مکان یابی تصفیه خانه فاضلاب با تکنیک Topsis و GIS (مطالعه موردی: جزیره قشم)

مهدی فلاح[۱]، دکتر منوچهر فرج زاده[۲]، دکتر حسن و قار فرد[۳]، علی نیک خصلت[۴]

۱ـ دانش آموخته کارشناسی ارشد GIS و سنجش از دور، دانشگاه هرمزگان، واحد قشم، بندرعباس، ایران
۲ـ دانشیار دانشگاه تربیت مدرس، گروه GIS و سنجش از دور، تهران، ایران
۳ـ استادیار دانشگاه هرمزگان، واحد بندرعباس، گروه منابع طبیعی، بندرعباس، ایران
۴ـ کارشناس ارشد آب و فاضلاب، مدیر اُمور آب و فاضلاب شرکت آب و برق و تأسیسات قشم، قشم، ایران

چکیده

امروزه با افزایش جمعیت جهان همراه با توسعه فعالیت‌های کشاورزی و صنعتی از یک طرف و خشکسالی های اخیر از سوی دیگر موجب شده است که منابع آب‌های شیرین سطحی در اکثر کشورهای واقع در مناطق گرمسیری به اوج بهره برداری خود برسد. یکی از مسائل مهم مطرح در کنار کمبود و تقاضای آب در شهرها مسئله دفع فاضلاب و تصفیه آن است. یافتن مکان یا مکان های مناسب پیش از هر فعالیتی اهمیت فراوانی دارد به طوریکه طیف وسیعی از تحقیقات را به خود معطوف ساخته است. در این پژوهش جزیره قشم که یکی از شهرستان‌های استان هرمزگان محسوب می‌شود، جهت احداث تصفیه خانه فاضلاب در شهر قشم، مورد مطالعه و بررسی قرار گرفت. احداث تصفیه خانه فاضلاب معمولا با در نظر گرفتن عوامل و معیار های مختلفی صورت می گیرد، اهمیت و دامنه اثر این معیار ها در تعیین مکان نهایی تصفیه خانه فاضلاب تاثیر گذار است. به همین منظور معیارهای شیب، زمین شناسی، اختلاف ارتفاع نسبت به شهر، پوشش گیاهی، کاربری اراضی، شبکه حمل و نقل، فاصله از شهر قشم و لایه محدودیت‌ها به عنوان معیارهای لازم جهت مکان یابی تصفیه خانه فاضلاب در نظر گرفته شد. پس از تهیه نقشه‌های مورد نیاز، وزن دهی به آنها با استفاده از تحلیل سلسله مراتبی انجام شد و لایه شیب با اهمیت‌ترین معیار تشخیص داده شد. سپس لایه‌ها بر اساس تکنیک تاپسیس با یکدیگر تلفیق و در چهار کلاس، طبقه بندی شدند. اصل اساسی تاپسیس بر این است که گزینه انتخابی کمترین فاصله را از ایده آل مثبت و بیش‌ترین فاصله را از ایده آل منفی داشته باشد. در نهایت ۱۰۹ کیلومتر مربع در طبقه بسیار مناسب جهت احداث تصفیه خانه فاضلاب قرار گرفت.

کلید واژه ها: قشم، فاضلاب، تصفیه خانه، Topsis، GIS

۱.مقدمه

هنگامی که از فاضلاب و تصفیه آن سخن به میان می آید اولین موضوعی که در ذهن تداعی میکند بحث محیط زیست و حفظ آن از آلوده شدن است چرا که فاضلاب همواره به عنوان یک پارامتر آلاینده اصلی درمحیط زیست انسانی و طبیعی مطرح می باشد. امروزه با افزایش جمعیت جهان همراه با توسعه فعالیت‌های کشاورزی و صنعتی در جهت افزایش تامین مواد غذایی از یک طرف و خشکسالی های پی در پی در سال‌های اخیر از سوی دیگر موجب شده است که منابع آب‌های شیرین سطحی در اکثر کشورهای واقع در مناطق گرمسیری به اوج بهره برداری خود

برسد. این فعالیت‌ها علاوه بر تأثیر بر کمیت منابع آب باعث ایجاد آلودگی در آب‌های سطحی و زیرزمینی می‌گردد. در کشور ما نیز مانند سایر نقاط دنیا با افزایش جمعیت شهرها و در نتیجه بالا رفتن میزان مصرف آب سبب تولید روزافزون فاضلاب گردیده است که خود موجب بروز اشکالات و نارسایی‌هایی در جوامع شهری و حتی روستایی کشورمان شده و روز به روز هم درحال ازدیاد است. در صورتی که فاضلاب های تولید شده جمع آوری و تصفیه نگردد منبع آلودگی عظیمی خواهد بود که نهایتا به پذیرنده های سطحی و زیرزمینی کشور تحمیل خواهد شد. بیماری هایی نظیر هپاتیت های عفونی، اسهال ها، انگل های روده ای و سایر انواع بیماری هایی که به دلیل وجود آلودگی محیط است، ناشی از دفع نادرست فاضلاب می باشد. از این رو به عنوان بخشی از استراتژی ها برای حفظ سلامتی و محیط زیست و اقتصادی ترین استفاده از منابع موجود باید با ایجاد تاسیسات لازم برای جمع آوری و تصفیه فاضلاب های شهری و صنعتی محیط را به سمت بهبود رو به تزاعی، در زمینه های مختلف تغییر داد. به منظور تصفیه انواع فاضلاب امکانات و فرآیند های متفاوتی لازم است، یکی از ملزومات بازیافت اصولی تعیین مکان مناسب، جهت احداث تصفیه خانه فاضلاب می باشد. گام اول برای ایجاد تصفیه خانه شناسایی مناطق مناسب جهت احداث آن است که ضرورت این مطالعه را مشخص می‌نماید. با توجه به روند افزایشی تلفات آب محدودیت‌های توپو گرافی منطقه ای و محدودیت‌های سرزمینی اعم از کمبود زمین برای تخصیص به احداث تصفیه خانه فاضلاب، بالا بودن سطح آب‌های زیرزمینی، افزایش جمعیت خصوصا ازدیاد جمعیت شناور در بخش‌هایی از سال به دلیل توریستی بودن جزیره، لزوم اجرای یک طرح مناسب و مقرون به صرفه، و نیز مکان یابی درست ایستگاه‌های تصفیه خانه را در قشم حائز اهمیت کرده است. علاوه بر آن به دلیل شرایط اقلیمی، کمبود بارندگی و کمبود منابع آبی در قشم و لزوم استفاده از پساب تصفیه خانه، اهمیت این موضوع را دو چندان کرده است. در این مطالعه جزیره قشم، جهت احداث تصفیه خانه فاضلاب در شهر قشم، مورد مطالعه و بررسی قرار گرفت.

۲. مروری بر ادبیات تحقیق

برای مکان یابی فاضلاب شهر قشم در این مطالعه از روش های تصمیم گیری چند معیاره و تلفیق آن با سامانه اطلاعات جغرافیایی استفاده می‌شود. در سال ۲۰۰۵ یسیلنکار در تحقیقی تحت عنوان مکان یابی محل دفن پسماند های خطرناک در ناحیه گپ ترکیه با استفاده از GIS و تهیه لایه های اطلاعاتی زمین شناسی، توپوگرافی، کاربری اراضی، هواشناسی، لرزه خیزی و به کمک همپوشانی لایه ها صورت گرفته و بهترین منطقه جهت دفن پسماند های خطرناک انتخاب شده است (Yesilnacar et all, 2005: 371-388) ناصری و همکاران در سال ۸۶ با تلفیق سیستم های تصمیم گیری چند معیاره و سیستم اطلاعات جغرافیایی در قالب یک سیستم پشتیبان تصمیم گیری مکانی و بر اساس روش تحلیل سلسله مراتبی مکان مناسب دفن پسماندهای ویژه را در بین شهرهای فامنین و قهاوند مکان یابی نمودند(ناصری و همکاران، ۱۳۸۶: ۱– ۱۰). در سال ۲۰۰۹ با تحقیق ژائو و همکاران ارزیابی حساسیت زیستی به روش سلسله مراتبی برای تعیین شاخص های مناسب جهت مکان یابی تصفیه خانه فاضلاب و برون ریز آن انجام شده است، همچنین در همین سال گویکین و همکاران در مطالعه ای با در نظر گرفتن فاکتور های اقتصادی و محاسبه وزن متغیرها به روش سلسله مراتبی، سلسله مراتب انتخاب مکان لندفیل مواد زائد شهری

