



پایش، ارزیابی و پیش‌بینی روند تغییرات مکانی کاربری اراضی/پوشش زمین با استفاده از مدل زنجیره‌ای مارکوف (مطالعه موردی: دشت بسطاق - خراسان جنوبی)

کامران کریمی^{۱*}، چوقی بایرام کمکی^۲

۱. دانشجوی دکتری بیابانزدایی، دانشکده مرتع و آبخیزداری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
 ۲. استادیار دانشکده مرتع و آبخیزداری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

مشخصات مقاله

پیشینه مقاله:
 دریافت: ۱۲ شهریور ۱۳۹۳
 پذیرش: ۱۸ فروردین ۱۳۹۴
 دسترسی اینترنتی: ۲۳ شهریور ۱۳۹۴

واژه‌های کلیدی:

تغییرات کاربری
 تصاویر ماهواره‌ای
 پیش‌بینی تغییرات
 مدل زنجیره‌ای مارکوف
 دشت بسطاق

چکیده

پایش و مدیریت بهینه منابع طبیعی نیازمند اطلاعات به هنگام و صحیح است. در این راستا نقشه‌های کاربری/ پوشش زمین یکی از مهم‌ترین منابع اطلاعاتی در مدیریت منابع طبیعی محسوب می‌شود. مدیریت بهینه منابع نیازمند بررسی، شناخت تغییرات و تخریب‌های منابع در گذشته و برنامه‌ریزی صحیح و اصولی به منظور کنترل و مهار تخریبات احتمالی حادث شده در آینده می‌باشد. یکی از روش‌های کارآمد جهت پیش‌بینی تغییرات پوشش و کاربری اراضی مدل زنجیره‌ای مارکوف است. در این مطالعه تغییرات پوشش اراضی طی سال‌های گذشته و امکان پیش‌بینی آن در آینده با استفاده از مدل زنجیره‌ای مارکوف در دشت بسطاق بررسی شده است. بدین منظور با استفاده از تصاویر سنجنده‌های MSS (۱۳۶۶)، ETM⁺ (۱۳۸۱) و OLI (۱۳۹۳) و اطلاعات جانبی منطقه، تغییر کاربری اراضی تهیه و نقشه کاربری اراضی سال ۱۴۰۳ پیش‌بینی گردید. تعیین نقشه‌های کاربری پس از انجام تصحیحات بر روی تصاویر ماهواره‌ای، تعیین نمونه‌های آموزشی و ارزیابی دقت طبقه‌بندی‌ها با استفاده از ضریب کاپا صورت گرفت. نتایج نشان می‌دهد که طبقه فاقد پوشش/ بایر و مرتع، پویاترین کاربری‌های موجود در منطقه بوده که درصد مساحت این اراضی طی ۱۳۶۶ تا ۱۳۹۳ به ترتیب برابر ۲۱/۶۴٪ (افزایشی) و ۳۱/۱۴٪ (کاهشی) بوده که بیانگر تخریب کلی و جایگزینی کاربری‌های ضعیف‌تر در منطقه است. نتایج حاصل از پیش‌بینی تغییرات در فاصله زمانی ۱۴۰۳-۱۳۹۳، نشان داد که طی این دوره احتمال می‌رود ۹۸٪ اراضی مسکونی، ۸۸٪ اراضی فاقد پوشش، ۷۷٪ اراضی شور، ۴۵٪ اراضی مرتعی و ۳۷٪ کشاورزی بدون تغییر باقی خواهند ماند. همچنین تبدیل کاربری مرتع به اراضی فاقد پوشش بالاترین (۴۱/۹۴٪) و تبدیل اراضی فاقد پوشش به اراضی مسکونی (۰/۰۲٪)، مرتع به اراضی مسکونی (۰/۰۳٪)، دارای کم‌ترین احتمال تبدیل هستند. نقشه پیش‌بینی حاصله از مدل زنجیره‌ای مارکوف برای ارائه دیدی کلی به منظور مدیریت بهتر منابع طبیعی بسیار حائز اهمیت است.

* پست الکترونیکی مسئول مکاتبات: k_karimi67@ut.ac.ir

مقدمه

یکی از پیش شرط‌های اساسی برای استفاده بهتر از زمین، استخراج اطلاعات مربوط به الگوهای کاربری اراضی و آگاهی از تغییرات آن‌ها در طول زمان است. آگاهی از نسبت و توزیع نواحی کاربری‌های مختلف و به موازات آن تغییرات آن‌ها در طول زمان، برای برنامه‌ریزی و قانون‌گذاری به منظور استفاده بهتر از زمین، شناسایی نواحی و نقاط تحت فشار محیطی و ارزیابی توسعه ناحیه‌ای اهمیت بسیاری دارد. در همین راستا آشکارسازی تغییرات برای مشخص کردن روند تغییرات طول زمان ضروری به نظر می‌رسد (۲۵). ارزیابی روند تغییرات در منابع و شرایط اکولوژیکی چنین مناطقی، مدیران را در اتخاذ تصمیمات مورد نیاز کمک می‌کنند (۱۸ و ۲۷). سنجش از دور یک فناوری کلیدی جهت ارزیابی وسعت و میزان تغییرات پوشش اراضی است (۲۰). از طریق این فن می‌توان با استفاده از مجموعه تصاویر چندزمانه و پردازش آن‌ها با یکی از روش‌های مناسب موجود و با سرعت و دقت بالا نسبت به آشکارسازی تغییرات مورد نظر در منطقه اقدام کرد. با استفاده و بکارگیری داده‌های سنجش از دور می‌توان به شیوه‌ای علمی و کارآمد به مدیریت مناطق حساس پرداخت (۱۲، ۱۴ و ۱۵). در دهه‌های اخیر، استفاده از فن دورسنجی به منظور پایش تغییرات مورد توجه قرار گرفته و تحقیقات متعددی در این زمینه در ایران و جهان اجرا شده است. در مطالعه‌ای به منظور برآورد تغییرات پوشش و کاربری اراضی با استفاده از تکنیک سنجش از دور (RS) و سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) در حوزه آبخیز تنک بستانک شیراز از داده‌ها و تصاویر ماهواره‌ای Landsat و IRS در بازه زمانی ۱۹۸۸ تا ۲۰۰۵ استفاده کردند. نتایج نشان داد که اراضی بایر و دیم‌زارها افزایش و در مقابل جنگل با زیر اشکوب مرتع متوسط کاهش یافته است (۵). در تحقیقی با استفاده از تصاویر ETM⁺ و TM طی سال‌های ۱۹۷۲، ۱۹۸۹، ۲۰۰۰ در جنگل‌های تایلند اقدام به تهیه نقشه پوشش گیاهی کردند. نتایج نشان داد که مهم‌ترین تغییرات در منطقه تغییر کاربری جنگل به اراضی کشاورزی بوده است (۱۳) و (۱۹). با پیش‌بینی تغییرات کاربری می‌توان مقدار گسترش و

تخریب منابع را مشخص و این تغییرات را در مسیرهای مناسب هدایت کرد (۱۱، ۱۶ و ۱۷).

