مدل‌سازی تغییرات ساختار شهری با رویکرد برنامه‌ریزی فضایی برای رسیدن به توسعه پایدار شهری
مطالعه‌ی موردی: شهرقائم‌شهر

کاوه جعفرزاده[1] غلامرضا سبزقبایی[2]
شهرام یوسفی خانقاه [3] ستار سلطانیان[4]

تاریخ دریافت مقاله: ۹۶/۰۶/۲۶ تاریخ پذیرش مقاله: ۹۷/۰۴/۰۸

****

چکیده

تغییرات ساختار شهری همواره یکی از مهم‌ترین عواملی بوده که انسان از طریق آن محیط زیست خود را تحت تأثیر قرار داده است. با توجه به نقش محیط زیست در زندگی بشر، باید اطلاع دقیقی از چگونگی تغییر محیط زیست و روند تغییرات آن‌ها به دست آید. با پیش‌بینی تغییرات ساختار شهری، می‌توان میزان گسترش و تخریب منابع را مشخص و این تغییرات را در مسیرهای مناسب هدایت کرد. بنابراین مقاله حاضر با هدف مدل‌سازی تغییرات ساختار شهری با رویکرد برنامه‌ریزی فضایی برای رسیدن به توسعه پایدار شهری در قائم‌شهر انجام گرفت. آشکارسازی تغییرات ساختار شهری با به کارگیری تصاویر گوگل ارث، ماهواره‌های Astrium و DigitalGlobe مربوط به سال‌های ۲۰۱۵- ۲۰۰۷ انجام شد. مدل‌سازی نیروی انتقال با استفاده از پرسپترون چند لایه‌ی شبکه‌ی عصبی مصنوعی و ۱۱ متغیر انجام پذیرفت. تخصیص تغییر به هر کاربری با استفاده از زنجیره مارکوف محاسبه شد. سپس با استفاده از مدل پیش‌بینی سخت و دوره‌ی واسنجی ۱۳۸٦ تا ۱۳۹٤ مدل‌سازی برای سال ۱٤۰۲ صورت گرفت. در پایان نیز با استفاده از دوره‌ی واسنجی۱۳۸٦ تا ۱۳۹٤ ساختار شهری سال ۱٤۰۲پیش‌بینی شد. نتایج نشان داد در کل دوره مورد مطالعه، کاربری‌های جاده، زمین‌های بایر، باغات، آموزشی، مذهبی، پهنه‌ی آبی، پارک و فضایی سبز، صنعتی، ورزشی و مسکونی روندی افزایشی داشته است. اما کاربری کشاورزی با کاهش ٤۳۷ هکتار و پوشش درختی با کاهش ۹ هکتار مواجه بوده‌اند. همچنین نتایج مدل‌سازی نیروی انتقال با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی در اکثر زیر مدل‌ها، صحت بالایی را نشان می‌دهد. نتایج مدل‌سازی برای سال ۱٤۰۲ نیز نشان دهنده‌ی افزایش بسیار زیاد در کاربری مسکونی (۱۹۵ هکتار) و باغ (۱۰٤هکتار) و کاهش چشمگیر ۳۳ هکتاری کاربری کشاورزی است.

واژه‌های کلیدی: برنامه‌ریزی فضایی، تغییرات ساختارشهری، شبکهٔ عصبی مصنوعی،LCM.

****

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد ارزیابی و آمایش سرزمین دانشگاه خاتم الانبیاء بهبهان jafarzadeh.kaveh@yahoo.com
۲- استادیار گروه محیط زیست دانشگاه صنعتی خاتم الانبیاء بهبهان (نویسنده مسئول) grsabz1@gmail.com
۳- استادیارگروه مرتع‌داری دانشگاه صنعتی خاتم‌الانبیاء، بهبهان Shahramyosefi@gmail.com
٤- عضو هیأت علمی دانشگاه صنعتی خاتم الانبیاء بهبهان Satarsoltanian@gmail.com

۱- مقدمه

شهر به عنوان یکی از دستاوردهای بشری از دیرباز مورد توجه تمدن‌ها بوده است *(قدمی و یوسفیان، ۱۳۹۳: ٦٤)*. ساختار شهری، جزو مفاهیم پایه و اصلی دانش شهرسازی و در واقع شالوده شکل‌گیری آن است و به اندازه‌ای اهمیت دارد که برخی از برنامه‌ریزان شهری درکشورهای پیشرفته آن را مساوی با برنامه‌ریزی فضایی شهر می‌دانند *(شمس و کرمی‌نژاد، ۱۳۹۳: ٤٧)*. تحلیل فضایی ساختار شهری در طول دو دهه‌ی گذشته بسط و توسعه زیادی یافته و به کارگیری روش‌های فضایی برای تحلیل این ساختار، توجه محققان شهری را به خود جلب کرده است ***(Zhong et al, 2014: 2189)***، به طوری که در اقصی نقاط جهان کنترل قانونی بر کاربری اراضی شهری (ساختار شهری) برای نیل به اهداف اجتماعی و اقتصادی مؤثرترین ابزار برنامه‌ریزان شهری است. جهت ارتقاء کیفیت شهرنشینی، ساماندهی ساختار شهری (کاربری اراضی) از اهمیت بالایی برخوردار می‌باشد *(فرهودی و همکاران، ۱۳۸۵: ۱۱۰)* که این امر به وسیله‌ی برنامه‌ریزی اصولی ساختار شهری قابل دسترسی می‌باشد.

برنامه‌ریزی ساختار شهری به‌عنوان هسته اصلی برنامه‌ریزی و مدیریت خردمندانه فضا به منظور بهینه‌سازی الگوی توزیع فعالیت‌های انسان است *(آمار، ۱۳۹۳:۸٦)*، که سبب رسیدن به توسعه پایدار می‌شود. توسعه‌ی پایدار شهری، یک فرایند پویا و بی‌وقفه در پاسخ به تغییر فشارهای اقتصادی، زیست محیطی و اجتماعی است ***(Romero-Lankao et al, 2016:1)*** به همین جهت می‌توان بیان داشت که برنامه‌ریزی فضایی ساختار شهری یکی از مهم‌ترین و تأثیرگذارترین محورهای توسعه پایدار می‌باشد *(مرصولی و پیروی، ۱۳۸۷: ۲)*.

امروزه برنامه‌ریزی ساختار شهری را با توجه به سه رویکرد «آمایش سرزمین»، «توسعه محیطی» و «توسعه پایدار شهری» انجام می‌دهند *(مشهودی،۱۳۸۹:٥٤)*، که به چگونگی استفاده و توزیع و حفاظت اراضی، ساماندهی فضایی و مکانی فعالیت‌ها و عملکردها براساس خواست و نیازهای جامعه شهری می‌پردازد و انواع استفاده از زمین را مشخص می‌کند *(شمس و کرمی‌نژاد، ۱۳۹۳: ٤٦)*. پس در روند تهیه و تدوین برنامه‌های ارزیابی و آمایش سرزمین، تشخیص و درک به هنگام و دقیق تغییرات ساختار شهری بسیار مهم است *(پورخباز و همکاران، ۱۳۹٤: ۱۹۰)*.

با پیش‌بینی ساختار شهری (تغییرات کاربری)، می‌توان میزان گسترش و تخریب منابع را مشخص و این تغییرات را در مسیرهای مناسب هدایت کرد. امروز تغییرات بدون برنامهٔ ساختار شهری (کاربری اراضی) به مشکل حاد زیست‌محیطی تبدیل شد است.

در چهار دهه گذشته تغییرات ساختار شهری (کاربری اراضی) در ایران با سرعت فزاینده و در برخی موارد نامطلوب به وقوع پیوسته و باعث تشدید روند تخریب اراضی شده است ***(Arekhi et al., 2009: 85)***.

