بارزسازی فرایند رسوب‌گذاری در سامانه‌های پخش سیلاب با استفاده از داده‌های تصاویر ماهواره‌ای LANDSAT، سنجنده‌های TM و +ETM

امیر سررشته‌داری[۱]

چکیده

امروزه یکی از کاربردهای سنجش از دور و تصاویر ماهواره‌ای در منابع طبیعی، در زمینه‌های تشخیص و بارزسازی تغییرات در سطح زمین می‌باشد. روش طبقه بندی با استفاده از روش حداکثر تشابه (MLC) یکی از این موارد است که در این مقاله بر روی تصاویر ماهواره‌ای TM و +ETM به منظور بارزسازی رسوب در سطح یک شبکه پخش سیلاب انجام و مورد آزمون واقع گردید. برای انجام این تحقیق برای تهیه نمونه‌ها و کنترل های میدانی از روش شبکه بندی با لحاظ ۳۰ نقطه نمونه در داخل عرصه پخش سیلاب و ۳۰ نقطه به عنوان شاهد استفاده شده است. نتایج به دست آمده نشان می‌دهند که بارزسازی رسوب با استفاده از روش طبقه بندی مزبور بر روی تصاویر ماهواره‌ای لند ست TM و +ETM با دقتی معادل ۸۲ درصد قابل انجام می‌باشد. علاوه بر این، نتایج تحقیق هم چنین نشان دهنده این است که می‌توان روند و شکل تغییرات ناشی از رسوبات در پهنه پخش سیلاب را به دقت آشکار نمود. با توجه به قابلیت بالفعل و بالقوه این روش در مشخص نمودن تغییرات ناشی از رسوب‌گذاری که در این تحقیق در پهنه‌ای به مساحت ۴۵۰ هکتار به اثبات رسیده است، می‌توان به این نکته تأکید داشت که استفاده از این روش در پهنه‌هایی با وسعت بیشتر موجب افزایش سرعت و دقت انجام کار در بارزسازی طبقات مختلف پوشش زمین می‌شود.

واژه‌های کلیدی: بارزسازی رسوب، پخش سیلاب، سنجش از دور، تصاویر ماهواره‌ای لندست، روش حداکثر تشابه (MLC)

مقدمه

با پیشرفت‌های گسترده‌ای که در مبحث سنجش از دور صورت گرفته است، فن آوری‌های نوین به گونه‌های مختلف وارد این عرصه گردیده و یاریگر محققین و متخصصان در زمینه‌های مختلف علوم زمین بوده است. یکی از این موارد، استفاده از تصاویر ماهواره‌ای در شناسایی، بارزسازی و به نمایش درآوردن تغییرات در سطح زمین همچون پوشش گیاهی، دگرگونی‌های خاک و پوشش زمین می‌باشد.

ایستگاه‌های پخش سیلاب که با هدف تغذیهٔ آبخوان و اصلاح بافت خاک و پوشش گیاهی احداث گردیده‌اند، در طول

۱. مربی پژوهشی مرکز تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری، تهران

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-18]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1384.9.4.2.1]

زمان با یک روند رسوب گذاری مداوم رو به رو هستند که برای شناسایی تغییرات سامانهٔ مورد نظر و بررسی نحوهٔ تغییراتی که در عرصه بر اثر نهشته شدن مواد معلق رخ می‌دهد، می‌توانند به وسیله کاربرد تصاویر ماهواره‌ای و روش طبقه‌بندی به همراه نمونه‌برداری‌های تکمیلی صحرایی به عنوان یک روش سریع و دقیق مورد پایش واقع گردند. در فرایند طبقه‌بندی تصاویر رقومی ماهواره‌ای (Image classification)، یک کارشناس، ساختاری را برای رایانه پایه‌ریزی می‌کند که بر پایهٔ آن، هم‌آهنگ با تعاریف مشخصی که از موقعیت‌های کاملاً معین ارایه شده است، تفسیر تصویر امکان پذیر می‌شود. به عبارت دیگر، طبقه‌بندی تصاویر یکی از روش‌های تفسیر در محدوده و دامنهٔ تصاویر رقومی می‌باشد. با توجه به ساختار داده‌های رقومی که از ماهواره‌ها به دست می‌آید و بسته به بازتاب‌های مختلفی که امواج کهربایی – آهنربایی (الکترومغناطیسی) از زمین دارند، سنجنده‌های مختلف، داده‌ها و اطلاعات متفاوتی را ثبت می‌کنند که با تحلیل آنها می‌توان به نتایج گرانبهایی در گرایش‌های مختلف مانند خاک، پوشش گیاهی و آب‌های سطحی دست یافت (۶ و ۷).

متأسفانه با بررسی دقیقی که بر روی تحقیقات انجام شده در زمینه بارزسازی رسوب و خصوصاً در عرصه‌های سیلابی و یا سامانه‌های پخش سیلاب انجام گردید، نتیجه خاصی به دست نیامد. اکثر مواردی که مورد تحقیق و بررسی واقع شده‌اند بیشتر مربوط به کاربرد طبقه‌بندی تصاویر در زمینه‌های پوشش زمین، پوشش گیاهی و کاربری اراضی می‌باشد. در عین حال در ادامه و به منظور بررسی منابع موجود، سعی گردید به نتایجی اشاره شود که نزدیک‌ترین ارتباط را با هدف پژوهش حاضر دارند.

از کاربردهای اصلی نقشه‌برداری از خاک به کمک سنجش از دور و تصاویر ماهواره‌ای می‌توان به مواردی که بیشتر در اقالیم خشک متمرکز شده و زمین دارای پوشش گیاهی کمتری بوده است، اشاره کرد (۱۹). در عین حال، فلاگل و همکاران (۱۹۹۹) بر این عقیده هستند که کاربرد روش‌های سنجش از دور برای دستیابی به دقت و سرعت بیشتر در تمامی طرح‌های انجام شده برای آبخیزها، خصوصاً در مطالعاتی که به عنوان زیرمجموعه‌ای از یک مدیریت جامع انجام می‌شود، بسیار مهم و ضروری بوده است (۹).

لابراندرو و پالو (۱۹۸۰) کاربرد تلفیقی سنجش از دور و دیگر روش‌های موجود در مطالعات علوم خاک به وسیلهٔ محققین قبل از خود را مطالعه و تشریح کرده‌اند. در گزارش این محققین به موارد تهیهٔ نقشه‌های منطقه‌ای پوشش زمین و پوشش گیاهی، با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای TM و تلفیق تجزیه و تحلیل رقومی داده‌های ماهواره‌ای +ETM خصوصاً در تولید نقشه‌های گیتانگاری (فیزیوگرافی) خاک در حوزه‌های آبخیز اشاره شده است (۱۰). هم‌چنین لئونه و همکاران (۱۹۹۵) نشان داده‌اند که توان داده‌های اخذ شده از سنجش از دور به وسیلهٔ ماهواره در پیش بینی اجزا و ترکیبات خاک همچون مواد آلی و کربنات کلسیم بسیار کارا بوده است. اگر چه که باید تمامی این کاربردها با بررسی‌های صحرایی همراه باشد ولی این امر از دقت و کارایی سنجش از دور نمی‌کاهد (۱۱). نتایج تحقیقات تامپسون و هندرسون (۱۹۸٤) نشان داده است که داده‌های +ETM می‌تواند بازتاب‌های مختلف خاک را در تیپ‌های مختلف از هم متمایز سازد (۲۱). هم‌چنین نتایج فعالیت‌های پژوهشی لینگسکول و همکاران (۱۹۹۳) ثابت کرده‌اند که داده‌های ماهواره‌ای و راداری توان محاسبه و نمایش رطوبت خاک را دارا می‌باشند (۱۲). همین نویسندگان به طور خاص گزارش کرده‌اند که مجموع موجودی آهن و مواد آلی در خاک توانسته است همچون یک عامل اصلی بر شکل طیف‌های نوری از نوارهای تصاویر ماهواره‌ای اثرگذار باشند. در همین تحقیق تأکید شده است که میزان شن موجود در خاک به صورت معنی داری بر روشنی و تیرگی (Contrast) طیفی تأثیر گذاشته است (۱۲).

