آهن به روش کروستا ۷۵

جدول (۴-۸)- آنالیز مولفه های اصلی برای شناسایی هیدروکسیل ها به روش کروستا ۷۵

جدول (۴-۹)- حداقل و حداکثر دمای سطحی هر ماه در کل منطقه ۸۶

جدول (۴-۱۰)- همبستگی بین تصویر دمای سطحی در طول سال ۸۶

فهرست شکل ها

عنوان **صفحه**

شکل (۱-۱)- چشم انداز مصرف انرژی از ۱۹۳۰ تا سال ۲۱۰۰ ..... ۳

شکل (۲-۱)- مکانهای نیروگاه های زمین گرمایی ۹

شکل (۲-۲)- مناطق دارای پتانسیل انرژی زمین گرمایی ۹

شکل (۲-۳)- استفاده های مستقیم از انرژی زمین گرمایی در سراسر جهان در سال ۲۰۱۰ ..... ۱۱

شکل (۲-۴)- نمودار اصلاح شده لیندال، نشان دهنده کاربردهای انرژی زمین گرمایی در دمای متفاوت ۱۲

شکل (۲-۵)- کاربرد های انرژی زمین گرمایی بر حسب دمای مخزن ۱۲

شکل (۲-۶)- مناطقی از ایران که انتظار میرود بتوان از انرژی زمین گرمایی بهره برداری شود ۲۰

شکل (۲-۷)- نقشه مناطق دارای پتانسیل زمین گرمایی ۲۰

شکل(۲-۸)- تفاوت سطح طول انرژی ساطع شده از زمین و خورشید ۲۲

شکل (۲-۹)- محدوده High Gain و Low Gain در تصاویر سنجندهٔ ETM^{+} ۲۴

شکل (۲-۱۰)- سیستم مختصات رنگی شدت، جلا و اشباع ۲۷

شکل (۳-۱)- موقعیت مکانی شهرستان های مجاور شهرستان فردوس ۳۲

شکل (۳-۲)- موقعیت منطقه مورد مطالعه در کشور و شهرستان فردوس ۳۴

شکل (۳-۳)- وقعیت مناطق مسکونی، جاده ها، مسیل ها و آبراهه ها و خطوط توپوگرافی در منطقه مورد مطالعه ۳۵

