نشریه حفاظت منابع آب و خاک، سال هشتم، شماره اول، پاییز ۱۳۹۷

ISSN 2251-7480

پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی با استفاده از مدل زنجیره مارکوف و سلول خودکار (مطالعه موردی: حوزه آبخیز روضه چای، ارومیه)

فرخ اسدزاده[1*]، کمال خسروی اقدم[2]، لاله پرویز[3]، حسن رمضان پور[4] و نفیسه یغمائیان مهابادی[5]

۱*) دانشیار، گروه خاکشناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران

* نویسنده مسئول مکاتبات: f.asadzadeh@urmia.ac.ir

۲) دانشجوی دکتری، گروه خاکشناسی، دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه گیلان، رشت، ایران

۳) استادیار، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید مدنی آذربایجان، تبریز، ایران

۴) دانشیار، گروه خاکشناسی، دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه گیلان، رشت، ایران

۵) استادیار، گروه خاکشناسی، دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه گیلان، رشت، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۱/۲۵ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۹/۲۱

چکیده

بررسی و پایش کاربری اراضی از پیش‌نیازهای اساسی در مطالعات حوضه آبخیز به‌شمار می‌آید چرا که برنامه‌ریزی مدیریتی منطقه‌ای وابسته به آگاهی در مورد نوع استفاده اراضی و تغییرات آینده است. در نتیجه مدل‌سازی و پیش‌بینی کاربری اراضی برای برنامه‌ریزی و مدیریت پایدار اراضی در آینده کشوری مانند ایران که بهره‌برداری از اراضی به سرعت در حال تغییر است، امری ضروری می‌باشد. در این راستا پژوهش حاضر، جهت آشکارسازی تغییرات کاربری اراضی در دوره زمانی ۱۵ سال و مدل‌سازی تغییرات برای بیست سال آینده، با استفاده از تخمینگر انتقال مارکوف با اطلاعات تصاویر ماهواره لندست ۷ و ۸ برای حوضه آبخیز روضه‌چای ارومیه انجام شد. براساس الگوریتم طبقه‌بندی نظارت شده با روش بیش‌ترین احتمال، کاربری اراضی به‌صورت هفت کلاس باغ، اراضی آبی، اراضی دیم، مراتع، مناطق مسکونی، دریاچه و اراضی شور با متوسط ضریب کاپا ۰/۸۸ و دقت کلی ۰/۹ برای سال‌های ۲۰۰۰ و ۲۰۱۵ استخراج شدند. بررسی تغییرات ۱۵ ساله نشان داد که تغییرات کاربری‌های وابسته به آب در منطقه طی بازه زمانی یاد شده، کاهش داشته است. مدل‌سازی تغییرات کاربری اراضی منطقه با استفاده از تخمینگر انتقال مارکوف حاکی از آن است که کاربری‌های باغ، اراضی آبی و دیم، روستانشینی و منابع آب کاهش و کاربری‌های مراتع و اراضی شور در منطقه افزایش خواهند یافت (از سال ۲۰۲۰ تا ۲۰۳۵ درصد افزایش مساحت مراتع ۱۳/۱۱، درصد کاهش مساحت‌های زراعت آبی و باغات ۳۲/۵۱ و اراضی دیم ۱۷/۵۶). نتایج بیانگر استفاده نادرست از منابع آب، خاک و کاهش حاصلخیزی خاک منطقه مورد مطالعه می‌باشد که نیاز به برنامه‌ریزی دقیق جهت تمرکز فعالیت‌های جامع مدیریتی را آشکار می‌سازد.

کلید واژه: بیش‌ترین احتمال؛ تخمینگر انتقال مارکوف؛ لندست؛ مدل‌سازی کاربری اراضی

مقدمه

تغییرات کاربری اراضی به‌عنوان عامل مهم و مؤثر بر تغییرات محیط‌زیست، بر طیف وسیعی از شرایط محیط‌زیستی و منابع طبیعی مانند کمّیت و کیفیت منابع آب، توابع اکوسیستم و... تأثیر گذاشته است (شنانی هویزه و زارعی، ۱۳۹۵). کاربری اراضی از اساسی‌ترین ویژگی‌های اکوسیستم‌های طبیعی است که آگاهی صحیح نسبت به آن و چگونگی تغییرات آن در گذر زمان یکی از مهم‌ترین پیش‌نیازها در برنامه‌ریزی‌های محیطی بوده و از طریق آن می‌توان با پیش‌بینی تغییرات آتی کاربری اراضی، نسبت به برنامه‌ریزی دقیق در راستای استفاده پایدار از اراضی اقدام نمود (Mas *et al.*, 2014). این مسئله برای کشورهای در حال توسعه نظیر ایران که فعالیت‌های تخریب اراضی و جنگل‌ها سبب سرعت بخشیدن به فرآیندهای تخریبی نظیر بیابان‌زایی شده است، امری اجتناب‌ناپذیر به منظور تبیین مدیریت اراضی محسوب می‌شود (Amiraslani and dragovich, 2011).

امروزه سنجش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی از جمله فناوری‌های برتر و کارآمد جهت بررسی تغییرات محیطی محسوب می‌شوند. این تکنیک‌ها به‌عنوان منابع

اولیه داده جهت مطالعات آشکارسازی تغییرات کاربری و پوشش اراضی و همچنین مدیریت منابع در دهه‌های اخیر شناخته شده‌اند که تأثیر بسزایی بر مدیریت اراضی و برنامه‌ریزی چگونگی استفاده از آن‌ها داشته‌اند (Rogan and Chen, 2004). به این دلیل مدل‌سازی تغییرات کاربری اراضی با استفاده از این تکنولوژی‌ها بیش از یک دهه است که به موضوع تحقیقات علمی محققان مبدل شده است (Pontius and Chen, 2006).

یکی از روش‌های پرکاربرد استخراج اطلاعات از تصاویر ماهواره‌ای، طبقه‌بندی است که به دو صورت نظارت شده و نظارت نشده صورت می‌گیرد. از آنجایی که هدف اصلی از پردازش تصاویر ماهواره‌ای، تهیه نقشه‌های موضوعی و کارآمد است، لذا انتخاب الگوریتم طبقه‌بندی، نقش مهمی در مدل سازی کاربری اراضی ایفا می‌کند. علاوه بر این، آگاهی از چگونگی و محل تغییر در کاربری‌ها رخ داده نمی‌تواند به‌تنهایی بازگوی کلی از تغییر در منطقه باشد بلکه اطلاع از سرعت و دلیل تغییرات می‌تواند بیانگر دید کلی از واقعیت تغییرات باشد که به وسیله آن می‌توان به تغییرات کاربری‌های آتی و پیش‌بینی توزیع مکانی کاربری‌ها در مناطق مختلف دستیابی پیدا کرد (Myint and Wang, 2006).

