

بررسی و تخمین تراکم چغندر قند با استفاده از تصاویر ماهواره ای IRS-1D (۳۵۳)

کمیل ملانی^۱، حجت احمدی^۲، سید کاظم علوی پناه^۳، علی رجبی پور^۴

چکیده

کشاورزی دقیق یک مفهوم جدید در کشاورزی امروزی است و بر مبنای وجود ناهمگونی در سطح مزرعه استوار است. سنجش از دور محصولات زراعی دارای توانایی پوشش سطوح وسیع و با تکرار می باشد و به ما در مدیریت مزرعه می تواند کمک کند. این تحقیق در دشت نمدان شهرستان اقلید و در چهار مزرعه به وسعت ۳۹ هکتار انجام گرفت. تصویر سنجنده LISS-III ماهواره IRS-1D در ۸۶/۵/۱۷ از سازمان فضایی تهیه شد و هم زمان ۳۷ داده زمینی در مزارع برداشت شد. موقعیت نقاط برداشت شده با استفاده از GPS ثبت گردید. پس از انجام تصحیحات هندسی و رادیو متریک روی تصویر، اطلاعات در محل های نمونه برداری شده از باندهای قرمز B2 و مادون قرمز B3 و شاخص های SAVI و NDVI استخراج شدند. بررسی نتایج نشان دهنده ارتباط معنی داری بین تراکم و تصویر ماهواره ای می باشد. بالاترین ضریب همبستگی بین تراکم و شاخص های NDVI و SAVI (۴۳/۳^۲) به دست آمد. تراکم به طور مستقیم بر عملکرد تأثیر گذار بوده و نقشه آن می تواند در مصرف متغیر نهاده ها و تشخیص مناطقی که نیاز به مدیریت بیشتری در فصل زراعی آینده را دارند به کار گرفته ست. این نقشه می تواند به عنوان یکی از لایه های اطلاعاتی برای توزیع متغیر نهاده ها در ماشین های پخش متغیر در سیستم های کشاورزی دقیق استفاده شود.

کلیدواژه: کشاورزی دقیق، سنجش از دور، تصاویر ماهواره ای، تراکم گیاهی، چغندر قند، IRS-1D

-
- ۱- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی مکانیزاسیون کشاورزی، دانشکده مهندسی بیوسیستم، دانشگاه تهران
پست الکترونیک: k.mollaei@yahoo.com
 - ۲- استادیار گروه مهندسی مکانیزاسیون کشاورزی، دانشکده مهندسی بیوسیستم، دانشگاه تهران
 - ۳- دانشیار گروه جغرافیا، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران
 - ۴- دانشیار گروه مهندسی مکانیزاسیون کشاورزی، دانشکده مهندسی بیوسیستم، دانشگاه تهران

کشاورزی دقیق سیستم جدیدی است که با هدف بهینه سازی تولید و حفظ محیط زیست ایجاد شده است. این هدف مستلزم توسعه استفاده از سنجش از دور [۱۰]، سیستم های اطلاعات جغرافیایی (GIS)، تکنولوژی های مورد نیاز و استفاده از سیستم های مدیریت تکنولوژی [۱۱] می باشد. سنجش از دور عبارت است از اندازه گیری خصوصیات پدید های سطح زمین با استفاده از داده های که از راه دور توسط هواپیما و ماهواره کسب می شود [۵].

اسکات (۱۹۶۴) با استفاده از عکس سیاه و سفید هوایی حساس به نور نزدیک به مادون قرمز کرتهایی با تراکم ۱۸، ۳۸، ۷۴ و ۱۲۵ هزار بوته در هکتار را در چهار سطح کود ازت شامل صفر، ۷۵، ۱۵۰ و ۲۲۵ کیلو ارت در هکتار را در ایستگاه برومز بارن مورد بررسی قرار داد. این عکس با استفاده از سیستم تجزیه تصویر مورد بررسی قرار گرفت و برای هر کرت بر اساس انتگرال افزایش رنگ خاکستری، از سفید تا سیاه ارزشی معین شد. رگرسیون بین نور دریافتی کرت ها و عملکرد معنی دار بوده، به طوری که کرتهای با تراکم پایین که نور کمی دریافت کرده اند دارای عملکرد کمتری بوده، در حالی که کرتهای متراکم که بیشترین نور را دریافت کرده بودند عملکرد بیشتری داشتند [۳].

