

## ارزیابی و مکان‌یابی جهات توسعه فیزیکی شهر با استفاده از مدل منطق

### فازی مطالعه موردی: شهر دیواندره

دریافت مقاله: ۹۰/۱۰/۲۲ پذیرش نهایی: ۹۰/۱۲/۱۸

صفحات: ۶۳-۸۳

هاشم حسینی: کارشناس ارشد ژئومورفولوژی<sup>۱</sup>

Email: Hashm\_hosainy@yahoo.com

امیر کرم: استادیار ژئومورفولوژی دانشکده علوم جغرافیایی دانشگاه خوارزمی تهران

Email: Karam@tmu.ac.ir

امیر صفاری: استادیار ژئومورفولوژی دانشکده علوم جغرافیایی دانشگاه خوارزمی تهران

Email: Safari@tmu.ac.ir

عزت اله قنواتی: دانشیار ژئومورفولوژی دانشکده علوم جغرافیایی دانشگاه خوارزمی تهران

Email: Eghanavati@yahoo.com

ابراهیم بهشتی جاوید: کارشناس ارشد ژئومورفولوژی

Email: Ebrahim206.tmu@gmail.com

#### چکیده

پارامترهای طبیعی یکی از عوامل اصلی و تعیین کننده جهات توسعه فیزیکی شهرها و سکونتگاه‌ها محسوب می‌شوند. در یک منطقه کوهستانی تاثیر این عوامل به عنوان موانع توسعه دوچندان شده و می‌تواند مخاطرات طبیعی را نیز به همراه داشته باشد. در این پژوهش سعی شده با شناسائی عوامل تاثیرگذار و ارزیابی آن، جهات پهنه توسعه فیزیکی شهر دیواندره به عنوان یک منطقه کاملاً کوهستانی، مشخص شود. برای این کار از ۱۰ شاخص موثر استفاده شده و برای ارزیابی، مدل سازی و پیش بینی نواحی مناسب توسعه کالبدی شهر از مدل منطق فازی استفاده شده است. به طوری که هرکدام از لایه‌ها با توجه به توابع عضویتی فازی در نرم افزار Arc GIS 9.3 فازی شده‌اند و سپس عملگر ضرب، جمع و مقادیر مختلف گامای فازی روی این لایه‌ها اجرا شده است. جهت انتخاب گامای پهنه فازی مقایسه تحلیلی روی پهنه‌های مناسب وضع موجود شهر بر اساس نقاط بحرانی با پهنه‌های مناسب حاصل از مقادیر گاما انجام گرفت و مشخص شد گامای ۰/۸ فازی بیشترین تطابق را با اراضی مناسب وضع موجود شهر دارد. در نهایت نقشه نهایی به ۵ کلاس تناسب طبقه‌بندی گردید و

<sup>۱</sup> - نویسنده مسئول: کرج- دانشگاه خوارزمی (حصارک)- کدپستی: ۳۱۹۷۹-۳۷۵۵۱

مشخص شد که ۲۴ درصد از منطقه مورد مطالعه (۲۸/۸۷ کیلومتر مربع) در کلاس با قابلیت تناسب مطلوب و ۵۶/۷ درصد از منطقه (۶۸ کیلومتر مربع) در کلاس تناسب نامطلوب قرار می‌گیرد. بر اساس نقشه نهائی طبقه‌بندی می‌توان نتیجه گرفت که پهنه‌های مساعد جهت توسعه فیزیکی آتی شهر دیواندره بیشتر در بخش شرقی، تا حدودی نیز بخش شمالی و جنوب شرقی به صورت پراکنده وجود دارند.

کلید واژه‌ها: مکان‌یابی، توسعه فیزیکی شهری، منطق فازی، سیستم اطلاعات جغرافیایی، شهر دیواندره

#### مقدمه

شهر یک پدیده پویا در سیستم فضایی محیط بوده و توسعه فیزیکی آن همواره انسان را وادار به برنامه‌ریزی می‌کند. رشد روز افزون شهرها و روستاهای بزرگ به تخریب زمین‌های کشاورزی محدود نشده، بلکه مهم‌تر از آن تنش‌های شهری مانند افزایش بهای زمین، ایجاد تفریحگاه و کارگاه و به طور کلی تغییر و تبدیل کاربری‌ها، تبعات مخربی در این زمینه داشته و دارد. در این خصوص یکی از ضرورت‌ها که مطالعات و سیاست‌های توسعه ملی سخت بر آن تأکید دارد، تعیین اراضی مناسب توسعه‌ی آتی شهرهای موجود و روستاهائی است که در آینده از نظر جمعیتی یا کالبدی به شهر تبدیل می‌شوند (سرور، ۱۳۸۵). از اینرو مطالعات و پژوهش‌ها، به ویژه در زمینه ویژگی‌های طبیعی زمین از همه جوانب باید در نظر گرفته شوند. در غیر این صورت اولین تأثیرات مخرب بر طبیعت و چشم‌انداز آن و به صورت غیرمستقیم پیامدهای جبران‌ناپذیری برای انسان و سکونتگاه‌های آن در پی دارد. فرایندهایی از قبیل نشست زمین، فرسایش خاک و تغییر آبراهه، زلزله، سیل و تحریک دامنه‌ها به عنوان برخی از عوامل طبیعی همواره می‌توانند در سیستم شهر موثر باشند. به دلیل ارزیابی و برنامه‌ریزی توصیفی در بسیاری از مطالعات شهری نقش عوامل زمینی در برنامه‌ریزی‌ها کم رنگ‌تر می‌شود. این امر به ویژه در نسل جدید برنامه‌ریزان صریحاً دیده می‌شود به طوری که به صورت فزاینده تنها با برنامه‌ریزی شهر و حومه بدون در نظر گرفتن عوامل طبیعی آشنا شده‌اند (ج.ام.هوک، ۱۹۹۳). توجه به عوامل طبیعی، جغرافیائی و محیطی از این جهت که این عوامل بستر و جایگاه اصلی شهر را تشکیل داده‌اند و علاوه بر آن می‌توانند کلیه عناصر و اجزای طراحی شهری نظیر مکان، شکل، ساختار و بافت شهر را تغییر دهد حائز اهمیت است. به طوری که امروزه کلیه تفکرات برنامه‌ریزی شهری نقش طبیعت و عوامل اکولوژیک را اساسی‌ترین عوامل تاثیرگذار فرایند توسعه شهری

می‌دانند (بحرینی، ۱۳۷۷). ارزیابی هر منطقه نیاز به داشتن معیارها و همچنین سنجش و اندازه‌گیری آن‌ها دارد. سنجش این معیارها (کمی و کیفی) روشهایی را می‌طلبد که نتایج مربوط به آن را تسهیل بخشد. منطق فازی راهکار جدیدی است که شیوه‌های مرسوم برای طراحی و مدل‌سازی یک سیستم را که نیازمند ریاضیات پیشرفته و نسبتاً پیچیده می‌باشد، با استفاده از مقادیر و شرایط زبانی و یا به عبارتی دانش فرد خبره و با هدف ساده‌سازی و کارآمدتر شدن طراحی سیستم، جایگزین و تاحد زیادی تکمیل می‌نماید. منطق فازی علمی است که امکان و اجازه شبیه‌سازی پویایی یک سیستم را بدون نیاز به توصیفات ریاضی مفصل و با استفاده از داده‌های کمی و کیفی پدید آورده است (Phillis, 2001). این ابزار به صورت گسترده نظریه مجموعه‌های فازی، منطق فازی، اندازه فازی و غیره را در برمی‌گیرد. نظریه مجموعه فازی توسعه نظریه مجموعه معمولی، منطق فازی توسعه منطق دودویی و اندازه فازی توسعه اندازه احتمالی است. فازی بودن همان‌طور که در منطق فازی به کار می‌رود به انواع مختلف ابهام و عدم اطمینان مربوط به زبان و طرز تفکر بشر اشاره دارد و با عدم اطمینانی که به وسیله نظریه احتمال بیان می‌شود، متفاوت است (تاناکا، ۱۳۸۸). در سال ۱۹۶۵ پروفیسور لطفی‌زاده مبتکر مدل فازی اولین مقاله خود را در زمینه فازی تحت عنوان مجموعه‌های فازی منتشر کرد. نظریه مجموعه‌های فازی ابزارهای مهم فراهم می‌آورد که می‌توان به وسیله آن‌ها نحوه استدلال و تصمیم‌گیری انسانی را صورت‌بندی ریاضی بخشید و از این‌گونه‌ها در زمینه‌های مختلف علوم استفاده کرد (طاهری، ۱۳۷۸). روش فازی احتمال عضویت یک پیکسل را به مجموعه‌های فازی با توجه به تابع عضویت فازی ارزیابی می‌کند. مجموعه‌های فازی فاقد مرز مشخصی هستند و عضویت یا عدم عضویت یک مکان در مجموعه ای خاص به صورت تدریجی است (Wang et al, 1996). این مدل برای اولین بار در سال ۱۹۷۴ در اروپا برای تنظیم دستگاه تولید بخار، در یک نیروگاه کاربرد عملی پیدا کرد. بعدها این مدل در تحقیقات و پژوهش‌های مختلف توسط محققان به کار گرفته شد از جمله آن‌ها کار دیکسون (۲۰۰۵) بود که با استفاده تلفیقی از GIS و مدل فازی پهنه‌بندی آسیب‌پذیری آب‌های زیرزمینی را مورد ارزیابی قرار داده است. سوئی (Daniel Z.Sui, 1992) با استفاده از مدل منطق فازی در محیط GIS ارزیابی زمین شهری را مورد بررسی قرار داده است. دیوید سن و همکاران (۱۹۹۴) ارزیابی تناسب زمین را با استفاده از GIS و روش بولین و فازی در یونان مورد مطالعه قرار داده‌اند. چانگ (۲۰۰۸) با استفاده از ترکیب GIS و مدل تصمیم‌گیری چندمعیاره فازی زمین‌های مستعد را جهت استقرار جنگل

