

ارزیابی ژئومورفولوژیکی تناسب زمین برای گسترش کالبدی

شهر سنندج با اعمال مناطق ممنوعه

هادی نیری* - استادیار گروه ژئومورفولوژی، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه کردستان

ممنند سالاری - استادیار گروه ژئومورفولوژی، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه کردستان

حمید گنجائیان - کارشناس ارشد هیدروژئومورفولوژی، دانشگاه تهران

خبات امانی - کارشناس ارشد هیدروژئومورفولوژی، دانشگاه تهران

پذیرش مقاله: ۱۳۹۶/۱/۲۷ تأیید مقاله: ۱۳۹۶/۵/۱۷

چکیده

استقرار و پیدایش هر شهر بیش از هر چیز تابع شرایط و موقعیت جغرافیایی آن است؛ زیرا عوارض و پدیده‌های طبیعی در مکان‌گزینی، حوزه نفوذ، توسعه فیزیکی و فرم شهری اثر قاطعی می‌گذارند. تحقیق حاضر با هدف پتانسیل‌سنجی توسعه کالبدی شهر سنندج، ابتدا موانع و محدودیت‌های موجود را شناسایی کرده، سپس نواحی مناسب و نامناسب برای توسعه شهری را تفکیک می‌کند. به منظور انجام پژوهش حاضر از ابزارهایی مانند نقشه‌های توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰، نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰، اسناد، گزارش‌ها، کتاب‌های موجود و همچنین لایه‌های اطلاعاتی مورد نیاز استفاده شده است. برای نیل به اهداف تحقیق، ابتدا عوامل مهم مؤثر در شکل‌گیری شهرها از جمله شیب، جهت شیب، ارتفاع، زمین‌شناسی، کاربری اراضی، فاصله از گسل، فاصله از رودخانه و فاصله از نقاط شهری بررسی شده و نواحی‌ای که از نظر این پارامترها در محدودیت قرار دارند، مشخص شدند. در ادامه، پس از تشخیص نواحی ممنوعه، سایر محدوده‌های منطقه مورد مطالعه با استفاده از مدل‌های منطق‌فازی و AHP به سه رده نسبتاً مناسب، مناسب و بسیار مناسب تقسیم شد. نتایج نشان می‌دهد که ۳۶ درصد از مساحت نقشه، منطقه ممنوعه بوده و برای توسعه شهری مناسب نیست. نتایج تحلیلی‌تر بیانگر آن است که پهنه برآوردشده مناطق ممنوعه نسبتاً زیاد است و با آنکه غالباً منطق بر پهنه‌های پیرامونی است، بخشی از نواحی داخلی محدوده مورد مطالعه را نیز شامل می‌شود. این مسئله که ناشی از شرایط توپوگرافیک و نیز تکنیکی خاص منطقه است، بیانگر اهمیت ارزیابی‌های محیطی و ژئومورفولوژیکی در مدیریت صحیح‌تر شهری است. سایر پهنه‌های مطالعاتی به ترتیب ۲۵/۱ درصد نسبتاً مناسب، ۲۳/۷ درصد مناسب و ۱۵/۲ درصد پهنه بسیار مناسب برآورد شده‌اند. پهنه‌های موجود به دلیل رویکرد سیستمی موجود در پژوهش و به تبع آن، ارزیابی متغیرهای تأثیرگذار مرتبط، قابلیت کاربری دارند. به بیانی می‌توان گفت تراکم بیشتر اراضی بسیار مناسب در محل کنونی شهر سنندج و اطراف آن به دلیل شرایط طبیعی و انسانی درخور توسعه شهری است. با وجود این ضرورت در نظر گرفتن و اعمال این ارزیابی‌های سیستمی محیطی در مدیریت شهری درخور توجه است.

کلیدواژه‌ها: توسعه شهری، تناسب زمین، مناطق ممنوعه، سنندج.

مقدمه و مبانی نظری

شهرهای جهان سوم در سال‌های اخیر با مشکلات زیادی از جمله افزایش جمعیت، مهاجرت بی‌رویه و به تبع آن افزایش ساخت‌وسازهای نامتناسب با قابلیت‌های محیطی شهر روبه‌رو بوده‌اند. این توسعه ناهمگون، آسیب‌پذیری شهرها را در مقابل مخاطرات موجود چندین برابر کرده است. هر شهر با توجه به شرایط خاص خود تحت تأثیر یک یا چند عامل توسعه می‌یابد؛ اما واقعیت این است که ساختار توسعه فضایی و کالبدی شهرها بسیار پیچیده است و این مشکل مانع بسیاری از تلاش‌ها برای تحلیل و نیز برقراری ارتباط مفید و مؤثر بین سیاست‌ها و طرح‌های مصوب شهری شده است. بنابراین شناخت ساختار طبیعی ناحیه از طرفی می‌تواند باعث افزایش درک از محیط گشته و از طرف دیگر امکان هرگونه حرکت سنجیده و اندیشیده را در محیط، از سوی انسان، در قالب سیستمی منظم فراهم می‌کند. پس شناخت اجزا و عناصر و عوامل سازنده مؤثر در محیط، لازمه و پیش شرط هرگونه حرکت اندیشیده از طرف انسان است که برای اعمال مدیریت بر محیط صورت می‌گیرد (سرور، ۱۳۸۷: ۲۳۳).

استقرار و پیدایش هر شهر بیش از هر چیز تابع شرایط و موقعیت جغرافیایی آن است؛ زیرا عوارض و پدیده‌های طبیعی در مکان‌گزینی، حوزه نفوذ، توسعه فیزیکی و مورفولوژی شهری اثر قاطعی می‌گذارند. پدیده‌های طبیعی گاه به‌عنوان عوامل مثبت و گاه به‌عنوان عوامل منفی و بازدارنده عمل می‌کنند (قرخلو، ۱۳۹۰: ۵۳-۵۲). تهدیدات موانع محیطی می‌تواند باعث وارد شدن خسارت به زیرساخت‌های شهری در قالب سازه‌های مسکونی، تجاری، صنعتی و همچنین حمل‌ونقل، مخابرات، انرژی، آب و درمان شود (گونرالپ^۱ و همکاران، ۲۰۱۵: ۲۱۸). لذا هر توسعه‌ای در مناطق طبیعی باید با برنامه‌ها، طرح‌های مدیریتی و ناحیه‌بندی مناسب صورت گیرد تا بتوان در کنار استفاده مردم از منطقه، ارزش‌های طبیعی آن را حفظ کرد و به این وسیله به بهره‌برداری مستمر از منطقه نائل شد (پرورش و همکاران، ۱۳۸۹: ۲۸). برای نیل به این هدف برنامه‌ریزی کاربری اراضی شهری توسط متخصصانی از جمله زیاری (۱۳۸۳) مطرح می‌شود که از جنبه‌های اصلی ساخت شهر بوده و در پی نابسامانی‌ها، مسائل و مشکلات شهرها به آن توجه شده است. ارزیابی تناسب اراضی، فرایند تعیین قابلیت یک قطعه زمین مشخص برای تخصیص یک کاربری معین است و نشان می‌دهد که یک قطعه زمین واقع در یک محدوده تا چه اندازه‌ای با نیازمندی‌های نوعی کاربری خاص مطابقت دارد. به نحوی که کاربری اختصاص یافته حداکثر کارایی را داشته باشد و نیازمندی شهری را به‌صورت بهینه تأمین کند (میرکتولی و حسینی، ۱۳۹۳: ۷۰). در این زمینه اختصاصات محیطی و به‌ویژه ژئومورفولوژیکی در راستای مدیریت بهینه پهنه‌های محیطی و فضای موجود بسیار درخور توجه هستند و نقش مهمی ایفا می‌کنند. به عبارتی، ارزیابی‌های محیطی مبتنی بر دید ژئومورفولوژیک با نگاه موجود فرم و فرایند، به‌عنوان نوعی ضرورت در راستای مدیریت محیطی موجود شهر و نیز توسعه‌های آتی آن هستند. بر همین اساس و با توجه به اهمیت موضوع درباره پهنه‌بندی زمین برای توسعه شهری، تحقیقات بسیاری در داخل و خارج از کشور به‌صورت بینابینی و با روش‌ها و تکنیک‌های مختلف انجام گرفته است که در ادامه به‌صورت اجمالی به تعدادی از آن‌ها اشاره می‌شود:

ساده‌پرا^۲ و همکاران (۲۰۰۴) پویایی و مدل‌سازی گسترش شهری را با کمک GIS در شهر منگاور هند بررسی

1. Guneralp
2. Sudhira

کرده و نوع گسترش آینده شهر را پیش‌بینی کردند. چانگ^۱ (۲۰۰۸) با استفاده از ترکیب GIS و مدل تصمیم‌گیری چندمعیاره فازی، زمین‌های مستعد را برای استقرار جنگل شهری در هارلینگن شناسایی کرد.

لیو^۲ و همکاران (۲۰۰۶) با استفاده از تفسیر تصاویر ماهواره‌ای و مشاهده میدانی، با ترکیب معیارهای فیزیکی مانند آب و هوا، هیدرولوژی، توپوگرافی و خاک و پوشش گیاهی در کوهستان‌های کوبین لاینگ در چین تناسب زمین را مشخص کرده و کاربری بهینه را پیشنهاد کردند.

