اولین کنفرانس انرژی های تجدیدپذیر و تولید پراکنده ایران
The First Iranian Conference on Renewable Energies and Distributed Generation
ICREDG 2010

سیستم پشتیبانی تصمیم گیری در فاز شناسایی مناطق دارای پتانسیل انرژی زمین گرمایی توسط تصاویر حرارتی ماهواره ای در تلفیق با GIS

مهیار سجادیان، ناهید سجادیان

چکیده - انرژی مهمترین نهاده تولید است ولی سوختهای فسیلی پایان پذیر و استفاده از آنها همراه با آلودگیهای زیست محیطی فراون است . لذا نیاز به سوختهای پاک و جایگزین احساس می گردد . انرژی زمین گرمایی که از حرارت درونی زمین در جهت استفاده در تولید برق و سایر بهره برداریها نظیر گلخانه ، آبهای گرم شهری و غیره مورد استفاده قرار می گیرد از این گونه انرژیها محسوب می گردد . ایران به لحاظ موقعیت خاص جغرافیایی اش دارای پتانسیل بالایی از نظر دارا بودن انرژی زمین گرمایی می باشد . اما مشکل این است که سرزمین ایران پهناور و روشهای شناسایی که به طور معمول مورد استفاده قرار می گیرد گران و پرهزینه و کند می باشند و در ضمن لازم است که به علت پرهزینه بودن پروسه حفر چاه خطاها به حداقل کاهش یابد . به نظر می رسد که تصاویر حرارتی ماهواره ای در تلفیق با سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) در قالب یک سیستم پشتیبانی تصمیم گیری در فاز شناسایی قادر باشند ضمن بالا بردن سرعت و کم هزینه بودن در تلفیق با روشهای معمول خطاها ی شناسایی را به حداقل برسانند . روش تحقیق از نوع تحلیلی – کاربردی است . بر اساس یافته های تحقیق تصاویر حرارتی ماهواره ای در تلفیق با تواناییهای تحلیلی ، مدلسازی و نمایش GIS قادر است که در قالب سیستم پشتیبانی ، مدیریت ، سرعت ، کم هزینه بودن و به حداقل رساندن خطاها را به فاز شناسایی مناطق دارای پتانسیل زمین گرمایی انرژی ارزانی دارد .

واژگان کلیدی : انرژی زمین گرمایی ، سیستم پشتیبانی تصمیم گیری ، تصاویر حرارتی ماهواره ای ، GIS

۱-مقدمه

انرژی یکی از نهاده های تولید است که نقشی مهم در فعالیتهای اقتصادی بازی می کند [1] در حال حاضر ،۷۷ درصد کل انرژی مصرفی جهان را سوختهای فسیلی تامین می کنند که با تولید گازهای آلاینده و گلخانه ای در فرایند تبدیل و در نتیجه تخریب لایه ازون محیط زیست را به شدت مورد تهدید قرار داده و موجب گرم شدن بیشتر دمای کره زمین می شوند [2] .

در ایران خسارت مادی وارد شده به محیط زیست ناشی از سوختهای فسیلی طبق گزارش سازمان محیط زیست سالانه در حدود ۶ میلیارد دلار با یک سوم درآمد سالانه فروش نفت ایران می باشد [3]. و اینکه نفت پایان پذیر است به طوری که برآوردها نشان از آن دارد که میزان ذخایر نفت ایران در سال ۲۰۰۰ در حدود ۹۶/۴ تا ۱۰۰ میلیارد بشکه بوده است که با فرض تولید حدود ۴ میلیون بشکه در روز ، عمر ذخایر نفت ایران ۶۸ سال خواهد بود [4] . لذا باید به فکر انرژیهای جایگزین و پاک بود .

آمارها نشان می دهد که در سال ۱۳۸۶ تغییر و تحولات و گسترش انرژیهای نو و جایگزین فسیلی در دنیا بسیار سریع بوده است . با نیم نگاهی به آمارهای سال ۲۰۰۷ می توان مشاهده نمود که در این سال بیش از ۱۰۰ میلیارد دلار در بخش افزایش ظرفیتها ساخت نیروگاهها و تحقیق و توسعه انرژیهای جایگزین در دنیا سرمایه گذاری شده است [5] . در ایران نیز اگر چه توجه و استفاده از انرژیهای نو و تجدید پذیر در کشور ما به اندازه کشورهای پیشتازی چون آلمان نیست که تاکنون ظرفیت استفاده از این منابع انرژی را تا ۲۰ هزار مگاوات فراهم کرده ، اما در برنامه چهارم توسعه تمهیدات و بایدهای الزام آوری تهیه شده که رویکرد به این انرژی ها به همراه توجه ویژه دولت و پتانسیل بالای کشورمان با توجه به موقعیت جغرافیایی کشورمان امیدوار کننده است [6] .