شکل (۳-۴)- نقشه زمین شناسی منطقه مورد مطالعه ۳۷

شکل(۳-۵)- مثلث بافت خاک ۳۹

شکل (۴-۱)- ترکیب رنگی کاذب جهت شناسایی مناطق مستعد زمین گرمای(FCC۶۵۷) ۵۴

شکل (۴-۲)- تصویر FCC۲۱۳ حاصل از مؤلفه های PCA ۵۷

شکل (۴-۳)- تصویر نهایی تبدیل RGB به IHS در ترکیب باندی ۵۶۷ ..... ۵۹

شکل (۴-۴)- تصویر نهایی تبدیل RGB به IHS در ترکیب باندی تفاضلی ۶۰

شکل (۴-۵)- توان تشعشعی سطحی (LSE) منطقه فردوس ۶۳

شکل (۴-۶)- دمای سطحی منطقه در تاریخ ۱۳۷۹/۱۰/۲۵ ..... ۶۴

شکل (۴-۷)- دمای سطحی منطقه در تاریخ ۱۳۷۹/۱۰/۲۵ پس از کلاسه بندی ۶۵
شکل (۴-۸)- مناطق تحت تأثیر آلتراسیون کانی های رسی در روش برازش حداقل مربعات ۶۷
شکل (۴-۹)- مناطق مستعد اکسیدهای آهن در روش برازش حداقل مربعات ۶۸
شکل (۴-۱۰)- مناطق تحت تاثیر آلتراسیون هیدروترمال به روش برازش حداقل مربعات ۶۹
شکل (۴-۱۱)- مناطق تحت تاثیر آلتراسیون هیدروترمال در روش نسبت باندی شماره۱ ..... ۷۱
شکل (۴-۱۲)- مناطق تحت تاثیر آلتراسیون هیدروترمال در روش نسبت باندی شماره۲ ..... ۷۲
شکل (۴-۱۳)- مناطق تحت تاثیر آلتراسیون هیدروترمال به روش آنالیز مؤلفه های اصلی استاندارد ۷۴
شکل (۴-۱۴)- مناطق تحت تاثیر آلتراسیون هیدروترمال به روش آنالیز مؤلفه های اصلی انتخابی (کروستا) ۷۷
شکل (۴-۱۵)-تصویر حاصل از آنالیز مؤلفه های اصلی بر روی تصویر شاخص ترکیبات هیدروترمال در منطقه ۸۰
شکل (۴-۱۶)- نقشه واحد های سنگی منطقه مورد مطالعه ۸۱
شکل (۴-۱۷)- چگالی گسل ها ۸۳
شکل (۴-۱۸)- تصویر نهایی تلفیق اطلاعات به روش هم پوشانی وزنی و مناطق مستعد زمین گرمایی ۸۵

چکیده

انرژی فسیلی علاوه بر ایجاد مخاطرات زیست محیطی و داشتن تاثیرات منفی بر روی منابع طبیعی دنیا، تجدید پذیر نبوده و در آینده نه چندان دور به اتمام خواهد رسید. انرژی زمین گرمایی از انواع انرژیهای تجدید پذیر محسوب می شود و با توجه به امتیازات عالی آن از قبیل بی خطر بودن نسبی، کمک به حفظ محیط زیست و ارزانی می تواند جوابگوی بخشی از تقاضای روز افزون انرژی در حال و آینده باشد. بیابان برخلاف تصور عامه مردم و با همه خشونت های ظاهری آن، با وجود تولیدات گیاهی اندک دارای پتانسیل های بالقوه بسیار متنوع است که اگر به درستی شناخته شده و مورد بهره برداری قرار گیرد، می تواند در جهت مهار بیابان زایی منطقه و یا دیگر مناطق مورد استفاده قرار گیرد. بیشتر مناطق بیابانی ایران با داشتن اقلیم مناسب همراه با تابش آفتاب