کاربرد داده‌های ماهواره‌ای تی . ام. (TM) در برآورد تولید مرتع (مطالعه موردی زیر حوضه سفیدآب، سد لار)

کریم سلیمانی[۱]، رضا تمرتاش[۱]، فاطمه علوی[۱] و صدیقه لطفی[۲]

چکیده

داده‌های ماهواره‌ای به منظور گسترش و مدیریت منابع مرتعی همواره قادر است در تأمین اطلاعات لازم در جنبه‌های مختلف جوامع گیاهی من‌جمله بیوماس نقش مهمی را ایفا نماید. منطقه مورد مطالعه در زیر حوضه سفیدآب، از حوضه آبخیز سد لار، قسمت مرکزی رشته‌کوه‌های البرز در شمال کشور با اقلیم نیمه مرطوب معتدل واقع شده است. به منظور بررسی قابلیت داده‌های ماهواره‌ای در برآورد تولید از داده‌های سنجنده TM باتوجه به تعدد باندها دراین سنجنده که امکان محاسبه شاخص‌های بیشتری را فراهم می‌ساخت، استفاده گردید. در این تحقیق داده‌های میدانی باروش نمونه‌برداری تصادفی – سیستماتیک متعلق به ۲۰ واحد نمونه‌برداری در ۲۰۰ پلات جمع‌آوری گردید. برای تشخیص مختصات جغرافیایی واحدهای نمونه‌برداری و پیکسل‌های مربوط در داده‌های رقومی از دستگاه تعیین موقعیت همراه با Benchmarc نزدیک به منطقه استفاده شد. برای محاسبه شاخص‌های گیاهی و برای این‌که تعین محل نمونه برداری بر روی پیکسل‌های مربوطه در روی تصویر ماهواره‌ای به درستی و با خطای کمتری انجام شود، میانگین رقومی ۹ پیکسل مربوط به واحدهای نمونه‌برداری از تصاویر تصحیح شده استخراج گردید. سپس هم‌بستگی بین داده‌های زمینی و شاخص‌های گیاهی حاصل از ترکیب باندهای مختلف ارزیابی و پس از آن، شاخص‌های گیاهی مناسب تشخیص داده شدند. در نهایت محاسبات و بررسی‌های آماری برای معرفی مدل مناسب ارائه گردید که پس از آزمایش مدل‌ها نتایج به دست آمده حاکی از آن است که بین شاخص‌های گیاهی مناسب و داده‌های میدانی هم‌بستگی قابل ملاحظه‌ای وجود دارد. بنابراین امکان تخمین دقیق تولید مراتع از طریق استفاده از اطلاعات لندست تی ام به همراه نقاط کنترل زمینی وجود دارد.

واژه‌های کلیدی: لندست تی ام، تولید، شاخص‌های گیاهی مرتع، سفیدآب (سدلار)

مقدمه

آگاهی از تولید در تعیین ظرفیت مراتع یکی از ضروری ترین اطلاعات مورد نیاز می‌باشد. اندازه‌گیری تولید که یکی از موارد قابل اندازه‌گیری در مطالعات پوشش است از اوایل قرن بیستم آغاز شده است. در ارزیابی و اندازه‌گیری مرتع عموماً زمان محدود و محدودیت کارشناسی نیز وجود دارد لذا روشی که انتخاب می‌شود ضمن این‌که باید سریع باشد باید از دقت کافی نیز برخوردار باشد به‌خصوص موقعی که هدف از اندازه‌گیری

۱. به ترتیب استادیار، مربی و دانشجوی سابق کارشناسی ارشد مرتع و آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه مازندران، ساری
۲. استادیار جغرافیا، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه مازندران، بابلسر

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-09]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1386.11.40.34.9]

تولید استفاده از داده‌ها جهت تخمین ظرفیت مرتع باشد هم‌چنین روش باید قادر به نشان دادن تغییرات در طول زمان و قابل استفاده در شرایط مختلف مرتع باشد (۵). به کارگیری تکنیک سنجش از دور در توسعه و مدیریت منابع مرتعی در سی سال اخیر در سرتاسر دنیا رواج یافته است و اطلاعات ماهواره‌ای به منظور توسعه و گسترش مدیریت در مراتع جهان به‌کار گرفته شده و ماهواره همواره قادراست در تأمین اطلاعات لازم در جنبه‌های مختلف جوامع گیاهی نقش مهمی را ایفا نماید (۳). سنجنده تی ام دارای ۷ باند است که ۳ باند در محدوده طیف مرئی، یک باند در محدوده مادون قرمز نزدیک و ۲ باند در محدوده مادون قرمز میانی می‌باشد. باند ۶ تی ام باند حرارتی است. به دلیل این‌که تعداد باندها در سنجنده تی ام زیاد و امکان ترکیب باندها جهت تهیه شاخص‌های گیاهی در آن وسیعتر است از این سنجنده استفاده شد. داده‌های خام دریافت شده از سنجنده معمولاً دارای خطاهای رادیومتریک یا خطاهای خطی متغیر، خطاهای جوی و خطاهای هندسی می‌باشند که می‌باید تصحیحات لازم بر روی آنها صورت گیرد. درخصوص سوابق تحقیقاتی انجام شده لازم است ذکرشود که شاخص‌های گیاهی که از ترکیب باندهای مختلف سنجنده‌ها حاصل می‌شوند اساس کار مطالعاتی قرار گرفته است. بنا برعقیده جکسون و همکاران شاخص گیاهی ایده‌آل شاخصی است که به پوشش گیاهی حساس و به خاک لخت غیر حساس باشد و کمتر تحت تأثیر عوامل جوی قرار گیرد (۱۶). بوتن و تایزن نیز معتقدند که تکنیک‌های انعکاس طیفی در جایی که مجموع پوشش گیاهی زنده از ۳۰٪ تجاوز می‌کند، می‌تواند برآورد قابل اعتمادی را از بیوماس گیاه در اکوسیستم‌های گراسلند داشته باشد (۱۱). اسمیت و همکاران محدودیت برآورد کمی پوشش با استفاده از خصوصیات بازتاب گیاهان در طیف مرئی مادون قرمز نزدیک وقتی میزان پوشش گیاهی کمتر از ۴۰٪ باشد گزارش دادند (۲۲). تا به‌حال کارهای تحقیقاتی زیادی با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای در زمینه طبقه‌بندی پوشش گیاهی و تهیه نقشه پوشش گیاهی انجام شده است که از میان آنها می‌توان به باشام و همکاران (۱۰)، ماکسول (۱۷)، فالوینگ (۱۴)، سایلور و همکاران (۱۹)، زیوان (۲۶)، مختاری (۸) و سپهری (۴) اشاره نمود. ولی در زمینه برآورد بیوماس در مقایسه به سایر زمینه‌های مرتع مطالعات اندکی صورت گرفته است. مطالعات انجام شده توسط ویلیامسون و الدریج (۲۵)، آندرسون و همکاران (۹)، تود و همکاران (۲۳)، ارزانی و همکاران (۱)، بیانگر رابطه معنی‌دار بین شاخص‌های گیاهی و مقادیر بیوماس می‌باشد. نتایج مختلف نشان می‌دهد که استفاده از سنجش از دور در مدیریت مرتع بر ارتباط بین تولید و پوشش با عوارض زمینی پرداخته و نتیجه گرفته می‌شود که اطلاعات جغرافیایی و سنجش از دور می‌تواند به عنوان ابزار مناسبی در خدمت مدیریت مرتع باشد.

