

پایش تغییرات پوشش گیاهی منطقه حفاظت شده جنگلی هلن و دلایل آن براساس تحلیل دوزمانه NDVI

علی جعفری^{۱*}، زهرا آرمان^۲

۱. استادیار دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین، دانشگاه شهرکرد

۲. کارشناس ارشد جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین، دانشگاه شهرکرد

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۲/۸ - تاریخ تصویب: ۱۳۹۳/۲/۱۵)

چکیده

این مطالعه با هدف کاربرد تحلیل دوزمانه شاخص NDVI، استخراج شده از تصاویر چندطیفی سنجنده TM ماهواره لندست ۵ در پایش تغییرات پوشش گیاهی منطقه حفاظت شده جنگلی هلن در استان چهارمحال و بختیاری و دلایل آن انجام شده است. به این منظور ابتدا بخش های جنگلی با تراکم متوسط و کم از نقشه کاربری منطقه جداسازی شدند. سپس عملیات پیش پردازش شامل تصحیحات رادیومتری بر روی تصاویر سنجنده TM مربوط به سال های ۱۹۹۰ و ۲۰۰۹ از منطقه انجام شد. برای بررسی وضعیت شاخص NDVI، اطلاعات باندهای چهارم و دوم از هر دو تصویر، استخراج و سپس میزان تغییر تراکم پوشش گیاهی با استفاده از این شاخص محاسبه شد. نتایج نشان داد که میزان تراکم پوشش گیاهی از سال ۱۹۹۰ تا ۲۰۰۹ در ۱۲/۴ درصد از کل منطقه افزایش داشته است که ۷/۵ درصد در بخش جنگلی با تراکم متوسط و ۴/۹ درصد در بخش جنگلی با تراکم کم بوده است. همچنین در ۰/۶۳ درصد از کل منطقه تراکم پوشش گیاهی کاهش یافته است که ۰/۱۷ درصد مربوط به بخش جنگلی با تراکم متوسط و ۰/۴۶ درصد مربوط به بخش جنگلی با تراکم کم بوده است. با در نظر گرفتن میانگین دمای بلندمدت و بارندگی زمستانه در این دو مقطع زمانی، افزایش تراکم پوشش گیاهی را می توان علاوه بر افزایش میانگین بارندگی زمستانه و دمای بلندمدت سالانه، مدیون تغییر عنوان آن به منطقه حفاظت شده و جلوگیری از بهره برداری و تخریب این بوم سازگان خصوصاً در بخش کوهستانی و مرتفع دانست. همچنین کاهش تراکم پوشش گیاهی در بخش های کم ارتفاع مشکلی است که نباید نادیده گرفته شود.

کلیدواژه ها: تراکم پوشش گیاهی، تغییرات اقلیمی، سنجنده TM، شاخص NDVI، منطقه حفاظت شده هلن.

۱. مقدمه

قابلیت تکرار و به‌هنگام شدن مداوم و اطلاعات ارزشمند طیفی و مکانی، در اولویت تفسیر برای تهیه نقشه تغییرات کاربری و پوشش اراضی قرار می‌گیرند (Shataee & Abdi, 2007). به‌طور کلی، هنگامی که تصاویر ماهواره‌ای به شکل صحیح تفسیر شوند، کیفیت و کمیت اطلاعات مفید استخراج‌شده از این داده‌ها افزایش می‌یابد (Colwell, 1987). سهم قابل‌توجهی از این اطلاعات به وسیله مقایسه تصاویر گرفته‌شده در دو یا چند دوره زمانی مختلف فراهم می‌شود. از جمله پدیده‌هایی که در تصاویر ماهواره‌ای مربوط به زمان‌های مختلف قابل استخراج هستند می‌توان به تغییر کاربری و کیفیت پوشش اراضی، فرسایش سواحل، توزیع آب‌های روی زمین، پوشش برف و غیره اشاره کرد (Denègre, 1988). یکی از شاخص‌های بررسی تغییر کاربری و کیفیت پوشش اراضی که روی تصاویر ماهواره‌ای بیشترین کاربرد را دارد، شاخص اختلاف پوشش گیاهی نرمال شده^۱ است که به‌اختصار NDVI گفته می‌شود. از مزایای استفاده از شاخص NDVI می‌توان به سهولت و سرعت محاسبه و نیاز کمتر به دانش تخصصی تفسیر تصاویر ماهواره‌ای نسبت به روش‌های معمول تفسیر تصاویر مانند طبقه‌بندی اشاره کرد. از این‌رو این روش به‌منزله راهکاری ساده و کاربردی به متولیان حراست از این مناطق کمک خواهد کرد تا با کمترین هزینه مالی و زمانی و با دقتی مناسب شرایط پوشش گیاهی را به صورت مداوم و دوره‌ای پایش کنند.

تاکنون مطالعات زیادی در رابطه با بررسی تراکم پوشش گیاهی یا تغییرات کاربری اراضی در طول زمان انجام شده است و استفاده از داده‌های ماهواره‌ای مانند Land-sat، SPOT و IRS در تهیه این گونه نقشه‌ها به تأیید بسیاری از متخصصان رسیده است (Alavipanah, 2000). از جمله مطالعات مهم انجام‌شده می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

Maselli (2003) با تحلیل داده‌های چندساله NDVI حاصل از تصاویر سنجنده NOAA-AVHRR، TM و ETM به پایش شرایط جنگلی حفاظت‌شده سواحل مدیترانه پرداخت. وی نشان داد که در دوره زمانی بررسی‌شده، کاهش قابل‌توجهی در میزان NDVI

در گذشته تهیه برنامه‌های توسعه و بهره‌برداری از منابع طبیعی بدون توجه به اصول برنامه‌ریزی بلندمدت و حتی کوتاه‌مدت و بی‌اعتنا به آثار و پیامدهای توسعه انجام می‌پذیرفت (Makhdoum, 2011). اما در چند دهه اخیر با رواج مفاهیمی مانند مدیریت سازشی^۱ (Holling, 1978)، توسعه پایدار (WCED, 1987) و مدیریت اکوسیستمی (Brussard *et al.*, 1998) به فرهنگ مدیریت منابع طبیعی، استفاده منطقی و بهینه از این منابع با دیدگاه حفظ توان تجدیدپذیری آن‌ها بیش از پیش مورد توجه قرار گرفته است. برای نیل به اهداف اشاره‌شده، قسمتی از منابع طبیعی کشور اعم از جنگل، مرتع، دشت، آب و کوهستان که از لحاظ ضرورت حفظ و تکثیر نسل جانوران وحشی، حفظ و یا احیای رستنی‌ها و وضع طبیعی آن اهمیت خاصی داشته باشند، به‌منزله منطقه حفاظت‌شده تعیین و تحت مدیریت قرار می‌گیرند (Madjnoonian, 2000). بعد از تعیین حدود مناطق حفاظت‌شده چالش دایم و مهم، پایش بلندمدت و کوتاه‌مدت شرایط این مناطق برای جلوگیری از دست‌اندازی، تخریب و تغییر کاربری چنین اکوسیستم‌های حساس و ارزشمندی است. از این‌رو اطلاع از نسبت کاربری‌ها و نحوه تغییرات آن‌ها در گذر زمان یکی از موارد مهم در برنامه‌ریزی و سیاست‌گذاری این مناطق است. با اطلاع از نسبت تغییر کاربری‌ها یا کیفیت آن‌ها در گذر زمان می‌توان تغییرات آتی را پیش‌بینی کرد و اقدامات مقتضی را انجام داد (Nazari Samani *et al.*, 2010). از آنجا که انجام چنین پروژه‌هایی با روش‌های میدانی و یا با استفاده از تفسیر عکس‌های هوایی بسیار پرهزینه و وقت‌گیر است، همواره پیدا کردن راهی برای کاهش هزینه‌ها و رسیدن به دقت مطلوب از دغدغه‌های مدیران و کارشناسان ذی‌ربط بوده است. یکی از روش‌های کم‌هزینه (از نظر مالی، نیروی انسانی و زمان) و با دقت قابل قبول، استفاده از داده‌ها و روش‌های سنجنش از دوری است. تصاویر ماهواره‌ای با قدرت تفکیک مکانی متوسط مزایای متعددی همچون قابلیت دسترسی زیاد، پوشش وسیع،

