مطالعه تغییرات طیف بازتابی مزارع گندم در مشهد با استفاده از تصاویر MODIS

سید حسین ثنایی‌نژاد [۱*]، امیررضا شاه‌طهماسبی [۲]، رضا صدرآبادی حقیقی [۲] و کیومرث کلارستانی [۲]

(تاریخ دریافت: ۸۵/۳/۱۳ ؛ تاریخ پذیرش:۸۶/۸/۱۳)

چکیده

علم سنجش از دور و داده‌های ماهواره‌ای یکی از روش‌های جدید و مؤثر در زمینه تحقیقات کشاورزی می‌باشد. سنجنده‌های موجود روی ماهواره‌های مختلف طیف‌های بازتابی پوشش گیاهان را ثبت می‌نمایند. از این داده‌ها می‌توان برای شناسایی نوع گیاه، وضع سلامت گیاهان و برآورد عملکرد آنها استفاده کرد. ماهواره TERRA با داشتن پنج سنجنده فرصت مناسبی را برای بررسی زمین، اقیانوس و اتمسفر فراهم آورده است. MODIS یکی از این پنج سنجنده می‌باشد. این سنجنده دارای ۳۶ باند طیفی با قدرت تفکیک مکانی ۵۰۰،۲۵۰ و ۱۰۰۰ متر است. از شاخص‌های گیاهی سنجنده مودیس در پایش تابش‌های فعال فتوسنتزی، تغییرات پوشش گیاهی، وضعیت سلامت و مساحت زیر کشت گیاهان مختلف استفاده می‌شود. در این مقاله تصاویر باند قرمز(۶۲۰-۶۷۰ نانومتر) و باند مادون قرمز نزدیک (۸۴۱- ۸۷۶ نانومتر) سنجنده مودیس با دوره زمانی شانزده روزه مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار می‌گیرند. از این تصاویر مزارع کشت گندم زمستانه واقع در دشت مشهد در فصل زراعی ۸۴-۱۳۸۳ استخراج شده است. با استفاده از روش‌های پردازش تصویر، مقادیر رقومی (DN) پیکسل‌های موجود روی تصاویر استخراج گردیده و در این تحلیل استفاده شدند. نتایج نشان داد که هم در اوایل و هم در اواخر فصل رشد گندم بین دو باند قرمز و مادون قرمز نزدیک، هم‌بستگی مثبتی (با ضریب هم‌بستگی ۰/۷۰ و ۰/۶۹) وجود داشته و مقدار شاخصNDVI کاهش (۰/۲۴ در خرداد و ۰/۱۸ در اوایل آبان) می‌یابد. این ارتباط در اوایل فصل رشد وجود نداشته و از طرفی افزایش چشم‌گیری(۰/۵) در شاخص NDVI مشاهده می‌شود. هم‌چنین علی‌رغم وجود پوشش گندم، در اواخر فصل رشد، کاهش چشم‌گیری در میزان بازتاب باند مادون قرمز نزدیک دیده می‌شود. 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.

واژه‌های کلیدی: سنجش از دور، طیف بازتابی، گندم، قرمز، مادون قرمز نزدیک، MODIS، TERRA، NDVI ، DN.

مقدمه

گندم مهم‌ترین غله‌ای است که در جهان کشت می‌شود و می‌تواند در طیف وسیعی از شرایط اقلیمی، آب و هوایی و خاک رشد نماید. این محصول در بین همه غلات از نظر سطح زیر کشت و تولید سالانه در درجه اول اهمیت قرار دارد (۳). این گیاه دارای سه تیپ زمستانه، بهاره و حد واسط می‌باشد که در استان خراسان رضوی عمدتاً تیپ زمستانه آن کاشته می‌شود.

علم سنجش از دور و داده‌های ماهواره‌ای یکی از روش‌های جدید و مؤثر در زمینه تحقیقات کشاورزی و محیطی است. سنجش از دور محیطی شامل اندازه‌گیری و ثبت انرژی بازتابی یا منتشر شده الکترومغناطیسی از سطح زمین و جو در یک نقطه مناسب بالاتر از سطح زمین و ایجاد ارتباط

۱. استادیار آبیاری، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی، مشهد

۲. به ترتیب دانشجوی سابق کارشناسی ارشد و استادیاران زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد مشهد، مشهد، ایران

* : مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: Sanaein@gmail.com

[Downloaded from jstmar.iut.ac.ir on 2026-11-26]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1387.12.45.2.9]

این اندازه‌گیری‌ها به ماهیت و پراکندگی رویه‌های موجود در سطح زمین و یا عناصر وضعیت جوی می‌باشد (۲). از این فناوری و داده‌های ماهواره‌ای می‌توان در مطالعات پایه مانند بررسی تغییرات باندهای بازتابی در مزارع و شناسایی نواحی کشت محصولات زراعی استفاده کرد. در نهایت اطلاعات حاصل از این مطالعات در بررسی وضعیت سلامت گیاه، براورد عملکرد و پیش‌بینی مراحل فنولوژی مورد استفاده قرار می‌گیرد.

