

طبقه‌بندی کاربری‌های کشاورزی با کاربرد تلفیقی فنون پیشرفته سنجش از دور، مدل‌سازی جی‌آی‌اس و صحت‌سنجی‌های میدانی در آبخیزهای استان فارس

مجتبی پاک‌پرور^۱، سید مسعود سلیمان‌پور^۲، محمدمهدی قاسمی^۳، محمدهادی جرعه‌نوش^۴،

سارا کوشافر^۵، حسین صحراایان^۶

۱ و ۲- دانشیار بخش تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی فارس، سازمان

تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، شیراز، ایران

۳- استادیار بخش تحقیقات آبیاری تحت فشار، مؤسسه تحقیقات فنی مهندسی کشاورزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج

کشاورزی، کرج، ایران

۴- مربی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی فارس، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، شیراز، ایران

۵ و ۶- کارشناس ارشد سازمان جهاد کشاورزی، شیراز، ایران

چکیده مبسوط

مقدمه و هدف

با توجه به گستردگی و تغییرپذیری و پویایی اطلاعات بخش کشاورزی در کشور و به‌ویژه در استان فارس، به‌روز کردن و تدقیق اطلاعات فعالیت‌های مرتبط با آن، اهمیت ویژه‌ای دارد. کاربری‌های کشاورزی در آبخیزها از مهمترین بهره‌برداریه‌ها است که نقش تعیین‌کننده‌ای در هر دو دیدگاه مثبت و منفی (نابودی یا حفاظت) آبخیز دارد. تاکنون پژوهش‌های پرشماری در زمینه طبقه‌بندی کاربری‌های کشاورزی با کاربرد تصویرهای ماهواره‌ای انجام شده است. سنجش از دور، یک روش کارآمد در شناسایی محصولات برای برآورد برداشت بالقوه و مدیریت مزارع کشاورزی است. تاکنون، طیف گسترده‌ای از انواع تصویرها برای تنوع گوناگونی از کاربردها برای طبقه‌بندی به‌کار گرفته شده است. برخی از روش‌های پردازش تصویر در جداسازی دسته‌های کاربری زمین و پوشش زمین مناسب‌تر از دیگر روش‌ها است، به‌ویژه زمانی که تصویرها با وضوح بیشتر طبقه‌بندی می‌شوند. همچنین، بررسی پژوهش‌های پیشین نشان داده است که در شرایطی، دقت طبقه‌بندی شیء‌گرا در مقایسه با پیکسل‌مینا، در جداسازی دسته‌های انتخاب‌شده کاربری زمین و پوشش زمین، بیشتر است.

نوع مقاله: پژوهشی

*مسئول مکاتبات: pakparvar@gmail.com

استناد: پاک‌پرور، م.، سلیمان‌پور، س.م.، قاسمی، م.م.، جرعه‌نوش، م.ه.، کوشافر، س.، صحراایان، ح. ۱۴۰۵. طبقه‌بندی کاربری‌های کشاورزی با کاربرد تلفیقی فنون پیشرفته سنجش از دور، مدل‌سازی جی‌آی‌اس و صحت‌سنجی‌های میدانی در آبخیزهای استان فارس. پژوهش‌های آبخیزداری. ۳۹(۱): ۱۲۶-۱۴۶.

شناسه دیجیتال: 10.22092/wmrj.2025.369849.1626

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۴/۲۸، تاریخ بازنگری: ۱۴۰۴/۰۷/۱۲، تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۹/۳۰، تاریخ انتشار: ۱۴۰۵/۰۱/۰۱
پژوهش‌های آبخیزداری، سال ۱۴۰۵، دوره ۳۹، شماره ۱، شماره پیاپی ۱۵۰، بهار ۱۴۰۵، صفحه‌های ۱۲۶ تا ۱۴۶.

© نویسندگان

ناشر: مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان فارس



در این پژوهش، برای ارزیابی این دو روش در پهنه‌ای به گستردگی استان فارس، مدل‌های مبتنی بر GIS و سنجش از دور که هم در مدیریت مزارع آبخیزها در زمان حال و هم برای به‌روز رسانی اطلاعات در سال‌های آتی قابل استفاده باشد، تهیه شد. در این پژوهش دقت روش‌های نامبرده تعیین شد و امکان جمع‌کردن مراحل مختلف در یک مدل کاربر دوست فراهم شد.

مواد و روش‌ها

در این پژوهش تمام مناطق تحت کشت زراعت و باغ در پهنه آبخیزهای استان فارس بررسی شد. از آنجایی که تاریخ‌های بیشینه سبزی‌نگی در اقلیم‌های مختلف متفاوت است، به‌منظور بررسی ترکیب اقلیمی هر شهرستان، نقشه اقلیم استان با مرز شهرستان‌ها ادغام شد. در این پژوهش، نقشه اقلیم بر اساس روش دمارتن و با استفاده از داده‌های ایستگاه‌های اقلیم‌شناسی و هم‌دید استان فارس تهیه شد. به‌منظور بررسی الگوی کشت اکثر شهرستان‌هایی که در آنها گندم کاشت می‌شد، آمار سطح زیر کشت محصولاتی که هم‌زمان با گندم کاشت می‌شدند نیز جمع‌آوری شد. در این پژوهش، بر پایه هدف جداسازی کاربری‌های کشاورزی و اندازه میانگین قطعه‌های کشاورزی (حدود ۱ هکتار در استان فارس)، تصویرهای لندست ۸ و سنتینل ۲، به‌ترتیب با وضوح زمینی ۳۰ و ۱۰ متر کافی بود. زیرا، هر هکتار زمین، به‌ترتیب در برگیرنده ۹ و ۱۰۰ پیکسل بود. در یک فعالیت میدانی یکپارچه و گسترده، نقشه کاربری‌های زراعت دیم و باغ دیم با برداشت محدوده‌ها بر سر زمین رسم شد. سپس، با بیشترین دقت مکانی چهار مرحله تدقیق ستادی و میدانی انجام شد. با استفاده از نرم‌افزارهای مرتبط، ابتدا تصحیحات هندسی و در گام بعدی تصحیحات جوی تصویرهای سنتینل و لندست انجام شد و دی‌ان آنها به بازتاب سطح زمین تبدیل شد. سپس، شاخص‌های گیاهی متنوعی ساخته و آزمون شد تا بهترین آنها برای تعیین سطح سبز انتخاب شود و مبنای برداشت اطلاعات میدانی که شامل چندضلعی‌هایی در داخل کاربری‌های کشاورزی بود، باشد. آنگاه روش‌های طبقه‌بندی نظارت‌شده شامل: تک‌زمانه، چند زمانه، شی‌اگرا و پیکسل‌مبنا، برای جداسازی کاربری‌های زراعی آبی و تفکیک آنها به‌کار گرفته شد. سپس، کاربری‌های زراعی و باغ دیم با چندین بار برداشت‌های میدانی، جداسازی شدند. کاربری‌های باغی آبی از اطلاعات کاداستر از کاربری‌های کشاورزی استخراج شد و با استفاده از تصویرهای به‌روز شده تدقیق شد. بر اساس ضریب کاپا و صحت کلی نتایج هر دسته از کاربری‌های کشاورزی با واقعیت زمینی مقایسه شدند.

نتایج و بحث

نتایج تصحیحات جوی روی تصویرها بیانگر بهبود قابل توجه سنجش‌های تصویری و شفافیت دیداری آنها بود. در دو کاربری پوشش کاملاً سبز مزارع و کاربری‌های آیش، اندازه‌های تمام شاخص‌های گیاهی پس از تصحیحات جوی باندها افزایش یافت و در دو کاربری بایر و پهنه محدوده‌های آبگیر کاهش یافت و به دامنه ارقام قابل انتظار در منابع معتبر، نزدیک‌تر بود. بیشترین اندازه صحت نقشه سطح سبز به‌دست آمده از شاخص‌های مختلف گیاهی مربوط به EVI و mSAVI بود و mNDVI و GBNDVI در رتبه بعدی بودند. نتایج طبقه‌بندی شی‌اگرا بیانگر برتری قطعی این روش در جداسازی کاربری‌های کشاورزی از مرتع و زمین بایر بود. افزون بر این، امکان جداسازی دو نوع مرتع ضعیف از قوی نیز در این روش فراهم شد. بیشترین صحت در تهیه نقشه‌های طبقه‌بندی مربوط به شاخص‌های گیاهی EVI و mSAVI بود. بیشترین ضریب کاپا و صحت کلی مربوط به طبقه‌بندی ماشین‌بردار پشتیبان بود. نتایج طبقه‌بندی شی‌اگرا بیانگر برتری این روش در جداسازی کاربری‌های کشاورزی از مرتع و زمین بایر بود. افزون بر این، امکان جداسازی دو نوع مرتع ضعیف از قوی نیز در این روش فراهم شد.

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

از میان انواع شاخص‌های گوناگون گیاهی بررسی‌شده برای تفکیک سطح سبز کاربری‌های زراعی، نتایج استفاده از شاخص‌هایی مانند EVI و mSAVI که از باند سبز در معادله‌های آنها استفاده شد، مناسب‌تر بود. از دیدگاه روش‌های

پیکسل‌مبنا، بهترین روش SVM بود و پس از آن درخت تصمیم در رتبه بعدی بود. تاکنون، پراکنش مکانی و سطح واقعی کاربری‌های دیم زراعی و باغی به دلیل دشواری، با هیچ روش سنتی و یا سنجش از دور تعیین نشده بود، که در این پژوهش برای نخستین بار و حداقل در استان فارس با دقت مطلوب و مبتنی بر تلفیق سنجش از دور و بازدید میدانی، انجام شد. مقیاس این لایه‌ها بر اساس تصویرهای پایه سنتینل با وضوح ۱۰ متر، برای کاربرد در پژوهش‌های آبخیزداری تا مقیاس تفصیلی-اجرایی، کافی و مناسب است. بر اساس یافته‌های این پژوهش پیشنهاد می‌شود از لایه‌های تولیدشده به‌عنوان الگویی برای بررسی تغییرات کاربری زمین‌ها و تصرف غیرقانونی زمین‌های منابع طبیعی استفاده شود. همچنین برای دستیابی به این هدف پیشنهاد می‌شود مرز رقومی زمین‌های ملی روی لایه‌های کاربری‌های کشاورزی نهادشده و مرزهای متصرفی از آن‌ها استخراج شود.

