علوم و تکنولوژی محیط زیست، دوره بیست و دوم، شماره یک، فروردین ماه ۹۹

ارزیابی تغییرات کاربری اراضی در حوضه آب‌خیز رودخانه تجن با تکیه بر سنجه‌های سیمای سرزمین

فاطمه رجایی[۱]

عباس اسماعیلی ساری[۲]

esmaili@modares.ac.ir

عبدالرسول سلمان ماهینی[۳]

مجید دلاور[٤]

علی‌رضا مساح بوانی[٥]

تاریخ دریافت: ۹۴/۰۲/۱۶ **تاریخ پذیرش: ۹۵/۰۳/۲۶**

چکیده

مقدمه: تغییرات کاربری اراضی و تخریب پوشش‌های طبیعی سبب اختلال در اکوسیستم و کاهش تنوع زیستی می‌شود. کاهش جنگل‌های هیرکانی ، متعلق به دوره ژوراسیک از ارزش‌مندترین جنگل‌های جهان، یکی از مهم‌ترین مشکلات در سال‌های اخیر است.

روش تحقیق: در پژوهش حاضر با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای به بررسی تغییرات کاربری اراضی و تجزیه‌وتحلیل سیمای سرزمین در دوره‌های زمانی مختلف، شامل سال‌های ۱۹۸۴، ۲۰۰۱ و ۲۰۱۰ پرداخته شد. جهت بررسی چگونگی روند تغییرات کاربری و سیمای سرزمین در افق زمانی آینده از مدل‌ساز تغییر سرزمین (LCM) استفاده شد. سنجه‌های سیمای سرزمین در نرم‌افزار FRAGSTATS ۴/۲ استخراج شدند.

نتایج و بحث: نتایج نشان می‌دهد که جنگل، کاربری غالب (۷۲ درصد از مساحت منطقه در سال ۱۹۸۴ و ۴۶ درصد در سال ۲۰۴۰) در منطقه موردمطالعه است. در سال ۱۹۸۴ مساحت جنگل‌ها ۸/۴ برابر کاربری کشاورزی بود و این میزان به ۱/۸ برابر در سال ۲۰۴۰ خواهد رسید. شاخص بزرگ‌ترین لکه (LPI) نشان داد اراضی جنگلی پوشش غالب در کل دوره است. هم‌چنین شاخص نزدیکی (PROX) در کاربری

۱- دانش‌جوی دکتری گروه محیط‌زیست، دانش‌کده منابع طبیعی دانش‌گاه تربیت مدرس

۲- استاد گروه محیط‌زیست، دانشکده منابع طبیعی دانش‌گاه تربیت مدرس *(مسوول مکاتبات)

۳- دانش‌یار گروه محیط‌زیست، دانش‌گاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

۴- استادیار گروه مهندسی منابع آب، دانش‌کده کشاورزی، دانش‌گاه تربیت مدرس

۵- دانشیار، گروه علوم و مهندسی آب، پردیس ابوریحان، دانش‌گاه تهران

کشاورزی و مرتع در دوره ۱۹۸۴-۲۰۱۰ روند افزایشی داشته و این میزان در سال ۲۰۴۰ افزایش بیش‌تری خواهد یافت. هم‌چنین افزایش سنجه تراکم حاشیه (ED) در طی دوره آینده در هر سه کاربری مرتع، جنگل و کشاورزی نشان می‌دهد که حوضه تجن خیلی متفاوت‌تر از حال حاضر خواهد شد . این نتایج می‌توانند دیدگاه‌هایی در جهت اولویت‌بندی تصمیمات ملی و منطقه‌ای با هدف کاهش تخریب جنگل‌ها در اختیار مدیران قرار دهد.

واژه‌های کلیدی: تغییرات کاربری اراضی، سنجه‌های سیمای سرزمین، مدل‌ساز تغییر سرزمین (LCM) ، حوزه آب‌خیز تجن

Assessment of Land Changes in Tajan River Watershed with Emphasis on Landscape Metrics

Fatemeh Rajaei[1]
Abbas Esmaili Sari[2 *]
esmaili@modares.ac.ir
Abdolrassoul Salmanmahiny[3.]
Majid Delavar[4]
Ali Reza Massah Bavani [5]

Accepted: 2016.06.15 Received: 2015.06.05

Abstract

Introduction: Land cover and its configuration in the landscape are crucial components in the provision of biodiversity and ecosystem services. Hyrcanian forests have a long history (arising in the Jurassic Period) and are among the world's most valuable forests; the decline in the Hyrcanian forests is one of the most serious problems of recent years.

Material & Method: This study aims at comparing multi-temporal land use and landscape pattern analysis using satellite images from 1984, 2001 and 2010. Land use and spatial structures were predicted for future time horizons in the Tajan Watershed by land change modeler (LCM). Also, the landscape patterns were calculated by FRAGSTATS 4.2.

Result & Discussion: The results show that forest was the dominant land cover (72% of area in 1984 and 46% in 2040) in the study area. The total area of forest was 8/4 times higher than the agriculture land cover in 1984 and 1.8 times in 2040. The Largest patch Index (LPI) shows forest lands as dominant cover in the whole period. Also proximity index (PROX) in agriculture and pasture land use increase during 1984 to 2040.

The Edge density (ED) will increase in the future for three land uses. The edge density will increase at forest land use from 2010 to 2040. An informed vision on past, present and future forest area dynamics may help guide and prioritize international decisions aimed at reducing forest loss.

Key words: Land Use Change; Landscape metrics; Land Change Modeler (LCM); Tajan Watershe

1- PhD Student, Environmental Sciences, College of Natural Resource, Tarbiat Modares University, Tehran
2 - Prof. of Environmental Sciences, College of Natural Resources and Marine Science, Tarbiat Modares.,Tehran
*(Corresponding author), esmaili@modares.ac.ir.
3- Associated Professor, Environmental Sciences, College of Natural Resource, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources.
4- Associated. Professor, Water ITECT Resources, College of Agriculture, Tarbiat Modares University, Tehran
5- Associated. Professor, Environmental Sciences, College of Irrigation and Drainage Engineering, University of Tehran

