

شناسایی محدوده های کشت برنج با استفاده از تصاویر ماهواره ای سنتینل-۱ (منطقه مورد مطالعه: استان مازندران)

محمود شمس رضائی^{۱*}، میثم داودآبادی فراهانی^۲

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۵/۱۲

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۷/۱۸

چکیده

روشی که در این تحقیق بکار گرفته شده است، بر اساس یک مدل تصمیم گیری مبتنی بر ویژگی ها (Feature Base) می باشد. بطوری که بتوان نقشه مناطق کاشت برنج را با استفاده از تصاویر ماهواره ای سری زمینی باند C از تصاویر Sentinel-1 A استخراج و شناسایی کنیم. منطقه مورد مطالعه در این تحقیق محدوده ها و مزارع کشت استان مازندران انتخاب گردیده است. این استان به همراه استان گیلان بیش از ۸۰ درصد برنج کشور را تأمین می کند. در این مطالعه، ابتدا از یک مدل کلی مرتبط با رشد محصول استفاده شده است. این مدل بر اساس یک تابع چند جمله ای مکعبی ساخته شده است که توسط مجموعه عوامل مربوط به سری زمینی (SAR) مرتبط با رشد گیاه که در دوره رشد برای برنج اتفاق می افتد، استخراج شده است. در این مدل، از پنج ویژگی مرتبط با مراحل رشد برنج که از اهمیت زیادی برخوردار بوده و در شناسایی نوع گیاه اهمیت ویژه دارند، استفاده شده است. این شاخص ها مجموعه ویژگی هایی هستند که در مراحل اولیه رشد یعنی از زمان کاشت تا زمانی که گیاه برنج به حداکثر رشد خود می رسد، استخراج شده اند. شاخص های مربوطه، مجموعه عملی هستند که در مرحله ابتدایی رشد برنج اتفاق می افتد بنابراین آنالیز سری زمانی در این پژوهش از اهمیت ویژه ای برخوردار بوده و کاملاً اطلاعات مربوط به فنولوژی رشد برنج را در نظر گرفته است.

واژگان کلیدی: سنجش از دور، تصاویر ماهواره ای، سنتینل-۱، برنج، مزارع برنج، استان مازندران، مدل تصمیم گیری.

^۱ دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی نقشه برداری- سنجش از دور، موسسه آموزش عالی حکمت قم

^۲ استادیار، گروه مهندسی نقشه برداری؛ موسسه آموزش عالی حکمت قم، ایران.

مقدمه

برنج با نام علمی *oryza sativa* اصلی ترین غذای اکثریت مردم جهان بوده، بطوری که غذای اصلی نیمی از مردم را شامل می شود (FAO, 2018)، این محصول در کشورهای در حال توسعه از اهمیت ویژه ای برخوردار است. (Elert, 2014) همچنین دومین غله جهان به شمار می رود (FAO, 2018).

کشت برنج در ایران نیز جایگاه ویژه ای دارد، لیکن اخیراً بروز کم آبی، کشت این گیاه را در ایران و جهان در معرض خطر قرار داده است. با وقوع کم آبی نه تنها حجم آب کم می شود، بلکه کیفیت آن نیز تغییر یافته و شورتر می شود (دو نینگ و همکاران، ۲۰۰۷) سطح زیر کشت برنج در ایران در حدود ۵۸۰۱۵۲ هکتار تخمین زده شده است (فائو ۲۰۱۱). اراضی زیر کشت برنج در ایران به طور عمده متعلق به پنج استان مازندران (۳۸/۵ درصد)، گیلان (۳۱/۹ درصد)، گلستان (۹/۹ درصد)، خوزستان (۹/۲ درصد) و فارس (۳/۹ درصد) است (ایزد دوست و همکاران، ۱۳۹۴). رشد اقتصادی و صنعتی باعث افزایش سطح زندگی و انتظار برای دریافت غذای بیشتر و با کیفیت بهتر شده است. در این شرایط اندازه گیری هرچه دقیقتر و سریعتر عملکرد برنج و تولید داخلی نقش مهمی در مدیریت و برآورد زود هنگام مقدار کمبود و یا مازاد تولید ملی و برنامه ریزی برای واردات و یا در صورت لزوم صادرات آن دارد (لو و همکاران، ۲۰۰۲). روش مرسوم اندازه گیری مقدار عملکرد در ایران، تجربی است که علاوه بر نیاز به اندازه گیری های زیاد صحرایی برای جمع آوری داده ها، پرهزینه، سخت و گاهی غیرممکن است. در نهایت داده های نهایی بسیار دیرتر از زمان مورد نیاز به دست مدیران خواهد رسید. به همین دلیل این داده ها بیشتر از این که به عنوان ابزار مدیریت در سال جاری استفاده گردد به عنوان آمار کشت در سال یا سال های گذشته ارائه می گردند. ضرورت آگاهی از مقدار تولید در سطح ملی و پیشرفت های اخیر سنجش از دور نگاه ها را به سمت این فناوری برای حل مشکل معطوف کرده است. استفاده ضعیف از فن آوری های موجود در بخش کشاورزی، نبود زیر ساخت های مناسب، یکپارچه نبودن اراضی و نا کار آمدی مدیریت کشاورزی از جمله دلایل کاهش میزان عملکرد شالیزارها در کشورهای در حال توسعه از جمله ایران می باشد. آگاهی یافتن از میزان عملکرد محصول در واحد های زراعی می تواند اطلاعات مفیدتری را در اختیار مدیران، برنامه ریزان و پژوهشگران بگذارد. با پرتاب ماهواره های تصویر برداری مختلف به مدار زمین، سنجش از دور در انجام مطالعات گوناگون به ویژه در مدیریت منابع زمینی و کشاورزی گسترش بسیاری یافته است. با دریافت داده های ماهواره ای و پردازش و آنالیز این داده ها در محیط GIS می توان اطلاعات مفیدی در رابطه با سطح زیر کشت، شناسایی و نوع محصول در مناطق زیر کشت، برآورد میزان تولید محصول کشاورزی و وضعیت رشد و شرایط سلامت محصولات کشاورزی به دست آورد (نجمی حمزه، ۱۳۹۱). سنجش از دور با فراهم آوردن اطلاعات مذکور می تواند از تصمیم گیری های مدیران بخش کشاورزی پشتیبانی نماید. استفاده از روش های نوین مانند سنجش از دور این امکان را فراهم می کند تا با صرف زمان و هزینه خیلی کمتر از روش های سنتی، به این اطلاعات دست پیدا کرد، علاوه بر آن امکان شناسایی و تخمین عملکرد قبل از برداشت، زمان بیشتری را برای تصمیم گیری در اختیار مدیران قرار می دهد. بر این اساس ضرورت ایجاد می کند تا استفاده از این روش ها فراگیر شود هدف اصلی از این پژوهش ارائه روش و مدلی جهت شناسایی و استخراج مزارع کشت برنج با استفاده از تصاویر چند زمانه سنتینل-۱ از طریق ارزیابی و تحلیل مراحل رشد گیاه (فنونلوژی) می باشد.