جهت مطالعه و پیش‌بینی کاربری اراضی مدل‌های مختلفی توسعه پیدا کرده‌اند ولی به دلیل ماهیت و عملکرد متفاوت آن‌ها در نوع پیش‌بینی، انتخاب الگوریتم مناسب طبقه‌بندی و مدل پیش‌بینی کاربری اراضی دشوار می‌باشد. یکی از مدل‌های رایج جهت مدل سازی نقشه کاربری اراضی مدل سلول خودکار و زنجیره مارکوف می‌باشد. مدل زنجیره مارکوف به صورت یک فرآیند تصادفی عمل می‌کند که در آن وضعیت تصادفی آینده یک پیکسل تنها به وضعیت قبلی آن بستگی دارد و بر اساس آن پیش‌بینی می‌شود، بنابراین نتیجه مستقیم آن یک ماتریس است که احتمال را پیش‌بینی می‌کند و نقشه واحدی برای آن ترسیم نمی‌شود برای رفع این مشکل در سال ۱۹۵۰ مدل CA-MARKOV (Cellular Automata) توسط Jan van Newman برای اضافه کردن مشخصه مکانی به مدل زنجیره مارکوف پیشنهاد شد (Guan *et al.*, 2011). در واقع این مدل یک تکنیک مدل‌سازی است که در فضای نقشه‌های رستری تعریف می‌شود که وضعیت پوشش و کاربری زمین آن سلول را ارائه می‌دهد و تغییر در شکل یک سلول، وابسته به وضعیت سلول در زمان حال و وضعیت سلول همسایه دارد (Torrens, 2003). ضیائیان فیروزآبادی و همکاران (۱۳۸۸) به بررسی تغییرات کاربری شهری شهرکرد با استفاده از مدل سلول خودکار مارکوف پرداختند. نتایج آن‌ها نشان داد که با استفاده از این مدل با توجه به وضعیت یک سلول در زمان حال، با برقرار بودن شرایط محیطی کنونی، می‌توان تغییرات را در آینده پیش‌بینی کرد لذا با استفاده از مدل سلول خودکار مارکوف می‌توان روند تخریب محیط درگذشته و تغییرات آن را در آینده پیش‌بینی کرد.

ایران کشوری با اقلیم ناپایدار خشک و نیمه‌خشک می باشد. با این حال در بسیاری از مناطق کشور تخریب بی‌رویه اراضی به دلیل افزایش جمعیت و کشت نادرست و بهره‌برداری بیش از حد از جنگل‌ها و مراتع سبب به مخاطره افتادن طبیعت و دست‌کاری نامتعارف در منابع طبیعی شده است به همین دلیل، مدیریت اراضی و منابع طبیعی به نیازی برای حفظ این منابع از این مخاطره‌ها مبدل گشته است (Whitford, 2008). بر این مبنا پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی آتی می‌تواند کمک شایانی به دید جامع مدیران در برنامه‌ریزی‌ها جهت بهبود طرح‌های کاربری اراضی، بهره‌برداری و اجرای روش‌های درست و بهینه داشته باشد.

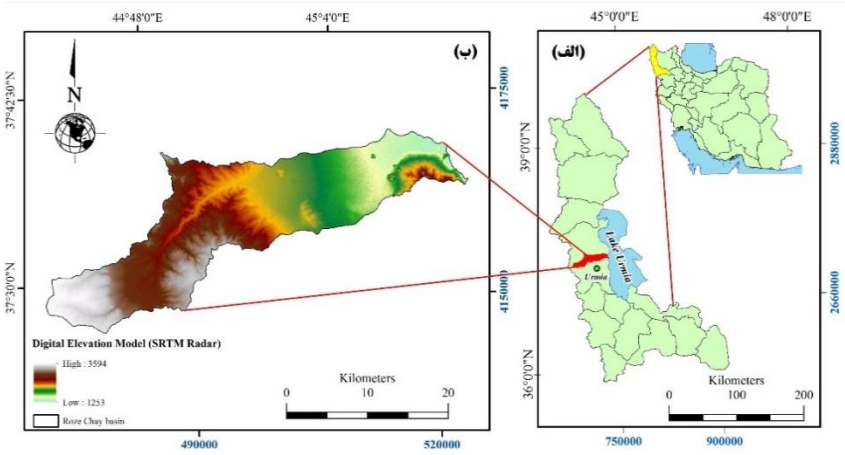
به این سبب، پاسخگویی به این تغییرات مستلزم آگاهی از دست روی منابع آب و حاصلخیزی خاک به علت این تغییرات است که هم اکنون به علت تغییر بی‌رویه در اراضی کشاورزی به‌صورت یک چالش فراروی بشر درآمده که بی‌گمان بدون استفاده از فناوری‌های جدید این

امر امکان‌پذیر نمی‌باشد. در این راستا هدف پژوهش، آشکارسازی تغییرات کاربری اراضی و سپس پیش‌بینی تغییرات بیست سال آینده حوضه آبخیز روضه چای ارومیه می‌باشد. پیش‌بینی بر اساس مدل‌سازی با استفاده از تخمینگر انتقال مارکوف بود زیرا این تخمینگر، با پیش‌بینی تغییرات کاربری، می‌تواند میزان گسترش و تخریب اراضی را مشخص و این تغییرات را در مسیرهای مناسب هدایت کند (Hathout, 2002).

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

این پژوهش در حوضه آبخیز روضه‌چای به مساحت تقریبی ۴۵۷۶۶ هکتار که یکی از زیر حوضه‌های، حوضه آبخیز دریاچه ارومیه می‌باشد، انجام شد. این منطقه بخشی از مناطق کوهستانی زاگرس و دارای آب و هوای خشک و نیمه‌خشک است. این منطقه بین ″ ۰۰ ′۴۰ °۴۴ تا ″ ۰۰ ′۱۶ °۴۵ طول شرقی و ″ ۳۰ ′۲۴ °۳۷ تا ″ ۳۰ °۴۴ ۳۷ عرض شمالی واقع شده است که دارای کاربری‌های مختلف اراضی می‌باشد، همچنین متوسط ارتفاع این حوضه ۱۶۴۶ متر از سطح دریا می‌باشد (شکل ۱- ب).

