

مدل سازی تغییرات کاربری اراضی با استفاده از مدل ساز تغییر سرزمین (LCM) مطالعه موردی: شهرستان نکا

سیده معصومه فتح الهی رودباری^۱، دکتر مهرداد خانمحمدی^۲، دکتر کامران نصیراحمدی^۳

تاریخ دریافت : ۹۶/۱۱/۲۸ تاریخ پذیرش : ۹۶/۲/۱۲

چکیده

تغییرات کاربری به خصوص توسعه شهرها باعث تخریب زیستگاه های طبیعی و کاهش تنوع زیستی می شود. به طور معمول برنامه ریزان شهری جهت کنترل کردن تغییرات کاربری اراضی از روش مدل سازی استفاده می کنند. در این مطالعه، هدف مدل سازی تغییرات کاربری اراضی شهرستان نکا، با استفاده از LCM(Land Change Modeler) بوده است. جهت به دست آوردن نقشه کاربری اراضی منطقه از تصاویر ماهواره Landsat سنجنده های TM و ETM+ و TIRS_OLI متعلق به سال های ۱۹۸۸ و ۲۰۰۲ و ۲۰۱۶ استفاده گردید. همچنین جهت مدل سازی پتانسیل انتقال با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی انجام گرفت. در این مطالعه ۵ زیر مدل به همراه ۹ متغیر استفاده گردید. سپس جهت پیش بینی تغییرات کاربری سال ۲۰۱۶ از دوره واسنجی ۱۹۸۸ تا ۲۰۰۲ و زنجیره مارکف و مدل پیش بینی سخت استفاده شد. در نهایت نیز از نقشه سال های ۲۰۰۲ تا ۲۰۱۶ برای پیش بینی تغییرات کاربری اراضی متعلق به سال ۲۰۳۰ استفاده گردید. صحت مدل سازی با استفاده از ماتریس خطا ارزیابی شد. نتایج نشان داد که در طی سال های ۱۹۸۸ تا ۲۰۱۶ اراضی جنگلی ۲۲۹۷ هکتار کاهش داشته و بیشترین تغییرات مربوط به تبدیل اراضی جنگلی به کشاورزی بوده است. نتایج مدل سازی با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی نیز صحت بالایی بالای (۶۹ درصد) داشته است. نتیجه مدل سازی برای سال ۲۰۳۰ نیز نشان داد که مساحت جنگل کاهش میابد و اراضی کشاورزی و مناطق شهری افزایش پیدا می کنند.

کلیدواژه:

مدل سازی تغییرات کاربری اراضی ، LCM ، شهرستان نکا ، شبکه عصبی مصنوعی

۱ - دانشجوی کارشناسی ارشد محیط زیست گرایش ارزیابی و آمایش سرزمین دانشکده منابع طبیعی صومعه سرا

۲ - استادیار/ مدیریت محیط زیست از دانشگاه استرالیا، عضو هیات علمی گروه محیط زیست دانشکده منابع طبیعی صومعه سرا

۳- دکتری محیط زیست گرایش ارزیابی و آمایش سرزمین از دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، مسعول نظارت و پایش اداره کل

محیط زیست استان مازندران

مقدمه

با توجه به رشد سریع شهرنشینی اندازه زیادی از اراضی طبیعی مانند جنگل‌ها و تالاب‌ها، به مناطق مسکونی و اراضی کشاورزی تبدیل شده‌اند. این تغییرات سریع کاربری زمین تأثیرات زیادی بر روی محیط‌های طبیعی و انسانی داشته است. به طور مثال افزایش اراضی کشاورزی و مناطق مسکونی و صنعتی باعث جنگل زدایی، فرسایش، تخریب حوزه آبخیز، کاهش تنوع زیستی و آلودگی شده است. (جیان و همکاران، ۲۰۰۷). طبق گزارش FAO، ۱۳،۷ میلیون هکتار جنگل‌های طبیعی در کشورهای در حال توسعه از سال ۱۹۹۰ تا ۱۹۹۵ نابود شدند و دلیل اصلی این تخریب‌ها، مدیریت ناکارآمد و عدم استفاده از روش‌ها و فن آوری‌های مناسب می باشد (نقدی و همکاران، ۲۰۰۸). علم سنجش از دور یک ابزار جامع برای مدیریت منابع طبیعی، محققان دولتی، سازمان‌های حفاظتی و صنعتی است (کندی و همکاران، ۲۰۰۹). ماهواره‌های سنجش از دور به دلیل کسب داده به طور متناوب، فرمت دیجیتالی مناسب برای پردازش‌های کامپیوتری و روش‌های زمین مرجع سازی آن بهترین و دقیق‌ترین منبع داده برای تشخیص، کمی سازی و نقشه سازی الگوهای تغییرات کاربری اراضی است (Abd El-Kawy و همکاران، ۲۰۱۱). روش‌های مختلفی از الگوریتم‌های دیجیتالی برای آشکار سازی تغییرات

کاربری اراضی از داده‌های سنجش از دور وجود دارند؛ اما به طور اساسی به دو طبقه وسیع تقسیم می شوند شامل آنهایی که ابتدا آشکار سازی تغییرات را انجام می دهند سپس طبقات را مشخص می کنند (pre-classification) مثل principal و image differencing component analysis و آنهایی که ابتدا طبقات را مشخص می کنند و سپس آشکار سازی تغییرات را انجام می دهند (post-classification) (Van Oort, ۲۰۰۷).

به خلاصه یا ساده سازی جهان واقعی مدل می گویند. اهداف مدل سازی آموزش و کاهش ابهام جهت تصمیم گیری و برنامه ریزی و پیش بینی است (Abd El-Kawy و همکاران، ۲۰۱۱). با استفاده از ساخت مدل‌های مربوط به سطوح مختلف تصمیم گیری مانند اتخاذ راهبرد، سیاست، برنامه اجرایی، طرح ریزی و ارزیابی توان با GIS، می توان تصمیم گیری انجام داد؛ اما به طور کلی هدف از مدل سازی:

۱. ساده تر نمودن پیچیدگی نظام به طوری که قابل درک باشد.
۲. جمع بندی اطلاعات به طوری که از نظر ماهیت داده‌ها سازگار باشند.
۳. با استفاده از تلفیق اطلاعات، شبیه سازی درست کرد که شباهت

انتقال از یک کاربری به کاربری دیگر با توجه به متغیرهای توضیحی را گویند. متغیرها دو گروه متغیر مطلوبیت مانند شیب، نوع خاک و متغیر محرک مانند نزدیکی به جاده هستند. زیر مدل تخصیص تغییر مربوط به بخش تصمیم سازی است.

