



دانشگاه گرجان، دانشکده منابع طبیعی

نشریه پژوهش‌های حفاظت آب و خاک

جلد بیست و ششم، شماره اول، ۱۳۹۸

<http://jwsc.gau.ac.ir>

۱۵۱-۱۶۷

## تفکیک اراضی زیرکشت برنج و سویا با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای سنتینل ۲ در الگوهای کاشت تابستانه جهت تحلیل تغییرات سطح زیرکشت دو محصول در چهار حوضه آبخیز استان گلستان

محمد دشتی مرویلی<sup>۱</sup>، \* بهنام کامکار<sup>۲</sup> و حسین کاظمی<sup>۳</sup>

<sup>۱</sup>دانشجوی دکتری اکولوژی گیاهان زراعی، گروه زراعت، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، استاد گروه زراعت،

دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، <sup>۳</sup>دانشیار گروه زراعت، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

تاریخ دریافت: ۹۷/۳/۲۴؛ تاریخ پذیرش: ۹۷/۹/۱۱

### چکیده

**سابقه و هدف:** مناسب بودن آب‌وهوای استان گلستان برای تولید اغلب محصولات کشاورزی باعث شده که این استان از نظر تولید محصولات زراعی دارای تنوع بالایی باشد، به طوری که این استان دارای رتبه‌های نخست از نظر سطح زیرکشت و تولید دانه‌های روغنی به خصوص سویا در کشور است. این پژوهش با هدف تخمین سطح زیرکشت برنج و سویا در سطح چهار حوضه آبخیز در استان گلستان برای اولین بار با استفاده از تصاویر ماهواره سنتینل ۲ و با استفاده از روش‌های حداکثر احتمال، حداقل فاصله از میانگین و فاصله ماحالانوبی از زیرمجموعه روش طبقه‌بندی نظارت شده بود.

**مواد و روش‌ها:** به منظور شناسایی، تفکیک و ارزیابی سطح زیرکشت دو محصول تابستانه برنج و سویا در سطح مورد مطالعه، از دو تصویر ماهواره سنتینل ۲ مربوط به ماه‌های مرداد و شهریور سال ۱۳۹۵ استفاده شد. این پژوهش در سطح ۴ حوضه آبخیز زرین‌گل، محمدآباد، قره‌سو و قرن‌آباد از استان گلستان انجام شد. برای این کار پس از دانلود تصاویر لازم از نظر زمانی و در سطح حوضه‌های مورد مطالعه اقدام به تصحیحات رادیومتری، اتمسفری و هندسی روی تصاویر شد. پس از آن ترکیبات بانندی، ترکیبات رنگی، موزاییک تصاویر و محاسبات بانندی انجام شد و شاخص گیاهی NDVI جهت جداسازی پوشش‌های گیاهی از غیر پوشش و در نهایت نقشه کاربری اراضی و لایه زراعی تولید شد. جهت ارزیابی صحت نتایج طبقه‌بندی، نقشه تولیدشده با نقاط واقعیت زمینی ثبت‌شده از طریق GPS مورد بررسی قرار گرفت.

**یافته‌ها:** نتایج نشان داد که در سطح چهار حوضه، سطح زیرکشت برنج نسبت به سال‌های گذشته افزایش ۲۵ درصدی داشته که با توجه به مصرف بالای آب در این محصول در شرایط کنونی وضعیت آب استان می‌تواند بحران موجود را تشدید نماید. همچنین سطح زیرکشت محصول سویا که می‌تواند یک گیاه رقیب و جایگزین برای برنج باشد نسبت به سال‌های گذشته ۱۳/۸۰ درصد کاهش یافته است. نتایج نشان داد که با توجه به ضریب کاپا (Kappa Coefficient) و

\* مسئول مکاتبه: [behnam.kamkar@gmail.com](mailto:behnam.kamkar@gmail.com)

صحت کلی (Overall Accuracy) به‌ترتیب معادل ۹۲ درصد و ۹۵/۵ درصد، روش طبقه‌بندی حداکثر احتمال به‌عنوان روش منتخب طبقه‌بندی در برنج انتخاب و سطح زیرکشت برنج تخمین زده‌شده در این روش معادل ۳۲۹۱۱ هکتار بود که در مقایسه با آمار جهاد کشاورزی (هکتار ۲۷۸۳۹) اریبی حدود ۱۸ درصد داشت. همچنین جهت تخمین و برآورد سطح زیرکشت محصول سویا ضریب کاپا و صحت کلی روش طبقه‌بندی کم‌ترین فاصله از میانگین با بالاترین دقت به‌ترتیب معادل ۸۸ درصد و ۹۵/۲ درصد و میزان سطح زیرکشت سویا در این روش ۲۸۳۵۹ هکتار تخمین زده شد که در مقایسه با آمار سازمان جهاد کشاورزی (۲۵۰۸۳ هکتار) اریبی حدود ۱۳ درصد داشت.

**نتیجه‌گیری:** تصاویر ماهواره سنتینل ۲ از قابلیت بالایی برای تفکیک سریع اراضی و تهیه نقشه انواع محصولات و تعیین سطح زیرکشت محصولات با دقت نسبتاً مناسب در مقیاس منطقه‌ای برخوردار هستند. همچنین سطح زیرکشت برنج نسبت به سال‌های قبل افزایش و سطح زیرکشت سویا نسبت به سال‌های قبل کاهش یافته است.

**واژه‌های کلیدی:** سطح زیرکشت، ضریب کاپا، طبقه‌بندی تصویر، گلستان

#### مقدمه

مناسب بودن آب‌وهوای استان گلستان برای تولید اغلب محصولات کشاورزی باعث شده که این استان از نظر تولید محصولات زراعی دارای تنوع بالایی باشد، به‌طوری‌که در دانه‌های روغنی به‌خصوص سویا و کلزا، استان گلستان در کشور دارای رتبه‌های نخست از نظر سطح زیرکشت و تولید می‌باشد. از نظر تولید شلتوک نیز این استان در مقام سوم قرار می‌گیرد (۱۱). برنج (*Oryza sativa* L.) از اصلی‌ترین اقلام مورد نیاز کشور در سال‌های اخیر به‌شمار می‌آید و وسعت و پراکندگی آن در شمال کشور در مقایسه با مناطق دیگر بیش‌تر است (۲۴). در این بین سویا (*Glycine max* L.) از قدیمی‌ترین گیاهان زراعی محسوب می‌شود (۱۳) و یکی از منابع گیاهی یک‌ساله مهم تولیدکننده روغن خوراکی و پروتئین گیاهی هست که در بین گیاهان روغنی مقام اول را داشته و حدود ۵۰ درصد تولید دانه‌های روغنی دنیا را به خود اختصاص داده است (۱۲). بر اساس آمار سازمان جهاد کشاورزی استان گلستان، در سال ۱۳۹۲ سطح زیرکشت دانه‌های روغنی کشور ۴۰۰

هزار هکتار گزارش شده است که سهم آن از کشت سویا ۷۰ هزار هکتار بوده است و در نقاط مختلف استان گلستان از ۵۲ هزار هکتار در سال ۱۳۹۳ به ۳۶ هزار هکتار در سال ۱۳۹۴ رسیده است که با تولید ۶۵ تا ۷۰ درصد دانه روغنی سویا رتبه نخست کشور را در این بخش دارد. کشت سویا در استان همیشه در رقابت با برنج بوده و متأسفانه سطح زیرکشت آن در سال‌های اخیر رو به کاهش می‌باشد.

