



## ارتباط بین تغییرات کاربری اراضی و تولید رواناب (Water Yield) در حوزه آبخیز گرگانرود

زینب مرادی<sup>۱</sup> و علیرضا میکایلی تبریزی<sup>۲</sup>

۱- کارشناس ارشد محیط زیست دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گروه محیط زیست، گرگان  
۲- دانشیار دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گروه محیط زیست، گرگان، (نویسنده مسؤل: amikaeili@gau.ac.ir)  
تاریخ ارسال: ۹۷/۰۶/۲۴ تاریخ پذیرش: ۹۹/۰۱/۰۸  
صفحه: ۲۶۹ تا ۲۸۰

### چکیده

در دهه‌های اخیر تغییرات شدید کاربری اراضی در استان گلستان باعث کاهش میزان چشمگیری از جنگل‌های هیرکانی شده است. در بررسی این تغییرات از نقشه‌های پوشش سرزمین حاصل از طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای لندست (سنجنده TM) مربوط به سال‌های ۱۹۸۴، ۲۰۱۲ و ۲۰۱۶ به عنوان ورودی مدل‌ساز تغییر سرزمین (LCM)، برای تحلیل و نیز پیش‌بینی تغییرات پوشش سرزمین در سال ۲۰۳۰ استفاده شد. به منظور برآورد صحت مدل‌سازی از آماره‌های عملکرد نسبی (ROC)، نسبت موفقیت به هشدار خطا و عدد شایستگی استفاده شد. در ادامه به بررسی نقش تغییر کاربری اراضی در تولید رواناب حوزه آبخیز به عنوان یکی از خدمات اکوسیستمی پرداخته شد. نتایج بیانگر صحت بالای شبکه عصبی مصنوعی با میزان ROC برابر ۰/۹۴۹، نسبت موفقیت به هشدار خطا ۵۷ درصد و عدد شایستگی ۱۱ درصد بود. نتایج مدل‌سازی تغییرات کاربری اراضی نشان داد از سال ۱۹۸۴ تا ۲۰۱۲ بیشترین تغییرات مربوط به کاهش پوشش جنگلی بوده است. مدل‌سازی این روند با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی نشان داد از سال ۲۰۱۶ تا ۲۰۳۰ در حدود ۳۰۳۶۱ هکتار از سطح پوشش جنگلی کاسته خواهد شد. نتایج بررسی تولید رواناب نشان داد، میزان رواناب در کل حوزه، مخصوصاً در قسمت شرق و شمال شرق حوزه که بیشترین تغییرات کاربری هم در این مناطق رخ داده- افزایش یافته است. این افزایش در میزان رواناب بر اثر تغییر کاربری اکوسیستم جنگلی به کاربری کشاورزی در این مناطق صورت گرفته است. نتایج این مطالعه، درک ما را از پیامدهای هیدرولوژیکی تغییرات کاربری زمین بهبود می بخشد و دانش مورد نیاز را برای توسعه و مدیریت مناسب زمین به منظور پایداری و بهره‌وری در حوزه آبریز گرگانرود فراهم می کند.

واژه‌های کلیدی: تغییرات کاربری، خدمات اکوسیستمی، رواناب، شبکه عصبی مصنوعی، حوزه آبخیز گرگانرود

### مقدمه

کشورهایی که با محدودیت منابع آبی مواجه‌اند بسیار پر اهمیت است (۴،۳). تحقیقات زیادی نیز در رابطه با تأثیر تغییر کاربری و پوشش اراضی بر ویژگی‌های هیدرولوژیک رودخانه‌ها انجام گرفته است که تأثیر آشکار آن‌ها را در تغییر میزان رواناب و جریان رودخانه‌ها به اثبات رسانده است. گیو و همکاران، تأثیر تغییرات فصلی و سالانه آب و هوا و تغییرات پوشش سرزمین بر رواناب را در حوزه دریاچه‌ای در چین با استفاده از مدل SWAT بررسی کردند. نتایج این مطالعه نشان داد تغییر پوشش سرزمین به شدت بر جریانات فصلی تأثیرگذار است و هیدروگراف سالانه را تغییر می‌دهد (۵). در مطالعه‌ای که توسط بی و همکاران، در حوزه آبخیزی در چین انجام شد تأثیر بارش و کاربری اراضی طی یک دوره ۵۰ ساله بررسی شد. نتایج نشان داد که تغییرات کاربری زمین بین سال‌های ۱۹۵۴ تا ۲۰۰۸ افزایش یافته است و پوشش جنگلی هر ساله به میزان ۴۹/۶۳٪ (۶/۵ میلی‌متر) میزان رواناب را کاهش می‌دهد (۶). ناستا و همکاران، تأثیر تغییرات بلندمدت کاربری اراضی را بر عملکرد هیدرولوژیکی اکوسیستم در یک حوزه مدیترانه‌ای در جنوب ایتالیا بررسی کردند. این مطالعه نیز تأثیر پوشش جنگلی را بر کاهش رواناب و افزایش تبخیر و تعرق تأیید کرد (۷). سلمانی و همکاران تأثیر تغییر کاربری را در رژیم هیدرولوژیکی حوزه آبخیز قزاقلی استان گلستان بررسی نمودند. نتایج تحلیل کاربری اراضی بیانگر این نکته بود که

پوشش سرزمین نقش مهمی در تعیین ساختار، عملکرد و پویایی سیماهای سرزمین در سراسر جهان دارد. تغییر پوشش سرزمین یکی از موضوعات بسیار مهم در بوم‌شناسی سیما سرزمین می‌باشد (۱). امروزه سرعت و وسعت تغییرات در سیما سرزمین افزایش یافته است. تغییر پوشش سرزمین در حوزه گرگانرود با توجه به رشد و توسعه شهرنشینی و افزایش نیاز به اراضی کشاورزی و مناطق شهری و نیز ساخت شهرک‌های جدید، رشد روزافزونی دارد که متأسفانه این اقدامات بدون توجه به ظرفیت محیط‌زیست صورت می‌گیرد و پیامدهای ناشی از آن دامن‌گیر همه موجودات زنده از جمله خود انسان خواهد بود.

خدمات اکوسیستمی حفاظت از منابع آبی، از جمله خدمات حاصل از عملکرد خودتنظیمی اکوسیستم جنگلی است و یکی از ارزشمندترین عملکردهای اکوسیستمی محسوب می‌شود. ارزش حاصل از عملکردهای خودتنظیمی در زمره ارزش‌های غیراستفاده‌ای غیرمستقیم<sup>۱</sup> قرار دارد که متأسفانه بازار واقعی برای برآورد این ارزش‌ها وجود ندارد و به‌طور معمول اهمیت این دسته از عملکردها تا زمانی که دچار اختلال نشده‌اند، آشکار نمی‌شود (۲). واقعیت آن است که آشکارنبودن این ارزش‌ها به رایگان پنداشتن این خدمات در معادلات اقتصادی و در نتیجه تخریب فزاینده آن‌ها منجر خواهد شد. این در حالی است که نقش جنگل‌ها در حفاظت از منابع آبی، در

