

## ارزیابی مناطق مناسب برای توسعه فیزیکی در شهر ماکو

### با استفاده از روش تصمیم‌گیری الکره - فازی در محیط Arc Gis

فریبا کرمی<sup>۲</sup>

اسدالله حجازی<sup>۱</sup>

سایه حبیب‌زاده<sup>۳</sup>

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۴۰۲/۰۹/۲۰

تاریخ دریافت مقاله: ۱۴۰۲/۰۲/۰۵

\*\*\*\*\*

#### 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 ۱:۵۰۰۰۰ 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 الکره - 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 هر یک 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، الکره - 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

(سالنامه آماری، ۱۳۹۵: ۲۴). افزایش جمعیت انسانی ضرورت روزافزونی برای اشغال زمین‌های اطراف به وجود آورده است که این نیاز با بستر طبیعی محیط زیست و شاخص‌های ژئومورفولوژیک هر منطقه دارای ارتباط تنگاتنگ است (مرادی، ۱۳۹۸: ۶۷). همچنین رشد روزافزون شهرها متأثر از رشد جمعیت و مهاجرت منجر به ساخت‌وساز بدون برنامه‌ریزی و تغییرات زیاد در ساختار فضایی به خصوص توسعه فیزیکی شهر در مکان‌های نامساعد طبیعی شده است که لزوم هدایت آگاهانه و سازمان‌دهی اساسی را می‌طلبد (رضویان و همکاران، ۱۳۹۲: ۲). در واقع اگر روند ایجاد سکونتگاه‌های جدید بدون تناسب با ظرفیت‌ها و امکانات طبیعی شکل گیرد پیامدهای ناخوشایندی را در فضای کالبدی - زیستی درون‌شهری به وجود می‌آورد بر این اساس استقرار شهر و فعالیت‌های وابسته به آن در پهنه فضایی که از نظر 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

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 ۴/۳ میلیارد (۵۶ درصد جمعیت جهان) در سال ۲۰۲۰ افزایش یافته و تعداد شهرهای با جمعیت بیش از یک میلیون از ۱۷ شهر در سال ۱۹۰۰ به ۵۷۹ شهر در سال ۲۰۲۰ افزایش یافته است. همین‌طور پیش‌بینی می‌شود تا سال ۲۰۵۰ حدود ۶۸ درصد جمعیت جهان در مناطق شهری زندگی کنند (سازمان ملل متحده، ۲۰۲۰). 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. به‌طوری‌که 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

## فصلنامه علمی - پژوهشی اطلاعات جغرافیایی ( ۳۳ )

ارزیابی مناطق مناسب برای توسعه فیزیکی در شهر ماکو با استفاده از روش ... / ۱۲۳

از شهرها و نواحی پیرا شهری ساریوو 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<sup>۴</sup> (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 در نهایت با تلفیق دو نقشه مذکور تأثیر توسعه شهری را بر تنوع زمین‌ساخت منطقه تحلیل کرده‌اند (Santos et al., 2017: 184).

گارسیا آگوستین و کاماگرانده<sup>۵</sup> (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 تجزیه و تحلیل 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<sup>۶</sup> (۲۰۲۲) 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 تجزیه و تحلیل 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 پیش‌بینی 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

به دلیل 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 پیش‌نمایان 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 ژئومورفولوژیکی در برنامه‌ریزی توسعه شهری دارد، برنامه‌ریزان کمتر به این موضوع پرداخته‌اند یا این که در غالب مطالعات زمین‌شناسی به صورت 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 ویتال<sup>۱</sup> (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<sup>۲</sup> (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 تجزیه و تحلیل چندمعیاره و معادلات موج حرکتی است (Maritoni, 2013: 59).

مارتین دیز و همکاران<sup>۳</sup> (۲۰۱۵) نیز، مخاطرات هیدرولوژیکی و ژئومورفولیک را که تعداد چشمگیری

4- Santos et al

5- Garcia Agustin and Camagrande

6- Azizi etal

1- Larsen and Vitali

2- Marinotti

3- Martin Dies et al

خمر و بلوچ (۱۴۰۰) در پژوهشی به ارزیابی و تحلیل پهنه‌های بلافصل شهر نیک شهر به منظور تعیین جهات مناسب توسعه فیزیکی پرداختند. هدف از این تحقیق بررسی نحوه گسترش فیزیکی - کالبدی شهر نیک شهر با تأکید بر پراکنده‌روی شهری، شناخت عوامل مؤثر در رشد فیزیکی - کالبدی شهر، شناخت توانمندی‌ها و محدودیت‌های توسعه فیزیکی شهر و ارائه راهکارهایی مناسب به منظور برنامه‌ریزی اصولی و عملی برای توسعه فیزیکی شهر بوده است. در این راستا برای رسیدن به اهداف خود و تجزیه و تحلیل 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 نیک شهر می‌تواند باعث بروز مشکلات عدیده‌ای شود و در نقطه مقابل، تلاش برای رشد عمودی و هوشمند به توسعه پایدار بیانجامد (خمر و بلوچ، ۱۴۰۰: ۱۸۷).

براین اساس در تحقیق حاضر با درک مسئله و اهمیت مطالعات ژئومورفولوژی در توسعه شهری در پی شناسایی و مکان‌یابی توسعه پهنه شهر ماکو به عنوان 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 ژئوپلیتیکی 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؛ به طوری که جمعیت شهر ماکو در طی یک دوره ۶۰ ساله از سال ۱۳۳۵ تا ۱۳۹۵

مدل زنجیره مارکوف تا افق ۱۴۰۴ پرداختند. نتایج حاصل از این تحقیق نشان می‌دهد که طی سال‌های ۱۳۷۹، ۱۳۸۹، ۱۳۹۶ مساحت کاربری محدوده‌های ساخته شده در شهر قائل افزایش داشته و این افزایش سبب نزدیک شدن به سازندهای رسی، گسل‌ها و آبراهه اصلی شده است (اسدی و همکاران، ۱۳۹۶: ۶۷).

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 مورد مطالعه، با مساحتی حدود ۱۷۵۴۵ کیلومتر مربع، در طبقات بسیار نامناسب و نامناسب واقع شده 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: ۸۴).

جعفری و مقیمی (۱۳۹۹) به بررسی، تعیین مناطق ممنوع ژئومورفولوژیکی به منظور 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: ۴۰۱).

