

تهیه نقشه فرسایش آبکندی با استفاده از فنون سنجش از دور (مطالعه موردی: منطقه لامرد استان فارس)

اسدالله خورانی^{۱*}، احمد نوحه گر^۲، ایوب کریمی^۳، سید رشید فلاح شمسی^۴، وحید موسوی^۵

۱- استادیار گروه علوم و مهندسی آبخیزداری، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه هرمزگان

۲- استاد دانشکده محیط زیست، دانشگاه تهران

۳- کارشناس ارشد علوم و مهندسی آبخیزداری، دانشگاه هرمزگان

۴- دانشیار گروه مدیریت مناطق بیابانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز

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

پذیرش مقاله: ۱۳۹۲/۳/۱۲

تأیید نهایی مقاله: ۱۳۹۲/۱۰/۲۱

چکیده

یکی از نیازهای تحقیقاتی برای اجرای اصول آبخیزداری و حفاظت خاک، شناسایی مناطق دارای خطر بالای فرسایش و تهیه نقشه رخساره‌های فرسایشی از جمله آبکندها می‌باشد. یکی از شیوه‌های قابل اجرا برای تهیه نقشه فرسایش خاک با استفاده از سنجش از دور، استفاده از قابلیت‌های توانمند الگوریتم‌های طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای است. طبیعت پیچیده فرسایش آبکندی و نواحی مجاور آن (ناهمگنی) ثابت کرده‌است که تهیه نقشه فرسایش آبکندی به وسیله روش‌های پارامتریک مبتنی بر پیکسل متداول، در طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای چالش برانگیز است. در این پژوهش تلاش شده تا با مقایسه روش‌های مختلف طبقه‌بندی مبتنی بر پیکسل بهترین و مناسب‌ترین روش به منظور تهیه دقیق‌تر نقشه فرسایش آبکندی دشت لامرد انتخاب شود. در این راستا تصاویر سنجنده IRS منطقه لامرد با این روش‌های مبتنی بر پیکسل - حداکثر احتمال و ماشین بردار پشتیبان - طبقه‌بندی شد. نتایج تحقیق نشان داد که روش طبقه‌بندی ماشین بردار پشتیبان نقشه را با دقت و صحت بالاتری (شاخص کاپا ۰/۶۳) نسبت به روش حداکثر احتمال (شاخص کاپا ۰/۵۴) تولید کرده است و برای مطالعات آینده تهیه نقشه فرسایش آبکندی در منطقه مورد مطالعه پیشنهاد می‌شود. یکی از مهم‌ترین دلایل این برتری این است که ماشین بردار پشتیبان یک طبقه‌بندی کننده غیر پارامتریک است و تنها از بردارهای پشتیبان، که در محدوده‌ی همپوشانی (مرز) کلاس‌ها، قرار می‌گیرند استفاده می‌کند و متاثر از واریانس داخلی کلاس‌ها نیست، بعلاوه تفکیک پذیری کلاس‌ها را با استفاده از تغییر شکل‌های مختلف افزایش می‌دهد.

واژه های کلیدی: سنجش از دور، طبقه‌بندی مبتنی بر پیکسل، فرسایش آبکندی، لامرد، ماشین بردار پشتیبان

مقدمه

آبکند آبراهه نسبتاً دائمی با جریان موقت زودگذر در هنگام بارندگی و مقدار زیاد رسوب است که با وسایل کشت و زرع قابل شخم نباشد (قدیری، ۱۳۷۳). این پدیده یک کانال فرسایشی تقریباً دائمی با عمق بزرگتر از ۳۰ cm است که دارای کناره های پرشیب و یک پیشانی فعال فرسایشی است (پوزسون و همکاران، ۲۰۰۳)، در اراضی کم شیب و مسطح ایجاد می گردد و توسط شخم عادی در زمین محو نمی شود. امروزه گسترش سریع آبکندها تهدید جدی برای پلها، راه های ارتباطی، دکل های خطوط انتقال نیرو، روستاها و مناطق مسکونی است (ابوالوردی و همکاران، ۱۳۹۰). یکی از نیازهای تحقیقاتی برای اجرای اصول آبخیزداری و حفاظت خاک، شناسایی مناطق دارای خطر بالای فرسایش (سیدورچوک و همکاران، ۲۰۰۳) و شناسایی رخساره های فرسایشی از جمله آبکندها می باشد. این مهم به دو روش امکان پذیر است. یکی بکارگیری روش های سنتی تفسیر عکس های هوایی و ارزیابی صحرایی است و دیگری استفاده از آنالیز تصاویر ماهواره ای می باشد. مرور منابع و توجه به مطالعه های انجام شده در کشورهای مختلف نشان می دهد که استفاده از تفسیر چشمی و رقومی عکس هوایی و تصاویر ماهواره ای به عنوان یک ابزار کمکی در زمینه مطالعه فرسایش خاک از دهه ۱۹۷۰ شروع شده است. در این زمینه مطالعه های متعددی در غالب موضوع های، تهیه نقشه و شناسایی وضعیت فعلی فرسایش آبکندی (ویودی و همکاران، ۱۹۹۷؛ گابریز و همکاران، ۲۰۰۳)، تعیین میزان گسترش آبکندها طی سال های مختلف (دابا و همکاران، ۲۰۰۳؛ وندکرکف و همکاران، ۲۰۰۳؛ رئیسی نشاط و همکاران، ۱۳۹۰) با استفاده از