عمدتاً اولین سطحی که موجب بازتاب و یا گسیل طیف الکترومغناطیس می‌شود، پوشش گیاهی است. به‌طور کلی سلول‌های موجود در گیاهان، پخش کننده نوری خوبی هستند. زیرا اختلاف بسیار زیادی از جهت شکست نور بین سلول‌های محتوی آب و فضای بین سلولی که دارای هوا است وجود دارد (۱۴). بنابراین سطح پوشش گیاهی در اغلب موارد یک بازتاب کننده تقریباً یک‌دست می‌باشد. پوشش گیاهی شاداب دارای انعکاس بسیار کم دربخش آبی و قرمز طیف الکترومغناطیس و انعکاس بیشتر در بخش سبز آن است. زیرا ۷۰ تا ۹۰ درصد نور آبی و قرمز طیف الکترومغناطیسی خورشیدی به‌وسیله کلروفیل و سایر رنگدانه‌های موجود در پوشش گیاهی جذب و بقیه آن در بخش سبز منعکس می‌شود. به‌همین دلیل است که پوشش‌های گیاهی، عموماً سبز دیده می‌شوند (۲). از طرف دیگر گیاهان علاوه بر انعکاس در بخش سبز طیف الکترومغناطیس، در ناحیه مادون قرمز نزدیک نیز بازتاب خوبی دارند.

سلول‌های اسفنجی مزوفیل دارای قوی‌ترین بازتابش در محدوده ۷۰۰ تا ۱۰۰۰ نانومتر می‌باشند (۵). رنگدانه‌های برگ و سلولز به طیف مادون قرمز نزدیک شفاف هستند بنابراین جذب کمتر از ۱۰ درصد رخ می‌دهد. اما بازتاب و انتقال می‌تواند تا حدود ۵۰ درصد برسد. لازم به ذکر است که بازتابش طیف مادون قرمز را نه رنگدانه‌های برگ بلکه بافت اسفنجی مزوفیل کنترل می‌کنند (۵).

تحقیقات نشان داده است که درزمان بلوغ گیاه تغییراتی در طیف بازتابی آن ایجاد می‌گردد. مطالعات کولینز (۶) در محدوده قرمز دور نشان داد که جذب کلروفیل در این ناحیه کاهش یافته و بازتاب مادون قرمز زیاد می‌شود. در این ناحیه، پاسخ طیفی گیاه زنده با افزایش طول موج، به‌طور چشم‌گیری افزایش می‌یابد. به‌طوری که در گستره خیلی محدوده ۰/۷ میکرومتر درخشندگی ۱۰ برابرمی‌شود. کولینز (۶) مشاهده نمود زمانی‌که گیاه به مرحله بلوغ می‌رسد، مکان لبه جذبی کلروفیل به سمت طول موج‌های بلندتر میل می‌کند و این تغییر را جابه‌جایی قرمز نامید.

هم‌چنین کولینز مشاهده کرد که در تمامی طول طیف جذبی کلروفیل، جابه‌جایی قرمز در دنباله لبه جذبی رخ می‌دهد، هرچند که این پدیده در ناحیه مادون قرمز (۰/۷۴ میکرومتر) قابل ملاحظه‌تر است. او پیشنهاد کرد از باندهای خیلی باریک محدوده ۰/۷۴۵ تا ۰/۷۸۰ میکرومتر که اجازه مشاهده جابه‌جایی قرمز را در طول زمان می‌دهد جهت تشخیص اختلاف بین مراحل اولیه رشد گیاه و مرحله بلوغ برای محصول خاصی را به‌دست می‌دهد. بنابراین نه تنها ارتفاع منحنی در ناحیه مادون قرمز خیلی نزدیک به نوع گیاه بستگی دارد بلکه موقعیت جابه‌جایی قرمز نیز بسته به نوع گیاه متغیر است. این دو عامل هم‌چنین بسته به این‌که گیاه کاملاً سالم و یا تحت تنش است، تفاوت می‌کنند. علاوه بر این در طول زمان با تغییر رنگ برگ‌ها از زمان شکفتن تا کامل شدن برگ‌ها و تا خزان این دو عامل متغیرند.

بنابراین گیاهی که در حال رشد بوده و یا تحت اثر استرس‌هایی هم‌چون کم آبی، بیماری‌ها و آفات باشد، خصوصیات طیفی برگ آن تغییر می‌کند. این تغییرات می‌تواند در ناحیه مرئی یا مادون قرمز نزدیک باشد. اما تغییرات در محدوده مادون قرمز مشخص‌تر است. بازتابش در محدوده مادون قرمز نزدیک به حفره‌های داخل برگ بستگی دارد (۵). اگر چه بعضی از دانشمندان را عقیده براین است که تنش رطوبتی یا بلوغ طبیعی برگ موجب تغییر این حفره‌ها شده و در نتیجه بازتابش مادون قرمز آن کاهش می‌یابد، اما برخی دیگر بر این اعتقادند که کاهش بازتابش مادون قرمز نزدیک به‌دلیل از

[Downloaded from jstmar.iut.ac.ir on 2026-11-26]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1387.12.45.2.9]

بین رفتن دیواره سلول است (۵). بنابراین می‌توان با استفاده از تغییرات بازتابش مادون قرمز و تصاویرآن، نقشه تغییرات رشد گیاه و آسیب‌های ناشی از حشرات و بیماری‌ها را آشکار ساخت. نتیجه این‌که، خانواده‌های گیاهی، در ناحیه مادون قرمز نزدیک بیشتر اختلاف انعکاس دارند. براین اساس از این ناحیه می‌توان برای تشخیص خانواده‌های گیاهی استفاده کرد (۵).

