

## پایش تغییرات سطح اراضی کشاورزی تحت سیستم آگروفارستری در باغباغوئیه

### جیرفت

حمید سودایی زاده<sup>۱</sup> و عاطفه جبالی

دانشیار گروه مدیریت مناطق خشک و بیابانی دانشکده منابع طبیعی و کورشناسی دانشگاه یزد، یزد، ایران.

hsodaie@yazd.ac.ir

دکترای تخصصی بیابان‌زدایی دانشکده منابع طبیعی و کورشناسی دانشگاه یزد، یزد، ایران.

at.jebali@stu.yazd.ad.ir

دریافت: خرداد ۱۳۹۸ و پذیرش: دی ۱۳۹۸

### چکیده

سیستم‌های آگروفارستری در پاسخ به افزایش تقاضای مواد غذایی و افزایش بهره‌برداری مناسب از اراضی کشاورزی ایجاد گردیده است. حضور ردیف‌های درختی در اطراف مزارع با ایجاد شرایط میکرواقلمی مناسب، نقش مؤثری در افزایش تولید محصولات زراعی دارد. در پژوهش حاضر تغییرات سطح اراضی کشاورزی بخشی از دشت جیرفت کرمان تحت سیستم آگروفارستری در طی ۲۲ سال با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای لندست مطالعه گردید. بدین منظور، با بهره‌گیری از روش طبقه‌بندی نظارت شده، دو طبقه پوشش اراضی شامل اراضی کشاورزی و اراضی بدون پوشش از تصویر سنجنده TM لندست و سه طبقه پوشش اراضی شامل اراضی کشاورزی، پوشش درختی و اراضی بدون پوشش از تصویر ماهواره لندست ۸ معرفی گردید. در ادامه تغییرات پوشش‌های اراضی مذکور در فاصله زمانی ۲۲ سال، با استفاده از روش مقایسه بعد از طبقه‌بندی بررسی شد. نتایج نشان داد که در ۵/۱٪ از اراضی بدون پوشش و ۱۵/۴٪ از اراضی کشاورزی بادشکن درختی احداث گردیده و ۲۶/۹٪ از اراضی بدون پوشش به اراضی کشاورزی تبدیل شده است. سطح اراضی زراعی در سال ۱۹۹۲ برابر با ۵۵۶ هکتار بوده و در سال ۲۰۱۴ به ۷۴۱ هکتار رسیده است. یافته‌های این تحقیق بیانگر آن است که مدیریت مناسب در اجرای سیستم آگروفارستری، شرایط مناسبی را برای افزایش سطح اراضی کشاورزی ایجاد نموده است. به‌منظور اجرای بهتر این سیستم، استفاده از تصاویر با قدرت تفکیک مکانی بالا گزینه مناسبی در بررسی و تعیین مناسب-ترین جهت‌های احداث بادشکن و بهترین نوع گونه درختی در حفاظت از اراضی و ایجاد شرایط مناسب تولیدات زراعی خواهد بود.

واژه‌های کلیدی: بادشکن، تولید کشاورزی، تصویر ماهواره‌ای، شناسایی تغییرات

<sup>۱</sup> - آدرس نویسنده مسئول: گروه مدیریت مناطق خشک و بیابانی، دانشکده منابع طبیعی و کورشناسی دانشگاه یزد، یزد، ایران.

افزایش جمعیت و تقاضا برای تأمین غذای بیشتر، سبب رویکرد بشر به بهره‌برداری بیشتر از اراضی شده است. به‌طوریکه، این موضوع افزایش میزان جنگل-زدایی، افزایش میزان گازه‌های گلخانه‌ای، کاهش منابع آب و خاک، فرسایش خاک و افزایش سیلاب‌ها و به‌طورکلی افزایش روند بیابان‌زایی در نواحی مختلف به‌ویژه در نواحی خشک و نیمه‌خشک را به‌دنبال داشته است. از سوی دیگر اثرات تغییر اقلیم بر بخش‌های مختلف زندگی بشر بر کسی پوشیده نیست و بخش کشاورزی به‌دلیل وابستگی زیاد به منابع اقلیمی، حساسیت و آسیب‌پذیری بیشتری را نشان می‌دهد (امیرنژاد و همکاران، ۱۳۹۸)؛ بنابراین استفاده از روش‌ها و برنامه‌های مدیریتی مناسب در جهت کاهش اثرات تغییرات اقلیمی و در راستای افزایش بهره‌وری اراضی کشاورزی امری ضروری به‌شمار می‌آید. در این راستا، استفاده از سیستم‌های آگروفرستری به‌عنوان، یکی از روش‌های مؤثر در برنامه‌های زراعی می‌تواند منبع مؤثری را برای استفاده بهینه از اراضی کشاورزی فراهم آورد (گودرزیان و همکاران، ۱۳۹۲). به‌طورکلی آگروفرستری از جمله فناوری‌های به‌کارگرفته شده در سیستم‌های کاربری زمین است که در آن، گیاهان چوبی چندساله به‌طور دلخواه با گیاهان علفی و یا دام در یک مکان و یا زمان با یک نظم مشخص رشد می‌کنند. در گذشته، درختان، محصولات زراعی و دام به‌طور سنتی در کنار هم پرورش می‌یافتند و امروزه با پیشرفت علوم و فناوری‌ها، این سیستم قدیمی و سنتی به‌صورت سیستمی مدرن به‌نام آگروفرستری بیان می‌گردد (پینهو، ۲۰۱۲). در سیستم آگروفرستری، درختان همواره جزء مکملی هستند که کاشت آن‌ها به‌منظور کاهش شکنندگی سیستم‌های زراعی و منوط به تمایل زارع در این امر، صورت می‌پذیرد. این سیستم در نقاط مختلف با توجه به شرایط متفاوت محیطی و رویشی گیاهان به صورت‌های مختلفی قابل اجرا می‌باشد. به‌عنوان مثال در مناطق ایران و تورانی کشور ایران با توجه به شرایط

اقلیمی محدود کننده، در بیشتر سیستم‌های مورد اجرای این منطقه، درختان در نقش بادشکن می‌باشند. از درختان بلندقامت مانند بید، چنار و سپیدار در مصارف صنعتی نیز استفاده می‌شود. همچنین برخی از درختان مورد استفاده در این سیستم، نقش حصار زنده را دارند که در آفتاب شدید این منطقه، ویژگی سایه‌اندازی آن‌ها بسیار مفید و مورد توجه است (متین خواه ۱۳۸۲). سیستم آگروفرستری با اهداف زیست‌محیطی، اقتصادی و اجتماعی رویکردی نوین در استفاده از اراضی است، در این سیستم تولیدات درختی و زراعی در زمینی مشترک با ترکیبی از کاشت درختان و کشت زراعی همراه با پرورش دام به‌منظور بهبود عملکرد سیستم زراعی می‌باشد (بی‌نام، ۲۰۱۰).

