A Iranian Journal of Irrigation and Drainage
No. 1, Vol. 14, Apr.-May. 2020, p. 193-204

نشریه آبیاری و زهکشی ایران
شماره۱، جلد ۱۴، فروردین - اردیبهشت ۱۳۹۹، ص. ۲۰۴-۱۹۳

کاربرد شاخص‌های سنجش از دور در تخمین پوشش تاجی، زیست‌توده و تاریخ کشت گندم

محمدهادی جرعه‌نوش[۱]، سعید برومندنسب[۲*]، عبدعلی ناصری[۲]، مجتبی پاک‌پرور[۳]، صالح تقواییان[۴]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۶/۱۰ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۹/۵

چکیده

گندم، منبع اصلی تولید غذا در ایران بوده و استان‌های خوزستان و فارس، دو قطب اصلی تولید این محصول در این کشور است. تعیین اجزای عملکرد گندم، اهمیت ویژه‌ای در برنامه‌ریزی کشت و تولید این محصول دارد. در این مطالعه، محصول گندم، در مراحل مختلف رشد در قالب پوشش تاجی و همچنین زیست‌توده گیاه گندم با کاربرد تصاویر ماهواره‌ای برآورد گردید. شاخص‌های NDVI و LWCI از تصاویر ماهواره لندست ۸، در دو سال زراعی ۹۶-۹۵ و ۹۷-۹۶ در چهار مزرعه در داراب و زرقان در فارس و دزفول و امیدیه در خوزستان برای تعیین پوشش تاجی و زیست‌توده، بکار رفت. پوشش تاجی در مزارع، با تصویربرداری و کاربرد نرم‌افزار ENVI تعیین و زیست‌توده در طول فصل رشد نیز با نمونه‌برداری در مزارع، اندازه‌گیری شد تا با مقادیر برآوردشده حاصل از روش سنجش از دور مقایسه شود. در برآورد پوشش تاجی، رابطه خطی بین مقادیر پوشش تاجی و NDVI با ضریب تعیین ۰/۸۸ حاصل‌شد. ضرایب تعیین این رابطه در مزارع دزفول، امیدیه، داراب و زرقان به ترتیب ۰/۹۶، ۰/۹۳، ۰/۹۵ و ۰/۸۹ بود. زیست‌توده گیاهی، با استفاده از مقادیر سنجش از دور در طول فصل رشد و کاربرد متوسط زیست توده در منطقه، تعیین گردید. مقادیر راندمان مدل بر اساس شاخص EF در برآورد زیست‌توده در دزفول، امیدیه، داراب و زرقان به ترتیب ۸۱، ۷۱، ۸۲ و ۸۰ درصد بود. با رسم مقادیر NDVI بر حسب زمان در طول دوره رشد نیز، روشی برای برآورد تاریخ مناسب کشت گندم در مزارع ارائه گردید. این مطالعه، روشی کم‌هزینه و با صرف زمان کم، جهت گذر از اندازه‌گیری‌های سخت و زمان‌بر مزرعه‌ای را ارائه داد که در برآورد پوشش تاجی، زیست‌توده و تاریخ کشت گندم در مناطق مورد مطالعه قابل کاربرد است.

واژه‌های کلیدی: زیست‌توده، پوشش تاجی، NDVI، گندم

مقدمه

منبع اصلی غذای مردم در ایران، گندم و فرآورده‌های آن است و هر اقدامی برای بالابردن عملکرد محصول گندم با توجه به منابع محدود آب و خاک ضروری است. محصول گندم تحت تاثیر شرایط محیطی است و به علت تغییرات شرایط اقلیمی و محیطی در طول زمان و مکان، تخمین مناسب اجزای عملکرد گندم در شرایط مختلف مزرعه‌ای می‌تواند راهنمای مناسبی برای کشاورزان در مدیریت کشت این محصول باشد (احمدی و همکاران، ۱۳۹۷). پوشش گیاهی در مراحل مختلف رشد نقش مهمی در رسیدن به عملکرد بیشتر در شرایط مختلف آب، خاک و گیاه دارد. یکی از مهم‌ترین مشخصه‌های پوشش گیاهی، پوشش تاجی (CC[۵]) است. روش‌های تجربی تخمین پوشش تاجی مثل مدل‌های گیاهی، معمولا به تعداد زیادی از عوامل آب و خاک نیاز دارند.

بنا کردن یک رابطه، بین شاخص‌های گیاهی تصاویر ماهواره‌ای و پوشش تاجی به عنوان یک روش کارآمد، زمان و هزینه را در مقیاس مزرعه یا منطقه‌ای کاهش می‌دهد. در زمینه رابطه پوشش تاجی و شاخص نرمال‌شده تفاضل پوشش گیاهی یا NDVI[۶] تحقیقات بسیاری صورت گرفته‌است. این شاخص، کاربردی‌ترین شاخص پوشش گیاهی با کارایی مفید در مطالعات مختلف بوده‌است (یاقوتی و همکاران، ۱۳۹۷؛ لقمانی و همکاران، ۱۳۹۷؛ Chianucci et al., 2018; Johnson and Trout, 2012; Larson, 2007; Raun et al., 2001; Trout, 2008).

رابطه NDVI و پوشش تاجی، در تحقیقات مختلف بصورت رابطه خطی CC=a.NDVI+b ارائه شده‌است که در آن a و b ضرایب

۱- دانشجوی دکتری، گروه آبیاری زهکشی، دانشگاه شهید چمران اهواز
۲- استاد، گروه آبیاری زهکشی، دانشگاه شهید چمران اهواز
۳- استادیار، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی فارس
۴- استادیار، بخش بیوسیستم و مهندسی کشاورزی، دانشگاه ایالتی اوکلاهما آمریکا
(*-نویسنده مسئول: Email: s.boroomandnasab@gmail.com)

5- Canopy Cover
6- Normalize Difference Vegetation Index

www.SID.ir

Archive of SID

تجربی است. گوتمن و ایگناتوو نقشه رابطه بین تاج پوشش و NDVI را از تصاویر ماهواره‌ای تهیه کرده و رابطه بین تاج پوشش و NDVI در مقیاس جهانی را برای کاربرد در مدل‌های پیش‌بینی عملکرد گیاهی بکار بردند (Gutman and Ignatov, 1997). تاج پوشش گیاه جو، ذرت و چغندر قند توسط کارلا و همکاران تحت طبقه‌بندی نظارت‌شده تصاویر دوربین به دست آمد (Carela et al., 2001). ژنگ و همکاران با کاربرد تصاویر ماهواره‌ای یک رابطه ساده بین تاج پوشش و NDVI در چین پیدا کردند. در این مطالعه گیاهان نواحی مختلف از دره ها تا کوه‌ها بررسی شد (Zhang et al., 2012). در مطالعه دیگری روی گیاهان باغی در کالیفرنیا مشخص شد که NDVI می‌تواند به عنوان یک عامل موثر در تعیین تاج پوشش بکاررود. در آن مطالعه، یک دوربین دیجیتال برای تصویر برداری از ۱۱ گیاه باغی در مراحل مختلف رشد در ۳۰ مزرعه به کار رفت و NDVI نیز از تصاویر ماهواره لندست ۵ به دست آمد (Trout, 2008). جانسون و تروت نیز یک رابطه رگرسیونی بین تاج پوشش و NDVI پیدا کردند. این رابطه از بررسی روی ۱۸ گیاه مختلف زراعی به دست آمد و به عنوان یک روش کاربردی با دقت بالا (ضریب تعیین ۹۵ درصد) قابل استفاده بود (Johnson and Trout, 2012). رابطه بین پوشش تاجی و NDVI در کشور ایران برای هیچ گیاهی تعیین نشده‌است.

