Archive of SID

ارزیابی مکان تصفیه خانه فاضلاب شهر بجنورد و انتخاب مکان بهینه

عاطفه صداقتی[*۱] و حمید طالب خواه[۲]

[۱] عضو هیئت علمی دانشگاه بجنورد، دانشکده هنر، گروه شهرسازی (مربی پایه ۶)، دانشجوی دکتری شهرسازی، دانشگاه هنر اسلامی تبریز (بورس اعضای هیات علمی)

[۲] دانشجوی کارشناسی ارشد برنامه ریزی شهری، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۷/۰۲/۱۲ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۷/۰۴/۱۹

چکیده

زیرساخت‌های شهری زمانی پاسخگوی نیازهای شهری هستند که برنامه‌ریزی مناسب برای تعیین مشخصات آن‌ها، چگونگی استقرار و کنترل عملکرد آن‌ها وجود داشته باشد. دراین‌بین، تصفیه‌خانه فاضلاب به‌عنوان یکی از تأسیسات مهم شهری، نقش بسیار مهمی در کاهش آلودگی‌های زیست‌محیطی دارد. بطور خاص، موضوع مورد توجه، مشخصات تصفیه‌خانه، پیش‌بینی‌های جمعیتی و انتخاب محل استقرار آن است که همه عوامل باید توأمان و درکنار هم منظور شود. هدف پژوهش حاضر، ارزیابی مکان تصفیه‌خانه فاضلاب شهر بجنورد براساس شاخص‌ها و حریم‌های مناسب درمکان‌یابی تصفیه‌خانه فاضلاب است. نوع تحقیق کاربردی و روش آن، تحلیلی- پیمایشی و مبتنی برمنابع اسنادی و پرسشنامه‌های محقق‌ساخته می‌باشد. بدین‌ترتیب، ۱۵ لایه اطلاعاتی مشتمل بر ۸ شاخص موثر بر مکان و ۷ حریم اصلی، در محیط نرم‌افزار GIS مورد پردازش قرار گرفته‌است. به منظور شناسایی وزن‌های مربوط به هر شاخص، پرسشنامه محقق ساخت در بین ۲۵ کارشناس علوم مرتبط با مکان‌یابی تصفیه خانه فاضلاب توزیع شد. سپس با استفاده از تکنیک تصمیم‌گیری سلسله‌مراتبیAHP وزن نهایی هر شاخص محاسبه شد. در گام نهایی با تلفیق وزن‌ها و لایه‌های اطلاعاتی در محیط نرم افزار GIS و حذف نواحی دارای محدودیت (حرایم)، مکان تصفیه‌خانه فاضلاب شهر بجنورد مورد ارزیابی قرار گرفت. طبق یافته‌ها، متغیرهای "شیب" و "اختلاف ارتفاع نسبت به شهر" بیشترین تاثیر را در مکان استقرار تصفیه‌خانه داشته‌اند. همچنین مکان فعلی تصفیه‌خانه فاضلاب شهر بجنورد در پهنه نامناسب قرارگرفت. در خاتمه، سه گزینه پیشنهادی باتوجه به شاخص‌ها و حرائم تدوین شده، برای احداث تصفیه‌خانه فاضلاب شهر بجنورد به کمک مدلSAW از مجموعه روش‌های تصمیم‌گیری چندشاخصه، مورد بررسی قرار گرفت که آلترناتیو یک با قرارگیری در حوزه سنگ‌شناسی آهک‌رسی آرژلیتی با میان‌لایه شیل، حاوی آمونیت، اکینوپد و اربیتولینای فراوان به لحاظ وضعیت اکثر شاخص‌ها و حریم‌های مورد بررسی، مناسب‌تر از سایر گزینه‌ها شناسائی شد.

کلید واژه‌ها: تصفیه خانه فاضلاب، مکان‌یابی، تکنیکAHP، مدل SAW، نرم افزار GIS، بجنورد

* نویسنده عهده دار مکاتبات: a.sedaghati@ub.ac.ir, atefeh_sedaghati@yahoo.com

www.SID.ir

Archive of SID

۱- مقدمه

۱-۱- طرح مسأله و ضرورت تحقیق

آلودگی‌های زیست‌محیطی اکثر جوامع را با مشکلات زیادی رو به رو کرده است و خبرهای مربوط به آلودگی‌های زیست‌محیطی از گوشه و کنار دنیا به گوش می‌رسد (Shahmoradi & Isalou, 2013: 1). خوشبختانه مسائل زیست محیطی امروزه در راس همه مسائل انسانی قرار گرفته است و گاهی تعیین‌کننده اصلی سایر مسائل قرار می‌گیرد (احمدنسب و همکاران، ۲:۱۳۹٤). در کشور ماهم مشکلات زیست محیطی شهرها را درگیر نموده و اگر وضع به این صورت ادامه پیدا کند کیفیت زندگی در جوامع و به خصوص شهرها کاهش می‌یابد. اهمیت و نقش زیرساخت‌های زیر سطحی در مناطق شهری غیر قابل اغماض بوده و این شریان‌های حیاتی نیازمند نگهداری و به‌سازی مکرر جهت عملکرد بهینه می‌باشند (میرابی و همکاران، ۱:۱۳۹۰). برنامه‌ریزی برای ایجاد تأسیسات و زیرساخت‌های شهری و سپس مدیریت آن‌ها نقش بسیار مهمی در کاهش مشکلات زیست‌محیطی دارد. زیرساخت‌ها نه تنها برای رفع احتیاجات همگانی مورد نیاز می‌باشند، بلکه عامل رفع احتیاجات دیگرهم هستند. در واقع این زیرساخت‌ها عناصری هستند که حیات کالبدی آن‌ها عمدتاً با حیات کالبدی جوامع گره خورده است (بهزادفر،۱۳۸۸). این تأسیسات و زیرساخت‌های شهری زمانی پاسخگوی نیازهای شهری هستند که برنامه‌ریزی مناسب برای تعیین مشخصات آن‌ها، چگونگی استقرارشان و مدیریت مناسب برای کنترل عملکرد آنها وجود داشته باشد. در غیر این صورت همین تأسیسات باعث ایجاد مشکلات بسیار زیادی خواهند شد. طرح جمع‌آوری و تصفیه فاضلاب یک فعالیت عمرانی- زیست‌محیطی است که هدف اصلی آن دفع صحیح و بهداشتی فاضلاب‌های تولیدی توسط جوامع شهری، صنعتی و.... می‌باشد (Dahrazma et al, 2013:2). تصفیه‌خانه‌های فاضلاب تا حد ممکن خارج از مناطق مسکونی مکان‌یابی می‌شوند اما اگر بنا به دلایلی تصفیه خانه نزدیک یا حتی درداخل نواحی مسکونی قرار گرفت باید تدابیری اندیشیده شود که مزاحمتی برای زندگی ساکنان اطراف آن ایجاد نکند، در غیر این صورت انواع بیماری‌ها و بوی نامطبوع، کیفیت زندگی و بهداشت ساکنین اطراف تصفیه خانه را با خطرات جدی مواجه می‌کند. متأسفانه تصفیه خانه فاضلاب شهر بجنورد هم که در مجاورت نواحی مسکونی قرار گرفته به علت عدم اتخاذ تدابیر مناسب مشکلات فراوانی را برای نواحی مسکونی اطراف خود به خصوص منطقه کلاته باقرخان ۳ به وجود آورده است. بطوری‌که تحمل شرایط زیست محیطی برای ساکنین آن محل در فصل تابستان دشوارشده و ساکنین نارضایتی خودرا از این آسیب‌ها به دفتر و سایت اداری تصفیه‌خانه، بارها ابراز کرده‌اند. در این پژوهش سعی شده است تا ضمن بررسی معیارهای انتخاب مکان ایجاد یک تصفیه خانه فاضلاب، مسائل مکان‌یابی تصفیه‌خانه فاضلاب شهر بجنورد مورد بررسی قرار گیرد و راهکارهای مناسب برای کاهش مشکلات زیست‌محیطی موجود و انتخاب مکان مناسب برای ایجاد تصفیه خانه فاضلاب ارائه شود.

۱-۲- پیشینه تحقیق

مسئله مکان نامطلوب تأسیسات و ارزیابی آن به طور گسترده از جنبه‌های مختلف اجتماعی، فنی و ... مورد بررسی قرار گرفته است. در حال حاضر، ترکیب فضایی شاخص‌ها و معیارهای مکان‌یابی بر اساس تکنیک‌ها و

www.SID.ir

Archive of SID

مدل‌های گوناگون، مانند سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی (GIS[1]) و تکنیک‌های تجزیه و تحلیل تصمیم‌گیری چند معیاره (MCDA) بیشتر مورد استفاده پژوهشگران قرار می‌گیرد (Giovanni and Sabino, 2014, 1-2). دهرآزما و همکاران(۱۳۹۰) در پژوهشی ضمن مکان‌یابی تصفیه‌خانه فاضلاب شهر فلاورجان با استفاده از روش AHP در محیط GIS، از ١٤ لایه اطلاعاتی شامل کاربری اراضی، زمین شناسی، پوشش‌گیاهی، بافت‌خاک، توپوگرافی(شیب)، اختلاف ارتفاع نسبت به شهر، فاصله از جاده، فاصله از شهر، خطوط انتقال نیرو، رودخانه‌های اصلی، مناطق شهری و روستایی، چاه و قنات، حاشیه گسل استفاده کردند. نهایتاً با ٦ لایه اطلاعاتی، مکان مناسب برای تصفیه‌خانه فاضلاب انتخاب شد (Dahrazma et,al.2013). شاهمرادی و ایزالو (۲۰۱۳) ضمن مکانیابی تصفیه‌خانه فاضلاب شهر کاهک با استفاده از منطق فازی و تصمیم‌گیری چند معیاره، ٦ شاخص فاصله از سکونتگاه، فاصله از شهر، فاصله از جاده، فاصله از گسل، فاصله از آب‌های زیرزمینی و فاصله از رودخانه را مورد بررسی قرار داده و به این نتیجه رسیدند که قسمت غربی کاهک برای استقرار تصفیه خانه فاضلاب مناسب تر است(Shahmoradi & Isalou, 2013). دفتر حفاظت از محیط زیست ایالات متحده آمریکا[2] در سال ۲۰۰۹ در گزارشی مربوط به مبانی اولیه سیستم‌های تصفیه فاضلاب‌شهری، به بررسی مکان تصفیه‌خانه‌فاضلاب نیز پرداخته است (EPA. 2009). راتنا پریا و دسیلوا در سال ۲۰۰۹ بهینه‌سازی محل سیستم‌های تصفیه فاضلاب حوضه آبریز ماهاولی[3] سریلانکا را به کمک سیستم اطلاعات جغرافیایی و تلفیق آن با فاکتورهای موثر محلی به روش تصمیم‌گیری چند معیاره بررسی کرده اند. فاکتورهای ارزیابی معیارهای اقتصادی، زیست‌محیطی، تکنیکی و توپوگرافی بوده است (Ratna Priya & Desilva, 2009). دفتر حفاظت از محیط زیست[4] ایالات متحده آمریکا (۲۰۱۱) در کتابی با عنوان "اصول طراحی و عملکرد تصفیه‌خانه فاضلاب" نحوه مهندسی و مدیریت تصفیه‌خانه فاضلاب را بررسی کرده است. فلاح و همکاران (۱۳۹۲) در گزارشی ضمن مکانیابی تصفیه‌خانه فاضلاب جزیره قشم با استفاده از تکنیک TOPSIS[5] و نرم‌افزار GIS به این نتیجه رسیدند که در جزیره قشم مناطق مناسبی برای احداث تصفیه‌خانه فاضلاب وجود دارد و همچنین مناطق معرفی شده به عنوان مکان‌های بهینه، نمی‌توانند کاملاً جامع باشند (فلاح و همکاران، ۵:۱۳۹۲). شورای شهر چلسی[6](۲۰۱۱) و یانگ مین پن[7] (۲۰۰٦) برای مکان‌یابی تصفیه‌خانه‌ی فاضلاب، از شاخص‌هایی به جز آنچه که در سایر پژوهشگران مورد بررسی این نوشتار استفاده کرده‌اند، بهره برده اند که شامل شاخص‌های "توجه به جهت وزش باد غالب"، "توجه به مالکیت زمین"، "اقتصادی بودن" و "به صرفه بودن تأمین زمین" می‌باشد.

