



دانشگاه کردستان

اولین همایش ملی منابع طبیعی و توسعه پایدار در زاگرس مرکزی

دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین دانشگاه شهرکرد - ۱۰ و ۱۱ شهریور ۱۳۹۵



تهیه مناسب ترین نقشه تراکم تاج پوشش توده بلوط ایرانی با استفاده داده های LISS III

ماهواره IRS p6 در زاگرس جنوبی

سحر حیدری ناصرآباد^{۱*}، فاطمه نوذری^۱، علیرضا صالحی^۲

^{۱*}- نویسنده مسئول: دانش آموخته کارشناسی ارشد جنگلداری، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه یاسوج.

^۲- دانش آموخته کارشناسی ارشد جنگلداری، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه یاسوج.

^۳- استادیار، گروه جنگلداری دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه یاسوج

(sahar.۱۳۶۹۶۶@gmail.com)

چکیده

در این مطالعه به منظور تهیه نقشه تراکم تاج پوشش در منطقه زاگرس نمونه برداری زمینی با استفاده از روش آماربرداری تصادفی - سیستماتیک انجام شد که پلات های اصلی دایره ای شکل با مساحت ۱۰۰۰ مترمربع و نسبت آماربرداری ۲/۶۶ درصد (نسبت مساحت پلات اصلی به مساحت شبکه ی آماربرداری) در نظر گرفته شد. به منظور انجام طبقه بندی از روش طبقه بندی با چهار طبقه و دو طبقه با الگوریتم حداکثر احتمال و حداقل فاصله (طبقات خیلی تنک (۹-۰)، تنک (۱۰-۲۵)، نیمه انبوه (۵۰-۲۶) و انبوه (۷۵-۵۱)) استفاده گردید و نتایج طبقه بندی با نقشه واقعیت زمینی مورد مقایسه قرار گرفت. نتایج این مطالعه نشان داد که روش طبقه بندی حداکثر احتمال و روش طبقه بندی حداقل فاصله با استفاده از باندهای اصلی تصویر دارای دقت صحت و ضریب کاپا به ترتیب ۸۰٪، ۰/۶۰ و ۰/۷۶٪ و ۰/۵۳ می باشد در صورتی که با استفاده از بهترین ترکیب باندهای دقت صحت و ضریب کاپا با استفاده از روش حداکثر احتمال و روش حداقل فاصله به ترتیب ۰/۹۲٪، ۰/۸۳ و ۰/۸۰٪، ۰/۵۹ می باشد. نتایج کلی نشان داد، صحت و ضریب کاپا در روش طبقه بندی حداکثر احتمال و حداقل فاصله با دو طبقه تاج پوشش نسبت به چهار طبقه تاج پوشش بیشتر می باشد و همچنین در همین روش، روش طبقه بندی حداکثر احتمال نسبت به روش حداقل فاصله دارای ضریب کاپا بیشتر و از صحت کلی بالاتری برخوردار است.

کلیدواژه ها: زاگرس جنوبی، حداکثر احتمال، حداقل فاصله، طبقه بندی حداکثر احتمال و حداقل فاصله