تفسیر عکس هوایی در کنار بررسی های صحرایی انجام شده است. اما توجه به این نکته ضروری است که مطالعه های صحرایی و تفسیر عکس هوایی بدین منظور و در مقیاس بزرگ نیازمند صرف هزینه و وقت زیادی است (رئوفی و همکاران، ۱۳۸۲؛ ترووینگ، ۲۰۰۸). گسترش استفاده از فناوری های اطلاعات مکانی مانند سیستم اطلاعات جغرافیایی و سنجش از دور، توانایی های جدیدی برای تحقیق در این زمینه فراهم کرده است. همچنین این روش ها سریع بوده و از لحاظ اقتصادی کم هزینه تر می باشند (وریلینگ، ۲۰۰۷؛ ترووینگ، ۲۰۰۸). یکی از شیوه های قابل اجرا برای تهیه نقشه فرسایش خاک با استفاده از سنجش از دور، استفاده از قابلیت های توانمند روش های معمول طبقه بندی تصاویر می باشد (ترووینگ، ۲۰۰۸). روش های معمول طبقه بندی شامل دو دسته روش های پارامتریک و روش های غیر پارامتریک می باشند. از جمله روش های طبقه بندی پارامتریک متداول می توان به طبقه بندی کننده های بیشترین شباهت (حداکثر احتمال) و کمترین فاصله اشاره نمود. به رغم محدودیت های روش حداکثر احتمال که ناشی از فرض توزیع نرمال کلاس ها است، این روش یکی از پرکاربردترین روش های طبقه بندی پارامتریک است (سوین و دیویس، ۱۹۷۸). با این حال به کارگیری روش های پارامتریک متداول به دلیل پیچیدگی طیفی آبکندها و محیط اطرافشان برای تهیه نقشه آبکند می تواند چالش برانگیز باشد (ترووینگ، ۲۰۰۸). پژوهش های اخیر سنجش از دور توجه خاصی به شیوه های ماشین بردار پشتیبان^۱ (روش های خودکار مبتنی بر بردار) داشته اند. روش ماشین بردار پشتیبان از جمله روش های غیر پارامتریک یادگیری ماشینی است که

1 - Support Vector Machine (SVM)

بندی حداکثر احتمال مقایسه شود تا بهترین و مناسب‌ترین روش به منظور تهیه دقیق تر نقشه فرسایش آبکندی دشت لامرد انتخاب گردد.

مواد و روش‌ها

ویژگی های منطقه مورد مطالعه

شهرستان لامرد در جنوب غرب استان فارس، در محدوده عرض جغرافیای ۲۷ درجه و ۱۵ دقیقه تا ۲۷ درجه و ۵۰ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۲ درجه ۳۰ دقیقه تا ۵۳ درجه و ۲۰ دقیقه شرقی واقع شده و یکی از مناطق معروف آبکندی در ایران است. ارتفاع متوسط منطقه ۴۰۰ متر از سطح دریا و اقلیم منطقه بر اساس روش دومارتن گسترده نیمه خشک معتدل می باشد. میانگین سالانه دما و بارش منطقه به ترتیب 24°C و ۲۵۰ mm برآورد گردیده است. خاک منطقه طبق رده بندی آمریکایی، آریدی سول و انتی سول می باشد (صوفی، ۲۰۰۴؛ کمپانی - زارع و همکاران، ۲۰۰۱). 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 (میانگین پوشش $> 20\%$) و تیپ اراضی دشت سیلابی است. شکل (۱) موقعیت منطقه لامرد را در کشور و استان فارس نشان می‌دهد. در این پژوهش از تصاویر ماهواره‌ی IRS-P6- LissIII گذر و ردیف ۷۴-۵۲ در چهار باند با تفکیک مکانی ۲۳/۵ متر و IRS-P6- PAN با تفکیک مکانی ۵/۸ متر، نقشه های توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰ سازمان نقشه برداری و نقاط کنترل زمینی جمع آوری شده از منطقه با استفاده از GPS استفاده شد.

با تعیین یک صفحه تفکیک کننده بهینه در فضای ویژگی داده های آموزشی، کلاس های مختلف را با حداکثر جدایی بین آنها، تفکیک می نماید (پتروپولوس و همکاران، ۲۰۱۰) و می‌تواند صحت‌های طبقه بندی بالاتری نسبت به طبقه بندی حداکثر احتمال تولید کند (گوالتیری و گرومپ، ۱۹۹۸). کاربرد روش ماشین بردار پشتیبان به عنوان یک "طبقه بندی تک کلاس" یعنی زمانی که یک طبقه خاص مورد توجه است (سانچز-هرناندز و همکاران، ۲۰۰۷a و ۲۰۰۷b) می‌تواند یک روش مناسب برای تهیه نقشه فرسایش آبکندی باشد (ترووینگا، ۲۰۰۸). تاکنون روش ماشین بردار پشتیبان برای مطالعه موضوعات مختلف از روی داده های چند طیفی (هوانگ و همکاران، ۲۰۰۲؛ بوید و همکاران، ۲۰۰۶؛ سانچز-هرناندز و همکاران، a و ۲۰۰۷b؛ ترووینگا، ۲۰۰۸؛ اکبری و همکاران، ۱۳۹۰) و فراطیفی (گوالتیری و کرمپ، ۱۹۹۸؛ کشاورز و قاسمیان یزدی، ۱۳۸۴؛ پال و میذر، ۲۰۰۴) به کار گرفته شده است. همگی این تحقیق ها برتر بودن روش ماشین بردار پشتیبان را نسبت به روش‌های پارامتریک متداول نشان داده‌اند. با توجه به اینکه سطح اراضی تخریب شده در اثر فرسایش آبکندی در ایران و منطقه لامرد به ترتیب بالغ بر یک میلیون و ۲۳۰۰۰ هکتار است (ابوالوردی و همکاری، ۱۳۹۰) ولی تحقیق‌های بسیار کمی در زمینه تهیه نقشه فرسایش آبکندی با استفاده از طبقه بندی تصاویر ماهواره ای انجام شده، لذا تحقیق در این مورد و تعیین روش طبقه‌بندی مناسب (دقیق تر) از اهمیت ویژه ای برخوردار است. با توجه به مطالب ذکر شده در این پژوهش تلاش شده تا با ماشین‌های بردار پشتیبان مختلف (خطی، چند جمله ای، شعاعی و حلقوی) نقشه فرسایش آبکندی تهیه و نتایج آنها با روش طبقه