مقدمه

امروزه تغییر کاربری اراضی یکی از نگرانی‌های مهم برای توسعه استراتژی‌های مدیریت پایدار است (۱) . از طرف دیگر سیمای سرزمین با توصیف کمی از ترکیب فضایی و پیکربندی کاربری اراضی می‌تواند پدیده‌های مختلف محیط‌زیست را تحت تأثیر قرار دهد (۲ و ۳)، به‌طوری‌که، بدون مطالعه تغییرات سیمای سرزمین در طول زمان نمی‌توان به درک درستی از چرایی کاهش کیفیت محیط‌زیست پرداخت (۴). جنگل‌ها در کره زمین در طول چند دهه گذشته به‌شدت در حال کاهش هستند. این تغییرات در پوشش جنگلی تأثیرات مختلفی در ارایه خدمات اکوسیستم ازجمله، تنوع زیستی، تغییر آب‌وهوا ، رفاه انسان و غیره داشته (۵) به‌گونه‌ای‌که درک پویایی کاهش جنگل‌ها برای برنامه‌ریزی و حفاظت از اکوسیستم و تنوع زیستی بسیار مهم است. از طرف دیگر جمعیت جهان به‌سرعت در حال رشد است و سازمان ملل متحد پیش‌بینی کرده است که جمعیت انسانی در ۱۵ سال آینده ۱۵٪ افزایش خواهد یافت و به حدود ۸/۴ میلیارد نفر خواهد رسید (۶) و هم‌چنین مصرف سرانه به‌ویژه در اقتصادهای در حال رشد سریع در حال افزایش است که منجر به یک تقاضای بی‌سابقه برای منابع در آینده خواهد شد. بزرگ‌ترین علت مستقیم جنگل‌زدایی توسعه کشاورزی است به‌طوری‌که ۷۰-۹۵ درصد از جنگل‌های ازدست‌رفته در مناطق استوایی به کشاورزی تبدیل‌شده است. بر اساس تخمین‌ها، بین ۷۰٪ و ۸۰٪ از تبدیل جنگل‌ها در آفریقا ، حدود ۷۰٪ در مناطق نیمه گرمسیری آسیا و بیش از ۹۰٪ در امریکا لاتین به کاربری کشاورزی بوده است (۷). مطالعات مختلف در ایران نشان داده است در دهه‌های اخیر تبدیل کاربری جنگل به کاربری کشاورزی در ایران روند شدیداً افزایشی داشته است (۸، ۹، ۱۰) به‌طوری‌که، آمار مختلف از جنگل‌های هیرکانی در ایران نشان می‌دهد کاهش در جنگل‌های هیرکانی یکی از مشکلات جدی در سال‌های اخیر است (۱۱). بررسی‌ها بین سال‌های ۱۹۸۸ و ۲۰۰۴ در جنگل‌های شمال ایران نشان داد که ۱۲۱۵۲ هکتار جنگل در این دوره نابود گردیده است، به‌طوری‌که میزان جنگل‌زدایی ۸۱۰۱ هکتار در سال برآورد شده است که از دلایل آن می‌توان به گسترش زمین‌های کشاورزی، رشد جمعیت، توسعه اقتصادی، پیشرفت‌های فنّاورانه و تغییردر وضعیت اجتماعی و سیاسی اشاره نمود (۱۲). اگرچه بهبود در بخش کشاورزی تا حد زیادی در طول ۵۰ سال گذشته میزان تولید را افزایش داده است، اما کشاورزی فشرده و مدیریت نامناسب مناطق جنگل‌زدایی شده مشکلات محیط زیستی و شکل‌های شناخته‌شده تخریب خاک و آلودگی را به ارمغان آورده است.

تغییرات کاربری اراضی در ایران بیش از هر زمان در ۵۰ سال گذشته تسریع شده است و انتظار می‌رود در آینده ادامه و حتی تسریع گردد (۱۲). بنابراین تجزیه‌وتحلیل کاربری اراضی و سیمای سرزمین آتی می تواند افقی برای اطلاع از اولویت‌های استراتژیک مکانی برای دست‌یابی مؤثر به اهداف محیط زیستی فراهم آورد. ازاین‌رو، مدل‌های زمانی- مکانی می‌توانند در پیش‌بینی پویایی سیمای سرزمین و ارزیابی جامع تغییرات آن مفید واقع گردند (۱۳). روش‌های بسیاری برای تولید پتانسیل انتقال تغییرات کاربری اراضی وجود دارد (۱۴) ازجمله می‌توان به رگرسیون لجستیک (LR[1]) در مدل CLUE-S [2] (۱۵) و مدل‌ساز تغییر سرزمین (LCM [3])، شبکه عصبی مصنوعی (MLP [4]) (۱۴، ۱۶، ۱۷) و رویه یادگیری بر مبنای نمونه وزنی مشابهت[5] در مدل‌ساز تغییر سرزمین، احتمال شرطی در مدل ژئومد[6] (۱۸) و اعتبار

1 - Logestic Regression
2- Conversion of Land Use and its Efects at Small regional extent
3- Land Change Modeller
4- Multi Layer Perceptron
5- Simweight
7- Geomode

وزنی در مدل DINAMICA (۱۹) اشاره کرد. در سال ۲۰۰۶ Eastman (۱۴) نشان داد در میان این روش‌ها، دو روش MLP و LR فن‌های مناسب و قابل رشد هستند و هم‌چنین شبکه عصبی مصنوعی قوی‌تر از رگرسیون لجستیک عمل می‌کند. مدل‌سازی تغییرات کاربری اراضی در مطالعات دیگر نیز استفاده‌شده است به‌طوری‌که در سال ۲۰۰۹ Rogan و Vaclavik (۱۶) از مدل LCM برای بررسی تغییرات کاربری اراضی در چک استفاده نمودند. نتایج آن‌ها نشان داد که ۶ در صد از جنگل‌ها به جنگل پهن‌برگ تبدیل‌شده و ۳/۵ درصد افزایش در مناطق مسکونی رخ‌داده است. در مطالعه‌ای دیگر در سال ۲۰۱۰ Schuez و همکاران (۱۷) برای پایش تغییرات کاربری اراضی و بررسی میزان کاهش‌ها و افزایش‌ها در هر کاربری از مدل‌ساز تغییرسرزمین در شیلی استفاده نمود. نتایج نشان داد عمده‌ترین تغییر در این منطقه کاهش جنگل و تبدیل درختچه زار به زمین‌های کشاورزی بود. از طرف دیگر در سال ۱۳۹۰ شیخ گودرزی و همکاران (۳) به بررسی روند تغییرات کاربری اراضی با استفاده از سنجه‌های سیمای سرزمین در حوزه آب‌خیز گرگان رود پرداختند. نتایج حاصل از مقایسه سنجه‌های سیمای سرزمین نشان از ایجاد تغییرات گسترده در نسبت و پراکنش کاربری‌ها به‌صورت افزایش مساحت لکه‌های کشاورزی، شهر و اراضی بایر و کاهش در عرصه‌های پوشش طبیعی جنگل و مرتع دارد . روند کلی تحقیق افزایش پیچیدگی شکل و کاهش اندازه لکه، بیان‌کننده کاهش یکپارچگی در سیمای سرزمین را نشان داد. در پژوهشی مشابه در سال ۲۰۰۹ طالبی امیری و همکاران (۲) به تحلیل تخریب سیمای سرزمین حوزه آب‌خیز نکا با استفاده از سنجه‌های سیمای سرزمین پرداختند. نتایج به‌دست‌آمده بیان‌کننده روند افزایشی تغییرات کاربری زمین همراه با افزایش تعداد لکه‌ها و کاهش اندازه لکه‌ها در سیمای سرزمین بود. از ارزیابی مطالعات فوق می‌توان دریافت، اخیراً تغییرات رو به رشدی در پوشش زمین به‌ویژه جنگل‌ها در مقیاس‌های بزرگ به وجود آمده است.