درطول سال، وجود مناطقی با پتانسیل بادی بالا و داشتن پتانسیل انرژی زمین گرمایی، زمینه لازم و مناسبی جهت بهره برداری و گسترش انرژی های نو و پاک فراهم شده است. در پژوهش حاضر پتانسیل انرژی زمین گرمایی منطقه فردوس در استان خراسان جنوبی با کمک داده های سنجنده ETM^{+} مورد بررسی قرار گرفت. در مطالعات میدانی تعداد ۴۰ نمونه خاک به روش نمونه برداری تصادفی از منطقه فردوس به مساحت ۶۴۰۰۰ هکتار در نیمه دوم شهریور ۱۳۹۱ برداشت و به آزمایشگاه خاکشناسی دانشکده منابع طبیعی دانشگاه صنعتی اصفهان منتقل شد و خصوصیات فیزیکوشیمیایی آن بدست آمد. سپس موقعیت نمونه ها بر روی تصاویر ماهواره ای مشخص و DN تمامی باندها برای این نقاط تعیین و همبستگی آن با نتایج آزمایشگاهی محاسبه شد، که رابطه ی معنا داری مشاهده نشد و علت را روش نمونه برداری نامناسب برای مطالعه ارزیابی گردید. پس از اعمال پیش پردازش های اولیه بر روی تصاویر ماهواره ای با استفاده از روش های معمول پردازش تصاویر ماهواره ای، از جمله ترکیب باندی رنگ کاذب، آنالیز مؤلفه های اصلی، روش کروستا، نسبت باندی و برازش حداقل مربعات، مناطق مستعد آلتراسیون های هیدروترمال و مناطق مناسب از نظر لیتولوژی جهت انرژی زمین گرمایی شناسایی شد. با محاسبه توان تشعشعی منطقه براساس NDVI، دمای سطحی زمین بر اساس باند حرارتی سنجنده ETM^{+} بازیابی شد. سپس با استفاده از نقشه زمین شناسی منطقه لایه های چگالی گسل و واحدهای سنگی منطقه فردوس استخراج گردید. در گام بعد لایه های درجه حرارت سطحی زمین، واحدهای سنگی، چگالی گسل، هیدروکسیل ها و اکسیدهای آهن، بر اساس اهمیت هر یک در روند اکتشاف ارزش گذاری شدند و با استفاده از مدل همپوشانی وزن دار این لایه ها با یکدیگر ادغام و مناطق مستعد زمین گرمایی در منطقه فردوس شناسایی شد. جهت صحت سنجی این نقشه از آتشفشان ها و چشمه آبگرم فردوس در منطقه استفاده گردید. مناطق مستعد شناسایی شده در این مطالعه با شواهد زمین گرمایی منطقه از همبستگی مکانی قابل قبولی برخوردارند. با توجه به درجه حرارت چشمه آبگرم فردوس (۴۳ درجه سانتیگراد) احتمال میرود دمای مخزن منبع زمین گرمایی فردوس از درجه حرارت قابل توجهی برخوردار باشد که بر اساس نمودار لیندال کاربردهای متعددی برای آن انتظار می رود که می تواند در پیشرفت و آبادانی منطقه خشک فردوس نقش بسزایی داشته باشد و از تخریب منابع طبیعی و افزایش روند بیابان زایی جلوگیری کند.