در تحقیقی که توسط اسکیدمور و همکاران (۱۹۹۷) با استفاده از تصاویر +ETM و به کمک نمایه‌های NDVI (Normalized Differences Vegetation Index) و SAVI (Soil Adjusted Vegetation Index) و اندازه‌گیری‌های

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-18]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1384.9.4.2.1]

صحرایی انجام شده، خصوصیات خاک مورد بررسی قرار گرفته است. در این پژوهش، نتایج حاکی از وجود ارتباط بین تلفیق دو نمایه فوق و مقادیر رقوم ثبت شده توسط سنجنده و نتایج آنالیز انجام شده در نمونه‌های صحرایی می‌باشد که در نهایت منجر به تهیه نقشه خصوصیات مختلف خاک در عرصه‌های وسیع می‌شود(۱۹).

در تحقیق دیگری تامپسون و هندرسون (۱۹۸۳) ثابت کرده‌اند که با توجه به توانایی تبدیل داده‌های بازتاب شده از ماهواره +ETM به منظور تحلیل و شبیه سازی وضعیت خاک، محققین توانسته‌اند تأثیرات خاک و ارتباط بین خاک و طیف فرآورده‌های کشاورزی را به خوبی شناسایی و تحلیل کنند (۲۰). در رابطه با تحقیقات دیگری که در این زمینه انجام شده است، مطالعاتی در زمینه مقایسهٔ روش‌های مختلف طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای صورت گرفته است. اسکیدمور و همکاران (۱۹۹۷) نشان داده‌اند که استفاده از تصاویر ماهواره‌ای با دو روش طبقه‌بندی با بیشترین احتمال وقوع (MLC) (Maximum Likelihood Classification) و طبقه‌بندی به وسیلهٔ شبکه‌های عصبی (NNC) (Neural Network Classification) دارای خروجی‌های بالنسبه یکسانی بوده است که توسط آنها طبقه‌بندی دقیقی از وضعیت پوشش زمین صورت گرفته است (۱۶). هم‌چنین، به نقل از یک گزارش تحقیقی دیگر، روش طبقه‌بندی با شبکه‌های عصبی نسبت به MLC برای تهیه یک نقشه از جنگل‌های اکالیپتوس ارجحیت نداشته است (۱۴). به عبارت دیگر از هر دو روش با اعتمادی یکسان می‌توان استفاده کرد.

کاربرد روش طبقه‌بندی تصاویر در بسیاری از طرح‌ها با مقیاس منطقه‌ای انجام شده است. در آسیا، AARS (Asian Association of Remote Sensing) پایگاه داده‌ای از اطلاعات پوشش زمین را بر اساس طبقه‌بندی با روش هدایت نشده (Unsupervised) به وسیلهٔ داده‌های چند طیفی ماهواره‌ای تهیه شده است. در پروژه Afri-cover که توسط FAO انجام گرفته، از فن آوری طبقه‌بندی تصاویر در ایجاد و تهیه مجموعه داده‌های پوشش زمین استفاده شده است (۷).

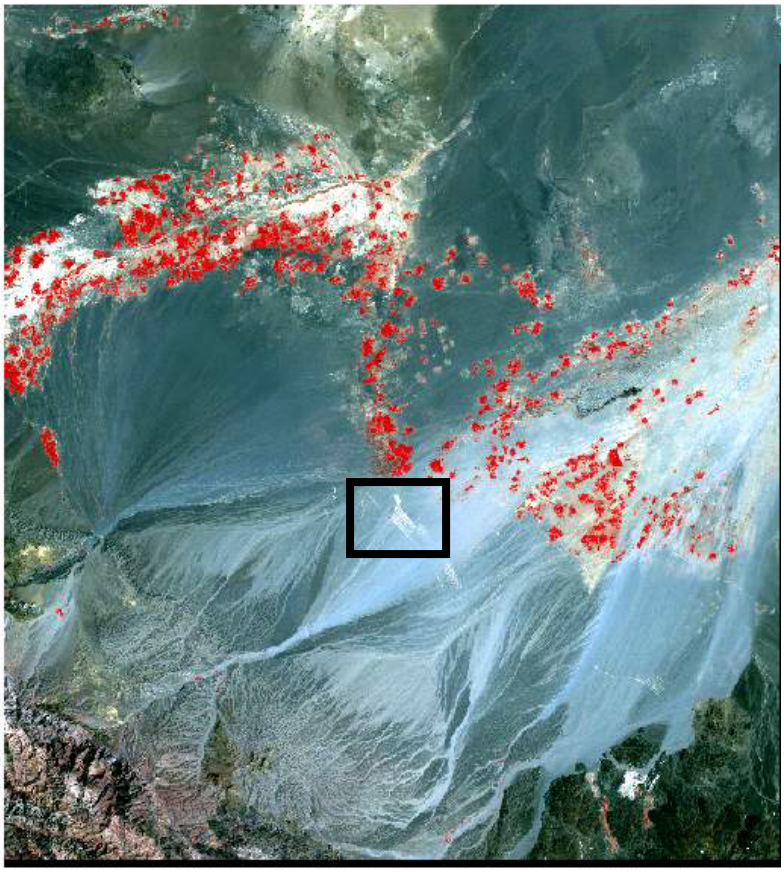
پوراغنیایی و همکاران (۱۳۸۲) با روش تفسیر چشمی تصاویر ماهواره‌ای و به کمک آن، بررسی تغییرات افزایش سطح زمین‌های کشاورزی در یک ایستگاه آبخوان را مورد مطالعه قرار داده‌اند (۲). آنها بدون استفاده از روش طبقه‌بندی، افزایش سطح زیر کشت را محاسبه نموده‌اند. هم‌چنین در تحقیقی دیگر بر مبنای سنجش از دور و تصاویر ماهواره‌ای +ETM، با استفاده از ترکیب رنگی ۷۴۱ و به کمک تفسیر چشمی، پژوهشگران توانسته‌اند مخروط افکنه‌های با کاربری غیر کشاورزی را جداسازی و نقشه آن را در مقیاس ۱:۲۵۰۰۰۰ آماده نمایند (۴).

روش‌های مختلف طبقه‌بندی در بارزسازی تغییرات کاربری اراضی و پوشش زمین در پژوهشی که به وسیله سیوکو و همکاران (۲۰۰۲) به انجام رسیده است، مورد مقایسه قرار گرفته و نقشه‌های قابل قبولی از آن به دست آمده است. آنها گزارش کرده‌اند که نتایج بررسی ۴ روش طبقه‌بندی با استفاده تلفیقی از ساختار سامانه‌های اطلاعات جغرافیایی نشان داده است که هیچ کدام از این روش‌ها از لحاظ دقت، اولویت خاص و معنی‌داری نسبت به یکدیگر نداشته‌اند. در عین حال، به نقل از همین محققین، تأکید شده است که به روشی که بر پایه قطعه‌بندی تصاویر (Image Segmentation) و طبقه‌بندی بر مبنای اصول آماری (Rule – Based Classification) کار می‌کند، باید با نگرشی کاربردی‌تر برخورد شود. آنها پیشنهاد می‌دهند که تلفیق روش طبقه‌بندی به وسیلهٔ شبکه‌های عصبی با روش طبقه‌بندی شیءگرا (Object – Oriented) می‌تواند از توان خوبی برای این زمینه برخوردار باشد (۸).