شهری در هارلینگن<sup>۱</sup> شناسائی کرده است. دادرسی سبزوار و خسروشاهی (۱۳۸۷) در شناخت مناطق مستعد برای گسترش سیلاب از روش کاربرد مدل‌های مفهومی استفاده کرده‌اند. در این تحقیق به مقایسه مدل‌ها با یکدیگر با توجه به شرایط طبیعی منطقه پرداخته شده است. نتایج نشان داد که مدل فازی با اپراتور جمع بهترین سازگاری را در مقایسه با سایر مدل‌ها برای شناسایی مناطق سیل خیز و مستعد برای مهار و گسترش سیلاب از خود نشان می‌دهد. گلی و همکاران (۱۳۸۵) در تبدیل روستاها به شهر در منطقه تهران از منطق فازی استفاده کرده‌اند و ضرورت الگوهای خاص سکونتگاه‌های روستایی را برای تبدیل به شهر با این مدل مشخص کردند. حبیبی و دیگران (۱۳۸۷) عوامل سازه‌ای- ساختمانی موثر در آسیب- پذیری بافت کهن شهری زنجان را با استفاده از GIS و منطق فازی معین کرده و با انتخاب ۱۱ شاخص نتیجه گرفتند که بخش اعظمی از منطقه در مقابل حوادث طبیعی ناپایدار بوده و لزوم نوسازی و بهسازی آن به شدت احساس می‌گردد. شمسی‌پور و شیخی (۱۳۸۹) پهنه بندی مناطق حساس و آسیب پذیری محیطی را در ناحیه غرب فارس با روش طبقه بندی فازی و فرایند تحلیل سلسله مراتبی بررسی کرده‌اند.

در این پژوهش نیز با استفاده از مدل منطق فازی در پی شناسایی مکان مناسب جهت توسعه شهر دیواندره می‌باشیم. شهر دیواندره قبلاً تحت نفوذ دو شهر بزرگ استان کردستان یعنی سقز و سنندج بوده است. با تقویت راه ارتباطی سقز-سنندج، سکونتگاه کوچک دیواندره به عنوان یک مرکز جمعیتی و بین‌راهی گسترش یافته و در سالهای بعد از ۱۳۴۰ به صورت یک شهر کوچک موجودیت یافت و هم اکنون به عنوان شهرستانی با مساحت بیش از ۴۲۰۰ کیلومتر مربع در تقسیمات سیاسی استان مطرح می‌شود. بیشترین کاربری اطراف شهر را کاربری کشاورزی به خود اختصاص داده و منبع اصلی درآمد مردم نیز محصولات کشاورزی می‌باشد، لذا با توجه به اینکه قسمت‌های غربی شهر با ناهمواری‌های پر شیبی مواجه است، توسعه در امتداد محورهای شمال و شمال شرق منطبق بر راه‌های ارتباطی سقز، شرق و جنوب شهر در حال گسترش است و تغییر کاربری کشاورزی به کاربری شهری با ایجاد شهرک‌های جدید مشاهده می‌شود. این نوع توسعه فیزیکی در چند سال اخیر رشد شتابانی به خود گرفته است به صورتی که شهرک‌های اندیشه ۱، اندیشه ۲، سپاه و فاز ۳ که قبلاً کاربری کشاورزی (گندم و نخود) داشته، در طی ۳ تا ۶ سال اخیر تغییر کاربری داشته و هم اکنون بیش از ۸۰

---

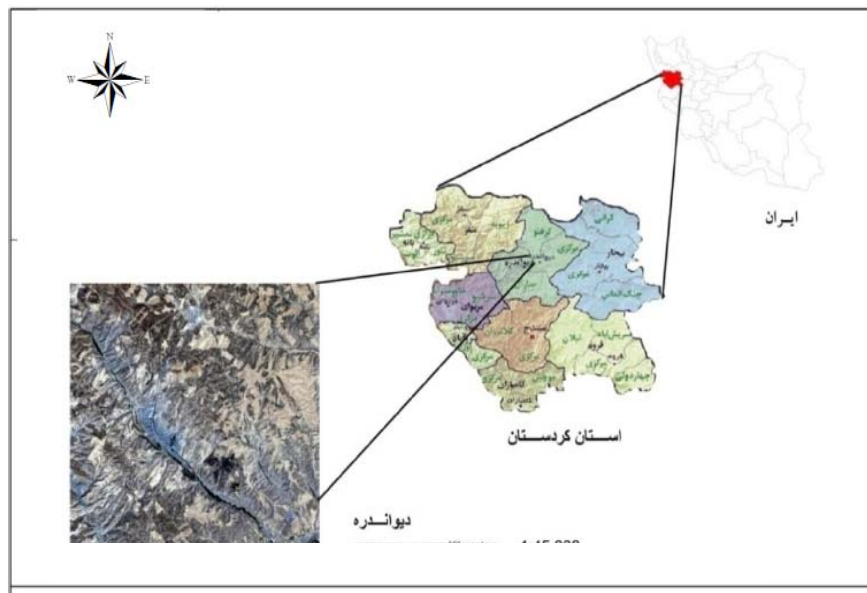
1. Harlingen

درصد روند شهری شدن را سپری کرده است. در رابطه با مخاطرات طبیعی وقوع سیلاب‌های دوره‌ای گاهی اوقات تاسیسات و کاربری‌های مختلف حاشیه‌ی غربی و شمالی شهر را دستخوش تغییر کرده و ضرر زیادی به اهالی این منطقه وارد می‌کند که ناشی از قرار گرفتن در مجاورت با زهکش‌ها می‌باشد. علاوه بر این در حاشیه‌های شمالی، شرقی و جنوبی تغییر کاربری زمین و از بین بردن پوشش گیاهی جهت توسعه شهر موجب فرسایش خاک در این نواحی شده و قابلیت زمین را در امور کشاورزی و مرتع کاهش داده است. بنابراین رشد روز افزون شهر به ویژه در دهه اخیر، تغییر کاربری زمین و لزوم شناخت ویژگی‌های طبیعی مناطق تحت احداث (به عنوان مثال قرار گرفتن در تیپ کوهستانی با ارتفاع بیش از ۱۸۵۰ متر از سطح دریا، قرار گرفتن در مسیر حوزه‌های زهکشی، مستقر بودن بر روی سازند‌های جدید زمین‌شناسی)، ضرورت تحقیق در این مقوله را فراهم می‌کند.