از مهمترین این انرژیها ی جایگزین ، انرژی زمین گرمایی است که کشورایران به سبب موقعیت خاص جغرافیا یی استعداد فراوانی در آن دارد . از آن جهت که انرژی زمین گرمایی بر بستر مکانی نمود حرارتی دارد لذا تصاویر ماهواره ای در باند حرارتی قادر به

مهیارسجادیان، کارشناسی ارشدسنجش از دورو GIS،واحد علوم تحقیقات، تهران،
(email:mahyarsajadian@yahoo.com)
ناهید سجادیان، استادیار دانشگاه شهید چمران اهواز،اهواز،۱۹۳۶۱۲۷۱۱
(email: nsajadian@yahoo.com)

شناسایی آنها با توجه به نشانه ها و شواهد آن می باشند و سیستم اطلاعات مکانی به عنوان یک ابزار قدرتمند مدیریت داده های مکانی قادر به ایجاد یک سیستم پشتیبانی تصمیم گیری در فاز شناسایی مناطق دارای پتانسیل انرژی زمین گرمایی می باشد.

۲-مبانی نظری

۲-۱-انرژی زمین گرمایی

انرژی زمین گرمایی ، انرژی است که از حرارت طبیعی زمین سرچشمه می گیرد ، درجه حرارتی زمین به طور گسترده وسیع بوده و انرژی زمین گرمایی درجه حرارتی بیش از ۱۴۰ درجه سانتی گراد را دارا می باشد . حوضچه های انرژی زمین گرمایی معمولاً به دو دسته با درجه حرارت پایین (کمتر از ۱۵۰ درجه سانتیگراد) یا با درجه حرارت بالا (بیشتر از ۱۵۰ درجه سانتیگراد) تقسیم می شوند . حوضچه های با درجه حرارت بالا ، مناسب برای تولید تجاری برق می باشند ، و حوضچه های با درجه حرارت پایین مناسب جهت استفاده هایی همچون تهیه حمامهای آب گرم می باشند [7]

مهار کردن حرارت درونی زمین تحت عنوان انرژی زمین گرمایی از سال ۱۹۰۴ در ایتالیا توسعه یافته و هم اکنون از گرمای طبیعی زمین در تولید برق و سایر بهره برداریهای ممکن در کشورهای همچون روسیه ، ژاپن ، نیوزلند ، ایسلند ، مکزیک، هاوایی و کالیفرنیا استفاده می شود [8]

به طور کلی مناطقی از زمین که دارای سه ویژگی مهم زیر باشند ، می توانند دارای پتانسیل خوب ، جهت بهره برداری از انرژی زمین گرمایی باشند [9]

۱- منبع حرارتی

۲- سیال حدواسط

۳- محیط تخلخل

نمونه های موجود منابع زمین گرمایی عبارتند از [10]

۱- بخار داغ خشک

۲- بخار سردو خیس

۳- آب داغ

۴- آب گرم

۵- سیستم های آبهای تحت فشار

۲-۲-سیستم های اطلاعات جغرافیایی

سیستم اطلاعات جغرافیایی GIS در اوایل دهه ۱۹۶۰ برای اولین بار در کانادا مطرح شد و از آن تاریخ به بعد روز به روز بر طرفداران آن افزوده شد و در دهه ی ۸۰ جنبه ی جهانی پیدا کرد [11] سیستم اطلاعات جغرافیایی ، سیستم های اساسی کامپیوتری برای جمع آوری ، ذخیره سازی کنترل، بازیابی ، به روز کردن ، ادغام ، پردازش ، تحلیل ، مدلسازی ، و نمایش داده های جغرافیایی به صورت گوناگون هستند [12] اجزای یک سیستم اطلاعات جغرافیایی داده ها ، نرم افزار ، سخت افزار ، افراد متخصص و مدلها و سازماندهی و تشکیلات می باشند [13] این سیستم از کارکردهای تحلیلی چون ، مدلسازی توپولوژیکی ، همسایگی ، توپوگرافی ، پیوستگی ، نزدیکی ، شبکه ها و همپوشانی(overlay) تشکیل یافته است [14] .

