

تنگناهای ژئومورفولوژیک توسعه کالبدی شهر جوانرود با استفاده از مدل منطق فازی

امجد ملکی^{۱*}، مهین دهساری^۲، پیمان رضایی^۳

۱- دانشیار گروه جغرافیا، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران

۲- کارشناسی ارشد ژئومورفولوژی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران

۳- کارشناسی ارشد ژئومورفولوژی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران

دریافت: ۹۳/۶/۱۰

پذیرش: ۹۴/۱/۱۸

چکیده

با گسترش شهرها تلاقی آن‌ها با واحدهای گوناگون توپوگرافی و ژئومورفولوژی افزایش می‌یابد. اهمیت شناخت ویژگی‌های محیط‌های طبیعی جهت تشخیص نقاط مناسب برای ایجاد بناها از مناطق نامساعد معلوم می‌شود. هدف از این پژوهش علاوه بر بررسی توسعه شهر جوانرود، با توجه به عوامل طبیعی و ژئومورفولوژیکی در سه دوره گذشته، تعیین نواحی مناسب برای توسعه آتی شهر در منطقه مورد مطالعه است. به همین منظور در گام نخست نه معیار مؤثر در توسعه شهر در نظر گرفته و با استفاده از مدل Fuzzy Logic/ AHP ابتدا معیارهای یادشده وزن‌دهی و هر کدام از لایه‌ها در محیط نرم‌افزار GIS از طریق برنامه‌نویسی توابع فازی بین طیف صفر تا یک فازی شدند. در نهایت عملگر گامای فازی ۰/۷ بر آن‌ها اجرا و نقشه حاصله در ۵ کلاس تهیه شد. نتایج نشان می‌دهد، شهر در دوره نخست توسعه بیشترین رشد بر عوارض ژئومورفولوژیکی داشته است، همچنین در راستای توسعه آتی شهر، مناسب‌ترین مکان‌ها بیشتر در محدوده شمال غربی شهر با مساحتی برابر ۱/۳۴ درصد کل منطقه است که پراکندگی فضایی این اراضی نشان می‌دهد بیشتر منطقه دارای تناسب بسیار اندکی برای توسعه شهر است.

واژه‌های کلیدی: تحلیل سلسله‌مراتبی، تنگناهای توسعه فیزیکی، جوانرود، سیستم اطلاعات جغرافیایی، منطق فازی.

۱- مقدمه

در کشورهای در حال توسعه، شهرنشینی همراه با توسعه اقتصادی سریع سبب مشکلات توسعه‌ای می‌شود. یکی از این مشکلات افزایش بلایای ژئومورفولوژیکی است. بیشتر بلایای ژئومورفولوژیکی بالقوه حاصل فعالیت‌های انسانی در برابر محیط است (چانیان؛ ۲۰۱۱). معمولاً خرابی‌های وارده به بناها و ساختمان‌ها اغلب به عملیات مهندسی و معماری مربوط نیست. بیش از ۹۰ درصد خسارت‌ها مربوط به جایگزینی و مکانیابی نادرست ساختمان‌ها و بناها بستگی دارد (عابدینی؛ ۱۳۹۱). رضایی و همکار (۱۳۸۹)، شهرها با توجه به گستردگی سطح شان زمین‌های وسیعی را به خود اختصاص می‌دهند. این زمین‌ها از ترکیب واحدهای مختلف توپوگرافی و مورفولوژیک تشکیل می‌شود. هر اندازه که شهرها گسترش پیدا کنند برخورد آن‌ها با واحدهای گوناگون توپوگرافی و ژئومورفولوژی و موضوعات مربوط به آن‌ها بیشتر می‌شود. اهمیت و ضرورت شناخت ویژگی‌های محیط‌های طبیعی جهت تمیز و تشخیص نقاط مناسب برای ایجاد بناها و ساختمان‌ها، از مناطق نامساعد معلوم می‌شود. برای شناخت بیشتر ویژگی‌های محیط طبیعی نیاز به مطالعه ژئومورفولوژی است. در سایه کسب این‌گونه آگاهی است که می‌توان قدم‌های مؤثری در انتخاب مناسب‌ترین مکان برای گسترش شهرها برداشت و نسبت به جلوگیری از خطر پدیده‌های طبیعی و یا مقابله با آن‌ها اقدامی جدی شود. با توجه به این شرایط استقرار و پیدایش شهر تابعی از شرایط محیطی و موقعیت جغرافیایی است. امروزه توسعه فیزیکی شهرها دقت و مطالعه بیشتری نیاز دارد که در این راستا مطالعات و پژوهش‌های صورت گرفته است.

لیو و همکار (۲۰۰۳)، در این تحقیق به کاربرد مدل ماشینی سلول‌دار در توسعه شهر سیدنی با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی و مدل FUZZY تأکید دارند و در جهت شبیه‌سازی توسعه شهر سیدنی به‌کار برده می‌شوند، اجرایی شدن این مدل در یک رستر با فرمت GIS، توسعه مجازی شهر را در یک شرایط واقع بینانه را نشان می‌دهد.

دافی (۲۰۰۴)، توسعه سریع شهرها در مناطق حاره‌ای (بانکوک، سنگاپور و جامائیکا) بررسی کرد و به این اهداف دست یافتند که توسعه و گسترش شهرها در این مناطق تأثیرات بیشتر به دلیل توسعه فیزیکی شهر و افزایش سطح آب‌های زیرزمینی و استفاده از منابع طبیعی در مناطق است.

چودهارى و همكار (۲۰۱۲)، به مكان‌يابى مناسب در راستاى احداث نيروگاه حرارتى در هندوستان، براساس ملاحظات اجتماعى، فنى، اقتصادى، محيطى و سياسى شناخته شده، با استفاده از مدل‌هاى STEEP-FUZZY AHP- TOPSIS پرداخته‌اند.

عبدالهى (۱۳۸۴)، به بررسى روند توسعه فزيكى شهر كنگان و انتخاب مكان بهينه براى توسعه آتى آن با استفاده از GIS/RS پرداخت. در اين مطالعه با استفاده از عكس‌هاى هوايى و تصاوير ماهواره‌اى لندست (TM, ETM2002)، و با كمك گرفتن از روش‌هاى مختلف تفريق باندها، اعمال روش PCA و منطق فازى به آشكارسازى تغييرات كنگان پرداخته شده است و پيشنهادهاى مكان بهينه براى توسعه فزيكى شهر با استفاده از تكنيك GIS و با استفاده از مدل‌هاى AHP كه به تحليل و آناليز سلسله‌مراتبى براى انتخاب مكان بهينه مى‌پردازد، همچنين به آشكار ساختن مكان‌هاى داراى محدوديت از روش منطق بولين پرداخته است.

يمانى و همكاران (۱۳۸۶) به بررسى ارزشيابى كارايى عملگرهاى منطق فازى در تعيين توانمندى زمين لغزش در حوزه آبخيز شيروود پرداختند. شش فاكتر را انتخاب و با استفاده از عملگرهاى منطق فازى اقدام به پهنه‌بندى مناطق مستعد در زمين لغزش حوزه شيروود كردند. نتايج نشان داد كه عملگر فازى گامى ۰/۸ به‌عنوان مناسب‌ترين پهنه‌هاى زمين لغزش در حوزه مورد بررسى قرار دادند.

حسينى و همكاران (۱۳۹۰) به مطالعه و ارزشيابى و مكان‌يابى جهات توسعه فزيكى شهر ديواندره با استفاده از مدل منطق فازى پرداختند. در اين تحقيق با استفاده از ۱۰ شاخص، تناسب زمين براى ارزشيابى، مدل‌سازى و پيش‌بينى نواحى مناسب توسعه كالبدى شهر از مدل منطق فازى استفاده شده است. نتايج بررسى نقشه پهنه‌بندى حاصل از گامى ۰/۸ نشان مى‌دهد كه ۲۴ درصد از منطقه مورد مطالعه، در كلاس با قابليت تناسب مطلوب و ۵۶/۷ درصد در كلاس تناسب نامطلوب قرار دارد.

