

بررسی و پیش‌بینی تغییرات مکانی و زمانی کاربری اراضی شهر جدید هشتگرد با تلفیق داده‌های سنجش از دوری و مدل سلول‌های خودکار مارکوف

سارا سوخته زاری*

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۱۰/۲۲

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۹/۲۱

صفحات: ۷ تا ۲۶

چکیده

تغییرات کاربری اراضی در اثر گسترش فیزیکی شهر در اکثر شهرهای ایران به قدری سریع است، که برنامه‌ریزان و مدیران شهری با توأم ساختن فرایند برنامه‌ریزی در این مناطق با توسعه داینامیک و پیچیده آن روبرو هستند. هدف پژوهش حاضر، بررسی تغییرات کاربری اراضی و گسترش فیزیکی شهر هشتگرد طی ۱۹ سال گذشته و پیش‌بینی روند تغییرات کاربری اراضی برای آینده می‌باشد. در پژوهش حاضر از تصاویر چند زمانه لندست استفاده شده است. با استفاده از الگوریتم طبقه‌بندی ماشین بردار پشتیبان و الگوریتم بررسی تغییرات کراس‌تب، روند تغییرات کاربری اراضی طی ۱۹ سال گذشته ارزیابی گردید. همچنین، با استفاده از مدل پیش‌بینی سلول‌های خودکار-مارکوف روند تغییرات کاربری اراضی و گسترش فیزیکی شهر برای آینده پیش‌بینی شده است. نتایج حاصل از این پژوهش، بیانگر گسترش بی‌رویه شهر طی ۱۹ سال گذشته می‌باشد. به طوری که اراضی ساخته شده با رشد ۷۳۶/۵۶ درصدی خود باعث تخریب بیش از حد اراضی کشاورزی و بایر در حاشیه شهر شده است. بررسی‌ها نشان می‌دهد که با افزایش فاصله از اراضی ساخته شده میزان تغییرات کاربری اراضی کاهش چشمگیری داشته است. بررسی تغییرات حادث شده در کاربری‌های اراضی نشان داد که ۵۶۴/۱۶ هکتار از اراضی بایر به کاربری مسکونی تبدیل شده است. پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی برای سال‌های ۲۰۲۸ و ۲۰۳۸ نشان داد که افزایش مساحت کاربری مسکونی همچنان ادامه خواهد داشت. که این امر ضرورت توجه ویژه برنامه‌ریزان و مدیران شهری به موضوع گسترش شهری و پیامدهای آن در منطقه را نمایان می‌سازد. در نهایت ارزیابی دقت مدل سلول‌های خودکار نشان داد که درصد اختلاف مساحت طبقات طبقات کمتر از ۸ درصد است.

واژگان کلیدی: کاربری اراضی، پیش‌بینی، سلول‌های خودکار، سنجش از دور، هشتگرد

۱- مقدمه

از عوامل مهم برای برنامه‌ریزی و مدیریت شهری خصوصا در راستای نیل به توسعه پایدار در نواحی شهری و استفاده بهینه از سرزمین، در دسترس بودن اطلاعات صحیح و بهنگام از وضعیت کاربری و پوشش اراضی مناطق شهری است (Rahman, ۲۰۱۶). در دهه‌های اخیر همزمان با افزایش جمعیت جهان و گسترش شهرنشینی در دنیا، بخش زیادی از زمین‌های شهری دستخوش تغییرات کاربری شده و موجب جایگزینی سطوح طبیعی نسبتا نفوذپذیری با سطوح سخت غیرقابل نفوذ شامل سنگ فرش خیابان‌ها، آسفالت و نواحی متراکم و پر از ساختمان گردیده است (نادی زاده شورابه و همکاران، ۱۳۹۷). شهرنشینی نقش اساسی در خط مشی توسعه جغرافیایی جمعیت و رشد شهری دارد. از این رو در دهه‌های اخیر در ایران رشد و گسترش شهرها به صورت نوعی مشکل اساسی ظاهر شدند و لزوم توجه به مسائل شهری (به ویژه مسائل کالبدی آن) در قالب چارچوبی علمی، اهمیت و ضرورت یافته است (Chen et al., ۲۰۰۳). البته رشد روزافزون شهرها به تخریب اراضی کشاورزی محدود نمی‌شود بلکه مهمتر از آن تنش‌های شهری همچون افزایش قیمت زمین، ایجاد تفرجگاه و کارگاه و به طور کلی تبدیل کاربری‌ها نیز دارای تبعات مخربی در این زمینه می‌باشد (Serra et al., ۲۰۰۸; Usman et al., ۲۰۱۵). به بیان دیگر رشد حساب نشده شهرها برای زمین‌های کشاورزی بیش از مساحتی است که مستقیما به وسیله آنها اشغال می‌شود لذا شناخت کاربری پیرامون شهرها می‌تواند نقش مؤثری در تحقق قانون حفظ باغ‌ها و اراضی کشاورزی و هدایت اصولی رشد و توسعه آتی شهر داشته باشد (Pal et al., ۲۰۱۷).

در رابطه با تغییرات کاربری اراضی مطالعات متعددی در داخل و خارج ایران انجام شده است. محمدی و همکاران (۱۳۹۴) در پژوهشی به مدلسازی تغییرات کاربری اراضی شهر رامیان استان گلستان پرداختند. در این پژوهش برای بررسی تغییرات از تصاویر ماهواره‌ای سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۲ استفاده کردند. نتایج تحقیق نشان داد که روش کلاسه‌بندی تلفیقی روش مناسبی برای تهیه نقشه کاربری اراضی می‌باشد. یافته‌ها همچنین نشان داد مهمترین تغییرات کاربری در شهرستان رامیان تبدیل جنگل‌ها و مراتع به زمین‌های کشاورزی و مسکونی بوده است. امان پور و همکاران (۱۳۹۶) در پژوهشی به بررسی تغییرات کاربری اراضی در کلانشهر اهواز پرداختند. در این مطالعه جهت بررسی تغییرات کاربری اراضی منطقه مورد مطالعه از روش حداکثر احتمال استفاده شده است. نتایج به دست آمده نشان داد که طی سال‌های ۱۹۸۹ تا ۲۰۱۳ نزدیک به ۲۳ درصد از سهم اراضی بایر و زمین‌های کشاورزی کم شده و در طرف مقابل سهم اراضی ساخته شده از ۱۶/۳۵ به ۳۴/۵۵ افزایش یافته است که بیشترین آنها مربوط به مناطق جنوبی و شرقی اهواز می‌باشد. کیانی سلمی و ابراهیمی (۱۳۹۷) به بررسی تغییرات کاربری اراضی و پیش‌بینی آن با استفاده از سلول‌های خودکار در شهرستان شهرکرد پرداختند. نتایج نشان داد که در سال ۱۳۹۵ میزان اراضی شهری ۱۳ درصد نسبت به سال ۱۳۸۲ افزایش یافته است. میزان تغییرات اراضی برای ۱۰ سال آینده (۱۴۰۵) نشان داد که رشد اراضی شهری برابر با ۶/۰۱ درصد خواهد بود.

واکود و همکاران (۲۰۱۴) به ارزیابی گسترش شهری با استفاده از تصاویر ماهواره لندست در منطقه حیدرآباد هند پرداختند. نتایج تحقیق بیانگر این بود که در طول

قابلیت را فراهم کرده تا با استفاده از این تصاویر بتوان تغییرات کاربری‌های مختلف سطح زمین را طی فواصل زمانی مختلف پایش کرد. همچنین می‌توان با بررسی این تغییرات طی یک دوره زمانی، روند تغییرات را مدلسازی کرده تا مدل حاصل شده برای پیش‌بینی تغییرات برای آینده به کار گرفته شود تا با توجه به نتایج بدست آمده تصمیم‌های لازم گرفته شود. اهداف اصلی و اساسی این پژوهش، بررسی تغییرات کاربری اراضی و گسترش فیزیکی شهر هشتگرد در بازه زمانی ۲۰۱۹-۲۰۰۰ می‌باشد. همچنین با بهره‌گیری از مدل پیش‌بینی و اطلاعات بدست آمده از تجزیه و تحلیل-های تصاویر ماهواره‌ای مربوط به سال‌های گذشته، روند و میزان تغییرات کاربری اراضی برای سال‌های ۲۰۲۸ و ۲۰۳۸ پیش‌بینی و ارزیابی خواهد شد.

