

## استفاده از تصاویر ماهواره لندست در برآورد شاخص سطح برگ در سطوح وسیع

مجتبی رضایی<sup>۱\*</sup>، مجید وظیفه دوست<sup>۲</sup>، ناصر دواتگر<sup>۳</sup>، نادر پیرمردیان<sup>۴</sup>، شیوا مختاری<sup>۵</sup>، علی شاه نظری<sup>۶</sup>، محمود رائینی سرجاز<sup>۷</sup> و ابراهیم امیری<sup>۸</sup>

### چکیده

محاسبه دقیق شاخص سطح برگ (LAI) نقش مهمی در افزایش دقت برآورد تبخیر-تعرق و میزان تأثیر تنش‌های محیطی مانند خشکی بر گیاهان دارد. اندازه‌گیری این شاخص مهم در سطح وسیع بسیار هزینه‌بر و وقت‌گیر است. فناوری سنجنش‌ازدور امکان اندازه‌گیری آسان LAI را در این شرایط فراهم نموده است. این پژوهش باهدف بررسی دقت استفاده از تصاویر ماهواره‌ای برای اندازه‌گیری LAI برنج با استفاده از داده‌های LAI اندازه‌گیری شده در ۱۰ مزرعه طی ۴ مرحله زراعی در سال ۱۳۸۹ در سطح شهرستان فومن استان گیلان انجام گردیده است. نتایج نشان داد دقت این روش بسته به میزان پوشش گیاهی متغیر است ولی در مرحله پوشش کامل از دقت بالایی برخوردار است ( $R^2 > 0/85$ ). در دوره ابتدایی رشد (پنجاه‌زنی) نمایه NDVI و در مرحله پوشش کامل استفاده از نمایه SAVI منجر به رابطه خطی بهتری با شاخص سطح برگ شده است.

واژه‌های کلیدی: LAI، NDVI، SAVI، شالیزار، سنجنش‌ازدور.

### مقدمه

کسب اطلاعات درباره وضعیت پوشش گیاهی سطح زمین نقش مهمی در کشاورزی پایدار، مبتنی بر حفظ محیط‌زیست و مدیریت یکپارچه زراعی دارد. یکی از متغیرهای کلیدی که توسط

فیزیولوژیست‌ها و مدل‌سازها برای برآورد تخمین و پیش‌گویی رشد گیاهان، عملکرد و مدیریت زراعی بکار می‌رود میزان پوشش برگ و شاخص سطح برگ (Leaf Area Index-LAI) است. محاسبه و اندازه‌گیری LAI برای مطالعه و فهم فرایندهای بیوفیزیکی پوشش گیاهی و پیش‌بینی رشد از اهمیت زیادی برخوردار است (مختاری، ۱۳۹۰؛ رضایی، ۱۳۹۴). محاسبه دقیق این شاخص نقش اساسی در افزایش دقت برآورد عملکرد، تبخیر تعرق، زیست‌توده، میزان تأثیر تنش‌های محیطی مانند خشکی در الگوریتم‌های گیاهی ارائه‌شده از طریق سنجنش‌ازدور و مدلینگ دارد. اندازه‌گیری دستی شاخص سطح برگ در سطح زمین دقیق است ولی انجام آن با این روش، معمولاً بسیار هزینه‌بر، وقت‌گیر و باعث از بین رفتن نمونه گیاه می‌گردد. در نتیجه این روش محدود به پلات‌های آزمایشی در سطح کوچک می‌گردد. اما اندازه‌گیری این نمایه در سطح وسیع عملاً امکان‌پذیر نبوده و یکی از معضلات کشاورزی دقیق می‌باشد (مختاری، ۱۳۹۰). امروزه فناوری سنجنش‌ازدور امکان مطالعه گسترده پوشش گیاهی اندازه‌گیری راحت و آسان LAI را در سطح وسیع فراهم نموده است. ولی نکته اساسی که باید در استفاده از شاخص‌های مستخرج از تصاویر ماهواره‌ای دقت نمود این است که این روش خصوصیات تجربی بسیار بالایی دارد و لازم

