جغرافیا و پایداری محیط، شمارهٔ ۱۴، بهار ۱۳۹۴
صص. ۱۶-۱

تحلیل کالبدی – فضایی شهر سنندج جهت مکان‌یابی بهینهٔ توسعهٔ فیزیکی شهر

حسین نظم‌فر* - دانشیار جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشگاه محقق اردبیلی
انور امان‌اله‌پور - دانشجوی کارشناسی ارشد جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشگاه محقق اردبیلی
علی عشقی چهاربرج - دانشجوی دکتری جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشگاه محقق اردبیلی

وصول: ۱۳۹۳/۴/۸ **پذیرش:** ۱۳۹۳/۷/۲۸

چکیده

رشد روزافزون شهرها متأثّر از رشد جمعیّت و مهاجرت، منجر به ساخت و سازهای بدون برنامه‌ریزی و تغییرات زیاد در ساختارهای فضایی به‌ویژه توسعهٔ فیزیکی شهر در مکان‌های نامساعد طبیعی گشته است که لزوم توجّه به مسائل شهری و مخصوصاً مسائل کالبدی آن را ضروری ساخته است. آگاهی از فرم فضایی و شکل شهر می‌تواند یکی از عوامل تأثیرگذار در میزان موفّقیّت برنامه‌ریزان و دست‌اندرکاران شهری باشد. بر این اساس پژوهش حاضر با هدف تحلیل و شناخت رشد کالبدی - فضایی شهر سنندج و ارائه الگوی مناسب از توسعهٔ آتی آن با منطق فازی انجام شده است. روش پژوهش، توصیفی - تحلیلی از نوع کاربردی است. داده‌های خام از طریق مطالعات اسنادی و میدانی گردآوری شده‌اند. جهت تحلیل داده‌ها از مدل‌های تعیین فرم شهری از جمله آنتروپی و هلدرن بهره گرفته شده است. برای گویاسازی نتایج حاصل از پژوهش، از نرم‌افزارهای Google Earth و Arc GIS 10.2 استفاده شده است. نتایج تحقیق حاکی از آن است که شهر سنندج با محاسبهٔ ضریب آنتروپی دارای الگوی رشد پراکنده و غیر متراکم بوده و با توجّه به مدل هلدرن حدود ۵۷ درصد از رشد فیزیکی شهر، مربوط به رشد جمعیّت و ۴۳ درصد رشد شهر مربوط به رشد افقی و اسپرال شهری بوده است؛ همچنین نتایج به دست آمده از تجزیه و تحلیل داده‌های مکانی مورد نیاز بیانگر آن است که عوامل طبیعی در داخل و اطراف شهر در توسعهٔ شهر تنگناهایی جدّی به وجود آورده‌اند، به گونه‌ای که تنها درصد اندکی از کلّ محدودهٔ مورد مطالعه به صورت هسته‌های متعدّد مناسب گسترش کالبدی - فضایی شهری به شمار می‌آید.

واژگان کلیدی: گسترش کالبدی، آنتروپی شانون، هلدن، منطق فازی، سنندج.

*. نویسنده مسئول: ۰۹۱۴۳۰۱۹۹۰۹
E-mail: nazmfar@uma.ac.ir

مقدّمه

در حال حاضر، رشد جمعیّت شهری جهان سریع‌تر از جمعیّت کلّ جهان است (سازمان ملل[1]، ۲۰۱۰). به طوری که در سال ۱۹۵۰، ۳۰٪ جمعیّت جهان شهرنشین بود ولی در سال ۲۰۱۴ به ۵۴٪ رسید (سازمان ملل، ۲۰۱۴: ۷). طبق گزارش سازمان ملل بیش از نیمی از جمعیّت جهان یعنی حدود ۳/۵ میلیارد نفر در شهرها زندگی می‌کنند که این رخداد به ۶۵٪ در سال ۲۰۳۰ و به حدود ۷۰٪ در سال ۲۰۵۰ خواهد رسید (امور اقتصادی و اجتماعی سازمان ملل[2]، ۲۰۰۷). افزایش سریع جمعیّت شهرها باعث ظهور ویژگی‌ها و شرایط جدیدی در ساختار و عملکرد شهرها شده است. طی دهه‌های گذشته شهرهای زیادی در دنیا مخصوصاً در کشورهای درحال توسعه رشد شهری بی‌سابقه را تجربه کرده‌اند. این رشد شهری با تغییر کاربری زمین و افزایش فعّالیّت‌های شهر همراه است (اچمد و همکاران[3]، ۲۰۱۵: ۲۳۷). این رشد بی‌رویه و افزایش مهاجرت به شهرها، منجر به توسعهٔ غیرقابل کنترل نواحی شهری، خلق سکونتگاه‌های جدید، کاهش سطح رفاه انسانی، ساخت و سازهای بدون برنامه، گسترش مهارنشدنی و بروز تغییرات فراوان در ساختار فضایی شهرها، گرایش به حومه‌نشینی و گستردگی شهری شده است (گارسیا پالومارس[4]، ۲۰۱۰: ۱۹۷؛ اورتگا و همکاران[5]، ۲۰۱۱: ۲). چنین مسئله‌ای منجر به بروز مشکلات فراوان برای مدیران مختلف شهری به‌ویژه در کشورهای درحال‌توسعه شده است (احمدی و همکاران[6]، ۲۰۰۹: ۸). با توجّه به اینکه رشد شهری (هم از نظر جمعیّت و هم از نظر گسترش فضایی) در سراسر جهان، به‌ویژه در کشورهای درحال توسعه، منجر به بروز تغییرات گستردهٔ شهری شده است، باید این مقوله را به عنوان امری اجتناب‌ناپذیر که نمی‌توان از آن جلوگیری کرد، پذیرفت (رفیعی و همکاران[7]، ۲۰۰۹: ۱۹؛ شیرمحمدی و نقیبی، ۱۳۸۶: ۲۷)؛ بنابراین ضروری است که توسعهٔ شهری برای جلوگیری از نابودی کاربری‌ها مناسب منظّم شود، یکی از راه‌حل‌ها برای از دست نرفتن کاربری‌های مناسب، مکان‌یابی بهینهٔ توسعهٔ شهری است (ژائو[8]، ۲۰۱۰: ۲۴۶). طی چند دههٔ اخیر شهر سنندج به عنوان مرکز استان کردستان در اثر رشد زیاد جمعیّت و مهاجرت‌های بی‌رویهٔ روستایی- شهری، رشد و گسترش کالبدی زیادی را پذیرفته است. رشد و توسعهٔ فیزیکی این شهر در جهت افقی و گسترش مداوم ساخت و سازهای شهری، منجر به از بین رفتن مزارع کشاورزی و باغ‌های اطراف شهر و ناهنجاری‌های اجتماعی توزیع نامناسب کاربری‌ها و خطرهای زیست‌محیطی شده است. به طوری که در طی سال‌های اخیر توسعهٔ فیزیکی شهر در برخی موارد بدون ملاحظه و در نظر گرفتن ویژگی های طبیعی منطقه و اصول پایداری شهری به سمتی بوده که در نتیجهٔ آن مسائل و مشکلاتی متوجّه برخی قسمت‌ها شده است. از این رو، هدف پژوهش حاضر بررسی محدودیّت‌ها و قابلیّت‌های زمین‌های اطراف شهر سنندج به منظور توسعهٔ فیزیکی آتی و ارائهٔ مناسب‌ترین پهنه‌ها جهت توسعهٔ فیزیکی شهر با استفاده از منطق فازی است.

در زمینهٔ رشد و توسعهٔ فیزیکی شهرها و ارزیابی روند آن مطالعات زیادی صورت گرفته است. از جمله: ثروتی و همکاران (۱۳۸۷) در پژوهشی به بررسی تنگناهای طبیعی توسعهٔ فیزیکی شهر سنندج پرداخته‌اند.

