

مکان‌یابی دفن پسماند شهری با استفاده از مدل‌های تحلیل سلسله مراتبی (AHP) و شبکه عصبی مصنوعی (ANN) (مطالعه موردی: شهرستان گرگان)

سمیه عمادالدین^۱ - استادیار ژئومورفولوژی، دانشگاه گلستان، گرگان، ایران
فاطمه فرزانه - دانشجوی کارشناسی ارشد مخاطرات محیطی، دانشگاه گلستان، گرگان، ایران
صالح آرخی - استادیار سنجش از دور و GIS، دانشگاه گلستان، گرگان، ایران
یاسین صیادسالار - دانشجوی کارشناسی ارشد جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشگاه فردوسی، مشهد، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۶/۲۲

تاریخ تصویب: ۱۳۹۹/۲/۷

چکیده

با توجه به افزایش و روند رو به رشد شهرنشینی در طی سال‌های گذشته در شهرهای کشورهای در حال توسعه و در پی آن افزایش ضایعات انسانی و سستی بودن روش دفن زباله در این گونه شهرها، مکان‌یابی دفن پسماند به عنوان یک موضوع اصلی مطرح می‌شود. با توجه به مرکزیت شهرستان گرگان در استان گلستان و افزایش رو به رشد جمعیتی آن، مکان‌یابی دفن پسماند یک موضوع بسیار مهم در این شهرستان می‌باشد. هدف این پژوهش مکان‌یابی دفن پسماند در شهرستان گرگان است. پژوهش حاضر از نظر ماهیت در دسته تحقیقات توصیفی و تحلیل قرار می‌گیرد. داده‌ها و اطلاعات موجود از طریق مراجعه به کتابخانه، ادارات، سایت‌ها و از طریق پرسشنامه تهیه و استخراج گردیده است. برای مکان‌یابی دفن پسماند در شهرستان گرگان با استفاده از ۱۱ شاخص و ۲ مدل AHP و ANN بهره گرفته شده است. با توجه به مدل‌های AHP و ANN می‌توان عنوان کرد نامناسب‌ترین مکان برای دفن پسماند قسمت‌های شمالی شهرستان می‌باشد که از دلایل آن می‌توان به نزدیکی چاه‌های آب زیرزمینی، نزدیکی به فرودگاه، نزدیکی به سه شهر گرگان، جلین و سرخن‌کلا، زمین‌شناسی نامناسب، نزدیکی راه‌های آسفالتی و روستاها اشاره کرد. در زمینه دفن پسماند در گذشته، هر ۲ مدل مشخص گردیده است محدوده هزار پیچ به عنوان مکان بسیار نامناسب برای دفن پسماند بوده است.

کلیدواژه‌ها: دفن پسماند، شهرستان گرگان، هزار پیچ، ANN، AHP.

۱-مقدمه

با وقوع انقلاب صنعتی، تغییر و تحولاتی در زمینه شهر و شهرسازی صورت گرفته و اکثر جمعیت به سمت شهرها گریزان شده‌اند (سیف‌الدینی^۱، ۱۳۹۳). شهرهای مختلف جهان، رشد جمعیت را در دوره‌های زمانی مختلف تجربه کرده‌اند (مجومدار^۲ و سیوراما کریشم^۳، ۲۰۲۰) این رشد و توسعه شهرسازی در اکثر کشورهای جهان به فرآیندی غیرقابل کنترل تبدیل شده است (یاکوپ^۴ و همکاران، ۲۰۰۵)؛ به طوری که می‌توان عنوان کرد امروز بیش از نیمی از جمعیت جهان در شهرها زندگی می‌کنند (سازمان ملل^۵، ۲۰۱۴). این روند رو به رشد تحولات متعددی را تجربه می‌کند و دائماً با نیازهای جدید روبه‌رو می‌شوند (هادیلی و همکاران، ۱۳۹۰). لازم به ذکر است رشد جمعیت شهری در کشورهای در حال توسعه با سرعت بیشتری نسبت به کل کشورهای توسعه یافته روبه‌رو می‌باشد (کبیر^۶ و خان، ۲۰۲۰). در واقع رشد شهری، در این مناطق پدیده‌های شناخته شده می‌باشد (داداشپور^۷ و همکاران، ۲۰۱۹). شهرنشینی تأثیر بسیار گسترده‌ای بر محیط‌زیست در مقیاس‌های محلی، منطقه‌ای و جهانی داشته است (باردو^۸ و دمچلی^۹، ۲۰۰۳). باید عنوان کرد زباله‌های جامد شهری همواره به عنوان یک نگرانی زیست‌محیطی مطرح بوده است (آدرجو^{۱۰} و همکاران، ۲۰۲۰). از جمله مشکلات رشد شهرنشینی می‌توان به معضلات و مشکلات دفن پسماند اشاره کرد (چایوهان^{۱۱} و سینگ^{۱۲}، ۲۰۱۶) از دیدگاه مهندسی بهداشت، دفن پسماند یک مسئله عادی نمی‌باشد (اجتماعی و همکاران، ۱۳۹۷: ۱۲۸). زباله‌ها و پسماندهای جامد شهری یک جریان ترکیبی و درعین حال بحرانی برای شهرها بوده است. تولید زباله از ۰٫۶۴ کیلوگرم به ازای هر نفر در روز به ۱٫۲ کیلوگرم افزایش یافته است و پیش‌بینی می‌شود از ۱٫۳ میلیارد تن تولید زباله در سال به ۲٫۲ میلیارد تن تا ۲۰۲۵ افزایش یابد (سلطانی^{۱۳} و همکاران، ۲۰۱۵). منشأ زباله‌های تولید شده در کشورهای در حال توسعه بیشتر مرتبط با بیمارستان، صنایع، مراکز بازار تولید می‌باشد (حسین^{۱۴} و همکاران، ۲۰۲۰)؛ همچنین، بسیاری از شهرهای کشورهای در حال توسعه آسیایی در مدیریت دفن پسماند با مشکلات جدی روبه‌رو هستند (شارهولای^{۱۵} و همکاران، ۲۰۰۷) میزان فزاینده پسماندهای ایجاد شده

- 1 Sefoldini
- 2 Majumdar
3. Sivaramakrishnan
- 4 Yaakup
- 5 United Nation
- 6 Kabir
- 7 Dadashpoor
- 8 Barredo
- 9 Demicheli
- 10 Aderoju
- 11 Chauhan
- 12 Singh
- 13 Soltani
- 14 Hussien
- 15 Sharholay

توسط شهرنشینی سریع در این کشورها معمولاً به درستی کنترل و مدیریت نمی‌شوند (مقدم^۱ و همکاران، ۲۰۰۹). از این رو با این روند رو به رشد جمعیت در کشورهای در حال توسعه، مدیریت دفن پسماند یکی از حساس‌ترین و مهم‌ترین موضوعات حال حاضر می‌باشد (قیانی^۲ و همکاران، ۲۰۱۴). عدم مدیریت دفن پسماند خطرات مستقیم و غیرمستقیمی را هم برای انسان‌ها و هم برای حیوانات و گیاهان در پی داشته است (اشکاریان^۳ و همکاران، ۲۰۰۴). با توجه به مطالب ذکر شده، انتخاب یک سایت مناسب برای دفن پسماند، بخشی مهمی در فرآیند برنامه‌ریزی می‌باشد (پاسالاری^۴ و همکاران، ۲۰۱۶). در واقع برنامه‌ریزی و راهبردهای مناسب در مدیریت پسماند جامد شهری می‌تواند هزینه اقتصادی و خطرات زیست‌محیطی را کاهش دهد (آصفی و همکاران، ۲۰۲۰). از آنجایی که عنصرهای تشکیل دهنده مدیریت دفن پسماند با یکدیگر ارتباط دارند، مکان دفن پسماند جامد شهری از اهمیت گسترده‌ای برخوردار است (هادیلی و همکاران، ۱۳۹۰). در کشور ما روند رو به رشد جمعیت و توسعه فعالیت‌هایی همچون صنعتی، تجاری و خدماتی باعث تولید مقادیر زیادی مواد زائد در شهرها شده است؛ به گونه‌ای که روزانه بیشتر از ۶۰ هزار تن زباله تولید می‌شود که این مقدار نسبت به دیگر کشورهای جهان بیشتر می‌باشد (پیوسته گر و انصاری، ۱۳۹۶) و تنها ۸ درصد پسماندهای شهری مورد بازیافت قرار می‌گیرند و ۹۲ درصد دفن می‌شوند (زمانی و همکاران، ۱۳۹۲). دفن زباله در شهرهای ایران معمولاً با روش‌های سوزاندن، دفن در زمین و تلنبار صورت می‌گیرد (هادیلی و همکاران، ۱۳۹۰)؛ همچنین محل‌های دفن زباله قدیمی با توجه به تولید انبوه پسماند همواره کارایی لازم برای دفن پسماند را نداشته و همواره با مشکلات عدیده‌ای روبه‌رو بوده‌اند (لخنده^۵ و همکاران، ۲۰۲۰). استان گلستان بعد از سال ۱۳۷۶ از استان مازندران به مرکزیت گرگان به عنوان یک استان جدا، معرفی گردید. از طرفی بعد از به مرکزیت شناخته شدن شهر گرگان در استان گلستان، این شهر و شهرستان همواره با افزایش جمعیت روبه‌رو بوده است؛ به طوری که در حال حاضر به عنوان پرجمعیت‌ترین شهر و شهرستان استان گلستان معرفی می‌شود. از طرفی دیگر مکان در نظر گرفته شده برای دفن پسماند در شهرستان گرگان در گذشته، محدوده هزار پیچ بوده است؛ از آنجایی که این محدوده در حال حاضر دفن زباله‌ای صورت نمی‌گیرد و به عنوان یک مکان تفریحی شناخته می‌شود ما در این پژوهش سعی بر آن داشته‌ایم علاوه بر مشخص شدن مکان مناسب برای دفن پسماند در شهرستان گرگان، تعیین کنیم آیا محدوده هزار پیچ در گذشته، محدوده‌ی خوبی برای دفن پسماند بوده است؟!