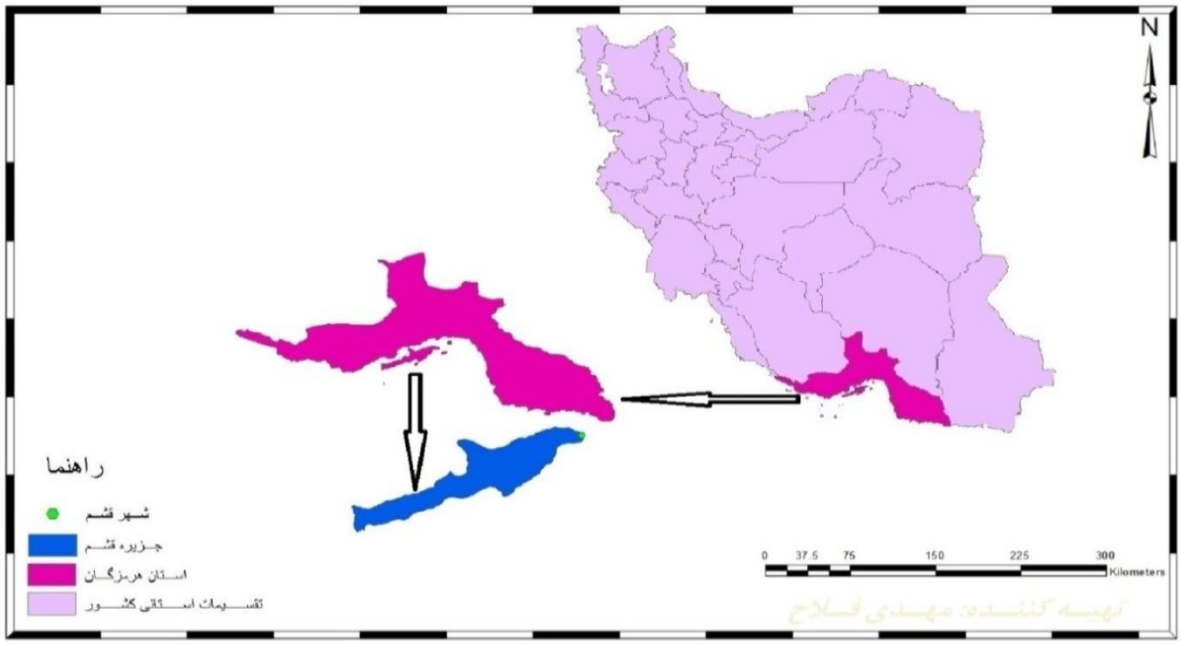
را در بیجینگ چین ایجاد کردند(Zaho et all, 2009:1746-1757). نشاسته گر و همکاران در سال ۱۳۸۸ با استفاده از تلفیق GIS و روش های تصمیم گیری چند معیاره فازی به انتخاب مناسب ترین مکان برای احداث تصفیه خانه های فاضلاب غیر متمرکز پرداخته اند. معیارهای اصلی این تحقیق فاصله از شبکه فاضلاب، فاصله از پارک ها و فضای سبز، کاربری، تراکم جمعیت و فاصله از تصفیه خانه های موجود بوده، در این تحقیق استفاده از پساب تصفیه شده حائز اهمیت بوده است (نشاسته گر و همکاران، ۱۳۸۸: ۱- ۸). اکمکویگلا و همکاران۲۰۱۰ جا نمایی محل دفن پس ماند های جامد شهری به روش تصمیم گیری چند معیاری فازی توسط GIS را انجام داده اند (Ekmekcioglu et all, 2010: 1729-1736). سنر و همکاران در سال ۲۰۱۰ با ترکیب GIS و روش تصمیم گیری چند معیاره، مکان یابی لندفیل مواد زائد شهری کنیا ترکیه را انجام داده‌اند. سنر متغیرها را به دو دسته زیست محیطی و اقتصادی تقسیم و براساس آن‌ها لایه‌های اطلاعاتی مورد نظر را تهیه کرده است، مکان مناسب با استفاده از روش سلسله مراتبی فازی تعیین شده است. از بین این متغیرها، متغیر فاصله از آب سطحی از اهمیت ویژه ای برخودار بوده و بالاترین امتیاز را به خود اختصاص داد (Sener et al,2010: 2037-2046).

۳. روش شناسی تحقیق

آنالیز تصمیم گیری چند معیاره در ارتباط با مشکلاتی که تصمیم گیرنده با مقدار زیادی ازاطلاعات پیچیده روبه رو شده کاربرد دارد. اساس این روش تقسیم مشکلات تصمیم گیری به بخش‌های قابل فهم کوچک تر، آنالیز هر بخش به طور جداگانه و سپس تلفیق همه بخش‌ها در یک حالت منطقی می‌باشد. از آنجا که روش های گوناگون برای حل مساله مکان یابی وجود داشته، لذا انتخاب یکی از آن ها همواره از دغدغه های کاربران محسوب می شود. در این مطالعه از تلفیق سامانه اطلاعات جغرافیایی و سامانه تصمیم گیری چند معیاره مکانی استفاده شده است. از فرآیند تحلیلی سلسله مراتبی برای ارزش گذاری معیار های موثر در انتخاب مکان مناسب استفاده گردید. سپس با تلفیق این معیارها، با تکنیک تصمیم گیری تاپسیس (Topsis)، به لایه های اطلاعاتی در محیط نرم افزار GIS ، به بررسی مکان مناسب جهت احداث تصفیه خانه فاضلاب شهر قشم پرداخته شده است. معیارها و عوامل تاثیرگذار در مکانیابی تصفیه خانه فاضلاب متعدد می‌باشند. معیارها و عواملی که در این تحقیق در نظر گرفته شده‌اند بر اساس مطالعات پژوهشگران مختلف و سوال از متخصصین اُمور آب و فاضلاب جزیره قشم است که شامل نقشه ها و لایه های اطلاعاتی۱- زمین شناسی ۲- شیب ۳- اختلاف ارتفاع نسبت به شهر ٤- پوشش گیاهی ٥- کاربری اراضی ٦- شبکه حمل و نقل ۷- فاصله از شهر قشم و ۸- لایه محدودیت‌ها که شامل الف- حریم رودخانه ب- مناطق حفاظت شده زیست محیطی ج- نقاط جمعیتی د- حریم خطوط انتقال نیرو می باشد. احداث تصفیه خانه فاضلاب معمولا با در نظر گرفتن عوامل و معیار های مختلفی صورت می گیرد، اهمیت و دامنه اثر این معیار ها در تعیین مکان نهایی تصفیه خانه فاضلاب تاثیر گذار است. به همین منظور معیارهای فوق و تاثیر هرکدام از این معیارها در انتخاب مکان یا مکان های مناسب مطالعه گردید.

۳-۱.موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

قشم یکی از شهرستان‌های استان هرمزگان محسوب می‌شود که در مختصات ۲٦ درجه و ۳۲ دقیقه تا ۲۷ درجه و ٦ دقیقه عرض شمالی و ۵۵ درجه و ۱۵ دقیقه تا ٥٦ درجه و ۳۰ دقیقه طول شرقی واقع شده است و مساحت آن حدود ۱ر۷۳۰ کیلو متر مربع می باشد. شهر قشم در انتهایی ترین بخش شمال شرقی جزیره واقع شده و بزرگترین شهر و بندر جزیره محسوب می شود. موقعیت شهر قشم در شکل۱ نمایش داده شده است .



شکل۱: تصویر موقعیت قشم، در کشور، استان هرمزگان و جزیره

٤. یافته ها

٤-۱. ایجاد لایه‌های اطلاعاتی

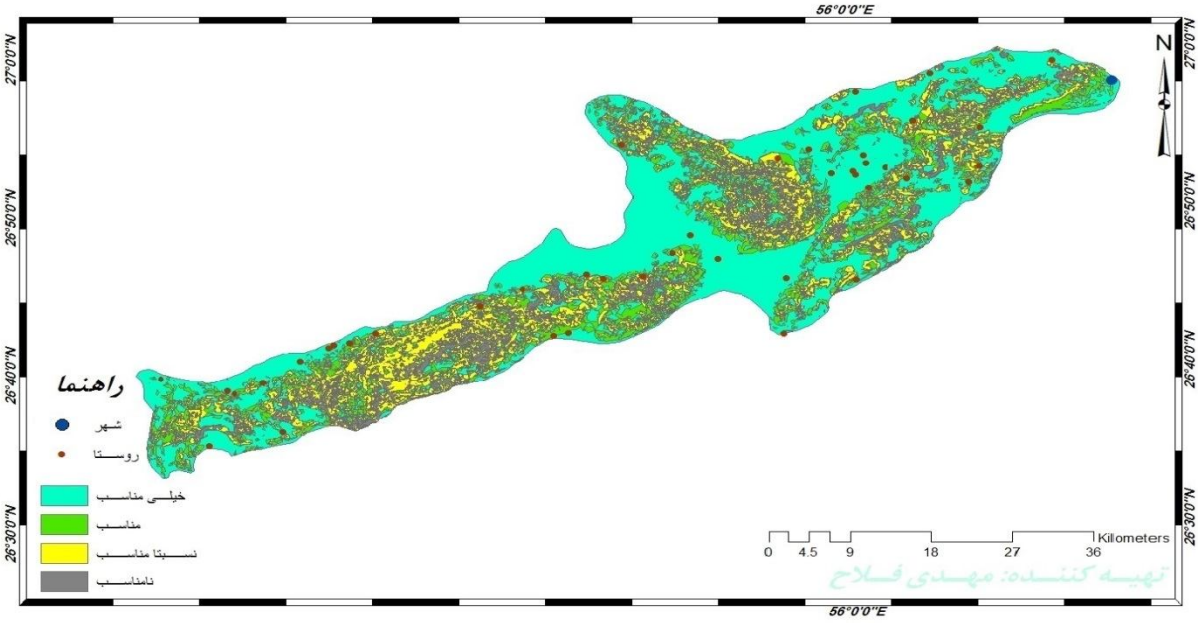
٤-۱-۱. طبقه بندی لایه اطلاعاتی شیب

توابع شیب در GIS بر اساس ارتفاع نقاط در مدل رقومی زمین و فاصله آن‌ها از هم برای هر یک از سلول‌ها محاسبه می‌شود. در این مطالعه مدل رقومی ارتفاع، با استفاده از با توابع و فیلترهای موجود در نرم‌افزارARCGIS10 با خطوط تراز نقشه‌های توپوگرافی مقیاس ۱:۲۵۰۰۰ تهیه شد و سپس رفع خطا گردید، پس از آن با استفاده از تابع شیب (slope) نقشه شیب منطقه استخراج شد. در مباحث مکانیابی پارامتر شیب از دیدگاه زیست محیطی و اقتصادی حائز اهمیت است. از لحاظ اقتصادی احداث سازه های تصفیه خانه فاضلاب در مکان های شیبدار نامناسب است و هزینه های خاکبرداری و خاکریزی را افزایش میدهد. درجه شیب پایین برای احداث تصفیه خانه از جریان یافتن فاضلاب نشتی به صورت سطحی و زیرزمینی به سمت منابع آب و مناطق دیگر جلوگیری خواهد کرد. طبقه بندی پارامتر شیب در جدول یک مشاهده می شود.