جنرت و وو (۱۸)، به منظور درک چگونگی تغییر چشم‌انداز بیابان‌ها در مرکز آریزونا به واسطه گسترش مناطق شهری به آنالیز مکانی سری‌هایی از الگوی کاربری اراضی از سال ۱۹۱۲ تا ۱۹۹۵ پرداختند و به منظور شبیه‌سازی تغییرات کاربری اراضی از مدل Markov-cellular automata استفاده نمودند. زیبر (۱۰) در سال ۲۰۰۶، به آشکارسازی تغییرات پوشش و کاربری اراضی منطقه ایلورین در ایالت کوآرا با بهره‌گیری از سامانه اطلاعات جغرافیایی و علوم سنجش از دور در دوره زمانی ۱۹۷۲ تا ۲۰۰۱ به پیش‌بینی تغییرات پوشش و کاربری اراضی برای ۱۴ سال آینده با بهره‌گیری از مدل مارکوف پرداختند. نتایج کار رشد سریعی را در اراضی ساخته شده بین سال‌های ۱۹۷۲ و ۱۹۸۶ نشان داد در حالی که در دوره زمانی ۱۹۸۶ تا ۲۰۰۱ در این طبقه کاهش رخ داده و پیش‌بینی می‌شود که این روند تا سال ۲۰۱۵ ادامه داشته باشد (۱۰).

چانگ و چانگ (۱۳) در سال ۲۰۰۶، برای بررسی پوشش گیاهی کوه جیوجیو از داده‌های اسپات (SPOT) مربوط به ۴ دوره زمانی (مارس ۱۹۹۹، اکتبر ۱۹۹۹، نوامبر ۲۰۰۲ و ۲۰۰۵) استفاده کردند. آنها نیز در انتها از آنالیز زنجیره مارکوف Cellular automata برای پیش‌بینی تغییرات زمانی و مکانی پوشش گیاهی بهره گرفته و نتیجه گرفتند که در مطالعه انجام شده مدل CA-Markov برای شبیه‌سازی روند تغییرات پوشش گیاهی مناسب‌تر از سایر روش‌های موجود است (۱۳). در مطالعه دیگر با استفاده از تصاویر ماهواره لندست (Landsat) در دو زمان ۱۹۷۲ و ۲۰۰۱ و نیز با استفاده از مدل سلول‌های خودکار-مارکوف به بررسی تغییرات کاربری و پوشش سرزمین منطقه‌ای در ایالت کوآرا (Kwara) آمریکا پرداخته و از تصاویر طبقه‌بندی شده سال‌های ۱۹۷۲ و ۲۰۰۱ برای پیش‌بینی تغییر کاربری و پوشش سرزمین برای مدت ۱۵ سال استفاده شد.

نتایج این تحقیق نشان داد که روند رو به رشدی در تعداد

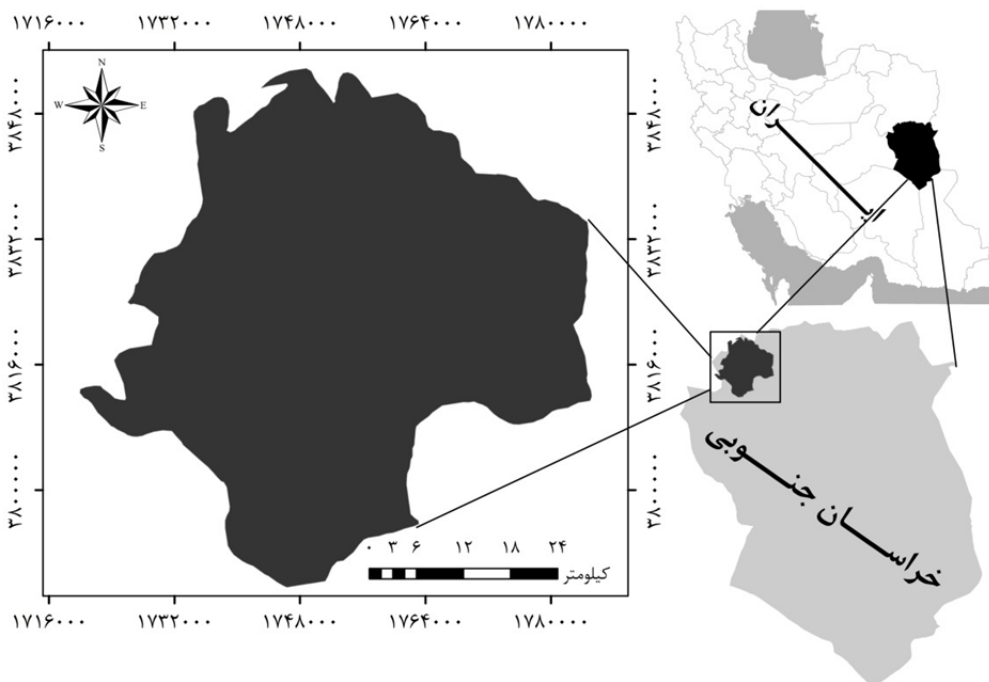
بررسی مقدار تغییر و روند تخریب منابع در سال‌های گذشته و پیش‌بینی این تغییرات در سال‌های آینده مسلماً گام مهمی در مهار و کنترل تغییرات غیر اصولی، برنامه‌ریزی و استفاده بهینه از منابع سرزمین می‌باشد، بنابراین هدف از تحقیق حاضر بررسی روند تغییرات کاربری اراضی برای طی سالیان گذشته و پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی و پوشش زمین به کمک مدل زنجیره‌ای مارکوف در دشت بسطاق خراسان جنوبی می‌باشد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

دشت بسطاق، در شمال غربی استان خراسان جنوبی و در محدوده جغرافیایی $58^{\circ}08'$ تا $58^{\circ}48'$ طول شرقی و از $33^{\circ}31'$ تا $34^{\circ}03'$ عرض شمالی واقع شده است. این منطقه از شمال غرب به شهر فردوس، از شرق به فاصله ۳۵ کیلومتر به شهر قائن محدود می‌شود. شهر سرایان در مرکز منطقه مورد نظر قرار دارد. شکل ۱، موقعیت استانی و کشوری منطقه مورد بررسی را نشان می‌دهد.

و وسعت لکه‌های اراضی ساخته‌شده (Build up area) به دلیل اثر محرک‌های متفاوت اقتصادی و اجتماعی وجود دارد (۲۳). میر باقری (۶) مدل (CA) (Cellular Automata) را برای شبیه‌سازی نحوه گسترش کاربری‌های شهری در شهرستان اسلامشهر و قسمت‌هایی از شهرستان رباط کریم تهران استفاده کرده است. سرودی و جوزی (۱) با هدف بررسی تغییرات پوشش گیاهی منطقه ۴ شهرداری تهران از تصاویر ماهواره‌ای بهره بردند و با استفاده از آنالیز زنجیره مارکوف تغییرات پوشش گیاهی منطقه را تا سال ۱۴۰۴ نشان دهند، نتایج نشان داد که بیشترین احتمال تخریب در اراضی تحت پوشش گیاهی با درجه سرسبزی ضعیف بود. فلاحتکار و همکاران (۴) به بررسی توانایی مدل CA مارکوف در پیش‌بینی نقشه پوشش اراضی شهر اصفهان پرداختند. در این پژوهش از تصاویر ماهواره‌ای MSS سال ۱۹۷۲، TM سال ۱۹۹۰ و ETM^+ سال ۲۰۰۱ برای تهیه نقشه‌های پوشش اراضی منطقه استفاده شد. برای بررسی توانایی مدل CA مارکوف نیز از دو روش محاسبه جدول توافق و عدم توافق و آزمون نکوتی برازش استفاده شد.



شکل ۱. موقعیت منطقه مورد مطالعه در استان و کشور

روش تحقیق

به منظور دستیابی به تغییرات کمی و کیفی رخ داده در اکوسیستم حساس و شکننده مورد بررسی، تصاویر ماهواره‌ای لندست مربوط به سنجنده‌های MSS، ETM⁺ و OLI مورد استفاده قرار گرفت که به ترتیب مربوط به سه دوره زمانی ۱۳۶۶، ۱۳۸۱ و ۱۳۹۳ بودند که مشخصات تصاویر در جدول

۱ نشان داده شده است. همچنین از نقشه‌های کاربری اراضی ۱:۲۵۰۰۰۰ سازمان جنگل‌ها و مراتع تولید شده در سال ۱۳۷۷، تصاویر حاصل از گوگل ارث (Google Earth) و نظر کارشناسان به عنوان اطلاعات جانبی استفاده گردید تا در نهایت بهترین نقشه‌های پوشش برای منطقه مورد مطالعه تهیه شود (۳).