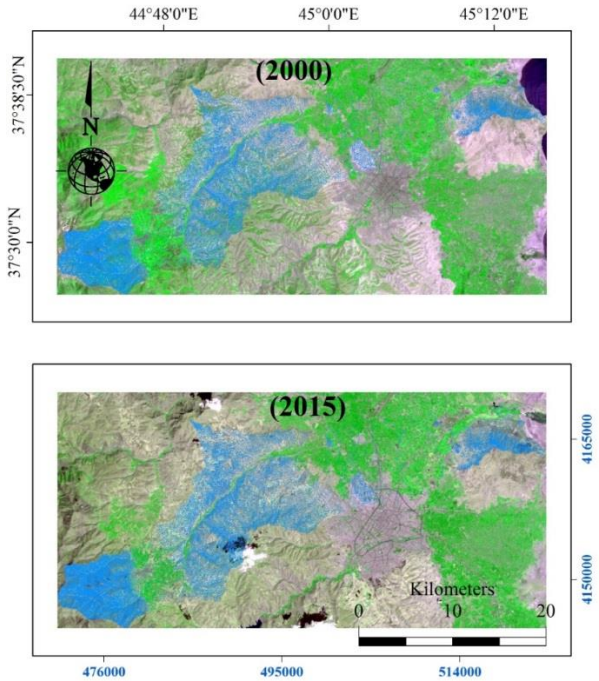


شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه در کشور (الف)، نقشه مدل رقومی ارتفاعی (DEM) حوضه آبخیز (ب)

گزینش و پردازش داده‌ها و الگوریتم پژوهش

به‌منظور بررسی کارایی الگوریتم طبقه‌بندی برای تهیه نقشه کاربری اراضی، دو تصویر ماهواره لندست با اختلاف زمانی ۱۵ سال در بازه زمانی ماهانه تقریباً یکسان انتخاب شدند (جدول ۱). جهت ارتقای دقت طبقه‌بندی، گزینش تصاویر از ماه جون (June) زمانی که پوشش گیاهی به حداکثر رشد رویشی رسیده باشد، صورت گرفت و سعی شد تا تصاویر انتخابی تا حد ممکن در یک بازه زمانی انتخاب شود (Shahkooeei *et al.*, 2014). بعد از برش حوضه مطالعاتی از تصاویر ماهواره‌ای، با استفاده از نقشه توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰ و از طریق تفسیر بصری تصاویر Google earth، مراحل پیش‌پردازش، شامل تصحیحات هندسی(تصحیح هندسی تصاویر با استفاده از روش نزدیک‌ترین همسایه و نمونه‌برداری مجدد در سیستم UTM zone-38 با خطای RMSE=0.5 پیکسل)، رادیومتریک روی تصاویر ماهواره‌ای انجام شد (شکل ۲). در پژوهش حاضر جهت پردازش، بارزسازی، مدل سازی داده‌ها و تهیه نقشه‌های خروجی از نرم افزارهای ENVI 5.3، IDRISI TerrSet و Arc GIS 10.5، همچنین جهت بهره‌گیری از توان اطلاعاتی داده‌های ماهواره‌ای در جهت آشکارسازی تغییرات کاربری از الگوریتم بیشترین احتمال به صورت نظارت شده (Myint and Wang, 2006) و جهت پیش‌بینی کاربری‌ها در ۵، ۱۰، ۱۵ و ۲۰ سال آینده از تخمینگر انتقال مارکوف (Jan van Newman, 1950) استفاده شد. در ابتدا کاربری‌های منطقه با روش بیشترین

احتمال بارزسازی شد سپس از تصاویر طبقه‌بندی شده، با استفاده از نرم‌افزار IDRIDI TerrSet نقشه کاربری اراضی طبقه‌بندی هر دو سال۲۰۰۰ و ۲۰۱۵ تهیه و با ورود نقشه کاربری اراضی به مدل Land Change Model (LCM) ابتدا آشکارسازی تغییرات صورت گرفت و سپس کاهش، افزایش و تغییر خالص کاربری مختلف و نقشه تغییرات و انتقال کاربری‌ها مدل‌سازی و تهیه شد. زنجیره مارکوف سه خروجی دارد ماتریس احتمال انتقال که احتمال انتقال کاربری‌ها به کاربری دیگر را نشان می‌دهد. این ماتریس نتیجه جدول حاصل از تطابق نقشه-های دو تصویر است که توسط خطای نسبی، اصلاح شده است. ماتریس مساحت انتقال یافته که تعداد سلول‌هایی را که برای تغییر از یک پوشش زمین به نوع دیگر در یک دوره زمانی مورد انتظار هستند، ثبت می‌کند این ماتریس با ضرب هر ستون از ماتریس احتمال انتقال در تعداد سلول‌های کاربری زمین مربوطه به آن در تصویر دوم ایجاد می‌شود و خروجی مارکوف شامل چند تصویر احتمال از نمونه‌های تعلیمی می‌باشد (Fan *et al.*, 2008).



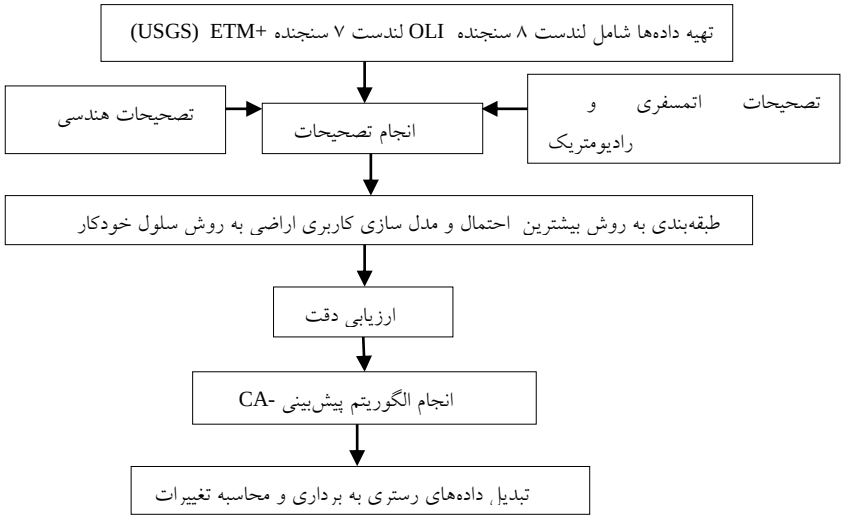
شکل ۲ : تصحیحات هندسی

جدول ۱ : اطلاعات تصاویر ماهواره‌ای

ماهواره	نوع سنجنده	شماره ردیف و گذر	ترکیب باندی	قدرت تفکیک مکانی	زمان و ساعت تصویر برداری	ایستگاه گیرنده زمینی
لندست ۷	ETM+	۱۶۹-۰۳۴	۲-۳-۴	۳۰ متر	۲۰۰۰/۰۶/۰۳ – ۰۷:۳۰:۲۹	SGS00
لندست ۸	OLI	۱۶۹-۰۳۴	۳-۴-۵	۳۰ متر	۲۰۱۵/۰۶/۲۱ – ۰۷:۳۷:۳۹	LGN01

