مطالعه تغییرات پوشش کمی جنگل‏های زاگرس با استفاده از

تصاویر ماهواره‏ای و عکس‏های هوایی

(مطالعه موردی، جنگل بنسجان یاسوج)

حمیدرضا اولیایی1 و مجتبی پاک­پرور2

1دانشیار گروه علوم خاک دانشگاه یاسوج،owliaie@gmail.com

2استادیار پژوهش مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی فارس،pakparvar@gmai.com

# چکیده

این مطالعه با هدف بررسی قابلیت تصاویر ماهواره­های آستر(ASTER) وIRS و عکس­های هوایی در تهیه نقشه گستره جنگل­های نیمه-خشک زاگرس و دستیابی به میزان و موقعیت تغییرات پوشش جنگلی از سال 1969 تا 2012 در جنگل بنسنجان در شمال یاسوج صورت گرفت. نقشه پوشش گیاهی جنگل مربوط به سال 1969 از روی عکس های هوایی با مقیاس 1:20000 تهیه گردید. جهت استخراج بهتر اطلاعات از بارزسازی تصاویر، نسبت­گیری های طیفی و ایجاد شاخص های گیاهی، تجزیه مؤلفه های اصلی و نیز ادغام تصاویر چند طیفی ماهواره صورت گرفت. طبقه­بندی به روش نظارت­شده و با استفاده از الگوریتم حداکثر احتمال صورت گرفت. طبقه بندی تراکم پوشش گیاهی در قالب طبقه­بندی­های 6، 4 و 3 کلاسه صورت گرفت. بدین منظور با استفاده از GPS و یک نقشه واقعیت زمینی، یک شبکه نمونه­برداری تصادفی منظم مورد پیمایش و اندازه گیری قرار گرفت (30 پلات 45 در 45 متر). بر اساس نتایج به دست آمده در طی این دوره 11 درصد از میانگین تراکم پوشش گیاهی کاسته شده است، همچنین وسعت پوشش جنگلی با تراکم کمتر از 30 درصد، به میزان 20 درصد افزایش یافته، در حالی که وسعت پوشش جنگلی با تراکم بیشتر از 60 درصد، 17 درصد کاهش را نشان می دهد. شاخص های پوشش گیاهی RVI و NDVI و (B3-B1)/(B3+B1) به ترتیب با ضریب تبیین 66/0، 63/0 و 55/0 بیشترین همبستگی را با میزان تراکم پوشش نشان دادند. حداکثر صحت کلی و ضریب کاپا در این مطالعه مربوط به طبقه­بندی 3 کلاسه با مقادیر 75% و 65/0 بوده است.

کلمات کليدي: سنجش از دور، تراکم جنگل، عکس هوایی، ماهواره آستر، صحت کلی، ضریب کاپا

**مقدمه:**

جنگل‏های نیمه­خشک واقع در غرب ایران به عنوان گسترده­ترین جنگل‏های کشور دارای جایگاه ویژه­ای در توسعه اقتصادی بوده و تضمین کننده بقاء و پایداری آب و خاک کشور می‏باشند. این جنگل ها که وسعتی بیش از یک پنجم سطح کل کشور را در بر گرفته و جمعیتی معادل یک سوم جمعیت کل کشور را در خود جای داده است، که این امر موجب آسیب­رسانی فراوان به آن می‏گردد. این موارد موجب از بین رفتن کامل پوشش جنگلی در بخش‏هایی و همچنین کاهش تراکم پوشش در سایر بخش­ها گردیده است (فتاحی، 1375).

پایش تغییرات جنگل به سامانه­های خودکار جهت تجزیه حجم زیادی از داده­های دورسنجی نیاز دارد. یک روش جدید تشخیص تغییرات پوشش جنگلی استفاده از تصاویر ماهواره­ای با قدرت تفکیک بالا می­باشد (دسکلی و همکاران، 2006).

شتایی (1375) در تحقیقی در جنگل‏های جلگه­ای شمال ایران جهت تهیه نقشه جنگل به کمک تصاویر ماهواره­ای نتیجه گرفت که تصاویر ماهواره‏ای لندست دارای قابلیت مناسب برای تهیه نقشه گستره جنگل می‏باشند. رفیعیان (1381) پس از ارزیابی قابلیت داده‏های ETM+ در تهیه نقشه جنگل و همچنین بررسی تغییرات گستره قسمتی از جنگل‏های شمال ایران به این نتیجه رسید که داده‏های ETM+ دارای قابلیت مناسب برای تهیه نقشه گستره جنگل بوده و همچنین حدود 2/8 درصد سطح اولیه جنگل‏های مورد بررسی در این تحقیق کاهش یافته بود.

در مطالعه تغییرات مشخصه­های گونه­های حفاظت شده در جنوب غرب آمریکا که توسط وولگمن و همکاران (2009) صورت گرفت از داده­های چند طیفی ماهواره لندست (TM) در یک دوره زمانی 18 ساله از سال­ 1988 تا 2006 استفاده نمودند. بر اساس بخشی از نتایج بدست آمده در طی این مدت بسیاری از درختان سوزنی برگ از سال 1995 افزایش تدریجی در شاخص نسبت فروسرخ با طول موج کم به فروسرخ نزدیک را نشان دادند که این امر در سال­های بعد موجب کاهش میزان سبزی تاج پوشش و افزایش مرگ درختان گردیده ­است.

زارعی و همکاران (1393) روند تغییرات توده جنگل­های حرای پارک ملی دریایی نای­بند با استفاده از تصاویر ماهواره­ای لندست در بازه زمانی 2013-1975 و مطابقت آن با واقعیت زمینی را مورد مطالعه قرار دادند. نتایج این پژوهش روند کاهش چشمگیر مساحت توده حرا با وجود کاشت مقطعی نهال در خور بسایین و افزایش جزئی مساحت در خور بیدخون (عسلویه) را نشان دادند.

کانبهوم (1998) در تحقیقی به بررسی روند تغییرات جنگل‏های شرقی تایلند با استفاده از تصاویر ماهواره لندست و نقشه‏های توپوگرافی پرداخته و نتیجه گرفتند که تغییر کاربری جنگل به سایر کاربری ها موجب تخریب جنگل شده است.

یوان و همکاران (2005) با مطالعه روند تغییرات کاربری زمین در اطراف مناطق شهری با استفاده از داده‏های TM و ETM+ و ارزیابی صحت نقشه‏های به دست آمده با استفاده از عکس‏های هوایی به این نتیجه رسیدند که بررسی تغییرات پوشش سطح زمین با استفاده از داده‏های سنجش از دور امکان پذیرمی‏باشد. در تحقیق انجام گرفته که توسط معین آزاد و همکاران (1387) جهت برآورد تراکم جنگل­های شمال با استفاده از داده­های لندست 7 صورت گرفت میزان صحت کلی و ضریب کاپا در طبقه­بندی 5 کلاسه بیش از میزان مشابه در طبقه­بندی 7 کلاسه گزارش گردید. دلیل اصلی آن ادغام طبقه­ها با تراکم در یکدیگر اعلام شده است که سبب کاهش تداخل میان طبقه­های تراکمی و در نتیجه کاهش خطا گردیده است.