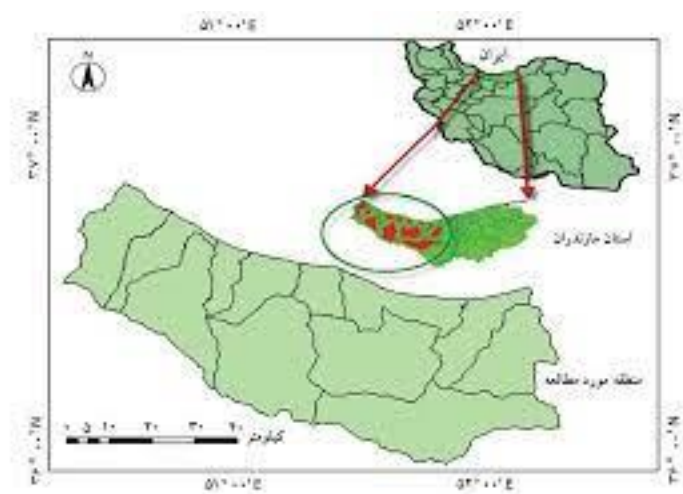
منطقه مورد مطالعه

استان مازندران در شمال کشور و با وسعتی معادل ۲۳۷۵۶ کیلومتر مربع حدود ۱.۴۶ درصد از مساحت کشور را در بر داشته است. دریای خزر در شمال، استانهای تهران و البرز و سمنان در جنوب و استانهای گیلان و گلستان به ترتیب در غرب و شرق استان قرار دارند. (اسحاقی، و غیره، ۱۳۸۹)

مازندران بر اساس آخرین تقسیمات کشوری دارای ۲۲ شهرستان به نام های آمل، بابل، بابلسر، بهشهر، تنکابن، جویبار، چالوس، رامسر، ساری، سوادکوه، قائمشهر، گلوگاه، محمود آباد، میانرود، نکا، نور، نوشهر، فریدونکنار، سوادکوه شمالی، عباس آباد، سیمرغ و کلاردشت و ۵۷ شهر، ۵۷ بخش، ۱۳۲ دهستان و ۳۶۴۵ آبادی می باشد. (اداره کل ثبت احوال استان مازندران)

بر اساس سرشماری سال ۱۳۹۵، جمعیت استان مازندران بالغ بر ۳۲۸۳۵۷۷ نفر می باشد که شامل ۱۰۸۴۷۸۶ خانوار و ۱۶۵۴۰۰۷ نفر مرد و ۱۶۲۹۵۷۰ نفر زن می باشند. ۵۰.۳۷ درصد از جمعیت استان را مردان و ۴۹.۶۳ از جمعیت استان را زنان تشکیل می دهند. ۵۷ درصد جمعیت استان ساکن شهر و ۴۳ درصد از جمعیت استان ساکن روستا می باشند. تراکم نسبی جمعیت استان ۱۳۵ نفر در هر کیلومتر مربع می باشد که نسبت به جمعیت و وسعت کشور جمعیت بالائی را در خود جای داده است. (اداره کل آمار و اطلاعات استان مازندران)

آنچه که مازندران را از سایر مناطق مختلف ایران متمایز می کند موقعیت طبیعی و جغرافیایی آن است. وجود دریای مازندران (کاسپین) با ساحل زیبا و مناسب به همراه برخورداری از دامنه ها و پارکهای جنگلی و کوهستانی، وجود قله دماوند با ۵۶۷۰ متر ارتفاع معروف به بام ایران، غارها، آبشارها، رودخانه ها، آبهای متعدد سرد و گرم معدنی، چشمه ها، تالاب ها به ویژه شبه جزیره میانکاله در بهشهر، این منطقه از کشور ایران را به مجموعه ای متنوع برای زندگی و حتی استفاده گردشگران با انگیزه مختلف بدل نموده است.



شکل ۱: موقعیت منطقه مورد مطالعه در نقشه ایران

پیشینه تحقیق

در چند سال اخیر با افزایش قدرت تفکیک زمانی تصاویر SAR، استفاده از این تصاویر برای کاربردهای سری زمانی بسیار متداول شده است. داده های چندزمانه سنجش از دوری معمولاً منابع اطلاعاتی مهمی برای کاربردهای کشاورزی می باشند اما مدل سازی و پردازش این داده ها، کار چندان آسانی نیست. تاکنون تعداد بسیار کمی مطالعات بر روی جزئیات پوشش ها با استفاده از داده های چندزمانه SAR انجام گرفته است. علاوه بر این، ترکیبی کارا از داده های SAR چندزمانه با قدرت تفکیک بالا برای این منظور به دلیل کمبود این داده ها، کمتر مورد بررسی قرار گرفته است (Niu, et al., 2010) مطالعات بسیاری نشان داده اند که SVM به خصوص برای داده های چندزمانه بسیار کارا می باشد (Waske, et al., 2007) هم چنین برتری SVM نسبت به سایر طبقه بندی کننده ها در طبقه بندی داده های SAR و نوری در مطالعات مختلفی گزارش شده است (Xiao, et al., 2007) اما اغلب این ارزیابی ها بر روی داده های نوری یا تک قطبیدگی SAR انجام گرفته است. تعداد بسیار محدودی بر روی طبقه بندی داده های با قطبیدگی دو گانه یا کامل کار کرده اند (Tzotsos, et al., 2008) Le Minh Hang و همکاران در سال ۲۰۱۷ با استفاده از داده های چندزمانه سنتینل-۱ طبقه بندی پوشش زمین انجام داده اند. در این مطالعه از داده های قطبش VV اخذ شده از دسامبر ۲۰۱۴ تا اکتبر ۲۰۱۵ استفاده شده و از روش درخت تصمیم گیری برای طبقه بندی بهره برده شده است. هم چنین از میانگین مقادیر پس پراکنشی و انحراف معیار به عنوان داده ورودی استفاده شده و به دقت طبقه بندی ۸۴/۷٪ رسیده اند. (Hang, et al., 2017)

