



سنجش از دور

GIS ایران

سنجش از دور و GIS ایران سال هشتم، شماره چهارم، زمستان ۱۳۹۵
Iranian Remote Sensing & GIS Vol.8, No. 4, Winter 2017

۶۵-۷۸



بهبود طبقه‌بندی رقومی محصولات کشاورزی در تصاویر چندزمانه با استفاده از اطلاعات بافت در شهرستان قروه

علی‌اکبر متکان^۱، داوود عاشورلو^۲، حمید صالحی^{۳*}

۱. استاد مرکز مطالعات سنجش از دور و GIS، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی

۲. استادیار مرکز مطالعات سنجش از دور و GIS، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی

۳. کارشناس ارشد سنجش از دور و GIS مرکز مطالعات سنجش از دور و GIS، دانشکده علوم زمین،
دانشگاه شهید بهشتی

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۵/۱۲/۱

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۴/۴/۵

چکیده

مشخصه‌های استخراج‌شده از تصاویر ماهواره‌ای تک‌زمانه نمی‌تواند در طبقه‌بندی محصولات کشاورزی به صحت بالای طبقه‌بندی منتج شود؛ بدین سبب، استفاده از تصاویر چندزمانه و اطلاعات بافت این تصاویر در پژوهش حاضر بررسی شده است. این تحقیق تفکیک چهار محصول یونجه، گندم، سیب‌زمینی و خیار را در شهرستان قروه، با استفاده از تصویر تک‌زمانه و چندزمانه (ASTER & SPOT5)، بررسی می‌کند. این تحقیق هفت تصویر مربوط به هفت زمان متفاوت را بررسی کرده و با استفاده از جدول تفکیک‌پذیری، به این نتیجه رسیده که تصویر ۱۱ تیر بهترین تصویر تک‌زمانه و ترکیب ۱۱ تیر و ۲۱ مهر بهترین تصویر دوزمانه است. در تحقیق حاضر، از روش GLCM برای استخراج بافت استفاده شده است. برای استخراج شاخص‌های بافت از این روش، اندازه تقریبی پنجره با استفاده از واریوگرام تعیین شد و سپس شاخص‌های به‌دست‌آمده با باندهای طیفی تصویر تک‌زمانه و دوزمانه ترکیب شدند. سپس طبقه‌بندی با استفاده از انواع ترکیبات تصویر تک‌زمانه و دوزمانه و شاخص‌های گوناگون اجرا شد. در طبقه‌بندی طیفی بهترین تصویر تک‌زمانه (۱۱ تیر)، صحت کلی طبقه‌بندی حدود ۲۴٪ بیشتر از کمترین صحت طبقه‌بندی مربوط به تصویر ۱۰ مرداد (۷۶.۰۲٪ در برابر ۵۲.۲۸٪) به‌دست آمد. صحت طبقه‌بندی با استفاده از تصویر دوزمانه به حداکثر می‌رسد و با اضافه کردن تصاویر بعدی، افزایشی ندارد. در تصویر پنج‌زمانه، صحت طبقه‌بندی از تصویر دوزمانه بیشتر می‌شود اما، با اضافه کردن شاخص‌های بافت، حدود ۵٪ از صحت طبقه‌بندی دوزمانه با شاخص‌های بافت کاسته شد. بدین ترتیب مشخص می‌شود که بافت می‌تواند نقشی بیشتر از چند تصویر داشته باشد. بهترین طبقه‌بندی در بهترین ترکیب دوزمانه (۱۱ تیر و ۲۱ مهر) به‌دست آمد (۹۷.۴۸٪). در تصاویر تک‌زمانه، تصویر ۱۱ تیر بالاترین صحت طبقه‌بندی (۹۵.۲٪) را به‌دست آورد. نتایج نشان داد که استفاده از تصاویر چندزمانه به‌همراه شاخص‌های بافت، در مقایسه با روش‌های مرسوم (بدون استفاده از شاخص‌های بافت یا تصاویر چندزمانه)، دقت بسیار بالاتری دارد.

کلیدواژه‌ها: محصولات، کشاورزی، تصاویر چندزمانه، بافت، صحت طبقه‌بندی، SPOT5، ASTER.

* نویسنده عهده‌دار مکاتبات: تهران، اوین، دانشگاه شهید بهشتی، مرکز مطالعات سنجش از دور و GIS. تلفن: ۰۹۱۹۳۹۹۹۰۰۶

Email: hamidsalehi2007@gmail.com

۱- مقدمه

در دنیای امروز یکی از مشکلات اساسی بشر تأمین نیازهای غذایی است؛ به‌گونه‌ای که امنیت غذایی، به‌مثابه یکی از اهداف مهم، سرلوحه برنامه‌های دولت‌ها قرار گرفته است. بدون شک به‌منظور نیل به امنیت غذایی، افزون‌بر اتخاذ سیاست‌های مطلوب و برخورداری از منابع کافی، باید تولید کشاورزی به‌گونه‌ای باشد که تمامی نیازهای جامعه را برآورده کند. از سوی دیگر تولید کشاورزی خود تابع دو عامل است: نخست، عوامل فیزیکی مانند زمین، بذر، آب و کود؛ و دوم، مدیریت کشاورزی.

با توجه به اهمیت و ضرورت مدیریت کشاورزی، این عامل شرط کافی تولید تلقی می‌شود. بنابراین به‌منظور تولید کشاورزی مطلوب و بهینه، وجود عوامل فیزیکی و غیرفیزیکی تولید کشاورزی در کنار یکدیگر لازم و ملزوم هم است (www.satimagingcorp.es). یکی از مهم‌ترین اطلاعات لازم برای مدیریت درست و آگاهانه کشاورزی اطلاع از سطح زیرکشت هریک از محصولات کشاورزی است. سطح زیرکشت محصولات کشاورزی، در جایگاه یک داده پایه، در موارد گوناگون مانند مدیریت کشاورزی، مدیریت مصرف آب (Conrad et al., 2010)، مسائل زیست‌محیطی (Van Niel and Mc Vicar, 2001)، مدل‌سازی تغذیه آب‌های زیرزمینی (Khan et al., 2003) و برآورد تولید محصول (Becker-Reshef et al., 2010) به‌کار می‌رود. برآورد سطح زیرکشت محصولات کشاورزی با روش‌های سنجش از دور، با توجه به پوشش وسیع و تکراری تصاویر ماهواره‌ای و قابلیت این تصاویر در تفکیک محصولات گوناگون، به‌نسبت روش‌های زمینی با هزینه کمتر و در مدت زمان کوتاه‌تری صورت می‌گیرد. با این حال، بهینه‌کردن صحت طبقه‌بندی تصاویر سنجش از دور به‌منظور تفکیک محصولات کشاورزی و برآورد سطح زیرکشت هریک از محصولات موضوعی است که همچنان تحقیقات درمورد آن ادامه دارد (Conrad et al., 2010). از آنجا که پدیده‌های گوناگون زمینی، انواع پوشش

گیاهی (جنگل، مرتع، کشاورزی) و نیز محصولات گوناگون کشاورزی امواج دریافتی از خورشید را به یک میزان منعکس نمی‌کنند و به بیانی دیگر، بازتاب نور خورشید از آنها یکسان نیست، روی تصاویر ماهواره‌ای نیز با رنگ‌های متفاوت ظاهر می‌شوند و شناسایی و تفکیک آنها از یکدیگر به همین لحاظ ممکن می‌شود. از سوی دیگر گاه به‌دلیل نزدیک‌بودن ویژگی‌های طیفی و بازتابی برخی محصولات کشاورزی، شناسایی و تفکیک آنها از یکدیگر بسیار مشکل است (وزارت جهاد کشاورزی، ۱۳۷۷؛ De Wit and Clevers, 2004) و به این دلیل، لازم است در چنین مواردی داده‌های کمکی مانند بافت یا تصاویر چندزمانه (Tucker et al., 1984) و یا تصاویر فراطیفی به‌کار رود تا تشخیص پوشش‌های مشابه ممکن شود و یا صحت طبقه‌بندی افزایش یابد و به سطح قابل قبولی برسد.