1 Moghadam

2 Ghiani

3 Askarian

4 Pasalari

5 Lokhande

۲-۱- پیشینه پژوهش

در سطح ملی و فراملی همواره پژوهش‌های متعددی برای دفن پسماند جامد صورت گرفته است.

جدول ۱- پیشینه پژوهش

نتیجه	پژوهش مورد بررسی	سال	محققین
هفت محل برای دفن پسماند در نظر گرفته شده بود که با معیارهای علمی و زیست‌محیطی تطبیق دارد.	مکان‌یابی دفع پسماند در سلیمانیه عراق با تکیه بر مدل‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره و روش (WLC)	۲۰۱۹	الکراداغی ^۱ و همکاران
تنها ۲ درصد از مناطق شامل مناطق العمارات، السب، القریات به عنوان بهترین مکان برای دفن پسماند شناخته شده‌اند.	بررسی دفن پسماند در مسقط کشور عمان با استفاده از GIS و روش تجزیه و تحلیل وزنی	۲۰۱۹	هررا ^۲ و همکاران
۲۱٫۹ درصد منطقه مورد مطالعه وضعیت نامناسب، ۵۵ درصد شرایط نسبتاً مناسب و ۲۳٫۱ درصد منطقه وضعیت مناسب برای دفن پسماند می‌باشند؛ همچنین بهترین منطقه در قسمت جنوبی می‌باشد.	مطالعه دفن پسماند در جنوب شرقی کشور نیجریه با روش AHP	۲۰۱۹	آکانتورینوا ^۳ و اکرو ^۴
دفن پسماند مناسب در این شهر بین ۸۷ درصد تا ۴۶ درصد متغیر است و به طور کلی نشان داده شده است این محدوده برای دفن پسماند مناسب می‌باشد	دفن پسماند در شهر الازیک ترکیه با روش MCDA و GIS	۲۰۱۹	سلیکر ^۵ و همکاران
۹۲ درصد منطقه مورد مطالعه در شهر جوان رود برای مکان‌یابی دفع پسماند مناسب نمی‌باشند.	بررسی دفع پسماند در جوان رود شهر کرمانشاه با روش MCDA و GIS	۲۰۱۹	کریمی ^۶ و همکاران
۵۴ درصد محدوده مورد مطالعه برای دفن زیاله نامناسب، ۱۲ درصد نامناسب، ۲۴ درصد مناسب و ۱۰ درصد بسیار مناسب می‌باشند.	مکان‌یابی دفع پسماند در شهر بنی ملال کشور مراکش با روش AHP و GIS	۲۰۱۷	برکت ^۷ و همکاران
محدوده‌های حذفاصل بوکان، سیمینه در قسمت‌های جنوبی روستای کانی بهترین مکان برای دفن پسماند می‌باشد.	مکان‌یابی دفن پسماند با استفاده از منطق بولین و مدل AHP	۱۳۹۶	میرآبادی و عبدی قلعه
مکان فعلی دفن پسماند در شهر ایچ با توجه به ابعاد ژئومورفولوژیک، شرایط اکولوژیک منطقه و استانداردهای روز دنیا در بهترین سایت ممکن در منطقه	مکان‌یابی دفع پسماند جامد شهری در شهر ایچ استان فارس با مدل AHP	۱۳۹۴	سرایبی و همکاران

1 Alkaradaghi

2 Hereher

3 Akintorinwa

4 Okoro

5 Çeliker

6 Karimi

7 Barakat

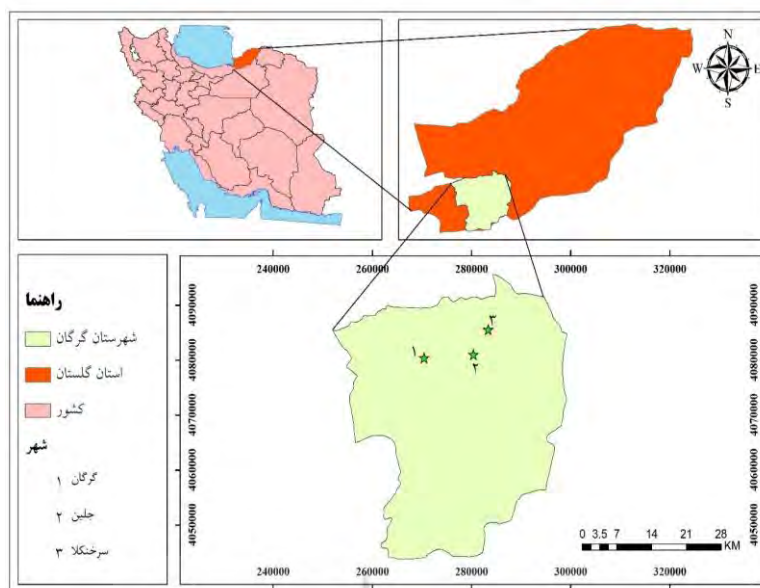
محققین	سال	پژوهش مورد بررسی	نتیجه
			استقرار یافته است.
حیدریان و همکاران	۱۳۹۳	بررسی دفن پسماند با استفاده از مدل‌های FUZZT و AHP_FUZZY در شهر پاکدشت استان تهران	سایت‌های انتخابی نسبت به مکان‌یابی دفن پسماند فعلی از وضعیت و مکان‌یابی بهتری برخوردار است.
زیاری و همکاران	۱۳۹۱	مکان‌یابی دفن پسماند جامد شهری با تکنیک AHP در شهرستان جلفا	شمال غرب شهرستان بهترین مکان برای دفن پسماند می‌باشد.
سالاری و همکاران	۱۳۹۰	مکان‌یابی دفن پسماند با مدل AHP_FUZZY در شهر شیراز	منطقه‌ای در فاصله و شعاع ۱۹ کیلومتری شهر شیراز با مساحت ۲۷۲ هکتار و در قسمت‌های شمالی بهترین مکان برای دفن پسماند می‌باشد.

با توجه به تحقیقات صورت گرفته، مشخص می‌شود مکان‌یابی دفن زباله در تمام مناطقی که انسان در آن سکونت داشته دارای اهمیت بسیاری بوده است. زیرا که اگر مکان‌یابی به صورت صحیح صورت گیرد، خیلی از مشکلات ناشی از مکان‌یابی بد دفن پسماند کاسته می‌شود. اما باید عنوان کرد هر کدام از پژوهشگران فقط محدوده ای را به عنوان مکان مطلوب برای مکان‌یابی دفن زباله مطرح می‌کنند؛ در واقع هیچ‌کدام از تحقیقات فوق و صورت گرفته مکان‌های گذشته دفن پسماند را مورد تجزیه و تحلیل قرار نداده‌اند. لذا ما در این پژوهش علاوه بر تعیین مکان مناسب برای دفن پسماند در شهرستان گرگان، سعی بر آن داشته‌ایم تا مکان قبلی دفن پسماند در این شهرستان را مورد بررسی و تجزیه و تحلیل قرار دهیم.

