








تأییدیه اعضای هیات داوران حاضر در جلسه دفاع از پایان نامه کارشناسی ارشد

اعضای هیئت داوران نسخه نهائی پایان نامه آقای شریف جورابیان شوشتری  
تحت عنوان: مدل سازی تغییرات کاربری اراضی حوزه آبخیزنکا با استفاده از LCM در  
محیط GIS

را از نظر فرم و محتوی بررسی نموده و پذیرش آنرا برای تکمیل درجه کارشناسی ارشد  
پیشنهاد می کنند.

امضا	رتبه علمی	نام و نام خانوادگی	اعضای هیات داوران
	استاد	دکتر عباس اسماعیلی	۱- استاد راهنمای اول
	دانشیار	دکتر سید محسن حسینی	۲- استاد راهنمای دوم
	دانشیار	دکتر امیر حسینی	۳- نماینده شورای تحصیلات تکمیلی
	استاد	دکتر کریم سلیمانی	۴- استاد ناظر
	دانشیار	دکتر امیررضا سرادی	۵- استاد ناظر



## آیین‌نامه حق مالکیت مادی و معنوی در مورد نتایج پژوهش‌های علمی دانشگاه تربیت مدرس

**مقدمه:** با عنایت به سیاست‌های پژوهشی و فناوری دانشگاه در راستای تحقق عدالت و کرامت انسانها که لازمه شکوفایی علمی و فنی است و رعایت حقوق مادی و معنوی دانشگاه و پژوهشگران، لازم است اعضای هیأت علمی، دانشجویان، دانش‌آموختگان و دیگر همکاران طرح، در مورد نتایج پژوهش‌های علمی که تحت عناوین پایان‌نامه، رساله و طرح‌های تحقیقاتی با هماهنگی دانشگاه انجام شده است، موارد زیر را رعایت نمایند:

ماده ۱- حق نشر و تکثیر پایان‌نامه/ رساله و درآمدهای حاصل از آنها متعلق به دانشگاه می باشد ولی حقوق معنوی پدید آورندگان محفوظ خواهد بود.

ماده ۲- انتشار مقاله یا مقالات مستخرج از پایان‌نامه/ رساله به صورت چاپ در نشریات علمی و یا ارائه در مجامع علمی باید به نام دانشگاه بوده و با تایید استاد راهنمای اصلی، یکی از اساتید راهنما، مشاور و یا دانشجو مسئول مکاتبات مقاله باشد. ولی مسئولیت علمی مقاله مستخرج از پایان‌نامه و رساله به عهده اساتید راهنما و دانشجو می باشد.

تبصره: در مقالاتی که پس از دانش‌آموختگی بصورت ترکیبی از اطلاعات جدید و نتایج حاصل از پایان‌نامه/ رساله نیز منتشر می‌شود نیز باید نام دانشگاه درج شود.

ماده ۳- انتشار کتاب، نرم افزار و یا آثار ویژه (اثر هنری مانند فیلم، عکس، نقاشی و نمایشنامه) حاصل از نتایج پایان‌نامه/ رساله و تمامی طرح‌های تحقیقاتی کلیه واحدهای دانشگاه اعم از دانشکده‌ها، مراکز تحقیقاتی، پژوهشکده‌ها، پارک علم و فناوری و دیگر واحدها باید با مجوز کتبی صادره از معاونت پژوهشی دانشگاه و براساس آئین‌نامه‌های مصوب انجام شود.

ماده ۴- ثبت اختراع و تدوین دانش فنی و یا ارائه یافته‌ها در جشنواره‌های ملی، منطقه‌ای و بین‌المللی که حاصل نتایج مستخرج از پایان‌نامه/ رساله و تمامی طرح‌های تحقیقاتی دانشگاه باید با هماهنگی استاد راهنما یا مجری طرح از طریق معاونت پژوهشی دانشگاه انجام گیرد.

ماده ۵- این آیین‌نامه در ۵ ماده و یک تبصره در تاریخ ۸۷/۴/۱ در شورای پژوهشی و در تاریخ ۸۷/۴/۲۳ در هیأت رئیسه دانشگاه به تایید رسید و در جلسه مورخ ۸۷/۷/۱۵ شورای دانشگاه به تصویب رسیده و از تاریخ تصویب در شورای دانشگاه لازم‌الاجرا است.

**اینجانب شریف جورابیان شوشتری فارغ التحصیل رشته مهندسی منابع طبیعی- محیط زیست ورودی ۱۳۸۸-۱۳۸۹ مقطع کارشناسی ارشد دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تربیت مدرس متعهد می شوم کلیه نکات مندرج در آئین‌نامه حق مالکیت مادی و معنوی در مورد نتایج پژوهش‌های علمی دانشگاه تربیت مدرس را در انتشار یافته‌های علمی مستخرج از پایان‌نامه / رساله تحصیلی خود رعایت نمایم. در صورت تخلف از مفاد آئین‌نامه فوق‌الاشعار به دانشگاه وکالت و نمایندگی می‌دهم که از طرف اینجانب نسبت به لغو امتیاز اختراع بنام بنده و یا هر گونه امتیاز دیگر و تغییر آن به نام دانشگاه اقدام نماید. ضمناً نسبت به جبران فوری ضرر و زیان حاصله بر اساس برآورد دانشگاه اقدام خواهم نمود و بدینوسیله حق هر گونه اعتراض را از خود سلب نمودم»**