اطلاعات طیفی مهم‌ترین اطلاعات در هر تصویر است اما طبقه‌بندی تصویر بر مبنای اطلاعات طیفی، در تصاویری که عوارض متنوع و پیچیده‌ای دارند و اندازه عوارض کوچک‌تر از قدرت تفکیک مکانی تصاویر است، معمولاً مشکل است و صحت طبقه‌بندی بسیاری ندارد (De Wit and Clevers, 2004). استفاده از ترکیب اطلاعات طیفی و بافت در تصاویر چندزمانه می‌تواند منجر به افزایش صحت طبقه‌بندی شود. تأثیر استفاده از تصاویر چندزمانه در بالابردن صحت طبقه‌بندی نیز در بسیاری از تحقیقات اثبات شده است (Murakami et al., 2001; Van Niel and Mc Vicar, 2011; Peña-Barragán et al., 2004). زیرا محصولات گوناگون هریک دارای فصل رشد ویژه‌اند و در هر مرحله از رشد نیز ویژگی‌های طیفی و فنولوژیکی خاصی دارند. بحث استفاده از بافت در طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای به حدود چهار دهه قبل بازمی‌گردد؛ زمانی که هارالیک^۱ و همکارانش در سال ۱۹۷۳ برای اولین بار استفاده از اطلاعات بافت تصویر با روش GLCM را

1. Haralick

زمین به دهه ۱۹۷۰ و ۱۹۸۰ برمی‌گردد که محققان، با استفاده از تصاویر لندست، تغییرات پوشش‌های طبیعی سطح زمین مانند جنگل‌ها، مراتع و ... را آشکارسازی می‌کردند.

از نخستین تحقیقات انجام‌شده با استفاده از داده‌های چندزمانه می‌توان به کار تاکر^۵ و همکاران در سال ۱۹۸۴ با تصاویر AVHRR اشاره کرد که به پایش محصولات کشاورزی حوضه نیل در مصر پرداختند.

در سال ۲۰۰۱، موراکامی^۶ و همکاران در ژاپن برای طبقه‌بندی شش نوع محصول و سه نوع پوشش دیگر (آب، شهر، جنگل) از سه تصویر مربوط به ماه‌های گوناگون یک‌سال استفاده کردند و به این نتیجه رسیدند که چهار تصویر برای به‌دست‌آوردن بیشترین میزان صحت طبقه‌بندی کافی است. این تحقیق صرفاً با استفاده از NDVI انجام شد و هیچ شاخص دیگری به کار نرفت. تصاویر مورد استفاده SPOT/HRV بوده است.

از تصاویر چندزمانه و شاخص‌های بافت به‌صورت هم‌زمان کمتر استفاده شده است. تحقیق پنیلا-باراگون^۷ و همکاران در سال ۲۰۱۱ یکی از این تحقیقات است که فقط از روش GLCM برای محاسبه بافت استفاده کرده و به‌منظور حل مشکلات طبقه‌بندی پیکسل‌مبنا، روش شی‌مبنا را به کار برده است. در این تحقیق با استفاده از تصاویر چندزمانه ASTER و استخراج داده‌های بافت و شاخص‌های گیاهی، محصولات کشاورزی در کالیفرنیا را طبقه‌بندی کردند و به صحت کلی طبقه‌بندی ۷۹٪ رسیدند. البته روش طبقه‌بندی آن‌ها تصمیم‌گیری درختی بوده است. در این تحقیق، بیش از ۱۳ محصول در منطقه‌ای به وسعت ۱۷۷۰۰۰ هکتار از هم تفکیک شدند.

1. Miranda
2. Carr
3. Atkinson
4. Berberoglu
5. Tucker
6. Murakami
7. Peña-Barragán

برای تهیه نقشه پوشش زمین مطرح کردند. این شاخص‌های مطرح‌شده پانزده‌تاست که در سال‌های بعد، با تحقیقات انجام‌شده، مشخص شد که هشت شاخص از میان آنها مهم‌ترند و ویژگی‌های دیگر شاخص‌ها را دارند؛ بدین ترتیب در تحقیقات انجام‌شده، فقط از این هشت شاخص و یا بهترین آنها استفاده شده است. در سال‌های بعد، محققان بسیاری از روش هارالیک استفاده کردند که بیشتر این روش‌ها به افزایش صحت طبقه‌بندی منجر شد (Weszka et al., 1979; Unser, 1986; Shaban and Dikshit, 1997).

در اوایل دهه ۱۹۹۰، میراندا^۱ و همکارانش استفاده از روش زمین‌آمار را برای استخراج اطلاعات بافت پیشنهاد دادند. آنها این روش را در تصاویر رادار و برای طبقه‌بندی پوشش زمین به کار بردند. در اواخر دهه ۱۹۹۰ نیز برخی محققان دیگر مانند کار^۲ و همکاران (۱۹۹۸) و یا اتکینسون^۳ و همکاران (۲۰۰۰) این روش را توسعه و بسط دادند. تمامی این تحقیقات برای طبقه‌بندی پوشش زمین انجام شده است و نکته مهم این است که هیچ‌یک از آنها روی تصاویر چندزمانه انجام نگرفته است.

در سال ۲۰۰۴، بربروگلو^۴ و همکارانش در منطقه‌ای کشاورزی در ترکیه، با استفاده از روش شبکه عصبی مصنوعی و مقایسه تأثیر افزودن شاخص‌های بافت زمین‌آمار و GLCM، طبقه‌بندی انجام دادند. دیدگاه طبقه‌بندی آنها مزرعه‌مبنا (per-field) بود. این طبقه‌بندی با استفاده از تصویر TM انجام شد. در نهایت مشخص شد که روش زمین‌آمار و، در میان شاخص‌های زمین‌آمار، واریوگرام بیشترین تأثیر را در افزایش صحت طبقه‌بندی دارد. کلاس‌های این طبقه‌بندی شامل باغات مرکبات، دو نوع ذرت، خاک، مناطق مسکونی، آب، پنبه و سویا می‌شود.

محققان گوناگونی تأثیر تصاویر چندزمانه را در طبقه‌بندی، پایش محصولات کشاورزی و پوشش گیاهی و دیگر موضوعات زیست‌محیطی بررسی کرده‌اند. استفاده از تصاویر چندزمانه برای آشکارسازی تغییرات

دریا ۱۹۰۶ متر است (www.irimo.ir)، دسترسی در سال ۱۳۹۰). این تحقیق در نظر دارد از میان انواع محصولات شهرستان قروه گندم، یونجه، سیب‌زمینی و خیار را تشخیص دهد.

