

جغرافیا و توسعه شماره ۵۳ زمستان ۱۳۹۷

وصول مقاله: ۹۶/۰۱/۱۷

تأیید نهایی: ۹۷/۰۲/۰۵

صفحات: ۱۹-۳۶

بررسی تغییرات کاربری اراضی در حوزه آبخیز توتکابن با استفاده از فن آوری‌های GIS و RS

حدیث یاقوتی^۱، دکتر ابراهیم امیری^{۲*}، دکتر رضا سکوتی اسکویی^۳، دکتر محمدحسین مهدیان^۴

چکیده

تغییر کاربری اراضی اغلب بدون رعایت اصول و محدودیت‌های زیست‌محیطی صورت می‌گیرد و تبعاتی همچون رشد بی‌رویه شهرها، جنگل‌زدایی، وقوع سیلاب‌های مخرب، فرسایش زمین‌های کشاورزی و گسترش بیابان‌ها را به دنبال خواهد داشت. این تحقیق به منظور بررسی تغییرات کاربری اراضی حوزه توتکابن طی چهار مقطع زمانی، با استفاده از فن آوری‌های سامانه اطلاعات مکانی (GIS) و سنجش از دور (RS) به انجام رسید. نقشه‌های کاربری اراضی براساس تفسیر چشمی و رقومی‌سازی عکس‌های هوایی با مقیاس ۱:۵۵۰۰۰ سال ۱۳۳۴ شمسی، نقشه کاربری اراضی سال ۱۳۷۷ شمسی با مقیاس ۱:۵۰۰۰۰، تصاویر ماهواره‌ای لندست ETM+ سال ۲۰۰۲ میلادی و IRS-Liss-PAN سال ۲۰۰۸ میلادی منطقه در محیط نرم‌افزاری Arc GIS تهیه شد. نتایج حاصل از تحقیق نشان می‌دهد، مساحت کل اراضی جنگلی در سال ۱۳۳۴ حدود ۶۶/۰۴ درصد حوزه آبخیز بوده که با روندی نزولی در سال ۱۳۸۷ به ۳۴/۷۳ درصد رسیده است؛ در حالی که وسعت اراضی با کاربری زراعت آبی و باغی در سال ۱۳۳۴، ۰/۷۷ درصد بوده و با روندی صعودی در سال ۱۳۸۷ به ۹/۶۰ درصد رسیده است. در خصوص وسعت اراضی مرتعی طی دوره زمانی مورد مطالعه، حدود ۲۰ درصد افزایش در مساحت این اراضی دیده می‌شود. همچنین بررسی تغییرات برونزدگی سنگی نشان می‌دهد، وسعت این نوع کاربری، ۱۳/۲ درصد افزایش داشته است. یافته‌های تحقیق نشانگر این حقیقت است که بیشترین تخریب و تغییر کاربری در اراضی جنگلی صورت گرفته است. قرارگیری اراضی جنگلی در کنار مراتع و زمین‌های زراعی روستایی که غالب معیشت افراد، کشاورزی و دامداری است، مهم‌ترین عامل از بین رفتن جنگل‌ها قلمداد می‌شود. تغییر رو به افزایش اراضی برون‌زدگی سنگی ناشی از افزایش فشار چرای دام و بهره‌برداری بی‌رویه از پوشش گیاهی به‌ویژه در اراضی مرتعی است که به دلیل اجرای ضعیف اقدامات حفاظت خاک و فرق کردن مراتع رخ داده است. با توجه به تغییرات پوشش زمین در این دوره، احتمال بروز حوادث زیست‌محیطی افزایش می‌یابد.

واژه‌های کلیدی: تصاویر ماهواره‌ای، تغییر کاربری، سنجش از دور، سیستم اطلاعات مکانی.

مقدمه

کاربری اراضی از مهم‌ترین ویژگی‌های بیوفیزیک و اقتصادی-اجتماعی در هر حوزه آبخیز به‌شمار می‌آید (قربانی و همکاران، ۱۳۸۹: ۲). علم تغییرات اراضی، به تازگی به‌عنوان یکی از اجزای بنیادین تغییرات زیست محیطی جهان و پژوهش‌های توسعه پایدار معرفی شده است (Shalaby & Tateishi, 2007: 28). نظارت بر تغییرات اراضی امری مهم در برنامه‌ریزی آینده و مدیریت منابع طبیعی است (liu & Yang, 2015: 42)؛ بنابراین نیاز به آشکارسازی و پیش‌بینی چنین تغییراتی در یک اکوسیستم از اهمیت بسزایی برخوردار است (محمدیاری و همکاران، ۱۳۹۳: ۲۴) تا اقدامات مقتضی در صورت لزوم انجام گیرد.

استفاده از ابزارهای جدیدی مانند سنجش از دور^۱ و سامانه اطلاعات مکانی^۲ در جهت شناسایی این تغییرات و تحلیل آن‌ها نقش بسزایی دارد (Olokeogun et al, 2014: 616). سامانه اطلاعات مکانی، بانک نرم‌افزاری نوینی را برای شناسایی تغییرات از طریق جمع‌آوری، ذخیره، نمایش و پردازش داده‌های رقومی، فراهم می‌کند. تصاویر سنجش از دور مهم‌ترین منابع اطلاعات برای GIS هستند (Reis, 2008: 6189).

پتانسیل داده‌های سنجش از دور برای پردازش تغییرات محیطی، معیاری برای حفاظت از تنوع زیستی و فرایند طولانی‌مدت پایداری اکوسیستم‌هاست (Conceiao et al, 2008: 311). ترکیب معیارهای فضایی با داده‌های RS و GIS می‌تواند ابعاد ساختاری مختلف تغییر کاربری را در نقشه‌های منطقه ارائه کند (liu & Yang, 2015: 43) که این امر در تعریف واحدهای مدیریت دقیق ارزشمند است. در زمینه پوشش اراضی و بررسی تغییرات کاربری‌ها، مطالعات زیادی در سطح

ملی و بین‌المللی صورت گرفته است، که در ادامه به آن‌ها اشاره می‌شود. رابطه میان نوع کاربری اراضی با پارامترهای فیزیکی حوزه، شامل درجه شیب و نوع خاک توسط بوجی و همکارانش (۲۰۰۶) در چین مورد مطالعه قرار گرفت. آن‌ها کاربری مرتعی برای مناطق پرشیب و فقیر و کاربری زراعی برای زمین‌های با شیب ملایم و حاصلخیز مناطق لسی چین را به‌عنوان بهترین کاربری‌ها معرفی کردند (Bo-Jie et al, 2006: 41-48). در تحقیقی دیگر، بهادرتاپا و مارایام (۲۰۰۶)، وضعیت تغییر کاربری را برای دره کاتماندو نپال مورد بررسی قرار دادند. ایشان با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای مربوط به سال‌های ۱۹۸۹، ۱۹۹۹ و ۲۰۰۵ گزارش کردند که تغییرات در اراضی کشاورزی نسبت به سایر کاربری‌ها بسیار زیاد بوده‌است. در سال ۱۹۸۹ مناطق مسکونی ۲۳ درصد کل حوزه را تشکیل می‌داد، در حالی که در سال ۲۰۰۵ این مقدار ۱۷ درصد افزایش داشته است و نیز سطح اراضی کشاورزی در طول این سال‌ها، از ۳۶ درصد کل حوزه در سال ۱۹۸۹، به ۲۲ درصد کاهش یافته‌است (Bahadur Thapa & Murayama, 2006: 1-10).

شلابی و تاتیشی (۲۰۰۷) برای تهیه نقشه تغییرات کاربری اراضی در ساحل مصر، از تصاویر ماهواره لندست سال‌های ۱۹۸۷ و ۲۰۰۱ استفاده کردند. نتایج بررسی در طول دوره نشان داد، تغییرات شدید پوشش گیاهی در اثر گسترش کشاورزی و صنعت گردشگری در منطقه اتفاق افتاده که منجر به تخریب پوشش گیاهی منطقه و بروز سیلاب گردیده‌است (Shalaby & Tateishi, 2007: 28-41).

تغییر در کاربری و پوشش اراضی در دهه‌های اخیر در ایران، با سرعت در حال وقوع است و روند تخریب محیط زیست شتاب یافته است (Mirzaei et al, 2015: 2565)، با توجه به ضرورت، مطالعاتی در این خصوص در کشور انجام شده است. در تحقیقی که

1-Remote sensing

2-Geographical Information System

تصاویر ماهواره‌ای، ارزیابی صحت نقشه استخراج شده با ۴ طبقه کاربری مرتع، اراضی زراعی، دیم‌زارهای رها شده و خاک لخت، با درصد بالایی تأیید شد (رزائی و همکاران، ۱۳۸۸: ۱۶۰-۱۵۰). قربانی و همکاران (۱۳۸۹) در تحقیقی از تصاویر سنجنده TM سال ۱۹۸۷ و ETM+ سال ۲۰۰۰ برای تعیین میزان و نوع تغییرات کاربری حوزه طالقان استفاده کردند. نتایج نشان داد گرایش غالب تغییرات کاربری اراضی حوزه آبخیز در دوره مذکور منفی است و هرچه توان تولید کاربری کاهش یابد، تمایل به تغییر به سمت آن کمتر است (قربانی و همکاران، ۱۳۸۹: ۷-۱).

محمداسماعیل (۱۳۸۹) تغییرات کاربری اراضی شهر کرج را در بازه زمانی بین سال‌های ۱۳۶۶ تا ۱۳۸۱ با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای لندست ۵ و ۷ مورد بررسی قرار داد. همانگونه که انتظار می‌رفت، ۴۵۰۸/۸۲ هکتار بر وسعت اراضی شهری افزوده شده که قسمت اعظم آن با پیشروی در اراضی کشاورزی بوده است (محمد/اسماعیل، ۱۳۸۹: ۸۹-۸۱).