شریف جورابیان شوشتری

## آیین نامه چاپ پایان نامه (رساله) های دانشجویان دانشگاه تربیت مدرس

نظر به اینکه چاپ و انتشار پایان نامه (رساله) های تحصیلی دانشجویان دانشگاه تربیت مدرس، مبین بخشی از فعالیت های علمی- پژوهشی دانشگاه است بنابراین به منظور آگاهی و رعایت حقوق دانشگاه، دانش آموختگان این دانشگاه نسبت به رعایت موارد ذیل متعهد می شوند:

**ماده ۱:** در صورت اقدام به چاپ پایان نامه (رساله) خود، مراتب را قبلاً به طور کتبی به "دفتر نشر آثار علمی" دانشگاه اطلاع دهید.

**ماده ۲:** در صفحه سوم کتاب (پس از برگ شناسنامه) عبارت ذیل را چاپ کنید:

«کتاب حاضر، حاصل پایان نامه کارشناسی ارشد نگارنده شریف جورابیان شوستری در رشته مهندسی منابع طبیعی-محیط زیست است که در سال ۱۳۹۰ در دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی دانشگاه تربیت مدرس به راهنمایی جناب آقای دکتر عباس اسماعیلی ساری و جناب آقای دکتر سید محسن حسینی از آن دفاع شده است.»

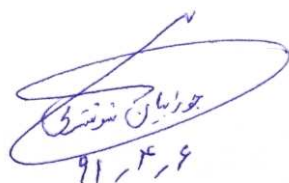
**ماده ۳:** به منظور جبران بخشی از هزینه های دانشگاه، یک درصد شمارگان کتاب (در هر نوبت چاپ) را به "دفتر نشر آثار علمی" دانشگاه اهدا کند. دانشگاه می تواند مازاد نیاز خود را به نفع مرکز نشر در معرض فروش قرار دهد.

**ماده ۴:** در صورت عدم رعایت ماده ۳، ۵۰٪ بهای شمارگاه چاپ شده را به عنوان خسارت به دانشگاه تربیت مدرس، تادیه کند.

**ماده ۵:** دانشجو تعهد و قبول می کند در صورت خودداری از پرداخت بهای خسارت، دانشگاه می تواند خسارت مذکور را از طریق مراجع قضایی مطالبه و وصول کند؛ به علاوه به دانشگاه حق می دهد به منظور استیفای حقوق خود، از طریق دادگاه، معادل وجه مذکور در ماده ۴ را از محل توقیف کتاب های عرضه شده نگارنده برای فروش، تامین نماید.

**ماده ۶:** اینجانب شریف جورابیان شوستری دانشجوی رشته مهندسی منابع طبیعی-محیط زیست مقطع کارشناسی ارشد تعهد فوق و ضمانت اجرایی آن را قبول کرده، به آن ملزم می شوم.

تاریخ و امضا

  
جورابیان شوستری  
۹۱/۴/۶



دانشگاه تربیت مدرس

دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی

دانشگاه تربیت مدرس

دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی

پایان نامه کارشناسی ارشد محیط زیست

مدل سازی تغییرات کاربری اراضی حوزه آبخیز نکا با استفاده از LCM در محیط GIS

شریف جورابیان شوشتری

اساتید راهنما:

دکتر عباس اسماعیلی ساری

دکتر سید محسن حسینی

بهمن ۱۳۹۰

تقدیم بہ

پدر ، مادر

و

خواہر

عہد بانم۔

## شکر و قدردانی

بر خود لازم می‌دانم از تمامی دوستانی که طی این مدت بنده حقیقتاً مورد عنایت خود قرار دادند، قدردانی نمایم:

جناب آقای دکتر عباس اسماعیلی ساری استاد عزیزم که همیشه با روی گشاده زحمت‌راه‌نمایی و هموار نمودن مسیر حرکت علمی اینجانب را متقبل شده‌اند.

جناب آقای دکتر سید محسن حسینی دوست و استاد بزرگوارم که همواره از اخلاق و راه‌نمایی‌های ارزشمندشان بهره‌های فراوان برده‌ام.

جناب آقای مهندس مهدی غلامعلی فرد استاد مشاور، دوست مهربان و برادر بزرگترم که سهم بسزایی در آشنایی بنده با روش‌های نوین علمی، مدل‌های

جدید و نبش از دور داشتند صمیمانه سپاسگزارم.

داوران ارجمند جناب آقای دکتر کریم سلیمانی و جناب آقای دکتر حمید رضا مرادی که زحمت داوری پایان‌نامه را بر عهده داشتند و نکات

ارزشمندی را ذکر نمودند.

نایبانه محترم تحصیلات تکمیلی جناب آقای دکتر حبیب... یونسی.

جناب آقای دکتر علی اکبر آجگار به سبب زحمت زیاد در تهیه تصاویر ماهواره‌ای و دیتا.