پس از اعمال الگوریتم طبقه‌بندی برای درک نتایج به‌دست آمده و به‌کار بردن این نتایج برای تصمیم‌گیری‌ها، اقدام به ارزیابی دقت طبقه‌بندی می‌گردد. معمول‌ترین پارامتر برآورد دقت، شامل دقت کل و ضریب کاپا است (Lu *et al.*, 2004). از نظر تئوری، احتمالات دقت کل نمی‌تواند معیار خوبی برای ارزیابی طبقه‌بندی باشد، زیرا در این شاخص، نقش شانس قابل توجه است بنابراین، به دلیل ایرادات وارد بر دقت کل از شاخص کاپا استفاده می‌شود (Bonyad and Hajy Ghodary, 2007). ضریب

کاپا سلول‌هایی را که در دو نقشه با هم مطابقت ندارند نیز در محاسبه لحاظ می‌کنند. درواقع شاخص کاپا، درصد دقت کلی را با کم کردن سهم برآورد شده توافق شانسی، تعدیل می‌کند (میرزایی‌زاده و همکاران، ۱۳۹۴). بنابراین در این تحقیق، برای ارزیابی دقت طبقه‌بندی، از این شاخص‌ها استفاده شد. در این مطالعه پیش‌بینی وضعیت هفت کلاس کاربری اراضی، شامل باغ، کشت آبی، کشت دیم، مرتع، منطقه مسکونی، دریاچه و اراضی شور بر اساس نقشه‌های کاربری حاصل از طبقه‌بندی در سال‌های ۲۰۰۰ و ۲۰۱۵ انجام گرفت و این تغییرات بعد از آشکارسازی، مدل‌سازی شدند، سپس ماتریس احتمال انتقال برای ۵، ۱۰، ۱۵ و ۲۰ سال آینده با خطای ۰/۱۵ ٪ محاسبه شد. با اتمام این مرحله، عملکرد CA مارکوف در نرم‌افزار ادریسی با لحاظ نقشه کاربری سال ۲۰۱۵ به‌عنوان نقشه پایه معرفی و مساحت‌های قابل‌انتقال از مرحله قبل اجرا و نقشه کاربری اراضی برای ۵، ۱۰، ۱۵ و ۲۰ سال بعد با استفاده از مدل مذکور پیش‌بینی شد. همچنین نقشه‌های پیش‌بینی‌شده با نرم‌افزار ادریسی آماده ورود به محیط Arc GIS نبودند که در مرحله بعد این داده‌ها GIS Ready گردیدند. همچنین کلیه لایه‌های اطلاعاتی به سیستم تصویر UTM به زون ۳۸ شمالی و بیضوی WGS 1984 – تبدیل گردید (شکل ۳).



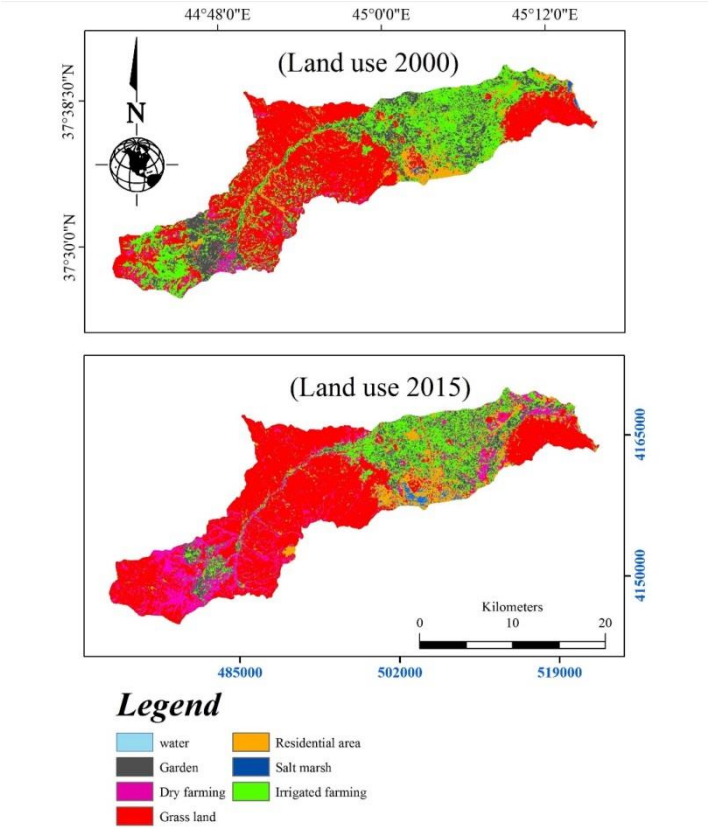
شکل ۳ : روند نمای مورد استفاده تحقیق

نتایج و بحث

استخراج نقشه کاربری اراضی

پس از انجام تصحیحات هندسی، رادیومتریک، برای تحلیل تغییرات با استفاده از LCM نیاز به دو تصویر طبقه‌بندی‌شده تغییرات کاربری است که می‌تواند به‌عنوان پایه برای فهم طبیعت تغییرات در منطقه مورد مطالعه به کار روند. دو تصویرکاربری زمین باید دارای راهنمای مشابه باشند و همچنین ویژگی‌های مکانی مشابه داشته باشند (Easteman, 2006). برای این منظور، تصاویر رنگی کاذب هر تاریخ با استفاده از ترکیب باندها تولید شدند این تصاویر به تجسم انواع کاربری‌ها در منطقه کمک می‌کنند در اولین گام این روش، انتخاب هفت ناحیه تعلیمی [1] از روی کلاس‌های کاربری اراضی تشخیص داده شده در حوضه، شامل کاربری‌های باغ، زراعت آبی، زراعت دیمی، مراتع، مناطق مسکونی، دریاچه و اراضی شور اقدام به طبقه‌بندی منطقه با استفاده از روش بیش‌ترین احتمال با وزن‌های مساوی برای تمامی باندهای انتخاب شد و کاربری برای سال‌های ۲۰۰۰ و ۲۰۱۵ تعیین شد (شکل ۴). سپس درصد و مساحت هر یک از کاربری‌ها در سال ۲۰۰۰ و ۲۰۱۵ مشخص شد (جدول ۲).