جدول ۱: طبقه بندی شیب

کلاس	میزان شیب به درصد	توصیف
۱	۰ تا ۳	خیلی مناسب
۲	۳ تا ۵	مناسب
۳	۵ تا ۱۵	نسبتا مناسب
۴	> ۱۵	نامناسب

منبع: یافته های تحقیق از مطالعات گذشته، ۱۳۹۲



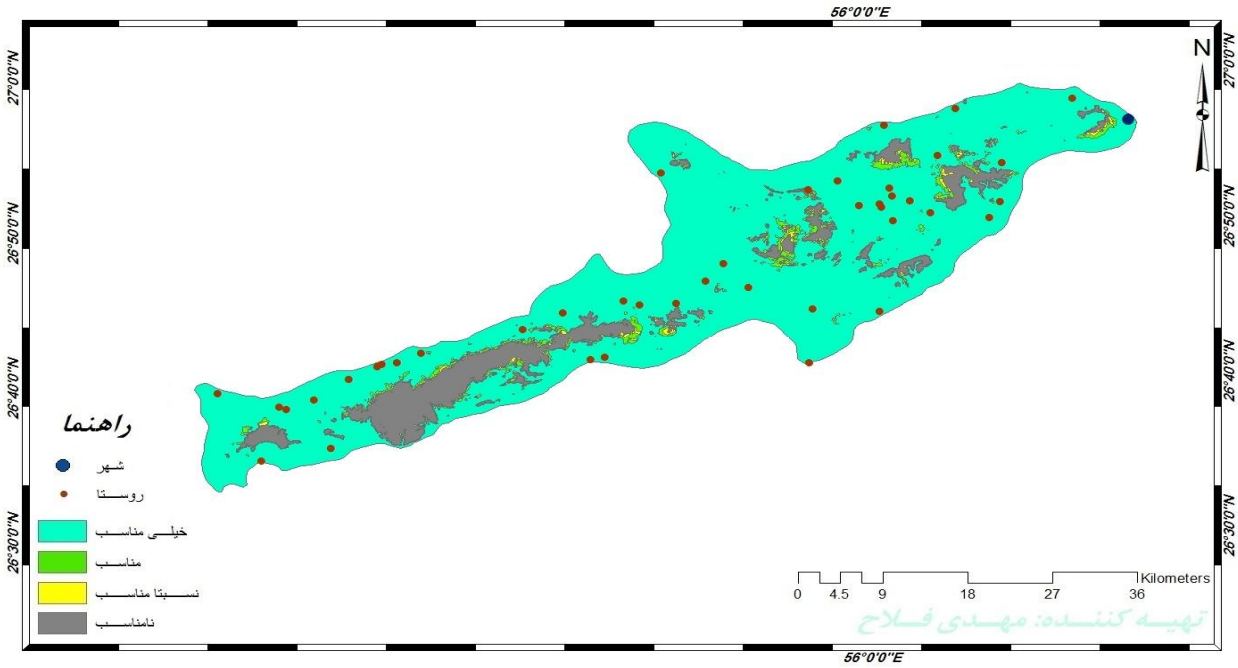
شکل ۲: طبقه بندی شیب جهت احداث تصفیه خانه فاضلاب قشم

٤-۱-۲. طبقه بندی لایه اطلاعاتی بر حسب اختلاف ارتفاع نسبت به شهر

پارامتر اختلاف ارتفاع نسبت به شهر از دیدگاه کاهش هزینه‌های احداث تصفیه خانه فاضلاب حائز اهمیت است .در هنگام احداث تصفیه خانه فاضلاب مسیرهایی برای ایجاد کلکتور اصلی فاضلاب پیش بینی می‌شود .از ویژگی‌های مهم این مسیر کوتاه بودن و تسهیل ورود فاضلاب به تصفیه خانه به صورت ثقلی می‌باشد. در غیر این صورت باید برای پمپاژ فاضلاب به تصفیه خانه هزینهای در نظر گرفته شود .طبقه بندی اختلاف ارتفاع نسبت به شهر مطابق با جدول ۲ انجام شد.

جدول ۲: طبقه بندی اختلاف ارتفاع نسبت به شهر قشم

کلاس	اختلاف ارتفاع نسبت به قشم	توصیف
۱	۵۰ - تا ۰	خیلی مناسب
۲	۰ تا ۱۵ متر	مناسب
۳	۱۵ تا ۵۰ متر	نسبتا مناسب
۴	> ۵۰ متر	نامناسب



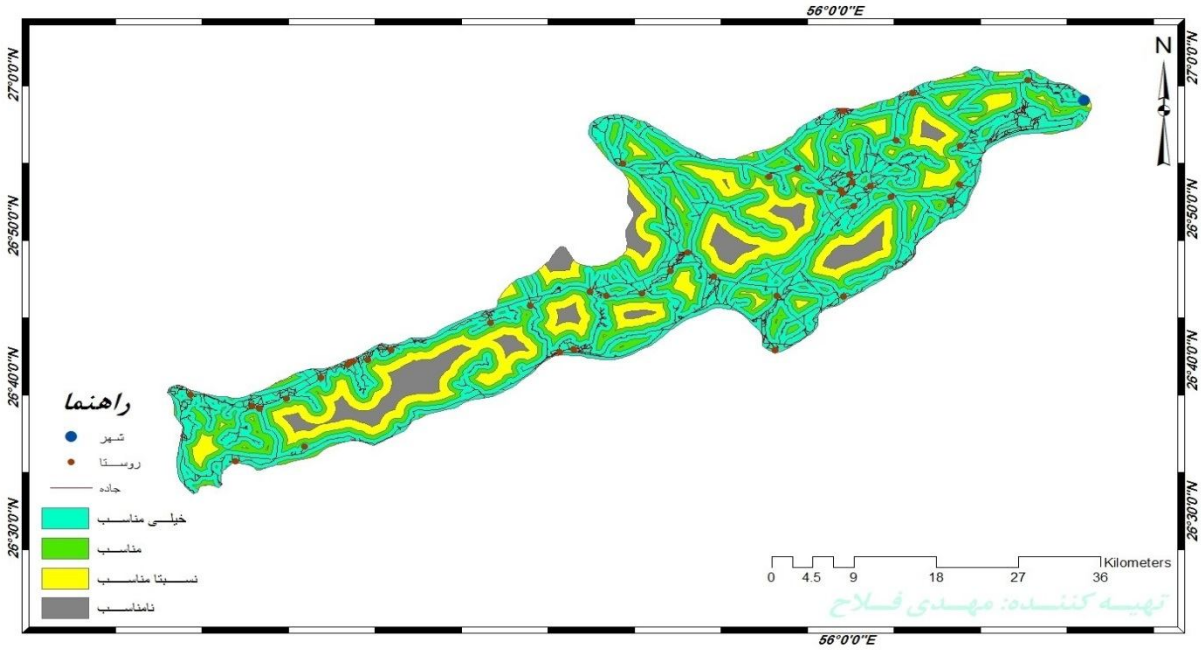
شکل۳: طبقه بندی اختلاف ارتفاع مناطق نسبت به شهر

٤-۱-۳. لایه شبکه حمل و نقل

شبکه حمل و نقل شامل شبکه حمل و نقل جاده‌ای اعم از بزرگراه، جاده بین شهری، شوسه و راه‌آهن می‌باشد. نقشه شبکه حمل و نقل در احداث تصفیه خانه از چند جنبه مختلف دارای اهمیت می‌باشد: نزدیکی تصفیه خانه به راه‌ها موجب می‌شود تا هزینه‌های حمل و نقل تجهیزات و رفت و آمد پرسنل و پشتیبانی از نیروگاه کاهش یابد. با استفاده از نقشه، تمام خطوط حمل و نقل در نرم‌افزار Arc GIS 10 رقومی گردید اما به لحاظ اینکه ممکن است نقشه راه‌های موجود به هنگام نباشند با استفاده از تصاویر سنجنده ETM مربوط به سال۲۰۱۱ به صورت تفسیر چشمی به هنگام گردید. جاده‌ها دارای حریم می‌باشند بنابراین احداث هر گونه تأسیسات در آن حریم‌ها ممنوع می‌باشدکه در لایه محدودیت‌ها در نظر گرفته شد. جدول ۳ نحوه حریم گذاری راه‌ها را نشان می‌دهد.

