نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، سال سیزدهم، شماره ۲۹، تابستان ۹۲

بازیابی و تحلیل ضریب بازپخش سیگنال در قطبیدگی VV و HH با سری زمانی تصاویر راداری به منظور پایش محصول گندم

دریافت مقاله:۹۱/۳/۹ پذیرش نهایی: ۹۱/۹/۲۷
صفحات: ۲۵-۷

محمد شریفی‌کیا: استادیار گروه سنجش از دور و GIS دانشگاه تربیت مدرس[۱]
Email: Sharifikia@modares.ac.ir
پرویز ضیائیان فیروز آبادی: دانشیار گروه سنجش از دور و GIS دانشگاه خوارزمی تهران
Email: rsgis1000@yahoo.com
مرضیه چاجی: دانشجوی کارشناسی ارشد سنجش از دور و GIS دانشگاه تربیت مدرس
Email: mchaji2003@yahoo.com

چکیده

پایش محصولات کشاورزی از جمله گندم، اقدام ارزشمندی است که مورد تاکید و توجه بسیاری از محققین سنجش از دوری قرارگرفته و داده‌ها و الگوریتم‌های متعددی در این زمینه معرفی و بکارگیری شده است. پردازش و تحلیل شاخص‌های بازیابی‌شده از سیگنال‌های راداری در طول‌موج‌ها و قطبیدگی‌های مختلف از جمله تکنیک‌های مورد استفاده در پایش این محصول است که هر چند در ایران کمتر مورد توجه واقع شده، لیکن محققان بسیاری به آن پرداخته و قابلیت‌های خاصی برای آن معرفی نموده‌اند. در این تحقیق برای اولین مطالعه، پایش گیاه گندم (آبی و دیم) در تعدادی از مزارع شهرستان شیروان با استفاده از داده‌های سنجنده راداری ENVISAT ASAR در باند C و دو قطبیدگی VV و HH و زاویه برخورد۴۱ درجه و از طریق بازیابی و تحلیل ضریب بازپخش سیگنال به کمک تکنیک تداخلسنجی مورد توجه گرفته است. نتایج حاکی از آن است که ضریب بازپخش در هر دو قطبیدگی HH و VV توانایی قابل قبولی در پایش مراحل رشد گندم آبی برای نواحی خاصی از ایران از جمله منطقه مورد مطالعه را داراست. یافته‌های تفضیلی تحقیق روشن ساخت که عدم حساسیت سیگنال با قطبیدگی HH به رطوبت خاک، نتایج بهتری در پایش محصول به نسبت سیگنال با قطبیدگی VV فراهم می‌آورد. در گندم دیم به سبب وجود فضای خالی نسبتا زیاد بین ردیف‌های کشت و ظریف‌تر بودن اجزای این گیاه

---

[۱]. **نویسنده مسئول:** تهران- پل گیشا- دانشگاه تربیت مدرس- دانشکده ادبیات و علوم انسانی- گروه جغرافیا

[Downloaded from jgs.khu.ac.ir on 2025-12-15]

نسبت به گندم آبی، سیگنال رادار در قطبیدگی VV از تاج گیاه نفوذ کرده و با رشد بیشتر گیاه، سهم بازپخش از خاک کاهش می‌یابد. همچنین در قطبیدگی HH، بازپخش رادار تا رسیدن گیاه به مرحله خوشه‌دهی افزایش و پس از آن کاهش می‌یابد.

کلید واژگان: پایش، تداخل‌سنجی، ضریب بازپخش، قطبیدگی، گندم، فاروج شیروان، امنیت غذایی

مقدمه

کشاورزی در حال حاضر نقش بسیار حساسی در مسائل اقتصادی، اجتماعی و محیط زیستی جوامع دارد. مبتنی بر این اهمیت، موضوع مدیریت محصولات کشاورزی، به عنوان هدف اصلی و محوری در تامین حفاظت از منابع غذایی برای مردم کشورها تبیین شده است. در این راستا دستیابی به اطلاعات قابل اعتماد کشت، به منظور تامین امنیت غذایی، تعیین یارانه محصولات و تثبیت بازار و همچنین کاهش ریسک بیمه‌گران بسیار مهم و مورد توجه و تاکید دولت‌ها است. در این زمینه ابزارهای مختلفی از جمله سنجنده‌ها و سکوهای سنجش از دوری به خصوص در حوزه سنحش از دور راداری برای تولید و دستیابی به این اطلاعات مورد استفاده قرار گرفته است. دلیل توجه محققان و مسئولان دولتی کشورها در استفاده از تصاویر حاصل از سنجش از دور راداری، اهمیت، کارایی و مزیت‌های نسبتا منحصر به فرد این ابزار در مطالعات کشاورزی به خصوص قابلیت آن در تصویربرداری بدون محدودیت زمانی (تمام طول شبانه روز و در تمام شرایط آب و هوایی) است(بعد از Ruiz et al., 2009). محققان و کابران سنجش از دور در موضوع مطالعات کشاورزی توجه خاصی به این قابلیت تصاویر رادار دارند؛ زیرا ابرناکی آسمان در اغلب ایام فصل رشد گیاه (به خصوص در نواحی پرباران)، مانع جدی برای به کارگیری تصاویر در محدوده مرئی و مادون قرمز به شمار رفته و پایش مراحل رشد محصولات و دستیابی به اطلاعات محصول را در این شرایط تاحدود زیادی غیرممکن می‌سازد (Zhang et al., 1999). سنجش از دور راداری مکانیزم تصویربرداری کاملا متفاوتی با سنجش از دور اپتیکی دارد و نوعی تکنولوژی قدرتمند برای مشاهدات و پایش دینامیک زمین است. این تکنیک به ویژگی‌های فیزیکی و پویایی اهداف گیاهی از جمله: حجم رطوبت، شکل هندسی، تغییر ارتفاع، ناصافی و... حساس بوده و قابلیت پایش فعالیت‌های کشاورزی را در زیر بخش زراعی به خوبی میسر می‌سازد(Zhang et al., 1999; Ruiz et al., 2007).

[Downloaded from jgs.khu.ac.ir on 2025-12-15]

هدف از پایش مراحل رشد محصولات کشاورزی در مطالعات سنجش از دوری، دستیابی به اطلاعات محصول شامل نوع و شرایط آن در طول فصل رشد می‌باشد. در توصیف شرایط محصول می‌توان به قابلیت رشد و یا سلامت یک محصول اشاره کرد که ارتباط مستقیمی با بازدهی آن دارد. بازدهی محصول را می‌توان با شاخص‌هایی مانند توده زنده[۱]، ارتفاع، سطح برگ، مقدار آب گیاه، کلروفیل و نیتروژن و... مورد سنجش قرار داد. بنابراین جهت دستیابی به شرایط محصول و پیش‌بینی بازدهی آن، لازم است تا هر یک از شاخص‌های ذکر شده به مراحل رشد آن محصول ارتباط داده شود. از طرفی تغییر در شرایط محصول و خاک از یک روز به روز دیگر و در طول فصل رشد، منجر به تغییر در نماد طیفی محصول می‌شود. چنین مساله‌ای موضوع پایش محصولات را به منظور کنترل رشد و بازدهی آنها در طول دوره رشد ضرورتی خاص بخشیده است(بعد از Ruiz et al., 2004)

