



ارزیابی طبقه‌بندی نظارت شده شیء‌گرا و پیکسل پایه در استخراج کاربری اراضی بر مبنای

دو شاخص اختلاف کمی و مکانی در حوزه آبخیز گرگان رود

محبوبه حاجی بیگلو^۱، واحدبردی شیخ^{۲*}، هادی معماریان^۳، چوقی بایرام کمکی^۴

۱. دانشجوی دکتری گروه آبخیزداری، دانشکده مرتع و آبخیزداری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ایران

۲. دانشیار گروه آبخیزداری، دانشکده مرتع و آبخیزداری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ایران

۳. دانشیار گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی و محیط‌زیست، دانشگاه بیرجند، ایران

۴. استادیار گروه مدیریت مناطق بیابانی، دانشکده مرتع و آبخیزداری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ایران

مشخصات مقاله

چکیده

پیشینه مقاله:

دریافت: ۲۵ مرداد ۱۳۹۸

پذیرش: ۲۷ آذر ۱۳۹۸

دسترسی اینترنتی: ۲۵ دی ۱۳۹۸

واژه‌های کلیدی:

کاربری اراضی

طبقه‌بندی شیء‌گرا و پیکسل پایه

ارزیابی صحت

اختلاف کمی

اختلاف مکانی

پوشش زمین و کاربری اراضی یک متغیر مهم در فرآیندهای طبیعی زمین است. استخراج تغییرات کاربری اراضی در حفاظت از اکوسیستم‌های طبیعی، برنامه‌های حفاظت محیط‌زیست و مدیریت منابع طبیعی نقش مهمی در جلوگیری از تشدید بحران‌های طبیعی از قبیل وقوع سیل دارد. در حوزه آبخیز گرگان‌رود واقع در استان گلستان تغییرات عمده کاربری اراضی بسیار چشمگیر است. در این تحقیق به‌منظور بررسی وضعیت کاربری اراضی حوزه از تصاویر OLI ماهواره لندست ۸ مربوط به تاریخ ۴ تیرماه ۱۳۹۶ استفاده شد. هدف این تحقیق ارزیابی صحت الگوریتم‌های مختلف طبقه‌بندی نظارت‌شده شیء‌گرا و پیکسل پایه در استخراج کاربری اراضی بر مبنای شاخص‌های اختلاف مکانی و اختلاف مکانی است. نتایج ارزیابی صحت بر اساس دو شاخص اختلاف مکانی با ۲/۰۳ درصد و اختلاف مکانی با ۴/۵۸ درصد بیانگر برتری الگوریتم ماشین بردار پشتیبان در روش طبقه‌بندی شیء‌گرا با مقیاس سگمنت‌سازی ۵۰ واحد نسبت به سایر الگوریتم‌ها است. در الگوریتم منتخب طبقه‌بندی، میزان دقت کلی و ضریب کاپا به ترتیب ۹۲/۶۵ درصد و ۰/۹۱ به دست آمد. بر اساس این الگوریتم، کمترین خطای حذف و اضافه به ترتیب با ۰/۵۸ درصد مربوط به کلاس جنگل و ۱/۵۹ درصد مربوط به کلاس مناطق مسکونی و صنعتی است. بیشترین صحت تولیدکننده و کاربر به ترتیب با ۹۹/۴۴ درصد مربوط به کلاس جنگل و با ۹۹/۴۱ درصد مربوط به کلاس منابع آبی است. بیشترین مساحت کاربری در حوزه آبخیز گرگان‌رود مربوط به کلاس اراضی بایر/ مرتع/ زراعت با مساحت ۳۱۴۱۱۰ هکتار است. الگوریتم ماشین بردار در روش طبقه‌بندی شیء‌گرا به‌عنوان الگوریتم مناسب در طبقه‌بندی کاربری اراضی حوزه به‌منظور مدیریت عرصه‌های منابع طبیعی در استان گلستان پیشنهاد می‌گردد.

*sheikh@gau.ac.ir: پست الکترونیکی مسئول مکاتبات

مقدمه

پایش محیط‌زیست، اجرای اقدامات حفاظتی، مدیریت منابع طبیعی، توسعه پایدار و حفاظت از اکوسیستم‌های طبیعی نیاز به تعیین و استخراج تغییرات کاربری اراضی در هر منطقه دارد که می‌توان این قبیل اطلاعات را از داده‌های سنجش‌ازدور برآورد نمود (۲). پوشش زمین و کاربری اراضی یک متغیر مهم در فرآیندهای طبیعی زمین است. تغییرات کاربری اراضی در برنامه‌های حفاظت محیط‌زیست و مدیریت منابع طبیعی نقش مهمی در تشدید بحران‌های طبیعی از قبیل وقوع سیل دارد. در تعریف کاربری اراضی می‌توان به نوع استفاده از زمین در وضعیت موجود بر اساس برنامه‌های آمایش سرزمین اشاره نمود که کاربری در بخش‌های مختلف کشاورزی، منابع طبیعی و صنعت را شامل می‌شود. کاربری اراضی به‌نوعی دربرگیرنده مفهوم مکانی اراضی حوزه آبخیز به فعالیت‌های زراعی (دیم و آبی)، مناطق مسکونی، جنگل، مرتع، معدن، تأسیسات صنعتی و همانند آن است (۵). در تعیین تغییرات کاربری اراضی روش‌های مختلفی وجود دارد که هر یک دارای مزایا و معایبی است، از جدیدترین این روش‌ها به‌کارگیری فناوری سنجش‌ازدور و سیستم اطلاعات جغرافیایی است. داده‌های تصاویر ماهواره‌ای یکی از سریع‌ترین و کم‌هزینه‌ترین روش‌های در اختیار کاربران جهت تهیه نقشه کاربری اراضی است (۳).

طبقه‌بندی کاربری اراضی یکی از مهم‌ترین موضوعات مطرح در بحث سنجش‌ازدور است که صحت طبقه‌بندی و الگوریتم بکار رفته در طبقه‌بندی نقش مهمی را در کاربرد و ارزش نقشه‌های ایجادشده ایفا می‌کند؛ بنابراین صحت طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای به‌منظور استخراج نقشه کاربری اراضی به‌عنوان یک موضوع مهم در حوزه مطالعات محیط طبیعی همواره مطرح است (۸). الگوریتم‌های مورد استفاده در شناسایی تغییرات کاربری اراضی در تصاویر سنجش‌ازدور به دو گروه پیکسل پایه و شیء‌گرا تقسیم می‌شوند (۱۲). طبقه‌بندی پیکسل پایه نوعی از طبقه‌بندی تصویر است که در آن جداسازی پدیده‌ها بر اساس بازتاب امواج الکترومغناطیس

یا به‌عبارت‌دیگر ویژگی‌های طیفی پدیده‌ها صورت می‌پذیرد. در این طبقه‌بندی پدیده‌های دارای ارزش عددی یکسان، در یک گروه قرار می‌گیرند و طبقه‌بندی بر اساس ارزش عددی پیکسل‌ها است. در طبقه‌بندی شیء‌گرا علاوه بر ویژگی‌های طیفی پدیده‌ها، ویژگی‌های هندسی آن‌ها نیز برای جداسازی مدنظر قرار می‌گیرد. در تحلیل شیء‌گرای تصاویر، واحد اصلی پردازش تصویر، شکل اشیاء یا سگمنت‌ها یا قطعات تصویر می‌باشند (۶). به‌منظور ارزیابی دقیق هر یک از طبقه‌بندی‌های انجام‌شده با الگوریتم‌های مختلف، ماتریس خطا محاسبه می‌شود تا دقت کلی طبقه‌بندی‌ها با واقعیت زمینی مشخص گردد (۱۷).

در طبقه‌بندی به روش شیء‌گرای تصاویر پارامترهایی از قبیل نوع تصویر، مقیاس سگمنت‌سازی، ارزیابی صحت، نوع الگوریتم انتخاب‌شده در طبقه‌بندی، مکان‌های آموزشی، داده‌های ورودی و کلاس‌های هدف دارای اهمیت است (۲۹). از جمله الگوریتم‌های مورد استفاده در طبقه‌بندی به روش شیء‌گرا، (K-Nearest-Neighbors) KNN، (Support SVM)، (Decision Tree) DT، (Vector Machine) RF و (Random Forest) است که هر یک از این روش‌ها دارای مقیاس‌های سگمنت‌سازی و ورودی‌های متفاوت است (۱۳).

برخی از تحقیقات انجام‌شده در زمینه آشکارسازی تغییرات کاربری اراضی بیانگر بالا بودن میزان دقت کلی الگوریتم DT نسبت به KNN و SVM در طبقه‌بندی کاربری اراضی است (۲۷ و ۳۲). درحالی‌که برخی دیگر از محققین اشاره به بالا بودن میزان تطابق طبقه‌بندی کاربری اراضی استخراج‌شده با واقعیت زمینی با استفاده از الگوریتم KNN در روش شیء‌گرا دارند (۲۹). تحقیقات زیادی نیز بر روی مقیاس سگمنت‌سازی انجام‌شده است تا با انتخاب مقیاس بهینه در سگمنت‌سازی به بالاترین صحت طبقه‌بندی دست‌یافت و با کاهش میزان خطای کاربر و افزایش دقت کلی به مناسب‌ترین الگوریتم طبقه‌بندی رسید (۱۹، ۲۴ و ۳۱). تحقیقات انجام‌شده در زمینه آشکارسازی تغییرات کاربری اراضی بیانگر نتایج خوب طبقه‌بندی بر اساس الگوریتم‌های ماشین بردار از قبیل

ارزیابی صحت در بررسی میزان صحت الگوریتم‌ها در روش‌های طبقه‌بندی کاربری اراضی می‌توان به دقت کلی، ضریب کاپا، صحت کاربر، صحت تولیدشده، خطای Commission و خطای Omission اشاره نمود. دو شاخص ارزیابی دیگر به نام اختلاف کمی (Quantity Disagreement) و اختلاف مکانی (Allocation Disagreement) به‌عنوان شاخص‌های جدید در ارزیابی صحت الگوریتم‌های مختلف روش‌های طبقه‌بندی پیکسل پایه و شیء‌گرا است (۲۵).

در این پژوهش، حوزه آبخیز گرگان‌رود به دلیل تغییرات چشمگیری که در کاربری اراضی این حوزه رخ داده است، به‌منظور بررسی میزان تغییرات کاربری اراضی انتخاب شده است. هدف از این پژوهش ارزیابی صحت الگوریتم‌های مختلف طبقه‌بندی نظارت‌شده شیء‌گرا و پیکسل پایه در آشکارسازی تغییرات کاربری اراضی بر اساس دو شاخص اختلاف مکانی (Quantity Disagreement) و اختلاف مکانی (Allocation Disagreement) است. در روش طبقه‌بندی پیکسل پایه، چهار الگوریتم حداکثر احتمال (MLC)، حداقل فاصله (MDC)، شبکه عصبی مصنوعی (NNC)، ماشین بردار پشتیبان (SVM) و در روش طبقه‌بندی شیء‌گرا دو الگوریتم نزدیک‌ترین همسایه (KNN) با نه مقیاس سگمنت‌سازی و ماشین بردار (SVM) با سه مقیاس سگمنت‌سازی ارزیابی شد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