باوجود روند تخریب اکوسیستم‌های طبیعی و تغییرات در شکل و الگوی سیمای سرزمین، مرور مطالعات انجام‌شده نشان می‌دهد تاکنون تحقیقات جامعی بر روی مدل‌سازی هم‌زمان تغییرات کاربری اراضی و سنجه‌های سیمای سرزمین دوره‌های آتی در جنگل‌های هیرکانی شمال ایران صورت نپذیرفته است و با توجه به اهمیت جهانی جنگل‌های هیرکانی نیاز بیش‌تری به بررسی تغییرات در طول دوره‌های زمانی آینده ضروری به نظر می رسد. در همین راستا تحقیق حاضر باهدف تجزیه‌وتحلیل تغییرات کاربری اراضی و سیمای سرزمین درگذشته و پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی و سیمای سرزمین آینده در حوضه تجن انجام‌گرفته است. ازاین‌رو در پژوهش حاضر به بررسی تغییرات کاربری اراضی و تجزیه‌وتحلیل سیمای سرزمین دوره‌های زمانی مختلف، شامل سال‌های ۱۹۸۴، ۲۰۰۱ و ۲۰۱۰ با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای پرداخته شد. هم‌چنین جهت کنترل روند تغییرات کاربری و سیمای سرزمین در افق زمانی آینده با استفاده از مدل‌ساز تغییر کاربری اراضی (LCM)، تغییرات برای استفاده برنامه ریزان برای سال ۲۰۴۰ پیش‌بینی گردید. اطلاع از روند تغییرات کاربری اراضی و اشکال مکانی آن‌ها و نیز پویایی مناطق جنگلی در حال و آینده ممکن است دیدگاه‌هایی در جهت اولویت‌بندی تصمیمات ملی و بین‌المللی باهدف کاهش از دست دادن جنگل در اختیار مدیران قرار دهد.

مواد و روش‌ها

منطقه مطالعه

منطقه موردمطالعه در این تحقیق حوضه رودخانه تجن (حدود ۴۰۰۰ کیلومترمربع) است که توسط کوه‌های البرز در جنوب و دریای خزر در شمال احاطه‌شده و در استان مازندران واقع‌شده است. منطقه جنگل‌های هیرکانی بکر است که شامل ۸۰ گونه از درختان و درختچه‌ها با تنوع زیستی بالا را شامل می‌شود (۲۰). ازلحاظ جغرافیایی منطقه مورد مطالعه بین طول جغرافیایی ″04′57 °53-″18′26°53 و عرض جغرافیایی ″09′17°36-

″36°29′49 واقع‌شده است. بیش از ۶۰ درصد حوضه را مناطق کوهستانی و حدود ۲۵ درصد آن را جلگه‌های ساحلی و بقیه آن را تراس‌های رودخانه‌ای، اراضی کوهپایه‌ای و تپه‌ماهورها تشکیل می‌دهند. منطقه مورد مطالعه دارای میانگین سالانه دما حدود ۱۵ درجه سلسیوس (۲۱) با آب‌وهوای گرم و مرطوب، بارش ۸۳۶ میلی‌متر در سال است. توپوگرافی محلی از ارتفاع ۲۶- متر تا ۳۶۷۰ متر متغیر است.

روش مطالعه

این مقاله شامل ۳ بخش است: اول، بررسی تغییرات پوشش اراضی بین سال‌های ۱۹۸۴ و ۲۰۱۰ با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای در حوضه آب‌خیز تجن، دوم، تجزیه‌وتحلیل تغییرات کاربری اراضی آینده با مدل‌ساز تغییر سرزمین (LCM) تحت سناریوی تداوم توسعه آینده، بخش نهایی شامل بررسی تغییرات سنجه‌های سیمای سرزمین در سطح کلاس، بین سال‌های ۱۹۸۴ و **مدل‌سازی تغییر سرزمین** برای تولید نقشه کاربری اراضی حوضه آب‌خیز تجن سال ۲۰۴۰ از مدل‌ساز تغییر سرزمین (LCM) استفاده گردید. مراحل عبارت‌اند از (۱۴):

- تهیه نقشه کاربری اراضی: تصویر سال ۲۰۰۱ از ماهواره لند ست ۵ تهیه و سپس تصاویر تصحیح هندسی و نیز تصحیح اتمسفریک با استفاده از مدل Cost در ماژول ATMOSC در نرم افزار ایدریسی صورت پذیرفت.

  طبقه‌بندی نظارت‌شده الگوریتم حداکثر احتمال (MLA) برای طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای استفاده گردید (۲۳،۲۲). ۶ کلاس کاربری ازجمله جنگل، کشاورزی، مسکونی، مراتع، آب، زمین بایر در منطقه مشخص شد. طبقه‌بندی تصویر با IDRISI ۱۷/۲ Selva انجام شد (۱۴). ارزیابی دقت نقشه پوشش زمین توسط ماتریس تجزیه‌وتحلیل خطا[1] انجام گردید (۲۴). نقشه‌های کاربری اراضی سال‌های ۱۹۸۴ و سال ۲۰۱۰ تهیه شده توسط ماهینی و همکاران استفاده شد (۲۳).
- آشکارسازی تغییرات: نقشه‌های پوشش زمین برای تجزیه‌وتحلیل و آشکارسازی تغییرات منطقه وارد مدل LCM شد.
- مدل‌سازی پتانسیل انتقال: در این بخش از مدل‌سازی، پتانسیل انتقال از یک کاربری به کاربری دیگر با توجه به متغیرهای توضیحی[2] مدل‌سازی می‌شود. پنج متغیر در پیش‌بینی نقشه‌های کاربری آینده برای منطقه موردمطالعه مورداستفاده قرار گرفت. متغیرها شامل شاخص تراکم پوشش گیاهی NDVI، فاصله از رودخانه، فاصله از حاشیه جنگل، فاصله از مرتع، فاصله از کاربری کشاورزی و مدل رقومی ارتفاعی (DEM[3]) است. تمام متغیرهای ذکرشده کمی هستند و برای استفاده از متغیر کیفی پوشش اراضی از روش زیر استفاده شد .نقشه انتقال از کل کاربری‌ها به کاربری کشاورزی تهیه و سپس با استفاده از ابزار تغییر شکل احتمال نقشه پوشش اراضی قدیمی‌تر در ورودی مدل، متغیر کیفی تولید شد. توان پیش‌گویی متغیرها با ضریب کرامر مورد آزمایش قرار گرفت که این ضریب نشان‌دهنده میزان رابطه میان متغیرها و تغییرات پوشش زمین است به‌طوری‌که ارزش بالاتر این ضریب نشان‌دهنده قدرت توضیحی بالاتر تغییرات است. بعد از انجام این مرحله ۳ زیر مدل جنگل به مرتع، جنگل به کشاورزی و مرتع به کشاورزی برای مدل‌سازی پتانسیل انتقال با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی پرسپترون چندلایه در نظر گرفته شدند.
- اعتبارسنجی مدل: خطا و صحت پیش‌بینی مدل در سناریو بر اساس نقشه‌های کاربری اراضی واقعیت

1- Error Matrix

2-Driver Variables
3- Digital Elevation Model

زمینی و حاصل از پیش‌بینی محاسبه شد و مقادیر موفقیت خنثی[1]، هشدار خطا[2] ، موفقیت [3]و خطا [4]هم‌چنین شاخص منحنی مشخصه عمل‌کرد نسبی (ROC[5]) به دست آمد. در مرحله اول از نقشه کاربری ۱۹۸۴ و ۲۰۰۱ برای شبیه‌سازی نقشه کاربری اراضی سال ۲۰۱۰ استفاده شد. درحالی‌که نقشه کاربری سال ۲۰۱۰ برای صحت سنجی مدل به کار گرفته شد (۲۵).