این تغییرات می‌تواند در ناحیه مرئی یا مادون قرمز نزدیک باشد اما تغییرات در محدوده مادون قرمز مشخص‌تر است. با توجه به موارد فوق، می‌توان از انعکاس طیفی برای براورد سطح زیر کشت، تشخیص نواحی پوشیده از پوشش و یا عاری از آن، شناسایی پوشش گیاهی، براورد سطح زیرکشت، وضعیت سلامت گیاه و براورد عملکرد استفاده کرد.

یکی از روش‌های مطالعاتی سنجش از دور در پوشش گیاهی، استفاده از نسبت‌های طیفی مختلف و شاخص‌های گیاهی(VI) (Vegetation Indices) می‌باشد. شاخص‌های پوشش گیاهی نوع ویژه‌ای از شاخص‌های طیفی(SI) (Spectral Indices) هستند که برای استخراج اطلاعات از داده‌های ماهواره‌ای مورد استفاده قرارگرفته و معمولاً اطلاعات را از کانال‌های طیفی قرمز و مادون قرمز نزدیک استخراج می‌نمایند. این شاخص‌ها یک بیان ساده ریاضی هستند که باندهای طیفی را ترکیب کرده و برای مشخص نمودن وجود یا عدم وجود پوشش گیاهی، شناسایی نوع پوشش گیاهی و وضعیت پوشش گیاهی به‌کار می‌روند. یکی از شاخص‌هایی که در این زمینه‌ها کاربردهای فراوانی دارد شاخص نرمالیزه پوشش گیاهی (NDVI) (Normalized Difference Vegetation Index)می‌باشد.

رز و همکاران این شاخص را ارائه کردند (۱۵). فرمول این شاخص عبارت است از:

$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED} \qquad [۱]$$

در این فرمول NIR بازتاب در باند مادون قرمز نزدیک و RED بازتاب در محدوده باند قرمز می‌باشد. از نظر تئوری مقدار این شاخص در محدوده (۱+ و ۱-) متغیر است (۷). مقدار این شاخص برای پوشش گیاهی متراکم به سوی عدد یک(معمولاً بین ۰/۳ تا ۰/۶) میل کرده و برای ابرها، برف و آب مقادیر منفی تولید می‌نماید (۱۶). برای سنگ‌ها و خاک بایر که واکنش‌های طیفی مشابهی در دو باند مشاهده می‌شود مقادیر NDVI کوچک مثبت یا منفی نزدیک به صفر به‌دست می‌آیند. تحقیقات نشان داده است که شاخص NDVI به شاخص سطح برگ ((Leaf Area Index (LAI)، بیوماس گیاهی، درصد پوشش گیاهی و جذب فعال فتوسنتزی (fraction of absorbed photo synthetically active (FAPAR)) بستگی دارد (۱۱). با استفاده ازسری زمانی NDVI می‌توان پوشش گیاهی یک منطقه را بر اساس مراحل فنولوژی وفصل رویش استخراج نمود (۱۳). در مطالعاتی که توسط سارانو وهمکاران (۱۶) برای بررسی اثر مقادیر نیتروژن(۵ تیمار) روی بازتاب برگ گندم در مرحله خوشه دهی 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 (۱۶).

هدف از این تحقیق بررسی امکان استفاده از داده‌های ماهواره‌ای به خصوص سنجنده MODIS و شاخص NDVI برای مطالعات مربوط به گندم و بهره‌گیری از آن در زمینه‌های پایش محصول، تعیین سطح زیر کشت و در مراحل بعدی معرفی روشی مناسب برای مطالعه مراحل فنولوژیکی گندم و نیز پایش وضعیت سلامت این گیاه در مزارع و مسائلی مانند اینهاست.

مواد و روش‌ها

در این مطالعه از تصاویر سنجندهMODIS از ماهواره TERRA با دوره زمانی شانزده روزه از تاریخ هفتم مهر ماه ۱۳۸۳ تا هشتم مرداد ماه ۱۳۸۴ استفاده شده است. ماهواره TERRA محصول مشترک کشورهای آمریکا، کانادا و ژاپن است. TERRA ماهواره‌ای مدار قطبی است که در ارتفاع ۷۰۵ کیلومتری زمین حرکت می‌کند و مدت زمان هر دور گردش آن به دور زمین ۹۹

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-26]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1387.12.45.2.9]

دقیقه است. تصاویر دریافتی از این ماهواره هر ۲ روز یک‌بار کل زمین را پوشش می‌دهد. این ماهواره ۱۶ بار در روز به دور زمین می‌چرخد (۱۸). سنجنده‌هایی که در این ماهواره قرار دارند سه هدف عمده را برای شناسایی تعقیب می‌کنند که عبارت از پایش زمین، جو و اقیانوس است.

