https://doi.org/10.22131/SEPEHR.2023.1995613.2966

فصلنامه علمی - پژوهشی

اطلاعات جغرافیایی (سپهر) دوره۳۳، شماره ۱۲۹، بهار ۱۴۰۳

صفحات ۱۳۸ - ۱۲۱

ارزیابی مناطق مناسب برای توسعه فیزیکی در شهر ماکو

با استفاده از روش تصمیم‌گیری الکتره – فازی در محیط Arc Gis

اسدالله حجازی [۱] فریبا کرمی [۲]

سایه حبیب‌زاده [۳]

تاریخ دریافت مقاله: ۱۴۰۲/۰۲/۰۵ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۴۰۲/۰۹/۲۰

****

چکیده

در چند دهه اخیر شهرها به‌عنوان مهم‌ترین سکونتگاه‌های بشر به‌واسطه افزایش درجه شهرنشینی و جمعیت شهری که از مهم‌ترین جنبه‌های تغییر جهانی است، مقدمه رشد و توسعه گسترده‌ی شهری را فراهم آورده‌اند. عوامل متعددی از قبیل ویژگی‌های ژئومورفولوژی، شرایط اقلیمی و خصایص زمین‌شناختی در مکان‌گزینی شهرها مؤثرند. در این پژوهش نقش ژئومورفولوژی و عوامل محیطی به‌عنوان یکی از عوامل مهم تأثیرگذار در مکان‌یابی و توسعه فیزیکی شهر ماکو مورد ارزیابی قرار گرفت. عوامل ژئومورفولوژیکی، مهم‌ترین و اثرگذارترین پارامترهای مؤثر در پیدایش، استقرار و توسعه یک شهر هستند. برای دستیابی به هدف مور نظر و ارزیابی آن، داده‌های موردنیاز از نقشه‌های توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰۰ و زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ استخراج شده و سپس با استفاده از نرم‌افزار Arc GIS نقشه‌های موردنظر تهیه شده‌اند. همچنین در این تحقیق از مدل تصمیم‌گیری الکتره – فازی استفاده شد که بر مبنای آن محورها و جهت‌های جغرافیایی محتمل توسعه شهر ماکو و ضریب اهمیت نسبی مؤلفه‌های ژئومورفولوژیک محاسبه و تعیین شدند. معیارهای دخیل در توسعه شهر ماکو، شیب، جهت شیب، ارتفاع، فاصله از رودخانه، فاصله از گسل، فاصله از جاده، لیتولوژی، خاک و کاربری اراضی هستند. نقشه‌های مربوط به هریک از این مؤلفه‌ها با استفاده از نرم‌افزار Arc GIS، مورد مقایسه و ارزیابی قرار گرفتند. سپس با روی هم‌گذاری لایه‌های طبقه‌بندی‌شده، نقشه پهنه‌بندی مناسب توسعه شهر تهیه و در پنج کلاس کاملاً مناسب، نسبتاً مناسب، مناسب، نامناسب و کاملاً نامناسب برای توسعه تقسیم‌بندی شد. نتایج نشان داد مناسب‌ترین مسیر برای توسعه آتی شهر ماکو، سمت شرقی و غربی تا حدی جنوب شرقی این شهر است.

واژه‌های کلیدی: عوامل ژئومورفولوژیکی و محیطی، الکتره – فازی، مکان‌یابی، توسعه فیزیکی، ماکو

****

۱- دانشیار گروه ژئومورفولوژی دانشکده برنامه‌ریزی و علوم محیطی، دانشگاه تبریز، تبریز (نویسنده مسئول) s.hejazi@tabrizu.ac.ir

۲- استاد گروه ژئومورفولوژی دانشکده برنامه‌ریزی و علوم محیطی، دانشگاه تبریز، تبریز fkarami@tabrizu.ac.ir

۳- دانشجوی دکتری برنامه‌ریزی آمایش سرزمین، دانشکده برنامه‌ریزی و علوم محیطی، دانشگاه تبریز، تبریز saye.habibzadeh0633@gmail.com

۱- مقدمه

جهان امروز، جهان شهری است که متأسفانه نتیجه آن دوری از محیط طبیعی و پذیرش ناخواسته عدم تعادل‌هایی است که از روابط ناموزون انسان‌ها و فضای شهری نشأت می‌گیرد. نحوه استفاده از زمین شهری از مهم‌ترین مسائل زندگی امروزی است *(اسدی و همکاران، ۱۳۹۹: ۶۸)*. شهر همچون موجود زنده تبلور فضایی ایفای نقش‌های انسانی در محیط جغرافیایی، کانون جمعیت و بهره‌وری است که تحت‌تأثیر نیروها و عوامل گوناگون قرار گرفته است *(Nahrin, 2018: 110)*. یکی از قابل‌توجه‌ترین موارد تغییر انسان روی زمین، شهرنشینی سریع در سرتاسر جهان و تبدیل اکوسیستم‌های طبیعی به مناظر انسانی است *(عزیزی و همکاران، ۲۰۲۲: ۱)*. شهرنشینی یک پدیده جهانی است که منجر به گسترش شهری، تغییر کاربری اراضی، تغییر پوشش گیاهی و اقلیمی می‌شود *(Lee et al., 2020: 232)*. به‌طوری‌که افزایش جمعیت در صد سال گذشته حدود یک‌سوم از سطح زمین را تغییر داده است *(Yang and Lee, 2013, 105)*.

مطابق پیش‌بینی سازمان ملل جمعیت شهری جهان از حدود ۲۰۰ میلیون (۱۵ درصد جمعیت جهان) در سال ۱۹۰۰ به ٤/۳ میلیارد (٥٦ درصد جمعیت جهان) در سال ۲۰۲۰ افزایش یافته و تعداد شهرهای با جمعیت بیش از یک‌میلیون از ۱۷ شهر در سال ۱۹۰۰ به ۵۷۹ شهر در سال ۲۰۲۰ افزایش یافته است. همین‌طور پیش‌بینی می‌شود تا سال ۲۰۵۰ حدود ٦۸ درصد جمعیت جهان در مناطق شهری زندگی کنند *(سازمان ملل متحده، ۲۰۲۰)*[1]. هم‌اکنون توسعه فیزیکی و رشد جمعیتی در شهرهای ایران نیز روندی رو به افزایش دارد، براساس آخرین داده‌های مرکز آمار ایران در سال ۱۳۹۸، پیش‌بینی‌ها نشان می‌دهد که ایران در مرحله تسریع توسعه شهرنشینی قرار دارد. به‌طوری که بررسی نتایج سرشماری‌ها نشان می‌دهد که نسبت شهرنشینی در کل کشور در فاصله سال‌های ۱۳۳۵ تا ۱۳۹۵ روند صعودی داشته و طی نیم‌قرن گذشته جمعیت نقاط شهری حدود ۱۰ برابر شده است *(سالنامه آماری، ۱۳۹۵: ۲٤)*. افزایش جمعیت انسانی ضرورت روزافزونی برای اشغال زمین‌های اطراف به‌وجود آورده است که این نیاز با بستر طبیعی محیط‌زیست و شاخص‌های ژئومورفولوژیک هر منطقه دارای ارتباط تنگاتنگ است *(مرادی، ۱۳۹۸: ٦۷)*. همچنین رشد روزافزون شهرها متأثر از رشد جمعیت و مهاجرت منجر به ساخت‌وساز بدون برنامه‌ریزی و تغییرات زیاد در ساختار فضایی به‌خصوص توسعه فیزیکی شهر در مکان‌های نامساعد طبیعی شده است که لزوم هدایت آگاهانه و سازمان‌دهی اساسی را می‌طلبد *(رضویان و همکاران، ۱۳۹۲: ۲)*. درواقع اگر روند ایجاد سکونتگاه‌های جدید بدون تناسب با ظرفیت‌ها و امکانات طبیعی شکل گیرد پیامدهای ناخوشایندی را در فضای کالبدی - زیستی درون‌شهری به‌وجود می‌آورد براین اساس استقرار شهر و فعالیت‌های وابسته به آن در پهنه فضایی که ازنظر زمین‌ساخت و سازندهای سطحی موردبررسی قرار نگرفته باشد، دور از منطق جغرافیایی بوده و شناخت همه‌جانبه این فضا در راستای مکان‌یابی و گسترش شهرها در قلمرو جغرافیای کاربردی به‌ویژه ژئومورفولوژی کاربردی واقع است *(صفاری و همکاران، ۱۳۹۷: ۲۰)*. اصولاً استقرار و پیدایش یک شهر بیش از هر چیز تابع شرایط محیطی و موقعیت جغرافیایی است، زیرا عوارض و پدیده‌های طبیعی در مکان‌گزینی، پراکندگی، حوزه نفوذ، توسعه فیزیکی، مورفولوژی شهری و امثال آن اثر قاطعی دارد و گاه به‌عنوان یک عامل مثبت و زمانی به‌صورت یک عامل منفی و بازدارنده عمل می‌کنند. ویژگی‌های توپوگرافی و ژئومورفولوژیک هر مکان جغرافیایی نه تنها در پراکندگی و یا تجمع، بلکه در رشد فیزیکی شهر، از عوامل مؤثر به‌شمار می‌روند *(عمادالدین و نامجو، ۱۳۹۳: ۸۷)*. به‌عبارتی توسعه و عمران در مناطق مختلف شهری، روستایی و صنعتی(که در بستر طبیعی قرار دارند)، همواره نیازمند مطالعه دقیق در ویژگی‌های طبیعی محیط است. در این زمینه، بررسی‌های ژئومورفولوژیک، به‌تنهایی بسیاری از مسائل و تنگناهای طبیعی توسعه را روشن می‌کند. این امر

1- Un- Habitat

به‌دلیل روش‌شناسی نگرش سیستمی است که در مطالعات ژئومورفولوژی مناطق جغرافیایی استفاده می‌شود. عوامل ژئومورفیک، در شکل‌گیری و توسعه فیزیکی سکونتگاه‌های شهری و روستایی نقش بسزایی دارند. همین امر کافی است تا اهمیت مطالعه‌های ژئومورفولوژی را در برنامه‌ریزی و عمران سکونتگاه‌ها، پیش از پیش نمایان سازیم، چرا که زمین‌های وسیع و گسترده‌ای که ترکیب شهر و روستا را نشان می‌دهند، خود تابع مورفولوژی و عوامل بازدارنده طبیعی هستند که به خودی خود، نقش واحدهای ژئومورفیک را در طراحی شهری بارزتر کرده‌اند. بررسی پیشینه مربوط به مطالعات تأثیر عوامل ژئومورفولوژیکی در مکان‌گزینی و توسعه شهری نشان می‌دهد *(اردجانی، ۱۳۹۵: ۱۳۶)*، علی‌رغم اهمیتی که مطالعات ژئومورفولوژیک در برنامه‌ریزی توسعه شهری دارد، برنامه‌ریزان کمتر به این موضوع پرداخته‌اند یا این که در غالب مطالعات زمین‌شناسی به‌صورت گذرا از این مبحث مهم عبور کرده‌اند. از جمله تحقیقاتی که در این زمینه در جهان و ایران صورت گرفته است عبارتند از:

لارسن و ویتالی[1] (۲۰۱۱) در پژوهشی به مکان‌یابی جهات بهینه توسعه شهری در شهر لندن، با استفاده از نقشه‌های ژئومورفولوژیکی و با تأکید بر پیش‌بینی افزایش و کاهش جمعیت در بازه‌های زمانی مختلف پرداختند ***(Larsen and Vitali, 2013:76)***.