واژگان کلیدی

الگوریتم طبقه‌بندی، تفکیک کاربری کشاورزی، تفکیک‌کننده شیء‌گرا، شاخص‌های گیاهی

مقدمه

قطعه‌های مختلف بر مبنای شباهت پیکسل‌های همجوار تقسیم می‌کنند. به این ترتیب، پیکسل‌ها به مجتمع‌هایی از پیکسل تبدیل می‌شوند که از دیدگاه مکانی و طیفی شباهت دارند و نمایانگر یک پدیده هستند (ریهارد و وودویک ۱۹۹۶). روش طبقه‌بندی شیء‌گرا که در دهه گذشته گسترش فراوانی یافته است، بر ویژگی‌های طیفی پدیده‌ها تکیه دارد و بیشتر از آن بر اطلاعات هندسی و ساختاری آن‌ها استوار است. از این رو، این روش را می‌توان یک روش مبتنی بر دانش کاربر دانست. باریل و بیلوتا (۲۰۱۶) برتری این روش را در مقایسه با پیکسل‌مبنا در تفکیک انواع پوشش زمین اثبات کردند. چنین مزیتی به‌وسیله دیگر پژوهشگران نیز گزارش شده است (سونگ و همکاران ۲۰۰۵، کاندریکا و روی ۲۰۰۸، کلیو و همکاران ۲۰۰۸). تاکنون دامنه گسترده‌ای از انواع تصویرها برای تنوع گوناگونی از کاربردها برای روش شیء‌گرا به‌کار گرفته شده است. تعداد ۸۲ شاخص برای طبقه‌بندی انواع محصولات کشاورزی با توجه به اهمیت آن شاخص‌ها برای هر محصول ارزیابی شد. دقت دو روش طبقه‌بندی RF و SVM، ۹۰ تا ۹۲٪ بود. نتایج نشان داد که بیشترین سهم در شناسایی انواع محصولات خاص مربوط به شاخص‌های پوشش گیاهی بود (سونوب و همکاران ۲۰۱۸). در این

با توجه به گستردگی و تغییرپذیری و پویایی اطلاعات بخش کشاورزی در کشور و به‌ویژه در استان فارس، به‌روز کردن و تدقیق اطلاعات فعالیت‌های مرتبط با آن، اهمیت ویژه‌ای دارد. سنجش از دور یک روش کارآمد در شناسایی محصولات برای برآورد برداشت بالقوه و مدیریت مزارع کشاورزی است. از این عامل می‌توان در تجزیه و تحلیل کلان‌داده در مسائل جهانی امنیت غذایی و آب، نگهداری سوابق دقیق کشاورزی برای اصلاح نژاد و زراعت بهتر، بررسی سازوکارهای فنوتیپی کارآمد و جمع‌آوری داده‌ها در سامانه‌های کشاورزی، پشتیبانی از تعامل میان کشاورزان و دانشمندان کشاورزی و تعیین الزامات مالی برای پیشرفت مداوم مدل‌های کشاورزی استفاده کرد (بیسواس و تیواری ۲۰۲۴). در حالی که هر روز تصویرهای با وضوح بهتر و تفکیک مکانی بیشتر به عرصه فناوری سنجش از دور وارد می‌شود و چالش‌های بیشتری برای روش‌های قدیمی طبقه‌بندی رقومی پیکسل‌مبنا مانند بیشینه‌درست‌نمایی، رخ می‌دهد (کلیو و همکاران ۲۰۰۸). قطعه‌بندی تصویرها، یک قدم مقدماتی برای طبقه‌بندی شیء‌مبنا است و طبقه‌بندی‌کننده‌های شیء‌گرا یک تصویر را به

1-Maximum Likelihood

را در قالب ۱۴ شاخص شناسایی کرد و با استفاده از روش شبکه عصبی نقشه احتمال توسعه شهری را تهیه کرد.

در پژوهشی دیگر، نجفی و همکاران (۲۰۱۷) از روش ماشین بردار پشتیبان برای استخراج کاربری های جنگل، کشاورزی، مرتع و شهر استفاده کردند. نتایج نشان داد که با افزایش درجات چندجمله ای، مرز میان طبقه ها بهتر تفکیک شد و در قسمت هایی که از دیدگاه طیفی نزدیک به هم بودند، نتایج مطلوب تر بود. همچنین افزایش درجه در پلی نومیال باعث شد مرز میان طبقه ها با دقت بیشتری جدا شوند. این پژوهشگران هنگامی که هدف طبقه بندی بیش از دو کاربری بود، استفاده از درجات بیشتر پلی نومیال (ترجیحاً ۵ یا ۶) را توصیه کردند. نتایج پژوهش های انجام شده در زمینه کاربرد تصویرهای سنتینل در جداسازی انواع کاربری ها بیانگر عملکرد بهتر آنها در مقایسه با کاربرد تصویرهای با وضوح مکانی کمتر مانند لندست ۸ است.

دلفان و همکاران (۲۰۱۷) برای طبقه بندی تصویرها از دو روش طبقه بندی شبکه عصبی مصنوعی و ماشین بردار پشتیبان با کرنل های خطی، پایه شعاعی، حلقوی و چندجمله ای استفاده کردند. تصویرها در ۷ طبقه کاربری شامل: جنگل، مرتع، کشاورزی، بایر، باغ، مسکونی و آب طبقه بندی شد. نتایج نشان داد که عملکرد روش شبکه عصبی مصنوعی با صحت کلی ۹۱/۷ و ضریب کاپا ۰/۸۳ در مقایسه با تمام کرنل های ماشین بردار پشتیبان بهتر بود. در این راستا، محمدی و همکاران (۲۰۱۸) از تلفیق تصویرهای لندست و سنتینل برای بهره برداری از وضوح مکانی بهتر سنتینل و تنوع طیفی بیشتر لندست برای پایش تغییرات شهری اهواز استفاده کردند.

نتایج بیانگر عملکرد بهتر روش های DWT و Brovey در تلفیق (فیوژن) تصویرها از دیدگاه حفظ اطلاعات طیفی و مکانی در میان انواع روش های تلفیق بود. در هیلانگ جیانگ چین، ژانگ و همکاران (۲۰۲۴)

راستا، طبقه بندی های پیکسل مبنا و شیء گرا برای نقشه برداری با کاربرد MLC^۲ بررسی شد. دقت طبقه بندی شیء گرا، ۳۶/۷۷٪ بیشتر از پیکسل مبنا بود. این دقت در مقایسه با پیکسل هایی که در روش شیء گرا به درستی تخصیص داده شده بود، از دیدگاه آماری تا سطح ۰/۱ درصد معنی دار بود (یان و همکاران ۲۰۰۶). از نخستین کاربردهای سنجنش از دور در طبقه بندی زمین ها می توان به پژوهش های ابطی و پاک پرور (۲۰۰۲) اشاره کرد. از روش شیء گرا در بررسی های پوشش گیاهی با اهدافی چون تفکیک کاربری های مهم زمین ها، تفکیک انواع محصولات کشاورزی زراعی و برآورد اندازه محصول استفاده شده است. در زمینه تفکیک کاربری ها می توان به نتایج پژوهش های پرشماری اشاره کرد (فیضی زاده و حاجی میرحیمی ۲۰۰۸، اکبری و همکاران ۲۰۱۱، فیضی زاده و هلالی ۲۰۱۰، محمودزاده ۲۰۱۷، دلفان ۲۰۱۷ و هانژی و همکاران ۲۰۲۴). در زمینه تفکیک محصول نیز می توان به نتایج پژوهش های عاشورلو و همکاران (۲۰۱۶)، درویشی (۲۰۱۵)، هان یو (۲۰۲۳)، دنگ و همکاران (۲۰۲۴) و هویی (۲۰۲۴) اشاره کرد. در زمینه برآورد محصول با استفاده از روش شیء گرا، پژوهش های کمتری انجام شده است. در این راستا، می توان به پژوهش های میرباقری و همکاران (۲۰۰۷) و یاقوتی و همکاران (۲۰۱۷) اشاره کرد. این پژوهشگران نتایج برآورد قابل قبول و نزدیک به واقعیتی از محصول را ارائه کرده اند. از آنجایی که هدف این پژوهش، جداسازی زمین ها با کاربری کشاورزی در آبخیزهای استان فارس بود بر تفکیک نوع محصول و یا برآورد اندازه محصول متمرکز نبود. از این رو، نتایج پژوهش های مشابه با هدف اصلی این پژوهش، بررسی شد. محمودزاده (۲۰۱۷) در سردرود تبریز، تغییرات کاربری زمین ها در یک دوره ۲۷ ساله را بررسی کرد و با استفاده از تصویرهای ماهواره ای چندزمانه لندست ۵ و روش های پردازش تصویرهای ماهواره ای شیء گرا، عامل های مؤثر بر توسعه فیزیکی

مواد و روش‌ها

معرفی منطقه مطالعه شده

در این پژوهش تمام مناطق تحت کشت زراعت و باغ در پهنه آبخیزهای استان فارس بررسی شد. استان فارس در بخش جنوب ایران در میان $35^{\circ} 50'$ تا $33^{\circ} 55'$ طول شرقی و $08^{\circ} 27'$ تا $45^{\circ} 31'$ عرض شمالی است. بلندی این منطقه از ۱۱۵ متر در نواحی جنوب-غربی تا بیش از ۲۹۰۰ متر در بلندی‌های شمال در شهرستان اقلید متغیر است. بر اساس گزارش سازمان هواشناسی کشور از دیدگاه اقلیمی در استان فارس، ناحیه‌های آب و هوایی مشخصی تحت تأثیر ویژگی‌های پستی‌بلندی، پدیدار شده است. ناحیه کوهستانی شمال، شمال‌غرب و غرب با زمستان‌های سرد معتدل و میانگین بارش ۴۰۰ تا ۶۰۰ میلی‌متر و پوشش گیاهی قابل توجه است که شامل شهرهای اقلید و نورآباد می‌باشد. ناحیه شمال‌شرق با زمستان‌های سرد و خشک و میانگین بارش ۱۰۰ تا ۲۵۰ میلی‌متر است که شهرهای مهم آن آباده و بوانات می‌باشد. ناحیه مرکزی با زمستان‌های نسبتاً معتدل توأم با بارندگی و با تابستان‌های گرم و خشک است. آب و هوای این ناحیه به دلیل بارندگی نسبی بلندی‌ها، در مقایسه با شمال و شمال‌غرب وضعیتی کاملاً متفاوت دارد، اندازه بارش این ناحیه از ۲۰۰ تا ۴۰۰ میلی‌متر در سال متغیر است. شهرهای مهم این ناحیه شیراز، کازرون، فسا و فیروزآباد است. ناحیه جنوب و جنوب‌شرقی به دلیل کاهش بلندی و پهنای جغرافیایی و شکل استقرار کوه‌ها، اندازه بارش این ناحیه در فصل زمستان در مقایسه با دو فصل بهار و پاییز کمتر است. هوای این ناحیه در زمستان‌ها معتدل و در تابستان‌ها بسیار گرم و اندازه بارش سالانه آن ۱۰۰ تا ۲۰۰ میلی‌متر است. شهرهای مهم این ناحیه لار، اوز و خنج است. شایان ذکر است میانگین بلندمدت بارش استان بیش از ۳۰۹ میلی‌متر گزارش شده است (سازمان هواشناسی کشور ۲۰۱۸). این استان با مساحتی حدود ۱۲۲۶۰۸ کیلومتر مربع، چهارمین استان بزرگ کشور است و جمعیت آن ۴،۸۵۱،۰۲۷۴ نفر است که بر پایه برآورد جمعیت سال

با کاربرد تصویرهای چند طیفی (هایپر اسپکترال) و پایگاه بزرگ داده‌های زمینی کاربری‌های و محصولات مهم را طبقه‌بندی کردند. در ابتدا نتایج صحت‌سنجی داده‌ها را در سال ۲۰۲۴ گزارش کردند. در این مقاله برای نخستین بار جزئیات پایگاه داده‌ای با ۶۰۰۰۰۰ نمونه توصیف شد و محدودیت‌های عملی رسم شد و نیازهای پژوهشی برای آینده تبیین شد.