MODIS یک سنجنده تصویر برداری چند طیفی یا Imager Spectral Radiometer است که حاوی ۴۶۰ حسگر می‌باشد که در ۳۶ باند طیفی عمل می‌کنند. این سنجنده طیف‌های فرکانسی قابل رویت و مادون قرمز را ثبت می‌کند. طراحی اجزای این سنجنده با اعمال خاصیت سیگنال به نویز بالا می‌باشد که قابلیت استفاده از این سنجنده را در علومی مانند کشاورزی، هواشناسی، زمین شناسی و اقیانوس شناسی مهیا می‌سازد. باندهایی که در مطالعات پوشش گیاهی به‌ویژه کشاورزی استفاده می‌شوند در جدول ۱ نشان داده شده‌اند.

باندهای فوق دارای سه قدرت تفکیک مکانی می‌باشند که عبارت‌اند از:

باند ۲-۱ : ۲۵۰ متر

باند ۷-۳: ۵۰۰ متر

در این مطالعه از تصاویر شانزده روزه باند قرمز (باند۱) و مادون قرمز (باند ۲) که دارای قدرت تفکیک مکانی ۲۵۰ متر می‌باشد، استفاده شده است. لازم به توضیح است که وقتی این سنجنده زمین را اسکن می‌کند تصویر کاملی تولید نمی‌شود. بنابراین جهت تهیه تصویر کامل از یک منطقه معین لازم است که تصویر پی‌درپی از همان منطقه داشته باشیم. به‌همین دلیل محصول نهایئ این روش را تصاویر ۱۶ روزه می‌گویند.

این مطالعه در فصل زراعی ۸۴-۸۳ در مزارع حومه مشهد صورت گرفته است. بنابراین تعداد ۴۰ تصویر در این مطالعه برای این فصل زراعی مورد استفاده قرار گرفته‌اند. که ۲۰ تصویر مربوط به باند قرمز و ۲۰ تصویر مربوط به باند مادون قرمز می‌باشد.

منطقه‌ای که در این تحقیق به‌وسیله سنجنده MODIS مورد مطالعه قرار گرفته است، مزارع گندم در حومه شهرستان مشهد می‌باشد. ارتفاع میانگین از سطح دریا حدود ۱۰۰۰ متر، اقلیم آن نیمه خشک و خشک با میانگین دمای سالانه ۱۳/۸ درجه سلسیوس, میانگین بارندگی سالیانه ۲۵۹ میلی‌متر و میانگین رطوبت نسبی ۴۸ درصد می‌باشد (۱).

برای این مطالعه ۴ مزرعه گندم در محدوده مزرعه نمونه آستان قدس رضوی واقع در شرق شهر مشهد انتخاب شدند که وسعتی حدود ۵۰ هکتار را پوشش می‌دهند (جدول۲). سپس مختصات آنها به‌وسیله GPS استخراج و روی تصویر قرار داده شد تا محل دقیق این مزارع در تصاویر مشخص شود (لازم به توضیح است که روی این تصاویر قبلاً تصحیحات هندسی و رادیومتر صورت گرفته است). سپس با استفاده از نرم افزار ERDAS 8.3.1 شاخص پوشش گیاهی NDVI برای مزارع فوق در طول فصل زراعی محاسبه گردید. سپس پارامترهای آماری شامل میانگین و ضریب هم‌بستگی برای هریک از تصاویر باند قرمز، مادون قرمز و شاخص پوشش گیاهیNDVI به‌وسیله نرم افزار SPSS محاسبه شد. درنهایت نتائج به‌دست آمده با هم مقایسه شدند.

نتایج و بحث

مطالعات مختلف نشان می‌دهد که در اوایل فصل رشد (سه برگی شدن) مقدار بازتاب باند مادون قرمز و باند قرمز تا حدودی برابرند. به‌عبارت دیگر وقتی گیاه هنوز به رشد کامل نرسیده و پوشش گیاهی، تمام مزرعه را دربر نگرفته باشد مقدار بازتاب باند مادون قرمز نسبت به مقدار باند قرمز افزایشی را نشان نمی‌دهد (۴). بنابراین انتظار می‌رود بین این دو باند هم‌بستگی مثبت برقرار شده و شاخص NDVI حداقل خود را دارا باشد. نتایج تحقیق حاضر مؤید این موضوع است، به‌طوری که میانگین(هرتصویر از اجزای بسیارکوچکی به نام پیکسل تشکیل شده است که شدت روشنایی هرمنطقه را با مقادیر رقومی یا Digital Number بیان می کنند (DN). در ۴مزرعه انتخابی در اوایل فصل رشد گندم(اواسط آبان ماه) مربوط به

[Downloaded from jstmar.iut.ac.ir on 2026-11-26]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1387.12.45.2.9]

جدول۱. باندهای مورد استفاده در مطالعات پوشش گیاهی (۹)

باند	پهنای باند(نانومتر)
۱	۶۷۰-۶۲۰
۲	۸۷۶-۸۴۱
۳	۴۷۹-۴۵۹
۴	۵۶۵-۵۴۵
۵	۱۲۵۰-۱۲۳۰
۶	۱۶۲۸-۱۲۵۰
۷	۲۱۵۵-۲۱۰۵