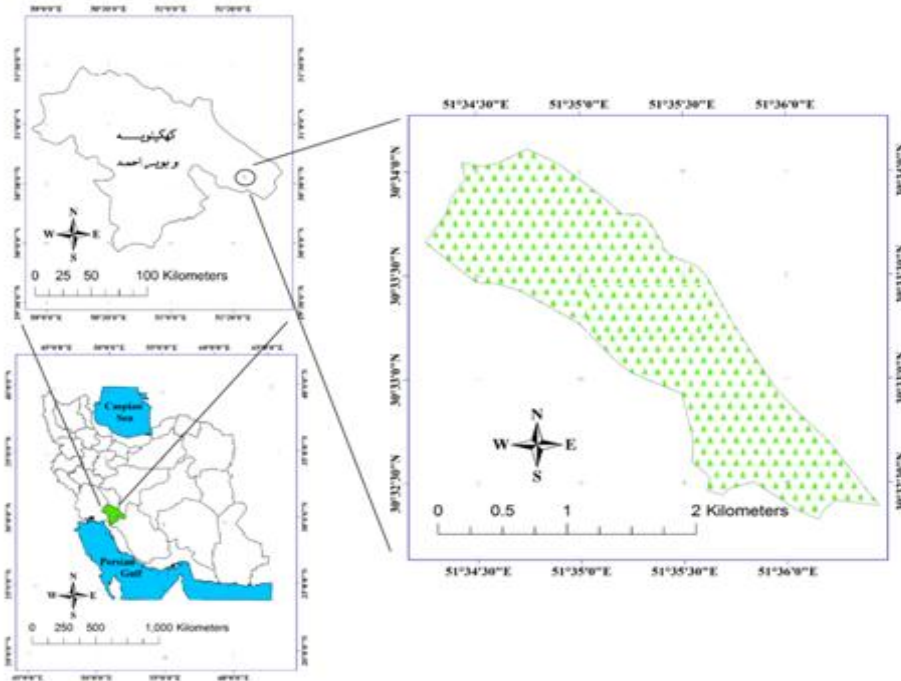
مقدمه

رشته کوه‌های زاگرس جنگل‌های نیمه خشک کشور را در خود جای داده‌اند (زندبصیری و غضنفری، ۱۳۸۹) که وسیع‌ترین جنگل‌های ایران می‌باشند (پیری‌اوقار، ۱۳۹۰). جنگل‌های زاگرس به‌همراه حدود ۶۵٪ از گونه‌های خشکی‌زی (پبله و همکاران، ۱۳۸۹) به صورت نواری بخش غربی کشور را در بر می‌گیرند و داری تنوع گونه‌ای بالایی می‌باشند (میرزایی و همکاران، ۱۳۸۹). به دلیل شرایط خاص جنگل‌های زاگرس از نظر پستی و بلندی استفاده داده‌های ماهواره‌ای جهت طبقه‌بندی تراکمی اهمیت بالایی دارد (پرما و شتایی، ۱۳۸۹). داده‌های ماهواره‌ای منابع زمین به دلیل برخورداری از مزایایی چون هزینه‌ی به‌مراتب پایین، سطح پوشش وسیع، قابلیت تکرار، سهولت پردازش و به‌هنگام بودن داده‌ها می‌تواند نقش مؤثری را در تهیه نقشه تراکم تاج پوشش ایفا کنند (Wen et al. ۲۰۰۲). در زمینه تهیه نقشه تراکم تاج پوشش مطالعات زیادی در ایران و جهان انجام گرفته است پرما و شتایی (۱۳۸۹)، پرما و شتایی (۱۳۸۹) به منظور بررسی امکان تهیه نقشه‌های تنوع و تراکم تاج پوشش جنگل‌های زاگرس از داده‌های سنجنده ETM^+ استفاده کردند. نتایج این مطالعه نشان داد که این سنجنده دارای قابلیت کمی در تهیه نقشه تراکم تاج پوشش و تنوع گونه‌های درختی و درختچه‌ای می‌باشد. بهبهانی و همکاران، (۱۳۸۹) به بررسی امکان استفاده از شاخص‌های پوشش گیاهی با استفاده از داده‌های سنجنده ASTER-L1B به منظور تعیین درصد تاج پوشش تک درختان در مراتع مشجر مناطق خشک پرداختند نتایج این مطالعه نشان داد که بین شاخص‌های پوشش گیاهی و سطح تاج پوشش درختان همبستگی معنی‌داری وجود دارد و همچنین در میان شاخص‌های گیاهی $MSAVI$ و $NDVI$ با ضرایب همبستگی ۰/۶۱ و اشتباه معیار ۵/۵۸ بیشترین همبستگی را با سطح تاج پوشش درختان نشان دادند. درویش‌زاده و همکاران (۲۰۰۶) به بررسی شاخص‌های پوشش گیاهی در داده‌های ابرطیفی به منظور برآورد شاخص سطح برگ پرداختند در این مطالعه شاخص‌های $TSAVI$, PVI , $NDVI$, RVI , $SAVI_2$ مورد بررسی قرار گرفت در این مطالعه به منظور قدرت پیش‌بینی از مدل رگرسیون استفاده شد. نتایج نشان داد که داده‌های ماهواره‌ای ابرطیفی در تعیین کمیت شاخص سطح برگ با دقت بالا بکار روند. همچنین در مطالعاتی که توسط الیسیا و همکاران (۲۰۰۸) انجام گرفت نتایج مشابهی بدست آمده بود.