مارینوتی[2] (۲۰۱۳) در مقاله خود، با عنوان هدایت توسعه شهری به مکان‌های مناسب، بررسی تأثیر توسعه‌ی شهری در کیفیت آب در محیط دهانه‌ی رودها به توصیف روش جدیدی پرداخت که توسعه مسکن از نظر فضایی تأثیر بر کیفیت آب را به حداقل برساند. این روش بر اساس برنامه‌ریزی با تجزیه‌وتحلیل چندمعیاره و معادلات موج حرکتی است ***(Maritoni, 2013: 59)***.

مارتین دیز و همکاران[3] (۲۰۱۵) نیز، مخاطرات هیدرولوژیک و ژئومورفولیک را که تعداد چشمگیری از شهرها و نواحی پیرا شهری سارایوو در معرض آن‌ها هستند بررسی کرده‌اند، همچنین به تبیین محدودیت‌های ژئومورفولوژیک ناشی از ساخت‌وسازهای شهری جدید پرداختند ***(Martin Dies et al., 2015: 376)***.

سانتوس و همکاران[4] (۲۰۱۷) پس از بررسی و تفسیر عکس‌های هوایی شهر آرماکائو داس بازیوس واقع در کشور برزیل، نقشه رشد شهری را در فاصله سال‌های ۱۹۷۶ تا ۲۰۰۶ تهیه و درنهایت با تلفیق دو نقشه مذکور تأثیر توسعه شهری را بر تنوع زمین‌ساخت منطقه تحلیل کرده‌اند ***(Santos et al., 2017: 184)***.

گارسیا آگوستین و کاماگرانده[5] (۲۰۲۰) به پژوهشی تحت عنوان شاخص ژئومورفولوژی پشتیبانی برای برنامه‌ریزی شهری پرداخته‌اند و در نهایت به این نتیجه رسیده‌اند که از شاخص‌های ژئومورفولوژی می‌توان به‌عنوان مبنایی برای تجزیه‌وتحلیل مرحله برنامه‌ریزی ساخت کلان‌شهرها استفاده کرد و همچنین ابزاری مهم برای اجرای برنامه‌های عملی هستند ***(Garcia Agustin and Cama Grande, 2020: 1)***.

عزیزی و همکاران (۲۰۲۲)[6] نیز در پژوهش خود به بررسی رویکرد مدل‌سازی یکپارچه برای رشد شهری و کاربری اراضی / تغییر پوشش کلان‌شهر تبریز تا سال ۲۰۵۰ پرداختند، در این تحقیق از چهار روش اتوماتای سلولی، زنجیره مارکوف، رگرسیون لجستیک و نسبت ارزیابی وزنی گام‌به‌گام استفاده کردند و همچنین برای انجام تجزیه‌وتحلیل رشد شهری منطقه، سه سناریو در نظر گرفتند، سناریو اول: رشد کنترل نشده، سناریو دوم: رشد حفاظت از محیط‌زیست، سناریو سوم: سناریو رشد و گسترش شهری بالاتر از میانگین پایه در نظر گرفته شده را تا سال ۲۰۵۰ پیشی‌بینی کردند ***(Azizi et al., 2022: 17)***.

در ایران نیز محققین بسیاری به این موضوع پرداخته‌اند، اسدی و همکاران (۱۳۹۶) در پژوهشی به موضوع پیش‌بینی توسعه فیزیکی شهر قائن با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و

1- Larsen and Vitali
2- Marinotti
3- Martin Dies et al
4- Santos et al
5- Garcia Agustin and Camagrande
6- Azizi etal

مدل زنجیره مارکوف تا افق ۱٤۰٤ پرداختند. نتایج حاصل از این تحقیق نشان می‌دهد که طی سال‌های ۱۳۷۹، ۱۳۸۹، ۱۳۹٦ مساحت کاربری محدوده‌های ساخته‌شده در شهر قائن افزایش داشته و این افزایش سبب نزدیک شدن به سازندهای رسی، گسل‌ها و آبراهه اصلی شده است *(اسدی و همکاران، ۱۳۹٦: ٦۷)*.

انور مرادی و همکاران (۱۳۹۷)، به مطالعه آمایش ژئومورفولوژیکی جنوب استان خراسان رضوی برای توسعه مناطق مسکونی براساس تلفیق مدل فازی و ANP پرداختند. نتایج بیانگر آن بود، حدود ۵۹ درصد مساحت منطقه موردمطالعه، با مساحتی حدود ۱۷۵٤۵ کیلومتر مربع، در طبقات بسیار نامناسب و نامناسب واقع‌شده که نشان از محدود بودن مکان‌های مناسب با توجه به شرایط ژئومورفولوژیکی منطقه برای فعالیت‌های ساخت‌وساز و ساخت مناطق سکونتگاهی جدید است *(مرادی و همکاران، ۱۳۹۷: ۸٤)*.

جعفری و مقیمی (۱۳۹۹) به بررسی، تعیین مناطق ممنوع ژئومورفولوژیکی به‌منظور مکان‌گزینی جهت‌های مناسب توسعه شهری از دیدگاه مخاطره در گستره شهری و پیراشهری بجنورد پرداختند. با این هدف و در رویکرد سیستمی متغیرهای محیطی شامل پارامترهای ژئومورفولوژی، زمین‌شناسی، توپوگرافی، هیدرولوژی و پارامترهای انسانی در محدوده مطالعاتی در قالب نقشه‌های طبقه‌بندی تهیه شد و فازی سازی لایه‌ها انجام گرفت *(جعفری و مقیمی، ۱۳۹۹: ٤۰۱)*.

سلمانی مقدم و همکاران (۱۳۹۹) به تحلیل و ارزیابی پارامترهای ژئومورفولوژیکی تأثیرگذار بر جهت‌های توسعه فیزیکی شهر بجنورد پرداختند، بر اساس نتایج به‌دست آمده از سال ۱۹۹۹ تا ۲۰۱٦، ۱۱/۱۰ کیلومترمربع به شهر بجنورد افزوده شده است و مجموع ۱٦/۵ درصد دشت بجنورد در کلاس مناسب و بسیار مناسب قرار دارد که منطبق بر مناطق غربی و جنوب غربی شهر بجنورد است *(سلمانی مقدم و همکاران، ۱۳۹۹: ۱٤۷)*.

خمر و بلوچ (۱٤۰۰) در پژوهشی به ارزیابی و تحلیل پهنه‌های بلافصل شهر نیک شهر به‌منظور تعیین جهات مناسب توسعه فیزیکی پرداختند. هدف از این تحقیق بررسی نحوه گسترش فیزیکی - کالبدی شهر نیک شهر با تأکید بر پراکنده‌رویی شهری، شناخت عوامل مؤثر در رشد فیزیکی- کالبدی شهر، شناخت توانمندی‌ها و محدودیت‌های توسعه فیزیکی شهر و ارائه راهکارهایی مناسب به‌منظور برنامه‌ریزی اصولی و عملی برای توسعه فیزیکی شهر بوده است. در این راستا برای رسیدن به اهداف خود و تجزیه‌وتحلیل اطلاعات از نرم‌افزار ARC GIS و از روش منطق فازی در محیط سیستم اطلاعات جغرافیایی استفاده کردند؛ و در پایان نیز به این نتیجه رسیدند که رشد بی‌برنامه شهر نیک‌شهر می‌تواند باعث بروز مشکلات عدیده‌ای شود و در نقطه مقابل، تلاش برای رشد عمودی و هوشمند به توسعه پایدار بیانجامد *(خمر و بلوچ، ۱٤۰۰: ۱۸۷)*.

براین اساس در تحقیق حاضر با درک مسئله و اهمیت مطالعات ژئومورفولوژی در توسعه شهری در پی شناسایی و مکان‌یابی توسعه بهینه شهر ماکو به‌عنوان یکی از شهرهای کوهستانی که با محدودیت‌های ژئومورفولوژیکی توسعه فیزیکی روبه‌رو است، پرداخته شده است. این شهر به واسطه قرار گرفتن در موقعیت مرزی پس از پایان جنگ تحمیلی با رشد و توسعه کالبدی چشمگیر و بی‌سابقه‌ای روبه‌رو بوده است و این امر سبب شده تا توسعه در این شهر گاهی بدون توجه به محدودیت‌های زمین‌ساختی به وقوع بپیوندد. در حال حاضر این شهر به لحاظ ظرفیت و فرصت‌هایی همچون موقعیت ممتاز ارتباطی و ژئوپلتیکی با دسترسی به کریدورهای تجارت بین‌المللی، نقش دروازه منطقه در زمینه بار و مسافر، وجود ذخایر ارزشمند و متنوع معدنی در منطقه، دسترسی نسبتاً مستقیم به دریای سیاه و مدیترانه از طریق بنادر ترابزون و مرسین، به یکی از شهرهای پویا در این بخش از کشور تبدیل شده و هر روز شاهد رشد و توسعه بیشتری است؛ به‌طوری که جمعیت شهر ماکو در طی یک دوره ٦۰ ساله از سال ۱۳۳۵ تا ۱۳۹۵

حدود ۸/۸ برابر شده است. به‌عبارت دیگر جمعیت این شهر از ۵,۳۰۶ نفر در سال ۱۳۳۵ به ٤٦,٥٨١ نفر در سال ۱۳۹۵ رسیده است. نرخ رشد جمعیت طی دوره ۹۰- ۱۳۳۵ برابر ۳/۷ درصد بوده است *(مرکز آمار ایران، ۱۳۹۵: ۱)*. به این ترتیب، پژوهش حاضر سعی دارد با بررسی محورهای مناسب توسعه شهری هدف این تحقیق پیشنهاد مکان‌های مناسب برای تعیین سمت توسعه فیزیکی شهر ماکو را داشته باشد. شهر ماکو برای توسعه‌ی فیزیکی خود، با تنگناها و موانع متعدد طبیعی مواجه است که بی‌توجهی به نقش آن‌ها در توسعه‌ی آتی، منشاءِ بسیاری از مسائل و مشکلات خواهد بود. رشد و افزایش جمعیت شهر ماکو، توسعه‌ی فیزیکی آن را در پی داشته است، اما این امر به‌دلیل محدودیت توسعه فیزیکی شهر، منجر به افت کیفیت زندگی شهری از نظر آسایش، ایمنی و زیبایی شده است. شهر ماکو دارای تنگناهای خاصی در توسعه فیزیکی است. مهم‌ترین این تنگناها از نظر مورفولوژی، چشم‌انداز منطقه است که آن را واحد کوهستان در برگرفته و متشکل از کوه‌ها و تپه‌هایی است که در محدوده فعلی یا در محدوده توسعه آتی شهر قرار دارند و از دیگر عوارض ژئومورفولوژیکی می‌توان به مخروط افکنه‌ها، گسل، شیب زیاد، لغزش و دره‌هایی که هم اکنون در محدوده شهر قرار دارند، اشاره کرد. توسعه شهر در مناطق کوهستانی به‌دلیل محدودیت‌های ژئومورفولوژیکی و ناپایداری دامنه‌ها از حساسیت بالایی برخوردار است.

