



## کاربرد سنجش از دور برای تخمین نیتروژن ذرت در سطح پوشش گیاهی

نیکروز باقری<sup>۱</sup>، حجت احمدی<sup>۲</sup>، سید کاظم علوی پناه<sup>۳</sup>، محمود امید<sup>۲</sup>

۱- دانشجوی دکتری مکانیک ماشین‌های کشاورزی دانشگاه تهران

۲- دانشیار گروه مهندسی ماشین‌های کشاورزی دانشگاه تهران

۳- استاد سنجش از دور دانشگاه تهران

nikroozbagheri@yahoo.com.au

### چکیده

پژوهش حاضر به منظور بررسی امکان کاربرد سنجش از دور جهت تخمین محتوای نیتروژن پوشش گیاهی ذرت به عنوان مقدمه ای برای مدیریت خاص مکانی کود نیتروژن انجام شده است. در این پژوهش از تصویر ماهواره ای ASTER استفاده شده است. نمونه برداری زمینی با استفاده از روش نمونه برداری منظم انجام شد. هم چنین تصحیح هندسی تصویر با خطای RMS برابر با ۰/۲ پیکسل صورت گرفت. شاخص‌های پوشش گیاهی مختلفی از قبیل NDVI، SAVI، OSAVI، MSAVI، MCARI2 و MTVI2 محاسبه شده و میزان همبستگی آن‌ها با مقادیر نیتروژن نمونه‌ها به دست آمد. نتایج نشان داد که تمامی شاخص‌های مورد آزمون با مقدار نیتروژن همبسته اند. از طرفی جهت بررسی دقت مدل‌های ارائه شده برای تخمین نیتروژن، نمونه برداری زمینی مجدد انجام گرفت. نتایج نشان داد که مدل‌های ارائه شده دارای ضریب همبستگی به ترتیب ۰/۷۳۳۴، ۰/۷۳۷۲، ۰/۷۴۷۱، ۰/۷۴۶۳، ۰/۸۳۹۲ و ۰/۹۱۱۴ برای شاخص‌های NDVI، SAVI، OSAVI، MSAVI، MCARI2 و MTVI2 می‌باشند. نتایج پژوهش، امکان استفاده از سنجش از دور را برای تخمین نیتروژن پوشش گیاهی ذرت تایید می‌کند.

واژه‌های کلیدی: تصویر ماهواره‌ای، سنجش از دور، ذرت، نیتروژن

### مقدمه

نیتروژن مهم ترین عنصر غذایی مورد نیاز برای رشد گیاه بوده و به طور مشخص بر کیفیت دانه، فتوسنتز و عملکرد محصول اثر می‌گذارد (Feng et al., 2008). امروزه به دلیل عدم مدیریت توزیع کودهای نیتروژن در مزارع، معمولاً این کودها بیشتر و یا کمتر از مقدار مورد نیاز در سطح مزارع اعمال می‌شوند. کم پاشی کود نیتروژن موجب کاهش کیفیت و عملکرد محصول شده؛ در حالی که بیش پاشی آن منجر به آلودگی محیط زیست و افزایش آسیب پذیری محصول می‌شود. هم چنین مصرف مواد حاوی نترات بالا و تبدیل آن به نیتروآمین در معده که ماده ای سرطان زا است، در دراز مدت سلامتی انسان را به خطر می‌اندازد (ملکوتی، م. کشاورز، پ. ۱۳۸۵).

با توجه به افزایش مصرف کودهای نیتروژن و در نظر گرفتن اثرات منفی ناشی از مصرف غیر بهینه این کودها، لزوم به کارگیری روش‌های جدید در شناسایی مقدار نیتروژن گیاه به منظور تجویز کود ضروری به نظر می‌رسد. تحقیقات متعددی در خصوص امکان کاربرد سنجش از دور به عنوان روشی سریع و غیرمخرب برای تعیین

وضعیت نیتروژن گیاه بررسی شده است. سنجش از دور قادر به سنجش بازتاب پوشش گیاهی محصول در یک توده گیاهی انبوه و در سطحی وسیع بوده و قابلیت دستیابی به تغییر پذیری های سه بعدی محصول را امکان پذیر می سازد (Xue & Yang, 2008).

بلک مر و همکاران در سال ۱۹۹۶ دریافتند که محدوده طیفی حساس به نیتروژن گیاه ذرت در ناحیه ۷۱۰-۵۵۰ نانومتر است (Blackmer et al., 1996).

ما و همکاران در سال ۱۹۹۶ دریافتند که اندازه گیری بازتاب پوشش گیاهی به وسیله سنجش از دور می تواند شاخصی برای شناسایی کمبود نیتروژن در ذرت هیبرید باشد (Ma et al., 1996).

