

مدل سازی تغییرات کاربری اراضی در حوزه آبخیز هراز با استفاده از رگرسیون لجستیک و زنجیره مارکوف

عطاله کاویان^{۱*}، ظریفه زرگوش^۲، زینب جعفریان جلودار^۳، حمید دارابی^۴

۱. دانشیار گروه آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
۲. دانش آموخته کارشناسی ارشد آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
۳. دانشیار گروه مرتعداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
۴. دانشجوی دکتری علوم و مهندسی آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۶/۱۱ تاریخ تصویب: ۹۵/۷/۲۸)

چکیده

بررسی تغییرات مکانی و زمانی کاربری اراضی اطلاعات خوبی را به طراحان، برنامه ریزان و مدیران جهت برنامه ریزی دقیق ارائه می دهد. یکی از روش های مورد استفاده برنامه ریزان و مدیران جهت مدیریت تغییرات کاربری اراضی، مدل سازی آن می باشد. تحقیق حاضر با هدف پیش بینی تغییرات کاربری اراضی حوزه آبخیز هراز با استفاده از رگرسیون لجستیک و زنجیره مارکوف انجام شد. جهت تهیه نقشه کاربری اراضی منطقه مورد مطالعه از تصاویر سری ماهواره های لندست (L5-TM-۱۳۶۷، L7-ETM+۱۳۷۹ و L8-OLI-۱۳۹۲) استفاده شد. برای این منظور الگوریتم حداکثر احتمال و نرم افزار ENVI 4.8 برای هر سه مقطع زمانی استفاده شد. سپس مدل سازی پتانسیل انتقال با استفاده از مدل ساز تغییر سرزمین (LCM) و روش رگرسیون لجستیک (LR) انجام گرفت. جهت پیش بینی کاربری اراضی ۱۴۰۴ از دوره های واسنجی ۱۳۶۷-۱۳۷۹، ۱۳۷۹-۱۳۹۲ و ۱۳۶۷-۱۳۹۲ با استفاده از زنجیره مارکوف و مدل پیش بینی سخت استفاده شد. نتایج ارزیابی دوره های واسنجی با استفاده از روش GEOMOD و پارامترهای $N(n)$ ، $N(m)$ ، $H(m)$ ، $M(m)$ ، $K(m)$ و $P(m)$ و $P(p)$ و آماره های کاپا نشان داد که دوره واسنجی ۱۳۶۷-۱۳۹۲ بالاترین صحت را جهت پیش بینی تغییرات کاربری اراضی سال ۱۴۰۴ داشت. نتایج تغییرات کاربری اراضی حاکی از آن بود که طی دوره ۱۳۶۷-۱۳۹۲، میزان کاهش جنگل، مرتع و زراعت آبی به ترتیب ۴/۲۰، ۵/۰۹ و ۰/۶۳ درصد بوده است. همچنین طی دوره مذکور مناطق مسکونی، باغ و اراضی فاقد پوشش گیاهی به ترتیب ۱/۲۸، ۲/۲۰ و ۶/۶۲ درصد افزایش یافتند. بیشترین تغییرات در این دوره تبدیل اراضی جنگلی و مرتعی به باغات (۸۸۳۶/۴ هکتار)، مسکونی (۵۱۶۵/۱ هکتار) و اراضی فاقد پوشش گیاهی (۲۶۵۹۸/۴ هکتار) است. همچنین نتایج مدل سازی کاربری اراضی برای سال ۱۴۰۴ نشان داد که مساحت اراضی جنگلی و مرتعی نسبت به سال ۱۳۹۲ به ترتیب ۲۹۷۸/۱۸ و ۶۳۶۷/۴۱ هکتار کاهش و زراعت آبی، اراضی مسکونی، باغی و اراضی فاقد پوشش گیاهی به ترتیب ۳۹۱/۸۶، ۲۹/۳۸، ۱۴۵۳/۴۲ و ۷۲۱۴/۹۴ هکتار افزایش خواهند یافت.

کلید واژگان: ماهواره لندست، مدل سازی کاربری اراضی، رگرسیون لجستیک، زنجیره مارکوف، ارزیابی صحت

۱. مقدمه

کاربری اراضی از دو کلمه کاربری و اراضی تشکیل شده است. اراضی به کلیه امکانات طبیعی با خصوصیات و شرایط طبیعی یک محل نظیر اقلیم، توپوگرافی، هیدرولوژی اطلاق می‌شود. کاربری به معنی استفاده از امکانات طبیعی موجود برحسب نیازهای انسانی که ممکن است منطبق بر استعداد اراضی و شیوه‌های علمی یا به روش سنتی و احتمالاً تخریب کننده اراضی باشد (FAO, 1987). پوشش اراضی و تغییرات آن، متغیرهای مهمی هستند که اثرات قابل توجهی روی محیط و فرایندهای محیطی می‌گذارند (Foody, 2000). به عنوان مثال تخریب جنگل، شهرسازی و دیگر کاربری‌های اراضی، توزیع سالانه و فصلی جریان رودخانه را در حوزه آبخیز به طور قابل توجهی تغییر می‌دهد (Leopold & Dunne, 1987). درک چگونگی تأثیر تغییرات کاربری اراضی بر روی جریان رودخانه، برنامه ریزان را به طراحی استراتژی‌هایی جهت کاهش اثرات نامطلوب تغییرات کاربری اراضی در آینده قادر می‌سازد (Alanci et al., 2009). همچنین در اراضی شهری نیز داشتن اطلاعات به هنگام و دقیق در مورد پوشش اراضی مورد نیاز تصمیم‌گیران و محققان در همه سطوح است (Yuan et al., 2005). بنابراین آگاهی از تغییرات و تحولات کاربری اراضی در طول یک دوره زمانی برای برنامه ریزان و مدیران بسیار حائز اهمیت است، به همین دلیل استفاده از روش‌های آشکارسازی تغییرات برای مشخص کردن روند تغییرات با گذشت زمان ضروری به نظر می‌رسد (Lu et al., 2004).

با توجه به تغییرات روز افزون کاربری اراضی و ضرورت آگاهی مدیران از چگونگی تغییر و تحولات رخ داده برای سیاست‌گذاری و چاره‌اندیشی جهت رفع مشکل موجود، آشکارسازی تغییرات برای مشخص کردن روند تغییرات در طول زمان ضروری به نظر می‌رسد (Park et al., 2003)، از سوی دیگر پیش‌بینی و مدل‌سازی تغییرات آینده نیز برای آگاهی از کمیت و کیفیت

تغییرات احتمالی آینده اهمیت دارد. بنابراین آشکارسازی و پیش‌بینی تغییرات، لازمه مراقبت از یک اکوسیستم، به‌ویژه در مناطقی با تغییرات سریع و بدون برنامه‌ریزی در کشورهای در حال توسعه است. (Lambin, 1997). بنابراین با توجه به قابلیت روش‌های مدل‌سازی از جمله رگرسیون لجستیک، استفاده از آن‌ها به تازگی رایج شده است. به طوری که Joorabian و همکاران (۲۰۱۳)، روش رگرسیون لجستیک و زنجیره مارکوف در پیش‌بینی تغییرات کاربری سرزمین شرق استان مازندران را بکار بردند. آن‌ها تغییرات کاربری اراضی را برای سال ۱۳۹۲ پیش‌بینی کردند که نتایج پیش‌بینی آن‌ها نشان داد مساحت اراضی جنگلی و کشاورزی در سال ۱۳۹۲ در مقایسه با سال ۱۳۸۵ کاهش و مناطق مسکونی و باغ افزایش خواهند یافت. Kamyab و همکاران (۲۰۱۳) مدل‌سازی رشد شهری را در شهر گرگان بین سال‌های ۲۰۰۱-۱۹۸۷ با استفاده از رگرسیون لجستیک انجام دادند. برای این منظور سه گروه از متغیرهای اجتماعی-اقتصادی، کاربری اراضی و زیست-فیزیکی استفاده کردند. در نهایت با استفاده از نقشه احتمال رشد شهری پیش‌بینی شده توسط مدل رگرسیونی، الگوی توزیع شهری برای سال‌های ۲۰۱۰، ۲۰۲۰، ۲۰۳۰، ۲۰۴۰ و ۲۰۵۰ ایجاد شد. از دیگر مطالعات داخلی می‌توان به پژوهش‌های انجام شده توسط Shattaei و Bagheri (۲۰۱۰)، Zare-Garizi و همکاران (۲۰۱۱)، Babaei Aghdam و Ebrahimzadeh (۲۰۱۲) و Gholamali fard و همکاران (۲۰۱۳) نام برد.