2. Normalized Difference Vegetation Index

1. Adaptive management

پرداختند و به این نتیجه رسیدند که در دوره ۲۰۰۶ تا ۲۰۰۸ کاهش شدیدی در وسعت اراضی جنگلی دیده می‌شود، به نحوی که طی دو سال ۱۰ درصد از پوشش جنگلی کاسته شده است.

Nazari Samani و همکاران (2010) به ارزیابی روند تغییرات کاربری اراضی حوزه آبخیز طالقان در دوره زمانی بین سال‌های ۱۳۶۶ تا ۱۳۸۰ با استفاده از تصاویر چندزمانه سنجنده TM و ETM+ و سیستم اطلاعات جغرافیایی پرداختند و به این نتیجه رسیدند که بیشترین تغییرات مربوط به کاهش اراضی مرتعی بوده است.

Ghanbari & Shataee (2011) به بررسی روند تغییرات سطح جنگل با استفاده از عکس‌های هوایی و تصاویر ASTER در جنگل‌های حاشیه‌ای جنوب و جنوب غربی گرگان در سه دوره ۱۳۴۵، ۱۳۷۳ و ۱۳۸۵ پرداختند و به این نتیجه رسیدند که در مجموع سطح جنگل به میزان ۱۰۰۴/۵ هکتار کاهش یافته و نرخ تغییرات سالیانه در دوره ۱۳۴۵ تا ۱۳۷۳ بیشتر از ۱۳۷۳ تا ۱۳۸۵ بوده است.

هدف از این مطالعه پایش تغییرات ۲۰ ساله پوشش جنگلی در فاصله سال‌های ۱۹۹۰ تا ۲۰۰۹ در منطقه حفاظت‌شده هلن در استان چهارمحال و بختیاری با استفاده از تصاویر دوزمانه سنجنده TM، به منظور کمک به پیشبرد اهداف حفاظتی در آینده و ارزیابی میزان موفقیت یا عدم موفقیت حفاظت از محیط زیست منطقه در گذشته بوده است. وجه تمایز این مطالعه با مطالعات مشابه که تنها به سنجش میزان تغییرات پوشش گیاهی پرداخته‌اند، بررسی ارتباط تغییرات پوشش گیاهی با عوامل اقلیمی، ارتفاع و نوع مدیریت حاکم بر منطقه است.

۲. مواد و روش‌ها

۱.۲ منطقه مطالعه شده

منطقه حفاظت‌شده جنگلی هلن با وسعتی معادل ۴۰۱۳۱ هکتار در حد فاصل ۳۱ درجه و ۳۹ دقیقه و ۴۰ ثانیه تا ۳۱ درجه و ۵۵ دقیقه عرض شمالی و ۵۰ درجه و ۳۲ دقیقه و ۳۰ ثانیه تا ۵۰ درجه و ۵۳ دقیقه

جنگل‌های مخروطیان خصوصاً در تابستان و اوایل پاییز رخ داده است و با بررسی شرایط آب و هوایی، کاهش بارندگی زمستانه را علت این کاهش در میزان NDVI دانسته است.

Abdollahi و همکاران (2006) به بررسی اثرات محیط زیستی تغییر کاربری اراضی روی پوشش گیاهی مناطق شهری اردکان، تفت، طبس و مهریز با به کارگیری میزان تغییر شاخص NDVI استخراج‌شده از تصاویر سنجنده ETM+ در فاصله زمانی ۱۳۶۹ تا ۱۳۸۱ پرداختند. آن‌ها مشاهده کردند که روند توسعه پوشش گیاهی در شهرهای اردکان، تفت و طبس ثابت یا کاهشی بوده است در حالی که افزایش کیفیت قابل توجهی در پوشش گیاهی شهر مهریز رخ داده است.

Kumar و همکاران (2007) به ارزیابی تراکم جنگل در ناحیه کانگرای ایالت هیمالیا پرادش در غرب هیمالیا براساس روش طبقه‌بندی روی تصاویر ماهواره IRS 1D LISS III و انطباق این طبقه‌بندی با نتایج به دست آمده از بررسی شاخص NDVI پرداختند. آن‌ها به این نتیجه رسیدند که همبستگی مثبت ۹۹ درصد ($r=0.99$) بین ارزش NDVI و تراکم جنگل وجود دارد.

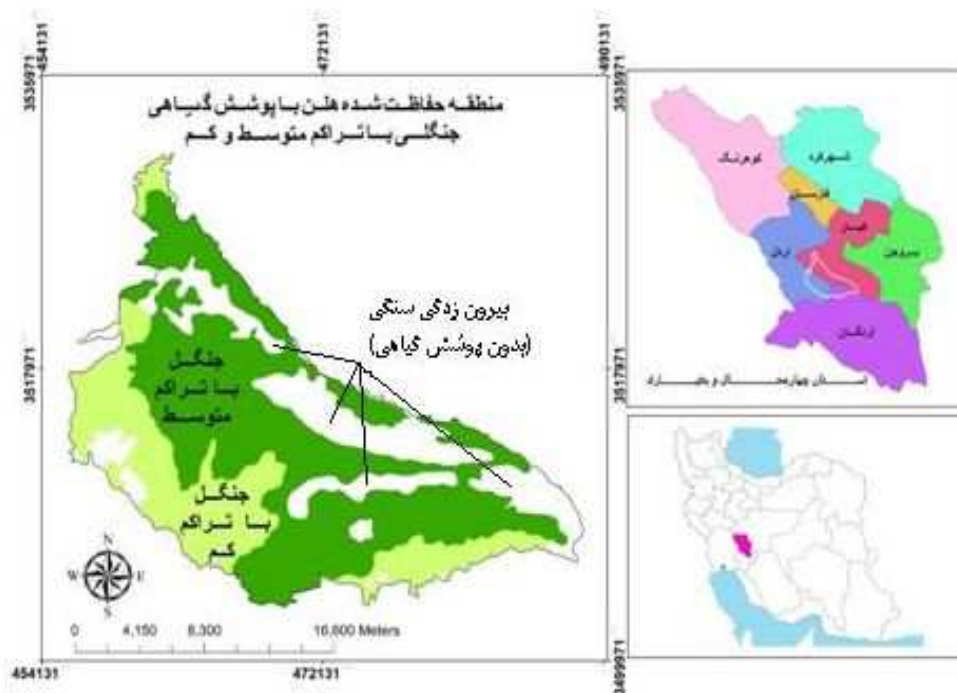
Abdi و همکاران (2009) به منظور تعیین مناسب‌ترین شاخص گیاهی در تعیین تراکم جنگلی، انواع شاخص‌ها را از روی تصاویر سنجنده ETM+ مقایسه کردند و به این نتیجه رسیدند که شاخص MSAVI در تفکیک مناطق جنگلی با تراکم بالاتر صحت بالاتر و شاخص NDVI در تفکیک مناطق فاقد پوشش گیاهی صحت بیشتری دارند.