یکی دیگر از اجزای عملکرد گیاه که در این مطالعه مورد بررسی قرار می‌گیرد، زیست‌توده است. زیست‌توده حاصل فرآیند فتوسنتز است و مقدار آن، با گذشت زمان بطور مرتب افزایش می‌یابد. روند افزایش زیست‌توده با روند افزایش پوشش تاجی متفاوت است و در حالی که با شاخص NDVI می‌توان با کاربرد یک رابطه رگرسیونی خطی، مقدار پوشش تاجی را تخمین زد، تخمین زیست‌توده توسط شاخص NDVI پیچیدگی بیشتری دارد (Kim and Kaluarachchi, 2015). در یک مطالعه، با استفاده از تصاویر لندست و مودیس و بدست آوردن شاخص‌های گیاهی از آن، زیست‌توده گندم با دقت قابل قبولی برآورد شد (Bao et al., 2009). در مطالعه‌ای دیگر، عملکرد گندم را با استفاده از تصاویر لندست ۵ در دشت رازان مدل‌سازی شد (Matinfar, 2013). نورسا و همکاران نشان دادند که NDVI با ضریب تعیین بالایی قادر به برآورد عملکرد برنج است (Nuarsa et al., 2012). در مطالعه‌ای روی گندم در امریکا، با استفاده از تصاویر ماهواره لندست و اطلاعات محلی گیاه مشخص شد استفاده از تصاویر سنجش از دور روشی مناسب و کم‌هزینه در برآورد پوشش تاجی و عملکرد گیاه بدون نیاز به اندازه‌گیری‌های زمینی در مزرعه است. در این مطالعه با استفاده از اطلاعات منطقه‌ای و شاخص NDVI مقادیر پوشش تاجی و زیست‌توده برآورد شد (Kim and Kaluarachchi, 2015).

استان‌های خوزستان و فارس، به عنوان دو قطب اصلی کشاورزی ایران، از حیث اراضی اختصاص یافته به کشت گندم آبی، به ترتیب رتبه اول و دوم کشور را دارند (احمدی و همکاران، ۱۳۹۷). با توجه به اهمیت راهبردی کشت گندم در این دو استان، تخمین محصول گندم با صرف زمان و هزینه کم، راهنمای مناسبی برای مدیران و برنامه‌ریزان در مدیریت مزرعه و سیاست‌گذاری‌های اجتماعی و اقتصادی کشت این محصول است. با وجود انجام تحقیقات قبلی در خصوص تخمین محصول گیاهان مختلف با استفاده از داده‌های سنجش از دور، مطالعات قبلی روی گندم در این دو استان یافت نشد. از طرف دیگر، روش ارائه‌شده در این مطالعه جهت برآورد پوشش تاجی، زیست‌توده و تاریخ کشت گندم در مطالعات انجام‌شده در سطح ملی، سابقه‌ای ندارد.

مواد و روش‌ها

این تحقیق روی گندم آبی پاییزه در دو فصل زراعی ۹۶-۹۵ و ۹۷-۹۶ انجام شد. مطابق شکل ۱، چهار مزرعه گندم، در دزفول (SW1) و امیدیه (SW2) استان خوزستان و در داراب (SC1) و زرقان (SC2) استان فارس انتخاب شد. در جدول ۱ برخی از مشخصات و مختصات کلی مزارع در مناطق مورد مطالعه آمده‌است.

اندازه‌گیری‌های مزرعه‌ای

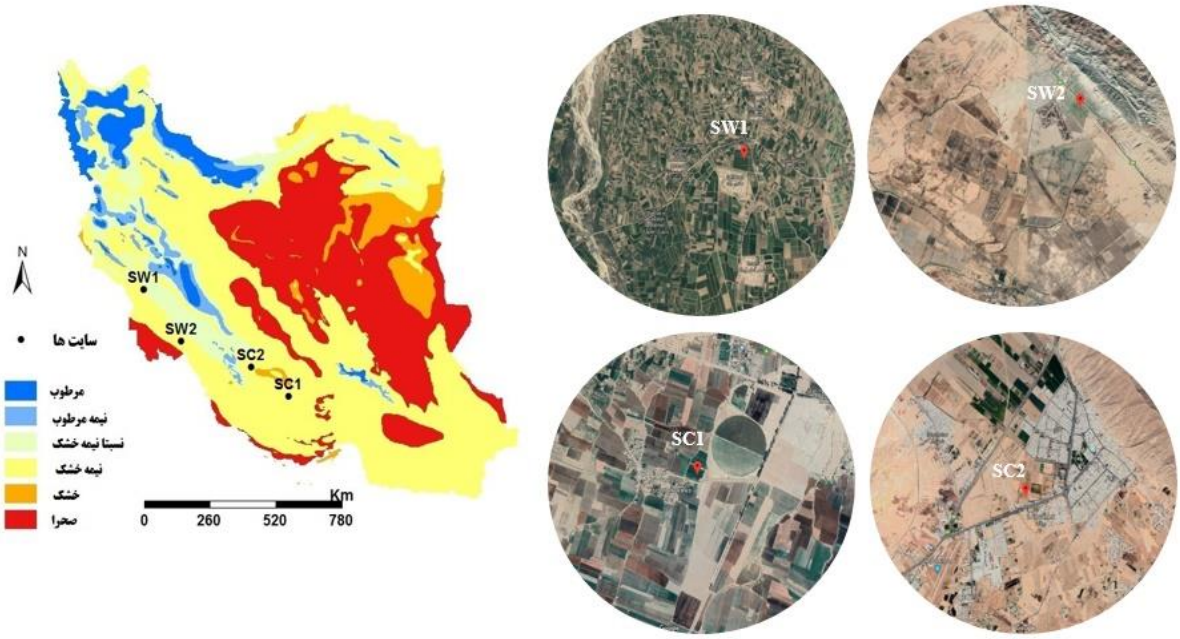
در هر سال زراعی، مقادیر پوشش تاجی و زیست‌توده، در تاریخ گذر ماهواره از روی مزارع در طول فصل رشد تعیین‌شد. زیست‌توده گیاه گندم با برداشت نمونه‌های تصادفی نیم‌درنیم مترمربعی با دو تکرار در هر هکتار و ۳ تا ۵ بار در هر نمونه‌گیری تعیین شد. مختصات محل نمونه گیری با GPS تعیین گردید تا جهت بدست آوردن شاخص‌های گیاهی ماهواره در همان مکان بکار رود. در برخی موارد به علت وجود ابر، تصاویر و در نتیجه نمونه برداشت شده قابل استفاده نبود. نمونه‌ها از بالای سطح خاک گرفته‌شد و به آزمایشگاه منتقل گردید و به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۱۰۵ درجه سانتیگراد در آون نگهداری شد و وزن آنها پس از گذشت ۴۸ ساعت ثبت گردید.

جهت تعیین پوشش تاجی، از تصویردوربین دیجیتال[1] در فاصله عمودی ۱/۵ متری از سطح مزرعه استفاده شد. در هر نمونه‌برداری تصویری، سه تکرار صورت گرفت و تصاویر در نرم‌افزار ENVI[2] که یکی از نرم‌افزارهای توانمند در بررسی تصاویر، خصوصا تصاویر ماهواره‌ای است، تحلیل گردید. یکی از قابلیت‌های این نرم‌افزار این است که درصد رنگ سبز تصاویر را با طبقه‌بندی نظارت شده از سوی کاربر با تفکیک رنگ سبز از سایر رنگ‌ها و در نتیجه درصد پوشش تاجی را تعیین می‌کند.