جدول۳: نحوه حریم گذاری راه‌ها

کلاس	فاصله از جاده	توصیف
۱	۳۰۰ تا ۱۰۰۰ متر	خیلی مناسب
۲	۱۰۰۰ تا ۲۰۰۰ متر	مناسب
۳	۲۰۰۰ تا ۳۰۰۰ متر	نسبتا مناسب
۴	۳۰۰۰ متر <	نامناسب



شکل ٤: طبقه بندی شبکه حمل و نقل در مکان یابی تصفیه خانه فاضلاب قشم

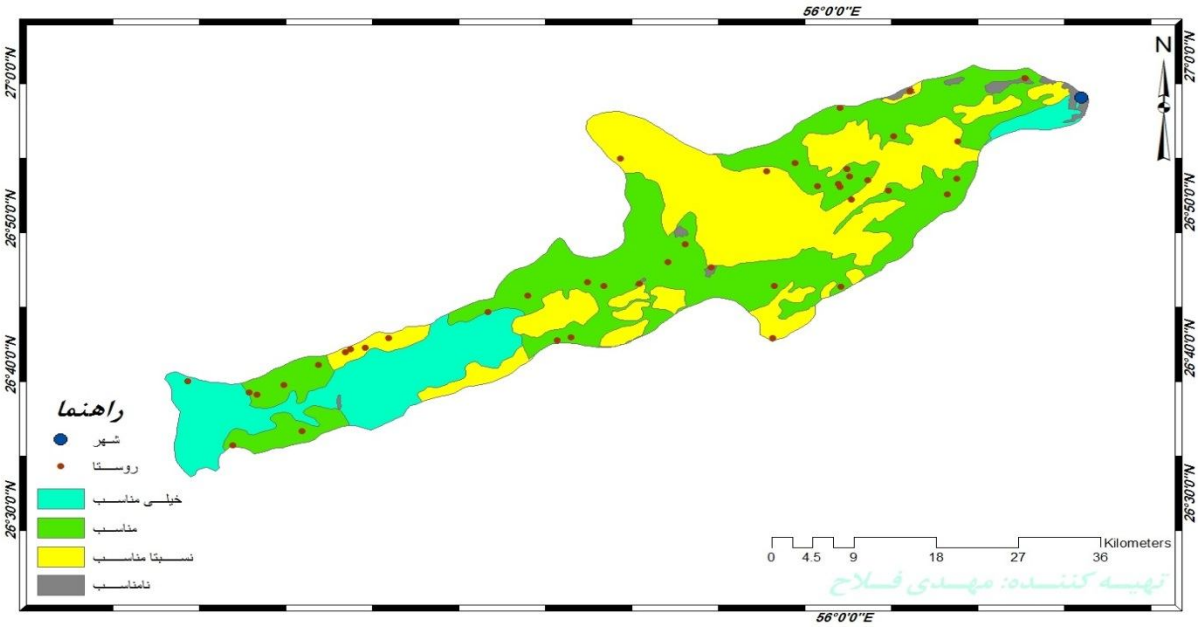
٤-١-٤. لایهٔ کاربری اراضی

منظور از کاربری اراضی، استفاده از اراضی به منظور رفع نیازهای گوناگون انسانی می‌باشد که شامل اراضی کشاورزی، صنعتی، مسکونی و غیره است .لایهٔ کاربری اراضی برای منطقه مورد مطالعه از نقشه‌های ۱/۲۵۰۰۰ سازمان جغرافیایی بدست آمد، سپس با استفاده از لایه تهیه شده کاربری اراضی اداره منابع طبیعی استان هرمزگان و همچنین با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای به روز شد. یکی از کاربردهای سنجش از دور شناسایی و تفکیک پدیده‌های زمینی و قرار دادن آن‌ها در گروه‌ها و یا طبقات مشخص می‌باشد. طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای را می‌توان به عنوان مهم‌ترین بخش تفسیر اطلاعات ماهواره‌ای به شمار آورد. با توجه به اینکه احداث تصفیه خانه فاضلاب در کاربری‌های متفاوت هزینه‌های متفاوتی ایجاد می‌کند و در تمام کاربری‌ها امکان احداث وجود ندارد بنابراین هدف از طبقه‌بندی در این تحقیق تهیهٔ نقشهٔ کاربری زمین می‌باشد. نقشه کاربری زمین بیانگر چگونگی استفاده از یک قطعه زمین می‌باشد (همانند زمین‌های کشاورزی، مسکونی و نواحی جنگلی) داشتن اطلاعات صحیح از کاربری اراضی برای هر نوع فعالیت و برنامه‌ریزی در سطح کشور ضروری می‌باشد و سنجش از دور می‌تواند در این زمینه نقش اساسی ایفا کند. هنگام طبقه‌بندی هر یک از پیکسل‌های تصویر با نشانه‌های طبیعی و یا نمونه‌های جمع‌آوری شده در مراحل قبل مقایسه شده و هر گروه از پیکسل‌ها به یکی از طبقات نمونه‌گیری شده نسبت داده می‌شوند. نمونه‌های آموزشی به کمک نقشه‌های کاربری مقیاس ۱/۲۵۰۰۰ و مشاهدات میدانی بدست آمدند. در این تحقیق از تصویر سنجنده ETM سال ۲۰۱۱به منظور تهیهٔ نقشهٔ کاربری استفاده گردید، که در جدول شماره ٤ به نمایش درآمده است.

جدول ٤: نحوه طبقه بندی کاربری‌های مختلف

کلاس	نوع کاربری	توصیف
۱	اراضی بایر و شور، اراضی بیابانی	خیلی مناسب
۲	اراضی دیم و مرتع با پوشش کم تراکم	مناسب
۳	مزارع، باغ، مناطق مسکونی پراکنده	نسبتا مناسب
۴	شهر، روستا، شهرک مسکونی و صنعتی	نامناسب

منبع: یافته های تحقیق از مطالعات گذشته، ۱۳۹۲



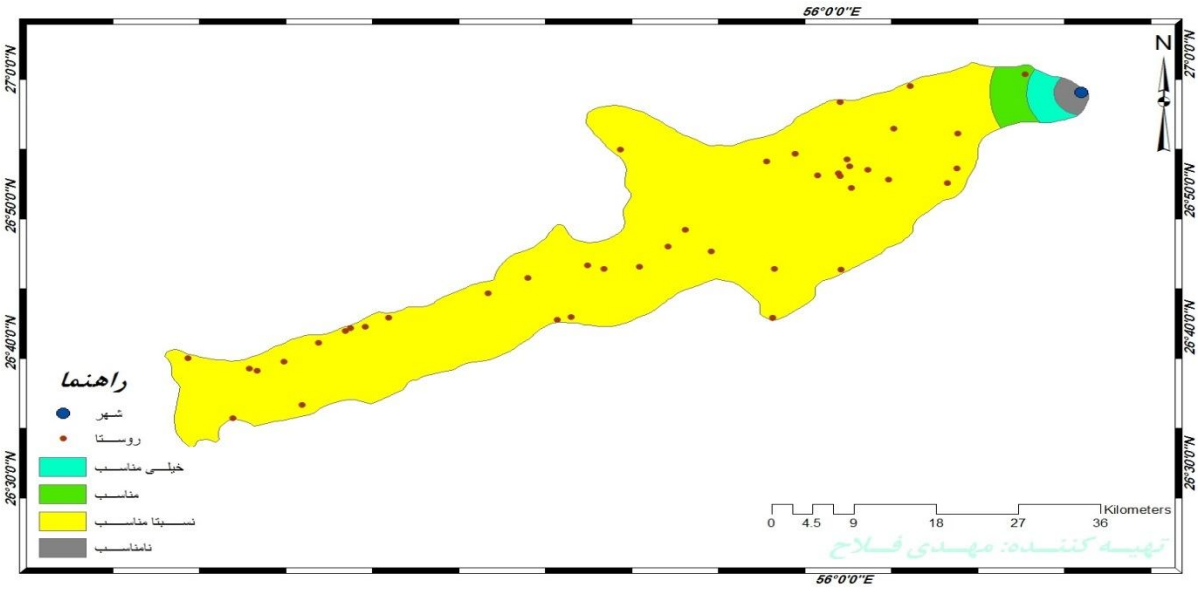
شکل۵: طبقه بندی مناطق از دیدگاه کاربری اراضی جهت احداث تصفیه خانه فاضلاب قشم

٤-۱-۵. طبقه بندی لایه اطلاعاتی فاصله از مناطق شهر قشم

در مکانیابی تصفیه خانه فاضلاب، فاصله از مناطق شهری از دیدگاه زیست محیطی و اقتصادی مورد بررسی قرار گرفته است. تصفیه خانه فاضلاب به علت ایجاد شرایط نامساعد و بوی نامطبوع باید در فاصله دور از مناطق مسکونی قرار گیرد. لیکن به لحاظ اقتصادی دور بودن بیش از حد مکان منتخب باعث افزایش هزینه حمل و نقل تصفیه خانه فاضلاب می‌گردد .با در نظر گرفتن این دیدگاه‌ها طبقه بندی فاصله از مناطق شهری قشم مطابق با جدول ۵ انجام شد. این طبقه بندی با در نظر گرفتن حریم ۳۰۰۰ متری برای شهرقشم انجام شده است یعنی در ابتدا فاصله مناسب برای دوری از شهر در نظر گرفته شده است و منطقه به ۴ کلاس تقسیم شده است.

جدول ۵: اهمیت فواصل از شهر برای مکان یابی تصفیه خانه

کلاس	فاصله از شهر قشم	توصیف
۱	۳۰۰۰ تا ۶۰۰۰ متر	خیلی مناسب
۲	۶۰۰۰ تا ۱۰۰۰۰ متر	مناسب
۳	۱۰۰۰۰ متر <	نسبتا مناسب
۴	۰ تا ۳۰۰۰ متر	نامناسب