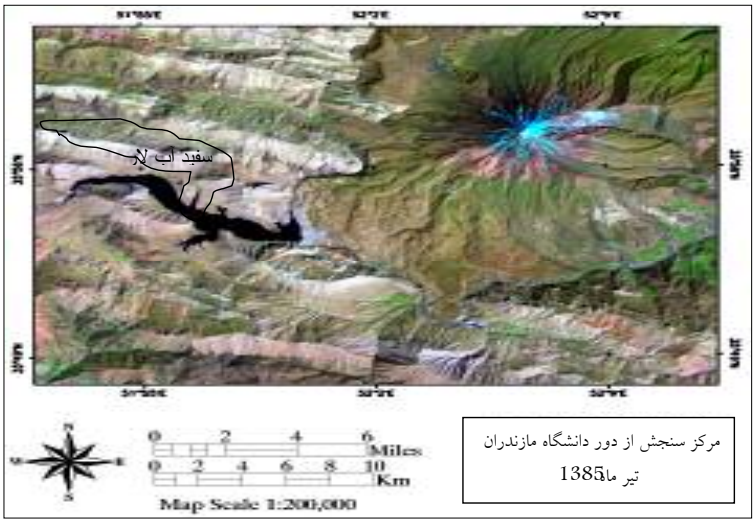
مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه زیر حوضه سفیدآب از حوضه آبخیز سد لار و در قسمت مرکزی رشته کوه‌های البرز در شمال کشور واقع شده که با مساحتی معادل ۵۴ کیلومتر مربع و با مختصات جغرافیایی ۵۱ درجه و ۵۰ دقیقه تا ۵۲ درجه طول شرقی و ۳۵ درجه و ۵۵ دقیقه تا ۳۶ درجه عرض شمالی از شمال به کوه دیو آسیاب، از جنوب به دریاچه سد لار، از شرق به کوه‌های آرو و زرشکی و از غرب به کوه نمک کوه‌سر محدود می‌شود (شکل ۱ و ۲). حداکثر ارتفاع آن بر اساس نقشه توپوگرافی ۵۰۰۰۰: ۱، ۳۸۸۰ متر و حداقل ارتفاع آن ۲۵۰۰ متر از سطح اساس دریا می‌باشد. با توجه به ویژگی‌های توپوگرافی و مجاورت آن با دریای خزر و تأثیرپذیری از توده‌های هوایی شمال غربی و شمال شرقی دارای بارندگی قابل توجهی در فصول مختلف سال است. متوسط بارندگی حوضه حدود ۵۴۳/۷ میلی‌متر در سال و میانگین درجه حرارت سالیانه ۱۰/۶ درجه سانتی‌گراد می‌باشد و اقلیم منطقه با روش آمبرژه نیمه مرطوب معتدل است.

روش پژوهش در این مطالعه شامل چهار مرحله و به شرح زیر می‌باشد:

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-09]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1386.11.40.34.9]



شکل ۱. منطقه مورد مطالعه روی تصویر لندست TM-b742 در حوضه سد لار



شکل ۲. نمایی از پایین دست حوضه سفید آب (۸۵/۴/۲)

الف) به‌کار گیری داده‌های ماهواره‌ای

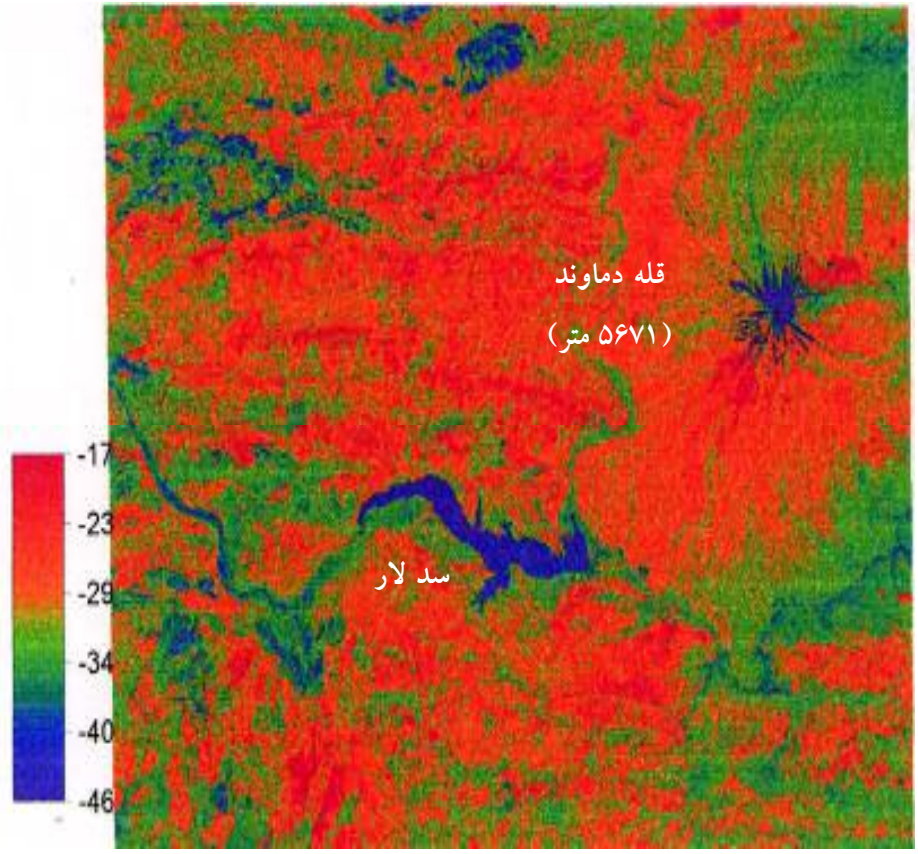
داده‌های رقومی سنجنده تی ام لندست ۵ با استفاده از طول و عرض جغرافیایی منطقه مربوط به ۱۸ ژوئن (۲۹ خرداد) ۱۹۹۸ از سازمان سنجش از دور ایران خریداری و مورد استفاده قرار گرفت. برای تصحیح هندسی، از نقاط کنترل زمینی (GCP) استفاده شد که از ۱۴ نقطه انتخاب شده بر روی نقشه و تصویر ماهواره‌ای ۴ نقطه که دارای خطای زیاد بودند، حذف شدند و از ۱۰ نقطه برای بازنویسی تصویر استفاده شد که بعد از آن، داده‌ها با استفاده از نقشه‌های توپوگرافی ۵۰۰۰۰ : ۱ با روش نزدیک‌ترین همسایه و با خطای RMS ۰/۷ تصحیح هندسی گردیدند (شکل ۳). به علت آن‌که تصاویر دریافت شده از مرکز سنجش از دور بسیار بزرگ‌تر از منطقه مورد مطالعه بود، پس از رقومی کردن مرز حوضه مورد مطالعه و وارد کردن آن به صورت فایل رستری در محیط ادریسی، این فایل در هر یک از باندهای سنجنده TM ضرب گردید تا محدوده منطقه مورد مطالعه در تصویر به دست آید.

