مجله توسعه فضاهای پیراشهری
سال پنجم، شماره اول، بهار و تابستان ۱۴۰۲، پیاپی ۹
شاپای چاپی ۴۱۶۴- ۲۶۷۶ شاپای الکترونیکی ۴۱۷۲-۲۶۷۶
DOI: 10.22034/JPUSD.2023.384367.1261
مقاله پژوهشی
www.jpusd.ir

آینده توسعه فضایی شهر و پیراشهر بندرعباس

دریافت مقاله: ۱۴۰۱/۱۱/۱۴ پذیرش نهایی: ۱۴۰۲/۰۱/۱۴

صفحات: ۲۵۷-۲۳۷

ریحانه مداحی؛ دانشجوی دکتری جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، واحد یزد، دانشگاه آزاد اسلامی، یزد، ایران.
سید علی المدرسی؛ دانشیار گروه سنجش‌ازدور و GIS، واحد یزد، دانشگاه آزاد اسلامی، یزد، ایران.
علی‌اکبر جمالی؛ دانشیار گروه GIS-RS و مهندسی طبیعت، واحد میبد، دانشگاه آزاد اسلامی، میبد، ایران
رسول مهدوی؛ دانشیار گروه مهندسی منابع طبیعی، دانشکده مهندسی کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه هرمزگان، بندرعباس، ایران.

چکیده

پژوهش حاضر باهدف بررسی پیش‌بینی و جهت‌یابی بهینه توسعه شهر در حاشیه بندرعباس با استفاده از الگوریتم‌های مارکوف و جنگل تصادفی انجام‌شده است. روش تحقیق به‌صورت کمی و ازلحاظ گردآوری اطلاعات به‌صورت توصیفی و تحلیلی می‌باشد. ابتدا برای تهیه نقشه کاربری اراضی شهر بندرعباس و حومه از تصاویر لندست استفاده شد. تصاویر مورداستفاده در این پژوهش شامل تصاویر مهروموم‌های ۲۰۰۰، ۲۰۰۵، ۲۰۱۰، ۲۰۱۵ و ۲۰۲۰ بود، و به‌منظور تجزیه‌وتحلیل اطلاعات از مدل‌های AHP-FUZZY، CA-MARKOV و درنهایت از مدل RANDOM FOREST، استفاده شد. نتایج نشان داد که سطوح ساخته‌شده، آب و سنگلاخی در سال‌های موردمطالعه به‌طور مستمر افزایش‌یافته‌اند و سطوح دارای پوشش گیاهی و اراضی مرطوب کاهش پیداکرده‌اند. بیشترین تغییرات محیطی در بازه زمانی ۲۰۰۰-۲۰۰۵ رخ‌داده است و کمترین تغییر در دوره‌های زمانی ۲۰۱۵ -۲۰۲۰ بوده است. همچنین قابل‌ذکر است، کمترین رشد شهری در دوره‌های زمانی ۲۰۰۰-۲۰۰۵ و بیشترین رشد در دوره-های زمانی ۲۰۱۰-۲۰۱۵ بوده است.همچنین بیشترین تغییرات تبدیل به اراضی سنگلاخی و کمترین تغییرات مربوط به زمین‌های مرطوب بود. درنهایت، براساس نقشه پیش‌بینی سال ۲۰۲۵، بیشترین رشد شهر در شمال شرق و جنوب غرب است.

واژه‌های کلیدی:
توسعه فضایی، فضاهای پیراشهری، بندرعباس.

[1] E- Mail: almodaresi@iauyazd.ac.ir

نحوه ارجاع به مقاله:
مداحی، ریحانه. المدرسی، سیدعلی. جمالی، علی‌اکبر. مهدوی، رسول. ۱۴۰۲. **آینده توسعه فضایی شهر و پیراشهر بندرعباس.** مجله توسعه فضاهای پیراشهری. ۱(۹): ۲۵۷-۲۳۷.

مقدمه

شهرنشینی پایدار یکی از اساسی‌ترین چالش‌هایی است که جامعه جهانی در قرن ۲۱ با آن مواجه می‌باشد (Esri, 2011, 37). امروزه نسبت بالایی از جمعیت جهان (بیش از ۵۰ درصد) در نواحی شهری زندگی می‌کنند (Yang and Li, 2013: 186). طبق برآورد سازمان ملل، تقریباً تمامی رشد خالص جمعیت طی ۳۰ سال آینده در شهرها صورت گرفته و جمعیت آن‌ها دو برابر خواهند شد. این رشد جمعیت، چشم‌اندازهای شهری را دگرگون خواهد ساخت (Netzband et al, 2007: 1, Gutman et al, 2004: 332). در این راستا،گسترش شهری منجر به شکل‌گیری اشکال پیچیده‌ای از موجودیت فضایی شهرها شده است(حیدریان و همکاران،۱۳۹۳: ۹۰) پیامدهای این گسترش به شکل تخریب اراضی کشاورزی، صدمات زیست‌محیطی و رشد ناموزون و پراکنده شهری نمایان شده است (حیدریان و همکاران،۱۳۹۳: ۹۰). بنابراین اکنون توسعه فیزیکی ناموزون شهرها، یکی از مسائل مهم را در کاربری زمین پدید آورده است. این توسعه درواقع ادامه گسترش شهر در اطراف آن است، زیرا در اطراف شهرهای بزرگ، مناطقی وجود دارند که همواره، دوره انتقال از بهره‌برداری‌های روستایی به شهری را می‌گذرانند (شکویی، ۱۳۸۲: ۲۱۳). بنابراین، توسعه نامنظم شهری اثرات مخربی بر شهرها و محیط اطراف آن‌ها می‌گذارد که ازجمله می‌توان به ناهمگونی چشم‌اندازهای طبیعی و تخریب زمین‌های کشاورزی اشاره نمود (Batisani and Yarnal, 2009: 235-249).

همچنین، در اثر رشد فزاینده شهرها، گسترش فیزیکی شهرها به مناطق پیرامون و همچنین افزایش تراکم و انباشتگی در درون شهرها اجتناب‌ناپذیر خواهد بود(پناهی و زیاری، ۱۳۸۸)، ازاین‌رو فضاهای پیراشهری در حال گسترش است(Peacock, & et al, 2021) وقتی جمعیت افزایش می‌یابد و شهرنشینی شتاب می‌گیرد، از رویارویی "شهر–روستا"، در محیط پیرامونی شهرها، فضاهای جدید سکونتی ایجاد می‌شود که به‌شدت تحت تأثیر فضاهای شهری قرار دارد. این‌گونه فضاهای سکونتی "پیراشهر "نامیده می‌شود (دانشپور و همکاران ،۱۳۹۵: ۱۰). درواقع، توسعه فیزیکی پراکنده شهری با ساخت‌وسازهای جدید در پیرامون شهرها بدون توجه به ملاحظات جغرافیایی و برنامه‌ریزی شهری موجب تخریب منابع زیست‌محیطی در مناطق شهری و ایجاد آسیب‌های اجتماعی–اقتصادی فراوان شده است. بنابراین با توجه به تأثیر اساسی شکل شهر بر پایداری آن، لزوم شناخت، مطالعه و درک ابعاد مختلف و هدایت آن در راستای دستیابی به توسعه پایدار ضروری می‌باشد (پوراحمد و همکاران، ۱۳۸۹: ۱–۱۸)، و ازآنجایی‌که ناپایداری توسعه جوامع بشری در دو قرن اخیر (پس از انقلاب صنعتی) و پیامدهای زیان‌بار آن‌که تابعی از متغیرهای جمعیت، سرانه و الگوی مصرف می‌باشد، توجه به اصل پایداری هر چه بیشتر مورد سؤال قرار می‌گیرد (Hall,2005). درواقع، تفکر امروز در توسعه شهری این است که شهرها باید هراندازه امکان دارد با محیط‌زیست طبیعی سازگار باشند و در حفظ تعادل چرخه‌ی طبیعی حیات عمل کنند. رشد و توسعه بی‌اندازه شهرها و تراکم‌های زیاد از محله مشکلات مسائل شهری است که نابودی اراضی و آسیب‌های زیست‌محیطی و توسعه در حاشیه شهرها از مهم‌ترین عوارض توسعه فیزیکی شهری هستند (نصیری وهمکاران،۱۴۰۰: ۵۰). در این راستا، ازآنجایی‌که رشد شهری به‌عنوان ضرورتی برای یک اقتصاد پایدار تلقی شود، رشد شهری بدون برنامه یا اسپرال می‌تواند باعث ایجاد مسائل مختلفی از قبیل نابودی فضاهای باز، تغییر چشم‌اندازها، آلودگی محیط‌زیست، ازدحام ترافیکی، فشار زیرساختی و سایر مسائل اجتماعی و اقتصادی شود. برای مواجهه با این مسائل، نظارت مستمر تکامل رشد شهری ازلحاظ نوع و میزان تغییرات درطی زمان به‌منظور کمک به برنامه‌ریزان و تصمیم‌گیران در برنامه‌ریزی شهری آینده ضروری است (Murgante et al, 2009: 209).

ازاین‌رو مدل‌های فضایی ابزارهای مفیدی برای درک فرآیند گسترش شهری و فرایند توسعه شهری و همچنین ابزاری مؤثر برای کمک به سیاست‌گذاری، مدیریت و برنامه‌ریزی شهری و فراهم‌کننده اطلاعات برای ارزیابی تأثیرات شهری بر محیط‌زیست می‌باشند. دراین‌بین، مسئله‌ای که در این تحقیق موردبررسی قرارگرفته پیش‌بینی و جهت‌یابی بهینه توسعه شهر در حاشیه بندرعباس با استفاده از الگوریتم‌های CA-Markov و جنگل تصادفی می‌باشد. در سال‌های اخیر، توسعه فضایی شهر بندرعباس همچون توسعه دیگر شهرهای کشور بدون توجه به عوامل اقتصادی، جغرافیایی و ... صورت گرفته است. این در حالی است که یکی از شرایط اصلی توسعه پایدار شهر در بستر منطقه، توجه به تمامی شرایط طبیعی و جغرافیایی، توسعه سکونتگاه‌ها در ارتباط با محدویت‌های فیزیکی ناشی از آن می‌باشد. از سوی دیگر، بسیاری از شهرهای ایران همچون بندرعباس به دلیل عدم نظارت کافی در محدوده و عدم وجود ضوابط مشخص و منسجم جهت پیشگیری و کنترل توسعه، ساخت‌وسازهای غیرقانونی و از پیش اندیشیده نشده در مناطق پیراشهری این محدوده وجود دارد، هدف چنین توسعه‌ای فقط افزایش مقیاس بوده، بنابراین به دنبال خود تمرکزگرایی، تخصص‌گرایی و مکانیزه شدن را به ارمغان آورده است که هر دو محیط طبیعی و مصنوع را تحت تأثیر قرار داده است. بنابراین کنترل و هدایت چنین توسعه‌ای نیازمند مدیریت کارآمد شهری با استفاده از اطلاعات بروز در مورد کاربری‌ها و روند تغییرات رشد و توسعه شهری بندرعباس می‌باشد. بنابراین با توجه به گسترش شهرنشینی بندرعباس، مشخص نمودن جهات مطلوب توسعه، مکان‌گزینی بهینه و اعمال سیاست‌های حفاظت طبیعی در راستای اهداف اقتصادی و اجتماعی، از اهمیت بسزایی برخوردار است.

در راستای مطالعه حاضر، پژوهش‌های زیادی صورت گرفته است، که در این قسمت نیز سعی شد به مطالعاتی که همخوانی با موضوع پژوهش حاضر دارند، پرداخته شود.