واژه های کلیدی: انرژی زمین گرمایی، استعداد بیابان، سنجنده ETM^{+}، دمای سطحی زمین، آلتراسیون های هیدروترمال.

فصل اول
مقدمه

۱-۱- کلیات و ضرورت تحقیق

پیش رفتن کشورهای دنیا به سمت صنعتی شدن و نیز روند رشد جمعیت از جمله ی عواملی هستند که نیاز روز افزون به منابع انرژی را روز به روز افزایش می دهند. رشد جمعیت یک رشد هندسی است دلیل این افزایش جمعیت کاهش مرگ و میر از یک سو و ادامه افزایش جمعیت جهانی بخصوص در کشور های غیر صنعتی است. دسترسی به منابع سرشار انرژی حاصل از سوخت های فسیلی از جمله نفت، ذغال سنگ و گاز در یک قرن اخیر تاثیر مثبت بر افزایش جمعیت داشت ولی با گذشت زمان و کاهش ذخایر انرژی فسیلی، تعادل بین جمعیت و انرژی را به هم زده و در آینده نزدیک با کمبود انرژی مواجه خواهیم بود. برای رفع این کمبود، بشر ناگزیر به توسعه استفاده از انرژی های نو از جمله زمین گرمایی است.

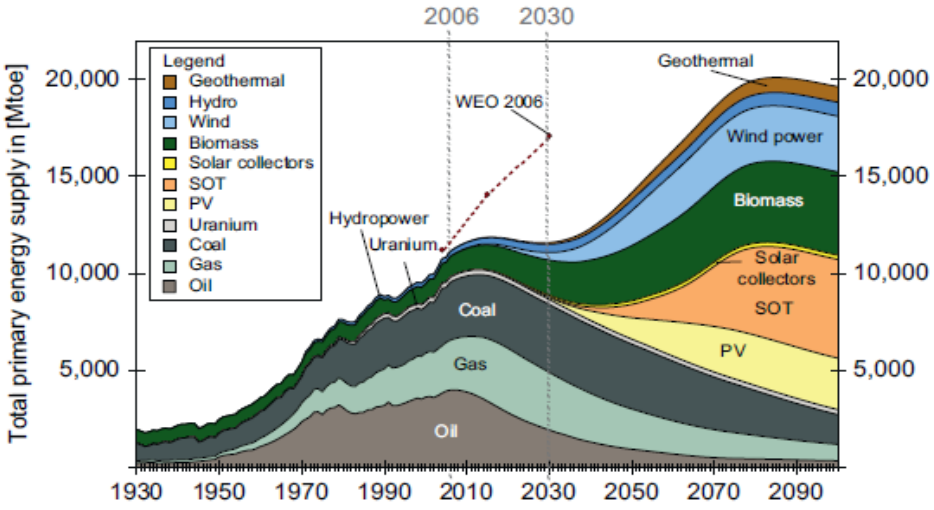
لودویک بولکو سیستم تکنیک[1]، یک شرکت مشاوره انرژی و محیط زیست است. این شرکت چشم انداز جایگزین انرژی جهان را تا سال ۲۱۰۰ پیش بینی کرده است. در این پیش بینی رشد منابع انرژی تجدید پذیر توسط توابع منطقی با توجه به رشد پیشین به طور تقریبی مدلسازی شده است و بیشترین سرعت رشد را برای انرژی های فتوولتائیک گرمایی خورشید در نظر گرفته شده است. همانطور که در شکل نشان داده شده است بین ۲۰۱۰ تا ۲۰۲۰ در تامین انرژی کلی هیچ رشدی پیش بینی نشده است. تولید نفت جهان قبل از سال ۲۰۱۰ به اوج خود می رسد. در بهترین حالت ممکن کاهش تولید نفت در این سال ها با گاز طبیعی، ذغال سنگ، زیست توده، باد و انرژی آبی جبران خواهد شد [۶۸].

[1] Ludwig-Bo lkow-Systemtechnik GmbH (LBST)

جدول (۱-۱)- پیش بینی رشد منابع مختلف انرژی تجدید پذیر در آینده [۶۸]

منابع انرژی تجدید پذیر	تولید		متوسط رشد سالیانه
	۲۰۰۵	۲۰۳۰	(٪سال)
آبی	۲۸۳۱ TWh[1]	۴۹۷۰ TWh	۲/۳
الکتریسیته زمین گرمایی	۵۶/۸ TWh	۶۷۶ TWh	۱۰/۵
بادی	۱۲۱ TWh	۳۷۴۲ TWh	۱۶
فتو ولتائیک[2]	۴/۹ TWh	۱۱۴۷ TWh	۱۹
انرژی حرارتی خورشیدی	۰/۷ TWh	۴۵۶ TWh	۳۰
زیست توده	۱۰۳۲ Mtoe[4]	۱۶۵۰ Mtoe	۱/۹
حرارت زمین گرمایی	۲/۱ Mtoe	۳۱ Mtoe	۱۱/۳

[1] terawatt hours
[2] photovoltaics(PV)
[3] solar thermal power(SOT)
[4] megaton oil-equivalent



شکل (۱-۱)- چشم انداز مصرف انرژی از ۱۹۳۰ تا سال ۲۱۰۰ [۶۸]

در دهه ۲۰۲۰ تا ۲۰۳۰ با گذر از اوج تولید گاز حتی با رشد انرژی های جایگزین، تامین انرژی کلی جهان کاهش می یابد و زغال سنگ و انرژی هسته ای نمی توانند این خلاءایجاد شده را پر کنند؛ زیرا تولید انرژی هسته ای در سطح جهان افزایش قابل ملاحظه ای نخواهد داشت. و در بین سال های ۲۰۳۰ تا ۲۱۰۰ تنها باید انرژی های تجدید پذیر مانند زمین گرمایی ،بادی، آبی و زیست توده بتوانند انرژی کلی جهان را تامین کنند و این در سال ۲۱۰۰ به اوج خود می رسد [۶۸].

