



فصلنامه علوم محیطی، دوره شانزدهم، شماره ۴، زمستان ۱۳۹۷

۱۵۳-۱۶۶

پایش و پیش‌بینی روند تغییرات پهنه‌های ماسه‌ای با استفاده از مدل زنجیره مارکف (CA) - مطالعه موردی: دشت ابوغویر دهلران، استان ایلام

علی محمدیان بهبهانی* و زاهده حیدری زادی

گروه مدیریت مناطق بیابانی، دانشکده مرتع و آبخیزداری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۱۰/۰۴ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۹/۱۰

محمدیان بهبهانی، ع. و ز. حیدری زادی. ۱۳۹۷. پایش و پیش‌بینی روند تغییرات پهنه‌های ماسه‌ای با استفاده از مدل زنجیره مارکف (CA) - مطالعه موردی: دشت ابوغویر دهلران، استان ایلام. فصلنامه علوم محیطی. ۱۶(۴): ۱۵۳-۱۶۶.

سابقه و هدف: مدیریت اصولی کاربری اراضی مستلزم در اختیار داشتن اطلاعات دقیق و به‌هنگام در قالب نقشه است. با توجه به تغییرات گسترده و غیراصولی کاربری اراضی از جمله تخریب منابع طبیعی در سال‌های اخیر، بررسی چگونگی تغییرات پوشش اراضی در طول دوره‌های زمانی با استفاده از تصویرهای ماهواره‌ای امری ضروری است از آنجاکه حفاظت از منابع طبیعی نیازمند پایش و بررسی مداوم یک منطقه است، امروزه برای شناسایی و پیش‌بینی روند تغییرات و تخریب اراضی از مدل‌های تغییر کاربری اراضی استفاده می‌شود. یکی از مدل‌های پرکاربرد در پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی مدل سلول‌های خودکار- مارکف می‌باشد. تحقیق حاضر با هدف پایش تغییرات کاربری اراضی دشت ابوغویر دهلران در سال‌های گذشته و پیش‌بینی وضعیت آن‌ها در ۱۳ سال آینده صورت گرفته است.

مواد و روش‌ها: در این پژوهش بمنظور آشکارسازی تغییرات کاربری منطقه مورد مطالعه از تصاویر سنجنده‌های TM، ETM+ و OLI ماهواره لندست به ترتیب در سال‌های ۱۳۶۹، ۱۳۸۲ و ۱۳۹۵ استفاده شد. پس از اعمال تصحیح‌های هندسی و اتمسفری بر روی تصاویر، نقشه کاربری مربوط به هر سال تهیه شد سپس برای مدل‌سازی تغییرات کاربری اراضی با استفاده از مدل سلول‌های خودکار- مارکف برای افق ۱۴۰۸، ابتدا با استفاده از روش زنجیره مارکف در نرم‌افزار Idrisi Selva نقشه کاربری سال‌های ۱۳۶۹ و ۱۳۸۲ بعنوان ورودی مدل انتخاب شد و ۱۳ سال پیش‌بینی تغییرات تا سال ۱۳۹۵ مدنظر قرار گرفت تا ماتریس احتمال تغییرات کاربری‌ها حاصل شود. در ادامه با استفاده از روش CA-Markov داده‌های حاصل از روش زنجیره مارکف و نقشه کاربری سال ۱۳۹۵ بعنوان داده‌های ورودی، برای روش سلول‌های خودکار- مارکف بکار گرفته شد.

نتایج و بحث: نتایج حاصل از پایش تصاویر ماهواره‌ای، سال‌های ۱۳۶۹ تا ۱۳۹۵ بیانگر افزایش تدریجی پهنه‌های ماسه‌ای به میزان ۶۲ کیلومترمربع و حرکت آن به سمت مراتع ضعیف و بوته‌زارها می‌باشد. سطح زمین‌های کشاورزی نیز افزایش ۴ برابری داشته‌اند بطوری‌که در انتهای دوره به اندازه ۵۸/۶۷ کیلومترمربع بر وسعت آن‌ها افزوده شده است. زمین‌های مسکونی نیز در طول این سال‌ها گسترش یافته و از وسعت بوته‌زارها به شدت کاسته شده است پس از پایش تغییرات، نقشه سال ۱۳۹۵ توسط مدل شبیه‌سازی شد. ارزیابی میزان تطابق نقشه شبیه‌سازی شده و نقشه واقعی با شاخص کاپا ۷۸ درصد صحت مدل را تأیید کرد. پس از اطمینان از صحت مدل، بمنظور پیش‌بینی

*Corresponding Author. E-mail Address: mohammadian@gau.ac.ir

تغییرات در طول سال‌های آتی، نقشه ۱۴۰۸ تهیه شد. نتایج حاصل از آشکارسازی تغییرات در سال ۱۴۰۸ گویای آن است که در صورت ادامه روند موجود بر وسعت پهنه‌های ماسه‌ای افزوده خواهد شد و ۱۵ درصد منطقه را می‌پوشانند، بیشترین افزایش سطح در این دوران در بخش میانی متمایل به جنوب شرق به سمت جنوب حوزه رخ خواهد داد. وسعت بوته‌زارها نیز به میزان ۱۳ کیلومترمربع کاهش خواهد داشت. روند تغییر کاربری اراضی کشاورزی همچنان روند روبه رشدی داشته و در افق ۱۴۰۸، ۱۰ درصد از منطقه را شامل خواهند شد.

نتیجه‌گیری: مقایسه نقشه شبیه‌سازی‌شده سال ۱۳۹۵ توسط مدل و نقشه واقعی با شاخص کاپا نشان داد که مدل سلول‌های خودکار-مارکف، مدلی مناسب برای پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی است و می‌تواند وضعیت آینده کاربری اراضی و پوشش گیاهی را با دقت مناسبی پیش‌بینی کند.

واژه‌های کلیدی: تغییرات کاربری اراضی، تصاویر ماهواره‌ای، تصحیح اتمسفری، شبیه‌سازی.

