داند طوح دانسگاهت محل جه سر دانشگاهت برزمن بردار

نشربه علمى بژومش مهندسي فناوري اطلاعات مكاني

سال هفتم، شماره دوم، تابستان ۱۳۹۸ Vol.7, No.2, Summer 2019 ۱۳۳–۱۰۳ مقاله پژوهشی

تأثیر روشهای تصحیح جوی بر رابطه میان شاخصهای گیاهی و تاج پوشش (مطالعه موردی: مرتع مرجن بروجن)

فاطمه پردل^۱*، عطاالله ابراهیمی^۲، زهرا عزیزی^۳

۱- کارشناس ارشد مهندسی منابع طبیعی- مرتعداری، دانشگاه شهر کرد ۲- دانشیار گروه مرتع آبخیزداری دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین دانشگاه شهر کرد ۳- استادیار گروه سنجش از دور و GIS، دانشکده محیط زیست و انرژی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم تحقیقات، تهران.

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۵/۰۶/۲۰ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۷/۰۳/۰۵

چکیدہ

تصحیح اتمسفری تصاویر ماهوارهای هنگامیکه شاخصهای گیاهی برای تعیین تغییرات به کار میروند، از اهمیت زیادی برخوردار است. در این پژوهش، چهار روش تصحیح اتمسفری در برآورد پوشش گیاهی با استفاده از شاخصهای گیاهی ارزیابی و اعتبارسنجی شد. برای این منظور، پوشش سبز گیاهی در ۱۹ نقطه و با فواصل ۴۰۰–۱۰۰۰متر در امتداد ترانسکتی به طول ۱۰ کیلومتر و با ۵ کوادرات در هر نقطه اندازه گیری شـد (در هر دوره ۹۵ کوادرات و در کل چهار دوره نمونهبرداری، ۳۸۰ کوادرات). سـپس، تصـاویر متناظر با تاریخهای نمونهبرداری به چهار روش تصحيح شامل () تصحيح اتمسفري جوّى أني (QUAC) ٢) تصحيح اتمسفري تجزيه وتحليل سريع خطديد-اتمسفر ازطريق طيف ابر مكعب (FLAASH) ۳) نرمالسازی تصاویر چندزمانه به روش تبدیل آشکارسازی تغییرات چند متغیّره وزندار (IR-MAD) و ۴) تبدیل اعداد رقومی به بازتابش بالای جوّ (TOA) اعمال شـد. سـپس دو شـاخص نرمال شـده پوشـش گیاهی و شـاخص پوشش گیاهی مقاوم به جوی محاسبه شد. در مرحله بعد، اعتبار سـنجی مدل.های رگرسـیونی خطی برای رابطه بین پوشـش و شاخص.های.گیاهی با دو شاخص.گیاهی مذکور و بر مبنای چهار روش تصحیح بیان شده، بر اساس ۳۳ درصد از دادههای زمینی انجام شد. مقادیر ضریب همبستگی و تبیین، ریشه میانگین مربعات خطا، میانگین مطلق خطا و اریبی به عنوان سنجههای اعتبار هر روش محاسبه شد. پس از دستیابی به بهترین روش تصحیح، ۱۰ شاخص گیاهی دیگر نیز علاوه بر دو شاخص ذکر شده، محاسبه و در نهایت پس از دستیابی به مدل برآورد تاج پوشش منطقه، نقشه تاج پوشش گیاهی برای چهار زمان تهیه شد. نتایج اعتبارسنجی نشان داد، مقدار ضریب تبیین و ریشه میانگین مربعات خطا در روش تجزیه و تحلیل سریع خطدید اتمسفر از طريق طيف ابر مكعب، نسبت به روشهاي تصحيح جوّي أني، تبديل أشكارسازي تغييرات چند متغيره وزندار و تبديل به بازتابش بالای جوّ، دقت بهتری داشــت. مقدار ضــریب تبیین به ترتیب برابر ۰٫۴۱ ۲٬۰٫۳۷ و ۰٫۵۷ برای شــاخص پوشــش گیاهی مقاوم جوّی و برابر ۵۰٬۵۴، ۲۱،۰۰٬۳۹ و ۵۵٬۷ برای شاخص نرمال شده پوشش گیاهی میباشد. بهعلاوه، مقادیر ریشه میانگین مربعات خطا برابر ۷۷،۰٬۷۷، ۱٬۱۳ و ۸٬۰برای شاخص پوشش گیاهی مقاوم به جوی و برابر ۸۳٬۰۰، ۹۶٬۰۰ ۱٬۱۲ و ۰۱٬۸۱ برای شاخص نرمال شده پوشش گیاهی میباشد. نقشـههای تاج پوشـش گیاهی نمایانگر ناهمگنی مکانی تاج پوشـش در مرتع مرجن بوده و امکان برآورد تاج پوشـش تمام فصول رویشی از یک مدل وجود دارد.

كليدواژهها: شاخص گياهي، تصحيح اتمسفري، نرمال سازي راديومتريكي، كاليبراسيون تصاوير، پايش پوشش گياهي

«نویسنده مکاتبه کننده: ایران، شهرکرد، دانشگاه شهرکرد، دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین تلفن: ۹۹۱۳۲۸۰۸۳۴۳

Email: Ataollah.Ebrahimi@sku.ac.ir

۱– مقدمه

مراتع با دارا بودن بیش از ۵۰ درصد از سطح خشکیهای جهان، با ارائه خدمات متنوع زیست محیطی، اقتصادی و تفرجگاهی و غیره نقش بسزایی در حیات انسانها، گیاهان و حیوانات در مناطق مختلف جهان و توسعه اقتصادی این مناطق دارند [۱]. تاج پوشش گیاهی، مساحتی از زمین است که توسط بخش زنده گیاهی پوشیده شده و به درصد بیان میشود. نظارت و پایش مستمر پوشش گیاهی در دوره رویشی مراتع، منجر به شناخت مفاهیم متعددی از پویایی پوشش گیاهی در چرخه کربن و جریان انرژی خواهد شد [۲].

اندازه گیری های زمینی تاج پوشش گیاهی، مستلزم صرف وقت و هزینهی بالایی است. در این راستا، شاخصهای گیاهی بدست آمده از دادههای ماهوارهای که بر اساس ترکیبات سادهای از محدوده باند مادون قرمز و مرئی (خصوصاً باند قرمز) بنا گذاشته شدهاند، در دو دهه اخیر کاربرد زیادی در زمینه پایش تغییرات پوشش زمین در مقیاسهای مختلف پیدا کردهاند. از این جمله، شاخصهایی نظیر شاخص گیاهی مقاوم به شرایط جوّی (ARVI) و شاخص گیاهی بهبودیافته (EVI) که از باند آبی بهمنظور کاهش اثر جو استفاده میکند، توسعه یافتهاند [۳]. محققان زیادی ارتباط بین پوشش گیاهی و پارامترهای زیست محیطی با شاخصهای گیاهی را بااستفاده از مدلهای تجربی و رگرسیونی نشان دادهاند؛ ولی موضوع مطرح این است که پوشش گیاهی در مراحل مختلف رویشی خود، از نظر ترکیب شیمیایی و مورفولوژی دچار تغییر میشود [۴و۵]. بهعنوان مثال، در گیاهان بالغ، نسبت ساقه به برگ، مقدار لیگنین و سلولز آنها در طول دوره رویشی افزایش می یابد و این افزایش، بهطور همزمان با یک کاهش در مقدار کلروفیل همراه است [8]. درنتیجه پاسخ طیفی گیاهان در مراحل مختلف رشد رویشی، تغییر می یابد و مدل بدست آمده در یک دوره رویشی خاص، احتمالاً قابل استفاده در تمام

دورههای رویشی نخواهد بود. بنابراین، توسعه روشهایی با دقت بیشتر و بهصورت غیر مخرب، بهمنظور دستیابی اطمینان از پایداری پوشش گیاهی طی فصل رویش حیاتی است [۷و۸].

تابش خورشیدی در مسیر خود تا زمین و برخورد با پدیدهها و انعکاس و ثبت توسط سنجنده، قبل از آنکه توسط سنجندههای سنجش از دوری ثبت شوند، از اتمسفر عبور مىكنند و به همين دليل مقادير بازتابش طیفی ثبت شده در تصاویر سنجش از دوری، هم شامل اطلاعات ناشی از برخورد و انعکاس امواج الكترومغناطيسي با جوّ بوده و هم تابش سطح زمين می باشند. با توجه به اثرات ذرات معلق در جو، ملکول های تشکیل دهنده اتمسفر، ذرات گرد و غبار و بخار آب بر پراکندگی تشعشات که بدون هیچگونه تعامل با سطح زمین بر بازتاب واقعی پدیده های سطح زمین و از آنجمله پوشش گیاهی اثر گذار هستند، که اتفاقاً از زمانی به زمان دیگر نیز تغییر می یابند. در پایش پوشش گیاهی به وسیله تصاویر چند زمانه در دورههای مختلف، نیاز است که این مسئله مورد توجه و اصلاح قرار گیرد [۹]. در نتيجه كاليبراسيون و يا تصحيح اثر اتمسفر بر تصاوير ماهوارهای و از بین بردن اثر جوّ و تجزیه و تحلیل بازتاب واقعى پديدهها و جدا سازى آن از اثر جو، بالاخص بهمنظور پایش پوشش گیاهی در دوره های زمانی مختلف مسئلهای حیاتی و بحث برانگیز میباشد. برآورد تاج پوشش گیاهی با استفاده از تصاویر چند زمانه نیازمند مقادیر واقعی بازتاب سطح زمین، برای مقایسه تصاویر کسب شده در زمانهای مختلف است. از آنجا که اطلاعات متغیرهای محیطی به ویژه خصوصیات جوی به طور مستقیم به ندرت اتفاق میافتد و در بیشتر موارد دسترسی به چنین اطلاعاتی وجود ندارد. لذا، برخی از تکنیکهای غیرمستقیم برای از بین بردن اثرات اتمسفري و تخمين بازتاب واقعى پديدههاي سطح زمين توسعه یافتهاند [۱۱و۱۱]. در این زمینه، هدف از تصحیح

¹ Atmospheric Resistant Vegetation Index

² Enhanced Vegetation Index

اتمسفری به حداقل رساندن اثرات جوی و تبدیل اعداد رقومی ('DN) ثبت شده توسط سنجنده به بازتاب واقعی سطح است [۹]. علاوه بر تصحیح اتمسفری، نرمال سازی رادیومتریکی نیز در این زمینه به منظور بررسی تغییرات در تصاویر چند زمانه و موزاییک سازی تصاویری که از پهنههای وسیع و در چند صحنه اخذ می شوند، توسعه یافته و مورد استفاده قرار گرفته است [۱۴و۱۴]. انجام نرمالسازی رادیومتریکی نیاز به برخی پارامترهای جوّی در زمان تهیه تصویر دارد که برای اکثر تصاویری که در زمانهای گذشته تصویربرداری شدهاند وجود ندارند یا در دسترس نیستند. دراینراستا، روشهای نسبی نرمالسازی رادیومتریکی، برای غلبه بر این موضوع توسعه یافتهاند. یکی از این روشهای اتوماتیک، روش تبدیل آشکارسازی تغییرات چند متغیره وزندار(-IR (MAD) است که توسط کنتی و نیلسون^۳ پیشنهاد شده است [1۵]. در نتیجه، به نظر می سد اعمال روش های مختلف تصحيح براى سنجندهها و دادههاى دورههاى زمانی مختلف سنجش از دوری، نتایج متفاوتی دربر خواهد داشت.