Hosseinzadeh و همکاران (2009) با استفاده از تصاویر ETM+ و ETM براساس شاخص NDVI به بررسی تغییرات پوشش جنگلی در دامنه‌های شمالی البرز پرداختند و به این نتیجه رسیدند که در دوره ۱۹۸۸ تا ۲۰۰۰ حدود ۳۲ درصد از جنگل‌های با تراکم انبوه این منطقه دچار تغییر شده‌اند.

در مطالعه دیگری Zebardast و همکاران (2010) به ارزیابی روند تغییرات پوشش اراضی منطقه حفاظت‌شده ارسباران در فاصله زمانی ۲۰۰۲، ۲۰۰۶ و ۲۰۰۸ با استفاده از تصاویر ماهواره Land-sat و IRS

میرحسین، زالزالک، پلاخور، شکر تیغال و دافنه نیز در منطقه مشاهده می‌شود. جامعه جنگلی در ارتفاع تقریبی ۲ هزار متری در غرب منطقه پیرامون گردنه بره‌مرده، جای خود را به گونه‌های گون و دافنه می‌دهد (Atlas of Protected Areas of Iran, 2006). در پیرامون و داخل این منطقه حفاظت‌شده ۳۱ روستا قرار دارد که براساس سرشماری عمومی نفوس و مسکن در سال ۱۳۸۵ جمعیتی بالغ بر ۱۲۸۶۹ نفر را در خود جای داده‌اند (CBGDPM, 2006b). این منطقه به‌صورت گشت و کنترل از سوی اداره حفاظت محیط زیست شهرستان اردل، کیار و لردگان تحت حفاظت قرار می‌گیرد و یک پاسگاه در محدوده منطقه در حال احداث است.

۳۰ ثانیه طول شرقی در استان چهارمحال و بختیاری واقع شده است (شکل ۱). توپوگرافی منطقه کاملاً کوهستانی است و ارتفاع از سطح دریا در این رویشگاه از حداقل ۱۱۶۸ متر از پل ارمند تا ۳۲۲۵ متر در ارتفاعات کوه بزمنی متغیر است. منطقه از نظر ویژگی‌های آب و هوایی در اقلیم لردگان با آب و هوایی نیمه‌مرطوب با تابستان‌های گرم و خشک و زمستان‌های سرد قرار دارد. میانگین بارش سالانه آن ۴۰۰-۸۰۰ میلی‌متر و میانگین دمای سالانه ۱۴ درجه سانتی‌گراد است (CBGDPM, 2006a). اراضی جنگلی و مرتعی به‌ترتیب با ۳۰ هزار هکتار و ۱۰ هزار هکتار، پوشش عمده منطقه هلم را تشکیل می‌دهند. گونه درختی غالب آن بلوط ایرانی است اما گونه‌های گیاهی دیگری نظیر بادام، ارژن، گون، بنه، کلخونک، کلاه



شکل ۱. موقعیت منطقه مطالعه‌شده در استان چهارمحال و بختیاری

برداشت‌شده در تاریخ ۱۷ سپتامبر ۱۹۹۰ (۲۶ شهریور ۱۳۶۹) و سری دوم مربوط به همان سنجنده و برداشت‌شده در تاریخ ۴ اگوست ۲۰۰۹ (۱۳ مرداد ۱۳۸۸) هستند. این تصاویر با استفاده از نقاط کنترل زمینی با خطای ریشه میانگین ۰/۴۴ پیکسل و مدل رقومی ارتفاع، زمین مرجع شده‌اند. فرایند نمونه‌برداری مجدد برای زمین مرجع کردن تصاویر نیز

۲.۲. داده‌های استفاده‌شده

از آنجا که برای پایش تغییرات پوشش اراضی با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای حداقل دو سری داده از دوره‌های زمانی مختلف مورد نیاز است (Sanchez & Yool, 2007)، در این پژوهش از دو سری تصویر سنجنده TM مربوط به دو دوره زمانی مجزا استفاده شد. سری اول مربوط به سنجنده TM (Land-sat 5) و

با استفاده از داده‌های سنجنده MSS ارائه شد. این شاخص براساس تباین بین انعکاس قوی گیاهان در طیف مادون قرمز نزدیک و جذب زیاد طیف قرمز توسط کلروفیل عمل می‌کند (Gates et al., 1965). در فرمول محاسبه این شاخص (رابطه ۱)، به جای NIR داده‌های باند مادون قرمز نزدیک (باند چهارم) از سنجنده TM با محدوده طیفی ۷۷۵ تا ۹۰۰ نانومتر و به جای RED داده‌های باند قرمز این سنجنده (باند دوم) با محدوده طیفی ۵۲۵ تا ۶۰۵ نانومتر قرار می‌گیرد.

$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED} \quad (1)$$

از مزایای این شاخص کاهش اثرات توپوگرافی و از بین رفتن مخرج احتمالی صفر است. ارزش این شاخص فاقد واحد است و در محدوده‌ای بین منهای یک تا مثبت یک قرار می‌گیرد، در تفسیر ارزش‌های این شاخص صفر به صورت تقریبی نشان‌دهنده وجودنداشتن پوشش گیاهی، مقادیر منفی سطوح بدون پوشش و مقادیر بزرگ‌تر از صفر حضور پوشش گیاهی را نشان می‌دهند به طوری که هرچه ارزش مزبور بیشتر باشد، تراکم پوشش نیز بیشتر خواهد بود.