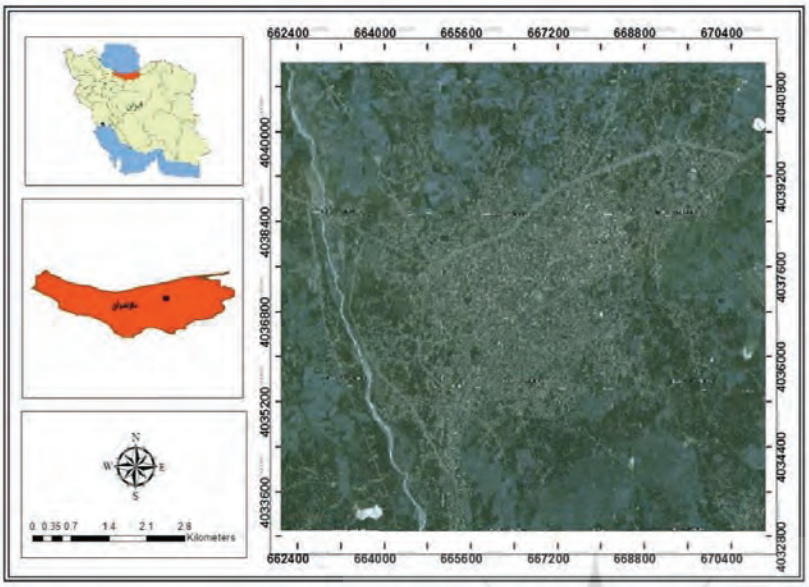
اثر تغییرات ساختار شهری (کاربری اراضی) در آینده خیلی مهم است و باید قبل از اتخاذ هرتصمیمی به مسئولان و تصمیم‌گیرندگان مربوطه در منطقه گزارش شود. در این زمینه می‌توان اظهار کرد سناریوها و مدل‌های تغییر کاربری اراضی ابزارهای ارزشمند و قوی را برای ارزیابی آثار تغییرات آینده بر ساختار اکوسیستم و فرایندهای مرتبط با آن فراهم می‌کند. پیش‌بینی تغییرات ساختار شهری (کاربری اراضی) در ارائه بینش کلی برای مدیریت بهتر منابع طبیعی و حفاظت اراضی کشاورزی اطراف مناطق شهری و اتخاذ تدابیر طولانی مدت بسیار مؤثر است *(حیدری‌زاده و محمدی، ۱۳۹۵: ۵۸)* در همین راستا تحقیق حاضر با هدف مدل‌سازی تغییرات ساختار شهری با رویکرد برنامه‌ریزی فضایی برای رسیدن به توسعه پایدار شهری در قائم‌شهر و با به کارگیری مدل شبکه عصبی مصنوعی و تهیه نقشه ساختار شهری (تغییرات کاربری اراضی) سال ۱٤۰۲ با روش زنجیره‌ی مارکوف صورت پذیرفت. با توجه به هدف تحقیق، این پرسش مطرح می‌شود که آیا ساختار شهری منطقه مورد مطالعه طی ۸ سال گسترده بوده است و تأثیر این روند تغییرات بر برنامه‌ریزی فضایی این شهر تا چه حد می‌تواند باشد؟

۲- مبانی نظری و مفاهیم

۲-۱- مدل‌سازی تغییرات ساختار شهری[1]

اخیراً، جهان توسعه رشد شهری را در مقیاس بی‌سابقه‌ای تجربه کرده است، این امر سبب افزایش تغییرات کاربری اراضی می‌شود. بنابراین، مدل‌سازی و پیش‌بینی الگوهای رشد شهری برای برنامه‌ریزان شهری و طرفداران حفظ منابع طبیعی جهت تنظیم راهبرد توسعه پایدار امری بسیار حیاتی است، که هدف اصلی در آنها شناسایی، عوامل و روند تغییرات شهری در آینده براساس تغییرات گذشته است *(کامیاب و همکاران، ۱۳۹۰: ۱۱۰)*. در چند دهه اخیر، مدل‌سازی تغییرات کاربری اراضی با توجه به اهمیت آن، مورد توجه محققان زیادی در سراسر جهان قرار گرفته است. عوامل زیادی در تغییرات کاربری اراضی دخالت دارند که در یک تقسیم‌بندی کلی می‌توان آنها را به عوامل جمعیتی، عوامل اقتصادی، عوامل بیوفیزیکی، عوامل اجتماعی و عوامل فرهنگی تقسیم کرد *(شهابیان و همکاران ۱۳۹۳: ۲۶۰)*. مدل‌سازی در زمینه تغییرات کاربری اراضی، شامل استفاده از نمایش شبیه‌سازی شده برهمکنش‌های درونی سیستم کاربری و پوشش زمین برای کاوش در دینامیک‌ها و توسعه آینده احتمالی آن می‌باشد. از جمله مدل‌های مختلفی جهت پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی استفاده می‌شود که می‌توان به مدل مارکوف، مدل CA، مدلCA-MARKOV و شبکه‌های عصبی مصنوعی اشاره کرد *(Sang et al., 2011: 939)*، که در این پژوهش از روش LCM برای پیش‌بینی آینده تغییرات کاربری در قائم‌شهر استفاده شده است. برنامه LCM در واقع یک ابزار برای مدیریت و برنامه‌ریزی زمین و همچنین ابزار پشتیبان تصمیم‌گیری می‌باشد. این مدل به طور گسترده‌ای در اولویت‌بندی تلاش‌های برنامه‌ریزی و حفاظت از محیط‌زیست استفاده می‌گردد. که با اجرای خودکار و کاربرپسند، تحلیل‌های پیچیده مربوط به تغییرات کاربری، مدیریت منابع و ارزیابی زیستگاه را به شکل ساده‌ای میسر کرده است *(وفایی و همکاران، ۱۳۹۲: ۳۲٤)*. این مدل‌ساز که به طور کامل با برنامه Idrisi یکپارچه شده است، امکانات متعددی برای تجزیه و تحلیل‌های تغییرات کاربری را به صورت کامل و یکجا، فراهم نموده است. در مدل‌ساز تغییرات زمین از روش شبکه‌های عصبی مصنوعی (ANNs) استفاده شده است. این شبکه ابزار قدرتمندی برای ایجاد مدل است، مخصوصاً وقتی که ارتباطات داده‌های زیرساختی، ناشناخته و نامشخص هستند. پس می‌توان بیان کرد که پیش‌بینی و مدل‌سازی تغییرات پدیده‌های مکانی از قبیل شبیه‌سازی تغییرات کاربری اراضی به‌عنوان ابزار توانمند در مدیریت منابع طبیعی و نظارت بر تغییرات زیست‌محیطی به شمار می‌آیند. این تغییرات نشان‌دهنده تعاملات بشر با محیط‌زیست خود بوده و مدل‌سازی آن در تصمیم‌گیری‌ها و برنامه‌ریزی‌های کلان، تأثیرگذار می‌باشد *(اصلانی‌مقدم، ۱۳۸۸)*. در زمینه‌مدل‌سازی تغییرات ساختار شهری (کاربری)، پژوهش‌های متعددی در سطوح بین‌المللی و داخلی انجام گرفته است. Achmad و همکاران (۲۰۱۸) در شهر باندا آچه، اندونزی پیش‌بینی رشد آینده شهری با استفاده از CA-Markov برای برنامه‌ریزی پایداری شهری به انجام رساندند. Xu و همکاران (۲۰۱۸) در شهر چانگ ژو چین مدل‌سازی توسعه شهری متناسب با محیط‌زیست به انجام رساندند. Han و Jia (۲۰۱۷) برای بررسی توسعه شهر فوشن از یک روش مدل‌سازی یکپارچه براساس زنجیره مارکوف، رگرسیون لجستیک و اتوماتای سلولی استفاده کردند. رحیمی (۲۰۱٦) مدل‌سازی تغییرات شهر تبریز را با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی بررسی کرد. در شهر تیروچیراپالی کشور هند نیز مدل‌سازی تغییر کاربری زمین با استفاده از مدل مارکوف توسط Kumar و همکاران (۲۰۱٤) به اتمام رسید. مدل‌سازی تجربی پتانسیل انتقال تغییر پوشش سرزمین شهرستان بهبهان با الگوریتم شبکه عصبی مصنوعی توسط محمدیاری و همکاران (۱۳۹۷) به انجام رسید. ایمانی‌هرسینی و همکاران (۱۳۹٦) روند تغییرات کاربری اراضی با استفاده از زنجیره مارکوف و شبکه خودکار در استان همدان را مورد بررسی قرار دادند. ممبنی و عسگری (۱۳۹۵) در شهر شوشتر با استفاده از مدل

