پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی با استفاده از مدل CA-Markov (مطالعه موردی: اشتهارد)

شهلا قادری*[۱]، محمدعلی زارع چاهوکی[۲]، حسین آذرنیوند[۲]، علی طویلی[۳] و بهزاد رایگانی[۴]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۲/۲۴ - تاریخ تصویب: ۱۳۹۸/۰۵/۰۴

چکیده

کاربری اراضی یکی از مهم‌ترین جنبه‌های بررسی مدیریت منابع طبیعی و بازنگری تغییرات محیطی است. در این تحقیق به منظور پیش‌بینی کاربری اراضی اشتهارد از تصاویر ماهواره لندست سال‌های ۱۳۶۹ و ۱۳۹۴ مدل مارکوف و CA مارکوف استفاده شد و نقشه کاربری اراضی سال ۱۴۱۹ پیش‌بینی گردید. همچنین به منظور بررسی دقت طبقه‌بندی نقشه‌های کاربری تهیه‌شده دقت کلی و ضریب کاپا برای تصاویر طبقه‌بندی شده، به‌دست آمد و مشاهده شد که دقت کلی و ضریب کاپای آن بیش از ۹۰ درصد است که نشان‌دهنده دقت بالای طبقه‌بندی این تصاویر است. نتایج حاصل از پردازش تصاویر ماهواره‌ای نشان‌دهنده افزایش مساحت کاربری مسکونی در سال ۱۳۹۴ بوده که این افزایش از تبدیل کاربری اراضی مرتع به مناطق مسکونی نشأت گرفته است. کاهش ۱۸۰۹ هکتاری اراضی مرتع در سال ۱۳۹۴ نسبت به دوره گذشته حاکی از تبدیل این اراضی با اراضی بایر و مسکونی است. نتایج حاصل از ماتریس پیش‌بینی تغییرات بر مبنای نقشه‌های سال‌های ۱۳۶۹ و ۱۳۹۴ نشان داد که در طی ۲۵ سال آینده بیشترین احتمال تغییر مربوط به تغییر اراضی کشاورزی به مرتع است. همچنین احتمال می‌رود در فاصله زمانی ۱۳۹۴ تا ۱۴۱۹ مناطق مسکونی و اراضی مرتع بدون تغییر مانده یا افزایش یابند.

واژه‌های کلیدی: پوشش زمین، سنجش از دور، لندست، مدل مارکوف، اشتهارد.

[۱]- دانشجوی دکتری علوم مرتع، گروه احیا مناطق خشک و کوهستانی، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران.
* نویسنده مسئول: shahla.ghaderi@ut.ac.ir
[۲]- استاد گروه احیا مناطق خشک و کوهستانی، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران.
[۳]- دانشیار گروه احیا مناطق خشک و کوهستانی، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران.
[۴]- دانشیار دانشکده محیط زیست، کرج، ایران.

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-11-25]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1399.14.1.13.1]

مقدمه

مشکلات زیست محیطی برای انسان در سراسر جهان مانند سیستم‌های هشداردهنده عمل کرده و اثرات فعالیت‌های انسانی را بر روی خدمات اکوسیستمی، احیا، مدیریت و توان بخشی محیط نشان می‌دهند (۱۱ و ۳۴). تخریب اراضی و کاهش توان تولیدی اراضی کشاورزی تهدیدهای جدی برای رفاه اقتصادی و اجتماعی نسل‌های کنونی و آینده می‌باشند (۱۰ و ۲۰). تغییرات کاربری اراضی به منظور تامین غذا و افزایش مناطق مسکونی یکی از مهم‌ترین تاثیرات انسان در محیط زیست جهانی و همچنین تغییرات منطقه‌ای مانند فرآیندهای هیدرولوژیکی است (۲۳). چنین تغییراتی معمولاً به وسیله فعالیت‌های انسانی مثل جنگل‌زدایی، شهرنشینی، تشدید کشاورزی، چرای مفرط و به دنبال آنها تخریب اراضی ایجاد می‌شوند؛ با این حال عوامل طبیعی نیز می‌توانند منجر به این تغییرات شوند (۲۱). دخالت انسان می‌تواند سبب تخریب منابع طبیعی شود، همچنین عرضه مواد غذایی در این مناطق را تحت تأثیر قرار دهد که درنتیجه عواقب سیاسی و اجتماعی جدی را به همراه خواهد داشت (۳۲). مدلسازی و درک فرآیندهای مربوط به کاربری اراضی و ارتباط آن با فرآیندهای هیدرولوژیکی ابزار مهمی در بهینه‌سازی کاربری اراضی و آمایش سرزمین است (۲۴). نقشه‌های کاربری اراضی و پوشش زمین بخش عمده‌ای از اطلاعات موردنیاز برنامه‌ریزان برای تصمیم‌گیری‌های اصولی را تأمین می‌کنند. شناخت کامل از کاربری اراضی و همچنین آشکارسازی، پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی و پوشش زمین برای ارائه دید کلی به منظور مدیریت بهتر منابع طبیعی در بلندمدت بسیار مؤثر بوده و در آینده نقش مهمی در مدیریت پایدار منابع دارد (۸ و ۱۴). آشکارسازی تغییرات فرایندی است که امکان مشاهده و تشخیص تفاوت‌ها و اختلاف سری زمانی پدیده‌ها، عارضه‌ها و الگوهای سطح زمین را فراهم می‌کند (۳۳ و ۶). توجه به اهمیت کاربری اراضی و جهت بررسی تغییرات و مدیریت کاربری اراضی روش‌های مختلفی مورد توجه محققین قرار گرفته‌اند، از جمله روش‌هایی که برای مدل‌سازی تغییرات کاربری اراضی وجود دارد می‌توان به مدل معادلات ریاضی، مدل سیستم، مدل آماری، مدل تکاملی، مدل Cellular و مدل هیبرید اشاره کرد. از مدل Cellular می‌توان به مدلهای مارکوف و CA مارکوف اشاره کرد (۲۸). بررسی تبدیل کاربری‌های مختلف و امکان پیش‌بینی آنها در آینده با استفاده از مدل زنجیره‌ای مارکوف، قابل انجام است (۲۷). می‌توان میزان گسترش و تخریب منابع را با پیش‌بینی تغییرات کاربری، مشخص و این تغییرات را در مسیرهای مناسب هدایت کرد (۵، ۱۲ و ۱۶). آنالیز زنجیرهٔ مارکوف فرایندی است که در آن حالت یک سیستم در زمان دوم با استفاده از حالت سیستم در زمان اول پیش‌بینی می‌شود و ماتریس احتمال‌های تغییر از هر کلاس پوشش به هر کلاس پوشش دیگر را ارائه می دهد (۱۶). این روش ماتریس تغییرات ناحیه نشان می‌دهد، تغییر تعداد پیکسل‌هایی از یک کلاس کاربری اراضی به کلاس دیگر در یک دورهٔ مشخص به چه میزان خواهد بود (۲۴). انالیز زنجیرهٔ مارکوف ابزاری مناسب درجهت مدل‌سازی تغییرات کاربری و پوشش اراضی است و زمانی کاربرد دارد که تغییرات موجود در چشم انداز به راحتی قابل توصیف نباشد (۷). مطالعات زیادی در زمینه مدل‌سازی تغییرات کاربری اراضی انجام پذیرفته که می‌توان به محمدی و همکاران، ۲۰۱۶: فلاحتکار و همکاران، ۲۰۱۷: ایلدرمی و همکاران، ۲۰۱۸ و محمدی و همکاران، ۲۰۱۹ در داخل و پونیوس و مالانسون[1]، ۲۰۰۵: هنریکویز و همکاران[2]، ۲۰۰۶: سانگ و همکاران[3]، ۲۰۱۱: لی و چانگ[4]، ۲۰۱۱ و سمت و همکاران[5]، ۲۰۱۱ اشاره کرد در اکثر این مطالعات، مدل CA-Markov برای پیش‌بینی تغییرات به کار گرفته شده است. پونتیوس و مالانسون (۲۰۰۵) در ماساچوست مرکزی آمریکا با استفاده از مدل CA مارکوف و ارزیابی چند معیاره و به کاربردن نقشه‌های کاربری سه زمان مختلف تغییرات کاربری اراضی را پیش‌بینی کردند. کاموسکو و همکاران[6] (۲۰۰۹) با استفاده از مدل CA مارکوف و داده‌های ماهواره‌ای چهار زمان مختلف، تغییرات کاربری زمین در آینده، در مناطق