مطالعات مختلف انجام گرفته در کاربردهای کشاورزی حاکی از قابلیت بسیار خوب سنجش از دور راداری در پایش مراحل رشد گیاه و تخمین هر یک از این شاخص‌ها داشته و استفاده از تصاویر SAR[۲] در سال‌های گذشته توانسته اطلاعات ارزشمندی در خصوص فعالیت‌های کشاورزی مانند: شخم، آماده‌سازی زمین و... و همچنین در زمینه وضعیت رشد محصول از جمله جوانه زدن، گل دادن، بلوغ بوته، زمان برداشت و یخزدگی فراهم نماید (Karjalainen *et* al., 200; Blaes et al. 2006; Shao et al. 2001; Frate et al, 2004). اما این گونه مطالعات اغلب با پیچیدگی‌های بسیار زیادی روبه‌رو است، زیرا سیستم‌های راداری در طول موج‌ها و قطبیدگی‌ها و زاویه‌برخوردهای متفاوت کار و تولید داده می‌نمایند، از طرفی ویژگی‌های متفاوت گیاهان مانند: توده گیاهی، ساختار (اندازه برگ، تراکم ساقه، سطح برگ و...) و همچنین رطوبت خاک، ناصافی سطح و... تاثیرات متفاوتی روی سیگنال برگشتی از سطوح گیاهی ایجاد می‌نماید(Inoue et al., 2002). تاثیرات متقابل پارامترهای رادار (طول موج، قطبیدگی و زاویه برخورد) با یکدیگر و همچنین اثرات متقابل آن با گیاه، استفاده و تفسیر داده‌های راداری را سودمند و در عین حال بسیار پیچیده کرده است (Karjalainen et al., 2008). از این جهت در مطالعات کشاورزی می‌بایست پارامترهای رادار که بازپخش سیگنال را تحت تاثیر قرار می‌دهند و پارامترهای مربوط به هدف[۳] که روی فرایند پخش تاثیر می‌گذارند، مورد مطالعه و بررسی دقیق قرار گیرد. پارامترهای هدف عمدتا به ثابت دی‌الکتریک و

---

1. Biomass
2. Synthetic Aperture Radar
3. Target

[Downloaded from jgs.khu.ac.ir on 2025-12-15]

ویژگی‌های هندسی وابسته بوده و همبستگی نزدیکی با حجم آب گیاه دارد، در حالی که شکل و اندازه برگ که نمونه‌هایی از ویژگی‌های هندسی هستند، عمدتا به طول‌موج وابسته‌اند (Ruiz et al., 2009). بنابراین انتخاب نوع داده راداری یکی از مباحث اساسی در خصوص مطالعات کشاورزی است.

تاکنون مطالعات بسیار زیادی در کشورهای مختلف از جمله چین، ژاپن، انگلستان، آلمان، استرلیا و... و با استفاده از تکنیک‌های سنجش از دور راداری و در زمینه کاربردهای کشاورزی، با اهدافی از قبیل طبقه‌بندی، بازیابی پارامترهای گیاهی و پایش تغییرات رطوبت خاک و ... به انجام رسیده است. (Frate et al., 2004; Ferrazzoli et al., 1992; Karjalainen et al., 2008; Lakhnakar et al., 2009; Blaes et al., 2003). همچنین از میان محصولات مختلف مورد مطالعه قرار گرفته می‌توان به مطالعات انجام گرفته جهت پایش ذرت (Blaes et al., 2006; Santoro et al., 2010)، پایش و تخمین بازدهی گندم (Mattia et al., 2003; Dente et al., 2008; Picard et al., 2003) و پایش و تخمین بازدهی برنج (Shen et al., 2009; Yan et al., 2006; LeToan et al., 1997) اشاره کرد.

در کشور ایران هرچند مساله پایش محصولات کشاورزی به سبب اهمیت و جایگاه آن در برنامه‌ریزی برای تامین امنیت غذا مورد توجه بوده(گزارش جمهور، ۱۳۸۷) و تاکنون مطالعات مختلفی در زمینه کشاورزی با استفاده از سنجنده‌های اپتیکی انجام گرفته است(میرباقری و همکاران ۱۳۸۴؛ اسدی‌راشد و همکاران ۱۳۸۷؛ جهان افروز و همکاران ۱۳۸۹، روغن‌چراغی و همکاران، ۱۳۹۰)، لیکن ابزارهای سنجش از دور راداری، به سبب محدودیت دسترسی به داده و نرم‌افزارهای راداری کمتر مورد توجه قرار داشته است. در این تحقیق جستجو جهت یافتن منابع انتشار یافته در زمینه به کارگیری داده‌های سنجنده‌های راداری در پایش محصولات کشاورزی در ایران صرفا یک یافته (ضیائیان فیروزآبادی و دیگران، ۱۳۸۹) را به دنبال داشت.

تغییرات ناشی از ویژگی‌های فنولوژی گیاه در شرایط خاص جغرافیایی کشور و گوناگونی پارامترهای محیطی در نواحی زراعی به همراه تعدد در روش‌ها و گونه های مورد استفاده مساله بکارگیری تکینک‌های نوین سنجش از دوری در حوزه رادار را برای امر پایش و فراوری داده در راستای پایش محصولات، ضرورتی خاص بخشیده است. مبتنی بر این ضرورت، مساله پایش محصول گندم در بخشی از دشت فاروج - شیراون در استان خراسان شمالی و در دو سال زارعی ۱۳۸۹ و ۱۳۹۰ به کمک تصاویر چندزمانه راداری سنجنده ENVISAT ASAR در باند C و قطبیدگی‌های VV و HH و از طریق تحلیل ضریب بازپخش سیگنال به منظور تبیین و پایش مراحل رشد و توسعه محصول مورد مطالعه و بررسی قرار گرفت.

[Downloaded from jgs.khu.ac.ir on 2025-12-15]

داده‌های مورد استفاده

داده‌های مورد استفاده در این تحقیق شامل ۱۰ تصویر سنجنده ASAR از ماهواره ENVISAT (متعلق به سازمان فضایی اروپا) می‌باشد که ۵ تصویر آن در عبور صعودی با قطبیدگی VV و زاویه برخورد ۴۱ درجه در سال ۲۰۱۰ (سال زراعی ۸۸-۱۳۸۹)، و ۵ تصویر در عبور نزولی با قطبیدگی HH و زاویه برخورد ۴۱/۸ درجه در سال ۲۰۱۱ (سال زراعی ۸۹-۱۳۹۰) قرار دارد. همچنین زمان تصاویر برای دوره رشد گیاه از مرحله سبزشدن تا برداشت و در بازه زمانی اسفند تا تیرماه لحاظ گردید(جدول ۱). اطلاعات کشت از موسسه تحقیقات دیم شیروان و اطلاعات مربوط به وضعیت اقلیمی منطقه از ایستگاه هواشناسی مستقر در این موسسه دریافت گردید. همچنین داده‌های میدانی و پیمایشی حاصل از سه مرحله بازدید میدانی مورد استفاده قرار گرفت.