بر اساس نتایج پژوهش‌های انجام‌شده می‌توان گفت روش‌هایی که در سال‌های گذشته سبب افزایش دقت نتایج و دستیابی بهتر به هدف بوده‌اند به‌طور کلی ترکیبی از تمام امکانات و روش‌های متنوع مانند به‌کارگیری داده‌های چندزمانه، روش‌های جدید طبقه‌بندی و روش شیء‌گرا بوده است.

کاربرد روش طبقه‌بندی شیء‌گرا برای تفکیک پدیده‌هایی که شکل هندسی دارند، به‌وسیله تصویرهایی با وضوح متوسط، برتری‌هایی دارد. افزون بر این، آگاهی از پراکنش مکانی و مساحت کاربری‌های مهم کشاورزی آبی و دیم از جمله نیازهای اطلاعاتی است که دستیابی به اندازه دقیق و قابل اعتماد آنها در مدیریت بهینه کشاورزی نقش با اهمیتی دارد. در سطوح با گستردگی بیشتر مثل آبخیزها، کاربری‌های کشاورزی از مهم‌ترین بهره‌بردارها در سطح هر آبخیز است که نقش تعیین‌کننده‌ای در هر دو دیدگاه مثبت و منفی (نابودی یا حفاظت) آبخیز دارد. از این‌رو، هدف مهم این پژوهش دستیابی به شیوه‌نامه^۴ کاربرد داده‌های سنجش از دور و روش برتر طبقه‌بندی به‌همراه دقیق‌ترین و دست‌یافتنی‌ترین داده‌های میدانی برای تولید اطلس کاربری‌های کشاورزی بود. افزون بر این، مناسب‌ترین شاخص گیاهی تعیین شد و کارآمدترین روش طبقه‌بندی با روش‌های پیکسل‌مبنا و شیء‌گرا معرفی شد و مدل کاربردی در جی‌آی‌اس برای خودکار کردن فرآیند تولید اطلس کاربری‌های کشاورزی توسعه داده شد.

۹ و ۱۰۰ پیکسل بود. در این پژوهش، از تصویرهای سنتینل ۲ به دلیل وضوح بهتر و داشتن باندهای طول موج کوتاه لازم (مرئی و مادون قرمز)، استفاده شد. شایان ذکر است در شرایطی که نیاز به باندهای حرارتی بود، امکان استفاده از سنتینل که فاقد آن است، فراهم نبود. در این راستا، به منظور بررسی چندزمانه^۵ از تصویرهای ماهواره سنتینل ۲ در زمانهای مختلف (بر اساس برنامه کاشت، داشت و برداشت محصول) استفاده شد. افزون بر این، تعداد پنجره‌های دریافت شده تصویرهای سنتینل ۲ برای پردازش کل استان فارس، ۲۱ پنجره بود.

تصحیحات تصویرهای ماهواره‌ای

تصحیح هندسی

تصویرهای سنتینل با دقت مناسبی از دیدگاه هندسی تصحیح شد. همه تصویرهای دریافتی به وسیله نقاط زمینی که در مرحله ساخت لایه‌های کاداستر استان تولید شده بود، بررسی شد. به این منظور، داده‌های نقاط بازبینی زمینی که به عنوان نقاط پایه^۶ در طرح کاداستر استان فارس تولید شده و بیش از ۴۰۰۰ عدد بود، استفاده شد.

تصحیح جوی

در محیط نرم افزار انوی نسخه ۵،۳ سه روش برای تصحیح جوی شامل تفریق جسم سیاه^۷، کواک^۸ و فلاش^۹ وجود دارد. روش اول و دوم به عنوان روش کلی شناخته شده‌اند و روش سوم از انواع روش‌های مدل سازی اما ساده سازی شده است. در این پژوهش از روش فلاش، برای انجام تصحیحات جوی روی باندهای مرئی سنتینل ۲ استفاده شد.

استخراج شاخص‌ها و بررسی آنها

ماهواره سنتینل ۲، چهار باند ۱۰ متر و چهار باند ۲۰ متر و چهار باند ۶۰ متر دارد. باندهای ۴ و ۸ این ماهواره به ترتیب به عنوان باندهای مادون قرمز نزدیک

۱۳۹۵ خورشیدی مرکز آمار ایران، چهارمین استان پرجمعیت ایران به شمار می‌آید. بر پایه گزارش آمارنامه کشاورزی، این استان با داشتن حدود یک میلیون و دویست هکتار سطح زیر کشت پس از استان‌های آذربایجان شرقی و خراسان رضوی، رتبه سوم را در کل کشور دارد. استان پهناور فارس، به دلیل گستردگی، تنوع اقلیم و حاصلخیزی خاک، یکی از قطب‌های مهم کشاورزی کشور به شمار می‌آید و سهم قابل توجهی از تولید محصولات و فرآورده‌های کشاورزی کشور به این استان اختصاص دارد، به طوری که در بسیاری از محصولات کشاورزی جایگاه آن، اول تا سوم است.

روش پژوهش

ناحیه بندی اقلیمی آبخیزهای استان فارس

از آنجایی که تاریخ‌های بیشینه سبزی‌نگی در اقلیم‌های مختلف متفاوت است، به منظور بررسی ترکیب اقلیمی هر شهرستان، نقشه اقلیم استان فارس برگرفته از اطلس هوا و اقلیم‌شناسی استان فارس (قاسمی و همکاران ۲۰۲۰)، با مرز شهرستان‌ها ادغام شد. در این پژوهش، نقشه اقلیم بر اساس روش دمارتن و با استفاده از داده‌های ایستگاه‌های اقلیم‌شناسی و هم‌دید استان فارس تهیه شد.

بررسی الگوی کشت محصولات و تقویم زراعی

به منظور بررسی الگوی کشت اکثر شهرستان‌هایی که در آن‌ها گندم کاشت می‌شد، آمار سطح زیر کشت محصولاتی مانند جو و چغندر قند پاییزه که همزمان با گندم کاشت می‌شدند نیز جمع‌آوری شد. از آنجایی که زمان بیشترین سبزی‌نگی پوشش گیاهی زراعت‌ها برای تعیین بهترین تاریخ دریافت تصویرهای لازم بود، از تقویم کشت محصولات در استان فارس که سالانه به وسیله سازمان جهاد کشاورزی استان فارس تهیه می‌شود، استفاده شد.

دریافت تصویرهای ماهواره‌ای

در این پژوهش، بر پایه هدف جداسازی کاربری‌های کشاورزی و اندازه میانگین قطعه‌های کشاورزی (حدود ۱ هکتار در استان فارس)، تصویرهای رایگان لندست ۸ و سنتینل ۲، به ترتیب با وضوح زمینی ۳۰ و ۱۰ متر کافی بود. زیرا، هر هکتار زمین، به ترتیب در برگیرنده

- 5- multi temporal
- 6- benchmark
- 7- dark object subtraction (DOS)
- 8- quick atmospheric correction (Quac)
- 9- fast line-of-site atmospheric analysis of spectral hypercubes (FLAASH)

با استفاده از تحلیل‌گری که روی پایگاه‌های آموزشی (انتخابی) است می‌توان تصمیم‌گیری کرده و به این شیوه روی پردازش و طبقه‌بندی نظارت کرد. انواع روش‌های رایج طبقه‌بندی نظارت‌نشده شامل کمترین فاصله از میانگین^{۱۱}، طبقه‌بندی‌کننده بیشترین درست‌نمایی^{۱۲}، طبقه‌بندی متوازی‌سطوح^{۱۳} طبقه-بندی درخت تصمیم و ماشین‌بردار پشتیبان است (علوی‌پناه ۲۰۰۱).

پردازش شیء‌گرای تصویرهای ماهواره‌ای

طبقه‌بندی شیء‌گرا فرایندی است که در آن طبقه‌های پوشش زمین به هر یک (یا هیچ کدام) از اشیاء تصویری اختصاص داده می‌شود. در این فرایند پیکسل‌های متفاوت از نظر درجه عضویت در بیش از یک طبقه، طبقه‌بندی می‌شود و بر اساس درجه عضویت نسبت به هر طبقه، طبقه‌بندی بر اساس روش نزدیکترین همسایه انجام می‌شود. قطعه‌بندی تصویر با تک پدیده شروع می‌شود. سپس، پدیده‌های پرشماری با سطوح قطعه‌بندی سلسله‌مراتبی دنبال می‌شود و هر سطح بعدی شامل دسته‌ای از اشیاء فردی است. پدیده‌ها بر اساس مشابهت طیفی و تباین با پدیده‌های همسایه و ویژگی‌های شکلی گروه‌بندی می‌شوند. این سه گروه مشخصات در یک سنجه به‌نام ناهمگنی، گروه‌بندی می‌شوند. به‌بیان دیگر، با یک سنجه، مقیاس معین سه ویژگی ناهمگنی یک پدیده (رنگ، نرمی و تراکم) مشخص می‌شود. در این پژوهش از نرم افزار ایکاگنیشن^۴ برای قطعه‌بندی و طبقه‌بندی نهایی شیء‌گرای استفاده شد.

و قرمز و باند ۳ به‌عنوان باند سبز در کلیه شاخص‌های پوشش گیاهی به‌کار گرفته می‌شوند. در این پژوهش، توانایی شاخص‌های پوشش گیاهی در تعیین سطح سبز بررسی شد. معیار بررسی، اندازه تطابق سطح سبز تولیدی آن‌ها با نقاط میدانی بود به شیوه‌ای که بیشترین درصد نقاط مشاهده‌ای که در مزارع سبز برداشت شدند در تصویر شاخص گیاهی بررسی‌شده نیز سبز دیده شود (اسنوب و همکاران ۲۰۱۸). برای هر شاخص، اندازه ارزش عددی که در منابع به‌عنوان آستانه جدایی خاک بستر از پوشش گیاهی (خط خاک) مطرح شده است را در تصویر برش زده و تصویر تولیدشده به‌عنوان سطح سبز آن شاخص در نظر گرفته شد. در این فرایند ارقام گزارش شده در منابع، اندکی تغییر داده شد تا بیشترین تطابق با واقعیت زمینی منطقه پژوهشی به‌دست آید. به‌بیان دیگر، در مناطق گرم و خشک که گیاه دچار تنش آبی است این رقم به‌طور مثال برای NDVI نزدیک به ۰/۲۷ و در مناطق معتدل استان نزدیک ۰/۱۷ محاسبه شد. در حالی که در منابع، این رقم از ۰/۱۵ تا ۰/۲۹ گزارش شده است (داندان و گو ۲۰۱۳). همین شیوه برای دیگر شاخص‌ها نیز وجود داشت. سپس، شاخص مد نظر در فرایند طبقه‌بندی نظارت‌شده به‌همراه باندهای اصلی در لایه‌های یکپارچه^۵ مشارکت داده شد. شاخص‌های بررسی‌شده در جدول ۱ ارائه شده است.

پردازش پیکسل‌مبنای تصویرهای ماهواره‌ای

استفاده از اطلاعات پیکسلی به‌شکل یک روش است که با استفاده از آن می‌توان نواحی و ارزش‌های پیکسلی مشابه را گروه‌بندی کرد.