پژوهش‌های انجام شده در خارج از کشور نیز به این صورت می‌باشد که Wu و همکاران (۲۰۰۶) از ترکیب مدل رگرسیونی و زنجیره مارکوف برای بررسی و مدل‌سازی تغییرات کاربری اراضی در بیجینگ چین استفاده کردند. نتایج آن‌ها مبین رشد قابل توجه کاربری شهری و کاهش مراتع طی سال‌های ۱۹۸۶ تا ۲۰۰۱ بوده است. این تغییرات بیش از همه در مناطق شهری و حومه آن‌ها رخ داده است. ضمن آنکه با استفاده از مدل‌سازی

می‌باشد. بنابراین نتایج حاصل از این تحقیق می‌تواند به عنوان زیربنای دیگر مطالعات مورد نیاز در منطقه مورد مطالعه باشد. به‌عنوان مثال نتایج این تحقیق را می‌توان به عنوان یک ورودی در مطالعات مربوط به سبیل‌خیزی و فرسایش‌پذیری منطقه در نظر گرفت و اثر تغییرات کاربری اراضی را بر موارد بیان شده مورد بررسی قرار داد.

۲. مواد و روش‌ها

۱.۱. معرفی منطقه مورد مطالعه

حوزه آبخیز هراز بین $43^{\circ} 51'$ تا $36^{\circ} 52'$ طول شرقی و $45^{\circ} 35'$ تا $36^{\circ} 22'$ عرض شمالی واقع شده است. منطقه مورد مطالعه در جنوب استان مازندران واقع شده است و از نظر تقسیمات سیاسی جزء شهرستان آمل است. وسعت آن نیز برابر با $4014/07$ کیلومترمربع و حداقل و حداکثر ارتفاع آن به ترتیب 300 و 5600 متر است. متوسط بارندگی 685 میلی‌متر، حداقل و حداکثر درجه حرارت آن به ترتیب برابر با $5^{\circ}C$ و $23/1^{\circ}C$ است. از نظر پوشش گیاهی، بیشتر سطح حوضه را اراضی مرتعی تشکیل می‌دهد (شکل ۱).

۲.۲. تصاویر مورد استفاده

جهت تهیه نقشه کاربری اراضی حوزه آبخیز هراز تصاویر ماهواره لندست ۵، ۷ و ۸ که به ترتیب دارای سنجنده‌های TM (۱۳۶۷)، ETM+ (۱۳۷۹) و سنجنده OLI (۱۳۹۲) هستند، استفاده گردید (جدول ۱).

۳.۲. تهیه نقشه کاربری اراضی

لازمه اجرای این تحقیق، در اختیار داشتن نقشه کاربری اراضی از سه مقطع زمانی است. برای این منظور با توجه به کاربری‌های موجود در منطقه، اهداف تحقیق و قابلیت تصاویر مورد استفاده در استخراج اطلاعات به‌ویژه تهیه نقشه کاربری اراضی، با استفاده از بازدیدهای میدانی،

مارکوف و مدل رگرسیون، تغییرات کاربری زمین را برای دوره زمانی ۲۰ سال آینده پیش‌بینی کردند. Onate و Sendra (۲۰۱۰) از مدل‌سازی تغییر سرزمین (LCM^۱) برای مدل‌سازی تخریب و احیای جنگل‌های خزان‌کننده گرم‌سیری مکزیک بهره جستند. آن‌ها مدل‌سازی نیروی انتقال را با شبکه عصبی مصنوعی انجام دادند و در زیر مدل احیا، زیر مدل جنگل و زیر مدل اختلال به ترتیب به صحت $59/2$ ، $35/2$ و $59/6$ درصد دست یافتند. Perez-vega و همکاران (۲۰۱۱) تغییرات کاربری سرزمین در حوزه آبخیز چیرا را با استفاده از رگرسیون لجستیک و شبکه عصبی مصنوعی مدل‌سازی کردند. آن‌ها از تصاویر ماهواره Landsat-5 مربوط به سال‌های ۱۹۸۶ و ۱۹۹۶ برای مدل‌سازی پوشش سرزمین سال ۲۰۰۱ استفاده کردند. نتایج آن‌ها نشان داد که روش رگرسیون لجستیک در مقایسه با شبکه عصبی مصنوعی با نقشه واقعی زمینی سال ۲۰۰۱ مطابقت بیشتری دارد. Lourdesa و همکاران (۲۰۱۱) با استفاده از رگرسیون لجستیک به شبیه‌سازی دینامیک پوشش اراضی در حوضه رودخانه دولسی آرژانتین در سال ۱۹۹۷ تا ۲۰۰۵ پرداختند. آن‌ها به این نتیجه رسیدند که به علت کاهش پوشش علفزار و تخریب اکوسیستم‌ها در اثر تشدید کشاورزی و چرای بیش از حد، شبیه‌سازی مجدد سناریوهای جایگزین می‌تواند به برنامه‌ریزی کاربری اراضی به منظور تولید و حفاظت اکوسیستم‌ها کمک کند. محققین دیگری نیز در نقاط مختلف دنیا از روش‌های مختلف رگرسیون لجستیک و شبکه عصبی استفاده کرده‌اند که می‌توان به پژوهش‌های Olaniyi و همکاران (۲۰۱۰)، Wang و همکاران (۲۰۱۲) و Paudel و Yuan (۲۰۱۲) اشاره کرد.

از این‌رو، پژوهش حاضر با هدف مدل‌سازی تغییرات کاربری اراضی در حوزه آبخیز هراز، از روش‌های رگرسیون لجستیک و زنجیره مارکوف استفاده کرد و هدف از انجام آن نیز ارائه نقشه پیش‌بینی کاربری اراضی برای آینده

تفسیر بصری و نرم افزار Google Earth نمونه های برداشت شدند. تعلیمی با استفاده از روش نمونه برداری تصادفی ساده



شکل ۱. موقعیت جغرافیایی حوزه آبخیز هراز در سطح کشور و استان

جدول ۱. تصاویر ماهواره‌ای مورد استفاده در پژوهش حاضر

تعداد باندها	شماره گذر و ردیف	قدرت تفکیک مکانی (متر)	زمان جمع آوری	سنجنده	ماهواره
۷	۱۶۴/۳۵	۲۸/۵	۱۳۶۷/۰۶/۲۸	TM	لندست ۵
۷	۱۶۴/۳۵	۲۸/۵	۱۳۷۹/۰۲/۰۹	ETM+	لندست ۷
۹	۱۶۴/۳۵	۳۰	۱۳۹۲/۰۳/۰۶	OLI	لندست ۸

جنگل، مرتع، زراعت آبی، باغات، مسکونی، اراضی فاقد

نمونه‌های برداشت شده ۷ طبقه کاربری اراضی شامل

در این تحقیق نقشه کاربری اراضی تولید شده مربوط به سال‌های ۱۳۶۷، ۱۳۷۹ و ۱۳۹۲ به عنوان ورودی مدل‌ساز تغییر سرزمین (LCM) برای تحلیل تغییرات منطقه و پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی انتخاب شدند. مدل LCM به دو نقشه پوشش سرزمین متعلق به زمان‌های گوناگون به عنوان ورودی نیاز دارد (Kim, 2010) در این تحقیق کاهش‌ها و افزایش‌ها در هر کاربری، تغییر خالص، مناطق بدون تغییر و انتقال از هر کاربری به کاربری دیگر در طبقات گوناگون پوشش سرزمین به صورت نقشه و نمودار با قسمت آنالیز تغییرات مدل ارزیابی شد.

