

کاربرد روش سنجش از دور شیء گرا در تهیه نقشه فرسایش آبکندی

ایوب کرمی^{1*}، اسدالله خورانی²، سید رشید فلاح شمسی³، وحید موسوی⁴، غلامرضا خسروی⁵،

1 و 5- کارشناس ارشد علوم و مهندسی آبخیزداری، دانشگاه هرمزگان

ayoobkarami@yahoo.com

2- استادیار گروه علوم و مهندسی آبخیزداری، دانشگاه هرمزگان

khoorani@hormozgan.ac.ir

3- استادیار گروه مدیریت مناطق بیابانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز

4 - دانشجوی دکتری علوم و مهندسی آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه یزد

چکیده

طبیعت پیچیده فرسایش آبکندی و نواحی مجاورشان (ناهمگنی) ثابت کرده است که تهیه نقشه فرسایش آبکندی به وسیله روش‌های متداول (پیکسل - پایه) در طبقه‌بندی تصاویر ماهواره ای چالش برانگیز است. بر این اساس در این تحقیق سعی شده با استفاده از تکنیک‌های پردازش تصاویر، مناسب‌ترین تکنیک برای تهیه نقشه فرسایش آبکندی مشخص گردد. بدین منظور تصاویر IRS منطقه لامرد با روش‌های طبقه بندی پیکسل - پایه و شیء گرا طبقه بندی شد. مقایسه نتایج مربوط به ارزیابی صحت طبقه بندی‌ها نشان داد روش شیء گرا توانایی بیشتری نسبت به روش پیکسل پایه دارد و از دقت بالاتری (کاپای=0/82) برخوردار است. برتری و توانمندی بیشتر روش شیء گرا نسبت به روش پیکسل پایه به این دلیل است که در روش شیء گرا علاوه بر ویژگی‌های طیفی پدیده‌ها، ویژگی‌های هندسی آنها نیز مد نظر قرار می‌گیرد. بنابراین پیشنهاد می‌شود از این پس برای تهیه نقشه فرسایش آبکندی در منطقه لامرد به جای استفاده از روش‌های متداول طبقه بندی از روش‌های آنالیز شیء گرا که امکان تهیه نقشه‌ی دقیق‌تر را دارند استفاده شود.

کلمات کلیدی: فرسایش آبکندی، سنجش از دور، طبقه‌بندی شیء گرا، طبقه‌بندی پیکسل پایه، نرم افزار eCognition

مقدمه

آبکنند، آبراهه ای است نسبتاً دائمی که جریان موقت آب هنگام بارندگی از آن می‌گذرد و نمی‌توان آن را وسیله عملیات کشت و زرع معمولی تسطیح نمود. فرسایش آبکندی به دلیل خصوصیات اقلیم، سنگ شناسی، خاک، پستی و بلندی، کاربری و پوشش اراضی مشکلی جدی در بسیاری از نقاط دنیا، از جمله ایران می‌باشد [2]. گسترش سریع آبکندها تهدید جدی برای آب نماها، پلها، راه های ارتباطی، دکل های خطوط انتقال نیرو، روستاها و مناطق مسکونی است و سالانه می‌بایستی مبالغ زیادی صرف مرمت خسارت وارده در این بخش نمود. استفاده های اولیه از داده ها و روش های سنجش از دور در مطالعه فرسایش آبکندی، شامل تفسیر چشمی عکس های هوایی و بعدها تفسیر تصاویر ماهواره ای در کنار عملیات صحرائی است، که فقط در محدوده های کوچک قابل اجرا بود. در این زمینه مطالعه های متعددی در غالب موضوع های، تهیه نقشه و شناسایی وضعیت فعلی فرسایش آبکندی [10 و 9]، تعیین میزان گسترش آبکندها طی سال - های مختلف [2 و 8] با استفاده از تفسیر عکس هوایی در کنار بررسی های صحرائی انجام شده است. اما توجه به این نکته

