



تهیه نقشه کشت برنج بر اساس خصوصیات فنولوژیکی با استفاده از سری

زمانی تصاویر سنتینل ۱

صیاد اصغری سراسکانرود، بهروز سبحانی و حسین شریفی طولارود

دریافت: ۱۴۰۱/۰۲/۱۰ / پذیرش: ۱۴۰۱/۰۵/۳۰ / دسترسی اینترنتی: ۱۴۰۳/۰۷/۰۸

چکیده

هدف از این پژوهش شناسایی اراضی شالیزار و تهیه نقشه کاربری بر اساس خصوصیات فنولوژیکی گیاه برنج با استفاده از باز پراکنش داده‌های راداری در سامانه گوگل ارث انجام است. به منظور افزایش دقت تغییرات شدت باز پراکنش، سری زمانی ۲ ساله انتخاب شد. سپس نسبت به شناسایی اولیه و طبقه‌بندی اراضی اقدام شد. ابتدا ارتباط بین روند بازپراکنش پلاریزاسیون VV و چرخه فنولوژیکی گیاه برنج بررسی شد. نتایج تجزیه و تحلیل روند نمودار بازپراکنش پلاریزاسیون VV نشان می‌دهد که در مرحله اول رشد گیاه برنج به دلیل وجود رطوبت، غرقابی بودن و عدم وجود سبزیگی کافی میزان بازپراکنش کمتر بوده است. در مرحله دوم رشد گیاه برنج به دلیل افزایش سبزیگی و پوشانده شدن سطح آب مقدار بازپراکنش بیشتر است.

در حالی که در مرحله سوم رشد گیاه برنج، بدلیل رسیدگی بذر گیاه برنج و همچنین خشک شدن سطح شالیزارها جهت برداشت محصول، میزان بازپراکنش کاهش پیدا می‌کند. در ادامه با مدیریت بازه‌های زمانی و استفاده از ترکیب رنگی نوع کاربری‌ها شناسایی شدند. بعد از شناسایی اولیه، جهت دستیابی به نتایج بهتر اقدام به تهیه نقشه کاربری بخش مرکزی تالش با روش طبقه‌بندی نظارت شده با استفاده از الگوریتم بیشترین شباهت شد. بعد از تهیه نقشه کاربری، صحت نقشه با استفاده از نمونه‌های زمینی ارزیابی شد. که دقت کلی و ضریب کاپای این الگوریتم به ترتیب برابر با ۹۱/۵۷ درصد و ۰/۷۵ می‌باشد. نتایج نشان داد که استفاده از سری زمانی بازپراکنش داده‌های راداری متناسب با فنولوژی در طبقه‌بندی‌ها باعث افزایش دقت طبقه‌بندی می‌شود. همچنین نتایج نشان می‌دهد که استفاده از تصاویر سنتینل ۱ به همراه سامانه گوگل ارث انجام کارایی بالایی در جهت نظارت بر اراضی شالیزار در مناطق شمالی به دلیل وجود ابر خواهند داشت.

پیشینه و هدف

باتوجه به اینکه روش‌های متعددی جهت شناسایی و تفکیک سطح زیر کشت برنج و در نهایت تهیه نقشه کشت برنج وجود دارد. در کشور ما سه روش جهت برآورد سطح محصولات کشاورزی وجود

صیاد اصغری سراسکانرود^۱ (✉)، بهروز سبحانی^۱ و حسین شریفی طولارود^۲

۱. استاد گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده علوم اجتماعی، دانشگاه محقق اردبیلی، ایران.

۲. کارشناسی ارشد سنجش از دور و GIS، دانشکده علوم اجتماعی، دانشگاه محقق اردبیلی، ایران.

DOI: 10.30495/girs.2022.693905

پست الکترونیکی مسئول مکاتبات: s.asghari@uma.ac.ir

نتایج و بحث

نتایج تجزیه و تحلیل روند نمودار باز پراکنش پلاریزاسیون ۷۷ نشان می‌دهد که در مرحله اول رشد گیاه برنج به دلیل وجود رطوبت، غرقابی بودن و عدم وجود سبزیگی کافی میزان باز پراکنش به شدت کاهش پیدا می‌کند. در مرحله دوم رشد گیاه برنج به دلیل افزایش ارتفاع گیاه برنج و تولید اندام‌های زایشی منجر به افزایش سبزیگی و پوشانده شدن سطح آب می‌شود که باز پراکنش طیف غالب گیاه برنج افزایش پیدا می‌کند. در حالی که در مرحله سوم رشد گیاه برنج، به دلیل رسیدگی بذر گیاه برنج و همچنین قطع شدن آب ورودی به سطح شالیزارها جهت برداشت محصول، میزان باز پراکنش کاهش پیدا می‌کند. دقت کلی و ضریب کاپای نقشه کاربری اراضی به ترتیب برابر با ۹۱/۵۷ درصد و ۰/۷۵ است.

نتیجه‌گیری کلی

اطلاع از پراکنش مکانی و سطح زیر کشت محصولات کشاورزی به‌خصوص جهت برنامه‌ریزی‌ها، تصمیم‌گیری‌ها و تدوین سیاست‌ها در سطح کشور ابزاری مهم و حائز اهمیت است. باتوجه به اینکه ۷۰ درصد از اراضی شالیزارها در مناطق شمالی کشور کشت می‌شوند و همچنین با توجه به محدودیت داده‌های اپتیک در شرایط ابرناکی در این پژوهش به منظور شناسایی اراضی شالیزار و تهیه نقشه کاربری از تصاویر راداری ماهواره سنتینل ۱ در باند C با قدرت تفکیک مکانی و زمانی مناسب استفاده شده است. نتایج نشان داد که استفاده از سری زمانی بازپراکنش داده‌های راداری متناسب با فنولوژی کشت برنج در طبقه‌بندی‌ها باعث افزایش دقت طبقه‌بندی می‌شود. همچنین نتایج نشان می‌دهد که استفاده از تصاویر راداری سنتینل ۱ به همراه سامانه گوگل ارث انجین کارایی بالایی در جهت نظارت بر اراضی شالیزار در مناطق شمالی به دلیل وجود ابر خواهند داشت.

واژه‌های کلیدی: شالیزار، ضریب باز پراکنش راداری، سنجش‌ازدور،

پلاریزاسیون

دارد که شامل: روش‌های کارشناسی، برآورد از طریق فهرست‌برداری و در نهایت استفاده از فناوری‌های جدید است. امروزه فناوری سنجش‌ازدوری به دلیل داشتن قابلیت‌هایی مانند چندزمانه بودن، چند طیفی بودن، برخوردار بودن از قدرت تفکیک مکانی و رادیومتریکی مناسب و متنوع، دید وسیع و یکپارچه همچنین داده‌های به هنگام و دقیق قادر به تفکیک کاربری‌ها و پدیده‌های مختلف کشاورزی از جمله سطح، نوع و الگوهای زمانی و مکانی کشت هستند. هدف از این پژوهش شناسایی اراضی شالیزار و تهیه نقشه کاربری بر اساس خصوصیات فنولوژیکی گیاه برنج با استفاده از باز پراکنش داده‌های راداری سنتینل ۱ در سامانه گوگل ارث انجین است.

مواد و روش‌ها

داده‌های مورد استفاده در این پژوهش شامل سری زمانی تصاویر راداری ماهواره سنتینل ۱ در بازه زمانی ۲۰۱۸ تا ۲۰۲۰ می‌باشد. به منظور شناسایی اولیه اراضی شالیزار، ابتدا ارتباط بین بازپراکنش پلاریزاسیون ۷۷ و چرخه فنولوژیکی گیاه برنج بررسی شد سپس نسبت به مدیریت روند تغییرات بازپراکنش در ۳ بازه زمانی (قبل از کشت محصول، زمان کشت محصول و بعد از برداشت محصول) و اطلاعات دقیق زمان کشت و چرخه فنولوژیکی گیاه برنج، نوع کاربری را تشخیص دادیم. پس از آن جهت دستیابی به نتایج بهتر اقدام به تهیه نقشه کاربری بخش مرکزی شهرستان تالش با روش طبقه‌بندی نظارت شده با استفاده از الگوریتم بیشترین شباهت شد. در نهایت جهت صحت نقشه کاربری استخراج شده از دقت کلی و ضریب کاپا با استفاده از داده‌های زمینی برداشت شده و داده‌های سطح گوگل ارث ارزیابی شد.

مقدمه

یکی از مهم‌ترین محصولات کشاورزی جهان برنج است (۳۶). مشخصه منحصر به فرد شالیزارهای برنج رشد در شرایط غرقابی است به طوری که در مراحل اولیه رشد، نیاز آبی شدیدی دارد که در آسیا ۷۰ درصد از منابع آب شیرین صرف کشت برنج می‌شوند (۹). علاوه بر میزان مصرف آب برای کشت گیاه برنج، غرقابی بودن گیاه برنج در مرحله آبگیری و نشاکاری منجر به گسیل متان در سطح شالیزارها می‌شود (۷). به طوری که تولید گاز متان طی دوران نشاء و غرقابی گیاه برنج، به میزان ۱۰-۱۳ درصد است که باعث اثرگذاری روی گازهای گلخانه‌ای می‌شود (۱۴). همچنین این گاز می‌تواند در بردارنده تبعات جدی در شیمی جوی و اقلیم باشد (۳۷). برآورد به موقع و دقیق مساحت و توزیع محصولات برنج می‌تواند اطلاعات مفیدی برای دولت‌ها، برنامه‌ریزان و تصمیم‌گیرندگان ارائه دهد (۱۷). تا سیاست‌هایی را از نظر سلامت مواد غذایی، مدیریت پایدار منابع آبی و کشاورزی، پایداری زیست‌محیطی و کاهش گازهای گلخانه‌ای تدوین کنند (۳۵). روش‌های متعددی جهت شناسایی و تفکیک سطح زیرکشت برنج و در نهایت تهیه نقشه کشت برنج وجود دارد. در کشور ما سه روش جهت برآورد سطح محصولات کشاورزی وجود دارد که شامل: روش‌های کارشناسی، برآورد از طریق فهرست‌برداری و در نهایت استفاده از فناوری‌های جدید است (۲۸). در ایران بیشتر از روش‌های سنتی و کارشناسی برای به دست آوردن آمار از سطوح کشاورزی استفاده می‌کنند بررسی‌ها نشان می‌دهند که این روش‌ها دارای خطا هستند (۱۳). از موارد محدودکننده این روش‌ها هزینه بالای نیروی انسانی جهت تخمین محصول و عدم تهیه نقشه پراکنش محصول می‌توان اشاره کرد (۲۸). امروزه داده‌های سنجنش‌ازدوری به دلیل داشتن ویژگی‌هایی مانند چند زمانه بودن، چند طیفی بودن، قابلیت تفکیک مکانی و رادیومتریکی مناسب و متنوع، دید وسیع و یکپارچه و همچنین داده‌های به‌هنگام و دقیق قادر به تفکیک عارضه‌ها و پدیده‌های مختلف کشاورزی از جمله سطح،