سنجری و همکاران (۱۳۹۲) داده‌های ماهواره‌ای را به‌عنوان ابزاری سریع و اقتصادی برای پایش تغییرات کاربری اراضی بایر و رسوبی معرفی می‌کنند (سنجری و برومند، ۱۳۹۲: ۶۴). آن‌ها در تحقیقات خود از تصاویر MMS سال ۱۳۵۵، TM سال ۱۳۶۶ و ETM+ سال‌های ۱۳۷۹ و ۱۳۸۴ برای طبقه‌بندی اراضی زرد کرمان استفاده کردند. نتایج نشان‌دهنده تبدیل اراضی بایر و رسوبی کشت‌نشده به اراضی باغی و مناطق مسکونی و صنعتی داشته است که در صورت ادامه این روند اثرات منفی زیست‌محیطی در منطقه به‌دنبال خواهد داشت (سنجری و برومند، ۱۳۹۲: ۶۷-۵۷). تحقیقات یوسفی و همکاران (۱۳۹۲) بر روی تغییرات کاربری جنگل‌های زاگرس در شهرستان میوان نشان داد، طی دوره مطالعاتی ۱۳۸۴-۱۳۶۸ کاربری جنگلی و کشاورزی کاهش و کاربری مسکونی افزایش یافته است. در واقع

آرخی و همکاران (۱۳۸۷) با هدف بررسی تغییرات کاربری اراضی منطقه حفاظت‌شده کبیرکوه در استان ایلام انجام دادند، از تصاویر ماهواره‌ای لندست مربوط به سال‌های ۱۹۸۸ و ۲۰۰۲ استفاده کردند. مقایسه نقشه‌های کاربری اراضی طی ۱۴ سال نشان داد که سطح اراضی کشاورزی از حدود هشت درصد سطح کل حوزه در سال ۱۹۸۸ به حدود ۱۱ درصد در سال ۲۰۰۲ افزایش یافته است. در زمینه ارزیابی صحت نقشه‌های کاربری اراضی تهیه‌شده از تصاویر ماهواره‌ای سال ۲۰۰۲ با واقعیت زمینی می‌توان گفت، حدود ۸۲ درصد مناطق با نقاط برداشت‌شده تطابق دارند (آرخی و همکاران، ۱۳۸۷: ۱۰-۱). همچنین در بررسی تغییرات پوشش گیاهی حوزه رودخانه تجن، فرج‌زاده و فلاح (۱۳۸۷) از تصاویر TM و ETM+ سال‌های ۱۹۹۲ و ۲۰۰۱ میلادی استفاده کردند. نتایج نشان داد علی‌رغم سیر نزولی بارندگی در این دوره زمانی، دبی رودخانه افزایش یافته است، در حالی که میانگین کل شاخص پوشش گیاهی حوزه، ۱۲/۸۹ درصد کاهش یافته است؛ بنابراین می‌توان افزایش رواناب را به کاهش اراضی جنگلی و مرتعی در منطقه نسبت داد (فرج‌زاده و فلاح، ۱۳۸۷: ۱۰۴-۸۹).

براتی و همکاران (۱۳۸۸) برای بررسی تغییرات کاربری اراضی حوزه آبخیز قلعه شاهرخ، نقشه کاربری اراضی حاصل از تصاویر ماهواره‌ای در سال‌های ۱۳۵۴، ۱۳۶۹ و ۱۳۸۱ را با هم مطابقت دادند. طی سال‌های ۱۳۵۴ تا ۱۳۸۱ از وسعت اراضی مرتع نیمه‌انبوه کاسته شده و بر وسعت اراضی زراعی آبی و دیم‌زار افزوده شده است (براتی و همکاران، ۱۳۸۸: ۳۶۵-۳۴۹).

در ادامه مطالعات و به‌منظور تعیین موقعیت دقیق مکانی و مساحت کاربری‌ها در بخش میانی حوزه آبخیز طالقان، ارزانی و همکاران (۱۳۸۸) از داده‌های سنجنده ETM+ ماهواره لندست ۷ مربوط به سال ۲۰۰۴ استفاده کردند. بعد از انجام مراحل پردازش و تحلیل

مدیریت سرزمین است. بدین منظور سیر تحولات پوشش گیاهی و کاربری اراضی حوزه توتکابن با استفاده از تکنیک‌های نوین طی چهار مقطع زمانی مورد بررسی قرار گرفته است.

مواد و روش‌ها

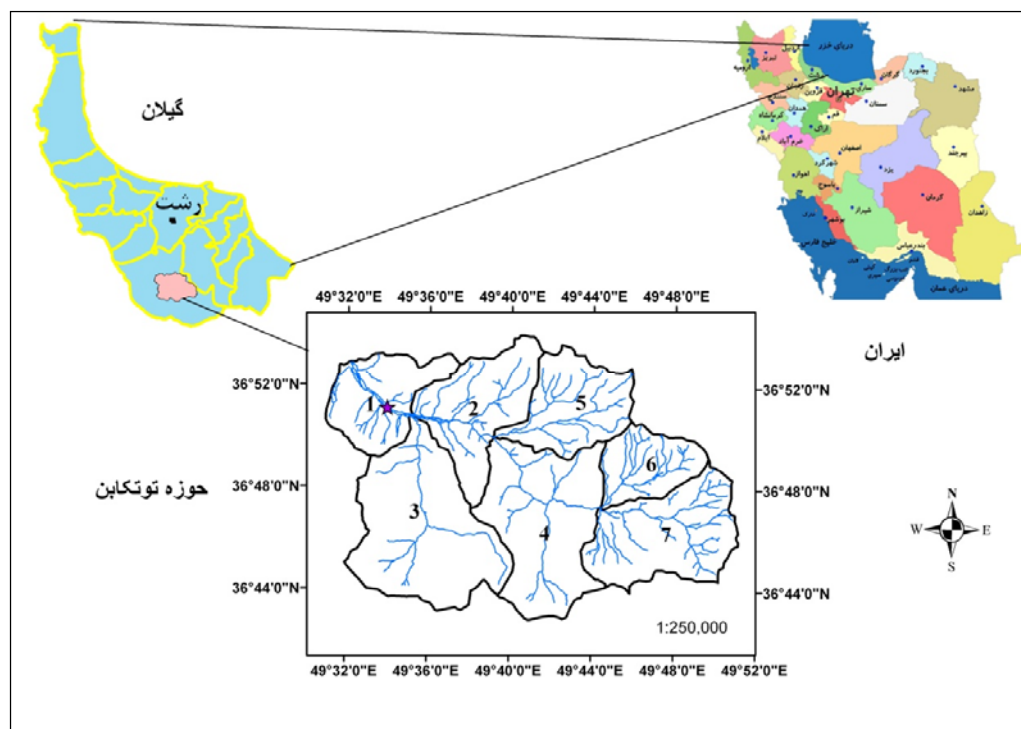
معرفی منطقه تحقیق

حوزه آبخیز توتکابن در شمال ایران و در جنوب شرقی استان گیلان واقع شده است. منطقه مورد مطالعه در فاصله ۳۵ کیلومتری شهرستان رشت قرار دارد. زیرحوزه توتکابن از زیرحوزه‌های حوزه آبخیز سپیدرود است که در محدوده جغرافیایی ۴۹ درجه و ۳۰ دقیقه تا ۴۹ درجه و ۵۵ دقیقه طول شرقی و ۳۶ درجه و ۴۱ دقیقه تا ۳۶ درجه و ۵۴ دقیقه عرض شمالی واقع شده است. مساحت این حوزه آبخیز حدود ۴۳۰/۱۳۰ کیلومتر مربع (۴۳۰۱۳/۰۲ هکتار) است (بی‌نام، ۱۳۸۰) (شکل ۱).

با توجه به گزارشات موجود در مؤسسه تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان و نقشه‌های موجود، بلندترین کوه استان گیلان، کوه درفک، در شمال منطقه مورد مطالعه قرار دارد. آبراهه اصلی در این حوزه، رودخانه توتکابن است که از دهستان توتکابن عبور می‌کند، طول این آبراهه ۳۹/۱۵ کیلومتر است که در خروج از حوزه به سفیدرود می‌ریزد و در نهایت وارد دریای خزر می‌شود. حوزه توتکابن با ارتفاع ۲۰۰ تا ۲۶۰۰ متر از سطح دریا، میانگین ارتفاعی حدود ۱۴۰۰ متر از سطح دریا دارد و شیب متوسط وزنی برای کل حوزه ۳۱/۳۰ درصد است.

طی ۱۶ سال، ۱۵۰۳ هکتار از اراضی جنگلی تخریب شده است که از این مقدار ۷۳/۳ درصد به کاربری کشاورزی، ۲۴/۱۴ درصد به کاربری مرتعی و ۲/۵۶ درصد به کاربری مسکونی تبدیل شده است (یوسفی و همکاران، ۱۳۹۲: ۲۳-۱۵).