روابط بین زمان وقوع پدیدههای فنولوژیکی (مثل رشد گیاه، ظهور غنچه و به گل نشستن، پیری و ...) با شرایط آبوهوایی و شاره کربن، اخیراً موضوع تحقیقات متعددی بوده است، درحالی که تغییرات فصلی بر رشد تاج پوشش گیاهی کمتر مورد توجه قرار گرفته است. در تحقیقی که توسط جی و همکاران [۶۲] انجام شد، مدل برآورد تولید سبز گیاهی در منطقه فاکن^۶ با استفاده از دادههای لندست و نمونهبرداریهای زمینی، ایجاد و یک مدل شاخصهای گیاهی در برآورد پوشش گیاهی، نتایج مطالعه درویشزاده و همکاران [۱۲] در برآورد پوشش گیاهی با استفاده از شاخصهای گیاهی در منطقه

شیطور بافق یزد، نشان داد که شاخصهای گیاهی که ضرایب خط خاک در محاسبه آنها در نظر گرفته می شوند، از دقت مناسب تری بر خور دار بوده و می توانند بیانگر درصد پوشش گیاهی در مناطق خشک باشند. در تحقیق دیگری، حساسیت شاخص سطح برگ که از تصاویر ماهوارهای تخمین زده شده بود را با تصحیح اتمسفری^۵ ATCOR و اثر آن بر مدل تعادل آب را بررسی كردند؛ كه نتايج حاصل شده نشان داد، پارامتر قابليت دید در تصحیح اتمسفری ATCOR بیشترین اثر را بر تخمین شاخص سطح برگ دارد [۹]. تحقیقات نشان می،دهد که در بیشتر موارد، قابلیت شاخصهای گیاهی در یک مرحلهی رویشی، مورد بررسی قرار گرفتهاند، اما تحقیقات ناچیزی نیز در خصوص میزان پوشش در مراحل مختلف رویشی و ارتباط آن با شاخص های گیاهی انجام شده است. یکی از اهداف این تحقیق، توسعه مدلی برای برآورد یوشش گیاهی از دادههای سنجنده لندست-۸ OLI میباشد که در فصول رویشی مختلف که مقادیر پوشش گیاهی متفاوتی دارند، قابل استفاده باشد. بهعلاوه، بررسی تحقیقات صورت گرفته نشان میدهد که با توجه به اثر نوع تصحیح رادیومتریکی در تصاویر چند زمانه بر تخمین پارامترهای مستخرج از تصاویر ماهوارهای، روشهای مختلف تصحیح ممکن است نتایج متفاوتی را نشان دهند که این امر در خصوص تاثیر روشهای مختلف تصحیح در برآود پوشش گیاهی در تصاویر چند زمانه مورد برسی قرار نگرفته و هدف این تحقیق می باشد. تحقیق حاضر با اهداف زیر انجام گرفت: ۱- اعتبارسنجی چهار روش تصحیح تصاویر ماهواره ای برای مقایسه تاثیر آنها بر برآوردهای پوشش گیاهی که شامل موارد زیر می باشد: الف) تصحيح اتمسفري جوى آني (QUAC^{*})

¹ Digital Number

² Iteratively Reweighted Multivariate Alteration

Detection

³ Canty and Nielsen

⁴ Fukon

⁵ Atmospheric Correction

⁶ QUick Atmospheric Correction

ب) تصحیح اتمسفری تجزیه و تحلیل سریع خطدید
 اتمسفر ازطریق طیف ابر مکعب (FLAASH)

ج) نرمالسازی رادیومتریکی اتوماتیک در تصاویر چند زمانه به روش تبدیل آشکارسازی تغییرات چند متغیره وزندار (IR-MAD)

د) تبدیل اعداد رقومی (DN) ثبت شده توسط سنجنده به بازتابش انعکاسی بالای جو یا (TOA^۲) در تصاویر چند زمانه برای برآورد پوشش گیاهی در مراتع مرجن شهرستان بروجن

۲- تهیه نقشه تاج پوشش گیاهی مراتع مرجن، پس از انتخاب بهترین شاخص گیاهی و روش تصحیح اتمسفری

۲- مواد و روشها

در ادامه ابتدا به معرفی منطقه مورد مطالعه و دادهای مورد استفاده در این تحقیق پرداخته شده و سپس

روشهای انجام تصحیحات شرح داده شده و پس از آن چگونگی برداشت دادههای زمینی و سپس نحوه پیشپردازشهای تصاویر و تحلیل دادهها تشریح می شود. ۲-۱- ۲ منطقه مورد مطالعه

مرتع مرجن در ۲ کیلومتری شهرستان بروجن در استان چهارمحال و بختیاری واقع شده است. این منطقه دارای مساحتی معادل ۵۶۹۴ هکتار میباشد. ازنظر جغرافیایی در حدفاصل "۲۰ ۵۰ ۵۱ تا "۳۰ ۲۳ ۵۱۰ طول شرقی و "۳۰ ۶ ۳۲۰ تا "۰^۲ ۰ ۵۲۳ عرض شمالی قرار گرفته است. ارتفاع متوسط از سطح دریا در این رویشگاه ۲۲۰۰ متر از سطح دریای آزاد است. متوسط بارندگی طبق آمار ۵۲ ساله برابر ۲۵۵ میلی متر است. طبق تقسیم بندی کوپن این منطقه دارای اقلیم معتدل و سرد با تابستان های گرم و خشک است.



شکل ۱: تصویر ماهواره لندست ۸ از منطقه موردمطالعه و موقعیت آن نسبت به استان چهارمحال و بختیاری

در تحقیق حاضر پس از بررسی منابع علمی متعدد، چهار روش پر کاربرد تصحیح تصاویرماهوارهای که در ادامه

¹ Fast Line-of-sight Atmospheric Analysis of Hypercubes

آورده شده است؛ برای برآورد تاج پوشش گیاهی مورد ارزیابی و اعتبارسنجی قرار گرفت.

N ... 13011

N ... 1 1011 N ... 1011 N ... 1011 N ... 1011

² Top-Of-Atmosphere

سنجنده ازنظر رادیومتریکی یا طولموج، کالیبراسیون مشخصی نداشته باشد یا اگر شدت روشنایی خورشیدی نامعلوم باشد، الگوریتم QUAC بهویژه وقتی که شرایط زیر حاکم باشد، میتواند دقت قابل قبولی از بازتاب طیفی را ارائه دهد:

شرط اول: حداقل ۱۰ پدیده گوناگون درصحنه وجود داشته باشد.

شرط دوم: بهاندازه کافی پیکسل تاریک برای تخمین مناسبی از شدت بازتابش طیفی پایه درصحنه وجود داشته باشد.

FLAASH تصحيح اتمسفري به روش FLAASH

الگوريتم تصحيح اتمسفرى FLAASH با فرض حضور پیکسلهای تیره که میتواند بهعنوان پیکسل مرجع با بازتاب سطحی مشخص در نظر گرفته شود، انجام می شود [۱۹]. در این روش، مقدار غبار، مه و ذرات معلق در جوّ، برآورد و بازیابی می شوند. در این الگوریتم، باید مدلهای MODTRAN استاندارد مربوط به مدلهای اتمسفرى و آئروسل كه نماينده منطقه مورد مطالعه می باشند، انتخاب شوند. نسخه MODTRAN مورد استفاده در FLAASH بهمنظور تصحیح خطا در یارامترهای خط آب اصلاح شده است [۲۰]. مقدار ستون بخار آب در این روش، برای تصاویر فاقد باند برای برآورد مقدار بخار آب در جوّ (مانند لندست یا اسپات)؛ باتوجه به مدل اتمسفری که بسته به زمان و شرایط تصویربرداری انتخاب می شود، تخمین زده میشوند. مدلهای آئروسل موجود در این الگوریتم عبارتاند از روستایی، دریایی، شهری و تروپوسفریک که بستهبه شرایط منطقه ازنظر نوع و اندازه ذرات موجود در هوا باید یک مدل انتخاب شود. ازجمله مدلهای موجود SAW، ⁶ TSAS ⁶ TLW ⁶ تروپيكال است. مدل اتمسفری مناسب در حالت اول، بسته به دمای هوا یا فشار بخار آب منطقه انتخاب می شود و در حالت دوم

۱- تصحیح اتمسفری جوی آنی (QUAC) ۲- تصحیح اتمسفری تجزیه و تحلیل سریع خطدید اتمسفر ازطریق طیف ابر مکعب (FLAASH)

۳- نرمالسازی رادیومتریکی اتوماتیک در تصاویر چند
 زمانه به روش تبدیل آشکارسازی تغییرات چند متغیره
 وزندار (IR-MAD)

۴- تبدیل اعداد رقومی (DN) ثبت شده توسط سنجنده
 به بازتابش انعکاسی بالای جو یا (TOA)

در ادامه به شرح مختصری از هر یک از روشهای مورد استفاده پرداخته میشود.

QUAC تصحیح انمسفری به روش -۲-۲

این روش یک روش تصحیح اتمسفری برای محدوده مرئی، مادون قرمز نزدیک و مادون قرمز میانی است. الگوریتم اصلاح جوّی سریع بهمنظور اصلاح جوّ برای تعیین پارامترهای مورد نیاز به صورت مستقیم از اطلاعات موجود دریک صحنه (طیف پیکسلهای مشاهده شده) استفاده میکند و برای این منظور نیاز به اطلاعات جانبی استفاده میکند و برای این منظور نیاز به اطلاعات جانبی نیست. برخلاف بسیاری از روشهای اصلاح جوّ، روش بازیابی عمق نوری آئروسل در الگوریتم QUAC به حضور پیکسل تاریک درصحنه نیاز ندارد [۱۸]. به طور خاص، پیکسل تاریک در محنه نیاز ندارد (۱۸]. به طور خاص، نیست عمق نوری آئروسل را برآورد کند. اگر یک

⁴ Mid-Latitude Summer

⁵ U.S. Standard

¹ Sub-Arctic Winter

² Mid-Latitude Winter

³ Sub-Arctic Summer

درصورت در دسترس نبودن این پارامترها با توجه به ماه اخذ تصاویر و عرض جغرافیایی منطقه مورد مطالعه، بااستفاده از اطلاعات موجود در راهنمای نرم افزار، مدل مناسب انتخاب می شود که در تحقیق حاضر از این طریق مدل مناسب انتخاب شد. صرفاً جهت استحضار درصد رطوبت نسبی در روزهای تصویر برداری از ایستگاه

سینوپتیک اخذ شده و در جدول (۱) ارائه شده است. ازجمله اطلاعات مورد نیاز برای انجام این الگوریتم زاویه خورشیدی، ارتفاع سنجنده، زاویه آزیموت ماهواره، میانگین ارتفاع از سطح دریا، ساعت تصویربرداری و غیره است. در کالیبره کردن تصاویر اعداد رقومی ثبت شده توسط سنجنده به بازتاب بالای جو تبدیل می شود.

می شود، اصلاح می گردد [۲۳]. روش های زیادی

بهمنظور نرمالسازى نسبى راديومتريكي توسط محققان

ارائه شده است [٢٣]. اساس تمامي اين روشها بر اين

فرض حاکم است که رابطه بین بازتابشهای طیفی ثبت

شده توسط سنجنده در زمانهای مختلف از مکانهایی

که بازتابش یکسان و ثابتی در دوره های مختلف دارند،

مبنای انجام تصحیحات میباشد و فرض میشود که

تفاوت بازتاب طيفي در اين عوارض با بازتاب ثابت، بهعلت

تغییرات و آشفتگیهای جوی در تصاویر چندزمانه اتفاق

افتاده است. در نتیجه این عوارض با بازتاب ثابت، می تواند

مبنایی برای محاسبه توابعی خطی برای تقریب تغییرات

جوّی و تأثیری که در تغییر بازتابش واقعی پدیدههای

سطح زمین دارد؛ باشد. مهمترین و دشوارترین جنبه

تمامی این روشها، تعیین عوارضی است که بازتاب

جدول۱: مقادیر درصد رطوبت نسبی جو در منطقه مورد مطالعه در روزهای تصویر برداری						
تاريخ	۲۴ اردیبهشت	۲۵ خرداد	۱۱ مرداد			
رطوبت نسبی٪	47	۲۳	۲.			