فرناندز^۳ (۲۰۰۹) در رساله دکتری خود با عنوان «اطلاعات جغرافیایی برای اندازه‌گیری میزان آسیب‌پذیری شهرها در برابر زلزله»، به ارزیابی نقش اطلاعات و داده‌های جغرافیایی در مطالعات مربوط به اندازه‌گیری آسیب‌پذیری شهرها در برابر زلزله اشاره کرد و با توجه به زیرساختار داده‌های مکانی به پهنه‌بندی میزان آسیب‌پذیری اجتماعی و کالبدی در شهر مدیله واقع در کشور کلمبیا پرداخت. با توجه به اهمیت موضوع، مطالعات متعدد دیگری در بازه‌های زمانی جدیدتر انجام گرفته است که از آن‌ها می‌توان به مطالعات عادل و خورشیددوست^۴ (۲۰۱۱)، تاپا^۵ (۲۰۱۲)، لاریبی^۶ و همکاران (۲۰۱۵)، احدزاد^۷ و همکاران (۲۰۱۶)، کوستیا^۸ (۲۰۱۶)، تران^۹ و همکاران (۲۰۱۶) و نیز دل مونته^{۱۰} و همکاران (۲۰۱۶) اشاره کرد که در سطح نواحی مختلف شهری در سطح دنیا و با نگاه مدیریتی مبتنی بر پایش محیط‌های شهری در ارتباط با توسعه فیزیکی و نیز تعیین کاربری‌های مناسب با استفاده از تکنیک‌های متداول انجام شده‌اند.

همچنین در داخل کشور کرم و همکاران (۱۳۹۲) به تعیین پهنه‌های مناسب برای توسعه شهری شهرستان ماکو با استفاده از پارامترهای طبیعی پرداختند و دریافتند که ۶/۵۵ درصد کل محدوده مورد مطالعه در طبقه بسیار مناسب و ۱۶/۱۸ درصد را محدوده بسیار نامناسب در بر می‌گیرد.

ستایشی‌نسا و همکاران (۱۳۹۳) تنگناهای ژئومورفولوژیکی شهر گیوی و نقش آن در توسعه فیزیکی شهر را با استفاده از GIS و تحلیل سلسله‌مراتبی ارزیابی کردند. نتایج آن‌ها نشان داد که شمال شهر غرب و غرب شهر شرایط مناسبی برای اهداف توسعه شهری دارند. همچنین مناطق شرقی به دلیل محدودیت‌های ژئومورفولوژیکی موجود در آن، شرایط نامناسبی برای توسعه شهری دارد.

شناور و همکاران (۱۳۹۵) به ارزیابی توان سرزمین در حوضه آبخیز زرد خوزستان، به منظور استقرار کاربری توسعه شهری با استفاده از روش ترکیب خطی وزن‌دار در محیط GIS پرداختند و دریافتند که بین معیارهای تحت بررسی نقاط زلزله‌خیز، کاربری اراضی و خاک‌شناسی اهمیت بیشتری را داشته‌اند. در نهایت الگویی را برای انتخاب مکان‌های مناسب توسعه شهری با توجه به ملاحظات محیط زیستی ارائه دادند.

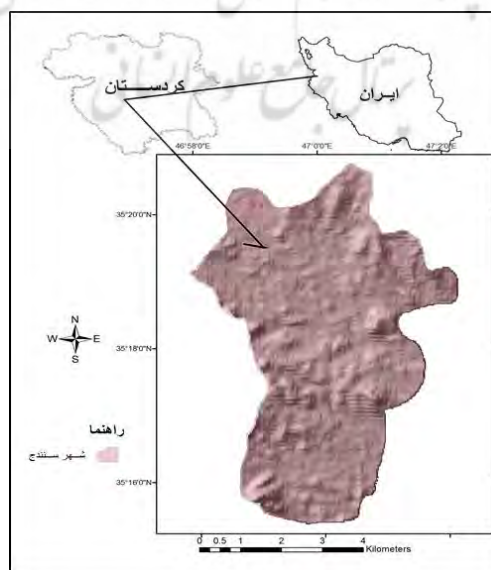
نیری و همکاران (۱۳۹۵) به پهنه‌بندی میزان آسیب‌پذیری شهر سنندج ناشی از خطر زلزله با استفاده از دو مدل

1. Chang
2. Liu
3. Fernandez
4. Adeli & Khorshiddost
5. Thapa
6. Laribi
7. Ahadnejad
8. Costea
9. Tran
10. Del Monte

تحلیل سلسله‌مراتبی و مدل تاپسیس پرداختند. آن‌ها در مجموع پانزده متغیر تأثیرگذار طبیعی و کالبدی و اجتماعی را در نظر گرفتند و در نهایت با مقایسه نتایج دو مدل به این نتیجه رسیدند که پهنه‌های آسیب‌پذیری تقریباً مشابه همدیگر هستند. با این تفاوت که بر اساس مدل تحلیل سلسله‌مراتبی، مناطق دارای آسیب‌پذیری بسیار زیاد، دارای درصد و پراکندگی کمتری نسبت به مدل تاپسیس هستند. اما در مجموع مشخص شد که نواحی دارای بیشترین آسیب‌پذیری در شمال شهر قرار گرفته‌اند. از سایر مطالعات مرتبط می‌توان به پژوهش‌های نگارش (۱۳۸۲)، صفاری و همکاران (۱۳۹۳)، امینی ورکی و همکاران (۱۳۹۳) و نوروزی خطیری و همکاران (۱۳۹۲) اشاره کرد. با توجه به اهمیت مسئله، پژوهش حاضر با نگرش جدید و بینابینی، ابتدا مناطق ممنوعه شهر سنندج را با توجه به ویژگی‌ها و پارامترهای اثرگذار بر توسعه شهری مانند شیب، جهت شیب، ارتفاع، زمین‌شناسی، کاربری اراضی، فاصله از گسل، فاصله از رودخانه و فاصله از نقاط شهری مشخص کرده، سپس سایر قسمت‌های باقی‌مانده را برای مکان‌گزینی شهر در آینده پهنه‌بندی می‌کند.

مواد و روش‌ها

منطقه مطالعاتی: شهر سنندج مرکز استان کردستان بوده که از طرف شمال با شهرستان دیواندره، از شمال غرب با شهرستان سروآباد، از طرف شرق با دهگلان و از طرف جنوب با شهرستان کامیاران هم‌مرز است. از نظر عناصر اقلیمی میانگین دمای سالانه در ایستگاه سنندج در دوره‌ای ۵۰ ساله ۱۳/۷۴ درجه سانتیگراد و میانگین بارش نیز ۴۵۰ میلی‌متر بوده است. از نظر توپوگرافی محدوده شهری سنندج در قسمت مرکزی حوضه آبریز قشلاق قرار گرفته و در بیشتر نواحی اطراف آن با کوه‌ها و ارتفاعاتی احاطه شده است (نقشه توپوگرافی محدوده مطالعاتی). همچنین رخنمون سنگ‌های شیل و مارن در این محدوده سبب ایجاد تپه‌ماهورهایی شده که از سویی توسعه فیزیکی شهر را با مشکل مواجه کرده و از سوی دیگر نمای مورفولوژیکی خاصی به شهر می‌بخشد که سنندج را به شهر تپه‌ماهورها مشهور کرده است (نقشه زمین‌شناسی محدوده مطالعاتی).



شکل ۱. موقعیت محدوده مطالعاتی

روش تحقیق: در این تحقیق به منظور بررسی و پهنه‌بندی مناطق مساعد برای توسعه شهری از هشت پارامتر شیب، جهت شیب، ارتفاع، زمین‌شناسی، کاربری اراضی، فاصله از گسل، فاصله از رودخانه و فاصله از نقاط شهری به‌عنوان عوامل مؤثر در مسئله تحقیق استفاده شده است. همچنین به منظور تجزیه و تحلیل داده‌ها و مکان‌گزینی مناطق مستعد برای اهداف مورد نظر، از روش مناطق ممنوعه و مدل‌های منطق فازی و AHP استفاده شده است. در ادامه به تشریح روند تجزیه و تحلیل با استفاده از هر کدام از روش‌ها پرداخته شده است.

روش مناطق ممنوعه: به منظور مکان‌گزینی سکونتگاه‌ها روش‌های مختلفی به کار گرفته می‌شود و در نهایت مکان بهینه بر اساس معیارهای مورد نظر انتخاب می‌شود؛ ولی همیشه مناطق بهینه از نظر تمامی معیارها مناسب نیستند. در واقع ممکن است از نظر اکثر معیارها مناسب باشند، ولی از نظر یک معیار یا بیشتر از یک معیار نامناسب باشند. برای مثال ممکن است در یک پهنه‌بندی ده معیار مورد نظر باشد و یک منطقه که در حریم گسل قرار دارد، از نظر نه معیار دیگر وضعیت مناسبی داشته باشد. در نتیجه این باعث می‌شود که منطقه‌ای که در حریم گسل قرار دارد، در پهنه‌بندی صورت گرفته در طبقه مناسب قرار گیرد. بنابراین در تحقیق حاضر به منظور اینکه مناطقی که در طبقات مناسب قرار می‌گیرند، از نظر تمامی معیارها تناسب لازم را داشته باشند، از روش مناطق ممنوعه استفاده شده است. برای این منظور ابتدا مناطق ممنوعه که تناسبی برای اهداف توسعه شهری ندارند، مشخص شده است. سپس برای مناطقی که خارج از مناطق ممنوعه قرار دارند، عمل پهنه‌بندی با استفاده از مدل تلفیقی منطق فازی و AHP صورت گرفته است.