نیاز بشر به انرژی در حال حاضر معمولا از طریق سوخت های فسیلی، شکافت هسته ای، انرژی برق آبی و انرژیهای تجدید پذیر تأمین می شود. وابستگی شدید و نیاز فزاینده جهان به منابع انرژی که به عنوان عامل اساسی رشد و فعالیت های اقتصادی محسوب می شود از یک طرف و محدودیت ذخایر نفتی و سایر سوختهای فسیلی از طرف دیگر، جهان را

در سالهای اخیر با مسأله بسیار پیچیده تامین انرژی مورد نیاز آینده مواجه ساخته است. همچنین مسأله احتمالی تغییرات اقلیمی و ارتباط آن با مصرف سوخت های فسیلی و افزایش گازهای گلخانه ای به مسأله فوق ابعاد جهانی داده است. گرچه هنوز سوخت های فسیلی و بخصوص نفت، در تأمین انرژی مورد نیاز جهان نقش مسلطی را ایفا می کند، با این حال بحران دهه هفتاد برای اولین بار آسیب پذیری امنیت عرضه آن را برای کشورهای صنعتی به وضوح آشکار نموده است. از این رو جهان در تکاپوی گذر از این تنگنای انرژی به منابع تجدید شونده، بویژه انرژیهای نو و تجدید پذیر چشم دوخته و در راستای تکوین و توسعه فناوری بهره وری از آن به سرعت گام بر میدارد [۴۶].

اثرات مضر آلودگی هوا بر سلامت انسان، حیوان و گیاهان، تغییر اقلیم و تبعات ناشی از آن و همچنین انتشار گازهای گلخانه ای به طبع آن باران‌های اسیدی، تخریب لایه اوزن و گرمایش زمین، از جمله مواردی است که بواسطه مصرف بی رویه سوخت های فسیلی ایجاد شده و این منبع انرژی تجدید ناپذیر نقش مهمی را در تخریب محیط زیست و ایجاد مشکلات زیست محیطی در قرن اخیر و تهدید سلامت انسانها، ایفا نموده است [۴،۲۵،۴۰].

با پیشرفت علوم و تکنولوژیهای مربوط به استفاده از منابع انرژی تجدید شونده در جهان، نیاز به تحقیق و بررسی های فراوان در این ارتباط و افزایش سقف منابع انرژی تجدید شونده در سبد انرژی کشور وجود دارد. این بررسی ها با توجه به دلایل مختلف لزوم استفاده از این منابع و با توجه به بحث های اقتصادی و غیره صورت می گیرد. در این میان بایستی تحلیلی جامع صورت گیرد که با استفاده از کدامیک از روشها می توان بهترین صرفه جویی اقتصادی را نمود [۵۱].

انرژی زمین گرمایی از انواع انرژیهای تجدید پذیر محسوب می شود و با توجه به امتیازات عالی آن از قبیل بی خطر بودن نسبی، کمک به حفظ محیط زیست و ارزانی می تواند جوابگوی بخشی از تقاضای روز افزون انرژی در حال و آینده باشد.

بیابان برخلاف تصور عامه مردم و با همه خشونتهای ظاهری آن و با وجود تولیدات گیاهی اندک، دارای پتانسیل های بالقوه بسیار متنوع است که اگر به درستی شناخته شده و مورد بهره برداری قرار گیرد، می تواند در جهت مهار بیابان زایی منطقه و یا دیگر مناطق مورد استفاده قرار گیرد. بیشتر مناطق بیابانی ایران با داشتن اقلیم مناسب همراه با تابش آفتاب درطول سال، وجود مناطقی با پتانسیل بادی بالا و توانایی تولید انرژی زمین گرمایی، زمینه لازم و مناسبی جهت بهره برداری و گسترش انرژیهای نو و پاک فراهم شده است. در این زمینه می توان گفت سرزمین ایران در یکی از مساعدترین مناطق تکتونیکی کره زمین قرار گرفته و پتانسیل قابل توجهی از انرژی زمین گرمایی را داراست. بطوری که پتانسیل جریان حرارتی موجود فقط در منطقه سبلان بالغ بر ۱۵۷۰۰۰ مگاوات ساعت برآورد شده است. مناطق مختلف آذربایجان، گیلان، مازندران و بسیاری از مناطق خشک و بیابانی ایران ازجمله منطقه تفتان و بزمان، طبس، برازجان، فردوس، مشهد، سرخس و مناطق مرکزی ایران با دمای بالای آب گرم چشمه های این مناطق، نواحی مستعدی برای استحصال این انرژی لایزال الهی هستند که برای مهار بیابانزایی می تواند مفید باشد [۱۷].