۲-۲- داده‌های ماهواره‌ای و مدل بافت مورد استفاده

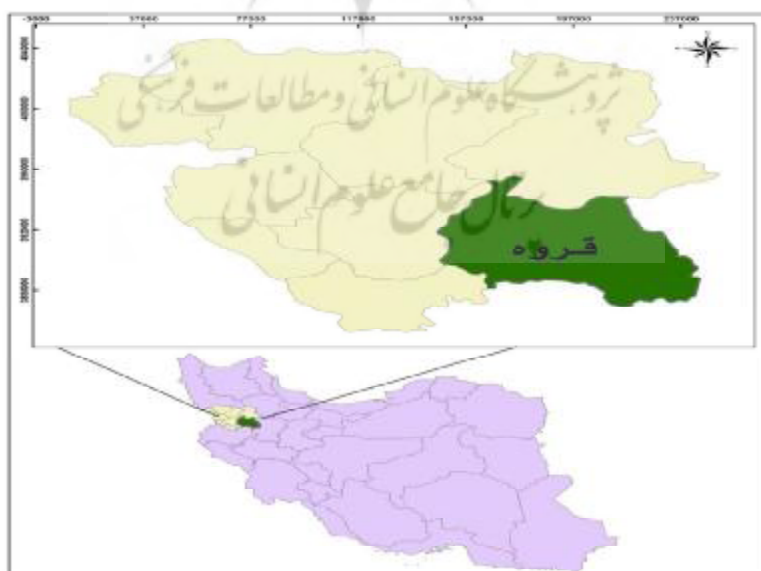
برای این تحقیق تصاویر SPOT5 و ASTER در اول اردیبهشت، ۱۱ و ۲۵ تیر، ۱۹، ۱۰، ۲۶ مرداد و ۲۱ مهر سال ۱۳۸۸ انتخاب شده است زیرا از سویی در روش‌های استخراج اطلاعات بافت به تصاویر با توان تفکیک مکانی بالا نیاز داریم و از سوی دیگر در مطالعات محصولات کشاورزی به چند تصویر از دوره رشد محصول نیازمندیم. تصاویر ASTER دارای توان تفکیک ۱۴ مترند (تصاویر اسپات دارای قدرت تفکیک ۱۰ متر بودند که برای همخوانی و یکسان شدن با اندازه پیکسل تصاویر ASTER به ۱۴ متر بازنویسی شدند). در این تحقیق، از باندهای سبز، قرمز و مادون قرمز نزدیک تصاویر SPOT5 و ASTER استفاده شده است. تصاویر موجود قبلاً تصحیح هندسی و اتمسفری شده‌اند

در تحقیق حاضر، محصولات کشاورزی در بخشی از شهرستان قروه با استفاده از تصاویر چندزمانه SPOT5 و ASTER طبقه‌بندی شده‌اند. تحقیق حاضر دو هدف دارد: ۱. ارزیابی تأثیر زمان‌های تصاویر و همچنین تعداد تصاویر در نتیجه و صحت طبقه‌بندی؛ ۲. ارزیابی تأثیر استفاده از ویژگی‌های بافت تصاویر در نتایج طبقه‌بندی.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه شهرستان قروه در استان کردستان است (نقشه ۱) که محصولاتی مانند یونجه، گندم، سیب‌زمینی، خیار، چغندر و جو دارد. این شهرستان منطقه‌ای مساعد برای کشاورزی است و مساحت کل اراضی زراعی آن (آبی و دیم)، در سال ۱۳۸۳، ۱۶۱۵۴۵ هکتار بوده است. آب‌وهوای این ناحیه در زمستان سرد و نیمه‌مرطوب و در تابستان معتدل و خشک است. در این شهر میانگین بارندگی ۳۳۸.۹ میلی‌متر، سردترین دمای ثبت شده ۲۸- درجه سانتی‌گراد، گرم‌ترین دمای ثبت شده ۳۸ درجه سانتی‌گراد و ارتفاع آن از سطح



شکل ۱. نقشه موقعیت منطقه مورد مطالعه

حداکثر احتمال^۳، تصاویر طبقه‌بندی شدند. برای کاستن از حجم و زمان طبقه‌بندی‌ها، در ابتدا مزارع کشاورزی با تعیین آستانه ۰.۲۵ برای شاخص NDVI جدا شدند و سپس طبقه‌بندی‌ها روی مزارع استخراج‌شده انجام گرفت. صحت طبقه‌بندی با استفاده از نقاط مرجع موجود (مجموع نقاط آموزشی و آزمایشی) تعیین شد؛ بدین‌صورت که تمامی نقاط زمینی برداشت‌شده مقادیر NDVI بالای ۰.۲۵ داشتند و در لایه استخراج‌شده زمین‌های زراعی قرار گرفتند. با تشکیل ماتریس خطا، صحت کلی طبقه‌بندی برای ارزیابی کلی نتایج استفاده شد. صحت تولیدکننده و صحت مصرف‌کننده نیز برای ارزیابی کلاس‌های محصولات کشاورزی به‌کار گرفته شد. در تعیین صحت طبقه‌بندی، از نمونه‌های آزمایشی مستقل از نمونه‌های آموزشی استفاده شد تا نتایج به‌دست‌آمده از لحاظ آماری معتبر باشند. تعیین صحت برای همه طبقه‌بندی‌های انجام‌شده (در حالت‌های گوناگون تک‌زمانه و چندزمانه، بدون استفاده از پارامترهای بافت و یا با استفاده از پارامترهای بافت) با استفاده از نمونه‌های آزمایشی یکسان صورت گرفت.

تقویم زراعی محصولات منطقه نیز بررسی و مطالعه شد تا در جمع‌آوری نقاط مرجع زمینی و تفسیر نتایج به‌دست‌آمده به‌کار رود. در جدول ۱، تقویم زراعی محصولات منطقه مورد مطالعه آمده است. پس از بررسی محصولات کشت‌شده در منطقه، با توجه به متنوع بودن تاریخ کشت و برداشت گندم و سیب‌زمینی، گندم به دو گروه ۱ (گندم زودرس) و ۲ (دیررس) و سیب‌زمینی نیز به دو گروه ۱ (زودرس) و ۲ (دیررس) تقسیم شدند. پس از طبقه‌بندی برای صحت‌سنجی، کلاس‌های گندم و سیب‌زمینی تجمیع شد.

1. Grey Level Co-occurrence Matrix
2. Angular Second Moment
3. maximum likelihood classification

و نیازی به مرحله پیش‌پردازش نبوده است. سیستم مختصات تصاویر همگی UTM Zone 38N و بیضوی مینا WGS-84 بوده است. نمونه‌های آموزشی و آزمایشی به‌صورت تصادفی و میدانی جمع‌آوری شده است. تعداد نمونه‌های آموزشی و آزمایشی به‌ترتیب ۱۹۹۴ و ۸۷۹ پیکسل است.

مدل بافت به‌کاررفته در این تحقیق مدل GLCM است. در اینجا توضیح مختصری از این مدل می‌آید: روش GLCM پرکاربردترین روش استخراج بافت از تصاویر سنجنش از دور است که هارالیک در سال ۱۹۷۳ پیشنهاد کرد و جزء شاخص‌های بافتی درجه دوم به‌شمار می‌رود. این مدل در بسیاری از تحقیقات استفاده شده و باعث افزایش صحت طبقه‌بندی شده است.

