

## تخمین پارامتر فیزیکی (زی توده) پوشش گیاهی با استفاده از داده های سنجش از دوری

کاظم علی آبادی\*، مربی گروه جغرافیا، دانشگاه حکیم سبزواری  
علیرضا انتظاری، استادیار گروه جغرافیا، دانشگاه حکیم سبزواری  
ناصر اسکندری، کارشناس ارشد سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی، دانشگاه شهید بهشتی

### چکیده

دسترسی به آمار و اطلاعات در سال های اخیر یکی از مسائل عمده کاربرد فناوری سنجش از دور در کشاورزی می باشد. لذا استفاده از داده های تولیدی از سنجش از دور می تواند سیستم کنونی کشاورزی را به سمت کشاورزی دقیق و علمی سوق دهد. در تحقیق حاضر از شاخص<sup>۱</sup> NDVI استخراج شده از سنجنده ALOS AVNIR-2 به منظور پیش بینی میزان بایومس منطقه آمل در شمال کشور استفاده شده است. شاخص NDVI یکی از اولین و متداولترین شاخص های گیاهی استخراج شده از داده ای سنجش از دوری است که تاکنون در مطالعات زیادی به منظور مانیتورینگ محصولات کشاورزی مورد استفاده قرار گرفته است. برداشت میدانی بایومس در فصل رشد گیاه در ۶۳ پلات در منطقه مورد مطالعه انجام گرفت. به منظور محاسبه میزان همبستگی بین داده های بایومس اندازه گیری شده در منطقه و مقادیر تخمین زده شده با استفاده از شاخص NDVI از مدل رگرسیون خطی و مدل Cross Validation استفاده شد. نتایج نشان داد که مقدار ضریب تعیین در مدل رگرسیون خطی ۶۱٪ و در مدل Cross Validation ۵۱٪ می باشد. بر اساس اطلاعات به دست آمده از این تحقیق می توان بیان نمود که با استفاده از تصاویر ماهواره ALOS امکان تخمین بایومس با دقت خوبی وجود دارد.

### واژگان کلیدی

ALOS-AVNIR-2، NDVI، برنج، تخمین بایومس، سنجش از دور

## ۱- مقدمه

امروزه تصاویر سنجش از دور به عنوان جدیدترین اطلاعات برای مطالعه پوشش گیاهی و تخمین پارامترهای بیوفیزیکی و بیوشیمیایی گیاهان شناخته شده است. این تصاویر به جهت ارائه اطلاعات به هنگام، تنوع اشکال، رقومی بودن و امکان پردازش در مطالعات پوشش گیاهی از اهمیت بالایی برخوردار هستند. آگاهی از میزان تولید محصولات کشاورزی یکی از ضروری ترین اطلاعات مورد نیاز جهت برنامه ریزی پایه ای در امر کشاورزی است. مدیریت کشاورزی نیازمند اطلاعات صحیح، دقیق و به هنگام از تغییرات مزارع کشاورزی، سطح زیر کشت محصولات، میزان تولید و ... می باشد. با گسترش فناوری ماهواره، تصاویر ماهواره ای دسترسی به اطلاعات را از منابع زمینی به طور گسترده و سریع فراهم کرده اند و ماهواره به عنوان وسیله ای موثر برای مدیریت منابع زمینی مورد استفاده قرار گرفته است (خواجه الدین، ۱۰۹، ۱۳۷۶). محصول برنج به دلیل نقش مهمی که در تغذیه و اشتغال زایی در کشور دارد (مخصوصاً در مناطق شمالی کشور) از دیرباز به عنوان یک محصول استراتژیک مطرح بوده است. از این رو استفاده از تکنیک‌ها و روش‌های جدید به منظور ارزیابی و پایش این محصول امری ضروری است. وجود اطلاعات کامل در مورد سطح زیر کشت برنج و تولید سالانه آن در برنامه ریزی کشاورزی (واردات و صادرات) کشور، نقش به سزایی دارد. اندازه گیری بایومس که یکی از موارد قابل سنجش در مطالعات پوشش گیاهی است از اوایل قرن بیستم آغاز شده است. به واسطه ای کوچک بودن ابعاد زمین های برنج کاری در منطقه شمال کشور و نظام مالکیت اراضی، تهیه چنین اطلاعاتی بسیار مشکل و نیاز به صرف هزینه و وقت زیادی دارد. استفاده از تصاویر ماهواره ای و فناوری سنجش از دور این مهم را آسان می نماید.