جدول۲. اطلاعات مربوط به مزارع

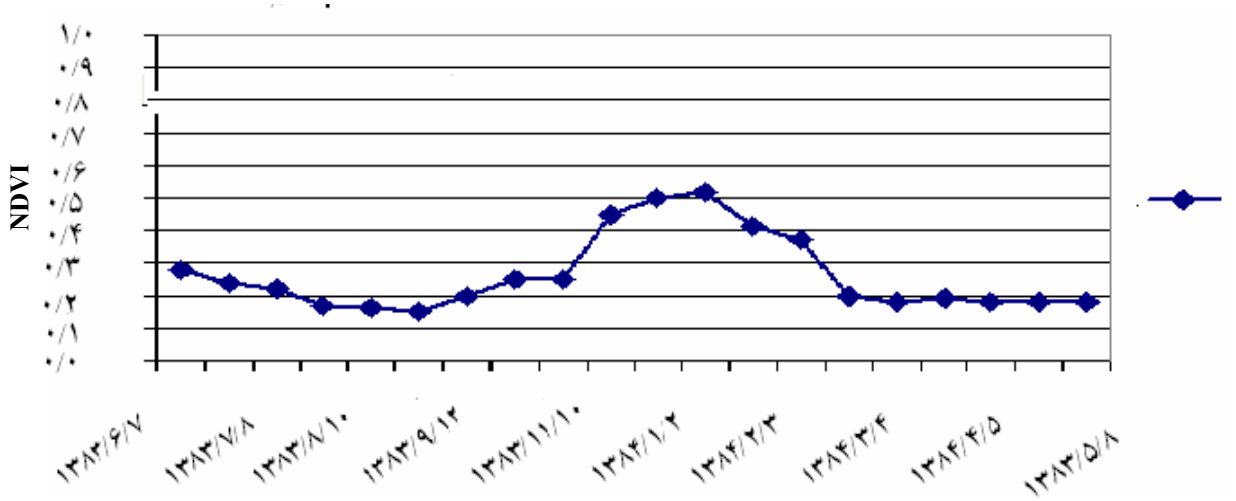
شماره مزرعه	مختصات GPS		نوع خاک	نوع رقم
	طول	عرض		
۱	″۲۳ ′۴۳ °۵۹	″۰۹ ′۱۱ °۳۶	سندی لومی	فلات
۲	″۵۶ ′۴۲ °۵۹	″۵۵ ′۱۰ °۳۶	سندی لومی	فلات
۳	″۰۷ ′۴۲ °۵۹	″۱۵ ′۱۳ °۳۶	سندی لومی	فلات
۴	″۱۲ ′۴۳ °۵۹	″۴۵ ′۱۲ °۳۶	سندی لومی	فلات

باند مادون قرمز و باند قرمز به ترتیب برابر با ۰/۲۶ و ۰/۱۵ می‌باشد. هم‌چنین تغییرات انحراف معیار در این مزارع در بازه زمانی فوق برای باند مادون قرمز، قرمز و شاخص NDVI به ترتیب برابر با ۰/۰۴۸۶، ۰/۰۳۷۶ و ۰/۰۳۷۴ می‌باشد. ضریب هم‌بستگی بین این دو باند در همین بازه زمانی ۰/۷۰ و میزان شاخص NDVI برابر با ۰/۱۸ است. اما در اواسط اردیبهشت ماه که مصادف با اوج فعالیت‌های بیولوژیک و رشد گندم می‌باشد، وضعیت کاملاً متفاوت است. در این بازه زمانی، مقادیر DN باند مادون قرمز و قرمز به ترتیب برابر با ۰/۳۷ و ۰/۰۹، مقادیر تغییرات انحراف معیار برای باند مادون قرمز، قرمز و شاخص NDVI به ترتیب برابر۰/۰۷۸۲، ۰/۰۳۹۴ و ۰/۲۰۵۶ می‌باشد. ضریب هم‌بستگی بین این دو باند برابر با ۰/۸۹- و میزان شاخص NDVI برابر با ۰/۵۵ است (شکل‌های ۱، ۲ و ۳).

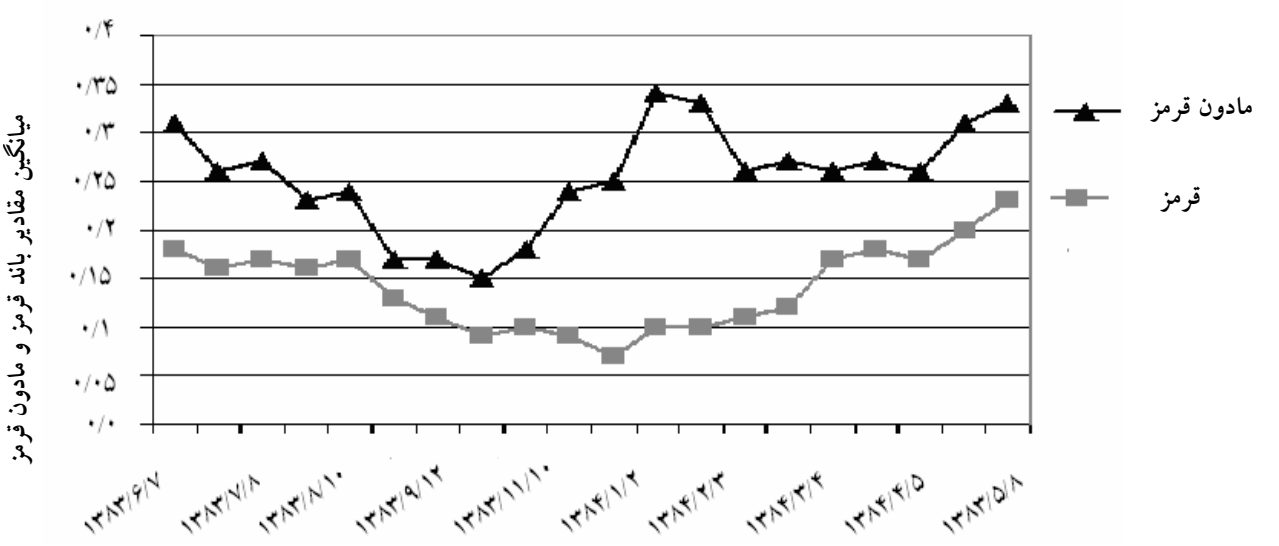
تحقیقات انجام شده نشان داده است که تغییرات فصلی شاخص NDVI بستگی به تغییرات فنولوژی گیاه دارد(۱۲). نتایج این مطالعه نشان داد که مقدار این شاخص در مراحل مختلف فنولوژی گیاه متفاوت است. به‌عنوان مثال در اواسط آبان ماه که مصادف با چند برگی شدن گندم است، میانگین این