1- United Nations
2- ESA-UN
3- Achmad et al
4- Garcia-Palomares
5- Ortega et al
6- Ahmadi et al
7- Rafiee et al
8- Zhao

آنها با استفاده از سیستم اطّلاعات جغرافیایی به این نتیجه رسیدند که تنها ۴/۸۱ درصد از محدودهٔ شهر برای توسعهٔ آتی آن مناسب است. پوراحمد و همکاران (۱۳۸۹) در پژوهشی با بهره‌گیری از مدل‌های آنتروپی و هلدرن به تحلیل چگونگی گسترش شهر گرگان پرداخته و به این نتیجه رسیده‌اند که از سال ۱۳۷۵ به بعد رشد این شهر، بی‌قواره و نتیجهٔ رشد اسپرال شهری بوده است. بزی و وحدتی (۱۳۹۰) در پژوهشی به ارزیابی میزان فشردگی و پراکنش رشد شهری و تأثیر آن بر افزایش هزینه‌های اقتصادی خانوار در شهر بجنورد پرداختند. آنها با روش تحلیلی - پیمایشی با استفاده از مدل های کمی (هلدرن، جینی و موران) به تجزیه و تحلیل داده‌ها پرداخته‌اند و به این نتیجه رسیده‌اند که افزایش ۴۶ درصدی رشد اسپرال شهری در مقایسه با دوره‌های قبلی، ناشی از استفاده از اتومبیل شخصی بوده و موجب افزایش هزینهٔ اقتصادی خانوار شده است. امان‌پور و همکاران (۱۳۹۲) در پژوهشی به مکان یابی جهات بهینهٔ توسعهٔ فیزیکی شهر اردبیل با استفاده از مدل AHP پرداخته‌اند و به این نتیجه رسیده‌اند که جهات شرقی شهر اردبیل به دلیل توپوگرافی و شیب مناسب و دوری از خط گسل، مناسب ترین جهت برای توسعهٔ فیزیکی آتی است. مختاری و امامی‌کیا (۱۳۹۳) در پژوهشی به بررسی تنگناهای ژئومورفولوژی در گسترش شهر، در شهرک ارم تبریز با استفاده از روش AHP پرداخته‌اند و با این نتیجه رسیده‌اند که از کل مساحت ۵۵۴/۳۶ هکتاری شهرک، فقط ۱۸/۲ هکتار با استاندار خیلی‌زیاد استقرار یافته‌اند. ستایشی نساز و همکاران (۱۳۹۳) در پژوهشی به بررسی تنگناهای ژئومورفولوژیکی و تأثیر آن بر توسعهٔ فیزیکی شهر گیوی با استفاده از روش AHP و GIS پرداختند و به این نتیجه رسیده‌اند که شمال غربی و غرب شهر مکان‌های کاملاً مناسب و شرق شهر مکان‌های کاملاً نامساعد برای توسعهٔ فیزیکی شهر است.

طیبی و همکاران (۲۰۱۱) با استفاده از شبکهٔ عصبی، GIS و پارامترهای شعاعی، مدلی را برای رشد مرزی شهر تهران ارائه کردند. توان پیش بینی مدل آنها جهت رشد مرزی شهر تهران ۸۰-۸۴ درصد است مدل پیش‌بینی می‌کند که رشد مرزهای شهر در تمامی جهات اصلی تقریباً برابر خواهد بود. باگان و یاماگاتا[1] (۲۰۱۲) در پژوهشی روند رشد فضایی و زمانی شهر توکیو را طی ۴۰ سال گذشته با استفاده از پردازش تصاویر ماهواره‌ای لندست مورد تجزیه و تحلیل قراردادند تحلیل همبستگی فضایی نشان‌دهندهٔ یک همبستگی قوی بین رشد و گسترش شهر و تغییرات تراکم جمعیّتی است. مونالیزا میشرا[2] (۲۰۱۲) در پژوهشی در شهر بوبنسوار[3] با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای سال‌های ۲۰۰۵-۲۰۰۰-۱۹۹۷ و GIS، گسترش پراکنده‌وار شهر و نظارت بر استفاده از زمین شهری و تغییرات کاربری اراضی را ارزیابی کرد و در نهایت به پیش بینی گسترش شهر در آینده پرداخت. سون[4] و همکاران (۲۰۱۳) در پژوهشی به عنوان «کم‌سازی میزان رشد و پویایی شهر در شهر گوانژو[5] با استفاده از داده‌های سنجش از دور»، به برآورد میزان کم‌سازی رشد شهری و کمک به برنامه‌ریزان در استفاده از زمین‌های شهری پرداخته‌اند. واکود[6] و همکاران (۲۰۱۴) در پژوهشی با عنوان «ارزیابی گسترش شهری با استفاده تصاویر ماهواره ای لندست و GIS (مطالعه موردی: حیدرآباد هند)» با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای لندست سال‌های ۲۰۰۵-۲۰۰۰-۱۹۸۹ و GIS به استخراج تغییرات کاربری

1- HasiBagan and Yoshiki Yamagata
2- Monalisha Mishra
3- Bhubaneswar
4- Sun
5- Gwangju
6- Wakode

اراضی شهری در نتیجهٔ گسترش شهری پرداخته‌اند. وجه تمایز پژوهش حاضر با تحقیقات پیشین به کارگیری ترکیبی از مدل آنتروپی و هلدرن جهت ارزیابی گسترش فیزیکی شهری و مدل منطق فازی به منظور توسعهٔ فیزیکی آتی و ارائهٔ مناسب‌ترین پهنه‌ها جهت توسعهٔ فیزیکی شهر است.

توسعهٔ فیزیکی شامل انجام هرگونه عملیّات یا اصلاح و تغییر در زمین توسّط انسان در جهت تلاش برای ایجاد محیطی قابل زیست و راحت است و خود را در قالب فعّالیّت‌های انسانی یا کاربری‌های اراضی در شهرها و شهرک‌ها نمایان می‌سازد (اموتنگ و همکاران[1]، ۲۰۱۳: ۹۸). بنابراین، توسعهٔ فیزیکی شهر، فرایندی پویا و مداوم است که طی آن محدوده‌های فیزیکی شهر و فضاهای کالبدی آن در جهت‌های عمودی و افقی از حیث کمّی و کیفی افزایش می‌یابند (فردوسی، ۱۳۸۴: ۱۸). رشد و گسترش فیزیکی شهرها پدیده‌ای است که هرچند از دوران یکجانشینی و آغاز تولید مازاد کشاورزی و به تبع آن افزایش جمعیّت آغاز گشته است ولی به طور جدّی و مسئله‌زا، آغاز آن را بعد از انقلاب صنعتی و غلبه دانش بشری بر سلطهٔ محیط طبیعی دانسته‌اند (لارسن و ویتالی[2]، ۲۰۰۹: ۹۵). بعد از این دوران بود که مسئلهٔ افزایش جمعیّت در شهرها و گسترش شهرها صورت منفی خود را نمایان ساخت (پاکزاد، ۱۳۸۹: ۵۹) روند سریع و بی برنامهٔ رشد شهری، نظم موزون فضاهای شهری را از تعادل خارج کرد (کلمن[3]، ۲۰۰۳: ۲۰). رشد بی‌رویه و لجام‌گسیختهٔ شهرها، عدم نگرش سیستمی و بی‌توجّهی به نقاط قوّت و ضعف پتانسیل های طبیعی و انسانی شهر، به‌ویژه در زمینهٔ مکان یابی صحیح توسعهٔ آتی شهر، خطرهای مضاعفی را دامن گیر شهر و شهروندان نمود (رهنما و عباس‌زاده، ۱۳۸۷: ۲۱). از راهکارهای اوّلیّهٔ مواجهه با این نوع گسترش، تدارک مکان های جدید برای استقرار یا برنامه‌ریزی جهت رشد و گسترش برنامه‌ریزی‌شده و اصولی شهرهاست. بر این اساس مکان‌یابی مناسب توسعهٔ شهری، بهینه گزینی جهات گسترش و نحوهٔ آن برای جوابگویی به نیازهای فعلی و پیش بینی نیازهای جمعیّت آینده است (سلیمانی مقدم، ۱۳۸۵: ۲؛ قرخلو و همکاران، ۱۳۹۰: ۱۰۰). مکان‌یابی مناسب توسعهٔ شهری نیازمند ارزیابی پتانسیل های هر منطقه است، ارزیابی هر منطقه نیاز به داشتن معیارها و همچنین سنجش و اندازه‌گیری آنها دارد. سنجش این معیارها (کمّی و کیفی) روش‌هایی را می‌طلبد که نتایج مربوط به آن را تسهیل بخشد. منطق فازی راهکار خوبی است که شیوه‌های مرسوم برای طرّاحی و مدل‌سازی یک سیستم را که نیازمند ریاضیات پیشرفته و نسبتاً پیچیده است، با استفاده از مقادیر و شرایط زبانی و یا به عبارتی دانش فرد خبره و با هدف ساده‌سازی و کارآمدتر شدن طرّاحی سیستم، جایگزین و تا حدّ زیادی تکمیل می‌نماید. منطق فازی علمی است که امکان و اجازهٔ شبیه‌سازی پویایی یک سیستم را بدون نیاز به توصیفات ریاضی مفصّل و با استفاده از داده‌های کمّی و کیفی پدید آورده است (فلیس[4]، ۲۰۰۱). بر این اساس در پژوهش حاضر برای ارائهٔ مناسب‌ترین پهنه‌ها جهت توسعهٔ فیزیکی شهر سنندج ضمن ارزیابی فرم و نحوهٔ توسعهٔ شهر با مدل آنتروپی و هلدرن از مدل منطق فازی استفاده شده است.