1- Pontius and Malanson
2- Henrquez
3- Sang
4- Lee and Chang
5- Samat
6- Kamusoko

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-11-25]
[DOR: 20.1001.1.20080891.1399.14.1.13.1]

روستایی شمال شرقی مرکز ماشونالند کشور زیمباوه را شبیه‌سازی کردند.

از بررسی این مطالعات می‌توان نتیجه گرفت که در سال‌های اخیر پوشش زمین در سراسر جهان دستخوش تغییرات بسیاری بوده است که این تغییرات به شدت می‌توانند محیط‌زیست و منابع طبیعی زمین را تحت تأثیر قرار دهند و این موضوع اهمیت بررسی تغییرات پوشش زمین را دوچندان می‌کند؛ پس بررسی مقدار تغییر و روند تخریب منابع در سال‌های گذشته و پیش بینی این تغییرات در سال‌های آینده مسلماً گام مهمی در مهار و کنترل تغییرات غیراصولی، برنامه‌ریزی و استفاده بهینه از منابع سرزمین می‌باشد، بنابراین با توجه به اهمیت بررسی تغییرات کاربری و پوشش اراضی، همچنین تعیین برنامه‌ریزی هماهنگ و یکپارچه بر استفاده پایدار از منابع اراضی، تحقیق حاضر در نظر دارد که با بررسی روند تغییرات کاربری اراضی برای طی سالیان گذشته و پیش بینی تغییرات کاربری اراضی و پوشش زمین به کمک مدل زنجیره‌ای مارکوف و اطاعات ماهواره‌ای در اشتهارد روند تغییرات کاربری اراضی را بررسی نماید. با پیش بینی تغییرات کاربری می‌توان میزان گسترش و تخریب منابع را مشخص کرده و این تغییرات را در مسیرهای مناسب هدایت کرد.

مواد و روش

موقعیت محدوده مطالعاتی

منطقه مورد مطالعه بخش اشتهارد شهرستان کرج در غرب استان تهران است. این مراتع به عنوان مراتع قشلاقی- میان‌بند بهره‌برداری می‌شوند. این شهر در یک منطقه نسبتاً کویری با آب و هوای نیمه خشک واقع شده‌است. مراتع مورد مطالعه بین عرض جغرافیایی ۳۵ درجه و ۳۷ دقیقه تا ۳۵ درجه و ۴۵ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۰ درجه و ۱۸ دقیقه تا ۵۰ درجه و ۲۴ دقیقه شرقی با ارتفاع متوسط بین ۱۱۵۹ الی ۱۶۸۶ متر از سطح دریا قرار دارند (شکل ۱).

روش پژوهش

در این تحقیق به منظور تهیه نقشه کاربری اراضی، تصویرهای ماهواره لندست خرداد ماه سال‌های ۱۳۶۹ و ۱۳۹۴ به‌ترتیب مربوط به سنجنده TM و OLI مورد استفاده قرار گرفت (جدول ۱). تصاویر پس از تصحیح هندسی چند جمله‌ای درجه دو برای تهیه نقشه کاربری /پوشش اراضی مورد پردازش قرار گرفتند. تصاویر مذکور با استفاده از روش طبقه‌بندی هیبرید که تلفیقی از روش طبقه‌بندی نظارت شده و نظارت‌نشده است، طبقه‌بندی شدند. در نهایت نقشه کاربری/پوشش اراضی در چهار طبقه که عبارت از مرتع، بایر، مسکونی و کشاورزی می‌باشد، تهیه شد. از نقاط کنترل زمینی توسط تصاویر کاذب ساخته شده سال ۱۳۶۹ و محاسبه ماتریس خطا برای برآورد صحت نقشه‌های کاربری/پوشش اراضی استفاده شد. تجزیه و تحلیل کاپا یک روش مورد استفاده مشهور چندمتغیره‌ای برای ارزیابی صحت است. تخمین کاپا شاخصی است که نشان می‌دهد تفاوت معنی‌دار ماتریس درهمی با نتایج حاصل از طبقه‌بندی تصادفی است. روش کاپا برای مقایسه‌ی ماتریس‌های مختلف به‌دست‌آمده از روش‌های طبقه‌بندی گوناگون قابل‌استفاده است (۳۳). فرمول کاپا به‌صورت زیر است که در این رابطه P_o درستی مشاهده و P_c توافق مورد انتظار می‌باشد:

رابطه (۱):

$$Kappa = \frac{\mathrm{po} - \mathrm{pc}}{1 - \mathrm{Pc}} \times 100$$

مقدار ضریب کاپا بین صفر تا ۱ متغییر است که ضریب کاپای معادل ۱ نشان دهنده‌ی یک طبقه بندی کاملا صحیح و مقدار صفر نشان‌دهنده تصادفی‌بودن طبقه‌بندی و منفی نشان‌دهنده خطای طبقه‌بندی است. به‌منظور تعیین صحت نقشه‌های تولیدی در این مطالعه از نقاط بازدید میدانی و تصاویر گوگل ارث[1] و تابع ارزیابی صحت[2] در نرم‌افزار ERDAS استفاده‌شده است.

