



مقایسه روش های طبقه بندی پیکسل پایه و شیء گرا در تهیه نقشه کاربری اراضی (مطالعه موردی: دشت های اصفهان - برخوار، نجف آباد و چادگان)

صدیقه غفاری^۱، حمیدرضا مرادی^{۲*}، رضا مدرس^۳

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد آبخیزداری، دانشگاه تربیت مدرس

۲. دانشیار دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس

۳. استادیار دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی اصفهان

مشخصات مقاله

پیشینه مقاله:

دریافت: ۱۹ بهمن ۱۳۹۵

پذیرش: ۲۷ دی ۱۳۹۶

دسترسی اینترنتی: ۱ خرداد ۱۳۹۷

واژه های کلیدی:

پیکسل پایه

شیء گرا

طبقه بندی حداکثر احتمال

طبقه بندی نزدیک ترین همسایه

کاربری اراضی

چکیده

الگوریتم های شناسایی تغییرات در تصاویر سنجنش از دور به دو دسته پیکسل پایه و شیء گرا بر پایه حداقل واحد پردازش تقسیم می شوند. هدف از این پژوهش مقایسه عملکرد روش های پیکسل پایه و شیء گرا در طبقه بندی کاربری اراضی در دشت های اصفهان - برخوار، نجف آباد و چادگان و بررسی تغییر کاربری اراضی در طول دوره آماری با استفاده از تصاویر لندست TM (۱۹۸۵) و OLI (۲۰۱۵) است. طبقه بندی کاربری اراضی شامل قطعه بندی داده های تصویری با استفاده از الگوریتم قطعه بندی چندمقیاسه در محیط نرم افزار eCognition انجام شد. سپس این قطعات انتخاب شده و با استفاده از الگوریتم نزدیک ترین همسایه شیء گرا طبقه بندی شدند. طبقه بندی پیکسل پایه نظارت شده شامل انتخاب نمونه های تعلیمی با استفاده از الگوریتم حداکثر احتمال انجام شد. ارزیابی صحت در هر دو روش انجام شد. نتایج نشان داد که طبقه بندی شیء گرا با صحت کلی بالای ۹۰ درصد نسبت به طبقه بندی پیکسل پایه از دقت بالاتری برخوردار است. نقشه های کاربری اراضی نشان داد به ترتیب در دشت های اصفهان - برخوار، نجف آباد و چادگان مساحت کاربری مسکونی برابر با ۲/۰۹، ۹/۶۶ و ۳/۷۴ درصد افزایش و کاربری مرتعی برابر با ۷/۴۸، ۱۰/۹۴ و ۱۷/۷۳ درصد کاهش در طول دوره مورد مطالعه داشته اند. هم چنین در دشت چادگان سطح اراضی زراعی و تحت آیش به ترتیب به میزان ۸/۳۱ و ۵/۶۴ درصد افزایش داشته اند.

*پست الکترونیکی مسئول مکاتبات: hmradi@modares.ac.ir

در زمینه مقایسه روش‌های پیکسل پایه و شیء‌گرا در تهیه نقشه کاربری اراضی پژوهش‌های مختلفی صورت گرفته است. پلت و اسچواناگل (۱۹) با استفاده از داده‌های چندزمانه سنجش از دور و تحلیل شیء‌گرای تصاویر، تغییرات پوشش درختی کلرادو را در فواصل سال‌های ۱۹۹۹-۱۹۸۳ بررسی کردند. مقایسه دوره‌ای نقشه‌های تهیه شده نشان داد که پوشش درختی منطقه به‌طور متوسط چهار درصد افزایش یافته است. آن‌ها در نهایت بر کارآمد بودن روش طبقه‌بندی شیء‌گرا تأکید داشتند. آدام و همکاران (۱۳) کاربری اراضی و پوشش زمین در مناطق خشک در سودان را با استفاده الگوریتم نزدیک‌ترین همسایه در روش شیء‌گرا و الگوریتم حداکثر احتمال در طبقه‌بندی پیکسل پایه، طبقه‌بندی کردند. نتایج این تحقیق نشان داد که صحت کلی و ضریب کاپا به ترتیب در روش‌های پیکسل پایه و شیء‌گرا برابر با (۷۲/۹۲ و ۵۴/۱۷) درصد و (۰/۶۲ و ۰/۳۸) بوده است؛ بنابراین روش پیکسل پایه در مقایسه با روش شیء‌گرا از دقت بیشتری برخوردار بود. اسلمی و همکاران (۱) در مقایسه روش‌های شبکه عصبی مصنوعی، ماشین بردار پشتیبان و شیء‌گرا با استفاده از تصاویر لندست ۸، به ترتیب مقادیر صحت کلی برابر با ۸۹/۹۱، ۸۵/۶۸ و ۹۴/۳۷ درصد را برای روش‌های مذکور برآورد کردند. فتحی‌زاد و همکاران (۶) در مقایسه کارایی روش‌های طبقه‌بندی پیکسل پایه و شیء‌گرا با استفاده از داده‌های ماهواره لندست ۸ به این نتیجه رسیدند که روش شیء‌گرا، با دقت کل ۹۵/۳۰ و ضریب کاپای ۹۰/۸۸ درصد و روش‌های تصمیم‌گیری درختی جینی و شبکه عصبی آرتمپ فازی، به ترتیب دقت کل ۸۰/۳۲ و ۷۲/۲۰ و ضریب کاپای ۶۸/۷۵ و ۳۶/۱۸ درصد را ایجاد کرده‌اند. از این رو روش طبقه‌بندی شیء‌گرا از دقت بالاتری برخوردار بوده است.

هدف از این پژوهش مقایسه کارایی روش‌های طبقه‌بندی پیکسل پایه و شیء‌گرا در طبقه‌بندی کاربری اراضی و همچنین بررسی تغییرات کاربری اراضی در دشت‌های اصفهان-برخوار، نجف‌آباد و چادگان با استفاده از بهترین روش طبقه‌بندی است.

کاربری اراضی در مفهوم کلی آن به نوع استفاده از زمین در وضعیت موجود گفته می‌شود که دربرگیرنده تمامی کاربری در بخش‌های مختلف کشاورزی، منابع طبیعی و صنعت می‌شود. به عبارت دیگر شامل تمام فعالیت‌های موجود در منطقه یا حوزه آبخیز مانند تخصیص اراضی به فعالیت‌های زراعی (دیم و آبی)، مناطق مسکونی، جنگل، مرتع، معدن، تأسیسات صنعتی و همانند آن است (۳). تغییرات کاربری اراضی و پوشش زمین مسئله کلیدی در مطالعه تغییرات محیطی جهانی و توسعه پایدار محسوب می‌شوند. شناسایی این تغییرات نیز موضوع مهم در پیمایش وضع جغرافیایی است (۳ و ۲۱). این شناسایی فرصتی برای به‌کارگیری تنوعی از روش‌های پردازش تصاویر و الگوهای شناسایی تصاویر سنجش از دور چند زمانه را با هدف استخراج اطلاعات و تجزیه و تحلیل‌های کمی از ویژگی‌ها و روند تغییرات سطح زمین ایجاد می‌کند. الگوریتم‌های شناسایی تغییرات در تصاویر سنجش از دور می‌تواند به دو گروه پیکسل پایه و شیء‌گرا بر طبق حداقل واحد پردازش تقسیم شوند (۲۲). طبقه‌بندی پیکسل پایه نوعی از طبقه‌بندی تصویر است که در آن جداسازی پدیده‌ها بر اساس بازتاب امواج الکترومغناطیس یا به عبارت دیگر 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 (۷). نوع دیگری از طبقه‌بندی که در آن علاوه بر ویژگی‌های طیفی پدیده‌ها، ویژگی‌های هندسی آن‌ها نیز برای جداسازی مدنظر قرار می‌گیرد؛ طبقه‌بندی شیء‌گرا است. این طبقه‌بندی، یک طبقه‌بندی نرم است که بر اساس منطق فازی انجام می‌شود. طبقه‌بندی نرم از تابع عضویت برای ارزیابی اشیاء در طبقه‌ها استفاده می‌کند. ارزش عضویت معمولاً بین صفر و یک است که در آن یک بیان‌گر نسبت کامل برای طبقه‌هاست و صفر نیز بیان‌گر عدم احتمال مطلق است (۱۶).