۶.۲. مدل‌سازی پتانسیل انتقال

مدل‌سازی تغییرات مجموعه‌ای از ابزارهایی است که اجازه می‌دهد یک گروه به مجموعه‌ای از زیر مدل‌ها برای بررسی قدرت بالقوه متغیرهای توضیحی انتقال پیدا کند. متغیرها می‌توانند به صورت استاتیک (در طول زمان تغییر نپذیر) یا دینامیک (محرک‌های تابع زمان) به مدل اضافه شوند. در این بخش از مدل‌سازی، نیروی انتقال از یک کاربری (مثل جنگل) به کاربری دیگر (مانند کشاورزی) با توجه به متغیرهای توضیحی (مثل شیب، نزدیکی به جاده) مدل می‌شود. به این مفهوم که هر پیکسل از تصویر برای تغییر از یک کاربری به نوع دیگر چقدر پتانسیل دارد (Olate & Sendra, 2010). در این مرحله سه سناریو طی دوره‌ها، متغیرها و همچنین نقشه‌های پتانسیل‌های مختلف در نظر گرفته شد. این سناریوها به ترتیب شامل سناریو ۱ طی دوره ۱۳۶۷-۱۳۷۹ با شش متغیر (مدل رقومی ارتفاعی (DEM)، شیب، فاصله از مناطق مسکونی، فاصله از جنگل، فاصله از جاده و فاصله از رودخانه) و همچنین دارای ۱۰ نقشه پتانسیل‌های انتقال است. سناریوی ۲ نیز

پوشش گیاهی و مخازن آبی را شامل شدند. پس از اعمال پیش‌پردازش‌های مورد نیاز از قبیل تصحیحات اتمسفری و رادیومتریک، به منظور استخراج نقشه‌های کاربری اراضی الگوریتم طبقه‌بندی نظارت شده و روش حداکثر احتمال در محیط نرم افزار ENVI4.8 استفاده شدند. الگوریتم مذکور بر پایه انتخاب نمونه‌های تعلیمی توسط کاربر و بازبینی‌های میدانی استوار است (Darabi et al., 2014). در این راستا، آنالیز وابستگی باندها و همچنین حذف باندهای اضافه نیز انجام شد. در تحقیق حاضر به جز روش PCA روش MNF نیز برای حذف وابستگی باندها و همچنین کشف باندها با محتوای اطلاعاتی کم استفاده می‌شوند (Fatemi & Rezaei, 2010). همچنین برای انتخاب بهترین ترکیب باندی برای طبقه‌بندی از روش مقایسه پس از طبقه‌بندی با استفاده از ضریب کاپا^۱ و صحت کلی^۲ استفاده شد. بدین صورت که ترکیب باندی که بالاترین ضرایب مورد نظر را ارائه دهد به عنوان بهترین ترکیب باندی در نظر گرفته می‌شود.

۴.۲. ارزیابی نقشه‌های کاربری اراضی

تک پارامترهایی نظیر ضریب کاپا و صحت کلی تنها با کل طبقه‌بندی سر و کار دارند و اطلاعاتی در مورد تک تک کلاس‌ها و یا توزیع مکانی خطا ارائه نمی‌دهند (Fatemi & Rezaei, 2010) بنابراین برای برآورد دقت کلی و دقت تک تک کلاس‌ها از عامل‌های آماری ماتریس خطا یعنی دقت تولید کننده^۳، دقت کاربر^۴، خطای گماشته شده^۵ و خطای حذف شده^۶ استفاده شد (Li & Yeh, 2002).

۵.۲. آشکارسازی تغییرات کاربری اراضی با

LCM استفاده از

4- User Accuracy
5- Commission
6- Omission

1- Kappa coefficient
2- Overall Accuracy
3- Producers Accuracy

مدل‌سازی شد. نتیجه در هر یک از موارد یک نقشه پتانسیل برای هر انتقال است که بیان‌کننده زمان خاصی برای تغییر است. در نهایت، خروجی این قسمت یک نقشه پتانسیل تغییرات برای هر تغییر به عنوان بیانی از پتانسیل وابسته به زمان برای تغییرات می‌باشد. همچنین جدولی را به دست می‌دهد که شامل ضرایب تمام متغیرها و مقدار (ROC)^۱ است. مقدار ROC بین ۰/۵ تا ۱ است و همبستگی بین انتقال‌ها و متغیرها را نشان می‌دهد (Onate & Sendra, 2010).

طی دوره ۱۳۷۹-۱۳۹۲ با شش متغیر (مدل رقومی ارتفاعی (DEM)، شیب، فاصله از مناطق مسکونی، فاصله از جنگل، فاصله از جاده و فاصله از رودخانه) و همچنین دارای ۱۰ نقشه پتانسیل‌های انتقال است. در نهایت، سناریو ۳ نیز طی دوره ۱۳۶۷-۱۳۹۲ با شش متغیر (مدل رقومی ارتفاعی (DEM)، شیب، فاصله از مناطق مسکونی، فاصله از جنگل، فاصله از جاده و فاصله از رودخانه) و همچنین دارای ۱۰ نقشه پتانسیل‌های انتقال است (جدول ۲). هنگامی که متغیرهای مدل برای هر سناریو انتخاب شدند، هر انتقال با استفاده از رگرسیون لجستیک

جدول ۲. سناریوهای مختلف جهت پیش‌بینی کاربری اراضی

سناریو	متغیر	تعداد نقشه‌های پتانسیل انتقال
۱	۶	۱۰
۲	۶	۱۰
۳	۶	۱۰

سناریویی که بالاترین ضرایب مورد نظر را ارائه داد به عنوان سناریوی مورد نظر جهت پیش‌بینی کاربری اراضی آینده انتخاب شد (Klar & Donner, 1996; Paudel & Yuan, 2012).

۸.۲. پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی

احتمال انتقال محاسبه شده از هر کاربری به کاربری دیگر با استفاده از زنجیره مارکوف محاسبه شد. سپس مدل‌سازی برای سال ۱۳۹۲ با استفاده از مدل پیش‌بینی سخت اجرا شد (Joorabian et al., 2013) و در نهایت برای پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی سال ۱۴۰۴ از سناریو ۳ (۱۳۶۷-۱۳۹۲) استفاده شد. شکل ۲، نگاره جریان‌ی مراحل انجام تحقیق را نشان می‌دهد.

۷.۲. ارزیابی صحت مدل برای سناریوهای

مختلف ارزیابی با استفاده از روش GEOMOD

ارزیابی و صحت‌سنجی مدل را برای سناریوهای مختلف با استفاده از روش GEOMOD نشان می‌دهد برای ارزیابی صحت مدل از هفت پارامتر $N(m)$ ، $N(n)$ ، $H(m)$ ، $M(m)$ ، $K(m)$ و $P(p)$ استفاده شد. همچنین آماره‌های کاپا Kno ، $Klocation$ و $Kstandard$ به ترتیب مربوط به مقادیر کاپای کلی، کاپای مطابق با مکان، کاپای مطابق با مقدار) نیز به منظور ارزیابی صحت مدل استفاده شدند. خطا و صحت پیش‌بینی مدل بر اساس نقشه‌های پوشش اراضی ۱۳۹۲ واقعیت زمینی و ۱۳۹۲ حاصل از پیش‌بینی برای سناریوهای ۱، ۲ و ۳ محاسبه شد و مقادیر پارامترهای صحت‌سنجی برای هر کدام از این سناریوها به دست آمدند. در نهایت،