حضور درختان در نقش بادشکن به‌عنوان بخشی از عملیات آگروفرستری دارای مزایای قابل توجهی است. مطالعات نشان می‌دهد که ردیف‌های درختی به‌عنوان بادشکن، نقش مؤثری را در بخش‌های مختلف کشاورزی و عملکرد اراضی دارند، به‌طوری‌که در مناطق بادخیز عملکرد اولیه بادشکن‌ها به‌صورت حفاظت از اراضی و خاک به‌وسیله کاهش در سرعت باد نشان داده می‌شود (پراساد و مرتیا، ۲۰۰۹). همچنین بادشکن‌ها به‌عنوان پناهگاه حیات وحش، منبعی جهت سوخت و علوفه و نیز افزایش‌دهنده راندمان انرژی در مزارع می‌باشند (کابل، ۱۹۹۹؛ گیوستی، ۲۰۱۹). از دیگر مزایای بادشکن‌ها در سیستم آگروفرستری کاهش میزان سوخت، افزایش رطوبت در دسترس برای محصولات زراعی، کاهش انتقال آفات (یوکار و هال، ۲۰۰۱) و افزایش تولیدات زراعی (برندل و همکاران، ۲۰۰۴) است. احداث ردیف‌هایی از درختان در اطراف مزارع سبب ایجاد میکرواقلیمی مناسب در محدوده تحت تأثیر بادشکن گردیده (کمپی و همکاران، ۲۰۰۹) و با کاهش در میزان تبخیر (کمپی و همکاران، ۲۰۱۲؛ کیانو و همکاران، ۲۰۱۵؛ مارکویتز، ۲۰۱۸) و تغییر در درجه حرارت خاک (رانگ‌ژین و همکاران، ۲۰۱۱) علاوه بر ترسیب کربن (ون‌هیو و

روش تفریق تصاویر، محدوده گسترش تغییرات به صورت پیکسلی و در روش مقایسه بعد از طبقه‌بندی، اطلاعاتی در مورد علل این تغییرات، به صورت طبقه‌ای نشان داده می‌شود (اولیورا و همکاران، ۲۰۰۸؛ ژولیو، ۲۰۱۹). حضور ردیف‌های درختی در تصاویر ماهواره‌ای به شکل خطی، تفاوت در طیف‌ها و مقادیر رقومی پوشش-های درختی نسبت به سایر پوشش‌های گیاهی و سایر کاربری‌ها، از جمله فاکتورهای مؤثر در شناسایی و معرفی بادشکن‌های درختی نسبت به سایر کاربری‌ها و پوشش-های اراضی است.

تاکنون، مطالعات گسترده‌ای در زمینه شناسایی پوشش‌های مختلف اراضی و پایش تغییرات کاربری و پوشش اراضی با روش‌های مختلف سنجش از دوری انجام شده است. در ادامه به برخی از این مطالعات اشاره می‌شود: لیکنز و همکاران (۲۰۱۰) به منظور تفکیک پوشش‌های درختی از اراضی کشاورزی ناحیه داکوتای شمالی و جنوبی، از تصاویر ماهواره‌ای با قدرت تفکیک مکانی بالا استفاده نمودند؛ در این مطالعه مشخص شد که شناسایی موقعیت درست و دقیق پوشش‌های درختی نیازمند استفاده از تصاویر با قدرت تفکیک مکانی بالا است. گیمایر و همکاران (۲۰۱۴) با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای با قدرت تفکیک مکانی بالا و بهره‌گیری از برنامه تصاویر ملی کشاورزی<sup>۲</sup> و استفاده از تکنیک طبقه‌بندی شی‌گرا، موفق به تفکیک بادشکن‌های موجود در منطقه کانزاس ایالات متحده آمریکا از سایر اراضی گردیدند. ریزوی و همکاران (۲۰۱۶) با بهره‌گیری از تصاویر سنجنده LISSIII ماهواره IRS اقدام به تهیه نقشه پوشش اراضی دارای سیستم آگروفارستری در مناطق بتیندا و پاتیلای پنجاب با استفاده از الگوریتم حداکثر احتمال طبقه‌بندی نظارت شده نمودند. در این بررسی سطح استفاده از اراضی دو منطقه با کاربرد سیستم آگروفارستری و مناطق بدون استفاده از این سیستم مدرن کشاورزی تعیین گردید. ژولیو و همکاران (۲۰۱۹) در ازبکستان اقدام

همکاران، ۲۰۱۴) در افزایش سرعت رشد سبزیجات و گیاهان زراعی نقش مؤثری دارد (کورت، ۱۹۸۸؛ ساین و همکاران، ۱۹۹۸؛ دولینگر و جوز، ۲۰۱۸). همچنین افزایش میزان درجه حرارت مناطق دارای بادشکن، سبب رسیدگی سریع‌تر بسیاری از محصولات زراعی می‌شود و بازاریابی سریع‌تر و درآمد بیشتری را از طریق فروش محصولات برای تولیدکنندگان به همراه خواهد آورد (برندل و همکاران، ۱۹۹۵). همچنین در سیستم آگروفارستری، درختان در افزایش حاصلخیزی مزارع و حفاظت از سایر اکوسیستم‌ها نقش مؤثری را برعهده دارند (جعفری میانایی و همکاران، ۱۳۹۵). این مزایا سبب شده است تا تمایل کشاورزان به کاشت درختان در اطراف مزارع و استفاده از این سیستم روز به روز افزایش یابد. پایش تغییرات سطح اراضی کشاورزی استفاده کننده از کاشت درختان در اطراف مزارع تحت سیستم آگروفارستری، علاوه بر نشان دادن تأثیر استفاده از این نوع سیستم در بخش کشاورزی، گزینه مناسبی برای ترغیب کشاورزان به بهره‌گیری از این سیستم در راستای مدیریت بهینه اراضی و توسعه پایدار کشاورزی است. پیشرفت و گستردگی علوم سنجش از دوری در سراسر کره زمین و استفاده از تصاویر ماهواره‌ای، مطالعات پایش و بررسی تغییرات کاربری اراضی و پوشش اراضی را، در سطح وسیع، همراه با صرفه‌جویی در زمان و هزینه، امکان‌پذیر ساخته است.

روش‌های طبقه‌بندی نظارت‌شده و نظارت‌نشده از جمله روش‌های معمول در استخراج کاربری‌ها و پوشش‌های مختلف اراضی هستند که با معرفی خصوصیات طیفی متفاوت عوارض موجود بر روی زمین، کاربری‌ها و پوشش‌های متفاوت را از یکدیگر تفکیک می‌نمایند (لیلیسند و کیفر، ۲۰۰۰؛ ژولیو، ۲۰۱۹). روش-های تفریق تصاویر و مقایسه بعد از طبقه‌بندی<sup>۱</sup> نیز از گسترده‌ترین روش‌های مورد استفاده در شناسایی تغییرات با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای هستند؛ به‌طوریکه، در

<sup>۲</sup> National Agriculture Imagery Program (NAIP)<sup>۱</sup> Post Classification

محصولات کشاورزی است. این شهرستان، به‌عنوان قطب تولید سبزی، صیفی و مرکبات در کشور مطرح است. در طی دهه‌های اخیر، سیستم آگروفارستری برای تداوم تولید محصولات زراعی و رسیدن به کشاورزی پایدار در این منطقه اجرا گردیده است که سبب افزایش سطح زیر کشت محصولات شده است. هدف از این پژوهش، بررسی میزان تغییر سطح اراضی زیرکشت با ایجاد سیستم آگروفارستری در شهرستان جیرفت است؛ بنابراین در این مطالعه تلاش گردیده است تا با استفاده از قابلیت تصاویر ماهواره‌ای در معرفی کاربری‌های مختلف اراضی، تغییرات سطح زیر کشت اراضی زراعی در طی دوره ۲۲ ساله یعنی در فاصله نبود سیستم آگروفارستری در قالب کاشت ردیف‌های درختی به‌عنوان بادشکن در اطراف مزارع و بعد از اجرای این سیستم با احداث بادشکن‌های درختی، مورد پایش قرار گیرد.