روش کار

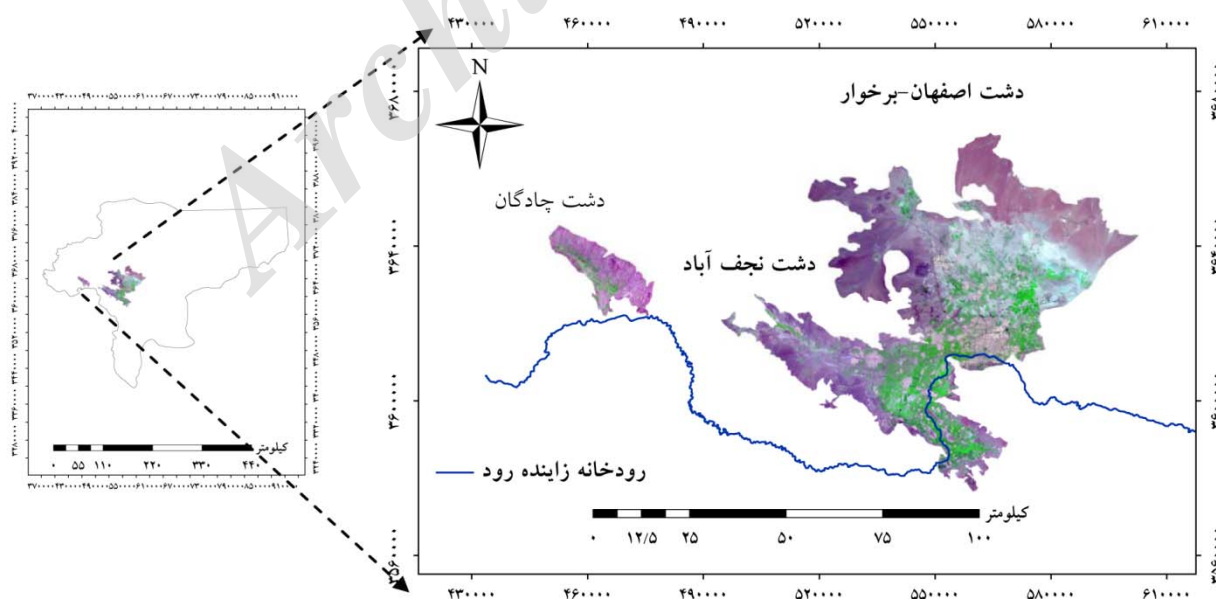
منطقه مورد مطالعه

در این پژوهش، محدوده مطالعاتی شامل دشت‌های اصفهان-برخوار و نجف‌آباد و چادگان است (شکل ۱). اقلیم مناطق مورد مطالعه بر اساس تقسیمات اقلیمی در سیستم سیلیانینف در دشت‌های اصفهان-برخوار و نجف‌آباد از نوع خشک و در دشت چادگان نیمه‌خشک میانه است (۲). متوسط بارش سالیانه (۲۰۱۴-۱۹۸۴) در ایستگاه سینوپتیک اصفهان و نجف‌آباد و ایستگاه تبخیرسنج سد زاینده‌رود در مجاورت دشت چادگان به ترتیب برابر با ۱۳۳/۱۴، ۱۵۷/۱۷ و ۲۳۲ میلی‌متر است. مشخصات مناطق مورد مطالعه در جدول ۱ ارائه

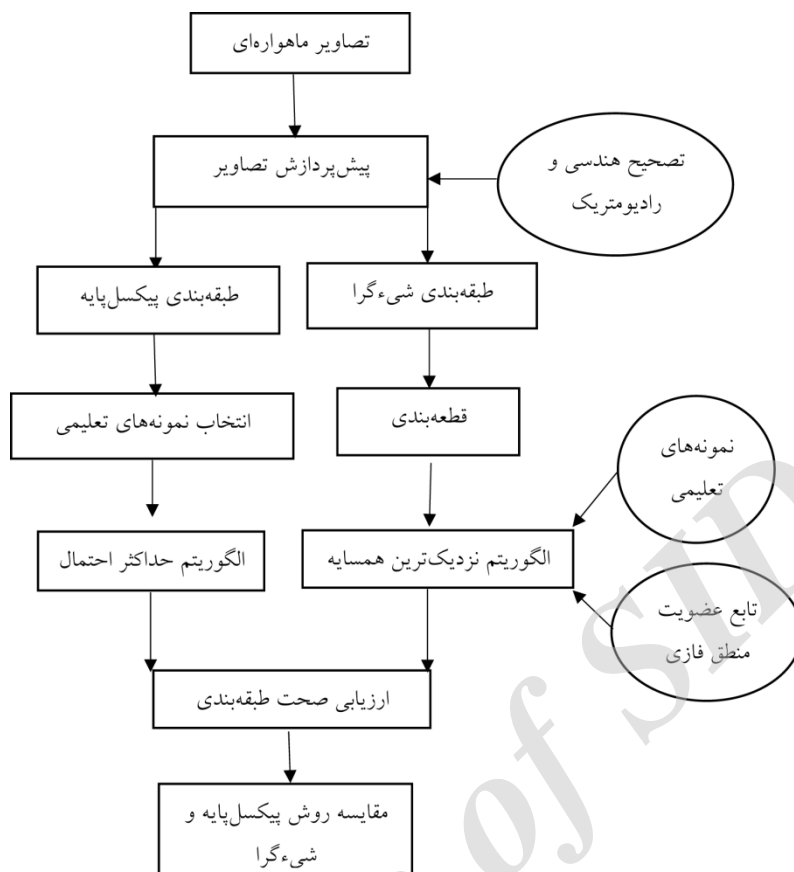
شده است. در این پژوهش آشکارسازی تغییرات کاربری اراضی با استفاده از تصاویر سال‌های ۱۹۸۵ و ۲۰۱۵ ماهواره لندست در دشت‌های اصفهان-برخوار، نجف‌آباد و چادگان صورت گرفت. برای طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای، طبقات کاربری اراضی در شش طبقه اراضی زراعی، تحت آیش، مسکونی، بایر، مراتع و پهنه‌های آبی تعیین و سپس نمونه‌های تعلیمی از سطح منطقه تهیه شد. در مرحله بعد نسبت به طبقه‌بندی تصاویر با استفاده از دو روش پیکسل پایه در محیط نرم‌افزار ENVI و شیء‌گرا در محیط نرم‌افزار eCognition اقدام شد. شکل ۲ نمودار جریانی مراحل انجام پژوهش را نشان می‌دهد.

جدول ۱. مشخصات دشت‌های مورد مطالعه

دشت	عرض جغرافیایی	طول جغرافیایی	مساحت (کیلومتر مربع)	ارتفاع بیشینه (متر)	ارتفاع کمینه (متر)
اصفهان-برخوار	۳۲° ۲۲' N تا ۳۲° ۳۶' N	۵۱° ۱۰' E تا ۵۲° ۰۶' E	۲۴۸۱/۶۷	۲۴۶۰	۱۵۳۳
نجف‌آباد	۳۲° ۱۶' N تا ۳۲° ۴۷' N	۵۰° ۳۳' E تا ۵۱° ۴۳' E	۱۱۱۴/۶۳	۲۲۲۳	۱۵۸۳
چادگان	۳۲° ۴۴' N تا ۳۲° ۵۶' N	۵۰° ۲۷' E تا ۵۰° ۳۸' E	۲۶۱/۴۱	۲۹۱۷	۲۰۳۳



شکل ۱. موقعیت دشت‌های مورد مطالعه در استان اصفهان



شکل ۲. نمودار جریان‌ی مراحل مختلف انجام پژوهش

داده‌های مورد استفاده

برای تهیه نقشه کاربری اراضی در دوره زمانی مورد مطالعه، تصاویر سنجنده‌های ETM⁺ و TM ماهواره لندست مربوط به خرداد سال‌های ۱۹۸۵ و ۲۰۱۵ از سایت USGS دانلود شد. مشخصات تصاویر ماهواره‌ای مورد استفاده در جدول ۲ ارائه شده است.

جدول ۲. مشخصات تصاویر ماهواره‌ای مورد استفاده

نام ماهواره	سنجنده	تاریخ تصویربرداری
Landsat 5	TM	۱۹۸۵/۰۵/۳۰
Landsat 8	OLI	۲۰۱۵/۰۶/۰۲

تصحیح هندسی و رادیومتریک

با توجه به این‌که تصاویر ماهواره‌ای مورد استفاده در

ایستگاه گیرنده تصحیح می‌شوند. تصاویر زمین مرجع موجود با نقشه وکتوری جاده‌ها و رودخانه‌ها مقایسه شد و از مطابقت با عوارض مشخصی مثل جاده‌ها برای این منظور استفاده شد (۴ و ۱۲). انطباق دقیق عارضه‌ها با تصاویر، نشان‌دهنده دقت بالای تطابق هندسی انجام شده و زمین مرجع بودن تصویر سال ۲۰۱۵ بوده است؛ اما تصویر سال ۱۹۸۵ به دلیل جابه‌جایی پیکسل‌ها در طی مقایسه با نقشه جاده‌ها، با استفاده از روش تصویر به تصویر (Image to Image) تصحیح شد. به این صورت که از تصویر سال ۲۰۱۵ به‌عنوان تصویر تصحیح شده استفاده شد. برای این کار ۳۰ نقطه کنترل با پراکنش مناسب انتخاب و با خطای ۰/۲۵ پیکسل، تصویر مورد نظر تصحیح شد. همچنین تصحیح رادیومتریک با استفاده از ابزار Calibration Radiometric نرم‌افزار ENVI روی تصاویر دانلود شده صورت گرفت.

انتخاب نمونه‌های تعلیمی

عنوان نماینده هر کدام از طبقات باشند. مشخصات نمونه‌های تعلیمی انتخاب شده در جدول ۳ ارائه شده است. برای ساخت تصاویر رنگی کاذب از ترکیب بانندی ۲-۳-۴ ماهواره لندست ۵ و ترکیب بانندی ۳-۴-۵ ماهواره لندست ۸ استفاده شد.

در این مرحله با استفاده از تفسیر چشمی تصاویر Google earth و اطلاعات نگارنده از کاربری‌های منطقه، اقدام به تهیه نمونه‌های تعلیمی برای استفاده در طبقه‌بندی شد. در انتخاب نمونه‌های تعلیمی باید دقت شود که این نمونه‌ها به

جدول ۳. تعداد نمونه‌های آموزشی برای هر طبقه کاربری اراضی

کاربری اراضی						
نام دشت						
کاربری اراضی	زراعی	تحت آیش	مرتع	مسکونی و جاده	بایر	پهنه آب
اصفهان-برخوار	۱۲۰	۹۰	۱۲۰	۱۲۰	۹۰	۱۰
نجف‌آباد	۱۲۰	۹۰	۱۲۰	۱۲۰	۹۰	۱۰
چادگان	۴۰	۴۰	۴۰	۱۲	۱۵	-

احتمال شرطی است و پیکسل با بردار مقادیر طیفی x در شرایطی به طبقه w_i تعلق خواهد داشت که مقدار احتمال تعلق پیکسل به این طبقه یعنی $\Pr(w_i|x)$ بزرگ‌تر از احتمال دیگر طبقه‌ها باشد (۱۴).

$$\Pr(w_i|x) = \frac{\Pr(x|w_i) \times \Pr(w_i)}{\Pr(x)} \quad [1]$$

در این رابطه؛ $\Pr(w_i)$ احتمال اولیه‌ای که فرضیه w_i قبل از مشاهده مثال آموزشی x داشته باشد، $\Pr(x)$ احتمال اولیه‌ای که داده آموزشی x مشاهده خواهد کرد، $\Pr(x|w_i)$ احتمال مشاهده داده آموزشی x با این شرط که فرضیه w_i صادق باشد، $\Pr(w_i|x)$ احتمال پسین نامیده می‌شود؛ یعنی احتمال اینکه با مشاهده داده آموزشی x فرضیه w_i صادق باشد.