ب) روش برداشت میدانی

با توجه به تاریخ برداشت داده‌های ماهواره‌ای مورد استفاده در این مطالعه که مربوط به ۲۹ خرداد ۱۳۷۷ می‌باشد لذا برای رعایت هم‌زمانی دو روش در اواخر خرداد و اوایل تیرماه ۱۳۸۰

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-09]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1386.11.40.34.9]



شکل ۳ . تصویر ماهواره‌ای تصحیح شده (محدوده ۱۷ تا ۲۹= بدون پوشش گیاهی، ۳۴= پوشش مرتعی، ۴۰- برف و ۴۶- آب).

عملیات برداشت میدانی در سطحی معادل ۵۴۰۰ هکتار انجام گرفت. برای انجام این کار ابتدا تمام منطقه مورد بازدید و ارزیابی کلی قرار گرفت. لازم به‌ذکر است که در زمان عملیات منطقه مورد مطالعه به‌صورت قرق بوده و در طی بازدیدها پوشش گیاهی یک‌نواخت در سطحی که اختلاف مهمی در ترکیب فلورستیک – فیزیونومیک و خصوصیات ظاهری خاک در قسمت‌های مختلف آن دیده نمی‌شد با استفاده از نقشه‌های پایه پوشش و تفسیر عکس‌های هوایی منطقه به عنوان تیپ پوشش گیاهی مستقل و یک‌نواخت در نظر گرفته شد. تغییرات ارتفاع، آب و هوا، تنوع عوامل خاک‌شناسی و زمین شناسی، جهت شیب‌ها و غیره همگی موجب تنوع تیپ‌های گیاهی در منطقه می‌باشد. تأثیر چرای مفرط در بعضی مناطق تا حدودی عوامل فیزیکی را تحت الشعاع قرار داده و موجب تغییر ترکیب اصلی تیپ‌ها با توجه به عوامل اکولوژیکی گردیده است. به طور مختصر تیپ‌هایی که در منطقه ملاحظه شدند عبارت‌اند از: تیپ بوته‌ای تنک، تیپ گراس، تیپ گراس- پهن برگ، تیپ بوته- گراس، تیپ بوته، تیپ بوته- پهن برگ. با توجه به مساحت و محاسبه حداقل تعداد نمونه لازم در منطقه، ۲۰ واحد نمونه‌برداری کافی تشخیص داده شد. واحدهای نمونه‌برداری در محل‌هایی که پوشش گیاهی یکسانی داشتند (توده) و معرف جامعه مربوطه بودند مستقر گردیدند. با توجه به ابعاد پیکسل در سنجنده تی ام (۳۰× ۳۰) ابعاد واحدهای نمونه‌برداری (۹۰×۹۰) متر ۹ پیکسل تعین شد. با استفاده از دستگاه مکانیاب (GPS) طول و عرض جغرافیایی واحدهای نمونه‌برداری به سیستم مختصات ثبت گردید (برای کاهش خطای GPS از Benchmarc نزدیک به محل که با دقیق‌ترین روش‌های موجود مختصات آن مشخص شده و به عنوان مبنا در امر برداشت مختصات مورد استفاده قرار می‌گیرد، استفاده شد تا ضریب

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-09]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1386.11.40.34.9]

جدول ۱. فرمول شاخص‌های مورد استفاده (۱،۳،۷)

نام شاخص	فرمول شاخص
IR1 (Infrared index)	(TM4 - TM5) / (TM4 + TM5)
IR2 (Infrared index)	(TM4 - TM7) / (TM4 + TM7)
MINI	(TM7 - TM4) / (TM7 + TM4)
MIR (Mir-IR-index)	TM5 / TM7
MIRV1	(TM7 - TM3) / (TM7 + TM3)
MIRV2	(TM5 - TM3) / (TM5 + TM3)
MND (Modified normalized difference)	(TM4 - (1.2 TM3) / (TM4 + TM3)
MSI (Moisture stress index)	TM5 / TM4
NDVI (Normalised difference veg. ind.)	(TM4 - TM3) / (TM4 + TM3)
NIR (Near- Infrare/ red ratio)	TM4 / TM3
PD311	TM3 – TM1
PD312	(TM3 - TM1) / (TM3 + TM1)
PD321	TM3 – TM2
PD322	(TM3 - TM2) / (TM3 + TM2)
RA (Reflectance absorbtion index)	TM4 / (TM3 + TM5)
TVI (Transform veg. index)	$\sqrt{}$ (TM4 - TM3) / (TM4 + TM3) + 0.5
VNIR1 (Near infrared)	(TM4 - TM1) / (TM4 + TM1)
VNIR2 (Near infrared)	(TM4 - TM2) / (TM4 + TM2)

تصحیحی برای GPS به دست آید (۷). پس از آن به شعاع حدوداً ۲۵ تا ۳۰ متر بر روی محیط دایره فرضی با مرکزیت GPS (۹ پیکسل) به استقرار ۱۰ پلات یک متر مربعی به صورت تصادفی اقدام گردید که تعداد پلات‌های استقرار یافته در منطقه با توجه به تعداد واحدهای نمونه‌برداری برابر با ۲۰۰ پلات می‌باشد (۷).

برآورد تولید منطقه در قالب روش نمونه‌برداری مضاعف انجام شد به این صورت که در ۱۲ واحد نمونه‌برداری که به صورت تصادفی انتخاب شد تولید با روش قطع و توزین در داخل پلات‌ها اندازه‌گیری شد سپس میانگین تولید در سطح ۹ پیکسل (در تمام واحدهای نمونه‌برداری) استخراج شد. پس از آن به وسیله معادله رگرسیون مقادیر برآورد شده تولید در واحدهای نمونه‌برداری تصحیح شد.