ماتریس سطوح خاکستری وقوع هم‌زمان^۱ روشی برای استخراج مشخصه‌های آماری بافت مرتبه دوم است زیرا همه شاخص‌های آن با زوج پیکسل‌های وقوع هم‌زمان محاسبه می‌شود. GLCM ماتریسی است که تعداد سطر و ستون آن با سطوح خاکستری (Grey Level) در تصویر مساوی است. عناصر این ماتریس فراوانی نسبی وقوع دو پیکسل با سطوح خاکستری مشخص (i,j) در یک همسایگی مشخص است. به‌عبارت دیگر، عنصر ماتریس $P(i,j|d,\theta)$ شامل احتمال آماری مرتبه دوم برای تغییرات بین سطوح خاکستری i,j در فاصله d و زاویه θ است. فاصله به این معناست که پیکسل مجاور را در نظر بگیریم یا پیکسل‌های آن‌سوتر را، مثلاً با دو پیکسل فاصله چهار زاویه ۰ درجه، ۴۵ درجه، ۹۰ درجه و ۱۳۵ درجه وجود دارد که محاسبات در هر یک از این چهار جهت انجام می‌شود. البته در بیشتر مطالعات میانگینی از این جهات در طبقه‌بندی نهایی استفاده شده است.

شاخص‌های اصلی این مدل شامل ASM^۲، کنتراست، همگنی، dissimilarity، entropy، همبستگی، میانگین و انحراف معیار محسوب می‌شوند.

بدین ترتیب، در این تحقیق بافت تصاویر با روش یادشده محاسبه شد و سپس، با الگوریتم طبقه‌بندی

جدول ۱. تقویم زراعی محصولات کشت‌شده در منطقه مورد مطالعه

محصول	زمان کاشت	زمان برداشت
گندم	اوایل مهر	اواخر تیر تا مرداد
یونجه	از خرداد تا مهر	معمولاً سه تا چهار بار در سال برداشت می‌شود
سیب‌زمینی	اوایل خرداد	از اوایل مهر به بعد
خیار	اوایل خرداد	اوایل مرداد تا شهریور

تصویر ۱۰ مرداد کمترین میزان صحت کلی طبقه‌بندی را به‌دست آورد. تصویر ۱۹ مرداد نیز صحتی در حدود تصویر ۱۰ مرداد دارد اما تصویر ۲۵ تیر، پس از تصویر ۱۱ تیر، دومین تصویر با صحت طبقه‌بندی بالاست.

۳-۱-۲- طبقه‌بندی با استفاده از باندهای طیفی تصاویر دوزمانه و چندزمانه

در این گروه براساس تحلیل‌های انجام‌شده، ترکیب دوزمانه ۱۱ تیر و ۲۱ مهر بالاترین صحت کلی طبقه‌بندی را نشان می‌دهد و از آنجاکه ۲۱ ترکیب دوزمانه با هفت تصویر موجود می‌توان تشکیل داد، براساس تحلیل تفکیک‌پذیری انجام‌شده فقط طبقه‌بندی هفت ترکیب از تصاویر دوزمانه انجام شد. شش ترکیب از این ترکیبات بالاترین تفکیک‌پذیری و یک ترکیب کمترین میزان تفکیک‌پذیری را نشان می‌دهند. ترکیب تصاویر ۱۱ تیر و ۲۱ مهر بالاترین میزان صحت کلی (۸۹.۶۱٪) را به‌دست آورد؛ درحالی‌که ترکیب تصاویر ۱۰ مرداد و ۱۹ مرداد کمترین میزان صحت کلی (۷۲.۴۸٪) را به‌دست آورد. این میزان صحت حتی از صحت طبقه‌بندی تصویر تک‌زمانه ۱۱ تیر نیز کمتر است که اهمیت زمان در صحت طبقه‌بندی را نشان می‌دهد. این ترکیبات دوزمانه و مقادیر صحت کلی آنها در جدول ۳ می‌آید.

۳- نتایج

۳-۱-۳- نتایج طبقه‌بندی با استفاده از باندهای طیفی

ابتدا طبقه‌بندی با استفاده از باندهای طیفی انجام شد تا مشخص شود که بدون شاخص‌های بافت و صرفاً استفاده از باندهای طیفی به چه میزان صحت طبقه‌بندی می‌رسیم. صحت طبقه‌بندی یادشده همان صحت کلی^۱ به‌دست‌آمده برای هر طبقه‌بندی است.

۳-۱-۱-۳- طبقه‌بندی باندهای طیفی تصاویر تک‌زمانه

در گروه تصاویر تک‌زمانه، تصویر ۱۱ تیر در میان هفت تصویر موجود بهترین صحت طبقه‌بندی را نشان می‌دهد؛ به این دلیل در تحلیل‌های تک‌زمانه فقط از این تصویر استفاده شده است. این نتایج بیانگر صحت جدول تفکیک‌پذیری نیز است. نتایج طبقه‌بندی هفت تصویر در جدول ۲ آمده است.

جدول ۲. صحت کلی طبقه‌بندی (٪) الگوریتم بیشترین احتمال، با استفاده از باندهای طیفی در هفت زمان گوناگون دوره رشد محصولات، با استفاده از نقاط آزمایشی

زمان	اول اردیبهشت	۱۱ تیر	۲۵ تیر	۱۰ مرداد	۱۹ مرداد	۲۶ مرداد	۲۱ مهر
صحت کلی طبقه‌بندی	۶۰.۱۵	۷۶.۰۲	۷۲.۴۸	۵۲.۲۸	۵۳.۳۱	۶۴.۷۲	۶۳.۴۷

جدول ۳. صحت کلی طبقه‌بندی (٪) شش ترکیب دوزمانه با بیشترین صحت طبقه‌بندی و ترکیب دوزمانه با کمترین صحت طبقه‌بندی

صحت کلی طبقه‌بندی	ترکیب تصاویر
۸۵.۵	اول اردیبهشت و ۱۱ تیر
۸۸.۰۱	۱۱ تیر و ۲۵ تیر
۸۷.۱	۲۵ تیر و ۲۶ مرداد
۸۶.۶۴	۱۱ تیر و ۲۶ مرداد
۸۵.۹۵	۲۵ تیر و ۲۱ مهر
۸۹.۶۱	۱۱ تیر و ۲۱ مهر (بهترین ترکیب دوزمانه)
۷۲.۴۸	۱۰ مرداد و ۱۹ مرداد (کم‌صحت‌ترین ترکیب دوزمانه)

1. overall accuracy

شود. در این قسمت، برای ارزیابی تأثیر اندازه پنجره در صحت طبقه‌بندی، از همه شاخص‌ها به‌طور هم‌زمان استفاده شده است. در نتیجه، صحت طبقه‌بندی با استفاده از شاخص‌های موجود نیز در این قسمت بیان شده است.

پنجره‌های محاسبه‌شده شامل پنجره ۱۹ تا ۴۱ در تصاویر ۱۱ تیر و ۲۱ مهر است. جدول ۵ نتایج صحت طبقه‌بندی در این پنجره‌ها را نشان می‌دهد. در بقیه تصاویر فقط پنجره‌های ۲۹، ۱۹، ۳۹ و ۴۱ محاسبه شدند. اندازه بهینه پنجره برای محاسبه شاخص‌های بافت در هر تصویر و هر ترکیب تصویر متفاوت است. در تصاویر اول اردیبهشت، ۱۹ و ۲۶ مرداد اندازه پنجره ۴۱ در مقایسه با اندازه پنجره ۳۹ به صحت طبقه‌بندی بالاتری می‌انجامد. اما در دیگر تصاویر، اندازه پنجره ۳۹ مناسب‌ترین اندازه است. در تصویر ۱۱ تیر، اختلاف صحت کلی ناشی از اندازه پنجره (صحت در پنجره ۱۹ و پنجره ۳۹) به بیش از ۵٪ می‌رسد که اهمیت اندازه پنجره را در به‌دست‌آوردن بیشترین صحت طبقه‌بندی نشان می‌دهد. اما در تصویر ۲۱ مهر این اختلاف به بیش از ۱۳٪ می‌رسد. اندازه بهینه پنجره و تأثیر آن نیز، با توجه به تاریخ تصویر و نوع مدل، متغیر است.