طبقه‌بندی شیء‌گرا

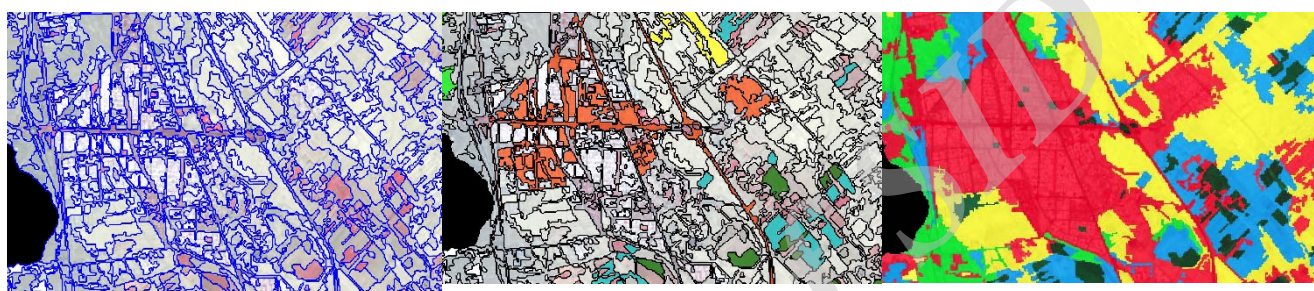
مراحل طبقه‌بندی شیء‌گرا به سه قسمت تقسیم می‌شود که عبارت از قطعه‌بندی تصویر، طبقه‌بندی و ارزیابی دقت است. بدیهی‌ترین تفاوت بین آنالیزهای تصویری پیکسل پایه و آنالیزهای شیء‌گرا در این است که واحدهای اصلی پردازش شیء‌گرا، پیکسل‌های مجزا نبوده و اشیاء تصویر یا قطعات هستند. مدل‌سازی موارد ذکر شده در نرم‌افزار eCognition از

طبقه‌بندی نظارت شده با روش بیشینه شباهت یا حداکثر احتمال

بیشینه شباهت در طبقه‌بندی سنجش از دور یک الگوریتم پارامتریک است و وابسته به تابع چگالی احتمال گوسی تعریف شده به وسیله بردار میانگین و ماتریس واریانس-کوواریانس همه باندهای طیفی مورد استفاده است. در این روش طبقه‌ای به پیکسل مورد نظر انتساب داده می‌شود که بیش‌ترین احتمال تعلق پیکسل به آن طبقه وجود دارد (۱۴ و ۲۰). این روش بر اساس مدل‌سازی آماری داده‌ها عمل می‌کند. هدف تعیین بیش‌ترین طبقه مشابه w_j از دسته‌ای از N طبقه، از w_1 تا w_N ، به هر پیکسل با مقادیر طیفی x در تصویر است. یک پیکسل با بردار طیفی x برداری است که از (x_1, x_2, \dots, x_m) با ارزش‌های پیکسل در M ویژگی باندهای طیفی ترکیب شده است. بیش‌ترین طبقه مشابه w_i برای یک پیکسل با بردار طیفی x همراه با بیش‌ترین احتمال پسین $\Pr(w_j|x)$ است (رابطه ۱)؛ بنابراین $j \in [1, \dots, N]$ محاسبه $\Pr(w_j|x)$ و w_j با بزرگ‌ترین ارزش انتخاب شد. محاسبه $\Pr(w_j|x)$ بر اساس تئوری بیز (Bayes' Theorem) است. در یک طرف احتمال پسین که یک پیکسل با بردار طیفی x بایستی به‌عنوان طبقه w_i طبقه‌بندی شود و در طرف دیگر بر پایه تئوری بیز است که $\Pr(w_j|x)$

آزمون و خطا بهترین اندازه و نسبت که نشان‌دهنده اشیاء با ابعاد مختلف می‌باشند تعیین شد. بعد از مشخص کردن تعداد کلاس‌های مورد نیاز در طبقه‌بندی، تعیین شیء‌های نمونه آموزشی انجام و در محیط نرم‌افزار بر سطح تصویر پیاده شد. سپس طبقه‌بندی با استفاده از الگوریتم نزدیک‌ترین همسایه صورت گرفت. شکل ۳ به نحوی مراحل انجام طبقه‌بندی شیء‌گرا با استفاده از الگوریتم نزدیک‌ترین همسایه را نشان می‌دهد.

طریق انجام مراحل زیر صورت گرفت. یکی از مهم‌ترین مراحل در تحلیل شیء‌گرای تصاویر، قطعه‌بندی است. در ابتدا پیکسل‌ها توسط الگوریتم‌های مختلف، در اندازه‌های متفاوت و با نسبت‌های مختلف طیفی و شکلی قطعه‌بندی 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. سپس با



۱. قطعه‌بندی تصویر

۲. انتخاب شیء‌های آموزشی

۳. طبقه‌بندی تصویر

شکل ۳. روند تهیه نقشه کاربری اراضی با استفاده از الگوریتم نزدیک‌ترین همسایه روش شیء‌گرا

اساس رابطه ۲ به کار برده می‌شود (۲۲).

$$S_f = \omega_{\text{color}} h_{\text{color}} + (1 - \omega_{\text{color}}) h_{\text{shape}} \quad [2]$$

در این رابطه؛ $0 \leq \omega_{\text{color}} \leq 1$ وزن ناهمگنی طیفی و $(1 - \omega_{\text{color}})$ وزن ناهمگنی شکلی را نشان می‌دهد. نتیجه ناهمگنی طیفی و شکلی به ترتیب در رابطه‌های ۳ و ۴ نشان داده شده است.

$$h_{\text{color}} = \sum_{k=1}^m \omega_k [n_{\text{mg}} \sigma_k^{\text{mg}} - (n_{\text{ob1}} \sigma_k^{\text{ob1}} + n_{\text{ob2}} \sigma_k^{\text{ob2}})] \quad [3]$$

$$h_{\text{shape}} = \omega_{\text{compact}} h_{\text{compact}} + (1 - \omega_{\text{compact}}) h_{\text{smooth}} \quad [4]$$

در این رابطه‌ها؛ n_{ob1} و n_{ob2} تعداد پیکسل‌ها در هر کدام از اولین دو شیء همسایه را نشان می‌دهد. σ_k^{ob1} و σ_k^{ob2} انحراف معیار ویژگی‌های طیفی دو شیء و n_{mg} تعداد پیکسل‌های حاوی شیء‌های به‌دست‌آمده از ادغام شیء‌های

الگوریتم قطعه‌بندی تصویر به روش چند مقیاسه

قطعه به معنی گروهی از پیکسل‌های همسایه در داخل یک ناحیه است که شباهت (نظیر ارزش عددی و بافت) مهم‌ترین معیار مشترک آن‌هاست (۷). الگوریتم قطعه‌بندی چند مقیاسه در نرم‌افزار eCognition یک الگوریتم از پایین به بالا یا جزء به کل است و در نتیجه ادغام پیکسل‌ها یا شیء‌های تصویری موجود مطابق با بهترین رویکرد دوسویه است (۱۴). به طور اساسی در این روش شیء‌های تصویری کوچک بر اساس اندازه و بر پایه معیار همگنی نسبی با شیء‌های همسایه خود ادغام می‌شوند تا به تولید شیء بزرگ‌تر و بامعنا تر از نظر همگنی منجر شود. در این روش معیار همگنی ترکیبی از معیار شکل و طیف (رنگ) است. همگنی رنگ بر اساس انحراف معیار طیف‌های رنگ و همگنی شکل بر اساس انحراف معیار فشردگی یا ضریب نرمی شکل بنا می‌شود. در این وضعیت، همگنی به‌عنوان مترادفی از ناهمگنی کمینه‌شده (S_f) و بر

است (۱۶).

هر پیکسل به طبقه‌ای اختصاص داده می‌شود که بیش‌ترین درجه عضویت را برای آن طبقه به دست آورده است. مزیت اصلی روش طبقه‌بندی نرم امکان بیان عدم قطعیت‌ها در ویژگی‌های طبقه‌ها است. همچنین، بیان عضویت هر شیء در بیش از یک طبقه واحد یا احتمال تعلق آن به سایر طبقه‌ها با مقادیر مختلف درجه عضویت را ممکن می‌سازد. الگوی درک فازی طبقه‌بندی نزدیک‌ترین همسایه به طور خودکار توابع عضویت چندبعدی تولید می‌کند که برای پوشش دادن روابط در فضای ویژگی چندبعدی مناسب است. روش نزدیک‌ترین همسایه اشیاء تصویر را در فضای ویژگی معین و با نمونه‌های معین برای طبقه مربوطه طبقه‌بندی می‌کند. این طبقه‌بندی با استفاده از باندهای اصلی یا سفارشی و یک دسته نمونه‌هایی است که طبقه‌های مختلف به منظور تعیین ارزش‌های طبقه به شیء‌های قطعه‌بندی شده نسبت می‌دهند. فرآیندی متشکل از تعلیم سیستم به‌وسیله دادن شیء‌های تصویری مشخص به‌عنوان نمونه‌ها یا شیء‌های تصویری طبقه‌بندی شده در محدوده شیء‌های تصویری، بر پایه نزدیک‌ترین نمونه‌های در همسایگی آن‌ها است (۱۵).