با توجه به روش تحقیق حاضر که استفاده از تکنیک AHP و مدلSAW است، پژوهش‌های کاربردی (با تأکید بر مکانیابی) که از این روش استفاده نموده‌اند، بطور خلاصه مرور شده‌اند. جعفری و همکاران(۱۳۹۲) در پژوهشی ضمن تحلیل تناسب اراضی جهت استقرار نیروگاه‌های بادی در استان اردبیل با استفاده از مدل‌های AHP و SAW و تلفیق آن با سامانه اطلاعات جغرافیایی (بر مبنای ۹ پارامتر تأثیرگذار) به این نتیجه دست یافتند که دشت اردبیل و

[1] Geographic Information System
[2] US Environmental Protection Agency
[3] Mahaweli
[4] EPA
[5] Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution
[6] Chelsea Municipal Council
[7] Yong Min Pan

www.SID.ir

Archive of SID

دامنه‌های کوه سبلان می‌تواند به‌عنوان مکانی مناسب جهت بهره‌گیری از انرژی باد مورد توجه قرار گیرد (جعفری و همکاران، ۲:۱۳۹۲). یمانی و همکاران (۱۳۹٤) در پژوهشی به منظور مکانیابی محل دفن پسماندهای شهر خرم آباد با تأکید بر روش دفن زمین شناسی پسماندهای بیمارستانی از روش‌های AHP و SAW در نرم افزارGIS استفاده کرده و دو پهنه به منظور محل دفن پسماندهای شهر خرم آباد معرفی کردند که پهنه شماره یک برای دفع پسماندهای بیمارستانی و پهنه شماره دو برای دفع پسماندهای خانگی شهر خرم‌آباد مناسب بودند.

۲- مفاهیم دیدگاه‌ها و مبانی نظری

برنامه‌ریزی شهری تاکنون با جملات متفاوتی تعریف شده است اما به طور خلاصه می‌توان گفت که برنامه‌ریزی شهری یعنی ساماندهی کالبدی-فضایی شهر. یعنی ساماندهی کاربری زمین برای تأمین یک محیط کالبدی شایسته زندگی سالم مدنی (سعید نیا، ۱۳۸۳، ۵۳). برنامه‌ریزی شهری با آینده‌نگری، برنامه‌ای جامع، دقیق و پویا برای توسعه بهینه شهر ارائه می‌نماید(شیعه، ۹۵:۱۳۷۵). یکی از خصلت‌های مهم برنامه‌ریزی شهری و منطقه‌ای، آمیختگی آن با دو مقولهٔ فضایی و غیرفضایی است. از یک طرف، برنامه‌ریزی شهری با نیازها، خواست‌ها، ارزش‌ها و سلیقه‌های مردم سروکار دارد، و از طرف دیگر، باید این خواست‌ها را به صورت فضایی تعیین کند و راه‌های تأمین آن‌ها را در فضا نشان دهد. باتوجه به پیچیدگی مفهوم فضا و تقسیم آن به انواع فضاهای کالبدی، ادراکی، اجتماعی و نمادین می‌توان دریافت که برنامه‌ریزی شهری بسیار دشوارتر و پیچیده‌تر از سایر عرصه‌های برنامه‌ریزی است (مهدیزاده، ٦۳:۱۳۹۲). برنامه‌ریزی کاربری‌زمین ساماندهی مکانی و فضایی فعالیت‌ها و عملکردهای شهری بر اساس خواست‌ها و نیازهای جامعه شهری و مکانیابی صحیح کاربری‌ها، خواهد بود (زیاری به نقل از سعیدنیا، ۱:۱۳۹۲).یکی از بخش‌هایی که در برنامه‌ریزی شهری و برنامه‌ریزی کاربری‌زمین مطرح است تأسیسات و زیرساخت‌های شهری هستند که تصفیه‌خانه فاضلاب در این طیف قرار می‌گیرد. هنگامی که از فاضلاب و تصفیه آن سخن به میان می‌آید، اولین موضوعی که در ذهن تداعی می‌کند بحث محیط‌زیست و حفظ آن از آلوده شدن است چرا که فاضلاب همواره به عنوان یک پارامتر آلاینده اصلی درمحیط‌زیست انسانی و طبیعی مطرح می‌باشد (فلاح، و همکاران، ۱:۱۳۹۲). فاضلاب‌ها یکی از عوامل اصلی آلودگی محیط‌زیست هستند. لذا بایستی فاضلاب‌ها را جمع‌آوری و از شهر خارج کرد و سپس آنها را پالایش و تصفیه نمود و به چرخه گردش آب در طبیعت برگرداند (بهزادفر، ۱۳۸۸، ۲٦۱). تاریخ گواه آن است که شهرهای هند باستان، جزء اولین شهرهای دارای شبکه فاضلاب به شمار می‌روند. شهر موهنجودارو با کیفیت بالای تأسیسات بهداشتی، در بسیاری از مناطق جهان مورد تعجب مهندسین بوده است (بهزادفر به نقل از موریس، ۲۵۹:۱۳۸۸). مهمترین کار در ساخت یک تصفیه‌خانه فاضلاب فرآیند برنامه‌ریزی آن است. برنامه‌ریزی و طراحی تصفیه‌خانه فاضلاب کار ساده‌ای نیست (Yangmin Pan, 2006, 7). طرح جمع‌آوری و تصفیه فاضلاب یک فعالیت عمرانی- زیست‌محیطی است که هدف اصلی آن دفع صحیح و بهداشتی فاضلاب‌های تولیدی توسط جوامع‌شهری، صنعتی و.... می‌باشد. در زمان‌های گذشته بشر ساده‌ترین راه دفع فاضلاب یعنی تخلیه درون منابع آبی را انتخاب نموده است که در نتیجه آن، حجم وسیعی از آلودگی ایجاد شده است. احداث تصفیه‌خانه فاضلاب باعث مرتفع‌شدن بخشی از این مشکلات شده است. لیکن فعالیت زیست‌محیطی جمع‌آوری و تصفیه

www.SID.ir

Archive of SID

فاضلاب نیز در صورتی که بدون در نظر گرفتن کلیه پارامترهای زیست‌محیطی صورت پذیرد ممکن است منجر به بروز مشکلات زیست‌محیطی در منطقه گردد (منصوری، و همکاران، ۲:۱۳۹۰)روش جمع‌آوری فاضلاب و تصفیه آن بایستی متضمن توانایی مالی و اقتصادی اجرا، پایداری زیست‌محیطی و پذیرش به لحاظ اجتماعی شود (Massoud et al, 2009: 656).

جمع‌آوری فاضلاب از محیط زیست شهری، از دیدگاه‌های زیر ضروری است:

الف) بهداشت همگانی، ب) نظم و پایداری[۱] محیط زیست، ج) کاربرد مجدد فاضلاب، د) تأثیر فاضلاب شهری بر سفره‌های آب زیرزمینی (منزوی، ۱۳۷۹: ۸-۵).

با بررسی و مرور پژوهش‌هایی که در زمینه مکان‌یابی تصفیه‌خانه فاضلاب انجام گرفته‌اند، شاخص‌های منتخب برای مکان‌یابی تصفیه‌خانه فاضلاب به شرح جدول زیر است:

جدول۱: شاخص های اصلی مکان‌یابی تصفیه خانه فاضلاب

نام شاخص	
اختلاف ارتفاع تصفیه خانه نسبت به شهر	فاصله از شهر
فاصله از راه‌های اصلی و فرعی	شیب
سنگ شناسی و بافت خاک	کاربری اراضی
پوشش گیاهی	
برخی از محققینی که در پژوهش‌های مشابه از بخشی از شاخص ها استفاده نموده اند: بهزادفر، منصوری و همکاران، فلاح و همکاران، یانگ مین پن[۲]، شورای شهر چلسی، شاه‌مرادی[۳] و ایزالو[۴]، طالبی و روحانی[۵]، ژائو و همکاران[۶]	

مأخذ: مطالعات نگارندگان

۳- روش تحقیق

نوع پژوهش حاضر کاربردی و روش تحقیق، تحلیلی- پیمایشی و مبتنی برمنابع اسنادی و پرسشنامه‌های محقق ساخته می‌باشد. بدین‌ترتیب، از روش تجربی- پیمایشی به منظور گردآوری اطلاعات و برقراری ارتباط بین متغیرها استفاده شده است. مبانی نظری پژوهش با استفاده از روش کتابخانه‌ای و مطالعه دیدگاه‌های نظری و سوابق موضوع، جمع‌آوری شده است. به منظور جمع‌آوری اطلاعات، پرسش‌نامه‌های محقق‌ساخت (که براساس مبانی تکنیک AHP[۷] تنظیم شده‌اند)، بین ۲۵ کارشناس متخصص در زمینه مطالعات حاضر، توزیع شد. از کارشناسان خواسته شد