11- Minimum distance of mean
12- Maximim likelihood
13- Parallel piped
14- eCognition

10- Layer stacking

جدول ۱- شاخص های گیاهی بررسی شده.

Table 1- Plant indices used in the study.

Index	Equation*
BNDVI	$(B8-B2)/(B8+B2)$
CARI	$(B5*\text{SQRT}((a*B4+B4+b)^2)*(a^2+1)^{0.5})/B4$ $a=(B5-B3)150, b=B3*550*a$
CVI	$B8*B4/(B3)^2$
DVI	$2.4*B8-B4$
EVI	$(2.5*B8-B4)/(B8+6*B4-7.5*B2+1)$
GBNDVI	$(B8-(B3+B2))/(B8+(B3+B2))$
MCARI	$((B5-B4)-0.2*(B5-B3))*B5/B4$
mNDVI	$(B8-B4)/(B8+B4-2*B2)$
mSAVI	$(2*B8+1-(\text{SQRT}((2*B8+1)^2-8*(B8-B5))))/2$
NDVI	$(B8-B4)/(B8+B4)$
RDVI	$B8-B4/\text{SQRT}(B8+B4)$
SAVI	$1.5*(B8-B4)/(B8+B4+0.5)$

*-B به معنای باند در شاخص و عدد کنار آن به معنای شماره باند در سنیتل ۲ است (سنوب و همکاران ۲۰۱۸).

*-B is band in the index and number is the band number of Sentinel (Sonobe et al., 2018).

میان واقعیت زمینی امروزی با واقعیت تصویرهای گوگل ارث تفاوت باشد و برای ارزیابی نهایی، نقشه های اصلاحی در تدقیق ستادی، بار دیگر وارد چرخه تصحیحات تدقیق میدانی شدند. ابتدا دوره های آموزشی برای آموزش شیوه اصلاح مرزها در محیط گوگل ارث و آرک جی آی اس ۱۰،۳ برای ۶۳۰ نفر از مدیران پهنه های کشاورزی مستقر در مراکز خدمات جهاد کشاورزی شهرستانها، برگزار شد. در این دوره های آموزشی از شرکت کنندگان خواسته شد تمام محدوده های رسم شده دیم زراعی و باغی در مراحل قبلی را مشاهده کنند و بر پایه شناختی که از پهنه تحت مدیریت خود دارند آن محدوده ها را تأیید یا تغییر دهند و برای موردهای مشکوک بازدید میدانی انجام شود. این مرحله شامل تغییرات زیر بود:

پرونده دریافت شده از سوی مدیران پهنه ها دوباره به وسیله گروه همکاران این پژوهش بازبینی نهایی شد تا ایرادات آن به ویژه در مرزهای بینابین چندضلعی ها تصحیح شود. در پایان، نقشه های زراعت دیم و باغ دیم با بیشترین دقت تولید شد که به عنوان دو دستاورد از کاربری های اطلس کشاورزی استان فارس بود.

برداشت های میدانی و رسم مرزهای اولیه

بر اساس تجربیات پیشین، دقت تفکیک کاربری های زراعی دیم از کاربری های همجوار مرتعی و زراعت آبی و نیز باغ های دیم از باغ های آبی قابل قبول نبود. از این رو، در یک فعالیت میدانی گسترده به وسیله همکاران این پژوهش و با همکاری مؤثر سازمان جهاد کشاورزی استان فارس، تمام عرصه کشاورزی استان در مدت زمان ۶ ماه بازدید میدانی شد. کاربری های زراعی و باغی دیم شناسایی شد و روی نقشه رسم شد. به این منظور از یک کاربست (اپ) موجود و رایگان به نام اندازه گیر میدانی مساحت^{۱۵} استفاده شد که به وسیله این کاربست و تیلت جداسازی انجام شد. در نتیجه، تمام محدوده های کاربری های زراعی دیم و کاربری های باغی دیم برداشت شد. این محدوده ها حالت کلی و پوششی داشت، به طوری که عرصه بزرگی که زراعت دیم یا باغ دیم بود به شکل لکه ای بود و در فرایند میدانی تفکیک و رسم شد تا در مرحله بعد لکه ها تدقیق شوند. در مرحله بعد در یک فعالیت گسترده ستادی، به وسیله گروه همکاران طرح، مرزهای برداشتی در بازدید میدانی روی تصویرهای گوگل ارث بارگذاری و مرزها تدقیق شد. از آنجایی که ممکن بود

15-fields area meter pro (<https://goo.gl/Gh5Jp6>)

مرز باغ‌ها و زراعت آبی

در طرح کاداستر فارس کاربری‌های باغ آبی روی تصویرهای با وضوح زیاد رسم شد و در فعالیت میدانی بازبینی و تدقیق شد. از این‌رو، در این پژوهش لایه کاربری باغ آبی از اطلاعات کاداستر استان استخراج و استفاده شد. در طرح کاداستر تا این زمان، بیش از ۷۵٪ عرصه کشاورزی استان پوشش داده شده است (گزارش شفاهی در جلسات سازمانی). از این‌رو، برای آن بخشی از استان که اطلاعات کاداستر موجود نبود مراحلی که برای زراعت و باغ دیم تشریح شد برای باغ آبی نیز انجام شد. برای تفکیک مرز کاربری‌های زراعت آبی از دو روش پیکسل‌مبنا و شیء‌گرا استفاده شد.

برداشت نقاط آموزشی

نمونه‌های تعلیمی به شکل چندضلعی و چهارگوشه‌ای در درون کاربری‌های کشاورزی مد نظر و با ابعاد تقریبی ۱۰۰×۱۰۰ متر برداشت شد. پراکنش فضایی و همگن بودن نمونه‌های تعلیمی در منطقه اهمیت ویژه‌ای دارد. به بیان دیگر، نمونه‌ها در فاصله تقریبی همسانی نسبت به هم وجود دارند و کل منطقه را به شکل پراکنده پوشش می‌دهند. به منظور بررسی همگنی نمونه‌ها از آزمون Run Test استفاده شد. بر اساس طبقه‌بندی نظارت‌شده، از کل نمونه‌ها درصدی به عنوان نمونه تعلیمی و درصدی به عنوان نمونه آزمون جداسازی شد. برای این منظور، از کل نمونه‌های در دسترس، ۷۰٪ برای مشارکت در طبقه‌بندی و ۳۰٪ برای آزمون نتایج جداسازی شد.

برداشت‌های میدانی مرز کاربری‌ها

در بررسی میدانی از نرم‌افزار کاربردی اندازه‌گیری میدانی مساحت^۴ نصب شده روی تبلت، استفاده شد و مرز کلان کاربری‌های نامبرده با حضور در محل و روی تصویر ماهواره‌ای گوگل (ارائه شده در محیط نرم‌افزار) رسم شد. سپس، در بازدید میدانی، مرزهای کلان با استفاده از تصویرهای گوگل‌ارث با مرزهای دقیق زمینی تطبیق داده شد. در مرحله بعد با بازدید میدانی دوباره به وسیله کارشناسان محلی بازبینی انجام شد.

سپس، بار دیگر در مرکز استان بر اساس تصحیحات جدید میدانی از دیدگاه اختلاط مرزها، ویرایش نقشه‌ای انجام شد. سپس، برای تهیه نقشه کاربری زراعت آبی، با انجام بازدیدهای میدانی گسترده در تمام پهنه استان فارس هزاران نمونه تعلیمی برداشت شد. با استفاده از آن‌ها طبقه‌بندی رقومی با دو روش پیکسل‌مبنا و شیء‌گرا روی تصویرهای ماهواره‌ای سنیتل ۲، برای پوشش کل استان در سال ۱۳۹۸ انجام شد. همچنین، از این نمونه‌ها و با بهره‌گیری از لندست ۸ در سال‌های ۱۳۹۴ تا ۱۳۹۸، کاربری‌های زراعی غیر فعال (نکاشت یا آیش) تفکیک شد.

ارزیابی شاخص‌های گیاهی

معیار بررسی، اندازه تطابق سطح سبز تولیدی شاخص‌های گیاهی با نقاط میدانی بود به شیوه‌ای که بیشترین درصد نقاط مشاهده‌ای که در مزارع سبز برداشت شدند در تصویر شاخص گیاهی بررسی شده نیز سبز دیده شود.

مقایسه روش‌های طبقه‌بندی نظارت‌شده بر اساس ضریب کاپا و صحت کلی

پس از انجام هر یک از روش‌های طبقه‌بندی، اندازه دقت آن‌ها با شاخص‌های مختلفی ارزیابی شد. این ارزیابی با کاربرد آن بخشی از نمونه‌های آموزشی که در طبقه‌بندی به کار گرفته نشده بودند (۳۰٪ از نمونه‌ها) انجام شد. روش کاپا در قالب ضریب کاپای کوهن^۷ نمونه‌ای از ابزارهای تصمیم‌گیری و تحلیل آماری است و اندازه عددی ضریب کاپا میان -۱ تا +۱ است. هر چه این ضریب به +۱ نزدیک‌تر باشد بیانگر وجود توافق متناسب و مستقیم، و هر چه به -۱ نزدیک‌تر باشد بیانگر وجود توافق وارون و عکس و اندازه‌های نزدیک به صفر آن نبودن توافق را نشان می‌دهد. ضریب کاپا با استفاده از رابطه ۱ محاسبه شد (متین‌فر و همکاران ۲۰۱۶).

$$\text{رابطه (۱)} \quad \bar{K} = \frac{(N \sum_{i=1}^n X_{ii} - \sum_{i=1}^n (X_{i+} \times X_{+i}))}{N^2 - \sum_{i=1}^n (X_{i+} \times X_{+i})}$$

17- Cohen's Kappa Coefficient

16- Field Area Measure

همان اندازه سبزینگی است که هر گیاه در زمان مشخص از خود نشان می‌دهد. بر اساس تفاوت سبزینگی در زمان‌های مختلف بهترین ترکیب زمانی تصویر برای ورود به طبقه‌بندی مشخص شد. سپس، بر اساس اندازه و شدت شیب، تغییرات زمان‌های مد نظر انتخاب شد. پس از همگون‌سازی داده‌ها و یکپارچگی آن‌ها مدل‌های مختلف طبقه‌بندی نظارت‌شده روی آن‌ها اعمال شد.

