

تشخیص و بررسی استرس گندم با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای

(مطالعه موردی: دشت مغان)

عادل مردانه^۱، فرشاد امیراصلانی^۲، سید کاظم علوی پناه^۳

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۹/۰۵/۰۳

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۹/۰۳/۲۸

صفحات: ۷-۲۵

چکیده

در این پژوهش هدف بررسی توانمندی و قابلیت سنجش از دور و تصاویر ماهواره‌ای در بررسی تغییرات طیفی گیاه گندم و تشخیص امراض و استرس آن در منطقه دشت مغان در شهرستان پارس آباد هست. دستیابی به چنین قابلیت‌هایی می‌تواند در پیش‌بینی به‌موقع امراض و آفت‌ها و همچنین جلوگیری از گسترش آن و استفاده به‌موقع از قارچ‌کش‌ها و سموم دفع آفات نباتی مفید واقع شود. در راستای نیل به این هدف خصوصیات طیفی گندم و گیاهان دیگر موجود با استفاده از ماهواره‌های IRS و لندست ۸ مورد بحث و بررسی قرار می‌گیرد. گیاه گندم دارای گونه‌های مختلفی هست که در این منطقه گندم آتیلا و گندم کوهی بیشتر کشت می‌شود که در این تحقیق رفتارهای طیفی آن‌ها مورد ملاحظه قرار می‌گیرد. در این پژوهش از ۱۴۶ نقطه کنترل زمینی استفاده شد که بیشترین درصد منطقه از لحاظ درجه استرس به طبقه ۲ و کمترین آن به درجه صفر یا طبقه سالم تعلق گرفت. پس از اعمال تصحیحات اتمسفری و هندسی بر روی تصاویر ماهواره‌ای موجود؛ نسبت‌های بانندی مختلفی به‌منظور شناسایی بهترین ترکیب بانندی و تفکیک‌پذیری کلاس‌های سالم و درجه‌های استرس یک، دو و سه مدنظر قرار گرفت. جهت نیل به این هدف از شاخص‌های استرس و سبزیگی پوشش گیاهی مختلفی استفاده شد. از بین شاخص‌ها، شاخص GNDVI بیشترین کارایی را داشت و توانست ۸۱٪ وضعیت مناطق را درست برآورد کند. شاخص GVI دارای بیشترین مقدار ضریب کاپا و صحت کلی به ترتیب با ۰/۹۴ و ۹۵/۳ است که نشان از کاربرد بالای این شاخص در درجه بندی استرس گیاه گندم می‌باشد. هم‌چنین این شاخص بیشترین مساحت را به درجه استرس یک اختصاص داد.

واژگان کلیدی: شاخص‌های سبزیگی گیاهی، گندم، چندطیفی، استرس گیاهی

Email: adel.mardaneh@ut.ac.ir

^۱ کارشناسی ارشد سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی، دانشگاه تهران، ایران

^۲ استاد گروه سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی، دانشگاه تهران، ایران

^۳ استاد تمام گروه سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی، دانشگاه تهران، ایران

۱- مقدمه

تغییرات طیفی مزارع گندم در مشهد با استفاده از تصاویر MODIS پرداخته‌اند و نتیجه‌گیری کردند که هم در اوایل و هم در اواخر فصل رشد گندم بین دو باند قرمز و مادون قرمز نزدیک، همبستگی مثبتی (با ضریب همبستگی ۰/۷ و ۰/۶۹) وجود داشته و مقدار شاخص NDVI کاهش می‌یابد. بنابراین می‌توان از رابطه بین باند قرمز و مادون قرمز نزدیک همراه با شاخص NDVI در مدیریت کشاورزی دقیق مانند پیش‌بینی مراحل فنولوژیک گندم، برآورد عملکرد گندم و پایش وضعیت سلامت گندم استفاده کرد. فرزادمهر و تباکی بجزستانی (۱۳۹۷) نیز به منظور تعیین قابلیت تصاویر ماهواره لندست ۸ در برآورد سطح زیرکشت زعفران در شهرستان تربت حیدریه، با استفاده از طبقه بندی نظارت شده اراضی تحت کشت زعفران را شناسایی کردند. برای ارزیابی صحت، نتایج طبقه بندی با نقشه واقعیت زمینی مورد بررسی قرار گرفت. ضریب کاپا و صحت کلی به ترتیب ۰/۸۸ و ۰/۹۸ محاسبه شد. مرتضی عاشور لو و همکاران (۱۳۸۵) شناسایی گندم را از سایر گونه‌های گیاهی بر روی تصاویر ماهواره‌ای انجام دادند و نتایج آن‌ها نشان داد که روش پیکسل مبنا در تفکیک گندم از سایر کلاس‌ها از جمله جو دقت بیشتری دارد. فهیم نژاد و همکاران با استفاده از الگوریتم‌های جداسازی خطی توانستند با مطالعه بر روی منطقه‌ای زراعی در جنوب تهران دو محصول غله‌ای جو و گندم را از هم تفکیک کنند. محمدرضا مباشری و همکاران (۲۰۰۷) پارامترهای کیفیت پوشش گیاهی را با استفاده از تصاویر هایپریون با کاربرد اندازه‌گیری

توسعه و رشد اقتصادی کشور و در نتیجه پیشرفت همه‌جانبه آن درگرو پیشرفت علمی و شناخت امکانات و منابع بالقوه جهت به‌کارگیری آن در تأمین نیازهای داخلی و صادرات برای تأمین ارز می‌باشد به همین دلیل بسیار مهم است تا شناخت دقیق و درستی از منابع موجود در کشور داشته باشیم. در این راستا، گندم مهم‌ترین غله‌ای است که در جهان کشت می‌شود و می‌تواند در طیف وسیعی از شرایط اقلیمی، آب‌وهوایی و خاک رشد کند. این محصول در بین همه غلات از نظر سطح زیر کشت و تولید سالانه در درجه اول اهمیت قرار دارد. با توجه به مراتب فوق؛ پایش محصولات زراعی و باغی کشاورزی در کشور با استفاده از تکنولوژیهای جدید و پیشرفته جهت تخمین میزان تولید و همچنین برنامه‌ریزی‌های خرد و کلان اقتصادی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار هست. کشاورزی، به عنوان اصلی ترین رکن تأمین نیازهای غذایی یک جامعه توجه مدیران و سیاست‌گذاران را به خود معطوف کرده است. تضعیف کشاورزی معادل از دست رفتن بخش مهمی از ذخیره های غذایی، امنیت و دسترسی به غذا است. کشاورزی پایدار و محصولات زراعی و باغی آن، در تولید غذا و امنیت غذایی جمعیت در حال رشد نقش کلیدی دارد (Mushtaq and Asima, 2014; Gumma et al., 2016). از سوی دیگر داده های سنجش از دور بسته به قدرت تفکیک مکانی، زمانی و رادیومتری و طیفی می‌توانند اطلاعات به هنگام، صحیح و واقعی از انواع محصولات ارائه دهند. (King et al., 2017; Nguyen and Wagner, 2017). ثنایی نژاد و همکاران (۱۳۸۴)، به مطالعه

همکاران برای بررسی اثر مقادیر نیتروژن روی بازتاب برگ گندم در مرحله خوشه‌دهی در اسپانیا صورت گرفت، مشخص شد که افزایش کود نیتروژن باعث شادابی برگ و در نتیجه موجب کاهش بازتاب ناحیه قرمز و افزایش ناحیه مادون قرمز نزدیک می‌گردد. برعکس، اعمال محدودیت برای استفاده از کود نیتروژن باعث کاهش ناحیه مادون قرمز و افزایش ناحیه قرمز شد. مطالعات کولینز در محدوده طیفی قرمز و مادون قرمز نشان داد که در زمان بلوغ گیاه جذب کلروفیل در ناحیه قرمز کاهش یافته و بازتاب مادون قرمز افزایش می‌یابد. هم‌چنین کولینز مشاهده نمود زمانی که گیاه به مرحله بلوغ می‌رسد، مکان لبه جذبی کلروفیل به سمت طول موج‌های بلندتر میل می‌کند و این تغییر را جابجایی قرمز می‌نامند. میسایل گریشام و همکاران (۲۰۱۰) آلودگی ویروس زردی برگ نیشکر را در برگ‌های بدون علائم با استفاده از سنجش‌ازدور ابر طیفی و تغییرات رنگ‌دانه‌های برگ بررسی کردند. آن‌ها آلودگی را با استفاده از آنالیز عکس‌العمل چینی پلی مرز - رونوشت معکوس تعیین کردند. پرابهاکار و همکاران (۲۰۱۱) در هند با استفاده از سنجش‌ازدور فرا طیفی استرس در پنبه را واکاوی کردند. آن‌ها مقدار کلروفیل و مقدار محتوای نسبی آب در پنبه را تخمین زدند، و با استفاده از آنالیز رگرسیون شش باند حساس به استرس پنبه که حداکثر همبستگی را داشتند را مشخص کردند و هم‌چنین با استفاده از این شش باند حساس، چهار شاخص جدید را ارائه دادند. هاگمن و ویسرز (۲۰۰۳) به کمک داده‌های راداری و با استفاده از روش‌های Object و الگوریتم Polarimetric در کانادا محصولات مختلف کشاورزی از جمله گندم را با دقت ۹۶ درصد تفکیک کردند. دوسیک و جکسون

دقیق کشاورزی انجام دادند و نتایج طبقه‌بندی آن‌ها نشان داد که با طبقه‌بندی می‌توان استرس آبی محصولات سالم و غیرسالم را نشان داد. هم‌چنین نتایج آن‌ها نشان داد که با استفاده از تصاویر هایپریون می‌توان به بررسی شناسایی پوشش گیاهی سبز پرداخت و پارامترهای متأثر از سلامتی آن‌ها را به‌عنوان مثال شناسایی استرس آبی گیاهان که اغلب با چشم قابل شناسایی نیست را به‌دست آورد. علی اسفندیاری و