محمدى و همكاران (۱۳۹۰) تلفيق مدل هم‌پوشانى شاخص‌هاى IO و تحليل سلسله‌مراتبى در مكان‌يابى مراكز آموزشى در شهر كازرون را بررسى كردند. از سيستم اطلاعات جغرافيايى GIS، مدل هم‌پوشانى شاخص‌هاى IO و فرآيند تحليل سلسله‌مراتبى استفاده شده است.

با عنايت به كارها و روش‌هاى به‌كار گرفته شده در زمينه توسعه فزيكى شهرها، در اين تحقيق هدف شناخت عوامل طبيعى و ژئومورفولوژيكي محدودكننده توسعه شهر و مكانى‌ابى مناسب



به‌وسیله مدل منطق فازی^۱ و تحلیل سلسله‌مراتبی^۲ و پیشنهاد پهنه‌های مناسب برای توسعه شهر است.

۲- چارچوب نظری

رشد و گسترش فیزیکی شهر پدیده‌ای است که در نگاه نخست از دوران یک‌جانشینی و آغاز تولید مازاد کشاورزی و افزایش جمعیت آغاز شده است، ولی به گونه جدی و مسئله‌ساز به پس از انقلاب صنعتی و آغاز علیه دانش بشریت بر سلطه محیط طبیعی بازمی‌گردد. عرصه شهرها پیش از این دوران در محدوده‌ای محدود تشکیل می‌شد. این روند پس از مدت‌ها موجبات فرسایش بیش از حد نواحی مرکزی شهری، از جهت کالبدی، قدمت، تراکم فرسایش نواحی طبیعی ایجاد می‌کرد (ستایشی نسا؛ ۹۳).

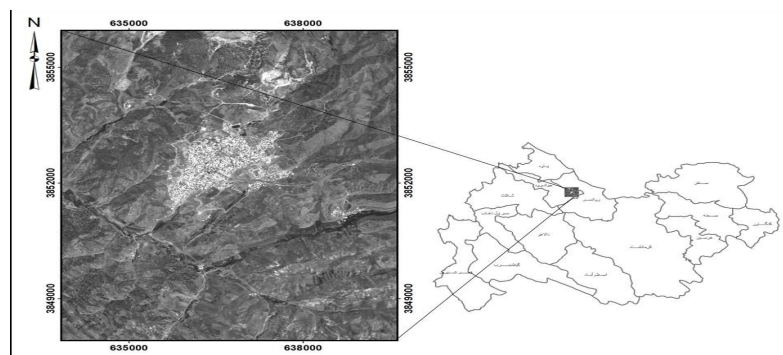
امروزه مکان‌یابی شهرها و روستاها و استقرار مراکز صنعتی و مسکونی با توجه به شرایط ژئومورفولوژی و حتی اقلیم محیط ارتباط دارد. مخاطرات ژئومورفولوژی علاوه بر داشتن اجزای تشکیل‌دهنده‌ای که علوم طبیعی به آن می‌پردازد، دارای جنبه‌های اجتماعی قدرتمندی نیز هستند. از وقوع آن‌ها نمی‌توان جلوگیری کرد، ولی می‌توان آثار و عواقب فاجعه‌آمیز آن را به کمک برنامه‌ریزی‌های از پیش و آمادگی برای انجام اقدامات اضطراری کاهش داد. امروزه انسان با بهره‌گیری از فناوری موجود و نیز شناخت محیط پیرامون توانسته از ابعاد روزافزون خسارات ناشی از مخاطرات ژئومورفولوژیکی بکاهد. تأثیر پدیده‌های ژئومورفولوژیکی را بر یک شهر می‌توان در مکان‌یابی، مکان‌گزینی و تکامل شهر، گسترش فیزیکی و تعیین جهات گسترش شهر، مورفولوژی شهر، ساخت و سازهای شهری طبقه‌بندی کرد (امانپور؛ ۹۲).

۳- موقعیت جغرافیایی و ویژگی‌های فیزیوگرافی منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه شهر جوانرود تا شعاع ۵ کیلومتر به مساحت ۱۰۲۲۶۱۸۷۵ متر مربع است. در دامنه غرب و جنوب‌غربی سلسله جبال زاگرس شمال‌غربی، در فاصله ۸۱ کیلومتری از کرمانشاه (مرکز استان)، و در موقعیت جغرافیایی بین طول ۲۶' ۴۶° تا ۳۲' ۴۶° شرقی و بین عرض ۴۶' ۳۴° تا ۵۱' ۳۴° شمالی واقع شده است، (شکل ۱). از نظر طبیعی این منطقه در دامنه ارتفاعات

1. Fuzzy Logic
2. Analytical Hierarchy Process

شاهو واقع شده است و توپوگرافی متنوعی دارد که دارای نوسان ارتفاعی بین ۱۱۲۶-۲۰۸۳ متر از سطح دریا که بیش از ۵۴ درصد از مساحت منطقه بین سطوح ارتفاعی ۱۳۰۰-۱۵۰۰ متر واقع شده است. شیب اصلی منطقه جهت شمال شرقی به جنوب غربی دارد که یک منطقه پرشیب است. از مشکلات شهر جوانرود شیب‌های تند اراضی شهر است که موجب ساخت معابر پلکانی در بسیاری از نقاط شهر مانند ارتفاعات غربی شده است. شهر جوانرود در دره‌های بین ارتفاعات واقع شده است. از نظر زمین‌شناسی واحدهای لیتولوژی منطق شامل رادیولاریت کرمانشاه، کنگلومرای بختیاری، آهک بیستون، ماسه و تراس‌های جوان و سنگ آهک مارنی است. براساس بررسی‌های انجام شده بیشترین مساحت منطقه از رادیولاریت کرمانشاه (۶۶ درصد منطقه) است. علایی (۶۰:۱۳۹۰)، کوهستانی بودن و قرار گرفتن در مسیر ورود سیکلون‌های مدیترانه موجب شده تا منطقه جوانرود از شرایط آب و هوایی نیمه مرطوب سرد برخوردار باشد. متوسط بارش سالانه حوضه ۵۵۰-۶۰۰ میلی‌متر است که در سطوح ارتفاعی بالاتر تا ۶۵۰ میلی‌متر هم می‌رسد. شیب زیاد، وجود سازنده‌های حساس به فرسایش و بارش بالای منطقه سبب ایجاد مسأله حرکات دامنه‌ای به‌ویژه لغزش در منطقه مورد مطالعه شده است. ثروتی (۶۰:۱۳۸۷)، وجود گسل‌های فعال در حوضه جوانرود (از جمله گسل جدید زاگرس) و قراردادن منطقه در محدوده زلزله‌خیز کشور، از عوامل بالقوه تشدید خطر رانش و لغزش زمین است.



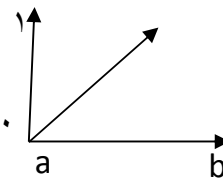
شکل ۱ موقعیت منطقه مورد مطالعه

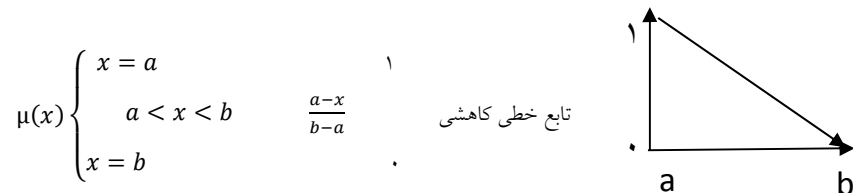
۴- مواد تحقیق و روش‌ها

روش به‌کار گرفته‌شده در این تحقیق، علاوه بر بررسی منابع موجود و مشاهدات میدانی، بر روش توصیفی تحلیلی نرم‌افزاری تأکید دارد. در این راستا با تهیه و جمع‌آوری سری زمانی عکس‌های هوایی، تصویر ماهواره‌ای و نقشه‌های پایه، نقشه‌های ژئومورفولوژی، جنس زمین کاربری اراضی، حریم آبراهه، حریم گسل، حریم لغزش به‌صورت برداری تهیه شد و همچنین نقشه‌های ارتفاع، شیب و جهت شیب از مدل رقومی ارتفاعی (DEM) منطقه استخراج شدند. بخش نخست تحقیق با استفاده از عکس‌های هوایی دوره‌های مختلف و تصویر ماهواره‌ای، به تعیین محدوده شهر در سه دوره زمانی مورد مطالعه و انطباق آن‌ها با نقشه‌های استخراج‌شده از لایه Dem (ارتفاع، شیب و جهت شیب) و نقشه ژئومورفولوژی منطقه، در راستای بررسی توسعه اصولی و غیراصولی شهر در دوره‌های گذشته اقدام شد (شکل ۵ بخش نخست تحقیق).