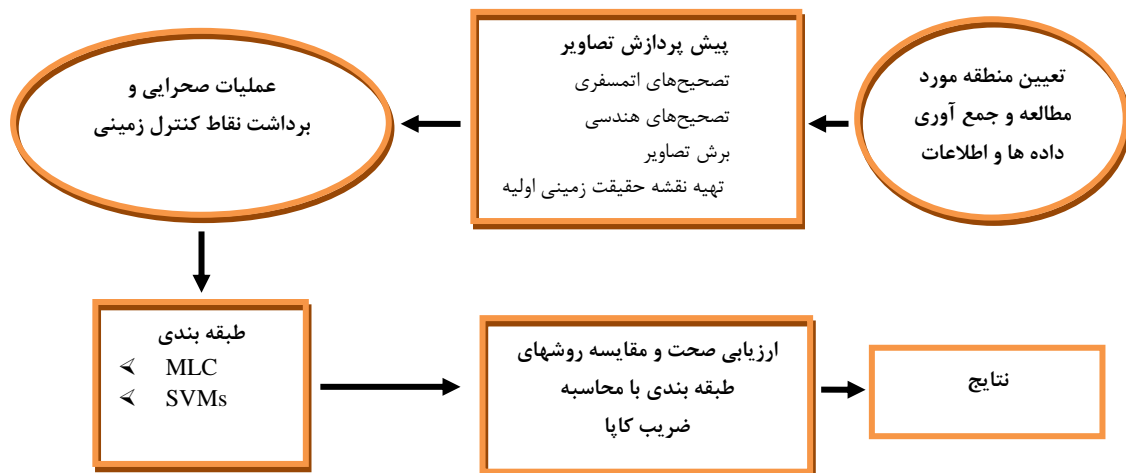


شکل ۱: تصویر منطقه لامرد در کشور و استان فارس

پیکسل های تیره استفاده شد. به این صورت که برای باندهای سبز و قرمز مقدار کاهش درجه روشنایی پیکسل های تیره به ترتیب برابر ۱۲ و ۴ بدست آمد و این مقادیر از مقدار درجه روشنایی هر پیکسل در باند مربوطه کسر شد. تصحیحات هندسی تصاویر به روش تصویر به نقشه (نقشه های توپوگرافی رقومی ۱:۲۵۰۰۰) و با کمک نقاط مرجع زمینی تهیه شده به وسیله GPS انجام گرفت.

روش تحقیق

شکل ۲ نمودار جریان پژهش حاضر را نشان می دهد. در این پژوهش تصویر ماهواره ای در سه مرحله اصلی مورد پردازش قرار گرفت. در این پژوهش تصویر ماهواره ای در سه مرحله اصلی مورد پردازش قرار گرفت. در مرحله پیش پردازش با در نظر گرفتن تأثیر توده های آبی دریای خلیج فارس بر ارزش پیکسل ها، برای انجام تصحیح اتمسفری تصاویر از روش کاهش ارزش عددی



شکل ۲: نمودار جریان پژهش حاضر

آماری طبقه‌ها از روش گرافیکی شامل تفسیر منحنی‌های انعکاس طیفی طبقه‌های فرسایشی و همچنین ارزیابی همبستگی باندها نسبت به یکدیگر نیز استفاده گردید.

در ادامه عملیات طبقه‌بندی و تهیه نقشه فرسایش آبکندی با استفاده از الگوریتم‌های ماشین بردار پشتیبان و روش حداکثر احتمال انجام شد. از جمله رایج‌ترین روش‌های طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای روش پارامتریک حداکثر احتمال می‌باشد که به دلیل دخالت پارامترهای آماري بیشتر در فرآیند طبقه‌بندی از قبیل احتمال اولیه، واریانس، کوواریانس و میانگین طبقه‌ها این روش در بین روش‌های آماري طبقه‌بندی متداول، برتر محسوب می‌شود. در این روش، طبقه‌ای 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 چند بعدی است (فاطمی و رضایی، ۱۳۸۹). در این تحقیق از آنجا که طبقه‌بندی همه عوارض تصویر مهم بود، هیچ آستانه احتمالی در نظر گرفته نشد تا پیکسل‌های طبقه‌بندی نشده بوجود نیایند.

طبقه‌بندی‌کننده‌ی ماشین بردار پشتیبان که یک شیوه طبقه‌بندی دودویی غیرپارامتریک است و مبنای کاری آن دسته‌بندی خطی داده‌ها است و تلاش می‌کند تا با جستجوی مستقیم برای یافتن مرزهای مناسب (فراصفحه‌های جداکننده‌ی) بین طبقه‌های مختلف آنها را از هم جدا کند. راستای فراصفحه‌ها جایی است که بیشترین فاصله (جدایی) بین دو طبقه وجود دارد. در واقع در تقسیم خطی داده‌ها سعی می‌گردد خطی انتخاب شود که حاشیه اطمینان بیشتری داشته باشد. فراصفحه‌ای که حداکثر حاشیه را بین دو کلاس

برای انجام تصحیح تعدادی نقطه کنترل (۱۷ نقطه) با پراکنش مناسب از روی نقشه مشخص و با استفاده از توابع دو جمله‌ای در محیط نرم افزار ENVI بر روی تصویر پیاده شد و تصویر باخطای کمتر از یک پیکسل زمین مرجع گردید. در پایان، روش باز نویسی مجدد نزدیکترین همسایه برای تعیین مقادیر جدید پیکسل بکار رفت. در مرحله پردازش تصاویر ابتدا توابع آشکارسازی و سپس طبقه‌بندی تصاویر به روش‌های حداکثر احتمال و ماشین بردار پشتیبان برای دو طبقه آبکند و غیر آبکند بر روی تصویر اعمال شد، تا ضمن مقایسه نتایج بهترین روش طبقه‌بندی انتخاب گردد.