- پیش‌بینی تغییرات آینده با استفاده از زنجیره مارکف (سناریوی تداوم) صورت پذیرفت.

تجزیه‌وتحلیل سیمای سرزمین

سنجه‌های سیمای سرزمین در سطح کلاس برای سه کاربری عمده جنگل، مرتع و کشاورزی محاسبه شد. ازآن‌جاکه برخی از سنجه‌های سیمای سرزمین به هم مرتبط هستند ضروری نیست تمام سنجه‌های سیمای سرزمین محاسبه شود (۲۶). بنابراین ۵ سنجه سیمای سرزمین که بیشترین کاربرد را داشتند مورد بررسی قرار گرفتند. سنجه‌های انتخابی: تعداد تکه (NP)، متوسط اندازه لکه (MPS)، شاخص بزرگ‌ترین لکه (LPI)، شاخص نزدیکی لکه‌ها (Proximity) و تراکم حاشیه (ED) است (جدول ۱) (۳۱،۳۰،۲۹،۲۸،۲۷ ,۵، ۳). این معیارها در سطح کلاس برای نقشه‌های کاربری اراضی سال‌های ۱۹۸۴، ۲۰۰۱، ۲۰۱۰ و ۲۰۴۰ با استفاده از نرم‌افزار FRAGSTATS ۴/۲ محاسبه شد (۳۲).

نتایج

جهت صحت سنجی نقشه‌های کاربری اراضی از شاخص کاپا استفاده گردید. کاپای کلی در نقشه‌های پوشش اراضی سال ۱۹۸۷، ۲۰۰۱ و ۲۰۱۰ به ترتیب ۸۱، ۸۳ و ۸۷ در صد بود که بیش از آستانه حداقل قابل‌قبول برای تصاویر سنجش‌ازدور است. (۳۳). میزان شاخص منحنی مشخصه عمل‌کرد نسبی (ROC) برای صحت سنجی مدل‌ساز تغییر کاربری اراضی ۰/۹۲ و نسبت آمار موفقیت به هشدار خطا ۴۵ درصد بود که کارایی مدل را تایید می‌نماید.

بررسی پویایی منطقه پایه و اساسی برای تجزیه‌وتحلیل محرک‌های تغییرات آینده و شناسایی عواملی که ممکن است سبب افزایش تغییرات و یا ثبات کاربری‌ها باشد فراهم می‌کند. تغییرات مهمی بین سه کاربری عمده منطقه جنگل، مرتع و کشاورزی مشاهده شد (شکل ۱) .

به‌طوری‌که این سه کاربری ۹۸ درصد از مساحت حوضه را شامل می‌شود و پنج کاربری دیگر، زمین‌های بایر، رودخانه، جاده، آب و مسکونی تنها ۲ درصد از مساحت کل منطقه موردمطالعه را دربرمی‌گیرد. تجزیه‌وتحلیل تغییر کاربری در حوضه تجن یک‌روند کاهشی مداوم در پوشش جنگل را نشان می‌دهد (شکل ۱). در طول دوره ۱۹۸۴-۲۰۱۰، مناطق جنگلی ۶۶۴۹۳ هکتار کاهش و کاربری مرتع و کشاورزی به ترتیب ۹۰۴،۳۳ و ۲۹۲،۳۱ هکتار افزایش‌یافته است. جنگل کاربری غالب (۷۲٪ در سال ۱۹۸۴ و ۵۵ درصد در سال ۲۰۱۰) در منطقه مورد مطالعه بود. در سال ۱۹۸۴ مساحت کل جنگل‌ها ۸/۴ برابر کاربری کشاورزی و در سال ۲۰۱۰ این میزان به ۳/۱ برابر رسید. به‌طورکلی زمین‌های کشاورزی مساحت افزوده‌شده را از کاربری جنگل و مرتع کسب کرده‌اند و کاربری جنگل بالاترین تبدیل به دیگر کاربری‌ها را تجربه کرده است. هم‌چنین جنگل بیش‌ترین کاهش مساحت را داشته به‌طوری‌که در سال ۲۰۱۰ تنها حدود ۷۶ درصد کاربری جنگل نسبت به سال ۱۹۸۴ باقی‌مانده است. مراتع در سال ۲۰۱۰ حدود ۳۰٪ (۱۰۵۰۰۰ هکتار) افزایش نسبت به سال ۱۹۸۴ (۷۳۰۰۰ هکتار) را نشان داد. کشاورزی بیشترین افزایش مساحت را تجربه کرده است

1- Null Success
2- False Alarms
3- Hit
4- Miss
5- Relative Operative Charactristic