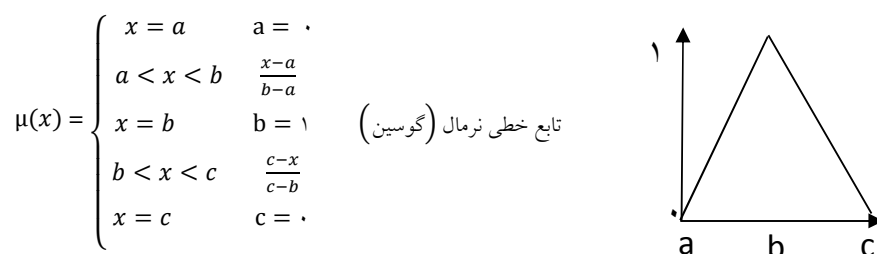
در بخش دوم تحقیق، جهت بررسی و ارزیابی تناسب زمین برای توسعه شهری با استفاده از پارامترهای محیطی، ۹ فاکتور شناسایی شدند. این لایه‌ها با سیستم جغرافیایی واحد (UTM)، با مقیاس و پیکسل یکسان (۲۵×۲۵) در محیط Gis تهیه شدند (شکل ۲). برای تعیین اهمیت پارامترهای مورد نظر در جهت بررسی تناسب زمین، ابتدا اولویت نسبی هر یک از معیارها مشخص شد. برای عملیات وزن‌دهی ابتدا با استفاده از نظر کارشناسان ارزش‌گذاری شد؛ وزن نهایی به‌دست‌آمده در محیط نرم‌افزار Expert Choice استخراج شد. سپس هر یک از این فاکتورها با استفاده از برنامه‌نویسی در محیط Gis فازی شده و تمام لایه‌های مطالعاتی به‌صورت کمی با واحد مشابه و استاندارد قابل مقایسه شدند، به‌گونه‌ای که تمام لایه‌های اطلاعاتی (براساس روابط زیر) در طیف عددی صفر تا یک قرار گرفتند، شکل (۲، ۳).

$$\mu(x) = \begin{cases} x = a & 0 \\ \frac{x-a}{b-a} & a < x < b \\ x = b & 1 \end{cases} \quad \text{تابع خطی افزایشی}$$

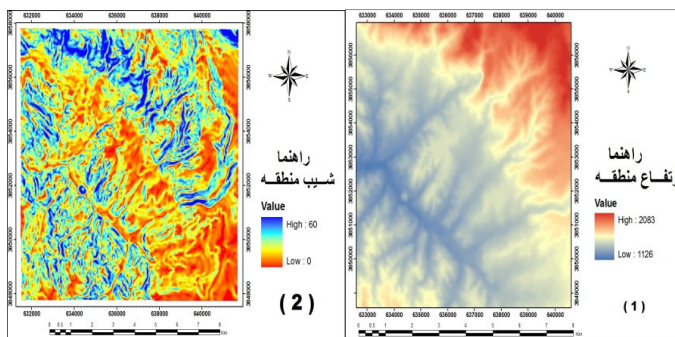




در این رابطه $\mu(x)$ درجه عضویت فازی، a کوچک‌ترین عضو مجموعه و b بزرگ‌ترین عضو مجموعه است.

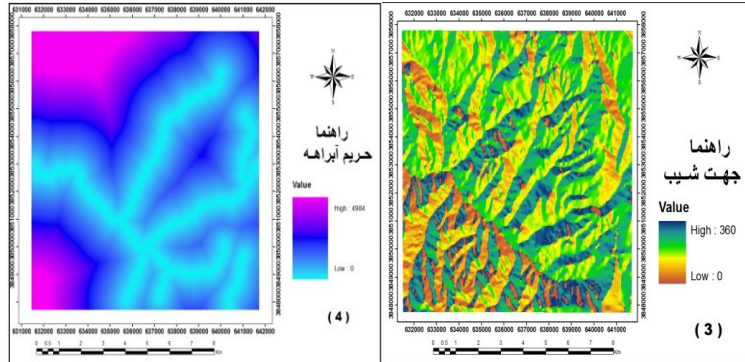


در این رابطه $\mu(x)$ درجه عضویت فازی، a کوچک‌ترین عضو مجموعه، b عضو میانی و c بزرگ‌ترین عضو مجموعه است.