سلمانی مقدم و همکاران (۱۳۹۹) به تحلیل و ارزیابی پارامترهای ژئومورفولوژیکی تأثیرگذار بر جهت‌های توسعه فیزیکی شهر بجنورد پرداختند، بر اساس نتایج به دست آمده از سال ۱۹۹۹ تا ۲۰۱۶، ۱۱/۱۰ کیلومترمربع به شهر بجنورد افزوده شده است و مجموع ۱۶/۵ 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: ۱۴۷).

## ۲- داده‌ها و روش پژوهش

### ۲-۱- منطقه مورد مطالعه

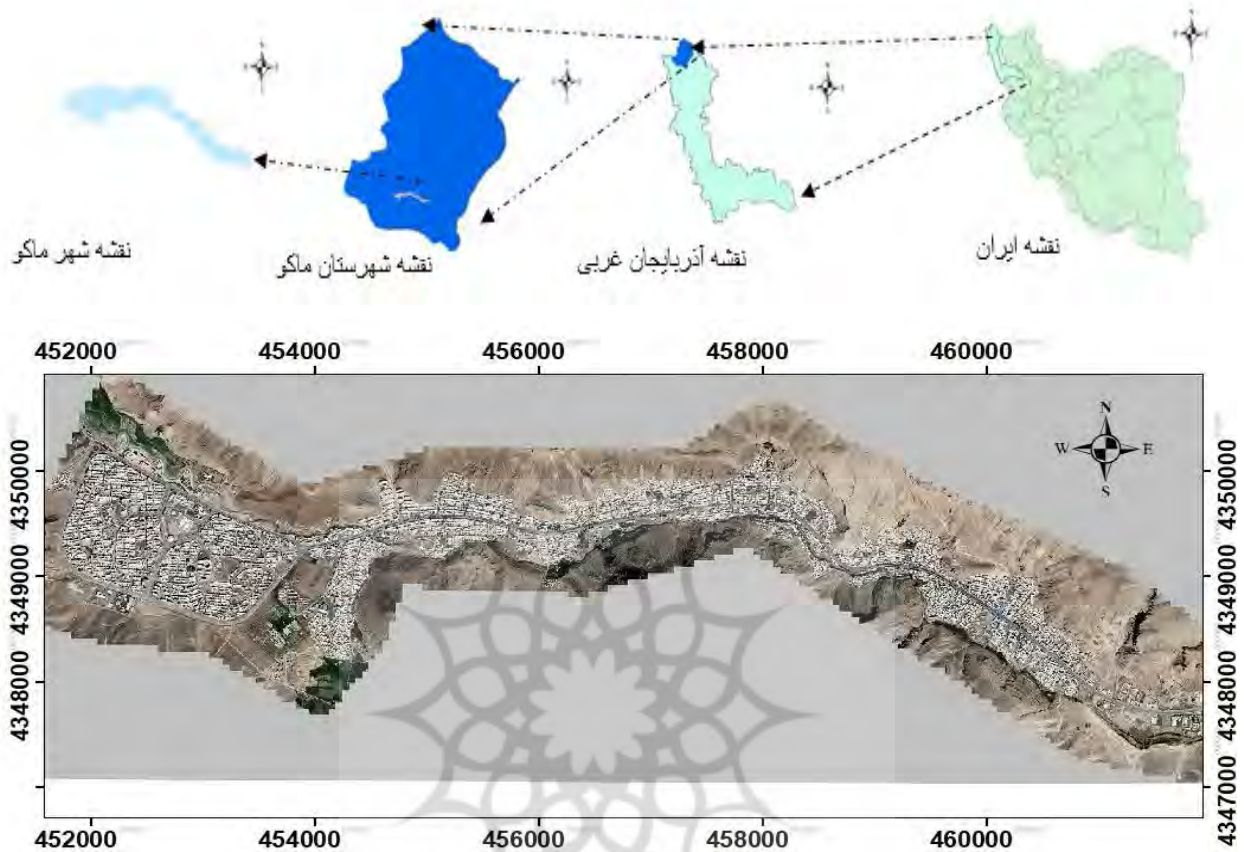
شهر ماکو با جمعیتی بیش از ۴۰ هزار نفر و با مساحتی حدود ۱۹۸۱ کیلومتر مربع در استان آذربایجان غربی، استقرار یافته است (اداره کل راه و شهرسازی استان آذربایجان غربی، ۱۳۹۷: ۲۵). این منطقه از نظر شرایط طبیعی دارای آب‌وهوای نیمه‌خشک با تابستان گرم و زمستان سرد است و از اختلاف دمای سالانه بالایی برخوردار است، همچنین میانگین روزهای یخبندان در ایستگاه هواشناسی ماکو طی ۵/۱۱۶ 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 ۴۰ درصدی در این مناطق سبب شده تا ضخامت خاک اندک بوده و پوشش گیاهی نیز از نوع استپی باشد (سازمان منطقه آزاد ماکو، ۱۳۹۸: ۴۰).

### ۲-۲- داده‌های مورد استفاده 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 تجزیه و تحلیل داده‌ها و انتخاب مکان بهینه از تلفیق دو مدل فازی - الکترو 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 به صورت

حدود ۸/۸ برابر شده است. به عبارت دیگر جمعیت این شهر از ۵,۳۰۶ نفر در سال ۱۳۳۵ به ۴۶,۵۸۱ 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 توسعه فیزیکی خود، با تنگناها و موانع متعدد طبیعی مواجه است که بی‌توجهی به نقش آن‌ها در توسعه آتی، منشاء بسیاری از مسائل و مشکلات خواهد بود. رشد و افزایش جمعیت شهر ماکو، توسعه فیزیکی آن را در پی داشته است، اما این امر به دلیل 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 به دلیل 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 به ترتیب اولویت، محدودیت بیشتری در توسعه شهری ماکو دارند؟ از دیدگاه ژئومورفولوژی مناسب‌ترین جهت برای توسعه فیزیکی شهر ماکو کدام جهت‌ها هستند؟



نگاره ۱: موقعیت جغرافیایی شهر ماکو

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 از نظر عملی قدری متفاوتند. در این روش از شاخص‌های کمی و کیفی استفاده می‌شود و با مقایسات زوجی میان گزینه‌ها، رتبه‌بندی آن‌ها به دست می‌آید. روش الکتراه، 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 الکتراه هم باید

ارزشی صفر تا یک درآمده‌اند. در نهایت با هم 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.