مقدمه

این فناوری به کمک تصویرهای ماهواره‌ای، منبع مهمی از داده‌های مربوط به کاربری و پوشش اراضی را فراهم می‌کند که می‌تواند در نظارت بر تغییرات آن‌ها به گونه‌ای مؤثر مورد استفاده قرار گیرد (Rafiee et al., 2009). روش‌های زیادی برای مدل‌سازی و پیش‌بینی تغییرات پوشش و کاربری اراضی وجود دارد که می‌توان به مدل آماری، مدل هیبرید، مدل تکاملی، مدل سیستم و مدل Cellular اشاره کرد. مدل CA-Markov¹ تلفیقی از سلول‌های خودکار زنجیره مارکف و تخصیص چندمنظوره اراضی است که برای پیش‌بینی تغییرات آینده پوشش و کاربری اراضی بکار می‌رود بررسی‌های زیادی با استفاده از این مدل بمنظور پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی صورت گرفته است که از جمله می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

(Sante et al., 2010) در تحقیقی حدود ۳۳ نوع مدل CA شهری را از لحاظ ویژگی‌هایی مانند هدف، فضای سلولی، همسایگی‌ها، قوانین گذار، محدودیت‌ها و کالیبراسیون ارزیابی و طبقه‌بندی کرده‌اند. وی نتیجه‌گیری می‌کند که نقطه‌های قوت همه مدل‌های CA شهری، توانایی آن‌ها در ترکیب ابعاد فضایی و زمانی در مدل‌سازی توسعه شهری است و دلیل اصلی پذیرش این مدل آسانی انجام آن است. (Subedi et al., 2013) به ارزیابی کاربرد مدل زنجیره مارکف و سلول‌های خودکار

رشد سریع جمعیت و گسترش فعالیت‌های کشاورزی و صنعتی و همچنین گسترش ارتباطات جهانی در ابعاد تجاری و اقتصادی، فرهنگی و سیاسی سبب شده که انسان‌ها استفاده‌ای نامعقول و غیرمنطقی از محیط‌زیست خود داشته باشند (Shahriat Panahi et al., 2010). آگاهی از انواع پوشش سطح زمین و فعالیت‌های انسانی در قسمت‌های مختلف و به‌بیان‌دیگر نحوه استفاده از زمین بعنوان اطلاعات پایه برای برنامه‌ریزی‌های مختلف از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است و به نقشه‌هایی که نمایشگر چنین فعالیت‌هایی در سطح‌های متفاوت زمین باشد، نقشه کاربری اراضی و یا نحوه استفاده از زمین گفته می‌شود (Zobairi and Majd, 2006). از بین رفتن پوشش‌های طبیعی، کاربری‌های غیراقتصادی زمین و کشاورزی روی پهنه‌های ماسه‌ای، عامل‌هایی هستند که حرکت و جابه‌جایی پهنه‌ها را افزایش می‌دهند (Dong et al., 2000). تخریب جاده‌ها، سکونتگاه‌ها، مزرعه‌ها و مراتع از مشکلات ناشی از حرکت تپه‌های فعال است، این موضوع در اولویت بررسی‌ها و پژوهش‌های بیابان‌زایی قرار می‌گیرد (Yao et al., 2007).

با توجه به آنکه تغییرات در کاربری اراضی/پوشش گیاهی در سطح‌های وسیع و گسترده صورت می‌گیرد بنابراین فناوری سنجش‌ازدور یک ابزار مهم در بررسی و پایش تغییرات آن می‌باشد (Arekhi, 2014).

و ۱۳۹۲ تغییرات کاربری اراضی در سال ۱۴۰۳ پیش‌بینی شد. نتایج تغییرات کاربری در ۳۸ سال گذشته گویای کاهش ۱۲ درصدی باغ‌های منطقه و افزایش ۷ و ۵ درصدی سطح منطقه‌های مسکونی و اراضی کشاورزی بود. همچنین پیش‌بینی تغییرات کاربری ۱۱ سال آتی نشان‌دهنده کاهش ۲ درصدی باغ‌های منطقه نسبت به وضعیت کنونی بوده درحالی‌که سطح اراضی کشاورزی روند کمابیش ثابتی خواهند داشت و کاربری مسکونی با رشد ۲ درصدی همراه خواهد بود. با توجه به روند افزایش تغییر کاربردی، خشکسالی‌های طولانی‌مدت و از بین رفتن پوشش سطحی و در نتیجه ایجاد طوفان‌های گردوخاک و حرکت‌های ماسه‌ای در کانون‌های بحران داخلی و از جمله استان ایلام تحقیق حاضر با هدف پایش تغییرات کاربری اراضی دشت ابوغویر دهلران در سال‌های گذشته و پیش‌بینی وضعیت آن‌ها در ۱۳ سال آینده صورت گرفته است.

مواد و روش‌ها

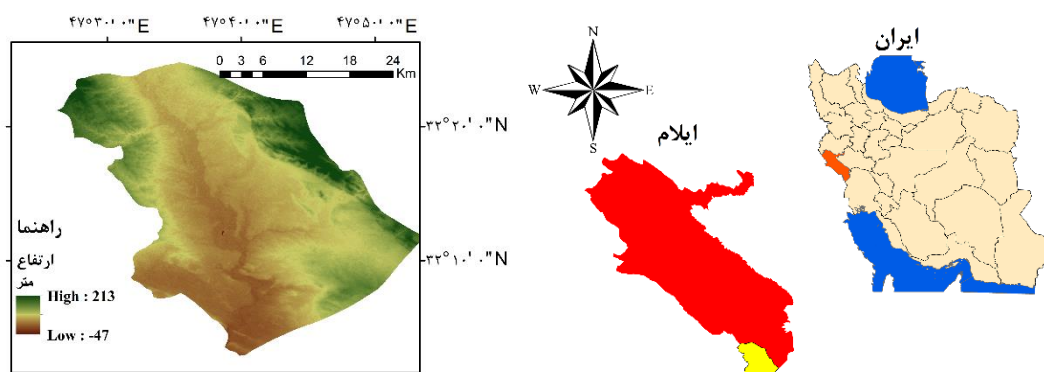
منطقه مورد مطالعه

منطقه مطالعه شده دشت ابوغویر با مساحت ۹۳۰ کیلومترمربع، در جنوب شرقی استان ایلام و در حدفاصل ۲۹' ۳۱' ۴۷" تا ۵۵' ۰۱' ۴۷" طول شرقی و ۱۰' ۰۶' ۳۲" تا ۱۹' ۲۴' ۳۲" عرض شمالی قرار گرفته است. مهمترین مرکزهای جمعیتی موجود در این دشت، روستای ابوغویر، چم هندی، صمانه و عین خوش در شمال است. تنها رودخانه دائمی دشت ابوغویر، رودخانه دوبرج است که در مرکز دشت واقع شده است (شکل ۱). متوسط بارندگی منطقه، ۱۹۵ میلی‌متر، بیشترین و کمترین دمای منطقه در ماه‌های مرداد و دی اتفاق می‌افتد و به ترتیب ۴۶/۷ و ۷/۴ درجه سانتی‌گراد است. با توجه به اندازه‌گیری‌های انجام شده در ایستگاه دهلران متوسط ساعت‌های آفتابی ۳۰۴۳ ساعت است و بیشترین ساعت‌های آفتابی مربوط به مردادماه می‌باشد.

