

بررسی چند روش تهیه نقشه فرسایش شیاری با استفاده از GIS و RS

علی محمدی ترکشوند^۱، دانش‌آموخته دکتری خاکشناسی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی

داود نیک‌کامی، دانشیار پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری

مهرداد اسفندیاری، استاد دانشکده فنی، دانشگاه تهران

سید کاظم علوی پناه، استاد دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران

پذیرش مقاله: ۱۳۸۹/۰۵/۲۶

دریافت مقاله: ۱۳۸۸/۱۲/۲۳

چکیده

نقشه فرسایش شیاری یکی از نقشه‌های پایه در مطالعات فرسایش و رسوب و برنامه‌های مدیریت آبخیزها است. برای بررسی برخی روش‌ها در تهیه نقشه ۲۵۰۰۰۰:۱ فرسایش شیاری، مطالعه‌ای در حوزه‌های آبخیز کن-سولقان و جاجرود در استان تهران انجام شد. در مرحله اول در حوزه آبخیز کن و سولقان، چهار نقشه واحدهای کاری از تلفیق لایه‌های اطلاعاتی الف) پوشش گیاهی، سنگ‌شناسی و شیب ب) کاربری، سنگ‌شناسی و شیب ج) کاربری، حساسیت سنگ‌ها به فرسایش و شیب د) کاربری حساسیت سنگ‌ها به فرسایش واحدهای اراضی، تهیه شد. برای بررسی کارایی این چهار نقشه، ۵۳ نقطه زمینی کنترل شد. نتایج نشان داد که نقشه واحدهای کاری "د" با توجه به ملاحظات اقتصادی و اجرایی بهتر از نقشه‌های واحدهای کاری "الف"، "ب" و "تا حدودی" "ج" در تهیه نقشه فرسایش شیاری بود. در مرحله دوم در حوزه آبخیز جاجرود، نقشه واحدهای کاری حاصل از روش "د" به همراه سه نقشه واحدهای کاری مبتنی بر "ه" واحدهای اراضی، "و" واحدهای حساسیت سنگ‌ها و "ز" واحدهای فتومورفیک حاصل از تفسیر تصاویر ماهواره‌ای ETM⁺، مورد ارزیابی قرار گرفتند. شدت فرسایش شیاری در ۳۱۴ نقطه زمینی کنترل و نقشه واقعی فرسایش شیاری تهیه شد. نقشه فرسایش شیاری با هر یک از نقشه‌های واحدهای کاری "د"، "ه"، "و" و "ز" قطع داده شد. نتایج نشان داد که بیش‌ترین صحت مربوط به روش تفسیر تصاویر ماهواره‌ای با ۸۱ درصد صحت بود. هم‌چنین صحت روش‌های تلفیق لایه‌ها، واحدهای اراضی و حساسیت سنگ‌ها به ترتیب ۷۸/۴، ۶۶/۶ و ۵۹/۹ درصد بود. جذر میانگین مربعات خطاها برای نقشه حساسیت سنگ‌ها، بیش‌ترین و برای روش تفسیر تصاویر کم‌ترین بود. بیش‌ترین دقت مربوط به روش تفسیر تصاویر ماهواره‌ای (با ضریب تغییرات ۲۰/۴ درصد) بود. در کل روش تفسیر تصاویر ماهواره‌ای در تهیه نقشه فرسایش شیاری، از روش‌های دیگر بهتر بوده است.

واژه‌های کلیدی: حساسیت سنگ، سامانه اطلاعات جغرافیایی، سنجش از دور، فتومورفیک، کن-سولقان

مقدمه

شیارها ناشی از تمرکز آب در روی شیب‌ها است (رفاهی، ۱۳۷۸). فرسایش شیاری وقتی روی می‌دهد که تنش برشی جریان در اثر تمرکز آب، افزون بر مقاومت خاک است در این حالت شیب و شکل آن، نوع خاک، شرایط آب و خصوصیات بارندگی بر فرسایش شیاری مؤثرند (Cerdan و همکاران، ۲۰۰۲). در شیب‌های مستقیم اغلب شیارها منقطع بوده، پهنای آن‌ها تغییر مشخصی را به طرف پایین شیب نشان نمی‌دهد. پهنای ثابت شیارها نشان می‌دهد که جریان شیار به طرف پایین شیب افزایش نمی‌یابد، بدین معنی که شیب‌های کناری در ایجاد روان‌آب به شیار تأثیر چندانی ندارند. وقتی سنگ بستر در سرتاسر حوضه یک‌نواخت باشد، فرض بر این است که پاسخ هیدرولوژیکی حوضه

^۱ mohammadit_a@yahoo.com

یک‌نواخت بوده، تمام حوضه به یک نسبت در ایجاد روان‌آب در شیپار دخالت دارد (Zhang و همکاران، ۱۹۹۸). فرسایش شیاری در صورتی که کنترل نشود با توسعهٔ بیش‌تر می‌تواند منجر به توسعه آبراهه‌ها و خندق‌ها شود. بنابراین نقشه‌برداری شدت فرسایش شیاری در مدیریت حوضه‌ها حائز اهمیت است و اولویت برنامه‌های حفاظت خاک را مشخص می‌کند (محمدی ترکاشوند، ۱۳۸۵). نقشه‌های اشکال فرسایش جزو نقشه‌های پایه در مطالعات فرسایش و رسوب است که براساس شواهد ظاهری فرسایش در منطقه تهیه و ارائه می‌شوند (محمدی ترکاشوند و همکاران، ۱۳۸۵).

نقشه‌برداری زمینی و یا استفاده از عکس‌های هوایی شاید روش‌های مناسبی در تهیه نقشه‌های اشکال فرسایش باشند، اما به دلیل هزینه‌ها و زمان زیادی که صرف می‌کنند، تهیه آن‌را در عمل با مشکل مواجه می‌سازند (رئوفی و همکاران، ۱۳۸۲). در سال ۱۳۷۹، طرحی به‌وسیله دفتر مطالعات و ارزیابی آبخیزهای سازمان جنگل‌ها، مراتع و آبخیزداری پیشنهاد شد که در آن روشی برای تهیه نقشه سیمای فرسایش خاک کشور توصیه شد. در این روش قرار بود به کمک وضعیت خاک، شیب، لیتولوژی، تیپ اراضی، CN و کاربری اراضی، نقشه‌ای در مقیاس ۱:۵۰۰۰۰ تهیه شود (طرح ملی تهیه نقشه سیمای فرسایش خاک کشور، ۱۳۷۹)، اما به دلیل حجم کار، هزینه (۱۶ میلیارد ریال در سال ۱۳۷۹) و زمان طولانی انجام آن (۳۵ سال)، عملی بودن روش زیر سؤال رفت.