یک GIS استاندارد و تخصصی باید به سوالات متعدد ذیل پاسخگو باشد [15]

الف- در یک مکان مشخص چه چیزی وجود دارد؟

ب- چه شرایطی بر یک مکان مشخص حاکم است ؟

پ- روند تغییرات در زمان معین تا به حال چگونه بوده است ؟

ت - چه نوع از الگوهای مکانی وجود درد ؟

ث- چه خواهد شد اگر؟

ج- طرح سوالات با ماهیت غیر مکانی

چ-طرح سوالات مکانی

۲-۳-سنجش از دور

اولین عکس هوایی شناخته شده در جهان در سال ۱۸۵۸ میلادی توسط یک عکاس پاریسی که بنام Nadar مشهور بود با استفاده از یک بالن از Bievre پاریس گرفته شد [16] اولین پروژه عکسبرداری هوایی تهران به مقیاس ۱:۱۰۰۰۰ تاریخی معادل ۱۹۵۶ دارد [17] . با پرتاب اولین سری ماهواره های بدون سرنشین به فضا نقطه عطفی در سنجش از دور حاصل آمد [18]. و از ۱۹۶۰ تکنولوژی فضا جهت مطالعات هواشناسی و منابع زمینی با پرتاب لندست یک در سال ۱۹۷۲ به کار گرفته شد [19] . به طور کلی ، سنجش از دور علم و هنر (یا فن آوری) به دست آوردن اطلاعات درباره ی یک شیء، منطقه یا پدیده ، از طریق پردازش و آنالیز داده های اخذ شده به وسیله ی یک دستگاه (بدون تماس مستقیم با شی) منطقه یا پدیده مورد مطالعه است [20] از نظر فیزیکی در فن دور سنجی ،اطلاعات مورد نیاز معمولاً از طریق اندازه گیری و ثبت تغییرها در میدان های الکترومغناطیسی ، نیرو یا امواج صوتی ، حاصل می آید ، از میان این سه روش ، استفاده از امواج الکترومغناطیسی از همه متداول تر می باشد [21]

انرژی الکترومغناطیسی که به سطح زمین می رسد ممکن است منعکس شود،عبور کند و یا جذب شود.انرژی انعکاسی در جو سیر صعودی طی می کند و همچنین تحت تاثیر جو قرار می

گیرد.بخشی از انرژی انعکاسی که در معرض دید سنجنده قرار می گیرد،دریافت می شود و برای انتقال به ایستگاههای گیرنده زمینی به مقادیر عددی تبدیل می گردد.در سنجش از دور مقدار و توزیع طیفی انرژی انعکاسی بررسی می شود تا اینکه ماهیت اشیای منعکس کننده نور،شناسایی و استنتاج شود.فرض بر این است که هر شیئی عکس العمل متفاوت و ویژه ای در قبال انرژی تابشی دارد که با نحوه و درجات متفاوت انعکاس انرژی معین می شود[22]. روشهای پردازش و فعل و انفعالاتی که ممکن است در زمین بر روی یک تصویر رقومی انجام گیرد ظاهرا نامحدود است.به هر صورت،به طور واقعی تمامی این روشها ممکن است به یکی از پنج نوع فعالیتهای مهمی که با استفاده از رایانه ،انجام می شود،تقسیم می گردند[23]:

۱- ترمیم و بارزسازی تصویر

۲- بارزسازی تصویر

۳- طبقه بندی تصویر

۴- ادغام داده ها و تجمیع با سیستم اطلاعات جغرافیایی

۵- مدلسازی بیوفیزیکی

۲-۴-سنجش از دور حرارتی

مقداری از انرژی تابشی،توسط عوارض زمین جذب شده و صرف گرم شدن جسم می گردد. اگر این گرما در شی باقی بماند،بعد از مدتی می سوزد،بنابراین این انرژی را از خود خارج می کند.دفع انرژی حرارتی ازجسم به دو صورت رسانایی و تابش صورت می پذیرد[24].تمام اجسامی که دمای آنها بالاتر از صفر مطلق می باشند از خود انرژی ساطع می نمایند که مقداراین انرژی بر طبق قانون استفان – بولتزمن با توان چهارم دمای سطح خارجی جسم نسبت مستقیم دارد