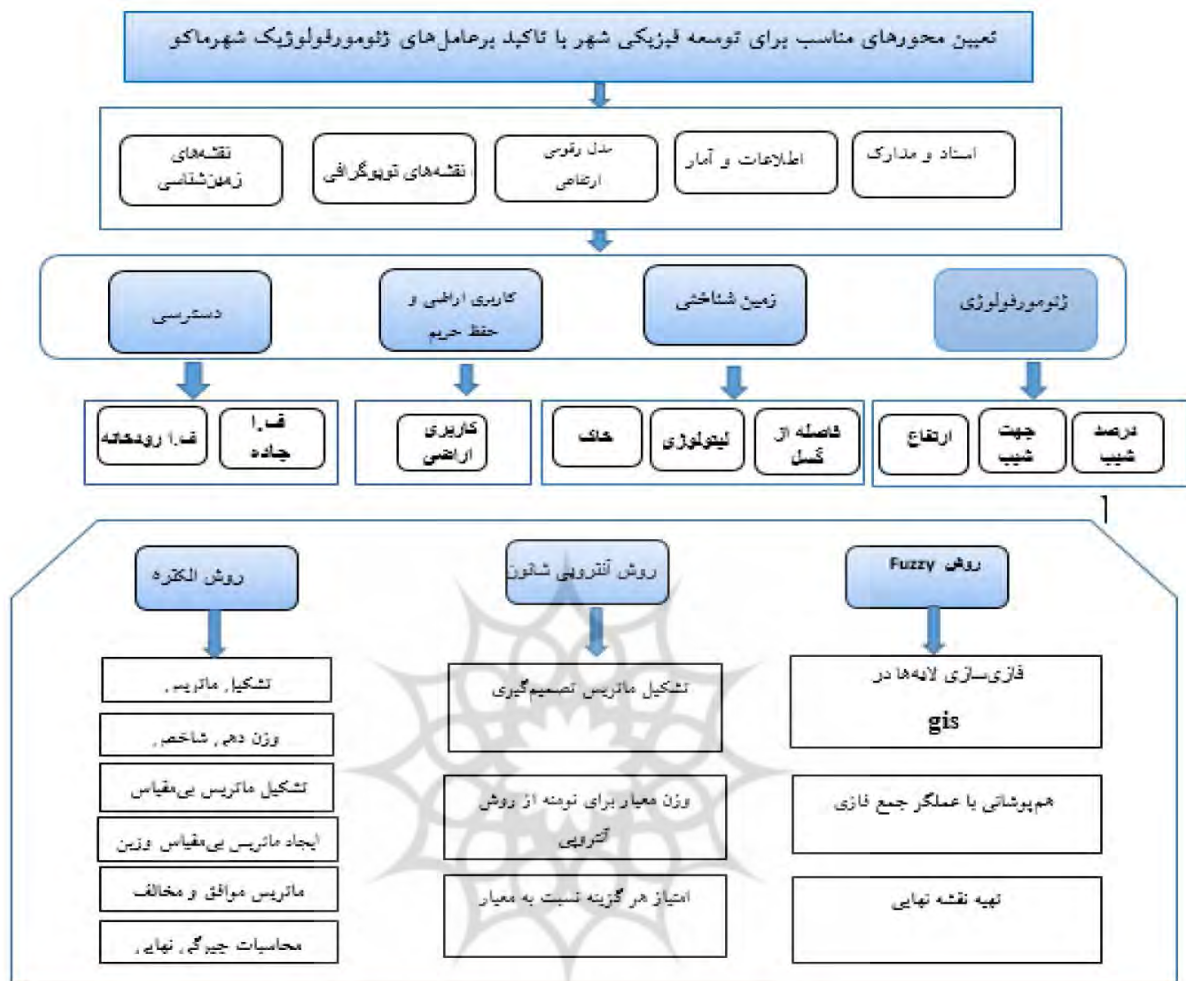
### ۳-۲- مدل الکتراه - فازی

از روش‌های پرکاربرد تصمیم‌گیری چندمعیاره است. استفاده از روش الکتراه 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* به معنای حذف و انتخاب مطابق با واقعیت



## فصلنامه علمی - پژوهشی اطلاعات جغرافیایی ( ۳۳ )

ارزیابی مناطق مناسب برای توسعه فیزیکی در شهر ماکو با استفاده از روش ... / ۱۲۷



### نگاره ۲: فرایند انجام پژوهش

وزن معیارها برای هر گزینه محاسبه شود (پورطامری، ۱۳۹۶). در این مطالعه به منظور اولویت بندی جهت ها از روش الکرته فازی استفاده شده که مراحل آن در ادامه متن تحقیق (جداول ۱ تا ۸) و نگاره ۲ بیان شده است.

### ۳- یافته های تحقیق و بحث

#### ۳-۱- وضعیت ژئومورفولوژیکی منطقه

مهم ترین عوامل جغرافیایی و طبیعی هستند که در تعیین مرزها و حدود و ثغور حوزه نفوذ شهر ماکو نقش اساسی دارند. به طوری که 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 می شود. در محل التقاط این دو رودخانه نیز اراضی هموار که حاصل رسوبات و نهشته های رودخانه ای هستند شکل گرفته و به عنوان دشت ماکو قسمتی از حوزه نفوذ طبیعی این شهر را به وجود آورده اند. به این ترتیب از منظر جغرافیای طبیعی حوزه نفوذ شهر ماکو شامل دیواره های کوهستانی مشرف بر شهر و شبکه های آبراهه ای هستند که

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 رشته کوه قیه شناخته می شود و نیز دره عمیق شکل گرفته در پای آن که توسط رودخانه زنگمار و فرایندهای آتشفشانی به شکل کنونی درآمده است، از