برای مدل سازی پتانسیل انتقال ۱۲ روش وجود دارد (Eastman و همکاران، ۲۰۰۵)

- ۱- میانگین ، ۲- محصول ، ۳- قانون Dempster،
- ۴- وزن های ملاک/تجمع ، ۵- کل احتمال تجربی ترکیب ، ۶- کل احتمال تجربی ترکیب ، ۷-
- رگرسیون لجستیک ، ۸- طبقه بندی نرم Bayesian با احتمال قبلی ، ۹- طبقه بندی Bayesian با احتمال مارکوفی ، ۱۰- طبقه بندی کننده نرم ، ۱۱- طبقه بندی کننده نرم فازی ، ۱۲- شبکه عصبی .

هدف از این مطالعه، آشکار سازی تغییرات کاربری اراضی در طی سال های ۱۹۸۸ تا ۲۰۱۶ و پیش بینی وضعیت کاربری اراضی در آینده در شهرستان نکا با استفاده از رویکرد مدل ساز تغییر زمین LCM است.

Rogan و Vaclavik در سال ۲۰۱۰ با استفاده از LCM به آشکار سازی تغییرات منطقه Olomouc جمهوری چک پرداختند. آنها تصویر سال ۱۹۹۱ ماهواره Landsat-5 سنجنده TM و Landsat-7 سنجنده ETM+ سال ۲۰۰۱ را با

زیادی به جهان واقعی داشته باشد (مخدوم، ۱۳۸۳).

با استفاده از مدل های تغییرات کاربری اراضی می توان علت ها و پیامدهای تغییرات کاربری اراضی را برای درک بهتر عملکرد سیستم های کاربری اراضی، مدیریت کاربری اراضی و شناسایی زون های حساس آنالیز و تجزیه و تحلیل کرد. همچنین با استفاده از این مدل ها می توان تغییرات پوشش اراضی را در آینده شناسایی کنند (Verburg و همکاران، ۲۰۰۴). Land Change Modeler (LCM) که مدل نرم افزاری است که به منظور تشخیص مسئله تبدیل زمین و نیازهای تحلیلی حفظ تنوع زیستی طراحی و ساخته شده است که به صورت یک برنامه عمودی^۱ در نرم افزار IDRISI وجود دارد، همینطور به صورت افزونه^۲ در ArcGIS نیز قرار دارد. با استفاده از این مدل می توان تغییرات پوشش اراضی و تأثیرات آن بر زیستگاه گونه ها و تنوع زیستی را ارزیابی و پیش بینی کرد. مدل های تغییرات کاربری اراضی سه جزء دارند شامل: زیر مدل نیاز تغییر ، زیر مدل پتانسیل انتقال و زیر مدل تخصیص تغییر . زیر مدل نیاز تغییر میزان تغییری که در طی یک دوره خاصی از زمان رخ می دهد مربوط است. میزان تغییر از یک طبقه کاربری به نوع دیگر در یک ماتریس احتمال انتقال نشان داده می شود. پتانسیل انتقال نیز مدل پتانسیل

¹ Vertical Application

² Extension

درجه و ۴۳ دقیقه و ۲۱ ثانیه عرض شمالی در شرق استان مازندران قرار دارد (شکل ۱). این شهرستان در ۲۰ کیلومتری شرق شهرستان ساری و نزدیک خلیج میانکاله قرار دارد. کاربری‌های این شهرستان شامل جنگل‌های هیرکانی، رودخانه نکا رود، اراضی کشاورزی و باغی، مناطق مسکونی و صنعتی می‌باشند (غلامی و همکاران، ۱۳۸۸). در سال ۱۳۷۸ این شهرستان دچار سیل زدگی شد و خسارات جانی و مالی فراوانی به آن وارد شد. اقلیم این شهرستان نیمه مرطوب معتدل و نیمه مرطوب سرد است (طالبی امیری و همکاران، ۱۳۸۸).

استفاده از روش طبقه بندی نظارت شده و خوارزمیک^۱ را با صحت ۰,۸ تا ۰,۸۴ طبقه بندی کردند. نمودارهای به دست آمده درصد کاهش یا افزایش یافتن یک از یک کاربری به کاربری دیگر را نشان می‌دادند که کاهش جنگل‌های سوزنی برگ را گزارش می‌کردند. همچنین نشان می‌داد که ۶ درصد از جنگل‌های مخلوط به جنگل پهن برگ تبدیل شده‌اند و ۳,۵ درصد مناطق مسکونی افزایش یافته‌اند.

آشکار سازی تغییرات توسط Diaz و همکارانش در سال ۲۰۱۱ با استفاده از LCM و تعیین متغیرهای موثر در تغییرات سرزمین شیلی انجام شد. آنها نیز رگرسیون لجستیک و نقشه‌های کاربری اراضی سال‌های ۱۹۸۵ و ۲۰۰۷ را جهت مدل سازی تغییرات به کار بردند. نتایج این مطالعه حاکی از این بود که اراضی کشاورزی در آن سال‌ها کاهش داشته است.

مواد و روش‌ها :

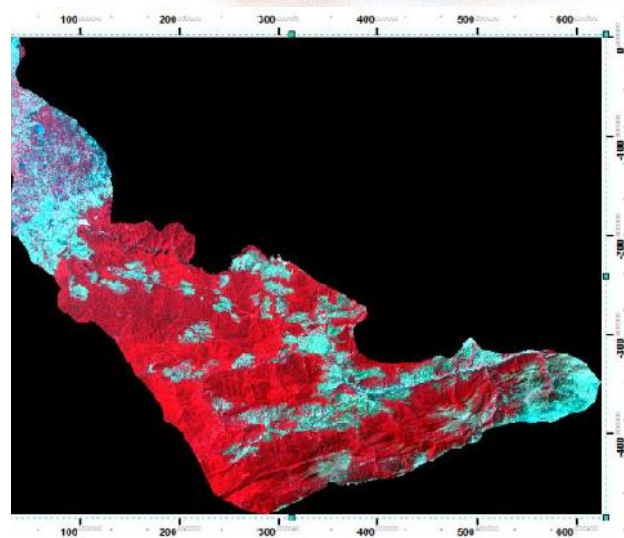
منطقه مورد مطالعه :

شهرستان نکا با مساحت ۱۳۳۸۲۶,۴۹ هکتار و با مختصات جغرافیایی ۵۳ درجه و ۸ دقیقه و ۲۱ ثانیه تا ۵۳ درجه و ۳۶ دقیقه و ۵۳ ثانیه طول شرقی و ۳۶ درجه و ۲۹ دقیقه و ۴ ثانیه تا ۳۶

¹ Algorithm

سرزمین به آن نیازمندیم (Onate-Valdivieso و Sendra، ۲۰۱۰).