#### معرفی منطقه مورد مطالعه

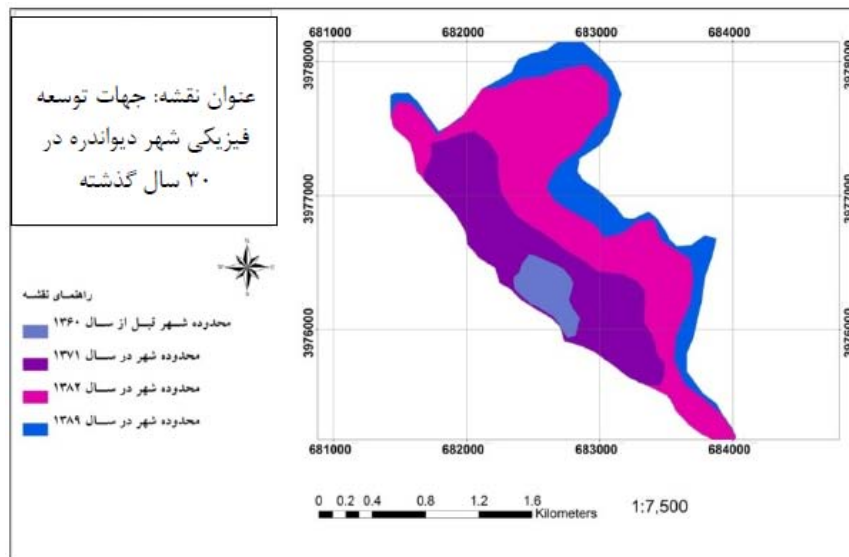
محدوده مورد مطالعه بین ۳۵ درجه و ۵۲ دقیقه تا ۳۵ درجه و ۵۸ دقیقه عرض شمالی و ۴۶ درجه و ۵۸ دقیقه عرض شمالی تا ۴۷ درجه و ۶ دقیقه طول شرقی از نصف النهار گرینویچ واقع شده است. مساحت محدوده مورد مطالعه ۱۲۰ کیلومترمربع می‌باشد (شکل ۱). به لحاظ موقعیت عمومی در ۹۵ کیلومتری شمال شهر سنندج قرار گرفته است. شهر دیواندره در راه ارتباطی مهم استان کردستان (سقز- سنندج) و موقعیت بین‌استانی قرار گرفته است. محدوده مورد مطالعه با شعاع تقریبی ۵ کیلومتر علاوه بر کالبد اصلی شهر پیرامون شهر را نیز با مساحت بیش از ۱۱۵ کیلومترمربع دربرگرفته است.

منطقه مورد مطالعه از لحاظ زمین‌شناسی جزو زون ایران مرکزی بوده که در تلاقی با زون سنندج- سیرجان در جنوب و زون البرز- آذربایجان در شمال می‌باشد (نبوی، ۱۳۵۵). عمده ویژگی ناهموازی آن وجود تپه ماهورها ناشی از رسوبات نتوزن (میوسن پایانی) می‌باشد (محمودی، ۱۳۵۲). این منطقه از لحاظ ژئومورفولوژیکی جزو واحد کردستان شرقی محسوب شده و دشت‌های موج و مرتفع در نواحی شرقی و شمالی آن به وفور به چشم می‌خورد. یکی از ایندشت‌ها، دشت هه و تو با ارتفاع ۲۲۰۰ متر، مرتفع‌ترین دشت ایران به شمار می‌رود (علایی طالقانی، ۱۳۸۲). از لحاظ اقلیمی دارای رژیم آب و هوایی نیمه خشک سرد بوده که مجموع بارش سالانه طی دوره ۳۰ ساله، حدود ۴۰۰ میلی‌متر و میانگین درجه حرارت آن ۷/۷ درجه سانتیگراد



شکل (۱) نقشه محدوده منطقه مورد مطالعه

با تعداد ۱۲۹ روز یخبندان می‌باشد (سازمان هواشناسی استان کردستان، ۱۳۸۸). پوشش گیاهی منطقه عمدتاً مرتع همراه با بوته‌های کوتاه و درختچه‌های خاردار بوده و نوع کاربری کشاورزی در این منطقه بیشتر مبنی بر کشت دیم می‌باشد. این منطقه قبلاً محل عبور عشایر بوده و به عنوان بیلاق عشایر مورد استفاده واقع می‌شد. از زمان صفویه به بعد تحت نفوذ ۲ شهر بزرگ استان یعنی سنندج در جنوب و سقز در شمال بوده است. لذا ضرورت ایجاد شهری در این منطقه تا دوره معاصر وجود نداشته است. با تقویت راه سنندج- سقز به تدریج روستای دیواندره (جزء شهرستان سنندج) در حد فاصل راه ارتباطی به عنوان یک مرکز جمعیتی و بین‌راهی گسترش یافته و در سال‌های اوایل دهه ۵۰ شمسی به صورت یک شهر تجلی یافت. بنابراین مهم‌ترین عامل در ایجاد شهر دیواندره موقعیت میان‌راهی آن است. (شکل ۲) گسترش تدریجی شهر را قبل از سال ۱۳۶۰ تا ۱۳۸۹ نشان می‌دهد که توسعه فیزیکی آن ابتدا به صورت شمالی- جنوبی بوده و بعد از سال ۱۳۷۱ بیشتر به سمت شرق و شمال شرق تمایل داشته است.



شکل (۲) نقشه جهات توسعه فیزیکی شهر در طول ۳۰ سال گذشته

مآخذ: برگرفته از پروژه طرح جامع شهری؛ ویرایش شده توسط نگارندگان (با استفاده از تصاویر ETM و Ikonos منطقه مورد مطالعه)

طبق سرشماری عمومی نفوس و مسکن جمعیت این کانون جمعیتی در سال ۱۳۴۵ بالغ بر ۱۸۲۲ نفر بوده و در سال ۱۳۵۵ به ۳۳۶۸ نفر رسیده است. در سال ۱۳۶۵ و ۱۳۷۵ نیز به ترتیب به ۱۰۳۹۵ و ۱۶۹۹۶ رسیده است. بنابراین ملاحظه می‌شود تعداد جمعیت ساکن شهر در طول دوره ۴۰ ساله از سال ۴۵ تا ۸۵ حدود ۱۳ برابر افزایش یافته است. پس در کل دوره زمانی ۴۰ سال اخیر برآیند خالص تأثیر نیروهای جاذبه و دافعه جمعیت آن قابل توجه بوده و جمعیت آن با شتاب نسبتاً زیادی روبرو بوده است. شهرستان دیواندره در سال ۱۳۸۲ دارای ۲ کانون شهری (دیواندره و زرینه) و ۱۸۶ روستای دارای سکنه بوده است. در سال ۸۵ بر طبق آمار سازمان نفوس و مسکن جمعیت این شهرستان ۸۲۷۴۱ نفر می‌باشد.