انرژی زمین‌گرمایی بخشی از انرژی حرارتی زمین است که می‌تواند مورد استفاده و بهره برداری قرار گیرد. این انرژی، حرارت داخلی زمین است که به وسیله یک سیال مانند بخار آب یا آب داغ یا هر دو به سطح زمین انتقال می‌یابد. این

حرارت در داخل زمین و تحت تأثیر پدیده‌های زمین شناسی گوناگون ایجاد می‌شود. در بعضی نقاط، فعالیت‌های تکتونیکی باعث جاری شدن گدازه‌های داغ یا مذاب به سمت سطح‌زمین و در نهایت تشکیل منابعی با درجه حرارت بالا در سطح قابل دسترس از زمین می‌شود. این انرژی در امتداد مرزهای صفحات تکتونیکی، در نواحی شناخته شده آتشفشانی و زلزله‌خیز که دارای شکستگی‌ها و گسل‌های فراوانی هستند، از تمرکز بیشتری برخوردار است [۷۶].

استفاده از این انرژی محدود به نواحی می‌شود که شرایط زمین شناسی مطلوب نظیر وجود یک سیال هادی مثل آب در فاز مایع یا بخار، و همچنین امکان هدایت حرارت از نواحی عمیق و با درجه حرارت بالا به نواحی سطحی یا نزدیک به سطح در آن‌جا حکمفرماست [۵۲].

استفاده از انرژی زمین گرمایی دارای مزایای متعددی نسبت به استفاده از منابع سوخت‌های فسیلی است ولی مزیت اصلی آن عدم وجود هزینه‌های مربوط به تأمین سوخت است. همچنین از نقطه نظر اثرات طبیعی، میزان گازهای نامطلوب تولید شده در این نیروگاه‌ها اندک است. از دیگر مزایای این دسته نیروگاه می‌توان به ثابت بودن میزان انرژی استخراج شده در تمامی فصول سال و امکان کارکرد این نیروگاه‌ها به صورت ۲۴ ساعته نیز اشاره کرد. از دید اقتصادی استفاده از منابع زمین گرمایی میزان وابستگی قیمت برق تولیدی به قیمت سوخت‌های فسیلی را هم کاهش می‌دهد [۷۵].

در حال حاضر تولید انرژی زمین گرمایی، در رده چهارم بین انرژی های تجدید پذیر، پس از انرژی هیدروالکتریکی، زیست‌توده[1] و بادی و در جایگاهی بالاتر از انرژی خورشیدی قرار گرفته است [۶۸].

با توجه به محسناتی که از انرژی زمین گرمایی و پتانسیل بالای آن در تولید برق و شکوفایی اقتصاد کشور ذکر گردید و همچنین وجود ذخایر عظیم این انرژی تجدید پذیر در مناطق بیابانی کشور، هدف بر آن است، تا با استفاده از دانش سنجش از دور در جهت شناسایی و استفاده از این انرژی در مناطق خشک و بیابانی بعنوان یکی از پتانسیل های این مناطق گام برداشت. پیامد استفاده از این انرژی در مناطق بیابانی کشور می تواند بسیار گسترده باشد، علاوه بر اشتغال زایی در بخش محروم کشور، با تولید برق ارزان و پاک، به حفظ منابع طبیعی کشور کمک می نماید و از روند بیابانی شدن سایر مناطق نیز جلوگیری می کند. از سویی با نگاهی به سد سازی و اثرات مخربی که بر محیط زیست وارد می آورد و علاوه بر اثرات مفید و مضری که بر شیوه زندگی مردم بالادست و پایین دست سد وارد می سازد، با بر هم زدن طبیعت در مقیاس وسیع و گرفتن آب از مسیر اصلی نیز موجب ایجاد و توسعه بیابان در زیر دست سد ها می شود، لذا انرژی زمین گرمایی می تواند جایگزینی مناسب برای آن محسوب گردد.

