



پیش‌بینی تغییرات احتمالی کاربری اراضی دشت جوپار با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و مدل CA-Markov

فریده سادات ابراهیمی^۱ و * اردوان کمالی^۲

^۱ دانش‌آموخته کارشناسی ارشد گروه علوم خاک، دانشگاه ولی عصر (عج) رفسنجان،

^۲ استادیار گروه علوم خاک، دانشگاه ولی عصر (عج) رفسنجان

تاریخ دریافت: ۹۵/۷/۱۲؛ تاریخ پذیرش: ۹۶/۷/۲۶

چکیده

سابقه و هدف: خاک یکی از منابع طبیعی اصلی تجدیدنپذیر می‌باشد که امروزه تخریب آن به‌عنوان مشکلات زیست‌محیطی در سراسر جهان مطرح می‌باشد. در دهه‌های اخیر تغییرات سریع و ناپایدار کاربری اراضی به دلیل فعالیت‌های توسعه‌ای و عمرانی و افزایش جمعیت باعث تغییرات سریع در استفاده از اراضی و پوشش زمین و در نهایت تخریب خاک بوده است. از این‌رو بازبینی این تغییرات از طریق تصاویر ماهواره‌ای و پیش‌بینی و ارزیابی پتانسیل آن‌ها از طریق مدل‌سازی می‌تواند به مدیران و برنامه‌ریزان برای تصمیمات آگاهانه‌تر کمک کند. هدف از این مطالعه، بررسی روند تغییرات کاربری اراضی در مقطع زمانی ۱۹۹۲ تا ۲۰۱۵ با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای، محاسبه میزان تغییر کاربری‌ها با یکدیگر و پیش‌بینی تغییرات احتمالی کاربری اراضی در سال‌های ۲۰۲۰، ۲۰۲۵، ۲۰۳۰ و ۲۰۳۵ با استفاده از مدل سلول خودکار-مارکوف در دشت جوپار واقع در استان کرمان می‌باشد.

مواد و روش‌ها: در این پژوهش، جهت تهیه نقشه‌های کاربری اراضی از سه دوره تصاویر ماهواره‌ای لندست شامل لندست ۵ سنجنده (TM (1992)، لندست ۷ سنجنده (ETM⁺ (2000) و لندست ۸ سنجنده (OLI (2015) استفاده گردید. به‌منظور تهیه نقشه‌های کاربری اراضی از طریق تصاویر ماهواره‌ای، ابتدا بر روی تصاویر مذکور پیش‌پردازش‌های اولیه مانند تصحیح هندسی و اتمسفری اعمال گردید. در ادامه با تهیه نمونه‌های آموزشی، تصاویر ماهواره‌ای در نرم‌افزار ایدریسی و با استفاده از الگوریتم حداکثر احتمال طبقه‌بندی و دقت آن‌ها ارزیابی گردید. نقشه‌های کاربری اراضی تهیه شده دوره‌های مختلف به‌منظور تولید ماتریس احتمال انتقال به مدل مارکوف داده شد و در نهایت ماتریس احتمال انتقال که احتمال انتقال کاربری‌ها به کاربری دیگر را نشان می‌دهد تولید شد. سپس آنالیز زنجیره سلول خودکار-مارکوف، بر اساس نقشه‌های کاربری اراضی دوره پایه و ماتریس احتمال انتقال در مدل مارکوف با تأکید بر پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی در سال‌های ۲۰۲۰، ۲۰۲۵، ۲۰۳۰ و ۲۰۳۵ با تعداد تکرار و گام متفاوت در روش سلول خودکار-مارکوف انجام شد. بر اساس نتایج این پژوهش، تغییرات کاربری‌ها و سطح کاربری‌های منطقه محاسبه گردید. پس از مقایسه و بررسی مشاهدات، تغییرات کاربری احتمالی برای سناریوهای تعیین شده پیش‌بینی گردید.

* مسئول مکاتبه: a.kamali@vru.ac.ir

یافته‌ها و نتیجه‌گیری: بر اساس نتایج این پژوهش، تغییرات کاربری‌ها و سطح کاربری‌های منطقه محاسبه و مقایسه و بررسی شدند. نتایج آشکارسازی تغییرات دوره اول (۲۰۰۰-۱۹۹۲) بیش‌ترین افزایش مساحت در کاربری‌های مرتع و چراگاه و باغ و زراعت آبی و بیش‌ترین کاهش مساحت در کاربری بستر رودخانه و دوره دوم (۲۰۱۵-۲۰۰۰) بیش‌ترین افزایش مساحت در کاربری‌های باغ و زراعت آبی و بستر رودخانه و بیش‌ترین کاهش مساحت در کاربری مرتع و چراگاه را نشان داد. نتایج به‌دست آمده از پیش‌بینی تغییرات کاربری آینده منطقه مورد مطالعه به روش سلول خودکار- مارکوف بیانگر کاهش کاربری‌های باغ و زراعت آبی و افزایش کاربری‌های مرتع و چراگاه و بستر رودخانه نسبت به سال ۲۰۱۵ بود. همچنین نتایج مقایسه پیش‌بینی سال‌های ۲۰۲۰، ۲۰۲۵، ۲۰۳۰ و ۲۰۳۵ با یکدیگر کاهش کاربری‌های بستر رودخانه و مرتع و چراگاه را نشان داد که کمبود بارندگی و افزایش دما که از شواهد تغییر اقلیم می‌باشند، دلیلی بر این موضوع و در نهایت تخریب پوشش گیاهی و تخریب بیش‌تر خاک باشد. افزون بر این، با توجه به کمبود بارندگی و خشکسالی‌های اخیر و پژوهش‌های صورت گرفته می‌توان نتیجه گرفت که روش سلول خودکار- مارکوف مطابقت بیش‌تری با منطقه دارا می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: تغییرات کاربری، تصاویر ماهواره‌ای، دشت جوپار، مدل سلول خودکار- مارکوف

مقدمه

منبع مهمی از داده‌های مربوط به کاربری و پوشش اراضی را فراهم می‌کند که می‌تواند در نظارت بر تغییرات آن‌ها به‌گونه‌ای مؤثر مورد استفاده قرار گیرد (۱۸). با استفاده از داده‌های چندزمانه سنجش از دور با کم‌ترین زمان و هزینه می‌توان نسبت به استخراج کاربری‌های اراضی اقدام نموده و سپس با مقایسه آن‌ها در دوره‌های زمانی مختلف، نسبت تغییرات را ارزیابی و برای سال‌های آتی پیش‌بینی و مدل‌سازی نمود (۱۰).