1- SX700HS, Canon Inc., Japan
2- V5.1, Exelis Visual Information Solutions, Inc.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۱- موقعیت مناطق مورد مطالعه

جدول ۱- برخی از مشخصات کلی مزارع مناطق مورد مطالعه

عامل	دزفول	امیدیه	داراب	زرقان
مساحت مزرعه (هکتار)	۸/۲	۷/۴	۶/۲	۵/۶
ارتفاع از سطح دریا (متر)	۱۴۳	۳۴/۹	۱۰۹۸/۲	۱۶۰۴
طول جغرافیایی	۴۸° ۲۵′ ۱۷″	۴۹° ۵۰′ ۵۳″	۵۴° ۱۷′ ۰۳″	۵۲° ۴۲′ ۳۸″
عرض جغرافیایی	۳۲° ۱۶′ ۱۳″	۳۰° ۳۷′ ۲۴″	۲۸° ۴۷′ ۰۴″	۲۹° ۴۶′ ۰۲″
بافت خاک	سیلتی رسی لوم	سیلتی لوم	رسی لوم	سیلتی رسی لومی
pH خاک	۷/۵	۷/۵	۸	۷/۵
روش آبیاری	سطحی	بارانی	بارانی	سطحی
متوسط کل آبیاری (میلیمتر)	۵۲۰	۴۰۰	۵۵۰	۵۳۰

تصاویر گرفته‌شده از سطح مزارع، در نرم‌افزار Canopeo[1] که توسط پاتریگنانی و اوشنر توسعه داده شده، نیز واردشد تا نتایج پوشش تاجی حاصل از آن، با نتایج پوشش تاجی حاصل از ENVI مقایسه‌شود. نرم‌افزار Canopeo جهت تعیین درصد پوشش سبز گیاهی بنا شده و به راحتی بر روی تلفن همراه با سیستم‌عامل‌های مختلف یا روی سیستم عامل ویندوز نصب می‌شود. به کمک این نرم‌افزار می‌توان از فاصله ۱/۵ متری عمود بر سطح مزرعه، تصویر پوشش گیاهی را برداشت نمود و در همان زمان، درصد پوشش سبز را بدست‌آورد (Patrignani and Ochsner, 2015). دقت کاربرد ENVI در تعیین پوشش تاجی، به علت انجام طبقه‌بندی نظارت‌شده توسط کاربر، بیشتر از Canopeo است اما تحلیل تصاویر در آن، به زمان بیشتری نیاز دارد.

تعیین مقادیر سنجش از دور

در این مطالعه، تصاویر ماهواره محیطی لندست ۸ دارای ۱۱ باند، با تفکیک مکانی ۳۰ در ۳۰ متر مربع (یازده پیکسل در هکتار) از سایت http://earthexplorer.usgs.gov بکاررفت. جهت کاهش انعکاس طیف نور توسط ابرها، تصاویری انتخاب شد که میزان ابرناکی در آنها کم بوده یا ابرها در تصاویر، خارج از اراضی کشاورزی مورد مطالعه باشد. این ماهواره، تصاویر ۱۶ روزه از هر نقطه از سطح زمین را برداشت می‌کند که در پایش رشد گیاه و پوشش گیاهی مناسب است (Siyal et al., 2015; Cheng and Wu, 2011). در این تحقیق از

1- Canopeo (http://appcenter. okstate. edu/content/ canopeo)

www.SID.ir

Archive of SID

طیف رنگی باند ۴، ۳ و ۲ (RGB، قرمز، سبز و آبی)، باند ۵ مادون قرمز نزدیک و باند ۶ موج کوتاه در تصاویر استفاده شد. تصاویر، در زمان‌های گذر ماهواره از ۵ دی‌ماه تا ۲۵ خردادماه در سال زراعی ۹۶-۹۵ و از ۱۵ آذر تا ۳۰ خرداد در سال زراعی ۹۷-۹۶ گرفته‌شد که مشخصات ردیف و مسیر؛ و تعداد آن در جدول ۲ آمده‌است. تصاویر با لایه‌های مختلف طیفی آن، وارد نرم‌افزار ENVI شد. تصاویر، به علت زمین مرجع بودن نیاز به تصحیحات هندسی نداشت ولی تصحیحات اتمسفری و رادیومتریک روی تصاویر انجام گرفت و در نهایت مقادیر NDVI و LWCI (رطوبت نسبی برگ) که در ادامه توضیح داده می‌شود، با استفاده از این نرم‌افزار تعیین شد. هر بلوک تصویری، سطح وسیعی از استان را دربر می‌گیرد، بطوری که کل استان فارس و خوزستان به ترتیب در ۸ و ۷ بلوک تصویری ماهواره لندست ۸ پوشش داده می‌شود. به همین دلیل، در ابتدا مزارع روی تصاویر جدا گردید تا تحلیل تصاویر در نرم‌افزار، در زمان کمتری انجام گیرد.

جدول ۲- مشخصات بلوک‌های تصویری ماهواره لندست ۸ در سال زراعی ۹۶-۹۵ و ۹۷-۹۶

	دزفول	امیدیه	داراب	زرقان
ردیف و مسیر	۱۶۶-۳۸	۱۶۴-۳۹	۱۶۱-۴۰	۱۶۳-۳۹
تعداد تصویر				
۹۶-۹۵	۳	۳	۳	۳
۹۷-۹۶	۵	۴	۶	۵

رابطه محاسبه مقدار NDVI بصورت زیر است (Huete et al., 2002):

$$NDVI=\frac{NIR-RED}{NIR+RED} \quad (۱)$$

که در آن NIR بازتابندگی در باند مادون قرمز نزدیک (باند۵) و RED بازتابندگی در باند قرمز (باند ۴) می‌باشد. با تعیین مقادیر NDVI رابطه بین پوشش تاجی و NDVI با استفاده از مقادیر اندازه‌گیری شده پوشش تاجی و تعیین NDVI در همان زمان عبور ماهواره در مزارع به دست آمد. جهت تعیین زیست‌توده با استفاده از شاخص‌های ماهواره‌ای، رابطه ارائه شده توسط مانتیث به عنوان رابطه مبنا بکار رفت (Monteith, 1972). در این رابطه مدل راندمان کاربرد تابش (RUE) بکار می‌رود و زیست‌توده ساخته‌شده تحت اثر نور در یک دوره زمانی مشخص در گیاه بصورت زیر تعریف می‌شود:

$$B=\int_{t0}^{t1} f_{APAR}\times PAR\times \varepsilon\times W\ dt \quad (۲)$$

در رابطه فوق B زیست توده خشک تولید شده در اثر فتوسنتز روی سطح گیاهی، PAR تشعشع موثر فتوسنتزی، f_{APAR} نسبت تنش موثر فتوسنتزی جذب شده توسط گیاه به مقدار واقعی آن، ε راندمان کاربرد تابش، W عامل مربوط به تنش (در حالت تنش کامل برابر صفر و در حالت بدون تنش برابر یک)، t_0 زمان شروع فعالیت فتوسنتزی و t_1 زمان تخمین زیست‌توده است. طبق تحقیقات انجام‌شده نسبت تشعشع موثر فتوسنتزی می‌تواند توسط پوشش تاجی تخمین زده شود و NDVI یک رابطه خطی با نسبت تشعشع موثر فتوسنتزی پیدا می‌کند که همان رابطه بین پوشش تاجی و NDVI (CC=a.NDVI+b) است (Liu et al., 2010). رابطه ۲ در نهایت بصورت ساده‌شده زیر در می‌آید (Kim and Kaluarachchi, 2015):

$$B = m \times W \times TVNDVI \quad (۳)$$

در رابطه ۳، زیست‌توده (B) بر حسب تن بر هکتار، سهمی از TVNDVI است که مقدار تجمعی مقادیر NDVI است که NDVI خاک از آن کسر شده‌است. ضرایب m و w متوسطی از شرایط اطراف سایت مورد مطالعه را در بر دارد. برای تعیین این ضرایب در دوره مطالعه، باید چند مزرعه گندم با خصوصیات مشابه مدیریت زراعی سایت مورد مطالعه انتخاب نمود. هرچه مدیریت زراعی مزارع یک منطقه به هم نزدیک‌تر باشد تعیین مقادیر m و w با دقت بالاتری انجام می‌گیرد. همچنین، هرچه تعداد مزارع انتخابی در هر منطقه بیشتر باشد تعیین این دو ضریب با دقت بیشتری انجام می‌شود و این دوضریب نمایه بهتری از منطقه را بدست می‌دهد (Kim and Kaluarachchi, 2015). در این تحقیق، با بررسی محلی انجام شده در مناطق و اطلاعات در دسترس، در دزفول، امیدیه، داراب و زرقان، به ترتیب امکان انتخاب ۲۱، ۱۹، ۲۵ و ۲۸ مزرعه در اطراف هر سایت میسر شد. مزارع انتخابی حداکثر در شعاع ۱۰ کیلومتری سایت اصلی قرارداشتند. موقعیت جغرافیایی این مزارع جهت تعیین مختصات مورد نیاز در بلوک‌های تصویری برداشت‌شده، وارد شد تا مقادیر باندهای طیفی مورد نیاز از هر تصویر استخراج شود و در تعیین مقادیر m و w بکار رود. در مزارع اطراف سایت مورد مطالعه نیاز به اندازه‌گیری زمینی نبوده و موقعیت مزارع روی تصاویر برای تحلیل تصاویر و استخراج باندهای مختلف و تعیین مقادیر m و w کفایت می‌کند. مقدار w یا همان رطوبت نسبی برگ (LWCI) از رابطه زیر تعیین شد (Raymond and Hunt, 1987):