مواد و روش‌ها

منطقه‌ی مورد مطالعه بخشی از حوزه‌ی آبخیز اطراف سد شاه قاسم شهر یاسوج واقع در طرح جنگلداری پریکدان-مختار، قطعه‌ی ۸۰۳ سامان عرفی پریکدان بوده که از شمال به جاده آسفالتی یاسوج- شیراز و از غرب به مسیر خط انتقال برق فشار قوی و از شرق به مرز قطعه‌ی A ۸۰۲ و از جنوب به ارتفاعات کوه مشرف بر جاده یاسوج- شیراز محدود می‌شود. رودخانه‌ی فصلی پریکدان در این قطعه و در حاشیه‌ی جاده واقع است و در حاشیه‌ی این رودخانه جاده‌ی فرعی و کانال انتقال آب تا سد شاه قاسم امتداد دارد، می‌باشد که با وسعت حدود ۲۰۰ هکتار در جنوب‌شرقی یاسوج و در محدوده‌ی ۳۰

درجه و ۳۲ دقیقه و ۵۸ ثانیه تا ۳۰ درجه و ۳۴ دقیقه و ۲ ثانیه طول شرقی و ۵۱ درجه و ۳۵ دقیقه و ۳۹ ثانیه تا ۵۱ درجه و ۳۴ دقیقه و ۴۳ ثانیه عرض شمالی قرار گرفته است. حداقل ارتفاع منطقه از سطح دریا ۱۹۰۱ متر و حداکثر ۲۲۳۵ متر می‌باشد و از گونه‌های چوبی از جمله بلوط و سایر گونه‌های درختچه‌ای زاگرس جنوبی پوشیده شده است (شکل ۱) (طرح جنگلداری چند منظوره پریکدان- مختار، ۱۳۸۴). در طی دوره‌ی ۱۷ ساله (از ۶۶-۶۵ تا ۸۲-۸۱) میزان متوسط دمای ماهانه منطقه‌ی مورد مطالعه از حداقل ۳/۶ درجه سانتی‌گراد در بهمن ماه تا حداکثر ۲۶/۸ درجه سانتی‌گراد در مرداد ماه در نوسان می‌باشد و متوسط سالانه‌ی برابر ۱۵/۱ درجه سانتی‌گراد دارد.



شکل (۱): نقشه موقعیت منطقه مورد مطالعه در استان کهگیلویه و بویر احمد و ایران

روش نمونه‌برداری

برای جمع‌آوری داده‌ها در این تحقیق از روش آماربرداری تصادفی - سیستماتیک استفاده گردید. با توجه به مساحت در نظر گرفته شده ۱۰۰۰ مترمربع برای پلات‌های اصلی دایره‌ای شکل و نسبت آماربرداری ۲/۶۶ درصد (نسبت مساحت پلات اصلی به مساحت شبکه‌ی آماربرداری)، شبکه‌ای با ابعاد ۱۵۰*۲۵۰ متر (۱۵۰ متر در جهت شیب) در نرم‌افزار ArcGIS طراحی گردید. سپس شبکه‌ی آماربرداری طراحی شده در نرم‌افزار GIS بر روی نقشه منتقل شد و پس از انتقال به دستگاه GPS محل مرکز قطعات نمونه در طبیعت مشخص شدند، در نهایت تعداد ۷۰ قطعه نمونه (۵۵ قطعه نمونه اصلی و ۱۵ قطعه نمونه شاهد) برداشت گردیدند. شکل دایره‌ای قطعات اصلی به دلیل حداقل بودن نسبت محیط به مساحت و سهولت در پیدا کردن آن‌ها در طبیعت به صورت دایره در نظر گرفته شد.