[1]- Google Earth

[2]- Acuracy Assessment

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-11-25]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1399.14.1.13.1]

جدول ۱: مشخصات تصاویر مورد استفاده و خصوصیات طیفی باندها در منطقه مورد مطالعه

نوع سنجنده	Path	Row	تاریخ دریافت تصویر	باندهای مورد استفاده	قدرت تفکیک مکانی
Oli	۱۶۵	۳۵	۲۶ می ۲۰۱۶	۱، ۲، ۳، ۴، ۵، ۷، ۸	۱۵ و ۳۰ متر
	۱۶۵	۳۵	۱۳ جولای ۲۰۱۶	۱، ۲، ۳، ۴، ۵، ۷، ۸	۱۵ و ۳۰ متر
	۱۶۵	۳۵	۱۴ آگوست ۲۰۱۶	۱، ۲، ۳، ۴، ۵، ۷، ۸	۱۵ و ۳۰ متر
	۱۶۵	۳۵	۱۵ سپتامبر ۲۰۱۶	۱، ۲، ۳، ۴، ۵، ۷، ۸	۱۵ و ۳۰ متر
	۱۶۵	۳۵	۱۷ اکتبر ۲۰۱۶	۱، ۲، ۳، ۴، ۵، ۷، ۸	۱۵ و ۳۰ متر
	۱۶۵	۳۵	۲۷ ژوئن ۲۰۱۶	۱، ۲، ۳، ۴، ۵، ۷، ۸	۱۵ و ۳۰ متر
TM	۱۶۵	۳۵	۱۳ اکتبر ۱۹۹۱	۱، ۲، ۳، ۴، ۵، ۷	۳۰ متر
	۱۶۵	۳۵	۲۲ می ۱۹۹۱	۱، ۲، ۳، ۴، ۵، ۷	۳۰ متر
	۱۶۵	۳۵	۷ ژوئن ۱۹۹۱	۱، ۲، ۳، ۴، ۵، ۷	۳۰ متر
	۱۶۵	۳۵	۲۵ جولای ۱۹۹۱	۱، ۲، ۳، ۴، ۵، ۷	۳۰ متر
	۱۶۵	۳۵	۲۶ آگوست ۱۹۹۱	۱، ۲، ۳، ۴، ۵، ۷	۳۰ متر
	۱۶۵	۳۵	۲۷ سپتامبر ۱۹۹۱	۱، ۲، ۳، ۴، ۵، ۷	۳۰ متر

آشکارسازی تغییرات و پیش بینی نقشه پوشش اراضی

به منظور آشکارسازی تغییرات روی داده در منطقه، از روش مقایسه پس از طبقه‌بندی استفاده شد. احتمال انتقال محاسبه شده از هر کاربری به کاربری دیگر با استفاده از زنجیره مارکوف محاسبه شد. آنالیز زنجیره مارکوف به منظور تعیین احتمال تغییر هر طبقه کاربری/پوشش سرزمین به دیگر طبقات کاربری/ پوشش سرزمین (یا بدون تغییر ماندن آن) مورد استفاده قرار می‌گیرد. فرآیند تصادفی $X=[X_t, t\in N]$ یک زنجیره مارکوف نامیده می‌شود، اگر برای هر $t\in N$ و $j\in E$، شرط زیر صادق باشد که در آن، E یک مجموعه قابل شمارش است (حکیمی‌پور، ۱۳۷۶):

رابطه (۲):

$$p[X_{t+1}=j|X_0,X_1,\ldots\ldots,X_t|]=p[X_{t+1}=j|X_t|]$$

برای اجرای آنالیز زنجیره مارکوف از دستور Markov chain در نرم‌افزار Idrisi Andes استفاده شد. این زنجیره برای تعیین احتمال تغییر به دو نقشه کاربری/پوشش سرزمین نیاز دارد که معمولا این نوع داده‌ها با استفاده از پردازش تصاویر ماهواره‌ای به‌دست می‌آیند. اولین نقشه به عنوان نقشه‌ی زمان t و نقشه دوم به عنوان نقشه زمان t+1 به زنجیره مارکوف معرفی شدند. سپس دو عدد که بیانگر فاصله زمانی بین دو نقشه کاربری/پوشش سرزمین و فاصله زمانی بین نقشه دوم و نقشه‌ای که شبیه‌سازی تغییرات برای آن سال انجام خواهد شد به مدل زنجیره مارکوف معرفی می‌شوند. روش زنجیره‌های مارکوف تصاویر پهنه‌بندی کاربری اراضی را تحلیل و یک خروجی به شکل ماتریس احتمالی تغییرات و یک تصویر خروجی از ماتریس احتمالی برای سال افق را ارائه می‌دهد. زنجیره مارکوف یک ماتریس انتقال و یک ماتریس مناطق انتقال و مجموعه‌ای از تصاویر احتمال شرطی با استفاده از آنالیز کیفی دو تصویر کاربری اراضی با دو زمان متفاوت ایجاد می‌نماید.

نتایج

نتایج طبقه‌بندی برای منطقه اشتهارد در سال ۱۳۶۹ در جدول ۲ آورده شده است. براساس نتایج به‌دست آمده می‌توان بیان کرد که نقشه کاربری اراضی در سال ۱۳۶۹ حاصل از الگوریتم ماشین بردار پشتیبان با ضریب کاپای ۰/۹۰ نسبت به الگوریتم حداکثر احتمال با ضریب کاپای ۰/۸۹ و الگوریتم حداقل فاصله با ضریب کاپای ۰/۸۳ از دقت بالاتری برخوردار بوده است. در سال ۱۳۹۴ روش حداکثر احتمال با ضریب کاپای ۰/۹۶ و صحت کلی ۹۷ درصد دارای دقت بالاتری بود. دقت تولیدکننده، احتمال اینکه یک پیکسل در تصویر کلاسه‌بندی در همان کلاس در روی زمین قرار بگیرد و صحت کاربر، احتمال اینکه یک کلاس مشخص در روی زمین در همان کلاس بر روی تصویر طبقه‌بندی شده قرار بگیرد برای چهار کلاس تعیین شده در این مطالعه، بیشترین دقت را برای نقشه کاربری اراضی به دست آمده از الگوریتم ماشین بردار پشتیبان داشته‌اند.

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-11-25]
[DOR: 20.1001.1.20080891.1399.14.1.13.1]

جدول ۲: نتایج ارزیابی صحت طبقه‌بندی تصویر در منطقه اشتهارد در سال ۱۳۶۹ و ۱۳۹۴

سال	روش	صحت کلی (٪)	ضریب کاپا
۱۳۶۹	حداقل فاصله	۸۵	۰/۸۳
	حداکثر احتمال	۹۴	۰/۸۹
	ماشین بردار پشتیبان	۹۵	۰/۹۰
۱۳۹۴	حداقل فاصله	۹۳	۰/۸۶
	حداکثر احتمال	۹۷	۰/۹۶
	ماشین بردار پشتیبان	۹۴	۰/۸۹

در جدول ۳ و ۴ صحت کاربر و صحت تولید کننده برای روش حداقل فاصله، حداکثر احتمال و ماشین بردار پشتیبان برای طبقه‌بندی تصویر به‌ترتیب در سال ۱۳۶۹ و ۱۳۹۴ آورده شده است.