بررسی صحت نقشه‌های تولید شده

به‌منظور ارزیابی صحت نقشه‌های تولید شده و امکان مقایسه دقت طبقه‌بندی در روش‌های پیکسل پایه و شیء‌گرا، نمونه‌های تعلیمی از کلاس‌های مختلف کاربری اراضی به تعداد یک‌سوم از تعداد نمونه‌های تعلیمی مورد استفاده در طبقه‌بندی، از سطح مناطق مورد مطالعه برداشت شد. ارزیابی صحت با استفاده از داده آموزشی مشابه در هر دو روش صورت گرفت. سپس مقادیر آماری ماتریس خطا، صحت تولید کننده، صحت کاربر، دقت کل و ضریب کاپا به‌منظور ارزیابی دقت طبقه‌بندی در محیط نرم‌افزار ENVI استخراج شد. معمولاً نتایج ارزیابی صحت به‌صورت خطا ارائه می‌شوند که در این صورت انواع پارامترها و مقادیری که بیان‌گر صحت یا نوعی خطا در نتایج هستند از این ماتریس استخراج می‌شوند

همسایه است. σ_k^{mg} انحراف معیار ناهمگنی طیفی شیء به‌دست آمده از ادغام شیء همسایه است. w_k وزن ناهمگنی باند k ($\sum_{k=1}^m w_k = 1$)، m تعداد باند در تصویر است. ناهمگنی شکلی ترکیبی از فشردگی و نرمی است، $0 \leq w_{compact} \leq 1$ وزن فشردگی و $(1 - w_{compact})$ وزن نرمی است. نتیجه ناهمگنی فشردگی به ترتیب در رابطه‌های ۵ و ۶ نشان داده شده است.

$$h_{compact} = n_{mg} \frac{l_{mg}}{\sqrt{n_{mg}}} - (n_{ob1} \frac{l_{ob1}}{\sqrt{n_{ob1}}} + n_{ob2} \frac{l_{ob2}}{\sqrt{n_{ob2}}}) \quad [5]$$

$$h_{smooth} = n_{mg} \frac{l_{mg}}{b_{mg}} - (n_{ob1} \frac{l_{ob1}}{b_{ob1}} + n_{ob2} \frac{l_{ob2}}{b_{ob2}}) \quad [6]$$

در این رابطه‌ها؛ l_{ob1} و l_{ob2} به ترتیب محیط دو شیء قبل از ادغام است. b_{ob1} و b_{ob2} به ترتیب حداقل محیط چندضلعی ایجادشده از دو شیء قبل از ادغام و b_{mg} محیط حداقل چندضلعی ایجاد شده بعد از ادغام شیء است. هنگامی که اندازه‌گیری اثر ناهمگنی دو شیء همسایه کامل شود، دو شیء به‌وسیله مقایسه ارزش اثر با توجه به پارامتر مقیاس ادغام شده و یا ادغام نمی‌شوند. طبقه‌بندی شیء‌گرا نیز همانند پیکسل پایه نیازمند نمونه‌های آموزشی است. در eCognition محدوده نمونه‌های آموزشی با شیء‌های تصویری نمونه مشخص می‌شود؛ بنابراین در ادامه نمونه‌های آموزشی مورد نیاز برای طبقه‌بندی در محیط نرم‌افزار eCognition بر سطح تصویر پیاده شده و شیء‌های تصویری برای طبقه‌های طبقه‌بندی انتخاب شد.

طبقه‌بندی نزدیک‌ترین همسایه

روش‌های طبقه‌بندی در آنالیزهای شیء‌گرا غالباً طبقه‌بندی کننده‌های نرم مبتنی بر منطق فازی هستند. در طبقه‌بندی کننده‌های نرم (عمدتاً سیستم‌های فازی و یا طبقه‌بندی کننده‌های بیز) درجه عضویت را برای نشان دادن تعلق یک شیء به طبقه‌ای خاص به کار می‌برند. مقدار درجه عضویت معمولاً در دامنه پیوسته $[0, \dots, 1]$ است؛ که در آن ۱ یعنی عضویت کامل و ۰ یعنی عدم عضویت کامل در طبقه

X_{i+} مجموع عناصر سطر i ام و X_{+i} مجموع عناصر ستون i ام می‌باشند. مقدار صفر برای کاپا به این معنی است که طبقه‌بندی بدون هیچ ضابطه‌ای و کاملاً تصادفی انجام شده است. مقدار ۱ به معنی طبقه‌بندی کاملاً صحیح بر اساس نمونه‌های گرفته شده می‌باشد. ضریب کاپا این مزیت را نسبت به صحت کلی دارد که از مقادیر حاشیه‌ای (غیر قطری) ماتریس خطا نیز برای محاسبه صحت استفاده کرده و بنابراین به صحت بهتری می‌رسد (۵).

نتایج

به منظور طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای، طبقات کاربری اراضی در شش طبقه اراضی زراعی، اراضی تحت آیش، اراضی مسکونی، اراضی بایر، مراتع و پهنه‌های آبی تعیین شد. برای انجام طبقه‌بندی شیء‌گرا ابتدا مقادیر مختلفی برای پارامترهای مقیاس، رنگ، فشردگی و شکل برای هر یک از تصاویر انتخاب و پس از رؤیت و مقایسه نتایج قطعه‌بندی با استفاده از آزمون و خطای مقادیر مختلف، وزن‌دهی به معیارها به صورت جدول (۴) صورت گرفت و طبقه‌بندی نهایی با استفاده از الگوریتم نزدیک‌ترین همسایه انجام شد. شکل‌های ۴ و ۵ نقشه‌های کاربری اراضی تهیه شده با روش پیکسل پایه و شکل‌های ۶ و ۷ نقشه‌های کاربری اراضی تهیه شده با روش شیء‌گرا در سال‌های ۱۹۸۵ و ۲۰۱۵ را نشان می‌دهد.

(۵). صحت تولید کننده معادل نسبت پیکسل‌های صحیح طبقه‌بندی شده به مجموع پیکسل‌های همان ستون و صحت کاربر معادل نسبت پیکسل‌های صحیح طبقه‌بندی شده به مجموع پیکسل‌های همان سطر است. بر اساس دو صحت یاد شده دو خطای حذف یا Omission و ارتکاب (اضافه) یا Commission تعریف می‌شوند.

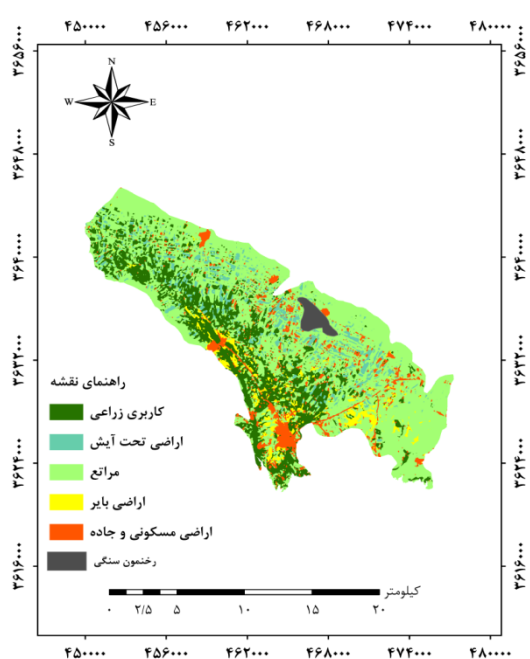
این دو خطا نیز بر اساس اطلاعات ماتریس خطا برای هر طبقه مجزا محاسبه می‌شود. خطای ارتکاب که بر اساس صحت کاربر محاسبه می‌شود، معادل آن درصد از پیکسل‌هایی است که در واقع متعلق به طبقه مورد نظر نیستند ولی طبقه‌بندی کننده آن‌ها را جزء آن طبقه خاص در نظر گرفته است. خطای حذف مربوط به آن درصد از پیکسل‌هایی است که در واقعیت، مربوط به طبقه مورد نظر است ولی جز طبقه‌های دیگر طبقه‌بندی شده‌اند. یکی دیگر از پارامترهای صحت که از ماتریس خطا استخراج می‌شود ضریب کاپا است. ضریب کاپا صحت طبقه‌بندی را نسبت به یک طبقه‌بندی کاملاً تصادفی محاسبه می‌کند. یکی از معروف‌ترین برآوردهای کاپا با استفاده از عناصر ماتریس خطا بر اساس رابطه ۷ بدست می‌آید.

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

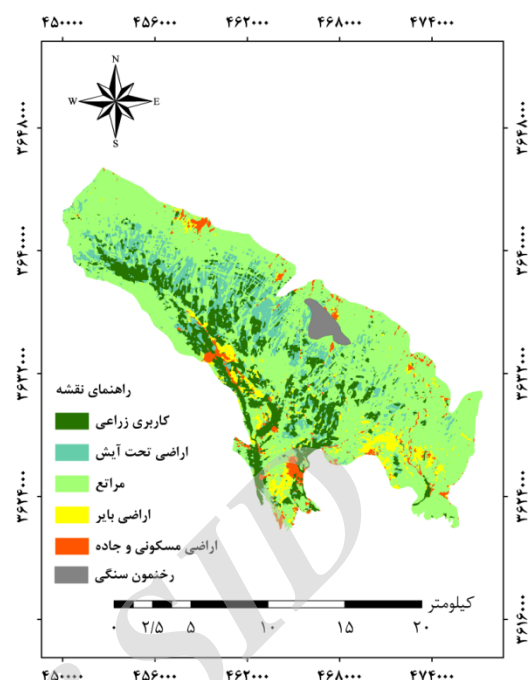
در این رابطه؛ N تعداد کل پیکسل‌های واقعیت زمینی،