$$w = \frac{-log[1-(NIR-SWIR]}{-log[1-(NIR-SWIR)_{FT}]} \quad (۴)$$

در رابطه فوق NIR و SWIR ، مقادیر انعکاس حاصل از تصاویر ماهواره‌ای به ترتیب در باند مادون قرمز نزدیک (باند ۵) و باند موج

www.SID.ir

Archive of SID

کوتاه (باند ۶) می‌باشد. FT نیز، نمایه‌نشان‌دهنده انعکاس در فشار تورگر است در زمانی که برگها در حداکثر مقدار آب می باشد. با توجه به وجود اختلاف در تاریخ‌های مختلف کاشت در مزارع انتخابی اطراف مزرعه اصلی، الگوی توسعه گیاهی از یک مزرعه به مزرعه دیگر متفاوت است و بیشترین مقدار تفاوت NIR-SWIR در حداکثر پوشش تاجی در مزرعه بعنوان صورت کسر در رابطه ۴ در نظرگرفته‌شد. مقدار $(NIR\text{-}SWIR)_{FT}$ نیز با در نظر گرفتن بالاترین مقادیر NIR-SWIR در مزارع تخمین زده‌شد (Kim and Kaluarachchi, 2015).

در تخمین زیست‌توده به روش سنجش از دور، m تنها پارامتری است که باید با استفاده از اطلاعات منطقه‌ای تخمین زده‌شود و بقیه عوامل با استفاده از باندهای تصاویر ماهواره‌ای قابل دستیابی است. مقدار m نمایه‌ای از یک منطقه همگن آب و هوایی است و از رابطه زیر به دست می آید (Kim and Kaluarachchi, 2015):

$$m = \frac{B_G}{E[W \times TVNDVI]} \qquad (۵)$$

در رابطه فوق m، بر حسب تن بر هکتار بر TVNDVI و مخرج کسر نیز متوسط مکانی عبارت W*TVNDVI برای مزارع اطراف مزرعه اصلی است. TVNDVI، سطح زیر منحنی مقادیر NDVI بر حسب زمان از ابتدا تا انتهای دوره رشد می‌باشد. بدین ترتیب که مقادیر NDVI حاصل از تصاویر موجود در طول دوره رشد، بر حسب زمان رسم شده و سطح زیر منحنی محاسبه می‌شود. مقدار B_G متوسط مقدار زیست‌توده در سطح شهرستان یا استان می‌باشد. تحقیقات قبلی در خصوص مقدار متوسط زیست‌توده در این مناطق در دسترس نبود و مقدار آن با توجه به مقادیر اخذشده از کارشناسان مدیریت جهاد کشاورزی و محققان مراکز تحقیقاتی این دو استان بکار رفت.

با استفاده از رابطه بین NDVI و روزهای پس از کاشت، روشی برای تعیین تاریخ کاشت در این مناطق با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای پیشنهاد گردید. مقادیر NDVI بر حسب زمان در طول دوره رشد در این مناطق رسم شد و با استفاده از نمودار حاصل، زمان مناسب کشت در این مناطق تعیین گردید. برای ارزیابی نتایج در برآورد پوشش تاجی، زیست‌توده و عملکرد دانه، در این تحقیق از آماره‌های زیر استفاده‌شد:

$$NRMSE = \frac{1}{\overline{O}}\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(O_i - P_i)^2}{n}} \qquad (۶)$$

$$CRM = \frac{\sum_{i=1}^{n} O_i - \sum_{i=1}^{n} P_i}{\sum_{i=1}^{n} O_i} \qquad (۷)$$

$$d = 1 - \frac{\sum_{i=1}^{n}(P_i - O_i)^2}{\sum_{i=1}^{n}\left(\left|P_i - \overline{O}\right| + \left|O_i - \overline{O}\right|\right)^2} \qquad (۸)$$

$$EF = 1 - \frac{\sum_{i=1}^{n}(P_i - O_i)^2}{\sum_{i=1}^{n}(P_i - \overline{O}_i)^2} \qquad (۹)$$

بطوری که O_i و P_i به ترتیب مقادیر اندازه‌گیری و برآوردشده، $\overline{O}$ میانگین مقادیر اندازه‌گیری‌شده و n تعداد مشاهدات است. هرچه مقدار NRMSE (مقدار نرمال شده میانگین مربعات خطا) کوچکتر و به صفر نزدیکتر باشد، نشان‌دهنده نزدیکی مقادیر برآوردشده با مقادیر اندازه‌گیری‌شده است. مقادیر CRM (خطای نسبی) نشانگر اختلاف مقادیر برآوردشده با اندازه‌گیری‌ها است که هرچه کوچکتر باشد این اختلاف کمتر است. مقادیر نزدیک به یک d (شاخص توافق) و EF (ضریب نش–شاتکلیف) نیز، نشانگر نزدیکی مقادیر اندازه‌گیری و برآوردشده است (Willmott, 1982; Nassh and Sutcliffe, 1970).

نتایج و بحث

مقایسه مقادیر پوشش تاجی حاصل از ENVI وCanopeo

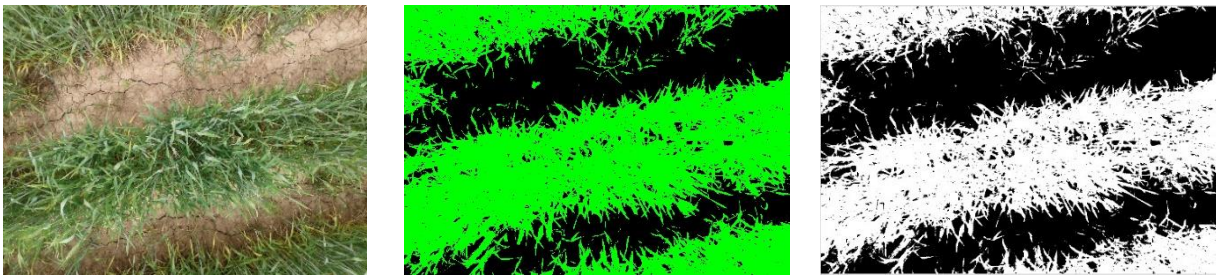
مقادیر پوشش تاجی حاصل از نرم‌افزار ENVI با مقادیر پوشش تاجی حاصل از نرم‌افزار Canopeo مقایسه شد. نمونه‌ای از عکس‌های حاصله از این دو نرم‌افزار در شکل ۲ نشان‌داده شده‌است. تصویر خروجی Canopeo، بصورت سیاه و سفید به ترتیب نمایانگر رنگ غیرسبز و رنگ سبز است. برخی نقاط ریز رنگ سبز یا نقاط سایه یا با نور زیاد در این نرم‌افزار تفکیک نمی‌شود اما در ENVI، این کاربر است که تفکیک رنگ را بصورت بصری برای نرم‌افزار تعیین می‌کند و نتایج با دقت بالاتری را قابل حصول می‌نماید.