در تحقیقی که پیرامون تغییرات کاربری اراضی توسط جهانی‌شکيب و همکاران (۱۳۹۳) در تالاب چغاخور و اثرات زیست‌محیطی آن انجام گرفت، از تصاویر سال‌های ۲۰۰۳ و ۲۰۱۳ استفاده شد. نتایج بررسی روند تغییرات در سیمای تالاب، حاکی از افزایش سطح اراضی زراعی و ساخته‌شده به میزان ۱۸ و ۲۶/۳ درصد و کاهش سطح آب، مرتع- جنگل و اراضی بایر به ترتیب به میزان ۵۱/۴، ۴/۲ و ۲ درصد است. شنائی و زارعی (۱۳۹۵) به بررسی تغییرات کاربری اراضی حوزه آبخیز ابوالعباس، با استفاده از تصاویر ماهواره لندست TM در دوره زمانی ۱۳۶۹ تا ۱۳۸۸ پرداختند. در این تحقیق مشخص شد، مساحت جنگل‌های انبوه و نیمه‌انبوه طی این سال‌ها به ترتیب ۸/۴۸ و ۱۲/۲۶ درصد کاهش یافته و جای خود را به جنگل‌های تنک‌شده و مراتع داده است که هر کدام به ترتیب ۱۰/۳۹ و ۱۲/۳۵ درصد افزایش داشته‌اند (شنائی هویزه و زارعی، ۱۳۹۵: ۲۴۴-۲۳۷). با توجه به مطالب بیان شده، استفاده از سیستم اطلاعات مکانی و داده‌های حاصل از سنجش از دور می‌تواند فرایندهایی از قبیل رشد بی‌رویه شهرها، از بین رفتن سطح وسیعی از جنگل‌ها، وقوع سیلاب‌های مخرب، فرسایش زمین‌های کشاورزی و گسترش بیابان‌ها را مورد ارزیابی قرار دهد. تهیه آمار و اطلاعات دقیق از کاربری‌های مختلف اراضی هر منطقه، نیازی مبرم و یکی از ابزارهای



شکل ۱: نمایی از حوزه توتکابن

تهیه و ترسیم: نگارندگان، ۱۳۹۵

پوشش گیاهی سطح حوزه

براساس اطلاعات گیاه‌شناسی دریافت‌شده از مؤسسه تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان گیلان، پوشش گیاهی در حوزه مورد مطالعه، به دو دسته طبیعی و دست کاشت تقسیم می‌شود: دسته اول یا طبیعی، شامل جنگل و پوشش مرتعی است. پوشش گیاهی غالب در ارتفاعات بیش از ۲۰۰۰ متر پوشش علفی است و ارتفاعات کمتر از ۲۰۰۰ متر، عمدتاً به جنگل‌های متراکم اختصاص دارد. حتی بر روی دامنه‌های پرشیب، درختان جنگلی قرار دارند.

درختان بلوط (*Quercus castaneifolia*)، راش (*Fagus orientalis*)، افرا (*Acer cappadocicum*)، ممرز (*Carpinus betulus*)، صنوبر (*Populus nigra*)، توسکا (*Alnus subcordata*)، زربین (*Cupressus sempervirens*) و نارون (*Ulmus minor*) غالب تیپ‌های گیاهی جنگلی می‌باشند.

آب و هوای حوزه، کوهستانی و متأثر از آب و هوای معتدل خزری است و دارای اقلیم نیمه‌مرطوب سرد است. متوسط سالانه ریزش‌های جوی در منطقه حدود ۹۵۴ میلی‌متر است و از آبان ماه تا اواسط اردیبهشت نوع بارش در ارتفاعات بیش از ۱۸۰۰ متر از نوع برف است. گرم‌ترین ماه سال در منطقه، مرداد با متوسط دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد و سردترین ماه سال، بهمن با متوسط دمای ۷ درجه سانتی‌گراد است. حوزه توتکابن مشتمل بر دو تیپ اراضی کوه و فلات است و از نظر دیرینه زمین‌شناسی حاوی سنگ‌های با جنس آهک، شیل، توف آتشفشان و ماسه‌سنگ است. لازم به ذکر است، به‌علت وسعت حوزه و تسهیل در اقدامات مطالعاتی و عملیاتی، حوزه توتکابن براساس اصول فیزیوگرافی به هفت زیرحوزه تقسیم شد و زیرحوزه‌ها با کد معرفی شدند.

شمسی (۲۰۰۸ میلادی) استفاده شد. عکس‌ها، نقشه و تصویر ماهواره IRS از سازمان جغرافیایی و تصاویر ماهواره‌ای لندست از سایت سازمان نقشه‌برداری‌های زمین‌شناسی آمریکا (USGS) دریافت شد. نرم‌افزار سامانه اطلاعات جغرافیایی، Arc GIS V.9.2 و سیستم اطلاعات یکپارچه آب و خاک^۱، ILWIS V.3.3 برای رقومی‌سازی و پردازش به کار گرفته شد.

لازم به ذکر است، چون هدف مطالعه مورد نظر، بررسی روند تغییرات کاربری اراضی حوزه توتکابن است. داده‌ها به گونه‌ای از میان تصاویر ماهواره‌ای قابل دسترس انتخاب شد که تقریباً تاریخ تصاویر از نظر ماه به هم نزدیک باشد.

عملیات صحرایی و آماده‌سازی تصاویر

تکنیک سنجش از دور به‌عنوان روشی کارآمد می‌تواند با دقت بالا، حجم وسیعی از داده‌ها را در مقیاس بالا و زمان کم مورد پردازش و بازبینی قرار دهد (سبزیبائی و همکاران، ۱۳۹۵: ۴۱)، به‌منظور استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و عکس‌های هوایی در محیط نرم افزاری می‌باید تصحیحات لازم برای تفسیر نقشه خروجی انجام گیرد. منظور از تفسیر داده‌ها، تبدیل داده‌های خام به اطلاعات قابل استفاده است، به‌نحوی که برای شناسایی عوارض مختلف زمین کاربردی باشد (براتی و همکاران، ۱۳۸۱: ۳۵۴). با توجه به نوع مطالعاتی که در این تحقیق انجام شد، اطلاعات هوایی و فضایی به دو شکل چشمی^۲ و رقومی^۳ مورد تفسیر قرار گرفته اند. برای تهیه نقشه پوشش گیاهی در سال‌های ۱۳۳۴ و ۱۳۷۷ از تفسیر چشمی عکس‌های هوایی و نقشه‌های قدیمی موجود حوزه استفاده شد و سپس رقومی سازی نقشه‌های کاربری در محیط نرم‌افزاری Arc GIS v.9.2 انجام گرفت. به دلیل عدم امکان تعیین صحت نقشه‌های کاربری اراضی در سال‌های ۱۳۳۴ و ۱۳۷۷

دسته دوم یا دسته کاشت، شامل زراعت آبی و باغ و دیم است. زراعت آبی در حوزه مورد مطالعه به‌صورت شالیزارهای برنج (*Oryza Sativa*) در حاشیه رودخانه توتکابن دیده می‌شود. کشت‌گندم (*Triticum aestivum*) و جو (*Hordeum vulgare*) به‌صورت دیم بر روی دامنه‌های شیب‌دار اطراف رودخانه وجود دارد. محصولات باغی این منطقه شامل درختان گردو (*Juglans regia*)، فندق (*Corylus avellana*)، زیتون (*Olea europaea*)، انجیر (*Ficus carica*) و همچنین کشت حبوبات و سایر محصولات محلی مصرفی کشاورزان و دامداران منطقه است. در مجموع کاربری‌های مشاهده‌شده در بازدیدهای صحرایی حوزه توتکابن شامل: ۱- جنگل، ۲- مرتع در دو وضعیت خوب و ضعیف، ۳- زراعت آبی و باغ، ۴- زراعت دیم و ۵- برونزدگی سنگی است.

مشخصات داده‌ها و ابزار مورد استفاده

با عنایت به اسناد موجود و تحقیقاتی که در این زمینه صورت پذیرفته است (دریکوندی و همکاران، ۱۳۹۳: ۳۸؛ ضیائی و پروین، ۱۳۹۲: ۴۵؛ قنبری و شتابی، ۱۳۸۹: ۶)، عکس‌برداری هوایی سراسری ایران تاکنون در ۳ دوره انجام گرفته است. دوره اول به مقیاس ۱:۵۵۰۰۰ در حدود سال‌های ۱۳۳۴ تا ۱۳۳۶ هجری شمسی بوده است. دوره دوم با مقیاس ۱:۲۰۰۰۰ در سال ۱۳۴۳ بود که در حدود ۱۰ سال به‌طول انجامیده است. دوره سوم در سال ۱۳۷۴ و با مقیاس ۱:۴۰۰۰۰ بوده است که از این سری از عکس‌ها در تهیه نقشه‌های توپوگرافی و کاربری اراضی در سال‌های مختلف استفاده شده است.

در این تحقیق از عکس‌های هوایی با مقیاس ۱:۵۵۰۰۰ سال ۱۳۳۴ شمسی، نقشه کاربری اراضی سال ۱۳۷۷ شمسی با مقیاس ۱:۵۰۰۰۰، تصاویر سنجنده ETM+ ماهواره لندست ۷، مربوط به سال ۱۳۸۱ شمسی (۲۰۰۲ میلادی) و همچنین تصاویر سنجنده‌های Liss و PAN از ماهواره IRS، سال ۱۳۸۷

1-Integrated Land and Water Information System
2-Visual Interpretation
3-Digital Interpretation

سال‌های ۱۳۸۱ و ۱۳۸۷ شمسی، ترکیب رنگی باندهای ۴، ۳ و ۲ (قرمز، سبز و آبی) به‌عنوان بهترین ترکیب برای تفکیک انواع مختلف کاربری اراضی از یکدیگر (کیانی و همکاران، ۱۳۹۲: ۳۰؛ ارزانی و همکاران، ۱۳۸۸: ۱۵۵) در محیط ILWIS انتخاب شد.