جداسازی کاربری‌های زراعی آبی کشت‌شده و آیش برای مشخص کردن محدوده‌های زراعی کشت‌نشده تصویرهای ماهواره‌ای کل استان مربوط به دو تاریخ فروردین و شهریور پنج سال گذشته از ۱۳۹۴ تا سال ۱۳۹۸ (مجموعاً ۱۸۰ پنجره) ماهواره لندست ۸ بارگذاری شد. پس از انجام تصحیحات جوی، با استفاده از شاخص گیاهی برتر (EVI) اندازه‌های سطح زمین‌های سبز تصویرها استخراج شد. آنچه تا این مرحله به دست آمد، کاربری‌های زراعت آبی کشت‌شده و زراعت آبی کشت‌نشده بود که هر دو با دیگر انواع زراعت دیم، باغ آبی و باغ دیم آمیخته بود. از سوی دیگر، محدوده سه کاربری کشاورزی دیگر شامل باغ آبی و دیم و زراعت آبی از قبل تعیین شده بود. از این‌رو، با هم‌نهاد کردن سه کاربری نامبرده روی لایه زراعت آبی (کشت و آیش)، محدوده انواع کاربری‌های کشاورزی تهیه شد. در این پژوهش، برای بهینه‌سازی روش‌ها، مدل‌های کاربردی GIS متنوعی به وسیله تولیدگر مدل برای خودکارسازی فرایندها نوشته شد. با بهره‌گیری از این مدل‌ها امکان به‌روزرسانی لایه‌های تولیدی در سال‌های آتی با سهولت بیشتری فراهم شد. در نتیجه با صرف زمان و هزینه‌ای بسیار کمتر از روند پژوهش‌های پیشین، فرایند به‌روز کردن انجام شد. در پایان نقشه‌های اطلس کاربری‌های کشاورزی با محدوده آبخیزهای تا درجه ۳ استان در محیط جی‌آی‌اس برخورد داده شد و اطلاعات توصیفی و پراکنش انواع کاربری‌ها در آبخیزهای استان به شکل نقشه تهیه شد تا در فرآیند تصمیم‌گیری و مدیریت آن‌ها بهره‌برداری شود.

N: تعداد کل مشاهده‌ها، Xii: عناصر قطر اصلی جدول ماتریس خطا، Xi+: مشاهده‌ها در سطر i و X+i: مشاهده‌ها در ستون i است.

به‌منظور سهولت محاسبه ضریب کاپا از رابطه ۲ استفاده شد.

$$\text{رابطه (۲)} \quad \bar{K} = \frac{(P_0 - P_e)}{1 - P_e}$$

\bar{K} : اندازه ضریب کاپا، P_0 : اندازه‌های نسبی مشاهده‌ای و P_e : اندازه‌های واقعی اندازه‌گیری است. اندازه عددی روش صحت کلی^۸ میان ۰ تا ۱۰۰ است و هرچه به ۱۰۰ نزدیک باشد نشان‌دهنده هماهنگی بیشتر میان طبقه‌های مرجع با طبقه‌های به‌دست آمده از طبقه‌بندی است. آنگاه صحت کلی بیشترین اندازه است و تمام ارقام بیش از صفر در قطر ماتریس هستند. اندازه آن از جمع عناصر قطری اصلی Xii تقسیم بر تعداد کل پیکسل‌ها (N) و با استفاده از رابطه ۳ به دست آمد (لیلسند و کیفیر ۲۰۰۴).

$$\text{Overall Accuracy} = \text{OA} = \sum_{i=1}^n X_{ii} / N$$

طبقه‌بندی تک‌زمانه و چندزمانه

شاخص‌های مختلف گیاهی با استفاده از ۷۰٪ نمونه‌های آموزشی استخراج شدند. از مجموعه این شاخص‌ها و باندهای اصلی طیفی، لایه‌های یکپارچه ساخته شد و به‌عنوان ورودی‌های اولیه طبقه‌بندی نظارت‌شده استفاده شد. روش‌های مختلف طبقه‌بندی نظارت‌شده روی هر یک از زمان‌های مختلف با یا بدون حضور شاخص‌ها و باندهای اصلی در لایه‌های یکپارچه اعمال شد و هر بار اندازه ضریب کاپا محاسبه شد. به‌دلیل اندازه‌های کم ضریب کاپا و صحت کلی مدل تک‌زمانه، استفاده از یک طبقه‌بندی چند زمانه به‌منظور آشکارسازی شیب تغییرات طیفی طبقات طبقه‌بندی ضروری بود. از این‌رو، بر اساس نمودار تغییرات شاخص گیاهی برتر، شیب تغییرات شاخص پوشش گیاهی آشکار شد. منظور از شیب تغییرات،

نتایج و بحث

در این پژوهش، نتایج تصحیح جوی روی تصویرها بیانگر بهبود قابل توجه سنج‌های تصویری و شفافیت دیداری آن‌ها بود. با افزایش شفافیت تصویرها برخی پدیده‌ها پس از تصحیح قابل مشاهده شدند. به‌منظور بررسی صحت تصحیحات رادیومتریک و جوی انجام شده روی تصویر، رفتار طیفی پدیده‌های مختلف (آب، خاک، گیاه) با رفتار طیفی مرجع این پدیده‌ها که در آزمایشگاه‌های طیفی رسم‌شده بود، بررسی شد.

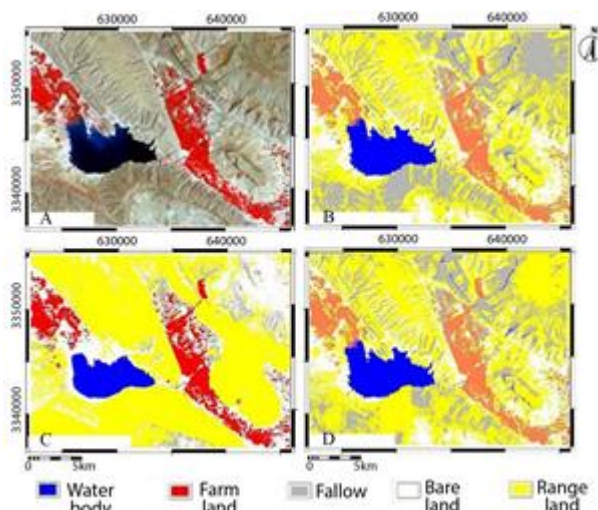
در دو کاربری پوشش کاملاً سبز مزارع و کاربری‌های آیش، اندازه‌های این شاخص پس از تصحیح جوی باندها افزایش یافت. در دو کاربری بایر و پهنه محدوده‌های آبگیر کاهش یافت و به دامنه ارقام قابل انتظار در منابع معتبر، نزدیک‌تر بود. این یافته دلیلی بر افزایش تباین و تفکیک‌پذیری پدیده‌های زمینی پیش و پس از تصحیح جوی بود. به این موضوع معمولاً در پردازش‌های سنجش از دور توجه نمی‌شود.

بررسی شاخص‌های گیاهی

تغییرات ارقام خط خاک شاخص‌های مختلف در اقلیم‌های متفاوت بیانگر حساسیت این شاخص‌ها به شرایط محیطی بود. تفاوت‌های ارقام خط خاک شاخص‌ها محسوس بود. به‌ویژه از دیدگاه حساسیت به ویژگی‌های اقلیمی کاملاً متفاوت بودند. باید به این نکته توجه داشت که در اقلیم‌های مختلف زمان بیشینه سبزی‌گی متفاوت است؛ به‌طوری که در استان فارس درباره گندم، از اسفند در نواحی جنوبی مانند لار و لامرد، تا خرداد ماه در نواحی شمالی مانند اقلید و آباده متغیر است. اندازه صحت نقشه سطح سبز به‌دست آمده از شاخص‌های مختلف گیاهی در جدول ۱ ارائه شده است. بر اساس این جدول، بیشترین اندازه صحت مربوط به EVI و mSAVI و در رتبه بعدی مربوط به mNDVI و GBNDVI بود. دلیل صحت

شاخص mSAVI توانایی آن در کاهش مزاحمت اثر خاک بستر بر پوشش گیاهی بود. دلیل صحت سه شاخص دیگر نیز درکار آوردن باند آبی (۰/۴ تا ۰/۵ میکرو متر) و یا سبز (۰/۵ تا ۰/۶ میکرومتر) بود. از سوی دیگر، ورود فقط باند آبی در شاخص EVI سبب افزایش صحت این شاخص شد که دلیل آن را می‌توان اندازه‌های آب در بدنه توده گیاهی دانست. این یافته‌ها با نتایج پژوهش سونوب و همکاران (۲۰۱۸) هماهنگی دارد. تحلیل داده‌های کشاورزی با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای نشان داده است که در طبقه‌بندی تصویرها، بیشترین همبستگی با ضریب‌های پراکنندگی تصویرهای ماهواره‌ای زمانی است که ضریب همبستگی شاخص پوشش گیاهی ۰/۹۲ باشد. با برقراری ارتباط میان بازپراکنش‌های راداری تصویرها و پوشش گیاهی می‌توان طبقه‌بندی کاربری‌های کشاورزی را تسهیل کرد (حیدری و صادقیان ۲۰۲۳).

مقایسه انواع طبقه‌بندی‌ها در تفکیک کاربری زراعت آبی طبقه‌بندی تصویرها به‌وسیله انواع روش‌های موجود در نرم‌افزار انوی ۵,۳ انجام شد. این طبقه‌بندی برای ۲۱ تصویر برای پوشش سرتاسری استانی و برای برش‌های مختلفی که برای هر تصویر بر اساس اقلیم مناطق ایجاد شده بود، انجام شد. نمونه‌ای از خروجی روش‌ها همراه با تصویر اصلی ارائه شده در شکل ۱ نشان داده شده است. با استفاده از همه روش‌ها کاربری‌های زیر کشت آبی که سطح سبز داشتند با دقت مناسبی تفکیک شد. از دیدگاه آماری نیز برتری روش اس‌وی‌ام به اثبات رسید. ضریب کاپا و صحت کلی این روش از دیگر روش‌ها نیز بیشتر بود (جدول ۲).



شکل ۱- مقایسه روش‌های مختلف طبقه‌بندی پیکسل‌پایه در بخشی از آبخیز بختگان و سد درودزن (A: تصویر، B: بیشینه درست‌نمایی، C: بردار ماشین پشتیبان، D: درخت تصمیم).

Figure 1- Comparison of methods of pixel-based classification in the Bakhtegan and Dorudzan Watershed (A: image, B: maximum likelihood, C: support vector machine, D: decision tree).

جدول ۲- اندازه‌های صحت کلی شاخص‌های گیاهی در تعیین سطح سبز کاربری‌های کشت آبی.

Table 2- Overall accuracy of plant indices in determining the green cover of fallow land.

overall %.accuracy	vegetation index	no.
83	MCARI	1
89	CVI	2
90	BNDVI	3
91	CARI	4
91	RDVI	5
93	DVI	6
93	SAVI	7
95	NDVI	8
96	GBNDVI	9
96	mNDVI	10
99	EVI	11
99	mSAVI	12

طیفی اولیه، به ترتیب ۷۷، ۷۹، ۷۶ و ۷۶٪ بود که با نتایج این پژوهش هماهنگی دارد. نتایج طبقه‌بندی شیء‌گرا بیانگر دقت بیشتر این روش در جداسازی کاربری‌های کشاورزی از مرتع و زمین بایر بود. افزون بر این، امکان جداسازی انواع مراتع از دیدگاه اندازه پوشش نیز فراهم شد (جدول ۳).

یافته‌های این پژوهش با نتایج پژوهش نجفی (۲۰۱۷) و آلبرتو و همکاران (۲۰۱۶) هم‌راستا است. نتایج پژوهش احمدی و سادات‌حسینی (۲۰۲۳) نشان داد دقت طبقه‌بندی‌کننده‌های نزدیک‌ترین همسایه، ماشین‌های بردار پشتیبان، شبکه عصبی پرسپترون چندلایه و جنگل‌های تصادفی روی فضای ویژگی

جدول ۳- دقت روش‌های طبقه‌بندی.