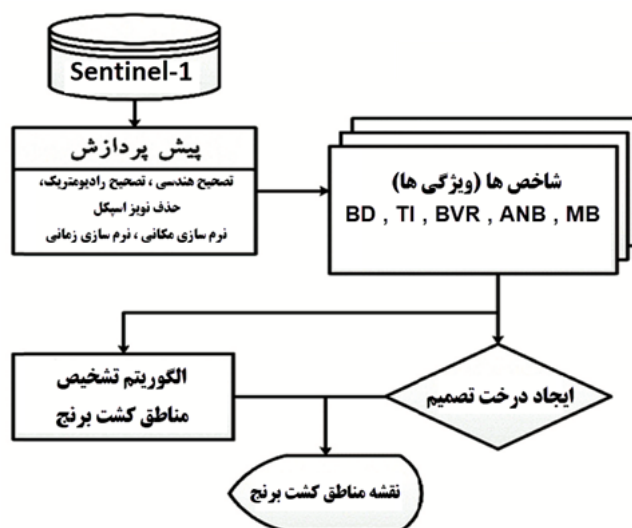
Engdahi و Hyypa در سال ۲۰۰۳ (Engdahl, et al., 2003) مطالعه ای برای ارزیابی کارایی داده ERS-۱/۲ و InSAR Tandem در طبقه بندی پوشش زمین انجام داده اند. در این مطالعه از ۱۴ جفت داده چندزمانه استفاده شده است و طبقه بندی به روش نظارت نشده با الگوریتم ISODATA انجام شده است. برای اعتبار سنجی از ارتوفتوی هوایی استفاده شده است. در نهایت دقت کلی طبقه بندی انجام شده ۹۰٪ بوده است که نشان میدهد داده های استفاده شده برای طبقه بندی مناسب بوده اند.

روش تحقیق

هدف از این پژوهش ارائه روش و مدلی جهت شناسایی و استخراج مزارع کشت برنج با استفاده از تصاویر چند زمانه سنتینل-۱ می باشد.

در این تحقیق با ترکیب یکسری از ویژگیهای مربوط به مراحل رشد برنج (۵ ویژگی) در یک ساختار تصمیم گیری، با استفاده از تصاویر سری زمانی Sentinel-1 توانسته اند با دقت خیلی بالا (بیشتر از ۹۰ درصد) مناطق کاشت برنج را شناسایی و استخراج کنند. با توجه به دقت بسیار بالای این روش و سرعت بالای انجام آن می توان همین روش را برای شناسایی مزارع کشت برنج در ایران بومی سازی و استفاده نمود. حتی اگر در این روش بتوانیم به دقت نزدیک ۸۵ درصد یا بالاتر برسیم با توجه به دقت بالا و سرعت عمل مناسبی که نسبت به سایر روشهای شناسایی مزارع کشت برنج به ما می دهد، قابل توجه و اهمیت می باشد.

بطور کلی مراحل انجام پروژه را می توان بصورت شکل ۱ خلاصه نمود:



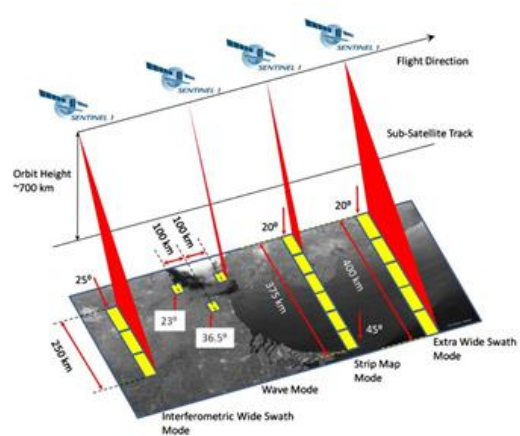
شکل ۲: نمودار مراحل انجام تحقیق

در مرحله پردازش اصلی شاخص های BD, TI, BVR, ANB, MB بر روی تصاویر اعمال می شوند. این شاخص ها با استفاده از بررسی اختلاف میزان باز پراکنش امواج نسبت به سایر محصولات، استخراج شده اند. پس از اعمال تک تک شاخص های فوق الذکر در مرحله بعد با استفاده از روش تصمیم گیری شاخص های پنجگانه با هم تلفیق و ترکیب می شوند و بدین ترتیب مزارعی که هر پنج ویژگی استخراج شده را با توجه به مدل ارائه شده داشته باشد جزو مزارع کشت برنج طبقه بندی شده و سایر محصولات بعنوان غیر برنج تعیین می شود. برای ارزیابی کارایی روش پیشنهادی، نمونه های برداشت شده به دو مجموعه نمونه های آموزشی و نمونه های آزمایشی (تست) تقسیم شدند. برای این منظور مجموعه داده هایی شامل نمونه های برنج و غیر برنج تهیه شد. بر اساس داده های

واقعی زمین (نمونه برداری شده)، ۵۰۰ مزرعه چند ضلعی برنج و غیر برنج به طور تصادفی از، محدوده های مختلف منطقه مورد مطالعه انتخاب شدند.

داده های تصاویر ماهواره ای Sentinel-1

Sentinel-1 در ۳ آوریل ۲۰۱۴ ماموریت خود را آغاز کرد. ماهواره مدار قطبی است که به صورت راداری تصویر برداری را انجام می دهد و قادر است که پدیده ها و عوارض را در شب و روز بدون در نظر داشتن شرایط آب و هوایی جمع آوری و اخذ کند.



شکل ۳: نحوه تصویر برداری و وضعیت پوشش سنتینل-۱

از جمله مزایای تصاویر سنتینل-۱ می توان به موارد ذیل اشاره نمود:
رایگان بودن و دسترسی آزاد به این تصاویر برای همه.
به سادگی قابل دانلود و استفاده می باشد.
این تصاویر بصورت سری زمانی آماده و قابل دسترسی است.