[1]-Land Change Model



نگاره ۱: موقعیت منطقه مطالعاتی

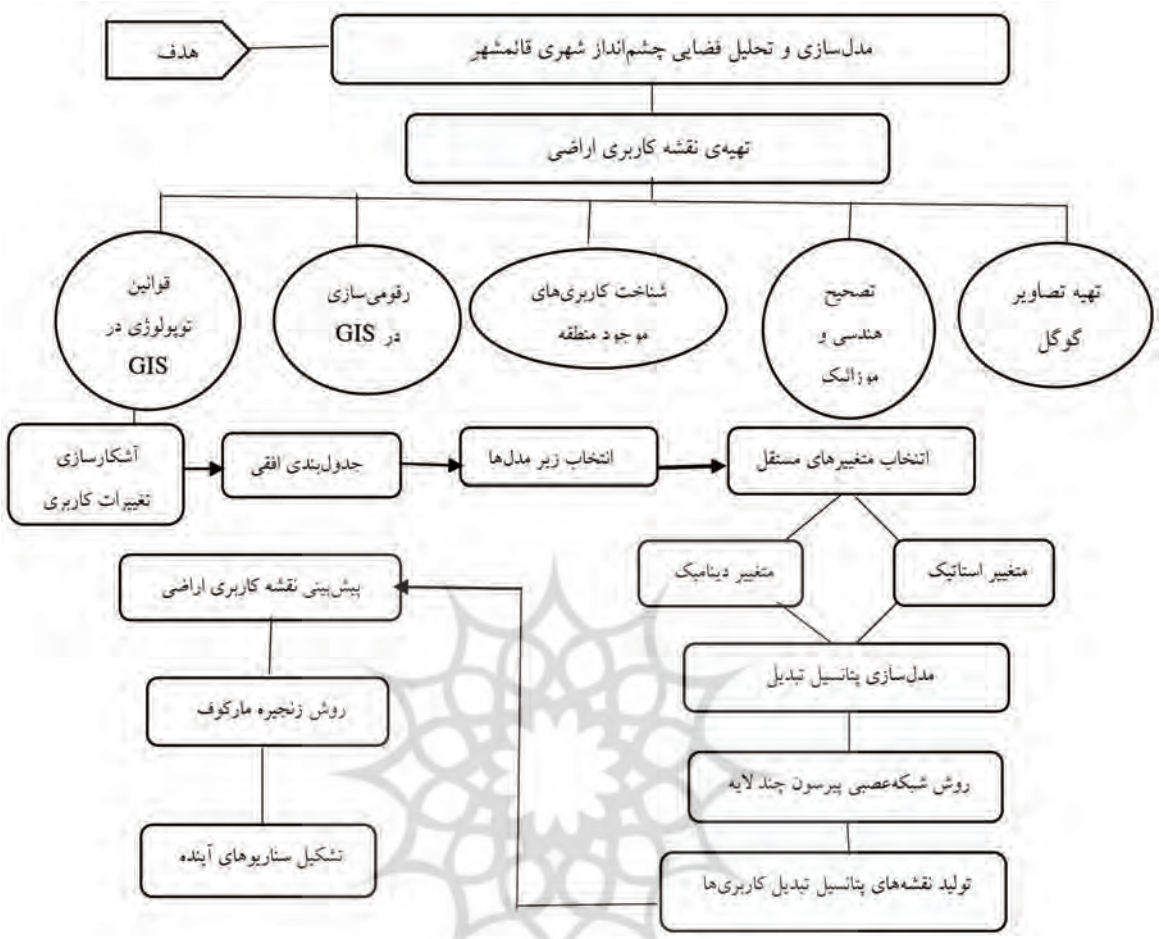
زنجیره مارکوف روند تغییرات مکانی کاربری اراضی را مورد بررسی قرار دادند. به طور کلی نتایج این پژوهش‌ها نشان می‌دهد که مدل مارکوف و شبکه عصبی قادرند تا به طور مؤثر روند فضایی الگوی تغییرات را بیان کنند.

۳- روش تحقیق

۳-۱- محدوده و قلمرو مورد مطالعه

قائمشهر یک واحد شهری می‌باشد، که عوامل طبیعی، اقتصادی و اجتماعی منطقه به شدت در چشم‌انداز آن انعکاس یافته است. وسعت منطقه مورد مطالعه ۷۵۷۰ هکتار می‌باشد، از جنوب با شهرستان سوادکوه و از شمال با شهرستان جویبار، از شرق با شهرستان ساری و از غرب با شهرستان بابل هم مرز می‌باشد و در طول شرقی ´۴۸ °۵۲ تا ´۵۴ °۵۲ و عرض شمالی ´۲۵ °۳۶ تا ´۳۰ °۳۶ واقع شده است. میانگین تراکم جمعیت این شهر ٦٤٤ نفر در هر کیلومتر است و دومین شهر پرتراکم کشور محسوب می‌شود *(یوسفی، ۱۳۹۱: ۵)*.

داده‌های ماهواره‌ای در این تحقیق از نظر کاربرد به سه دسته تقسیم می‌گردند. که دسته اول شامل تصاویر مورد استفاده برای استخراج و تهیه کلاس‌های پوشش زمین، دسته دوم داده‌های مورد استفاده برای اعتبارسنجی تصاویر تهیه شده و دسته سوم داده‌های تکمیلی می‌باشد. چارت کلی کار در نگاره (۲) قابل مشاهده است. در این پژوهش برای مدل‌سازی تغییرات ساختار شهری منطقه مورد مطالعه یک دوره هشت ساله از تصاویر گوگل ارث از ماهواره‌های Astrium و DigitalGlobe مربوط به سال‌های ۲۰۱۵- ۲۰۰۷ استفاده گردید. به منظور بالا بردن توان تفکیک طیفی و مکانی تصاویر، منطقه مورد مطالعه به ۹ قسمت تقسیم شد و برای هر قسمت یک تصویر از نرم‌افزار Google Earth با فرمت jpg استخراج گردید. سپس تصحیح هندسی و زمین مرجع نمودن تصاویر، با هدف انتقال تصاویر گوگل مورد نظر به مختصات حقیقی آن بر روی زمین انجام گرفت. در حقیقت پردازش‌های بعدی به این مهم وابسته است و برای انجام هر نوع عمل دیگری، نرم‌افزار به تصویر ژئورفرنس شده نیاز دارد، برای این کار از نقاط کنترل زمینی (GPS) و نرم‌افزار Google Earth استفاده گردید. پس از اینکه تصاویر مورد نظر زمین مرجع، وارد نرم‌افزار ENVI 4.7 شدند، عملیات موزاییک روی آنها اعمال و یک تصویر یکپارچه از منطقه مورد نظر تهیه شد. در نهایت تصاویری با مقیاس حدود ۱/۵۰۰۰۰ و اندازه پیکسل ۱ متر تشکیل گردید. که بخوبی هدف این تحقیق مبتنی بر مدل‌سازی تغییرات ساختار شهری با رویکرد برنامه‌ریزی فضایی برای رسیدن به توسعه پایداری شهری در قائم‌شهر را برآورده می‌کند.



نگاره ۲: چارت کلی مراحل انجام کار

سپس به منظور اعتبارسنجی تصاویر تهیه شده از تصاویر ماهواره‌ای IRS مربوط به سنجنده‌های PAN و L-3 سال ۲۰۰۷ و نقاط کنترل زمینی (GPS) استفاده گردید. یکی از نکات مهم و کلیدی در تهیه نقشه‌های کاربری اراضی از تصاویر ماهواره‌ای، دستیابی به تعریفی واضح و روشن از کاربری‌های موجود در منطقه می‌باشد، که در این پژوهش ۱۲ کاربری شناسایی گردید. برای استخراج اطلاعات از تصاویر ماهواره‌ای از روش رقومی‌سازی به صورت دستی در محیط نرم‌افزار ARC GIS 10.3 استفاده شد، که بعد از شناسایی تک‌تک عوارض روی تصاویر و وارد کردن اطلاعات توصیفی به داخل جدول توصیفی، رقومی‌سازی صورت گرفت. همچنین در نقشه تهیه شده هنگام ترسیم نمودن کاربری‌ها ممکن است برای لایه‌های ترسیمی، خطاهایی از قبیل فاصله‌دار بودن یا روی هم افتادگی رخ دهد، که برای رفع این خطا از قوانین توپولوژی در GIS استفاده می‌گردد.

۳-۲- اجرای مدل‌ساز تغییر زمین

پس از تهیه نقشه کاربری اراضی، به منظور پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی شهر قائم‌شهر درسال ۱۴۰۲ براساس نقشه کاربری اراضی سال‌های ۱۳۸٦ و ۱۳۹٤ و عوامل مؤثر بر این تغییرات، از برنامه مدل‌ساز تغییر زمین در نرم‌افزار Idrisi Selva استفاده شد.

۳-۳- انتخاب و بررسی توانایی متغیرهای مستقل

در این مرحله از انجام تحقیق سعی شد تا متغیرهایی که بر تغییرات کاربری اراضی شهر قائم‌شهر مؤثر هستند،

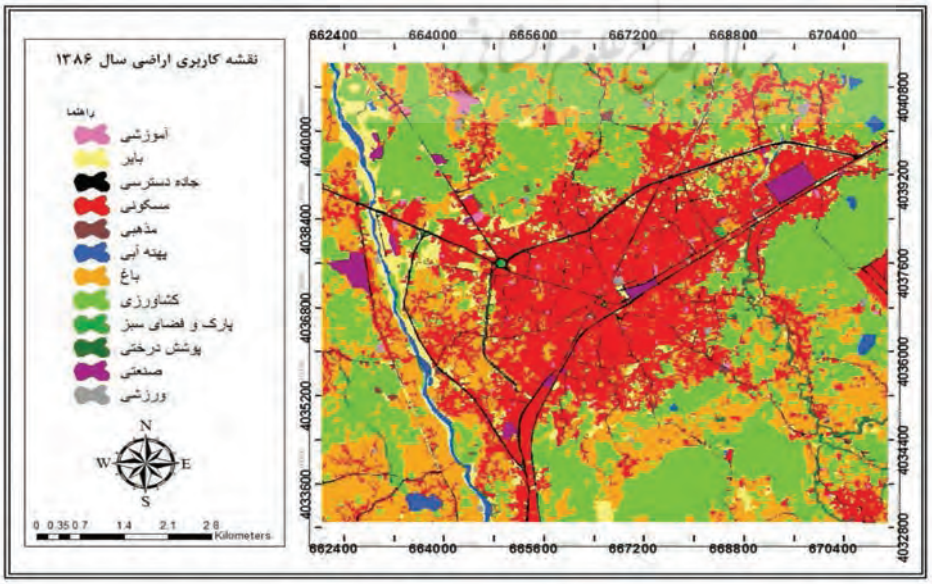
انتخاب و به مدل معرفی شوند. با توجه به ویژگی‌های منطقه، متغیرهای اصلی مؤثر بر تغییرات می‌توانند شامل؛ فاصله از جاده، فاصله از مناطق مسکونی، فاصله از پهنه آبی، فاصله از باغ، فاصله از اراضی بایر، فاصله از اراضی کشاورزی، فاصله از پوشش درختی، فاصله از مراکز صنعتی، شیب، ارتفاع، جهت و نقشه کاربری‌های موجود باشد. نقشه‌های اشاره شده با استفاده از تابع Distance در محیط برنامه GIS تهیه شدند.