رهنما (۱۳۸۱)، بنا به درخواست معاونت آبخیزداری وزارت جهاد سازندگی (سابق) امکان تهیه نقشه سیمای فرسایش را به‌صورت آزمایشی در استان اصفهان بررسی نمود. وی استفاده از عکس‌های هوایی را به‌منظور تهیه نقشه سیمای فرسایش برای کل کشور کاری بسیار مشکل و پرهزینه ارزیابی نمود. بنابراین تحقیقات به این سمت گرایش یافت که بتوان از پردازش تصاویر ماهواره‌ای و یا تلفیق لایه‌های اطلاعاتی مؤثر در فرسایش در محیط سامانه‌های اطلاعات جغرافیایی، نسبت به تهیه نقشه اشکال فرسایش اقدام نمود (Feoli و همکاران، ۲۰۰۲). رهنما (۱۳۸۱)، نیز به‌منظور تسریع در تهیه نقشه اشکال فرسایش، استفاده از سامانه‌های سنجش از دور را توصیه نموده است.

بیش‌تر بررسی‌های مربوط به فرسایش و رسوب معطوف به تهیه نقشه‌های کمی فرسایش و رسوب بوده (Singh و همکاران، ۱۹۹۲؛ Martinez، ۲۰۰۳؛ Ygarden، ۲۰۰۳؛ Essa، ۲۰۰۴ و Mohammad Rions، ۲۰۰۵)، کم‌تر به تهیه نقشه‌های اشکال فرسایش توجه شده است (Flugel و همکاران، ۱۹۹۹). مطالعات معدودی در مورد تهیه نقشه اشکال فرسایش صورت گرفته، از جمله تحقیق GLASOD¹ که فرسایش را به انواع آبی، بادی، فیزیکی و شیمیایی تقسیم‌بندی می‌کند (Oldeman و همکاران، ۱۹۸۸ و ۱۹۹۱) و توجهی به انواع فرسایش آبی ندارد. Fletcher و Nobel نیز در سال ۱۹۸۴ نقشه اشکال فرسایش نیوزیلند را تهیه نمودند. واحدهای کاری آن‌ها از تلفیق لایه‌های سنگ‌شناسی، خاک، شیب، فرسایش، پوشش گیاهی، آب و هوا و کاربری اراضی به‌دست آمده بود. در این روش، فرسایش‌های سطحی، شیاری، خندقی، آبراهه‌ای و توده‌ای و شدت آن‌ها با کار میدانی در واحدهای کاری بررسی و کنترل شده بودند.

نجات (۱۳۸۱)، امکان‌سنجی پردازش رقومی تصاویر ماهواره‌ای در تهیه نقشه فرسایش سطحی خاک و Sirvio و همکاران (۲۰۰۴) نیز تهیه نقشه فرسایش خندقی در منطقه تیتا (Taita) در جنوب شرقی کنیا را بررسی نموده‌اند. حاجی‌قلی‌زاده (۱۳۸۴)، از روش تفسیر و پردازش رقومی تصاویر ماهواره‌ای ETM⁺ سال ۲۰۰۲ برای تهیه نقشه شکل فرسایش از جمله فرسایش شیاری در پنج حوضه استان تهران استفاده نمود. طبق تحقیق وی، تشخیص فرسایش شیاری با توجه به مقیاس شکل و نیز قدرت تفکیک تصاویر ماهواره‌ای مورد استفاده، کار بسیار دشواری ارزیابی شد. رئوفی و همکاران (۱۳۸۳)، با استفاده از روش‌های پردازش تصاویر ماهواره‌ای به شناسایی و تهیه نقشه فرسایش در حوزه آبخیز طالقان در استان تهران پرداختند. آن‌ها طبقه‌بندی رقومی تصویر را بر حسب فرسایش شیاری و خندقی انجام داده و مساحت محدوده‌های هریک را محاسبه نمودند.

¹ Global Assessment of Human Induced Soil Degradation

بررسی‌های به‌عمل آمده نشان داده که طرح‌های تهیه نقشه‌های اشکال فرسایش مبتنی بر یک روش خاص بوده، پلی‌گون‌ها یا واحدهای کاری از نظر اشکال فرسایش در صحرا کنترل شده‌اند و به‌نظر می‌رسد تحقیقی که به‌صورت روش‌شناسی و با لحاظ مقایسه روش‌های مختلف از نظر صحت، دقت و خطای برآورد اشکال فرسایش باشد، انجام نشده است. در تحقیق حاضر، از تلفیق لایه‌های اطلاعاتی مختلف و همچنین تفسیر تصاویر ماهواره‌ای نقشه‌های واحدهای کاری تهیه شد. با فرض هم‌گن بودن فرسایش شیاری در واحدهای اراضی و واحدهای نقشه حساسیت سنگ‌ها، این دو نقشه نیز به‌عنوان نقشه واحدهای کاری در تهیه نقشه فرسایش شیاری بررسی شدند. بنابراین اهداف تحقیق، بررسی صحت، خطا و دقت روش‌های چهارگانه (۱) تلفیق لایه‌های اطلاعاتی، (۲) پردازش تصاویر ماهواره‌ای، (۳) واحدهای اراضی و (۴) حساسیت سنگ‌ها به فرسایش در تهیه نقشه فرسایش شیاری است.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد تحقیق: حوضه کن با مساحت ۲۰۵۸۹ هکتار بین طول‌های شرقی 51° و 9° تا 51° و 22° و عرض‌های شمالی 35° و 46° تا 35° و 57° و حوضه جاجرود با مساحت ۱۶۲۵۵۸ هکتار بین طول‌های شرقی 51° و 34° تا 52° و 6° و عرض‌های شمالی 35° و 13° تا 35° و 48° به‌عنوان حوضه‌های مطالعاتی در نظر گرفته شدند.