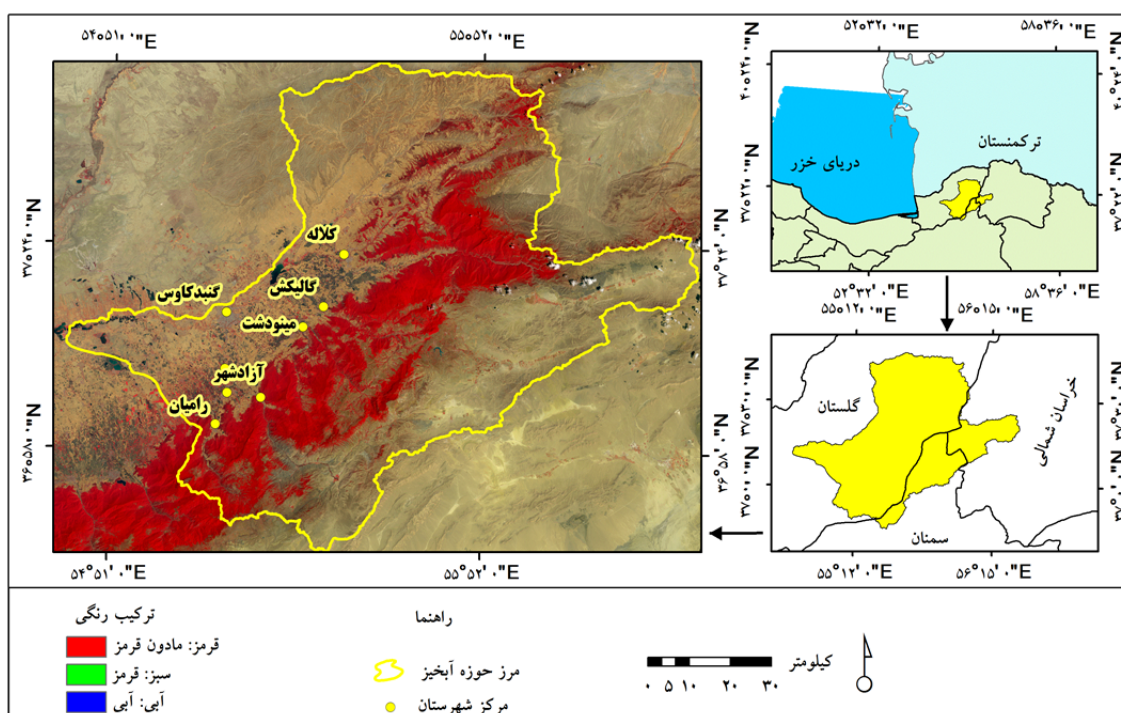
حوزه آبخیز گرگان‌رود در استان گلستان در شمال شرقی ایران قرار دارد. در طی سه دهه گذشته این حوزه شاهد ویرانگرترین سیل‌های استان و کشور بوده است. مهم‌ترین سیلاب‌های رخ داده در مردادماه ۱۳۸۰ و ۱۳۸۱ و فروردین‌ماه ۱۳۹۸ است. تیپ غالب کاربری اراضی موجود در محدوده مورد مطالعه از نوع جنگل‌های هیرکانی، زراعت دیم، مراتع و اراضی کشاورزی آبی است. حوزه آبخیز مورد مطالعه در مختصات جغرافیایی "۴۹' ۴۴" تا "۱۱' ۴۷" عرض ۳۷° شمالی و "۳۳' ۴۳" تا "۲۰' ۲۷" طول شرقی قرار دارد.

SVM و RF در استخراج برخی از کاربری‌ها است و بیشترین میزان تطابق در کاربری‌های زراعت، جنگل و منابع آب با واقعیت زمینی مشاهده گردید اما در کاربری‌های دیگر از قبیل مرتع، درختچه‌زارها و مناطق مسکونی دارای خطای مکانی است (۱۸ و ۲۱).

به‌طورکلی تحقیقات زیادی در زمینه مقایسه روش‌های طبقه‌بندی کاربری اراضی به دو روش نظارت‌شده پیکسل پایه و شیء‌گرا بر مبنای دو شاخص دقت کلی و ضریب کاپا انجام شده که نتایج اغلب مطالعات بیانگر بالا بودن ارزیابی صحت روش طبقه‌بندی شیء‌گرا در آشکارسازی تغییرات کاربری اراضی با الگوریتم‌های مختلف بوده است (۴، ۱۰، ۲۸ و ۳۰). جانسون (۱۶) تغییرات کاربری اراضی و پوشش زمین در حوزه‌ای از آمازون در برزیل را با استفاده از دو الگوریتم ماشین بردار پشتیبان (SVM) و حداکثر احتمال (MLC) در روش طبقه‌بندی پیکسل پایه و الگوریتم نزدیک‌ترین همسایه (KNN) و ماشین بردار پشتیبان (SVM) را با مقیاس‌های مختلف سگمنت‌سازی در روش طبقه‌بندی شیء‌گرا بر روی تصاویر ماهواره‌ای SPOT5 طبقه‌بندی کردند. نتایج این تحقیق بیشترین دقت کلی ۸۶/۸ درصد را برای الگوریتم ماشین بردار پشتیبان در طبقه‌بندی شیء‌گرا نشان داد. دبس و همکاران (۱۱) به ارزیابی دو روش طبقه‌بندی پیکسل پایه و شیء‌گرا در میزان رشد درخت کائوچو با استفاده از الگوریتم‌های نزدیک‌ترین همسایه (KNN)، ماشین بردار پشتیبان (SVM)، حداقل فاصله (MDC) و درخت تصمیم (DT) پرداختند. نتایج حاصل از ارزیابی صحت به ترتیب برابر ۹۷/۴۸٪، ۹۶/۹۰٪، ۹۶/۲۵٪ و ۸۰/۸۰٪ بود که بیانگر میزان بالای صحت طبقه‌بندی در روش شیء‌گرا بر اساس الگوریتم نزدیک‌ترین همسایه (KNN) بوده است. اسکندری (۱) در یک مطالعه موردی بر روی رویشگاه‌های حساس زاگرس در استان ایلام، اقدام به مقایسه هفت الگوریتم در طبقه‌بندی نظارت‌شده پیکسل پایه نمود. نتایج این تحقیق نشان داد که الگوریتم ماشین بردار پشتیبان با دقت کلی ۷۹ درصد و ضریب کاپای ۰/۷۰ بیشترین صحت را در تهیه نقشه پوشش زمین داشت. از جمله مهم‌ترین پارامترهای

اراضی در این حوزه که به‌عنوان عامل اصلی این پدیده طبیعی در منطقه است، حوزه آبخیز گرگان‌رود با مساحت ۷۸۹۱ کیلومترمربع به‌منظور بررسی میزان تغییرات کاربری اراضی با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای لندست ۸ مربوط به تاریخ ۴ تیرماه ۱۳۹۶ انتخاب گردید (شکل ۱).

در محدوده مورد مطالعه تغییرات عمده کاربری اراضی از جنگل به زراعت و مناطق مسکونی و صنعتی بسیار چشمگیر بوده است؛ بنابراین این حوزه تحت تأثیر ترکیبی از تغییرات انسانی و طبیعی قرار گرفته که منجر به اهمیت این موضوع در بررسی راهکارهای مدیریتی برای جلوگیری از بروز بحران می‌گردد. به دلیل وقایع سیلاب رخ داده در منطقه و پدیده تغییر کاربری



شکل ۱. موقعیت حوزه آبخیز گرگان‌رود در ایران و استان گلستان

این تحقیق با استفاده از شاخصی به نام فاکتور شاخص مطلوب (Optimum Index Factor) انجام شد. در این تحقیق برای مشخص شدن بهتر کاربری‌ها در تصویر سال ۲۰۱۷ ترکیب رنگی ۳-۴-۵ بر اساس شاخص OIF تعیین شد.

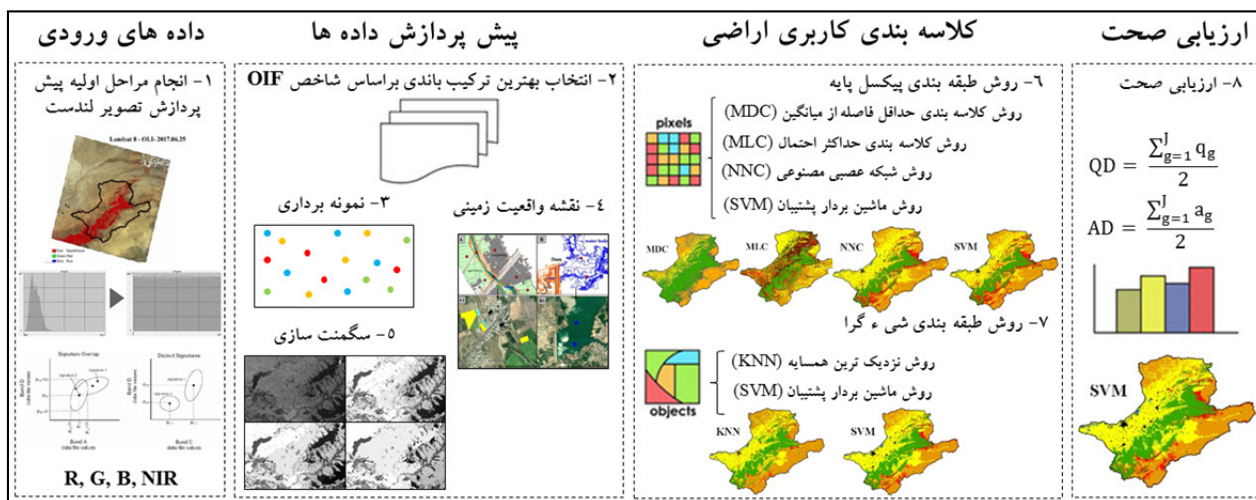
تصحیح اتمسفریک به روش تکنیک تفکیک شیء تاریک (Dark Object Subtraction Technique) انجام شد (۹). نقشه کاربری اراضی تهیه‌شده توسط اداره کل منابع طبیعی استان گلستان (سال ۱۳۸۹) به‌عنوان نقشه واقعیت زمینی به‌منظور صحت‌سنجی کلاس‌های کاربری اراضی تعریف‌شده در الگوریتم‌های مختلف طبقه‌بندی استفاده شد. تعریف کلاس‌های کاربری اراضی بر اساس سطوح یک و دو

داده‌های مورد استفاده

در این پژوهش به‌منظور طبقه‌بندی کاربری اراضی حوزه آبخیز گرگان‌رود، تصاویر سنجنده مشاهده‌گر زمینی (OLI) ماهواره لندست ۸ مربوط به تاریخ ۴ تیرماه ۱۳۹۶ از سایت زمین‌شناسی ایالات متحده آمریکا وابسته به سایت ناسا USGS دانلود گردید. تصویر ماهواره‌ای دانلود شده دارای شماره ردیف ۳۴، گذر ۱۶۲، ابعاد ۱۵۵۸۱×۱۵۸۴۱ با قدرت تفکیک مکانی ۳۰ متر و ۱۱ باند طیفی در محدوده‌های مرئی، مادون‌قرمز نزدیک و مادون‌قرمز طول‌موج کوتاه است. برای استفاده مطلوب از داده‌های چند طیفی لازم است تا بهترین ترکیب بانندی مشخص شود. انتخاب بهترین ترکیب بانندی در

حداقل فاصله از میانگین، حداکثر احتمال، شبکه عصبی مصنوعی و ماشین بردار پشتیبان) در روش پیکسل پایه و دو الگوریتم (نزدیک‌ترین همسایه و ماشین بردار پشتیبان) در روش شیء گرا، و ارزیابی صحت و تعیین شاخص‌های ارزیابی به منظور انتخاب مناسب‌ترین الگوریتم طبقه بندی و استخراج نقشه کاربری اراضی بر اساس الگوریتم منتخب است.

طبقه بندی اندرسون (۷) انجام پذیرفت؛ بنابراین هفت کلاس کاربری اراضی شامل؛ اراضی جنگلی، زراعت، مخلوط درختچه‌زار/ مرتع/ زراعت، منابع آبی، اراضی بایر/ مرتع/ زراعت، مناطق مسکونی و صنعتی، بستر رودخانه تفکیک گردید. مراحل انجام تحقیق در شکل ۲ شامل؛ جمع‌آوری داده‌ها، پیش‌پردازش داده‌ها، ایجاد مکان‌های آموزشی و اعتبار سنجی نمونه‌ها، کلاسه بندی کاربری اراضی با چهار الگوریتم



شکل ۲. نمودار جریانی مراحل مختلف انجام پژوهش

سطح حوزه شد. تدقیق این مکان‌ها با بازدید میدانی و براساس شواهد و مدارک علمی و با تکیه بر تصاویر گوگل ارث انجام شد. کلاسه بندی کاربری اراضی به روش پیکسل پایه براساس چهار روش حداقل فاصله از میانگین، حداکثر احتمال، شبکه عصبی مصنوعی و ماشین بردار پشتیبان انجام شد. در نهایت اقدام به ارزیابی صحت نقشه‌های طبقه بندی تولید شده براساس هر یک از الگوریتم‌های بکار رفته در روش طبقه بندی پیکسل پایه با نقشه واقعیت زمینی شد.