جانسون و همکاران [۲۰۰۲] با استفاده از تصاویر ایکونوس به تهیه نقشه میزان سطح برگ^۱ در تاکستانهای کالیفرنیا پرداختند. در این تحقیق تراکم گیاهی تاکها را در شاخص سطح برگ دخالت دادند. آنها توانستند با ضریب همبستگی ۰/۷۲ رابطه معنی داری بین شاخص سطح برگ محاسبه شده از تصویر و شاخص سطح برگ اندازه گیری شده بدست آورند [۱۲].

بریا و همکاران [۲۰۰۴] با اندازه گیری بازتابش چغندر قند با استفاده از اسپکترومتر^۲ و ایجاد ارتباط بین تصاویر ماهواره ای لندست-۵، اسپات-۵، کویک برد و ایکونوس^۳ مدلهای برای تخمین درصد ازت برگ، نسبت کربن به ازت و میزان بیومس تهیه کردند [۱۱].

گاوبین و همکاران [۲۰۰۳] با استفاده از عکس هوایی (با قدرت تفکیک زمینی ۰/۵ متر) در طی چهار سال به بررسی تراکم جوانه گندم و جو در متر مربع پرداختند، و بین جمعیت جوانه گندم و جو و شاخص NDVI با ضریب همبستگی ۰/۵۷ تا ۰/۹۷ رابطه معنی داری بدست آوردند [۱۳].

ولیجانی و همکاران در تحقیقی (در دشت نمدان شهرستان اقلید^۳) نشان دادند شاخص سطح برگ^۴ (LAI) بطور مستقیم تحت تاثیر تراکم بوته و دور آبیاری قرار گرفت. تراکم های ۱۴۸، ۱۱۱، ۸۹ هزار بوته در هکتار به ترتیب دارای بیشترین شاخص سطح برگ بودند و هر چه تراکم بوته بیشتر شد، هر چند مساحت برگهای هر بوته کاهش یافت، ولی به علت تعداد بوته بیشتر شاخص سطح برگ زودتر به حداکثر میزان خود رسید. بطور کلی با تراکم بوته بیشتر شاخص سطح در حداقل زمان به حداکثر شاخص سطح برگ رسید، بنحوی که در طول دوره رویش از متوسط شاخص سطح برگ بیشتری برخوردار بود و دوام برگ بیشتر داشت. هر چه تراکم بوته کاهش یافت، پهنک برگها دارای گسترش زیادتری بود و در نهایت مساحت برگها افزایش یافت ولی بعلاوه بوته کمتر شاخص سطح برگ به حداقل میزان خود رسید. شاخص سطح برگ بیان کننده نسبت سطح برگ به سطح زمینی است که برگها را اشغال می نمایند [۱].

تعدادی از شاخص های پوشش گیاهی ارائه شده، دارای روابط خطی با LAI، بیوماس، میزان آب برگ، کلروفیل و دیگر ویژگی های بیوفیزیکی پوشش گیاهی دارند. از جمله شاخص های ارائه شده، می توان به NDVI اشاره کرد که در تشریح روابط