اگر چه هر روش طبقه‌بندی به نمونه‌های آموزشی خاص خود نیاز دارد با این حال به منظور مقایسه پذیر بودن نتایج این تحقیق تنها از یک مجموعه نمونه آموزشی مشترک برای همه طبقه‌بندی‌کننده‌ها استفاده گردید. برای انجام طبقه‌بندی نمونه‌های آموزشی برای دو طبقه آبکند و غیرآبکند با پراکنش مناسب از سطح تصویر انتخاب گردید. در تحقیق جاری تعیین محل نمونه‌ها (حقیقت زمینی و نمونه‌های آموزشی) با شناخت از منطقه و با استفاده از روشهای ترکیب رنگی کاذب، آنالیز مولفه‌های اصلی، یکنواخت سازی هیستوگرام و نیز تصویر پانکروماتیک و تصاویر Google Earth انجام شد. پس از جمع آوری نمونه‌های آموزشی در نرم افزار ENVI بر سطح تصویر پیاده شدند. جهت اطمینان از تفکیک پذیری طبقه‌ها با استفاده از این نمونه‌های آموزشی تعریف شده، آزمون تفکیک پذیری طیفی با استفاده از شاخص جفریس ماتوسیتا^۱ انجام و نسبت به تصحیح مجدد نمونه‌ها و انتخاب بهترین ترکیب باندها اقدام شد. در انتخاب بهترین ترکیب باندی علاوه بر تحلیل ویژگی‌های

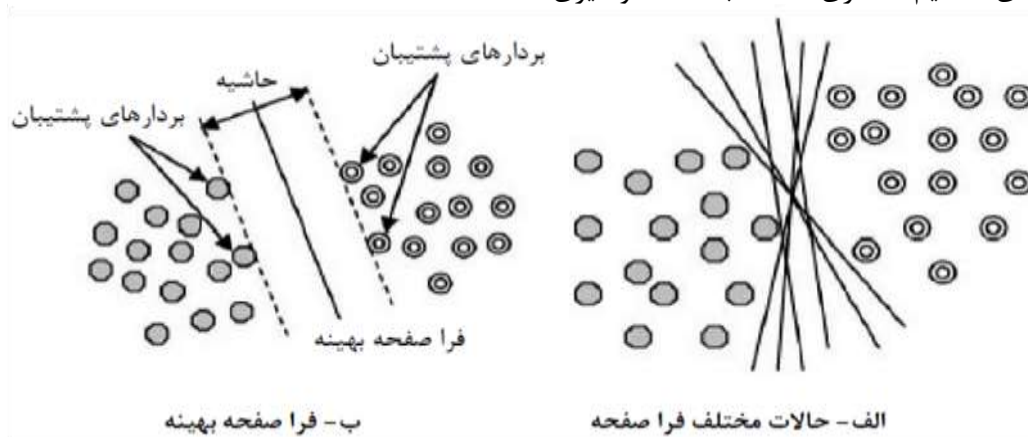
2- Separating Hyperplane

1 - Jefferies matusita

و کرمپ، ۱۹۹۸). اما اغلب طبقه‌ها بطور خطی جدایی پذیر نیستند و در چنین مواردی شیوه ماشین بردار پشتیبان از توابع هسته استفاده می‌کند که این توابع نقش مهمی در جابجایی جداکننده‌های پیچیده بین طبقه‌ها بازی می‌کنند (هوانگ و همکاران ۲۰۰۲).

فراهم می‌نماید، فرا صفحه بهینه و داده‌های نزدیکتر به فرا صفحه، بردارهای پشتیبان نامیده می‌شوند (شکل ۳).

اگر دو طبقه به بطور خطی جدایی پذیر باشند، روش ماشین بردار پشتیبان از میان بی نهایت جداکننده خطی، خطی را انتخاب می‌کند که خطای تعمیم کمتری داشته باشد (گوالتیری



شکل ۳: تصویر نمادین فرا صفحه بهینه و بردارهای پشتیبان (اقتباس از اکبری و همکاران، ۱۳۹۰)

سوابق تحقیق برای انتخاب تابع هسته و پارامترهای ایده‌آل وجود داشت. بنابراین در این تحقیق توابع هسته مختلف برای تهیه نقشه فرسایش آبکندی آزمون شدند. تابع هسته‌ای که با مقادیر پیش فرض، ضریب کاپای بیشتری تولید می‌کرد، برای مشخص شدن محدوده‌ای از پارامتر C (متغیر از ۵۰-۲۵۰) و γ (۰/۱-۱) استفاده می‌شد. تا بالاخره بهترین و بالاترین صحت بدست آمد. آستانه احتمال طبقه‌بندی صفر در نظر گرفته شد تا پیکسل‌های طبقه بندی نشده به وجود نیاید. همه‌ی نقشه‌های خروجی تهیه شده با استفاده از فیلتر اکثریت بهبود یافتند. به منظور ارزیابی نتایج حاصل از این دو روش از نقشه فرسایش آبکندی که به روش سنتی از روی باند پانکروماتیک سنجنده p6 و نیز با کمک تصاویر GoogleEarth تهیه شده و در واقع نقشه حقیقت‌زمینی می‌باشد استفاده شد. این نقشه

اجرای روش ماشین بردار پشتیبان پیچیده تر از روش حداکثر احتمال است چرا که انجام آن (الف) وابسته به انتخاب نوع تابع هسته (خطی، چندجمله‌ای، حلقوی و شعاعی) مورد استفاده در تهیه نقشه و پارامترهایش و (ب) انتخاب پارامتر C (پارامتر جریمه، مقدار خطای مجاز طبقه بندی) و γ (ضریب تابع هسته و برابر با معکوس تعداد باندهای سنجنده)، توسط کاربر است. انتخاب پارامترهای نامناسب موجب تولید نتایج با صحت خیلی پایین و در نتیجه تولید نقشه‌های نامناسب می‌شد. تعیین اینکه کدام یک از توابع هسته اصلی - چندجمله‌ای^۱، توابع شعاعی^۲ (RBF) و حلقوی^۳ بهترین نقشه را تولید می‌کنند مشکل بود. بعلاوه راهنمایی‌های کمی در

- 1 - Penalty parameter
- 2 - Polynomial
- 3 - Radius basis function(RBF)
- 4 - Sigmoid

حقیقت زمینی که فقط برای بخش های از منطقه مورد مطالعه تهیه شده بود دارای دو طبقه آبکند و غیرآبکند است. نمونه های واقعیت زمینی به نرم افزار معرفی شده و نتایج به صورت ماتریس خطا بدست آمد. سپس پارامترهای دقت کلی و ضریب کاپا از ماتریس خطا استخراج شدند. به منظور حذف پیکسل های منفرد و پراکنده در سطح تصویر طبقه بندی شده و همچنین بدست آوردن تصویر مطلوب و با وضوح بیشتر از فیلتر اکثریت 3×3 استفاده گردید.