مراحل انجام کار

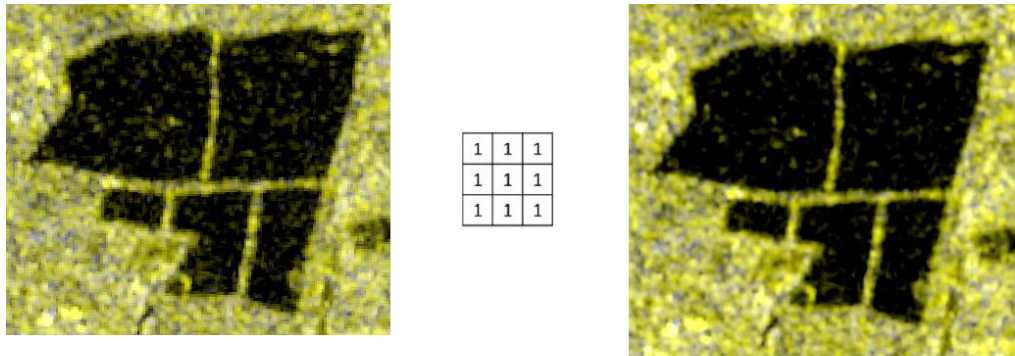
برای این تحقیق از تصاویر سری زمانی موجود در سامانه گوگل ارث انجین استفاده شده است. با توجه به تعداد زیاد تصاویر سری زمانی، بهترین بستر جهت پردازش این نوع تصاویر محیط گوگل ارث انجین می باشد. در این مطالعه، روش تشخیص و شناسایی مزارع کشت برنج بر اساس ویژگی های مرتبط به رشد برنج که در طی مراحل رشد برنج اتفاق می افتد، از روی تصاویر سری زمانی استخراج می شود. در واقع مراحل اولیه رشد برنج، یعنی از مرحله کاشت تا مرحله ای که رشد آن به بیشترین حد خود رسیده است از اهمیت ویژه ای برخوردار است.

در واقع پس از اعمال مراحل فوق، مقادیر پیکسهای موجود در تصویر رابطه مستقیم با میزان باز پراکنش امواج راداری دارد. یعنی هر چه مقدار پیکسل بزرگتر باشد میزان باز پراکنش (BackScatter) امواج راداری بیشتر است (Chang, et al., 2021).

یکی از خصوصیات باز پراکنش امواج راداری نوسان زیاد آن می باشد. این امر سبب اعوجاجات زیادی در میزان باز پراکنش امواج می شود. که می تواند روی دقت تحقیق اثر بگذارد بنابراین باید دو پیش پردازش دیگر جهت نرم سازی میزان باز پراکنش امواج بر روی تصاویر سری زمانی اعمال نماییم (Chang, et al., 2021) که عبارتند از:

مرحله اول: اعمال ماسک مکانی یا نرم سازی مکانی (Smoothing Processing):

ابتدا یک ماسک نرم سازی (فیلترگذاری) مکانی انجام می شود این نرم سازی از طریق حذف پیکسل ها بر اساس میانگین گیری از پیکسل های همسایه صورت می گیرد. این ماسک از طریق تابع `reduceNeighborhood` در گوگل ارث انجین قابل انجام است.



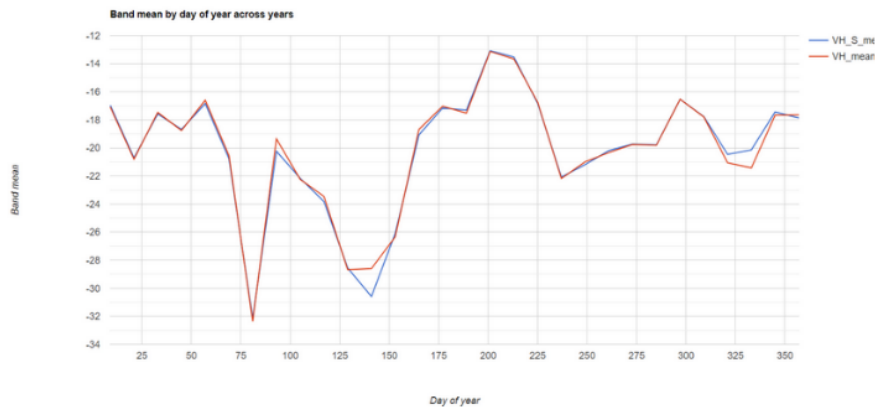
تصویر a: قبل از اعمال ماسک مکانی (نرم سازی)

تصویر b: بعد از اعمال ماسک مکانی (نرم سازی)

شکل ۴: اعمال ماسک مکانی جهت نرم سازی تصویر

مرحله دوم: اعمال ماسک زمانی یا نرم سازی زمانی (temporal smoothing):

علاوه بر اینکه باز پراکنش امواج برای محصولات مختلف متفاوت می باشد، باز پراکنش امواج برای یک محصول در زمانهای مختلف نیز متفاوت است.



شکل ۴: منحنی میزان باز پراکنش امواج بعد از نرم سازی مکانی (رنگ آبی)

مراحل مدل سازی و استخراج ویژگی ها

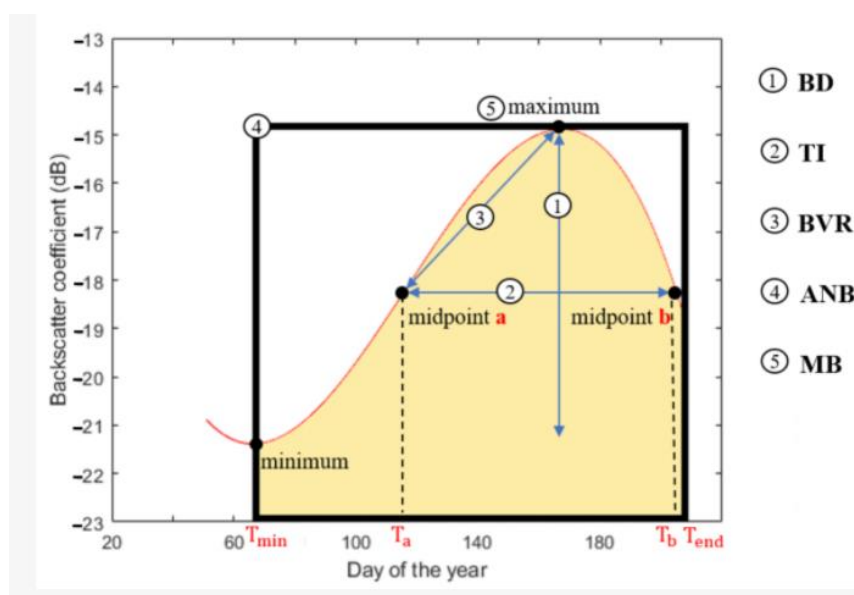
پس از اعمال نرم سازی های مکانی و زمانی یک مدل منحنی رشد برنج بر اساس داده های سری زمانی برنج مطابق شکل ۱۰ ایجاد می شود. پایین ترین نقطه منحنی مربوط به تاریخ کاشت برنج و بالاترین نقطه مربوط تاریخی است که برنج به حداکثر میزان رشد خود رسیده است. (Chang, et al., 2021)



شکل ۵: منحنی میزان باز پراکنش در مرحله کاشت تا زمان رشد کامل

با بررسی منحنی باز پراکنش مربوط به مزارع برنج نسبت به سایر محصولات به این نتیجه می‌رسیم که ضریب باز پراکنش امواج در مزارع برنج و تغییرات آن در دوره رشد نسبت به سایر محصولات غیر برنج (از جمله ذرت، سیر، چای و ...) تغییر قابل توجهی می‌کند. (Phan, et al., 2018)

با توجه به رشد و چرخه محصولات برنج، پنج ویژگی از مدل روند رشد برنج استخراج شده است، (مطابق شکل ۱۲) که عبارتند از: MB ، TI ، BVR ، ANB و BD از تلفیق این پنج مدل جهت شناسایی مزارع کشت برنج استفاده شده است. در ادامه در خصوص هر کدام از این موارد توضیحاتی ارائه می‌شود.