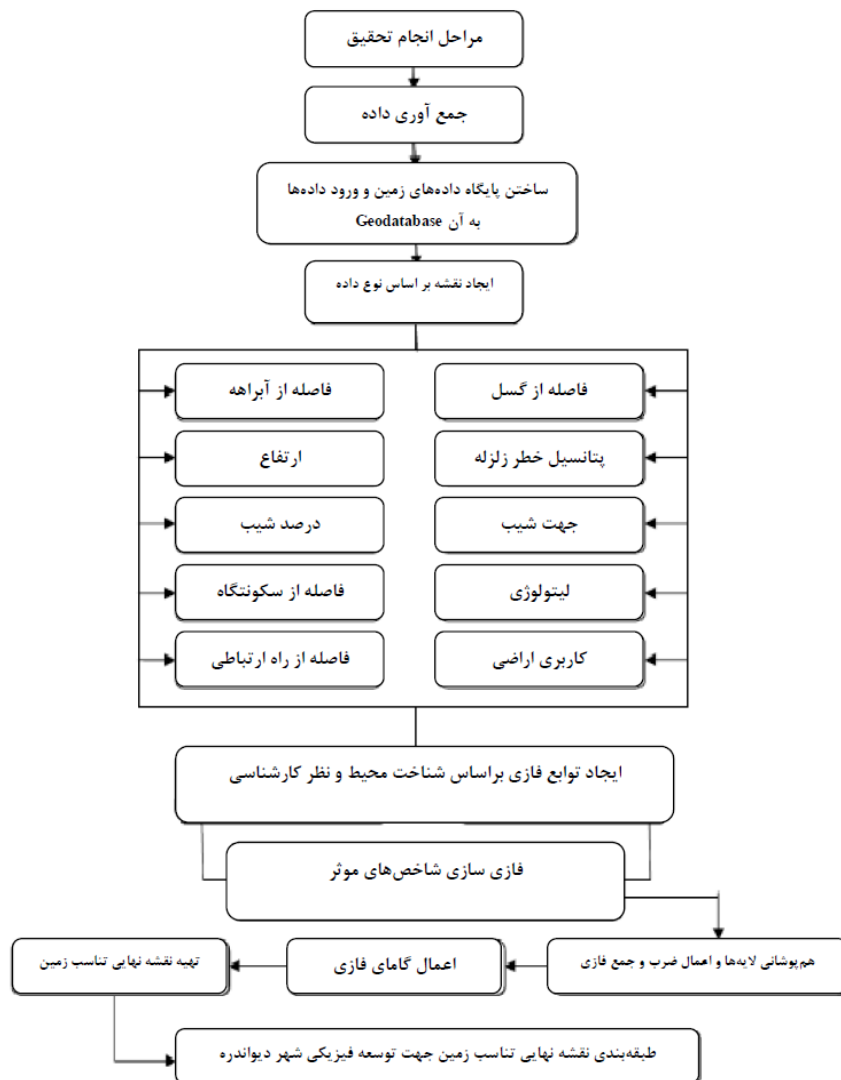
### مواد و روش‌شناسی

#### داده‌ها

به منظور گردآوری اطلاعات و داده‌های مورد نظر از طریق روش کتابخانه‌ای، مراجعه به سازمان‌ها و ادارات، سایت‌های اینترنتی و مشاهدات میدانی اقدامات لازم انجام گرفته است.

برای ایجاد لایه و اطلاعات مورد نیاز جهت انجام تحقیق از نقشه‌ها، تصاویر ماهواره‌ای و داده‌های مختلف استفاده شده است. نقشه‌های مورد نیاز شامل دو نقشه توپوگرافی (۱:۵۰۰۰۰) و دو نقشه زمین‌شناسی (۱:۱۰۰۰۰۰) منطقه مورد مطالعه که از سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی تهیه شده‌اند. تصاویر ماهواره‌ای شامل تصویر ETM مربوط به سال ۱۹۹۲ و تصویر ماهواره ای Ikonos مربوط به سال ۲۰۰۴ می‌باشد که از سایت‌های اینترنتی مربوطه تهیه شده‌اند. در نهایت داده‌های مربوط به ثبت زلزله منطقه مورد مطالعه از موسسه ژئوفیزیک ایران و همچنین لایه حریم کنونی مربوط به سال ۱۳۸۹ شهر دیواندره از شهرداری دیواندره فراهم شد. جهت ارزیابی تناسب زمین برای توسعه شهر ۱۰ شاخص در نظر گرفته شد که شامل لایه‌های ارتفاع، شیب، جهت شیب، لیتولوژی، فاصله از گسل، پتانسیل خطر زلزله، فاصله از سکونتگاه‌ها، فاصله از راه ارتباطی، کاربری اراضی و فاصله از آبراهه می‌باشد. به منظور تهیه این لایه‌ها ابتدا تمامی نقشه‌ها و تصاویر به محیط ARC GIS9.3 وارد شده سپس با سیستم زمین مرجع همسان (UTM: WGS1984, Zone 38N)، مقیاس مشترک (۱:۱۸۰۰۰) و cellsize یکسان (۲۰×۲۰) در محیط GIS آماده جهت پردازش و ارزیابی قرار گرفته‌اند. لایه‌های مورد نظر ابتدا با استفاده از مدل فازی توسط ابزار Raster Calculator استاندارد و فازی شده و در قالب رستر به صورت ارزشی از صفر تا یک درآمده‌اند. سپس عملگرهای جمع و ضرب جبری فازی روی لایه‌ها انجام گرفته و هم‌پوشانی لایه صورت می‌گیرد. در نهایت با عملگر متعادل گامای فازی و در نظر گرفتن بهترین توان گاما نقشه نهایی تناسب زمین جهت توسعه فیزیکی شهر دیواندره بدست می‌آید (شکل ۳).





شکل (۳) فرایند پژوهش جهت ارزیابی جهات توسعه فیزیکی شهر دیواندره با مدل منطق فازی

## روش شناسی

مدل منطق فازی تعمیمی از نظریه کلاسیک مجموعه‌ها در علم ریاضیات است و روشی نوین جهت بیان عدم قطعیت‌ها و ابهامات روزمره می‌باشد. مجموعه‌های فازی از طریق تابع عضویت تعریف می‌شوند. برای هر مجموعه فازی عددی بین صفر تا یک وجود دارد که صفر عدم عضویت کامل و یک عضویت کامل را نشان می‌دهد. ابزار کار مدل فازی با استفاده از عملگرهای مختلف صورت می‌گیرد. یکی از عملگرهای مهم مدل منطق فازی، عملگر ضرب جبری فازی (Fuzzy Product) می‌باشد که با استفاده از آن ترکیب لایه‌ها صورت می‌گیرد. در این اپراتور تمامی لایه‌های اطلاعاتی در هم ضرب شده و در لایه خروجی اعداد به سمت صفر میل می‌کنند که این روند ناشی از ضرب چندین عدد کمتر از ۱ می‌باشد. در نتیجه تعداد پیکسل کمتری در کلاس خیلی خوب قرار می‌گیرد. در عملگر جمع جبری فازی (Fuzzy Sum) نتیجه همیشه بزرگ‌تر یا مساوی بزرگ‌ترین مقدار عضویت فازی در لایه می‌باشد. به همین دلیل در نقشه خروجی برخلاف عملگر ضرب جبری فازی ارزش پیکسل به سمت یک میل می‌کند. در نتیجه تعداد پیکسل بیشتری در کلاس خیلی خوب قرار می‌گیرد. فرمول مربوط به عملگر ضرب و جمع فازی به ترتیب به صورت روابط (۱) و (۲) تعریف می‌شوند.

رابطه (۱)

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

که در آن  $\mu_{combination}$  لایه حاصل از حداقل‌سازی،  $\mu_i$  لایه فازی و  $i=1,2,3,\dots,n$  تعداد نقشه‌های ترکیب شونده را نشان می‌دهد.

رابطه (۲)

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

که در آن  $\mu_{combination}$  لایه حاصل از حداکثرسازی،  $\mu_i$  لایه فازی و  $i=1,2,3,\dots,n$  تعداد نقشه‌های ترکیب شونده را نشان می‌دهد. در این عملگر ابتدا عدد ۱ را از هر یک از لایه‌های فازی کم کرده سپس تمامی لایه‌ها در هم ضرب می‌شوند. بعد از این مراحل مجدداً عدد ۱ را از لایه نهایی کم کرده تا لایه جمع جبری فازی ایجاد شود.

برای تعدیل حساسیت خیلی بالای عملگر ضرب فازی و حساسیت خیلی کم عملگر جمع فازی، عملگر دیگری به نام گامای فازی (Fuzzy Gamma) معرفی شده است. که حد فاصل ضرب و

جمع جبری فازی می‌باشد. این عملگر بر حسب حاصل ضرب جبری فازی و حاصل جمع جبری فازی بر اساس رابطه (۳) تعریف می‌شود.

