



آینده توسعه فضایی شهر و پیراشهر بندرعباس

دریافت مقاله: ۱۴۰۱/۱۱/۱۴

پذیرش نهایی: ۱۴۰۲/۰۱/۱۴

صفحات: ۲۳۷-۲۳۷

ریحانه مداحی؛ دانشجوی دکتری جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، واحد یزد، دانشگاه آزاد اسلامی، یزد، ایران.
سید علی المدرسی؛ دانشیار گروه سنجش از دور و GIS، واحد یزد، دانشگاه آزاد اسلامی، یزد، ایران.
علی اکبر 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 انجام شده است. روش تحقیق به صورت کمی و از لحاظ گردآوری اطلاعات به صورت توصیفی و تحلیلی می‌باشد. ابتدا برای تهیه نقشه کاربری اراضی شهر بندرعباس و حومه از تصاویر لندست استفاده شد. تصاویر مورد استفاده در این پژوهش شامل تصاویر مهر و موم‌های ۲۰۰۰، ۲۰۰۵، ۲۰۱۰، ۲۰۱۵ و ۲۰۲۰ بود، و به منظور تجزیه و تحلیل اطلاعات از مدل‌های AHP-FUZZY، CA-MARKOV و در نهایت از مدل RANDOM FOREST استفاده شد. نتایج نشان داد که سطوح ساخته شده، آب و سنگلاخی در سال‌های مورد مطالعه به طور مستمر افزایش یافته‌اند و سطوح دارای پوشش گیاهی و اراضی مرطوب کاهش پیدا کرده‌اند. بیشترین تغییرات محیطی در بازه زمانی ۲۰۰۰-۲۰۰۵ رخ داده است و کمترین تغییر در دوره‌های زمانی ۲۰۱۵-۲۰۲۰ بوده است. همچنین قابل ذکر است، کمترین رشد شهری در دوره‌های زمانی ۲۰۰۰-۲۰۰۵ و بیشترین رشد در دوره‌های زمانی ۲۰۱۰-۲۰۱۵ بوده است. همچنین بیشترین تغییرات تبدیل به اراضی سنگلاخی و کمترین تغییرات مربوط به زمین‌های مرطوب بود. در نهایت، براساس نقشه پیش‌بینی سال ۲۰۲۵، بیشترین رشد شهر در شمال شرق و جنوب غرب است.

واژه‌های

کلیدی:

توسعه فضایی،
فضاهای
پیراشهری،
بندرعباس.

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. (۹): ۲۳۷-۲۳۷.



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 (Netzbant 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 در واقع 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 از جمله 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)، از این‌رو 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 به شدت تحت تأثیر فضاهای شهری قرار دارد. این گونه فضاهای سکونتی "پیراشهر" نامیده می‌شود (دانشپور و همکاران، ۱۳۹۵: ۱۰). در واقع، 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 از آنجایی که ناپایداری توسعه جوامع بشری در دو قرن اخیر (پس از انقلاب صنعتی) و پیامدهای زیان‌بار آن که تابعی از متغیرهای جمعیت، سرانه و الگوی مصرف می‌باشد، توجه به اصل پایداری هر چه بیشتر مورد سؤال قرار می‌گیرد (Hall, 2005). در واقع، تفکر امروز در توسعه شهری این است که شهرها باید هر اندازه 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 و همکاران، ۱۴۰۰: ۵۰). در این راستا، از آنجایی که 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 از لحاظ نوع و میزان تغییرات در طی زمان به‌منظور کمک به برنامه‌ریزان و تصمیم‌گیران در برنامه‌ریزی شهری آینده ضروری است (Murgante et al, 2009: 209).

از این رو 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. در این بین، مسئله‌ای که در این تحقیق مورد بررسی قرار گرفته 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 محدودیت‌های 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 ۰/۸ مدل 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، تجزیه و تحلیل تغییرات محیط‌زیست شهری با استفاده از پراکنندگی 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 پیدا کرده است و مناطق شهری افزایش چشم‌گیری داشته که بیشترین میزان استفاده و تغییرات زمین در سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۶ اتفاق افتاده است و با استفاده از مدل‌سازی تغییرات آینده بیشترین میزان تغییرات در محدوده شمال و غرب تهران اتفاق افتاده است.

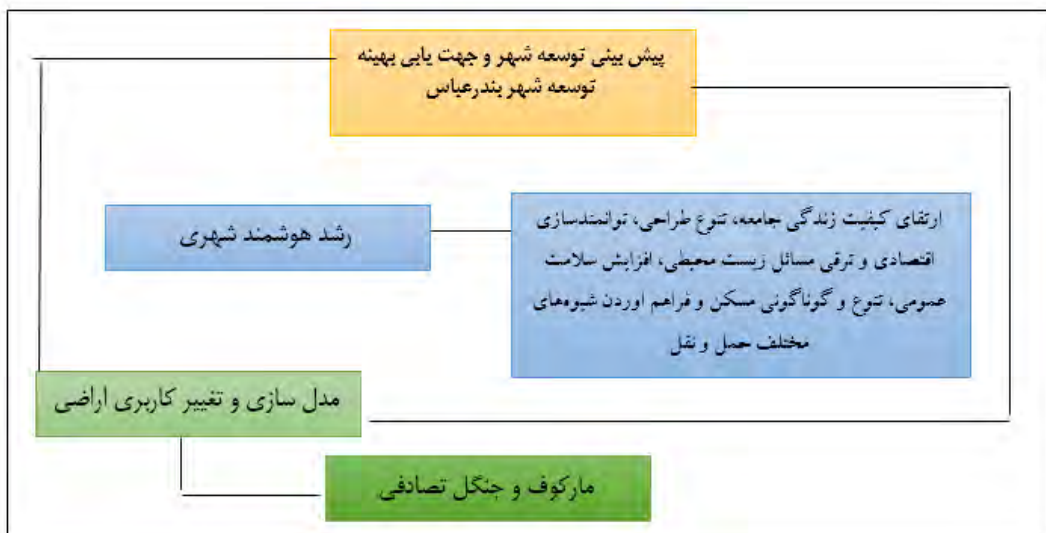
توکلی و نعیم‌آبادی (۱۳۹۸)، در پژوهشی تحت عنوان، خزش شهری و تغییرات کاربری اراضی فضاهای پیراشهری نیشابور، به این نتایج دست یافتند، روستاهای پیراشهری در نتیجه روند توسعه شهری، به محله‌های شهری ادغام شده‌اند، و همچنین روند توسعه شهری به‌اندازه‌ای زیاد بوده که تغییرات قابل ملاحظه‌ای در رابطه با تغییرات اراضی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

