

بررسی کارآئی روش‌های پردازش رقومی تصاویر ماهواره‌ای به منظور تهیه نقشه و شناسائی فرسایش خاک

مهران رئوفی^۱، حسینقلی رفاهی^۲، نادر جلالی^۳ و فریدون سرمدیان^۴
 ۱، ۲، ۴، دانشجوی دوره کارشناسی ارشد، استاد و استادیار دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران
 ۳، مربی پژوهشی مرکز تحقیقات و حفاظت خاک جهاد کشاورزی تهران
 تاریخ پذیرش مقاله ۸۲/۷/۹

خلاصه

در سالهای اخیر استفاده از اطلاعات و تکنیک‌های سنجش از دور در جهان تحول شگرفی در کسب اطلاعات مربوط به منابع مختلف زیستی و مدیریت بهینه آنها ایجاد کرده است. داده‌های سنجش از دور در کنار سایر منابع اطلاعاتی می‌توانند در مطالعات و بررسی‌های منابع طبیعی و کشاورزی در دسترس پژوهشگران و مدیران، جهت برنامه‌ریزی‌های توسعه منابع زمینی و محیطی قرار گیرند. از جمله اهداف مهم در مطالعات منابع طبیعی، حفاظت خاک می‌باشد. اولین قدم در حفاظت از خاک‌ها، شناسایی وضعیت فرسایش خاک در عرصه مورد نظر است. شناسایی مناطقی که فرسایش خاک در آنها به حد بحرانی رسیده است، اولویت‌های حفاظت خاک را برای ما نمایان می‌کند. این مهم به دو روش امکان پذیر است. یکی بکارگیری روش‌های سنتی ارزیابی صحرایی که بسیار وقت‌گیر و پرهزینه است و دیگری استفاده از تصاویر ماهواره‌ای می‌باشد که با توجه به سریع بودن و هزینه بسیار کمتر، مطلوبتر می‌باشند. در این تحقیق سعی شده با استفاده از تکنیک‌های پردازش تصاویر ماهواره‌ای و به کمک تصاویر ماهواره لندست هفت (سنجنده⁺ ETM) و کاسموس (دوربین KFA-1000) به شناسایی و تهیه نقشه فرسایش در حوزه آبخیز طالقان در استان تهران پرداخته شود. بطور کلی این تحقیق را می‌توان به دو بخش تقسیم کرد: بخش اول شامل استفاده از تکنیک ادغام تصاویر ماهواره به منظور بدست آوردن تصویر مطلوبتر جهت شناسایی و طبقه‌بندی فرسایش می‌باشد و بخش دوم شامل طبقه‌بندی و تهیه نقشه از مناطق فرسایش یافته می‌باشد. در بخش اول، پنج روش مختلف جهت ادغام تصاویر مورد استفاده قرار گرفته است که شامل: ساخت تصویر مرکب رنگی از مولفه‌های اصلی ۱، ۲ و ۳، ساخت تصویر مرکب از مولفه‌های اصلی ۲ و ۳ و باند پانکروماتیک سنجنده ETM، تهیه تصویر به روش IHS و جایگزینی پانکروماتیک ETM بجای مولفه شدت (I) در آن و انتقال مجدد آن به سیستم RGB، ضرب کردن باند پانکروماتیک در سایر باندهای سنجنده ETM و روش آخر ضرب مولفه شدت تصویر رقومی شده کاسموس در باندهای سنجنده ETM میباشد. بررسی‌های انجام شده در این مرحله نشان می‌دهد، تصویری که از ادغام تصویر کاسموس در باندهای ETM حاصل می‌شود بهترین قدرت تفکیک مکانی (Resolution) را دارد؛ و با توجه به کاهش اندازه پیکسل‌ها، قدرت جداسازی واحدها نیز افزایش می‌یابد، لذا بهترین تصویر جهت شناسایی فرسایش می‌باشد. همچنین این بررسیها نشان می‌دهد که تصویر RGB انتقال یافته از IHS بهترین وضوح را جهت شناسایی پدیده‌ها دارد. در بخش دوم تحقیق با استفاده از تصاویر حاصل از ادغام باندهای ETM در تصویر کاسموس، مبادرت به طبقه‌بندی فرسایش شده است. به این منظور ابتدا با استفاده از تصویر کاسموس و به روش تفسیر چشمی و به

کمک بازدیدهای صحرائی، یک نقشه واقعیت زمینی از مناطق فرسایش یافته تهیه شد. سپس با استفاده از چهار الگوریتم متفاوت، اقدام به طبقه‌بندی تصویر گردید که روش حداقل فاصله تا میانگین بهترین نتیجه را نشان داد. پس از طبقه‌بندی به کمک واقعیت زمینی، صحت تصویر طبقه‌بندی شده با استفاده از شاخص "صحت کلی" تعیین شد. محاسبات، دقت طبقه‌بندی را حدود ۸۰٪ نشان می‌دهد. در مرحله آخر تحقیق، از مناطق فرسایش یافته نمودار انعکاس طیفی تهیه شد که این نمودار نشان می‌دهد که مناطق فرسایش یافته در سه باند ۳، ۴ و ۵ بیشترین بازتابش را دارند.

واژه‌های کلیدی: فرسایش خاک، سنجش از دور، پردازش تصویر، تصاویر ماهواره‌ای، نقشه فرسایش

خاک

مقدمه

زمین به عنوان یکی از منابع قابل دسترس بشر برای ادامه حیات، پدیده‌ای پویا و در حال تغییر است. جهت دادن این تغییرات به سمت و سوی مطلوب انسان‌ها همیشه و در همه حال ممکن نیست.