در پیش‌بینی تغییرات پوشش گیاهی پرداختند. نتایج، گویای افزایش ۴۷/۳ تا ۴۹/۴ درصدی در مناطق شهری بود. (Fathizad *et al.* (2015) بمنظور ارزیابی و پیش‌بینی تغییرات پوشش اراضی از مدل مارکف استفاده کردند. در این تحقیق تغییرات پوشش در فاصله بین سال‌های ۱۳۶۴-۱۳۸۶ بررسی شد و سپس این تغییرات برای سال ۱۴۰۰ پیش‌بینی شد. نتایج گویای دقت ۸۳ درصدی مدل بود. (Jafari *et al.* (2016) در پژوهشی بمنظور شبیه‌سازی و پیش‌بینی گسترش شهری از طریق مدل سلول‌های خودکار- مارکف در گیلان، تصویرهای سال‌های ۱۳۶۸، ۱۳۸۰ و ۱۳۹۲ را مورد بررسی قرار دادند و نقشه طبقه‌بندی هر سه تصویر با صحت کلی بالاتر از ۸۹ درصد تهیه شد. سپس پیش‌بینی در دو مقطع برای سال‌های ۱۴۰۴ و ۱۴۱۶ انجام شد و نتایج حاصل نشان داد در سال‌های آتی گسترش شهر افزایش نگران‌کننده‌ای خواهد داشت. در نهایت مدل سلول‌های خودکار-مارکف ابزار کارآمد برای تصمیم‌گیری مدیران در مدیریت شهر گیلان تشخیص داده شد. (Heidarizadi and Mohammadi (2017) برای آشکارسازی و پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی دشت مهران با استفاده از مدل سلول‌های خودکار-مارکف تصویرهای ماهواره لندست مربوط به سال‌های ۱۳۶۸، ۱۳۸۱ و ۱۳۹۴ را مورد بررسی قرار دادند. میزان تطابق نقشه‌ی شبیه‌سازی‌شده و نقشه واقعی با ضریب کاپای ۰/۷۹ نشان داد که مدل سلول‌های خودکار-مارکف مدلی مناسب برای پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی می‌باشد. سپس نقشه کاربری اراضی برای سال ۱۴۰۷ را پیش‌بینی و تهیه نمودند. (Rajabzadeh (2016) به بررسی تغییرات کاربری اراضی جنوب غرب تهران با استفاده از تکنیک سنجش از دور و زنجیره مارکف پرداخت. در این پژوهش از تصاویر سنجنده MSS ۱۳۵۴، TM ۱۳۷۰، ETM+ ۱۳۸۱، و OLI ۱۳۹۲ ماهواره لندست برای تهیه نقشه‌های کاربری اراضی استفاده شد. سپس با استفاده از نقشه کاربری سال ۱۳۸۱

بیابانی گرم میانه و بر اساس روش دومارتن در طبقه خشک گرم قرار می‌گیرد. بر اساس داده‌های ایستگاه سینوپتیک دهلران میزان تبخیر از دشت ۳۸۹۴ میلی‌متر در سال است.

متوسط سالانه تعداد روزهای ابری ۴۱/۸ ساعت است. میانگین رطوبت نسبی ۳۷ درصد و بیشترین و کمترین رطوبت نسبی سالانه نیز به ترتیب ۵۱ و ۲۸ درصد می‌باشد. اقلیم منطقه بر اساس روش آمبرژه در طبقه



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه
Fig. 1- The geographic location of the study area

انتخاب می‌شود. الگوریتم‌های طبقه موجود در نرم‌افزار ENVI5.2 با استفاده از این پیکسل‌های معلوم در مورد باقی پیکسل‌های تصویر تصمیم‌گیری می‌کنند (Sanjari and Boroumand, 2013). بمنظور ارزیابی دقت نقشه‌های حاصل نیز از شاخص دقت کلی و ضریب کاپا استفاده می‌شود. مهمترین طبقه‌های کاربری اراضی شناسایی شده در منطقه مورد مطالعه، عبارت‌اند از: پهنه‌های ماسه‌ای، اراضی لخت، مراتع ضعیف، زمین‌های مسکونی، زمین‌های کشاورزی، بوته‌زار و کاربری سایر شامل بستر رودخانه، آب، صخره.

پایش تغییرات کاربری اراضی

در این تحقیق از داده‌های سنجنده‌های TM، ETM+ و OLI ماهواره لندست استفاده شد که جزئیات تصویرهای استفاده‌شده در جدول ۱ آمده است. تصویرها از سایت سازمان زمین‌شناسی آمریکا^۲ دریافت شد. و همچنین در این تحقیق داده‌های فصل بهار برای تجزیه و تحلیل در هر مقطع زمانی تهیه شد.