جدول ۴. وزن‌های اعمال شده برای پارامترهای مؤثر در قطعه‌بندی

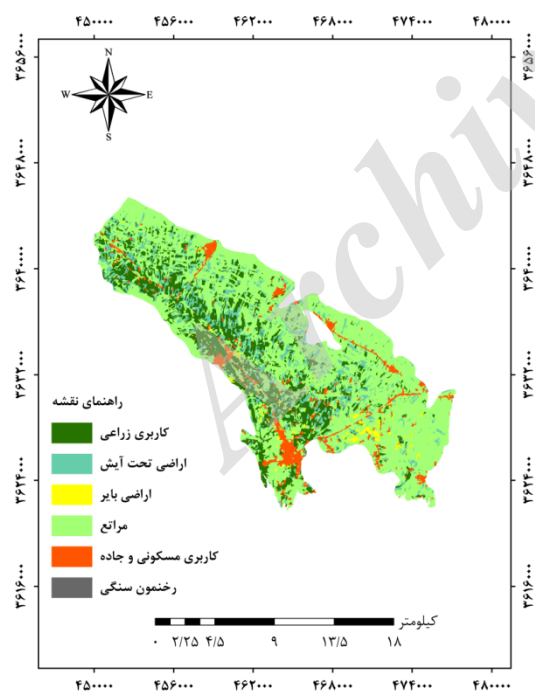
نام دشت	سال	معیار شکل	معیار رنگ	معیار فشردگی	معیار نرمی	پارامتر مقیاس
اصفهان - برخوار	۱۹۸۵	۰/۳	۰/۷	۰/۲	۰/۸	۲۰
	۲۰۱۵	۰/۳	۰/۷	۰/۲	۰/۸	۱۵۰
نجف‌آباد	۱۹۸۵	۰/۳	۰/۷	۰/۲	۰/۸	۲۰
	۲۰۱۵	۰/۱	۰/۹	۰/۱	۰/۹	۱۰۰
چادگان	۱۹۸۵	۰/۲	۰/۸	۰/۱	۰/۹	۱۰
	۲۰۱۵	۰/۳	۰/۷	۰/۲	۰/۸	۵۰



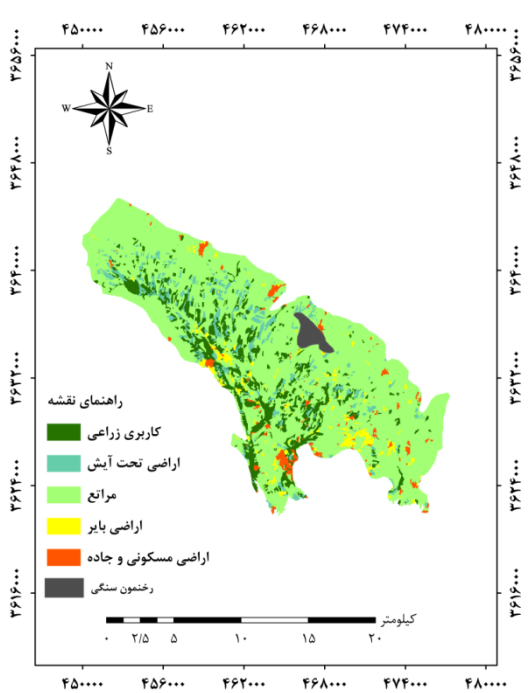
شکل ۵. نقشه کاربری اراضی سال ۲۰۱۵ با استفاده از روش پیکسل پایه در دشت چادگان



شکل ۴. نقشه کاربری اراضی سال ۱۹۸۵ با استفاده از روش پیکسل پایه در دشت چادگان



شکل ۷. نقشه کاربری اراضی سال ۲۰۱۵ با استفاده از روش شیء گرا در دشت چادگان



شکل ۶. نقشه کاربری اراضی سال ۱۹۸۵ با استفاده از روش شیء گرا در دشت چادگان

ارزیابی صحت طبقه‌بندی

از داده‌های آموزشی یکسان به منظور ارزیابی صحت در هر دو روش طبقه‌بندی استفاده شد. مهم‌ترین روش‌های ارزیابی صحت شامل دقت کلی، ضریب کاپا، صحت تولید کننده و صحت کاربر استخراچ شد. به این ترتیب مشخص شد

هرچند دقت طبقه‌بندی در هر دو روش بالا است، الگوریتم نزدیک‌ترین همسایه در روش طبقه‌بندی شیء‌گرا در مقایسه با الگوریتم حداکثر احتمال در روش طبقه‌بندی پیکسل پایه از دقت بالاتری برخوردار است. نتایج حاصل از ارزیابی صحت روش‌های طبقه‌بندی در جدول‌های ۵ تا ۷ ارائه شده است.

جدول ۵. نتایج ارزیابی صحت روش‌های طبقه‌بندی در دشت اصفهان-برخوار (سال ۱۹۸۵ و ۲۰۱۵)

نام دشت	سال	طبقه‌بندی پیکسل پایه		طبقه‌بندی شیء‌گرا	
		صحت تولیدکننده (%)	صحت کاربر (%)	صحت تولیدکننده (%)	صحت کاربر (%)
اصفهان	زرعی	۱۰۰	۹۹/۵۳	۰/۴۷	۰
	آیش	۷۱/۲۳	۶۸/۳۴	۳۱/۶۶	۲۸/۷۷
	مراتع	۷۷/۶۱	۹۰/۶۲	۹/۳۸	۲۲/۳۹
	مسکونی	۹۲/۱۴	۷۹/۵۲	۲۰/۴۸	۷/۸۶
	بایر	۸۳/۵۳	۷۷/۸۲	۲۲/۱۸	۱۶/۴۷
	پهنه آبی	۱۰۰	۱۰۰	۰	۰
		صحت کلی	۸۴/۳۴	۹۰/۰۳	
		ضریب کاپا	۰/۸	۰/۸۷	
برخوار	زرعی	۹۹/۷۳	۹۸/۹۴	۱/۰۶	۰/۲۷
	آیش	۹۹/۵۶	۷۱/۴۵	۲۸/۵۵	۰/۴۴
	مرتع	۸۰/۶۶	۹۷/۴۹	۲/۵۱	۱۹/۳۴
	مسکونی	۹۲/۷۵	۸۹/۲۶	۱۰/۷۴	۷/۲۵
	بایر	۹۱/۳۰	۹۲/۲۰	۷/۸	۸/۷
	پهنه آب	۸۵/۷۱	۵۷/۱۴	۴۲/۸۶	۱۴/۲۹
		صحت کلی	۹۰/۶۷	۹۵/۱۷	
		ضریب کاپا	۰/۸۸	۰/۹۳	

بررسی دقت تولید کننده و استفاده کننده در نقشه کاربری اراضی سال ۱۹۸۵ در دشت اصفهان-برخوار نشان داد که صحت تولید کننده در کاربری اراضی تحت آیش و مراتع و صحت کاربر در اراضی تحت آیش و بایر در روش پیکسل پایه پایین است. هم‌چنین در روش شیء‌گرا کاربری اراضی بایر

عامل کاهش دقت تولید کننده محسوب می‌شود. در نقشه کاربری اراضی سال ۲۰۱۵، صحت کاربر، در کاربری پهنه آبی و تحت آیش در روش پیکسل پایه پایین است. هم‌چنین در روش شیء‌گرا کاربری اراضی تحت آیش عامل کاهش صحت کاربر است.

جدول ۶. نتایج ارزیابی صحت روش‌های طبقه‌بندی در دشت نجف‌آباد (سال ۱۹۸۵ و ۲۰۱۵)

نام دشت	سال	طبقه‌بندی پیکسل پایه				طبقه‌بندی شیء‌گرا			
		کاربری اراضی	تولیدکننده (%)	صحت کاربر (%)	خطای ارتکاب (Commission) (%)	خطای حذف (Omission) (%)	تولیدکننده (%)	صحت کاربر (%)	خطای ارتکاب (Commission) (%)
نجف‌آباد	۱۹۸۵	زراعی	۹۴/۷۵	۹۷/۱۷	۲/۸۳	۵/۲۵	۹۸/۹	۵/۷۹	۱/۱
	آیش	۴۱/۵۱	۲۷/۸۵	۷۲/۱۵	۵۸/۴۹	۸۴/۹۱	۸۶/۵۴	۱۳/۴۶	۱۵/۰۹
	مراتع	۸۱/۷۶	۹۸/۸۲	۱/۱۸	۱۸/۲۴	۹۹/۱۹	۱۰۰	۰	۰/۸۱
	مسکونی	۷۶/۷۴	۷۸/۵۷	۲۱/۴۳	۲۳/۲۶	۸۹/۳۰	۸۷/۲۷	۱۲/۷۳	۱۰/۷
	بایر	۸۵/۷۱	۴۳/۱۱	۵۶/۸۹	۱۴/۲۹	۸۵/۷۱	۱۰۰	۰	۱۴/۲۹
	پهنه آبی	۱۰۰	۷۴/۴۲	۲۵/۵۸	۰	۸۴/۳۸	۱۰۰	۰	۱۵/۶۳
		صحت کلی	۸۳/۵۲				۹۵/۸		
		ضریب کاپا	۰/۷۷				۰/۹۴		
۲۰۱۵	زراعی	۱۰۰	۱۰۰	۰	۰	۱۰۰	۱۰۰	۰	۰
	آیش	۵۵/۵۹	۸۶/۱۵	۱۳/۸۵	۴۴/۴۱	۸۶/۹۲	۸۱/۴۲	۱۸/۵۸	۱۳/۰۸
	مرتع	۹۳/۲۵	۸۹/۵۴	۱۰/۴۶	۶/۷۵	۸۷/۳۶	۹۸/۰۴	۱/۹۶	۱۲/۶۴
	مسکونی	۹۹/۴۷	۶۴/۲۹	۳۵/۷۱	۰/۵۳	۹۸/۴۲	۸۵/۷۸	۱۴/۲۲	۱/۵۸
	بایر	۹۷/۱۸	۸۹/۶۱	۱۰/۳۹	۲/۸۲	۹۷/۶۷	۹۱/۳۰	۸/۷	۲/۳۳
	پهنه آبی	۳۳/۳۳	۱۰۰	۰	۶۶/۶۷	۶۶/۶۷	۱۰۰	۰	۳۳/۳۳
		صحت کلی	۸۵/۱۳				۹۲/۰۲		
		ضریب کاپا	۰/۸				۰/۸۹		

تولید کننده در کاربری اراضی پهنه آبی و تحت آیش و صحت کاربر، در اراضی مسکونی در روش پیکسل پایه پایین است. همچنین در روش شیء‌گرا کاربری اراضی پهنه آب عامل کاهش دقت صحت کننده محسوب می‌شود.