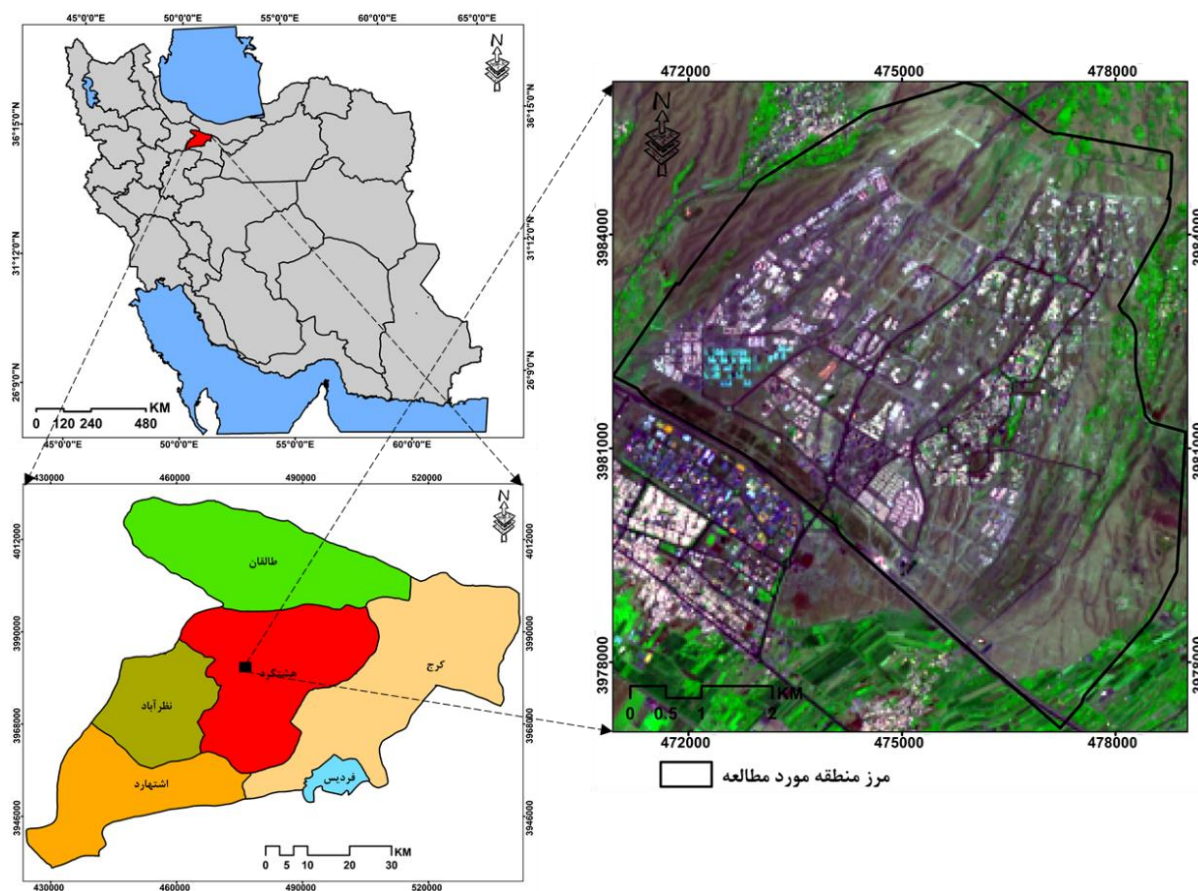
۲- مواد و روش

۲-۱- منطقه مورد مطالعه

شهر جدید هشتگرد در دامنه جنوبی کوه‌های البرز و حاشیه شمال کویر مرکزی ایران واقع شده و از لحاظ آب و هوایی، بین اقلیم کوهستانی و آب و هوای نیم خشک و خشک داخلی قرار گرفته‌است. از نظر طبقه‌بندی کلی آب و هوای این منطقه از نوع مدیترانه‌ای است. شهر جدید هشتگرد از نظر جغرافیایی در غرب استان تهران در ارتفاع ۱۳۱۰ تا ۱۶۱۰ متر از سطح دریا و بین طول‌های جغرافیایی ۵۰ درجه و ۲۵ دقیقه و ۵۰ درجه و ۵۵ دقیقه و عرض‌های ۳۵ درجه و ۴۵ دقیقه و ۳۶ درجه و ۵ دقیقه قرار دارد (شکل ۱).

بازه زمانی ۲۰۱۱-۱۹۸۹ گسترش شهری با چگالی بالا اتفاق افتاده است. تغییرات کاربری اراضی در جهت‌های جنوبی و شمال‌شرقی شهر نمود بیشتری داشته است. در جهت شمال‌شرقی، رشد شهری بیشتر به دلیل توسعه مناطق مسکونی و در جهت جنوبی بیشتر تحت تاثیر رشد و گسترش مناطق صنعتی و مسکونی بوده است. ویو و همکاران (۲۰۰۶) به بررسی دینامیک تغییر کاربری اراضی شهر پکن با ادغام داده‌های ماهواره‌ای سنجنش از راه دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی پرداخته و تغییرات کاربری اراضی را برای ۲۰ سال آینده با استفاده از زنجیره مارکوف و تجزیه و تحلیل-های رگرسیونی پیش‌بینی کرده‌اند. نتایج بیانگر این بود که رشد اراضی شهری در منطقه قابل توجه بوده و موجب تخریب بسیاری از اراضی زراعی بین سال‌های ۱۹۸۶ تا ۲۰۰۱ شده و تداوم این روند را برای آینده نیز پیش‌بینی کرده‌اند. میسرا و همکاران (۲۰۱۹) در مطالعه‌ای به بررسی تغییرات کاربری اراضی و پوشش در هند پرداختند. برای تهیه نقشه کاربری اراضی از روش بیشترین شباهت استفاده کردند. نتیجه گرفتند که کاربری‌های جنگل متراکم، اراضی ساخته شده و سطح آبی با افزایش مساحت روبه‌رو بودند و کاربری‌های جنگل‌های تنک، زمین بایر و کشاورزی با افزایش مساحت روبه‌رو بوده‌اند.

تحقیقات گذشته در زمینه بررسی تغییرات کاربری اراضی طی دوره‌های زمانی مختلف، کارایی فناوری‌های سنجنش از دور در این زمینه را ثابت کرده است. استفاده از تصاویر ماهواره‌ای چند زمانه با توجه به پوشش سطح زمین طی سری‌های زمانی ثابت، این



شکل (۱). موقعیت جغرافیایی مورد مطالعه

سایت زمین شناسی امریکا ۱ به رایگان در دسترس می- باشد. همچنین به منظور ارزیابی صحت هندسی نقشه- های حاضر از نقشه‌های توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰ تهیه شده توسط سازمان نقشه برداری استفاده شده است داده‌های مورد استفاده در پژوهش در جدول (۱) نشان داده شده است.

۲-۲- داده‌های مورد استفاده

این پژوهش از نوع پژوهش کاربردی و روش پژوهش تحلیلی است. روش گردآوری داده‌ها به صورت میدانی و با بهره‌گیری از سایت‌های مرجع تصاویر ماهواره‌ای می باشد. از نظر زمانی روش تحقیق مقطعی است. زیرا اولاً روند توسعه فیزیکی شهر و تغییرات کاربری آن بین سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۹ مورد مطالعه قرار گرفت و از طرف دیگر تغییرات کاربری‌ها برای سال‌های آینده پیش‌بینی شد. در مطالعه حاضر از تصاویر ماهواره‌ای لندست ۵، لندست ۷ و لندست ۸ استفاده شده است. این تصاویر زمین مرجع شده و در سیستم تصویر UTM در ناحیه N۳۹ قرار دارند. تصاویر مذکور در