برای بهره‌مندی از توان اطلاعاتی داده‌های ماهواره ای، قابلیت آن‌ها برای تفکیک پوشش اراضی بررسی و آزموده می‌شود. قبل از انجام طبقه‌بندی نظارت‌شده^۷ به تعدادی پیکسل تعلیمی^۸ نیاز است (O'Donnell et al., 2010:89). با استفاده از نقشه‌های موجود از منطقه و پیمایش در عرصه، نقاط تعلیمی به‌طور تصادفی در هر زیرحوزه و در هر کاربری با استفاده از دستگاه موقعیت‌یاب جهانی^۹ ثبت شد. سپس با همپوشانی این نقاط با تصاویر ماهواره‌ای و همچنین تصاویر گوگل ارث^{۱۰}، نمونه‌های انتخاب‌شده صحت‌سنجی شد و به عنوان نمونه‌های انتخابی برای طبقه‌بندی استفاده شد. در واقع تعدادی پیکسل معلوم دربارهٔ باقی پیکسل‌های تصویر تصمیم‌گیری می‌کنند. با توجه به این نکته که منطقه مورد مطالعه، کوهستانی و دارای مسیرهای صعب‌العبور است، در انتخاب نمونه‌ها سعی شد از پراکنش مناسبی برخوردار بوده و معرف خوبی برای کاربری موردنظر باشند (شکل ۲). در هر منطقه شرایط و وضعیت پوشش گیاهی و خاک از نظر ظاهری با توجه به نوع کاربری بررسی شد، درصد تاج پوشش گیاهی با استفاده از کودرات ۱×۱ متری ویژهٔ مطالعات و اندازه‌گیری خصوصیات پوشش گیاهی، مورد ارزیابی واقع شد و در صورت وسعت کاربری موردنظر ۲-۳ بار نمونه‌گیری تکرار گردید.

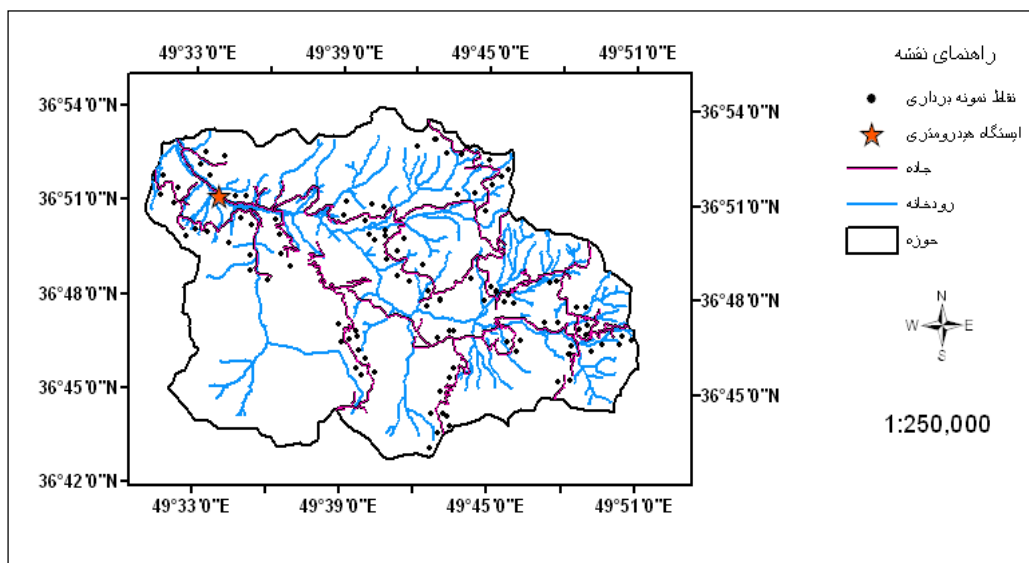
(۱۹۵۵ و ۱۹۹۸ میلادی) نقشه‌های نهایی براساس اطلاعات موجود از وضعیت کاربری در سال‌های مذکور بوده که صحت این نقشه‌ها نیز تا حد قابل‌قبولی توسط کارشناسان و افراد محلی آگاه از وضعیت گذشته تأیید شد.

درخصوص تصاویر ماهواره‌ای می‌باید قبل از پردازش، خطاهای هندسی و رادیومتریک داده‌های خام شناسایی و برطرف شود. منظور از تصحیح هندسی جبران انحرافات است. بدین ترتیب از نقشهٔ توپوگرافی رقمی ۱:۵۰۰۰۰ برای انتخاب ۲۰ نقطهٔ کنترل زمینی^۱ درجهت رفع خطاها، زمین مرجع کردن^۲ و تصحیح هندسی^۳ تصاویر استفاده شد. با روی هم‌گذاری تصاویر مذکور و لایه‌های آبراهه‌ها و جاده‌ها که از نقشهٔ توپوگرافی منطقه استخراج شده بودند، میزان دقت هندسی مورد کنترل قرار گرفت. در این مرحله با استفاده از معادلهٔ چندجمله‌ای خطی و نمونه‌گیری مجدد^۴ تطابق هندسی انجام شد و RMSE^۵ حاصل از تصحیح هندسی برای تصاویر ETM+ و IRS به‌ترتیب ۰/۴۶ و ۰/۳۲ پیکسل به‌دست آمد و درنهایت تصاویر خروجی نشان از انطباق مکانی عارضه‌های توپوگرافی مدنظر و دقت بالای تصاویر مورد استفاده داشت. همچنین در این مطالعه از روش کاهش ارزش عددی پیکسل‌های تیره برای تصحیح اتمسفری تصاویر استفاده شد.

برای آماده‌سازی تصاویر درجهت پردازش‌های رقمی، ازجمله بهبود کنتراست، ساخت ترکیب‌های رنگی کاذب، برروی تصاویر اعمال شد. سپس به‌منظور افزایش وضوح تصاویر و بهتر نمایان‌شدن پدیده‌های مختلف، ازطریق کشیدن و امتداد، روش بارزسازی کشش خطی^۶ به‌کار گرفته شد. برای تصاویر ماهواره‌ای

- 1-Ground Control Point (GCP)
- 2-Georeference
- 3-Geometric Correction
- 4-Resampling
- 5-Root Mean Squared Error
- 6-Liner Stretching

- 7-Super Classification
- 8-Training Samples
- 9-GPS
- 10-Google Earth



شکل ۲: برداشت نقاط تعلیمی از سطح منطقه

تهیه و ترسیم: نگارندگان، ۱۳۹۵

ILWIS، با نقشه‌های واقعیت زمینی حاصل مطالعات میدانی، ماتریس خطا^۳ تشکیل شد و براساس آن صحت کلی^۴ و ضریب کاپا^۵ محاسبه شد، که در جدول ۱ آورده شده است. ارزش و قابلیت استفاده از هر نقشه تولیدی به میزان دقت آن بستگی دارد. پس از طبقه‌بندی حوزه توتکابن و سنجش صحت آن، مساحت هر یک از کاربری‌ها تعیین شد.

جدول ۱: میزان دقت طبقه‌بندی کاربری‌ها

در سال‌های ۱۳۸۱ و ۱۳۸۷

ضریب کاپا	صحت کلی (درصد)	تصویر
۰/۷۶	۸۵/۲۵	ETM+ 2002
۰/۸۷	۹۰/۳۶	IRS-Liss-PAN 2008

مأخذ: مطالعات میدانی نگارندگان، ۱۳۹۵

نتایج و بحث

نتایج در دو بخش نقشه‌های کاربری اراضی و بررسی تغییرات ارائه شده است. در بخش اول نوع و

سپس با توجه به کاربری‌های تعریف‌شده، به کمک نقشه توپوگرافی و نقاط تعلیمی اقدام به طبقه‌بندی اراضی شد. روش حداکثر احتمال^۱ از پرکاربردترین روش‌های طبقه‌بندی نظارت‌شده است (جهانی‌شکیب و همکاران، ۱۳۹۳: ۶۳۶؛ قربانی و همکاران، ۱۳۸۹: ۴؛ ارزانی و همکاران، ۱۳۸۱: ۱۵۵)، تحقیق اکبری و همکاران (۱۳۹۵) مؤید دقت بالای این روش است؛ بنابراین در این تحقیق از الگوریتم حداکثر احتمال برای طبقه‌بندی اطلاعات پوشش اراضی استفاده شد. لازم به ذکر است که صرف کاربرد داده‌های ماهواره‌ای در بسیاری از موارد با محدودیت‌هایی در تفکیک طبقات موردنظر مواجه است. استفاده از داده‌های جنبی و لایه‌های اطلاعاتی کمک مؤثری در بهبود نتایج حاصل خواهد کرد (نقشه‌های نظارت‌شده مربوط به سال‌های ۱۳۸۱ و ۱۳۸۷ (۲۰۰۲ و ۲۰۰۸ میلادی) است). برای ارزیابی دقت و صحت^۲ نقشه‌های طبقه‌بندی‌شده در نرم‌افزار

فراوانی ۰/۷۷ درصد و کاربری مرتع ضعیف با فراوانی ۰/۷۸ کمترین سطح پوشش را اشغال کرده است (شکل ۳).

۲. نوع و گستره کاربری اراضی در سال ۱۳۷۷: در نگاه کلی به حوزه، ۵۳/۳۵ درصد (بیش از نیمی از مساحت کل) به پوشش جنگلی تعلق دارد و زراعت آبی و باغی با ۱/۷۹ درصد کمترین پوشش سطح زمین است (شکل ۳ و جدول ۲).

۳. نوع و گستره کاربری اراضی در سال ۱۳۸۱: نتایج به دست آمده نشان می‌دهد، پوشش جنگلی با فراوانی ۳۹/۴۹ درصد و زراعت آبی و باغی با فراوانی ۵/۱۳ درصد، حداکثر و حداقل مساحت را اشغال کرده است (شکل ۳).