جدول ۱. مشخصات تصاویر ماهواره‌ای استفاده شده

| تاریخ شمسی | ماهواره | سنجنده | ردیف | گذر |
|---------------|---------|--------|------|-----|
| ۱۳۶۶ / ۵ / ۳۰ | لندست ۴ | MSS | ۳۷ | ۱۵۹ |
| ۱۳۸۱ / ۵ / ۱۶ | لندست ۷ | ETM | ۳۷ | ۱۵۹ |
| ۱۳۹۳ / ۴ / ۷ | لندست ۸ | OLI | ۳۷ | ۱۵۹ |

پیش‌پردازش و بررسی کیفیت تصویر

پیش از بکارگیری داده‌های ماهواره‌ای در تجزیه تحلیل رقومی، کیفیت آن‌ها از نظر وجود خطای هندسی، پرتوسنجی مانند راه‌راه شدگی، زیر هم قرار نگرفتن خطوط اسکن، پیکسل‌های تکراری، خطاهای اتمسفری مانند وجود لکه‌های ابر مورد بررسی قرار گرفت.

کشاورزی در نظر گرفته شد. برای روش طبقه‌بندی از الگوریتم بیشترین شباهت (Maximum Likelihood) (۲۴) در محیط نرم‌افزار ENVI[®] 4.5 استفاده شد. این روش با استفاده از میانگین و ماتریس کوواریانس سایت‌های تعلیمی (Training Sites) از روش‌های دیگر طبقه‌بندی مانند طبقه‌بندی کمترین فاصله (Minimum Distance) از داده‌های تصویر تحلیلی بهتر به دست می‌آید (۳ و ۲۶).

طبقه‌بندی داده‌های ماهواره‌ای و تهیه نقشه کاربری

لازمه اجرای این تحقیق، در اختیار داشتن نقشه کاربری اراضی / پوشش زمین صحیح از سه مقطع زمانی است. با توجه به نبود این نقشه‌ها، برنامه‌ریزی لازم برای تهیه هرچه دقیق‌تر این اطلاعات انجام گرفت. به این ترتیب که با توجه به کاربری‌های موجود در منطقه، اهداف تحقیق و قابلیت‌های کم و بیش شناخته شده تصاویر مورد استفاده در استخراج اطلاعات مفید به ویژه تهیه نقشه کاربری اراضی / پوشش زمین، پنج کاربری شامل کشاورزی، مرتع، اراضی شور، اراضی فاقد پوشش/بایر و اراضی مسکونی مد نظر قرار گرفت. در این طبقه‌بندی انواع پدیده‌های مسکونی به عنوان یک طبقه کاربری و انواع زمین‌های کشاورزی اعم از آبی و دیم به عنوان طبقه

صحت طبقه‌بندی

لازمه استفاده از هر نوع اطلاعات موضوعی، آگاهی از درستی و صحت آن است. بعد از طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای با استفاده از نمونه‌های تعلیمی که در روند طبقه‌بندی دخالت داده نشده‌اند، اقدام به ارزیابی صحت تصویر طبقه‌بندی شده می‌گردد.

همچنین به منظور تولید نقشه‌های کاربری اراضی/پوشش زمین صحیح برای هدف تحقیق تفسیر چشمی داده‌های موجود بر اساس شناخت محقق و استفاده از نرم‌افزار Google Earth به کار گرفته شد. در تحقیق حاضر از ضرایب صحت کلی (Overall accuracy)، ضریب کاپا (Kappa coefficient)،

زمینی، UA درصد دقت کلاس a برای دقت کاربر، n1 تعداد پیکسل‌های کلاس a در نتیجه طبقه‌بندی است.

مدل زنجیره‌ای مارکوف

زنجیره‌های مارکوف کاربردهای گسترده‌ای در مدل کردن تغییرات کاربری و پوشش اراضی و پیش‌بینی آن دارند (۳ و ۲۹). آنالیز زنجیره مارکوف به منظور تعیین احتمال تغییر هر طبقه کاربری به دیگر طبقات کاربری (یا بدون تغییر ماندن آن) مورد استفاده قرار می‌گیرد (۲۲). در بیشتر پژوهش‌ها درجه مارکوف برابر با یک و حالت ایستایی با زمان را برای مدل مارکوف قائل بوده‌اند (۱۱).

در تحلیل زنجیره مارکوف از طبقه‌های پوشش به عنوان حالت یا همان وضعیت‌های زنجیر استفاده شده است. این زنجیره برای تعیین احتمال تغییر به دو نقشه کاربری اراضی (ورودی‌های مدل) نیاز دارد که معمولاً این نوع داده‌ها با استفاده از پردازش تصاویر ماهواره‌ای به دست می‌آیند (۲۲).

اجرای آنالیز زنجیره مارکوف با استفاده از دستور Markov chain در نرم‌افزار Idrisi Selva انجام گردید. آنالیز زنجیره مارکوف برای دو منظور تهیه می‌گردد، ماتریس اول جهت کالیبراسیون و ماتریس دوم به منظور شبیه‌سازی تغییرات احتمالی رخ داده در آینده انجام می‌گیرد، خروجی مدل نیز شامل احتمال تبدیل وضعیت، ماتریس مساحت‌های تبدیل شده (Transition Areas Matrix) هر طبقه و در پایان تصاویر احتمالات شرطی (Conditional Probability Images) برای تبدیل کاربری‌های مختلف است (۱۵ و ۲۸).

نتایج

آشکارسازی تغییرات

مساحت و میزان تغییرات کاربری‌های مختلف طی دوره‌های مورد بررسی در جدول ۲ و شکل‌های ۲ و ۳ نشان داده شده است. نتایج تفسیر بصری تصاویر ماهواره‌ای سال‌های ۱۳۶۶، ۱۳۸۱ و ۱۳۹۳ در شکل ۳ تا ۵ آمده است.

استفاده گردید. دقت کلی از جمع عناصر قطر اصلی ماتریس خطا تقسیم بر تعداد کل پیکسل‌ها طبق رابطه زیر به دست می‌آید.

$$OA = 1/n \sum_{i=1}^n p_{ii} \quad [1]$$

در این رابطه؛ OA دقت کلی، N تعداد پیکسل‌های آزمایشی، $\sum p_{ii}$ جمع عناصر قطر اصلی ماتریس خطا، به دلیل ایرادات وارده بر دقت کلی، غالباً در کارهای اجرائی که مقایسه دقت طبقه‌بندی مورد توجه است، از شاخص کاپا استفاده می‌شود.