همکاران (۱۳۹۲) به ارزیابی قابلیت‌های طیف‌سنج فیلد اسپیک ۳ و تصویر فرا طیفی جهت برآورد میزان آب موجود در گیاه نیشکر در اراضی کشت و صنعت نیشکر امام خمینی در خوزستان پرداختند، در این مطالعه از آنالیز همبستگی بین داده‌های آزمایشگاهی مربوط به درصد آب و طیف انعکاسی برگ گیاه نیشکر استفاده شد. جوکار و همکاران (۱۳۹۰) با استفاده از تصاویر هایپریون در منطقه ی شوشتر به شناسایی نوع محصول و سطح زیر کشت آنها پرداختند، و به این نتیجه رسیدند که الگوریتم نقشه بردار زاویه طیفی با دقت تقریباً ۹۴٪ می‌تواند انواع پوشش گیاهی را از هم تفکیک کند، در حالی این دقت برای الگوریتم کمترین فاصله از میانگین فقط ۶۶٪ می‌باشد و دارای کارایی کمتری می‌باشد. شریفی (۱۳۹۰) به بررسی امراض و استرس گیاه برنج با استفاده از داده‌های اسپکترومتری پرداخت و شاخص‌هایی را بر مبنای رفتار طیفی برنج در اکسترمم‌ها تعریف کرد و از ترکیب این شاخص‌ها مدلی را طراحی کرد و به این نتیجه رسید که این مدل توانایی تشخیص تنش‌های پیشرفته را داراست ولی تنش‌های جزئی را از گیاه سالم نمی‌تواند با دقت بالا تفکیک کند. در مطالعاتی که توسط سارنو و

طیف‌سنج تصویری مرئی و ماوراءبنفش چند طیفی توسط لیلونگ و همکارانش (۱۹۹۸) مورد استفاده قرار داده شد. آن‌ها با استفاده از آنالیز PCA^۱ در دو گونه گندم؛ گیاهان دچار تنش و کاملاً رشد یافته را از هم جدا نمودند. گوتز و همکارانش (۱۹۹۰) از تکنیک‌های تطابق طیفی برای برآورد عوامل تشکیل‌دهنده بیوشیمیایی از برگ‌های تازه سبز بهره‌گیری کردند. نشان داده شده است که این تکنیک برای مناطق مختلف قابل تعمیم است بی‌آنکه نیاز به کالیبراسیون زمینی باشد. حمید محمود و لارسول (۲۰۰۳) به ارزیابی کمی میزان شدت بیماری در محصول گندم با بهره‌گیری از تکنیکی تحت عنوان آنالیز محوری خصوصیات که در مورد داده‌های بازتابندگی ابر طیفی قابل اعمال بود، بهره‌گیری کردند. همبستگی شدیدی میان برآوردهای حاصله و ارزیابی‌های میدانی متناظر پیرامون میزان شدت بیماری دیده شد. تامپسون و بارتلت (۱۹۸۲) در ایالت تگزاس با استفاده از مدل Lacie از رابطه‌ی خطی بین بازتاب طیفی محصولات کشاورزی در طول فصل رشد، بازدهی گندم را با داده‌های MSS^۲ برآورد کردند و با ترکیب این رابطه با اطلاعات هواشناسی و کشاورزی دقیق به نتایج قابل قبولی رسیدند. وادلا و همکاران (۲۰۰۶) به بررسی روند زمانی داده‌های شاخص-های گیاهی برای طبقه‌بندی مزارع بزرگ کشاورزی شامل یونجه، ذرت، سویا و گندم با استفاده از ۱۲ تصویر MODIS با قدرت تفکیک ۲۵۰ متر پرداختند و با توجه به دوره‌های زمانی مختلف شاخص‌های EVI^۳ و NDVI کلاس‌های مختلف را از هم تفکیک کردند و نتایج آن‌ها نشان داد که تفکیک‌پذیری غلات در دوره‌های بلوغ محصولات نسبت به دوره‌ی رشد محصولات چشمگیرتر می‌باشد.

(۱۹۸۵) به بررسی بازتاب طیفی گندم در طول دوره‌ی رشد پرداختند و تمام شرایط از قبیل آبیاری، شرایط رشد، شاخص NDVI و رطوبت خاک را مدنظر قرار دادند و به شاخص گندم با استفاده از دستگاه رادیومتر رسیدند. کوچ و همکارانش (۱۹۹۹) به کنکاش پیرامون اثرات کلروسیس، بیماری ریزش برگ، تنش آبی، رشد فنولوژیکی و سن بر بازتابندگی برگ سوزنی‌ها پرداختند. در این مطالعه از ارزیابی‌های میدانی و آزمایشگاهی بر روی واکنش‌های طیفی برگ‌ها بهره‌گیری به عمل آمد. بیماری ریزش برگ باعث یک افزایش عمومی در میزان بازتابندگی در طیف کلی می‌شود. درحالی‌که کلروسیس موجب افزایش در محدوده بازتابندگی مرئی می‌شود که علت آن به کاهش محتوای کلروفیل b بازمی‌گردد. اما تغییرات در خصوصیات طیفی بواسطه تنش آبی قابل و در طیف‌های آزمایشگاهی نسبت به طیف‌های میدانی بیشتر است. استیون و همکارانش (۱۹۹۰) نیز یک تنش فیزیولوژیکی را در گیاهان با استفاده از شاخص‌های گیاهی نظیر نسبت ساده (Simple Ratio) و نسبت مادون قرمز به قرمز (NIR-to-RER) مشاهده کردند. اما این نیز مورد توجه قرار گرفت که نسبت‌های طیفی قادر نیستند به‌طور کامل اثر خاک را در اندازه‌گیری‌های طیفی حذف کنند. کارتر (۱۹۹۴) شماری از نسبت‌های بازتابندگی را که بتوان از آن‌ها به‌عنوان شاخص‌های تشخیص تنش گیاه بهره‌گیری کرد، ارائه داد. در این نسبت‌ها به‌طور چشمگیری خصوصیات گیاهان دارای تنش با گیاهان سالم متفاوت بود. بازتابندگی خیمه گیاهی در طول باندهای باریک در ۶۹۴ تا ۶۷۰ نانومتر حساسیت بالایی نسبت به تنش القاشده توسط آفت‌کش‌ها در گیاه سویا دارد. طی مطالعه‌ای، داده‌های ابر طیفی

۲- مواد و روش

۲-۱- منطقه مورد مطالعه

شهرستان پارس‌آباد در قسمت شمالی جلگه مغان قرار گرفته و با مساحت ۱۵۵۴ کیلومترمربع، شمالی‌ترین شهرستان استان هست. که از لحاظ موقعیت ریاضی بین ۳۹ درجه و ۲۰ دقیقه تا ۳۹ درجه و ۴۲ دقیقه عرض شمالی، ۴۷ درجه و ۳۰ دقیقه تا ۴۸ درجه و ۱۰ دقیقه طول شرقی از نصف النهار گرینویچ واقع شده و از سطح دریا به‌طور متوسط ۴۵ متر ارتفاع دارد. این شهرستان از شمال به رودخانه ارس و جمهوری آذربایجان، از غرب به شهرستان کلبر در استان آذربایجان شرقی، از شرق به جمهوری آذربایجان و از جنوب و

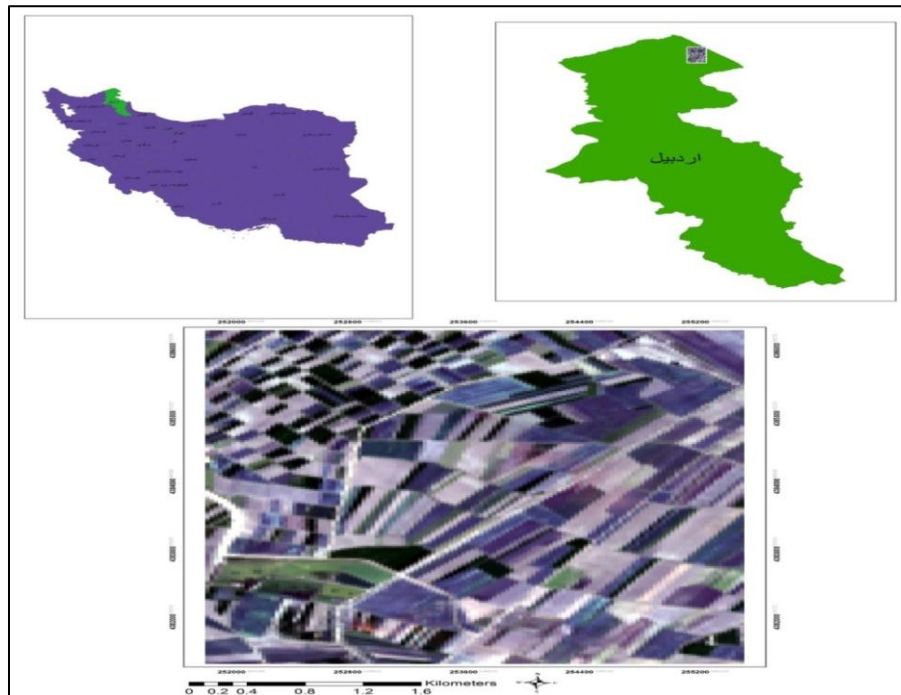
جنوب غربی به شهرستان‌های بیله سوار و گرمی محدود می‌گردد. مرکز شهرستان، شهر پارس‌آباد است که در ۳۹ درجه و ۳۹ دقیقه عرض شمالی و ۴۷ درجه و ۵۴ دقیقه طول شرقی از نصف النهار گرینویچ قرار دارد. فاصله این شهر از مرکز استان اردبیل، ۲۴۰ کیلومتر بوده و دارای ۳ بخش به نام‌های: بخش مرکزی، بخش اصلاندوز در غرب و

۱- Principal component analysis

۲- Mut ispectral scanner

۳- Enhanced vegetation index

بخش تازه کند در جنوب غربی هست.