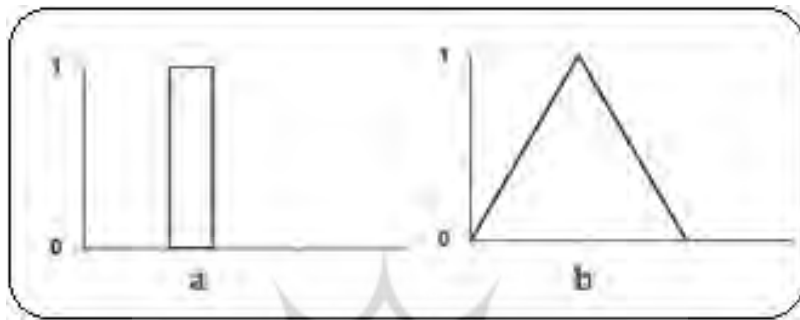
مدل تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP): امروزه در بسیاری تصمیم‌گیری‌ها از مدل‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره استفاده می‌شود. در این بین تحلیل سلسله‌مراتبی به‌عنوان روش تصمیم‌گیری چندمعیاره بیش از سایر روش‌ها در تصمیم‌گیری استفاده شده است که بر پایه سه اصل تجزیه و قضاوت مقایسه‌ای و ترکیب اولویت‌هاست (مالچفسکی، ۱۳۹۲: ۳۶۴). بنا به نظر بسیاری از محققان از جمله تولگا^۱ (۲۰۰۴)، مدل تحلیل سلسله‌مراتبی چه در واقعیت و چه در تئوری، در فرایند حل مشکلات راهبردی به کار گرفته می‌شود. بیشتر هم از این نظر مهم است که زمینه‌ای را برای تحلیل و تبدیل مسائل پیچیده به سلسله‌مراتبی منطقی و ساده فراهم می‌آورد که برنامه‌ریز بتواند ارزیابی گزینه‌ها را با کمک معیارها و زیرمعیارها به راحتی انجام دهد و همچنین امکان بررسی سازگاری در قضاوت‌ها را نیز فراهم آورد (زبردست، ۱۳۸۰: ۱۶-۱۵). بر این اساس در تحقیق حاضر به منظور اولویت‌بندی معیارها و تعیین وزن‌های هر کدام از آن‌ها از مدل AHP استفاده شده است. برای این منظور از نظریات کارشناسان مربوطه استفاده شده است و سپس مقایسه زوجی معیارها و وزن نهایی هر کدام از آن‌ها به دست آمده است.

مدل منطق فازی: در منطق کلاسیک درجه عضویت برای همه اجزا در گروه یک قرار دارد و تمام اجزا ارزش مشابهی برای سیستم دارند. به عبارت دیگر در منطق بولین، عضویت یک عنصر در یک مجموعه به صورت صفر (عدم عضویت) و یک (عضویت) بیان می‌شود؛ اما در منطق فازی، قطعیت موجود در منطق بولین وجود ندارد و میزان عضویت

یک عنصر در یک مجموعه، با مقدار در بازه یک (عضویت کامل) تا صفر (عدم عضویت کامل) تعریف می‌شود (لین^۱ و همکاران، ۱۹۹۶)

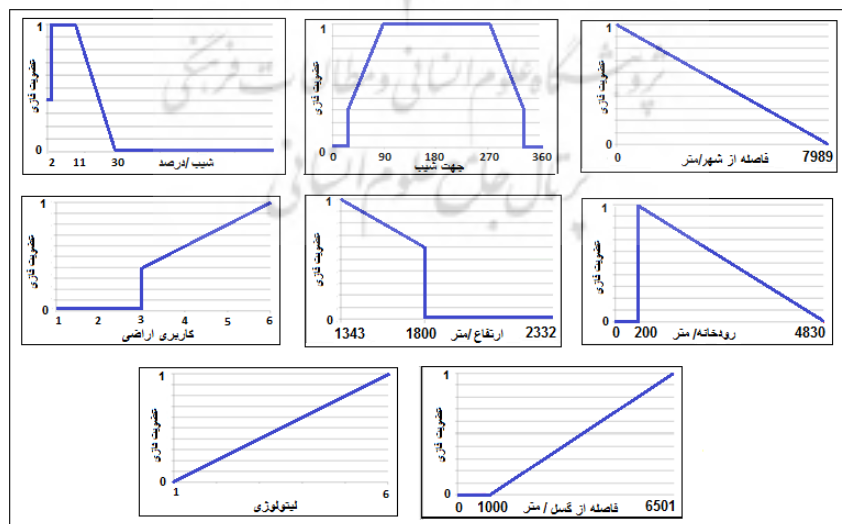
$$A = \{x_1, \mu_A(x) | x \in X\} \quad 0 \leq \mu_A(x) \leq 1 \quad \text{رابطه ۱:}$$

درجه عضویت‌پذیری، اجتماع و اشتراک، متمم، ضرب، جمع و گاما، توان‌های اساسی این مدل تلفیق محسوب می‌شوند. درجه عضویت معمولاً با یک تابع عضویت بیان می‌شود که شکل تابع می‌تواند به صورت خطی، غیرخطی، پیوسته یا ناپیوسته باشد. شکل ۱ مثالی از تابع عضویت در دو روش منطق فازی و منطق کلاسیک را نشان می‌دهد.

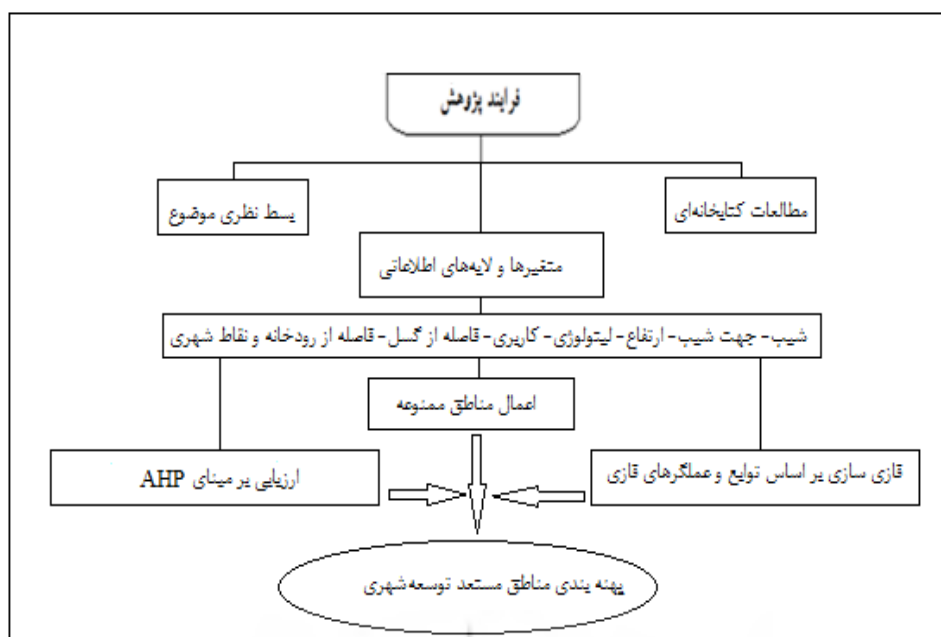


شکل ۲. توابع عضویت در روش کلاسیک و منطق فازی

توابع عضویتی که معمولاً بیشتر استفاده می‌شوند عبارت است از S، J و خطی. توابع ذکر شده در محیط GIS وجود دارد و علاوه بر این توابع، کاربر می‌تواند با توجه به نیاز خود، تابع را نیز تعریف کند. در این پژوهش تابع عضویت برای لایه‌ها به صورت خطی تعریف شده است (شکل ۳).