#### مواد و روش‌ها

##### معرفی منطقه مطالعاتی

شهرستان جیرفت با وسعتی در حدود ۱۲۹۳۰/۲۵ کیلومترمربع در جنوب استان کرمان، شامل روستاهای متعدد و چهار بخش، مرکزی، جبال‌بارز، ساردوئیه و اسفندقه است. میزان بارندگی سالانه به‌طور متوسط ۱۸۰ میلیمتر و ارتفاع آن از سطح دریا ۶۸۵ متر می‌باشد. حداکثر سرعت باد منطقه ۵۴ کیلومتر بر ساعت و جهت باد غالب جنوب به شمال گزارش شده است. مرکبات، خرما و محصولات جالیزی، تولیدات اصلی این شهرستان بوده و کشت به صورت چهار فصل سال در آن رواج دارد (عادل‌ساردویی و همکاران، ۱۳۹۰). تنوع اقلیمی خاص این منطقه، انواع پوشش‌های گیاهی اعم از گونه‌های جنگلی و مرتعی را در خود جای داده است. به‌منظور جلوگیری از اثرات بادهای گرم و سرد و حفاظت از محصولات زراعی، کشاورزان این منطقه با بهره‌گیری از دانش بومی اقدام به کاشت گونه‌های جنگلی مختلف در اطراف مزارع خود نموده‌اند. به‌طورکلی، چهار نوع سیستم

به بررسی تغییرات کاربری و پوشش اراضی منطقه بوستانلیک تاشکند نمودند. با اجرای عملیات طبقه‌بندی نظارت شده تحت الگوریتم حداکثر احتمال بر روی تصاویر سنجنده TM (۱۹۸۹) و سنجنده OLI لندست ۸ (۲۰۱۷)، شش طبقه کاربری شامل پوشش برفی، خاک بدون پوشش، اراضی جنگل، آب، ساختمان و اراضی کشاورزی از یکدیگر تفکیک گردید. در این پژوهش، روش مقایسه بعد از طبقه‌بندی برای پایش تغییرات کاربری و پوشش اراضی در طی یک دوره ۲۸ ساله به‌کار گرفته شد و تغییرات مساحت آشکاری در بخش اراضی جنگلی، ساختمان، اراضی بدون پوشش و مناطق دارای پوشش برفی مشاهده گردید. پژوهشگران این مطالعه، استفاده از عملیات طبقه‌بندی نظارت شده و بهره‌گیری از روش مقایسه بعد از طبقه‌بندی را در تهیه نقشه‌های کاربری و پوشش اراضی و پایش تغییرات آن‌ها را مناسب ارزیابی نموده‌اند.

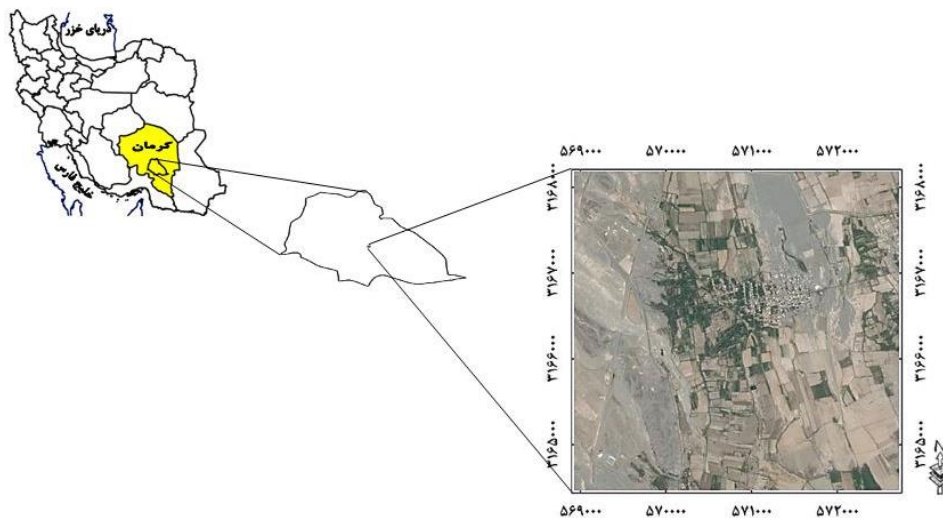
رفعیان و همکاران (۱۳۸۵) با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای لندست و به روش طبقه‌بندی نظارت شده، پوشش‌های درختی جنگل‌های شمال کشور را جداسازی و تغییرات گستره جنگلی را بررسی نمودند. مظاهری و همکاران (۱۳۹۲) به پایش تغییرات کاربری اراضی منطقه جیرفت با استفاده از تصاویر سنجنده‌های TM و ETM+ ماهواره لندست پرداختند. در این بررسی از روش طبقه‌بندی نظارت شده در تفکیک چهار کاربری مسکونی، اراضی زراعی، باغی و بایر استفاده شد و نقش این تصاویر در بررسی تغییرات کاربری اراضی مثبت ارزیابی گردید. محمدیاری و همکاران (۱۳۹۳) از اطلاعات باندهای ماهواره‌ای سنجنده‌های ETM+ و OLI لندست در تهیه نقشه پوشش‌گیاهی و بررسی تغییرات پوشش‌گیاهی شهرستان بهبهان استفاده نمودند. در این بررسی برای تفکیک پوشش‌گیاهی از شاخص اختلاف نرمال پوشش گیاهی<sup>۱</sup> استفاده شد. شهرستان جیرفت در جنوب‌شرقی استان کرمان دارای شرایط بسیار مساعدی برای کشت

<sup>۱</sup> Normalized Difference Vegetation Index (NDVI)

که در محدوده طول ۵۶۹۰۰۰ تا ۵۷۲۷۰۰ متر شرقی و عرض ۳۱۶۴۴۸۰ تا ۳۱۶۸۱۷۰ متر شمالی واقع گردیده است (شکل ۱). این منطقه با احداث بادشکن‌های درختی تحت سیستم اگروفارستری زراعت جنگلکاری، در طی ۲۲ سال گذشته توانسته است سطح اراضی تحت کشت و در نتیجه میزان تولیدات کشاورزی خود را افزایش دهد.

اگروفارستری در منطقه جیرفت شامل ۱- سیستم زراعت جنگلکاری ۲- سیستم جنگلکاری مرتعداری ۳- سیستم زراعت، جنگلکاری، مرتعداری و ۴- سیستم زراعت، جنگلکاری، مرتعداری و پرورش ماهی و حیوانات گزارش شده است (امیری و درینی، ۱۳۹۳).

بخش مطالعاتی معروف به باغبانویه، به وسعت ۱۴۰۰/۵ هکتار یکی از روستاهای شهرستان جیرفت است



شکل ۱- موقعیت منطقه مطالعاتی

فاصله زمانی و نیز یکسان بودن زمان بررسی تصاویر در نظر گرفته شد و به منظور جداسازی پوشش بادشکن درختی از تصویر لندست ۸ سال ۲۰۱۴ در ماه جولای مصادف با زمان برداشت و آیش اراضی کشاورزی استفاده گردید. در جدول (۱) مشخصات تصاویر مورد استفاده ارائه شده است.

#### داده‌های سنجنده از دور

به منظور بررسی تغییرات پوشش گیاهی شامل اراضی کشاورزی و بادشکن‌های درختی منطقه مطالعاتی، از تصاویر سنجنده‌های TM و OLI\_TIRS به ترتیب مربوط به ماهواره‌های لندست ۵ و ۸ در سال‌های ۱۹۹۲ و ۲۰۱۴ معادل با سال‌های ۱۳۷۱ و ۱۳۹۳ شمسی استفاده گردید. در انتخاب تصاویر، دارا بودن کیفیت بالا و حداکثر

جدول ۱- مشخصات تصاویر ماهواره‌ای مورد استفاده

سنجنده	سکو	تاریخ میلادی	تاریخ شمسی	گذر	ردیف	قدرت تفکیک مکانی (متر)
TM	لندست ۵	۱۹۹۲/۴/۲۸	۱۳۷۱/۰۲/۰۸	۱۵۹	۴۰	۳۰
OLI_TIRS	لندست ۸	۲۰۱۴/۴/۲۵	۱۳۹۳/۰۲/۰۵	۱۵۹	۴۰	۳۰
OLI_TIRS	لندست ۸	۲۰۱۴/۷/۳۰	۱۳۹۳/۰۵/۰۸	۱۵۹	۴۰	۳۰