برای تهیه نقشه‌های شیب، جهت و ارتفاع ابتدا نقشه DEM ماهواره ASTER از سازمان زمین شناسی آمریکا درخواست و از سایت مربوطه دریافت شد. سپس مدل رقومی ارتفاع با اندازه سلول ۱۰ متر و بر اساس آن نقشه‌های شیب و جهت تهیه شد.

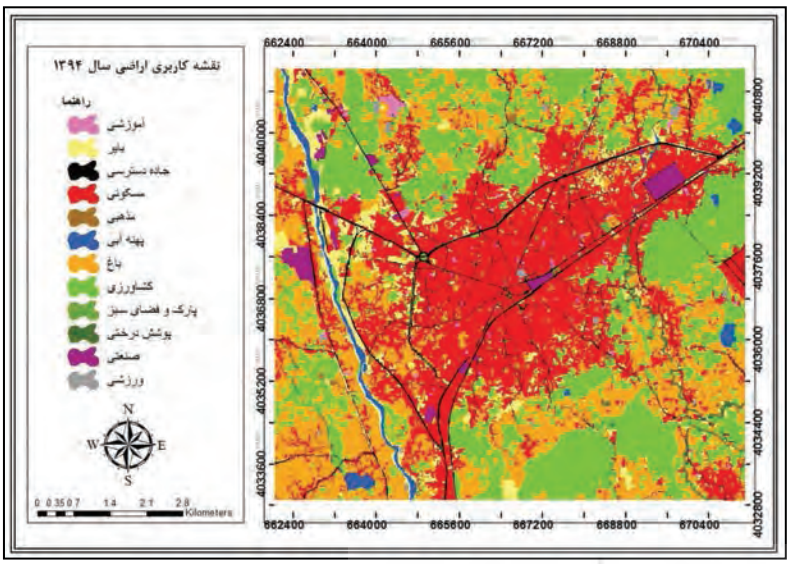
مدل‌ساز تغییر زمین، این امکان را به وجود آورده است که کاربر در فرآیند تجزیه و تحلیل برآوردی سریع از توانایی و نقش هر متغیر در پیش‌بینی تغییرات احتمالی کاربری اراضی به دست آورد. در واقع مدل، درجه همبستگی متغیرها و کاربری‌ها در انتهای دوره را با محاسبه ضریب کرامر (v) و در دامنه ۰-۱ ارائه می‌دهد. این همبستگی به دو صورت ارائه می‌شود: ۱- به ازاء هر متغیر و کاربری، ۲- به ازاء هر متغیر و کلیه کاربری‌ها. البته باید دقت نمود که میزان این ضریب در هر کاربری به جهت پیش‌بینی کاربری اراضی نیز بسیار مهم است، زیرا ممکن است که میزان ضریب کلی کرامر برای یک متغیر در حد پایینی باشد اما آن متغیر با بعضی از کاربری‌ها، وابستگی بسیار زیادی داشته باشد. به طور کلی مقادیر نزدیک به ۰/٤ و بالاتر از آن به عنوان مقدار مناسب برای یک متغیر و مقادیر کمتر از ۰/۱۵ برای یک متغیر به عنوان توانایی ضعیف آن در پیش‌بینی قلمداد می‌شود ***(Esteman, 2009: 105)***.

۳-٤- مدل‌سازی پتانسیل تبدیلات

LCM یا Land Change Modeler مدل ساز تغییر کاربری اراضی ابزاری برای ارزیابی و طراحی تغییر پوشش زمین فراهم می‌کند و کاربری اراضی یا پوشش زمین را آنالیز می‌کند. این مدل قادر به ایجاد سناریوهای تغییر اراضی با ادغام عامل‌های زیستی، فیزیکی و اجتماعی - اقتصادی است که در تغییر کاربری اراضی تأثیر گذارند ***(McConnel et al., 2004: 173)***. مدل‌سازی پتانسیل با روش شبکه عصبی مصنوعی انجام می‌شود. این روش قادر است که پتانسیل تبدیل مجموعه‌ای از کاربری‌ها به دیگر کاربری‌ها را در مجموعه‌ای از زیر مدل‌ها گروه‌بندی نماید و یا حتی پتانسیل تبدیل همه کاربری‌ها به کاربری‌های دیگر را در یک زیر مدل واحد، مدل‌سازی



نگاره ۳: نقشه کاربری اراضی استخراج شده از تصویر گوگل سال ۱۳۸٦



نگاره ٤: نقشه کاربری اراضی استخراج شده از تصویر گوگل سال ۱۳۹٤

جدول۱: میزان همبستگی (ضریب کرامر) متغیرهای ورودی به مدل

	متغیر	شیب	جهت	ارتفاع	فاصله از مناطق مسکونی	فاصله از اراضی باغ	فاصله از اراضی کشاورزی	فاصله از پهنه آبی	فاصله از پوشش درختی	فاصله از زمین های بایر	فاصله از جاده
ضریب کرامر	ضریب کلی همبستگی	۰/۰۲٤	۰/۰۱۲	۰/۰۸۳	۰/۳۱	۰/۲۹	۰/۳۰	۰/۳۰	۰/۲۹	۰/۳۰	۰/۳۲

جدول ۲: مساحت کاربری اراضی پیش‌بینی شده در سال ۱٤۰۲

کاربری اراضی	آموزشی	باغ	بایر	جاده	کشاورزی	مسکونی	مذهبی	پهنه‌ی آبی	پارک و فضای سبز	پوشش درختی	صنعتی	ورزشی
هکتار	۵۰	۲۲۳٦	٤۹۵	۲٦۱	۱۷۰۷	۲٤۵۲	۳۵	۱۱۹	۱۹	۵۸	۱۰٤	۳٤

و محاسبه نماید. متغیرهای ورودی ارتفاع، شیب، جهت و نقشه کاربری‌های موجود به عنوان متغیرهای ایستا و فاصله از جاده، فاصله از مناطق مسکونی، فاصله از پهنه آبی، فاصله از باغ، فاصله از اراضی بایر، فاصله از اراضی کشاورزی، فاصله از پوشش درختی، فاصله از مراکز صنعتی به‌عنوان متغیرهای پویا وارد و پتانسیل تبدیل کاربری‌ها به روش شبکه‌های عصبی پرسپترون چندلایه مدل‌سازی شد. نقشه‌های حاصل از مدل‌سازی پتانسیل تبدیل میزان احتمال تبدیل کاربری هر نقطه به دیگر کاربری‌ها را مشخص می‌نماید، این مرحله دارای اهمیت بسیار زیادی است، زیرا بیشترین نقش را در پیش‌بینی موفقیت آمیز دارد.

۳-۵- پیش‌بینی نقشه کاربری اراضی سال ۱٤۰۲

مدل‌ساز تغییر زمین با استفاده از نقشه‌های پتانسیل تبدیل و مشخص نمودن مقدار تغییرات براساس نتیجه تحلیل زنجیره مارکوف، چگونگی تغییرات کاربری اراضی در آینده را مدل‌سازی می‌نماید.

در تحقیق حاضر به منظور پیش‌بینی نقشه کاربری اراضی قائم‌شهر در افق (۱٤۰۲) از نقشه‌های پتانسیل تبدیل که در مرحله قبل تولید شده بودند و همچنین میزان تغییر در هر یک از کاربری‌ها حاصل از تحلیل زنجیره مارکوف، نقشه کاربری اراضی سال ۱٤۰۲ مدل‌سازی شد.

٤- نتایج و بحث

در مطالعه حاضر، از مدل شبکه عصبی پرسپترون چند لایه برای شناسایی و بهبود درک ما از نیروهای اجتماعی- اقتصادی، فیزیکی و کاربری زمین که بر توسعه شهری تأثیر می‌گذارند و نیز برای یافتن تأثیرات نابرابر این عوامل و محتمل‌ترین مکان‌ها برای توسعه شهری آینده قائم‌شهر استفاده شده است. در این پژوهش برخلاف پژوهش‌های دیگر برای استخراج اطلاعات از تصاویر ماهواره‌ای از روش رقومی‌سازی به صورت دستی در محیط نرم‌افزار ARC GIS 10.3 استفاده شد، که بعد از شناسایی تک‌تک عوارض روی تصاویر و وارد کردن اطلاعات توصیفی به جدول رقومی‌سازی صورت گرفت.