---

[۱] بخش عظیمی از مطالعات برنامه ریزی شهری و منطقه ای در دوره های اخیر به موضوع پایداری معطوف شده است. یکی از جهات معنادار و کاربردی توسعه پایدار، حرکت در جهت توسعه پایدار مناطق است. پایداری مناطق را می‌توان به عنوان گونه ای از توسعه پایدار تعریف نمود که به پایداری شهری و ایجاد محیط مطلوب جهت شکل گیری روابط انسانی، منجر می شود. پایداری در ابعاد کالبدی، زیست محیطی، اجتماعی، اقتصادی و ... قابل بحث است (رستگاری و سرائی، ۱۳۹۲، ۲)

[2] Yangmin pan
[3] Shahmoradi
[4] Isalou

۵ طالبی و روحانی، ۱۳۹۲

[6] Zhao etal, 2009
[7] Analytic hierarchy process

www.SID.ir

Archive of SID

که بعد از مقایسه زوجی شاخص‌های مکان‌یابی تصفیه خانه فاضلاب، اقدام به امتیازدهی شاخص‌ها نمایند. لازم به ذکر است که متخصصینی که به سوالات پاسخ دادند دارای گرایشات برنامه‌ریزی شهری، مهندسی عمران، بهداشت محیط‌زیست، مهندسی آب و فاضلاب و GIS هستند و دارای ویژگی سوابق کاری مرتبط هشت سال به بالا بوده‌اند. همچنین، اکثر این افراد جزء اساتید دانشگاه و کارمندان شرکت آب و فاضلاب بوده و در زمینه مطالعات حاضر، صاحب نظر بوده‌اند. پرسش‌نامه‌های توزیع شده در نرم‌افزار expert choice وارد شده و وزن‌های مربوط به شاخص‌ها و حریم‌ها مشخص شده است. در فرآیند تحلیل، ازتکنیک AHP و امکانات تحلیل لایه‌های رستری در نرم افزار GIS و همچنین مدلسازی به روش SAW[1] استفاده شده است. استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی سبب خواهد شد تا اطلاعات با دقت و سرعت بالاتری مورد پردازش قرار بگیرند (صابری و همکاران، ۱۳۹۰، ۱۰).

فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) یکی از معروفترین فنون تصمیم‌گیری چند شاخصه است که توسط توماس اِل ساعتی در دهه ۱۹۷۰ ابداع گردید. این روش هنگامی که عمل تصمیم‌گیری با چند گزینه‌ی تصمیم‌گیری روبرو است، می‌تواند مفید باشد. در این روش، شاخص‌ها می‌توانند کمی و یا کیفی باشند. اساس روش بر مقایسات زوجی نهفته است. فرآیند رتبه‌بندی و اولویت‌بندی گزینه‌ها در روش تصمیم‌گیری چند معیاره عبارت است از: ۱) ساخت سلسله مراتبی، ۲) مقایسه‌های زوجی، ۳) محاسبه وزن نسبی و ٤) وزن نهایی گزینه‌ها (دلبری و داوودی،۱۳۹۱, ۱۵-٦ و Sener etal, 2010). این تکنیک دارای بیشترین فراوانی استفاده در مطالعات مکانیابی است (Fallah etal, 2014, 2062 و Garcia etal, 2014, 61).

وزن‌دهی تجمعی ساده (SAW)، ترکیب خطی وزن‌دار نیز شناخته می‌شود (Afshari et al, 2010, 2). یکی از ساده‌ترین و پرکاربردترین روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره است (Malczewski, 1997, 3). در ارزیابی زانکیس و همکاران[2]، از مجموع هشت روش تصمیم گیری چند معیاره مورد بررسی، مدل SAW در اولویت اول قرار گرفت. آن‌ها اذعان می‌کنند که این مدل در مجموعه اقداماتی ساده و قابل محاسبه توسط سازمان‌ها و پژوهشگران مختلف، غالباً به جواب‌های مناسب با عملکرد بالا منتهی شده است (Shen & Yu, 2009: 4711). اساس روش بر میانگین وزنی شاخص‌ها، استوار است. در این روش امتیاز ارزیابی برای هر معیار به طور مستقیم توسط تصمیم‌گیرنده تخصیص داده می‌شود (Janssen, 1992, 4). سه مرحله کلی روش به ترتیب عبارتند از:

۱) تشکیل ماتریس مقایسه زوجی شاخص‌ها،

۲) تشکیل ماتریس m × n متشکل از m آلترناتیو و n شاخص‌ها و محاسبه ماتریس نرمال برای آلترناتیوها بر مبنای شاخص‌ها بر مبنای معادله شماره‌ی۱،

معادله (۱):
$$nij = \frac{rij}{rj*}$$

که در این معادله rj وزن بیشینه هر ستون است. در مورد شاخص‌های منفی، معادله یک به صورت $nij = \frac{rj*}{rij}$ در می‌آید. در معادله، rj وزن کمینه هر ستون است. لازم به ذکر است که شاخص‌های منفی شاخص‌هایی هستند که هرچه مقدار آن‌ها کمتر باشد، مناسب‌تر بوده و شاخص‌های مثبت، شاخص‌هایی هستند که هرچه مقدارآن‌ها بیشتر

[1] Simple Additive Weighted
[2] Zanakis etal

www.SID.ir

Archive of SID

باشد برای ما مناسب‌تر تلقی می‌شوند (Jeong etal, 2013, 115).

۳) محاسبه وزن نهایی هر آلترناتیو بر مبنای معادله ۲.

معادله (۲):
$$A\beta=\sum wj \times nij$$

که در آن wj وزن استاندارد شاخص‌هاست(Afshari et al, 2010,2).

پس از جمع‌آوری نظرات کارشناسان و به منظور جلوگیری از ورود برخی از نظرات احتمالی غیر کارشناسی، بایستی سازگاری در قضاوت‌های انجام شده بررسی گردد. به همین دلیل، ساعتی(۱۹۸۰) یک اندکس عددی منحصر به فرد برای بررسی استحکام ماتریس مقایسه دوبه دو مهیا کرد. نسبت استحکام [۱](CR) به عنوان حاصل تقسیم اندکس استحکام [۲](CI) بر اندکس میانگین [۳](RI) تعریف شد.

معادله (۳):
$$CR=\frac{CI}{RI}$$

ساعتی مقدار اندکس میانگین(RI) را که برخی از مؤلفان به آن اندکس تصادفی نیز می‌گویند، به عنوان میانگین استحکام ماتریس‌های مربعی از مرتبه‌های مختلف که با مقادیر کاملاً تصادفی مقداردهی شده بودند، محاسبه کرد. بنابراین مقادیر استحکام متوسط این ماتریس‌ها از پیش تعیین شده‌اند. مقدار اندکس استحکام مستقیماً از ماتریس مقایسه و با استفاده از رابطه زیر محاسبه خواهد شد.

معادله (٤):
$$CI=\frac{\lambda \max - n}{n-1}$$

در فرمول فوق، λmax بزرگترین مقدار ویژه ماتریس مقایسه و n مرتبه ماتریس می‌باشد. طبق دانش و تجربیات حاصل از عملیاتی نمودن تکنیک AHP، ساعتی پیشنهاد کرد که اگر نسبت استحکام از مقدار «۰,۱» تجاوزکند، نیاز است که ماتریس مقایسه بازنگری شود (خانااحمدی و همکاران،۱۳۹۲: ۵-٦-۷).

در این پژوهش بطور خاص، میزان ضریب سازگاری در مقایسات زوجی حریم و شاخص‌ها در نرم افزار expert choice محاسبه شد. این ضریب برای پرسش‌نامه محقق ساخت، معادل ۰,۰۹ محاسبه شد. با توجه به اینکه ضریب سازگاری کمتر از ۰,۱ است، سازگاری قضاوت‌های کارشناسان پژوهش (پاسخ‌دهندگان پرسش‌نامه‌ها) مورد تأیید قرار گرفت.

جدول۲: وزن نهایی شاخص‌های مکان‌یابی تصفیه خانه فاضلاب

شاخص	اختلاف ارتفاع تصفیه خانه نسبت به شهر	فاصله از شهر	فاصله از راه اصلی	فاصله از راه فرعی	شیب	سنگ-شناسی	کاربری اراضی	پوش گیاهی
وزن نهایی	۰,۲۱	۰,۱٤	۰,۰۷	۰,۰٦	۰,۲	۰,۱	۰,۱۱	۰,۱۱
ضریب CR	میزان سازگاری قضاوت ها برابر ۰,۰۹							