نجابت (۱۹۹۹) با استفاده از روش‌های سنجش از دور و تجزیه و تحلیل تصاویر ماهواره‌ای که بخش کوچکی از کاربرد سنجش از دور در ارزیابی اراضی می‌باشد، توان این روش را در محاسبه تغییرات مساحت در اراضی زراعی تحت

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-18]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1384.9.4.2.1]



شکل ۱. نمایی کلی از منطقهٔ نرماشیر و فهرج، ترکیب نوارهای ۴۳۲ (RGB)، ۲۰۰۱، (عرصهٔ پخش سیلاب با علامت مشخص گردیده است).

آبیاری در گره بایگان فسا در اثر عملیات پخش سیلاب را به اثبات رسانده است (۱۳).

هدف

هدف اصلی پژوهش حاضر یعنی کاربرد فن‌آوری سنجش از دور با بهره‌وری از روش طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای در شناسایی فرایند رسوب گذاری و تجزیه و تحلیل آن در یک عرصه پخش سیلاب می‌باشد. آنچه در مقدمه ارائه گردید نشانگر این موضوع می‌باشد که تحلیل و طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای می‌تواند قابلیت شایسته‌ای را در تحلیل وضعیت رسوب در پوشش و لایه سطحی زمین برای متخصصین امر داشته باشد. این مقاله به بررسی این امر می‌پردازد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

عرصه مورد مطالعه در این تحقیق، ایستگاه پخش سیلاب آب باریک در منطقه‌ای به نام نرماشیر در محدودهٔ شهرستان بم در کنار جاده بم – زاهدان می‌باشد. نرماشیر در حد فاصل بین منطقهٔ کوهستانی جبال بارز و کویر لوت واقع است. این منطقه از جنوب و جنوب غرب به حوزه آبخیز جیرفت، از شرق به شهرستان زاهدان، از شمال به کویر لوت و از غرب به منطقهٔ دهبکری محدود می‌شود. این منطقه چهار زیر حوزه اصلی را در بر می‌گیرد که از جبال بارز آغاز و نهایتاً به لوت زنگی احمد ختم می‌گردد (شکل‌های ۱ و ۲). ناحیهٔ مورد نظر در انتهای یک مخروط افکنه و در یک دشت

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-18]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1384.9.4.2.1]



شکل ۲. چشم اندازی از عرصهٔ پخش سیلاب بم

سیلابی بزرگ قرار دارد. سازند زمین شناسی منطقه مربوط به دوران چهارم زمین شناسی می‌باشد. مخروط افکنه‌های منطقه حاوی شن، ریگ و سنگ‌های درشت می‌باشند. شیب عرصه کمتر از ۲ درصد بوده و خاک منطقه به طور کلی دارای تکامل مشخصی نیست (شکل ۳). قسمت اعظم عرصه با ته نشست‌های آبرفتی همراه با سنگ‌های کوچک تا بزرگ تشکیل شده است (۱).

تصاویر و اطلاعات مورد استفاده

در پژوهش حاضر از نقشه‌های ۱:۵۰۰۰۰ توپوگرافی و عکس‌های هوایی ۱:۵۰۰۰۰ (سال ۱۳۴۳) برای شناسایی‌های اولیه و دستیابی به وضعیت کلی منطقه قبل از پخش سیلاب استفاده شد. تصاویر ماهواره‌ای که در پژوهش حاضر از آنها استفاده گردید، تصاویر +ETM مربوط به سال ۲۰۰۱ و TM برداشت شده در سال ۱۹۸۷ می‌باشد. در این پژوهش نرم افزار ILWIS برای تجزیه و تحلیل‌های لازم در مباحث پردازش تصاویر و مورد استفاده قرار گرفته است. هم‌چنین با توجه به این که موقعیت دقیق نقاط نمونه برداری در سطح عرصهٔ پخش سیلاب مورد نیاز بود، به منظور برداشت نقاط و تعیین مختصات دقیق جغرافیایی آنها از GPS (Global Positioning System) با دقت حداقل ۱۰ متر استفاده شده است.

روش انجام تحقیق

برای شناخت وضعیت کلی عرصه قبل از پخش سیلاب، کلیهٔ مطالعات، منابع و هم‌چنین تحقیق‌های انجام شده در زمینهٔ بررسی وضعیت عرصهٔ پخش سیلاب جمع آوری گردید. با استفاده از نقشه‌های اجرایی، شبکه بندی عرصهٔ پخش برای تعیین موقعیت برداشت نمونه‌های خاک انجام شد. در مجموع ۳۰ نقطه در داخل عرصه پخش و ۳۰ نقطه در اطراف آن برای نمونه برداری به عنوان اراضی شاهد انتخاب و موقعیت آنها به وسیلهٔ GPS بازیابی و مشخص گردید. سپس، به ازای هر نقطه، یک قطعه ۳۰ × ۳۰ متر مشخص شد که نمونه‌برداری از آن قطعه بر اساس وجود یا عدم وجود رسوب و هم‌چنین گذر سیلاب از روی آن مورد بررسی قرار گرفت. افزون بر آن، براساس وضعیت نقاط کنترل (شاهد) موجود در عرصه، نقاطی که سیلگیری نشده و هیچ رسوبی بر روی آنها نهشته نشده بود، نیز شناسایی گردید.

در مرحله بعد، تهیهٔ راهنمای نقشه با توجه به وضعیت پوشش زمین و طبقاتی (کلاس) که قابلیت جدا کردن آنها بر

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-18]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1384.9.4.2.1]



شکل ۳. نمائی از یک نیم‌رخ خاک در عرصهٔ پخش سیلاب بم

روی تصاویر وجود داشت، انجام گردید. این راهنما شامل چهار طبقه می‌باشد که بر اساس بافت و بازتاب طیفی تقسیم‌بندی شده‌اند. طبقات شامل خاک لخت (منظور از خاک لخت در حقیقت همان خاک اصلی منطقه می‌باشد.)، خاک لخت تیره با بافت درشت‌تر (سنگفرش بیابانی Desert Pavement)، نهشته‌ها (که تحت عنوان رسوب منتقل شده در نقشه مشخص شده است) و در نهایت به دلیل قابلیت جداسازی خاکریزهای موجود در عرصه، یک طبقه نیز تحت عنوان خاکریز جدا گردید. در آخرین مرحلهٔ پردازش، بررسی ترکیبات رنگی RGB بر اساس تفسیرهای چشمی و استخراج بعضی اطلاعات از تفسیر عکس‌های هوایی و در نهایت انتخاب ترکیبات رنگی مناسب و قابل تجزیه و تحلیل انجام شد.

روش انجام طبقه‌بندی تصاویر براساس دستورالعمل روش طبقه‌بندی با بیشترین تشابه و احتمال وقوع (MLC) صورت گرفت. با توجه به این روش، نقشه بُرداری نقاط نمونه‌ای که از سطح عرصه تهیه شده بود، ابتدا بر روی تصویر ترکیب رنگی کاذب ۴۳۲ و ۴۵۲ قرار گرفت. سپس با کمک feature space ایجاد شده از تقابل نوارهای ۲ – ۳ و ۲– ۵، بهترین و نزدیک‌ترین سطر و ستون‌هایی (پیکسل) که از لحاظ رقوم ثبت شده در هر سطر و ستون، بر مبنای بازتاب طیفی، به هم نزدیک‌تر بودند، در قالب طبقهٔ مورد نظر که قبلاً در راهنمای تهیه شده منظور گردیده بود، قرار داده شدند. برای این که از لحاظ آماری نیز روش مورد نظر در محاسبات خود با دقت بالا عمل کند، برای هر طبقه حداقل ۱۰۰ سطر و ستون (پیکسل) با کمترین انحراف معیار و در نزدیک‌ترین حالت در سطح نمودار feature space انتخاب و به نام همان طبقه نام‌گذاری گردیدند. در نهایت با استفاده از روش مذکور، نقشه نهایی که در حقیقت نوعی نقشهٔ پوشش زمین بود به عنوان خروجی کار به دست آمد.