بجنورد با استفاده از نرم افزار 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 تغییر یافته در روند گسترش فیزیکی کلان‌شهر اهواز بوده است. همچنین نتایج نشان داد، بهترین مکان در محدوده‌ی بلافضل 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 بر پایه زنجیره مارکوف در روش Icm (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 از جمله 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 غیرقابل اجتناب 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 سیاست‌های شهرسازی، مسائل اقتصادی-اجتماعی و زیست‌محیطی بسیاری از مناطق شهری را تحت تأثیر قرار می‌دهد (نوفل و کلبادی، ۱۳۹۲: ۱۳۳). در واقع، 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 تنسيق فیزیکی متعادل و موزون فضا‌های شهری نخواهد انجامید و در نتیجه 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). در عین حال افزایش سریع

پراکندگی شهری، اثرات زیانباری در محیط بر جای می‌گذارد (Jaeger and et al, 2010: 340). علیرغم اینکه یافته‌های 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 به‌طور کلی رشد شهر به‌صورت یک فرایند دوگانه گسترش بیرونی و رشد فیزیکی سریع یا رشد درونی و سازمان‌دهی مجدد است. هر کدام از این دو روش کالید 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 مسکن با تراکم کم و توسعه‌های توارری 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 در نتیجه 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 به‌طور کلی 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 انتقال پوشش زمین باشد. همه انتقالات زیر مدل (زیر مدل انتقالات) باید قبل از انجام پیش‌بینی و مدل‌سازی شوند (گوبین و همکاران، ۲۰۰۵). مدل مارکوف برای شبیه‌سازی رشد شهری سادگی، انعطاف‌پذیری و برخورداری از قابلیت درک شهودی و شفافیت و مخصوصاً برخورداری از توانایی مواجه شدن 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 فرآیندها 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).



شکل ۱. مدل مفهومی پژوهش

روش‌شناسی

پژوهش حاضر از نظر هدف کاربردی، و از نظر 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 مورد استفاده در این پژوهش شامل تصاویر سال‌های ۲۰۰۰، ۲۰۰۵، ۲۰۱۰، ۲۰۱۵ و ۲۰۲۰ بود. برای این منظور، ابتدا پردازش‌های 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 و تصحیح رادیومتریک دارد که برای تصحیح هندسی از روش تطبیق هیستوگرام استفاده شد (الهدیان ۲۰۲۲). برای تصحیح اتمسفری تصاویر استفاده شده الگوریتم FLAASH بکار برده شد (ونگ و همکاران، ۲۰۱۹). برای تصحیح خطوط جا افتاده تصاویر سال ۲۰۰۵ و ۲۰۱۰ از اکستنشن Landsat gap fill در نرم‌افزار ENVI 5.3 و روش Single file gap fill استفاده شد (بارسی، ۲۰۰۵). برای تلفیق تصاویر و افزایش توان تفکیک مکانی، از تکنیک GS (Schmidt-Gram) استفاده شد (فاضلی‌فارسانی و همکاران، ۱۳۹۷: ۹۵). در مرحله طبقه‌بندی تصاویر برای شش کاربری اراضی ساخته شده، 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: ۲۰۰۰: ۲۵۰۰). 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 مورد استفاده قرار گرفت. در نهایت؛ پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی در سال ۲۰۲۵ با استفاده از زنجیره

¹ image registration

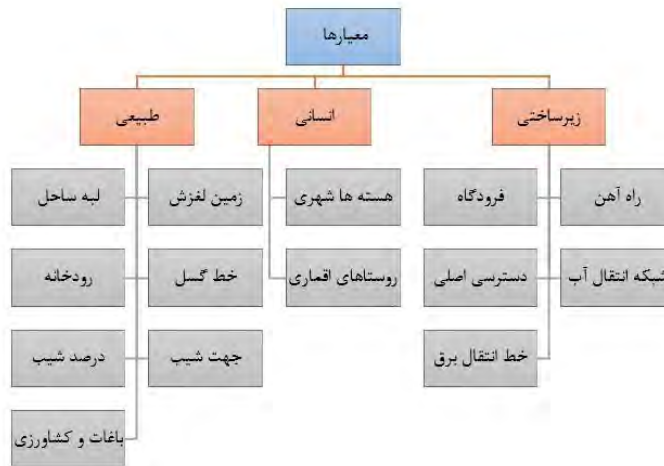
^۲Alhedyan, 2021

^۳Wang et al., 2019

^۴Barsi

^۵Zare Naghadehi et al., 2021

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

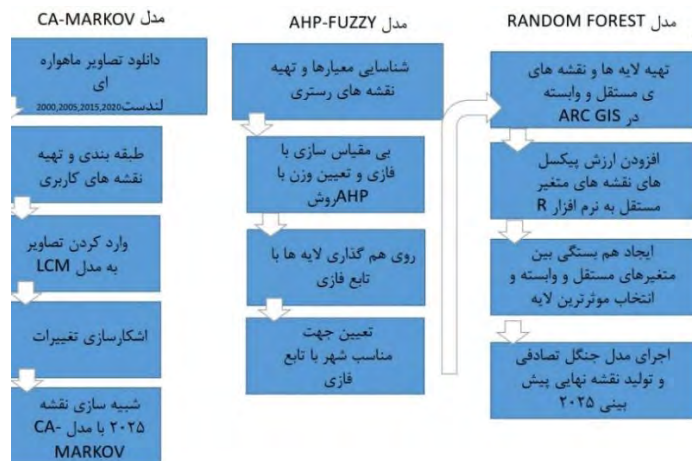


شکل ۲. شاخص‌های پژوهش در سه دسته طبیعی، انسانی و زیرساختی

سپس با استفاده از روش AHP وزن معیارها مشخص گردید (ملکی و همکاران، ۲۰۱۴: ۵). 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 معرفی شده 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 product خواهد بود (رنجبر ۱۳۸۷). در این پژوهش از عملگر گامای فازی استفاده شده 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 مورد استفاده قرار گرفتند. برای این موضوع از مدل جنگل تصادفی استفاده شد که در حال حاضر یکی از بهترین الگوریتم‌های یادگیری است (بریمان، ۲۰۰۱). شکل (۳)، فرایند پژوهش به‌طور کامل ترسیم شده است.