## پردازش و طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای

در اولین گام از پژوهش، تصاویر ماهواره لندست ۸ در محیط نرم افزار ENVI، تصحیح رادیومتریک و هندسی شد. با توجه به قدرت تفکیک مکانی بالاتر تصاویر باند پانکروماتیک ماهواره لندست نسبت به سایر باندهای این تصویر، عملیات ادغام‌سازی<sup>۱</sup> تصویر، تحت روش Brovey و الگوریتم نزدیک‌ترین همسایه، بر روی تصاویر ماهواره‌ای، به منظور افزایش دقت استخراج پوشش درختی و اراضی کشاورزی، قبل از اجرای عملیات‌های پردازش و طبقه‌بندی پوشش اراضی، انجام شد. در ادامه از تکنیک‌های بارزسازی تصاویر، نظیر ترکیب‌های رنگی و شاخص اختلاف نرمال پوشش گیاهی (NDVI) برای آشکارسازی و استخراج هرچه کامل‌تر اطلاعات از داده‌های ماهواره‌ای، بهره گرفته شد و به ترتیب ترکیب رنگی ۷۴۳ و ۷۵۴ به عنوان مناسب‌ترین ترکیب رنگی جهت جداسازی پوشش و کاربری اراضی در تصویر سنجنده TM و ماهواره لندست ۸ استفاده گردید. با انجام بازدید میدانی و استفاده از اطلاعات جانبی نظیر تصاویر حاصل از گوگل ارث و معرفی نمونه‌های تعلیمی مناسب به عنوان نماینده صحیحی از مشخصات طیفی طبقات پوشش و کاربری اراضی، کاربری‌های موجود در منطقه با استفاده از روش طبقه‌بندی نظارت‌شده و الگوریتم حداکثر احتمال، در سه طبقه اراضی کشاورزی، بادشکن‌های درختی و سایر اراضی، معرفی گردید. نظر به اینکه زمان برداشت محصولات کشاورزی، مناسب‌ترین زمان برای تفکیک پوشش درختی از پوشش زراعی است؛ به منظور تفکیک بهتر پوشش درختی از اراضی کشاورزی، ابتدا تصویر ماهواره لندست ۸ مربوط به ماه جولای مورد عملیات طبقه‌بندی نظارت‌شده قرار گرفت. براین اساس تصویر مذکور به دلیل هم‌زمانی با فصل برداشت، در اکثر اراضی کشاورزی منطقه مورد مطالعه، تفکیک پوشش درختی مناسبی را نسبت به پوشش زراعی نشان داد. برای افزایش دقت در استخراج پوشش-

گیاهی، شاخص گیاهی NDVI و کاربری حاصل از نقشه طبقه‌بندی نظارت‌شده، مقایسه و بهترین لایه اطلاعاتی از پوشش گیاهی استخراج شد.

با توجه به فرارگیری شاخص NDVI در محدوده ارزشی ۱- تا ۱، با اجرای روش آزمون و خطا در تعیین حدود آستانه متفاوت، مناسب‌ترین حد آستانه در تفکیک پوشش گیاهی شامل اراضی کشاورزی و بادشکن درختی معرفی شد. این حد آستانه در معرفی پوشش گیاهی در تمامی تصاویر ۰/۱۵ تا ۰/۵۳ معرفی گردید.

برای ارزیابی نمونه‌های تعلیمی در تمامی طبقات کاربری، نمودارهای حاصل از متوسط مقادیر عددی نمونه‌های تعلیمی مربوط به هر کاربری، در محور مختصات واحد، بررسی گردید، چنانچه نمودار هر کاربری تداخلی با نمودار سایر کاربری‌ها نداشت، آن کاربری به طور صحیح تفکیک شده است. همچنین به منظور ارزیابی کمی تفکیک‌پذیری طبقات، از پارامتر آماری شاخص واگرایی تبدیل‌شده استفاده گردید. این شاخص یک واریانس فاصله وزنی، بین میانگین طبقات می‌باشد که مقدار آن بین ۰ تا ۲۰۰۰ متغیر است. شاخص واگرایی بالاتر، بیانگر فاصله آماری بیشتر بین نمونه‌های تعلیمی و در نتیجه احتمال طبقه‌بندی صحیح‌تر طبقات کاربری است. مقادیر کمتر از ۱۵۰۰ برای این پارامتر نشان‌دهنده تفکیک‌پذیری پایین و تداخل خصوصیت نمونه‌های تعلیمی بین کلاس‌ها است (لیلیسند و کیفر، ۲۰۰۰). در نهایت طبقه کاربری بادشکن به بخش پوشش- گیاهی تصویر طبقه‌بندی شده حاصل از لندست ۸ مربوط به ماه آوریل تحت فرمان همپوشانی<sup>۲</sup> اضافه گردید و نقشه کاربری اراضی استخراج شد.

## برآورد صحت نقشه‌های پوشش اراضی

پس از تولید نقشه‌های پوشش اراضی، عملیات ارزیابی صحت با محاسبه ماتریس خطا صورت پذیرفت. نقاط کنترل زمینی به طور تصادفی از طریق بازدید میدانی،

<sup>۲</sup> Overlay<sup>۱</sup> Fusion

پوشش اراضی در آن‌ها تغییر نموده است، مشخص می‌گردد. در نهایت، شش حالت در تغییرات پوشش اراضی منطقه مورد مطالعه، بعد از گذشت ۲۲ سال به صورت، پیکسل‌های ثابت کشاورزی به کشاورزی، بدون پوشش به بدون پوشش و پیکسل‌های متغیر شامل تبدیل اراضی بدون پوشش به کشاورزی، اراضی کشاورزی به بادشکن، اراضی بدون پوشش به بادشکن و اراضی کشاورزی به مناطق بدون پوشش مشاهده گردید.

در روش مقایسه بعد از طبقه‌بندی، تصاویر مربوط به زمان‌های متفاوت به‌طور مجزا طبقه‌بندی و کدگذاری و با مقایسه نتایج حاصل از طبقه‌بندی، سطح تغییرات مشخص شد. این روش می‌تواند به‌عنوان راهی میان‌بر برای غلبه بر دشواری‌های حاصل از بررسی تغییرات در آنالیز تصاویر بدست آمده از زمان‌های متفاوت و یا با سنجنده‌های مختلف در نظر گرفته شود (لونت و دی‌لویج، ۱۹۹۹). از دیگر مزایای استفاده از روش مقایسه بعد از طبقه‌بندی می‌توان به حداقل کردن اثرات اتمسفری و تفاوت‌های سنجنده و اختلافات محیطی بین تصاویر چند زمانه و فراهم نمودن ماتریس کاملی از تغییرات اشاره نمود، در حالی که حساسیت زیاد به صحت طبقه‌بندی‌های جداگانه برای هر تصویر از نقاط ضعف این روش می‌باشد (لو و همکاران، ۲۰۰۴؛ کاستلنا و همکاران، ۲۰۰۷)؛ بنابراین، در صورتی که تصاویر طبقه‌بندی شده دارای صحت زیاد و قابل قبول باشند، اجازه استفاده از روش مقایسه بعد از طبقه‌بندی برای ارزیابی تغییرات داده می‌شود (کاستلنا و همکاران، ۲۰۰۷).