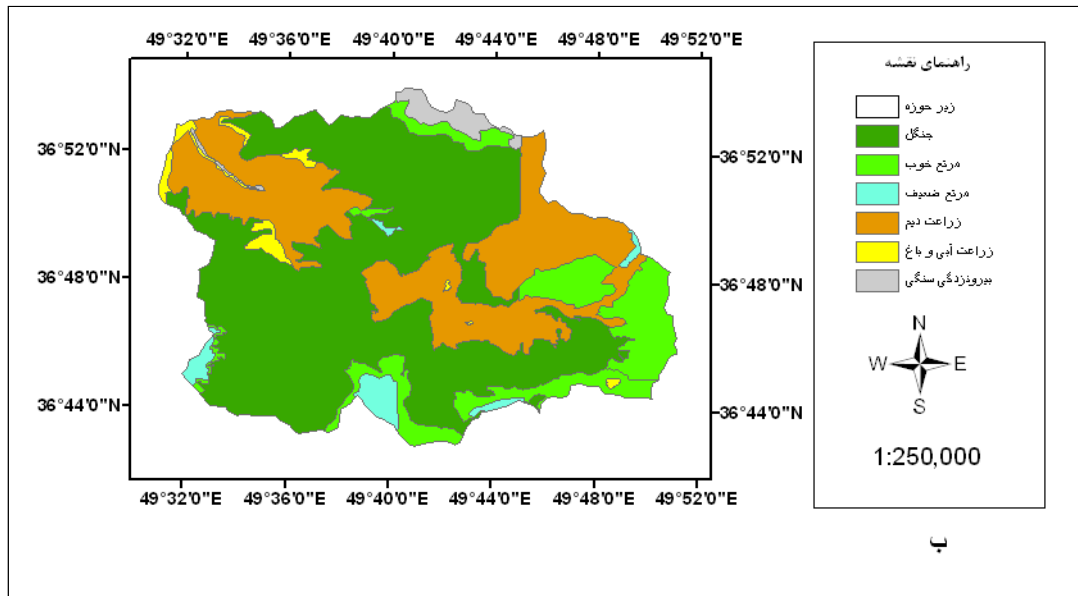
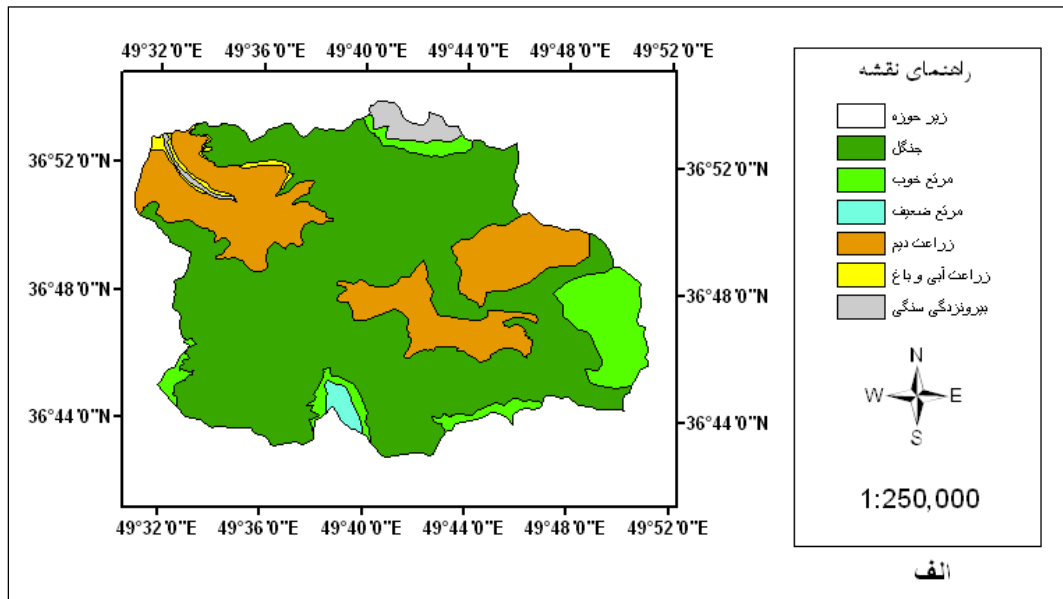
۴. نوع و گستره کاربری اراضی در سال ۱۳۸۷: با توجه به نقشه کاربری اراضی، حداکثر پوشش را کاربری جنگلی با ۳۴/۷۳ درصد و حداقل مساحت مربوط به کاربری مرتع ضعیف با ۷/۹۱ درصد است (شکل ۳).

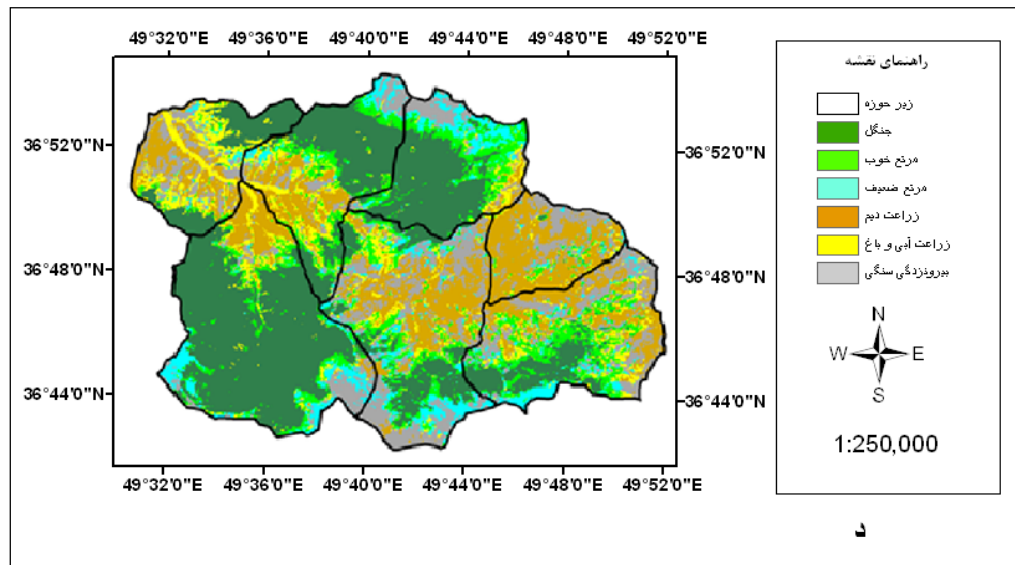
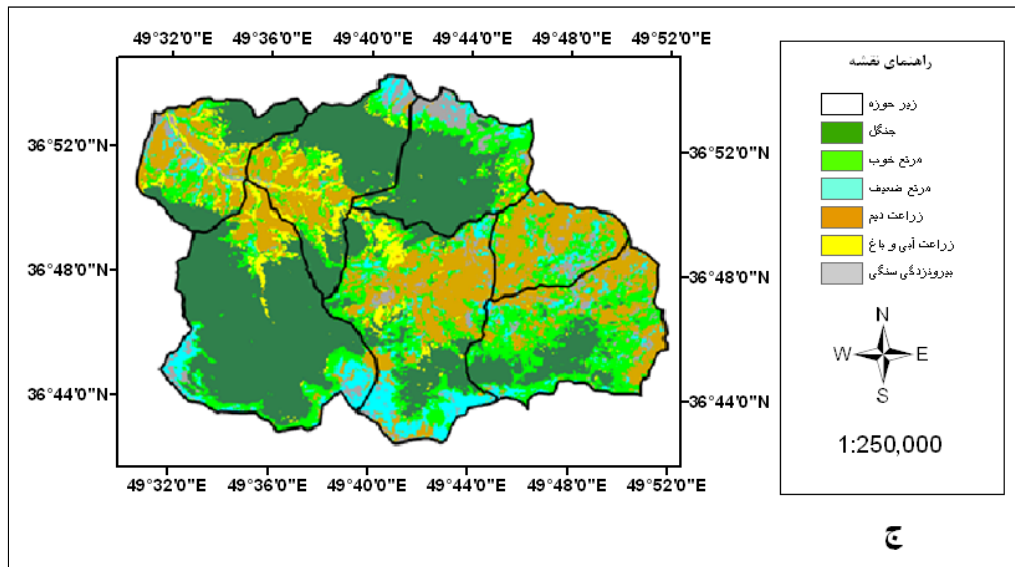
وسعت کاربری اراضی برای سال‌های ۱۳۳۴، ۱۳۷۷، ۱۳۸۱ و ۱۳۸۷ در شکل ۳ نشان داده شده است. در جدول ۲ نیز فراوانی و مساحت هر یک از کاربری‌ها در کل حوزه ارائه شده است. در بخش دوم، سیر تغییرات هر کدام از انواع کاربری شامل جنگل، مرتع، زراعت آبی و باغ، زراعت دیم و برونزدگی سنگی طی سال‌های مذکور بررسی شد و با استفاده از نقشه‌های کاربری (شکل ۳)، مساحت هر یک از انواع کاربری در ۴ دوره با یکدیگر مقایسه شد و نتایج در شکل ۳ نشان داده شده است.

نقشه‌های کاربری اراضی

نقشه‌های حاصل، خروجی لایه‌های اطلاعاتی است که از نظر پوشش گیاهی با واقعیت زمینی تا حد امکان مطابقت داده شده است و نتیجه آن در قالب نقشه ۴ دوره زمانی ارائه می‌شود.