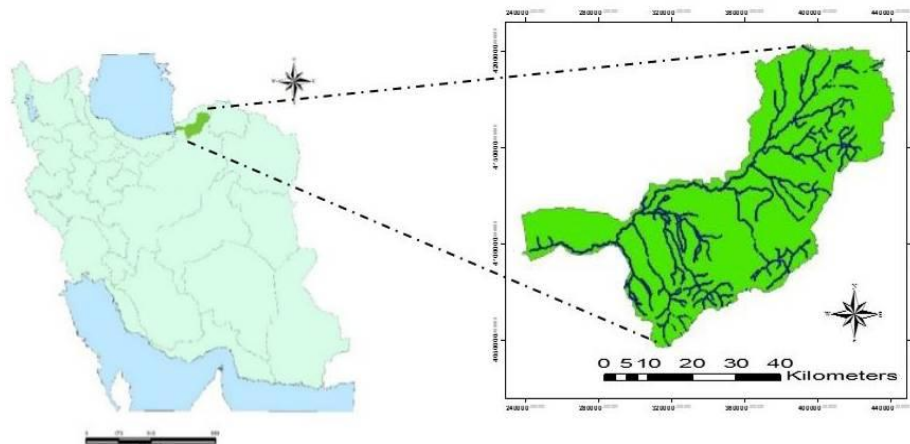
خاک سطحی و کاهش فرسایش خاک، تعدیل دما و کاهش میزان گازهای گلخانه‌ای دارند. در این تحقیق تغییر پوشش سرزمین حوزه آبخیز گرگان‌رود و نقش این تغییرات در کنترل رواناب سطحی به‌عنوان یکی از خدمات اکوسیستمی بررسی می‌شود. سیستم جامع ارزش‌گذاری خدمات و مبادلات اکوسیستمی (In VEST) یک ابزار برای ارزیابی اثرات اکوسیستمی برای حمایت از توسعه تصمیم‌گیری‌های محیط زیستی است که شامل بسیاری از زیرمدل‌ها است و مدل تولید رواناب (water yield) یک جزء بسیار مهم از خدمات اکوسیستمی مربوط به آب است. مدل تولید رواناب در In VEST با استفاده از تولید نقشه و تجزیه و تحلیل مکانی تحت نرم‌افزار ArcGIS انجام می‌گیرد.

#### منطقه مورد مطالعه

رودخانه گرگان‌رود با طول حدود ۳۰۰ کیلومتر و با حوزه آبخیز حدود ۹۳۸۵ کیلومتر مربع با طول جغرافیایی ۲۷° ۵۴' تا ۲۲° ۵۶' شرقی و عرض جغرافیایی ۲۲° ۳۶' تا ۴۷° ۳۷' شمالی در استان گلستان واقع شده است (شکل ۱). این رودخانه در قسمت جنوب شرقی دریای خزر واقع شده است و جهت جریان آب رودخانه از شرق به غرب است (۱۱).

بهبود کاربری حوزه باعث کاهش مقادیر رواناب از طریق افزایش نفوذپذیری، آب‌گذاری به آبخوان سطحی و عمیق و افزایش تبخیر و تعرق می‌شود، از طرفی با تخریب منطقه در جهت قهقرا مقدار رواناب افزایش یافته و مقادیر نفوذپذیری، آب‌گذاری به آبخوان سطحی و عمیق و تبخیر و تعرق واقعی کاهش چشمگیری پیدا می‌نماید (۸). رضایی مقدم و همکاران، اثرات تغییر کاربری اراضی را بر سیل‌خیزی و دبی رواناب حوضه آبریز سدلوپان بررسی نمودند و به‌منظور بررسی تأثیر تغییرات کاربری و پوشش اراضی بر رژیم هیدرولوژیکی حوضه مورد مطالعه از روش SCS استفاده کردند. نتایج این مطالعه نشان داد در صورت وجود بارش ۲۴ ساعته، به‌علت افزایش در کاربری‌هایی مثل اراضی بایر، رواناب افزایش یافته و به‌عبارتی منطقه به سمت سیل‌خیزی گام برمی‌دارد (۹). ناصح رحمانی و همکاران آثار هیدرولوژیک تغییر کاربری را طی ۳۰ سال اخیر در حوزه کسپلیان بررسی نمودند. نتایج این بررسی نشان داد کاهش اراضی جنگلی و افزایش مرتع دبی اوج و حجم رواناب را افزایش داده است (۱۰).

اکوسیستم‌های جنگلی حوزه آبخیز گرگان‌رود نقش بسیار مهمی در کنترل رواناب سطحی و کاهش سیل، حفاظت از



شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه در استان گلستان و ایران  
Figure 1. Location of the study area in the Golestan province and Iran

به نوعی دیگر به کمک متغیرهای محرک نشان داده می‌شود و در واقع به کمک دو نقشه پوشش سرزمین با زمان‌های متفاوت به شناسایی الگوهای تغییرات مکانی در گذشته و واسنجی مدل پرداخته می‌شود (۱۲).

#### تحلیل حساسیت شبکه عصبی مصنوعی

در تحقیق حاضر به‌منظور تحلیل حساسیت مدل شبکه عصبی مصنوعی پرسپترون چند لایه از آماره میزان مهارت و میزان صحت استفاده شده است. میزان مهارت آماره‌ای برای ارزیابی توانایی مدل بر اساس داده‌های صحت‌سنجی است و مهارت مدل را برای پیش‌بینی تغییرات آینده بر اساس داده‌های آموزشی می‌سنجد. در واقع این آماره برای مقایسه صحت مدل بر اساس داده‌های صحت‌سنجی و صحت مورد

#### مواد و روش‌ها

به‌منظور پیش‌پردازش لایه‌ها از توابع موجود در نرم‌افزار IDRISI Terrset نسخه 18.11، نرم‌افزار ArcGIS 10.3 و نرم‌افزار InVEST 3.0.0 استفاده شده است. تمامی لایه‌ها به‌صورت رستری و با مختصات مکانی (WGS-1984-UTM-Zone-40N) و اندازه پیکسل ۳۰ متر در محدوده حوزه آبخیز گرگان‌رود تهیه شدند تا در مراحل بعدی به‌منظور مدل‌سازی و تجزیه و تحلیل مورد استفاده قرار بگیرند. **بررسی و مدل‌سازی تغییرات کاربری اراضی با استفاده از مدل‌سازی تغییر سرزمین**

در این مرحله با استفاده از روش‌های مدل‌سازی پتانسیل انتقال تجربی میزان احتمال انتقال از یک نوع پوشش سرزمین

است. مدل تولید رواناب بر اساس منحنی بادیکو و میانگین سالانه بارندگی است. میزان تولید رواناب یا ( $Y_x$ ) به صورت سالانه و برای هر پیکسل سیمای سرزمین ( $X$ ) به صورت رابطه ۲ محاسبه می شود:

$$Y(x) = \left(1 - \frac{AET(x)}{P(x)}\right) \cdot P(x) \quad (\text{رابطه ۲})$$

که در آن  $AET(x)$  تبخیر و ترق واقعی سالانه برای پیکسل  $x$  و  $P(x)$  بارندگی سالانه برای پیکسل  $x$  است.