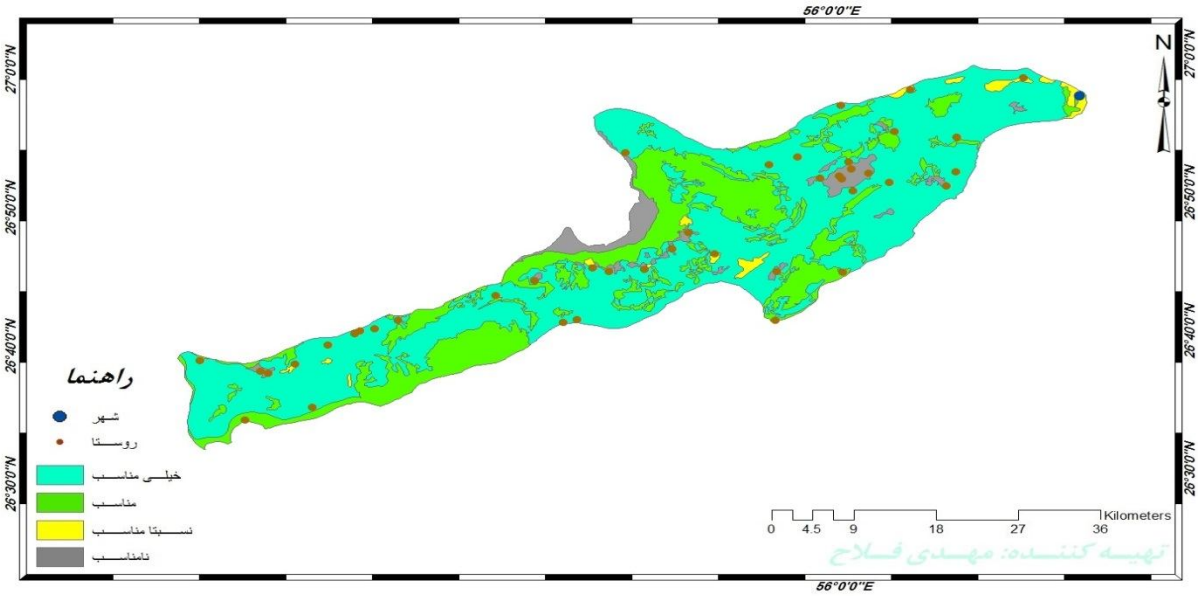
شکل ٦: طبقه بندی فاصله از شهر جهت احداث تصفیه خانه فاضلاب قشم

٤-١-٦. طبقه بندی لایه اطلاعاتی پوشش گیاهی

پارامتر پوشش گیاهی به منظور حفظ ارزش اراضی و ممانعت از تخریب مناطق جنگلی و مراتع به کاربرده می‌شود و اساس طبقه بندی این پارامتر انتخاب مکان مورد نظر برای تصفیه خانه با کمترین تأثیر نامطلوب بر پوشش گیاهی می‌باشد .طبقه بندی پوشش گیاهی در جدول ٦ مشاهده می شود.

جدول ٦: طبقه بندی بر اساس پوشش گیاهی

کلاس	پوشش گیاهی	توصیف
۱	اراضی بیابانی، فاقد پوشش گیاهی	خیلی مناسب
۲	مراتع خیلی کم تراکم، کوهپایه	مناسب
۳	مراتع، بیشه زار، کم تراکم	نسبتا مناسب
۴	باغات و اراضی آبی	نامناسب



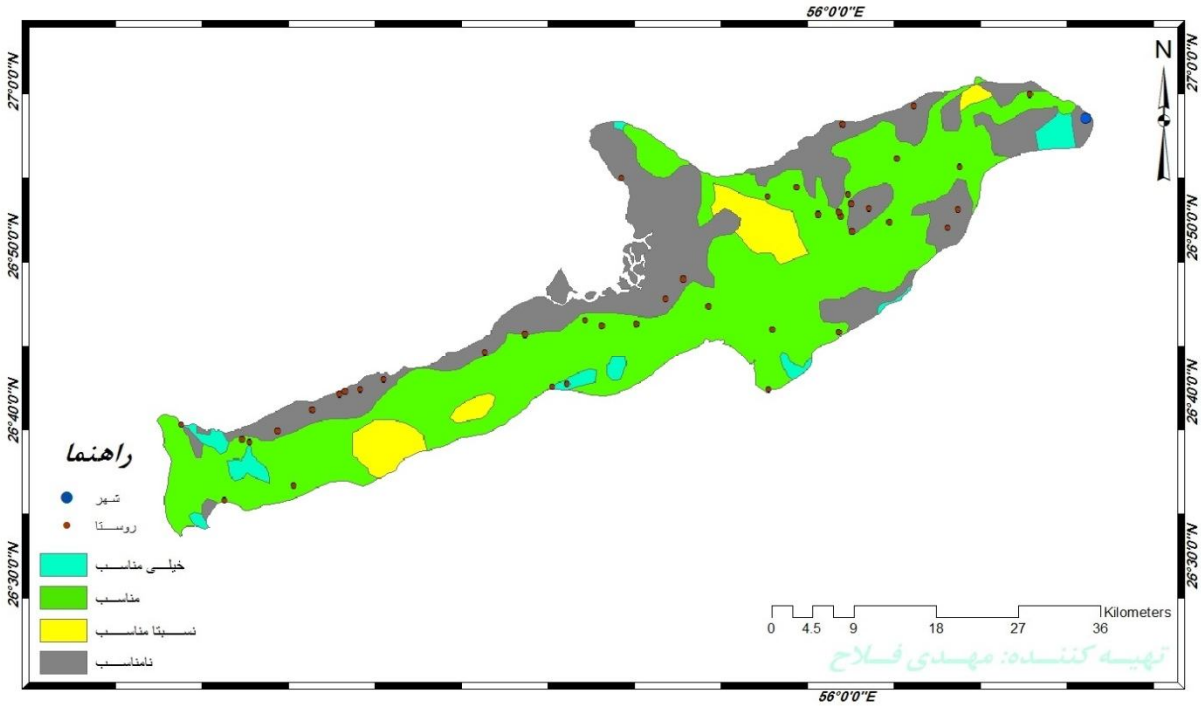
شکل ۷: طبقه بندی مناطق از لحاظ پوشش گیاهی برای احداث تصفیه خانه فاضلاب قشم

٤-۱-۷. طبقه بندی لایه اطلاعاتی زمین شناسی

یکی از ویژگی‌های سنگ نفوذپذیری توده سنگ می‌باشد .نفوذپذیری سنگها با توجه به قرارگیری آن‌ها در هر کدام از سه دسته سنگ‌های رسوبی، آذرین و دگرگونی متفاوت است .این منطقه از لحاظ سنگ شناسی بیشتر در رده سنگ‌های رسوبی قرار گرفته است و قسمت اعظم محدوده مورد مطالعه از رسوبات تراسی و آبرفتی قدیم و جدید تشکیل شده است. اگر پیوستگی بین اجزاء تشکیل دهنده وجود نداشته باشد برای احداث تصفیه خانه فاضلاب مناسب نیست. احداث تصفیه خانه فاضلاب در مناطق با ایجاد شرایط مطلوب از دیدگاه مهندسی زمین شناسی امکان پذیر است. سنگ‌های آهکی نیز از نمونه سنگ‌های این منطقه می‌باشند .این سنگها به علت خاصیت انحلال پذیری و حفرات ایجاد شده در طی آن برای احداث تصفیه خانه فاضلاب سنگ نامناسبی است زیرا این خاصیت قدرت نفوذپذیری آن‌ها را بالا می‌برد .علاوه بر این سنگ‌های آهکی به دلیل همین قابلیت در شرایط خاص به منابع آبی تبدیل می‌شود که گاهی به صورت چشمه بر روی سطح زمین مشاهده می‌شوند. سنگ‌های شیلی و مارنی نیز بخشی از محدوده مورد مطالعه را تشکیل داده‌اند .این نوع سنگ‌ها ذراتی در اندازه رس و سیلت را شامل می‌شوند .اندازه ریز ذرات و نفوذپذیری پایین ویژگی‌هایی است که امتیاز آن‌ها در مکانیابی را بالا می‌برد، البته درز و شکاف نفوذپذیری آن‌ها را تا حدی افزایش می‌دهد. جدول ۷ اهمیت مناطق از دیدگاه زمین شناسی را نشان می‌دهد.

جدول۷: نشان دهنده اهمیت طبقات زمین شناسی جهت احداث تصفیه خانه

کلاس	واحد سنگ شناسی	توصیف
۱	مارن، شیل حاوی فسیل آمونیت و گاستروپد های کوچک با بین لایه‌های آهک، ماسه، کنگلومرا و ولکانیک	خیلی مناسب
۲	آهک رسی آرژلیتی با میان لایه شیل حاوی آمونیت، اکینوپد و اربیتولینای فراوان	مناسب
۳	آهک هوازده زرد –قهوه ای، دولومیت، کنگلومرای قرمز	نسبتا مناسب
۴	تراس آبرفتی قدیم و جدید، رسوبات رودخانه ای قدیمی	نامناسب