پیش پردازش تصاویر ماهواره‌ای

در این مطالعه از تصاویر سنجنده‌ی LISSIII ماهواره‌ای IRS-P₆ مربوط به ۲۷ می ۲۰۰۸ استفاده گردید. در پژوهش حاضر قبل از استفاده از داده‌های ماهواره‌ای ابتدا تصحیح هندسی بر روی این تصاویر انجام گرفت. به منظور تصحیح هندسی ابتدا باندهای سنجنده LISSIII بر اساس تصویر ارتوفوتوی منطقه مربوط به سال ۱۳۴۴ ماسک گردید و پس از ترکیب، باندها بر اساس تصویر ارتوفوتوی منطقه با دقت (RMS) ۰/۳۳ مورد تصحیح قرار گرفت.

محاسبه شاخص‌های گیاهی

شاخص‌های گیاه تبدیل‌های فنی هستند که بر اساس باندهای مختلف سنجنده‌ها تعریف شده و برای ارزیابی و بررسی گیاهان در تصویربرداری ماهواره‌ای چند طیفی طراحی شده‌اند (کبیری، ۱۳۸۰). بیشترین باندهایی که در محاسبه شاخص‌های گیاهی مورد استفاده قرار می‌گیرند، در محدوده قرمز و مادون قرمز نزدیک هستند، دلیل این موضوع جذب نور قرمز توسط رنگدانه‌های موجود در کلروفیل گیاهان است که باعث می‌شود گیاهان انعکاس کمتری در باند قرمز و انعکاس شدیدتری در باند مادون قرمز نزدیک داشته باشند (هادیان و همکاران، ۱۳۹۰). شاخص‌های محاسبه شده در این مطالعه شامل جدول زیر می‌باشد.

شاخص	فرمول	مرجع
NDVI	$\frac{NIR - RED}{NIR + RED}$	Rouse و همکاران ۱۹۹۶
CTVI	$\frac{NDVI + 0.5}{ABS(NDVI + 0.5)} + \sqrt{ABS(NDVI + 0.5)}$	Eastman، ۱۹۹۵
RVI	$\frac{RED}{NIR}$	Mather، ۱۹۹۹
NRVI	$\frac{RVI - 1}{RVI + 1}$	Eastman، ۱۹۹۵
SAVI	$\frac{(1 + L)(NIR - RED)}{NIR + RED + L}$	Huete، ۱۹۸۸
MSAVI ^۲	$NIR + 0.5 - \sqrt{(NIR + 0.5)^2 - 2(NIR - RED)}$	Qi و همکاران، ۱۹۹۴



دانشگاه شهید بهشتی

اولین همایش ملی منابع طبیعی و توسعه پایدار در زاکرس مرکزی

دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین دانشگاه شهید بهشتی - ۱۰ و ۱۱ شهریور ۱۳۹۵



طبقه‌بندی

به منظور تعیین نمونه‌های تعلیمی در فرایند طبقه‌بندی ابتدا براساس نقاط برداشت شده در نمونه‌برداری زمینی تاج درختان در طبقات تراکمی، خیلی تنک (۰-۹)، تنک (۱۰-۲۵)، نیمه‌انبوه (۲۶-۵۰) و انبوه (۵۱-۷۵) (پرما و شتابی، ۱۳۸۹) مورد طبقه‌بندی قرار گرفت. طبقه‌بندی با چهار طبقه و دو طبقه با الگوریتم حداکثر احتمال و حداقل فاصله انجام گرفت و نتایج طبقه‌بندی با نقشه واقعیت زمینی مورد مقایسه قرار گرفت.