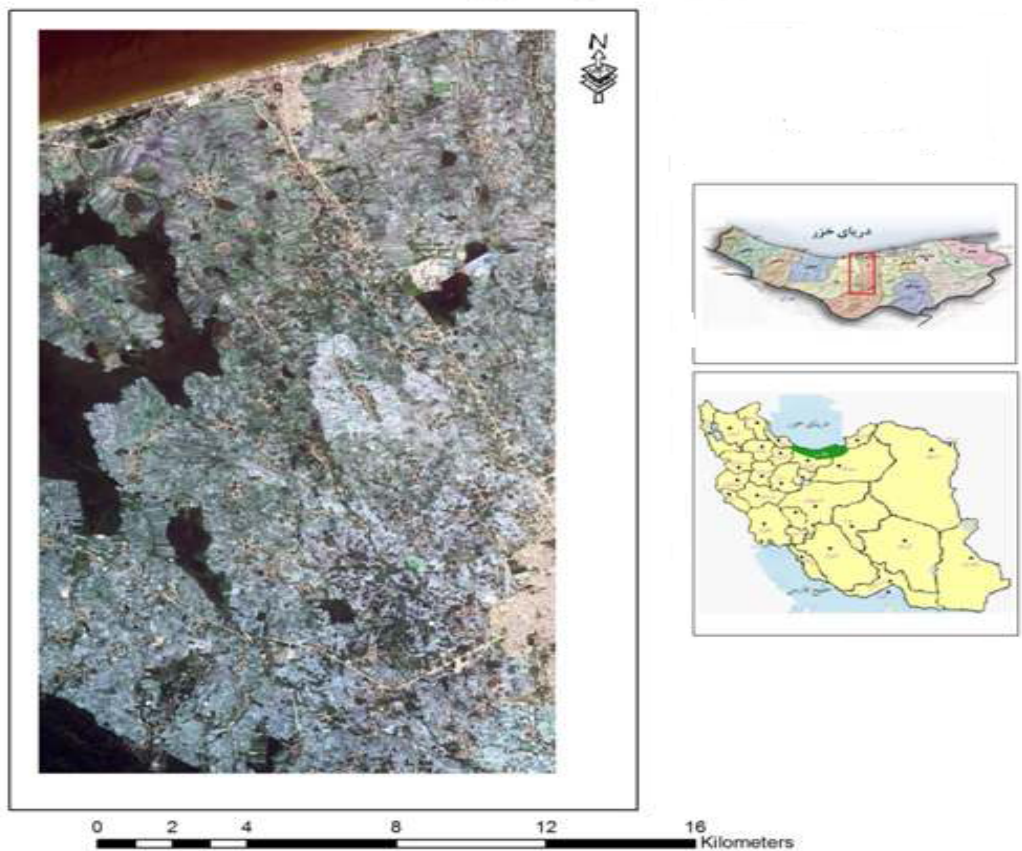
تا کنون شاخص های گیاهی برای ارزیابی و برآورد پارامترهای بیوفیزیکی و بیوشیمیایی مختلف گیاهان مورد استفاده قرار گرفته اند. این شاخص ها به دلیل سهولت استفاده یکی از متداول ترین تکنیک های سنجش از دور برای برآورد چنین پارامترهایی می باشند. عموماً شاخص ها برای ارزیابی یک یا چند پارامتر خاص و بر مبنای ویژگی ها و رفتار طیفی پدیده ها توسعه داده می شوند. بسیاری از این شاخص ها بر مبنای بازتاب در محدوده قرمز و مادون قرمز نزدیک قرار داشته و ترکیب جبری از این دو باند هستند (Elvidge & Chen, 1995; Bannari et al, 2006; Barret et al, 1994).

به طور کلی تخمین پارامترهای بیوفیزیکی گیاهان از جمله میزان بایومس به روشهای سنتی در قالب نمونه برداری های محدود یا توزین نهایی وزن محصول علاوه بر صرف وقت، نیروی انسانی و هزینه زیاد، بسیار مشکل و طاقت فرساست (Gower et al, 1999).

## ۲- ناحیه مورد مطالعه

منطقه مطالعاتی در محدوده شالیزارهای شهرستان های آمل و محمود آباد در مرکز استان مازندران بین مدار ۱۳° ۲۵' تا ۳۶° ۵۱' ۳۸' شمالی و طول ۱۷° ۱۱' تا ۵۲° ۲۰' ۵۰' شرقی با مساحت حدود ۳۸۵ کیلو متر مربع واقع شده است (شکل ۱). این منطقه از لحاظ توپوگرافی در جلگه رسوبی کم ارتفاعی واقع شده که در نزدیکی ساحل، ارتفاع آن به پایین تر از سطح آبهای آزاد جهان می رسد. آب و هوای منطقه بر اساس تقسیم بندی دومارتن مرطوب است (علیچانی، ۱۳۸۱: ۱۶۸).