روش طبقه بندی شیء گرا در طبقه بندی کاربری اراضی

به روش شیء گرا در این مطالعه از دو الگوریتم طبقه بندی شامل روش نزدیک‌ترین همسایه (KNN) و ماشین بردار پشتیبان (SVM) در حوزه آبخیز مورد مطالعه استفاده شد. به منظور انجام طبقه بندی هر یک از کاربری‌ها با استفاده از روش‌های شیء گرا ابتدا بر روی تصویر ماهواره‌ای که مراحل

روش طبقه بندی پیکسل پایه در طبقه بندی کاربری

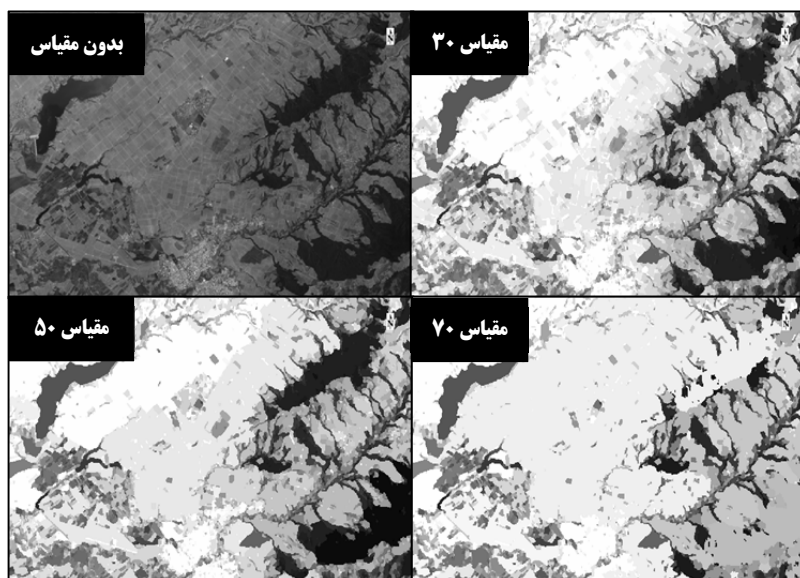
اراضی به روش پیکسل پایه در این مطالعه؛ از چهار الگوریتم طبقه بندی شامل حداقل فاصله از میانگین (MDC)، حداکثر احتمال (MLC)، شبکه عصبی مصنوعی (NNC) و ماشین بردار پشتیبان (SVM) استفاده گردید. در مراحل اولیه پیش پردازش تصویر ماهواره‌ای لندست شامل برش تصویر، ایجاد ترکیب رنگی، تعیین بهترین ترکیب باندی، ادغام سازی باندها و بررسی شاخص جدایی پذیری طیفی در تصویر ماهواره‌ای لندست انجام شد. سپس با تعیین مکان‌های آموزشی در تصویر ماهواره‌ای لندست اقدام به طبقه بندی کاربری اراضی براساس چهار روش فوق شد. برای انجام این کار با استفاده از شواهد و لایه‌های موجود در حوزه مورد مطالعه که نوع کاربری‌های آن مشخص بود و براساس ترکیب باندی ایجاد شده در تصاویر ماهواره‌ای اقدام به تعیین و کلاسه بندی کاربری‌ها در

الگوریتم‌های مختلف، در اندازه‌های متفاوت و با نسبت‌های مختلف طیفی و شکلی، سگمنت‌سازی و بر اساس ویژگی‌های طیفی و فضایی‌شان در قالب اشیاء متفاوت دسته‌بندی شدند. طی این فرآیند شیء‌های تصویری متناسب با معیار همگنی و ناهمگنی بر اساس پارامترهای مقیاس، رنگ، شکل، ضریب نرمی و ضریب فشردگی ایجاد شد و چند سطح سگمنت‌سازی (Scale Level) در این مرحله بررسی شد. از آنجاکه فرآیند سگمنت‌سازی با مقیاس‌های مختلف در روند کلاسه‌بندی کاربری اراضی مؤثر است لذا سعی شد در این تحقیق مقیاس‌های مختلف سگمنت‌سازی بررسی شود. اگر سگمنت‌سازی بالا (تعداد قطعات کم و اندازه قطعات بزرگ) و سگمنت‌سازی کوچک (تعداد قطعات زیاد و اندازه قطعات کوچک) در نظر گرفته شود می‌تواند منجر به کلاسه‌بندی ضعیف گردد؛ بنابراین انتخاب SL بالا منجر به سگمنت‌های پایین و SL پایین منجر به سگمنت‌های زیاد می‌گردد. در این تحقیق براساس تحقیقات قبلی انجام‌شده در زمینه انتخاب بهینه سگمنت‌سازی (۱۹، ۲۴ و ۳۱) سه سطح ۳۰، ۵۰ و ۷۰ برای سگمنت‌سازی تصویر انتخاب‌شده است (شکل ۳).

پیش‌پردازش بر روی آن انجام‌شده بود، قطعه‌سازی یا سگمنت‌سازی صورت پذیرفت. در فرآیند سگمنت‌سازی، انتخاب مقیاس صحیح سگمنت‌سازی بسیار مهم است، لذا مقیاس‌های مختلف در هریک از الگوریتم‌ها مورد بررسی قرار گرفت. تفاوت مهم روش طبقه‌بندی پیکسل پایه با طبقه‌بندی شیء‌گرا در واحدهای اصلی پردازش تصویر است که در روش پیکسل پایه با انتخاب نمونه‌های تعلیمی و آموزش به سیستم، فرآیند طبقه‌بندی صورت گرفت ولی در روش شیء‌گرا، قطعات یا همان سگمنت‌های انتخاب‌شده که از نظر شکل هندسی، بافت و رنگ دارای شباهت طیفی می‌باشند، ملاک طبقه‌بندی قرار گرفته است (۱۳). لذا به منظور انجام طبقه‌بندی شیء‌گرا ابتدا قطعه‌بندی تصویر (سگمنت‌سازی)، طبقه‌بندی کاربری اراضی و ارزیابی صحت انجام شد.

سگمنت‌سازی تصویر (قطعه‌بندی) در این تحقیق

فرآیند سگمنت‌سازی طبقه‌بندی شیء‌گرا سعی شد تصویر به بخش‌هایی با گروه‌بندی پیکسل‌های همسایه که دارای ویژگی‌های یکسان و مشابهی در بافت، رنگ و وضوح است، تقسیم شود (۱۳ و ۱۴). لذا در ابتدا پیکسل‌ها توسط



شکل ۳. سگمنت‌سازی تصویر با سه سطح بدون مقیاس و مقیاس ۳۰، ۵۰ و ۷۰

سطوح سگمنت‌سازی براساس شکل هندسی، بافت، رنگ و توپولوژی اشیاء تصویر در سه مقیاس ۳۰، ۵۰ و ۷۰ بررسی شد. مراحل طبقه‌بندی تصویر در هر یک از سه مقیاس انجام و پس از ارزیابی صحت و مقایسه نقشه طبقه‌بندی کاربری اراضی با نقشه واقعیت زمینی، مقیاس بهینه به منظور طبقه‌بندی کاربری اراضی تعیین شد.

ارزیابی صحت طبقه‌بندی کاربری اراضی برای ارزیابی

صحت طبقه‌بندی، می‌توان از برداشت نمونه‌های داخل عرصه، تصاویر ماهواره‌ای با توان تفکیک مکانی زیاد و یا نقشه‌های پایه موجود استفاده کرد. به منظور ارزیابی صحت نقشه‌های تولیدشده و امکان مقایسه صحت طبقه‌بندی در روش‌های پیکسل پایه و شیء‌گرا، در این تحقیق، از نقشه واقعی زمین که بر اساس داده‌های مشاهداتی (نقشه کاداستر سال ۱۳۸۹) و مطالعات میدانی که در حدود ۱۰ درصد از سطح حوزه را پوشش می‌دهد، استفاده شد (۲۰). در شکل ۴ نقشه واقعیت زمینی بر اساس داده‌های مشاهداتی (نقشه کاداستر سال ۲۰۰۸) و مطالعات میدانی نشان داده شده است.

طبقه‌بندی به روش نزدیک‌ترین همسایه (KNN) در این

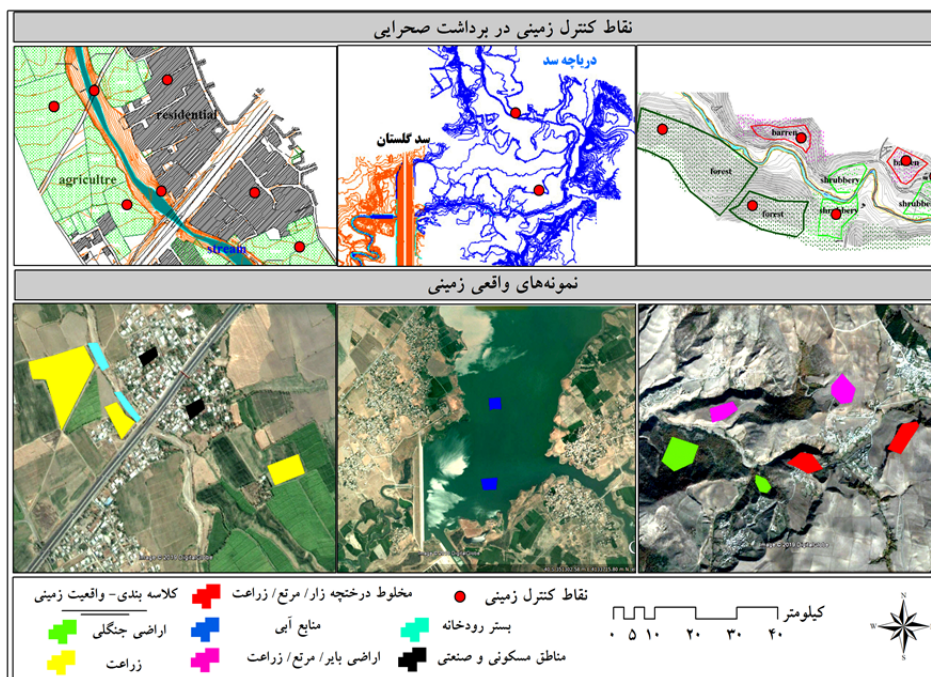
الگوریتم پس از انتخاب مقیاس مناسب سگمنت‌سازی بر اساس شباهت اکثریت اجزاء، براساس قانون همسایگی در فضای تصویر، عمل طبقه‌بندی انجام شد. در این الگوریتم محاسبه تمام فاصله‌ها بین نمونه‌های زمینی و نمونه‌های ناشناخته انجام شده و براساس نزدیک‌ترین فاصله به کاربری هدف، نوع کاربری برای تصویر در سگمنت‌سازی موردنظر تشخیص داده شد (۲۳). فاصله نزدیک‌ترین همسایه به نمونه‌های ناشناخته از رابطه ۱ تعیین شد.

$$d(x,y) = \sqrt{(x-y)^T \sum^{-1} (x-y)} \quad [1]$$

در این رابطه؛ x و y نشان‌دهنده داده‌های وکتوری و $K=1$ نزدیک‌ترین همسایه است (۱۰).

طبقه‌بندی به روش ماشین بردار پشتیبان (SVM) در این

الگوریتم پس از انتخاب سطوح سگمنت‌سازی و براساس نمونه‌های زمینی انتخاب‌شده عمل کلاسه‌بندی بر اساس فرضیات موجود در الگوریتم ماشین بردار پشتیبان انجام شد.



شکل ۴. نقاط کنترل زمینی در برداشت صحرائی و نمونه‌های واقعی زمینی

تعریف می‌شود. این دو خطا نیز بر اساس اطلاعات ماتریس خطا برای هر طبقه مجزا محاسبه می‌شود. خطای حذف مربوط به آن درصد از پیکسل‌هایی است که در واقعیت، مربوط به طبقه موردنظر است ولی جزء طبقه‌های دیگر طبقه‌بندی شده است. در راستای خطای حذف، صحت تولیدکننده بیان می‌شود که معادل نسبت پیکسل‌های صحیح در نقشه طبقه‌بندی شده به مجموع پیکسل‌های همان ستون (ماتریس خطا) در نقشه واقعیت زمینی است. خطای اضافه معادل آن درصد از پیکسل‌هایی است که در واقع متعلق به طبقه موردنظر نیستند ولی طبقه‌بندی کننده آن‌ها را جزء آن طبقه خاص در نظر گرفته است. در راستای خطای اضافه، صحت کاربر بیان می‌شود که معادل نسبت پیکسل‌های صحیح در نقشه طبقه‌بندی شده به مجموع پیکسل‌های همان سطر (ماتریس خطا) در نقشه واقعیت زمینی است. لذا هر چه میزان خطای حذف و خطای اضافه پایین‌تر و هر چه میزان صحت تولیدکننده و صحت کاربر بالاتر در طبقه‌بندی کلاس‌ها باشد، بیانگر دقت بالاتر طبقه‌بندی است.