برآورد سطح زیرکشت محصولات کشاورزی در کشور معمولاً از سه طریق تخمین کارشناسی، برآورد از طریق فهرست‌برداری و استفاده از فناوری‌های جدید از جمله سامانه اطلاعات جغرافیایی و سنجش‌ازدور انجام می‌گیرد که در ایران به‌دست آوردن آمار مربوط به کشاورزی بیش‌تر از طریق کارشناسی و روش‌های سنتی صورت می‌پذیرد. بررسی‌ها نشان می‌دهد که این روش‌ها دارای خطاهای زیادی هستند (۲۴)؛ بنابراین به‌کارگیری روش‌های دقیق‌تر و سریع‌تر برای کمک به برنامه‌ریزی‌های کلان در حوزه کشاورزی ضروری

طبقه‌بندی شبکه عصبی با میانگین دقت کلی و ضریب کاپا به ترتیب ۸۶/۸۱ و ۷۴/۱۷ درصد و روش حداکثر احتمال با میانگین دقت کلی و کاپا به ترتیب ۸۱/۸۴ درصد و ۶۷/۵۱ درصد به ترتیب در اولویت دوم و چهارم از بین ۹ اولویت قرار داشتند (۲۱). رحیم‌زادگان و پورغلام (۱۳۹۵) در پژوهشی با عنوان تعیین سطح زیرکشت گیاه زعفران با استفاده از تصاویر لندست ۸ در شهرستان تربت‌حیدریه به این نتیجه رسیدند که روش طبقه‌بندی ماشین‌های بردار پشتیبان بالاترین ضرایب دقت را در تفکیک و تخمین سطح زیرکشت زعفران داشته است (۱۷). سعادت و همکاران (۲۰۱۱) با استفاده از تصاویر لندست ETM+ کاربری زمین در حوضه سد گلستان در ۳ تاریخ مجزا بررسی کردند. طبق نتایج، تصاویر تابستانی برای نقشه‌های کاربری زمین اکثراً مناسب‌اند (۱۹). ژانگ و همکاران (۲۰۱۷) برای ارزیابی سطح زیرکشت محصولات برنج، سویا و ذرت از شاخص NDVI در تصاویر MODIS استفاده نمودند و به این نتیجه رسیدند که نقشه‌های پوشش گیاهی حاصل از تصاویر با آمار ارائه‌شده از سازمان خواربار جهانی (FAO) برای برنج کم‌تر از ۴/۱ درصد، برای ذرت کم‌تر از ۶/۱ درصد و برای سویا ۹ درصد خطای نسبی داشتند (۲۳). همچنین لی و همکاران (۲۰۱۴) در پژوهشی دیگر شاخص‌های پوشش گیاهی به دست آمده از تصاویر لندست ۷ (ETM+) با لندست ۸ (OLI) مقایسه کردند، طبق نتایج سنجنده OLI پتانسیل بالایی در شناسایی پوشش گیاهی دارد (۱۵). تاکنون تفکیک اراضی و تعیین سطح زیرکشت محصولات با استفاده از تصاویر ماهواره‌های مختلف به‌ویژه لندست با تفکیک مکانی ۳۰×۳۰ و قدرت تفکیک زمانی ۱۶ روز صورت می‌گرفته است ولی در

است. بهره‌گیری از داده‌های ماهواره‌ای نه تنها کاستی‌های ناشی از خطای انسانی را کاهش می‌دهد بلکه می‌تواند در امر برنامه‌ریزی‌های مختلف در حیطه کشاورزی نیز کارگشا باشد. مسلم است که عدم نیاز به مراجعه مستمر به مزارع کشاورزی و انجام پرسش و پاسخ باعث کاهش در هر دو مورد هزینه و زمان خواهد شد (۳). احمدپور و همکاران (۲۰۱۱) برای طبقه‌بندی از تصاویر ماهواره‌ای Landsat ETM+ و IRS LISS III از سه روش رایج در طبقه‌بندی نظارت‌شده (روش حداقل فاصله از میانگین، روش متوازی‌السطوح و روش حداکثر احتمال) در منطقه حفاظت‌شده گلول و سرانی خراسان شمالی انجام دادند که نتیجه گرفتند روش حداکثر احتمال بیش‌ترین میزان دقت را در طبقه‌بندی هر دو گروه‌های ماهواره‌ای را دارد و در مقابل روش متوازی‌السطوح نیز کم‌ترین دقت را در طبقه‌بندی گروه‌های تصاویر ماهواره‌ای در منطقه مورد مطالعه داشت (۲). همچنین فیروزی‌نژاد و همکاران (۲۰۱۲) با مقایسه الگوریتم‌های طبقه‌بندی نظارت‌نشده و نظارت‌شده در تهیه نقشه کاربری اراضی بیشه‌زارهای بهبهان دریافتند که نقشه حاصل از طبقه‌بندی حداکثر احتمال با صحت کلی ۹۸/۹۸ و ضریب کاپای ۰/۹۸ نسبت به طبقه‌بندی نظارت‌نشده از دقت بالاتری برخوردار بود (۸). احمد و کوجان (۲۰۱۳) با استفاده از ماهواره Landsat 7 طبقه‌بندی نظارت‌نشده را با حداکثر احتمال با هم مقایسه کردند و نتیجه گرفت که حداکثر احتمال بهتر از ISO DATA است (۱). یوسفی و همکاران (۲۰۱۱) پژوهشی را با هدف تعیین بهترین روش طبقه‌بندی تصاویر سنجنده ETM+ از بین ۹ روش طبقه‌بندی نظارت‌شده جهت استخراج نقشه کاربری اراضی شهر نور انجام دادند. نتایج آن‌ها نشان داد که

سطح زیرکشت برنج و سویا در سطح چهار حوضه آبخیز استان گلستان با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای سنتینل ۲ انجام شد تا از نتایج آن در برنامه‌ریزی‌های مدیریت منابع آب، خاک، الگوهای کشت و سایر استراتژی‌های مدیریتی استفاده شود.

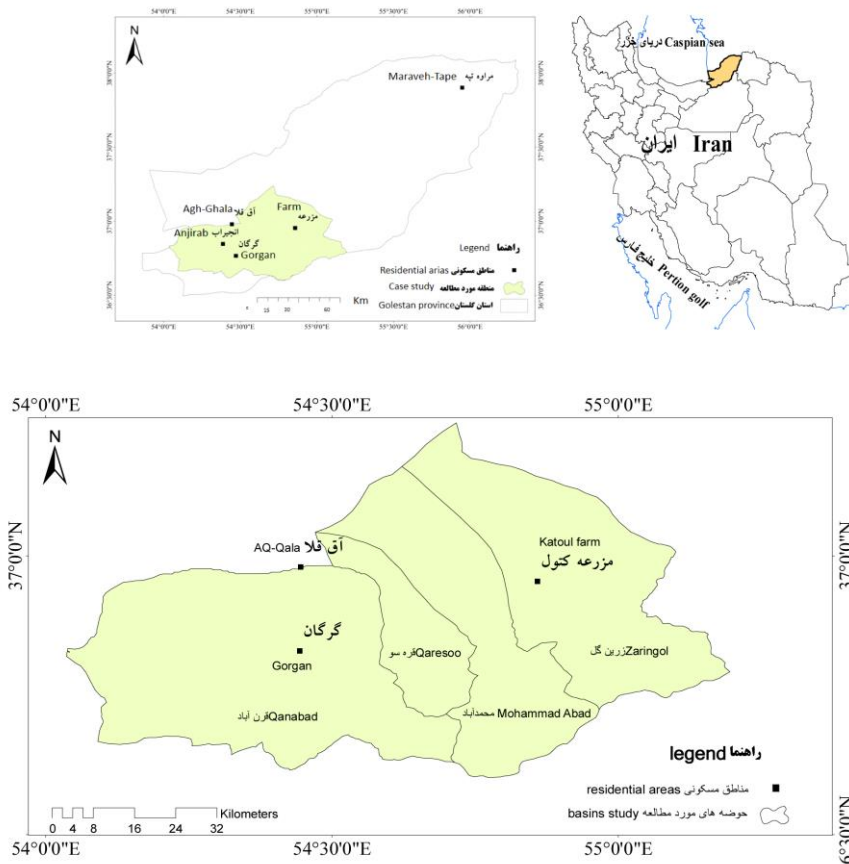
### مواد و روش‌ها

**منطقه مورد مطالعه:** این پژوهش در سطح ۴ حوضه قره‌سو، زرین‌گل، محمدآباد و قرن‌آباد از استان گلستان به مساحت ۴۰۴۸۹۱ هکتار واقع در عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۵۸ دقیقه تا ۳۷ درجه و ۲۳ دقیقه عرض شمالی و ۵۵ درجه و ۱ دقیقه تا ۵۴ درجه و ۳۳ دقیقه طول شرقی انجام شد (شکل ۱). در این ۴ حوضه، ۲۸۵ روستا و ۷ شهرستان (رامیان، گنبدکاووس، آق‌قلا، گرگان، بندرترکمن، کردکوی و علی‌آبادکنول) واقع شده است که در بخش شمالی به دشت و نقاط کم‌ارتفاع و در بخش جنوبی به دامنه‌ها و نقاط مرتفع‌تر منتهی می‌شود. ارتفاع آن در پایین‌ترین نقطه ۱۳ متر پایین‌تر و در بالاترین نقطه ۳۲۲۱ متر بالاتر از سطح دریا می‌باشد. سطح عمده حوضه‌ها در جنوب توسط جنگل پوشیده شده و در شمال آن، دشت آبرفتی با کاربری زراعی و مسکونی قرار دارد. در شکل ۱ موقعیت منطقه مورد مطالعه آورده شده است. استان گلستان با مصرف بیش از ۷۶ درصد منابع آب تجدیدپذیر در مرحله بحرانی قرار دارد. همچنین مصرف ۹۰ درصد آب‌های زیرزمینی، بیشترین آسیب را به منابع و سفره‌های زیرزمینی استان وارد کرده است که در کنار حفر بیش از ۳۸ هزار چاه مجاز و غیرمجاز، منابع آبی استان را دچار چالش جدی کرده است.