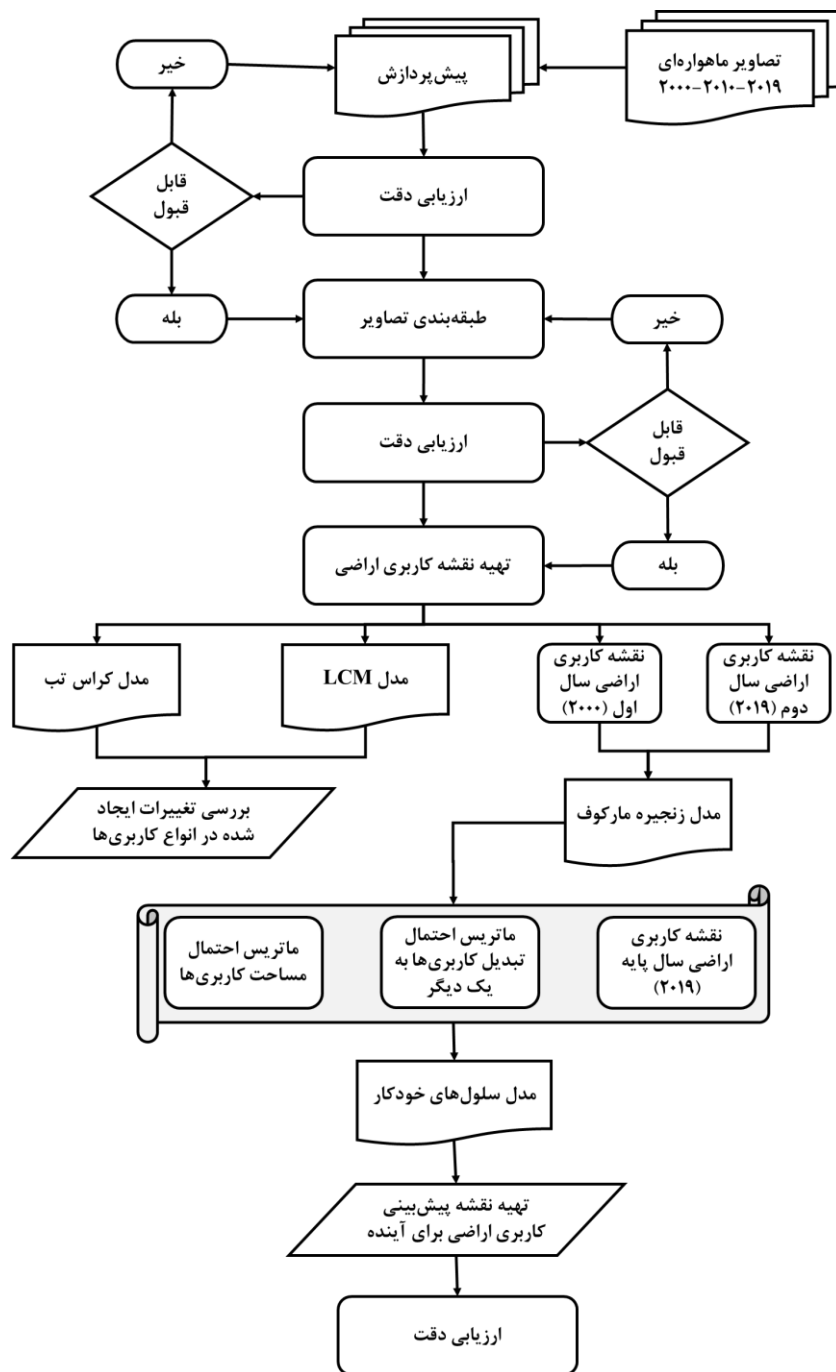
جدول (۱). تصاویر ماهواره‌ای و نقشه‌های توپوگرافی مورد استفاده

نوع داده	ماهواره (سنجنده)	قدرت تفکیک/مقیاس	تاریخ (شمسی)
تصویر ماهواره‌ای	لندست ۵ (TM)	۳۰ متر	۲۰۰۰/۰۶/۲۶
تصویر ماهواره‌ای	لندست ۷ (ETM)	۳۰ متر	۲۰۱۰/۰۶/۲۷
تصویر ماهواره‌ای	لندست ۸	۳۰ متر	۲۰۱۹/۰۶/۲۰
نقشه توپوگرافی	---	۱:۲۵۰۰۰	۲۰۱۹-۲۰۱۰-۲۰۰۰

۳-۲- روش تحقیق

در این پژوهش ابتدا مراحل پیش‌پردازش بر روی تصاویر ماهواره‌ای اعمال شد. در مرحله بعد با استفاده از روش طبقه‌بندی نظارت شده ماشین بردار پشتیبان نقشه کاربری اراضی برای سال‌های مختلف استخراج گردید. برای بررسی تغییرات کاربری اراضی ایجاد شده

از مدل کراس تب و مدلساز تغییرات کاربری اراضی استفاده شده است. در نهایت با استفاده از مدل سلول-های خودکار نقشه کاربری اراضی برای سال‌های آینده تهیه گردید. مراحل اصلی انجام پژوهش به صورت شکل (۲) نشان داده شده است.



شکل (۲). مراحل اصلی روش پژوهش

۱-۳-۲- ماشین بردار پشتیبان

برای بررسی تغییرات کاربری/ پوشش زمین، ابتدا تصاویر بازتابش به دست آمده با استفاده از الگوریتم طبقه‌بندی ماشین بردار پشتیبان طبقه‌بندی شدند. این روش در حل مشکلات طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای بسیار به کار رفته است (Huang et al., ۲۰۰۲; Kavzoglu and Colkesen, ۲۰۰۹; Mountrakis et al., ۲۰۱۱). طبقه‌بندی ماشین بردار پشتیبان یکی از روش‌های طبقه‌بندی غیرپارامتریک نظارت شده بر مبنای نظریه یادگیری آماری است (Gu and Sheng, ۲۰۱۷) و براساس این فرض عمل می‌کند که هیچ گونه اطلاعاتی از چگونگی توزیع مجموعه داده‌ها وجود نداشته باشد. در این روش طبقه‌بندی برای تفکیک کلاس‌ها در داده‌های آموزشی ابررویه‌ای را روی آن‌ها برازش می‌دهد. نخستین مرحله برای تعیین ابررویه، پیدا کردن نزدیک‌ترین نمونه‌های آموزشی دو کلاس است. این نمونه‌های آموزشی بردار پشتیبان نام دارند. برای جدا کردن کلاس‌ها ابررویه‌های گوناگونی وجود دارد ولی فقط یکی از آن‌ها بهینه است و آن ابررویه‌ای است که بیشینه حاشیه را بین دو کلاس ایجاد می‌کند (Rumpf et al., ۲۰۱۰). ویژگی اصلی این روش توانایی بالا در استفاده از نمونه‌های تعلیمی کمتر و رسیدن به دقت بالاتر در مقایسه با سایر روش‌های طبقه‌بندی است (Mountrakis et al., ۲۰۱۱).

۲-۳-۲- مدل سلول‌های خودکار مارکوف

جهت پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی و میزان گسترش فیزیکی، روش ریاضی و احتمالی زنجیره‌ی مارکوف استفاده شد. در این مدل همواره از دو نقشه‌ی رستری استفاده می‌شود که ورودی‌های مدل هستند. علاوه بر این دو نقشه، فاصله‌ی زمانی بین دو تصویر و

فاصله‌ی زمانی پیش‌بینی نیز در نظر گرفته می‌شود. علاوه بر این دو نقشه، فاصله زمانی بین دو تصویر و فاصله زمانی پیش‌بینی نیز در مدل در نظر گرفته می‌شود (Yang et al., ۲۰۱۲; Firozjaei et al., ۲۰۱۸). بر اساس احتمال شرطی قانون بیز، پیش‌بینی تغییر کاربری اراضی در مدل مارکوف با استفاده از رابطه (۱) محاسبه می‌شود.

$$s(t+1) = p_{ij} \times s(t) \quad \text{رابطه (۱)}$$

در رابطه (۱)، $s(t)$ و $s(t+1)$ حالت‌های سیستم در زمان t و $t+1$ هستند و p_{ij} ماتریس احتمال انتقال در یک حالت است که از طریق رابطه (۲) محاسبه می‌شود.

$$p_{ij} = \begin{bmatrix} p_{11} & \dots & p_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ p_{n1} & \dots & p_{nn} \end{bmatrix} \quad \text{رابطه (۲)}$$

$$(\sum_{j=1}^n p_{ij} = 1, (i, j = 1, 2, \dots, n)) \quad \text{and } (0 \leq p_{ij} \leq 1)$$

خروجی مدل نیز شامل احتمالات تبدیل وضعیت، ماتریس مساحت‌های تبدیل‌شده هر کلاس و درنهایت تصاویر احتمالی شرطی برای تبدیل کاربری‌های مختلف است (Sang et al., ۲۰۱۱).

۳- بحث و نتایج

۱-۳-۳- ارزیابی دقت و طبقه‌بندی تصاویر

نتایج تصحیح هندسی تصاویر قبل از طبقه‌بندی به صورت جدول (۲) و نتایج حاصل از ارزیابی دقت طبقه‌بندی در جدول (۳) نشان داده شده است. ماتریس خطا و ارزیابی دقت نتایج طبقه‌بندی با استفاده از نقاط کنترل برای نقشه‌های طبقه‌بندی شده به دست آمده است. در این مطالعه از دو شاخص دقت کلی و ضریب کاپا برای ارزیابی دقت نتایج طبقه‌بندی استفاده شده است. دقت کلی برای نقشه کاربری اراضی ۲۰۰۰،

۲۰۱۰ و ۲۰۱۹ به ترتیب برابر ۰/۸۸، ۰/۹۲ و ۰/۹۴ می‌باشد. همچنین ضریب کاپا برای سال‌های ۲۰۰۰، ۲۰۱۰ و ۲۰۱۹ به ترتیب برابر ۸۷/۴، ۹۰/۲ و ۹۲/۲۳ درصد به دست آمده است. نتایج به دست آمده نشان می‌دهد که نقشه کاربری اراضی برای سال‌های مختلف با دقت قابل قبولی تهیه شده است.