تعیین شاخص‌های اختلاف کمی و مکانی شاخص اختلاف در واقع بیان‌کننده میزان اختلاف بین نقشه‌های شبیه‌سازی شده و مشاهداتی است (۲۲، ۲۵ و ۲۶). خطای کمیت (اختلاف کمی، Quantity Disagreement) زمانی اتفاق می‌افتد که تعداد سلول‌های یک طبقه در نقشه شبیه‌سازی شده با تعداد سلول‌های همان طبقه در نقشه پایه متفاوت باشد. خطای مکانی (اختلاف مکانی، Allocation Disagreement) زمانی اتفاق می‌افتد که مکان یک کلاس کاربری در نقشه شبیه‌سازی شده با مکان همان کلاس کاربری در نقشه پایه متفاوت باشد (۲۵).

با اشاره به رابطه‌ها در ادامه، اشاره می‌کند به تعداد طبقات و تعداد ستون‌ها در یک نمونه‌گیری طبقه‌بندی شده خاص. هر طبقه در نقشه مقایسه‌ای با i مشخص می‌شود که محدوده آن از ۱ تا j است. تعداد پیکسل‌ها در هر ستون با N_j مشخص می‌گردد. هر مشاهده بر اساس طبقات موجود در نقشه مقایسه‌ای با (i) و در نقشه پایه با (j) ثبت شده است.

مقادیر آماری ماتریس خطا (Confusion Matrix)، دقت کلی (Overall Accuracy)، صحت تولیدکننده (Producer Accuracy)، صحت کاربر (User Accuracy)، ضریب کاپا (Kappa Coefficient) و دو شاخص اختلاف کمی (Disagreement Allocation) و اختلاف مکانی (Disagreement Allocation) به منظور ارزیابی صحت هر یک از الگوریتم‌ها استخراج شد. صحت‌سنجی طبقه‌بندی در محیط نرم‌افزار ENVI انجام شد. نتایج ارزیابی صحت به صورت خطا ارائه می‌شوند که در این صورت انواع پارامترها و مقادیری که بیانگر صحت یا نوعی خطا در نتایج هستند از ماتریس خطا استخراج می‌شوند.

ارزیابی دقت در سطح کل تصویر بر اساس دو مؤلفه دقت کلی و ضریب کاپا بیان می‌گردد. دقت کلی، نسبت پیکسل‌هایی که به درستی طبقه‌بندی شده است به مجموع نمونه‌های برداشت زمینی است. دقت کلی به‌تنهایی نمی‌تواند مؤلفه مناسبی برای اعتبارسنجی محسوب گردد، لذا ضریب کاپا در مقایسه با دقت کلی دارای دقت برآورد مناسب‌تری است. چون در فرآیند اعتبارسنجی، پیکسل‌هایی که به اشتباه طبقه‌بندی شده است را نیز در اعتبارسنجی در نظر می‌گیرد. ضریب کاپا دارای بازه‌ای بین ۰ و ۱ است که هرچه قدر به ۱ نزدیک‌تر باشد بیانگر دقت بالاتر طبقه‌بندی و هرچه قدر به ۰ نزدیک‌تر باشد یعنی طبقه‌بندی از دقت پایین‌تری برخوردار است. ضریب کاپا از رابطه ۲ تعیین گردید (۲۵ و ۲۶).

$$K = \frac{N \sum_{i=1}^r X_{ii} - \sum_{i=1}^r X_{i+} X_{+i}}{N^2 - \sum_{i=1}^r X_{i+} X_{+i}} \quad [2]$$

در این رابطه؛ N تعداد کل پیکسل‌های واقعیت زمینی، X_{i+} مجموع عناصر سطر i ام و X_{+i} مجموع عناصر ستون i ام می‌باشند.

در فرآیند اعتبارسنجی نمی‌توان صرفاً به دقت کلی تصویر اکتفا نمود و بایستی میزان دقت طبقه‌بندی هر یک از کلاس‌ها نیز به صورت جداگانه بررسی شود. بدین منظور پارامترهای خطای حذف (Omission Error)، خطای اضافه (Commission Error)، صحت تولیدکننده و صحت کاربر

مکانی محاسبه شده است که بر اساس رابطه ۹ محاسبه گردید (۲۳).

$$D = 1 - C = QD + AD \quad [۹]$$

نتایج

در این تحقیق به منظور اعتبارسنجی هر یک از الگوریتم های طبقه بندی در دو روش طبقه بندی پیکسل پایه و شیء گرا از مقادیر اختلاف کمی و اختلاف مکانی استفاده شد. بدین منظور با استفاده از جدول ماتریس خطا و مقادیر مربوط به پیکسل های هر شیء با ساختار جغرافیایی، اندازه و بافت مشخص (۱۵)، مقادیر شاخص های اختلاف برای هر کلاس کاربری استخراج شد. در جدول ۲ شاخص های اختلاف محاسبه شده برای هر کلاس کاربری اراضی و کل بر اساس چهار الگوریتم حداقل فاصله از میانگین (MDC)، حداکثر احتمال (MLC)، شبکه عصبی مصنوعی (NNC) و ماشین بردار پشتیبان (SVM) در روش طبقه بندی پیکسل پایه و الگوریتم نزدیک ترین همسایه در نه مقیاس و الگوریتم ماشین بردار پشتیبان در سه مقیاس در روش طبقه بندی شیء گرا آورده شده است. اختلاف کمی QD و اختلاف مکانی AD برای کل پوشش زمین با استفاده از الگوریتم حداقل فاصله از میانگین به ترتیب ۱۵/۱۴ و ۲۲/۸۳ درصد، با استفاده از الگوریتم حداکثر احتمال به ترتیب ۱۳/۶۸ و ۱۹/۷۹ درصد، با استفاده از الگوریتم شبکه عصبی مصنوعی به ترتیب ۸/۷۹ و ۴/۷۷ درصد و با استفاده از الگوریتم ماشین بردار پشتیبان به ترتیب ۳/۷۵ و ۱۰/۲۴ درصد است (جدول ۲). در مقایسه با روش طبقه بندی شیء گرا، دو الگوریتم حداقل فاصله از میانگین و حداکثر احتمال بالاترین QD و AD، دو الگوریتم شبکه عصبی مصنوعی و ماشین بردار پشتیبان مقادیر پایینی از QD و AD را برای کل پوشش زمین در روش طبقه بندی پیکسل پایه نشان داده است. به طور کلی روش طبقه بندی شیء گرا نسبت به روش طبقه بندی پیکسل پایه دارای مقادیر پایین تری از QD و AD است و لذا دارای دقت مناسب تری در طبقه بندی است.

تعداد مشاهدات به عنوان ورودی n_{ij} در ردیف i و ستون j ماتریس احتمال قرار می گیرد. نسبت انطباق منطقه مورد مطالعه (P_{ij}) ، طبقه i در نقشه شبیه سازی شده و طبقه j در نقشه مشاهداتی با رابطه ۳ محاسبه گردید (۲۲ و ۲۵).

$$p_{ij} = \left(\frac{n_{ij}}{\sum_{j=1}^J n_{ij}} \right) \left(\frac{N_i}{\sum_{i=1}^I N_i} \right) \quad [۳]$$

در این رابطه؛ QD (q_g) برای یک گروه دلخواه با رابطه ۴ محاسبه گردید (۲۲).

$$q_g = \left(\sum_{i=1}^I p_{ig} \right) \left(\sum_{j=1}^J p_{gi} \right) \quad [۴]$$

در این رابطه؛ QD کل که شامل همه طبقات J است با رابطه ۵ محاسبه شد (۲۳).

$$QD = \frac{\sum_{g=1}^J q_g}{2} \quad [۵]$$

محاسبه $AD (a_g)$ برای یک گروه دلخواه g بر طبق رابطه ۶ محاسبه می شود. اولین استدلال برای این تابع حداقل، محاسبه میزان خطای حذف (Omission) طبقه g و استدلال دوم محاسبه میزان خطای اضافه (Commission) طبقه g است (۲۳).

$$a_{g=2} \min \left[\left(\sum_{i=1}^I p_{ig} \right) - p_{gg} \left(\sum_{j=1}^J p_{ig} \right) - p_{gg} \right] \quad [۶]$$

AD کل بر اساس رابطه ۷ محاسبه گردید (۲۳).

$$AD = \frac{\sum_{g=1}^J a_g}{2} \quad [۷]$$

نسبت انطباق کل (C) بر اساس رابطه ۸ محاسبه گردید (۲۳).

$$C = \sum_{j=1}^J p_{jj} \quad [۸]$$

شاخص اختلاف (D)، جمع کل اختلاف های کمی و

به گونه‌ای که در طبقه‌بندی شیء‌گرا الگوریتم نزدیک‌ترین همسایه، مقیاس SL50-NN7 با QD و AD به ترتیب ۶/۴۱ و ۷/۴۰ از بین نه مقیاس بکار رفته دارای کمترین مقادیر اختلاف کمی و اختلاف مکانی است. بهترین الگوریتم طبقه‌بندی کاربری اراضی، روش شیء‌گرا با الگوریتم ماشین بردار پشتیبان و مقیاس SL50 (SVM-SL50) است که مقادیر QD و AD محاسبه شده توسط این الگوریتم به ترتیب ۲/۰۳ و ۴/۵۸ درصد و کمترین مقادیر است.

نسبت QD به تناسب منطقه‌ای (AP) و نسبت AD به AP برای هر طبقه کاربری درک بهتری از میزان انطباق‌پذیری و سهم هر واحد کاربری اراضی در ایجاد خطا را مشخص می‌کند. بر اساس جدول ۲ کلاس اراضی بایر/ مرتع/ زراعت و کلاس مناطق مسکونی و صنعتی و کلاس مخلوط درختچه‌زار/ مرتع/ زراعت دارای بالاترین نسبت QD/AP با استفاده از الگوریتم طبقه‌بندی حداقل فاصله از میانگین در روش طبقه‌بندی پیکسل پایه است که بیانگر پایین‌ترین صحت از لحاظ شاخص اختلاف کمی (QD) است و کلاس مخلوط درختچه‌زار/ مرتع/ زراعت و کلاس بستر رودخانه دارای بالاترین نسبت AD/AP که بیانگر پایین‌ترین صحت از لحاظ شاخص اختلاف مکانی (QD) است. در الگوریتم حداکثر احتمال در روش طبقه‌بندی پیکسل پایه کلاس اراضی بایر/

مرتع/ زراعت و کلاس مخلوط درختچه‌زار/ مرتع/ زراعت دارای بالاترین نسبت QD/AP و کلاس مخلوط درختچه‌زار/ مرتع/ زراعت دارای بالاترین نسبت AD/AP است. در الگوریتم شبکه عصبی مصنوعی در روش طبقه‌بندی پیکسل پایه کلاس منابع آبی و کلاس بستر رودخانه بالاترین نسبت QD/AP و کلاس اراضی جنگلی و کلاس مخلوط درختچه‌زار/ مرتع/ زراعت دارای بالاترین نسبت AD/AP است. در الگوریتم ماشین بردار پشتیبان در روش طبقه‌بندی پیکسل پایه مخلوط درختچه‌زار/ مرتع/ زراعت دارای بالاترین نسبت QD/AP و کلاس مناطق مسکونی و صنعتی و کلاس مخلوط درختچه‌زار/ مرتع/ زراعت دارای بالاترین نسبت AD/AP است. هرچند الگوریتم شبکه عصبی مصنوعی و ماشین بردار پشتیبان در روش طبقه‌بندی پیکسل پایه دارای مقادیر مناسبی از صحت است اما الگوریتم ماشین بردار پشتیبان در طبقه‌بندی شیء‌گرا دارای کمترین خطای کمی و مکانی برای کل کلاس‌ها بود.