مواد و روش‌ها

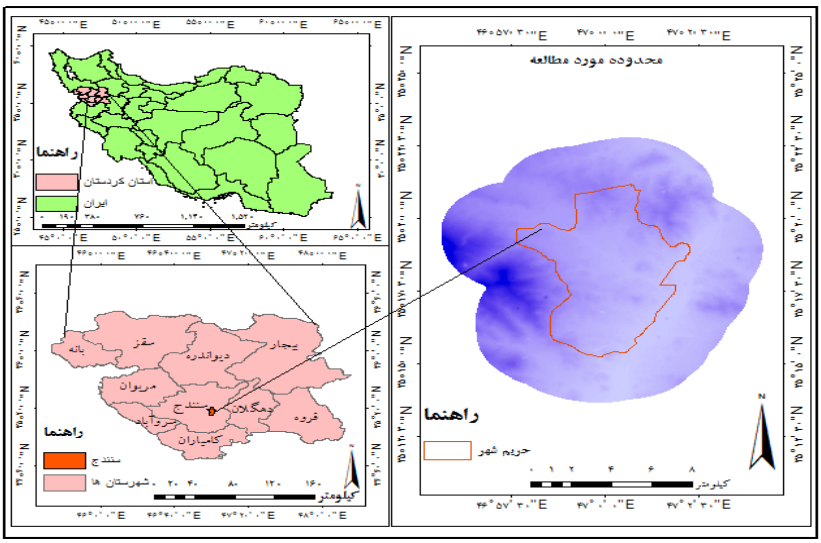
روش پژوهش از نوع توصیفی - تحلیلی با هدف کاربردی است. در این پژوهش، داده‌های خام از طریق مطالعات اسنادی و میدانی جمع آوری شده است. در ابتدا با استفاده از مدل آنتروپی و هلدرن فرم، شکل شهر

1- Amoateng et al
2- Larsen and Vitali
3- Colman
4- Phillis

و نحوهٔ توسعهٔ آن مشخّص گردید. در مرحلهٔ بعد با استفاده از نتایج مطالعات پیشین و طرح جامع شهر سنندج، پنج مانع مؤثّر (ویژگی‌های توپوگرافی، وضعیّت و جهات شیب، وضعیّت گسل‌ها و زمین‌های کشاورزی) در توسعهٔ فیزیکی شهر سنندج تعیین گردیدند. سپس برای هر یک از موانع توسعهٔ فیزیکی شهر سنندج لایه ای در محیط GIS تهیّه گردید. در نهایت با هم‌پوشانی لایه ها با استفاده از منطق فازی (گاما) جهت بهینهٔ توسعهٔ شهر سنندج مشخّص گردید. در پژوهش حاضر، از نرم‌افزارهای Google Earth و Arc GIS 10.2 برای تهیّهٔ نقشه استفاده شده است.

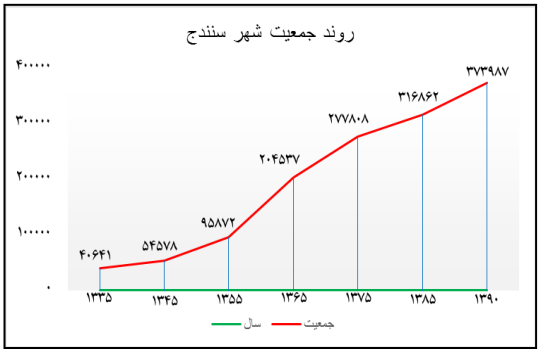
معرّفی منطقهٔ مورد بررسی

شهر سنندج با موقعیّت جغرافیایی ۴۶ درجه و ۵۵ دقیقه تا ۴۷ درجه و ۵ دقیقه طول شرقی از نصف‌النّهار گرینویچ و ۳۵ درجه و ۱۲ دقیقه تا ۳۵ درجه و ۲۳ دقیقهٔ عرض شمالی از استوا، در غرب ایران قرار گرفته است. جمعیّت این شهر، بر پایهٔ سرشماری عمومی نفوس و مسکن سال ۱۳۹۰، برابر با ۳۷۳۹۸۷ نفر است. از نظر مورفولوژی، چشم‌انداز منطقه را واحد کوهستان دربر گرفته و متشکّل از کوه‌ها و تپّه‌هایی است که در محدودهٔ فعلی و یا در محدودهٔ توسعهٔ آتی شهر قرار دارند. از دیگر عناصر ژئومورفولوژیک می توان به مخروط‌افکنه‌ها و درّه‌هایی که هم‌اکنون در محدودهٔ شهر قرار دارند و غالباً مسکونی شده‌اند اشاره کرد (شکل ۱).

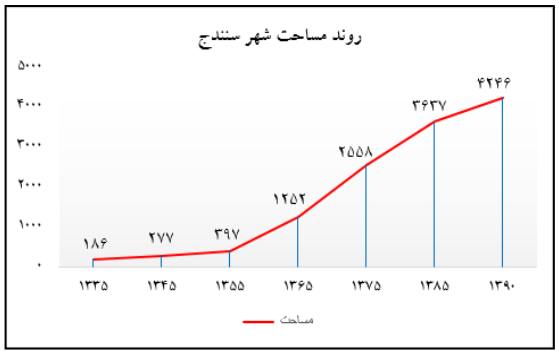


شکل ۱. نقشه محدوده مورد مطالعه

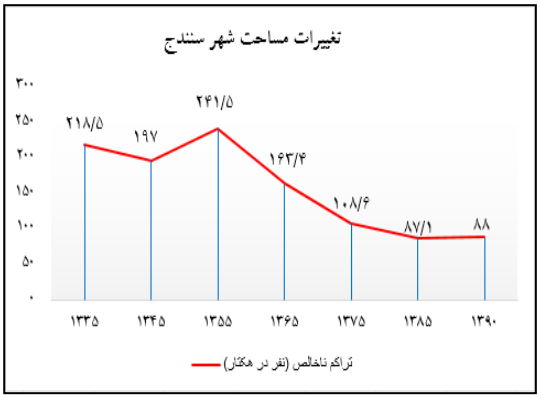
شهر سنندج به عنوان مرکز شهرستان و استان کردستان، جزء بزرگ‌ترین شهرهای استان بوده و از لحاظ مساحت و جمعیّت، گسترش چشم‌گیری را تجربه کرده است. برخورد شهر با زمین‌های کشاورزی به طور مستقیم با ادغام روستاها به شهر و به صورت غیرمستقیم با تغییر کاربری اراضی کشاورزی به شهری به‌ویژه در تپّه‌های اطراف شهر است، در نتیجه، شهر سنندج برای توسعهٔ فیزیکی خود همانند اکثر شهرها با مسائل و مشکلاتی روبه‌رو شده است. این شهر تا سال ۱۳۴۰ روند رو به رشد منطقی را سپری کرده است؛ امّا با شروع تحوّلات و اثرپذیری جوامع شهری و روستایی از اصلاحات ارضی و در نتیجهٔ آن، مهاجرت‌های روستایی، رشد اقتصادی اوایل دههٔ ۵۰، بالا رفتن درآمدهای شهری و تحوّلات بعد از انقلاب باعث شد که رشد شتابان و ناموزونی را پشت سر بگذارد. این رشد به گونه ای ادامه پیدا کرد که در دورهٔ زمانی ۱۷ ساله (۱۳۴۰-۱۳۵۷) رشدی معادل ۳۵۰ سال تاریخ خود را داشته است (حبیبی و پوراحمد، ۱۳۸۴: ۱۰۱)، (جدول ۱). در نتیجه، هم‌اکنون شهر با تنگناها و موانع طبیعی و انسانی در توسعه روبه‌رو شده است.



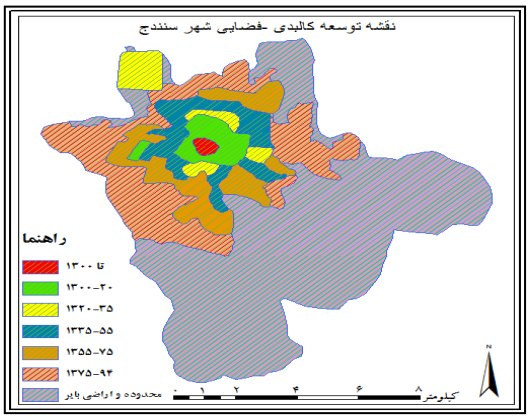
شکل ۲. روند جمعیّت شهر سنندج



شکل ۳. روند مساحت شهر سنندج



شکل ۴. تغییرات مساحت شهر سنندج



شکل ۵. گسترش کالبدی شهر سنندج سال‌های ۱۳۰۰ تا ۱۳۹۴

جدول ۱. تغییرات میزان رشد جمعیّت و مساحت شهر سنندج

سال	جمعیّت	نرخ رشد	مساحت (هکتار)	تراکم ناخالص (نفر در هکتار)
۱۳۳۵	۴۰۶۴۱	-	۱۸۶	۲۱۸/۵
۱۳۴۵	۵۴۵۷۸	۳	۲۷۷	۱۹۷
۱۳۵۵	۹۵۸۷۲	۵/۸	۳۹۷	۲۴۱/۵
۱۳۶۵	۲۰۴۵۳۷	۷/۹	۱۲۵۲	۱۶۳/۴
۱۳۷۵	۲۷۷۸۰۸	۳/۲	۲۵۵۸	۱۰۸/۶
۱۳۸۵	۳۱۶۸۶۲	۱/۳	۳۶۳۷	۸۷/۱
۱۳۹۰	۳۷۳۹۸۷	۳/۳	۴۲۴۶	۸۸

نتایج و بحث

مدل‌های تحلیلی گسترش فیزیکی شهر سنندج

اندازهٔ شهر به عنوان یکی از شاخص‌های پراکندگی شهری، مقدار مساحتی از زمین را بیان می‌کند که در توسعه و رشد یک شهر مورد مصرف آن قرار می‌گیرد. به منظور تحلیل شکل شهر و برنامه‌ریزی برای چگونگی گسترش فیزیکی آیندهٔ آن، مدل‌های مختلفی همچون مدل آنتروپی شانون، هلدرن، ضریب موران، ضریب گری و مانند اینها به بررسی سنجش فرم شهری می‌پردازند (انسیکلاین[1]، ۱۹۹۵). در این پژوهش، برای نشان دادن درجهٔ توزیع متعادل از ضریب آنتروپی و برای نشان دادن سهم رشد شهر از رشد جمعیّت و پراکنش افقی از مدل هلدرن استفاده شده است.