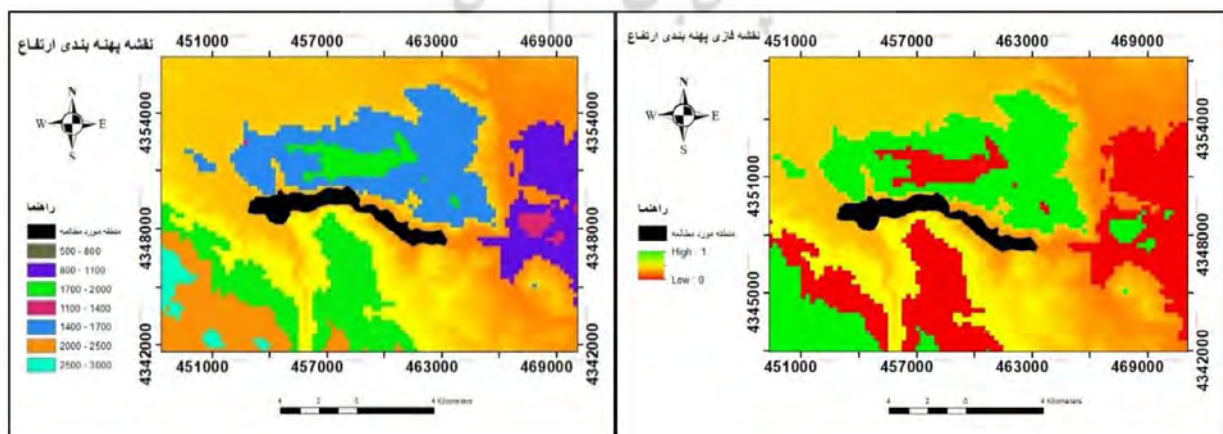
رودخانه زنگمار هستند در همین طیف ارتفاعی قرار دارند. با توجه به شرایط منطقه عامل ارتفاع به صورت تابع خطی کاهنده تعریف شد (نگاره ۳). به این ترتیب ارتفاعات نزدیک به ۱۱۰۰ تا ۱۴۰۰ متری و کمتر، ارزشی نزدیک به یک و ارتفاعات بیشتر، ارزش به صفر میل کرده و با افزایش ارتفاع از اهمیت پیکسل‌ها کاسته می‌شود.

**شیب و جهت شیب:** معمولاً برای احداث شهرها در مطالعات مکان‌یابی آن‌ها، شیب تا ۲۰ درجه در نظر گرفته می‌شود و در شیب‌های 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 ۶ درجه است (مقیمی و همکاران، ۱۳۹۶: ۴۱۰). با توجه به شرایط منطقه به شیب‌های ۱ تا ۶ درجه که مناسب برای نقاط مسکونی هستند ارزش ۱ داده شد، شیب ۶ تا ۲۰ درجه به عنوان 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 ۴).

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

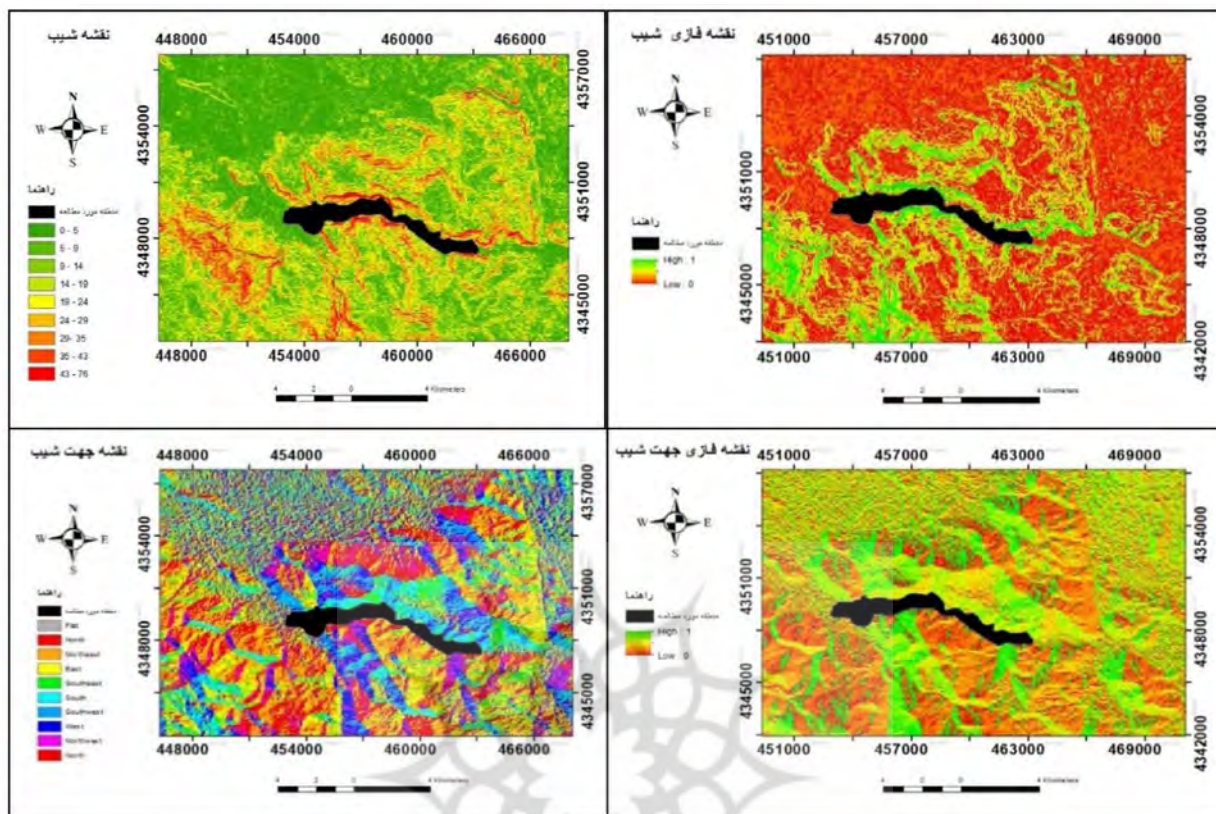
از دامنه‌های این کوه‌های ستبر، رواناب‌های خود را به طور مستقیم وارد شهر نموده و در نهایت به رودخانه زنگمار می‌ریزند. همچنین اراضی همواری در دو سوی شرقی و غربی شهر پراکنش یافته است که به همراه تعدادی از آبادی‌ها و اراضی کشاورزی مربوط به آن‌ها محدوده حریم طبیعی شهر ماکو را هویت بخشیده‌اند (سازمان منطقه 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 توسعه 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، به طوری که 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