بنابراین از تصاویر سنجنده TM و ETM+ و TIRS_OLI ماهواره Landsat مربوط به سال های 1988 ، 2002 ، 2016 جهت تولید نقشه های کاربری اراضی استفاده شد . جهت مشاهده صحیح کاربری های موجود مراحل پیش پردازش تصاویر شامل تصحیح هندسی و رادیومتریک بر روی تصاویر انجام گرفت و تصویر رنگی کاذب با ترکیب باندهای ۳ و ۴ و ۵ تهیه گردید. پنج طبقه کاربری اراضی در منطقه مورد استفاده در این مطالعه قرار گرفته اند که شامل کاربری شهری و صنعتی ، کشاورزی و باغ ، جنگل ، پهنه های آبی است. در ابتدا برای انجام طبقه بندی نظارت شده بایستی نمونه های تعلیمی را وارد کرد سپس طبقه بندی تصاویر ماهواره ایی انجام شود (Eastman، ۲۰۰۶). جهت طبقه بندی نمونه های تعلیمی ابتدا روش طبقه بندی کننده حداکثر احتمال استفاده شد (Schulz و همکاران، ۲۰۱۰)؛ اما به علت اینکه نقشه های به دست آمده از روش حداکثر احتمال نتیجه ایی مورد قبول ندادند در این تحقیق از روش ماشین بردار پشتیبان استفاده شد. سپس جهت حذف قطعات کوچک و ساده سازی تصاویر طبقه بندی شده از فیلتر 3*3MODE استفاده گردید. ارزیابی صحت نقشه های طبقه بندی شده با استفاده از ماتریس



شکل ۱- تصویر موقعیت شهرستان نکا در استان مازندران با باندهای ۳، ۴، ۵

روش کار :

تهیه نقشه کاربری و پوشش اراضی

نقشه کاربری اراضی به نقشه ایی گفته می شود که وضعیت سرزمین مورد مطالعه مان را در زمان های مختلف نشان دهد و ما برای مطالعه پویایی

و نقشه روند فضایی تغییرات از جنگل به همه کاربری‌ها، از همه کاربری‌ها به اراضی کشاورزی و مناطق مسکونی برای سال‌های مورد مطالعه به دست آمدند (Václavik و Rogan، ۲۰۱۰).
 نرم‌افزاری که در این پژوهش مورد استفاده قرار گرفت TerrSet است.

مدل سازی پتانسیل انتقال:

برای انتخاب زیر مدل‌هایی که بالاترین صحت را داشته باشند، لازم است که مدل را چندین مرتبه با سناریوهای مختلف اجرا کرد (Oñate-Valdivieso و Sendra، ۲۰۱۰). برای این منظور ۵ زیر مدل در نظر گرفته شد: ۱- زیر مدل انتقال جنگل به کشاورزی ۲- جنگل به مرتع ۳- مناطق شهری به کشاورزی ۴- کشاورزی به شهر ۵- مرتع به کشاورزی. دو کاربری جاده و رودخانه به دلیل خطی بودن، باعث ایجاد خطای زیادی در مدل سازی تغییرات کاربری اراضی می شدند، به این علت این دو کاربری در طبقه بندی تصاویر در نظر نگرفته شدند.

متغیرهایی که در این تحقیق استفاده شدند شامل:
 ۱- مدل رقومی ارتفاعی ۲- شیب ۳- فاصله از آبراهه ۴- فاصله از جاده ۵- فاصله از مناطق شهری ۶- فاصله از اراضی کشاورزی ۷- فاصله از جنگل ۸- فاصله از آبندان ۹- متغیر کیفی کاربری اراضی.

جهت بررسی میزان همبستگی بین متغیرهای مورد استفاده در مدل (مستقل) و طبقات کاربری اراضی

خطا انجام شد (Bakr و همکاران، ۲۰۱۰). برای ارزیابی صحت نقشه‌های تولید شده کاربری اراضی سال‌های ۲۰۱۶، ۲۰۰۲ و ۱۹۸۸ سنجنده های TM و +ETM و TIRS_OLI با تفسیر بصری تصاویر رنگی کاذب، GPS و گوگل ارث و مناطقی که طی زمان تغییر نکرده بودند، ارزیابی شدند (با ۲۸۰ تعداد نقطه واقعیت زمینی). سپس ضرایب کاپا کلی و صحت کلی محاسبه شدند (Yuan و همکاران، ۲۰۰۵).

رویه مدل‌سازی تغییرات با استفاده از مدل‌ساز تغییر سرزمین

مدل سازی تغییرات کاربری اراضی با استفاده از LCM به طور کلی ۴ مرحله دارد شامل:

۱- آشکار سازی تغییرات

۲- مدل‌سازی پتانسیل انتقال

۳- پیش‌بینی و مدل‌سازی تغییرات

۴- ارزیابی صحت مدل‌سازی

آشکار سازی تغییرات:

در این مطالعه از نقشه های کاربری اراضی سال‌های ۱۹۸۸ تا ۲۰۰۲ و ۲۰۰۲ تا ۲۰۱۶ و ۱۹۸۸ تا ۲۰۱۶ برای آشکارسازی تغییرات و آنالیز تغییرات منطقه وارد مدل شدند. موارد به دست آمده شامل: کاهش‌ها و افزایش‌ها در هر کاربری، تغییرات خالص، تغییر خالص از سایر کاربری‌ها به یک طبقه مورد نظر، نقشه تغییرات، نقشه مناطق تغییر نیافته

می تواند بر اساس حالت سیستم در زمان ۱ پیش بینی شود و در نتیجه ماتریس احتمالات انتقال به عنوان پایه ایی برای مدل سازی تغییرات کاربری اراضی ارائه گردد (Eastman, ۲۰۰۶).

نقشه های کاربری اراضی سال های ۱۹۸۸ و ۲۰۰۲ به عنوان ورودی مدل جهت پیش بینی تغییرات کاربری ارضی سال ۲۰۱۶ انتخاب شدند و ۵ زیر مدل با ۹ متغیر مذکور اجرا شدند (زیر مدل ۱ انتقال جنگل به کشاورزی با دوره واسنجی ۱۹۸۸-۲۰۰۲ ، زیر مدل ۲ انتقال جنگل به مرتع با دوره واسنجی ۱۹۸۸-۲۰۰۲ و زیر مدل ۳ انتقال کشاورزی به شهر با دوره واسنجی ۱۹۸۸-۲۰۰۲ و زیر مدل ۴ انتقال شهر به کشاورزی و زیر مدل ۵ انتقال مرتع به کشاورزی نام گذاری شدند) (جدول ۱).