بهره‌برداری از انرژی زمین‌گرمایی اندیشه جدیدی نیست و از ابتدای قرن بیستم میلادی تلاش‌های زیادی به منظور تبدیل این انرژی به برق صورت گرفته است اما انگیزه واقعی بهره‌برداری از این نوع انرژی به بعد از سالهای ۱۹۷۴-۱۹۷۳ برمی‌گردد. با توجه به میزان حرارت قابل استخراج، از ذخایر انرژی زمین گرمایی به عنوان منبع گرمایش در بخش خانگی یا صنایع، گلخانه‌ها، پرورش آبزیان و در تولید الکتریسیته استفاده می‌شود [۷۵].

[1] Biomass

نظر به نیاز روزافزون به تأمین برق مورد نیاز شبکه برقی و محدود بودن منابع انرژی فسیلی، روی آوردن به منابع انرژی تجدیدپذیر از جمله انرژی زمین گرمایی، راهکاری اجتناب ناپذیر در مسیر توسعه و آبادانی کشور می‌باشد. اگرچه در چند ساله اخیر، انجام پژوهش و فعالیت در این زمینه شدت یافته، اما همچنان شایسته توجه و بررسی‌های دقیق و کارشناسانه بیشتری می‌باشد.

یافتن مناطق امیدبخش از نقطه نظر زمین‌گرمایی در ایران از سال ۱۳۵۴ آغاز شده و تا سال ۱۳۷۸، چهارده منطقه امیدبخش در رابطه با نقاط آتشفشانی کشف شده است. پس از مطالعات دقیق‌تر در سال ۱۳۸۷، جمعاً ۱۸ نقطه در شمال غرب، مرکز، جنوب، شرق و جنوب‌شرقی ایران به عنوان مناطق دارای پتانسیل ژئوترمال، جهت انجام مطالعات و بررسی‌های بیشتر به ثبت رسیدند [۱۰۹].

اولین نیروگاه زمین گرمایی ایران در استان اردبیل و در دامنه کوه سبلان با ظرفیت نهایی بالغ بر ۲۵۰ مگاوات در سال ۱۳۸۵ به بهره‌برداری رسید. با توجه به تحقیقات انجام شده امکان ساخت این دست نیروگاه‌ها در مناطق مستعد دیگر، مانند دامنه کوه تفتان، مناطق سهند و سبلان و مناطق شرق کشور نیز وجود دارد [۱۰۹،۲۱،۲۰].

یافتن این‌گونه مناطق مستعد، پس از یک ارزیابی کلی و با حذف نواحی کم اهمیت در مراحل اکتشافی پی‌درپی صورت می‌گیرد. در حقیقت عملیات اکتشاف منابع ژئوترمال همانند اکتشاف منابع معدنی، فرآیندی است گام به گام که با اتمام هر مرحله‌ی اکتشافی، محدوده‌ی مورد اکتشاف کوچک‌تر شده و عملیات مرحله‌ی بعد در مناطق با پتانسیل بالاتر و با استفاده از روش‌ها و ابزارهای دقیق‌تر انجام می‌پذیرد.

با تلاش روز افزون برای یافتن منابع انرژی جایگزین، "سنجش از دور" به یک روش محبوب در اکتشاف منابع زمین گرمایی تبدیل شده است. تفاوت های دمایی سطح زمین یک شاخص کلیدی برای شناسایی مناطق زمین گرمایی در تصاویر حرارتی سنجش از دور است. هرچند که این تفاوت ها می تواند بوسیله بسیاری از عوامل دیگر منابع زمین گرمایی، مانند تشعشع خورشیدی، اشکال زمین شناسی و زلزله تحت تاثیر قرارگیرند. استفاده از داده های مادون قرمز حرارتی تصاویر ماهواره ای (TIR[1]) روشی موثر برای به دست آوردن دمای سطح زمین (LST[2]) است. بنابراین، تشخیص منابع زمین گرمایی با استفاده از داده های مادون قرمز حرارتی سنجش از دور یک موضوع چالش برانگیز و در عین حال جالب است [۱۱۱].