نگاره ۳: نقشه طبقات ارتفاعی و فازی شده محدوده مورد مطالعه

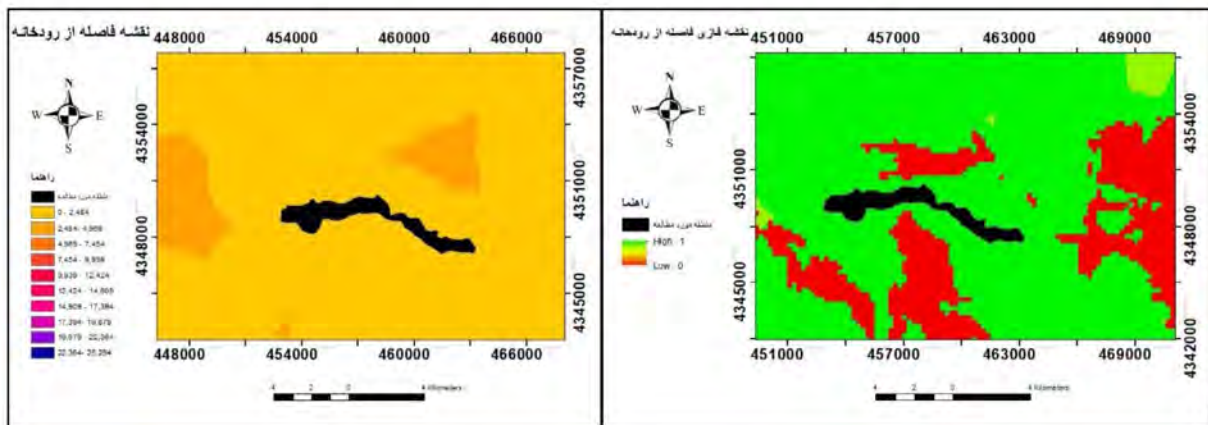




نگاره ۴: نقشه شیب و جهت شیب و فازی شده محدوده مورد مطالعه

فاصله یک کیلومتری گسل نباید ساخت و ساز مسکونی ایجاد کرد بلکه این منطقه را می توان به محیط تفریحی از جمله پارک و فضای سبز اختصاص داد (عمادالدین و نامجو، ۱۳۹۲: ۹۲). کشور ایران از زلزله خیزترین مناطق جهان به شمار می رود که این امر سبب فعالیت بیشتر گسل ها در نقاط مختلف کشور و به ویژه در شمال غرب و منطقه ماکو شده است. مهم ترین گسل واقع شده در محدوده شهر ماکو گسل زنگمار چای است که از داخل شهر عبور می کند. به این سان دره ماکو یک دره خط گسل است. گسل اصلی منطقه ماکو تداوم یک گسل امتداد از راست گرد است که از کوه های زنجان سلطانیه در ایران تا آرات در ترکیه تداوم دارد. در این پژوهش مناطق با پتانسیل ضعیف زلزله نقاط مساعد برای توسعه آتی سکونتگاه محسوب می شوند. به منظور فازی سازی لایه گسل ابتدا حریم ۱۰۰۰ متری برای خطوط گسلی تعریف شده و ارزش صفر به آن داده شد.

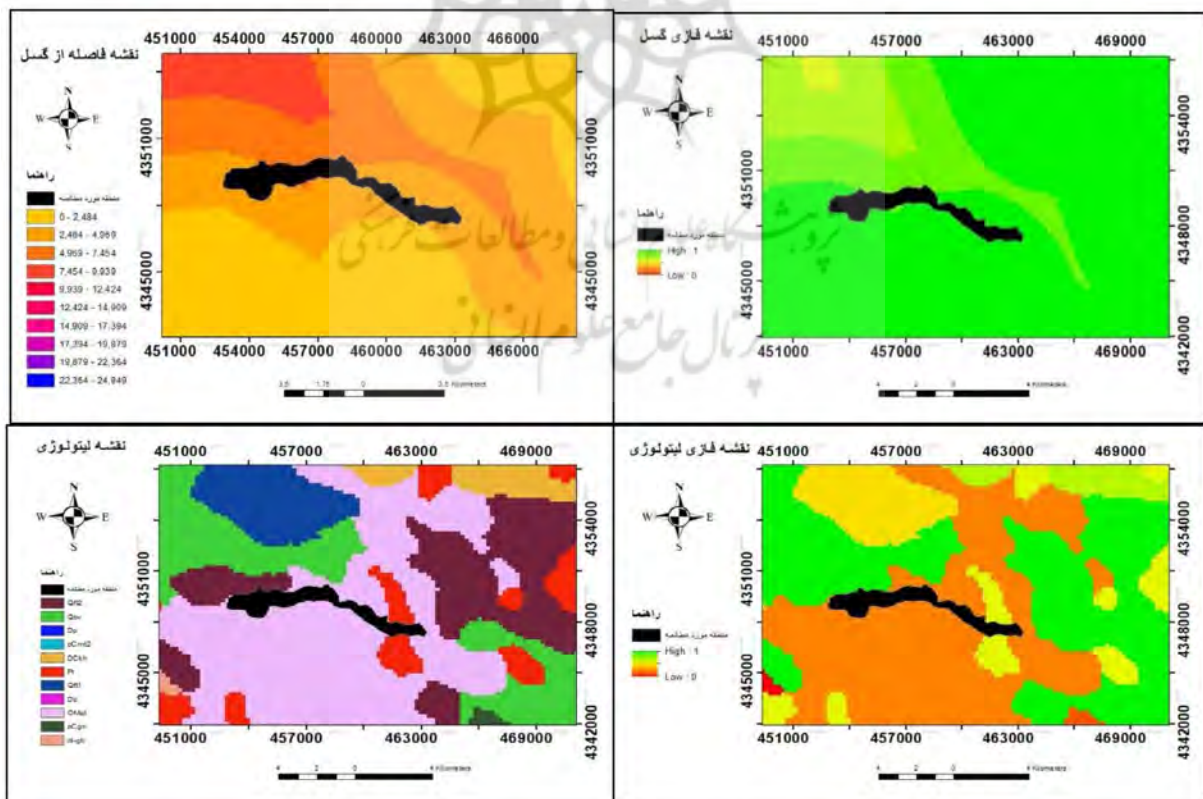
سوی دیگر رعایت نکردن حریم و ماندگاری آن ها می تواند موجب خطرات سیل و یا ناپایداری ژئومرفیک شوند. استفاده اصولی و طبیعی از شبکه آبراه ها ضمن سلامت حوضه، زمینه را برای بهره برداری های زیست محیطی و فضای سبز فراهم نموده، تهدیدات آن ها را در توسعه جامع شهر به فرصت تبدیل خواهد کرد (تقوایی و همکاران، ۱۳۹۲: ۴۵). بنابراین با در نظر گرفتن شرایط رودخانه های منطقه از نظر عرض رودخانه و شیب سواحل کناره آن که در میزان گسترش سیلاب مؤثر است، یک حریم ۲۰۰ متری برای رودخانه و شاخه های رود در نظر گرفته شد، به این معنی که از فاصله صفر تا ۲۰۰ متری از رودخانه به دو طرف آن، کم ترین ارزش داده شد. نگاره (۵) نقشه فازی شده فاصله از رودخانه را نشان می دهد که با دور شدن از حریم تعیین شده برای آن، ارزش پیکسل ها به صفر نزدیک است. لیتولوژی و گسل: با توجه به آیین نامه حریم گسل، در