جدول ۱: مشخصات سناریوهای مورد استفاده در تحقیق حاضر

| نام | دوره | تعداد | سال | تصویر | مورد |
|---------|-----------|-------|----------|---------|------------------|
| زیر مدل | واسنجی | متغیر | پیش بینی | استفاده | جهت ارزیابی صحت |
| ۱ | ۱۹۸۸-۲۰۰۲ | ۹ | ۲۰۱۶ | ۲۰۱۶ | OLI_TIRS Landsat |
| ۲ | ۱۹۸۸-۲۰۰۲ | ۹ | 2016 | ۲۰۱۶ | OLI_TIRS Landsat |

(وابسته) از ضریب کرامر استفاده شد. ضریب همبستگی کرامر در محدوده بین صفر و یک تغییر می کند که هر چه به یک نزدیکتر باشد میزان همبستگی بالای بین متغیرها و کاربری اراضی را نشان می دهد. معمولا ضریب بالای ۰,۱۵ برای ورودی مدل مناسب و ضریب بالای ۰,۴ خوب است. تمام متغیرهای کمی به طور مستقیم جز متغیر کیفی کاربری اراضی بعد از کمی سازی با استفاده از تابع تغییر شکل احتمال شواهد Evidence Likelihood و نقشه مناطق شهری و صنعتی در ورودی مدل مورد استفاده قرار گرفت (Eastman, ۲۰۰۶). در نهایت هر انتقال با استفاده از پرسپترون چند لایه شبکه عصبی مصنوعی مدل سازی شد (Pijanowski و همکاران، ۲۰۰۲). در این مدل سازی مهم ترین فرض این است که طبیعت توسعه و تغییرات یکسانی در طی زمان خواهد داشت یا به عبارت دیگر تغییرات گذشته می تواند تغییرات آینده را بر اساس سناریوی تاریخی پیش بینی کند. جهت تعیین ارزیابی مدل سازی پتانسیل انتقال با استفاده از پرسپترون چند لایه شبکه عصبی مصنوعی خطای آموزش و خطای تست محاسبه می شوند.

مدل سازی تغییرات کاربری اراضی:

تخصیص تغییر به هر کاربری با استفاده از زنجیره مارکف محاسبه می شود (Haibo و همکاران، ۲۰۱۱). در مدل مارکف حالت سیستم در زمان ۲

نقشه واقعیت زمینی تغییر کرده و نقشه پیش بینی شده ثابت مانده) و هشدار خطا^۴(خطا به علت اینکه نقشه واقعیت زمینی تغییر کرده و نقشه پیش بینی شده ثابت مانده است) به دست آمد. در سایر سناریوها نیز مطابق همین روش انجام شد. خطای کل پیش بینی مدل نیز با استفاده از فرمول زیر از مجموع خطا و هشدار خطا محاسبه می شود (Chen و Pontius Jr، ۲۰۱۰).

خطای کل = خطا (Miss) + هشدار خطا (False Alarm)

| | | | | |
|---------------------|------|---|---------------|---|
| ۲۰۱۶ | 2016 | ۹ | ۱۹۸۸- ۲۰۰۲ | ۳ |
| OLI_TIRS Landsat | | | | |
| ۲۰۱۶ | ۲۰۱۶ | ۹ | ۱۹۸۸- ۲۰۰۲ | ۴ |
| OLI_TIRS Landsat | | | | |
| ۲۰۱۶ | ۲۰۱۶ | ۹ | ۱۹۸۸- ۲۰۰۲ | ۵ |
| OLI_TIRS Landsat | | | | |

در نهایت از نقشه‌های کاربری اراضی ۱۹۸۸ و ۲۰۰۲ جهت مدل‌سازی تغییرات کاربری اراضی سال ۲۰۱۶ و با استفاده از ۵ زیر مدل و ۹ متغیر مذکور توسط مدل پیش بینی سخت استفاده شد (Khoi و Murayama، ۲۰۱۰).

ارزیابی صحت مدل:

خطا و صحت پیش بینی مدل بر اساس نقشه‌های کاربری اراضی ۲۰۱۶ واقعیت زمینی و نقشه ۲۰۱۶ حاصل از پیش بینی محاسبه شده و مقادیر موفقیت خنثی^۱(صحیح، به علت اینکه نقشه واقعیت زمینی ثابت بوده و نقشه پیش بینی شده هم ثابت بوده است)، موفقیت^۲(صحیح، به علت اینکه نقشه واقعیت زمینی تغییر کرده و نقشه پیش بینی شده هم تغییر کرده است)، خطا^۳(خطا به علت اینکه

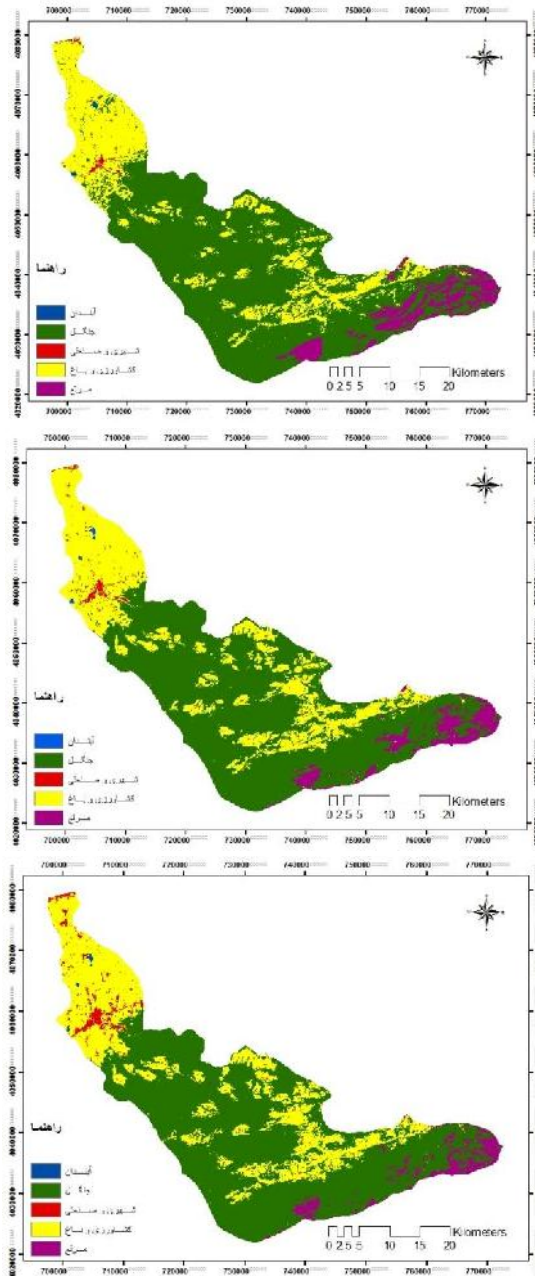
¹ Null Success

² Hit

³ Miss

⁴ False Alarm

شهری و صنعتی ، جنگل ، کشاورزی و باغ ، پهنه های آبی ، مرتع برای سال های ۱۹۸۸ و ۲۰۰۲ و ۲۰۱۶ تولید شد (شکل شماره ۳). کاپای کلی در نقشه های طبقه بندی شده سال های ۱۹۸۸ ، ۲۰۰۲ و ۲۰۱۶ به ترتیب ۷۷٪ و ۷۰٪ و ۸۲٪ به دست آمد.