در طبقه‌بندی تصاویر به صورت دستی ۱۲ طبقه کاربری اراضی شامل: کاربری آموزشی، مسکونی، بایر، باغات، جاده، کشاورزی، مذهبی، پارک و فضایی سبز، ورزشی، صنعتی، پهنه‌ی آبی و پوشش درختی، استخراج شد. برای ورود متغیرهای وارد شده به سیستم، متغیرهای مستقلی که انتخاب شدند، براساس مطالعات قبلی بوده است که شامل شیب، جهت، ارتفاع (متغیرهای استاتیک) و فاصله از جاده، فاصله از مناطق مسکونی، فاصله از باغ، فاصله از کشاورزی، فاصله از پهنه آبی، فاصله از زمین‌های بایر، فاصله از پوشش درختی (متغیرهای دینامیک) می‌باشند. جدول ۱ میزان همبستگی هر یک از متغیرهای تأثیر گذار را با تغییرات هر کاربری نشان می‌دهد.

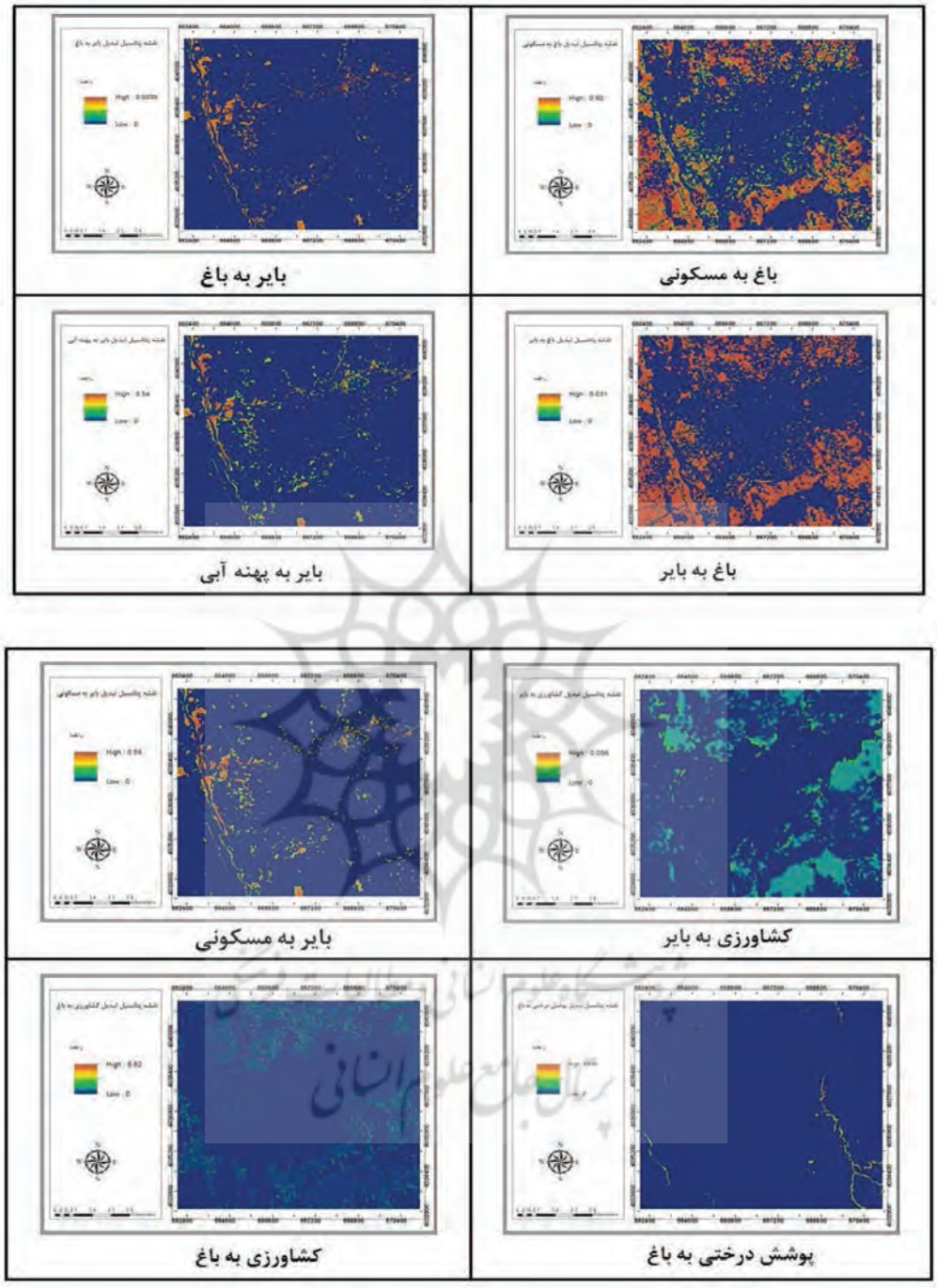
با بررسی ضریب همبستگی کرامر، متغیرهایی که ضریب همبستگی آنها بالای ۰/۱۵ می‌باشد به مدل معرفی شدند. لازم به ذکر است که به دلیل مسطح بودن منطقه مورد مطالعه، متغیرهای شیب، جهت، ارتفاع به دلیل همبستگی ضعیف برای نقشه‌سازی پتانسیل وارد نمی‌شود و فرآیند مذکور با دیگر متغیرها به عنوان ورودی‌های به کارگرفته شده در شبکه‌های عصبی مصنوعی اجرا شد. بعد از انتخاب متغیرها و ورود به مدل، نقشه‌های پتانسیل تبدیل با روش شبکه عصبی مصنوعی تولید شد. مدل بعد از چندین بار آزمون و خطا با ۱۰۰۰۰ بار تکرار و همچنین خطای آموزش ۰/۱٤ و خطای آزمون ۰/۱٤ و به دست آمدن صحت ۸۰/۲۵ درصد کالیبره و نقشه‌های پتانسیل تبدیل‌ها تولید شد. در نگاره ۵ نقشه‌های پتانسیل احتمال نشان داده شده است. در این نگاره مناطق با ارزش بیشتر (رنگ قهوه‌ای) و ارزش کمتر (رنگ آبی) به ترتیب بیشترین و کمترین میزان احتمال برای تغییر به دیگر کاربری‌ها را نشان می‌دهد.

خروجی‌های مرحله‌ی مدل‌سازی پتانسیل تبدیل به عنوان ورودی‌های مرحله‌ی پیش‌بینی تغییرات به کار گرفته شد و مقدار تغییر هر تبدیل کاربری با به کارگیری زنجیره‌ی مارکوف پیش‌بینی شد و نقشه‌ی کاربری اراضی سال ۱٤۰۲ در مدل LCM به دست آمد (نگاره ٦).

مساحت مجموع کاربری‌های منطقه مورد مطالعه ۷۵۷۰ هکتار می‌باشد. مساحت طبقات مختلف کاربری اراضی پیش‌بینی شده سال ۱٤۰۲ در شهر قائم‌شهر در جدول (۲) درج شده است و سعی شده است که وضعیت مساحت هر یک از کاربری‌ها به تفکیک تشریح شود. با توجه به نقشه کاربری اراضی پیش‌بینی شده مربوط به سال ۱٤۰۲، بیشترین سطح، مربوط به کاربری مسکونی با مساحت ۲٤۵۲ هکتار، معادل ۳۲/٤۰ درصد از کل مساحت منطقه مورد مطالعه می‌باشد.

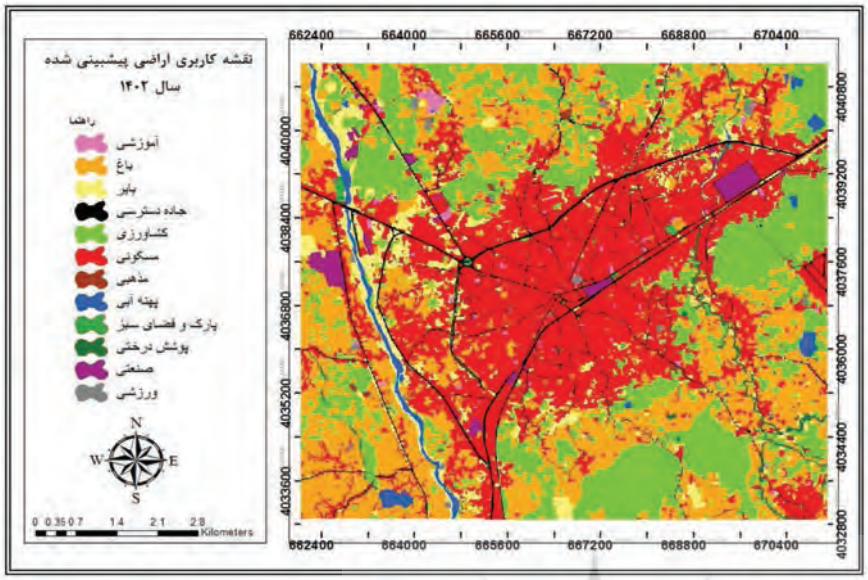
جمعیت در هر کشوری مبنای اساسی هر برنامه‌ریزی است. لذا توجه به شاخص‌ها و معیارهای جمعیتی و بکار بستن آنها در بعد اجرایی برنامه‌ریزی‌ها می‌تواند نقش مهمی در برنامه‌ریزی پایدار داشته باشد.