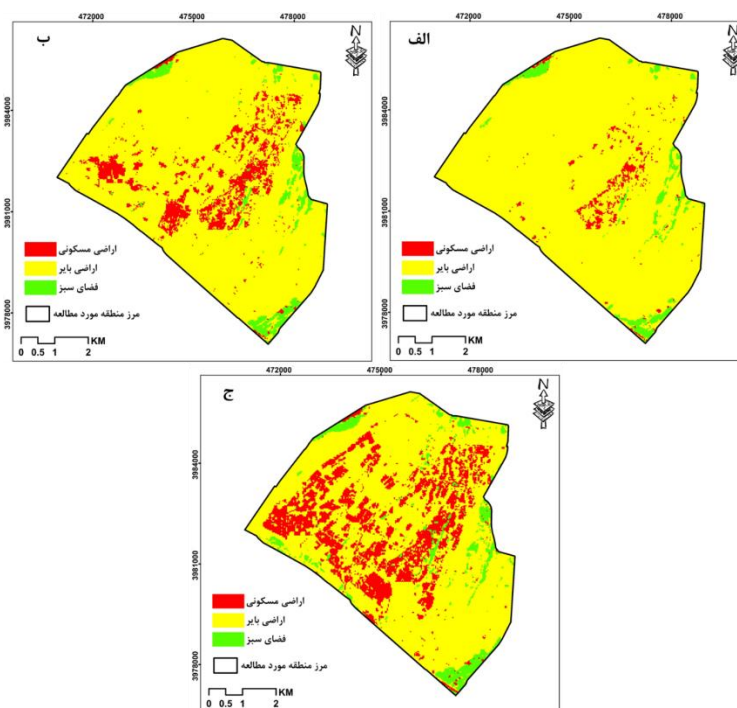
جدول (۲). نتایج ارزیابی خطا تصحیح هندسی تصاویر (پیکسل)

نقشه کاربری اراضی	۲۰۰۰	۲۰۱۰	۲۰۱۹
خطا در جهت X	۰/۳۷	۰/۴۲	۰/۳۴
خطا در جهت Y	۰/۳۱	۰/۲۹	۰/۳۶

جدول (۳). نتایج ارزیابی دقت نقشه‌های کاربری اراضی تهیه شده

نقشه کاربری اراضی	۲۰۰۰	۲۰۱۰	۲۰۱۹
ضریب کاپا	۰/۸۸	۰/۹۲	۰/۹۴
صحت کلی	۸۷/۴	۹۰/۲	۹۲/۲۳

با استفاده از روش طبقه‌بندی نظارت شده، منطقه مورد مطالعه به ۳ کاربری عمده اراضی مسکونی، اراضی بایر و فضای سبز دسته‌بندی شدند (شکل ۳). با استفاده از تصاویر طبقه‌بندی شده، اطلاعات آماری مربوط به هر کلاس استخراج شد.



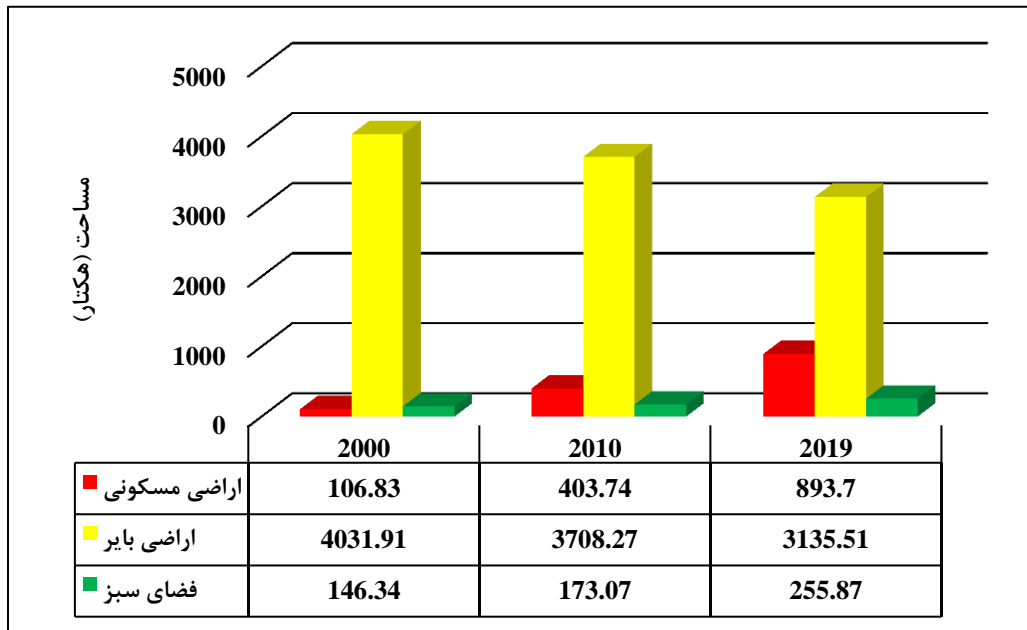
شکل (۳). نقشه‌های کاربری اراضی (الف) ۲۰۰۰ (ب) ۲۰۱۰ (ج) ۲۰۱۹

کاربری اراضی مسکونی ۱۰۶/۸۳ هکتار بوده که در سال ۲۰۱۹ این مساحت به ۸۹۳/۷ هکتار رسیده است که نشان دهنده افزایش ۷۳۶/۵۶ درصدی مساحت کاربری اراضی مسکونی می‌باشد. برعکس کاربری اراضی بایر با کاهش مساحت روبه‌رو بوده است. نتایج نشان داد که

مساحت کاربری‌های اراضی در دوره زمانی سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۹ در شکل شماره (۴) نشان داده شده است. طبق شکل (۴) طی دوره زمانی ۲۰۱۹-۲۰۰۰ شاهد افزایش مساحت کاربری اراضی ساخته شده و کاهش اراضی بایر هستیم. در سال ۲۰۰۰ مساحت

کاربری فضای سبز با افزایش ۷۴/۸۴ درصدی مساحت روبه‌رو بوده است.

مساحت اراضی بایر از ۴۰۳۱/۹۱ هکتار در سال ۲۰۰۰ به ۳۱۳۵/۵۱ هکتار در سال ۲۰۱۹ رسیده است.



شکل (۴). مساحت کاربری‌های منطقه مورد مطالعه برای سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۹

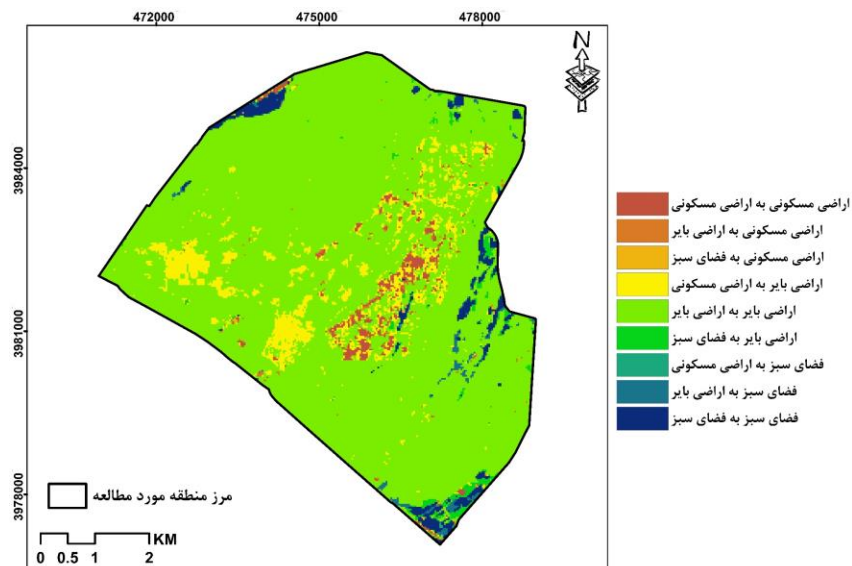
سال اول و ردیف آن نشان دهنده تصویر طبقه‌بندی شده سال دوم است. نتایج حاصل از آشکارسازی تغییرات کاربری اراضی در دوره زمانی اول (۲۰۰۰ تا ۲۰۱۰) در جدول (۴) و در قالب شکل (۵) ارائه شده است. بر اساس جدول ۵ بیشترین تغییرات مربوط به کاربری اراضی مسکونی و اراضی بایر می‌باشد که به ترتیب دارای روند افزایشی و کاهش می‌باشند.