بررسی صحت تولید کننده و استفاده کننده در نقشه کاربری اراضی سال ۱۹۸۵ در دشت نجف‌آباد نشان داد که صحت تولید کننده در کاربری اراضی تحت آیش و مسکونی و صحت کاربر، در اراضی تحت آیش و بایر در روش پیکسل پایه پایین است. در نقشه کاربری اراضی سال ۲۰۱۵ صحت

جدول ۷. نتایج ارزیابی صحت روش‌های طبقه‌بندی در دشت چادگان (سال ۱۹۸۵ و ۲۰۱۵)

نام دشت	سال	طبقه‌بندی پیکسل پایه				طبقه‌بندی شیء‌گرا			
		کاربری اراضی	تولید کننده (%)	صحت کاربر (%)	خطای (Commission) (%)	خطای (Omission) (%)	تولید کننده (%)	صحت کاربر (%)	خطای (Commission) (%)
چادگان	۱۹۸۵	زراعی	۹۶/۹	۱۰۰	۰	۳/۱	۹۰/۵۴	۹۵/۴۳	۴/۵۷
		آیش	۹۲/۳۸	۷۵/۷۸	۲۴/۲۲	۷/۶۲	۷۵/۰۶	۸۰/۴۸	۱۹/۵۲
		مرتع	۸۰/۱۳	۹۶/۵۶	۳/۴۴	۱۹/۸۷	۹۵/۶۴	۹۳/۱۲	۶/۸۸
		مسکونی	۱۰۰	۳۸/۶۴	۶۱/۳۶	۰	۹۲/۶۲	۸۱/۶۶	۱۸/۳۴
		بایر	۶۷/۱۴	۴۴/۷۶	۵۵/۲۴	۳۲/۸۶	۷۳/۱۵	۸۲/۴۶	۱۷/۵۴
		صحت کلی		۸۴/۶۸				۹۱/۴	
		ضریب کاپا		۰/۷۵				۰/۸۴	
۲۰۱۵		زراعی	۱۰۰	۹۵/۲۶	۴/۷۴	۰	۱۰۰	۹۳/۲۵	۶/۷۵
		آیش	۹۶/۸۲	۸۴/۵۲	۱۵/۴۸	۳/۱۸	۹۴/۰۹	۹۷/۶۴	۲/۳۶
		مرتع	۸۴/۴۲	۹۸/۱۶	۱/۸۴	۱۵/۵۸	۹۳/۹۱	۹۵/۱۹	۴/۸۱
		مسکونی	۹۶/۰۸	۷۶/۵۶	۲۳/۴۴	۳/۹۲	۱۰۰	۸۹/۴۷	۱۰/۵۳
		بایر	۹۷/۳۰	۸۳/۷۲	۱۶/۲۸	۲/۷	۷۸/۳۸	۱۰۰	۰
		صحت کلی		۹۱/۸۷				۹۵/۰۶	
		ضریب کاپا		۰/۸۸				۰/۹۲	

مورد مطالعه انجام شد. مساحت و درصد مساحت طبقات کاربری اراضی تهیه شده با استفاده از روش‌های پیکسل پایه و شیء‌گرا در جدول‌های ۸ تا ۱۱ ارائه شده است. هم‌چنین نمودار تغییر مساحت کاربری‌های اراضی در هر یک از دشت‌های مورد مطالعه در شکل‌های ۸ تا ۱۰ ارائه شده است.

در نقشه کاربری اراضی سال‌های ۱۹۸۵ و ۲۰۱۵ در دشت چادگان در روش پیکسل پایه صحت تولید کننده در کاربری اراضی بایر و صحت کاربر در اراضی مسکونی، بایر و تحت آیش پایین است. هم‌چنین در روش شیء‌گرا کاربری اراضی بایر عامل کاهش دقت تولید کننده محسوب می‌شود. در نهایت پس از طبقه‌بندی، آشکارسازی تغییرات در سال‌های

جدول ۸. مساحت طبقات کاربری اراضی (هکتار) با استفاده از روش حداکثر احتمال پیکسل پایه

کاربری اراضی	سال	زراعی	تحت آیش	مرتع	مسکونی	بایر	سطح آب
اصفهان - برخوار	۱۹۸۵	۲۹۱۹۷/۴	۱۹۳۵۴/۰۲	۱۱۴۶۷۳/۹۷	۳۴۵۹۷/۸۸	۴۲۷۴۷/۱۳	۱۳۱/۶۱
	۲۰۱۵	۲۷۵۹۱/۳۹	۲۹۸۶۳/۸۲	۱۰۶۳۷۰/۹	۴۰۱۴۸/۸۷	۳۶۴۷۶/۲۹	۴۴۷/۱۸۳
نجف‌آباد	۱۹۸۵	۳۵۶۰۴/۲	۱۹۲۱۹/۸۷	۳۶۰۸۶/۲۴	۱۲۶۵۱/۲۹	۳۴۹۲/۳	۴۷۶/۴۹
	۲۰۱۵	۲۲۲۲۹/۶۴	۳۱۲۲۷/۰۲	۳۱۴۲۲/۳۱	۱۷۹۴۰/۴۱	۴۵۱۰/۱۱	۹۳/۱۵
چادگان	۱۹۸۵	۴۳۶۸/۹۹	۳۶۴۸/۴۲	۱۵۸۵۴/۲۴	۷۱۰/۸۷	۱۲۳۰/۲۴	-
	۲۰۱۵	۶۵۲۵/۴۸	۲۱۶۷/۴	۱۴۳۰۶/۸۵	۱۶۸۲/۲۵	۱۱۳۵/۱	-

جدول ۹. درصد مساحت طبقات کاربری اراضی با استفاده از روش حداکثر احتمال پیکسل پایه

سطح آب	بایر	مسکونی	مرتع	تحت آیش	زراعی	کاربری اراضی	
						سال	دشت
۰/۰۵	۱۷/۷۶	۱۴/۳۷	۴۷/۶۴	۸/۰۴	۱۲/۱۳	۱۹۸۵	اصفهان- برخوار
۰/۱۸۵	۱۵/۱۴	۱۶/۶۶	۴۴/۱۵	۱۲/۴	۱۱/۴۵	۲۰۱۵	
۰/۴۳	۳/۲۴	۱۱/۷۶	۳۳/۵۶	۱۷/۸۷	۳۳/۱۱	۱۹۸۵	نجف آباد
۰/۰۸	۴/۲	۱۶/۷	۲۹/۲۵	۲۹/۰۷	۲۰/۶۹	۲۰۱۵	
-	۴/۷۶	۲/۷۵	۶۱/۴۲	۱۴/۱۳	۱۶/۹۳	۱۹۸۵	چادگان
-	۴/۴۳	۶/۵	۵۵/۴	۸/۳۹	۲۵/۲۷	۲۰۱۵	

جدول ۱۰. مساحت طبقات کاربری اراضی (هکتار) با استفاده از روش نزدیک ترین همسایه شیء گرا

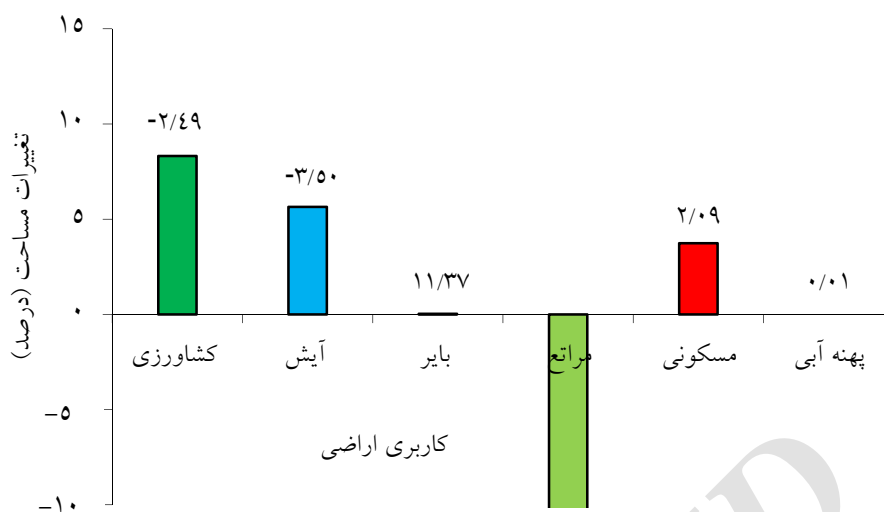
سطح آب	بایر	مسکونی	مرتع	تحت آیش	زراعی	کاربری اراضی	
						سال	دشت
۲۰۲/۹۱	۱۴۹۲۹/۹۲	۳۶۵۸۰/۸۴	۱۲۳۰۸۸/۸۶	۳۴۵۷۷/۵۱	۳۱۳۳۹/۷۲	۱۹۸۵	اصفهان- برخوار
۲۱۷/۰۶	۴۲۳۰۹/۴۴	۴۱۶۱۴/۳۱	۱۰۵۰۸۲/۲	۲۶۱۴۱/۷۴	۲۵۳۵۳/۷۹	۲۰۱۵	
۲۹۷/۲	۳۷۸۱/۰۶	۱۵۰۶۹/۰۶	۴۳۲۵۸/۰۳	۴۸۲۱/۶۹	۴۰۲۸۹/۵۶	۱۹۸۵	نجف آباد
۲۹۳/۳۵	۵۹۴۵/۴	۲۵۴۵۵/۲۵	۳۱۴۹۷/۱۹	۱۶۷۰۴/۴۵	۲۷۶۲۰/۴۵	۲۰۱۵	
-	۶۶۹/۷۴	۴۳۷/۷۷	۱۹۳۳۱/۴	۱۷۳۸/۴۹	۳۶۶۷/۷۵	۱۹۸۵	چادگان
-	۶۷۷/۵۱	۱۴۰۳/۵۶	۱۴۷۵۰/۱	۳۱۹۷/۳۲	۵۸۱۶/۶۹	۲۰۱۵	