## موقعیت محدوده مورد مطالعه



شکل ۱: موقعیت منطقه مورد مطالعه

## ۳- مواد و روشها

## ۳-۱) داده های سنجش از دوری

به دلیل کوچک بودن زمین‌های برنج و تنوع گونه‌های کشت شده در منطقه مطالعاتی لازم بود از تصاویری با قدرت تفکیک بالا به منظور تفکیک مزارع و بالابردن دقت انجام تحقیق استفاده شود. لذا از تصاویر سنجنده AVNIR2 ماهواره ALOS استفاده شد. این سنجنده قادر به تصویربرداری در باندهای آبی، قرمز، سبز و مادون قرمز طیف الکترومغناطیس با قدرت تفکیک ۱۰ متر می‌باشد (مشخصات این ماهواره در جدول شماره ۱ آورده شده است). جهت تعیین زمان مناسب برای تهیه تصاویر ماهواره‌ای، ابتدا به جمع‌آوری تقویم زراعی محصول برنج منطقه مورد مطالعه از سازمان جهاد کشاورزی استان مازندران اقدام شد. سپس بر اساس اطلاعات جمع‌آوری شده، زمان کاشت، زمان اوج سبزی‌نگی و زمان برداشت محصول برنج مشخص شد. در نهایت دو تصویر به تاریخهای ۷ و ۱۴ خرداد ماه (مرحله اوج سبزی‌نگی) تهیه گردید.

تاریخ پرتاب	۲۴ ژانویه ۲۰۰۶
تعداد سنجنده	۳ (PRISM, AVNIR, PALSAR) سنجنده
قدرت تفکیک مکانی	۲/۵ متر سنجنده ی پانکروماتیک PRISM و ۱۰ متر سنجنده ی ANIR

وسیله پرتاب	H-IIA Rocket
سایت پرتاب	مرکز فضایی تانگاشیما، ژاپن
عمر طراحی شده	۳ تا ۵ سال

جدول ۱: مشخصات ماهواره ی ALOS

## ۳-۲) پردازش داده های ماهواره ای

به منظور تصحیح هندسی تصاویر، تعداد ۱۷ نقطه به صورت پراکنده از روی نقشه های ۱/۲۵۰۰۰ انتخاب شد، سپس با استفاده از معادلات پلی نومیال درجه دو با دقت ۰.۶۵ و روش نمونه برداری نزدیکترین همسایه، بازنویسی<sup>۱</sup> شد. به علت وجود بخار آب در منطقه، استفاده از یک مدل تصحیح اتمسفری برای به حداقل رساندن اثرات اتمسفری لازم است. در این تحقیق از ماژول FLAASH<sup>۲</sup> نرم افزار ENVI 4.7 که بر اساس مدل انتقال تابش MODTRAN4 می باشد، استفاده شد.

با توجه به اینکه هدف از این تحقیق محاسبه مقدار بایومس با استفاده از میزان بازتاب<sup>۳</sup> می باشد، بنابراین عدد رقومی ثبت شده توسط سنجنده، ابتدا به رادیانس<sup>۴</sup> تبدیل و سپس با استفاده از آن میزان بازتاب محاسبه گردید.

به منظور محاسبه رادیانس برای تصاویر سنجنده AVNIR از رابطه زیر استفاده می شود:

رابطه(۱)

$$L_i = Gain * DN_i \quad i = 1 - 4$$

$L_i$  رادیانس در باند  $i$ ،  $Gain$  عدد ثابتی است که مقدار آن برای هر باند تعریف شده است و  $DN_i$  عدد رقومی ثبت شده توسط سنجنده است.

جدول ۲: مقادیر  $Gain$  به منظور تبدیل  $DN$  سنجنده AVNIR به رادیانس

Band Number	۱	۲	۳	۴
Gain	۰.۹۴۱	۰.۹۱۴	۰.۸۰۴	۰.۸۳۵

پس از محاسبه رادیانس، بازتاب در هر باند با استفاده از رابطه بازتاب محاسبه گردید:

رابطه(۲)

$$R_i = \frac{\pi L_i}{\cos\theta + E_i} \quad i = 1 - 4$$

که  $R_i$ ، بازتاب در باند $i$ ،  $\theta$  زنیت خورشیدی،  $L_i$  رادیانس در باند  $i$  و  $E_i$  انرژی خورشیدی رسیده به بالای

اتمسفر است که مقدار آن برای هر باند تصویر ALOS در جدول زیر آمده است.