شکل ۶: ویژگی‌های استخراج شده از منحنی رشد برنج

(Chang, et al., 2021 Figure 6)

۱- Backscatter Difference (BD): اختلاف باز پراکنش امواج

این یکی از ویژگی‌های مهم و بارز برنج نسبت به سایر محصولات می‌باشد. در واقع این ویژگی اختلاف بین حداکثر (زمان رشد کامل) مقدار باز پراکنش و حداقل (زمان کاشت) مقدار باز پراکنش را شامل می‌شود. برنج نسبت به سایر محصولات دیگر از BD بزرگتری برخوردار است. یعنی ضریب باز پراکنش برنج به طور معنی داری تغییر می‌کند. بنابراین تفاوت

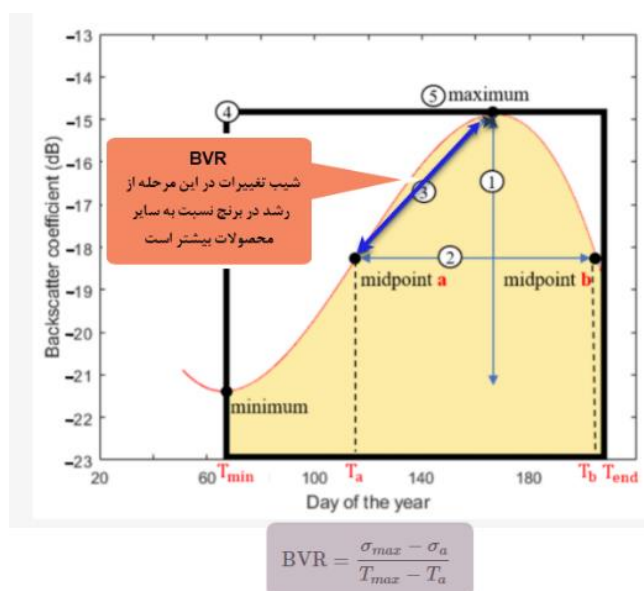
بازپراکنش بین حداکثر و حداقل داده های سری زمانی (BD) در طول فصل رشد برنج با محصولات غیر برنج تفاوت قابل ملاحظه ای دارد (بیشتر است). (Tian, et al., 2018) (Lasko, et al., 2018)

۲- Time Interval (TI): فاصله زمانی رشد (دوره رشد)

دوره رشد (فاصله زمانی رشد) محصولات نیز یک ویژگی مهم به حساب می آید. هر محصول دوره رشد خاص خود را دارد. (Shao, et al., 2001) چرخه رشد برنج به ترتیب ۱- کاشت، ۲- رشد رویشی ۳- فصل رشد و بلوغ را شامل می شود. با توجه به مدل رشد مطابق شکل ۶ نقاط میانی، a و b موقعیت هایی را نشان می دهند که در آن میانگین مقدار حداکثر و حداقل کاهش رشد در منحنی رشد برنج ظاهر می شود. Ta و Tb، تاریخ های مربوط به نقطه میانی a و b هستند، همانطور که در شکل ۱۲ مشاهده می شود، تفاوت زمانی بین دو نقطه میانی Ta-Tb، از منحنی رشد برنج در واقع فاصله زمانی (TI) است. از این ویژگی بعنوان یکی از پارامترها و مدل های تشخیص مناطق کشت برنج استفاده می شود. (Chang, et al., 2021)

۳- Backscatter Variation Rate (BVR): نرخ تغییرات باز پراکنش

در محصول برنج هنگامی که مقدار سیگنال بازگشتی از میانه می گذرد، شیب تغییرات نسبت به محصولات دیگر سریعتر می باشد. در اصطلاح کشاورزی به این دوره از رشد دوره پنجه زنی (زمانی که برگها شروع به باز شدن می کنند) می گویند. از این ویژگی برای شناسایی رشد برنج می توان استفاده نمود.



شکل ۷: محدوده نرخ تغییرات باز پراکنش در برنج (محدوده آبی رنگ از نمودار) نسبت به سایر محصولات بیشتر است

(Chang, et al., 2021 Figure 6)

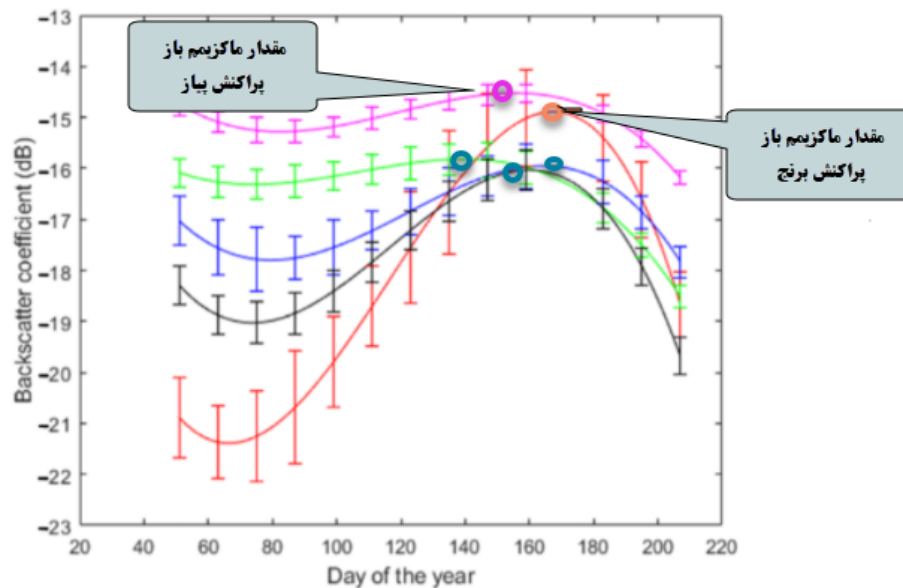
۴- Average Normalized Backscatter (ANB): مقدار میانگین نرمال باز پراکنش

در شکل ۶ میزان باز پراکنش و منحنی رشد گیاهان مختلف نسبت به برنج (منحنی قرمز رنگ)، برای تصاویر سری زمانی سنتینل-۱ آورده شده است. اگر مقادیر نرمال هر یک از محصولات را بدست آوریم مشاهده می شود که برنج نسبت به سایر محصولات دارای مقدار کمتری است. عبارتی دیگر هرچه مقادیر تغییرات در دوره رشد بیشتر باشد. سطح مساحت زیر منحنی نرمال کوچکتر است. (Chang, et al., 2021) از این خصوصیت هم بعنوان یکی از ویژگی های خاص جهت شناسایی مناطق کشت برنج می توان استفاده نمود.