چون شاخص کاپا پیکسل‌های نادرست طبقه‌بندی شده را مد نظر قرار می‌دهد (۲ و ۸). ضریب کاپا، صحت طبقه‌بندی را نسبت به یک طبقه‌بندی کاملاً تصادفی (حالتی که یک تصویر کاملاً به صورت تصادفی طبقه‌بندی شده باشد) محاسبه می‌کند (۲۲). شاخص کاپا از رابطه ۲ محاسبه می‌شود.

$$Kappa = \frac{P_0 - P_c}{1 - P_c} \times 100 \quad [2]$$

که در رابطه، p_0 درستی مشاهده شده؛ p_c توافق مورد انتظار. دقت تولید کننده، احتمال اینکه یک پیکسل در تصویر کلاسه‌بندی در همان کلاس در روی زمین قرار بگیرد و دقت کاربر، احتمال اینکه یک کلاس مشخص در روی زمین در همان کلاس بر روی تصویر طبقه‌بندی شده قرار بگیرد می‌باشد که از رابطه‌های ۳ و ۴ محاسبه می‌گردند.

$$PA = \frac{ta}{ga} \times 100 \quad [3]$$

$$UA = \frac{ta}{n1} \times 100 \quad [4]$$

که در این رابطه‌ها؛ PA درصد دقت کلاس a برای دقت تولید کننده، ta تعداد پیکسل‌های صحیح طبقه‌بندی شده به عنوان کلاس a، ga تعداد پیکسل‌های کلاس a در واقعیت

جدول ۲. مساحت طبقات کاربری اراضی طی سه سال مورد بررسی

| کاربری | ۱۳۶۶ | | ۱۳۸۱ | | ۱۳۹۳ | |
|----------------|---------------|-------|---------------|-------|---------------|-------|
| | مساحت (هکتار) | درصد | مساحت (هکتار) | درصد | مساحت (هکتار) | درصد |
| کشاورزی | ۱۰۲۰۰/۷ | ۴/۲۸ | ۱۱۸۶۶/۶۷ | ۴/۹۸ | ۲۳۹۹۳/۸۸ | ۱۰/۰۷ |
| اراضی شوره‌زار | ۹۵۵۶/۰۴ | ۴/۰۱ | ۱۲۶۴۱/۲۵ | ۵/۳۱ | ۱۷۹۶۰/۳۵ | ۷/۵۳ |
| مرتع | ۱۷۷۲۵۱/۴ | ۷۴/۴ | ۱۳۰۳۱۲/۷ | ۵۴/۶۹ | ۱۰۳۰۶۱/۰۱ | ۴۳/۲۵ |
| فاقد پوشش | ۴۰۹۵۳/۴۹ | ۱۷/۱۹ | ۸۲۹۴۷/۵۷ | ۳۴/۸ | ۹۲۵۲۹/۱۵ | ۸۳۳۸ |
| مناطق مسکونی | ۲۷۷/۳۶ | ۰/۱۱ | ۴۷۰/۸۸ | ۰/۱۹ | ۶۹۴/۷۳ | ۰/۲۹ |

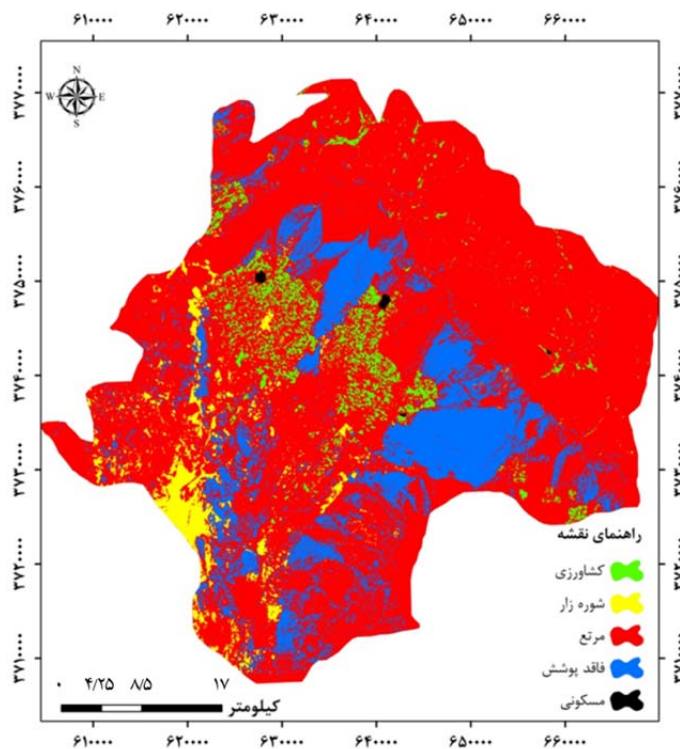
نتایج به دست آمده نشان می‌دهد که در دوره ۱۳۶۶ تا ۱۳۸۱ بیشترین افزایش وسعت مساحت با مقدار ۱۶/۹٪ مربوط به طبقه اراضی فاقد پوشش بوده است که این افزایش برابر با ۶۴۱۱/۶ هکتار بوده است. آهنگ افزایش مساحت این طبقه برابر با ۴۲۸ هکتار در سال بوده است. بعد از طبقه فاقد پوشش، طبقه شوره‌زار با مقدار افزایش ۱/۲۱٪ در جایگاه دوم قرار دارد، این افزایش به گونه‌ای بوده که در طول ۱۵ سال مساحتی برابر با ۳۰۸۵/۲۱ هکتار بوده است که آهنگ افزایش سالانه ۲۰۵/۶ هکتاری را به دنبال داشته است. مناطق کشاورزی نیز با افزایش ۰/۷٪ که معادل ۱۶۶۵/۹ هکتار از منطقه بوده سومین کاربری اراضی است که طی دوره ۱۳۶۶ تا ۱۳۸۱ با افزایش مساحت مواجه بوده است.

آهنگ افزایشی این کاربری معادل ۱۱۱/۶ هکتار در سال است. طی این دوره کاربری مرتع با بیشترین کاهش مساحت (۱۹/۷۱٪) که معادل ۴۶۹۳۸/۷ هکتار از اراضی منطقه است، مواجه بوده است. آهنگ کاهشی این طبقه برابر با ۳۱۲۹/۲۴ هکتار در سال است.

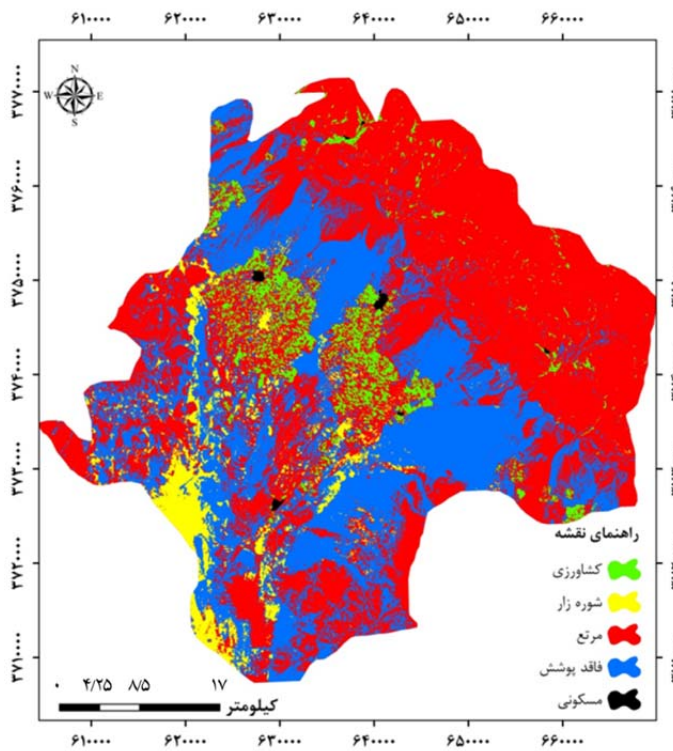
بر اساس جدول ۲ طی دوره ۱۳۸۱ تا ۱۳۹۳ بیشترین افزایش وسعت مرتبط با کاربری کشاورزی به مقدار ۵/۰۹٪

است که مساحتی برابر با ۱۲۱۲۷/۲۱ هکتار از منطقه را در بر می‌گیرد، آهنگ این افزایش به صورتی است که سالانه به طور متوسط ۱۰۱۰/۶ هکتار بر اراضی کشاورزی دشت بسطاط افزوده می‌شود که مقدار قابل توجهی را شامل می‌شود. رشد طبقه فاقد پوشش نیز به عنوان دومین کاربری در حال افزایش طی دوره ۱۳۸۱ تا ۱۳۹۳ معادل ۴/۰۳٪ از منطقه بوده که برابر با ۹۵۸۱/۵۸ هکتار می‌باشد. میانگین افزایش مساحت این کاربری برابر ۷۹۸/۴۶ هکتار در سال می‌باشد.