ضروری است که مطالعه‌های صحرایی و تفسیر عکس هوایی بدین منظور و در مقیاس بزرگ نیازمند صرف هزینه و وقت زیادی است [16و1]. پیشرفت‌های علم سنجش از دور و خصوصاً ایجاد و بهبود روش‌های طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای سبب ایجاد سهولت زیادی در زمینه تهیه نقشه فرسایش خاک شده است. الگوریتم‌های طبقه‌بندی متداول (پیکسل-پایه¹) داده‌های ماهواره‌ای غالباً بر مبنای روش‌های آماری می‌باشند. انواع روش‌های پیکسل-پایه طبقه‌بندی نظارت شده و نظارت نشده آماری وجود دارند، از جمله می‌توان به طبقه‌بندی‌کننده‌های بیشترین شباهت (حداکثر احتمال²) و کمترین فاصله³ و روش ماشین بردار پشتیبان اشاره نمود. اما این روش‌ها دارای کاستی‌هایی نیز می‌باشند از جمله اینکه در تفکیک پدیده‌ها در مناطقی که پدیده‌های مختلف از لحاظ طیفی دارای شباهت‌های زیادی هستند، نواقص زیادی دارند. طبیعت پیچیده فرسایش آبکنندی و نواحی مجاورشان (ناهمگنی) ثابت کرده که تهیه نقشه فرسایش آبکنندی به وسیله روش‌های پیکسل-پایه در طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای چالش برانگیز است [5و16]. یکی از روش‌های بسیار کارآمد در جداسازی پدیده‌های مختلف، به ویژه پدیده‌هایی که به لحاظ طیفی تفاوت معنی‌داری نسبت به هم ندارند ولی از نظر کاربری یا ماهیت متفاوتند، روش سنجش از دور شیء‌گرا⁴ می‌باشد. در این روش علاوه بر بازتاب امواج الکترومغناطیس حاصل از پدیده‌ها، ویژگی‌های دیگری از قبیل شکل، اندازه، بافت و حتی نحوه قرارگیری پدیده‌ها در مجاورت هم نیز مورد نظر قرار می‌گیرد [5]. امروزه فنون شیء‌گرا افزایش روز افزونی در طبقه‌بندی داده‌های سنجش از دور دارند. تا کنون تحقیقات زیادی به منظور تفکیک رخساره‌های ژئومورفولوژی با استفاده از فنون شیء‌گرا انجام پذیرفته است [7و12] اما با این وجود تحقیقات چندانی در خصوص استفاده از این فنون در تفکیک و جداسازی آبکنندها مستند نشده است. در بررسی پیشینه تحقیق، موردی از استفاده از این شیوه در جداسازی آبکنندها در ایران یافت نشد و در خارج از کشور نیز تنها می‌توان به تحقیق Knight و همکاران (2007) [11] اشاره نمود که با روش شیء‌گرا و استفاده از تصاویر سنجنده ASTER آبکنندها را در استرالیا مطالعه کردند. ونیز Shruthi و همکاران (2011) [14] در مراکش با استفاده از تصاویر سنجنده‌های IKONOS و GEOEYE-1 و مدل رقومی سطح زمین⁵ به جداسازی آبکنندها پرداختند. اما هیچ مطالعه جامعی برای مقایسه‌ی صحت نتایج تهیه نقشه آبکنند به روش پیکسل پایه و شیء‌گرا انجام نشده است که یکی از دلایل آن می‌تواند عدم شناخت روش شیء‌گرا و قابلیت‌های آن بین متخصصین ژئومورفولوژی و آبخیزداری باشد. در واقع این روش کمتر شناخته شده است. دوم این که رواج و توسعه نرم افزار تخصصی برای طبقه‌بندی تصویر با این روش بیش تر از ده سال نیست تجاری سازی شده است، بعلاوه تاکنون تلاشی در زمینه گنجاندن روش شیء‌گرا در نرم افزارهای معمولی سنجش از دور صورت نگرفته است [5]. از این رو با توجه به توانایی بالای این شیوه در جداسازی پدیده‌ها، تحقیق روی استفاده از این فنون در جداسازی آبکنندها مفید به نظر می‌رسد.