تبخیر و ترق تعادل آب یا  $\frac{AET(x)}{P(x)}$  برای بخش گیاهی پوشش سرزمین بر اساس منحنی بادیکو است که توسط رابطه زیر بدست آمده است: (رابطه ۳)

$$\frac{AET(x)}{P(x)} = 1 + \frac{PET(x)}{P(x)} - \left[1 + \left(\frac{PET(x)}{P(x)}\right)^w\right]^{\frac{1}{w}}$$

که در آن  $PET(x)$  پتانسیل تبخیر و ترق است که به صورت زیر تعریف می شود: (رابطه ۴)

$$PET(x) = K_c(\ell_x) \cdot ET_0(x)$$

که در آن  $ET_0(x)$  تبخیر و ترق برای پیکسل  $x$  و  $K_c(\ell_x)$  ضریب تبخیر و ترق گیاهی در کاربری  $\ell_x$  برای پیکسل  $x$  است.

$w(x)$  که بیشتر در رابطه ۳ آمده بود، یک پارامتر غیرفیزیکی یا تجربی است که خواص آب و هوایی و خاک در آن تعریف می شود که توضیح آن در زیر آمده است: (رابطه ۵)

$$W(x) = Z \frac{AWC(x)}{P(x)}$$

که در آن  $AWC$  بیانگر آب در دسترس گیاهان است. بافت خاک و عمق موثر خاک از عوامل موثر در تعیین این فاکتور هستند.  $Z$  یک فاکتور فصلی است که بیان کننده توزیع فصلی بارندگی و عمق بارش است. در مناطقی که بارش بیشتر در زمستان اتفاق می افتد این فاکتور عددی نزدیک به ۱۰ را داشته و در مناطقی که بارش در طول سال توزیع برابر دارد یا بیشتر در تابستان روی می دهد عدد ۱ را اختصاص می دهیم. نتیجه گیری کلی از مطالعات به دست آمده نشان می دهد که این فاکتور در حوزه های بارانی ارزشی حدود ۴، در حوزه های معتدله ۹ و در حوزه های موسمی ارزشی برابر ۱ دارد.

داده های مورد استفاده شامل نقشه کاربری اراضی، متوسط سالانه بارش و تبخیر و ترق گیاه، عمق خاک و آب در دسترس گیاه و یک جدول بیوفیزیکی شامل ویژگی های هر طبقه کاربری است.

انتظاری که قرار است به صورت تصادفی رخ دهد به کار گرفته می شود. این آماره توانایی مدل را برای هر انتقال پوشش سرزمین به طور جداگانه بررسی می کند و نقش متغیرها را در میزان صحت مدل برای پیش بینی تغییر مدنظر نشان می دهد. این آماره بین ۱- و ۱ می باشد که هرچه به یک نزدیک تر باشد، نشان دهنده صحت بالای مدل در راستای پیش بینی تغییرات است و اگر صفر باشد نشان دهنده عملکرد تصادفی مدل است (۱۳).

#### پیش بینی تغییرات پوشش سرزمین

در این مرحله با استفاده از زنجیره مارکف، احتمال تغییر هر کاربری به کاربری دیگر محاسبه می شود (۱۴). در تحقیق حاضر با استفاده از تغییرات اتفاق افتاده پوشش سرزمین بین سال های ۱۹۸۴ تا ۲۰۱۲ و با استفاده از زنجیره مارکف تغییرات برای سال ۲۰۱۶ پیش بینی شده است و سپس با نقشه واقعی مقایسه شده است.

#### ارزیابی صحت مدل سازی (صحت سنجی)

جهت ارزیابی صحت مدل سازی از نقشه پوشش سرزمین سال ۲۰۱۶ و از آماره هایی نظیر منحنی مشخصه عملکرد نسبی (ROC)، عدد شایستگی (۱۵) و نسبت موفقیت به هشدار خطا (۱۳) استفاده شده است. از آماره ROC در دامنه ۱-۰ بر اساس محاسبه درصد صحیح مثبت<sup>۱</sup> و در صد اشتباه مثبت<sup>۲</sup> به منظور مقایسه یک تصویر پیوسته شایستگی با یک تصویر بولین استفاده می شود که ارزش ۱ نشان دهنده توافق مکانی کامل و ارزش ۰/۵ نشان دهنده توافق تصادفی است. اگر نسبت موفقیت به هشدار خطا در مدل مورد استفاده بیشتر از ۲۵ درصد باشد می توان گفت که آن مدل صحت خوبی در ارتباط با پیش بینی تغییرات مدنظر داشته است (۱۳). آماره عدد شایستگی ارزشی بین صفر تا صد دارد که ارزش صد نشان دهنده تطابق کامل نقشه پیش بینی شده با واقعیت زمینی است و ارزش صفر نشان دهنده عدم تطابق می باشد و هرچه عدد شایستگی به صد نزدیک تر باشد به این معنی است که نقشه پیش بینی شده صحت بالاتری دارد عدد شایستگی از رابطه ۱ به دست می آید (۱۵).

$$(\text{رابطه ۱}) \quad \text{عدد شایستگی} = \left(\frac{B}{A+B+C}\right)$$

A: تعداد پیکسل هایی که در واقعیت تغییر یافته اند اما در پیش بینی ثابت مانده اند که به آن خطای پیش آمده (Miss) می گویند.

B: تعداد پیکسل هایی که در واقعیت زمینی تغییر پیدا کرده اند و این تغییرات به درستی توسط مدل پیش بینی شده است که به آن (Hits) می گویند.

C: تعداد پیکسل هایی که در واقعیت زمینی ثابت مانده اند ولی این پیکسل ها در پیش بینی مدل تغییر یافته اند که به این نوع خطا (False Alarm) می گویند.

#### مدل تولید رواناب

مدل تولید رواناب در In VEST با استفاده از تولید نقشه و تجزیه و تحلیل مکانی تحت نرم افزار ArcGIS انجام می گیرد. تاکنون، این مدل در مکان ها و تصمیم گیری های مختلف از جمله هاوایی (۱۶) و اندونزی (۱۷)، انجام شده

## نتایج و بحث

### مدل سازی پتانسیل انتقال کاربری‌ها

در این مطالعه از متغیرهای شیب، ارتفاع، فاصله از جنگل، فاصله از زمین‌های کشاورزی، فاصله از روستا، فاصله از جاده، دما و بارش به منظور مدل‌سازی و پیش‌بینی تغییرات کاربری

جدول ۱- مقادیر ضریب کرامر برای متغیرهای متحرک

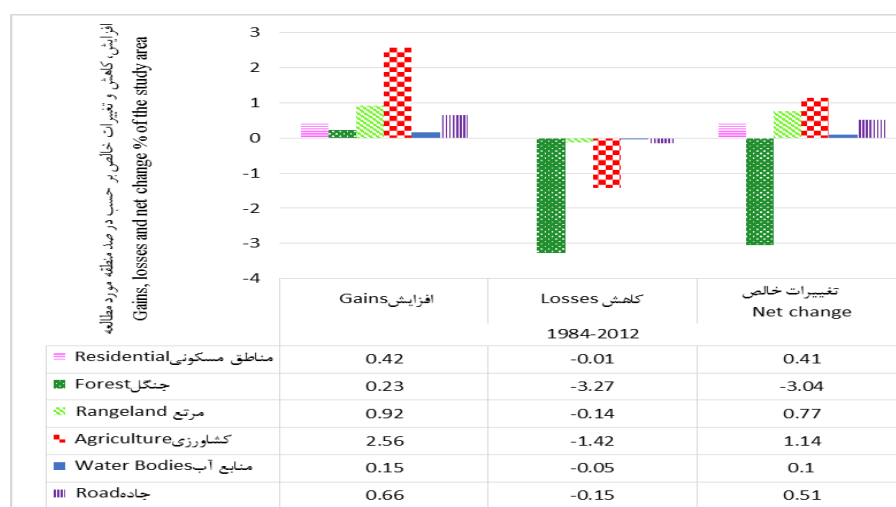
متغیر متحرک	مقدار ضریب کرامر
فاصله از زمین‌های کشاورزی	۰/۳۴
مدل رقومی ارتفاع	۰/۳۳
فاصله از حاشیه جنگل	۰/۳۰
شیب	۰/۲۵
فاصله از روستا	۰/۱۸
فاصله از جاده	۰/۱۷