جدول ۳: پارامترهای صحت کاربر و تولید کننده برای انواع طبقه‌بندی‌های مورداستفاده برای منطقه اشتهارد در سال ۱۳۶۹

روش / طبقه	حداقل فاصله		حداکثر احتمال		ماشین بردار پشتیبان	
	صحت کاربر	صحت تولید کننده	صحت کاربر	صحت تولید کننده	صحت کاربر	صحت تولید کننده
مرتع	۱۰۰	۸۳	۸۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰
بایر	۶۷	۹۱	۹۶	۹۸	۹۷	۹۶
مسکونی	۳۰	۱۰۰	۹۶	۶۸	۸۹	۷۳
کشاورزی	۹۰	۸۷	۸۹	۹۷	۹۲	۹۶

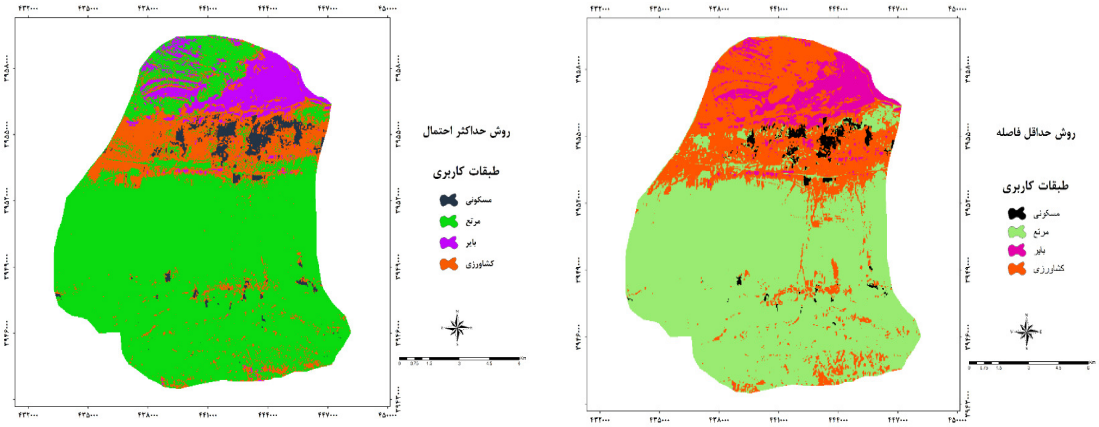
جدول ۴- پارامترهای صحت کاربر و تولید کننده برای طبقه‌بندی‌های مورد استفاده برای منطقه اشتهارد در سال ۱۳۹۴

روش / طبقه	حداقل فاصله		حداکثر احتمال		ماشین بردار پشتیبان	
	صحت کاربر	صحت تولیدکننده	صحت کاربر	صحت تولیدکننده	صحت کاربر	صحت تولیدکننده
مرتع	۹۸	۹۸	۹۸	۹۸	۱۰۰	۱۰۰
بایر	۹۵	۹۱	۹۵	۹۱	۹۷	۹۶
مسکونی	۹۸	۹۸	۹۸	۹۸	۸۸	۷۵
کشاورزی	۹۶	۱۰۰	۹۶	۱۰۰	۹۲	۹۶

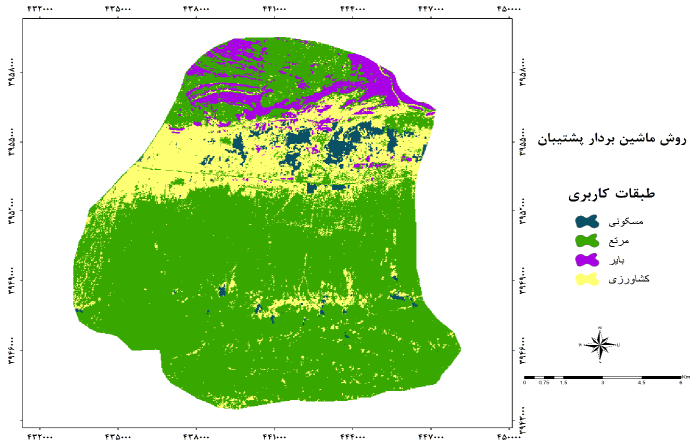
در شکل ۲ و ۳ نقشه حاصل از طبقه‌بندی به‌ترتیب برای سه روش حداقل فاصله، حداکثر احتمال و ماشین بردار پشتیبان برای منطقه اشتهارد برای سال ۱۳۶۹ آورده شده است. در شکل‌های ۴ و ۵ نقشه حاصـــل از طبقه‌بندی به‌ترتیب برای سه روش حداقل فاصله، حداکثر احتمال و ماشین بردار پشتیبان برای منطقه اشتهارد برای سال ۱۳۹۴ آورده شده است.

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-11-25]

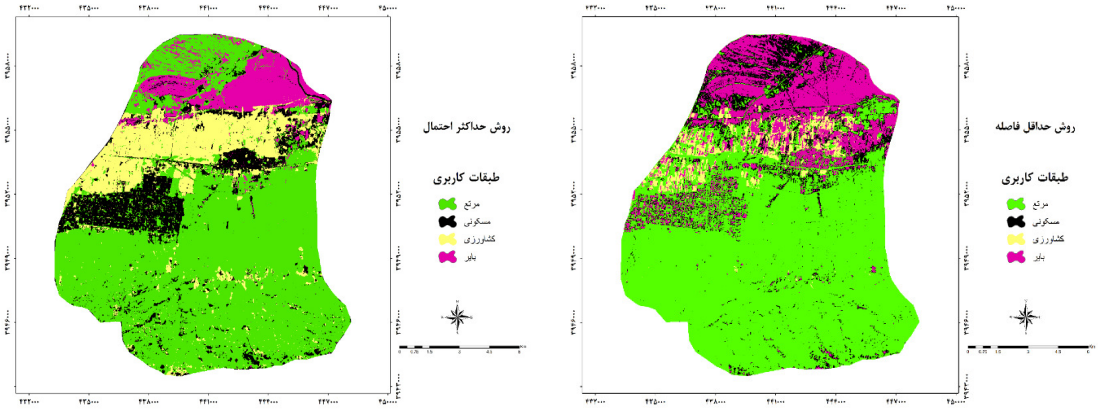
[DOR: 20.1001.1.20080891.1399.14.1.13.1]



شکل ۲: نقشه طبقه‌بندی تصویر برای منطقه اشتهارد در سال ۱۳۶۹ با استفاده از روش حداقل فاصله و حداکثر فاصله