نوع و الگوهای زمانی و مکانی کشت هستند (۱). مطالعات گسترده‌ای جهت شناسایی و جداسازی مزارع کشت برنج در طی سال‌های گذشته با استفاده از سنجنش‌ازدور انجام شده است. از میان این مطالعات می‌توان به داده‌های اپتیکی (SPOT, MODIS, LANDSAT, IRRS, SENTINEL 2 و SENTINEL 1) همچنین به داده‌های راداری (RADARSAT, ALOSPALSAR و SENTINEL 1) اشاره کرد. به طوری که استفاده از داده‌های اپتیکی بیشتر از داده‌های راداری بوده است. اگرچه داده‌های تصاویر ماهواره‌ای اپتیکی به لحاظ داشتن قدرت تفکیک مکانی و چندطیفی بودن برای نقشه‌های کشت برنج مفید هستند اما این داده‌ها در شرایط آب و هوایی مختلف دارای محدودیت‌هایی هستند (۲۴). پردازش داده‌های راداری بصورت سری زمانی معمولاً وقت‌گیر، زمان‌بر، نیازمند سیستم‌های سخت‌افزاری و نرم‌افزاری قوی و همچنین نیازمند به صرف انرژی و زمان زیاد است. سامانه گوگل ارث انجین (Google Earth Engine) یک سیستم قدرتمند، قوی و تحت وب، محاسبات ابری است که توسط شرکت گوگل به منظور انجام تحلیل‌های مکانی و ذخیره سازی انواع داده‌های رایگان در مقیاس بسیار وسیع (از جمله این نوع داده‌ها شامل انواع تصاویر ماهواره‌ای با قدمت ۴۰ سال مانند سری ماهواره‌ای لندست، مودیس است همچنین داده‌های مدل رقومی زمین (DEM)، داده‌های اقلیمی و داده‌های وکتوری مانند نقشه کاربری اراضی) راه‌اندازی شده است (۳۴). با توجه به اینکه مناطق شمال کشور بیشترین سهم تولید برنج در کشور را دارند (۱۹). در این مناطق به دلیل وجود دیگر محصولات و تنوع ارقام کشت برنج به خصوص ارقام پرمحصول برنج در منطقه با تاریخ نشاکاری متفاوت باعث پیچیدگی روند پردازش با داده‌های تک تصویر و چند زمانه می‌شود (۲). همچنین به دلیل وجود ابر شرایط برای کارکرد داده‌های اپتیکی به خصوص در سری زمانی در بیشتر اوقات سال فراهم نیست (۲۱). بر این اساس دستیابی به داده‌های سنجنش‌ازدور اپتیکی در مراحل رشد برنج به خصوص در مناطق شمال کشور دشوار یا گاهی غیرممکن است که بتوان، تصاویر کافی بدون ابر به دست آورد.

همچنین بررسی مطالعات (۱۰، ۲۸، ۳۶) نشان می‌دهد که جهت پایش اراضی کشاورزی (برنج) و تهیه نقشه کشت برنج از بازپراکنش داده‌های راداری بر اساس فنولوژی کشت برنج استفاده شده است. نگوین و همکاران (۲۰) در پژوهشی نقشه کشت برنج را با استفاده از تصاویر سنتینل ۱ تهیه کردند. نتایج مطالعه‌ای این محققان نشان داد که بازپراکنش پلاریزاسیون‌های VH نسبت به VV رابطه بهتری با چرخه فنولوژیکی گیاه برنج دارد. به طوری که نتایج طبقه‌بندی نیز نشان می‌دهد که دقت کلی برابر با ۸۷/۲ درصد و ضریب کاپا ۰/۷۱ بوده است. همچنین نقشه استخراج شده با استفاده از داده‌های آماری مقایسه شد که ضریب تبیین آن برابر با ۰/۹۸ بدست آمد. دینشکومار همکاران (۱۰) در مطالعه‌ای به پایش مزارع کشت برنج بر اساس بازپراکنش تصاویر راداری سنتینل ۱ در محیط گوگل ارث انجین پرداخته‌اند. نتایج نشان داد که بازپراکنش پلاریزاسیون‌های VV و VH در مرحله اول رشد گیاه برنج بدلیل غرقابی بودن کمتر بوده است در مرحله دوم رشد مقدار بازپراکنش در مرحله اوج سبزینگی بیشتر می‌باشد. درحالی که در مرحله رسیدگی بذر گیاه برنج، میزان بازپراکنش کمتر می‌شود. همچنین پلاریزاسیون VV نتایج بهتری را نسبت به VH داده است. سینگا و همکاران (۳۱) با استفاده از داده‌های سنتینل ۱ با قدرت تفکیک مکانی بالا و پلتفرم گوگل ارث انجین به استخراج تهیه نقشه کشت برنج پرداختند. نتایج این مطالعه نشان داد که نقشه‌های تولید شده با نقشه‌های مؤسسات برنج و سایر داده‌ها همخوانی دارد و از دقت بالای ۹۰ درصد برخوردار می‌باشد همچنین نتایج این مطالعه نشان داد که داده‌های سنتینل ۱ و پلتفرم گوگل ارث انجین قابلیت بالایی را در تهیه نقشه کشت برنج در مقیاس وسیع دارند. بازی و همکاران (۶) در پژوهشی نقشه کشت برنج را با استفاده از سری زمانی تصاویر سنتینل ۱ استخراج کردند. در این پژوهش ابتدا بازپراکنش داده‌های راداری را متناسب با چرخه کشت برنج تجزیه و تحلیل کردند در ادامه با استفاده از شیب رگرسیون خطی، نمایه گوسی و واریانس سری زمانی پلاریزاسیون‌ها مناطق کشت برنج شناسایی شده‌اند. سپس با استفاده از روش-

های طبقه‌بندی درخت تصمیم‌گیری و جنگل تصادفی نقشه کشت برنج تهیه شد. نتایج نقشه کشت برنج نشان می‌دهد که دقت کلی روش درخت تصمیم‌گیری ۹۶/۳ درصد و دقت کلی روش جنگل تصادفی ۹۶/۳ درصد است. چانگ و همکاران (۸) از سری داده‌های سنتینل ۱ متناسب با مراحل رشد و بازپراکنش راداری ۵ ویژگی (اختلاف بازپراکنش، فاصله زمانی بین مراحل رشد گیاه برنج، نرخ تغییرات بازپراکنش، متوسط بازپراکنش نرمال شده، حداکثر بازپراکنش) را تعریف کردند. نتایج روش پیشنهادی نشان می‌دهد که دقت نقشه کشت برنج به میزان ۶ درصد افزایش یافته است بطوری که دقت کلی ۹۱/۲ درصد می‌باشد. همچنین نتایج این روش با روش‌های طبقه‌بندی درخت تصمیم‌گیری، ماشین‌بردار پشتیبان، نزدیک-ترین همسایه و آنالیز همسایه‌ها نیز ارزیابی شد. الگوریتم ماشین‌بردار پشتیبان در مقایسه با ۳ روش دیگر طبقه‌بندی نتایج بهتری داشت. در مقابل روش پیشنهادی دارای دقت ۳ درصد بهتر از الگوریتم ماشین‌بردار پشتیبان دارد. در پژوهشی تالما و همکاران (۳۶) از ترکیب داده‌ی اپتیکی براساس شاخص‌های پوشش گیاهی و آبی و داده راداری در دو پلاریزاسیون VH و VV جهت تهیه نقشه کشت برنج در اتیوپی استفاده کرده‌اند. طبق نتایج این پژوهش پلاریزاسیون VH نسبت به پلاریزاسیون VV عملکرد بهتری در استخراج مناطق تحت کشت برنج و متمایز کردن آن از سایر کاربری نشان داده است و بازپراکنش راداری در مراحل رشد برنج متفاوت می‌باشد. همچنین این محققین استفاده از شاخص‌های داده‌های اپتیکی را باعث افزایش دقت کار دانسته‌اند. سون و همکاران (۳۳) در مطالعه‌ای جهت تهیه نقشه کشت برنج از داده‌های سری زمانی سنتینل ۱ و طبقه‌بندی شی‌پایه استفاده کرده‌اند. نتایج ارزیابی نقشه‌ها نسبت به داده‌های زمینی در دو زمان کشت نشان می‌دهد که دقت تولیدکننده در زمان اول ۸۴/۲٪ و در محصولات دوم ۸۲/۶٪ و دقت کاربر در محصولات بازه اول ۸۲/۱٪ و ۸۵/۳٪ می‌باشد. از نتایج دیگر این مطالعه پتانسیل بالای داده‌های سنتینل ۱ و اطلاعات فنولوژیکی در تهیه کشت برنج در سطح وسیع و قابلیت بروز رسانی این