شکل ۳. تابع عضویت فازی لایه‌های اطلاعاتی



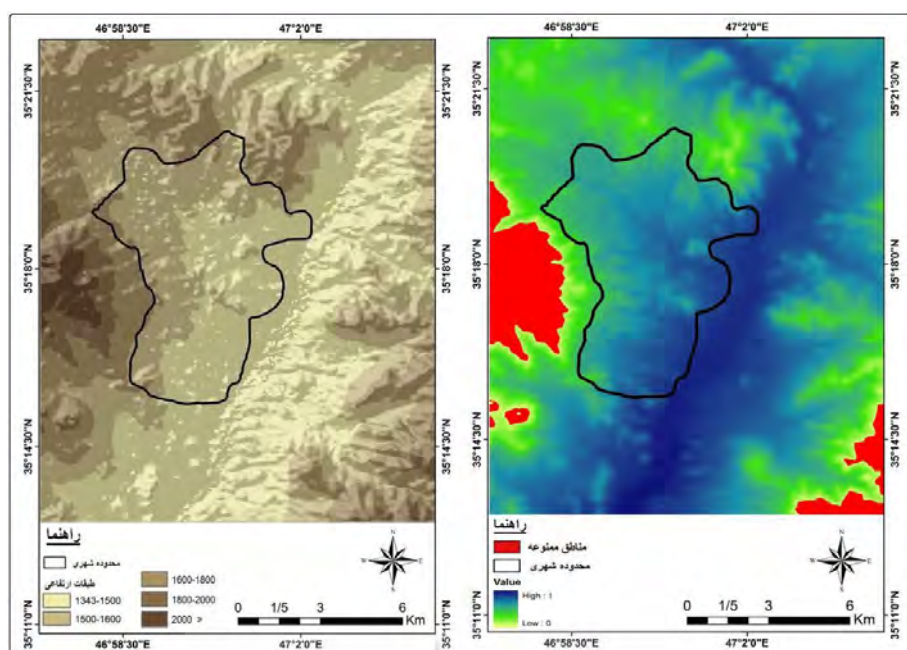
شکل ۴. چارچوب کلی فرایند پژوهش

بحث و نتایج

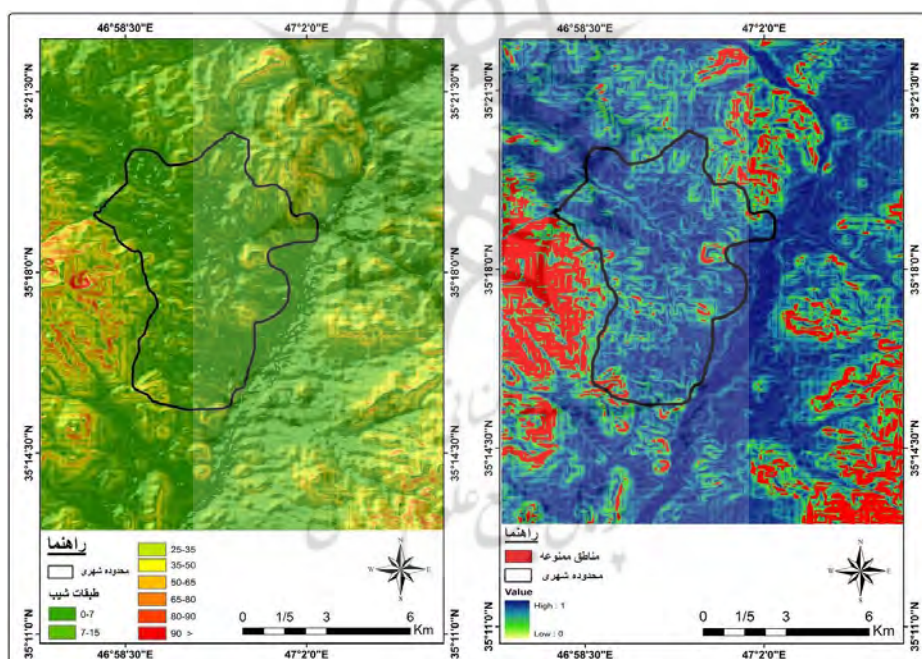
به منظور مکان‌گزینی مناطق مساعد توسعه شهری بر اساس یک الگوی سیستمی محیطی در منطقه مورد مطالعه، هشت پارامتر شاخص انتخاب شدند و با تأکید بر محور مطالعاتی که اعمال مناطق ممنوعه در راستای مدیریت بهینه سکونتگاهی و شهری است، در ادامه واکاوی شدند.

ارتفاع: از نظر توپوگرافی، چشم‌انداز شهر سنندج را کوه‌ها و تپه‌ها در بر گرفته‌اند و تپه‌های متعددی در داخل محدوده شهری سنندج قرار دارند که روند و جهت توسعه شهری را محدود کرده‌اند. از جمله آن‌ها کوه آیدر است که غرب محدوده شهری را محدود کرده است. محدوده‌ای که در تحقیق حاضر در نظر گرفته شده است، بین ارتفاع ۱۳۴۳ تا ۲۳۳۲ متر از سطح دریا قرار دارد. با توجه به اینکه یکی از اهداف تحقیق حاضر اعمال مناطق ممنوعه است، از ارتفاع ۱۸۰۰ متر به بالا جزء مناطق ممنوعه در نظر گرفته شده است و تا ارتفاع ۱۸۰۰ متری، با افزایش ارتفاع، از ارزش پیکسل‌ها کاسته می‌شود (شکل ۵).

شیب: پستی و بلندی زمین، جهت و میزان شیب از جمله عوامل مهم و مؤثر در استقرار و مکان‌یابی شهرها، سامانه حرکت آب‌های سطحی، چگونگی دفع فاضلاب‌های شهری و وضعیت شبکه‌بندی گذرگاه‌ها محسوب می‌شود (حبیبی و پوراحمد، ۱۳۸۴). یکی از ویژگی‌های شهر سنندج وجود شیب‌های پی‌درپی در محدوده شهری است که این وضعیت بیان‌کننده محدودیت زیادی شهر سنندج از نظر دسترسی به سطوح هموار است. در تحقیق حاضر، مناطق با شیب بیش از ۳۰ درصد جزء مناطق ممنوعه قرار گرفته‌اند که این مناطق بیشتر مشتمل بر مناطق غرب، شمال شرق و جنوب شرق محدوده مورد مطالعه است. همچنین مطابق نقشه فازی شده وضعیت شیب محدوده، مناطقی که شیب کمتری دارند، دارای ارزش بیشتری هستند (شکل ۶).



شکل ۵. نقشه طبقاتی و فازی شده وضعیت ارتفاعی



شکل ۶. نقشه طبقاتی و فازی شده وضعیت شیب

جهت شیب: یکی از پارامترهای ژئومورفولوژیکی دیگر، جهت شیب است. جهات شیب در مناطق کوهستان و در فصول سرد باعث ایجاد محدودیت‌هایی از جمله یخبندان و اختلال در رفت‌وآمد می‌شود. بر این اساس در تحقیق حاضر جهات رو به جنوب ارزش بیشتری دارند و همچنین جهت شمال جزء مناطق ممنوعه قرار گرفته است (شکل ۷).

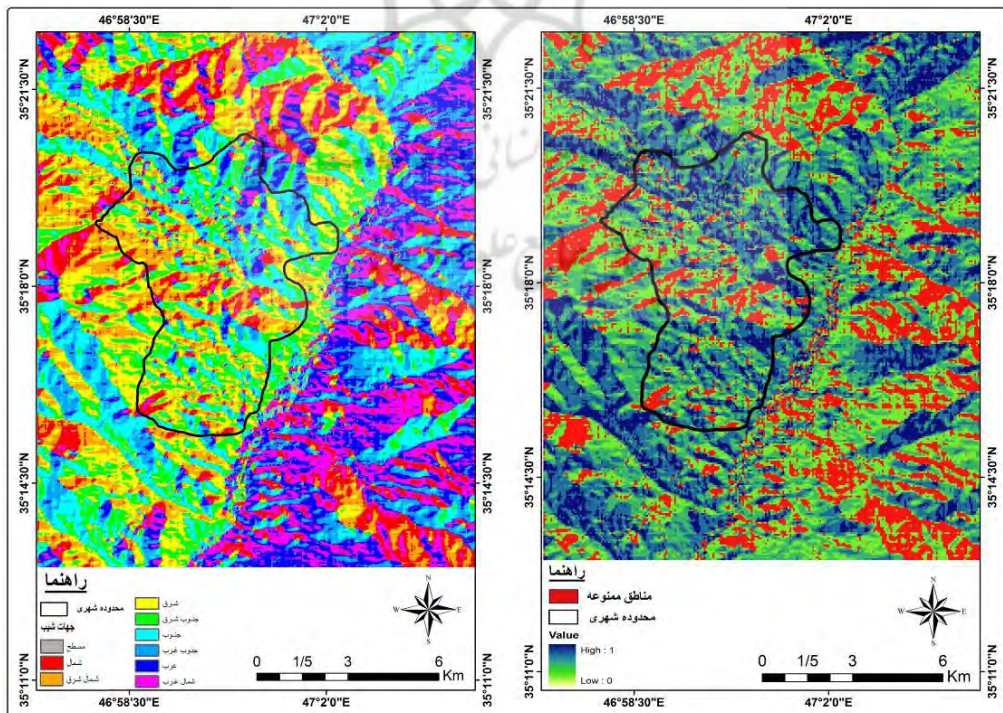
لیتولوژی: نوع و جنس سازندها و تشکیلات زمین‌شناسی بیشتر از این جهت اهمیت دارد که مواد اولیه خاک، میزان و نوع استحکام مسکن و عملیات عمرانی در ارتباط با آن قرار می‌گیرد. بر این اساس عوامل زمین‌شناسی به‌طور

غیرمستقیم نقش مهمی در توزیع و استقرار سکونتگاه‌ها ایفا می‌کند و شناخت این نقش و توجه به آن، در برنامه‌ریزی نقاط مسکونی و توسعه سکونتگاه‌ها ضروری است. در تحقیق حاضر باتوجه‌به نحوه پراکنش سازندها و اینکه نوع سازندها حداقل شرایط لازم برای اهداف توسعه شهری را داشته باشند، مناطق ممنوعه اتخاذ شده است. در جدول ۱ بر اساس تناسبی که برای اهداف مورد نظر دارند، سازندها ارزش‌گذاری و سپس فازی‌سازی شده‌اند. در شکل ۸ نقشه لیتولوژی و فازی‌سازی وضعیت لیتولوژی نشان داده شده است.