۵- Maximum Backscatter (MB): مقدار ماکزیمم نقطه باز پراکنش

یکی دیگر از ویژگی هایی که می توان از منحنی باز پراکنش تصاویر سری زمانی برای برنج استخراج نمود، با توجه به شکل ۸ مقدار ماکزیمم (زمانی که برنج به حداکثر رشد خود رسیده است) می باشد. MB برنج نسبت به سایر محصولات (غیر

از پیاز) بیشتر است. (Nguyen, et al., 2016) با توجه به آزمایش‌های انجام شده مقدار MB مربوط به برنج بین 14.5- تا - 16.0 دسی بل محاسبه و برآورد شد. (Chang, et al., 2021)



شکل ۸ : مقدار ماکزیمم باز پراکنش تصاویر سری زمانی برای محصولات برنج به رنگ قرمز، ذرت به رنگ آبی، بادام زمینی به رنگ سبز، گندم به رنگ سیاه و پیاز به رنگ سرخابی.

(Chang, et al., 2021 Figure 6)

ایجاد روش تصمیم‌گیری مبتنی بر ویژگی‌ها:

با استفاده از پنج ویژگی فوق و مدل‌سازی آنها می‌توان مدلی ارائه نمود که بر اساس آن با احتمال حدود ۹۵ درصد مزارع کشت برنج را شناسایی و نسبت به مزارع غیر برنج تفکیک نمود. پنج ویژگی فوق را می‌توان از مدل‌های مناسب استخراج کرده، سپس هر ویژگی را باید بصورتی با ترکیب ویژگی‌های فوق با استفاده از یک ساختار تصمیم‌گیری مناطق کاشت برنج استخراج کنیم. با این روش بدون نیاز به طبقه‌بندی، مزارع کشت برنج را نسبت به مزارع غیر برنج می‌توان شناسایی و استخراج نمود. این مدل بصورت ذیل طراحی و مدل‌سازی شده‌اند. با توجه به شکل ۸ مشاهده می‌شود که توزیع ویژگی‌های استخراج شده برنج با سایر محصولات غیر برنج همپوشانی دارد. این دلایل تشخیص برنج را دشوار می‌کند. اگر فقط یک یا دو ویژگی برای تشخیص استفاده شود، برخی از محصولات غیر برنج ممکن است بعنوان برنج بصورت اشتباه طبقه‌بندی شوند.

این امر منجر به کاهش دقت تشخیص مزارع برنج از غیر برنج می‌شود. (Chang, et al., 2021)

این مطالعه یک روش تصمیم‌گیری بر اساس هر پنج ویژگی MB, BVR, ANB, BD, TI برای تشخیص نقشه برداری از مزارع برنج را پیشنهاد می‌دهد. مزارعی که هر پنج ویژگی استخراج شده را با توجه به مدل ارائه شده داشته باشد جزو مزارع کشت برنج طبقه‌بندی شده و سایر محصولات بعنوان غیر برنج تعیین می‌شود. با توجه به آزمایش‌های انجام شده ساختار محدوده تشخیص برنج با الگوریتم تصمیم‌گیری زیر تعیین و شناسایی می‌گردد. در واقع نتیجه حاصل از این تحقیق رسیدن به شاه‌کلید ذیل بعنوان تشخیص مناطق برنج از غیر برنج محسوب می‌شود.

$$\text{Rice field conditions : } \left\{ \begin{array}{l} 4.3 \text{ dB} < BD < 6.6 \text{ dB} \\ 69.0 \text{ day} < TI < 82.5 \text{ day} \\ 4.2 \times 10^{-2} \text{ dB/day} < BVR < 6.7 \times 10^{-2} \text{ dB/day} \\ 7.3 \times 10^{-1} < ANB < 8.6 \times 10^{-1} \\ -16.0 \text{ dB} < MB < -14.5 \text{ dB} \end{array} \right.$$

شکل ۹: مدل استخراج شده از ویژگیهای مورد بررسی جهت شناسایی مناطق کشت برنج.

ارزیابی عملکرد مدل بدست آمده با سایر الگوریتم های طبقه بندی :

برای ارزیابی عملکرد روش پیشنهادی، نتایج تشخیص با چهار الگوریتم طبقه بندی دیگر مقایسه شد: الگوریتم درخت تصمیم (qUINLAN, 1995) (³DT)

الگوریتم ماشین بردار پشتیبان (Cortes, et al., 1995) (⁴SVM)

الگوریتم نزدیکترین همسایگی (Mucherino, et al., 2009) (⁵KNN)

الگوریتم تجزیه و تحلیل تمایز درجه دوم (Santosh, et al., 2007) (⁶QDA)

الگوریتم های SVM و KNN روشهای یادگیری غیر پارامتری تحت نظارت برای طبقه بندی هستند.

الگوریتم DT قوانین تصمیم گیری را از ویژگی های داده استنباط می کند و مجموعه داده های ورودی را با تقسیم بندی بازگشتی بر اساس قوانین تقسیم، به کلاس های دسته ای تقسیم می کند.

الگوریتم SVM یک ابر نقطه می سازد که از طریق آن می توان جداسازی خوبی را به دست آورد. این یعنی ابر نقطه ساخته شده بیشترین فاصله را تا نزدیکترین نقطه آموزش داده در هر کلاس دارد.

الگوریتم KNN با یافتن نزدیکترین طبقه همسایه که بر اساس اندازه گیری فاصله تعیین می شود، عارضه هدف را پیش بینی می کند. QDA یک طبقه بندی کننده آماری است که از سطح تصمیم گیری درجه دوم برای اندازه گیری دو یا چند کلاس استفاده می کند.