کاماسوکا و همکارش (۲۰۱۸)، در پژوهشی تحت عنوان، شبیه‌سازی رشد شهری با استفاده از مدل جنگل تصادفی و اوتامای سلولی به این نتیجه دست یافتند که به کاپا ۰/۸مدل RF برای شبیه‌سازی رشد شهری برجسته است. بارور و ریبر (۲۰۱۸)، در مقاله‌ای تحت عنوان زنجیره مارکوف و خودکار سلولی برای پیش‌بینی محیط‌هایی که در معرض بیابان‌زایی قرار دارند به این نتیجه رسیدند که با توجه به بیابان‌زایی، استفاده از مدل ca-markov در برآورد مساحت مستعدترین کلاس برای این فرایند خاک مؤثر است و مدل ca-markov را می‌توان خوب ارزیابی کرد. جمالی و همکارش (۲۰۱۹)، در پژوهشی تحت عنوان، تجزیه‌وتحلیل تغییرات محیط‌زیست شهری با استفاده از پراکندگی طرح و هسته و روش شبکه عصبی، به این نتایج دست یافتند، با افزایش رشد شهرنشینی در تهران محدوده زمین‌های باز و فضای سبز کاهش پیداکرده است و مناطق شهری افزایش چشم‌گیری داشته که بیشترین میزان استفاده و تغییرات زمین در سال ۲۰۰۰تا ۲۰۱۶ اتفاق افتاده است و با استفاده از مدل‌سازی تغییرات آینده بیشترین میزان تغییرات در محدوده شمال و غرب تهران اتفاق افتاده است.

توکلی و نعیم‌آبادی (۱۳۹۸)، در پژوهشی تحت عنوان، خزش شهری و تغییرات کاربری اراضی فضاهای پیراشهری نیشابور، به این نتایج دست یافتند، روستاهای پیراشهری در نتیجه روند و توسعه شهری، به محله‌های شهری ادغام‌شده‌اند، و همچنین روند توسعه شهری به‌اندازه‌ای زیاد بوده که تغییرات قابل‌ملاحظه‌ای در رابطه با تغییرات اراضی کشاورزی ایجاد کرده است. محمدزاده خانی و همکاران (۱۳۹۹)، در پژوهشی تحت عنوان، مکان‌یابی بهینه توسعه فیزیکی شهر

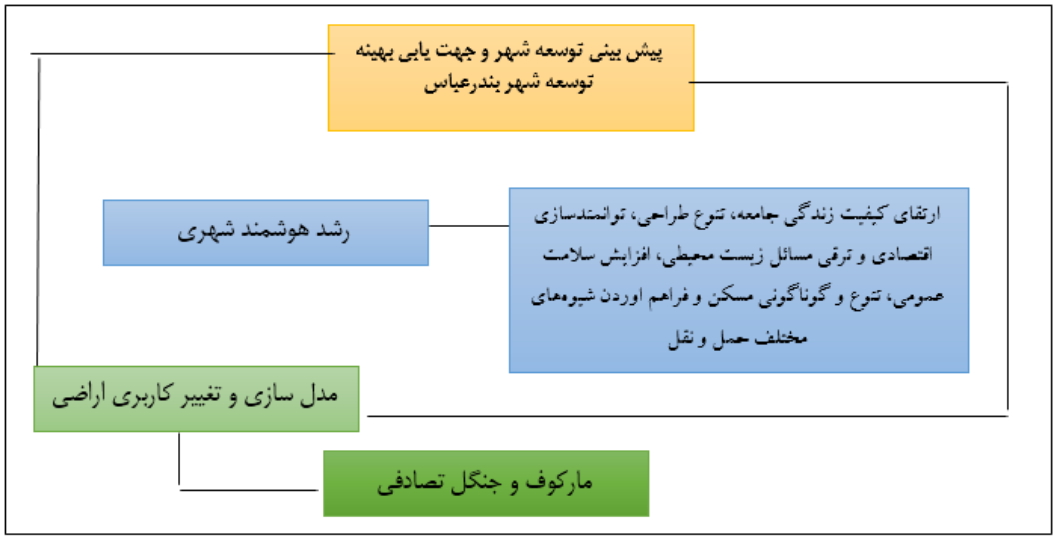
بجنورد با استفاده از نرم‌افزار GIS، و روش تحلیل شبکه‌ای، به این نتایج دست یافتند، سیستم اطلاعات جغرافیایی، مدل‌ها و فنون مکملی چون منطق فازی تا حد زیادی می‌توانند به شهرسازان و برنامه‌ریزان شهری در مسائل و مشکلات گوناگون شهرها کمک کنند. امانپور و همکاران (۱۳۹۹)، در پژوهشی تحت عنوان، شناسایی و تحلیل الگوی گسترش کلان‌شهر اهواز در بازه زمانی ۱۳۶۰ تا ۱۴۰۰، به این نتایج دست یافتند، در سطح مدل‌های پیش‌بینی کننده اراضی کشاورزی با وزن‌های ۰/۱۰۱، و ۰/۱۱۸، بیشترین اهمیت و مهم‌ترین عامل تغییریافته درروند گسترش فیزیکی کلان‌شهر اهواز بوده است. همچنین نتایج نشان داد، بهترین مکان در محدوده‌ی بلافصل منطقه‌ی ۸ شهری و عدم قرارگیری بر سایت زمین‌های کشاورزی در این شهر هست. کمالی باغراهی و همکاران (۱۴۰۱)، در پژوهشی تحت عنوان، آینده-پژوهی تعیین اراضی بالقوه جهت توسعه شهری و ارائه الگوی بهینه توسعه شهر کرمان، به این نتایج دست یافتند، اراضی واقع در جنوب، جنوب غرب، شمال و شمال غرب شهر کرمان از موقعیت بهتری جهت گسترش آینده شهر نسبت به سایر بخش‌ها برخوردار می‌باشند. زمانی و سیدرضی (۱۴۰۱)، در پژوهشی تحت عنوان، مروری بر کاربرد روش‌های یادگیری ماشین و عامل مبنا در برنامه‌ریزی کاربری زمین به بررسی پرکاربردترین روش‌ها برای طبقه‌بندی، پیش‌بینی و شبیه‌سازی تغییرات کاربری زمین پرداخته‌اند. اسماعیلی و همکارش (۱۴۰۰)، در پژوهش تحت عنوان، مدل‌سازی تغییرات کاربری اراضی برپایه زنجیره مارکوف در روش lcm (رامهرمز) به این نتایج دست یافتند، که با پیش‌بینی آینده و به دست آوردن نقشه‌های پوشش زمین سال ۲۰۲۵ ، ۱۰۲ هکتار از اراضی کشاورزی و ۱۷۸ هکتار از مناطق پوشش گیاهی کاهش می‌یابند.

افزایش سریع جمعیت شهرنشینی در ایران در دهه‌های اخیر مسائل مختلفی را پدید آورده که ازجمله می‌توان به عدم تعادل‌های فضایی، جهش شدید زمین و مسکن، خزش شهری، قطبش اجتماعی، آلودگی‌های زیست‌محیطی، مصرف بیشتر انرژی، توسعه بدون برنامه‌ریزی، افزایش هزینه‌های زیرساخت‌ها، ساخت‌وساز در اراضی مرغوب کشاورزی، چند برابر شدن محدوده‌های شهری، شکل‌گیری بافت‌های کم تراکم در حاشیه شهر و دشواری‌های خدمات‌رسانی اشاره کرد (رهنما و عباس‌زاده، ۱۳۸۷: ۹۳). رشد و توسعه شهری فرایندی غیرقابل‌اجتناب و همواره در حال تغییر و تحول محسوب می‌شود. یکی از مهم‌ترین دغدغه‌ها در این توسعه، تعیین جهات مناسب و نحوه گسترش فیزیکی شهر برای جوابگویی به نیازهای فعلی و پیش‌بینی برای نیازهای آینده است. چراکه این مهم علاوه بر سیاست-های شهرسازی، مسائل اقتصادی-اجتماعی و زیست‌محیطی بسیاری از مناطق شهری را تحت تأثیر قرار می‌دهد (نوفل و کلبادی، ۱۳۹۲: ۱۳۳). درواقع، توسعه فیزیکی شهر، فرایندی پویا و مداوم است که طی آن محدوده‌های فیزیکی شهر و مناطق پیراشهری و فضاهای کالبدی آن را در جهت‌های عمودی و افقی از حیث کمی و کیفی افزایش می‌یابند و اگر این روند سریع و بی‌برنامه باشد به تنسیق فیزیکی متعادل و موزون فضاهای شهری نخواهد انجامید و درنتیجه سامانه‌های شهری را با مشکلات عدیده‌ای مواجه خواهد ساخت (فردوسی، ۱۳۸۴: ۸۷). بنابراین توسعه و عمران در مناطق مختلف شهری، روستایی و صنعتی که در بستر طبیعی قرار دارند، همواره نیازمند مطالعه دقیق در ویژگی‌های طبیعی آن‌هاست (ثروتی، ۱۳۸۳: ۱۴). در این راستا، مطالعه توسعه فیزیکی شهر یکی از مهم‌ترین وظایف برنامه‌ریزان شهری است و باید قبل از هر مطالعه دیگری صورت گیرد، زیرا برنامه‌ریزی‌های بعدی بر مبنای این مطالعه انجام می‌گیرد (علمی زاده، ۱۳۸۸: ۶۳). بنابراین گسترش بی‌رویه شهرها یک مشکل جهانی است و پیش‌بینی می‌گردد تا سال ۲۰۲۵ افزون بر ۶۵ درصد جمعیت جهان در شهرها زندگی کنند (kaya and Curran, 2006: 19). درعین‌حال افزایش سریع

پراکندگی شهری، اثرات زیانباری در محیط بر جای می‌گذارد (Jaeger and et al, 2010: 340). علیرغم اینکه یافته-های علمی اثبات کرده‌اند که الگوی توسعه فراگیر شهری به اطراف (مناطق پیراشهری) برای توسعه آن‌ها مؤثر نیست، اما همچنان الگوی غالب توسعه شهری است (Batisani and Yarnal, 2009: 235).

شکل یا الگوی رشد شهرها در کشورهای مختلف از تنوع زیادی برخوردار است. اما به‌طورکلی رشد شهر به‌صورت یک فرایند دوگانه گسترش بیرونی و رشد فیزیکی سریع یا رشد درونی و سازمان‌دهی مجدد است. هرکدام از این دو روش کالبد متفاوت و جداگانه‌ای از دیگری ایجاد می‌نماید. در این راستا، در مطالعه حاضر، رشد افقی یا پراکندگی شهری حائز اهمیت است، که این رشد از گرد هم آمدن اتفاقی مساکن با تراکم کم و توسعه‌های تواری شکل تجاری ایجادشده و معلول کاربرد وسیع اتومبیل است (اوینگ، ۱۹۹۷). به عبارتی گسترش شهر در اطراف و حاشیه شهرها (مناطق پیراشهری) و به سمت روستاها، یا در طول بزرگراه‌ها و یا گسترش بی‌برنامه و کنترل نشده در سطح شهر و گسترش افقی است (هدالی، ۲۰۰۰). اما آنچه در پژوهش حاضر مورد تاکید است، جهت‌یابی توسعه شهر بندرعباس می‌باشد، یا همان رشد هوشمند شهری می‌باشد که سطح کمتری از زمین را اشتغال نموده، و به ارتقای کیفیت زندگی جامعه، تنوع طراحی، توانمندسازی اقتصادی و ترقی مسائل زیست‌محیطی، افزایش سلامت عمومی، تنوع و گوناگونی مسکن و فراهم آوردن شیوه‌های مختلف حمل‌ونقل می‌انجامد و یا افزایش دسترسی، به کاهش سفرها و درنتیجه کاهش انتشار آلاینده‌ها و مصرف انرژی منجر می‌شود (رهنما و عباس‌زاده، ۱۳۸۷: ۱۱۲). در این راستا، یکی از ابزارهای مؤثر در پیش‌بینی توسعه شهر، مدل‌سازی و تغییرات کاربری اراضی است. مدل‌سازی تغییر کاربری زمین تجزیه‌وتحلیل کاملی از تغییرات زمین با ایجاد نقشه‌های تغییرات کاربری، نمودار، انتقال طبقه کاربر و روند آن‌ها را فراهم می‌کند. همچنین قادر به ایجاد سناریوهای تغییر اراضی با ادغام عوامل زیستی، فیزیکی ، اجتماعی و اقتصادی است که در تغییر کاربری اراضی تأثیرگذار هستند به‌طورکلی آنالیز تغییرات و پیش‌بینی در مدل LCM به‌صورت زیر مدل‌هایی سازمان‌دهی شده‌اند. یک زیر مدل انتقال می‌تواند شامل یک انتقال یا شامل یک گروه از انتقالات پوشش زمین باشد. همه انتقالات زیر مدل (زیر مدل انتقالات) باید قبل از انجام پیش‌بینی و مدل‌سازی شوند(گوبین و همکاران[1]،۲۰۰۵) مدل مارکوف برای شبیه‌سازی رشد شهری سادگی، انعطاف‌پذیری و برخورداری از قابلیت درک شهودی و شفافیت و مخصوصاً برخورداری از توانایی مواجه‌شدن با ابعاد مکانی و زمانی فرایند توسعه است(استفن،۲۰۲۰:۷۰۰)، و به دنبال آن، جنگل تصادفی نیز، یک الگوریتم یادگیری ماشین است که نتایج بسیار خوبی حتی بدون تنظیم فراپارامترها فراهم می‌کند این الگوریتم به دلیل سادگی و قابلیت استفاده هم برای دسته‌بندی و هم برای رگرسیون یکی از پرکاربردترین الگوریتم‌های یادگیری ماشین است شکل (۱).