## نتایج

### نقشه پوشش اراضی

نقشه پوشش اراضی حاصل از تصویر سنجنده TM شامل اراضی بدون پوشش گیاهی و اراضی کشاورزی (شکل ۲ الف) و نقشه پوشش اراضی حاصل از سنجنده لندست ۸ شامل سه طبقه اراضی کشاورزی، بادشکن درختی و مناطق بدون پوشش (شکل ۲ ب) با صحت قابل قبول ارائه گردید (جدول ۲). برطبق نتایج

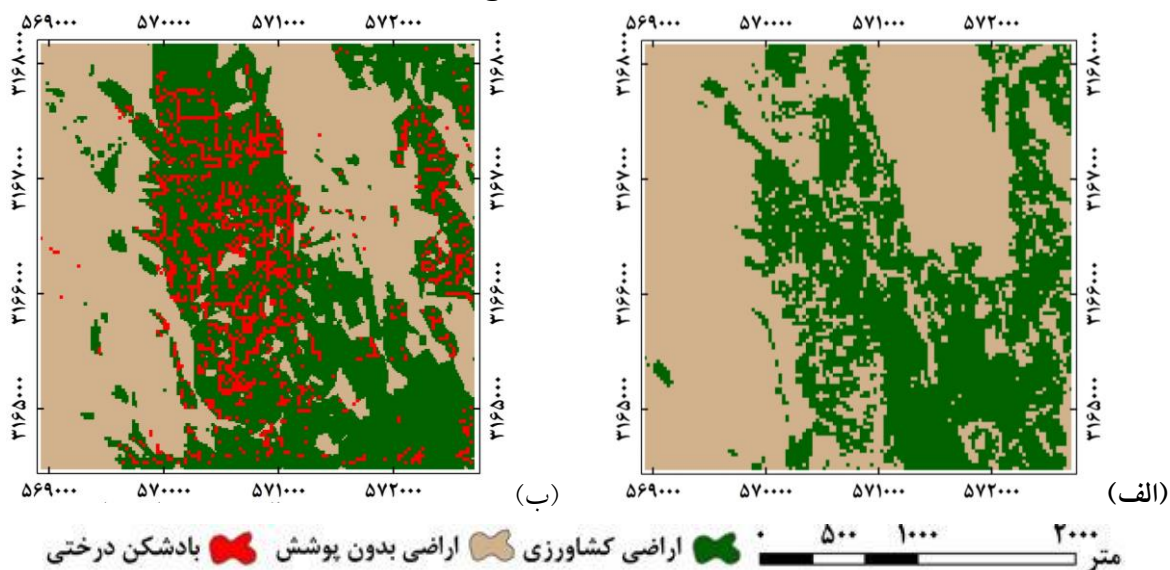
نقشه‌های توپوگرافی، عکس‌های هوایی و تصویر گوگل ارث به عنوان داده‌های مرجع برداشت گردید. صحت کلی، ضریب کاپا، خطای حذف، خطای اضافه، صحت کاربر و صحت تولیدکننده برای هر یک از نقشه‌های تولیدی محاسبه شد. برطبق بررسی‌های به‌عمل آمده، تعداد نقاط کنترلی مورد نیاز برای ارزیابی صحت طبقه‌بندی حداقل ۵۰ عدد است که این میزان نسبت به وسعت و اهمیت کاربری موردنظر قابل تغییر می‌باشد (لیلسند و کیفر، ۲۰۰۰). در بررسی حاضر، با توجه به هم‌زمانی تصویر ماهواره لندست ۸ با زمان انجام پژوهش، عملیات میدانی با استفاده از سامانه GPS در منطقه مطالعاتی انجام و ۱۲۹ نقطه کنترلی زمینی به صورت تصادفی برداشت گردید. در نقشه حاصل از سنجنده TM، با استفاده از نقشه‌های توپوگرافی و عکس‌های هوایی موجود دارای فاصله زمانی نزدیک به سال نقشه کاربری تهیه شده، ۱۰۷ نقطه کنترلی به صورت تصادفی استخراج شد.

### استخراج و تهیه نقشه تغییرات اراضی کشاورزی

به‌منظور آشکارسازی تغییرات سطح اراضی کشاورزی، عملیات شناسایی تغییرات به روش مقایسه بعد از طبقه‌بندی انجام شد. این روش بر مبنای تفریق نقشه تولیدی پوشش اراضی سال ۱۹۹۲ از نقشه تولیدی سال ۲۰۱۴ عمل می‌نماید؛ بنابراین در خروجی نقشه نهایی، سه مقدار متمایز یک، صفر و منهای یک ارائه می‌گردد. این مقادیر بیانگر تغییرات ثابت، افزوده و یا کاهش یافته در دوره مورد مطالعه است. به‌طوری‌که ارزش یک نشان‌دهنده تغییرات پوشش اضافه شده، ارزش منهای یک نشان‌دهنده پوشش حذف شده از منطقه و ارزش صفر، نمایانگر مناطق بدون تغییر در پوشش اراضی می‌باشند. در شکل (۳) مجموع تغییرات رخ داده شده در طی ۲۲ سال بررسی تغییرات، با مقایسه پیکسل به پیکسل نقشه‌های حاصل از دو زمان مورد بررسی با بهره‌گیری از نرم افزار IDRISI، ارائه شده است. در مقایسه پیکسل‌های دو نقشه مذکور، پیکسل‌هایی که پوشش اراضی در آن‌ها ثابت مانده و یا

احداث بادشکن‌های درختی، سطح تولید منطقه با افزایش سطح زیر کشت، افزایش یافته است.

بدست آمده، در طی ۲۲ سال گذشته، سطح اراضی کشاورزی افزایش یافته است. این درحالی است که با



شکل ۲- نقشه پوشش اراضی حاصل از سنجنده TM (۱۹۹۲) (الف) و OLI\_landsat8 (۲۰۱۴) (ب) با استفاده از روش طبقه بندی نظارت شده

در جدول (۲) مقدار خطای اضافه که طبق تعریف، طبقه بندی ناصحیح پیکسل‌ها در کلاسی است که واقعاً به آن تعلق ندارند و همچنین مقدار خطای حذف که مربوط به پیکسل‌هایی است که به کلاس معین تعلق دارند ولی جزء آن کلاس طبقه بندی نشده‌اند، ارائه گردیده است. در کاربری اراضی کشاورزی حاصل از تصویر سنجنده OLI لندست ۸، مقدار خطای اضافه ۱۵/۲۲ درصد و خطای حذف ۱۱/۳۶ درصد است که نشان‌دهنده طبقه بندی نادرست آن در کاربری اراضی بدون پوشش و کاربری پوشش درختی است. این موضوع می‌تواند به دلیل وجود شباهت‌های طیفی کاربری‌های کشاورزی و پوشش درختی با یکدیگر باشد.

مقادیر شاخص NDVI در دامنه عددی ۱- و +۱ قرار گرفته است و هرچه این شاخص به سمت یک متمایل شود بیانگر حضور پوشش گیاهی متراکم است. ابرها، برف و آب در شاخص NDVI با مقادیر منفی مشخص می‌شوند و سنگ و اراضی بایر دارای مقادیر نزدیک به صفر هستند. هر اندازه فاصله شاخص یک پیکسل از میزان اندازه خاک بیشتر باشد، تراکم بیشتر پوشش گیاهی را در آن منطقه نشان داده و از نظر بصری پیکسل‌های تشکیل دهنده آن روشنایی بیشتری را دارند (کاسترو و دو آمارال، ۲۰۱۷).

صحت نقشه‌های تولیدی در تصاویر TM و لندست ۸ به ترتیب ۹۱/۶٪ و ۹۰/۷٪ و ضریب کاپای کلی به ترتیب ۰/۸۳ و ۰/۸۶ برآورد گردید (جدول ۲). همچنین