شکل ۸: طبقه بندی مناطق از دیدگاه زمین شناسی جهت احداث تصفیه خانه فاضلاب قشم

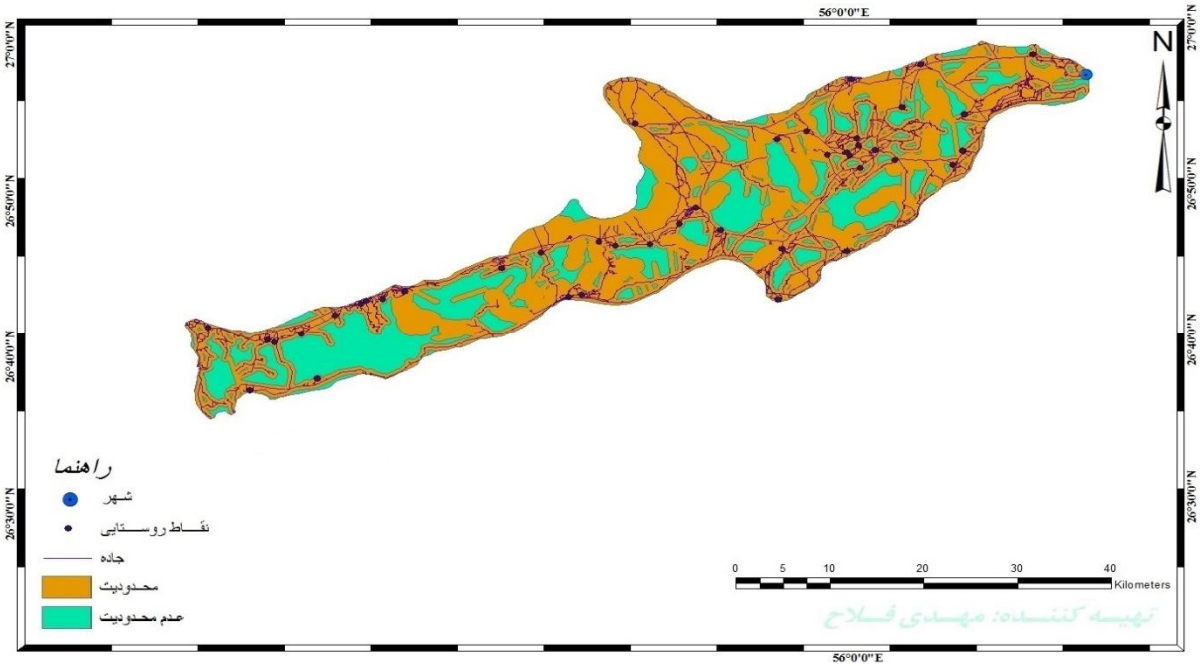
٤-۱-۸. لایه محدودیت‌ها

محدودیت‌ها، موانعی هستند که یا به وسیله‌ی انسان یا به وسیله‌ی طبیعت تحمیل می‌شوند و مانع از آن می‌شوند که گزینه‌هایی امکان انتخاب پیدا کنند. تعیین محدودیت‌ها عموماً بر اساس منابع و تمهیدات موجود می‌باشد و قضاوت‌های حرفه‌ای را شامل می‌شود. برای تهیه‌ی لایه محدودیت‌های منطقه مورد مطالعه، ابتدا تمام لایه‌هایی که امکان ایجاد محدودیت را داشتند به صورت بولین درآمدند، سپس با اعمال عملگر OR بین تمام لایه‌ها، لایه محدودیت‌ها حاصل شد. محدودیت‌های در نظر گرفته شده این تحقیق از نوع غیرقابل جبران می‌باشند که در نهایت بایستی از نقشه‌ی خروجی کم شوند. جدول شماره ۸ مشخص کننده محدودیت‌های در نظر گرفته شده برای این تحقیق می‌باشد.

جدول۸: عوامل و محدودیت در نظر گرفته شده جهت احداث تصفیه خانه

عامل	معیار برای تهیه نقشه محدودیت
جاده	حریم ۲۰۰ متر از هر دو طرف
رودخانه	حریم ۲۰۰ متری
مناطق حفاظت شده	حریم ۵۰۰ متری
گسل	حریم ۳۰۰۰ متری (با توجه به فعال بودن گسل‌های استان)
محدوده نقاط جمعیتی	حریم ۱۰۰۰ متری
حریم خطوط انتقال نیرو	۲۰۰متر

با توجه به برآوردهای انجام شده حدود ۱۰۰۰ کیلومتر مربع از جزیره قشم غیر قابل استفاده جهت احداث و ٤۲۰ کیلومتر مربع قابل استفاده جهت احداث تصفیه خانه می‌باشد که در شکل ۹ نمایان است.



شکل ۹: محدودیت ها در مکان یابی تصفیه خانه فاضلاب قشم

٤-۲. وزن دهی به معیارها با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی

هدف اصلی از وزن دهی بیان اهمیت هر معیار نسبت به معیار دیگر است (فرج زاده، ۱۳۹۱: ۹۲). وزن معیارها در این تحقیق با توجه به میانگین نظرات کارشناسان و متخصصین هر سه دیدگاه بدست آمد بدین صورت که چندین کارشناس که هرکدام در رشته‌ای مرتبط با دیدگاه‌های اقتصادی، زیست محیطی و اجتماعی متخصص بودند پرسشنامه ای قرار داده شد و بعد از دادن توضیحات لازم از آن‌ها خواسته شد به مقایسه دو به دو معیارها، عددی بین یک تا نه را که نشان‌دهنده ارجحیت معیارها نسبت به هم می باشد تخصیص دهند. سپس میانگین نظرات آن‌ها وارد نرم‌افزار شده و وزن نهایی هر معیار به دست آمد. ملاحظه می‌شود که برای عمل احداث تصفیه خانه در قشم با توجه به شرایط آن، بیش‌ترین وزن و درجه اهمیت در هر سه دیدگاه تصمیم‌گیری متعلق به معیار شیب می باشد. در مجموع سه معیار مهم در تصمیم گیری شیب، اختلاف ارتفاع نسبت به شهر قشم و فاصله از شهر می‌باشند. پس از محاسبه وزن نهایی هر لایه با نرم افزار Expert Choice، نرخ ناسازگاری برابر با ۰/۷ به دست آمد که عدد قابل قبولی تلقی می‌شود. وزن‌ها معمولا استاندارد می‌شوند این عمل به صورتی انجام می‌شود که مجموع آن‌ها برابربا یک باشد. جدول شماره۹ میانگین نظرات کارشناسان و جدول۱۰ نشان دهنده وزن نهایی معیارها می‌باشد.

جدول۹: میانگین نظرات سه گروه از تصمیم گیران در ارجحیت معیارهای مکان یابی تصفیه خانه

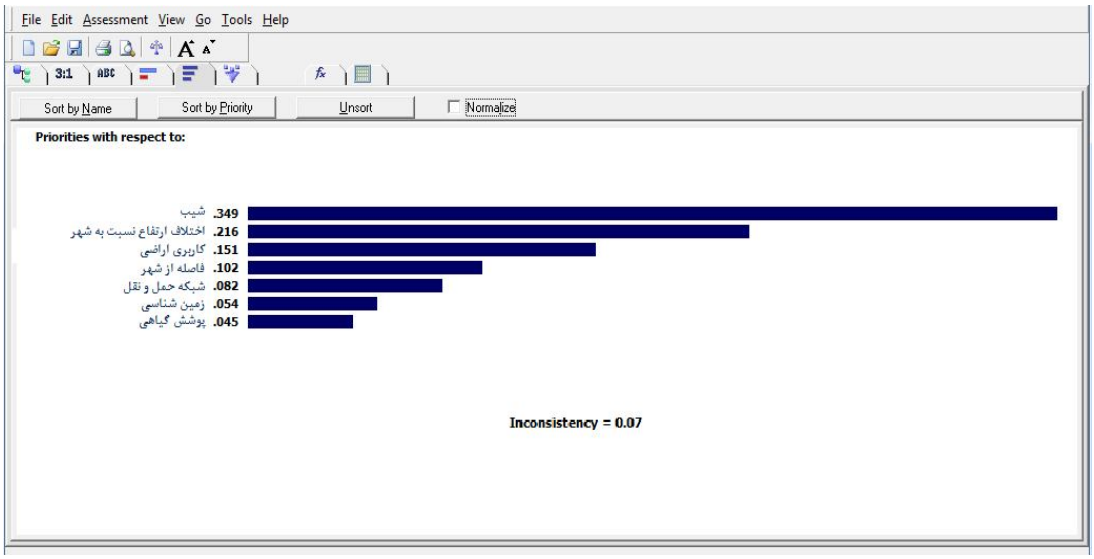
	شیب	اختلاف ارتفاع نسبت به شهر	کاربری اراضی	فاصله از شهر	شبکه حمل و نقل	زمین شناسی	پوشش گیاهی
شیب	۱	۳	۳	۵	۳	۴	۵
اختلاف ارتفاع نسبت به شهر	۰/۳۳	۱	۲	۴	۳	۴	۳
کاربری اراضی	۰/۳۳	۰/۵	۱	۳	۲	۳	۳
فاصله از شهر	۰/۲	۰/۲۵	۰/۳۳	۱	۳	۳	۲
شبکه حمل و نقل	۰/۳۳	۰/۳۳	۰/۵	۰/۳۳	۱	۲	۳
زمین شناسی	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۳۳	۰/۳۳	۰/۵	۱	۲
پوشش گیاهی	۰/۲	۰/۳۳	۰/۳۳	۰/۵	۰/۳۳	۰/۵	۱

منبع: محاسبات نگارندگان

جدول۱۰: وزن نهایی هر معیار در مکان یابی تصفیه خانه در قشم

شیب	اختلاف ارتفاع	کاربری اراضی	فاصله از شهر	شبکه حمل و نقل	زمین شناسی	پوشش گیاهی
۰/۳٤۹	۰/۲۱٦	۰/۱۵۱	۰/۱۰۲	۰/۰۸۲	۰/۰٥٤	۰/۰٤٥

منبع: محاسبات نگارندگان



شکل۱۱: نمودار وزن نهایی معیارها و محاسبه نرخ ناسازگاری آنها با نرم افزار Expert Choice

٤-۳. تلفیق لایه‌ها

روش Topsis

روش تاپسیس در سال۱۹۸۱ توسط هوانگ و یون ارائه شد. اصل اساسی تاپسیس بر این است که گزینه انتخابی کمترین فاصله را از ایده آل مثبت و بیش‌ترین فاصله را از ایده آل منفی داشته باشد. گزینه‌های گوناگون J باA_j,...,$A_۱$,$A_۲$ نشان داده می‌شود. برای گزینه‌های مختلف A_j وزن i ام با f_{ji} نشان داده می‌شود. برای مثال f_{ji} مقدار i امین معیار برای گزینه‌ی A_j می‌باشد. n ،تعداد معیارها می‌باشد (Chen & Tsao 2008: 1410 -1428). روش تاپسیس با مراحل زیر قابل اجرا می‌باشد :

مرحله اول- محاسبه‌ی ماتریس تصمیم: ماتریس تصمیم نرمال شده با رابطه ۱ تعریف می‌شود:

$$r_{ij} = \frac{f_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^{j} f_{ij}^2}} \qquad j=1,2,3,\ldots,j \qquad i=1,2,3,\ldots,n$$