جدول (۱) تصاویر راداری سنجنده ENVISAT ASAR-IMS

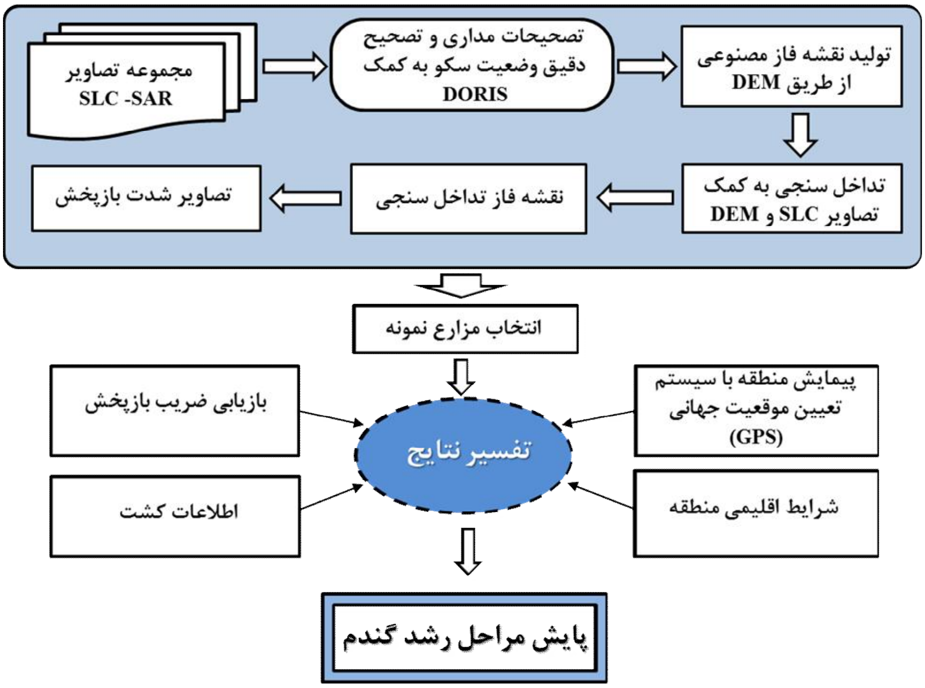
ردیف	تاریخ تصویر (میلادی) روز / ماه / سال	تاریخ تصویر (شمسی) روز / ماه / سال	قطبش	حالت مداری	مرحله فنولوژیکی گیاه	رخداد بارندگی(mm) روز اخذ تصویر	رخداد بارندگی(mm) ۳۰ روز قبل
۱	۲۰۱۰/۰۳/۰۱	۱۳۸۸/۱۲/۱۱	VV	صعودی	پنجه‌دهی	۲/۵	۸۱/۵
۲	۲۰۱۰/۰۴/۰۵	۱۳۸۹/۰۱/۱۶	VV	صعودی	ساقه‌دهی	۰	۱۱/۱
۳	۲۰۱۰/۰۵/۱۰	۱۳۸۹/۰۲/۲۰	VV	صعودی	خوشه‌دهی	۱	۴۳
۴	۲۰۱۰/۰۶/۱۴	۱۳۸۹/۰۳/۲۴	VV	صعودی	رسیدگی	۰	۴۴/۱
۵	۲۰۱۰/۰۷/۱۹	۱۳۸۹/۰۴/۲۸	VV	صعودی	پس از برداشت	۰	۸۸
۶	۲۰۱۱/۰۳/۱۲	۱۳۸۹/۱۲/۲۲	HH	نزولی	پنجه‌دهی	۱۰	۶۰
۷	۲۰۱۱/۰۴/۱۱	۱۳۹۰/۱/۲۲	HH	نزولی	ساقه‌دهی	۰	۴۵
۸	۲۰۱۱/۰۵/۱۱	۱۳۹۰/۲/۲۱	HH	نزولی	خوشه‌دهی	۰	۳۹/۸
۹	۲۰۱۱/۰۶/۱۰	۱۳۹۰/۳/۲۰	HH	نزولی	رسیدگی	۰	۷
۱۰	۲۰۱۱/۰۷/۱۰	۱۳۹۰/۴/۱۹	HH	نزولی	خشکیدن و برداشت	۰	۱۵

روش تحقیق

این پژوهشی متکی بر روش آزمایشگاهی – پیمایشی است. بدین منظور ابتدا به کمک روش‌های آزمایشگاهی اقدام به پردازش تصاویر راداری شد، سپس مبتنی بر یافته‌های مرحله آزمایشگاهی اقدام به جمع‌آوری داده‌های میدانی و پیمایشی گردید. در آخرین مرحله نیز

[Downloaded from jgs.khu.ac.ir on 2025-12-15]

صحت‌سنجی نتایج ناشی از پردازش‌های آزمایشگاهی با استفاده از داده‌های پیمایشی و میدانی انجام گرفت. در مرحله پردازش‌های آزمایشگاهی از سری زمانی داده‌های راداری ماهواره اروپایی Envisat سنجنده ASAR در باند C و در دو قطبیدگی HH و VV به شرح جدول شماره ۱ استفاده شده، بعد از انجام پردازش‌های کامپیوتری از طریق نرم‌افزار اختصاصی SARSCAPE در پلات فرم ENVI و به کارگیری تکنیک تداخل‌سنجی راداری[۱]، پایش محصول در دوره‌های زمانی متناسب با داده‌های موجود مدنظر قرار گرفته، شاخص ضریب بازپخش از تصاویر شدت[۲] در دو قطبیدگی سیگنال (HH, VV) استخراج گردید. در انتها تحلیل تغییرپذیری این ضریب در سری زمانی تصاویر مورد استفاده به کمک یافته‌های پیمایشی و اطلاعات ثبتی دریافتی از ایستگاه تحقیقاتی صورت گرفت. (شکل ۱)



شکل (۱) روند نمای مراحل تحقیق

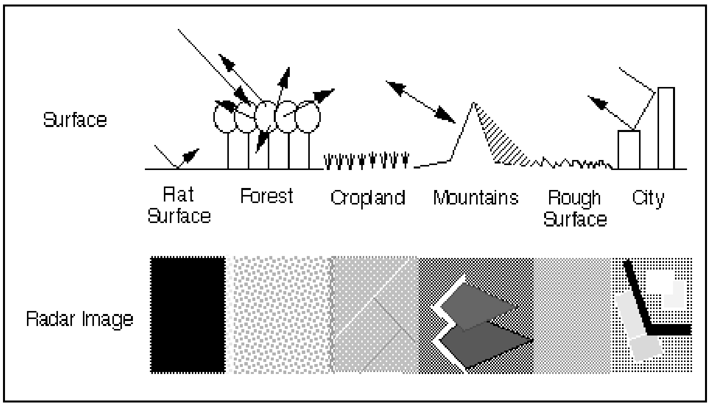
---

۱. Interfrometric Synthetic Aperture Radar
2. Intensity image

[Downloaded from jgs.khu.ac.ir on 2025-12-15]

تداخل‌سنجی راداری

تکنیک مورد استفاده در این روش به تکنیک تداخل سنجی راداری (InSAR) معرف است. این تکنیک نخستین بار توسط (Graham, 1974) در سال ۱۹۷۴ میلادی مطرح و اولین کاربرد آن در کشاورزی توسط (Gabriel et al., 1989) صورت گرفت. تداخل‌سنجی امکان استخراج شاخص‌های ارزشمندی مانند فاز، همدوسی و بازپخش سیگنال را برای مشاهده و پایش گیاه فراهم می‌آورد. فاز تداخل‌نگار مستقیما به دینامیک سطح در بردار عمودی و افقی وابسته است و امکان پایش و تبیین دینامیک گیاه را میسر می‌سازد. در حالی‌که همدوسی به ساختار و ویژگی‌های هدف مورد مطالعه ارتباط دارد(Rosen et al., 2000). شدت بازپخش پارامتر بسیار مناسبی برای توصیف قدرت سیگنال بازگشتی از هدف در واحد سطح بشمار میرود که علاوه بر تاثیرپذیری از خصوصیات و ویژگی‌های فیزیکی و شمیایی هدف، تابع فرکانس، زاویه برخورد و قطبیدگی است (بعد از Ruiz et al., 2009 ؛ Karjalainen et al., 2004). عموما؛ در تصاویر SAR مناطق تیره‌تر نشان‌دهنده بازپخش کم و مناطق روشن نشان‌دهنده بازپخش زیاد است. نواحی روشن، به این معنی است که بخش بزرگی از انرژی رادار به سنجنده بازمی‌گردد، در حالی که ویژگی‌های تیره این مفهوم را می‌رسانند که انرژی بازگشت شده بسیار ناچیز بوده است(Lusch, 1999).(شکل ۲)