شکل شماره ۲ : مراحل انجام کار

نتایج پژوهش

تولید نقشه های کاربری اراضی

پس از طبقه بندی تصاویر با استفاده از الگوریتم طبقه بندی کننده ماشین بردار پشتیبان ، نقشه های کاربری اراضی برای شهرستان نکا با ۵ طبقه کاربری

| | | | |
|------|---------|---------|--------|
| باغی | ۸ | ۲ | ۴ |
| مرتع | ۹۴۸۸,۶۱ | ۷۰۶۰,۳۲ | ۵۳۴۴,۴ |
| | | | ۷ |

شکل شماره ۲: نقشه کاربری اراضی تولیدشده از بالا به پایین به ترتیب سال‌های ۱۹۸۸ و ۲۰۰۲ و ۲۰۱۶

آشکارسازی تغییرات

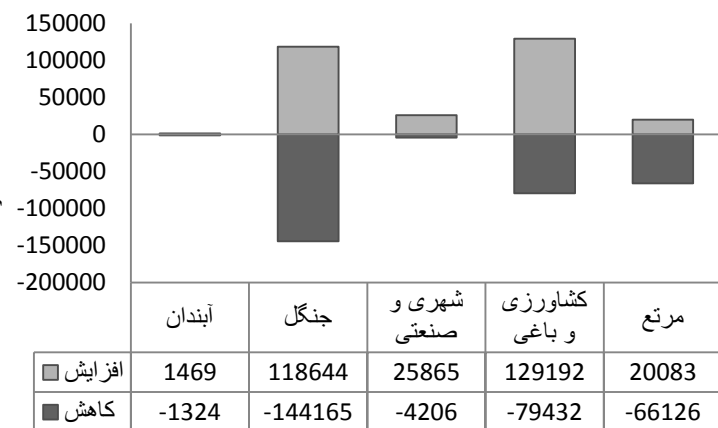
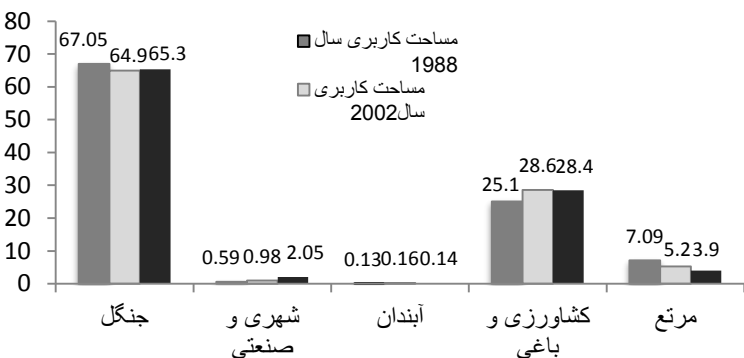
با توجه به جدول ۳ و شکل ۳ در طول دوره سال‌های ۱۹۸۸ تا ۲۰۱۶ نشان می‌دهد که تغییرات زیادی در اراضی شهری، جنگلی، کشاورزی اتفاق افتاده است. همچنین می‌توان نتیجه گرفت که کاربری شهری ۳,۵ برابر افزایش داشته و کاربری کشاورزی نیز افزایش داشته و اراضی جنگلی و مرتع کاهش داشته‌اند.

شکل شماره ۳: درصد تغییرات هر یک از کاربری‌ها در فواصل سال‌های ۱۹۸۸ تا ۲۰۱۶

با توجه به شکل ۴ می‌دانیم که میزان تغییرات خالص هر کاربری از تفاضل مقادیر اضافه شده و مقادیر کم شده همان کاربری به دست می‌آید.

جدول شماره ۳: مساحت هر یک طبقات کاربری اراضی در نقشه کاربری اراضی سال‌های ۱۹۸۸, ۲۰۰۲, ۲۰۱۶

| طبقه کاربری/پوشش | مساحت کاربری سال ۱۹۸۸ | مساحت کاربری سال ۲۰۰۲ | مساحت کاربری سال ۲۰۱۶ |
|------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| جنگل | ۸۹۷۳۸,۲ | ۸۶۹۱۸,۷ | ۸۷۴۴۰,۹ |
| شهری و صنعتی | ۷۹۹,۴۷ | ۱۳۲۳,۲۷ | ۲۷۴۸,۷ |
| آبندان | ۱۸۲,۶۱ | ۲۲۳,۰۲ | ۱۹۵,۶۶ |
| کشاورزی و باغی | ۳۳۶۱۸,۷ | ۳۸۳۰۱,۱ | ۳۸۰۹۶,۶ |



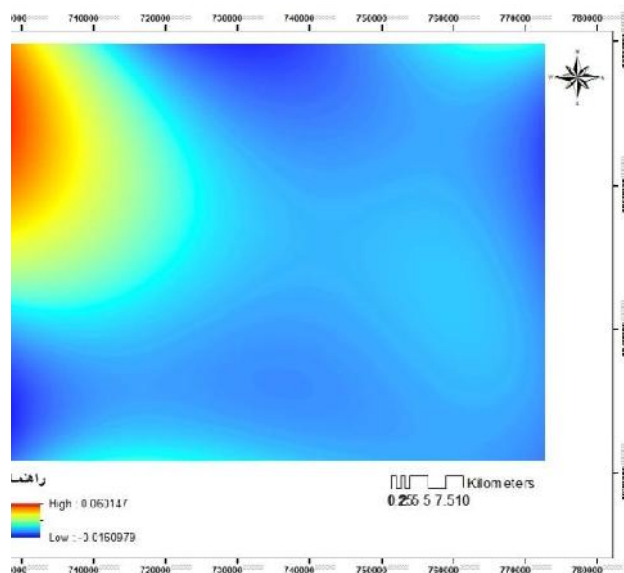
حاصل از این مدل سازی صحت بالای ۷۰ درصد داشته و صحت کل ۷۹٪ به دست آمد که قابل قبول می باشد (Eastman, 2006). در جدول ۵ نیز نشان داده شده که میزان ضریب کرامر نیز میزان همبستگی بین متغیر ها را نشان می دهد. جدول شماره ۴: ارزیابی صحت شبکه عصبی