۵.۲. اطلاعات اقلیمی

به منظور بررسی شرایط هیدرولوژیکی منطقه و نیز محاسبه میزان بارش دوره‌ای از سال ۱۹۷۶ تا ۲۰۰۹ و سالیانه در سال‌های ۱۹۸۹، ۱۹۹۰، ۲۰۰۸ و ۲۰۰۹ و ارتباط آن‌ها با تغییرات پوشش گیاهی، از اطلاعات آماری ۵ ایستگاه باران‌سنجی شامل دو پلان (عرض جغرافیایی ۳۱/۹۱ درجه و طول جغرافیایی ۵۰/۶ درجه و ارتفاع ۱۴۷۸ متر)، سرخون (عرض جغرافیایی ۳۱/۷۲ درجه و طول جغرافیایی ۵۰/۵۷ درجه و ارتفاع ۶۹۷۸ متر)، چهاراز (عرض جغرافیایی ۳۱/۵۲ درجه و طول جغرافیایی ۵۰/۴۶ درجه و ارتفاع ۱۹۰۰ متر)، اردل (عرض جغرافیایی ۳۲ درجه و طول جغرافیایی ۵۰/۶۵ درجه و ارتفاع ۱۸۷۵ متر) و ناغان (عرض جغرافیایی ۳۱/۹۴ درجه و طول جغرافیایی ۵۰/۷۳ درجه و ارتفاع ۲۱۰۹ متر) استفاده شد که این اطلاعات به طور خلاصه در جدول ۱ ارائه شده است.

با استفاده از روش درون‌یابی پیچیدگی مکعبی انجام شده است (NASA, 2006). میزان RMSE کل برای داده‌های ۲۰۰۹ در فایل متادیتا معادل ۰/۲۳ گزارش شده است. همچنین از نقشه کاربری اراضی منطقه برای جداکردن اراضی جنگلی از سایر کاربری‌ها و همچنین جداسازی مناطق جنگلی با تراکم‌های مختلف، استفاده شد.

۳.۲. پیش‌پردازش تصاویر ماهواره‌ای

به منظور دستیابی به نتایج دقیق و قابل اطمینان در فرایند استخراج اطلاعات از تصاویر چندزمانه، کیفیت و ویژگی داده‌های تصویری استفاده‌شده باید مورد توجه قرار گیرد. این داده‌ها باید بیشترین همسانی طیفی و مکانی داشته باشند تا امکان بررسی تغییرات ناشی از گذر زمان و تغییر پوشش زمین وجود داشته باشد (Argani et al., 2009). این تصحیحات تحت عناوین کلی تصحیح هندسی، تصحیح رادیومتری که خود شامل دو مرحله تصحیح اتمسفری و توپوگرافی است و تصحیح پارازیت‌ها، بررسی می‌شوند (Lillesand & Kiefer, 2000). همان‌طور که قبلاً اشاره شد تصاویر از لحاظ هندسی و اتمسفری در حد مطلوب و استاندارد اصلاح شده‌اند (NASA, 2006). با توجه به کوهستانی بودن منطقه، تصحیحات توپوگرافی براساس مدل انعکاسی لامبرت و با استفاده از اطلاعات آزیموت و ارتفاع خورشید و مدل رقومی ارتفاع منطقه با اندازه پیکسل ۳۰ متر، روی داده‌ها اعمال شد. شایان ذکر است براساس مطالعات Hale & Rock (2003) اجرای روش‌های تصحیح توپوگرافی در مناطق مرتفع، افزایش معناداری در صحت طبقه‌بندی پوشش زمین ایجاد نمی‌کند، اما به‌کاربردن این تصحیحات موجب افزایش صحت برخی طبقات خاص می‌شود. همچنین از آنجایی که هر دو سری داده مربوط به یک فصل بود نیازی به برطرف کردن اثر اختلاف فصل تصویربرداری وجود نداشت.

۴.۲. استخراج شاخص NDVI و تهیه نقشه تغییرات

این شاخص اولین بار به وسیله Rouse و همکاران (1974) برای جداسازی پوشش گیاهی از خاک پس‌زمینه

جدول ۱. خلاصه آمار بارندگی دوره‌ای و سالیانه (مقدار بارش بر حسب میلی‌متر است)

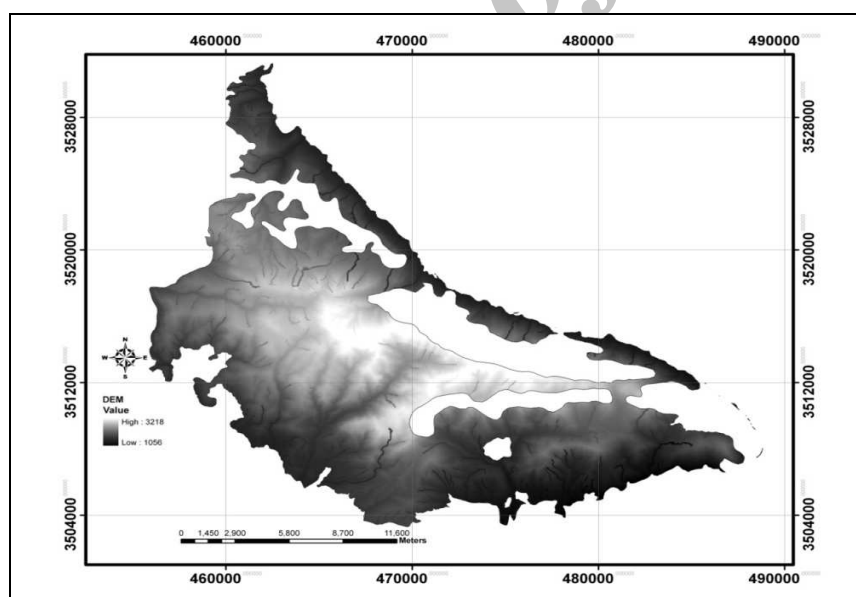
ایستگاه باران‌سنجی	بارندگی پاییز ۱۹۸۹	بارندگی زمستان ۱۹۹۰	بارندگی بهار ۱۹۹۰	بارندگی زمستان ۲۰۰۹	بارندگی بهار ۲۰۰۹	بارندگی دوره‌ای سالانه (۱۹۹۰ تا ۱۹۹۶)	بارندگی دوره‌ای سالانه (۲۰۰۹ تا ۲۰۰۹)
اردل	۲۱۶	۲۲۵/۶	۶۸	۳۹۷	۱۱۸	۶۷۴/۱۹	۵۷۷/۶
چهراز	۲۴۶/۲۷	۲۳۲	۸۵	۲۶۰	۱۳۸	۶۸۶/۵	۷۱۱/۴
دوپلان	۱۷۷	۷۳	۲۱/۱۵	۲۲۲	۱۵۰	۴۹۶/۶۳	۵۳۳/۸
سرخون	۲۸۹	۲۵۶	۷۲	۲۳۲	۱۰۱	۷۶۳/۸۴	۶۷۱/۸
ناغان	۲۱۷	۱۵۰	۵۴/۳۴	۲۴۹	۹۶	۶۸۸/۳	۵۶۲/۳
میانگین	۲۲۹	۱۸۷/۳۲	۶۰/۱	۲۷۲	۱۲۰/۶	۶۶۱/۹	۶۱۱/۴

(Chaharmahal & Bakhtiary Meteorological Office, 2010)

۶.۲. مدل رقومی ارتفاع

به منظور تحلیل رابطه بین ارتفاع و تغییرات پوشش گیاهی، مدل رقومی ارتفاع منطقه نیز از نقشه‌های توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰ سراسری استخراج و این مدل با اندازه پیکسل ۳۰ متری تهیه شد (شکل ۲).