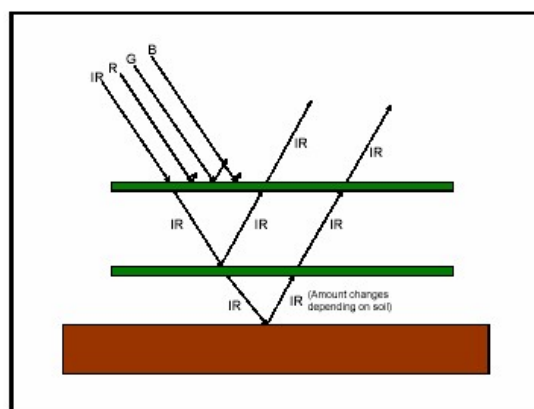
¹ - leaf area index

² - spectroradiometer

⁴ - Leaf Area Index

^۹ - منطقه مورد مطالعه

بین مشخصات پوشش گیاهی نظیر بیوماس اندام هوایی، بیوماس برگ و میزان کلروفیل، زیاد به کار می روند [۸]. با توجه به مطالب ذکر شده می توان رابطه بین تراکم گیاهی، شاخص های پوشش گیاهی و باندهای تصاویر ماهواره ای را خطی دانست. منبع اصلی تولید انرژی مادون قرمز انعکاسی، خورشید است و ۴۰٪ از انرژی خورشیدی را که به زمین می رسد شامل می شود، و منبع اصلی تولید انرژی مادون قرمز دفعی یا حرارتی، گرمای ناشی از تابش خورشید به زمین و یا انرژی زمین گرمایی است. اکثر سنجنده ها قابلیت کار در این طول موج ها را دارا هستند. در سنجش از دور بازتاب امواج الکترومغناطیسی، پس از برخورد با پدیده های مختلف زمین، به وسیله سنجنده هائی که بر روی سکوهاى مختلف تعبیه شده اند ثبت و سپس مورد تجزیه و تحلیل قرار می گیرند. به طور کلی منابع تمام امواج الکترومغناطیسی و نورهای مرئی، انرژی تابشی خورشید می باشد. میزان انعکاس امواج الکترومغناطیسی در محدوده طیفی مرئی (طول موجهای سبز، قرمز، آبی) و مادون قرمز نزدیک به سطح اجسام بستگی دارد [۶]. نحوه بازتاب امواج طیفی مرئی و مادون قرمز در شکل ۱ مشاهده می شود [۱۵].



شکل ۱: نحوه بازتاب امواج پس از برخورد با اجسام

شاخص گیاهی نرمالیزه شده^۱ یکی از معروفترین و در عین حال کاربردی ترین شاخص گیاهی شناخته شده می باشد که اولین بار توسط روسی^۲ در سال ۱۹۷۴ ارائه گردید [۱۶]. یکی از کاربردهای این روش تشخیص میزان ت کم و سبزیگی و طراوت گیاه است، که از آن به عنوان شاخص تعدیل شده پوشش گیاهی یاد می شود. این شاخص توانایی مانیتورینگ میزان ت کم و سبزیگی گیاه در سنین مختلف را دارد. شاخص نرمالیزه پوشش گیاهی با رابطه ۱ محاسبه می شود [۸].

$$NDVI = \frac{R_{nir} - R_{red}}{R_{nir} + R_{red}}$$

رابطه (۱)

در این رابطه R_{red} و R_{nir} به ترتیب مقدارهای رقومی در باندهای مادون قرمز و قرمز است. این شاخص همان طوری که از نام آن پیدا است دارای مقادیر نرمال می باشد، یعنی دارای قدر مطلق مساوی و یا کمتر از ۱ می باشد و برد آن بین +۱ و -۱ ست، از این رو بررسی آن توسط نمودارها و هیستوگرام ها به راحتی امکان پذیر می باشد. شاخص گیاهی NDVI مقادیر مربوط به گیاهان بین ۰/۵ تا ۰/۱ برای مناطق گیاهی تنک و ۰/۱ تا ۰/۵ برای مناطق گیاهی معمولی و ۰/۵ تا ۰/۷ برای مناطق گیاهی بسیارمتراکم و غنی می باشد [۳].

SAVI^۳ شاخص تصحیح شده NDVI می باشد، این شاخص اثرات خاک زمینه و رطوبت خاک در شاخص NDVI را کاهش می دهد. L فاکتور تصحیح اثرات زمینه خاک می باشد و از صفر برای پوشش گیاهی متراکم تر تا ۱ برای تراکم های

1 - normalized difference vegetation index

2- Rouse et al.