تارپلی و همکاران در سال ۲۰۰۰ دریافتند که تقسیم بازتاب طیفی برگ پنبه در طول موج ۷۰۰ الی ۷۶۰ نانومتر بر بازتاب در محدوده طیفی ۹۲۰-۷۵۵ نانومتر، می تواند شاخص خوبی برای پیشگویی غلظت نیتروژن باشد (Tarpily et al., 2000).

بسکالیا و وارکو در سال ۲۰۰۲ دریافتند که تجمع نیتروژن برگ گیاه پنبه دارای رابطه با بازتاب برگ در طول موج های ۵۵۰، ۶۱۲، ۷۰۰ و ۷۲۸ نانومتر است (Buscaglia & Varco., 2002).

رد و همکاران در سال ۲۰۰۲ گزارش کردند که بررسی وضعیت نیتروژن پنبه با استفاده از سنجش از دور امکان پذیر است (Read et al., 2002).

زائو و همکاران در سال ۲۰۰۵ به منظور تعیین محتوای پروتئین دانه گندم، محتوای نیتروژن برگ را با استفاده از داده های سنجش از دور به دست آوردند. نتایج نشان داد که مشخصات طیفی به صورت معنی داری با محتوای نیتروژن همبسته و شاخص پوشش گیاهی<sup>۱</sup> (VI<sub>green</sub>) به صورت معنی داری با محتوای نیتروژن برگ و پروتئین دانه همبسته است. در این مقاله امکان استفاده از فناوری سنجش از دور به منظور پیشگویی محتوای پروتئین دانه تأیید شده است (Zhao et al., 2005).

زو و همکاران در سال ۲۰۰۶ با استفاده از ویژگی های چند طیفی یک مدل را برای تخمین وضعیت نیتروژن برگ گندم پیشنهاد کردند (Zhu et al., 2006).

ریوم و زانگ در سال ۲۰۰۷ با استفاده از مطالعات طیفی نشان دادند که باند طیفی حساس به نیتروژن در محدوده طیفی بین ۷۰۰-۵۵۰ نانومتر، ناحیه ای مناسب برای شناسایی سطح تنش در محصول ذرت می باشد (Reum & Zhang., 2007).

لمر و همکاران در سال ۲۰۰۸ روش های مختلف تعیین میزان نیتروژن را بررسی کرده و در نهایت روش سنجش از دور را به عنوان یک روش غیر مستقیم و مناسب برای تعیین محتوای نیتروژن معرفی کرده اند (Lemaire et al., 2008).

فنگ و همکاران در سال ۲۰۰۸ با استفاده از بازتاب چند طیفی پوشش گیاهی میزان غلظت نیتروژن برگ گندم را به دست آوردند. نتایج نشان داد که باندهای طیفی حساس به نیتروژن اغلب در منطقه نور مرئی و مادون قرمز اتفاق می افتد. آن ها نشان دادند که بررسی بازتاب حاصل از سنجش از دور گیاهان نسبت به روش نمونه گیری در شناسایی

---

۱. Vegetation Index

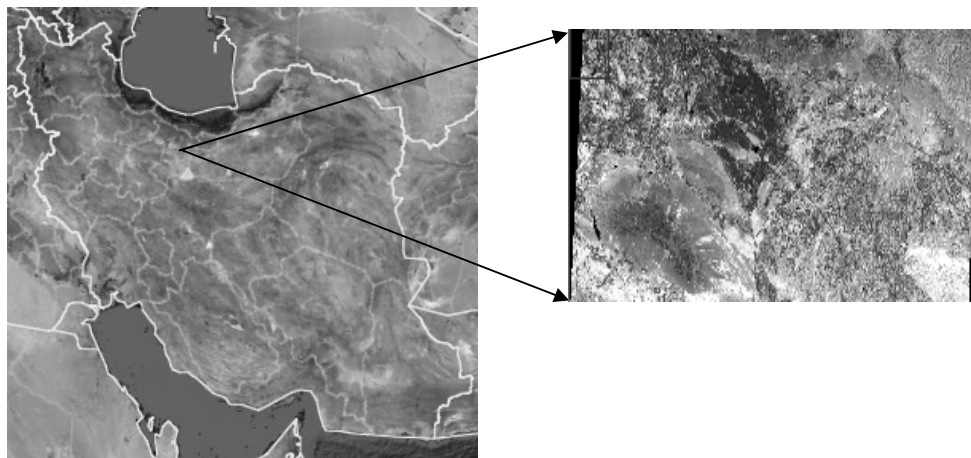
خصوصیات گیاه قابلیت بیشتری داشته و هم چنین تعیین خصوصیات طیفی گیاهان روشی سریع، مطمئن و غیر مخرب برای دستیابی به ویژگی های فیزیولوژیکی محصولات است (Feng et al., 2008).