۱ موسسه تحقیقات برنج کشور سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، رشت، ایران (\* نویسنده مسئول: [mrezaei@yahoo.com](mailto:mrezaei@yahoo.com))، تلفن تماس: ۰۱۳۳۳۶۹۰۰۵۲

۲ استادیار گروه مهندسی آب دانشکده کشاورزی دانشگاه گیلان

۳ موسسه تحقیقات برنج کشور سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، رشت، ایران

۴ استادیار گروه مهندسی آب دانشکده کشاورزی دانشگاه گیلان

۵ دانش‌آموخته گروه مهندسی آب دانشگاه گیلان

۶ استاد دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

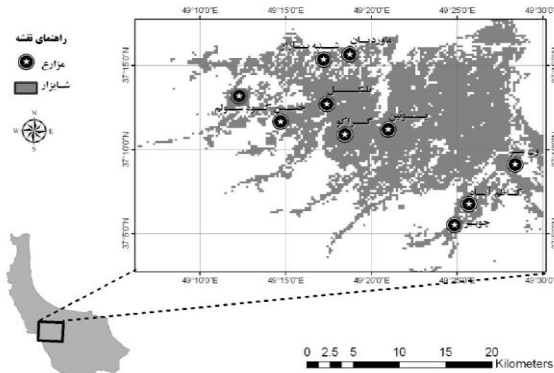
۷ استادیار دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

۸ استاد گروه مهندسی آب دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه آزاد اسلامی واحد لاهیجان

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۰۷/۰۵

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۱۰/۰۹

زراعی در سال ۱۳۸۹ از ۱۰ مزرعه برداشت شده است. برای جلوگیری از لول شدن و کاهش سطح برگ این نمونه‌ها قبل از طلوع آفتاب با ریشه از این مزارع برداشت شده در داخل گلدان قرار گرفته به آزمایشگاه موسسه تحقیقات برنج کشور انتقال یافت و سطح برگ آن توسط دستگاه سطح برگ‌سنج مورد اندازه‌گیری قرار گرفت. شکل ۱ مختصات مزارع نمونه‌برداری شده را نشان می‌دهد.



شکل ۱- نقاط نمونه‌برداری شاخص سطح برگ

### محاسبه LAI از تصاویر ماهواره‌ای

مقادیر سطح برگ در شالیزارهای موردنظر با ضرایب اشاره شده در منابع (Sharma et al., 2000) و استفاده از باندهای ۳ و ۴ در چهار تصویر ماهواره لندست (جدول ۱) محاسبه گردید. در منابع مختلف ضرایب مورد استفاده در معادلات ۱، ۲ و ۳ شامل  $C1$ ،  $C2$ ،  $C3$  و  $L$  به ترتیب برابر  $0/1$ ،  $0/069$ ،  $0/059$  و  $0/91$  پیشنهاد شده‌اند.

است هر مدل در منطقه موردنظر واسنجی گردند (Rao et al., 2006). مطالعات برای برآورد شاخص سطح برگ از داده‌های سنجنده‌های دور معمولاً بر پایه ایجاد روابط تجربی میان اندازه‌گیری در سطح زمین و واکنش طیفی مشاهده شده می‌باشند. راتو و همکاران (۲۰۰۶) شاخص سطح برگ را از طریق ایجاد یک معادله خطی با  $SAVI$  و  $NDVI$  محاسبه کردند. یکی از معروف‌ترین معادلات محاسبه این شاخص استفاده از رابطه نمایی بین  $LAI$  و شاخص  $SAVI$  برای محاسبه شاخص سطح برگ به صورت معادله زیر می‌باشد.

$$LAI = -\ln\left(\frac{C_1 - SAVI}{C_2}\right) \times \frac{1}{C_3} \quad (1)$$

$$SAVI = (1 + L) \times \frac{\rho_{nir} - \rho_{red}}{L + \rho_{nir} + \rho_{red}} \quad (2)$$