با توجه به شکل ۳، مقادیر حاصله از نرم‌افزار Canopeo تطابق خوبی با مقادیر حاصله از ENVI داشت. نزدیکی نقاط به خط ۱:۱ در پوشش تاجی ۳۰ تا ۷۰ به علت افزایش پوشش و غالب شدن رنگ سبز است که تمایز بهتری بین رنگ سبز و بقیه رنگ‌ها و سایه‌ها را امکان‌پذیر می‌سازد. در شرایطی که نور زیاد یا سایه روی گیاه وجود دارد، مقادیر پوشش تاجی در هر دو روش تفاوت بیشتری نسبت به حالت واقعی خواهدداشت زیرا رنگ سبز به اشتباه به صورت دیگر مثل رنگ زرد یا سفید دیده می‌شود. در نرم‌افزار ENVI با صرف زمان و دقت بیشتر در طبقه‌بندی طیف رنگی تصویر توسط کاربر، می‌توان به دقت بالاتری در برآورد پوشش سبز دست یافت. پاتریگنانی و اوشنر نیز در تعیین پوشش تاجی در دوره‌های با تراکم بیشتر، دقت بالاتری

www.SID.ir

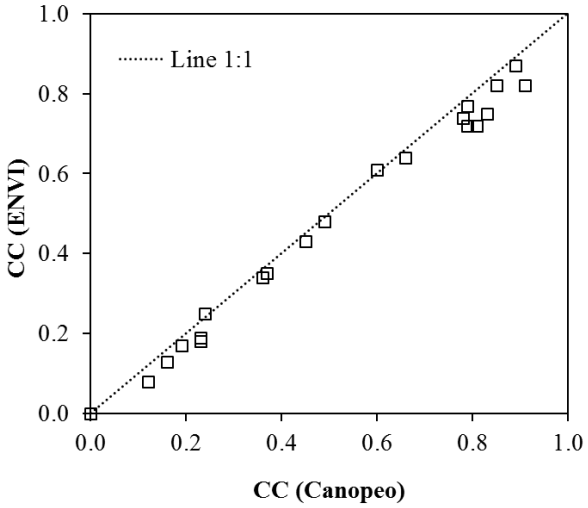
Archive of SID

را گزارش نمودند (Patrignani and Ochsner, 2015). مقادیر حاصله از تجزیه واریانس نتایج کاربرد دو روش، مقدار ضریب تعیین (R^2) را ۰/۹۷و مقدار p را ۰/۸۷ حاصل کرد. این ضرایب، نزدیکی مقادیر حاصله از دو روش را نشان می‌دهد و با توجه به آن، می‌توان گفت که تغییرات معنی‌داری بین مقادیر پوشش تاجی در دو روش وجود ندارد. بنابراین در صورت نیاز به دستیابی به پوشش تاجی در زمان کم، استفاده از Canopeo نیز قابل توصیه است.



(a) (b) (c)

شکل ۲- نمونه تصاویر دیجیتالی پوشش تاجی عکس‌برداری‌شده از مزارع گندم (a) و تصاویر حاصله از نرم‌افزار ENVI (b) و Canopeo (c) در ۱۲ فروردین ۱۳۹۶ در دزفول



شکل ۳- مقایسه مقادیر پوشش تاجی حاصل از ENVI و Canopeo با خط ۱:۱ در مزارع

تعیین رابطه پوشش تاجی و NDVI

در تعیین رابطه پوشش تاجی و NDVI، مقادیر پوشش تاجی بدست آمده در نرم‌افزار ENVI در دوره رشد بکار برده شد. پوشش تاجی بر اساس مقادیر NDVI بین ۰/۱۴ تا ۰/۸۷ در سال زراعی ۹۶-۹۵ و ۰/۱۲ تا ۰/۸۲ در سال زراعی ۹۷-۹۶ متغیر بود. مقادیر NDVI نیز بین ۰/۲۲ تا ۰/۷۸ در سال ۹۶-۹۵ و بین ۰/۱۱ تا ۰/۸۵ در سال ۹۷-۹۶ متغیر بود. مقادیر NDVI در تصاویر ماهواره‌ای در همان تاریخ تعیین پوشش تاجی بکار رفت و رابطه رگرسیونی بین این دو عامل، به صورت زیر حاصل شد:

$$CC=1.06\ NDVI\ -0.01 \qquad (۱۰)$$

رابطه ۱۰ حاصل از بکارگیری اطلاعات دو سال زراعی در چهار مزرعه بوده‌است. ضریب تعیین در رابطه ۱۰ مقدار ۰/۸۸ بوده‌است که همبستگی بالای بین مقادیر پوشش تاجی و NDVI در دوره تحقیق در این مزارع را نشان می‌دهد. همچنین، با توجه به رابطه بدست آمده، مقادیر نزدیک به صفر NDVI در حالت بدون پوشش حاصل می‌شود که نشان‌دهنده خاک لخت است. عرض از مبدا در این رابطه منفی است و این بدان معنی است که در خاک لخت و بدون پوشش مقدار انعکاس طول موج باند مادون قرمز نزدیک، از طول موج باند قرمز بیشتر است. این رابطه تطابق خوبی با معادلات بدست آمده قبلی در گیاهان مختلف که شامل گندم هم بودند، داشت. مقدار عرض از مبدا

www.SID.ir

Archive of SID

و شیب در رابطه مشابه رابطه۱۰ در مطالعه روی ۴۹ گیاه زراعی، به ترتیب ۱/۲۶ و ۰/۱۸- بدست آمد (Johnson and Trout, 2012). در جدول ۳ نیز رابطه بین پوشش تاجی و NDVI به تفکیک در هر مزرعه آمده‌است. با استفاده از این روابط می‌توان مقادیر پوشش تاجی را با توجه به NDVI حاصل از تصاویر ماهواره‌ای و بدون نیاز به اندازه‌گیری مزرعه‌ای برآورد نمود.

جدول ۳- رابطه بین پوشش تاجی و NDVI در مزارع مختلف در دوره مورد مطالعه

سایت	رابطه حاصل	ضریب تعیین
دزفول	CC=1.23 NDVI -0.16	۰/۹۶
امیدیه	CC=1.18 NDVI -0.01	۰/۹۳
داراب	CC=1.17 NDVI -0.14	۰/۹۵
زرقان	CC=1.06 NDVI -0.01	۰/۸۹

تعیین زیست‌توده با استفاده از داده‌های سنجش از دور

مقادیر لازم جهت برآورد زیست‌توده در انتهای هر سال زراعی در جدول ۴ آمده‌است. غیر از B_G، بقیه پارامترهای جدول ۴ از تحلیل تصاویر سنجش از دور شده ماهواره لندست ۸ بدست آمده است. با کاربرد تصاویر ماهواره‌ای موجود در طول فصل رشد و محاسبه مقادیر لازم در روش سنجش از دور برای تعیین زیست‌توده، مقادیر زیست‌توده در طول فصل زراعی نیز تعیین شد که نتایج آن در هر مزرعه در شکل ۴ آمده است. این مقادیر، به همراه مقادیر زیست‌توده اندازه‌گیری شده در مزرعه در همان تاریخ گذر ماهواره با خط ۱:۱ مقایسه شد که نتایج آن در شکل ۵ آمده‌است.

پارامترهای آماری مربوط به مقایسه مقادیر زیست‌توده اندازه‌گیری‌شده و برآوردشده به روش سنجش از دور در جدول ۵ آمده‌است. در مطالعه انجام شده توسط کیم و کالواراچی، مقادیر EF در مقایسه مقادیر زیست‌توده اندازه‌گیری‌شده و برآوردشده مقادیری از ۶۲ تا ۹۹ درصد داشت (Kim and Kaluarachchi, 2015). سارکر و همکاران مقدار NRMSE در برآورد زیست‌توده از شاخص‌های ماهواره‌ای را ۰/۳۴ گزارش نمودند (Sarker and Nichol, 2011). در مقایسه مقادیر عملکرد حاصل از روش سنجش از دور و مقادیر اندازه‌گیری شده آن توسط یاقوتی و همکاران (۱۳۹۷) مقدار NRMSE در دو رقم مختلف برنج ۰/۰۶ و ۰/۱۲ و راندمان EF برابر ۰/۴۱ و ۰/۶۰ تعیین شد.