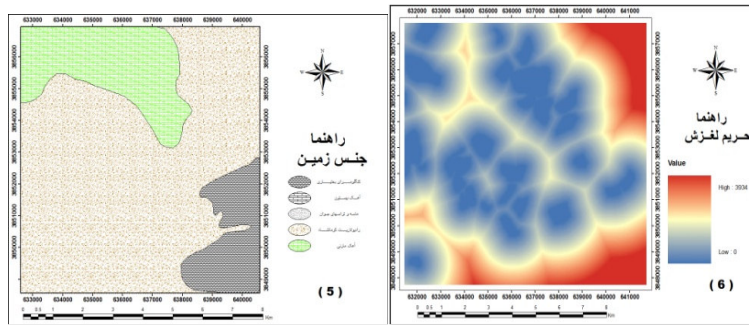
نقشه ۲ شیب

نقشه ۱ ارتفاع



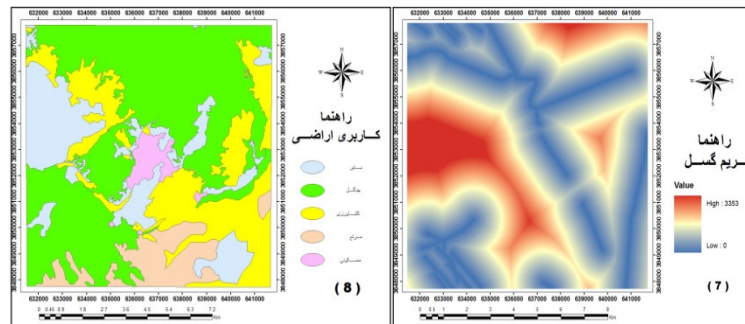
نقشه ۴ حریم آبراهه

نقشه ۳ جهت شیب



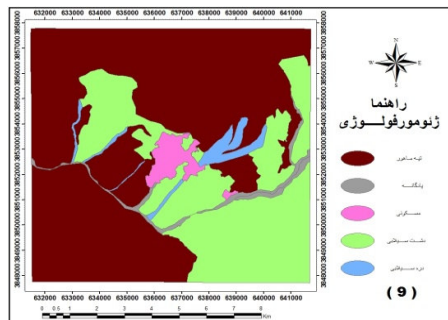
نقشه ۶ حریم لغزش

نقشه ۵ جنس زمین



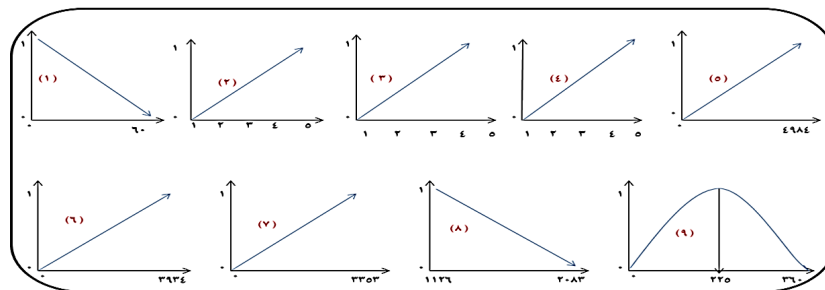
نقشه ۸ ارتفاع

نقشه ۷ حریم گسل



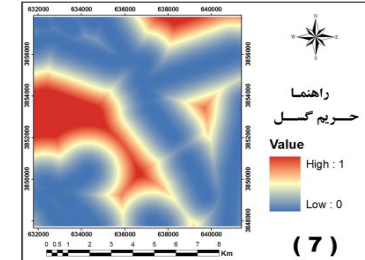
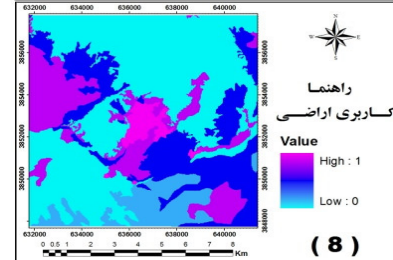
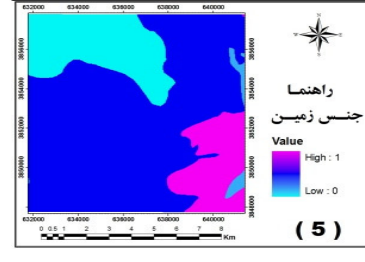
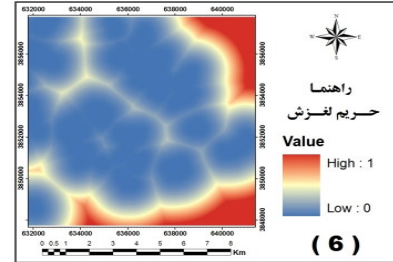
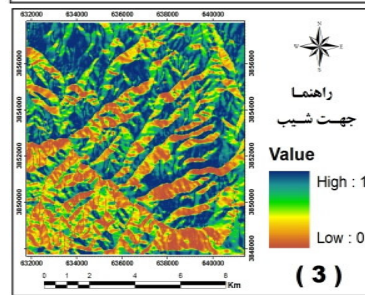
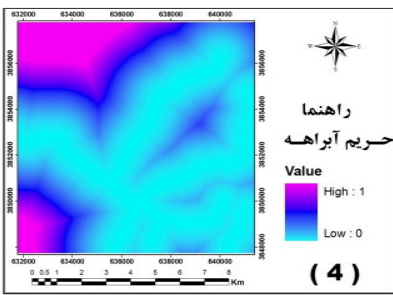
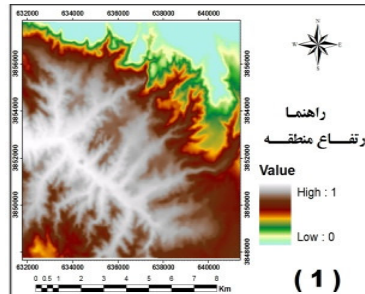
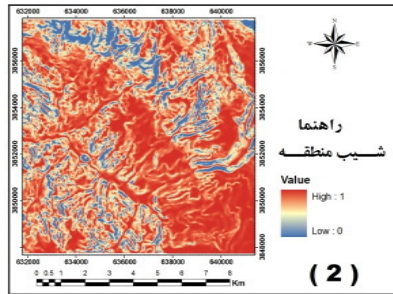
نقشه ۹ عوارض ژئومورفولوژی

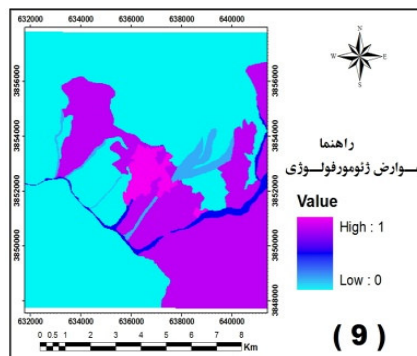
شکل ۲ نقشه‌های پایه جهت بررسی تناسب زمین برای توسعه فیزیکی شهر جوانرود براساس عوامل طبیعی



شکل ۳ الگوی توابع فازی هر یک از معیارهای مؤثر

(۱- شیب، ۲- جنس زمین، ۳- عوارض ژئومورفولوژی، ۴- کاربری اراضی، ۵- حریم رودخانه، ۶- حریم لغزش، ۷- حریم گسل، ۸- ارتفاع، ۹- جهت شیب) در مکان‌یابی مناسب جهت توسعه شهر جوانرود





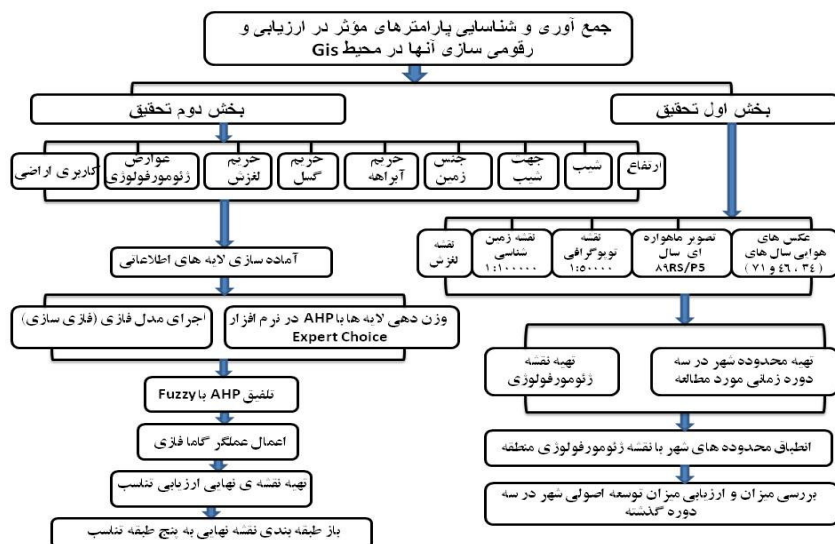
شکل ۴ نقشه های معیار بررسی تناسب زمین جهت توسعه فیزیکی شهر جوانرود بر اساس عوامل طبیعی (۱- ارتفاع، ۲- شیب، ۳- جهت شیب، ۴- حریم آبراهه، ۵- جنس زمین، ۶- حریم لغزش، ۷- حریم گسل، ۸- کاربری اراضی، ۹- عوارض ژئومورفولوژی)

سپس با تلفیق مدل AHP و FUZZY تمامی لایه‌های فازی شده در هر یک از وزن‌های حاصل از مدل سلسله‌مراتبی ضرب شد.

$$f(x) = W_i \mu_i(x_i)$$

در این رابطه $f(x)$ لایه وزن‌دار فازی، W_i وزن هریک از معیارها در مدل AHP و $\mu_i(x_i)$ تابع فازی هریک لایه‌هاست.

پس از این مراحل عملگرهای ضرب و جمع جبری فازی روی لایه‌ها انجام گرفته و هم‌پوشانی لایه‌ها انجام می‌شود و در نهایت با عملگر گاما نقشه نهایی جهت پهنه‌بندی تناسب زمین برای توسعه کالبدی شهر به‌دست می‌آید (شکل ۵، بخش نخست تحقیق).



شکل ۵ فرآیند انجام مراحل ارزیابی تنگناهای ژئومورفولوژیک و تناسب زمین جهت توسعه کالبدی شهر جوانرود با استفاده از مدل منطق فازی

۵- روش شناسی

۵-۱- تئوری فرایند سلسله مراتبی

فرایند تحلیل سلسله مراتبی یکی از جامع ترین سیستم های طراحی شده برای تصمیم گیری با معیارهای چندگانه است، زیرا این تکنیک امکان فرموله کردن مسأله را به صورت سلسله مراتبی فراهم می کند و همچنین امکان در نظر گرفتن معیارهای مختلف کمی و کیفی را در مسأله دارد، این فرآیند گزینه های مختلف را در تصمیم گیری دخالت داده و امکان تحلیل حساسیت روی معیارها و زیرمعیارها را دارد، علاوه بر این بر مبنای مقایسه زوجی بنا نهاده شده، که قضاوت و محاسبات را تسهیل می کند. میزان سازگاری و ناسازگاری تصمیم را نشان می دهد که دارای مزایای ممتاز این تکنیک در تصمیم گیری چندمعیاره است، همچنین از یک مبنای تئوریک قوی برخوردار بوده و براساس اصول بدیهی^۱ بنا شده است (قدسی پور؛ ۱۳۹۰: ۵).