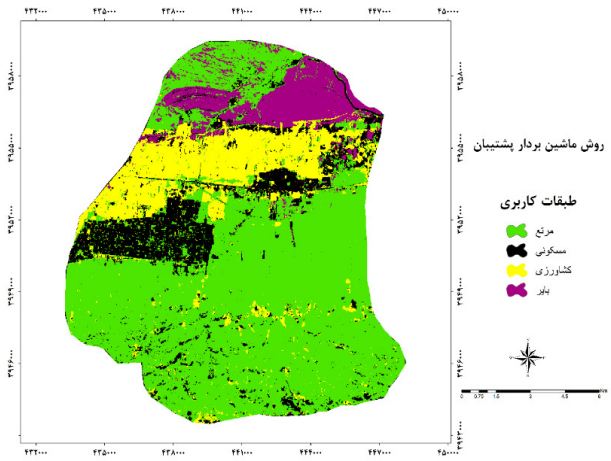
شکل ۳: نقشه طبقه‌بندی تصویر برای منطقه اشتهارد در سال ۱۳۶۹ با استفاده از روش ماشین بردار پشتیبان



شکل ۴: نقشه طبقه‌بندی تصویر برای منطقه اشتهارد در سال ۱۳۹۴ با استفاده از روش حداقل فاصله

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-11-25]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1399.14.1.13.1]



شکل ۵: نقشه طبقه‌بندی تصویر برای منطقه اشتهارد در سال ۱۳۹۴ با استفاده از روش ماشین بردار پشتیبان

جدول مساحت و درصد طبقات پوشش اراضی مربوطه در سال‌های مورد مطالعه نشان می‌دهد که بیشترین تغییرات از کل مساحت منطقه مورد مطالعه مربوط به کلاس‌های مرتع و کشاورزی می‌باشد. به طوری که مساحت آنها به ترتیب ۷۲/۸ و ۱۶/۶ درصد در سال ۱۳۶۹ به ۶۲/۳ و ۱۵/۸ درصد در سال ۱۳۹۴ کاهش یافته‌اند. همچنین کمترین تغییرات در این دوره مربوط به کلاس بایر می‌باشد که این تغییرات کمتر از دو درصد کل مساحت منطقه را شامل می‌شود. در این بین اراضی مسکونی ۱۰ درصد افزایش یافته است. کمیت تغییرات صورت گرفته در طی این دوره را می‌توانید در جدول ۵ مشاهده نمایید.

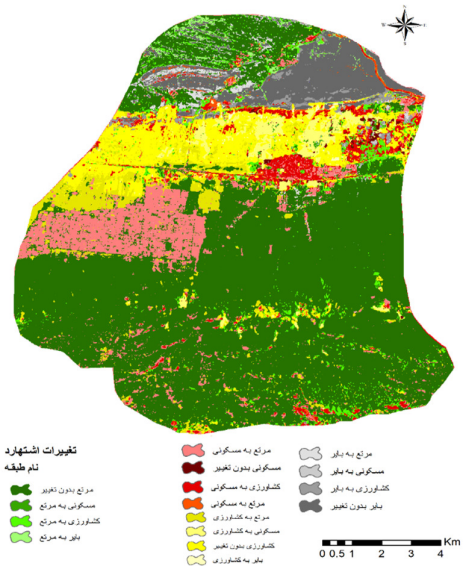
جدول ۵: وسعت و سهم طبقات پوشش اراضی منطقه‌ی مورد مطالعه در سال ۱۳۶۹ و ۱۳۹۴

کاربری	مساحت در سال ۱۳۶۹ به هکتار	مساحت به درصد	مساحت در سال ۱۳۹۴ به هکتار	مساحت به درصد
مرتع	۱۲۵۲۸	۷۲/۸	۱۰۷۱۹	۶۲/۳
بایر	۱۳۱۳	۷/۶	۱۵۳۳	۸/۹
مسکونی	۵۳۲	۳	۲۲۴۹	۱۳
کشاورزی	۲۸۴۳	۱۶/۶	۲۷۱۵	۱۵/۸

تعیین تغییرات کاربری اشتهارد بین سال‌های ۱۳۶۹ تا ۱۳۹۴

در شکل ۶ تغییرات در کاربری‌های موجود در منطقه اشتهارد بین سال‌های ۱۳۶۹ تا ۱۳۹۴ را نشان می‌دهد.

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-11-25]
[DOR: 20.1001.1.20080891.1399.14.1.13.1]



شکل ۶: نتایج مربوط به تغییرات در کاربری اراضی به‌طور کلی بین سال‌های ۱۳۶۹ تا ۱۳۹۴

در جدول ۶ مساحت نقشه حاصل از تغییرات کاربری برای منطقه اشتهارد آورده شده است. مطالعه تغییرات صورت گرفته در دوره ۱۳۶۹-۱۳۹۴ نشاندهنده این واقعیت است که بیشترین تغییرات از کل مساحت منطقه مربوط به کلاس اراضی مرتع می‌باشد، به گونه‌ای که این کلاس با ۹۹۸۴ هکتار مساحت بدون تغییر مانده، که چیزی حدود ۵۸/۱۴ درصد از مساحت کل منطقه را در بر می‌گیرد. دیگر کلاسی که از نظر بیشترین تغییرات صورت گرفته از مساحت کل منطقه رتبه بعدی را دارا است، تغییرکاربری اراضی مرتعی به مسکونی می‌باشد که در حدود ۸/۸۶ درصد از مساحت کل منطقه را شامل می‌شود.

جدول ۶: مساحت نقشه حاصل از تغییرات کاربری برای منطقه اشتهارد

ردیف	تغییرات کاربری	مساحت (هکتار)	درصد تغییرات	ردیف	تغییرات کاربری	مساحت (هکتار)	درصد تغییرات
۱	مرتع بدون تغییر	۹۹۸۴	۵۸/۱۴	۹	مرتع به کشاورزی	۸۱۵	۴/۷۴
۲	مسکونی به مرتع	۴۲	۰/۲۴	۱۰	مسکونی به کشاورزی	۴۱۲	۲/۳۹
۳	کشاورزی به مرتع	۵۲۴	۳/۰۵	۱۱	کشاورزی بدون تغییر	۱۴۵۵	۸/۴۷
۴	بایر به مرتع	۱۴۴	۰/۸۳	۱۲	بایر به کشاورزی	۳۶	۰/۲۰
۵	مرتع به مسکونی	۱۵۲۳	۸/۸۶	۱۳	مرتع به بایر	۲۰۲	۱/۱۷
۶	مسکونی بدون تغییر	۶۱	۰/۳۵	۱۴	مسکونی به بایر	۱۰	۰/۰۵
۷	کشاورزی به مسکونی	۵۶۲	۳/۲۷	۱۵	کشاورزی به بایر	۲۷۶	۱/۶۰
۸	کشاورزی به مسکونی	۸۴	۰/۴۸	۱۶	بایر بدون تغییر	۱۰۴۱	۶/۰۶

جدول متعامد[1] برای طبقه‌بندی نهایی بین سال‌های ۱۳۶۹ تا ۱۳۹۴ در زیر آورده شده است. نتایج آزمون مربع کای نشان داد که رابطه بین دو متغیر کاربری‌ها وجود دارد. همچنین مقدار وی کرامر (Cramer's V) به‌دست آمده ۰/۶۵ می‌باشد که نشان‌دهنده همبستگی بالا بین داده‌ها می‌باشد (جدول ۷).