۲-۳- بررسی تغییرات کاربری اراضی

طبق جدول ماتریسی می‌توان گفت که محدوده مورد مطالعه از لحاظ تغییر و دگرگونی کاربری‌ها در سه کلاس، طی مقطع زمانی مورد مطالعه چه مقدار تغییرات داشته است. نتیجه بررسی میزان تغییرات کاربری اراضی به صورت یک جدول ماتریسی می‌باشد که ستون‌های آن نشان دهنده تصویر طبقه‌بندی شده

جدول (۴). تغییرات کاربری اراضی محدوده از سال ۲۰۱۰-۲۰۰۰ (هکتار)

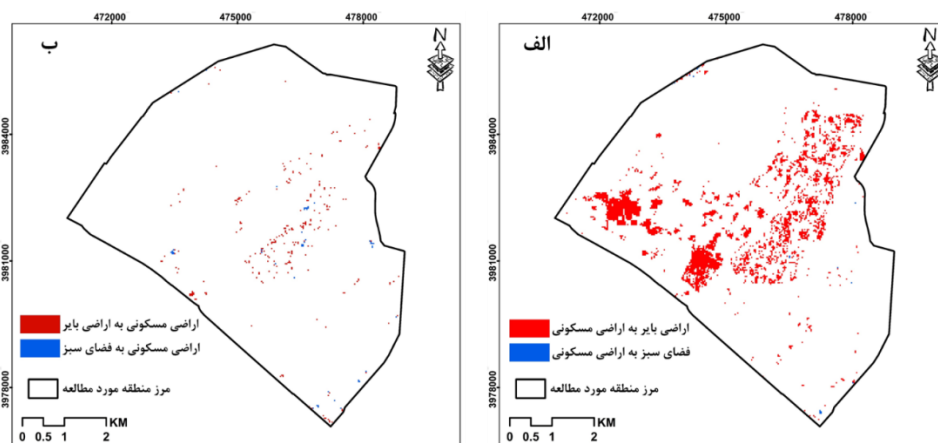
مجموع	فضای سبز	اراضی بایر	اراضی مسکونی	۲۰۱۰-۲۰۰۰
۴۰۳/۷۴	۱/۸	۳۲۲/۵۶	۷۹/۳۸	اراضی مسکونی
۳۷۰۸/۲۷	۳۵/۸۲	۳۶۵۰/۲۲	۲۳/۰۴	اراضی بایر
۱۷۳/۰۷	۱۰۹/۵۳	۵۹/۱۳	۴/۴۱	فضای سبز
۴۲۸۵/۰۸	۱۴۶/۳۴	۴۰۳۱/۹۱	۱۰۶/۸۳	مجموع



شکل (۵). نقشه تغییرات کاربری اراضی در بازه زمانی ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۰

اراضی مسکونی تبدیل شده است. که مساحت آن در سال ۲۰۱۰ به $403/74$ هکتار رسیده است. شکل (۶) نقشه تبدیل سایر کاربری‌ها به اراضی مسکونی و همچنین برعکس آن را نشان می‌دهد.

بررسی روند تغییرات کاربری اراضی مسکونی در بازه زمانی ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۰ روند افزایشی آن را نشان می‌دهد. به طوری که در سال ۲۰۰۰، $322/56$ هکتار از اراضی بایر و $1/8$ هکتار از اراضی فضای سبز به کاربری



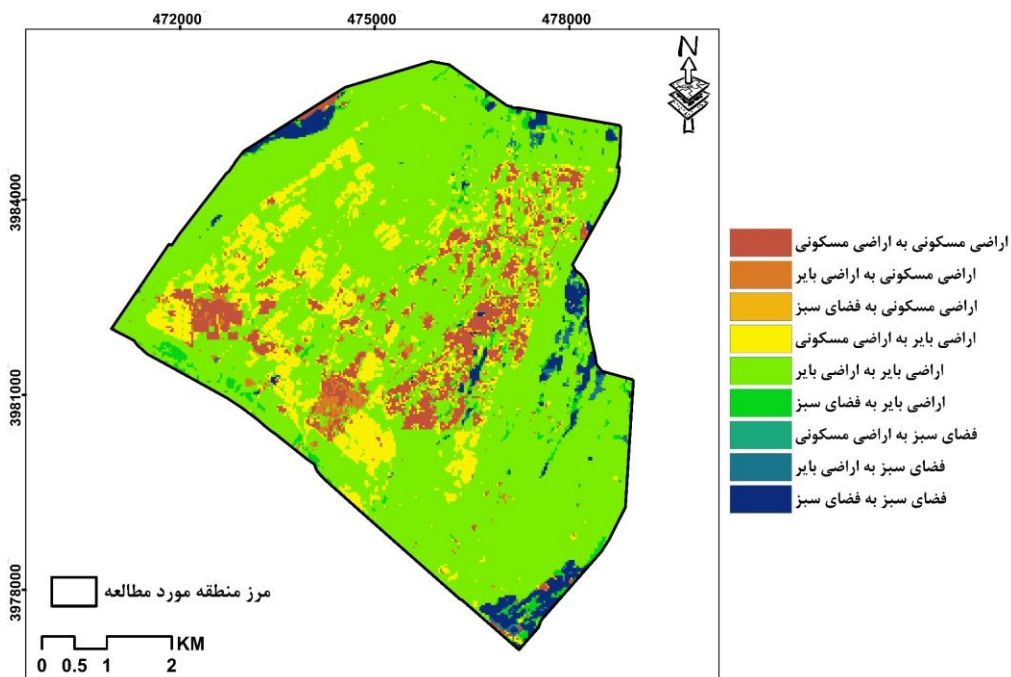
شکل (۶). الف) نقشه تبدیل سایر کاربری‌ها به مسکونی برای سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۰ ب) نقشه تبدیل کاربری مسکونی به سایر کاربری‌ها برای سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۰

اند به طوری که ۵۷۲/۷۶ هکتار که معادل ۱۵/۴۴ درصد از کل مساحت اراضی یابر می‌باشد، کاهش یافته است.

جدول (۵) و شکل (۷) تغییرات کاربری اراضی را در بازه‌ی زمانی دوم (۲۰۱۰ تا ۲۰۱۹) نشان می‌دهد. طبق جدول ماتریسی باز هم اراضی یابر روند کاهشی داشته-

جدول (۵). تغییرات کاربری اراضی محدوده از سال ۲۰۱۰-۲۰۱۹ (هکتار)

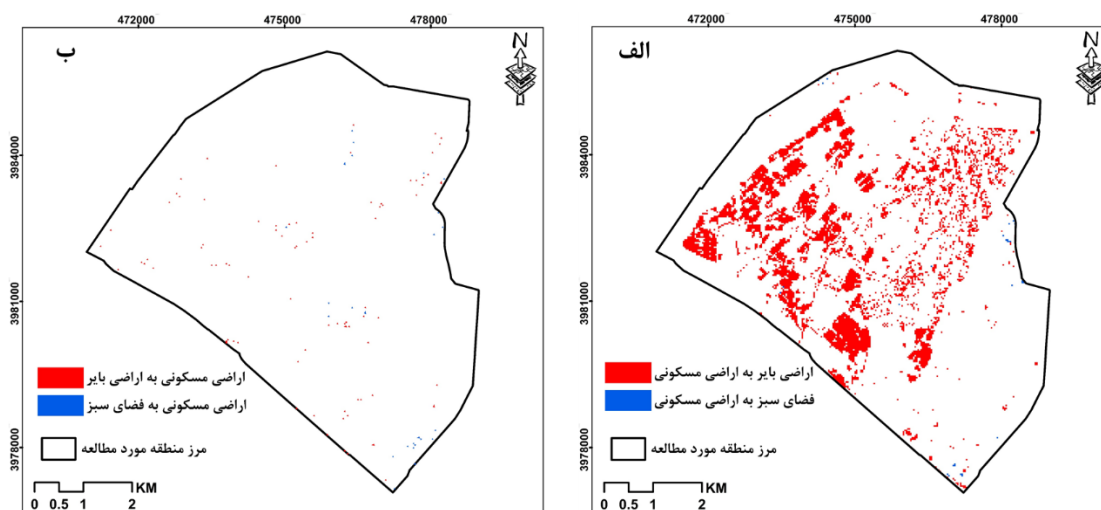
مجموع	فضای سبز	اراضی یابر	اراضی مسکونی	۲۰۱۰-۲۰۱۹
۸۹۳/۷	۲/۸۸	۵۸۱/۳۱	۳۰۹/۵۱	اراضی مسکونی
۳۱۳۵/۵۱	۳۳/۳۹	۳۰۱۹/۶۸	۸۲/۴۴	اراضی یابر
۲۵۵/۸۷	۱۳۶/۸	۱۰۷/۲۸	۱۱/۷۹	فضای سبز
۴۲۸۵/۰۸	۱۷۳/۰۷	۳۷۰۸/۲۷	۴۰۳/۷۴	مجموع



شکل (۷). نقشه تغییرات کاربری اراضی در بازه زمانی ۲۰۱۰ تا ۲۰۱۹

نتایج حاصل از بررسی روند تغییرات در بازه‌ی زمانی دوم (۲۰۱۰-۲۰۱۹) نشان می‌دهد که کاربری اراضی مسکونی همچنان روند افزایشی و کاربری اراضی یابر روند کاهشی داشته است. بطوری که از مجموع مساحت

۸۹۳/۷ هکتار در سال ۲۰۱۹، ۵۸۱/۳۱ هکتار از اراضی یابر و ۲/۸۸ هکتار از فضای سبز به کاربری مسکونی تبدیل شده است (شکل ۸).