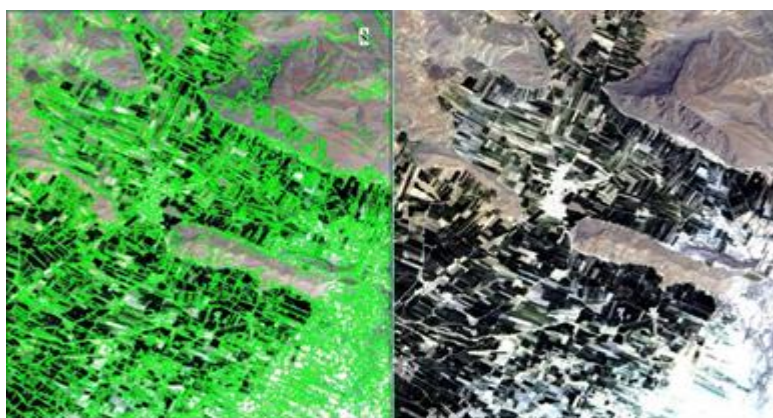
Table 3- The accuracy of classification algorithms.

no	Algorithms	Kappa	Overall accuracy%
1	NN	0.62	70
2	ML	0.64	71
3	PP	0.72	72
4	DT	0.78	81
5	SVM	0.85	86
6	OO	0.89	91

*-NN nearest neighbor, ML maximum likelihood, PP parallel pipped, DT decision tree, SVM support vector machine, OO object oriented.

زمین و وضعیت فعلی فرسایش خاک در مقایسه با روش‌های رایج و پیکسل‌مبنا، افزایش یافت. دقت مطلوب قطعه‌بندی کاربری‌های کشاورزی در شکل ۲ نشان‌داده شده است.

در پژوهشی مو و همکاران (۲۰۲۴) روش‌های مختلف طبقه‌بندی تصویرهای ماهواره‌ای آبخیزها را بررسی کردند و دریافتند که دقت پیش‌بینی‌ها در روش‌های شیء‌گرا برای تعیین اندازه‌های پوشش زمین، کاربری



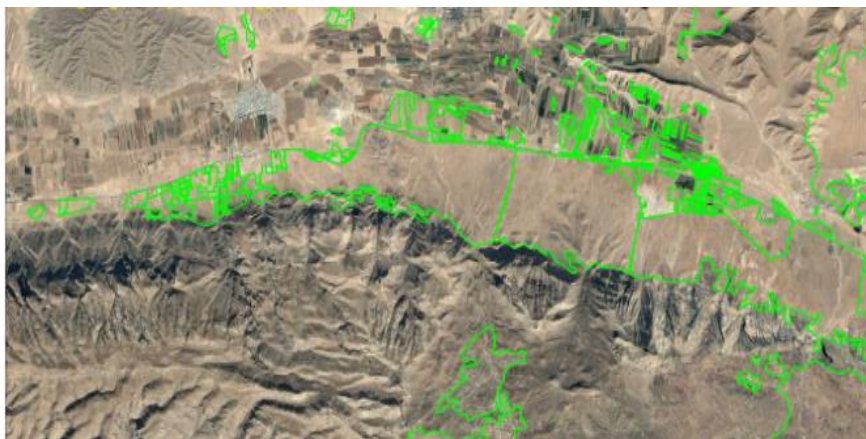
شکل ۲- نمونه‌ای از فرایند قطعه‌بندی در طبقه‌بندی شیء‌گرا در داراب.

Figure 2- The object-oriented segmentation in agricultural fields of Drab.

آخرین نقشه زراعت دیم و باغ‌های دیم

به دلیل دشواری تفکیک کاربری‌های دیم با طبقه‌بندی رقومی و تشابه طیفی آن‌ها با کاربری‌های بایر و مرتع، تفکیک با روش برداشت میدانی انجام شد. سپس، در چهار مرحله رفت و برگشت و بازدید میدانی، دقت تفکیک به حداکثر رسید. از میان صدها محدوده بررسی‌شده در تمام پهنه‌های گسترده استان فارس، نمونه‌ای از شهرستان‌های استهبان در شکل ۳ ارائه شده است.

این یافته با نتایج پژوهش‌های پرشماری مطابقت دارد (سونگ و همکاران ۲۰۰۵، یان و همکاران ۲۰۰۶، کلیو و همکاران ۲۰۰۸، فیضی‌زاده و حاجی میررحیمی ۲۰۰۸، فیضی‌زاده و هلالی ۲۰۱۰، موسوی ۲۰۱۲ و محمودزاده ۲۰۱۷). از این‌رو، با وجود طبقه جدید مرتع ضعیف و قوی، صحت کلی و ضریب کاپای نهایی روش شیء‌گرا بیشتر از بهترین روش پیکسل‌مبنا، ماشین-بردار پشتیبان، بود (جدول ۳).



شکل ۳- تدقیق مرز محدوده دیم استهبان به وسیله کارشناسان محلی.

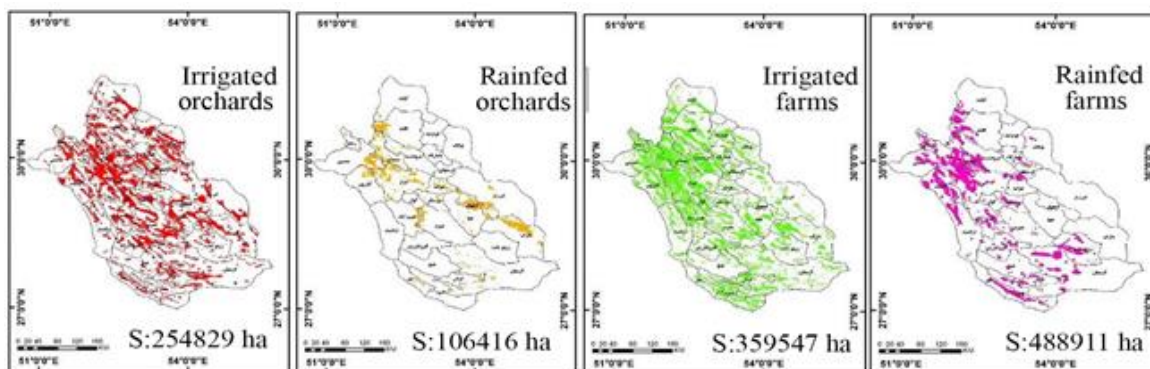
Figure 3- The process of rainfed land verification by local experts in the Estahban.

طشک- بختگان و سد بزرگ میرزای شیرازی در مند بود که دسترسی به آب سطحی و آبیاری بخش بزرگی از زمین ها را فراهم ساخته بود؛ هر چند در سال های گذشته پیوسته از اندازه آبرسانی کشاورزی از سوی این دو سد کاهش یافته شده است. در زمینه کاربرد شاخص های گیاهی و برتری آنها اختلاف دیدگاه زیادی در منابع وجود دارد که گاهی حتی با تناقض همراه است. هر چند عملکرد شاخص NDVI در تشخیص ویژگی های مختلف مرتبط با پوشش گیاهی به طور سنتی شناخته شده است و کاربران سنجش از دور آن را تأیید کرده اند اما در برخی ویژگی های خاص، شاخص های دیگری نیز مطرح شده است که کارایی بهتری نیز دارند.

در برداشت اولیه زمینی محدوده های بزرگ با قطعه ها و لکه های دیم کاری برداشت شد. سپس، در چند مرحله رفت و برگشت، نقشه های محدوده های دقیق عرصه های واقعی این کاربری ها به دست آمد. آخرین نقشه های کاربری های زراعت دیم و باغ دیم استان فارس در شکل ۴ نشان داده شده است.

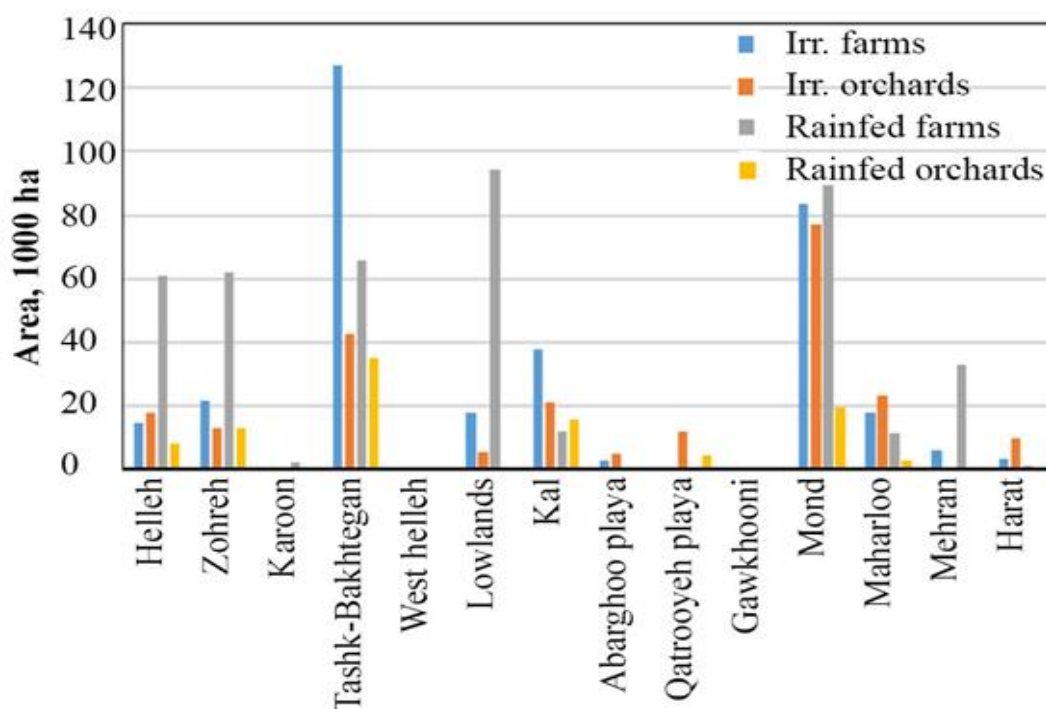
پراکنش در آبخیزها

اطلاعات پراکنش انواع کاربری های کشاورزی در آبخیزهای درجه سه استان فارس در شکل ۵ نشان داده شده است. بیشترین مساحت زراعت آبی مربوط به آبخیزهای طشک- بختگان بود و در رتبه بعدی مند و کل بودند. بیشترین باغ های آبی نیز مربوط به همین سه آبخیز بود. اما، جای مند و طشک- بختگان در این کاربری عوض شد. مهمترین دلیل این موضوع وجود سد بزرگ درودزن در آبخیز



شکل ۴- آخرین نقشه زراعت و باغ های دیم و آبی استان فارس.

Figure 4- Final plan of irrigated and fallow agriculture and horticultural land of the Fars Province.



شکل ۵- پراکنش کاربری‌های کشاورزی در آبخیزهای استان فارس.

Figure 5- Distribution of agricultural lands in watersheds of the Fars Province.