ج) انتخاب شاخص‌های گیاهی

انتخاب شاخص مناسب برای هر منطقه از حساسترین مراحل کار در هر منطقه است و بدین منظور در برآورد میزان تولید با استفاده از اطلاعات حاصل از تصاویر ماهواره‌ای، از ۱۸ شاخص استفاده گردید که توسط تعدادی از محققین استفاده شد (جدول ۱). این شاخص‌ها که از ترکیب باندهای مختلف تی ام به دست آمده‌اند معادلاتی مناسب برای دست‌یابی اطلاعات لازم از منطقه هستند. برای محاسبه شاخص‌های گیاهی میانگین رقومی ۹ پیکسل مربوط به واحدهای نمونه‌برداری از ۶ باند تی ام (به استثنای باند حرارتی ۶) از تصویر تصحیح شده استخراج گردید.

د) تجزیه و تحلیل داده‌ها

برای معرفی مدل‌های رگرسیونی مناسب، بین مقادیر تولید منطقه با داده‌های ماهواره‌ای، جدولی تهیه شد که ستون‌های آن شامل مقادیر تولید گیاهی و شاخص‌های گیاهی محاسبه شده و ردیف‌های آن شامل شماره واحدهای نمونه‌برداری است. سپس این جدول که بر اساس آمار میانگین داده‌های زمینی متعلق به واحدهای نمونه‌برداری به عنوان متغیر وابسته (Y) و سپس میانگین درجات روشنایی (DNs) پیکسل‌های متعلق به واحدهای نمونه‌برداری در مورد تمام شاخص‌ها به عنوان متغیر مستقل (X) بود، وارد پایگاه اطلاعاتی در نرم‌افزارهای SPSS و Excel گردیدند. به منظور یافتن رابطه هم‌بستگی بین متغیرهای مستقل و متغیر وابسته و هم‌چنین برازش مدل، از رگرسیون ساده خطی استفاده شد. بالاخره این‌که برای تعیین صحت نتایج به‌دست آمده و ارزیابی آنها از ضریب کاپا استفاده گردید. این ضریب با استفاده از رابطه زیر محاسبه گردید.

$$K= (\Phi_1-\Phi_2)/(1-\Phi_2)100 \qquad [۱]$$

که در آن، K همان ضریب کاپا، Φ_1 صحت کلی و Φ_2 نیز توافق اتفاقی می‌باشد.

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-09]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1386.11.40.34.9]

جدول ۲. مقادیر بیوماس برآورد شده (Y) و قطع و توزین شده (X) در واحدهای نمونه‌برداری بر حسب کیلوگرم

واحد نمونه برداری	X (kg / 0.81 ha)	Y (kg / 0.81 ha)
۱	۲۷۵۴	۳۰۷۸
۲	۳۲۴	۶۴۸
۳	۹۷۲	۴۱۳۱
۴	ــــــ	۲۵۱۱
۵	ــــــ	۸۹۱
۶	۱۱۳۴	۷۲۹
۷	ــــــ	۱۶۲۰
۸	۴۰۵۰	۶۳۱۸
۹	ــــــ	۴۰۵
۱۰	۱۱۳۴	۱۳۷۷
۱۱	ــــــ	۶۷۲۳
۱۲	۸۱	۴۸۶
۱۳	ــــــ	۵۶۷
۱۴	۷۵۳۳	۷۳۷۱
۱۵	۱۰۵۳	۱۰۵۳
۱۶	ــــــ	۴۰۵
۱۷	۱۶۲	۴۸۶
۱۸	ــــــ	۲۱۸۷
۱۹	۸۱۰	۱۴۵۸
۲۰	۷۲۹	۱۲۱۵

نتایج و بحث

نتایج تمام مراحلی که در مواد و روش‌ها عنوان شد بر اساس تجزیه و تحلیل‌های آملری به شرح زیر ارائه می‌گردد:

داده‌های زمینی

آنچه که از عملیات میدانی به دست آمده بود (جدول ۲) به عنوان داده‌های خام جهت بررسی‌های آماری به پایگاه داده وارد گردید. داده‌های خام میدانی با استفاده ار نرم افزار SPSS و EXCEL تجزیه و تحلیل آماری گردید و سپس به وسیله معادله رگرسیون تولید برآورد شده در پلات‌های واحدهای نمونه برداری تصحیح شد. ضریب هم‌بستگی در اندازه‌گیری‌های زمینی که در قالب روش نمونه‌برداری مضاعف انجام شد برابر ۹۰٪ و معادله رگرسیون ساده خطی به دست آمده عبارت بود از:

$$Y= ۰/۹۹ X+ ۶۴۶/۱۷ \quad [۲]$$

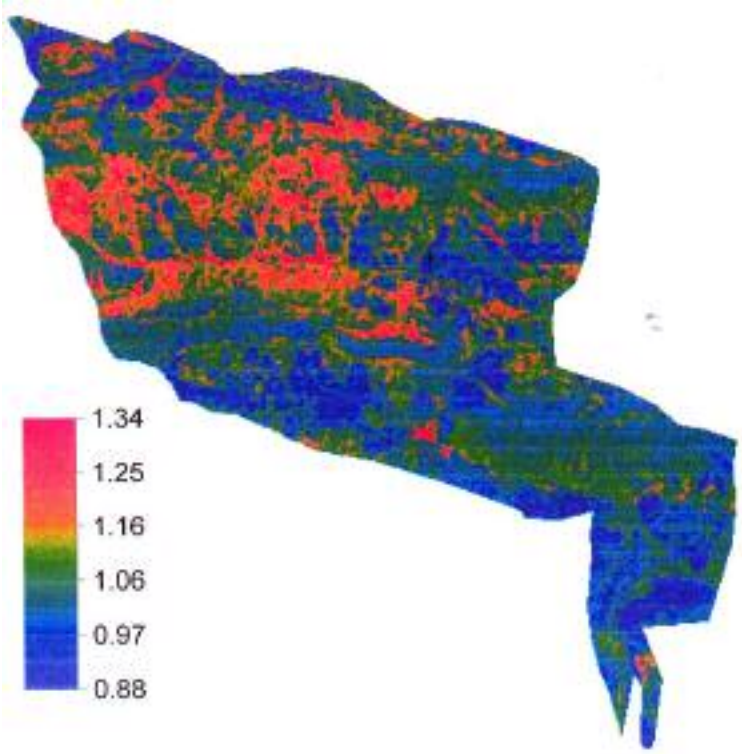
آزمون معنی‌دار بودن شیب خط (b) از دو روش تجزیه واریانس و T- Student انجام شد. برای تجزیه واریانس چون F محاسبه شده (۴۲/۹۷) بزرگ‌تر از F جدول (۱۰/۰۴) و سطح اطمینان ۱٪ است فرض صفر مبنی بر این‌که ضریب رگرسیون برابر با صفر می‌باشد رد می‌گردد. هم‌چنین T محاسبه شده (۶/۵۶) بزرگ‌تر از T جدول(۳/۱۶۹) با سطح معنی‌دار ۱٪ می‌باشد. بنابراین فرض صفر رد می‌گردد و نتیجه می‌شود که بین دو متغیر رابطه خطی قوی وجود دارد.