در مرحلهٔ آخر برای سنجش دقت نسبی از وضعیت عملیات انجام شده، بر اساس روش ماتریس خطا یک ارزیابی و تعیین صحت و دقت بر روی نقشه‌های تولید شده صورت گرفته و میزان دقت کلی و درصد صحت کار به دست آمد. به همین منظور پس از انجام عملیات طبقه‌بندی و با توجه به

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-18]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1384.9.4.2.1]

نمونه‌برداری‌های انجام شده از ۳۰ نقطه نمونه ذکر شده، بر اساس طبقه واقعی نقطه و چگونگی استقرار آن در نقشه نهایی، شمارش به عمل آمد. کلیهٔ مراحل بالا، هم برای تصویر سال ۱۹۸۷ و هم برای سال ۲۰۰۱ یعنی در زمان‌های قبل و بعد از پخش سیلاب انجام گردید.

نتایج

بر اساس روش تحقیق، دو ترکیب رنگی ۴۳۲ و ۴۵۲ از نوارهای طیفی تصاویر ماهواره‌ای +ETM و TM تهیه گردید. نتایج به دست آمده نشان می‌دهند که ترکیب ۴۳۲ نمایش دقیق‌تری را در اولین مقایسه ارائه می‌دهد. دلیل این امر این است که وضعیت مشخص شده در تصویر بر اساس آنچه در موقعیت واقعی دیده می‌شود، یکسان است. این وضعیت شامل موقعیت مکانی خاکریزها و چگونگی رسوب گذاری در پشت و بین آنها در سطوح پخش می‌باشد.

شکل ۴ وضعیت عرصه قبل از پخش سیلاب را نشان می‌دهد. در این نقشه یک پهنه با سه پوشش خاکی مشخص است که بیشتر آن را خاک لخت (اراضی کویری شامل شن و ماسه و قلوه سنگ) به همراه سنگفرش بیابانی پر می‌کند. هم‌چنین با توجه به سیلابی بودن دشت مذکور، مسیرهای رسوب گذاری شده آبراهه‌های فصلی نیز در این تصویر به وضوح تشخیص داده می‌شوند.

سطوح تیره‌تری که در شکل ۵ قابل جداسازی می‌باشد، همان سطوح سیل نگرفته در حالت طبیعی عرصه است که بر اثر گذشت زمان و تکامل خاک، عرصه به سمت سنگفرش بیابانی پیشرفت کرده و آن را بهتر نمایان می‌سازد. در سطوحی که دارای رنگ روشن‌تر و متمایل به سفید می‌باشند، گذر سیلاب بر آنها ملموس‌تر بوده و در قسمت‌هایی از آنها بازتاب نور طوری است که رسوب گذاری را هم در آن نشان می‌دهد.

شکل ۶ وضعیت عرصه بعد از پخش سیلاب را نشان می‌دهد. خطوط کار شده به صورت خاکریز و هم‌چنین تغییراتی که در وضعیت پوشش زمین بعد از عملیات و در طول ۵ سال گذشته صورت گرفته است با نگاهی دقیق به شکل مذکور قابل بررسی و تحلیل می‌باشند. طبق شکل ۶، رسوب گذاری در سطح عرصه عملیاتی و روند رسوب گذاری در بخش‌های مختلف از لحاظ گذر آب و نهشته شدن رسوب کاملاً بارزسازی شده است.

شکل ۷ از طبقه‌بندی با روش MLC و از ترکیب رنگی کاذب ۴۵۲ به دست آمده است. در این جا نیز تفکیک و بارزسازی خاک لخت اولیه از سنگفرش بیابانی و رسوب نهشته شده در لابه‌لای خاکریزهای عرصه پخش سیلاب به خوبی نمایان گردیده است. آنچه از این شکل نتیجه‌گیری می‌شود، تفکیک بهتر خاک لخت از سنگفرش بیابانی می‌باشد.

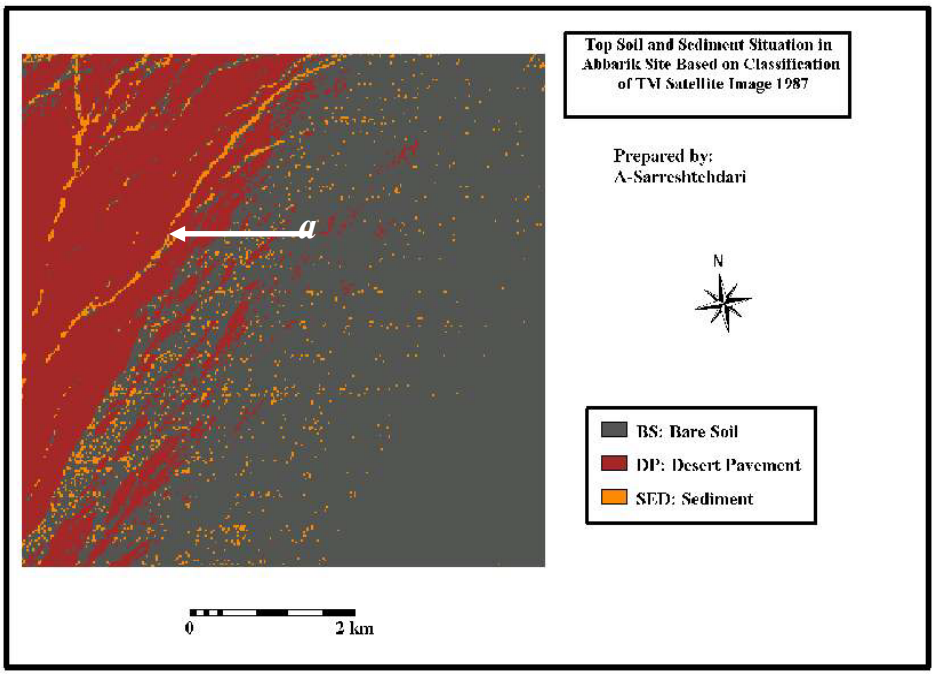
بحث

با توجه به نتایج به دست آمده و با بررسی دقیق‌تر شکل‌های ۴ و ۵، به نحوی می‌توان ساختارهای خاکی و گیتانگاری (فیزیوگرافی) اصلی در منطقه مذکور را تشخیص داده و تحلیل کرد. آنچه مشخص است، این قسمت از دشت، ساختار سیلابی داشته، بخش‌های مرکزی و شرقی آن گذر سیلاب را نشان می‌دهند. در بخش غربی، با توجه به نوع پستی و بلندی، مشخص است که عبور سیلاب صورت نگرفته و آب از دو آبراهه‌هایی که رسوب در آنها به خوبی بارز شده، گذر کرده است. بخش‌های پراکنده و کوچکی از رسوب گذاری در بخش جنوب غربی نقشه نیز به چشم می‌خورد که آنها هم ناشی از پستی و بلندی بوده و رسوب گذاری‌ها بعد از پخش سیلاب اتفاق افتاده است.