سانگ و همکاران (2014) روش جدیدی جهت بررسی تغییرات سالیانه پوشش جنگل در سری­های زمانی پوشش درختی معرفی نمودند. این روش مبتنی بر دو اصل بود: الف) تخریب پوشش اراضی در سطوح جغرافیایی بزرگ پدیده­ای کمیاب در یک چارچوب زمانی است و ب) تخریب پوشش اراضی از نظر مکانی فرایندی است که در طول زمان مستمر می­باشد. روش نامبردگان مبتنی بر ثبت پوشش سالانه درختان با استفاده از تصویربرداری اسپکترورادیومتری با قدرت تفکیک متوسط و داده­های ماهواره لندست بوده­است. صحت زمانی این مطالعه با قدرت تفکیک 250 متر، 65 درصد که با تغییر بازه زمانی تا یکسال به 85 درصد افزایش یافت.

جنگل‏های زاگرس که عمدتا در غرب و جنوب غرب کشور واقع شده اند، دارای ویژگی‏های متفاوتی از نظر تراکم پوشش و نوع درختان جنگلی با جنگل‏های شمال کشور می‏باشند. وضعیت تراکم تاج پوشش درختان و جنگل اغلب تنک و نیمه تنک بوده و در مناطقی دارای تاج پوشش نیمه پیوسته می‏باشند (امینی و همکاران، 1387). با توجه به تخریب این جنگل­ها به دلایل متفاوت طبیعی و انسانی در دوره‏های گذشته، تهیه نقشه به هنگام و به روز و آگاهی از وضعیت گذشته و حال این جنگل ها می‏تواند در برنامه­ریزی ها بسیار مفید واقع شود.

به منظور مقايسه داده­هاي دو سنجنده LISS-III و LISS-IV ماهواره IRS-P6 در تهيه نقشه تراكم تاج پوشش جنگل­هاي زاگرس، عبدالهی و شتایی جویباری (1391) مطالعه­ای انجام دادند. نتايج نشان داد كه داده­هاي LISS-III در مقايسه با داده­هاي LISS-IV به­دليل برخورداري از باند مادون قرمز مياني از قابليت بهتري برخوردار بوده و افزايش قدرت تفكيك مكاني داده­هاي سنجنده LISS-IV به­ دليل ماهيت مشخصه تراكم تاج پوشش از نظر محاسبه آن در واحد سطح، تأثيري بر بهبود نتايج نداشته است. همچنین عوامل مختلفي مانند تنك بودن جنگل و تداخل طيفي خاك با پوشش زمينه، باعث شده است تا تداخل طيفي جنگل و غيرجنگل بيشتر شود که منجر به کاهش صحت كلي و ضريب كاپاي نقشه­هاي به­دست آمده از طبقه­بندي شده­است.

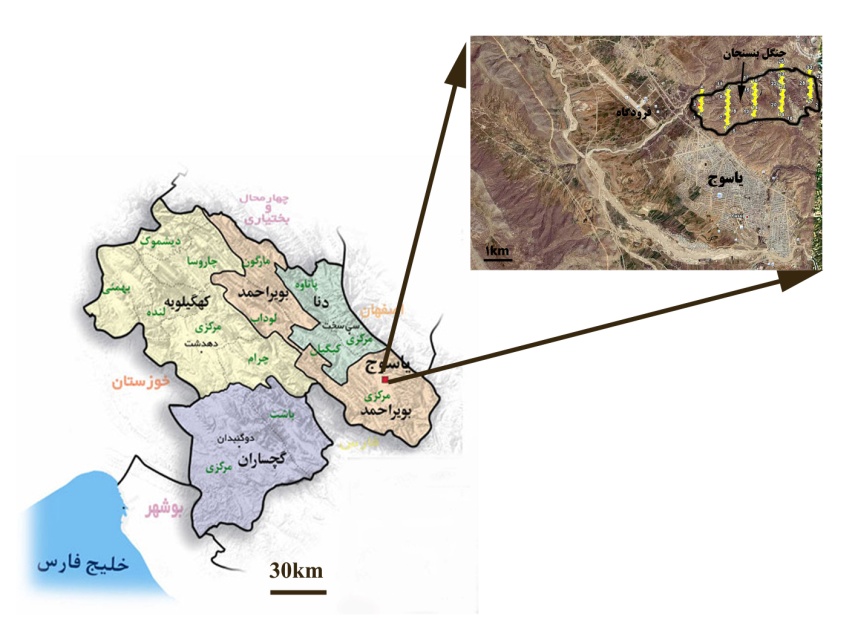
سوسنی و همکاران (1388) در مطالعه­ای با کاربرد عکس­های هوایی و تصاویر ماهواره­ای Quick bird، تغییرات پوشش جنگل­های زاگرس را در قالب یک مطالعه موردی در استان لرستان در یک دوره 50 ساله مطالعه نمودند. نتایج کار نشان­دهنده کاهش 37 درصدی در میزان تاج پوشش بوده ­است. بیشترین میزان افت به میزان 45 درصد مربوط به دوره زمانی سال­های 1334 تا 1348 بوده­است.

در این تحقیق تغییرات گستره یک جنگل در یک دوره زمانی 43 ساله (از سال 1969 تا سال 2012) مورد ارزیابی قرار گرفت. از اهداف این تحقیق بررسی قابلیت تصاویر ماهواره‏ای آستر (ASTER)، IRS و همچنین عکس هوایی در تهیه نقشه گستره جنگل و همچنین ارزیابی و مطالعه میزان و موقعیت تغییرات سطح جنگل‏های نیمه خشک زاگرس به صورت مطالعه موردی در جنگل بنسنجان در شمال یاسوج بوده است.

**روش پژوهش:**

**منطقه مورد مطالعه:**

منطقه مورد مطالعه در جنوب شرق استان کهگیلویه و بویر احمد و در شمال غرب شهر یاسوج واقع شده است. این منطقه با مساحت حدود 750 هکتار در محدوده ارتفاعی 1800 تا 2330 متر از سطح دریا قرار گرفته است و به طور کلی بر روی تپه ماهور‏هایی با شیب متوسط 30 تا 40 درصد و در محدوده جغرافیایی 51 درجه و 34 دقیقه و20 ثانیه تا 51 درجه و 37 دقیقه و 14 ثانیه طول شرقی و 30 درجه و 41 دقیقه و 34 ثانیه تا 30 درجه و 42 دقیقه و 28 ثانیه عرض شمالی قرار گرفته است (شکل 1). این منطقه در سیستم تصویرUTM در زون 39 قرار دارد.



**شکل 1- موقیت جنگل بنسنجان در ارتباط با استان کهگیلویه و بویر احمد و شهر یاسوج**

**داده‏های مورد استفاده:**

در این تحقیق از داده‏های چند طیفی ماهواره آستر مربوط به ژوئن ‏سال 2012 و اکتبر سال 2009، تصوير پانكروماتيك IRS-P6 آوریل 2010 و همچنین 4 قطعه عکس هوایی با مقیاس 1:40000 مربوط به جولای سال 1969 از منطقه مطالعاتی تهیه و مورد استفاده قرار گرفت.

تصاویر ماهواره آستر در فریم‏های 60 در60 کیلومتری دارای 14 باند شامل 3 باند مرئی و فروسرخ نزدیک VNIR[[1]](#footnote-1) (در محدوده 52/0 تا 86/0 میکرن) با وضوح مکانی 15 متر، 6 باند فروسرخ موج کوتاه SWIR[[2]](#footnote-2) (در محدوده60/1 تا 43/2 میکرن) با وضوح مکانی 30 متر و 5 باند حرارتی TIR[[3]](#footnote-3) (در محدوده 12/8 تا 65/11 میکرن) با وضوح مکانی 90 متر می‏باشد.