۲-۲- داده‌های مورد استفاده

برای انجام این پژوهش نیازمند داده‌های ابر طیفی و طیف‌های میدانی از گیاه گندم بودیم ولی متأسفانه به دلیل اینکه در ایران طیف‌های میدانی ابر طیفی از گندم برداشت نشده است و همچنین ماهواره‌های ابر طیفی منطقه مورد مطالعه ما را

پوشش نمی‌دادند به‌ناچار بر آن شدیم تا از تصاویر IRS هند و لندست ۸ که دارای ۱۱ باند هست و همچنین ماهواره IRS^۱ هند که دارای قدرت تفکیک مکانی بهتری هست تلفیقی از آن‌ها را برای این پژوهش استفاده کنیم. داده‌های IRS هند از

۱ -Indian Remote Sensing

سازمان جغرافیایی ارتش دریافت شد و داده‌ها

لندست ۸ نیز از سایت USGS^۲ به دست آمد.

۲-<http://www.usgs.gov>

جدول (۱). قدرت تفکیک مکانی و طیفی سنجنده های ماهواره‌ی لندست ۸ و IRS هند

دامنه طیفی (نانومتر)		قدرت تفکیک مکانی (متر)		
IRS (هند)	لندست ۸	IRS (هند)	لندست ۸	باند
۵۰۰-۷۵۰ (pan)	۴۳۰-۴۵۰	۵/۸	۳۰	۱
۵۲۰-۵۹۰	۴۵۰-۵۱۰	۲۳/۵	۳۰	۲
۶۲۰-۶۸۰	۵۲۰-۵۹۰	۲۳/۵	۳۰	۳
۷۷۰-۸۶۰	۶۴۰-۶۷۰	۲۳/۵	۳۰	۴
۱۵۵۰-۱۷۰۰	۸۵۰-۸۸۰	۲۳/۵	۳۰	۵
	۱۵۷۰-۱۶۵۰		۳۰	۶
	۲۱۱۰-۲۲۹۰		۳۰	۷
	۵۰۰-۶۸۰		۱۵	۸
	۱۳۶۰-۱۳۸۰		۳۰	۹
	۱۰۶۰۰-۱۱۱۹۰		۱۰۰	۱۰
	۱۱۵۰۰-۱۲۵۱۰		۱۰۰	۱۱

۳-۲- روش تحقیق

تحلیل صورت گرفت. و در نهایت دقت شاخص‌ها برآورد گردید.

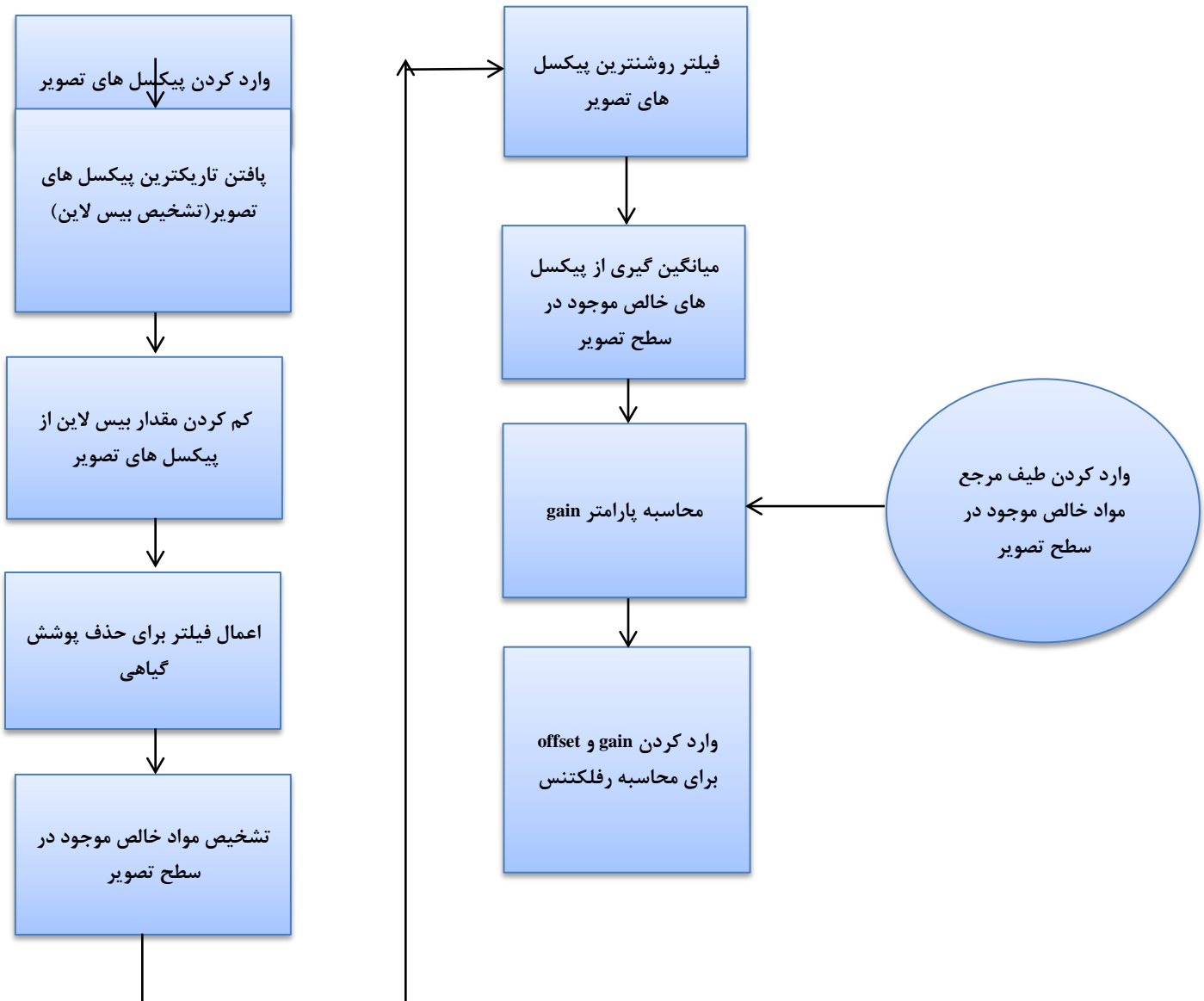
در این پژوهش ابتدا مراحل پیش پردازش روی تصاویر اعمال گردید، که این مراحل شامل تصحیحات اتمسفری و هندسی است. در مرحله بعد شاخص‌های انتخاب شده روی تصاویر در نرم افزار ENVI اعمال شد و بر روی خروجی آنها

۱-۳-۲- تصحیحات اتمسفری

به منظور انجام تصحیح اتمسفریک بر روی تصویر؛

الگوریتم‌های تصحیح اتمسفریک هست و بر اساس دو فرض اولیه عمل می‌کند: (۱) پیکسل‌های کاملاً تاریک در تصویر وجود دارند و (۲) تنوع مواد موجود در سطح تصویر زیاد است (حداقل ۱۰ ماده خالص متفاوت در تصویر موجود است). الگوریتم کلی تصحیح اتمسفریک پیاده شده در شکل زیر نشان داده شده است.

از مدل QUAC موجود در نرم‌افزار ENVI استفاده شده است. اساس مدل QUAC روش dark object subtraction هست (چاوز ، ۱۹۹۶). در این روش فرض می‌شود که پیکسل‌هایی در تصویر وجود دارند که درجه روشنایی نزدیک به صفر دارند یا کاملاً در سایه قرار گرفته‌اند. در هر باند، مقادیر درجات روشنایی از مقادیر این پیکسل‌ها کم می‌شود. این روش پرکاربردترین روش در بین



شکل (۲). الگوریتم کلی تصحیح اتمسفریک انجام شده (چاوز ، ۱۹۹۶)

۲-۳-۲- تصحیحات هندسی

با توجه به توضیحات مبحث تصحیحات هندسی فصل دوم، با استفاده از روش چندجمله‌ای درجه دوم و رجیستر نمودن تصاویر تصحیحات هندسی انجام شد. در ابتدا تصویر PAN با استفاده از نقشه توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰ تصحیح شد. این تصویر با ۳۰ نقطه کنترلی و خطای RMS برابر با ۰/۰۸۵ تصحیح شد. پس از آن محدوده VNIR تصویر ماهواره‌ای لندست ۸ بر مبنای تصویر IRS تصحیح شد. برای محدوده VNIR از ۳۰ نقطه کنترلی با RMS در حدود ۰/۰۹ تصحیح شد. سپس محدوده SWIR بر مبنای تصویر محدوده VNIR در مجموع با ۳۰ نقطه کنترل و RMS معادل ۰/۰۸ تصحیح شد. در پایان نیز تصویر محدوده TIR با ۳۰ نقطه کنترلی و RMS برابر با ۰/۱ تصحیح شد.

۲-۳-۳- نمونه برداری زمینی

با توجه به اینکه نمونه برداری از منطقه‌ی اصلی پایه‌ی اصلی برای مطالعات بعدی هست، در این زمینه باید از قبل برنامه‌ریزی انجام می‌شد تا هم پراکنش نقاط مطلوب باشد و هم حداقل خطا نائل گردد. فیلدها بر مبنای توپوگرافی مسطح انتخاب شد برای اینکه از توپوگرافی ناهمگن برای تفسیر پیچیده‌ی داده‌های سنجش از دور اجتناب کند. (فرانک و منز، ۲۰۰۷). برای انجام این مهم با استفاده از نقشه‌های ۱:۲۵۰۰۰ سازمان نقشه برداری و همچنین تصاویر اخذ شده از طریق Google Earth محل فیلدهای مورد نظر مشخص شد، البته همه‌ی فیلدها دارای کشت گندم بودند و طی بازدید میدانی، نمونه برداری زمینی با استفاده از دستگاه GPS مدل ۶۰CSx GPS map از فیلدهای مورد نظر به صورت کاملاً تصادفی از

محل‌های دارای استرس یافته و سالم انجام شد، و نقاط نمونه برداری شده به ۵ کلاس در درجه استرس‌های مختلف به صورت چشمی و با کمک کارشناسان گیاه پزشکی طبقه‌بندی شد. البته برای اینکه دقت کار بالا باشد، ۵ کلاس به ۴ کلاس کاهش یافت. بعد از اینکه فیلدهای مورد نظر برای برداشت میدانی انتخاب شدند، پلات‌هایی که نقاط آن‌ها برداشته می‌شد در چهار کلاس قرار می‌گرفتند که البته این کار توسط مهندسان و کارشناسان کشاورزی و گیاه پزشکی انجام می‌شد که در واقع در این زمینه صاحب نظر هستند و کارشان تشخیص و بررسی بیماری‌های گیاهی به صورت میدانی و با استفاده از ابزارآلات مخصوص هست. کلاً از این فیلدها ۱۴۶ نقطه برداشت شد. ولی یک نقطه معرف یک پلات بود، و مساحت این پلات‌ها بسته به سطح پراکنش بیماری و استرس در فیلدها متغیر بود. درجه استرس و بیماری با ۴ درجه از درجه صفر تا درجه ۳ است، که درجه استرس صفر نشانگر گیاه کاملاً سالم و درجه استرس ۳ حاکی از گیاه کاملاً تنش یافته و استرس یافته هست.