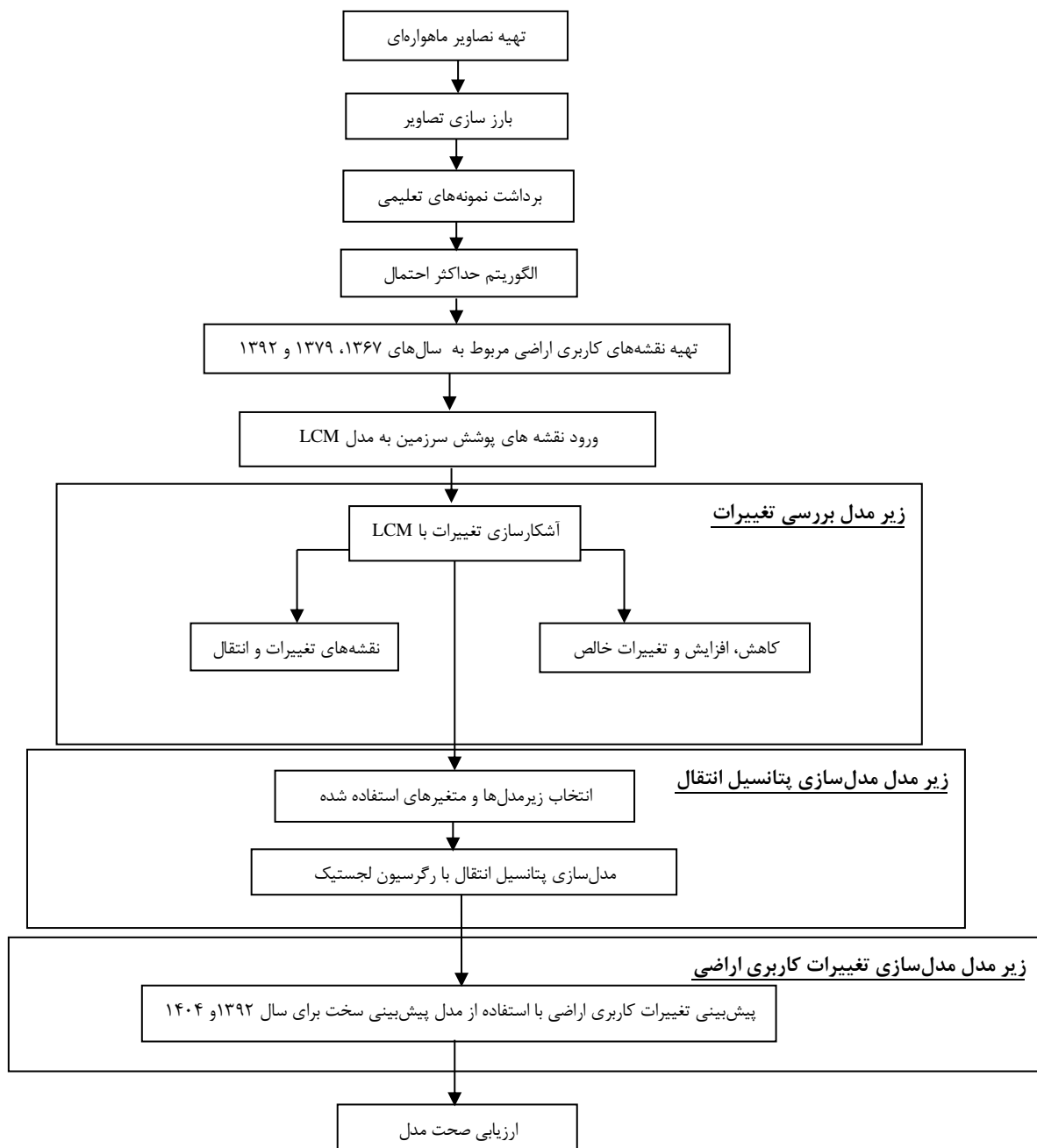
۱- Relative Operating Characteristic

۳. نتایج

۱.۳. تعیین بهترین ترکیب باندى

برای انتخاب بهترین ترکیب باندى از مقادیر ضریب کاپا و صحت کلی استفاده گردید. نتایج نشان داد که سنجنده TM با ترکیب باندى ۱، ۲ و ۴ (دارای ضریب کاپا و صحت کلی ۰/۷۸ و ۸۴/۷۷)، سنجنده ETM+ با

ترکیب باندى ۴، PCA۱ و MNF۱ (دارای ضریب کاپا و صحت کلی ۰/۷۵ و ۸۲/۹۶) و سنجنده OLI با ترکیب باندى ۲، MNF1 و NDVI (دارای ضریب کاپا و صحت کلی ۰/۷۷ و ۸۱/۳۴) که به ترتیب در RGB قرار می‌گیرند، بالاترین ضرایب را ارائه می‌دهند، بنابراین به عنوان بهترین ترکیب باندى معرفی شدند.

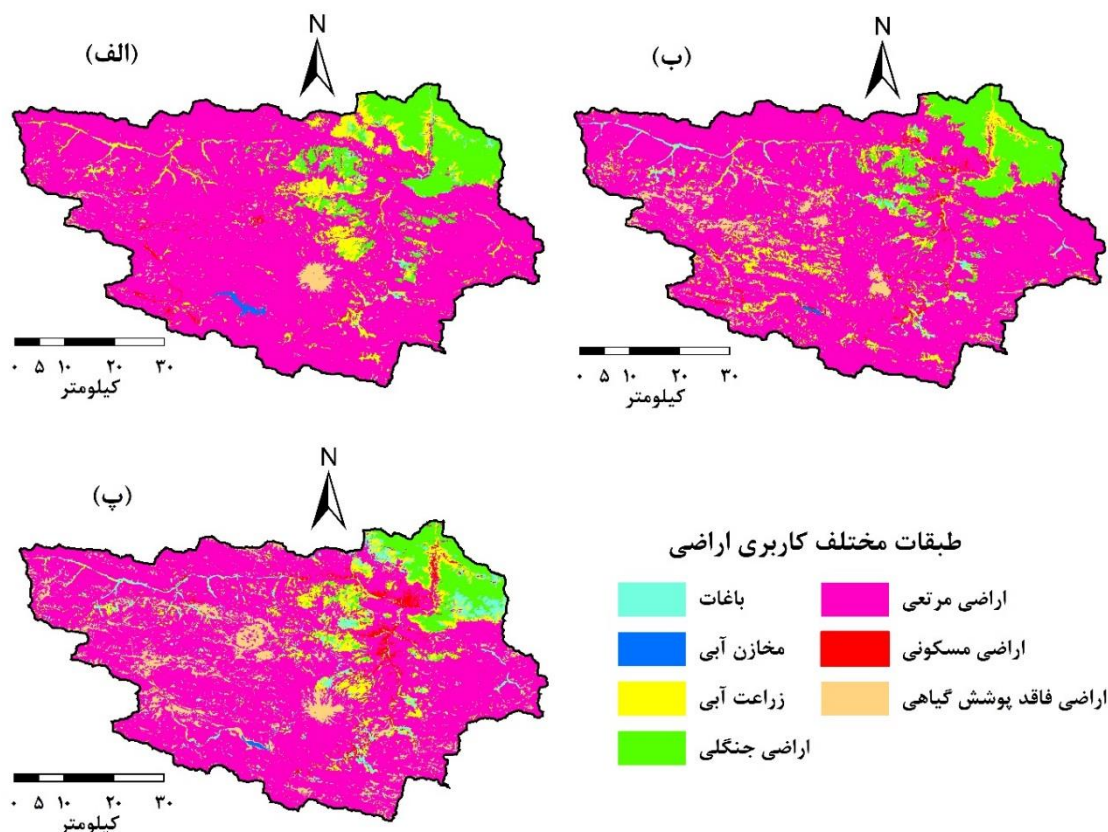


شکل ۲. نگاره جریانی مراحل انجام تحقیق

۲.۳. نقشه کاربری اراضی

پس از تهیه کلیه لایه‌های اطلاعاتی شامل: جنگل، مرتع، زراعت آبی، باغات، مسکونی، اراضی فاقد پوشش گیاهی و

مخازن آبی نقشه‌های کاربری اراضی حوزه آبخیز هراز در سال‌های ۱۳۶۷، ۱۳۷۹ و ۱۳۹۲ به دست آمد. شکل ۳. نقشه کاربری اراضی مربوط به این سال‌ها را نشان می‌دهد.



شکل ۳. نقشه کاربری اراضی منطقه مورد مطالعه: (الف) مربوط به سال ۱۳۶۷ (سنجنده TM)، (ب) مربوط به سال ۱۳۷۹ (سنجنده ETM+) و (پ) مربوط به سال ۱۳۹۲ (سنجنده OLI)

۳.۳. ارزیابی صحت نقشه‌های کاربری اراضی

صحت نقشه‌های کاربری اراضی تولید شده با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای مربوط به سال‌های مورد مطالعه به ترتیب در جداول ۳ ارائه شده است. خطای گماشته شده و حذف شده مربوط به کلاس‌های کاربری اراضی مورد بررسی قرار گرفت. خطای گماشته شده نشان‌دهنده مساحت اراضی

یک کلاس است که واقعاً به آن کلاس تعلق ندارد و خطای حذف شده نشان‌دهنده میزان مساحت اراضی یک کلاس است که جزء کلاس‌های دیگر طبقه‌بندی شده‌اند.