### تجزیه و تحلیل و بارزسازی تغییرات (آنالیز تغییرات)

بررسی تغییرات پوشش سرزمین حوزه آبخیز گرگان‌رود نشان داد؛ در طول دوره مورد مطالعه (۱۹۸۴-۲۰۱۲)، بیشترین میزان تغییرات در طبقه جنگل رخ داده و پوشش جنگل در این سال‌ها به میزان ۷۷۲۱۴ هکتار کاهش یافته است. در درجه بعدی کاربری کشاورزی با ۲۸۸۶۶ هکتار افزایش، بیشترین تغییرات را در این حوزه داشته است (جدول ۲). شکل ۲، افزایش و کاهش را برای هر طبقه کاربری در طول دوره ۲۰۱۲-۱۹۸۴ بر اساس درصد منطقه مطالعاتی

جدول ۲- تغییرات در تمام طبقات کاربری اراضی در سال‌های ۱۹۸۴ و ۲۰۱۲ برحسب هکتار

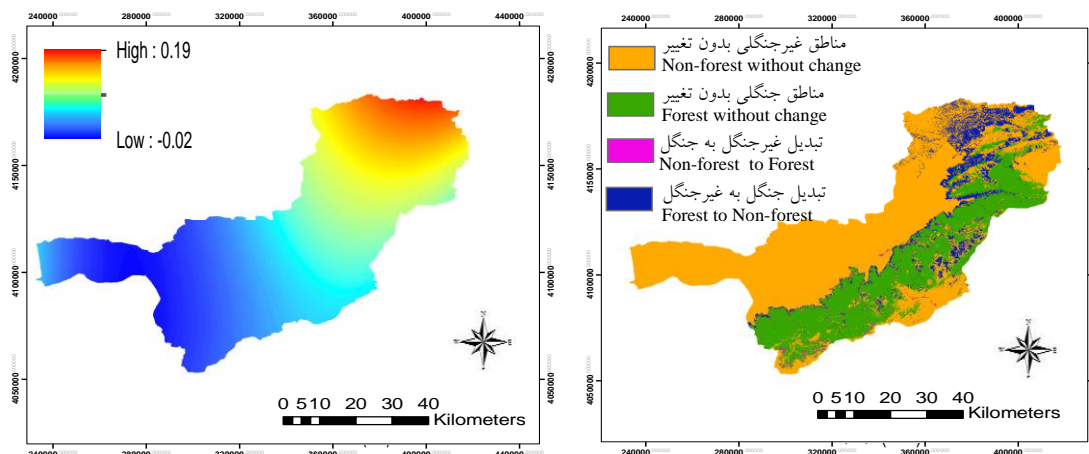
نوع کاربری اراضی	۱۹۸۴	۲۰۱۲	مساحت تغییر یافته بین سال‌های ۱۹۸۴-۲۰۱۲
مناطق مسکونی	۳۲۵۸/۴	۱۳۵۷۷/۳	۱۰۳۱۹
جنگل	۳۵۳۱۲۸/۷	۲۷۵۹۱۴/۳	-۷۷۲۱۴
مرتع	۱۷۸۱۰۸/۳	۱۹۷۷۶۳/۳	۱۹۶۵۵
کشاورزی	۳۸۶۲۹۰/۶	۴۱۵۱۵۶/۹	۲۸۸۶۶
منابع آب	۷۲۵۳/۹	۹۸۸۷/۵	۲۶۳۴
جاده	۶۸۲۵/۴	۱۹۸۲۱/۳	۱۲۹۹۶



شکل ۲- افزایش، کاهش و تغییرات خالص برای هر طبقه کاربری بین سال‌های ۱۹۸۴ تا ۲۰۱۲ بر حسب درصد منطقه مورد مطالعه  
Figure 2. Gains, losses and net change for each category, between 1987 to 2012 in percentage of the study area

در حوزه آبخیز گرگان رود دارا بودن اقلیم خشک و نیمه خشک و ایجاد خشکسالی در این مناطق است.

همانطور که در شکل ۳ نشان داده شده است، تخریب جنگل طی سال‌های ۱۹۸۴ تا ۲۰۱۲ بیشتر متوجه بخش شمال شرقی حوزه است. یکی از نیروهای عمده جنگل‌زدایی



شکل ۳- روند مکانی تغییرات جنگل‌زدایی. الف: انتقال پوشش جنگل بین سال‌های ۱۹۸۴ تا ۲۰۱۲؛ ب: روند مکانی تغییرات (جنگل‌زدایی) بین سال‌های ۱۹۸۴ تا ۲۰۱۲

Figure 3. Spatial distribution of deforestation. A: Transition of forest cover between 1984 to 2012; B: Spatial trend of changes (deforestation) between 1984 to 2012

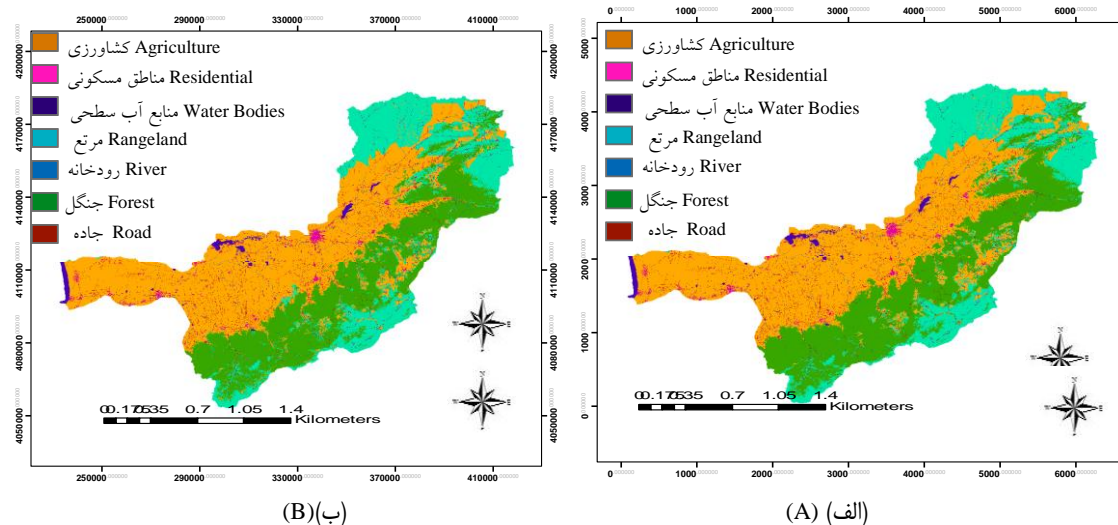
۵۷٪ است و همچنین میزان عدد شایستگی به صورت زیر محاسبه گردید:

عدد شایستگی =

$$\left( \frac{27689}{166790 + 27689 + 48295} \right) = 0.11 * 100 = 11$$

پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی برای سال ۲۰۱۶ با استفاده از مدل شبکه عصبی مصنوعی

در این مرحله تقاضای تغییر با استفاده از زنجیره مارکف صورت گرفت و پیش‌بینی تغییرات برای سال ۲۰۱۶ انجام شد (شکل ۴). نتایج ارزیابی صحت مدل شبکه عصبی مصنوعی پرسپترون چند لایه برای سال ۲۰۱۶ نشان می‌دهد که خروجی حاصل از مدل با میزان ROC، ۰/۹۴۹، توافق بالایی با تغییرات صورت گرفته دارد. میزان نسبت موفقیت به هشدار خطا برای مدل شبکه عصبی مصنوعی پرسپترون چند لایه



شکل ۴- پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی با استفاده از روش شبکه عصبی مصنوعی پرسپترون چند لایه. الف: نقشه پیش‌بینی سال ۲۰۱۶؛ ب: نقشه واقعیت زمینی سال ۲۰۱۶

Figure 4. Estimation of Land Use Change using artificial neural network. A: Predicted map for 2016 B: Actual map for 2016

## پیش‌بینی تغییرات مساحت پوشش سرزمین

طی سال‌های ۲۰۱۲ تا ۲۰۳۰ نشان می‌دهد. که برای مثال پوشش جنگل طی سال‌های ۲۰۱۶-۲۰۱۲ در حدود ۰/۳۹ درصد کاهش داشته است. بررسی توأم جداول (۳) و (۴) و شکل (۵) اطلاعات کاملی را در مورد درصد تغییرات رخ داده، مساحت هر طبقه و چگونگی پراکنش تغییرات در سطح همه طبقات ارائه می‌دهد. برای مثال، در طی دوره ۲۰۱۲ تا ۲۰۳۰ در حدود ۴۱۳۸۷ هکتار از سطح جنگل‌ها (معادل ۱/۶۳ درصد منطقه مطالعاتی) از بین خواهد رفت که از این مقدار ۱۳۴/۳ هکتار به مناطق مسکونی، ۱۰۷۴/۱ هکتار به مرتع و ۳۱۵۸/۵ هکتار به کشاورزی اختصاص خواهد یافت که نشان می‌دهد در طی دوره مطالعاتی تبدیل کاربری جنگل به کشاورزی از مهم‌ترین دلایل تخریب جنگل در منطقه است.

نتایج حاصل از بررسی تغییرات پوشش سرزمین در جدول (۳) نشان داده شده است. در این جدول میزان تغییرات پوشش سرزمین از هر طبقه به طبقه دیگر بر حسب هکتار ارائه شده است. برای مثال از سال ۲۰۱۲ تا ۲۰۳۰ در حدود ۲۳۱۱۲۷ هکتار از جنگل‌ها بدون تغییر باقی می‌ماند و حدود ۱۳۴ هکتار به مناطق مسکونی تبدیل می‌شود. همچنین جدول (۴) نشان‌دهنده مساحت هر طبقه پوشش سرزمین از سال ۱۹۸۴ تا ۲۰۳۰ است که نشان می‌دهد در سال ۱۹۸۴ پوشش جنگل ۳۵۳۱۲۹ هکتار بوده است و تا سال ۲۰۳۰ به مقدار ۲۳۴۵۲۷ هکتار خواهد رسید. علاوه بر آن، شکل (۵) میزان تغییرات هر طبقه پوشش سرزمین را بر حسب درصد منطقه مورد مطالعه

جدول ۳- پیش‌بینی میزان تغییرات پوشش سرزمین از هر طبقه به طبقه دیگر از سال ۲۰۱۲ تا ۲۰۳۰ (واحد: هکتار)  
Table 3. Forecasting land cover changes in each category from 2012 to 2030 (Unit: ha.)

۲۰۳۰							
		به مناطق مسکونی					
		به جنگل		به مرتع		به کشاورزی	
		به منابع آب		به جاده		به رودخانه	
از مناطق مسکونی	۱۲۹۱۳/۶	-	-	-	-	۶۷۸/۹	-
از جنگل	۱۳۴/۳	۳۳۱۱۲۷/۹	۱۰۰۷۴/۱	۳۱۱۵۸/۵	-	۱۸۶۲/۲	-
از مرتع	۱۱۵/۷	۱۷۰/۷	۱۹۵۰۱۳/۸	۱۱۰۱/۴	-	۷۳۸/۴	-
از کشاورزی	۶۷۱۳	۳۳۷۵/۲	۲۱۱۲/۱	۳۸۷۳۸۴/۱	۲۶۷۰/۴	۱۷۹۳/۸	-
از منابع آب	۱۲/۳	-	-	۹۰۶/۱	۸۸۳۲/۳	۶۶/۲	۴۲/۹
از جاده	۴۷۶/۷	-	-	-	-	۲۲۷۵۶/۱	۰
از رودخانه	۶۸/۷	-	-	-	۹۳/۸	-	۸۶۷۸

جدول ۴- مساحت طبقات کاربری در سال‌های ۱۹۸۴، ۲۰۱۲، ۲۰۱۶، ۲۰۲۰، ۲۰۲۵ و ۲۰۳۰ (واقعی و پیش‌بینی شده)  
Table 4. Areas land cover category during 1984, 2012, 2015, 2020, 2025 and 2030 (actual and predicted)

[illegible]



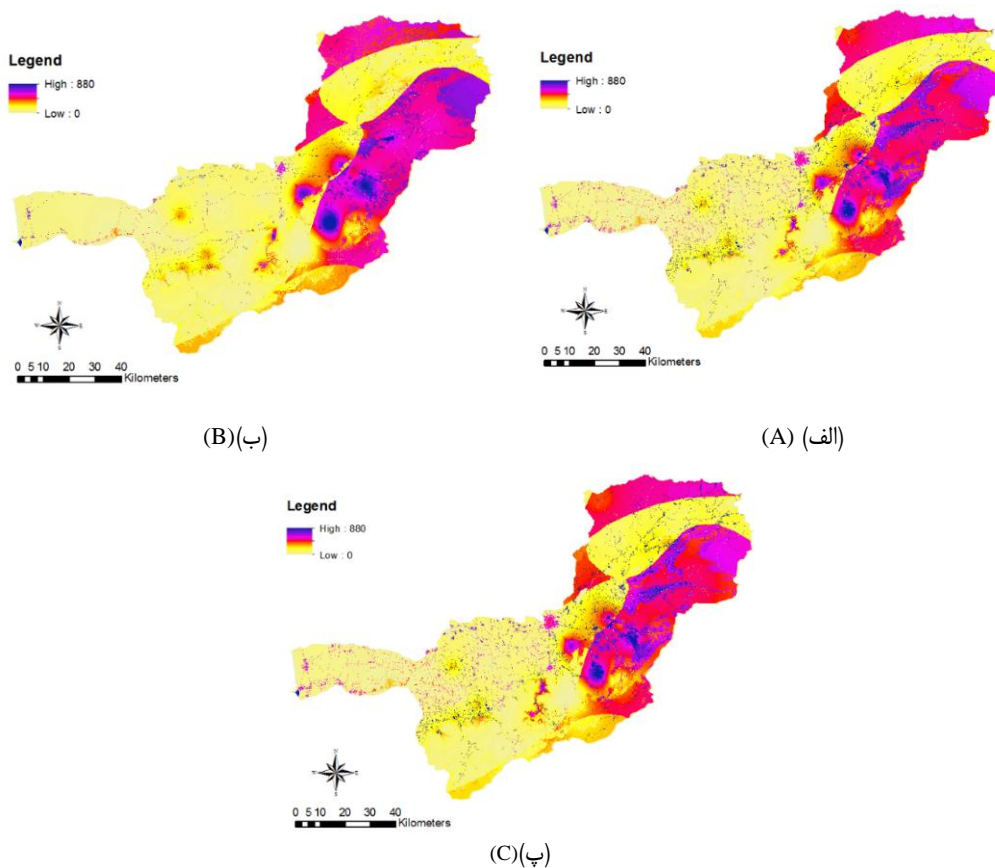
شکل ۵- افزایش و کاهش برای هر طبقه کاربری بین سال‌های ۲۰۱۲ تا ۲۰۳۰ بر حسب درصد منطقه مورد مطالعه  
Figure 5. Gains and losses for each land cover category, between 1987 to 2012 in percentage of the study area