<sup>1</sup> - Resample

<sup>2</sup> - Fast Line-of-sight Atmospheric Analysis of Spectral Hypercubes

<sup>3</sup> - Reflectance

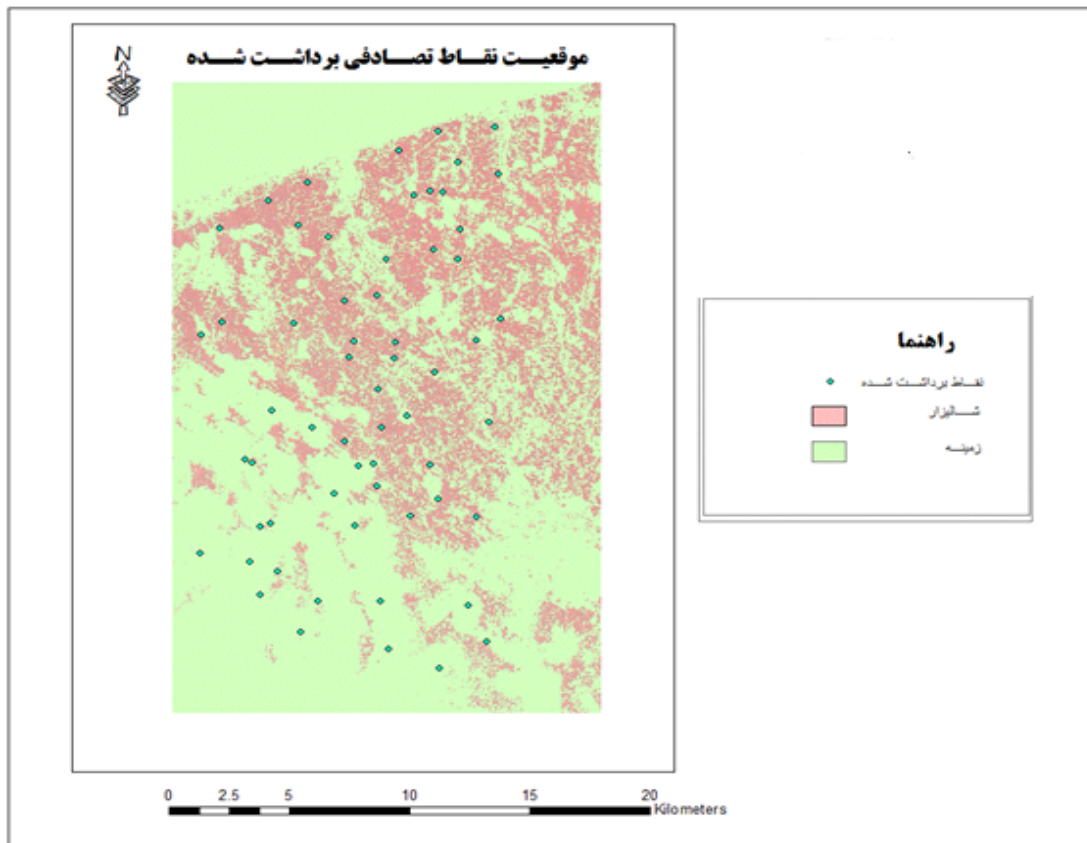
<sup>4</sup> - Radiance

جدول ۳: انرژی رسیده به بالای اتمسفر برای باندهای سنجنده AVNIR ( $W/\mu m \text{ sqm}$ )