نگاره ۵: نقشه فاصله از رودخانه و فازی شده محدوده مورد مطالعه

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 (۶) نشان داده شده است. نهشته‌های کواترنری (سازندهای مخروط‌افکنه و پادگانه‌های قدیمی) بیشترین امتیاز را دارند. سازندهای شیلی، مارنی، آهکی نیز امتیاز متوسط را به خود

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 تکتونیک و سابقه لرزه‌زایی، بررسی امکانات اقتصادی. با توجه به اینکه هدف از پژوهش حاضر



نگاره ۶: نقشه گسل و لیتولوژی و فازی شده محدوده مورد مطالعه



## فصلنامه علمی - پژوهشی اطلاعات جغرافیایی (۳۳)

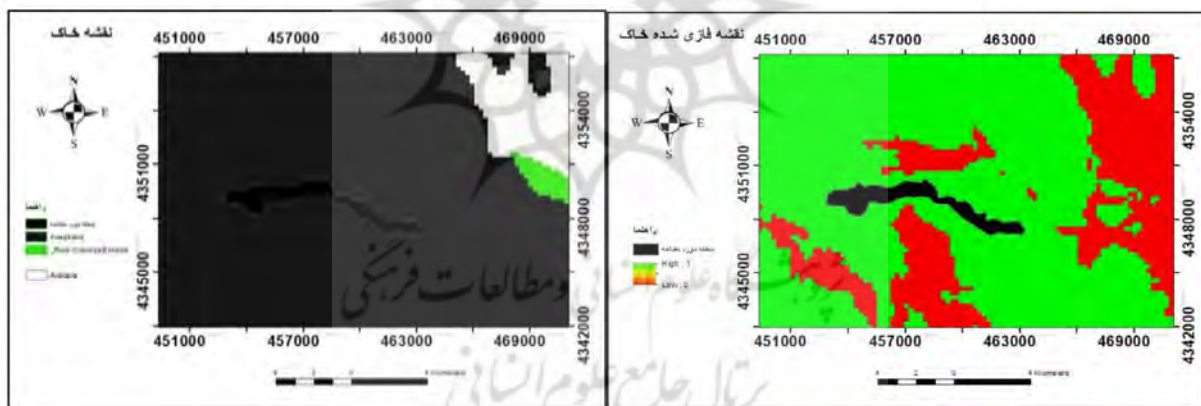
ارزیابی مناطق مناسب برای توسعه فیزیکی در شهر ماکو با استفاده از روش ... / ۱۳۱

تا کم (معمولاً حدود ۵۰ تا ۸۵ سانتی متر) است. همچنین اسیدپته 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).

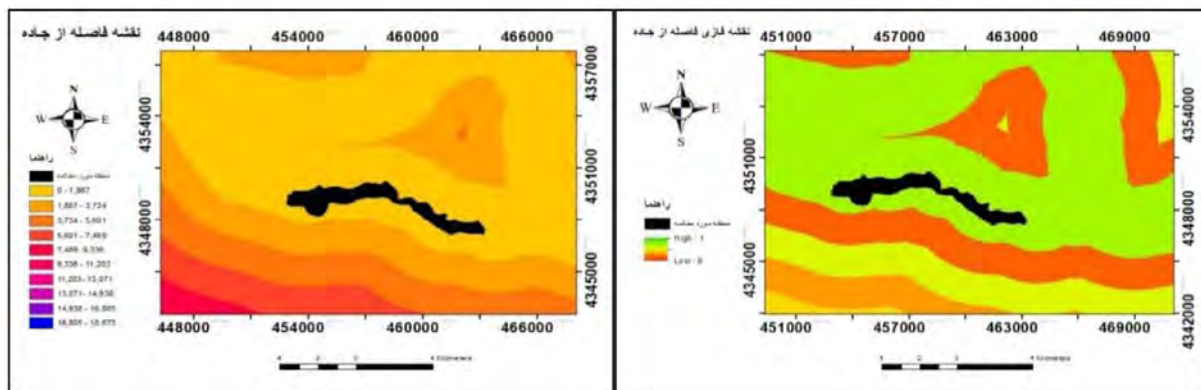
**فاصله از جاده:** در این تحقیق یکی از معیارهای مورد توجه در بحث زیرساخت‌ها، قرارگیری خطوط ارتباطی است. همان‌طور که در نگاره (۸) نشان داده شده، جاده در قسمت مرکزی نقشه قرار گرفته است. توسعه و گسترش شهر در ارتباط با جاده به صورت مستقیم است. یعنی با نزدیک شدن به جاده فضا برای ساخت و گسترش شهری مناسب می‌شود. 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

اختصاص داده‌اند.

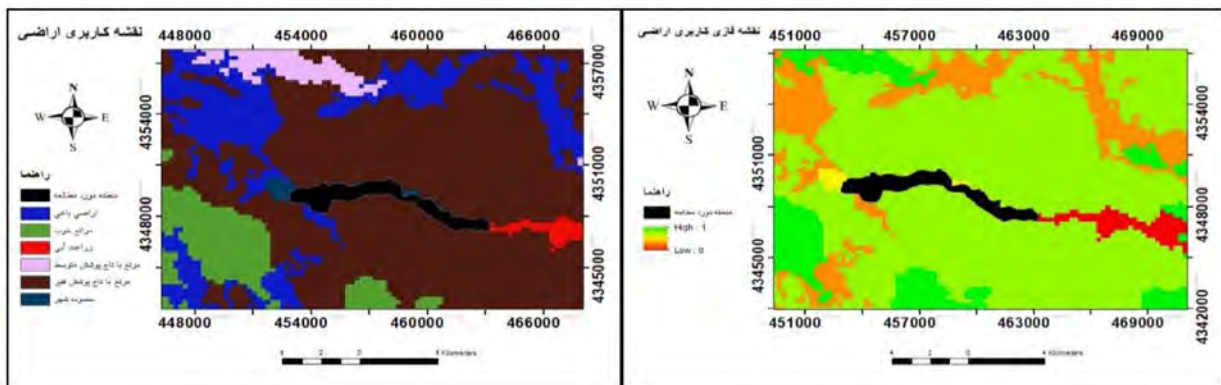
**خاک:** تشکیل خاک بیشتر تحت تأثیر سنگ مادر و آب‌وهوا است. در این منطقه عوامل ارتفاع و ناهمواری نیز بر شکل‌گیری خاک تأثیر گذاشته است. خاک‌های منطقه متشکل از چهار واحد فیزیوگرافی هستند که عبارتند از: آبرفت‌های بادبزنی شکل سنگریزه‌دار، شامل اراضی سمت چپ و راست رودخانه که در نزدیک کوه‌ها قرار دارند؛ دشت 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 خیلی کم تا متوسط بوده، عمق خاک دشت در برخی مناطق زیاد و جزء خاک‌های خیلی عمیق به حساب می‌آید. خاک اراضی شیب‌دار دارای عمق متوسط