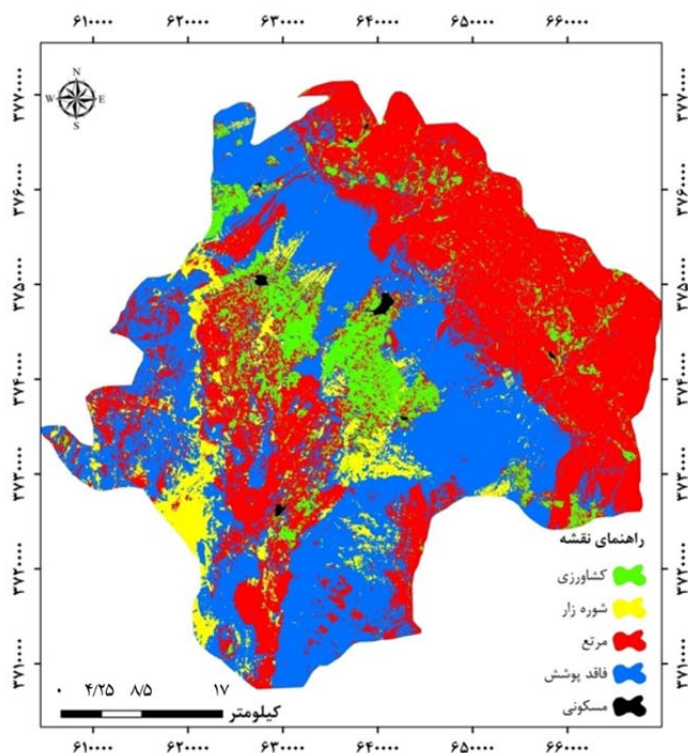
روند تغییرات کاربری اراضی / پوشش زمین دشت بسطاط طی ۲۷ سال مورد بررسی نشان می‌دهد (شکل ۷) که می‌توان بیان نمود که طبقه اراضی فاقد پوشش با بیشترین افزایش مساحت روبرو بوده است، این افزایش برابر با ۲۱/۶۴٪ از کل دشت بوده که مساحتی بالغ بر ۵۱۵۷۵/۶۶ هکتار را در بر می‌گیرد. مناطق مسکونی نیز با روندی تقریباً یکنواخت در حال افزایش است که این افزایش در طول ۲۷ سال برابر با ۴۱۷/۳۷ هکتار بوده است. از طرف دیگر کاربری اراضی مرتعی با مقدار ۳۱/۱۵٪ از منطقه دارای بیشترین کاهش مساحت بوده که وسعتی برابر با ۷۴۱۹۰/۳۹ هکتار را شامل می‌شود.



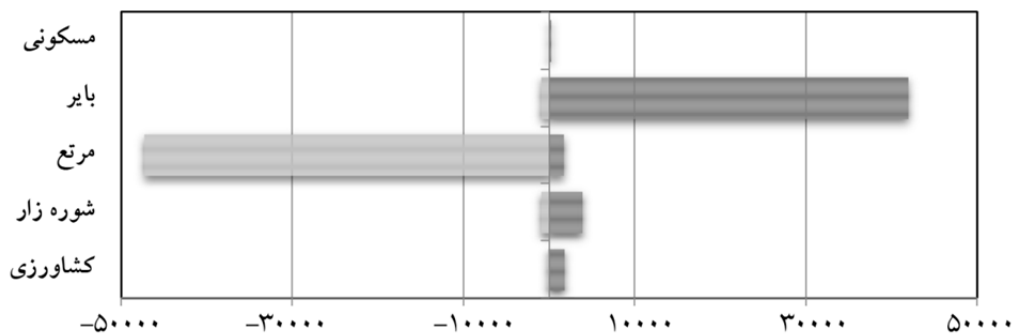
شکل ۲. نقشه کاربری اراضی / پوشش زمین حاصل از پردازش تصاویر ماهواره‌ای MSS در سال ۱۳۶۶



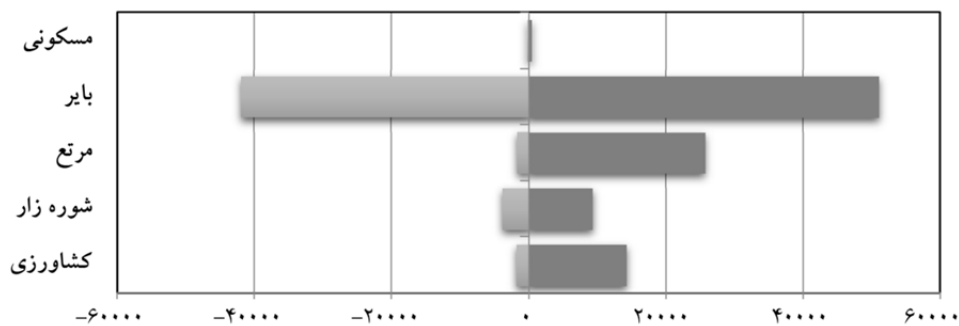
شکل ۳. نقشه کاربری اراضی / پوشش زمین حاصل از پردازش تصاویر ماهواره‌ای ETM در سال ۱۳۸۱



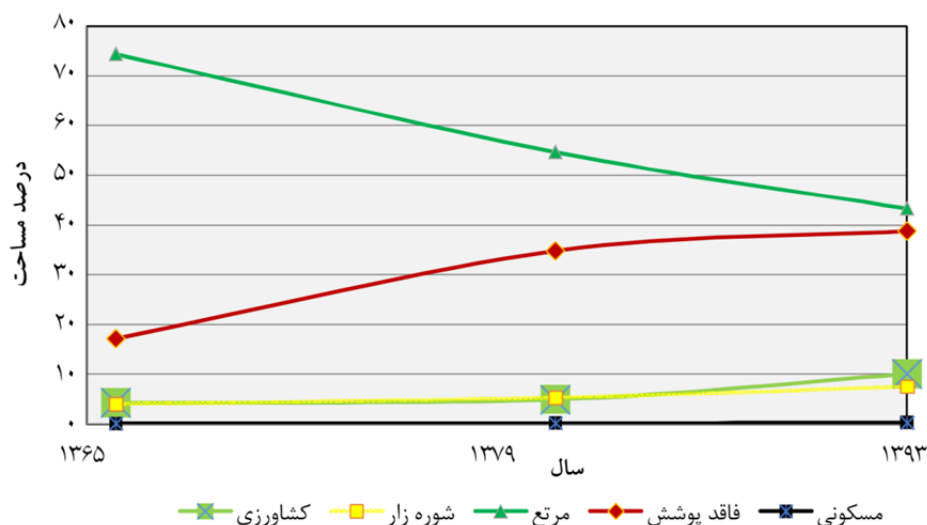
شکل ۴. نقشه کاربری اراضی / پوشش زمین حاصل از پردازش تصاویر ماهواره‌ای OLI در سال ۱۳۹۳



شکل ۵. افزایش و کاهش مساحت به هکتار بین سال‌های ۱۳۶۶-۱۳۸۱



شکل ۶. افزایش و کاهش مساحت به هکتار بین سال‌های ۱۳۸۱-۱۳۹۳



شکل ۷. روند تغییرات سطح کلاس‌ها در دوره ۱۳۶۸ تا ۱۳۹۳

نقشه پیش‌بینی دشت بسطاق در سال ۱۴۰۳ است. شکل ۸ نیز نمودار افزایشی و کاهش مساحت کاربری‌های منطقه را بر حسب هکتار بین سال‌های ۱۳۹۳-۱۴۰۳ نشان می‌دهد. نتایج حاصل از آشکارسازی تغییرات در سال ۱۴۰۳ به گونه‌ای است که در صورت ادامه روند موجود در منطقه ۱۷/۲۵٪ به طبقه فاقد پوشش (اراضی بایر) افزوده خواهد شد که ۴۱۱۰۷/۷ هکتار از اراضی منطقه را در بر خواهد گرفت، به طوری که در سال ۱۴۰۳ کاربری مذکور ۵۶/۱٪ از مساحت دشت را شامل می‌شود. این افزایش مساحت ناشی از تغییرات کاربری مرتع است.