تصوير IRS-P6 مربوط به سنجنده LISS(IV) تك باندي و در محدوده طول موج 6/0 تا 7/0 ميكرون با قدرت تفكيك 8/5 متر است. علت استفاده از دو تصوير آستر از دو سال متوالي لزوم در دست داشتن دو برداشت از اواخر فصل بهار و اوایل فصل پاييز بود تا ميزان تناسب داده‌هاي صحرايي با بازتاب پوشش در اين دو فصل مورد بررسي قرار گيرد. تصوير IRS-P6 نيز با توجه به قدرت تفكيك بالا در برابر تصوير آستر مي‌توانست منبع مناسبي در افزايش وضوح زميني تصاوير آستر باشد.

**تصحیح هندسی داده‏ها**

با توجه به ضرورت تصحیح و تطابق هندسی داده‏های رقومی‏ مورد استفاده با نقشه‏های­ مبنای موجود، خطوط مربوط به شبکه آبراهه ها و تقاطع جاده ها و سایر عوارض از نقشه رقومی‏شده موجود و همچنین مختصات جغرافیایی نقاط شاخص به دست آمده توسط GPS با پراکنش مناسب استخراج و جهت تصحیح هندسی مورد استفاده قرار گرفت.

با آنكه تصوير آستر داراي سطح تصحيحات A3 بود كه بنا بر مطالب مندرج در فايل راهنما، به روش نقطه‌اي مورد تصحيح هندسي قرار گرفته اما مقايسه مختصات تصوير با واقعيت زميني نشان از خطاي فاحش به ويژه در جهت X داشت. از اين رو تصوير آستر بر مبناي نقاط برداشت زميني با GPS و نيز به كمك نقشه رقومي 1:25000 با مدل affine كه يك مدل رگرسيون چند جمله‌اي خطي ساده است مورد تصحيح قرار گرفت. تعداد 8 نقطه نمونه در تصحيح به كار رفت و زيگماي خطاي تصحيح برابر 3/0 پيكسل بود.

براي ايجاد امكان مقايسه پيكسل به پيكسل تصاوير، كار تصحيح هندسي تصوير 2011 با روش تصوير به تصوير بر مبناي تصوير 2012 انجام گرفت. تعداد نمونه‌هاي مشابه در دو تصوير 12 عدد و زيگماي تصحيح 19/0 پيكسل بود. همين كار در مورد تصوير IRS نيز با زيگماي تصحيح 14/0 پيكسل انجام شد.

عكس هوايي سال 1969 فاقد هر گونه اطلاعات زميني هم زمان براي بهره گيري در زمين مرجع كردن آن بود. از اين رو با توجه به تغييرات عمده‌اي كه در شكل و نوع پديده‌هاي زميني در طول 43 سال رخ داده، انتخاب نقاط نمونه با محدوديت زيادي روبرو بود. با كاربرد نقشه توپوگرافي 1:50000 قديمي، ابتدا در محيط فتوشاپ انطباق كلي محدوده عكس با عوارض نقشه‌اي به حداكثر رسانيده شد. بدين طريق كشيدگي عكس اصلاح و آنگاه بر اساس تعداد 6 نقطه (كه از نقشه استخراج و در عكس تشخيص داده شده بود) با زيگماي خطاي تصحيح 41/0 پيكسل زمين مرجع گرديد.

**عملیات صحرایی**

برداشت اطلاعات مورد نياز به عنوان نمونه‌هاي تعليمي در آگوست سال 2011 انجام گرفت. بدین منظور ازیک شبکه نمونه برداری تصادفی منظم با ابعاد 45 در 45 متر استفاده شد. بر اساس شبکه تهیه شده 30 قطعه با مختصات جغرافیایی مشخص تعیین و مورد ارزیابی صحرایی قرار گرفتند. به منظور تعیین درصد پوشش جنگلی در هر پلات از محاسبه مجموع سطح تاج درختان (با در نظرگرفتن شکل بیضی) و تقسیم نمودن بر مساحت قطعه استفاده شد (زبیری، 1381).

**پیش پردازش داده‏ها**

در این تحقیق باندهای چند طیفی داده مورد استفاده (با وضوح مکانی 15، 30 و 90 متر) تحت ترکیب داده‏ها قرار گرفته و در نتیجه مجموعه داده جدیدی با وضوح طیفی نظیر داده چند طیفی و وضوح مکانی 15 متر ایجاد گردید. اجرای عملیات ترکیب داده‏ها منجر به بهبود چشمگیر در قابلیت تفسیر چشمی تصاویر ماهواره­ای می‏گردد.

به منظور این که بتوان با دقت بیشتر و با اجتناب از تداخل طیفی زیاد، اقدام به طبقه‏بندی نمود و نیز به دلیل تاثیر شاخص‏های گیاهی در آشکارسازی بهتر پوشش گیاهی، از میان شاخص‏های مختلف گیاهی شاخص‏های NDVI[[4]](#footnote-4)=(B3-B2)/(B3+B2)، RVI[[5]](#footnote-5)=B3/B2، B5/B4، B5/B2، B5/B3، (B3-B1)/(B3+B1)، (B2-B1)/(B2+B1) محاسبه شده و به مجموعه داده مورد استفاده جهت طبقه‏بندی اضافه شدند.

**استخراج اطلاعات متناظر تصاوير**

**براي استخراج اطلاعات متناظر با نقاط مطالعات ميداني ابتدا فايل نقطه‌اي نقاط مطالعات ميداني تشكيل و سپس در محيط رستر با هر يك از تصاوير ماهواره‌اي برخورد داده شد. داده‌هاي ارزش عددي هم‌ مختصات با نقاط مطالعات ميداني از تصاوير استخراج و در يك صفحه گسترده نرم‌افزار اكسل سازمان دهي شد.**

بررسي همبستگي داده‌هاي پوشش گياهي با تصاوير

**همبستگي بين داده‌هاي درصد تاج پوشش گياهي در نقاط مطالعه­شده با ارزش عددي هر يك از تصاوير و نيز انواع شاخص­های محاسبه و ماتريس همبستگي مربوط به انواع باندها و شاخص­هاي هر يك از تصاوير تشكيل شد. جدول شماره 1 در بردارنده‌ي نمونه‌اي از ماتريس­هاي همبستگي براي تصوير 2011 است. بر اين اساس باندهايي از تصاوير و نيز عكس هوايي كه بيشترين همبستگي را با هر داده‌هاي پوشش گياهي داشتند شناخته شد.**