شکل ۸، فراوانی وقوع سیل را در دوره زمانی ۱۹۹۱ تا ۲۰۱۵ میلادی (۱۳۷۱ تا ۱۳۹۴ شمسی) نشان می‌دهد (سازمان جنگل‌ها، مراتع و آبخیزداری کشور). همانطور که در شکل نشان داده شده است بیشترین فراوانی وقوع سیل در قسمت شرق و شمال شرقی حوزه است که بیشترین تولید رواناب نیز در همین زیرحوزه‌ها مشاهده و پیش‌بینی شده است. این افزایش در تولید رواناب مربوط به تغییر کاربری مخصوصاً تغییر کاربری جنگل به کشاورزی در این مناطق است.

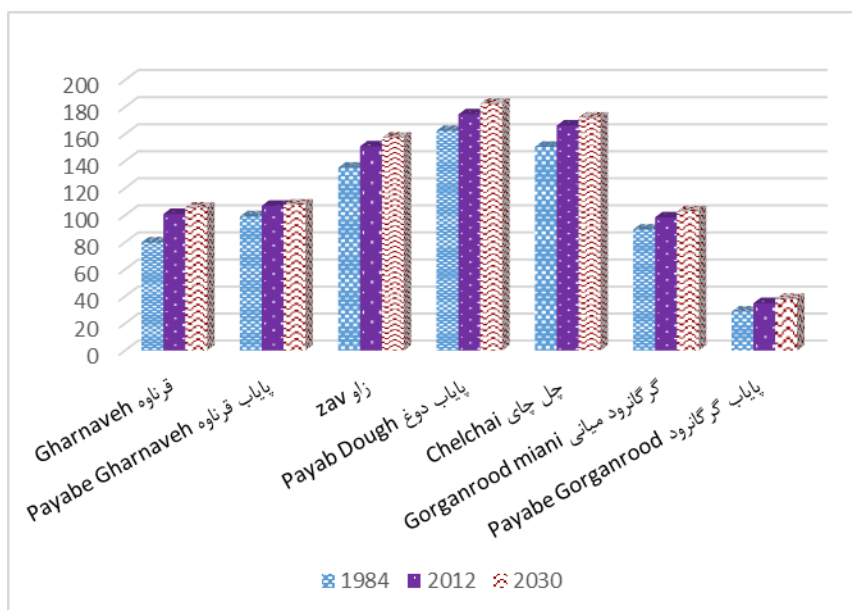
#### تولید رواناب (Water yield)

شکل ۹ تولید رواناب را در حوزه آبخیز گرگان‌رود طی سال‌های ۱۹۸۴، ۲۰۱۲ و ۲۰۳۰ نشان می‌دهد و در شکل ۷ تولید رواناب به تفکیک زیرحوزه‌ها طی این دوره زمانی بیان شده است. با توجه به این شکل، تولید رواناب در همه زیرحوزه‌ها از سال ۱۹۸۴ تا ۲۰۳۰ افزایش می‌یابد. بیشترین تغییرات و در واقع بیشترین افزایش در تولید رواناب به ترتیب مربوط به زیرحوزه‌های قرناوه، زاو، پایاب دوغ و چل‌چای است.



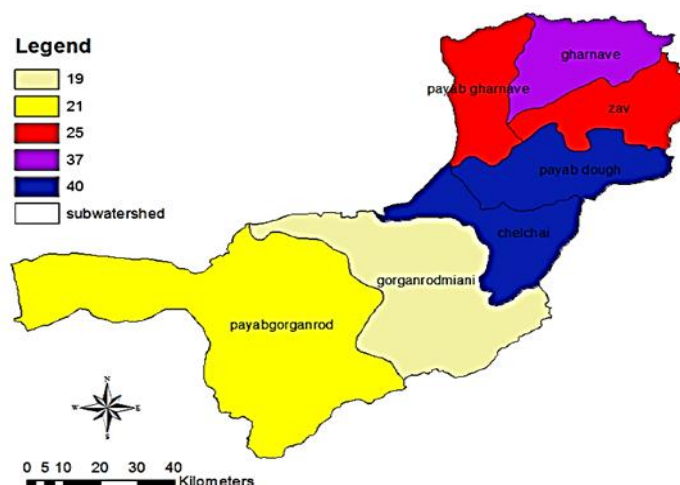


شکل ۶- تولید رواناب در حوزه آبخیز گرگان رود. الف) تولید رواناب در سال ۱۹۸۴، ب) تولید رواناب در سال ۲۰۱۲ و پ) تولید رواناب در سال ۲۰۳۰  
Figure 6. Water yield in Gorganrood watershed. A) Water yield in 1984; b) Water yield in 2012; and c) Water yield in 2030



شکل ۷- تولید رواناب به تفکیک زیرحوزه‌ها طی دوره زمانی ۱۹۸۴، ۲۰۱۲ و ۲۰۳۰  
Figure 7. Water yield in sub-basins during 1984, 2012, and 2030





شکل ۸- فراوانی وقوع سیل در دوره زمانی ۱۹۹۱ تا ۲۰۱۵ به تفکیک زیرحوضه‌ها  
Figure 8. Frequency of flood during 1991 to 2015 in sub-basins

(۱۹۸۴) تولید رواناب در حوزه افزایش قابل ملاحظه‌ای داشته است. بیشترین افزایش در تولید رواناب به ترتیب مربوط به زیرحوضه‌های قرناوه، زاو، پایاب دوغ و چل‌چای است که در قسمت شرق و شمال شرقی حوزه واقع شده‌اند. این موضوع نقش تغییر کاربری اراضی را در افزایش تولید رواناب و افزایش احتمال بروز سیل‌های مخرب بیان می‌کند، چراکه بیشترین تغییرات کاربری اراضی در همین قسمت از حوزه آبخیز گرگان‌رود بیان شد و علت اصلی این امر را می‌توان تبدیل پوشش جنگلی به کاربری کشاورزی برشمرد. نتایج این مطالعه با تحقیقات گیو و همکاران (۵) که تأثیر تغییرات پوشش سرزمین بر رواناب را در حوزه دریاچه‌ای در چین با استفاده از مدل SWAT بررسی کردند، مطابقت دارد. نتایج این مطالعه نشان داد تغییر پوشش سرزمین به شدت بر جریان‌های فصلی تأثیرگذار است و هیدروگراف سالانه را تغییر می‌دهد. از سوی دیگر، ازدست‌دادن جنگل‌ها، پتانسیل سیل و تأثیرات خشکسالی را افزایش می‌دهد. همچنین نتایج این مطالعه با تحقیقات سلمانی و همکاران (۸) که تأثیر تغییر کاربری را در رژیم هیدرولوژیکی حوزه آبخیز قزاقلی استان گلستان بررسی نمودند، مطابقت دارد.