در این تحقیق با توجه به شرایط خاص ژئومورفولوژی و توپوگرافی منطقه و محدودیت زمین برای توسعه فیزیکی و بعضاً شرایط بحرانی، اقدام به بررسی توسعه شهر با توجه به تنگناهای شهری شده است. در این راستا پرسش اصلی پژوهش حاضر این است که کدام یک از فرایندهای ژئومورفولوژی و محیطی به‌ترتیب اولویت، محدودیت بیشتری در توسعه شهری ماکو دارند؟ از دیدگاه ژئومورفولوژی مناسب‌ترین جهت برای توسعه فیزیکی شهر ماکو کدام جهت‌ها هستند؟

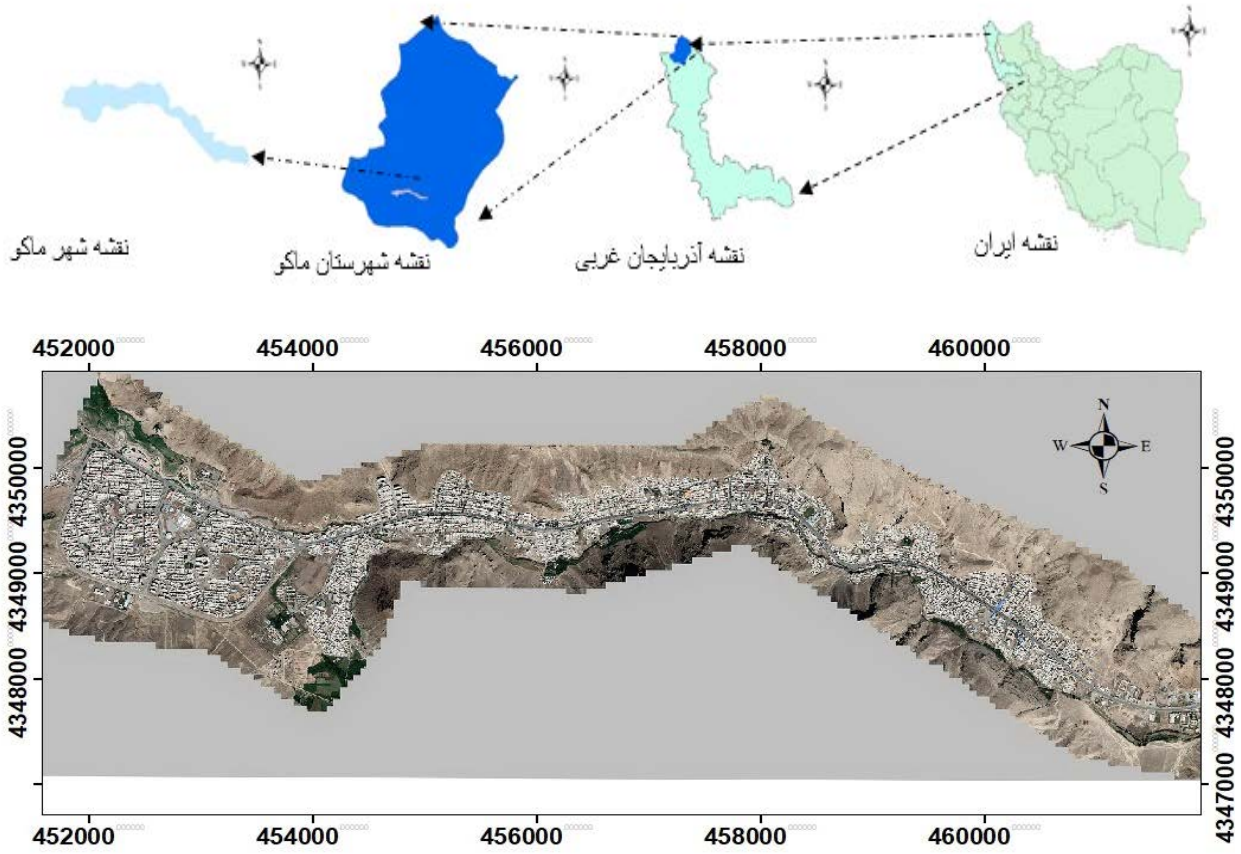
۲ - داده‌ها و روش پژوهش

۲- ۱- منطقه موردمطالعه

شهر ماکو با جمعیتی بیش از ٤٠ هزار نفر و با مساحتی حدود ۱۹۸۱ کیلومتر مربع در استان آذربایجان غربی، استقرار یافته است *(اداره کل راه و شهرسازی استان آذربایجان غربی، ۱۳۹۷: ۲۵)*. این منطقه از نظر شرایط طبیعی دارای آب‌وهوای نیمه‌خشک با تابستان گرم و زمستان سرد است و از اختلاف دمای سالانه بالایی برخوردار است، همچنین میانگین روزهای یخبندان در ایستگاه هواشناسی ماکو طی ٥/١١٦ روز محاسبه شده است. کوه‌ها بزرگ‌ترین ناهمواری‌های این شهر را تشکیل داده که از ارتفاع آن‌ها به سمت شرق و شمال منطقه کاسته می‌شود، کوه‌ها از سنگ‌های آهکی و ولکانیکی سخت تشکیل شده‌اند از این‌رو دارای پایداری نسبی بالایی در مواجهه با عوامل فرسایشی هستند. دره‌های این مناطق غالباً تنگ و V شکل بوده و شیب تند بیش از ٤٠ درصدی در این مناطق سبب شده تا ضخامت خاک اندک بوده و پوشش گیاهی نیز از نوع استپی باشد *(سازمان منطقه آزاد ماکو، ۱۳۹۸: ٤٠)*.

۲- ۲- داده‌های مورداستفاده و روند اجرای پژوهش

روش پژوهش از نوع توصیفی - تحلیلی با هدف کاربردی است. در این پژوهش، داده‌های خام از طریق مطالعات اسنادی و میدانی جمع‌آوری شده‌اند. این تحقیق به بررسی عوامل ژئومورفولوژیکی مؤثر در توسعه فیزیکی - کالبدی شهر ماکو می‌پردازد. برای ارزیابی توسعه بهینه اراضی شهری از مؤلفه‌های لیتولوژی، خاک، شیب، فاصله از رودخانه، جهت شیب، ارتفاع، کاربری اراضی، فاصله از گسل و جاده در محدوده پیرامون شهر ماکو استفاده شد. به‌منظور تجزیه‌وتحلیل داده‌ها و انتخاب مکان بهینه از تلفیق دو مدل فازی- الکتره و آنتروپی شانون استفاده شده است. برای تهیه لایه تناسب زمین لایه‌های موردنظر با استفاده از مدل فازی و توسط ابزار Raster calculator در محیط Arc GIS استاندارد و فازی شده و در قالب رستر به‌صورت

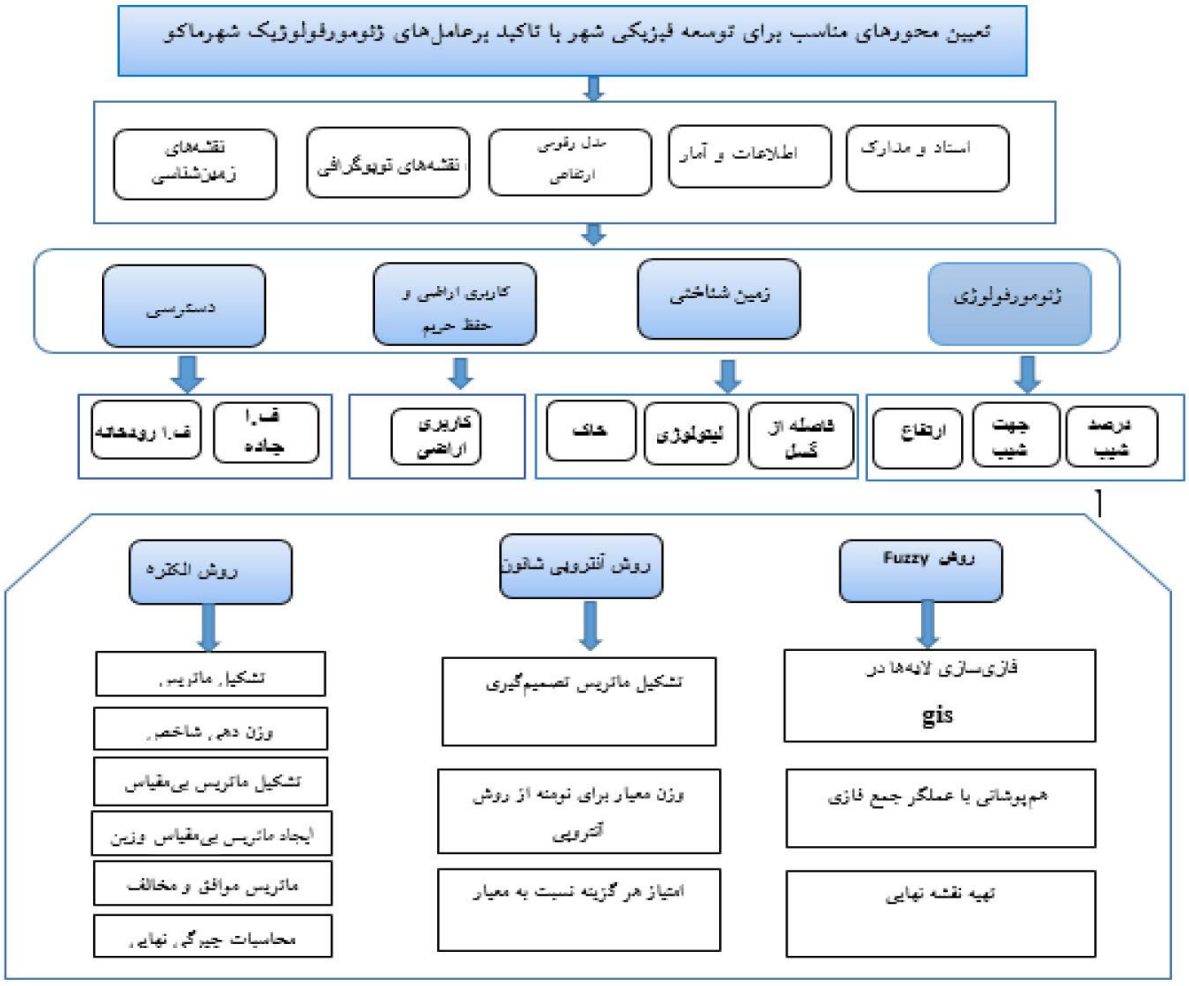


نگاره۱: موقعیت جغرافیایی شهر ماکو

ارزشی صفر تا یک درآمده‌اند. درنهایت باهم پوشانی لایه‌ها با استفاده از منطق فازی (گاما) برای توسعه بهینه شهر ماکو مشخص و سپس مسیر توسعه شهر ماکو در پنج گروه کاملاً مناسب، نسبتاً مناسب، مناسب، نامناسب و بسیار نامناسب طبقه‌بندی شد.

۲-۳- مدل الکتره - فازی

از روش‌های پرکاربرد تصمیم‌گیری چندمعیاره است. استفاده از روش الکتره فازی (electre - fuzzy) با توجه به ماهیت عدم اطمینان و ابهام موجود در ارزیابی مقایسات برای تکمیل ماتریسی عملکرد تصمیم‌گیری استفاده می‌شود. مخفف عبارت Elimination Et Choix Traduisant La Realite به‌معنای حذف و انتخاب مطابق با واقعیت است؛ که یکی از بهترین فنون تصمیم‌گیری چند شاخصه محسوب می‌شود *(نیک مهر و بخشوده ، ۱۴۰۰: ۴۵)*. اساس این مفهوم، غیررتبه‌ای است، یعنی لزوماً به رتبه‌بندی گزینه‌ها نمی‌انجامد و ممکن است گزینه‌هایی را حذف کند. این روش شامل چندین نسخه ***(ELECTRE I, II, III.TRI, IV)*** است که تمام آن‌ها دارای مبانی مفهومی پایه یکسان هستند و تنها ازنظر عملی قدری متفاوتند. در این روش از شاخص‌های کمّی و کیفی استفاده می‌شود و با مقایسات زوجی میان گزینه‌ها، رتبه‌بندی آن‌ها به‌دست می‌آید. روش الکتره، هم مانند دیگر مدل‌های تصمیم‌گیری برای انتخاب گزینه‌ی برتر بین چند گزینه کاربرد دارد. کارکرد این روش مشابه با مدل تاپسیس است و به دنبال اولویت‌بندی یا رتبه‌بندی گزینه‌ها از طریق معیارهای مختلف است. در روش الکتره هم باید



نگاره ۲: فرایند انجام پژوهش

وزن معیارها برای هر گزینه محاسبه شود *(پورطاهری، ۱۳۹۶: ۱۹۸)*. در این مطالعه به‌منظور اولویت‌بندی جهت‌ها از روش الکتره فازی استفاده شده که مراحل آن در ادامه متن تحقیق (جداول ۱ تا ۸) و نگاره ۲ بیان شده است.