**روش کار:** روش کار براساس چارت ۲ کامل توضیح داده شده است.

این پژوهش برای اولین بار در استان از تصاویر ماهواره‌ای سنتینل ۲ با قدرت تفکیک مکانی ۱۰×۱۰ و قدرت تفکیک زمانی ۵ روز که در تشخیص دقیق مزارع به دلیل اندازه پیکسل کوچک‌تر و بازه زمانی کوتاه‌تر در خصوص تصویربرداری‌های نزدیک به هم در طی مراحل اوج سبزیگی و رشد محصولات استفاده گردید که از نقاط قوت پژوهش حاضر است.

اقلیم مناسب استان و قابلیت‌هایی که در خصوص تولید محصولات کشاورزی متنوع دارد و اطلاع از وضعیت سطح زیرکشت محصولات مختلف مانند برنج و سویا که سطح زیرکشت بالایی دارند و دو محصول هم‌زمان از نظر کشت می‌باشند، به ارائه برنامه‌های مدیریتی کمک شایانی می‌کند. برنج مصرف آب بالایی دارد و اثرات تخریبی بالایی روی ساختمان خاک دارد و سطح زیرکشت آن هم‌چنان رو به افزایش است. محصول سویا با توجه به مصرف آب کم‌تر، فرسایش آبی کم‌تر، توان تثبیت ازت و همچنین اثرات مفید روی خصوصیات بیولوژیکی خاک می‌تواند یک محصول مناسب و جایگزین برای گیاه برنج باشد. گیاه سویا قابلیت کشت در اکثر مناطق استان را دارا است که متأسفانه در سال‌های اخیر به دلیل کاهش درآمد آن نسبت به برنج شاهد کاهش سطح زیرکشت آن در منطقه و استان هستیم. محصولات برنج و سویا نقش به‌سزایی در تولید مواد غذایی در سطح منطقه، استان و کشور دارند. بنابراین، تحقیق و پژوهش در خصوص میزان سطح زیرکشت و مناطق زیرکشت آن می‌تواند با توجه به این‌که این دو محصول تابستانه بوده و معمولاً به‌عنوان کشت دوم در منطقه و به‌عنوان دو محصول رقیب مورد کشت و کار قرار می‌گیرند سبب افزایش آگاهی برای تصمیم‌گیری‌های آتی سیاست‌گذاران و طراحان الگوهای کشت باشد. پژوهش حاضر به‌منظور تخمین



شکل ۱- منطقه مورد مطالعه: چهار حوضه آبخیز زرین گل، محمدآباد، قره سو و قرن آباد از استان گلستان.

Figure 1. The study area: four watershed basins of Golestan province (Zaringol, Mohammad Abad, Qaresoo and Gharnabad).



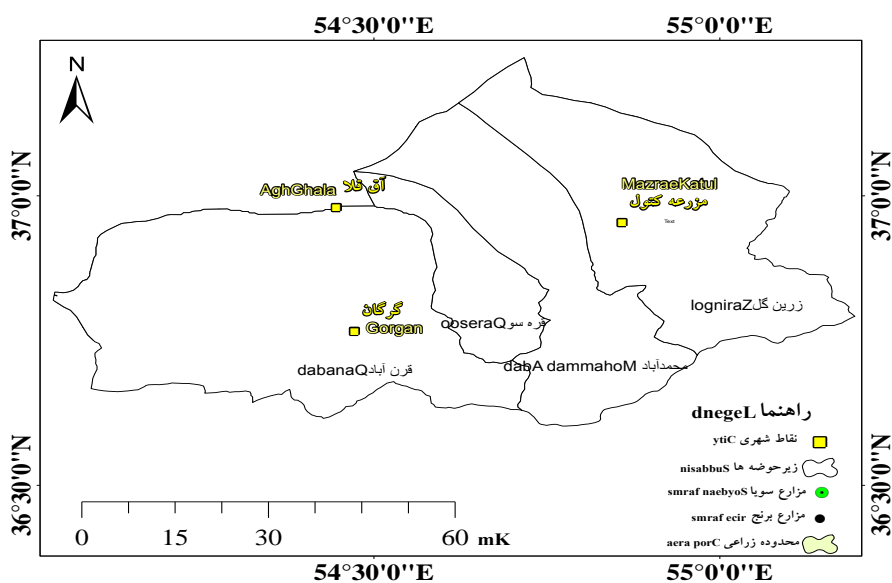
شکل ۲- نمودار جریان‌ی تعیین سطح زیرکشت برنج و سویا در سطح چهار حوضه از استان گلستان.

Figure 2. Flow chart of determining the surface area of rice and soybeans in four basin watershed of Golestan province.

۶ باند از تفکیک مکانی ۲۰ متر و ۳ باند از تفکیک مکانی ۶۰ متر و عرض برداشت آن ۲۹۰ کیلومتر است. ماهواره سنتینل ۲ با تفکیک مکانی ۱۰ متر و همچنین تفکیک زمانی ۵ روز نسبت به برخی دیگر از ماهواره‌های در دسترس از کیفیت مکانی و زمانی مطلوبی برخوردار است. مشخصات باندهای مورد استفاده ماهواره سنتینل ۲ در جدول ۱ ارائه شده است. با توجه به قرارگیری محدوده مورد مطالعه در ۴ فریم و تقویم زراعی کشت محصولات برنج و سویا اخذ تصویر در دو زمان متفاوت و به فاصله ۲۱ روز از همدیگر صورت گرفت که بهترین تصویر برای محصول برنج و هم‌زمان با اوج رشد رویشی در تاریخ ۱۳۹۵/۰۵/۱۴ و برای محصول سویا در تاریخ ۱۳۹۵/۰۶/۰۴ اخذ گردید.

جمع‌آوری داده‌ها (نمونه‌های تعلیمی): در قسمت بازدید میدانی در حوضه مورد مطالعه در تمامی حوضه ۶۷ مزرعه برنج و ۸۰ مزرعه سویا با استفاده از GPS مدل (Garmin 550) ثبت مختصات شدند (شکل ۳) و از تصاویر پایگاه گوگل ارث نیز برای تشخیص بهتر عوارض موجود مانند مزارع کشاورزی، منابع آبی، جنگل، باغات و دست‌سازهای بشر و مناطق شهری استفاده شد.

در بازه زمانی فصل رویش محصولات مورد مطالعه در مردادماه ۱۳۹۵ خورشیدی (برابر با ماه‌های جولای و اوت ۲۰۱۶ میلادی) اطلاعات از مزارع ثبت شد. نقشه پراکنش نقاط تعلیمی در شکل ۳ ارائه شده است. تصاویر ماهواره‌ای: ماهواره سنتینل ۲ دارای ۱۳ باند در محدوده طیف مرئی، مادون‌قرمز و مادون‌قرمز موج کوتاه است که ۴ باند آن از تفکیک مکانی ۱۰ متر،



شکل ۳- نقشه پراکنش نقاط تعلیمی (نقاط کنترل زمینی) برای مزارع برنج و سویا در سطح چهار حوضه زرین‌گل، محمدآباد، قرن‌آباد و قره‌سو در استان گلستان.

Figure 3. Training points (ground control points) distribution map for rice and soybean fields in Four watershed basins of Golestan province (Zaringol, Mohammad Abad, Qaresoo and Gharnabad).

جدول ۱- مشخصات باندهای ماهواره سنتینل ۲.