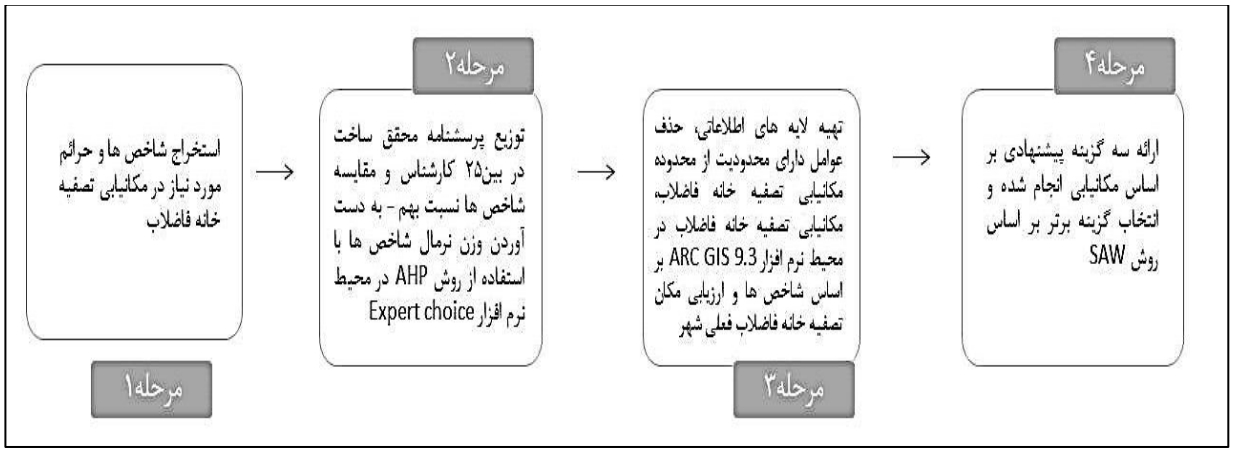
مأخذ: مطالعات نگارندگان

1- Consistency Ratio
2- Consistency Index
3- Ratio Index

www.SID.ir

Archive of SID

وزن‌های حاصله از اجرای تکنیک AHP، در لایه‌های GIS لحاظ و سپس از تلفیق لایه‌های اطلاعاتی رستری در محیط نرم‌افزار ARC GIS 9.3، مکان‌های مناسب برای تصفیه‌خانه فاضلاب شهر بجنورد مشخص شد. پیکسل‌های هر لایه اطلاعاتی، در محیط رستر با ذخیره ارزش در خود، در حقیقت یک طیف پیوسته از ارزش‌ها را به وجود می‌آورند. تابع طبقه‌بندی مجدد (Reclassification) غالباً برای ساده‌سازی یا تغییر تفسیر داده‌های رستری با تغییر یک تک مقدار با مقداری جدید، یا گروه‌بندی دامنه‌های مقادیر به مقادیری واحد استفاده می‌شود. در این پژوهش، لایه‌های اطلاعاتی تبدیل به لایه‌های رستر شده و با تابع طبقه‌بندی، مجدد آماده فرآیند تحلیل تلفیقی در محیط نرم افزار GIS شده‌اند. در خاتمه، سه گزینه پیشنهادی برای احداث تصفیه‌خانه فاضلاب شهر بجنورد بر اساس شاخص‌های مکانیابی و حرائم موجود، با استفاده از روش SAW مورد ارزیابی قرار گرفت. نهایتاً گزینه برتر مکان تصفیه‌خانه فاضلاب، ارائه شده است. به طور کلی فرآیند انجام تحقیق در شکل ۱ آورده شده است.



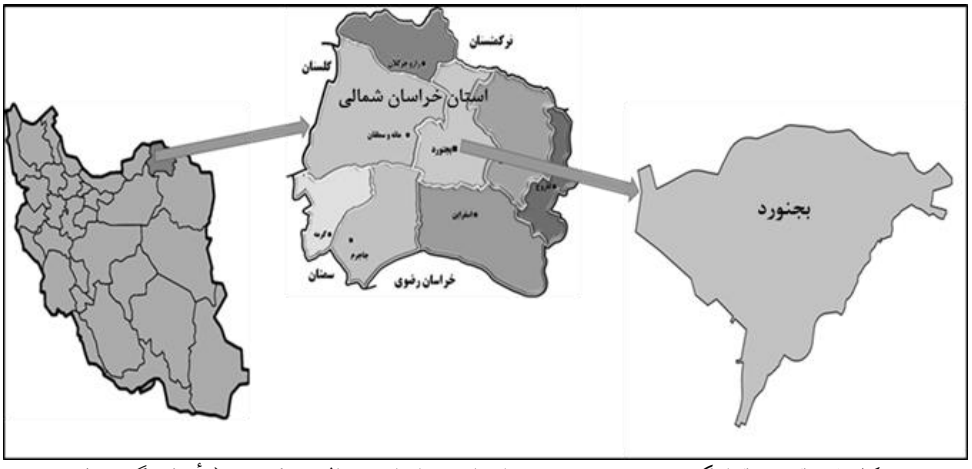
شکل۱: فرآیند انجام تحقیق

٤- محدوده و قلمرو پژوهش

شهرستان بجنورد از شمال به کشور ترکمنستان، از جنوب به شهرستان اسفراین و از شمال‌غربی تا جنوب‌غربی، به شهرستان‌های مانه و سملقان و جاجرم و از شرق به شهرستان شیروان محدود است. شهر بجنورد که مرکز استان خراسان شمالی است، در فاصله ۲۵۰ کیلومتری شمال غرب مشهد و در طول جغرافیایی ۵۷ درجه و ۲۷ دقیقه و عرض جغرافیایی ۳۷ درجه و ۲۸ دقیقه و ارتفاع متوسط ۱۰۱۰ متر از سطح دریا و تقریباً در مرکز جغرافیایی استان قرار گرفته است. شهر بجنورد در منتهی‌الیه دشت مشرف بر پای کوه‌های شمالی در بستری هموار قرار گرفته است. بلندترین نقطه ارتفاعی محدوده محیطی مؤثر بر شهر، تلهٔ سلوک در جنوب غربی شهر و دریافت کننده نزولات جوی با ۲۶۷۰ متر ارتفاع از سطح دریا و پایین‌ترین نقطه شمال غرب باباامان با ۸۱۱ متر در پست‌ترین موقعیت محدوده طبیعی شهر از سطح دریا قرار دارد. مهم‌ترین کوه‌های مشرف به شهر،شمشیرته و کوه‌خان در شمال و آلاداغ، تپه تیغ، قورداش، یخی، کاش و کوه‌کمر جنوب و جنوب‌غرب شهر بجنورد را احاطه کرده است(طرح توسعه وعمران شهر بجنورد، ۱۳۸۹).

www.SID.ir

Archive of SID



شکل۲:موقعیت قرارگیری شهر بجنورد در استان خراسان شمالی و کشور (مأخذ: نگارنده)

با توجه به بالابودن سطح آب‌های زیرزمینی تأسیس تصفیه‌خانه فاضلاب در دستور کار شرکت آب و فاضلاب بجنورد قرار گرفت. (شرکت آب و فاضلاب استان خراسان شمالی،۱۳۹٤). انجام مطالعات اولیه طرح فاضلاب شهر بجنورد بر اساس طرح تفضیلی شهر در سال ۱۳٦۵ آغاز شد. با وقفه‌ای ۱۰ ساله، عملیات اجرایی و ساخت مدول اول تصفیه‌خانه فاضلاب بجنورد با ظرفیت ۷٦۰۰ متر مکعب در شبانه‌روز و اجرای شبکه فاضلاب در بخش مرکزی شهر در سال ۱۳۷۵ کلید خورد. اولین مدول تصفیه خانه، ایستگاه پمپاژ و خط انتقال و شبکه فاضلاب به طول ٤۵ کیلومتر با ۵۰۰۰ مشترک در سال ۱۳۸۱ به بهره‌برداری رسید و در سال ۱۳۸۲ نیز بر اساس سیاست‌های ابلاغی، تصفیه‌خانه، ایستگاه پمپاژ، خط انتقال و شبکه فاضلاب به بخش خصوصی واگذار شد (مهندسین مشاور نقش جهان پارس، ۱۳۸۹). در سال ۱۳۹۰ مدول دوم آن نیز راه اندازی گردید. در حال حاضر این تصفیه‌خانه در فضایی به وسعت ۲۰ هکتار در شمال بجنورد، حوالی کوه‌های موسوم به باباموسی قرار دارد. در این تصفیه‌خانه فاضلاب خام توسط خط انتقال ۱۲۰۰ میلی‌متری از جنس لوله‌های بتنی مسلح و پلی اتیلن به محل ایستگاه پمپاژ انتقال می‌یابد. تصفیه‌خانه از نوع لجن فعال به روش MLE با قابلیت حذف نیترات است. تصفیه فاضلاب در این تصفیه‌خانه در سه مرحله انجام می‌گیرد ۱- تصفیه فیزیکی ۲- تصفیه بیولوژیکی ۳- گندزدایی آب تصفیه‌شده پس از طی مراحل فوق طی قرار داد منعقده با شرکت آب منطقه‌ای تحویل آن شرکت می‌شود تا برای آبیاری فضای‌سبز در اختیار شهرداری قرار بگیرد (شرکت آب و فاضلاب استان خراسان شمالی،۱۳۹٤).

شکل۳: موقعیت قرارگیری تصفیه خانه فاضلاب شهر بجنورد (مأخذ: نگارنده)

www.SID.ir

Archive of SID

٥- بحث اصلی

با توجه به روش‌شناسی تحقیق و بر اساس جدول۱، در بین شاخص‌ها، متغیر" اختلاف ارتفاع تصفیه خانه نسبت به شهر" و متغیر "شیب" بیشترین وزن و متغیر "فاصله از راه‌های فرعی" کمترین امتیاز را داشته‌اند. لایه‌های اطلاعاتی که در مجموع ۱۵ لایه شامل ۸لایه مربوط به شاخص‌ها و ۷ لایه مربوط به حریم‌ها بوده‌اند، تهیه شده تا در فرآیند مکان‌یابی مورد استفاده قرارگیرند. این لایه‌های اطلاعاتی عبارتند از: توپوگرافی (که از فایل DEM ۳۰ متری توپوگرافی استان خراسان شمالی استفاده شده است)، شیب، پوشش گیاهی، راه‌های اصلی و فرعی، محدوده شهر و سکونتگاه‌ها، کاربری اراضی، چاه‌های تأمین آب شرب، مناطق حفاظت شده، رودخانه و مسیل، خطوط انتقال انرژی، مسیر عبور راه‌آهن و سنگ‌شناسی محدوده. در جدول زیر معیارهای مکان‌یابی تصفیه خانه فاضلاب به همراه زیر معیارهای آن‌ها آورده شده است.

