

# بررسی توان داده های ماهواره ای ETM+ جهت تفکیک

## تیپهای پوششی جنگل در جنوب زاگرس

### (مطالعه موردی دزفول)

کامران عادل<sup>۱</sup>، هومن لطیفی<sup>۱</sup>، جعفر اولادی<sup>۲</sup>، جواد حاجی آبادیان<sup>۳</sup>

۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد جنگلداری- دانشکده منابع طبیعی دانشگاه مازندران

نشانی: تهران- بلوار کشاورز- شماره ۷۹- طبقه هفتم

تلفن: ۰۵- ۴۲۲۲۹۸۴- ۰۱۵۲ پست الکترونیک: kamranadeli@yahoo.com و taxus22@yahoo.com

۲- استادیار دانشکده منابع طبیعی دانشگاه مازندران

تلفن: ۰۵- ۴۲۲۲۹۸۴- ۰۱۵۲ پست الکترونیکی: oladi123@yahoo.com

۳- کارشناس سامانه های اطلاعات جغرافیائی- مهندسین مشاور مشانیر- تهران

تلفن: ۰۸- ۸۸۷۷۶۶۴۷- ۰۲۱ داخلی ۲۴۱۹ پست الکترونیکی: j\_abadian@yahoo.com

### چکیده

به منظور آزمون توان داده های ماهواره ای سنجنده ETM+ جهت تهیه نقشه تیپ جنگل در مناطق جنوبی رشته کوههای زاگرس، منطقه ای به وسعت تقریبی ۶۰۰۰ هکتار از توابع دزفول در شمال استان خوزستان انتخاب و مورد مطالعه قرار گرفت. واقعیت زمینی منطقه با استفاده از نمونه برداری تصادفی منظم و قطعات نمونه چهار هکتاری تهیه گردید. پس از انجام ترکیب داده ها با استفاده از الگوریتم تبدیل برآوی و تصحیح هندسی تصویر با نقشه مبنا، مجموعه داده مورد استفاده تحت عملیات پیش پردازش نظیر نسبت گیری طیفی و تجزیه مولفه های اصلی قرار گرفت و نتایج حاصله به مجموعه داده اضافه شدند. بررسی تفکیک پذیری طبقات با استفاده از معیار فاصله باتاچاریا انجام شد. طبقه بندی داده ها با استفاده از الگوریتم حداکثر احتمال انجام شده و تصویر طبقه بندی شده با واقعیت زمینی مورد مقایسه پیکسل به پیکسل قرار گرفت. از چهار معیار صحت کلی، شاخص کاپا، صحت تولید کننده و صحت کاربر جهت بیان صحت طبقه بندی استفاده شد و میزان صحت کلی معادل ۵۵ درصد و شاخص کاپا ۰/۳۸ را به دست داد. نتایج حاصل از این تحقیق گویای قابلیت متوسط داده های مورد استفاده و روشهای ذکر شده جهت طبقه بندی تیپهای جنگلی در منطقه مورد مطالعه بوده و انجام بررسی های مقایسه ای با دیگر سنجنده ها و نیز اعمال روشهایی در جهت به حداقل رساندن بازتاب طیفی پس زمینه در این خصوص پیشنهاد می گردد.

واژگان کلیدی: ارزیابی صحت، تیپ بندی جنگل، داده های ETM+، دزفول، زاگرس، حداکثر احتمال، واقعیت زمینی.

## مقدمه

جنگل های زاگرس از جمله مناطق مهم و با ارزش منابع طبیعی کشور ایران است که وسعتی بالغ بر یک پنجم سطح، و جمعیتی حدود یک سوم جمعیت کل کشور را در خود جای داده است. تعداد گونه های درختی و درختچه ای بالغ بر ۱۹۰ گونه، در سطح ۵/۲ میلیون هکتار این جنگل ها وجود دارد (۷). با توجه به وسعت و دامنه ارتفاعی گسترش پوشش گیاهی منحصر به فرد زاگرس، لزوم تهیه نقشه های بیانگر تفکیک تیپها و انواع پوشش جنگلی در این ناحیه ضروری به نظر میرسد. نقشه های فعلی در زاگرس بدون انجام تیپ بندی و تنها با مشخص کردن مرز جنگل بوسیله عکس های هوایی تهیه شده اند. همچنین روشهای متداول تهیه نقشه های تیپ مستلزم صرف وقت و هزینه بالایی است. لذا در سالهای اخیر استفاده از داده های ماهواره ای به عنوان روشی مناسب برای این کار مطرح شده است (۶). در حال حاضر در بسیاری از نقاط دنیا استفاده از تصاویر ماهواره ای به منظور تهیه نقشه تیپ بندی پوشش جنگلی به عنوان ابزاری توانمند در مدیریت جنگل کاربرد فراوانی دارد.