داده‌های ماهواره‌ای

بعد از پیش پردازش داده‌های ماهواره‌ای و انجام تصحیحات لازم، شاخص‌های گیاهی که احتمال می‌رفت رابطه نزدیک‌تری با بیوماس گیاهی داشته باشند براساس ترکیب باندهای مختلف

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-09]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1386.11.40.34.9]



شکل ۴ . شاخص NIR از زیر حوضه سفید آب لار

محاسبه شدند (شکل ۴). به منظور انتخاب شاخص گیاهی مناسب در منطقه، جدول ارائه نتایج (جدول۳) که شامل شاخص‌های گیاهی و هم‌چنین ضریب هم‌بستگی، اشتباه معیار و معادله برآورد بیوماس گیاهی به وسیله آن شاخص است تشکیل گردید. با توجه به جدول ارائه نتایج شاخص‌های مناسب در منطقه بر اساس میزان بالای ضریب هم‌بستگی و اشتباه معیار کوچک‌تر انتخاب شدند. شاخص‌های PD321, VNIR2, MND, TVI, NDVI, NIR در سطح ۱٪ و شاخص‌های PD322, PD312, MIRV2 نیز در سطح ۵٪ معنی‌دار شده‌اند. به منظور بررسی دقت شاخص‌های انتخاب شده و مقایسه مقادیر حاصل از معادلات و داده‌های میدانی در جدول ۴ تشکیل شد و سپس بین آنها آزمون F و T-Student برای آزمایش تساوی میانگین‌ها صورت گرفته و فرض مساوی برای میانگین‌ها در سطح معنی‌دار ۹۹٪ و هم‌چنین ۹۵٪ تأیید شد.

از آنجایی که تکنیک دورسنجی بر پایه داده‌های میدانی برای آشکارسازی بهتر پدیده‌ها استوار است، لذا در هر دو روش سنتی و دورسنجی نیاز به بازدید صحرایی بوده است. روش نمونه برداری در این تحقیق با روش افرادی همچون خواجه الدین(۲)، خوانین زاده (۳) و متقی (۶) مشابه ولی با روش افرادی همچون ارزانی و همکاران (۱) و آندرسون (۹) متفاوت می‌باشد. هر چند روش نمونه برداری در این تحقیق با روش افراد دیگر تفاوت دارد، اما همگی به دنبال دو هدف مهم بوده اند: اول این‌که تعیین محل نمونه برداری بر روی پیکسل‌های مربوطه در روی تصویر ماهواره‌ای به درستی انجام شود. دوم این‌که روشی برای نمونه برداری انتخاب شود که در واقع گویای منطقه باشد.

برای این که تعیین محل نمونه‌برداری بر روی پیکسل‌های مربوطه در روی تصویر ماهواره‌ای به درستی و با خطای کمتری انجام شود از واحدهای نمونه‌برداری استفاده شد که شامل یک گروه ۹ تایی پیکسل با مساحتی حدود ۰/۸ هکتار می‌باشد و به دلیل این که منطقی به نظر نمی‌رسید که یک نمونه کوچک زمینی (پلات) با مساحت یک متر مربع بتواند نماینده یک گروه ۹ تایی

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-09]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1386.11.40.34.9]

جدول ۳. معادلات رگرسیون و ضریب هم‌بستگی برای تخمین پارامتر تولید در حوضه سفیدآب لار

شاخص	R	R^2	SE	معادله
NDVI	۰/۸۳۴	۰/۶۹۶	۱۲۵۹/۵۷	Y= ۱۰۱۹/۴۵ + ۶۶۴۸۵/۷۹VI
IR1	۰/۲۰۶	۰/۰۴۳	۲۲۳۳/۶۹	Y= ۶۸۰۹/۸۹ + ۱۵۶۸۴/۵۵ VI
IR2	۰/۲۵۶	۰/۰۶۵	۲۲۰۷/۷۹	Y= ۲۲۹۲/۷۸ + ۱۳۷۲۹/۱۵VI
MSI	۰/۱۶۷	۰/۰۲۸	۲۲۵۱/۷۱	Y= ۷۸۴۵/۷۸ –۳۰۷۶/۷۹ VI
MIR	۰/۱۵۶	۰/۰۲۴	۲۲۵۵/۷۷	Y= –۳۳۲۶/۴۷ + ۳۰۴۲/۲۰VI
VNIR1	۰/۳۰۰	۰/۰۹۰	۲۱۷۶/۵۴	Y= ۵۳۴۴/۳۹ + ۲۰۸۶۰/۷۰VI
VNIR2	۰/۶۵۶	۰/۴۳۳	۱۷۱۹/۴۶	Y= –۶۲۷۰ /۸۰ + ۵۳۱۶۸/۲۲ VI
RA	۰/۴۹۱	۰/۲۴۱	۱۹۸۹/۳۵	Y= –۱۹۷۰۶/۵۵ + ۶۱۳۱۵/۱۲ VI
PD322	۰/۴۷۰	۰/۲۲۱	۲۰۱۵/۸۱	Y= ۱۱۹۹۰/۷۸ – ۶۸۸۲۶/۸۵ VI
PD312	۰/۵۲۴	۰/۲۷۴	۱۹۸۵/۶۳	Y= –۵۳۱۴/۰۹ – ۴۴۶۲۵/۲۳ VI
MINI	۰/۲۵۶	۰/۰۶۵	۲۲۰۷/۷۹	Y= ۲۲۹۲/۷۸ – ۱۳۷۲۹/۱۵ VI
MIRV1	۰/۳۲۲	۰/۱۰۳	۲۱۶۲/۲۵	Y= ۱۷۱۱/۰۳ + ۱۸۱۵۰/۸۱ VI
MIRV2	۰/۴۹۸	۰/۲۴۸	۱۹۷۹/۸۹	Y = –۷۷۲۸/۸۹ + ۳۱۹۷۳/۶۸ VI
NIR	۰/۸۶۶	۰/۷۵۰	۱۱۴۱/۸۴	Y= –۳۱۴۰۳/۹۰ + ۳۲۳۷۲/۸۷ VI
MND	۰/۷۵۵	۰/۵۷۰	۱۴۹۸/۲۲	Y= ۶۰۷۵/۰۰ + ۴۵۷۸۸/۸۲ VI
TVI	۰/۸۳۴	۰/۶۹۶	۱۲۵۹/۵۷	Y= –۳۲۲۲۳/۴۵ + ۶۶۴۸۵/۷۹ VI
PD311	۰/۲۴۴	۰/۰۶۰	۲۲۱۴/۵۷	Y= –۲۴۸۲/۱۹ – ۱۶۹/۳۳ VI
PD321	۰/۵۶۷	۰/۳۲۲	۱۸۸۰/۸۹	Y= ۸۸۵۸/۲۰ – ۳۹۱/۵۱ VI
BAND5	۰/۲۶۴	۰/۰۷۰	۲۲۰۲/۳۱	Y= ۷۲۲۳/۶۴ – ۳۸/۶۴ Band5
BAND7	۰/۲۹۴	۰/۰۸۶	۲۱۸۲/۹۴	Y= ۷۲۰۰/۹۹ – ۶۹/۴۱ Band7