13 - Soil Adjusted Vegetation Index

کمتر متغیر است و مقدار استاندارد شده برای پوشش گیاهی متوسط برابر ۰/۵ است و شاخص SAVI با استفاده از رابطه ۲ محاسبه می‌شود [۷].

$$SAVI = \frac{NIR - Red}{(NIR + Red + L)(1 + L)} \quad \text{رابطه (۲)}$$

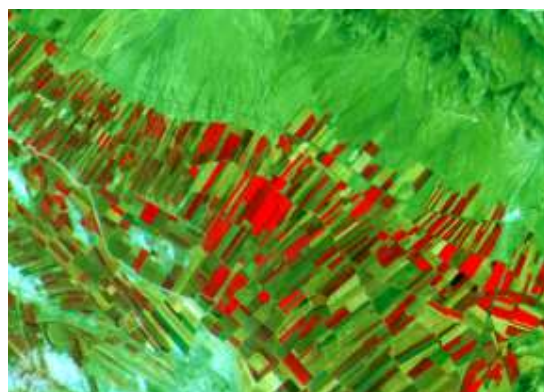
موقعیت منطقه

شهرستان اقلید با وسعت ۷۲۰۵ کیلو متر مربع به طول جغرافیایی ۵۲ درجه و ۴۲ دقیقه شرقی و عرض ۳۰ درجه و ۵۰ دقیقه شمالی یکی از شهرستان‌های سردسیری شمال استان فارس می‌باشد. ارتفاع از سطح دریا بین ۲۰۰۰ تا ۲۳۰۰ متر، میانگین بارندگی سالیانه بین ۲۵۰ تا ۴۰۰ میلی متر، حداقل درجه حرارت ۲۲- درجه سلسیوس و حداکثر در تیر ماه ۳۸ درجه سلسیوس می‌باشد. شهرستان اقلید از نظر تولید چغندر قند یکی از قطب‌های تولید این محصول به شمار می‌رود. سطح زیر کشت چغندر در سال زراعی ۸۶ بالغ بر ۹۶۰۰ هکتار بوده است [۲].

مواد و روشها

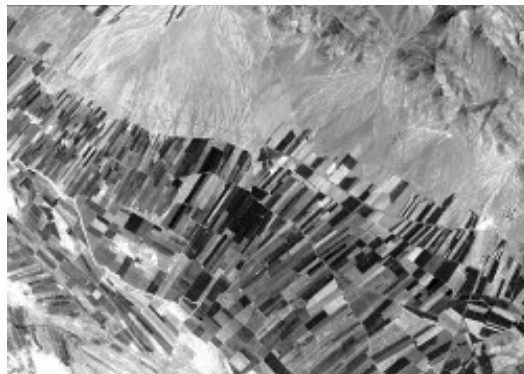
۱- داده‌های ماهواره‌ای

جهت انجام این تحقیق تصویر چند طیفی سنجنده LISS-III ماهواره IRS-1D در سه باند طیفی (در طول موج-های سبز، قرمز، مادون قرمز) و با قدرت تفکیک زمینی ۲۳/۵ متر در ۸۶^۱/۵/۱۷ از سازمان فضایی تهیه شد (شکل ۲). در بسیار از موارد مشاهده شده است که خطا و ناهنجاریهای هندسی و رادیومتری موجود در داده‌های خام ماهواره‌ای بطور کامل در تصحیحات سیستمی بر طرف نمی‌شود و حتی ضمن انجام این تصحیحات، خطاهای جدید در تصویر ایجاد می‌شود [۵]. لذا ضروری است که این داده‌ها قبل از اینکه تجزیه تحلیل شوند، بلحاظ هندسی و رادیومتری مورد بررسی قرار گیرند. به منظور انجام تصحیح هندسی ابتدا تصویر PAN (شکل ۳) از ماهواره IRS-1D با قدرت تفکیک زمینی ۶ متر از سازمان فضایی دریافت و با ۸ نقطه کنترل زمینی که مختصات نقاط با استفاده از GPS مشخص گردید با دقت ۳۳/۳ پیکسل تصحیح شد؛ سپس به روش تصحیح هندسی تصویر به تصویر، تصویر چند طیفی LISS-III با دقت ۳۶/۳ پیکسل تصحیح شد. تصحیحات رادیومتری مورد نیاز روی تصویر صورت گرفت. برای پردازش تصویر از نرم افزارهای Idrisi-Kilimangaro، Arcveiw GIS 3.2a و PCI-Geomatica استفاده شد.