جدول ۵. تأثیر اندازه پنجره در صحت کلی طبقه‌بندی (٪) تصویر ۱۱ تیر، ۲۱ مهر و ترکیب دوزمانه آنها (باند‌های طیفی و شاخص‌های GLCM)

اندازه پنجره	زمان	۱۱ تیر	۲۱ مهر	دوزمانه
۱۹	۸۹.۸۴	۷۷.۰۵	۹۴.۸۶	
۲۱	۹۱.۳۲	۷۸.۷۶	۹۴.۸۶	
۲۳	۹۱.۷۸	۸۰.۴۷	۹۴.۸۶	
۲۵	۹۲.۸	۸۳.۵۶	۹۴.۵۲	
۲۷	۹۲.۹۲	۸۶.۵۲	۹۴.۱۷	
۲۹	۹۳.۸۳	۸۶.۵۲	۹۵.۶۶	
۳۱	۹۳.۶	۸۶.۰۷	۹۵.۲	
۳۳	۹۳.۸۳	۸۵.۱۵	۹۵.۶۶	
۳۵	۹۲	۸۶.۰۷	۹۶.۸	
۳۷	۹۴.۷۴	۸۷.۶۷	۹۷.۴۸	
۳۹	۹۵.۲	۹۰.۲۹	۹۷.۴۸	
۴۱	۹۳.۷۲	۸۹.۸۴	۹۶.۴۶	

پس از این طبقه‌بندی‌ها برای مقایسه ترکیب‌های دوزمانه و تک‌زمانه با ترکیب‌های چندزمانه، صحت کلی طبقه‌بندی بهترین ترکیب‌های چندزمانه نیز به‌دست آمد و نتایج آن در جدول ۴ نشان داده شده است.

جدول ۴. صحت کلی طبقه‌بندی (٪) بهترین تصاویر چندزمانه

ترکیب	صحت کلی طبقه‌بندی
تک‌زمانه	۷۶.۰۲
دوزمانه	۸۹.۶۱
سه‌زمانه	۸۸.۸۱
چهارزمانه	۸۹.۸۴
پنج‌زمانه	۹۱.۴۳
شش‌زمانه	۹۰.۷۵
هفت‌زمانه	۹۰.۸۶

۳-۲- نتایج طبقه‌بندی با استفاده از شاخص‌های بافت

۳-۲-۱- نقش اندازه پنجره

این عامل در مدل GLCM نقش تعیین‌کننده‌ای دارد؛ بدین جهت با استفاده از واریوگرام، اندازه بهینه پنجره برای هر یک از باندهای مادون‌قرمز تصویر ۱۱ تیر و ۲۱ مهر (شاخص‌ها از این دو باند محاسبه شدند) تعیین شد. با تعیین اندازه بهینه، شاخص‌ها برای اندازه‌های پایین‌تر و بالاتر نیز برای نشان‌دادن صحت عملکرد واریوگرام محاسبه شدند. عدد به‌دست‌آمده از واریوگرام ۲۸.۵ پیکسل است (۳۹۹، ۳۹۹/۱۴) متر به‌دست‌آمده از واریوگرام تقسیم بر ۱۴ متر ابعاد پیکسل) که دقت‌نداشتن این روش در انتخاب اندازه پنجره را نشان می‌دهد. بهترین اندازه پنجره عدد ۳۹ به‌دست آمد اما اندازه مناسب، در حالت استفاده تنها از شاخص همبستگی روش GLCM، همان اندازه ۲۹ است. با وجود این، می‌توان گفت واریوگرام اندازه بهینه پنجره را به‌صورت تقریبی نشان می‌دهد که باید صحت آن با آزمون و خطا در اطراف پنجره به‌دست‌آمده بررسی و سپس با اطمینان به تعیین بهترین اندازه پنجره اقدام

۳-۲-۲- نقش شاخص‌های مدل GLCM

پس از بررسی بهترین تصویر تک‌زمانه، تأثیر هر شاخص در تصویر ۱۰ مرداد با کمترین میزان صحت طبقه‌بندی بررسی شد. در جدول ۷ نتایج تصویر ۱۰ مرداد آمده است. در طبقه‌بندی دوزمانه ترکیب ۱۱ تیر و ۲۱ مهر، نقش شاخص Homogeneity از شاخص Entropy و Correlation بیشتر است. جدول ۸ این نتایج را نشان می‌دهد. در تاریخ ۱۱ تیر، گندم و در ۲۱ مهر، یونجه و سیب‌زمینی در منطقه وجود دارد. در مجموع، تأثیر شاخص‌ها در حالت تک‌زمانه و دوزمانه یکسان نیست و در دوزمانه افزایش صحت طبقه‌بندی کمتری حاصل می‌شود. به نظر می‌رسد که می‌توان با شاخص همگنی به صحتی در حدود صحت کلی به‌دست‌آمده با همه شاخص‌ها رسید. همان شاخص‌هایی که در تصویر تک‌زمانه ۱۱ تیر بیشترین صحت طبقه‌بندی را دارند، در تصویر دوزمانه ۱۱ تیر و ۲۱ مهر نیز بیشترین تأثیر را می‌گذارند. جدول ۹ نتایج تأثیر شاخص‌های گوناگون در صحت کلی طبقه‌بندی ترکیب تصاویر ۱۰ و ۱۹ مرداد را نشان می‌دهد.

در این بخش، تأثیر هریک از شاخص‌های مدل GLCM در افزایش صحت طبقه‌بندی تصویر تک‌زمانه و دوزمانه را بررسی می‌کنیم (منظور از تأثیر میزان افزایش یا کاهش در مقایسه با صحت طبقه‌بندی با باندهای طیفی است):

ملاحظه می‌شود که شاخص Correlation با ۱۱.۵۵٪ افزایش صحت کلی، بیشترین تأثیر را دارد. در رده‌های بعدی، شاخص Entropy با ۹.۷۱٪ افزایش صحت و Homogeneity با ۹.۰۲٪ افزایش صحت طبقه‌بندی قرار دارند. نکته مهم این است که در تصویر تک‌زمانه با یک شاخص نمی‌توان به صحتی در حد تمامی شاخص‌ها دست یافت اما در تصویر دوزمانه می‌توان با یک شاخص (همبستگی) به بیشترین صحت طبقه‌بندی ممکن رسید (تقریباً). قدر مطلق افزایش صحت طبقه‌بندی برای تک‌شاخص در تک‌زمانه بیشتر است اما به بیشترین میزان صحت تک‌زمانه نمی‌رسد. این نتایج در جدول ۶ آورده شده است.