$$NDVI = \frac{\rho_{nir} - \rho_{red}}{\rho_{nir} + \rho_{red}} \quad (3)$$

$\rho_{nir}$ ،  $\rho_{red}$  به ترتیب انعکاس در باندهای قرمز و مادون قرمز

$C3$ ،  $C2$ ،  $C1$ ،  $L$  ضرایب تجربی هستند

### مواد و روش‌ها

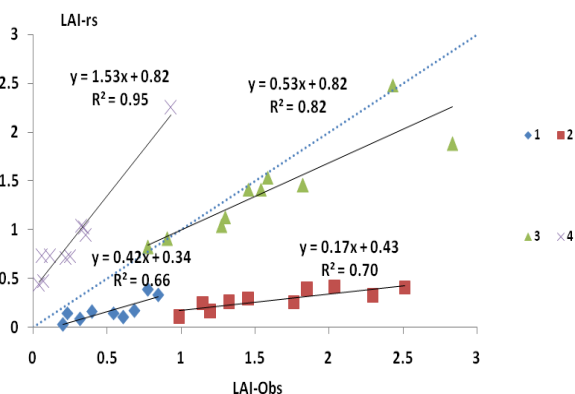
منطقه مورد مطالعه بخشی از اراضی شالیزارهای شهرستان فومن استان گیلان واقع در عرض جغرافیایی  $36^{\circ}56'$  تا  $37^{\circ}18'$  درجه شمالی و طول جغرافیایی  $49^{\circ}10'$  تا  $49^{\circ}31'$  درجه شرقی با ارتفاع متوسط ۳ متر پایین‌تر از سطح دریای آزاد است. شکل ۱ موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه را نشان می‌دهد.

در این پژوهش از داده‌های  $LAI$  اندازه‌گیری شده از مزارع شالی کاری استان گیلان استفاده گردیده است. این داده‌ها طی ۴ مرحله

جدول ۱- تاریخ نمونه‌برداری و تصاویر مورد استفاده برای ارزیابی ضرایب مورد استفاده

تاریخ نمونه‌گیری	مرحله رشدی	تاریخ تصویر	
		تاریخ فارسی	تاریخ میلادی
۸۹/۳/۱۳	ابتدای پنجه‌زنی	۸۹/۳/۱۲	2010/6/2
۸۹/۳/۲۷	اواخر پنجه‌زنی	۸۹/۳/۲۰	2010/6/10
۸۹/۴/۲۴	گلدهی	۸۹/۴/۲۱	2010/7/12
۸۹/۵/۷	رسیدگی	۸۹/۵/۶	2010/7/28

محاسبه را کاهش داده است. خط رگرسیونی دو مرحله اندازه‌گیری اول و دوم نشان می‌دهد که این دو خط کاملاً در یک راستا می‌باشند. نزدیکی به خط رگرسیونی در مرحله اول به معنی اعتماد به‌درستی ضرایب در این مرحله نمی‌باشد و لازم است مطالعه بیشتری در این مورد به عمل آید. البته تعداد کم نمونه‌های اندازه‌گیری شده همواره می‌تواند باعث ایجاد خطا گردد. به دلیل مشکلات بسیار زیاد اجرایی، مطالعات سایر محققان نیز با تعداد محدودی از داده‌های مشاهداتی انجام پذیرفته است. علی‌رغم وجود ضریب تبیین بسیار بالای معادله ارتباط بین LAI محاسباتی و اندازه‌گیری شده در مرحله چهارم اندازه‌گیری، مقدار LAI محاسبه‌شده با سنجش‌ازدور (LAI-rs) بسیار بیشتر از مقدار واقعی می‌باشد. همان‌طور که اشاره شد در اواخر دوره رشد برگ برنج زرد شده و از LAI به‌شدت کاسته می‌شود. در این حالت اندازه‌گیری آن نیز بسیار سخت و همراه با خطای فراوان است. تغییر پوشش گیاهی برنج در طول فصل رویش می‌تواند یکی از دلایل عمده این موضوع باشد به‌طورمعمول در ابتدای رشد برنج، LAI بسیار کم است ولی رفته‌رفته مقدار آن افزایش‌یافته و در پایان دوره گلدهی به بیشینه خود می‌رسد و سپس از مقدار این شاخص کاسته می‌شود. این مسئله را می‌توان به تغییر شاخص گیاهی NDVI در مراحل رشدی در هر مزرعه نسبت داد. کاهش LAI در اواخر دوره رشد پس از رسیدن به حداکثر و تغییر در مقدار بازتابش هر مزرعه باعث تفاوت در دو گروه مرحله سوم و چهارم شده است.