به منظور بررسی روند تغییرات دمایی سالانه و فصول رویشی (بهار و تابستان) نیز از اطلاعات ایستگاه سینوپتیک لردگان با عرض جغرافیایی ۳۱/۳۱ درجه و طول جغرافیایی ۵۰/۴۹ درجه و واقع در ارتفاع ۱۵۶۴ متری مربوط به دوره ۱۹۹۴ تا ۲۰۱۰ استفاده شد.



شکل ۲. مدل رقومی ارتفاع منطقه

به طور مجزا برای هر تصویر مطابق رابطه ۱ (شکل‌های ۳ و ۴)، میزان تغییر این شاخص به صورت جداگانه برای مناطق جنگلی با تاج‌پوشش متوسط و مناطق جنگلی با تاج‌پوشش کم در تصویر سال ۲۰۰۹ نسبت به سال ۱۹۹۰ محاسبه شد که نتایج در جدول ۲ ارائه شده است. نتایج نشان می‌دهد که میزان NDVI در

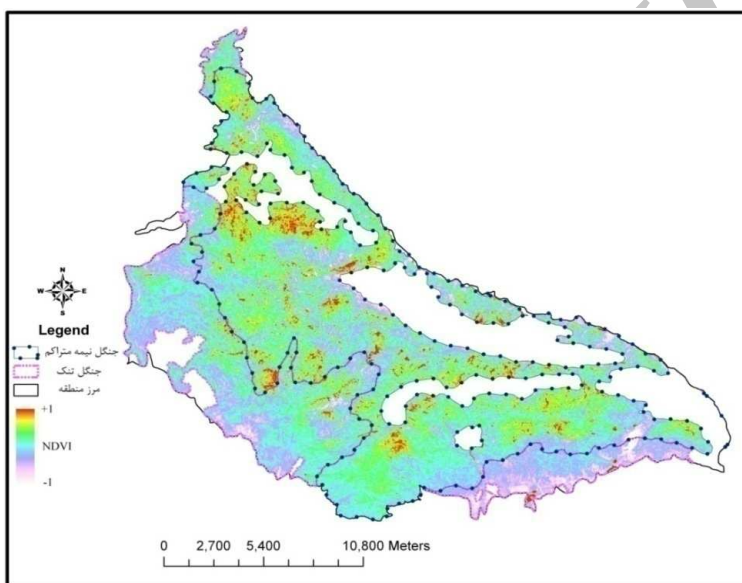
۳. نتایج

از آنجا که میزان NDVI با تراکم تاج‌پوشش گیاهی و شاخص سطح برگ نسبت مستقیم دارد (Sader et al., 2001; Maselli, 2003; Kumar et al., 2007) بعد از محاسبه میزان شاخص NDVI و نمایش آن

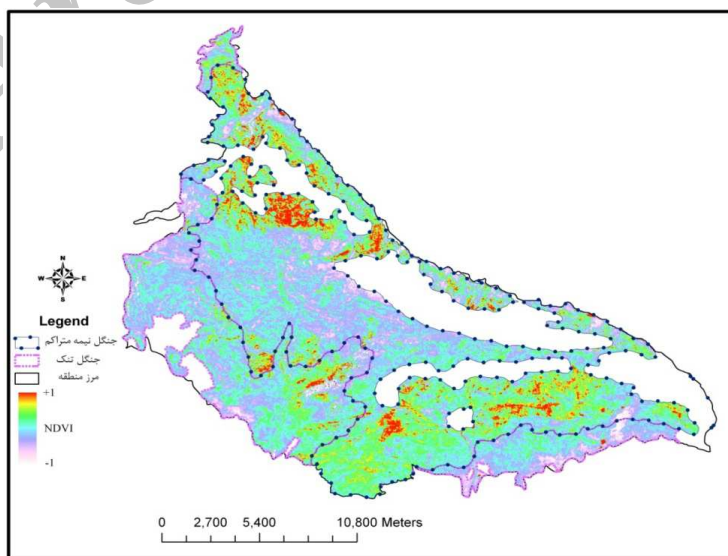
جدول ۲. میزان تغییر NDVI در مناطق جنگلی با تاج پوشش متوسط و کم

کاربری/ پوشش	چگونگی تغییر NDVI	میزان تغییرات (هکتار)	درصد
مناطق جنگلی با تاج پوشش متوسط	افزایش	۳۰۲۲/۵۴	۷/۵
مناطق جنگلی با تاج پوشش کم	بدون تغییر	۱۸۴۳۱/۶۷	۹۲/۳۳
	کاهش	۷۰/۴۶	۰/۱۷
مناطق جنگلی با تاج پوشش کم	افزایش	۱۹۷۱/۰۱۹	۴/۹
	بدون تغییر	۷۹۳۰/۱۳۸	۹۴/۶۴
	کاهش	۱۸۴/۹۵	۰/۴۶

سال ۲۰۰۹ و در مناطق جنگلی با تاج پوشش متوسط در سطح ۳۰۲۲ هکتار (معادل ۷/۵ درصد کل منطقه) افزایش و در سطح ۷۰ هکتار (معادل ۰/۱۷ درصد کل منطقه) کاهش داشته است. از طرف دیگر میزان این شاخص برای مناطق جنگلی با تاج پوشش کم در سطح ۱۹۷۱ هکتار (معادل ۴/۹ درصد کل منطقه) افزایش و در سطح ۱۸۵ هکتار (معادل ۰/۴۶ درصد کل منطقه) کاهش داشته است. به عبارت دیگر افزایش تراکم پوشش گیاهی بیشتر در مناطق جنگلی با تراکم متوسط و کاهش تراکم پوشش گیاهی بیشتر در مناطق جنگلی با تراکم کم رخ داده است.