۲- مواد و روش

۲-۱- محدوده مورد مطالعه

شهرستان گرگان در طول جغرافیایی ۵۴ درجه و ۱۳ دقیقه تا ۵۴ درجه و ۴۵ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۳۰ دقیقه تا ۳۶ درجه و ۵۹ دقیقه شمالی قرار گرفته است (شکل ۱)؛ این شهرستان استقرار یافته در بخش‌های شمالی ارتفاعات البرز است که مساحتی بالغ بر ۱۰۸۸۳ هکتار را دارا می‌باشد (جهانی شکیب و همکاران، ۱۳۹۷) و از این حیث رتبه چهارم بین شهرستان‌های استان گلستان می‌باشد. این شهرستان دارای ۲ بخش، ۳ شهر، ۵ دهستان و ۹۷ روستا می‌باشد (مصدق و همکاران، ۱۳۹۶). همچنین شهرستان گرگان بالغ بر ۴۷۰۰۰۰ نفر جمعیت است (جهانی شکیب و همکاران، ۱۳۹۷)؛ درجه حرارت و بارش متوسط سالیانه به ترتیب ۱۸/۵ درجه سانتیگراد و ۸۰۰ میلیمتر در سال است. ویژگی‌های توپوگرافی شهرستان گرگان نشان می‌دهد از شمال به سمت جنوب، ارتفاع و شیب، افزایش می‌یابد (مصدق و همکاران، ۱۳۹۶).



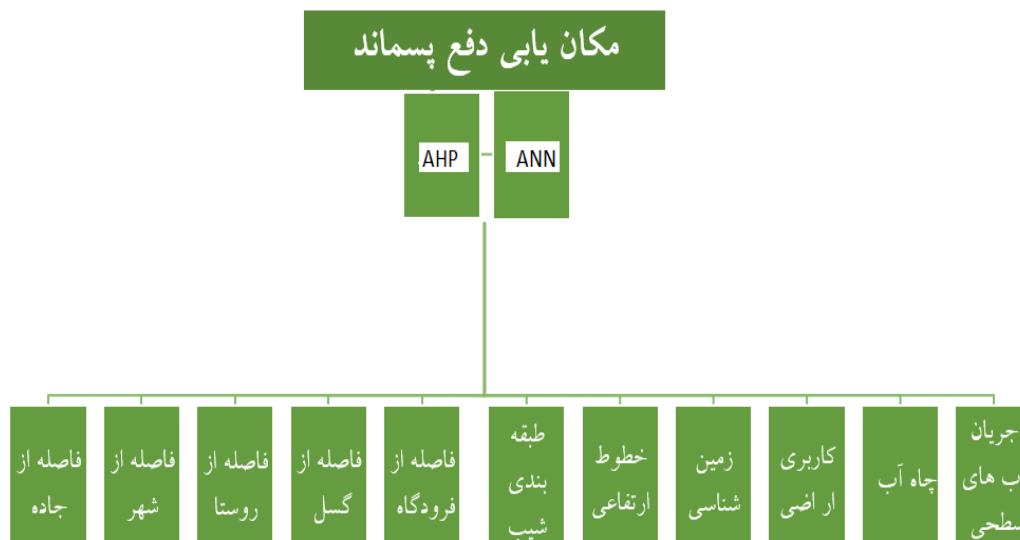
شکل ۱- محدوده مورد مطالعه

۲-۲- روش شناسی پژوهش

پژوهش حاضر از نظر ماهیت در دسته تحقیقات توصیفی و تحلیلی قرار می‌گیرد. دسته‌ای از اطلاعات با مراجعه به کتابخانه، ادارات همچون (سازمان آب و منطقه‌ای) به دست آمده‌اند. برای دستیابی به دیگر اطلاعات همچون ^۱DEM ۳۰ متر منطقه از سایت زمین‌شناسی آمریکا (USGS) بهره گرفته شده است و از طریق این مدل رقومی ارتفاعی، شیب، طبقات ارتفاعی و خطوط آبراهه استخراج گردیده‌اند؛ و برای به دست آوردن راه اصلی با رجوع به سایت (Open Street Map) و تعیین شهرهای موجود در شهرستان گرگان از نرم‌افزار Google Earth بهره گرفته شده است.

برای بررسی مکان‌یابی دفن پسماند ۱۱ شاخص از طریق مطالعات کتابخانه‌ای و اصول زیست‌محیطی استخراج گردیده است (شکل ۲). بعد از دسته‌بندی شاخصه‌ای در نظر گرفته، پرسشنامه‌ها با ارزش‌های ۱ الی ۹ در اختیار متخصصین برای اولویت‌بندی شاخص‌ها گذاشته شده است؛ برای وزن دهی شاخص‌ها در مدل ^۲(AHP) از نرم‌افزار Expert choice استفاده شده است. در ادامه برای مکان‌یابی بهتر و کامل‌تر از شبکه عصبی مصنوعی (ANN)^۳ (پرسپترون چندلایه)^۴ بهره گرفته شده است؛ ابتدا هر یک از شاخص‌ها فازی شده‌اند و بعد از فازی‌سازی، شبکه عصبی مصنوعی پیاده‌سازی گردیده است.

- 1 Digital Elevation Model
- 2 Analytic Hierarchy Process
- 3 Artificial Neural Networks
- 4 Multilayer Perceptron



شکل ۲- شاخص‌های در نظر گرفته شده برای مکان‌یابی دفن پسماند.

۳- نتایج و بحث

در بعد زمینشناسی در شهرستان گرگان قسمت‌های شمالی شهرستان دارای وضعیت بسیار نامناسب است؛ زیرا که این قسمت‌های محل استقرار آبرفت‌های بسترجوان، و مخروطه افکنه‌هاست، که این عوامل زمین‌های مستعد کشاورزی را فراهم می‌کند. بهترین مکان کمربند میانی است که دارای سنگ‌های اسلیت، مرمر، رس و کوآرتزیت می‌باشد؛ لازم به ذکر است در زمینه نفوذ آب قسمت‌های شمالی شهرستان نسبت به قسمت‌های جنوبی دارای نفوذ پذیری بیشتر می‌باشد (شکل ۳)؛ وجود گسل‌ها به دلیل شکاف‌ها و لرزه‌هایی که ایجاد می‌کنند باعث نفوذ شیرابه حاصل از زباله‌ها به درون آب‌های زیر زمینی شده و در واقع باعث آلودگی سفره‌های آب زیرزمینی می‌شود. گسل البرز و گسل شاهکوه از منطقه جنوب شهرستان گرگان و از منطقه ناهار خوران و زیارت عبور می‌کند و آن نواحی جزء منطقه لرزه خیز شهرستان گرگان به شمار می‌رود که برای مکان‌یابی دفن پسماند نامناسب است (شکل ۴)؛ از نظر ارتفاعات، شهرستان گرگان در قسمت‌های جنوبی دارای ارتفاعات بیشتری برخوردار است و در قسمت‌های شمالی از ارتفاعات کاسته می‌شود؛ لذا با توجه به طبقات ارتفاعی نواحی که بالاتر از ۱۵۰۰ متر ارتفاع دارند نواحی کاملاً نامساعد و نواحی کمتر از ۱۰۰۰ متر به عنوان نواحی پست و کاملاً مساعد در نظر گرفته شده است (شکل ۵). از بعد هیدرولوژیکی شیب به عنوان یک فاکتور بسیار مهم شناخته می‌شود؛ هنگامی که شیب افزایش یابد زمان تمرکز کوتاه‌تر خواهد شد. لذا آب در شیب‌های تندتر سرعت بیشتری خواهد داشت. بنابراین زمین با شیب تند از دبی پیک بیشتری نسبت به زمین‌های کم شیب و تقریباً مسطح برخوردار هستند (آدینهوند و همکاران، ۱۳۹۵). اما در امر مکان‌یابی دفن زباله، شیب به عنوان یک پارامتر فیزیکی به حساب می‌آید، زیرا در شیب‌های تند دفن زباله چه