[1] Cross-tabulation

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-11-25]
[DOR: 20.1001.1.20080891.1399.14.1.13.1]

جدول ۷: Crosstabulation نسبی بین سال‌های ۱۳۶۹-۱۳۹۴

طبقه	مرتع	بایر	مسکونی	کشاورزی
مرتع	۰/۴۱۶	۰/۰۰۱۸	۰/۰۲۳۲	۰/۰۰۶۱
بایر	۰/۰۶۵	۰/۰۰۲۶	۰/۰۲۳۶	۰/۰۰۳۶
مسکونی	۰/۰۳۵	۰/۰۱۷۲	۰/۰۶۰۱	۰/۰۰۱۶
کشاورزی	۰/۰۰۸	۰/۰۰۵	۰/۰۱۱۷	۰/۰۴۳۴
0.0000	P-Level = 0.66	df= 9 Overall Kappa=	958121.8750	Chi Square = Cramer's V = 0.65

پیش‌بینی روند تغییرات کاربری

در این مطالعه با استفاده از نقشه کاربری اراضی ۱۳۶۹ و ۱۳۹۴ همچنین روش‌های زنجیره مارکوف و مدل اتوماسیون سلولی (CA) به پیش‌بینی و شبیه‌سازی روند تغییرات کاربری‌ها برای سال ۱۴۱۹ پرداخته شد. روش زنجیره‌های مارکوف تصاویر پهنه‌بندی کاربری اراضی را تحلیل و یک خروجی به شکل ماتریس احتمالی تغییرات و یک تصویر خروجی از ماتریس احتمالی برای سال افق را ارائه می‌دهد. زنجیره مارکوف یک ماتریس انتقال و یک ماتریس مناطق انتقال و مجموعه‌ای از تصاویر احتمال شرطی با استفاده از آنالیز کیفی دو تصویر کاربری اراضی با دو زمان متفاوت ایجاد می‌نماید. جدول ۸ پیش‌بینی روند تغییرات کاربری اراضی در سال ۱۴۱۹ برای منطقه اشتهارد با استفاده از زنجیره‌های مارکوف می‌باشد.

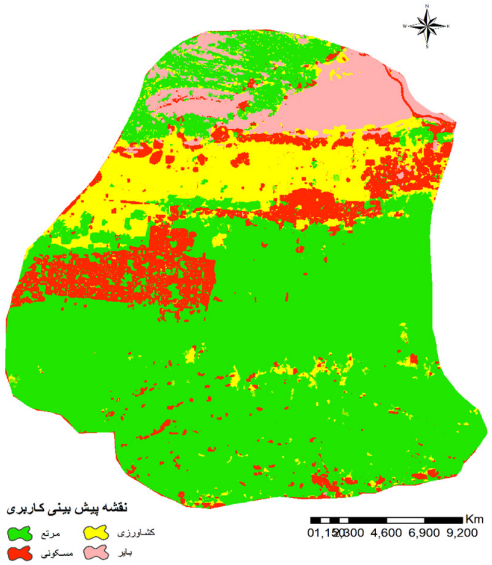
جدول ۸: ماتریس احتمال تغییر کاربری‌ها در فاصله زمانی ۱۳۹۴- ۱۴۱۹ به روش مارکوف

	بایر	مسکونی	مرتع	کشاورزی
بایر	۰/۲۹۴	۰/۰۱۲	۰/۵۸۷	۰/۰۱۰۶
مسکونی	۰/۲۲۶	۰/۴۴۴	۰/۲۶۹	۰/۰۵۹
مرتع	۰/۰۳۷	۰/۰۲۷	۰/۸۵۰	۰/۰۸۴
کشاورزی	۰/۰۷۲	۰/۰۲۷	۰/۶۸۳	۰/۲۱۶

آنالیز زنجیره مارکوف همچنین تصاویر احتمال شرطی (شکل ۷) نیز برای هر یک از کاربری‌ها تولید شد. هر تصویر احتمال شرطی احتمال انتقال کاربری به کلاسه کاربری دیگر را نشان می دهد. بر اساس جدول ۷ که ماتریس درصد تغییرات را در کاربری‌ها نشان می‌دهد، طی دوره ۲۵ سال ۱۳۹۴ تا ۱۴۱۹ کاربری کشاورزی بیشترین کاهش را به سمت کاربری مرتع داشته، به گونه‌ای که حدود ۲۶ درصد از این کاهش به نفع رشد مرتع بوده است. اراضی بایر نیز در رده بعدی است. احتمال تغییر اراضی مسکونی به اراضی بایر بعد از ۲۵ سال در حدود ۲۶ درصد می‌باشد. به احتمال ۸۵ درصد اراضی مرتع از سال ۱۳۹۴ تا ۱۴۱۹ تغییری نخواهند داشت.

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-11-25]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1399.14.1.13.1]



شکل ۷- نقشه کاربری اراضی پیش‌بینی شده برای سال ۱۴۱۹

بحث و نتیجه‌گیری

الگوهای پوشش و کاربری اراضی در پاسخ به فاکتورهای اقتصادی، اجتماعی و محیطی تغییر می‌کنند. به منظور اطلاع از میزان، توزیع مکانی و نوع تغییرات رخ داده در منابع در طول زمان، فرایند تعیین تغییرات مناسب‌ترین راهکار به شمار می‌آید. آشکارسازی تغییرات رخ داده در منابع طبیعی، اولین مرحله از درک علت و محل وقوع تغییرات این منابع است. با استفاده از این اطلاعات مدیران، سیاستگذاران و استفادکنندگان می‌توانند تصمیمات آگاهانه‌تری درباره تملّک، حفاظت و استفاده پایدار منابع طبیعی اتخاذ کنند.