[1] Gobin et al



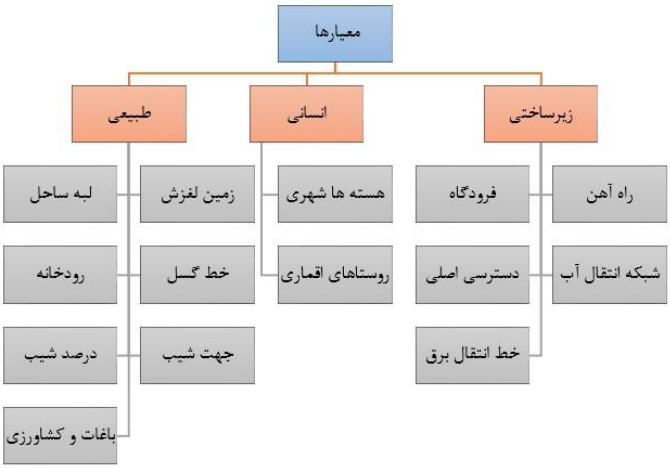
شکل ۱. مدل مفهومی پژوهش

روش‌شناسی

پژوهش حاضر ازنظر هدف کاربردی، و ازنظر روش کمی و برحسب گردآوری اطلاعات، توصیفی و تحلیلی می‌باشد. در این پژوهش، ابتدا برای تهیه نقشه کاربری اراضی شهر بندرعباس و حومه از تصاویر لندست استفاده شد. تصاویر مورداستفاده در این پژوهش شامل تصاویر سال‌های ۲۰۰۰، ۲۰۰۵، ۲۰۱۰، ۲۰۱۵ و ۲۰۲۰ بود. برای این منظور، ابتدا پیش‌پردازهای لازم شامل تصحیح هندسی، تصحیح رادیومتریک، تصحیح اتمسفری، تصحیح خطوط جاافتاده و تلفیق تصاویر بود. نکته‌ای که بایستی به آن اشاره شود این است که در تشخیص تغییر از تصاویر چند سنسوری و چندزمانه، نیاز به ثبت تصویر[1] و تصحیح رادیومتریک دارد که برای تصحیح هندسی از روش تطبیق هیستوگرام استفاده شد (الهدیان[2] ۲۰۲۱). برای تصحیح اتمسفری تصاویر استفاده‌شده الگوریتم FLAASH بکار برده شد(ونگ و همکاران[3]،۲۰۱۹). برای تصحیح خطوط جا افتاده تصاویر سال ۲۰۰۵ و ۲۰۱۰ از اکستنش Landsat gap fill در نرم‌افزار ENVI 5.3 و روش Single file gap fill استفاده شد(بارسی[4]،۲۰۰۵). برای تلفیق تصاویر و افزایش توان تفکیک مکانی، از تکنیک GS(Schmidt-Gram) استفاده شد(فاضلی‌فارسانی و همکاران،۹۵:۱۳۹۷).در مرحله طبقه‌بندی تصاویر برای شش کاربری اراضی ساخته‌شده، اراضی مرطوب، آب، خاک، سنگ و پوشش گیاهی انجام شد. برای هر طبقه که تعدادی بین ۲۰۰ تا ۳۰۰ سلول به عنوان نمونه‌های تعلیمی استفاده شد. در این پژوهش از روش طبقه‌بندی بیشترین شباهت استفاده گردید(زارع و همکاران ،۲۰۲۱:۵۰۰[5]). دقت طبقه‌بندی با تعیین صحت کلی و ضریب کاپای هر کدام از کاربری‌ها تهیه شد. بعد از آماده‌سازی نقشه‌های نهایی کاربری اراضی برای هر دوره، میزان و روند تغییرات در کاربری‌ها مورداستفاده قرار گرفت. درنهایت؛ پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی درسال ۲۰۲۵ با استفاده از زنجیره

[1] image registration
[2] Alhedyan, 2021
[3] Wang et al., 2019
[4] Barsi
[5] Zare Naghadehi et al., 2021

مارکوف صورت گرفت(ملکی و همکاران،۹۷:۲۰۲۰[۱]). در ادامه نیز، برای امکان‌سنجی توسعه فیزیکی شهر بندرعباس پارامترهای تأثیرگذار(شکل ۲) در غالب رستر ایجاد شدند و سپس بی‌مقیاس شدند.

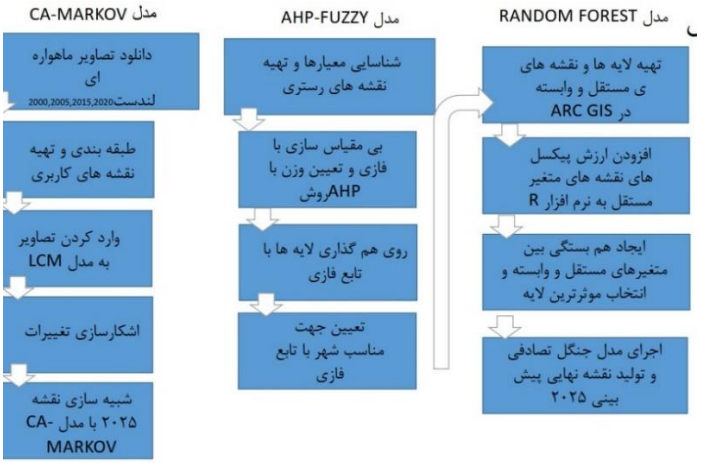


شکل ۲. شاخص‌های پژوهش در سه دسته طبیعی، انسانی و زیرساختی

سپس با استفاده از روش AHP وزن معیارها مشخص گردید (ملکی و همکاران،۵:۲۰۱۴). بعد از به دست آوردن وزن‌ها، وزن‌های به‌دست‌آمده را با استفاده از دستور Raster Calculate اعمال نموده و نقشه‌های وزن‌دار تولید گردیده‌اند. برای تعدیل حساسیت خیلی بالای عملگر فازی ضرب و حساسیت خیلی کم عملگر فازی جمع، عملگر دیگری بنام گامای فازی معرفی‌شده است. که حدفاصل ضرب و جمع جبری فازی می‌باشد. اگر الندا برابر با یک باشد خروجی همان نقشه حاصل از Fuzzy sum خواهد بود و اگر الندا برابر صفر باشد نقشه خروجی همان نقشه Fuzzy productخواهد بود (رنجبر ۱۳۸۷). در این پژوهش از عملگر گامای فازی استفاده‌شده است. نتایج این عملگر نقش تعدیلی نسبت به نتیجه جمع و ضرب فازی دارد و حساسیت خیلی بالای عملگر ضرب فازی و حساسیت خیلی کم عملگر جمع فازی را تعدیل کرده و به واقعیت نزدیک‌تر می‌کند. بعد از تهیه نقشه فازی پهنه‌های مناسب توسعه فیزیکی شهر بندرعباس، در محیط نرم‌افزار Arc GIS این لایه رستری تبدیل به لایه وکتوری شد در مرحله بعد ارزش پیکسل‌های لایه‌های رستری در محیط نرم‌افزار R به لایه نقطه‌ای اضافه شد. سپس از شیپ فایل نقطه‌ای بیش از نود هزار نقطه برای مدل‌سازی جنگل تصادفی به کار گرفته شد. از بین این نود هزار نقطه حدود ۶۳ هزار نقطه با ۱۶ متغیر پیش‌بین به‌عنوان داده‌های اصلی اجرای مدل و ۲۷ هزار نقطه به‌عنوان داده‌های تست و آزمایش جهت سنجش دقت عملکرد مدل مورداستفاده قرار گرفتند. برای این موضوع از مدل جنگل تصادفی استفاده شد که در حال حاضر یکی از بهترین الگوریتم‌های یادگیری است(بریمن،۲۰۰۱[۲]). شکل (۳)، فرایند پژوهش به‌طور کامل ترسیم‌شده است.

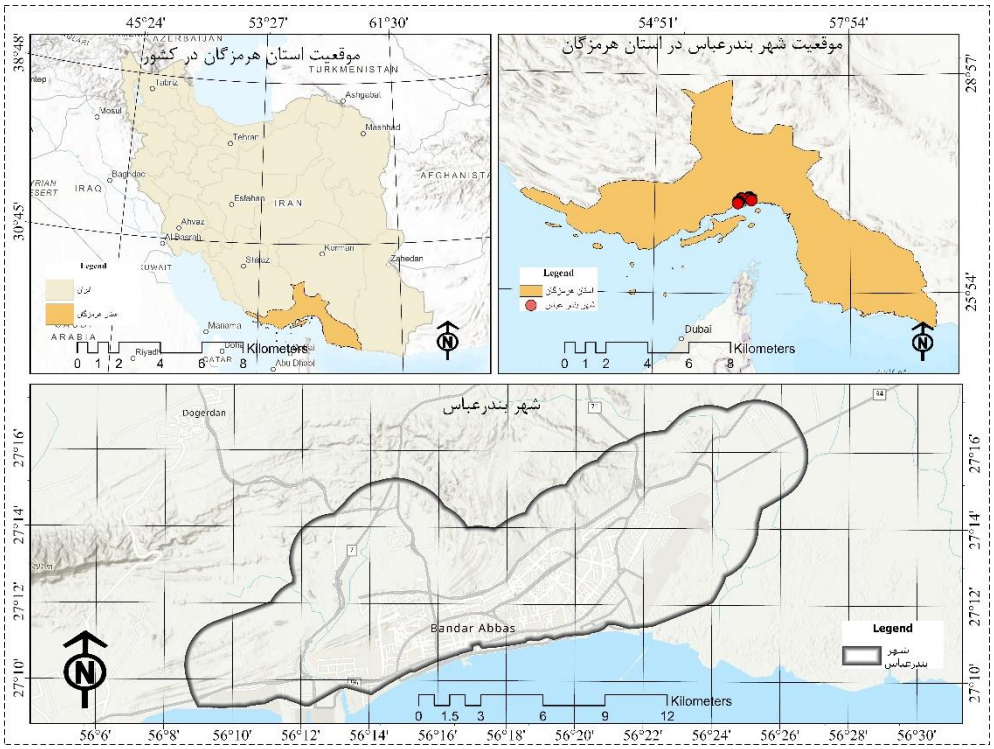
[۱] Maleki et al., 2020

[۲] Breiman, 2001



شکل ۳. فرایند پژوهش

شهر بندرعباس در جنوب استان هرمزگان واقع‌شده است، و در حدفاصل بین مختصات جغرافیایی ۲۷ درجه و ۱۸ دقیقه شمالی ۵۶ درجه و ۲۷ دقیقه شرقی از نصف‌النهار گرینویچ واقع‌شده است. از شمال به ارتفاعات و کوه‌ها و از جنوب به دریا منتهی می‌شود. بنابراین شیب عمومی شهر در راستای شمال به جنوب است. مساحت شهر بندرعباس ۲۷۳۱۶ کیلومترمربع و طبق سرشماری نفوس و مسکن در سال ۱۳۹۵ جمعیتی حدود ۶۸۰۳۶۶ نفر است شکل (۴).