با توجه به نقش بسیار مهم نیتروژن در ویژگی های کمی و کیفی محصول تولید شده و هم چنین قابلیت تصاویر ماهواره ای به عنوان روشی غیر مخرب برای تعیین ویژگی های گیاه بر اساس تحلیل طیفی، هدف از این پژوهش بررسی امکان تخمین محتوای نیتروژن پوشش گیاهی ذرت با استفاده از تصاویر ماهواره ای می باشد.

## مواد و روش ها

### انتخاب تصویر ماهواره ای

میزان موفقیت حاصل از کاربرد تصاویر ماهواره ای برای شناسایی ویژگی های فیزیولوژیکی محصولات کشاورزی و مدیریت مزارع، در گرو انتخاب تصویر ماهواره ای مناسب است. عواملی از قبیل قدرت تفکیک زمینی، تعداد باندها و دامنه هر باند، دوره گذر، زمان عبور ماهواره از منطقه مورد مطالعه، قیمت تصویر و قابلیت دسترسی از موارد مهم در انتخاب نوع تصویر است. با توجه به اهداف پژوهش و موارد ذکر شده، تصویر ماهواره ای ASTER به عنوان تصویر مناسب انتخاب شد. از میان تاریخ های مختلف عبور سنجنده از منطقه مورد مطالعه، تاریخ ۴ سپتامبر ۲۰۰۹ (۱۳ شهریورماه ۱۳۸۸) به دلیل رشد مناسب محصول، برای نمونه گیری همزمان با عبور سنجنده مناسب تشخیص داده شد. تصویر ASTER دارای ۳ باند در محدوده طیفی نورمرئی و مادون قرمز (۸۶۰-۵۲۰ نانومتر)، ۶ باند در محدوده مادون قرمز میانی (۲۴۳۰-۱۶۰۰ نانومتر) و ۵ باند در محدوده مادون قرمز حرارتی (۸۴۷۵-۱۰۹۵ نانومتر) می باشد (بیدی، ۱۳۸۶). شکل یک تصویر ماهواره ای ASTER و موقعیت منطقه مورد مطالعه در نقشه ایران را نشان می دهد.

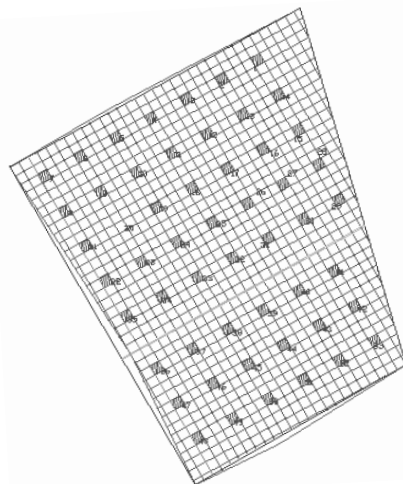


شکل یک- تصویر ASTER

### شبکه بندی مزرعه و انتخاب نقاط نمونه گیری

زمین زراعی مورد نظر در روستای فیلیستان شهرستان پاکدشت انتخاب شد. کشت غالب این روستا ذرت است. مزرعه مورد مطالعه دارای وسعت ۲۳ هکتار می باشد. برداشت مختصات با استفاده از دستگاه GPS مارک

Magellan مدل Explorer600 با دقت ۳ متر انجام شد. از آنجا که تصویر ASTER دارای قدرت تفکیک زمینی ۱۵ متر است، بنابراین مزرعه به صورت شبکه های ۱۵ متری شبکه بندی شد. ابتدا مختصات نقاط گوشه های مزرعه برداشت شده و نقشه مزرعه در نرم افزار Autocad طراحی شد. از آنجا که نقاط حاشیه مزرعه نقاط مناسبی برای نمونه گیری نیست، نقاط نمونه گیری از حاشیه مزرعه به فاصله حداقل ۳۰ متر قرار داده شد. با توجه به محدودیت زمان برداشت نمونه ها و تعداد شبکه ها، در مجموع تعداد ۵۳ پیکسل برای نمونه گیری با روش نمونه برداری منظم انتخاب شدند. شکل دو شبکه بندی مزرعه و وضعیت نقاط نمونه گیری را نشان می دهد.



شکل دو- شبکه بندی و وضعیت نقاط نمونه گیری

#### انجام نمونه برداری زمینی و تعیین آزمایشگاهی نیتروژن

برای برداشت نمونه ها از قاب های یک متری استفاده شد. کلیه بوته های سبز و سالم در قاب ها از سطح زمین با استفاده از تیزبر بریده شده و در داخل گونی های شماره گذاری شده قرار داده شد. پس از برداشت کلیه نمونه ها، برگ ها و ساقه ها از هم جدا شده و در گونی قرار داده شدند. نمونه های برگ به مدت ۴۸ ساعت درآون با درجه حرارت ۷۰ درجه سانتی گراد قرار داده شد. سپس نمونه ها آسیاب شده تا کاملاً یکنواخت شود (امامی، ۱۳۷۵). نمونه های آسیاب شده در محل خشک و خنک و در پاکت های تیره قرار داده و به منظور تعیین میزان نیتروژن، به آزمایشگاه تجزیه برگ واقع در گروه علوم دامی دانشگاه تهران منتقل شد.