نگاره ۷: نقشه خاک و فزای شده محدوده مورد مطالعه



نگاره ۸: نقشه فاصله از جاده و فزای شده محدوده مورد مطالعه



نگاره ۹: نقشه کاربری اراضی و فازی شده محدوده مورد مطالعه

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).

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 بیش از حد 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.

### ۳-۲- محاسبات

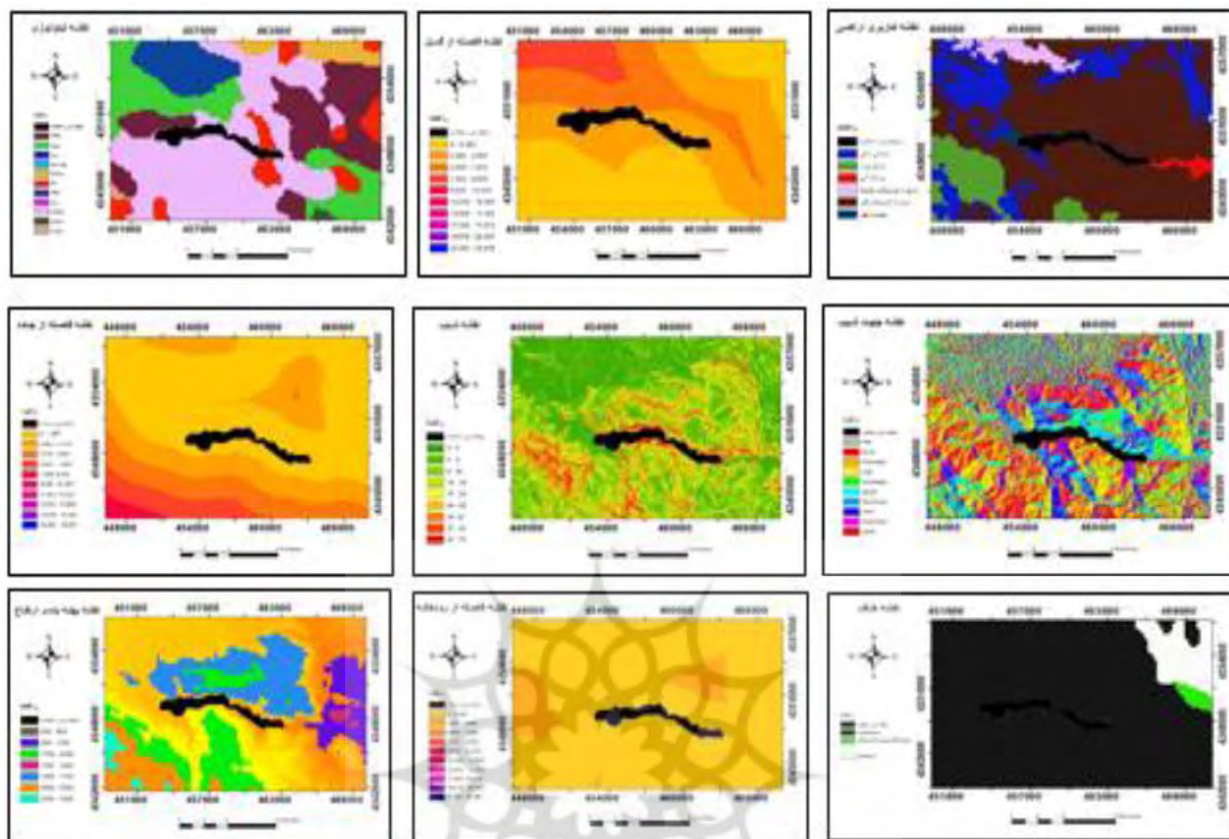
ایجاد ماتریس کارایی تصمیم‌گیری و آماده‌سازی لایه‌ها تعیین مقادیر وزن معیارها: میزان اهمیت و وزن هر کدام از معیارها، یکی دیگر از داده‌هایی است که برای اجرای مدل لازم است. برای این کار از وزندهی به روش آنتروپی شانون استفاده شده است. این روش بر این پایه استوار است که هر چه پراکندگی در مقادیر یک شاخص بیشتر باشد، آن شاخص از اهمیت بیشتری برخوردار است. برای محاسبه اوزان شاخص‌ها به ترتیب 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 بی‌مقیاس وزین در جدول (۲) ارائه 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 فضاها 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 درجه یک و جنگل‌ها و حریم‌های حفاظتی بایستی از امر شهرسازی خارج شده و به کاربردهای دیگر اختصاص یابند (مرادی و همکاران، ۱۳۹۸: ۱۷۴). در منطقه مورد مطالعه با توجه به اهمیت باغات و اراضی کشاورزی، برنامه‌ریزی باید به گونه‌ای 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

فصلنامه علمی - پژوهشی اطلاعات جغرافیایی (س)

ارزیابی مناطق مناسب برای توسعه فیزیکی در شهر ماکو با استفاده از روش ... / ۱۳۳



نگاره ۱۰: نقشه پارامترهای به کار رفته در پژوهش

جدول ۱: 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

جدول ۲: 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 به صورت زوجی به ازای هر شاخص محاسبه می‌شود. به این صورت که اگر جهتی از نظر شاخص اول نسبت به دیگر برتری داشته باشد. عدد ۱، در غیر این صورت عدد صفر می‌گیرد. عدد ۱ نشان‌دهنده برتری و عدد صفر نشان‌دهنده عدم برتری است که برای ممانعت از طولانی





فصلنامه علمی - پژوهشی اطلاعات جغرافیایی (۳۳)

ارزیابی مناطق مناسب برای توسعه فیزیکی در شهر ماکو با استفاده از روش ... / ۱۳۵

جدول ۶: 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	-

جدول ۷: 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 از نظر اولویت توسعه فیزیکی رتبه‌بندی می‌شود. جدول (۸) ماتریس نهایی را نشان می‌دهد.