در این پژوهش به منظور بررسی امکان تفکیک پوشش و تهیه نقشه تیپ جنگل با استفاده از تصاویر ماهواره ای سنجنده ETM+ و در بخشی از اراضی جنگلی حوزه شهرستان دزفول در استان خوزستان انجام گردید. هدف از اجرای این پژوهش آن بود تا با مقایسه تصویر طبقه بندی شده با واقعیت زمینی حاصل از نمونه برداری زمینی در منطقه و با استفاده از معیارهای بیان صحت طبقه بندی قابلیت بالقوه این داده ها جهت طبقه بندی تیپ های پوششی جنگل در جنوب غربی کشور مورد بررسی قرار گرفته تا در صورت امکان بعنوان راهی جهت تهیه نقشه های تیپ در نواحی جنگلی زاگرس مورد استفاده برنامه ریزان قرار گیرد.

در سالهای اخیر مطالعات چندی در مناطق مختلف جهان بر روی توزیع تیپهای مختلف جنگلی با استفاده از داده های ماهواره ای و روشهای مختلف طبقه بندی انجام گرفته است که از آن جمله میتوان به مطالعه شائو و همکاران در ۱۹۹۶ با استفاده از داده های سنجنده TM به همراه طبقه بندی نظارت نشده خوشه بندی ISODATA، مطالعه کروز و فوله در ۲۰۰۲ با بکارگیری داده های ETM+ و طبقه بندی کننده حداقل فاصله از میانگین<sup>۱</sup>، و پژوهش سینگ و همکاران در ۲۰۰۲ بر روی تصاویر IRS-1C و بکارگیری روش هیبرید متشکل از طبقه بندی نظارت نشده ISODATA و طبقه بندی نظارت شده حداکثر احتمال<sup>۲</sup> اشاره نمود (۸، ۱۳، ۱۲). ان نکته قابل ذکر است که تعیین قابلیت داده های حاصل از سنجنده های مختلف در مناطق مشابه امکان مقایسه نتایج به دست آمده را میسر نموده و نتایج حاصل از این مقایسه ها میتواند در عمل جهت انتخاب داده های ماهواره ای مناسب جهت اهداف تعیین شده مورد استفاده قرار گیرد.

---

<sup>1</sup> - Minimum Distance to Mean

<sup>2</sup> - Maximum Likelihood

## مواد و روشها

### منطقه مورد مطالعه

منطقه شیون از توابع شهرستان دزفول در شمال استان خوزستان و در جنوب غربی ایران به عنوان منطقه مورد مطالعه این تحقیق انتخاب شد. این منطقه به علت قرار گرفتن به عنوان مرز تفکیک از شرایط ویژه ای برخوردار است. شیون مرز جداکننده دشت خوزستان از رشته کوه های زاگرس در واقع شروع کننده جنگل های زاگرس می باشد (۳). در منطقه شیون قسمتی از عرف محلی لیوس بین طول  $48^{\circ}40'47''$  و  $48^{\circ}45'05''$  و عرض جغرافیایی  $32^{\circ}37'30''$  و  $32^{\circ}43'49''$  و با وسعت تقریبی ۶۰۰۰ هکتار انتخاب گردید. حداکثر ارتفاع موجود از سطح دریا در آن ۱۴۸۰ متر و حداقل ارتفاع آن ۴۶۰ متر است و در سیستم تصویر UTM در زون ۳۹ واقع شده است. پوشش درختی منطقه اکثراً از گونه های بلوط ایرانی (*Quercus brantii* Lind.) به همراه کیکم (*Acer monspessulanum* Pojark Rech.)، بنه (*Pistacia atlantica* Zohary, Rech.)، زالزالک (*Crataegus aronia* Bose.)، بادام (*Amygdalus scoparia* Spach) و کنار (*Ziziphus spina christi*) تشکیل یافته است.