1- Ansecline

مدل آنتروپی شانون[1]

از این مدل، برای تجزیه و تحلیل و تعیین پدیدهٔ رشد بی‌قوارهٔ شهری استفاده می‌گردد. ساختار کلّی مدل به شرح زیر است (حکمت‌نیا و موسوی، ۱۳۸۵: ۵)، (رابطهٔ ۱):

$$H= -\sum_{i=1}^{n} P_i \times Ln(P_i)$$ رابطهٔ (۱)

H مقدار آنتروپی شانون، P_i نسبت مساحت ساخته‌شده (تراکم کلّی مسکونی) منطقهٔ I به کلّ مساحت ساخته‌شدهٔ مجموع مناطق و مجموع مناطق است.

ارزش مقدار آنتروپی شانون از صفر تا $Ln(P_i)$ است، که در آن مقدار صفر بیانگر توسعهٔ فیزیکی خیلی متراکم (فشرده) است؛ و مقدار $Ln(P_i)$ بیانگر توسعهٔ فیزیکی پراکندهٔ شهری است. در واقع زمانی که ارزش آنتروپی از مقدار $Ln(P_i)$ بیشتر باشد، رشد بی‌قوارهٔ شهری (اسپرال) اتّفاق افتاده است.

جدول ۲. محاسبهٔ ارزش آنتروپی مناطق سه‌گانهٔ شهری سنندج در سال ۱۳۷۵

منطقه	مساحت ساخته‌شده (هکتار)	P_i	$Ln(P_i)$	$P_i \times Ln(P_i)$
۱	۵۸۷	۰/۴۰۵۴	-۰/۹۰۲۹	-۰/۳۶۶۰
۲	۷۱۶	۰/۴۹۴۴	-۰/۷۰۴۴	-۰/۳۴۸۲
۳	۱۴۵	۰/۱۰۰۱	-۲/۳۰۱۶	-۰/۲۳۰۳
کل	۱۴۴۸	$\sum P_i$=۱	$P_i \times Ln(P_i)$ =۱	-۰/۹۴۴۵

H 1375: -۰/۹۴۴۵

جدول ۳. محاسبهٔ ارزش آنتروپی مناطق پنج‌گانهٔ شهری سنندج در سال ۱۳۹۰

منطقه	مساحت ساخته‌شده (هکتار)	P_i	$Ln(P_i)$	$P_i \times Ln(P_i)$
۱	۳۸۶	۰/۱۶۴۵	-۱/۸۰۴۸	-۰/۲۹۶۸
۲	۳۵۹	۰/۱۵۳۰	-۱/۸۷۷۳	-۰/۲۸۷۲
۳	۷۴۱	۰/۳۱۵۸	-۱/۱۵۲۶	-۰/۳۶۳۹
۴	۳۰۶	۰/۱۳۰۴	-۲/۰۳۷۱	-۰/۲۶۵۶
۵	۵۵۴	۰/۲۳۷۴	-۱/۴۳۸۰	-۰/۳۴۱۳
کل	۲۳۴۶	$\sum P_i$=۱	$P_i \times Ln(P_i)$ =۱	-۱/۵۵۴۸

H 1390: -۱/۵۵۴۸

نتایج جدول‌های (۲ و ۳) نشان می دهد مقدار آنتروپی در سال ۱۳۷۵ برای شهر سنندج برابر با ۰/۹۴۴۵ برآورد شده است و حداکثر ارزش آن ۱/۰۹۸۶ =(۳) Ln است. تفاوت بین مقدار آنتروپی با مقدار حداکثر نشان می‌دهد که رشد فیزیکی شهر به صورت متراکم و پیوسته اتّفاق افتاده است. مقدار آنتروپی در سال ۱۳۹۰ (حداکثر ارزش آنتروپی ۱/۶۰۹۴ =(۵) Ln) به ۱/۵۵۴۸ رسیده است که این امر نشان می دهد در طی سال‌های اخیر گسترش فیزیکی شهر همچنان ادامه داشته است و نشان‌دهندهٔ رشد پراکنده و غیر متراکم است.

1- Shanons Entropy Model

مدل هلدرن[1]

یکی از روش های اساسی برای مشخّص کردن رشد بی‌قوارهٔ شهری استفاده از روش هلدرن است. با استفاده از این روش، می توان مشخّص کرد که چه مقدار از رشد شهر ناشی از رشد جمعیّت و چه مقدار ناشی از رشد بدقوارهٔ شهری بوده است. مراحل معادلات این مدل بدین شرح است (حکمت‌نیا و موسوی، ۱۳۸۵) (رابطهٔ ۲):

$$a = \frac{A}{P}$$ رابطهٔ (۲)

در رابطهٔ (۱)، سرانهٔ ناخالص (a) برابر است با حاصل تقسیم مساحت زمین (A) به مقدار جمعیّت (P). بر اساس رابطهٔ (۱)، می‌توان گفت کلّ زمینی که یک منطقهٔ شهری اشغال می‌کند (A) برابر است با حاصل‌ضرب سرانهٔ ناخالص (a) و تعداد جمعیّت (P). در آن صورت خواهیم داشت (رابطهٔ ۳):

$$A = P.\ a$$ رابطهٔ (۳)

با جایگزینی معادلات نرخ رشد و نسبت مقادیر پایان دوره و آغاز دورهٔ متغیّرهای a، P و A طی فاصلهٔ زمانی مشخّص، معادلهٔ کلّی را به صورت زیر خواهیم داشت (رابطهٔ ۴):

$$\text{Ln}\left(\frac{\text{جمعیت پایان دوره}}{\text{جمعیت آغاز دوره}}\right) + \text{Ln}\left(\frac{\text{سرانه ناخالص پایان دوره}}{\text{سرانه ناخالص آغاز دوره}}\right) = \text{Ln}\left(\frac{\text{وسعت شهر در پایان دوره}}{\text{وسعت شهر درآغاز دوره}}\right)$$ رابطهٔ (۴)

در مورد شهر سنندج متغیّرهای مدل هلدرن با توجّه به جدول (۱)، بدین شرح جای‌گذاری می‌شود (رابطهٔ ۵، ۶، ۷ و ۸):

$$\text{Ln}\left(\frac{۳۷۳۹۸۷}{۹۵۸۷۲}\right) + \text{Ln}\left(\frac{۱۱۳/۵۴}{۴۱/۴۱}\right) = \text{Ln}\left(\frac{۴۲۴۶}{۳۹۷}\right)$$ رابطهٔ (۵)

$$\text{Ln}\ (۳/۹۰۰۹) + \text{Ln}\ (۲/۷۴۱۸) = \text{Ln}\ (۱۰/۶۹۵۲)$$ رابطهٔ (۶)

$$(۱/۳۶۱۲) + (۱/۰۰۸۶) = (۲/۳۶۹۸)$$

$$\frac{(۱/۳۶۱۲)}{(۲/۳۶۹۸)}$$

$$+\frac{(۱/۰۰۸۶)}{(۲/۳۶۹۸)} = \frac{(۲/۳۶۹۸)}{(۲/۳۶۹۸)}$$ رابطهٔ (۷)

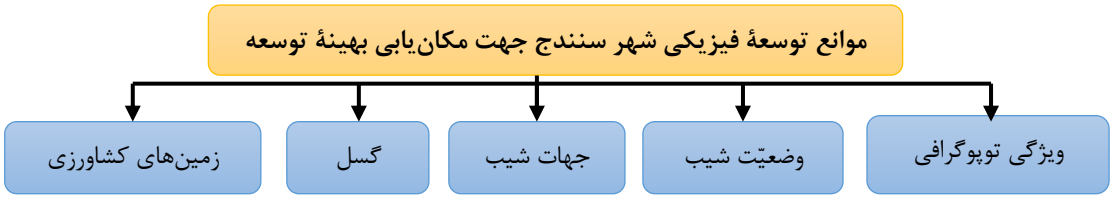
$$۰/۵۷ + ۰/۴۳ = ۱$$ رابطهٔ (۸)

نتایج حاصل از مدل هلدرن نشان می دهد که در فاصلهٔ سال های ۱۳۹۰-۱۳۳۵ حدود ۵۷ درصد از رشد فیزیکی شهر سنندج، مربوط به رشد جمعیّت و ۴۳ درصد رشد شهر مربوط به رشد افقی و اسپرال شهر بوده است.