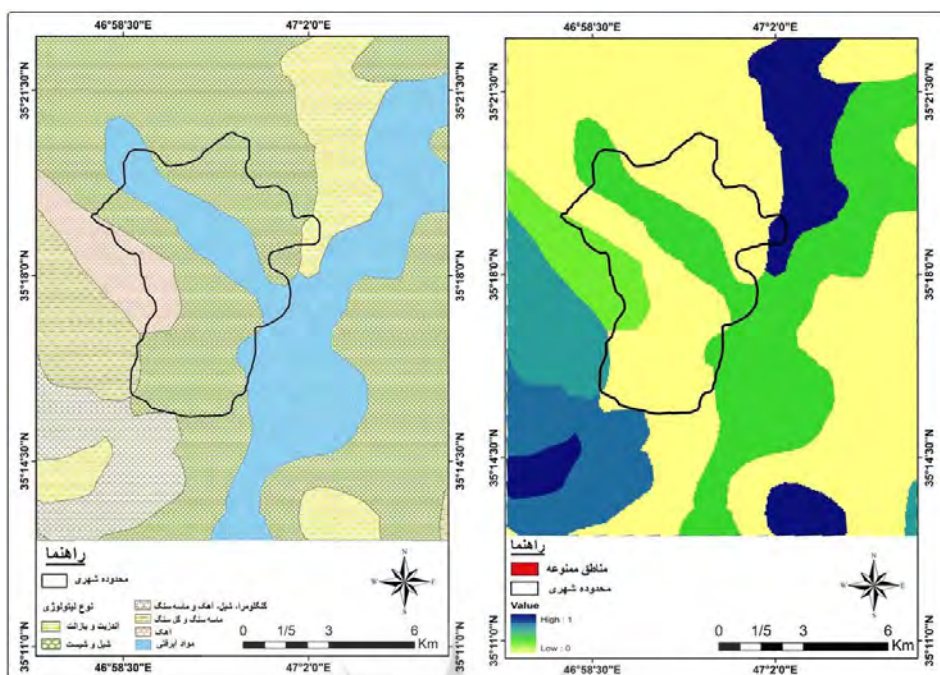
جدول ۱. ارزش‌گذاری وضعیت لیتولوژی

ردیف	نوع لیتولوژی	امتیاز
۱	شیل و شیست	۲
۲	آهک	۴
۳	آبرفت	۵
۴	ماسه سنگ و گل سنگ	۶
۵	کنگلومرا، شیل، ماسه سنگ و آهک	۷
۶	آندزیت و بازالت	۸

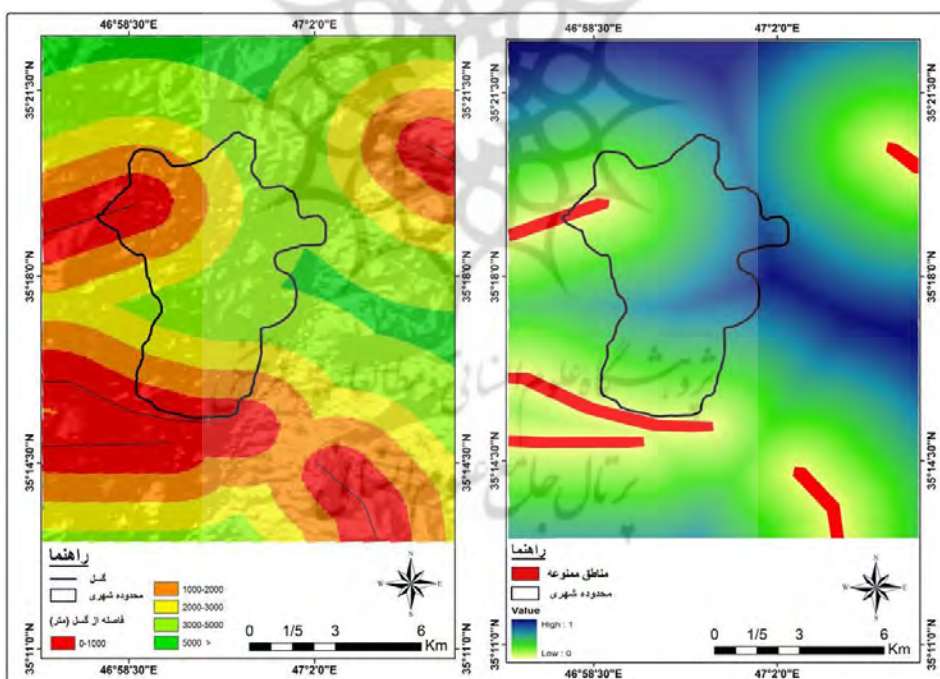
گسل: با توجه به قرارگیری شهر سنندج در زون سنندج - سیرجان، این منطقه جزء مناطق زلزله‌خیز کشور محسوب می‌شود؛ بنابراین توجه به خطوط گسلی در برنامه‌ریزی‌های عمرانی امری ضروری است. بر این اساس در تحقیق حاضر تا حریم ۱۰۰۰ متری از خطوط گسلی، جزء مناطق ممنوعه در نظر گرفته شده است و از حریم ۱۰۰۰ متری، با افزایش فاصله از خطوط گسلی، ارزش پیکسل‌ها بیشتر می‌شود (شکل ۹).



شکل ۷. نقشه طبقاتی و فازی‌شده جهت شیب



شکل ۸. نقشه طبقاتی و فازی شده لیتولوژی



شکل ۹. نقشه طبقاتی و فازی شده فاصله از گسل

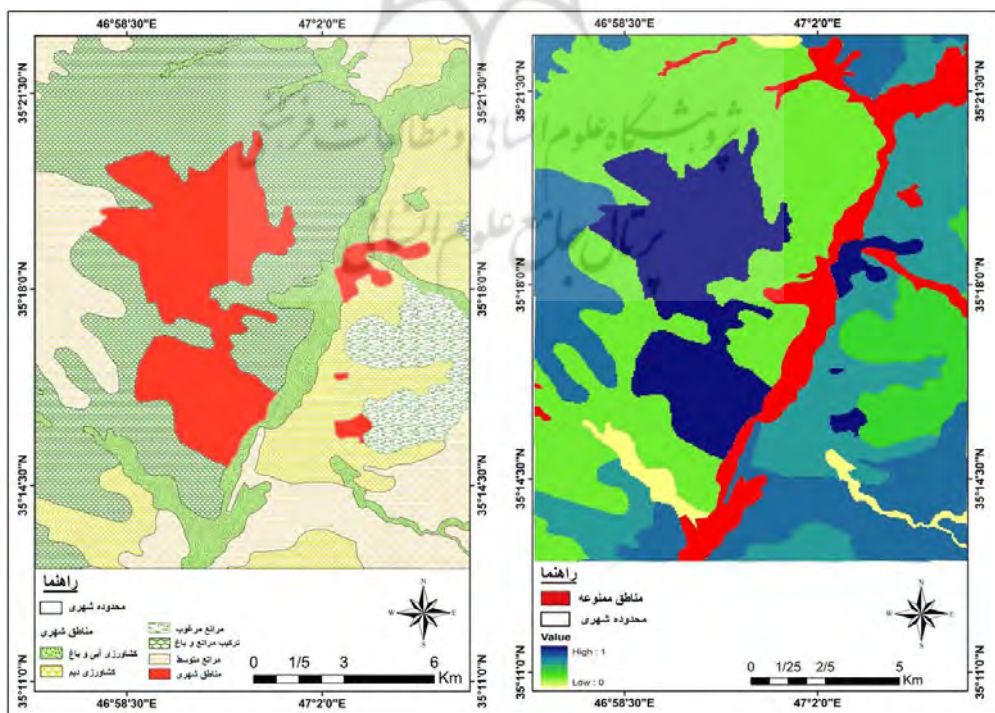
کاربری اراضی: گسترش شهری و تغییرات الگوهای کاربری زمین باعث ایجاد تأثیرات گسترده اجتماعی و زیست‌محیطی می‌شود. این تأثیرات شامل کاهش فضاهای طبیعی، افزایش تجمع وسایل نقلیه، کاهش زمین‌های کشاورزی با توان تولید فراوان، تأثیر بر زهکش‌های طبیعی و کاهش کیفیت آب است. با تعیین محدوده‌های دقیق کاربری‌ها، مناطقی که به کشاورزی آبی و باغات اختصاص داده شده است، جزء مناطق ممنوعه محسوب می‌شود و باید

از امر شهرسازی خارج شوند و به کاربردهای دیگر اختصاص یابند (جدول ۲). شکل ۱۰ نقشه طبقاتی و فازی شده کاربری اراضی محدوده مورد مطالعه را نشان می‌دهد که با توجه به موارد مذکور، برنامه‌ریزی باید به گونه‌ای باشد که این اراضی کمتر دچار تخریب و تغییر کاربری شوند.