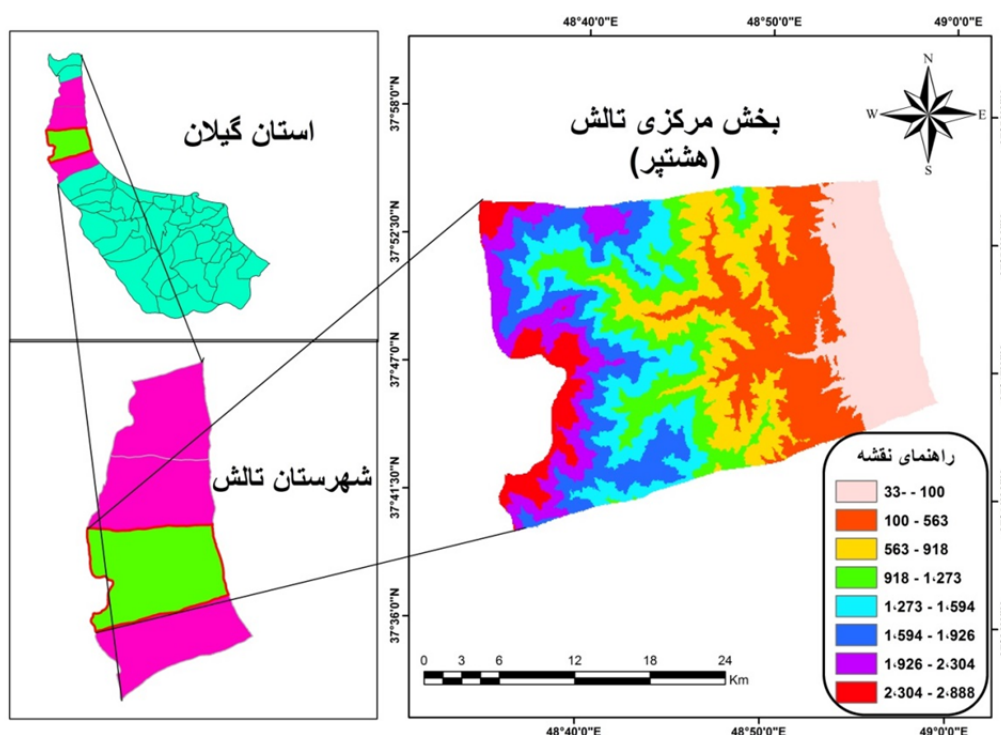
شاخص‌های پوشش گیاهی مرتبط با مراحل فنولوژیکی کشت برنج استفاده شده است. نتایج این مطالعه نشان داد که ضریب کاپا در سه منطقه به ترتیب برابر با ۰/۷۳، ۰/۹۴ و ۰/۷۰ درصد می‌باشد. بررسی مطالعات گذشته نشان می‌دهد که محققان مختلفی از داده‌های تصاویر ماهواره‌ای سنتینل ۱ برای شناسایی و تهیه نقشه کشت برنج استفاده کرده‌اند. نتایج این مطالعات نشان می‌دهد که داده‌های سنتینل ۱ دقت بالایی در استخراج مناطق کشت برنج و سایر کاربری‌ها دارند. لذا با توجه به موارد ذکر شده نوآوری این تحقیق از دو جنبه قابل بررسی است. بدین صورت که در تحقیقات مشابه برای شناسایی و تهیه نقشه کشت برنج از داده‌های چندزمانه اپتیکی و راداری بر اساس روش‌های طبقه‌بندی و شاخص‌ها استفاده می‌کردند. بنابراین روش‌های گذشته در داخل کشور مبتنی بر طبقه‌بندی بر اساس یک تصویر بوده است که در مناطق با طیف مشابه محصولات کشاورزی قابلیت تفکیک پوشش‌های زمینی را ندارد. همچنین استفاده از شاخص‌های گیاهی در تصاویر اپتیکی محدودیت‌های جوی در شمال کشور داشته است که کارایی آنچنانی جهت تهیه نقشه و تعیین سطح زیرکشت محصولات کشاورزی را ندارند. با توجه به اینکه استان گیلان و شهرستان تالش قطب تولید برنج می‌باشد. لذا آگاهی از سطح زیرکشت بر اهمیت این پژوهش می‌افزاید تا با به‌کارگیری روش و انتخاب تصاویر ماهواره‌ای مناسب، پوشش‌های زمینی تفکیک و نقشه اراضی شالیزار تهیه شود. در این راستا در این پژوهش برای تهیه نقشه کشت برنج از سری زمانی داده‌های سنتینل ۱ با قدرت تفکیک زمانی و مکانی مطلوب متناسب با فنولوژی کشت برنج به‌علاوه ارتباط بین بازپراکنش پلاریزاسیون VV با مراحل کشت برنج استفاده شده است و همچنین جهت شناسایی، تجزیه و تحلیل سری زمانی داده‌های سنتینل ۱ از سامانه گوگل ارث‌انجین بهره برده شده است. بنابراین در این پژوهش ابتدا شناسایی و تفکیک مناطق کشت برنج بر اساس فنولوژی برنج انجام و در ادامه نسبت به استخراج نقشه کاربری اراضی شالیزار و سایر کاربری‌ها اقدام شد و در نهایت به ارزیابی نقشه کاربری اراضی پرداخته شد.

نقشه‌ها برای مناطق مختلف می‌باشد. در داخل کشور مطالعات متعددی با استفاده از داده‌های اپتیکی و مطالعات محدودی با استفاده از داده‌های راداری جهت تهیه نقشه کشت برنج انجام شده است. آملی انصاری و همکاران (۳) به بررسی کارکرد روش طبقه‌بندی چند زمانه و داده‌های ماهواره NOAA سنجنده AVHRR به منظور تخمین دقیق سطح زیرکشت محصول برنج در استان گیلان پرداختند. نتایج این مطالعه نشان داد که اختلاف نقشه برنج استخراج شده با نقشه کاربری زمین‌های کل استان برابر با ۸/۴ درصد است. به عبارت دیگر دقت روش استفاده شده در برآورد سطح زیرکشت برنج در کل منطقه برابر با ۹۱/۹۶ درصد است. خداکرمی و همکاران (۱۴) در پژوهشی به بررسی کاربرد سنجنش‌ازدور چند زمانی در تعیین سطح زیرکشت محصولات کشاورزی پرداختند. برای تهیه نقشه الگوی کشت، از ترکیب باندهای شاخص‌های گیاهی حاصل از سه سری زمانی (۱۵ فروردین، ۸ اردیبهشت و ۲۸ مرداد)، استفاده شد نتایج ترکیب شاخص‌ها نشان دادند که به‌خوبی کشت منطقه را می‌توان تفکیک نمود. بهرام‌وش شمس (۵) در مطالعه‌ای به استخراج اتوماتیک نقشه کشت برنج با استفاده از آستانه‌گذاری روی شاخص‌های پوشش گیاهی NDVI و آب LSWI در دوره رشد برنج اقدام کردند. نتایج مطالعه نشان داد که دقت کلی این روش ۹۰ درصد است. سادات و همکاران (۳۰) در مطالعه‌ای با استفاده از سری زمانی سنتینل ۱ بر اساس پلاریزاسیون‌های VH، VV، VV+ VH نقشه کشت برنج را با استفاده از الگوریتم جنگل تصادفی استخراج کردند. نتایج این مطالعه نشان داد که دقت طبقه‌بندی‌ها بالای ۸۰ درصد و بهترین نتیجه مربوط به سیگمانات و گامانات با دقت ۹۱/۳۷ درصد است. همچنین دیگر نتایج این مطالعه نشان داد که داده‌های راداری قابلیت بالایی در ارزیابی و پایش کشت برنج در مناطق ابری با وسعت متوسط دارند. معینی راد و همکاران (۱۸) در مطالعه‌ای با هدف توسعه الگوریتمی مبتنی بر فنولوژی برنج با استفاده از سری زمانی داده‌های سنتینل ۲ در سه منطقه (مرودشت، درگز و قزوین) به آشکارسازی کشت برنج پرداختند. در این مطالعه از

مواد و روش

منطقه مورد مطالعه شهرستان تالش در شمال غربی استان گیلان قرار گرفته است. شهرستان تالش بین طول جغرافیایی $48^{\circ} 32'$ تا $49^{\circ} 3'$ طول شرقی و عرض جغرافیایی آن 37° و $38^{\circ} 16'$ شمالی قرار گرفته است (۱). مساحت تالش $2215/872$ کیلومترمربع است. مرکز تالش شهر هشتپر است که ارتفاع آن از سطح دریای آزاد به 80 متر می‌رسد. شهرستان

تالش دارای چهار بخش به نام‌های حویق، مرکزی، اسالم و کرگان‌رود دارد. اصلی‌ترین محصول زراعی در بخش مرکزی شهرستان تالش مزارع کشت برنج است. برنج محصولی هست که نیازمند زمین‌های صاف و هموار دارای شیب کمتر از 5 درصد و ارتفاع کمتر از 100 متر است. به همین دلیل با توجه به شناخت منطقه مورد مطالعه دیگر محصولات کشاورزی عمده در این منطقه توتون و کیوی است.



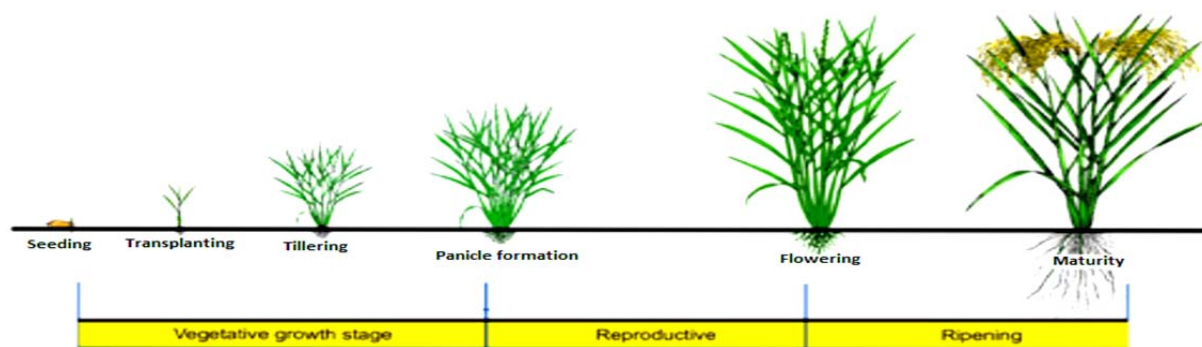
شکل ۱. موقعیت منطقه مورد مطالعه در شهرستان تالش