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-09]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1386.11.40.34.9]

جدول ۴: مقایسه مقادیر اندازه‌گیری شده بیوماس و مقادیر برآورد شده آن با داده‌های ماهواره‌ای در واحدهای نمونه‌برداری

داده‌های میدانی (kg/8100m²)	NIR	NDVI	TVI	MND	VNIR2	PD321
۳۰۷۸	۲۹۱۱/۳۴	۳۰۱۴/۰۲	۳۰۱۴/۰۲	۱۴۹۶/۱۲	۳۲۹۹/۴۸	۲۵۹۴/۰۴
۶۴۸	۹۶۸/۹۷	۱۰۱۹/۴۵	۱۰۱۹/۴۵	۱۴۹۶/۱۲	۱۱۷۲/۷۵	۱۴۱۹/۵۱
۴۱۳۱	۴۵۲۹/۹۹	۴۳۴۳/۷۴	۴۳۴۳/۷۳	۶۰۷۵	۲۷۶۷/۸۰	۳۳۷۷/۰۶
۲۵۱۱	۲۲۶۳/۸۸	۲۳۴۹/۱۷	۲۳۴۹/۱۶	۱۴۹۶/۱۲	۱۷۰۴/۴۳	۱۸۱۱/۰۲
۸۹۱	−۱۲۹۷/۱۳	−۱۶۳۹/۹۸	−۱۶۳۹/۹۹	۱۴۹۶/۱۲	−۴۲۲/۳۰	۱۸۱۱/۰۲
۷۲۹	۱۲۹۲/۷۰	۱۶۸۴/۳۱	۱۶۸۴/۳۰	۱۴۹۶/۱۲	۲۲۳۶/۱۲	۲۴۴/۹۸
۱۶۲۰	۱۹۴۰/۱۶	۲۳۴۹/۱۷	۲۳۴۹/۱۶	۱۴۹۶/۱۲	۲۲۳۶/۱۲	۲۵۹۴/۰۴
۶۳۱۸	۳۸۸۲/۵۳	۳۶۷۸/۸۸	۳۶۷۸/۸۸	۱۴۹۶/۱۲	۲۷۶۷/۸۰	۴۱۶۰/۰۸
۴۰۵	−۶۴۹/۶۷	−۳۱۰/۲۷	−۳۱۰/۲۷	۱۴۹۶/۱۲	−۹۵۳/۹۸	۳۳۷۷/۰۶
۱۳۷۷	۲۲۶۳/۸۸	۲۳۴۹/۱۷	۲۳۴۹/۱۶	۱۴۹۶/۱۲	۲۷۶۷/۸۰	۱۰۲۸
۶۷۲۳	۶۷۹۶/۰۹	۶۳۳۸/۳۱	۶۳۳۸/۳۰	۶۰۷۵	۵۴۲۶۴/۲۱	۳۳۷۷/۰۶
۴۸۶	۶۴۵/۲۴	۳۵۴/۵۹	۳۵۴/۵۹	۱۴۹۶/۱۲	۱۷۰۴/۴۳	۱۸۱۱/۰۲
۵۶۷	۱۲۹۲/۷۰	۱۶۸۴/۳۱	۱۶۸۴/۳۰	۱۴۹۶/۱۲	۲۷۶۷/۸۰	۱۰۲۸
۷۳۷۱	۵۱۷۷/۴۴	۵۰۰۸/۵۹	۵۰۰۸/۵۹	۶۰۷۵	۳۸۳۱/۱۶	۳۳۷۷/۰۶
۱۰۵۳	۱۶۱۶/۴۳	۱۶۸۴/۳۱	۱۶۸۴/۳۰	۱۴۹۶/۱۲	۱۱۷۲/۷۵	۳۷۶۸/۵۷
۴۰۵	۶۴۵/۲۴	۳۵۴/۵۹	۳۵۴/۵۹	۱۴۹۶/۱۲	۶۴۱/۰۷	۲۲۰۲/۵۳
۴۸۶	۱۲۹۲/۷۰	۱۶۸۴/۳۱	۱۶۸۴/۳۰	۱۴۹۶/۱۲	۲۷۶۷/۸۰	−۵۳۸/۰۴
۲۱۸۷	۳۵۵۸/۸۰	۳۶۷۸/۸۸	۳۶۷۸/۸۸	۱۴۹۶/۱۲	۳۸۳۱/۱۶	۱۰۲۸
۱۴۵۸	۲۵۸۷/۶۱	۲۳۴۹/۱۷	۲۳۴۹/۱۶	۱۴۹۶/۱۲	۱۷۰۴/۴۳	۳۳۷۷/۰۶
۱۲۱۵	۱۹۴۰/۱۶	۱۶۸۴/۳۱	۱۶۸۴/۳۰	۱۴۹۶/۱۲	۲۲۳۶/۱۲	۱۸۱۱/۰۲

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-09]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1386.11.40.34.9]

پیکسل باشد بنابراین از میانگین نمونه‌های زمینی در واحدهای نمونه‌برداری در مقابل میانگین DNهای پیکسل مربوطه استفاده شد. روشی که در این تحقیق برای ثبت مختصات جغرافیایی واحدهای نمونه برداری انتخاب شده است، برای مراتع نسبتاً مناسب و قابل اعتماد است. مزیت این روش در این است که ضمن کنترل واحدهای نمونه برداری برای تطبیق آن با پیکسل‌های مربوطه در تصاویر ماهواره به محقق این امکان را می‌دهد تا در هر واحد نمونه برداری با آزادی عمل نسبت به انتخاب روش‌های جمع آوری داده اقدام کند.

به علت آن که تأثیر عوامل جوی به خصوص بارندگی بر روی پوشش گیاهی به ویژه گیاهان یکساله تأثیر به سزایی دارد، هم‌زمان بودن داده‌های رقومی خریداری شده با داده‌های زمینی اهمیت بسیاری دارد و به علت این‌که در حال حاضر برای انتخاب تصاویر ماهواره‌ای مورد نظر (از نظر تاریخ گذر ماهواره) محدودیت وجود دارد لذا سعی شد حتی الامکان تاریخ برداشت‌های میدانی با تاریخ تصاویر ماهواره ای تطبیق داده شود.