جدول ۱-ویژگی سنجه‌های سیمای سرزمین در مطالعه حاضر

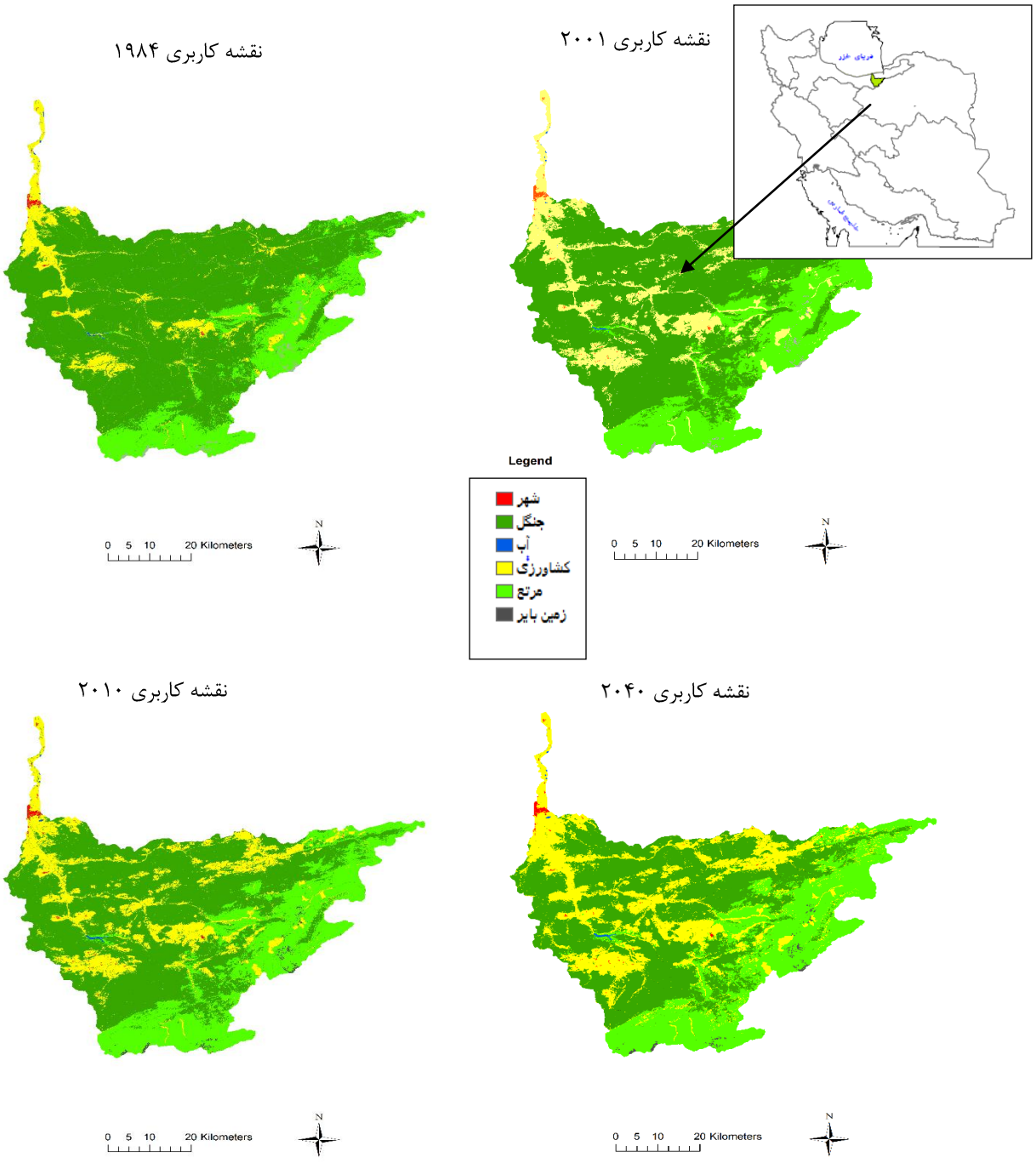
Table 1- Characterises of landscape metrics in present study

نام سنجه	تعریف	دامنه تغییرات	فرمول محاسبه
Edge Density (ED)	تراکم حاشیه	ED≥0 بدون محدودیت	$ED = \frac{\sum_{k=1}^{m} e_{ik}}{A}(10{,}000)$
Largest patch index (LPI)	شاخص بزرگ‌ترین لکه	100≥LPI>0	$LPI = \frac{\max_{j=1}^{n}(a_{ij})}{A}(100)$
Proximity index (PROX)	شاخص نزدیکی	بزرگ‌تر یا مساوی صفر	$PROX = \sum_{s=1}^{n} \frac{a_{ijs}}{h_{ijs}^2}$
Patch area mean (MPS)	میانگین مساحت لکه	بزرگ‌تر از صفر بدون محدودیت	$AREA = a_{ij}\left(\frac{1}{10{,}000}\right)$
Numbers of patch (NP)	تعداد لکه‌ها	بزرگ‌تر یا مساوی ۱	$NP = n_i$

به‌طوری‌که از سال ۱۹۸۴ تا ۲۰۱۰ کاربری کشاورزی افزایش ۵۱ درصدی را نشان داد. ۱۹ درصد از منطقه در سال ۱۹۸۴ (۳۲۰۰۰ هکتار) و در سال ۲۰۱۰، ۲۶ درصد (۶۶۰۰۰ هکتار) به کاربری کشاورزی اختصاص یافت.

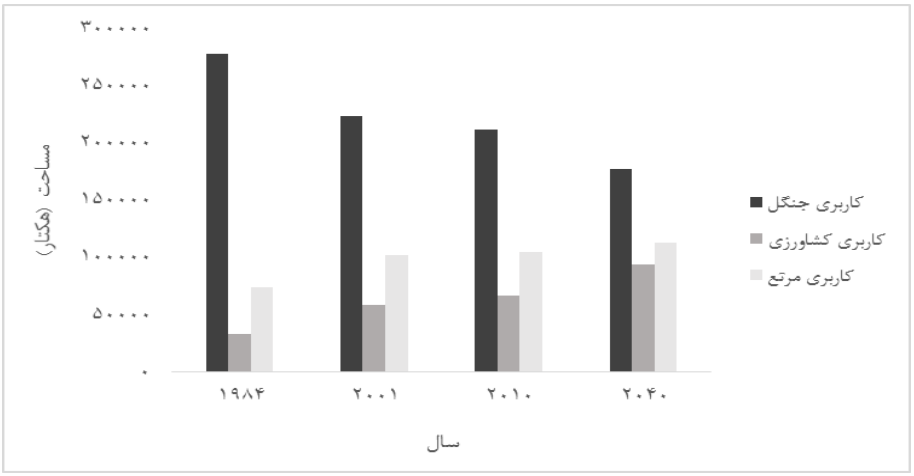
تغییرات پوشش اراضی با نرخ برابر از سال ۱۹۸۴ تا ۲۰۱۰ رخ نداده است، به‌طوری‌که میزان تغییرات در ده سال گذشته کاهش‌یافته است و بین سال‌های ۱۹۸۴-۲۰۰۱، مقدار کاهش جنگل ۱۹ درصد و در سال ۲۰۱۰-۲۰۰۱ به ۵/۲ درصد رسیده است. در طول دوره ۱۹۸۴-۲۰۰۱ پوشش کشاورزی افزایش ۱۰۰ درصدی داشته درحالی‌که در دوره ۲۰۰۱ -۲۰۱۰ این افزایش به ۱۳ درصد رسیده است. همچنین در دوره ۱۹۸۴-۲۰۰۱ مرتع با افزایش ۲۸ درصدی روبه‌رو بوده، درحالی‌که در دوره ۲۰۱۰ - ۲۰۰۱ افزایش ۴ درصدی داشته است.

در طول دوره ۲۰۱۰-۲۰۴۰، کاربری جنگلی ۳۴۷۳۹ هکتار کاهش و کاربری مرتع کشاورزی ۷۶۶۸ و ۲۷۰۷۱ هکتار افزایش (شکل ۲) خواهد یافت. همچنین، شکل ۲ میزان مساحت ازدست‌رفته و افزوده برای هر سه کاربری بین سال‌های ۲۰۱۰ و ۲۰۴۰ را نشان می‌دهد. در سال ۲۰۴۰ مساحت کل جنگل ۱/۸ برابر کاربری کشاورزی و نیز حدود ۸۴ درصد از مساحت جنگل‌ها در سال ۲۰۴۰ نسبت به سال ۲۰۱۰ باقی خواهند ماند. هم‌چنین کاربری کشاورزی حدود ۵۱٪ نسبت به سال ۲۰۱۰ افزایش نشان خواهد داد.