روش تحقیق

الف. فعالیت‌های دفتری: نقشه‌های پوشش گیاهی، سنگ‌شناسی و واحدهای اراضی در مقیاس ۱:۲۵۰۰۰۰، در پژوهشکده حفاظت خاک و آب‌خیزداری، اسکن، رقومی و دارای مختصات شدند. برای تهیه لایه شیب از فایل رقومی توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰ حوضه‌ها و مدل رقومی ارتفاع (DEM)^۱ استفاده شد و مطابق با استاندارد مؤسسه تحقیقات خاک و آب (Mahler, ۱۹۷۹)، لایه شیب تهیه شد. لایه کاربری اراضی از طبقه‌بندی چشمی تصاویر کاذب رنگی ۵-۳-۱ و ETM^+ ۲-۳-۴ و لایه حساسیت سنگ‌ها به فرسایش، از نقشه سنگ‌شناسی (فیض‌نیا، ۱۳۷۴) تهیه شدند. در حوزه آبخیز کن و سولقان، از ترکیب لایه‌های زیر به‌عنوان روش‌های مختلف برای تهیه نقشه واحدهای کاری استفاده شد.

الف. پوشش گیاهی، سنگ‌شناسی و شیب،

ب. کاربری اراضی، سنگ‌شناسی و شیب،

ج. کاربری اراضی، حساسیت سنگ‌ها به فرسایش و شیب،

د. کاربری اراضی، حساسیت سنگ‌ها به فرسایش و واحدهای اراضی.

در حوزه آبخیز جاجرود، با توجه به نتایج حوزه آبخیز کن - سولقان که شرح آن خواهد آمد، نقشه واحدهای کاری روش "د" به‌همراه سه روش زیر به‌عنوان چهار نقشه واحدهای کاری در تهیه نقشه فرسایش شیاری بررسی شدند. ه. نقشه واحدهای کاری حاصل از طبقه‌بندی چشمی تصاویر ماهواره‌ای (نقشه واحدهای فتومورفیک)، و. نقشه واحدهای کاری مبتنی بر واحدهای نقشه واحدهای اراضی، ز. نقشه واحدهای کاری مبتنی بر واحدهای حساسیت سنگ‌ها به فرسایش.

به‌منظور تهیه نقشه واحدهای کاری حاصل از تفسیر تصاویر ماهواره‌ای ETM^+ (۲۰۰۲)، عملیات پردازش تصاویر انجام شد که به‌طور خلاصه شامل انتخاب بهترین نوارها برای ایجاد تصویر ترکیب رنگی^۲، تجزیه و تحلیل مؤلفه‌های اصلی^۳، ۱، ۲ و ۳، بازچینی نوارهای طیفی و مؤلفه‌های اصلی به زمین مرجع نوار پانکروماتیک به‌روش نزدیک‌ترین همسایه^۴، ساختن تصاویر مختلف رنگی با استفاده از نوارهای طیفی، مؤلفه‌های اصلی و نوار پانکروماتیک، بسط خطی^۵ و

^۱ Digital Elevation Model

^۲ Fals color composite

^۳ Principal components analysis

^۴ Nearest neighbor

^۵ Linear stretching

و فیلترگذاری در مراحل مختلف تهیه تصاویر رنگی بود. در نهایت همه تصاویر با هم مقایسه شد و بهترین تصویر و یا تصاویر به منظور تشخیص فرسایش شیاری برای تفسیر انتخاب شد. سپس از DEM، لایه سایه تپه‌ها^۱ تهیه و با تصویر رنگی تلفیق شد تا امکان دید سه بعدی فراهم شود. با توجه به این که تشخیص فرسایش شیاری بر روی تصویر ممکن نبود، اقدام به جداسازی واحدهای فتومورفیک با توجه به رنگ، تن، نقش، الگوهای زهکشی و خصوصیات دیگر تصویر (علوی پناه، ۱۳۸۲) به روش ترسیم بر روی نمایش گر^۲ شد.

ب. **فعالیت‌های میدانی:** روشی که برای طبقه‌بندی شدت فرسایش شیاری به کار رفت، تلفیقی از روش‌های Flugel و همکاران (۱۹۹۹)، Boardman و همکاران (۲۰۰۳) و رفاهی (۱۳۷۸) بود. در فرسایش شیاری فاصله شیارها از هم و درصد پراکنش آن‌ها در عرصه مد نظر قرار گرفت (جدول ۱).

در حوزه آبخیز کن-سولقان، شدت فرسایش شیاری و پراکنش آن در ۵۳ سایت کنترل زمینی به‌طور تصادفی بررسی و مختصات نقاط به وسیله GPS یادداشت شد. از نقاط کنترل زمینی، یک نقشه نقطه‌ای تهیه شد و با چهار نقشه واحدهای کاری الف، ب، ج و د مقایسه و درصد نقاطی که در هر واحد دارای شدت یکسانی از فرسایش شیاری بودند، محاسبه شد.

جدول ۱- طبقه‌بندی شدت فرسایش شیاری

درصد پراکنش				فاصله شیارها (متر)
> ۷۵	۵۰ - ۷۵	۲۵ - ۵۰	۵ - ۲۵	
خیلی شدید	خیلی شدید	شدید	متوسط	< ۳
خیلی شدید	شدید	متوسط	کم	۳ - ۲۵
شدید	متوسط	کم	کم	۲۵ - ۱۰۰
متوسط	کم	کم	-	۱۰۰ - ۵۰۰

در حوضه جاجرود، ۳۱۴ نقطه برای کنترل زمینی بر روی تصویر ماهواره‌ای مشخص و به روش تیسن^۳، برای هر نقطه برداشت یک پلی‌گون اولیه تعیین شد. سپس مرزهای هر پلی‌گون با توجه به مشاهدات صحرائی اصلاح و محدوده‌ای که دارای شدت فرسایش شیاری مربوط به هر نقطه برداشت زمینی بود، مشخص شد. در نهایت هر محدوده با توجه به شدت فرسایش شیاری در صحرا، کدگذاری و محدوده‌های دارای شدت هم‌گن در هم ادغام و نقشه واقعی فرسایش شیاری تهیه شد. این نقشه با نقشه‌های واحدهای کاری روش‌های "د"، "ه"، "و"، "ز" قطع داده شد. شکل ۱ موقعیت نقاط کنترل زمینی حوزه آبخیز جاجرود را نشان می‌دهد. برای بررسی صحت هر یک از روش‌های فوق در تهیه نقشه فرسایش شیاری، طبق رابطه ۱ از روش میانگین وزنی استفاده شد.

$$A = \frac{\sum_{i=1}^n a_i c_i}{\sum_{i=1}^n a_i} \quad (1)$$

که در آن، A صحت نقشه (درصد انطباق نقشه تخمینی با نقشه کنترل شده)، a_i مساحت هر واحد کاری (مساحت واحد در مدل برآورد شده)، c_i بیشینه مساحتی از هر واحد (بر حسب درصد) که از نظر شدت فرسایش شیاری هم‌گن است (مساحت واحد در مدل کنترل شده).