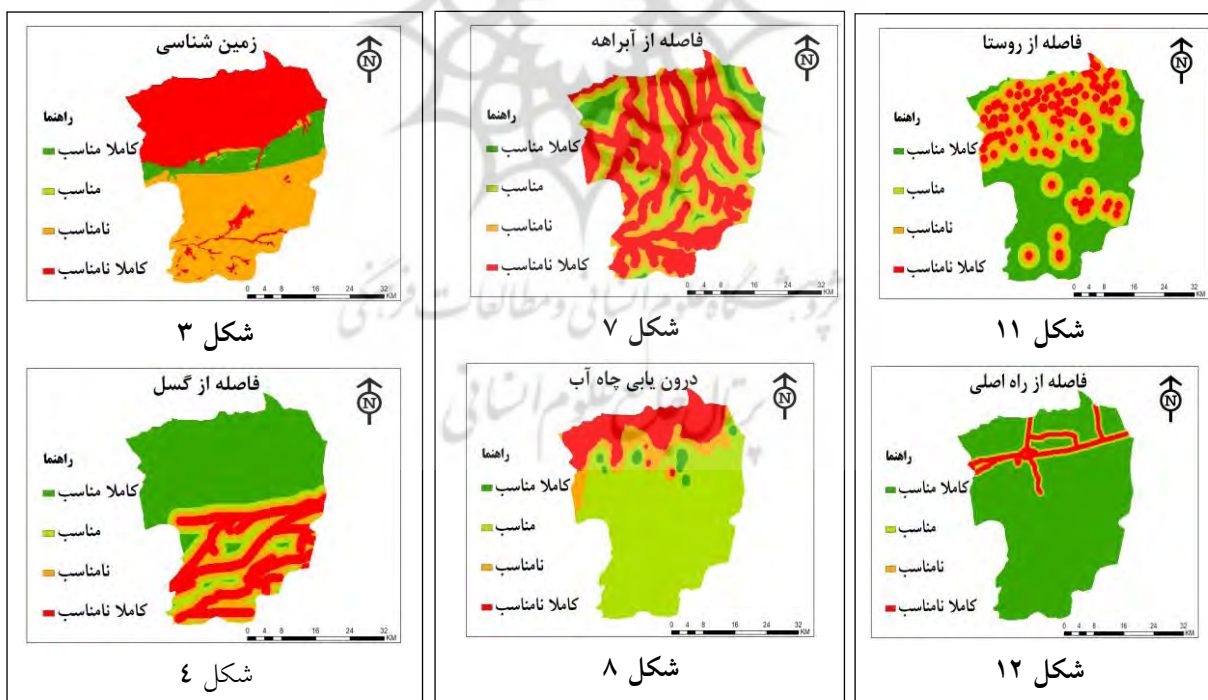
از نظر جاری شدن شیرابه زباله به هنگام بارندگی و چه از نظر اقتصادی (احداث راه‌ها و زیرساخت‌ها) با مشکل مواجه می‌شود (فرهودی و همکاران، ۱۳۸۴). به طور کلی می‌توان عنوان کرد در قسمت‌های جنوبی شهرستان گرگان با توجه به افزایش طبقات شیب دارای مکان نامناسبی برای دفن پسماند می‌باشد (شکل ۶)

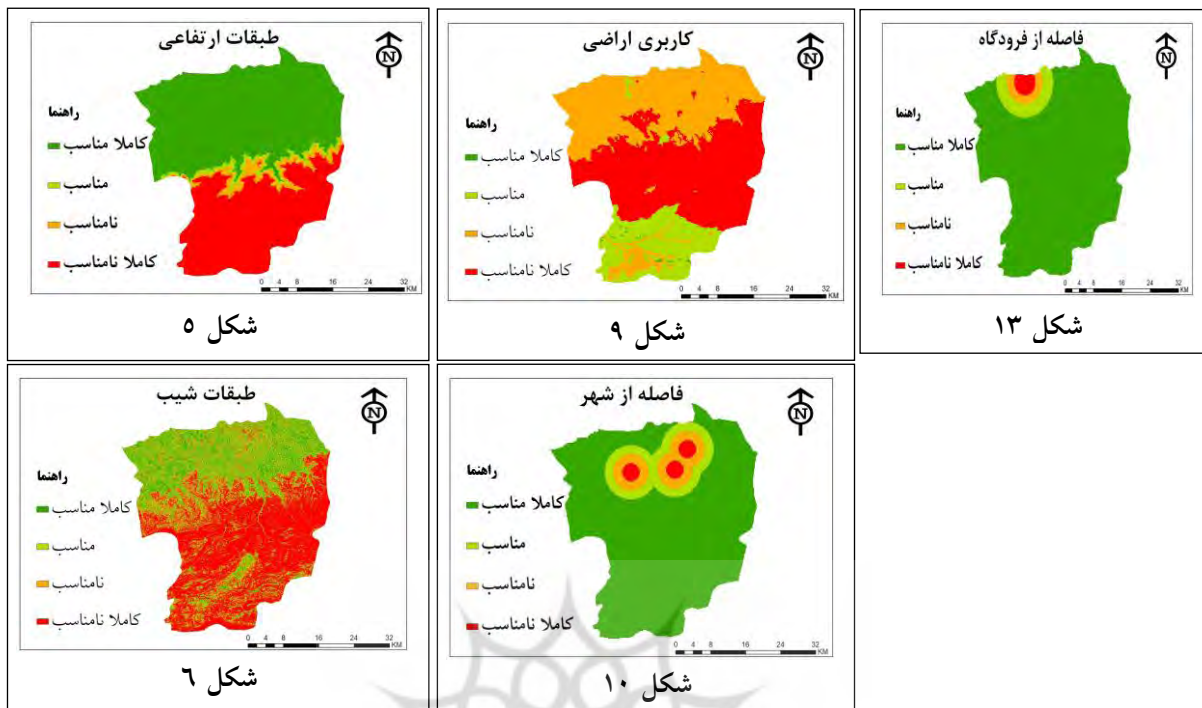
شهرستان گرگان دارای رودخانه‌های متعددی می‌باشد که کل شهرستان را پوشش می‌دهد و می‌توان به دو تا از مهمترین‌های آن، یعنی رودخانه النگدره و زیارت که از سمت جنوب به شهرستان گرگان امتداد دارد اشاره کرد؛ این دو رودخانه بالغ بر ۳۰ درصد آب شهرستان گرگان را فراهم می‌کند (شکل ۷)؛ در بررسی عمق چاه آب باید اشاره کرد نواحی شمالی شهرستان دارای وضعیت نامناسبی نسبت به قسمت‌های جنوبی می‌باشد؛ زیرا که عمق چاه آب، نزدیک به سطح زمین می‌باشد (شکل ۸)؛ در زمینه کاربری اراضی با توجه به اطلاعات به دست آمده، نواحی مرکزی شهرستان گرگان، نامناسب‌ترین مکان برای دفن پسماند می‌باشد که از دلایل آن می‌توان به محل قرارگیری اراضی جنگلی (طبیعی و دشت کاشت) و زراعت دیم و غیره نام برد؛ اما در این زمینه بهترین و مساعدترین مکان می‌توان نواحی جنوب شهرستان اشاره کرد که دارای زمین‌های بایر و فاقد پوشش گیاهی می‌باشد (شکل ۹)؛ مکان‌یابی دفن پسماند به دلیل مسائلی مانند آلودگی آب، آلودگی هوا، حشرات موزی، گرد و غبار، آتشفشوزی، ترافیک و سر صدا و همچنین به صرفه بودن اقتصادی زمین‌های اطراف، باعث ناراحتی و عدم رضایت ساکنین شهر و روستایی می‌گردد (طالب بیدختی و کشاورزی شیرازی مسلمان، ۱۳۹۱). لذا با توجه به این مطالب مکان دفن پسماند باید فاصله‌ای مناسب با مراکز جمعیتی داشته باشد. پراکندگی شهر و روستا در نقاط شمالی نسبت به نواحی جنوبی شهرستان بیشتر دیده می‌شود (شکل ۱۰ و ۱۱). محل و قرارگیری دفن پسماند باید حداقل فاصله‌ای از بزرگراه‌ها، راه‌های اصلی، راه‌آهن و غیره داشته باشد تا در معرض دید همگان نباشد و بوهای نامطبوع مورد آزار رفت و آمد کنندگان نباشد. همچنین در زمینه مکان‌یابی، فاصله از راه نباید خیلی زیاد باشد که هم عامل صرفه جویی ناشی از مقیاس رعایت گردد و هم هزینه حمل و نقل کاهش یابد (کشاورزی شیرازی مسلمان و طالب بیدختی، ۱۳۹۱). مکان دفن پسماندهای شهری طبق استانداردها بایستی از شبکه جاده‌های دسترسی حداقل ۷۵۰ متر و حداکثر یک کیلومتر فاصله داشته باشد (شکل ۱۲). با توجه به دستور سازمان ملل حداقل فاصله از فرودگاه برای دفن زباله باید ۳۰۰۰ متر باشد (فیروزی و امانپور، ۱۳۹۰) (۱۳) (جدول ۲):