جدول (۲). مشخصات و علائم بیماری در درجه‌های صفر، ۱، ۲ و ۳ در گیاه گندم

درجه	علائم شیوع و ظهور بیماری
درجه ۰	گیاهان سالم با هیچ نوع بیماری
درجه ۱	چروک شدن و تغییرات رنگ در تعدادی برگ در بخش کمی از گیاه، ظهور علائم در حاشیه برگ گیاه
درجه ۲	چروک شدن برگ تعداد زیادی از گیاه، ظهور علائم قرمزی در تعداد زیادی از گیاه
درجه ۳	کل گیاه، برگ‌ها باریک؛ رشد متوقف شده و رنگ گیاه کاملاً تغییر یافته است

افزایش پیدا می‌کند. جذب در ۸۱۹ نانومتر به تغییرات میزان آب حساس نبوده و بنابراین به‌عنوان مرجع در نظر گرفته می‌شود. کاربردهای این شاخص در مطالعه تنش گیاهی، پیش‌بینی تولید محصول، تحلیل خطرات آتش‌سوزی و مطالعات اکوسیستم خلاصه می‌شود. مقادیر بالای MSI نشان‌دهنده تنش بیشتر آبی (میزان آب کمتر) هست. که معادله آن به شکل زیر هست.

$$MSI = \frac{\rho_{1599}}{\rho_{819}} \quad \text{رابطه (۱)}$$

این شاخص برای تصاویر لندست به شکل زیر هست:

$$MSI = TM_{\delta} / TM_{\epsilon} \quad \text{رابطه (۲)}$$

مقدار این شاخص از ۰ تا بیشتر از ۳ هست. بازه‌ی معمولی برای پوشش گیاهی سبز ۰/۴ تا ۲ هست (سساتو و همکاران، ۲۰۰۱).

۲-۳-۴-۲- شاخص پوشش گیاهی نرمال شده

۴-۳-۲- انواع شاخص های گیاهی
با استفاده از موقعیت باندهای جذبی در طیف بازتابی و عوامل به وجود آورنده آنها؛ می‌توان شاخص‌هایی تعریف کرد که به کمک آن شاخص‌ها، اطلاعات مربوط به گیاهان آشکار می‌شود. این شاخص‌ها امکان مطالعه گسترده پوشش گیاهی را فراهم می‌کنند. به‌منظور کاهش اثر عوامل ناخواسته روی اطلاعات پوشش گیاهی و افزایش اطلاعات مربوط به پوشش گیاهی می‌توان با ترکیب حداقل دو باند، شاخص مرکبی به نام شاخص پوشش گیاهی ایجاد کرد (علوی پناه، ۱۳۹۰)

۱-۴-۳-۲- شاخص استرس رطوبت (MSI):

این شاخص از تقسیم باند ۵ لندست بر باند ۴ به دست می‌آید. شاخص MSI به افزایش میزان آب برگ حساس هست. هنگامی که آب برگ‌ها افزایش می‌یابد، توالی جذب در حوالی ۱۵۹۹ نانومتر نیز

تفاضلی (NDVI):

یکی از شاخص‌های طیفی پوشش گیاهی که اغلب شناخته شده است و به طور گسترده در مطالعات سنجش از دور به کار گرفته می‌شود، شاخص گیاهی تفاضلی نرمال شده (NDVI) است. این شاخص، تفاضل بین حداکثر جذب در ناحیه قرمز ناشی از رنگ‌دانه‌های کلروفیل و حداکثر بازتاب در ناحیه مادون قرمز ناشی از ساختار سلولی برگ است و با استفاده از باندهای باریک سنجنده‌های ابر طیفی بر اساس رابطه زیر تعیین می‌شود:

$$NDVI = \frac{(R_{\lambda..} - R_{\epsilon\gamma.})}{(R_{\lambda..} + R_{\epsilon\gamma.})} \quad (۳)$$

که R_{λ} بازتاب در طول موج خاص (nm) است (علوی پناه، ۱۳۹۰).

شاخص NDVI در حالت‌های متراکم و چندلایه‌ای تاج پوشش، اشباع شده و با پارامترهای بیوفیزیکی گیاه نظیر شاخص سطح برگ، رابطه غیرخطی نشان می‌دهد (بارت و گویت، ۱۹۹۱). بنابراین، شاخص‌های اصلاح شده نظیر شاخص تفاضلی دوباره نرمال شده (RDVI) (روجان و برآن، ۱۹۹۵) و نسبت ساده بهبودیافته (MSR) (چن، ۱۹۹۶) به منظور خطی سازی روابط آن‌ها با متغیرهای بیوفیزیکی گیاه طراحی شدند. RDVI با ترکیب شاخص گیاهی تفاضلی نرمال شده (NDVI) و شاخص گیاهی تفاضلی (DVI) (جردن، ۱۹۶۹) برای مقادیر به نسبت بالا و پایین شاخص سطح برگ پیشنهاد شده است.

بر اساس رابطه زیر:

$$RDVI = \frac{(R_{\lambda..} - R_{\epsilon\gamma.})}{\sqrt{(R_{\lambda..} + R_{\epsilon\gamma.})}} \quad (۴)$$

MSR برای اصلاح RDVI با توجه به میزان حساسیت آن به پارامترهای بیوفیزیکی گیاه

به صورت ترکیبی با

^۱-Moisture Stress Index

نسبت ساده (SR=NIR/Red) پیشنهاد شده است. SR و MSR با پارامترهای گیاهی رابطه خطی دارند:

$$MSR = \frac{(R_{\lambda..}/R_{\epsilon\gamma.} - 1)}{\sqrt{(R_{\lambda..}/R_{\epsilon\gamma.} + 1)}} \quad (۵)$$

شاخص NDVI، شاخصی برای اندازه‌گیری پوشش گیاهی سبز و سالم هست. مقدار این شاخص بین ۱- تا ۱ هست.

$$MSR = \frac{(R_{\lambda..}/R_{\epsilon\gamma.} - 1)}{\sqrt{(R_{\lambda..}/R_{\epsilon\gamma.} + 1)}} \quad (۶)$$

بازه‌ی عادی برای پوشش گیاهی سبز بین ۰/۲ تا ۰/۸ هست (روز و همکاران، ۱۹۷۳).

شاخص NDVI از معروف‌ترین، ساده‌ترین و کاربردی‌ترین شاخص‌هایی است که در زمینه‌ی مطالعات پوشش گیاهی شناخته شده است (کاسا، ۱۹۹۰). اگرچه از دیدگاه نظری مقدار این شاخص در محدوده ۱- و ۱+ هست ولی در عمل کم‌تر از ۱ و بیشتر از ۱- است. مقادیر این شاخص برای پوشش گیاهی متراکم به سوی عدد ۱ میل می‌کند ولی ابرها، برف و آب با مقادیر منفی مشخص می‌شوند. سنگ‌ها و خاک‌های بایر که واکنش‌های طیفی مشابه در دو باند مورد استفاده دارند با مقادیر نزدیک به صفر دیده می‌شوند. در این شاخص خاک معمولی، معادل یک منظور می‌شود. هر قدر فاصله شاخص یک پیکسل بالاتر از اندازه خاک باشد نشان‌دهنده تراکم پوشش گیاهی است. استفاده از شاخص NDVI در مراحل مختلف رشد گیاه نتایج خاصی را ارائه می‌دهد، نتایج این شاخص در مرحله‌ی گل دادن، میوه دادن و فصل رویش بهتر از مراحل دیگر رشد است (آلیسون،

دهی می‌کند تا باندهای جدید تبدیل یافته تولید کند. هم‌چنین مقدار این شاخص از ۱- تا ۱ متغیر هست. شاخص GVI در اصل برای استفاده با لندست TM طراحی شده بود، اما آن هم‌چنین برای باندهای متناظر لندست ETM+ و لندست ۸ نیز کاربرد دارد. که فرمول آن به صورت زیر هست:

^۱-Leaf Water Content Index

^۲-Green Normalized Difference Vegetation Index

^۳-Enhanced Vegetation Index

رابطه (۹)

$$GVI = (-0.2848 \times TM_1) + (-0.2435 \times TM_2) + (-0.5436 \times TM_3) + (0.7243 \times TM_4) + (0.0840 \times TM_5) + (-0.1800 \times TM_7)$$

(کاخ و توماس، ۱۹۷۶)

از دلایل مهم استفاده از این شاخص‌ها می‌توان به قرار گرفتن در محدوده‌ی باندهای طیفی لندست ۸ و IRS هند اشاره کرد. هم‌چنین این شاخص‌ها جزو شاخص‌های متأثر از استرس و تغییرات طیفی پوشش گیاهی می‌باشند که به نحوه‌ی مختلف باعث ایجاد آنومالی‌هایی در فیلدهای موردنظر می‌شوند که باعث شد تا از این شاخص‌ها برای پژوهش انجام شده استفاده شود. اما بعد از این مرحله نوبت به انجام پیاده‌سازی شاخص‌ها شد، برای این کار بعد از اینکه باندهای موردنظر به Reflectance تبدیل شدند با استفاده از نرم‌افزارهای ENVI و MATLAB از شاخص‌های اشاره شده در بالا خروجی گرفته شد.