Table 1. Four spectral bands of Sentinel 2.

طول موج Wavelength	تفکیک مکانی Spatial resolution	شاخص باندهای Band Index	نام باند Band name
490	10	1	B1
560	10	2	B2
665	10	3	B4
482	10	7	B8

$$NDVI = \frac{R_{NIR} - R_{RED}}{R_{NIR} + R_{RED}} \quad (1)$$

که در آن، NDVI شاخص تفاضل نرمال شده پوشش گیاهی،  $R_{NIR}$  بازتاب در ناحیه مادون قرمز نزدیک و  $R_{RED}$  بازتاب در ناحیه قرمز است.

طبقه‌بندی نظارت‌شده برای تفکیک اراضی: در طبقه‌بندی نظارت‌شده، از آن‌جا که هر کلاسی از پدیده‌ها دارای بازتاب تقریباً یکنواخت می‌باشند، می‌توان با انتخاب نمونه‌های تعلیمی از هر کلاس خاص مناطق مشابهی را از کل تصویر ماهواره‌ای استخراج نمود (۱۴ و ۲۲). این روش موقعی امکان‌پذیر است که کاربر اطلاعات کافی و مشخصی درباره منطقه مورد مطالعه داشته باشد (۹). در این پژوهش با استفاده از عملیات میدانی و انتخاب نمونه‌های تعلیمی از مناطق آبی، مسکونی، شهری و اراضی کشاورزی و ثبت نقاط با GPS مدل گارمین ۵۵۰ جهت تهیه لایه کاربری اراضی (شکل ۴ الف) و لایه زراعی (شکل ۴ ب) استفاده شد. از اطلاعات سازمان جهاد کشاورزی، مراکز خدمات جهاد کشاورزی، تقویم زراعی منطقه، نقاط تعلیمی ثبت‌شده توسط GPS و در نهایت تصاویر گوگل ارث جهت شناسایی مزارع برنج و سویا کمک گرفته شد. در این مطالعه از سه روش حداقل فاصله از میانگین، حداکثر احتمال و فاصله مایلانوبی برای طبقه‌بندی نظارت‌شده استفاده شد.

پیش‌پردازش تصاویر: با توجه به این‌که پردازش‌های هندسی، رادیومتری و اتمسفری تا حدود زیادی بر روی تصاویر خام سنتینل صورت گرفته است، در این پژوهش جهت تصحیح هندسی تصاویر تنها سیستم مختصات WGS84 Zone40 به آن معرفی و از لحاظ رادیومتری نیز درجه روشنایی<sup>۱</sup> تصاویر به صورت مجدد تغییر مقیاس<sup>۲</sup> داده شد. بنابراین برای بازیابی ارزش تصاویر لازم است ارزش‌های آن بر ۱۰۰۰۰ تقسیم گردد تا بازه اعداد آن بین ۰ و ۱ قرار گیرد. مقایسه رفتارهای طیفی پدیده‌ها با الگوهای مورد نظر نیز نشان می‌دهد که تصاویر تا حدود زیادی تصحیح اتمسفری شده‌اند.

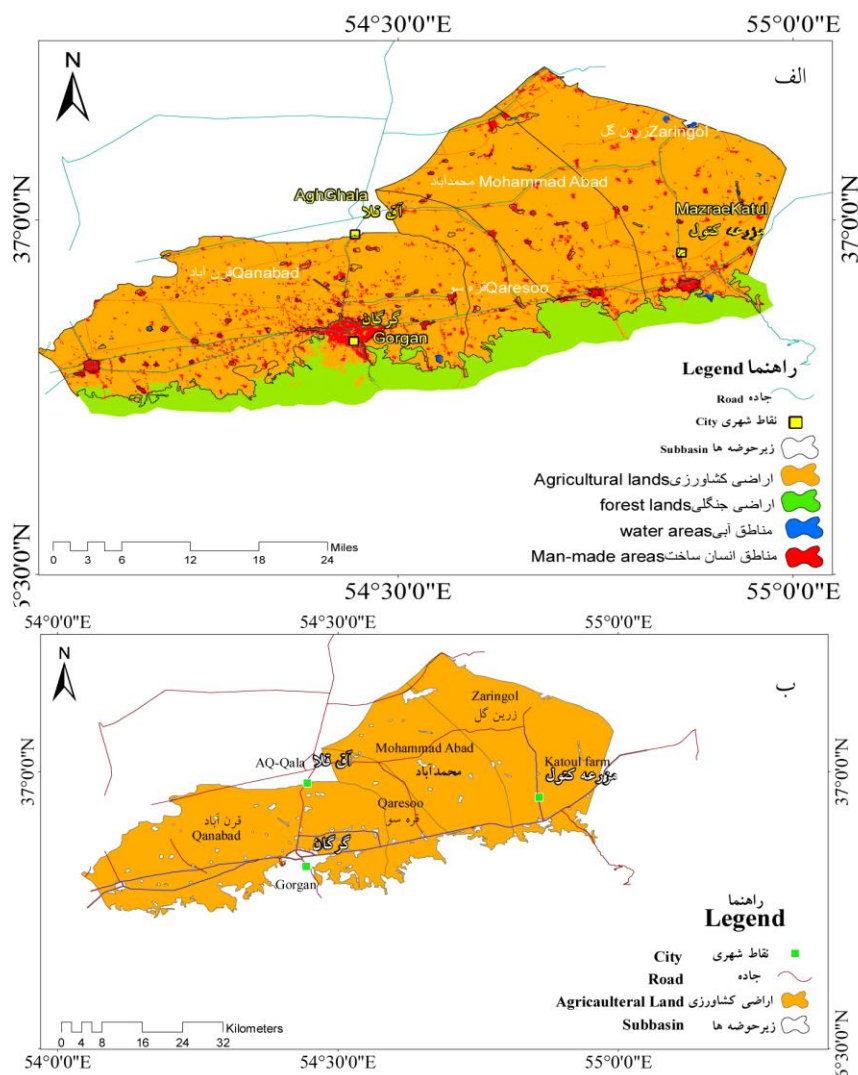
### پردازش

شاخص تفاضل نرمال شده پوشش گیاهی: در این پژوهش برای مشخص کردن محدوده‌های پوشش گیاهی و جمع‌آوری اطلاعات اولیه شاخص پوشش گیاهی، NDVI محاسبه شد. مقدار این شاخص در مرحله اوج رشد رویشی بهتر از سایر مراحل رشدی برآورد گردید. مقادیر بالای این شاخص نشان‌دهنده افزایش تراکم پوشش گیاهی است (۷ و ۴). در رابطه (۱)، نسبت‌های باندهای برای محاسبه این شاخص آورده شده است.

- 1- Reflectance  
2- Rescale

پیکسل طبقه‌بندی‌نشده با پیکسل‌های میانگین مقایسه شده و سپس پیکسل موردنظر به کلاسی اختصاص می‌یابد که کم‌ترین فاصله با میانگین را دارد (۱۸).

روش حداقل فاصله از میانگین: روشی است که پس از تعیین مقادیر میانگین طیفی در هر باند، با مشخص شدن پیکسلی که میانگین ارزش طیفی نمونه‌های تعلیمی هر طبقه را به خود اختصاص داده، فاصله هر



شکل ۴- (الف) نقشه کاربری اراضی و (ب) نقشه کاربری زراعی و کشاورزی.

Figure 4. (A) Land use and (B) Agricultural land map.

بیان دیگر برای بررسی نحوه توزیع ارزش‌های طیفی و احتمال آماری ارتباط یک پیکسل با یکی از گروه‌های نمونه از ماتریکس واریانس و بردار میانگین که خود واریانس و همبستگی ارزش‌های طیفی را تعریف می‌کنند، استفاده می‌شود (۲۵).

روش حداکثر احتمال: در این روش میزان کمی واریانس و همبستگی ارزش‌های طیفی باندهای مختلف برای مناطق نمونه‌برداری محاسبه و از همین خاصیت برای ارتباط یک پیکسل طبقه‌بندی‌نشده به یکی از گروه‌ها یا نمونه‌های طیفی استفاده می‌شود، به



اندازه نمی‌گیرد بنابراین طبقه‌بندی‌ها را بسیار سریع انجام می‌دهد.