فرسایش خاک یکی از همین تغییرات طبیعی است که امروزه به علت استفاده نابخردانه از اراضی توسط انسانها از وضعیت کند و طبیعی خود خارج شده و حالتی سریع و تشدید شونده یافته است. تأثیرات مستقیم فرسایش خاک بر زندگی انسانها به اشکال مختلفی خودنمایی می‌کند. از دسترس خارج شدن اراضی جنگلی، مرتعی و زراعی و کاهش بازده آنها، تشدید امکان بروز سیل، زمین لغزه و انباشتگی از رسوبات و در نهایت برگشت‌ناپذیری برخی از این صدمات نمونه‌ای از این تأثیرات نامطلوب است. جلوگیری از بروز این مسائل تنها با اعمال و اجرای اصول آبخیزداری و حفاظت خاک مقدور می‌گردد. اولین گام در حفاظت از خاکها، شناخت وضعیت فرسایش خاک در عرصه مورد نظر است. رسیدن به این شناخت برای عرصه‌های وسیع به ویژه با روش متداول و قدیمی مطالعات میدانی بسیار مشکل بوده و همین عامل دسترسی به این مهم را تاکنون میسر نساخته است. پژوهش و بررسی راه کارهای دیگری برای دستیابی هر چه سریعتر به شناخت وضعیت فرسایش خاک، مهم‌ترین نیاز آبخیزداری است.

با عنایت به مطالعات انجام شده در سایر کشورها استفاده از داده‌های سنجش از دور، برای نیل به این هدف بسیار مناسب می‌باشد.

همزمان با پیشرفت‌های سریع فن‌آوری‌های هوا- فضا و علوم کامپیوتر در عصر حاضر، کیفیت و دقت داده‌های سنجش از دور نیز روز به روز در حال ترقی است. پرتاب ماهواره‌های مختلف منابع زمینی و هواشناسی با سنجنده‌ها و اهداف گوناگون که در طول موج‌های مختلف و با قدرت تفکیک فضائی، رادیومتری، طیفی و زمانی متفاوت از زمین تصویر تهیه می‌کنند؛ حجم عظیمی از اطلاعات و تصاویر را در اختیار کاربران قرار داده است. این عوامل نیز به نوبه خود باعث پیشرفت تکنیک‌های پردازش تصاویر^۱ شده است و محققین را به استفاده بهینه از این اطلاعات تشویق نموده است.

استفاده از پردازش رقومی تصاویر بعنوان یک ابزار کمکی از دهه ۱۹۷۰ در نقشه‌برداری خاک آغاز شد. بیشتر تحقیقات انجام شده به کمک تصاویر ماهواره‌ای در زمینه فرسایش خاک در قالب طرح‌های نقشه‌برداری خاک انجام شده است. همچنین بیشتر مطالعات انجام شده در مورد فرسایش خاک که در آنها از GIS استفاده شده است با معادله جهانی فرسایش (USLE) و سایر مدل‌های ارزیابی فرسایش (مانند PSIAC ، EPM،...) سرو کار دارد.

ماتیو و همکاران (۱۹۷۳)، از تصاویر چند طیفی هوآئی برای بررسی کلاسه‌های مختلف فرسایش، در سری‌های خاک استفاده کردند و در این بررسی از تکنیک‌ها و مدل‌های کامپیوتری استفاده نمودند. نتایج حاصله با نقشه‌های تهیه شده از

1 . Image Processing

سه پارامتر از شش پارامتر USLE را می‌توان تعیین کرد (طول شیب، درجه شیب و پوشش).

بوکو و والنزولا (۱۹۸۸) با استفاده از تصاویر Spot، TM و GIS به بررسی فرسایش خندقی در منطقه مکزیکو پرداختند. این محققین در نهایت با بررسی‌های انجام شده به این نتیجه رسیدند که مناطق فرسایش یافته بدون نیاز به بارزسازی، مقدماتی مانند نسبت‌گیری، قابل طبقه‌بندی هستند. همچنین نه قدرت تفکیک مکانی بالای Spot و نه قدرت تفکیک TM اجازه تشخیص بهتر مناطق فرسایش یافته را نمی‌دهد. ضمناً با استفاده از تصاویر Spot طبقه‌بندی بهتری بین کلاس‌های مختلف فرسایش یافته می‌توان انجام داد. (۲)

هیکی و همکاران (۱۹۹۴) تلاش نمودند تا مشکل مدل USLE در محاسبه فاکتور LS را از طریق GIS حل کنند. آنها پس از تهیه مدل رقومی ارتفاعی (DEM) توانستند در محیط GIS این فاکتور را محاسبه کنند.

جاگر (۱۹۹۴)، در تحقیق خود در منطقه‌ای در آلمان با استفاده از مدل USLE و قابلیت‌های GIS، نسبت به محاسبه و برآورد میزان هدر رفت خاک اقدام کرد. در این تحقیق وی از مدل رقومی ارتفاع (DEM) برای محاسبه فاکتور LS در مدل USLE استفاده نمود.

سوری و هوفیرکا (۱۹۹۴) برای شناسایی فرسایش آبی تلفیقی از سنجش از دور و GIS را در اسلواکی بکار بردند. در این تحقیق، کلاس‌های بدست آمده از طبقه‌بندی نظارت نشده داده‌های Spot- XS و پتانسیل فرسایش و رسوب از نظر توپوگرافی که از داده‌های DTM بدست آمده بود، با هم مقایسه شدند. این بررسی نشان می‌دهد که ترکیب کلاس‌های طیفی خاک و داده‌های DTM یک روش مفید و امید بخش برای شناسایی، نقشه‌برداری و تفسیر توزیع مکانی خاک‌های فرسایش یافته، می‌باشد.

دیوودی و همکاران (۱۹۹۷) و دیوی و همکاران (۱۹۹۷) دیوودی و همکاران (۱۹۹۷) تحقیقی به منظور بررسی قابلیت سنجنده‌های چند طیفی در تهیه نقشه فرسایش در هندوستان انجام دادند. در این بررسی از داده‌های MSS، TM و Spot-MLA که بطور همزمان از منطقه مورد مطالعه برداشته شده بودند استفاده نمودند. نتایج نشان

عکس‌های هوایی ۶۰۰۰:۱ مقایسه شد و نتایج بسیار رضایت بخشی بدست آمد.