1- Heldren Model

تنگناهای فیزیکی شهر سنندج

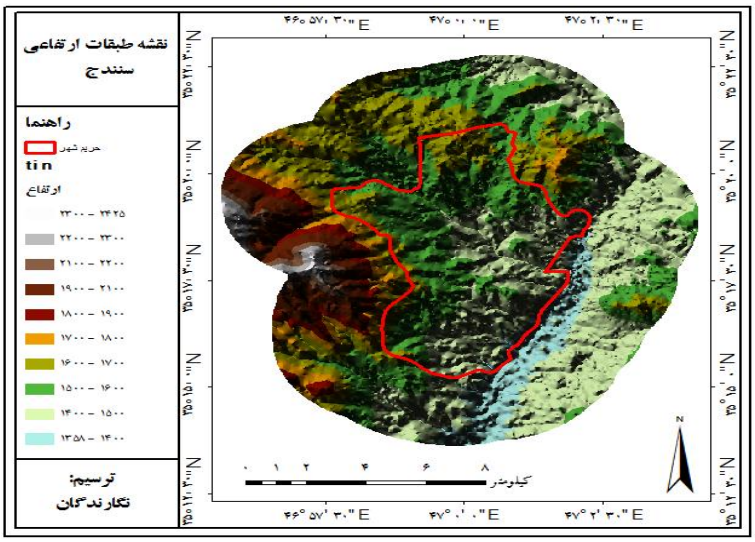
در پژوهش حاضر برای ارزیابی معیارهای مؤثّر در مکان‌یابی بهینهٔ توسعهٔ فیزیکی شهر سنندج پنج شاخص به عنوان عوامل مؤثّر در توسعهٔ فیزیکی شهر که بر مبنای شاخص‌های مطالعات پیشین و طرح جامع شهر سنندج انتخاب شده‌اند مورد بررسی قرار گرفته‌اند، شاخص‌ها شامل ویژگی‌های توپوگرافی، وضعیّت و جهات شیب، وضعیّت گسل‌ها و زمین‌های کشاورزی است (شکل ۶).



شکل ۶. شاخص‌های مؤثّر در توسعهٔ فیزیکی شهر سنندج

ویژگی‌های توپوگرافی

هدف از مطالعات توپوگرافی، ارزیابی و تجزیه و تحلیل خصوصیّات ناهمواری سطح زمین از جمله پستی و بلندی در شهرهاست. توپوگرافی در بسیاری از مسائل شهری همچون تعیین مسیر لوله‌های آب، گاز، تعیین مسیر خیابان‌ها، تخلیهٔ آب‌های سطحی و فاضلاب شهری اهمّیّت شایانی دارد. در این پژوهش، ویژگی‌های توپوگرافی به منظور شناسایی و طبقه‌بندی ناهمواری‌ها، مدل ارتفاعی رقومی ، با دقّت ۲۰ متر با استفاده از سامانهٔ اطّلاعات جغرافیایی تهیّه شد. از لحاظ توپوگرافی، چشم‌انداز شهر سنندج را کوه‌ها و تپّه‌ها فراگرفته‌اند. کوه آبیدر بزرگ در غرب شهر با ۲۵۴۶ متر ارتفاع از سطح دریا و کوه کوچکرش در شمال شرق شهر با ۱۷۶۲ متر ارتفاع مهم‌ترین ارتفاعات شهرند. تپّه‌های متعدّدی نیز در داخل محدودهٔ فعلی شهر قرار دارند، از قبیل تپّه روسی، شوبو، شیخ حمه باقر و توس نوذر. این تپّه‌ها، به گونه‌ای استقراریافته‌اند که روند و جهت توسعهٔ فیزیکی شهر را محدود کرده‌اند. در جاهایی که توسعهٔ کالبدی شهر صورت گرفته است، سکونتگاه‌ها به صورت پلکانی و با صرف هزینه‌های مضاعفی احداث شده‌اند. بر اساس داده‌های به دست‌آمده در حدود ۶۰ درصد از اراضی محدودهٔ مورد مطالعه در سطوح ارتفاعی ۱۶۰۰-۱۴۰۰ متر از سطح دریا قرار دارند. نتایج پژوهش حاکی از آن است که ارتفاعات به عنوان مانعی مهم در توسعهٔ شهر سنندج به شمار می‌آیند (شکل ۷).



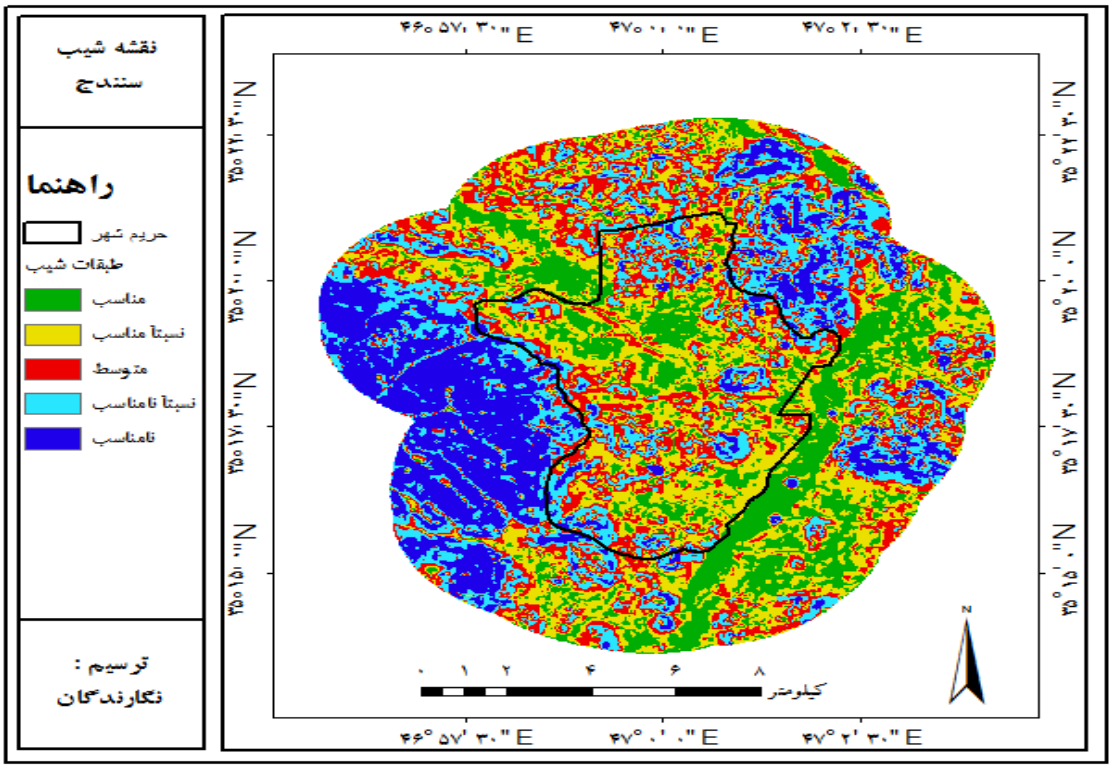
شکل ۷. نقشهٔ طبقات ارتفاعی سنندج

وضعیّت شیب

پستی و بلندی زمین، جهت و میزان شیب از عوامل مهمّ و مؤثّر در استقرار و مکان‌یابی شهرها، سامانهٔ حرکت آب‌های سطحی و چگونگی دفع فاضلاب‌های شهری محسوب می‌شوند. شیب به عنوان یکی دیگر از موانع توسعهٔ شهر سنندج است که میزان آن در منطقهٔ مورد مطالعه متغیّر است (شکل ۸). نتایج تحقیق حاکی از آن است که با توجّه به استانداردهای شیب جهت شهرسازی، تقریباً نیمی از اراضی محدودهٔ مورد مطالعه از لحاظ شیب، مناسب شهرسازی است (جدول ۴).