شکل ۴. نقشه موقعیت محدوده موردمطالعه

یافته‌های پژوهش

هدف اصلی پژوهش، ارزیابی صحت تصاویر طبقه‌بندی‌شده است، که کاربر بداند تا چه اندازه‌ای می‌تواند به نقشه-های به‌دست‌آمده اعتماد کند و همچنین به دنبال این بررسی است که برنامه‌ریزان و مدیران تا چه اندازه می‌توانند در

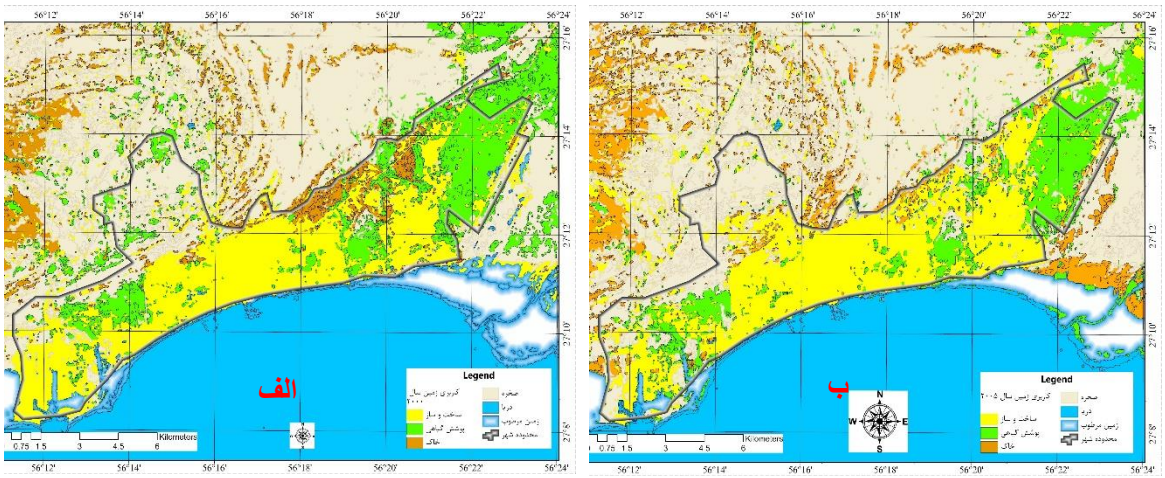
تصمیم‌گیری‌های آتی از این نقشه‌ها استفاده کنند. در این راستا، با توجه به نتایج صحت به‌دست‌آمده، نقشه‌های کاربری/پوشش زمین هم ازلحاظ پژوهشانی و هم کاربردی قابل استناد هستند. جدول (۱)، نتایج ارزیابی صحت نقشه-های تولیدشده را نشان می‌دهد. مطابق این جدول چهار پارامتر برای صحت کلی، ضریب کاپا، صحت تولیدکننده و صحت مصرف‌کننده ارائه‌شده است. با بررسی نتایج آماری به‌دست‌آمده متوجه می‌شویم که غالباً صحت‌ها و پارامترها بالاتر از ۹۰ درصد است(به‌جز ضریب کاپای سال ۲۰۰۰ و ضریب کاپای پیش‌بینی ۲۰۲۰) که بسیار مناسب و در چندین مورد این آمارها نزدیک ۱۰۰ درصد است. این سطح از قابلیت اطمینان در نقشه کاربری اراضی بسیار مناسب و قابل‌اتکا است.

جدول ۱. نتایج ارزیابی صحت طبقه‌بندی تصاویر در دوره‌های مختلف

سال	صحت کلی	ضریب کاپا (درصد)	صحت تولیدکننده	صحت مصرف‌کننده
۲۰۰۰	۹۴/۸۸	۰/۸۹۲	۹۵/۴	۹۳/۶
۲۰۰۵	۹۶/۷	۰/۹۰۱	۹۵/۸	۹۸/۲
۲۰۱۰	۹۸/۷	۰/۹۳۲	۹۸/۰۶	۹۹/۵
۲۰۱۵	۹۵/۲۳	۰/۹۰	۹۵/۱	۹۳/۹
۲۰۲۰	۹۵/۸۹	۰/۹۱۳	۹۵/۸	۹۴/۶
شبیه‌سازی ۲۰۲۰	۹۱/۳۷	۰/۸۷۷	۹۰/۶	۸۹/۴

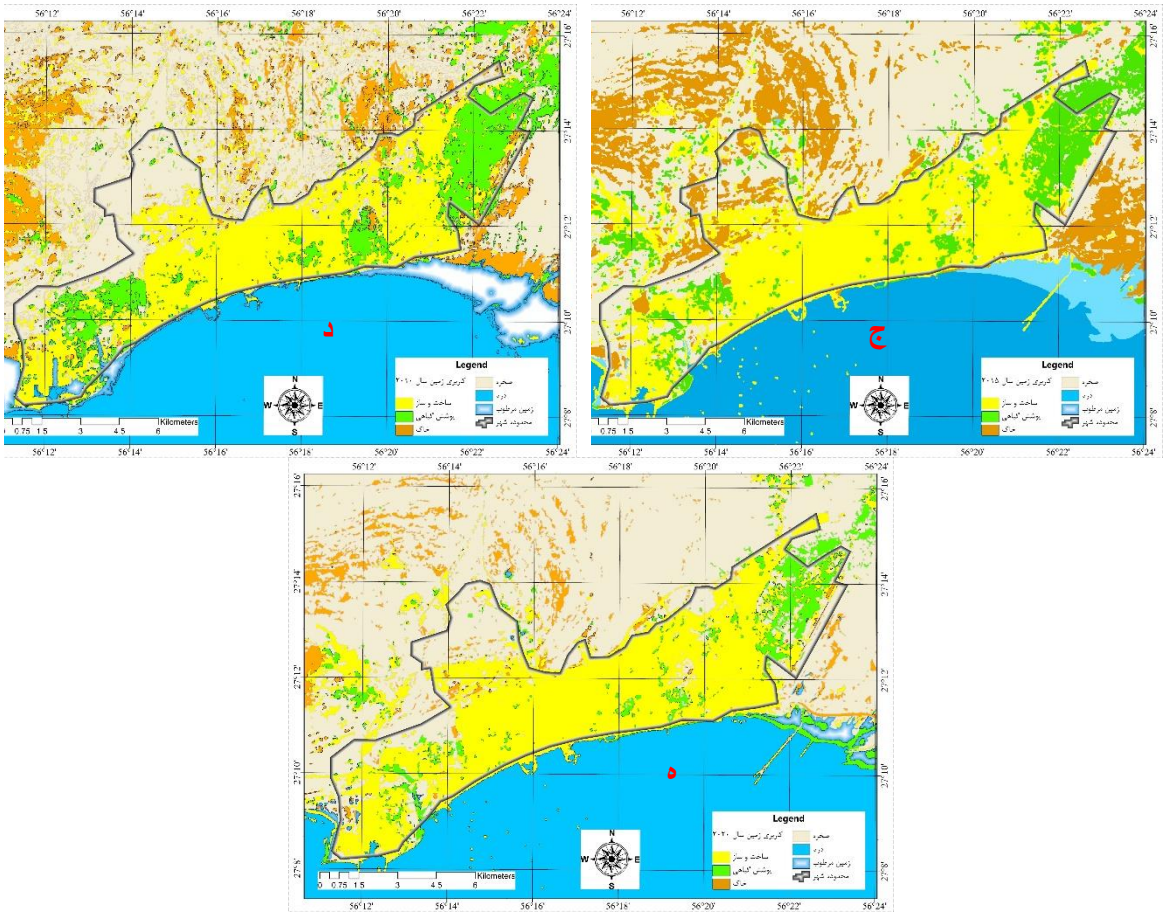
منبع: یافته‌های تحقیق، ۱۴۰۱

مطابق شکل (۵)؛ در سال ۲۰۰۰ میلادی، بیشترین سطح مربوط به مناطق صخره‌ای و سنگلاخی با مساحت ۱۵۳۷۵ هکتار از پوشش منطقه موردمطالعه بوده است، در رتبه بعد آب با مساحت ۱۳۳۶۴هکتار می‌باشد. مناطق ساخته‌شده در رتبه سوم با ۵۰۴ هکتار، پوشش گیاهی در رتبه بعدی و ۴۷۰ هکتار از کل منطقه را به خود اختصاص می‌دهد. همچنین اراضی مرطوب کمترین میزان پوشش را به خود اختصاص داده‌اند. در این نقشه و با توجه محدود شهر، فضاهای پیراشهری غالباً در شمال شهر به‌صورت لکه‌های منفرد در شمال شهر دیده می‌شوند که پتانسیل اتصال به بدنه اصلی شهر را در آینده دارند.



شکل ۵. نقشه پوشش اراضی شهر بندرعباس در سال الف) ۲۰۰۰ ب) ۲۰۰۵

مطابق شکل (۵)، در سال ۲۰۰۵ میلادی، بیشترین سطح پوشش مربوط به طبقه صخره‌ای و سنگلاخی با مساحت ۱۴۴۶۰ هکتار می‌باشد، مقایسه مساحت کاربری‌ها در سال ۲۰۰۰ و ۲۰۰۵ حاکی از کاهش مساحت اراضی مرطوب و پوشش گیاهی و افزایش مناطق ساخته‌شده می‌باشد. با مقایسه این دو نقشه مشخص می‌نماید که اقدامات سوداگرانه زمین باعث گسترش شهر به حاشیه‌های شمالی و جنوبی و حتی تصرف زمین‌های باتلاقی شده است. گسترش و پیشروی شهر در محیط پیراشهری تحت شرایط سوداگری کنترل نشده زمین و فقدان الگو و سازوکارهای هدایت نظام‌مند آن شکل‌گرفته است و توانسته موجب بروز پیامدهای منفی ناشی از گسترش بی‌برنامه گردد و علاوه بر انحطاط زیست-محیطی، در غیاب پیش‌نگری و دوراندیشی‌های لازم باعث سایر مشکلات اقتصادی، اجتماعی و امنیتی توسعه کل شهر و مناطق پیراشهری شده است.



شکل ۶. نقشه پوشش اراضی شهر بندرعباس در سال ج) ۲۰۱۰ د) ۲۰۱۵ ه) ۲۰۲۰

مطابق شکل (۶)، در سال ۲۰۱۰ میلادی، اراضی ساخته‌شده با مساحت ۷۱۱۷ هکتار نسبت به مقطع قبلی رشد قابل‌توجهی داشته است. در این سال فضاهای سبز و پوشش گیاهی نیز نسبت به دوره‌های پیشین کاهش‌یافته است و مساحت ۳۳۲۱ هکتار از سطح منطقه را پوشش می‌دهد که این میزان نسبت به دوره‌های گذشته حکایت از روند کاهشی دارد. بنابراین، بررسی این نقشه و مقایسه با نقشه‌های سال ۲۰۰۰-۲۰۰۵، حاکی از ادامه و گسترش اقدامات سوداگرانه زمین و خزش هرچه بیشتر شهر به سمت مناطق پیراشهری شمال شهر، جایی که با تخریب عرصه‌های طبیعی با ساختمان‌ها

جایگزین شده است. به‌طورکلی تغییرات شدید و غیرمنطقی کاربری زمین در طی سال‌های موردبررسی، نقش جریان-های پنهان، زمین‌خواری، انتقال غیرقانونی زمین‌های دولتی، تعارضات زمین، معاملات غیررسمی زمین، عدم مدیریت به‌موقع تغییرات، وجود قوانین متزلزل شهری، عدم‌حمایت جامع و کافی از شهرداری بندرعباس را مشخص می‌نماید.