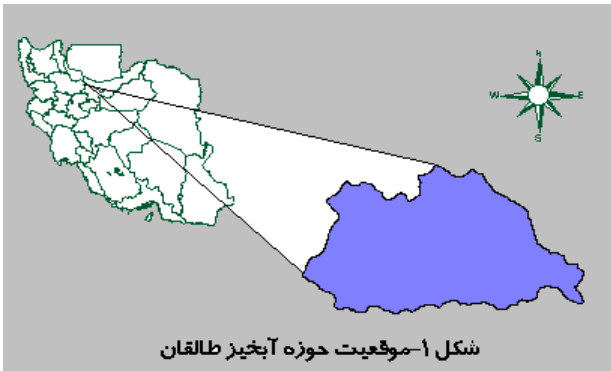
کامینسکی و همکاران (۱۹۷۹) از تصاویر سنجنده MSS و تکنیک‌های پردازش تصویر برای نقشه‌برداری خاک استفاده کردند و مناطقی با فرسایش متوسط و شدید را شناسایی کردند، که تقریباً دارای همبستگی ۱۰٪ با کلاس‌های طیفی بودند. (یعنی با افزایش و یا کاهش شدت فرسایش، شدت بازتابش طیفی افزایش یا کاهش می‌یابد.

سابرت و همکاران (۱۹۷۹) با استفاده از یک طبقه‌بندی نظارت نشده، یک نقشه از پوشش زمین تهیه کردند و آن را در تعیین محدوده‌های شدیداً فرسایش یافته در اراضی کشت شده در آمریکا، بسیار مفید ارزیابی کردند. این محققین پس از بررسی‌های مختلف به این نتیجه رسیدند که حتی اگر تصور شود که خاکها از مواد مادری متفاوتی منشاء گرفته‌اند و یا انتشار جغرافیائی گسترده‌ای دارند، باز هم ممکن است که خصوصیات و مشخصات ثابت فرسایش (مثل اشکال فرسایش) باعث انعکاس طیفی مشابهی در خاک‌ها شود. کانی‌های رسی، بافت خاک، آهن، رطوبت خاک و مواد آلی فاکتورهای مهمی هستند که میزان انعکاس طیفی خاک را کنترل می‌کنند.

گارلند (۱۹۸۱) در آفریقای جنوبی از عکس‌های هوایی مادون قرمز سیاه و سفید و عکس‌های هوایی پانکروماتیک با مقیاس ۲۰۰۰۰:۱ به منظور شناسایی عوارض فرسایش خطی مثل گالی‌ها استفاده نمود نتایج حاصل از این بررسی نشان می‌دهد که برای برخی از کاربردها، عکس‌های مادون قرمز، اطلاعات استخراج شده از عکس‌ها را افزایش می‌دهد. همچنین استفاده از عکس‌های پانکروماتیک نتایج بهتری نسبت به عکس‌های مادون قرمز و عکس‌های مرکب می‌دهد. هر چند که این اختلاف جزئی است.

اسپانر (۱۹۸۳)، داده‌های MSS و یک مدل رقومی ارتفاع (DEM) را در یک محیط GIS با هم ترکیب کرد. این روش، امکان طبقه‌بندی لندسکیپ بر اساس پستی و بلندی (شیب و ارتفاع) و تشخیص دقیق باغ‌های میوه و پوشش گیاهی طبیعی را امکان پذیر نمود، که این امکان با پردازش تنه‌های داده‌های لندست امکان پذیر نیست. به کمک مدل رقومی ارتفاع (DEM)

خاکهای حوزه طالقان شامل دو رده انتی سول^۴ و اینسپتی سول^۵ است. (۱)
شکل ۱ موقعیت حوزه آبخیز طالقان را نشان می دهد.



ب) روش تحقیق

قبل از تحلیل داده‌ها و استخراج اطلاعات از تصاویر ماهواره‌ای، انجام یکسری عملیات پیش پردازش بر روی تصاویر ضروری می‌باشد. مهم‌ترین عملیات پیش پردازش انجام شده در مورد داده‌ها شامل تصحیح هندسی می‌باشد. با توجه به اینکه داده‌های ETM⁺ به صورت ژئورفرنس شده در اختیار ما قرار گرفتند، لذا عملیات تصحیح هندسی و زمین مرجع کردن تصاویر فقط بر روی تصویر کاسموس انجام گرفت. به این منظور و با توجه به قابلیت نرم افزار از روش تصویر به تصویر^۶ برای انتخاب نقاط کنترل زمینی استفاده شد، و از تصویر سنجنده ETM⁺ بعنوان تصویر مبنا استفاده گردید.

پس از انتخاب نقاط کنترل زمینی، با استفاده از یک معادله چند جمله‌ای خطی (با توجه به وضعیت هندسی مناسب تصویر نیاز به معادله‌های با درجات بالاتر نمی‌باشد). اقدام به تصحیح هندسی تصویر کاسموس گردید.

پس از انجام این عمل، لازم است که درجه روشنایی (DN) در این تصویر با استفاده از تکنیک‌های درون‌یابی^۷ محاسبه و

می‌دهد که صحت طبقه‌بندی در تصویر MSS کمترین و در spot بیشترین مقدار می‌باشد؛ که علت آن قدرت تفکیک مکانی بالای spot می‌باشد. در تصاویر مرکب MSS و TM، اگر یکی از باندها توسط یک سنجنده با تفکیک مکانی بالاتر (مثل Spot یا TM) جایگزین شود صحت طبقه‌بندی افزایش می‌یابد. همچنین بکار بردن ترکیبی از سه نوع داده، نیز صحت طبقه‌بندی را افزایش می‌دهد که بهترین نوع ترکیب عبارت است از: باند یک MSS، باند دو Spot-MLA و باند چهار TM. (۳، ۴).

مواد و روش‌ها

الف) منطقه مورد مطالعه

مساحت حوزه آبخیز طالقان ۹۴۸/۵ کیلومتر مربع و محیط آن ۲۰۸/۹ کیلومتر می‌باشد که بر اساس سیستم مختصات UTM (سیستم مختصات مورد استفاده در این تحقیق) در زون n - ۳۹ واقع شده است. شرایط اقلیمی حوزه طالقان به شدت متأثر از موقعیت جغرافیائی و وضعیت توپوگرافی آن است. در مقیاس عمومی و با توجه به سیمای برآمدگی‌های آن، وضعیت اقلیمی حوزه طالقان عمدتاً متأثر از شرایط اقلیمی پیشکوه البرز جنوبی بوده و فقط در ارتفاعات خط الراس‌های شمالی حوزه، تاثیر رژیم خزری ارتفاعی به نحوه بسیار تعدیل شده‌ای مشهود است.