۲-۴- پیاده سازی شاخص‌ها

در این مرحله با استفاده از نقاط کنترل از شاخص‌های انتخاب شده در نرم‌افزار ENVI خروجی گرفته شد، همان طور که استرس‌های گیاهی در

(۱۹۸۹)

۲-۳-۴-۳- شاخص محتوای نسبی آب برگ (LWCI): در یافته‌های گذشته به اثبات رسیده است که شاخص محتوای آب برگ همبستگی خوبی با داده‌های زمینی دارد، از جمله این داده‌ها می‌توان به شاخص سطح برگ اشاره کرد که ارتباط این شاخص‌ها در مطالعات گذشته اثبات شده است. هم‌چنین این شاخص با شاخص NDVI، بارندگی و تولید لاشبرگ برگ (LLP) نیز همبسته می‌باشد.

رابطه (۷) $LWCI =$

$$\frac{-\text{Log} [1 - (NIR_{TM_4} - Mid IR_{TM_5})]}{-\text{Log} [1 - NIR_{TM_4} - Mid IR_{TM_5}]}$$

$TM_{\Delta ft}$ در واقع حداکثر استرس رطوبت (کم‌ترین رطوبت) و TM_{4ft} حداقل استرس رطوبت (بالاترین رطوبت) را می‌رساند. (علوی پناه، ۱۳۹۰)

۲-۳-۴-۴- شاخص پوشش گیاهی نرمال شده تفاضلی سبز (GNDVI):

این شاخص شبیه به NDVI است به جز اینکه به جای طیف قرمز از طیف سبز (۵۴۰ تا ۵۷۰ نانومتر) استفاده می‌کند. هم‌چنین این شاخص به تمرکز کلروفیل از NDVI حساس‌تر است.

رابطه (۸) $GNDVI =$

$$\frac{(NIR - Green)}{(NIR + Green)}$$

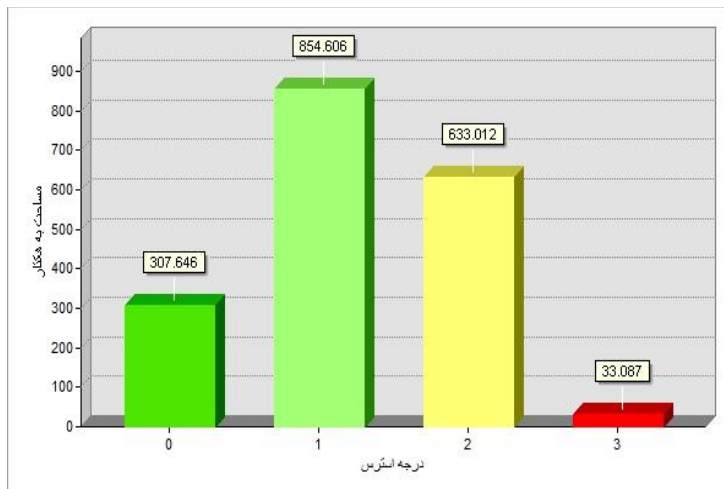
(گیتلسون و مرزیاک، ۱۹۸۸).

۲-۳-۴-۵- شاخص پوشش گیاهی سبز (GVI):

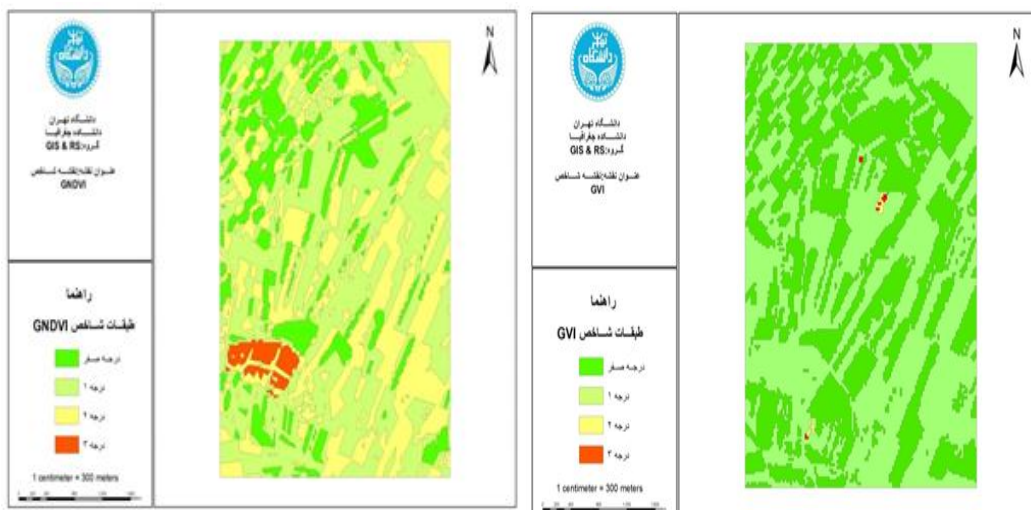
این شاخص با تأکید بر پوشش گیاهی سبز، اثرات خاک را به حداقل می‌رساند. این شاخص از ضرایب جهانی استفاده می‌کند که مقادیر پیکسل‌ها را وزن

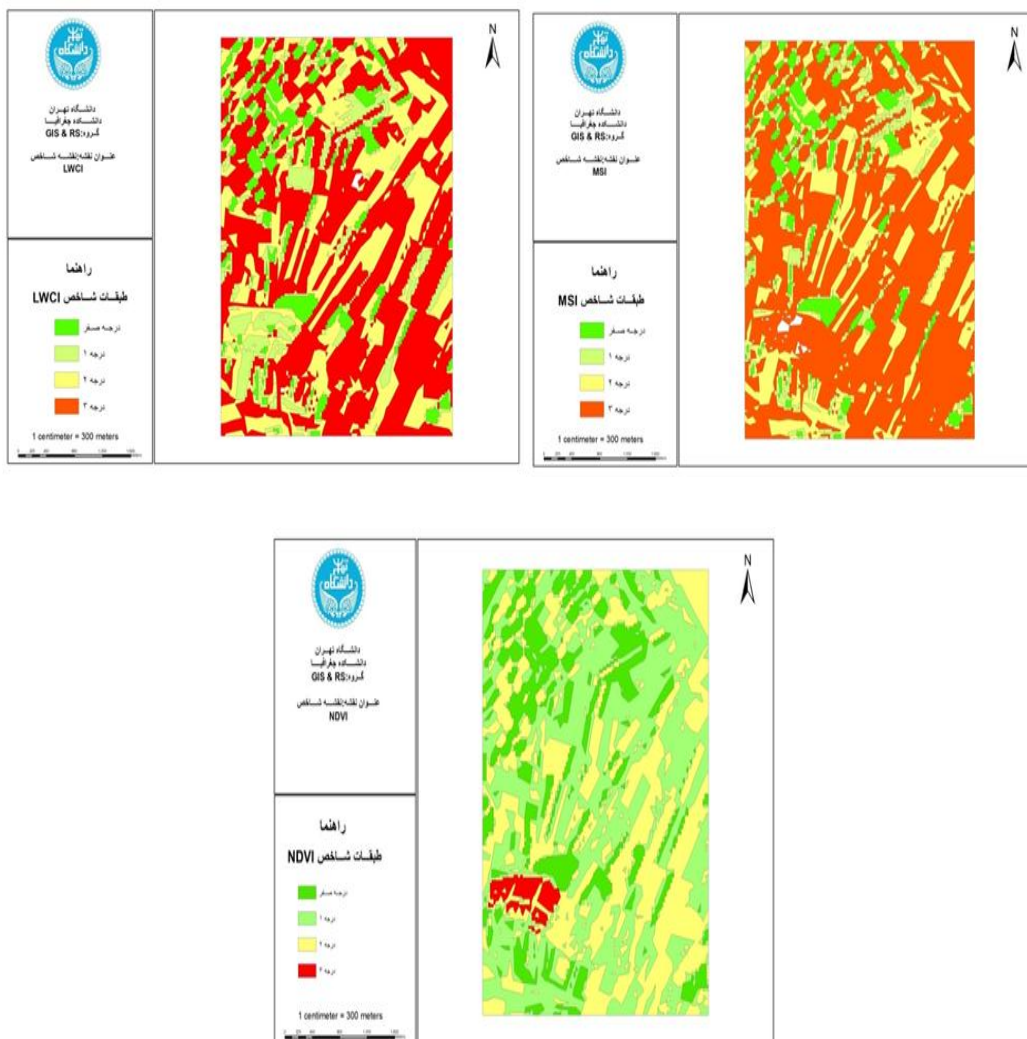
درجه ۳ که دارای بیشترین استرس بود اختصاص دادند. شاخص NDVI نیز همان طور که از نمودار ۲ مشخص است بیشترین مساحت مربوط به درجه یک و کمترین درجه مربوط به درجه ۳ می باشد. در شاخص GVI نیز بیشترین مساحت به درجه صفر و ۱ و ۱ اختصاص یافت.

چهار درجه (از درجه صفر بهترین حالت تا درجه سه بدترین شرایط) از هم تفکیک شده بودند، در نقشه های خروجی نیز چهار درجه انتخاب شد و شکل های ۲ تا ۶ نمایان گر این طبقات هستند. در شاخص GNDVI بیشترین مساحت به درجه ۱ و کمترین مساحت به درجه سه اختصاص یافت. شاخص های MSI و LWCI بیشترین مساحت را به



شکل (۳). نمودار مساحت شاخص GNDVI در درجه استرس های صفر، ۱، ۲ و ۳





شکل (۴). نقشه شاخص های GVI، LWC، MSI، NDVI و GNDVI در درجه استرس های صفر، ۱، ۲ و ۳ در گیاه گندم

های NDVI ، GNDVI ، MSI ، LWC و GVI به ترتیب ۰/۸۸ ، ۰/۹۲ ، ۰/۶۷ ، ۰/۷۱ و ۰/۹۴ می باشد. هم چنین صحت کلی نیز به ترتیب ۸۹/۸ ، ۹۳/۹ ، ۶۲/۶ ، ۶۹ و ۹۵/۳ درصد به دست آمده است. نتایج به دست آمده نشان می دهد که نقشه شاخص های NDVI ، GNDVI و GVI با دقت قابل قبولی تهیه شده است، ولی نقشه شاخص های MSI و LWC دارای دقت پایینی هستند.