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-26]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1387.12.45.2.9]



شکل۱. تغییرات شاخص NDVI در چهار مزرعه گندم واقع در حومه مشهد (محدوده مزرعه نمونه آستان قدس رضوی) در سال زراعی ۸۴-۸۳

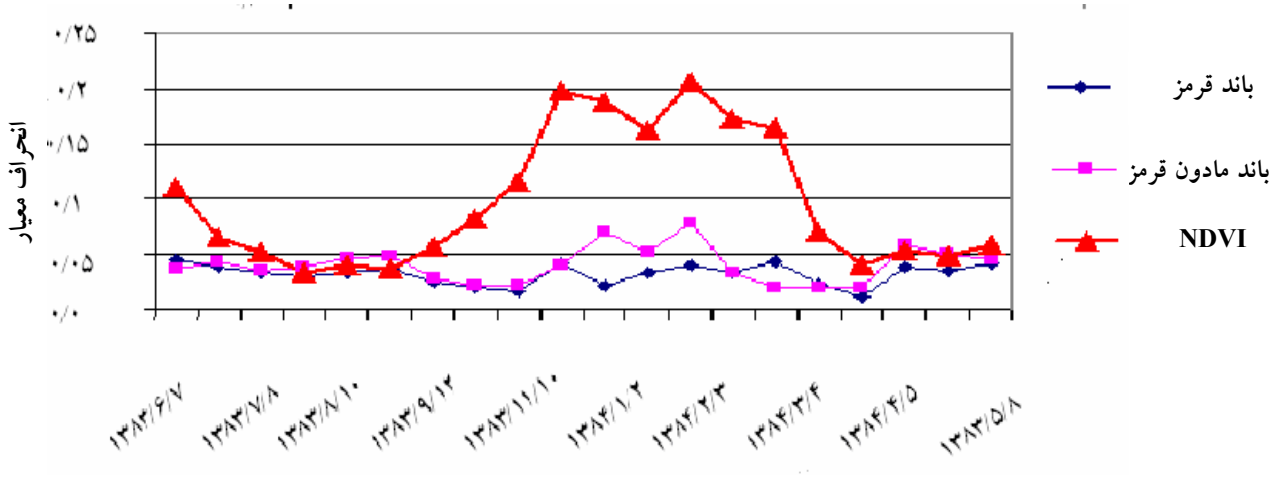


شکل۲. میانگین تغییرات باند قرمز و مادون قرمز در چهار مزرعه گندم واقع در حومه مشهد (محدوده مزرعه نمونه آستان قدس رضوی) در سال زراعی ۸۴-۸۳

شاخص برای مزارع فوق برابر ۱۶/ ۰ و انحراف معیار آن ۰/۰۳۷۴ است. در اواخر بهمن ماه که مصادف با مرحله پنجه‌زنی است مقدار این شاخص برابر با ۰/۱۹ و انحراف معیار آن ۰/۱۱۵۲ می‌باشد. در اواسط اردیبهشت ماه که گندم در اوج فعالیت‌های زیستی خود قرار گرفته، میانگین این شاخص ۰/۵ و انحراف معیار آن ۰/۲۰۵۶ می‌باشد و در اواخر فصل رشد گندم میانگین این شاخص برابر با ۰/۲ و انحراف معیار آن ۰/۴۲۶ محاسبه شد (شکل‌های ۱ و ۳). هم‌چنین مطالعات انجام شده روی باند مادون قرمز نزدیک سنجنده MODIS، در مزارع گندم در اواسط اردیبهشت ماه (هم‌زمان با مراحل حساس

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-26]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1387.12.45.2.9]



شکل۳. تغییرات انحراف معیار باند قرمز، مادون قرمز و شاخص NDVI در۴ مزرعه گندم واقع در حومه مشهد (محدوده مزرعه نمونه آستان قدس رضوی) در سال زراعی ۸۴-۸۳