همچنین در سال ۱۴۰۳ طبقه کاربری شوره‌زار با افزایش مساحتی معادل ۱۰۲۰۲ هکتار روبرو است که ۴/۲۸٪ از مساحت دشت را شامل می‌شود. با توجه به نتایج به دست آمده از ماتریس احتمال تبدیل کاربری‌ها در فاصله زمانی ۱۳۹۳-۱۴۰۳ (جدول ۵)، احتمال می‌رود، ۹۸٪ اراضی مسکونی، ۸۸٪ اراضی فاقد پوشش، ۷۷٪ اراضی شور، ۴۵٪ اراضی مرتعی و ۳۷٪ کشاورزی بدون تغییر باقی بمانند، که اراضی مسکونی دارای بالاترین پایداری و از طرف دیگر کشاورزی کمترین پایداری را خواهند داشت. بر این اساس

دقت طبقه‌بندی تصاویر

نتایج مربوط به برآورد دقت طبقه‌بندی‌ها در جدول ۳ ارائه شده است. دقت طبقه‌بندی‌ها به طور کلی بیش از ۷۵٪، و برای استفاده در مدل مارکوف مناسب است.

جدول ۳. دقت کلی و شاخص کاپا برای سه تصویر مورد استفاده

| سال | نقشه کاربری تهیه‌شده | |
|------|----------------------|---------|
| | شاخص کاپا | دقت کلی |
| ۱۳۶۸ | ۷۵/۵۸ | ۸۱/۹۳ |
| ۱۳۸۲ | ۸۹/۴۸ | ۹۰/۶۲ |
| ۱۳۹۲ | ۹۴/۶۳ | ۹۶/۵۵ |

مدل‌سازی تغییرات به وسیله مدل سلول‌های خودکار-

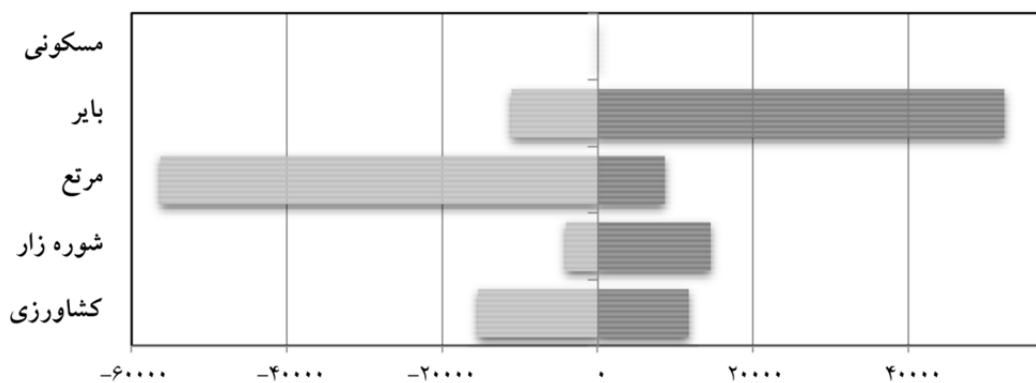
مارکوف در سال ۱۴۰۳

پس از بررسی نتایج حاصل از صحت مکانی مدل‌سازی تغییرات کاربری اراضی/پوشش زمین در سال ۱۳۹۳، از مدل سلول‌های خودکار مارکوف با ضریب کاپای معادل ۶۲٪ برای پیش‌بینی میزان تغییرات تا سال ۱۴۰۳ استفاده شد. جدول ۴ و شکل ۹ به ترتیب نشان‌دهنده مساحت طبقات کاربری اراضی و

طی سال‌های ۱۴۰۳-۱۳۹۳ تبدیل کاربری مرتع به اراضی فاقد پوشش بالاترین احتمال را داشته که برابر با ۴۱/۹۴٪ بوده و از طرفی تبدیل اراضی فاقد پوشش به اراضی مسکونی ۰/۰۲٪، مرتع به اراضی مسکونی ۰/۰۳٪، اراضی شور به اراضی مسکونی با ۰/۰۵٪ دارای کم‌ترین احتمال تبدیل هستند.

جدول ۴. مساحت طبقات کاربری اراضی/پوشش زمین حاصل از مدل سلول‌های خودکار- مارکوف

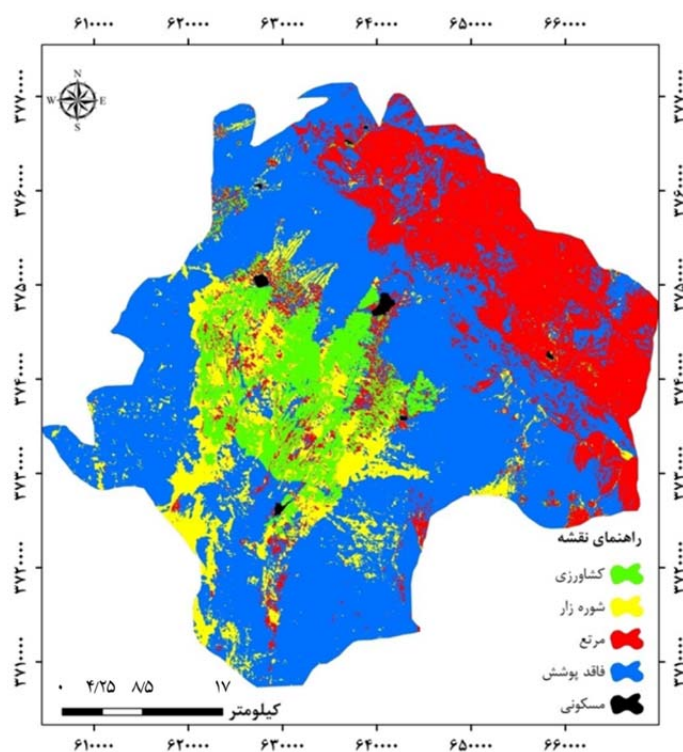
| سال | مساحت طبقات کاربری/ پوشش سرزمین به هکتار (درصد) | | | |
|------|---|----------------|------------------|------------------|
| | مناطق مسکونی | فاقد پوشش | شوره‌زار | کشاورزی |
| ۱۴۰۳ | ۷۵۷/۵۹ (۰/۳۱) | ۱۳۳۶۳۶ (۵۶/۰۹) | ۲۸۱۶۲/۴۱ (۱۱/۸۲) | ۲۰۹۰۰/۸۴ (۸/۷۷) |
| مرتع | | | | ۵۴۷۸۲/۲۶ (۲۲/۹۹) |