جدول 1- ماتريس همبستگي باندهاي اصلي و تركيبي آستر 2011 با درصد تاج پوشش گياهي

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | **Plant**  **Cover** | **2011 1** | **2011 2** | **2011 3** | **2011 4** | **2011 5** | **2011 6** | **2011 7** | **2011 8** | **2011 9** | **NDVI** | **RVI** | **B5/B4** | **B5/B2** | **B5/B3** | **(B3-B1)/B3+B1)** | **(B2-B1)/B2+B1)** |
| Plant  Cover | 1.00 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 2011 1 | -0.29 | 1.00 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 2011 2 | -0.29 | 0.97 | 1.00 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 2011 3 | -0.29 | 0.89 | 0.91 | 1.00 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 2011 4 | -0.36 | 0.72 | 0.75 | 0.89 | 1.00 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 2011 5 | -0.37 | 0.79 | 0.82 | 0.89 | 0.96 | 1.00 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 2011 6 | -0.35 | 0.83 | 0.84 | 0.93 | 0.96 | 0.97 | 1.00 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 2011 7 | -0.18 | 0.82 | 0.85 | 0.89 | 0.89 | 0.94 | 0.95 | 1.00 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 2011 8 | -0.21 | 0.80 | 0.85 | 0.91 | 0.94 | 0.95 | 0.97 | 0.98 | 1.00 |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 2011 9 | -0.17 | 0.84 | 0.82 | 0.88 | 0.88 | 0.94 | 0.94 | 0.98 | 0.98 | 1.00 |  |  |  |  |  |  |  |
| NDVI | 0.35 | -0.79 | -0.87 | -0.63 | -0.48 | -0.58 | -0.56 | -0.58 | -0.52 | -0.56 | 1.00 |  |  |  |  |  |  |
| RVI | 0.36 | -0.75 | -0.84 | -0.60 | -0.47 | -0.56 | -0.54 | -0.55 | -0.49 | -0.52 | 1.00 | 1.00 |  |  |  |  |  |
| B5/B4 | 0.09 | -0.02 | -0.02 | -0.28 | -0.43 | -0.17 | -0.29 | -0.15 | -0.24 | -0.12 | -0.16 | -0.15 | 1.00 |  |  |  |  |
| B5/B2 | 0.26 | -0.74 | -0.81 | -0.63 | -0.38 | -0.42 | -0.45 | -0.46 | -0.40 | -0.41 | 0.91 | 0.92 | 0.01 | 1.00 |  |  |  |
| B5/B3 | -0.14 | -0.25 | -0.23 | -0.3 | 0.07 | 0.16 | 0.02 | 0.04 | 0.03 | 0.06 | 0.13 | 0.13 | 0.32 | 0.51 | 1.00 |  |  |
| (B3-B1)/B3+B1) | 0.32 | -0.79 | -0.73 | -0.45 | -0.27 | -0.39 | -0.41 | -0.41 | -0.34 | -0.44 | 0.80 | 0.77 | -0.29 | 0.69 | 0.11 | 1.00 |  |
| (B2-B1)/B2+B1) | -0.21 | 0.41 | 0.61 | 0.52 | 0.49 | 0.51 | 0.47 | 0.50 | 0.47 | 0.42 | -0.74 | -0.77 | -0.06 | -072 | -0.08 | -0.19 | 1.00 |

**تحليل رگرسيوني**

داده‌هاي باندهاي برتر سپس در تحليل رگرسيوني دو و چند متغيره از نوع خطي و غير خطي وارد شدند، تا بهترين معادله براي محاسبه پوشش گياهي از روي داده‌هاي باندهاي هر تصوير تشخيص داده شود. براي اين منظور از نرم‌افزار SPSS نسخه‌ي 0/16 استفاده شد. ضريب تشخيص r2 اصلاح شده مدل و معني دار بودن هر يك از ضرايب معادله، معيارهايي بودند كه براي گزينش معادله برتر به كار گرفته شدند.

از آنجا كه هيچگونه رابطه‌ي معني داري بين داده‌هاي IRS با تاج پوشش گياهي يافت نشد (12/0= (R2، داده‌هاي اين تصوير از چرخه توليد نقشه خارج گرديد. همچنين از بين داده‌هاي آستر 2011 و 2012 مدل رگرسيوني مربوط به سال 2012 حد معني‌داري بالاتري را نشان داد و معادله‌ي آن براي توليد نقشه پوشش گياهي ترجيح داده شد.

**تهيه نقشه‌هاي پوشش گياهي**

با كاربرد مدل متناسب و اجراي دستور محاسبه نقشه**[[6]](#footnote-6)** بر روي باند‌هايي كه به عنوان متغير مستقل انتخاب و در مدل وارد شده بودند، نقشه درصد تاج پوشش گياهي براي دو سال 1969 و 2012 در محيط رستر تهيه شد. ارزش عددي هر يك از پيكسل­هاي اين نقشه‌ها نشان دهنده‌ي تخمين درصد تاج پوشش گياهي براي سال مربوطه است كه ماهيت مقداري و كمّي دارد. **در مرحله بعدي با روش قطعه بندي[[7]](#footnote-7) مقادير را به حدود دسته­جات تبديل و از آن نقشه دسته‌جات پوشش گياهي تهيه شد.** طبقه­بندي تيپ­هاي جنگلي و تهيه نقشه تيپ به عنوان اطلاعات پايه در تهيه طرح­هاي جنگل­داري مطرح مي باشد. روش­هاي متفاوتي براي تهيه نقشه تيپ­هاي جنگل از انجام عمليات ميداني تا تفسير عكس­هاي هوايي كه مستلزم صرف وقت و هزينه زيادي مي باشد، مورد استفاده قرار مي­گيرد. استفاده از روش­هاي آسان­تر جزء اهداف مطالعات بسياري از جمله اين مطالعه بوده است. بنابراين به منظور افزايش صحت طبقه بندي، همواره روش­ها و اطلاعات جانبي متفاوت مورد استفاده و آزمون قرار می­گیرند. در نهایت نقشه حاصل به چهار حالت مندرج در جدول شماره 2 از جمله بر اساس تعریف شورای عالی جنگل (معین آزاد و همکاران، 1387) طبقه‏بندی شد.

**جدول 2- خلاصه آمار‌هاي معادلات رگرسيوني داده‌هاي ماهواره­ای سال 2012.**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **RVI** | **Bands 3** | **Band 2, 3** | **Bands 1, 2, 3** | **آمارهای رگرسیون** |
| 0.78 | 0.66 | 0.59 | 0.60 | Multiple R |
| 0.62 | 0.44 | 0.36 | 0.36 | R Square |
| 0.60 | 0.41 | 0.29 | 0.26 | Adjusted R Square |
| 11.23 | 13.71 | 15.08 | 15.36 | Standard Error |
| 30 | 30 | 30 | 30 | Observation no. |

**ارزيابي صحت[[8]](#footnote-8)**

معمول­ترین طریقه بیان صحت نقشه یا تصویر وقتی که با داده­های مرجع زمینی مقایسه می­شود، ارائه درصدی از سطح نقشه یا تصویر است که به طور صحیح طبقه­بندی شده است. براي ارزيابي قابليت مدل، نقشه طبقه­بندي شده تراكم تاج پوشش حاصل از اجراي مدل، با نقشه طبقه­بندي شده تراكم واقعيت زميني، به صورت پيكسل به پيكسل مقايسه گرديد. نتايج به صورت جداولي تهيه گرديد و صحت كلي و ضريب كاپا محاسبه شد.

با توجه به چهار نوع طبقه­بندي صورت گرفته روي نقشه هاي درصد تاج پوشش (طبقه‏بندی 3 کلاسه، طبقه بندي 4 کلاسه (2 حالت) و طبقه­بندي 6 کلاسه، نتايج نيز به صورت جداگانه محاسبه و تفسير گرديد.

نتایج ارزیابی صحت طبقه­بندی در قالب ماتریس خطا نشان داده شد و از معیارهای چهار گانه صحت کلی، شاخص کاپا، صحت تولید­کننده و صحت کاربر جهت بیان صحت استفاده شد.