جدول ۶. تأثیر شاخص‌های GLCM در افزایش صحت طبقه‌بندی (%) تصویر ۱۱ تیر (مقایسه با صحت طبقه‌بندی باندهای طیفی: ۷۶.۰۲)

شاخص	ASM	Entropy	Homogeneity	Dissimilarity	Mean	Variance	Contrast	Correlation	زمان
۱۱ تیر	۸۱.۱۶	۸۵.۷۳	۸۵.۰۴	۸۳.۵۶	۸۱.۰۵	۸۱.۱۶	۸۲.۴۲	۸۷.۵۷	
تأثیر	۵.۱۴	۹.۷۱	۹.۰۲	۷.۵۴	۵.۰۳	۵.۱۴	۶.۴	۱۱.۵۵	

جدول ۷. تأثیر شاخص‌های GLCM در افزایش صحت طبقه‌بندی (%) تصویر ۱۰ مرداد (مقایسه با صحت طبقه‌بندی باندهای طیفی: ۵۲.۲۸)

شاخص	ASM	Entropy	Homogeneity	Dissimilarity	Mean	Variance	Contrast	Correlation	زمان
۱۰ مرداد	۶۰.۹۵	۵۷.۴۲	۵۸.۵۶	۵۵.۸۲	۶۴.۰۴	۶۳.۱۲	۵۷.۱۹	۵۶.۰۵	
تأثیر	۸.۶۷	۵.۱۴	۶.۲۸	۳.۵۴	۱۱.۷۶	۱۰.۸۴	۴.۹۱	۳.۷۷	

جدول ۸. تأثیر استفاده از شاخص‌های بافت در طبقه‌بندی دوزمانه ۱۱ تیر و ۲۱ مهر (%)

شاخص	ASM	Entropy	Homogeneity	Dissimilarity	Mean	Variance	Contrast	Correlation	زمان
۱۱ تیر و ۲۱ مهر	۹۳.۷۲	۹۶	۹۶.۲۳	۹۵.۰۹	۹۳.۰۳	۹۱.۵۵	۹۴.۰۶	۹۵.۸۹	
تأثیر	۴.۱۱	۶.۳۹	۶.۶۲	۵.۴۸	۳.۴۲	۱.۹۴	۴.۴۵	۶.۲۸	

جدول ۹. تأثیر استفاده از شاخص‌های بافت در طبقه‌بندی دوزمانه ۱۰ مرداد و ۱۹ مرداد (%)

شاخص	ASM	Entropy	Homogeneity	Dissimilarity	Mean	Variance	Contrast	Correlation
زمان ۱۰ و ۱۹ مرداد	۷۵	۷۸.۷۶	۸۰.۸۲	۷۸.۷۶	۷۸.۸۸	۷۳.۴	۷۷.۹۶	۷۷.۹۶
تأثیر	۲.۵۲	۶.۲۸	۸.۳۴	۶.۲۸	۶.۴	۰.۹۲	۵.۴۸	۵.۴۸

وجود ندارد که با آن اشتباه شود و از دیگر سو، مزارع یونجه از نوعی همگنی و یکدستی خاص برخوردارند که دیگر محصولات این ویژگی را ندارند. یعنی در مقایسه با دیگر محصولات، ویژگی‌های خاصی دارند. جدول ۱۱ صحت طبقه‌بندی محصولات در بهترین طبقه‌بندی دوزمانه را نشان می‌دهد.

جدول ۱۱. صحت طبقه‌بندی (%) محصولات در بهترین طبقه‌بندی دوزمانه (GLCM)

صحت محصول	صحت تولیدکننده	صحت مصرف‌کننده
گندم ۱	۱۰۰	۹۰.۸۵
گندم ۲	۹۰	۱۰۰
سیب‌زمینی ۱	۹۷.۸۰	۱۰۰
سیب‌زمینی ۲	۹۹.۴۹	۹۸.۴۸
یونجه	۹۹.۶۶	۹۸.۶۶
خیار	۸۲.۲۲	۱۰۰
صحت کلی طبقه‌بندی	۹۴.۸۶	۹۷.۹۹

در جدول ۱۲ مساحت هریک از محصولات در بهترین طبقه‌بندی آمده است.

جدول ۱۲. مساحت انواع محصولات در بهترین طبقه‌بندی (هکتار)

گندم	۶۰۴۷
سیب‌زمینی	۵۶۴۶
یونجه	۲۷۴۴
خیار	۷۳۹
مجموع	۱۵۱۷۶

ترتیب مساحت انواع محصولات با آمار اعلام‌شده از سوی اداره جهاد کشاورزی شهرستان قروه نیز مطابقت

۳-۳-۳ بررسی صحت طبقه‌بندی محصولات در طبقه‌بندی‌های گوناگون

۳-۳-۳-۱ تک‌زمانه

در این حالت، صحت مصرف‌کننده محصولات گندم ۱، سیب‌زمینی ۱ و سیب‌زمینی ۲ از صحت تولیدکننده آنها کمتر است که ممکن است بیانگر تخمین صحت بیش از واقعیت این روش برای این محصولات باشد. جدول ۱۰ این صحت محصولات را نشان می‌دهد.

جدول ۱۰. صحت طبقه‌بندی (%) محصولات در بهترین طبقه‌بندی تک‌زمانه (GLCM)

صحت محصول	صحت تولیدکننده	صحت مصرف‌کننده
گندم ۱	۹۶.۶۴	۹۰.۵۷
گندم ۲	۸۷	۹۷.۷۵
سیب‌زمینی ۱	۹۶.۷۰	۹۷.۷۸
سیب‌زمینی ۲	۹۹.۴۹	۸۹.۸۶
یونجه	۹۷.۲۹	۹۹.۶۵
خیار	۷۳.۳۳	۱۰۰
صحت کلی طبقه‌بندی	۹۱.۷۴	۹۵.۹۳

۳-۳-۳-۲ دوزمانه

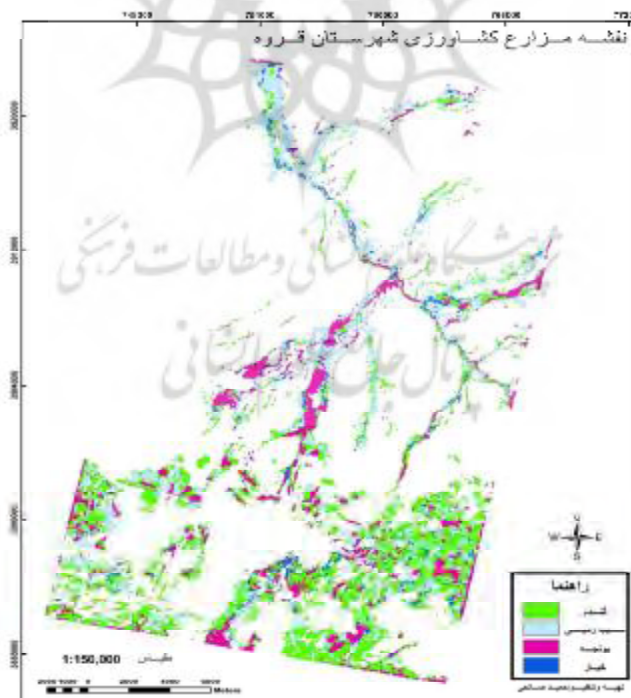
در این حالت نیز مانند بیشتر نتایج، صحت تولیدکننده محصول گندم ۲، پس از محصول خیار، از دیگر محصولات پایین‌تر است. در هر دو حالت، بهترین صحت طبقه‌بندی مربوط به یونجه است و پس از آن سیب‌زمینی ۱ و ۲ و سپس گندم ۱ و ۲ و در نهایت، خیار قرار می‌گیرد. صحت طبقه‌بندی بالای یونجه ممکن است به این دلیل باشد که یونجه محصولی دائمی است و در این ناحیه محصول دائمی دیگری