نتایج

پس از انجام تصحیح هندسی با قرار دادن تصویر ارتوفوتوی مربوط به سال ۱۳۴۴ منطقه بر روی تصویر ماهواره‌ای از صحت تصحیح هندسی اطمینان حاصل شد. سپس با استفاده از روش OIF بهترین ترکیب باندی اصلی مربوط به ماهواره IRS P₆ به دست آمد. در این مطالعه به منظور کاهش اثرات حاصل از خاک و بیرون زدگی‌های سنگی شاخص‌های RVI، MSAVI₂ و SAVI تهیه گردید. بهترین نتایج طبقه‌بندی با استفاده از الگوریتم حداقل اطمینان و سطح اطمینان ۹۵٪ برای باندهای مصنوعی و بهترین ترکیب OIF برای باندهای اصلی از ترکیب باندهای ۳، ۲، ۱ و NDVI بدست آمد و سپس طبقه‌بندی بر روی آن با دور روش الگوریتم حداکثر و حداقل فاصله انجام گرفت، همچنین طبقه‌بندی بر روی ترکیب باندهای اصلی نیز با دور روش الگوریتم حداکثر و حداقل فاصله انجام گرفت و دقت و صحت و ضریب کاپای دو الگوریتم در جدول (۲) آورده شده است.



جدول (۲): جدول مقایسه طبقه‌بندی با چهار طبقه به دو روش حداقل فاصله و حداکثر احتمال بین باندهای اصلی و ترکیب باندی منتخب

الگوریتم حداقل فاصله		الگوریتم حداکثر احتمال		طبقه‌بندی با چهار طبقه	
دقت و صحت	ضریب کاپا	دقت و صحت	ضریب کاپا		
٪ ۵۰	۰٫۳۳	٪ ۷۵	۰٫۵۶		
باندهای اصلی					
٪ ۷۵	۰٫۶۴	٪ ۴۰	۰٫۲۰	ترکیب باند ۱، ۲، ۳ و شاخص NDVI	

جدول (۳): جدول مقایسه طبقه‌بندی با دو طبقه به دو روش حداقل فاصله و حداکثر احتمال بین باندهای اصلی و ترکیب باندی منتخب

الگوریتم حداقل فاصله		الگوریتم حداکثر احتمال		طبقه‌بندی با دو طبقه	
دقت و صحت	ضریب کاپا	دقت و صحت	ضریب کاپا		
٪ ۷۶	۰٫۵۳	٪ ۸۰	۰٫۶۰		
باندهای اصلی					
٪ ۸۰	۰٫۵۹	٪ ۹۲	۰٫۸۳	ترکیب باند ۱، ۲، ۳ و شاخص NDVI	

تهیه نقشه تاج پوشش

پس از تهیه باندهای مصنوعی نتایج همبستگی میان باندها و نمونه‌های زمینی نشان داد که شاخص‌های NDVI، SAVI، CTVI، MSAVI^۲، در سطح خطای ۰٫۰۱ همبستگی معنی‌دار ۰٫۵۱۰ داشتند و شاخص‌های NRVI و RVI رابطه منفی با درصد تاج پوشش دارند. به منظور انجام طبقه‌بندی از ترکیب شاخص NDVI با باندهای ۱، ۲، ۳ استفاده شد.

محاسبه ضریب صحت کلی و ضریب کاپا

در این مطالعه نتایج همبستگی بین درصد تاج پوشش برداشت شده در نمونه‌برداری زمینی و نتایج حاصل از تهیه شاخص‌ها نشان داد که شاخص‌های NDVI، MSAVI^۲، CTVI، SAVI، در سطح خطای ۰٫۰۱ همبستگی معنی‌دار ۰٫۵۱۰ داشتند رابطه معنی‌داری با درصد تاج پوشش دارند و به همین منظور در نهایت به منظور محاسبه ضریب صحت کلی و ضریب صحت کاربر از روابط زیر استفاده شد.

$$OA = \frac{1}{N} \sum P_{ii}$$

در این رابطه، OA دقت کلی، N تعداد پیکسل‌های آزمایشی، $\sum P_{ii}$ جمع عناصر قطر اصلی ماتریس خطا، و ضریب کاپا از رابطه زیر باشد.

$$Kppa = \frac{P.-P_C}{1-P_C} \times 100$$

که در اینجا P. درستی مشاهده شده، P_C توافق مورد انتظار می‌باشد، محاسبه می‌گردد.