Fig 1. Position of the study area in Talesh city

داده‌های مورد استفاده

هر کار پژوهشی باتوجه به موضوع و اهدافی که دنبال می‌کند برای به‌ثمر رسیدن نتایج نیاز به داده، ابزار و روش‌هایی دارد؛ لذا انتخاب داده و روش‌های مناسب جهت رسیدن به نتیجه مطلوب حائز اهمیت است. داده‌های مورد استفاده در این پژوهش شامل، تصاویر ماهواره‌ای سری زمانی (۲۰۱۸ تا ۲۰۲۰) فرمت GRD سنتینل ۱ موجود در پایگاه گوگل ارث انجین بر اساس مراحل فنولوژیکی گیاه برنج به منظور شناسایی و تفکیک مزارع کشت برنج استفاده شد. بازه زمانی کشت برنج

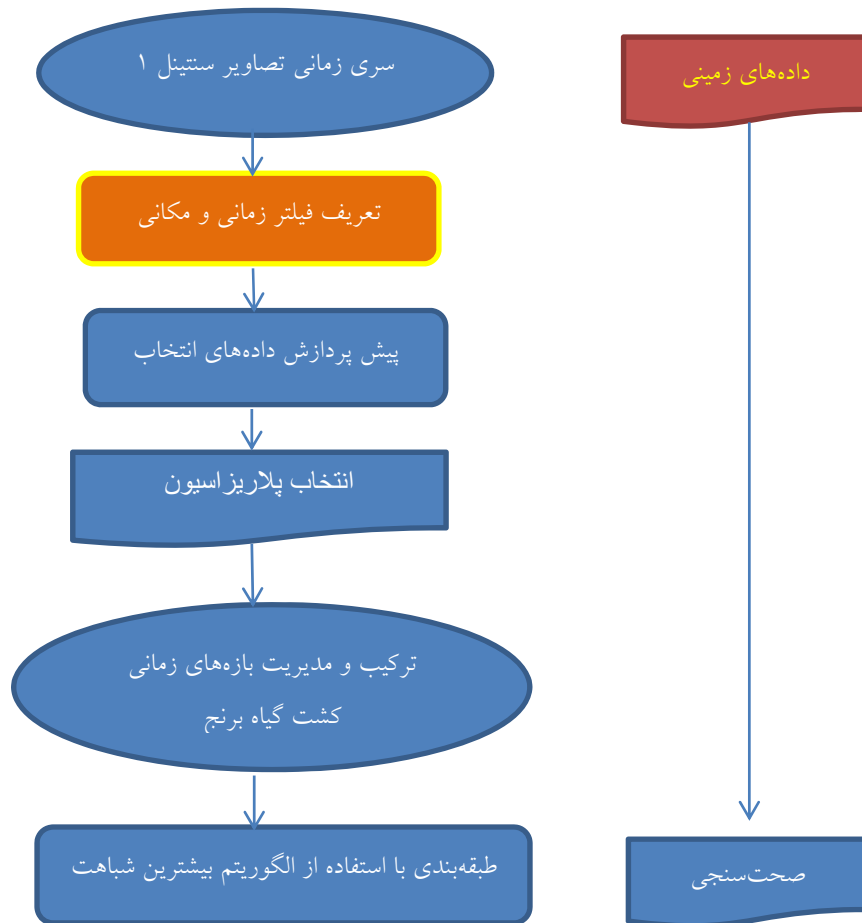
در مناطق مختلف متفاوت می‌باشد در منطقه مورد مطالعه عموماً سطح اراضی شالیزارها بسته به رقم برنج بعد از ۱۳ فروردین آبیگری، آماده شخم زدن و نشاکاری می‌شوند به طوری که بعد از هفته اول اردیبهشت سطح شالیزارها را نشای سبز می‌پوشاند. و در هفته اول مرداد ماه برداشت محصول شروع می‌شود مدت زمان نهایی کشت برنج به طور تقریبی ۹۰ تا ۱۰۰ روز می‌باشد. شناخت این بازه زمانی باعث شناخت بهتر ارتباط مراحل فنولوژیکی کشت برنج با بازپراکنش پلاریزاسیون VV می‌شود.



شکل ۲. مراحل رشد گیاه برنج
Fig 2. Stages of rice plant growth

به صورت پراکنده و تصادفی برداشت شد. بخشی از این داده‌های برداشت شده در جهت آموزش تصویر ماهواره‌ای و بخشی نیز برای برآورد صحت نتایج به کار گرفته شد. روش‌های طبقه‌بندی به‌طور معمول به دو دسته نظارت‌نشده (Unsupervised Classification) و نظارت شده (Supervised Classification) تقسیم می‌شوند. روش‌های نظارت نشده بیشتر اتومات و مبتنی بر اطلاعات تصویر هستند و کاربر در کل فرآیند آن دخالتی ندارد. روش‌های نظارت شده به اطلاعات اولیه‌ای مانند تعداد کلاس، خصوصیات آنها و همچنین نمونه‌های معلوم از هر کلاس نیاز دارد که دخالت کاربر در آن اجتناب ناپذیر می‌باشد. می‌توان از روش‌های پارامتریک طبقه‌بندی به کوتاه‌ترین فاصله (Minimum Distance) و بیشترین شباهت (Maximum Likelihood) اشاره کرد. به‌منظور طبقه‌بندی کاربری اراضی از روش طبقه‌بندی نظارت شده الگوریتم روش طبقه‌بندی بیشترین شباهت یکی از معروف‌ترین روش‌های آماری طبقه‌بندی است که جزو روش‌های بر اساس پیکسل قرار می‌گیرد. در طبقه‌بندی بیشترین شباهت، کلاسی به پیکسل مورد نظر انتصاب داده می‌شود که بیشترین احتمال تعلق پیکسل به آن کلاس وجود دارد (۱۱).

مراحل انجام پژوهش در شکل ۳ ارائه شده است. با توجه به اینکه داده‌های موجود در پایگاه گوگل ارث انجین بصورت تصحیح شده می‌باشند. لذا مراحل انجام پژوهش بدین صورت است که پس از فراخوانی تصاویر، پیش پردازش این داده‌ها و انتخاب پلاریزاسیون VV انجام شد. سپس میانگین نمودار روند نمودار بازپراکنش راداری متأثر از خصوصیات کاربری‌های سطح زمین (اراضی شالیزار) برحسب واحد (db) استخراج شدند. در ادامه براساس ارتباط بین چرخه فنولوژیکی کشت برنج با بازپراکنش راداری یک فیلتر میانه برای سه دوره زمانی تعریف شد. این فیلتر برای کاهش میزان نویز بخصوص در مرز بین تصاویر ماهواره‌ای مؤثر می‌باشد (۲۹). سپس از مدیریت سه دوره زمانی مناطق کشت برنج بصورت اولیه شناسایی شدند در ادامه بعد از شناسایی مناطق برنج، جهت دستیابی به نتایج بهتر اقدام به تهیه نقشه کاربری بخش مرکزی تالش شد. به‌منظور طبقه‌بندی در پژوهش حاضر بعد از تعریف کاربری‌های مختلف شامل (اراضی جنگلی، اراضی باغی، اراضی شهری، مناطق آبی و مناطق کشت برنج) اقدام به گرفتن نمونه‌های آموزشی متناسب با هر کاربری از سطح منطقه مورد مطالعه شد. تهیه نمونه‌های تعلیمی و واقعیت زمینی امری مهم در طبقه‌بندی‌ها می‌باشد. در این پژوهش نمونه‌های تعلیمی از سطح منطقه با استفاده از بازدید میدانی و تصاویر گوگل ارث



شکل ۳. نمودار روند پژوهش

Fig 3. Flowchart of research stages

$$OA = \frac{\sum_{k=1}^N a_{kk}}{\sum_{i,k=1}^N a_{ik}} = \frac{1}{n} \sum_{K=1}^N a_{kk} \quad [1]$$

$$\text{(احتمال توافق)} - 1 / \text{(احتمال توافق)} \quad [2]$$

– (دقت مشاهده شده) = آماره کاپا

در این رابطه؛ K ضریب کاپا، OA نشان‌دهنده صحت کلی و N معرف تعداد کل پیکسل‌های طبقه‌بندی شده و نمایه مجموع پیکسل‌های قطر اصلی ماتریس خطا (تعداد کل پیکسل‌های درست طبقه‌بندی شده) است.

نتایج

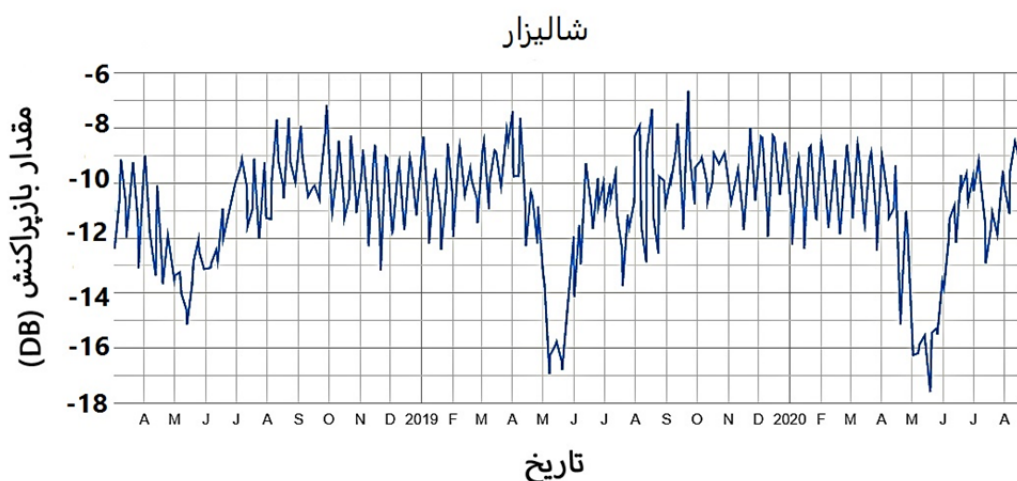
نتایج نمودار باز پراکنش تصاویر راداری نشان می‌دهد که باز پراکنش راداری کاملاً وابسته به مراحل فنولوژیکی گیاه

ارزیابی صحت (Accuracy assessment)

الگوریتم‌های طبقه‌بندی توانایی تشخیص و تولید کامل نقشه کاربری را ندارند و خروجی‌های طبقه‌بندی معمولاً دارای خطاهایی هستند. ارزیابی دقت طبقه‌بندی، یکی از مهم‌ترین مؤلفه‌ها در ارائه نتایج دقیق است. با توجه به اینکه اعتبار و اهمیت نقشه‌های کاربری مناطق کشت برنج مهم است. در این پژوهش به منظور ارزیابی نتایج به دست آمده از الگوریتم طبقه‌بندی نقشه کاربری اراضی متناسب با کاربری‌های مورد نظر نمونه‌های واقعیت زمینی با چی پی اس دستی (Global Position System) به همراه نرم‌افزار گوگل ارث (Google Earth) در سطح منطقه مورد مطالعه برداشت شد. سپس اعتبار و دقت نتایج بر اساس صحت کلی و ضریب کاپا طبق رابطه‌های [۱] و [۲] ارزیابی شد.