مصنوعی

| سناریوها | ارزیابی صحت | خطای آموزش | خطای تست |
|-----------------|-------------|------------|----------|
| جنگل به کشاورزی | ٪ ۸۰,۳۱ | ۰,۰۲۱ | ۰,۰۳۱ |
| جنگل به مرتع | ٪ ۷۸,۲۲ | ۰,۰۳۹ | ۰,۰۳۳ |
| کشاورزی به شهر | ٪ ۷۹,۱۴ | ۰,۰۳۹ | ۰,۰۳۹ |
| شهر به کشاورزی | ٪ ۷۴,۵۶ | ۰,۰۴۵ | ۰,۰۶۱ |
| مرتع به کشاورزی | ۷۴,۲۳٪ | ۰,۰۴۴ | ۰,۰۴۴ |

شکل ۴: تغییرات کاربری اراضی بر حسب هکتار در طی سال های ۱۹۸۸ تا ۲۰۱۶

همچنین با توجه به شکل ۵ نقشه روند تغییرات مکانی توسعه شهری و مسکونی در دوره زمانی مورد مطالعه نیز نشان دهنده گرایش توسعه به سمت ساحل یعنی شمال و شمال غربی شهرستان می باشد.



شکل شماره ۵: نقشه روند و الگوی تغییرات بین سال های ۱۹۸۸ تا ۲۰۱۶

جدول شماره ۵: ضرایب همبستگی کرامر مربوط به هر یک از متغیرها

| متغیر | ضریب کلی همبستگی کرامر (Overall Cramer's V) |
|-------------------------|---|
| متغیر کیفی کاربری اراضی | ۰/۳۴ |

مدل سازی پتانسیل تغییر کاربری ها

با توجه به جدول ۴ مدل سازی پتانسیل انتقال بر اساس الگوریتم پرسپترون چند لایه شبکه عصبی مصنوعی انجام گرفت و با توجه به معیار های میزان دقت، خطای آموزش و خطای تست ارزیابی مدل سازی نیروی انتقال صورت پذیرفت. نتیجه

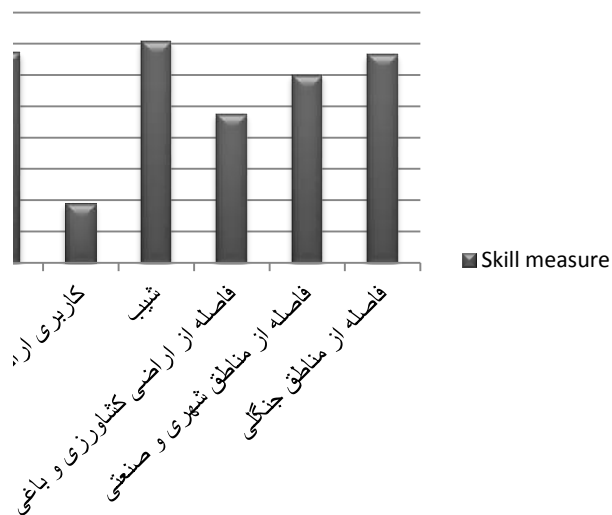
| | | | |
|--|-------|--------|--------------------------|
| فاصله از آبندان | 53.66 | 0.4851 | 3 |
| فاصله از آبراهه | 73.44 | 0.7049 | 8 |
| فاصله از جاده | 70.51 | 0.6724 | 7 |
| کاربری اراضی سال ۱۹۸۸ | 27.11 | 0.1901 | 1 (most influential) |
| شیب | 73.63 | 0.7070 | 9 (least influential) |
| فاصله از اراضی کشاورزی و باغی | 52.75 | 0.4750 | 2 |
| فاصله از مناطق شهری و صنعتی | 64.10 | 0.6011 | 4 |
| فاصله از مناطق جنگلی | 69.96 | 0.6663 | 6 |

| | |
|---------------------------------|------|
| | ۱۹۸۸ |
| مدل رقومی ارتفاع | ۰/۴۹ |
| فاصله از آبراهه | ۰/۱۶ |
| فاصله از جاده | ۰/۲۵ |
| فاصله از مناطق شهری و صنعتی | ۰/۴۶ |
| فاصله از مناطق کشاورزی و باغ | ۰/۴۶ |
| شیب | ۰/۲۷ |
| فاصله از مناطق جنگلی | ۰/۳۳ |
| فاصله از آبندان | ۰/۴۳ |

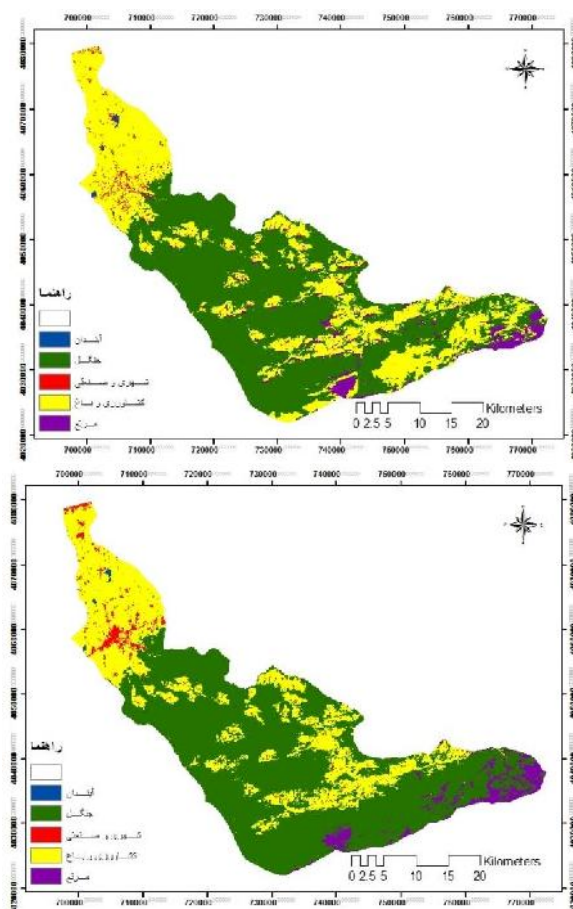
بعد از بررسی کردن میزان تاثیری که هر یک از متغیرها بر میزان صحت مدل سازی پتانسیل تغییر داشته‌اند نتیجه گرفته شد که متغیر کاربری اراضی سال ۱۹۸۸ دارای بیشترین تاثیر و معیار شیب دارای کمترین تاثیر می باشد (شکل ۶ و جدول ۶).