$$W=QeT^4$$ رابطه شماره ۱

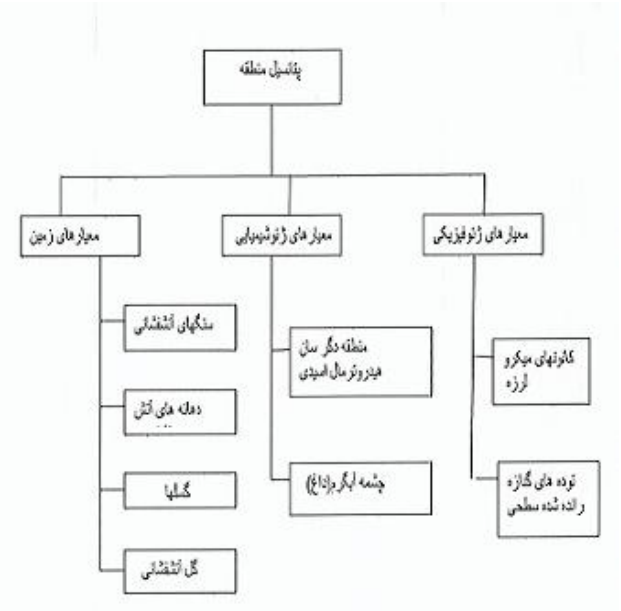
که در آن w، مقدار انرژی تابشی برحسب وات بر سانتی متر مربع،T،دمای سطح خارجی جسم برحسب کلوین،Q، عدد ثابت استفان بولتزمن است و e ضریب تابشی است که نسبت مقدار انرژی ساطع شده توسط یک جسم به مقدار انرژی تابیده شده بر آن می باشند و قانون جابجایی وین،حداکثر طول موجی را که انرژی با توجه به دمای جسم ساطع می گردد،مشخص می نماید.

$$\lambda_m = A/T$$ رابطه شماره ۲

در این رابطه λ_m، حداکثر طول موج ساطع شده از جسم،Tدمای جسم برحسب کلوین و Aعدد ثابت وین برابر ۲۸۹۸ است. قانون جابجایی وین بیان می دارد که هرچه دمای جسم افزایش می یابد ،حداکثر طول موج ساطع شده از آن کوتاهتر خواهد بود.این قانون از قوانین اساسی سنجش از دور حرارتی در جهت شناسایی وتشخیص عوارض محسوب می گردد.در طیف انرژی الکترومغناطیسی محدوده ۳ تا ۱۴ میکرومتر باند حرارتی نامیده می شود.که رادیومترها و اسکنرها به آن حساسند.سنجش از دور حرارتی شاخه ای از سنجش از دور محسوب می گردد که به مطالعه فعل و انفعالات در این باند حرارتی می پردازد. البته باید که در این محدوده عملا به دلیل دو پنجره جوی در محدوده های ۳,۵تا ۵ میکرومتر و ۸ تا ۱۴ میکرومتر عملا از این دو محدوده در سنجش از دور حرارتی استفاده می گردد .محدوده ۳,۵ تا ۵ میکرومتر در دماهای فوق العاده زیاد مانند آتش سوزی جنگل و مواد مذاب آتش فشانی مورد استفاده می باشد.و در مطالعات در حالت عادی عموما از محدوده ۸ تا ۱۴ استفاده می گردد.

۳-بحث

مناطق زمین گرمایی فعال تعدادی و ویژگیهای طبیعی و سطی نظیر چشمه های آب گرم (داغ)، سنگ های آتشفشانی ، گل های آتشفشانی ، گسل ها ، دهانه های آتشفشانی ، منطقه دگرسانی هیدروترمال اسیدی ، کانون های میکرولرزه ها و گدازه های روان شده سطحی دارند که در جهت به حداقل رساندن خطاها و مکان یابی مناطق دارای پتانسیل زمین گرمایی لازم است که ترکیبی ازاین پارامترها مورد توجه قرار گیرد [25] در شکل شماره ۱ به صورت شماتیک لایه ها (اطلاعات) مورد استفاده در تشخیص مکانهای دارای پتانسیل انرژی زمین گرمایی آمده است .



شکل شماره۱-معیارهای مورد استفاده در شناسایی مناطق دارای پتانسیل زمین گرمایی

بسیاری از مطالعات نشان داه است که داده های حاصل از سنجنده ها کاربرد فراوانی در مطالعات پدیده های زمین از جمله پدیده های زمین گرمایی دارد [26]

از مهمترین فاکتورهای تشخیص مناطق دارای پتانسیل زمین گرمایی ، چشمه های آبگرم (داغ) می باشد تصاویر حرارتی حاصل از اسکنرهای مادون قرمز حرارتی در قبل از طلوع آفتاب ، به طور معمول آبهای کم عمق را گرمتر از خاک و سنگ اطراف ، نشان می دهند زیرا توانایی آب در نگهداری گرما بالاست ، و این یک کلید شناسایی چشمه گرم خواهد بود . باکتری هایی که در برخی چشمه های گرم گوگرد ترشح می کنند و به رنگ سبز دیده می شوند از دیگر پد یده هایی است که باید به آنها توجه نمود ، گاهی جلبک های سبز در آبهای ۴۹ تا ۶۰ درجه ی سامتی گراد،جلبکهای قرمز و نارنجی درآبهای ۶۰ تا ۷۱ در جه سانتی گراد و جلبکهای سفید در آبهای داغ ۸۵ درجه سانتی گراد نیز در چشمه های گرم یافت می شوند [27] این جلبکها هر کدام دارای ضریب تابشی مخصوص به خود بوده و در نتیجه در تصاویر حرارتی قابل شناسایی می باشند . مطالعات نشان از آن دارد که ترکیب چشمه های گرم نسبت به معمولی دارای مقادیر متفاوتی از املاح حتی تا چندین برابر از لحاظ عناصری چون پتاسیم ، سدیم ، گوگرد ، آلومنیوم ، منیزیم ، کلسیم ، و آهن می باشند و PH آنها اسیدی و گاهاً زیر ۲ می سرد [28] چنین ترکیباتی بر ضریب تابش آب تاثیر دارند [29] گرچه تشخیص میزان این ترکیبات بسیار مشکل است لیکن با بررسی و مطالعه تصاویر تکراری و استفاده از باندهای متفاوت مادون قرمز در تلفیق با باند حرارتی می توان اختلافهای سطوح مختلف آب را از نظر تن یا زمینه به وضوح مشاهده نمود [30].