Band Number	۱	۲	۳	۴
TOA Irradiance	۱۹۴۳.۳	۱۸۱۳.۷	۱۵۶۲.۳	۱۰۷۶.۵

### ۳-۳ داده های زمینی

در مطالعات کشاورزی که با استفاده از سنجش انجام می شود نحوه برداشت اطلاعات زمینی بسیار حائز اهمیت بوده و اگر روش استفاده شده با روشهای علمی تایید شده متفاوت باشد دقت انجام کار را تحت تاثیر قرار می دهد (Wamunyima, 2005). عملیات میدانی برداشت بایومس در زمان گذر ماهواره از منطقه مطالعاتی انجام گرفت. به منظور تعیین میزان بایومس و سایر پارامترهای مرتبط با آن در عملیات میدانی، ابتدا ماسک باینری بر روی تصویر آرشیوی منطقه قرار داده شد و سپس ۶۳ نقطه به طور تصادفی روی کل منطقه مورد مطالعه جهت برداشت بایومس انتخاب شد (موقعیت نقاط برداشتی در شکل شماره ۲ آمده است). در برداشت میدانی، به منظور حذف خطای ناشی از دقت GPS ضریب ۲ برابر اندازه ی پیکسل انتخاب و اندازه  $30 \times 30$  متر مربعی برای پلات ها (میدانی) انتخاب شد و مختصات نقاط مورد نظر، به عنوان مراکز پلات ها در نظر گرفته شدند. به منظور محاسبه پارامترهای مطلوب در هر پلات  $30 \times 30$  متر مربعی از زیر پلات های  $1 \times 1$  متر مربع استفاده شد. بدین گونه که با ایستادن در مرکز پلات، به طور تصادفی یک پلات یک متر مربعی در محیط پلات  $30 \times 30$  انتخاب و سپس پارامترهای مورد نظر در هر زیر پلات از جمله میزان بایومس، درصد پوشش گیاهی، ارتفاع گیاه، عمق آب و غیره برداشت گردیدند. در هر پلات  $30 \times 30$  متر مربعی با توجه به میزان همگنی پلات، تعداد ۵ تا ۷ زیر پلات یک متر مربعی برداشت شدند که در نهایت میانگین پلات های برداشتی یک مترمربعی، به عنوان میزان پارامتر مطلوب در هر پلات  $30 \times 30$  متر مربع در نظر گرفته شد. با توجه به تغییرات زیاد بایومس در واحد سطح در مرحله حداکثر رشد رویشی گیاه لازم بود که عملیات برداشت بایومس در حداقل زمان ممکن صورت پذیرد.



شکل ۱: پراکنش نقاط برداشتی به منظور محاسبه ی بایومس به روش میدانی

### ۳-۴) روشهای تخمین بایومس

مدل هایی که برای تخمین میزان بایومس ارائه شده اند عموماً بر محاسبه ی شاخص های گیاهی (NDVI, RVI, . . .) استوارند که با استفاده از این شاخص ها و با فرض یک نوع تابع (خطی، لگاریتمی، نمایی و . . .) پارامترهای تابع محاسبه و میزان بایومس تخمین زده می شود. بسیاری از مطالعات در زمینه ی تخمین میزان بایومس بر مبنای همبستگی بین شاخص تفاضلی نرمالیزه شده ی گیاهی (NDVI) و میزان بایومس بنا نهاده شده اند که می توان به تحقیقات راسموسن<sup>۱</sup>، لیو<sup>۲</sup> و کوگان<sup>۳</sup>، گروتن<sup>۴</sup> و گات<sup>۵</sup> و همکارانش اشاره کرد.

این شاخص برای اولین بار توسط (Rouse et al) در سال ۱۹۷۴ به منظور تولید شاخص گیاهی که بتواند پوشش گیاهی را از خاک پس زمینه تشخیص دهد (در تصاویر MSS) به وجود آمد. این شاخص به وسیله عمل جمع و تفریقی که بین باندهای قرمز و مادون قرمز انجام می شود بیان می گردد.

مقدار این شاخص برای پوشش گیاهی متراکم به سوی عدد یک میل می کند و بر عکس ابرها، برف و آب ارزشهای منفی NDVI را تولید می نمایند و سنگها و خاک بایر که واکنش های طیفی مشابهی در دو باند

<sup>1</sup>-Rasmussen

<sup>2</sup>-Liu

<sup>3</sup>-Kogan

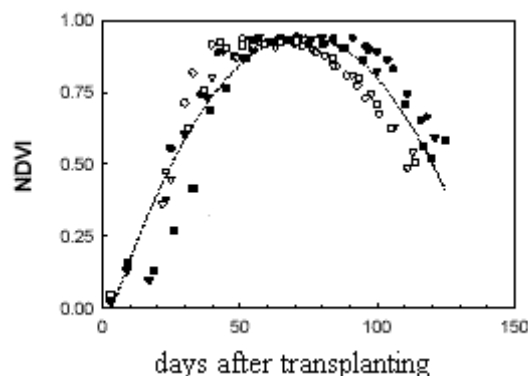
<sup>4</sup>-Grotten

<sup>5</sup>-Gat

مورد استفاده دارند می توانند مقادیر کوچک مثبت یا منفی نزدیک به صفر داشته باشند. این شاخص با استفاده از رابطه (۳) به دست می آید.