¹ Hillshade

² On Screen Digitizing

³ Thiessen

برای بررسی صحت واحدهای کاری از شاخص‌های AE^1 (رابطه ۲)، MAE^2 (رابطه ۳) و $RMSE^3$ (رابطه ۴) نیز استفاده شد (Hair و همکاران، ۱۹۹۸).

$$AE = |Z_{(x_i)} - Z^*_{(x_i)}| \quad (2)$$

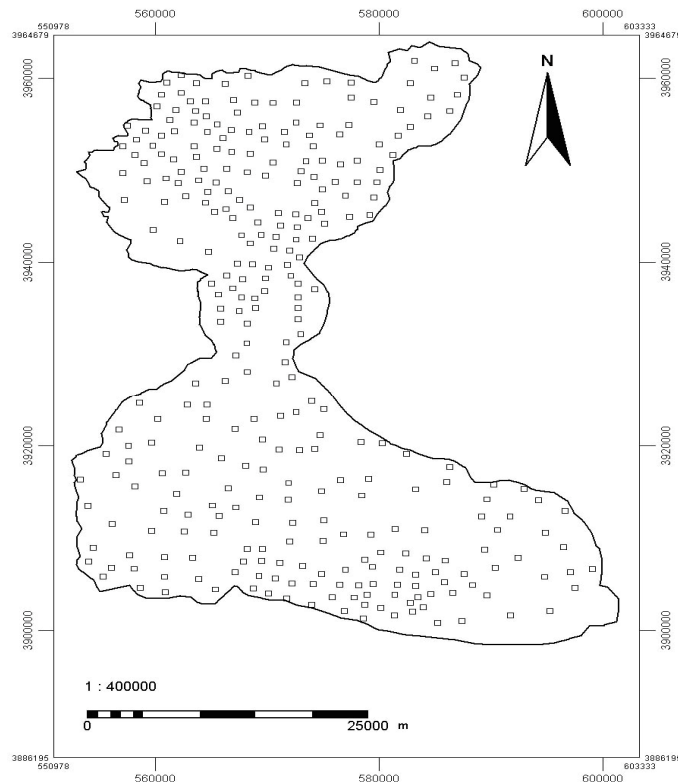
که در آن، AE قدر مطلق خطا، $Z^*_{(x_i)}$ مساحت واحد در مدل برآورد شده (واحدهای کاری)، $Z_{(x_i)}$ مساحت واحد در مدل مشاهده‌ای (حداکثر درصد همگنی هر واحد در شرایط کنترل شده) است.

$$MAE = \frac{\sum_{i=1}^n |Z_{(x_i)} - Z^*_{(x_i)}|}{n} \quad (3)$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n [Z_{(x_i)} - Z^*_{(x_i)}]^2}{n}} \quad (4)$$

که در آن، MAE میانگین قدر مطلق خطای واحدهای کاری، $RSME$ ریشه دوم میانگین مربعات خطای واحدهای کاری است.

هر کدام از مدل‌های برآورد فرسایش شیاری، که جذر میانگین مربعات خطای کم‌تری داشته باشد، دارای خطای کم‌تر و صحت بیش‌تر است. برای بررسی دقت روش‌ها از ضریب تغییرات صحت واحدها ($CV = \frac{S}{\bar{X}} * 100$) استفاده شد که S انحراف معیار صحت واحدهای برآورد شده و \bar{X} صحت کل مدل (A در رابطه ۱) است. هر روشی که ضریب تغییرات صحت کم‌تری داشته باشد، از دقت بیش‌تری برخوردار است.



شکل ۱- موقعیت نقاط کنترل زمینی در حوزه آبخیز جاجرود

¹ Absolute Error

² Mean Absolute Error

³ Root Mean Squared Error

نتایج و بحث

حوزه آبخیز کن: در جدول ۲ نتایج روی هم‌گذاری لایه‌های اطلاعاتی و تهیه نقشه واحدهای کاری "الف" تا "د" در حوضه کن را نشان می‌دهد. همان‌گونه که ملاحظه می‌شود، تلفیق سه لایه سنگ‌شناسی، پوشش گیاهی و شیب (نقشه واحدهای کاری "الف") منجر به ایجاد ۱۷۱ واحد کاری و تلفیق لایه‌های حساسیت سنگ‌ها به فرسایش، کاربری و واحدهای اراضی (نقشه واحدهای کاری "د") منجر به ایجاد شش واحد کاری گردید که به ترتیب بیش‌ترین و کم‌ترین واحد کاری در بین چهار روش مورد مقایسه بوده است. در نقشه‌های واحدهای کاری فوق مساحت‌های کم‌تر از یک میلی‌متر مربع به دلیل عدم نمایش از نظر رنگ در مقیاس ۱:۲۵۰۰۰۰ حذف می‌شوند (دانشگاه کرنل، ۱۹۹۶).

جدول ۲- نتایج روی هم‌گذاری لایه‌های اطلاعاتی در حوزه آبخیز کن

نقشه واحدهای کاری	لایه‌های روی هم‌گذاری شده	تعداد واحد کاری	بزرگ‌ترین واحد (هکتار)	کوچک‌ترین واحد (هکتار)	تعداد واحدهای کوچک‌تر از ۶/۲۵ هکتار
الف	سنگ‌شناسی، پوشش گیاهی و شیب	۱۷۱	۱۵۷۹	۰/۱۸	۴۲
ب	سنگ‌شناسی، کاربری اراضی و شیب	۱۲۰	۱۶۰۸/۷	۰/۱۸	۲۷
ج	حساسیت سنگ، کاربری اراضی و شیب	۴۹	۲۶۵۹/۹	۳/۹۵	۲
د	حساسیت سنگ، کاربری اراضی و واحدهای اراضی	۶	۶۹۹۵/۳	۲۰/۱۳	-