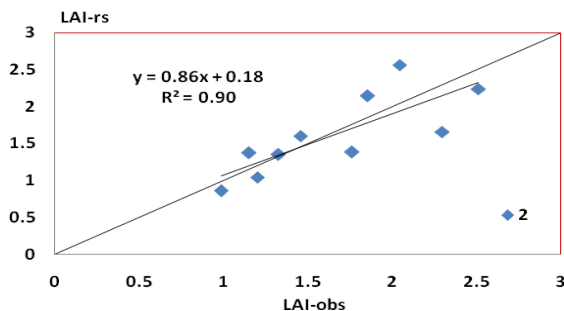
شکل ۲- رابطه میان شاخص سطح برگ محاسباتی از تصاویر ماهواره لندست (LAI-rs) و مشاهداتی (LAI-Obs) در مراحل چهارگانه اندازه‌گیری، ضرایب L, C1, C2, C3 به ترتیب برابر ۰/۶۹، ۰/۵۹ و ۰/۹۱

در این پژوهش صحت و دقت این ضرایب در برآورد LAI با استفاده از داده‌های شاخص سطح برگ اندازه‌گیری شده در چهار مرحله جداگانه مورد مقایسه و ارزیابی قرار گرفت. واسنجی ضرایب معادله از روش سعی و خطا انجام گردید. بدین‌صورت که با تغییر مداوم ضرایب مذکور سعی گردید مقدار اختلاف مقادیر LAI اندازه‌گیری شده با مقادیر محاسبه‌شده به حداقل برسد. ارتباط شاخص سطح برگ اندازه‌گیری شده و نمایه‌های گیاهی مستخرج از تصاویر NDVI و SAVI با استفاده از معادلات مختلف شامل معادلات خطی درجه اول و دوم و معادله نمایی نیز به دست آمد. لازم به ذکر است تصاویر ماهواره لندست به‌صورت ارزش رقومی ارائه می‌گردند. برای استفاده از این تصاویر لازم است که آن را به مقادیر بازتابش تبدیل نمود که شامل دو مرحله تبدیل ارزش رقومی به رادیانس و تبدیل رادیانس به بازتابش یا انعکاس می‌باشد. الگوریتم تبدیل به‌طور مفصل در منابع مختلف ارائه گردیده است. برای مقایسه داده‌های شبیه‌سازی‌شده با مقادیر واقعی از ضریب تبیین رگرسیون خطی  $R^2$  استفاده گردید.

## نتایج و بحث

شکل ۲ نشان‌دهنده ارتباط مقادیر مختلف LAI محاسبه‌شده از طریق فناوری سنجش‌ازدور با استفاده از تصاویر ماهواره لندست (LAI-rs) و LAI اندازه‌گیری شده (LAI-Obs) طی چهار مرحله زراعی در ۱۰ مزرعه شالی‌کاری شهرستان فومن است. این مقادیر با استفاده از معادله شماره ۱ و در نظر گرفتن ضرایب پیشنهادی برای برنج به‌صورت جداگانه در هر یک از مراحل چهارگانه اندازه‌گیری LAI ارزیابی گردید. در بین این مراحل ضریب تبیین در اندازه‌گیری مرحله اول برابر ۰/۶۶ به دست آمد که بیانگر ارتباط نسبتاً خوب می‌باشد. مرحله اندازه‌گیری سوم با ضریب تبیین بسیار بالا ( $R^2 > 0/85$ ) هماهنگی بالایی را نشان می‌دهد. ولی علی‌رغم وجود ضریب تبیین بسیار خوب ( $R^2 = 0/70$ ) در مرحله دوم به نظر می‌رسد معادلات قادر به شبیه‌سازی درست LAI در این مرحله نمی‌باشند زیرا در مرحله دوم با افزایش LAI اندازه‌گیری شده، LAI شبیه‌سازی‌شده تغییر زیادی نمی‌نماید. در ضمن LAI اندازه‌گیری شده از تصاویر ماهواره‌ای بسیار کمتر از مقدار اندازه‌گیری‌شده است. در این مرحله از اندازه‌گیری، گیاه در ابتدای دوره رشد بوده و از آنجایی‌که در این دوره هنوز پوشش گیاهی به‌صورت کامل سطح زمین را نپوشانیده است، تأثیرات خاک و ایستایی روی سطح مزارع شالیزاری باعث تأثیر بر بازتابش گردیده و خطای ایجادشده دقت