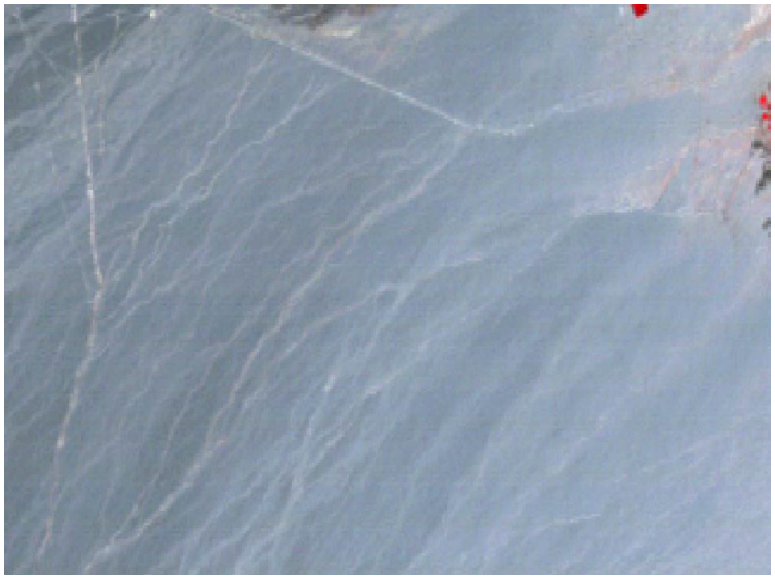
نتایج حاصل از تحلیل شکل ۶ نشان می‌دهد که فرایند رسوب گذاری بین خاکریزهای احداث شده برای پخش سیلاب به صورت غیر یک نواخت اتفاق افتاده است و سطح نهشته شدن رسوبی که در سمت شمالی عرصه عملیاتی دیده می‌شود، نسبت به آنچه در قسمت شرقی نهشته شده است، بسیار بیشتر است. در عین حال، بخشی از عرصه بین خاکریزها هم‌چنان پس از پخش سیلاب به صورت خاک لخت (با

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-18]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1384.9.4.2.1]



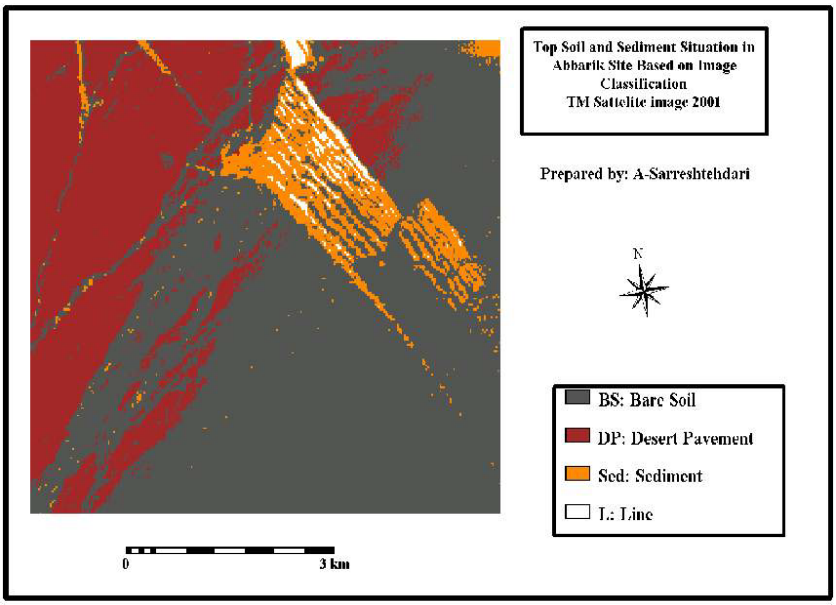
شکل ۴. نقشهٔ پوشش زمین قبل از پخش سیلاب تهیه شده با روش MLC و با استفاده از ترکیب سه نوار ٤۳۲، ماهواره لندست (۱۹۸۷)



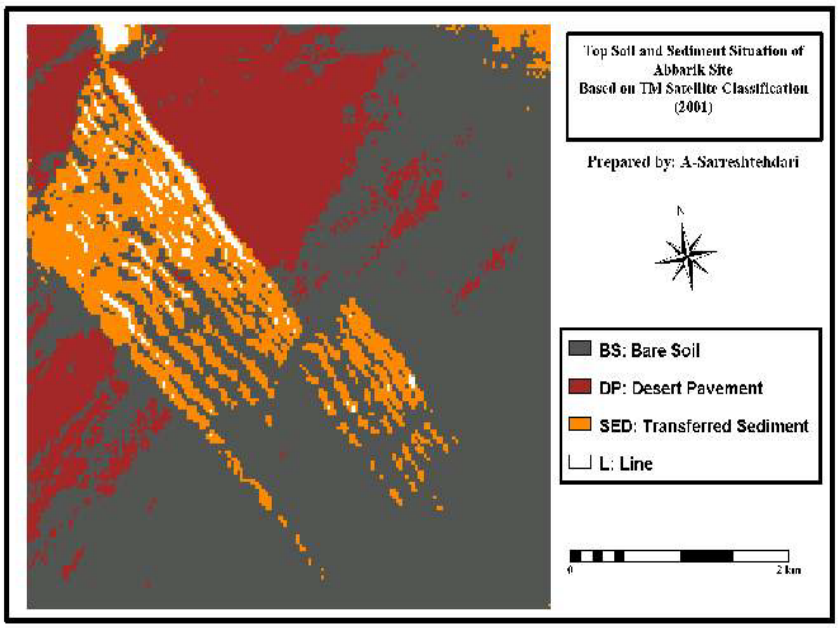
شکل ۵. نمای منطقه مورد مطالعه قبل از اجرای پخش سیلاب (ترکیب رنگی کاذب ٤۳۲ (RGB)، ماهواره لندست ۱۹۸۷)

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-18]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1384.9.4.2.1]



شکل ٦. نقشه پوشش زمین بعد از عملیات پخش سیلاب تهیه شده با روش MLC و با استفاده از نوارهای ٤٣٢، ماهواره لندست (٢٠٠١)



شکل ۷. نقشهٔ پوشش زمین بعد از پخش سیلاب تهیه شده با روش MLC و با استفاده از نوارهای ٤٥٢، ماهواره لندست (٢٠٠١)

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-18]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1384.9.4.2.1]

جدول ۱. نتایج آزمون کروسکال – والیس برای مقایسه اختلاف عمق رسوب نهشته شده در بین خاکریزها (۱۴)

خاکریز	تعداد نمونه	مدیان	Ave Rank	Z
۱	۴	۹۰	۲۶/۶	۲/۷۱
۲	۳	۲۰	۱۷/۸	۰/۴۸
۳	۳	۵	۸/۲	−۱/۵۲
۴	۳	۱۰	۱۳/۵	−۰/۴۱
۵	۳	۱۰۰	۲۶/۳	۲/۲۵
۷	۳	۱۵	۱۸/۷	۰/۶۶
۸	۳	۱۵	۱۳/۳	−۰/۴۵
۹	۳	۵	۸/۰	−۱/۵۶
۱۰	۵	۵	۸/۲	−۲/۰۳
Overall	-----	-----	۱۵/۵	-----

H = ۱۹/۵۶ درجه آزادی = ۸ P = ۰/۰۱۲ درجه آزادی = ۸ P = ۰/۰۰۹ (adjusted for ties)

جدول ۲. p-value حاصل از نتایج آزمون مان – ویتنی برای مقایسه اختلاف عمق رسوب نهشته شده در بین هر خاکریز به طور جداگانه (۱۴)