رابطه بین مقادیر زیست‌توده (B) بر حسب تن برهکتار و مقدار TVNDVI در این مزارع بصورت زیر حاصل شد:

$$B=0.22\ TVNDVI+2.57 \quad (11)$$

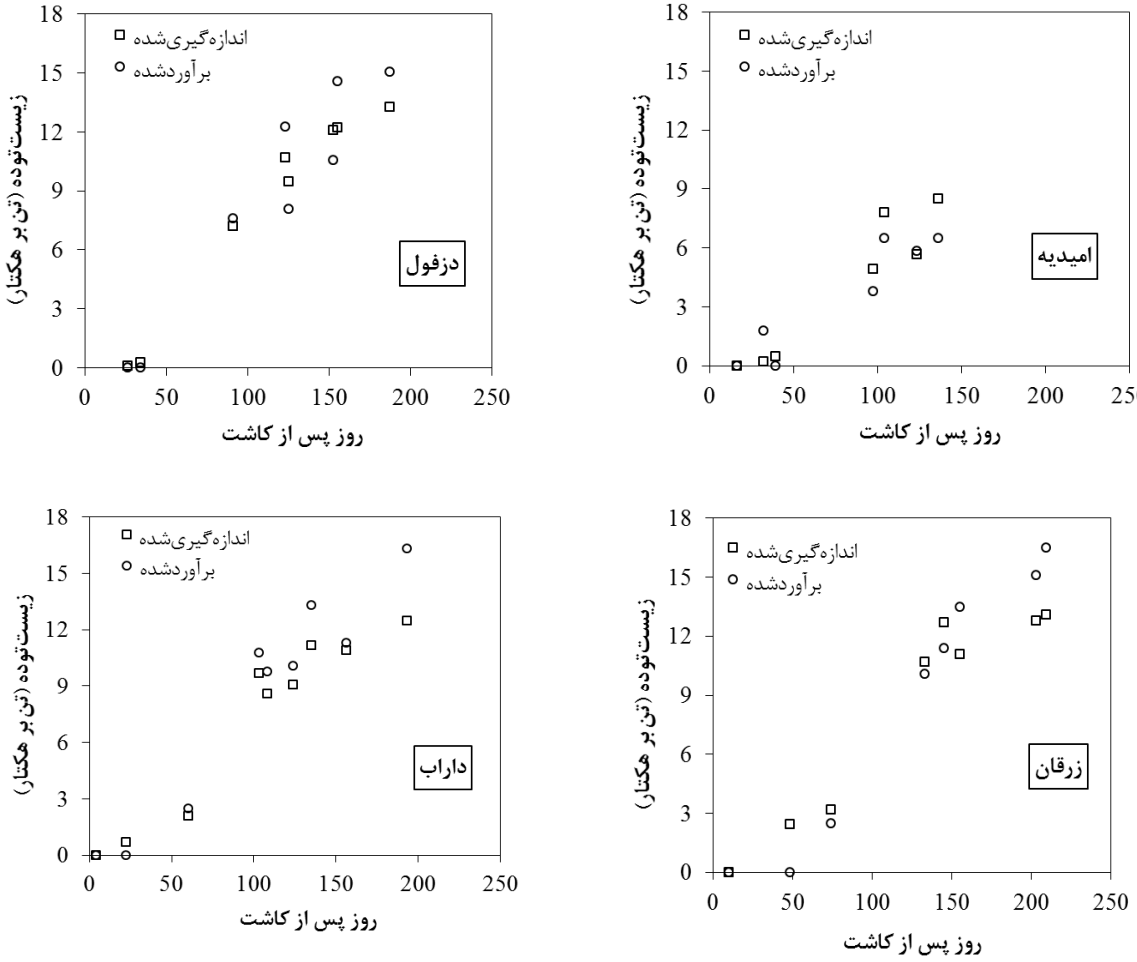
ضریب تعیین در رابطه خطی ۱۱برابر ۰/۷۲ بود. نورسا و همکاران، ضریب تعیین رابطه بین عملکرد برنج و مقادیر NDVI را ۰/۸۵ گزارش کردند (Nuarsa et al., 2012). ثنایی‌نژاد و همکاران (۱۳۹۲) در بررسی روابط همبستگی باندها و شاخص‌های مختلف تصاویر ماهواره لندست، با عملکرد گندم، ضرایب تعیین از ۰/۴۰ تا ۰/۷۶ را بدست آوردند.

جدول ٤- مقادیر لازم جهت محاسبه زیست‌توده به روش سنجش از دور در انتهای فصل رشد

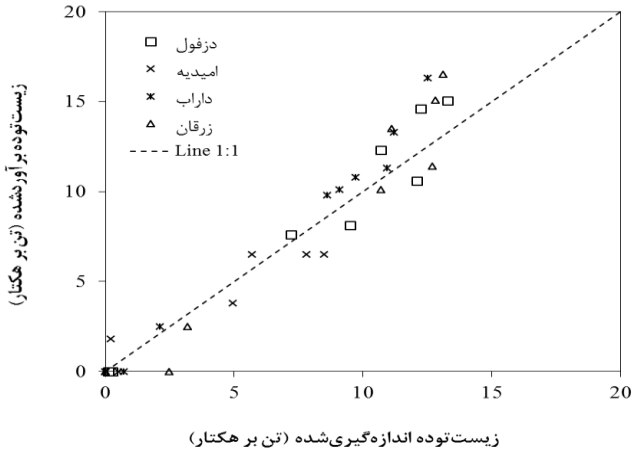
پارامتر	واحد	سال زراعی	دزفول	امیدیه	داراب	زرقان
B_G	تن بر هکتار	۹۵-۹۶	۱۱/۳	۵/۷	۱۰/۴	۱۲/۳
		۹۶-۹۷	۷/۶	۴/۷	۸/۵	۱۱/۳
TVNDVI	NDVI-day	۹۵-۹۶	۳۱/۱۳	۱۲/۵۵	۲۳/۲۳	۱۶/۰۵
		۹۶-۹۷	۳۶/۳۰	۱۲/۶۷	۳۵/۵۳	۳۶/۵۴
W	-	۹۵-۹۶	۰/۵۹	۰/۵۰	۰/۵۴	۰/۳۸
		۹۶-۹۷	۰/۵۱	۰/۴۹	۰/۴۳	۰/۳۵
E(w×TVNDVI)	NDVI-day	۹۵-۹۶	۲۰/۳۰	۱۰/۰۸	۱۸/۶۳	۲۱/۰۰
		۹۶-۹۷	۲۰/۶۴	۹/۲۴	۱۶/۷۸	۲۴/۷۶
m	تن بر هکتار بر TVNDVI	۹۵-۹۶	۰/۵۶	۰/۵۷	۰/۵۶	۰/۵۸
		۹۶-۹۷	۰/۳۷	۰/۵۱	۰/۵۱	۰/۴۶
B	تن بر هکتار	۹۵-۹۶	۱۰/۶۰	۶/۵۱	۱۳/۲۹	۱۶/۵۱
		۹۶-۹۷	۱۵/۰۶	۵/۸۵	۱۶/۳۱	۱۵/۰۹

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ٤- مقادیر زیست‌توده اندازه‌گیری‌شده و برآوردشده به روش سنجش از دور در طول دوره رشد



شکل ٥- مقایسه مقادیر زیست‌توده اندازه‌گیری شده و برآوردشده به روش سنجش از دور با خط ۱:۱

یاقوتی و همکاران (۱۳۹۷) یک رابطه خطی بین مقادیر NDVI و عملکرد برنج بدست آوردند که ضریب تعیین آن در دو رقم محلی و پرمحصول ۰/۷۰ و ۰/۶۶ بود. علی‌آبادی و انتظاری (۱۳۹۳) نیز، دقت خوبی در تخمین زیست‌توده برنج، با کاربرد تصاویر ماهواره‌ای بدست

www.SID.ir

Archive of SID

آوردند بطوری کـه ضـریب تعیـین در رابطـه رگرسـیون خطـی بـین زیست‌توده و NDVI برابر ۰/۶۱ حاصل شد. در روابط ارائه شده بـین مقادیر زیست‌توده و NDVI توسط رضایی و همکاران (۱۳۹۳) مقدار R^2 بین ۰/۵۰ تا ۰/۵۹ تعیین شد. توجه به پارامترهای آماری مقایسـه مقادیر زیست‌توده اندازه‌گیری شده و برآوردشده بـه روش سـنجش از دور در مطالعه حاضر و مقایسه با مطالعات قبلی، قابلیـت کـاربرد ایـن روش با دقت بالا در تخمین زیست‌توده را تایید می‌کند.