فنولوژی گندم) نشان داد که انعکاس در این باند افزایش می‌یابد (همان‌طور که در مقدمه ذکر گردید سلول های اسفنجی مزوفیل برگ دارای قویترین بازتابش در محدوده مادون قرمز نزدیک یعنی ۷۰۰ تا ۱۰۰۰ نانومتر می‌باشند. بنابراین انتظار می‌رود که برگ گیاهانی که شاداب بوده و در حال رشد می‌باشند و نیز تحت استرس نباشند در چنین محدوده بازتاب خواهند داشت) (۸). نتایج این تحقیق براساس داده‌های این سنجنده در مزارع گندم مورد مطالعه شهرستان مشهد نیز مبین همین مسأله است. به‌طوری که در اواسط اردیبهشت ماه میانگین مقادیر DN باند مادون قرمز در تمام مزارع به‌طور متوسط حدوداً ۰/۳۶ و انحراف معیار آن ۰/۰۷۸۲است، در حالی‌که در اواسط آبان ماه میانگین مقادیرDN برای این باند ۰/۱۸ و انحراف معیار آن ۰/۰۴۲۶ بوده و در اواخر فصل رشد گندم این ۰/۲۶ و انحراف معیار آن ۰/۰۱۹۴ می‌باشد (شکل‌های ۱، ۲ و ۳).

مطالعات نشان داده است که تراکم زیاد پوشش گیاهی و سلامت گیاه باعث کاهش انعکاس بخش قرمز طیف الکترومغناطیس و افزایش انعکاس در طیف مادون قرمز می‌گردد(۲). نتایج تحقیق حاضر درباره گندم نیز مؤید همین نظر است. به‌طوری که در اواسط اردیبهشت ماه، هم‌زمان با پوشش متراکم و اوج فعالیت‌های رشدی گندم، میانگین مقادیر باند قرمز ۰/۰۹ و انحراف معیار آن ۰/۰۳۹۴ و برای باند مادون قرمز ۰/۳۶ و انحراف معیار آن ۰/۰۷۸۲ است. ضریب هم‌بستگی بین این دو باند نیز ۰/۸۹- است. مقدار شاخص NDVI در این حالت برابر با ۰/۵۵ است (شکل‌های ۱، ۲و۳).

براساس تحقیقات، مقدار شاخص NDVI برای پوشش گیاهی متراکم معمولاً بین ۰/۳ تا ۰/۶ قرار دارد (۱۷). نتایج این تحقیق هم نشان داد که مقدار این شاخص در اواسط اردیبهشت ماه در مزرعه‌های مورد مطالعه حدوداً برابر با ۰/۵ و انحراف معیار آن ۰/۲۰۵۶ می‌باشد که بیانگر وجود پوشش متراکم گندم در این مزارع است. در حالی‌که در اوایل (پنجه زنی) و اواخر فصل رشد گندم (زرد شدن) مقدار این شاخص حدوداً برابر با ۰/۲ و انحراف معیار آن ۰/۰۴۵۰ است.

تحقیقات صورت گرفته به‌وسیله سنجنده TM از ماهواره لندست در مزارع گندم نشان داده است که در اواخردوره رشد گندم (مرحله زرد شدن) میزان بازتاب باند مادون قرمز بین ۳۰٪ تا ۵۰٪ کاهش می‌یابد (۱۰). نتایج مطالعات انجام شده در این تحقیق با استفاده از داده‌های سنجنده MODIS در مزارع فوق

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-26]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1387.12.45.2.9]

نشان داد که میزان بازتاب باند مادون قرمز در انتهای فصل رشد گندم نسبت به اواسط دوره رشد گندم کاهش چشم‌گیری دارد. به‌عنوان مثال دراواخر خرداد ماه که گندم زرد شده است، میانگین مقادیرDN باند مادون قرمز در مزارع ۰/۲۳ و با انحراف معیار ۰/۰۱۹۵ است. در حالی‌که در اواسط اردیبهشت ماه این مقدار ۰/۳۶ با انحراف معیار ۰/۰۷۸۲ می‌باشد. هم‌چنین شاخص NDVI در اواخر خرداد ماه ۰/۲۴ با انحراف معیار آن ۰/۰۴۵۰و در اوسط اردیبهشت ماه ۰/۵۵ و انحراف معیار آن ۰/۲۰۵۶ است. لازم به ذکر است که ضریب هم‌بستگی بین باند مادون قرمز و باند قرمز در زمانی‌که گندم زرد شده است ۰/۶۹ می‌باشد. این موضوع بیانگر وجود هم‌بستگی مثبت بین مقادیر این دو باند در این زمان است (شکل‌های ۱و ۲). براساس نتایج حاصل از تحقیقات انجام شده (۱۹) و نیز تحقیق حاضر مشخص می‌شود که شاخص NDVI به‌دست آمده از تصاویر شانزده روزه سنجنده MODIS قابلیت بسیار خوبی برای پایش تغییرات در پوشش‌های زراعی و گندم دارد. این موضوع به خصوص برای شرایط اقلیمی و پوشش منطقه خراسان رضوی مصداق می‌یابد.