نقشه طبقه‌بندی کاربری اراضی با استفاده از چهار الگوریتم MLC, MDC, NNC, SVM در روش طبقه‌بندی پیکسل پایه و دو الگوریتم KNN-SL50-NN7 و SVM-SL50 در روش طبقه‌بندی شیء‌گرا در شکل ۵ ارائه شده است.

جدول ۱. ارزیابی صحت طبقات مختلف کاربری اراضی با استفاده از الگوریتم‌های مختلف در روش طبقه‌بندی پیکسل پایه و شیء‌گرا

کاربری اراضی	طبقه‌بندی پیکسل پایه															
	ماترین بردار پشتیبان (SVM)				شبکه عصبی مصنوعی (NNC)				حداکثر احتمال (MLC)				حداقل فاصله از میانگین (MDC)			
	AD/AP	AD (%)	QD/AP	QD (%)	AD/AP	AD (%)	QD/AP	QD (%)	AD/AP	AD (%)	QD/AP	QD (%)	AD/AP	AD (%)	QD/AP	QD (%)
زراعت	۰/۳۶	۴/۴۶	۰/۳۵	۱/۳۶	۰/۱۸	۳/۱۳	۰/۵۳	۱/۷۷	۰/۱۳	۰/۹۷	۰/۲۷	۳/۴۹	۰/۱۳	۰/۹۷	۰/۳۷	۵/۴۴
اراضی بایر/ مرتع/ زراعت	۰/۰۸	۵/۲۰	۰/۳۲	۰/۵۹	۰/۹۴	۴/۵۳	۰/۶۸	۱/۱۳	۰/۱۴	۱۴/۷۲	۱/۲۳	۷/۷۱	۰/۱۴	۱۴/۷۲	۳/۲۳	۱۶/۸۵
اراضی جنگلی	۰/۵۰	۱/۲۸	۰/۲۱	۰/۲۳	۱/۵۲	۰/۱۹	۰/۲۵	۰/۷۸	۱۵/۱۵	۰/۲۹	۱۴/۵۲	۲/۹۵	۰/۷۸	۱۵/۱۵	۰/۱۹	۴/۶۹
مناطق مسکونی و صنعتی	۱/۸۴	۲/۱۱	۰/۵۳	۰/۱۵	۰/۷۱	۱/۱۹	۰/۳۵	۰/۷۱	۱/۸۴	۱۲/۹۲	۰/۴۵	۵/۱۴	۰/۱۳	۱۲/۹۲	۰/۱۴	۱۰/۱۴
مخلوط درختچه‌زار/ مرتع/ زراعت	۱/۱۳	۵/۲۶	۱/۴۸	۲/۲۶	۰/۴۹	۵/۴۲	۱/۳۱	۱/۱۳	۱/۷۱	۱۵/۷۸	۱/۵۱	۳/۷۹	۱/۷۱	۱۵/۷۸	۱/۴۸	۸/۵۱
منابع آبی	۰/۸۶	۱/۷۰	۰/۲۷	۰/۴۱	۱/۳۴	۱/۲۴	۲/۱۴	۰/۳۱	۱/۷۵	۰/۱۴	۱۱/۴۰	۱/۷۳	۰/۱۳	۱۰/۷۵	۰/۲۴	۱/۲۴
بستر رودخانه	۰/۱۵	۰/۴۹	۰/۶۳	۰/۹۱	۰/۴۶	۱/۲۷	۱/۷۳	۰/۱۷	۱/۱۸	۰/۴۷	۱۲/۱۵	۰/۳۶	۰/۱۷	۱۰/۶۴	۰/۳۶	۰/۸۰
کل	۱۰/۲۴	۸/۷۹	۳/۷۵	۴/۷۷	۱۳/۶۸	۱۹/۷۹	۱۵/۱۴	۲۲/۸۳								

ادامه جدول ۱. ارزیابی صحت طبقات مختلف کاربری اراضی با استفاده از الگوریتم‌های مختلف در روش طبقه‌بندی پیکسل پایه و شیء گرا

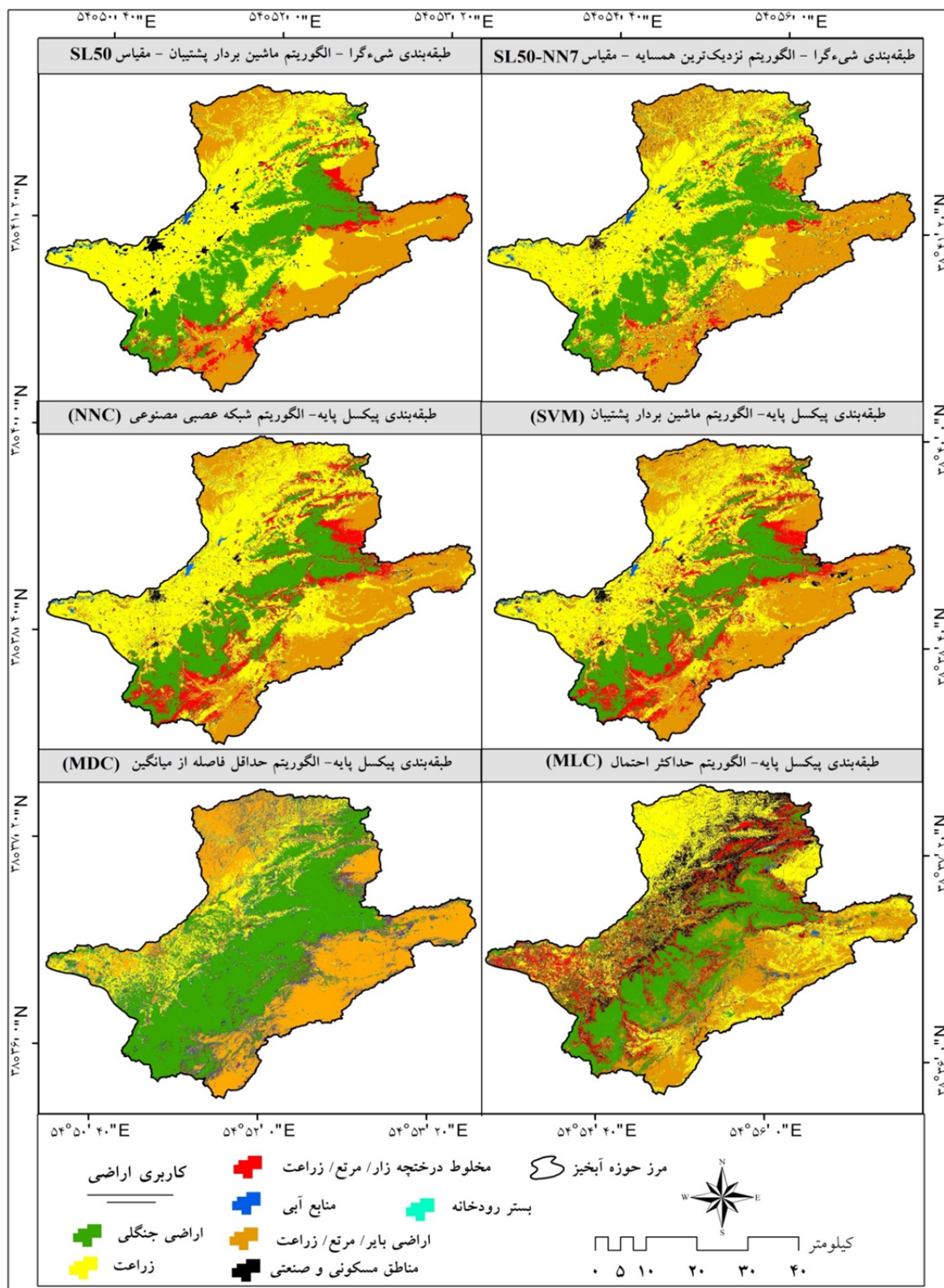
طبقه‌بندی شیء گرا																کاربری اراضی																				
نزدیک‌ترین همسایه - SL50-NN3				نزدیک‌ترین همسایه - SL30-NN7				نزدیک‌ترین همسایه - SL30-NN5				نزدیک‌ترین همسایه - SL30-NN3																								
AD/AP	AD (%)	QD/AP	QD (%)	AD/AP	AD (%)	QD/AP	QD (%)	AD/AP	AD (%)	QD/AP	QD (%)	AD/AP	AD (%)	QD/AP	QD (%)																					
۰/۳۸	۵/۲۷	۰/۳۱	۳/۸۰	۱/۲۹	۷/۴۷	۰/۳۷	۱/۵۹	۰/۸۲	۷/۱۵	۱/۲۳	۲/۴۰	۰/۵۹	۷/۰۶	۰/۲۹	۳/۲۷	زراعت																				
۰/۳۸	۴/۲۷	۰/۳۰	۳/۵۵	۱/۳۸	۹/۲۱	۰/۳۲	۱/۵۷	۱/۴۲	۳/۱۱	۳/۴۵	۱/۵۰	۰/۶۴	۸/۰۱	۰/۳۵	۲/۹۴	اراضی بایر/مرتع/زراعت																				
۰/۰۳	۰/۶۴	۰/۱۷	۲/۲۱	۰/۱۶	۱/۲۸	۰/۱۵	۲/۰۹	۰/۱۴	۱/۳۶	۰/۲۷	۲/۷۶	۰/۱۵	۱/۶۲	۰/۵۴	۲/۷۷	اراضی جنگلی																				
۰/۶۱	۱/۴۷	۰/۸۵	۰/۸۳	۰/۲۳	۱/۴۸	۰/۱۵	۲/۲۶	۰/۳۳	۱/۶۹	۰/۳۵	۱/۷۷	۰/۳۱	۱/۷۸	۱/۲۷	۲/۰۱	مناطق مسکونی و صنعتی																				
۰/۱۱	۱/۹۴	۰/۴۸	۸/۳۸	۱/۱۳	۱۰/۵۹	۰/۴۸	۰/۳۰	۱/۲۴	۱/۸۴	۰/۴۴	۰/۵۷	۵/۷۷	۸/۲۲	۲/۵۳	۰/۹۴	مخلوط درختچه‌زار/مرتع/زراعت																				
۰/۱۵	۰/۱۵	۰/۲۴	۰/۲۴	۰/۴۱	۰/۴۶	۰/۲۴	۰/۲۸	۰/۱۸	۰/۱۷	۰/۲۴	۰/۲۴	۰/۸۳	۰/۵۸	۰/۸۵	۰/۱۷	منابع آبی																				
۰/۴۴	۰/۱۷	۰/۳۱	۰/۱۰	۰/۶۱	۰/۴۶	۰/۷۲	۰/۲۰	۰/۱۷	۰/۲۶	۰/۲۷	۰/۲۴	۰/۳۰	۰/۳۹	۰/۹۱	۰/۳۵	بستر رودخانه																				
				۶/۹۵				۹/۵۶				۱۵/۴۸				۴/۱۵				۱۵/۱۹				۴/۷۴				۱۵/۳۳				۶/۲۳				کل

ادامه جدول ۱. ارزیابی صحت طبقات مختلف کاربری اراضی با استفاده از الگوریتم‌های مختلف در روش طبقه‌بندی پیکسل پایه و شیء گرا