[1]- *Regions of Interest*



شکل ۴ : کاربری اراضی سال ۲۰۰۰ و ۲۰۱۵

جدول ۲ : مساحت هریک از کاربری‌ها به هکتار

انواع کاربری‌های منطقه	سال ۲۰۰۰		سال ۲۰۱۵	
کاربری (land use)	مساحت به هکتار	درصد مساحت	مساحت به هکتار	درصد مساحت
باغ (Garden)	۶۹۶۰/۷۸	۱۵/۲۱۰	۴۱۰۸/۰۸	۸/۹۴۹
زراعت آبی (Irrigated farming)	۱۲۳۷۷/۱۱	۲۷/۰۴۴	۶۶۴۴/۶۸	۱۴/۵۱۹
زراعت دیم (Dry farming)	۱۸۸۴/۳۷	۴/۱۱۷	۶۸۴۳/۳۵	۱۴/۹۵۳
مراتع (Grass land)	۲۱۰۸۵/۳۷	۴۶/۰۷۲	۲۴۱۱۲/۰۲	۵۲/۶۸۵
مناطق مسکونی (Resident area)	۳۲۴۷/۰۷	۷/۰۹۵	۳۵۸۴/۵۴	۷/۸۳۲
دریاچه (Water)	۱/۳	۰/۰۰۳	۱/۰۸	۰/۰۰۲
اراضی شور (Salt marsh)	۲۱۰	۰/۴۵۹	۴۷۲/۲۵	۱/۰۳۲
جمع	۴۵۷۶۶	۱۰۰	۴۵۷۶۶	۱۰۰

طبق جدول ۲ در طی دوره زمانی ۱۵ ساله، مشاهده شد که کاربری زراعت دیم، مرتع و اراضی شور ناشی از خشک شدن دریاچه ارومیه (یار احمدی، ۱۳۹۲) افزایش‌یافته و دیگر کاربری‌ها کاهش داشته‌اند. برای آگاهی از صحت روش طبقه‌بندی از ضریب کاپا و دقت کلی استفاده شد (Landis *et al.*, 1997). جهت محاسبه این ضرایب، تعداد ۲۵۰ نقطه تصادفی با استفاده از ابزار Hawths Tools در نرم افزار Arc GIS 10.5 انتخاب شدند و بعد از تشخیص موقعیت مکانی آن‌ها، نوع کاربری‌ها در نقاط نمونه‌برداری با استفاده از نرم افزار Google earth pro 7.3.1 مشخص شد (فاطمی و رضایی، ۱۳۸۹) سپس ضرایب دقت کلی و کاپا با استفاده از تشکیل ماتریس خطا محاسبه شد. جدول ۳ نتایج ارزیابی دقت کل و ضریب کاپا را نشان می‌دهد. نتایج ارزیابی دقت طبقه‌بندی نشان داد که متوسط دقت کلی و ضریب کاپا به ترتیب ۰/۹ و ۰/۸۸ می‌باشد. لی و

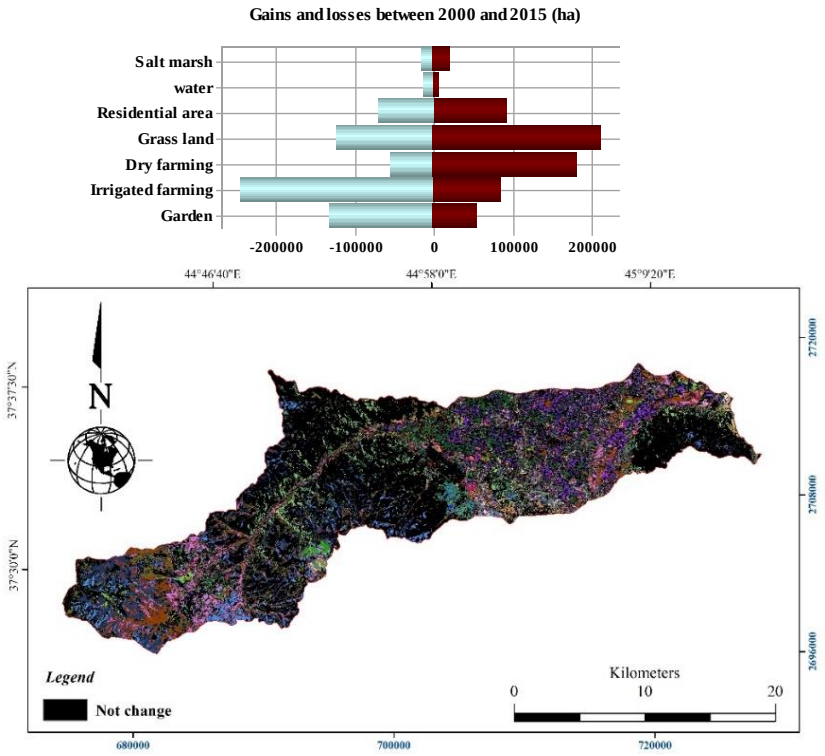
همکاران (۲۰۰۷) بیان کردند که مقادیر بالای ضریب کاپا و دقت کلی بیانگر بهترین طبقه‌بندی می‌باشند.