جدول ۱۱. درصد مساحت طبقات کاربری اراضی با استفاده از روش نزدیک ترین همسایه شیء گرا

سطح آب	بایر	مسکونی	مرتع	تحت آیش	زراعی	کاربری اراضی	
						سال	دشت
۰/۰۸	۶/۲	۱۵/۲	۵۱/۱۳	۱۴/۳۶	۱۳/۰۲	۱۹۸۵	اصفهان- برخوار
۰/۰۹	۱۷/۵۸	۱۷/۲۹	۴۳/۶۵	۱۰/۸۶	۱۰/۵۳	۲۰۱۵	
۰/۲۸	۳/۵۲	۱۴/۰۲	۴۰/۲۳	۴/۴۸	۳۷/۴۷	۱۹۸۵	نجف آباد
۰/۲۷	۵/۵۳	۲۳/۶۸	۲۹/۳۰	۱۵/۵۴	۲۵/۶۹	۲۰۱۵	
-	۲/۵۹	۱/۶۹	۷۴/۸۰	۶/۷۳	۱۴/۱۹	۱۹۸۵	چادگان
-	۲/۶۲	۵/۴۳	۵۷/۰۷	۱۲/۳۷	۲۲/۵۱	۲۰۱۵	

درصد در سال ۲۰۱۵ کاهش یافته و در حدود ۷/۵ درصد کاهش داشته است. اراضی مسکونی و بایر دارای روند افزایشی در طول دوره مورد مطالعه بود. به طوری که به ترتیب در حدود ۲/۰۹ و ۱۱/۳۷ درصد افزایش داشته اند (شکل ۸).

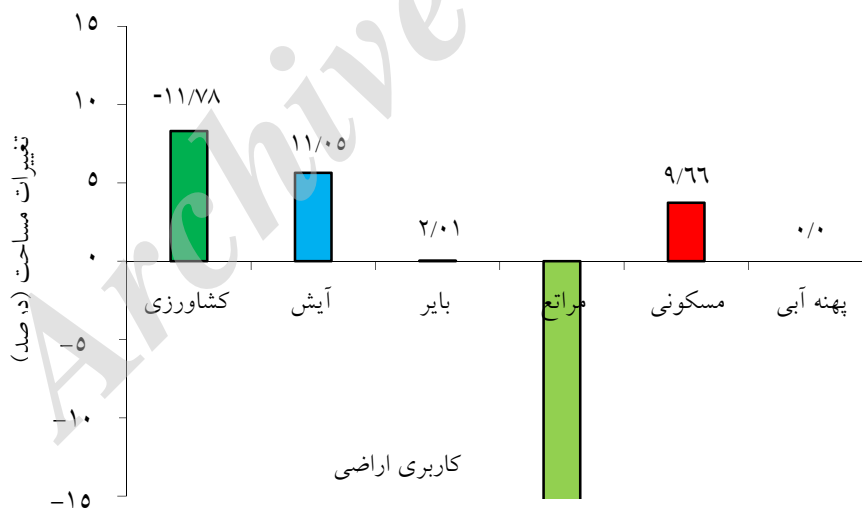
در دشت اصفهان- برخوار کاربری مرتع در سطح منطقه غالب است که اغلب از نوع مراتع بسیار فقیر است. طبقه این کاربری از سال ۱۹۸۵ تا ۲۰۱۵ روند کاهشی داشته است به طوری که این اراضی از ۵۱/۱۳ درصد در سال ۱۹۸۵ به ۴۳/۶۵



شکل ۸. درصد تغییر مساحت کاربری اراضی در دشت اصفهان - برخوار (۱۹۸۵ تا ۲۰۱۵)

مراتع از سال ۱۹۸۵ تا ۲۰۱۵ روند کاهشی داشته است. به طوری که این اراضی از ۴۰/۲۳ درصد کل منطقه در سال ۱۹۸۵ به ۲۹/۳ درصد در سال ۲۰۱۵ کاهش یافته و در حدود ۱۰/۹۴ درصد کاهش داشته است (شکل ۹).

در دشت نجف‌آباد کاربری مرتع در سطح دشت غالب است. در صورتی که کاربری اراضی زراعی و تحت آیش در یک طبقه قلمداد شوند می‌توان نتیجه گرفت سطح غالب از کاربری اراضی در دشت نجف‌آباد را تشکیل می‌دهند. طبقه کاربری



شکل ۹. درصد تغییر مساحت کاربری اراضی در دشت نجف‌آباد (۱۹۸۵ تا ۲۰۱۵)

۳/۷۴ درصد افزایش داشته‌اند. کاربری اراضی زراعی از سال ۱۹۸۵ تا ۲۰۱۵، ۸/۳۱ درصد افزایش یافته است. کاربری اراضی تحت آیش دارای روند افزایشی بوده و به مقدار ۵/۶۴ درصد افزایش یافته است (شکل ۱۰).

در دشت چادگان کاربری مرتع سطح وسیعی از کاربری اراضی را در این دشت تشکیل می‌دهد، این اراضی از ۷۴/۸۰ درصد کل منطقه در سال ۱۹۸۵ به ۵۷/۰۷ درصد در سال ۲۰۱۵ کاهش یافته است. اراضی مسکونی دارای روند افزایشی در طول دوره مورد مطالعه بوده است؛ به طوری که در حدود



شکل ۱۰. درصد تغییر مساحت کاربری اراضی در دشت چادگان (۱۹۸۵ تا ۲۰۱۵)

بحث و نتیجه گیری

در این پژوهش مقایسه روش‌های طبقه‌بندی پیکسل پایه و شیء‌گرا با استفاده از تصاویر سال‌های ۱۹۸۵ و ۲۰۱۵ ماهواره لندست در دشت‌های اصفهان-برخوار، نجف‌آباد و چادگان صورت گرفت. نتایج نشان داد به طور کلی در همه نقشه‌های تهیه شده برای دشت‌های مورد مطالعه و در سال‌های مختلف، در روش شیء‌گرا ضریب کاپا و صحت کلی از مقدار بالاتری برخوردار بوده است؛ که نشان‌دهنده دقت بالاتر روش شیء‌گرا در مقایسه با روش پیکسل پایه است. علت اصلی این افزایش دقت آن است که طی فرآیند طبقه‌بندی شیء‌گرا، شیء‌های تصویری متناسب با معیار همگنی و ناهمگنی بر اساس پارامترهای مقیاس، رنگ، شکل، ضریب نرمی و ضریب فشردگی شکل (که مقدار آن‌ها را مفسر تعیین می‌کند) ایجاد می‌شوند. نتایج حاصله با یافته‌های، فیضی‌زاده و هلالی (۷)، متین‌فر و همکاران (۱۷)، لطفی و همکاران (۱۰)، قربانی و همکاران (۸) و موسوی و همکاران (۱۸) همخوانی دارد و با نتایج پژوهش آدام و همکاران (۱۳) که روش پیکسل پایه را مناسب دانسته‌اند مطابقت ندارد.

چن و همکاران (۱۵)، در مقایسه روش‌های طبقه‌بندی پیکسل پایه و شیء‌گرا دریافتند، طبقه‌بندی شیء‌گرا از بروز اثر

فلفل - نمکی (Salt-Pepper Effect) که به صورت آشکار در طبقه‌بندی پیکسل پایه وجود دارد جلوگیری می‌کند. همچنین تمایز شیء‌های طیفی مشابه مانند جاده‌ها و مناطق مسکونی با استفاده از اطلاعات شکلی و بافتی توسط طبقه‌بندی شیء‌گرا به خوبی صورت گرفته و از دقت بالاتری برخوردار است. بر طبق مطالعه اسلمی و همکاران (۱) روش شیء‌گرا قادر است اشکال هندسی منظم نظیر مناطق انسان‌ساخت یا اراضی کشاورزی را در فرآیند قطع‌بندی به خوبی تشخیص دهد و این روش در مقایسه با روش‌های شبکه عصبی مصنوعی و ماشین بردار پشتیبان از دقت بالاتری برخوردار بود؛ بنابراین با توجه به نتایج به دست آمده از این پژوهش و سایر کارهای انجام شده می‌توان پیشنهاد داد که روش طبقه‌بندی شیء‌گرا برای مطالعات تغییر کاربری اراضی روشی مناسب و دقیق‌تر نسبت به روش پیکسل پایه است. بررسی تغییرات کاربری اراضی نشان داد در دشت اصفهان-برخوار به طور کلی از سال ۱۹۸۵ تا ۲۰۱۵ کاربری زراعی و تحت آیش به ترتیب به میزان ۲/۴۹- و ۳/۵- درصد کاهش یافته است. به نظر می‌رسد بخشی از این اراضی به علت از دست دادن تولید رها شده و تبدیل به اراضی بایر شدند؛ بنابراین بیش‌ترین تغییرات کاربری اراضی مربوط به کاهش کاربری مرتع و افزایش اراضی