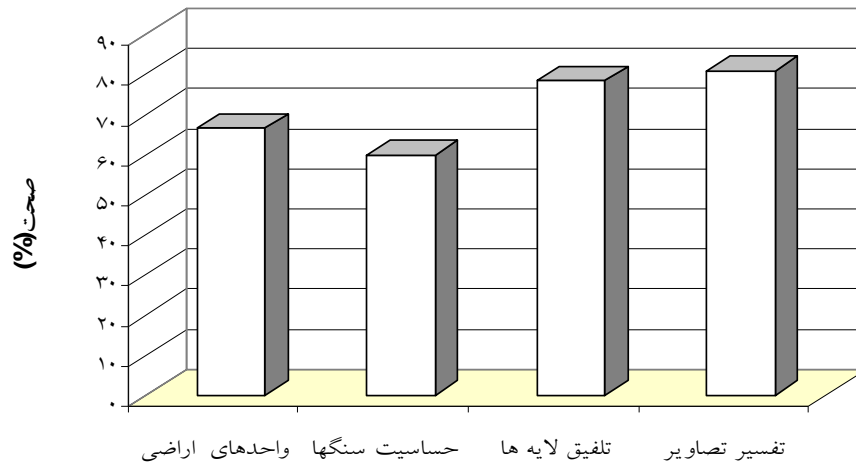
جدول ۳ وضعیت فرسایش شیاری در نقشه واحدهای کاری روش "د" را نشان می‌دهد. نتایج نشان داد که ۶۶/۶ درصد نقاط کنترل زمینی در واحد ۱ از نظر فرسایش شیاری هم‌گن هستند. از این نظر در واحد ۲، ۷۳/۳ درصد، در واحد ۳، ۷۱/۴ درصد و در واحدهای ۴، ۵ و ۶ همه نقاط مشاهده‌ای دارای فرسایش شیاری هم‌گن بودند.

جدول ۳- وضعیت فرسایش شیاری در نقشه واحدهای کاری "د"

واحد کاری	تعداد کل نقاط کنترل زمینی در هر واحد	تعداد نقاط کنترل زمینی با اشکال فرسایشی مشابه	فرسایش شیاری	درصد نقاط به کل نقاط
۱	۱۸	۱۲	متوسط	۶۶/۶
		۵	شدید	۲۷/۷
		۱	خیلی شدید	۵/۵
۲	۱۵	۱۱	کم	۷۳/۳
		۳	متوسط	۲۱/۵
		۱	خیلی شدید	۶/۶
۳	۷	۵	کم	۷۳/۳
		۲	شدید	۲۸/۶
۴	۵	۵	کم	۱۰۰
۵	۵	۵	-	۱۰۰
۶	۴	۴	-	۱۰۰

روش "د" به‌عنوان یکی از روش‌های تهیه نقشه فرسایش شیاری (به‌نام روش تلفیق لایه‌ها) در حوضه جاجرود که دارای کاربری‌ها، واحدهای سنگی و تیپ‌های مختلف اراضی بود، مورد ارزیابی مجدد قرار گرفت.

حوزه آبخیز جاجرود: شکل ۲ صحت چهار روش مورد استفاده در تهیه نقشه فرسایش شیاری به طریق میانگین وزنی را نشان می‌دهد. صحت روش تفسیر چشمی تصاویر ماهواره‌ای در جداسازی شدت‌های مختلف فرسایش شیاری از بقیه روش‌ها بیش‌تر بوده، با روش تلفیق لایه‌های اطلاعاتی، واحدهای اراضی و حساسیت سنگ‌ها به ترتیب ۲/۶، ۱۴/۴ و ۲۱/۱ درصد اختلاف دارد.



شکل ۲- صحت روش‌های مورد استفاده در تهیه نقشه فرسایش شیاری

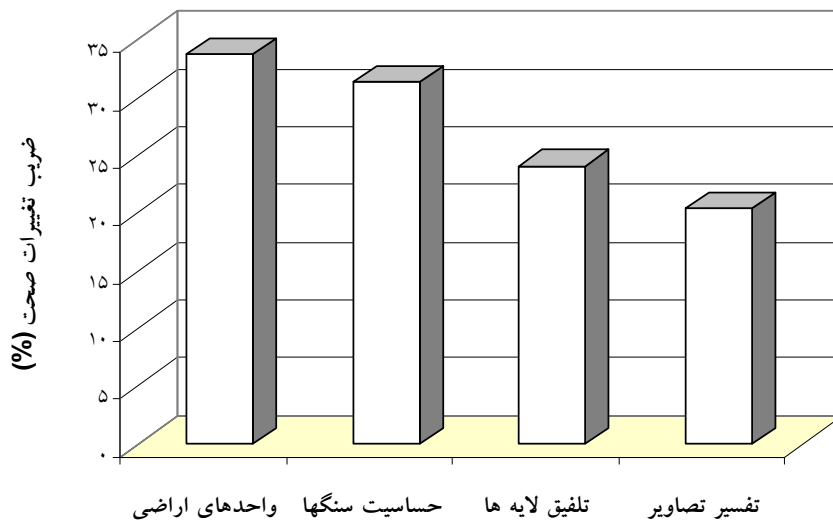
در شکل ۲ کم‌ترین صحت، مربوط به نقشه حساسیت سنگ‌ها می‌باشد که ۵۹/۹ درصد است. نتایج نشان می‌دهد که جداسازی واحدهای فتومورفیک بر روی تصاویر ماهواره‌ای با نقشه فرسایش واقعی فرسایش شیاری، ۸۱ درصد انطباق دارد، در حالی که در روی هم‌گذاری لایه‌ها، انطباق ۷۸/۴ درصد است. صحت نقشه واحدهای اراضی نیز از نظر شدت‌های مختلف فرسایش شیاری ۶۶/۶ درصد است و از این نظر از نقشه حساسیت سنگ‌ها بهتر جواب داده، اما از دو روش دیگر، صحت کم‌تری دارد.

مقادیر میانگین قدر مطلق خطاها و جذر میانگین مربعات خطاها چهار روش تهیه نقشه فرسایش شیاری در جدول (۴) دیده می‌شود. نتایج نشان داد که میانگین قدر مطلق خطاها و جذر میانگین مربعات خطاها در نقشه تفسیر تصاویر کم‌تر از روش‌های دیگر است. مقادیر MAE و RMSE روش روی هم‌گذاری لایه‌ها بعد از روش تفسیر تصاویر کم‌ترین می‌باشد، اما بسیار نزدیک به روش تفسیر تصاویر می‌باشد و می‌توان گفت که تقریباً دو روش یاد شده، MAE و RMSE یکسانی دارند. ضمن آن‌که خطا در دو روش واحدهای اراضی و حساسیت سنگ‌ها بالا می‌باشد، به‌ویژه در نقشه حساسیت سنگ‌ها که جذر میانگین مربعات خطا، ۱۴۲۳۷/۵ هکتار می‌باشد. این دو معیار نیز صحت بیش‌تر روش تفسیر تصاویر و با اختلاف جزئی روش تلفیق لایه‌ها در تهیه نقشه فرسایش شیاری را نشان می‌دهند.