جناب آقای مهندس سید محمود قاسمپوری استاد و معلم بزرگوارم، که راه‌نمایی‌های ارزنده ایشان همیشه راهنمای کار بوده است.

جناب آقای دکتر **Robert Gilmore Pontius** به سبب نقطه نظرات علمی ارزشمند.

جناب آقای مهندس محمد پور رئیس بخش‌های بخش ۲ سبب کمک فراوان به‌تمام نمودن برداری.

دوستان عزیزم مهندس اسماعیل عبدالله زاده، مهندس سید حمزه حسینی، مهندس حمید سالاری، مهندس مجتبی شیرود نجفی، مهندس مهدی ابراهیمی،

مهندس علی کاظمی، مهندس جابر اعظمی، مهندس جواد عارلو و مهندس یوسف مجیدی.

سازمان فضایی ایران به سبب فراهم کردن برخی از تصاویر ماهواره ای مورد استفاده در تحقیق حاضر و اخلاق خوب کارکنان این سازمان.

سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح به سبب در اختیار قرار دادن تصویر ماهواره IRS سال ۲۰۰۷.

دانشگاه تربیت مدرس و بخصوص گروه محیط زیست دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی نور که اسباب لازم جهت انجام این تحقیق را فراهم نمودند.



## چکیده

تغییرات کاربری اراضی و توسعه شهرها سبب تخریب زیستگاه‌های طبیعی و کاهش تنوع زیستی شده است. یکی از روش‌های مورد استفاده برنامه‌ریزان جهت کنترل روند تغییرات کاربری، مدل‌سازی می‌باشد. این مطالعه با هدف مدل‌سازی تغییرات کاربری اراضی حوزه نکا با استفاده از Land Change Modeler انجام شد. جهت آنالیز تغییرات منطقه از تصاویر ماهواره Landsat سنجنده‌های MSS (۱۳۵۶)، TM (۱۳۶۶)، ETM+ (۱۳۸۰) و ماهواره ALOS سنجنده AVNIR-2 (۱۳۸۹) استفاده شد. همچنین مدل‌سازی پتانسیل انتقال با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی انجام پذیرفت. در این روش ۸ متغیر و ۳ زیر مدل (کشاورزی، مسکونی، کامل) مورد استفاده قرار گرفت. جهت پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی سال‌های ۱۳۸۹ و ۱۳۹۰ از دوره‌های واسنجی ۱۳۸۰-۱۳۶۶، ۱۳۸۵-۱۳۶۶ و ۱۳۸۵-۱۳۸۰ با استفاده از زنجیره مارکف و مدل پیش‌بینی سخت استفاده شد. در نهایت از نقشه‌های کاربری اراضی ۱۳۸۵ و ۱۳۹۰ جهت پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی سال ۱۳۹۵ استفاده شد. صحت مدل‌سازی با استفاده از مقادیر موفقیت خنثی، موفقیت، هشدار خطا و خطا ارزیابی شد. نتایج نشان داد، طی سال‌های ۱۳۸۹-۱۳۵۶، نرخ سالانه کاهش جنگل و اراضی کشاورزی به ترتیب ۱۲٪- و ۶۹٪- بود. همچنین طی دوره مورد مطالعه مناطق مسکونی و باغ با نرخ سالانه ۲۴٪ و ۸۸٪/۵ افزایش یافتند. بیشترین تغییرات در این دوره، تبدیل اراضی کشاورزی به باغ (۷۵۵۰ هکتار) و مناطق مسکونی (۵۹۰۹ هکتار) بود. نتایج مدل‌سازی پتانسیل انتقال با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی در اکثر سناریوها صحت بالایی (۹۴-۶۲ درصد) را نشان داد. خطای کل در مدل‌سازی برای سال ۱۳۹۰ با دوره واسنجی ۱۳۸۵-۱۳۸۰ و زیر مدل کامل از سایر سناریوها کمتر (۶/۹۰٪) بود. نتایج مدل‌سازی برای سال ۱۳۹۵ نشان داد، مساحت کاربری جنگل در این سال نسبت به ۱۳۹۰ کاهش (۳۳۸ هکتار) و اراضی کشاورزی، مسکونی و باغ افزایش (به ترتیب ۳۷، ۲۱۱ و ۴۱ هکتار) خواهند یافت.