1. Axioms

۵-۲- مقایسه زوجی و وزن‌دهی

در فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی هر سطح نسبت به عنصر مربوطه خود به‌صورت زوجی (دو به دو) مقایسه شده و وزن‌دهی می‌شوند. این قیاس زوجی به‌صورت ارزش‌گذاری عنصر سطر نسبت به عنصر ستون صورت می‌گیرد و برای ارزش‌گذاری نیز معمولاً از یک مقیاس کمی ۱-۹ استفاده می‌شود. هرچه مقدار ارزش داده شده بیشتر باشد نشان‌دهنده اهمیت و ارجحیت بیشتر عنصر سطری نسبت به عنصر ستونی است. برای نمونه ارزش ۹ بیانگر اهمیت بیشتر و ارزش ۱ نشان‌دهنده ارجحیت و اهمیت یکسان است. جدول ۲، ماتریس ارزش‌گذاری ۹ معیار نشان می‌دهد.

جدول ۲ ماتریس ارزش‌گذاری معیارها و اوزان آن‌ها

معیارها	ارتفاع	شیب	جهت شیب	جنس زمین	حریم گسل	حریم آبراهه	حریم لغزش	کاربری اراضی	عوارض ژئومورفولوژی	وزن معیارها
ارتفاع	۱	۱/۶	۱/۳	۱/۷	۱/۳	۱/۴	۱/۲	۱/۵	۱/۹	۰/۰۲۰
شیب	*	۱	۴	۱/۲	۴	۳	۷	۲	۱/۴	۰/۱۲۲
جهت شیب	*	*	۱	۱/۵	۱	۱/۲	۲	۱/۳	۱/۷	۰/۰۴۲
جنس زمین	*	*	*	۱	۵	۴	۶	۳	۱/۳	۰/۲۰۱
حریم گسل	*	*	*	*	۱	۱/۲	۲	۱/۳	۱/۷	۰/۰۶۲
حریم آبراهه	*	*	*	*	*	۱	۳	۱/۲	۱/۶	۰/۰۴۲
حریم لغزش	*	*	*	*	*	*	۱	۱/۴	۱/۸	۰/۰۲۸
کاربری اراضی	*	*	*	*	*	*	*	۱	۱/۵	۰/۱۲۲
عوارض ژئومورفولوژی	*	*	*	*	*	*	*	*	۱	۰/۳۶۲

۵-۳- محاسبه نرخ ناسازگاری^۱

نرخ ناسازگاری در روش تحلیل سلسله‌مراتبی شاخصی است که سازگاری مقایسه‌ها را نشان می‌دهد. این نرخ نشان‌دهنده میزان صحت و دقت ارزش‌گذاری‌ها در مقایسات زوجی است، چنانچه نرخ یاد شده برابر و کمتر از ۰/۱ باشد، می‌توان ارزش‌گذاری‌ها و مقایسات را خوب و صحیح دانست، در غیراین صورت باید دوباره مقایسات انجام شود.

محاسبه نرخ ناسازگاری شامل سه بخش است:

الف- بردار ویژه ($\lambda \max$): ابتدا سطر ماتریس ارزش‌گذاری در بردار وزن ضرب، سپس اعداد به‌دست‌آمده را در وزن پارامترهای مربوطه تقسیم می‌کنیم. در نهایت میانگین تمام اعداد به‌دست آورده می‌شود.

ب) شاخص ناسازگاری (I.I): برای ماتریس‌های n بعدی براساس رابطه زیر به‌دست می‌آید.

$$I.I = \frac{\lambda \max - n}{n-1}$$

ج) نرخ ناسازگاری (I.R): نرخ ناسازگاری با تقسیم شاخص ناسازگاری بر شاخص ناسازگاری ماتریس تصادفی^۲ محاسبه می‌شود (عظیمی حسینی، ۱۳۸۹: ۷۶-۷۵).

$$I.R = \frac{I.I}{R.I.I}$$

(R.I.I) شاخص ناسازگاری تصادفی است که متناسب با تعداد معیارها از جدول ۳ به‌دست می‌آید. که در این پژوهش میزان ناسازگاری ۰/۰۴ است.

جدول ۳ شاخص ناسازگاری ماتریس‌های تصادفی

تعداد معیار	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰
R.I	۰	۰	۰/۵۸	۰/۹	۱/۱۲	۱/۲۴	۱/۳۲	۱/۴۱	۱/۴۵	۱/۴۵

(منبع: فلسی پور، ۱۳۹۰: ۷۳)

1. Icosistency Rate
2. Inconsistency Index Of Random Matrix

۶- مدل منطق فازی

نظریه منطق فازی برای نخستین بار در سال ۱۹۶۵ توسط پروفیسور عسکر لطفی‌زاده، دانشمند ایرانی تبار، استاد دانشگاه برکلی^۱ آمریکا عرضه شد. مدل منطق فازی تعمیمی از نظریه کلاسیک مجموعه‌ها در علم ریاضیات است و روشی نوین جهت بیان عدم قطعیت‌ها و ابهامات روزمره است (کرم؛ ۱۳۹۰:۷۲). تئوری مجموعه‌های فازی^۲ با کلاس‌هایی از اشیا با مرزدهی غیربرجسته در ارتباط است. در این کلاس‌ها عضویت اشیا در هر یک از کلاس‌ها با مفهومی با عنوان درجه عضویت توصیف می‌شود (کیا؛ ۱۳۹۲:۱۴۲). مجموعه‌های فازی از طریق تابع عضویت تعریف می‌شود. برای هر مجموعه فازی عددی بین صفر تا یک وجود دارد که صفر فقدان عضویت کامل و یک عضویت کامل را نشان می‌دهد.

$$A = \{(x, \mu_A(x)) | x \in X\}$$

اصولاً مدل فازی با استفاده از عملگرهای مختلفی صورت می‌گیرد که عبارتند از:

۶-۱- عملگر اجتماع^۳

حاصل این عملگر اجتماع مجموعه‌هاست. بیشینه درجه عضویت اعضا را استخراج کرده و از دقت بالایی در مکان‌یابی برخوردار نیست. معمولاً از این عملگر جهت ترکیب داده‌های هم‌جنس استفاده می‌شود.

$$\mu_{combination} = \text{MAX}(\mu_A, \mu_B, \mu_C, \dots)$$

۶-۲- عملگر اشتراک^۴

این عملگر به این صورت است که کمینه درجه عضویت اعضا را استخراج می‌کند و به پدید آمدن یک تخمین محافظه‌کارانه از عضویت مجموعه‌ای با تمایلی به ایجاد مقادیر کوچک‌تر منتهی می‌شود. میان تمام لایه‌های اطلاعاتی کمینه ارزش هر پیکسل را استخراج کرده و در نقشه نهایی اعمال می‌کند. به عبارت دیگر اشتراک در مجموعه‌های فازی به معنی کمینه درجه عضویت در هر یک از مجموعه‌هاست، به همین دلیل این عملگر نیز حساسیت بالایی در مکان‌یابی دارد و از

1. Berkely
2. Theory of Fuzzy Logic
3. Fuzzy OR
4. Fuzzy AND



دقت زیادی برخوردار نیست.

$$\mu_{combination} = \text{MIN}(\mu_A, \mu_B, \mu_C, \dots)$$

۳-۶- عملگر ضرب جبری فازی^۱

در این اپراتور تمامی لایه‌های اطلاعاتی در هم ضرب می‌شوند و در لایه خروجی اعداد کوچک‌تر شده و به سمت صفر میل می‌کنند، در نتیجه تعداد پیکسل کمتری در کلاس خیلی خوب قرار می‌گیرد. به همین دلیل این عملگر حساسیت بالایی در مکان‌یابی اعمال می‌کند.

$$\mu_{combination} = \prod_{i=1}^n \mu_i$$

که در این فرمول $\mu_{combination}$ لایه حاصل از کمینه‌سازی، μ_i لایه وزن‌دار فازی و n ، تعداد لایه‌های ترکیب‌شونده را نشان می‌دهد. $i=1, 2, 3, \dots$