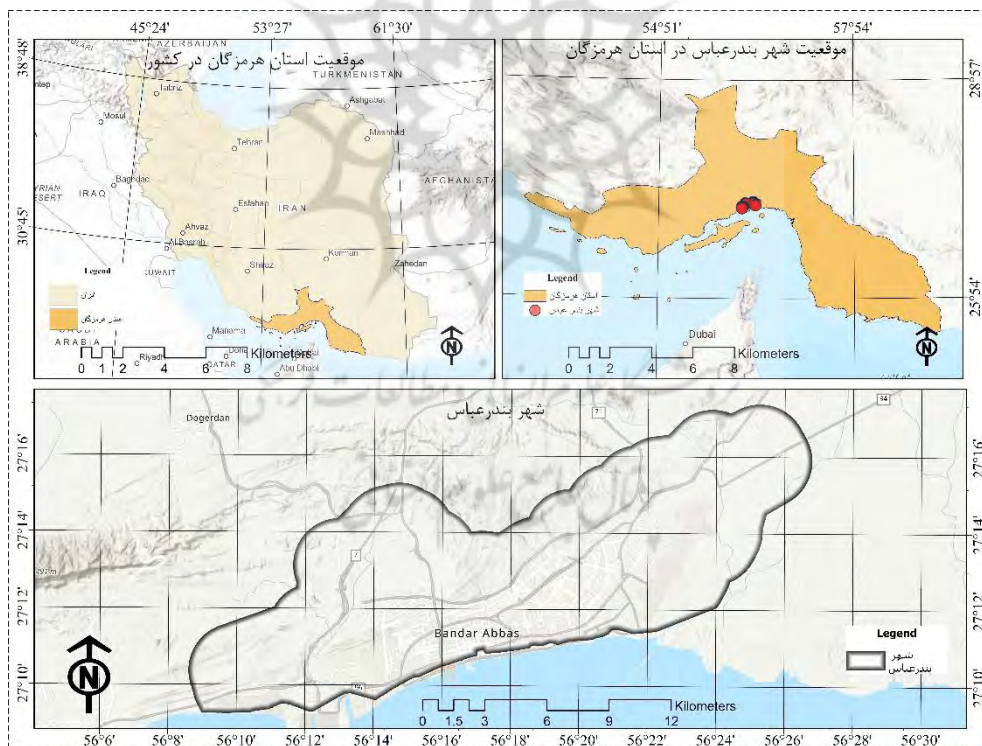
^۱Maleki et al., 2020

^۲Breiman, 2001



شکل ۳. فرایند پژوهش

شهر بندرعباس در جنوب استان هرمزگان واقع شده است، و در حدفاصل بین مختصات جغرافیایی ۲۷ درجه و ۱۸ دقیقه شمالی ۵۶ درجه و ۲۷ دقیقه شرقی از نصف النهار گرینویچ واقع شده 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 مورد مطالعه

یافته‌های پژوهش

هدف اصلی پژوهش، ارزیابی صحت تصاویر طبقه‌بندی شده است، که کاربر بداند تا چه اندازه‌ای می‌تواند به نقشه‌های به‌دست آمده اعتماد کند و همچنین به دنبال این بررسی است که برنامه‌ریزان و مدیران تا چه اندازه می‌توانند در

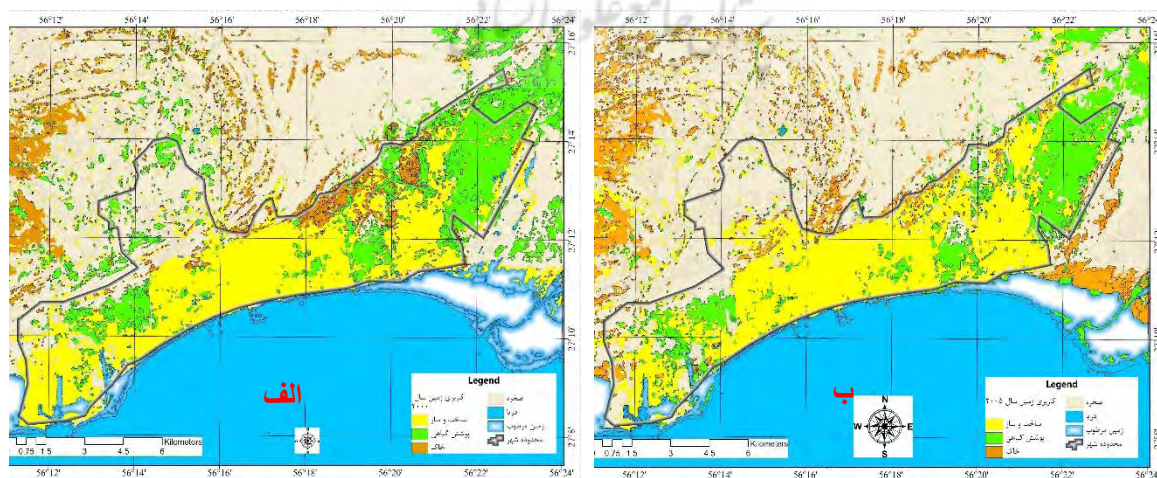
تصمیم‌گیری‌های آتی از این نقشه‌ها استفاده کنند. در این راستا، با توجه به نتایج صحت به‌دست‌آمده، نقشه‌های کاربری/پوشش زمین هم‌از لحاظ پژوهشانی و هم‌کاربردی قابل‌استناد هستند. جدول (۱)، نتایج ارزیابی صحت نقشه‌های تولیدشده را نشان می‌دهد. مطابق این جدول چهار پارامتر برای صحت کلی، ضریب کاپا، صحت تولیدکننده و صحت مصرف‌کننده ارائه شده 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