جدول ۴- میانگین قدر مطلق و جذر میانگین مربعات خطاهای واحدهای کاری (هکتار) در روش‌های مختلف تهیه نقشه فرسایش شیاری

روش				شاخص
تفسیر تصاویر	تلفیق لایه‌ها	حساسیت سنگ‌ها	واحدهای اراضی	
۳۹۳/۱	۳۹۱/۰	۱۰۴۰۴/۸	۳۰۷۵/۶	میانگین قدر مطلق خطاها
۱۰۱۹/۵	۱۰۱۴/۱	۱۴۲۳۷/۵	۵۳۱۳/۲	جذر میانگین مربعات خطاها

شکل ۳ ضریب تغییرات صحت واحدهای کاری در روش‌های مختلف تهیه نقشه فرسایش شیاری را نشان می‌دهد. بیش‌ترین ضریب تغییرات مربوط به روش واحدهای اراضی است که ۳۳/۸ درصد می‌باشد که نشان‌دهنده تغییرپذیری زیاد صحت واحدهای کاری در نقشه واحدهای اراضی است. ضریب تغییرات نقشه حساسیت سنگ‌ها نیز زیاد بوده، ۳۱/۴ است. بنابراین با این که صحت روش واحدهای اراضی از روش حساسیت سنگ‌ها بیش‌تر است، اما دقت روش حساسیت سنگ‌ها بیش‌تر است. کم‌ترین ضریب تغییرات مربوط به روش تفسیر تصاویر ماهواره‌ای است که فقط ۲۰/۴ درصد می‌باشد. ضریب تغییرات در روش تلفیق لایه‌ها ۲۴/۱ درصد است که از روش تفسیر تصاویر بیش‌تر ولی از دو روش واحدهای اراضی و حساسیت سنگ‌ها کم‌تر است.



شکل ۳- دقت روش‌های مورد استفاده در تهیه نقشه فرسایش شیاری

جدول ۵ مساحت اراضی در صحت‌های مختلف در روش‌های مختلف برآورد فرسایش شیاری را نشان می‌دهد که در روش تفسیر تصاویر، اراضی صحت کم‌تر از ۵۰ درصد ندارند. همچنین در روش تلفیق لایه‌ها نیز فقط مساحت بسیار کمی از اراضی (۰/۸۵ درصد) صحت کم‌تر از ۵۰ درصد دارند. بیش‌ترین مساحت واحدهای کاری در صحت کم‌تر از ۵۰ درصد مربوط به نقشه واحدهای اراضی و بعد از آن نقشه حساسیت سنگ‌ها است که به ترتیب ۲۶/۸ و ۲۱/۰ درصد اراضی را شامل می‌شوند. در صحت ۵۰-۷۰ درصد، روش حساسیت سنگ‌ها بیش‌ترین مساحت دارد و در صحت ۹۰-۷۰ درصد نیز بیش‌ترین مساحت مربوط به روش تفسیر تصاویر است.

جدول ۵- مساحت اراضی (درصد نسبت به مساحت کل واحدهای کاری) در روش‌های مختلف تهیه نقشه فرسایش شیاری

صحت				روش
> ۹۰	۷۰-۹۰	۵۰-۷۰	< ۵۰	
۲۷/۷	۲/۵	۴۲/۹	۲۶/۸	واحدهای اراضی
۰/۰۷	-	۷۸/۹	۲۱/۰	حساسیت سنگ‌ها
۳۹/۶	۲۱/۹	۳۷/۶	۰/۸۵	تلفیق لایه‌ها
۲۲/۳	۵۱/۸	۲۵/۹	-	تفسیر تصاویر

قابل ذکر است روش‌های تلفیق لایه‌ها و واحدهای اراضی به ترتیب با ۳۹/۶ و ۲۷/۷ درصد اراضی، نسبت به روش تفسیر تصاویر با ۲۲/۳ درصد اراضی در صحت بیش‌تر از ۹۰ درصد، بهتر جواب داده است. ضمن آن‌که در روش حساسیت سنگ‌ها تقریباً اراضی در صحت بیش‌تر از ۹۰ درصد قرار ندارند.

در کنترل فرسایش شیاری در اراضی حوزه آبخیز کن مشاهده شد که بسیاری از واحدهای کاری نقشه‌های "الف"، "ب" و "ج"، فرسایش شیاری مشابهی دارند. در هر سه نقشه، لایه شیب در ایجاد واحدهای کاری زیاد، اما هم‌گن نقش داشته است. به‌عنوان مثال اگر شیاریها و حتی خندق‌ها به‌عنوان چهره‌های فرسایشی در نظر گرفته شوند، ممکن است که در طبقه‌های مختلفی از شیب قرار گیرند. در نظر گرفتن شیب به‌عنوان یک لایه، این اشکال فرسایش را در واحدهای کاری مختلفی قرار می‌دهد که بسیاری از آن‌ها مساحت کمی دارند، در حالی که هر کدام از آن‌ها تنها یک شکل فرسایش هستند. البته در مناطق کوهستانی و تپه‌ای، که نا هم‌گونی شیب بسیار زیاد است، این مسئله بیش‌تر نمود پیدا می‌کند. اما در مناطق دشت با توجه به تغییرات ناچیز شیب و پستی و بلندی، تلفیق لایه‌ها با شیب حتی منجر به ایجاد واحدهایی با مساحت زیاد شده است.

بنابراین لایه تپه‌ها و واحدهای اراضی که بیان‌گر فیزیوگرافی حوضه است، به‌عنوان لایه اطلاعاتی در تلفیق با لایه کاربری و حساسیت سنگ‌ها بهتر جواب داده است. یکی از عوامل مورد نظر در تهیه نقشه ۲۵۰۰۰۰: ۱: اشکال فرسایش، ملاحظات اقتصادی و اجرایی است. زیاد بودن تعداد واحدهای کاری، که هر واحد نیز ممکن است در چندین محل حوضه وجود داشته باشد، هزینه‌های کنترل صحرایی و در نتیجه هزینه‌های تهیه نقشه را به شدت افزایش می‌دهد و مقرون به‌صرفه نیست. همچنین در چنین مقیاسی امکان نمایش واحدهای کوچک از نظر اشکال فرسایش حتی به‌صورت رنگ نیز در نقشه فراهم نیست و از نظر کارتوگرافی منجر به شلوغ شدن نقشه، تداخل رنگ‌ها و کیفیت پایین آن می‌شود.