این حوزه از نظر واحدهای سنگ شناسی بسیار متنوع بوده و دارای بیش از ۵۵ واحد سنگی، رسوبی و آذرین است که کنگلومرا و برش در چهار گونه، هفت نوع شیل، پنج نوع مادستون (گل سنگ)، سه نوع دولومیت، ده نوع سنگ آهک، هفت نوع سنگ آذری آواری، ده نوع سنگ ولکانیکی، سنگ گچ و نهشته‌های آواری نشان از گوناگونی سنگ در این حوزه دارد.

از نظر خاکشناسی و طبقه‌بندی خاک و با در نظر گرفتن کلیه عوامل موثر در تشکیل خاک و با استفاده از روش Soil Taxonomy مشخص شده که رژیم رطوبتی خاکهای منطقه عمدتاً زیریک^۱ و رژیم حرارتی آنها عمدتاً مزیک^۲ و در بعضی مناطق فریجید^۳ است.

2. Mesic
3. Frigid
4. Entisol
5. Inceptisol
6. Image to image registration
7. Interpolation

1. Xeric

- جایگزین کردن باند پانکروماتیک ETM+ (b8) به جای PC1 در تصویر مرکب (زیرا مؤلفه PC-1 معادل باند پانکروماتیک در تصویر می‌باشد).

جایگزین کردن باند پانکروماتیک (b8) به جای مولفه شدت (I) در تصویر ساخته شده بروش IHS (زیرا مؤلفه شدت (I) معادل باند پانکروماتیک در تصویر IHS می‌باشد).

تبدیل تصویر ساخته شده به روش IHS (که باند pan جایگزین مولفه I شده) به سیستم RGB (به منظور افزایش کنتراست تصویر).

ضرب کردن باند پانکروماتیک در باندهای ETM+

ضرب کردن مولفه شدت (I) تصویر رقومی شده کاسموس در باندهای سنجنده ETM+

شکل ۲ اشکال حاصل از ادغام تصاویر به روشهای مختلف را نشان می‌دهد.

بازنویسی شود. به این منظور از معادله خطی فوق برای تطبیق تصویر تصحیح شده و تصویر خام استفاده گردید و روش درون‌یابی نزدیک‌ترین همسایه^۱ برای بازنویسی^۲ درجه روشنایی پیکسل‌های تصویر تصحیح شده، مورد استفاده قرار گرفت. پس از تصحیح هندسی داده‌ها به منظور بدست آوردن تصویری مناسب که مناطق فرسایش یافته در آن قابل تشخیص باشند، از روش پردازش، ادغام تصاویر^۳ استفاده شد. زیرا این تصاویر به دلیل قدرت تفکیک مکانی و طیفی کم، به تنهایی قابلیت انجام این کار را نداشتند. برای ادغام تصاویر ماهواره‌ای از روشهای مختلفی استفاده شده است که این روشها عبارتند از:

- ساخت تصویر مرکب از مولفه‌های اصلی (با توجه به اینکه سه مولفه اول تقریباً کل اطلاعات موجود در شش باند را دارا می‌باشند: ساخت یک تصویر مرکب از آنها می‌تواند همه این اطلاعات را در یک تصویر به ما ارائه دهد).



تصویر کاسموس ادغام شده در باند های ETM+ مقیاس ۱:۶۵۰۰۰



تصویر باندهای اصلی ETM+ مقیاس ۱:۶۰۰۰



تصویر ادغام شده ETM+ در باند A (pan) مقیاس ۱:۳۰۰۰۰



تصویر IHS انتقال یافته به RGB مقیاس ۱:۳۰۰۰۰



تصویر IHS که مولفه I آن توسط باند A ETM+ جایگزین شده است مقیاس ۱:۳۰۰۰۰

شکل ۲- اشکال حاصل از ادغام تصاویر به روشهای مختلف

1. Nearest Neighbour
2. Resampling
3. Image fusion

نقشه واقعیت زمینی از مناطق فرسایش یافته تهیه شد. پس از انجام مراحل فوق، به منظور طبقه‌بندی تصویر، با توجه به اینکه باندهای ادغام شده در تصویر کاسموس بالاترین قدرت تفکیک مکانی را داشتند، از آنها برای طبقه‌بندی تصویر استفاده شد.

بر اساس بررسی‌های انجام شده بر روی تصاویر رنگی کاذب و بازدیدهای صحرایی بعمل آمده از منطقه مورد مطالعه سه کلاس، فرسایش خندقی، شیاری و مناطق فرسایش نیافته جهت طبقه‌بندی تصویر تعیین گردید.

برای انتخاب بهترین باندها از شاخص O.I.F استفاده شد. بر این اساس باندهای ۵، ۴ و ۳ از باندهای ادغام شده با تصویر کاسموس جهت طبقه‌بندی استفاده شد.

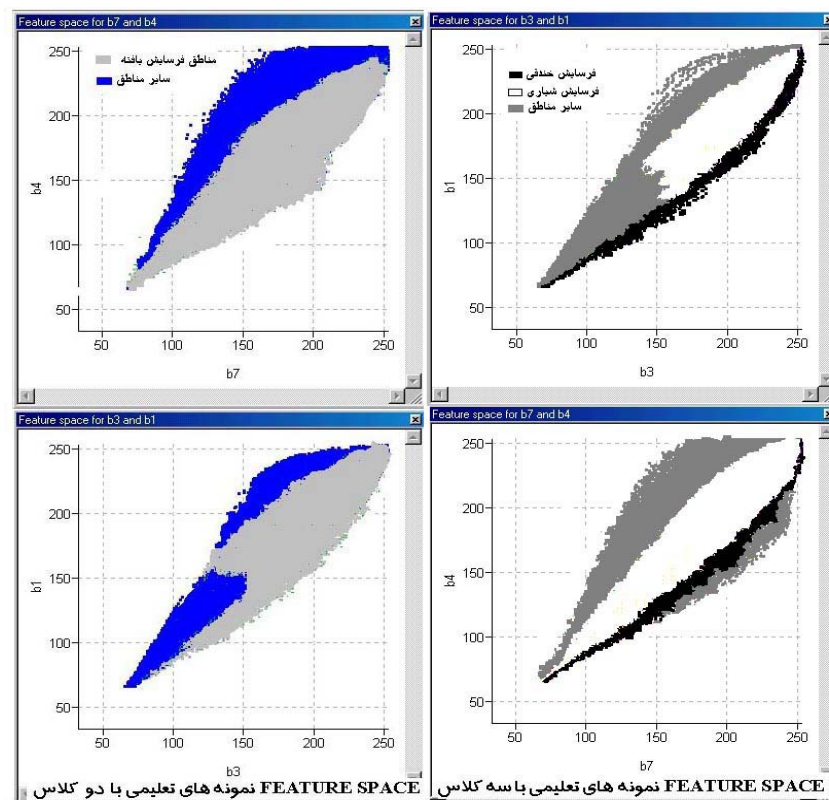
پس از تعیین نمونه‌های تعلیمی (شکل ۳ نمودار پراکنش طیفی نمونه‌های تعلیمی را نشان می‌دهد)، تصویر منطقه مورد نظر با استفاده از چهار الگوریتم زیر طبقه‌بندی گردید:

- الف) Box Classifier (ج) Mahalanobis Distance
- ب) Minimum Distance (د) Maximum Likelihood

پس از ادغام تصاویر، به منظور تهیه نقشه واقعیت زمینی، با توجه به قدرت تفکیک مکانی بالای تصویر رقومی شده کاسموس که (۱۰-۵) متر می‌باشد. از آن، برای انجام تفسیر چشمی مناطق فرسایش یافته استفاده شد. در این مرحله از تحقیق مناطقی که در تصویر فرسایش یافته به نظر می‌رسیدند و یا مشکوک به فرسایش بودند به تفکیک نوع فرسایش (خندقی، شیاری، سطحی) بروش On screen digitizing از روی تصویر جدا شدند. حتی الامکان سعی شد مناطق جدا شده از پراکنش مناسبی در سطح حوزه برخوردار باشند.

پس از انجام تفسیر چشمی، از مناطق جدا شده بر روی تصویر، یک پلات در مقیاس ۱:۵۰۰۰۰ تهیه شد و با استفاده از نقشه‌های توپوگرافی منطقه، گویا گردید. سپس با استفاده از GPS، مناطق جدا شده کنترل گردید. همچنین نقاط جدیدی نیز از منطقه برداشت شد.

پس از انجام بازدید صحرایی، مناطق جدا شده اصلاح گردید. همچنین بر اساس نقاط برداشت شده از منطقه و با کمک تصاویر ادغام شده با کاسموس و مناطق اصلاح شده قبلی،



شکل ۳- نمودار پراکنش طیفی نمونه‌های تعلیمی

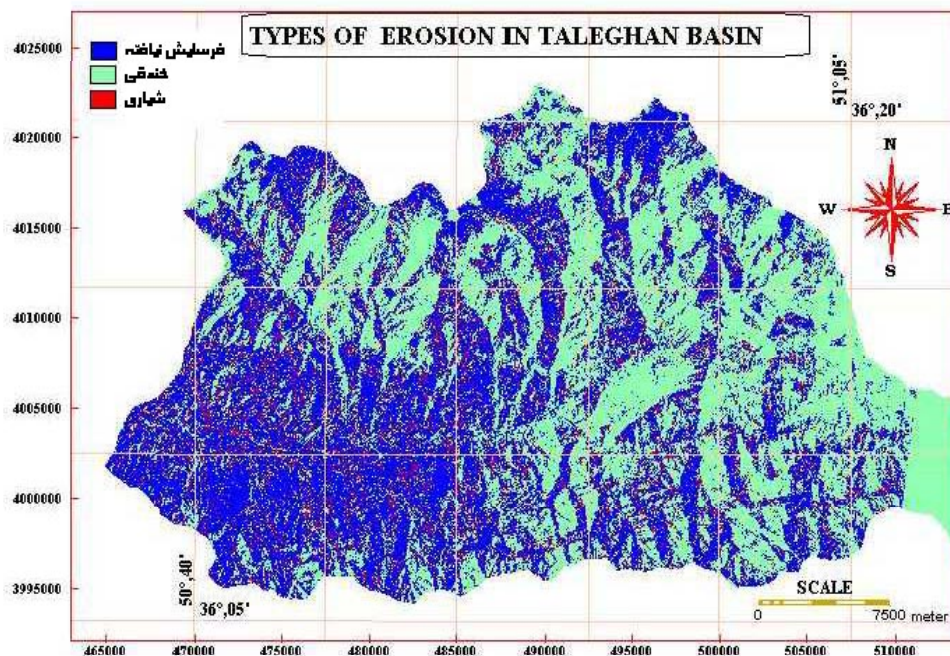
و مناطق فرسایش نیافته بود (شکل ۴). سپس با ادغام کردن دو کلاس فرسایش شیاری و خندقی در هم نقشه دیگری تهیه شد که دارای دو کلاس مناطق فرسایش یافته و مناطق فرسایش نیافته بود.

پس از طبقه‌بندی تصویر از مناطق فرسایش یافته، نمودار انعکاس طیفی تهیه شد که به این منظور، حدود هزار نقطه از مناطق فرسایش یافته که در برگیرنده فرسایش خندقی و شیاری بودند، به صورت تصادفی انتخاب گردید. سپس مقدار DN هر یک از نقاط در شش باند (۷ و ۵-۱) استخراج شد و این مقادیر به درصد تبدیل گردید. پس از آن نقاط انتخاب شده بر حسب نوع فرسایش مرتب شدند. در این مرحله میانگین درصد DN کلیه نقاط که دارای یک نوع فرسایش بودند در هر باند محاسبه شد و به عنوان درصد انعکاس طیفی آن نوع فرسایش در هر باند در نظر گرفته شد. به این ترتیب به ازای هر باند، یک درصد انعکاس طیفی برای هر نوع فرسایش بدست آمد و با داشتن این مقادیر، نمودار انعکاس طیفی مناطق دارای فرسایش خندقی و شیاری ترسیم شد.