نتایج

عمل تطابق هندسی با استفاده از ۱۷ نقطه کنترل زمینی و با پراکنش مناسب و استفاده از معادله درجه دوم انجام شد، مقدار میانگین مربعات باقی مانده خطا (RMSE) برای تصاویر LissIII و PAN به ترتیب ۰/۲۱ و ۰/۲۲ پیکسل محاسبه گردید. با تحلیل ویژگی های آماری طبقه ها با استفاده از شاخص جفریس ماتوسیتا و استفاده از روش گرافیکی شامل تفسیر منحنی های انعکاس طیفی طبقه های فرسایشی و همچنین ارزیابی

همبستگی باندها نسبت به یکدیگر، ترکیب باندی ۳-۴-۵ به عنوان بهترین ترکیب باندی برای جداسازی فرسایش آبکنند بدست آمد. مقدار شاخص جفریس ماتوسیتا برای دو طبقه آبکند و غیر آبکند (۱/۵۲) محاسبه شد. این مقدار نشان داد که میزان تفکیک پذیری طبقه های آبکند و غیرآبکند با یکدیگر خوب نبوده است. علت عدم تفکیک مناسب این دو طبقه را می توان در تشابه طیفی آنها جستجو کرد. ناهمگنی و غیریکنواختی آبکندها در اثر وجود آب، پوشش گیاهی و خاک لخت در آنهاست و این باعث می شود که بازتاب طیفی آبکند و پدیده های مجاورش به هم شبیه باشد. تشابه طیفی و عدم تفکیک پذیری مناسب، شناسایی آبکند را، برای روش های طبقه بندی پارامتریک متداول مشکل می کند. نتایج طبقه بندی به روش حداکثر احتمال و سه تابع هسته ماشین بردار پشتیبان در جدول های شماره ۱، ۲ و ۳ ارائه شده است. در واقع جدول های ۱ و ۲ ماتریس خطای طبقه بندی می باشند که به طور نمونه برای روش حداکثر احتمال و روش ماشین بردار پشتیبان - شعاعی آورده شده اند.

جدول ۱: ماتریس خطای طبقه بندی روش حداکثر احتمال

	کلاس	نقشه واقعیت زمینی (پیکسل)			دقت کاربر	دقت تولید کننده
		آبکند	غیرآبکند	مجموع		
نقشه طبقه بندی شده	آبکند	۱۴۷۴	۴۹۲	۱۸۷۶	۷۸/۵۷	۷۴/۹۷
	غ آبکند	۴۰۲	۱۰۲۷	۱۵۱۹	۶۷/۶۷	۷۱/۸۷
	مجموع	۱۹۶۶	۱۴۲۹	۳۳۹۵	دقت کلی (%) ۷۸/۴۱	

جدول ۲: ماتریس خطای طبقه بندی روش ماشین بردار پشتیبان - شعاعی

	نقشه واقعیت زمینی (پیکسل)	دقت کاربرد			دقت تولید کننده	
		کلاس	آبکند	غیر آبکند		مجموع
نقشه طبقه بندی شده	آبکند	۱۶۴۴	۳۵۵	۱۹۹۹	۸۲/۲۴	۸۳/۶۲
	غ آبکند	۳۲۲	۱۰۷۴	۱۳۹۶	۷۶/۹۳	۷۵/۱۶
	مجموع	۱۹۶۶	۱۴۲۹	۳۳۹۵	دقت کلی (٪) ۸۲	

جدول ۳: مقایسه نتایج بررسی صحت طبقه بندی تصاویر IRS

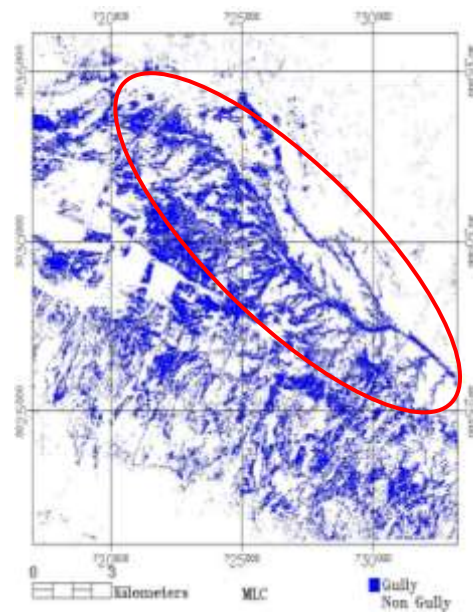
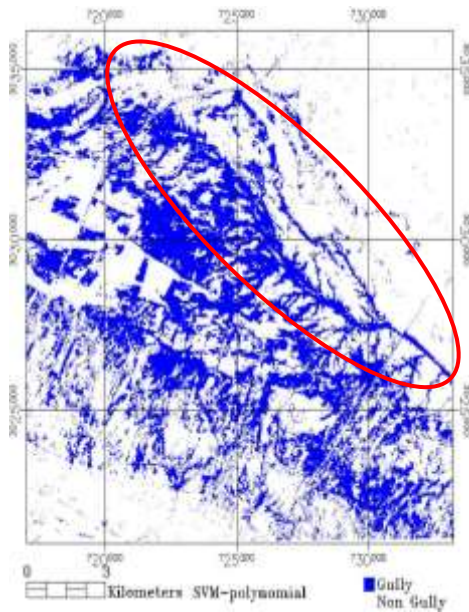
روش طبقه بندی	ضریب کاپا	صحت کلی (٪)
SVM- polynomial	۰/۵۳۸	۷۷/۳۴۹
SVM-sigmoid	۰/۵۵۸	۷۸/۴
SVM- RBF	۰/۶۳	۸۲
MLC	۰/۵۴	۷۸/۴

است. این در حالی است که نتایج روش طبقه بندی حداکثر احتمال ضعیف تر است. از این رو، الگوریتم های ماشین بردار پشتیبان (با میزان دقت کل ۳/۶٪ و ضریب کاپای ۹٪ بالاتر) برای جداسازی آبکندها در منطقه مورد مطالعه مناسب تر هستند.