مرحله‌ی دوم-محاسبه ی ماتریس تصمیم وزن دار: مقدار نرمال شده‌ی وزن دارv_{ji} از رابطه‌ی ۲ بدست می‌آید:

$$\sum_{i=1}^{n} w_i = 1$$

$$v_{ji} = w_i * r_{ij}$$

مرحله‌ی سوم : تعیین ایده آل و ایده آل منفی:

$$A^* = \{v^*_۱ , \ldots , v^*_i\} = \{(\max_j v_{ji}) | i \in I\square), (\min_j v_{ji}) | i \in I'')\}$$

$$A^- = \{v^-_۱ , \ldots , v^-_i\} = \{(\min_j v_{ji}) | i \in I\square), (\max_j v_{ji}) | i \in I'')\}$$

مرحله‌ی چهارم-محاسبه ی فاصله‌ها : با استفاده ازفرمول فاصله‌ی اقلدیسی فاصله‌ی هر گزینه را از

ایده آل بدست می‌آوریم:

$$D_j^* = \sqrt{\sum_{i=1}^{n} (v_{ij} - v_i^*)}\,\text{^}2 \qquad J=1,2,3,\ldots,j$$

به طریق مشابه فاصله از ایده آل منفی را بدست می‌آوریم:

$$D_j^- = \sqrt{\sum_{i=1}^{n} (v_{ij} - v_i^-)}\,\text{^}2 \qquad J=1,2,3,\ldots,j$$

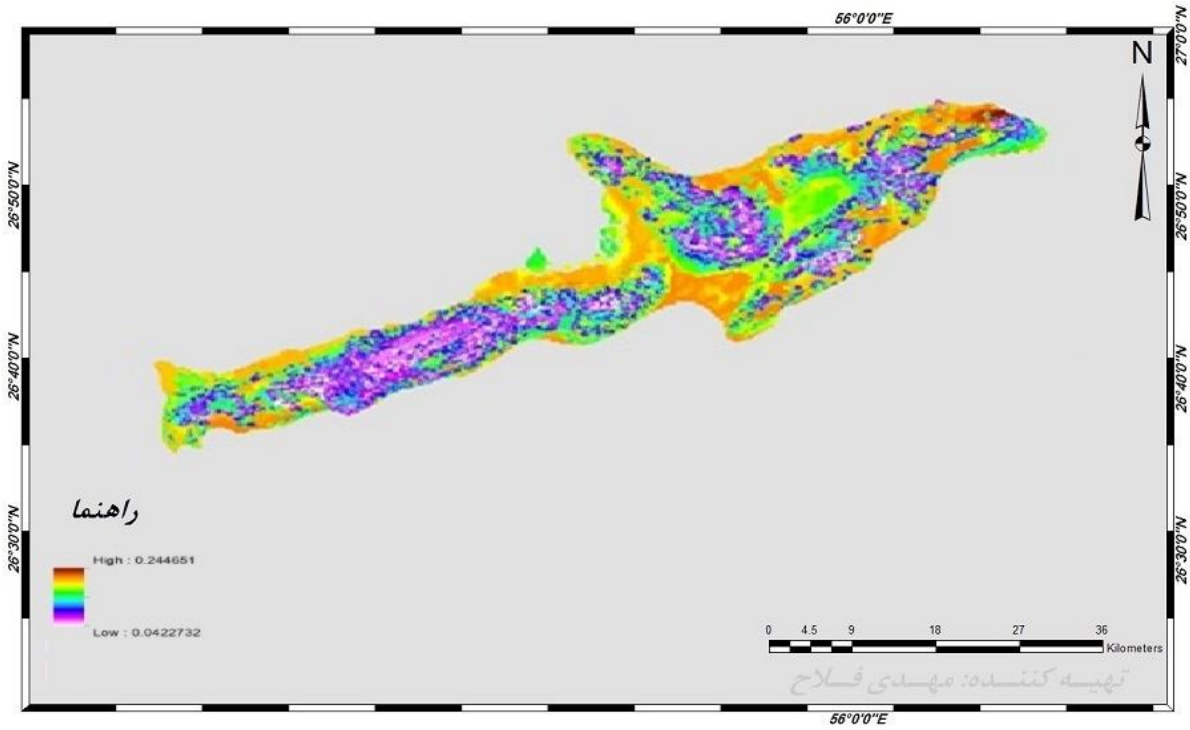
مرحله‌ی پنجم- محاسبه‌ی نزدیکی نسبی به ایده آل : نزدیکی نسبی گزینه‌یA_j به صورت رابطه ٤ تعریف

می‌شود:

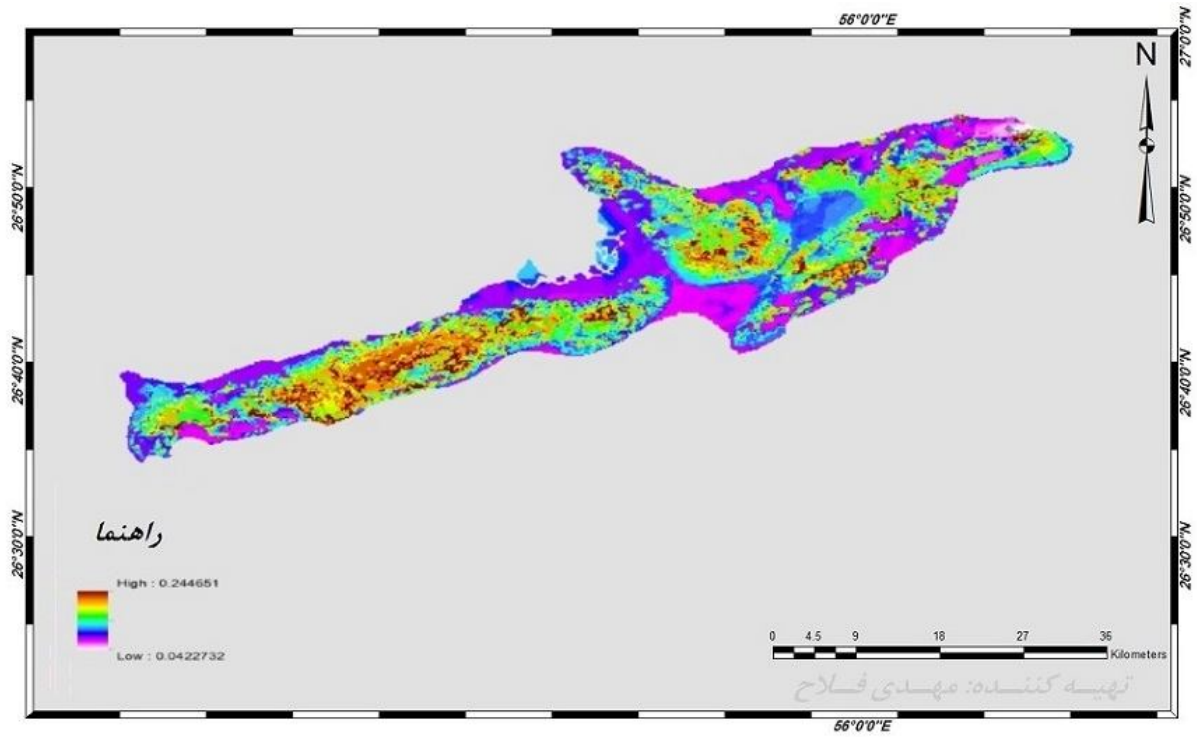
$$CC_j^* = \frac{D_j^-}{D_j^* + D_j^-} \qquad j=1,2,3,\ldots,J$$

پس از بدست آمدن نقشه نزدیکی نسبی به ایده آل، برای حذف نقشه محدودیت‌ها بین دو نقشه عملگر ضرب اعمال می‌شود.

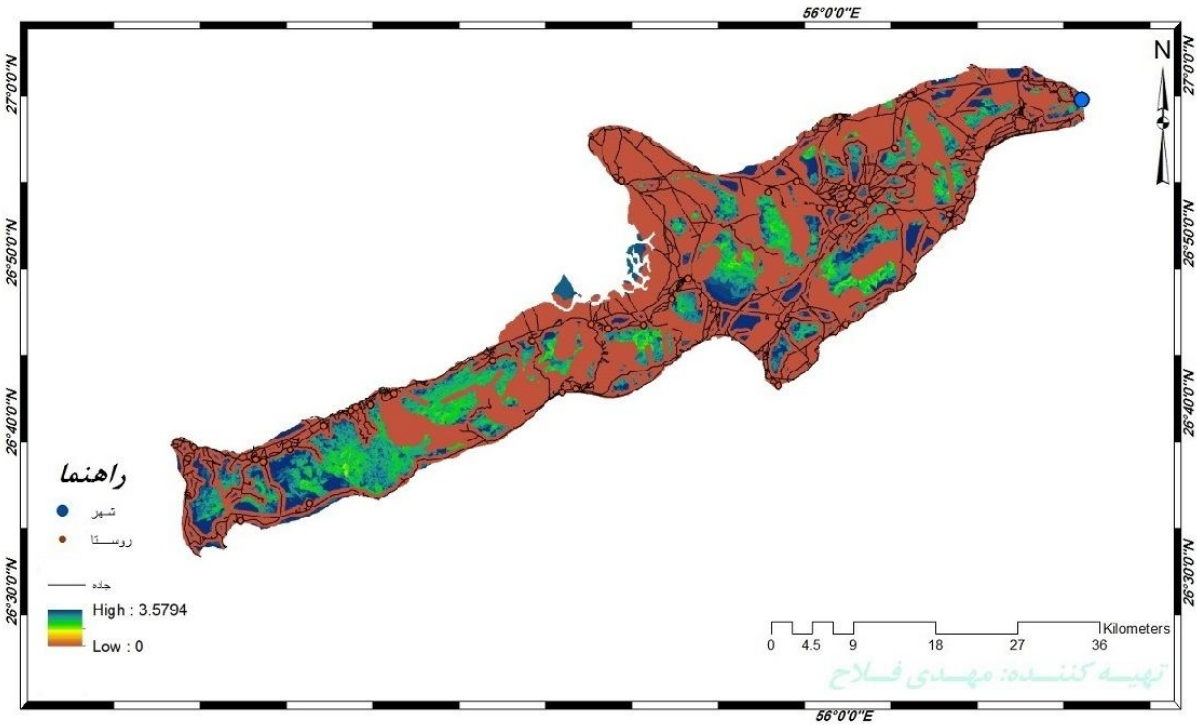
مرحله‌ی ششم : رتبه بندی کردن گزینه‌ها: برای اینکه نتیجه بدست آمده از این روش با نتایج روش‌های دیگر قابل مقایسه باشد بایستی استانداردسازی صورت گیرد (اصغر پور، ۱۳۸۱: ۳۲٤). که پس از عمل استانداردسازی نقشه خروجی نهایی حاصل خواهد شد. پس از بدست آمدن نقشه نهایی، برای حذف نقشه محدودیت‌ها بین دو نقشه عملگر ضرب اعمال می‌شود لازم به ذکر است که تمامی مراحل ذکر شده در محیط نرم افزار GIS صورت پذیرفته است. در این روش طبق جدول ۱۱ مناطق مختلف شهرستان قشم برای احداث تصفیه خانه طبقه بندی شدند. شکل ۱۲ ایده آل منفی و شکل ۱۳ ایده آل مثبت و شکل ۱٤ نشان دهنده مناطق پس از حذف محدودیت ها و شکل ۱۵ نقشه نهایی مناطق با تکنیک تاپسیس پس از طبقه بندی مجدد جهت احداث تصفیه خانه فاضلاب در قشم را نشان می دهد.