آشکارسازی تغییرات و هم‌چنین پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی، در دید کلی مدیریت بهتر منابع طبیعی و حفاظت اراضی کشاورزی اطراف مناطق شهری و اتخاذ تدابیر سیاست‌های درازمدت مؤثر است. برای تجزیه و تحلیل علل و اثرات تغییرات کاربری اراضی، مدل‌سازی به‌عنوان یک موضوع علمی در حال رشد سریع بوده و بیش از یک دهه است که موضوع پژوهش‌ها علمی شده است (۱۹). روش‌های متنوعی برای مدل‌سازی تغییرات پوشش و کاربری اراضی وجود دارد که می‌توان به مدل‌های مارکوف، سلول

خاک یکی از منابع طبیعی اصلی تجدیدنپذیر در جهان است. در شرایط طبیعی، حدود ۳۰۰ سال طول می‌کشد تا ۲۵ میلی‌متر خاک سطحی تشکیل شود (۴)، در صورتی که تخریب آن در مدت زمان کوتاهی اتفاق می‌افتد. تخریب خاک تهدیدی اصلی در سراسر کره زمین به‌شمار می‌رود، زیرا در درازمدت باعث کاهش توان تولید زیستی یا اقتصادی خاک و ناپایداری زیست‌محیطی می‌شود (۲۰). در دهه‌های اخیر تغییرات کاربری و پوشش اراضی به‌خصوص فعالیت‌هایی مانند جنگل‌زدایی، توسعه بی‌رویه اراضی کشاورزی و تخریب مراتع در کشورهای در حال توسعه پدیده گرمایش جهانی و بیابان‌زایی را از طریق خروج گازهای گلخانه‌ای، کاهش تنوع زیستی و تخریب خاک به‌شدت متأثر کرده است (۳). با توجه به آن‌که تغییرات در کاربری اراضی در سطوح وسیع و گسترده صورت می‌گیرد، بنابراین فن‌آوری سنجش از دور یک ابزار مهم در بررسی و پایش تغییرات می‌باشد. این فن‌آوری به کمک تصاویر ماهواره‌ای،

استفاده کرده و نشان دادند که مدل CA-Markov برای شبیه‌سازی روند تغییرات پوشش گیاهی مناسب‌تر از سایر روش‌های موجود است (۵). فلاحتکار و همکاران (۲۰۰۹) به بررسی توانایی مدل سلول خودکار-مارکوف در پیش‌بینی تغییرات پوشش اراضی در شهر اصفهان پرداختند. نتایج این مطالعه نشان داد، در صورت ثابت ماندن فرآیندهای تغییر پوشش اراضی در منطقه، مدل فوق با اعتباری حدود ۷۰ درصد به پیش‌بینی تغییرات در ۲۴ سال آینده (سال ۱۴۰۴) می‌پردازد (۹). علی‌محمدی و همکاران (۲۰۱۰) تغییرات کاربری اراضی و پوشش زمین در حومه جنوب‌غربی تهران را با استفاده از مدل سلول‌های خودکار شبیه‌سازی کرده و کارایی این مدل را برای شرایط منطقه مورد مطالعه مناسب ارزیابی کرده‌اند (۲).

هدف از این مطالعه، بررسی روند تغییرات کاربری اراضی در مقطع زمانی ۱۹۹۲ تا ۲۰۱۵ با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای، محاسبه میزان تغییر کاربری‌ها با یکدیگر و پیش‌بینی تغییرات احتمالی کاربری اراضی در سال‌های ۲۰۲۰، ۲۰۲۵، ۲۰۳۰ و ۲۰۳۵ با استفاده از مدل سلول خودکار-مارکوف در دشت جوپار واقع در استان کرمان می‌باشد.

مواد و روش‌ها

معرفی منطقه مورد مطالعه: منطقه مورد مطالعه با وسعت ۱۸۸/۷۰ کیلومترمربع از توابع بخش جوپار، در حدود ۲۵ کیلومتری جنوب شهرستان کرمان و در موقعیت طول جغرافیایی $57^{\circ} 05'$ تا $57^{\circ} 11'$ شرقی و عرض جغرافیایی $29^{\circ} 05'$ تا $30^{\circ} 05'$ شمالی قرار گرفته است (شکل ۱). از نظر فیزیوگرافی، تپ‌های کوهستان، تپه، آبرفت‌های بادبزی شکل سنگریزه‌دار و اراضی متفرقه (بستر سنگلاخی رودخانه‌ها) در این منطقه مشاهده می‌شوند. منطقه مورد مطالعه از دیدگاه

خودکار-مارکوف، ژنومود و مدل‌های آماری اشاره کرد.

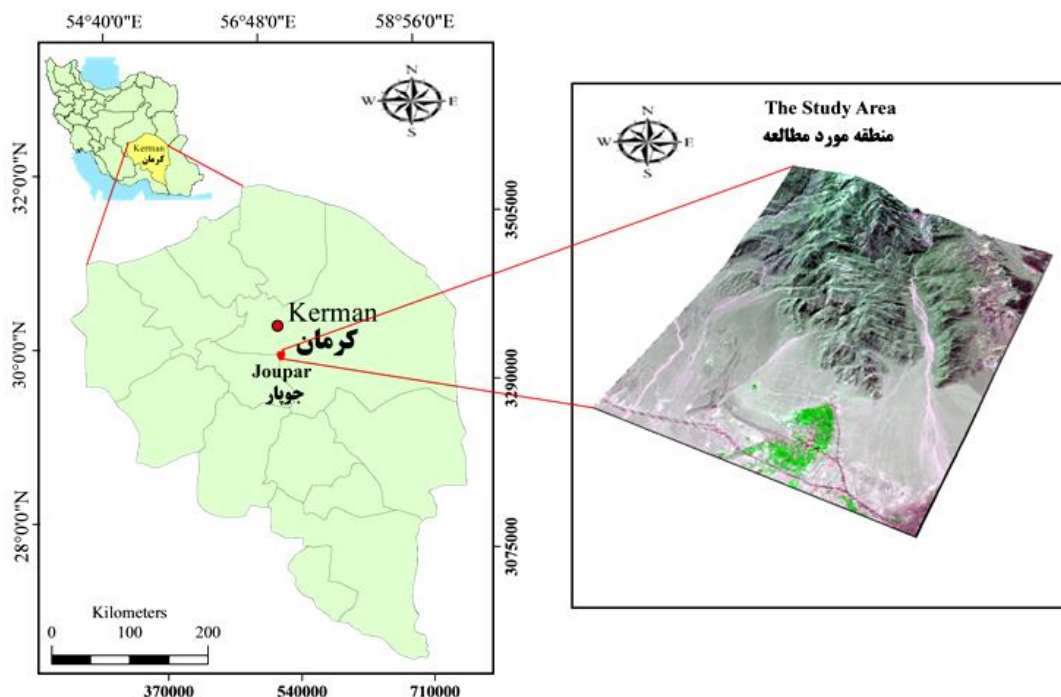
مدل مارکوف ابزاری مناسب جهت مدل‌سازی تغییرات کاربری و پوشش اراضی است و زمانی کاربرد دارد که تغییرات موجود در چشم‌اندازها به راحتی قابل توصیف نباشند. زنجیره مارکوف یک سری از مقادیر تصادفی است که احتمال آن‌ها در فاصله زمانی داده شده به مقدار اعداد در زمان گذشته وابسته است. مدل سلول‌های خودکار به دلیل داشتن ماهیت دینامیک و همچنین خصوصیات منحصر به فرد آن در مدل‌سازی عوارض طبیعی و فیزیکی سطح زمین، کاربرد وسیعی در پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی و همچنین توسعه اراضی شهرت یافته است (۲). با استفاده از مدل CA-Markov، نسبت تبدیل کاربری‌های مختلف و امکان پیش‌بینی آن‌ها در آینده فراهم می‌شود و با پیش‌بینی تغییرات کاربری، می‌توان میزان گسترش و تخریب منابع را مشخص و این تغییرات را در مسیرهای مناسب هدایت نمود (۱۳). در سال‌های اخیر، پژوهش‌های بسیاری در زمینه مدل‌سازی تغییرات کاربری و پیش‌بینی آن با مدل سلول خودکار-مارکوف صورت گرفته است (۱۶، ۲۳، ۲۸ و ۳۰).