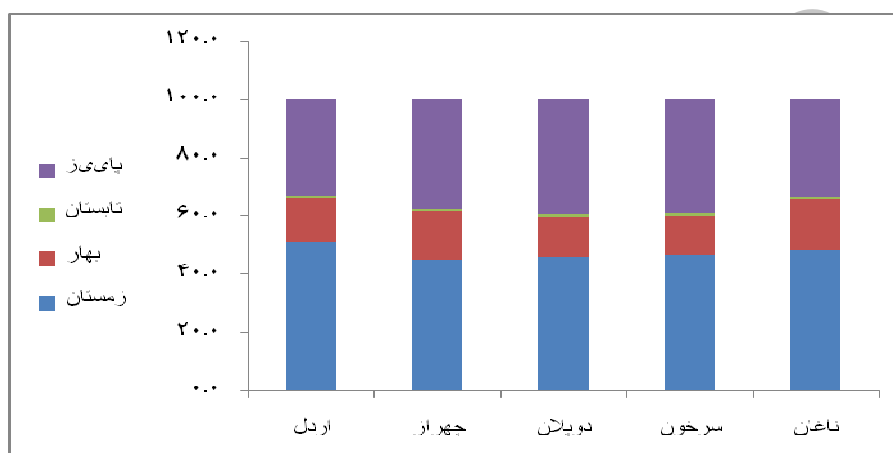
شکل ۳. نقشه NDVI سال ۱۹۹۰



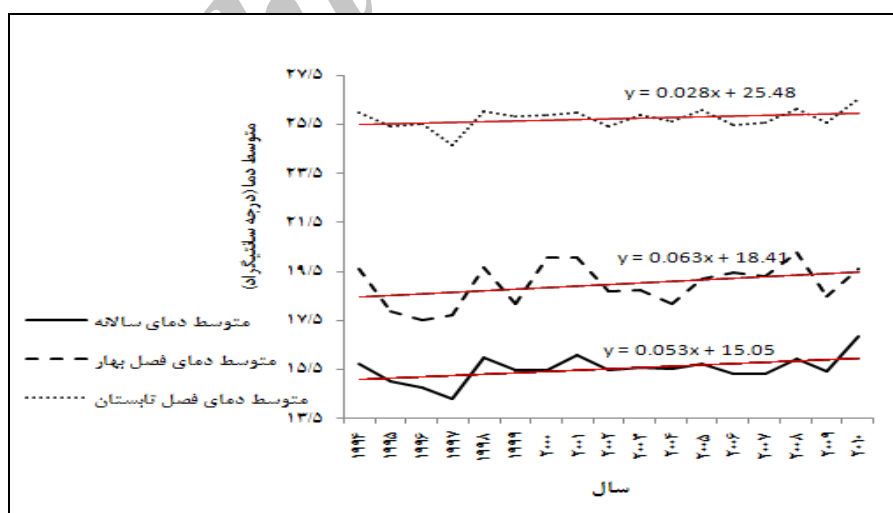
شکل ۴. نقشه NDVI سال ۲۰۰۹

نتایج ترسیم روند تغییرات دمایی نیز نشان‌دهنده نوسانات دمایی از سال ۱۹۹۴ تا ۲۰۰۹ در منطقه بوده است اما روند کلی دمایی همان‌طور که در شکل ۶ نشان داده شده است، روندی افزایشی داشته است. نتایج تحلیل مدل رقومی ارتفاع نیز نشان می‌دهد که اولاً تراکم پوشش گیاهی با افزایش ارتفاع رابطه مستقیم دارد و ثانیاً نوسانات تراکم پوشش گیاهی در دوره زمانی بررسی شده به صورت افزایش تراکم در ارتفاعات بالا و کاهش تراکم در ارتفاعات پایین بوده است.

به منظور بررسی رابطه بین تغییرات میزان NDVI و تغییرات اقلیمی، تغییرات درازمدت سالیانه و توزیع فصلی بارندگی‌ها از روی اطلاعات جدول ۱ محاسبه شد. میانگین بارندگی‌ها از سال ۱۹۹۰ تا ۲۰۰۹ نسبت به میانگین بارش‌ها از سال ۱۹۷۶ تا ۱۹۹۰ حدود ۷/۵ درصد کاهش داشته است (ستون‌های ۸ و ۹ جدول ۱). همچنین همان‌طور که شکل ۵ نشان می‌دهد، حدود ۵۰ درصد بارندگی‌ها در تمام ایستگاه‌ها در فصل زمستان رخ می‌دهد.



شکل ۵. نمودار توزیع فصلی بارش بلندمدت (۱۹۹۰ تا ۲۰۰۹) ایستگاه‌های مختلف



شکل ۶. روند تغییرات دمایی طولانی مدت (۱۹۹۴ تا ۲۰۱۰) مربوط به ایستگاه سینوپتیک لردگان

مقایسه کردند و نتیجه گرفتند که شاخص NDVI به کمترین مقدار تحت تأثیر توپوگرافی قرار می‌گیرد و بنابراین، مناسب‌ترین شاخص برای اندازه‌گیری تغییرات

۴. بحث و نتیجه‌گیری

Lyon و همکاران (1998) هفت شاخص گیاهی را

چنانکه Maselli (2003) بیان می‌کند میزان بارش‌های زمستانه بیش از بارش در سایر فصول یا میانگین بارش سالیانه می‌تواند میزان NDVI و رویش گیاهان را تحت تأثیر قرار دهد و هرچه میزان این بارش‌ها بیشتر باشد میزان رویش گیاهان و به پیروی از آن میزان NDVI مشاهده‌شده نیز بیشتر خواهد بود. بررسی خصوصیات هیدرولوژیک منطقه نیز مؤید ارتباط بین بارش‌های زمستانه و میزان NDVI پوشش گیاهی است. به عبارت دیگر، اگرچه میزان بارش‌های پاییزی در سال ۱۹۸۹ بیش از بارش‌های پاییزی در سال ۲۰۰۸ بوده است، افزایش بارش‌های زمستانی در سال ۲۰۰۹ سبب افزایش مقدار NDVI در این سال شده است. همچنین تأثیر اندک (۷/۵ درصدی) کاهش میانگین ۲۰ ساله اخیر بارندگی (۱۹۹۰ تا ۲۰۰۹) نسبت به دوره ۱۹۷۶ تا ۱۹۹۰ روی NDVI قابل توجه است.

افزایش دمای بلندمدت در فصل رویش نیز از عواملی است که سبب بهبود شرایط استقرار گونه‌های درختی گرم‌پسند مانند گونه بلوط ایرانی (*Quercus persica*) در ارتفاعات می‌شود، زیرا دما یکی از شاخص‌های اصلی برای استقرار گونه‌های درختی محسوب می‌شود (Talebi *et al.*, 2006). در اهمیت عامل دما ذکر این نکته کافی است که در بخش دیگری از همین استان (کوه‌رنگ) با وجود بیشترین میزان بارش زمستانه، پوشش غالب منطقه مرتعی است و پوشش جنگلی مشاهده نمی‌شود، چون میانگین دمای سالانه این منطقه کمتر از آستانه تحمل درختان بومی جنگل‌های زاگرس و در رأس آن‌ها بلوط ایرانی است.

با توجه به مدل رقومی ارتفاع، بیشترین افزایش تراکم پوشش گیاهی در مناطقی با ارتفاع زیاد که دسترسی انسانی محدودتری دارند، مشاهده شده است و تقریباً کل میزان کاهش پوشش مربوط به مناطقی با ارتفاع کم بوده است، البته نکته مهم دیگر در مورد ارتفاعات افزایش بودجه رطوبتی خاک و به عبارت دیگر دریافت سهم بیشتری از بارندگی‌ها با افزایش ارتفاع است (Salehi *et al.*, 2011) که این نکته نیز می‌تواند در افزایش پوشش این بخش‌ها دخالت داشته باشد.