**نتایج و بحث:**

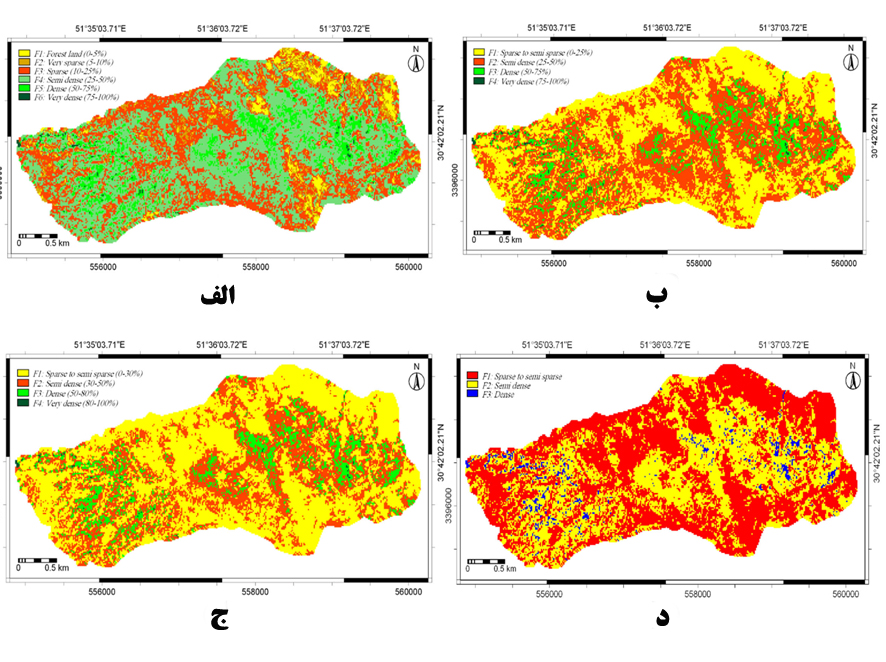
در جدول 2 برخي از نتايج كاربرد انواع معادلات رگرسيوني براي گزينش مدل برتر بر روي داده‌هاي 2012 ارايه شده است. چنانچه ملاحظه مي‌شود مدل دو متغيره خطي با كاربرد باند تركيبي RVI (حاصل از تقسيم باند مادون قرمز نزديك بر باند قرمز) واجد بالاترين ضريب تشخيص و كمترين انحراف اشتباه معيار است. شکل­های 2 و 3 به ترتيب نمودار خطوط رگرسيوني برازش يافته با داده‌هاي DN و باند برتر (RVI) تصوير ماهواره‌اي سال 2012 و عكس هوايي 1969 مي‌باشد. بر اساس این داده­ها میزان ضریب همبستگی پوشش گیاهی با شاخص RVI بر اساس تصویر ماهواره­ای 2012 برابر 60/0 و ضریب همبستگی پوشش گیاهی با داده­های DN برابر 79/0 بوده است.

شکل 2- نمودار برازش رگرسيوني باند RVI تصوير 2012 با تاج پوشش گياهي.

شکل 3- نمودار برازش رگرسيوني DN عكس هوايي 1969 با تاج پوشش گياهي

میانگین وزنی پوشش جنگلی بر اساس تجزیه‏های انجام شده در سال‏های 1969 و 2012، به ترتیب40 و 03/29 درصد بوده است که نشان دهنده کاهش حدود 11 درصد در تراکم پوشش جنگلی در مدت 4 دهه می‏باشد. پوشش جنگلی منطقه مطالعاتی به 4 حالت در طبقه‏بندی‏های 3، 4 (دو حالت) و 6 کلاسه در این دوره طبقه‏بندی گردید (جدول 3).

بر اساس نتایج به دست آمده از این تحقیق در این مدت درصد پوشش‏های متراکم و نیمه متراکم کاهش و در مقابل در صد پوشش‏های تنک و بسیار تنک افزایش یافته است به گونه‏ای که به عنوان مثال حدود 20 درصد به پوشش با تراکم کمتر از 30 درصد افزوده و در مقابل حدود 16 درصد از پوشش با تراکم بیش از 60 درصد کاسته شده است (جدول 3 و شکل­های 4 و 5).

****

**شکل 4- نقشه‏های پوشش گیاهی جنگل مطالعاتی بر اساس کلاس بندی‏های چهار گانه اشاره شده در جدول 1 مربوط به تصویر ماهواره آستر 2012. (الف: طبقه‏بندی شش کلاسه، ب و ج: طبقه‏بندی‏های چهار کلاسه و د: طبقه‏بندی سه کلاسه).**

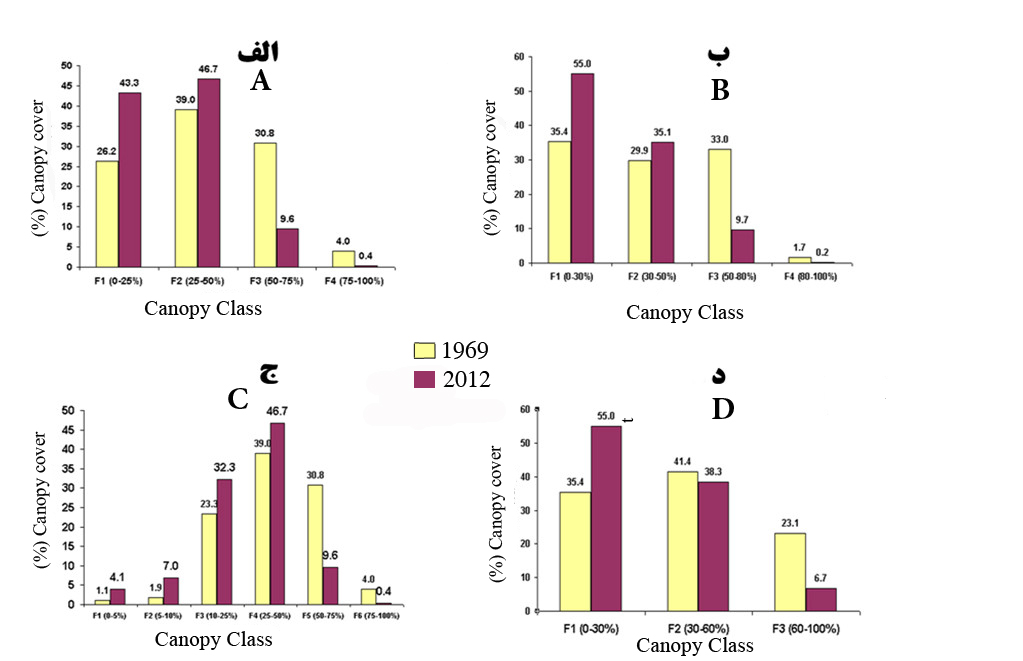
**بر اساس ارزيابي صحت صورت گرفته (جدول 4) بر طبقه‏بندی‏های صورت گرفته این معیارها از جمله صحت تولید کننده، صحت کاربر، صحت کلی و شاخص کاپا به دست آمد که در جدول 4 نشان داده شده است. همانگونه که از نتایج بر می­آید، طبقه‏بندی‏های 3 کلاسه، 4 کلاسه نوع دوم، 4 کلاسه نوع اول و 6 کلاسه به ترتیب با مقادیر45/75، 58/54، 81/54 و 06/33 درصد دارای بیشترین میزان صحت کلی و شاخص کاپا در این طبقه­بندی­ها به ترتیب 65/0، 46/0، 35/0 و 24/0بوده است.**

از میان شاخص­های پوشش گیاهی مورد استفاده شاخص‏های RVI و NDVI و (B3-B1)/(B3+B1) به ترتیب با ضریب تبیین 66/0، 63/0 و 55/0 بیشترین همبستگی را با میزان پوشش گیاهی داشته­اند.