گوان و همکاران (۲۰۱۱) تغییرات کاربری اراضی ساگا در ژاپن را برای سال‌های ۲۰۴۲-۲۰۱۵ با استفاده از مدل زنجیره‌ای سلول خودکار-مارکوف مدل‌سازی کردند. نتایج این مطالعه، افزایش اراضی شهری و کاهش اراضی طبیعی و کشاورزی را نشان داد (۱۱). چنگ لیانگ چانگ و همکاران (۲۰۰۶) برای بررسی پوشش گیاهی کوه جیوجیو از داده‌های اسپات مربوطه به چهار دوره زمانی استفاده کردند. آن‌ها نیز در انتها از آنالیز زنجیره مارکوف و CA^1 برای پیش‌بینی تغییرات زمانی و مکانی پوشش گیاهی

1- Cellular Automata

۱۶/۰۱ سلسیوس می‌باشد (۱۴). اقلیم منطقه به روش آمبرژه خشک سرد و به روش دومارتن نیمه‌خشک می‌باشد. براین اساس خاک‌های منطقه مورد مطالعه دارای رژیم رطوبتی اریدیک هم‌مرز با زریک و رژیم حرارتی مزیک می‌باشد (۲۴).

تقسیمات زمین‌شناسی ایران در محدوده ساختاری ایران مرکزی قرار گرفته است که در دوران سنوزوئیک و مزوزوئیک تشکیل شده‌اند. متوسط بارندگی سالیانه و متوسط درجه حرارت سالیانه (۱۳۵۰-۱۳۹۴) این حوزه به ترتیب ۱۳۳/۲ میلی‌متر و



شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه.

Figure 1. Location of the study area.

روند ارزیابی تغییر کاربری اراضی: به منظور بررسی تغییرات کاربری اراضی، از تصاویر ماهواره‌ای ذکر شده استفاده شد. بدین منظور مراحل پیش‌پردازشی تصحیحات هندسی و رادیومتریک روی تصاویر ماهواره‌ای انجام شد. تصحیح رادیومتریک زمانی انجام می‌گیرد که از تصاویر چندزمانه یعنی تصاویری که مربوط به فصول یا سال‌های مختلف و یا سنجنده‌های مختلف هستند، استفاده شود (۶). در این مطالعه از تصحیح رادیومتریک نسبی برای تمام تصاویر ذکر شده در بالا استفاده شده است. در این پژوهش طبقه‌بندی

داده‌های مورد استفاده: تصاویر استفاده شده در این پژوهش، تصاویر (TM (1992)، ETM⁺ (2000) و Landsat 8 (2015) از ماهواره لندست می‌باشند و از نرم‌افزارهای Idrisi Selva و ArcGIS 10.3.1 برای پردازش داده‌ها، مدل‌سازی، شبیه‌سازی و خروجی گرفتن و از روش حداکثر احتمال برای طبقه‌بندی کاربری‌ها و از مدل سلول خودکار-مارکوف برای محاسبه تغییرات، پیش‌بینی و شبیه‌سازی تغییرات در سال‌های ۲۰۲۰، ۲۰۲۵، ۲۰۳۰ و ۲۰۳۵ استفاده شده است.

زمین بر اساس احتمالات تبدیل کنترل می‌کند، در حالی که تغییرات مکانی به وسیله قوانین محلی تعیین شده از طریق فیلتر مکانی CA یا نقشه‌های شایستگی کنترل می‌گردند (۷). بنابراین با استفاده از مدل سلول خودکار-مارکوف، وضعیت پیکسل‌ها برای پیش‌بینی تغییرات وضعیت آن‌ها در آینده از قوانین خاصی پیروی می‌کنند. به‌طور مثال پیکسل C_{ij} (پیکسل قرار گرفته در سطر I و ستون J) در زمان $t+1$ به چهار عامل، وضعیت سلول در زمان t ، پنجره همسایگی $(St C_{ij})$ ، وضعیت همسایگان سلول در زمان t ($\Omega_t C_{ij}$) و قوانین تبدیل (وضعیت هر یک از سلول‌ها در گذر زمان بر اساس قوانین تبدیل، به‌طور خودکار به روز می‌شوند) بستگی دارد. گام‌های به روزرسانی از زمان t_0 (مبدأ زمانی) تا t_n (زمان پایان عملیات) در اصطلاح تکرار نامیده می‌شود (۷).

عناصر مدل CA به شرح زیر می‌باشد:

شبکه سلولی: فضایی که CA در آن وجود دارد، شبکه CA نام دارد و در طول زمان تغییر می‌یابد (۲۶).

۱. وضعیت سلول: حالتی است که هر سلول در فرآیند تکامل CA می‌تواند داشته باشد. سلول در مدل اولیه CA اغلب دارای وضعیت بولین (۰ یا ۱) می‌باشد.