بحث

داده های ماهواره ای به دلیل داشتن خطاهای هندسی و رادیومتریک پیش از ارائه به کاربران در سطوح مختلف تصحیح می شوند، با این وجود باز هم امکان باقی ماندن برخی از خطاهای اولیه وجود دارد، به همین دلیل قبل از استفاده از این تصاویر باید مورد بازبینی قرار گیرند (شتایی، ۱۳۸۲). از آنجا که منطقه مورد مطالعه در ناحیه زاگرس جنوبی که یک منطقه کوهستانی می‌باشد، واقع شده است. گونه غالب تشکیل دهنده منطقه مورد مطالعه بلوط ایرانی بوده که از نظر تاج پوشش انبوه نبوده و فاصله بین درختان زیاد می‌باشد. در این مطالعه به منظور برآورد قابلیت سنجنده LISSIII در تهیه نقشه تراکم تاج پوشش از دو روش طبقه بندی حداکثر احتمال و حداقل فاصله استفاده شد. که در مطالعات انجام گرفته توسط (پرما و شتایی، ۱۳۹۲ و لطیفی و همکاران، ۲۰۰۷) روش حداکثر احتمال به عنوان بهترین روش طبقه بندی تاج پوشش معرفی شده است. مقایسه نتایج به دست آمده از روش طبقه بندی حداکثر احتمال و حداقل فاصله با چهار طبقه تاج پوشش نشان داد که طبقه بندی حداکثر احتمال با استفاده از باندهای اصلی تصویر از دقت صحت و ضریب کاپا بیشتری برخوردار است، که با نتایج پرما و شتایی، ۱۳۹۲ همخوانی داشته است. در صورتی که استفاده از بهترین ترکیب باندی نتایج طبقه بندی را عکس فوق نشان داد. به دلیل پایین بودن تراکم تاج پوشش، طبقه بندی تاج از چهار طبقه به دو طبقه کاهش داده شد که نتایج نشان داد که روش طبقه بندی حداکثر احتمال با استفاده از باندهای اصلی تصویر دارای دقت صحت و ضریب کاپا ۸۰٪ و ۶۰٪ و روش طبقه بندی حداقل فاصله به ترتیب ۷۶٪ و ۵۳٪ می‌باشد در صورتی که با استفاده از بهترین ترکیب باندی دقت صحت و ضریب کاپا با استفاده از روش حداکثر احتمال و روش حداقل فاصله به ترتیب ۹۲٪، ۸۳٪ و ۸۰٪، ۵۹٪ می‌باشد. نتایج کلی نشان داد که صحت و ضریب کاپا در روش طبقه بندی حداکثر احتمال و حداقل فاصله با دو طبقه تاج پوشش نسبت به چهار طبقه تاج پوشش بیشتر می‌باشد و همچنین در همین روش، روش طبقه بندی حداکثر احتمال نسبت به روش حداقل فاصله دارای ضریب کاپا و صحت کلی بیشتری برخوردار است (پرما و شتایی، ۱۳۹۲).

منابع:

- ۱- پیریاقار، مهتاب. ۱۳۹۰. ارزیابی امکان برآورد برخی مشخصه های کمی جنگل های زاگرس با استفاده از تصاویر ماهواره IRS P6. مجله جنگل ایران انجمن جنگلبانی ایران. سال سوم. شماره ۴. صفحه ۲۷۷-۲۸۹.
- ۲- هادیان، ف.، ر. جعفری، ح. بشری، س. سلطانی. ۱۳۹۰. بررسی گروه های مختلف شاخص های گیاهی سنجش از دور در مطالعه تپ های مرتعی (مطالعه موردی: سمیرم، اصفهان). مجله علمی پژوهشی مرتع، ۵ (۴): ۴۲۹-۴۲۰.