روش فاصله ماهالانوبی: بر پایه پارامترهای آماری مانند میانگین، واریانس و غیره است. این روش مشابه روش حداکثر احتمال، با این تفاوت که کوواریانس را

جدول ۲- شدت توافق ضریب کاپا (۱۶).

Table 2. Intensity of kappa Agreement (16).

سطح توافق Level of Agreement	مقدار کاپا Value of Kappa
بدون توافق None	0-20
حداقل Minimal	21-39
ضعیف Weak	40-59
متوسط Moderate	60-79
قوی Strong	80-90
تقریباً کامل Almost Perfect	Above.90

۵۶ نمونه و نمونه‌های اعتبارسنجی ۲۴ نمونه است). از پارامترهای ضریب کاپا<sup>۱</sup> و صحت کلی<sup>۲</sup> برای برآورد اعتبارسنجی نقشه‌های طبقه‌بندی شده استفاده شد (۱۶). صحت کلی دقت را براساس نسبت پیکسل‌های طبقه‌بندی شده صحیح به جمع کل پیکسل‌های معلوم محاسبه می‌کند، اما ضریب کاپا صحت طبقه‌بندی را نسبت به یک طبقه‌بندی کاملاً تصادفی محاسبه می‌کند. به عبارت دیگر، ضریب کاپا میزان دقت را براساس تمامی پیکسل‌هایی که درست و غلط طبقه‌بندی شده‌اند محاسبه می‌نماید. در این مرحله دقت روش‌های طبقه‌بندی حداقل فاصله از میانگین، فاصله ماهالانوبی و حداکثر احتمال برای هر گیاه مورد ارزیابی قرار گرفتند.

**صحت‌سنجی نقشه‌ها:** صحت‌سنجی بدین معناست که بعد از انجام طبقه‌بندی نظارت شده، تعیین دقت تصاویر امری کاملاً ضروری است، زیرا دقت بیانگر آن است که نقشه حاصل از عمل طبقه‌بندی تا چه میزان با واقعیت زمینی مطابقت دارد. پس هرچه قدر میزان دقت طبقه‌بندی بیش‌تر باشد، نشان‌دهنده آن است که نقشه طبقه‌بندی شده تفاوت کم‌تری با واقعیت زمینی دارد (۱۷). در این پژوهش برای ارزیابی دقت نتایج طبقه‌بندی، روش اعتبارسنجی مستقل به‌کار گرفته شد به دلیل این‌که نمونه‌های آموزشی مستقل از نمونه‌های اعتبارسنجی مورد استفاده قرار گرفتند (تعداد نقاط آموزشی برای محصول برنج ۴۵ نمونه و نمونه‌های اعتبارسنجی ۲۰ نمونه و برای محصول سویا تعداد نقاط آموزشی تعداد نمونه‌های آموزشی

1- Kappa Coefficient

2- Overall Accuracy

**نتایج و بحث**

نتایج طبقه‌بندی و ضرایب کاپا و صحت کلی برای دو محصول برنج و سویا با سه روش حداقل فاصله ماهالانوبی، حداکثر احتمال و حداقل فاصله از میانگین در جدول ۳ آورده شده است. بر این اساس

برای محصول برنج، روش طبقه‌بندی حداکثر احتمال و برای محصول سویا روش حداقل فاصله از میانگین بالاترین دقت را داشته‌اند.

جدول ۳- ضرایب کاپا و صحت کلی سه روش طبقه‌بندی نظارت‌شده برای تفکیک مزارع برنج و سویا.

**Table 3. Kappa coefficient and overall accuracy coefficient for three methods of supervised classification with the aim of rice and soybean fields detection.**

محصول the product	روش طبقه‌بندی Classification method					
	فاصله ماهالانوبی Mahalanobi distance		حداکثر احتمال Maximum likelihood		حداقل فاصله از میانگین Minimum distance from the Average	
	ضریب کاپا Kappa coefficient	صحت کلی General accuracy	ضریب کاپا Kappa coefficient	صحت کلی General accuracy	ضریب کاپا Kappa coefficient	صحت کلی General accuracy
برنج Rice	0.8647	92.2	0.9291	99.5	0.6292	96.8
سویا Soybean	0.7535	92.5	0.8487	95.7	0.88	95.2

زیرکشت سویا در روش طبقه‌بندی حداقل فاصله از میانگین به میزان ۲۸۳۵۹ هکتار برآورد گردید که کم‌ترین خطای نسبی (۱۳٪) را نسبت به سایر روش‌های طبقه‌بندی دارا می‌باشد. افزایش درصد خطای نسبی می‌تواند به دلیل این باشد که منبع آمار ارائه‌شده از سوی سازمان‌های جهاد کشاورزی تقریبی است و براساس آمار توزیع کود و سایر نهاده‌ها در مراکز خدمات تعیین می‌شود.

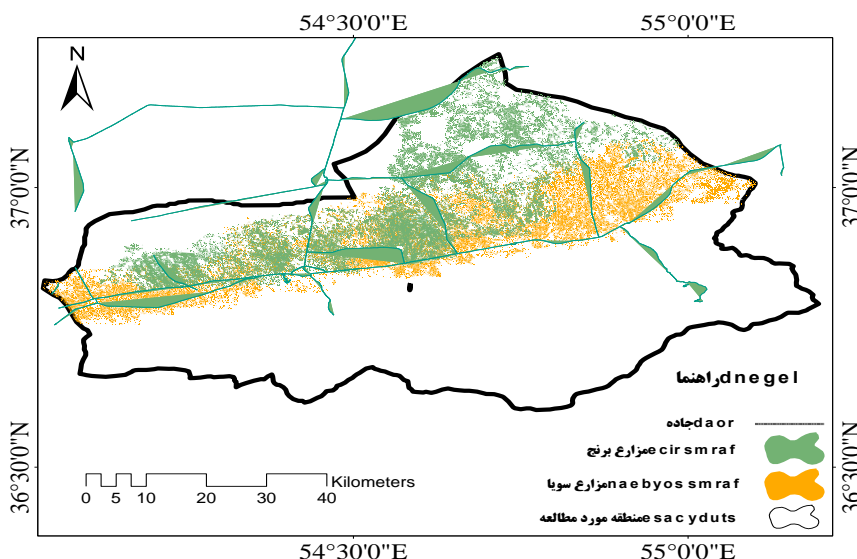
آمار دقیق سطح زیرکشت محصول برنج نیز به دلیل حساسیت آمار این گیاه از نظر مصرف آب به روشنی بیان نمی‌شود؛ بنابراین آمار به دست آمده طی این پژوهش با توجه به همخوانی آن با نقشه‌های پراکنش چاه‌ها و کشاورزان دارای نسق و همچنین با توجه به بازدیدهای مکرر میدانی صورت گرفته در منطقه می‌تواند قابل استناد باشد. پراکنش مناسب نقاط، تعداد کافی نقاط و نمونه‌های تعلیمی و همچنین

بالاترین ضریب کاپا برای جداسازی مزارع برنج مربوط به روش طبقه‌بندی حداکثر احتمال (۹۲/۹۱ درصد) می‌باشد که با توجه به جدول ۲ در طبقه تقریباً کامل قرار می‌گیرد. همچنین برای جداسازی مزارع سویا بالاترین ضریب کاپا مربوط به روش حداقل فاصله از میانگین (۸۸ درصد) می‌باشد که با توجه به جدول ۲ در طبقه قوی قرار می‌گیرد.

سطح زیرکشت برآورد شده محصولات برنج و سویا به روش‌های مختلف طبقه‌بندی به همراه آمار ثبت شده سطح زیرکشت مربوط به سال ۱۳۹۵ توسط سازمان جهاد کشاورزی در جدول ۴ ارائه شده است. طبق اطلاعات مندرج در جدول ۴، سطح زیرکشت برنج در روش طبقه‌بندی حداکثر احتمال به میزان ۳۲۹۱۱ هکتار می‌باشد که کم‌ترین خطای نسبی (۱۸٪) را نسبت به روش‌های دیگر طبقه‌بندی دارا می‌باشد. همچنین براساس نتایج طبقه‌بندی، سطح

منجر به افزایش ضریب کاپا و کاهش خطای نسبی در این روش‌های طبقه‌بندی گردیده است.