با افزودن شاخص‌های بافت برای طبقه‌بندی یک تصویر TM و هشت کلاس اصلی، به افزایش صحت کلی حدود ۵٪ به نسبت طبقه‌بندی بدون بافت دست یافتند. این میزان، در مقایسه با نتایج این تحقیق، افزایش کمتری را نشان می‌دهد که ممکن است به دلیل ویژگی‌های تصویر و رده‌های طبقه‌بندی باشد. از سوی دیگر، در برخی مقالات نیز افزایش صحت کلی طبقه‌بندی نزدیک به افزایش صحت کلی طبقه‌بندی این تحقیق به دست آمده است. برای نمونه، نتایج اوما^۲ و همکاران در سال ۲۰۰۸، با استفاده از یک تصویر Quickbird، بیانگر افزایش صحت از ۵۸.۶۹٪ (با استفاده از باندهای طیفی) به ۷۳.۷۰٪ با استفاده هم‌زمان از شاخص‌های بافت ماتریس وقوع هم‌زمان و باندهای طیفی تصویر است که با نتایج این تحقیق در قسمت طبقه‌بندی بهترین تصویر تک‌زمانه (افزایش صحت از ۷۶.۰۲٪ به ۹۵.۲٪) شباهت بسیاری دارد. همچنین، نتایج طبقه‌بندی که در سال ۲۰۰۲ راثو^۳ و همکاران، با استفاده از شاخص‌های

دارد. نقشه نهایی در شکل ۲ نشان داده شده است. این نقشه مربوط به بهترین طبقه‌بندی است و با تجمیع کلاس‌ها به دست آمده است. نکته‌ای که در نقشه محصولات کشاورزی وجود دارد اثر لبه یا حاشیه است که در این نقشه بیشتر حاشیه‌ها به محصول یونجه اختصاص یافته است. برای رفع این مشکل در کارهای عملیاتی، می‌توان محدوده‌ای بزرگ‌تر از ناحیه مطالعاتی را در نظر گرفت و طبقه‌بندی را روی آن انجام داد و در نهایت، ناحیه مطالعاتی از تصویر اصلی جدا شود تا اثر لبه حذف شود.

۳-۴- مقایسه نتایج به دست آمده با تحقیقات مشابه

مقایسه نتایج به دست آمده با نتایج تحقیقات مشابه بیانگر شباهت بسیار نتایج به یکدیگر است. در بیشتر تحقیقات، استفاده از بافت، در مقایسه با استفاده نکردن از بافت، باعث افزایش صحت کلی طبقه‌بندی شده است. برای نمونه، لوید^۱ و همکاران در سال ۲۰۰۴ نیز،



شکل ۲. نقشه مزارع کشاورزی شهرستان قروه

1. Lloyd 2. Ouma 3. Rao

ترکیب دوزمانه نیز ترکیب ۱۱ تیر و ۲۱ مهر به دست آمد که نقش تصویر اوایل تابستان و اوایل پاییز را نشان می‌دهد. تصویر اوایل پاییز، به دلیل نبود سبزیگی بالا در بیشتر مزارع به جز مزارع یونجه، نقش مهمی دارد.

در مورد انتخاب اندازه پنجره مناسب، استفاده از روش برازش دادن واریوگرام به داده‌های تعلیمی همگن صحت طبقه‌بندی چندان مناسبی را نشان نداد. تأثیر اندازه پنجره در صحت طبقه‌بندی‌ها نیز بررسی و ارزیابی، و اهمیت آن مشخص شد که یکی از مهم‌ترین عوامل به دست آوردن صحت طبقه‌بندی بالا در استفاده از بافت است. اندازه پنجره بهینه در تصویر دوزمانه با همه شاخص‌ها و تک‌شاخص متفاوت است. بهترین اندازه پنجره در رابطه با شاخص همبستگی، که بهترین شاخص است، پنجره ۲۹ به دست آمد اما با استفاده از همه شاخص‌ها اندازه ۳۹ بهترین اندازه تعیین شد. به نظر می‌آید که انتخاب اندازه پنجره در تصاویر چندزمانه پیچیده‌تر از تصویر تک‌زمانه باشد. با دور شدن از پنجره بهینه، صحت طبقه‌بندی نیز به تدریج کاهش می‌یابد. یکی از دلایل مناسب بودن اندازه پنجره بزرگ این است که وسعت مزارع این ناحیه یکنواخت نیست (تنوع بسیار زیادی دارد) و ترکیبی از مزارع کوچک (کمتر از یک هکتار مانند مزارع خیار)، متوسط (بین ۱-۵ هکتار) و بزرگ (بیش از پنج هکتار، مانند بعضی مزارع گندم) است و چون نمونه‌های آزمایشی در تمامی این مزارع پراکنده شده‌اند، با بزرگ کردن اندازه پنجره، نمونه‌های مزارع بزرگ نیز به درستی طبقه‌بندی می‌شوند و این باعث افزایش صحت طبقه‌بندی می‌شود. اندازه پنجره قابل تعمیم به مناطق دیگر نیست زیرا ارتباط مستقیم با اندازه متوسط مزارع، قدرت تفکیک مکانی تصویر و تنوع مکانی و محیطی ناحیه دارد.

تأثیر شاخص‌های بافت نیز در صحت طبقه‌بندی ارزیابی شد که نشان داد همه شاخص‌ها تأثیر یکسانی ندارند. شاخص بهینه در هر ناحیه و مورد مطالعاتی ممکن است متفاوت باشد. تأثیر هر شاخص ممکن است به زمان تصویر، مدل بافت و اندازه پنجره مربوط شود.

بافت ماتریس وقوع هم‌زمان یک تصویر پانکروماتیک IRS-1D، به دست آوردند حاکی از افزایش صحت از ۵۸.۵۸٪ به ۸۵.۲۵٪ است که با نتایج به دست آمده در این تحقیق مطابقت دارد. در مجموع، می‌توان بیان کرد که افزایش صحت به وجود آمده در طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای، با استفاده از محاسبه پارامترهای بافت، تحت تأثیر عوامل گوناگونی همچون تعداد تصویر، زمان تصویر، ویژگی‌های تصویر مانند قدرت تفکیک مکانی، مدل بافت مورد استفاده و تعداد کلاس‌های طبقه‌بندی است.

۴- بحث و نتیجه‌گیری

با بررسی نتایج به دست آمده از طبقه‌بندی‌های تک‌زمانه و دوزمانه و تأثیر شاخص‌های بافت در این نتایج، می‌توان گفت که طبقه‌بندی محصولات کشاورزی نیازمند داشتن تصاویر مربوط به چند زمان و یا استفاده از شاخص‌های مکمل مانند بافت است.