۱-۴-۲- ارزیابی دقت و طبقه بندی تصاویر نتایج حاصل از ارزیابی دقت طبقه بندی در جدول ۳ نشان داده شده است. ماتریس خطا و ارزیابی دقت نتایج طبقه بندی با استفاده از نقاط کنترل برای نقشه های طبقه بندی شده به دست آمده است. در این مطالعه از دو شاخص دقت کلی و ضریب کاپا برای ارزیابی دقت نتایج طبقه بندی استفاده شده است. ضریب کاپا برای نقشه شاخص

جدول (۳). نتایج ارزیابی دقت نقشه های تهیه شده

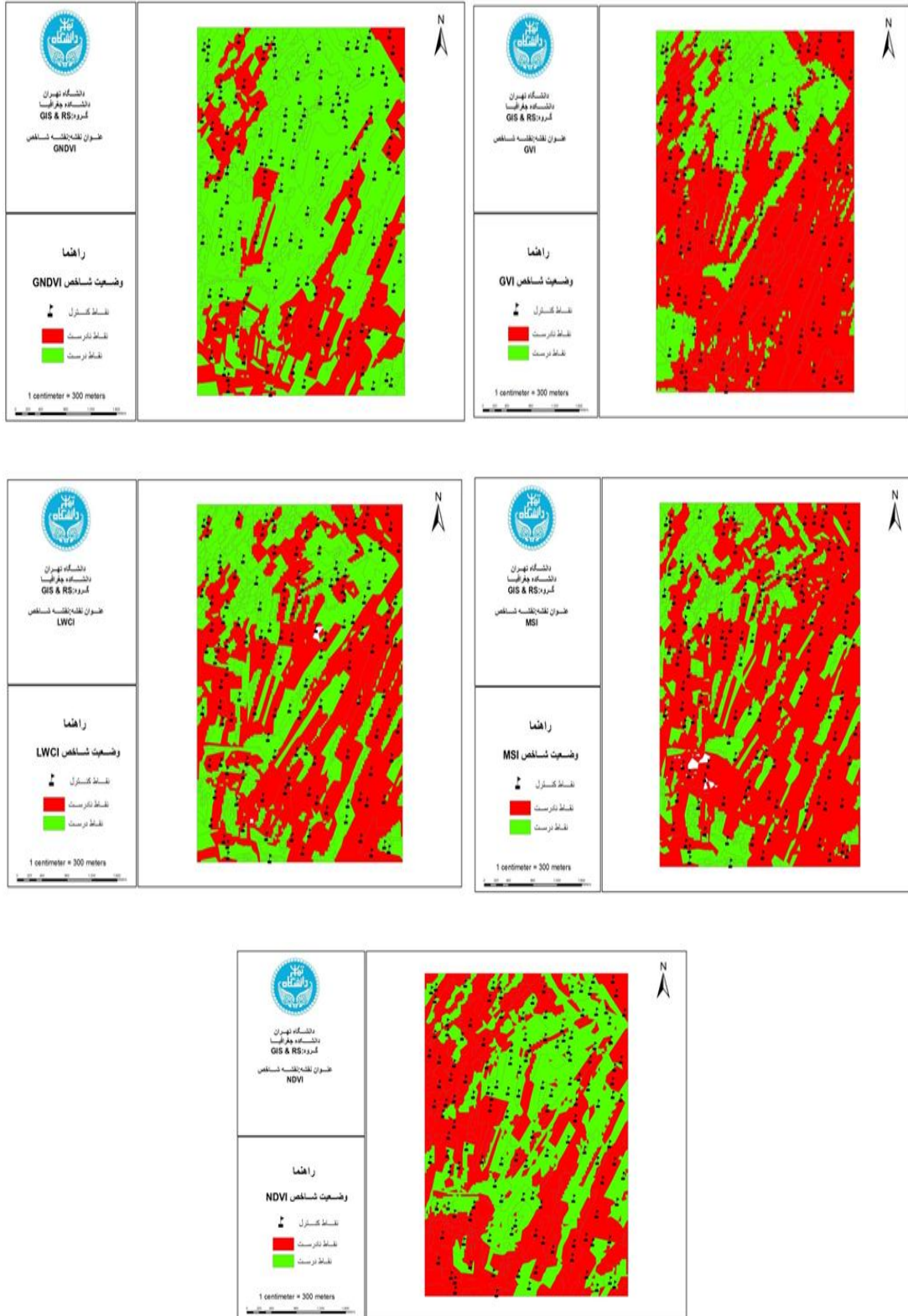
شاخص های طبقه بندی شده	NDVI	GNDVI	MSI	LWCI	GVI
ضریب کاپا	۰/۸۸	۰/۹۲	۰/۶۷	۰/۷۱	۰/۹۴
صحت کلی	۸۹/۸	۹۳/۹	۶۲/۶	۶۹	۹۵/۳

شاخص GNDVI بالاترین درصد مناطق درست پیش‌بینی شده را دارد، شاخص GVI پایین‌ترین درصد مناطق درست پیش‌بینی شده را با ۳۶ درصد داراست که از لحاظ مناطق درست پیش‌بینی شده وضعیت زیاد قابل قبولی ندارد. سه شاخص دیگر به طور متوسط ۵۰ درصد مناطق را درست برآورد کرده اند. جدول ۴ برای هر ۵ شاخص درصد مناطق درست برآورد شده را نشان می دهد. هم چنین شکل های ۶ تا ۱۰ نقشه های تهیه شده برای وضعیت شاخص ها را به همراه نقاط کنترل نمایان می سازد.

۲-۴-۲- واکاوی شاخص های استفاده شده برای این پژوهش در این بخش بر آن هستیم تا کارایی شاخص ها را واکاوی کنیم که چقدر توانسته اند مناطق سالم و دچار استرس شده را پیش‌بینی کنند. این شکل ها مناطق درست پیش‌بینی شده و مناطقی که درست پیش‌بینی نشده اند را نشان می دهند. مناطق درست پیش‌بینی شده با رنگ سبز و مناطقی که درست پیش‌بینی نشده اند با رنگ قرمز نمایش داده شده اند. در واقع این مناطق هم فیلدهای سالم و هم فیلدهای دچار استرس یافته را نشان می دهند.

جدول (۴). درصد مناطق درست پیش بینی شده به تفکیک برای شاخص های مورد نظر

شاخص	درصد مناطق درست پیش‌بینی شده
GNDVI	٪۸۱
GVI	٪۳۶
LWCI	٪۵۱
MSI	٪۴۸
NDVI	٪۵۷



شکل (۵). نقشه وضعیت شاخص های GNDVI، GVI، LWCI، MSI، NDVI به همراه نقاط کنترل

- نتیجه گیری و پیشنهادها

امروزه با پیشرفت علم و تکنولوژی، بشر در پی یافتن راهکارهایی برای کم کردن دخالت عامل انسانی در انجام کارها و صنعتی شدن آن‌ها و هم‌چنین برآورد نیازهای خود در کمترین زمان پیش می‌رود. یکی از نیازهای بشر که با افزایش جمعیت جهان هم زیادتر شده است نیاز تأمین غذا است. پس در این زمان لازم است که محصولات کشاورزی اولاً در وسعت‌های زیاد کشت شود، ثانیاً در حین رشد محصول هم مراقبت‌های لازم از آن صورت گیرد تا بتوان در آخر به محصول موردنظر دست پیدا کرد. مراقبت‌های حین رشد را می‌توان با استفاده از کاربردهای سنجش‌ازدور انجام داد زیرا این کاربردها پتانسیل‌های خود را در زمینه‌های مختلفی از جمله تشخیص آفت و استرس نشان داده‌اند. شاخص‌های ارائه‌شده تا حدی می‌توانند مناطقی را که زیاد دچار تنش و استرس قرار گرفته‌اند را نشان دهند اما برای صحت سنجی و بررسی بیشتر در درجه استرس‌های مختلف نیازمند داده‌های ابر طیفی و داده‌های میدانی و آزمایشگاهی از فیلدهای موردبررسی هستیم. پیشنهاد می‌شود برای مطالعه و بررسی استرس گیاهان و گندم از تصاویر با باندهای باریک و به تعداد زیاد باند مانند تصاویر فرا طیفی و تصاویر ابر طیفی استفاده شود تا بتوان از شاخص‌های استرس باریک باند بهره برد. از آنجایی که در سراسر جهان دانشمندان و محققان فراوانی به تشکیل بانک‌های طیفی حجیم و عظیمی طی سال‌های تحقیق و مطالعه‌ی متمادی پرداخته‌اند و هنوز در ایران بانک طیفی خاصی در مورد اهداف و پدیده‌های زمینی و بخصوص پوشش گیاهی و گیاهان دچار استرس یافته جمع‌آوری نشده است. بنابراین پیشنهاد می‌شود به‌طور وسیع و در یک طرح ملی چه در

قالب پایان‌نامه‌های دانشجویی و یا طرح و برنامه‌های پژوهشی، اطلاعات طیفی اهداف و پدیده‌های زمینی و خاص کشورمان اندازه‌گیری و ثبت‌شده و حتی این بانک طیفی برای مطالعات رشته‌های مختلف و به‌خصوص پوشش گیاهی بر روی شبکه اینترنت قرار داده شود تا اساس مطالعات رشته‌های گوناگون و به‌خصوص سنجش‌ازدور در سطح ملی قرار گیرد. بااینکه در این مطالعه سعی شد تا باندهای تصاویر لندست و IRS هند با استفاده از باند پانکروماتیک از قدرت تفکیک بهتری برخوردار شوند و این مهم هم تا حدودی حاصل شد، اما توصیه و پیشنهاد می‌شود که از تصاویر با قدرت تفکیک مکانی بالاتر استفاده شود تا بتوان از نتایج و کیفیت کار بهتری برخوردار شد. یکی از موارد مهم در منتج به نتیجه‌ی قابل قبول شدن این‌گونه تحقیقات وجود داده‌های زمینی از جمله داده‌های آزمایشگاهی کافی است، بنابراین پیشنهاد می‌شود تعداد نقاط نمونه‌برداری برای کارهای آینده افزایش یابند. در مطالعات و بررسی‌های استرس‌های گیاهی در صورت امکان و دسترسی به طیف‌سنج‌های میدانی و آزمایشگاهی از طیف‌سنج استفاده شود تا با طیف‌های تصاویر تطابق داده شود و خطاهای تصاویر برطرف گردد. در این پژوهش بررسی آفت بر روی گیاه گندم صورت گرفت که می‌توان این روش را برای گیاهان دیگر نیز تعمیم داد و بررسی نمود.