شکل ۲: تصویر سنجنده LISS III ماهواره IRS-1D دشت نمدان

^۱ - 2007/8/8



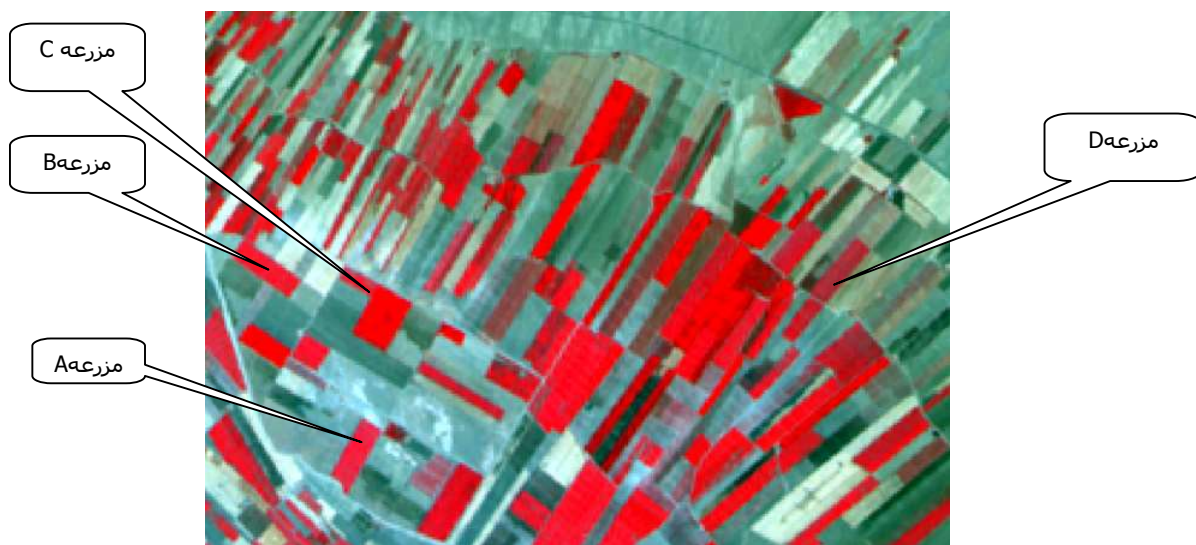
شکل ۳: تصویر سنجنده pan ماهواره IRS-1D دشت نمدان

۲- داده های زمینی

شیوه کشت چغندر در مزارع مورد مطالعه به صورت ردیفی (فاصله ردیفها ۶۰ Cm) بوده و فاصله بوته ها روی ردیف با نیروی کارگری به فاصله متوسط ۲۵ Cm تنظیم می گدد. همزمان با تصویر برداری به مدت ۷ روز تعداد ۳۷ داده زمینی در مورد تراکم به روش تصادفی سیستماتیک از مزارع برداشت شد. مشخصات مزارع مورد مطالعه در جدول ۱ و موقعیت آنها در شکل ۴ نشان داده شده است. به منظور کاهش خطا و افزایش دقت از میانگین ۵ پلات در هر نمونه استفاده شد، بداین شکل که با شمردن تعداد بوته در ۵ پلات به وسعت $1 \times 1/2m$ میانگین آنها به عنوان میزان تراکم در نمونه محاسبه شد. موقعیت پلاتها با استفاده از GPS map-76 (با دقت ۳ متر، شکل ۵) ثبت شد.

جدول ۱: مشخصات مزارع مورد مطالعه.

مزرعه	مساحت (هکتار)	تعداد داده	نوع بذر	تاریخ کشت
کل مزارع	۳۹	۳۷	-	-
A	۱۱	۱۰	شیرین و پ ما	۸۶/۲/۳۰
B	۱۰	۶	پونیورس	۸۶/۳/۴
C	۸	۷	پوما و K.W.S	۸۶/۳/۳
D	۱۰	۱۴	پوما و فلورس	۸۶/۳/۲



شکل ۴: موقعیت مزارع مورد مطالعه در دشت نمدان.



شکل ۵: GPS گارمین مدل map-76 با دقت ۳ متر.