شکل(۲) بازپخش در رادار

مطالعات متعدد در خصوص پایش گیاه با استفاده از داده‌های راداری، حاکی از آن است که مراحل فنولوژیکی گیاه روی بازپخش سیگنال رادار تأثیرگذار بوده و هبستگی معنی‌داری بین پارامترهای بیوفیزیکی گیاهان از جمله: ارتفاع، شاخص سطح برگ، توده گیاهی، مقدار آب گیاه

[Downloaded from jgs.khu.ac.ir on 2025-12-15]

و بازپخش سیگنال رادار دیده شده است. (Engdahl et al., 2001; Simith et al., 2006; Satalino et al., 2006; Baghdadi et al., 2009; Kurosu et al., 1995; Le Toan et al., 1997; Karjalainen et al., 2008).

شدت بازپخش یک مقدار عددی است و از هر تصویر به تصویر دیگر با توجه به ویژگی‌های سنجنده از نظر زاویه برخورد و ثابت کالیبراسیون متفاوت خواهد بود. لذا جهت مقایسه تصاویر مختلف با یکدیگر لازم است داده‌ها با استفاده از کسینوس زاویه برخورد نرمال‌سازی شوند(Ulaby and Dobson, 1989). مقادیر بدست آمده پس از نرمال‌سازی، ضریب بازپخش خواهد بود که با واحد (dB) بیان می‌شود و از طریق رابطه ذیل به دست می‌آید.

$$\sigma^{\circ}_{norm} = \sigma^{\circ}_{cal}\left(\frac{\cos\vartheta_{norm}}{\cos\vartheta_{inc}}\right)^{n}$$

در این رابطه:

σ°_{norm} = ضریب بازپخش نرمال شده

σ°_{cal} = ضریب بازپخش کالیبراسیون سنجنده

ϑ_{norm} = زاویه برخورد سنجنده در مرکز تصویر

ϑ_{inc} = زاویه برخورد محلی با توجه به بیضوی مبنا

n = فاکتور وزن‌دهی است، که معمولا با توجه به زاویه برخورد سنجنده بین ۲ تا ۷ تعریف می‌شود.

منطقه مورد مطالعه

در این تحقیق به منظور پایش مراحل رشد محصول گندم، اراضی تحت کشت در یک مزرعه نمونه وابسته به ایستگاه تحقیقات کشاورزی دیم شیروان، به همراه دو قطعه از اراضی زراعی پیرامونی آن انتخاب شدند. به منظور سهولت در دسترسی به داده‌های میدانی و مشاهده‌ای (اطلاعات علمی مستند از فنولوژی و مراحل رشد گیاه) و همچنین سنجش و ارزیابی نتایج، محدوده مورد مطالعه به نحوی تحدید گردیده که اراضی ۸۰۰ هکتاری یکی از عمده مالکان که واجد قطعات بزرگ و دارای برنامه مشخصی از کاشت ؛ داشت و برداشت درفرم کاملا مکانیزه و نظارت شده است، در محدوده مورد بررسی واقع گردد(قطعات زراعی ۱ تا ۴). همچنین به منظور درک مناسب‌تر تغییرات فنولوژی گیاهی و تاثیر آن در سیگنال مورد پردازش، علاوه بر اراضی این مزرعه نمونه، اراضی دو مزرعه دیگر نیز با مدیریت روستایی و الگوی کشت نسبتا

[Downloaded from jgs.khu.ac.ir on 2025-12-15]

سنتی انتخاب و به عنوان شاهد مورد پردازش و تحلیل قرارگرفت(قطعات زراعی ۵ و ۶)(شکل ۳).

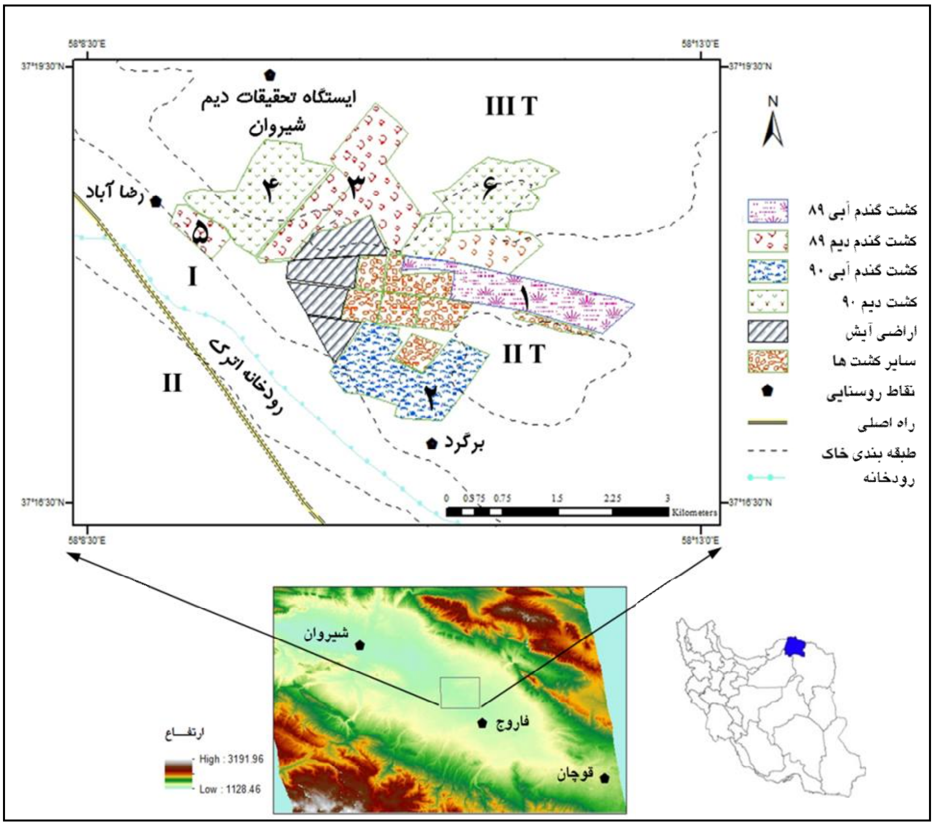
محدود انتخاب شده در دشت فاروج – شیروان و در حدفاصل دو روستای برگرد و رضاآباد قرار دارد. این محدوده مشتمل بر اراضی هموار با شیب بسیار اندک و اراضی تپه ماهوری با شیب متوسط ۱۰ تا ۱۵ درصد است که به سبب شرایط خاص لیتولوژیکی واجد تفاوت‌هایی در کیفیت و عناصر کانی تشکیل‌دهنده خاک می‌باشند(شکل ۳). کشت عمده در این محدوده گندم آبی و دیم است که با توجه به خشکسالی‌های اخیر و کمبود منابع آب سطحی و زیرزمینی، عمده کشت محصول گندم به صورت دیمکاری است و گندم آبی نیز به صورت پراکنده و در سطوح محدود کشت می‌شود. بر اساس تقویم زراعی متداول کشت گندم آبی زمستانه معمولا از ۱۵ شهریور لغایت ۱۵ مهرماه و کشت گندم دیم از اواسط آبان لغایت اواسط آذرماه انجام می‌گیرد. برای کشت گندم آبی از بذر گاسکوژن و برای کشت گندم دیم از بذر آذر ۲ استفاده می‌گردد.