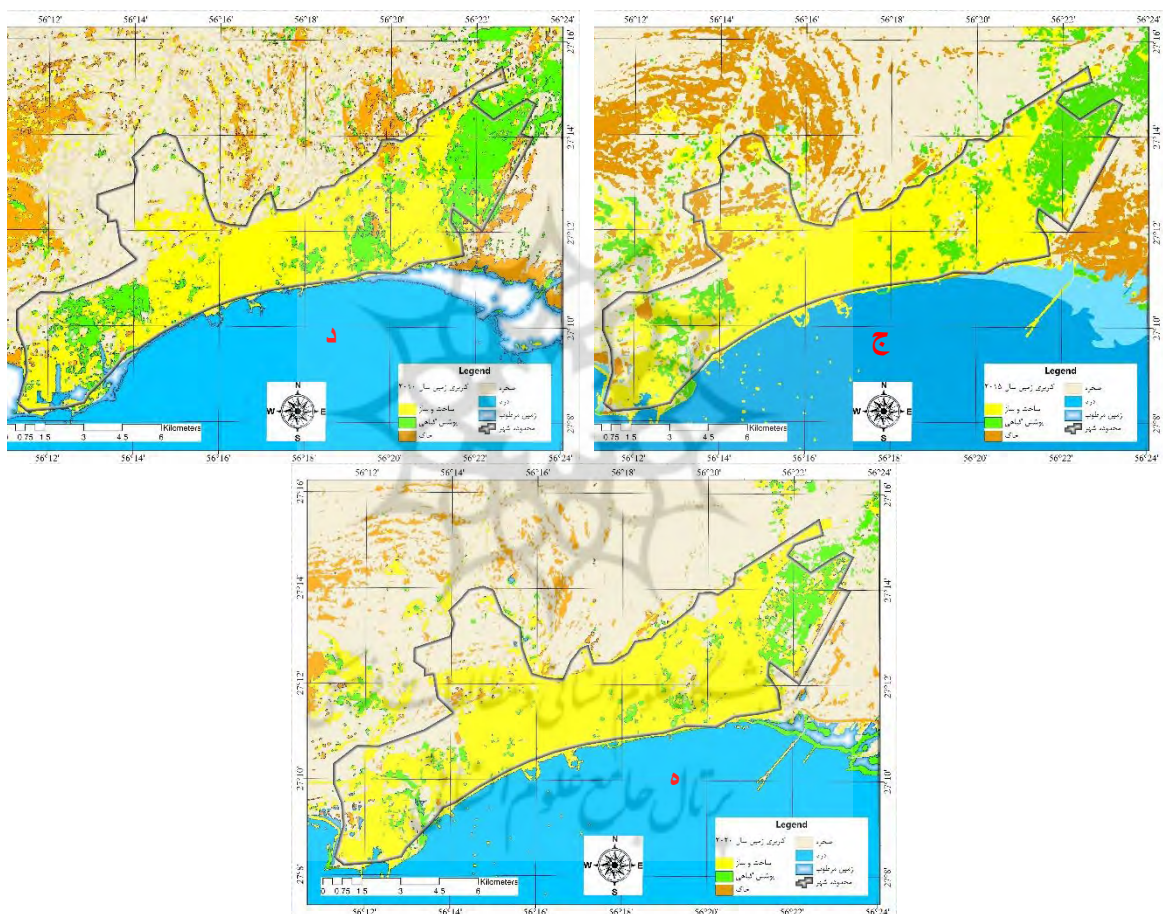
منبع: یافته‌های تحقیق، ۱۴۰۱

مطابق شکل (۵)؛ در سال ۲۰۰۰ میلادی، بیشترین سطح مربوط به مناطق صخره‌ای و سنگلاخی با مساحت ۱۵۳۷۵ هکتار از پوشش منطقه مورد مطالعه بوده است، در رتبه بعد آب با مساحت ۱۳۳۶۴ هکتار 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 به صورت 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 (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 شکل گرفته 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 قابل توجهی داشته است. در این سال فضاهای سبز و پوشش گیاهی نیز نسبت به دوره‌های پیشین کاهش یافته 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 ۲۰۰۵-۲۰۰۰، 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