#### انجام عملیات پردازش بر روی تصویر

کلیه پردازش های انجام گرفته بر روی تصاویر ماهواره ای با استفاده از نرم افزار ENVI صورت گرفت.

#### تصحیح هندسی

برای انجام تصحیح هندسی، از عملیات زمین مرجع نمودن استفاده شد. برای این منظور، فایل نقشه های منطقه مورد مطالعه از سازمان نقشه برداری کشور خریداری شد. سپس با استفاده از نقشه وکتوری، تصویر

ماهواره ای زمین مرجع شد. با انتخاب ۲۴ نقطه کنترل با پراکنش مناسب در نقاط مختلف تصویر و به ویژه در تقاطع جاده ها، عملیات زمین مرجع نمودن با خطای RMS ۰/۲ پیکسل به دست آمد.

### ایجاد تصاویر رنگی کاذب<sup>۱</sup> (FCC)

تصویر رنگی کاذب، از طریق نسبت دادن رنگ قرمز به باند مادون قرمز، رنگ سبز به باند قرمز و رنگ آبی به باند سبز ایجاد شد. در نتیجه پوشش گیاهی به رنگ قرمز، آب به رنگ آبی و خاک به رنگ قهوه ای- خاکستری در می آید. این تصویر قابلیت تفسیر بالایی داشته و برای به حداقل رساندن داده های کم ارزش و استفاده بهینه از اطلاعات موجود در تصویر استفاده شد.

### تغییر بزرگنمایی تصاویر

برای افزایش مقیاس تصویر جهت تفسیر چشمی و مقایسه تصویر مورد نظر در باندهای مختلف از بزرگ نمایی استفاده شد.

### محاسبه شاخص های پوشش گیاهی

به منظور تخمین محتوای نیتروژن پوشش گیاهی از محاسبه شاخص های پوشش گیاهی استفاده شد. مقادیر این شاخص ها با محتوای نیتروژن به دست آمده توسط نمونه گیری مقایسه شدند. بر حسب میزان همبستگی شاخص ها با مقدار نیتروژن، مناسب ترین شاخص برای تخمین نیتروژن به دست آمد. جدول یک شاخص های پوشش گیاهی محاسبه شده را نشان می دهد.

### جدول یک- شاخص های پوشش گیاهی محاسبه شده

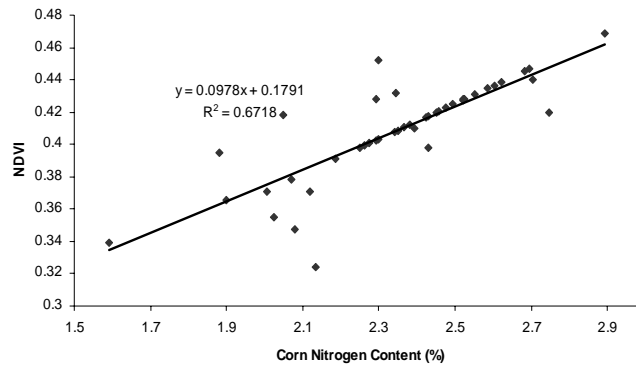
No	Vegetation Index	Formula	References
1	NDVI	$\frac{NIR - Red}{NIR + Red}$	(Sepulcre-Canto et al., 2009)
2	SAVI	$\frac{(1+L)(NIR - Red)}{(NIR + Red + L)}$ L=0.5	(Lawrence & Ripple., 1998)
3	MSAVI	$0.5 \left[ 2NIR + 1 - \sqrt{(2NIR + 1)^2 - 8(NIR - Red)} \right]$	(Haboudane et al., 2004)
4	OSAVI	$1.6 \frac{NIR - Red}{NIR + Red + 0.16}$	(Lawrence & Ripple., 1998)
5	MCARI2	$\frac{3.75(NIR - Red) - 1.95(NIR - G)}{\sqrt{(2NIR + 1)^2 - (6NIR - 5\sqrt{Red})} - 0.5}$	(Haboudane et al., 2004)
6	MTVI2	$\frac{1.8(NIR - G) - 3.75(R - G)}{\sqrt{(2NIR + 1)^2 - (6NIR - 5\sqrt{Red})} - 0.5}$	(Haboudane et al., 2004)