شکل ۱- نقشه های کاربری اراضی حوضه آبخیز تجن در طی سال های ۱۹۸۴، ۲۰۰۱، ۲۰۱۰ و نقشه پیش بینی شده سال ۲۰۴۰

Figure 1- Land cover maps of the study area in Tajan watershed for the years 1984, 2001, 2010 and predicted land use map of 2040.



شکل ۲- مساحت طبقات کاربری اراضی مختلف طی دوره های زمانی متفاوت (۲۰۴۰-۲۰۱۰-۲۰۰۱-۱۹۸۴)

Figure 2- Area of the land cover classes for different dates (1984, 2001, 2010, and 2040).

جدول ۲- روند تغییرات سیمای سرزمین در حوزه آبخیز تجن در طی ۵۶ سال در سه کاربری (۱۹۸۴-۲۰۴۰)

Table 2- Trends in landscape changes Tajan Watershed over 56 years at the three land use (1984–2040)

نوع کاربری	سال	تعداد لکه‌ها	شاخص بزرگ‌ترین لکه	تراکم حاشیه	میانگین مساحت لکه	شاخص نزدیکی
کاربری کشاورزی	۱۹۸۴	۷۶۳۹	۰/۷۸	۵/۷	۴/۲	۱۰۱۸
	۲۰۰۱	۱۲۵۶۰	۱/۲	۱۰/۷	۴/۶۷	۲۶۴۶
	۲۰۱۰	۹۸۶۴	۱/۳	۸/۴	۶/۷	۲۶۳۴
	۲۰۴۰	۲۷۴۶۹	۱/۳	۱۷/۰۳	۳/۴	۶۰۱۴
کاربری جنگل	۱۹۸۴	۵۸۸۹	۲۳/۶	۱۱/۲	۴۷/۳	۱۹۴۷۷۸
	۲۰۰۱	۱۰۳۲۷	۱۸/۱	۱۳/۷	۲۱/۶۷	۱۶۰۴۱۵
	۲۰۱۰	۶۱۲۴	۱۷/۶	۱۰/۹	۳۴/۶	۱۴۱۷۱۰
	۲۰۴۰	۹۹۰۰	۴/۷	۱۳	۱۷/۹	۲۷۴۸۲
کاربری مرتع	۱۹۸۴	۴۹۸۲	۲/۹	۶	۱۴/۸	۱۰۶۰۲
	۲۰۰۱	۱۱۹۰۵	۴/۵	۹/۲	۸/۵	۱۴۳۰۱
	۲۰۱۰	۶۳۱۸	۵/۱	۶/۹	۱۶/۶	۲۴۶۸۹
	۲۰۴۰	۱۱۱۷۴	۸/۸	۱۲/۸	۱۰	۵۳۱۰۷

در این مطالعه متریک‌های سیمای سرزمین مانند LPI، NP، ED، MPS و PROX به‌عنوان شاخص‌هایی برای یکپارچگی و ثبات سیمای سرزمین در نظر گرفته شد. شاخص LPI نشان داد کاربری جنگلی به‌عنوان پوشش غالب در دوره ۱۹۸۴ -۲۰۰۱ و ۲۰۰۱ -۲۰۱۱ است اما این شاخص در سال ۲۰۱۰ در مقایسه با سال ۱۹۸۴ پایین‌تر است. LPI جنگل از ۲۳ در سال ۱۹۸۴ به ۱۷ در ۲۰۱۰ کاهش‌یافته است. شایان‌ذکر است LPI کاربری کشاورزی در این دوره حدود ۲ برابر افزایش‌یافته است. هم‌چنین سنجه شاخص نزدیکی (PROX) در کاربری کشاورزی و مرتع در دوره ۱۹۸۴-۲۰۱۰ افزایش داشته اما روند معکوسی برای کاربری جنگل مشاهده شد. از سوی دیگر، تعداد لکه‌ها در کلاس جنگل از ۵۸۸۹ در سال ۱۹۸۴ به ۱۰۳۲۷ در سال ۲۰۰۱ افزایش نشان داد، اما تعداد لکه‌های جنگل به ۶۱۲۴ در سال ۲۰۱۰ کاهش‌یافته است. کاهش مساحت لکه‌های کاربری مرتع و جنگل بین سال‌های ۱۹۸۴ و ۲۰۰۱ مشاهده گردید و پس‌ازآن در دوره ۲۰۰۱-۲۰۱۰ افزایش‌یافت، اما مساحت لکه‌ها برای کاربری کشاورزی در دوره ۱۹۸۴- ۲۰۱۰ افزایش نشان داد (جدول ۲) و این روند برای سال ۲۰۰۱-۲۰۴۰ نیز مشاهده گردید. هم‌چنین سنجه تراکم حاشیه طی دوره ۲۰۱۰ -۲۰۴۰ در هر سه کاربری افزایش خواهد یافت.

بحث و نتیجه‌گیری

نتایج این مطالعه تغییرات چشم‌گیری در اراضی حوضه آب‌خیز تجن طی ۲۶ سال اخیر نشان داد. به‌طوری‌که در دوره ۱۹۸۴-۲۰۱۰، مناطق جنگلی هیرکانی شدیداً کاهش یافته و عمدتاً به کاربری کشاورزی و مرتع تبدیل گردیده‌اند. فعالیت‌های کشاورزی اغلب محرک اصلی در پویایی سیمای سرزمین است. هم‌چنین رشد زمین‌های مرتعی در منطقه مورد مطالعه می‌تواند به این دلیل باشد که پس از تبدیل کاربری جنگل به کاربری کشاورزی به دلیل توانایی پایین، آن‌ها پس از چند بار کشت، حاصل‌خیزی لازم را ندارند و این اراضی رهاشده و بعد از رها شدن توسط مراتع جایگزین می‌شوند (۲) این نتایج با مطالعات Valclav و Rogan در سال ۲۰۰۹ (۱۶) و Schulz و همکاران در سال ۲۰۱۰ (۱۷) هم‌خوانی دارد. هم‌چنین نتایج جورابیان و همکاران در سال ۱۳۹۰ (۱۰) در حوضه آب‌خیز نکا نشان داد طی سال‌های ۱۳۵۸ تا ۱۳۸۹ میزان کاهش جنگل ۲۶۰۰ هکتار بوده است. در تحقیقی دیگر در سال ۱۳۹۰ یوسفی و همکاران (۹) تغییرات کاربری اراضی شهر مریوان در غرب کشور را با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای بررسی کردند و بیان داشتند مساحت اراضی جنگلی کاهش یافتهو مناطق مسکونی افزایش چشم‌گیری داشته است. هم‌چنین مطالعه وفایی و همکاران در سال ۱۳۹۰ (۸) در مریوان نشان داد در طول دوره ۱۳۶۸ تا ۱۳۹۰، ۱۳۳۴ هکتار جنگل با نرخ ۰/۲ درصد در سال تخریب شده است و زمین‌های کشاورزی در منطقه افزایش‌یافته است.