عوامل متعددی در بروز سیل در یک منطقه مؤثر است. وقوع سیل علاوه بر اینکه تابع وقایع اقلیمی به‌ویژه مقدار، شدت، توزیع مکانی و زمانی بارندگی است، تحت تأثیر ویژگی‌های مختلف حوضه آبخیز مانند کاربری اراضی و دخالت انسان نیز است. حذف پوشش جنگلی و یا حتی کاهش تراکم آن می‌تواند اثر مهمی بر افزایش مقدار رواناب و ایجاد سیل‌های مخرب داشته باشد. در تحقیقات زیادی به افزایش میزان رواناب بر اثر تخریب جنگل تأکید شده است (۲۵، ۲۴، ۲۳، ۲۲). افزایش سطوح نفوذ ناپذیر حوضه که ناشی از شهرسازی و احداث انواع سازه‌ها بر خاک‌های نفوذپذیر است، به‌طور طبیعی از میزان سطوح نفوذپذیر که قادر به جذب بخشی از بارندگی هستند، می‌کاهد. حاصل این تغییرات،

از آنجا که مسئله آب و کمبود فزاینده آن یکی از مهمترین مسائل دنیای امروز به‌شمار می‌رود، تحقیقات زیادی در ایران و سایر نقاط جهان در زمینه اثر تغییرات کاربری بر خصوصیات کمی و کیفی آب انجام شده است. در این ارتباط این پژوهش‌ها روز به روز گسترده‌تر و عمیق‌تر می‌شوند (۱۸). بررسی تغییرات پوشش سرزمین حوزه آبخیز گرگان‌رود نشان داد در طول دوره مورد مطالعه (۱۹۸۴-۲۰۱۲) بیشترین میزان تغییرات در زمینه تخریب پوشش جنگلی (۷۷۲۱۴ هکتار) صورت گرفته است و بیشترین میزان افزایش مربوط به کاربری کشاورزی (۲۸۸۶۶ هکتار) است و تخریب جنگل طی این سال‌ها بیشتر متوجه بخش شمال شرقی حوزه است. این مناطق عموماً کوه‌های مرتفعی هستند که خاک آنها کم عمق و بافت آن سنگین است. فرسایش شدید خاک در اراضی لسی و در نتیجه بروز سیلاب‌های مخرب در این منطقه از مهم‌ترین دلایل تخریب جنگل در بخش شمال شرقی حوزه است (۱۹).

در یک اکوسیستم طبیعی بهره‌برداری از زمین و ایجاد تغییر در شرایط محیطی به‌ویژه پوشش گیاهی و کاربری اراضی آن اکوسیستم، بر پاسخ‌های هیدرولوژی مانند جاری‌شدن سیلاب و میزان فرسایش و رسوب منطقه تأثیرگذار است. زیرا کاربری اراضی و پوشش زمین یکی از عوامل اصلی در مطالعات منابع آب و فرسایش و رسوب حوزه آبخیز می‌باشد (۲۰). اکوسیستم‌های جنگلی حوزه آبخیز گرگان‌رود نقش بسیار مهمی در کنترل رواناب سطحی و کاهش سیل، حفاظت از خاک سطحی و کاهش فرسایش خاک دارند.

سؤالی که در این رابطه مطرح می‌باشد، این است که؛ اثرات کمی و کیفی تغییر کاربری اراضی بر پاسخ هیدرولوژی حوزه از گذشته تا حال، چگونه و به چه میزان است؟ زیرا میزان و روند تغییرات ایجادشده و اثر آن بر فرایندهای هیدرولوژی حوزه، راه‌گشای پیش‌بینی وضعیت تغییرات در آینده و ارایه برنامه‌های کارآتر در زمینه توسعه پایدار منابع آب حوزه است (۲۱). نتایج نشان داد در طول دوره مورد مطالعه (۲۰۱۲-۲۰۱۳)

تخریب نموده، رشد بی‌وقفه اراضی کشاورزی است که هدف این پدیده تأمین نیاز غذایی افراد جامعه و تأمین نیازهای معیشتی کشاورزان است. در همین راستا یکی از سیاست‌هایی که بر اساس نتایج این مطالعه می‌تواند در بخش کشاورزی مطرح گردد، با یک مدیریت جامع، علمی و اصولی به‌منظور افزایش تولید محصولات کشاورزی، بدون افزایش سطح زیر کشت و تنها از طریق اصلاح روش آبیاری، کشت و استفاده از شیوه‌های نوین تولید محصولات کشاورزی است. نقشه‌های حاصل از مدل‌سازی پتانسیل انتقال کاربری اراضی می‌تواند در شناسایی مناطق آسیب‌پذیر و در معرض خطر تخریب به‌کار گرفته شود و بر این اساس مناطق مذکور از طریق اتخاذ تمهیدات مدیریتی همچون ایجاد قرق، حصارکشی و فنس‌کشی از خطر تخریب نجات‌یافته و پوشش جنگلی در آنها حفظ و احیا گردد.

توسعه زهکشی حوضه، کوتاه‌شدن زمان تمرکز و افزایش شدت آبدهی سیلاب‌های حوزه خواهد بود.

نتایج این مطالعه می‌تواند در ارزیابی اثرات محیط‌زیستی توسعه مناطق مسکونی و نیز رشد اراضی کشاورزی به‌کار رود. همچنین از نتایج به‌دست‌آمده می‌توان در زمینه سیاست‌گذاری در مورد منابع طبیعی و محیط‌زیست استفاده نمود؛ به‌عنوان مثال بر اساس نتایج تکان‌دهنده این تحقیق تخریب بسیار شدیدی دامن‌گیر جنگل‌های استان گلستان گردیده که می‌تواند راهنمایی برای سیاست‌گذاری‌های مربوطه باشد و بر اساس آن سیاست‌ها به سمت احیای جنگل‌های گلستان از طریق اجرای طرح‌های بزرگ جنگل‌کاری و ایجاد قرق در مناطق آسیب‌دیده که در آنها پتانسیل تغییر کاربری بسیار بالاست سوق داده شود.