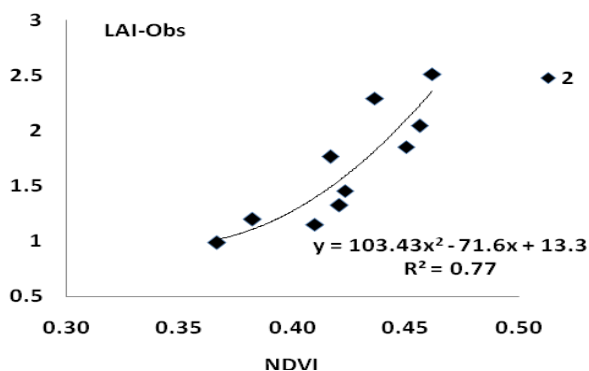
برخوردار است (شکل ۸). برای مرحله چهارم اندازه‌گیری معادله خطی درجه دوم از دقت بهتری برخوردار می‌باشد (شکل ۹). با توجه به شکل ۱۰ که بیانگر رابطه بین نمایه NDVI با شاخص سطح برگ اندازه‌گیری شده در مراحل سوم و چهارم می‌باشد می‌توان با دقت قابل قبولی مقدار این شاخص را مستقیماً از نمایه گیاهی NDVI اندازه‌گیری کرد ( $R^2=0.186$ ). در مجموع به نظر می‌رسد برای مراحل دوم، سوم و چهارم استفاده از نمایه گیاهی NDVI و استفاده از معادلات درجه دوم و نمایی دقت بالاتری را خواهد داشت. ولی در همین مراحل در صورت استفاده از رابطه ساده خطی درجه اول نمایه گیاهی SAVI نتایج بهتری را خواهد داشت. برای مراحل ابتدایی رشد کاربرد معادله خطی درجه اول و نمایه NDVI دقت بالاتری را داشته است. جدول ۲ بهترین معادلات محاسبه شاخص سطح برگ برنج از تصاویر ماهواره لندست در منطقه از طریق نمایه گیاهی NDVI به دست آمده در این بخش را به همراه ضریب تبیین هر بخش ارائه نموده است. بر این اساس برای مرحله اول رابطه خطی درجه یک و برای مرحله دوم و چهارم رابطه خطی درجه دوم و برای مرحله سوم رابطه نمایی بهترین نتایج را ارائه نموده است. نتایج این بخش نشان می‌دهد دقت اندازه‌گیری مقدار شاخص سطح برگ در مقیاس وسیع با استفاده از فناوری سنجنش‌ازدور در مراحل رشدی که سطح زمین به وسیله گیاه پوشیده شده باشد مناسب می‌باشد. البته این کار نیازمند به بررسی بیشتر با استفاده از داده‌های متعدد در سطح وسیع جهت واسنجی ضرایب در تمام منطقه می‌باشد.



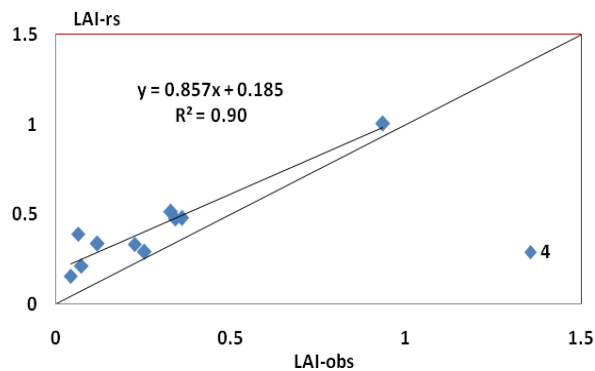
شکل ۳- شاخص سطح برگ مشاهداتی در مقابل شاخص سطح برگ محاسباتی در مرحله دوم با ضرایب  $C1$ ،  $C2$ ،  $C3$  به ترتیب برابر  $0.18$ ،  $0.39$ ،  $0.25$  و  $0.99$