۴.۳. مدل‌سازی پتانسیل انتقال

پس از انتخاب زیرمدل‌ها و متغیرهای مناسب، متغیرها یا به صورت استاتیک و یا به صورت دینامیک وارد مدل

شدند. جدول ۴ رابطه بین متغیرها و کاربری‌های مختلف اراضی را با استفاده از ضریب کرامر نشان می‌دهد، به طوری که هرچه ضریب کرامر بین متغیر و کاربری مورد نظر بیشتر باشد ارتباط قوی‌تر و بهتری را ارائه می‌دهد. بنابراین متغیر مورد نظر با ضریب بالاتر در واقع

تأثیرگذاری بیشتری را ارائه می‌دهد. برای مدل‌سازی پتانسیل انتقال نیز از مدل رگرسیون لجستیک استفاده شد. مطابق جدول ۵ همبستگی بین انتقال‌ها و متغیرها در دامنه ۰/۶۴۷۵ تا ۰/۹۹۷۸ به دست آمد که نشان‌دهنده ارتباط بالا بین انتقال‌ها و متغیرهاست.

جدول ۳- ارزیابی نتایج طبقه‌بندی

سال	نوع کاربری	دقت کاربر	دقت تولیدکننده	خطای گماشته شده	خطای حذف شده	صحت کلی (درصد)	ضریب کاپا
۱۳۶۷	باغات	۷۹/۲۴	۸۵/۹۵	۲۱/۷۶	۱۴/۰۵	۸۴/۷۷	۰/۷۸
	مخازن آبی	۱۰۰	۱۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰		
	زراعت آبی	۸۰/۸۶	۸۶/۴۷	۱۹/۱۴	۱۳/۵۳		
	اراضی جنگلی	۹۶/۶۳	۹۰/۱۳	۳/۳۷	۹/۸۷		
	اراضی مرتعی	۸۷/۸۱	۹۵/۶۴	۱۲/۱۹	۴/۳۶		
	اراضی مسکون	۹۳/۷۵	۸۲/۵۰	۶/۳۵	۱۷/۵۰		
	اراضی فاقد پوشش گیاهی	۸۵/۰۰	۷۸/۷۵	۱۵/۰۰	۲۱/۲۵		
۱۳۷۹	باغات	۷۹/۹۳	۹۵/۰۴	۲۰/۰۷	۴/۹۶	۸۲/۹۶	۰/۷۵
	مخازن آبی	۱۰۰	۱۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰		
	زراعت آبی	۸۰/۴۹	۸۵/۲۲	۱۹/۵۱	۱۴/۷۸		
	اراضی جنگلی	۹۸/۵۶	۹۱/۹۳	۱/۴۱	۸/۰۷		
	اراضی مرتعی	۸۸/۰۱	۹۷/۵۱	۱۱/۹۹	۲/۴۹		
	اراضی مسکونی	۸۳/۳۸	۹۳/۷۵	۱۶/۶۲	۶/۲۵		
	اراضی فاقد پوشش گیاهی	۸۸/۶۴	۸۸/۷۵	۱۱/۳۶	۱۱/۲۵		
۱۳۹۲	باغات	۸۶/۶۸	۸۶/۴۱	۱۳/۳۲	۱۳/۵۹	۸۱/۳۴	۰/۷۷
	مخازن آبی	۱۰۰	۹۹/۲۲	۰/۰۰	۰/۷۸		
	زراعت آبی	۸۳/۵۰	۷۷/۷۴	۱۶/۵۰	۲۲/۲۶		
	اراضی جنگلی	۱۰۰	۸۴/۲۵	۰/۰۰	۱۵/۷۵		
	اراضی مرتعی	۸۱/۵۲	۹۰/۸۳	۱۸/۴۸	۹/۱۷		
	اراضی مسکونی	۹۲/۹۸	۹۶/۳۶	۷/۰۲	۳/۶۴		
	اراضی فاقد پوشش گیاهی	۹۸/۸۹	۸۳/۱۷	۱/۱۱	۱۶/۸۳		

جدول ۴. ضرایب کرامر برای کاربری‌های مختلف در سناریوی ۳ با دوره واسنجی ۱۳۹۲-۱۳۶۷

متغیر/ کاربری اراضی	باغات	مخازن آبی	زراعت آبی	اراضی جنگلی	اراضی مرتعی	اراضی مسکونی	اراضی فاقد پوشش گیاهی
مدل رقومی ارتفاع	۰/۱۳۶۴	۰/۰۰۰۰	۰/۱۶۸۷	۰/۵۱۰۹	۰/۴۳۷۹	۰/۱۳۵۴	۰/۲۸۱۵
شیب	۰/۰۵۵۵	۰/۰۰۰۰	۰/۰۲۴۲	۰/۱۱۰۶	۰/۰۷۶۱	۰/۰۱۰۱	۰/۰۸۲۶
فاصله از رودخانه	۰/۱۳۶۳	۰/۰۰۰۰	۰/۰۹۴۵	۰/۰۶۱۱	۰/۱۲۷۰	۰/۰۹۰۷	۰/۰۳۷۵
فاصله از جاده	۰/۱۳۶۹	۰/۰۰۰۰	۰/۰۷۲۹	۰/۱۶۴۸	۰/۰۹۴۸	۰/۱۱۲۴	۰/۱۳۰۷

۰/۱۶۲۲	۰/۰۶۰۱	۰/۰۶۰۱	۰/۵۱۷۸	۰/۱۲۳۸	۰/۰۰۰۰	۰/۱۰۵۹	فاصله از جنگل
۰/۰۷۷۵	۰/۲۳۷۱	۰/۲۰۶۶	۰/۱۳۸۹	۰/۰۹۰۴	۰/۰۰۰۰	۰/۱۰۵۹	فاصله از اراضی مسکونی

جدول ۵. نتایج رگرسیون لجستیک برای پیش بینی پتانسیل انتقال در مدل LCM

مقدار ROC	زیرمدل
۰/۷۳۳۸	مرتع به باغ
۰/۸۲۴۹	باغ به مسکونی
۰/۷۲۰۳	مرتع به مسکونی
۰/۸۳۷۲	جنگل به باغ
۰/۸۲۳۴	جنگل به مرتع
۰/۹۰۳۷	جنگل به مسکونی
۰/۷۷۱۷	جنگل به زراعت آبی
۰/۶۴۷۵	زراعت آبی به باغ
۰/۸۵۳۲	زراعت آبی به مسکونی
۰/۶۶۷۱	مرتع به اراضی فاقد پوشش گیاهی

دچار تغییرات چشمگیری شده‌اند. مساحت هر کاربری در سال‌های ۱۳۶۷، ۱۳۷۹ و ۱۳۹۲ در جدول ۶ نشان داده شده است.

۵.۳. آشکارسازی تغییرات با استفاده از LCM
نتایج نشان داد که کاربری‌ها در منطقه مورد مطالعه

جدول ۶. نتایج آنالیز تغییرات کاربری اراضی

سال ۱۳۹۲		سال ۱۳۷۹		سال ۱۳۶۷		نوع کاربری
درصد	کیلومتر مربع	درصد	کیلومتر مربع	درصد	کیلومتر مربع	
۳/۲۲۲	۱۲۹/۳۴۹	۱/۳۹۲	۵۵/۸۸۴	۱/۰۲۱	۴۰/۹۸۵	باغات
۰/۰۹۰	۳/۵۹۸	۰/۱۰۸	۴/۳۲۵	۰/۲۷۵	۱۰/۹۹۱	مخازن آبی
۳/۶۲۹	۱۴۵/۶۸۶	۳/۲۳۹	۱۳۰/۰۲۱	۴/۲۶۶	۱۷۱/۲۷۰	زراعت آبی
۶/۰۸۴	۲۴۴/۲۳۹	۸/۷۵۲	۳۵۱/۳۱۵	۱۰/۲۸۴	۴۱۲/۸۰۷	اراضی جنگلی
۷۵/۸۵۷	۳۰۴۴/۹۷۷	۸۰/۲۹۰	۳۲۲۲/۹۱۹	۸۰/۹۵۰	۳۲۴۹/۴۳۱	اراضی مرتعی
۲/۱۶۱	۸۶/۶۷۶	۱/۶۶۹	۶۶/۹۵۱	۰/۸۷۴	۳۵/۰۲۵	اراضی مسکونی
۸/۹۵۷	۳۵۹/۵۵۰	۴/۵۵۰	۱۸۲/۶۶۰	۲/۳۳۰	۹۳/۵۶۶	اراضی فاقد پوشش گیاهی
۱۰۰	۴۰۱۴/۰۷۵	۱۰۰	۴۰۱۴/۰۷۵	۱۰۰	۴۰۱۴/۰۷۵	جمع کل

۶.۳. استفاده از روش GEOMOD

ارزیابی صحت نقشه‌های پیش‌بینی شده با

که سناریوی ۳ با دوره واسنجی ۱۳۹۲-۱۳۶۷ با توجه صحت بالاتر، برای مدل‌سازی پتانسیل انتقال استفاده شد.