1 - Pixel based techniques

2 - Maximum Likelihood classification (MLC)

3 - Minimum Distance

2- Object oriented techniques

5 - Digital Surface Model(DSM)

مواد و روش‌ها

در 40 کیلومتری شمال خلیج فارس شهرستان لامرد به صورت دشت کشیده در بین دو رشته طاق‌دیس قرار گرفته است. شهرستان لامرد دارای جهت شمال غربی- جنوب شرقی است. این شهرستان در محدوده طول جغرافیایی $52^{\circ} 30'$ تا $53^{\circ} 45'$ شرقی و عرض جغرافیایی $27^{\circ} 15'$ تا $27^{\circ} 55'$ شمالی واقع شده است. ارتفاع متوسط لامرد 485 متر و دارای اقلیم نیمه خشک معتدل می باشد. میانگین سالانه دما و بارش منطقه به ترتیب 24°C و 250mm برآورد گردیده است. خاک منطقه طبق رده بندی آمریکایی، Aridisols و Entisols می باشد. آبکندهای این منطقه که عمدتاً دارای مقطع U شکل و پلان عمومی شاخه درختی هستند بر روی نهشته های کواترنری و در دشت واقع شده اند. مواد تشکیل دهنده کوه‌های منطقه عمدتاً آهک، مارن، گچ و ماسه سنگ می‌باشند. منطقه دارای کاربری اراضی کشاورزی و مراتع ضعیف است. شکل (1) موقعیت منطقه لامرد را در کشور و استان فارس نشان می‌دهد. در این پژوهش از تصاویر ماهواره‌ی IRS-P6-LissIII در چهار باند با تفکیک مکانی 23/5 متر و نقشه های توپوگرافی 1:25000 سازمان نقشه برداری و نقاط کنترل زمینی جمع آوری شده از منطقه با استفاده از GPS استفاده شد.

روش تحقیق:

شکل (2) خلاصه روش کار این تحقیق را نشان می‌دهد. در مرحله پیش پردازش برای انجام تصحیح اتمسفری تصاویر از روش کاهش ارزش عددی پیکسل های تیره⁶ استفاده شد. تصحیحات هندسی تصاویر به روش تصویر به نقشه (نقشه‌های توپوگرافی رقومی 1:25000) و با کمک نقاط مرجع زمینی تهیه شده به وسیله GPS انجام گرفت. تصویر با خطای کمتر از یک پیکسل زمین مرجع گردید. روش باز نویسی مجدد⁷ نزدیکترین همسایه برای تعیین مقادیر جدید پیکسل بکار رفت. در مرحله پردازش طبقه بندی تصاویر به روش‌های بیشترین شباهت و شیء‌گرا برای دو طبقه آبکند و غیر آبکند بر روی تصویر اعمال شد، تا ضمن مقایسه نتایج بهترین روش طبقه بندی انتخاب گردد. هدف این مطالعه مقایسه نقشه فرسایش آبکندی تهیه شده به روش پیکسل پایه با نقشه فرسایش آبکندی تهیه شده به روش هوشمند شیء‌گرا بود. به منظور ارزیابی نتایج حاصل از این دو روش از نقشه فرسایش آبکندی که به روش سنتی (رقومی کردن دستی) تهیه شده و در واقع نقشه حقیقت زمینی⁸ می‌باشد استفاده شد. این نقشه حقیقت زمینی که فقط برای بخش‌های از منطقه مورد مطالعه تهیه شده، دارای دو کلاس آبکند⁹ و غیر آبکند¹⁰ می‌باشد. نمونه های تعلیمی برای دو طبقه آبکند و غیر آبکند با پراکنش مناسب از سطح تصویر انتخاب گردید. در تحقیق جاری تعیین محل نمونه ها (حقیقت زمینی و نمونه‌های تعلیمی) با شناخت از منطقه و با استفاده از تصویر پانکروماتیک و تصاویر Google Earth انجام شد.

روشهای طبقه بندی:

به منظور ارزیابی کارایی روش شیء گرا و پیکسل پایه دو روش طبقه بندی بیشترین شباهت (MLC) و شیء گرا مورد استفاده قرار گرفتند. روش بیشترین شباهت از جمله رایج‌ترین روش‌های پیکسل پایه طبقه بندی تصاویر ماهواره ای