جدول ۸: ماتریس H و رتبه جهت‌ها

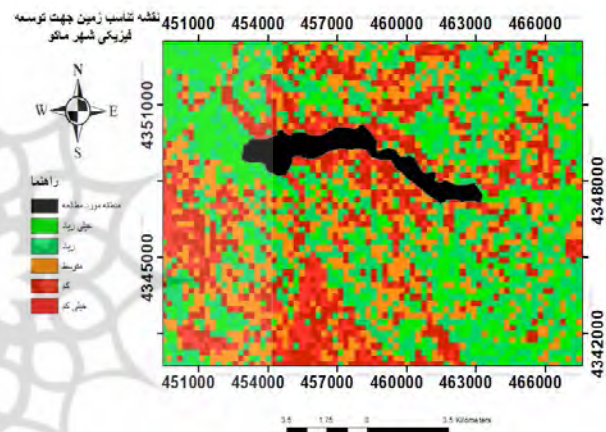
نتیجه	تعداد چیرگی
شرق	۵
غرب	۵
جنوب غرب	۱
شمال شرق	۲
شمال	۰
جنوب	۰
جنوب شرق	۴
شمال غرب	۰

۳-۳- کلاس‌بندی پتانسیل‌های توسعه آتی شهر ماکو در این مرحله نقشه پتانسیل نهایی توسعه شهر ماکو از روی هم‌گذاری 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

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 از نظر مؤلفه‌های ژئومورفولوژیک مقایسه و ارزیابی شده 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 از نظر 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 هر یک از عامل‌های مورد مطالعه، ضرایب اهمیت معیارها و وزن نسبی گزینه‌ها در چهارچوب روش فرایند تحلیل سلسله مراتبی تلفیق و امتیاز هر یک 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 ۴، شمال غرب ۰، به‌این ترتیب از نظر عامل‌های ژئومورفولوژیک مورد مطالعه در این پژوهش، جهت‌های شرق، غرب و

بلافاصل شهر است که تناسب زیادی برای توسعه آبی 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

#### ۴- نتیجه‌گیری

با توجه به تداوم روند افزایش جمعیت در شهرها و گسترش شتابان شهرنشینی و در نتیجه نیاز فزاینده به فضای زیستی جمعیت، تأمین مکان مناسب برای توسعه‌های آبی 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 بلافاصل محدود 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 هر یک

## فصلنامه علمی - پژوهشی اطلاعات جغرافیایی (۳۳)

ارزیابی مناطق مناسب برای توسعه فیزیکی در شهر ماکو با استفاده از روش .../ ۱۳۷

۴، ص ۴۰۱-۴۲۵.

۵- جلالی، یاسمن (۱۳۹۶). پایان نامه پهنه‌بندی ژئومورفولوژی شهر گرگان با اهداف امکان‌سنجی توسعه شهری، یمانی، مجتبی دانشگاه تهران. ایران.

۶- خمر، بلوچ؛ غلامعلی، ناهید (۱۴۰۰). ارزیابی و تحلیل پهنه‌های بلافصل شهر نیک شهر به منظور 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 خلیج فارس (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 ۳۴، ص ۱۴۷-۱۷۰.

۱۰- شهماری اردجانی، رفعت (۱۳۹۵). تحلیل ویژگی واحدهای ژئومورفولوژیکی در استقرار و شکل‌گیری سکونتگاه‌های شمال غرب استان گیلان. پژوهش‌های جغرافیای انسانی، دوره ۴۸، شماره ۱، ص ۱۲۵-۱۴۰.

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

۱۲- عمادالدین، نامجو؛ سمیه، فخرالدین (۱۳۹۳). ارزیابی پارامترهای ژئومورفولوژیکی در توسعه فیزیکی شهرگرگان، جغرافیای سرزمین. سال ۱۱، شماره ۴۲، ص ۸۷-۱۰۰.

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.

## ۶ - منابع و مآخذ

۱- اسدی، اکبری، شفیعی؛ احمد، ابراهیم، نجمه (۱۳۹۹). پیش‌بینی توسعه فیزیکی شهر قائن با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای. برنامه‌ریزی فضایی، دوره ۱۰، شماره ۱، ص ۶۷-۸۴.

۲- پورطاهری، مهدی (۱۳۹۶). 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، ص ۳۲-۵۴.

۴- 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

- 21 - Garcia, P.M.B. Augustin, C.H.R.R. & Casagrande, P.B. (2020). Geomorphological Index as Support 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 confrence. 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 - Marynoui Gresswell.R.E (2013). Spatoal and temporal patterns of debris - flow deposition in the Oregoncoast 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.
- ۱۳- مرکز آمار ایران، سالنامه آماری شهرستان ماکو، ۱۳۹۵.
- ۱۴- 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 ۳۴، ص ۸۴ - ۱۶۷.
- ۱۵- مقیمی، جعفریگلو، یمانی، مرادی‌راد؛ ابراهیم، منصور، مجتبی، فاطمه (۱۳۹۷). ارزیابی میراث ژئومورفولوژیک شهر خرم‌آباد به منظور توسعه ژئوتوریسم شهری و حفاظت در برابر مخاطرات انسانی. مدیریت مخاطرات محیطی، سال پنجم، شماره ۴، ص ۴۰۱ - ۴۱۵.
- ۱۶- نادری، فتوحی، نگارش، خلیلی؛ فتح‌الله، صمد، حسین، مرضیه (۱۴۰۰). اولویت‌بندی ریسک زمین‌لرزه در مناطق تحت‌تأثیر زلزله سرپل ذهاب با استفاده از مدل الکترون، فصلنامه جغرافیا، دوره ۹، شماره ۷۰، ص ۲۱ - ۴۱.
- ۱۷- نیک‌مهر، بخشوده؛ سیامک، محمد (۱۴۰۰). کاربرد روش تلفیقی تحلیل سلسله مراتبی فازی و الکترون ۳ در ارزیابی محیط زیستی سدهای استان خوزستان، پژوهش‌های محیط زیست، دوره ۱۲، شماره ۲۳، ص ۴۱ 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.

## 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 \(CC BY-ND 3.0\)](https://creativecommons.org/licenses/by-nd/3.0/)