برای سهولت در ارجاع‌دهی قطعات زراعی بر اساس نوع کشت(آبی و دیم)، سال زراعی (کشت و آیش) و الگوی مدیریت (سنتی یا تحت نظارت) در ۶ مزرعه دسته‌بندی و مورد بررسی قرارگرفت. مشخصات و ویژگی‌های این مزارع در جدول شماره ۲ ذکر شده است.

جدول(۲) مشخصات مزارع مورد مطالعه

کد مزرعه	نوع کشت	مساحت (هکتار)	تاریخ کشت	تاریخ سبزشدن	شروع خوشه‌دهی	تاریخ برداشت	میانگین برداشت	نوع مدیریت
۱	آبی	۹۰	۱۰ مهر ۸۸	۱۶ مهر ۸۸	۲۵/ ۲/ ۸۹	۵ الی ۱۰ تیر ۸۹	۷۲۵۰	نظارت شده
۲	آبی	۱۰۰	۵ مهر ۸۹	۱۴ مهر ۸۹	۲۴/ ۲/ ۹۰	۱۳ الی ۲۰ تیر ۹۰	۶۲۵۰	نظارت شده
۳	دیم	۱۰۰	۱۵ آبان ۸۹	۲۵ آبان ۸۹	۲۲ /۲/ ۹۰	۱۰ الی ۲۰ تیر ۸۹	۱۹۵۰	نظارت شده
۴	دیم	۱۰۰	۱۰ آبان ۸۹	۲۰ آبان ۸۹	۲۶ /۲/ ۹۰	۲۰ الی ۲۸ تیر ۹۰	۱۷۰۰	نظارت شده
۵	دیم	۲۵	۱۷ آبان ۸۹	۲۷ آبان ۸۹	۲۲ /۲/۹۰	۱۵ تیر ۸۹	۱۵۰۰	سنتی
۶	دیم	۷۰	۱۲ آبان ۹۰	۲۲ آبان ۹۰	۲۶ / ۲ /۹۰	۲۲ تیر ۹۰	۱۴۰۰	سنتی

[Downloaded from jgs.khu.ac.ir on 2025-12-15]

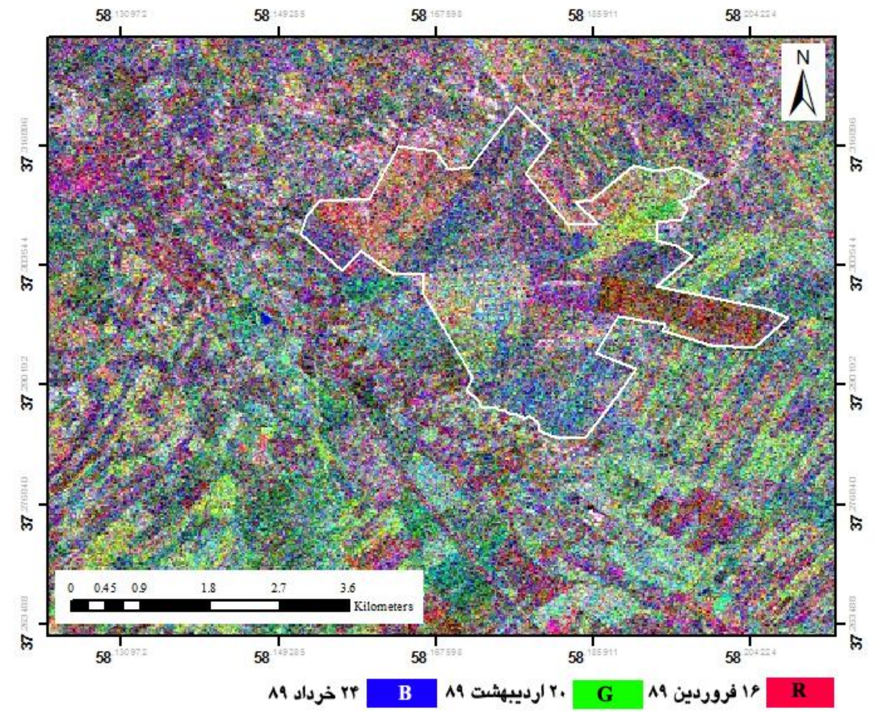


شکل (۳) منطقه مورد مطالعه

نتایج و یافته‌ها

به منظور پایش محصول گندم و با هدف تفکیک زراعی مزراع منتخب و مزارع پیرامونی اقدام به تهیه نقشه الگوی زراعی و استخراج انواع کشت در سطح نواحی پیرامونی محدوده مورد مطالعه گردید(شکل شماره ۴). این نقشه حاصل از ترکیب RGB از سه تصویر متوالی شدت بازپخش است (۱۶ فروردین R، ۲۰ اردیبهشت B و ۲۴ خرداد B) تغییر در شدت بازپخش از یک محصول به محصول دیگر متاثر از مرفولوژی گیاه و همچنین تغییر نسبتا شدید آن در مرز فی مابین مزراع و اراضی بایر یا آیش، آستانه مناسبی برای تفکیک مزارع و گیاهان زراعی معرفی نمود(شکل ۴). این یافته امکان مناسبی برای استخراج گونه‌های گیاهی کشت شده در محدوده مورد مطالعه و نواحی همجوار فراهم آورده، قابلیت و کارایی مطلوبی از انجام طبقه‌بندی گیاه بر پایه فنولوژی و تغییر در مرفولوژی آن معرفی نمود.

[Downloaded from jgs.khu.ac.ir on 2025-12-15]