علاوه بر این، برای طبقه بندی کننده های SVM، DT، KNN، سه مقیاس باید در آزمایش در نظر گرفته شود، یعنی خوب، متوسط و درشت، که توسط جعبه ابزار یادگیری ماشین MATLAB ارائه شده است. عملکرد تشخیص برنج با cross-validation ۵ برابر (اعتبار سنجی متقابل) در MATLAB تأیید شد. cross-validation ۵ برابر، مجموعه داده را به پنج قسمت مساوی تقسیم می کند. در آزمایش ها، از چهار قسمت به عنوان داده های آموزشی و قسمت های باقی مانده به عنوان داده های آزمون استفاده شد. این فرآیند پنج بار تکرار شد و نتایج به طور متوسط، هر بار از یک قسمت متفاوت به عنوان داده های آزمایش استفاده شد. (Chang, et al., 2021)

بحث و نتایج

مهمترین استان شمالی که به کشت برنج می پردازد، استان مازندران است. استان مازندران بیشترین مقدار برنج کشور را تأمین می کند. در این استان شمالی، سالیانه دو بار به کشت برنج پرداخته می شود؛ یکی تابستان و دیگری پاییز! برخلاف استان گیلان، شرایط آب و هوایی استان مازندران به گونه ای است که امکان کاشت برنج برای دو بار در سال وجود دارد.

3 - decision tree

4 - support vector machine

5 - K-nearest neighbor

6 - quadratic discriminant analysis

در این مطالعه، ویژگی های برنج ابتدا از داده های آموزش استخراج و با استفاده از توزیع های گوسی تقریب گذاری شد. سپس، معیار تصمیم گیری هر ویژگی با توجه به فاصله اطمینان ۹۵٪ از توزیع ویژگی مربوطه تعیین شد. در نهایت، داده های آزمایش برای ارزیابی دقت تشخیص روش تصمیم گیری برنج مبتنی بر ویژگی مورد استفاده قرار گرفت.

ارزیابی صحت و درستی الگوریتم

در این آزمایش، عملکرد تشخیص برنج از ویژگی های رشد برنج استخراج شده، از جمله اختلاف باز پراکنش امواج (BD)، فاصله زمانی رشد (TI)، نرخ تغییرات باز پراکنش (BVR) و میانگین نرمال باز پراکنش (ANB) را مقایسه کردیم. علاوه بر این، سناریوی شبیه سازی شامل دو قطبش (VH^y و VV^8) را در دو حالت مدار (صعودی و نزولی) در نظر گرفتیم. ابتدا هر یک از ویژگی های فوق الذکر بصورت مجزا برای یک زمان ثابت مورد ارزیابی قرار گرفت. (بجز ویژگی MB، زیرا این ویژگی برای استفاده همزمان با سایر ویژگی ها مناسب است.)

جدول ۱ نتایج تشخیص تحت شرایط تجربی را برای قطبش VH در حالت صعودی از تصاویر سری زمانی نشان می دهد. دقت کلی طبقه بندی (O.A.)، دقت کاربر ($U.A.^{10}$) و دقت تولید کننده ($P.A.^{11}$) از ماتریس درهم ریختگی^{۱۲} محاسبه شد. (Congalton, et al., 2001)

Features	Rice		Non-Rice		O.A. (%)	
	P.A. (%)	U.A. (%)	P.A. (%)	U.A. (%)		
One feature	BD	91.1	82.4	80.6	90.0	85.8
	TI	92.3	85.7	84.6	91.6	88.4
	BVR	90.8	83.0	81.5	89.8	86.1
	ANB	90.3	82.5	80.9	89.2	85.6
Combined features	BD + TI	91.9	89.7	89.5	91.7	90.7
	BD + TI + BVR	91.5	91.2	91.2	91.4	91.3
	BD + TI + BVR + ANB	91.3	91.7	91.8	91.3	91.5
	All	90.9	92.1	92.3	91.0	91.6

جدول ۱: دقت تشخیص ویژگی های پیشنهادی برای قطبش VH با حالت مدار صعودی. U.A., P.A. و O.A. به ترتیب نشان دهنده دقت تولید کننده، دقت کاربر و دقت کلی است.

برای بهبود عملکرد تشخیص غیر برنج، در مرحله بعد با استفاده از ویژگی های ترکیبی، تشخیص برنج را انجام می دهیم. در این مرحله پنج آزمایش انجام شد، از جمله:

یک ویژگی (BD)

دو ویژگی ترکیبی (TI, BD)

سه ویژگی ترکیبی (BD, TI, BVR)

چهار ویژگی ترکیبی (BD, TI, BVR, ANB)

هر پنج ویژگی ترکیبی (BD, TI, BVR, ANB, MB)

7 - Vertical transmit and horizontal receive

8 - vertical transmit and vertical receive

9 - overall accuracy

10 - user accuracy

11 - producer accuracy

12 - confusion matrix

نتیجه گیری

در این مطالعه، یک روش تشخیص برنج بر اساس ویژگی های مربوط به رشد برنج با استفاده از داده های SAR سری Sentinel-1A پیشنهاد شد. پنج ویژگی مربوط به رشد برنج شامل TI، BD، BVR، ANB و MB معرفی شد. آزمایشات انجام شده تنها با استفاده از یک ویژگی نشان می دهد که دقت تشخیص ویژگی TI با 0.884 بیشتر از سایر ویژگی ها است.

پیشنهاد می گردد جهت بهترین عملکرد در این مدل زمانی حتما از هر ۵ ویژگی مربوط به رشد برنج بصورت ترکیبی استفاده شود.

برای این تحقیق می توان از دو نرم افزار SNAP یا گوگل ارث انجین استفاده نمود. ولی با توجه به اینکه داده های موجود در گوگل ارث انجین کالیبره شده و بسیاری از پیش پردازش ها در داده های این سامانه بر روی تصاویر خام صورت گرفته است، و با توجه به سرعت پردازش بسیار زیاد تصاویر داده های سری زمانی، پیشنهاد می گردد از گوگل ارث انجین استفاده شود.

هرچه تعداد نمونه گیری ها بیشتر باشد نتایج بدست آمده دقیق تر می باشد. در این تحقیق متاسفانه به دلیل شرایط کرونا و بعضی از محدودیت ها نمونه ها به اندازه کافی نبود.

جهت بومی سازی این روش و رسیدن به بالاترین دقت، باید سایر گونه های گیاهی مربوط به هر منطقه و محصولات غیر برنج، بصورت مجزا مورد ارزیابی و شناسایی قرار گیرند.