پس از انجام عملیات طبقه بندی جهت حذف اطلاعات ناخواسته و غیر مفید موجود در نقشه طبقه بندی شده، از فیلترهای پائین گذر^۱ استفاده شد. فیلتر مورد استفاده، فیلتر متوسط با اندازه (۵×۵) بود (سایر فیلترهای پایین گذر بکار رفته تاثیر زیادی در کاهش نویزهای تصویر نداشتند).

به منظور محاسبه دقت نقشه‌های تولید شده از شاخص صحت کلی استفاده شد. به منظور محاسبه تعداد پیکسل‌های صحیح طبقه‌بندی شده و بدست آوردن، ماتریس خطا، نقشه واقعیت زمینی و تصویر طبقه بندی شده با هم قطع^۲ داده شدند و به این وسیله تعداد پیکسل‌های صحیح و غلط طبقه‌بندی شده محاسبه گردید.

پس از طبقه‌بندی تصویر و انجام پس پردازش بر روی آن، اقدام به تهیه نقشه خروجی از آن گردید. به این منظور با استفاده از یک دستور شرطی محدوده حوزه از تصویر طبقه‌بندی شده جدا گردید. سپس با استفاده از قابلیت‌های کارتوگرافیکی نرم افزار پردازشگر تصویر، و با قرار دادن شبکه مختصات بر روی تصویر و تهیه راهنمای نقشه، از تصویر طبقه‌بندی شده، یک نقشه تهیه گردید که دارای سه کلاس فرسایش خندقی، شیاری



شکل ۴ - نقشه فرسایش منطقه با سه کلاس

1. Low-Pass
2. Cross

بزرگ‌نمایی، تصاویر حاصل از ادغام تصویر کاسموس در باندهای ETM بالاترین قدرت تفکیک را دارا می‌باشند. به همین دلیل این تصاویر جهت طبقه‌بندی مورد استفاده قرار گرفتند. از بین چهار نوع الگوریتم بکار رفته برای طبقه‌بندی تصویر، بهترین نتیجه را الگوریتم، حداقل فاصله تا میانگین^۱ نشان می‌دهد.

بررسی صحت نقشه‌ها با استفاده از شاخص صحت کلی^۲ نشان می‌دهد که نقشه‌ای که با سه کلاس فرسایش شیاری، خندقی و مناطق فرسایش نیافته، طبقه‌بندی شده است دارای صحت کلی ۷۲/۸٪ می‌باشد (جدول ۱). همچنین استفاده از شاخص صحت تولید کننده^۳ نشان می‌دهد، صحت کلاسه فرسایش شیاری ۶۷/۵۴٪ و صحت کلاسه فرسایش خندقی در نقشه ۷۰/۲۸٪ می‌باشد. همچنین صحت کلی نقشه طبقه‌بندی شده با دو کلاس مناطق فرسایش یافته و فرسایش نیافته با استفاده از شاخص کلی ۸۱/۴۱٪ می‌باشد (جدول ۲). بطور کلی با توجه به امکانات موجود، نقشه تولید شده از صحت قابل قبولی برخوردار است.

جدول ۱- ماتریس خطا برای طبقه بندی با سه کلاس

واقعیت زمینی

طبقات	خندقی	شیاری	فرسایش نیافته	فرسایش طبقه بندی	جمع در طبقه بندی
خندقی	۱۳۷۰۴۰۶	۱۷۰۰۲۲	۱۲۴۳۴۹	۱۶۶۴۷۷۷	
شیاری	۲۰۰۶۵۰	۱۶۵۹۲۴	۱۴۱۲۱۹	۵۰۷۷۹۳	
فرسایش نیافته	۱۵۰۳۲۰	۲۳۷۳۴۵	۱۲۰۷۱۱۶	۱۵۹۶۷۸۱	
جمع در طبقه بندی	۱۷۲۱۳۷۶	۵۷۳۲۹۱	۱۴۷۲۶۸۴	۳۷۶۳۵۱	

جدول ۲- ماتریس خطا برای طبقه بندی با دو کلاس

واقعیت زمینی

طبقات	فرسایش یافته	فرسایش نیافته	جمع در طبقه بندی
فرسایش یافته	۱۷۱۷۶۴۳	۲۵۰۰۰۹	۱۹۶۷۶۵۲
فرسایش نیافته	۴۵۰۱۲۴	۱۳۴۹۵۷۵	۱۷۹۹۶۹۹
جمع در طبقه بندی	۲۱۶۷۷۶۷	۱۵۹۹۵۸۴	۳۷۶۷۳۵۱

1. Minimum Distance to Mean
2. Overall accuracy
3. Producer's accuracy

در مرحله بعد درصد انعکاس طیفی نقاط انتخابی، بر حسب نوع فرسایش و نوع لیتولوژی به همان شیوه قبلی محاسبه شد، و با استفاده از آن نمودار انعکاس طیفی برای هر نوع فرسایش بر حسب نوع لیتولوژی آن، رسم شد. در مرحله آخر تحقیق، مساحت مناطق فرسایش یافته محاسبه گردید که به این منظور از هیستوگرام نقشه‌های خروجی استفاده شد، و بر اساس آن درصد و مساحت کل مناطق فرسایش یافته و مناطق دارای فرسایش شیاری و خندقی محاسبه گردید.

نتایج و بحث

متوسط خطای کل (RMS) مربوط به تصحیح هندسی ۰/۷۳ پیکسل برآورد گردید. به منظور ارزیابی دقت تصاویر تصحیح شده، نقشه‌های وکتوری از محدوده حوزه، رودخانه‌ها و جاده اصلی با استفاده از نقشه‌های توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰ تهیه شده و بر روی تصویر کاسموس قرار داده شدند. انطباق منطقی این عوارض نشانگر قابل قبول بودن کیفیت نتایج تصحیح هندسی، انجام شده می‌باشد.

مقایسه تصاویر ادغام شده به روش‌های مختلف با یکدیگر، نشان می‌دهد که، با توجه به افزایش قدرت تفکیک مکانی تصاویر، بطور کلی تصاویری که از ادغام در باند پانکروماتیک سنجنده ETM⁺ با روش‌های مختلف ساخته می‌شوند، دارای بزرگ‌نمایی تا مقیاس حدود ۱:۳۰۰۰۰ هستند و تصاویری که از ادغام در تصویر کاسموس بوجود می‌آیند تا مقیاس حدود ۱:۱۰۰۰۰ قابلیت بزرگ‌نمایی دارند و تصاویر حاصل از باندهای اصلی ETM دارای قابلیت بزرگ‌نمایی تا مقیاس ۱:۶۰۰۰۰ می‌باشند.