6 - Dark Pixel Subtraction

7 - Resample

8 - Ground Truth Map

9 - Gully

10 - Non Gully

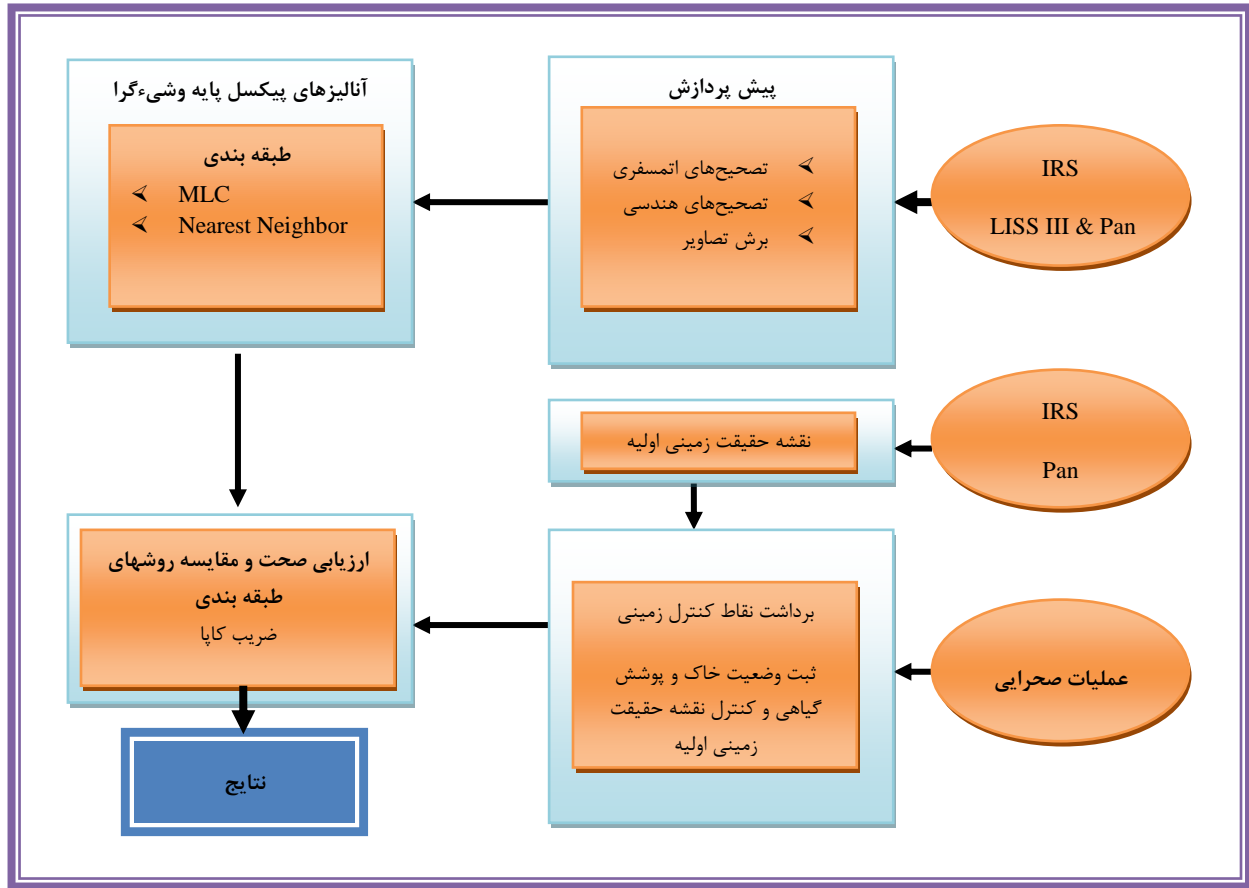
می‌باشد که به دلیل دخالت پارامترهای آماری بیشتر در فرآیند طبقه بندی از قبیل احتمال اولیه، واریانس، کوواریانس و میانگین طبقه‌ها این روش در بین روش‌های پیکسل پایه، برتر محسوب می‌شود. در این روش، طبقه ای به پیکسل نسبت داده می‌شود که احتمال تعلق پیکسل به آن طبقه بزرگترین باشد. معمولاً فرض می‌شود که توزیع احتمال بر ای هر طبقه بصورت توزیع نرمال چندبعدی است [3]. روش بیشترین شباهت در نرم افزار ENVI4.3 اجرا شد.