IR-MAD نرمال سازی رادیومتریکی به روش IR-MAD همان طور که ذکر شد، دستیابی بهدقت مطلق در مقایسه تصاوير چندزمانه بهعللى همچون مرجع راديومتريكى غیریکسان که ناشی از شرایط متفاوت جوّی، عدم ثبات زمانی در همسانسازی سنجنده و زاویه قرارگیری متفاوت سنجنده نسبت به خورشید در زمانهای مختلف و غیره مشکل خواهد بود[۲۱]. نرمالسازی مطلق راديومتريكي تصاوير ماهوارهاي به يك الگوريتم اصلاح جوّی و دانستن خصوصیات مرتبط با اتمسفر در هنگام تصویربرداری نیاز دارد که برای بسیاری از تصاویر ماهوارهای وجود ندارد یا اینکه دسترسی به آنها مشکل است [۲۲]. برای رفع این مشکل روش IR-MAD که توسعه يافته روش MAD مي باشد، توسعه يافت. اين روش شامل تجزیه و تحلیل بازتاب طیفی عناصر ساخته شده توسط انسان، مانند جادهها، مناطق شهری و صنعتی و غیره است که به این عناصر پدیدههای شبه ثابت امی گویند؛ چرا که بازتاب طیفی آنها معمولا تا حدود زیادی ثابت است. با استفاده از بازتابش طیفی این یدیدهها، مقادیر بازتابی تکتک باندهایی که در زمانهای مختلف از یک منطقه گرفته شده بر مبنای بازتابش طیفی یکی از تصاویر که اصطلاحاً تصویر مبنا^۱ نامیده

طیفی آنها در طول زمان ثابت هستند که این پدیدهها، اساس و پایه نرمالسازی رادیومتریکی میباشند [۲۲و۲۲]. یکی از این روشها، روش ^۲IR-MAD است که توسط کانتی و نیلسون ارائه شده است[۱۵]. این تکنیک بهمنظور نرمالسازی رادیومتریکی تصاویر چند طیفی و ابرطیفی توسعه یافته است. این روش از تجزیه و تحلیل همبستگی متعارف ^۳ (CCA) برای پیدا کردن ترکیب

³ Canonical Correlation Analysis

¹ Reference Image

² Iteratively Re-weighting Multivariate Alteration Detection

خطی بین دو گروه متغیرها (بهعنوان مثال باند طیفی از تصویر هدف و تصویر مرجع) استفاده کرده و یک سری تصویر جدید تولید می کند. باندهای تصاویر جدید، متغیرهای متعارف ^۱ نامیده می شوند. در این صورت تصاویر اصلاح شده در مکان پدیدهای ثابت، حداکثر همبستگی را باهم دارند؛ در حالی که در بخشهای تغییر پذیر تصویر کاملاً غیر همبسته و متعامد هستند. پیکسل های با حداقل تفاوت بین باندها به عنوان پیکسل های شبه – ثابت یا ثابت در نظر گرفته می شوند. این پیکسل ها به منظور نرمال سازی هر تصویر نسبت به تصویر مرجع با استفاده از رگرسیون متعامد حاصله مورد اصلاح و بازسازی قرار می گیرند [10].

۲–۵– کالیبره کردن رادیومتریکی تصاویر به روش TOA

در روند کالیبره کردن رادیومتریکی تصاویر ماهوارهای، اعداد رقومی ثبت شده توسط سنجنده یا *DN* به درخشندگی طیفی ثبت شده توسط سنجنده یا *T Radiance* تبدیل شده و سپس به بازتاب بالای جوّ یا (*TOA*) تبدیل میشوند. دو مرحله فوق با فرمولهایی که برای تصاویر هر سنجنده تعریف شدهاند انجام میشود. کاهش تنوع و خطای موجود در تصاویر چندزمانه اخذ شده از یک منطقه با تبدیل ارزشها به میشود. کاهش مییابد و فرایند ذکر شده منجر بازتاب بالای جوّ کاهش مییابد و فرایند ذکر شده منجر زمانهای مختلف میشود[۴ و ۲۴]. پارامترهای موردنیاز برای این تبدیل *Gain* و *Toffsel*، ارتفاع خورشید و زمان کسب تصویر و میزان عدد رقومی تیرگی تصویر^۳ و است. روابط (۱) و (۲) مربوط به تعاریف بالا در زیر آمده

$$L_{\lambda} = Gain * Pixel value + offset$$
 (۱) رابطه
 $\rho_{\lambda} = \frac{\pi L_{\lambda} d^2}{ESUN_{\lambda} sin\theta}$ (۲) رابطه

$$W_{\lambda}(m^2 * sr * \mu m)$$
 رادیانس با واحد $=L_{\lambda}$

¹ Canonical Variates

² Top-Of-Atmosphere

فاصله زمین تا خورشید در واحد نجومی=d $W_{\prime}(m^2)$ انرژی تابشی خورشید با واحد $W_{\prime}(m^2)$ $(mm) * \mu m)$ = 0 ارتفاع خورشیدی به درجه

۲-۶- اندازه گیری پوشش و تولید درعرصه در این تحقیق با توجه به اهداف ذکرشده پس از تعیین محدوده موردمطالعه بهمنظور اندازه گیری تاج پوشش سبز گیاهی، این پارامتر به تفکیک ۵ فرم رویشی گندمی بلند، فورب بلند، فورب كوتاه، بوتهاى و گندمى كوتاه اندازه گیری شد. در این تحقیق با توجه به تحقیق آندرسون و همکاران [۲۵] که تولید گیاهی را با استفاده از دادههای لندست برآورد کرده بودند از ترانسکت استفاده شد. ۹۵ کوادرات در ۱۹ نقطه نمونه برداری (پلات) در امتداد یک ترانسکت ۱۰ کیلومتری با در نظر گرفتن تیپهای گیاهی موجود در منطقه، مستقر شدند. اندازه گیری ها در ۱۹ نقطه نمونه برداری (شامل ۵ کوادرات) که در هر نقطه نماینده یک پلات بود و با فرض قرار گرفتن هر نقطه نمونه برداری در یک پیکسل انجام شد. با توجه به نتایج تحقیق طهماسبی و همکاران [۲۶] باهدف تعیین شکل و اندازه کوادرات مناسب، در مراتع نیمهاستیی، اندازه و شکل کوادرات، (۲*۲) در نظر گرفته شد. اندازه گیری های فوق در چهار دوره رویشی (شامل اواسط اردیبهشت، اواخر خرداد، اویل مرداد و اواسط شهریور) در سال ۱۳۹۳ تکرار شد. در ضمن، مختصات پلاتهای موجود در عرصه توسط دستگاه GPS کالیبره شده با دقت زیاد (حدود ۱ متر) ثبت شد و با پیکه برای نمونهبرداری دورههای بعد علامت گذاری شد. نمونهبرداری در هر مرحله طی سه الی چهار روز انجام شد. برای اندازه گیری تاج پوشش سبز گیاهی از کوادرات مشبک که توسط شیومی و یوشیمورا پیشنهاد شده است، استفاده شد [۲۷]. در یلات مشبک به علت این که هر شبکه کوچک ایجاد شده برابر یک درصد از مساحت یلات میباشد، اندازه گیری درصدی از پلات که توسط

³ Digital Number of Haze

نشان داده شده است.

مقادیر تاج پوشش سبز اندازه گیری شده، طی عملیات صحرایی به تفکیک ۴ دوره در جدول (۲) آورده شده است. بر اساس اطلاعات جدول، میزان تاج پوشش سبز گیاهی در منطقه مورد مطالعه از ۱۵٫۵ درصد در اولین مرحله آماربرداری (۹۳٬۰۲٬۲۴) به میزان ۲٫۵۲ درصد در آخرین مرحله آماربرداری (۹۳٬۰۶٬۱۲) کاهشیافته است. تاج پوشش سبز گیاهی اشغال شده است، خطای بسیار کمتری داشته و در نتیجه این روش دارای دقت بالایی میباشد. در هر دوره نمونه برداری، فقط تاج پوشش سبز گیاهی و بخش فتوسنتز کننده گیاه اندازه گیری شد. مفهوم پلات و کوادرات در این پژوهش در شکل(۲)



شکل ۲. ارائه شماتیک از ۳ نقطه نمونهبرداری (هر نقطه شامل ۵ کوادرات، با ۴ متر فاصله از کوادرات مرکزی)

مراحل	تاريخ نمونهبرداري	درصد تاج پوشش سبز
مرحله ۱	٩٣,٠٢,٢۴	$\Delta_{/\Delta}$
مرحله۲	۹۳٬۰۳٬۲۵	$\Lambda_{I}\Delta\Delta$
مرحله۳	۹۳٬۰۵٬۱۱	۳٬۲۵
مرحله۴	۹۳ <i>٬</i> ۰ <i>۶</i> ٬۱۲	۲,۵۲

جدول ۲: مقادیر اندازهگیری شده درصد تاج پوشش سبز (٪) در عرصه مراتع مرجن برحسب پلاتهای نمونهبرداری صحرایی

در این تحقیق از تصاویر ماهواره لندست ۸ اخذ شده از منطقه مورد مطالعه که مربوط به تاریخهای، ۲۴ اردیبهشت، ۲۵ خرداد، ۱۱ مرداد، ۱۲ شهریور (تاریخهایی که هم زمان نمونه برداری زمینی نیز انجام شد) در سال ۱۳۹۳ استفادهشد. به منظور بررسی دقت شد) در سال ۱۳۹۳ استفادهشد. به منظور بررسی دقت مندسی تصاویر، مختصات چندین نقطه کنترل از نقشه هندسی تصاویر، مختصات چندین نقطه کنترل از نقشه ماهواره منطقه استخراج و به علت تطابق هندسی تصاویر و نقاط کنترل زمینی و دقت بالای تصاویر ندست۸، نیازی به انجام تصحیح هندسی تصاویر ماهواره منبود. سپس، چهار روش تصحیح اتمسفری ماهواره منطقه استریکی رادیومتریکی به روش IR-MAD به علاوه تبدیل اعداد ثبت شده توسط

سنجنده به بازتابش بالای جو یا TOA بر روی چهار دوره تصاویر ذکر شده در جدول (۲) اعمال شد. لازم به ذکر است که پارامترهای موجود در مدل تصحیح اتمسفری FLAASH با توجه شرایط منطقه و ماه اخذ تصاویر و با رجوع به راهنمای نرم افزار انتخاب شدند. پارامتر قابلیتدید در تمام تصاویر ۴۰ کیلومتر در نظر گرفته شد. در روند نرمالسازی رادیومتریکی، یکی از تصاویر به عنوان تصویر مرجع در نطر گرفته شد و مابقی تصاویر به عنوان تصویر هدف بر مبنای آن نرمالسازی می شود. در این تحقیق تصویر ۱۲ شهریور به عنوان تصویر مرجع در نظر گرفته شد و تصاویر ۲۴ اردیبهشت، ۲۵ خرداد و ۱۱ مرداد به عنوان تصاویر هدف در نظر گرفته شدند. برای

انتخاب بهترین روش تصحیح و اعتبار سنجی مدل بر آورد پوشش گیاهی، دو شاخص گیاهی NDVI و ARVI بر تصاویر خروجی چهار روش تصحیح ذکر شده، محاسبه شدند. علت انتخاب این دو شاخص در این مرحله، استفاده از یک شاخص مرسوم و پرکاربرد (NDVI) و یک شاخص مقاوم به شرایط جوی (ARVI) در اعتبارسنجی شاخص مقاوم به شرایط جوی (ARVI) در اعتبارسنجی روش های تصحیح میباشد. مراحل پیش پردازش و پردازش تصاویر توسط نرم افراز 5.1 ENVI و selva

۲-۷- پیش پردازش و پردازش تصاویر

پس از اعمال روشهای انجام تصحیحات اتمسفری برروی تصاویر ماهوارهای و محاسبه شاخصهای گیاهی مورد رابطه بین پوشش گیاهی با شاخصهای گیاهی مورد ارزیابی قرار گرفت که شرح هریک در ادامه آمده است. ۲–۸–رابطه بین تاج پوشش سبز گیاهی با دادههای ماهوارهای

به منظور بررسی رابطه بین تاج پوشش سبز گیاهی با دادههای ماهوارهای از تحلیل رگرسیون خطی استفاده شد. به این منظور ارزش شاخصهای گیاهی ARVI و NDVI پس از اعمال روشهای تصحیح از تصاویر ۲۴ اردیبهشت، ۲۵ خرداد، ۱۱ مرداد و ۱۲ شهریور به عنوان متغیر مستقل و مقادیر اندازه گیری شده تاج پوشش سبز زمینی در چهار دوره نمونه برداری به عنوان متغیر وابسته وارد رابطه رگرسیونی خطی و درجه ۲ شدند.