استفاده از ماهواره مناسب (ستیتل ۲) برای اولین بار در این استان از نقاط قوت پژوهش حاضر است که



شکل ۵- نقشه تفکیک مزارع برنج و سویا بر اساس روش طبقه‌بندی نظارت‌شده (حداکثر احتمال و حداقل فاصله از میانگین به ترتیب برای برنج و سویا) در سطح چهار حوضه زرين گل، محمدآباد، قره‌سو و قرن‌آباد استان گلستان.

Figure 5. Rice and soybean detected fields based on selected supervised classification methods (maximum likelihood and Minimum distance from the average for rice and soybean, respectively) in four watershed basins of Golestan province (Zaringol, Mohammad Abad, Qaresoo and Gharnabad).

جدول ۴- مساحت زیرکشت برنج و سویا در سطح چهار حوضه زرين گل، محمدآباد، قرن‌آباد و قره‌سو براساس روش‌های مختلف طبقه‌بندی.

Table 4. Cultivation area for rice and soybean in four watershed basins of Golestan province (Zaringol, Mohammad Abad, Qaresoo and Gharnabad) using different supervised classification methods.

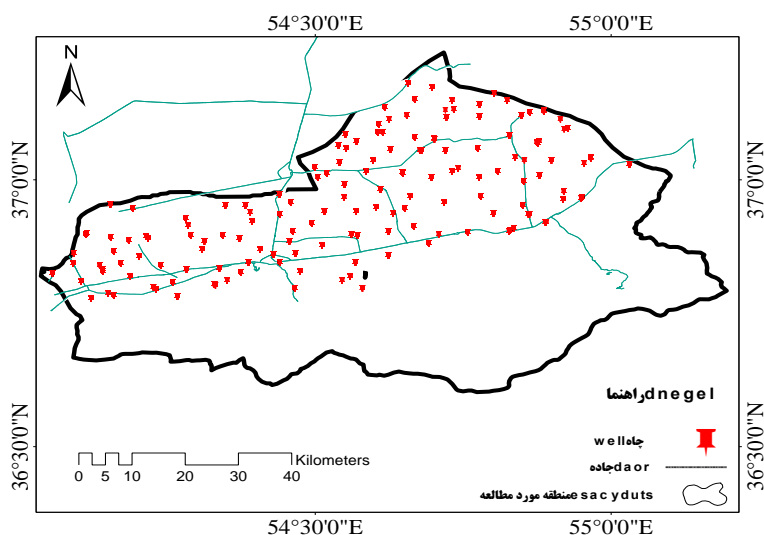
نوع محصول Crop	حداقل فاصله از میانگین Minimum distance from the average	فاصله ماخالانوبی Mahalanobi distance	حداکثر احتمال Maximum likelihood	آمار سطح زیرکشت منطقه سال ۱۳۹۵ cultivation area in 2016	درصد خطای نسبی Relative error percentage
برنج Rice	9731	15849	32911	27839	%18
سویا Soybean	28359	68742	65120	25083	%13

سطح زیرکشت هر شهرستان، گرگان با بالاترین سطح زیرکشت به میزان ۱۳۲۹۷/۳۰، آق‌قلا به میزان ۱۱۷۵۸، علی‌آباد به میزان ۳۳۷۹/۲۱، کردکوی به میزان ۲۹۲۴/۷۲، گنبد به میزان ۷۲۹/۱۴، بندرترکمن به میزان ۵۵۵/۸۲ و رامیان به میزان ۲۶۷/۱۷ هکتار برآورد در رتبه‌های

براساس نقشه‌های به‌دست آمده از منطقه مورد مطالعه، از مجموع ۳۲۹۱۱ هکتار سطح زیرکشت برنج، سهم حوضه‌های قره‌سو، محمدآباد، زرين گل و قرن‌آباد به ترتیب برابر ۱۵۳۳۲/۲۳، ۷۶۵۵، ۵۶۲۴/۸۵، ۲۱۰/۳۳ هکتار برآورد گردید. همچنین در خصوص

هر ساله افزایش سطح زیرکشت برنج در استان گلستان اتفاق می‌افتد. همچنین در قسمت شمال حوضه مطالعاتی (شهرستان آق‌قلا) تعداد چاه‌های مجاز و کشاورزان دارای نسق و دارای مجوز برداشت آب بسیار کم است و کشت محصول برنج با توجه به نیاز آبی بالای این گیاه توصیه نمی‌شود، ولی به دلیل استفاده و دسترسی آسان به منابع آب‌های سطحی (گرگان‌رود) و حفر چاه‌های غیرمجاز، کشاورزان به کشت این محصول مبادرت نموده‌اند تا جایی که در برخی سال‌ها به دلیل کمبود آب محصول آن‌ها قبل از مراحل برداشت خشک شده و از بین می‌رود.

مختلف قرار گرفتند. بررسی نقشه پراکنش مکانی چاه‌های آب مجاز و کشاورزان دارای نسق (شکل ۶) و دارای مجوز برداشت آب جهت کشت برنج در کنار نقشه‌های سطح زیرکشت برنج به دست آمده از تصاویر ماهواره‌ای (شکل ۵) نشان داد در اکثر مناطقی که چاه‌های مجاز وجود داشته کشت برنج صورت گرفته است. با این تفاوت که براساس آمار چاه‌های مجاز و کشاورزان دارای نسق (۲۰)، آمار سطح زیرکشت برنج می‌بایست یک‌چهارم آمار تخمین زده شده باشد، در صورتی که به دلیل حفر چاه‌های غیرمجاز و برداشت بی‌رویه از آب‌های سطحی



شکل ۶- نقشه پراکنش چاه‌های مجاز.

Figure 6. Permitted well distribution map.

گردید. همچنین در خصوص سطح زیرکشت هر شهرستان، گرگان بیش‌ترین سطح زیرکشت را به میزان ۱۰۱۴۴/۸۷ به خود اختصاص داده و پس از آن علی‌آباد به میزان ۸۳۷۸/۵۱ کردکوی به میزان ۴۶۷۰، آق‌قلا به میزان ۲۷۹۲/۷۳، رامیان به میزان ۲۲۲۶/۳۰، بندرترکمن به میزان ۱۰۷/۸۷ و گنبد به میزان ۶۵ هکتار در رتبه‌های بعدی قرار گرفتند. براساس نقشه‌های به دست آمده، بیش‌تر مزارع زیرکشت سویا در

نقشه‌های مستخرج از تصاویر ماهواره‌ای این پژوهش موارد فوق را تأیید می‌نماید (شکل ۵). همچنین براساس نقشه‌های به دست آمده از منطقه مورد مطالعه کل سطح زیرکشت سویا به میزان ۲۸۳۵۹ هکتار است که بیش‌ترین مساحت مربوط به حوضه قره‌سو (۱۲۷۵۰/۹۳ هکتار) است. سطح زیرکشت سه حوضه زرین‌گل، محمدآباد و قرن‌آباد به ترتیب معادل ۷۶۷۹/۱۹، ۴۶۵۷/۳۲ و ۳۲۷۱/۵۹ هکتار برآورد

منطقه کشت می‌شود. البته مواردی دیگر مانند دسترسی آسان به آب‌های سطحی و حفر چاه‌های غیرمجاز و همچنین تولید ارقام زودرس و کاهش دوره کاشت و فروش آسان‌تر محصول می‌تواند از دلایل افزایش سطح زیرکشت این محصول باشد. ضریب کاپای بالای طبقه‌بندی در این روش می‌تواند مربوط به پراکنش مناسب و تعداد کافی نمونه‌های تعلیمی و همچنین تا حدودی عدم تطابق دوره کاشت محصول با سایر محصولات باشد که کاهش خطاهای طیفی را به همراه دارد.