طبقه بندی شی گرا بوسیله نرم افزار eCognition انجام شد. در روش شی گرا واحدهای اصلی پردازش، اشیاء تصویر یا قطعات هستند و نه پیکسل‌های مجزا. از این رو در الگوی شی گرا برای آنالیز تصاویر، اولین مرحله همیشه ساختن واحدهای پردازش به وسیله قطعه بندی تصویر¹¹ می‌باشد. در قطعه بندی تصاویر، پیکسل‌هایی که در کنار هم بر اساس معیاری به یکدیگر شبیه هستند، به عنوان یک شی تصویری (قطعه) در نظر گرفته می‌شوند. در طی این فرایند شی‌های تصویری متناسب با معیار همگنی و ناهمگنی براساس پارامترهای اندازه قطعه¹² (مقیاس)، رنگ، شکل، ضریب نرمی و ضریب فشردگی شکل - که مقدار آنها را مفسر تعیین می‌کند- ایجاد می‌شوند [13]. پارامتر اندازه قطعه تعداد و اندازه اشیاء حاصله را تعیین می‌کند، اندازه قطعه بزرگ‌تر منجر به اشیاء بزرگ‌تر می‌شود و بر عکس. مقدار وزن پارامترهای شکل و رنگ (شکل = 1 - رنگ) بین صفر و یک تغییر می‌کند. مقدار اندازه رنگ به همگنی در ویژگی‌های طیفی مربوط است و پارامتر شکل میزان همگنی بافت اشیاء تصویری را تعیین می‌کند و به دو شاخص همواری و فشردگی تقسیم می‌شود. بهترین اندازه قطعه و نسبت برای پارامترهای مذکور توسط کاربر و با آزمون و خطا مشخص می‌شود. پس از چندین تلاش و آزمون و خطا برای تعیین بهینه ترین پارامترهای قطعه بندی مقادیر انتخاب شده به صورت مقیاس = 60، رنگ = 0/8 و شکل = 0/2 (فشردگی = 0/6 و نرمی = 0/4) می‌باشند. جدول (1) مقادیر پارامترهای مختلف آزمون شده را نشان می‌دهد. پس از انجام قطعه‌بندی، شرایط طبقه بندی برای دو کلاس آب‌کند و غیر آب‌کند تعریف گردید و نزدیک‌ترین همسایه به عنوان الگوریتم طبقه بندی‌کننده برای هر طبقه معرفی شد. این طبقه بندی‌کننده فازی بصورت اتوماتیک "تابع عضویت" را برای شی‌های تصویر محاسبه و "مرتبه عضویت" آنها را نسبت به طبقه های معرفی شده اندازه‌گیری می‌نماید. به کارگیری الگوریتم نزدیک‌ترین همسایه شبیه طبقه بندی نظارت شده می‌باشد. بنابراین نواحی آموزشی را بایستی انتخاب نمود. با این تفاوت که بر خلاف روش پیکسل پایه، در این روش تعداد اندکی ناحیه آموزشی مورد نیاز است، زیرا هر ناحیه شامل تعدادی پیکسل می‌باشد، بنابراین برای هر طبقه بین 2 تا 7 واحد که کاملاً شناخته شده هستند به عنوان نواحی آموزشی معرفی گردید. سپس با ابزار بهینه ساز فضای ویژگی¹³، بهترین ویژگی‌ها را که با آنها بهتر می‌توان قطعات را در طبقه مربوط به خود جای داد انتخاب و تعیین شد. به منظور این کار برای هر طبقه تعدادی نمونه تعلیمی و تعدادی ویژگی (مانند نسبت طول به عرض، عرض اصلی قطعه، میانگین و انحراف معیار مساحت قطعه‌ها، فاصله نسبت به خط فرضی، میزان روشنایی و مقادیر طیفی) تعریف شد و با استفاده از این ابزار ویژگی‌هایی که بیشترین تفاوت را در بین طبقه‌های مختلف دارند و به این سبب با استفاده از آنها می‌توان طبقه‌بندی را بهتر انجام داد به ترتیب اولویت تعیین گردیدند. سپس طبقه بندی انجام گرفت. برای ارزیابی صحت از ضریب کاپا استفاده شد.