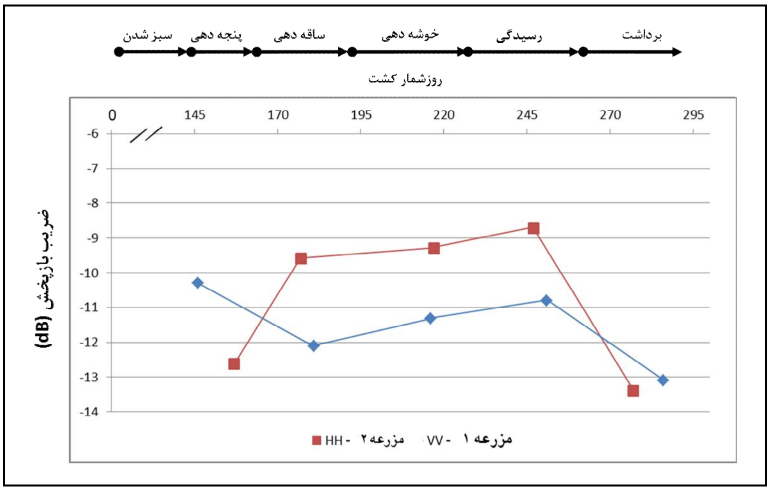


شکل (۴) تصویر چندزمانه از مزارع منطقه مورد مطالعه سال زراعی ۸۹-۱۳۸۸

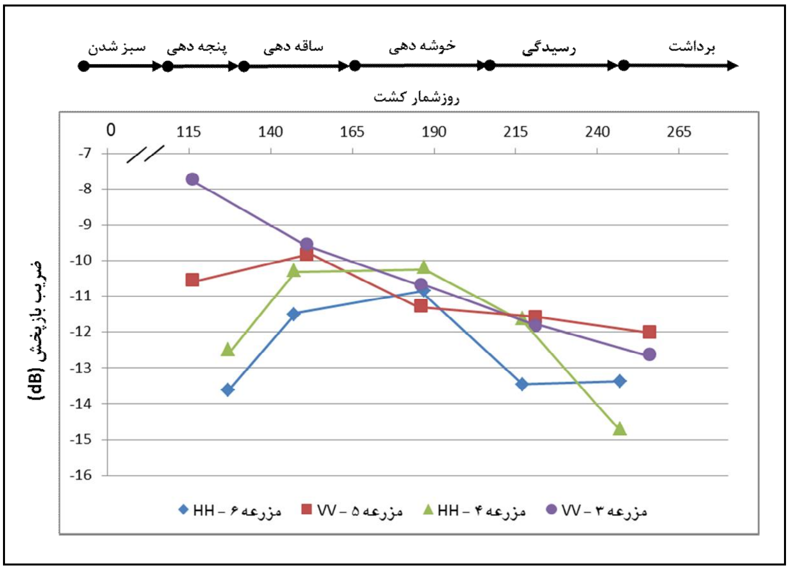
همچنین نماد ضریب بازپخش در۲ مزرعه گندم آبی و ۴ مزرعه گندم دیم منتخب بازیابی شدند. به منظور بازیابی پیکسل‌های معرف این نمادها در سری تصاویر، پنجره انتخابی مشتمل بر کلیه پیکسل‌های موجود در مزارع مورد مطالعه (بجز پیکسل‌های حاشیه) تعیین و بطور همسان بر روی تمام تصاویر اعمال گردید. میانگین ارقام بازیابی شده از هر پنجره تصویر با تصویر زمان بعدی مقایسه و تغییرپذیری آن مورد تحلیل قرارگرفت.

تجزیه و تحلیل تغییرات زمانی ضریب بازپخش از داده‌های متوالی در باند C و در قطبیدگی VV و HH و در زاویه برخورد ۴۱ درجه برای چهار مرحله از رشد گیاه در ۲ مزرعه کشت آبی و ۴ مزرعه کشت دیم در شکل ۵ و ۶ به نمایش گذاشته شده است.

[Downloaded from jgs.khu.ac.ir on 2025-12-15]



شکل(۵) ضریب بازپخش از مزارع گندم آبی در قطبیدگی VV و HH



شکل (۶) ضریب بازپخش از مزارع گندم دیم در قطبیدگی VV و HH

مستند به بردارهای دو شکل فوق؛ ضریب بازپخش در قطبیدگی VV در ابتدای فصل رشد (۱۱ اسفند) در مزارع ۱، ۳ و ۵ مقادیر بالاتری نسبت به قطبیدگی HH داشته است. با توجه به اینکه در این زمان مزارع گندم در مرحله اولیه رشد قرار داشته و وضعیت فیزیکی گیاه (برگ و

[Downloaded from jgs.khu.ac.ir on 2025-12-15]

ساقه) امکان تغییر در مرفولوژی را فراهم نمی‌آورد؛ مقادیر بازپخش در این تاریخ تابع ویژگی‌های خاک و مرفولوژی سطحی آن است. به بیان دیگر با نفوذ سیگنال از سطح ظریف گیاه و بازپاخش سطح توسط سنجنده دریافت شده است. ضریب بازپخش در قطبیدگی VV و در مزرعه ۱ (گندم آبی) پس از یک کاهش در دومین تصویر (۱۶ فروردین) روند صعودی به خود گرفته و تا رسیدن گیاه به مرحله رسیدگی افزایش می‌یابد(شکل ۵). این ارقام برای مزرعه ۳ (گندم دیم) روند کاهشی را تا پایان فصل رشد حفظ نموده و شاخص آن از ۷/۷۲- (dB) در مرحله سبزشدن به ۱۲/۸- (dB) در مرحله برداشت کاهش یافته است(شکل ۵). بالابودن ضریب بازپخش در مزارع ۱، ۳ و ۵ (قطبیدگی VV) در مرحله اول رشد؛ ناشی از حساسیت این قطبیدگی به رطوبت خاک و افزایش مقادیر آن متاثر از ریزش جوی گزارش شده در زمان قبل از عبور سنجنده است. روند تغییرات مقادیر بازپخش در دو مزرعه ۳ و ۵ نسبتا متشابه است. تفاوت در مقدار ضریب بازپخش در این دو مزرعه و در اولین تصویربرداری، مستند به یافته‌های میدانی متاثر از تفاوت در نوع خاک است (قابلیت اندک‌تر خاک مزرعه ۵ در جذب و نگاهداشت رطوبت به سبب وجود مقادیر نسبتا زیاد گچ). یافته قابل ملاحظه در تغییرات زمانی مقادیر بازپخش در این مزرعه استمرار روند کاهشی به‌رغم تغییر در فنولوژی گیاه است. این مهم موید عبورپذیری سیگنال رادار در قطبیدگی VV از گیاه گندم دیم است که نسبت به گندم آبی از ابعاد برگ ظریف‌تر، تراکم کمتر و فضای باز بیشتری برخوردار است. نفوذ سیگنال به سبب رویداد پدیده پخش مخدوش، افت بازپخش را فراهم می‌آورد. در این حالت سیگنال رادار پس عبور از تاج و برخورد با سطح خاک در بازگشت با ساقه و برگ‌های محصول برخورد نموده، بخش قابل ملاحظه‌ای از انرژی سیگنال توسط گیاه تضعیف می‌شود.

در قطبیدگی HH ضریب بازپخش برای مزارع گندم آبی روند افزایشی را در تمام مراحل رشد معرفی نمود؛ به طوری‌که ارقام آن از ۱۲/۸- (dB) در مرحله رویش به مقدار ۸/۷۳- (dB) در مرحله پایانی رشد افزایش می‌یابد. در خصوص مزارع گندم دیم، بیشترین مقدار بازپخش در این قطبیدگی مربوط به مرحله خوشه‌دهی است که گیاه دارای سطح رطوبتی و بافت نسبتا مناسب است. بعد از این مرحله بازپخش در این قطبیدگی روندی مشابه با VV به خود گرفته و تا پایان مراحل رشد با کاهش نسبتا شدید مواجه است. تفاوت در ضریب بازپخش بین دو مزرعه ۴ و ۶ در آخرین تصویر (زمان بعد از برداشت) متاثر از تغییر در مرفولوژی خاک در مزرعه ۴ در نتیجه شخم بعد از برداشت است(شکل ۶).

نکته قابل توجه افزون بودن مقادیر بازپخش در مزرعه ۴ به نسبت مقادیر مزرعه ۶ در تمام طول دوره رشد است(شکل ۶). بررسی‌های میدانی روشن ساخت این تغییر متاثر از تفاوت در

[Downloaded from jgs.khu.ac.ir on 2025-12-15]

الگوهای زراعی و فاکتورهای موثر در راندمان محصول بین این دو مزرعه است. در مزرعه ۴ استفاده از بذر مرغوب، اعمال مدیریت صحیح و هدایت شده، رشد افزون‌تر و تواما بافت متراکم‌تری برای گیاه پدید آورده است که این شرایط تغییر در فنولوژی و مالا تغییر در ضریب بازبخش را به دنبال داشته است.