جدول ۲- مساحت پوشش اراضی حاصل از آنالیز داده‌های سنجنده‌های مختلف

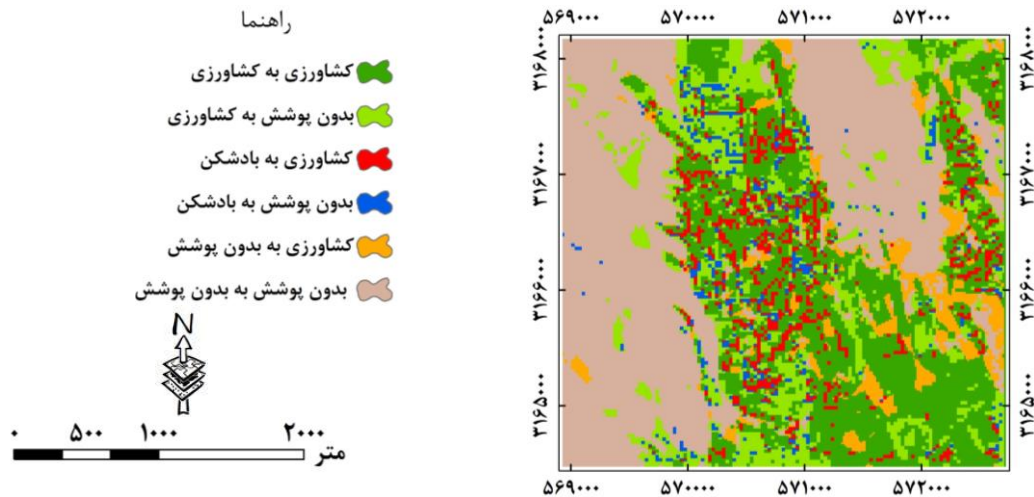
کاپای کلی	بادشکن درختی	TM-۱۹۹۲		
		اراضی بدون پوشش	اراضی کشاورزی	پوشش اراضی
		۸۴۴/۹۴	۵۵۵/۵۶	مساحت (ha)
	-	۶۰/۳	۳۹/۷	مساحت (%)
۰/۸۳	-	۹۱/۳۸	۹۱/۸۴	صحت کاربر (%)
	-	۹۲/۹۸	۹۰	صحت تولیدکننده (%)
	-	۷/۰۲	۱۰	خطای حذف (%)
صحت کلی	-	۸/۶۲	۸/۱۶	خطای اضافه (%)
%۹۱/۶	-	۰/۸۲	۰/۸۵	ضریب کاپا
کاپای کلی		OLI_Landsat8-۲۰۱۴		
		۶۵۹/۵۷	۶۱۲/۳۶	مساحت (ha)
		۹/۲	۴۳/۷	مساحت (%)
۰/۸۶		۹۴/۲۳	۸۴/۷۸	صحت کاربر (%)
		۹۴/۲۳	۸۸/۶۴	صحت تولیدکننده (%)
		۵/۷۷	۱۱/۳۶	خطای حذف (%)
صحت کلی		۵/۷۷	۱۵/۲۲	خطای اضافه (%)
%۹۰/۷	۰/۹۰	۰/۹۱	۰/۷۷	ضریب کاپا

گردیده است با این وجود بادشکن‌های درختی نیز به- عنوان پوشش گیاهی به‌شمار آمده و فضای بین درختان نیز تحت تأثیر سیستم آگروفارستری به‌کار رفته در منطقه، توسط پوشش‌های زراعی اشغال شده است؛ بنابراین در مجموع افزایش سطح اراضی تحت کشت در منطقه مشاهده گردید (شکل ۳)، این در حالی است که در سال ۱۹۹۲، بادشکن‌های درختی در منطقه وجود نداشته و تمامی سطح توسط پوشش زراعی اشغال شده بود (شکل ۲). سطح اراضی زراعی با مساحت ۵۵۶ هکتار در سال ۱۹۹۲ به ۶۱۲ هکتار در سال ۲۰۱۴ رسید. مجموع سطح پوشش درختی و پوشش زراعی، در قالب سطح اراضی کشاورزی منطقه، ۷۴۱ هکتار بود؛ بنابراین، در طی ۲۲ سال مطالعاتی، ۱۸۵ هکتار بر سطح اراضی کشاورزی منطقه افزوده شد. در جدول (۳) سطح تغییرات کاربری- های اراضی منطقه مطالعاتی ارائه شده است.

همان‌گونه که ضریب کاپای مربوط به بادشکن- های درختی نشان می‌دهد (جدول ۲)، استفاده از تصاویر ماهواره‌ای با زمان مناسب، یعنی زمانی که منطقه فاقد پوشش زراعی بر روی اراضی است، نقش مؤثری در تفکیک بهتر پوشش درختی از سایر پوشش‌های گیاهی خواهد داشت. بر این اساس تصاویر ماهواره‌ای با قدرت تفکیک متوسط نیز قادر به تفکیک پوشش درختی از پوشش‌های زراعی می‌باشند.

#### آشکارسازی تغییرات

تغییرات پوشش اراضی منطقه مطالعاتی در ۲۲ سال گذشته نتایج حاصل از شناسایی تغییرات پوشش اراضی در طی دوره مطالعاتی بیانگر افزایش سطح درونی و بیرونی اراضی کشاورزی است. هرچند که بخشی از سطح اراضی کشاورزی توسط بادشکن‌های درختی اشغال



شکل ۳- تغییرات پوشش اراضی در طی دوره مطالعاتی (۱۹۹۲-۲۰۱۴)

جدول ۳- تغییرات مساحتی کاربری های اراضی منطقه مطالعاتی در طی دوره ۲۲ ساله

تغییرات کاربری	مساحت تغییرات (ha)	درصد سطح تغییرات	روند تغییرات کاربری
اراضی کشاورزی ← اراضی کشاورزی	۳۸۵/۳۳	۶۹/۳۶	بدون تغییر
اراضی بدون پوشش ← اراضی کشاورزی	۲۲۷/۰۳	۲۶/۹	افزایش پوشش گیاهی
اراضی کشاورزی ← بادشکن درختی	۸۵/۵۵	۱۵/۴	تغییر در نوع پوشش گیاهی
اراضی بدون پوشش ← بادشکن درختی	۴۳/۰۲	۵/۱	افزایش پوشش گیاهی
اراضی کشاورزی ← اراضی بدون پوشش	۸۴/۶۷	۱۵/۲۴	کاهش پوشش گیاهی
اراضی بدون پوشش ← اراضی بدون پوشش	۵۷۴/۹	۶۸	بدون تغییر

### پیشنهادات ترویجی

در پژوهش حاضر، میزان تغییرات سطح زیر کشت اراضی زراعی، در زمان قبل و بعد از بکارگیری سیستم آگروفارستری در قالب احداث بادشکن های درختی در شهرستان جیرفت، با استفاده از پایش تصاویر ماهواره ای، بررسی گردید. بر طبق نتایج به دست آمده ۵/۱٪ از اراضی بدون پوشش و ۱۵/۴٪ از اراضی کشاورزی، برای احداث بادشکن درختی اشغال شده است و ۲۶/۹٪ از اراضی بدون پوشش تبدیل به اراضی کشاورزی شده اند که با کسر ۱۵/۲۴٪ کاهش پوشش گیاهی و تبدیل این اراضی به اراضی بدون پوشش، در حدود ۱۱/۷٪ افزایش در سطح اراضی کشاورزی منطقه وجود دارد.

بررسی ها نشان می دهد که بیشترین تغییر کاربری اراضی در منطقه جیرفت بر روی اراضی کشاورزی است؛ به طوری که از وسعت اراضی بایر کاسته و به سطح

اراضی کشاورزی و مسکونی افزوده شده است (مظاهری و همکاران، ۱۳۹۲). به طوری که کنترل فرسایش بادی، حفاظت از خاک (امیری و خنامانی، ۱۳۹۳)، افزایش توان تولید و توان اکوسیستم های ایجاد شده در بهره برداری از شرایط محیطی، کشاورزان را به استفاده از این سیستم ترغیب نموده است.

از نتایج کاربردی مطالعات پایش تغییرات پوشش/کاربری اراضی، ارائه تغییرات مثبت و یا منفی یک منطقه در قالب نقشه های موضوعی است. ارائه نقشه های مذکور و تحلیل نتایج آن در اتخاذ تصمیمات کارآمد مدیریتی برای ترغیب و یا کنترل و کاهش فعالیت های موجود در یک منطقه، افزایش بهره وری و استفاده از پتانسیل های محدود مطالعاتی و اشاعه نتایج مدیریتی آن در مناطق مشابه دیگر، گامی مهم و مؤثر است. در پژوهش حاضر، نقشه تغییرات پوشش اراضی نشان داد، با وجود اینکه بکارگیری سیستم آگروفارستری به صورت کاشت

بهینه اراضی و توسعه پایدار کشاورزی را نشان داد که موجب ترغیب بخش کشاورزی به استفاده از این سیستم شده است؛ با این وجود در اجرای این روش، لازم است که سطح سواد، دانش کشاورزی پایدار، تعداد نیروی کار خانوادگی، مشارکت اجتماعی، مالکیت خصوصی و نظام دام - زراعت (اگروفارستری)، به عنوان متغیرهای مثبت و تأثیرگذار بر کشاورزی پایدار مورد توجه قرار گیرد. در پایان پیشنهاد می‌گردد که: برای بررسی بهتر عملکرد سیستم اگروفارستری در شهرستان جیرفت، آماربرداری از نوع محصولات زیرکشت و میزان تولید سطح زیرکشت برای تعیین تولید خالص و میزان مازاد محصولات کشاورزی این منطقه انجام پذیرد. با توجه به کاهش نزولات جوی و بروز خشکسالی‌های طولانی مدت کشور و در نتیجه، افزایش سطح برداشت آب‌های زیرزمینی در طی سال‌های اخیر، روش‌های نوین در آبیاری، تغییرات مناسب در الگوی کشت در کنار بهره‌گیری از سیستم اگروفارستری توصیه می‌گردد.