بهاین ترتیب که مجموع مشاهدات در چهار دوره نمونهبرداری برای ساخت یک معادله در نظر گرفته شدند.

این مرحله برای خروجی تصاویر چهار روش تصحیح IR-MAD ،FLAASH ،QUAC و TOA انجام شد. درضمن مقادیر زمینی تاج پوشش گیاهی میانگین ۵ کوادرات در هر پلات، به عنوان نماینده ارزش یک پیکسل در نظر گرفته شد. در مطالعات مختلفی [۸ و ۲۸] یک کوادرات ۱ متر مربعی نماینده پیکسل ۹۰۰ متر مربعی لندست در نظر گرفته شده است؛ ولی در تحقیق حاضر با توجه به تنوع گونههای گیاهی در طول دوره رویش، اختلافات درصد پوشش در فرمهای رویشی مختلف، الگوی پراکنش گیاهان، ناهمگنیهای موجود و در نهایت برای اطمینان بیشتر، میانگین ۵ کوادرات نماینده یک پیکسل در نظر گرفته شد. قبل از ایجاد مدلهای رگرسیونی نرمال بودن توزیع متغیر وابسته بررسی شد و با انجام تبدیل و پس از اطمینان از نرمال بودن توزیع این متغیر، تجزیهوتحلیل رگرسیون خطی و غیر خطی انجام شد. مدلهای رگرسیونی ساخته شده براساس خروجی چهار روش تصحیح براساس ۶۷ درصد دادهها ایجاد شدند و ۳۳ درصد از مشاهدات برای تست مدلهای رگرسیونی در نظر گرفته شدند. نتایج آزمون كولموگراف اسميرنو نرمال در دو حالت قبل از انجام تبدیل و پس از انجام تبدیل و در نتیجه نرمالسازی در جدول(۳) آورده شده است.

جدول۳: نتایج نرمال سازی تاج پوشش سبز

دادههای تاج پوشش	كولموگروف- اسميرنو				
	آماره	درجه آزادی	سطح معنی داری		
دادههای خام	۰,۱۵۶	٧۶	•		
دادههای تبدیل شده	۰,۰ ۷ ۵	۲۶	۲٫۰		

۲-۹-اعتبارسنجی مدل برآورد تاج پوشش گیاهی و انتخاب بهترین روش تصحیح

در این مرحله، اعتبار سنجی مدلهای رگرسیونی که برای هر چهار روش IR-MAD ،FLAASH ،QUAC و

TOA با دو شاخص گیاهی NDVI و ARVI ایجاد شده بودند، انجام شد. به این ترتیب که در ۳۳ درصد از دادهها که وارد ساخت مدل نشده بودند، مقادیر اندازه گیری شده و مقادیر برآورد شده توسط مدل های رگرسیونی، در

رگرسیون خطی در مقابل هم قرار گرفتند و پارامترهای R و R^2 محاسبه شدند، سپس با استفاده از روابط ($^{(7)}$) R و R Bias و MAE RMSE و RMSE نیز محاسبه شدند.

$$RMSE = \sqrt{\sum_{i=1}^{n} \frac{(y_i - y)^2}{n}}$$
 (۲) رابطه
MAE: $\sum_{i=1}^{n} \frac{|y_i - y|}{n}$ (۲) رابطه

$$Bias = \sum_{i=1}^{n} \frac{y_i - y}{n}$$
 (۵)

در معادلات بالا $y_i \ y_i$ و y به ترتیب مقدار برآورد شده و مقدار اندازه گیری شده تاج پوشش سبز گیاهی، *ith* شماره نمونه یا شماره پلات در اندازه گیری زمینی و nتعداد کل نمونه ها است. پارامترهای ذکرشده نشاندهنده دقت و صحت مدلهای رگرسیونی و نشانگر این میباشند که تا چه اندازه ارزشهای پیشبینی شده به ارزشهای واقعی نزدیک است. ارزش کمتر در مقادیر R به ارزشهای واقعی نزدیک است. ارزش کمتر در مقادیر مادیر R و R و ارزش بیشتر در مقادیر R و Rنمایانگر دقت و صحت بیشتر مدل رگرسیونی است. نمایانگر دقت و صحت بیشتر مدل رگرسیونی است.

دســتیابی به بهترین روش تصحیح و اعتبارسنجی نهایی

پس از اعتبارسنجی و دستیابی به بهترین روش تصحیح از بین روشهای QUAC، FLAASH و RTA و RTA و IR-MAD ، FLAASH و بر اساس خروجی این روش، ده شاخص گیاهی دیگر نیز علاوه بر شاخصهای گیاهی NDVI و NAVI محاسبه شدند. دوازده شاخص گیاهی استفاده شده در این تحقیق شدند. دوازده شاخص گیاهی استفاده شده در این مرحله، از مقادیر پارامترهای ضریب همبستگی (R)، ضریب مقادیر پارامترهای ضریب همبستگی (R)، ضریب میانگین مطلق خطا (MAE) و اریبی (Bias) بهعنوان سنجههای اعتبار برای تعیین مناسبترین شاخص گیاهی بهمنظور برآورد تاج پوشش سبز گیاهی استفاده شد.

طبق تحقیق جکسون و همکاران، شاخصهای گیاهی در دو دسته کلی قرار می گیرند؛ شاخصهای شیبمحور و فاصلهمحور. شاخصهای شیبمحور، ترکیب ریاضی

سادهای هستند که بر تضاد بین الگوی پاسخ طیفی گیاهان در محدوده قرمز و مادون قرمز نزدیک در طیف الکترومغناطیسی تمرکز میکنند. در مقابل، شاخصهای فاصله محور، مقدار پوشش گیاهی در هر پیکسل را بااستفاده از تفاوت بازتاب هر پیکسل از بازتاب خاک لخت اندازه گیری میکند [۲۹].

پس از دستیابی به مدل برآود تاج پوشش گیاهی با لحاظ بهترین روش تصحیح از بین چهار روش QUAC، IR-MAD ،FLAASH و TOA، بهعلاوه پس از انتخاب شاخص گیاهی مناسب در مرحله بعد با آزمون تی جفتی؛ شاخص گیاهی مناسب در مرحله بعد با آزمون تی جفتی؛ مجدداً اعتبار سنجی انجام شد. در ۳۳ درصد از دادههایی که در ایجاد مدل رگرسیونی وارد نشده بودند مقادیر تاج پوشش سبز گیاهی اندازه گیری شده در عملیات وروش سبز گیاهی اندازه گیری شده از مدل توضیح داده شده، قرار گرفت و با آزمون تی جفتی، وجود یا عدم وجود اختلاف معنی دار بین این دو ارزش مورد بررسی قرار گرفت. در ضمن مقدار ۳۳ درصد در هر دو مرحله، اعتبارسجی مذکور به صورت کاملاً تصادفی به تعداد برابر از مشاهدات مربوط به هر چهار دوره انتخاب شد.

۳- نتايج

نتایج حاصل از اعمال هر یک از روشهای تصحیح اتمسفری و همچنین نتایج مطالعه ارتباط بین شاخصهای گیاهی با پوشش گیاهی، پس از اعمال چهار روش تصحیحی و اعتبار سنجی مدلها، در زیر آمده است.

IR- FLAASH ،QUAC ، Guado G

روش IR-MAD علاوه بر خروجی در قالب تصویر، شامل خروجی و تحلیل آماری هم میباشد که در جدول (۵) ارائه شده است. در این بخش تصاویر خروجی روشهای تصحیح آورده نشده و تنها به مقایسههای میانگین و واریانس در نرمالسازی تصاویر ۲۴ اردیبهشت، ۲۵ خرداد و ۱۱ مرداد (بهعنوان تصاویر هدف) نسبت به تصویر تاریخ ۱۲ شهریور (بهعنوان تصور مرجع) آمده است. نتایج نشاندهنده برابری واریانس تصاویر نرمال میدهد. برای تمام باندهای تصویر ۱۱ مرداد , و باند مادون قرمز تصویر ۲۵ خرداد برابری واریانسها وجود دارد ($(\Delta)^{-}P)$ ولی در تمام باندهای تصویر ۲۴ اردیبهشت و باند قرمز و آبی تصویر ۲۵ خرداد برابری واریانسها وجود ندارد ($(-2)^{-}P)$. شده و تصویر مرجع میباشد (۵,۰<P). آماره F نشاندهنده نسبت بین واریانس تصویر نرمال شده و تصویر مرجع میباشد. مقدار این آماره باید نزدیک به یک باشد. آماره p مربوط به برابری واریانسها در تصاویر نرمال شده و تصویر مرجع را در باندهای مختلف نشان

شاخص گیاهی	رابطه	خصوصيات	منبع
Normalized Difference Vegetation Index (NDVI)	NIR – Red NIR + Red	شيب محور	[٣٠]
Ratio Vegetation Index (Ratio)	NIR/Red	شيب محور	[٣١]
Perpendicular Vegetation Index (PVI)	$\sqrt{(Rgg - NIR)^2 + (Rgg - Red)^3}$	فاصله محور	[22]
Perpendicular Vegetation Index 1 (PVI1)	$\frac{(bNIR-Red)+a}{\sqrt{b^2+1}}$	فاصله محور	[٣٣]
Perpendicular Vegetation Index 2 (PVI2)	$\frac{(NIR-a)*(Red+b)}{\sqrt{1+a^2}}$	فاصله محور	[٣۴]
Perpendicular Vegetation Index 3 (PVI3)	aNIR – bred	فاصله محور	[30]
Ratio Vegetation Index (RVI)	Red/NIR	شيب محور	[٣٢]
Difference vegetation index (DVI)	aNIR – Red	فاصله محور	[٣٢]
Weighted Difference vegetation index (WDVI)	NIR – aRed	فاصله محور	[٣٢]
Atmospheric Resistant Vegetation Index (ARVI)	$\frac{NIR - (2 * Red - Blue)}{NIR + (2 * Red - Blue)}$	مقاوم به شرایط جوی	[39]
Enhanced Vegetation Index (EVI)	$G\frac{NIR-Red}{NIR+C_1Red-C_2B+L}$	مقاوم به شرایط جوی- دارای ضریب تعدیل کننده خاک	[٣٧]
Soil & Atmospheric Resistant Vegetation Index (SARVI)	$* \frac{(1+L)}{NIR - (Red - (Blue - Red))}$ $* \frac{NIR + (Red - (Blue - Red)) + L}{NIR + (Red - (Blue - Red)) + L}$	مقاوم به شرایط جوی- دارای ضریب تعدیل کننده خاک	[77]