**کلمات کلیدی:** مدل‌سازی تغییرات کاربری اراضی، LCM، شبکه عصبی مصنوعی، ارزیابی صحت، نکا.

## فهرست مطالب

صفحه	عنوان	ردیف
ج	فهرست جدول‌ها	
د	فهرست شکل‌ها	
۱	مقدمه و کلیات	۱
۱	مقدمه	۱-۱
۳	کلیات	۲-۱
۳	آشکارسازی تغییرات کاربری اراضی و روش‌های آن	۱-۲-۱
۵	مدل‌سازی تغییرات کاربری اراضی	۲-۲-۱
۶	امکان سنجی استفاده از Multilayer perceptron موجود در LCM	۳-۲-۱
۸	اهداف تحقیق	۴-۲-۱
۸	سوالات تحقیق	۵-۲-۱
۸	فرضیه‌ها	۶-۲-۱
۹	مروری بر منابع	۲
۱۵	جمع‌بندی مرور منابع	۱-۲
۱۶	مواد و روش‌ها	۳
۱۶	منطقه مورد مطالعه	
۱۷	تولید نقشه‌های کاربری اراضی	۱-۳
۲۱	ارزیابی صحت نقشه‌های کاربری اراضی	۱-۱-۳
۲۱	آشکارسازی تغییرات	۲-۳
۲۲	مدل‌سازی پتانسیل انتقال	۳-۳
۲۳	انتخاب متغیرها	۱-۳-۳
۲۴	ارزیابی صحت مدل‌سازی پتانسیل انتقال	۲-۳-۳
۲۵	مدل‌سازی تغییرات کاربری اراضی	۴-۳
۲۵	انتخاب فاصله زمانی	۱-۴-۳
۲۷	ارزیابی صحت مدل	۵-۳
۲۹	فصل چهارم: نتایج	۴
۲۹	نقشه‌های کاربری اراضی	۱-۴
۳۱	ارزیابی صحت نقشه‌های کاربری اراضی	۱-۱-۴
۳۳	آشکارسازی تغییرات	۲-۴

۳۳	میزان و نرخ تغییرات در کلاس‌های کاربری اراضی	۱-۲-۴
۳۴	تبدیل و تغییرات خالص بین طبقات کاربری اراضی	۲-۲-۴
۴۱	نقشه‌های تغییرات	۳-۲-۴
۴۳	روند مکانی تغییرات	۴-۲-۴
۴۸	مدل‌سازی پتانسیل انتقال	۳-۴
۴۹	متغیرها	۱-۳-۴
۵۵	ارزیابی صحت مدل‌سازی پتانسیل انتقال	۲-۳-۴
۵۶	مدل‌سازی تغییرات کاربری اراضی	۴-۴
۶۱	ارزیابی صحت مدل	۵-۴
۶۴	فصل پنجم: بحث، نتیجه‌گیری و پیشنهادها	۵
۶۴	نقشه‌های کاربری اراضی	۱-۵
۶۵	آشکارسازی تغییرات	۲-۵
۶۸	مدل‌سازی پتانسیل انتقال	۳-۵
۶۸	انتخاب متغیرها	۱-۳-۵
۶۸	ارزیابی صحت مدل‌سازی پتانسیل انتقال	۲-۳-۵
۶۹	مدل‌سازی تغییرات کاربری اراضی	۴-۵
۷۰	انتخاب دوره‌های زمانی	۱-۴-۵
۷۱	ارزیابی صحت مدل	۵-۵
۷۲	مزایای LCM نسبت به سایر مدل‌ها	۱-۵-۵
۷۳	نتیجه‌گیری کلی	۶-۵
۷۳	آزمون فرضیه‌های تحقیق	۷-۵
۷۴	پیشنهادات	۸-۵
۷۴	پیشنهادات پژوهشی	۱-۸-۵
۷۴	پیشنهادات اجرایی	۲-۸-۵
۷۵	منابع	

## فهرست جدول‌ها

صفحه	عنوان	ردیف
۱۹	مشخصات باندهای سنجنده‌های TM و ETM+ ماهواره Landsat	۱-۳
۱۹	مشخصات سنجنده AVNIR-2	۲-۳
۲۰	مشخصات تصاویر ماهواره ای استفاده شده	۳-۳
۲۶	مشخصات سناریوهای مورد استفاده در تحقیق حاضر	۴-۳
۳۱	مساحت هر کاربری به هکتار در سال‌های مورد مطالعه	۱-۴
۳۲	ماتریس خطای نقشه‌های کاربری اراضی	۲-۴
۳۵	ماتریس انتقال بین طبقات کاربری اراضی طی دوره‌های مورد مطالعه (بر حسب هکتار)	۳-۴
۴۸	ضرایب Cramer's V در سناریوهای مختلف	۴-۴
۵۵	ارزیابی صحت شبکه عصبی مصنوعی در سناریوی ۳	۵-۴
۵۵	ارزیابی صحت شبکه عصبی مصنوعی در سناریوی ۴	۶-۴
۵۶	تخصیص تغییر به هر کاربری با زنجیره مارکف در سناریوهای مختلف	۷-۴
۶۳	خطا و صحت پیش‌بینی مدل در سناریوهای مختلف (بر حسب درصد)	۸-۴