از نظر کیفیت تصاویر، تصاویری که از ادغام باندهای ETM⁺ در باند Pan حاصل می‌شوند، دارای کیفیت مطلوبی می‌باشند. در بین همه روش‌های بکار برده شده جهت ادغام تصاویر، تصویر ساخته شده بروش RGB منتقل شده از IHS دارای بهترین کیفیت، وضوح و کنتراست هستند. به نظر می‌رسد در صورتی که این روش ساخت تصویر بر روی تصویر کاسموس اعمال شود، بهترین تصویر ادغام شده از نظر وضوح و قدرت تفکیک مکانی ایجاد شود. از نظر قدرت تفکیک زمینی و

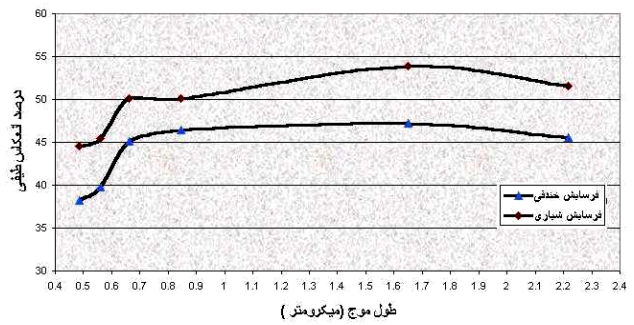
نشان می‌دهد. همانطور که در شکل نیز دیده می‌شود؛ همه منحنی‌ها همان روند منطقی قبلی را نشان می‌دهند. طبیعی است که تفاوت در سنگ‌ها بدلیل بازتابش متفاوت آنها و عبارت دیگر بازتابش متفاوت خاک‌های تولید شده از این سنگ‌ها، باعث تفاوت در میزان بازتابش طیفی آنها شده است. اما روند کلی آنها یکسان می‌باشد. همانطور که در نمودارها نیز دیده می‌شود بیشترین انعکاس در خاک‌های تشکیل شده بر روی تراس‌های گراولی و کمترین انعکاس را خاک‌های تشکیل شده بر روی لاوای پایه از خود نشان می‌دهند. که علت آن، هم احتمالاً مربوط به تفاوت رنگ این خاکها می‌باشد.

همانگونه که در شکل ۷ دیده می‌شود، ۵۶٪ از کل منطقه مورد مطالعه دارای فرسایش می‌باشد. که از این مقدار ۸٪ آن را فرسایش شیاری و ۴۸٪ آن را فرسایش خندقی تشکیل می‌دهد.

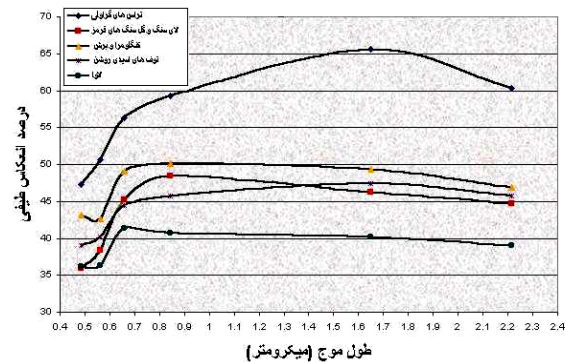


شکل ۷- نمودار مساحت مناطق فرسایش یافته

با توجه به موارد گفته شده، بطور کلی می‌توان نتایج این تحقیق را در موارد زیر خلاصه نمود:



شکل ۵- منحنی انعکاس طیفی مناطق دارای فرسایش خندقی و شیاری



شکل ۶- منحنی انعکاس طیفی مناطق دارای فرسایش خندقی بر اساس لیتولوژی

شکل ۵ منحنی انعکاس طیفی مناطق دارای فرسایش خندقی و شیاری را در حوزه طالقان نشان می‌دهد. همانطور که در نمودارها دیده می‌شود، شکل کلی منحنی، با نمودار کلی انعکاس طیفی خاک مطابقت دارد و منحنی یک روند منطقی را نشان می‌دهد. اگر در منحنی انعکاس طیفی خاک دقت شود درصد انعکاس به تدریج با یک شیب ملایم در همه خاکها افزایش می‌یابد. اما در منحنی‌های رسم شده از باند ۲ به باند ۳ منحنی دارای یک شیب نسبتاً تند می‌باشد که این شیب تند می‌تواند بدلیل اثرات اشکال فرسایش در بازتابش اشعه خورشید از سطح خاک باشد. در واقع این شیب تند می‌تواند نشان‌دهنده اثرات فرسایش برای DNهای خاک باشد. نکته قابل توجهی که در منحنی‌ها دیده می‌شود این است که، در سه باند ۳ و ۴ و ۵ بیشترین درصد انعکاس وجود دارد. مقایسه این امر با باندهای انتخاب شده توسط شاخص O.I.F جهت طبقه‌بندی (باندهای ۳ و ۴ و ۵) نشان دهنده مناسب بودن باندهای انتخاب شده جهت طبقه بندی می‌باشد.

شکل ۶ منحنی انعکاس طیفی خاکهای دارای فرسایش خندقی را بر حسب لیتولوژی منطقه یا در واقع سنگ مادر خاک

تصاویر، بهترین کیفیت و کنتراست را تصویر RGB انتقال یافته از IHS دارا می‌باشد و بالاترین قدرت تفکیک مکانی، متعلق به تصاویر ادغام شده کاسموس در باندهای ETM⁺ می‌باشد.

۴- بهترین باندها جهت طبقه‌بندی تصویر باندهای ۳، ۴ و ۵ می‌باشند.

۵ - حدود ۵۶٪ از کل منطقه مورد مطالعه (حدود ۵۰۰ Km²) دارای مناطق فرسایش یافته می‌باشد که ۸٪ آن (حدود ۵۰ Km²) متعلق به فرسایش شیاری و ۴۸٪ آن، (حدود ۴۵۰ Km²) متعلق به فرسایش خندقی می‌باشد.