داده‌های مربوطه به ترتیب شامل تصویرهای سنجنده TM لندست ۵ به تاریخ تصویربرداری ۱۳۶۹ و تصویرهای سنجنده ETM+ لندست ۷ مربوط به تاریخ ۱۳۸۲ و تصویرهای سنجنده OLI لندست ۸ به تاریخ ۱۳۹۵ می‌باشد (جدول ۱). پس از اعمال تصحیحات، در این مطالعه برای آشکارسازی تغییرات از روش طبقه‌بندی نظارت شده^۳ و الگوریتم بیشترین احتمال^۴ که بنا بر نتایج تحقیق‌های پیشین از صحت و دقت بالاتری نسبت به دیگر الگوریتم‌ها برخوردار بود، تصویرها پردازش شدند (Koolhoven et al., 2005؛ Pakparvar et al., 2012). در این روش تعدادی از پیکسل‌ها بعنوان معرف و نمونه

جدول ۱- ویژگی‌های تصاویرهای استفاده‌شده
Table 1. Characteristics of the used images

سنجنده Sensor	ردیف Row	گذر Path	تاریخ Date	مبنا Base
TM	36	166	26-05-1990	WGS84
ETM+	36	166	22-05-2003	WGS84
OLI	36	166	18-06-2016	WGS84

پیش‌پردازش تصاویر

چنانچه در زنجیره مارکف، رابطه بین متغیرهای تصادفی متوالی به موقعیت آن‌ها در زنجیره وابسته نباشد، زنجیره را همگن می‌گوییم. رابطه ۴ زنجیره همگن را نشان می‌دهد:

$$T_i(\tilde{x}, x) = T_j(\tilde{x}, x) = T(\tilde{x}, x) \quad (4)$$

می‌توان روابط گفته‌شده را به صورت رابطه ماتریسی

۵ خلاصه نمود:

$$T_{mm} = \begin{pmatrix} T(X_1, X_1) & \dots & T(X_1, X_n) \\ \dots & \dots & \dots \\ T(X_n, X_1) & \dots & T(X_n, X_n) \end{pmatrix} \quad (5)$$

در روش زنجیره‌ای مارکف، تصاویرهای ماهواره‌ای و پوشش زمین بر اساس ماتریس احتمال تغییرات مورد تجزیه تحلیل قرار می‌گیرد. روش زنجیره‌ای مارکف تصاویر پهنه‌بندی کاربری اراضی را تحلیل و یک خروجی به شکل ماتریس احتمالی تغییرات و یک تصویر خروجی از ماتریس احتمالی تغییرات برای سال افق نمایش می‌دهد. ماتریس احتمال تغییر نشان می‌دهد که با چه احتمالی هر کلاس از کاربری اراضی طبقه‌بندی شده در آینده به کاربری دیگری تغییر خواهد یافت. یک ماشین سلولی (CA) یک سیستم گسسته پویاست که در آن فضا به سلول‌های منظم فضایی تقسیم شده و زمان در مراحل گسسته پیش می‌رود. هر سلول در سیستم، در برگزیده تعداد متناهی از وضعیت‌هاست. وضعیت هر سلول بر اساس قوانین محلی به‌روز شده است که در آن وضعیت یک سلول در یک زمان معین بستگی به وضعیت خاص خود آن و سلول‌های مجاور در مرحله قبلی دارد (Wolfram, 1984). قواعد تغییر حالت سلول از یک حالت به حالت دیگر می‌توانند به صورت ترکیب‌هایی از رشد یا کاهش، از قبیل تغییر به یک سلول توسعه‌یافته یا بدون توسعه باشند. این تغییر تابع منبع تغییرهایی است که در سلول مجاور رخ می‌دهد. همسایگی بطور معمول به صورت سلول‌های مجاور یا سلول‌هایی که نزدیک هم هستند اتفاق می‌افتد (Ghorbani et al., 2013). در پژوهش

لازمه استفاده از تصویرهای ماهواره‌ای این است که کیفیت داده‌ها از لحاظ رادیومتری، نوارشدگی و هندسی قبل از استفاده مورد بررسی قرار گیرد. بمنظور حذف خطاهای اتمسفری از روش نسبی یعنی تفریق تیره‌ترین پیکسل استفاده شد. اگرچه داده‌های دریافت شده از سازمان زمین‌شناسی آمریکا، در سطح تصحیحات (LIT)^۵ دریافت شد، بررسی‌های مورد نیاز برای کیفیت تصاویر انجام شد و تصحیحات لازم روی آن صورت گرفت.

مدل‌سازی در CA-Markov

زنجیره مارکف، دنباله‌ای از فرآیندهای تصادفی است که در آن نتیجه هر فرآیند در هر زمان، تنها به نتیجه فرآیند در زمان مجاور آن بستگی دارد (Norris, 1997). ولی توزیع احتمالات آن‌ها می‌تواند متفاوت باشد و در ضمن هر متغیر تصادفی در یک زنجیره مارکف تنها به متغیر قبل از خود وابسته است. دنباله متغیرهای تصادفی را به صورت زیر نمایش می‌دهیم:

$$x^{(0)}, x^{(1)}, x^{(2)}, \dots \quad (1)$$

فضای نمونه‌ای متغیرهای تصادفی زنجیره مارکف می‌تواند پیوسته یا گسسته، محدود یا نامحدود باشد. با فرض حالت گسسته محدود برای فضای نمونه‌ای، می‌توان هر متغیر تصادفی را با توزیع احتمالش نمایش داد. این توزیع را با یک بردار که احتمال هر کدام از مقادیر فضای نمونه‌ای را در خود جای داده است، نمایش می‌دهیم.

بنابراین، نمایش دیگر زنجیره مارکوف عبارت است از:

$$p_0, p_1, p_2, \dots, p_i = [p(x^i = x_1), \dots, p(x^i = x_n)] \quad (2)$$

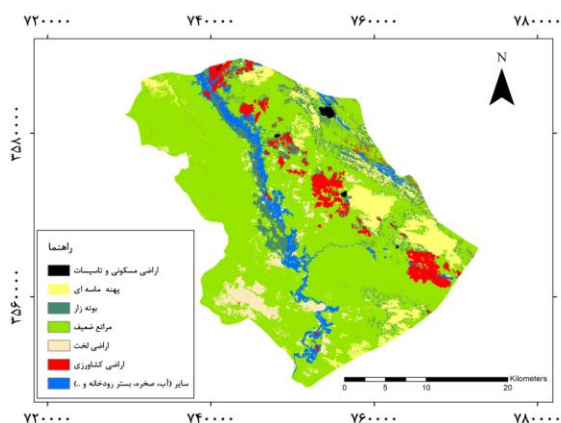
با توجه به تعریف زنجیره مارکف، دانستن اولین مؤلفه زنجیره و رابطه‌ای که مؤلفه i -ام را از مؤلفه $(i-1)$ -ام تولید می‌کند، برای ساختن زنجیره کافی است. این رابطه را تابع تبدیل (T) می‌گوییم و نحوه به‌دست آوردن مؤلفه‌های بردار احتمال بوسیله این تابع مطابق رابطه ۳ به‌دست می‌آید:

$$p(x^{i+1} = x) = \sum p(x^i = \tilde{x}) T_i(\tilde{x}, x) \quad (3)$$

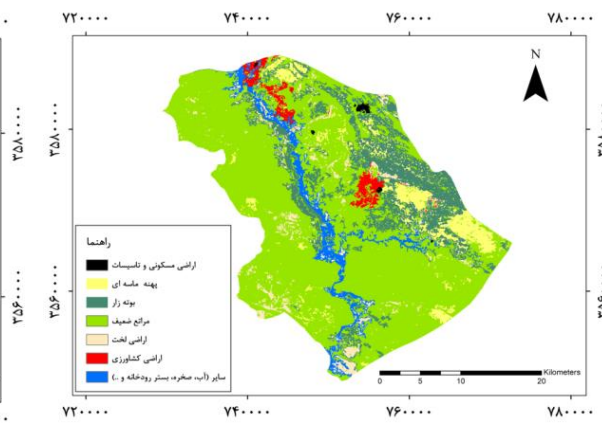
نتایج و بحث

نتایج حاصل از نقشه‌های کاربری اراضی استخراج‌شده از تصویرهای ماهواره‌ای نقشه‌های کاربری اراضی با استفاده از روش بیشترین احتمال طبقه‌بندی گردید، اشکال ۲ تا ۴ تصویرهای طبقه‌بندی‌شده را نشان می‌دهند. پس از انجام طبقه‌بندی، میزان صحت طبقه‌های کاربری اراضی با استفاده از نقطه‌های تستی مورد ارزیابی قرار گرفت. میزان دقت و صحت هر طبقه در هر سال در جدول ۲ نشان داده شده است.

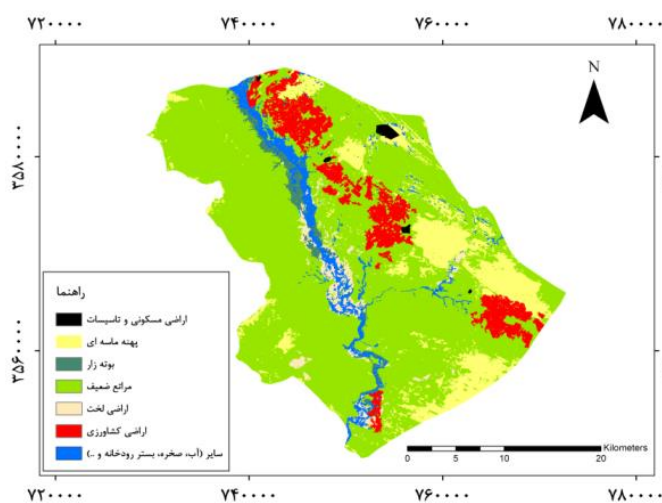
حاضر برای مدل‌سازی تغییرات کاربری اراضی با استفاده از مدل سلول‌های خودکار- مارکف برای افق ۱۴۰۸، ابتدا با استفاده از روش زنجیره مارکف در نرم‌افزار Idrisi Selva نقشه کاربری سال‌های ۱۳۶۹ و ۱۳۸۲ بعنوان ورودی مدل انتخاب شد و ۱۳ سال پیش‌بینی تغییرات تا سال ۱۳۹۵ مدنظر قرار گرفت تا ماتریس احتمال تغییرات کاربری‌ها حاصل شود. در ادامه با استفاده از روش CA-Markov داده‌های حاصل از روش زنجیره مارکف و نقشه کاربری سال ۱۳۹۵ بعنوان داده‌های ورودی برای روش سلول‌های خودکار- مارکف بکار گرفته شد.



شکل ۳- تصویر طبقه‌بندی‌شده سال ۱۳۸۲
Fig. 3- The classified image of 2003



شکل ۲- تصویر طبقه‌بندی‌شده سال ۱۳۶۹
Fig. 2- The classified image of 1990



شکل ۴- تصویر طبقه‌بندی‌شده سال ۱۳۹۵
Fig. 4- The classified image of 2016

جدول ۲- ارزیابی میزان صحت و دقت طبقه‌های کاربری اراضی تولیدشده در سال‌های ۱۳۶۹، ۱۳۸۲ و ۱۳۹۵
Table 2. Assessment of the accuracy and precision of the produced land use classes in 1990, 2003, and 2016

سال	ارزیابی طبقات	کشاورزی	اراضی لخت	مسکونی	پهنه ماسه‌ای	مرتع	بوته‌زار	سایر	صحت کلی	ضریب کاپا
Year	Class assessment	Agriculture	Bare land	Residential	Sand dune	Rangeland	Shrub	Other	Overall accuracy	Kappa coefficient
1369	صحت تولیدکننده	73.34	93.41	78.87	88.19	75.13	78.58	72.14	86.9	81.13
	صحت کاربر	91.28	81.35	89.12	74.27	70.41	85.49	92.26		
1382	صحت تولیدکننده	81.87	88.18	91.13	84.15	81.45	88.43	81.78	88.74	86.22
	صحت کاربر	85.64	76.69	88.45	91.32	76.56	87.67	84.34		
1395	صحت تولیدکننده	78.95	95.66	91.57	95.14	78.45	91.13	81.64	92.32	91.45
	صحت کاربر	84.31	91.3	94.15	96.46	73.12	89.45	84.24		

جدول ۳- مساحت و میزان درصد هر کاربری در سال‌های ۱۳۶۹، ۱۳۸۲ و ۱۳۹۵
Table 3. The area of each class in 1990, 2003, and 2016

1395		1382		1369		نوع کاربری اراضی Land use
درصد (Percent)	مساحت (Area) (km ²)	درصد (Percent)	مساحت (Area) (km ²)	درصد (Percent)	مساحت (Area) (km ²)	
8.41	78.29	4.98	46.41	2.1	19.62	اراضی کشاورزی Agriculture
2.4	22.35	4.54	42.21	4.57	42.43	اراضی لخت Bare land
68.91	641.08	67.75	630.16	66.02	614.24	مرتع‌های ضعیف Poor range
1.78	16.44	7.99	74.24	15.09	140.38	بوته‌زار Shrub lands
13.38	124.55	9.38	87.28	6.62	61.56	پهنه ماسه‌ای Sand dune
0.39	3.65	0.32	3	0.26	2.37	اراضی مسکونی و تأسیسات Residential
4.73	43.9	5.04	46.96	5.34	49.66	سایر Other

نتایج حاصل از مساحت کاربری‌های مختلف

مساحت کاربری‌های منطقه به تفکیک در جدول ۳ بیان شده است.