شکل ۸. افزایش و کاهش مساحت به هکتار بین سال‌های ۱۳۹۳-۱۴۰۳

جدول ۵. ماتریس احتمالی تبدیل کاربری‌ها/پوشش زمین در فاصله زمانی ۱۴۰۳-۱۳۹۳ به روش مارکوف (درصد)

| مجموع | سال | | | | | |
|--------------|-------|-------|---------|----------|-------|-----------|
| | ۱۴۰۳ | ۱۳۹۳ | کشاورزی | شوره‌زار | مرتع | فاقد پوشش |
| کشاورزی | ۳۶/۷۳ | ۱۱/۳۷ | ۲۹/۱۹ | ۲۲/۵۴ | ۰/۱۷ | ۱۰۰ |
| شوره‌زار | ۰/۹ | ۷۷/۲۳ | ۱/۴۳ | ۲۰/۳۹ | ۰/۰۵ | ۱۰۰ |
| مرتع | ۸/۴۷ | ۴/۴۷ | ۴۵/۰۹ | ۴۱/۹۴ | ۰/۰۳ | ۱۰۰ |
| فاقد پوشش | ۳/۰۹ | ۷/۷۱ | ۱/۲۵ | ۸۷/۹۳ | ۰/۰۲ | ۱۰۰ |
| اراضی مسکونی | ۰/۱۶ | ۰/۲۷ | ۰/۳۹ | ۰/۲۹ | ۹۸/۸۹ | ۱۰۰ |



شکل ۹. نقشه شبیه‌سازی تغییرات کاربری اراضی/پوشش زمین در سال ۱۴۰۳

بحث و نتیجه‌گیری

داده‌های ماهواره‌ای یکی از سریع‌ترین و کم هزینه‌ترین روش‌های در اختیار محققان جهت تهیه نقشه کاربری اراضی/پوشش زمین می‌باشد (۲۱). تجزیه و تحلیل این داده‌ها می‌تواند بینش‌های صحیح جهت تعامل انسان با محیط طبیعی فراهم کند. به خصوص استفاده از تجزیه و تحلیل تصاویر چند طیفی می‌تواند جهت شناسایی پوشش زمین و شبیه‌سازی آن در آینده به مدیران و استفاده‌کنندگان برای مدیریت و برنامه ریزی و کاربرد سیاست‌های توسعه پایدار کمک کند (۹)، همچنین داشتن آمار و اطلاعات به هنگام از کاربری‌های موجود، لازمه مدیریت صحیح عرصه‌های طبیعی است. یکی از مبانی مدیریت منابع طبیعی، اطلاعات مربوط به تغییرات کاربری اراضی است (۷). در تحقیق حاضر، تغییرات کاربری اراضی در منطقه‌ای به وسعت ۲۳۸۲۳۹ هکتار در بخشی از استان خراسان جنوبی در دشت بسطاق و در دوره زمانی (۱۳۶۶-۱۳۸۱ و ۱۳۹۳-۱۳۸۱) با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای لندست و همچنین توانایی پیش‌بینی تغییرات

کاربری بر اساس رویکرد مدل‌سازی زنجیره مارکوف وضعیت طبقه‌های کاربری اراضی ۱۰ سال آینده (سال ۱۴۰۳) مورد پیش‌بینی قرار گرفت و اندازه تغییرات و متغیرهای مؤثر در آن از طریق داده‌های سنجش از دور بررسی شد.

در طول دوره مورد نظر کاربری‌های مرتع و اراضی فاقد پوشش/بایر از پویاترین کاربری‌های منطقه محسوب گردیده‌اند به طوری که روند کاربری با طبقه مرتعی در کل دوره به صورت کاهشی و تبدیل به طبقه بایر و سایر کاربری‌ها بوده است که بیانگر روند کلی تخریب در منطقه از طریق جایگزین شدن مراتع توسط سایر کاربری‌ها چون اراضی فاقد پوشش و اراضی شور است. این رخداد بدون شک ناشی از دخالت‌های انسان و عامل اقلیمی حاکم بر منطقه می‌باشد. ماتریس حاصل از پیش‌بینی تغییرات بر مبنای دوره زمانی ۱۳۹۳-۱۴۰۳ (جدول ۵)، نشان داد که، ۹۸٪ اراضی مسکونی، ۸۸٪ اراضی فاقد پوشش، ۷۷٪ اراضی شور، ۴۵٪ اراضی مرتعی و ۳۷٪ کشاورزی بدون تغییر باقی خواهند ماند، که اراضی مسکونی دارای بالاترین پایداری و کاربری کشاورزی کمترین پایداری

- علوم انسانی، ۱۴(۳): ۱۱۷-۱۳۰.
۴. فلاحتکار، س.، ع. سفیانیان، س. ج. خواجه‌الدین و ح. ضیایی. ۱۳۸۸. بررسی توانایی مدل CA مارکوف در پیش‌بینی نقشه پوشش اراضی شهر اصفهان. همایش ملی ژئوماتیک، ۲۰ الی ۲۱ اردیبهشت ماه، سازمان نقشه‌برداری کشور. تهران.
 ۵. کاظمی، م.، ی. مهدوی، ا. نوحه‌گر و پ. رضایی. ۱۳۹۰. برآورد تغییرات پوشش و کاربری اراضی با استفاده از تکنیک‌های سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی (مطالعه موردی: حوزه آبخیز تنگ بستانک شیراز). سنجش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی، ۲(۱): ۱۰۱-۱۱۱.
 ۶. میرباقری، ب. ۱۳۸۵. شبیه‌سازی نحوه گسترش کاربری شهری با استفاده از داده‌های سنجش از دور و مدل سلول‌های خودکار (مورد مطالعاتی: شهرستان اسلام‌شهر). پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه شهید بهشتی، تهران. ۱۳۸ صفحه.
 ۷. نظری سامانی، ع. ا.، م. قربانی و ح. ر. کوهبانی. ۱۳۸۹. ارزیابی روند تغییرات کاربری اراضی حوزه آبخیز طالقان در دوره ۱۳۶۶ تا ۱۳۸۰. مرتع، ۴(۳): ۴۴۲-۴۵۱.
 ۸. یوسفی، ص.، م. تازه، س. میرزایی، ح. ر. مرادی و ش. توانگر. ۱۳۹۰. مقایسه الگوریتم‌های مختلف طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای در تهیه نقشه کاربری اراضی (مطالعه موردی: شهرستان نور). مجله کاربرد سنجش از دور و GIS در علوم منابع طبیعی، ۲(۲): ۱۵-۲۳.
9. Al-Ahmadi F, Hames A. 2009. Comparison of four classification methods to extract land use and land cover from raw satellite images for some remote arid areas, kingdom of Saudi Arabia. *Earth*, 20(1): 167-191.
 10. Zubair AO. 2006. Change detection in land use and Land cover using remote sensing data and GIS (A case study of Ilorin and its environs in Kwara State). Department of Geography, University of Ibadan, pp 44.
 11. Bell EJ. 1974. Markov analysis of land use change - an application of stochastic processes to remotely sensed data. *Socio-Economic Planning Sciences*, 8(6): 311-316.
 12. Brown DG, Pijanowski BC, Duh J. 2000. Modeling the relationships between land use and land cover on private lands in the Upper Midwest, USA. *Journal of Environmental Management*, 59(4): 247-263.
- را خواهند داشت. نتایج به دست آمده در این پژوهش با نتایج علی‌محمدی و همکاران (۳) زیر (۱۰) و چانگ و چانگ (۱۳) در امکان به کارگیری از مدل مارکوف برای پیش‌بینی تغییرات پوشش اراضی می‌باشد، هم سو است.
- استفاده از مدل مارکوف در پیش‌بینی تغییرات و تهیه نقشه پیش‌بینی تغییرات کاربری‌های مختلف از جنبه‌های مهم نوآوری این مطالعه محسوب می‌شود. با در اختیار داشتن نقشه موقعیت مکانی-احتمالی (طول و عرض جغرافیایی) تمام پیکسل‌های هر یک از کاربری‌ها، می‌توان از این مسئله در برنامه‌ریزی‌های آتی کمک گرفت. نقشه‌های شبیه‌سازی شده در این بررسی می‌تواند راهنمای مناسبی برای مدیران و برنامه‌ریزان در بخش منابع طبیعی باشد. علاوه بر این، نقشه‌های کاربری شبیه‌سازی شده می‌توانند به عنوان سامانه هشدار دهنده پیامدها و تأثیر آینده تغییر کاربری به خدمت گرفته شود.
- با توجه به اینکه اغلب هدف پیش‌بینی تغییر کاربری، ارزیابی پیامدهای سناریوهای مختلف به ویژه ادامه روند موجود است؛ نتایج این پیش‌بینی به رغم اختلاف نسبت به آنچه در آینده اتفاق خواهد افتاد، می‌تواند هشدار برای وضعیت کاربری‌ها در آینده باشد.