$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED} \quad \text{رابطه (۳)}$$

تغییرات NDVI نسبت به زمان کاشت در (شکل ۳) نمایش داده شده است. با رشد گیاه برنج، مقدار NDVI افزایش می یابد تا برنج به بیشینه رشد خود برسد سپس هنگامی که برنج به مرحله رسیدن می رسد با زرد شدن برگهای برنج، مقدار NDVI کاهش می کند.



شکل ۳: تغییرات NDVI نسبت به زمان کاشت برنج

#### ۴- خلاصه و نتیجه گیری:

به منظور برآورد میزان بایومس گیاه برنج در تحقیق حاضر از شاخص NDVI استخراج شده از تصاویر ماهواره ای ALOS استفاده شد. این شاخص پس از عملیات پردازشی از قبیل تصحیح اتمسفری، تصحیح هندسی و محاسبه میانگین در محیط نرم افزار MATLAB محاسبه گردید. از آنجا که اعتبار سنجی نتایج حاصل از روشهای سنجش از دور از اهمیت ویژه ای برخوردار است، ارزیابی نتایج حاصله به دو روش انجام شد که نتایج حاصل از آنها در ادامه آمده است.

#### ۴-۱) محاسبه بایومس با استفاده از ۳۰ داده آموزشی و ۱۵ داده تست

در این روش ابتدا داده ها به دو گروه داده های آموزشی و داده های تست تقسیم شدند. سپس از برآزش مقدار عددی شاخص NDVI در مقابل مقدار بایومس اندازه گیری شده در داده های آموزشی یک معادله رگرسیونی به دست آمد و در نهایت از این معادله جهت پیش بینی مقدار بایومس در داده های تست استفاده شد. جدول شماره (۴) بیانگر نتایج حاصل از بررسی رابطه ی بین مقدار بایومس اندازه گیری شده و مقادیر پیش بینی شده بایومس با استفاده از شاخص NDVI می باشد.

شاخص	R-Square Training	Training RMSE	R-Square Test	RMSE Test
NDVI	0.6100	0.315	0.4414	0.343

جدول ۴: R2 و RMSE بدست آمده مابین مقادیر بایومس اندازه گیری شده گیاه برنج و مقادیر تخمین زده شده آن (۳۰ داده ی آموزشی و ۱۵ داده ی تست)

ذکر این نکته لازم است که تغییر تعداد نمونه های آموزشی و تست بر روی دقت تاثیر داشته و باعث می شود که نتایج متفاوتی حاصل گردد که نشان دهنده تاثیر انتخاب تصادفی نمونه هاست (ابراهیمی، ۱۳۸۹، Darvishzadeh et al, 2008). به منظور جلوگیری از این تاثیر در ادامه از روش Cross Validation استفاده شد.

#### ۴-۲) محاسبه بایومس به روش Cross Validation

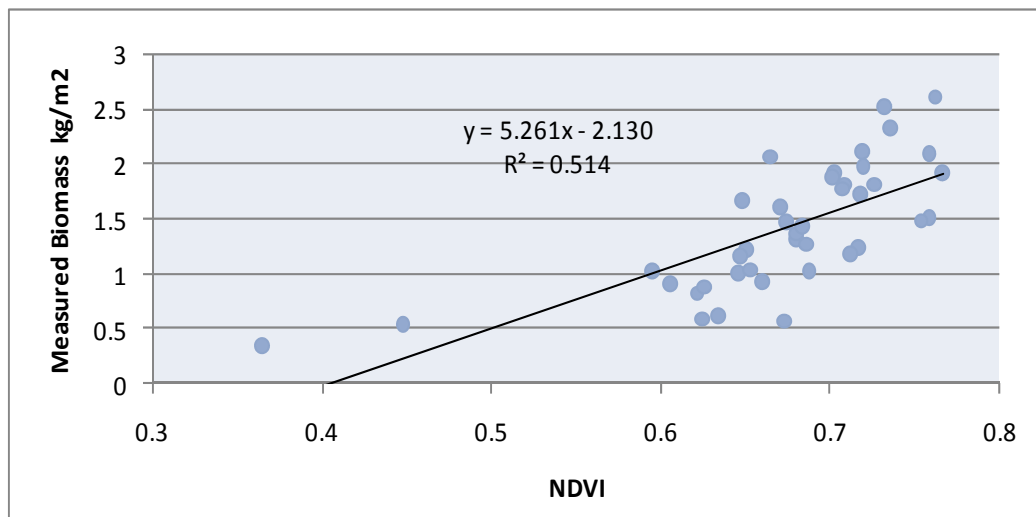
در فرآیند ایجاد و توسعه یک مدل محقق با دو مساله مهم روبروست، یکی ایجاد و استخراج بهترین و دقیق ترین مدل بر اساس داده های موجود و دیگری ارزیابی و تعیین صحت دقت مدلی که ایجاد شده است. در بسیاری از مطالعات اهمیت ارزیابی دقت یک مدل کمتر از ایجاد مدل نیست چرا که همیشه بیش از یک مدل جدید به یک مدل دقیق نیاز است (LU, 2006). یکی از روش های متداول و معتبر در زمینه ارزیابی مدل روش Cross Validation است. استفاده از این روش معمولاً زمانی که تعداد نمونه ها محدود است ترجیح داده می شود (Atzberger et al, 2003). جدول شماره (۵) بیانگر نتایج حاصل از این روش جهت تعیین میزان  $R^2$  و RMSE بین مقادیر بایومس اندازه گیری شده و مقادیر تخمین زده شده گیاه برنج می باشد. در این مرحله ضرایب رگرسیونی  $R^2$  و RMSE بین داده های بایومس برداشت شده زمینی در ۶۳ پلات و مقادیر پیش بینی شده بایومس با استفاده از بازتاب در ۴ باند طیفی (آبی، سبز، قرمز و مادون قرمز) سنجنده ALOS محاسبه شد.