۴-۶- عملگر جمع جبری فازی^۲

در جمع جبری فازی متمم ضرب مجموعه‌ها محاسبه می‌شود، به همین دلیل در لایه خروجی بر خلاف اپراتور ضرب جبری فازی ارزش پیکسل به سمت یک میل می‌کنند. در نتیجه تعداد پیکسل بیشتری در کلاس خیلی خوب قرار می‌گیرد، به همین دلیل حساسیت پایینی در مکان‌یابی دارد و پهنه‌های بیشتری را نسبت به ضرب فازی، در کلاس خیلی خوب و مناسب قرار می‌گیرد.

$$\mu_{combination} = 1 - \prod_{i=1}^n (1 - \mu_i)$$

در این فرمول $\mu_{combination}$ لایه حاصل از بیشینه‌سازی، μ_i لایه وزن‌دار فازی و n ، تعداد لایه‌های ترکیب‌شونده را نشان می‌دهد. $i=1, 2, 3, \dots$

1. Fuzzy Product
2. Fuzzy Sum

۶-۵- عملگر گاما^۱

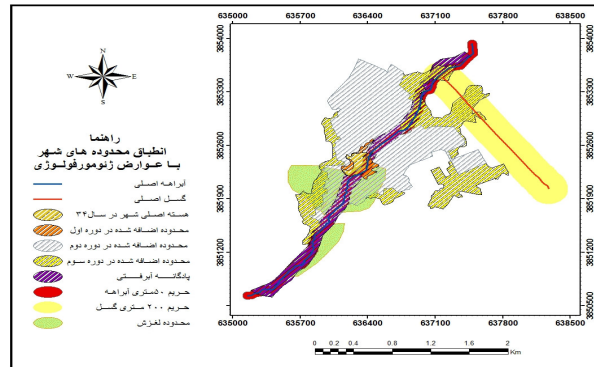
جهت تعدیل حساسیت بسیار بالای عملگر ضرب فازی و حساسیت خیلی پایین عملگر جمع جبری فازی، از عملگر دیگری تحت عنوان گامای فازی استفاده شده است که حد فاصل بین دو اپراتور ضرب و جمع جبری عمل می‌کند.

$$\mu_{combination} = \left(1 - \prod_{i=1}^n (1 - \mu_i) \right)^{\gamma} * \left(\prod_{i=1}^n \mu_i \right)^{1-\gamma}$$

۷- بحث و نتیجه‌گیری

در این تحقیق، در مرحله نخست به بررسی روند توسعه شهر با توجه به داده‌های موجود (عکس‌های هوایی سال‌های ۳۴، ۴۶، ۷۱ و تصویر ماهواره‌ای سال ۸۹) در فاصله سه دوره گذشته، از نظر ارتفاع، شیب، جهت شیب و عوارض ژئومورفولوژی (مانند حریم آبراهه، حریم گسل، محدوده پادگانه و خطر لغزش) پرداخت شد. نتایج نشان داد که توسعه شهر در سه دوره مورد بررسی از لحاظ معیارهای ساخت و ساز بر پایه ارتفاع و شیب اصولی صورت گرفته است، ولی از بعد جهت شیب، که در مناطق کوهستانی بهترین جهت شیب از نظر آفتابگیر بودن سمت جنوب و توسعه شهر غیراصولی صورت گرفته است.

بررسی توسعه شهر جوانرود در دوره‌های گذشته از لحاظ برخورد با عوارض خطر ساز ژئومورفولوژی، (شکل ۶) نشان می‌دهد که شهر جوانرود در معرض تهدید عوامل مختلف محیطی قرار دارد به طوری که در دوره نخست بیشترین توسعه بر عوارض خطر ساز قرار داشته است. با توجه به این که در این دوره شهر کمترین رشد فیزیکی داشته است. در عوض در دوره دوم توسعه با توجه به بیشترین رشد فیزیکی، کمترین توسعه بر عوارض خطر ساز داشته است. (جدول ۳).



شکل ۶ نقشه انطباق محدوده های شهر در سه دوره مورد مطالعه با عوارض خطرناک ژئومورفولوژی

جدول ۳ مساحت محدوده‌های ایجاد شده بر عوارض خطرناک ژئومورفولوژیکی مختلف

دوره تغییرات شهر	مساحت محدوده های ایجاد شده بر عوارض خطرناک (درصد)	مساحت محدوده های ایجاد شده بر عوارض خطرناک (مترمربع)
دوره اول (۱۳۴۶-۱۳۳۴)	۵۵/۲۳	۲۴۶۷۳
دوره دوم (۱۳۷۱-۱۳۴۶)	۲۱/۷۵	۳۳۰۹۴۴
دوره سوم (۱۳۸۹-۱۳۷۱)	۳۴/۶۰	۲۸۶۸۵۷

وضعیت چگونگی و ارتباط محدوده های شهر در سه دوره مورد مطالعه با نقشه ژئومورفولوژی مورد تحلیل قرار گرفت، که نتایج حاصل از همپوشانی نقشه ژئومورفولوژی با محدوده های شهر در فاصله زمانی بین سالهای ۱۳۳۴ تا ۱۳۸۹ در جدول (۴) نشان می دهد که در این فاصله زمانی بیشترین توسعه بر روی محدوده لغزش (۴/۳۳ درصد) ایجاد شده است.

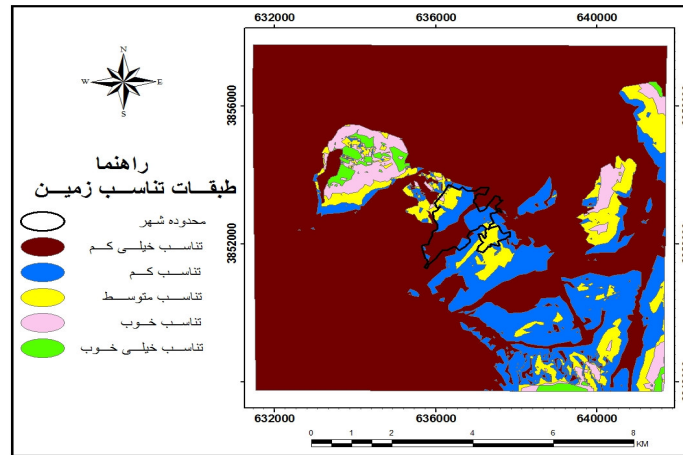
جدول ۴ توزیع محدوده اضافه شده به شهر بر عوارض ژئومورفولوژی در فاصله زمانی ۱۳۳۴-۱۳۸۹

عوارض ژئومورفولوژیکی	مساحت به مترمربع	مساحت به درصد
محدوده پادگانه	۲۳۰۴۰۵	۹/۶۲
حریم ۲۰۰ متری گسل	۱۵۳۹۵۲	۶/۴۳

ادامه جدول ۴

مساحت به مترمربع	مساحت به درصد	عوارض ژئومورفولوژیکی
۲۲۴۶۱۲	۹/۳۸	حریم ۵۰ متری آبراهه
۳۴۳۳۹۵	۱۴/۳۳	محدوده لغزش
۲۳۹۵۶۲۳	-	محدوده اضافه شده به شهر در فاصله زمانی ۱۳۳۴-۱۳۸۹