| مدل‌ها | Accuracy (%) | Skill measure | Influence order |
|------------------|--------------|---------------|-----------------|
| تمام متغیرها | 73.81 | 0.7090 | N/A |
| مدل رقومی ارتفاع | 64.65 | 0.6072 | 5 |

جدول شماره ۶: میزان تأثیر هر یک از معیارها بر نتیجه صحت مدل سازی پتانسیل انتقال



شکل شماره ۶: میزان تأثیر هر یک از متغیرها بر نتیجه صحت مدل سازی پتانسیل انتقال



شکل ۷: نقشه پیش بینی تغییرات کاربری اراضی با استفاده از مدل پیش بینی سخت سال ۲۰۱۶ (چپ) در مقایسه با نقشه واقعیت زمینی سال ۲۰۱۶ (راست)

بحث و نتیجه گیری :

طبق جدول شماره ۳ رشد $\frac{3}{5}$ برابری در مناطق شهری و صنعتی مشاهده شده است. همچنین مطابق نقشه های روند مکانی تغییرات از همه کاربری ها به مناطق شهری و صنعتی (شکل ۵) بیشترین توسعه در قسمت های غرب و شمال غربی

مدل سازی و پیش بینی تغییرات کاربری اراضی نقشه سال های ۲۰۱۶ و ۲۰۳۰ با استفاده از مدل ساز تغییر سرزمین پیش بین شدند و با مقایسه دو نقشه پیش بینی شده سال ۲۰۱۶ و نقشه واقعیت زمینی سال ۲۰۱۶ با استفاده از ابزار ماتریس خطا جهت صحت سنجی مدل استفاده گردید و میزان کاپای کلی ۶۹ درصد به دست آمد پس می توان نتیجه گرفت که نقشه پیش بینی شده سال ۲۰۳۰ نیز صحت بالایی دارد (شکل شماره ۷).

تبدیل شده است و همانطور که نقشه های کاربری اراضی نشان می دهند مناطق مسکونی از ۷۹۹ هکتار در سال ۱۹۸۸ به ۲۷۴۸ هکتار در سال ۲۰۱۶ افزایش داشتند.

در این مطالعه نتایج ارزیابی مدل سازی پتانسیل انتقال با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی صحت بالایی نشان داد. KIM در سال ۲۰۱۰ با استفاده از مدل سازی پتانسیل انتقال در دو انتقال جنگل و ساوان به اراضی تخریب یافته توسط انسان با استفاده از روش MLP به صحت ۶۶٫۰۳ دست یافتند. Perez-Vega و همکارانش در سال ۲۰۱۲ مدل سازی پتانسیل انتقال را با روش شبکه عصبی مصنوعی انجام دادند و در زیر مدل‌های احیا شامل انتقال اراضی کشاورزی به جنگل‌های خزان کننده گرمسیری، اراضی کشاورزی به جنگل‌های خزان کننده گرمسیری ثانویه و زیر مدل‌های جنگل زدایی شامل انتقال جنگل‌های خزان کننده گرمسیری به اراضی کشاورزی، جنگل‌های خزان کننده گرمسیری به مرتع، جنگل‌های خزان کننده گرمسیری ثانویه به اراضی کشاورزی، جنگل‌های خزان کننده گرمسیری ثانویه به مرتع و زیر مدل‌های اختلال شامل انتقال جنگل‌های خزان کننده گرمسیری به جنگل‌های خزان کننده گرمسیری ثانویه که دارای صحت ۵۹٫۲٪، ۳۵٫۲٪ و ۵۹٫۶٪ بوده‌اند از طرف دیگر صحت نتایج این مطالعه بالاتر از مطالعه آنها بوده است. همچنین در

منطقه می باشد. در شهرستان نکا و اطراف آن فرصت های شغلی و صنایع زیادی وجود دارد که باعث جذب روستاییان، صنعتی شدن و رشد و توسعه شهرستان نکا شده است. منطقه ویژه اقتصادی بندر امیرآباد به عنوان بزرگترین بندر در حال توسعه شمال ایران در کرانه جنوبی دریای خزر و ۱۵ کیلومتری شمال شرقی شهرستان ساری واقع شده است. بندر امیر آباد به دلیل برخورداری از موقعیت جغرافیایی، وسعت کافی و استعدادهای منحصر به فرد (۹ اسکله با کاربری غلات و چند منظوره، انبار ها، تجهیزات خشکی و دریایی متنوع) به عنوان دالان بین المللی ترانزیت شمال-جنوب، دسترسی به بازار های بزرگ آسیای میانه را به وجود آورده است. نیروگاه شهید سلیمی نکا یکی از بزرگترین نیروگاه های برق ایران است. این نیروگاه در ساحل دریای خزر و در ۲۲ کیلومتری شمال شهرستان نکا قرار دارد. همچنین پایانه نفتی نکا در جنوب شرقی دریای خزر در فاصله ۲۳ کیلومتری شمال شهرستان نکا کنار نیروگاه حرارتی نکا مستقر است.

شهرستان نکا به علت آب و هوای مناسب (بارندگی کافی)، عبور راه آهن سراسری و داشتن راه های ارتباطی مناسب، استقرار صنایع چوبی، سنگ آهک نکا، کارخانه سیمان، فولاد گستر نکا، فولاد گستر نکا، کارخانه سیلوی گندم نکا، کارخانه کشتی سازی صدرا به کانون توسعه در استان مازندران

نتیجه تخریب جنگل به وجود می آید مانند سیل ویرانگر شهرستان نکا در سال ۱۳۷۸ پیشگیری شود.

همچنین در طی دوران مورد مطالعه میزان زیادی از اراضی کشاورزی به مناطق شهری و صنعتی تبدیل شدند که تداوم این تبدیل باعث کاهش سطح کشت و تولید شده و همینطور زمینه را برای تغییر کاربری اراضی و واردات محصولات زراعی (مثل برنج) از کشورهای دیگر فراهم می کند؛ بنابراین بایستی هر چه سریع تر به فکر چاره ایی برای جلوگیری از روند نامطلوب تبدیل و تغییر کاربری اراضی کشاورزی در منطقه باشیم. تصویب قوانین جامع تر جهت جلوگیری از تکه تکه شدن و افزایش درآمد کشاورزان از جمله مواردی است که بایستی به طور جدی پیگیری شود. نتایج مدل سازی سال 2030 نیز نشان داد که مساحت جنگل در این سال کاهش می یابد و اراضی کشاورزی و باغی و مناطق شهری و صنعتی افزایش می یابند.