جدول۴: شاخصهای گیاهی مورداستفاده در این پژوهش

باند مادون قرمز، Red = باند قرمز، Blue = باند آبی، a = شیب خط خاک، b = عرض از مبدأ خط خاک، $C_1 = \mathcal{S}_2$ و $V_1 = \mathcal{S}_1$ ، $V_1 = \mathcal{S}_2$ برابر L م همچنین L برابر L، برابر C_1 خاک G

	۲۴ اردیبهشت			۲۵ خرداد		۱۱ مرداد			
	باند ۲	باند ۴	باند ۵	باند ۲	باند ۴	باند ۵	باند ۲	باند ۴	باند ۵
میانگین تصویرهدف	•,1848	•,779•	•,٣١٩۶	•,1228	۰,۲۳۵۸	•,٣١۴٢	•,1088	•,7847	• , ٣ • ٢ ١
میانگین تصویر مرجع	•,1498	•,٣٢۵١	•,٢٨۶۴	•,1498	•,7701	•,٢٨۶۴	•/1498	•,7701	•,7884
میانگین تصویر نرمال شده	•,1498	• / ۲ ۲ ۳ ۱	• ,7884	•,1498	•/2201	• ,7884	•,1498	•,٢٢۵•	•,788
آماره T	-•.,••٩•	•,•V7۶	-•,1808	-•,1474	-•,•٢٩۴	-•,110•	•,1877	۰,·۵۸۶	-•,744
آماره- p	١	•,9479	۰٫ ۸۶ ۷۷	۰,۸۷۸۲	١	٠٬٩١٧٧	۰٬۸۶۷۷	•,9479	۰٫۸۱۰۳
واريانس تصوير هدف	•,•••77	•,•••Y	•,••1100	•,•••)	•,••۶۵۴	•,•••٩۵٩	• ,• • • \	•,••۴۵	•,•••٧۶
واريانس تصوير مرجع	•,•••)•	•,•••۵٢	•,•••٩٢	•,•••)	•,••۵۲۷	•,•••٩٢	•,•••)•	•,••۵۲	•,••٩٢
واریانس تصویر نرمال شده	•,••••٣	•,•••۴١۴	•,••• • • • • • •	•/•••)	•,•••۴٩	•,•••٩٢	•,•••)•	•,•••۵٣	•,••9۴
آمار <i>ه F</i>	٣,۶٠٩٢٨	1,TYT1A	۱,۱۱۵۹	1,•741	۱,۰۷۵۳۶	۱,۰۰۲۹۰۰	1,	•,••٧٣٩	•,•1880
آماره- p	• / •	• / •	• / •	•,• ٣٣٩	•	·,774.08	•,81180	•,80484	•,17478

جدول ۵: مقایسات میانگین و واریانس تصاویر ۲۴ اردیبهشت، ۲۵ خرداد و ۱۱ مرداد پس از نرمال سازی به روش IR-MAD

معنیداری در سطح ۹۵٪ (*P*>۰،۰۵)

۳-۳- نتایج اعتبار سنجی مدلهای رگرسیونی روشهای تصحیح

نتایج اعتبارسنجی نشان میدهد روش FLAASH از دقت و صحت بیشتری نست به روشهای دیگر برخوردار ARVI میباشد. روش FLAASH با استفاده از شاخص ARVI ، MAE0=.,81 ، RMSE0=.,91 ، R=.,81 ، $R^20=.,81$ ، MAE0=.,81 ، RMSE0=.,91 ، R=.,91 ، R=.,91نسبت به مدلهای دیگر ارجحیت دارد. درمقابل در روش IR-MAD مقادیر پارامترها نسبت به ، بقیه روشها از دقت و صحت کمتری برخوردار میباشد ، MAE0=.,98 ، RMSE0=.,10 ، R=.,91 ، R=.,186. Bias=.,186. **ARVI** نتایج آنالیز رگرسیونی شاخصهای ARVI و -7 - نتایج آنالیز رگرسیونی شاخصهای *NDVI* برای تعیین بهترین روش تصحیح تصاویر چند زمانه، از *NDVI* و *NDA و FLAASH و IR-MAD* از تصاویر خروجی دو شاخص گیاهی *IR-MA و NDVI* از تصاویر خروجی حاصل از اعمال روشهای تصحیح اتمسفری ARVI (در هر حاصل از اعمال روشهای تصحیح اتمسفری *RLAASH* (در هر حاصل از اعمال روشهای تصحیح اتمسفری *RLAASH* (در هر حاصل از اعمال روشهای تصحیح اتمسفری *RVI* (در هر حاصل از اعمال روشهای تصحیح اتمسفری *RVI* (در هر حاصل از اعمال روشهای تصحیح اتمسفری *RVI* (در هر حاصل از اعمال روشهای تصحیح اتمسفری *RLAASH* (در هر ماصل از اعمال روشهای تصحیح اتمسفری *RVI* (در هر حاصل از اعمال روشهای تصحیح اتمسفری *RVI* (در هر ماسبه دو شاخص *IRAASH* (در مر*RVI*) بیشترین مقدار بود (*NV*) و در روش *RASH* (در مرابای شاخص *IR-MA* (۵/۳۰) و در روش *RASH* (در مادی *RI*) میاشد. بقیه موارد بین مقادیر معادیر مدکور هستند.

تاثیر روشهای تصحیح جوی بر ر ابطه میان شاخصهای...

فاطمه پردل، عطاالله ابراهیمی، زهرا عزیزی

روش	شاخص	رابطه	<i>R</i> ²	Sig
OUAC	ARVI	$Y = \Upsilon_1 F \Lambda + \Lambda_1 F \Upsilon^* ARVI + \Upsilon \Upsilon_1 F^* ARVI^2$	۰٫۳۵	•,• \ •
QUAC	NDVI	$Y = 1/\lambda \lambda - \tau/\Delta \mathfrak{r} * NDVI + \tau \lambda/\mathfrak{r} * NDVI^2$	۰٫۳۸	•,••1
	ARVI	$Y = \mathfrak{r}_{\Delta} + \mathfrak{r}_{\lambda} + \mathfrak{r}_$	۰٫۸۱	•,••)
FLAASH	NDVI	$Y = \mathfrak{F}_{1} \mathfrak{T} + \mathfrak{F}_{1} \mathfrak{a} * NDVI - \mathfrak{a}_{1} \mathfrak{a} \mathfrak{T} * NDVI^{2}$	۰٫۷۹	•,••١
	ARVI	$Y = r_1 r r + r r * ARVI + r r h_1 r * ARVI^2$	•,۴	•,••)
IK-MAD	NDVI	$Y = \mathfrak{F}_{0} \Delta \mathfrak{T} - \mathfrak{V} \mathfrak{F}_{0} \Lambda \mathfrak{T} * NDVI + \mathfrak{V} \mathfrak{T}_{0} \mathfrak{T} \Delta * NDVI^{2}$	۰,۳۵	•,••)
TOA	ARVI	$Y = \Upsilon_1 \Im + \Upsilon \Upsilon_1 \land \Upsilon * ARVI- \Upsilon \Im_1 \land \Upsilon * ARVI^2$	• , Y	•,••١
	NDVI	$Y = -\mathbf{F}_{\mathbf{A}}\mathbf{V} + \mathbf{F}\mathbf{D}_{\mathbf{A}}\mathbf{G}\mathbf{F}^{*}NDVI + \mathbf{A}\mathbf{F}_{\mathbf{A}}\mathbf{G}\mathbf{F}^{*}NDVI^{2}$	•,٧٢	•,•• ١

NDVI در تاریخهای ۲۴	شاخصهای طیفی ARVIو	، بين تاج پوشش سبز و	رگرسیون درجه دوم	جدول ۶: نتایج حاصل از
صحيح	دادههای آموزشی ۴ روش ت	مرداد و ۱۲ شهریور در ه	هشت، ۲۵ خرداد، ۱۱	ارديب

آزمون آماری معنیداری در سطح ۹۵٪ (۵۰/۹۵)

۴-۳- نتایج آنالیز رگرسیونی شاخصهای گیاهی و تاج پوشش سبز گیاهی

پس از انتخاب روش تصحیح اتمسفری FLAASH براساس نتایج جدول (۷) به عنوان بهترین روش تصحیح، تعداد ده شاخص گیاهی علاوه بر شاخصهای ARVI و NDVI آنالیز رگرسیونی درجه دوم تک متغیره بین تاج پوشش سبز بهعنوان متغیر وابسته و شاخصهای طیفی بهعنوان متغیر مستقل در محل پیکسلهای مربوطه در تصاویر چهار دوره (۲۴ اردیبهشت، ۲۵ خرداد، ۱۱ مرداد، ۱۲ شهریور) در منطقه مورد مطالعه مورد بررسی قرار گرفت. لازم بهذکر است که کل دادهها در چهار دوره برای ساخت یک مدل در نظر گرفته شد. در این رابطه طبق نتایج جدول (۷) تمام شاخصها دارای ارتباط معنی داری (P≤·،·۵) با پوششگیاهی میباشند. بهعلاوه، شاخصهای Ratio ،RVI ،ARVI ،SARVI ،EVI ،شاخصهای NDVI ،WDVI و PVI2 نسبت به شاخصهای دیگر، دارای قوی ترین ارتباط با تاج پوشش سبز میباشند. دررابطه درجه دوم شاخصهای مذکور، به ترتیب دارای ضریب همبستگی ۹٬۰۰٬۹٬۰۰٬۸۹ ۲٬۰۰٬۹ ۸۰٬۰۹٬۰۰٬۸۹

۸۹، و ۸۵، و ضرایب تبیین ۸، ۸، ۸، ۸، ۸، ۸، ۸، ۲۵، ۲۹، ۲٫۷۹، ۲٫۷۹، ۲٫۷۹، ۲٫۷۲ میباشند. در این تحقیق، شاخصهای گیاهی PVI3 و DVI دارای کمترین ارتباط با تاج پوشش سبز میباشند. ضرایب همبستگی این شاخصها برابر ۱۵۶٬۰ و ۱۶۲٬۰ و همچنین دارای ضریب تبیین ۲۲٫۰ و ۲۸٫۸ میباشند. دو شاخص باقیمانده بینابین دو دسته ذکر شده هستند.

با توجه به نتایج جدول (۷)، از بین سه شاخص گیاهی EVI ، ARVI ، SARVI که دارای قویترین ارتباط بودند؛ شاخص ARVI بهعنوان شاخص موردنظر در برآورد تاج پوشش سبز گیاهی در رابطه درجه دوم در منطقه موردمطالعه در نظر گرفته شد.

Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2025-07-12]

.	شاخص					
روس تصحيح	گیاهی	R	R^2	RMSE	MAE	Bias
OUAC	ARVI	١٦،٠	۰ ٬۳۷	٠ _/ ٩٩	۰ _/ ۸	-۰,۱۷۵
QUAC	NDVI	۶۲,	۰,٣٩	۰٬۹۸	• /YY	-•,1 \ \%
FLAASH	ARVI	• ، ۲۸	<i>۰ _۱۶</i> ۱	• /YY	٥٩٫٠	-•,•۶• λ
	NDVI	۳۷,۰	۰ ٬۵۴	۰٫۸۵	٨٩٫٠	-•,• \ \\$
	ARVI	•,۴	۰,۲	۱,۱۵	۰,۹۶	-•,144•
	NDVI	•,۴١	۰,۲۱	١,١٣	٠,٩۴	-•/1197
TOA	ARVI	۰٫۷۶	۰٬۵۷	• ,A	• ,8٣	-•,• \ ٩۴
TOA	NDVI	۰٫۷۵	۰,۵۶	۳۸٬۰	<i>۰_۱</i> ۶۹	-•,1• ~ 9

جدول ۲: نتایج اعتبارسنجی مدل های رگرسیونی ارائه شده در جدول ۵ در داده های تست برای شاخص های گیاهی ARVI و

NDVI در ۴ روش تصحیح

جدول ۸: نتایج حاصل از رگرسیون درجه دوم بین تاج پوشش سبز و شاخصهای طیفی دادههای سنجنده لندست ۸ در تاریخهای ۲۴ اردیبهشت، ۲۵ خرداد، ۱۱ مرداد و ۱۲ شهریور

شاخص	R	R^2	Std. Error	Sig.	رابطه
Ratio	۰٫٨٩	٠٫٧٩	۰ _/ ۵۹	۰,۰	$Y = - \mathfrak{r}_{A} \wedge \Delta + \mathfrak{r}_{A} \wedge \Delta (Ratio) - \mathfrak{r}_{A} \mathfrak{r}(Ratio^{r})$
NDVI	۰٫٨٩	۰,٧٩	۰٫۵۲	۰,۰	$Y = -\mathfrak{F}_{/} \mathfrak{T} \cdot + \mathfrak{F}_{/} \mathfrak{d} \mathfrak{T} (NDVI) - \mathfrak{d} \mathfrak{T}_{/} \mathfrak{d} \mathfrak{F} (NDVI^{r})$
RVI	۰٫٨٩	•, Y ٩	۰,۵۲	•,•	$Y = \mathcal{F}_{I} 1 + 1 \Delta_{I} A \mathfrak{q}(RVI) - T \mathcal{F}_{I} A \mathfrak{q}(RVI)$
PVI	• , YY	۰ <i>۶</i> ۰	• /YY	۰,۰	$Y = 1/\text{FV} + 1 \cdot \text{F}/\text{FV}(PVI) - \text{Far}/\text{VT}(PVI)$
PVI1	٠٫٧٣	• ،۵۳	• , Y A	۰,۰	$Y = N_{/} F \Delta + P_{/} \cdot F(PVII) - V N_{/} \cdot \mathfrak{V}(PVII^{Y})$
PVI2	۰,۸۵	۰,۷۲	• ,	•,•	$Y = \cdot, \forall \forall - \forall \forall, \forall (PVI2) + \forall \forall \Delta, \cdot \forall (PVI2^{\forall})$
PVI3	۶۵، •	٠٫٣٢	۰,۹۴	۰,۰	$Y = Ta_{0}TI + Ig_{1}Ia(PVI3) + Tag_{0}I(PVI3^{r})$
DVI	•,87	۰,۳۸	۰,۹۰	•,•	$Y = - \tau_1 \mathcal{F} \lambda - \mathcal{F} \cdot \mathcal{V} \mathcal{F}(DVI) + \Delta \mathcal{T} \mathcal{F}_1 \mathcal{V} \mathcal{V}(DVI')$
WDVI	۰ ٬۸۶	۰٫۷۵	• <i>ر</i> ۵۷	۰,۰	$Y = -1_{1} \cdot + \Upsilon V_{1} \cdot \mathcal{P}(WDVI) + 1 \cdot T_{1} \wedge 1(WDVI')$
ARVI	۰٫۸۹	• ,A	۰ ٬۴۸	۰,۰	$Y = \mathfrak{r}_{/} \mathfrak{s} + \mathfrak{r}_{/} \cdot \mathfrak{r}(ARVI) - \mathfrak{d}_{/} \iota(ARVI)$
EVI	۰٫۹	• , A	•, ۴٩	•,•	$Y = - r_{i} \epsilon \lambda + \forall r_{i} \cdot \epsilon (EVI) - i r_{i} \lambda i (EVI')$
SARVI	٠٫٩	• ,A	۰,۴۹	۰,۰	$Y = -r_1 \epsilon_1 + \epsilon_2 V(SARVI) + \Delta V_1 \epsilon_2 (SARVI)$

۳-۵- اعتبارسنجی مدل برآورد پوشش سبز

گیاهی و تهیه نقشههای پوشش گیاهی

در مرحله بعد نیز این دو مقدار (مقادیر پوشش و تولید برآورد شده توسط مدل با شاخص گیاهی ARVI در روش FLAASH با پوشش واقعی) در دادههای تست مدل با

آزمون تی جفتی مورد مقایسه قرار گرفتند. همان طور که در جدول (۹) آمده است تفاوت معنی داری بین تاج پوشش سبز برآورد شده با تاج پوشش سبز واقعی وجود ندارد. تاثیر روشهای تصحیح جوی بر رابطه میان شاخصهای... فاطمه پردل، عطااللّه ابر اهیمی، زهرا عزیزی

تاريخ	درصد پوشش واقعی	درصد پوشش تخمین زده شد	تفاوت معنىدار
۲۴ اردیبهشت	۱۵,۱	17,71	NS
۲۵ خرداد	٩,۶۴	۲٫۳۹	NS
۱۱ مرداد	٣٫٨	۶٫٣	NS
۱۲ شهریور	١,٩	۲٫۴	NS

جدول ۹: درصد تاج پوشش سبز بر آورد شده توسط مدل در برابر درصد تاج پوشش سبز اندازهگیری شده در فرمهای رویشی و تاریخهای نمونهبرداری مختلف (در ۳۳ درصد از دادههای تست)

> پس از دستیابی به مدل برآورد پوشش در منطقه اقدام موردمطالعه، مدل حاصل برای تهیه نقشه پوشش سبز تحقی گیاهی در منطقه برای تاریخهای ۲۴ اردیبهشت، ۲۵ نمونه خرداد، ۱۱ مرداد و ۱۲ شهریور، استفاده شدند. شکل(۳) استفا نمایانگر نقشههای پوشش برای تصاویر تاریخهای مختلف از یک در واحدهای بهرهبرداری موجود در منطقه با برش مناطق شده کراورزی است. در این نقشهها شاهد ناهمگنی مکانی همراه تاج پوشش گیاهی در منطقه مورد مطالعه می اشیم آماری ۲- بحث و نتیجه گیری که ه پایش پوشش گیاهی زیست بومها و بررسی پویایی آید.

پیس پوسس یاسی ریست بومه و بررسی پوییی پوشش گیاهی و ترسیب کربن در آنها، منجر به درک بهتر و مدیریت پایدار آنها خواهد شد. استفاده از سنجش ازدور برای اندازه گیری پوشش گیاهی، پس از پرتاب اولین نسل ماهواره لندست، افزایش چشم گیری پیدا کرده است. در این تحقیق، اعتبار چهار روش تصحیح در تصاویر چند زمانه در مدل رگرسیونی برآورد تاج پوشش مورد ارزیابی قرار گرفت.

همانطور که در جدول(۵) آورده شده است در آزمون برابری میانگین در تصاویر نرمال شده نسبت به تصویر مرجع در تمام باندها، در هر سه تصویر حفظ شده است. ولی فرض برابری واریانس در برخی باندها، حفظ نشده است. ارتباط شاخصهای گیاهی ARVI و NDVI با پوشش گیاهی در تمام روشهای تصحیح معنیدار است (جدول(۶)). بسیاری از محققان بر اساس همبستگی بالای بین شاخصهای گیاهی و مقادیر پوشش گیاهی،

اقدام به پایش پوشش گیاهی نمودهاند (۴۹،۴۰و۴۱]. در تحقیقات مشابه نیز حداقل یک شاخص گیاهی به همراه نمونهبرداری زمینی برای برآورد تاج پوشش گیاهی مورد استفاده قرار گرفته است. البته در برخی مطالعات بیش از یک شاخص گیاهی بعنوان متغیر مستقل وارد معادله شده است که در این صورت پیشنهاد می شود اثر همراستایی این شاخصها در معادله رگرسیونی از نظر آماری مورد بررسی قرار گیرد تا از همافزایی شاخصها که همبستگی کاذبی را ایجاد می کند؛ جلوگیری بهعمل آید. با این حال، انتخاب شاخص گیاهی مناسب در مناطق خشک و نیمه خشک بسیار بحث برانگیز است. جدول(۵)، نشان دهنده ارتباط قوی تر شاخص های گیاهی و تاج پوشش گیاهی در روشهای FLAASH (۸۱) (۸۱ . $R^2_{ARV=}$ ·/V·) TOA , ($R^2_{NDVI=}$ ·/V٩ . R^2_{ARVI} = R²_{NDVI=} ۰٬۷۲) میباشد. اثر جوّ و ذرات معلق در هوا، بر ارزش بهدست آمده از شاخصهای پوشش گیاهی همچون NDVI سبب توسعه شاخص مقاوم به شرایط جوّی همچون ARVI شده است که حساسیت آن به اثر اتمسفر چهار برابر کمتر از NDVI است [۳۶].

طبق نتایج این تحقیق که در جدول(۸) آورده شده است، شاخصهای گیاهی EVI ARVI و SARVI دارای ارتباط قوی تری با پارامتر پوشش تاجی با استفاده از باندهای ۲، ۴ و ۵ در ماهواره لندست ۸ میباشد. درنهایت در این پژوهش از شاخص ARVI استفاده شد.



rrof.

N ... 12022

N ... 1 ... No11

0 0.5 1



درصد تاج پوشش گیاهی- ۱۱ مرداد

N". - 1 ' 1 " 1 T

Z...

1011

N". - 1. 1. 1.

Z.

شکل ۳: نقشه پوشش سبز گیاهی منطقه موردمطالعه

۱۴۸

0 0.5 1

طبقات درصد

1.-1.

۲. - ۳.

r.-F.

4 Kilometers

۵،°۱۸' · "E ۵۱°۱۹' ۲۰"E ۵۱°۲۱' · "E ۵۱°۲۲' ۲۰"E ۴



r.-F.

F.->0.

Kilometers

۵۱°۱۸' · "E ۵۱°۱۹' ۲۰ "E ۵۱°۲۱' · "E ۵۱°۲۲' ۲۰ "E

Z ...

110

9/0/1/ ...E 9/0/41 L...E 9/01/1 ...E 9/01/1 ...E

درصد تاج پوشش گیاهی- ۲۵ خرداد

A

سال هفتم • شماره دوم • تابستان ۱۳۹۸

نشریه علمی پژوهشی – مهندسی فناوری اطلاعات مکانی

طبق نتايج حاصل از اين پژوهش، همچنين شاخص EVI هم دارای ضریب تبیین بالایی با تاج پوشش سبز (۸، =R2) در رابطه رگرسیونی میباشد (جدول ۸). بااینوجود، به دلیل این که این شاخص با حساسیت به مناطق با زیتوده بالا توسعه یافته است [۳۷]، از اینرو شاخص گیاهی ARVI بر این شاخص ارجحیت داده شده است. شاخص گیاهی SARVI هم ارتباط بالایی با تاج یوشش سبز ($R^2 = \cdot/\lambda$) در رابطه رگرسیونی توسعه یافته؛ دارد (جدول۸) که پیشنهاد می شود در مطالعات بعدی با شاخص ARVI مورد مقایسه قرار گیرد. بهایندلیل که شاخص SARVI جزء شاخصهای مقاوم به شرایط جوّی بوده و همچنین دارای ضریب تعدیل کننده خاک می باشد؛ گزینه مناسبی برای مطالعات این چنینی بهنظر میرسد. طبق تحقیق ارزانی و همکاران در بررسی دادههای ماهوارهای لندست، در برآورد پوشش و تولید گیاهی در مناطق خشک و نیمه خشک ایران، شاخص ARVI یک شاخص مناسب معرفی شده است[۴۲]. در تحقیق مشابه دیگری، زهتابیان با استفاده از شاخص ARVI با ضریب تبیین ۰٬۸۶ به برآورد مناسبی از پوششگیاهی دست بافت [۴۳].