رابطه (۳)

$$\mu_{combination}^{1-\gamma} = ((\text{Fuzzy Algebraic Sum}) (\text{Fuzzy Algebraic Product}))^{1-\gamma}$$

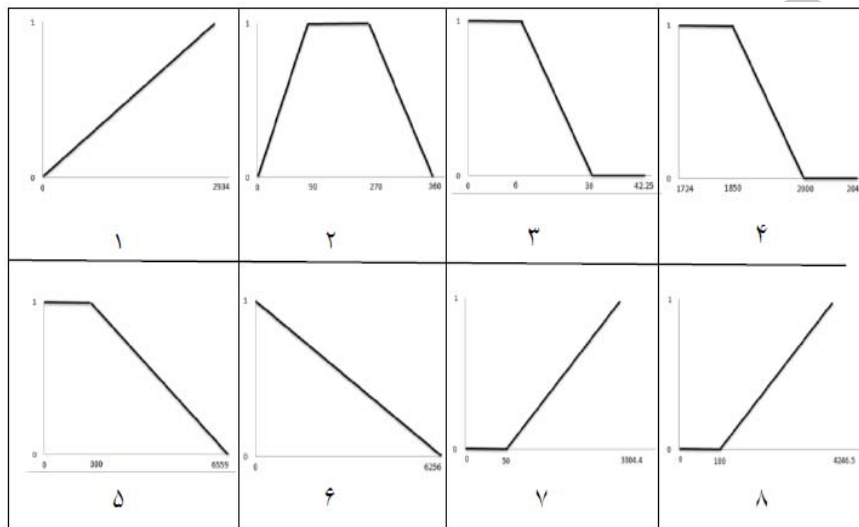
که در آن  $\mu_{combination}$  لایه حاصل از گامای فازی و  $\gamma$  پارامتر تعیین شده در محدوده صفر و یک است. وقتی  $\gamma$  برابر با ۱ باشد ترکیبی که اعمال می‌شود همان جمع جبری فازی و زمانی که  $\gamma$  برابر صفر باشد ترکیب، برابر ضرب جبری فازی است. انتخاب صحیح  $\gamma$  مقادیری در خروجی ایجاد می‌کند که با اثر افزایشی جمع جبری و اثر کاهش ضرب جبری فازی سازگاری دارد.

در این تحقیق ۱۰ شاخص جهت ارزیابی تناسب زمین مورد استفاده قرار گرفته است که در این رابطه جهت انجام فرایند فازی‌سازی برای استاندارد کردن لایه‌ها و تعیین توابع فازی ابتدا لازم است که تمامی لایه‌ها در محیط GIS سازماندهی شوند. به همین ترتیب تمام لایه‌ها با مقیاس و سیستم مختصات مشترک گردآوری شده‌اند. برای آماده‌سازی و استانداردسازی لایه‌ها بر اساس منطق فازی از نرم افزار Arc GIS 9.3 استفاده شده و برای مدل سازی ابزار Raster calculator در تحلیل‌گر Spatial analyst به کار گرفته شده است.

### یافته‌های تحقیق

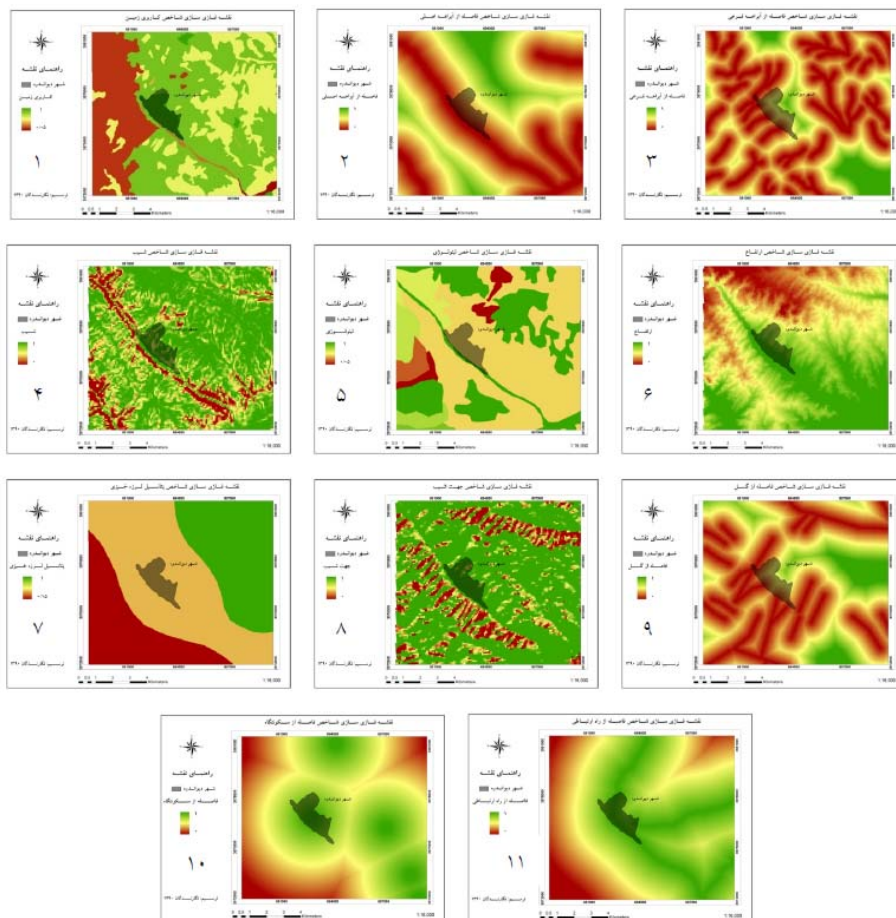
اصولی که بر اساس آن مکان‌یابی پهنه‌های مناسب جهت توسعه شهر شناسائی شده و لایه‌های مورد نظر طبق آن به صورت تابع فازی شکل می‌گیرند شامل؛ استقرار در مناطق کم شیب، فاصله گرفتن از حریم پرخطر رودخانه، قرار گرفتن بر روی سازندهای مقاوم زمین-شناسی، فاصله گرفتن از حریم گسل، استقرار در مناطق با شتاب ثقل زلزله پایین، نزدیکی به راه ارتباطی، قرار گرفتن در جهات جنوبی جغرافیائی، نزدیکی به سکونتگاه، مستقر شدن در مناطق کم ارتفاع و تغییر کاربری بهینه زمین به منظور ساخت وساز شهری می‌باشد. نوع لایه‌ها جهت فازی‌سازی به دو صورت متفاوت (feature and raster) می‌باشند. برای لایه‌های وکتوری نقطه‌ای و خطی (فاصله از سکونتگاه، گسل و آبراهه اصلی و فرعی) با استفاده از تحلیل Density و برای لایه‌های وکتوری پلی گونی (لیتولوژی، کاربری زمین، شتاب لرزه خیزی) با استفاده از دادن کد ۰ تا ۱ به هر یک از فیله‌های مربوطه به لایه‌های رستری تبدیل می‌شوند. لایه‌های رستری حاصل از کدهای ارزشی می‌توانند به صورت مستقیم در بازه ۰ تا ۱ به عنوان

لایه استاندارد شده از آن استفاده کرد. به همین خاطر نیازی به ایجاد تابع ندارند. سایر لایه‌ها با توجه به نظرات کارشناسی و شناخت و روابط معیارها در محیط توابع مجموعه ای هر کدام از آن‌ها مشخص می‌شوند (شکل ۴).



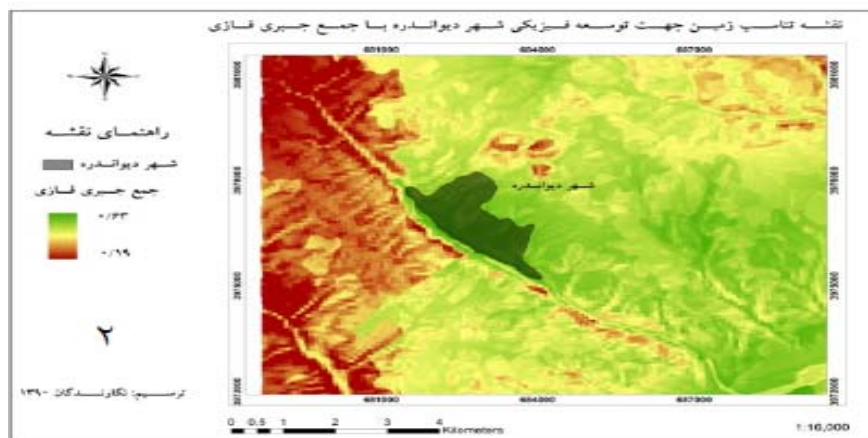
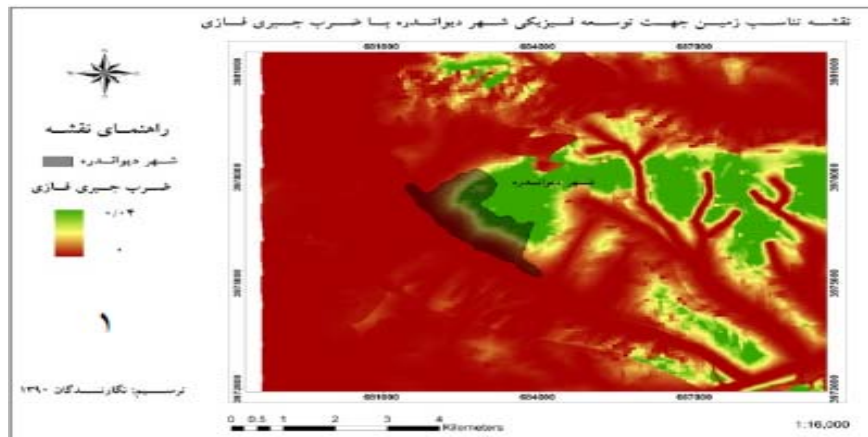
شکل (۴) توابع فازی‌سازی معیارها (۱) فاصله از گسل (۲) جهت شیب (۳) درصد شیب (۴) ارتفاع (۵) فاصله از سکونتگاه (۶) فاصله از راه ارتباطی (۷) فاصله از آبراهه فرعی (۸) فاصله از آبراهه اصلی