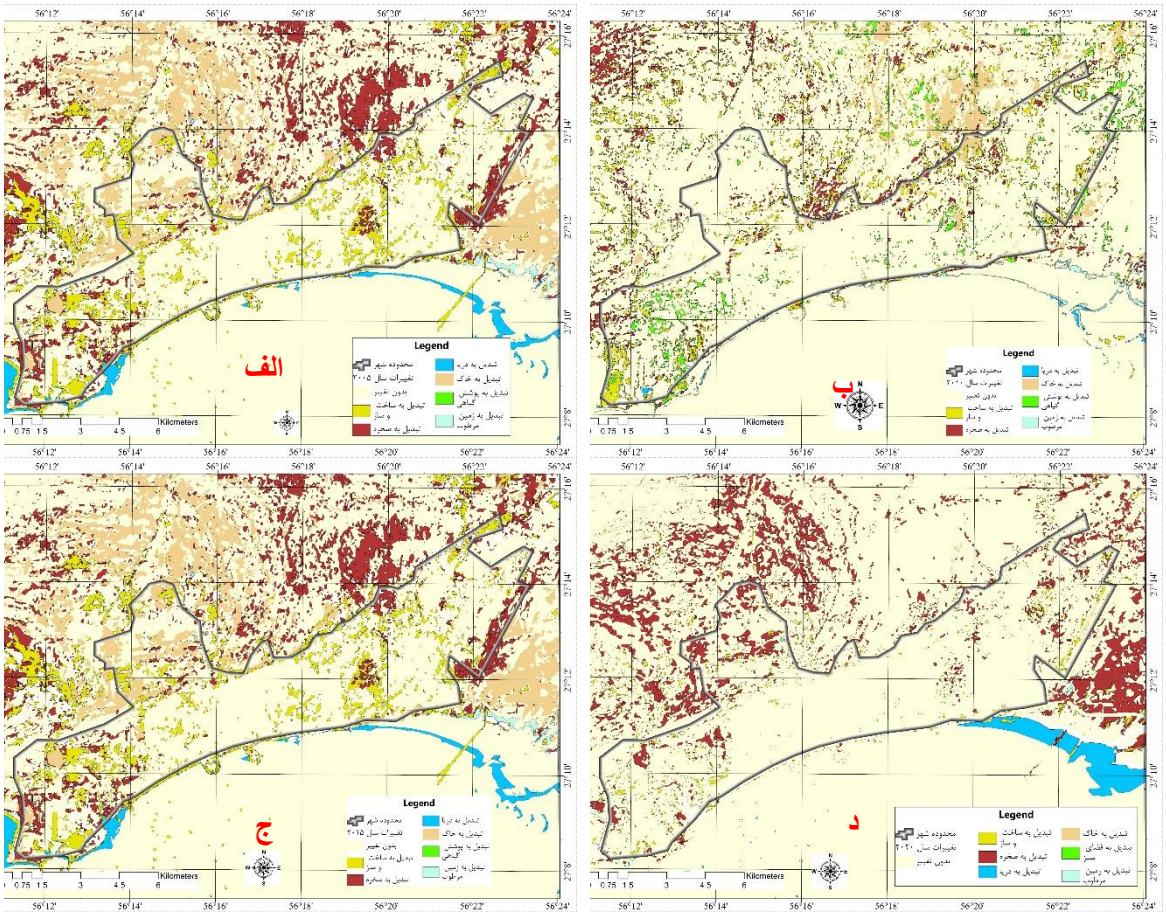
در سال ۲۰۱۵ میلادی مطابق شکل (۶)، نکته قابل‌توجه کاهش پوشش گیاهی و افزایش اراضی ساخته‌شده در طول این دوره می‌باشد. دو نکته بسیار مهم در این نقشه قابل رویت است: ۱) نخست با تخریب پوشش در غرب شهر، محدوده گسترده‌ای از فضای پیراشهری به بدنه اصلی شهر متصل شده است. ۲) شکل‌گیری شهرک‌های اقماری در حاشیه بلافصل در شمال غرب شهر. همچنین در جنوب شهر، با ایجاد بندرگاه‌ها در خارج از محدوده قبلی شهر(جاییکه قبلاً دریا بوده) باعث ایجاد مناطق گردشگرپسند در حاشیه شهر شده است. در این سال، رشد فیزیکی شهر بندرعباس، اراضی مرغوب کشاورزی را بلعیده و باعث از بین بردن اراضی کشاورزی شده است، این شهر باهدف استفاده از خاک‌های مرغوب برای زراعت در کنار و در میان اراضی مرغوب زراعی استقراریافته ولی به‌مرورزمان همراه با گسترش روستاها و تبدیل آن‌ها به شهر و سپس توسعه شهر، اراضی مرغوب زیر پیکر شهر مدفون‌شده و فعالیت‌های زراعی ناگزیر به سمت اراضی نامرغوب عقب نشسته است. بنابراین خزش شهری همیشه منجر به تغییر کاربری زمین می‌شود، حال ممکن است که این تغییر در زمین‌های زراعی و باغی صورت گیرد و یا مراتع و جنگل‌ها؛ که در شهر بندرعباس این تغییر بیشتر در زمین‌های زراعی بوده، در این راستا به دلیل با افزایش جمعیت و انتقال جمعیت مهاجر شهر بندرعباس به مناطق پیراشهری نیاز به زمین بیش‌ازپیش احساس شد، دراین‌بین تغییر کاربری اراضی در پیرامون شهر نسبت مستقیم با اندازه شهر بندرعباس دارد و هر چه شهر بزرگ‌تر شود و از برنامه‌ریزی دقیق پیروی نکند، تأثیر آن در تغییر کاربری اراضی پیرامونی نیز بیشتر خواهد بود.

همان‌طور که در شکل (۶)، ملاحظه می‌گردد در سال ۲۰۲۰ میلادی، مناطق ساخته‌شده با ۷۹۷۶ هکتار، نسبت به دوره‌های پیشین روند افزایشی داشته است. به‌طورکلی روند تغییرات نشان‌دهنده کاهش قابل‌توجه اراضی پوشش گیاهی در منطقه و افزایش اراضی ساخته در طول زمان موردنظر می‌باشد. با مقایسه این نقشه با نقشه‌های چند دوره قبل متوجه می‌شویم که رشد شهر به‌شدت در ناحیه پیراشهری شمال غرب و شمال شهر بندرعباس روند رو به گسترشی داشته است.

در ادامه نیز، مساحت پوشش اراضی از سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۰ در جدول ۳ بیان‌شده است. مطابق این جدول سطوح ساخته‌شده، آب و سنگلاخی به‌طور مستمر افزایش‌یافته‌اند و سطوح دارای پوشش گیاهی و اراضی مرطوب کاهش پیداکرده‌اند. براساس این جدول، بیشترین رشد شهر در بازه زمانی ۲۰۰۰-۲۰۰۵ اتفاق افتاده است؛ در این بازه زمانی مناطق سنگی و بخصوص پوشش گیاهی کاهش‌یافته است. نکته جالب و حائز اهمیت، افزایش پوشش خاک است افزایش زیادی یافته است و دلیل آن می‌تواند آماده‌سازی زمین برای ساخت‌وساز در پیرامون شهر در آینده باشد. از دیگر نکات دیگر مطابق جدول (۲)،کاهش منظم پوشش گیاهی و اراضی مرطوب/ساحلی و جایگزینی آن با کاربری شهری دانست.

جدول ۲. مساحت پوشش اراضی از سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۰

کاربری اراضی	مساحت برحسب ٪ سال ۲۰۰۰	مساحت برحسب ٪ سال ۲۰۰۵	مساحت برحسب ٪ سال ۲۰۱۰	مساحت برحسب ٪ سال ۲۰۱۵	مساحت برحسب ٪ سال ۲۰۲۰
ساخته‌شده	۱۲/۴۸	۱۴/۷۱	۱۵/۹	۱۶/۸۷	۱۸/۰۳
پوشش گیاهی	۱۰	۷/۴۷	۷/۰۴	۵/۴۲	۴/۵۱
خاک	۱۰/۴۴	۱۴/۱۱	۱۳/۱۱	۱۱/۴۸	۸/۲۷
سنگ	۳۲/۶۲	۳۰/۶۹	۳۱/۶۷	۳۱/۱۵	۳۶/۴۳
آب	۲۸/۳۵	۲۹/۱	۲۸/۱۲	۳۰/۹۳	۳۱/۷۸
اراضی مرطوب/ساحلی	۵/۱۱	۳/۹۲	۴/۱۶	۴/۰۷	۰/۹۸



شکل ۷. تغییرات هر یک از طبقات پوشش زمین در بازه زمانی الف) ۰۵–۰۰ ب) ۱۰–۰۵ ج) ۱۵–۱۰ د) ۲۰–۱۵

شکل ۷، نقشه تغییرات کاربری اراضی بین سال‌های ۲۰۰۰–۲۰۰۵ را نشان می‌دهد. در دوره ۲۰۰۰–۲۰۰۵ بیشترین تغییرات در زمین‌های سنگلاخی و سپس زمین‌های خاکی ایجادشده، و کمترین تغییرات را طبقه آب مواجه بوده است. این نقشه نشان از گسترش شهر به مناطق پیراشهری در سراسر شمال شهر (از شمال شرق تا شمال غرب) می‌دهد؛ این مسئله می‌تواند به خاطر ارزان بودن زمین در مناطق شمال شهر به نسبت زمین‌های نزدیک به ساحل باشد. شکل ۷، نقشه

تغییرات کاربری اراضی بین سال‌های ۲۰۰۵-۲۰۱۰ را نشان می‌دهد. در دوره ۲۰۰۵-۲۰۱۰ بیشترین تغییرات در زمین-های سنگلاخی و سپس زمین‌های خاکی بوده‌اند،و کمترین تغییرات را طبقه آب مواجهه بوده است. در این مقطع رشد شهری بیشتر در حاشیه غربی رخ‌داده است که ازلحاظ مساحت نسبت به دوره قبل به نسبت کمتر است.

شکل ۷، نقشه تغییرات کاربری اراضی بین سال‌های ۲۰۱۵-۲۰۲۰ را نشان می‌دهد. در این دوره ۲۰۱۵-۲۰۲۰ نیز مانند دوره‌های پیشین بیشترین تغییرات زمین‌های سنگلاخی و سپس اراضی ساخته‌شده و در رتبه بعدی آب ایجادشده است. نکته قابل‌توجه در این تغییرات افزایش درصد قابل‌توجه تغییرات در کاربری آب می‌باشد که نشان‌دهنده این است که در این دوره از سال ۲۰۱۵ تا سال ۲۰۲۰ ساخت‌وساز در دریا افزایش‌یافته است؛ این مسئله می‌توان نشات گرفته از توجه دولت به سواحل و بندرگاه‌ها برای گردشگری و تجارت ساحلی باشد.

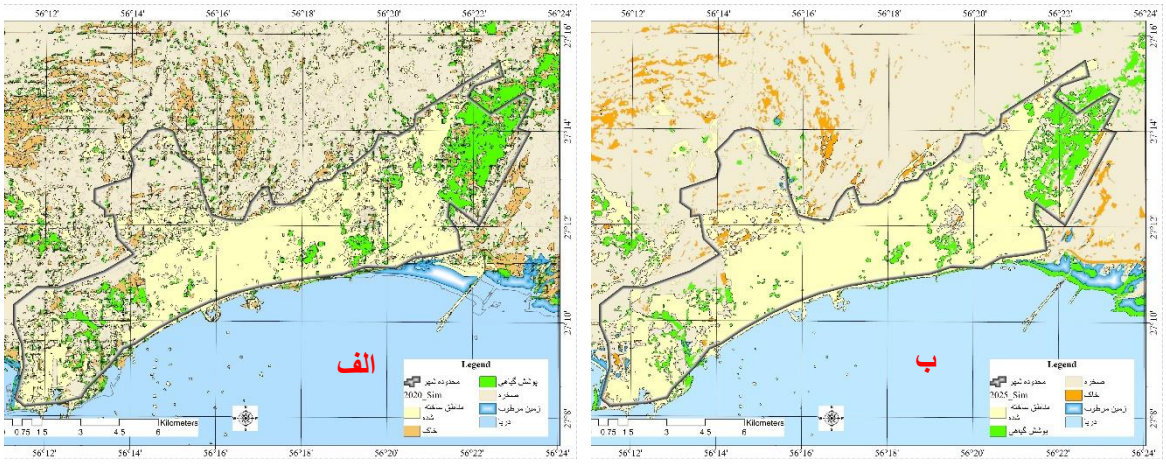
در ادامه نیز، جدول ۳ تغییرات هر یک از طبقات پوشش زمین به اراضی ساخته شده در بازه زمانی ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۰ را نشان می‌دهد. مطابق این جدول بیشترین تغییرات محیطی در بازه زمانی ۲۰۰۰-۲۰۰۵ رخ‌داده است و کمترین تغییر در دوره ۲۰۱۵-۲۰۲۰ بوده است. بیشترین رشد شهری در دوره ۲۰۰۰-۲۰۰۵ و کمترین رشد در دوره ۲۰۱۰-۲۰۱۵ بوده است. بیشترین تغییرات تبدیل به اراضی سنگلاخی و کمترین تغییرات مربوط به زمین‌های مرطوب بود. نکته جالب در خصوص سال ۲۰۰۵ که بیشترین رشد شهری این است که در این دوره بیشترین نرخ تبدیل به خاک رخ‌داده است و بیانگر آماده شدن زمین برای ساخت‌وساز آتی است. دومین موردی که در این خصوص می‌توان بیان کرد؛ این نکته است که به‌عنوان‌مثال چرا درصد تبدیل به ساخته‌شده(در جدول ۳) بیشتر از افزایش نهایی این کاربری(مطابق جدول ۲) است؟ دلیل اول و مهم‌تر می‌تواند در تخریب بافت قدیمی شهر برای نوسازی (در این زمان کاربری به شکل خاک است و افزایش کاربری خاک نیز می‌تواند گواه بر این مسئله باشد)؛ دلیل دوم و کم‌اهمیت‌تر می‌تواند خطاهای تهیه نقشه باشد(مطابق جدول ۲).