طبقه‌بندی شیء گرا																کاربری اراضی																				
نزدیک‌ترین همسایه - SL70-NN5				نزدیک‌ترین همسایه - SL70-NN3				نزدیک‌ترین همسایه - SL50-NN7				نزدیک‌ترین همسایه - SL50-NN5																								
AD/AP	AD (%)	QD/AP	QD (%)	AD/A	AD (%)	QD/A	QD (%)	AD/A	AD (%)	QD/A	QD (%)	AD/A	AD (%)	QD/A	QD (%)																					
۰/۲۴	۴/۲۱	۰/۲۱	۴/۷۳	۰/۱۳	۳/۰۹	۰/۱۹	۶/۶۴	۰/۳۹	۴/۸۰	۰/۳۱	۳/۳۴	۰/۳۸	۴/۸۲	۰/۲۰	۳/۴۷	زراعت																				
۶/۳۸	۱۰/۹۲	۰/۲۳	۰/۴۰	۱/۷۰	۱۲/۱۸	۰/۲۳	۰/۲۷	۰/۲۸	۴/۱۸	۰/۲۲	۳/۴۸	۰/۳۵	۴/۵۶	۰/۲۳	۳/۰۹	اراضی بایر/مرتع/زراعت																				
۰/۱۸	۱/۵۸	۰/۲۹	۰/۷۸	۰/۷۱	۲/۹۰	۰/۳۴	۰/۰۳	۰/۰۳	۰/۵۴	۰/۰۹	۱/۷۷	۰/۰۳	۰/۵۵	۰/۰۵	۱/۸۵	اراضی جنگلی																				
۰/۴۶	۱/۹۵	۰/۷۳	۱/۴۷	۰/۲۳	۱/۸۵	۰/۳۸	۲/۷۹	۰/۷۰	۱/۴۷	۰/۴۲	۰/۷۳	۰/۶۹	۱/۴۹	۰/۳۹	۰/۷۵	مناطق مسکونی و صنعتی																				
۱/۳۵	۸/۵۲	۰/۴۳	۳/۰۵	۱/۱۹	۹/۱۷	۰/۵۳	۳/۷۴	۰/۱۸	۲/۷۸	۰/۱۵	۷/۵۹	۰/۲۰	۳/۰۳	۰/۴۱	۷/۴۳	مخلوط درختچه‌زار/مرتع/زراعت																				
۱/۲۵	۰/۶۷	۰/۴۲	۰/۱۲	۰/۷۴	۰/۹۲	۰/۴۳	۰/۳۰	۱/۶۴	۰/۳۲	۰/۲۴	۰/۰۵	۰/۲۴	۰/۱۷	۰/۶۰	۰/۱۸	منابع آبی																				
۰/۹۷	۰/۵۲	۰/۶۳	۰/۱۵	۱/۷۵	۱/۰۸	۰/۷۸	۰/۱۱	۰/۱۰	۰/۰۸	۰/۱۷	۰/۲۲	۰/۷۸	۰/۱۷	۰/۷۳	۰/۰۶	بستر رودخانه																				
				۱۴/۱۸				۵/۳۰				۱۵/۶۰				۶/۹۴				۷/۰۹				۸/۵۹				۷/۴۰				۶/۴۱				کل

ادامه جدول ۱. ارزیابی صحت طبقات مختلف کاربری اراضی با استفاده از الگوریتم‌های مختلف در روش طبقه‌بندی پیکسل پایه و شیء گرا

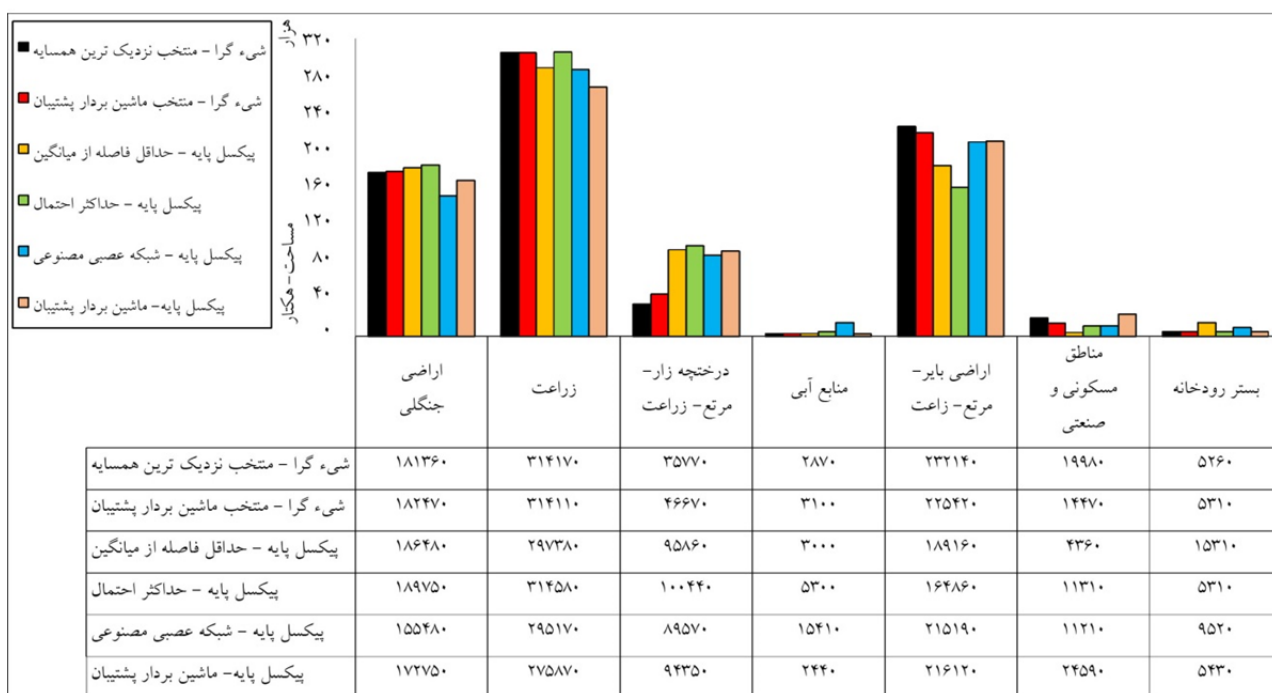
طبقه‌بندی شیء گرا																کاربری اراضی																				
ماشین بردار پشتیبان - SL70				ماشین بردار پشتیبان - SL50				ماشین بردار پشتیبان - SL30				نزدیک‌ترین همسایه - SL70-NN7																								
AD/AP	AD (%)	QD/A	QD (%)	AD/A	AD (%)	QD/A	QD (%)	AD/A	AD (%)	QD/A	QD (%)	AD/AP	AD (%)	QD/A	QD (%)																					
۲/۸۵	۳/۱۶	۱/۲۹	۱/۳۲	۰/۱۱	۱/۳۱	۰/۲۷	۰/۴۴	۲/۳۵	۴/۳۹	۰/۷۲	۲/۹۵	۱/۲۴	۲/۵۱	۰/۲۵	۵/۹۶	زراعت																				
۰/۱۲	۲/۰۶	۰/۸۵	۱۷/۵۷	۰/۱۷	۱/۲۵	۰/۶۳	۰/۱۳	۱۰/۹۵	۵/۸۵	۰/۳۲	۳/۱۰	۱/۳۶	۱۰/۸۴	۰/۴۱	۰/۵۸	اراضی بایر/مرتع/زراعت																				
۰/۱۰	۰/۴۷	۰/۶۷	۱۵/۴۵	۰/۱۲	۰/۴۵	۰/۱۹	۰/۱۴	۰/۱۸	۰/۹۵	۰/۱۹	۱/۸۰	۰/۱۳	۱/۱۳	۰/۱۹	۰/۸۰	اراضی جنگلی																				
۳/۳۰	۱/۷۵	۰/۳۷	۰/۱۸	۰/۳۶	۰/۲۳	۰/۳۵	۰/۵۹	۰/۱۲	۰/۵۵	۰/۵۳	۰/۳۱	۰/۵۴	۱/۹۳	۰/۳۸	۱/۲۳	مناطق مسکونی و صنعتی																				
۰/۱۱	۲/۰۲	۱/۴۸	۸/۶۱	۰/۱۰	۰/۵۴	۰/۵۸	۰/۳۸	۸/۶۸	۶/۸۹	۰/۸۴	۷/۲۷	۱/۱۰	۷/۹۶	۰/۴۲	۳/۵۲	مخلوط درختچه‌زار/مرتع/زراعت																				
۰/۲۰	۰/۳۲	۲/۲۵	۰/۳۸	۰/۴۱	۰/۳۵	۰/۲۴	۰/۴۴	۰/۱۵	۰/۱۸	۰/۴۲	۰/۰۲	۰/۵۲	۰/۴۰	۰/۵۳	۰/۱۹	منابع آبی																				
۱/۷۳	۰/۱۸	۲/۲۸	۰/۱۳	۰/۱۴	۰/۰۴	۰/۷۳	۰/۱۴	۲/۷۰	۰/۴۳	۰/۷۲	۰/۲۶	۱۱/۳۳	۰/۵۲	۰/۶۱	۰/۱۱	بستر رودخانه																				
				۸/۹۹				۱۶/۷۷				۴/۵۸				۲/۰۳				۹/۵۷				۷/۸۵				۱۲/۶۴				۶/۱۵				کل



شکل ۵. نقشه کلاسه‌بندی کاربری اراضی بر اساس چهار الگوریتم حداقل فاصله از میانگین، حداکثر احتمال، شبکه عصبی مصنوعی، ماشین بردار پشتیبان در روش پیکسل پایه و دو الگوریتم نزدیک‌ترین همسایه و ماشین بردار پشتیبان در روش شیء‌گرا

نزدیکترین همسایه با مقیاس SL50-NN7 و ماشین بردار پشتیبان با مقیاس SL50 به ترتیب ۱۹۹۸۰ و ۱۴۴۷۰ هکتار محاسبه گردیده است، درحالی که در روش پیکسل پایه با دو الگوریتم MDC و SVM به ترتیب ۴۳۶۰ و ۲۴۵۹۰ هکتار برآورد گردیده است. مساحت های محاسبه شده به روش طبقه بندی شیء گرا با الگوریتم SVM-SL50 میزان انطباق بیشتری با نقشه واقعیت زمینی نشان داده است.

در شکل ۶ مساحت محاسبه شده توسط الگوریتم های پیکسل پایه و شیء گرا نشان داده شده است. مساحت محاسبه شده به روش الگوریتم های مختلف طبقه بندی به روش شیء گرا میزان انطباق بیشتری با واقعیت زمینی نسبت به الگوریتم های محاسباتی طبقه بندی به روش پیکسل پایه نشان داد. برای مثال محدوده های که به عنوان مناطق مسکونی و صنعتی اختصاص یافته است در روش طبقه بندی شیء گرا با دو الگوریتم



شکل ۶. مساحت هر کلاس کاربری بر اساس الگوریتم های کلاسه بندی کاربری اراضی در روش پیکسل پایه و شیء گرا

ماشین بردار پشتیبان با مقیاس SL50 در مقایسه با طبقه بندی به روش پیکسل پایه است.

در جدول ۲ پارامترهای ارزیابی صحت شامل دقت کلی و ضریب کاپا به ترتیب ۹۲/۶۵ و ۰/۹۱ درصد برای الگوریتم

جدول ۲. پارامترهای ارزیابی صحت الگوریتم‌های مختلف با مقیاس‌های مختلف در روش طبقه‌بندی پیکسل پایه و شیء گرا

روش طبقه‌بندی	الگوریتم	مقیاس سگمنت‌سازی	دقت کلی (۱-۱۰۰ درصد)	ضریب کاپا (۱-۰)
پیکسل پایه	حداقل فاصله از میانگین (MDC)	بدون مقیاس	۴۵/۲۴	۰/۴۲
	حداکثر احتمال (MLC)	بدون مقیاس	۵۸/۶۴	۰/۵۱
	شبکه عصبی مصنوعی (NNC)	بدون مقیاس	۷۷/۳۱	۰/۷۲
	ماشین بردار پشتیبان (SVM)	بدون مقیاس	۸۱/۳۱	۰/۷۲
شیء گرا	نزدیک‌ترین همسایه (KNN)	مقیاس ۳۰، فاصله ۳ واحد	۷۸/۷۱	۰/۷۰
		مقیاس ۳۰، فاصله ۵ واحد	۸۰/۱۲	۰/۷۲
		مقیاس ۳۰، فاصله ۷ واحد	۸۰/۷۲	۰/۷۳
		مقیاس ۵۰، فاصله ۳ واحد	۸۳/۷۹	۰/۷۶
		مقیاس ۵۰، فاصله ۵ واحد	۸۴/۳۵	۰/۷۹
		مقیاس ۵۰، فاصله ۷ واحد	۸۹/۶۱	۰/۸۶
		مقیاس ۷۰، فاصله ۳ واحد	۷۸/۲۱	۰/۶۹
		مقیاس ۷۰، فاصله ۵ واحد	۸۰/۵۴	۰/۷۲
		مقیاس ۷۰، فاصله ۷ واحد	۸۱/۳۵	۰/۷۳
		مقیاس ۳۰	۸۸/۷۹	۰/۸۴
ماشین بردار پشتیبان (SVM)	مقیاس ۵۰	۹۲/۶۵	۰/۹۱	
	مقیاس ۷۰	۸۵/۷۸	۰/۸۱	

اراضی بایر / مرتع / زراعت و کلاس مخلوط درختچه‌زار / مرتع / زراعت مشاهده گردید.