### بحث و نتایج

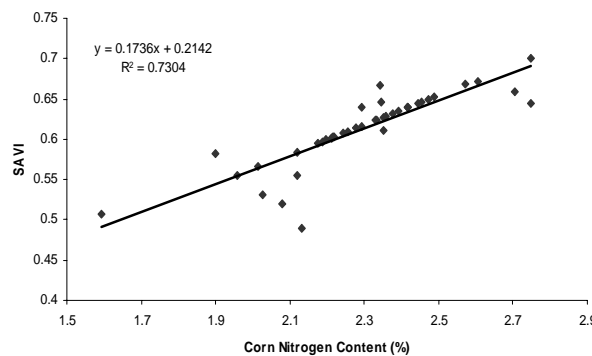
تعیین همبستگی شاخص های پوشش گیاهی مختلف با محتوای نیتروژن محصول ذرت

۱. False Color Composite Image

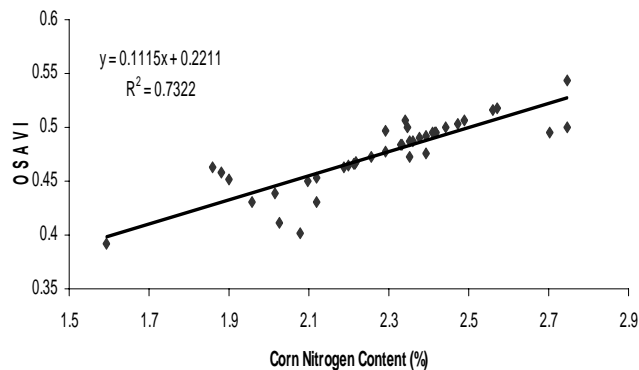
به منظور بررسی رابطه شاخص های پوشش گیاهی مختلف با محتوای نیتروژن پوشش گیاهی، میزان همبستگی آنها بررسی شد. این شاخص ها بر اساس ترکیب های متفاوتی از باندهای مادون قرمز نزدیک و قرمز که پوشش گیاهی در این نواحی دارای انعکاس بالا می باشد، صورت می گیرد. شکل های سه تا هشت همبستگی شاخص های مختلف با محتوای نیتروژن را نشان می دهد.



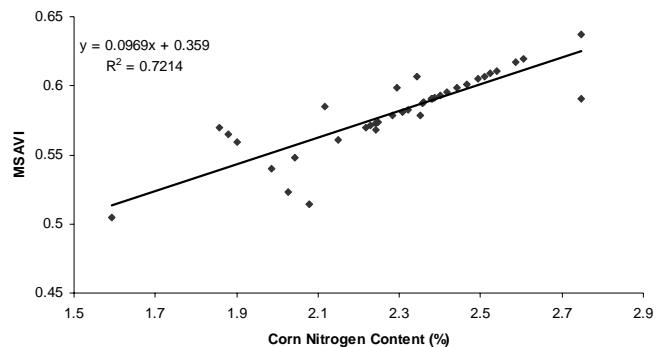
شکل سه- رابطه محتوای نیتروژن و شاخص NDVI



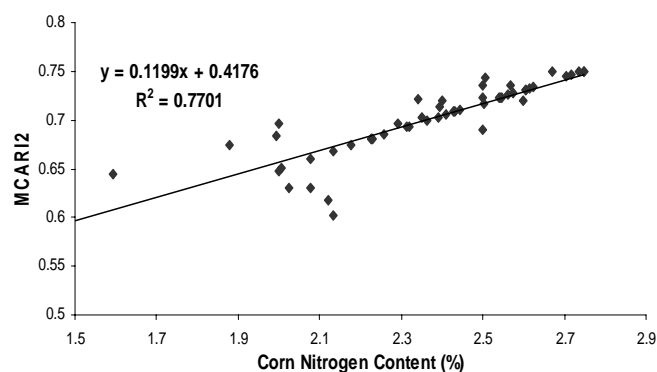
شکل چهار- رابطه محتوای نیتروژن و شاخص SAVI



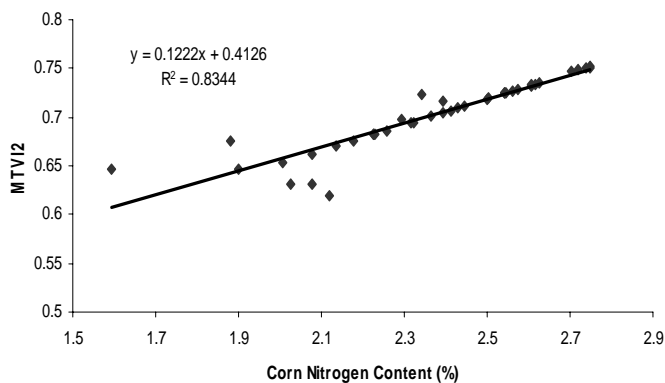
شکل پنج- رابطه محتوای نیتروژن و شاخص OSAVI