جدول ۳. تغییرات هر یک از طبقات پوشش زمین به اراضی ساخته‌شده در بازه زمانی ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۰

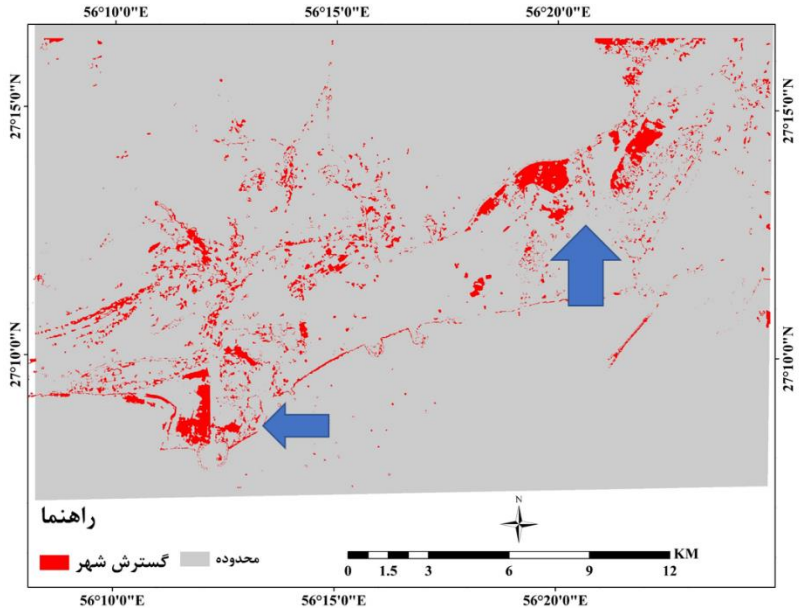
تبدیل کاربری/ دوره	۲۰۰۰ تا ۲۰۰۵ %برحسب	۲۰۰۵ تا ۲۰۱۰ %برحسب	۲۰۱۰ تا ۲۰۱۵ %برحسب	۲۰۱۵ تا ۲۰۲۰ %برحسب
ساخته‌شده	۲/۷۶	۱/۸۱	۱/۳۷	۱/۵۶
زمین خاک	۷/۲۱	۲/۳۸	۲/۶۶	۰/۲۷
پوشش گیاهی	۰/۷۳	۱/۳۸	۱/۵۵	۰/۷۳
زمین سنگلاخی و سنگ	۹/۸۲	۶/۷۹	۷/۵۸	۹/۵۱
اراضی مرطوب	۰/۱۳	۰/۱۳	۰/۵	۰/۱۲
آب	۱/۳۳	۰/۱۹	۰/۲۱	۱/۲۹
اراضی بدون تغییر	۷۸/۰۲	۸۷/۳۲	۸۶/۱۳	۸۶/۵۲

پس از بررسی تغییرات کاربری، با استفاده از مدل سلول‌های خودکار و با توجه به روند تغییرات کاربری/ پوشش زمین در منطقه موردمطالعه، کاربری/ پوشش زمین برای سال ۲۰۲۵ پیش‌بینی شد. ابتدا برای ارزیابی مدل، نقشه سال ۲۰۲۰ پیش‌بینی شد. شکل ۸ نتایج پیش‌بینی برای سال ۲۰۲۰ را نشان می‌دهد و شکل ۸ نتایج پیش‌بینی برای سال ۲۰۲۵

را نشان می‌دهد. با مقایسه نقشه پیش‌بینی سال ۲۰۲۰ با نقشه کاربری اراضی سال ۲۰۲۰ تطابق عمده‌ای را نشان می‌دهد که این موضوع، اعتبار پیش‌بینی برای سال ۲۰۲۵ را به وجود خواهد آورد. با مشاهده شکل ۸، یک نکته حائز اهمیت است و آن پیش‌بینی بیش‌ازحد مناطق ساخته‌شده در نواحی پیراشهری است که مؤید رشد بیش‌ازحد شهر در نواحی پیراشهری در آینده‌ای نزدیک است.



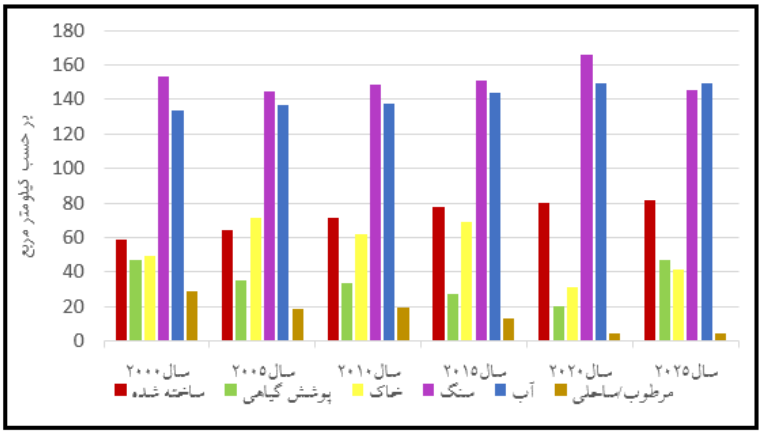
شکل ۸. نتایج شبیه‌سازی برای سال ۲۰۲۰–۲۰۲۵



شکل ۹. نتایج شبیه‌سازی رشد شهر برای سال ۲۰۲۵

شکل (۹)، نقشه پیش‌بینی مناطق افزوده‌شده به شهر را در سال ۲۰۲۵ نشان می‌دهد، که براساس آن، بیشترین رشد در شمال شرق و جنوب غرب است. با توجه به نتایج به‌دست‌آمده، می‌توان گفت در آینده شهر بندرعباس به به‌طور عمده به سمت نواحی پیراشهری در شمال و شمال غرب و واحدی به سمت نواحی پیراشهری جنوب غرب پیشروی خواهد کرد.

شکل (۱۰)، نمودار تغییرات کلاس‌های کاربری اراضی را در دوره ۲۰۰۰-۲۰۲۵ در هر بازه ۵ ساله را نشان می‌دهد. این نمودار به‌خوبی نشان می‌دهد که در طی دوره ۲۵ بر مساحت مناطق ساخته‌شده افزوده‌شده است و از مساحت پوشش خاک و اراضی مرطوب/ساحلی کاسته شده است.



شکل ۱۰. نمودار تغییرات پوشش اراضی از سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۵

در ادامه نیز، جدول (۴)، نتایج روش AHP برای اهمیت معیارها را نشان می‌دهد که مطابق آن شبکه راه‌های اصلی و محدوده شهر مهم‌ترین معیار و کشاورزی و باغات کم‌اهمیت‌ترین معیار بود.

جدول ۴. وزن معیارهای مؤثر جهت توسعه شهر بندرعباس

معیار	وزن	معیار	وزن	معیار	وزن	معیار	وزن
محدوده شهر	۰/۱۴۳	خطوط انتقال برق	۰/۰۵۴	زمین‌لغزش	۰/۰۲	کشاورزی و باغات	۰/۰۱۷
پهنه صنعتی	۰/۰۹۴	راه اصلی	۰/۱۴۳	شبکه آب	۰/۰۹	گورستان	۰/۰۳۲
جهت شیب	۰/۰۲۴	روستا	۰/۰۳۶	فرودگاه	۰/۱۲۸	لبه ساحل	۰/۰۴۴
درصد شیب	۰/۰۳۹	راه‌آهن	۰/۰۴	گسل	۰/۰۵۷	مسیل	۰/۰۷۱

برای تعیین جهت توسعه فیزیک باید تا حد امکان توسعه را به‌صورت متصل در نظر گرفت زیرا توسعه منفصل دارای اثرات اجتماعی، اقتصادی، زیست‌محیطی و کالبدی سوئی است. در این پژوهش نیز شاخص فاصله از هسته فعلی شهر به‌عنوان یک شاخص مثبت در نظر گرفته‌شده است، به این صورت که هر چه از محدوده فعلی شهر فاصله گرفته می‌شود ارزش آن برای توسعه شهر کاسته می‌شود و نرمال‌سازی آن به‌صورت فازی خطی کاهشی بود. پهنه‌های صنعتی به دلیل آلودگی هوا و صوتی که ایجاد می‌کنند خصوصاً درصورتی‌که باد غالب به سمت شهر باشد این مشکل به‌صورت جدی‌تری سلامت زیست‌محیطی شهروندان را به خطر می‌اندازد. در اطراف شهر بندرعباس خصوصاً در بخش غربی آن چند خوشه صنعتی وجود دارد که در تعیین جهت مناسب توسعه شهر باید به آن‌ها به‌عنوان یک عامل بازدارنده نگاه کرد.

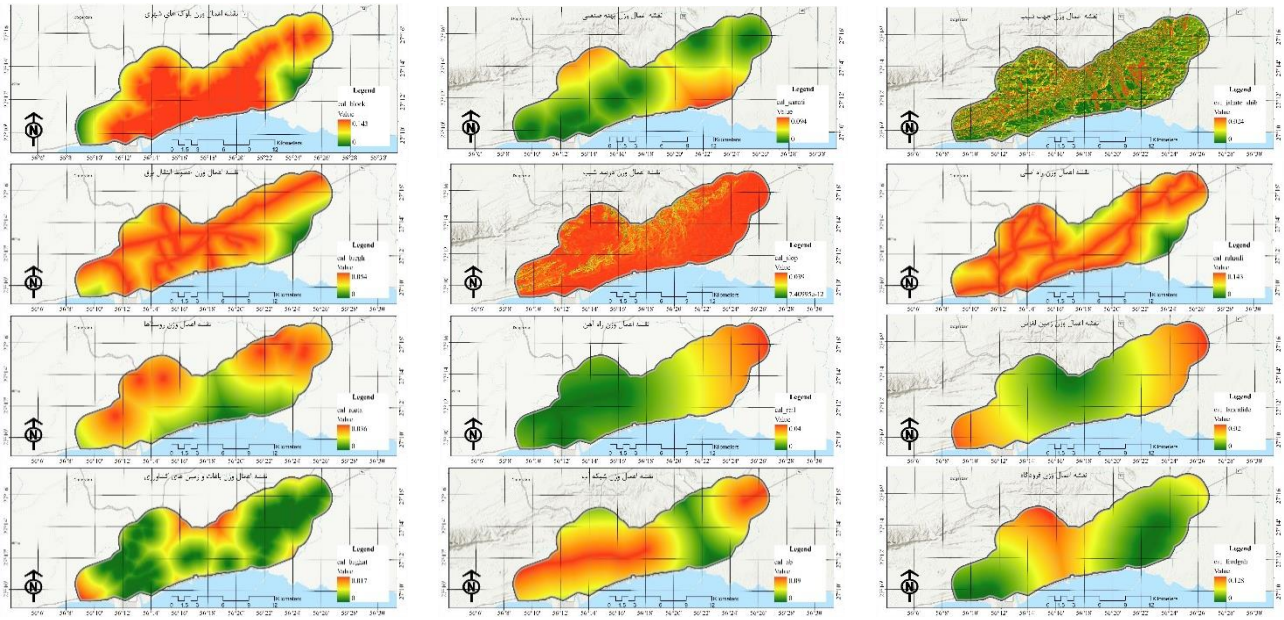
در این پژوهش هم‌جهت نرمال‌سازی این شاخص از روش فازی خطی افزایشی استفاده‌شده که فاصله گرفتن از این پهنه‌ها ارزش بیشتری برای تعیین جهت توسعه شهر دارد. در مسائل برنامه‌ریزی و طراحی شهری باید تا حد امکان از انرژی‌های طبیعی بهره برد این مورد خصوصاً در شهرهای جنوبی مثل بندرعباس به‌صورت پررنگ‌تری خود را نشان می‌دهد چون موقعیت جغرافیایی ایران در نیمکره شمالی است و نحوه قرارگیری آن پشت به خورشید است، باید جهت ساختمان‌ها به شکلی باشد که در فصل گرما کمترین میزان تابش خورشید به درون ساختمان باشد و در فصول گرما هم بیشترین میزان تابش را داشته باشد که البته باید در طراحی خیابان‌های شهری هم به جهت شیب توجه نمود و که زهکشی معابر به بهترین نحو احسن انجام گردد. به‌صورت کلی برای ایران جهت جنوب به‌عنوان بهترین جهت در نظر گرفته‌شده است. دسترسی به انرژی در جهت توسعه شهر یک عامل تعیین‌کننده است البته باید حریم استاندار از خطوط برق فشارقوی رعایت گردد. در این پژوهش این شاخص به‌عنوان یک شاخص مثبت در نظر گرفته‌شده برای نرمال‌سازی آن‌هم از فازی خطی کاهشی استفاده شد.