جدول ۲- فواصل و طبقات در نظر گرفته شده برای شاخص‌های مورد بررسی

وضعیت	ارتفاع	درصد شیب	گسل	فاصله از رودخانه	فاصله از شهر	فاصله از جاده	فاصله از فرودگاه	فاصله از روستا	چاه‌های زیرزمینی	کاربری اراضی	زمین شناسی
کاملاً مناسب	کمتر از ۱۰۰۰ متر	۵-۰	بالاتر از ۳۰۰۰ متر	بالاتر از ۶۰۰۰ متر	بالاتر از ۶۰۰۰ متر	بالاتر از ۱۰۰۰ متر	بالاتر از ۸۰۰۰ متر	بالاتر از ۳۰۰۰ متر	بالاتر از ۳۰	اراضی بایر	نفوذ پذیری بسیار کم
مناسب	۱۰۰۰-۱۲۰۰ متر	۱۰-۵	۲۰۰۰-۳۰۰۰ متر	۴۰۰۰-۶۰۰۰ متر	۴۰۰۰-۶۰۰۰ متر	۱۰۰۰-۷۵۰۰ متر	۵۰۰۰-۸۰۰۰ متر	۲۰۰۰-۳۰۰۰ متر	۲۰-۳۰ متر	مراتع	نفوذ پذیری کم
نا مناسب	۱۲۰۰-۱۵۰۰ متر	۱۵-۱۰	۱۰۰۰-۲۰۰۰ متر	۲۰۰۰-۴۰۰۰ متر	۲۰۰۰-۴۰۰۰ متر	۵۰۰-۷۵۰ متر	۳۰۰۰-۵۰۰۰ متر	۱۰۰۰-۲۰۰۰ متر	۱۰-۲۰ متر	زمین کشاورزی	نفوذ پذیری زیاد
کاملاً نامناسب	بالاتر از ۱۵۰۰ متر	بالاتر از ۱۵	۱۰۰۰-۰	۲۰۰۰-۰ متر	۲۰۰۰-۰ متر	۵۰۰-۰ متر	۳۰۰۰-۰ متر	۰-۱۰۰۰ متر	۱۰-۰ متر	شهر و اراضی جنگلی	نفوذ پذیری خیلی زیاد

ماخذ- جعفری و همکاران، ۱۳۹۱. حجازی، ۱۳۹۴. فیروزی و امانپور، ۱۳۹۰.





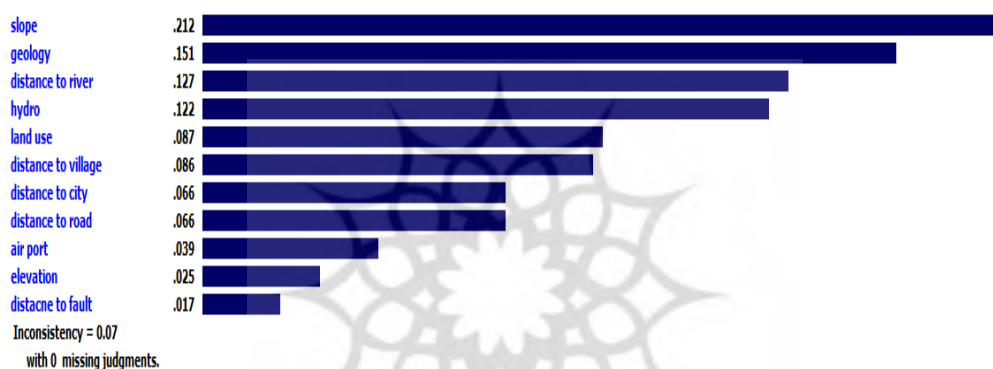
۳-۱- تکنیک سلسله مراتبی (AHP)

با توجه به نتایج به دست آمده از نظر کارشناسان در مدل AHP دو فاکتور شیب و زمین شناسی به ترتیب در بالاترین اولویت و فاصله از از گسل، ارتفاع و فاصله از فرودگاه در پایین ترین اولویت قرار گرفته اند (جدول ۲ و شکل ۱۴).

جدول ۳- اولویت بندی شاخصهای مورد نظر در مدل AHP توسط کارشناسان.

فرودگاه	زیرزمینی	زمین شناسی	فاصله از گسل	فاصله از روستا	کاربری اراضی	ارتفاع	فاصله از رودخانه	شیب	فاصله از راه های اصلی	فاصله از شهر	
۳	۲/۱	۳/۱	۵	۱	۳/۱	۴	۲/۱	۳/۱	۱	۱	فاصله از شهر
۳	۲/۱	۳/۱	۵	۱	۳/۱	۴	۲/۱	۳/۱	۱		فاصله از راه های اصلی
۴	۳	۲	۶	۴	۴	۶	۲	۱			شیب
۳	۱	۱	۶	۲	۳	۴	۱				فاصله از رودخانه
۴/۱	۵/۱	۵/۱	۴	۴/۱	۵/۱	۱					ارتفاع

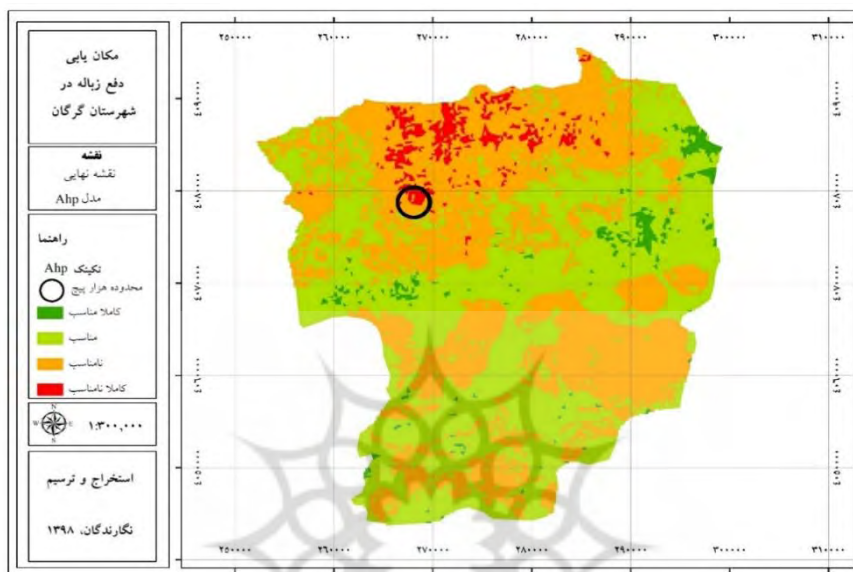
فرودگاه	زیرزمینی	زمین شناسی	فاصله از گسل	فاصله از روستا	کاربری اراضی	ارتفاع	فاصله از رودخانه	شیب	فاصله از راه‌های اصلی	فاصله از شهر
۳	۲/۱	۳/۱	۵	۳/۱	۱					کاربری اراضی
۳	۲/۱	۳/۱	۵	۱						فاصله از روستا
۴/۱	۶/۱	۴/۱	۱							فاصله از گسل
۵	۱	۱								زمین شناسی
۴	۱									آب زیرزمینی
۱										فرودگاه



شکل ۱۴- وزندهی حاصل از مدل AHP

در نتایج به دست آمده از تکنیک AHP اگرچه نواحی شمالی شهرستان دارای شیب و ارتفاع مناسب می‌باشد اما برخی از دلایل باعث شده است که این نواحی شمالی به خصوص در مرکز آن به عنوان نواحی نامناسب در نظر گرفته نشود که دلایلی در آن تأثیر گذار بوده است که در ادامه به آنها اشاره خواهد شد. زمین شناسی دومین شاخص تأثیرگذار بر مدل AHP است؛ به این صورت که نواحی شمالی شهرستان به دلیل وجود آبرفت‌های بستر جوان، مخروطه افکنه‌ها نامناسب‌ترین مکان برای دفن پسماند می‌باشد. فاصله از آبراهه شاخص بعدی است که تأثیرگذاری آن در تمامی شهرستان به صورت منفی دیده می‌شود؛ همچنین وضعیت چاه آب نشان می‌دهد قسمت‌های شمالی شهرستان به دلیل نزدیکی به سطح زمین در وضعیت نامساعدی قرار دارد؛ برای تحلیل آن باید بیان کرد اگر چه شیب یک شاخص بسیار مهم در مکان‌یابی دفن پسماند است اما فاکتورهای دیگر همچون زمین شناسی نامساعد، پراکندگی رودخانه‌ها، وجود چاه‌های آب نزدیک به سطح زمین، پراکندگی نقاط روستایی، استقرار شهرها در شمال شهرستان گرگان باعث شده نواحی شمالی، بسیار نامطلوب و نامطلوب برای دفن پسماند باشد. اما در قسمت‌های

شمال شرقی، قسمتی از نواحی جنوبی و کمربند میانی شهرستان نواحی مساعدتری برای مکان‌یابی دفن پسماند می‌باشد؛ زیرا از چاه‌های آب، گسل، روستا، شهر، فرودگاه و رودخانه فاصله داشته و ارتفاعات مساعدی در بعضی از این نواحی دیده می‌شود؛ در زمینه مکان قبلی دفن پسماند در شهرستان گرگان در محدوده هزار پیچ و با توجه به مدل AHP دیده می‌شود که مکان مناسبی برای دفن پسماند نبوده است (شکل ۱۵).



شکل ۱۵- نقشه نهایی حاصل از تکنیک AHP.