منابع مورد استفاده

- اسلمی، ف.، ا. قربانی، ب. سبحانی و م. پناهنده. ۱۳۹۴. مقایسه روش‌های شبکه عصبی مصنوعی، ماشین بردار پشتیبان و شیء‌گرا در استخراج کاربری و پوشش اراضی از تصاویر لندست ۸. سنجش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی، ۶(۳): ۱-۱۴.
- حاجیان، ن. و پ. حاجیان. ۱۳۹۲. پایگاه داده‌های زاینده‌رود، همراه با تحلیل گرافیکی اطلاعات. انتشارات پارس ضیاء، همای رحمت. اصفهان. ۳۱۸ صفحه.
- سلاجقه، ع.، س. رضوی‌زاده، ن. خراسانی، م. حمیدی‌فر و س. سلاجقه. ۱۳۹۰. تغییرات کاربری اراضی و آثار آن بر کیفیت آب رودخانه (مطالعه موردی: حوزه آبخیز کرخه). محیط‌شناسی، ۳۷(۵۸): ۸۱-۸۶.
- شریفی، ل.، ع. ا. رسولی، م. ا. حجازی و ه. رستم‌زاده. ۱۳۹۲. آشکارسازی تغییرات کاربری/پوشش اراضی با پردازش شیء‌گرای تصاویر ماهواره‌ای (مطالعه موردی: شهرستان تبریز). جغرافیا و برنامه‌ریزی، ۱۷(۴۴): ۲۰۳-۲۱۴.
- فاطمی، ب. و ی. رضایی. ۱۳۹۱. مبانی سنجش از دور. چاپ سوم، ویرایش دوم. انتشارات آژده، تهران. ۲۹۶ صفحه.
- فتحی‌زاد، ح.، م. تازه و س. کلانتری. ۱۳۹۴. مقایسه کارایی روش‌های طبقه‌بندی پیکسل پایه (روش‌های شبکه عصبی آرتمپ فازی و تصمیم‌گیری درختی) و شیء‌گرا در تهیه نقشه کاربری اراضی (مطالعه موردی: حوزه خشک و نیمه‌خشک میمه، استان ایلام). خشک بوم، ۵(۲): ۶۹-۸۲.
- فیضی‌زاده، ب. و ح. هلالی. ۱۳۸۹. مقایسه روش‌های پیکسل‌پایه، شیء‌گرا و پارامترهای تأثیرگذار در طبقه‌بندی پوشش/کاربری اراضی استان آذربایجان غربی. پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، ۲۲(۷۱): ۷۳-۸۴.
- قربانی، ا.، ف. اسلمی، س. احمدآبادی و س. غفاری. ۱۳۹۴. تهیه نقشه کاربری اراضی حوزه آبخیز کفتاره اردبیل با استفاده از تفسیر چشمی و رقومی تصویر ETM⁺ اکوسیستم‌های طبیعی ایران، ۶(۴): ۲۷-۴۳.
- کریمی، ک. و چ. ب. کمکی. ۱۳۹۴. پایش، ارزیابی و پیش‌بینی روند تغییرات مکانی کاربری اراضی/پوشش زمین با استفاده از مدل زنجیره‌ای مارکوف (مطالعه موردی: دشت بسطاق-خراسان جنوبی). سنجش از دور و سامانه اطلاعات

بایر بوده است. بر طبق مطالعه کریمی و کمکی (۹)، روند کاربری طبقه مرتعی در طول دوره مورد مطالعه (۱۳۶۶-۱۳۹۳) در دشت بسطاق استان خراسان جنوبی به صورت کاهش و تبدیل به طبقه بایر و سایر کاربری‌ها بوده است که بیان‌گر روند کلی تخریب در منطقه از طریق جایگزین شدن مراتع توسط سایر کاربری‌ها چون اراضی فاقد پوشش و اراضی شور است. این رخداد بدون شک ناشی از دخالت‌های انسان و عامل اقلیمی حاکم بر منطقه است. در دشت نجف‌آباد اراضی مسکونی و بایر دارای روند افزایشی در طول دوره مورد مطالعه بوده است. به طوری که به ترتیب در حدود ۹/۶۶ و ۲/۰۱ درصد افزایش داشته‌اند. به طور کلی کاربری اراضی زراعی از سال ۱۹۸۵ تا ۲۰۱۵، ۱۱/۷۸ درصد کاهش یافته است. در دشت چادگان بیش‌ترین تغییر کاربری اراضی مربوط به کاربری مرتع با کاهش ۱۷/۷۳ درصد در طول دوره مورد مطالعه بوده است سطح وسیعی از مراتع در این دشت تبدیل به اراضی کشاورزی و مسکونی شده است. در مطالعه مرادی و همکاران (۱۱) نتایج تغییرات کاربری اراضی نشان داد کاربری اراضی مرتع بیش‌ترین تبدیل و تغییر را به میزان ۷۷ و ۷۳ درصد به ترتیب در دو منطقه دهر سرد و کوه سفید در دوره مورد مطالعه داشته است. آن‌ها هم‌چنین دریافتند که گسترش فعالیت‌های زراعی بر روی اکوسیستم‌های مرتعی موجب تبدیل مراتع به زمین‌های کم‌بازده شده است. با توجه به اینکه بررسی تغییرات کاربری اراضی و نحوه تغییرات آن یکی از عوامل مؤثر برای توسعه پایدار و استفاده بهینه از سرزمین است؛ نتایج این پژوهش امکان اخذ تصمیمات اساسی در تدوین سیاست‌های مدیریتی برای برنامه‌ریزان و مدیران منطقه‌ای برای پایداری و ارزیابی منابع طبیعی را فراهم می‌نماید.

16. Jensen JR. 2015. *Introductory Digital Image Processing: A Remote Sensing Perspective*. 4th edition. Pearson Series in Geographic Information Science, 544 pp.
17. Matinfar H, Sarmadian F, Alavi Panah S, Heck R. 2007. Comparisons of object-oriented and pixel-based classification of land use/land cover types based on Landsat7, ETM⁺ spectral bands (case study: arid region of Iran). *American-Eurasian Journal of Agricultural & Environmental Sciences*, 2(4): 448-456.
18. Moosavi V, Shamsi SRF, Moradi H, Shirmohammadi B. 2014. Application of Taguchi method to satellite image fusion for object-oriented mapping of Barchan dunes. *Geosciences Journal*, 18(1): 45-59.
19. Platt RV, Schoennagel T. 2009. An object-oriented approach to assessing changes in tree cover in the Colorado Front Range 1938–1999. *Forest Ecology and Management*, 258(7): 1342-1349.
20. Yuqi T. 2013. Object-oriented change detection with multi-feature in urban high-resolution remote sensing imagery. Wuhan University, Wuhan, China. 162 pp.
21. Zhao Y. 2003. *Principles and methods for remote sensing application and analysis*. Beijing: Science Press, 520 pp.
22. Zhenjian Z. 2014. Change detection of remote sensing images based on multi-scale segmentation and decision tree algorithm over mountainous area: a case study in Panxi region, Sichuan Province. *Acta Ecologica Sinica*, 34(24): 7222-7232.
- جغرافیایی در منابع طبیعی، ۶(۲): ۷۵-۸۸.
۱۰. لطفی، ص.، ح. محمودزاده، م. عبدالمی و ر. سالک فرخی. ۱۳۸۹. کاربرد تصاویر ماهواره‌ای اسپات برای تهیه نقشه کاربری اراضی شهرستان مرند با رویکرد شیء‌گرا. کاربرد سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی در برنامه‌ریزی، ۱(۲): ۴۷-۵۶.
۱۱. مرادی، ع.، م. جعفری، ح. ارزانی و م. ابراهیمی. ۱۳۹۵. ارزیابی تغییر کاربری اراضی مرتعی به دیم‌زار با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و سیستم اطلاعات جغرافیایی. سنجش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی، ۷(۱): ۸۹-۱۰۰.
12. Abdul-Qadir A, Benni TJ. 2010. Monitoring and evaluation of soil salinity in term of spectral response using Landsat images and GIS in Mesopotamian plain/Iraq. *Journal of Iraqi Desert Studies*, 2: 19-32.
13. Adam HF, Csaplovics E, Elhaja ME. 2016. A comparison of pixel-based and object-based approaches for land use land cover classification in semi-arid areas, Sudan. 8th IGRSM International Conference and Exhibition on Remote Sensing & GIS. IOP Publishing IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. Kuala Lumpur, Malaysia. 13-14 April.
14. Besag J. 1986. On the statistical analysis of dirty pictures. *Journal of the Royal Statistical Society. Series B (Methodological)*: 259-302.
15. Chen M, Su W, Li L, Zhang C, Yue A, Li H. 2008. A Comparison of Pixel-based and Object-oriented Classification Using SPOT 5 Imagery. In: WSEAS International Conference. Proceedings. Mathematics and Computers in Science and Engineering, 3(6): 477-489.



Comparison of object-oriented and pixel-based classification methods for land use mapping (Case study: Isfahan-Borkhar, Najafabad and Chadegan plains)

S. Ghafari¹, H. R. Moradi^{2*}, R. Modares³

1. MSc. Student of Watershed Management, Tarbiat Modares University

2. Assoc. Prof. College of Natural Resources, Tarbiat Modares University

3. Assis. Prof. College of Natural Resources, Isfahan University of Technology

ARTICLE INFO

Article history:

Received 7 February 2017

Accepted 17 January 2018

Available online 22 May 2018

Keywords:

Pixel-based

Object-oriented

Maximum likelihood algorithm

Nearest neighbour algorithm

Land use

ABSTRACT

Change detection algorithms of remote sensing image can be divided into two categories: pixel-based and object-oriented, according to the minimum processing unit. This paper deals with the comparison between application of pixel-based and object-oriented approaches in land use classification in Isfahan-Borkhar, Najafabad and Chadegan plains and evaluation of land use changes with Landsat TM (1985) and OLI (2015) data during the study period. The object-oriented approach involved the segmentation of image data into objects with multi-resolution segmentation algorithm by eCognition software. Then objects were assigned and classified with the nearest neighbour algorithm in object-oriented classification. The supervised pixel-based classification involved the selection of training areas and a classification using a maximum likelihood algorithm. Accuracy assessments of both classifications were undertaken. The results show better overall accuracy (higher 90%) of the object-oriented classification over the pixel-based classification. The land use maps indicate that residential area is increased 2.09, 9.66 and 3.74% and rangeland area are decreased 7.48, 10.94 and 17.73% in Isfahan-Borkhar, Najafabad and Chadegan plains in the study period, respectively. In Chadegan plain the increase in agriculture and fallow land use has been equal to 8.31 and 5.64%, respectively.

* Corresponding author e-mail address: hormoradi@modares.ac.ir