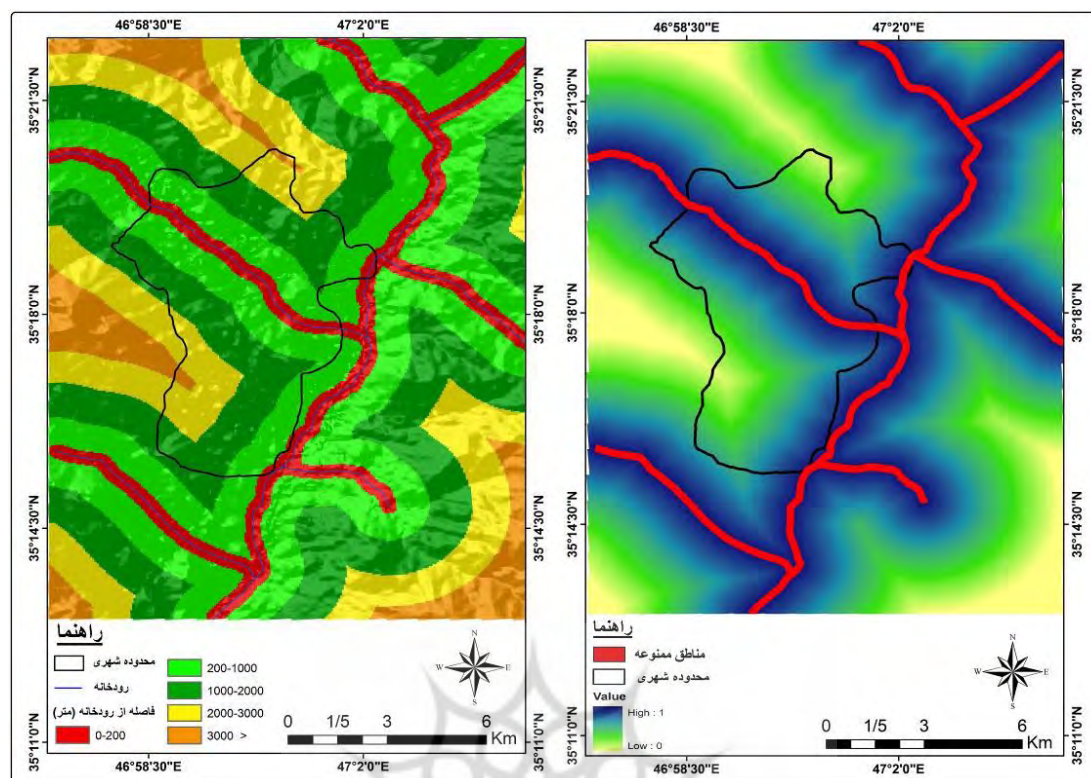
جدول ۲. ارزش گذاری وضعیت کاربری اراضی

ردیف	نوع کاربری	امتیاز
۱	کشاورزی آبی و باغ	۰
۲	ترکیب مراتع و باغ	۲
۳	مراتع مرغوب	۳
۴	کشاورزی دیم	۶
۵	مراتع متوسط	۷
۶	مناطق شهری	۹

رودخانه: باتوجه به اینکه رودخانه‌ها یکی از عوامل مهم در جذب جمعیت و توسعه شهری محسوب می‌شوند، یکی از معیارهای مؤثر در نظر گرفته شده‌اند. یکی از فاکتورهایی مهمی که برنامه‌ریزان شهری باید به آن توجه کنند، رعایت حریم رودخانه‌هاست. رودخانه قشلاق در شرق محدوده مورد مطالعه قرار دارد که با توجه به دبی زیادی که دارد، حریم ۲۰۰ متری برای آن در نظر گرفته شده است و خارج از آن مناطقی که به حریم رودخانه نزدیک‌تر هستند، پیکسل‌ها ارزش بیشتری دارند (شکل ۱۱).



شکل ۱۰. نقشه طبقاتی و فازی شده کاربری اراضی

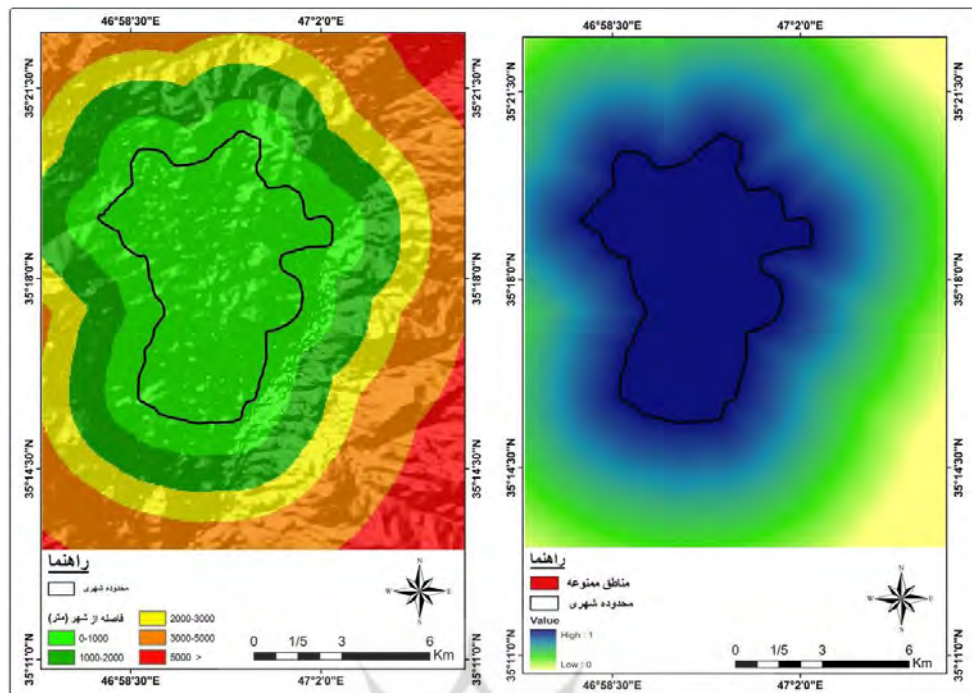


شکل ۱۱. نقشه طبقاتی و فازی شده فاصله از رودخانه

فاصله از شهر: در روند گسترش نقاط مسکونی، فاصله از بافت و محدوده کنونی نیز اهمیت دارد؛ 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 یا محدوده روستاهایی که به شهر خواهند پیوست، نزدیک باشند. در تحقیق حاضر برای لایه فاصله از شهر، مناطق ممنوعه در نظر گرفته نشده است؛ اما با توجه به موارد مذکور درباره لایه فاصله از محدوده شهری، هرچه فاصله مورد بحث از مناطق شهری کمتر باشد، مناسب‌تر است. شکل ۸ نقشه فاصله از محدوده شهری سندج و همچنین نقشه فازی‌سازی شده آن را نشان می‌دهد که مطابق آن، مناطقی که به محدوده شهری نزدیک هستند، بیشترین امتیاز را دارند (شکل ۱۲).

تعیین ضرایب و اهمیت معیارها با AHP

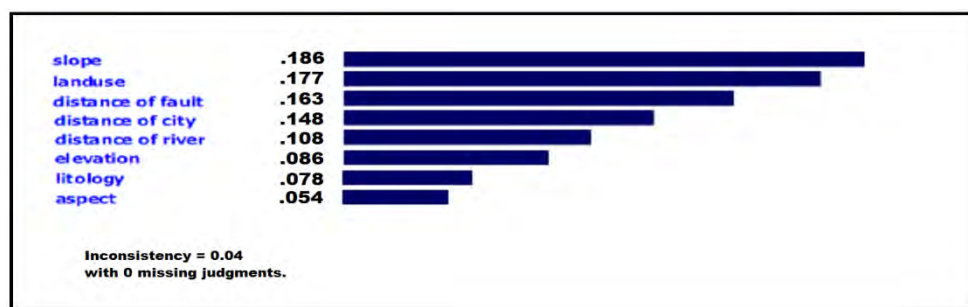
پس از به‌دست آوردن لایه‌های اطلاعاتی، برای وزن‌دهی به آن‌ها از مدل تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP) استفاده شده است. با هدف ارزیابی دقیق جامعه آماری موجود متشکل از معیارهای هشت‌گانه پژوهش، اقدام به تهیه ماتریس مقایسه‌ای آن‌ها شامل هشت سطر و هشت ستون گردید و از پرسش‌نامه و دیدگاه‌های کارشناسان امر، برای تعیین رابطه و میزان اهمیت هر یک از این معیارها و زیرمعیارها استفاده شد. برای انجام محاسبات از نرم‌افزار Expert Choice استفاده شده و پس از تشکیل ابر ماتریس‌ها، وزن‌ها یا ارزش‌های هر معیار برای اهداف مورد نظر به دست آمده است (شکل ۱۲).