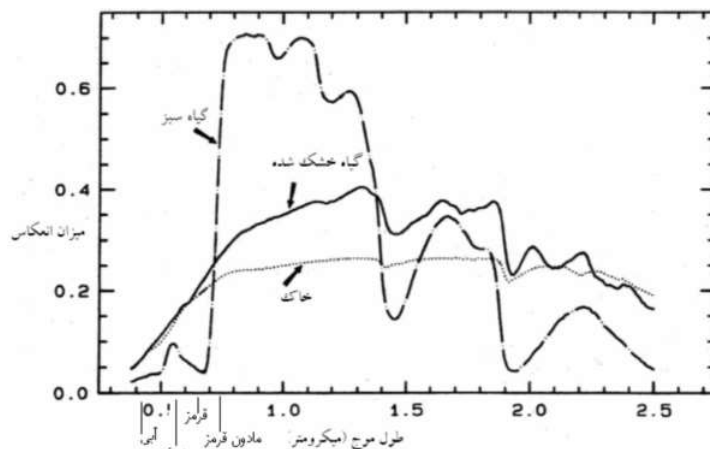
۳- استخراج و تحلیل داده ها

با استفاده از مختصات و شماره پلاتها، یک لایه برداری از نوع نقطه ای در Arcview GIS 3.2a تهیه و پس از انتقال به نرم افزار Idrisi به ساختار رستری تبدیل گردید. با قرار دادن این لایه بر روی باندهای مختلف داده های ماهواره ای ارزش هر یک از پیکسل هایی که در محل پلاتها قرار گرفته بودند استخراج و در یک فایل ارزشی ذخیره گردید. این فایل های ارزشی به بسته های نرم افزاری Excel و SPSS.15 منتقل و مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفتند. جهت همبستگی بین تراکم و انعکاس ثبت شده در تصاویر ماهواره ای (DN) از روش رگرسیون خطی استفاده شد.

نتایج و بحث

امواج الکترومغناطیسی به هنگام برخورد با پدیده های سطح زمین ممکن است دچار سه حالت انعکاس، جذب یا عبور شوند [۸]. بررسی نتایج نشان دهنده ارتباط معنی دار بین تراکم و تصویر ماهواره ای می باشد. در شکل ۴ میزان (درصد) بازتاب طیفی گیاه سبز، گیاه خشک و خاک نشان داده شده، همانطور که در شکل دیده می شود در طول موج باند قرمز (B2) درصد انعکاس خاک بیشتر از گیاه سبز است این عامل باعث شده رابطه بین این باند و میزان تراکم منفی شود، به طوری که در مناطق با میزان تراکم پایین به علت سطح آزاد خاک (لخت) بیشتر میزان انعکاس افزایش یافته و برعکس. در طول موج باند مادون قرمز (B3) میزان انعکاس گیاه سبز بیشتر از خاک بوده (شکل ۶) و لذا رابطه بین این باند و میزان تراکم مثبت شده به گونه ای که در مناطق با تراکم بالا به علت پوشش زیادتر سطح خاک توسط گیاه میزان بیشتر شده است. شاخص های NDVI و SAVI به گونه ای طراحی هستند که در مناطق با پوشش گیاهی بالاتر از مقدار بیشتری برخوردار باشد، چون مقدار با میزان پوشش گیاهی در ارتباط است لذا رابطه این شاخص با میزان تراکم مثبت شده است.

در بررسی ضریب همبستگی بین تراکم و تصاویر ماهواره ای شاخص های NDVI و SAVI از همبستگی بالاتری برخوردار بود (جدول ۲). علائق این شاخص SAVI نسبت به NDVI در مناطق با پوشش ضعیف برای بررسی درصد پوشش گیاهی کارایی بیشتری دارد اما در بررسی میزان تراکم گیاهی تفاوتی بین آنها مشاهده نشد. گیاهان در ناحیه باند مادون قرمز دارای انعکاس بالایی هستند [۸] و لذا از این باند در بررسی گیاهان مثل درصد پوشش استفاده زیادی می شود اما بین باند مادون قرمز (B2) و میزان تراکم گیاه چغندر قند ارتباط معنی داری وجود نداشت. فرمول ۳ و شکل ۷ نشان دهنده رابطه بین تراکم و شاخص NDVI می باشد. در شکل ۸ نقشه تراکم مزرعه A که با استفاده از شاخص NDVI تهیه شده نشان داده شده است.