اینرسی حرارتی ، یکی از ویژگیهایی اساسی است که برای شناسایی تفاوت انواع سنگها به کار می رود هر چه اینرسی حرارتی سنگها بیشتر باشد ، علائم در تصاویر شبانه گرمتر و روشنتر است و بالعکس . لذا موادی که دارای اینرسی حرارتی پایینی هستند، همانند شیل ها و خاکسترهای آتشفشانی مقاومت کمتری درمقابل تغییرات دما دارند و تقریبا ΔT بالایی دارند. در رور به ماکزیمم دما و در شب به مینیمم دما می رسند و موادی که دارای اینرسی حرارتی بالایی هستند،همانند شن و بازالت در مقابل تغییرات دما مقاومت بالایی و تقریبا ΔT پائینی دارند،این مواد،تقریبا در روز سرد و به هنگام شب گرم می باشند[31].گسل یک شکستگی است که در امتداد آن سنگهای مجاور شکستگی نسبت به یکدیگر لغزیده و عوارض کم و بیش مستقیم و گودی را در سنگهای سطحی پوسته زمین ایجاد می نمایند[32]در تفسیر گسلها در تصاویر ماهواره ای اصول عمومی که به کار برده می شود،عبارتند از[31]:

۱-سنگهایی که در طرفین مخالف خط گسل قرار دارند در حالت و یا نوع و یا هردوی آنها همسان نیستند

۲-خاتمه سراشیب تند ساختارهای زمین شناسی،شکل زمین،الگوی زهکشی و غیره

۳-الگوهای زهکشی تعدیل شده و خطوط منظم گیاهان،چشمه ها و غیره

۴-وجود گیاهان خشک و نهرها

۵-گسل ها عمدتا از طریق پوشش گیاهی یکنواخت می توان تشخیص داد

۶-تغییر در مسیر زهکش ها

۷-گسل ها عامل اساسی در فرسایش به شمار می روند

به طور کلی در تصاویر حرارتی،نواحی ضعیف همانند گسل ها و شکست ها،آنومالی خطی سردی را در هر دو نوع تصویر روز و شب نشان می دهند.

اولین کاربرد تصاویر حرارتی در زلزله شناسی در سال ۱۹۸۵ در روسیه مطرح و نتایج آن در سال ۱۹۸۸ منتشر شد[33]در تشخیص کانونهای میکرولرزه تصور می رود که داده های حاصل از SAR که قادر است در منطقه ریز موج از طیف الکترو مغناطیسی جزئیات را در مورد زمین شناسی مناطق ضعیفی همانند شکستها،گسلها و کانونهای زلزله نشان دهد،در تلفیق با تصاویر حرارتی به تشخیص بهتر کمک نماید.یکی از خاصیتهای مهم گدازه های آتش فشانی وجود حفره ها است.حفره ها می توانند برای استنباط شرایط انفجار و انرژی گرمایی نهفته در زمین استفاده گردند. این حفره ها از چگالی حرارتی می کاهند و بر همین اساس در تصاویر حرارتی قابل تشخیص هستند.