۱. نوع و گستره کاربری اراضی در سال ۱۳۳۴: در بررسی کلی، با توجه به شکل ۳ و جدول ۲، قسمت عمده مساحت حوزه، ۶۶/۰۴ درصد تحت پوشش جنگل قرار دارد و کاربری زراعت آبی و باغی با





شکل ۳: نقشه‌های کاربری اراضی منطقه مورد مطالعه برای سال‌های الف (۱۳۳۴، ب) ۱۳۷۷، ج) ۱۳۸۱، د) ۱۳۸۷

تهیه و ترسیم: نگارندگان، ۱۳۹۵

جدول ۲: نوع و گستره تحت پوشش کاربری‌های حوزه آبخیز توتکابن در دوره‌های زمانی مختلف

کاربری سال	جنگل		مرتع خوب		مرتع ضعیف		زراعت دیم		زراعت آبی و باغ		برونزدگی سنگی	
	مساحت (هکتار)	فراوانی (درصد)	مساحت (هکتار)	فراوانی (درصد)	مساحت (هکتار)	فراوانی (درصد)	مساحت (هکتار)	فراوانی (درصد)	مساحت (هکتار)	فراوانی (درصد)		
۱۳۳۴	۲۸۴۰۴/۱۸	۶۶/۰۴	۳۸۲۶/۷۷	۸/۹۰	۳۳۷/۷۵	۰/۷۸	۹۲۸۹/۳۶	۲۱/۶	۳۳۳/۴۵	۰/۷۷	۸۲۱/۵۰	۱/۹۱
۱۳۷۷	۲۲۹۴۹/۸۱	۵۳/۳۵	۵۷۱۵/۰۸	۱۳/۲۹	۱۰۱۹/۱۵	۲/۳۷	۱۱۷۳۷/۰۷	۲۷/۲۹	۷۷۰/۴۳	۱/۷۹	۸۲۱/۴۷	۱/۹۱
۱۳۸۱	۱۶۹۸۴/۷۳	۳۹/۴۹	۸۶۰۴/۳۴	۲۰	۳۲۱۴/۶۱	۷/۴۷	۹۷۰۶/۰۷	۲۲/۵۶	۲۲۰۶/۲۲	۵/۱۳	۲۲۹۷/۰۳	۵/۳۴
۱۳۸۷	۱۴۹۳۹/۲۶	۳۴/۷۳	۵۴۷۵/۹۲	۱۲/۷۳	۳۴۰۴/۶۹	۷/۹۱	۸۵۶۲/۹۷	۱۹/۹۰	۴۱۲۹/۴۹	۹/۶۰	۶۵۰۰/۷۰	۱۵/۱۱

مأخذ: مطالعات میدانی نگارندگان، ۱۳۹۵

بررسی تغییرات کاربری اراضی

زمان، عامل مهم و سرنوشت‌سازی در آشکارسازی تغییرات است. کاربری و پوشش اراضی دائماً در اثر فعالیت‌های انسانی دستخوش تغییر می‌شود (یوسفی و همکاران، ۱۳۹۲: ۱۶). شناسایی این تغییرات از مقایسه تفاوت‌های ایجادشده در یک منطقه مشخص از تصاویر گرفته‌شده در چندین دوره زمانی امکان‌پذیر است. جزئیات این تغییرات به وسیله روی هم‌اندازی^۱ نقشه اجزای منابع اراضی در بیش از یک دوره زمانی از این اراضی قابل درک است (مظاهری و همکاران، ۱۳۹۲: ۲۶). با توجه به هدف اولیه طرح، برای بررسی تغییرات کاربری‌های اراضی حوزه طی سال‌های ۱۳۳۴، ۱۳۷۷، ۱۳۸۱ و ۱۳۸۷، مقایسه وسعت و فراوانی هریک از انواع کاربری‌های اراضی در کل حوزه آبخیز توتکابن، به شرح زیر است:

الف- اراضی جنگلی: نتایج حاصل از بررسی تغییرات اراضی جنگلی در شکل ۴، نشان‌دهنده این است که مساحت کل این اراضی از سال ۱۳۳۴ تا سال ۱۳۸۷ روند نزولی دارد. کاهش ۱۳۴۶۵ هکتاری از وسعت اراضی جنگلی ناشی از تجاوز افراد محلی به این اراضی و تبدیل به انواع دیگر کاربری از جمله زراعی و مرتعی برای استفاده کشاورزان و دامداران است. به گفته اولوکیوگن و همکاران (۲۰۱۴)، از بین بردن جنگل‌ها به دلیل فعالیت‌های کشاورزی از مهم‌ترین دلایل جنگل زدایی در جهان قلمداد می‌شود (Olokeogun et al, 2014: 613) که منجر به مشکلات زیست‌محیطی شدید مانند رانش زمین، سیل و غیره خواهد شد (Reis, 2008: 6189). فرج‌زاده و فلاح (۱۳۸۹) نیز در تحقیقات خود کاهش اراضی جنگلی را علت تولید رواناب بیان کردند.

ب- اراضی مرتعی: در مطالعات کاربری اراضی، مرتع به دو دسته خوب و ضعیف تقسیم شد. نتایج نشان می‌دهد وسعت اراضی مرتعی با وضعیت خوب در کل حوزه از سال ۱۳۳۴ تا ۱۳۸۱ افزایش یافته و در سال ۱۳۸۷ کاهش می‌یابد. این در حالی است که وسعت اراضی مرتعی با وضعیت ضعیف در محدوده زمانی ۱۳۳۴ تا ۱۳۸۷ سیر صعودی داشته است که نشان می‌دهد روزبه‌روز از وسعت و کیفیت مراتع با وضعیت خوب کاسته می‌شود. در مجموع همان‌گونه که در شکل ۴ نشان داده شده است، وسعت اراضی مرتعی از سال ۱۳۳۴ تا سال ۱۳۸۱ روند افزایشی داشته و در سال ۱۳۸۷ کاهش ۲۹۳۸/۳۴ هکتاری در مساحت اراضی مرتعی دیده می‌شود. علت این امر را می‌توان در تبدیل اراضی مرتعی به کشتزارهای دیم دانست، همچنین افزایش فشار چرا سبب تبدیل اراضی جنگلی به مراتع در بالادست خواهد شد.

علاوه بر این، بخش زیادی از اراضی مرتعی که به سایر کاربری‌ها تبدیل شده‌اند، اکنون رها شده و به عنوان مراتع ضعیف و غیرقابل استفاده مشاهده می‌شوند. پتانسیل تولید علوفه در این اراضی کاهش یافته است که از عمده‌ترین دلایل آن کاهش مواد غذایی خاک است که در نتیجه، نابودی گونه‌های خوش‌خوراک و جایگزینی گونه‌های مهاجم را به دنبال خواهد داشت.

ج- زراعت دیم: با توجه به شکل ۴، وسعت اراضی دیمی از سال ۱۳۳۴ تا سال ۱۳۷۷ افزایش یافته و از ۱۳۷۷ تا ۱۳۸۷ وسعت این اراضی کاهش پیدا کرده است. بر این اساس گستره تحت پوشش کاربری دیم از سال ۱۳۷۷ تا ۱۳۸۷ سیر کاهشی را دنبال می‌کند. این مطلب ممکن است به دلیل کاهش توان تولید محصول در این اراضی باشد.

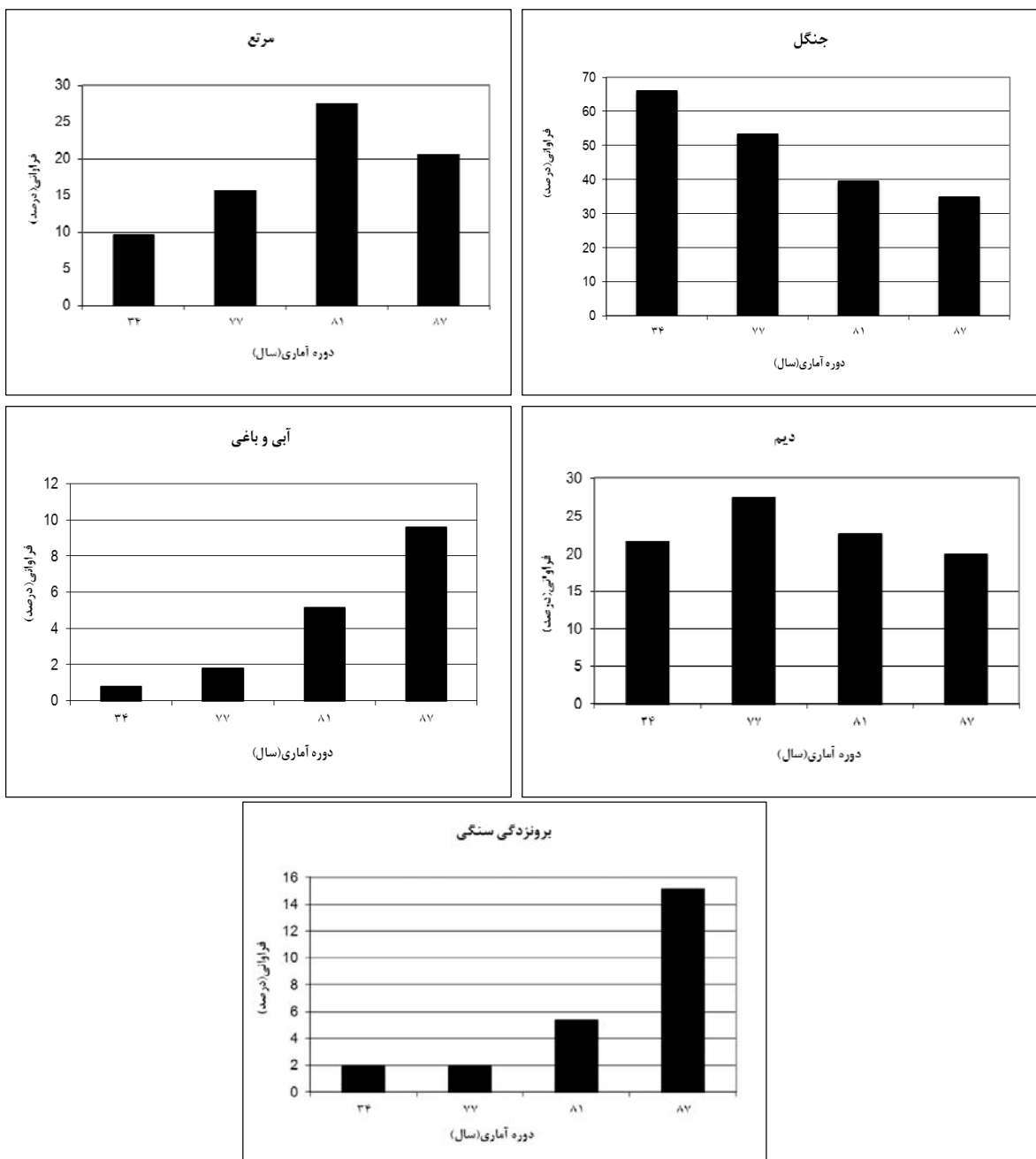
د- زراعت آبی و باغی: بررسی تغییرات کاربری زراعت آبی و باغی در شکل ۴، مبین این است که وسعت این اراضی در فاصله زمانی ۱۳۳۴ تا ۱۳۸۷ در حوزه