اردیبهشت ماه (May) مرحله اول کشت برنج (آبگیری و غرقابی) بدلیل وجود سطوح صاف، هموار آب و عدم وجود سبزیگی کافی از گیاه برنج و میزان خاک پس زمینه در این مرحله میزان بازپراکنش راداری در نمودار به صورت کلی کاهش پیدا کرده است. همچنین می توان گفت ضریب بازپراکنش در مرحله اول رشد گیاه برنج کاهش پیدا کرده است. همانطور که در نمودار دیده می شود میزان بازپراکنش راداری در زمان آبگیری و غرقابی گیاه برنج کمتر از ۱۶- می رسد. به صورت کلی کاهش بازپراکنش داده های راداری را می توان به مرحله آبگیری و همچنین به عدم نفوذ امواج رادار در زمین های خشک مرتبط دانست (۳۰).

برنج است. به همین دلیل در طی مراحل رشد برنج باز پراکنش راداری متفاوتی در چرخه رشد برنج وجود دارد (۳۵). به طوری که قبل از مرحله نشاکاری مناطق کشت برنج بدون هیچ گونه فعالیت کشاورزی دیده می شوند و در فصل های پاییز و زمستان عاری از کشت می باشد شکل ۴ نشان می دهد که میزان بازپراکنش این ماه های سال در بازه عددی ۸- تا ۱۲- ثابت می باشد همانطور که در بخش مواد و روش اشاره شد نشاءکاری گیاه برنج در اردیبهشت ماه (May) شروع می شود. بازپراکنش مرحله اول کشت برنج متفاوت از بقیه ماه های سال می باشد. علاوه بر دید بصری در تصویر ماهواره ای، در نمودار بازپراکنش راداری نیز خودش را نشان می دهد. در تاریخ ۷



شکل ۴. نمودار ضریب بازپراکنش سری زمانی ۲۰۱۸-۲۰۲۰

Fig 4. Graph of backscattering coefficient of time series 2020-2018



شکل ۵. مرحله اول آبگیری زمین و نشاکاری

Fig 5. The first stage of land dewatering and transplanting

از پالس‌های منعکس شده آب هستند؛ بنابراین باز پراکنش راداری در اوایل و اواسط خردادماه (june) با افزایش سبزی‌نگی افزایش پیدا کرده است. باتوجه به شکل ۴ میزان بازپراکنش راداری در مرحله دوم رشد گیاه برنج افزایش پیدا می‌کند و میزان بازپراکنش این چرخه ۱۲- تا ۱۴- می‌رسد.



شکل ۶. مرحله دوم رشد اندام‌های زایشی و سبزی‌نگی

Fig 6. The second stage of reproductive and green organ growth

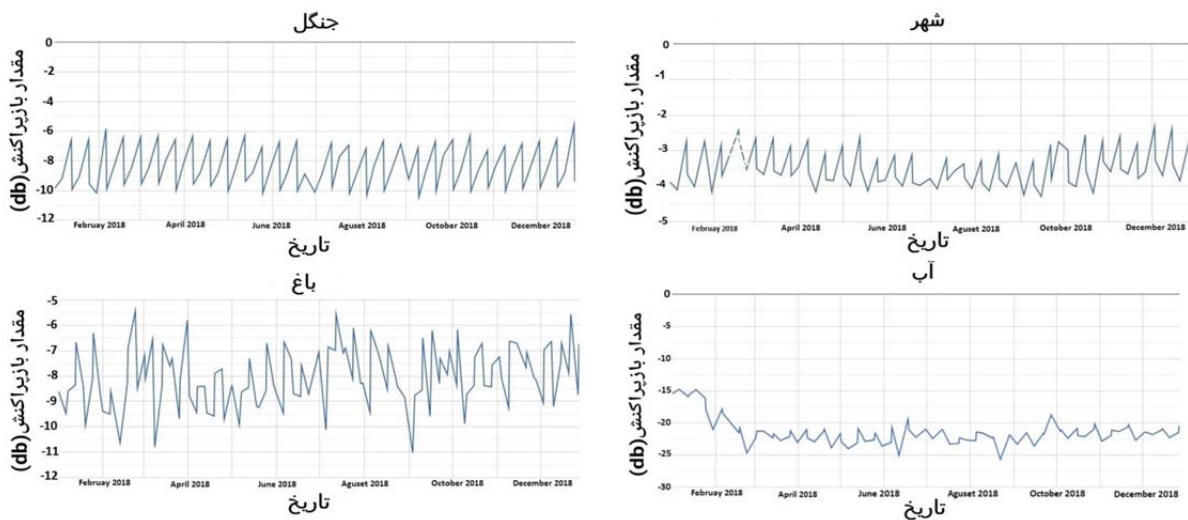
در ادامه مراحل رشد گیاه برنج با تولید اندام‌های زایشی و رشد ارتفاعی میزان سبزی‌نگی گیاه برنج افزایش پیدا می‌کند به طوری که سطح آب موجود در سطح مزارع کمتر دیده می‌شود و طیف غالب گیاه برنج سطح زمین را اشغال می‌کند به همین دلیل باز پراکنش راداری به دلیل سطوح ناهموار بیشتر

طور کامل قابل استفاده برای سایر محصولات گیاهی نیست به همین دلیل میزان پوشش گیاهی باقی مانده در سطح زمین‌های کشاورزی دارای رنج بازپراکنش (۱۰- تا ۱۲-) هستند. به طور کلی می‌توان گفت که حساسیت باند c ماهواره سنتینل ۱ به رشد و نمو مراحل فنولوژیکی گیاه برنج عامل اصلی تفاوت در بازپراکنش داده‌های راداری می‌باشد (۲۹) در این پژوهش بازپراکنش سایر پدیده‌ها نیز جهت بررسی تفاوت و دستیابی به نتایج مطلوب بررسی شد. نتایج نشان می‌دهد که کاربری مسکونی، شهر بدلیل ساختمان‌ها و سایر اشیاء بدلیل انعکاس گوشه‌ای (Corner Reflections) بالاترین مقدار بازپراکنش برخوردار هستند. اما تغییرات بازپراکنش در این نوع پدیده‌ها دیده نمی‌شود معمولاً بازه عددی ۳- تا ۴- را دارا هستند. در سایر کاربری‌ها نیز تغییرات آنچنانی در طول سال دیده نمی‌شود. بنابراین سایر کاربری‌ها روند بازپراکنش متفاوتی را با

در نهایت مرحله آخر رشد گیاه برنج، مرحله رسیدگی و برداشت محصول است در این مرحله میزان رشد ارتفاعی و رشد اندام‌های زایشی گیاه برنج متوقف شده میزان آب مصرفی گیاه کاهش پیدا می‌کند. همچنین جهت برداشت محصول و خشک‌شدن سطح زمین آب ورودی کامل قطع می‌شود. در نتیجه با وجود حرارت لازم در فصل تابستان برنج آماده رنگ گرفتن و زرد شدن می‌شود که منجر به رسیدگی کامل دانه گیاه برنج می‌شود. در این مرحله باز پراکنش راداری به دلیل رسیدگی گیاه برنج و عدم رشد ارتفاعی در حد ثابت می‌ماند و با برداشت محصول برنج از سطح زمین میزان باز پراکنش راداری کاهش پیدا کرده و در حالت عادی باقی می‌ماند (۱۰). این نکته حائز اهمیت است که زمین‌های برنج بعد از برداشت گیاه برنج عاری از پوشش گیاهی نمی‌شوند. به دلیل استفاده از کودهای شیمیایی در زمان کشت و رشد برنج، ساقه برنج به

هر چند محصولات مختلفی به صورت پراکنده و در سطح کوچک کشت می‌شوند اما این محصولات در سری زمانی همخوانی زیادی با چرخه فنولوژیکی کشت برنج ندارند و غرقابی بودن گیاه برنج بازپراکنش این پدیده‌ها را متمایز می‌کند.