شکل ۶: مقایسه بازتاب طیفی پوشش گیاهی دارای فتوسنتز (گیاه سبز) با پوشش گیاهی فاقد قابلیت فتوسنتز (گیاه خشک) و خاک (مکان تقریبی باندها در طول موج مشخص ۵۸)

رابطه (۳)

$$\text{Density} = 2.3 + 13.5 \text{ NDVI} \quad r^2 = 0.43 \quad n=37$$

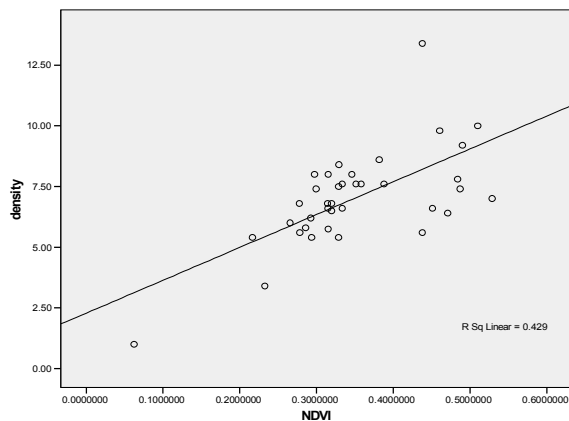
جدول ۲: ضریب همبستگی بین تراکم و شاخص NDVI، باندهای قرمز و مادون قرمز.

باند های طیفی و شاخص ها	معادله	r^2	SE	سطح احتمال معنی داری
شاخص NDVI	$13/5 \text{ NDVI} + 2/3$	$0/43$	$1/5$	**
شاخص SAVI	$20/4 \text{ SAVI} + 2/3$	$0/43$	$1/5$	**
باند قرمز (B2)	$-2 B2 + 14/2$	$-0/426$	$1/5$	**
باند مادون قرمز (B3)	$1 B3 - 1/6$	$0/16$	$1/8$	ns

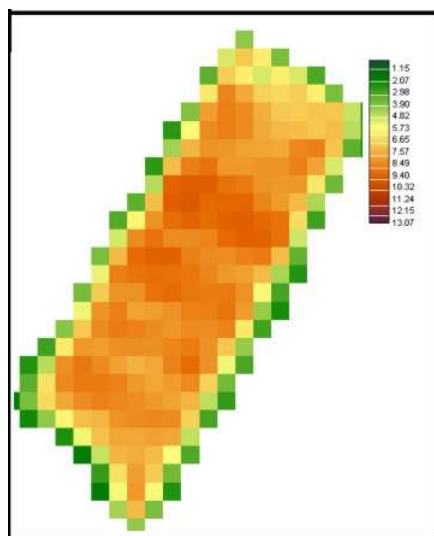
r^2 = ضریب تبیین. SE = خطای استاندارد (standard error). ns = بی معنی (not significant). * = معنی دار در سطح ۵ درصد. ** = معنی دار در سطح ۱ درصد.

نتیجه گیری و پیشنهادها

با توجه به اینکه شرایط مزرعه به صورت مستقیم روی بازتابش تاثیر می گذارد، لذا پیشنهاد می شود شرایط مزارع مورد مطالعه از نظر الگوی کاشت، نوع بذر، میزان علف هرز، نوع خاک و میزان رطوبت در زمان تصویر برداری یکسان باشد. میزان تراکم در میزان عملکرد چغندر قند به صورت مستقیم تاثیر گذار است، بنابراین می توان با استفاده از نقشه تراکم مناطقی که نیاز به مدیریت بیشتر از نظرمصرف نهاده ها دارند را تشخیص داد. نقشه تراکم می تواند به یکی از لایه های اطلاعاتی برای توزیع متغیر نهاده ها در ماشین های پخش متغیر در سیستم های کشاورزی دقیق استفاده شود.



شکل ۷: رابطه بین تراکم و شاخص NDVI



شکل ۸: نقشه تراکم (بوته در متر مربع) ززرعه A که با استفاده از رابطه ۳ تهیه شده.