کاربری زمین تحت تأثیر دو مؤلفه نیرومند شکل می‌گیرد: اول، نیازهای اساسی زندگی انسان و دوم، ویژگی‌ها و فرایندهای زیست‌محیطی. هیچ‌یک از این مؤلفه‌ها ثابت باقی نمی‌مانند، بلکه متناسب با تغییرات ایجادشده در زندگی، تغییر ماهیت می‌دهند (محمدی و همکاران، ۱۳۹۱: ۲۹۳). قرارگیری اراضی جنگلی در کنار مراتع و زمین‌های زراعی روستایی، همچنین تبدیل اراضی جنگل و مرتع برای گسترش غیراصولی کشاورزی و تصرف اراضی از سوی افراد محلی، نقش عامل انسانی را در تغییر کاربری‌ها پررنگ‌تر می‌سازد. استفاده از چوب به‌عنوان منبع گرمازا یا ساخت مسکن منجر به جنگل‌تراشی‌هایی در سطح منطقه شده، که از نظر توسعه پایدار قابل توجه است. مطالعه حاضر و تحقیقات شلابی و تاتیشی (۲۰۰۷)، آرخی و همکاران (۱۳۸۷)، براتی و همکاران (۱۳۸۸) و شنائی و زارعی (۱۳۹۵) همگی بر این مطلب تأکید دارد. این‌گونه تغییرات که غالباً حاصل دخالت‌های انسانی است، علاوه بر اثرات منفی بر روی محیط زیست، سبب افزایش خسارات بلایای طبیعی خواهند شد؛ از این رو، محققان بر لزوم برنامه‌ریزی و اجرای طرح‌های احیای اراضی فاقد پوشش و حفاظت از اکوسیستم منطقه تأکید دارند.

توتکابن روند صعودی داشته است که مشابه این مطلب در تحقیقات آرخی و همکاران (۱۳۸۷)، براتی و همکاران (۱۳۸۸) و جهانی‌شکیب و همکاران (۱۳۹۳) دیده می‌شود.

به‌علت مشکلات اقتصادی و معیشتی در منطقه، بهره‌برداران برای دستیابی به زمین برای کشاورزی، اقدام به تغییر کاربری اراضی جنگلی کرده‌اند. کاهش اراضی دیم و افزایش سطح زراعت آبی و باغی نشان دهنده تغییر روند رفتار کشت‌ورزی منطقه است. شاید نزدیکی به سد سپیدرود و بهره‌گیری از این مخزن آبی را بتوان از دلایل افزایش این نوع کاربری دانست.

ه- برونزدگی سنگی: اراضی توده‌سنگی، صخره‌ای و بایر، اراضی هستند که در آن‌ها میزان تولید گیاهی در حد کاملاً ناچیز و به‌صورت پراکنده بوده و به اراضی غیرتولیدی معروفند (برهانی، ۱۳۸۶: ۸۳)؛ بنابراین پوشش گیاهی در این نوع اراضی محدود به نقاط دارای پوشش خاکی پراکنده و یا در بین درز و ترک‌های سنگ‌هاست. نتایج در شکل ۴ نشان می‌دهد، وسعت این نوع کاربری طی سال‌های ۱۳۳۴ تا ۱۳۷۷ تغییری نداشته، ولی در فاصله زمانی ۱۳۷۷ تا ۱۳۸۷ وسعت برونزدگی سنگی از سیر صعودی برخوردار است. تحقیقات کیانی و همکاران (۱۳۹۲) نیز نشان از افزایش سطح اراضی فاقد پوشش در سطح حوزه طالقان دارد (کیانی و همکاران، ۱۳۹۲: ۳۱).



شکل ۴: تغییرات سطح پوشش اراضی در دوره‌های زمانی

تهیه و ترسیم: مطالعات میدانی نگارندگان، ۱۳۹۵

نتیجه

از ابزارهایی که در زمینه شناخت و آگاهی از وضع و نوع تغییرات در طی زمان مورد استفاده زیادی قرار می‌گیرد، نقشه، عکس و تصاویر می‌باشند که نه تنها به عنوان مدرک مهم بلکه به‌عنوان راهنما در زندگی انسان مطرح بوده و پدیده‌های طبیعی و مصنوعی سطح زمین را بادقت موردنیاز به تصویر کشیده و می‌تواند جوابگوی بسیاری از ابهامات گذشته هم باشد. اگرچه استفاده از عکس‌های هوایی به‌منظور تعیین روند تغییرات کاربری اراضی در طول زمانی مشخص، به‌عنوان ابزاری کاربردی و قابل استفاده است، به‌نظر می‌رسد با توجه به قدرت تفکیک، مقیاس بزرگتر و سیر توانایی‌ها، تصاویر ماهواره‌ای بتوانند اطلاعات بهتر و قابل استفاده‌تری برای بررسی تاریخچه، چگونگی و میزان تغییرات در کاربری اراضی در اختیار کاربران قرار دهند. یافته‌های پژوهش به‌منظور بررسی تغییرات کاربری اراضی، گویای این مطلب است که تغییر کاربری در منطقه توتکابن فراوان است که عمده‌ترین آن در کاربری جنگلی بوده است. با توجه به پدیده جنگل‌زدایی در دهه‌های اخیر، برآورد روند تخریب آن در دوره‌های زمانی مختلف بسیار حائز اهمیت است. براساس این نتایج، مشخص شد در فاصله سال‌های ۱۳۳۴ تا ۱۳۸۷، اراضی جنگلی کاهش ۳۱/۳۱ درصدی داشته و درمقابل بر مساحت اراضی زراعی و برonzدگی سنگی افزوده شده است. افزایش ۱۳/۲ درصدی اراضی برonzدگی سنگی در این دوره زمانی، ناشی از افزایش فشار چرای دام و بهره‌برداری بی‌رویه از پوشش گیاهی به‌ویژه در اراضی مرتعی است. با این وجود، هنوز اراضی جنگلی بیشترین سطح، حدود ۱۴۹۳۹/۲۶ هکتار (۳۵ درصد) را در کل حوزه پوشش می‌دهد و اراضی آبی و باغی با مساحت ۴۱۲۹/۴۹ هکتار (۱۰ درصد) کمترین گستره پوشش را در منطقه دارد. بی‌گمان لزوم حفاظت از این منابع پرارزش با

بهره‌گیری از فن‌آوری‌های نوین، بستر را برای مطالعاتی دقیق، سریع و اقتصادی تسهیل می‌کند. مهم‌ترین عملیات حفاظت خاک در منطقه، حفاظت اراضی جنگلی است و می‌باید با آموزش‌های لازم، ساکنان منطقه از عواقب و خطرات ناشی از تغییرات کاربری اراضی و تخریب اراضی جنگلی و مراتع به‌ویژه در حاشیه رودخانه مطلع شوند. نقشه‌ها و اطلاعات حاضر می‌تواند مبنای مناسبی برای تحقیقات آینده در منطقه تحقیق باشد.

سپاسگزاری

بدین‌وسیله از همکاری صمیمانه آقای مهندس بخشی‌پور معاونت وقت مؤسسه تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان گیلان و کارمندان محترم این مرکز تشکر می‌شود. همچنین از سازمان جغرافیایی ارتش برای در اختیار قراردادن عکس‌های هوایی و تصاویر ماهواره‌ای از منطقه قدردانی می‌شود.

منابع

- آرخی، صالح؛ پرویز گرابی؛ ملیحه آرخی (۱۳۸۷). ارزیابی روند تغییرات کاربری اراضی منطقه حفاظت‌شده کبیرکوه با استفاده از RS و GIS، مجموعه مقالات همایش ژئوماتیک ۱۳۸۷. ۱۰ صفحه.
- ارزانی، حسین؛ خسرو میرآخورلو؛ سید زین‌العابدین (۱۳۸۸). تهیه نقشه کاربری اراضی با استفاده از داده‌های سنجنده ETM+ ماهواره Landsat 7 (مطالعه موردی: قسمتی از مراتع حوزه آبخیز طالقان)، فصلنامه علمی-پژوهشی تحقیقات مرتع و بیابان ایران. جلد ۱۶. شماره ۲. صفحات ۱۶۰-۱۵۰.
- اکبری، الهه؛ محمدعلی زنگنه اسدی؛ ابراهیم تقوی مقدم (۱۳۹۵). پایش تغییرات کاربری اراضی با استفاده از روش‌های مختلف تئوری آموزش آماری منطقه نیشابور، مجله آمایش جغرافیایی فضا. سال ۶. شماره ۲۰. صفحات ۴۹-۳۵.