صحت طبقه‌بندی، با مقایسه پایین‌ترین میزان صحت کلی طبقه‌بندی بهترین تصویر (طبقه‌بندی با استفاده از باندهای طیفی تصویر ۱۱ تیر) و بالاترین صحت کلی، حدود ۲۱٪ افزایش یافته است که بیانگر تأثیر چشمگیر شاخص‌های بافت و زمان تصویر در طبقه‌بندی است. در تصویر با کمترین صحت کلی طبقه‌بندی (۱۰ مرداد) نیز، با استفاده از شاخص‌های بافت، صحت طبقه‌بندی حدود ۳۰٪ در مدل GLCM بهبود یافته است. در تصاویر دوزمانه و چندزمانه افزایش صحت طبقه‌بندی کمتری اتفاق افتاده است. در حالت به کار بردن شاخص‌های بافت در بهترین تصویر دوزمانه، صحت کلی حدود ۱۳٪ افزایش یافته و با استفاده از شاخص‌های بافت حدود ۲۱٪ افزایش مشاهده شده است. اما در تصویر تک‌زمانه، با استفاده از شاخص‌های بافت، صحت کلی حدود ۱۸٪ افزایش پیدا کرده است.

این مسئله اهمیت بافت در مقایسه با زمان را نشان می‌دهد. بهترین زمان برای طبقه‌بندی اوایل تابستان تشخیص داده شد که بیان می‌کند در این زمان این شش محصول بیشترین تفکیک پذیری را دارند. بهترین

- Conrad, C., Fritsch, S., Zeidler, J., Rucker, G. & Dech, S., 2010, **Per-Field Irrigated Crop Classification in Arid Central Asia using SPOT and ASTER Data**, Remote Sensing, Vol. 2, PP. 1035-1056.
- De Wit, A.J.W., & Clevers, J.G.P.W., 2004, **Efficiency and Accuracy of Per-Field Classification for Operational Crop Mapping**, International Journal of Remote Sensing, Vol. 25, No. 20, PP. 4091-4112.
- Haralick, R.M., Shanmugam, K. & Dinstein, I., 1973, **Textural Features for Image Classification**, IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Vol. 3, PP. 610-62.
- Khan, S., Xevi, E. & O'Connell, N., 2003, **Better Management of Rice-Based Farming Systems, Advances in Mathematical Modelling**, Natural Resource Management, Vol. 6, PP. 55-62.
- Lloyd, C.D., Berberoglu, S., Curran, P.J. & Atkinson, P.M., 2004, **A Comparison of Texture Measures for the Per-Field Classification of Mediterranean Land Cover**, International Journal of Remote Sensing, Vol. 25, No. 19, PP.3943-3965.
- Miranda, F.P., Macdonald, J.A. & Carr, J.R., 1992, **Application of the Semivariogram Textural Classifier (STC) for Vegetation Discrimination Using SIR-B Data of Borneo**, International Journal Remote Sensing, Vol. 13, PP. 2349-2354.
- Murakami, T., Ogawa, S., Ishitsuka, N., Kumagai, K. & Saito, G., 2001, **Crop Discrimination with Multi-Temporal SPOT/HRV Data in the Saga Plains, Japan**, International Journal of Remote Sensing, Vol. 22, No. 7, PP. 1335-1348.
- Ouma, Y.O., Tetuko, J. & Tateishi, R., 2008, **Analysis of Co-Occurrence and Discrete Wavelet Transform Textures for Differentiation of Forest and Non-forest Vegetation in Very-High-Resolution Optical-Sensor Imagery**, International Journal of Remote Sensing, Vol. 29, No. 12, PP. 3417-3456.
- کمتربین صحت طبقه‌بندی مربوط به محصول خیار است که چه بسا دلیل آن تناسب‌نداشتن قدرت تفکیک تصویر با اندازه این مزارع باشد.
- در مجموع، نتایج تحقیق حاضر به‌روشنی نقش تصاویر چندزمانه و استفاده از شاخص‌های بافت در افزایش صحت طبقه‌بندی محصولات کشاورزی با استفاده از تصاویر سنجنش از دور را نشان می‌دهد. همچنین تأثیر زمان تصاویر نیز در صحت طبقه‌بندی مشخص شد. بنابراین، در تحقیقات مشابه می‌توان به‌کارگیری زمان‌های مناسب و استفاده از شاخص‌های بافت به صحت طبقه‌بندی مناسب دست یافت. یکی از موارد مهم در این تحقیق تعیین اندازه پنجره برای محاسبه شاخص‌های بافت است. پیشنهاد می‌شود در تحقیقات مشابه از روش طبقه‌بندی شیء‌مبنا استفاده و نتایج آن با روش پیکسل‌مبنا مقایسه شود. برای اجرای طبقه‌بندی شیء‌مبنا، لازم است اندازه پیکسل تصاویر متناسب با اندازه مزارع منطقه مورد مطالعه باشد.

۵- منابع

وزارت جهاد کشاورزی، ۱۳۷۷، **ارزیابی بازتاب طیفی محصولات کشاورزی با استفاده از اطلاعات ماهواره‌ای**، استان همدان، جلد ۱، شهرستان رزن و بهار.

Atkinson, P.M. & Lewis, P., 2000, **Geostatistical Classification for Remote Sensing: An Introduction**, Computers and Geosciences, No. 26, PP. 361-371.

Becker-Reshef, I., Vermote, E., Lindeman, M. & Justice, C., 2010, **A Generalized Regression-Based Model for Forecasting Winter Wheat Yields in Kansas and Ukraine Using MODIS Data**, Remote Sensing of Environment, Vol. 114, PP. 1312-1323.

Carr, J.R. & Miranda, F.P., 1998, **The Semivariogram in Comparison to the Co-Occurrence Matrix for Classification of Image Texture**, IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, Vol. 36, PP. 1945-1952.

Peña-Barragán, J.M., Ngugi, M.K., Plant, R.E. & Six J., 2011, **Object-based Crop Identification Using Multiple Vegetation Indices, Textural Features and Crop Phenology**, Remote Sensing of Environment, Vol. 115, PP. 1301-1316.

www.satimagingcorp.es

دسترسی در سال ۱۳۹۰، www.irimo.ir.

Narasimha Rao, P.V., Sessa Sai, M.V.R., Sreenivas, K., Krishna Rao, M.V., Rao, B.R.M., Dwivedi, R.S. & Venkataratnam, L., 2002, **Textural Analysis of IRS-1D Panchromatic Data for Land Cover Classification**, International Journal of Remote Sensing, Vol. 23, No.17, PP. 3327-3345.

Shaban, M.A., & Dikshit, O., 1997, **Textural Classification of High Resolution Digital Satellite Data of Urban Environment**, Presented at Nat. Sym. on Remote Sensing for Natural Resources with Special Emphasis on Infrastructure Development, Hyderabad, India, 26-28 November.

Tucker, C.J., Gatlin, J.A. & Schneider, S.R., 1984, **Monitoring Vegetation in the Nile Delta with NOAA-6 and NOAA-7 AVHRR Imagery**, Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, Vol. 50, PP. 53-61.

Unser, M., 1986, **Sum and Divergence Histograms for Texture Classification**, IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol. 8, PP. 118-125.

Van Niel, T.G. & McVicar, T.R., 2001, **Assessing Positional Accuracy and Its Effects on Rice Crop Area Measurement: An Application at Coleambally Irrigation Area**, Australian Journal of Experimental Agriculture, Vol. 41, PP. 557-566.

Van Niel, T.G. & McVicar, T.R., 2004, **Determining Temporal Windows for Crop Discrimination with Remote Sensing: A Case Study in South-Eastern Australia**, Computers and Electronics in Agriculture, Vol. 45, PP. 91-108.

Weszka, J.S., Dyer, C.R. & Rosenfeld, A., 1976, **A Comparative Study of Texture Measures for Terrain Classification**, IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics, Vol. 6, PP. 2269-2285.