جدول ۴. طبقه‌بندی معیار مربوط به شیب (زیاری، ۱۳۸۸: ۱۳۳)

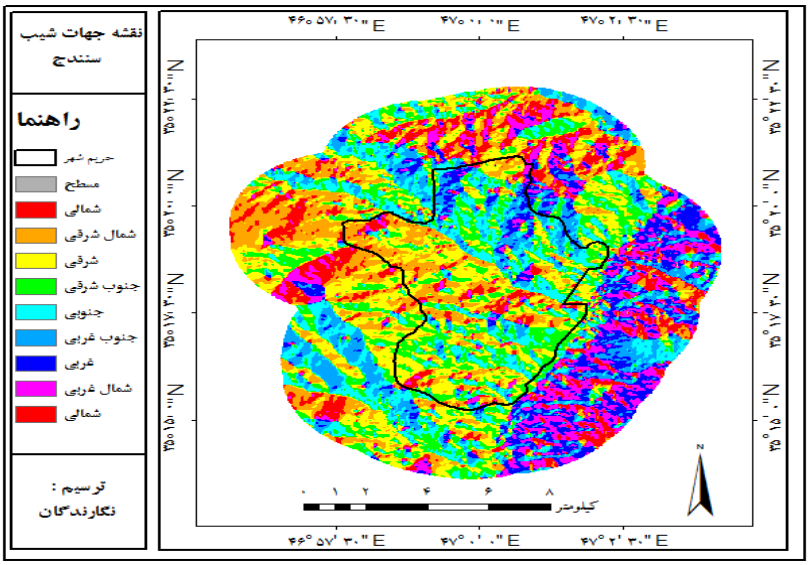
معیار	مناسب	نسبتاً مناسب	متوسّط	نسبتاً نامناسب	نامناسب
شیب (درصد)	۰/۵ تا ۶	۶ تا ۹	۹تا ۱۲	۱۲ تا ۱۵	بالای ۱۵ درصد



شکل ۸. نقشهٔ شیب طبقه‌بندی‌شدهٔ محدودهٔ مورد مطالعه

جهات شیب

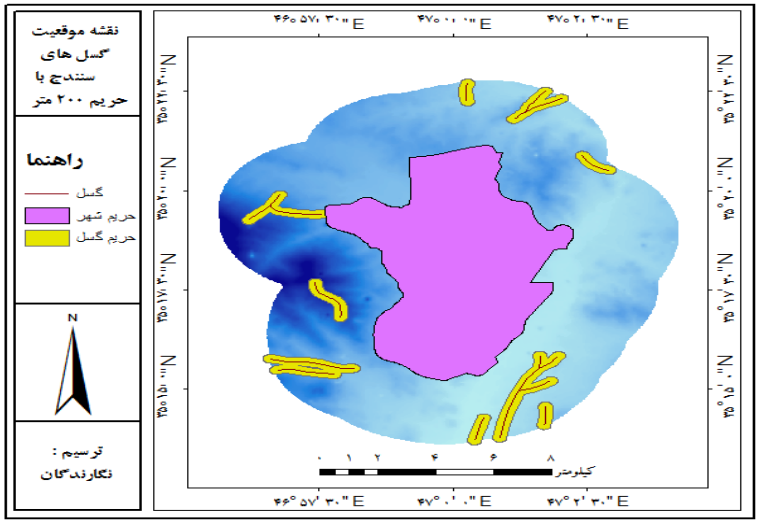
از جمله عناصر مهمّ دیگر ژئومورفولوژیک مؤثّر در توسعهٔ شهرها جهت های مختلف شیب است. بی‌توجّهی به این ویژگی در سنندج موجب شده است که ساخت و سازها در دامنه‌های پشت به آفتاب (که از نور کمتری بهره‌مندند) شکل گیرند (شکل ۹). به همین دلیل، در فصول سرد سال لایه‌های یخ سطح معابر و خیابان‌ها را می‌پوشاند و آمد و رفت را با مشکل و خدمات‌رسانی را با وقفه روبه‌رو کرده است، به گونه‌ای که یخ‌زدگی لوله‌های آب و فاضلاب در فصول سرد سال، گاه آسایش را از شهروندان سلب می‌کند؛ بنابراین، ضروری است که در توسعهٔ آتی شهر، به جهت‌های مختلف شیب در تعیین مسیر خیابان‌ها، معابر، واحدهای مسکونی و موارد دیگر توجّه شود. در این پژوهش، وزن‌دهی برای عامل جهت شیب صورت گرفته و مکان های رو به جنوب بهترین مکان از لحاظ شهرسازی قلمداد شده‌اند.



شکل ۹. نقشهٔ جهات شیب محدودهٔ مورد مطالعه

وضعیّت گسل‌ها

یکی دیگر از موانع توسعهٔ شهرها، وجود گسل هاست. از آنجا که شهر سنندج در زون اسـفندقه - مریـوان قـرار دارد، با توجّه به خصوصیّات این زون از نظر زلزله‌خیزی و ایجاد خطر، جزء مناطق درجهٔ دو محسوب می‌شـود. اساساً فراوانی گسل ها در این منطقه زیاد و ویژگی های آنها متفاوت است؛ بنابراین ضروری است در توسعهٔ آتی شهر و ایجاد ساخت و سازها به آن توجّه کافی شود تا ضمن رعایـت حـریم لازم از گسـل‌هـا، ضـوابط فنّـی در احداث بناها به کار گرفته شود و نیز به نوع کاربری ها در شهر در خصوص خطوط گسل توجّه کـافی شـود. در این پژوهش، گسل‌های شهر سنندج و محدوده‌های اطراف آن مشخّص شده و برای آن حریم خطر گسل‌هـا تـا ۲۰۰ متر تعیین گردیده است (شکل ۱۰).

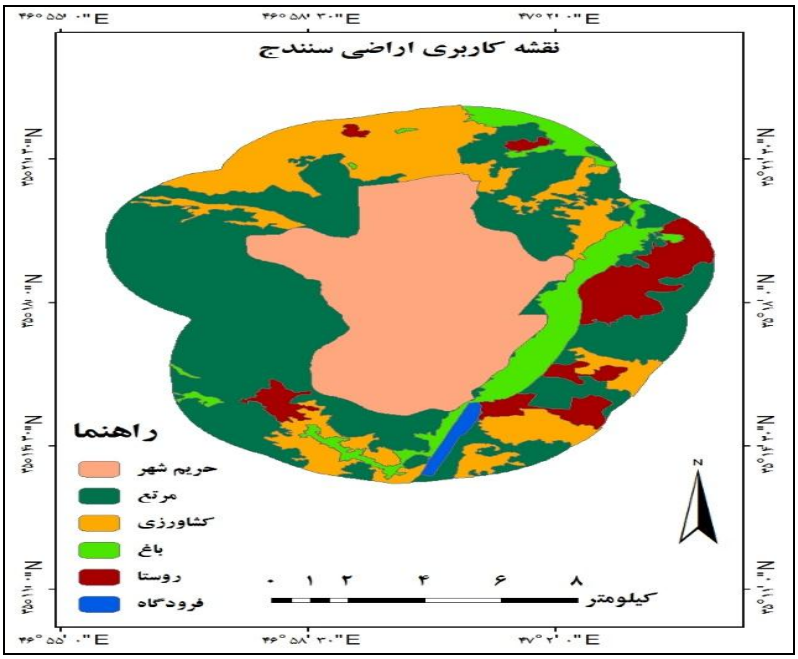


شکل ۱۰. نقشهٔ موقعیّت و گسترش گسل‌ها در محدودهٔ مورد مطالعه

وضعیّت زمین‌های کشاورزی

در طی فرایند توسعهٔ شهری سنندج در ۴۵ سال اخیر ۹۴۱ هکتار زمین کشاورزی و ۴۳ هکتار باغ از بین رفته است. زمین های زراعی از دیگر تنگناهای طبیعی بر سر راه توسعهٔ کالبدی شهر سنندج قلمـداد مـی شـوند. بـا

توجّه به اینکه در محدودهٔ مورد مطالعه از طرفی نیاز به زمین زراعی وجود دارد و از طرفی دیگر شهر در تنگنای توسعه قرار گرفته است؛ بنابراین، در توسعهٔ شهر باید دیدگاه سیستمی داشت. امتیازدهی به این عامل، بر اساس گسترش کمبود زمین‌های زراعی به سبب کوهستانی بودن منطقه و محدودیّت زمین‌های زراعی آبی صورت گرفته است. در صورتی که روند توسعهٔ آتی بدون برنامه ادامه یابد، تأثیرات نامطلوبی به دنبال خواهد داشت (شکل ۱۱).



شکل ۱۱. نقشه کاربری اراضی محدوده مورد مطالعه

ارائهٔ الگوی مناسب از توسعهٔ آتی شهر سنندج

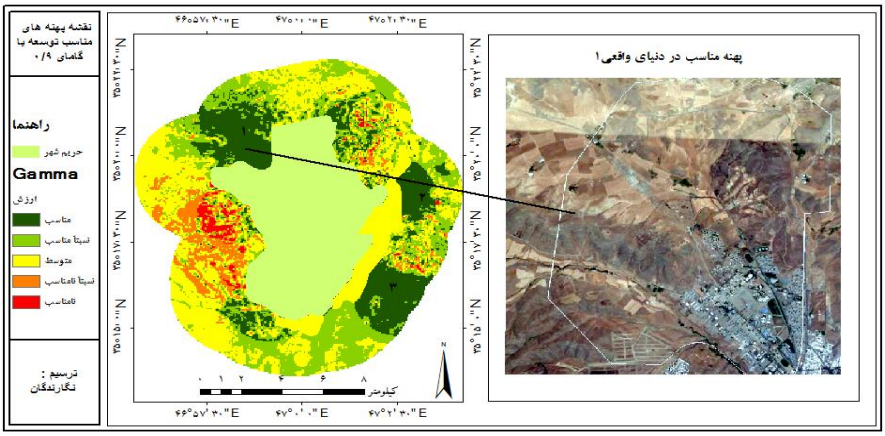
با توجّه به اینکه هدف اصلی پژوهش حاضر، تعیین الگوی مناسب برای توسعهٔ آتی شهر سنندج است، جهت مکان‌یابی بهینهٔ توسعهٔ فیزیکی شهر از منطق فازی استفاده شد. برای مشخّص کردن پهنه‌های مناسب جهت توسعهٔ فیزیکی شهر وزن‌دهی معیارها با در نظر گرفتن موارد ذکرشده و ضوابط زیر صورت گرفته است (مهندسین مشاور نقش‌جهان پارس، ۱۳۸۲):

۱. پهنه‌های مناسب توسعهٔ شهر از لحاظ شیب بین (۱۵-۳) درصد قرار دارد.