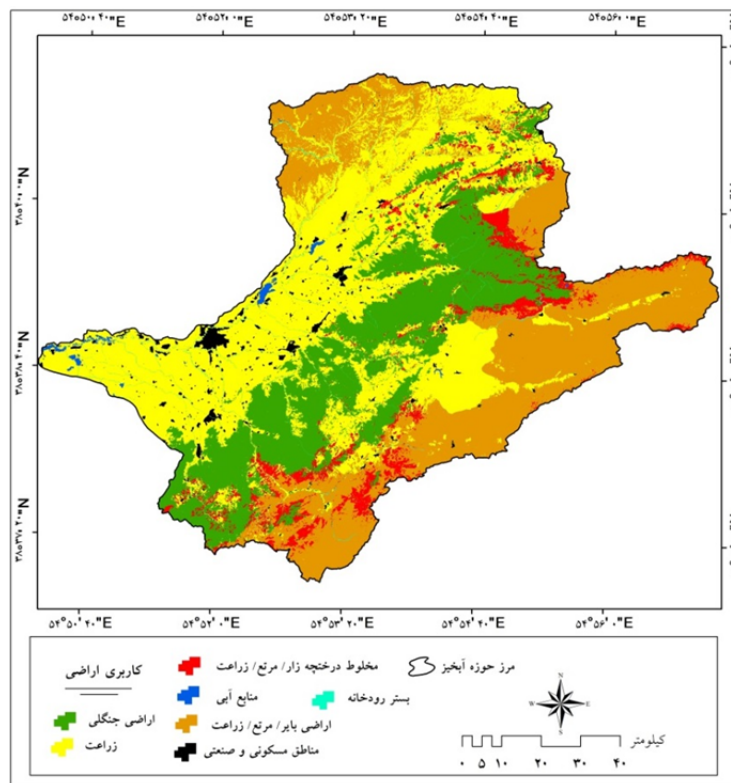
پایین‌ترین صحت تولیدکننده و صحت کاربر به ترتیب به میزان ۷۱/۴۵، ۷۲/۴۳، ۷۳/۱۰ و ۸۷/۱۲ درصد مربوط به کلاس کاربری زراعت، کلاس مخلوط درختچه‌زار / مرتع / زراعت، کلاس مناطق مسکونی، صنعتی و کلاس اراضی بایر / مرتع / زراعت است. نتایج حاصل از کلاس‌بندی کاربری اراضی براساس الگوریتم ماشین بردار با مقیاس SL50 در روش طبقه‌بندی شیء گرا برای تصویر سال ۲۰۱۷ در شکل ۷ نشان داده شده است.

بعد از تعیین الگوریتم مناسب طبقه‌بندی کاربری اراضی در روش طبقه‌بندی شیء گرا، کلاس‌بندی کاربری اراضی برای تصویر سال ۲۰۱۷ بر اساس الگوریتم منتخب انجام شد. در جدول ۳ پارامترهای ارزیابی صحت شامل دقت کلی، صحت کاربر، صحت تولیدکننده، ضریب کاپا برای هر کلاس کاربری اراضی بر اساس الگوریتم منتخب (الگوریتم ماشین بردار با مقیاس SL50) آورده شده است.

الگوریتم ماشین بردار در طبقه‌بندی کاربری اراضی به روش شیء گرا نشان داد که میزان خطای اضافه و خطای حذف به ترتیب ۱۹/۱۲ و ۱۴/۸۷ درصد در کلاس کاربری اراضی،

جدول ۳. پارامترهای خطا و صحت برای هر یک از کاربری‌ها بر اساس الگوریتم منتخب در روش طبقه بندی شیء گرا

طبقات کاربری اراضی							پارامترهای خطا
کاربری اراضی	بستر رودخانه	منابع آبی	مخلوط درختچه‌زار / مرتع / زراعت	مناطق مسکونی و صنعتی	اراضی جنگلی	اراضی بایر / مرتع / زراعت	کاربری اراضی
خطای اضافه (%)	۲/۴۵	۶/۹۰	۱۴/۸۷	۱/۵۹	۲/۵۵	۱۷/۵۷	۱۲/۸۸
خطای حذف (%)	۳/۵۴	۲/۱۳	۱۱/۵۶	۱۰/۳۱	۰/۵۶	۱۹/۱۲	۱۰/۷۸
صحت تولیدکننده (%)	۹۱/۲۵	۸۹/۶۹	۸۳/۸۸	۸۳/۸۷	۹۹/۴۴	۷۶/۲۲	۸۷/۲۲
صحت کاربر (%)	۹۵.۲۷	۹۹/۴۱	۷۲/۴۳	۷۳/۱۰	۹۵/۱۳	۸۷/۱۲	۷۱/۴۵
دقت کلی (%)				۹۲/۶۵			
ضریب کاپا				۰/۹۱			



شکل ۷. نقشه کلاسه بندی کاربری اراضی بر اساس الگوریتم منتخب ماشین بردار پشتیبان با مقیاس SL50 (سال ۲۰۱۷)

فرسایشی بیشتر، احتمال وقوع بحران‌های طبیعی از قبیل وقوع سیل برای این بخش از حوزه بیشتر است. از طرفی به دلیل فعالیت‌های زراعی انجام شده توسط ساکنین که اغلب از نوع زراعت دیم است، این منطقه مستعد تغییرات بیشتر در کاربری از نوع زراعت خواهد بود.

در جدول ۴ مساحت هر یک از کلاس‌های کاربری اراضی بر اساس الگوریتم منتخب ماشین بردار پشتیبان در روش طبقه بندی شیء گرا آورده شده است. بیشترین مساحت کاربری در حوزه آبخیز گرگان رود مربوط به کلاس اراضی بایر / مرتع / زراعت است. این امر بیانگر این است که به دلیل وسعت زیاد این کلاس کاربری در سطح حوزه، به دلیل پوشش کمتر و آثار

جدول ۴. مساحت کلاس‌های کاربری اراضی بر اساس الگوریتم منتخب ماشین بردار پشتیبان در روش طبقه‌بندی شیء‌گرا

کلاس کاربری اراضی	مساحت (هکتار)	مساحت (درصد)
زراعت	۱۸۲۴۷۰	۲۳/۱
اراضی بایر/ مرتع/ زراعت	۳۱۴۱۱۰	۳۹/۷
اراضی جنگلی	۴۶۶۷۰	۵/۹
مناطق مسکونی و صنعتی	۳۱۰۰	۰/۴
مخلوط درختچه‌زار/ مرتع/ زراعت	۲۲۵۴۲۰	۲۸/۵
منابع آبی	۱۴۴۷۰	۱/۷
بستر رودخانه	۵۳۱۰	۰/۷

بحث و نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که کلاسه‌بندی به روش شیء‌گرا نتایج واقعی‌تر و دقیق‌تری از کاربری اراضی را در مقایسه با روش طبقه‌بندی پیکسل پایه نشان می‌دهد. یافته‌های این تحقیق با تحقیقات انجام‌شده توسط جانسون (۱۶) و دبس و همکاران (۱۱) همخوانی دارد. در سگمنت‌سازی و قطعه‌سازی تصویر در روش طبقه‌بندی شیء‌گرا مقیاس‌های مختلفی مورد مطالعه قرار گرفته است و یک مقیاس ثابت و بهینه به منظور کلاسه‌بندی در الگوریتم‌های شیء‌گرا ایجاد نگردیده است. مهم‌ترین امر در طبقه‌بندی کاربری اراضی به روش شیء‌گرا انتخاب مقیاس مناسب سگمنت بر اساس وضوح تصویر مورد استفاده است که در مطالعات دورو و همکاران (۱۴)، مینگ و همکاران (۲۴) و یانگ و همکاران (۳۲) به این امر اشاره گردیده است. از طرفی می‌توان این‌گونه بیان کرد که بر اساس مطالعات انجام‌شده همبستگی مثبتی بین مقیاس بهینه سگمنت‌سازی و قدرت تفکیک فضایی تصویر وجود دارد. لذا به منظور دستیابی به صحت بالا در ارزیابی طبقه‌بندی کاربری اراضی با الگوریتم‌های مختلف بهتر است از تصاویر ماهواره‌ای با وضوح بالا و قدرت تفکیک مکانی مناسب از قبیل تصاویر سنتینل استفاده شود. در این تحقیق نتایج نشان داد که مقیاس سگمنت‌سازی SL50 با انتخاب ترکیب مناسب بافت و شکل قطعات تصویر در روش طبقه‌بندی شیء‌گرا به طور قابل توجهی منجر به بهبود طبقه‌بندی کاربری اراضی و استخراج مساحت

کاربری‌های با میزان دقت بالا در الگوریتم ماشین بردار پشتیبان (SVM) شد. درحالی‌که در مطالعات انجام‌شده توسط لی یو و همکاران (۱۹) و وانگ و همکاران (۳۱) برحسب نوع تصویر، بافت، رنگ و مشخصات هندسی تصویر، مقیاس سگمنت‌سازی متفاوت بوده است. در ارزیابی صحت الگوریتم‌های مورد استفاده در کلاسه‌بندی کاربری اراضی به دو روش پیکسل پایه و شیء‌گرا از دو شاخص اختلاف مکانی و مکانی استفاده شد. این دو شاخص نقش مهمی در بیان میزان صحت طبقه‌بندی کاربری اراضی با روش‌های آشکارسازی کاربری اراضی داشت که با نتایج حاصل از تحقیقات انجام‌شده در زمینه ارزیابی صحت با شاخص‌های اختلاف کمی و مکانی توسط پنتیوس و میلونس (۲۵)، پنتیوس و همکاران (۲۶)، معماریان و همکاران (۲۲) و (۲۳) همخوانی داشت. در سال‌های اخیر اغلب تحقیقات روش‌شناسی انجام‌شده در زمینه تغییرات کاربری اراضی از جمله پژوهش‌های صورت گرفته توسط دورو و همکاران (۱۳) و ما و همکاران (۲۰) با الگوریتم‌های مختلف بیشتر بر روی تغییر کاربری اراضی از جنگل به زراعت متمرکز بوده است و تعداد کلاس‌های کاربری در نظر گرفته شده محدود بوده و دارای طبقات کمی است. درحالی‌که امروزه کلاسه‌بندی‌های مبتنی بر روش‌های یادگیری ماشین بردار از قبیل SVM و RF در روش طبقه‌بندی شیء‌گرا نقش مؤثری در استخراج تغییرات کاربری اراضی در کلاس‌های کاربری متنوع و زیاد را داشته است و میزان صحت بالایی را در کالیبره نقاط با مشاهدات میدانی و نقشه واقعیت زمینی نشان داده است که

صحیح در استفاده از اراضی استان را مدیریت نمود.

منابع مورد استفاده

1. اسکندری، س. ۱۳۹۸. مقایسه الگوریتم‌های مختلف تهیه نقشه پوشش زمین در ریشگاه‌های حساس زاگرس با استفاده از تصویر ماهواره‌ای سنتینل ۲- (مطالعه موردی: بخشی از استان ایلام). نشریه سنجش‌ازدور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی، ۱۰(۱): ۷۲-۸۷.
2. اصغری سراسکانرود، ص. ل. آقایی و الف. پیروزی. ۱۳۹۶. بررسی تغییرات کاربری اراضی و تأثیر آن بر فرسایش با استفاده از RS و GIS (مطالعه موردی: شهرستان نیر). نشریه سنجش‌ازدور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی، ۸(۴): ۶۲-۴۹.
3. صالحی، ن. م. ر. اختصاصی و ع. طالبی. ۱۳۹۸. پیش‌بینی روند تغییرات کاربری اراضی با استفاده از مدل زنجیره مارکوف CA-Markov (مطالعه موردی: حوزه آبخیز صفاورد رامسر). نشریه سنجش‌ازدور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی، ۱۰(۱): ۱۰۶-۱۲۰.
4. غفاری، ص. ح. ر. مرادی و ر. مدرس. ۱۳۹۷. مقایسه روش‌های پیکسل پایه و شیء‌گرا در تهیه نقشه کاربری اراضی (مطالعه موردی: دشت‌های اصفهان- برخوار، نجف‌آباد و چادگان). نشریه سنجش‌ازدور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی، ۹(۱): ۴۰-۵۷.
5. مهدوی، ع. س. رنگین، ح. مهدی زاده و و. میرزایی زاده. ۱۳۹۶. ارزیابی روند تغییرات پوشش جنگلی و تعیین مهم‌ترین عوامل فیزیوگرافی مرتبط با تخریب جنگل‌ها در استان ایلام (مطالعه موردی: شهرستان سیروان). نشریه تحقیقات حمایت و حفاظت جنگل‌ها و مراتع ایران، ۱۵(۱): ۱-۱۶.