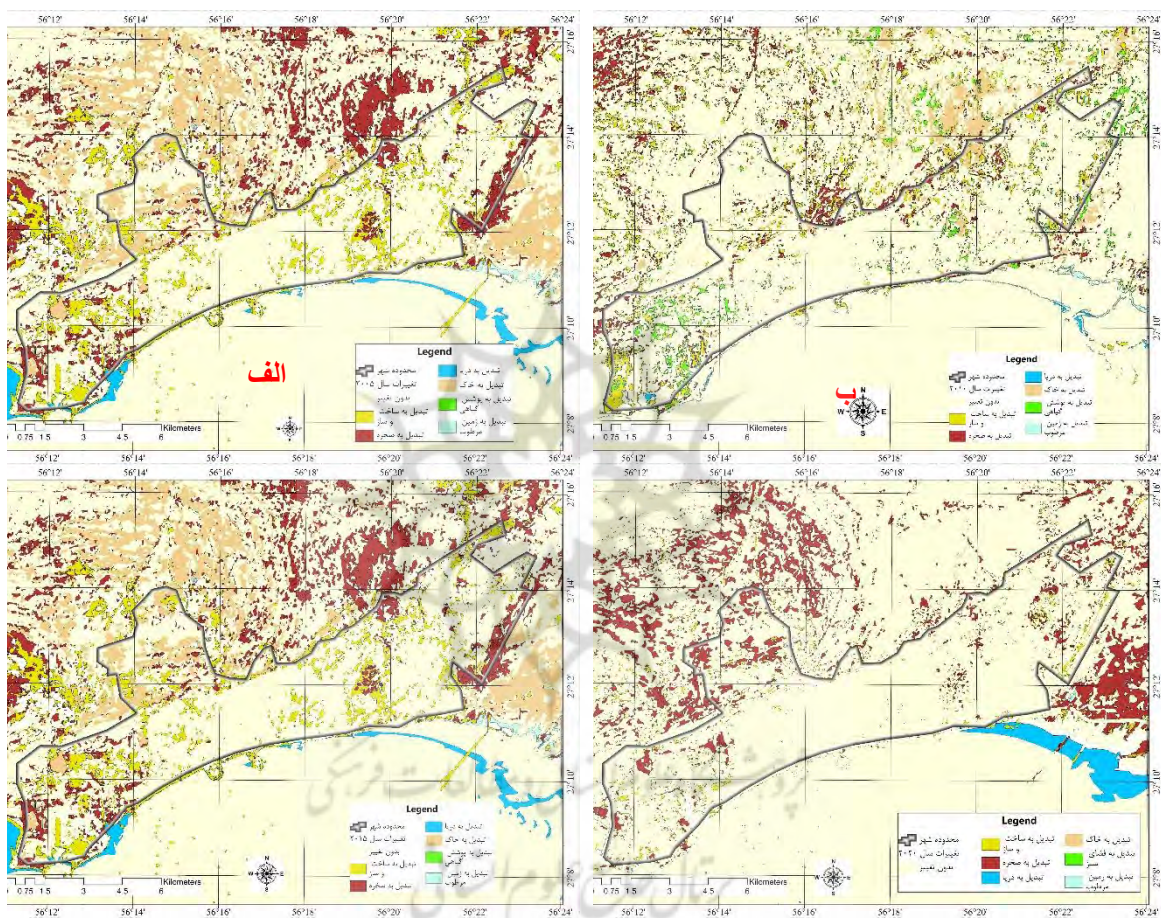
جایگزین شده است. به طور کلی تغییرات شدید و غیرمنطقی کاربری زمین در طی سال‌های موردبررسی، نقش جریان‌های پنهان، زمین‌خواری، انتقال غیرقانونی زمین‌های دولتی، تعارضات زمین، معاملات غیررسمی زمین، عدم مدیریت به موقع تغییرات، وجود قوانین متزلزل شهری، عدم حمایت جامع و کافی از شهرداری بندرعباس را مشخص می‌نماید. در سال ۲۰۱۵ میلادی مطابق شکل (۶)، نکته قابل توجه کاهش پوشش گیاهی و افزایش اراضی ساخته شده 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 استقرار یافته ولی به مرور زمان همراه با گسترش روستاها و تبدیل آن‌ها به شهر و سپس توسعه شهر، اراضی مرغوب زیر پیکر شهر مدفون شده و فعالیت‌های زراعی ناگزیر به سمت اراضی نامرغوب عقب‌نشسته 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، در این بین 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 ساخته شده با ۷۹۷۶ هکتار، نسبت به دوره‌های پیشین روند افزایشی داشته است. به طور کلی روند تغییرات نشان‌دهنده کاهش قابل توجه 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 به شدت 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 بیان شده است. مطابق این جدول سطوح ساخته شده، آب و سنگلاخی به طور مستمر افزایش یافته‌اند و سطوح دارای پوشش گیاهی و اراضی مرطوب کاهش پیدا کرده‌اند. براساس این جدول، بیشترین رشد شهر در بازه زمانی ۲۰۰۰-۲۰۰۵ اتفاق افتاده است؛ در این بازه زمانی مناطق سنگی و بخصوص پوشش گیاهی کاهش یافته 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
ساخته شده	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 ایجاد شده، 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 زمین‌های سنگلاخی و سپس زمین‌های خاکی بوده‌اند، و کمترین تغییرات را طبقه آب مواجهه بوده است. در این مقطع رشد شهری بیشتر در حاشیه غربی رخ داده است که از لحاظ 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 ساخته شده و در رتبه بعدی آب ایجاد شده است. نکته قابل توجه در این تغییرات افزایش درصد قابل توجه تغییرات در کاربری آب می‌باشد که نشان‌دهنده این است که در این دوره از سال ۲۰۱۵ تا سال ۲۰۲۰ ساخت‌وساز در دریا افزایش یافته است؛ این مسئله می‌تواند نشأت گرفته از توجه دولت به سواحل و بندرگاه‌ها برای گردشگری و تجارت ساحلی باشد.

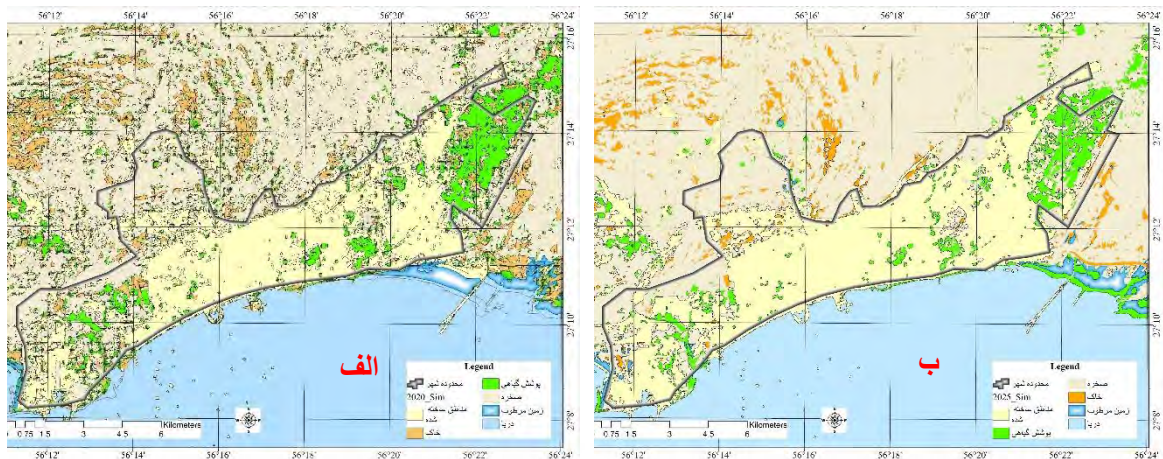
در ادامه نیز، جدول ۳ تغییرات هر یک از طبقات پوشش زمین به اراضی ساخته شده در بازه زمانی ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۰ را نشان می‌دهد. مطابق این جدول بیشترین تغییرات محیطی در بازه زمانی ۲۰۰۰-۲۰۰۵ رخ داده است و کمترین تغییر در دوره ۲۰۱۵-۲۰۲۰ بوده است. بیشترین رشد شهری در دوره ۲۰۰۰-۲۰۰۵ و کمترین رشد در دوره ۲۰۱۰-۲۰۱۵ بوده 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 رخ داده است و بیانگر آماده شدن زمین برای ساخت‌وساز آتی است. دومین موردی که در این خصوص می‌توان بیان کرد؛ این نکته است که به‌عنوان مثال چرا درصد تبدیل به ساخته شده (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 ساخته شده در بازه زمانی ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۰