با داشتن توابع فازی می‌توان به صورت فرمول نویسی در محیط GIS توابع مربوطه را با تحلیل‌گر RasterCalculator به صورت لایه‌های استاندارد شده در بازه ارزشی صفر تا ۱ درآورد. نکته قابل توجه ماهیت برخی از لایه‌ها بوده که به صورت وکتوری می‌باشند. برای این کار تحلیل از Distance (بر روی لایه‌های نقطه‌ای) و تبدیل وکتور به رستر بر اساس کدهای ارزشی (بر روی لایه‌های پلی‌گونی) استفاده شده است. با توجه به ضوابط در نظر گرفته هر کدام از این لایه‌ها به نوعی محدودیت و امکانات جهت توسعه شهر را بیان می‌کند شکل (۵).



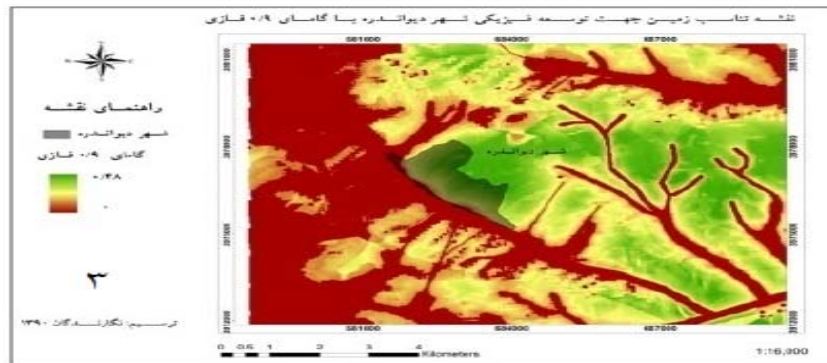
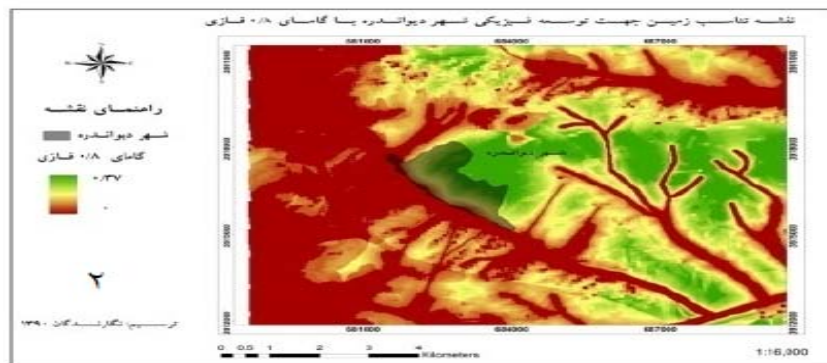
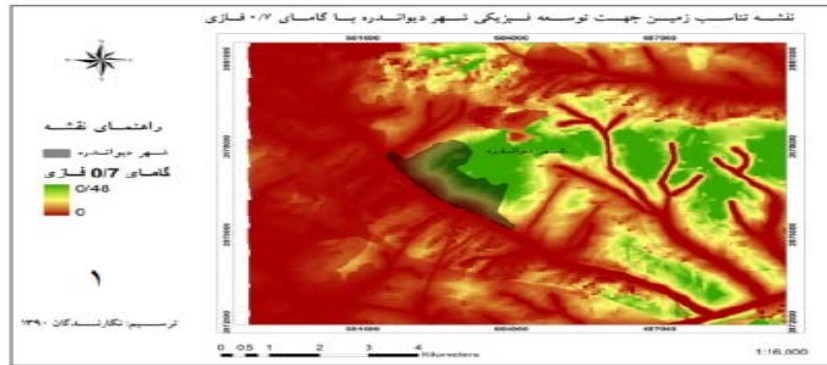
شکل (۵) لایه‌های فازی شده بر اساس توابع فازی: (۱) کاربری اراضی (۲) فاصله از آبراه اصلی (۳) فاصله از آبراه فرعی (۴) جهت شیب (۵) لیتولوژی (۶) ارتفاع (۷) پتانسیل لرزه‌خیزی (۸) جهت شیب (۹) فاصله از گسل (۱۰) فاصله از سکونتگاه (۱۱) فاصله از راه ارتباطی

لایه حاصل از ضرب جبری فازی با حساسیت بالا حداقل مکان‌های مناسب و لایه حاصل از جمع جبری فازی با حساسیت کم حداکثر مکان‌های مناسب را جهت توسعه فیزیکی شهر دیواندره نشان می‌دهد (شکل ۶).



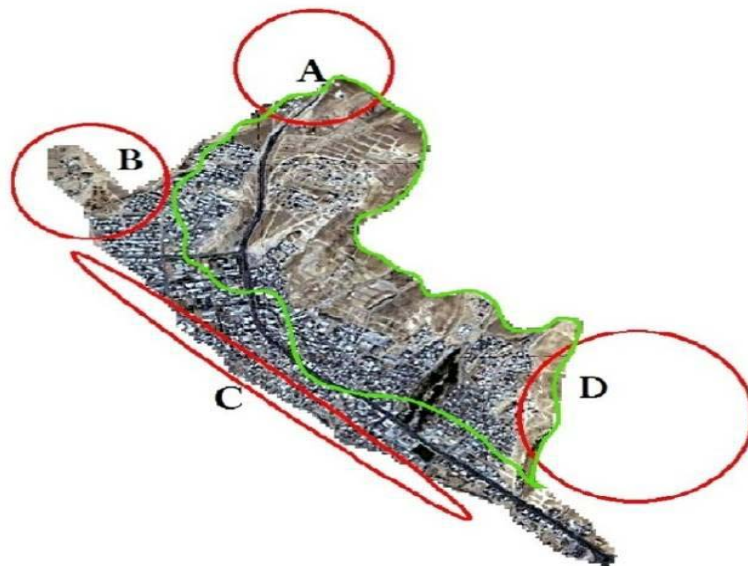
شکل (۶) (۱) لایه حاصل از ضرب جبری فازی (۲) لایه حاصل از جمع جبری فازی

در رابطه با مدل تعدیلی گامای فازی از مقادیر  $0/7$ ،  $0/8$  و  $0/9$  جهت شناسایی پهنه‌های مستعد برای توسعه فیزیکی شهر دیواندره استفاده شده است. مقادیر پیکسل‌های که نشان دهنده مکان‌های مناسب جهت توسعه فیزیکی شهر دیواندره می‌باشند، در لایه حاصل از گامای فازی بستگی به انتخاب صحیح توان گاما دارند. مقادیری که  $7$  می‌تواند اختیار کند از صفر تا یک می‌باشد. با توجه به فرمول‌های تعریف شده جهت اعمال گامای فازی لایه نهائی حاصل هر کدام از مقادیر  $7$  در (شکل ۷) آمده است.