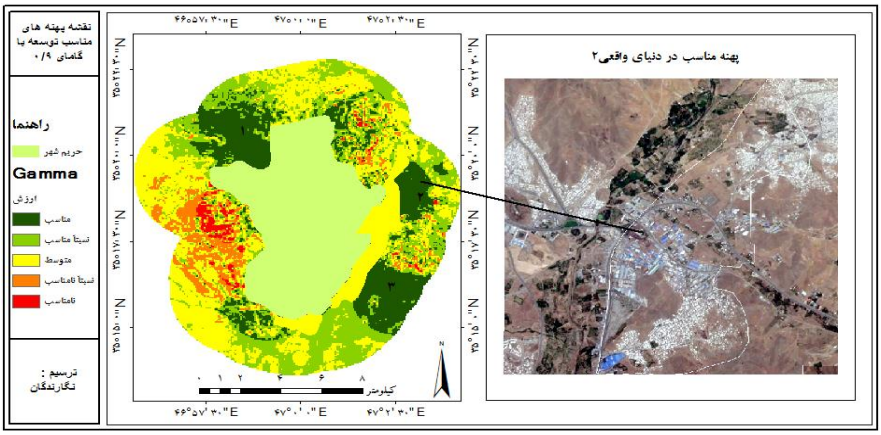
۲. پهنه‌های مناسب توسعهٔ شهر از بعد ارتفاع، کمتر از ۱۸۰۰ متر از سطح دریاست.

۳. پهنه‌های مناسب توسعهٔ شهر در حریم گسل‌های اصلی نیست.

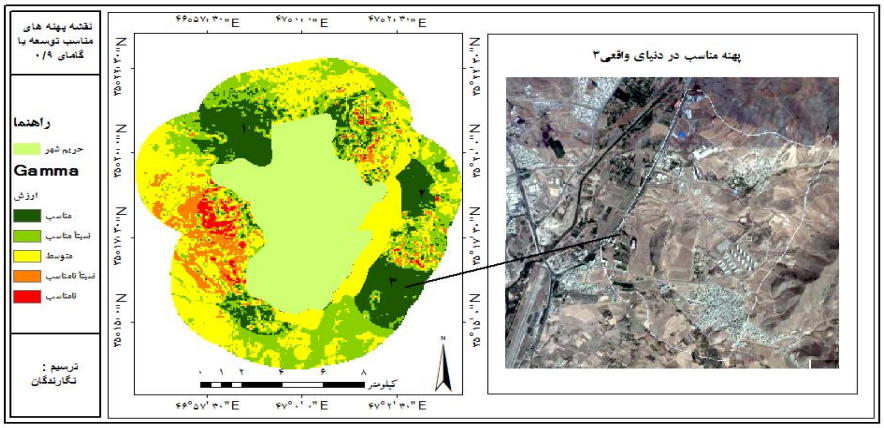
نتایج حاصل از هم‌پوشانی لایه‌های مؤثّر در توسعهٔ فیزیکی شهر سنندج (ویژگی‌های توپوگرافی، وضعیّت و جهات شیب، وضعیّت گسل‌ها و زمین‌های کشاورزی) با استفاده از منطق فازی نشان می‌دهد که با رعایت ضوابط فوق، محدوده‌های مناسب توسعهٔ شهری به صورت محدودی خواهد بود. چنین نتیجه‌ای بیانگر این واقعیّت است که در محدودهٔ مورد مطالعه نمی‌توان جهت و یا پهنهٔ خاصّی را برای توسعهٔ شهر در نظر گرفت، بلکه توسعهٔ آتی شهر با رعایت پارامترهای در نظر گرفته‌شده به صورت هسته‌های متعدّد امکان‌پذیر است (شکل ۱۲-۱۴). با در نظر گرفتن ضوابط طبیعی تعیین‌شده، تنها درصد اندکی از محدودهٔ مورد مطالعه مناسب توسعهٔ آتی شهری قلمداد می شود. این امر نقش عناصر ژئومورفولوژیک را در شناسایی تنگناهای طبیعی در توسعهٔ آتی این شهر و مکان‌یابی مناسب توسعهٔ شهری بیشتر آشکار می‌سازد.



شکل ۱۲. نقشهٔ پهنه‌های مناسب شهر سنندج در مقایسه با دنیای واقعی



شکل ۱۳. نقشهٔ پهنه‌های مناسب شهر سنندج در مقایسه با دنیای واقعی



شکل ۱۴. نقشهٔ پهنه‌های مناسب شهر سنندج در مقایسه با دنیای واقعی

نتیجه‌گیری

شهرها در طی زمان، مانند موجودات زنده از لحاظ کالبد بزرگ‌تر و از لحاظ ساخت پیچیده‌تر می‌گردند. افزایش جمعیّت و رشد روزافزون شهرنشینی منجر به رشد و گسترش شهرها و کمبود اراضی برای ساخت و ساز و ارائهٔ خدمات و تسهیلات به شهروندان می شود. روند گسترش فیزیکی شهرها، جهت رفع نیاز شهروندان زمینهٔ دست‌اندازی به حریم شهری را فراهم می‌نماید. در صورتی که توسعهٔ فیزیکی شهرها بدون توجّه به مکان یابی بهینهٔ توسعهٔ شهری با اصول شهرسازی صورت گیرد اثرات منفی بسیاری را چه از جنبهٔ

زیست‌محیطی و طبیعی و چه از جنبهٔ عوامل انسانی برای شهرها بـه بـار مـی‌آورد و موجـب بـه وجـود آمـدن خسارات مادّی و معنوی و اتلاف سرمایه‌گذاری‌ها می‌شود. شهر سنندج در فرایند توسعهٔ فیزیکی خود در چنـد دههٔ اخیر، رشد سریع و بی‌برنامه‌ای را پشت سر گذاشته که نتیجهٔ آن، ایجاد و گسترش حاشیه‌نشینی، تخریب محیط‌زیست، تغییر کاربری اراضی، تداخل کاربری‌ها، بی‌توجهی به توانایی‌ها و تنگناهـای محیطـی، سـاخت و ساز در پهنه های ناامن و نظایر اینها بوده است. بر این اساس، پژوهش حاضر برای کاهش پیامدهای اقتصـادی، اجتماعی و زیست‌محیطی، لزوم مکان‌یابی پهنه‌های مناسب جهت توسـعهٔ فیزیکـی در شـهر سـنندج را مـورد بررسی قرار داد. در این پژوهش، ابتدا با استفاده از مدل آنتروپی و هلدرن فرم، شکل شـهر و نحـوهٔ توسـعهٔ آن مشخّص گردید سپس برای هر یک از موانع توسعهٔ فیزیکی شهر سـنندج بـر اسـاس طـرح جـامع، لایـه‌ای در محیط GIS تهیّه گردید. در نهایت با هم‌پوشانی لایه‌ها با استفاده از منطق فازی (گامـا) جهـات بهینـهٔ توسـعهٔ شهر سنندج مشخّص گردید. نتایج حاصل از پژوهش نشان می دهد که شهر سنندج با محاسبهٔ ضریب آنتروپی دارای الگوی رشد پراکنده و غیر متراکم بوده و با توجّه به مدل هلدرن حدود ۵۷ درصد از رشد فیزیکی شـهر، مربوط به رشد جمعیّت و ۴۳ درصد رشد شهر، مربوط به رشد افقی و اسپرال شهر بوده است. همچنـین نتـایج به دست آمده از تجزیه و تحلیل داده‌های مکانی مورد نیاز از قبیل شیب و جهت آن، میـزان ارتفـاع، فاصـله از گسل‌ها و کاربری کشاورزی، بیانگر آن است که عوامل فوق در توسعهٔ شهر تنگناهایی جدّی به وجود آورده‌اند، به گونه‌ای که بر اساس امتیازدهی به عوامل فوق و با توجّه به معیارهای توسعهٔ شهری، تنهـا درصـد انـدکی از کلّ محدودهٔ مورد مطالعه به صورت هسته‌های متعدّد مناسب توسعهٔ فیزیکی شـهری بـه شـمار مـی‌آیـد. لـذا پیشنهاد می‌گردد با توجّه به کمبود پهنه‌های مناسب برای توسعهٔ آتی شهر، لازم اسـت در طـرح‌هـای توسـعهٔ شهر بازنگری جدّی صورت پذیرد. همچنین مهندسان شهرساز می‌بایست فضاهای متروک و بایر منطقـهٔ مـورد پژوهش را بر اساس ضوابط ژئومورفولوژیک به کاربری‌های اولویّت‌دار اختصاص دهند و تا حدّ امکان بـا رعایـت ضوابط فنّی به گسترش عمودی شهر توجّه کنند تا بین عرضه و تقاضای مسکن توازن معنی داری برقرار گـردد و زمینهٔ توسعهٔ پایدار شهری فراهم آید.