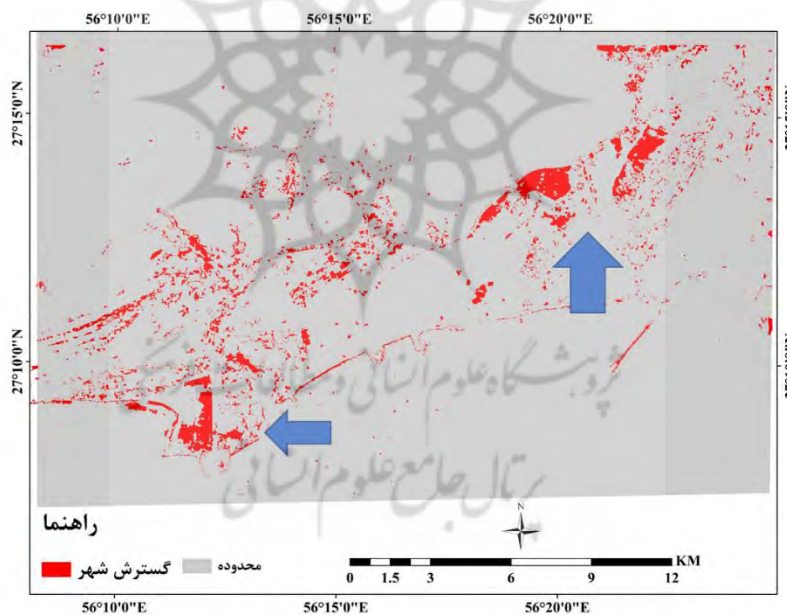
تبدیل کاربری / دوره	۲۰۰۰ تا ۲۰۰۵ % برحسب	۲۰۰۵ تا ۲۰۱۰ % برحسب	۲۰۱۰ تا ۲۰۱۵ % برحسب	۲۰۱۵ تا ۲۰۲۰ % برحسب
ساخته شده	۲/۷۶	۱/۸۱	۱/۳۷	۱/۵۶
زمین خاک	۷/۲۱	۲/۳۸	۲/۶۶	۰/۲۷
پوشش گیاهی	۰/۷۳	۱/۳۸	۱/۵۵	۰/۷۳
زمین سنگلاخی و سنگ	۹/۸۲	۶/۷۹	۷/۵۸	۹/۵۱
اراضی مرطوب	۰/۱۳	۰/۱۳	۰/۵	۰/۱۲
آب	۱/۳۳	۰/۱۹	۰/۲۱	۱/۲۹
اراضی بدون تغییر	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 مورد مطالعه، 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.



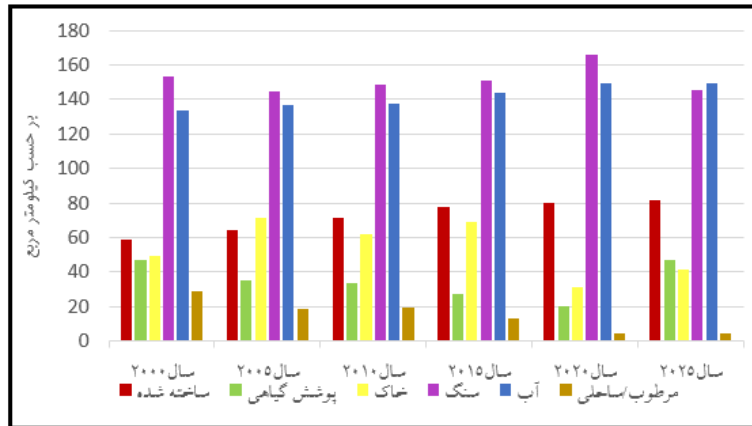
شکل ۸. نتایج شبیه‌سازی برای سال ۲۰۲۰-۲۰۲۵



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 به‌دست آمده، می‌توان گفت در آینده شهر بندرعباس 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 به خوبی نشان می‌دهد که در طی دوره ۲۵ بر مساحت مناطق ساخته شده افزوده شده 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	زمین لغزش	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	راه آهن	۰/۰۴	گسل	۰/۰۵۷	مسیل	۰/۰۷۱

برای تعیین جهت توسعه فیزیکی باید تا حد امکان توسعه را به صورت 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 به عنوان یک شاخص مثبت در نظر گرفته شده است، به این صورت که هر چه از محدوده فعلی شهر فاصله گرفته می‌شود ارزش آن برای توسعه شهر کاسته می‌شود و نرمال‌سازی آن به صورت فازی خطی کاهش می‌یابد. پهنه‌های صنعتی به دلیل آلودگی هوا و صوتی که ایجاد می‌کنند خصوصاً در صورتی که باد غالب به سمت شهر باشد این مشکل به صورت 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 به عنوان یک عامل بازدارنده نگاه کرد.