کاهش سنجه شاخص بزرگ‌ترین لکه در کاربری جنگل و افزایش این شاخص در کاربری کشاورزی، کاهش چیرگی کاربری جنگل و افزایش اختلال انسانی در طول دوره مورد مطالعه را نشان می‌دهد. هم‌چنین افزایش سنجه نزدیکی در کاربری کشاورزی و مرتع و کاهش این سنجه در کاربری جنگل در طول دوره مورد مطالعه نشان می‌دهد رشد کشاورزی سبب اتصال و هم‌گرایی بیش‌تر زمین‌های کشاورزی و تکه‌تکه شدن بیش‌تر کاربری جنگل شده است (جدول ۲). از سوی دیگر، افزایش تعداد لکه‌ها در کلاس جنگل در دوره ۱۹۸۴- ۲۰۰۱ نیز نشانه‌ای از تجزیه و تکه‌تکه شدن سیمای سرزمین در منطقه موردمطالعه است، به‌طوری‌که افزایش تعداد لکه‌ها در جنگل تا حد زیادی ارزش بسیاری از لکه‌های جنگل باقی‌مانده برای حفاظت از تنوع زیستی را کاهش می‌دهد و ممکن است نابودی گونه‌ها را تسریع کند. افزایش مساحت لکه‌ها برای کشاورزی از سال ۱۹۸۴- ۲۰۱۰ نشان از افزایش مساحت لکه‌های زمین‌های کشاورزی دارد. بنابراین لکه‌های باقی‌مانده از زیستگاه‌های طبیعی ازجمله جنگل‌ها، به‌طور فزاینده‌ای توسط کاربری کشاورزی مجزا شده است. نتایج تجزیه‌وتحلیل سیمای سرزمین در این حوضه آب‌خیز

با مطالعات دیگر هم‌خوانی داشت به‌طوری‌که در سال ۱۳۹۳ در مطالعه آرخی (۲۷)، تجزیه‌وتحلیل متریک‌های سیمای سرزمین و کاربری اراضی جایگزینی گسترده اراضی مرتعی توسط اراضی کشاورزی، مرتعی فقیر، مسکونی و بایر مشاهده شد. در این مطالعه افزایش تعداد لکه‌ها و کاهش میانگین مساحت، شاخص مهم تجزیه بوده و روند تخریب و تجزیه سیمای سرزمین به‌صورت افزایشی بوده است. هم‌چنین نتایج کامیاب و سلمان ماهینی در سال ۱۳۹۱ (۵) در شهر گرگان نشان داد که در طول دوره ۱۴ ساله اخیر، الگوی توسعه شهری در شهر گرگان به سمت ایجاد لکه‌های بزرگ‌تر با اشکال ساده‌تر و با پیچیدگی کم‌تر سوق پیداکرده است.

از طرف دیگر، با افزایش تعداد لکه‌های انسان‌ساخت (مانند کشاورزی) حاشیه این کاربری‌ها افزایش و درنتیجه مرز مشترک با لکه طبیعی باقی‌مانده افزایش می‌یابد (۳۴) و منجر به افزایش تخریب در پوشش طبیعی می‌شود، به‌طوری‌که بسیاری از تخریب‌ها در حاشیه زمین‌های کشاورزی با توجه به در دسترس بودن آن رخ‌داده است. هم‌چنین از افزایش سنجه تراکم حاشیه طی آینده در هر سه کاربری می‌توان استنباط کرد که حوضه تجن خیلی متفاوت‌تر از حال حاضر خواهد شد و اگر این روند ادامه یابد جنگل‌ها را به‌عنوان یک منبع اقتصادی و اجتماعی و محیط زیستی، تهدید خواهد کرد. از سوی دیگر، اگر این روند تداوم یابد مشکلات محیط زیستی مانند از دست دادن تنوع زیستی و کاهش در بهره‌وری در درازمدت تجمع پیدا خواهد کرد و اثرات تجمعی در مقیاس‌های منطقه‌ای و جهانی خواهد داشت (۳۵). از طرف دیگر این تغییرات پیامدهای عمیق و فراتر از کاهش جنگل دارند به‌طوری‌که با تأثیر بر عمل‌کرد اکوسیستم به دلیل از دست دادن اتصال لکه‌ها مانع از جریان ژن، انرژی و انتشار گونه‌ها و غیره می‌شوند (۳۶).

بنابراین، نتایج حاصل از این مطالعه تأکیدی بر اهمیت نیاز به بررسی تغییرات در استفاده از سرزمین و مدیریت لازم برای رسیدن به اهداف محیط زیستی دارد و به‌وضوح ضرورت استراتژی‌های مختلف برای مدیریت پایدار آینده را نشان می‌دهد. درنتیجه، استراتژی استفاده سازگار ازجمله بهینه‌سازی شکل مکانی کاربری‌ها و بازسازی پوشش گیاهی طبیعی باید به‌سرعت توسعه یابد. حفظ پوشش گیاهی در مقیاس سیمای سرزمین باید به‌دقت در برنامه‌ریزی‌های حفظ زیست‌گاه، عمل‌کرد طبیعی و افزایش ظرفیت‌های تولید سیمای سرزمین در نظر گرفته شود (۱) در پایان پیشنهاد می‌شود مناطق تحت حفاظت سازمان محیط‌زیست در این منطقه افزایش یابد. هم‌چنین، کاربری‌های سازگار و چندمنظوره مانند سیستم‌های زراعی مخلوط باید به‌عنوان یک جایگزین برای تک‌کشتی بررسی شوند (۳۷). از سویی با توجه به اهمیت تغییر اقلیمدر آینده پیشنهاد می‌گردد تاثیر تغییر اقلیم بر مساحت جنگل‌ها نیز مورد بررسی قرار گیرد.

قدردانی

بدین‌وسیله مراتب سپاس و قدردانی از آقای دکتر مصطفی قلی‌پور و دکتر حمیدرضا کامیاب به دلیل راهنمایی در انجام تحقیق ابراز می‌شود.

منابع

1. Turner, B. L., Lambin, E. F., Reenberg, A., 2007. The emergence of land change science for global environmental change and sustainability. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 104(52), 20666–20671.
2. Talebi SH., Azari dehkordi F., Sadeghi H., 2001. Analysis of landscape degradation Neckar watershed using landscape ecology measures. Science Environmental Journal, 6(3), 133-144.
3. Sheikh Goudarzi, M., Alizadeh Shabani, A., Salman Mahini, R., 2011. Survey of land cover / land use change trends in Korgarood watershed using landscape

metrics .Iranian Journal of Natural Resources, 64 (4), 431-44 (In Persian).