جدول ۳- ارزیابی دقت طبقه‌بندی تصاویر در سال‌های ۲۰۰۰ و ۲۰۱۵

سال	دقت کل	ضریب کاپا
۲۰۰۰	۰/۸۷	۰/۸۵
۲۰۱۵	۰/۹۳	۰/۹۱
متوسط	۰/۹	۰/۸۸

آنالیز و آشکار سازی تغییرات کاربری اراضی

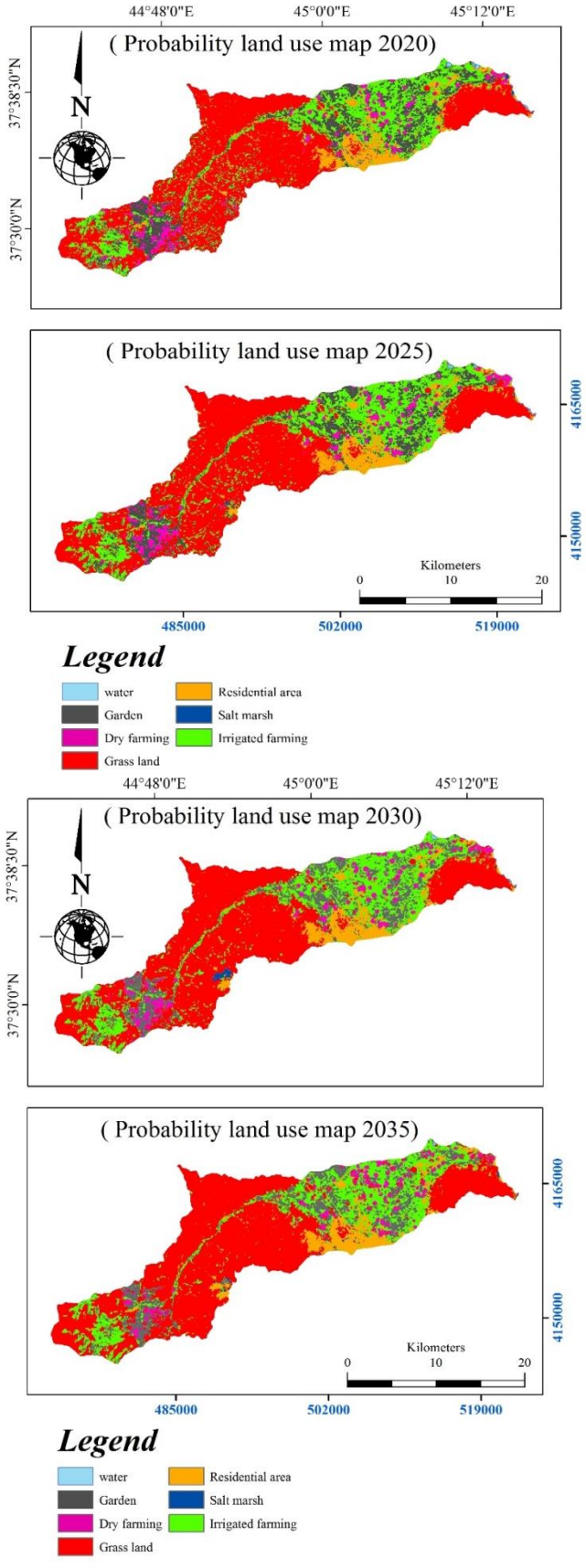
در این تحقیق، نقشه‌های پوشش اراضی تولید شده برای سال‌های ۲۰۰۰ و ۲۰۱۵ به‌عنوان ورودی مدل LCM برای تحلیل تغییرات منطقه و پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی دوره‌های مختلف انتخاب شدند، مدل LCM به دو نقشه پوشش سرزمین، متعلق به زمان‌های گوناگون به‌عنوان ورودی نیاز دارد (Kim, 2010). در این پژوهش در هر کاربری، تغییرات خالص و مناطق بدون تغییر و انتقال از هر کاربری به کاربری دیگر در طبقات گوناگون پوشش اراضی به صورت نقشه با آنالیز تغییرات مدل ارزیابی شد (Vaclavik and Rogan, 2009) و در نهایت تغییرات کاربری آینده منطقه مورد پیش‌بینی قرار گرفت. جهت آشکارسازی تغییرات در این تحقیق ابتدا هر کاربری مشخص شد، سپس هر یک از تغییرات کاربری‌ها تحلیل شد تا تغییرات مثبت و منفی هر کاربری مشخص شود، طبق نمودار شکل ۵ مشاهده می‌شود که کاربری‌های باغ و زراعت‌های آبی و سطح آب‌ها منفی و در بقیه کاربری‌ها مثبت می‌باشد. سپس نقشه آنالیز تغییرات کاربری به همدیگر ترسیم شد که طبق این نقشه ۴۲ تغییر کاربری طی بازه زمانی ۱۵ ساله زخ داده است (شکل ۵).



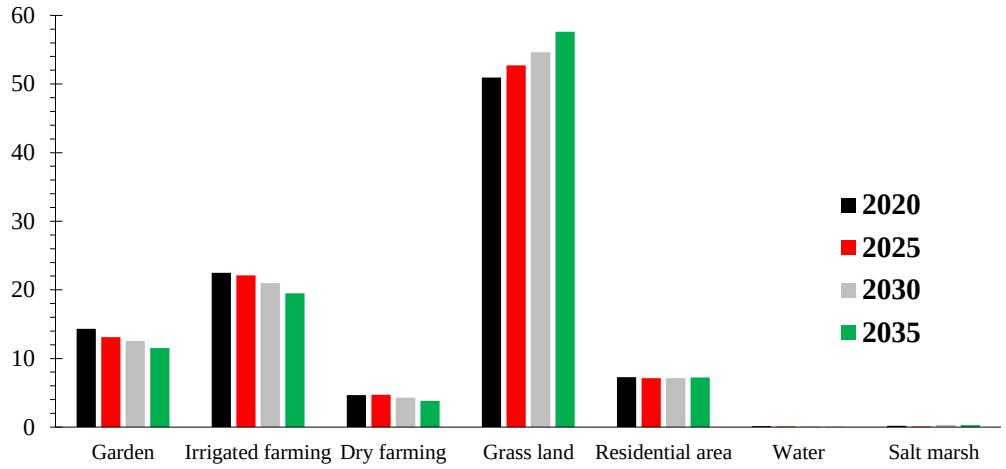
شکل ۵ : نمودار و نقشه تغییرات کاربری اراضی ۲۰۰۰ و ۲۰۱۵

مدل‌سازی تغییرات کاربری محتمل برای کاربری اراضی

مدل‌سازی تغییرات کاربری اراضی، ابزاری ضروری برای تجزیه و تحلیل‌های محیط زیستی و برنامه‌ریزی‌های مدیریتی است (آرخی و اصفهانی، ۱۳۹۳). زنجیره مارکوف برای مدل‌سازی تغییرات کاربری اراضی زمین در جایی که توصیف تغییرات و فرآیندهای سیمای سرزمین مشکل باشد ابزاری مناسب است. هر فرآیند مارکوف درجایی استفاده می‌شود که وضعیت آینده یک سیستم را بتوان به طورکلی براساس وضعیت ما قبل آن سیستم مدل‌سازی کرد. تحلیل زنجیره مارکوف، تغییرات کاربری را از یک دوره به دوره دیگر بیان می‌کند و از آن به عنوان یک پایه‌ای برای نقشه‌سازی تغییرات آینده استفاده می‌کند. این کار با استفاده از توسعه یک ماتریس احتمال انتقال تغییرات کاربری زمین از زمان ۱ به زمان ۲ انجام می‌گیرد (آرخی و اصفهانی، ۱۳۹۳). در این تحقیق نقشه‌های کاربری اراضی برای سال‌های ۲۰۰۰ و ۲۰۱۵ با استفاده الگوریتم بیشترین احتمال در نرم‌افزار ادریسی به دست آمد، سپس جهت تجزیه و تحلیل و آشکارسازی تغییرات منطقه وارد مدل‌ساز تغییر زمین (LCM) در نرم‌افزار ادریسی شد. LCM ابزاری است که به کمک آن می‌توان به ارزیابی تغییرات کاربری اراضی و تأثیر آن بر زیستگاه گونه‌ها و تنوع زیستی پرداخت (آرخی و اصفهانی، ۱۳۹۳). سپس نقشه پیش‌بینی‌شده برای سال‌های ۲۰۲۰، ۲۰۲۵، ۲۰۳۰ و ۲۰۳۵ ارائه شد (شکل ۶). طبق نقشه‌های پیش‌بینی شده با استفاده از CA- Markov در نرم‌افزار ادریسی تغییرات به‌صورت جدول ۴ و شکل ۷ مشاهده می‌شود که کاربری باغ، زراعت آبی و دیمی، مناطق روستایی و آب روند نزولی، همچنین در مراتع و اراضی شور روند صعودی در طی سال ۲۰۲۰ تا ۲۰۳۵ در منطقه مورد مطالعه وجود خواهد داشت (حیات زاده و همکاران، ۱۳۹۶). از سال ۲۰۲۰ تا ۲۰۳۵ درصد افزایش مساحت مراتع ۱۳/۱۱ و اراضی شور ۴۰/۹۶ و درصد کاهش باغ ۱۹/۴۱، کاهش زراعت آبی ۱۳/۱، مناطق روستایی ۱/۱۱، آب ۶۶/۱۸ و اراضی دیم ۱۷/۵۶ بوده است که شدت کاهش برای آب و شدت افزایش برای اراضی شور بسیار شدید بوده است (یار احمدی، ۱۳۹۲). روند نزولی آب و کاربری‌های کشاورزی وابسته به آب را می‌توان به کاهش بارش‌ها و همچنین استفاده بی رویه از آب‌های زیرزمینی کشاورزان و زارعان کشت آبی نسبت داد. همچنین به دلیل استفاده نامناسب از زمین‌های دیم این کاربری نیز روندی نزولی خواهد داشت به تبع آن حاصلخیزی این اراضی کم شده و نسبت کشت در این اراضی کاهش می‌یابد. این افزایش را می‌توان به از بین رفتن و تخریب اراضی دیم و کشت آبی نسبت داد زیرا که این اراضی تخریب‌شده و کشت در آن‌ها به‌دلیل کاهش سودآوری و عملکرد کم این اراضی کاهش می‌یابد. کاربری مسکونی یا روستانشینی در این منطقه در طی سال‌های ۲۰۲۰ تا ۲۰۳۵ به دلیل مهاجرت روستایان کاهش خواهد داشت (Terry and Roe., 2004). همچنین به دلیل خشک شدن دریاچه ارومیه (یار احمدی، ۱۳۹۲) ذخایر آبی این منطقه کاهش می‌یابد و به تبع آن شوره‌زارها حاصل از خشک شدن دریاچه ارومیه نیز افزایش می‌یابد و با جابه‌جایی این نمک توسط باد به زمین‌های این حوضه، باعث افزایش شوری خاک شده و در نتیجه کشت محصولات کشاورزی را با مشکل روبه‌رو خواهد کرد.