برای حل مشکل و تصحیح محاسبه شاخص سطح برگ می‌توان از دو روش استفاده کرد. روش اول استفاده از معکوس معادلات به دست آمده می‌باشد. بر این اساس کافی است شاخص سطح برگ به دست آمده از طریق سنجنش‌ازدور را درون معادله متناظر با مرحله رشدی قرار داده و مقدار سطح برگ واقعی را به دست آورد. برای مرحله رشد دوم معادله مذکور برابر  $LAI-obs=5.88 \times LAI-rs-0.43$  و برای مرحله چهارم معادله مذکور  $LAI-obs=0.65 \times LAI-rs-0.82$  می‌باشد. روش دوم تعدیل و واسنجی ضرایب می‌باشد. در این پژوهش ضرایب معادله تخمین شاخص سطح برگ در مرحله چهارم از روش سعی و خطا واسنجی گردید. در قدم اول با تغییر مداوم ضریب  $L$  در معادله نمایه SAVI مقدار شاخص سطح برگ محاسبه شد و سپس ضرایب  $C1$ ،  $C2$ ،  $C3$  تغییر یافت تا نزدیک‌ترین مقادیر شاخص سطح برگ محاسباتی و اندازه‌گیری شده بدست آید. پس از انجام کار ضرایب مناسب برای مرحله دوم و چهارم دوره رشد برنج برای  $L$ ،  $C1$ ،  $C2$ ،  $C3$  به ترتیب برابر  $0.18$ ،  $0.39$ ،  $0.25$ ،  $0.99$  و  $0.38$ ،  $0.66$ ،  $0.3$  و  $0.99$  محاسبه گردید. شکل‌های ۳ و ۴ نشان‌دهنده شاخص سطح برگ اندازه‌گیری شده در مقابل شاخص سطح برگ محاسبه شده از سنجنش‌ازدور در این دو مرحله با ضرایب تصحیح شده می‌باشد. با توجه به این شکل مقادیر پیشنهادی باعث دقت بهتر اندازه‌گیری شاخص سطح برگ شده‌اند و خطای اندازه‌گیری در این حال بسیار کم می‌باشد ( $R^2 > 0.90$ ).

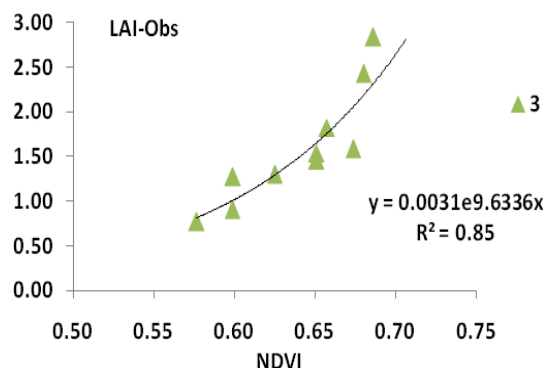
نتایج ایجاد رابطه با استفاده از نمایه NDVI و SAVI در چهار مرحله اندازه‌گیری به صورت مجزا در شکل‌های ۵ و ۶ نشان داده شده است. با توجه به این شکل‌ها استفاده از نمایه NDVI در دوره ابتدایی رشد شامل مرحله اول و دوم، رابطه خطی بهتری را ایجاد نموده است ولی در دو مرحله بعدی استفاده از نمایه SAVI منجر به رابطه خطی بهتری با شاخص سطح برگ شده است. می‌توان نتیجه‌گیری کرد که برای اندازه‌گیری شاخص سطح برگ با استفاده از فناوری سنجنش‌ازدور، لازم است به مراحل رشدی نیز توجه داشت. در پژوهش حاضر نتایج ایجاد رابطه‌ای بین این نمایه‌ها و شاخص سطح برگ از طریق استفاده از روابط خطی با درجات بالاتر از یک، نشان می‌دهد رابطه خطی درجه دوم از دقت بهتری برای برآورد شاخص سطح برگ در اندازه‌گیری مرحله دوم برخوردار است (شکل ۷). همچنین برای برآورد شاخص سطح برگ در اندازه‌گیری مرحله سوم رابطه نمایی از دقت بهتری