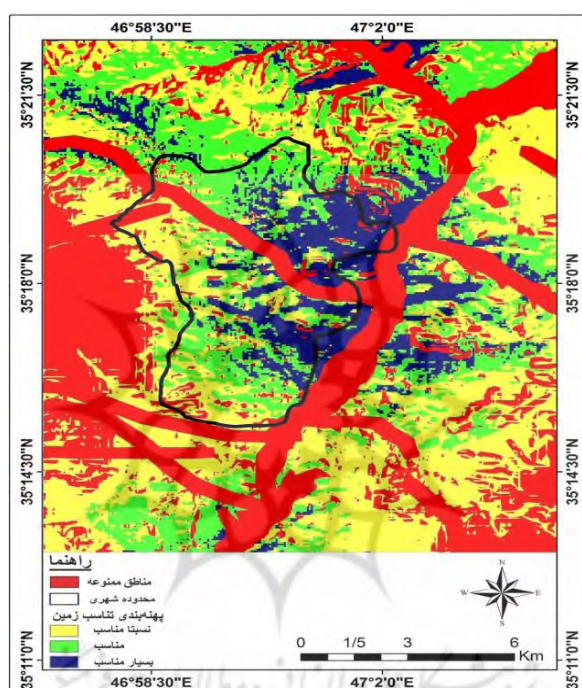
شکل ۱۲. نقشه طبقاتی و فازی شده فاصله از محدوده شهری

تلفیق و ترکیب لایه‌های اطلاعاتی و پهنه‌بندی محدوده مطالعاتی

پس از به‌دست آوردن وزن معیارها و مشخص کردن مناطق ممنوعه، لایه‌های اطلاعاتی تهیه و به‌صورت فازی شده و قابل مقایسه درآمدند. با توجه به وزن نهایی معیارها و اعمال مناطق ممنوعه، لایه‌های اطلاعاتی در محیط GIS با هم ترکیب و تلفیق شده‌اند. به‌منظور تعدیل حساسیت بسیار زیاد عملگر فازی ضرب و همچنین حساسیت خیلی کم عملگر فازی جمع، از عملگر فازی گاما استفاده شده است. برای عملگر گاما از سه توان $0/5$ ، $0/7$ و $0/9$ استفاده شد و پس از تلفیق و ارزیابی هر کدام، در نهایت از گامای $0/9$ استفاده شده است. نتایج به‌دست‌آمده حاصل از تلفیق لایه‌های اطلاعاتی و همچنین اعمال مناطق ممنوعه (شکل ۱۴) بیانگر این است که بخش زیادی از محدوده مورد مطالعه جزء مناطق ممنوعه و فاقد تناسب برای اهداف مورد نظر هستند. این محدوده با آنکه غالباً منطبق بر پهنه‌های پیرامونی و حواشی محدوده مطالعاتی است، پراکندگی محدودتر و به‌صورت پهنه‌های کوچک‌تر را در سطح نواحی داخلی نیز دارد. از طرفی پهنه‌های نسبتاً مناسب تا مناسب و بسیار مناسب نیز در سطح محدوده مطالعاتی پراکنش درخور توجهی دارند. نتایج حاصل از وزن‌دهی معیارها و نیز پهنه‌بندی مبتنی بر آن گویای پتانسیل مناسب مناطق مرکزی نسبت به مناطق پیرامونی در ارتباط با اهداف توسعه شهری و نیز کاربری‌های مرتبط با آن است. نکته شایان توجه، تأثیرگذاری مؤلفه‌های توپوگرافیک همچون شیب و ارتفاع و نیز مؤلفه‌های نئوتکتونیک همچون گسل‌ها و خطواره‌های گسلی به‌عنوان عامل تأثیرگذار در تناسب و انطباق محدوده مطالعاتی است. این مسئله ضرورت ارزیابی‌های محیطی را با رویکرد سیستمی که در این پژوهش مورد تأکید بود، بیشتر می‌کند.



شکل ۱۳. وزن نهایی معیارها



شکل ۱۴. نقشه پهنه‌بندی مناطق مستعد توسعه شهری

نتیجه‌گیری

در پژوهش حاضر جوانب مختلف توسعه شهری شهر سنندج از جهات مختلف و با استفاده از پارامترهای طبیعی بررسی شد. برای این کار ابتدا نواحی ممنوعه توسعه از جوانب مختلف مشخص شد و سپس با استفاده از مدل AHP، نواحی‌ای که خارج از منطقه ممنوعه قرار داشتند، برای کاربری‌های شهری پهنه‌بندی شدند. از نظر ارتفاع نواحی، بیشتر از ۱۸۰۰ متر در منطقه ممنوعه قرار می‌گرفت که کوه آبیدر بارزترین این نواحی است و در قسمت غربی شهر سنندج به‌شدت عرصه را برای توسعه شهری محدود کرده است. البته در قسمت‌های جنوب شرقی نیز از این نظر محدودیت‌هایی برای توسعه وجود دارد.

از نظر شیب، با توجه به اینکه اراضی با شیب بیشتر از ۳۰ درصد، منطقه ممنوعه به حساب آمده‌اند، دامنه‌های کوه آبیدر

به علاوه قسمت های شمال شرقی و جنوب غربی شهر سنندج از این نظر نامناسب ارزیابی شده اند. بدون تردید آفتاب گیر نبودن دامنه های شمالی شرایط را برای توسعه شهری در این نواحی محدود می کند؛ لذا این دامنه ها نیز در محدوده ممنوعه قرار می گیرند. پراکندگی این دامنه ها در نواحی ای که شیب زیادی دارند، بیشتر به چشم می خورد.

از نظر لیتولوژی نیز سازندهایی که استحکام کمی دارند، مانند شیل و شیست، در منطقه ممنوعه قرار می گیرند؛ چون شهرسازی روی این سازندهای سست پیامدهای ناگواری به همراه دارد. اما سازندهای مستحکم نظیر آندزیت و بازالت امتیاز بیشتری را برای شهرسازی در بر می گیرند. با توجه به نقشه لیتولوژی شهر سنندج می توان دریافت که به دلیل کوهستانی بودن این منطقه، غالب سازندها استحکام کافی را برای توسعه شهری دارند و منطقه ممنوعه چشمگیری از این نظر به چشم نمی خورد. گسل نیز نوعی محدودیت برای توسعه شهری است. به همین دلیل فاصله کمتر از ۱۰۰۰ متر از خطوط گسلی، منطقه ممنوعه محسوب شده است. در قسمت جنوبی و شمال شرقی شهر سنندج از این نظر محدودیت هایی به چشم می خورد؛ اما سایر نواحی از مصونیت نسبی از این نظر برخوردارند. در زمینه کاربری، اراضی زمین های کشاورزی و مزارع برای توسعه شهری ممنوع در نظر گرفته شده اند که این نواحی بیشتر به کناره های بستر رودخانه قشلاق در شرق شهر سنندج محدود می شود.

رودخانه های نواحی شهری هم از جمله دیگر محدودیت های توسعه شهری هستند. فاصله ۲۰۰ متری از آن ها برای توسعه شهر، مناسب ارزیابی شده است. مهم ترین رودخانه این محدوده قشلاق است که شاخه های صلوات آباد، گریاشان و حسن آباد در محدوده شهر سنندج به آن منتهی می شوند.

در نهایت کل محدوده مورد بررسی با مساحت ۲۰۸ کیلومتر مربع ارزیابی شده و در سه رده نسبتاً مناسب، مناسب و بسیار مناسب قرار گرفته است. به دلیل کوهستانی بودن و ارتفاع زیاد منطقه و به تبع آن شیب زیاد همراه با عبور رودخانه ها و وجود گسل های متعدد، مناطق ممنوعه برای توسعه شهری بیشترین مساحت را در بر گرفته و ۳۶ درصد از مساحت نقشه را شامل می شوند. مناطق نسبتاً مناسب برای توسعه در رده دوم قرار گرفته و ۲۵/۱ درصد هستند که غالباً قسمت های جنوبی و شرقی نقشه هستند. حدود ۲۳/۷ درصد از مساحت کل منطقه تحت بررسی به اراضی مناسب توسعه شهری تعلق گرفته است که در قسمت های شمالی رخنمون بیشتری دارد. در نهایت ۱۵/۲ درصد مساحت نقشه، نواحی بسیار مناسب توسعه شهری را در بر گرفته است که بیشتر قسمت های مرکزی نقشه، یعنی محل کنونی شهر سنندج را پوشش می دهد. از جمله پارامترهای تأثیرگذار در این زمینه فاصله از مراکز خدماتی و تجاری است که یکی از فاکتورهای مورد نظر تحقیق حاضر است. از آنجا که پهنه بندی اراضی برای توسعه شهری و تشخیص مناطق مستعد با استفاده از چندین لایه اطلاعاتی و امتیازدهی آن ها با نظریات کارشناسان صورت می گیرد، ممکن است محدوده ای از لحاظ یک عامل کاملاً مناسب ارزیابی شود، اما از نظر شاخصی دیگر در محدوده خطر باشد. وجه تمایز این پژوهش با سایر مطالعات صورت گرفته در این زمینه در این است که ابتدا نواحی ممنوعه در ارتباط با تمام پارامترهای اثرگذار را مشخص کرده، سپس اقدام به پهنه بندی می کند که در این صورت مسئله فوق برطرف می شود.

با مقایسه نتایج حاصل از پژوهش حاضر با نتایج سایر مطالعات در ارتباط با پهنه بندی شهر سنندج بر مبنای مدل های دیگر همچون تاپسیس و تحلیل سلسله مراتبی، در برخی موارد همخوانی و در بعضی موارد نیز تناقض وجود دارد. برای

نمونه محدوده شمال غربی شهر سنندج به‌عنوان محدوده منطقه یک شهرداری، در تحقیق موجود پهنه مناسب، ولی در سایر تحقیقات، منطبق بر پهنه آسیب‌پذیر است. ولی قسمت‌های جنوبی محدوده مطالعاتی که منطقه سه شهرداری است، در هر سه مدل جزء پهنه‌های مناسب و با آسیب‌پذیری کم ارزیابی شده است. این پهنه‌ها و نواحی، شهرک‌های تازه‌ساخت بهاران، ساحلی، ویلاشهر، پیام و... را شامل می‌شوند که متأثر از شیب مناسب، دسترسی آسان و فاصله از نواحی مستعد خطر در برنامه‌ریزی آینده شهری سنندج، باید توجه بیشتری به آن‌ها معطوف شود. به‌عنوان نتیجه نهایی می‌توان گفت مطالعه حاضر با دید مقایسه‌ای و سیستمی در نظام مدیریت شهری سنندج کارا بوده و می‌تواند الگویی برای سایر نواحی باشد.