شکل ۶ : نقشه تغییرات کاربری پیش‌بینی‌شده برای سال‌های ۲۰۲۰-۲۰۲۵-۲۰۳۰-۲۰۳۵



شکل ۷ : درصد پیش‌بینی‌شده هر کاربری سال ۲۰۲۰ تا ۲۰۳۵

جدول ۴ : مساحت پیش‌بینی‌شده هریک از کاربری‌ها به هکتار

کاربری (land use)	۲۰۲۰	۲۰۲۵	۲۰۳۰	۲۰۳۵
باغ (Garden)	۶۵۴۴/۶	۶۰۰۱/۹۵	۵۷۴۸/۲۷	۵۲۷۳/۹۵
زراعت آبی (Irrigated farming)	۱۰۲۸۷/۰۵	۱۰۱۱۴/۱۴	۹۵۹۹/۲۴	۸۹۳۲/۳۸
زراعت دیم (Dry farming)	۲۱۳۰/۳۹	۲۱۵۹/۳۰	۱۹۷۴/۲۵	۱۷۵۶/۱۷
مراتع (Grass land)	۲۳۳۰۵/۵۹	۲۴۱۲۸/۹۶	۲۴۹۹۱/۷۱	۲۶۳۶۱/۰۷
مناطق مسکونی (Resident area)	۳۳۳۹/۳۲	۳۲۷۱/۰۲	۳۲۶۲/۰۶	۳۳۰۲/۱
آب (Water)	۶۸/۹۵	۴۵/۰۱	۳۵/۲۴	۱۳/۳۲
اراضی شور (Salt marsh)	۹۰/۱۰	۴۵/۶۲	۱۵۵/۲۳	۱۲۷/۰۱
جمع	۴۵۷۶۶	۴۵۷۶۶	۴۵۷۶۶	۴۵۷۶۶

نتیجه‌گیری

آشکارسازی تغییرات کاربری در طی بیست سال با استفاده از شبیه‌ساز CA-Markov نشان داد که کاربری‌های وابسته به آب در طی سالیان آینده در این منطقه کاهش خواهد داشت و این نشانگر این واقعیت است که در طی سالیان آتی منابع آبی در این منطقه کاهش خواهد داشت. همچنین بررسی نتایج حاصل از اجرای مدل شبکه‌سازی کاربری آینده با استفاده از تخمینگر انتقال مارکوف در نرم‌افزار IDRISI Selva که می‌تواند تغییرات کاربری آینده را با توجه به شرایط محیطی موجود پیش‌بینی کند (Zubair, 2006) نشان‌دهنده این است که در حوضه آبخیز روضه‌چای در طی بیست سال آینده منابع آبی و به تبع آن کشاورزی در این منطقه کاهش خواهد داشت لذا باید با مدیریت بلند مدت و جامع، منابع آب و خاک حفظ کرد و تا حد امکان مانع از تخریب این منابع ارزشمند شد.

منابع مورد استفاده

آرخی، ص. و اصفهانی، م. ۱۳۹۳. آموزش ادریسی. انتشارات دانشگاه گلستان. ۳۵۰ صفحه.

حیات زاده، م.، اختصاصی، م.ر. ملکی نژاد، ح.، فتح زاده، ح. و عظیم زاده، ح.ر. ۱۳۹۶. شبیه‌سازی نقشه‌ی کاربری اراضی حوضه آبخیز، با تلفیق مدل‌های سلول خودکار و زنجیره مارکوف برمبنای انتخاب بهترین الگوریتم طبقه بندی (مطالعه موردی: حوضه آبخیز فخر آباد مهریز، یزد). پژوهش‌های فرسایش محیطی، ۶. ۱-۲۴ : (۴).

شنایی هویزه، س.م. و زارعی، ح. ۱۳۹۵. بررسی تغییرات کاربری اراضی طی دو دهه دوره زمانی (مطالعه موردی: حوضه آبخیز ابوالعباس). پژوهشنامه مدیریت حوزه آبخیز، ۷. ۲۳۷- ۲۴۴ (۱۴).

ضیائیان فیروزآبادی، پ.، شکیبا، ع. متکان، ع.ا. و صادقی، ع. ۱۳۸۸. مدل سلول های سیستم اطلاعات جغرافیایی، سنجش از دور به عنوان ابزاری برای شبیه سازی تغییرات کاربری اراضی شهری (CA) خودکار (مطالعه موردی : شهر شهرکرد)، علوم محیطی، ۷. ۱۳۳-۱۴۸: (۱).