**بحث و نتیجه­گیری**

مناطق جنگلی زاگرس به دلیل ویژگی نورپسندی خاص خود و مسائل تخریب و مشکلات زادآوری، دارای پوشش تنک و سبک بوده و متفاوت از جنگل‏های شمال می‏باشد. به این دلیل، نتایج حاصل از طبقه‏بندی و پردازش‏های مختلف تصاویر سنجنده‏های ماهواره­ای برای تهیه نقشه گستره جنگل در شمال کشور (شتایی، 1375؛ نجارلو، 1384؛ ماجانی، 1380) متفاوت می‏باشد. در نتیجه به دلیل تداخل طیفی زیاد خاک با پوشش جنگلی در منطقه و مناطق مشابه آن میزان صحت کلی و ضریب کاپا حاصله از ارزیابی طبقه‏بندی تصاویر ماهواره­ای در این مناطق به نسبت کمتر از مناطق دارای جنگل‏های متراکم مانند شمال کشور است.

عدم وجود یک رابطه معنی­دار میان داده‌هاي ماهواره IRS با تاج پوشش گياهي را به رغم زمین مرجع نمودن دقیق تصویر، می­توان به دو عامل زمان نه چندان مناسب تصویر برداری که در اوایل فصل بهار صورت گرفته است و دوم تک باندی بودن و عدم امکان ادغام باندهای مختلف و ایجاد یک باند با همبستگی زیاد با پوشش گیاهی ارتباط داد. همچنین ارتباط بالاتر تصویر ماهواره­ای آستر 2012 در مقایسه با تصویر 2011 را می­توان نیز به پوشش بیشتر جنگلی در اوایل تابستان به اوایل پاییز نسبت داد.



**شکل 5- تغییرات پوشش گیاهی از سال 1969 تا 2012 در طبقه‏بندی‏های مختلف پوشش گیاهی. (الف و ب: طبقه‏بندی­های چهارکلاسه، ج: طبقه‏بندی شش کلاسه و د: طبقه‏بندی سه کلاسه).**

با توجه به آمار ارائه شده توسط FAO که جهت سال‏های 1990 تا 2000 تهیه گردیده است، میزان تخریب سالیانه سطح جنگل نسبت به سطح اولیه آن در گستره جهانی 2/0 درصد تخمین زده شده است (امینی و همکاران، 1387). بنابراین با توجه به کاهش 11 درصدی پوشش جنگلی منطقه مورد مطالعه در مدت 4 دهه می‏توان نتیجه گرفت که میزان تخریب صورت گرفته در این منطقه بیش از میانگین جهانی می‏باشد. با توجه به این مطلب می­توان اظهار نمود که در صورت ادامه این روند در آینده نه چندان دور شاهد وضعیت اسف­باری در جنگل­های این منطقه به عنوان نمونه‏ای از جنگل­های جنوب غرب زاگرس خواهیم بود.

میرآخورلو و اخوان (1387) در بررسی تغییرات مرز فوقانی جنگل‏های شمال کشور با استفاده از داده­های ماهواره­ای اعلام نمودند که مقدار تخریب سالانه در استان‏های گیلان، مازندران و گلستان به ترتیب 21/0، 49/0 و 69/0 درصد می‏باشد.

خواجه الدين (1375) براي تعيين تاج پوشش گياهي منطقه جازموريان از سنجنده MSS ماهواره لندست 5 استفاده نموده است كه طبق نتايج حاصله بجز NDVI، ساير شاخص­هاي گياهي به كار رفته، رابطه اي با درصد پوشش نشان ندادند. مختاري (1376) تهيه لايه پوشش گياهي و درصد خاك بدون پوشش را با استفاده از سنجش از دور بررسي كرده و به گزارش وي NDVI بيشترين همبستگي را با درصد پوشش گياهي داشته، كه ضريب همبستگي آن بالاي 80% است. بهترين همبستگي بين NDVI و ميزان خاك بدون پوشش بدست آمده است.

**بر اساس نتایج بیش از 55 درصد از جنگل مطالعه شده دارای تراکم کمتر از 30 درصد می‏باشد که در این شرایط نقش انعکاس زمینه افزایش می‏یابد. ناصری و همکاران (1383) در مطالعه ارزیابی پتانسیل تصاویر ماهواره­ای جهت ترسیم نقشه تراکم پوشش گیاهی در مناطق خشک و نیمه خشک ایران نتایج مشابهی را گزارش نمودند.** ﺑﺮ ﺍﺳﺎﺱ ﻧﺘﺎﻳﺞ ﺑﻪ ﺩﺳﺖ ﺁﻣﺪﻩ، ﺩﺭ ﺟﻨﮕﻞ­ﻫﺎﻱ ﻣﻮﺭﺩ ﺑﺮﺭﺳﻲ ﺑﻪ ﻋﻨﻮﺍﻥ ﺑﺨﺸﻲ ﺍﺯ ﺟﻨﮕﻞ ﻫﺎﻱ ﻣﻨﺎﻃﻖ ﺧﺸﻚ ﻭ ﻧﻴﻤﻪ ﺧﺸﻚ، ﺑﻪ ﺩﻟﻴﻞ ﭘﺎﻳﻴﻦ ﺑﻮﺩﻥ ﻣﻘﺪﺍﺭ ﺗـﺎﺝ ﭘﻮﺷـﺶ ﺟﻨﮕﻠﻲ، ﺑﺎﺯﺗﺎﺏ ﺧﺎﻙ ﻭ ﭘﻮﺷﺶ ﮔﻴﺎﻫﻲ ﻛﻒ ﺟﻨﮕﻞ، ﻧﻘﺶ ﻣﻬﻤﻲ ﺭﺍ ﺩﺭ ﺑﺎﺯﺗﺎﺏ ﻧﻬﺎﻳﻲ ﺛﺒﺖ ﺷﺪﻩ توسط ﺳﻨﺠﻨﺪﻩ ﺍﻳﻔﺎ ﻣﻲ ﻧﻤﺎﻳـﺪ ﻭ ﺍﻳـﻦ ﺍﻣﺮ ﻣﺎﻧﻊ ﺍﺯ ﺩﺳﺖ ﻳﺎﺑﻲ ﺑﻪ ﻧﺘﺎﻳﺞ ﺑﻬﺘﺮ گردیده است. ﺑﻨﺎﺑﺮﺍﻳﻦ بر اساس نظر نامبردگان، ﺟﺎ ﺩﺍﺭﺩ ﻛﻪ ﺍﺯ ﺳﻨﺠﻨﺪﻩ­ﻫﺎﻱ ﭼﻨﺪ ﻃﻴﻔﻲ ﺑﺎ ﺍﻧﺪﺍﺯﻩ ﺗﻔﻜﻴﻚ ﻣﻜﺎﻧﻲ ﻛﻮﭼﻚ ﺗﺮ ﺍﺳﺘﻔﺎﺩﻩ ﺷﻮﺩ.

ریاحی (1379) در مطالعه تهیه پوشش منابع طبیعی در ناحیه دشت ارژن با استفاده از داده‏های ماهواره­ای اعلام نمود که در مقایسه نتایج حاصل از تفسیر چشمی‏ با نقشه واقعیت زمینی میزان تداخل جنگل تنک و جنگل‏های نیمه متراکم و مراتع نیمه متراکم بسیار زیاد بوده است که دلیل آن شباهت رنگ حد پایین تراکم طبقه جنگل نیمه متراکم و جنگل تنک دانسته است.