۳-۲- شبکه عصبی مصنوعی (ANN)

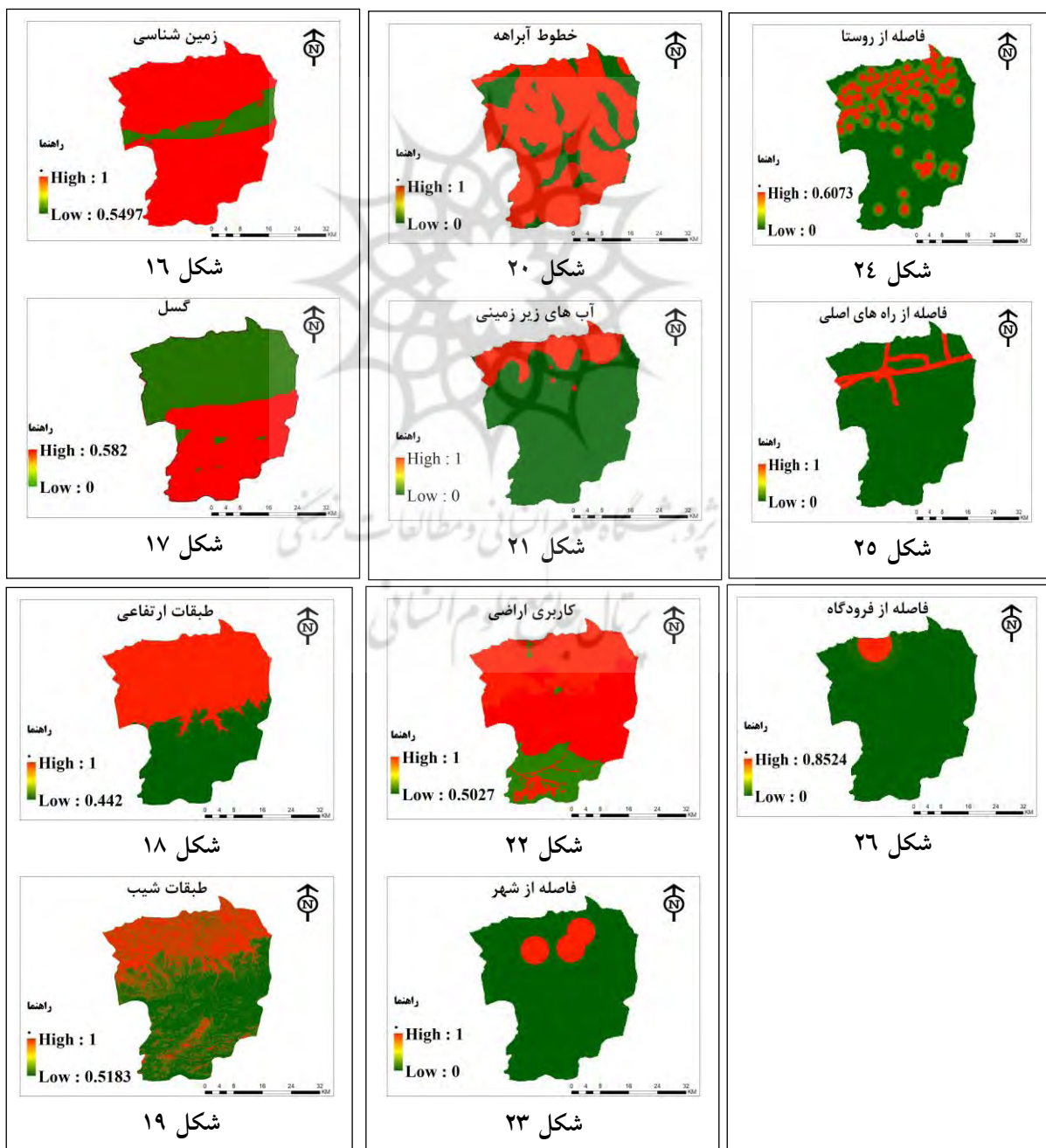
برای محاسبه و به دست آوردن شبکه عصبی ابتدا لایه‌های اولیه (فواصل و دسته‌بندی لایه‌های در نظر گرفته شده) فازی شده‌اند (جدول ۴). از دلایل اصلی این که لایه‌ها فازی سازی شده‌اند پیکسل سائزها و برابری سطر و ستون در لایه‌های مورد نظر می‌باشد؛ شبکه عصبی مصنوعی قابلیت آموزش را داشته است تا با توجه آموزش دیده شده بتواند مدل را بهتر پیاده سازی کند؛ لذا در این راستا خروجی نهایی مدل AHP برای روند مدل شبکه عصبی مصنوعی در نظر گرفته شده است تا بتواند با استفاده از این روند مدل را پیش‌بینی کند.

جدول ۴- فازی سازی شاخص‌ها

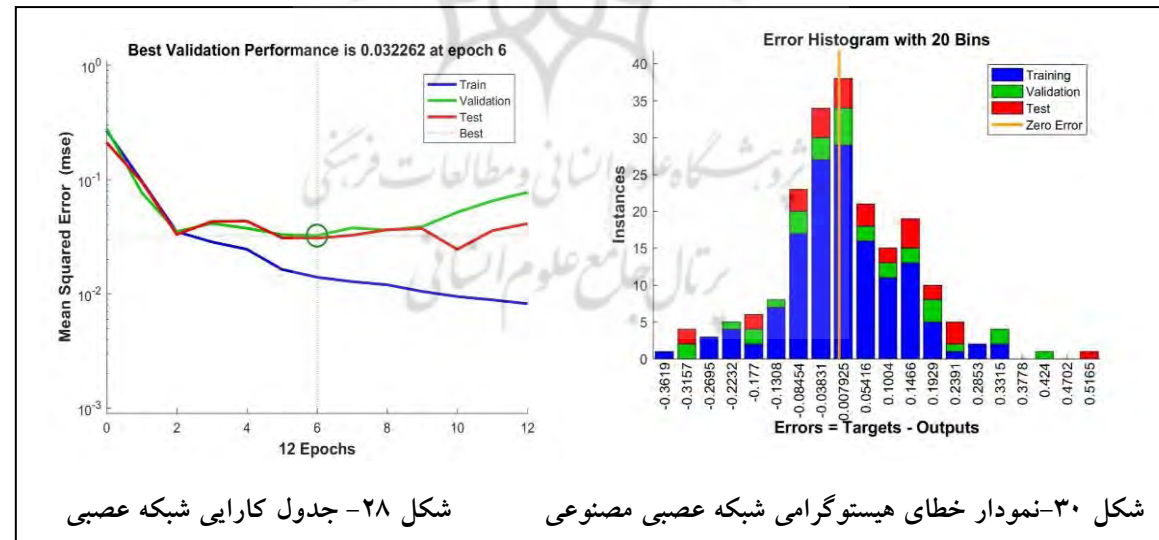
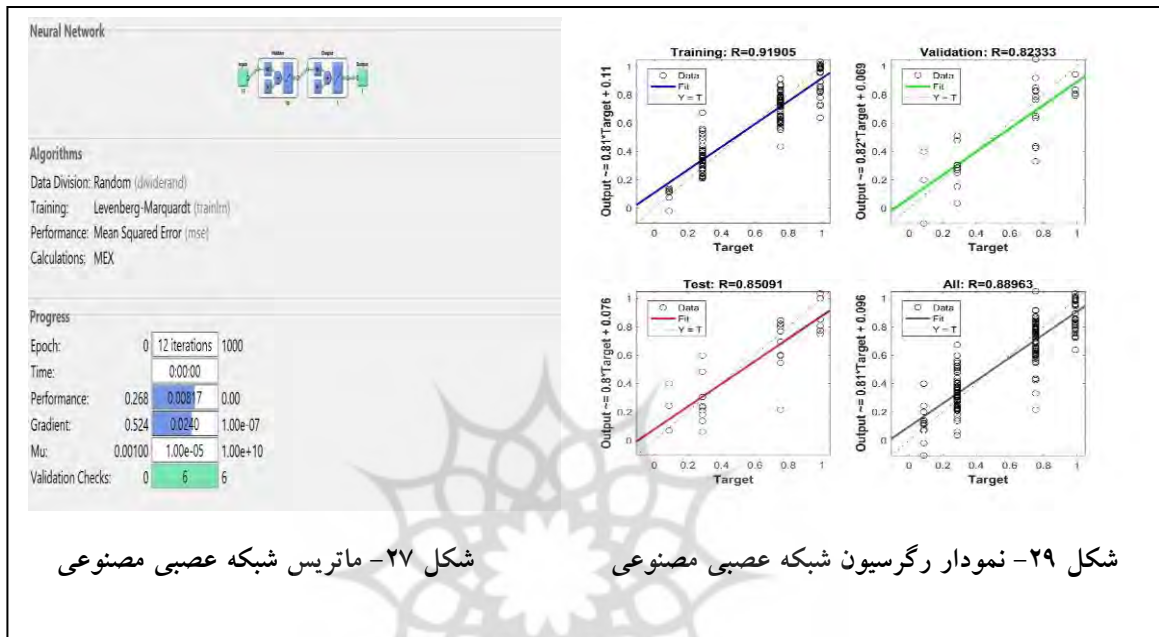
فازی سازی		
شکل کاهشی S	زمین شناسی	شکل ۱۶
شکل افزایشی S	گسل	شکل ۱۷
شکل کاهشی S	ارتفاع	شکل ۱۸
شکل کاهشی S	شیب	شکل ۱۹

فازی سازی		
شکل ۲۰	فاصله از خطوط آبراهه	خطی افزایشی
شکل ۲۱	آب‌های زیر زمینی	خطی افزایشی
شکل ۲۲	کاربری اراضی	شکل کاهش‌ی S
شکل ۲۳	فاصله از شهر	خطی افزایشی
شکل ۲۴	فاصله از روستا	شکل افزایشی S
شکل ۲۵	فاصله از راه‌های اصلی	خطی کاهش‌ی
شکل ۲۶	فاصله از فرودگاه	شکل افزایشی S

ماخذ: تقی‌زاده‌دیو و همکاران، ۱۳۹۲؛ نیکزاد و همکاران، ۱۳۹۳.