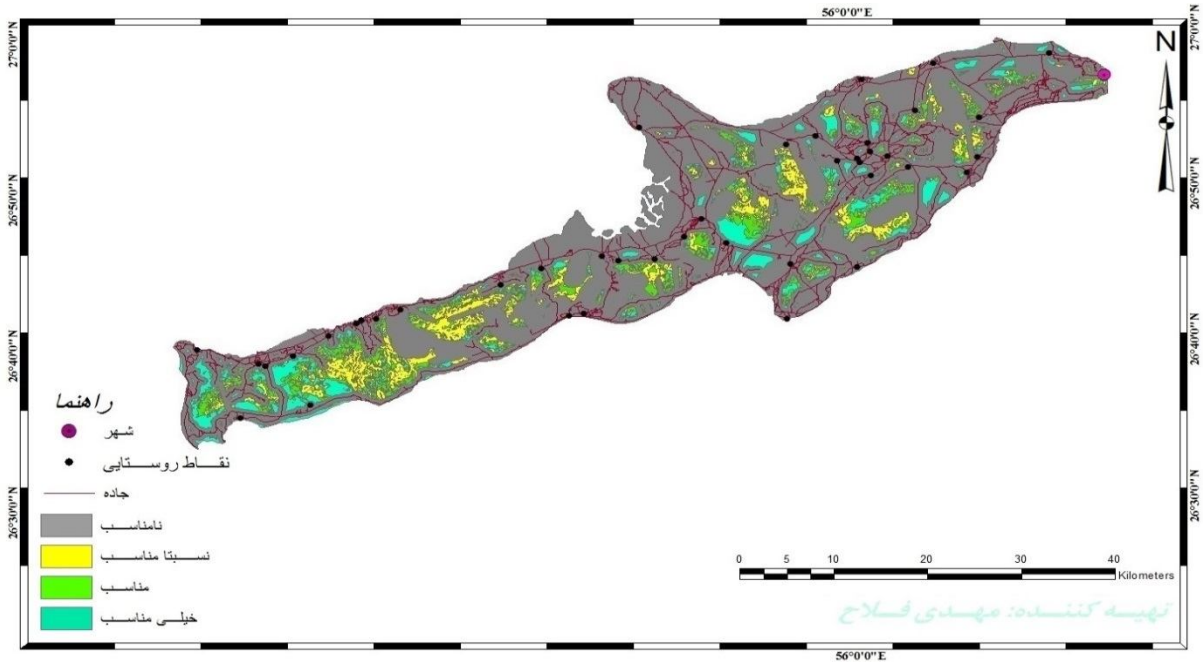
شکل۱۲: ایده آل منفی در مکان یابی تصفیه خانه در قشم



شکل۱۳: ایده آل مثبت در مکان یابی تصفیه خانه در قشم



شکل۱٤: نشان دهنده اهمیت مناطق جهت احداث تصفیه خانه فاضلاب قشم پس از حذف محدودیت‌ها



شکل۱۵: تصویر نقشه نهایی مناطق با تکنیک تاپسیس جهت احداث تصفیه خانه در قشم

جدول۱۱: مساحت مناطق طبقه بندی شده با روش تاپسیس

بسیار مناسب	مناسب	نسبتا مناسب	نامناسب
۱۰۹/۱۷۹۸٤٦کیلومتر مربع	۱۳۱/۷۷۳۹۲۲کیلومتر مربع	۱۵۷/۱۱۵۳٦۲کیلومتر مربع	۱۰۱٦/۰٥٦٥٤۹کیلومترمربع

۵. نتیجه گیری

بررسی ها نشان می‌دهد که گزینه‌های مشخص شده به عنوان گزینه برتر به وزن دهی معیارها و قواعد تصمیم مورد استفاده در روند تصمیم گیری بستگی دارد؛ بنابراین ویژگی‌های مسئله تصمیم گیری، ویژگی‌های تصمیم گیران یا تصمیم گیر و روش‌های ترکیب و ایجاد سناریو می‌بایست در انتخاب گزینه برتر مد نظر قرار گیرد. با توجه به نتایج ویژگی‌های اصلی تصمیم گیری چند معیاره مکانی در شناسایی مناطق مستعد احداث تصفیه خانه فاضلاب را می‌توان به این صورت خلاصه کرد: الف) تحلیل چند معیار متعارض و ناسازگار را با هم آسان کرد. ب) به تصمیم گیر این امکان داده شد تا مسئله ای که درآن تعدای گزینه مطرح است حل کرده و مجموع گزینه‌ها را تا یک اندازه معنی دار کاهش دهد. ج) این روش داده‌های مکانی و غیر مکانی و اولویت‌های تصمیم گیران را با هم ترکیب کرد. با مطالعه انجام شده می‌توان نتیجه گیری کرد که در جزیره قشم مناطق مناسبی برای احداث تصفیه خانه فاضلاب وجود دارد و همچنین مناطق معرفی شده به عنوان مکان‌های بهینه، نمی‌توانند کاملا جامع باشند بنابراین برای مطالعات تفصیلی و جامع تر معرفی می گردند. در شهر قشم با توجه به حفاظت از محیط زیست و کمبود آب

پیشنهاد احداث تصفیه خانه که گام اول آن مکان یابی می‌باشد می‌تواند راه را برای حفاظت از محیط زیست و توسعه پایدار این شهر هموار سازد. در این مطالعه با استفاده از روش تاپسیس به مکان یابی تصفیه خانه فاضلاب پرداخته شده که در نهایت ۱۰۹/۱۷۹۸٤٦کیلومتر مربع از مساحت این جزیره در طبقه بسیار مناسب جهت احداث تصفیه خانه فاضلاب قرار گرفت.

٦. منابع

۱. اصغرپور، محمد جواد، ۱۳۸۱، **تصمیم گیری چند معیاره، تهران**، انتشارات دانشگاه تهران.

۲. .فرج زاده، منوچهر، ۱۳۹۰، **کاربرد سیستم اطلاعات جغرافیایی در برنامه ریزی توریسم**، تهران، انتشارات سمت.

۳. ناصری،ح.، خیر خواه زرکش،م.، عزیز خانی،م.ج، ۱۳۸٦، **تلفیق MCDM و GIS در مکان یابی محل دفن پسماندهای ویژه با تأکید بر منابع آب**، بیست وششمین گردهمایی علوم زمین، سازمان زمین شناسی کشور.

٤. نشاسته گر، مصطفی.، تجریشی، مسعود.، ابریشم چی، احمد.، ۱۳۸۸، **جانمایی تصفیه خانه های فاضلاب در کلان شهرها به کمک تلفیق روش های تصمیم گیری چند معیاره و GIS (مطالعه موردی: شهر تهران)** سومین همایش ملی آب و فاضلاب (با رویکرد اصلاح الگوی مصرف)، تهران.

5. Chen, Ty., & Tsao, CY., 2008, the interval-valued fuzzy TOPSIS method and experimental analysis, Fuzzy Sets and Systems 159, 1410 –1428

6. Ekmekcioglu, M. and Kaya, T. and Kahraman, C., 2010, “Fuzzy multicriteria disposal method and site selection for municipal solid waste ”, Waste Management journal. No.30, pp, 1729 – 1736.

7. Ratnapriya, E. A. S. K. and De Silva, R.P., 2009, Location Optimization of Wastewater Treatment Plants using GIS: A Case Study in Upper Mahaweli Catchment Sri Lanka case, Applied Geoinformatics for Society and Environment, Stuttgart University of Applied Sciences.

8. Sener S. and Sener E. and Nas B. and Karaguzel R. ,2010, Combining AHP with GIS for landfill site selection: Acase study in the Lake Beysehir catchment area (Konya, Turkey), Journal of Waste Management, No 30, pp 2037-2046.

9.Yesilnacar, M. Cetin, H,2005, Site selection for hazardous Waste: A case study from the Gap area, Turkey, Engineering geology 81, 371-388.

10.Zhao Y.W. and Qin Y. and Chen B. and Zhao X. and Li Y. and Yin X. A. and Chen G.Q.,2009,GIS-based optimization for the locations of sewage treatment plants and sewage outfalls- A Case study of Nansha District in Guangzhou City, China, Communications in Nonlinear Science and Numerical Simulation, No 14, pp 1746-1757.