سپاسگذاری

از مدیر عامل و کارکنان کشت و صنعت دشت نمدان به خاطر همکاری در برداشت داده های زمینی و همچنین از سازمان فضایی ایران به خاطر همکاری و دریافت تصاویر ماهواره ای کمال تشکر را داریم.

منابع

- ۱- ابراهیمیان، ح. ۱۳۷۱. بررسی اثر ازت و تراکم بوته در ارزش تکنولوژی چغندر. انتشارات موسسه اصلاح بذر چغندر قند. صفحه ۸۱.
- ۲- بی نام. ۱۳۸۶. آمار و ارقام کشاورزی شهرستان اقلید (دفتر طرح و برنامه مدیریت جهاد کشاورزی شهرستان اقلید).
- ۳- کبیری، ک، ۱۳۸۰، بررسی اثر خشکسالی بر پوشش گیاهی ایران در دهه ۹۰ میلادی با استفاده از تصاویر ماهواره ای NOAA، دانشگاه خواجه نصیرالدین طوسی.

- ۴- کوک، دی. ا.، اسکات، آر.کی. ۱۳۷۷. چغندر از علم تا عمل. ترجمه اعضاء هیئت علمی موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه بذر چغندر. نشر علوم کشاورزی. صفحه ۲۲۰.
- ۵- درویش صفت. ع. ۱۳۷۷. جزوه درسی سنجش از ور. دانشگاه تهران، دانشکده منابع طبیعی. صفحه ۴۳.
- ۶- زیبری، م، مجد، ع. ۱۳۸۳، آشنایی با فن سنجش از دور و کاربرد در منابع طبیعی، چاپ ششم، تهران، انتشارات دانشگاه تهران.
- ۷- مباشر، م، ۱۳۸۱، جزوه درسی سنجش از راه دور کاربردی، دانشگاه خواجه نصیرالدین طوسی.
- ۸- علوی پناه، س. ک، ۱۳۸۲، کاربردسنجش از راه دور در علوم زمینی، چاپ دوم، تهران، انتشارات دانشگاه تهران.
- ۹- ولی جانی. س. ۱۳۸۰. بررسی دور آبیاری و تراکم بوته بر روی برخی خصوصیات کمی و کیفی چغندر قند در منطقه اقلید. پایان نامه کارشناسی ارشد دانشگاه آزاد واحد ارسنجان. صفحه ۱۶۱.
- 10- Barnes, E.M., M.S. Moran, P.J. Pinter, Jr., and T.R. Clarke. 1996. Multispectral remote sensing and site-specific agriculture: examples of current technology and future possibilities. Proceedings of the 3rd International Conference. June 23-26, 845-854.
- 11- Beeri, O., R, Phillips, P., Carson., M., Liebig. 2005. Alternative satellite models for estimation of sugar beet residue nitrogen credit. Agriculture, Ecosystems and Environmental 107 21-35.
- 12- Johnson L. F; Roczen. D E.; Youkhana. S. K.; Nemani. R.R.; Bosch .D.F. 2003. Mapping vineyard leaf area with multispectral satellite imagery. Computers and Electronics in Agriculture 38. 33-44.
- 13- Gavin A. Wood; John C. Taylor; Richard J. Godwin. 2003. Calibration Methodology for Mapping Within-field Crop Variability using Remote Sensing. Biosystems Engineering 84 (4), 409-423.
- 14-NRC. 1997. Committee on Assessing Crop Yield: Site-specific farming, information systems, and research opportunities, National Academy Press, 118 pp.
- 15-Olofsson, L., Stenstrom, R. 2000. Estimation of Leaf Area Index in Southern Sweden with Optical Modeling and a land Sat 7 ETM + scene. Department of Physical Geography, Lund University, Sweden. 30-Richards, J. 1986. Remote sensing Digital Image Analysis.
- 16- Rouse, J. W., R .H Hass, J. A. Schell and D. W. Deering, 1973. Monitoring vegetation system in the great plains with the ERTS, Proceeding, third ERTS Symposium Vol. 1. Pp. 48-62.