سال ۲۰۱۰ Chen و Pontius صحت مدل سازی با استفاده از GEOMOD را با کمک مقادیر بالا در ماساچوست بررسی کردند. آنها نتیجه گرفتند که مقادیر موفقیت خنثی ۰.۷۳٪، موفقیت ۰.۳٪، خطا ۰.۷٪ و هشدار خطا ۰.۱۷٪ بوده و خطای کل نیز ۰.۲۴٪ به دست آوردند، در این پژوهش خطای کل ۱۴,۶۰ به دست آمد که نسبت به مطالعه آنها کمتر بوده است؛ اما در سال ۲۰۱۰ Onate-Valdivieso و Sendra جهت ارزیابی مدل با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی ضریب کاپای ۸۶,۲ درصدی به دست آوردند که از مطالعه حاضر بالاتر بوده است.

در این مطالعه آشکار سازی و مدل سازی تغییرات کاربری اراضی در حوزه آبخیز نکا با استفاده از مدل LCM انجام گرفت. نتایج نشان داد که مساحت جنگل در این شهرستان به میزان زیادی کاهش داشته است؛ بنابراین ضروری است که اقدامات پیشگیرانه ایی به منظور حفاظت از جنگل های منطقه انجام گیرد تا در نهایت از مشکلاتی که

References:

1. Talebi Amiri, Sh., Azari Dehkordi, F, Sadeghi, S.H., Soof BAF, S.R. (1388). Analysis of the degradation of the Nema waters of the watersheds using the ecological metrics of the Territory. Environmental science 6 (3), 133-144. (in Persian)
2. Gholami, M.H., Mokhir B., Greginia, A., Hossein Zadeh Sahafi, H. (1388). Investigation on the percentage and severity of parasitic infection of river whitefish (*Leuciscus cephalus*) and Blackfish (*Capoeta capoeta gracilis*) of Neka river. Marine Science and Technology Researches 4 (3), 66-59. (in Persian)

3. Makhdoom, M., Dervish, Sefat, AA, Jafarzadeh, H., Makhdoom, AS. (1383). Evaluating and Planning the Environment with Geographic Information Systems (GIS). second edition. Tehran University Press, 309 pages. (in Persian)
4. Abd El-Kawy, O.R., Rød, J.K., Ismail, H.A., Suliman, A.S. (2011). Land use and land cover change detection in the western Nile delta of Egypt using remote sensing data. *Applied Geography* 31(2)483-494 .
5. Bakr, N., Weindorf, D.C., Bahnassy, M.H., Marei, S.M., El-Badawi, M.M. (2010). Monitoring land cover changes in a newly reclaimed area of Egypt using multi-temporal Landsat data. *Applied Geography* 30(4),592-605 .
6. Chen, H., Pontius Jr, R.G (2010). Diagnostic tools to evaluate a spatial land change projection along a gradient of an explanatory variable. *Landscape Ecology* 25(9),1319-1331.
7. Díaz, G.I., Nahuelhual, L., Echeverría, C., Marín, S. (2011). Drivers of land abandonment in Southern Chile and implications for landscape planning. *Landscape and Urban Planning* 99(3-4),207-217.
8. Eastman, J.R. (2006). *IDRISI Andes. Guide to GIS and Image Processing*. Clark Labs, Clark University, Worcester, MA.
9. Eastman, J.R., Van Fossen, M.E., Solarzano, L.A. (2005). Transition potential modeling for land cover change. In: Maguire, D., Goodchild, M., Batty, M. (Eds.), *GIS, Spatial Analysis and Modeling*. ESRI Press, Redlands, California.
10. Haibo, Y., Longjiang, D., Hengliang, G., Jie, Z. (2011). Tai'an land use Analysis and Prediction Based on RS and Markov Model. *Procedia Environmental Sciences* 10,2625-2610.
11. Kennedy, R.E., Cohen, W.B., Schroeder, T.A(2009). Trajectory-based change detection for automated characterization of forest disturbance dynamics. *Remote Sensing of Environment* 110 (3),370-386.
12. Khoi, D.D., Murayama, Y. (2010). Forecasting Areas Vulnerable to Forest Conversion in the Tam Dao National Park Region, Vietnam. *Remote Sensing* 2(5) ,1249-1272.
13. Kim, O.S. (2010). An Assessment of Deforestation Models for Reducing Emissions from Deforestation and Forest Degradation (REDD). *Transactions in GIS* 14(5), 631-654.
14. Naghdi, R., Bonyad, A., Maskani, H. (2008). Processes of forest products and production costs in Guilan forests, Iran. *Caspian Journal of Environmental Sciences* 6 (2), 167-173.
15. Oñate-Valdivieso, F., Sendra, J.B. (2010). Application of GIS and remote sensing techniques in generation of land use scenarios for hydrological modeling. *Journal of Hydrology* 395 (3-4),256-263.
16. Pérez-Vega, A., Mas, J., Ligmann-Zielinska, A. (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.
17. Pijanowski, B.C., Brown, D.G., Shellito, B.A., Manik, G.A. (2002). Using neural networks and GIS to forecast land use changes: a Land Transformation Model. *Computers, Environment and Urban Systems* 26 (6)553-575.

18. Schulz, J.J., Cayuela, L., Echeverria, C., Salas, J., Rey Benayas, J.M. (2010). Monitoring land cover change of the dryland forest landscape of Central Chile (1975-2008). *Applied Geography* 30 (3),436-447.
19. Václavík, T., Rogan, J. (2010). Identifying trends in land use/land cover changes in the context of post-socialist transformation in Central Europe: A case study of the greater Olomouc region, Czech Republic. *GIScience & Remote Sensing* 46(1),54-76.
20. Van Oort, P.A.J. (2007). Interpreting the change detection error matrix. *Remote Sensing of Environment* 108 (1),1-8.
21. Verburg, P.H., Soepboer, W., Veldkamp, A., Limpiada, R., Espaldon, V., Mastura, S. (2004). Modeling the Spatial Dynamics of Regional Land Use: The CLUE-S Model. *Environmental Management* 30 (3),391-405.
22. G. Crane, M., Su, J. (2007). An analysis of urban development and its environmental impact on the Tampa Bay watershed. *Journal of Environmental Management* 85 (4),965-976.
23. Yuan, F., Sawaya, K.E., Loeffelholz, B.C., Bauer, M.E. (2005). Land cover classification and change analysis of the Twin Cities (Minnesota) Metropolitan Area by multitemporal Landsat remote sensing. *Remote Sensing of Environment* 98,317-328.