۳- یافته‌های تحقیق و بحث

۳-۱- وضعیت ژئومورفولوژیکی منطقه

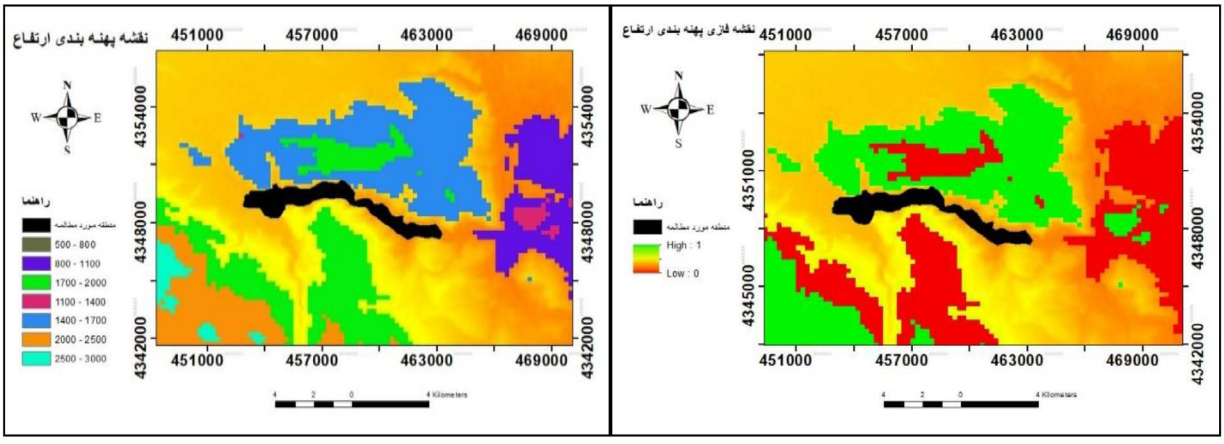
حوزه نفوذ طبیعی شهر ماکو متأثر از دو عامل ناهمواری و شبکه هیدروگرافی است که در این میان دیواره شمالی مشرف بر شهر که بنام رشته‌کوه قیه شناخته می‌شود و نیز دره عمیق شکل‌گرفته در پای آن‌که توسط رودخانه زنگمار و فرایندهای آتش‌فشانی به شکل کنونی درآمده است، از مهم‌ترین عوامل جغرافیایی و طبیعی هستند که در تعیین مرزها و حدودوثغور حوزه نفوذ شهر ماکو نقش اساسی دارند. به‌طوری‌که رودخانه زنگمار با جهت عمومی از غرب به شرق سرتاسر شهر ماکو را طی نموده و دره رودخانه بارون با جهتی عمود بر آن و حرکت از جنوب به سمت شمال از حاشیه روستای قلعه جوق به رودخانه زنگمار ملحق می‌شود. در محل التقاط این دو رودخانه نیز اراضی هموار که حاصل رسوبات و نهشته‌های رودخانه‌ای هستند شکل گرفته و به‌عنوان دشت ماکو قسمتی از حوزه نفوذ طبیعی این شهر را به‌وجود آورده‌اند. به این ترتیب از منظر جغرافیای طبیعی حوزه نفوذ شهر ماکو شامل دیواره‌های کوهستانی مشرف بر شهر و شبکه‌های آبراهه‌ای هستند که

از دامنه‌های این کوه‌های ستبر، رواناب‌های خود را به‌طور مستقیم وارد شهر نموده و در نهایت به رودخانه زنگمار می‌ریزند. همچنین اراضی هموار در دو سوی شرقی و غربی شهر پراکنش یافته است که به همراه تعدادی از آبادی‌ها و اراضی کشاورزی مربوط به آن‌ها محدوده حریم طبیعی شهر ماکو را هویت بخشیده‌اند *(سازمان منطقه آزاد ماکو، ۱۳۹۸: ۲۰)*.

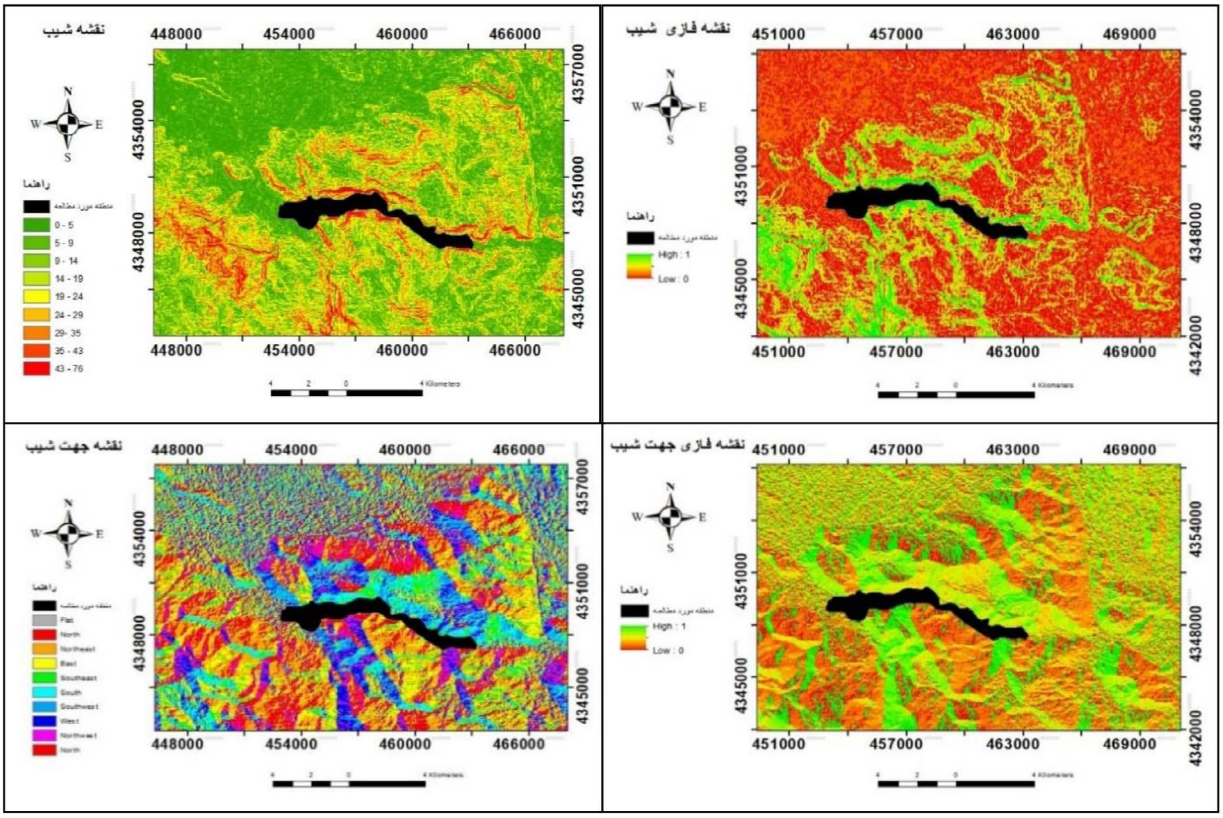
ارتفاع: در این تحقیق یکی از معیارهای مورد استفاده در رشد و توسعه فیزیکی، ارتفاع است. افزایش خطرات و حوادث باعث شده‌اند که شهرها در ارتفاعات زیاد قابلیت رشد و توسعه‌ی فیزیکی مناسب نداشته باشند. همچنین ارتفاعات زیاد باعث کاهش خدمات و تأسیسات زیر بنایی از قبیل جاده می‌شوند *(جلالی، ۱۳۹۶: ۱۲)*. توزیع مساحت طبقات ارتفاع در محدوده حوزه نفوذ بیانگر گسترش اراضی در طیف ارتفاع ۱۱۰۰ تا ۳۰۰۰ متر است و بیشترین مساحت منطقه در طیف ارتفاع ۱۴۰۰ تا ۱۶۰۰ متر قرار دارد. متوسط ارتفاع منطقه ۱۵۰۰ متر است و همراه با افزایش طبقات ارتفاع از مساحت پهنه‌ها نیز کاسته می‌شود، به‌طوری‌که طبقه ارتفاعی ۲۵۰۰ متر به بالا با مساحتی برابر با ۸۱۵ هکتار در حدود ۶ درصد از کل محدوده حوزه نفوذ را شامل شده است. نکته مهم اینکه مناسب‌ترین اراضی به لحاظ ارتفاعی در دامنه ارتفاعی ۱۱۰۰ تا ۱۴۰۰ متر قرار دارند و خوشبختانه اراضی هموار و کم شیب نیز که منطبق بر دشت‌ها و سواحل هموار پیرامون رودخانه زنگمار هستند در همین طیف ارتفاعی قرار دارند. با توجه به شرایط منطقه عامل ارتفاع به‌صورت تابع خطی کاهنده تعریف شد (نگاره۳). به‌این ترتیب ارتفاعات نزدیک به ۱۱۰۰ تا ۱۴۰۰ متری و کمتر، ارزشی نزدیک به یک و ارتفاعات بیشتر، ارزش به صفر میل کرده و با افزایش ارتفاع از اهمیت پیکسل‌ها کاسته می‌شود.

شیب و جهت شیب: معمولاً برای احداث شهرها در مطالعات مکان‌یابی آن‌ها، شیب تا ۲۰ درجه در نظر گرفته می‌شود و درشیب‌های بالای ۲۰ درجه ساخت و سازی انجام نمی‌شود، زیرا ساخت شهرها در این شیب‌ها از نظر اقتصادی مقرون‌به‌صرفه نیست. مناسب‌ترین شیب برای توسعه مسکونی، شیب ۱ تا ٦ درجه است *(مقیمی و همکاران، ۱۳۹٦: ٤١٠)*. با توجه به شرایط منطقه به شیب‌های ۱ تا ٦ درجه که مناسب برای نقاط مسکونی هستند ارزش ۱ داده شد، شیب ٦ تا ۲۰ درجه به‌عنوان اولویت دوم ارزش بین یک تا صفر دریافت کرد به این معنی که هر چه درجه شیب افزایش پیدا کند، از ارزش پیکسل‌ها کاسته شده و به سمت صفر میل می‌کنند (نگاره ٤).