به منظور احداث بادشکن در اطراف اراضی زراعی، استفاده از تصاویر با قدرت تفکیک مکانی بالاتر برای تعیین مناسب‌ترین جهت‌ها و ردیف‌های درختی و در ادامه، تعیین مناسب نوع گونه درختی، متناسب با شرایط منطقه مورد اجرا، پیشنهاد می‌گردد تا بدین وسیله، علاوه بر افزایش دقت، در زمان، در هزینه بررسی مطالعات، در سطوح وسیع نیز صرفه‌جویی به عمل آید.

درخت در اطراف مزارع، باعث گردیده تا بخشی از سطح اراضی کشاورزان توسط درختان اشغال گردد، اما بخش زیادی از اراضی بایر اطراف مزارع با بکارگیری سیستم مذکور و ایجاد شرایط مساعد، قابلیت کشت و تولید محصولات زراعی را یافته‌اند.

از مزایای بهره‌گیری از تکنیک‌های سنجش از دور در مطالعات پایش تغییرات پوشش و کاربری اراضی، صرفه‌جویی در هزینه، وقت و افزایش دقت، در سطوح وسیع مطالعاتی است. با این وجود، توجه به تأیید صحت نقشه‌های تولیدی، در ارزیابی نتایج به دست آمده نقش بسزایی دارد (مخدوم و همکاران، ۱۳۸۶؛ کاستلنا و همکاران، ۲۰۰۷). از اینرو، صحت بالای ۸۵٪ و ضریب کاپای بیش از ۸۲٪ در نقشه‌های حاصل از طبقه‌بندی نظارت شده برای پایش تغییرات کاربری و پوشش اراضی توصیه می‌گردد (مظاهری و همکاران، ۱۳۹۲).

از موانع تهیه نقشه‌های کاربری/پوشش اراضی، تفکیک مناطق دارای ویژگی‌های طیفی مشابه مانند تفکیک انواع پوشش گیاهی و یا تفکیک اراضی بایر از اراضی آیش و بدون پوشش است؛ بنابراین، انتخاب زمان مناسب بکارگیری تصاویر ماهواره‌ای، در تفکیک این پوشش و کاربری‌ها، اهمیت دارد. در پژوهش حاضر نیز، انتخاب تصاویر ماهواره‌ای در زمان مناسب، افزایش صحت و دقت تفکیک پوشش‌های زراعی و درختی را به همراه داشت.

در پژوهش حاضر، نقشه پوشش اراضی سال ۲۰۱۴، عملکرد مثبت سیستم اگروفارستری در مدیریت

#### فهرست منابع

۱. امیرنژاد، ح.، عمویی، ع. و مجاوریان، س. م. ۱۳۹۸. پیامدهای تغییر اقلیم در کشاورزی و ارتباط آن با رانت شالیکاران (مطالعه موردی استان مازندران). فصلنامه علمی - پژوهشی تحقیقات اقتصاد کشاورزی، ۱۱(۴۱): ۱۴۸-۱۳۱.
۲. امیری، ا. و خنامانی، ع. ۱۳۹۳. نقش اگروفارستری در مناطق خشک با تأکید بر بادشکن زنده (مطالعه موردی: منطقه جیرفت). اولین همایش ملی کشاورزی، محیط زیست و امنیت غذایی، دانشگاه جیرفت.

۳. امیری، ا. و درینی، ج. ۱۳۹۳. شناسایی و ثبت سیستم‌های آگروفارستری موجود در منطقه جیرفت. اولین همایش ملی کشاورزی، محیط زیست و امنیت غذایی، دانشگاه جیرفت.
۴. رفیعیان، ا.، ع.ا. درویش صفت و م. نمیرانیان. ۱۳۸۵. تعیین تغییرات گستره جنگل‌های شمال کشور بین سال‌های ۷۳ تا ۸۰ با استفاده از تصاویر سنجنده ETM+ (مطالعه موردی در جنگل‌های بابل). علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، ۱۰(۳(ب)): ۲۷۷-۲۸۶.
۵. عادل‌ساردویی، م.، ب. حیاتی، ش. ظریفیان و س.د. حسینی نسب. ۱۳۹۰. عوامل مؤثر بر پایداری عملیات کشاورزی در شهرستان جیرفت (مطالعه موردی محصولات: پیاز، سیب زمینی و گوجه فرنگی). نشریه اقتصاد و توسعه کشاورزی (علوم و صنایع کشاورزی)، ۲۵(۴): ۴۶۸-۴۵۹.
۶. گودرزیان، پ.، س.ی. عرفانی فرد و ح. صادقی. ۱۳۹۲. شناسایی و طبقه‌بندی سامانه‌های آگروفارستری موجود در استان فارس (مطالعه موردی: شهرستان کازرون). نشریه دانش کشاورزی و تولید پایدار، ۲۳(۱): ۷۰-۵۵.
۷. متین خواه، س.ح. ۱۳۸۲. بررسی سیستم‌های موجود آگروفارستری و روشهای اصلاح آن در زاگرس (مطالعه موردی در استان کهگیلویه و بویراحمد). رساله دکتری جنگلداری. دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی نور، دانشگاه تربیت مدرس، ۴۰۳ صفحه.
۸. محمدیاری، ف.، ح.ر. پورخباز، م. توکلی و ح. اقدر. ۱۳۹۳. تهیه نقشه پوشش گیاهی و پایش تغییرات آن با استفاده از تکنیک‌های سنجنش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی (مطالعه موردی: شهرستان بهبهان). فصلنامه علمی - پژوهشی اطلاعات جغرافیایی (سپهر)، ۲۳(۹۲): ۳۴-۲۳.
۹. مخدوم، م.، درویش صفت، ع.ا.، جعفرزاده، ه. و مخدوم، ع. ۱۳۸۶، ارزیابی و برنامه‌ریزی محیط زیست با سامانه‌های اطلاعات جغرافیایی (GIS)، انتشارات دانشگاه تهران.
۱۰. مظاهری، م.ر.، م. اسفندیاری، م.ح. مسیح آبادی و ا. کمالی. ۱۳۹۲. پایش تغییرات زمانی کاربری اراضی با استفاده از تکنیک‌های سنجنش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی (مطالعه موردی: جیرفت، استان کرمان). کاربرد سنجنش از دور و GIS در علوم منابع طبیعی، ۴(۲): ۳۹-۲۵.
11. Anonymous, 2010, Design Guidelines for Farmyard, Field, Roadside, Livestock, Wildlife, Riparian Buffer Plantings on the Prairies. Agriculture and Agri-Food Canada, Agri-Environment Services Branch, Agroforestry Development Centre, Shelterbelts , Her Majesty the Queen in Right of Canada.
12. Allison E W. 1989. Monitoring drought affected vegetation with AVHRR Digest, International Geoscience and Remote Sensing Symposium, 4: 1965-1967.
13. Barkhordar, F., and Mohammadinejad, A. 2018. Factors Influencing Growth of Crop Production and Horticulture Subsectors in Iran. Agricultural Economics Research, 10(38), 15-32.
14. Brandle J.R., Hodges L., and Stuthman J. 1995. Windbreaks and specialty crops for greater profits .in Agroforestry and Sustainable Systems: Symposium Proceedings. R.W.J. (ed.). Editor. USDA For. Serv. Gen. Tech. Rpt. RM-GTR-261. 81-91.
15. Brandle J.R., Hodges L., and Zhou X H. 2004. Windbreaks in North American Agricultural Systems, Agroforestry Systems, 61: 65-78.
16. Cable T. 1999. Nonagricultural benefits of windbreaks in Kansas. Great Plain Res, A J Nat Soc Sci, 417: 41-55.