منابع و مأخذ

- احسان یار شاطر ۱۳۶۵. "دانشنامه ایران و اسلام"، جلد اول، بنگاه ترجمه و نشر کتاب.
- آرونف، استن. ترجمه درویش صفت، علی اصغر، مهتاب پیرباوقار و منیژه رجب پور رحمتی. ۱۳۹۰. سنجش‌ازدور برای مدیران GIS، انتشارات دانشگاه تهران، ۴۱۰ص.
- امینی، جلال. (۱۳۸۸). "پردازش کامپیوتری تصاویر سنجش‌ازدور". چاپ اول. انتشارات دانشگاه تهران.
- بامدادیان، ع. و ترابی، م. ۱۳۶۲. "بیماری‌های مهم گندم و جو و نحوه یادداشت‌برداری از آنها". انتشارات موسسه تحقیقات آفات و بیماری‌های گیاهی تهران، ایران، ۶۷ صفحه.
- حسن شاهی، حسین؛ رنگزن، کاظم و ساکی، عادل (۱۳۸۹). "کاربرد طیف‌سنجی انعکاسی (۲۵۰۰-۳۵۰ نانومتر) در آنالیز و طبقه‌بندی سنگ‌ها برای مطالعات دورسنجی (مطالعه موردی: سنگ‌های آذرین و دگرگون منطقه الوند همدان)". مجموعه مقالات نخستین همایش ملی بررسی دستاوردهای پژوهشگران علوم زمین ایران، تهران، صفحه ۱۰۲.
- زبیری، محمود و مجد، علیرضا (۱۳۷۵). "آشنایی با فن سنجش‌ازدور و کاربرد در منابع طبیعی". انتشارات دانشگاه تهران.
- شریفی احسان، "بررسی رفتار طیفی گیاهان آفت‌زده با استفاده از تصاویر ابر طیفی". پایان‌نامه‌ی کارشناسی ارشد ۱۳۹۰.
- فرزادمهر، ج. و تباکی بجستانی، ک.، ۱۳۹۷، تعیین قابلیت تصاویر ماهواره‌ای لندست ۸ در تخمین سطح زیرکشت زعفران، نشریه زراعت و فناوری زعفران، سال ششم، شماره اول، صص. ۴۹-۶۰.
- نظری فر محمدادی و مؤمنی رضوانه، ۱۳۸۸، شناخت GPS، نشر مهرگان قلم
- عاشور لو، مرتضی، علیمحمدی، عباس، رضائیان، پرویزو عاشور لو، داود. (۲۰۰۷). "کاربرد تحلیل تشخیص خطی در تفکیک گندم از سایر محصولات بر روی تصاویر ماهواره‌ای". علوم محیطی سال چهارم، شماره‌ی دوم، زمستان ۱۳۸۵، ۱۱۶-۱۰۱.
- علوی‌پناه، سید کاظم (۱۳۹۰). "اصول سنجش‌ازدور نوین و تفسیر تصاویر ماهواره‌ای و عکس‌های هوایی"، انتشارات دانشگاه تهران. صفحات ۳۳۹-۳۸۱.
- علوی‌پناه، سید کاظم (۱۳۸۲). "کاربرد سنجش‌ازدور در علوم زمین". چاپ دوم. انتشارات دانشگاه تهران. صفحات ۲۰ - ۲۲ و ۳۵۷ - ۳۶۰.
- علوی‌پناه، سید کاظم (۱۳۹۲). "کاربرد سنجش‌ازدور در علوم زمین". چاپ چهارم. انتشارات دانشگاه تهران.
- فاطمی، سیدباقر و رضایی، یوسف (۱۳۸۵). "مبانی سنجش‌ازدور". انتشارات آزاده. صفحات ۲۰-۱۲، ۴۵-۳۵.
- فاطمی، سیدباقر و رضایی، یوسف (۱۳۹۱). "مبانی سنجش‌ازدور". انتشارات آزاده.
- قادری، نصرالله، ۱۳۸۷. "آشنایی با سیستم تعیین موقعیت جهانی GPS". انتشارات سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح. صفحات ۲۵-۲۷.
- ثنایی نژاد، سید حسین، شاه طهماسبی امیررضا، صدرآبادی حقیقی رضا و کلارستانی کیومرث. (۱۳۸۷). "مطالعه تغییرات طیف بازتابی مزارع گندم در مشهد با استفاده از تصاویر MODIS". علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، سال دوازدهم، شماره چهل و پنجم (الف)، پاییز ۱۳۸۷.
- مالمیریان، ح. (۱۳۸۰). "پردازش رقومی تصاویر ماهواره‌ای". انتشارات سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح تهران.
- نجفی دیسفانی، م. ۱۳۷۷. "پردازش کامپیوتری تصاویر سنجش‌ازدور". تألیف میذر، پل ام. انتشارات سمت.
- همتی رسول، دولتی مهر علی، نصیری عظیم، گلمحمدی اسرافیل. "پروژه بررسی نقش تغییرات اقلیمی در تشدید یا کاهش بلایای جوی و اقلیمی استان اردبیل". سازمان هواشناسی کشور.
- همتی، رسول. "امکان‌سنجی باروری ابرها در استان اردبیل با تأکید بر تحلیل نیمرخ جو". پایگاه اطلاع‌رسانی اداره کل هواشناسی استان اردبیل.
- یمانی، م و مزیدی، ا. (۱۳۸۷). "بررسی تغییرات سطح پوشش گیاهی کویر سیاه کوه با استفاده از داده‌های سنجش‌ازدور". پژوهش‌های جغرافیایی، شماره ۶۴، صص ۱۲-۱.

Adler-Golden, S. M., M. W. Matthew, L. S. Bernstein, R. Y. Levine, A. Berk, S. C. Richtsmeier, P. K. Acharya, G. P. Anderson, G. Felde, J. Gardner, M. Hoke, L. S. Jeong, B. Pukall, A. Ratkowski, and Burke, H. (۱۹۹۹). "Atmospheric Correction for Short-wave Spectral

Imagery Based on MODTRAN". SPIE Proceedings on Imaging Spectrometry. ۳۷۵۳: ۶۱-۶۹

Allison, E.W. (۱۹۸۹). Monitoring drought affected vegetation with AVHRR Digest-International Geoscience and Remote Sensing Symposium, ۴: ۱۹۶۵-۱۹۶۷.