بررسی اوریت و همکاران نشان می‌دهد که بیشترین کاربرد شاخص‌های گیاهی در زمینه برآورد پوشش است و در زمینه برآورد تولید یا بیوماس سابقه مطالعاتی چندانی وجود ندارد، به خصوص در مناطقی مشابه با زیر حوضه سفیدآب که در این مقاله مورد نظر می‌باشد (۱۳).

پردازش داده‌های ماهواره‌ای منطقه نشان داد که از میان شاخص‌های بررسی شده، شاخص NIR (TM4 / TM3) مناسب‌ترین شاخص برای برآورد بیوماس مراتع آن منطقه می‌باشد که حداکثر هم‌بستگی به دست آمده مربوط به این شاخص و r= ۰/۸۶ است. هم‌چنین هم‌بستگی شاخص‌های MND, TVI, NDVI با بیوماس نسبت به سایر شاخص‌ها بیشتر می‌باشد. وجود باندهای ۳ (قرمز مرئی) و ۴ (مادون قرمز نزدیک) تی ام در شاخص‌های فوق بیانگر متأثر شدن باندها نسبت به بیوماس است، به دلیل این‌که میزان انعکاس پوشش‌های گیاهی در محدوده مادون قرمز نزدیک به مراتب از خاک بیشتر است.

نتیجه تحقیقات آندرسون و همکاران (۹)، ویلیامسون و الدریج (۲۵) نشان می‌دهد که بیوماس و پوشش سبز می‌تواند با دقتی قابل قبول به وسیله شاخص NDVI تخمین زده شود. ارزانی (۱) معتقد است که شاخص NDVI و دیگر شاخص‌هایی که بر مبنای ترکیب باندهای ۳ و۴ تی ام و طول موج‌های ۰/۶-۰/۷ میکرومتر هستند بیشتر به بیوماس و پوشش سبز گیاهی حساس می‌باشند تا به بیوماس و پوشش خشک شده، که نتایج این تحقیق نتایج تحقیقات فوق را تأیید می‌کند. هم‌چنین در مقایسه با نتایج تحقیقات ارزانی (۱) و اوریت و همکاران (۱۳) که معتقدند باندهای ۵ و۷ به تنهایی قادر به برآورد بیوماس می‌باشند در تحقیق حاضر با توجه به شرایط خاص توپوگرافی منطقه مورد مطالعه و اختلاف بازتاب طیفی در دو محدوده مادون قرمز نتایج بر خلاف انتظار بوده است.

علاوه بر شاخص‌های ذکر شده شاخص‌های VNIR2 و PD321 نیز با احتمال ۹۹٪ برای برآورد بیوماس در شرایط منطقه مناسب می‌باشند. VNIR2 نشان دهنده میزان بازتاب معکوس در قسمت مرئی و مادون قرمز نزدیک است و علت عکس‌العمل شاخص PD321 را باید در بازتاب گیاهان در ناحیه ۰/۵۲ تا ۰/۶ میکرومتر که اوج انعکاس گیاهان سبز است جستجو نمود.

در این زیرحوضه‌ها همان طور که ذکر شد نسبت باند ۴ تی ام به باند ۳ تی ام (NIR) دارای بالاترین دقت بود به طوری‌که علوفه تخمین زده شده توسط این شاخص برابر علوفه اندازه‌گیری شده با روش اندازه‌گیری مضاعف و هردو برابر با ۲۶۹۵ گیلوگرم در هکتار می‌باشند.

با توجه به بررسی‌های به‌عمل آمده توسط محققینی از جمله، پرادان (۱۸)، ترسورت و همکاران (۲۴)، هوانگ و هیسائو (۱۵)، سرا و همکاران (۲۱)، و چن و همکاران (۱۲)، می‌توان چنین بیان داشت که مطالعات انجام شده حاکی از توانایی و پتانسیل مناسب داده‌های ماهواره‌ای در ارزیابی و برآورد بیوماس مرتعی است.

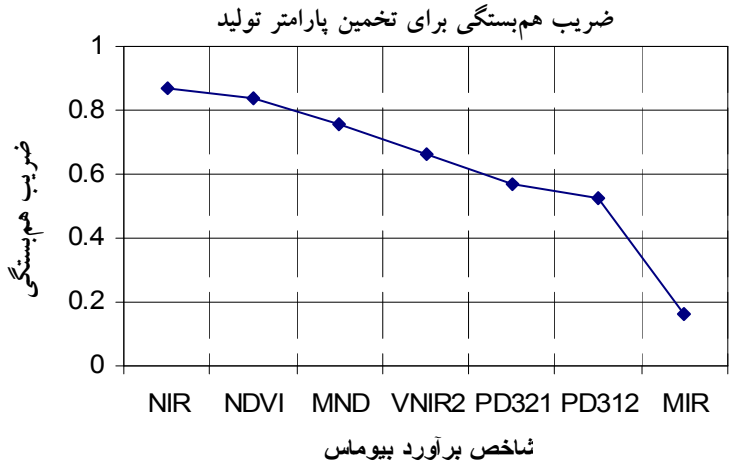
در مطالعه حاضر با توجه به نتایج به‌دست آمده از جداول ۱ تا ۳ مقادیر تخمینی بیوماس از داده‌های ماهواره ای در مقایسه به واحدهای بیست گانه نمونه برداری زمینی نشان می‌دهد که بیشترین

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-09]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1386.11.40.34.9]

جدول ۵ . ماتریس خطا و شاخص کاپا برای منطقه مورد مطالعه

شاخص کاپا	نقاط کنترل زمینی	شاخص ارزیابی	
۰/۹۹۸	۱۱۹	NIR	تصویر
۰/۶۳۸	۲۹۵	NDV	
۰/۵۷۳	۱۳۱۹	TVI	



شکل ۵ . مقایسه ضرایب هم‌بستگی برخی از شاخص‌های ارزیابی

صحت و انطباق مربوط به شاخص‌هایNIR, TVI, NDV می‌باشد. در سایر شاخص‌ها نتایج حاصل از طبقه بندی داده‌ها با توجه به واحدهای نمونه برداری زمینی بیانگر صحت نسبتا پایین نتایج می‌باشد. با توجه به حداکثر هم‌بستگی به‌دست آمده با شاخص NIR که ۰/۸۶ بوده است، شاخص کاپا نیز با ۰/۹۹۷ این صحت را تأیید می‌کند. ضریب کاپا برای شاخص‌های NDVI, TNI نیز به‌ترتیب ضریب۰/۵۷۳ و ۰/۶۳۸ را نشان می‌دهد. از آنجایی که در انتخاب مناطق شاهد سعی گردیده است تا با کمترین عوارض زمینی باشد لذا صحت قابل قبولی در شاخص کاپا ارائه گردید (جدول و شکل ۵).