در برنامه‌ریزی کاربری زمین شهری مهم‌ترین مؤلفه جمعیت است، چرا که تغییرات کمی و کیفی جمعیت اثرات قابل توجهی در این روند دارند ***(لطفی و همکاران، ۱۳۹۲: ٤۳)***. جمعیت عامل اصلی ایجاد تقاضای بالقوه برای کاربری مسکونی می‌باشد، کلیه عواملی که سبب تغییر در جمعیت می‌گردند، بر تقاضای کاربری مسکونی نیز تأثیر می‌گذارند. طبق سالنامه آماری سال ۱۳۸۷، ۱۸۲۲٤۰ نفر در شهر ساکن و ۱۱۲۸٤۱ نفر در روستا ساکن بوده‌اند. که این تعداد، به ۲۰۳۷٤۱ نفر از جمعیت در مناطق شهری و ۱۱۷۰۰۰ نفر در



نگاره ۵: نقشه پتانسیل تبدیل کاربری‌ها

مناطق روستایی در سال ۱۳۹۰ رسیده است. لذا تعداد افراد در شهر طی این ۳ سال نسبت به تعداد افراد در روستاها ۵ برابر شده است. پس می‌توان بیان داشت که قائم‌شهر طی دوره بررسی با افزایش جمعیت به خصوص در شهر مواجه بوده است که این افزایش بی‌شمار سبب تغییرات کاربری شهر و حتی افزایش مساحت شهری به سبب تغییر کاربری‌های حاشیه شهر شده است. همان گونه که در جدول ۲ مشاهده می‌شود، ۱۹۵ هکتار به اراضی مسکونی در افق



نگاره ٦: نقشه کاربری اراضی پیش‌بینی شده سال ١٤٠٢

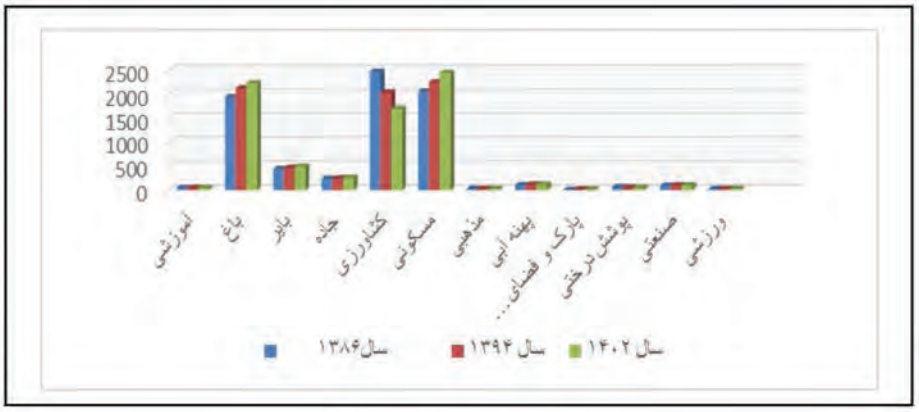
١٤٠٢ افزوده می‌شود. که این افزایش بیشتر در حواشی شهر اتفاق افتاده است (نگاره ٦).

علت این افزایش را می‌توان مهاجرت افراد میانی هرم سنی از روستاهای اطراف شهر دانست، که سبب افزایش تغییرات در نواحی حاشیه‌ای و مناطق دورتر از مرکز شهری می‌شوند، توان اقتصادی پایین افراد مهاجر، قیمت اندک اراضی حاشیه‌ای و افزایش تقاضا برای فروش زمین‌های کشاورزی به علت سودآوری کم این صنعت و به صرفه نبودن اقتصادی آن در حاشیه شهر، از دلایل این امر می‌توان دانست. نتایج تحقیقات ایمانی هرسینی و همکاران (١٣٩٦)، محمدیاری و همکاران (١٣٩٧) و Han & Jia (٢٠١٧) با نتایج این پژوهش همسو می‌باشد.

کاربری باغ با مساحت ٢٢٣٦ هکتار، معادل ٢٩/٥٤ درصد از کل مساحت منطقه مورد مطالعه می‌باشد، پس از آن کاربری کشاورزی با مساحت ١٧٧٠ هکتار، معادل ٢٢/٥٥ درصد از کل مساحت منطقه مورد مطالعه را به خود اختصاص داد.

با توجه به جدول ٢ در افق ١٤٠٢ با افزایش ١٠٤ هکتار باغات قائمشهر رو به رو هستیم که بیشترین تبدیلات مثبت را با کاربری کشاورزی دارد. علت این امر ساده‌تر بودن این حرفه می‌باشد. زیرا که امکان مکانیزاسیون در باغبانی کمتر بوده و از زراعت کاربردی‌تر می‌باشد. همچنین، فرآورده‌های جانبی متنوع و فراوانی که از محصولات باغی به دست می‌آید، بیشتر از تولیدات زراعی است و سود بیشتری هم دارد *(www.mehrnews.com)*.

صنعت کشاورزی استراتژیک‌ترین و حیاتی‌ترین صنعت دنیاست و کشورهای زیادی بوده‌اند که به پشتوانه اتکا به این صنعت، اقتصادشان رونق گرفته است. بعد از نفت مهم‌ترین صنعت اقتصادی کشور کشاورزی است. که بعضی از برنامه‌های توسعه‌ای کشور در ٧٠ سال گذشته با محوریت این صنعت بوده. با توجه به اهمیت این صنعت در اقتصاد تغییرات کاربری در این صنعت بسیار قابل بررسی است. نظر به این که در حال حاضر میان عرضه و تقاضای بازار کار، شکاف زیادی وجود دارد و این مسئله سبب افزایش نرخ بیکاری شده است، از این رو لزوم سرمایه گذاری برای اشتغال آفرینی سریع و زود بازده، بسیار مهم تلقی می‌شود. این موضوع در روستاها وقتی اهمیتی بیشتری می‌یابد که عوارض و عواقب ناشی از تخلیه طبقه میانی هرم سنی جمعیت از روستاها و مهاجرت آنان به شهرها، مورد تأمل قرار گیرد. مهاجران روستایی، معمولاً افرادی هستند که در سنین فعالیت‌اند و به امید کسب درآمد بیشتر اقدام به مهاجرت می‌کنند. این مهاجرت‌ها علاوه بر افزایش



نگاره ۷: مقایسه روند تغییرات کاربری اراضی در سال ۱۴۰۲ با سال‌های ۱۳۸۶- ۱۳۹۴

زیاد جمعیت شهری سبب فزونی عرضه نسبت به تقاضای نیروی کار در نواحی شهری می‌شود. در چنین اوضاعی، افراد مهاجر که هیچ مهارتی برای مشاغل فنی و تخصصی ندارند، از روستاها وارد شهرها می‌شوند *(مؤمنی، ۱۳۸۳)*. که سبب افزایش تعداد دلالان و خرده‌فروشان می‌شود و این امر خود موجب افزایش فقر و ایجاد بافت‌های مسکونی نامناسب در حاشیه شهرگردیده که توسعه نامتوازن شهر را سبب می‌شوند و باعث از بین رفتن زمین‌های کشاورزی حاشیه شهر برای تهیه مسکن و برآورده کردن نیاز مهاجران روستایی می‌گردد. با توجه به این مشکلات، طراحی راهبردی جامع و تعریف تاکتیک‌های متناسب با آن، برای نیل به اشتغال آفرینی روستایی و غلبه بر ناهنجاری‌هایی چون فقر روستایی، تخلیه نیروی کار و ایجاد توازن بین جمعیت روستایی و شهری بسیار ضروری و حیاتی به نظر می‌رسد.