## فهرست شکل‌ها

ردیف	عنوان	صفحه
۱-۳	موقعیت منطقه مورد مطالعه در استان مازندران و تصویر ترکیب رنگی کاذب ماهواره ALOS	۱۷
۲-۳	نگاره جریان‌ی مراحل انجام تحقیق	۲۸
۱-۴	نقشه‌های کاربری اراضی منطقه مورد مطالعه	۳۰
۲-۴	مساحت هر کاربری به درصد در سال‌های ۱۳۵۶، ۱۳۶۶، ۱۳۸۰ و ۱۳۸۹	۳۴
۳-۴	کاهش و افزایش کاربری‌های اراضی بر حسب هکتار طی ۱۳۶۶-۱۳۵۶	۳۶
۴-۴	کاهش و افزایش کاربری‌های اراضی بر حسب هکتار طی ۱۳۸۰-۱۳۶۶	۳۶
۵-۴	کاهش و افزایش کاربری‌های اراضی بر حسب هکتار طی ۱۳۸۹-۱۳۸۰	۳۷
۶-۴	کاهش و افزایش کاربری‌های اراضی بر حسب درصد مساحت طی ۱۳۶۶-۱۳۵۶	۳۷
۷-۴	کاهش و افزایش کاربری‌های اراضی بر حسب درصد مساحت طی ۱۳۸۰-۱۳۶۶	۳۷
۸-۴	کاهش و افزایش کاربری‌های اراضی بر حسب درصد مساحت طی ۱۳۸۹-۱۳۸۰	۳۷
۹-۴	تغییرات خالص کاربری‌های اراضی در منطقه مورد مطالعه در جنگل بر حسب هکتار طی ۱۳۶۶-۱۳۵۶	۳۹
۱۰-۴	تغییرات خالص کاربری‌های اراضی در منطقه مورد مطالعه در جنگل بر حسب هکتار طی ۱۳۸۰-۱۳۶۶	۳۹
۱۱-۴	تغییرات خالص کاربری‌های اراضی در منطقه مورد مطالعه در جنگل بر حسب هکتار طی ۱۳۸۹-۱۳۸۰	۳۹
۱۲-۴	تغییرات خالص کاربری‌های اراضی در منطقه مورد مطالعه در کشاورزی بر حسب هکتار طی ۱۳۶۶-۱۳۵۶	۴۰
۱۳-۴	تغییرات خالص کاربری‌های اراضی در منطقه مورد مطالعه در کشاورزی بر حسب هکتار طی ۱۳۸۰-۱۳۶۶	۴۰
۱۴-۴	تغییرات خالص کاربری‌های اراضی در منطقه مورد مطالعه در کشاورزی بر حسب هکتار طی ۱۳۸۹-۱۳۸۰	۴۰
۱۵-۴	توزیع مکانی تغییرات کاربری‌اراضی بین ۱۳۶۶-۱۳۵۶	۴۱
۱۶-۴	توزیع مکانی تغییرات کاربری‌اراضی بین ۱۳۸۰-۱۳۶۶	۴۲
۱۷-۴	توزیع مکانی تغییرات کاربری‌اراضی طی ۱۳۸۹-۱۳۸۰	۴۲
۱۸-۴	توزیع مکانی تغییرات کاربری‌اراضی طی ۱۳۸۹-۱۳۵۶	۴۳
۱۹-۴	روند مکانی تغییرات از جنگل به همه کاربری‌ها طی ۱۳۶۶-۱۳۵۶	۴۴

۴۴	روند مکانی تغییرات از جنگل به همه کاربری‌ها طی ۱۳۶۶-۱۳۸۰	۲۰-۴
۴۵	روند مکانی تغییرات از جنگل به همه کاربری‌ها طی ۱۳۸۰-۱۳۸۹	۲۱-۴
۴۵	روند مکانی تغییرات از همه کاربری‌ها به اراضی کشاورزی طی ۱۳۶۶-۱۳۵۶	۲۲-۴
۴۶	روند مکانی تغییرات از همه کاربری‌ها به اراضی کشاورزی طی ۱۳۶۶-۱۳۸۰	۲۳-۴
۴۶	روند مکانی تغییرات از همه کاربری‌ها به اراضی کشاورزی طی ۱۳۸۰-۱۳۸۹	۲۴-۴
۴۷	روند مکانی تغییرات از همه کاربری‌ها به مناطق مسکونی طی ۱۳۶۶-۱۳۵۶	۲۵-۴
۴۷	روند مکانی تغییرات از همه کاربری‌ها به مناطق مسکونی طی ۱۳۶۶-۱۳۸۰	۲۶-۴
۴۸	روند مکانی تغییرات از همه کاربری‌ها به مناطق مسکونی طی ۱۳۸۰-۱۳۸۹	۲۷-۴
۴۹	مدل رقومی ارتفاع	۲۸-۴
۴۹	شیب بر حسب درصد	۲۹-۴
۵۰	فاصله از اراضی کشاورزی در سال ۱۳۶۶	۳۰-۴
۵۰	فاصله از مناطق مسکونی در سال ۱۳۶۶	۳۱-۴
۵۰	فاصله از کاربری جنگل در سال ۱۳۶۶	۳۲-۴
۵۱	فاصله از رودخانه	۳۳-۴
۵۱	فاصله از جاده در ۱۳۶۶	۳۴-۴
۵۱	متغیر کیفی مورد استفاده در سناریوی ۱	۳۵-۴
۵۲	متغیر کیفی مورد استفاده در سناریوی ۲	۳۶-۴
۵۲	متغیر کیفی مورد استفاده در سناریوی ۳	۳۷-۴
۵۳	مقایسه مدلسازی پتانسیل انتقال در سناریوی ۳ (الف) و سناریوی ۴ (ب)	۳۸-۴
۵۷	نقشه‌های پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی در سناریوهای مختلف در مقایسه با نقشه‌های واقعیت زمینی سال‌های ۱۳۸۹ و ۱۳۹۰	۳۹-۴
۵۹	نقشه پیش‌بینی شده سال ۱۳۹۵	۴۰-۴
۵۹	مساحت طبقات کاربری اراضی در سال ۱۳۹۵	۴۱-۴
۶۰	مناطق مستعد برای تخریب جنگل در سال ۱۳۹۵	۴۲-۴
۶۰	مناطق مستعد برای توسعه مسکونی در سال ۱۳۹۵	۴۳-۴
۶۱	خطا و صحت پیش‌بینی مدل در سناریوهای مختلف	۴۴-۴
۶۳	مقایسه کاپای کلی در سناریوهای مختلف	۴۵-۴