۲. همسایگی: دربردارنده خود سلول و تعدادی سلول دیگر در شعاع خاصی از سلول مورد آزمایش است. بر اثر روابط متقابل سلول مورد آزمایش و همسایه آن و تحت تأثیر قوانین انتقال، سلول به وضعیت‌های مختلف تغییر پیدا می‌کند.

۳. زمان: زمان در CA ناپیوسته است. مدت زمانی در CA های مختلف، متفاوت است. سلول‌ها از t به $t+1$ ، به‌طور هم‌زمان تکامل می‌یابند (۲۷).

تصاویر و تهیه نقشه کاربری اراضی از روش طبقه‌بندی حداکثر احتمال استفاده شد که به‌عنوان یکی از دقیق‌ترین روش‌های طبقه‌بندی پیکسل پایه توسط اکثر پژوهشگران پذیرفته شده است (۱ و ۲۱). در ادامه به‌منظور تعیین دقت طبقه‌بندی از ۱۵۰ نقطه برداشت‌شده زمینی استفاده شد. در این مرحله با انجام مقایسه بین نقشه حاصل از طبقه‌بندی تصاویر ماهواره و بازدیدهای میدانی، ماتریس خطا تهیه شده و در نهایت بر اساس معیارهای صحت کلی که میانگینی است از دقت طبقه‌بندی که نسبت پیکسل‌های صحیح طبقه‌بندی شده به جمع کل پیکسل‌های معلوم را نشان می‌دهد و ضریب کاپا که دقت طبقه‌بندی را نسبت به یک طبقه‌بندی کاملاً تصادفی محاسبه می‌کند، میزان دقت طبقه‌بندی تصاویر سال‌های مختلف محاسبه شد.

معرفی مدل CA-Markov: مدل سلول خودکار-

مارکوف یک سیستم دینامیک و گسسته در مکان و زمان می‌باشد که بر روی یک شبکه منظم از سلول‌ها عمل می‌کند. مشکل ذاتی زنجیره مارکوف این است که اطلاعات و موقعیت مکانی را در نظر نمی‌گیرد. احتمال تبدیل ممکن است روی هر گروه پایه با صحت و دقت همراه باشد، اما فاقد دانش و آگاهی از توزیع مکانی تصادفی درون هر گروه کاربری زمین است. به همین خاطر از CA برای اضافه کردن مشخصه مکانی به مدل استفاده می‌شود. مدل CA-Markov. روشی مناسب در مدل‌سازی دینامیک زمانی و مکانی تغییرات پوشش کاربری زمین است و داده‌های GIS و RS می‌توانند به‌طور مؤثری مشارکت داده شوند (۱۵). در مدل سلول خودکار-مارکوف، پروسه زنجیره مارکوف تغییرات زمانی را میان کلاس کاربری

نقشه پوشش زمین به چهار کلاس تقسیم شده است که عبارت از باغ و زراعت آبی، مرتع و چراگاه، بستر رودخانه و کوه و اراضی سنگی می‌باشند (شکل ۲).

پس از طبقه‌بندی کاربری‌های اراضی، به ارزیابی دقت پرداخته شد. برای ارزیابی دقت طبقه‌بندی، انتخاب یک‌سری پیکسل‌های نمونه معلوم و مقایسه کلاس آن‌ها با نتایج طبقه‌بندی لازم می‌باشد. بدین جهت تصاویر طبقه‌بندی‌شده با نمونه‌های زمینی تهیه‌شده به نرم‌افزار ایدرسی انتقال یافته و میزان دقت کاربری‌ها (دقت کل و ضریب کاپا) به شرح زیر به دست آمد. با توجه به نتایج حاصل از ارزیابی دقت در سه سال مورد مطالعه، میزان تطابق ۴ نمونه با واقعیت زمینی بسیار بالاست (جدول ۱).

فرآیند تغییر کاربری اراضی: در این روش کلاس‌های سه نقشه طبقه‌بندی شده یک به یک با هم مقایسه می‌شود، در نتیجه با استفاده از این روش امکان تعیین تغییرات رخ داده در هر کلاس کاربری نسبت به کلاس دیگر وجود دارد. آمار مربوط به مساحت و میزان تغییرات اتفاق افتاده طی سه دوره مورد نظر در شکل ۳ نشان داده شده است.

۴. قوانین انتقال: قوانین انتقال به‌عنوان موتور اصلی تغییرات در مدل CA رفتار سلول‌ها را طی فرایند تکامل، در مراحل زمانی مختلف مشخص و وضعیت آینده سلول را تعریف می‌کند (۲۹).

آنالیز زنجیره مارکوف، برای محاسبه احتمالات تبدیل بر اساس نقشه‌های کاربری اراضی استخراج شده از تصاویر لندست براساس سال‌های ۱۹۹۲، ۲۰۰۰ و ۲۰۱۵ مورد استفاده قرار گرفت و ماتریس تبدیل ۲۰۱۵-۱۹۹۲ با فاصله زمانی به‌کار رفته برای کالیبراسیون، ۲۳ سال بر اساس نقشه کاربری اراضی سال ۱۹۹۲ به‌عنوان نقشه پایه ساخته شد. در ادامه نقشه کاربری اراضی سال ۱۹۹۲ به‌وسیله عملگر CA با ماتریس مناطق تبدیل مربوط به دوره ۲۰۱۵-۱۹۹۲ برای پیش‌بینی نقشه کاربری سال ۲۰۲۰، ۲۰۲۵، ۲۰۳۰ و ۲۰۳۵ تلفیق گردید.