منابع مورد استفاده

۱. سرودی، م. و س. ع. جوزی. ۱۳۹۰. پیش‌بینی تغییرات پوشش گیاهی با استفاده از مدل مارکوف (مطالعه موردی: منطقه ۴ شهرداری تهران). مجله کاربرد سنجش از دور و GIS در علوم منابع طبیعی، ۲(۲): ۸۳-۹۵.
۲. سلمان ماهینی، ع. ج. فقهی، آ. نادعلی و ب. ریاضی. ۱۳۸۷. بررسی تغییرات پوشش درختی استان گلستان به روش طبقه‌بندی شبکه عصبی مصنوعی با استفاده از داده‌های سنجنده TM و ETM⁺ ماهواره لندست. تحقیقات جنگل و صنوبر ایران، ۱۶(۳): ۴۹۵-۵۰۵.
۳. علی‌محمدی، ع.، ع. ج. موسیوند و س. شایان. ۱۳۸۹. پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی و پوشش زمین با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و مدل زنجیره‌ای مارکوف. فصلنامه مدرس

- to integrate urban growth with open space conservation. *Landscape and Urban Planning*, 99(2): 141-153.
23. Opeyemi ZA. 2008. Monitoring the growth of settlements in Ilorin, Nigeria (a GIS and remote sensing approach). *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 37: 225-232.
 24. Ozesmi SL, Bauer ME. 2002. Satellite remote sensing of wetlands. *Wetlands Ecology and Management*, 10(5): 381-402.
 25. Parker DC, Manson SM, Janssen MA, Hoffmann MJ, Deadman P. 2003. Multi-agent systems for the simulation of land-use and land-cover change: a review. *Annals of the Association of American Geographers*, 93(2): 314-337.
 26. Richards JA, Richards J. 1999. *Remote sensing digital image analysis*, 4th Edition. Springer.
 27. Wang Y, Mitchell BR, Nugranad-Marzilli J, Bonyng G, Zhou Y, Shriver G. 2009. Remote sensing of land-cover change and landscape context of the National Parks: A case study of the Northeast Temperate Network. *Remote Sensing of Environment*, 113(7): 1453-1461.
 28. Weng Q. 2002. Land use change analysis in the Zhujiang Delta of China using satellite remote sensing, GIS and stochastic modelling. *Journal of Environmental Management*, 64(3): 273-284.
 - Wu Q, Li H-q, Wang R-s, Paulussen J, He Y, Wang M, Wang B-h, Wang Z. 2006. Monitoring and predicting land use change in Beijing using remote sensing and GIS. *Landscape and Urban Planning*, 78(4): 322-333.
 13. Chang CL, Chang JC. 2006. Markov model and cellular automata for vegetation. *Journal of Geographical Research*, 45: 45-57.
 14. Dontree S. 2003. Land use dynamics from multi-temporal remotely sensed data - a case study Northern Thailand. Paper (no AD 091) presented at Map Asia., Malaysia.
 15. Gilks WR, Richardson S, Spiegelhalter DJ. 1996. Introducing markov chain monte carlo. *Markov chain Monte Carlo in practice*, 1: 19-44.
 16. Gross JE, Goetz SJ, Cihlar J. 2009. Application of remote sensing to parks and protected area monitoring: Introduction to the special issue. *Remote Sensing of Environment*, 113(7): 1343-1345.
 17. Hathout S. 2002. The use of GIS for monitoring and predicting urban growth in East and West St Paul, Winnipeg, Manitoba, Canada. *Journal of Environmental Management*, 66(3): 229-238.
 18. Jenerette GD, Wu J. 2001. Analysis and simulation of land-use change in the central Arizona-Phoenix region, USA. *Landscape Ecology*, 16(7): 611-626.
 19. Jones DA, Hansen AJ, Bly K, Doherty K, Verschuyt JP, Paugh JJ, Carle R, Story SJ. 2009. Monitoring land use and cover around parks: A conceptual approach. *Remote Sensing of Environment*, 113(7): 1346-1356.
 20. Lambin EF, Geist HJ. 2008. *Land-use and land-cover change: local processes and global impacts*. Springer Science & Business Media, New York.
 21. Lu D, Weng Q. 2007. A survey of image classification methods and techniques for improving classification performance. *International Journal of Remote Sensing*, 28(5): 823-870.
 22. Mitsova D, Shuster W, Wang X. 2011. A cellular automata model of land cover change



Monitoring, assessment and prediction of spatial changes of land use /cover using Markov chain model (Case study: Bostagh Plain - South Khorasan)

K. Karimi ^{1*}, Ch. B. Komaki ²

1. PhD. Student of Desertification, College of Rangeland and Watershed Management, Gorgan University of Agricultural Sciences & Natural Resources

2. Assis. Prof. College of Rangeland and Watershed Management, Gorgan University of Agricultural Sciences & Natural Resources

ARTICLE INFO

Article history:

Received 3 September 2014

Accepted 7 April 2015

Available online 14 September 2015

Keywords:

Landuse changes

Satellite images

Predict of changes

Markov chain model

Bostagh plain

ABSTRACT

Monitoring and optimal management of natural resources is requiring an update and accurate information. In this context, land use/cover maps is considered as a one of the most important sources of information on natural resources management. Optimal management of resources requires assessment and understanding of the changes and degradation of resources in the past. It also needs to have an accurate plan in order to control and inhibition of the happened destruction potential in future. The Markov chain model is one of the most efficient methods for predicting changes in land use and land cover. In this research, land cover changes in previous years and the possibility of predicting in the future are investigated in Bostagh plain using the Markov chain model. Therefore, using MSS (1987), ETM⁺ (2002) and OLI (2014) images sensors and region ancillary information, land use map is provided and 2024 land use map is predicted too. Land use maps were performed using kappa coefficient after correcting satellite images, determining training samples, and evaluating classification accuracy. According to the results, bare/barren and rangeland classes are the most dynamic existing usage in the region. The area percentage of these lands during 1987 to 2014 was 21.64% subtractive and 31.14% additive respectively. This represents a total degradation and replacement of the weaker use in the region. The results of predicting changes in the time interval 2014-2024, showed that 98% of residential lands, 88% of bare land, 77% of saline land, 45% of rangeland, and 37% of agriculture will remain unchanged. Moreover, the conversion of rangeland to bare land (41.94%) are the highest, and the conversion of bare lands to residential lands (0.02%) and rangeland to residential lands (0.03%) are the lowest possibility of conversion. Predicting maps derived from the Markov chain model are very important to provide an overview for better natural resources management.

* Corresponding author e-mail address: k_karimi67@ut.ac.ir