در مرحله بعد ۹ لایه برای بررسی توسعه شهر جانرود تهیه و با استفاده از مدل AHP وزن‌دهی (با نرخ ناسازگاری ۰/۰۴) شدند (جدول ۴). در محیط GIS طی فرآیند برنامه‌نویسی تمام لایه‌ها بین طیف صفر تا ۱ فازی و سپس اوزان حاصل از مدل سلسله مراتبی معیارها، در هر یک از لایه‌ها ضرب شدند تا لایه‌های وزن‌دار فازی ایجاد شوند و در گام بعدی جهت پهنه‌بندی، عملیات عملگرهای ضرب فازی، جمع فازی بر آن‌ها اعمال شد که نتایج نشان می‌دهد دقت پهنه‌بندی حاصل از به‌کارگیری ضرب جبری فازی و جمع جبری فازی مورد اطمینان نیست. در ضرب فازی عوامل وزنی در یکدیگر ضرب می‌شوند؛ بنابراین ارزش بیکسل‌ها به سمت صفر میل می‌کند و دقت خیلی بالایی در تعیین پهنه‌بندی مناطق دارد. در حقیقت مناطق خیلی کمی را به‌عنوان مکان‌های مستعد جهت شهرسازی انتخاب می‌کند، برعکس در جمع جبری، عوامل فازی با یکدیگر جمع می‌شوند و ارزش بیکسل‌ها به سمت یک متمایل می‌شود که از دقت بسیار پایینی در پهنه‌بندی برخوردار است. در نتیجه مناطق وسیعی را به‌عنوان مکان‌های دارای قابلیت توسعه شهر انتخاب می‌کند. با توجه به اختلاف شدید بین نتایج حاصل از به‌کارگیری عملگرهای جمع جبری و ضرب جبری، در راستای تعدیل حساسیت بسیار پایین جمع جبری و حساسیت بسیار بالای ضرب جبری، از عملگر دیگری به نام گامای فازی که حد فاصل بین این دو عملگر می‌باشد استفاده شده است. که در این پژوهش از گامای فازی ۰/۷، ۰/۸ و ۰/۹ جهت شناسایی پهنه‌های مستعد برای توسعه فیزیکی شهر جانرود استفاده شد. نتایج بررسی نقشه‌های حاصل از سه مقادیر مختلف حاصل از گاما همچنین با توجه به مشاهدات و برداشت‌های میدانی و انطباق بصری آن‌ها با منطقه مورد مطالعه حاکی از این است که نقشه حاصل از عملگر گامای ۰/۷ بیشترین تناسب با منطقه مورد بررسی را دارد. در نتیجه با استفاده از عملگر گامای ۰/۷ که ترکیبی از ضرب و جمع فازی است نقشه پهنه‌بندی منطقه در ۵ طبقه تناسب تهیه شد، (شکل ۷).



شکل ۷ نقشه پیشنهادی مکان‌یابی مناسب جهت توسعه آتی شهر جانرود

بررسی مساحت و درصد هر یک از طبقات تناسب زمین نشان می‌دهد (جدول ۴) که بهترین پهنه (طبقه با تناسب خیلی خوب) برای توسعه شهر بیشتر در محدوده شمال غربی شهر جانرود با مساحتی برابر ۱/۳۴ درصد کل منطقه است. یعنی به لحاظ عوامل طبیعی و ژئومورفولوژیکی تناسب بالایی برای توسعه کالبدی داراست، در حالی که ۷۵/۳۲ درصد از کل منطقه در طبقه با تناسب بسیار کم قرار دارد.

جدول ۵ توزیع مساحت طبقات زمین جهت توسعه کالبدی شهر جانرود

مساحت طبقات تناسب زمین جهت توسعه کالبدی شهر جانرود		طبقات تناسب زمین
مساحت به درصد	مساحت به مترمربع	
۱/۳۴	۱۳۶۸۱۲۵	تناسب خیلی خوب
۳/۴۲	۳۵۰۱۸۷۵	تناسب خوب
۶/۳۲	۶۴۵۸۷۵۰	تناسب متوسط
۱۳/۶۰	۱۳۹۱۲۵۰۰	تناسب کم
۷۵/۳۲	۷۷۰۲۰۶۲۵	تناسب خیلی کم
۱۰۰	۱۰۲۲۶۱۸۷۵	جمع کل

نتایج انطباق نقشه مکانیابی با وضع موجود شهر جوانرود نشان می‌دهد که در حدود ۷۵/۳۵ درصد از کل مساحت محدوده شهر (جدول ۶) دارای تناسب کم و بسیار کم است. این موضوع گویای این مطلب است که منطقه مورد بررسی، منطقه‌ای نامساعد و کوهستانی که فاقد توانمندی جهت توسعه شهر و همچنین در گذشته هم توسعه شهر هم غیراصولی صورت گرفته است. در حریم رودخانه و پادگانه‌های آبرفتی و یا بر محدوده‌های لغزش ایجاد شده که این امر نشان‌دهنده عدم توجه به عوارض ژئومورفولوژی منطقه در امر توسعه فیزیکی در گذشته است.

جدول ۶ مساحت وضع موجود شهر جوانرود در انطباق با طبقات مختلف تناسب زمین

مساحت وضع موجود شهر جوانرود در انطباق با طبقات مختلف تناسب زمین		طبقات تناسب زمین
مساحت (درصد)	مساحت (مترمربع)	
۰	۰	تناسب بسیار خوب
۱/۹۲	۴۶۸۷۵	تناسب خوب
۲۲/۷۳	۵۵۶۲۵۰	تناسب متوسط
۳۷/۷۰	۹۲۲۵۰۰	تناسب کم
۳۷/۶۵	۹۲۱۲۵۰	تناسب بسیار کم
۱۰۰	۲۴۴۶۸۷۵	جمع

در نهایت به منظور تعیین درجه صحت این روش، عملیات تحلیل و همپوشانی جداگانه بین نقشه نهایی طبقه‌بندی شده و برخی معیارهای اصلی مؤثر در توسعه شهر (ارتفاع، شیب و جنس زمین)، در محیط Gis انجام شد. نتایج حاکی از استقرار ۶۴/۰۸ درصد از طبقه زمین با تناسب بسیار زیاد در مناسبترین طبقه ارتفاعی (۱۵۰۰-۱۳۰۰ متر)، ۹۳/۹۱ درصد از مساحت این طبقه در مناسبترین کلاسه شیب (۱۵-۰ درصد) و همچنین ۲۵/۲۵ درصد این طبقه بر سازند کنگلومرای بختیاری و ۷۴/۲۵ درصد بر سازند رادیولاریت کرمانشاه استقرار یافته (که این سازندها در این پژوهش بیشترین تناسب و اولویت برای توسعه شهر داراست) دارد. پراکندگی فضایی این اراضی نشان می‌دهد که بخش اعظم منطقه مورد بررسی دارای تناسب بسیار کم برای توسعه شهر است. در واقع منطقه مورد مطالعه دارای شرایط نامساعدی جهت توسعه شهر است.

۸- منابع

- امانپور، سعید، هادی علیزاده و حسن قراری، «تحلیلی بر مکان‌یابی جهات بهینه توسعه فیزیکی شهر اردبیل با استفاده از مدل AHP»، فصلنامه برنامه‌ریزی منطقه‌ای، س ۳، ش ۱۰، صص ۸۳-۹۶، تابستان، ۱۳۹۲.
- ثروتی، محمدرضا، حسن لشکری و اسد... مومنی، «هیدرولوژی و حوضه آبریز رودخانه «لیل» جوانرود»، مجله جغرافیا و توسعه ناحیه‌ای، ش ۱۰، صص ۸۲-۵۹، ۱۳۸۹.
- حسینیان، محمد، «مکان‌یابی بهینه کاربری اراضی شهری با استفاده از سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی»، همایش ۱۵ ژئوماتیک، ۱۳۸۶.
- رضایی، پرویز، پروانه استاد ملکرودی، «محدودیت‌های ژئومورفولوژیکی و توسعه فیزیکی شهر رودبار»، فصلنامه جغرافیای طبیعی، س ۳، ش ۷، صص ۱۲۸-۱۱۳، ۱۳۸۹.
- عکس‌های هوایی ۱:۵۵۰۰۰ (محدوده مورد بررسی، سال ۱۳۳۴)، سازمان اطلاعات جغرافیایی نیروهای مسلح.
- تصویر ماهواره‌ای Rs/P5 سال ۱۳۸۹، سازمان اطلاعات جغرافیایی نیروهای مسلح.
- سازمان نقشه‌برداری کشور، عکس‌های هوایی ۱:۲۰۰۰۰ و ۱:۱۰۰۰۰، محدوده مورد بررسی، سال‌های ۱۳۴۶ و ۱۳۷۱.
- سازمان نقشه‌برداری کشور، نقشه توپوگرافی مقیاس ۱:۵۵۰۰۰ جوانرود و گازرخی، شماره‌های 5359IV و 5259 I، سازمان نقشه‌برداری کشور، ۱۳۷۶.
- سازمان زمین‌شناسی و مدیریت اکتشاف و استخراج ملی نفت ایران، نقشه‌های زمین‌شناسی مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰ کامیاران و باینگان.
- ستایشی نسا، حسن، شهرام روستایی، مجتبی عمرانی دورباش، و نرگس زارع پیشه، «بررسی تنگناهای ژئومورفولوژیکی و تاثیر آن بر توسعه فیزیکی شهر با استفاده از GIS و روش AHP (مطالعه موردی: شهر گیوی)»، پژوهش‌های ژئومورفولوژی کمی، س ۲، ش ۴، صص ۱-۱۶، بهار، ۱۳۹۳.
- عبدالهی، علی اصغر، «آشکارسازی مکان‌های بهینه جهت توسعه فیزیکی آتی شهر کنگان»، مجموعه مقالات نهمین همایش زمین‌شناسی ایران، دانشگاه تربیت معلم تهران، ۱۳۸۴.