شکل (۷) (۱) لایه حاصل از گامای ۰/۷ فازی (۲) لایه حاصل از گامای ۰/۷ فازی (۳) لایه حاصل از گامای ۰/۷ فازی

برای انتخاب گامای مناسب جهت انتخاب لایه نهائی لازم است با توجه به وضع موجود شهر و در نظر گرفتن پهنه‌های مناسب آن در ارتباط با پهنه‌های مناسب هر کدام از مقادیر مختلف گاما مطابقت صورت گیرد. به عبارتی در صورتی که پهنه‌های ساخته شده از شهر که به عنوان مناطق مناسب تلقی می‌شوند با هر کدام از طبقات مناسب لایه‌های گاما مطابقت بیشتری داشته باشد، مقدار لاندای مورد نظر جهت پهنه‌بندی تناسب زمین مناسب تلقی می‌شود. جهت شناسائی مکان‌های مناسب وضع موجود شهر برای مقایسه با لایه‌های حاصل از مقادیر مختلف گامای فازی از چهار نقطه بحرانی استفاده شده است (شکل ۸).



شکل ۸) مطابقت پهنه مناسب مدل گامای ۰/۸ فازی با مناطق مناسب وضع موجود شهر دیواندره  
(۱ لایه گامای ۰/۷ فازی ۲) لایه گامای ۰/۸ فازی ۳) لایه گامای ۰/۹ فازی

با توجه به (شکل ۸) چهار منطقه بحرانی مشخص شده که بر اساس آن به دنبال انتخاب صحیح لایه نهائی حاصل از مدل منطق فازی می‌باشیم. در این رابطه منطقه A که در شمال منطقه مورد مطالعه قرار دارد از لحاظ ارتفاع (بیشتر از ۱۹۰۰ متر) و نزدیک بودن به گسل، منطقه B در شمال غرب محدوده از لحاظ قرار گرفتن در مسیر زهکش، شیب نامناسب، وجود گسل، استقرار در کاربری نامناسب و وضعیت نامساعد زمین شناسی، منطقه C در غرب محدوده به لحاظ شیب زیاد، لرزه‌خیزی، کاربری نامناسب، وجود زهکش و جهت شیب نامساعد



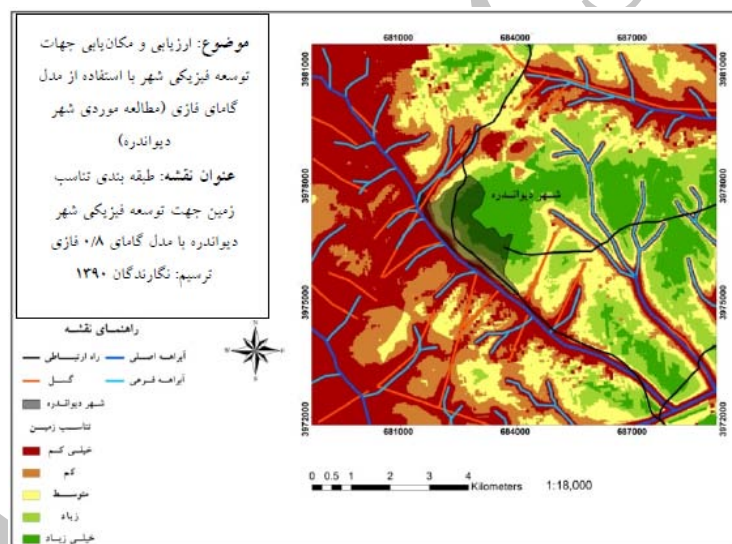
و همچنین منطقه D به سبب کاربری نامناسب و وجود گسل جزو مناطق بحرانی و مخاطراتی تلقی می‌شود. لذا در نظر گرفتن گامای بهینه فازی با توجه به قرار گرفتن پهنه‌های مناسب این مدل در انطباق با مناطق مساعد وضع کنونی شهر دیواندره و در نظر داشتن مناطق نامساعدی است که احتمال وقوع مخاطرات طبیعی در آن زیاد است. در مقایسه لایه‌های نهائی حاصل از مقادیر ۰/۷، ۰/۸ و ۰/۹ گامای فازی مشخص شد که گامای ۰/۸ فازی بیشترین انطباق را با وضعیت مناسب توسعه کنونی شهر دارد، به طوری که پهنه‌های مناسب در این لایه در راستای مناطق مستعد و در عین حال به دور از پهنه‌های پرخطر همچون مناطق B و C می‌باشد. برخلاف آن در گامای ۰/۹ فازی پهنه‌های مناسب با مناطق مخاطراتی تلاقی داشته و همچنین گامای ۰/۷ فازی درصد کمتری از مناطق مستعد را جهت توسعه شهر دربرگرفته است.

#### بحث و نتیجه‌گیری

لایه حاصل از مدل گامای ۰/۸ فازی به سبب انطباق بیشتر با مناطق مستعد و کم خطر محدوده کنونی شهر دیواندره به عنوان مناسب‌ترین لایه پهنه‌بندی تناسب زمین جهت توسعه فیزیکی شهر دیواندره معرفی می‌گردد. لایه مورد نظر با استفاده از روش شکستگی‌های طبیعی طبقه‌بندی گردید و مشخص شد که ۲۴ درصد از منطقه مورد مطالعه که معادل ۲۸/۸۷ کیلومتر مربع است در کلاس با قابلیت تناسب زیاد و خیلی زیاد قرار دارد. این مقدار برای کلاس با قابلیت تناسب ضعیف و خیلی ضعیف برابر ۵۶/۷ درصد معادل ۶۸ کیلومتر مربع از منطقه مورد مطالعه می‌باشد. ۱۷/۶ درصد از مساحت منطقه نیز که معادل ۲۱/۱۲ کیلومتر مربع می‌باشد در طبقه با قابلیت تناسب متوسط قرار دارد (جدول ۱). بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که حدود ۴۳ درصد از منطقه مورد مطالعه (۵۰ کیلومتر مربع) جهت توسعه شهر مناسب می‌باشند. ولی به دلیل اینکه برخی از این پهنه‌ها به صورت پراکنده در منطقه دیده می‌شوند و همچنین این برخی نیز در کنار عوامل محدود کننده همچون حصار کوه‌ها و نزدیکی به بستر رودها قرار دارند، نمی‌توان آن‌ها را به عنوان پهنه‌های مساعد در نظر گرفت. جنوب و جنوب غرب منطقه مورد مطالعه نمونه بارز این مدعی هستند. پهنه‌های مساعد بیشتر در بخش شرقی و تاحدودی بخش شمالی و جنوب شرقی منطقه مطالعاتی دیده می‌شوند (شکل ۹).

جدول (۱) مقادیر طبقات تناسب زمین جهت توسعه فیزیکی شهر دیواندره با مدل گامای ۰/۸ فازی

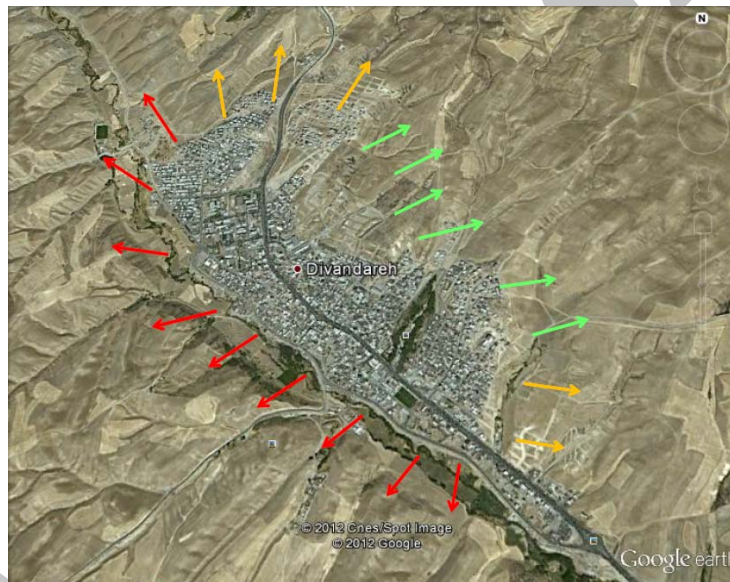
تناسب زمین جهت توسعه فیزیکی شهر دیواندره با مدل گامای ۰/۸ فازی		طبقه بندی تناسب زمین
درصد مساحت	مساحت به کیلومتر مربع	
۱۱/۱۴	۱۳/۳۷	خیلی زیاد
۱۲/۹۱	۱۵/۵	زیاد
۱۷/۶	۲۱/۱۲	متوسط
۱۶/۱۱	۱۹/۳۴	ضعیف
۴۰/۵۲	۴۸/۶۳	خیلی ضعیف
۱۰۰	۱۲۰	مجموع