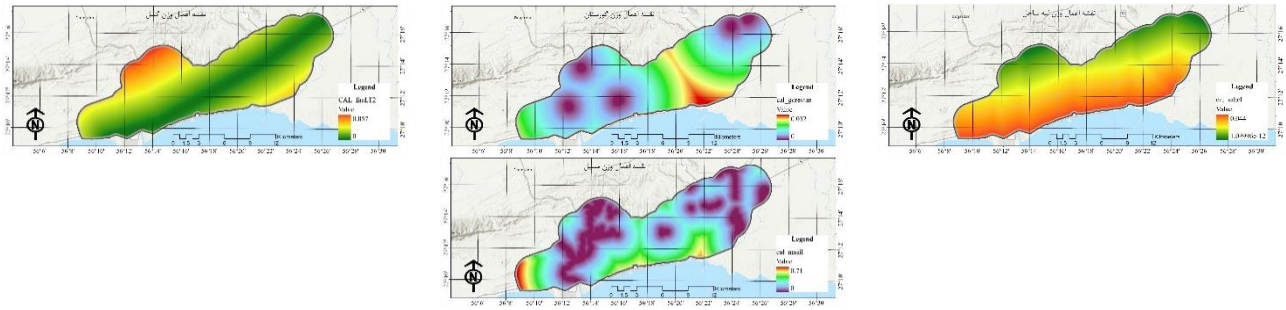
شیب زمین در اغلب شهرها به‌عنوان یک عامل محدودکننده توسعه عمل کرده است و باعث تشکیل هسته‌های منفصل شهری در بعضی از شهرها شده اما شهرهای با شیب مناسب می‌توانند داری ساختار فضایی مناسب باشند و طبق برنامه‌ریزی صورت گرفته براساس یکی از اشکال خطی، حلقوی، شطرنجی، و... توسعه پیدا کنند و بافت آن‌ها نیز منسجم است. بر همین اساس شیب‌های کمتر مکان‌های مناسب‌تری برای توسعه آتی هستند. در ادامه، شبکه دسترسی عاملی است که خودبه‌خود باعث کشش جهت توسعه شهر به سمت‌وسوی آن می‌شود زیر دسترسی مهم‌ترین عامل برای یک سکونتگاه انسانی است. در این پژوهش هم شبکه دسترسی به‌عنوان عاملی مثبت است و هر چه به شبکه دسترسی نزدیک‌تر ارزش آن برای تعیین جهت توسعه شهر بیشتر است برای نرمال‌سازی آن‌هم از فازی خطی کاهشی استفاده شد. همچنین قابل‌ذکر است، در حریم یک کیلومتری شهر بندرعباس ۸ روستا واقع‌شده‌اند که در دهه‌های آینده ممکن است شهر به سمت‌وسوی این روستا کشیده شود، اما باید این اتفاق طبق برنامه از پیش تعیین‌شده اتفاق بیفتد تا بافت‌های ناکارآمد و غیر برنامه‌ریزی‌شده شکل نگیرد، بر همین اساس این معیار به‌عنوان یک عامل مثبت دیده شد. شبکه راه‌آهن سراسری به دلیل ایجاد آلودگی صوتی و همچنین ایجاد افتراق مکانی بین هسته‌های سکونتی که در اطراف آن شکل می‌گیرد نمی‌تواند عامل مثبتی برای پیش‌بینی جهت توسعه شهر باشد به همین دلیل این عامل به‌عنوان یک عامل منفی در نظر گرفته شد.

تأمین ایمنی شهر از بالایای طبیعی باید در صدر توجه کارشناسان جهت توسعه شهر قرار گیرد. فرایند زمین‌لغزش هم که در اثر حرکات دامنه‌ای در خاک‌های اغلب سست اتفاق می‌افتد از پدیده‌های مورفولوژیکی و مورفوژنتیکی است که البته این نوع از حرکات دامنه‌ای اغلب در شهرها کوهستانی اتفاق می‌افتد و باعث ایجاد خسارت جانی و مالی شهروندان می‌گردد. در اطراف شهر بندرعباس فقط یک حرکت دامنه‌ای ثبت‌شده است. اثر این شاخص در تعیین جهت توسعه شهر منفی است و برای نرمال‌سازی آن از روش فازی خطی افزایشی استفاده شد. با توجه به سودآوری بالاتر زمین‌های کشاورزی برای کارکنان در اثر توسعه بی‌رویه شهر کاربری باغات و زمین‌های کشاورزی اغلب تبدیل به ساخت‌وسازهای غیرمجاز می‌روند درحالی‌که باید جهت توسعه شهر به سمتی باشد که این زمین‌ها محفوظ شوند، بر همین اساس اثر این شاخص منفی و از روش فازی خطی افزایشی برای نرمال‌سازی آن استفاده شد.

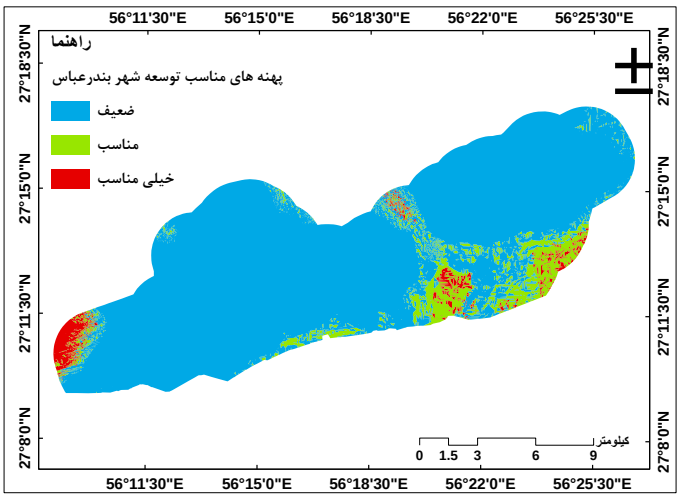
منابع آبی نیز یکی از ضروریات برای هسته‌های مسکونی است که باید جهت تأمین آب شرب ساکنان موردتوجه قرار گیرد. در این پژوهش نیز نزدیکی به شبکه اصلی انتقال آب به‌عنوان عاملی مثبت در نظر گرفته‌شده است و برای نرمال‌سازی آن از روش فازی خطی کاهشی استفاده شد. فرودگاه ازجمله کاربری‌های محدودکننده توسعه شهر است که باعث ایجاد آلودگی صوتی می‌شود هم باید حریم ارتفاعی نزدیک فرودگاه رعایت گردد در شهر بندرعباس یک فرودگاه مسافربری در جنوب شرقی و یک فرودگاه نظامی در جنوب غربی واقع‌شده است، بر همین اساس این متغیر به‌عنوان عاملی منفی در نظر گرفته‌شده و برای نرمال‌سازی آن از فازی خطی افزایشی استفاده شد.گسل و حریم آن باید در تعیین جهت توسعه شهر مورد توجه مدیران شهری باشد که نزدیکی به گسل خصوصاً اگر خاک آن‌هم نرم باشد باعث هم افزایش تشدید خطر زلزله را دارد بر همین اساس باید تا حد امکان از ساخت‌وساز روی گسل و حریم آن خودداری کرد که البته خود شهر بندرعباس روی گسل قرارگرفته است. برای نرمال‌سازی این شاخص از فازی خطی افزایشی استفاده شد.

جهت توسعه شهری باید طوری باشد که به سمت گورستان ادامه پیدا نکند خصوصاً اگر باد غالب از طرف گورستان به سمت شهر باشد. در شهر بندرعباس و حریم یک کیلومتری آن ۵ گورستان واقع‌شده است که باید موردتوجه باشند و طبق ضوابط باید حریم ۵۰۰ متری آن‌ها رعایت گردد. جهت نرمال‌سازی این متغیر از فازی خطی افزایشی استفاده شد. طبق ضوابط حریم ساخت و ساز از لبه ساحل ۶۰ متر است که باید رعایت گردد. باتوجه به مطلوبیت منظری که ساحل ایجاد می‌کند نزدیکی به آن به‌عنوان یک عامل ارزنده محسوب می‌شود. برای نرمال‌سازی این شاخص از فازی خطی کاهشی استفاده شد. سیل نیز یکی از مخاطرات طبیعی است این مورد در شهرهای جنوبی که تحت تأثیر طوفان-های حاره‌ای است اهمیت آن دوچندان می‌شود و سیلاب در شهرهای جنوبی اغلب به‌صورت فصلی و شدید است و باید حریم مسیل در ساخت‌وسازها در نظر گرفته شود بر همین اساس این شاخص به‌عنوان عاملی منفی در نظر گرفته شد.





شکل ۱۱. نقشه‌های مورداستفاده برای جهات مناسب توسعه شهر بندرعباس



شکل ۱۲. نقشه پهنه‌های مناسب توسعه فیزیکی شهر بندرعباس براساس مدل(RF)

شکل ۱۲. نقشه پهنه‌های مناسب توسعه فیزیکی شهر بندرعباس براساس مدل RF را نشان می‌دهد که براساس آن، تنها ۵/۴ کیلومترمربع از محدوده موردمطالعه مناسب بوده و در مقابل ۱۹۱/۸ کیلومترمربع وضعیت نامناسب داشته است.

نتیجه‌گیری

پژوهش حاضر با هدف بررسی، پیش‌بینی و جهت‌یابی بهینه توسعه شهر در حاشیه بندرعباس با استفاده از الگوریتم-های مارکوف و جنگل تصادفی انجام‌شده است. در این راستا، نتایج نشان داد که در تمام دوره‌های موردنظر در پژوهش، کاربری انسان‌ساخت دارای روند افزایشی و کاربری فضای سبز دارای روند کاهشی می‌باشد. همچنین نتایج نشان داد افزایش درصد قابل‌توجه تغییرات در کاربری آب مشاهده شد، که این گویای ساخت‌وساز شدید در اطراف دریا در سال‌های ۲۰۱۵–۲۰۲۰ است. به‌طورکلی مساحت کاربری ارضی به تفکیک سال‌های موردمطالعه نشان داد، کاربری پوشش گیاهی از ۴۷۰۷ هکتار در سال ۲۰۰۰ به ۳۵۱۸ هکتار در سال ۲۰۰۵ و ۳۳۲۱ در سال ۲۰۱۰ و ۲۶۹۳ در سال ۲۰۲۰ کاهش‌یافته است. طبق مدل ارائه‌شده، این کاهش همچنان روند نزولی خواهد داشت به‌طوری‌که به ۱۹۸۴ هکتار در سال ۲۰۲۵ خواهد رسید. اراضی شهری و ساخته‌شده نیز از سال ۲۰۰۰ روند صعودی داشته به‌طوری‌که از ۵۸۷۹ هکتار در سال ۲۰۰۰ با حدوداً ۵۸۲ هکتار افزایش به ۶۴۶۱ هکتار در سال ۲۰۰۵رسیده است. این روند صعودی اراضی ساخته‌شده همچنان ادامه خواهد داشت و نقشه پیش‌بینی نشان می‌دهد این اراضی به ۷۹۷۶ هکتار

در سال ۲۰۲۵ افزایش خواهد یافت. طبق یافته‌های به‌دست‌آمده از نتایج مدل جنگل تصادفی بیشترین پارامتر تأثیرگذار در توسعه شهر شاخص راه اصلی بود. همچنین نتایج این تحقیق و با استفاده از پردازش تصاویر ماهواره‌ای نشان داد که نواحی پیراشهری شهر بندرعباس در طول ۲۰ سال (سال ۲۰۰۰ تا سال ۲۰۲۰) بیش از محدوده‌های دورتر و مرکز شهر دستخوش تغییر شده‌اند. بررسی نقشه‌های کاربری اراضی در این مطالعه نشان داد که روند تغییرات و گسترش شهر بندرعباس از یک روند یکنواخت تبعیت نمی‌کند و ازلحاظ تغییرات دارای نوسانات است. رشد شهر به خارج از محدوده، در قسمت جنوبی با توجه به این‌که در این قسمت یک محدوده عمده به‌عنوان دریا وجود دارد که امکان گسترش در این نواحی بسیار کم است؛ بااین‌وجود تا حد امکان رشد شهر در حاشیه جنوبی به دلیل تصمیمات دولت برای رشد گردشگری و همچنین تجارت دریایی باعث گسترش سازه‌های انسانی در این محدوده شده است. در طرف مقابل، در نواحی شمال شهر بندرعباس به دلیل وجود امکان توسعه شهر، در طول دوره مطالعه به‌طور پیوسته به این نواحی پیراشهری چنگ‌اندازی شده است. نکته‌ای که بایستی به‌طور ویژه بدان توجه کرد، که فعالیت‌های سوداگرانه بازار زمین باعث شده است که رشد شهر در شمال شهر پیشروی زیادی داشته باشد.