مقایسه نقشه‌های کاربری اراضی در سال‌های ۱۳۶۹، ۱۳۸۲ و ۱۳۹۵ نشان می‌دهد که در سال ۱۳۶۹ کمترین وسعت کاربری مربوط به منطقه‌های مسکونی و زمین‌های کشاورزی و بیشترین وسعت نیز مربوط به مراتع ضعیف با مساحت ۶۱۴/۲۴ کیلومتر مربع بوده است.

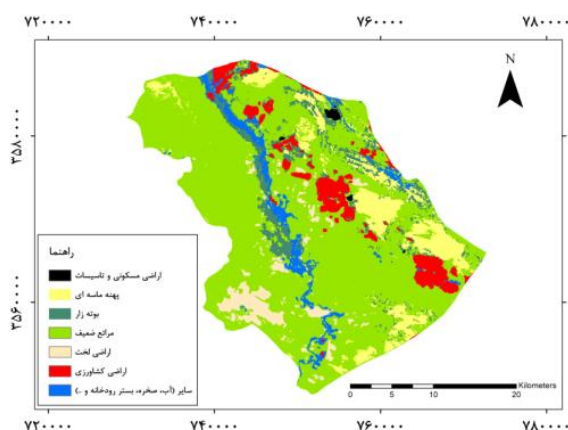
(شکل ۲). در سال ۱۳۸۲ وسعت زمین‌های کشاورزی به میزان ۲۶/۷۹ کیلومتر مربع وسعت مراتع ضعیف نیز به میزان ۱۵/۹۲ کیلومتر مربع افزایش یافته است. در این سال همچنین وسعت پهنه‌های ماسه‌ای و زمین‌های مسکونی افزایش یافته و از وسعت بوته‌زارها کاسته شده است (شکل ۳). در سال ۱۳۹۵ نیز روند افزایش وسعت پهنه‌های ماسه‌ای ادامه یافته و زمین‌های کشاورزی نیز گسترش داشته‌اند. بطور کلی از ابتدای شروع دوره تا

۱۳۶۹ و ۱۳۸۲ نقشه کاربری اراضی سال ۱۳۹۵ توسط مدل سلول‌های خودکار_مارکف شبیه‌سازی شد (شکل ۵). نتایج ارزیابی مدل در پیش‌بینی تغییرات با روش ماتریس خطا ارزیابی شد. در این روش نقشه واقعی کاربری اراضی سال ۱۳۹۵ بعنوان واقعیت زمینی در نظر گرفته شد و صحت نقشه پیش‌بینی شده با نقشه واقعیت زمینی، تعیین شد. نتایج ماتریس خطا نشان داد ضریب کاپا کلی برابر ۰/۷۸ می‌باشد.

پایان دوره پهنه‌های ماسه‌ای منطقه گسترش یافته‌اند و از وسعت بوته‌زارها کاسته شده است. زمین‌های کشاورزی نیز روند روبه رشدی داشته است و از ابتدا تا انتهای دوره به میزان ۵۸/۶۷ کیلومترمربع بر وسعت آن‌ها افزوده شده است.

نتایج حاصل از مدل سلول‌های خودکار_مارکف

با استفاده از نقشه‌های کاربری اراضی در سال‌های



شکل ۵- نقشه شبیه‌سازی تغییرات کاربری اراضی در سال ۱۳۹۵

Fig. 5- The simulated image of 2016

جدول ۴- مساحت طبقه‌های پیش‌بینی شده در سال ۱۴۰۸

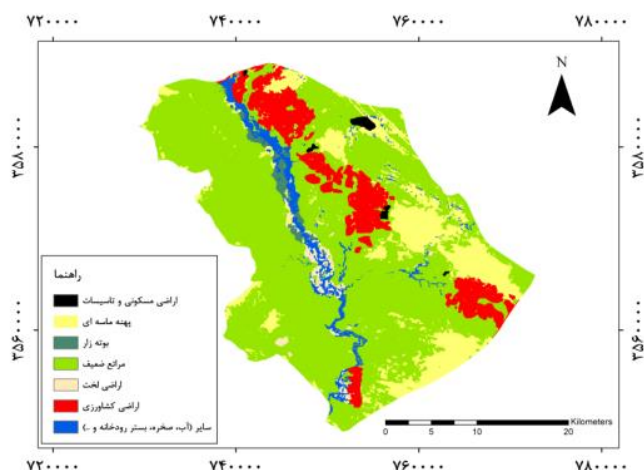
Table 4. The area of predicted classes in 2029

مساحت طبقه‌های کاربری اراضی (km ²)												سال Year		
Area of classes														
درصد Percent	سایر Other	درصد %	منطقه‌های مسکونی Residential area	درصد %	پهنه ماسه‌ای Sand dune	درصد %	بوته‌زار Shrub land	درصد %	مرتع‌های ضعیف Poor range	درصد %	زمین‌های لخت Bare land	درصد %	زمین‌های کشاورزی Agriculture	
4.17	38.84	0.51	4.81	15.55	144.88	1.34	12.52	66.28	617.01	1.5	13.97	10.62	98.91	1408

۱۴۰۸ گویای آن است که در صورت ادامه روند موجود بر وسعت پهنه‌های ماسه‌ای افزوده خواهد شد و ۱۵ درصد منطقه را می‌پوشانند. وسعت بوته‌زارها نیز به میزان ۱۳ کیلومترمربع کاهش خواهد داشت. روند تغییر کاربری به زمین‌های کشاورزی همچنان روند رو به رشدی داشته و در افق ۱۴۰۸، ۱۰ درصد از منطقه را شامل خواهند شد.