	خاکریز ۱	خاکریز ۲	خاکریز۳	خاکریز ۴	خاکریز ۵	خاکریز ۷	خاکریز ۸	خاکریز ۹	خاکریز ۱۰
خاکریز ۱	****	۰/۲۱۵۹	**۰/۰۵۱۸**	**۰/۰۵۱۸**	۱/۰۰۰۰	**۰/۰۵۱۸**	**۰/۰۵۱۸**	**۰/۰۵۱۸**	**۰/۰۲۰۰**
خاکریز ۲	۰/۲۱۵۹	****	۰/۳۸۲۷	۰/۶۶۲۵	۰/۲۷۵۲	۱/۰۰۰۰	۰/۵۱۲۷	۰/۲۷۵۲	۰/۲۳۳۰
خاکریز۳	**۰/۰۵۱۸**	۰/۳۸۲۷	****	۰/۲۷۵۲	۰/۰۸۰۹	۰/۰۸۰۹	۰/۳۸۲۷	۱/۰۰۰۰	۱/۰۰۰۰
خاکریز ۴	**۰/۰۵۱۸**	۰/۶۶۲۵	۰/۲۷۵۲	****	۰/۰۸۰۹	۰/۱۹۰۴	۱/۰۰۰۰	۰/۵۱۲۷	۰/۱۷۹۷
خاکریز ۵	۱/۰۰۰۰	۰/۲۷۵۲	۰/۰۸۰۹	۰/۰۸۰۹	****	۰/۰۸۰۹	۰/۰۸۰۹	۰/۰۸۰۹	**۰/۰۳۶۹**
خاکریز ۷	**۰/۰۵۱۸**	۱/۰۰۰۰	۰/۰۸۰۹	۰/۱۹۰۴	۰/۰۸۰۹	****	۰/۳۸۲۷	۰/۱۹۰۴	۰/۰۷۳۶
خاکریز ۸	**۰/۰۵۱۸**	۰/۵۱۲۷	۰/۳۸۲۷	۱/۰۰۰۰	۰/۰۸۰۹	۰/۳۸۲۷	****	۰/۵۱۲۷	۰/۳۷۱۱
خاکریز ۹	**۰/۰۵۱۸**	۰/۲۷۵۲	۱/۰۰۰۰	۰/۵۱۲۷	۰/۰۸۰۹	۰/۱۹۰۴	۰/۵۱۲۷	****	۰/۸۸۱۵
خاکریز ۱۰	**۰/۰۲۰۰**	۰/۲۳۳۰	۱/۰۰۰۰	۰/۱۷۹۷	**۰/۰۳۶۹**	۰/۰۷۳۶	۰/۳۷۱۱	۰/۸۸۱۵	****

خصوصیات اولیه) و سنگفرش بیابانی باقی مانده است. همین وضعیت در شکل ۸ هم به نحوی نشان داده شده است. نتایج نمونه‌برداری‌ها از سطح عرصه نشان می‌دهد که عمق رسوب نهشته شده در شبکهٔ پخش سیلاب از قسمتی که سیلاب به عرصه وارد می‌شود (جنوب غربی) به سوی پایین دست (شمال شرقی) کاهش می‌یابد که این کاهش هم از بالا به پایین (جنوب غربی – شمال شرقی) و هم در بین هر یک از خاکریزها معنی‌دار می‌باشد (۱۴). بر اساس تحقیقی که به طور هم زمان انجام گردید و مقایسه آماری انجام شده در این زمینه که در جداول ۱ و ۲ ارائه گردیده‌اند، با توجه به نمونه‌برداری انجام

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-18]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1384.9.4.2.1]

شده در عرصه تحقیق، نتایج نشان می‌دهد که بیشترین تغییرات بین خاکریز اول و خاکریزهای ۳، ۴، ۷، ۸، ۹ و ۱۰ می‌باشد. آنچه که جدول ۱ به آن اشاره دارد اختلاف میزان رسوب گذاری از خاکریز ۱ تا خاکریز ۱۰ بوده و به طور کاملاً مشخص نحوه تغییرات افزایش و کاهش رسوب گذاری را در بین خاکریزها نشان می‌دهد. هم‌چنین نقاط قرمز در شکل ۸ نشان دهنده مقایسه‌ای عمق رسوب در نقاط نمونه‌برداری شده می‌باشند (۵ و ١٤). این شکل نیز که یک ترکیب رنگی RGB ٤٥٢ می‌باشد می‌تواند اختلاف بازتاب رسوب و خاکریزها را به خوبی عیان سازد.

نتایج اندازه‌گیری نفوذپذیری هم روند تحلیل ارائه شده را به خوبی ثابت می‌کند (۳ ، ۵ و ۱۴). سیلاب پس از ورود به عرصه در پشت خاکریز اول، بیشترین رسوب گذاری را انجام داده و پس از نهشتن ذرات درشت دانه، به سمت خاکریزهای بعدی حرکت کرده است. در اینجا سیلاب احتمالاً به دو دلیل توزیع خود را به سوی غرب عرصهٔ عملیاتی متمرکز کرده است. اول آن که ترازیابی پشت خاکریزها به خوبی انجام نگرفته و آب متمایل به سمتی گردیده که در ارتفاع پایین‌تری قرار داشته است. دوم آن که به دلیل وضعیت خاص پستی و بلندی و وجود آبراهه‌های کوچک (Micro relief) در بین خاکریزها (که آن هم ناشی از خصوصیت پستی و بلندی است)، سیلاب پس از پر کردن حوضچه‌های پخش و قبل از آن که به سطح پخش برسد، از سامانه تخلیه شده و به جای پخش شدن در سطح بین دو خاکریز وارد آبراهه‌هایی می‌گردد که آب را از گردونهٔ پخش خارج می‌نماید. نتایج نشان می‌دهند که بیشترین رسوب پس از نهشته شدن در خاکریز اول، در خاکریزهای ردیف ۴، ۵ و ۶ تجمع حاصل کرده است. تجزیه و تحلیل‌های آماری نیز نشان داده‌اند که بر اساس آنچه که در شکل ۷ دیده می‌شود، پس از خاکریز اول، خاکریز پنجم بیشترین میزان رسوب را در خود جا داده است (۵ و ۱۴).

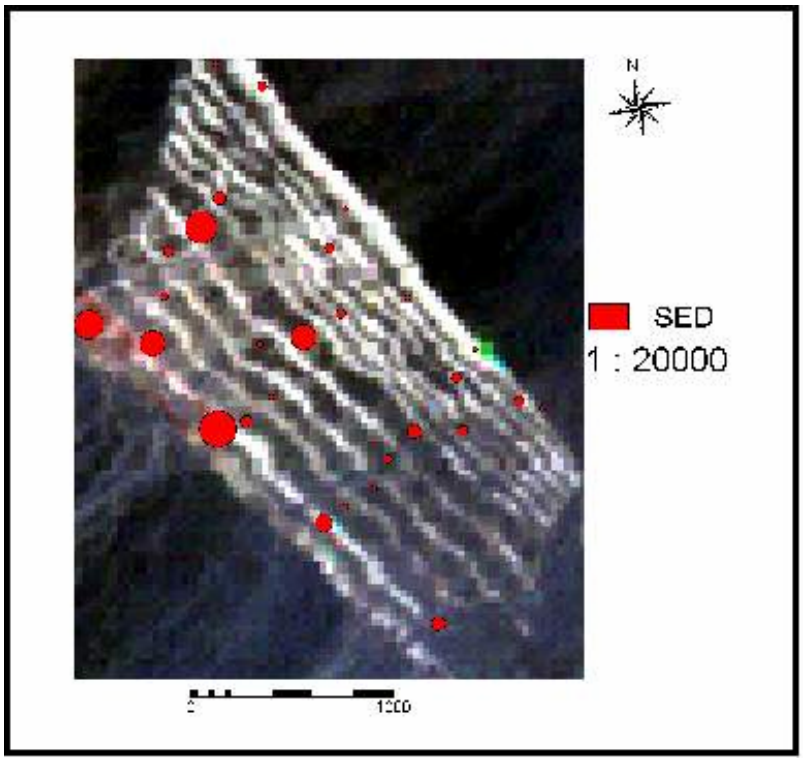
با بررسی شکل‌های ۴، ۵ و ۶، نتایج قابل توجه دیگری نیز در تحلیل نحوه توزیع سیلاب در سامانه به دست می‌آید. به عنوان نمونه می‌توان به شناسایی آبراهه‌های فصلی که در عرصه وجود دارد (همانند آبراهه‌ای که در شکل ۴ با علامت a نشان داده شده است) و رسوب گذاری اندکی که در آنها صورت گرفته است، نیز اشاره کرد.