روش شیء‌گرا اهمیت کمتری داشتند. یافته‌های این پژوهش، مبنی بر معرفی روش طبقه‌بندی شیء‌گرا به‌عنوان روش برتر در مقایسه با روش پیکسل‌مبنا با نتایج پژوهش‌های پرشماری (سونگ و همکاران ۲۰۰۵، کاندیریکا و وری ۲۰۰۸، کلیو و همکاران ۲۰۰۸، سنگ و همکاران ۲۰۱۵ و باریل و بیلوتا ۲۰۱۶) که هم‌راستا است. از سوی دیگر، نتایج این پژوهش مبنی بر مقایسه انواع روش‌های طبقه‌بندی پیکسل‌مبنا و معرفی روش اس‌وی‌ام به‌عنوان روش برتر در مقایسه با دیگر روش‌ها (حتی روش شبکه عصبی) با یافته‌های فیضی‌زاده و حاجی‌میررحیمی (۲۰۰۸)، اکبری و همکاران (۲۰۱۱)، فیضی‌زاده و هلالی (۲۰۱۰)، دلفان و همکاران (۲۰۱۷) هماهنگی دارد. امکان جداسازی زمین‌های زراعی آبی آیش با روندیابی سطح سبز در سری‌های زمانی تصویرهای ۵ سال گذشته به‌خوبی فراهم شد که همراه با دقت مطلوبی بود. تاکنون، پراکنش مکانی و سطح واقعی کاربری‌های دیم زراعی و باغی به‌دلیل دشواری، با هیچ روش سنتی و یا سنجش از دور تعیین نشده بود، که در

در این پژوهش بهترین شاخص‌ها به‌ترتیب mSAVI، EVI، mNDVI، GBNDVI و NDVI شناخته شدند. حجم بسیار بزرگ داده‌های میدانی این پژوهش سبب شد تا نتایج قابل اعتماد بوده و به‌عنوان مبنا استفاده شوند.

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

تعیین پراکنش دقیق کاربری‌های کشاورزی در پهنه گسترده استان فارس ضرورت ویژه‌ای در مدیریت کارآمد بخش کشاورزی در عرصه آبخیزها دارد. در این پژوهش، آخرین دست‌آوردهای دانش و مهارت سنجش از دور همراه با انواع داده‌های ماهواره‌ای به‌روز و در دسترس بهره‌برداری شد. از میان انواع مختلف شاخص‌های گیاهی بررسی‌شده برای تفکیک سطح سبز کاربری‌های زراعی، نتایج شاخص‌هایی مانند EVI و mSAVI که باند سبز نیز در معادله آنها استفاده شده بود، مطلوب‌تر بود. از دیدگاه روش‌های پیکسل‌مبنا، برترین روش اس‌وی‌ام و پس از آن درخت تصمیم بود. با این حال همه انواع آنها در مقایسه با

کشاورزی استان فارس و مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان فارس سپاسگزاری می‌کنند. همچنین، از تلاش کارشناسان جی‌آی‌اس مدیریت‌های جهاد کشاورزی شهرستان‌های استان فارس که در بررسی صحت نتایج میدانی همکاری کرده‌اند تشکر و قدردانی می‌شود.

تضاد منافع نویسندگان

نویسندگان این مقاله اعلام می‌دارند که هیچ‌گونه تضاد منافی در راستای نگارش و انتشار مطالب و نتایج این پژوهش ندارند.

دسترسی به داده‌ها

داده‌ها و نتایج استفاده‌شده در این پژوهش، با مکاتبه با نویسندهٔ مسئول در اختیار مخاطب قرار خواهد گرفت.

مشارکت نویسندگان

نویسندهٔ اول: مفهوم‌سازی، انجام تحلیل‌های نرم‌افزاری/آماري، نگارش نسخهٔ اولیهٔ مقاله
نویسندهٔ دوم: نگارش نسخهٔ اولیهٔ مقاله، ویرایش و بازبینی مقاله

نویسندهٔ سوم: مشاوره، بازبینی متن مقاله، تحلیل‌های آماری

نویسندهٔ چهارم: کاربرد نرم‌افزار سنجش از دور
نویسندهٔ پنجم: هماهنگ‌سازی فعالیت‌های میدانی
نویسنده ششم: هماهنگ‌سازی فعالیت‌های میدانی و ستادی

این پژوهش برای نخستین بار و حداقل در استان فارس با دقت مطلوب و مبتنی بر تلفیق سنجش از دور و بازید میدانی، انجام شد. در این پژوهش، به‌منظور بهینه‌سازی روش‌ها، مدل‌های مختلفی برای خودکارسازی فرآیندها نوشته شد که امکان به روزرسانی لایه‌های تولیدی در سال‌های آتی با سهولت بیشتر و با صرف هزینه و زمان کمتر را فراهم ساخت.

لایه‌های تولیدی را می‌توان با هر محدوده بزرگ یا کوچک مقیاس و از هر درجه‌ای از مراتب آبخیز در محیط جی‌آی‌اس برای اهداف تلفیقی در مدیریت آبخیزها استفاده کرد. مقیاس این لایه‌ها بر اساس تصویرهای پایه سنتینل با وضوح ۱۰ متر، برای کاربرد در پژوهش‌های آبخیزداری تا مقیاس تفضیلی-اجرایی، کافی و مناسب است

بر اساس یافته‌های این پژوهش پیشنهاد می‌شود از لایه‌های تولیدشده به‌عنوان الگویی برای بررسی تغییرات کاربری زمین‌ها و تصرف غیرقانونی زمین‌های منابع طبیعی استفاده شود. همچنین برای دستیابی به این هدف پیشنهاد می‌شود مرز رقومی زمین‌های ملی روی لایه‌های کاربری‌های کشاورزی نهادشده و مرزهای متصرفی از آن‌ها استخراج شود.

سپاس‌گزاری

این مقاله بخشی از نتایج برگرفته شده از طرح تحقیقاتی خاص با عنوان "طبقه‌بندی و تهیه اطلس کاربری اراضی کشاورزی در حوزه‌های آبخیزهای استان فارس با سنجش از دور و GIS"، با کد مصوب ۲۴-۵۰-۲۹-۰۱۳-۹۶۰۳۴۶ در پژوهشکدهٔ حفاظت خاک و آبخیزداری است. نویسندگان این مقاله، از حمایت‌های پژوهشکده نامبرده، سازمان جهاد

فهرست منابع

Abtahi SM, Pakparvar M. 2002. Monitoring of desertification by satellite data processing (Case study: Kashan Plain). Iranian Journal of Range and Desert Research. 6(9): 85-104. (In Persian).
Doi.org/10.22052/JDEE.2023.248369.1083.

Ahmadi S, Sadat Hasani S. 2023. Combining spectral and spatial information to distinguish agricultural products using Sentinel 2 multi-temporal images (Case study: Qorveh County), Iran remote sensing and GIS. 15(1): 39-61. (In Persian). Doi.org/10.52547/gisj.15.1.39

- Alavipanah SK, Masoudi M. 2001. Land Use Mapping Using Landsat TM and Geographic Information System (GIS), a Case Study: Mouk Region of Fars Province. *Journal of Agricultural Science and Natural Resources*. 8(1): 65-76. (In Persian)
- Alberto RT, Serrano SC, Damian, GB, Camaso EE, Celestino AB, Hernando PJC, Isip MF, Orge KM, Quinto MJC, Tagaca RC. 2016. Object based agricultural land cover classification map of shadowed areas from aerial image and lidar data using support vector machine. *ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, XXIII ISPRS Congress, 12-19 July 2016, Prague, Czech Republic. Doi:10.5194/isprs-annals-III-7-45-2016
- Ashurlu M, Alimomammadi A, Rezaeian P, Ashurlu D. 2016. Application of Lincar Distinction Analysis for Wheat Discrimination from Other Crops on Satellite Images. *Environmental Science*. 4(2): 101-116. (In Persian). Doi.org/10.5194/isprs-annals-III-7-45-2016.
- Barrile V, Bilotta G. 2016. Fast Extraction of Roads for Emergencies with Segmentation of Satellite Imagery. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*. 223: 903-908. Doi.org/10.1016/j.sbspro.2016.05.313
- Biswas D, Tiwari A. 2024. A big data-driven agricultural system for remote biosensing applications. *Agricultural Biotechnology Journal*. 16(4): 321-324. Doi.org/10.22103/jab.2025.23995.1603
- Cleve C, Kelly M, Kearns FR, Moritz M. 2008. Classification of the wildland-urban interface: A comparison of pixel- and object-based classifications using high-resolution aerial photography. *Computers, Environment, and Urban Systems*. 32(1): 10-21. Doi.org/10.1016/j.compenvurbsys.2007.10.001
- Delfan L, Naghavi H, Maleknia R, Nureddini SAR. 2017. Investigating the efficiency of Sentinel 2 satellite images and nonparametric classification methods in preparing land use maps. *First National Conference on Applied Research in Science and Engineering*, Mashhad, Iqbal Lahori Institute of Higher Education in Mashhad. (In Persian).
- Deng H, Zhang W, Zheng X, Zhang H. 2024. Crop classification combining object-oriented method and Random Forest model using Unmanned Aerial Vehicle (UAV) multispectral image. *Agriculture* 14(4): 548. Doi.org/10.3390/agriculture14040548
- Feizizadeh B, KHedmat Zadeh A, Nikjoo, M R. 2018. Micro-classification of orchards and agricultural croplands by applying object based image analysis and fuzzy algorithms for estimating the area under cultivation. *jgs. Journal of Applied Research in Geographic Sciences*. 13(8): 202-216. (In Persian). Doi.org/10.29252/jgs.18.48.201
- Ghasemi MM, Shams, Sh, Sahraeian Jahromi H, Bazrafkan AA, Akbari F. 2020. Fars Province Atlas of Weather and Climatology. Agricultural Organization of Fars. Shiraz, Iran, 179 p. <https://fajo.ir/site/images/fanavari/atlas.pdf>.
- Gudarzi M, Farahpur M, Musavi SAR. 2005. Land cover and rangeland classification map using Land sat satellite image (TM) (Case study: Namrood Watershed). *Iranian Journal of Range and Desert Research*. 13(3): 265-277. (In Persian)
- Heidari AA, Sadeghian S. 2023. Application of remote sensing technology in agricultural data analysis using radar and optical satellite data. *The 5th International Conference on Biology and Earth Sciences*, 11/03/2023 Hamedan, Iran. (In Persian).
- Jafari M, Zehtabian GH, Ehsani AH. 2011. Effect of thermal bonding and supervised classification algorithms of satellite data in making land use maps (Case study: Khashan). *Iranian Journal of Range and Desert Research*. 20(1): 72-87. (In Persian). Doi.org/10.22092/ijrdr.2013.2984
- Kandrika S, Roy PS. 2008. Land use land cover classification of Orissa using multi-temporal IRS-P6 awifs data: A decision tree approach. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*. 10: 186-193. Doi.org/10.1016/j.jag.2007.10.003
- Lillesand TM, Kiefer RW. 2004. *Remote Sensing and Image Interpretation*, 7th ed. John Wiley, New York. 770 p.
- Mahmoodzadeh H. 2017. Application of artificial neural network in modeling and predicting land use changes in Sardroud City. *Journal of Geography and Planning*. 21 (60): 221-237. (In Persian). <https://www.magiran.com/p1741465>.
- Matinfard H, Zandieh V. 2016. Investigating land use changes in the Malayer Plain by processing Landsat 7 and 8 spectral data. *The First International Conference on natural hazards and environmental crises in Iran, solutions and challenges*, 13/09/2016, Ardebil, Iran. (In Persian).
- Metkan AA, Ashurlu D, Salehi H. 2015. Improving digital classification of agricultural products in multi-temporal images using texture information in Qorveh County. *Iran remote*