پس از بررسی نتایج حاصل از صحت مکانی مدل‌سازی تغییرات کاربری اراضی در سال ۱۳۹۵، نقشه کاربری سال ۱۴۰۸ پیش‌بینی و تهیه شد. نتایج مساحت هر کاربری و نقشه پیش‌بینی شده مدل سلول‌های خودکار مارکف برای سال ۱۴۰۸، به ترتیب در جدول ۴ و شکل ۶ نشان داده شده است.

نتایج حاصل از آشکارسازی تغییرات در سال



شکل ۶- نقشه پیش‌بینی کاربری اراضی در سال ۱۴۰۸

Fig. 6- The predicted image of 2029

نتیجه‌گیری

مدیریت پایدار یک اکوسیستم و حفاظت از منابع طبیعی نیازمند پایش و بررسی مداوم یک منطقه است. داشتن آمار و داده‌های به هنگام از کاربری‌های یک منطقه، لازمه مدیریت صحیح عرصه‌های طبیعی است و استفاده از مدل‌های بررسی تغییرات کاربری اراضی، ابزار مفیدی برای تشخیص، تحلیل و پیش‌بینی تغییرات پوشش زمین و پیامدهای آن‌ها هستند. به‌طورکلی نتایج نشان می‌دهد در ۲۶ سال گذشته، دشت ابوغویر دهلران دست‌خوش تغییرات زیادی شده است. از بین رفتن بوته-زارها و جایگزین شدن مراتع با وضعیت ضعیف و گسترش پهنه‌های ماسه‌ای که یکی از عامل‌های بیابان‌زایی منطقه می‌باشد، مؤید این موضوع است. بنحوی که از ابتدا تا انتهای دوره مورد مطالعه به میزان ۶۲ کیلومترمربع بر وسعت پهنه‌های ماسه‌ای افزوده شده است که اگر کنترل نشوند مشکلات جدی را بوجود خواهند آورد. وسعت طبقه با کاربری بوته‌زار در سال ۱۳۹۵ نسبت به ابتدای دوره به میزان ۱۲۴ کیلومترمربع کاهش داشته است، که این کاهش می‌تواند نتیجه تبدیل کاربری زمین‌های بوته‌زار به زمین‌های کشاورزی و مراتع ضعیف باشد، بطوریکه در دوره مورد مطالعه گسترش زمین‌های کشاورزی و تعداد

چاه‌های بهره‌برداران رشد چشمگیری داشته‌اند. در افق ۱۴۰۸ این افزایش همچنان ادامه دارد. نتایج حاصل از مدل سلول‌های خودکار_مارکف همچنین نشان داد در صورت ادامه روند موجود وسعت بوته‌زارها به شدت کاهش پیدا خواهد کرد بنحوی که در افق ۱۴۰۸ کمتر از پنج درصد از منطقه را می‌پوشانند. مقایسه نقشه شبیه‌سازی شده سال ۱۳۹۵ توسط مدل و نقشه واقعی با شاخص کاپا نشان داد که مدل سلول‌های خودکار-مارکف، مدلی مناسب برای پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی است و می‌تواند وضعیت آینده کاربری اراضی و پوشش گیاهی را با دقت مناسبی پیش‌بینی کند که با پژوهش‌های *Fathizad et al. (2015)* و *Subedi (2013)* و *et al.* مبنی بر امکان بکارگیری مدل مارکف برای پیش-بینی تغییرات کاربری اراضی هم‌خوانی دارد. نتایج حاصل از شناسایی تغییرات تپه‌های ماسه‌ای در طول دوره مطالعاتی بیانگر افزایش تدریجی تپه‌ها و حرکت آن به سمت مراتع ضعیف و بوته‌زارها می‌باشد. بیشترین افزایش سطح در این دوران در بخش میانی متمایل به جنوب شرق به سمت جنوب حوزه رخ داده است. در این محدوده، تپه‌های ماسه‌ای فعال‌تر از قسمت شمالی و جنوب غرب حوزه‌اند و افزایش مساحت و جابه‌جایی بیشتری دارند. بر

پی‌نوشت‌ها

- 1 Cellular Automata
- 2 United States Geological Survey (USGS)
- 3 Supervised classification
- 4 Maximum Likelihood
- 5 این سطح از تصحیحات شامل تصحیح رادیومتری در سطح سیستماتیک، تصحیح هندسی با استفاده از نقاط کنترل زمینی و همچنین تصحیح خطای جابه‌جایی ناشی از توپوگرافی منطقه می‌شود

اساس نتایج به‌دست‌آمده، مساحت بخشی از پهنه‌ها که به‌صورت زائده‌ای در قسمت شرقی حوزه قرار گرفته، در حال افزایش است. در مجموع با توجه به پیش‌بینی‌های صورت گرفته، روند تغییرات پر ریسک همچنان در منطقه ادامه خواهد یافت.

منابع

- Abdul Alizadeh, Z. and Ebrahimi, A., 2015. Prediction of Future Changes in Landscape Conservation in Sabzkouh Protected Area Using the CA Markov Model. *Journal of Raneland and Desert Research*. 22, 30-21.
- Arekhi, S., 2014, Prediction of the land use changes using the LCM model in the GIS (Case study: Saraboleh Area)". *Journal of Research in Protection of Forests and Rangelands of Iran*. 12, 1-19.
- Dong, Z., Wang, X. and Chen, G., 2000. Monitoring sand dune advance in the Taklimakan Desert. *Geomorphology*. 35, 219-231.
- Fathizad, H., Rostami, N. and Faramarzi, M., 2015. Detection and prediction of land cover changes using Markov chain model in semi-arid rangeland in western Iran. *Journal of Environmental Monitoring and Assessment*. 187(10), 629. 1-12.
- Garcia, A., Sante, I., Crecente, R. and Miranda, D., 2011. An analysis of the effect of the stochastic component of urban cellular automata models. *Computers, Environment and Urban Systems*. 35, 289-296.
- Ghorbani, R., Pourmohammadi, M. and Mahmoodzadeh, H., 2013. Environmental approach in modeling land use change in Tabriz Metropolitan area using Multi-Temporal satellite images, multivariate evaluation and Markov Markets Automatic Cells (1994-2038). *Journal of Urban Studies*. 8, 30-13
- Jafari, M., Majedi, H., Monavari, S.M., Alesheikh, A.A. and Zarkesh, M.K., 2016. Dynamic simulation of urban expansion through a CA-Markov model Case study: Hyrcanian region, Gilan, Iran. *European Journal of Remote Sensing*. 49, 513-529.
- Heidari Zadi, Z. and Mohammadi, A., 2017. Prediction of land use change in Mehran plain using the Auto-Markov Cell model. *Journal of the Ecosystem of Desert Engineering*. 10, 57-68.
- Koolhoven, E., Hendrikse, W., Nieuwenhuis, W., Retsios, B., Schouernburg, M., Wang, L., Buelde, P. and Nijmeijer, R., 2005. *ILWIS 3.3 Academic*, TC, Netherland.
- Norris, J.R., 1997. *Markov Chains*. Cambridge University Press, UK.
- Pakparvar, M., Gabriels, D., Aarabi, K., Edraki, M., Raes, D. and Cornelis, W., 2012. Incorporating legacy soil data to minimize errors in salinity change detection: a case study of Darab plain, Iran. *International Journal of Remote Sensing*. 33(19), 6215-6238.
- Rafiee, R., Mahiny, A. and Khorasani, N., 2009. Assessment of changes in urban green spaces of Mashad city using satellite data. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*. 11(6) 431-438.
- Rajabzadeh, F., 2016. Land use changes in Southwest of Tehran using remote sensing and