در این پژوهش همچنین جهت تفکیک و برآورد سطح زیرکشت محصول سویا در سطح منطقه مورد مطالعه از سه روش طبقه‌بندی نظارت‌شده استفاده گردید که در بین آن‌ها روش طبقه‌بندی حداقل فاصله از میانگین با ضریب کاپای ۸۸ درصد بیش‌ترین دقت را داشته است. ضریب کاپای بالای این طبقه‌بندی نیز می‌تواند ناشی از پراکنش و تعداد مناسب نمونه‌های تعلیمی باشد. همچنین این محصول آخرین کشت منطقه بوده و اختلاطی با دیگر محصولات ندارد و با حداقل تداخل طیفی از امکان تفکیک مناسبی برخوردار است. نتایج نشان داد که تصاویر ماهواره‌ای از قابلیت بالایی برای تفکیک محصولات زراعی، تهیه نقشه انواع محصولات در منطقه و تعیین سطح زیرکشت با دقت مناسب در مقیاس منطقه‌ای برخوردارند. امروزه در بسیاری از بخش‌ها کاربرد تصاویر ماهواره‌ای نه تنها هزینه چندانی ندارد، بلکه امتیازات آن به حدی است که هزینه خرید داده‌ها در مقابل سرعت انجام کار، دقت و حجم اطلاعات به دست آمده ناچیز است. نتایج این پژوهش نشان داد که روش طبقه‌بندی حداکثر احتمال بالاترین دقت را نسبت به دو روش حداقل فاصله از میانگین و فاصله ماهالانوبی دارد که با نتایج پژوهش احمدپور و همکاران (۲۰۱۱)، فیروزی‌نژاد و همکاران (۲۰۱۲) و احمد و کوچان

قسمت‌های مرکزی و غربی استان پراکنش یافته‌اند (شکل ۵). مناطق جنوب‌غربی و جنوب‌شرقی نیز کم‌ترین سطح زیر کشت سویا را دارا هستند که با نتایج پژوهش‌های بنی‌عقیل و همکاران (۱۳۹۴) همخوانی دارد (۵). براساس این پژوهش، توزیع جغرافیایی احتمال وقوع دمای مناسب طی سبز شدن و دوره رشد، بیش‌تر مناطق مرکزی و بخش‌هایی از غرب استان را برای تولید این گیاه مطلوب دانسته و قسمت‌های جنوب‌شرقی و جنوب‌غربی کم‌ترین مطلوبیت را نشان داده‌اند.

روند سطح زیرکشت محصول برنج در کل حوضه مورد مطالعه با توجه به درآمد حاصل از یک هکتار از این محصول نسبت با سایر محصولات و همچنین دسترسی آسان به منابع آب‌های سطحی رو به افزایش و در سال ۹۴ افزایش ۲۵ درصدی داشته است. همچنین در خصوص سطح زیرکشت سویا نسبت به سال‌های گذشته روند کاهشی داشته و نسبت به سال ۹۴ کاهش ۱۳/۸۰ درصدی داشته است که دلایل این کاهش علاوه بر اختلاف درآمد ناشی از یک هکتار سویا در مقایسه با برنج به عواملی مانند کاهش بارندگی، افزایش شوری و گرانی نهاده‌های مرتبط است.

روش حداکثر احتمال با ضریب کاپای ۹۲ درصد بیش‌ترین دقت را داشته است و نتایج طبقه‌بندی بیانگر افزایش سطح زیرکشت این محصول در مقایسه با سال گذشته است که با توجه به معضل آب در سال‌های اخیر جای تأمل دارد. دلایل افزایش سطح زیرکشت این محصول می‌تواند در درجه اول به قیمت تمام‌شده این محصول (۲۰ تا ۲۵ میلیون تومان در هکتار بر مبنای قیمت‌گذاری سال ۹۴) نسبت به سایر محصولات به‌ویژه محصول سویا با قیمت تمام‌شده ۳ تا ۴ میلیون تومان در هکتار بر مبنای قیمت‌گذاری سال ۹۴ مربوط شود که هم‌زمان با آن در

زمانی ۵ روزه آن است که در طی دوره پایش و تفکیک مزارع در این فاصله معمولاً عبور از یک فاز رویشی به فاز دیگر و یا تغییرات اساسی در وضعیت رشد گیاه و بازتابش امواج را نخواهیم داشت و امکان تفکیک و جداسازی مزارع بهتر صورت می‌گیرد.

### نتیجه‌گیری کلی

تصاویر ماهواره سنتینل ۲ به دلیل تفکیک مکانی بالا و تفکیک زمانی ۵ روزه از قابلیت بالایی برای تفکیک سریع اراضی و تهیه نقشه انواع محصولات و تعیین سطح زیرکشت محصولات با دقت نسبتاً مناسب در مقیاس منطقه‌ای برخوردار هستند. همچنین سطح زیرکشت برنج نسبت به سال‌های قبل افزایش و نسبت به سال ۹۴ افزایش ۲۵ درصدی داشته و میزان سطح زیرکشت سویا نسبت به سنوات گذشته روند کاهشی داشته که این کاهش سطح زیرکشت سویا می‌تواند دلایل متفاوتی داشته باشد. اولین دلیل کاهش سطح زیرکشت می‌تواند ناشی از اختلاف درآمد حاصل از یک هکتار محصول سویا در برابر درآمد حاصل از یک هکتار برنج باشد. دومین دلیل کاهش سطح زیرکشت سویا می‌تواند به عارضه عدم غلاف‌بندی این محصول در برخی از مناطق و کوتاه شدن فصل رشد آن در کشت تابستانه بازگردد. سومین دلیل کاهش سطح زیرکشت سویا به مسائلی مانند کاهش میزان بارندگی، وابستگی بیشتر به منابع آب زیرزمینی، گرانی منابع آب و سایر نهاده‌ها و مشکلاتی که کشاورزان با وجود خرید تضمینی محصول در خصوص نحوه دریافت پول خود دارند، مرتبط می‌باشد. سطح زیرکشت سویا نسبت به سال‌های قبل کاهش و نسبت به سال ۹۴ کاهش ۱۳/۸۰ درصدی داشته است.

(۲۰۱۳) همخوانی دارد (۱، ۲ و ۸). نتایج این پژوهش نشان داد که سطح زیرکشت محصول برنج طی سال‌های اخیر روند افزایشی و سطح زیرکشت محصول سویا روند کاهشی داشته است که با آمار جهاد کشاورزی در سال آماری ۹۴-۹۳ مطابقت دارد. این اطلاعات می‌توانند برای برنامه‌ریزی‌های کلان منطقه‌ای در قالب مصرف بهینه آب، تدوین الگوی کشت و پیش‌بینی تولید و سایر خدمات حمایتی بسیار مفید باشند. کاهش هزینه آماربرداری‌ها و دقت تعیین حدود مزارع و انطباق نقش‌های خروجی با خدمات و امکانات می‌تواند در سیاست‌گذاری‌های بخش کشاورزی بسیار کارآمد باشد. نتایج این پژوهش به وضوح نشان داد که گسترش کشت برنج در الگوهای کشت استان گلستان زنگ خطری برای منابع رو به کاهش آب در این استان خواهد بود که نیاز به تأمل بیشتر دارد. همچنین کاهش سطح زیرکشت سویا در استانی که رتبه اول کشت سویا در کشور را بر عهده دارد، باید با حساسیت دنبال شود. این خروجی‌ها، خروجی‌های ارزشمند تصاویر ماهواره هستند که می‌توان از آن‌ها برای روشن‌سازی دقت و صحت آمار ارائه شده توسط سازمان‌های مختلف استفاده کرد. استفاده از فناوری سنجش از دور ضمن سرعت بخشیدن به اخذ اطلاعات منطقه‌ای، تأثیر به‌سزایی در کاهش هزینه‌ها و زمان خواهد داشت. ماهواره سنتینل ۲ از تفکیک مکانی ۱۰ متر برخوردار است به طوری که مزارع با مساحت ۱۰۰ مترمربع قابل تشخیص و تفکیک می‌باشند. این نوع ماهواره‌ها برای اراضی کشاورزی این استان که اکثراً مساحت‌هایی کوچکی دارند دارای مزیت عمده‌ای نسبت به سایر ماهواره‌ها به‌خصوص لندست ۸ (با تفکیک مکانی ۳۰ متر) است. همچنین از دیگر مزایای این ماهواره تفکیک