شکل (۸). الف) نقشه تبدیل سایر کاربری‌ها به مسکونی برای سال ۲۰۱۰ تا ۲۰۱۹ (ب) نقشه تبدیل کاربری مسکونی به سایر کاربری‌ها برای سال ۲۰۱۰ تا ۲۰۱۹

۳-۳- پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی

پیش‌بینی شده است. جزئیات تغییرات احتمالی کاربری اراضی و ماتریس تغییرات برای بازه زمانی ۲۰۲۸-۲۰۱۹ بر اساس مدل زنجیره‌ای مارکوف، در جدول (۶) و (۷) بیان شده است. سپس با استفاده از مساحت انتقال یافته و تصاویر احتمال شرطی به دست آمده، مدل سلول‌های خودکار به منظور تهیه نقشه پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی سال ۲۰۲۸ اجرا و نقشه حاصل از پیش‌بینی به صورت شکل شماره (۹) نشان داده شده است.

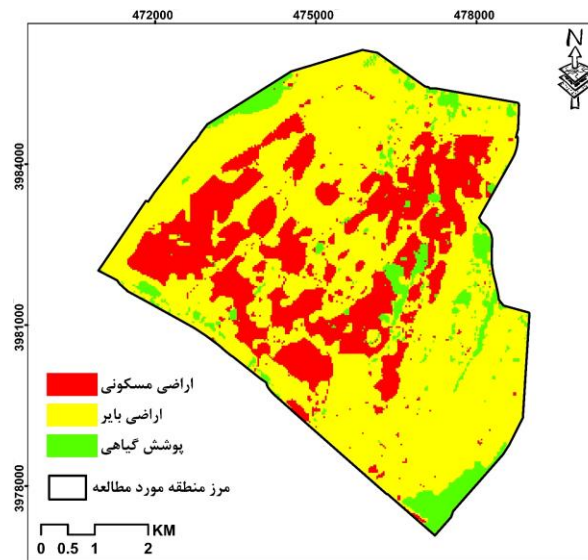
جهت پیش‌بینی میزان تغییرات کاربری اراضی برای دوره‌های زمانی آینده از مدل سلول‌های خودکار استفاده شده است. تصاویر ماهواره‌ای مورد استفاده در مطالعه برای بررسی تغییرات کاربری اراضی دارای فاصله زمانی تقریبی ۱۰ سال از یکدیگر هستند. مدل پیش‌بینی بدلیل استفاده از تصاویر گذشته، برای پیش‌بینی مساحت و نقشه کاربری اراضی سال‌ها با فواصل زمانی مضرب تقریبی ۱۰ دارای دقت بالاتری می‌باشد. مساحت کاربری اراضی برای سال‌های ۲۰۲۸ و ۲۰۳۸

جدول (۶). احتمال تغییر کاربری اراضی تا سال ۲۰۲۸ بر اساس مدل زنجیره‌های مارکوف (درصد)

۲۰۳۸-۲۰۱۹	اراضی مسکونی	اراضی بایر	فضای سبز
اراضی مسکونی	۸۸/۰۸	۷/۲۲	۴/۷۱
اراضی بایر	۱۲	۸۶/۵۲	۱/۴۷
فضای سبز	۰/۱۳	۱۳/۵۲	۸۶/۳۵

جدول (۷). مساحت تغییرات کاربری اراضی محدوده از سال ۲۰۱۹-۲۰۲۸ (هکتار)

مجموع	فضای سبز	اراضی بایر	اراضی مسکونی	۲۰۲۸-۲۰۱۹
۸۹۳/۷	۴۲/۰۳	۶۴/۵۳	۷۸۷/۱۴	اراضی مسکونی
۳۱۳۵/۴۲	۴۶/۲۶	۲۷۱۲/۸۷	۳۷۶/۳۸	اراضی بایر
۲۵۵/۸۷	۲۲۰/۹۵	۳۴/۵۶	۰/۳۶	فضای سبز
۴۲۸۵/۰۸	۳۰۹/۲۴	۲۸۱۱/۹۶	۱۱۶۳/۸۸	مجموع



شکل (۹). نقشه پیش‌بینی تغییرات کاربری سال ۲۰۲۸

متعلق به کاربری فضای سبز با ۱۳/۵۲ درصد می‌باشد. در جدول (۸) و (۹) و همچنین شکل (۱۰) نتایج پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی برای سال ۲۰۳۸ نشان داده شده است.

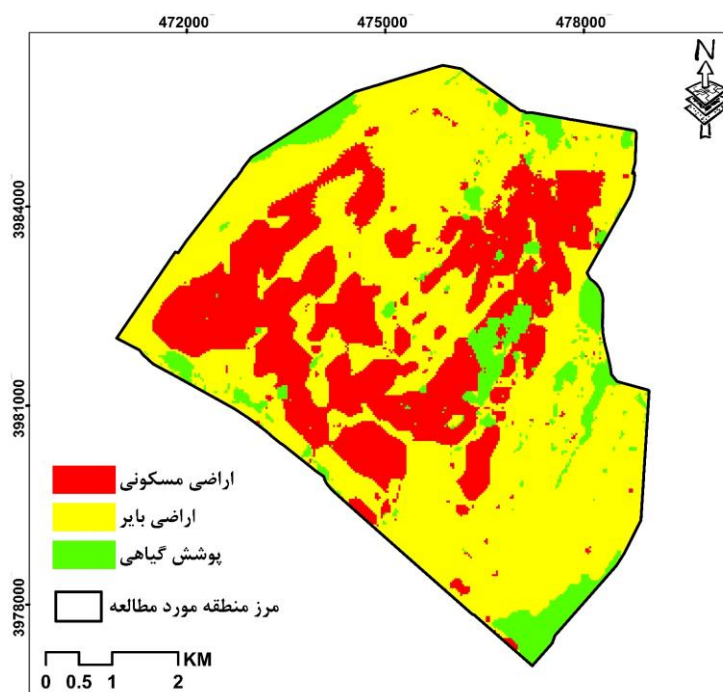
نتایج پیش‌بینی برای سال ۲۰۲۸ نشان می‌دهد که بیشترین درصد تغییر سایر کاربری‌ها به کاربری مسکونی، متعلق به کاربری اراضی بایر با ۱۲ درصد می‌باشد. بیشترین درصد تغییرات برای کاربری اراضی بایر،

جدول (۸). احتمال تغییر کاربری اراضی تا سال ۲۰۳۸ بر اساس مدل زنجیره‌های مارکوف (درصد)

فضای سبز	اراضی بایر	اراضی مسکونی	۲۰۳۸-۲۰۱۹
۲	۳/۱۴	۷۸/۸۵	اراضی مسکونی
۸/۴۲	۷۶/۶۲	۱۹/۹۶	اراضی بایر
۸۶/۳۵	۲۲/۰۸	۳/۱۴	فضای سبز

جدول (۹). مساحت تغییرات کاربری اراضی محدوده از سال ۲۰۱۹-۲۰۳۸ (هکتار)

مجموع	فضای سبز	اراضی بایر	اراضی مسکونی	۲۰۳۸-۲۰۱۹
۸۹۳/۷	۷۱/۵۵	۱۱۷/۴۵	۷۰۴/۷	اراضی مسکونی
۳۱۳۵/۴۲	۱۰۷/۱۹	۲۴۰۲/۳۷	۶۲۵/۹۵	اراضی بایر
۲۵۵/۸۷	۱۹۱/۳۴	۵۶/۵۲	۸/۰۱	فضای سبز
۴۲۸۵/۰۸	۳۷۰/۰۸	۲۵۷۶/۳۴	۱۳۳۸/۶۶	مجموع