در یک جمع‌بندی نهایی می‌توان چنین مطرح نمود، توسعه بیشتر شهر بندرعباس به‌صورت پراکنده و خودجوش بوده و باعث تغییرات کاربری اراضی به‌صورت گسترده شده است. ساخت‌وسازهای صورت گرفته در اطراف دریا و مناطق خوش آب‌وهوا باعث پیدایش گسترش شهر به‌صورت ناهمگون و نامتجانس شده است. در بیشتر مواقع این روند نامنسجم به‌اندازه‌ای زیاد بوده که تغییرات قابل‌ملاحظه‌ای را در رابطه با تغییرات اراضی کشاورزی ایجاد کرده است، و به صورت کلی ساخت‌وسازهای شهری بندرعباس و روند توسعه این شهر باعث خزش شهر و تغییرات کاربری اراضی کشاورزی و تبدیل این اراضی به کاربری مصرفی و خدماتی شده است. درنهایت نتایج پژوهش با مطالعات، کاماسوکا و همکارش (۲۰۱۸)، بارور و ریبر (۲۰۱۸)، زمانی و سیدرضی (۱۴۰۱)، اسماعیلی و ایلانلو (۱۴۰۱)، مبنی بر استفاده از مدل جنگل تصادفی و مارکوف برای شبیه‌سازی رشد شهری همخوانی و مطابقت دارد. همچنین با مطالعات امانپور و همکاران (۱۳۹۹)، کمالی‌باغراهی و همکاران (۱۴۰۱)، توکلی و نعیم‌آبادی (۱۳۹۸)، مبنی بر کاهش اراضی کشاورزی و پوشش گیاهی در اثر تغییرات کاربری اراضی، مطابقت دارد. درنهایت در راستای نتایج به‌دست‌آمده، راهکارهای ذیل نیز پیشنهاد شد:

- هدایت سمت توسعه شهر در جهانی غیر از زمین‌های کشاورزی در اطراف مناطق پیراشهری، ازآنجاکه توسعه فیزیکی شهر بندرعباس اجتناب‌ناپذیر است و با ورود جمعیت به شهر، گسترش فیزیکی شهر نیز ضرورت می‌یابد، باید سعی گردد توسعه شهر به سمتی هدایت گردد که زمین‌های مرغوب کشاورزی در این فرایند نابود نشود؛ و
- استفاده از زمین‌های بایر و خالی موجود در داخل شهر، با توجه به مزایای استفاده از این زمین‌ها، باید به استفاده از این زمین‌ها در توسعه‌های آینده شهر اولویت داده شود.

منابع

- امان‌پور، سعید. علیزاده، مهدی. دامن باغ، صفیه. ۱۳۹۹. **شناسایی و تحلیل الگوی گسترش کلان‌شهر اهواز در بازه زمانی ۱۳۶۰ تا ۱۴۰۰.** مطالعات توسعه پایدار شهری و منطقه‌ای. دوره ۱. شماره ۱. صص ۷۷-۹۶.

- اسماعیلی، فاطمه.ایلانلو، مریم. ۱۴۰۰. **مدلسازی تغییرات کاربری اراضی بر پایه زنجیره مارکوف درروش lcm رامهرمز**.آمایش محیط. شماره ۵۴.
- توکلی، مرتضی. نعیم‌آبادی، نازنین. ۱۳۹۸. **خزش شهری و تغییرات کاربری اراضی فضاهای پیراشهری نیشابور**. مجله توسعه فضاهای پیراشهری. سال اول. شماره دوم. صص ۱۵۱-۱۶۵.
- ثروتی، محمدرضا. ۱۳۸۳. **تنگناهای طبیعی توسعه شهر لار (جنوب استان فارس)**. جغرافیای سرزمین، دوره ۱۱. شماره ۴. صص ۳-۲۲.
- حیدریان ، پیمان، رنگزن، کاظم، ملکی، سعید، نقی‌زاده، ایوب. ۱۳۹۳. **تلفیق تکنیک های سنجش‌ازدور و مدل LCM بارویکرد مدل‌سازی توسعه شهری نمونه موردی: کلان‌شهر تهران**، مطالعات جغرافیایی مناطق خشک، پاییز۹۳، شماره هفدهم، صص۸۷-۱۰۰ .
- رهنما، محمد رحیم. عباس‌زادگان، غلامرضا. ۱۳۸۷. **اصول، مبانی و مدل‌های سنجش فرم کالبدی شهر**، نشر جهاد دانشگاهی مشهد.
- شکویی، حسین. ۱۳۸۲. **دیدگاه‌های نو در جغرافیای شهری**، تهران: انتشارات سمت.
- علمی‌زاده، هیوا. ۱۳۸۸. **کاربرد ژئومورفولوژی در توسعه و محدودیت شهر کرج**. فصلنامه سپهر. ۱۸ (۷۱). صص ۶۷-۶۳.
- فاضلی فارسانی، آرش.، قضاوی، رضا.، و فرزانه، محمدرضا. ۱۳۹۴. **بررسی عملکرد الگوریتم‌های طبقه‌بندی کاربری اراضی با استفاده از تکنیک‌های ادغام تصاویر (مطالعهٔ موردی: زیرحوزه بهشت‌آباد)**. سنجش‌ازدور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی. ۶(۱)، صص ۹۱-۱۰۶.
- فردوسی، بهرام. ۱۳۸۴. **امکان‌سنجی و کاربرد سیستم پشتیبانی تصمیم‌گیری در توسعه فیزیکی شهر، نمونه موردی سنندج**. پایان‌نامه ارشد، تهران. دانشگاه تربیت مدرس.
- کمالی‌باغراهی، اسماعیل. سمندری، امید. صیدبیگی، صادق. سرحدی، مرتضی. ۱۴۰۱. **آینده‌پژوهی تعیین اراضی بالقوه جهت توسعه شهری و ارائه الگوی بهینه توسعه شهر کرمان**. نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، سال ۲۲. شماره ۶۵.
- محمدزاده‌خانی، سیما. خاکپور، براتعلی. مداحی، سید مهدی. ۱۳۹۹. **مکان‌یابی بهینه توسعه فیزیکی شهر بجنورد با استفاده از نرم‌افزار GIS و روش تحلیل شبکه‌ای**. مجله جغرافیا و توسعه فضای شهری. سال ۷. شماره ۱. شماره پیاپی ۱۲.
- میرزاحسین، حمید. زمانی، امیرحسین. ۱۴۰۰.**مروری بر کاربرد روش‌های یادگیری ماشین و عامل مبنا در برنامه‌ریزی کاربری زمین**. نشریه علمی علوم و فنون نقشه‌برداری، دوره یازدهم ، شماره۲، آذرماه.
- نصیری‌هندخاله. اسماعیل؛ امیرانتخابی. شهرام؛ تاج. سروش .۱۴۰۰. **پایش زیست‌پذیری سکونتگاه‌های ناکارآمد پیراشهری کلانشهر رشت مورد محله عینک**. مجله توسعه فضاهای پیراشهری. دوره ۳ . شماره۶ . صص ۱۲۹-۱.
- نوفل، سید علیرضا. کلبادی، پارین. ۱۳۹۲. **باز توسعه زمین‌های قهوه‌ای، رهیافتی به‌سوی توسعه محلی پایدار**. نشریه علمی-پژوهشی انجمن علمی معماری و شهرسازی ایران. ۵. صص ۱۳۳-۱۴۶.
- Alhedyan, M. A. 2021. **Change detection of land use and land cover**, using landsat-8 and sentinel-2A images (Doctoral dissertation, University of Leicester).120-145.
- Kaya, S., & Curran, P. J. 2006. **Monitoring urban growth on the European side of the Istanbul metropolitan area: A case study.** International Journal of Applied Earth Observation and Geo information, 8(1) : 18 -25.

- Batisani, N., & Yarnal, B. 2009. **Urban expansion in Centre County, Pennsylvania: Spatial dynamics and landscape transformations**. Applied Geography, 29(2) : 235 -249 .
- Breiman, Leo. Friedman, Jerome; Olshen, Richard A, and Stone, Charles J. 1984. **Classification and regression trees Chapman and Hall**. New York.
- C.kamusoko, J.Gamba .2018. **Simulating urban growth using o random forest –cellular automata**. Journal of geo information.
- Esri .2011. **GIS for urban and regional planning**, 68p.
- Guan, Qingfeng. Wang, Liming; and Clarke, C. Keith.2005. **An artificial-neural-network-based, constrained CA model for simulating urban growth**. Cartography and Geographic Information Science, 32(4): 369-380.
- Gutman, Garik. Janetos, Anthony. C., Justice, Christopher. O., Moran, Emilio. F., Mustard, John. F., Rindfuss, Ronald. R., Skole, David. Turner, Billy Lee., Cochrane, Mark. A.2004. **remote sensing and digital image processing**, Volume 6, land change science: observing, monitoring and understanding trajectories of change on the earth's surface, Springer.
- Hadly, C. C.2000. "**Urban sprawl Indicators, Causes and solution**", WWW. CITY. BLOMINGTON.
- Hall, Tim.2005. **urban geograghy, 3rd edition, regional planning**, routledgem London.
- Jaeger, J. A., Bertiller, R., Schwick, C., & Kienast, F. 2010. **Suitability criteria for measures of urban sprawl**. Ecological Indicators, 10(2): 397 -406.
- Jamali; A. Zarekia; S and Randhir' O.T .2018.**Risk assessment of sand dune disaster in realation to geomorphic properties and vuluerability in the saduq YAZD Erg**. Applied ecology and environmental research.16 (1)' 579-590.
- Law, Stephen. Seresinhe, Chanuki Illushka; Shen, Yao. and Gutierrez-Roig, Mario.2020. **Street-Frontage-Net: urban image classification using deep convolutional neural networks.** International Journal of Geographical Information Science, 34(4): 681-707.
- Maleki, M., Rahmati, M., Sadidi, J., & Babaee, E. .2014., (November). **Landslide risk zonation using AHP method and GIS in Malaverd catchment, Kermanshah**, Iran. In International Conference on Geospatial Information Research (GI Research 2014) (pp. 15-17).
- Murgante, B., Borruso, G., Lapucci, A.2009. **Geocomputation and Urban Planning**, Springer, 280 p.
- Netzband, M., W. L. Stefanov, and C. Redman.2007**. Applied Remote Sensing for Urban Planning**, Governance and Sustainability, Springer, Berlin, 278 p.
- Yang, X., J. Li.2013.**Advances in mapping from remote sensor imagery: techniques and applications**, CRC Press, Taylor & Francis Group, 414 p.
- Zare Naghadehi, S., Asadi, M., Maleki, M., Tavakkoli-Sabour, S. M., Van Genderen, J. L., & Saleh, S. S. 2021. **Prediction of Urban Area Expansion with Implementation of MLC, SAM and SVMs' Classifiers Incorporating Artificial Neural Network Using Landsat Data**. ISPRS International Journal of Geo-Information, 10(8), 513.