شاخص	R-square	RMSE
NDVI	0.1725	0.39857

جدول ۵:  $R^2$  و RMSE بین مقادیر بایومس اندازه گیری شده گیاه برنج و مقادیر تخمین زده شده آن با استفاده از روش Cross Validation

از آنجا که در مدل Cross Validation هر بار یکی از داده ها از مدل خارج شده و مدل با مابقی داده ها آموزش داده می شود و از تمامی داده های آموزشی و آزمایشی به یک اندازه در آموزش و ارزیابی مدل حاصله استفاده می شود، در نتیجه میزان اثر انتخاب تصادفی نمونه ها به حداقل می رسد. نتایج مدل Cross validation را می توان به عنوان مبنایی برای ارزیابی نتایج و مدل های بکار گرفته شده در این پژوهش مورد استفاده قرار داد.





شکل ۴: ارتباط بین شاخص NDVI و میزان بایومس اندازه گیری شده گیاه برنج

با افزایش مقدار بایومس گیاه مقدار بازتاب در محدوده باند مادون قرمز افزایش پیدا می کند و با توجه به شکل ۳ می توان انتظار داشت که گیاه برنج در مرحله حداکثر رشد رویشی خود بیشترین مقدار شاخص NDVI را هم داشته باشد. در تحقیق حاضر عملیات زمینی به منظور برداشت بایومس هم در همین مرحله از رشد گیاه صورت پذیرفته است. مقدار دقت به دست آمده در این تحقیق شاید در مقایسه با تحقیقاتی که از داده های سنجش از دور استفاده نمی کنند به نسبت کم باشد ولی ذکر این نکته لازم است که در تحقیقاتی که از داده های سنجش از دور به عنوان اطلاعات کلیدی تحقیق استفاده می کنند دقت به دست آمده در این تحقیق دقت قابل قبولی است. Sarker (۲۰۱۱) از شاخص های گیاهی استخراج شده از تصاویر ماهواره ALOS به منظور تخمین بایومس پوشش گیاهی استفاده کرد او دقت به دست آمده از شاخص NDVI را ۰.۴۵ ذکر نمود. همانطور که در شکل ۴ مشخص است در پلات هایی با کمترین و بیشترین میزان بایومس شاخص NDVI به خوبی توانسته است مقدار بایومس را پیش بینی کند. پیشنهاد می شود در سایر تحقیقات، از شاخص های دیگر پوشش گیاهی به منظور تخمین میزان بایومس استفاده شود.