یکی از سودمندترین ابزارهای تصمیم‌گیری در پتانسیل‌یابی میادین ژئوترمال استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی[3] (GIS) می‌باشد. این ابزار براساس همراهی و همبستگی مکانی و نیز اهمیت عوامل کلیدی در تشکیل یک ذخیره ژئوترمال، مناطق امیدبخش را در هر مرحله از عملیات اکتشافی محدودتر کرده تا در نهایت نقاط مناسب جهت حفاری چاه‌های اکتشافی و بهره‌برداری مشخص شوند.

[1] Thermal infrared
[2] Land Surface Temperature
[3] GeograpHic Information Systems

۱-۲- اهداف

با توجه به وجود پتانسیل بالای ژئوترمال در مناطق خشک شرق کشور [۱۰۹]، در این پژوهش سعی بر این است تا با بررسی دقیق منطقه فردوس در شرق کشور و شناسایی عوامل کلیدی مرتبط با تشکیل ذخایر ژئوترمال در آن، به اهداف ذیل دست یابیم:

۱-۲-۱- اهداف اصلی

الف- بررسی کاربرد داده های حرارتی تصاویر ماهواره ای سنجندهٔ ETM^+ در شناسایی مناطق زمین گرمایی بعنوان یکی از پتانسیل های مناطق بیابانی.

ب- بررسی امکان تهیه نقشه های ژئوترمال با استفاده از داده های حرارتی تصاویر ماهواره ای ETM^+.

۴-۱-۲- اهداف فرعی

الف- معرفی کاربردهای انرژی زمین گرمایی بعنوان یکی از استعدادهای مناطق خشک و بیابانی

ب- پهنه بندی دمای سطحی منطقه مورد مطالعه

۱-۳- روش شناسی و محتوای پایان‌نامه

پس از بررسی منطقه‌ی مورد مطالعه، لایه‌های اطلاعاتی مرتبط با انرژی زمین‌گرمایی جمع آوری گشته و مورد مطالعه قرار گرفتند. این اطلاعات شامل لایه های مختلف زمین شناسی منطقه و تصاویر ماهواره‌ای، با هدف تعیین مناطق دارای پتانسیل ژئوترمال، مورد پردازش قرار گرفته و جهت تلفیق در محیط GIS آماده گشتند.

استفاده از مدل‌های ریاضی در تلفیق لایه‌ها به منظور کاهش خطاهای انسانی و افزایش دقت در دستور کار قرار گرفت. با توجه به مقیاس کار و میزان شواهد قطعی در دسترس، از روش‌های تلفیقی دانش محور، روش هم‌پوشانی وزن‌دار مورد استفاده قرار گرفت و در نهایت نقشه های تولیدی توسط سنجش از دور با نقشه تولیدی به روش همپوشانی وزن دار، مورد بررسی و مقایسه قرار گرفتند.

پژوهش حاضر، مطالب در پنج فصل زیر تنظیم و ارایه گردید. پس از بیان کلیات، در فصل دوم مباحث مرتبط و سابقه‌ی پژوهش تشریح می‌گردد. در فصل سوم پس از توصیف منطقه‌ی مورد مطالعه و خصوصیات زمین شناسی و اقلیمی آن، مواد و روش های به کار رفته و همچنین مراحل پردازش و آماده سازی لایه‌ها و تلفیق آنها در محیط GIS شرح داده شده است. در فصل چهارم نتایج تحقیقات ارایه و بحث گردیده و در پایان نتیجه گیری کلی و پیشنهادات مورد مداقه قرار گرفته.