در این تحقیق از مدل سلول‌های خودکار زنجیره مارکوف برای پیش بینی تغییرات کاربری اراضی در اشتهارد استفاده شد. نتایج حاصل از پردازش تصاویر ماهواره‌ای نشان دهنده افزایش مساحت کاربری مسکونی در سال ۱۳۹۴ بوده که این افزایش از تبدیل کاربری اراضی مرتع به مناطق مسکونی نشئت گرفته است. کاهش ۱۸۰۹ هکتاری اراضی مرتع در سال ۱۳۹۴ نسبت به دوره گذشته حاکی از تبدیل این اراضی با اراضی بایر و مسکونی است. ادامه این روند می‌تواند به تشدید آسیب‌های زیست‌محیطی و کاهش هرچه بیشتر سطح اراضی مرتعی و افزایش اراضی بایر و مسکونی منجر شود. نتایج صحت کلی و ضریب کاپای به‌دست آمده در تصاویر TM و OLI برای بررسی میزان تغییرات در منطقه نشان داد که تصاویر ماهواره‌ای قابلیت شناسایی تغییرات را دارا می‌باشند و قادر است وضعیت آینده کاربری اراضی را با دقت مناسبی پیش بینی کند که با نتایج تحقیقات حیدری زاد و محمدی (۲۰۱۶) و چانگ و چانگ[1] (۲۰۰۶) هم خوانی دارد. همچنین در این مطالعه نتایجی با صحت بسیار بالا نسبت به تحقیقات مشابه به‌دست آمده است که علت آن استفاده از تصاویر نرم‌افزار گوگل ارث در تهیه نقاط تعلیمی، سطح زیاد نقاط تعلیمی و دقت در انتخاب نقاط تعلیمی بوده است. این نظریه با نظریه جانسن[2] (۲۰۰۴) که صحت قابل قبول طبقه‌بندی کاربری اراضی را با استفاده از تصاویر ماهواره ۸۵ درصد می‌داند، مطابقت دارد. مقدار وی کرامر کلی به‌دست آمده در نتیجه آنالیز تغییرات در دوره ۱۳۶۹ تا ۱۳۹۴ برابر با ۰/۶۵ بود که بسیار خوب است. مطابق با نظر احمد و احمد[3] (۲۰۱۲) چنانچه مقدار وی کرامر بیشتر ۰/۱۵ باشد مفید است ولی اگر بالاتر از ۰/۴ باشد مناسب می‌باشد. این ضریب نشان‌دهنده ارزش

[1]- Chang and Chang
[2]- Jensen
[3]- Ahmad and Ahmad

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-11-25]
[DOR: 20.1001.1.20080891.1399.14.1.13.1]

بالقوه توصیف متغیر است. در صورتی که مقدار این متغیر پایین باشد اون متغیر در نظر گرفته نمی‌شود. روند صعودی اراضی مسکونی و بایر نشان‌دهنده افزایش جمعیت و افزایش فشار انسانی در عرصه مورد مطالعه است. حیدرزاد و محمدی (۲۰۱۶) در مطالعه به بررسی تغییرات کاربری اراضی پرداختند و بیان داشتند رشد جمعیت عامل اصلی افزایش سطح کاربری مسکونی می‌باشد. زیرا با افزایش جمعیت، زمین‌های کشاورزی به شهر تبدیل شده است. نتایج حاصل از ماتریس پیش‌بینی تغییرات بر مبنای نقشه‌های سال‌های ۱۳۶۹ و ۱۳۹۴ نشان داد که در طی ۲۵ سال آینده بیشترین احتمال تغییر مربوط به تغییر اراضی کشاورزی به مرتع است. همچنین احتمال می‌رود در فاصله زمانی ۱۳۹۴ تا ۱۴۱۹ مناطق مسکونی و اراضی مرتع بدون تغییر مانده یا افزایش یابند. نتایج به دست آمده از تحقیق حاضر هم راستا با نتایج به‌دست آمده فتحی زاد و همکاران (۲۰۱۴) در امکان به کارگیری مدل مارکوف جهت پیش بینی تغییرات پوشش اراضی است.

همانطور که مشخص است، اگر راهبرد فعلی استفاده از زمین در این منطقه در جهت کاهش اراضی طبیعی و افزایش اراضی شهری بدون توجه به ملاحظات توسعه پایدار تا سال ۱۴۱۹ ادامه داشته باشد، مشکلات زیست- محیطی مهمی، از جمله تخریب مراتع منطقه، کاهش تولید محصولات کشاورزی عمده منطقه کاهش حاصل‌خیزی و افزایش اراضی بیابانی را موجب می‌گردد که تهدیدی جدی برای اکوسیستم منطقه در آینده خواهد بود. همچنین، اقتصاد منطقه که بر مبنای تولیدات کشاورزی و دامی قرار دارد، با وضعیت بهره‌وری کنونی در سال ۱۴۱۹ با تهدید جدی روبه رو خواهد شد. در این مطالعه پوشش اشتهارد در گذشته و آینده بررسی شد. نتایج این پیش‌بینی می‌تواند هشداری برای وضعیت کاربری‌ها در آینده باشد. در نهایت می‌توان بیان کرد که تهیه نقشه‌های کاربری اراضی و بررسی تغییرات صورت گرفته در پوشش زمین سبب افزایش شناخت محیط زیست، تلاش در جهت مدیریت پایدار منابع طبیعی و اعمال برنامه‌های مدیریتی مناسب می‌شود. در مدیریت منابع طبیعی و محیط‌زیست، برنامه‌ریزی برای کاربری سرزمین، تهیه نقشه‌های کاربری سرزمین، آمایش سرزمین و شناخت توان و استعداد اراضی لازم است و منبع مهم اطلاعاتی برای اتخاذ سیاست‌های اصولی و تدوین برنامه‌های توسعه به شمار می‌رود و نیاز است در سطح گسترده‌تری با استفاده از روش‌های مختلف ارزیابی تغییرات و بومی کردن این دانش در استان‌های مختلف انجام گیرد. همچنین این مطالعه برای پیش‌بینی تغییرات از تلفیق روش زنجیره‌های مارکوف و اتوماسیون سلولی استفاده شد و در مطالعات دیگر می‌توان قابلیت سایر روش‌ها ماند ژئومد و LCM را استفاده نمود.

References

1. Ahmed, B. & R. Ahmed., 2012. Modeling Urban Land Cover Growth Dynamics Using Multi-Temporal Satellite Images: A Case Study of Dhaka, Bangladesh. ISPRS Int. J. Geo-Inf., 1: 3-31.
2. Arzani H., K.h. Mirakhorlou & S.Z. Hosseini, 2008. Land use mapping using Landsat7 ETM data (Case study in middle catchment's of Taleghan). Iranian journal of Range and Desert Reseach. 16(2): 150-160. (In Persian)
3. Barati Ghahfarokhi, S., S. Soltani, S.J. Khajeddinand & B. Rayegani, 2009. Investigation of Land Use Changes in Qale Shahrokh Basin Using Remote Sensing (1975-2002). Science and Technology of Agriculture and Natural Resources, 13: 349-365 (In Persian).
4. Brown, D.G., B.C. Pijanowski & J.D. Duh, 2000. Modeling the relationships between land use and land cover on private lands in the Upper Midwest, USA. Journal of Environmental Management, 59: 247-263.
5. Chang CL, & JC. Chang., 2006. Markov model and cellular automata for vegetation. Journal of Geographical Research, 45: 45-57.
6. Chen, J., P. Gong, C. He, R. Pu & P. Shi, 2003. Land-use/land-cover change detection using improved change-vector analysis. Photogrammetric engineering and remote sensing, 69: 369-380.
7. Falahatkar, S., S.M. Hosseini, A.R. Salman Mahiny & S. Ayoubi, 2017. Prediction of Land Use/ Cover Change by Using LCM Model. Environmental researches, 7(13): 163-174. (In Persian)
8. Fathizad, H., H. Karimi, M. Tazeh & M. Tavakoli, 2014. Prediction of Land Use and Land Cover Changes in Arid and Semi-Arid Regions Using Satellite Images and Markov Chain Models (Case study: Dovirajj Basin, Ilam Province). Desert Management, 2(3): 61-76. (In Persian)