نتیجه‌گیری

در این تحقیق براساس این حقیقت که نور بازتابیده از سطح زمین حاوی اطلاعات ارزشمندی در مورد پوشش‌های گیاهی در زمان‌های مختلف می‌باشد و این اطلاعات توسط سنجنده‌های موجود روی ماهواره‌ها ثبت می‌گردد، اقدام به مطالعه تغییرات باند قرمز، مادون قرمز و شاخص NDVI در مزارع گندم منطقه عمومی مشهد با استفاده از داده‌های سنجنده MODIS گردید. مقایسه نتایج این تحقیق با دیگر تحقیقات سایر کشورها، نشان داد که نتایج این تحقیق قابل اعتماد و رضایت‌بخش است. بنابراین با استفاده از تصاویر سنجنده MODIS ماهواره TERRA که اطلاعات پوشش کاملی را در دوره‌های شانزده روزه در اختیار ما قرار می‌دهد می‌توان شاخص NDVI را محاسبه و با استفاده ترکیبی آن در کنار باندهای قرمز و مادون قرمز نزدیک مطالعات مختلفی را در ارتباط با گیاهان زراعی مختلف از جمله گندم انجام داد. نتایج این تحقیقات می‌تواند در برنامه‌ریزی‌های کشاورزی دقیق و مدیریت بهینه کشاورزی مانند پیش‌بینی مراحل فنولوژی، پیش‌بینی سطح زیر کشت، برآورد عملکرد و وضعیت سلامت گیاهان زراعی از جمله گندم استفاده نمود.

سپاسگزاری

این تحقیق با همکاری مرکز سنجش از راه دور دانشگاه فردوسی مشهد انجام شده است. برخود لازم می‌دانیم از کلیه همکارانی که در این مرکز زمینه این تحقیق را فراهم آورده‌اند تشکر و قدردانی نماییم.

منابع مورد استفاده

۱. آمار سالیانه هواشناسی شهرستان مشهد، استان خراسان رضوی. ۲۰۰۱. اداره تحقیقات هواشناسی-کشاورزی مشهد، اداره کل هواشناسی استان خراسان رضوی، مشهد.

۲. دیسفیانی، ح.۱۳۷۷. *پردازش کامپیوتری تصاویر سنجش از دور*. انتشارات سمت، تهران.

۳. کوچکی، ع. ۱۳۷۲. *زراعت در مناطق خشک*. جهاد دانشگاهی مشهد، مشهد.

۴. معصومی، ع. ۱۳۷۹. پهنه بندی پوشش گیاهی. پایان نامه کارشناسی ارشد سنجش از راه دور، دانشگاه خواجه نصرالدین طوسی، تهران.

5. Cambel, J. B. 2001. Remote Sensing Environmental. Taylor & Francis Pub., UK.
6. Collins, W.1978. Remote sensing of crop type and maturity. Photogrammetric Eng. and Remote Sens. 44: 43-55.
7. Deering, D. W. 1978. Rangeland reflectance characteristics measured by aircraft and spacecraft sensors. Ph.D.

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-26]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1387.12.45.2.9]

Dissertation, Texas A & M University, College Station, USA.
8. Disney, M., P. Lewis, G. Thackrah, T. Quaiee and M. Barnsley. 2004. Comparison of MODIS broadband albedo over an agricultural site with ground measurements and values derived from earth observation data at a range of spatial scales. Int. J. Remote Sens. 25(23) : 5297–5317.
9. Huete, A. 1999. MODIS Vegetation Index. ATBD 13. www.nasa.gov.
10. Gitelson, A. A., Y J. Kaufman, R. Stark and D. Rundquist. 2002. Novel algorithms for remote estimation of vegetation fraction. Remote Sens. Environ. 80: 76 – 87
11. Goward, S. N. and K. F. Huemmrich. 1992. Vegetation canopy PAR absorptance and the normalized difference vegetation index: an assessment using the SAIL model. Remote Sens. Environ. 39: 119-140.
12. Inoue, Y. 2002. Remote Sensing and GIS for Spatial Assessment Agro-Ecosystem Dynamics. Report of National Institute for Agro-Environmental Sciences, 3-1-3, Kannon-dai, Tsukuba, Ibaraki, 305-8604, Japan
13. Lenney, M. P., C. E Woodcock and H. Hamdi. 1996. The status of agricultural lands in Egypt: The use of multitemporal NDVI features derived from Landsat TM. Remote Sens. Environ. 56: 8.
14. Reeves, M. 2000. Mapping weekly rangeland Vegitation Productivity using MODIS aloritms. Remot Sens. 54: 90-105.
15. Rouse, J. W., R. H. Haas, J. A. Schell and D. W. Deering. 1973.Monitoring vegetation systems in the great plains with ERTS. Third ERTS Symposium, NASA SP-351. 1: 309-317.
16. Serrano, L., I. Filella and J. Penuelas. 2000. Remote sensing of biomass and yield of winter wheat under different nitrogen supplies. Crop Sci. 40: 723–731.
17. Simpson, J. and J. A. Stitt. 1998. Procedure for the detection and removal of cloud shadow from AVHRR Data over land. IEEE Trans. Geosci. and Remote Sens. 36(3): 880-897.
18. Terra Satellide User Guide. 2001.www.nasa.gov
19. Wardlow B. D. and S. L. Egbert 2005. State-Level crop mapping in the U.S. central great plains agroecosystem Using MODIS 250-meter NDVI data. Pecora 16 “Global Priorities in Land Remote Sensing” October 23-27, Sioux Falls, South Dakota.

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-26]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1387.12.45.2.9]