شکل (۹) نقشه نهایی طبقه بندی تناسب زمین جهت توسعه فیزیکی شهر دیواندره با مدل گامای ۰/۸ فازی

با توجه نقشه پهنه بندی تناسب زمین می‌توان نتیجه گرفت که بخش شرقی منطقه به سمت اراضی جنوب شرقی بیشترین تناسب را در ارتباط با توسعه فیزیکی شهر دیواندره دارد که توصیه می‌شود در برنامه ریزی‌های مربوط به توسعه شهر این موارد مورد توجه قرار گیرد. بر خلاف آن بخش‌های غربی و تا حدودی جنوبی و شمالی محدودیت‌هایی در ارتباط با توسعه

شهر دارند که مهم‌ترین آن در بخش غربی منطقه به سبب وجود شیب زیاد و توپوگرافی خشن، همچنین بستر رودخانه، کاربری نامناسب و سایر ویژگی‌های محدودکننده شرایط کاملاً نامطلوبی را جهت توسعه شهر بوجود آورده است. در بخش شمالی منطقه مورد مطالعه مهم‌ترین عامل محدودکننده ارتفاع زیاد آن می‌باشد که به دلیل ماهیت کوهستانی منطقه در فصول سرد سال باعث یخبندان و سایر شرایط نامساعد آب و هوایی می‌شود. نواحی جنوبی نیز به دلیل مستقر شدن در امتداد زهکش‌ها و وجود گسل‌های متعدد به عنوان اراضی نه‌چندان مساعد معرفی می‌شوند (شکل ۱۰).



شکل (۱۰) مناطق مستعد (سبز)، تناسب متوسط (زرد) و نامستعد (قرمز) توسعه فیزیکی شهر دیواندره

### پیشنهادات

- جهت ارزیابی توسعه کالبدی شهر پیشنهاد می‌شود از سایر مدل‌ها (همچون شبکه عصبی، هوش مصنوعی، سلول‌های اتومات و غیره) در پژوهش‌های مربوطه بررسی و مطالعه صورت گیرد.
- در برنامه ریزی‌های توسعه شهر مناطق با تناسب زیاد در اولویت قرار گیرد و استقرار شهر بر اساس اصولی مانند حفظ حریم رودخانه، کاربری صحیح زمین، توجه به شیب و جنس زمین و غیره صورت گیرد. در این رابطه از یافته‌های محققان علوم زمین در برنامه ریزی‌ها استفاده لازم به عمل آید.

- در گسترش فیزیکی شهر دیواندره توصیه می‌شود جهات شرقی منطقه مورد مطالعه در اولویت اول قرار گیرد.
- ارزیابی که بر اساس شاخص‌های تعیین شده انجام گرفت می‌تواند در امر برنامه ریزی توسعه شهر فرایند کار را تسهیل بخشد. در صورتی که در این ارزیابی از سایر شاخص‌ها مانند نفوذ پذیری خاک، عمق خاک، سطح ایستایی آب زیر زمینی و غیره استفاده شود نتایج تحقیق دقیق‌تر خواهد بود.
- جلوگیری از گسترش شهر در مناطق نامناسب مانند شمال شهر (زورآباد) که در نزدیکی بستر رودخانه استقرار یافته و از لحاظ دسترسی به بازار و راه ارتباطی با مشکل مواجه است.

#### منابع و ماخذ

۱. بحرینی، سید حسن (۱۳۷۷) **فرایند طراحی شهری**، انتشارات دانشگاه تهران، چاپ اول.
۲. تاناکا، کازو، (۱۳۸۸) ترجمه: علی وحیدیان کامیاد و حامد رضا طارقیان، **مقدمه ای بر منطق فازی**، انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد، چاپ چهارم.
۳. حبیبی، کیومرث، احمد پور احمد، ابوالفضل مشکینی، علی عسگری و سعید نظری عدلی (۱۳۸۷) **تعیین عوامل سازه‌ای - ساختمانی موثر در آسیب پذیری بافت کهن شهری زنجان با استفاده GIS و مدل منطق فازی**، مجله هنرهای زیبا، شماره ۳۳، صص ۲۷-۳۶.
۴. دادرسی سبزواری، ابوالقاسم و محمد خسروشاهی (۱۳۸۷) **شناخت مناطق مستعد برای گسترش سیلاب به روش کاربرد مدل‌های مفهومی (راهکاری برای مهار بیابان زایی)**، مجله تحقیقات مرتع و بیابان ایران، شماره ۳۱، صص ۲۲۷-۲۴۱.
۵. سازمان هواشناسی استان کردستان، **آمارنامه هواشناسی**، ۱۳۸۸.
۶. سرور، رحیم (۱۳۸۵) **جغرافیائی کاربردی و آمایش سرزمین**، انتشارات سمت، چاپ دوم، تهران.
۷. شمسی‌پور، علی‌اکبر و محمد شیخی (۱۳۸۹) **پهنه بندی مناطق حساس و آسیب پذیری محیطی در ناحیه غرب فارس با روش طبقه بندی فازی و فرایند تحلیل سلسله مراتبی**، مجله پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، شماره ۷۳، صص ۵۳-۶۸.
۸. طاهری، سید محمود (۱۳۷۸) **آشنائی با نظریه مجموعه‌های فازی**، انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد، چاپ اول، مشهد.
۹. طرح توسعه و عمران (جامع) **شهر دیواندره (۱۳۸۷)**، مهندسان مشاور بوم نگاران پارس.

۱۰. علائی طالقانی، محمود (۱۳۸۲) *ژئومورفولوژی ایران*، انتشارات قومس، چاپ دوم.
۱۱. گزارش طرح هادی سال (۱۳۸۵) شهرستان دیواندره، سازمان مسکن و شهرسازی استان کردستان
۱۲. گلی، علی و علی عسگری (۱۳۸۵) کاربرد منطق فازی در تبدیل روستا به شهر، مجله مدرس علوم انسانی، شماره ۴۵، صص ۱۳۹-۱۵۸.
۱۳. محمودی، فرج‌الله (۱۳۵۲) *جغرافیای ناحیه قروه، بیجار، دیواندره*، طرح پژوهشی کردستان، دانشگاه تهران.
۱۴. نبوی، محمد حسن (۱۳۵۵) *دیباچه‌ای بر زمین‌شناسی ایران*، انتشارات سازمان زمین‌شناسی.
۱۵. هوک، جی.ام، ترجمه: محمد جعفر زمریدیان (۱۳۷۲) *ژئومورفولوژی در برنامه ریزی محیطی*، انتشارات سمت، چاپ اول.

Chang Ni-Bin, (2008) *Combing GIS with Fuzzy multicriteria decision making for landfill siting in a fast-growing urban region*. *Jornal of Environmental Management*. Volume 87. Issue1. P-P 139-153

Daniel Z.Sui, (1992) *A fuzzy GIS modeling approach for urban land evaluation*. *Computers, Environment and Urban System*. Volume16. Issue2. P-P 101-115.

Davidson, D.A, S.P Tehocharopoulos, R.J Bloksma, (1994) *A land evaluation project in Greece using GIS and based an Boolean and fuzzy set methodologies*. *Int.J.GIS*. 8: P-P 369-889.

Dixon B, (2005) *Groundwater vulnerability mapping: A GIS and Fuzzy rule based integrated tool*. *Applied Geography*. Volume25. Issue4. P-P 327-347.

Phillis Y.A, L.A.A, (2001) *Sustainability: an ill-defined concept and its assessment using Fuzzy logic*. *Ecological Economics*. 37: P-P 435-456.

Wang F, Hall G.B, (1996) *Fuzzy representation of geographical boundaries in GIS*. *International Jornal of Geographical Information Science*. Vol 10. No 5. P-P 573-590..