## ۱- مقدمه و کلیات

### ۱-۱ مقدمه

همراه با روند شهرنشینی سریع، مقدار قابل توجهی از اراضی طبیعی مانند جنگل‌ها و تالاب‌ها، به زمین‌های کشاورزی و مناطق مسکونی تبدیل شده‌اند. تغییرات سریع کاربری اراضی تأثیرات عمیقی روی محیط‌های طبیعی و انسانی گذاشته است. به عنوان مثال توسعه کشاورزی و سازه‌ها باعث جنگل‌زدایی، فرسایش خاک، تخریب حوزه آبخیز، کاهش تنوع زیستی و آلودگی شده است. گذشته از این، تغییرات مربوط به استفاده از زمین‌های کشاورزی و شتاب شهرنشینی منجر به افزایش سطوح غیر قابل نفوذ شده که سبب توسعه شبکه حمل و نقل و تجمع آلودگی‌های غیر نقطه‌ای همراه با رواناب سطحی می‌شود (Xian و همکاران، ۲۰۰۷). بواسطه این اثرات بزرگ، آشکارسازی و پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی به مبحث مهمی در مدیریت محیط‌زیست و آمایش سرزمین تبدیل شده است (Yu و همکاران، ۲۰۱۱).

در مقیاس جهانی، رشد جمعیت می‌تواند علت اصلی برای تغییر استفاده از زمین در نظر گرفته شود (Muñoz-Rojas و همکاران، ۲۰۱۱). توجه به الگوها، نرخ و روند تغییرات سیمای سرزمین برای درک پویایی جنگل، حفاظت پایدار و ارزیابی رویکردهای مدیریت لازم است (Gómez و همکاران، ۲۰۱۱). اخیراً توجه زیادی به تغییرات کاربری اراضی و تخریب پوشش گیاهی شده است (Schulz و همکاران، ۲۰۱۰؛

Hansen و همکاران، ۲۰۰۸؛ Gómez و همکاران، ۲۰۱۱). جنگل‌زدایی به عنوان مهم‌ترین جزء در آشکارسازی تغییرات کاربری اراضی شناخته شده است. جنگل‌ها اکوسیستم‌های چند منظوره‌ای هستند که خدمات مادی و معنوی زیادی مثل زیستگاه حیات وحش، مخازن کربن، افزایش تنوع زیستی، خدمات محیط زیستی و اقتصاد مبتنی بر جنگل را عرضه می‌کنند و تخریب و تغییرات آنها باید جدی گرفته شود (Käyhkö و همکاران، ۲۰۱۱). تخمین زده شده که میانگین نرخ خالص تخریب در جنگل‌های گرمسیری امریکای لاتین ۳/۶ میلیون هکتار در دهه ۱۹۸۰ و ۳/۲ میلیون هکتار در دهه ۱۹۹۰ بوده است (Liu و همکاران، ۲۰۰۸). مطابق گزارش‌های FAO، ۱۳/۷ میلیون هکتار از جنگل‌های طبیعی در کشورهای در حال توسعه از سال ۱۹۹۰ به ۱۹۹۵ کاهش یافته‌اند. مهم‌ترین دلیل برای افزایش تخریب جنگل در این کشورها، مدیریت ناکارآمد و عدم استفاده از روش‌ها و فن‌آوری‌های مناسب می‌باشد (Naghdi و همکاران، ۲۰۰۸). تغییرات در پوشش جنگل اثرات گسترده‌ای در ارائه خدمات اکوسیستم، تحت تاثیر قرار دادن تنوع زیستی و ارائه پس‌خورهای مهم به تغییرات آب و هوا و رفاه انسان دارد (Kuemmerle و همکاران، ۲۰۰۹). آگاهی از تخریب جنگل‌ها برای مدیریت و حفاظت از تنوع زیستی حیاتی است (Puyravaud و همکاران، ۲۰۰۳).