شکل شش - رابطه محتوای نیتروژن و شاخص MSaVI



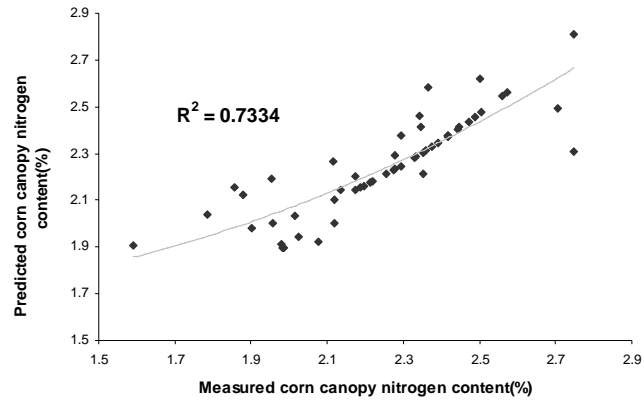
شکل هفت - رابطه محتوای نیتروژن و شاخص MCARI2



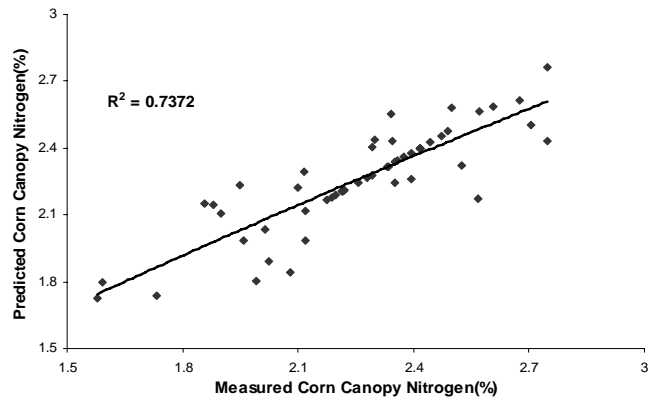
شکل هشت - رابطه محتوای نیتروژن و شاخص MTVI2

### پیشگویی محتوای نیتروژن با استفاده از شاخص های پوشش گیاهی

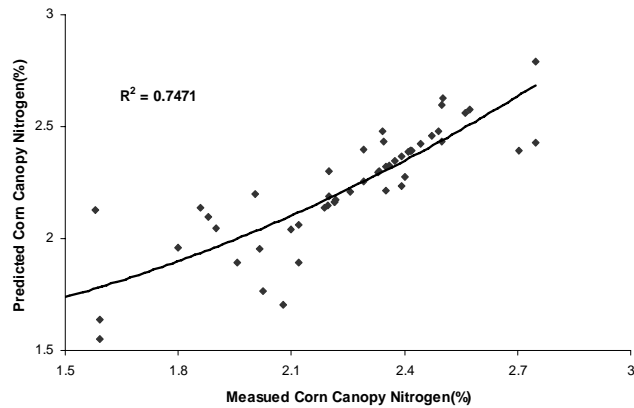
به منظور اطمینان از صحت مدل های ارائه شده جهت تخمین مقدار نیتروژن پوشش گیاهی با استفاده از تصویر ماهواره ای، نمونه برداری مجدد زمینی انجام شده و مقادیر پیشگویی شده با مقادیر واقعی برای هر کدام از شاخص ها مقایسه شدند. شکل های نه تا چهارده همبستگی مقدار نیتروژن اندازه گیری شده و پیشگویی شده را نشان می دهد.