### داده های مورد استفاده

بخشی از یک فریم داده های رقومی سنجنده ETM+ که بر اساس سیستم جهانی WGS84 در گذر ۱۶۶ و ردیف ۳۷ قرار گرفته است تهیه و مورد استفاده قرار گرفت. تاریخ اخذ تصویر سی ام آوریل سال ۲۰۰۱ برابر با دهم اردیبهشت سال ۱۳۸۰ می باشد. عرصه تحقیق در شیت دزفول از نقشه های با مقیاس ۱/۲۵۰۰۰، تهیه شده توسط سازمان نقشه برداری کشور واقع شده است. از این نقشه و لایه های استخراج شده از آن جهت شناسایی و بازدید منطقه، جمع آوری داده های زمینی جهت تهیه واقعیت زمینی و نمونه های تعلیمی و تصحیح هندسی تصویر استفاده شد.

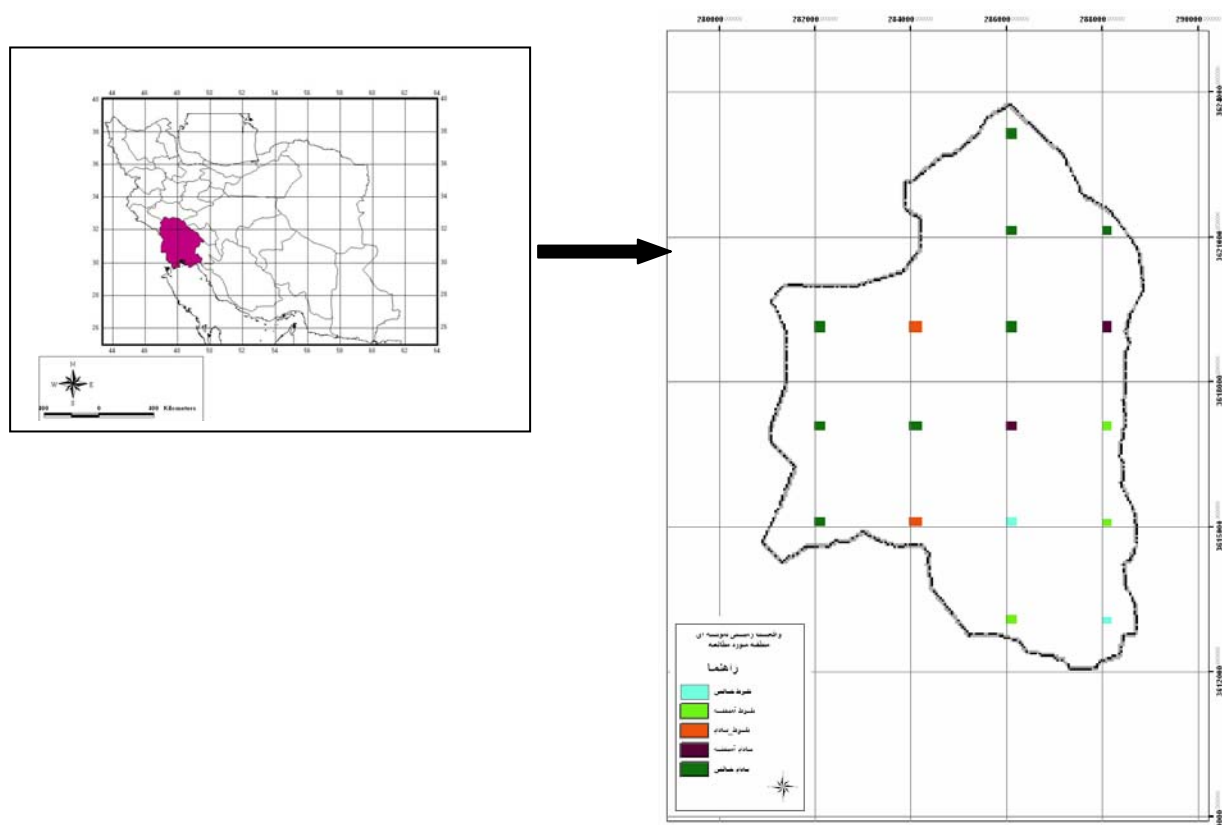
### تصحیح هندسی داده ها

با توجه به ضرورت تصحیح و تطابق هندسی داده های رقومی مورد استفاده با نقشه های مبنای موجود، خطوط مربوط به شبکه آبراهه ها از نقشه رقومی شده موجود استخراج و جهت تصحیح هندسی مورد استفاده قرار گرفت. در این تحقیق روش تصحیح هندسی چند جمله ای که یک روش غیر پارامتری است استفاده شده و تصویر مورد عمل با تعداد ۲۴ نقطه کنترل زمینی و خطای ریشه میانگین مربعات برابر  $0/87$  پیکسل در راستای محور X ها و  $0/61$  پیکسل در راستای محور Y ها مورد تصحیح هندسی قرار گرفته و نسبت به نقشه منطقه زمین مرجع<sup>۱</sup> گردید.

<sup>۱</sup> - Georeference

## تهیه واقعیت زمینی

جهت بررسی صحت طبقه بندی اقدام به تهیه واقعیت زمینی نمونه ای در عرصه تحقیق گردید. بدین منظور از یک شبکه نمونه برداری تصادفی منظم با ابعاد  $2 \times 2$  کیلومتر استفاده شده و تعداد ۱۷ قطعه نمونه ۴ هکتاری مورد پیمایش و اندازه گیری قرار گرفت (۲). به منظور تعیین درصد پوشش جنگلی در هر قطعه نمونه از محاسبه مجموع سطح تاج درختان (با در نظر گرفتن شکل بیضی) و تقسیم بر مساحت قطعه استفاده شد (۴). با توجه به اندازه گیری انجام شده در نهایت ۵ تیپ کلی بلوط خالص، بلوط آمیخته، بادام- بلوط، بادام آمیخته، و بادام خالص به دست آمده و تحت عنوان واقعیت زمینی منطقه مورد استفاده قرار گرفت.



شکل ۱- موقعیت استان خوزستان در نقشه کشور ایران به همراه نمایش قطعات نمونه واقعیت زمینی