شکل های ۴، ۵، ۶ و ۷ تصویر نقشه آبکندی حاصل از روش های مختلف طبقه بندی آزمون شده را نشان می دهند. لازم به ذکر است که در شکل ها فقط قسمتهای مشخص شده داخل بیضی، آبکند هستند و بقیه موارد به کلاس غیر آبکند تعلق دارند. با توجه به آنچه در شکل ها مشخص است، مقایسه چشمی نتایج نشان می دهد که نقشه آبکندی حاصل از روش های ماشین بردار پشتیبان، لکه لکه های کمتری دارند و در آنها آبکند بهتر از روش حداکثر احتمال مشخص شده است.

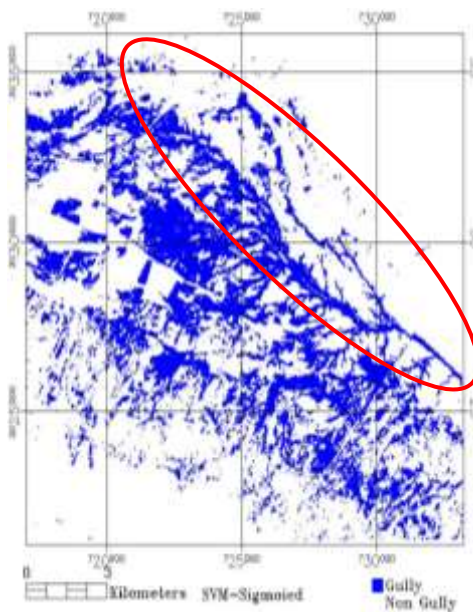
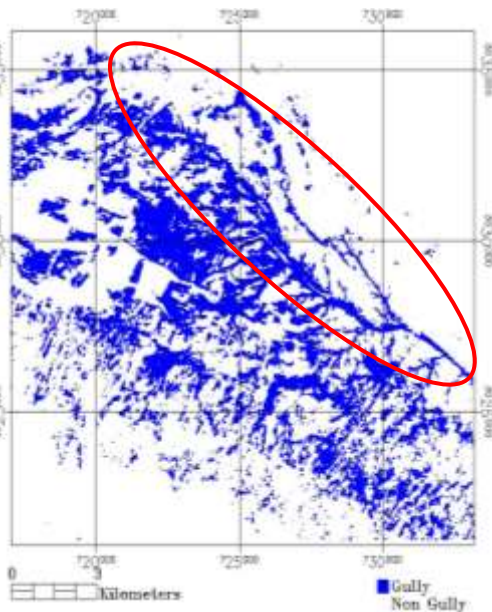
در ماتریس خطا اعداد واقع بر روی قطر اصلی نشان دهنده پیکسل های هستند که صحیح طبقه بندی شده اند و سایر اعداد واقع بر قطر غیر اصلی نشان دهنده پیکسل هایی هستند که به اشتباه طبقه بندی شده اند. روش حداکثر احتمال، دقت کلی ۷۸/۴۱٪ و ضریب کاپای ۰/۵۴ را حاصل کرده است.

طبق جدول ۳، روش ماشین بردار پشتیبان با دو تابع هسته، چند جمله ای و حلقوی به ترتیب دقت کل ۷۷/۳۵٪ و ۷۸/۴٪ و ضریب کاپای ۰/۵۳۸ و ۰/۵۵۸ را ایجاد نمودند، در حالی که روش ماشین بردار پشتیبان شعاعی دقت کل ۸۲٪ و ضریب کاپای ۰/۶۳ را ایجاد نموده است. همان طور که مشخص است روش ماشین بردار پشتیبان دارای بیشترین صحت است و با ضریب کاپای ۰/۶۳ بهترین ترین طبقه بندی را انجام داده



شکل ۵: نقشه طبقه‌بندی ماشین بردار پشتیبان-چندجمله ای

شکل ۴: تصویر نقشه طبقه بندی حداکثر احتمال



شکل ۷: نقشه طبقه‌بندی ماشین بردار پشتیبان-شعاعی

شکل ۶: نقشه طبقه‌بندی ماشین بردار پشتیبان-حلقوی

مناطق پر خطر، لزوم به کار گیری روشهای دقیق تر و کاربردی تر در جهت مطالعه و بررسی این نوع فرسایش بیش از پیش احساس می‌گردد

بحث و نتیجه گیری

با توجه به اهمیت فرسایش آبکندی در اکثر حوزه های آبخیز کشور و نیاز به اعمال مدیریت در

می‌کند ولی به طور کامل بر داده‌ها تطابق نداشته و همین ضعف مدل سازی، سطوح تصمیم‌گیری را دچار اغتشاش می‌کند. برای اجتناب از خطای مدل سازی، روشهای غیر پارامتریک طبقه‌بندی توسعه داده شده‌اند.