بالاتربودن ضریب بازپخش در قطبیدگی HH در مزارع گندم آبی و روند متفاوت آن در گندم دیم نسبت به VV، نشان‌دهنده تعامل بیشتر سیگنال رادار با تاج محصول در قطبیدگی HH و نفوذ کمتر آن به تاج پوشش است(شکل ۵ و ۶). افت ناگهانی ضریب بازپخش در آخرین تصویربرداری در مزرعه ۱ و ۲ در نتیجه برداشت محصول و شخم زمین رخ داده است(شکل۶).

نتیجه‌گیری

ضریب بارپخش سیگنال دریافتی در تصاویر راداری مورد استفاده به سبب حساسیت به مرفولوژی و زبری سطح قابلیت مناسبی برای پایش محصول زراعی گندم در مزارع منتخب نشان داد. فنولوژی خاص گیاه گندم و ایجاد تغییرات نسبتا پردامنه و سریع در مرفولوژی آن از یک سو شرایط مناسب برای اثرگذاری در سیگنال برگشتی از باند C داده راداری مورد استفاده را فراهم ساخته و از سوی دیگر ارتباط مستقیم این تغییرات با سلامت و رشد گیاه, امکان تعیین و برآورد محصول را در زمان قبل از برداشت پدید می‌آورد. این بررسی روشن ساخت گندم کاشت شده در فرم زراعت آبی به سبب تراکم و فشردگی بیشتر، واکنش افرون‌تری با سیگنال ارسالی در دو قطبیدگی HH و VV داشته و از ضریب بازبخش بالاتری به نسبت زراعت دیم برخوردار است. هرچند تصاویر راداری حاصل از شدت سیگنال برگشتی حساسیت نسبتا بالایی به رطوبت گیاه و محیط پیرامونی آن دارد؛ لیکن در این تحقیق به سبب محدودیت در بارش و آبیاری کنترل شده امکان حداقل‌سازی تاثیرات این عامل در کاهش سیگنال برگشتی و مخدوش‌سازی تحلیل و پایش محصول را فراهم آورد. در عین حال فقدان اطلاعات پیمایشی و مبنایی به خصوص نبود نقشه‌های بزرگ مقیاس از خصوصیات خاک، خالص‌سازی این تغییرات و تبیین اثر رطوبتی بافت خاک و ساختار متفاوت را فراهم نساخت. هرچند داده‌های حاصل از پیمایش میدانی تاحدودی اثرات بزرگ مقیاس این عامل را معرفی و تعدیل نمود.

همچنین بازیابی و تحلیل تغییرات ضریب بازپخش در طول دوره رشد گیاه در قطبیدگی VV و HH با زاویه برخورد ثابت، روشن ساخت که درخصوص گندم دیم سیگنال رادار در قطبیدگی VV به سبب عبور از تاج گیاه، امکان ثبت تغییرات به وجود آمده در تاج را فراهم نمی‌سازد.

[Downloaded from jgs.khu.ac.ir on 2025-12-15]

همچنین در قطبیدگی HH افت ضریب بازپخش پس از مرحله خوشه‌دهی به سبب خشکی سطح و گیاه (رسیدگی زودهنگام) امکان تخمین بازدهی محصول را با چالش مواجه ساخت. به بیان دیگر سیگنال راداری در طول موج بکار گرفته شده در این تحقیق قابلیت مناسبی برای پایش و به خصوص تخمین محصول گندم دیم به همراه نداشت. کاهش طول موج و بکارگیری داده‌های باند X احتمال افزایش دقت و دستیابی به نتیجه را برای این گیاه فراهم آورده, مورد توصیه و تاکید است.

یافته‌های این تحقیق موید کارایی نسبتا خوب داده مورد استفاده برای پایش گیاه گندم آبی در منطقه مورد مطالعه است. در عین حال تغییر در الگوی کشت این محصول بخصوص انجام پژوهش بر روی مزارع با نسق زراعی نامشخص و کم‌ثبات و تقویم آبیاری غیربرنامه‌ریزی شده می‌تواند یافته را محدود ساخته، نتایج را غیرکارآمد سازد. نکته قابل توجه اینکه گیاه گندم آبی حساسیت مطلوبی به قطبیدگی موج نشان داد. این مهم تاکیدی بر بکارگیری این داده با قطبیدگی کامل (HV,VV,HV, VH) و در فواصل زمانی کوتاه‌تر است که می‌تواند کمک شایانی به بهبود نتایج پایش و تبیین مراحل رشد و در نتیجه پیش‌بینی راندمان محصول بنماید.

منابع و ماخذ

۱. اسدی راشد، هانیه؛ میرباقری، وهب؛ آبکار، علی‌اکبر (۱۳۸۷) **تخمین عملکرد گندم آبی دشت قزوین با استفاده از شاخص سطح برگ تولید شده از تصاویر ماهواره IRS**، همایش ژئوماتیک ۸۷.

۲. جهان‌افروز، عباس؛ بردیده، مهدی؛ نصیری، نصرالله؛ قاسمی، محمدمهدی(۱۳۸۹) **برآورد سطح زیر کشت گندم با استفاده از فناوری سنجش از دور (مطالعه موردی شهرستان ارسنجان)**، همایش ژئوماتیک ۸۹.

۳. روغن‌چراغی، نرگس؛ رنگزن، کاظم؛ مسکرباشی، موسی؛ مرادزاده، محسن؛ قاسمی‌مفرد، محمدابراهیم(۱۳۹۰) **کاربرد داده‌های طیفی در برآورد نیاز آبی گندم زراعی**، همایش ملی ژئوماتیک ۹۰ - اردیبهشت ۱۳۹۰

[Downloaded from jgs.khu.ac.ir on 2025-12-15]

۴. گزارش جمهور (۱۳۸۷) **کنفرانس امنیت غذا، چالش‌های تغییر اقلیم و انرژی زیستی در اجلاس فائو با تأکید بر پیشنهادهای راهبردی رئیس جمهوری اسلامی ایران**، ضمیمه فصلنامه تخصصی نامه دولت اسلامی، شماره ۴۳، ۳۰ تیرماه ۱۳۸۷

۵. میرباقری، وهب؛ آبکار، علیرضا؛ مهرورزان، رزیتا (۱۳۸۴) **تخمین عملکرد گندم دیم استان زنجان با استفاده از داده‌های ماهواره‌های SPOT_Vegetation, TERRA_MODISو پارامترهای اقلیمی**، همایش ژئوماتیک ۸۴.

۶. ضیائیان فیروزآبادی پرویز؛ صیاد بیدهندی لیلا؛ اسکندری نوده محمد (۱۳۸۹) **تهیهٔ نقشه و تخمین سطح زیرکشت برنج در شهرستان ساری با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای رادارست** (RADARSAT)- مجله پژوهشهای جغرافیایی طبیعی – دوره ۴۲؛ شماره ۶۸ – صفحات ۴۵-۵۸

Baghdadi, N., Boyer, N., Todoroff, P., El Hajj, M., Begue, A., (2009) ***Potentiel of SAR sensors TerraSAR-X, ASAR/ENVISAT, and PALSAR/ALOS for monitoring sugarcane crops on Reunion Island***. Remote Sensing of Environment, vol.113, Issue 8, pp. 1724-1738.

Blaes, X., Defourny, P., (2003) ***Retrieving crop parameters based on tandem ERS 1/2 interferometric coherence images***. Remote Sensing of Environment 88: 374-385.