جدول۳: معیارها و زیرمعیارهای مکان‌یابی تصفیه خانه فاضلاب در پژوهش حاضر

معیار	اختلاف‌ارتفاع‌تصفیه خانه نسبت به شهر	امتیاز*	میزان شیب	امتیاز	فاصله از شهر	امتیاز
زیر معیار	٥٠- تا صفر متر	٤	صفر تا سه درصد	٤	صفر تا ۳۰۰۰ متر	١
	صفر تا ۱۵ متر	٣	سه تا پنج درصد	٣	۳۰۰۰ تا ٦۰۰۰ متر	٤
	۱۵ تا ٥۰ متر	٢	پنج تا ۱۵ درصد	٢	٦۰۰۰ تا ۹۰۰۰ متر	٣
	بیش از ٥۰ متر	١	بیش از ۱۵ درصد	١	بیش از ۹۰۰۰ متر	٢
معیار	فاصله از راه های فرعی	امتیاز	فاصله از راه های اصلی	امتیاز	پوشش گیاهی	امتیاز
زیرمعیار	صفر تا ۲۰۰ متر	٤	صفر تا ٥۰۰ متر	٤	اراضی‌بیابانی، فاقد پوشش گیاهی	٤
	۲۰۰ تا ٥۰۰ متر	٣	٥۰۰ تا ۱۰۰۰ متر	٣	پوشش‌گیاهی‌پراکنده، مراتع با تراکم خیلی کم	٣
	٥۰۰ تا ۱۰۰۰ متر	٢	۱۰۰۰ تا ۲۰۰۰ متر	٢	مراتع، بیشه زار، پوشش گیاهی کم تراکم	٢
	بیش از ۱۰۰۰ متر	١	بیش از ۲۰۰۰ متر	١	مزارع و باغات	١
معیار	کاربری اراضی	امتیاز	واحد سنگ‌شناسی			امتیاز
زیرمعیار	اراضی بایر و شور، اراضی بیابانی	٤	مارن، شیل حاوی فسیل آمونیت و گاستروپد های کوچک با بین لایه های آهک، ماسه، کنگلومرا و ولکانیک			٤
	کوهپایه	٣	آهک رسی آرژلیتی با میان لایه شیل حاوی آمونیت، اکینوپد و اربیتولینای فراوان			٣
	مزارع، باغ، مناطق مسکونی پراکنده	٢	آهک هوازده زرد- قهوه ای، دولومیت،ی کنگلومرای قرمز			٢
	شهر، روستا، شهرک مسکونی و صنعتی	١	تراس آبرفتی قدیم و جدید، رسوبات رودخانه ای قدیمی			١

* ٤: خیلی مناسب، ٣: مناسب، ٢: نسبتاً مناسب، ١: نامناسب

٥-١- آماده سازی لایه‌های اطلاعاتی

٥-١-١- توپوگرافی و شیب:

پارامتر اختلاف ارتفاع نسبت به شهر از دیدگاه کاهش هزینه‌های احداث تصفیه‌خانه فاضلاب حائز اهمیت است. در هنگام احداث تصفیه‌خانه فاضلاب مسیرهایی برای ایجاد کلکتور اصلی فاضلاب پیش‌بینی می‌شود. از ویژگی‌های مهم این مسیر کوتاه بودن و تسهیل ورود فاضلاب به تصفیه‌خانه به صورت ثقلی می‌باشد. در غیر این صورت باید برای پمپاژ فاضلاب به تصفیه خانه هزینه‌ای در نظر گرفته شود. در مباحث مکان‌یابی پارامتر شیب از دیدگاه زیست‌محیطی و اقتصادی حائز اهمیت است. از لحاظ اقتصادی احداث سازه‌های تصفیه‌خانه فاضلاب در مکان‌های

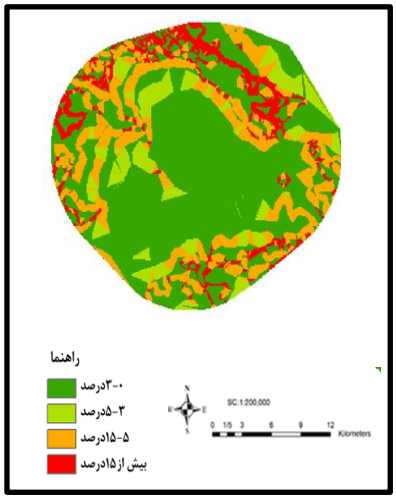
www.SID.ir

Archive of SID

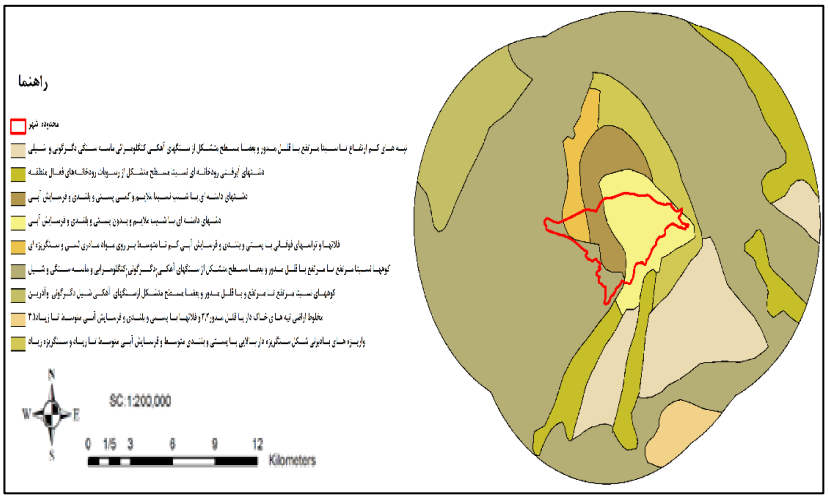
شیبدار نامناسب است و هزینه‌های خاکبرداری و خاکریزی را افزایش می‌دهد. درجه شیب پایین برای احداث تصفیه‌خانه از جریان یافتن فاضلاب نشتی به صورت سطحی و زیرزمینی به سمت منابع آب و مناطق دیگر جلوگیری خواهد کرد(فلاح و همکاران، ۵:۱۳۹۲).

۵-۱-۲- سنگ‌شناسی:

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. اگر پیوستگی بین اجزاء تشکیل دهنده وجود نداشته باشد برای احداث تصفیه‌خانه فاضلاب مناسب نیست. احداث تصفیه‌خانه فاضلاب در مناطق با ایجاد شرایط مطلوب از دیدگاه مهندسی زمین‌شناسی امکان‌پذیر است(فلاح و همکاران، ۵:۱۳۹۲).



شکل٤: طبقات شیب



شکل۵: سنگ‌شناسی محدوده مطالعه(مأخذ: نگارنده بر اساس اطلاعات خام دریافتی)

۵-۱-۳- پوشش گیاهی:

پارامتر پوشش گیاهی به منظور حفظ ارزش اراضی و ممانعت از تخریب مناطق جنگلی و مراتع به کار برده می‌شود و اساس طبقه‌بندی این پارامتر انتخاب مکان مورد نظر برای تصفیه‌خانه با کمترین تأثیر نامطلوب بر پوشش گیاهی می‌باشد (فلاح و همکاران، ۹:۱۳۹۲).

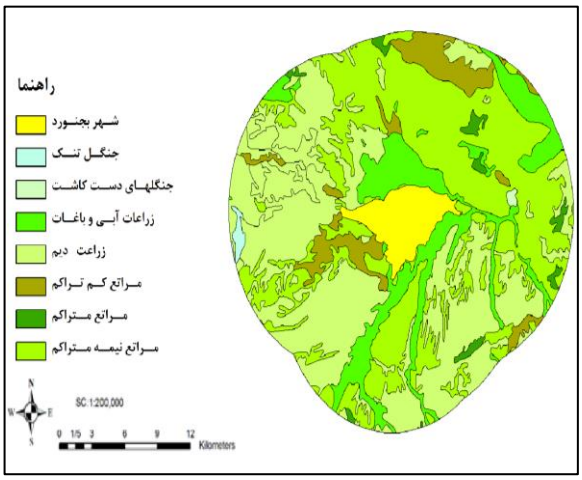
۵-۱-٤- کاربری اراضی:

منظور از کاربری اراضی، استفاده از اراضی به منظور رفع نیازهای گوناگون انسانی می‌باشد که شامل اراضی کشاورزی، صنعتی، مسکونی و غیره است. احداث تصفیه‌خانه فاضلاب در کاربری‌های متفاوت هزینه‌های متفاوتی ایجاد می‌کند و در تمام کاربری‌ها امکان احداث وجود ندارد (فلاح و همکاران، ۵:۱۳۹۲). به ندرت قطعه زمینی که

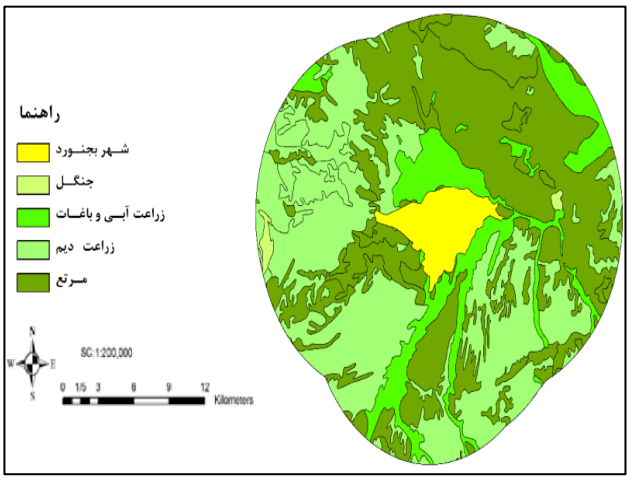
www.SID.ir

Archive of SID

به توسعه کشاورزی وابسته است برای احداث یک تصفیه‌خانه فاضلاب در نظر گرفته می‌شود. اراضی مطلوب توسعه مسکونی و تجاری نیز برای این منظور انتخاب نمی‌شوند (بهزادفر، ۱۳۹۱:۳۷۹).



شکل۶: پوشش گیاهی محدوده مطالعه



شکل۷: کاربری اراضی محدوده مطالعه

۵-۲- حریم‌ها

محدودیت‌ها، موانعی هستند که یا به وسیله‌ی انسان یا به وسیله‌ی طبیعت تحمیل می‌شوند و مانع از آن می‌شوند که برخی گزینه‌ها، امکان انتخاب پیدا می‌کنند. تعیین حرائم (که عامل ایجاد محدودیت‌ها هستند)، عموماً براساس منابع و تمهیدات موجود است و قضاوت‌های حرفه‌ای را شامل می‌شود (فلاح و همکاران، ۱۳۹٤: ۵). درمکان‌یابی تصفیه‌خانه فاضلاب، فاصله از مناطق شهری از دیدگاه زیست‌محیطی و اقتصادی دارای اهمیت است. تصفیه‌خانه فاضلاب به علت ایجاد شرایط نامساعد و بوی نامطبوع باید در فاصله دور از مناطق مسکونی قرارگیرد. اما دور بودن بیش‌ازحد از حوزه دریافت فاضلاب به لحاظ اقتصادی باعث افزایش هزینه حمل‌ونقل می‌گردد. شبکه حمل‌ونقل شامل شبکه حمل‌ونقل جاده‌ای اعم از بزرگراه، جاده بین شهری، شوسه و راه‌آهن است. نزدیکی تصفیه‌خانه به راه‌ها موجب می‌شود تا هزینه‌های حمل‌ونقل تجهیزات و رفت و آمد پرسنل و پشتیبانی از نیروگاه کاهش یابد. همچنین راه‌ها دارای حریم بوده لذا در مکانیابی باید حریم آن‌ها لحاظ شود. در مکان‌یابی تصفیه خانه فاضلاب، عوارضی که دارای حریم هستند و رعایت آن‌ها الزامی است شامل جدول زیر می شوند.