اشتغال آفرینی مبتنی بر کشاورزی، یکی از راه حل‌های مهمی است که می‌تواند در تحقق این امر مؤثر باشد *(ورمزیاری و همکاران، ۱۳۹۰: ۳۸)*. از سویی دیگر کشاورزی به ویژه در کوتاه مدت در نواحی روستایی از ظرفیت بالایی برای غلبه بر بحران بیکاری در نواحی روستایی برخوردار است و با ثبات‌ترین بخش اقتصادی ایران بوده و کمترین اثرپذیری را از شوک‌های برون‌زا دارد *(مؤمنی، ۱۳۸۳)*. همچنین ایجاد اشتغال در بخش کشاورزی نسبت به صنعت اقتصادی‌تر است، به طوری که هزینه متوسط اشتغال آفرینی آن بسیار پایین‌تر از صنعت است و برای ایجاد اشتغال، به سرمایه‌گذاری ارزی کمتری نیاز دارد *(زاهدی مازندرانی، ۱۳۸۳: ٦٤)* و فشار جمعیتی بر شهرها کمتر می‌شود. حال با توجه به این که قائمشهر از نظر آب و هوایی معتدل و زمین‌های حاصلخیز و خاکی غنی برای تولید محصولات کشاورزی با کیفیت بالا دارد، یکی از قطب‌های مهم کشاورزی کشور محسوب می‌گردد و توجه به تغییرات این کاربری دو چندان می‌شود. با توجه به نتایج مشخص شده که این صنعت با کاهش مساحت بسیار زیادی همراه بوده است به گونه‌ای که طی سال ۱۳۹٤ تا ۱٤۰۲ میزان کاهش کاربری کشاورزی به ۳۳۳ هکتار می‌رسد. دلیل این امر را می‌توان به طور کلی به صرفه نبودن صنعت کشاورزی به دلیل افزایش ضایعات در بخش کشاورزی، روش‌های سنتی کاشت، داشت و برداشت، فقر مالی و فرهنگی کشاورزان، افزایش نهاده‌های کشاورزی، افزایش واردات افسارگسیخته‌ی محصولات کشاورزی و افزایش قیمت اراضی کشاورزی حاشیه شهر برای ویلاسازی، همچنین عدم هماهنگی بین ارگان‌های ذیربط و نبودن قوانین کارآمد دانست. نتایج تحقیقات احدنژادروشتی و حسینی (۱۳۹۰) و یوسفی و همکاران (۱۳۹٦) با نتایج این پژوهش همسو است. اما نتایج تحقیق کریمی و همکاران (۱۳۹۵) و میرعلیزاده‌فرد و علی‌بخشی (۱۳۹۵) با نتایج این پژوهش همسو نیست و دلیل آن هم تبدیل شدن اراضی بایر و جنگلی به اراضی کشاورزی در این پژوهش‌ها است.

با توجه به جدول ۲ در افق ۱۴۰۲ با افزایش جاده به میزان ۹ هکتار رو به رو هستیم که علت این امر افزایش جمعیت است. با توجه به برآوردهای انجام شده رشد جمعیت در قائم‌شهر از سال ۱۳۸۷ تا ۱۳۹۰ برابر با ۱/۲ بوده است. حضور گردشگران بسیار زیاد که سالانه حدود ۸ درصد ازگردشگران کل کشور را به این شهر جذب می‌کند *(مهدوی و مهدی‌زادنامی، ۱۳۹۱)* و مهاجران جویای کار از روستاها و شهرهای اطراف سبب افزایش تقاضا گشته است. همچنین قرارگیری قائم‌شهر در شاهراه مواصلاتی تهران – مشهد و توسعه این شهر سبب ایجاد کمربندی‌های متعدد دور تا دور شهر شده است. احداث کمربندی‌ها هم سبب تخریب کاربری‌های دیگر شده و در نتیجه افزایش کاربری بایر را به دنبال دارد. کاربری بایر و بدون پوشش با مساحت ۴۹۵ هکتار، معدل ۶/۵۳ درصد از کل مساحت منطقه مورد مطالعه را در افق ۱۴۰۲به خود اختصاص داده است. بیشترین کاربری بایر درافق ۱۴۰۲ در کنار رودخانه سیاهرود است (نقشه۶). علت این امر افزایش پروژهای عمرانی برای توسعه قائم‌شهر می‌باشد، که شن و ماسه مورد نیاز خود را از بستر این رودخانه و حاشیه آن تأمین می‌نماید.

۵. جمع‌بندی و نتیجه‌گیری

به طوری کلی می‌توان بیان داشت که بررسی‌های میدانی و دورکاوی با استفاده از ابزارهای موجود، نشان داد که پیش‌بینی صورت گرفته با استفاده از مدل شبکه عصبی پرسپترون چند لایه، نسبت به مطالعات گذشته و مدل‌های دیگر به واقعیت‌های زمینی نزدیک‌تر است و روند توسعه موجود را بهتر نشان می‌دهد. این نتایج نشان دهنده اعتبار و صحت مدل بوده که با واقعیت کاملاً سازگار و منطبق است و می‌تواند به عنوان مدلی اجرایی در برنامه‌ریزی‌های آینده قائمشهر بسیار راهگشا بوده و مورد استفاده قرار گیرد. البته برای ارتقاء و افزایش هر چه بیشتر ضریب اطمینان مدل، در مطالعات آتی می‌توان از معیارهای تأثیرگذار بیشتری مانند مالکیت، قیمت زمین و غیره استفاده کرد که به دلیل وجود محدودیت‌هایی استفاده نشده‌اند، و می‌توانند در فرآیند توسعه و رشد شهری قائمشهر بسیار تأثیرگذار باشند.

در نتیجه می‌توان مشکل تغییرات کاربری این شهر را مدیریت نادرست و غیر هماهنگ، نبودن قانون‌های بازدارنده کارآمد، عدم حمایت دولت از کشاورزان و افزایش بیکاری و فقر دانست. این عامل، سبب مهاجرت نیروی کار روستایی می‌گردد که بدون تخصص خاصی پا در عرصه‌های شهر گذاشته که این عامل هم به اقتصاد این شهر که کشاورزی است آسیب می‌زند و هم سبب افزایش فشار جمعیتی و مشکلات نابودی محیط‌های طبیعی به علت رشد نامتوازن شهر می‌گردد. پس با مدیریت صحیح و برنامه‌ریزی همراه با شناخت از شهر به همراه ارتقاء فرهنگ مردم روستا و شهر با کارآفرینی در روستاها و حمایت دولت مشکل تغییر کاربری غیر اصولی و تخریب چشم‌انداز شهری قائمشهر حل می‌شود.

منابع و مآخذ

۱. آمار، تیمور؛ ۱۳۹۳، الزامات و ضرورت‌های برنامه‌ریزی کاربری زمین در سکونتگاه‌های روستایی شهرستان رودبار، مطالعات برنامه‌ریزی سکونتگاه‌های انسانی، ۹ (۲۸) ، ۸۵-۱۰۱.
۲. احدنژادروشتی، حسینی؛ محسن، سید احمد؛ ۱۳۹۰، ارزیابی و پیش‌بینی تغییرات و پراکنش افقی شهرها با استفاده از تصاویر ماهوارهای چند زمانه و سیستم اطلاعات جغرافیایی، مطالعه موردی: شهر تبریز در مقطع زمانی ۱۳۶۳-۱۳۸۹، مجله پژوهش و برنامه‌ریزی شهری، ۲ (٤) ، ۱-۲۰.
۳. اصلانی‌مقدم، ایمان (۱۳۸۸)، بررسی مدل‌برداری Cellular Automat به منظور پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی، رجبی محمدعلی، دانشکده فنی دانشگاه تهران، گروه سیستم اطلاعات مکانی.
٤. ایمانی‌هرسینی، کابلی، فقهی، طاهرزاده؛ جلیل، محمد، جهانگیر، علی؛ ۱۳۹٦، مدل‌سازی روند تغییرات کاربری اراضی با استفاده از زنجیره مارکوف و شبکه خودکار (استان همدان)، علوم و تکنولوژی محیط‌زیست، ۱۹ (۱)، ۱۲۱-۱۲۹.
۵. پورخباز، محمدیاری، اقدر، توکلی؛ حمیدرضا، فاطمه،