جدول ۵- آماره‌های مقایسه بین مقادیر زیست‌توده اندازه‌گیری‌شده و برآوردشده به روش سنجش از دور

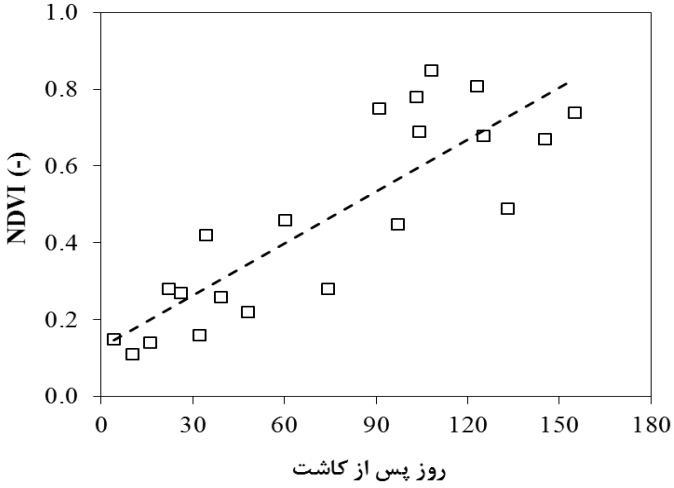
آماره‌ها	دزفول	امیدیه	داراب	زرقان
CRM(%)	۰/۶۰-	۰/۰۹	-۰/۱۴	-۰/۰۵
NRMSE (-)	۰/۲۰	۰/۳۱	۰/۲۲	۰/۲۴
d(%)	۸۷	۸۶	۸۷	۸۷
EF (%)	۸۱	۷۱	۸۲	۸۰

تعیین تاریخ کاشت با کاربرد NDVI

در شکل ۶ مقادیر NDVI برحسب روزهای فصل رشـد در چهـار مزرعه در دوره تحقیق رسم شده است. معادله خط رگرسیونی حاصـل از این نمودار، بصورت زیر است:

$$NDVI = 0.005 \times DAP + 0.127 \quad (R^2 = 0.73) \qquad (۱۲)$$

در رابطه فوق، DAP تعداد روز پـس از کاشـت مـی‌باشـد. خـط رگرسیون برازش داده‌شده به مقادیر NDVI بیان کننده بهترین خطی است که مقادیر NDVI را در بر دارد. محل برخورد این خط با محـور افقی برآوردی از تاریخ کشت مناسب با توجه به مقادیر NDVI است. محل برخورد خط رگرسیونی با محور افقی در شکل ۶، عدد منفی ۲۵ می‌باشد که نشان می‌دهد تاریخ کشت مناسب بر اسـاس ایـن مقـادیر NDVI، ۲۵ روز قبل از اولین تاریخ کشـت در ایـن تحقیـق یـا صـفر محور افقی است. در هر مزرعه نیز، با رسـم مقـادیر NDVI در طـول دوره رشد در آن مزرعه و امتداد دادن قسمت کاهشی خط رگرسـیونی برای برخورد با محور افقی، ضریب تصحیح روز در آن مزرعه بدسـت مـی‌آیـد. روابـط و مقـدار تصـحیح روز، در هـر مزرعـه در جـدول ۶ آمده‌است. به عنوان مثال، اولین تاریخ کشت در این دو فصـل زراعـی در دزفول ۲۰ آذرماه بوده است که با توجه ضریب تصـحیح منفـی ۱۰ روز، ۱۰ آذرماه تاریخ کشت مناسب است. در مناطقی که تاریخ کشـت بهینه مشخص نیست، می‌توان مقـادیر NDVI را از حـدود یـک مـاه قبل از اولین تاریخ کشت متداول، تا یـک مـاه بعـد از آخـرین تـاریخ کشت متداول، تعیین و با رسم نمودار مقادیر آن در زمان و روش ارائه شده، تاریخ کشت مناسب در منطقـه را تعیـین کـرد. بـا توجـه بـه در دسترس بودن تصاویر ماهواره‌ای، این روش می‌تواند با صرف کمترین زمان و هزینه، برآوردی از تاریخ کشت بهینه را ارائه دهد.



شکل ٦- مقایر NDVI برحسب روزهای فصل رشد در دوره مورد مطالعه در چهار مزرعه

جدول ٦- روابط و ضرایب تصحیح تاریخ کاشت با کاربرد NDVI در مزارع مورد مطالعه

سایت	رابطه حاصل	ضریب تعیین	تصحیح تاریخ کاشت (روز)
دزفول	NDVI=0.004 DAP+0.039	۰/۸۵	-۱۰
امیدیه	NDVI=0.005 DAP+0.027	۰/۸۹	-۵
داراب	NDVI=0.007 DAP+0.117	۰/۹۷	-۱۵
زرقان	NDVI=0.004 DAP+0.023	۰/۹۴	-۶

www.SID.ir

Archive of SID

نتیجه‌گیری

تعیین محصول گندم بـه عنـوان منبـع اصـلی غـذایی در کشـور اهمیت بالایی در مدیریت و سیاست‌گذاری اقتصادی و اجتماعی تولید این محصول زراعی دارد. از اجزای مهم عملکرد گندم، پوشش تاجی و زیست‌توده گیاهی می باشد. روشهای تجربی تخمین پوشش تـاجی و زیست‌توده، مثل مدل‌های گیاهی، معمولا به تعـداد زیـادی از عوامـل آب و خاک نیاز دارند و اندازه‌گیری این دو عامل در مزرعه نیز، نیازمند صرف زمان و هزینه است. در این مطالعه، پوشش تاجی و زیست‌تـوده گندم با کاربرد شاخص NDVI و LWCI از تصاویر مـاهواره لندسـت ۸ با دقت بالایی در چهار مزرعه در دزفول، امیدیه، داراب و زرقـان در دو سال زراعی ۹۶-۹۵ و ۹۷-۹۶ برآورد شـد. رابطـه خطـی پوشـش تاجی و NDVI دقت بالایی در حالت کلی و در هر مزرعه به تنهـایی داشت. تعیین رابطه پوشش تاجی و NDVI، می‌تواند به عنـوان یـک رابطه کاربردی در مدل‌سازی های پوشـش گیـاهی در منطقـه مـورد مطالعه بکار رود. مقادیر زیست‌توده نیز با استفاده از مقادیر NDVI و متوسط زیست‌توده گیاهی با دقت بالایی در مزارع، تعیین گردید.

بر اساس رسم مقادیر NDVI بر حسب زمان در طول دوره رشـد، روشی برای تعیین تاریخ کشت مناسب گندم در هر منطقه ارائه گردید که به عنوان یک راهنمای کاربردی در مـدیریت تـاریخ کشـت گنـدم قابل کاربرد است. کاربرد تصاویر ماهواره‌ای در برآورد پوشش تـاجی و زیست‌توده، گامی موثر در گذر از اندازه‌گیری‌های زمان‌بـر و هزینـه‌دار مزرعه‌ای است. دسترسی آسان به تصاویر ماهواره‌ای در دوره‌های چند روزه در مناطق مختلف ایران، کاربرد این روش را میسر مـی‌سـازد. در مطالعات بعدی می‌توان ضرایب روابط بین پوشش تاجی و زیست‌توده با شاخص NDVI در مناطق دیگر را نیز تعیین نمود تا در مراحل بعـد بتوان نسبت به تهیه نقشه برآورد پوشش تاجی و زیست‌توده در سطوح منطقه‌ای و ملی اقدام نمود.

تشکر و قدردانی

از محققان محترم مرکز تحقیقات و آمـوزش کشـاورزی و منـابع طبیعی استان‌های خوزستان و فارس، به علت همکاری در انجام ایـن پژوهش، قدردانی می‌شود.

منابع

احمـدی، ک.، عبـادزاده، ح.، عبدشـاه، ه.، کاظمیـان، آ. و رفیعـی، م. ۱۳۹۷. آمارنامـه کشـاورزی (سـال زراعـی ۹۶-۱۳۹۵). وزارت جهادکشاورزی. مرکز فناوری اطلاعات و ارتباطات.

ثنایی‌نژاد، ح.، نصیری محلاتی، م.، زارع، ح.، صالح‌نیا، ن. و قائمی، م. ۱۳۹۲. تخمین عملکرد گندم آبی به وسیله تصاویر ماهواره لندست در برخی از مزارع شهرستان مشهد. نشـریه پـژوهش‌هـای تولیـد گیاهی. ۲۰. ۴: ۶۳-۴۵.