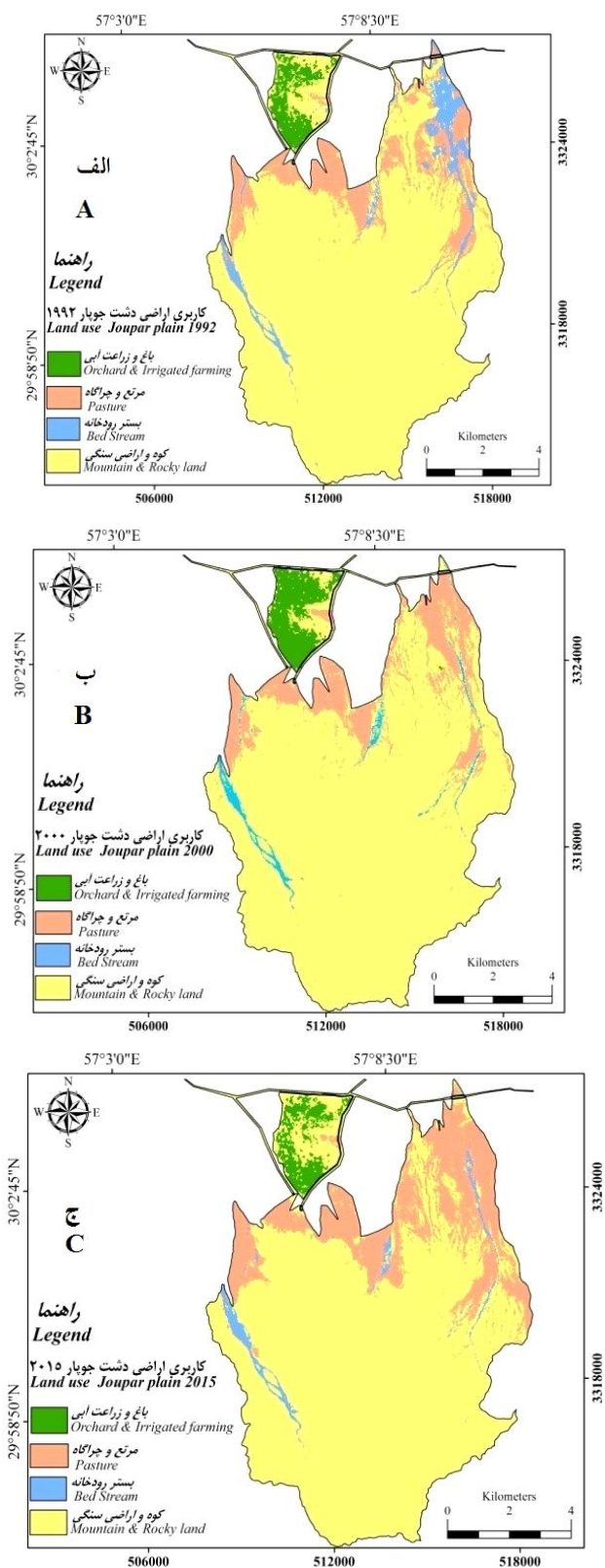
نتایج و بحث

طبقه‌بندی تصاویر و ارزیابی دقت: تصاویر چندزمانه استفاده شده در این پژوهش پس از تصحیح هندسی و رادیومتریک برای تهیه نقشه پوشش زمین مورد بررسی قرار گرفتند. در ضمن، تعداد کاربری‌ها با توجه به تصاویر و نقشه‌های کاربری موجود و شرایط منطقه مورد مطالعه و بازدید میدانی برای تهیه

جدول ۱- ارزیابی دقت طبقه‌بندی تصاویر سال‌های ۱۹۹۲، ۲۰۰۰ و ۲۰۱۵.

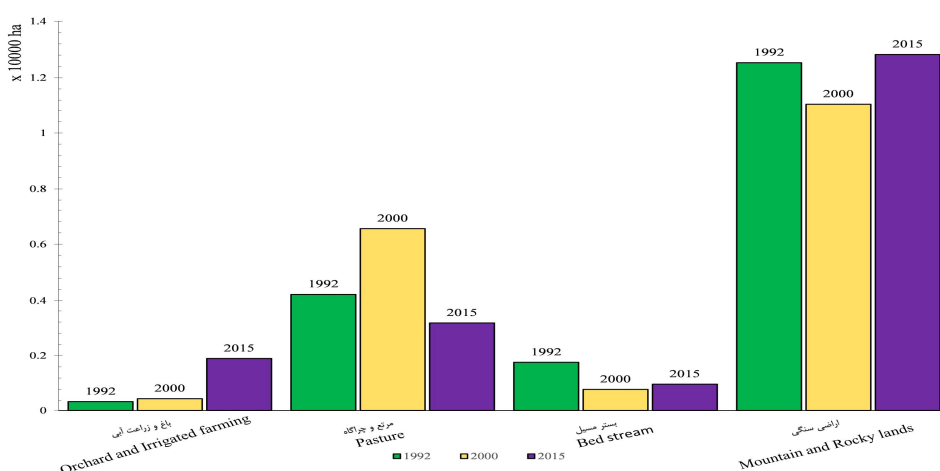
Table 1. Accuracy assessment of classification processes for 1992, 2000 and 2015 images.

سال Year	دقت کل Overall Accuracy	ضریب کاپا Kapa Coefficient
1992	100	1
2000	0.95	0.93
2015	0.89	0.87



شکل ۲- کاربری اراضی دشت جوپار در سال‌های ۱۹۹۲ (الف)، ۲۰۰۰ (ب) و ۲۰۱۵ (ج).

Figure 2. Land use of Joupar plain in 1992 (A), 2000 (B) and 2015 (C).



شکل ۳- مساحت کاربری‌های اراضی منطقه در طی سال‌های مورد مطالعه.

Figure 3. The area of land use during the study years.

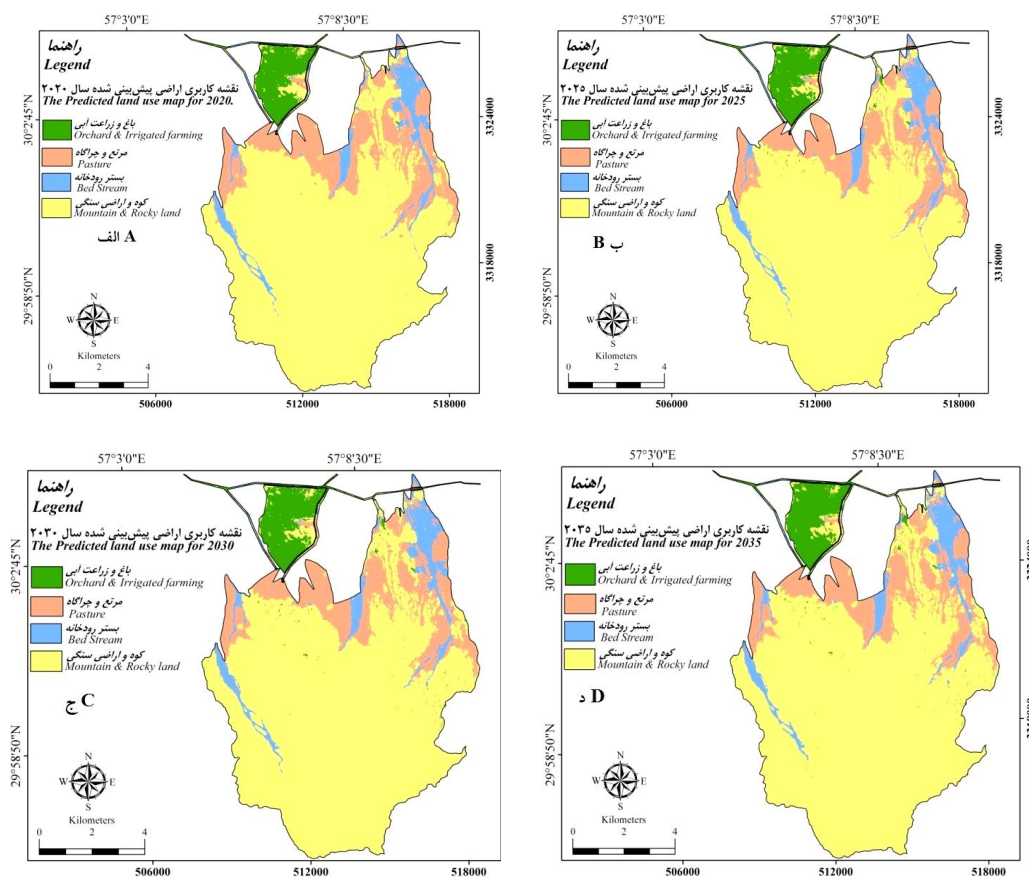
فرسایش آبی نسبت داد و افزایش باغ و زراعت آبی را به دلیل افزایش جمعیت و کشت و کار و افزایش بارندگی دانست.

پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی در آینده با روش سلول خودکار- مارکوف: به دلیل فواصل ۲۰۱۵ تا سال‌های مذکور تکرارهای ۵، ۱۰، ۱۵ و ۲۰ اختصاص یافت و مکان‌های پیش‌بینی شده کاربری‌های اراضی تعیین گردید. شکل ۴ نتایج پیش‌بینی روش سلول خودکار- مارکوف را به نمایش در آورده است. طبق نتایج روش سلول خودکار- مارکوف (جدول ۲)، مساحت کاربری باغ و زراعت آبی در سال‌های ۲۰۲۰، ۲۰۲۵، ۲۰۳۰ و ۲۰۳۵ نسبت به سال مرجع (۲۰۱۵) روند کاهشی داشته است که دلیل آنرا می‌توان احتمالاً تغییر کاربری در اثر فعالیت‌های انسانی و افزایش جمعیت دانست. اما مساحت کاربری مرتع و چراگاه و کاربری بستر رودخانه در سال ۲۰۲۰، ۲۰۲۵، ۲۰۳۰ و ۲۰۳۵ نسبت به سال ۲۰۱۵ روند افزایشی داشته‌اند. دلیل روند افزایشی مساحت کاربری‌های مرتع و چراگاه و بستر رودخانه در این سال‌ها را می‌توان احتمالاً نتیجه تغییر اقلیم دانست که پژوهش‌های هاشمی‌نسب و همکاران (۲۰۱۳) و زاینده‌رودی و

مطالعه و بررسی شکل ۳ نشان داد که در سال ۱۹۹۲ کلاس کوه و اراضی سنگی با ۱۲۵۲۹/۶۲ هکتار (۶۶/۴ درصد) از کل مساحت منطقه مورد مطالعه، وسیع‌ترین کلاس است. در این سال کلاس‌های باغ و زراعت آبی، مرتع و چراگاه و بستر رودخانه به ترتیب ۳۵۶/۳۱ (۱/۸ درصد)، ۴۲۲۱/۸۱ (۲۲/۳ درصد) و ۱۷۶۲/۰۲ (۹/۳ درصد) هکتار از منطقه را به خود اختصاص داده‌اند. در طول دوره ۲۰۰۰-۱۹۹۲، بیش‌ترین کاهش مربوط به کلاس بستر رودخانه می‌باشد که از ۱۷۶۲/۰۲ هکتار (۹/۳ درصد) در سال ۱۹۹۲ به ۷۹۴/۷ هکتار (۴/۲ درصد) در سال ۲۰۰۰ کاهش یافته است، که می‌توان بر اساس پژوهش مظفریان و نیک‌اندیش (۲۰۱۳) علت آن را کاهش بارندگی و برف دانست (۱۷). همچنین کلاس مرتع و چراگاه و باغ و زراعت آبی روند افزایشی و کوه و اراضی سنگی تغییر محسوسی نداشته است. در دوره ۲۰۱۵-۲۰۰۰، بیش‌ترین کاهش مربوط به کلاس مرتع و چراگاه می‌باشد اما کاربری باغ و زراعت آبی و بستر رودخانه روند افزایشی داشته است. دلیل کاهش در کاربری مراتع و چراگاه را می‌توان به تغییر کاربری به مسکونی و همچنین چرای بیش از حد دام و

خواهد داشت و با افزایش بارش‌های حدی همراه خواهد بود. در پژوهش زاینده‌رودی و همکاران (۲۰۱۳) هم تغییر بارش در دوره ۳۰ سال آینده (۲۰۱۱-۲۰۴۰) با استفاده از دو سناریوی تغییر اقلیم در مدل HadCm3 بررسی شد که این مدل افزایش بارش در آینده را برای استان کرمان پیش‌بینی نموده است (۳۱). با افزایش مقدار بارش و رطوبت نسبی، پوشش گیاهی مرتع با رشد همراه خواهد بود. همچنین با افزایش این پارامتر، مقدار دبی رودخانه افزایش پیدا کرده و بستر رودخانه وسیع‌تر خواهد گشت.

همکاران (۲۰۱۳) که به پیش‌بینی تغییرات بارش ۲۰ سال آینده در استان کرمان با استفاده از مدل‌های ریزمقیاس‌کننده و گردش عمومی پرداختند به این نتیجه رسیدند که مقدار بارش افزایش خواهد داشت که با نتایج این پژوهش همخوانی دارد (۱۲ و ۳۱). در پژوهش هاشمی‌نسب و همکاران (۲۰۱۳) به بررسی روند تغییرات بارش و تغییرات طول دوره خشک و تر در دوره آینده ۲۰۱۱-۲۰۳۰ پرداخته شده است (۱۲). با استفاده از نمودارهای میانگین طولانی‌مدت بارش، تغییرات ۲۰ سال آینده ۲۰۱۱-۲۰۳۰ بررسی و نتایج پیش‌بینی مدل LARS-WG نشان داد که مقادیر بارش در طی ۲۰ سال آینده (۲۰۱۱-۲۰۳۰) افزایش



شکل ۴- نقشه‌های کاربری اراضی پیش‌بینی شده سال‌های ۲۰۲۰ (الف)، ۲۰۲۵ (ب)، ۲۰۳۰ (ج) و ۲۰۳۵ (د).
 Figure 4. The Predicted land use map for years 2020 (A), 2025 (B), 2030 (C) and 2035 (D).