11 - Image segmentation

12 - scale parameter

13 - Feature space optimization



شکل (2) نمودار گردش روش تحقیق حاضر

جدول 1 - معیار های یکنواختی طیفی و مکانی در قطعه بندی تصویر مورد استفاده

مقیاس	معیار های یکنواختی		معیار های شکلی		
	رنگ	شکل	همواری	فشردهگی	
20	0/6	0/4	0/7	0/3	
30	0/5	0/5	0/6	0/4	
60	0/8	0/2	0/4	0/6	



شکل (1) موقعیت منطقه لامرد را در استان فارس

نتایج و پیشنهادات

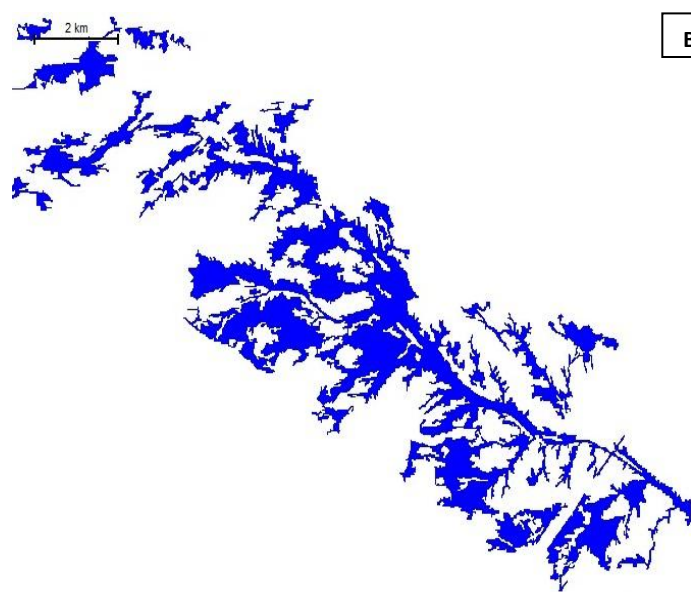
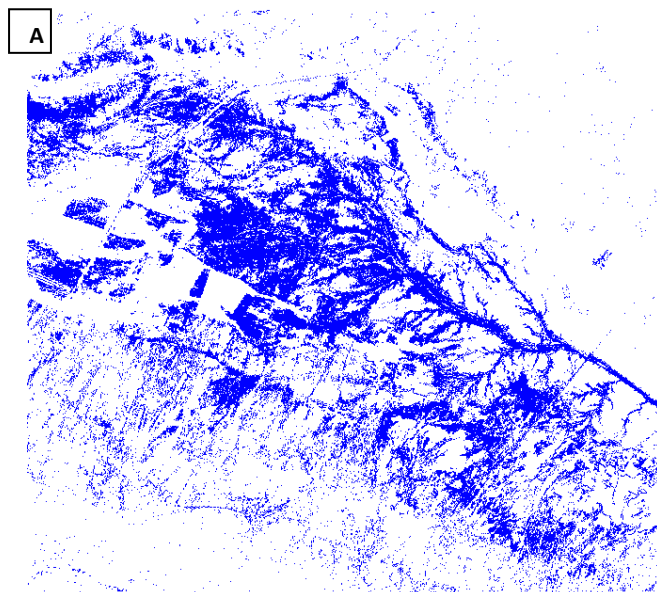
در ادامه‌ی فرایند پردازش به منظور ارزیابی طبقه‌بندی‌های انجام شده ماتریس خطا محاسبه گردید که مقادیر مربوط به طبقه‌بندی‌ها در جدول‌های 2 و 3 ارائه شده است. در جدول‌های مربوطه اعداد واقع بر روی قطر اصلی نشان دهنده پیکسل‌هایی هستند که صحیح طبقه‌بندی شده‌اند و سایر اعداد واقع بر قطر غیر اصلی نشان دهنده پیکسل‌هایی هستند که به اشتباه طبقه‌بندی شده‌اند. با توجه به ماتریس خطای طبقه‌بندی تصاویر، دقت کلی و ضریب کاپا در طبقه‌بندی‌ها محاسبه شد.