اما در نهایت هیچ کدام از این معیارها به تنهایی نشان از وجود پتانسیل لازمه برای محیط نیست. بلکه ترکیبی از این عوامل جهت پتانسیل سنجی محیط از جهت وجود انرژی زمین گرمایی به کار می رود[34].درجهت ترکیب و تلفیق این لایه ها نیاز به ابزاری وجود دارد تا قادر باشد در نهایت مناطق دارای پتانسیل انرژی زمین گرمایی را که این شرایط را در حالت ماکزیمم دارد ،نشان دهد.سیستم اطلاعات جغرافیایی قادر به انجام این مهم می باشد.آنچه در تحلیل،نمایش و مدلسازی لایه های اطلاعاتی در GIS جهت شناسایی مناطق دارای پتانسیل زمین گرمایی اهمیت دارد،عبارتند از:

۱-منطق به کار رفته جهت overlay لایه ها
۲- تعیین میزان بافرینگ از عوارض مورد نظر
منطق بولین،منطق فازی و تحلیل سلسله مرانبی از مهمترین منطق های به کار رفته جهت overlay لایه ها در GIS محسوب می شوند.در منطق بولین یا باینری،ارزش متغیرها به صورت درست یا غلط،سیاه یا سفید،و یا یک و صفر می باشد[35].پس در چنین منطقی لایه مورد استفاده در تحلیل دارای آن فاکتور مورد نظر هست یا نیست که در اینصورت ارزش یک یا صفر می گیرد.
واژه فازی که مناطق فازی از آن گرفته شده است در فرهنگ لغت آکسفورد به صورت ، مبهم ، گنگ ، نادقیق ، گیج ، مغشوش ، درهم و نامشخص تعریف شده است [36] . منطق فازی یک منطق چند ارزشی است . در این منطق به جای درست یا نادرست ، سیاه و سفید ، صفر یا یک ،سایه های نامحدودی از خاکستری بین سیا و سفید و صفرو یک وجود دارد [37] و هر یک از لایه ها با ضرایب متفاوتی به مجموعه عضویت تعلق می یابند . روش تحلیل سلسله مراتبی (Analytical Hierarchy process) از جامع ترین سیستم های تصمیم گیری جهت کار با معیارهای تصمیم گیری از آن جهت که امکان فرموله کردن مسئله را به صورت سلسله مراتبی و نیز در نظر گرفتن معیارهای کیفی در کنار معیارهای کمی را دارد ، می باشد [38]
در این روش ارزیابی به صورت مقایسات زوجی انجام می گیرد که گزینه ها دو به دو با یکدیگر مقایسه شده و طبق جدول ساعتی بنیان گذار این روش به آنها امتیاز دهی صورت می گیرد [39]

جدول شماره۱ - جدول ساعتی به منظور وزن دهی [40]

توضیحات	وزنها
اهمیت مساوی	۱
کمی مهمتر	۳
اهمیت شدید	۵
اهمیت و اولویت خیلی شدید	۷
کاملا مهمتر و اولی تر	۹
اولویتهای معین حالتهای بالا	۲و۴و۶و۸

به طور کلی مراحل انجام تصمیم گیری و اولویت بندی در AHP به ترتیب عبارتند از [41]
۱- ایجاد یک نمایش گرافیکی از مساله که در آن هدف، معیار ها و گزینه ها مشخص شده باشند
۲- تعیین افراد یا گروههای تصمیم گیری
۳- نظر سنجی و انجام مقایسات زوجی توسط گروهها یا افراد
۴- استخراج ضرایب اهمیت ماتریسها
۵- محاسبه نرخ ناسازگاری
۶-تحلیل حساسیت
از جهت حریم عوارض که امکان می رود در این فواصل پتانسیل فراوانتری را از لحاظ دارا بودن انرژی زمین گرمایی وجود داشته باشد ،مطالعاتی در کشور صورت گرفته است که نتایج آن در جدول شماره .....۲.....آورده شده است .

جدول شماره ....۲-.....حریم ها در ارتباط با لایه ها (۱۲)

عارضه	فاصله بافرینگ(متر)
دهانه های آتشفشانی	۵۰۰۰
گسلها	۶۰۰۰
گلهای آتشفشانی	۵۰۰۰
چشمه های آب گرم	۵۰۰۰
منطقه دگر سانی هیدروترمال	۵۰۰۰
کانونهای میکروزلزله	۵۰۰۰
توده های گدازه ی روان شده ی سطحی	۴۰۰۰۰

در انتها ، سیستم اطلاعات مکانی قادر است که با تعریف پارامترهای ذکر شده ، مناطق دارای پتانسیل انرژی زمین گرمایی را نشان می دهد .
نتیجه گیری :
انرژی مهمترین نهاده تولید است ، اما سوختهای فسیلی که هم اکنون اکثر نیازهای بشر را ارضا ء می نمایند آلوده کننده محیط و پایان پذیر هستند ، پس نیاز به انرژیهای جایگزین و پاک می باشد ، انرژی زمین گرمایی که از حرارت درونی زمین و در جهت تولید برق و سایر استفاده های کشاورزی ، شهری و غیره مورد استفاده قرار می گیرد ، از این گونه است ، ایران نیز به سبب موقعیت جغرافیایی دارای پتانسیل بالا یی است. جهت شناسایی مناطق دارای پتانسیل انرژی زمین گرمایی با استفاده از نشانه های نظیر سنگهای آتشفشانی ، دهانه های آتشفشانی ، گسلها ، گلهای آتشفشانی ، منطقه دگرسانی هیدرترمال اسیدی ، چشمه های آب گرم ، کانونهای میکروزلزله و توده های گدازه رانده شده سطحی این توانایی وجود دارد که توسط تصاویر حرارتی این نشانه ها شناسایی شده و در سیستم اطلاعات جغرافیایی یک سیستم