جنگل‌های شمال ایران با نام جنگل‌های خزری یا هیرکانی، از آستارا در غرب تا گلیداغی در شرق امتداد دارند و شیب‌های شمالی البرز را با ۸۰۰ کیلومتر طول و ۲۰-۷۰ کیلومتر عرض پوشانده‌اند. رشد سالانه جنگل‌ها با توجه به نوع گونه، مکان، سن و تراکم از ۲ تا ۸ مترمکعب در هکتار در سال متفاوت است. گسترش این جنگل‌ها از سطح دریا تا ارتفاع ۲۸۰۰ متری و عمدتاً شامل جنگل‌های مخلوط راش، افرا، بلوط، ممرز و توسکا می‌باشند. میانگین درجه حرارت سالانه منطقه کم ارتفاع<sup>۱</sup> ۱۸-۱۶ درجه سانتیگراد با رطوبت نسبی بالا بویژه در تابستان می‌باشد. شرایط آب و هوایی مناسب منطقه، آن را قابل سکونت برای

---

<sup>۱</sup> Plateau



بسیاری از گونه های سخت چوب کرده است. بیش از ۸۰ گونه درختی و ۵۰ گونه درختچه ای در این منطقه شناسایی شده است. در گذشته مساحت جنگل ها ۳/۴ میلیون هکتار تخمین زده شده بود، اگرچه امروزه به ۱/۹ میلیون هکتار کاهش پیدا کرده است (Amirnejad و همکاران، ۲۰۰۶).

## ۲-۱ کلیات

### ۱-۲-۱ آشکارسازی تغییرات کاربری اراضی و روش های آن

علم سنجش از دور به یک ابزار جامع و حیاتی جهت مدیریت منابع طبیعی، محققان ارگان های دولتی، سازمان های حفاظتی و صنعتی تبدیل شده است (Kennedy و همکاران، ۲۰۰۹). ماهواره های سنجش از دور رایج ترین منبع داده برای تشخیص، کمی سازی و نقشه سازی الگوهای تغییرات کاربری اراضی به دلیل کسب داده به طور متناوب، فرمت دیجیتالی مناسب برای پردازش های کامپیوتری و روش های زمین مرجع سازی دقیق هستند (Abd El-Kawy و همکاران، ۲۰۱۱). آشکارسازی تغییرات در سنجش از دور شامل استفاده از دو عکس هوایی یا تصویر ماهواره ای از یک منطقه در تاریخ های مختلف که تغییرات را به همراه خصوصیات کاربری اراضی توصیف کند، می باشد (Jun Xu و Wang، ۲۰۱۰). آشکارسازی تغییرات یک کاربرد عمده داده های سنجش از دور است، زیرا پوشش تکراری در زمان های کوتاه و کیفیت تصویر مناسبی را ارائه می دهد (Volcani و همکاران، ۲۰۰۵). پایش تغییرات صحیح و به موقع پدیده های سطح زمین پایه ای را برای درک بهتری از روابط و برهم کنش بین پدیده های انسانی و طبیعی فراهم می کند (Akin و Berberoglu، ۲۰۰۹). آشکارسازی تغییرات در بسیاری از موارد جهت مطالعه تغییرات محیط-زیستی به کار می رود (Mas، ۱۹۹۹؛ Coppin و Bauer، ۱۹۹۶؛ Yuan و همکاران، ۲۰۰۵؛ Zhang و همکاران، ۲۰۱۰). تا به حال روش های مختلفی از الگوریتم های دیجیتالی برای آشکارسازی تغییرات کاربری اراضی از داده های سنجش از دور ایجاد شده اند. با وجود این دامنه گسترده، روشها به طور اساسی در دو طبقه وسیع خلاصه می شوند، آنهایی که آشکارسازی تغییرات را انجام می دهند و سپس طبقات را

مشخص می‌کنند (pre-classification) (مثل image differencing و principal component analysis) و آنهایی که اول طبقات را مشخص می‌کنند و سپس آشکارسازی تغییرات را انجام می‌دهند، مثل مقایسه پس از طبقه‌بندی (post-classification) (Van Oort, ۲۰۰۷). در روشهای pre-classification تصاویر ۲ تاریخ مختلف به یک تصویر جدید تبدیل می‌شوند که شامل تغییرات طیفی وسیع است. مزایای عمده روش post-classification که در آن بررسی پیکسل به پیکسل تغییر کاربری انجام و طی آن نقشه آشکارسازی تغییرات تهیه خواهد شد این است که تصاویر ۲ تاریخ جداگانه طبقه بندی می‌شوند، در نتیجه کمترین مشکل تصحیح رادیومتریک بین دو تاریخ را خواهیم داشت. در این روش ارزیابی مقایسه پس از طبقه‌بندی کلاً به دقت طبقه‌بندی اولیه وابسته است و نتایج طبقه‌بندی ضعیف باعث عدم قطعیت در نقشه تغییرات می‌شود (Rafiee, ۲۰۰۹a).

پایش تغییرات کاربری اراضی در ارتباط با اکولوژی، جنگل‌زدایی، بیابان‌زایی، شهرنشینی، سیل، خشکسالی، مدیریت پایدار منابع طبیعی، تضمین اکولوژیک، شناسایی و مدل‌سازی اثرات تغییرات آب و هوا انجام می‌شود (Lambin و Ehrlich, ۱۹۹۷؛ López و همکاران، ۲۰۰۱؛ Russell-Smith و همکاران، ۲۰۰۳؛ Lo و Quattrochi، ۲۰۰۳؛ Fraser و همکاران، ۲۰۰۵؛ Bayarjargal و همکاران، ۲۰۰۶؛ Liu و همکاران، ۲۰۰۲).