جدول 2- ماتریس خطای طبقه‌بندی روش بیشترین شباهت

	کلاس	نقشه واقعیت زمینی (پیکسل)			دقت کلی	ضریب کاپا
		آبکند	غیرآبکند	مجموع		
نقشه طبقه‌بندی شده	آبکند	1689	343	2032	%	0/62
	غیرآبکند	277	1086	1363		
	مجموع	1966	1429	3395		

جدول 3- ماتریس خطای طبقه‌بندی روش شی‌گرا

	کلاس	نقشه واقعیت زمینی (پیکسل)			دقت کلی	ضریب کاپا
		آبکند	غیرآبکند	مجموع		
نقشه طبقه‌بندی شده	آبکند	1792	110	1902	%	0/82
	غیرآبکند	174	1319	1493		
	مجموع	1966	1429	3395		



شکل (3) تصویر نقشه آبکندی حاصل از روش‌های بیشترین شباهت (A) و شی‌گرا (B)

مطابق جدول های 2 و 3 روش بیشترین شباهت، دقت کلی 82/00٪ و ضریب کاپای 0/62 را حاصل کرده است و این در حالی است که روش طبقه بندی شی‌گرا دقت کلی 91/60٪ و ضریب کاپای 0/82 را ایجاد نموده است. همان طور که مشخص است روش طبقه بندی شی‌گرا دارای بیشترین صحت است و بهترین ترین طبقه بندی را انجام داده است. شکل (3) تصویر نقشه آبکندی حاصل از روش‌های مختلف طبقه بندی آزمون شده را نشان می‌دهند. با توجه به آنچه در شکل‌ها مشخص است، مقایسه چشمی نتایج نشان می‌دهد که نقشه آبکندی حاصل از روش طبقه بندی شی‌گرا، لکه لکه‌های (اثر فلفل و نمک) کمتری دارد و در آن آبکند بهتر از روش بیشترین شباهت مشخص شده است.

نتیجه گیری:

در واقع علت اصلی پایین بودن صحت نتایج تهیه نقشه به روش پیکسل پایه مربوط به عدم جدایی پذیری طیفی مناسب پدیده‌هاست. در واقع وجود برخی پدیده‌هایی که بازتاب طیفی بسیار مشابه آبکند دارند (که این‌ها شامل جاده‌ها، اراضی دیم رها شده، مراتع ضعیف و برخی کاربری‌های روستای و شهری است) سبب پایین آمدن صحت نتایج روش پیکسل پایه می‌باشد. نتایج نهایی طبقه بندی تصویر نشان داد که روش طبقه بندی شی‌گرا توانایی بیشتری نسبت به طبقه بندی پیکسل پایه در شناسایی مناطق آبکندی دارد. برتری و توانمندی بیشتر روش شی‌گرا نسبت به روش پیکسل پایه به این دلیل است که در روش شی‌گرا علاوه بر ویژگی‌های طیفی پدیده‌ها ویژگی‌های هندسی آنها نیز مد نظر قرار می‌گیرد. در واقع شیوه‌های شی‌گرا سعی در نزدیک کردن تفسیر تصاویر به شیوه‌های بصری و هوشمند دارند. یعنی همان طور که انسان در زمان تفسیر چشمی تصاویر علاوه بر ویژگی‌های طیفی ویژگی‌های دیگری چون اندازه، شکل، بافت و الگوی قرار گیری پدیده‌ها در کنار یکدیگر را نیز مد نظر قرار می‌دهد در این روش‌ها نیز سعی می‌گردد تا مجموعه‌ای از ویژگی‌ها به طور یکجا و توأم در نظر گرفته شود و بر اساس مجموع آنها پدیده‌ها شناسایی و در طبقه مربوط به خود قرار گیرند. همان طور که در جدول‌ها به خوبی مشهود است، روش طبقه بندی پیچیده شی‌گرا توانایی بالاتری در طبقه بندی و تولید نقشه آبکندها نسبت به روش‌های پیکسل پایه (روشهای ساده) دارند. بنابراین با استفاده از روش‌های آنالیز شی‌گرا امکان تهیه نقشه‌ی دقیق از فرسایش آبکندی وجود دارد و با استفاده از این روش می‌توان نقشه‌های به مراتب دقیق‌تری نسبت به روش‌های متداول (پیکسل پایه) تولید کرد. این نتایج با یافته‌های shruthi و همکاران (2011) در زمینه آبکند و با یافته‌های فیضی زاده و هلالی (1388)، Kerle و Stump (2011) و موسوی (2012) مبنی بر برتر بودن روش شی‌گرا در تهیه نقشه پدیده‌های مختلف مطابقت دارد [4 و 6 و 14 و 15].