- Berk, A., Bernstein, L. S., Anderson, G. P., P. K., Acharya, Robertson, D. C., Chetwynd, J.H., and Adler-Golden, S. M. (۱۹۹۸). "MODTRAN Cloud and Multiple Scattering Upgrades with Application to AVIRIS". *Remote Sensing of the Environment*. ۶۵: ۳۶۷-۳۷۵.
- Bernstein, L. S., Adler-Golden, S. M., Sundberg, R. L., et al. (۲۰۰۵). "Validation of the QUick Atmospheric Correction (QUAC) algorithm for VNIR-SWIR multi- and hyperspectral imagery". *SPIE Proceedings, Algorithms and Technologies for Multispectral, Hyperspectral, and Ultraspectral Imagery XI*. ۵۸۰۶: ۶۶۸-۶۷۸.
- Carter G A (۱۹۹۴). Ratios of leaf reflectances in narrow wavebands as indicators of plant stress. *International Journal of Remote Sensing*, ۱۵, ۶۹۷-۷۰۳
- Ceccato, P., et al. "Detecting Vegetation Leaf Water Content Using Reflectance in the Optical Domain." *Remote Sensing of Environment* ۷۷ (۲۰۰۱): ۲۲-۳۳.
- Champagne, C., et al. "Mapping Crop Water Status: Issues of Scale in the Detection of Crop Water Stress Using Hyperspectral Indices." *Proceedings of the ۸th International Symposium on Physical Measurements and Signatures in Remote Sensing, Aussois, France (۲۰۰۱): ۷۹-۸۴.*
- Chavez, P S. "Image – based atmospheric corrections – Revised and improved," *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, vol. ۱۰۲۵-۱۰۳۶, ۱۹۹۶.
- Crippen, R. "Calculating the Vegetation Index Faster." *Remote Sensing of Environment* ۳۴ (۱۹۹۰): ۷۱-۷۳.
- Franke, J. S. & Menz, G. R. (۲۰۰۷). "Multi-temporal wheat disease detection by multi-spectral remote sensing". *Precision Agric* (۲۰۰۷) , ۸: ۱۶۱-۱۷۲. doi: ۱۰.۱۰۰۷/s۱۱۱۹۰۰۷۰۹۰۳۶-y.
- Gao, B. "Normalized Difference Water Index for Remote Sensing of Vegetation Liquid Water from Space." *Proceedings of SPIE* ۲۴۸۰ (۱۹۹۵): ۲۲۵-۲۳۶.
- Gitelson, A., and M. Merzlya. "Remote Sensing of Chlorophyll Concentration in Higher Plant Leaves." *Advances in Space Research* ۲۲ (۱۹۹۸): ۶۸۹-۶۹۲.
- Gitelson, A., et al. "Assessing Carotenoid Content in Plant Leaves with Reflectance Spectroscopy." *Photochemistry and Photobiology* ۷۵ (۲۰۰۲): ۲۷۲-۲۸۱.
- Gitelson, A., M. Merzlyak, and O. Chivkunova. "Optical Properties and Nondestructive Estimation of Anthocyanin Content in Plant Leaves." *Photochemistry and Photobiology* ۷۱ (۲۰۰۱): ۳۸-۴۵.
- Gitelson, A., Y. Kaufman, and M. Merzlyak. "Use of a Green Channel in Remote Sensing of Global Vegetation from EOS-MODIS." *Remote Sensing of Environment* ۵۸ (۱۹۹۶): ۲۸۹-۲۹۸.
- Goetz A F H., Gao B C., Wessman C A., Bowman W D (۱۹۹۰). Estimation of biochemical constituents from fresh green leaves by spectrum matching techniques. In: *Proceedings ۱۰th International Geoscience & Remote Sensing Symposium (IGARSS'۹۰)*, vol. ۲, pp. ۹۷۱-۹۷۴
- Gumma, M.K., Thenkabail, P.S., Teluguntla, P., Rao, M.N., Mohammed, I.A. and Whitbread, A.M., ۲۰۱۶, Mapping rice-fallow cropland areas for short-season grain legumes intensification in South Asia using MODIS ۲۵۰ m time-series data, *International Journal of Digital Earth*, ۹(۱۰): ۹۸۱-۱۰۰۳.
- Hamid Muhammed H., Larsolle A (۲۰۰۳). Feature – vector based analysis of hyperspectral crop reflectance data for discrimination quantification of fungal disease severity in wheat. *Biosystems Engineering*, ۸۶(۲) , ۱۲۵-۱۳۴, doi: ۱۰.۱۰۱۶/S۱۵۳۷-۵۱۱۰(۰۳)۰۰۹۰-۴.
- Hardisky, M., V. Klemas, and R. Smart. "The Influences of Soil Salinity, Growth Form, and Leaf Moisture on the Spectral Reflectance of *Spartina Alterniflora* Canopies." *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing* ۴۹ (۱۹۸۳): ۷۷-۸۳.
- Hunt Jr., E., and B. Rock. "Detection of Changes in Leaf Water Content Using Near- And Middle-Infrared Reflectances." *Remote Sensing of Environment* ۳۰ (۱۹۸۹): ۴۳-۵۴.
- Jackson, T., et al. "Vegetation Water Content Mapping Using Landsat Data Derived Normalized Difference Water Index for Corn and Soybeans." *Remote Sensing of Environment* ۹۲ (۲۰۰۴): ۴۷۵-۴۸۲.
- Kassa, A. (۱۹۹۰). Drought risk monitoring for Sudan using NDVI, ۱۹۸۲-۱۹۹۳. A Dissertation submitted to the University College London.
- Kauth, R., and G. Thomas. "The Tasseled Cap-A Graphic Description of the Spectral-Temporal Development of Agricultural Crops as Seen By Landsat" In *Proceedings of the LARS ۱۹۷۶ Symposium of Machine Processing of Remotely-Sensed Data, West Lafayette, IN: Purdue University*, pp. ۴B۴۱-۴B۵۱.
- King, L., Adusei, B., Stehman, S.V., Potapov, P.V., Song, X.P., Krylov, A., Bella, C.D., Loveland, T.R., Johnson, D.M. and Hansen, M.C., ۲۰۱۷, A multi-resolution approach to national-scale cultivated area estimation of soybean, *Remote Sensing of Environment*, ۱۹۵: ۱۳-۲۹.
- Koch B., Ammer U., Schneider T., Wittweier H (۱۹۹۰). Spectroradiometer measurements in the laboratory and in the field to analyse the influence of different damage symptoms on the reflection spectra of forest trees. *International Journal of Remote Sensing*, ۱۱(۷) , ۱۱۴۵-۱۱۶۳.
- Lelong C C D., Pinet P C., Poilve H (۱۹۹۸). Hyperspectral Imaging and stress mapping in agriculture: a case study on wheat in Beauce (France). *Remote Sensing of Environment*, ۶۶, ۱۷۹-۱۸۱.
- Lillesand, T. M. and Kiefer, R. W. (۲۰۰۰). "Remote sensing and image interpretation". ۴th Ed. New York: John Wiley and Sons.
- Michael P., Richard M., Pual V (۲۰۱۰). "Detecting Sugarcane leaf virus infection in asymptomatic leaves with hyperspectral remote sensing and associated leaf pigment changes". *Journal of Virological Methods* ۱۶۷: ۱۴۵-۱۴۵.
- Mobasheri, M.R., Rezaei, Y. and Valadan Zoej, M.J. (۲۰۰۷). "A Method in extracting Vegetation Quality Parameters Using Hyperion Images with Application to Precision Farming". *World Applied Scences Journal* ۲ (۵): ۴۷۶-۴۸۳.
- Murray, G. M., & Brown, J. F. (۱۹۸۷). The incidence and relative importance of wheat diseases in Australia. *Australasian Plant Pathology*, ۱۶(۲), ۳۴-۳۷. doi: ۱۰.۱۰۷۱/APP۹۸۷۰۰۳۴.
- Mushtaq, A.G. and Asima, N., ۲۰۱۴, Estimation of apple orchard using remote sensing and agro- meteorology

- land based observation in Pulwama district of Kashmir valley, *International Journal of Remote Sensing and Geoscience*, ۳(۶): ۲۱-۲۶.
- Nguyen, D. B., Wagner, W., ۲۰۱۷, European rice cropland mapping with Sentinel-۱ data: The Mediterranean region case study, *Water*, ۹(۶): ۳۹۲.
- . Penuelas, J., et al. "The Reflectance at the ۹۵۰-۹۷۰ Region as an Indicator of Plant Water Status." *International Journal of Remote Sensing* ۱۴ (۱۹۹۵): ۱۸۸۷-۱۹۰۵.
- Prabhakar, M., Prasad, Y.G., Thirupathi, M., Sreedevi, G., Dharajothi, B., Venkateswarlu, B (۲۰۱۱). "Use of ground hyperspectral remote sensing for detection of stress in cotton caused by leafhopper (Hemiptera: Cicadellidae)". *Computers and Electronic in Agriculture* ۷۹: ۱۸۹-۱۹۸.
- Richards, J.A. , "Remote Sensing Digital Image Analysis: An Introduction" , ۱۹۹۹ , Berlin and Heidelberg: Spring – Verlag:
- Rouse, J., R. Haas, J. Schell, and D. Deering. Monitoring Vegetation Systems in the Great Plains with ERTS. Third ERTS Symposium, NASA (۱۹۷۳): ۳۰۹-۳۱۷.
- Samborski, D. J. (۱۹۸۵). Wheat leaf rust. In A. P. Roelfs & W. R. Bushnell (Eds.), *The cereal rusts*, vol. ۲, diseases, distribution, epidemiology, control (pp. ۳۹-۵۵). Orlando, FL, USA: Academic Press.
- Serrano, L., I. Filella and J. Penuelas. ۲۰۰۰. Remote sensing of biomass and yield of winter wheat under different nitrogen supplies. *Crop Sci.* ۴۰: ۷۲۳-۷۳۱.
- Sripada, R., et al. "Aerial Color Infrared Photography for Determining Early In-season Nitrogen Requirements in Corn." *Agronomy Journal* ۹۸ (۲۰۰۶): ۹۶۸-۹۷۷.
- Steven M D., Malthus T J., Demetriades-Shah T H., Danson F M., Clark J A (۱۹۹۰). High resolution spectral indices for crop stress. In: *Applications of Remote Sensing in Agriculture* (Steven M D., Clark J A, eds) , pp ۲۰۹-۲۲۷. Butterworth,London.
- USDA (۲۰۰۶). Importance of cereal rust disease in American agriculture. Cereal Disease Laboratory, Agricultural Research Service, United States Department of Agriculture. Retrieved March ۲۵, ۲۰۰۶
- Wellings, C. R., & Kandel, K. R. (۲۰۰۴). Pathogen dynamics associated with historic stripe (yellow) rust epidemics in Australia in ۲۰۰۲ and ۲۰۰۳. In ۱۱th International Cereal Rusts and Powdery Mildews Conference, John Innes Centre, Norwich, UK. European and Mediterranean Cereal Rust Foundation, Wageningen, Netherlands-۲۰۰۴. *Cereal Rusts and Powdery Mildews Bulletin*, Abstr. A۲.۷۴

Detection and study of wheat stress using satellite images (Case study: Dasht-e Moghan)

Adel Mardaneh ^۱ *, Farshad Amiraslani ^۲, Seyed Kazem Alavi Panah ^۳

Abstract

In this study, the aim is to investigate the ability of remote sensing and satellite images to study the spectral changes of wheat and diagnose diseases and its stress in the Moghan plain area in Parsabad city. Achieving such a capability can be useful in prediction of diseases and pests, as well as preventing its spread and timely use of fungicides and pesticides. In order to achieve this goal, the spectral properties of wheat and other plants are studied using IRS and Landsat ۸ satellites. Wheat plant has different species in which Attila and Koohi wheat are mostly cultivated in this region, and in this study, their spectral behaviors are considered. In this study, ۱۴۶ ground control points were used, the highest percentage of the region in terms of the degree of stress to grade ۲ and the lowest to the healthy class. After applying atmospheric and geometric corrections on satellite images; Bond ratios were used to identify the best band composition and separability of healthy classes and stress levels one, two, and three. To achieve this goal, different vegetation indices were used. Among the indicators, the GNDVI index was the most efficient and was able to accurately estimate ۸۱% of the areas. Also, GVI index has the highest value of kappa coefficient and overall accuracy with ۰.۹۴ and ۹۵.۳, respectively, which indicates the high use of this index in grading wheat stress. This index also gave the most area to the degree of stress one.

Key words: Vegetation indices, Wheat, Multi Spectral, Vegetable stress