منابع

- امینی ورکی، سعید؛ مدیری، مهدی؛ شمسایی زفرقندی، فتح‌اله؛ قنبری نسب، علی (۱۳۹۳)، «شناسایی دیدگاه‌های حاکم بر آسیب پذیری شهرها در برابر مخاطرات محیطی و استخراج مؤلفه‌های تأثیرگذار در آن با استفاده از روش کیو»، *دوفصلنامه علمی و پژوهشی مدیریت بحران*، ص ۱۸-۵.
- پرورش، حسین؛ دهقانی، محسن؛ نوحه‌گر، احمد (۱۳۸۹)، «مقایسه روش آمایش فیزیکی (ژئومورفولوژی) و روش آمایش سرزمین جهت ارزیابی توان اکولوژیکی حوزه آبخیز نساء در استان هرمزگان»، *مجله آمایش سرزمین*، شماره ۲، دوره ۲، ص ۵۰-۲۷.
- زبردست، اسفندیار (۱۳۸۰)، «کاربرد فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی در برنامه‌ریزی شهری و منطقه‌ای»، *نشریه هنرهای زیبا*، شماره ۱۰، ص ۲۱-۱۳.
- زیاری، کرامت‌الله (۱۳۸۳)، *برنامه‌ریزی شهرهای جدید*، چاپ چهارم، تهران: سمت.
- ستایشی نسا، حسن؛ روستایی، شهرام؛ عمرانی دورباش، مجتبی؛ زارع پیشه، نرگس (۱۳۹۳)، «بررسی تنگناهای ژئومورفولوژیکی و تأثیر آن بر توسعه فیزیکی شهر با استفاده از GIS و روش AHP (مطالعه موردی: شهر گیوی)»، *پژوهش‌های ژئومورفولوژی کمی*، سال دوم، شماره ۴، ص ۱۶-۱۰.
- سرور، رحیم (۱۳۸۷) *برنامه‌ریزی کاربری اراضی در طرح‌های توسعه و عمران ناحیه ای*، چاپ اول، تهران: گنج هنر.
- شناور، بامشاد؛ حسینی، سید محسن؛ اورک، ندا (۱۳۹۵)، «ارزیابی توان سرزمین به‌منظور استقرار کاربری توسعه شهری با استفاده از روش ترکیب خطی وزن‌دار (WLS) در محیط سامانه اطلاعات مکانی (GIS)»، *مطالعه موردی: حوضه آبخیز زرد خوزستان*، *علوم و تکنولوژی محیط‌زیست*، دوره هجدهم، شماره ۳، ص ۹۸-۱۱۴.
- صفاری، امیر؛ کرم، امیر؛ مرادی، عیسی؛ زنگنه، سمیه (۱۳۹۳)، «کاربرد ژئومورفولوژی در برنامه‌ریزی کالبدی سکونتگاه‌های شهری و روستایی، مطالعه موردی: شهر اراک»، *اولین همایش ملی علوم جغرافیایی ایران*، تهران.
- قرخلو، مهدی؛ پورخباز، حمیدرضا؛ امیری، محمدجواد؛ فرجی سبکبار، حسنعلی (۱۳۸۸)، «ارزیابی توان اکولوژیکی قزوین جهت تعیین نقاط بالقوه توسعه شهری با استفاده از RS و GIS»، *مجله مطالعات و پژوهش‌های شهری و منطقه‌ای*، سال اول، شماره ۶۸، ص ۶۸-۵۱.
- قنوتی، عزت‌اله؛ دلفانی گودرزی، فاطمه (۱۳۹۲)، «مکان‌یابی بهینه توسعه شهری با تأکید بر پارامترهای طبیعی با استفاده از مدل تلفیقی فازی / AHP»، *دوفصلنامه ژئومورفولوژی کاربردی ایران*، سال اول، شماره اول، ص ۶۰-۴۵.
- کرم، امیر؛ قلی‌زاده، آیلا؛ آقا علیخانی، مرضیه (۱۳۹۲)، «تعیین پهنه‌های مناسب برای توسعه شهری با استفاده از پارامترهای طبیعی (مطالعه موردی: شهرستان ماکو)»، *فصلنامه جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری چشم‌انداز زاگرس*، سال پنجم، شماره ۱۵، ص ۱۴۷-۱۵۹.
- مالچفسکی، یاجک (۱۳۹۲)، *سامانه اطلاعات جغرافیایی و تحلیل تصمیم‌چندمعیاری*، ترجمه اکبر پرهیزگار و عطا غفاری، چاپ دوم، تهران: سمت.

- میرکتولی، جعفر؛ حسینی، سید محمدحسن (۱۳۹۳)، «ارزیابی تناسب میان‌بافتی شهر گرگان برای توسعه میان‌افزا با استفاده ترکیبی از AHP و GIS»، فصلنامه علمی- پژوهشی مطالعات شهری، شماره نهم، ص ۸۰-۶۹.
- نگارش، حسین (۱۳۸۲)، «کاربرد ژئومورفولوژی در مکان‌گزینی شهرها و پیامدهای آن»، مجله جغرافیا و توسعه، دوره ۱، شماره پیاپی ۱، ص ۱۵۰-۱۳۳.
- نوروزی خطیری، خدیجه؛ امیدوار، بابک؛ ملک محمدی، بهرام؛ گنجه‌ای، سجاد (۱۳۹۲)، «تحلیل ریسک مخاطرات چندگانه شهری در اثر سیل و زلزله (مطالعه موردی: منطقه بیست تهران)»، مجله جغرافیا و مخاطرات محیطی، شماره هفتم، ص ۶۸-۵۳.
- نیری، هادی؛ خالق‌پناه، کمال؛ کرمی، محمدرضا؛ احمدی، خهبات، نشریه علمی- پژوهشی جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، سال ۲۰، شماره ۵۷، ص ۲۹۴-۲۷۷.

- Adeli, Zahra., Khorshiddost, Alimohammad., (2011), Application of Geomorphology in Urban planning: Case study in Landfill site selection . *Procedia Social and Behavioral Sciences*, 19: 662-667.
- Ahadnejad, Vahid., Hirt, Ann. Marie., Alizadeh, Hassan., (2016), Geological constraints on sustainable urban growth and management of the metropolis of Tehran, Iran. *Special Paper of the Geological Society of America*, 520: 273-286.
- Burak, Guneralp., Inci, Guneralp., Liu, Ying., (2015), Changing global patterns of urban exposure to flood and drought hazards . *Global Environmental Change*, 31: 217-225.
- Chang, N.B., Parvathinathan, G., Breeden, J.B., (2008), Combing GIS with Fuzzy multicriteria decision making for landfill siting in a fast growing urban region . *Jornal of Environmental management*. 87: 139 -153.
- Costea, Marioara., (2016), Landforms and urban development, An example of urban geomorphology from Romania (Sibiu, Transylvania), *Brukenenthal, Acta Musei*, 11, 3: 491-506.
- Del Monte, Maurizio., Daorefic, Maurizio., Luberti, Gian. Marco., Marini, Roberto., Pica, Alessia., Vergari, Francesca., (2016), Geomorphological classification of urban landscapes: the case study of Rome (Italy) . *Journal of Maps*, 12: 178-189.
- Fernandez, Veronica, Botero., (2009) , Geo-information for measuring vulnerability to earthquake: a fitness for use approach. PhD thesis, ITC, Netherland.
- Laribi, Abdallah., Walstra, Jan., Ougrine, Moussa., Seridi, Ahcene., Dechemi, Nouredin., (2015), Use of digital photogrammetry for the study of unstable slopes in urban areas: Case study of the El Biar landslide , *Algiers. Engineering Geology*, 187: 73-83.
- Liu, Yan Sui., Wang, Jie, Yong, Guo, Li Ying., (2006), GIS- Based assessment of land suitability for optimal Allocation in the qinling mountains, china . *Pedosphere*, 16: 579-586.
- Sudhira, H, S., Ramachandra , T.V., jagadish, K.S., (2004), urban sprawl: metrics, dynamics and modelling using GIS . *international journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 5, 1: 29-39.
- Thapa, Rajesh. Bahadur., (2012), Monitoring landscape change in Kathmandu metropolitan region using multi-temporal satellite imagery. *Proceedings of SPIE - The International Society for Optical Engineering* , Volume 8528, Article number 85281P.

- Tolga, Ethem., Demircan, Levent., Kahraman, Cengiz., (2005), Operating system selection using fuzzy replacement analysis and analytic hierarchy process . Journal Production economics, 97: 1,89-117.
- Tran, Van, Troung., Pham, Van, Cu., Laffly, Dominique., (2016), Urban expansion and landscape change analysis using remote sensing and survey: A case study in Ha Long bay area, Vietnam . 8th International Conference on Knowledge and Systems Engineering, KSE, Article number 7758073: 315-320.