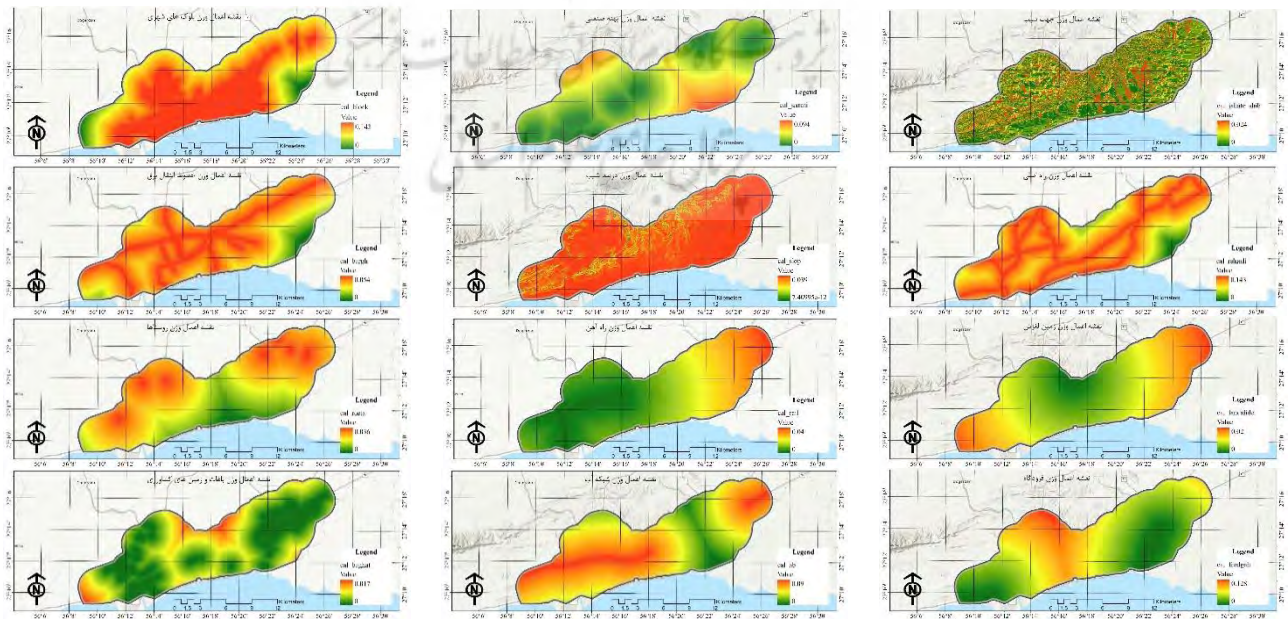
در این پژوهش هم جهت نرمال‌سازی این شاخص از روش فازی خطی افزایشی استفاده شده که فاصله گرفتن از این پهنه‌ها ارزش بیشتری برای تعیین جهت توسعه شهر دارد. در مسائل برنامه‌ریزی و طراحی شهری باید تا حد امکان از انرژی‌های طبیعی بهره برد این مورد خصوصاً در شهرهای جنوبی مثل بندرعباس به صورت پررنگ‌تری خود را نشان 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. به صورت کلی برای ایران جهت جنوب به عنوان بهترین جهت در نظر گرفته شده 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 به عنوان یک شاخص مثبت در نظر گرفته شده برای نرمال‌سازی آن هم از فازی خطی کاهش‌ی استفاده شد.

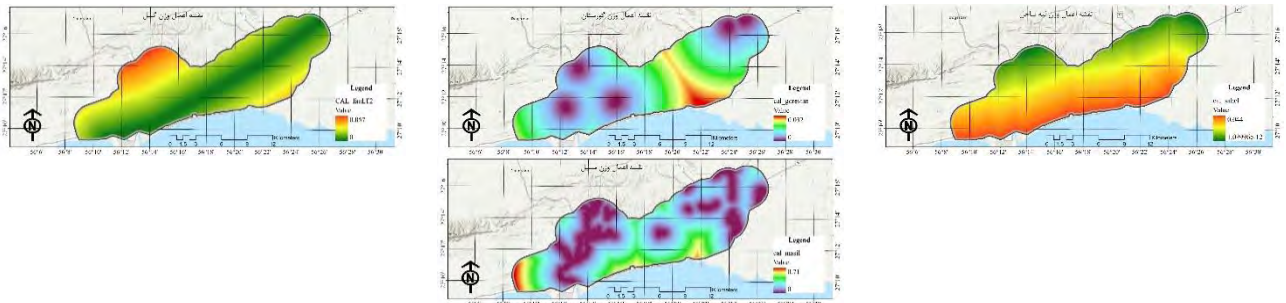
شیب زمین در اغلب شهرها به عنوان یک عامل محدودکننده توسعه عمل کرده است و باعث تشکیل هسته‌های منفصل شهری در بعضی از شهرها شده اما شهرهای با شیب مناسب می‌توانند داری ساختار فضایی مناسب باشند و طبق برنامه‌ریزی صورت گرفته براساس یکی از اشکال خطی، حلقوی، شطرنجی، و... توسعه پیدا کنند و بافت آن‌ها نیز منسجم 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 سمت وسوی آن می‌شود زیر دسترسی مهم‌ترین عامل برای یک سکونتگاه انسانی است. در این پژوهش هم شبکه دسترسی به عنوان عاملی مثبت است و هر چه به شبکه دسترسی نزدیک‌تر ارزش آن برای تعیین جهت توسعه شهر بیشتر است برای نرمال‌سازی آن هم از فازی خطی کاهش‌ی استفاده شد. همچنین قابل ذکر است، در حریم یک کیلومتری شهر بندرعباس ۸ روستا واقع شده‌اند که در دهه‌های آینده ممکن است شهر به سمت وسوی این روستا کشیده شود، اما باید این اتفاق طبق برنامه از پیش تعیین شده اتفاق بیفتد تا بافت‌های ناکارآمد و غیر برنامه‌ریزی شده شکل نگیرد، بر همین اساس این معیار به عنوان 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 به عنوان 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 ثبت شده 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 درحالی که 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.