گیاه برنج دارند که این امر در مطالعات گذشته نیز به اثبات رسیده است (۳۰، ۳۱) همچنین با توجه به خصوصیات داده‌های راداری و حساسیت آنها به تغییرات ارتفاعی، ذکر این نکته واجب است. سایر کاربری‌ها در طول یک یا دو سال شرایط تغییرات ارتفاعی مانند رشد و نمو اراضی شالیزار در چرخه فنولوژیکی کشت برنج در سطح منطقه مورد مطالعه را ندارند



شکل ۷. بازپراکنش سایر کاربری‌ها (جنگل، شهر، باغ، آب)

Fig 7. Backscatter of other uses (forest, city, garden, water)

مرحله اوج سبزی‌نگی با کلاس کاربری باغات و اراضی جنگلی داشته ولی به دلیل استفاده از سری زمانی و توجه به چرخه فنولوژیکی کشت برنج از دقت خوبی معادل ۹۶/۴۸ در تفکیک بین کاربری‌ها برخوردار بوده است. کلاس کاربری منابع آبی به دلیل همگن و خالص بودن بیشترین دقت در تفکیک بین کاربری‌ها را بخود اختصاص داده و همچنین کمترین دقت تفکیک بین کاربری‌ها مربوط به کلاس کاربری باغات و اراضی شهری بوده است. با توجه به شناخت منطقه مورد مطالعه و استفاده از گوگل ارث اینچنین برداشت شد که دلیل تداخلی پیکسلی در تفکیک بین کاربری باغی و کاربری شهری به وسعت کوچک و پراکنده بودن این کاربری‌ها در مناطق روستایی و حومه شهر بوده است. منطقه مورد مطالعه به دلیل دارا بودن شرایط آب و هوایی مناسب و خاک حاصلخیز از دیرباز مورد توجه خانواده‌ها به کشت درختان میوه از جمله

در نهایت بعد از بررسی نمودار باز پراکنش، نقشه کاربری منطقه مورد مطالعه در حوزه شهری با تأکید بر ارتفاع قابل قبول کشت برنج استخراج شد. ارزیابی دقت نقشه کاربری نشان می‌دهد که نمودار باز پراکنش تصاویر راداری به دلیل همخوانی زیاد با تقویم زراعی کشت برنج، تأثیر زیادی روی دقت نقشه استخراج شده دارد. به طوری که ماتریس خطای دقت طبقه‌بندی نشان می‌دهد که دقت کلی برابر با ۹۱/۵۷ درصد و ضریب کاپای ۰/۷۵ است. این دقت نشان می‌دهد که الگوریتم بیشترین شباهت دقت بالایی در استخراج مناطق کشت برنج با استفاده از تصاویر راداری همراه با سایر کاربری‌ها دارد. نتایج آماری صحت سنجی جدول ۱ نشان می‌دهد که الگوریتم بیشترین شباهت دقت خوبی در تفکیک کاربری‌ها داشته به طوری که کلاس کاربری برنج با توجه به اینکه شباهت طیفی در مرحله آبیگری با کلاس منابع آبی و در

پرتغال، نارنج، کیوی و امروزه نیز خرما و رونق داشته است. و بیشتره دیده می‌شود. نتایج ارزیابی صحت نقشه‌کاربری طبقه- بندی شده در جدول ۱ ارائه شده است. به دلیل سطح کوچک این درختان میوه‌ای تداخل پیکسلی

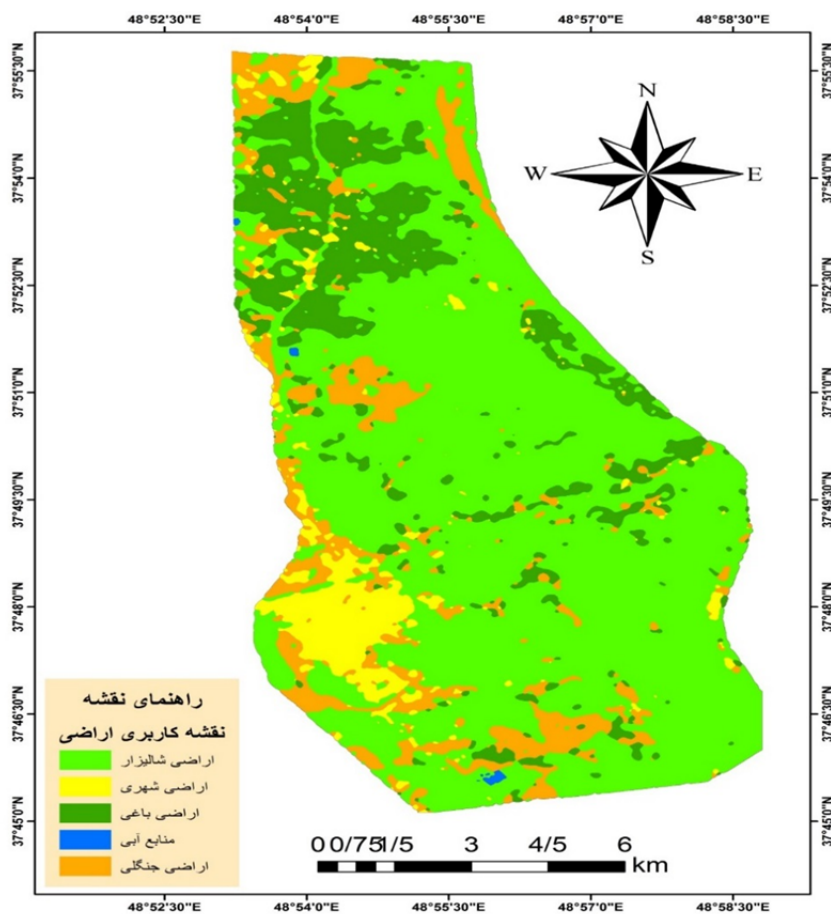
جدول ۱. ارزیابی صحت نقشه شالیزار و پوشش زمین

Table 1. Land use map information of paddy rice fields (validation)

| آب | جنگل | باغات | شهر | برنج | کلاس |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 0.87 | 2.07 | 3.94 | 5.48 | 96.48 | برنج |
| 0 | 0.85 | 1.50 | 85.53 | 0.85 | شهر |
| 0 | 0.60 | 83.15 | 0.38 | 0.60 | باغات |
| 0 | 96.48 | 11.41 | 8.61 | 2.07 | جنگل |
| 99.13 | 0 | 0 | 0 | 0 | آب |
| 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | جمع |

مدیریت کافی در منابع آبی و خشک شدن چاه‌های آب، افزایش هزینه‌های کارگری و تبعیت از کشت سنتی و عدم مکانیزه بودن قابلیت سودآوری کافی و صرفه اقتصادی برای کشاورزان را ندارد. باتوجه به دلایل گفته شده محصول کیوی به دلیل سودآوری و جنبه صادرات به بازارهای داخلی و خارجی مورد توجه ویژه کشاورزان منطقه شده است. به طوری که دهستان جوکندان بیشترین میزان مساحت کشت کیوی را در بخش مرکزی شهر تالش به خود اختصاص می‌دهد علاوه بر این شهرستان تالش به عنوان قطب تولید محصولات کشاورزی کیوی در استان و کشور است. تداوم روند تبدیل اراضی شالیزاری به باغات کیوی علاوه بر اینکه باعث کاهش سطح زیر کشت و تولید محصول برنج می‌شود؛ بلکه زمینه را برای تغییر کاربری اراضی و واردات محصول برنج فراهم می‌کند (۲۷).

همچنین شکل ۸ نقشه کاربری اراضی شالیزارها به همراه سایر کاربری‌های موجود در منطقه مورد مطالعه در حوزه شهری مربوط به سری زمانی ۲۰۲۰ تا ۲۰۱۸ را نشان می‌دهد. مساحت هر یک از کاربری‌ها نیز در جدول ۲ ارائه شده است. همان‌طور که گفته شد به دلیل داشتن شرایط آب‌وهوایی و وجود خاک حاصلخیز وسعت مناطق کشت برنج بیشتر از سایر کاربری‌ها است به طوری که مساحت نقشه کاربری اراضی نیز نشان می‌دهد که بیشترین مساحت مربوط به کاربری شالیزار هست و همچنین کمترین مساحت مربوط به منابع آبی است. سایر کاربری نیز نشان می‌دهد که کاربری باغات دارای دومین مساحت در بین دیگر کاربری‌ها است. باتوجه به شناخت منطقه و بازدیدهای میدانی صورت گرفته قابلیت تبدیل اراضی شالیزار به باغات (کیوی و خرما) بیشتر دیده می‌شود و این امر در کاهش سطح اراضی شالیزار در آینده به صورت قابل محسوس دیده خواهد شد. کاربری شالیزار به دلیل سختی کار، عدم



شکل ۸. نقشه طبقه‌بندی پیکسل پایه مناطق کشت برنج با استفاده از الگوریتم بیشترین شباهت

Fig 8. Supervised classification map of rice field areas using the maximum likelihood algorithm

جدول ۲. مساحت کاربری‌های اراضی

Table 2. Land use area

| مساحت (هکتار) | نوع کلاس |
|---------------|---------------|
| 7381.07 | اراضی شالیزار |
| 669.74 | اراضی شهری |
| 1641.55 | اراضی باغی |
| 1296.58 | اراضی جنگلی |
| 12.72 | منابع آبی |

بحث و نتیجه‌گیری

اطلاع از پراکنش مکانی و سطح زیر کشت محصولات کشاورزی به‌خصوص محصولات استراتژیک و راهبردی همچون برنج، در برنامه‌ریزی‌ها، مدیریت صحیح و تصمیم‌گیری‌ها و تدوین سیاست‌ها در سطح کشور ابزاری مهم و حائز

اهمیت است. باتوجه‌به اینکه روش‌های مرسوم تعیین سطح زیر کشت محصولات کشاورزی زمان‌بر، هزینه‌بر و دارای خطاهای مختلف هستند استفاده از آنها در تصمیم‌گیری‌های کلان کشور قابل‌اطمینان نخواهد بود. امروزه سنسور از دور بدون نیاز به مراجعه حضوری، پوشش وسیع مکانی و زمانی مناسب به-