همان طور که در جدول مشخص شده است ۱۴۰ نقطه و اتصال برای آموزش مدل در نظر گرفته شده است، که از این ۱۴۰ مورد، ۳۰ مورد برای اعتبار سنجی (validation) و ۳۰ مورد آن برای تست کردن می‌باشد (شکل ۲۷، ۲۸، ۲۹، ۳۰ و جدول ۵).

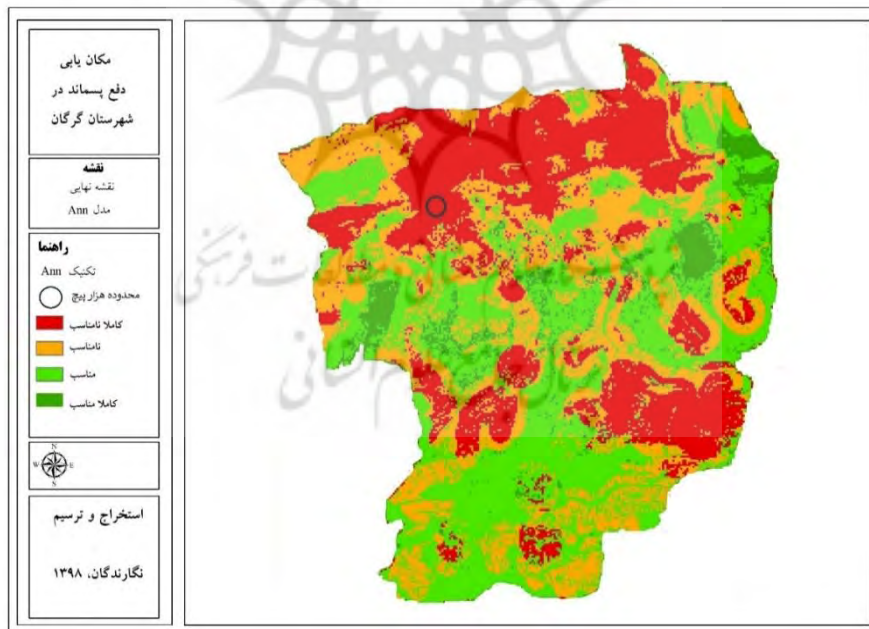


جدول ۵- اعتبارسنجی و آزمایش شبکه عصبی مصنوعی

Training	140
Validation	30
Testing	30

اجرا مدل‌های آموزش ماشین براساس رخدادهای موجود می‌باشد. در مواردی همچون موضوع حاضر که رخنمونی از پدیده مورد نظر وجود ندارد و یا تعداد رخدادها اندک است، آموزش مدل نیاز به تعداد بیشتری از رخداد می‌باشد. استفاده از مدل‌های ماشین بر اساس مدل‌های تصمیم‌گیری **Expert**، مبنا می‌باشد. در این راستا برای آموزش مدل شبکه عصبی مصنوعی از مدل **AHP** بهره گرفته شده است.

با توجه به نقشه نهایی شبکه عصبی (شکل ۳۱)، نواحی شمالی شهرستان گرگان مکان نامناسبی برای دفن پسماند می‌باشد؛ زیرا که از طرفی این نواحی هم به شهر، روستا، چاه آب، فرودگاه، شبکه آبهای سطحی نزدیک می‌باشد؛ و هم از طرف دیگر دارای ویژگی زمینشناسی نامناسب که محل استقرار آبرفت‌های بستر جوان و مخروطه افکنه‌ها می‌باشد. در مدل شبکه عصبی نیز باید عنوان کرد محدوده هزار پیچ مکان مناسبی برای دفن پسماند نمی‌باشد.



شکل ۳۱- نقشه نهایی حاصل از تکنیک ANN.

۴- نتیجه گیری

در این تحقیق ما سعی بر آن داشته‌ایم تا علاوه بر بهترین مکان برای دفن پسماند در شهرستان گرگان، دفن پسماند گذشته این شهرستان را مورد بررسی قرار داده‌ایم. لذا با استفاده از سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی و با تکیه بر تکنیک‌های ANN, AHP و با استفاده از ۱۱ شاخص این مکان‌یابی صورت پذیرفته است. نتایج ارائه شده از ۲ مدل ANN و AHP نشان داده شده است که نامناسب‌ترین مکان برای دفن پسماند قسمت‌های شمالی شهرستان به دلایلی همچون نزدیکی به چاه‌های آب زیرزمینی، نزدیکی به فرودگاه، نزدیکی به شهرهای شهرستان، زمینشناسی نامناسب، نزدیکی راه‌های آسفالته و نزدیکی به روستا می‌باشد؛ و باید گفت، مکان‌های مناسب برای دفن پسماند در مدل ۲ مدل، قسمت‌های شمالی غربی، شمال شرقی، خط میانی شهرستان و بعضی از نواحی جنوبی شهرستان در نظر گرفته شده است. لازم به ذکر است با توجه به مدل‌های صورت گرفته مشخص شده است محدوده هزار پیچ در گذشته، به عنوان مکان بسیار نامناسب برای دفن پسماند بوده است. در حال حاضر دفن اصولی پسماندهای شهرستان گرگان در سایت غربی استان (آق قلا) انجام می‌گیرد، این کارخانه در فاصله ۴۰ کیلومتری شهر گرگان مرکز استان گلستان و بین شهرهای آق قلا و گمیش تپه با مساحت ۸۰ هکتار واقع گردیده است که پس از حمل و انتقال از مراکز تولید به کارخانه بازیافت، پردازش و تبدیل به کود آلی کمپوست می‌گردد.

کتابنامه

- اجتماعی، بابک؛ شکور، علی؛ پربر، زهرا؛ ۱۳۹۷. مکان‌یابی دفن پسماند شهری با استفاده از GIS (مطالعه موردی: شهر قیر)، فصلنامه برنامه‌ریزی منطقه‌ای سال هشتم، شماره پیاپی ۳۰، صص: ۱۳۸-۱۲۷.
- آدینه‌وند، احمد؛ کریمی، حاجی؛ آزادخانی، پاکزاد؛ ۱۳۹۵. تحلیل مکان دفن پسماند شهر خرم‌آباد، پایاننامه کارشناسی ارشد. موسسه آموزش عالی باختر ایلام.
- پیوسته گر، یعقوب؛ انصاری، محمدحسین؛ ۱۳۹۶. بررسی و ارزیابی عوامل اجتماعی مؤثر بر کاهش سرانه تولید پسماند خانگی، نشریه علوم و تکنولوژی محیط زیست، شماره ۴، صص: ۲۳۶-۲۲۱.
- جهانی شکیب، فاطمه؛ اردکانی، طاهره؛ سلمان ماهینی، عبدالرسول؛ ۱۳۹۷. مقایسه و اعتبارسنجی دو رویکرد بهینه‌سازی کاربری‌ها در آمایش سرزمین شهرستان گرگان، مجله جغرافیا و آمایش فضا، سال هشتم، شماره ۲۹، صص: ۵۹-۴۷.
- حجازی، سیداسدالله؛ ۱۳۹۴. مکان‌یابی دفن پسماند زباله‌های شهری با استفاده از تکنیک‌های اطلاعات مکانی و تحلیل سلسه مراتبی: مطالعه موردی: شهرستان مراغه، نشریه علمی و پژوهشی جغرافیا و برنامه‌ریزی، سال نوزدهم، شماره ۵۴، صص: ۱۲۵-۱۰۵.
- حیدریان، پیمان؛ رنگرن، کاظم؛ ملکی، سعید؛ تقی زاده، ایوب؛ عزیزی قلاتی، سارا؛ ۱۳۹۳. مکان‌یابی محل دفن پسماند شهری با استفاده از مدل‌های Fuzzy-AHP و Fuzzy-TOPSIS در محیط GIS: مطالعه موردی شهر پاکدشت استان تهران، فصلنامه بهداشت و توسعه، دوره سوم، شماره ۱، صص: ۱۳-۱.