17. Campi P., Palumbo A.D., and Mastroianni M. 2009. Effects of tree windbreak on microclimate and wheat productivity in Mediterranean environment, *Europ J. Agronomy*, 30: 220-227.
18. Campi P., Palumbo A.D., and Mastroianni M. 2012. Evapotranspiration estimation of crops protected by windbreak in a Mediterranean region, *Agricultural Water Management*, 104: 153-162.
19. Castellana L., D'Addabbo A., and Pasquariello G. 2007. A composed supervised\_unsupervised approach to improve change detection from remote sensing, *Pattern Recognition Letters*, 28(4): 405-413.
20. Castro, A. L., and do Amaral, A. C. 2017. Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) analysis for evaluation of forest fires in the summer of 2016 in Portugal.
21. De Giusti, G., Kristjanson, P., and Rufino, M. C. 2019. Agroforestry as a climate change mitigation practice in smallholder farming: evidence from Kenya. *Climatic Change*, 153(3), 379-394.
22. Dollinger, J., and Jose, S. 2018. Agroforestry for soil health. *Agroforestry Systems*, 92(2), 213-219.
23. Ghimire K., Dulin M.W., Atchison R.L., Goodin D.G., and Hutchinson J.M.S. 2014. Identification of windbreaks in Kansas using object-based image analysis, GIS techniques and field survey, *Agroforest Syst* (Published online: 01 August 2014).
24. Juliev, M., Pulatov, A., Fuchs, S., and Hubl, J. 2019. Analysis of Land Use Land Cover Change Detection of Bostanlik District, Uzbekistan. *Polish Journal of Environmental Studies*, 28(5), 3235–3242.
25. Kort J. 1988. Benefits of windbreaks to field and forage crops., *Agric Ecosyst Environ* 22/23: 165-190.
26. Liknes G.C., Perry C.H., and Meneguzzo D.M. 2010. Assessing Tree Cover in Agricultural Landscapes Using High-Resolution Aerial Imagery, *Journal of Terrestrial Observation*, 2(1): 38-55.
27. Lillesand T.M., and Kiefer R.W. 2000. remote sensing and image interpretation. New York, John Wiley and Sons.
28. Lu D., Mausel P., Brondizio E., and Moran E. 2004. Change detection techniques, *INT. J. Remote Sensing*, 25(12): 2365–2407.
29. Lunetta R.s., and D.Elvidge C. 1999. Remote sensing change detection(Environmental Monitoring Methodes and Applications). Taylor & Francis Ltd.
30. Markwitz, C., Knohl, A., and Siebicke, L. 2018. Evapotranspiration over agroforestry systems in Germany and microclimatic effects. Paper presented at the 20th EGU General Assembly, Vienna, Austria.
31. Oliveira F.S.C., Kampel M., and Amaral S. 2008 Multitemporal assessment of the geomorphologic evolution of the Restinga of Marambaia, Rio de Janeiro, Brazil, *International Journal of Remote Sensing*, 29: 5585-5594.
32. Pinho, R. C., Miller, R. P., and Alfaia, S. S. 2012. Agroforestry and the Improvement of Soil Fertility: A View from Amazonia. *Applied and Environmental Soil Science*, 2012, 1-11.
33. Prasad R., and Mertia R.S. 2009. Tree windbreaks and their shelter benefits on farmland in arid region of western rajasthan, *Journal of soil and water conservation*, 8(4): 46-50.
34. Qiao C., Sun R., Xu Z., Zhang L., Liu L., Hao L., and Jiang G. 2015. A Study of Shelterbelt Transpiration and Cropland Evapotranspiration in an Irrigated Area in the Middle Reaches of the Heihe River in Northwestern China, *IEEE GEOSCIENCE AND REMOTE SENSING LETTERS*, 12(2): 369-373.

35. Rizvi, R., Newaj, R., Karmakar, P. S., Saxena, A., and Dhyani, S. 2016. Remote Sensing Analysis of Agroforestry in Bathinda and Patiala Districts of Punjab using Sub-pixel Method and Medium Resolution Data. *Journal of the Indian Society of Remote Sensing*, 44(4), 657–664.
36. Rong-xin D., Ying L., Shu-wen Z., Wen-juan W., and Xiao-liang S. 2011. Assessment of the effects of the shelterbelt on the soil temperature at regional scale based on MODIS data, *Journal of Forestry Research*, 22(1): 65–70.
37. Singh H.P., Kohli R.K., and Batish D.R. 1998. Effect of Poplar (*Populus deltoides*) shelterbelt on the growth and yield of wheat in Punjab, India, *Agroforestry Systems*, 40: 207-213.
38. Ucar T., and Hall F.R. 2001. Windbreaks as a pesticide drift mitigation strategy: a review., *Pest Management Science*, 57(8): 663-675.
39. Wenhui L., Jiaojun Z., Quanquan J., Xiao Z., Junsheng L., Xuedong L., and Lile H. 2014. Carbon Sequestration Effects of Shrublands in Three-North Shelterbelt Forest Region, China, *Chin. Geogra. Sci.*, 24(4): 444-453

# Monitoring Changes in Agricultural Land Area under Agroforestry Practices (A Case Study of Bagh-Baghoueyeh in Jiroft)

**H. Sodaeizadeh<sup>1</sup> and A. Jebali**

Associate Professor of Arid Land and Desert Management, Faculty of Natural Resources and Desert Studies,  
Yazd University, Yazd, Iran. [hsodaie@yazd.ac.ir](mailto:hsodaie@yazd.ac.ir)

PhD of Combating Desertification, Faculty of Natural Resources and Desert Studies, Yazd University, Yazd,  
Iran. [at.jebali@stu.yazd.ac.ir](mailto:at.jebali@stu.yazd.ac.ir)

**Received: June 2019, Accepted: January 2020**

## Abstract

Agroforestry systems have been introduced for sustainable development in response to the growing demand for food and the increasing need for proper exploitation of agricultural land. In the agroforestry system, rows of trees or shrubs established around farms create the microclimate conditions favorable to crop production. In this study, changes in the areas of cultivated land under an agroforestry system in Jiroft Plain, Iran, were studied using Landsat satellite images taken over a period of 22 years. For this purpose, the supervised classification method was used to identify two categories of land cover including cultivated land and bare land via Landsat TM sensor images as well as three categories of land cover including cultivated land, tree cover, and bare land via Landsat 8 images. The land cover changes over the 22-year study period were subsequently analyzed using the post-classification approach. Results revealed that windbreaks had been planted over 5.1% of the bare land and 15.4% of the agricultural land while 26.9% of the bare land had been transformed into farmland such that the area of agricultural land had risen from 556 ha in 1992 to 741 ha in 2014. Our findings indicate that proper management of the agroforestry system in the study area has led to the creation of conditions favorable to enhanced crop production. In order to make the most of the agroforestry system, high spatial resolution images should be used as tools toward determining the best tree species for use as windbreak and the best direction for their establishment both to achieve land conservation objectives and to create the conditions required for improved crop production.

**Keywords:** Windbreak, Agricultural production, Satellite image, Change detection

---

<sup>1</sup> - Corresponding author: Department of Arid Land and Desert Management, Faculty of Natural Resources and Desert Studies, Yazd University, Yazd, Iran.