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-11-25]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1399.14.1.13.1]

9. Hager, W.H., 1987. Lateral outflow over side weirs. Journal of Hydraulic Engineering, 113(4): 491-504.
10. Haregeweyn, N., A. Berhe, A. Tsunekawa, M. Tsubo & DT. Meshesha, 2012. Integrated watershed management as an effective approach to curb land degradation: a case study of the enabered watershed in Northern Ethiopia, Environmental management, 50(6): 1219-1233.
11. Haregeweyn, N., A. Tsunekawa, J. Nyssen, J. Poesen, M. Tsubo, D. Tsegaye Meshesha, B. Schütt, E. Adgo & F. Tegegne, 2015. Soil erosion and conservation in Ethiopia: A review Progress in Physical Geography, 39(6): 750-774.
12. Hathout, S., 2002. The use of GIS for monitoring and predicting urbangrowth in East and West St Paul, Winnipeg, Manitoba, Canada. Journal ofEnvironmental Management, 66: 229-238.
13. Heidarizadi, Z. & A. Mohamadi., 2016. Predicting the Land Use Change Using Markov- Cellular automata Model in Mehran Plain, Journal of the Desert Ecosystem, 10(5): 57-68. (In Persian).
14. Henrquez, C., G. Azocar & H. Romero, 2006. Monitoring and Modeling the urbanGrowth of Two Mid-sized Chilean Cities, Habitat International, 30: 945-964.
15. Hietel, E., R. & A. Waldhardt., 2004. "Analysing Land-Cover Changes in Relation to Environmental Variables in Hesse, Germany", Landscape Ecology, 19: 473-489.
16. Ildermi, A., H. Nori, M. Naderi, S. AghaBigi, S. Amin & H. zinivand, 2018. Land use change prediction using Markov chain and CA Markov Model (Case Study: Gareen Watershed), Watershed Management Research 8(16): 232-240. (In Persian)
17. Jenerette, G. & Wu. Jianguo., 2001. Analysis and simulation of landuse change in the central Arizona-Phonix region, USA Landscapeecology, 16: 611-626.
18. Jensen J.R., 2004. Digital change detection. Introductory digital image processing: A remote sensing perspective: 467-494.
19. Jensen, J.R. & D.C. Cowen., 1999. Remote sensing of urban/suburban infrastructure and socioeconomic attributes, Photogrammetric Engineering & remote Sensing, 65:611–622.
20. Kamusoko, C., M. Aniya, B. Adi & M. Manjoro, 2009. Rural Sustainability underThreat in Zimbabwe – Simulation of Future Land Use /cover Changes in theBindura District Based on the Markov-Cellular Automata Model, AppliedGeography, 29: 435-447.
21. Keno, B. & K. Suryabhagavan., 2014. Multitemporal remote sensing of landscape dynamics and pattern change in Dire district, southern Ethiopia. Journal of Geomatics, 8(2): 189-194.
22. Lambin, EF., 1997. Modelling and monitoring landcover change processes in tropical regions. Progress in Physical Geography, 21(3): 375-393.
23. Lee, Y. & H. Chang., 2011. The Simulation of Land Use Change by Using CA-Markov Model: A Case Study of Tainan City, Taiwan. 19th international conference on geoinformatics, 24-26 June. China.
24. Luo, G., C. Yin, X. Chen, W. Xu & L. Lu, 2010. "Combining System Dynamic Model and CLUE-s Model to Improve Land Use Scenario Analyses at Regional Scale: A Case Study of Sangong Watershed in Xinjiang, China", Ecological Complexity, 7: 198-207.
25. Mohamadi, M., 2015. Estimation of the effect of land use change on runoff using WetSpa and CLUE-s models for managing the basin watershed in Golestan province, PhD thesis of Watershed Science and Engineering. Faculty of Natural Resources, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran (In Persian).
26. Mohammadi, Sh., Kh. Habashi & S. Pourmanafi, 2018. Monitoring and prediction land use/ land cover changes and its relation to drought (Case study: sub-basin Parsel B2, Zayandeh Rood watershed). RS & GIS for Natural Resources, 9(1): 24-39. (In Persian)
27. Mohammady M, M. Amiri & J. Dastorani, 2016. Modeling land use changes of Ramin city in the Golestan province. Space planning, 19(4): 141-158. (In Persian)
28. Muller, M.R. & J. Middleton., 1994. A Markov model of land-use change dynamics in the Niagara Region, Ontario and Canada. Landscape Ecology, 9: 151-157.
29. Parker, D.C., S.M. Manson, M.A. Janssen, M.J. Hoffmann & P. Deadman, 2002. Malti agent systems for the simulation of land use and land cover change: a Review. 43.
30. Pontius, R.G. & J. Malanson, 2005. Comparison of the structure and accuracy of two land change models. International Journal of Geographical Information Science, 19(2): 243-265.
31. Samat, N., R. Hasni & Y.A. Eltayeb Elhadary, 2011. Modelling Land Use Changes at the Peri-Urban Areas Using Geographic Information Syste"ms and Cellular Automata Model. Journal of Sustainable Development, 4(6): 72-84.
32. Sang, L., C. Zhang, J. Yang, D. Zhu & W. Yun, 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.
33. Turner BL, E.F. Lambin & A. Reenberg, 2007. The emergence of land change science for global environmental change and sustainability. Proceedings of the National Academy of Sciences, 104(52): 266-271.

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-11-25]
[DOR: 20.1001.1.20080891.1399.14.1.13.1]

34. Yang, X. & C. Lo, 2002. Using a time series of satellite imagery to detect land use and land cover changes in the Atlanta, Georgia metropolitan area. International Journal of Remote Sensing, 23: 1775- 1798.
35. Zewdu, S., K. Suryabhagavan & M. Balakrishnan, 2016. Land-use/land-cover dynamics in Sego Irrigation Farm, southern Ethiopia: A comparison of temporal soil salinization using geospatial tools. Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences, 15(1): 91-97.

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-11-25]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1399.14.1.13.1]