یکی از مهم‌ترین دلایل برتری روش طبقه‌بندی ماشین بردار پشتیبان این است که این روش یک طبقه‌بندی کننده غیر پارامتریک است و تنها از بردارهای پشتیبان، که در محدوده‌ی همپوشانی (مرز) کلاس‌ها، قرار می‌گیرند استفاده می‌کند (فودی و همکاران، ۲۰۰۶) و نه از همه‌ی فضا داده‌های آموزشی. بدین معنی که ماشین بردار پشتیبان پیچیدگی کلاسها را در مرزها حداکثر می‌کند و متاثر از واریانس داخلی کلاس نیست. این نتایج با یافته‌های تراوینگا (۲۰۰۸) در زمینه مطالعه آبکندها همخوانی دارد. کارآمدی روش‌های طبقه‌بندی پارامتریک بستگی به میزان تطابق داده‌ها با مدل توزیع داده‌ها (مثل توزیع نرمال) دارد (آرخی و ادیب‌نژاد، ۱۳۹۰). مزیت مهم روشهای غیر پارامتریک عدم نیاز به دانش قبلی از توزیع آماری داده‌های مورد نظر می‌باشد، علاوه بر این روش‌های ماشین بردار پشتیبان قادراند به طور همزمان خطای طبقه‌بندی تجربی را کاهش و تفکیک پذیری کلاس را با استفاده از تغییر شکل‌های مختلف افزایش دهند (پتروپولوس و همکاران، ۲۰۱۰).

این مطالعه نشان داد که استفاده از الگوریتم‌های پیشرفته یادگیری ماشینی در افزایش دقت شناسایی آبکندها همچون دیگر پدیده‌ها موفق عمل کرده است. ولی سرعت آموزش طبقه‌بندی کننده‌های ماشین بردار پشتیبان و حداکثر احتمال به طور قابل ملاحظه‌ای متفاوت است. در همه‌ی موارد آموزش حداکثر احتمال کمتر از چند دقیقه طول نمی‌کشد این در حالی است که آموزش و

(صوفی، ۱۳۸۴). در این زمینه در کشور ما مطالعه‌ای در خصوص به کارگیری و تعیین مناسبترین روش طبقه‌بندی در مطالعه و تهیه نقشه فرسایش آبکندی انجام نشده است. بنابراین هدف اصلی این تحقیق مطرح کردن کاربرد روش ماشین بردار پشتیبان در مطالعه فرسایش آبکندی منطقه لامرد و مقایسه نتایج آن با روشهای متداول طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای مثل روش حداکثر احتمال بود. بر همین اساس، تصاویر ماهواره‌ی IRS (با تفکیک مکانی حدود ۲۳/۵ متر با استفاده از نمونه‌های زمینی) با این دو روش مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. نتایج تحقیق نشان می‌دهد که از میان روشهای طبقه‌بندی مورد استفاده الگوریتم ماشین بردار پشتیبان در مقایسه با روش حداکثر احتمال از دقت بالاتری برخوردار بوده است. با توجه به مرور منابع انجام شده در این تحقیق، بالاتر بودن دقت طبقه‌بندی ماشین بردار پشتیبان در جداسازی پدیده‌های مختلف در مطالعات زیادی مورد تایید قرار گرفته است و نتایج تحقیق حاضر با نتایج (گوالتیری و کرمپ (۱۹۹۸)، تاروونگا (۲۰۰۸)، هرناندز و همکاران، a و ۲۰۰۷b و بوید و همکاران (۲۰۰۶) مطابقت دارد.

از عوامل ضعف روش حداکثر احتمال فرض توزیع نرمال برای کلاس‌ها می‌باشد که این موضوع به علت دخالت عوامل مختلف همیشه صحیح نیست و داده‌های تصویری از یک توزیع یکسان و ثابت پیروی نمی‌کنند. تفکیک پذیری طیفی کم نمونه‌های آموزشی نیز موید این موضوع است که بازتاب طیفی آبکندها مشابه بازتاب طیفی برخی از پدیده‌های کلاس‌های دیگر است. همین امر باعث کاهش دقت در نتایج طبقه‌بندی حداکثر احتمال می‌شود (فاطمی و رضایی، ۱۳۸۹). در حقیقت مدل توزیع نرمال اگرچه انجام محاسبات را آسان

طیفی و مکانی بالاتر استفاده شود. و نیز با استفاده از داده‌های کمکی از جمله لایه کاربری اراضی، جاده‌ها و مدل رقومی ارتفاع و جدا کردن نواحی دارای طیف مشابه با آبکند از تصویر، می‌توان نتایج طبقه بندی را بهبود بخشید.

سپاسگزاری

با تشکر از سازمان جغرافیایی ارتش به دلیل در اختیار گذاشتن تصویر ماهواره‌ای و با سپاس فراوان از کارشناسان و کارکنان اداره منابع طبیعی شهرستان لامرد به خاطر همکاری‌های که در انجام بازدید میدانی داشتند.

رقومی تصاویر ماهواره‌ای به منظور تهیه نقشه و شناسائی فرسایش خاک، مجله علوم کشاورزی ایران، جلد ۳۵، شماره ۴، ص ۷۹۷-۸۰۷.

- رئیسی نشاط، ا.، رفاهی، ح.، سرمیدان، ف.، و گرجی، 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 ۱۰، ص ۲۵-۴۰.

- سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح، تصاویر ماهواره ای IRS، گذر و ردیف ۵۲-۷۴.

- سازمان نقشه برداری کشور، نقشه‌های توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰، منطقه لامرد.

- صوفی، م.، ۱۳۸۴. تعیین تأثیر پوشش گیاهی و توسعه شهری در گسترش آبکندها در جنوب استان فارس. مجموعه مقالات سومین همایش ملی فرسایش و رسوب. صفحات ۳۵۵-۳۵۰.

- فاطمی، س.ب.، و رضایی، ی.، ۱۳۸۹. مبانی سنجش از دور، انتشارها آزاده، ۲۵۰ ص.

اجرای ماشین بردار پشتیبان بسیار زمانبر است و در واقع این روش کند است. با این حال صحت بالاتر نتایج سبب برتر بودن آن است و البته این زمان هنوز در مقایسه با روش دستی تهیه نقشه آبکند زمان کمتری است (ترووینگ، ۲۰۰۸). در نهایت با توجه به نتایج بدست آمده از پژوهش حاضر می‌توان بیان نمود که روش ماشین بردار پشتیبان نسبت به روش حداکثر احتمال دارای برتری می‌باشد و برای مطالعات آینده تهیه نقشه فرسایش آبکندی در منطقه مورد مطالعه پیشنهاد می‌شود. در پایان پیشنهاد می‌شود برای افزایش صحت نتایج از تصاویر ماهواره ای با قدرت تفکیک

منابع

- ابوالوردی، ز.، صوفی، م.، و نجابت م.، ۱۳۹۰.