## ۱-۲-۲ مدل سازی تغییرات کاربری اراضی

مدل خلاصه سازی یا ساده سازی جهان واقعی است. دو هدف اصلی مدل سازی، ارتباطات (یا انتقال دانش در ارتباط با آموزش، پرورش و مذاکره) و کاهش ابهام<sup>۱</sup> جهت پشتیبانی تصمیم گیری برای برنامه ریزی و پیش بینی هستند (Singh, ۲۰۰۳).

سطح زمین به خودی خود یک سیستم پیچیده است و مدل سازی تغییرات کاربری اراضی یک فرآیند پیچیده که حاکی از دخالت انواع متغیرهاست می باشد. معمولاً نقشه های موضوعی جهت مدل سازی با استفاده از روش های سنجش از دور، پردازش تصویر و نرم افزار های نقشه سازی بدست می آیند. یکی از مشکلات عمده در مدل سازی تغییرات کاربری اراضی بویژه در مقیاس جهانی و منطقه ای تنوع متغیر ها و محدودیت های تغییرات کاربری اراضی در مقیاس محلی است (Park و همکاران، ۲۰۰۵). انجام تصمیم گیری از قبیل اتخاذ راهبرد<sup>۲</sup>، سیاست، برنامه اجرایی<sup>۳</sup>، طرح ریزی و ارزیابی توان با GIS، نیاز به ارائه و ساخت مدل های مربوط به سطوح مختلف تصمیم گیری دارد، یعنی «مبانی تصمیم گیری در GIS، مدلها هستند». به طور کلی مدلسازی بدین جهت به عمل می آید که بتوان (۱) پیچیدگی نظام را ساده تر نمود که قابل درک باشد، (۲) جمع بندی از اطلاعات گردآوری شده داشت، که بتوانند با هم از نظر ماهیت داده ها سازگار باشند و (۳) شبیه سازی از تلفیق اطلاعات موجود درست کرد که شباهتی به جهان واقعی داشته باشد (مخدوم، ۱۳۸۳).

مدل های تغییرات کاربری اراضی ابزارهایی جهت آنالیز دلایل و پیامد های تغییرات کاربری اراضی به منظور درک بهتر عملکرد سیستم های کاربری اراضی، مدیریت کاربری اراضی و شناسایی زون های حساس هستند. این مدل ها برای رهایی مجموعه پیچیده ای از نیروهای اقتصادی-اجتماعی و بیوفیزیکی که بر نرخ و الگوی فضایی تغییرات کاربری اراضی و تخمین اثرات تغییر در کاربری اراضی مفید هستند

<sup>1</sup> Uncertainty

<sup>2</sup> Strategy

<sup>3</sup> Action Plan

کاربرد دارند. علاوه بر این، می‌توانند تغییرات پوشش اراضی را در آینده با توجه به سناریوهای مختلف شناسایی کنند. به طور خلاصه، این مدل‌ها ابزارهایی مفید هستند که تکمیل‌کننده قابلیت ذهن بشر برای آنالیز تغییرات کاربری اراضی و گرفتن تصمیمات آگاهانه‌تر می‌باشند (Verburg و همکاران، ۲۰۰۴). در همین راستا مدل‌های زیادی برای آشکارسازی و پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی ارائه شده‌اند که Land Change Modeler (LCM) نیز جهت ایجاد توسعه پایدار بوم‌شناختی، راه‌حلی نرم‌افزاری است که برای تشخیص مسئله مبهم و رو به افزایش تبدیل زمین و نیازهای بخصوص تحلیلی حفظ تنوع زیستی طراحی و ساخته شده است و به صورت برنامه عمودی<sup>۱</sup> درون سامانه نرم‌افزاری IDRISI وجود داشته، همچنین به صورت افزونه<sup>۲</sup> برای ArcGIS از شرکت ESRI نیز در دسترس می‌باشد. LCM ابزاری را در اختیار قرار می‌دهد که به کمک آن می‌توان به ارزیابی و پیش‌بینی تغییرات پوشش اراضی و تأثیرات آن بر زیستگاه گونه‌ها و تنوع زیستی پرداخت.

### ۱-۲-۳ امکان‌سنجی استفاده از <sup>۳</sup>Multilayer Perceptron موجود در LCM

به طور کلی، مدل‌های تغییرات کاربری اراضی شامل سه جزء هستند: زیر مدل نیاز تغییر<sup>۴</sup>، زیر مدل پتانسیل انتقال<sup>۵</sup> و زیر مدل تخصیص تغییر<sup>۶</sup>. زیر مدل نیاز تغییر به تعیین میزان تغییری که طی دوره خاصی از زمان رخ خواهد داد مربوط می‌شود. نتایج این مرحله در یک ماتریس احتمال انتقال<sup>۷</sup> که میزان تغییر از یک طبقه کاربری را به نوع دیگر تعیین می‌کند، خلاصه می‌شود. مدل‌سازی پتانسیل انتقال نیز پتانسیل انتقال از یک کاربری (مثل جنگل) به کاربری دیگر (نظیر کشاورزی) را با توجه به متغیرهای

---

<sup>۱</sup> Vertical Application

<sup>۲</sup> Extension

<sup>۳</sup> MLP

<sup>۴</sup> Change Demand

<sup>۵</sup> Transition Potential

<sup>۶</sup> Change Allocation

<sup>۷</sup> Transition Probability Matrix