خواجه­الدين و خوانين­زاده (1379) معتقدند كه شاخص‏هائي كه در آنها طول موج قرمز و مادون قرمز نقش دارند، همبستگي بيشتري نسبت به ساير شاخص‏ها نشان می‏دهند. ولي در مقايسه با تركيب باند‏هاي اصلي، ملاحظه شد كه باند‏هاي TM2 ، TM5 وTM7 همبستگي بيشتري با تاج پوشش گياهي دارند. نتيجه گرفته شده به اين صورت بوده است كه شاخص‏هاي مورد مطالعه به ويژه NDVI براي مطالعات پوشش گياهي در مناطق خشك و بياباني مناسب نمی‏باشد.

بوتون و تیسزن (1983) نیز معتقدند که تکنیک‏های انعکاس طیفی در جایی که مجموع پوشش گیاهی زنده از 30% تجاوز می‏کند، می‏تواند برآورد قابل اعتمادی را از زیست­توده گیاه در اکوسیستم‏های گیاهی داشته باشد. اسمیت و همکاران (1990) محدودیت برآورد کمی‏پوشش با استفاده از خصوصیات بازتاب گیاهان در طیف مریی مادون قرمز نزدیک وقتی پوشش گیاهی کمتر از 40% باشد را گزارش دادند.

امینی و همکاران (1387) در بررسی تغییرات گستره جنگل‏های زاگرس در کردستان با استفاده از عکس‏های هوایی و تصاویر ماهواره­ای نشان دادند که در طی سال‏های 1334 تا 1381 حدود 20 درصد از وسعت جنگل مورد مطالعه کاسته گردیده، ضمن آنکه در ارزیابی صحت نتایج حاصل از طبقه‏بندی‏ها با نقشه واقعیت زمینی صحت کلی و ضریب کاپا به ترتیب 3/81 درصد و 64/0 به دست آمد.

سانتوش و یوسف(2002) براي مقايسه دو روش طبقه بندي در جنگل­هاي باراني اندونزي از عمليات ادغام استفاده كرده كه باعث بهبود نتايج گشته است. این محققان علت این امر را تفكيك مكاني زياد باند پانكروماتيك عنوان کرده­اند.

رشیدی و همکاران (1387) در مطالعه­ای پیرامون بررسی بهبود صحت طبقه‏بندی تیپ‏های جنگی با استفاده از ادغام داده‏های ماهواره­ای در مازندران بیشترین میزان صحت کلی برای طبقه‏بندی 6 کلاسه قابل تفکیک، مربوط به طبقه­بندي كننده حداكثر احتمال با صحت كلي 34% و ضریب کاپا 23% به دست آمد که نتايج به دست آمده از اين روش در مقايسه با نتايج طبقه­بندي بدون اعمال روش ادغام و با به كارگيري همان تعداد طبقه، بيانگركاهش صحت می‏باشد كه علت آن را می‏توان در نوع روش انتخابي در عمليات ادغام و نامتجانس بودن منطقه مورد بررسي جستجو كرد. بنابراين تكرار اين عمليات در مناطق ديگر و استفاده از ساير روش­هاي ادغام پيشنهاد گردید.

در مجموع با توجه به پوشش نسبتاً تنک منطقه مطالعاتی با توجه به صحت کلی و ضریب کاپا، طبقه‏بندی 3 کلاسه برای این منطقه و سایر مناطق مشابه توصیه می‏گردد. همچنین به منظور تایید یا رد نتایج به دست آمده توصیه می­گردد تا مطالعات مشابه در سایر مناطق جنگلی استان تکرار گردد. همچنین پیشنهاد می‏گردد که در مطالعات بعدی در صورت امکان در فاصله زمانی سال‏های 1969 تا 2012 ، زمان‏های حد واسط دیگری به منظور بررسی دقیق تر تغییرات پوشش جنگلی صورت گیرد.

**جدول 3- درصد پوشش جنگلی منطقه مطالعاتی بر اساس طبقه‏بندی‏های مختلف در سال‏های 1969 و 2012 و میزان تغییرات ایجاد شده**

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **تراکم پوشش** | **شناسه** | **دامنه طبقات** | **سال 1969** | | **سال 2012** | | **تغییرات** |
|  |  |  | **هکتار** | **%** | **هکتار** | **%** | **%** |
| تنک تا نیمه تنک | F1 | 0-25% | 197.5 | 26.2 | 325.8 | 43.2 | +17.5 |
| نیمه متراکم | F2 | 25-20% | 293.6 | 39.0 | 351.7 | 46.8 | +7.72 |
| متراکم | F3 | 50-75% | 231.4 | 30.8 | 71.9 | 9.6 | -21.2 |
| خیلی متراکم | F4 | 75-100% | 29.9 | 4.0 | 3.0 | 0.4 | -3.56 |
| کل |  |  | 752.3 | 100 | 752.3 | 100 |  |
| تنک تا نیمه تنک | F1 | 0-30% | 266.3 | 35.4 | 413.6 | 55.0 | +19.58 |
| نیمه متراکم | F2 | 30-50% | 224.8 | 29.9 | 263.8 | 35.1 | +5.19 |
| متراکم | F3 | 50-80% | 248.5 | 33.0 | 73.0 | 9.6 | -23.33 |
| خیلی متراکم | F4 | 80-100% | 12.7 | 1.7 | 1.9 | 0.3 | -1.44 |
| کل |  |  | 752.3 | 100 | 752.3 | 100 |  |
| چراگاه | F1 | 0-5% | 8.1 | 1.1 | 30.6 | 4.1 | +3.0 |
| بسیار تنک | F2 | 5-10% | 14.2 | 1.9 | 52.4 | 7.0 | +5.07 |
| تنک | F3 | 10-25% | 175.2 | 23.3 | 242.8 | 32.3 | +8.98 |
| نیمه تنک | F4 | 25-50% | 293.6 | 39.0 | 351.7 | 46.6 | +7.72 |
| متراکم | F5 | 50-75% | 231.4 | 30.7 | 71.9 | 9.6 | -21.2 |
| خیلی متراکم | F6 | 75-100% | 29.9 | 4.0 | 3.0 | 0.4 | -3.56 |
| کل |  |  | 752.3 | 100 | 752.3 | 100 |  |
| تنک تا نیمه تنک | F1 | 0-30% | 266.3 | 35.4 | 413.6 | 55.0 | +19.58 |
| نیمه تنک | F2 | 30-60% | 311.8 | 41.5 | 288.5 | 38.4 | -3.10 |
| متراکم | F3 | 60-100% | 174.2 | 23.1 | 50.2 | 6.6 | -16.48 |
| کل |  |  | 752.3 | 100 | 752.3 | 100 |  |

**جدول 4- معیارهای بیان صحت در چهار روش کلاس بندی پوشش جنگلی**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **معیارهای صحت** | **6 کلاسه** | **4 کلاسه**  **(روش اول)** | **4 کلاسه**  **(روش دوم)** | **3 کلاسه** |
| صحت تولید کننده | 31.67 | 51.04 | 51.36 | 56.08 |
| صحت کاربر | 39.13 | 60.87 | 73.91 | 82.61 |
| صحت کل | 33.06 | 54.81 | 54.58 | 75.45 |
| ضریب کاپا | 0.24 | 0.35 | 0.46 | 0.65 |

**منابع**

اميني، م. ر.، شتايي جويباري، ش.، غضنفري، ه. و معيري، م. "بررسي تغييرات گستره جنگل‏هاي زاگرس با استفاده از عكس‏هاي هوايي و تصاوير ماهواره­اي (مطالعه موردي: جنگل‏هاي آرمرده بانه"(. مجله علوم كشاورزي و منابع طبيعي، شماره 15(2)، 1387، صفحات 10 - 20**.**

خواجه­الدين، ج. "استفاده از داده‏هاي ماهواره Landsat 5-MSS در بررسي جوامع گياهي و تعيين اراضي شور منطقه جازموريان". مجموعه مقالات دومين همايش ملي بيابان زدائي و روش‏هاي مختلف بيابان زدائي. 1375. صفحات 41-48.