پارامترهای ورودی در روش تصحیح اتمسفری FLAASH (مدل ائروسل، مدل اتمسفری و قابلیت دید) براساس شرایط مورد مطالعه انتخاب میشوند. زیرا میورا و همکاران [۴۴] در مطالعه خود نشان دادند، خطای ایجاد شده در شاخصهای گیاهی بر اثر انتخاب مدل آئروسل نامناسب، می تواند موثر واقع شود. باتوجهبه نتایج جدول (۶)، در روش FLAASH ارتباط قویتری بین تاج پوشش گیاهی و شاخصهای گیاهی مستخرج از سنجنده *LOI* نسبت به روشهای دیگر برقرار شده است. لازم به ذکر است، در مقایسه با اکثر مدلهای تصحیح اتمسفری، در مدل FLAASH اثر مجاورت (مخلوط شدن بازتاب پیکسلهای مجاور) که به علت پراکنش اتمسفری ایجاد میشود، محاسبه میشود. در نتیجه وقتی اثر

و نتیجه بهتر این روش نسبت به روشهای دیگر، می تواند به دلیل این قابلیت باشد. این امر به ویژه در مناطق خشک و نیمه خشک دارای مقادیر پوشش کم، بعضا گردوخاک ناشی از پوشش کم و موارد مشابه میباشد؛ حذف چنین اثراتی می تواند در برآورد حقیقی میزان بازتابش پوشش گیاهی و جداسازی آن از از اثرات اتمسفری بسیار راهگشا و مؤثر باشد. نتایج اعتبارسنجی مدلهای ارائه شده در جدول (۶) با ۳۳ درصد از دادهها که وارد ساخت مدل نشده بودند نیز نشان داد که در روش IR-MAD هنگام استفاده از شاخص IR-MAD روش برابر ۲۱، و RMSE برابر ۱٬۱۳ می باشد و هنگام استفاده از شاخص ARVI، ² برابر ۲٫۲ و RMSE برابر ۱٫۱۵ برابر مى باشد بنابراين روش IR-MAD بەعنوان نامناسب ترين روش در مقابل روش FLAASH برای تصحیح اتمسفری تصاویر ماهوارهای در مناطق خشک و نیمهخشک است. چنانچه به جدول (۵) نیز توجه شود، مشاهده می شود که بعضی از باندهای مورد استفاده نیز بهدرستی در پیکسلهایی که به عنوان پیکسلهای تغییر نیافته در نظر گرفته شده بودند بازسازی و اصلاح نشده و فرض تفاوت غیر معنی دار بودن بین باند مرجع و باندهای هدف تحقق نیافته است (مثلا باند ۲ در ۲۴ اردیبهشت و باند ۴ در ۲۵ خرداد) که این امر تاثیر بهسزایی بر برآورد شاخص گیاهی دارد. از آنجا که یافتن مناطق تغییر نیافته یا به عبارتی پیکسلهای تغییر نیافته از اهمیت بسیار زیادی برخوردار هستند، لذا این امر و نحوه انتخاب آنها می تواند تأثیر خیلی زیادی بر نتایج حاصل داشته باشد. این امر در مراتعی که وسیع هستند و بهویژه در مناطق بیابانی و کویری که به ندرت میتوان پیکسلهای شبه ثابت یا ثابت را پیدا کرد کاری بسیار دشوار است. چنانچه چنین پیکسلهایی در مناطق شهری نیز انتخاب شوند، باز تضمینی برای ثابت بودن آنها به دلیل تغییراتی مثل ساختوساز، نقل و انتقال خودروها و احتمال پوشش بخشی از محیط پیکسل به وسیله پوشش گیاهی که خود متغیر و غیر ثابت است؛ وجود ندارد. درمجموع پارامترهای اعتبارسنجی نشاندهنده دقت و صحت بیشتر در

خروجی روش FLAASH و با استفاده از شاخص ARVI نسبت به سه روش FLAASH و ARVI و TOA میباشد. نتایج این مطالعه نشان میدهد که تصحیح اتمسفری نتایج این مطالعه نشان میدهد که تصحیح اتمسفری نتایج این مطالعه نشان میدهد که تصحیح اتمسفری خشک که پوششگیاهی بیشتر از ۲۵ درصدی قاعدتا ندارند، نتایج قابل اعتمادتری را ارائه میدهد که این بهعلت برخی قابلیتهای این روش میباشد که از این جمله میتوان به موارد ذیل اشاره نمود:

 ۱- محاسبه و اصلاح اثر مجاورت (مخلوط شدن بازتاب پیکسلهای مجاور) که بهعلت پراکنش اتمسفری ایجاد شده است.

۲- وجود گزینه ای به منظور محاسبه میانگین قابلیت دید
 (مقدار آئروسل و مه) و تاکید بر شرایط ویژه جوّی
 همچون وجود ابر.

در مطالعه کی و همکاران با هدف بررسی سازگاری دادههای ماهواره لندست ۸ با دادههای ماهواره لندست ۷، مودیس، سنجنده GOCl^۱ در ارزیابی تغییرات، به این نتیجه رسیدند که NDVl حاصل از تصحیح اتمسفری FLAASH در دادههای لندست ۸ و مودیس توافق بیشتری را نسبت به زمانی که از روش تصحیح اتمسفری ^{TDOS} استفاده شده دارا میباشند [۴۵]. براساس نتایج این تحقیق، نرمال سازی رادیومتریکی به روش MAD این تحقیق، نرمال سازی رادیومتریکی به روش فق IR-MAD استفاده شده دارا میباشند [۴۵]. براساس نتایج و نیمه خشک طی فصل رویش به تدریج و آهسته میباشد [۴۶]. در این راستا، کنتی و نیلسون بیان داشتند توانایی IR-MAD برای انتخاب پیکسل شبه ثابت در مراجع

covariance data to model grassland phenology and photosynthetic CO2 uptake," Agricultural and Forest Meteorology, pp. 1325–1337, 2011.

[3] N. G. Silleos, T. K. Alexandridis, I. Z. Gitas, and K. Perakis, "Vegetation Indices:

بیشتری دارد و انتخاب پیکسل ثابت کاملاً وابسته به صحنه است.

با توجه به نتایج ارائه شده در جدول (۹) می توان نتیجه گیری کرد که دستیابی به مدل برآورد پوشش گیاهی که در تمام فصول رویش مورد استفاده قرار بگیرد با استفاده از دادههای لندست۸ در این مناطق امکان پذیر می باشد. در پژوهش حاضر که در منطقه خشک مرجن انجام شده است و نمونههای زمینی و تصاویر، در چهار مرحله از فصل رویش مورد ارزیابی قرار گرفته و در ساخت مدل استفاده شدهاند، در آن نتایج مطلوبی از تلفیق دادهها حاصل شده است. در نتیجه، تلفیق دادههای دورههای مختلف رویشی و ساختن مدلی که بتواند یوشش گیاهی را در فصول مختلف نشان دهد، حائز اهمیت فراوانی است و از ایجاد مدلهای متعددی که می تواند خود منشاء ایجاد برآوردی اشتباه از یوشش گیاهی باشد جلوگیری به عمل میآورد. لازم بهذکر است که استفاده از مدل حاضر در سالهای بعد مشروط بر تست مدل می باشد. نتایج تحقیق حاضر نشان داد، تصحیح اتمسفری FLAASH در مقایسه با روشهای IR-MAD ،QUAC و TOA به ویژه هنگامی که در مناطق خشک و نیمه خشک تغییرات یوشش آهسته بوده و بازتاب تاج پوشش تحت تاثیر پیش زمینه خاک می باشد و همچنین در صورتی که تصاویر از فصول و ماههای مختلف سال که قطعاً شرایط متفاوت جوّی حاکم می باشد تهیه شده باشند؛ نتایج بهتری را برای پایش یوشش گیاهی در برخواهد داشت.

- [1] M. Mesdaghi, Range Management in Iran. Mashhad: Astan Ghods Razavi Press, Iran, 2004.
- [2] M. Migliavacca, G. Galvagno, E. Cremonese,
 M. Rossini, M. Meroni, and O. Sonnentag,
 "Using digital repeat photography and eddy

¹ Geostationary Ocean Color Imager

² Dark Object Subtraction

تاثیر روشهای تصحیح جوی بر ر ابطه میان شاخصهای...

فاطمه يردل، عطاالله ابراهيمى، زهرا عزيزى

Advances Made in Biomass Estimation and Vegetation Monitoring in the Last 30 Years," Geocarto International, vol. 21, 2006.

- [4] K. Brinkmann, U. Dickhoefer, E. Schlecht, and A. Buerkert, "Quantification of aboveground rangeland productivity and anthropogenic degradation on the Arabian Peninsula using Landsat imagery and field inventory data," Remote Sensing of Environment, vol. 115, pp. 465–474, 2011.
- [5] I. M. Morrison, "Changes in the lignin and hemicellulose concentrations of ten varieties of temperate grasses with increasing maturity.," Grass Forage Science, vol. 3,5pp. 93-287, 1980.
- [6] G. C. Fahey, M. Collins, D. R. Mertens, and L. E. Moser, Forage quality, evaluation, and utilization: American Society of Agronomy, Inc., 1994.
- [7] E. B. Knipling, "Physical and physiological basis for the reflectance of visible and nearinfrared radiation from vegetation," Remote Sensing of Environment, vol. 1, pp. 155–159, 1970.
- [8] T. F. Porter, C. Chen, J. H. Long, and R. L. Lawrence, "Estimating biomass on CRP pastureland: A comparison of remote sensing techniques," biomas and bioenergy, vol. 66, pp. 268-274, 2014.
- [9] T. Mannschatz, B. Pflug, E. Borg, K. H. Feger, and p. Dietrich, "Uncertainties of LAI estimation from satellite imaging due to atmospheric correction," Remote Sensing of Environment, vol. 153, pp. 24–39, 2014.
- [10] P. S. Chavez, "An improved dark-object subtraction technique for atmospheric scattering correction of multispectral data.," Remote sensing of environment, vol. 24, pp. 459–479, 1998.
- [11] R. Richter, D. Schla[¬] pfer, and A. Mu[¬]ller, "An automatic atmospheric correction algorithm for visible/NIR imagery," International Journal of Remote Sensing, vol. 27, pp. 2077–2085, 2006.
- [12] Y. Du, P. M. Teillet, and J. Cihlar, "Radiometric normalization of multitemporal

high-resolution satellite images with quality control for land cover change detection," Remote Sensing of Environment, vol. 82, pp. 123–134, 2002.