پشتیبانی مدیریت در جهت انسجام بخشیدن به این لایه ها و جامع نگری که لازمه شناخت مناطق دارای پتانسیل انرژی زمین گرمایی است ، تشکیل گردد ،

۴- مراجع

[1] امیر معینی ، مهران ، صرفه جویی انرژی از رویا تا واقعیت ، ماهنامه اطلاعات سیاسی – اقتصادی ، سال بیست و یکم ، شماره پنجم و ششم ، بهمن و اسفند ۱۳۸۵ ،۳۲

[2] خوش اخلاق ، رحمان ، علیمراد شریفی و میثم کوچک زاده ، ارزیابی اقتصادی استفاده از انرژی خورشیدی در مقایسه با نیروگاه دیزلی ، فصلنامه پژوهش های اقتصادی ایران ، سال هفتم ، شماره ۲۴

[3] کریمی ، مهرداد و مهدی غارس، منابع و کاربردهای انرژی زمین گرمایی در ترکیه و ایران ، اولین کنفرانس ملی انرژی های تجدید پذیر ، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تاکستان ، ۱۳۸۷

[4] شفاء الدین ، مهدی ، نبوغ اقتصادی اشتغال و توسعه : به سوی یک استراتژی بلند مدت برای ایران به عنوان یک کشور صادر کننده ی نفت ، ماهنامه اطلاعات سیاسی – اقتصادی ، سال شانزدهم ، شماره یازدهم و دوازدهم ، مرداد و شهریور ۱۳۸۱ ، ۱۵۲

[5] نشریه سازمان انرژیهای نو ایران ، سال دوم ، شماره چهاردهم ، اردیبهشت ۱۳۸۷

[6] آرمودلی ، یوسف ، آینده روشن انرژیهای تجدیدپذیر در ایران ، نشریه مشعل ، شماره ۳۶۲، ۱ مهر ۱۳۸۶ ، ۱۰

[7] شفقی اصل ، کریم ، صدیقه و صوقیراد و هما زارعی ، بررسی انرژی زمین گرمایی ، ششمین همایش ملی دانشجویی مهندسی شیمی و پنجمین همایش ملی دانشجویی مهندسی نفت ،۱۳۸۵

[8] بوتکین ، دانیل و ادوارد کلر ، شناخت محیط زیست ، ترجمه عبدالحسین وهاب زاده ، انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد ، ۱۳۸۶، ۲۳۹

[9] نشریه سازمان های انرژی نو ایران ، سال اول ، شماره دوم ، مهر ۱۳۸۶

[10] کیمیار ، حمید رضا ، ژئوترمال ، شرکت سهامی خدمات مهندسی برق ، ۱۳۸۲

[11] بارو . پی . ای ، سیستم اطلاعات جغرافیایی ، انتشارات سمت ، ۱۳۷۶،۱

[12] حبیبی ، کیومرث و احمد پور احمد ، توسعه کالبدی – فضایی شهر سنندج با استفاده از GIS ، انتشارات دانشگاه کردستان ،۱۳۸۴، ۱۶

[13] یاسوری ، مجید ، مبانی ، کاربردو نرم افزارهای GIS ، انتشارات آستان قدس رضوی ، ۱۳۸۳ ، ۴۲

[14]- جهانی ، علی و سوسن مسگری ،GIS به زبان ساده ، انتشارات سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح ، ۱۳۸۰، ۶۷-۶۰

[15] رسولی ، علی اکبر ، تحلیلی بر فناوری سیستمهای اطلاعات جغرافیایی ، انتشارات دانشگاه تبریز ،

[16] مدیری ، مهدی ، عکاسی و عکسبرداری در مهندسی نقشه برداری ، انتشارات سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح ، ۱۳۷۹ ،۲۳

[17] زبیری ، محمود واحمد دالکی ، اصول تفسیر عکسهای هوایی با کاربرد در منابع طبیعی ، انتشارات دانشگاه تهران ،۱۳۷۶،۵

[18] حسینی دوست ، جعفر، فتوژئولوژی و فتوگرافی ، انتشارات دانشگاه بوعلی سینا ، ۱۳۸۴،۱۶