مقایسه نرخ رشد آبکند در منطقه علامرودشت شهرستان لامرد در استان فارس، پنجمین کنفرانس سراسری آبخیزداری و مدیریت منابع آب و خاک، اسفندماه، کرمان.

- آرخی، ص.، و ادیب نژاد، م.، ۱۳۹۰. ارزیابی کارایی الگوریتم‌های ماشین بردار پشتیبان جهت طبقه‌بندی کاربری اراضی با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای ETM+ لندست (مطالعه موردی: حوزه سد ایلام)، فصلنامه علمی-پژوهشی تحقیقات مرتع و بیابان ایران، جلد ۱۸، شماره ۳، ص ۴۴۰-۴۲۰.

- اکبری، ا.، نیرومند جدیدی، م.، صاحبی، م.، و قادری زاده، ه.، ۱۳۹۰. ارزیابی دقت طبقه بندی کننده‌های بیشترین شباهت و ماشین بردار پشتیبان (مطالعه موردی: استخراج تغییرات کاربری اراضی حوضه آبخیز طالقان)، هیجدهمین همایش ژئوماتیک، تهران.

- رئوفی، م.، رفاهی، ح.، جلالی، ن.، و سرمیدان، ف.، ۱۳۸۳. بررسی کارائی روشهای پردازش

- برای طبقه بندی تصاویر ابرطیفی با استفاده از همبستگی مکانی، نشریه مهندسی برق و مهندسی کامپیوتر ایران، سال سوم شماره ۱، ص ۳۷-۴۴.
- Boyd, D., Sanchez-Hernandez, C., and Foody, G. M., 2006. Mapping a specific class of interest for priority habitats monitoring from satellite sensor data. *International Journal of Remote Sensing*, v.27(13), p. 2631-2644.
- Daba, S., Rieger, W., and Strauss, P., 2003. Assessment of gully erosion in eastern Ethiopia using photogrammetric techniques. *Catena*, v. 50, p. 273-279.
- 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.
- Foody, G. M., Mathur, A., Sanchez-Hernandez, C., and Boyd, D. S., 2006. Training set size requirements for the classification of a specific class. *Remote Sensing of Environment*, v.104(1), p.1-14.
- 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*, v 50(2-4), p.151-164.
- Gualtieri, J.A., and Crompton, R.F., 1998. Support vector machines for hyperspectral remote sensing classification. *Proceedings of the 27th AIPR Workshop: Advances in Computer Assisted Recognition*, Washington, DC, October 27, p. 221-232.
- Huang, C., Davis, L. S., and Townshend, J. R. G., 2002. An assessment of support vector machines for land cover classification. *International Journal of Remote Sensing*, v.23 (4), p.725-749.
- قدیری، ح.، ۱۳۷۳. حفاظت خاک، ترجمه (نورمن هادسون)، انتشارات دانشگاه شهید چمران اهواز، دانشکده کشاورزی، ۲۳۶ ص.
- کشاورز، ا.، و قاسمیان یزدی، ح.، ۱۳۸۴. یک الگوریتم سریع مبتنی بر ماشین بردار پشتیبان
- Kompani-Zare M., Soufi, M., Hamzehzarghani, H., and Dehghani, M., 2011. The effect of some watershed, soil characteristics and morphometric factors on the relationship between the gully volume and length in Fars Province, Iran. *Catena*, v.86, p.150-159.
- Pal, M., and Mather, P.M., 2004. Assessment of the effectiveness of support vector Machines for hyperspectral data, *FGCS 20*, p.1215-1225.
- Petropoulos, G. P., Knorr, W., Scholze, M., Boschetti, L., and Karantounias, G., 2010. Combining ASTER multispectral imagery analysis and support vector machines for rapid and cost-effective postfire assessment: a case study from the Greek wildland fires of 2007, *National Hazards and Earth System Science*, v.10, p. 305-317.
- 23- Posesen, J., Nachtergale, J., and Verstrac, G., 2003. Gully erosion and environmental change: importance and research needs, *Catena*, v.50, p. 91-133.
- Sanchez-Hernandez, C., Boyd, D. S., and Foody, G. M., 2007a. Mapping specific habitats from remotely sensed imagery: Support vector machine and support vector data description based classification of coastal salt marsh habitats. *Ecological Informatics*, v. 2(2), p. 83-88.
- Sanchez-Hernandez, C., Boyd, D., and Foody, G. M., 2007b. One-class classification for mapping a specific land cover class: SVDD classification of fenland, *IEEE Transactions on*

- Geoscience and Remote Sensing, v.45 (4), p.235-252.
- Sidorchuk, A., Marker, M., Moretti S., and Rodolfi, G., 2003. Gully erosion modeling and landscape response in the Mbuluzi catchment of Swaziland, Catena, v.50 (2-4), p. 507-525.
 - Soufi, M., 2004. MORPHO-CLIMATIC CLASSIFICATION OF GULLIES IN FARS PROVINCE, SOUTHWEST OF I.R. IRAN. ISCO, 13th International Soil Conservation Organisation Conference – Brisbane, July 2004, Conserving Soil and Water for Society: Sharing Solutions, Paper No. 750.
 - Swain, P.H., and Davis, S.M., 1978. Remote Sensing: The Quantitative Approach. McGraw-Hill, New York, p.210-216.
 - Taruvinga, k., 2008. Gully Mapping using Remote Sensing (Case Study in KwaZulu-Natal, South Africa), M.Sc.thesis University of Waterloo, Ontario, Canada, 121 P.
 - Vandekerckhove, L., Poesen, J., and Gover, A., 2003. Medium term gully headcut retreat in south-east Spain determined from aerial photographs and ground measurements, Catena, v.50. p. 329-352
 - Vrieling, A., 2007. Mapping Erosion from Space, Doctoral Thesis Wageningen University, ISBN: 978-90-8504-587-8, 167 p.