مراجع

- 1- رئوفی، م.، رفاهی، ح.، جلالی، ن.، و سرمیدیان، ف.، ۱۳۸۳. بررسی کارائی رو شهای پردازش رقومی تصاویر ماهواره‌ای به منظور تهیه نقشه و شناسائی فرسایش خاک، مجله علوم کشاورزی ایران، جلد ۳۵، شماره ۴، صفحات ۷۹۷-۸۰۷.
- 2- رئیسی، نشاط، ا.، رفاهی، ح.، سرمیدیان، ف.، و گرچی، م.، ۱۳۹۰. برآورد میزان فرسایش آبکندی و مقدار عقب نشینی دیواره‌های آبکند با استفاده از سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی در بخشی از حوضه آبخیز طالقان. مجله پژوهش‌های خاک (علوم خاک و آب)، الف، جلد ۲۵، شماره ۱.
- 3- فاطمی، س.ب.، رضایی، ی.، ۱۳۸۹. مبانی سنجش از دور، انتشارها آزاده، ۲۵۰ صفحه.
- 4- فیضی زاده ب، هلالی ح. ۱۳۸۸. مقایسه روش‌های پیکسل پایه شیء‌گرا و پارامترهای تأثیر گذار در طبقه بندی کاربری اراضی استان آذربایجان غربی. پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، شماره ۷۱: ص ۷۳-۸۴.
- 5- کرمی ۱. ۱۳۹۱. تهیه نقشه فرسایش آبکندی با استفاده از فنون شیء‌گرا در سنجش از دور (مطالعه موردی: منطقه لامرد استان فارس). پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه هرمزگان. ۱۰۰ ص.
- 6- موسوی و. ۱۳۹۱. کاربرد روش‌های سنجش از دوری شیء‌گرا و پیکسل‌گرا در مطالعه بارخان‌ها. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تربیت مدرس. ۱۰۰ ص.
- 7-Eisank C. 2010. A hierarchical system for multi-scale and object-based landform classification, South Africa. Land Use Policy, 26: 17-22.
- 8- Daba, S., Rieger, W., and Strauss, P., 2003. Assessment of gully erosion in eastern Ethiopia using photogrammetric techniques. Catena, v. 50, p. 273-279.
- 9- Dwivedi, Kumar, R.S., A. B., and Tewari, K. N., 1997. The utility of Multi – Sensor data for Mapping eroded Lands International Journal of Remote Sensing, v.18(11), p.2303-2310.
- 10- Gabris, G. Kertez, Y., A., and Zambo, L., 2003. Land use change and gully formation over the last 200 years in a hilly catchments. Catena, v50(2-4), p.151-164.
- 11-Knight J., Spencer J., Brooks A., Phinn S. 2007. Large-area, high-resolution remote sensing based mapping of alluvial gully erosion in Australia's tropical rivers. Proceedings of the 5th Australian Stream Management Conference. Australian rivers: making a difference. Charles Sturt University, Thurgoona, New South Wales, 199–204 pp.
- 12-Martin Y.E., Franklin S.E. 2005. Classification of soil and bedrock dominated landslides in British Columbia using segmentation of satellite imagery and DEM data. International Journal of Remote Sensing, 26(7) : 1505-1509.
- 13-Navulur K., 2007: Multispectral image analysis using the object-oriented paradigm. CRC Press. Taylor & Francis Group, 206 Pp.
- 14-Shruthi B.V. R., Kerle N., Victor . 2011. Object-based gully feature extraction using high spatial resolution imagery. Geomorphology 134, 260–268.
- 15-Stumpf A., Kerle N. 2011. Object-oriented mapping of landslides using Random Forests. Remote Sensing of Environment, 115(10): 2564-2577.
- 16- Tarvinga k., 2008. Gully Mapping using Remote Sensing (Case Study in KwaZulu-Natal, South Africa), M.Sc.thesis University of Waterloo, Ontario, Canada, P. 121.