## ۵- منابع

- ۱- علیخانی ، بهلول (۱۳۸۱)، آب و هواشناسی ایران، انتشارات پیام نور ، صص ۸۷
- ۲- ابراهیمی ، محسن (۱۳۸۹). محاسبه درصد پوشش گیاهی با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی و شاخص های گیاهی به منظور بهبود شاخص عمودی خشکسالی اصلاح شده. پایان نامه کارشناسی ارشد گروه سنجش از دور و GIS دانشگاه شهید بهشتی. ۱۳۸ صفحه
- خواجه الدین، س . ج . (۱۳۷۶). نقش سنجش از دور در توسعه کشاورزی و منابع طبیعی پایدار و استفاده از این داده در برنامه ریزی کشاورزی صنعت. مجموعه مقالات سمینار نقش صنعت در توسعه کشاورزی، انتشارات شهرک علمی و تحقیقاتی با همکاری انتشارات مانی، اصفهان
- 4- Atzberger, C., Jarmer, T., Schlerf, M., Kötz, B., & Werner, W. (2003). *Retrieval of wheat bio-physical attributes from hyperspectral data and SAILH +PROSPECT radiative transfer model*. In M. Habermeyer, A. Müller, & S.
- 5- Bannari, A., K. S., D. Haboudane, and K. S. Khurshid, (2006). *Sensitivity analysis of chlorophyll indices to soil optical properties using eld, airborne and satellite hyperspectral data*. *Remote Sensing of Environment*.
- 6- Baret, F. and Jacquemoud, S., 1994. *Modeling canopy spectral properties to retrieve biophysical and biochemical characteristics*. In: J. Hill and J. Me'gier (Editors), *Imaging Spectrometry: A Tool for Environmental Observations*. Luxemburg. ECSC, EEC, EAEC, Brussels and Luxemburg, pp. 145-167.
- 7- BAO, yansong., Gao.wie., and Gao Zhiqiang., 2009. *Estimation of winter wheat biomass based on remote sensing data at various spatial and spectral resolutions*. *Front.Earth Scientist*, 3(1):118-128,
- 8- Cho, M., 2007 . *Hyperspectral remote sensing of biochemical and biophysical parameters* ,thesis, Wageningen university
- 9- Darvishzadeh, R., Skidmore, A. K., Schlerf, M., Atzberger, C. G., & Cho, M. A. 2008. *LAI and Dengsheng, Lu., 2006. the potential and challenge of remote sensing based biomass estimation*. *International of Remote Sensing*, review vol 27,1297-1328
- 10- Elvidge, C.D. and Chen, Z., 1995. *Comparison of broad-band and narrow-band red and near-infrared vegetation indices*. *Remote Sensing of Environment*, 54(1): 38-48.
- 11- Gat, N., Erives, H., Fitzgerald, G. J., Kaffka, S. R., & Mass, S. J. (2000). *Eetimating Sugar beet Yield using AVIRIS-Derived Induces*. Retrieved 14/06, 2002, from the World Wide Web: [http://Makalu.jpl.nasa.gov/docs workshop /00docs/Gat\\_Web.pdf](http://Makalu.jpl.nasa.gov/docs%20workshop/00docs/Gat_Web.pdf)
- 12- Groten, S M. E. (1993). *NDVI – crop monitoring and early yield assessment of Burkina Faso*. *International Journal of Remote Sensing*. 14(8), 1495-1515
- 13- Gower, S.T., Christ j . Kucharik, and john M. Norman., 1999. *Direct and indirect Estimation of leaf Area Index ,APAR and Net primary Production of T ERRESTRIAL Ecosystems*, *Remote sens Environ.vol 70*, pp.29-51
- 14- LU, D., 2006. *The potential and challenge of remote sensing-based biomass estimation*. *Review Article. International Journal of Remote Sensing Vol. 27,No. 7 , 10 April*. 1297-1328
- 15- Liu, W. T., & Kogan, F . (2002). *Monitoring Brazilian soybean using NOAA/AVHRR based vegetation condition indices*. *International Journal of Remote Sensing*, 23(6), 1161-1179
- 16- Sarker,R. L., and Janet, E, Nichol., 2011. *Improved Forest estimates using ALOS-AVNIR-2 Texture indices* , *Remote Sensing of Environment*,115,968-977

- 17- Rasmussen, M . S. (1997). **Operational yield forecast using AVHRR NDVI data: reduction of environmental and inter-annual variability.** *International Journal of Remote Sensing*, 18(5),
- 18- Rouse, J. W., Haas, R.H., Schell, J.A. and Deering, D.W., 1974, **Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS.** n *Proceedings Third ERTS Symposium, NASA SP-351, 10–14 December 1973 1973, Washington, DC (Washington: NASA Scientific and Technical Information Office): 309-317.*
- 19- Yang C.M. and su M.R., (1999), **Modeling Rice Growth from Characteristics of Reflectance Spectra**, ACRS
- 20- Todd, S.W., HOFFER, R.M., and MILCHUNAS, D.G., 1998. **Biomass estimation on grazed and ungrazed rangelands using spectral indices.** *International Journal of Remote sensing*, 19, 427–438
- 21- W. Liu, W. Gao, Z. Gao, and X. Wang, 2004. **Correlation analysis between the biomass of oasis ecosystem and the vegetation index at Fukang**, *Remote Sensing and Modeling of Ecosystems for Sustainability*, vol 6298