پوشش گیاهی هم در آزمایشگاه و هم براساس کارهای میدانی است. مطالعات زیادی نیز چه در ایران (Naseri *et al.*, 2004; Abdi *et al.*, 2009; Hoseinzadeh *et al.*, 2009; Zebardast *et al.*, 2010; Ghanbari & Shataee, 2011) و چه در خارج (Sader *et al.*, 2003; Maselli, 2003) این شاخص را مبنای مطالعه تراکم پوشش گیاهی و تغییرات در دوره‌های زمانی مختلف قرار داده‌اند. اما فقط تعداد کمی از این مطالعات (Sader *et al.*, 2001; Maselli, 2003) دلایل تغییرات پوشش گیاهی را نیز مدنظر قرار داده‌اند. بنابراین، هدف این پژوهش نه تنها مطالعه تغییرات پوشش گیاهی بلکه بررسی دلایل این تغییرات از جمله تغییرات اقلیمی، تأثیر ارتفاع و تغییر نوع مدیریت منطقه در دوره بررسی شده را نیز شامل می‌شود.

در بررسی ارتباط بین تغییرات پوشش گیاهی با تغییرات اقلیمی یعنی زمانی که شاخص‌های گیاهی و محتوای رطوبتی به یکدیگر ارتباط داده می‌شوند یکی از عیوب بالقوه شاخص NDVI معلوم می‌شود (Sader *et al.*, 2001). در واقع باید در نظر داشت که رشد گیاهان علاوه بر میزان رطوبت خاک به سایر فاکتورهای محیطی مانند مواد غذایی در دسترس، تنش‌های ناشی از آفات و بیماری‌ها، دما، باد و رطوبت نسبی هوا نیز وابسته است. بنابراین، بسیار حائز اهمیت است که تغییرات الگوهای رشد گیاهی به غلط و با این فرض که این الگوها یک ارتباط انحصاری با رطوبت خاک دارند، تفسیر نشوند. باین حال شواهدی وجود دارند که ثابت می‌کنند خصوصیات هیدرولوژیک تأثیر زیادی بر رشد گیاهان دارند (De Jong *et al.*, 1984; Farrar *et al.*, 1994; Nicholson & Farrar, 1994; Timlin *et al.*, 2001; De Alwis *et al.*, 2007). بنابراین، با علم به این موضوع، برای تفسیر تغییرات میزان NDVI در این پژوهش در دو دوره زمانی موردنظر، نیاز به بررسی تمام عوامل مؤثر بر رشد گیاهان چه به صورت دوره‌ای و چه با تمرکز بر شرایط ویژه زمان تصویربرداری بود، اما از آنجا که اطلاعات زیادی در مورد فاکتورهای محیطی اشاره‌شده در این منطقه وجود نداشت، فقط به بررسی ویژگی‌های بارشی، دمایی و ارتفاعی منطقه مطالعه‌شده و نحوه ارتباط این عوامل با تغییرات این شاخص پرداخته شده است.

مکانی زیاد از منطقه دارد، که متأسفانه امکان دسترسی به این داده‌ها در زمان پژوهش برای نویسندگان وجود نداشت.

در کنار تمام عوامل اکولوژیک ذکر شده می‌توان عامل انسانی مدیریت را نیز به مجموعه عوامل احتمالی تأثیرگذار بر نوسان تراکم پوشش گیاهی این منطقه که از سال ۱۳۸۱ به‌عنوان منطقه حفاظت‌شده تحت مدیریت سازمان حفاظت محیط زیست قرار گرفته است، اضافه کرد. افزایش تراکم پوشش گیاهی در مناطق مرکزی و مرتفع که معادل زون امن این منطقه حفاظت‌شده بوده و از بالاترین درجه حفاظتی و ممنوعیت چرای دام و سایر انواع بهره‌برداری‌ها برخوردار است و کاهش تراکم پوشش گیاهی در مناطق کم‌ارتفاع و حاشیه‌ای که چرای دام و محدودیت‌های دیگر کمتر است، اتفاق افتاده است.

متأسفانه کمبود اطلاعات پایه در منطقه حفاظت‌شده هلم یکی از عوامل دشواری تفسیر نتایج بود. بنابراین، برای سهولت تفسیر نتایج پژوهش‌های آینده و به‌منظور تسهیل در روند پایش و مدیریت کارآمد منطقه، پیشنهاد می‌شود با تأسیس ایستگاه‌های بررسی شرایط آب و هوایی و زیستی منطقه و همچنین استقرار پلات‌های دائم و موقت آماربرداری به جمع‌آوری مداوم اطلاعات از منطقه پرداخته شود.

اختلاف ماه برداشت تصاویر نیز می‌تواند توجیه‌کننده سهم کوچکی از تغییرات تراکم پوشش گیاهی باشد (Maselli, 2003). از آنجاکه تصاویر سال ۱۹۹۰ مربوط به ماه مرداد و تصاویر سال ۲۰۰۹ مربوط به ماه شهریور بودند و به علت نبود بارش‌های تابستانی اواخر فصل تابستان و اوایل پاییز پوشش گیاهی تحت فشار کم‌آبی قرار می‌گیرند، لذا تصاویر سال ۲۰۰۹ به‌علت قرارگیری تحت تنش خشکی طولانی مدت‌تر، میزان NDVI کمتری را نشان دادند ولی افزایش قابل توجه بارندگی در زمستان ۲۰۰۹ (با ۲۷۲ میلی‌متر) نسبت به زمستان ۱۹۹۰ (با ۱۸۷ میلی‌متر) در مجموع سبب بالابودن مقدار NDVI و تراکم پوشش گیاهی در سال ۲۰۰۹ شده است.

افزایش میزان NDVI در مناطق جنگلی با تاج‌پوشش کم، می‌تواند نویدبخش بهبود شرایط پوشش گیاهی در این مناطق باشد و از آنجایی که سهم بارندگی تابستانه در منطقه نزدیک به صفر است و زنده‌مانی پوشش علفی زیرآشکوب تا حد زیادی وابسته به رطوبت لایه‌های سطحی خاک است (Tavan et al., 2010; Gavili & Vahabi, 2012)، پس سهم زیادی از این افزایش را می‌توان مربوط به پوشش درختی دانست. البته اثبات کامل این موضوع نیاز به بازدید میدانی یا تصاویری با قدرت تفکیک

REFERENCES

1. Abdi O., Akbari H., Sosani J., Shirvani Z (2009) Comparison of vegetation indexes in preparing Zagros forest density using ETM+ imageries. Geomatic Conference Proceeding
2. Abdollahi J., Rahimian M., Dashtakian K., Shadan M (2006) Investigation of environmental effects of land use change on vegetation cover of urban areas using remote sensing technique. Journal of Sciences and Technology, 8(29): 1-6
3. Alavi Panah S. K (2000) Landsat TM spectral bands effectiveness evaluation in the studies of deserts of Iran. Journal of Iran's Natural Resources. 53(1): 67-78
4. Argany M. Sarajian M., Homayouni S (2009) Subpixel urban region change detection using spectral mixture analysis. Tehran, 2009 Geomatic Conference Proceeding, page: 11
5. Atlas of Protected Areas of Iran (2006) Islamic Republic of Iran Department of Environment Press. ISBN: 9640394114, pp: 158
6. Brussard P. F., Reed M. J., Tracy C. R (1998) Ecosystem Management: What is it really? Landscape and Urban Planning 40: 9-20.
7. Chaharmal & Bakhtiari Governor's Deputy of Planning and Management (2006a) Annual census of people and buildings, 1. Land and Climate
8. Chaharmal & Bakhtiari Governor's Deputy of Planning and Management (2006b) Annual census of people and buildings, 2. Population