شکل (۱۰). نقشه پیش‌بینی تغییرات کاربری سال ۲۰۳۸

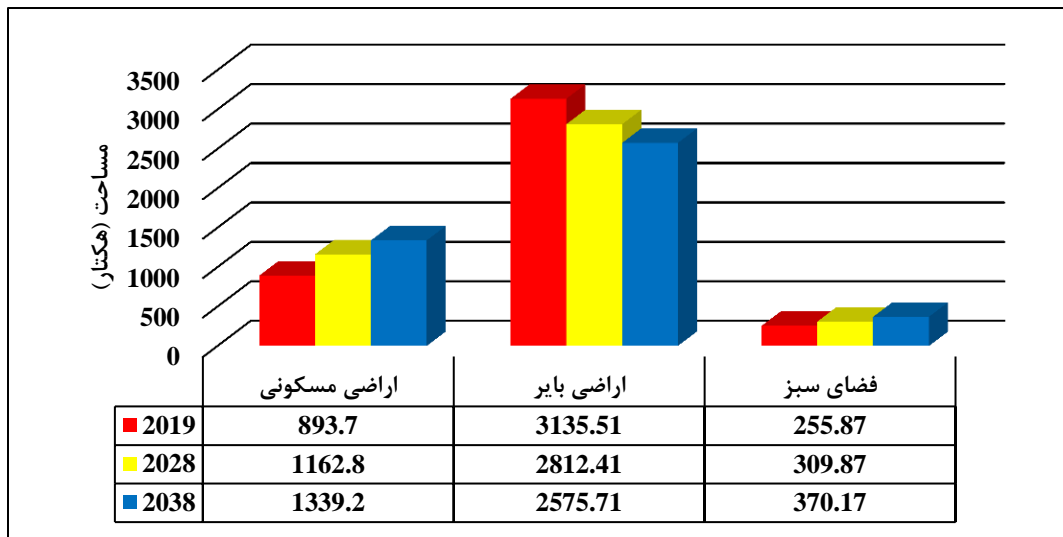
فاصله نزدیکتر به اراضی ساخته شده قرار دارند، احتمال تغییر کاربری بایر به کاربری ساخته شده بیشتر است. همچنین احتمال تبدیل اراضی فضای سبز به بایر ۲۲/۰۸ درصد و احتمال تبدیل اراضی بایر به فضای سبز ۱/۴۷ درصد می‌باشد. درصد بیشتری از اراضی بایر نسبت به اراضی فضای سبز به اراضی مسکونی تبدیل می‌شود ولی از آن جایی که درصد احتمالی تبدیل اراضی بایر به اراضی فضای سبز نسبت به درصد

نتایج حاصل از پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی برای سال آینده بر اساس تغییرات گذشته بیانگر این مساله است که گسترش بی‌رویه شهر در سال‌های آینده نیز ادامه خواهد داشت و موجب تخریب اراضی بایر و فضای سبز اطراف خود خواهد شد. که در این بین احتمال تبدیل اراضی بایر و فضای سبز به اراضی ساخته‌شده به ترتیب ۱۹/۹۶ و ۸/۰۱ درصد می‌باشد. به دلیل این که اراضی بایر نسبت به اراضی کشاورزی در

۴۴/۶۷ درصدی را نشان می‌دهند که این امر نشان دهنده سرعت بیشتر تبدیل اراضی بایر به اراضی مسکونی نسبت به تبدیل عکس است. که با ادامه این روند در سال‌های آینده شاهد بیشتر شدن مساحت اراضی مسکونی به نسبت اراضی بایر خواهیم بود. همچنین مساحت کاربری‌ها برای سال‌های دورتر نشان- دهنده روند رو به رشد اراضی ساخته‌شده و روند کاهشی اراضی بایر می‌باشد. با توجه به گسترش بی‌رویه افقی شهر طی سال‌های آینده، وسعت کاربری‌های دیگر کاهش چشمگیر داشته و در خطر نابودی کامل قرار می‌گیرند. که این مسئله توجه جدی مسئولان و برنامه- ریزان شهری را می‌طلبد تا برنامه‌های لازم برای کنترل و کاهش تخریب اراضی زراعی و فضای سبز اطراف شهر را به کار گیرند.

احتمالی تبدیل اراضی بایر به فضای سبز بیشتر است کاهش مساحت اراضی بایر نسبت به فضای سبز از روند سریع‌تری برخوردار است. اگر روند تغییرات کاربری اراضی و گسترش شهری به همین نحو ادامه داشته باشد در سال‌های آینده شاهد کمتر شدن مساحت کاربری اراضی بایر و همچنین با درصدی پایین‌تر کاربری فضای سبز خواهیم بود.

در شکل (۱۱) مساحت نقشه کاربری اراضی پیش‌بینی شده برای سال‌های ۲۰۲۸ و ۲۰۳۸ را نشان می‌دهد. نتایج حاصل از پیش‌بینی مساحت برای دوره‌های زمانی مختلف نشان می‌دهد که مساحت اراضی ساخته شده در سال ۲۰۳۸ به ۱۳۳۹/۲ هکتار خواهد رسید که نسبت به سال ۲۰۱۹ رشد ۴۹/۸۴ درصدی را نشان می‌دهد و همچنین مساحت‌های کاربری اراضی بایر با کاهش ۱۷/۸۵ درصدی و کاربری فضای سبز با افزایش



شکل (۱۱). مساحت پیش‌بینی شده کاربری‌های مختلف (هکتار)

برای ارزیابی کارایی مدل سلول‌های خودکار برای پیش- بینی کاربری اراضی منطقه مورد مطالعه با استفاده از

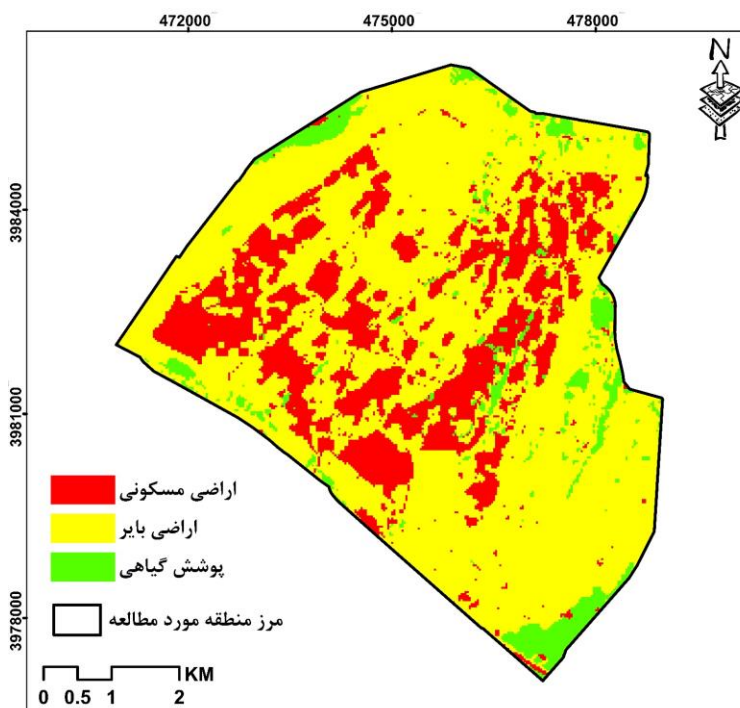
۳-۴- ارزیابی مدل سلول‌های خودکار

شده است. نتایج نشان می‌دهد که اختلاف‌های طبقات مختلف متفاوت است و بزرگی مقادیر همه طبقات کمتر از ۸ درصد است. این نتایج نشان دهنده قابلیت و مفید بودن بهره‌گیری از مدل سلول‌های خودکار در پیش‌بینی تغییرات کاربری منطقه می‌باشد

نقشه کاربری اراضی سال ۲۰۰۰ و ۲۰۱۰ نقشه کاربری اراضی سال ۲۰۱۹ پیش‌بینی شده است (شکل ۱۲) و اختلاف مساحت هر یک از کاربری‌های اراضی نقشه پیش‌بینی شده و طبقه‌بندی شده تصویر سال ۲۰۱۹ بررسی شده است. نتایج ارزیابی دقت پیش‌بینی با مدل سلول‌های خودکار به صورت جدول (۱۰) نشان داده

جدول (۱۰). ارزیابی دقت پیش‌بینی با مدل زنجیره‌ای مارکوف برای کاربری اراضی سال ۲۰۱۹

کاربری اراضی	اراضی مسکونی	اراضی بایر	فضای سبز
پیش‌بینی برای سال ۲۰۱۹	۹۶۱/۳	۳۰۰۶/۸۱	۲۷۲/۹۷
مساحت در نقشه سال ۲۰۱۹	۸۹۳/۷	۳۱۳۵/۵۱	۲۵۵/۸۷
اختلاف مساحت	۶۷/۶	۱۲۸/۷	۱۷/۱
درصد اختلاف	۷/۵۶	۴/۱	۶/۶۸



شکل (۱۲). نقشه پیش‌بینی تغییرات کاربری سال ۲۰۱۹

- نتیجه‌گیری و پیشنهادها

شهرنشینی شتابان و حرکت به طرف شهری شدن جهان با افزایش جمعیت، ابعاد و تنوع الگوی توسعه‌ی شهرها همسو شده است. گسترش فیزیکی و کالبدی شهر به دلیل افزایش سریع جمعیت شهری در تمام کشورهای جهان از جمله کشورهای درحال توسعه صورت می‌گیرد. توسعه فیزیکی شهر فرآیندی پویا و مداوم است که طی آن محدوده‌های فیزیکی شهر و فضای کالبدی آن در جهت‌های افقی و عمودی از حیث کمی و کیفی افزایش می‌یابند و اگر این روند سریع و بی‌برنامه باشد به توسعه فیزیکی متعادل و موزون شهری نخواهد انجامید. در این مطالعه از داده‌های ماهواره‌ای مربوط به سال‌های ۲۰۰۰، ۲۰۱۰ و ۲۰۱۹ جهت استخراج کاربری اراضی با استفاده از روش ماشین بردار پشتیبان استفاده شده است. همچنین جهت پیش‌بینی کاربری کاراضی برای آینده از روش سلول‌های خودکار مارکوف استفاده شده است. بررسی تغییرات کاربری اراضی در بازه زمانی مورد مطالعه نشان داد که کاربری اراضی مسکونی و فضای سبز روند افزایشی و اراضی بایر روند کاهشی داشته است. پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی برای سال‌های ۲۰۲۸ و