رودخانه: آبراهه‌ها و مسیل‌های شهرها، مانند دیگر عناصر طبیعی با فعالیت انسان در ارتباط متقابل قرار می‌گیرد. مسیل‌ها می‌توانند به‌عنوان معابر مستعد برای تخلیه رواناب‌های سطحی درختکاری و ایجاد فضاهای سبز شهری و شریان‌های منظر ساز، مورد استفاده قرار گیرند و از



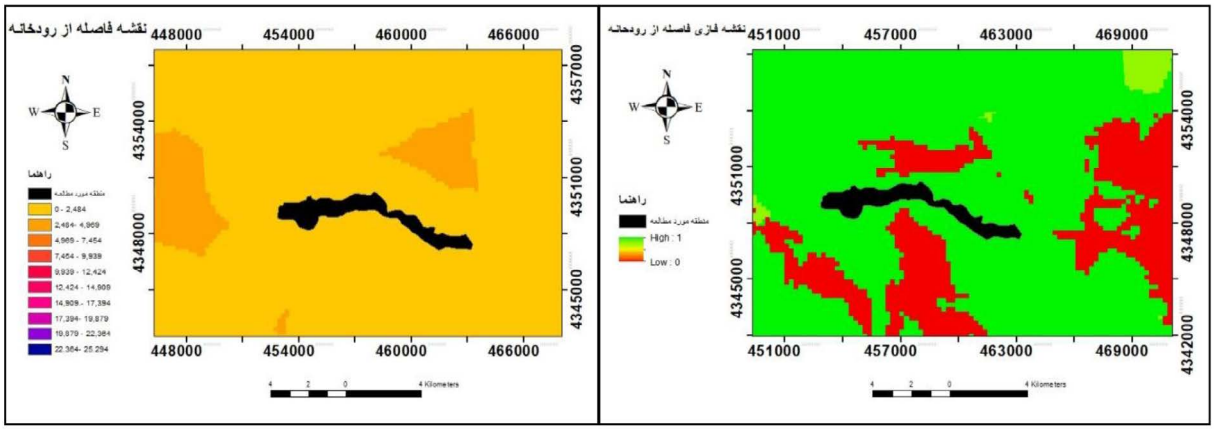
نگاره۳: نقشه طبقات ارتفاعی و فازی شده محدوده مورد مطالعه



نگاره٤: نقشه شیب و جهت شیب و فازی شده محدوده موردمطالعه

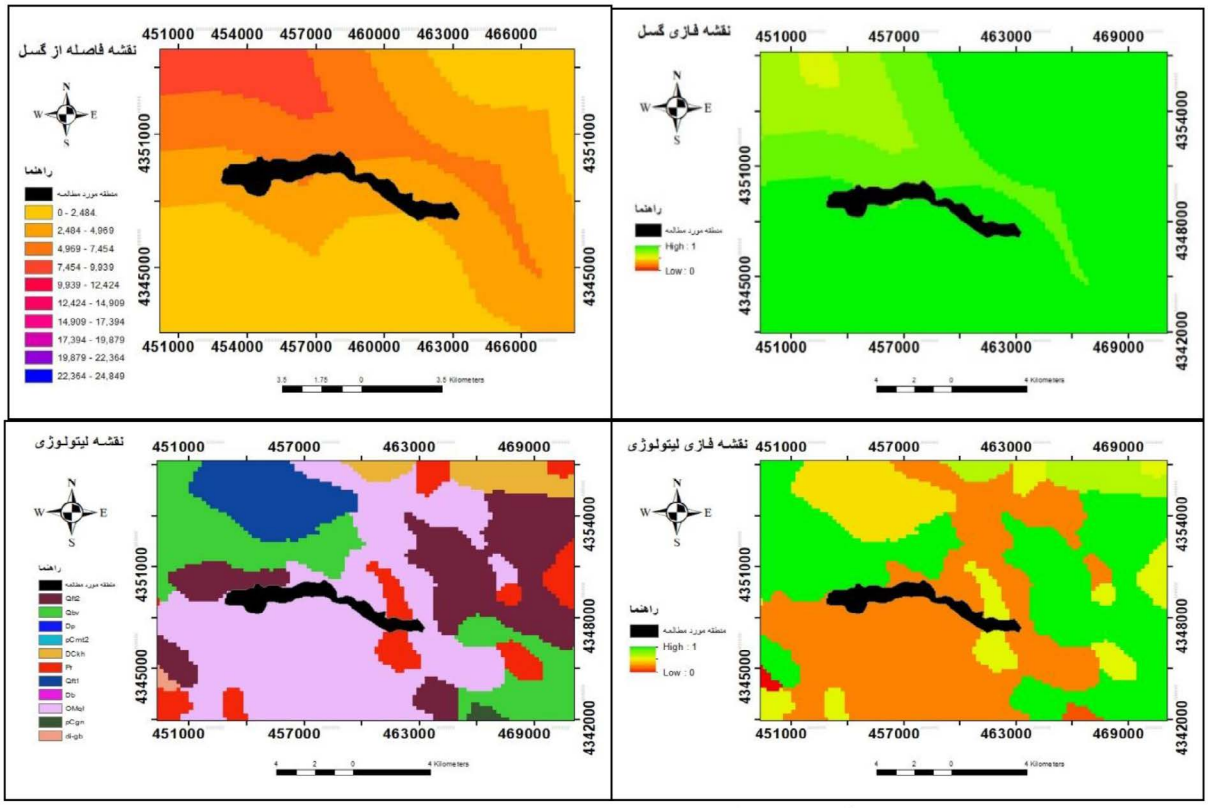
سوی دیگر رعایت نکردن حریم و ماندگاری آن‌ها می‌توانند موجب خطرات سیل و یا ناپایداری زئومرفیک شوند. استفاده اصولی و طبیعی از شبکه آبراهه‌ها ضمن سلامت حوضه، زمینه را برای بهره‌برداری‌های زیست‌محیطی و فضای سبز فراهم نموده، تهدیدات آن‌ها را در توسعه جامع شهر به فرصت تبدیل خواهد کرد *(تقوایی و همکاران، ۱۳۹۲: ٤٥)*. بنابراین با در نظر گرفتن شرایط رودخانه‌های منطقه ازنظر عرض رودخانه و شیب سواحل کناره آن‌که در میزان گسترش سیلاب مؤثر است، یک حریم ۲۰۰ متری برای رودخانه و شاخه‌های رود در نظر گرفته شد، به این معنی که از فاصله صفر تا ۲۰۰ متری از رودخانه به دو طرف آن، کم‌ترین ارزش داده شد. نگاره (۵) نقشه فازی شده فاصله از رودخانه را نشان می‌دهد که با دور شدن از حریم تعیین‌شده برای آن، ارزش پیکسل‌ها به صفر نزدیک است.

لیتولوژی و گسل: با توجه به آیین‌نامه حریم گسل، در فاصله یک کیلومتری گسل نباید ساخت‌وساز مسکونی ایجاد کرد بلکه این منطقه را می‌توان به محیط تفریحی ازجمله پارک و فضای سبز اختصاص داد *(عمادالدین و نامجو، ۱۳۹۲: ۹۲)*. کشور ایران از زلزله‌خیزترین مناطق جهان به شمار می‌رود که این امر سبب فعالیت بیشتر گسل‌ها در نقاط مختلف کشور و به‌ویژه در شمال غرب و منطقه ماکو شده است. مهم‌ترین گسل واقع‌شده در محدوده شهر ماکو گسل زنگمار چای است که از داخل شهر عبور می‌کند. به‌این‌سان دره ماکو یک دره خط گسل است. گسل اصلی منطقه ماکو تداوم یک گسل امتداد از راست‌گرد است که از کوه‌های زنجان سلطانیه در ایران تا آرارات در ترکیه تداوم دارد. در این پژوهش مناطق با پتانسیل ضعیف زلزله نقاط مساعد برای توسعه آتی سکونتگاه محسوب می‌شوند. به‌منظور فازی‌سازی لایه گسل ابتدا حریم ۱۰۰۰ متری برای خطوط گسلی تعریف‌شده و ارزش صفر به آن داده شد.



نگاره۵: نقشه فاصله از رودخانه و فازی‌شده محدوده مورد مطالعه

دیگر عامل زمین‌شناسی، لیتولوژی است. ارتباط مستقیمی بین پدیده‌های ژئومورفولوژی با شرایط زمین‌شناسی وجود دارد که در مطالعات مکان‌یابی و یا توسعه مسکونی به سه منظور انجام می‌شود: شناخت مقاومت و پایداری زمین، شناخت فعالیت تکتونیکی و سابقه لرزه‌زایی، بررسی امکانات اقتصادی. با توجه به اینکه هدف از پژوهش حاضر مکان‌یابی مناطق مستعد برای اهداف توسعه شهری است، سازندهای مقاوم ارزش و اهمیت بیشتری دارند. نقشه فازی‌سازی لایه فاصله از گسل و لیتولوژی در نگاره (٦) نشان داده شده است. نهشته‌های کواترنری (سازنده‌های مخروط‌افکنه و پادگانه‌های قدیمی) بیشترین امتیاز را دارند. سازندهای شیلی، مارنی، آهکی نیز امتیاز متوسط را به خود

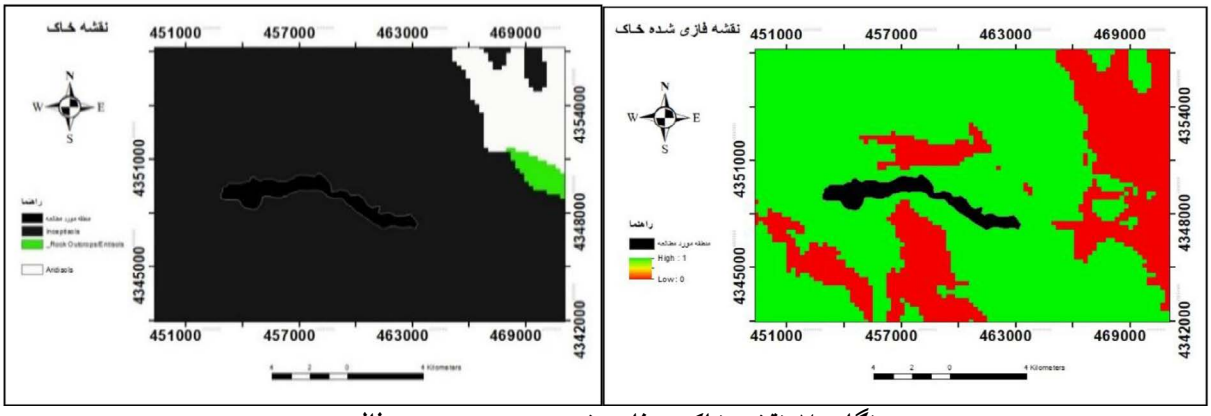


نگاره٦: نَقشه گسل و لیتولوژی و فازی‌شده محدوده مورد مطالعه

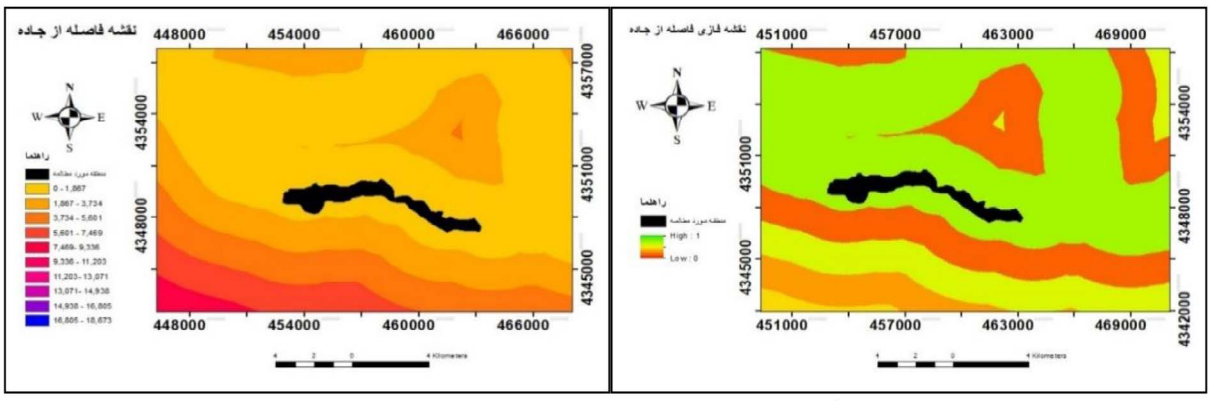
اختصاص داده‌اند.