۱ - استفاده از تکنیک ادغام تصاویر جهت شناسایی و طبقه بندی فرسایش مفید می‌باشد.

۲ - برای طبقه‌بندی فرسایش سطحی توسط تصاویر ماهواره‌ای باید از روش‌های غیرمستقیم استفاده کرد (روشهایی غیر از طبقه‌بندی نظارت شده و نظارت نشده مانند استفاده از change detection مواد آلی خاک سطحی، یا استفاده از تفسیر چشمی تصاویر).

۳ - از بین تکنیک‌های مختلف انجام شده جهت ادغام

REFERENCES

مراجع مورد استفاده

۱. مطالعات آبخیزداری حوزه طالقان. ۱۳۷۲-۷۹. گروه آبیاری و عمران دانشکده کشاورزی. دانشگاه تهران.
2. Bocco, G. & C.R. Valenzuela. 1988. Integration of GIS and image processing in soil erosion studies using ILWIS. ITC Journal VOL.4.PP.309-318.
3. Dwivedi, R.S., A. B. Kumar, & K. N. Tewari. . 1997. The utility of Multi – Sensor data for Mapping eroded Lands. INT. J. Remote sensing. Vol. 18. NO. 11.PP.2303-2318.
4. Dwivedi,R.S., T. Ravisankar, I. Venkataatnams, R. L. Karalf, S. P. Gawande, K. V. Seskagiri Rao, S. Senchaudhary, K. R. Bhaumik, & K. K. Mukharjee. 1997.The inventory and Monitoring of eroded Lands using remote sensing data. INT. J. Remote sensing.Vol.18.No. 1.PP.107-119.
5. Erdas Field Guide.1997. Forth Edition.
6. Garland,G.G. 1982. Mapping erosion with airphotos, Panchromatic or black and white infrared . ITC Journal.NO.3. PP. 309-312.
7. Hickey, A. Smith, & P. Jankowski. 1994. Slope length calculations form DEM within Arc/INFO Grid Computers. Environmental and urban systems. Vol. 18. NO.5. PP. 365-380.
8. Jager,S.1994. Modeling regional Soil erosion susceptibility using the universal soil loss equation and GIS. conserving Soil resource. European Prespective Selected Papers from the first international congress of the European Society for soil conservation.
9. Kaminsky,S.A. , R.A. Weismiller & B. O. Blair. 1979.An investigation of Analysis Techniques of landsat MSS Data Designed to Aid the soil survey. LARS Tech Rep. Purdue university.West Lafayette .pp.68.
10. Mathews, H.L., R.L. Cunningham, J. E. Cripa & T.R. West. 1973. Application of Multispectral remote sensing to soil survey research in southern pennsylvania. Soil sci .soc. Am. Proc .37: 88-93.
11. Spanner, M.A., A.H. Strahler & J. E. Estes. 1983. Soil loss prediction in a geographic information system format. Proc. 17 th int. symp. Rem. sens of Env. PP. 69-102.
12. Seubert,C.E., M.F.baumgardner, R. A. Weismiller & F. R. Krischner.1979. Mapping and estimating areal extent of severely eroded soils of selected sites in northern Indiana. Proc. Symp. machine processing of Remotely sensed Data. pp. 234-238.
13. Suri, M., & J.Hofierka .1994. Soil water erosion identification using satellite and DTM data.Google site.

A Study of the Efficiency of Digital Proessing Methods of Satellite Images to Map and locate Soil Erosion

M. RAOOFI¹, H. GH. REFAHI², N. JALALI³ AND F. SARMADIAN⁴

1, 2, 4, Former Graduate Student, Professor and Assistant Professor, Faculty of Agriculture, University of Tehran, 3, Instructor, Soil Research and Conservation, Agriculture Jihad Department, Tehran

Accepted. Oct. 1, 2003

SUMMARY

Nowadays the use of information and techniques in remote sensing has made it possible to have a remarkable development in acquiring information related to different biological phenomena as well as their optimal management. Remote sensing data along with other sources of information when available to researchers and managers can be used in environmental development, as well as in natural resources plannings. One of the salient and conspicuous objectives in this regard is soil conservation. Recognizing the regions affected by critical soil erosion reveals undisputable priorities for soil conservation. This can be achived in either one pf two ways. The first is making use of traditional methods of field evaluation which is time consuming and expensive while the second is the use of satellite images that is economical due to low costs as well as quickness. In the present research it is tried, to recognize and map erosion in Taleghan basin in Tehran province by using Image processing technics. Satellite images of LANDSAT 7 (ETM sensor) as well as Cosmos satellite (KFA – 1000 camera) were used. The research is devided into two sections: The first consists of “ Image Fusion” technic so as to achieve the better images for recognizing then categorizing erosion. The second section comprises of categorizing then mapping the eroded regions. In the first section, five different methods were used for image fusion as follows: making color composite from principal components (PC-1,2 and 3); making color composite from PC –2, and 3 as well as Panchromatic band of ETM sensor; providing images by IHS system and substitution of Intensity by ETM Panchromatic band then retransferring it to RGB system; multiplying Panchromatic band by other ETM sensor bands; finally, multiplying the intensity of Cosmos image by ETM sensor bands. Assessments at this stage indicate that the image obtained from fusion of Cosmos image and ETM band, possesses the best resolution and thus is the best image for recognizing erosion. Also these assessments indicate that the RGB image transfered from IHS presents the most clearness for recognition of phenomena. In the second part of the research, erosion is categorized by using images obtained from the fusion of ETM bands and Cosmos image. For this purpose, a map of ground turth from eroded regions is provided by using Cosmos image as well as by visual interpretation and field observations. The image is then categorized by using four different algorithms with “Minimum Distance To mean” showing the best results. Following categorization by ground truth, the accuracy of categorized image is designated by “ Overall Accuracy” index. Measurements indicate an approximate 80 percent accuracy for the categorization. In the last stage of the research, “ Spectral Signature” is provided from eroded regions indicating that the eroded regions in bands 3, 4, and 5 possess the most spectral reflections.

Key words: Soil erosion, Remote sensing , Image Processing, Satellite images, Soil erosion map