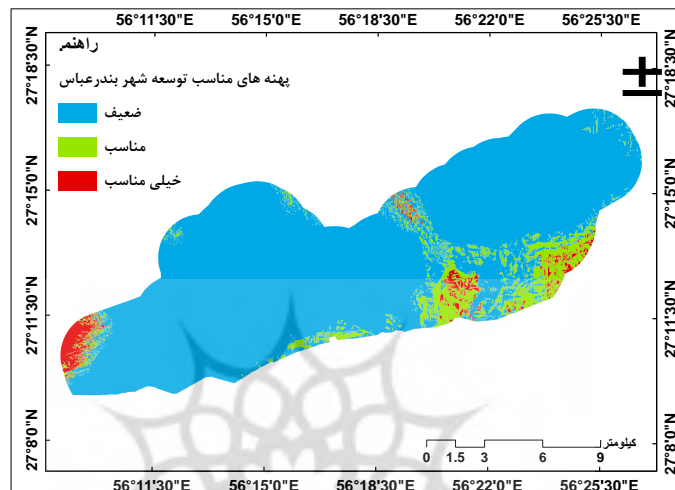
منابع آبی نیز یکی از ضروریات برای هسته‌های مسکونی است که باید جهت تأمین آب شرب ساکنان مورد توجه قرار گیرد. در این پژوهش نیز نزدیکی به شبکه اصلی انتقال آب به‌عنوان عاملی مثبت در نظر گرفته شده است و برای نرمال‌سازی آن از روش فازی خطی کاهشی استفاده شد. فرودگاه از جمله کاربری‌های محدودکننده توسعه شهر است 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 واقع شده است، بر همین اساس این متغیر به‌عنوان عاملی منفی در نظر گرفته شده 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 آن هم 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 قرار گرفته 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 واقع شده است که باید مورد توجه 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 مورد استفاده برای جهت مناسب توسعه شهر بندرعباس



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

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

نتیجه‌گیری

پژوهش حاضر با هدف بررسی، پیش‌بینی و جهت‌یابی پهنه توسعه شهر در حاشیه بندرعباس با استفاده از الگوریتم‌های مارکوف و جنگل تصادفی انجام شده است. در این راستا، نتایج نشان داد که در تمام دوره‌های مورد نظر در پژوهش، کاربری انسان‌ساخت دارای روند افزایشی و کاربری فضای سبز دارای روند کاهشی می‌باشد. همچنین نتایج نشان داد افزایش درصد قابل توجه تغییرات در کاربری آب مشاهده شد، که این گویای ساخت‌وساز شدید در اطراف دریا در سال‌های ۲۰۱۵-۲۰۲۰ است. به‌طور کلی مساحت کاربری ارضی به تفکیک سال‌های مورد مطالعه 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 کاهش یافته 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 ۲۰۰۵ رسیده 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 از لحاظ تغییرات دارای نوسانات است. رشد شهر به خارج از محدوده، در قسمت جنوبی با توجه به این که در این قسمت یک محدوده عمده به‌عنوان دریا وجود دارد که امکان گسترش در این نواحی بسیار کم است؛ با این وجود 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 قابل ملاحظه‌ای را در رابطه با تغییرات اراضی کشاورزی ایجاد کرده است، و به‌صورت 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. در نهایت نتایج پژوهش با مطالعات، کاماسوکا و همکاران (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. در نهایت در راستای نتایج به‌دست‌آمده، راهکارهای ذیل نیز پیشنهاد شد:

- هدایت سمت توسعه شهر در جهانی غیر از زمین‌های کشاورزی در اطراف مناطق پیراشهری، از آنجا که 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. دامن‌باغ، 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 در روش lcm رامهرمز. آمایش محیط. شماره ۵۴.
- توکلی، مرتضی. نعیم آبادی، 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 ۲۲-۳.
- حیدریان، پیمان، رنگزن، کاظم، ملکی، سعید، نقی زاده، ایوب. ۱۳۹۳. تلفیق تکنیک های سنجنش ازدور و مدل LCM بارویکرد مدل سازی توسعه شهری نمونه موردی: کلان شهر تهران، مطالعات جغرافیایی مناطق خشک، پاییز ۹۳، شماره هفدهم، صص ۸۷-۱۰۰.
- رهنما، محمد رحیم. عباس زادگان، غلامرضا. ۱۳۸۷. اصول، مبانی و مدل های سنجنش فرم کالبدی شهر، نشر جهاد دانشگاهی مشهد.
- شکویی، حسین. ۱۳۸۲. دیدگاه های نو در جغرافیای شهری، تهران: انتشارات سمت.
- علمی زاده، 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 الگوریتم های طبقه بندی کاربری اراضی با استفاده از تکنیک های ادغام تصاویر (مطالعه موردی: زیرحوزه بهشت آباد). سنجنش ازدور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی. ۱۶(۱)، صص ۹۱-۱۰۶.
- فردوسی، بهرام. ۱۳۸۴. امکان سنجی و کاربرد سیستم پشتیبانی تصمیم گیری در توسعه فیزیکی شهر، نمونه موردی سنندج. پایان نامه ارشد، تهران. دانشگاه تربیت مدرس.
- کمالی باغراهی، اسماعیل. سمندری، امید. صیدیگی، صادق. سرحدی، مرتضی. ۱۴۰۱. آینده پژوهی تعیین اراضی بالقوه جهت توسعه شهری و ارائه الگوی بهینه توسعه شهر کرمان. نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، سال ۲۲. شماره ۶۵.
- محمدزاده خانی، سیما. خاکپور، براتعلی. مداحی، سید مهدی. ۱۳۹۹. مکان یابی بهینه توسعه فیزیکی شهر بجنورد با استفاده از نرم افزار GIS و روش تحلیل شبکه ای. مجله جغرافیا و توسعه فضای شهری. سال ۷. شماره ۱. شماره پیاپی ۱۲.
- میرزاحسین، حمید. زمانی، امیرحسین. ۱۴۰۰. مروری بر کاربرد روش های یادگیری ماشین و عامل مبنا در برنامه ریزی کاربری زمین. نشریه علمی علوم و فنون نقشه برداری، دوره یازدهم، شماره ۲، آذرماه.
- نصیری هندخاله. اسماعیل؛ امیرانتخابی. شهرام؛ تاج. سروش. ۱۴۰۰. پایش زیست پذیری سکونتگاه های ناکارآمد پیراشهری کلانشهر رشت مورد محله عینک. مجله توسعه فضاهای پیراشهری. دوره ۳. شماره ۶. صص ۱-۱۲۹.
- نوفل، سید علیرضا. کلبادی، پارین. ۱۳۹۲. باز توسعه زمین های قهوه ای، رهیافتی به سوی 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 geograpy, 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 convoluntional neural networks**. International Journal of Geographical Information Science, 34(4): 681-707.
- Maleki, M., Rahmati, M., Sadidi, J., & Babae, 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.