خاک: تشکیل خاک بیشتر تحت‌تأثیر سنگ مادر و آب‌وهوا است. در این منطقه عوامل ارتفاع و ناهمواری نیز بر شکل‌گیری خاک تأثیر گذاشته است. خاک‌های منطقه متشکل از چهار واحد فیزیوگرافی هستند که عبارتند از: آبرفت‌های بادبزنی شکل سنگریزه‌دار، شامل اراضی سمت چپ و راست رودخانه که در نزدیک کوه‌ها قرار دارند؛ دشت مرتفع، دشت آبرفتی و آبرفت رودخانه‌ای که خاک‌های رودخانه‌ای هستند. بافت خاک در بخش محوری دشت شامل آبرفت‌های بادبزنی شکل سنگین و دارای ۱۵ تا ۷۵ درصد سنگریزه است. ساختمان خاک در مناطق آبرفتی دارای ساختمان مکعب گوشه‌دار ضعیف است. قابلیت نفوذپذیری خاک خیلی‌کم تا متوسط بوده، عمق خاک دشت در برخی مناطق زیاد و جزء خاک‌های خیلی عمیق به‌حساب می‌آید. خاک اراضی شیب‌دار دارای عمق متوسط تا کم (معمولاً حدود ۵۰ تا ۸۵ سانتی‌متر) است. همچنین اسیدیته خاک کمتر از ۸/۵ است، لذا از نظر شوری و قلیایی بودن خاک منطقه محدودیتی وجود ندارد و میزان فرسایش آبی در خاک‌های شیب‌دار کم تا متوسط است (نگاره ۷) *(وزارت نیرو، ۱۳۸۸: ۳۰)*.

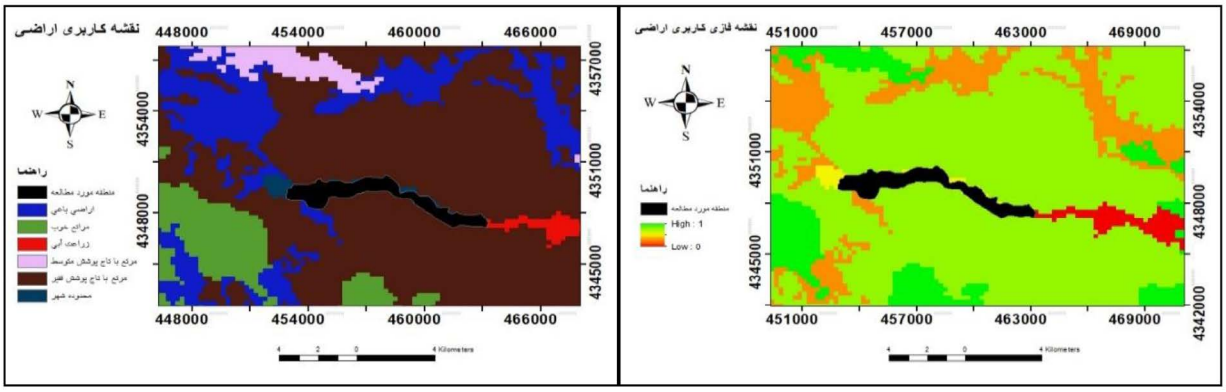
فاصله از جاده: در این تحقیق یکی از معیارهای مورد توجه در بحث زیرساخت‌ها، قرارگیری خطوط ارتباطی است. همان‌طور که در نگاره (۸) نشان داده شده، جاده در قسمت مرکزی نقشه قرار گرفته است. توسعه و گسترش شهر در ارتباط با جاده به‌صورت مستقیم است. یعنی با نزدیک شدن به جاده فضا برای ساخت و گسترش شهری مناسب می‌شود. هرچند باید حریم جاده رعایت شود. قسمت‌های مرکزی نقشه که فاصله‌ی ۲۰۰ متر را به خود اختصاص داده بهترین مکان برای توسعه فیزیکی متناسب با خطوط انتقال هستند. توسعه شهری متناسب با خطوط انتقال به ایجاد



نگاره ۷: نقشه خاک و فازی‌شده محدوده مورد مطالعه



نگاره ۸: نقشه فاصله از جاده و فازی شده محدوده موردمطالعه



نگاره۹: نقشه کاربری اراضی و فازی‌شده محدوده موردمطالعه

شهرهای خطی منتهی می‌شود. بنابراین توجه به این معیار در برنامه‌ریزی توسعه کالبدی شهرها الزامی است. ضمن این تأثیرات، چون معضلات ترافیکی ارتباط مستقیمی با عرض معابر دارند، برای جلوگیری از بارگذاری و تراکم بیش‌ازحد در اطراف محورهای ارتباطی تا فاصله ۲۰۰ متر از معابر، امتیاز کمتر و به بیش از ۲۰۰ متر با افزایش فاصله، امتیاز کمتری داده شده است.

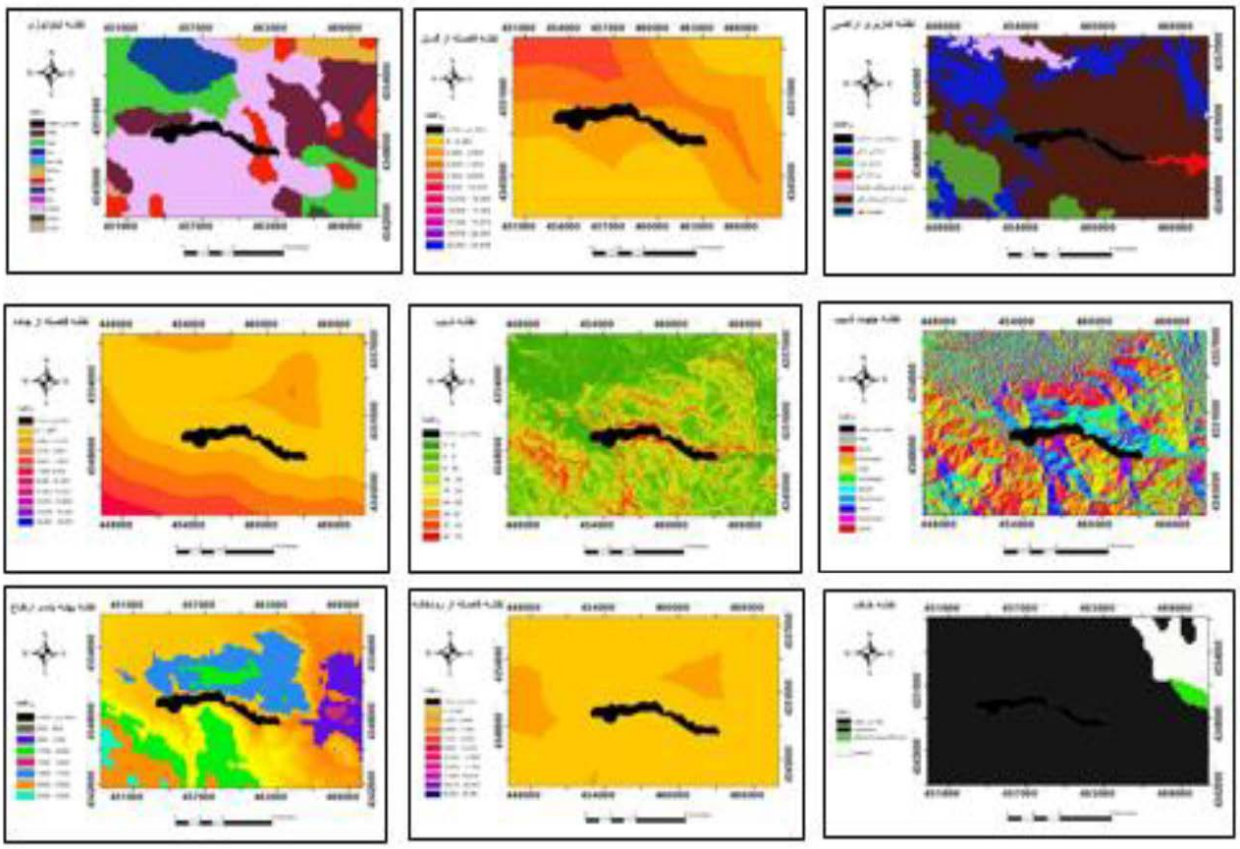
کاربری اراضی: در پژوهش حاضر در کنار پارامترهای ژئومورفولوژیکی، زمین‌شناختی و دسترسی، پارامتر انسانی کاربری اراضی و فاصله از نقاط شهری نیز در نظر گرفته شده است. توسعه شهری و تغییرات الگوهای کاربری زمین باعث ایجاد تأثیرات گسترده اجتماعی و زیست‌محیطی می‌شود. این تأثیرات شامل کاهش فضاهای طبیعی، افزایش تجمع وسایل نقلیه، کاهش زمین‌های کشاورزی با توان تولید بالا، تأثیر بر زهکش‌های طبیعی و کاهش کیفیت آب است. با تعیین محدوده‌های دقیق کاربری‌ها، یک سری از اراضی، به‌عنوان نمونه زمین‌های کشاورزی، مراتع درجه‌یک و جنگل‌ها و حریم‌های حفاظتی بایستی از امر شهرسازی خارج شده و به کاربردهای دیگر اختصاص یابند *(مرادی و همکاران، ۱۳۹۸: ۷۴)*. در منطقه موردمطالعه با توجه به اهمیت باغات و اراضی کشاورزی، برنامه‌ریزی باید به‌گونه‌ای باشد که این اراضی کمتر دچار تخریب و تغییر کاربری شوند. همچنین در روند گسترش نقاط مسکونی فاصله از بافت و محدوده کنونی نیز دارای اهمیت است. چراکه عامل دسترسی به خدمات و امکانات مرکزی شهر مطرح می‌شود. بهترین مکان‌ها برای توسعه سکونتگاه، مناطقی هستند که علاوه بر سایر شرایط به محدوده کنونی شهر و یا محدوده روستاهایی که به شهر خواهند پیوست نزدیک باشند. با لحاظ کردن این مسائل در مورد لایه فاصله از سکونتگاه، هر چه فاصله مورد بحث از مناطق مسکونی کمتر باشد، برای اهداف مورد نظر مناسب‌تر است(نگاره ۹).

۳-۲- محاسبات

ایجاد ماتریس کارایی تصمیم‌گیری و آماده‌سازی لایه‌ها

تعیین مقادیر وزن معیارها: میزان اهمیت و وزن هرکدام از معیارها، یکی دیگر از داده‌هایی است که برای اجرای مدل لازم است. برای این کار از وزن‌دهی به روش آنتروپی شانون استفاده شده است. این روش بر این پایه استوار است که هر چه پراکندگی در مقادیر یک شاخص بیشتر باشد، آن شاخص از اهمیت بیشتری برخوردار است. برای محاسبه اوزان شاخص‌ها به‌ترتیب جدول (۱) عمل می‌شود. جدول (۱) وزن معیارها را نشان می‌دهد.

نرمال‌سازی با بی‌مقیاس‌سازی ماتریس: شاخص‌های کمی، مقیاس اندازه‌گیری مخصوص به خود را دارند که این کار مقایسه‌ی آن‌ها با یکدیگر را غیرممکن می‌کند؛ بنابراین باید به روشی آن‌ها را، مستقل از واحد، اندازه‌گیری کرد تا بتوان عمل مقایسه را انجام داد. ماتریس بی مقیاس وزین در جدول (۲) ارائه شده است.