Blaes, X., P. Defourny, U. Wegmuller, A. Della Vecchia, L. Guerriero, and P. Ferrazzoli (2006) ***C-band polarimetric indexes for maize monitoring based on a validated radiative transfer model***, IEEE Trans. Geosci. Remote Sens., 44(4), 791–800.

Dente, L., Satalino, G., Mattia, F., Rinaldi, M. (2008) ***Assimilation of leaf area index derived from ASAR and MERIS data into CERES-Wheat model to map wheat yield***, Remote Sensing of Environment 112, 1395–1407

Engdahl, M. E., Borgeaud, M., Rast, M., (2001) ***the use of ERS-1/2 tandem interferometric coherence in the estimation of agricultural crop heights***, IEEE Trans. Geosci. Remote Sens., 39(8), 1799–1806.

Ferrazzoli, P., Paloscia, S., Pampaloni, P., Schiavon, G., Solimini, D., Coppo, P., (1992) ***Sensitivity of microwave measurements to***

[Downloaded from jgs.khu.ac.ir on 2025-12-15]

vegetation biomass and soil moisture content: A case study, IEEE Trans. Geosci. Remote Sens., 30(4), 750–756.

Francesco Mattia, L. D., Giuseppe Satalino, T Le Toan (2004) ***Sensitivity of ASAR AP data to wheat crop parameters***. Proceedings of the 2004 Envisat & ERS Symposium, Salzburg, Austria, ESA SP-572.

Frate F. D., P. F., Leila Guerriero, Tazio Strozzi, Urs Wegmüller, Geoff Cookmartin, Shaun Quegan (2004) ***Wheat Cycle Monitoring Using Radar Data and a Neural Network Trained by a Model***. IEEE TRANSACTIONS ON GEOSCIENCE AND REMOTE SENSING 42(1): 35-44.

Gabriel A. K., Goldstein R. M., Zebker H. A. (1989) Mapping small elevation changes over large areas: differential radar interferometry, Journal of Geophysical Research, Vol. 94 No. B7, pp. 9183-9191.

Graham, L. C., (1974). ***Synthetic interferometer radar for topographic mapping***, Proceedings of IEEE, 62(6), pp.763-768.

Inoue, Y., Kurosu, T., Maeno, H., Uratsuka, S., Kozu, T., Dabrowska-Zielinska, K., *et al.* (2002) ***Season-long daily measurements of multifrequency (Ka, Ku, X, C and L) and full-polarization backscatter signatures over paddy rice and their relationship with biological variable***s. Remote Sensing of Environment, 81, 194−204.

Karjalainen, M., Kaartinen, H., Hyyppä, J., (2008) ***Agricultural Monitoring Using Envisat Alternating Polarization SAR Images***. Journal of The American Society For Photogrammetry And Remote Sensing 74(1): 117-128.

Kurosu, T., Fujita, M., Chiba, K., (1995) ***Monitoring of Rice Crop Growth from Space Using the ERS-1 C-band SAR***. IEEE Transaction on Geoscience and Remote Sensing 33(4): 1092-1096.

Lakhnakar T., Krakauer, N., Khanbilvardi, R., (2009) ***Applications of microwave remote sensing of soil moisture for agricultural applications***, International Journal of Terraspace Science and Engineering, Vol. 2(1), pages 81-91.

[Downloaded from jgs.khu.ac.ir on 2025-12-15]

LeToan, T., F. R., Li-Fang Wang, Nicolas Floury, Kung-Hau Ding, Jin Au Kong, Masaharu Fujita, Takashi Kurosu (1997) ***Rice Crop Mapping and Monitoring Using ERS-1 Data Based on Experiment and Modeling Results***. IEEE Transaction on Geoscience and Remote Sensing 35(1): 41-56.

Lusch, D. P. (1999) Introduction to Microwave Remote Sensing. Michigan State University", Center for Remote Sensing and GIS.

Mattia F., T. L. T., Ghislain Picard, Francesco I. Posa, Angelo D'Alessio, Claudia Notarnicola, Anna Maria Gatti, Michele Rinaldi, Giuseppe Satalino, Guido Pasquariello (2003) ***Multitemporal C-Band Radar Measurements on Wheat Fields***. IEEE Transaction on Geoscience and Remote Sensing 41(7): 1551-1560.

Picard, G., Le Toan, T., Mattia, F., (2003) ***Understanding c-band radar backscatter from wheat canopy using a multiple-scattering coherent model***, IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing 41(7): 1583-1591.

Rosen, P.A., Hensley, S., Joughin, I.R., Li, F.K., Madsen, S.N., Rodríguez, E., Goldstein, R.M. (2000) ***Synthetic Aperture Radar Interferometry***. *Proceedings of the IEEE*, 88, 333-382

Ruiz J. S., H. M., Yolanda Fernandez-Ordonez, Joni Bugden-Storie (2007) ***Corn Monitoring and Crop Yield Using Optical and RADARSAT-2 Images***. IEEE.

Ruiz S., J., Fernandez-Ordonez, Y., (2004) ***Prediction of corn yields in Mexico using vegetation indices from NOAA-AVHRR satellite images and degree days***, Geocarto International, Hong Kong, vol. 18-4, pp. 33- 42.

Ruiz S., J., Fernandez-Ordonez, Y., Mcnairn, H., (2009) ***Corn Monitoring and Crop Yield Using Optical and Microwave Remote Sensing***. Geoscience and Remote Sensing. InTech - Open Access Publisher, 405-419.

[Downloaded from jgs.khu.ac.ir on 2025-12-15]

Santoro M., U. W., Jan I. H. Askne, Life Fellow (2010) "***Signatures of ERS–Envisat Interferometric SAR Coherence and Phase of Short Vegetation: An Analysis in the Case of Maize Fields***." |IEEE Transaction on Geoscience and Remote Sensing 48(4): 1702-1713.

Satalino, G., L. D., Francesco Mattia (2006) ***Integration of MERIS and ASAR data for LAI estimation of wheat fields***. Proceedings of the IEEE 2006 International Geoscience and Remote Sensing Symposium, IEEE Publications.

Shen S., Yang S., Li B., Tan B., Li Z., Le T. Z,. (2009) A scheme for regional rice yield estimation using Envisat ASAR data, Science in China Sires d: Earth Science, Vol. 52, No 8 , pp. 1183-1194

Shao, Y., X. F., Hao Liu, Jianhua Xiao, S. Ross, B. Brisco, R. Brown, G. Staples (2001) ***Rice monitoring and production estimation using multitemporal RADARSAT***. Remote Sensing of Environment 76: 310-325.

Simith, A.M., P. R. E., J. Bughen-Storie, E. Pattey, H. McNairn, M. Nolin, I. Perron, M. Hinther, J. Miller, D. Haboudane (2006) "***Multipolarized radar for delineating within-field variability in corn and whea***t." Canadian Journal of Remote Sensing 32(4): 300-313.

Yen Y., Liu Q.H., Liu Q. (2006) Methodology of winter wheat yield prediction based on assimilation of Remote Sensing data with crop growth modeling – Journal of Remote Sensing, Vol. 10, No 5, pp804-8011

Ulaby F.T., C. Dobson (1989) ***HandBook of Radar Scattering Statistics for Terrain***. Artech House, 1989.

Zhang, W., Yan, T., (1999) ***Analysis of advantage on radar remote sensing for agricultural application***. In: Asian Conference on Remote Sensing. Available from: www.aars-acrs.org/acrs

[Downloaded from jgs.khu.ac.ir on 2025-12-15]