۲- پيله ور، بابک، ويس کرمی، غلامحسن، طاهري آبکنار، کامبیز، سوسنی، جواد، اکبری، حسن. ۱۳۸۹. تعیین اولویت حفاظتی تیپ‌های مختلف پوشش گیاهی در مناطق خارج از ذخیره‌گاه‌های جنگل‌های زاگرس بر حسب میزان مشارکت آن‌ها در تنوع زیستی. مجله جنگل ایران بهار. ۸۱-۹۱: (۱): ۲.

۳- پرما، روح‌الله، شتایی، شهرام. ۱۳۸۹. بررسی امکان تهیه نقشه‌های تنوع و تراکم تاج‌پوشش جنگل‌های زاگرس با استفاده از تصاویر سنجنده ETM (مطالعه موردی جنگل‌های قلاجه استان کرمانشاه). مجله جنگل ایران. ۲۴۲-۲۳۱: (۳): ۲.

۳- میرزایی، ج، اکبری نیا، م، حسینی، م، طبری، جلالی، غ، مقایسه تراکم زادآوری طبیعی گونه‌های چوبی در رابطه با عوامل فیزیوگرافی و خاک در جنگل‌های زاگرس (مطالعه موردی: منطقه حفاظت شده ارغوان در شمال ایلام)، پژوهش‌سازندگی در منابع طبیعی، شماره ۷۷، زمستان ۱۳۸۶

۴- بهبهانی، نسرین، فلاح شمسی، ر، فرزادمهر، ج، عرفانی فرد، ی، رضانی گسک، م. ۱۳۸۹. استفاده از شاخص‌های پوشش گیاهی تصاویر ASTER-L1B در برآورد سطح تاج‌پوشش تک درختان مراتع مشجر مناطق خشک. مطالعه موردی: تک احمد شاهی - خراسان جنوبی. مجله علمی-پژوهشی مرتع. ۱۰۳-۹۳: (۴): ۱.

۵- درویش زاده، روشنک، متکان، اکبر، اسکندری، ناصر، ۲۰۰۶. ارزیابی شاخص‌های طیفی استخراج شده از تصاویر ALOSE-AVNER^۲ به منظور تخمین میزان بایومس محصول برنج، چشم‌انداز جغرافیایی (مطالعات انسانی): ۷۳-۶۱: (۱۴): ۶.

۵- شتایی، شعبان. ۱۳۸۲. بررسی امکان تهیه نقشه تیپ‌های جنگل با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای. رساله دکتری. دانشگاه تهران. ۱۵۵ ص.

۶- سارویی، س. ۱۳۷۸. بررسی امکان طبقه‌بندی جنگل به لحاظ تراکم در جنگل‌های زاگرس به کمک داده‌های ماهواره‌ای. پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه تهران. ۱۱۵ صفحه.

۷- لطیفی، ه، اولادی، ج، ساروئی، س، ح، جلیوند. ۱۳۸۶. ارزیابی قابلیت ماهواره ETM جهت تهیه نقشه طبقات پوششی اراضی جنگلی، درختچه‌ای و مرتعی (مطالعه موردی: حوزه نکا-ظالم رود- مازندران). مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی ۴۷۷-۴۳۹-۱۱- کبیری، ک.، ۱۳۸۰. بررسی اثر خشکسالی بر پوشش گیاهی ایران در دهه ۹۰ میلادی با استفاده از تصاویر ماهواره NOAA، پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی، ۱۰۰ص.

۸- Alicia, M., Griffin, R., Sorin C. & Popescu, Kaiguang Zhao. ۲۰۰۸. Using LIDAR and Normalized Difference Vegetation Index to remotely determine LAI and percent canopy cover, SilviLaser, Sept. ۱۷-۱۹.

۹- Wen, J., Lowry, P.P., Warlock, J.L. & Yoo, K. ۲۰۰۲. Phylogenetic and biogeographic diversification in osmorhiza (Apiaceae), Annals of the Missouri Botanical Garden. ۸۹: ۴۱۴-۴۲۸.