- sensing and GIS. 8(4): 65-78. (In Persian). Doi.org/10.1109/Multi-Temp.2015.7245780
- Mohamadi P, Ahmadi A, Feizizadeh B, Jafarzadeh AA, Rahmati M. 2024. Utilizing the conventional, object-oriented and pixel-based techniques to estimate erosion and sediment yield by MPSIAC model. Dryland Soil Research. 1(1): 113-124. Doi.org/10.47176/jsssi.01.01.1020
- Mohammadi SH, Ranraz K, Kabolizadeh M. 2018. Application of Landsat 8 and Sentinel 2 satellite image fusion in environmental monitoring. Journal of RS and GIS for Natural Resources. 9(3): 53-71. (in Persian)
- (in Persian) Najafi A, Azizi Ghalati S, Mokhtari MH. 2017. Application of Support Vector Machine in land use classification of Kileh-Chalkrod basin. Watershed Management Journal. 8(15): 101-92. (In Persian). <https://doi.org/10.22067/jsw.v32i6.72967>
- Ryherd S, Woodcock C. 1996. Combining spectral and texture data in the segmentation of remotely sensed images. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing. 62: 181-194.
- Sang H, Zhai L, Zhang J, An F. 2015. An object-oriented approach for agricultural land classification using rapideye imagery, The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences. 2015 International Workshop on Image and Data Fusion, 21-23 July 2015, Kona, Hawaii, USA. pp. 145-148.
- Sofyanian AR, Khodakarami L. 2012. Preparing a land use map using a fuzzy classification method (Case study of three sub-watersheds: Kabudar Ahang, Razan-Qahavand, and Khonjin-Talkhab in Hamedan Province). Land Planning. 3(4): 114-95. (In Persian)
- Song M, Civco DL, Hurd JD. 2005. A competitive pixel-object approach for land cover classification. International Journal of Remote Sensing. 26(22): 4981-4997. Doi.org/10.1080/01431160500213912
- Sonobe R, Yamaya H, Tani X, Wang N, Kobayashi I, Mochizuki K. 2018. Crop classification from Sentinel-2-derived vegetation indices using ensemble learning, Journal of Applied Remote Sensing. 12(2): 026019. Doi.org/10.1117/1.JRS.12. 026019
- Xu D, Guo X. 2013. A study of soil line simulation from Landsat images in Mixed Grassland. Remote Sensing. 5(9): 4533-4550 Doi.org/10.3390/rs5094533
- Xue H, Xu L, Zhu Q, Guijun Y, Long H, Li H, Xiaodong Y, Zhang j, Yang Y, Xu S, Yang M, Li Y. 2023. Object-oriented crop classification using time series sentinel images from google earth engine. Remote Sensing 15(5): 1353. Doi.org/10.3390/rs 15051353
- Yaghuti H, Masia-Abadi MH, Amiri E, Pazira E. 2017. Using satellite imagery and remote sensing technology to estimate rice yield. Soil and Water Resources Canservation. 7(3):55-69. (In Persian).
- Yan G, Mas, JF, Maathuis BHP, Xiangmin Z, Van Dijk PM. 2006. Comparison of pixel-based and object-oriented image classification approaches—a case study in a coal fire area, Wuda, Inner Mongolia, China. International Journal of Remote Sensing, 27(18):4039-4055. Doi.org/10.1080/01431160600702632
- Zhang H, Feng S, Wu D, Zhao C, Liu X, Zhou Y, Wang S, Deng H, Zheng S. 2024. Hyperspectral image classification on large-scale agricultural crops: The Heilongjiang Benchmark Dataset, Validation Procedure, and Baseline Results. Remote Sensing. 16(3): 478. Doi.org/10.3390/rs16030478



Classification of Agricultural Land using a Combined Application of Advanced Remote Sensing Techniques, GIS Modeling, and Field Accuracy Assessments in the Watersheds of the Fars Province

Mojtaba Pakparvar^{*1}, Seyed Masoud Soleimanpour², Mohammad Mehdi Ghasemi³
Mohammad Hadi Jorenush⁴, Sara Koushifar⁵, Hossein Sahraeian⁶

1 and 2- Associate Professor, Soil Conservation and Watershed Management Department, Fars Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Shiraz, Iran

3- Assistant Professor, Modern Irrigation Systems Department, Agricultural Engineering Research Institute, Agricultural Research, Education, and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran

4- Researcher, Fars Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education, and Extension Organization (AREEO), Shiraz, Iran

5 and 6- Masters in Science Agricultural Organization of Fars

Extended Abstract

Introduction and Goal

Given the vastness, variability, and dynamism of agricultural sector information in the country, and especially in Fars Province, updating and refining information related to agricultural activities is of particular importance. Agricultural land use in watersheds are among the most important forms of uses, playing a crucial role in both positive and negative aspects (destruction or protection) of the watershed. Numerous studies have been conducted on the classification of agricultural land using satellite images. Remote sensing is an efficient method for identifying crops to estimate potential harvest and managing agricultural fields. A wide range of image types has been used for variety applications in classification. Some image processing methods are more suitable than others for distinguishing land use and land cover categories, especially when images are classified with high-resolution. Additionally, a review of previous research has shown that, under certain conditions, the accuracy of object-based classification is greater than pixel-based classification in separating selected land use and land cover categories. In this study, to evaluate these two methods over an area as vast as Fars Province, GIS-based and remote sensing models were developed that can be used both for current watershed farm management and for updating information in the coming years.

Article Type: Research Article

***Corresponding Authors' E-mail:** pakparvar@gmail.com

Citation: Pakparvar, M, Soleimanpour, S.M., Ghasemi, M.M., Jorenush, M.H., Koushifar, S., Sahraeian, H. 2026. Classification of Agricultural Land using a Combined Application of Advanced Remote Sensing Techniques, GIS Modeling, and Field Accuracy Assessments in the Watersheds of Fars Province. *Watershed Management Research*. 39(1): 126-146.

DOI: 10.22092/WMRJ.2025.369849.1626

Received: 19 July 2025, **Received in revised form:** 04 October 2025, **Accepted:** 21 December 2025

Published online: 21 March 2026

Watershed Management Research, Vol. 39, No.1, Ser. No: 150, Spring 2026, pp. 126-146.

Publisher: Fars Agricultural and Natural Resources and Education Center

© Author(s)



The accuracy of the mentioned methods was determined, and the possibility of integrating various stages into a user-friendly model was provided.

Materials and Methods

In this study, all areas under agricultural and horticultural cultivation in the watersheds of Fars Province were examined. Since the dates of maximum greening are different in different climates, in order to study the climatic composition of each county, the climate map of the province was merged with the boundaries of the counties. The climate map in this study was prepared based on the Demarton method and using data from climatological and synoptic stations of Fars Province. To investigate the crop patterns, statistics on the area under cultivation of crops that were planted simultaneously with wheat were also collected for most of the counties where wheat was grown. In this study, based on the goal of distinguishing agricultural land use and measuring the average size of agricultural plots (around 1 hectare in Fars Province), Landsat 8 and Sentinel 2 images, with a ground resolution of 30 and 10 m, respectively, were sufficient. This was because each hectare of land contains 9 and 100 pixels, respectively. In a comprehensive field activity, the map of rainfed agriculture and rainfed orchards was drawn by delineating boundaries on the ground. Then four stages of headquarters and field verification were conducted with the highest spatial accuracy. Using relevant software, first, geometric and then atmospheric corrections were performed on the Sentinel and Landsat images, converting their DN values to reflectance. Next, various vegetation indices were generated and evaluated to select the best one for delineating green cover, which served as the basis for field data collection, including polygons within agricultural land use. Then, supervised classification methods including single-date, multi-temporal, object-based, and pixel-based, were utilized to distinguish irrigated croplands and classify them. Rainfed croplands and orchards were separated through repeated field surveys. Irrigated orchards were extracted from cadastral data of agricultural lands and refined using updated images. Based on the Kappa coefficient and overall accuracy, the results of each category of agricultural land use were compared with the ground truth.

Results and Discussion

The results of atmospheric corrections on the image indicate a significant improvement in image metrics and visual clarity. In two land uses with fully green cover and fallow land uses, the values of all vegetation indices increased after atmospheric correction, while in the barren land and water catchment areas, the values decreased, bringing them closer to the expected range found in reliable sources. The highest accuracy of the green area map obtained from various vegetation indices was related to EVI and mSAVI, while mNDVI and GBNDVI were in the next ranks. The results of object-oriented classification showed the clear superiority of this method in separating agricultural lands from rangeland and barren lands. Furthermore, this method also allowed for the separation of two types of rangeland, weak and strong. The highest accuracy in map production was related to the vegetation indices EVI and mSAVI. The highest Kappa coefficient and overall accuracy were related to the support vector machine classification. The results of object-oriented classification showed the superiority of this method in separating agricultural lands from rangeland and barren lands. Additionally, the method provided the possibility of distinguishing two types of rangeland, weak and strong.

Conclusion and Suggestions

Among the various vegetation indices examined for distinguishing the green cover in agricultural lands, the results of using indices such as EVI and mSAVI, which utilized the green band in their equations, were more suitable. From the perspective of pixel-based algorithms, the best algorithm was SVM, followed by the Decision Tree, which ranked second. Until now, the spatial distribution and actual extent of rainfed agricultural and orchard land uses had not been determined by any traditional method or remote sensing due to its complexity. In this study for the first time, and at least in the Fars Province, it was carried out with satisfactory accuracy based on a combination of remote sensing and field surveys. The scale of these layers, based on

Sentinel base images with a resolution of 10 m, is sufficient and suitable for use in watershed studies up to a detailed-executive scales Based on the findings of this study, it is recommended that the produced layers be used as a model for examining land use changes and illegal land grabbing of natural resources. Additionally, to achieve this goal, it is suggested that the digital boundary of national lands be integrated with the agricultural land use layers, and the boundaries of encroachment be extracted from them.

Keywords: Agricultural landuse classification, classification algorithm, object oriented classifier, Vegetation indices

Article Type: Research Article

Acknowledgement

This paper is part of the results derived from a specific research project titled "Classification and Preparation of Agricultural Land Use Atlas in Watersheds of Fars Province Using Remote Sensing and GIS," with the code 960346-013-29-50-24, conducted at the Soil Conservation and Watershed Management Research Institute. The authors of this paper would like to express their gratitude to the mentioned research institute, the Agricultural Organization of Fars, and the Fars Agricultural and Natural Resources Research and Education Center for their support. They also wish to thank and appreciate the efforts of GIS experts from the Agricultural Management Centers of the counties of Fars Province, who collaborated in verifying the field results.

Conflicts of interest

The authors of this article declared no conflict of interest regarding the authorship or publication of this article.

Data Availability Statement

The datasets are available upon a reasonable request to the corresponding author.

Authors' Contribution

Author 1: Conceptualization, conduction of the research, Writing - original draft preparation

Author 2: Writing and Manuscript editing

Author 3: Formal analysis and investigation

Author 4: Remote sensing application

Author 5: Office work

Author 6: Field and office work coordination