در این جا لازم است با ارایهٔ شکل ۸ این توضیح را اضافه کرد که ترکیب رنگی ٤٥٢ توانسته است تفکیک بهتری را در بارزسازی سنگفرش بیابانی ارائه دهد. روش طبقه‌بندی MLC توانسته است قطعات بسیار کوچکی از سنگفرش بیابانی را در بین سطوح خاکریزهای ۶ و ۷ شناسایی و بارز نماید. این امر به خوبی اثبات می‌کند که با توجه به وضعیت عرصه از لحاظ یک نواختی و تداخل بازتابی که در تصویر اصلی ماهواره‌ای دیده می‌شود، طبقه‌بندی عرصه با کاربرد روش MLC توانسته است در مقیاسی قابل توجه، قسمت‌های کوچکی از عرصه را که عملاً آبگیری نشده و هیچ سیلی از روی آنها عبور نکرده است، بارزسازی نماید. از طرف دیگر ملاحظه می‌شود که تفاوت دو ترکیب رنگی ٤٣٢ و ٤٥٢ در وجود نوارهای ۵ و ۳ است که نتایج نشان می‌دهد آشکارسازی سنگفرش بیابانی توسط نوار ۵ به نحو بهتری صورت گرفته است و در جداسازی این طبقه در feature space نیز به نحو دقیق‌تری بارزسازی صورت گرفته است.

بر اساس نتایج به دست آمده از تحلیل تصاویر ماهواره‌ای و نقشه‌های تولید شده، می‌توان تغییرات اصلی صورت گرفته در عرصه را مورد بررسی قرار داد. مهم‌ترین آنها تغییر در وضعیت اولیهٔ خاک و سنگفرش بیابانی منطقه می‌باشد. در بخشی از آن به جای وضعیت اولیه، رسوب نهشته شده است، که در حقیقت نوعی پوشش خاکی لخت با ویژگی‌های نو می‌باشد. هم‌چنین برای قسمت‌های محدود دیگری از عرصه که سنگفرش بیابانی می‌باشد، می‌توان این گونه پیش‌بینی کرد که از این پس بر اثر پخش سیلاب، علاوه بر رسوب گذاری، تغییرات دیگری نیز از لحاظ خصوصیات خاک در بخش‌های سطحی اتفاق افتد. لازم به ذکر است که در بعضی قسمت‌ها که سیلاب عبور کرده ولی رسوب قابل مشاهده نیست، به دلیل نفوذ ذرات ریزدانه به

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-18]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1384.9.4.2.1]



شکل ۸. عرصهٔ پخش سیلاب (تصویر لندست +ETM، ترکیب نوارهای٤٣٢ (RGB)، ۲۰۰۱

جدول ۳. نتایج بررسی و ارزیابی دقت عملیات طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای با کاربرد MLC

طبقات موجود در نقشه	رسوب نهشته شده	خاک لخت پایه	سنگفرش بیابانی	خاکریز	متوسط دقت
رسوب نهشته شده	۲۴	۳	۰	۲	۰/۸۳
خاک لخت پایه	۳	۱۸	۰	۲	۰/۷۸
سنگفرش بیابانی	۰	۱	۷	۰	۰/۸۸
اعتبار و اطمینان Reliability	۰/۸۹	۰/۸۲	۱/۰۰	–	–

نیم‌رخ خاک، خصوصیات فیزیکی خاک به طور کلی تغییر کرده است (۱۴).

در حقیقت با کاربرد روش MLC در طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای با ترکیب رنگی ٤٣٢ و ٤٥٢، نحوهٔ رسوب گذاری در سطوح عرصهٔ پخش سیلاب به خوبی بارزسازی شده است. علاوه بر این نحوهٔ نهشته شدن رسوب به خوبی قابل بازیابی می‌باشد. هم‌چنین با بررسی دقیق تصاویر و نقشه‌های به دست آمده، می‌توان به طور غیر مستقیم نحوهٔ حرکت سیلاب، تغییرات صورت گرفته در پوشش زمین و وضعیت آیندهٔ عرصه را پیش بینی، استنتاج و تحلیل کرد.

نتایج این پژوهش نشان می‌دهند که علاوه بر کاربردهایی که این فن آوری نوین در زمینه‌های ذکر شده دارد، می‌تواند در تحلیل روند رسوب گذاری در عرصه‌هایی که سیلاب بر آنها گذر کرده است نیز مورد استفاده قرار گیرد. کاربرد این گونه تصاویر در پایش تخریب جنگل‌ها، تعیین محدوده‌های بوم شناسی، پایش و پیش‌بینی میزان تولیدات در اراضی زراعی

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-18]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1384.9.4.2.1]

وسیع و شناسایی تغییرات در کاربری اراضی در بسیاری از مقالات علمی ارائه شده‌اند (۱۷). هم‌چنین نتایج تحقیق حاضر قابل مقایسه با نتایج تحقیق اسکیدمور و همکاران (۱۹۹۶) می‌باشد که با استفاده از روش طبقه‌بندی تصاویر +ETM و نمونه برداری صحرایی، با دقت ۷۰ درصد توانسته است نقشهٔ خاک اراضی جنگلی یکی از مناطق برزیل را تهیه نماید (۱۷). متأسفانه همان‌گونه که در مقدمه نیز ذکر شد، بررسی‌های به عمل آمده نشان می‌دهد که تحقیق حاضر در این زمینه منحصر به فرد بوده و آنچه که قابل مقایسه می‌باشد، تأئید کاربرد طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای در بارزسازی رسوب است که در مقدمه نیز به آن اشاره شد.

کلیهٔ موارد ذکر شده در بالا و در مقدمه حاکی از کارا بودن استفاده از تصاویر ماهواره‌ای در تهیهٔ نقشه‌های پوشش زمین است. با این که در هیچ کدام از آنها، روش طبقه‌بندی تصاویر برای بارزسازی رسوب به صورت استفاده شده در این تحقیق به چشم نمی‌خورد، در عین حال از تمامی آزموده‌های آنها بهره‌وری شده است. استفاده از روش طبقه‌بندی هدایت شده (Supervised) همراه با عملگر طبقه‌بندی کننده‌های آماری پارامتریک و و غیر پارامتریک، مبنی بر برداشت‌های زمینی، در شناسایی خطوط مرزی و نوع جنگل‌ها و هم‌چنین پوشش زمین به انحای مختلف در مقالات گزارش شده‌اند (۱۸) که در این تحقیق نیز از عملگر طبقه‌بندی کنندهٔ آماری پارامتریک مبنی بر برداشت‌های زمینی برای بارزسازی رسوب در سطوحی که در آنها سیلاب پخش می‌شود، با دقتی بالا استفاده گردید و مزایا و قابلیت‌های آن در نحوهٔ تحلیل وضعیت اتفاق افتاده در یک شبکه پخش سیلاب ارائه شد.

ارزیابی دقت

جدول ۳ نتایج ارزیابی و تعیین و تحلیل دقت نهایی را نشان می‌دهد. اعداد نشانگر تعداد نقاط نمونه هر طبقه در طبقه دیگر و یا نظیر خود در عرصه مورد مطالعه می‌باشد. با توجه به محدود بودن و کوچک بودن عرصه، تنوع کم طبقات موجود و هم‌چنین یک نواختی عرصه مورد تحقیق، تعداد ۳۰ نقطه نمونه برداری شده، برای این تعیین دقت مورد استفاده واقع گردید. دقت نقشه نهایی در مقایسه با وضعیت حقیقی در منطقه، معادل ۸۲ درصد محاسبه شد. این نتیجه نشان می‌دهد که با توجه به منابع موجود (۱۵ و ۱۶) عملیات طبقه‌بندی از دقت لازم برخوردار بوده و می‌توان به نتایج آن اعتماد کرد. با توجه به روش طبقه‌بندی استفاده شده، بالا بودن میزان دقت به یک‌نواختی عرصه، کوچک بودن سطح عملیاتی و کم بودن تنوع در طبقات موجود در روش طبقه‌بندی ارتباط پیدا می‌کند. لازم به ذکر است به دلیل این که خطوط خاکریز خود در بحث طبقه‌بندی مهم نمی‌باشند، بنابراین در قسمت محاسبه واقعیت موجود در عرصه، در جدول ماتریسی مربوطه دخالت داده نشده است.