خواجه الدين، ج. و خوانين زاده، ع. "بررسي پوشش گياهي منطقه نير-يزد با استفاده از داده‏هاي "TM. مجموعه مقالات همايش كاربرد سنجش از دور و سامانه اطلاعات جغرافيائي در مطالعه مناطق بياباني. تهران. 1379. صفحات 293-295.

رشیدی، ف.، اولادی، ج. و بابایی کفاکی، س." بررسی بهبود صحت طبقه‏بندی تیپ‏های جنگل با استفاده از ادغام داده‏های ماهواره­ای (مطالعه موردی: طرح جنگل داری آذررود، سواد کوه- مازندران)". فصلنامه تحقیقات جنگل و صنوبر ایران، شماره 16(1)، 1378، صفحات 11-22.

رفیعیان، ا. "تعیین تغییرات گستره جنگل در شمال ایران در حد فاصل سال‏های 1373 تا 1380 با استفاده از اطلاعات . "ETM+ پايان نامه كارشناسي ارشد. دانشكده منابع طبيعي، دانشگاه تهران، 1381، 122 صفحه.

ریاحی بختیاری، ح.ر. "تعیین مناسب­ترین روش تهیه نقشه‏های پوشش منابع طبیعی درمقیاس 1:25000 با استفاده از داده‏های ماهواره­ای در ناحیه دشت ارژن"، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران.1379**.**

زارعی، م. اورک، ن. و کوهگردی، ا. 1393. "ارزیابی روند تغییرات جنگلهای حراء پارک ملی دریایی نای­بند با استفاده از تصاویر ماهواره­ای". فصلنامه مدیریت و برنامه ریزی محیط زیست، 4(1): 55-47.

زبیری، م. "زیست­سنجی جنگل". انتشارات دانشگاه تهران. تهران. 1381، 411 صفحه.

سوسنی، ج.، زبیری، م. و فقهی، ج. "کاربرد عکس­های هوایی و تصاویر ماهواره­ای در نماسازی تغییرات پوشش جنگل در زاگرس (مطالعه موردی: جنگل­های منطقه کاکارضای استان لرستان)". فصلنامه تحقیقات جنگل و صنوبر ایران، شماره 17(2)، 1388، صفحات 237-249.

شتايي، ش. "تهيه نقشه جنگل به كمك تصاوير ماهواره اي به روش رقومي." پايان نامه كارشناسي ارشد. دانشكده منابع طبيعي، دانشگاه تهران، 1375، 158 صفحه.

عبدالهي، ه. و شتايي جويباري، ش. 1391. "ارزيابي مقايسهاي قابليت دادههاي LISS-III و LISS-IV ماهواره IRS-P6 در تهيه نقشه تراكم تاج پوشش جنگلهاي زاگرس (مطالعه موردي: جنگل­هاي شهرستان جوانرود)". مجله پژوهشهاي علوم و فناوري چوب و جنگل، شماره 19(1)، 1391، صفحات 43-60.

علوي پناه، س. ک. "کاربرد سنجش از دور در علوم زمين". انتشارات دانشگاه تهران. 1382. 478 صفحه.

فتاحی، م. "روند مدیریت جنگلهای زاگرس، مجله دهاتی، شماره 3 (23): 1384، صفحات 42-52.

مير آخورلو، خ. و اخوان، ر. "بررسی تغییرات مرز فوقانی جنگل‏های شمال کشور با استفاده از داده‏های ماهواره­ای". فصلنامه پژوهشي تحقيقات جنگل و صنوبر ايران، شماره 16 (13)، 1387، صفحات 139-148.

ناصری، ف.، درویش صفت، ع. ­ا.، سبحانی، ه. و نمیرانیان، م. "ﺍﺭﺯﻳﺎﺑﻲ ﺩﺍﺩﻩ ﻫﺎﻱ ﻟﻨﺪﺳﺖ ۷ ﺑﺮﺍﻱ ﺗﻬﻴﻪ ﻧﻘﺸﻪ ﺗﺮﺍﻛﻢ ﺟﻨﮕﻞ ﺩﺭ ﻧﻮﺍﺣﻲ ﺧﺸﻚ ﻭ ﻧﻴﻤﻪ ﺧﺸﻚ". مجله منابع طبیعی ایران، شماره 57 (1)، 1383، صفحات 109-120.

Boutton T.W. and Tieszen, L.L. "Estimation of plant biomass by spectral reflectance in East African grassland". J. Range Manag. Vol. 36, pp. 213-216, 1983.

[Desclée](http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0034425706000344), B. [Bogaert](http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0034425706000344), P. and [Defourny](http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0034425706000344), P. "Forest change detection by statistical object-based method".[Remote Sensing of Environment](http://www.sciencedirect.com/science/journal/00344257)**,** Vol. [102](http://www.sciencedirect.com/science/journal/00344257/102/1), pp. 1–11, 2006.

Kanbhum, R.T.. "Study on forest change detection in Eastern forest by Remote sensing Technique". National Research council of Thailand. Remote Sensing of Environment, Vol. 90, pp. 154– 16, 1998.

Santosh, P.B. and Yousif, A.H. "Comparison of sub-pixel and Maximum likelihood classification of landsat ETM+ images to detect illegal logging in the tropical rain forest of Berau, east Kalimantan, Indonesia". http://www. gisdevelopment.net**,** 2002.

Smith, M.O., Ustin, S.L., Adams, J.B. and Gillespie, A.R. "Vegetation in Desert: I. a regional measure of abundance from multispectral images". Remote Sensing Environment. Vol. 31, pp. 1-26. 1990.

Song, X. Huang, C., Sexton, J., Channan, S. and Townshend, J.R. "Annual detection of forest cover loss using time series satellite measurements of percent tree cover". Remote Sensing, Vol. 6, pp. 8878-8903, 2014.

Yuan, F.K.E., Sawaya, B.C. and Loeffelholz Bauer, M.E. "Land covers classification and change analysis of the Twin Cities (Minnesota) Metropolitan Area by multitemporal Landsat remote sensing". Remote Sensing of Environment, Vol. 95 pp. 317-328**,** 2005.

Vogelemann, J.E., Tolk, B. and Zhiliang, Z. 2009. "Monitoring forest changes in the southwestern United States using multitemporal Landsat data". [Remote Sensing of Environment](http://www.sciencedirect.com/science/journal/00344257), Vol. 113, pp. 1739- 1748, 2009.

1. - Visible Near Infrared [↑](#footnote-ref-1)
2. - Shortwave Infrared [↑](#footnote-ref-2)
3. -Thermal Infrared [↑](#footnote-ref-3)
4. - Normalized Difference Vegetation Index [↑](#footnote-ref-4)
5. - Ratio Vegetation Index [↑](#footnote-ref-5)
6. - Map calculation [↑](#footnote-ref-6)
7. - Slicing [↑](#footnote-ref-7)
8. - Accuracy Assessment [↑](#footnote-ref-8)