- براتی قهفرخی، سوسن؛ سعید سلطانی کوپایی؛ سیدجمال‌الدین خواجه‌الدین؛ بهزاد رایگانی (۱۳۸۸). بررسی تغییرات کاربری اراضی در زیرحوزه قلعه شاهرخ با استفاده از تکنیک سنجش از دور (دوره زمانی ۱۳۸۱-۱۳۵۴)، علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی. سال ۱۳، شماره ۴۷. صفحات ۳۶۵-۳۴۹.
- برهانی، حامد (۱۳۸۶). تأثیر تغییر کاربری اراضی بر میزان فرسایش و رسوب در حوزه آبخیز شهر چای ارومیه، پایان‌نامه کارشناسی ارشد مهندسی منابع طبیعی-آبخیزداری. دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران. ۱۰۷ صفحه.
- بی‌نام (۱۳۸۰). گزارشات دفتر جهادسازندگی-معاونت آبخیزداری استان گیلان (۱۳۸۰).
- جهانی‌شکیب، فاطمه؛ بهرام ملک محمدی؛ احمدرضا یآوری؛ یونس شریفی؛ فاطمه عادل (۱۳۹۳). ارزیابی روند تغییرات کاربری اراضی زمین و تغییر اقلیم در سیمای سرزمین تالاب چغاخور با تأکید بر آثار محیط زیستی، مجله محیط‌شناسی. دوره ۴۰. شماره ۳. صفحات ۶۴۳-۶۳۱.
- دریکوندی، آرش؛ مه‌ری خسروی؛ امین حیدرپور منفرد؛ صدیقه رضاییان (۱۳۹۳). بررسی تغییرات سطح و تراکم جنگل‌های زاگرس میانی با استفاده از تفسیر عکس‌های هوایی و بهره‌گیری از GIS در ارتفاع‌ها و فاصله‌های مختلف از روستا (مطالعه موردی: منطقه کاکاراضی استان لرستان)، مجله گیاه و زیست بوم. شماره ۴۰. صفحات ۴۹-۳۵.
- سبزقبائی، غلامرضا؛ سولماز دشتی؛ سپیده راز؛ شهرام یوسفی خانقاه (۱۳۹۵). مطالعه تغییرات کاربری اراضی به کمک سامانه اطلاعات جغرافیایی و تکنیک سنجش از دور (مطالعه موردی: شهرستان اندیمشک)، مجله جغرافیا و توسعه. شماره ۴۶. صفحات ۴۲-۳۵.
- سنجرى، صالح؛ ناصر برومند (۱۳۹۲). پایش تغییرات کاربری/پوشش اراضی در سه دهه گذشته با استفاده از تکنیک سنجش از دور (مطالعه موردی: منطقه زرد استان کرمان)، مجله کاربرد سنجش از دور و GIS در علوم منابع طبیعی. سال چهارم. شماره ۱. صفحات ۶۷-۵۷.
- شنایی هویزه، سیده مائده؛ حیدر زارعی (۱۳۹۵). بررسی تغییرات کاربری اراضی طی دو دهه دوره زمانی (مطالعه موردی: حوزه آبخیز ابوالعباس)، پژوهشنامه مدیریت حوزه آبخیز. سال ۷. شماره ۱۴. صفحات ۲۴۴-۲۳۷.
- ضیائیان فیروزآبادی، پرویز؛ نادر پروین (۱۳۹۲). اصول علم سنجش از دور (عکس‌های هوایی و تصاویر ماهواره ای)، انتشارات دانشگاه پیام نور، چاپ اول. ۱۵۴ صفحه.
- فرج‌زاده، منوچهر؛ مهنام فلاح (۱۳۸۷). ارزیابی تأثیر تغییرات کاربری و پوشش اراضی بر رژیم سیلابی رودخانه تجن با استفاده از تکنیک سنجش از دور، پژوهش‌های جغرافیایی. شماره ۶۴. صفحات ۱۰۴-۸۹.
- قربانی، مهدی؛ علی‌اکبر نظری سامانی؛ حمیدرضا کوهبنانی؛ فاطمه اکبری؛ زهرا جلیلی پروانه (۱۳۸۹). ارزیابی روند تغییرات کاربری اراضی حوزه آبخیز طالقان، مجموعه مقالات چهارمین کنگره بین‌المللی جغرافیدانان جهان اسلام. زاهدان. ۷ صفحه.
- قنبری، فریبا؛ شعبان شتایی (۱۳۸۹). بررسی روند تغییرات سطح جنگل با استفاده از عکس‌های هوایی و تصاویر ASTER (مطالعه موردی: جنگل‌های حاشیه‌ای جنوب و جنوب‌غربی شهر گرگان)، مجله پژوهش‌های علوم و فناوری چوب و جنگل. جلد ۱۷. شماره ۴. صفحات ۱۸-۱.
- کیانی، واحد؛ جهانگیر فقیهی؛ علی‌اکبر نظری سامانی؛ افشین علیزاده شعبانی (۱۳۹۲). آشکارسازی تغییرات پوشش/کاربری منطقه طالقان با استفاده از سنجش از دور، فصلنامه علمی-پژوهشی اطلاعات جغرافیایی (سپهر). دوره ۲۲. شماره ۸۷. صفحات ۳۱-۲۹.
- محمداسماعیل، زهرا (۱۳۸۹). پایش تغییرات کاربری اراضی کرج با استفاده از تکنیک سنجش از دور، مجله پژوهش‌های خاک (علوم خاک و آب). جلد ۲۴. شماره ۱. صفحات ۸۸-۸۱.
- محمدی، محمد؛ علی‌اکبر مهربانی؛ مهدی قربانی؛ محمدامین خراسانی (۱۳۹۱). نیروهای انسانی مؤثر بر تغییرات کاربری اراضی در حاشیه مناطق روستایی (نمونه موردی: روستاهای آلکه و سی بن-شهرستان تنکابن)، فصلنامه علمی-پژوهشی انجمن جغرافیای ایران. سال دهم. شماره ۳۵. صفحات ۲۹۸-۲۷۹.

- Conceicao, C.D., P. C, S.S. Saatchi and D. Agosti (2008). Predicting geographical distribution models of high-value timber trees in the Amazon Basin using remotely sensed data. *Ecological Modeling*, 211(3-4): 309-323.
- Liu, T., and X. Yang (2015). Monitoring land changes in an urban area using satellite imagery, GIS and landscape metrics. *Applied Geography*, 56: 42-54.
- Mirzaei, J., A. Mohamadi, Z. Heidarzadi, H. Noorolahi and R. Omidipour (2015). Assessment of land cover changes using RS and GIS (case study: Zagros forests, Iran). *Journal Master Environ. Sci.* 6(9): 2565-2572.
- O'Donnell, T.K., K.W. Goyne, R.J. Miles, C. Baffaut, S.H. Anderson and K.A. Sudduth (2010). Identification and quantification of soil redoximorphic features by digital image processing. *Geoderma*, 157(3): 86-96.
- Olokeogun, O.S., O.F. Iyiola and K. Iyiola (2014). Application of remote sensing and GIS in land use/land cover mapping and change detection in Shasha forest reserve, Nigeria, The international archives of the photogrammetry, remote sensing and information science, Volume XL-8, ISPRS technical commission VIII symposium, 9-12 December 2014, Hyderabad, India: 613-619.
- Reis, S (2008). Analyzing land use/land cover changes using remote sensing and GIS in Rize, North-East Turkey. *Sensors* 8: 6188-6202.
- Shalaby, A. and R. Tateishi (2007). Remote sensing and GIS for mapping and monitoring land cover and land-use changes in the Northwestern coastal zone of Egypt. *Applied Geography*, 27:28-41.
- محمدیاری، فاطمه؛ حمیدرضا پورخباز؛ مرتضی توکلی؛ حسین اقدر (۱۳۹۳). تهیه نقشه پوشش گیاهی و پایش تغییرات آن با استفاده از تکنیک‌های سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی (مطالعه موردی: شهرستان بهبهان)، فصلنامه علمی-پژوهشی اطلاعات جغرافیایی (سپهر). دوره ۲۳. شماره ۹۲. صفحات ۳۴-۲۳.
- مظاهری، محمودرضا؛ مهرداد اسفندیاری؛ محمدحسن مسیح‌آبادی؛ اردوان کمالی (۱۳۹۲). پایش تغییرات زمانی کاربری اراضی با استفاده از تکنیک‌های سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی (مطالعه موردی: جیرفت، استان کرمان)، مجله کاربرد سنجش از دور و GIS در علوم منابع طبیعی. سال چهارم. شماره ۲. صفحات ۳۹-۲۵.
- یوسفی، صالح؛ سمیه میرزایی؛ حسین زینی‌وند (۱۳۹۲). بررسی روند تغییرات جنگل‌های زاگرس با استفاده از سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی (مطالعه موردی: مریوان)، مجله کاربرد سنجش از دور و GIS در علوم منابع طبیعی. سال چهارم. شماره ۲. صفحات ۲۳-۱۵.
- Bahadur Thapa, R. and Y. Murayama (2006). Land use change analysis using remote sensing and GIS: A case study of Kathmandu metropolitan Nepal. *Research Abstracts on Spatial Information Science CSIS DAYS*, 1-22p., University of Tokyo, Japan.
- Bo-Jie, F., Z. Qiu-Ju, C. Li-Ding, Z. Wen-Wu, G. Hubert, L. Guo-Bin, Y. Qin-Ke and Z. Yong-Guan (2006). Temporal change in land use and its relationship to slope degree and soil type in a small catchment on the Loess Plateau of China. *Catena*, 31:41-48.