- [13] S. H. Liu, C. W. Lin, Y. R. Chen, and C. M. Tseng, "Automatic radiometric normalization with genetic algorithms and a Kriging model," Computers &Geosciences, vol. 43, pp. 42–51, 2012.
- [14] J. Heo and T. W. Fltzhugh, "A Standardized Radiometric Normalization Method for Change Detection Using Remotely Sensed Imagery," Photogrammetric engineering 81 remote sensing, vol. 66, pp. 173-181, 2000.
- [15] M .J. Canty and A. A. Nielsen, "Automatic radiometric normalization of multitemporal satellite imagery with the iteratively re-weighted MAD transformation," Remote Sensing of Environment, vol. 112, pp. 1025–1036, 2008.
- [16] L. Ji, B. K. Wylie, D. R. Nossov, B. Peterson, M. P. Waldrop, J. W. McFarland, et al., "Estimating aboveground biomass in interior Alaska with Landsat data and field measurements," International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, vol. 18, pp. 451–461, 2012.
- [17] R. Darvishzadeh, A. A. Matkan, HosseiniaslA, and M. Ebrahimi Khusefi, "Estimation of vegetation fraction in the Central arid region of Iran using satellite images (Case study: Sheitoor basin, Bafgh)," Arid Biome Scientific and Research Journal, vol. 2, pp. 25.2012,37-
- L. S. Bernstein, S. M. Adler-Golden, R. [18] L. Sundberg, and R. Y. Levine, "Validation of the QUick Atmospheric Correction (QUAC) algorithm for VNIR-SWIR multiand hyperspectral imagery," SPIE Proceedings, Algorithms and **Technologies** for Multispectral, Hyperspectral, and Ultraspectral Imagery XI., vol. 5806, pp. 668-678, 2005.
- [19] Y. J. Kaufman, A. E. Wald, L. A. Remer,
 B. C. Gao, R. R. Li, and L. Flynn, "The MODIS 2.1- m Channel—Correlation with Visible

Reflectance for Use in Remote Sensing of Aerosol," IEEE Transactions On Geoscience And Remote Sensing, vol. 35, pp. 1286-1298, 1997.

- [20] M. W. Matthew, S. M. Adler-Golden, A. Berk, S. C. Richtsmeier, R. Y. Levine, L. S. Bernstein, et al., "Status of atmospheric correction using a MODTRAN4-based algorithm," SPIE Proceedings, Algorithms for Multispectral, Hyperspectral, and Ultraspectral Imagery VI, vol. 4099, pp. 199-207, 2000.
- [21] M. Caprioli, B. Figorito, and E. Tarantino, "Radiometric normalization of Landsat ETM+ data for multi-temporal analysis," The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, vol. 34, 2006.
- [22] M. J. Canty, A. A. Nielsen, and M. Schmidt, "Automatic radiometric normalization of multitemporal satellite imagery," Remote Sensing of Environment, vol. 91, pp. 441–451, 2004.
- [23] J. R. Schott, C. Salvaggio, and W. Volchok, J., "Radiometric Scene Normalization Using Pseudoinvariant Features," Remote sensing of environment, vol. 26, pp. 1-18, 1988.
- [24] G. Chander, B. L. Markham, and D. L.
 Helder, "Summary of current radiometric calibration coefficients for Landsat MSS, TM, ETM+, and EO-1 ALI sensors," vol. 113, pp. 893–903, 2009.
- [25] G. L. Anderson, J. D. Hanson, and R. H. Hanson, "Ewaluating Landsat Thematic Mapper Derived Vegetation Indices for Estimating Above-Ground Biomass on Semiarid Rangelands," Remote sensing of environment, vol. 45, pp. 165-175, 1993.
- [26] P. Tahmasebi, A. Ebrahimi, and N. A. Yarali, "The Most Appropirate Quadrate Size and Shape for Determing Some Characteristics of a Semi-steppic Rangeland," Journal of Range and Watershed Management, Iranian Journal of Natural Resources, vol. 65, p. 203_216, 2012.

- [27] M. Shiyomi and J. Yoshimura, "Measures of spatial heterogeneity for species occurrence or disease incidence with finitecounts," Ecological Research, vol. 15, pp. 13-20, 2000.
- [28] C. L. Maynard, R. L. Lawrence, G. A. Nielsen, and G. Decker, "Modeling vegetation amount using bandwise regression and ecological site descriptions as an alternative to vegetation indices.," GIsci RemotE Sens, vol. 43, pp. 1-14, 2006.
- [29] R. D. Jackson and A. Huete, R., "Interpreting vegetation indices," Preventive Veterinary Medicine,, vol. 11, pp. 185-200, 1991.
- [30] J. G. Lyon, D. Yuan, R. S. Lunetta, and C. D. Elvidge, "A Change Detection Experiment Using Vegetation Indices," Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, vol. 64, pp. 143-150, 1998.
- [31] G. S. Birth and G. Mc Vey, "Measuring the color of growing turf with a reflectance spectroradiometer," Agronomy Journal, vol. 60, pp. 640-643, 1968.
- [32] A. J. Richardson and C. L. Wiegand, "Distinguishing Vegetation From Soil Background Information,," Photogramnetric Engineering and Remote Sensing, vol. 43, pp. 1541-1552, 1997.
- [33] C. R. Perry and L. F. Lautenschlager, "Functional Equvalence of Spectral Vegetation Indices.," Remote Sensing of Environment, vol. 14, pp. 169-182, 1984.
- [34] A. Bannari, A. R. Huete, D. Morin, and F. Zagolski, "Effets de la Couleur et de la Brillance du Sol Sur les Indices de Végétation,",International Journal of Remote Sensing, vol. 17, pp. 1885-1906., 1996.
- [35] J. A. Qi, A. Chehbouni, A. R. Huete, and A. Sorooshian, "A Modified Soil Adjusted Vegetation Index," Remote sensing of environment, vol. 43, pp. 1541-1552, 1994.
- [36] Y. J. Kaufman and D. Tanre, "Strategy for Direct and Inderect Methods for Correcting the aerosol effect on remote

تاثیر روشهای تصحیح جوی بر ر ابطه میان شاخصهای...

فاطمه یردل، عطااللّه ابراهیمی، زهرا عزیزی

sensing: From AVHRR " Remote sensing of environment, vol. 55, pp. 65-79, 1996.

- [37] A. Huete, R., C. Justice, and W. van Leeuwen, MODIS Vegetation Index (MOD13) Algorithm Theoretical Basis Document, NASA Goddard Space Flight Center, 1999.
- [38] H. Liu, Q. and A. Huete, "A Feedback Based Modification of the NDVI to Minimize Canopy Background and Atmospheric Noise," IEEE transactions on geoscience and remote sensing, vol. 33, pp. 457-465, 1995.
- [39] V. Agon and S. M. Bhamare, "Change detection of vegetation cover Using Remote Sensing and GIS," Journal of research and development, vol. 2, pp. 1-12, 2012.
- [40] J. Yang, P. J. Weisberg, and N. A. Bristow",Landsat remote sensing approaches for monitoring long-term tree cover dynamics in semi-arid woodlands: Comparison of vegetation indices and spectral mixture analysis," Remote Sensing of Environment, vol. 119, pp. 62–71, 2012.
- [41] D. Hyung Kim, J. O. Sexton, P. Noojipady, C. Huang, A. Anand, and S. Channan, "Global, Landsat-based forestcover change from 1990 to 2000," Remote Sensing of Environment, vol. 155, pp. 178– 193, 2014.
- [42] H. Arzani, "Using digital Landsat TM image data for estimate production and vegetation cover,," Iranian Jour. Natural Resources, vol. 50, pp. 11-21, 1998.
- [43] G. Zehtabian, H. Azarnivand, H. Ahmadi, and S. Kalantari, "Presentation of Suitable Model to Estimate Vegetation Fraction Using Satellite Images in Arid Region (Case Study: Sadough-Yazd, Iran)," Journal of Rangeland Science, vol. 3, pp. 108-117, 2013.
- [44] T. Miura, A. Huete, R., H. Yoshioka, and B. Holben, N., "An error and sensitivity analysis of atmospheric resistant vegetation indices derived from dark target-based atmospheric correction," Remote Sensing of Environment, vol. 78, pp. 284–298, 2001.

- [45] Y. Ke, J. Im, J. Lee, H. Gong, and Y. Ryu, "Characteristics of Landsat 8 OLI-derived NDVI by comparison with multiple satellite sensors and in-situ observations," Remote Sensing of Environment, vol. 164, pp. 298– 313, 2015.
- [46] F. Pordel, A. Ebrahimi, and z. Azizi, "Evaluation of spatio-temporal change of above-ground phytomass using calculation and extrapolation of Landsat-8 vegetation indices (Case study: Mrajan rangeland, Boroujen)," journal of rangeland, vol. 11, pp. 166-178, 2017



Journal of Geospatial Information Technology Vol.7 No.2, Summer 2019

Research Paper

The effect of atmospheric correction methods on the relationship between vegetation indices and canopy cover (Case study: Marjan rangelands of Borujen)

Fatemeh Pordel¹, Ataollah Ebrahimi²*, Zahra Azizi³

1- Ms.c in Rangeland Management, Department of Range and Watershed Management, Faculty of Natural Resources and Earth Sciences, Shahrekord University, Shahrekord, Iran.

2- Associate Professor in Rangeland Management, Department of Range and Watershed Management, Faculty of Natural Resources and Earth Sciences, Shahrekord University, Shahrekord, Iran.

3- Asistant Professor, Department of GIS and Remote sensing, Faculty of Environment and Energy, Science and Research Branch, Islamic Azad University,

Abstract

Atmospheric correction of satellite images is important when vegetation indices are used to monitor changes. In this study, four methods of atmospheric correction were evaluated and validated using vegetation indices for monitoring vegetation. For this purpose, vegetation cover was measured at 19 points at intervals of 400-1000 m along a 10 km transect with 5 quadrats per point (95 quadrats in each period and 380 quadrats in total). Then, the synchronous images to the sampling dates in four correction methods including 1) QUick Atmospheric Correction (QUAC) 2) Fast Line-of-sight Atmospheric Analysis of Hypercubes (FLAASH) 3) Image Normalization of Iteratively Reweighted Multivariate Alteration Detection (IR-MAD) and 4) converting of digital numbers to Top-Of-Atmospher (TOA) reflectance techniques were applied. After that, Normalized Diffrences Vegetation Indx (NDVI) and Atmospheric Resistant Vegetation Indx (ARVI) were calculated. Next, the validation of linear regression models for the relationship between vegetation cover and vegetation indices with the two aforementioned vegetation indices was carried out based on 33 percent of testing data. Correlation coefficient (R) and R-squared (R2), Root Mean Square Error (RMSE), Absolute Mean Error (AME) and Bias were calculated as validity measures for each method. After achieving the best correction method, 10 other vegetation indices were calculated in addition to the two mentioned indices. Finally, after finding the best canopy estimation model, a vegetation canopy map was depicted for four time periods. Validation results showed that the FLAASH method is a superlative method in comparison to the other methods of QUAC, IR-MAD and TOAin terms of RMSE and R. The R value was 0.61, 0.37, 0.2 and 0.57 for ARVI and 0.54, 0.39, 0.21 and 0.56 for NDVI, respectively. In addition, RMSE values were 0.77, 0.97, 1.13 and 0.8 for ARVI and 0.83, 0.96, 1.12 and 0.81 for NDVI, respectively. The vegetation canopy maps show the spatial heterogeneity of canopy cover in Marjan rangeland and its capability of estimating and monitoring the canopy cover of rangeland vegetation at different seasons using the developed model.

canopy cover in Marjan rangeland and its capability of estimating and monitoring the canopy cover of rangeland vegetation at different seasons using the developed model.

Key words: Vegetation indices; Atmospheric correction; Radiometric Normalization; Image calibration;

Email: Ataollah.Ebrahimi@sku.ac.ir

Correspondence Address: Department of Range and Watershed Management, Faculty of Natural Resources and Earth Sciences, Shahrekord University, Rahbar Boulvard, Shahrekord, Iran. Tel., 09132808343