جدول٤: حریم‌های مهم در مکان‌یابی تصفیه خانه فاضلاب

نام معیار	نحوه اثر و ضوابط
گسل	حداقل فاصله از گسل اصلی ۳۰۰ متر، حداقل فاصله از گسل فرعی ۱۰۰ متر
مناطق مسکونی	حداقل فاصله از مناطق مسکونی شهری ۳۰۰۰ متر، حداقل فاصله از مناطق مسکونی روستایی ۵۰۰ متر
رودخانه	حداقل فاصله از رودخانه اصلی ۱۰۰۰ متر، حداقل فاصله از شاخه اصلی و مسیل ۳۰۰ متر، حداقل فاصله از شاخه فرعی ۵۰ متر
خطوط انتقال نیرو	حداقل فاصله از خطوط اصلی انتقال نیرو ۵۰ متر

www.SID.ir

Archive of SID

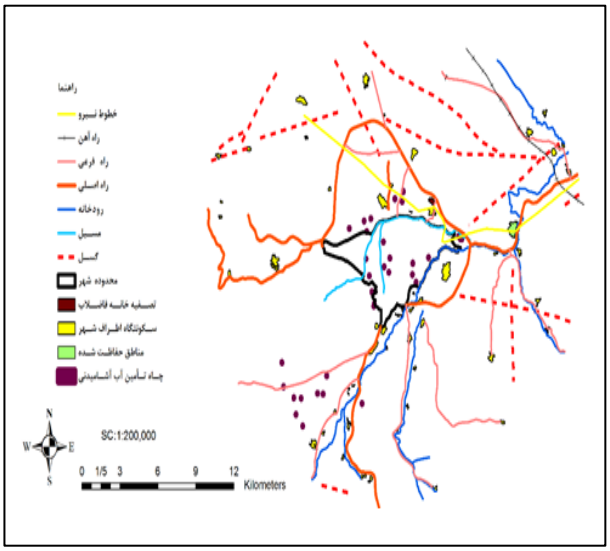
نام معیار	نحوه اثر و ضوابط
جاده	حداقل فاصله از جاده اصلی و بزرگراه ۵۰۰ متر، حداقل فاصله از جاده فرعی ۲۰۰ متر
چاه و قنات	حداقل فاصله از چاه،قنات، چشمه و استخر ۳۰۰ متر
مناطق حفاظت شده	حریم ۵۰۰ متری

مأخذ: (منصوری و همکاران، ۷:۱۳۹۰) و (فلاح و همکاران، ۱۱:۱۳۹۲)

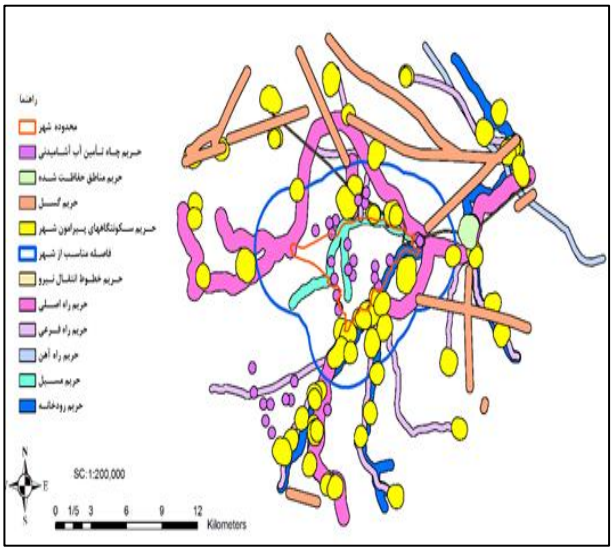
علاوه بر شاخص‌های مکان‌یابی تصفیه‌خانه فاضلاب و حریم‌هایی که در بالا ذکر شد، نکات مهمی هم وجود دارند که در مکان‌یابی تصفیه‌خانه فاضلاب باید رعایت شوند. این نکات عبارت‌اند از:

- مساحت زمین لازم برای تأسیس تصفیه‌خانه فاضلاب، کاملاً به روش انتخابی برای تجهیزات و تکنیک‌ها و تکنولوژی تصفیه بستگی دارد. در هرصورت مساحت لازم برای تصفیه خانه فاضلاب برای جمعیت معادل ۳۰ تا ۵۰ سال آینده شهر در نظر گرفته می‌شود تا در مواقع انجام مراحل مختلف ساختمانی در دوره‌های مختلف طرح، مسئولین تصفیه خانه با کمبود زمین مواجه نشوند(بهزادفر، ۳۸۲:۱۳۸۸).
- از نظر جهت وزش باد، تصفیه‌خانه فاضلاب باید در جهتی قرار گیرد که آلودگی‌های ناشی از فرآیند تصفیه و همچنین بوی نامطبوع آن با وزش باد به سمت شهر نیاید. (Chelsea Municipal Counci, 2011, 2).
- وجود زمین کافی و با قیمت متناسب. (بهزادفر، ۳۸۲:۱۳۸۸).
- مقاوم بودن زمین تصفیه خانه در برابر سیلاب ناشی از بارندگی و طغیان رودخانه و یا جذر و مد دریا(بهزادفر به نقل از منزوی، ۳۸۱:۱۳۸۸).

برای مکان‌یابی تصفیه خانه فاضلاب، حریم‌ها باید به عنوان لایه محدودیت حذف شوند. با توجه به جدول٤، ۱۰ لایه حذف شده حریم‌ها مطابق شکل زیر است.



شکل ۸: موقعیت عوارض دارای حریم



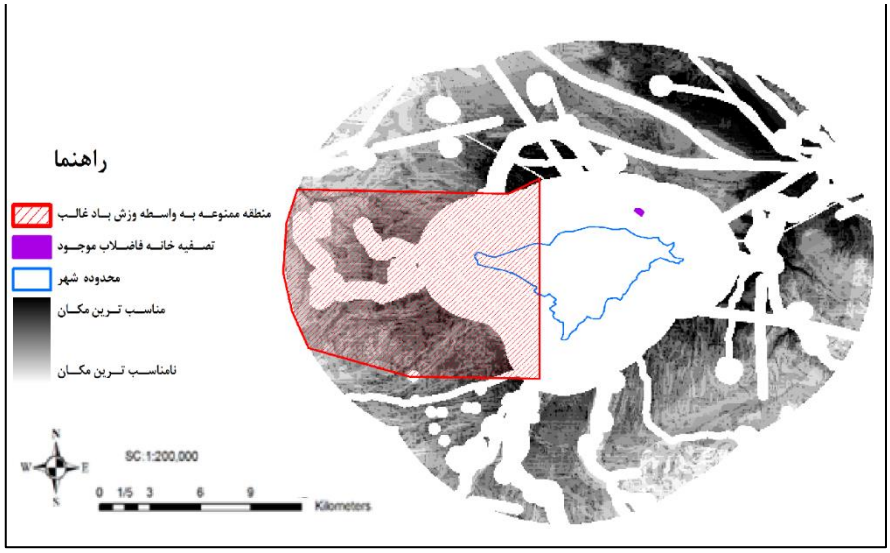
شکل ۹: حرائم حذف شده از مکان‌یابی تصفیه‌خانه فاضلاب

www.SID.ir

Archive of SID

٥-٣- تلفیق لایه‌ها

دو روش اصلی برای مدل‌سازی اطلاعات مکانی وجود دارد؛ مدل برداری و مدل رستری .در مدل برداری ماهیت اشیا یا موقعیت‌ها به وسیله سه مفهوم نقطه، خط و پلیگون قابل نمایش است، ضمن اینکه کلیه روابط بین اطلاعات مکانی بر روی این سه دسته اصلی تعریف می‌گردد .اما مدل داده رستری در فرم ساده آن شامل یک شبکه منظم از سلول‌های مربعی می‌باشد که موقعیت هر سلول یا پیکسل به وسیله شماره سطر و ستون آن تعریف می‌گردد. مقدار تخصیص داده شده به سلول نمایانگر نوع و چگونگی اطلاعات توصیفی است که آن سلول نشان می‌دهد (Aronoff, S, 1989, 294). در پژوهش حاضر، با توجه به شاخص‌ها و لایه‌های اطلاعاتی مربوط به آن‌ها و حرائم حذف شده، اقدام به مکان‌یابی تصفیه خانه فاضلاب در محیط نرم‌افزار GIS به وسیله مدل رستری شده است. بدین ترتیب که لایه‌های اطلاعاتی تبدیل به لایه‌های رستر شده و با تابع طبقه‌بندی[1] مجدد، آماده فرآیند تحلیل تلفیقی در محیط نرم‌افزار GIS شده‌اند. همچنین، باتوجه به اینکه جهت وزش باد غالب شهر بجنورد از سمت غرب به شرق است لذا محدوده غربی شهر پهنه نامناسبی برای احداث تصفیه‌خانه فاضلاب می‌باشد. مکان بهینه و مناسب تصفیه‌خانه فاضلاب شهر بجنورد طبق یافته‌های تحقیق، در شکل شماره ١٠ نمایش داده شده است.



شکل ١٠: پهنه های مناسب احداث تصفیه خانه فاضلاب شهر بجنورد، (مأخذ: نگارنده)

٦- جمع‌بندی و نتیجه‌گیری

امروزه اهمیت و نقش تأسیسات و زیرساخت‌های شهری در مناطق شهری غیر قابل اغماض بوده و برنامه‌ریزی برای ایجاد و سپس مدیریت آن‌ها نقش بسیار مهمی در کاهش مشکلات زیست‌محیطی دارد. این تأسیسات و زیرساخت‌های شهری زمانی پاسخگوی نیازهای شهری هستند که یک برنامه‌ریزی مناسب برای تعیین مشخصات آن‌ها، چگونگی استقرارشان و مدیریت مناسب برای کنترل عملکرد آن‌ها وجود داشته باشد. در غیر این صورت همین تأسیسات باعث ایجاد مشکلات بسیار زیادی خواهند شد.

[1] Reclassification

www.SID.ir

Archive of SID

بعد از بررسی مکان تصفیه خانه فاضلاب شهر بجنورد در قالب ۱۵ لایه اطلاعاتی که شامل لایه‌های اطلاعاتی توپوگرافی (منبعث از فایل DEM ۳۰ متری استان خراسان شمالی)، شیب، پوشش گیاهی، راه‌های اصلی و فرعی، محدوده شهر و سکونتگاه‌ها، کاربری اراضی، چاه های تأمین آب شرب، مناطق حفاظت شده، رودخانه و مسیل، خطوط انتقال انرژی، مسیر عبور راه‌آهن و سنگ‌شناسی محدوده، می‌شد، مشخص شد که:

۱- متغیرهای "شیب" و "اختلاف ارتفاع نسبت به شهر" با وزن نهایی حدود ۰/۲۰ و ۰/۲۱ بیشترین تاثیر را در مکان استقرار تصفیه‌خانه داشته‌اند. این در حالی است که عامل فاصله از راه فرعی با وزن ۰/۰٦ کمترین تاثیر را داشته است.