- علایی طالقانی، محمود، زهرا رحیم‌زاده و عباس امینی، «پهنه‌بندی حساسیت دامنه‌ها به ناپایداری (لغزش) در حوضه آبخیز جوانرود با استفاده از مدل آماری دو متغیره تراکم سطح»، *جغرافیا و توسعه*، ش ۲۲، صص ۷۲-۵۷، ۱۳۹۰.
- عظیمی حسینی، محمد، محمد هادی نظری فر و رضوانه مومنی، کاربرد *GIS* در مکان یابی، تهران: انتشارات مهرگان قلم، ۱۳۸۹.
- قدسی پور، سید حسن، فرآیند تحلیل سلسله مراتبی *AHP*، تهران: انتشارات دانشگاه صنعتی امیرکبیر (پلی تکنیک تهران)، ۱۳۹۰.
- کرم، امیر، امیر صفاری، عزت اله فتواتی و هاشم حسینی، «ارزیابی و مکان‌یابی جهت توسعه فیزیکی شهر با استفاده از مدل منطق فازی مطالعه موردی: شهر دیواندره»، *نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی*، ج ۲۰، ش ۲۳، صص ۸۳-۶۳، ۱۳۹۰.
- کیا، سید مصطفی، *منطق فازی در MATLAB*، تهران: انتشارات دانشگاهی کیان، ۱۳۹۲.
- محمدی، جمال، حسین پورقیومی و محمد قنبری، «تلفیق مدل همپوشانی شاخص‌های (IO) و تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP) در مکان‌یابی مراکز آموزشی (نمونه موردی: مدارس راهنمایی شهر کازرون)»، *مجله جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی*، س ۲۳، پیاپی ۴۵، ش ۱، صص ۱۲۸-۱۱۳، ۱۳۹۰.
- مهندسان مشاور تدبیر شهر، طرح توسعه و عمران (جامع) شهر جوانرود، کرمانشاه: سازمان مسکن و شهرسازی استان کرمانشاه، ۱۳۸۹.
- یمانی، مجتبی، سید علی عبادی‌نژاد، مهران مقصودی و صمد شادفر، «ارزیابی کارایی عملگرهای منطق فازی در تعیین توانمندی زمین لغزش (مطالعه موردی: حوزه آبخیز شیروود)»، *مجله علمی-پژوهشی علوم و مهندسی آبخیزداری ایران*، س ۱، ش ۲، صص ۴۴-۳۹، ۱۳۸۶.
- Amanpour, S., H. Alizadeh & H. Gharari [2013]; "Analysis of the Locating Directions Optimal Physical Development of the City of Ardabil using AHP", *Journal of Regional Planning; third year; No. 10; pp. 83-96, 2013. [In Persian]*
- Servati, MR., H. Lashkari, & A. Momeni, "Hydrology and Catchment Area of the River, "Lille" Javanrood", *Journal of Geography and Regional Development; No. 10, pp. 82-59, 2010. [In Persian]*

- Hosseiniyan, M., "Locating Optimal Urban Land Using GIS", *Geomatics Conference*, No. 85, 2007. [In Persian]
- Rezaei, P. & P. Ostadmalekroody, "Geomorphologic and Physical Development Limits of the City Roudbar", *The Journal of Physical Geography, Third year*, No. 7, pp. 128-113, 2010. [In Persian]
- *1:55000 Aerial Photographs (Area under Review, 1955)*, Armed Forces of Geographic Information. [In Persian]
- *Rs/P5 Satellite Image*, Armed Forces of Geographic Information, 2010. [In Persian]
- *1:20000 and 1:10000 Aerial Photographs (1967-1990)*, National Cartographic Organization. [In Persian]
- *1:55000 Topographic Maps of Javanrood and Gazer Khani (No. 5359IV and 5259I)*, National Cartographic Organization, 1997.[In Persian]
- *1:100000 Geological Map of Kamyaran and Bayangan*, Geological and Exploration Management of the National Iranian Oil Company.[In Persian]
- Setuyeshi Neasaz, H., Sh. Rostai, M. Omrani Dorbash & N. Zarea Pisheh, "Study of Geographical Constraints and the Impact on the Physical Development of the City using GIS and AHP (Case Study: Givi)", *Quantitative Geomorphology Research*, 2nd Ed., No. 4, pp. 1-16, 2014. [In Persian]
- Abdullahi A.A., "Detection Optimal Locations for Future Physical Development of Kangan", *Proceedings of the 9th Congress of Geology*, Tehran: Islamic Azad University, 2005. [In Persian]
- Alai Taleghani, M., Z. Rahimzada & A. Amini, "Zoning Sensitivity to Unstable Slopes (Slip) in Watershed Javanrood using Bivariate Statistical Model of Surface Density", *Geography and Development*; No. 22, pp. 72 -57, 2010. [In Persian]
- Azim Hussein, M., M. H. Nazarifar & R. Momeni, *GIS in Locating*, Tehran: Mehregan Ghalam Publication, 2010. [In Persian]
- GhodsiPour, S. H., *Analytical Hierarchy Process AHP*, Tehran: Amirkabir University (Tehran Polytechnic), 2011. [In Persian]
- Karam, A. A. Safari, E. Ghanavati, & H. Hosseini, "Evaluation and Location for

- Physical Development Using Fuzzy Logic Models: A Case Study of Divandareh, *Journal of Applied Research in Geological Sciences*, Vol. 20, No. 23, pp. 83- 63, 2011. [In Persian]
- Kia, S. M., *Fuzzy logic in MATLAB*, Tehran; Qian University Press, 2013. [In Persian]
 - Mohammadi, J., H. Pour Qayyum & M. Ghanbari, "Integrated Model of Overlap Index (IO) and Analytical Hierarchy Process (AHP) in the Location of Training Centers (Case Study: Secondary Schools Kazeroon)", *Journal of Geography and Environmental Planning*; year 23, Vol. 45, No. 1, pp. 128-113, 2011. [In Persian]
 - Mohandesan Moshaver Tadbireshahr, (*Master*) *Development Plan of Javanrood Town*, Kermanshah: Housing and Urban Development of Kermanshah Province, 2010. [In Persian]
 - Yamani, M., A. Ebadi Negad, M. Maghsodi & S. Shadfar, "Evaluating Performance of Fuzzy Logic in Determining the Ability of Landslides (Case Study: Shirud Watershed)", *Iranian Journal of Watershed Management Science and Engineering*, year 1, No. 2, pp. 44-39, 2007. [In Persian]
 - Dafi, A., *Geomorphology and the Urban Building Interface between Research and Usage*, Leeds: University of Leeds, School of Geography, 2004.
 - Devendra, C. & R. Shankar, "An STEEP-Fuzzy AHP-TOPSIS Framework for Evaluation and Selection of Thermal Power Plant Location: A Case Study from India", *Department of management studies, Indian Institute of Technology Delhi*, New Delhi: Hauz khas, 2012.
 - Ju, C., J. Yonggang, S. Hongxian, T. Changwei, J. Fanghui & Y. Zhongnian; "Coastal Urban Road Geo – Disaster Monitoring Problems of Laoshan District", in *2011 International Conference of Green Buildings and Sustainable Citics*, 2011.
 - Yan, L. & S. R.Phinn, *Modelling Urban Development with Cellular Automata Incorporating Fuzzy Set Approach*, Queensland: School of Geography Planning & Architecture, the University of Queensland, 2003.