منابع و مراجع

- [۱] اسحاقی، روح الله و شیدفر، محمدرضا. ۱۳۸۹. راهنمای برنامه ریزی سفر در استان مازندران، ساری. سازمان ایرانگردی و جهانگردی استان مازندران. Vol. 2. ۱۳۸۹.
- [۲] اسماعیل زاده، مجید و امینی، جلال. ۱۳۹۵. کالیبراسیون هندسی تصاویر SAR به منظور حذف خطاهای ناشی از توپوگرافی سطح زمین. علوم و فنون نقشه برداری. ۱۳۹۵.
- [۳] همدان، احمدیان، م، پاکپور، م و عاشورلو، د. ۱۳۸۹. ۱۳۸۹، مجله پژوهش های خاک.
- [۴] کاربرد فناوری سنجش از دور ماهواره ای در کشاورزی دقیق. تیموری، حسن و تیموری، حسین. ۱۳۹۵. ۱۳۹۵.
- [۵] موسوی، م، امینی، ج و مقصودی، ی. ۱۳۹۴. ارائه فیلتر کاهش نویز اسپکل روی تصاویر رادار با روزنه ترکیبی. نشریه علمی پژوهشی علوم و فنون نقشه برداری. ۱۳۹۴.
- [6] Bouvet, A, Le Toan, T and Lam Dao, N. 2009. Monitoring of the rice cropping system in the Mekong Delta using ENVISAT/ASAR dual polarization data. IEEE Trans. Geosci. Remote Sens. 2009.
- [7] Chang, L, et al. 2021. Rice-Field Mapping with Sentinel-1 ASAR Time-Series Data. Remote Sensing. 2021.
- [8] Congalton, R.G and Accuracy. 2001. Accuracy assessment and validation of remotely sense and other spatial information. Int. J. Wildland Fire. 2001.
- [9] Cortes, C and Vapnik, V. 1995. Support-vector networks. Mach. Learn. 1995.
- [10] Elert, E. Rice by the numbers. 2014. A good grain. . Nature . 2014, pp. S50–S51.
- [11] Engdahl, M E and Hyypa, J M. 2003. Land-cover classification using multitemporal ERS- 1/2 InSAR data. Geoscience and Remote Sensing , IEEE Transactions, . 2003.
- [12] Goldblatt, R, You, W and Hanson, G. 2016. Detecting the Boundaries of Urban Areas in India: A Dataset for Pixel-Based Image Classification in Google Earth Engine. 2016, 634.
- [13] Hang, L M and Trung, V V. 2017. Mapping land cover using multi-temporal sentinel-1A data. A case study in Hanoi. 2017.
- [14] Huang, C, Davis, L S and Townshend, J R. 2002. An Assessment of Support Vector Machines for Land Cover Classification.
- [15] International Journal of Remote Sensing, . 2002.
- [16] Idol, T, Haack, B and Mahabir, R. 2015. Comparison and integration of spaceborne optical and radar data for mapping in Sudan. International Journal of Remote Sensing. 2015, Vol. 36.
- [17] Kau, L and Lee, T L. 2013. An HSV model-based approach for the sharpening of color images. In Systems, Man, and Cybernetics (SMC). IEEE International Conference. (pp. 150-155, 2013).
- [18] Kurvonen, L, Pulliainen, J and Hallikainen, M. 2002. Active and passive microwave remote sensing of boreal forests. Acta Astronautica, . 2002, p. 51.
- [19] Lasko, K, Prasad Vadrevu, K and Tuan Tran, V. 2018. Mapping double and single crop paddy rice with Sentinel-1A at varying spatial scales and polarizations in Hanoi, Vietnam. IEEE J. Sel. Top Appl. Earth Obs. Remote Sens. . 2018.
- [20] Le Toan, T, et al. 1997. Rice crop mapping and monitoring using ERS-1 data based on experiment and modeling results.

- [21] IEEE Trans. Geosci. Remote Sens. 1997.
- [22] Lim, J, et al. 2017. Contrasts enhancement of noisy low-light images based on structure-texture-noise decomposition. Journal of Visual Communication and Image Representation. 2017.
- [23] Mohanty, S., et al. 2014. Rice and Climate Change Significance for Food Security and. Manila, Philippines. 2014, p. 49.
- [24] Mucherino, A, Papajorgji, P.J. and Pardalos, P.M. 2009. K-Nearest Neighbor Classification. Springer Optimization and Its Applications (SOIA). 2009, Vol. 34.
- [25] Nguyen, D.B., Gruber, A and Wagner, W. 2016. Mapping rice extent and cropping scheme in the Mekong Delta using Sentinel-1A data. Remote Sens. 2016.
- [26] Niu, X and Ban, Y. 2010. Multitemporal RADARSAT-2 Polarimetric SAR Data for Urban Land Cover Classification Using Support Vector Machine. EARSeL Symposium. 2010.
- [27] Oyoshi, K, Tomiyama, N and Okumura, T. 2015. Mapping rice-planted areas using time-series synthetic aperture radar data for the Asia-RiCE activity. Paddy and Water Environment. 2015.
- [28] Patel, N, Angiuli, E and Gamba, P. 2011. Multitemporal Settlement and Population Mapping from Landsat Using Google Earth Engine. International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation. 2011, 208.
- [29] Phan, H, Le Toan, T and Bouvet, A. 2018. Mapping of rice varieties and sowing date using X-band SAR data. Sensors 2018.
- [30] Quinlan, J.R. 1995. Induction of decision trees. Mach. Learn. 1995.
- [31] Rice Market Monitor. FAO. 2018. 2018, FAO.
- [32] Santosh, S, Maya, R.G and Bela, A.F. 2007. Bayesian quadratic discriminant analysis. Mach. Learn. 2007.
- [33] Schneider, A and Fricdl, M. 2010. Mapping Global Urban Areas Using MODIS 500-M Data: New Methods and Datasets Based on. Urban Ecoregions. 2010.
- [34] Seto, K, Fragkias, M and Guneralp, V. 2011. A Meta-Analysis of Global Urban Land. 2011.
- [35] Shao, Y, et al. 2001. Rice monitoring and production estimation using multitemporal RADARSAT. Remote Sens. Environ. 2001.
- [36] Shelestov, A, et al. 2017. Exploring Google Earth Engine Platform for Big Data Processing: Classification of Multi-Temporal Satellite Imagery for Crop Mapping. Frontiers in Earth Science. 2017.
- [37] Tian, H, et al. 2018. Mapping early, middle and late rice extent using Sentinel-1A and Landsat-8 data in the Poyang Lake Plain. Sensors. 2018.
- [38] Tzotsos, A and Arigialas, D. 2008. "Support Vector Machine Classification for Object-Based Image Analysis. Berlin: Springer. 2008.
- [39] Waske, B and Benediktsson, J A. 2007. Fusion of Support Vector Machines for Classification of Multisensor Data. IEEE Trans. Geosci. Remote Sensing. 2007.
- [40] Xiao, M, He, Z and Jia, Y. 2007. Fusion of multisensor images based on the curvelet transform. in Geo informatics. 2007.