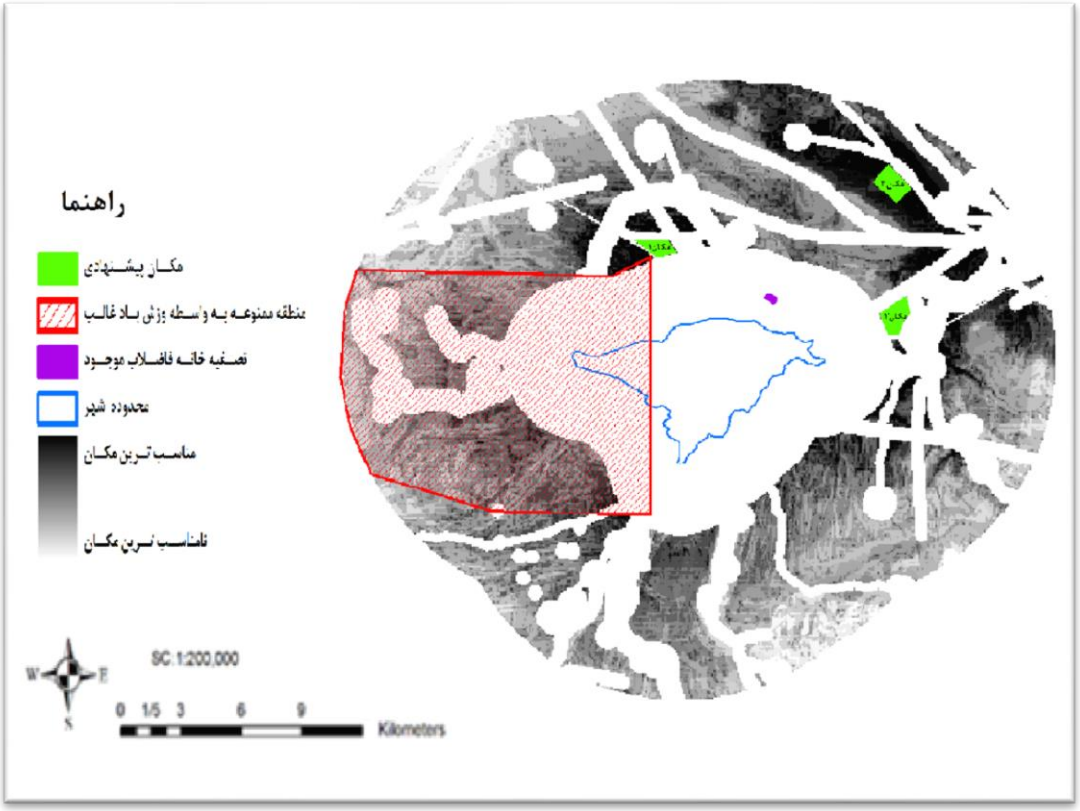
۲- مکان فعلی تصفیه‌خانه شهر بجنورد، بر اساس اصول و شاخص‌های مورد نظر در پهنه نامناسب، قرار گرفته است. این موضوع، مهم‌ترین دلیلی است که اکنون سکونتگاه‌های پیرامون آن را با مشکلات متعدد زیست‌محیطی مواجه نموده است. موضوعی که کارشناسان شرکت آب و فاضلاب شهر بجنورد آن را بطور ضمنی تأیید نموده لیکن هیچ مطالعه کارشناسی در این زمینه انجام نشده است. واکاوی در نظرات کارشناسان مورد پرسش، نشان می‌دهد که مهمترین جنبه‌های مورد توجه در انتخاب سایت فعلی تصفیه خانه فاضلاب شهر بجنورد، عوامل مالکیت اراضی و چگونگی تأمین زمین بوده است. البته نبایستی از این نکته غافل شد که در زمان احداث تصفیه‌خانه فاضلاب شهر بجنورد، سکونتگاهی در نزدیکی آن وجود نداشته است و شاید این گمان هم که شهر با توسعه شتابان به آن سمت کشیده خواهد شد، برده نمی‌شد. توسعه شتابان شهر، بیشتر تحت تأثیر مرکز استان شدن شهر بجنورد در سال ۱۳۸۳، بوده است. به هر روی، برنامه‌ریزی سایت تصفیه‌خانه فاضلاب برای یک بازه زمانی طولانی ۳۰-٤۰ ساله بایستی انجام شود، آنچه در انتخاب تصفیه-خانه فاضلاب شهر بجنورد نادیده گرفته شده‌است. به گونه‌ای که پس از گذشت حدود ۱۳ سال از احداث آن، مشکلات متعدد زیست محیطی، گریبان‌گیر ساکنان سکونتگاه‌های پیرامون آن شده است.

۷- پیشنهادات

با توجه به شکل شماره ۹، که پهنه‌های مناسب برای احداث تصفیه خانه فاضلاب شهر بجنورد را نشان می‌دهد، سه مکان مناسب برای احداث تصفیه‌خانه مناسب، پیشنهاد شده است. این در حالی است که در مکان‌یابی تصفیه‌خانه فاضلاب، مجموعه‌ای از حریم‌ها و شاخص‌ها دخیل‌اند لذا ممکن است مکانی از نظر تعدادی شاخص یا حریم مناسب باشد و از نظر تعدادی شاخص دیگر نامناسب باشد.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۱۱: مکان های پیشنهادی برای احداث تصفیه خانه فاضلاب شهر بجنورد

۷-۱- تدقیق پیشنهادات با کاربست روش SAW در انتخاب سایت بهینه تصفیه خانه شهر بجنورد

همانطور که در شرح مراحل مدل SAW ذکر شد، پس از بررسی زوجی شاخص‌ها، ابتدا ماتریس m×n شامل m مکان و n شاخص تشکیل شده و ماتریس نرمال برای مکان های پیشنهادی بر مبنای شاخص ها محاسبه می‌گردد.

جدول۵: معرفی شاخص های ارزیابی

نام شاخص	شماره شاخص	نام شاخص	شماره شاخص
شیب	۱	فاصله از راه‌های فرعی	۵
اختلاف ارتفاع تصفیه خانه نسبت به شهر	۲	پوشش گیاهی	٦
فاصله از شهر	۳	کاربری اراضی	۷
فاصله از راه‌های اصلی	٤	سنگ شناسی و بافت خاک	۸

شماره شاخص	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸
مکان ۱	۵	۵	۵	۵	۵	۱	۱	۴
مکان ۲	۲	۴	۵	۴	۳	۱	۲	۳
مکان ۳	۳	۱	۲	۳	۴	۱	۲	۳

شکل ۱۲: ماتریس اولیه وزن‌دهی مکان‌های پیشنهادی بر اساس شاخص‌های تدوینی

www.SID.ir

Archive of SID

در ماتریس فوق برای مقایسه مکان‌های پیشنهادی بر مبنای شاخص‌ها، به هر مکان بر اساس طیف پنج سطحی لیکرت، نمره‌ای بین ۱تا ۵ اختصاص داده شده که طیفی از نامناسب‌ترین(نمره۱) تا مناسب‌ترین مکان(نمره ۵) می‌باشد (Yesilnacar & Cetin, 2005, 383). بر طبق مدل SAW ، اعداد ماتریس فوق باید استاندارد شود. برای استاندارد کردن آن از معادله (۵) استفاده شده است. ماتریس استاندارد در زیر آورده شده است.

شماره شاخص	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸
مکان ۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۰/۵	۱
مکان ۲	۰/۴	۰/۸	۱	۰/۸	۰/۶	۱	۱	۰/۷۵
مکان ۳	۰/۶	۰/۲	۰/۴	۰/۶	۰/۸	۱	۱	۰/۷۵

معادله (۵): $nij = \frac{rij}{rj}$

پس از محاسبه ماتریس استاندارد مقایسه مکان‌های پیشنهادی بر مبنای شاخص‌ها، و وزن استاندارد شاخص‌ها، در مرحله آخر با توجه به معادله (٦) وزن نهایی هر مکان پیشنهادی محاسبه شده است (Yesilnacar etal, 2012, 157). در این مرحله هر مکان که وزن بیشتری داشته باشد به عنوان سایت برتر انتخاب می‌شود.

معادله(٦): $A\beta = \sum wj \times nij$

شماره شاخص	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸
مکان ۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۰/۵	۱
مکان ۲	۰/۴	۰/۸	۱	۰/۸	۰/۶	۱	۱	۰/۷۵
مکان ۳	۰/۶	۰/۲	۰/۴	۰/۶	۰/۸	۱	۱	۰/۷۵

$\times$

۰/۲
۰/۲۱
۰/۱۴
۰/۰۷
۰/۰۶
۰/۱۱
۰/۱۱
۰/۱

$=$

۰/۹۴۵۰
۰/۶۲۳۸
۰/۶۰۳۰

طبق یافته‌ها، سایت پیشنهادی شماره یک با وزن نهایی ۰/۹٤٥، سایت بهینه برای استقرار تصفیه‌خانه جدید شهر بجنورد خواهد بود. لیکن تا آن زمان که اعتبار و سرمایه کافی برای ساخت و انتقال تصفیه‌خانه فاضلاب جدید شهر مهیا شود، بایستی تدابیرو راهکارهایی جهت کاهش اثرات منفی تصفیه‌خانه فاضلاب موجود شهر، در نظر گرفت. استفاده از حریم سبز، ممنوعیت توسعه فضاهای مسکونی پیرامون سایت و درخت‌کاری انبوه در محیط تصفیه‌خانه و پیرامون، جهت کاهش بوی نامطبوع و سایر راهکارها در این زمینه در خور تأمل است که می‌تواند در مجموعه ضوابط شهرداری برای ساخت و سازهای آتی شهر مورد توجه قرار بگیرد.

منابع و مآخذ

۱. احمدزاده، فاطمه و حسینپور، حسنعلی و سلیمی نسب، مهسا (۱۳۹٤). مکانیابی تصفیه‌خانه فاضلاب با استفاده از GIS، مجموعه مقالات سومین کنفرانس بین المللی مهندسی عمران، معماری و شهرسازی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران.

www.SID.ir

Archive of SID

۲. بهزادفر، مصطفی. (۱۳۸۸). زیرساخت‌های شهری، کتاب اول، آبرسانی و فاضلاب. تهران: انتشارات شهیدی.