جدول ۷ نتایج حاصل از ارزیابی و صحت‌سنجی مدل را برای سناریوهای مختلف با استفاده از روش GEOMOD نشان می‌دهد. با توجه به این جدول می‌توان بیان داشت

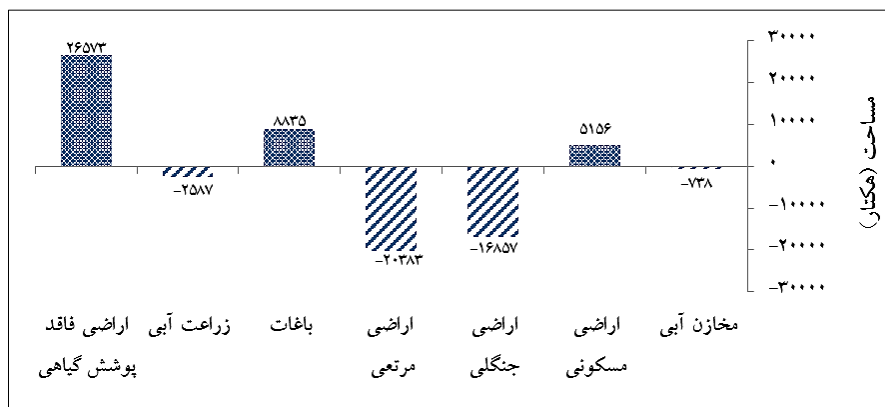
جدول ۷- نتایج ارزیابی صحت با استفاده از GEOMOD

پارامترهای صحت‌سنجی	مقادیر		
	سناریوی ۱	سناریوی ۲	سناریوی ۳
N(n)	۰/۱۲۵	۰/۱۲۵	۰/۱۲۵
N(m), H(m)	۰/۳۷۷۹	۰/۳۵۲۷	۰/۳۵۷۵
M(m)	۰/۸۶۷۱	۰/۹۴۳۵	۰/۹۵۰۱
K(m), P(m)	۰/۹۷۱۸	۰/۹۴۷۱	۰/۹۵۶۱
P(p)	۱/۰۰۰۰	۱/۰۰۰۰	۱/۰۰۰۰
Kno	۰/۸۴۸۱	۰/۹۳۵۴	۰/۹۴۳۰
Klocation	۰/۸۲۳۷	۰/۹۹۰۰	۰/۹۹۳۸
Kstandard	۰/۷۸۶۴	۰/۹۱۲۶	۰/۹۲۲۴

{N(n): تطابق ناشی از شانس} - {N(m): تطابق بین نقشه واقعی و نقشه مقایسه اصلاح شده در مناطقی که اصلاحات به‌طور تصادفی برای پیکسل‌های معیوب برای کل نقشه مقایسه انجام شده است} - {H(m): تطابق بین نقشه واقعی و نقشه مقایسه اصلاح شده در مناطقی که اصلاحات به‌طور تصادفی برای پیکسل‌های معیوب برای هر لایه یا کاربری نقشه مقایسه انجام شده است} - {M(m): تطابق بین پیکس‌هایی می‌باشد که به صورت صحیح طبقه‌بندی شده‌اند و عموماً جهت ارزیابی بین نقشه‌های واقعی و مقایسه استفاده می‌شود} - {K(m): تطابق بین نقشه واقعی و نقشه مقایسه اصلاح شده در مناطقی که اصلاحات به منظور به حداکثر رساندن تطابق برای پیکسل‌های معیوب برای هر لایه یا کاربری نقشه مقایسه انجام شده است} - {P(m): تطابق بین نقشه واقعی و نقشه مقایسه اصلاح شده در مناطقی که اصلاحات به منظور به حداکثر رساندن تطابق برای پیکسل‌های معیوب برای کل نقشه مقایسه انجام شده است} - {P(p): تطابق کامل و عالی که نشان‌دهنده نقشه واقعی و نقشه مقایسه که به لحاظ مقدار و مکان دارای اطلاعات کاملاً صحیح است، بنابراین این پارامتر همیشه برابر ۱ است} - {Kno: تطابق کلی} - {Klocation: تطابق ناشی از مکان بین دو کلاس در نقشه‌های واقعی و مقایسه} - {Kstandard: تطابق ناشی از مقدار بین دو کلاس در نقشه‌های واقعی و مقایسه}

پوشش گیاهی و اراضی مرتعی به ترتیب با ۲۶۵۷۳ هکتار افزایش و ۲۰۳۸۳ هکتار کاهش است.

شکل ۴ نیز تغییرات خالص طبقات کاربری اراضی را بر حسب هکتار نشان می‌دهد. با توجه به این شکل بیشترین افزایش و کاهش مربوط به اراضی فاقد



شکل ۴. تغییرات خالص کاربری‌های اراضی بر حسب هکتار در سناریوی ۳ (دوره ۱۳۹۲-۱۳۶۷)

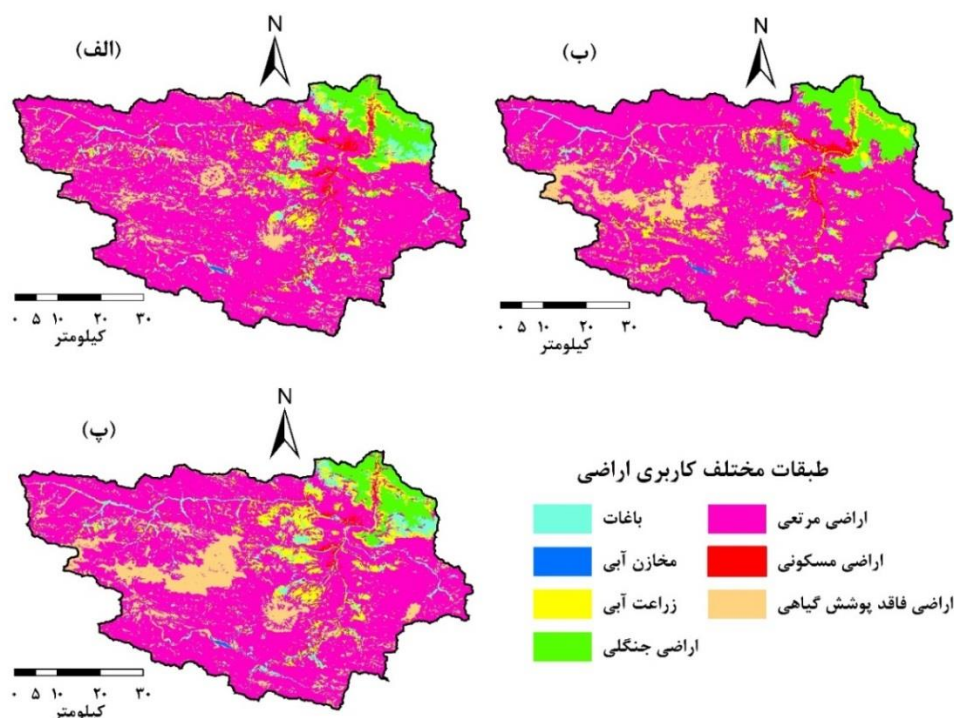
۷.۳. پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی

در این مرحله ابتدا احتمال انتقال به هر کاربری با استفاده از زنجیره مارکوف صورت پذیرفت (جدول ۷).

همان‌طور که از جدول ۸ پیداست حداکثر احتمال انتقال مربوط به کاربری زراعت آبی و باغات است. سپس نقشه کاربری اراضی پیش‌بینی شده مربوط به سال ۱۴۰۴ استفاده از سناریوی ۳ و زنجیره مارکوف به‌دست آمد (شکل ۵).