[19] پیراسته ، سعید ، فن آوری زمین اطلاعات (IT) انتشارات شهیدی ،۱۳۸۷ ،۵۳

[20] فاطمی ، باقر و یوسف رضایی ، مبانی سنجش از دور ، انتشارات آزاده ،۱۳۸۴،۲

[21] رسولی ، علی اکبر ، مبانی سنجش از دور کاربردی ، انتشارات دانشگاه تبریز ،۱۳۸۷،۱۲

[22] میذر، پل ام ، پردازش کامپیوتری تصاویر سنجش از دور ، انتشارات سمت ،۱۳۷۷،۳۵

[23] لیلسند ، تامس ، پردازش رقومی تصاویر ماهواره ای ، ترجمه حمید مالمیریان ، انتشارات سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح ،۱۳۸۰-۱۳-۱۰

[24] علیجانی ، بهلول ، اصول عکسهای هوایی ، انتشارات پیام نور ،۱۳۷۱،۱۳

[25]Yousefi,Hessein and Ehava ,sachio and noorollahi , younes , 2007 ,. 'GEOTHERMAL POTENTIAL site selection using GIS in IRAN Thirty – second workshop an Geotermal reservoir engineering standford university , standford , California , jaunary 22-24 ,2007 SGP-TR -183

[26] علوی پناه ؛ کاظم ، کاربرد سنجش از دور حرارتی در مطالعات محیط زیست ، مجله محیط شناسی ، شماره ۳۴، بهار ۱۳۸۳

[27] علوی پناه ، کاظم ، سنجش از دور حرارتی و کاربرد آن در علوم زمین ، انتشارات دانشگاه تهران ،۱۳۸۵، ۴۰۴

[28] بومری ، محمد ، بررسی منابع انرژی زمین گرمایی و کانی سازی آتشفشان تفتان با استفاده از ایزوتوپ های پایدار آب ، فصلنامه جغرافیا و توسعه ، بهار و تابستان ، ۱۳۸۴ ، شماره ۵۵

[29] طاهر کیا، حسن ، اصول و کاربرد سنجش از دور ، انتشارات جهاد دانشگاهی دانشگاه تهران ۱۳۷۵، ۲۵۹

[30] زبیری ، محمود و علیرضا مجد، آشنایی با فن سنجش از دور و کاربرد در منابع طبیعی ، انتشارات دانشگاه تهران ،۱۳۸۲، ۱۸۹

[31] پیراسته ، سعید ، سنجش از دور در مطالعات منابع زمین ، ترجمه لیلا فرزین پور ، انتشارات شهیدی ، ۱۳۸۵ ،۱۱۶

[32] وامقی ، ابولقاسم ، کاربرد عکس های هوایی در زمین شناسی و تهیه نقشه ،انتشارات دانشگاه تهران ، ۱۳۸۴ ،۱۲۱

[33] علوی پناه ، کاظم ، کاربرد سنجش از دور در علوم زمین ، انتشارات دانشگاه تهران ، ۱۳۸۲، ۲۹۰

[34] بابا احمدی ، عباس ، کاربردهای سنجش از دور (RS)در زمین شناسی ، انتشارات آوای قلم ،۱۳۸۸ ، ۱۵۶

[35] کارتالو پولس ، اس ، وی ، منطق فازی و شبکه های عصبی ، ترجمه محمود جورابیان و رحمت الله هوشمند ، انتشارات دانشگاه شهید چمران اهواز، ۱۳۸۷ ، ۱۷۳

[36] وانگ ، لی ، سیستم های فازی و کنترل فازی ، ترجمه محمد تشنه لب ، نیما صفا پور و داریوش افیونی ، انتشارات دانشگاه خواجه نصیر الدین طوسی ، ۱۳۸۵، ۱

[37] آذر ، عادل و حجت فرجی ، علم مدیریت فازی ، انتشارات مرکز مطالعات مدیریت و بهره وری ایران ، ۱۳۸۶، ۸

[38]Ananda , j , Hevath , G . 2003 : The use of Analytic Hierarchy process to incorporate stake holder preference into regional forest planning , Forest policy and economics ,5, 13-26

[39] Qureshi, M.E, Harrison , S.R. 2003 : Application of the analytic hierarchy process to Riparian revegetation policy options , small – scale forest economics , management and policy , 2(3) , 441 – 458

[40]Saaty , T. L , 2000 , Fundamentals of Decision making and priority theory with the Analytic Hierarchy process , 2nd ed . pittsburgh, PA:RWS Publications

[41] crowe , T, J ,Noble , j-s.an Machimada , j.s 2998 : Multi – attribute analysis of ISO 9000 registration using AHP International journal of Quality and Reliability management , 15 (z) , 205 – 222