نتایج حوزه آبخیز جاجرود نشان داد در دو روش واحدهای اراضی و حساسیت سنگ‌ها، که تنها بیان‌گر یک لایه اطلاعاتی مؤثر بر فرسایش هستند، دارای صحت و دقت پایین بوده، نمی‌توانند به‌عنوان نقشه واحدهای کاری در تهیه نقشه فرسایش شیاری به‌کار روند. واحدهای کاری در این دو نقشه به‌ویژه نقشه حساسیت سنگ‌ها دارای مساحت زیادی بوده، طبیعی است که نا هم‌گونی فرسایش شیاری در آن‌ها بیش‌تر است و همین موضوع سبب کاهش صحت شده است. بنابراین تعداد واحدهای کاری و ملاحظات اقتصادی، تنها عوامل تعیین کننده در تهیه نقشه فرسایش شیاری نیستند، بلکه صحت و دقت روش‌ها نیز از عوامل بسیار مهم هستند. تلفیق لایه‌های واحدهای اراضی و حساسیت سنگ‌ها با لایه کاربری منجر به ایجاد نقشه واحدهای کاری با ۸۶ واحد شد (نقشه واحدهای کاری "د") که در این نقشه، به‌طور طبیعی هزینه کنترل صحرایی و تهیه نقشه افزایش می‌یابد اما در نظر گرفتن سه لایه مهم در بروز فرسایش شیاری منجر به ایجاد واحدهای هم‌گن‌تر شده که ۷۸/۴ درصد صحت داشته و از دقت بیش‌تری برخوردار است.

در طبقه‌بندی چشمی تصاویر ماهواره‌ای، خصوصیات سطحی زمین بررسی می‌شوند که در فرسایش حائز اهمیت هستند. پدیده‌های مختلف سطحی به‌صورت رنگ، تن، نقش، الگوهای زهکشی و غیره خود را نشان می‌دهند و جداسازی واحدهای فتومورفیک و هم‌گن از این حیث منجر به افزایش صحت روش در تهیه نقشه فرسایش شیاری شده است و این برتری سنجش از دور را در قیاس با روش‌های دیگر نشان می‌دهد. حاجی‌قلی‌زاده (۱۳۸۴)، تشخیص فرسایش شیاری بر روی تصویر ماهواره‌ای ETM⁺ را ممکن ندانست که در تحقیق حاضر نیز همین نتیجه حاصل شد و امکان تشخیص مستقیم فرسایش شیاری حتی با عملیات مختلف پردازش مقدور نشد، اما جداسازی واحدهای فتومورفیک به‌عنوان واحدهای هم‌گن، ۸۱ درصد از نظر فرسایش شیاری با شرایط زمین انطباق داشت. شایان ذکر است که نجابت (۱۳۸۱)، روش تفسیر تصاویر ماهواره‌ای را برای تهیه نقشه فرسایش سطحی به‌کار برده است، اما صحت ۶۸ درصد به‌دست آمده بود.

در کل می‌توان گفت که هر دو روش تفسیر تصاویر و تلفیق لایه‌ها در جداسازی شدت‌های مختلف فرسایش شیاری، مناسب هستند چون که صحت و دقت روش تفسیر تصاویر بیش‌تر از روش تلفیق لایه‌ها است، اما در روش

تلفیق لایه‌ها، مساحت بیش‌تری از واحدهای کاری صحت بیش‌تر از ۹۰ درصد دارند. پیشنهاد می‌شود روش تلفیق لایه‌ها با لایه‌های دیگر مؤثر در فرسایش مورد ارزیابی قرار گیرد. همچنین در لایه کاربری، کاربری مرتع به سه درجه ضعیف، متوسط و قوی تقسیم گردد و با لایه‌های اطلاعاتی دیگر تلفیق شوند.