جدول ۸. ماتریس احتمالات انتقال محاسبه شده با استفاده از زنجیره مارکوف برای سناریوی ۳

دوره ۱۳۹۲-۱۳۶۷							
اراضی فاقد پوشش گیاهی	زراعت آبی	باغات	اراضی مرتعی	اراضی جنگلی	اراضی مسکونی	مخازن آبی	
۰/۲۲۹۹	۰/۰۰۰۰	۰/۰۱۲۷	۰/۰۲۳۲	۰/۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰	۰/۴۳۴۱	مخازن آبی
۰/۱۷۵۱	۰/۰۰۸۷	۰/۰۱۱۸	۰/۱۱۵۵	۰/۰۰۰۰	۰/۳۸۹۰	۰/۰۰۰۰	اراضی مسکونی
۰/۰۰۲۷	۰/۱۴۸۰	۰/۱۰۳۶	۰/۰۵۵۸	۰/۶۹۰۰	۰/۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰	اراضی جنگلی
۰/۰۶۷۵	۰/۰۱۳۵	۰/۰۰۵۱	۰/۹۰۰۱	۰/۰۰۰۱	۰/۰۱۳۷	۰/۰۰۰۰	اراضی مرتعی
۰/۰۰۰۰	۰/۳۴۸۲	۰/۵۳۰۶	۰/۰۳۶۴	۰/۰۱۴۵	۰/۰۷۰۳	۰/۰۰۰۰	باغات
۰/۰۰۰۰	۰/۱۴۳۰	۰/۲۱۴۴	۰/۳۳۵۷	۰/۰۰۰۰	۰/۱۰۷۹	۰/۰۰۰۰	زراعت آبی
۰/۶۳۲۲	۰/۰۰۰۰	۰/۰۰۰۲	۰/۲۶۲۸	۰/۰۰۰۳	۰/۰۰۴۶	۰/۰۰۰۰	اراضی فاقد پوشش گیاهی

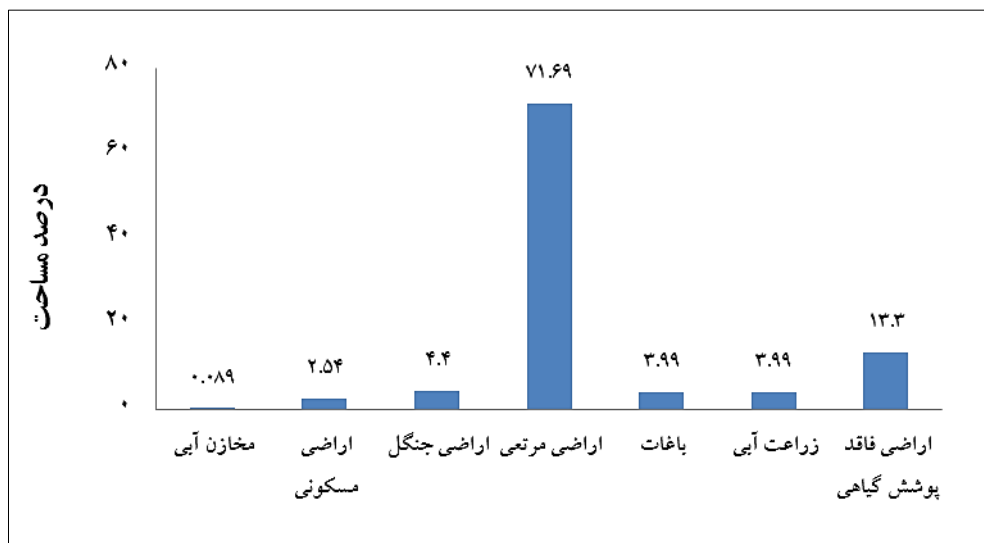


شکل ۵. نقشه کاربری اراضی منطقه مورد مطالعه: الف) نقشه واقعیت زمینی سال ۱۳۹۲ (سنجنده OLI)،

ب) نقشه پیش‌بینی سال ۱۳۹۲ و پ) مربوط به سال ۱۴۰۴ (با استفاده از سناریوی ۳)

شکل ۵ به ترتیب شامل الف) نقشه کاربری واقعیت زمینی سال ۱۳۹۲ (سنجنده OLI)، ب) نقشه کاربری اراضی پیش‌بینی شده مربوط به سال ۱۳۹۲ و پ) نقشه کاربری اراضی پیش‌بینی شده مربوط به سال ۱۴۰۴ (با استفاده از سناریوی ۳) است. مساحت کاربری‌های مختلف مربوط به سال ۱۴۰۴ بر حسب درصد در شکل ۶ ارائه شده است. تغییرات حاکی از آن بود طی سال ۱۴۰۴ نسبت به سال ۱۳۹۲ مساحت کاربری جنگل و مرتع به ترتیب $۶۷۵۱/۰۵$ و $۱۶۸۰۹/۰۱$ هکتار کاهش و مناطق مسکونی، زراعت آبی، باغات و اراضی فاقد پوشش گیاهی به ترتیب $۱۵۶۷/۲$ ، $۱۴۰۵/۶۸$ ، $۳۰۳۹/۳۸$ و $۱۷۴۰۵/۵۵$ هکتار افزایش خواهد یافت. تخریب اراضی جنگل و مراتع بیشتر در راستای تبدیل این اراضی به اراضی فاقد پوشش گیاهی، باغات و کاربری‌های دیگر بوده است. لذا توسعه اراضی فاقد پوشش گیاهی در دوره پیش‌بینی شده می‌تواند به دلیل استفاده بی‌رویه و بدون برنامه‌ریزی از اراضی جنگلی و مراتع و تبدیل شدن آن‌ها به اراضی فاقد پوشش گیاهی باشد.

شکل ۵ به ترتیب شامل الف) نقشه کاربری واقعیت زمینی سال ۱۳۹۲ (سنجنده OLI)، ب) نقشه کاربری اراضی پیش‌بینی شده مربوط به سال ۱۳۹۲ و پ) نقشه کاربری اراضی پیش‌بینی شده مربوط به سال ۱۴۰۴ (با استفاده از سناریوی ۳) است. مساحت کاربری‌های مختلف مربوط به سال ۱۴۰۴ بر حسب درصد در شکل ۶ ارائه شده است. تغییرات حاکی از آن بود طی سال ۱۴۰۴ نسبت به سال ۱۳۹۲ مساحت کاربری جنگل و مرتع به ترتیب $۶۷۵۱/۰۵$ و $۱۶۸۰۹/۰۱$ هکتار کاهش و مناطق



شکل ۶. مساحت کاربری مختلف اراضی (بر حسب درصد) مربوط به سال ۱۴۰۴

۴. بحث و نتیجه گیری

بیشترین تخریب اراضی جنگلی در حاشیه اراضی کشاورزی و باغات اتفاق افتاده است که می‌تواند به دلیل دسترسی آسان به این نواحی و توسعه فعالیت‌های انسانی و تأثیر عوامل انسانی بر جنگل زدایی باشد. از آنجا که اراضی کشاورزی بیشتر در شیب‌های کمتر از ۲۰ درصد در نواحی مرکزی تا شمال شرقی حوضه این شرایط را فراهم کرده‌اند، تخریب جنگل‌ها در این مناطق بیشتر اتفاق افتاده است. Parker و همکاران (۲۰۰۵) نیز عمده‌ترین دلیل تخریب جنگل‌های یونان را تبدیل به اراضی کشاورزی اعلام کردند، علاوه بر این از دیگر دلایل تخریب جنگل‌ها می‌توان تبدیل این اراضی به اراضی مرتعی نام برد که این می‌تواند به دلیل عدم نظارت بر چرای دام توسط دامداران و تعرض به اراضی جنگلی اطراف و در نتیجه ورود دام به جنگل‌های حاشیه مراتع، چرای سرشاخه‌ها و در نهایت تخریب جنگل‌ها باشد. گسترش اراضی فاقد پوشش گیاهی و اراضی فاقد پوشش گیاهی (اراضی فاقد پوشش گیاهی) در منطقه مورد مطالعه