عنوان ابزاری مفید جهت پایش مناطق کشت برنج محسوب می‌شوند. بیش از ۷۰ درصد اراضی شالیزارها در مناطق شمالی کشور کشت می‌شود (۲۶). اما باتوجه به محدودیت‌هایی که داده‌های اپتیکی در مناطق شمالی به دلیل شرایط جوی ابرناکی در زمان کشت برنج دارند استفاده از این داده‌ها میسر نیست؛ لذا هدف از این مطالعه استفاده از مزیت‌های داده‌های راداری (قابلیت عبور از ابر، متأثر نبودن از شرایط جوی و تصویربرداری در روز و شب، دارای دقت نسبتاً مناسب در سطح منطقه‌ای با قدرت تفکیک مکانی ۱۰ متر و قدرت تفکیک زمانی ۵ روز) بر اساس فنولوژی کشت برنج جهت شناسایی مناطق کشت برنج است (۲۶). باز پراکنش داده‌های راداری از سطح شالیزارها به طول دوره کشت، افزایش زیست‌توده، ارتفاع گیاه، رطوبت خاک، مدت‌زمان و تعداد دفعات غرقابی بستگی دارد. در این پژوهش با بررسی تقویم زمانی کشت برنج اقدام به تعریف بازه‌های زمانی متناسب با فنولوژی کشت برنج شد. نتایج نشان می‌دهد که باز پراکنش پلاریزاسیون ۷۷ کاملاً وابسته به چرخه فنولوژیکی کشت برنج هست؛ به طوری که میزان باز پراکنش در مرحله غرقابی و آبیگری گیاه برنج به دلیل وجود آب در سطح مزارع کمتر است. در ادامه مراحل رشد گیاه برنج باتوجه به افزایش سبزیگی و تولید اندام‌های زایشی گیاه برنج میزان باز پراکنش راداری افزایش پیدا می‌کند. در مرحله آخر رشد برنج به دلیل رسیدگی دانه برنج و عدم رشد ارتفاعی گیاه برنج میزان باز پراکنش راداری مقداری کاهش پیدا می‌کند. به طور کلی در مراحل کشت برنج خاک پس‌زمینه باعث کاهش باز پراکنش داده‌های راداری می‌شود (۱۰). با برداشت محصول برنج میزان باز پراکنش راداری بین اعداد (۱۲- تا ۱۰-) است. این روند در سری زمانی باتوجه به خصوصیات برنج (باقی‌ماندن زیست‌توده گیاهی) ثابت است. به طوری که در سایر کاربری‌ها مقدار باز پراکنش پلاریزاسیون ۷۷ متفاوت از نمودار شالیزارهای برنج است. در نتیجه می‌توان گفت رابطه مستقیمی بین امواج بازتاب شده از سطح شالیزارها با مراحل فنولوژیکی گیاه برنج وجود دارد. در نهایت پس از بررسی نمودار باز پراکنش، مناطق کشت

برنج بر اساس مراحل فنولوژیکی به صورت اولیه نمایان شدند. نقشه کشت برنج بر اساس مناطق شناسایی شده از باز پراکنش راداری در ۵ کلاس کاربری (اراضی شالیزاری، اراضی مسکونی، اراضی باغی، اراضی جنگلی و منابع آبی) با استفاده از روش طبقه‌بندی نظارت شده با الگوریتم بیشترین شباهت استخراج شد. دقت کلی و ضریب کاپای این الگوریتم به ترتیب برابر با ۹۱/۵۷ درصد و ۰/۷۵ است. نتایج نشان می‌دهد که استفاده از باز پراکنش داده‌های راداری باعث افزایش دقت طبقه‌بندی می‌شود که با نتایج فان و همکاران (۲۵) مطابقت دارد. همچنین استفاده از سری زمانی تصاویر ماهواره‌ای جهت تفکیک اراضی کشاورزی از سایر پدیده‌ها دارای طیف مشابه موثرتر می‌باشد. می‌توان به این موضوع اشاره کرد که در گذشته به دلیل نبود داده‌های راداری با قدرت تفکیک مطلوب و از همه مهمتر در دسترس نبودن این داده‌ها یکی از عوامل محدودکننده مطالعات به خصوص در مناطق با شرایط جوی ابرناکی بوده است همچنین داده‌های اپتیکی به صورت سری زمانی در مناطقی مانند شمال کشور به دلیل وجود ابر قابلیت کارایی زیادی نداشته‌اند هر چند کارکرد این داده‌ها در سایر موارد به اثبات رسیده است. امروزه داده‌های ماهواره سنتینل ۱ با پوشش زمانی و مکانی مناسب و در دسترس بودن به عنوان یک ابزار مهم و مفید جهت شناسایی مناطق کشت برنج محسوب می‌شوند. عوامل مختلفی روی بازپراکنش یکسان داده‌های راداری تأثیر دارند به طوری که امروزه به دلیل تنوع ارقام برنج زمان نشاکاری و برداشت محصولات در یک زمان انجام نمی‌شود. همچنین به دلیل پراکنندگی اراضی کشت برنج، وسعت کوچک اراضی کشت برنج و طیف محصولات مشابه توصیه می‌شود جهت دستیابی به نتایج بهتر از داده‌های با قدرت مکانی بالا و تصاویر با برنامه زمانی منظم اپتیکی توأم با داده‌های راداری استفاده شود. همچنین می‌توان گفت باتوجه به در دسترس بودن منظم داده‌های راداری می‌توان بر اساس خصوصیات فنولوژیکی کشت برنج اقدام به آستانه‌گذاری در مراحل رشد برنج کرد تا از این طریق به همراه روش‌های مبتنی به شی پایه به نتایج بهتری دست یافت.

منابع مورد استفاده

- Alipour F, Aghkhani M H, Abbas Pourfard M H, Sepehr A. 1393. Separation of area and estimation of area under cultivation of agricultural products with the help of satellite images. *Agricultural Machinery* 4(2): 244- 254. (In Persian).
- Alizadeh H, Khairkhan Zarkesh M M, Abkar A A, Vafainejad A, Sadeghi Naeini A. 1391. Preparation of spatial distribution map of rice paddies using time series data of Terra satellite modis sensor. *Journal of Remote Sensing and Iran GIS* 4(2): 75- 96. (In Persian).
- Ansari A, Ali Mohammadi Sarab A. 1390. Using multi temporal classification method and AVHRR sensor data of NOAA satellite in order to accurately estimate the area under rice crop in Guilan province. *Space Planning and Planning (Teacher of Humanities)* 15(2): 1-16. (In Persian).
- Abdullahzadeh M, Nasiri Baradran M. 2008. Determining the area under potato cultivation in Borujen city using the time series of images. *IRSP6 Geomatics Conference, Mapping Organization, Tehran*. 1-7. (In Persian).
- Bahramvash Shams sh. 2014. Automatic paddy rice mapping interface using arcengine and Landsat 8 imageri (case study in north part of iran). *1st ISPRS international conference on geospatial information research* 2(3): 79-83. (In Persian).
- Bazzi H, Baghdadi N, El Hajj M, Zribi M, Minh D H T, Ndikumana E, Belhouchette H. 2019. Mapping Paddy Rice Using Sentinel-1 SAR Time Series in Camargue. *France. Remote Sensing* 11(7): 887. doi:<https://doi.org/10.3390/rs11070887>.
- Bolun LI, Chaopu TI, Xiaoyuan Y. 2020. Estimating rice paddy areas in China using multi-temporal cloud-free normalized difference vegetation index (NDVI) imagery based on change detection. *Pedosphere* 30(6): 734-746. doi: [https://doi.org/10.1016/S1002-0160\(17\)60405-3](https://doi.org/10.1016/S1002-0160(17)60405-3).
- Chang L, Chen Y T, Wang J H, Chang Y L. 2020. Rice-Field Mapping with Sentinel-1A SAR Time-Series Data. *Remote Sensing* 13(1): 103.
- Clauss K, Ottinger M, Kuenzer C. 2018. Mapping rice areas with Sentinel-1 time series and superpixel segmentation. *International Journal of Remote Sensing* 39(5): 1399-1420.
- Dineshkumar C, Kumar J S, Nitheshnirmal S. 2019. Rice Monitoring Using Sentinel-1 Data in the Google Earth Engine Platform. *Proceedings* 24(1): 4. doi: <https://doi.org/10.3390/IECG2019-06206>.
- Fatemi S. B, Rezaie Y. *Principles of Remot Sensing*. Azadeh Press. 350pp. (In Persian).
- IRRI: 1993–1995. *IRRI Rice Almanac*. International Rice Research Institute, Po Bax 933, 1099 Manila, Philippines.
- Kamkar B, Dashti Marvili M, Kazemi H. 1398. Detection of rice and soybean grown fields and their related cultivation area using Sentinel-2 satellite images in summer cropping patterns to analyze temporal changes in their cultivation area (Case study: four watershed basins of Golestan Province). *Journal of Soil and Water Conservation Research* 26 (1): 151-167. (In persian with English Summary).
- Khodakarami L, Sufyan A. 1391. Application of multi-time remote sensing for Percision Farming. *Journal of Soil and Water Sciences (Agricultural Science and Technology and Natural Resources)* 16(59): 215- 230. (In Persian).
- Kumar L, Mutanga O. 2018. Google Earth Engine Applications Since Inception: Usage, Trends, and Potential. *Remote Sensing* 10(10): 1509. doi: <https://doi.org/10.3390/rs10101509>.
- Gandharum L, Mari E, Mulyani., Djoko M, Hartono, Asep Karsidi, Mubariq A. 2021. Remote sensing versus the area sampling frame method in paddy rice acreage estimation in Indramayu regency, West Java province, Indonesia. *International Journal of Remote Sensing* 42(5): 1738-1767. doi:<https://doi.org/10.1080/01431161.2020.1842541>.
- Mosleh M K, Hassan Q K, Chowdhury E H. 2015. Application of remote sensors in mapping rice area and forecasting its production: a review. *Sensors (Basel, Switzerland)* 15(1): 769-791. doi:<https://doi.org/10.3390/rs11070887>.
- Moeini Rad A, Ashourloo D, Salehi Shahrabi H, Nematollahi H. 2019. Developing an Automatic Phenology-Based Algorithm for Rice Detection Using Sentinel-2 Time-Series Data, in *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing* 12(5): 1471-1481. doi: <https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2019.08.007>.
- Najmi H, Abkar A A, Agham- Mohammadi M, Javadi Q. 1394. Preparation of rice production map using a combination of remote sensing data and spatial information system. *National Geomatics Conference, National Mapping Organization* 22. (In Persian).
- Nguyen D B, Gruber A, Wagner W. 2016. Mapping rice extent and cropping scheme in the Mekong Delta using Sentinel-1A data, *Remote Sensing Letters*, 7(12): 1209-1218. doi: <https://doi.org/10.1080/2150704X.2016.1225172>.
- Nooruzi A A, Sanehi M, Razzaqi Z. 1397. Identification and differentiation of rice fields using semi-automatic method in north Iran. *Iranian Journal of Agriculture and Plant Breeding* 14(4): 11-21. (In persian with English Summary).
- Nojehuo A O, Blackburn G A, Wang Q, Atkinson P M, Kindred D, Miao Y. 2018. Mapping paddy rice fields by applying machine learning algorithms to multi-temporal Sentinel-1A and Landsat data. *International Journal of Remote Sensing* 39(4):