شکل نه- مقدار نیتروژن اندازه گیری شده و پیشگویی شده با استفاده از مدل NDVI

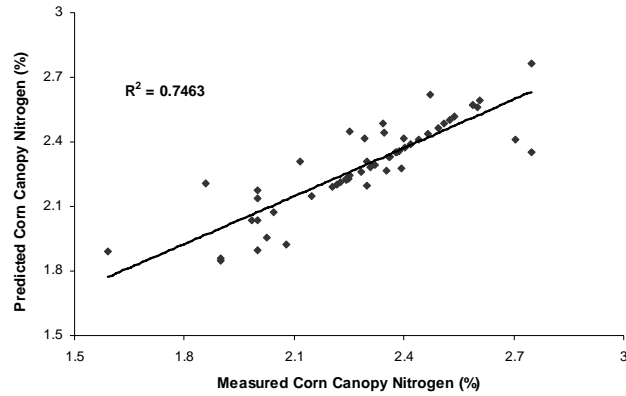


شکل ده- رابطه مقدار نیتروژن اندازه گیری شده و پیشگویی شده با استفاده از SAVI

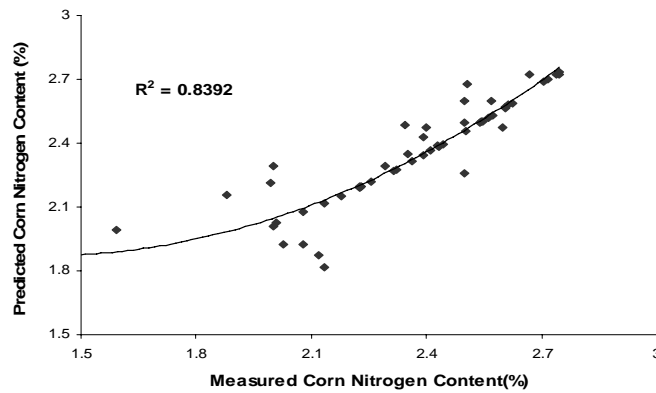


شکل یازده- رابطه مقدار نیتروژن اندازه گیری شده و پیشگویی شده با استفاده از OSAVI

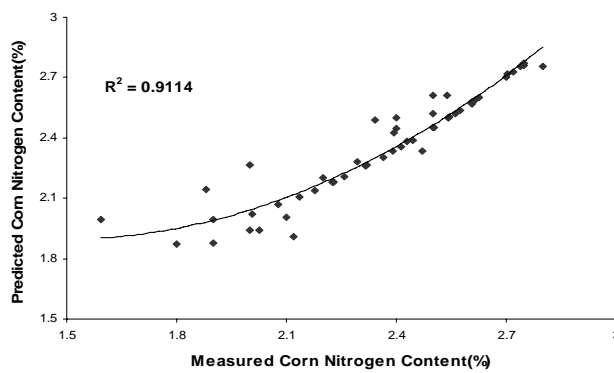




شکل دوازده- رابطه مقدار نیتروژن اندازه گیری شده و پیشگویی شده با استفاده از MSAVI



شکل سیزده- رابطه مقدار نیتروژن اندازه گیری شده و پیشگویی شده با استفاده از MCARI2



شکل چهارده- رابطه مقدار نیتروژن اندازه گیری شده و پیشگویی شده با استفاده از MTVI2

هم چنین جدول دو- ضریب همبستگی و رابطه مدل های ارائه شده توسط هر کدام از شاخص ها را نشان می دهد.

جدول دو- مدل های تخمین نیتروژن بر اساس شاخص های پوشش گیاهی

Spectral Index	Regression Model	Polynomial Second Order R <sup>2</sup>
NDVI	$N = 0.2496(NDVI)^2 - 0.3839(NDVI) + 1.8361$	R <sup>2</sup> =0.7334
SAVI	$N = -0.0419(SAVI)^2 + 0.9208(SAVI) + 0.3955$	R <sup>2</sup> =0.7372
OSAVI	$N = 0.2361(OSAVI)^2 - 0.2427(OSAVI) + 1.5711$	R <sup>2</sup> =0.7471
MSAVI	$N = 26.601(MSAVI)^2 - 23.768(MSAVI) + 7.1111$	R <sup>2</sup> =0.7463
MCARI 2	$N = 0.4888(MCARI2)^2 - 1.3703(MCARI2) + 2.832$	R <sup>2</sup> =0.8392
MTVI 2	$N = 0.5512(MTVI2)^2 - 1.6361(MTVI2) + 3.1094$	R <sup>2</sup> =0.9114

همان طور که در شکل ها مشاهده می شود، تمامی شاخص های پوشش گیاهی مورد بررسی دارای همبستگی بالایی با مقدار نیتروژن بودند. از میان شاخص های مورد مطالعه، شاخص MTVI2 دارای بالاترین همبستگی با مقدار نیتروژن بوده و می تواند به عنوان یک شاخص مناسب برای تخمین مقدار نیتروژن برای محصول ذرت به کار رود. هم چنین، نتایج نشان می دهد که فناوری سنسجس از دور دارای قابلیت لازم برای تخمین خصوصیات فیزیولوژیکی گیاهان از جمله نیتروژن می باشد. هم چنین تصویر ماهواره ای ASTER برای تخمین نیتروژن محصولات دارای دقت کافی و مناسب می باشد.