منابع مورد استفاده

۱. حاجی‌قلی‌زاده، م. ۱۳۸۴. بررسی قابلیت استفاده از تصاویر ماهواره‌ای با قدرت تفکیک بالا در تشخیص برخی اشکال فرسایش در استان تهران. مجموعه مقالات سومین همایش ملی فرسایش و رسوب، پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری کشور.
۲. دفتر مطالعات و ارزیابی آبخیزها. ۱۳۷۹. طرح ملی تهیه نقشه سیمای فرسایش خاک کشور. معاونت آبخیزداری، وزارت جهاد سازندگی.
۳. رئوفی، م.، ح. رفاهی، ن. جلالی و ف. سرمدیان. ۱۳۸۳. بررسی کارایی روش‌های پردازش رقومی تصاویر ماهواره‌ای به‌منظور تهیه نقشه و شناسایی فرسایش خاک. مجله علوم کشاورزی ایران، جلد ۳۵، شماره ۴، صفحه ۷۹۷-۸۰۷.
۴. رفاهی، ح. ۱۳۷۸. فرسایش آبی و کنترل آن. چاپ دوم، انتشارات دانشگاه تهران، ۵۵۱ صفحه.
۵. رهنما، ف. ۱۳۸۱. طرح ملی تهیه نقشه سیمای فرسایش در قسمتی از استان اصفهان. اولین کارگاه آموزشی فن‌آوری‌های نوین در حفاظت خاک، پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری، ۱ و ۲ بهمن ۱۳۸۱.
۶. علوی‌پناه، س.ک. ۱۳۸۲. کاربرد سنجش از دور در علوم زمین (علوم خاک). انتشارات دانشگاه تهران، ۴۷۸ صفحه.
۷. فیض‌نیا، س. ۱۳۷۴. مقاومت سنگ‌ها در مقابل فرسایش در اقلیم مختلف ایران. مجله منابع طبیعی ایران، جلد ۴۷، شماره ۱، صفحه ۹۷-۱۱۶.
۸. محمدی ترکاشوند، ع. ۱۳۸۵. بررسی و ارائه روش تهیه نقشه سیمای فرسایش با استفاده از سنجش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی. رساله دکتری خاکشناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات، تهران.
۹. محمدی ترکاشوند، ع. و د. نیک‌کامی. ۱۳۸۵. نقشه اشکال فرسایش یک نقشه پایه در مدیریت پایدار خاک. همایش ملی خاک، محیط زیست و توسعه پایدار، دانشکده مهندسی آب و خاک، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج.
۱۰. نجابت، م. ۱۳۸۱. امکان سنجی پردازش رقومی تصاویر ماهواره‌ای به‌منظور شناسایی و تهیه نقشه فرسایش سطحی خاک در استان فارس. اولین کارگاه آموزشی طرح‌های فن‌آوری‌های نوین (GIS-RS) در حفاظت خاک. پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری.
11. Boardman, J., A.J. Parsons, R. Holland, P.J. Holmes and R. Washington. 2003. Development of badlands and gullies in the sneeuberg, Great Karoo, South Africa. *Catena*, 50(2-4):165-184.
12. Cerdan, O., Y. Lebissonnais, A. Couturier, H. Bourennane and V. Souchere. 2002. Rill erosion on cultivated hillslopes during two extreme rainfall events in Normandy, France. *Soil and Tillage Research*, 67(1):99-108.
13. Cornell University. 1996. Glossary: Minimum legible delineation, Manual of concepts on land cover and land use information systems. Doc. ESTAT/LAND/31 rev1., p. 83, www. Css. Cornell.edu/landeval/glossary.htm.
14. Essa, S. 2004. GIS modeling of land degradation in Northern Jordan using Landsat imagery. <http://www.isprs.org/istanbul2004/comm4/papers/401.pdf>.
15. Feoli, E., L.G. Vuerich and W. Zerihun. 2002. Evaluation of environmental degradation in northern Ethiopia, using GIS to integrate vegetation, geomorphological, erosion and socio- economic factors. *Agriculture Ecosystems and Environment*, 91(1-3):313-325.
16. Flugel, W.A., M. Marker, S. Moretti, G. Rodolfi and H. Staudenrausch. 1999. Soil erosion hazard assessment in the Mkomazi river catchment (Kwazulu/Natal-south Africa) by aerial photo interpretation. In: *Zentralblatt fur geologie und palaontologie*. Teil, I., 3/4: 641-653.
17. Hair, J.F., R.E. Anderson, R.L. Tatham and W.C. Black. 1998. *Multivariate data analysis*. Prentice-Hall, Inc. Upper Saddle River, New Jersey, Fifth edition.
18. Mahler, P.J. 1979. *Manual of land classification for irrigation*. Soil Institute of Iran, Pub. No. 205.
19. Martinez-Casasnovas, J.A. 2003. A spatial information technology approach for the mapping and quantification of gully erosion. *Catena*, 50(2-4):293-308.
20. Mohamed Rions, M.H., S.P. Aggarwal and R.P. lala De silva. 2005. Application of remote sensing and GIS on soil erosion assessment at Bata river basin, India. http://www.Gisdevelopment.net/application/natural_hazards/landslides/nhls 0007.htm.
21. Noble, K.E. and J.R. Fletcher. 1984. Sheet II Dannevirke "Erosion map of New Zealand" 1:250000 National Water and Soil Organization, Wellington, New Zealand.
22. Oldeman, L.R., R.T.A. Hakkeling and W.G. Sombroek. 1988. Guidelines for general assessment of the status of human-induced soil degradation (GLASOD). International Soil Reference and Information Center, Wageningen.
23. Oldeman, L.R., R.T.A. Hakkeling and W.G. Sombroek. 1991. GLASOD classification of soil degradation. <http://www.unescap.org/stat/envstat/stwes-class-glosod.pdf>.

24. Singh, G., R. Babu, P. Narain, L.S. Bhushan and I.P. Abrol. 1992. Soil erosion rates in India. *Journal of soil and water conservation*, 47(1):97-99.
25. Sirvio, T., A. Rebeiro-Hargrave and P. Pellikka. 2004. Geoinformation in gully erosion studies in Taita hills, SE-Kenya, preliminary results. In the proceedings of the 15th Africa association of remote sensing of environment conference, Nairobi, Kenya.
26. Zhang, X.C., M.A. Nearing, W.P. Miller, L.D. Norton and L.T. West. 1998. Modeling interrill sediment deliver. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 62:438-444.
27. Ygarden, L. 2003. Rill and gully development during an extreme winter runoff event in Norway. *Catena*, 50(2-4):217-242.

Investigating some methodologies in preparing rill erosion map, using RS and GIS

Ali Mohammadi Torkashvand¹, Former PhD Student, Sciences and Researches Unit, Azad Islamic University, Iran

Davood Nikkami, Associate Professor, Soil Conservation and Watershed Management Research Institute, Iran

Mehrdad Esfandiari, Professor, Faculty of Technology, Tehran University, Iran

Seyed Kazem Alavipanah, Professor, Faculty of Technology, Tehran University, Iran

Received: 13 March 2010

Accepted: 16 August 2010

Abstract

Rill erosion map is one of the basic maps in erosion and sediment studies and also watershed management programs. Some methodologies for preparing rill erosion map (1:250000) by using RS and GIS were compared in a research carried out in Kan-Sologhan and Jajrood sub-basins in North-west and North-east Tehran, Iran. At the first phase, four working units' maps were prepared by integration of a) plant cover, geology and slope b) land use, geology and slope c) land use, rocks sensitivity to erosion and slope and d) land use, rocks sensitivity to erosion and land units' layers in Kan-Sologhan basin. For comparing the efficiency of four working units' maps, 53 ground control points were investigated. Results showed that map "d" was better than "a", "b" and "c" in providing rill erosion regarding economic and executive considerations. At the second stage, map "d" was compared with three maps of e) land units f) rocks sensitivity to erosion and g) satellite image photomorphic units (ETM⁺ images) in a broader basin of Jajrood. Rill erosion intensities in 314 ground control points were controlled and ground truth rill erosion map was prepared. Rill erosion map was crossed with different working unit maps where results showed that the highest accuracy is related to the images interpretation (81.0% accuracy). Accuracy was 78.4, 66.8 and 59.9 percent for methods of "d", "e" and "f", respectively. Root Mean Squared Error was the highest for map "f" and the least for integrated layers method (map "d"). The greatest precision is related to image interpretation and the images interpretation method is better than other methods in preparation of rill erosion map.

Key words: Erosion map, GIS, Kan-Sologhan, Photomorphic, RS, Rocks sensitivity

¹ mohammadit_a@yahoo.com