بر اساس نتایج تحقیق حاضر یکی از معضلاتی که به‌شدت دامن‌گیر جنگل‌های گلستان گردیده و سیمای سرزمین آن را

## منابع

1. Wu, J. and R. Hobbs. 2002. Key issues and research priorities in landscape ecology: An idiosyncratic synthesis. *Landscape Ecology*, 17: 355-365.
2. De Groot, R.S., M.A. Wilson and R.M.J. Boumans. 2002. A typology for the classification description and valuation of ecosystem functions, goods and Services. *Ecological Economics*, 41(3): 395-408.
3. Zhao, C., Z. Feng and Y. Liu. 2003. Study on one of ecological services of forest ecosystem in arid region water resource conservation, *Journal of Mountain Science*, 21(2): 157-161.
4. Biao, Z., L. Wenhua, X. Gaodi and X. Yu. 2010. Water conservation of forest ecosystem in Beijing and its value. *Ecological Economics*, 69(7): 1416-1426.
5. Guo, H., Q. Hu and T. Jiang. 2008. Annual and seasonal streamflow responses to climate and land-cover changes in the Poyang Lake basin, China. *Journal of Hydrology*, 355(1): 106-122.
6. Bi, H., B. Liu, J. Wu, L. Yun, Z. Chen and Z. Cui. 2009. Effects of precipitation and landuse on runoff during the past 50 years in a typical watershed in Loess Plateau, China. *International Journal of Sediment Research*, 24(3): 352-364.
7. Nasta, P., M. Palladino, N. Ursino, A. Saracino, A. Sommella and N. Romano. 2017. Assessing long-term impact of land-use change on hydrological ecosystem functions in a Mediterranean upland agro-forestry catchment. *Journal of the Total Environment*, 605: 1070-1082.
8. Salmani, H., M. Mohseni Saravi, H. Rouhani and A. Salajeghe. 2012. Evaluation of Land Use Change and its Impact on the Hydrological Process in the Ghazaghli Watershed, Golestan, Iran. *Journal of Watershed management research*, 3(6): 43-60 (In Persian).
9. Rezaei Moghaddam, M.H., S. Andriani, F. Almaspour, Kh. Valizadeh Kamran and A. Mokhtari Asal. 2014. Investigation effect of land use and land cover changes on flood discharge and runoff (case study: Alavian basin). *Journal of Hydrogeomorphology*, 1: 57-41 (In Persian).
10. Naseh Rahmani, N., K. Shahedi, K. Soleimani and M. Miryaghoubzadeh. 2016. Evaluation of the Land Use Change Impact on Hydrologic Characteristics (Case Study: Kasilian Watershed). *Journal of Watershed management research*, 7(13): 23-32 (In Persian).
11. Khakpour, A., N. Mehrdadi, R.A. Noori and M. Soroush. 2009. Evaluation of the quality of the Gorganroud River based on field studies. *Third Environmental Engineering Conference*, Tehran, University of Tehran. (In Persian).
12. Mas, J.F., M. Kolb, M. Paegelow, M.T. Camacho Olmedo and T. Houet. 2014. Inductive pattern-based land use/cover change models: a comparison of four software packages. *Environmental Modelling and Software*, 51: 94-111.
13. Eastman, R.J. 2012. *IDRISI guid to GIS and Image processing*. Accessed in IDRISI Selva 17.00, Worcester, MA: Clark University, 354 pp.
14. Haibo, Y., D. Longjiang, G. Hengliang and Zh. Jie. 2011. Tai'an Land Use Analysis and Prediction Based on RS and Markov Model. *Procedia Environmental Sciences*, 10(C): 2625-2630.
15. 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.
16. Goldman, R.L., S. Benitez, A. Calvache, S. Davidson, D. Ennaanay, E. McKenzie and H. Tallis. 2010. Linking People and Nature through Watershed Conservation in the East Cauca Valley. Colombia, TEEB D2 Case Study.

17. Barano, T., E. McKenzie, N. Bhagabati, M. Conte, D. Ennaanay, O. Hadian and G. Ng. 2010. Integrating ecosystem services into spatial planning in Sumatra, Indonesia. TEEBcase see TEEBweb.org.
18. Pasandidehfard, Z., A. Mikaeili Tabrizi, A. Mosaedi and H. Rezaee. 2019. Prediction of the Type and Amount of Surface Water Pollutants using Time Series Models (ARIMA) and L-THIA Model (Case Study: Namrood Sub-Basin, Hablehrood Watershed). *Journal of Watershed Management Research*, 10(19):171-180 (In Persian).
19. Ajami, M. and F. Khormali. 2012. Pedogenic and micro-morphological evidence of degradation of Losi forestland in eastern Golestan province. *Journal of Agricultural Science and Technology, Water and Watersheds Science*, 16(61): 153-141 (In Persian).
20. Sikka, A.K., J. Sarma, S.V.N. Sharda, P. Samraj and S. Akashmanam. 2003. Low Flow and High Flow Responses to Converting Natural Grassland in to Blugeum (Eucalyptus Globules) in Nilgiris Watersheds of South India. *Journal of Hydrology*, 270: 12-26.
21. Bathurst, J.C., J. Ewen, G. Parkin, P.E. O'Connell and J.D. Cooper. 2004. Validation of catchment models for predicting land-use and climate change impacts. Blind validation for internal and outlet responses, *Journal of Hydrology* (DOI: 10.1016/j.jhydrol.2003.09.021). 287: 74-94.
22. Saadati, H., Sh. Golami, F. Sharifi and A. Ayobzade. 2006. Investigation the effect of land use change on the surface runoff, (case study, Kasilian). *Journal of Natural Resources*, 59(2): 301-313 (In Persian).
23. Pikounis, M., E. Aranou, E. Baltas, A. Dassaklis and M. Mimikou. 2003. Application of the SWAT model in the Pinos River in under different land-use Scenarios. *Global Nest Journal*, 5(2): 71-79.
24. Li, K.Y., M.T. Coe, N. Ramankutty and R. De Jong. 2007. Modeling the hydrological impact of land-change in West Africa. *Journal of Hydrology*, 337: 258-268.
25. Wang, S., K. Shaozhong, Z. Lu and L. Fusheng. 2008. Modelling hydrological response to different land-use and climate change scenarios in the Zamu River basin of northwest China. *Journal of Hydrology*, 22: 2502-2510.

## Relationship between Land Use Change and Water Yield in Gorgan-rood Watershed

**Zeynab Moradi<sup>1</sup> and Ali Reza Mikaeili-Tabrizi<sup>2</sup>**

---

1- M.Sc. Department of Environment, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

2- Associate Professor, Landscape Architect PhD. Department of Environment, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, (Corresponding author: amikaeili@gau.ac.ir)

Received: September 15, 2018

Accepted: March 27, 2020

---

### **Abstract**

In recent decades, drastic land use changes in Golestan province caused to reduce a substantial amount of Hyrcanian forest. To investigate the changes, land cover maps produced using Landsat satellite imagery classification of sensors TM from 1984, 2012 and 2016 respectively used as input data in Land Change Modeler (LCM) to predict land cover changes in 2030. In order to assess the accuracy of modeling, statistics of relative performance characteristic (ROC), ratio Hits/False Alarms and figure of merit was used. In continue to investigate the role of land use changes in water yield as one of ecosystem services was discussed. The results show the accuracy of artificial neural network with the ROC equal to 0.949, the ratio Hits/False Alarms equal to 57 percent and the figure of merit is equal to 11 percent. Land use change modeling results showed that from 1984 to 2012, The most prominent changes were related to reduction of forest cover. This process modeling using artificial neural network showed, from 2016 to 2030 forest cover will be reduced about 30361 hectares. The results of water yield study showed that runoff in the area, particularly in the East and North East area has increased. This increase in the amount of runoff occurred as a result of land use change on forest ecosystems to agriculture. Results of this study improve our understanding of hydrological consequences of land-use changes, and provide needed knowledge for effectively developing and managing land-use for sustainability and productivity in the Gorgan-rood watershed.

**Keywords:** Artificial Neural Network, Ecosystem Services, Gorgan-Rood Watershed, Land Use Change, Water Yield