جدول ۲- مساحت کاربری‌های پیش‌بینی شده نسبت به سال مرجع (درصد).

Table 2. Predicted Land use area to reference year (percent).

2035	2030	2025	2020	2015 Reference year	کاربری اراضی Land use
8.08	6.6	5.19	3.75	10.07	باغ و زراعت آبی Orchard and Irrigated farming
18.9	19.62	20.37	21.16	16.78	مرتع و چراگاه Pasture
7.71	7.9	8.19	8.42	5.19	بستر رودخانه Bed stream
65.2	65.8	66.22	66.65	67.94	کوه و اراضی سنگی Mountain and Rocky lands

نتیجه‌گیری کلی

نتایج پیش‌بینی تغییرات کاربری آینده منطقه مورد مطالعه به روش سلول خودکار- مارکوف نشان از کاهش کاربری باغ و زراعت آبی نسبت به سال ۲۰۱۵ و همچنین کاهش بستر رودخانه و مرتع و چراگاه در سال‌های آتی و در مقایسه با هم را دارد که کمبود بارندگی و افزایش دما دلیلی بر این موضوع و در نهایت تخریب پوشش گیاهی و تخریب بیشتر خاک باشد. همچنین با توجه به کمبود بارندگی و خشک‌سالی‌های اخیر و پژوهش‌های صورت‌گرفته می‌توان نتیجه گرفت که روش سلول خودکار- مارکوف مطابقت بیشتری با منطقه دارا می‌باشد.

همچنین نتایج مقایسه پیش‌بینی سال‌های ۲۰۲۰، ۲۰۲۵، ۲۰۳۰ و ۲۰۳۵ با یکدیگر بدون مقایسه با سال ۲۰۱۵ بیانگر کاهش مساحت کاربری‌های مرتع و چراگاه، بستر رودخانه می‌باشد که تغییرات چشمگیری هم نشان داده نشده است. با توجه به خشکسالی‌های اخیر کشور و پیش‌بینی افزایش شدت آن در سال‌های آتی و از آن‌جا که کرمان یکی از مناطقی است که به‌شدت تحت تأثیر این پدیده قرار گرفته است (۲۵) و با توجه به پژوهش صورت‌گرفته توسط رضایی و همکاران (۲۰۱۳) با استفاده از روش‌های ریزمقیاس نمایی آماری، طی سناریوهای مختلف احتمالاً می‌توان دلیل نتیجه این مقایسه بین سال‌های ۲۰۲۰، ۲۰۲۵، ۲۰۳۰ و ۲۰۳۵ را افزایش دما و خشک‌سالی در منطقه استان کرمان دانست (۲۲). افزایش دما و خشک‌سالی با تأثیر بر رطوبت نسبی و بارندگی، باعث کاهش مرتع و چراگاه و کاهش آبدهی رودخانه خواهد شد.

منابع

1. Alavi Panah, K. 2009. Principles of remote sensing. Tehran Univ. Press, 780p. (In Persian)
2. Alimohammadi, A., Matkan, A., and Mirbagheri, B. 2010. The Evaluation of CELLULAR AUTOMATA model efficiency in simulation of urban areas development (Case study: suburbs of south west of Tehran). J. Spat. Plan. (Modares Human Sciences). 14: 2.81-102. (In Persian)

3. Amiraslani, F., and Dragovich, D. 2011. Combating desertification in Iran over the last 50 years: An overview of changing approaches. *J. Environ. Manage.* 92: 1-13. (In Persian)
4. Bennett, H.H. 1939. *Soil conservation*. McGraw-Hill Book Company, New York, USA, 993p.
5. Chang, C.L., and Chang, J.C. 2006. Markov model and cellular automata for vegetation. *J. Geograph. Res.* 45: 1. 45-57.
6. Du, Y., Teillet, P.M., and Cihlar, J. 2002. Radiometric normalization of multi-temporal high-resolution satellite images with quality control for land cover change detection. *Rem. Sens. Environ. J.* 82: 123-134.
7. Eastman, J.R., McKendry, J., and Fulk, M.A. 2005. *Change and time series analysis. Informations Systems Technology*. United Nations Institute for Training and Research. Geneva, 325p.
8. Eastman, J.R., McKendry, J., and Fulk, M.A. 2006. *Change and time series analysis. In: Explorations in Geographic Informations Systems Technology*. United Nations Institute for Training and Research. Geneva, 325p.
9. Falahatkar, S., Sefyanian, A., Khajehaldin, S.J., and Ziaei, H. 2009. The ability of CA- Markov model to predict land cover map (Case study: Isfahan). *Geomatics Conference*. Tehran, Pp: 31-37. (In Persian)
10. Feizizadeh, B., and Haji Mirrahimi, M. 2007. Land use changes detection using object-oriented classification (Case study: Shahrak Andisheh). *J. Survey.* 19: 99. 1-10. (In Persian)
11. Guan, D., Li, H., Inohae, T., Suweici, N., and Hokao, K. 2011. Modeling urban land use change by the integration of cellular automaton and Markov model. *J. Ecol. Model.* 222: 3761-3772.
12. Hashemin Nasab, F., Mousavi Baygi, M., Bakhtiari, B., and Davari, K. 2013. Prediction the Rainfall Changes with Downscaling LARS-WG and HadCM3 models in Kerman during the next 20 years (2030-2011). *J. Irrig. Water Engin. Iran.* 3: 12. 43-58. (In Persian)
13. Hathout, S. 2002. The use of GIS for monitoring and predicting urban growth in East and West St Paul, Winnipeg, Manitoba, Canada. *J. Environ. Manage.* 66: 229-238.
14. Kerman meteorological organization. 2015. www.weather.kr.ir. (In Persian)
15. Li, H., and Reynolds, J.F. 1997. Modeling effects of spatial pattern, drought and grazing on rates of rangeland degradation: a combined Markov and cellular automaton approach. *Scale in Remote Sensing and GIS*. Lewis Publishers, Boca Raton, Florida, Pp: 211-230.
16. Mas, J., Melanie, K., Martin, P., Maria, T., Camacho, O., and Thoma, H. 2014. Inductive pattern-based land use/cover change models: A comparison of four software packages. *J. Environ. Model. Software.* 51: 1. 94-111.
17. Mozafarian Laeen, N., and Nikandish, N. 2013. Zoning drought in the Kerman province, based on SPI. *The National Meteorological Conference*, Pp: 1-17. (In Persian)
18. Rafiee, R., Salman Mahiny, A., and Khorasani, N. 2009. Assessment of changes in urban green spaces of Mashhad city using satellite data. *Inter. J. Appl. Earth Obs. Geo Inf.* 11: 431-438. (In Persian)
19. Rashmi, M., and Lele, N. 2010. Spatial modeling and validation of forest cover change in Kanakapura region using GEOMOD. *J. Ind. Soc. Rem. Sens.* 38: 1. 45-54.
20. Rayegani, B., Zehtabian, G.H., Azarnivand, H., Alavipanah, S.K., and Khajeddin, S.J. 2015. LADA method Performance evaluation on soil degradation assessment in the East of Esfahan. *J. Range Water. Manage.* 68: 1. 109-129. (In Persian)
21. Rezaei Banafsheh, M., Rostamzadeh, H., and Fayeizadeh, B. 2008. The Study and evaluation of the trend of forest surface changes using the remote sensing and GIS: A Case study of Arasbaran forests. *J. Geograph. Res.* 62: 143-159. (In Persian)
22. Rezaei, M., Nohtani, M., Abkar, A., Rezaei, M., and Mirkazehi Rigi, M. 2014. Performance evaluation of Statistical Downscaling Model (SDSM) in Forecasting Temperature Indexes in Two Arid and Hyper Arid Regions (Case study: Kerman and Bam). *J. Water. Manage. Res.* 5: 10. 117-131. (In Persian)