رضـایی، م.، رائینـی سـرجاز، م.، شـاهنظری، ع. و وظیفـه‌دوسـت، م. ۱۳۹۳. برآورد عملکرد برنج در بخشی از شبکه سفیدرود گیلان با استفاده از تصاویر ماهواره لندست (مطالعه موردی: صـومعه سـرا). نشریه آبیاری و زهکشی ایران. ۳. ۸: ۶۰۱-۵۹۱.

علی‌آبادی، ک. و انتظاری، ع. ۱۳۹۳. تخمین پارامتر فیزیک (زی‌توده) پوشش گیاهی با استفاده از داده های سنجش از دوری. مطالعـات جغرافیایی مناطق خشک. ۱۵. ۴: ۳۳-۲۳.

لقمـانی، ک.، کاویـانی، ع.، نظـری، ب. و لیاقـت، ع. ۱۳۹۷. تخمـین عملکرد محصول گندم با اسـتفاده از تصـاویر مـاهواره لندسـت ۸ (مطالعه موردی: دشت مغـان). تحقیقـات آب و خـاک ایـران. ۵. ۱۰۴۲-۱۰۳۱.

یاقوتی، ح.، پذیرا، ا.، امیری، ا. و مسـیح‌آبـادی، م. ح. ۱۳۹۷. کـاربرد تصاویر ماهوارهای و فنآوری سنجش از دور برای تخمین عملکرد برنج. نشریه حفاظت منابع آب و خاک. ۷. ۳: ۵۵-۶۸.

Bao, Y., Gao, W and Gao, Zh .2009. Estimation of winter wheat biomass based on remote sensing data at various spatial and spectral resolution. Front Earth Scientist, 3. 1: 118-128.

Calera, A., Martinez, C and Melia, J. 2001. A procedure for obtaining green plant cover: relation to NDVI in a case study for barley. International Journal of Remote Sensing. 22. 17: 5557-5562.

Cheng, Q and Wu, X. 2011. Mapping paddy rice yield in Zhejiang province using MODIS spectral index. Turkish Journal of Agriculture and Forestry. 35. 579-589.

Chianucci, F., Lucibelli, A and DellAbate, M. T. 2018. Estimation of ground CC in agricultural crops using downward-looking photography. Science Direct. 169: 209-216.

Gutman, G and Ignatov, A. 1997. The derivation of the green vegetation fraction from NOAA/AVHRR data for use in numerical weather prediction models. International Journal of Remote Sensing. 19, 1533-1543.

Huete, A.R., Didan, K., Miura, T., Rodriguez, E.P., Gao, X and Ferreira, G. 2002. Overview of the radiometric and biophysical performance of the MODIS Vegetation Indices. Remote Sensing of Environment. 83: 195–213.

Johnson, L. F and Trout, T. J. 2012. Satellite NDVI assisted monitoring of vegetable crop

www.SID.ir

Archive of SID

56.

Patrignani, A. and Ochsner, T. E. 2015. Canopeo: A powerful new tool for measuring fractional green canopy cover. Agronomy Journal. 107: 2312-2320.

Raun, W.R., Solie, J.B., Stone, M.L., Lukina, E.V., Thomason, W.E and Schepers, J.S. 2001. In season prediction of potential grain yield in winter wheat using canopy reflectance. Agronomy Journal. 93: 131-138.

Raymond, E and Hunt, JR. 1987. Measurement of leaf relative water content by infrared reflectance. Remote Sensing of Environment. 22: 429-435.

Sarker, L. R and Nichol, J. E. 2011. Improved Forest estimates using ALOSAVNIR-2 Texture indices, Remote Sensing of Environment.,115: 968-977.

Siyal, A.A., Dempewolf, J and Becker-Reshef, I. 2015. Rice yield estimation using Landsat ETM+ Data. Journal of Applied Remote Sensing. 9: 1-16.

Trout, T. J. 2008. Remote sensing of canopy cover in horticultural crops. Horticultural Science.43. 2:333-337.

Willmott, C. J. 1982. Some comments on the evaluation of model performance. Bulletin of the American Meteorological Society. 1309-1313.

Zhang, H., Chen, H and Zhou, G. 2012. The model of wheat yield forecast based MODIS-NDVI-A case study of Xinxiang. International Society for Photogrammetry and Remote Sensing Conference, Melbourne, Australia, 25 August–01 September 2012: 25-28.

evapotranspiration in California's San Joaquin valley. Remote Sensing. 4: 439-455.

Kim, D and Kaluarachchi, J. 2015. Validating FAO AquaCrop using Landsat images and regional crop information. Agricultural Water Management. 149: 143-155.

Larson, H. 2007. Linear regressions for CC estimation in Acacia woodlands using Landsat-TM, -MSS and SPOT HRV XS data. International Journal of Remote Sensing. 14. 2129-2136.

Liu, J., Pattey, E., Miller, J.R., McNairn, H., Smith, A and Hu, B., 2010. Estimating crop stresses, aboveground dry biomass and yield of corn using multi-temporal optical data combined with a radiation use efficiency model. Remote Sensing Environment. 114: 1167–1177.

Matinfar, H.R. 2013. Modeling wheat yield estimation base upon spectral data and field measurement, case study: Razan plain, Iran. Technical Journal of Engineering and Applied Sciences. 3. 17: 2123-2130.

Monteith, J. L. 1972. Solar radiation and productivity in tropical ecosystems. Journal of Applied Ecosystem. 3. 747-766.

Nash, J.E. and Sutcliffe, J.V. 1970. River flow forecasting through conceptual models. Journal of Hydrology. 10: 282–290.

Nuarsa, W., Nishio, F and Hongo, C. 2012. Rice yield estimation using Landsat ETM+ data and field observation. Journal of Agronomy Science. 4. 3: 45-

www.SID.ir

Iranian Journal of Irrigation and Drainage
No. 1, Vol. 14, Apr.-May. 2020, p. 193-204

نشریه آبیاری و زهکشی ایران
شماره۱، جلد ۱۴، فروردین - اردیبهشت ۱۳۹۹، ص. ۲۰۴-۱۹۳

Use of Remote Sensing Indices in the Estimation of Canopy Cover, Biomass and Planting Date of Wheat

M.H. Jorenush[1], S. Boroomand Nasab[2*], A.A. Naseri[2], M. Pakparvar[3], S. Taghvaeian[4]
Recived: Sep.01, 2019 Accepted: Nov.26, 2019

Abstract

Wheat is the main source of food production in Iran. Khuzestan and Fars provinces are the two main poles of production in Iran. Determination of wheat yield components is of particular importance in the planning of planting and production of this crop. In this study, wheat yield in different growth stages was estimated using canopy cover as well as wheat biomass using satellite imagery. NDVI and LWCI indices from Landsat 8 satellite images were used to determine canopy cover and biomass at four fields in Darab and Zarangan in Fars and Dezful and Omidiyeh in Khuzestan during two crop years. Canopy cover was determined by field imaging and application of ENVI software, and biomass was measured during growing season by field sampling to compare with estimated values obtained by remote sensing. A linear relationship was found between canopy cover and NDVI with an R^2=0.88. The coefficients of determination of this relationship in Dezful, Omidieh, Darab, and Zarghan were 0.96, 0.93, 0.95 and 0.89, respectively. Biomass was determined using remote sensing indices and average biomass of each region, during the growing season. Model efficiency values based on EF index for biomass estimation in Dezful, Omidiyeh, Darab, and Zarqan were 81, 71, 82 and 80 percent, respectively. Plotting NDVI values overtime during the growing season also provided a method for estimating the appropriate wheat planting date. This study presented a low-cost and less-time consuming method for passing difficult field measurements that can be used to estimate canopy cover, biomass, and wheat planting date in the study areas.

Keywords: Biomass, Canopy cover, NDVI, Wheat

1- Ph.D. Candidate, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahwaz, Iran
2- Professor, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahwaz, Iran
3- Assistant Professor, Fars Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Shiraz, Iran
4- Assistant Professor, Oklahoma State University, Stillwater, OK, USA
(*- Corresponding Author Email: s.boroomandnasab@gmail.com)

www.SID.ir