## پیش پردازش و طبقه بندی داده ها

در این تحقیق باندهای چند طیفی داده مورد استفاده (با وضوح مکانی ۳۰ متر) با بهره گیری از باند پانکروماتیک موجود در مجموعه داده (با وضوح مکانی ۱۵ متر) تحت ترکیب داده ها قرار گرفته و در نتیجه مجموعه داده جدیدی با وضوح طیفی نظیر داده چند طیفی و وضوح مکانی ۱۵ متر ایجاد گردید. اجرای عملیات ترکیب داده ها منجر به بهبود

چشمگیر در قابلیت تفسیر بصری تصاویر ماهواره ای می‌گردد (۱۵). در این تحقیق از الگوریتم تبدیل براوی<sup>۱</sup> جهت انجام ترکیب استفاده گردید (۱۴). به منظور آشکار سازی بهتر پوشش گیاهی جهت طبقه بندی از محاسبه برخی شاخصهای گیاهی شامل  $VNIR1 = (ETM4 - ETM1) / (ETM4 + ETM1)$ ،  $VNIR2 = (ETM4 - ETM2) / (ETM4 + ETM2)$  و NDVI استفاده شد و شاخصهای به دست آمده به مجموعه داده مورد عمل اضافه شدند (۱). همچنین با اجرای تجزیه مولفه های اصلی<sup>۲</sup> برای باندهای مرئی و مادون قرمز اقدام به فشردن سازی اطلاعات طیفی شد و مولفه های اول که حائز بیشترین واریانس اطلاعات طیفی بودند به مجموعه داده اضافه شدند.

جهت انتخاب نمونه های تعلیمی از مجموعه نقاط ثبت شده توسط سیستم موقعیت یاب جهانی<sup>۳</sup> که در حین برداشتهای میدانی تهیه شده بودند استفاده شد. پس از انتخاب و اصلاح مکان نمونه های تعلیمی اقدام به بررسی تفکیک پذیری طبقات با استفاده از شاخص تفکیک پذیری فاصله باتاچاریا شد. در نتیجه این بررسی طبقات بلوط خالص و بلوط آمیخته و همچنین بادام خالص و بادام آمیخته واجد کمترین تفکیک پذیری تشخیص داده شدند. طبقه بندی داده ها با استفاده از الگوریتم حداکثر احتمال انجام گرفت. این طبقه بندی کننده احتمال تعلق هر پیکسل را به یک طبقه مشخص محاسبه نموده و آن پیکسل را به طبقه واجد بالاترین احتمال اختصاص می دهد (۹). تصویر طبقه بندی شده با داده های حاصل از واقعیت زمینی منطقه مورد مقایسه پیکسل به پیکسل قرار گرفت. نتایج ارزیابی صحت طبقه بندی در قالب ماتریس خطا نشان داده شد و از معیارهای چهار گانه صحت کلی<sup>۴</sup>، شاخص کاپا<sup>۵</sup>، صحت تولید کننده<sup>۶</sup> و صحت کاربر<sup>۷</sup> جهت بیان صحت استفاده شد (۱۱).