زمانی، اصغر؛ احدنژادروشتی، محسن؛ هدایت نژادکاشی، سید مصطفی؛ ۱۳۹۲. ارزیابی و مکان‌یابی مکان‌های مناسب دفن زباله در اراضی و مناطق شمالی ایران با استفاده از مدل AHP (محدوده مورد مطالعه: حوزه استحفاظی شهر قائمشهر)، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه زنجان.

زیاری، کرامت‌الله؛ موسی‌خانی، کامران؛ اباذرلو، شهرام؛ اباذرلو، سجاده؛ ۱۳۹۱. مکان‌یابی دفن پسماند با استفاده از مدل AHP (محدوده مورد مطالعه: شهرستان جلفا)، جغرافیا و مطالعات محیطی، دوره اول، شماره ۳، صص: ۲۸-۱۴. سالاری، مرجان؛ معاضد، هادی؛ رادمنش، فریدون؛ ۱۳۹۶. مکان‌یابی دفن پسماند شهری با استفاده از AHP_fuzzy در محیط GIS (محدوده مورد مطالعه: شهر شیراز)، فصلنامه علمی - پژوهشی طلوع بهداشت، سال یازدهم، شماره ۱، صص: ۱۰۹-۹۶.

سرایی، محمدحسین؛ رضایی، محمدرضا؛ جعفری، حمید؛ ۱۳۹۴. مکان‌یابی دفن پسماند جامد شهری در نواحی شهری (محدوده مورد مطالعه: شهر ایچ)، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه یزد.

فیروزی، محمدعلی؛ امانپور، سعید؛ ۱۳۹۰. مکان‌یابی محل دفن پسماندهای شهری با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) (نمونه موردی: شهر لامرد)، مجله زمین‌شناسی کاربردی پیشرفته، شماره یک، جلد اول، صص: ۱۱۲-۱۰۴.

کشاورزی شیرازی مسلمان، حبیب‌الله؛ طالب بیدختی، ناصر؛ ۱۳۹۱. مکان‌یابی محل دفن پسماندهای ساختمانی (مطالعه موردی: شهرهای استان فارس)، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه شیراز.

مصدق، راضیه؛ احمدیان، محمدعلی؛ جعفری، حمید؛ جهانی، مهدی؛ ۱۳۹۶. بررسی عوامل مؤثر بر تحولات کشت استراتژیک در شهرستان گرگان، مجله آمایش و فضا، سال هفتم، شماره ۲۶، صص: ۸۲-۶۹.

میرآبادی، مصطفی؛ عبدی قلعه، علی حسین؛ ۱۳۹۶. مکان‌یابی محل دفن پسماند شهرستان بوکان با استفاده از منطق بولین و مدل سلسله‌مراتبی (AHP)، فصلنامه علوم و تکنولوژی محیط زیست، دوره نوزدهم، شماره یک، صص: ۱۶۸-۱۴۹.

نیکزاد، وحید؛ معرب، یاسر؛ امیری، محمدجواد؛ فروغی، نگار؛ ۱۳۹۳. مکان‌یابی محل دفن پسماند با استفاده از منطق فازی در GIS و مدل تحلیل سلسله‌مراتبی فازی (FAHP) (ناحیه مورد مطالعه: شهرستان مینودشت)، نشریه علوم و تکنولوژی محیط زیست، دوزه شانزدهم، صص: ۴۳۵-۴۲۱.

هادیلی، بهمن؛ پورمحمدی، محمدرضا؛ کرد، قهرمان؛ ۱۳۹۰. مدیریت و مکان‌یابی پسماندهای جامد در نواحی شهری با استفاده از GIS (محدوده مورد مطالعه: شهر نوشهر)، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تبریز.

Adinevand, O. M., Dias, G. A., & Gonçalves, A. J., 2020. A GIS-based analysis for sanitary landfill sites in Abuja, Nigeria. *Environment, Development and Sustainability*, 22(1), 551-574.

Alkaradaghi, K., Ali, S. S., Al-Ansari, N., Laue, J., & Chabuk, A., 2019. Landfill site selection using MCDM methods and GIS in the sulaimaniyah governorate, Iraq. *Sustainability*, 11(17), 4530.

Asefi, H., Zhang, Y., Lim, S., & Maghrebi, M. 2020. An integrated approach to suitability assessment of municipal solid waste landfills in New South Wales, Australia. *Australasian Journal of Environmental Management*, 27(1), 63-83.

- Askarian, M., Vakili, M., & Kabir, G., 2004. Hospital waste management status in university hospitals of the Fars province, Iran. *International Journal of Environmental Health Research*, 14(4), 295-305.
- Barakat, A., Hilali, A., El Baghdadi, M., & Touhami, F., 2017. Landfill site selection with GIS-based multi-criteria evaluation technique. A case study in Béni Mellal-Khouribga Region, Morocco. *Environmental Earth Sciences*, 76(12), 413.
- Barredo, J. I., & Demicheli, L., 2003. Urban sustainability in developing countries' megacities: modelling and predicting future urban growth in Lagos. *Cities*, 20(5), 297-310.
- Çeliker, M., Yıldız, O., & Koçer, N. N. 2019. Evaluating solid waste landfill site selection using multi-criteria decision analysis and geographic information systems in the city of Elazığ, Turkey. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri DerGISi*, 25(6), 683-691.
- Chauhan, A., & Singh, A., 2016. A hybrid multi-criteria decision making method approach for selecting a sustainable location of healthcare waste disposal facility. *Journal of Cleaner Production*, 139, 1001-1010
- Dadashpoor, H., Azizi, P., & Moghadasi, M., 2019. Analyzing spatial patterns, driving forces and predicting future growth scenarios for supporting sustainable urban growth: Evidence from Tabriz metropolitan area, Iran. *Sustainable Cities and Society*, 47, 101502.
- Ghiani, G., Manni, A., Manni, E., & Toraldo, M., 2014. The impact of an efficient collection sites location on the zoning phase in municipal solid waste management. *Waste management*, 34(11), 1949-1956.
- Hussien, K., & Meaza, H., 2020. A GIS-Based Multi-Criteria Evaluation Approach Location Suitability Modeling for Solid Waste Disposal: Dire Dawa City, East Hararghe, Ethiopia. *Papers in Applied Geography*, 1-22.
- Kabir, Z., & Khan, I., 2020. Environmental impact assessment of waste to energy projects in developing countries: General guidelines in the context of Bangladesh. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, 37, 100619.
- Karimi, H., Amiri, S., Huang, J., & Karimi, A., 2019. Integrating GIS and multi-criteria decision analysis for landfill site selection, case study: Javanrood County in Iran. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 16(11), 7305-7318.
- Lokhande, T., Kote, A., & Mali, S. 2020. Integration of GIS and AHP-ANP Modeling for Landfill Site Selection for Nagpur City, India. In *Recent Developments in Waste Management* (pp. 499-510. Springer, Singapore.
- Majumdar, S., & Sivaramakrishnan, L., 2020. Mapping of Urban Growth Dynamics in Kolkata Metropolitan Area: A Geospatial Approach. In *Urbanization and Regional Sustainability in South Asia* (pp. 9-24. Springer, Cham.
- Moghadam, M. A., Mokhtarani, N., & Mokhtarani, B., 2009. Municipal solid waste management in Rasht City, Iran. *Waste Management*, 29(1), 485-489.
- Nations, U. 2014. World urbanization prospects: The 2014 revision, highlights. Department of Economic and Social Affairs.
- Pasalari, H., Nodehi, R. N., Mahvi, A. H., Yaghmaeian, K., & Charrahi, Z., 2019. Landfill site selection using a hybrid system of AHP-Fuzzy in GIS environment: A case study in Shiraz city, Iran. *MethodsX*, 6, 1454-1466.
- Sharholly, M., Ahmad, K., Vaishya, R. C., & Gupta, R. D. 2007. Municipal solid waste characteristics and management in Allahabad, India. *Waste management*, 27(4), 490-496.
- Soltani, A., Hewage, K., Reza, B., & Sadiq, R., (2015). Multiple stakeholders in multi-criteria decision-making in the context of municipal solid waste management: a review. *Waste Management*, 35, 318-328.

Yaakup, A., Ludin, A. N. M., Sulaiman, S., & Bajuri, H., 2005. GIS in urban planning and management: Malaysian experience. In International Symposium & Exhibition on Geo information, Geospatial Solutions for Managing the Borderless World, Pulau Pinang (pp. 27-29).