نگاره۱۰: نقشه پارامترهای به‌کار رفته در پژوهش

جدول۱: وزن معیارها در مدل ELECTRE

شیب	جهت شیب	ارتفاع	فاصله از گسل	لیتولوژی	فاصله از رودخانه	خاک	فاصله از جاده	کاربری اراضی
0.098	0.151	0.458	0.126	0.0728	0.0912	0.274	0.0731	0.065

جدول۲: ماتریس بی‌مقیاس وزین

ماتریس وزین	کاربری اراضی	فاصله از جاده	خاک	فاصله از رودخانه	لیتولوژی	فاصله از گسل	ارتفاع	جهت شیب	شیب
شمال	0.0099	0.0085	0.0114	0.0129	0.0257	0.0157	0.0163	0.0376	0.0329
شمال شرق	0.0199	0.0171	0.0573	0.0469	0.0429	0.0223	0.0188	0.0123	0.0376
شرق	0.0398	0.0386	0.0458	0.0462	0.0085	0.0565	0.0204	0.0057	0.0023
جنوب شرق	0.0199	0.0343	0.0688	0.0235	0.0257	0.0062	0.0098	0.0269	0.0446
جنوب	0.0099	0.0128	0.0057	0.0127	0.0085	0.0314	0.0253	0.0549	0.0517
جنوب غربی	0.0199	0.0257	0.1376	0.0124	0.0257	0.0534	0.0090	0.0640	0.0235
غرب	0.0298	0.0343	0.2121	0.0415	0.0257	0.0503	0.0114	0.0741	0.0211
شمال غرب	0.0199	0.0171	0.0344	0.0348	0.0257	0.0754	0.0106	0.0894	0.0399

تشکیل ماتریس هماهنگی و ناهماهنگی: این شاخص به‌صورت زوجی به ازای هر شاخص محاسبه می‌شود. به این صورت که اگر جهتی ازنظر شاخص اول نسبت به دیگر برتری داشته باشد. عدد ۱، در غیر این صورت عدد صفر می‌گیرد. عدد ۱ نشان‌دهنده‌ی برتری و عدد صفر نشان‌دهنده‌ی عدم برتری است که برای ممانعت از طولانی

شدن مطالب از ارائه آن‌ها خودداری شده است.

تشکیل ماتریس هماهنگ مؤثر و ناهماهنگ مؤثر: در این مرحله، باید درجه‌ی اعتبار رابطه‌ی غیرترتبه‌ای برای مقایسه زوجی گزینه‌ها از طریق ترکیب شاخص‌های مقادیر هماهنگی و ناهماهنگی محاسبه شود. محاسبات مورد نظر از طریق رابطه مذکور صورت گرفته و در نتیجه ماتریس هماهنگ مؤثر و ناهماهنگ مؤثر که بیان‌گر درجه اعتبار و برتری یک گزینه بر گزینه دیگر براساس جمیع شاخص‌ها است، مطابق جداول (۵) و (٦) به دست می‌آید.

تشکیل ماتریس چیرگی نهایی: در گام آخر باید نسبت به رتبه‌بندی گزینه‌ها و رتبه‌بندی نهایی آن‌ها اقدام کرد. به‌این منظور ابتدا باید ماتریس هماهنگ مؤثر را در ماتریس ناهماهنگ ناموثر ضرب کرد و ماتریس کلی را تشکیل داد. ماتریس کلی، نتیجه کلیه مراحل ذکر شده است (جدول ۷).

جدول۳: ماتریس هماهنگ

ماتریس هماهنگی	شمال	شمال شرق	شرق	جنوب شرق	جنوب	جنوب غرب	غرب	شمال غرب
شمال	-	0.210972	0.376809	0.69019	0.26455	0.401103	0.165261	0.632775
شمال شرق	0.789026	-	0.503777	0.606186	0.65118	0.71506	0.606186	0.662058
شرق	0.72457	0.496221	-	0.926032	0.760771	0.78845	0.597602	0.671568
جنوب شرق	0.411189	0.393812	0.175347	-	0.44739	0.401103	0.210255	0.495193
جنوب	0.735448	0.559073	0.239227	0.552608	-	0.401103	0.165261	0.735448
جنوب غرب	0.700276	0.284938	0.312929	0.700276	0.598895	-	0.351722	0.80915
غرب	0.936118	0.393812	0.503777	0.891124	0.834737	0.749657	-	0.80915
شمال غرب	0.367223	0.33794	0.402396	0.504805	0.26455	0.299722	0.190848	-

جدول٤: ماتریس ناهماهنگ

ماتریس ناهماهنگی	شمال	شمال شرق	شرق	جنوب شرق	جنوب	جنوب غرب	غرب	شمال غرب
شمال	-	1	1	1	0.928873	1	1	1
شمال شرق	0.777091	-	1	0.421307	0.997232	1	1	0.185549
شرق	0.118059	0.449191	-	0.099752	0.390035	0.599838	0.747707	0.155637
جنوب شرق	0.530838	1	1	-	1	1	1	0.828021
جنوب	1	1	1	0.430781	-	1	1	0.801018
جنوب غرب	0.195221	0.578327	1	0.597562	0.608581	-	1	0.664785
غرب	0.133903	0.274821	1	0.127839	0.561767	0.108003	-	0.11901
شمال غرب	0.742546	1	1	1	1	1	1	-

جدول۵: ماتریس هماهنگ مؤثر

ماتریس بولینی هماهنگی	شمال	شمال شرق	شرق	جنوب شرق	جنوب	جنوب غرب	غرب	شمال غرب
شمال	-	0	0	1	0	0	0	1
شمال شرق	1	-	0	1	1	1	1	1
شرق	1	0	-	1	1	1	1	1
جنوب شرق	0	0	0	-	0	0	0	0
جنوب	1	1	0	1	-	0	0	1
جنوب غرب	1	0	0	1	1	-	0	1
غرب	1	0	0	1	1	1	-	1
شمال غرب	0	0	0	0	0	0	0	-

جدول٦: ماتریس ناهماهنگ مؤثر

ماتریس بولینی ناهماهنگی	شمال	شمال شرق	شرق	جنوب شرق	جنوب	جنوب غرب	غرب	شمال غرب
شمال	-	0	0	0	0	0	0	0
شمال شرق	0	-	0	1	0	0	0	1
شرق	1	1	-	1	1	1	0	1
جنوب شرق	1	0	0	-	0	0	0	0
جنوب	0	0	0	1	-	0	0	0
جنوب غرب	1	1	0	1	1	-	0	1
غرب	1	1	0	1	1	1	-	1
شمال غرب	0	0	0	0	0	0	0	-

جدول۷: ماتریس چیرگی نهایی

ماتریس چیرگی	غرب	جنوب غربی	جنوب	جنوب شرق	شرق	شمال شرق	شمال
شمال	0	0	0	0	0	0	-
شمال شرق	0	0	0	1	0	-	1
شرق	0	0	0	0	-	0	0
جنوب شرق	0	0	1	-	0	0	1
جنوب	0	0	-	0	0	0	0
جنوب غربی	0	-	1	1	1	1	1
غرب	-	1	1	1	1	1	1
شمال غرب	0	0	1	1	0	0	1

در این ماتریس، با توجه به جمع هر سطر، جایگاه هر جهت نسبت به جهت‌های دیگر ازنظر اولویت توسعه فیزیکی رتبه‌بندی می‌شود. جدول (۸) ماتریس نهایی را نشان می‌دهد.

جدول۸: ماتریس H و رتبه جهت‌ها

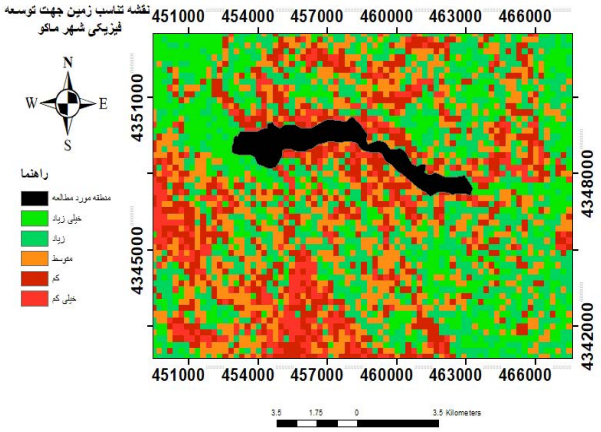
نتیجه	تعداد چیرگی
شرق	۵
غرب	۵
جنوب غرب	۱
شمال شرق	۲
شمال	۰
جنوب	۰
جنوب شرق	٤
شمال غرب	۰

۳-۳- کلاس‌بندی پتانسیل‌های توسعه آتی شهر ماکو

در این مرحله نقشه پتانسیل نهایی توسعه شهر ماکو از روی‌هم گذاری لایه‌های مختلف اطلاعاتی تهیه و بر اساس طیف لیکرت طبقه‌بندی شد. در این طبقه‌بندی اراضی مناسب توسعه شهری در پنج گروه اراضی با پتانسیل توسعه خیلی کم، کم، متوسط، زیاد و خیلی زیاد در نظر گرفته شد. براساس نقشه فوق بخش عمده‌ای از اراضی بلافصل شهر در بخش شرقی و غربی برای توسعه شهری قرار دارند. اراضی جنوب و شمال شهر محدوده کالبدی ماکو نیز از تناسب کم و یا خیلی کمی برای توسعه آتی شهر برخوردار هستند. نزدیکی به کانون‌های وقوع زلزله، فاصله اندک نسبت به رودخانه و قرار گرفتن در مسیر سیلاب از عمده دلایل عدم تناسب اراضی فوق برای توسعه کالبدی شهر ماکو است. اراضی واقع در شرق و غرب در مسیر ورودی این شهر از سمت شوط و بازرگان به‌عنوان تنها محدوده

بلافصل شهر است که تناسب زیادی برای توسعه آتی این شهر دارد (نگاره ۱۱).

نقشه‌های حاصل از طبقه‌بندی نقشه کاربری اراضی در پنج طبقه جنگل، مرتع، اراضی کشاورزی، اراضی ساخته‌شده و سطوح آبی تهیه شد که برای این کار از روش طبقه‌بندی شیءگرا و الگوریتم اساین کلاس برای تهیه نقشه کاربری‌ها برای سال‌های ۲۰۱۰، ۲۰۱۵ و ۲۰۱۹ استفاده شد. دقت کاپا برای نقشه‌های تولیدشده به ترتیب از راست به چپ ۸۷٪، ۹۰٪ و ۹۱٪ است.