۳. جعفری، حمیدرضا، عزیزی، علی، نصیری، حسین و عابدی، سپیده.(۱۳۹۲). تحلیل تناسب اراضی جهت استقرار نیروگاه‌های بادی در استان اردبیل با استفاده از مدل SAW وAHP در محیط سیستم اطلاعات جغرافیایی(GIS). فصلنامه علوم و تکنولوژی محیط‌زیست، دوره پانزدهم، شماره دو، تابستان ۹۲، ٤١-۲۳.

٤. خان احمدی مرضیه، عربی، مهدی، وفایی نژاد، علیرضا و رضائیان، هانی. (۱۳۹۳). مکانیابی ایستگاه‌های آتشنشانی با استفاده از تلفیق منطق Fuzzy و AHP در محیط GIS (مطالعه موردی: ناحیه ۱ منطقه ۱۰ تهران). اطلاعات جغرافیایی سپهر – ۱۳۹۳، دوره ۲۳ – شماره : ۸۹ ، ۹۸-۸۸.

۵. دلبری، سید علی و داوودی، سید علیرضا. (۱۳۹۱). کاربرد تکنیک فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) در رتبه بندی شاخصهای ارزیابی جاذبه های توریستی. مجله تحقیق در عملیات و کاربردهای آن، سال نهم، شماره دوم، تابستان۹۱، ۷۹-۵۷.

٦. رستگاری، محمد و سرائی، محمدحسین (۱۳۹۲). ارزیابی نقش خدمات شهری و رفاهی در توسعه پایدار، نمونه موردی استان یزد، مجموعه مقالات کنفرانس ملی معماری و فضاهای شهری پایدار، مشهد.

۷. زیاری، کرامت الله. (۱۳۹۲). برنامه‌ریزی کاربری اراضی شهری. تهران: انتشارات دانشگاه تهران.

۸. سعیدنیا، احمد. (۱۳۸۳). کتاب سبز راهنمای شهرداریها، جلد دوم: کاربری زمین شهری، تهران: انتشارات سازمان شهرداری‌ها و دهیاری‌های کشور.

۹. شرکت آب و فاضلاب شهر بجنورد، گزارش تاریخچه تصفیه خانه فاضلاب شهر بجنورد. (۱۳۹٤)

۱۰.شیعه، اسماعیل. (۱۳۷۵). مقدمه ای بر مبانی برنامه‌ریزی شهری. تهران: مرکز انتشارات دانشگاه علم و صنعت ایران.

۱۱.صابری، عظیم و قنبری، ابوالفضل و حسسین‌زاده، مریم (۱۳۹۰). مکانیابی پارک و فضای سبز شهری با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی به روش ارزیابی چند معیاری AHP (نمونه موردی: شهر شوشتر)، مجموعه مقالات ملی ژئوماتیک، دانشگاه علمو صنعت ایران، تهران.

۱۲.طالبی، حسن و روحانی، زکیه (۱۳۹۲)، انتخاب بهینه محل و نوع فرآیند جمع‌آوری فاضلاب با تحلیل سلسله مراتبی چند معیاره، مطالعه موردی شهر ورزقان، مجله آب و فاضلاب، شماره ۵، ۱۲۸-۱۲۳.

۱۳.فلاح، مهدی و فرج‌زاده، منوچهر و اسلامی، عبدالرضا و سلطانی‌فر، افسانه (۱۳۹٤). تلفیق مثلث فولر و شبکه عصبی مصنوعی در مکان‌یابی تصفیه خانه فاضلاب شهرستان ساری با کمک سیستم اطلاعات جغرافیایی، سومین کنگره بین‌المللی مهندسی عمران، معماری و شهرسازی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران.

۱٤.فلاح، مهدی، فرج‌زاده، منوچهر، وقارفرد، حسن و نیک خصلت، علی. (۱۳۹۲). مکان یابی تصفیه خانه فاضلاب با تکنیک Topsis و GIS (مطالعه موردی: جزیره قشم). فصلنامه جغرافیایی سرزمین، سال دهم، شماره ۳۷، ۱۲٦-۱۰۹.

۱۵.منزوی، محمدتقی. (۱۳۷۹). فاضلاب شهری، جلد اول: جمع‌آوری فاضلاب. تهران: انتشارات دانشگاه تهران.

www.SID.ir

Archive of SID

۱۶.منصوری، زینب، حافظی مقدس، ناصر، دهرآزما، بهناز و سیف، عبدالله. (۱۳۹۰). جانمایی تصفیه خانه فاضلاب شهر فلاورجان با استفاده از روش تصمیم گیری چند معیاره و GIS. هفتمین کنفرانس زمین‌شناسی مهندسی و محیط‌زیست ایران دانشگاه صنعتی شاهرود، تابستان.

۱۷.موریس، جیمز. (۱۳۷٤). تاریخ شکل شهر تا انقلاب صنعتی. ترجمه راضیه رضازاده. تهران: مرکز انتشارات دانشگاه علم و صنعت ایران.

۱۸.مهدیزاده، جواد. (۱۳۹۲). برنامه‌ریزی راهبردی توسعه شهری (تجربیات اخیر جهانی و جایگاه آن در ایران). تهران: آرمانشهر.

۱۹.مهندسین مشاور نقش جهان پارس(۱۳۸۹)، طرح توسعه و عمران شهر بجنورد، اداره راه و شهرسازی خراسان شمالی.

۲۰.میرابی، مهرداد، میان‌آبادی، حجت و شریفی، محمدباقر. (۱۳۹۰). کاربرد تصمیم‌گیری چندشاخصه در انتخاب گزینهٔ مناسب جهت جمع آوری فاضلاب، مطالعه موردی :شهر نیاسر. ششمین کنگره ملی مهندسی عمران. سمنان.

۲۱.یمانی، مجتبی، گورابی، ابوالقاسم، مرادی‌پور، فاطمه، پیرانی، پریسا و شعبانی عراقی، عارفه. (۱۳۹٤). مکانیابی محل دفن پسماندهای شهر خرم آباد با تأکید بر روش دفن زمین شناسی پسماندهای بیمارستانی. مجله آمایش جغرافیایی فضا، سال پنجم، شماره هفدهم، ۱٤-۱.

22. Aronoff, S.(1989) .Geographic Information Systems: A Management Perspective. Ottawa, Canada: WDL publications.
23. Ashrafi, A. Mojahed, M. Mohd Yusuff, R.(2010). Simple Additive Weighting approach to Personnel Selection problem. International Journal of Innovation, Management and Technology, Vol. 1, No. 5, December 2010, pp 511-515.
24. Chelsea Municipal Council. (2011). Selection of the site of the wastewater treatment plant. Washington .DC.
25. Environmental Protection Agency. (2004). Primer for Municipal Wastewater Treatment Systems, Cincinnati, Ohio.
26. Environmental Protection Agency. (2011). Principles of Design and Operations of Wastewater Treatment Pond Systems for Plant Operators, Engineers, and Managers, office of research and development, National risk management research laboratory, United States.
27. García a .J.L, Alvarado a. A, Blanco b. J, Jiménez c .E, Maldonado a .A.A, Cortés. G (2014). Multi-attribute evaluation and selection of sites for agricultural product warehouses based on an Analytic Hierarchy Process, Journal of Computers and Electronics in Agriculture, No 100, pp 60-69.
28. Giovanni D. Feo & Sabino D. Gisi (2014). Using MCDA and GIS for hazardous waste landfill siting considering land scarcity for waste disposal, Journal of Waste Management , , pp 1–14.
29. Janssen, R., 1992. Multiobjective decision support for environmental management. Kluwer, Dordrecht, p. 232
30. Jeonga .J. S. & García-Morunoa .L & Hernández-Blancob .J. (2013). A site planning approach for rural buildings into a landscape using a spatial multi-criteria decision analysis methodology, Journal of Land use policy, 32, pp 108-118.
31. Mahdi .F & Hassan .V & Farajzadeh .M & Nick kheslat. A (2014). Assessment of Spatial multi-criteria decision-making with process of the artificial neural networks Method to Site Selection of the Wastewater Treatment Plant, International journal of Advanced Biological and Biomedical Research, V2, Issue 2, pp 2061-2066.
32. Malczewski, J., (1997). Propagation of errors in multicriteria location analysis. Springer, Berlin Heidelberg New York pp. 154–155.
33. Mansouri, Z. Hafezi Moghaddas, N. Dahrazma, B. (2013). Wastewater treatment plant site selection using AHP and GIS: a case study in Falavarjan, Esfahan. JGeope 3 (2), 63-72
34. Massoud M.A & Tarhini .A & Nasr .J. A. (2009). Decentralized approaches to wastewater treatment and management:Applicability in developing countries, Journal of Environment Management, 90, pp 652-659.

www.SID.ir

Archive of SID

35. Pan, Y. (2006). The Sustainable Criteria for Evaluating the Planning Report of Wastewater Treatment Plants. Master of Science Thesis, STOCKHOLM 2006
36. Ratna priya, 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.
37. Sener, S & Sener, E & Nas, B & Karaguzel, R (2010). Combining AHP with GIS for landfill site selection: Acase study in the Lake Beys ehir catchment area (Konya, Turkey), Journal of Waste Management , NO 30, pp 2037–2046.
38. Shahmoradi, B & Isalou, A. (2013). Site selection for wastewater treatment plant using integrated fuzzy logic and multicriteria decision model: A case study in Kahak, Iran. Journal of Advances in Environmental Health Research, (1)1, 51-61.
39. Shen .Ch. Y & Yu. K.T.(2009), A generalized fuzzy approach for strategic problems: The empirical study on facility location selection of authors' management consultation client as an example, Journal of Expert system with application, 36, pp 4709-4716.
40. Yesilnacar .M. I & M. Lütfi Süzen & Başak Şener Kaya & Vedat Doyuran (2012), Municipal solid waste landfill site selection for the city of Şanliurfa- Turkey: an example using MCDA integrated with GIS, International Journal of Digital Earth, 5:2, PP.147-164.
41. Yesilnacar .M. I. & Cetin .H. (2005), Site selection for hazardous wastes: A case study from the GAP area, Turkey, Journal of Engineering Geology, No 81,pp 371-388.
42. Zhao, Y.W. & Qin, Y. & Chen .B. & Zhao, X. & Li , Y. & Yin, X.A. & 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.

www.SID.ir