23. Sohl, T.L., and Claggett, P.R. 2013. Clarity versus complexity: Land-use modeling as a practical tool for decision-makers. *J. Environ. Manage.* 129: 235-243.
24. Soil survey staff. 2014. *Keys to Soil Taxonomy*, 13th edition. NRCS, USDA, USA.
25. Soleymani Sardoo, F., Soltani Kupani, S., and Sarhadi, A. 2008. Mapping and analysis of drought using Standardized Precipitation Index (SPI) in Kerman province. *Iran Water Resources Management Conference*, Tabriz University, 23-25 October, Pp: 1-6. (In Persian)
26. Sullivan, D. 2001. Exploring spatial process dynamics using irregular cellular automaton models. *J. Geograph. Anal.* 33: 1-18.
27. Sullivan, D., and Torrens, P. 2000. Cellular models of urban systems. *Center for advanced spatial analysis*. Pp: 1-17.
28. Wang, S., Zheng, X., and Zang, X. 2012. Accuracy assessments of land use change simulation based on Markov-cellular automata model. *J. Proc. Environ. Sci.* 13: 1. 1238-1245.
29. White, R., and Engelen, G. 2000. High resolution integrated modeling of the spatial dynamics of urban and regional systems, *Computers. J. Environ. Urban Syst.* 24: 383-400.
30. Yang, X., Zheng, X.Q., and Lv, L.N. 2012. A spatiotemporal model of land use change based on ant colony optimization, Markov chain and cellular automata. *J. Ecol. Model.* 233: 11-19.
31. Zayandehroudi, F., Yazdanpanah, N., and Sayari, N. 2013. 30-year-old three-time changes in precipitation predicted future fine-scale model of the LARS-WG5 and general circulation models Hadcm3 (Case study: Kerman). *The first national conference on water resources and agricultural challenges*, Islamic Azad University, Khorasgan, Pp: 1-8. (In Persian)



Predict possible change in land use by using satellite imagery and CA-Markov model

F.S. Ebrahimi¹ and *A. Kamali²

¹M.Sc. Graduate, Dept. of Soil Science, Vali-e-Asr University of Rafsanjan,

²Assistant Prof., Dept. of Soil Science, Vali-e-Asr University of Rafsanjan

Received: 10/03/2016; Accepted: 10/18/2017

Abstract

Background and Objectives: Soil is one of the main non-renewable natural resources that today its destruction is considered one of the most severe problems all over the world. In recent decades, rapid and unsustainable changes and land use due to the urban development activities and increasing population created a great deal of modifications in land cover and land use and has been increasing the environmental degradation including soil degradation. Therefore, reviewing these changes through satellite images, evaluating and forecasting their potentialities via modeling can help managers and planners to make more effective decisions. The aim of this study was to assess the changes in land use during the period 1992 to 2015 via using satellite images to calculate the rate of land use changes to each other and predict possible changes in land use in the years 2020, 2025, 2030 and 2035, using cellular automata - Markov model (CA-Markov) in Joupar plain, Kerman province.

Materials and Methods: In order to prepare land use plans the three periods of Landsat satellite images including Landsat 5 satellite TM (1992), Landsat 7 ETM⁺ (2000) and Landsat 8 satellite OLI (2015) were used in this study. To prepare land use maps through satellite images, initially the mentioned images were exposed to primary pre-processing such as geometric and atmospheric corrections. In addition, via providing training samples the satellite images were classified and their accuracy were evaluated using Idrisi imagery software through maximum probability algorithm. The developed land use maps of different periods were transited to CA-Markov model in order to produce transition probability matrix. Ultimately, the transition probability matrix was produced that shows the likelihood of transition of one land use to others. Then the chain analysis of cellular automata – Markov on the basis of land use plans and transition probability matrix in CA-Markov model with an emphasis on land use changes were expected in 2020, 2025, 2030 and 2035 were implemented in Idrisi software with various numbers of repetitions and steps. Based on the survey results, changes in land use and the level of current land use changes calculated, compared and evaluated and the future land use changes were predicted.

Results and Conclusion: The results of the detection of changes in the first period (1992-2000) revealed the highest increase in land area which was attributed to the use of pasture, grassland, irrigated agriculture and orchard and the highest decrease in land area was related to bed stream. In the second period (2000-2015) the greatest increase in land area was associated to the use of irrigated agriculture, orchards and bed stream and the greatest reduction was in pasture and grassland use. The results obtained from the prediction of future user changes of the region based on CA-Markov showed decreasing levels of land use attributed to orchard and irrigated agriculture and increasing levels of land use associated to pasture, grassland and bed stream comparing to 2015. Also the results obtained from the prediction of the findings regarding the years 2020, 2025, 2030 and 2035 revealed a reduction in land use related to bed stream, pasture and grassland due to the lack of rainfall and temperature rise and this will lead in the destruction of vegetation cover as well as the more soil degradation. Also, due to the lack of rainfall, the recent droughts and previous studies we can conclude that the approach of CA-Markov model is more compatible with the conditions of the region.

Keywords: Land use changes, Satellite imagery, Plain Joupar, Cellular Automata-Markov model

* Corresponding Author; Email: a.kamali@vru.ac.ir

ArcI