$$\text{صحت کلی} = \frac{\text{مجموع پیکسلهای صحیح طبقه بندی شده}}{100 * \text{مجموع کل پیکسلهای طبقه بندی شده}} \quad (1)$$

$$\text{صحت کاربر} = \frac{\text{مجموع پیکسلهای درست طبقه بندی شده در هر رده}}{100 * \text{مجموع پیکسلهای آن رده در طبقه بندی}} \quad (2)$$

1 - Brovey Transformation  
 2- Principal Component Analysis (PCA)  
 3 - Global Positioning System (GPS)  
 4 - Overall Accuracy  
 5 - Kappa Coefficient  
 6 - Producer Accuracy  
 7 - User Accuracy

مجموع پیکسل‌های درست طبقه بندی شده در هر رده

(۳)

۱۰۰٪

صحت تولید کننده =

مجموع پیکسل‌های آن رده در واقعیت زمینی

## نتایج:

همانگونه که ذکر شد پس از انجام طبقه بندی با طبقه بندی کننده حداکثر احتمال، تصویر طبقه بندی شده و واقعیت زمینی منطقه مورد مقایسه و بررسی صحت طبقه بندی قرار گرفتند. نتایج حاصل از این بررسی به همراه مقادیر کمی هر یک از معیارهای بیان صحت در جداول ۱ و ۲ درج شده است. همچنین تصویر طبقه بندی شده پس از اعمال فیلتر<sup>۱</sup> با اندازه پنجره ۳×۳ پیکسل در شکل ۲ نمایش داده شده است.

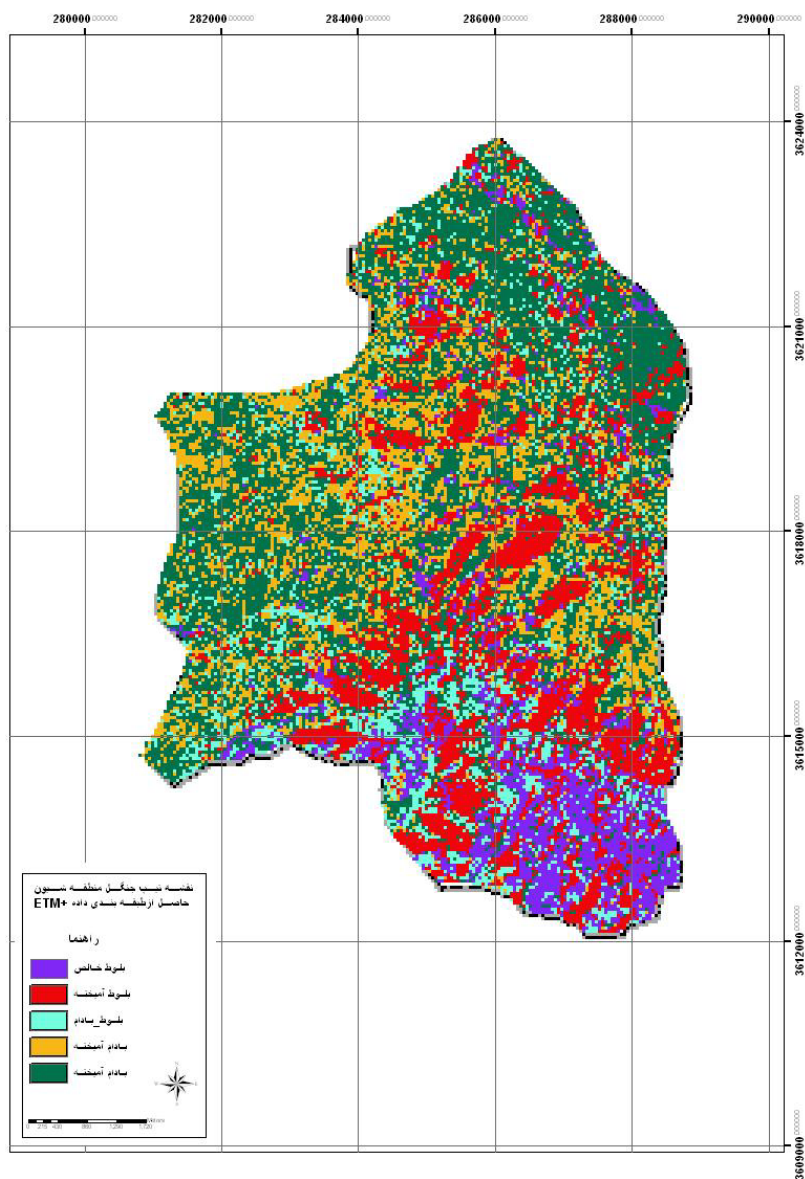
جدول ۱- ماتریس خطای بدست آمده از مقایسه داده طبقه بندی شده و واقعیت زمینی