- 1042-1067.
<https://doi.org/10.1080/01431161.2017.1395969>.
23. Potin P, Rosich B, Roeder J, Bargellini P. 2014. Sentinel-1 Mission operations concept. IEEE Geoscience and Remote Sensing Symposium, Quebec City, QC, Canada 13(18): 1465-1468.
 24. Park S, Im J, Park S, Yoo C, Han H, Rhee J. 2018. Classification and Mapping of Paddy Rice by Combining Landsat and SAR Time Series Data. *Remote Sensing* 10(3): 447.
 doi: <https://doi.org/10.3390/rs10030447>.
 25. Phan H, Le Toan T, Bouvet A, Nguyen L, Pham Duy T, Zribi M. 2018. Mapping of Rice Varieties and Sowing Date Using X-Band SAR Data. *Sensors* 18(1): 316. doi:<https://doi.org/10.3390/rs11141666>.
 26. Pham L. H, Pham L T, Dang T D, Tran D D, Dinh T Q. 2021. Application of Sentinel-1 data in mapping land-use and land cover in a complex seasonal landscape: a case study in coastal area of Vietnamese Mekong Delta. *Geocarto International*. doi:<https://doi.org/10.1080/10106049.2020.1869329>.
 27. Raheb A, Heidari A, 1391. Investigation of the characteristics affected by the change of use of paddy field to kiwi curry in some soils of Tonekabon city, northern Iran. *Electronic Journal of Soil Management and Sustainable Production* 2 (2): 1-25. (In Persian).
 28. Riahi V, Zeaiean Firouzabadi P, Azizpour F, Darouei P. Identification and investigation of the area under cultivation in Lenjanat using Landsat 8 satellite images. *jgs*. 2019; 19 (52):147-169. (In Persian).
 29. Rudiyanto F, Minasny B, Shah R M, Che Soh N, Arif C, Indra Setiawan B. 2019. Automated Near-Real-Time Mapping and Monitoring of Rice Extent, Cropping Patterns, and Growth Stages in Southeast Asia Using Sentinel-1 Time Series on a Google Earth Engine Platform. *Remote Sensing* 11(14): 1666. doi:<https://doi.org/10.3390/rs11141666>
 30. Saadat M, Hasanlou M, Homayouni S. 2019. Rice Crop Mapping Using Sentinel-1 Time Series Images (Case Study: Mazandran, Iran). *Conferences of SMPR and GI Research, Karaj, Iran* 2(4): 897-904. (In Persian).
 31. Singha M, Dong J, Zhang G, Xiao X. 2019. High resolution paddy rice maps in cloud-prone Bangladesh and Northeast India using Sentinel-1 data. *Sci Data* 6(26). doi:<https://doi.org/10.1038/s41597-019-0036-3>.
 32. Son NT, Chen C, Chen C R, Toscano P, Cheng Y S, Guo H Y, Chien H S. 2021. A phenological object-based approach for rice crop classification using time-series Sentinel-1 Synthetic Aperture Radar (SAR) data in Taiwan. *International Journal of Remote Sensing* 42(7): 2722-2739. doi:<https://doi.org/10.1080/01431161.2020.1862440>.
 33. Son NT, Chen CF, Chen C R, Guo H Y. 2020. (Classification of multitemporal Sentinel-2 data for field-level monitoring of rice cropping practices in Taiwan). *Advances in Space Research* 65(8): 1911-1921. doi:<https://doi.org/10.1016/j.asr.2020.01.028>.
 34. Soltani N, Mohammadnejad V. 1399. The efficiency of Google Earth Engine (GEE) system in assessing land use changes and predicting it with Markov model (case study of Urmia plain). *remote sensing and GIS in natural resources* 12 (3): 101-114. (In Persian with English Summary).
 35. Tian H, Wu M, Wang L, Niu Z. 2018. Mapping Early, Middle and Late Rice Extent Using Sentinel-1A and Landsat-8 Data in the Poyang Lake Plain, China. *Sensors* 18(2): 1-15. doi: <https://doi.org/10.3390/s18010185>.
 36. Talema T, Hailu B. 2020. Mapping rice crop using sentinels (1 SAR and 2 MSI) images in tropical area: A case study in Fogera wereda, Ethiopia. *Remote Sensing Applications. Society and Environment* 18(1): 100290. doi: <https://doi.org/10.1016/j.rsase.2020.100290>.
 37. Xiao X, Boles S, Liu J, Zhuang D, Froking S, Li C, Salas W, Moore Iii B. 2005. Mapping Paddy Rice Agriculture in Southern China Using Multi-temporal MODIS Images. *Remote Sensing of Environment* 95(4): 480-492. doi:<https://doi.org/10.1016/j.rse.2005.10.004>.
 38. Xu L, Zhang H, Wang C, Wei S, Zhang B, Wu F, Tang Y. 2021. Paddy Rice Mapping in Thailand Using Time-Series Sentinel-1 Data and Deep Learning Model. *Remote Sensing* 13(19): 3994. doi:<https://doi.org/10.3390/rs13193994>.
 39. Zhang X, Wu B, Ponce-Campos G, Zhang M, Chang S, Tian F. 2018. Mapping up-to-Date Paddy Rice Extent at 10 M Resolution in China through the Integration of Optical and Synthetic Aperture Radar Images. *journal Remote Sensing* 10(8): 1200. doi:<https://doi.org/10.3390/rs10081200>.



Preparation of rice cultivation map based on phenological characteristics using time series of sentinel 1 images

Sayad Asghari Saraskanroud, Behrouz Sobhani, Hosein Sharifi Toularod

Received: 2022-04-30 / Accepted: 2022-08-21 / Published: 2024-09-29

Abstract

The purpose of this study is to identify Paddy Rice field and prepare a land use map based on the phenological characteristics of rice plants using the backscattering of radar data in the Google Earth Engine Platform. In order to increase the accuracy of backscattering intensity changes, a 2-year time series was selected. Then, initial identification and land classification were performed. First, the relationship between VV polarization backscattering process and phenological stages of rice plant was investigated. The results of VV polarization backscattering diagram analysis show that in the first stage of rice plant growth due to moisture, flooding and lack of sufficient vegetation, the backscattering rate was lower. In the second stage of rice plant growth, the amount of backscattering is higher due to increased vegetation and water surface coverage.

Sayad Asghari Saraskanroud¹ (✉), Behrouz Sobhani¹ & Hosein Sharifi Toularod²

1. Department of Natural Geography, Faculty of Social Sciences, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran.

2. Master's degree in remote sensing and geographic information system, Faculty of Social Sciences, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran.

DOI: 10.30495/girs.2022.693905

E-mail: m_mokhtarzade@kntu.ac.ir

While in the third stage of rice plant growth, due to the ripening of rice plant seeds and also drying of the paddy fields to harvest, the backscattering rate decreases. Then, by managing time periods and using color combination, the types of uses were identified. After initial identification, in order to achieve better results, a user map of the central part of the effort was prepared using the supervised classification method using the most similar algorithm. After preparing the land use map, the accuracy of the map were evaluated using ground samples. The overall accuracy and kappa coefficient of this algorithm are 91.57% and 0.75, respectively. The results showed that the use of phenological data reprocessing time series in accordance with phenology in classifications increases the accuracy of classification. The results also show that the use of Sentinel 1 images along with the Google Earth engine Platform will have a high efficiency in monitoring paddy lands in the northern regions due to the presence of clouds.

Extended Abstract

Background and Objective Due to the fact that there are several methods to identify and differentiate the area under rice cultivation and finally prepare a rice cultivation map. In our country, there are three methods for estimating the level of agricultural products, which include:

expert methods, estimation through cataloging, and finally the use of new technologies. Nowadays, remote sensing technology has the capabilities of being multi-temporal, multi-spectral, having a suitable and varied spatial and radiometric resolution, wide and integrated vision, as well as timely and accurate data capable of using separation. Various agricultural phenomena include the level, type and temporal and spatial patterns of cultivation. The purpose of this study is to identify paddy rice field and prepare a land use map based on the phenological characteristics of rice plants using the backscattering of Sentinel 1 radar data in the Google Earth Engine Platform.

Materials and Methods: The data used in this study include the time series of radar images of Sentinel 1 satellite in the period 2018 to 2020. In order to initially identify paddy lands, first the relationship between VV polarization backscattering and the phenological stages of rice is investigated. Then, in order to manage the process of backscattering changes in 3 time periods (before crop, time of crop and after harvest) and accurate information about the time of cultivation and phenological stages of rice, we identified the type of use. After that, in order to achieve better results, a user map of the central part of Talesh city was prepared using the supervised classification method using the most similar algorithm. Finally, for the accuracy of the user map extracted from the overall accuracy and kappa coefficient were evaluated using the ground data collected and Google Earth level data.

Results and Discussion: The results of the analysis of the VV polarization redistribution diagram show that in the first stage of rice plant growth, the backscattering rate decreases sharply

due to the presence of moisture, water logging and lack of sufficient vegetation. In the second stage, the growth of rice plant due to increasing the height of rice plant and the production of reproductive organs leads to increased greenery and water cover, which increases the redistribution of the dominant spectrum of rice plant. While in the third stage of rice plant growth, due to the ripening of rice plant seeds and also the cut-off of incoming water to the surface of paddy fields to harvest the crop, the redistribution rate decreases. The overall accuracy and kappa coefficient of the land use map are 91.57% and 0.75, respectively.

Conclusion: General information about the spatial distribution and area under cultivation of agricultural products, especially for planning, decision-making and policy-making in the country is an important tool. Considering that 70% of paddy lands are cultivated in the northern regions of the country and also due to the limitation of optical data in cloudy conditions in this study to identify paddy lands and prepare a user map of radar images of Sentinel 1 satellite in C-band with appropriate spatial and temporal resolution has been used. The results showed that the use of radar data retransmission time series in accordance with rice cultivation technology in the classifications increases the classification accuracy. The results also show that the use of Sentinel 1 radar images with Google Earth engine Platform will have high efficiency in monitoring paddy rice field in the northern regions due to the presence of clouds.

Keywords: Paddy Rice field, Radar backscattering coefficient, Remote sensing, Polarization