Markov chain technique. *Journal of Soil and Water Resources Conservation*. 6(2), 59-72.

Sanjari, S. and Boroumand, N., 2013. Monitoring of land use / vegetation changes in the last three decades using remote sensing technique (Case study: Zarand, Kerman). *Journal of Remote Sensing and GIS in Natural Resources*. 1, 67-57.

Sante, I., Garcia, A., Miranda, D. and Crecente, R., 2010. Cellular automata models for the simulation of real-world urban processes: A review and analysis. *Landscape and Urban Planning*. 96, 108-122.

Shahriat Panahi, M., Mohammadi, SH., Moshiri, S.R., Fotouhi, J. and Steelagi, A., 2010. Methods for studying and analyzing land use changes with emphasis on measuring and analyzing applied data on Gorgan area. *Sepehr Journal*. 19(73): 48-52.

Sorodi, M. and Jozi, S.A., 2011. Predicting of vegetation changes using Markov model (case study: district 4 of Tehran municipality). *Application of Remote Sensing and GIS in Environmental Sciences*. 2(2), 83-95.

Subedi, P., Subedi, K. and Thapa, B., 2013. Application of a hybrid cellular automaton – Markov (CA-Markov) model in land-use change prediction: A case study of Saddle Creek Drainage Basin, Florida. *Applied Ecology and Environmental Sciences*. 6, 126-132.

Veldkamp, A. and Lambin E.F., 2001. Predicting land-use change. *Agriculture, Acosystems and Environment*. 85 (1), 1-6.

Wolfram, S., 1984. Cellular automata as models of complexity. *Nature*. 311, 61-67.

Yao, Z.Y., Wang, T., Han, Z.W., Zhang, W.M. and Zhao, A.G., 2007. Migration of sand dunes on the Northern Alxa Plateau, Inner Mongolia, China. *Journal of Arid Environments*. 70, 80-93.

Zobairi, M. and Majd, A., 2006. *Familiar with the Technique of Measuring and Using in Natural Resources (Satellite Data, Aerial Photos, Space)*. Tehran University Press, Iran.





Environmental Sciences Vol.16 / No.4 / Winter 2019

153-166

Monitoring and predicting the trend of sand zone changes using the CA-Markov model (case study: Abu Ghovair Plain, Dehloran, Ilam Province)

Ali Mohammadian Behbahani* and Zahedeh Heidari Zadi

Department of Watershed and Arid Zone Management, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources (GUASNR), Gorgan, Iran

Received: 2017.12.25

Accepted: 2018.12.01

Mohammadian Behbahani, A. and Heidari Zadi, Z., 2019. Monitoring and predicting the trend of sand zone changes using the CA-Markov model (case study: Abu Ghovair Plain, Dehloran, Ilam Province). *Environmental Sciences*. 16(4): 153-166.

Introduction: Principal land use management requires accurate and timely information in the form of maps. Considering the widespread and unsustainable changes in land use, including the destruction of natural resources in recent years, it is essential to study the changes in land covers over the time using satellite imagery. Because the conservation of natural resources requires continuous monitoring of an area, land-use change models are now used to identify and predict land-change trends and land degradation. One of the most widely used models in predicting land use change is the automated Markov chain model. The purpose of this study is to monitor land use changes in Abu Ghovair Plain in the past years and predict their status in the next 13 years.

Material and methods: In this study, in order to detect the changes in the study, TM, ETM+, and OLI images of Landsat satellite were used in the years 1990, 2003 and 2016, respectively. After applying geometric and atmospheric corrections to images, the land use map was created for each year. Then, to predict the changes in 2029 using the Markov chain in the Idrisi Selva software, the mapping of the years 1990 and 2003 were selected as the input to the model. Then, 13 years of forecasting changes were considered until 2016 to get the matrix of the likelihood of user changes. Then, data from the Markov chain method and the map of 2016 were used as input data for the CA-Markov cell method.

Results and discussion: The results of monitoring satellite images from 1969 to 2016 indicated a gradual increase in sandy areas by 62 km² and its movement towards poor rangelands and shrubs. The agricultural lands were increased so that at the end of the period their size has increased by 67.68 km². Residential land has also been expanded over the years, and the size of the shrubland has been reduced. After tracking the changes, the 2016 map was simulated by the model. Evaluating the accordance between the simulated map and the actual map with the Kappa index confirmed the accuracy of the model. Then, the 2029 map was prepared

* Corresponding Author. *E-mail Address:* mohammadian@gau.ac.ir

to predict the changes over the coming years. The discovery of changes in 2029 indicated that if the current trend continues, the area of the sand zones will increase to the extent of covering 15% of the area. In this period, the most changes will occur in the middle part of the southeast to the south of the area. The size of the shrubland will decrease by 13 km. The changes in agricultural lands continue to grow and will encompass 10% of the whole region in 2029.

Conclusion: Comparison between the simulated map of 2016 generated by the model and actual map with Kappa index showed that Auto-Markov model is a suitable model for predicting land use change and can be used to accurately assess the future status of land use and vegetation.

Keywords: Land use changes, Satellite images, Atmospheric correction, Simulation.