نگاره ۱۱: کلاس‌بندی نقشه نهایی مکان بهینه توسعه فیزیکی شهر ماکو

٤- نتیجه‌گیری

با توجه به تداوم روند افزایش جمعیت در شهرها و گسترش شتابان شهرنشینی و درنتیجه نیاز فزاینده به فضای زیستی جمعیت، تأمین مکان مناسب برای توسعه‌های آتی شهرها یکی از مسائل مهم برنامه‌ریزی و مدیریت شهری است. در این راستا، به‌دلیل اهمیت فرایندها و نقش مؤثر عامل‌های ژئومورفولوژیک در میزان مطلوبیت مکانی عرصه‌های توسعه شهری، پژوهش حاضر وضعیت مؤلفه‌های ژئومورفولوژیک را در اراضی بلافصل محدوده کالبدی شهر ماکو بررسی کرده که عبارت است از: شیب، جهت شیب، فاصله از گسل، ارتفاع، فاصله از رودخانه، لیتولوژی و خاک. با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی، نقشه‌های هریک از این مؤلفه‌ها تهیه و از سوی دیگر، جهت‌های محتمل توسعه در قالب هشت جهت جغرافیایی (شمال، شمال شرق، شرق، جنوب شرق، جنوب، جنوب غرب، غرب و شمال غرب) به‌عنوان گزینه‌های توسعه کالبدی مفروض شده است. سپس ساختاری سلسله مراتبی از مسئله شامل هدف، معیارها و گزینه‌ها تنظیم و گزینه‌های محتمل توسعه با استفاده از فرایند تحلیلی سلسله مراتبی ازنظر مؤلفه‌های ژئومورفولوژیک مقایسه و ارزیابی‌شده است. در میان هفت عامل ژئومورفولوژیک مورد مطالعه دو عامل «ارتفاع» و «لیتولوژی» بالاترین ضریب اهمیت و عامل‌های «جهت شیب» و «فاصله از رودخانه» نیز کمترین اهمیت را دارند. نتایج تحلیل مقایسه‌ای جهت‌های هشت‌گانه جغرافیایی ازنظر عامل‌های ژئومورفولوژیک نیز نشان می‌دهد که از نظر عامل لیتولوژی جهت‌های شرق، غرب و شمال غرب در مقایسه با سایر گزینه‌ها مطلوبیت بیشتری دارند. از نظر عامل ارتفاع جهت‌های شمال شرق و شرق مناسب‌ترند و از نظر عامل فاصله از گسل جهت‌های غرب و شمال غرب اولویت بیشتری دارند. مقایسه گزینه‌ها از نظر عامل خاک نیز حاکی از مطلوبیت بیشتر جهت‌های شمال شرق و شمال غرب است. فاصله از رودخانه، مؤلفه دیگری بود که بر اساس تحلیل‌های انجام شده، جهت‌های شرق و جنوب شرق، عرصه‌های مساعدتری برای توسعه شهری از نظر این مؤلفه تشخیص داده شدند؛ و در نهایت، از نظر معیار جهت شیب، اراضی واقع در جنوب شرق شهر با مطلوبیت بیشتری مواجه هستند. پس از مشخص شدن ضریب اهمیت معیارها و امتیاز نسبی گزینه‌ها از نظر هریک از عامل‌های مورد مطالعه، ضرایب اهمیت معیارها و وزن نسبی گزینه‌ها در چهارچوب روش فرایند تحلیل سلسله مراتبی تلفیق و امتیاز هریک از جهت‌های هشت‌گانه جغرافیایی به‌این شرح محاسبه شد، شرق با چیرگی ۵، غرب ۵، جنوب غرب ۱، شمال شرق ۲، شمال ۰، جنوب ۰، جنوب شرق ٤، شمال غرب ۰، به‌این ترتیب از نظر عامل‌های ژئومورفولوژیک مورد مطالعه در این پژوهش، جهت‌های شرق، غرب و

جنوب شرقی به‌عنوان اولویت محورهای توسعه کالبدی آتی توسعه شهر ماکو پیشنهاد می‌شوند.

۵ - پیشنهادات

- به‌کارگیری نتایج حاصل از این پژوهش در آمایش سرزمین و طرح‌های عمرانی محدوده مورد مطالعه.
- به‌منظور ارزیابی توسعه کالبدی شهر پیشنهاد می‌شود از سایر مدل‌ها (همچون شبکه عصبی، هوش مصنوعی، سلول‌های اتومات و غیره) در پژوهش‌های مربوط بررسی و مطالعه صورت گیرد.
- محدود کردن توسعه فیزیکی شهر و توجه بیشتر به اراضی و فضاهای خالی درون‌شهری (توسعه درون‌زا) همراه با بازآفرینی بافت‌های فرسوده شهری.
- توسعه سکونتگاهی در مناطق مطلوب از دید پارامترهای ژئومورفولوژیکی و حفظ حریم در فواصل رودخانه و گسل‌های فعال منطقه شهری ماکو.

٦ - منابع و مآخذ

۱- اسدی، اکبری، شفیعی؛ احمد، ابراهیم، نجمه (۱۳۹۹). پیش‌بینی توسعه فیزیکی شهر قائن با استفاده از تصاویر ماهواره‌ی. برنامه‌ریزی فضایی، دوره ۱۰، شماره ۱، ص٦٧- ٨٤.

۲- پورطاهری، مهدی (۱۳۹٦). کاربردهای روش‌های تصمیم‌گیری چند شاخصه در جغرافیا. ناشر سازمان سمت، چاپ ششم، تهران، ایران

۳- تقوایی، قیومی محمدی، نصیری؛ مسعود، حمید، یوسف(۱۳۹۲). تحلیل فضایی توسعه فیزیکی شهر اقلید با استفاده از روش AHP. تحقیقات جغرافیایی، سال ۲۸، شماره ۳، ص۳۲- ٥٤.

٤- جعفری، مقیمی؛ تیمور، ابراهیم (۱۳۹۹). تعیین مناطق ممنوع ژئومورفولوژیکی در شهر بجنورد به‌منظور مکان‌گزینی جهت‌های مناسب توسعه شهری از دیدگاه مخاطره‌شناسی. مدیریت مخاطرات محیطی، دوره ۷، شماره ٤، ص ٤٠١- ٤٢٥.

٥- جلالی، یاسمن(۱۳۹٦). پایان‌نامه پهنه‌بندی ژئومورفولوژی شهر گرگان با اهداف امکان‌سنجی توسعه شهری ، یمانی، مجتبی دانشگاه تهران . ایران .

٦- خمر، بلوچ؛ غلامعلی، ناهید (١٤٠٠). ارزیابی و تحلیل پهنه‌های بلافصل شهر نیک شهر به‌منظور تعیین جهات مناسب توسعه فیزیکی. آمایش محیط، شماره ۵۵، ص ۱۷۰- ۱۸۸.

۷- رضویان، سالاری سردری، بیرانوندزاده، حیدری مقدم؛ محمدتقی، فرضعلی، مریم، مصطفی (۱۳۹۵). ارزیابی روند توسعه فیزیکی- کالبدی شهرهای صنعتی حاشیه خلیج‌فارس (مطالعه موردی: شهر ساحلی عسلویه). همایش ملی معماری و شهرسازی انسان‌گرا (دانشگاه آزاد اسلامی قزوین)، قزوین، ایران.

۸- سازمان منطقه آزاد ماکو، طرح راهبردی - ساختاری (جامع)، ۱۳۹۸.

۹- سلمانی مقدم، زنگنه اسدی، تقوی مقدم، پوریان؛ محمد، محمدعلی، ابراهیم، زهرا (۱۳۹۹). تحلیل و ارزیابی پارامترهای ژئومورفولوژیکی تأثیرگذار بر جهات توسعه فیزیکی شهر بجنورد با استفاده از روش‌های ANP و AHP و الگوریتم‌های فازی. جغرافیا و آمایش شهری- منطقه‌ای، دوره ۱۰، شماره ۳٤، ص١٤٧- ۱۷۰.

۱۰- شهماری اردجانی، رفعت(۱۳۹۵). تحلیل ویژگی واحدهای ژئومورفولوژیکی در استقرار و شکل‌گیری سکونتگاه‌های شمال غرب استان گیلان. پژوهش‌های جغرافیای انسانی، دوره ٤٨، شماره ۱، ص ۱۲۵-۱٤۰.

۱۱- صفاری، گنجائیان، فریدونی کردستانی، حیدری؛ امیر، حمید، مژده، زهرا (۱۳۹۷). تعیین جهت‌های مناسب توسعه شهری بر اساس مناطق ممنوعه ژئومورفولوژیکی - مطالعه موردی شهر فارسان، جغرافیای طبیعی، دوره ۱۱، شماره ۳۹، ص ۱۹- ۳۲.

۱۲- عمادالدین، نامجو؛ سمیه، فخرالدین(۱۳۹۳). ارزیابی پارامترهای ژئوموفولوژیکی در توسعه فیزیکی شهرگرگان، جغرافیای سرزمین. سال ۱۱، شماره٤۲، ص ۸۷- ۱۰۰.

۱۳- مرکز آمار ایران، سالنامه آماری شهرستان ماکو، ۱۳۹۵.
۱٤- مرادی، علیپور، گنجائیان؛ انور، عباس، حمید (۱۳۹۸). آمایش ژئومورفولوژیکی جنوب استان خراسان رضوی برای توسعه مناطق مسکونی براساس تلفیق مدل فازی و ANP. آمایش جغرافیا و فضا، دوره ۹، شماره ۳٤، ص۸٤ – ۱٦۷.
۱۵- مقیمی، جعفربیگلو، یمانی، مرادی‌راد؛ ابراهیم، منصور، مجتبی، فاطمه (۱۳۹۷). ارزیابی میراث ژئومورفولوژیک شهر خرم آباد به منظور توسعه ژئوتوریسم شهری و حفاظت در برابر مخاطرات انسانی. مدیریت مخاطرات محیطی، سال پنجم، شماره ٤، ص٤۰۱ – ٤۱۵.
۱٦- نادری، فتوحی، نگارش، خلیلی؛ فتح‌الله، صمد، حسین، مرضیه (۱٤۰۰). اولویت‌بندی ریسک زمین‌لرزه در مناطق تحت‌تأثیر زلزله سرپل ذهاب با استفاده از مدل الکتره، فصلنامه جغرافیا، دوره ۹، شماره ۷۰، ص ۲۱- ٤۱.
۱۷- نیک‌مهر، بخشوده؛ سیامک، محمد(۱٤۰۰).کاربرد روش تلفیقی تحلیل سلسله مراتبی فازی و الکتره ۳ در ارزیابی محیط زیستی سدهای استان خوزستان، پژوهش‌های محیط زیست، دوره ۱۲، شماره ۲۳، ص ٤۱ تا ۵۳.
۱۸- وزارت راه و شهرسازی، اداره کل راه و شهرسازی استان اذربایجان غربی، طرح توسعه عمران (طرح جامع) شهر ماکو، ۱۳۹۷.
۱۹- وزارت نیرو، مهندسان مشاور نیرو، ۱۳۸۸.
20- Azizi, P., Soltani, A., Bagheri, F., Sharifi, S., & Mikaeili, M. (2022). An Integrated Modelling Approach to Urban Growth and Land Use/Cover Change. Land, 11(10), 1715.
21 - Garcia, P.M.B. Augustin, C.H.R.R. & Casagrande, P.B. (2020). Geomorphological Index asSupport to Urban Planning, Mercator, Fortaleza, V. 19, e19003, ISSN: 1984-2201, pp: 1-24.
22 - Larsen, L. and Vitali, F (2013). urban development and graet challenge for urban planner: a view of theoretical research. Urban economy confrance. Melburn, Australia.
23- Li, Z., Xu, Y., Sun, Y., Wu, M. & Zhao, B. 2020. Urbanization-driven changes in land-climate dynamics: a case study of Haihe River basin, China. Remote Sensing, 12(17), 2701.
24- Martín-Díaz, J. et al. (2015). Towards an Unsustainable Urban Development in Post-war Sarajevo, Area, No.47: 376-385.
25 - Marynouni Gresswell.R.E (2013). Spatoal and temporal patterns of debrise – flow deposition in the Oreegoncoast ange, U.S.A, geomorphology, vol.57, p59-70.
26- Nahrin, K. (2018). Urban development policies for the provision of utility infrastructure: a case study of Dhaka, Bangladesh. Utilities Policy, 54, 107-114.
27 - Yang, X. Li, J. (2013). Advances in Mapping From Remote Sensor Imagery: Techniques and Applications. CRC Press, Taylor & Francis Group.

COPYRIGHTS

©2024 by the authors. Published by National Geographical Organization. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution-NoDerivs 3.0 Unported (CC BY-ND 3.0)