۲۰۳۸ نشان داد که افزایش مساحت کاربری مسکونی همچنان ادامه خواهد داشت. به طوری که از مساحت ۸۹۳/۷ هکتار در سال ۲۰۱۹ به ۱۱۶۲/۸ هکتار در سال ۲۰۲۸ و ۱۳۳۹/۲ هکتار در سال ۲۰۳۸ خواهد رسید. همچنین مساحت کاربری اراضی بایر با مساحتی ۳۱۳۵/۵۱ هکتار در سال ۲۰۱۹ به ۲۵۷۵/۷۱ هکتار در سال ۲۰۳۸ خواهد رسید که این نشان دهنده کاهش مساحت ۱۷/۸۵ درصدی اراضی بایر منطقه می‌باشد. ارزیابی دقت مدل سلول‌های خودکار نشان داد که درصد اختلاف مساحت طبقات طبقات کمتر از ۸ درصد است. این نتایج نشان دهنده قابلیت و مفید بودن بهره‌گیری از مدل سلول‌های خودکار در پیش‌بینی تغییرات کاربری منطقه می‌باشد. جهت مطالعات آینده پیشنهاد می‌شود از تصاویر ماهواره‌ای با قدرت تفکیک بالا جهت افزایش دقت طبقه‌بندی و همچنین از سایر مدل‌های پیش‌بینی تغییرات به صورت مجزا و تلفیقی جهت اخذ نتایج بهتر استفاده شود.

منابع و مآخذ

- Kavzoglu, T., and Colkesen, I. (۲۰۰۹). A kernel functions analysis for support vector machines for land cover classification. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, ۱۱(۵): pp. ۳۵۲-۳۵۹.
- Mishra, P. K., Rai, A., & Rai, S. C. (۲۰۱۹). Land use and land cover change detection using geospatial techniques in the Sikkim Himalaya, India. *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science*.
- Mountrakis, G., Im, J., and Ogole, C. (۲۰۱۱). Support vector machines in remote sensing: A review. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, ۶۶(۳): pp. ۲۴۷-۲۵۹.
- Pal, S., & Ziaul, S. K. (۲۰۱۷). Detection of land use and land cover change and land surface temperature in English Bazar urban centre. *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science*, ۲۰(۱), ۱۲۵-۱۴۵.
- Rahman, M. (۲۰۱۶). Detection of land use/land cover changes and urban sprawl in Al-Khobar, Saudi Arabia: An analysis of multi-temporal remote sensing data. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, ۹(۲), ۱۵.
- Rumpf, T., Mahlein, A. K., Steiner, U., Oerke, E. C., Dehne, H. W., and Plümer, L. (۲۰۱۰). Early detection and classification of plant diseases with support vector machines based on hyperspectral reflectance. *Computers and Electronics in Agriculture*, ۷۴(۱): pp. ۹۱-۹۹.
- Serra, P., Pons, X., & Saurí, D. (۲۰۰۸). Land-cover and land-use change in a Mediterranean landscape: a spatial analysis of driving forces integrating biophysical and human factors. *Applied Geography*, ۲۸(۳), ۱۸۹-۲۰۹.
- Usman, M., Liedl, R., Shahid, M. A., & Abbas, A. (۲۰۱۵). Land use/land cover classification and its change detection using multi-temporal MODIS NDVI data. *Journal of Geographical sciences*, ۲۵(۱۲), ۱۴۷۹-۱۵۰۶.
- Wakode, H. B., Baier, K., Jha, R., & Azzam, R. (۲۰۱۴). Analysis of urban growth using Landsat
- امان پور، سعید، کاملی فر، محمدجواد، بهمئی، حجت. (۱۳۹۶). تحلیلی بر تغییرات کاربری اراضی در کلان-شهرها با استفاده از آنالیز تصاویر ماهواره ای در محیط ENVI «مطالعه موردی: کلان-شهر اهواز». فصلنامه علمی- پژوهشی اطلاعات جغرافیایی «سپهر»، ۲۶(۱۰۲)، ۱۳۹-۱۵۰.
- کیانی سلمی، الهام، ابراهیمی، عطالله. (۱۳۹۷). ارزیابی تغییرات پوشش اراضی شهرکرد و پیش‌بینی آینده آن با بهره‌گیری از داده‌های دورسنجی و مدل CA-Markov. فصلنامه برنامه‌ریزی فضایی، ۸(۲۸)، ۷۱-۸۸.
- محمدی، مجید، امیری، مجتبی، دستورانی، جعفر. (۱۳۹۴). مدل‌سازی و بررسی تغییرات کاربری اراضی شهرستان رامیان در استان گلستان. برنامه‌ریزی و آمایش فضا، ۱۹(۴)، ۱۴۱-۱۵۸.
- نادی‌زاده شورابه، سامان، حمزه، سعید، کیاورز، مجید، افشاری‌پور، سید کریم. (۱۳۹۷). بررسی تغییرات مکانی-زمانی کاربری اراضی، گسترش شهری و تأثیر آن بر افزایش دمای سطح زمین با استفاده از تصاویر چندزمانه لندست (مطالعه موردی: شهر گرگان). پژوهش‌های جغرافیایی برنامه‌ریزی شهری، ۶(۳)، ۵۴۵-۵۶۸.
- Chen, J., Gong, P., He, C., Pu, R., & Shi, P. (۲۰۰۳). Land-use/land-cover change detection using improved change-vector analysis. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, ۶۹(۴), ۳۶۹-۳۷۹.
- Firozjaei, M. K., Kiavarz, M., Alavipanah, S. K., Lakes, T., & Qureshi, S. (۲۰۱۸). Monitoring and forecasting heat island intensity through multi-temporal image analysis and cellular automata-Markov chain modelling: A case of Babol city, Iran. *Ecological indicators*, ۹۱, ۱۵۵-۱۷۰.
- Gu, B., and Sheng, V. S. (۲۰۱۷). A Robust Regularization Path Algorithm for Support Vector Classification. *IEEE Transactions on neural networks and learning systems*, ۲۸(۵), ۱۲۴۱-۱۲۴۸.
- Huang, C., Davis, L. S., and Townshend, J. R. G. (۲۰۰۲). An assessment of support vector machines for land cover classification. *International Journal of remote sensing*, ۲۳(۴): pp. ۷۲۵-۷۴۹.

sensing and GIS. *Landscape and urban planning*, ۷۸(۴), ۳۲۲-۳۳۳.

Yang, X., Zheng, X. Q., & Lv, L. N. (۲۰۱۲). A spatiotemporal model of land use change based on ant colony optimization, Markov chain and cellular automata. *Ecological Modelling*, ۲۳۳, ۱۱-۱۹.

TM/ETM data and GIS—a case study of Hyderabad, India. *Arabian Journal of Geosciences*, ۸(۱), ۱۰۹-۱۲۱.

Wu, Q., Li, H. Q., Wang, R. S., Paulussen, J., He, Y., Wang, M., ... & Wang, Z. (۲۰۰۶). Monitoring and predicting land use change in Beijing using remote

Investigation and Prediction of Spatial and Temporal Land Use Changes in New Hashtgerd City by Integrating Remote Sensing Data and Cellular Automata Markov model

Sara Soukhtezari*

Abstract

Land use changes due to the physical expansion of the city in most cities in Iran are so rapid, that urban planners and managers are facing a dynamic and complex development as they integrate the planning process in these areas. The purpose of this study is to investigate land use changes and physical development of Hashtgerd city during the past ۱۹ years and to predict land use change trends for the future. In this study, Landsat multi-time images were used. Using the support vector classification machine algorithm and the algorithm for Cross-Tab change, land use change trends over the past ۱۹ years was evaluated. Also, using the Cellular Automata Markov prediction model, the process of land use change and physical expansion of the city is predicted for the future. The results of this study indicate the unnecessary expansion of the city over the past ۱۹ years. So that the built-up with ۷۳۶.۵۶% growth have caused excessive destruction of agricultural and bare lands on the outskirts of the city. Investigations show that with increasing distance from land use changes have significantly reduced the amount of land use. Investigation of changes in land uses showed that ۵۶۴/۱۶۶ hectares of waste land has become residential land use. Predicting land use changes for ۲۰۲۸ and ۲۰۳۸ showed that residential land use will continue to increase. This highlights the need for special attention of urban planners and managers to the issue of urban development and its consequences in the region. Finally, the evaluation of the accuracy of the automated cell model showed that the percentage of classes area difference was less than ۸%.

Keywords: Land Use, Prediction, Cellular Automata Markov, Remote Sensing, Hashtgerd