می‌تواند سبب افزایش فشار بر اراضی طبیعی از قبیل اراضی جنگلی و مرتعی شود و شرایط تخریب هرچه بیشتر آن‌ها را فراهم کند. همچنین تغییرات فیزیکی در ساختار اکولوژیکی منطقه مورد مطالعه که در طی دوره مورد مطالعه اتفاق افتاده است می‌تواند اثرات مهمی را در عملکرد اکولوژیکی و به‌طور خاص در شرایط انرژی طبیعی و زنجیره غذایی منطقه و به‌طور مهم‌تر در تنوع زیستی منطقه داشته باشد. آنالیز کاربری‌های اراضی و مدل‌سازی انتقال آن‌ها، پارامترهای مهمی برای مطالعات اکولوژیکی، زیست محیطی و اقتصادی-اجتماعی به منظور تعیین مؤلفه‌های اصلی ساختارهای اکولوژیکی و کاربری اراضی و همچنین جهت دست‌یابی به فراوانی، پیچیدگی‌های مکانی، یکپارچگی و دیگر ویژگی‌های کاربری اراضی یک منطقه هستند. این تجزیه و تحلیل‌ها می‌تواند اصول و پایه‌گزینه‌های مقایسه سناریوهای کاربری‌های مختلف را فراهم کند و از این‌رو درک تغییرات اساسی در شرایط مختلف کاربری اراضی را در طی دوره‌های مختلف فراهم کند. همچنین چنین مطالعاتی می‌تواند داده‌های کمی و مناسبی را از مقدار و حدود گستره کاربری‌های مختلف را

اکولوژیکی از محدودیت‌های آن است. این محدودیت‌ها نقش مهمی در استفاده مطمئن از کاربری‌های مختلف اراضی در فرآیند برنامه‌ریزی ایفا می‌کند. بنابراین ایجاد شرایط پایدار در منطقه و مدل‌سازی آن به منظور استفاده منظم و پایدار از منابع طبیعی یک منطقه از پیش شرط‌های رسیدن به چشم‌اندازها و اسناد بالادستی از جمله طرح توسعه پایدار می‌باشد.

در طی دوره‌های مختلف گذشته، حال و آینده و همچنین حدود و گستره آن‌ها را به لحاظ مکانی نیز در اختیار متولیان امر قرار دهد. اگرچه شناخت شرایط کاربری‌های مختلف اراضی در طی دوره‌های آینده، برنامه‌ریزی برای آینده را به واسطه ایجاد اطلاعات به لحاظ الگوی پراکنش مکانی آن‌ها تسهیل می‌کند ولی حفظ و ایجاد شرایط پایدار برای آینده هم به لحاظ آماری و هم به لحاظ

References

- Alansi, A.W., M.S.M., Amin, G., Abdul Halim, H.Z.M., Shafri, A.M., Thamer, A.R.M., Waleed, W., Aimrun, and M.H., Ezrin, 2009. The Effect of Development and Land Use Change on Rainfall-Runoff and Runoff-Sediment Relationships under Humid Tropical Condition: Case Study of Bernam Watershed Malaysia. *European Journal of Scientific Research*, 31 (1): 88-105.
- Babaei Aghdam, F., and H., Ebrahimzadeh, 2012. Land use modeling change and of agricultural land and Bareland to urban area in the Ardabil city using CLUE_S model. *Journal of ghegraphy and Development*, 26: 21-34. (In Persian)
- Darabi, H., K., Shahedi, K., Solaimani, and M., Miryaghoubzadeh, 2014. Prioritization of subwatersheds based on flooding conditions using hydrological model, multivariate analysis and remote sensing technique. *Water and Environment Journal*, 28 (3): 382-392.
- Donner, A., and N., Klar, 1996. The statistical analysis of kappa statistics in multiple samples. *Journal of Clinical Epidemiology*, 49: 1053-1058.
- Dunne, T., and L.B., Leopold, 1978. Water in environmental planning. W. H. Freeman and Co New York Pub, 818 pp.
- FAO. 1981. State of the world's forest. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome, 144 pp.
- Fatemi, S.B., and Y., Rezaei, 2010. Principles of remote sensing. Tehran. T: Azadeh, Tehran. 257 pages. (In Persian)
- Foody, G.M., 2000. Mapping Land Cover from Remotely Sensed Data with a Softened Ghats (India), *Sensors*, 8: 6132-6153.
- Gholamali fard, M., Sh., Shooshtari, S.H., Hosseini Kanoj, and M., Mirzaei, 2013. Modeling of land use changes using GIS and LCM in the coastal province, *Mohit shenasi*, 4: 109-124. (In Persian)
- Joorabian, Sh., E., Esmaeili Sari, M., Hosseini, and M., Gholamali fard, 2013. Logistic Regression and Markov Chain to predict the land use change in the East of Mazandaran. *Journal of Natural Resources – Environment*, 66: 351-361 (in Persian).
- Kamyab, H., A., Salman Mahiny, M., Hosseini, and M., Gholamalifard, 2013. Adopt a data-driven approach using logistic regression to model the urban growth in Gorgan, *Journal of Environmental Studies*, 36: 89-96. (In Persian)
- Kim, O.S., 2010. An Assessment of Deforestation Models for Reducing Emissions from Deforestation and Forest Degradation (REDD), *Transactions in GIS*, 14: 631-654.
- Lambin, E.F., 1997. Modelling and monitoring land-cover change processes in tropical regions, *Progress in Physical Geography*, 21: 375-393.
- Li, X., and A., Yeh, 2002. Neural-network-based cellular automata for simulating multiple land use changes using GIS. *International Journal of Geographical Information Science*, 16 (4): 323-343.

- Lourdesa, L., Z., Karinac, L., Pedrob, M., Héctora, and M., Néstorc, 2011. A dynamic simulation model of land cover in the Dulce Creek Basin, Argentina. A dynamic simulation model of land cover in the Dulce Creek Basin, Argentina, *Procedia Environmental Sciences*, 7: 194-199.
- Lu, D., P., Mausel, E., Brondizio, and E., Moran, 2004. Change detection techniques, mapping of the Twin Cities (Minnesota) Metropolitan Area with Multi-seasonal Landsat of plausible future states, *EARSel proceedings*, 5 (1): 63-76.
- Olaniyi, A.O., A.M., Abdullah, M.F., Ramli, and M.S., Alias, 2012. Assessment of drivers of coastal land use change in Malaysia. *Journal of Ocean & Coastal Management*, 67: 113-123.
- Onate-vadiieso, F., and J.B., sendra, 2010. Application of GIS and Remote sensing technques in generation of landuse scenario for hidrological modeling. *Journal of Hydrology*, 395 (4): 256-264.
- Park, S.J., N., Giesen, and P., Vlek, 2005. Optimal Spatial Scale for Land Use Change Modelling: A Case Study in a Savanna Landscape in Northern Ghana. *Journal of the Korean Geographical Society*, 40 (2): 221-241.
- Parker, D.C., S.M., Manson, and M.J., Deadman, 2003. Multi agent systems for the simulation of land use and land cover change: a Review, *Annals of the Association of American Geographers*, 43: 314-337.
- Paudel, S., and F., Yuan, 2012. Assessing landscape changes and dynamics using patch analysis and GIS modeling. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 16: 66-76.
- Perez-Vega, A., J., Mas, and A., Ligmann-Zielinska, 2012. Comparing two approaches to land use/cover change modeling and their implications for the assessment of biodiversity loss in a deciduous tropical forest. *Environmental Modelling & Software*, 29 (1): 11-23.
- Shattaei, Sh., and R., Bagheri, 2010. Decreasin of forest area modeling using the logistic regression (Case Study: Chehlchay Watershed, Golestan province). *Journal of forest*, 3: 243-252. (In Persian)
- Wanga, S.Q., X.Q., Zhenga, and X.B., Zangb, 2012. Accuracy assessments of land use change simulation based on Markov-cellular automata model. *Procedia Environmental Sciences*, 13: 1238-1245.
- Wu, Q., Li. R.S., Wang, J., Paulussen, Y., He, and L. Wa, 2006. Monitoring and predicting land use change in Beijing using remote sensing and GIS. *Landscape and Urban Planning*, 78 (4): 322-333.
- Yuan, F., M.E., Bauer, N.J., Heinert, and G.R., Holden, 2005. Multi-level Land Cover Mapping of the Twin Cities (Minnesota) Metropolitan Area with Multi-seasonal Landsat TM/ETM+ Data. *Geocarto International*, 20 (2): 5-13.
- Zare-Garizi, A., Sh., Vahed bordi, A., Sadodin, and S.E., Mahini, 2011. Using logistic regression in the spatial patterns modeling of vegetation change. *Fazaye Gegraphiaei*, 37: 56-68. (In Persian)