منابع

امان‌پور، سعید؛ علیزاده، هادی؛ قراری، حسن (۱۳۹۲) تحلیلی بر مکان‌یابی جهات بهینهٔ توسعهٔ فیزیکی شهر اردبیـل بـا استفاده از AHP، **برنامه‌ریزی منطقه‌ای**، ۳ (۱۰)، صص. ۹۶-۸۳.

بزی، خدا رحم؛ وحـدتی، معصـومه (۱۳۹۰) ارزیـابی میـزان فشـردگی و پـراکنش رشـد شـهری و تـأثیر آن برافـزایش هزینه‌های اقتصادی خانوار در شهر بجنورد، **جغرافیا و برنامه‌ریزی**، ۴۹، صص. ۱۸-۱.

پاکزاد، جهانشاه (۱۳۸۹)، **سیر اندیشه‌ها در شهرسازی**، جلد سوّم، انتشارات شرکت عمران شهرهای جدید، تهران.

پوراحمد، احمد؛ حسام، مهدی؛ آشور، حدیثه؛ محمدپور، صابر (۱۳۸۹) تحلیلی بر الگـوی گسـترش کالبـدی - فضـایی شهر گرگان با استفاده از مدل‌های آنتروپی شانون و هلدرن، **پژوهش و برنامه ریـزی شـهری**، ۱ (۳)، صـص. ۱۸-۱.

ثروتی، محمدرضا؛ خضری، سعید؛ رحمانی، توفیق (۱۳۸۷) بررسی تنگناهـای طبیعـی توسـعهٔ فیزیکـی شـهر سـنندج، **پژوهش‌های جغرافیای طبیعی**، ۶۷، صص. ۲۹-۱۳.

حبیبی، کیومرث؛ پوراحمد، احمـد (۱۳۸۴) **توسعهٔ فیزیکی شهر سنندج با استفاده از GIS**، چـاپ اوّل، انتشـارات دانشگاه کردستان، سنندج.

حکمت‌نیا، حسن؛ موسوی، میر نجف (۱۳۸۵) **کاربرد مدل در جغرافیا با تأکید بر برنامه‌ریزی شهری و ناحیه‌ای**، انتشارات علم نوین، تهران.

رهنما، محمدرضا؛ عباس‌زاده، غلامرضا (۱۳۸۷) **اصول مبانی و مدل‌های سنجش فرم کالبدی شهر**، انتشارات جهاد دانشگاهی، مشهد.

زیاری، کرامت‌اله (۱۳۸۸) **برنامه‌ریزی شهرهای جدید**، انتشارات سمت، تهران.

سالنامهٔ آماری استان کردستان (۱۳۹۰) استانداری کردستان.

ستایشی نساز، حسن؛ روستایی، شهرام؛ عمرانی، مجتبی؛ زارع پیشه، نرگس (۱۳۹۳) بررسی تنگناهای ژئومورفولوژیکی و تأثیر آن بر توسعهٔ فیزیکی شهر با استفاده از GIS و روش AHP (مطالعهٔ موردی: شهر گیوی)، **پژوهش های ژئومورفولوژی کمّی**، ۲ (۴)، صص. ۱۶-۱.

سلیمانی مقدم، هادی ۱۳۸۵، **بررسی تحوّلات کالبدی شهر مشهد برای تعیین جهات بهینهٔ گسترش آتی آن با استفاده از RS و GIS**، پایان‌نامهٔ کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت معلّم تهران.

شیرمحمدی، حمید؛ نقیبی، فریدون (۱۳۸۶) توسعهٔ کالبدی شهر چالوس با در نظر گرفتن اثرات زیست‌محیطی به کمک GIS، **نشریهٔ هویت شهر**، ۱ (۱)، صص. ۳۸-۲۷.

فردوسی، بهرام (۱۳۸۴) **امکان‌سنجی و کاربرد سیستم پشتیبانی تصمیم‌گیری در توسعهٔ فیزیکی شهر سنندج**، پایان‌نامهٔ کارشناسی ارشد، استاد راهنما: اکبر پرهیزکار، دانشگاه تربیت مدرّس.

قرخلو، مهدی؛ داودی، محمود؛ زندوی، سید مجدالدین؛ جرجانی، حسن علی (۱۳۹۰) مکان‌یابی مناطق بهینه توسعهٔ فیزیکی شهر بابلسر بر مبنای شاخص‌های طبیعی، **جغرافیا و توسعه**، ۲۳، صص. ۱۲۲-۹۹.

مختاری، داوود؛ امامی‌کیا، وحید (۱۳۹۳) پهنه‌بندی کاربری اراضی شهری شهرک ارم تبریز بر اساس شاخص های اساسی مخاطرات ژئومورفولوژیک، **آمایش جغرافیایی فضا، فصلنامه علمی - پژوهشی دانشگاه گلستان**، ۴ (۱۲)، صص. ۱۶۹-۱۴۹.

مرکز آمار ایران (۱۳۹۰).

مهندسان مشاور تدبیر شهر (۱۳۸۸)، **طرح تفصیلی شهر سنندج**، مرحلهٔ اوّل و دوّم، سازمان مسکن و شهرسازی استان کردستان.

Achmad, A., Hasyim Sirojuzilam, H., Dahlan, B., Aulia Dwira, N. (2015) Modeling of urban growth in tsunami-prone city using logistic regression: Analysis of Banda Aceh, Indonesia, **Applied geography**, 62, pp. 237-246.

Al-Ahmadi, K., See, L., Heppenstall, A., Hogg, J. (2009) Calibration of a fuzzy automata model of urban dynamics in Saudi Arabia, **Ecological Complexity**, 6 (2), pp. 80-101

Amoateng, P., Cobbinah, P. B., Adade, K. O. (2013) Managing physical development in peri-urban areas of Kumasi, Ghana: A case of Abuakwa. **Journal of Urban and Environmental Engineering**, 7 (1), pp. 96-109.

Anselin, L. (1995) **Space Stat version** 1.80 users' guide. University of Illinois, Urbana Champaign, IL.

Bagan, H., Yamagata, Y. (2012) Landsat analysis of urban growth: How Tokyo became the world's largest megacity during the last 40 years, **Remote Sensing of Environment**, 127, pp.210–222

ESA-UN. (2007) **World Urbanization Prospects**: The 2005 Revision.2

Garcia-Palomares, J. (2010) urban sprawl and travel to work: the case of the metropolitan area of Madrid, **Journal of Transport Geography**, 18, pp. 197-213.

Larsen, L., Vitali, F. (2009) **Urban development and graet challenge for urban planner**: **a view of theoretical research**. Urban economy confrance. Melburn.Australia

Monalisha M., Mishra, K. K., Subudhi, A. P. (2012) **Urban sprawl mapping and land use change analysis using remote sensing and GIS (Case study of Bhubaneswar City, Orissa).** Retrieved from www.gisresources.com.

Ortega- Alvareza R, MacGregot- Fors I. (2011) **Dsting-off the file**: A review of knowledge on urban ornithology in Latin America, **landscape and Urban Planning**, 101(1), pp. 1-10

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

Rafiee, R., Salman Mahiny, A., Khorasani, N., Darvishsefat, A., Danekar, A. (2009) **Simulating urban growth in Mashhad City**, Iran through the SLEUTH model (UGM), 26 (1), pp. 19-26.

Sun, Ch., Zhi-feng, W., Zhi-qiang, L., Na, Y., Jian-bing, W. (2013) Quantifying different types of urban growth and the change dynamic in Guangzhou using multi-temporal remote sensing data, **Applied Earth Observation and Geoinformation**, 21(April), pp. 409–417.

Tayyebi, A., Pijanowski, B. C., Tayyebi, A. H. (2011) An urban growth boundary model using neural networks, GIS and radial parameterization: An application to Tehran, Iran. **Landscape and Urban Planning**, 100, pp. 35–44.

United Nations, Department of economic and social affairs (2014) **World urbanization prospects:** The 2014 revision, New York, United nation publication.

United Nations, Department of economic and social affairs (2010) **World urbanization prospects**: The 2010 revision, New York, United nation publication.

Wakode, H., Jha, R. (2014) Analysis of urban growth using Lands at TM/ETM data and GIS- a case study of Hyderabad, India, **Arabian Journal of Geosciences**, 7 (1), pp. 109-121.

Zhao, P. (2010) Sustainable urban expantion and transportation in a growing megacity: Consequences of urban sprawl for mobility on the urban fringe of Beijing, **Habitational**, 34 (2), pp. 236- 243.