#### منابع

- امامی، ع. ۱۳۷۵. روش های تجزیه گیاه، جلد اول. نشریه شماره ۹۸۲. مؤسسه تحقیقات خاک و آب.
- بیدی، ح. ۱۳۸۶. پهنه بندی فرسایش با استفاده از داده های ASTER در حوزه آبخیز کلاته سادات سبزوار. پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشکده جغرافیا. دانشگاه تهران.
- علوی پناه، ک. ۱۳۸۵. کاربرد سنسجس از دور در علوم زمین (علوم خاک). انتشارات دانشگاه تهران. چاپ دوم. ۴۷۸ ص.
- ملکوتی، م. کشاورز. پ، ۱۳۸۵. نگرشی بر حاصل خیزی خاک های ایران (شناسایی و بهره برداری). انتشارات سنا.
- Blackmer, T.M., Schepers, J.S., Varvel, G.E., Walter-Shea, E.A., 1996. Nitrogen deficiency detection using reflected shortwave radiation from irrigated corn canopies. *Agron.J.*88, 1-5.
- Buscaglia.H.J, and J.J.Varco.2002. Early detection of cotton leaf nitrogen status using leaf reflectance.*J. Plant Nutr.*25:2067-2080.
- Feng.W, Yao.X, Zhu.Y, Tian.Y.C, Cao. W.X. 2008. Monitoring leaf nitrogen status with hyperspectral reflectance in wheat. *European Journal Of Agronomy* 28:394-404.
- Haboudane, D., J. R. Miller, N. Tremblay, P. J. Zarco-Tejada, and L. Dextraze. 2002. Integration of hyperspectral vegetation indices for prediction of crop chlorophyll content for application to precision agriculture. *Remote Sensing of Environment* 81 (2-3) : 416-426 .

- Haboudane, D., J. R. Miller, E. Pattey, and I. B. Strachan. 2004. Hyperspectral vegetation indices and novel algorithms for predicting green LAI of crop canopies: modeling and validation in the context of precision agriculture. *Remote Sensing of Environment* 90: 337-352 .
- Lawrence,R.L. Ripple,W.J. 1998. Comparisons among vegetation indices and bandwise regression in a highly disturbed, heterogeneous landscape. *J. Remote Sens. Environ.*64:91-102.
- Lemaire,G. Jeuffroy,M.H. Gastal,F. 2008. diagnosis tool for plant and crop N status in vegetative stage theory and practices for crop N management. *European Journal of Agronomy.*28:614-624.
- Ma.B.L, M.J.Morrison, and L.M.Dwyer. 1996. Canopy light reflectance and field greenness to assess nitrogen fertilization and yield maize. *Agron.J.* 88(6):915-920.
- Perry.M.E, Davenport.J.R. 2007. Spectral and spatial differences in response of vegetation indices to nitrogen treatments on apple. *Journal of Computer and Electronic in Agriculture.* 59: 56-65.
- Reum,D, Zhang.Q.2007. Wavelet based multi-spectral image analysis of maize leaf chlorophyll content. *Journal of Computers and Electronic in agriculture.*56:60-71.
- Sepulcre-Canto,G. Zarco-Tejada,P.J.Sobrino,J.A. Berni,J.A.J. Jimenez-Munoz, J.C. Gastellu-Etchegorry,J.P. 2009. Discriminating irrigated and rainfed olive orchards with termal ASTER imagery and DART 3D simulation. *J. Agricultural and Forest Meteorology.*149:962-975.
- Xue. L, L.Yang.2008. Recommendations for nitrogen fertiliser topdressing rates in rice using canopy reflectance spectra. *Biosystems Engineering.*100. 524-534.
- Zhao, C. L. Liu, J. Wang, W. Huang, X. Song, C. Li. 2005. Predicting grain protein content of winter wheat using remote sensing data based on nitrogen status and water stress. *International Journal of Applied Earth Observation And Geoinformation.*7, 1-9.
- Zhu, Y., Li, Y., Feng, W., Tian, Y., Yao, X., Cao, W., 2006. Monitoring leaf nitrogen in wheat using canopy reflectance spectra. *Can.J. Plant Sci.* 86, 1037-1046.

### Using Remote sensing for prediction of corn canopy nitrogen

#### ABSTRACT

The present research was conducted to investigate the feasibility of remote sensing to predict corn canopy nitrogen concentration by ASTER satellite imagery. Plant samples were selected by systematic randomized sampling method. Geometric correction was made with RMS of 0.2 pixels. Different vegetation indices, NDVI (Normalized Difference Vegetation Index), SAVI (Soil-Adjusted Vegetation Index), OSAVI (Optimized Soil-Adjusted Vegetation Index), MSAVI (Modified Soil-Adjusted Vegetation Index), MCARI2 (Modified Chlorophyll Absorbent Ratio Index2) and MTVI2 (Modified Triangular Vegetation Index2) were investigated. Results indicated that all vegetation indices were correlated to corn canopy nitrogen concentration. Analyses based on both simulated and measured data showed that measured and predicted corn canopy nitrogen values were correlated with  $R^2$  of 0.7334, 0.7372, 0.7471, 0.7463, 0.8392 and 0.9114 for NDVI, SAVI, OSAVI, MSAVI, MCARI2 and MTVI2 respectively. Based on the obtained results we generally conclude that remote sensing can be successfully used to predict crop canopy nitrogen.

**Keywords:** Corn, Nitrogen, Remote sensing, satellite imagery.