فاطمی، س.ب. و رضایی ی. ۱۳۸۹ . مبانی سنجش از دور. چاپ دوم. انتشارات آزاده. تهران.

میرزایی زاده، و.، مهدوی، ع. ، کرمشاهی، ع. و جعفر زاده، ع.ا. ۱۳۹۴. کاربرد مدل تلفیقی سلول‌های خودکار و زنجیرهٔ مارکوف در شبیه‌سازی الگوی مکانی- زمانی تغییر پوشش جنگلی (مطالعه موردی :شهرستان ملکشاهی - استان ایلام) بومشناسی جنگل‌های ایران سال سوم/ شماره پنجم: ۴۲-۵۲.

یار احمدی، د. ۱۳۹۲. تحلیل هیدروکلیماتوژیکی نوسان سطح آب دریاچه ارومیه، پژوهش‌های جغرافیایی طبیعی، ۴۶. ۷۷-۹۲ (۱).

Amiraslani, F. and Dragovich, D. 2011. Combating desertification in Iran over the last 50 years: an overview of changing approaches. Journal of Environmental Management, 92(1), 1-13.

Bonyad, A. A. and Hajy Ghodary. T. 2007. Preparing natural forest map of Zanjan Province by using of ETM+ sensor data of Land sat 7. Journal of Agriculture and Natural Resources Sciences and Technologies. 10(42), 627 - 638. (In Persian).

Eastman, J.R. 2006. IDRISI Andes guide to GIS and image processing. Clark University, Worcester 328.

Fan, F. Wang, Y. and Wang, Z. 2008. Temporal and spatial change detecting (1998–2003) and predicting of land use and land cover in Core corridor of Pearl River Delta (China) by using TM and ETM+ images. Environmental monitoring and assessment, 137(1-3), 127.

Guan, D. Li, H. Inohae, T. Su, W. Nagaie, T. and Hokao, K. 2011. Modeling urban land use change by the integration of cellular automaton and Markov model. Ecological Modelling, 222(20-22), 3761-3772.

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

Kim, O.S. 2010. Assessment of deforestation models for reducing emissionsfrom deforestation andforestdegradation (REDD). Transactions in GIS,14(5): 631-654.

Landis, J.R. and Koch, G.G. 1977. The measurement of observer agreement for categorical data. biometrics, 159-174.

Lu, D. Mausel, P. Brondi´zio, E. and Moran. E. 2004. Change detection techniques,International Journal of Remote Sensing, 25(12), 2365 – 2407.

Mas, J. F. Kolb, M. Paegelow, M. Olmedo, M.T.C. and Houet, T. 2014. Inductive pattern-based land use cover change models: A comparison of four software packages. Environmental Modelling & Software 51, 94-111.

Myint, S.W. and Wang, L. 2006. Multicriteria decision approach for land use land cover change using Markov chain analysis and a cellular automata approach. Canadian Journal of Remote Sensing 32(6), 390-404.

Pontius, R.G. and Chen, H. 2006. Geomod Modeling, USA: Clark University, P. 44.

Rogan, J. and And, A.D.C. 2004. Remote sensing technology for mapping and monitoring land cover And land use change. Progress in Planning. 64, 301-325.

Shahkooeei, E. Arekhi, S. and A. Najafi Kani. 2014. Remote sensing and GIS for mapping and monitoring land cover and land use changes using support vector machine algorithm (Case study: Ilam dam watershed), International Research Journal of Applied and Basic Sciences, Intl. Res. J. Appl. Basic. Sci. 8 (4), 464 - 473.

Terry, L. and Roe, T.L. 2004. Rural-urban migration and economic growth in developing countries, Society for Economic Dynamics 2004 Meeting Paper, pp. 1-32.

Torrens, P.M. 2003. Automata-based models of urban systems. Advanced spatial analysis, 61-79.

Vaclavik, T. and Rogan, J. 2009. Identifying trends in land use/land cover changes in the context of postsocialist transformation in Central Europe: A case study of the greater Olomouc region, Czech Republic. GIScience & Remote Sensing, 46 (1): 54–76.

Whitford, j. 2008. Translated by, Azarnivand, Hossein, and Malekian, Arash, 2008. Ecology of desert systems, Tehran: University of Tehran. P. 340.

Zubair, A. O. 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). The department of Geography, University of Ibadan in Partial Fulfillment for the award of master of science, 44 pp.

ISSN 2251-7480

Prediction of the land use change using markov chain and cellular automata (case study: Roze Chay basin, Uremia)

Farrokh Asadzadeh [1*], Kamal Khosraviaqdam [2],Lale parviz [3],Hassan Ramezanpour [4] and Nafiseh Yaghmaeian Mahabadi[5]

1*) Associate Professor, Department of Soil Science, Faculty of Agriculture, University of Urmia, Urmia, Iran.
*Corresponding author email: f.asadzadeh@urmia.ac.ir
2) Ph.D. Student of Soil Science, Faculty of Agriculture, University of Guilan, Rasht, Iran.
3) Assistant Professor, Faculty of Agriculture, Azarbaijan Shahid Madani University, Tabriz, Iran.
4) Associate Professor, Department of Soil Science, Faculty of Agriculture, University of Guilan, Rasht, Iran.
5) Assistant Professor, Department of Soil Science, Faculty of Agriculture, University of Guilan, Rasht, Iran.

Received 14-04-2018 Accepted: 12-12-2018

Abstract

Land use surveys and investigations are a prerequisite for the study of watersheds, because regional planning is dependent on the awareness about land use type and future changes. As a result, modeling and predicting of land use is essential for land planning and management in the future of a country such as Iran, where land use is changing rapidly In this regard, in order to reveal the land use changes in the 15 years and modeling the changes for the next 20 years, the markovin transmission estimator was used with Landsat 7 and 8 Landsat satellite imagery data from the Roze Chay basin of urmia. Based on the controlled classification algorithm with the maximum probability of land use as seven classes of land uses in this watershed were seven garden, irrigated farming, dry farming, grass land, residential area, water and salt marsh with a mean Kappa coefficient of 0.88 and overall accuracy of 0.9 for 2000 and 2015 were extracted. The changes of 15 years showed that the variation of water dependent uses in the region decreased during the mentioned time period (percentage reduction in the area of agricultural crops and gardens, 32.51). The modeling of land use changes in the region with the markovin transmission estimator suggests that the use of gardens, arable and dry lands, villages and water resources will decrease, and the use of grass land and salt marsh will increase in the region (from 2020 to 2035 percent increase in area grass land 13.11 and the percentage of dry farming 17.56). The results indicate that soil and water resources are used improperly in the studied area, which requires comprehensive planning and management in the watershed.

Keywords: Landsat, Land use modeling, Markovin transmission estimator, Maximum Likelihood