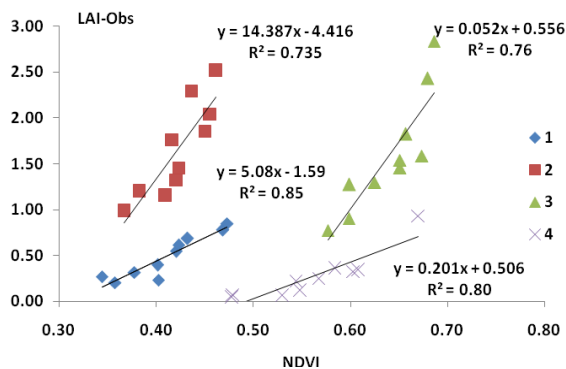
شکل ۷- رابطه بین نمایه NDVI و شاخص سطح برگ در مرحله دوم



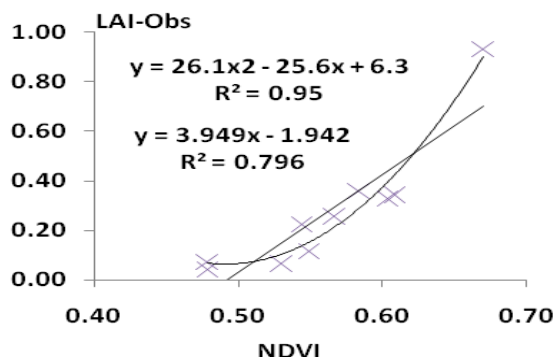
شکل ۴- شاخص سطح برگ مشاهداتی در مقابل شاخص سطح برگ محاسباتی در مرحله چهارم با ضرایب C3، C2، C1، L به ترتیب برابر ۰/۳، ۰/۶۶، ۰/۳۸، و ۰/۹۵



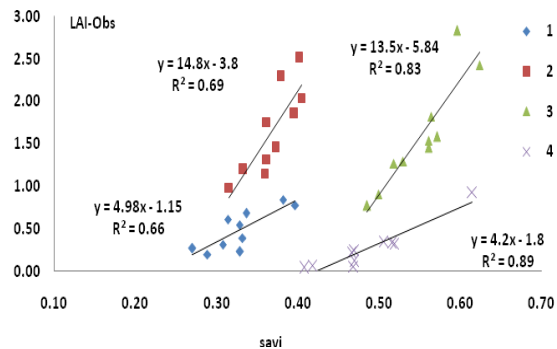
شکل ۸- مقادیر شاخص سطح برگ به ازای نمایه NDVI در مرحله سوم



شکل ۵- رابطه میان شاخص NDVI و سطح برگ مشاهداتی در چهار مرحله



شکل ۹- مقادیر شاخص سطح برگ اندازه گیری شده به ازای نمایه NDVI در مرحله چهارم



شکل ۶- رابطه بین SAVI و شاخص سطح برگ مشاهداتی

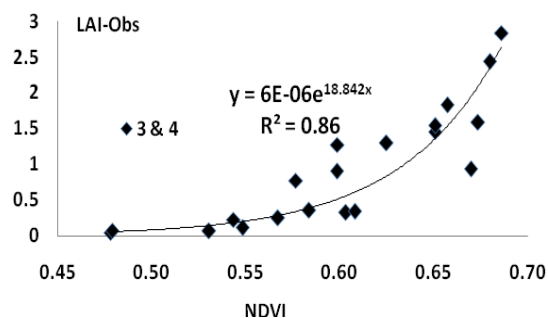
### مراجع

رضایی، م.، ۱۳۹۴. برآورد تأثیر تغییرات میزان کاربرد آب آبیاری بر بهره‌وری آب در سطح وسیع با استفاده از ترکیب داده‌های ماهواره‌ای و مدل DSSAT. رساله دکتری. گروه مهندسی آب دانشکده علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری. ۱۴۸ ص.