سپاسگزاری

این تحقیق با امکانات و حمایت‌های همه جانبه دانشکده منابع طبیعی ساری، دانشگاه مازندران انجام گردید، لذا نویسندگان وظیفه خود می‌دانند تا تشکر و قدردانی صمیمانه خود را ابراز نمایند.

منابع مورد استفاده

۱. ارزانی، ح.، گ. کینگ و ب. فروستر. ۱۳۷۶. کاربرد اطلاعات رقومی ماهواره لندست TM در تخمین تولید و پوشش گیاهی. مجله منابع طبیعی ایران ۵۰(۱): ۳ – ۲۰.

۲. خواجه الدین، ج. ۱۳۷۵. استفاده از داده‌های ماهواره Landsat 5 MSS در بررسی جوامع گیاهی و تعیین اراضی شور منطقه جازموریان، مجموعه مقالات دومین همایش بیابان زائی و روش مختلف بیابان زدایی، شهریور ۱۳۷۵، انتشارات موسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع، تهران.

۳. خوانین‌زاده، ع. ۱۳۷۸. بررسی امکان تهیه نقشه پوشش گیاهی با استفاده از داده‌های ماهواره لندست تی ام در منطقه نیریز. پایان‌نامه کارشناسی ارشد منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی اصفهان.

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-09]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1386.11.40.34.9]

۴. سپهری، ع. ۱۳۷۹. کاربرد سنجنده TM در برآورد درصد پوشش گیاهی در مراتع حفاظت شده جهان‌نما - گرگان. مجموعه مقالات همایش کاربرد GIS & RS در مدیریت مناطق بیابانی، دانشگاه تهران.

۵. فرزادمهر، ج. ۱۳۷۵. مقایسه دو روش برآورد تولید در گراسلندها و علفزارهای ایران. پایان‌نامه کارشناسی ارشد منابع طبیعی، دانشگاه تهران.

۶. متقی، م. ۱۳۷۹. کاربرد تصاویر رقومی سنجنده تی ام در مطالعه پوشش گیاهی مرتعی (مطالعه موردی منطقه حفاظت شده جهان‌نما)، پایان نامه کارشناسی ارشد منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، دانشگاه مرتع و آبخیزداری.

۷. محمدی فخر، ح. ۱۳۸۰. تعیین شاخص‌های گیاهی مناسب برای برآورد میزان پوشش و تولید گیاهان مرتعی از طریق اطلاعات رقومی ماهواره در مناطق استپی استان مرکزی، پایان نامه کارشناسی ارشد منابع طبیعی، دانشگاه تهران.

۸. مختاری، ا. ۱۳۷۶. بررسی امکان برازش مدل تجربی فرسایش PSIAC در برآورد رسوب در حوضه‌های آبخیز فاقد آمار با استفاده از سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی. پایان‌نامه کارشناسی ارشد منابع طبیعی، دانشگاه تهران.

9. Anderson G.L, J.D Hanson and R.H. Hass. 1993. Evaluation of landsat thematic mapper derived vegetation indices for estimating above- ground biomass on semiarid rangelands. Remote Sens. of Environ. 45: 165-175.
10. Basham M. A. and G. C. Kroh. 1997. Acomparision of landsat thematic mapper and SPOT multispectral imagery for the classification of shrub and meadow vegetation in northern colifornia U. S. A. Int. J. Remote Sens. 18(18): 3719-3728.
11. Boutton T. W. and L.L. Tieszen. 1983. Estimation of plant biomass by spectral reflectance in an east African grassland. J. Range Manag. 36(2): 213-216.
12. Chen,Z., P. Shi and M. Tamura. 2003. An HIS-basedchanges detection approach for assessment of urban expansion impact on arable land loss in China. Int. J. Remote Sens. 24 (6): 1353-1360.
13. Everitt, J. H., D. E. Escobar and A. J. Richardson. 1989. Estimating grassland phytomass production with near-infrared and mid- infrared spectral variables. Remote Sens. Environ. 30: 257-261.
14. Folving, S. 1989. Determination of carring capacity for sheep - breeding in southern greenland by means of satellite mapping. Geocarto Int. 4: 47- 57.
15. Huang, H. and C. Hsiao. 2000. Post-classification and detection of simulated change for natural grass. From: www.gisdevelopment.net/aars/acrs/2000/ps1/ps107pf.htm/.
16. Jackson, R. D., P. N. Slater and P. Jr. Pinter. 1983. Discrimination of growth and turbid atmosphers. Remote Sens. Environ. 13: 187-208.
17. Maxwell, E. L. 1976. A remote rangeland analysis system. J. Range Manag. 29(1): 66-73.
18. Pradhan, S. 2002. Regional land cover mapping of the Hindu Kush-Himalayan using satellite image: an approach to understand the dynamics of land use and land cover change. From: www. gisdevelopment. Net /aars /acrs /2002 /luc/luc001.shtml/.
19. Sailer, C. T., E. L. E. Eason and J. L. Brickey. 1997. Operational multispectral information extraction: photogrammetric Eng. & Remot. Sens. 63(129): 159-160.
20. Senay, G.B. and R.L. Elliott. 2002. Capability of AVHRR data in discriminating rangeland cover mixtures Int. J. Remote Sens. 23(2): 299-312.
21. Serra, P., X. Pons and D. Sauri. 2003. Post-classification change detection with data from different sensors: some accuracy considerations. Int. J. Remote Sens. 24(16): 3311-3340.
22. Smith, M. O., S. L. Ustin, J. B. Adams and A. R. Gillespie. 1990. Vegetation in Desert: I. a regional measure of abundance from multispectral images. Remote Sens. Environ. 31: 1-26.
23. Todd, S.W., R.M. Hoffer and D.G. Milchunas. 1998. Biomass estimation on grazed and ungrazed rangeland using spectral indices. Int. J. Remote Sens. 19(3): 427-438.
24. Trisurat, Y., A. Eiumnoh, S. Murai, M.Z. Hussain and R.P. Shrestha. 2000. Improvement of tropical vegetation mapping using a remote sensing technique: a case of Khao Yai National Park, Thailand. Int. J. Remote Sens. 21(10): 2031-2042.
25. Williamson, H. D. and D. J. Eldridge. 1993. Pasture statusin a semi-arid grassland. Int. J. Remote Sens. 14(13): 2535-2546.
26. Xiuwan, Ch. 2002. Using R. S. and GIS to analyse land Cover change and its imports on regional sustinable development. Int. J. Remote Sens. 23(1): 107-124.

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-09]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1386.11.40.34.9]