نتیجه‌گیری

با توجه به آنچه در مقاله حاضر از بارزسازی رسوب با استفاده از سنجش از دور و تصاویر ماهواره‌ای با سنجنده‌های TM و +ETM بیان گردید، نتایج این مقاله از دو جهت قابل توجه می‌باشند.

۱. روش طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای می‌تواند کمک مؤثری را در به تصویر کشیدن وضعیت‌های مختلف پوشش زمین و شناسایی تغییرات سطحی بنماید. این نوع عملگرهای طبقه‌بندی می‌توانند در مساحت‌های زیاد و با گستردگی بیشتر، بارزسازی طبقات مختلف را در زمان کمتری ارائه دهند. تحقیق حاضر روشی نو را از کاربرد فن‌آوری‌های نوین و استفاده از سنجش از دور را در مطالعهٔ سطوح پخش سیلاب و بحث بارزسازی، ارائه کرده است که می‌تواند در پژوهش‌های بعدی قابلیت‌های دیگری را از خود نشان دهد.

۲. نتایج نشان دادند که بررسی تحلیلی وضعیت پوشش زمین در پهنه پخش سیلاب با استفاده از روش‌های اعمال شده و کاربرد سنجش از دور و تصاویر ماهواره‌ای امکان‌پذیر می‌باشد. هم‌چنین انجام پایش عرصه پخش سیلاب به وسیله اخذ

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-18]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1384.9.4.2.1]

تصاویر ماهواره‌ای در زمان‌های متفاوت تغیرات متناوب سامانه را مشخص می‌نماید. هم‌چنین با توجه به نتایج به دست آمده پیشنهاد می‌شود که برای انجام عملیات بارزسازی رسوب و مواد معلقی که با آب حمل شده و سپس در مکانی دیگر نهشته می‌شوند، خصوصا در مقیاس‌های بزرگ‌تر از ۱:۵۰۰۰۰، از تصاویری با قدرت تفکیک بالاتر استفاده شود. بهره‌وری از تصاویر ماهواره‌ای ASTER و IKONOS مطمئناً قدرت بارزسازی را به نحو قابل توجهی بالا خواهند برد.

سپاسگزاری

از استادان محترم دکتر Skidmore و دکتر Toxopeus به لحاظ همکاری در انجام تحقیق حاضر و آقایان دکتر قدوسی، دکتر آبکار و دکتر مهدیان به لحاظ راهنمایی‌ها و ویراستاری‌های فنی و ادبی این مقاله صمیمانه سپاسگزارم.

منابع مورد استفاده

۱. بی نام. ۱۳۷٤. طرح پخش سیلاب در آب باریک بم – کرمان، کتاب اول، مطالعات اولیه شناخت. مرکز تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری، تهران.

۲. پور اغنیائی، م. ع.، ا. هاشمی و م. عرفانیان. ۱۳۸۲. بررسی تأثیر پخش سیلاب بر آبخوان بر وضعیت کشاورزی مناطق پائین دست با استفاده از اطلاعات زمینی و تصاویر ماهواره‌ای. مجموعه مقالات سومین همایش آبخوانداری. پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری، تهران.

۳. حیدری مورچه خورتی، ف. و آ. مهدی پور. ۱۳۸۲. بررسی میزان نفوذ پذیری خاک در اثر تغییرات عمق رسوبات نهشته شده در عرصه پخش سیلاب آب باریک بم. مجموعه مقالات سومین همایش آبخوانداری، پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری، تهران.

۴. جلالی، ن. و ف. ایرانمنش. ۱۳۸۲. شناخت و تشکیل پایگاه داده برای مخروط افکنه‌های با کاربری غیر کشاورزی به عنوان محل‌های مناسب پخش سیلاب در کشور. مجموعه مقالات سومین همایش آبخوانداری، پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری، تهران.

۵. سررشته داری، الف. ۱۳۸۳. اثرات طرح پخش سیلاب بر نفوذ پذیری و حاصلخیزی خاک. پژوهش و سازندگی ۶۲: ۸۳-۹۳.

۶. کوران، پُل. ۱۳۷۳. *اصول سنجش از دور* (ترجمه ر. حائز). مرکز سنجش از دور ایران، مؤسسه انتشارات امید، تهران.

7. Anonymous. 2000. Principles of Remote Sensing. ITC Publication, The Netherlands.
8. Civco, D. L., J. D. Hurd, E. H. Wilson, M. Song and Z. Zhang. 2002. A Comparison of Land Use and Land Cover Change Detection Methods. ASPRS-ACSM Annual Conference and FIG XXII Congress, *URL: resac.uconn.edu/publications/tech_papers/pdf_paper/Land_Cover_Change_ASPRS2002.pdf*.
9. Flugel, W. A., M. Knoflacher, B. Müschen, F. Quiel, G. Rodolfi, K. Steinnocher and S. Vacca. 1999. ARSGISIP - Applied Remote Sensing for Sediment and Solute Transport Modeling in European Catchments. *URL: www.geogr.uni-jena.de/~arsgisip/ publications_pdf/modsim99_1.pdf*.
10. Labrandero, J. L. and F. Palou. 1980. Discrimination of soil associations using clustering techniques. Anales de Edafologiay Agrobiologia 39:515-521.
11. Leone, A. P., G. G. Wright and C. Corves. 1995. The application of satellite remote sensing for soil studies in upland areas of southern Italy. Int. J. Remote Sens. 16:1087-1105.
12. Liengsakul, M., S. Mekpaiboonwatana, P. Pramojanee, K. Bronsveld and H. Huizing. 1993. Use of GIS and remote sensing for soil mapping and for locating new sites for permanent cropland - A case study in the "highlands" of northern Thailand. Geoderma 60:293-307.
13. Nejabat, M. 1999. Improving Environmental Characteristics in a Wide Area around a Flood Water Spreading System. 9th International Congress on Rainwater Cachment System. Brazil. *URL: http://www.ircsa.org/members/pdf/9th/04_20.pdf*.

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-18]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1384.9.4.2.1]

14. Sarreshtehdari, A. 2002. The impact of a flood spreading project on soil properties. MSc. Thesis, ITC, Enschede, The Netherlands.
15. Skidmore, A.K., W. Bijker, K. Schmidt and L. Kumar. 1997. Use of remote sensing and GIS for sustainable land management. ITC J. 3:302-315.
16. Skidmore, A.K., B.J. Turner, W. Brinkhof and E. Knowles. 1997. Performance of a neural network: Mapping forest using GIS and remotely sensed data. PE & RS. 63:501-504.
17. Skidmore, A.K., F. Watford, P. Luckananurug and P. J. Ryan. 1996. An operational GIS expert system for mapping forest soils. PE & RS 62:501-511.
18. Skidmore, A.K. and B. J.Turner. 1988. Forest mapping accuracies are improved using a supervised nonparametric classifier with spot data. PE & RS 54:1415-1421.
19. Skidmore, A.K., C. Varekamp, L. Wilson, E. Knowles and J. Delaney. 1997. Remote sensing of soils in a eucalypt forest environment. Inter. J. Remote Sens. 18 (1):39-56.
20. Thompson, D.R.P., K. E. Henderson. 1983. Simulation of LANDSAT - ETM+ multi-spectral scanner response of soils Uusing laboratory reflectance measurements. Soil Sci. Soc. Amer. J. 47:542-546.
21. Thompson, D.R. and K. E. Henderson. 1984. Detecting soils under cultural vegetation using digital LANDSAT - ETM+ Thematic mapper data. Soil Sci. Soc. Amer. J. 48:1316-1319.

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-18]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1384.9.4.2.1]