		داده های زمینی				
		بلوط خالص	بلوط آمیخته	بادام- بلوط	بادام آمیخته	بادام خالص
داده طبقه بندی شده	بلوط خالص	۲۶۶	۶۱	۱۵	۰	۲۹
	بلوط آمیخته	۱۴	۳۲۰	۸۶	۲۲	۱۱۰
	بادام- بلوط	۱۴	۷۰	۲۱۶	۸۲	۱۰۴
	بادام آمیخته	۵	۵۷	۱۶	۱۷۴	۱۶۵
	بادام خالص	۶۳	۴۰	۱۶۵	۴۵۳	۹۴۳
	= صحت کلی	۵۵/۰۳٪				
= شاخص کاپا	۰/۳۸					

جدول ۲- مقادیر کمی معیارهای صحت تولید کننده و صحت کاربر به دست آمده

نام طبقه	صحت تولید کننده %	صحت کاربر %
بلوط خالص	۰/۷۳	۰/۷۱
بلوط آمیخته	۰/۵۸	۰/۵۷
بادام- بلوط	۰/۴۳	۰/۴۴
بادام آمیخته	۰/۲۳	۰/۴۱
بادام خالص	۰/۷۰	۰/۵۶

<sup>۱</sup> - Mode filter



شکل ۲- نقشه حاصل از طبقه بندی داده ETM+ در منطقه مورد مطالعه

## بحث و نتیجه گیری

همانگونه که در مقدمه این تحقیق ذکر گردید، هدف از انجام این پژوهش آزمون امکان بکارگیری داده های ماهواره ای ETM+ جهت تفکیک و تمایز تیپهای عمده پوششی در بخشی از مناطق جنگلی جنوب غرب رشته کوههای زاگرس میباشد. لذا استفاده از حداکثر توان طیفی و مکانی این مجموعه داده با انجام ترکیب داده ها فراهم گردید. ذکر این نکته قابل توجه است که اعمال این روش و روشهای مشابه در بهبود قدرت تفسیر بصری داده ها نقش بسزائی دارد

که از آن میتوان در هنگام تصحیح هندسی داده‌ها بهره‌جست ولی به لحاظ قابلیت تفسیر رقومی تصویر نمیتوان بهبود و امتیاز چندانی نسبت به استفاده از داده‌های اصلی چند طیفی را انتظار داشت (۱۰).