9. Chaharmahal and Bakhtiary Meteorological Office (2010) Long term precipitation and temperature data. Accessible online in: www.chbmet.ir
10. Colwell, R. N (1987) Remote sensing-past, present and future. Proceedings, Study week on remote sensing and its impact on developing countries. Vatican City, Italy, 16-21 June 1986, Pontifical Academy of Sciences, pp. 3-141.
11. De Alwis D. A., Easton Z. M., Dahlke H. E., Philpot W. D., and Steenhuis T. S (2007) Unsupervised classification of saturated areas using a time series of remotely sensed images, Hydrology and Earth System Sciences Discussions, 4: 1663-1696.
12. De Jong, R., Shields, J. A. and Sly, W. K (1984) Estimated soil water reserves applicable to a wheat fallow rotation for generalized soil areas mapped in southern Saskatchewan, Canadian J. Soil Sci., 64(3): 667-680.
13. Denègre, J. E (1988) Thematic mapping from satellite imagery: an international report. Elsevier Applied Science.
14. Farrar, T. J., Nicholson, S. E., and Lare, A. R (1994) The influence of soil type on the relationships between NDVI, rainfall, and soil moisture in semiarid Botswana, Remote Sens. Environ., 50(2): 121-133.
15. Gates, D., Keegan, J. J., Schleter, J. C., and Weidner, V. R (1965) Spectral properties of plants, Appl. Opt., 4: 11-20.
16. Gavili Kilaneh E. and Vahabi M. R (2012) The Effect of Some Soil Characteristics on Range Vegetation Distribution in Central Zagros, Iran. Journal of Science and Technology, Agriculture and Natural Resources, Water and Soil Sciences, 16(59): 245-258.
17. Ghanbari F. and Shataee Sh (2011) Investigation on Forest Extend Changes Using Aerial Photos and ASTER Imagery (Case Study: Border Forests in South and Southwest of Gorgan City). J. of Wood & Forest Science and Technology, 17(4): 1-18
18. Hale, S. R., and Rock, B. N. (2003) Impact of topographic normalization on land-cover classification accuracy. Photogrammetric engineering and remote sensing, 69(7): 785-792.
19. Holling C. S (1978) Adaptive environmental assessment and management. (Editor) London: John Wiley & Sons
20. Hosseinzadeh M. M., Esmaili R., Nohegar A., Saghafi M (2009) A Survey of Changes to Forest Covering in the Northern Slopes of Alborz - A Case Study: the Distance between Harahz and Chalos River and Chalos, Noshar, Noor and Amol Cities. ENVIRONMENTAL SCIENCES 7(1): 1-19
21. Kumar A., Uniyal S. K., Lal B (2007) Stratification of forest density and its validation by NDVI analysis in a part of western Himalaya, India using Remote sensing and GIS techniques. International Journal of Remote Sensing, 28(11): 2485-2495
22. Lillesand, T. M., and Kiefer, R. W (2000) Remote sensing and image interpretation. (Fourth edition). New York' John Wiley and Sons Publication.
23. Lyon, J. G., Yuan, D., Lunetta, R. S., and Elvidge, C. D (1998) A change detection experiment using vegetation indices. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 64(2): 143-150.
24. Madjnoonian H (2000) Protected Areas of Iran (Principles & Guidelines for Conservation and Management). Islamic Republic of Iran Department of Environment Press. 742 pp.
25. Makhdoum M. F (2001) Land use planning fundamental. Tehran University Press. 248 pp.
26. Maselli, F (2003) Monitoring forest conditions in a protected Mediterranean coastal area by the analysis of multiyear NDVI data. Remote sensing of environment, 89(4): 423-433.
27. National Aeronautics and Space Administration (2006) Landsat 7 science data users' handbook, (on-line). available on. http://landsathandbook.gsfc.nasa.gov/pdfs/Landsat7_Handbook.pdf (September, 2011).
28. Naseri F., Darvishsefat A. A., Sobhani H., Namiranian M (2004) Assessment of landsat 7 imageries for preparing forest density in arid and semi arid areas. Iranian Natural Resources Journal. 57(1): 109-119
29. Nazari Samani A., Ghorbani M. and Koohbenani H. R (2010) Assessment of land use change trend in Taleghan watershed in 1987-2001. Rangeland, 4(3): 442-450
30. Nicholson, S. E. and Farrar T. J (1994) The influence of soil type on the relationships between NDVI, rainfall, and soil moisture in semiarid Botswana, Remote Sens. Environ., 50: 107-120.
31. Rouse, J. W., Haas, R. H., Schell, J. A., Deering, D. W., and Harlan, J. C (1974) Monitoring the vernal advancement and retrogradation (greenwave effect) of natural vegetation,

- NASA/GSFC Type III Final Report_, Greenbelt, Md. 371 p.
32. Sader, S.A., Bertrand, M., Wilson, E.H (2003) Satellite Change Detection of Forest Harvest Patterns on an Industrial Forest Landscape, *Forest Science*, 49 (3): 341–353
33. Salehi A., Mohammadi A., Safari A (2011) Investigation and comparison of physical and chemical soil properties and quantitative characteristics of trees in less-damaged and damaged area of Zagross forests (Case study: Poldokhtar, Lorestan province). *Iranian Journal of Forest*, 3(1): 81-89
34. Sanchez Flores, E. S., Yool, S. R (2007) Sensitivity of Change Vector Analysis to Land Covers Change in an Arid Ecosystem, *International Journal of Remote Sensing*, 28: 1069–1088.
35. Shataee Sh., Abdi O (2007) Land cover mapping in mountainous lands of Zagros using ETM + data, Case Study: Sorkhab watershed, Lorestan province, Iran. *Journal of Agriculture and Natural Resources*. 14(1): 129-139.
36. Talebi M., Sagheb-Talebi Kh., Jahanbazi H (2006) Site demands and some quantitative and qualitative characteristics of Persian Oak (*Quercus brantii* Lindl.) in Chaharmahal & Bakhtiari Province (western Iran). *Journal of Forest and Fir Researches*, 14(1): 67-79
37. Tavan M., Mesdagh M., Dianati Tilaki G. A (2010) Floristic composition and plant species richness of plains and hills at Agh-Ghala rangelands in Golestan Province, Iran. *Rangeland*, 4(2): 178-187
38. Timlin, D. J., Pachepsky, Y., Walthall, C. L., Loechel, S. E (2001) The use of a water-budget model and yield maps to characterize water availability in a landscape, *Soil and Tillage*, 58: 219–231.
39. World Commission on Environment and Development (1987) *Our Common Future*, chair: Gro Harlem Brundtland, United Nations Development Program
40. Zebardast L., Jafari H. R., Badian Z., Ashegh Moalla M (2010) Assessment of vegetation cover changes of Arasbaran protected area in time series of 2002, 2006 and 2008 using landsat imageries. *Environment Researches*. 1(1): 23-33

Archive of SID