مختاری، ش.، ۱۳۹۰. توسعه و کاربرد یک مدل ساده (VSM) جهت تخمین منطقه‌ای عملکرد برنج با بهره‌گیری از داده‌های ماهواره‌ای. پایان‌نامه کارشناسی ارشد. گروه مهندسی آب دانشکده علوم کشاورزی دانشگاه گیلان. ۸۰ ص.

Rao, N.R., Garg, P.K., and Ghosh, S.K. 2006. Estimation and comparison of leaf area index of agricultural crops using IRS LISS-III and EO-1 Hyperion images. *Journal of the Indian Society of Remote Sensing*, 34(1):69-78.

Sharma, N., Piscioneri, I., Baviello, G., and Orlandini, S. 2000. Promising industrial energy crop, *Cynara cardunculus*: a potential source for biomass production and alternative energy. *Energy Conversion and Management*, 41(10):1091-1105.



شکل ۱۰- رابطه بین نمایه NDVI و شاخص سطح برگ اندازه‌گیری شده در مراحل سوم و چهارم

جدول ۲- معادله مناسب محاسبه LAI در مراحل مختلف اندازه‌گیری

مرحله	معادله	R <sup>2</sup>
۱- ابتدای پنجه‌زنی	LAI = 5.08 × NDVI - 1.59	۰/۸۵
۲- اواخر پنجه‌زنی	LAI = 103.43 × NDVI <sup>2</sup> - 71.6 × NDVI + 13.3	۰/۷۷
۳- گلدهی	LAI = 0.0031 × e <sup>9.6336NDVI</sup>	۰/۸۵
۴- رسیدگی	LAI = 26.1 × NDVI <sup>2</sup> - 25.6 × NDVI + 6.3	۰/۹۵
۴و۳	LAI = 6E-6 × E <sup>(18.842 × NDVI<sup>2</sup>)</sup>	۰/۸۶

## Estimation of Rice LAI in a Large Scale Using Landsat Imageries

M. Rezaei<sup>1\*</sup>, M. Vazifedoust<sup>2</sup>, N. Davatgar<sup>3</sup>, N. Pirmoradian<sup>4</sup>, Sh. Mokhtari<sup>5</sup>, A. shahnazari<sup>6</sup>, M. Raeini Sarjaz<sup>7</sup> and E. Amiri<sup>8</sup>

### Abstract

Leaf area index (LAI) is an important index in crop evapotranspiration estimation and in monitoring abiotic stresses like water stress. The LAI determination using direct methods is costly as well as time consuming, making it nearly impossible especially over large scales. For these reasons, attempts have been made to forecast LAI using remotely sensed vegetation indices (i.e., the Normalized Difference Vegetation Index, NDVI). The present study aimed to estimate rice LAI in a large scale using remote sensing imageries from Landsat 5 and 7. Actual LAI were measured during 2010 in four different growing phases in 10 paddy fields of Fouman, Guilan, the northern part of Iran. The samples were taken from the fields and the LAI were measured by a LAI meter in laboratory. The results showed that the accuracy of estimation of LAI by Landsat imageries changed during the season, but the best results gained in rice full coverage in flowering phase ( $R^2=0.85$ ). In the early stage of rice growing season using NDVI and in full coverage using SAVI gave the best correlation of LAI estimation.

**Keywords:** LAI ,NDVI ,SAVI, paddy field, Rs.

---

<sup>1</sup> Rice Research Institute of Iran, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Rasht, Iran

(\*Corresponding Author: mrezaei@yahoo.com).

<sup>2</sup> Assistant professor, Faculty of Agricultural Sciences, University of Guilan, Rasht

<sup>3</sup> Rice Research Institute of Iran, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Rasht, Iran.

<sup>4</sup> Assistant professor, Faculty of Agricultural Sciences, University of Guilan, Rasht

<sup>5</sup> MSc. Student, Irrigation and drainage, University of Guilan

<sup>6</sup> Professor, Faculty of Agricultural Sciences, University of Sari, Sari, Iran.

<sup>7</sup> Assistant Professor, Faculty of Agricultural Sciences, University of Sari, Sari, Iran

<sup>8</sup> Professor, Department Of Water Engineering, Lahidjan Branch, Islamic Azad University, Lahidjan, Iran.

Received: Sep 27, 2016

Accepted: Dec 30, 2016