منابع

1. Ahmad, A., and Quegan, S. 2013. Comparative analysis of supervised and unsupervised classification on multispectral data. *Applied Mathematical Sciences*, 7: 74. 3681-3694.
2. Ahmadpour, A., Soleimani, K., Shokri, M., and Qarbati, J. 2011. Comparison of Three Commonly Used Supervisory Classifications of Satellite Data in Vegetation, *Rem. Sens. Appl. Mag. GIS Natur. Resour. J.* 2: 2. 69-81. (In Persian)
3. Alipur, F., Aghkhani, M., Abbaspourfard, M., and Sepehr, AS. 2014. Separation of agricultural products by ETM+ satellite images (Case study: Astan Quds Razavi sample farm). *Agric. Machin. J.* 4: 2. 244-254. (In Persian)
4. Allen, R.G., Tasumi, M., Trezza, R., Waters, R., and Bastiaanssen, W. 2002. SEBAL (Surface Energy Balance Algorithms for Land). *Advance Training and User's Manual-Idaho Implementation*, version1.
5. Bani Aghil, A.S., Rahemi Karizaki, A., Bayatani, A., and Faramarzi, H. 2015. Investigation of susceptible soybean regions based on climate indicators in Golestan province. *J. Appl. Res. Plant Ecophysiol.* 2: 2. 19-32. (In Persian)
6. Bani Aghil, A.S., Rahimi Karizaki, A., Bayatani, A., and Faramarzi, H. 2015. Study of Soybean Susceptible Areas in Golestan Province Based on Climatic Indices. *J. Appl. Veg. Eco Physiol. Second Course Second Issue.* Pp: 19-32.
7. Baret, F., and Guyot, G. 1991. Potentials and limits of vegetation indices for LAI and APAR assessment. *Remote sensing of environment.* 35: 3. 161-173.
8. Firozinejad, M., Torahi, A., and Abdolkhani, A. 2012. Comparison of classification algorithms in land use mapping (Case study: Woodlands of Maroon in Behbahan). *The First National Conference on Sustainable Development Strategies.* Tehran. (In Persian)
9. Kamusoko, C., and Aniya, M. 2007. Land use cover change and landscape fragmentation analysis in the Bindura District, Zimbabwe. *Land degradation and development.* 18: 2. 221-233.
10. Kazemi, H., Tahmasebi Sarvestani, Z., Kamkar, B., Shataee, Sh., and Sadeghi, S. 2012. Agro ecological zoning of agricultural lands in Golestan province for canola cultivation by Geographic Information System (GIS) and Analytical Hierarchy Process (AHP). *Elec. J. Crop Prod.* 5: 123-139. (In Persian)
11. Kazemi, H., Tahmasebi Sarvestani, Z., Kamkar, B., Shataei, Sh., and Sadeghi, S. 2013. Agro-ecological zoning of Golestan province Lands for Soybean cultivation using geographical information system (GIS). *J. Agr. Know Sustain. Prod.* 23: 4. 22-40. (In Persian)
12. Khajehpour, M.R. 2012. *Industrial Plants.* Jihad University Press (Isfahan University of Technology). 580p. (In Persian)
13. Khajehpour, M.R. 2009. *Principles and Fundamentals of Crop Production.* Third edition, Jihad University Press (Isfahan University of Technology). 386p. (In Persian)
14. Li, C., Wang, J., Wang, L., Hu, L., and Gong, P. 2014. Comparison of classification algorithms and training sample sizes in urban land classification with Landsat thematic mapper imagery. *Remote Sensing,* 6: 2. 964-983.
15. Li, P., Jiang, L., and Feng, Z. 2013. Cross-comparison of vegetation indices derived from Landsat-7 enhanced thematic mapper plus (ETM+) and Landsat-8 operational land imager (OLI) sensors. *Remote Sensing.* 6: 1. 310-329.
16. Marry L. McHugh. 2012. Interrater reliability: the kappa statistic. *Biochemia Medica;* 22: 3. 276-82. <http://dx.doi.org/10.11613/BM.2012.031>.
17. Rahimzadegan, M., and Pourgholam, M. 2014. Identification of the area under cultivation of Saffron using Landsat-8 temporal satellite images (Case study: Torbat Heydarieh). *J. RS GIS Natur. Resour. Seventh Year.* 4: 115-97. (In Persian)
18. Rasouli, A.A. 2008. *Principles of applied remote sensing with emphasis on satellite images processing,* Tabriz University Press. 806p. (In Persian)

19. Saadat, H., Adamowski, J., Bonnell, R., Sharifi, F., Namdar, M., and Ale-Ebrahim, S. 2011. Land use and land cover classification over a large area in Iran based on single date analysis of satellite imagery. *ISPRS J. Photogram. Rem. Sens.* 66: 5. 608-619.
20. Summary of Rural Land Conditions of Golestan province in 2009-2010.
21. Mather, P., and Tso, B. 2009. Classification methods for remotely sensed data, Second Edition. CRC press. 376p.
22. Yousefi, S., Tazeh, M., Mirzaee, S., Moradi, H.R., and Tavangar, S.H. 2011. Comparison of different classification algorithms in satellite imagery to produce land use maps (Case study: Noor city). *J. Appl. RS GIS Techniq. Natur. Resour. Sci.* 2: 15-25. (In Persian)
23. Zhang, H., Li, Q., Liu, J., Shang, J., Du, X., and Zhao, L., Wang, N., and Dong, T. 2017. Crop classification and acreage estimation in North Korea using phenology features. *GIS science and Remote Sensing.* 54: 3. 381-406.
24. Zeaiean Firouzabadi, P., Sayadbidhendi, L., and Eskandarinoudeh, M. 2009. Mapping and acreage estimation of rice agricultural land using Radar satellite images. *Physical Geography Research Quarterly.* 68: 45-58. (In Persian)
25. Zobeiry, M., and Majd, A.R. 2008. An introduction to remote sensing technology and its application in natural resources. Tehran University Press, Seventh Book. 317p. (In Persian)





Gorgan University of Agricultural  
Sciences and Natural Resources

*J. of Water and Soil Conservation, Vol. 26(1), 2019*  
<http://jwsc.gau.ac.ir>

## **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)**

**M. Dashti Marvili<sup>1</sup>, \*B. Kamkar<sup>2</sup> and H. Kazemi<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Ph.D. Student, Dept. of Agronomy, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources,

<sup>2</sup>Professor, Dept. of Agronomy, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources,

<sup>3</sup>Associate Prof., Dept. of Agronomy, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

Received: 06.14.2018; Accepted: 12.02.2018

### **Abstract**

**Background and Objectives:** In Golestan province, the suitability of climatic condition to produce most of the agricultural products has led to high diversity in crop production, so this province has the first rank in terms of cultivating and producing oilseeds, especially soybean, in Iran. This research was carried out at four major watershed basins of Golestan province, Mohammad Abad, Qaresoo, Zaringol, and Gharnabad. This study was aimed to estimate the area under rice- and soybeans-cultivation in the aforementioned watershed basins. For this, Sentinel2 satellite images were used for the first time using different supervised classification methods (Maximum likelihood, the minimum distance of average and the Mahalanobis distance).

**Materials and Methods:** In this study, two Sentinel-2 satellite images of August and September of 2016 were used to identify, detect and evaluate the cultivated area of rice and soybean as two summer crops. This research was carried out at four watershed basins of Golestan Province (Mohammad Abad, Qaresoo, Zaringol, and Gharnabad). Radiometric, atmospheric, and geometric corrections were made after downloading the images of the study area. Then, band compounds, pseudo-color combinations, image mosaics and rational band calculations were carried out, and the NDVI vegetation index was used to detect vegetation cover from other land uses, and finally, a land use map and crop layer was produced.

**Results:** Results of this study showed that the soybean cultivation area which is an alternative plant for rice in summer cropping, has decreased compared to past years. In the present study, two Sentinel-2 satellite images of August and September of 2016 were used to identify, detect and evaluate the cultivated area of rice and soybean as two summer crops in four watershed basins of Golestan province. To compare the outputs of the three classification methods, training and test samples were used. In order to evaluate the accuracy of the classification results, the generated map was analyzed using the GPS-registered ground control point. The Maximum likelihood classification with kappa coefficient and overall accuracy of 92% and 95.5% was selected as the superior method for rice. In this method, the rice cultivation area was estimated 32911 hectares with an 18% bias compared to the Agricultural Jihad statistics (27839 hectares). Whereas for soybean, the minimum distance method with kappa coefficient and the overall accuracy of 88% and 95.2% was selected as a superior classification method. Based on the results, the soybean cultivation area was estimated as 28359 hectares, with a bias of 13%, compared to the Agricultural Jihad statistics (25083 hectares).

**Conclusion:** Sentinel2 satellite images have a high potential for quick land detection and providing crops cultivation area maps in a regional scale. Also, the rice cultivation area has been increased compared to past years, while has been decreased for soybean.

**Keywords:** Cultivated area, Golestan Province, Image classification, Kappa coefficient

---

\* Corresponding Author; Email: behnam.kamkar@gmail.com