6. Albaloooshi FA, Sidike P, Asari VK. 2014. Efficient hyperspectral image segmentation using geometric active contour formulation. In: Image and Signal Processing for Remote Sensing XX. International Society for Optics and Photonics, 9244: 1-8.
7. Anderson JR. 1976. A land use and land cover classification system for use with remote sensor data, vol 964. US Government Printing Office, 28 p.
8. Brink AB, Bodart C, Brodsky L, Defournay P, Ernst C, Donney F, Lupi A, Tuckova K. 2014.

نتایج تحقیق حاضر با مطالعات انجام‌شده توسط ام دی عبدالله و همکاران (۲۱) و لی و همکاران (۱۸) این همخوانی را نشان می‌دهد. این الگوریتم‌ها قادر به شناسایی و تفکیک کلاس‌های کاربری اراضی به تعداد بیشتر و با صحت بیشتر است و به همین دلیل برای آشکارسازی تغییرات کاربری اراضی با کلاس‌های متفاوت روش‌های ماشین بردار پشتیبان پیشنهاد می‌گردد. انتخاب تعداد کلاس‌های کاربری اراضی نیز نقش مؤثری در میزان صحت طبقه‌بندی دارد و می‌توان گفت که همبستگی منفی بین انتخاب تعداد کلاس‌ها و صحت طبقه‌بندی وجود دارد. به‌گونه‌ای که با افزایش تعداد کلاس‌ها میزان خطای در بافت و رنگ تصویر بیشتر شده و برخی از کاربری‌ها به‌درستی تشخیص داده نمی‌شود، این موضوع در روش‌های طبقه‌بندی مبتنی بر پیکسل بارزتر است و طبقه‌بندی‌های شیء‌گرا تا حدی توانسته است با موضوع انتخاب مقیاس سگمنت‌سازی صحیح این خطا را مرتفع سازد که این امر توسط پژوهشگران مینگ و همکاران (۲۴)، لی و همکاران (۱۸) و وانگ و همکاران (۳۱) نیز به اثبات رسیده است که با نتایج این تحقیق نیز همخوانی دارد. در میان الگوریتم‌های موجود در روش طبقه‌بندی شیء‌گرا روش‌های مبتنی بر یادگیری از قبیل جنگل تصادفی (Random Forest)، نزدیک‌ترین همسایه (K-Nearest Neighbors) و ماشین بردار پشتیبان (Support Vector Machine) به‌عنوان الگوریتم‌های مناسب در امر کلاسه‌بندی کاربری اراضی محسوب می‌شود که این امر توسط سیس کلی و همکاران (۱۰)، دران اوا (۱۲) و دورو و همکاران (۱۳) نیز به اثبات رسیده است و در تحقیق حاضر نیز الگوریتم ماشین بردار پشتیبان در روش طبقه‌بندی شیء‌گرا که مبتنی بر یادگیری و تعلیم است، به‌عنوان الگوریتم مناسب انتخاب گردید. نقشه حاصل‌شده از طبقه‌بندی کاربری اراضی بر اساس الگوریتم منتخب در حوزه آبخیز گرگان‌رود می‌تواند به‌عنوان نقشه پایه برای پایش صحیح تغییرات کاربری اراضی در استان گلستان مورد استفاده قرار گیرد تا میزان تغییرات ایجادشده در بحث کاربری‌ها مشخص شده و بتوان پیش‌بینی آینده برای روند تغییرات کاربری اراضی و بهره‌وری

- Anthropogenic pressure in East Africa—Monitoring 20 years of land cover changes by means of medium resolution satellite data. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 28: 60-69.
9. Chavez Jr PS. 1988. An improved dark-object subtraction technique for atmospheric scattering correction of multispectral data. *Remote Sensing of Environment*, 24(3): 459-479.
 10. Cicekli SY, Sekertekin A, Arslan N, Donmez C. 2018. Comparison of Pixel and Object-Based Classification Methods in Wetlands Using Sentinel-2 Data. In: 3rd International Mediterranean Science and Engineering Congress (IMSEC 2018), Çukurova University, Congress Center, October 24-26, 2018, Adana / TURKEY, Paper ID:102: 298-302.
 11. Dibs H, Idrees MO, Alsahlin GBA. 2017. Hierarchical classification approach for mapping rubber tree growth using per-pixel and object-oriented classifiers with SPOT-5 imagery. *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science*, 20(1): 21-30.
 12. Dronova I. 2015. Object-based image analysis in wetland research: A review. *Remote Sensing*, 7(5): 6380-6413.
 13. Duro DC, Franklin SE, Dubé MG. 2012. A comparison of pixel-based and object-based image analysis with selected machine learning algorithms for the classification of agricultural landscapes using SPOT-5 HRG imagery. *Remote Sensing of Environment*, 118: 259-272.
 14. Duro DC, Franklin SE, Dubé MG. 2012. Multi-scale object-based image analysis and feature selection of multi-sensor earth observation imagery using random forests. *International Journal of Remote Sensing*, 33(14): 4502-4526.
 15. Freire S, Santos T, Navarro A, Soares F, Silva J, Afonso N, Fonseca A, Tenedório J. 2014. Introducing mapping standards in the quality assessment of buildings extracted from very high resolution satellite imagery. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 90: 1-9.
 16. Jonsson L. 2015. Evaluation of pixel based and object based classification methods for land cover mapping with high spatial resolution satellite imagery, in the Amazonas, Brazil. <http://lup.lub.lu.se/student-papers/record/8309939>
 17. Khatami R, Mountrakis G, Stehman SV. 2016. A meta-analysis of remote sensing research on supervised pixel-based land-cover image classification processes: General guidelines for practitioners and future research. *Remote Sensing of Environment*, 177: 89-100.
 18. Li M, Ma L, Blaschke T, Cheng L, Tiede D. 2016. A systematic comparison of different object-based classification techniques using high spatial resolution imagery in agricultural environments. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 49: 87-98.
 19. Liu J, Du M, Mao Z. 2017. Scale computation on high spatial resolution remotely sensed imagery multi-scale segmentation. *International Journal of Remote Sensing*, 38(18): 5186-5214.
 20. Ma L, Cheng L, Li M, Liu Y, Ma X. 2015. Training set size, scale, and features in Geographic Object-Based Image Analysis of very high resolution unmanned aerial vehicle imagery. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 102: 14-27.
 21. Md Abdullah AY, Masrur A, Adnan MSG, Baky M, Al A, Hassan QK, Dewan A. 2019. Spatio-Temporal Patterns of Land Use/Land Cover Change in the Heterogeneous Coastal Region of Bangladesh between 1990 and 2017. *Remote Sensing*, 11(7): 790.
 22. Memarian H, Balasundram SK, Khosla R. 2013. Comparison between pixel-and object-based image classification of a tropical landscape using Système Pour l'Observation de la Terre-5 imagery. *Journal of Applied Remote Sensing*, 7(1): 073512.
 23. Memarian H, Balasundram SK, Talib JB, Sung CTB, Sood AM, Abbaspour K. 2012. Validation of CA-Markov for simulation of land use and cover change in the Langat Basin, Malaysia. *Journal of Geographic Information System*, 4(6): 542-554.
 24. Ming D, Li J, Wang J, Zhang M. 2015. Scale parameter selection by spatial statistics for GeOBIA: Using mean-shift based multi-scale segmentation as an example. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 106: 28-41.
 25. Pontius Jr RG, Millones M. 2011. Death to Kappa: birth of quantity disagreement and allocation disagreement for accuracy assessment. *International Journal of Remote Sensing*, 32(15): 4407-4429.
 26. Pontius Jr RG, Peethambaram S, Castella J-C. 2011. Comparison of three maps at multiple resolutions: a case study of land change simulation in Cho Don District, Vietnam. *Annals of the Association of American Geographers*, 101(1): 45-62.
 27. Sharma R, Ghosh A, Joshi P. 2013. Decision tree approach for classification of remotely sensed satellite data using open source support. *Journal of Earth System Science*, 122(5): 1237-1247.
 28. Sibaruddin H, Shafri H, Pradhan B, Haron N. 2018. Comparison of pixel-based and object-based image classification techniques in extracting information from UAV imagery data. In: IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, vol 1. IOP Publishing, p 012098.
 29. Tehrany MS, Pradhan B, Jebuv MN. 2014. A comparative assessment between object and pixel-based classification approaches for land use/land cover mapping using SPOT 5 imagery. *Geocarto*

- International, 29(4): 351-369.
30. Tolga Esetlili M, Balcik FB, Sanli FB, Kalkan K, Ustuner M, Goksel C, Gazioğlu C, Kurucu Y. 2018. Comparison of Object and Pixel-Based Classifications for Mapping Crops Using Rapideye Imagery: A Case Study of Menemen Plain, Turkey. *International Journal of Environment and Geoinformatics*, 5(2): 231-243.
31. Wang Z, Yang X, Lu C, Yang F. 2018. A scale self-adapting segmentation approach and knowledge transfer for automatically updating land use/cover change databases using high spatial resolution images. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 69: 88-98.
32. Yang L, Mansaray LR, Huang J, Wang L. 2019. Optimal Segmentation Scale Parameter, Feature Subset and Classification Algorithm for Geographic Object-Based Crop Recognition Using Multisource Satellite Imagery. *Remote Sensing*, 11(5): 514-537.



Determination of quantity and allocation disagreement indices in selection of appropriate algorithm for land use classification in pixel and objected base in Gorgarood river basin

M. Hajibigloo ¹, V. B. Sheikh ^{2*}, H. Memarian ³, Ch. B. Komaki ⁴

1. PhD Student of Watershed Management Department, Faculty of Rangeland & Watershed Management, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Iran
2. Assoc. Prof. Department of Watershed Management, Faculty of Rangeland & Watershed Management, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Iran
3. Assoc. Prof. Department of Rangeland & Watershed Management, Faculty of Natural Resources and Environment, University of Birjand, Iran
4. Assist. Prof. Department of Arid Zone Management, Faculty of Range Land and Watershed Management, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Iran

ARTICLE INFO

Article history:

Received 16 August 2019

Accepted 18 December 2019

Available online 15 January 2020

Keywords:

Land use
Object and pixel based classification
Accuracy assessment
Quantity disagreement
Allocation disagreement

ABSTRACT

Land cover and land use are an important variable in natural land processes. Land use change in environmental protection programs and natural resource management plays an important role in the intensification of natural crises such as floods. The Gorganrood River basin in the Golestan province has historically experienced land use conversion. In this research was selected for land use classification using Landsat 8 OLI satellite images of the 25 June 2017. The goal of this study is to assess the accuracy of two approaches, pixel-based supervised classification and the object-oriented one base on quantity and allocation disagreement indexes. The accuracy assessment results indicated verified that for land use mapping the SVM algorithm using a 50 pixel segmentation in the object-based classification having a quantity disagreement of 2.03, an allocation disagreement of 4.58, and an overall accuracy of 92.65% and a kappa coefficient of 0.91 was more accurate than other algorithms in the object-based classification and other algorithms in the pixel-based classification. Based on this algorithm, the lowest of omission and commission error showed in forest lands and residential and industrial areas of 0.58% and 1.59% respectively. The highest of producer and user accuracy showed in forest lands and water body of 99.44% and 99.41% respectively. The largest area of land use in the Gorganrood River basin is related to the Barren/Rangeland/Cropland class of 314110 ha. Finally, the SVM-SL50 algorithm in the object-based classification is suggested as an optimal classifier with a high accuracy for classification of land use classification maps in order to manage natural resources in Golestan province.

* Corresponding author e-mail address: sheikh@gau.ac.ir