4. Wu, J. G., Hobbs, R., 2002. Key issues and research priorities in landscape ecology: an idiosyncratic synthesis. Landscape Ecological, 17, 355–365.
5. Kamyab H.R., Salman Mahini R., 2012. Temporal Spatial Patterns of Landscape Changes and Urban Development (Case Study: Gorgan .(Journal of RS and GIS in Natural Resources Sciences, 2, 60-6 (In Persian)..
6. UN, 2012. Probabilistic Population Projections based on the World Population Prospects: The 2012 Revision. United Nations Department of Economic and Social Affairs, Population Division, Population Estimates and Projections Section.
7. Gutierrez-Velez, V. H., de Fries, R.S., Pinedo-Vasquez, M., Uriarte, M., Padoch, C., Baethgen, W., Fernandes, K., Lim, Y., 2011. High-yield oil palm expansion spares land at the expense of forests in the Peruvian Amazon. Environmental Research Letters. 6 (044029), 5.
8. Vafaee, S., Darwish sefat., M, 2013 . Monitoring and Predicting Spatial Changes in Land Use Using the LCM Model (Case Study: Marivan Region). Iranian Forest Journal, Iranian Forestry Association.. 3, 323-336 (In Persian). .
9. Yousefi, P., Moradi, H., Hosseini, H., Mirzaei, S, 2011 .Detecting land use changes using ETM + and TM images . Remote Sensing and Geographic Information Systems in Natural Resources, 2 (3), 97 – 105 (In Persian).
10. Shushtari., Sh., 2011. Modeling Land Use Changes in the Neka Watershed Using LCM .M.Sc., Faculty of Natural Resources, Tarbiat Modares University, 126 pages (In Persian).
11. Kelarestaghi, A., Jafarian Jeloudar, Z., 2011. Land use /cover change and driving force analyses in parts of northern Iran using RS and GIS techniques. Arabian Journal of Geo sciences, 4, 401–411.
12. Emadodin, I (2008). Human-induced soil degradation in Iran. Ecosystem services workshop, Salzau Castle, 13 – 15 May, Kiel, Northern Germany.
13. Paudel, S., and Yuan, F., 2012. Assessing landscape changes and dynamics using patch analysis and GIS modeling. International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, 16, 66–76.
14. Eastman, J.R., 2006. IDRISI Andes. Guide to GIS and Image Processing, Clark Labs, Clark University, Worcester, MA, 1-327.
15. Verburg, P. H., Kok, K., Pontius J. r, R. Veldkamp, A., 2006. Modelling Land-Use and Land- Cover Change. In Lambin, E. F. and Geist, H., eds., Land-Use and Land-Cover Change: Local Processes, Global Impacts, Global Change - The IGBP Series, pp. 117–135, Berlin; New York (Springer).
16. Valclav.k, T., Rogan, J., 2009. 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.

17. 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.
18. Pontius Jr., R.G., Cornell, J.D., Hall, C.A.S., 2001. Modelingthespatial pattern ofland-usechange with GEOMOD2: application and validation for Costa Rica. Agric. Agriculture, Ecosystems & Environment Journal, 85, 191–203.
19. Soares Filho, B. S., Goutinho Cerqueira, G., Lopes Pennachin, C., 2002. DINAMICA—a stochastic cellular automata model designed to simulate the land scape dynamics in an Amazonian colonization frontier. Ecological Modeling, 154, 217–235.
20. Mohammadi, J., Shataee, S., 2010. Possibility investigation of tree diversity mapping using Landsat ETMþ data in the Hyrcanian forests of Iran. Remote Sensing of Environment, 114, 1504–1512.
21. Masoudiyan, M., Falahiyan, F., Nejadsattari, T., Metaji, A. and Khavarinejad, R., 2010. Epilitic diatoms in Tajan River, Mazandaran province. Biological Knowledge Iran, 4, 57-66.
22. Rozenstein, O., Karnieli, A., 2011. Comparison of methods for land use classification incorporating remote sensing and GIS inputs. Applied Geography, 31(2), 533–544.
23. Salman Mahini, A., Fazli, H., Kamyab, H., Fonderski, F., et al .2011. Zoning and Determination of Ecological Sensitivity Degree of Coastal Areas, Environmental Protection Agency, 231 p (In Persian).
24. 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 usingmulti-temporalLandsatdata. Applied Geography, 30, 592–605.
25. Eastman, J.R., 2012. IDRISI Help System. Accessed in IDRISI Selva 17.02. Worcester, MA: Clark University.
26. O'Neill, R.V., Krummel, J.R., Gardner, R.H., Sugihara, G., Jackson, B., DeAngelis, D.L., Graham, R. L., 1988. Indices of landscape pattern. Landscape Ecological,1 (3), 153–162.
27. Arkhi, s., 2015. Application of Landscape Metrics in Evaluation of Land Use Changes Using GIS Remote Sensing Case Study: Dehloran Desert Area .Geography and Development, 40, 68-59 (In Persian).
28. Alberti M., Booth D., Hill K., Coburn B., Avolio C., Coe S., Spirandelli D., 2007. The impact of urban patterns on aquatic ecosystems: an empiricalanalysis on Pugetlowland sub-basins, Landscape Urban Plan, 80 (4), 345–361.
29. Hao, F., Zhang, X., Wang X., Ouyang, W., 2012. Assesment the Relationship between Landscape Patterns and Nonpoint Source Pollution in the Danjiankou Reservoir Basin in China, Journal of the American Water Resources Association, 1, 1-16.
30. Wei, W., Chen, L., Fu B., Chen, J., 2010. Water Erosion Response to Rainfall and Land Use in Different

Drought-Level Years in a Loess Hilly Area of China, Catena, 81 (1), 24-31.

31. Xiao, H., Ji, W., 2007. Relating landscape characteristics to non-point source pollution in mine Waste-located watersheds using geospatial techniques, Journal of Environmental Management, 82, 111–119.
32. McGarigal, K., Marks, B. J., 1995. FRAGSTATS: Spatial Pattern Analysis Program for Quantifying Landscape Structure. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Northwest Research Station, Port land, ORGen. Tech. Rep. PNW-GTR-351,122pp.
33. Congalton, R. G., 1991. A review of assessing the accuracy of classifications of remotely sensed data. Remote Sensing of Environment Journal, 37, 35–46.

state of Selangor, peninsular Malaysia. Landsc. Urban Plan, 77, 263–275.

34. Abdullah, S. A., Nakagoshi, N., 2006.Changes in landscape spatial pattern in the highly developing
35. Foley, J. A., DeFries, R., Asner, G. P., Barford, C., Bonan, G., Carpenter, S. R., et al., 2005. Global consequences of land use. Science, 309 (5734), 570–574.
36. Saura, S., Estreguil, C., Mouton, C., & Rodríguez-Freire, M., 2011. Network analysis to assess landscape connectivity trends: Application to European forests (1990–2000). Ecological Indicators, 11(2), 407–416.
37. Ovalle, C., Del Pozo, A., Casado, M. A., Acosta, B., & de Miguel, J. M., 2006. Consequences of landscape heterogeneity on grassland diversity and productivity In the Espinal agroforestry system of Central Chile. Landscape Ecology, 21(4), 585–594.