با توجه به مقدار کمی حاصل از معیارهای چهارگانه بیان صحت ملاحظه میشود که کلاسه‌های بلوط خالص و بادام خالص از میزان بالاتری از صحت تولید کننده و صحت کاربر نسبت به طبقات دیگر برخوردارند. شایان ذکر است که هنگام نامگذاری قطعات نمونه زمینی و اختصاص آنها به تیپهای ذکر شده، در صورتی پلاتها به نام تیپ خالص نامیده شدند که درصد غلبه گونه اصلی در آنها از ۹۰٪ به بالا بوده است. در خصوص طبقات بلوط و بادام خالص صحت تولید کننده ۷۳٪ و ۷۰٪ بیان کننده آن است که ۷۳٪ و ۷۰٪ پیکسلهای این طبقات در واقعیت زمینی، درست طبقه بندی شده‌اند. همچنین صحت کاربر ۷۱٪ و ۵۶٪ نشان دهنده درصدی از پیکسلهای این طبقات است که در طبقه بندی بدرستی به این طبقات اختصاص یافته‌اند. همانگونه که دیده میشود کمترین میزان صحت تولید کننده با ۲۳٪ مربوط به طبقه بادام آمیخته است که نشان میدهد تنها ۲۳٪ پیکسلهای این طبقه در داده‌های واقعیت زمینی درست طبقه بندی شده‌اند. این تیپ همچنین پایین ترین میزان صحت کاربر را نیز نشان داد، بدین معنی که ۴۱٪ پیکسلهای این تیپ به درستی طبقه بندی شده‌اند. با توجه به بررسی انجام شده در خصوص تفکیک پذیری طبقات که پیش از انجام طبقه بندی انجام شد، تیپ بادام آمیخته تفکیک پذیری کمی را نسبت به تیپهای دیگر بخصوص بادام خالص نشان داد که علیرغم بازبینی انجام شده در محل نمونه‌های تعلیمی افزایش چندانی نیافت. لذا تشابه طیفی مقدار اعداد رقومی در این تیپ با بقیه را میتوان موجب پایین آمدن مقدار صحت تولید کننده پس از طبقه بندی دانست.

اما در مقام مقایسه در مورد تیپ بلوط آمیخته، این تیپ با نشان دادن تفکیک بالاتر نسبت به تیپ بلوط خالص (عمدتاً به این دلیل که تیپ بلوط خالص تقریباً تنهادر مناطق آفتابگیر شیبهای جنوبی در بخش جنوبی منطقه مستقر شده و تفکیک پذیری مناسبی نسبت به دیگر تیپها از خود نشان میدهد)، میزان بالاتری از صحت تولید کننده و کاربر را نسبت به بادام آمیخته نشان داد. در نهایت میزان صحت کلی ۵۵ درصد نشان دهنده کیفیت متوسط طبقه بندی است ولی اختلاف این میزان با مقدار حاصل از شاخص کاپا (در مقیاس درصد)، نشان دهنده تاثیر پیکسلهایی است که به غلط طبقه بندی شده‌اند. به بیان دیگر تداخل طیفی بین طبقاتی نظیر بادام آمیخته یا بلوط-بادام با سایر طبقات ایجاد کننده میزان نسبتاً پایین شاخص کاپا معادل ۰/۳۸ میباشد. در حقیقت در صورت بیان این میزان در مقیاس درصد میتوان گفت ۳۸ درصد بین نقشه حاصل از طبقه بندی و واقعیت زمینی مربوطه توافق وجود دارد. میزان صحت کلی به دست آمده در این تحقیق نسبت به میزان حاصل از تحقیق سینگ و همکاران (۲۰۰۲) (۸۵ درصد) و وانگ و همکاران (۷۰ درصد) میزان نسبتاً پایینی محسوب میگردد که علت آن را میتوان در وارد سازی برخی اطلاعات مکانی نظیر داده‌های مربوط به شیب، جهت و ارتفاع به عنوان داده‌های کمکی به فرایند طبقه بندی، و نیز انجام تحقیقات فوق در توده‌های مترکم و نسبتاً خالص جنگلی دانست (۱۳ و ۱۴). حال آنکه در تحقیق حاضر که در مناطق نسبتاً کم تراکم جنگلی جنوب غرب کشور انجام شده است، بازتاب حاصل از پدیده‌هایی غیر از پوشش گیاهی (نظیر خاک و بیرون زدگی سنگی) سبب

ایجاد میزانی از اختلاط طیفی با بازتاب حاصل از پوشش گیاهی میگردد که در پایین آمدن مقدار معیارهای بیان صحت طبقه بندی موثر است. این امر توسط محققانی نظیر ساروئی (۱۳۷۸) تأیید شده است (۵).

شایان ذکر است در تحقیقات آتی میتوان با وارد سازی اطلاعات مکانی به پروسه طبقه بندی نسبت به بالا بردن صحت طبقه بندی آزمونی بعمل آورد. همچنین با انجام تحقیقات مشابه با داده های متفاوت از لحاظ قدرت تفکیک مکانی و طیفی میتوان موجبات ایجاد یک بررسی مقایسه ای بمنظور تعیین بهترین داده ها برای ایجا نقشه های تیپ در مناطق مشابه فراهم نمود.