حسین، مرتضی؛ ۱۳۹٤، رویکرد آمایشی در مدل‌سازی تغییرات کاربری اراضی شهرستان بهبهان با به کارگیری تصاویر ماهوارهای چندزمانه‌ای، آمایش سرزمین، ۷ (۲)، ۱۸۷-۲۰۷.
٦. حیدری‌زاده، محمدی؛ زاهد، عبدالرضا؛ ۱۳۹۵، پیش‌بینی کاربری اراضی در دشت مهران با استفاده از مدل سلول‌های خودکار-مارکوف، مهندسی اکوسیستم بیابان، ۵ (۱۰)، ۵۷-٦۸.
۷. زاهدی‌مازندرانی، محمدجواد؛ ۱۳۸۳، ضرورت‌های کارکردی توسعه اشتغال در بخش کشاورزی، فصلنامه اقتصاد کشاورزی، ۱۲ (٤۵) ، ٤۱-٦۷.
۸. شمس، کرمی‌نژاد؛ مجید، طیبه؛ ۱۳۹۳، ارزیابی روند تغییرات کاربری اراضی در توسعه فضایی شهرکرمانشاه با استفاده RS و GIS (مطالعه موردی: محله جعفرآباد کرمانشاه)، مطالعات برنامه‌ریزی سکونتگاه‌های انسانی، ۹ (۲۸): ٤۵-۵۷
۹. شهابیان، طرهانی، کوهی‌حبیبی؛ پویان، حسین، نازنین؛ ۱۳۹۳، مدل‌سازی تغییرات کاربری اراضی زراعی و باير به سطوح ساخته شده با به کارگیری مدل کلو - اس، آمایش سرزمین، ٦ (۲)، ۲۵۹-۲۸۲.
۱۰. فرهودی، سیف‌الدینی، زنگنه؛ رحمت اله، فرانک، مهدی؛ ۱۳۸۵، شهر خواف: الگویی جهت ارزیابی و تحلیل کاربری اراضی، جغرافیا و توسعه، ٤، ۱۲۹-. ۱۰۷.
۱۱. قدمی، یوسفیان؛ مصطفی، پریناز؛ ۱۳۹۳، تحلیلی بر تغییرات ساختار فضایی شهر اصفهان با گریزی بر آلودگی هوا، مطالعات برنامه‌ریزی شهری، ۲(۸)، ٦۳-۸٦.
۱۲. کامیاب، سلمان ماهینی، حسینی، غلامعلی‌فرد؛ حمیدرضا، عبدالرسول، سیدمحسن، مهدی؛ ۱۳۹۰، کاربرد شبکه عصبی مصنوعی در مدل‌سازی توسعه شهری (مصالعه موردی: شهر گرگان)، پژوهش های جغرافیای انسانی، ۲، ۹۹-۱۱۳.
۱۳. کریمی، زهتابیان، فرامرزی، خسروی؛ کامران، غلامرضا، رزبان، حسن؛ ۱۳۹۵، پایش و تغییرات کاربری اراضی با استفاده از زنجیره‌ای مارکوف به منظور پیش‌بینی آن (دشت عباس)، منابع طبیعی ایران، ٦۹ (۳)، ۷۱۱-۷۲٤.
۱٤. لطفی، خیرخواه، اشنویی؛ صدیقه، زلیخا، امیر؛ ۱۳۹۲، تحلیلی بر تغییرات جمعیت و اشتغال شهری (مطالعه موردی شهر ساری)، فصل نامه جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری چشم‌انداز زاگرس، ۵ (۱۸)، ۱٤۳-۱۵٦.
۱۵. مؤمنی، فرشاد؛ ۱۳۸۳، توانمندی‌های بخش کشاورزی در مواجهه با بحران ملی بیکاری، مجموعه مقالات برگزیده نخستین همایش، کشاورزی و توسعه ملی، مؤسسه پژوهش‌های برنامه‌ریزی و اقتصاد کشاورزی (وزارت جهاد کشاورزی)، تهران،۱-۹.
۱٦. محمدیاری، پورخباز، اقدر، توکلی؛ فاطمه، حمیدرضا، حسین، مرتضی؛ ۱۳۹۷، مدل‌سازی تجربی پتانسیل انتقال تغییر پوشش سرزمین شهرستان بهبهان با الگوریتم شبکه عصبی مصنوعی، نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی،۱۸ (۵)، ۲٤-۳۸.
۱۷. مشهودی، سهراب، ۱۳۸۹ ، قابلیت‌سنجی زمین روستایی، انتشارات بنیاد مسکن انقلاب اسلامی، چاپ ۱، تهران، ۵۲۲.
۱۸. ممبنی، عسگری؛ مریم، حمیدرضا؛ ۱۳۹۵، پایش، بررسی و پیش‌بینی روند تغییرات مکانی کاربری اراضی با استفاده از مدل زنجیره‌ای مارکوف (شوشتر- خوزستان)، سپهر، ۲۷ (۱۰۵)، ۳۵-٤۷.
۱۹. موصولی، پیروی؛ نفیسه، علی؛ ۱۳۸۷، تحلیل کاربری اراضی شهری با رویکرد توسعه پایدار، جغرافیا (انجمن جغرافیایی ایران)، ٦ (۱٦ و ۱۷)، ۱-۱۰.
۲۰. مهدوی، مهدی‌زاده‌نامی؛ سیده خدیجه، سمیه؛ ۱۳۹۱، اکوتوریسم در منابع طبیعی، مطالعه موردی بررسی فرصت‌های گردشگری در شهرستان قائم‌شهر، اولین کنفرانس ملی راهکارهای دستیابی به توسعه پایدار در بخش‌های کشاورزی، منابع طبیعی و محیط‌زیست، پژوهشکده سوانح طبیعی، موسسه آمو، تهران، ۱-۸.
۲۱. میرعلیزاده‌فرد، علی بخشی؛ سیدرضا، سیده مریم؛ پایش و پیش‌بینی روند تغییرات کاربری اراضی با استفاده از مدل زنجیره مارکوف و مدلسازتغییر کاربری اراضی (مطالعهٔ موردی: دشت برتش دهلران، ایلام)، سنجش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی، ۷ (۲)، ۳۳-٤۵.

۲۲. ورمزیان، جلال‌زاده، کلانتری، حجت؛ محمد، خلیل؛ ۱۳۹۰، اشتغال آفرینی کشاورزی در منطقه شمال غرب ایران با تأکید بر زیربخش باغبانی، کار و جامعه ، ۱۷ (٦٣)، ۲۲– ٤١.
۲۳. وفایی، درویش‌صفت، پیرباوقار؛ ساسان، علی اصغر، مهتاب؛ ۱۳۹۲، پایش و پیش‌بینی روند تغییرات مکانی کاربری اراضی با استفاده از مدل LCM (مطالعه موردی: منطقه مریوان)، مجله جنگل ایران، ۵ (۳)، ۳۲۳–۳۳٦.
٢٤. یوسفی، مجید؛ ۱۳۹۱، مدیریت زیست‌محیطی مناطق مسکونی و شهری (مطالعه موردی: شهرستان قائمشهر)، همایش ملی جریان و آلودگی هوا، موسسه آب دانشگاه تهران، ۱–۱۱.
۲۵. یوسفی،میکانیکی، اشرفی، نیسانی‌سامانی؛ مریم، جواد، علی، نجمه؛ ۱۳۹٦، آشکارسازی و مدل‌سازی تغییرات کاربری اراضی با استفاده از داده‌های سنجش از دور، مدل زنجیره مارکوف و سلول‌های خودکار (مطالعه موردی: شهر بجنورد)، آمایش جغرافیایی فضا، شماره مسلسل ۲٦، ۲–۱٦.
26. Achmad, Irwansyah, Ramli, A, M, I, 2018, Prediction of future urban growth using CA-Markov for urban sustainability planning of Banda Aceh, Indonesia, IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 126, 1-10.
27. Arekhi, S.; Niyazi, Y, 2009, "Comparing evaluation of remote sensing techniques for monitoring land use change, (Case study: Darehshar catchment, Ilam province)". Journal - Range and Desert Research of Iran, 17(1), 74-93.
28. Easteman, J.R., 2009, IDRISI Taiga Guide to GIS and Image Processing, Clark University, Worcester; MA 01610 – 1477 USA. 327p.
29. Kumar, Radhakrishnan, Mathew, Sathees, Nisha , Samson, 2014, Land use change modelling using a Markov model and remote sensing, Geomatics, Natural Hazards and Risk, 5 (2), 145-156
30. McConnel, Sweeney, Mulley, W.J, S.P, B, 2004, Physical and social access to land: spatiotemporal patterns of agricultural expansion in Madagascar, Agriculture, Ecosystems & Environment, 101, 171-184
31. Rahimi, Akbar, 2016, A methodological approach to urban land-use change modeling using infill development pattern—a case study in Tabriz, Iran, Ecological Processes, 5 (1), 25-38.
32. Romero-Lankao, Gnatz, Wilhelmi, Hayden, Patricia, Daniel M, Olga, Mary, 2016, Urban Sustainability and Resilience: From Theorybbto Practice, Sustainability, 8, 1-16.
33. Sang, Zhang, Yang, Zhu, Yun, Lingling, Chao, Jianyu, Dehai,Wenju, 2011, Simulation of land use spatial pattern of towns and villages based on CA–Markov model, Mathematical and Computer Modelling, 54 (3-4), 938-943.
34. www.amar.org.ir.
35. www.mehrnews.com.
36. Xu,Huang,Ding,Mei,Qin, Lang, Qiuhao, Dongdong, Mengyuan, Hetian, 2018, Modelling urban expansion guided by land ecological suitability: A case study of Changzhou City, China, Habitat International, 75 (4), 12-24.
37. Yu, Jia, Han, Haifeng, 2017, Simulating the spatial dynamics of urban growth with an integrated modeling approach: A case study of Foshan, China, Ecological Modelling, 353 (10), 107-116.
38. Zhong, Arisona, Huang, Batty, Schmitt, Chen, Stefan Müller , Xianfeng , Michael, Gerhard, 2014, Detecting the dynamics of urban structure through spatial network analysis, International Journal of Geographical Information Science , 28 (11), 2178-2199.