## تشکر و قدردانی

این تحقیق با حمایت سازمان فضائی ایران به انجام رسیده است که بدین وسیله خود را قدردان یاری بی دریغشان میدانیم. همچنین از آقایان امیر اهودی، عباس کمری، محمد رضا حسونند و حجت الله زیار برای کمک در عملیات پیمایش زمینی و جمع آوری داده های صحرایی صمیمانه سپاسگزاری میگردد.

## منابع:

- ۱- ارزانی، حسین. کینگ، گوردون و فرستر، بروس. ۱۳۷۶. کاربرد اطلاعات رقومی ماهواره لندست تی ام در تخمین تولید و پوشش گیاهی، مجله منابع طبیعی ایران، ۵۰-۱، ص: ۲۱-۳.
- ۲- بی نام. ۱۳۸۳. دستور العمل اجرای طرح تهیه نقشه تیپ بندی جنگل های زاگرس، دفتر خارج از شمال، سازمان جنگل ها و مراتع کشور، تهران، ۱۱۱ صفحه.
- ۳- بی نام. ۱۳۸۲. طرح بادام کاری منطقه دشت پلنگان، اداره منابع طبیعی شهرستان دزفول، ۱۱۲ صفحه.
- ۴- زبیری، م. ۱۳۸۱. زیست سنجی جنگل. انتشارات دانشگاه تهران، تهران، ۴۱۱ صفحه.
- ۵- ساروئی، س. ۱۳۷۸. بررسی امکان طبقه بندی جنگل به لحاظ تراکم در جنگلهای زاگرس به کمک داده های ماهواره ای، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران، ۱۲۲ ص.
- ۶- شتایی جویباری، شعبان. ۱۳۸۲. بررسی امکان تهیه نقشه تیپ جنگل با استفاده از داده های ماهواره ای «مطالعه موردی خیرود کنار نوشهر»، رساله دکترای جنگل، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران، ۱۵۵ص.
- ۷- فتاحی، محمد. ۱۳۸۴. روند مدیریت جنگلهای زاگرس، مجله دهاتی، سال سوم، شماره ۲۳: ص ۵۲-۴۲.
- 8- Crouse, J.E., Fule, P.Z. 2002. Spieces sand Canopy Cover Map Development Using Landsat Enhanced Thematic Mapper Imagery for Grand Canyon National Park. "Northern Arizona University". 7pp.
- 9- Jushi, C., De Leeuw, J., Skidmore, A.K., Van Duren, I.C., and Van Oosten, H. 2005. Remotely sensed estimation of forest canopy density: A comparison of the performance of four methods. "International Journal of Applied Earth Observation and Geo information". Article in press, 12p.

10- Latifi, H., Oladi, Dj., Saroei, S., and Jalilvand, H. 2005. An Evaluation of ETM+ Data Capability to Provide "Forest- Shrub land- Range" Map (A Case Study of Neka- Zalemroud Region- Mazandaran). "Proceedings of ISRS 2005", Jeju- South Korea: 403-407.

11- Lillesand, T.M., Kiefer, R.W. 1987. Remote Sensing and Image Interpretation. "John Wiley& Sons". New York. 735 pp.

12- Shao, G., Zhao, S., Shugart, H., Wang, S., Schaller, J. 1996. Forest Cover Types Derived from Landsat Thematic Mapper Imagery for Changbai Mountain Area of China. "Can. J. For. Res". (26): 206-216 pp.

13- Singh, T.P., Singh, S., Roy, P.S., and Rao, B.S.P. 2002. Vegetation mapping and characterization in West Siang District of Arunachal Pradesh, India – a satellite remote sensing-based approach. "Current Science". 83(10), 1221-1230.

14- Wang, G., Halopainen, M., Lakkarienen, E. 1998. Data Fusion of Landsat TM and IRS Images in Forest Classification. "Proceedings of Integrated Tools in Forest Inventory", Idaho, USA. 10 pp.

15- Yijun, C., Husain, Y.A.2003. Object Oriented Classifier for Detection Tropical Deforestation Using Landsat ETM+ in Berau, East Kalimantan, Indonesia. "www.gisdevelopment.net /technology/ip/ma03168.htm".10 p.