

بررسی امکان استفاده از نقشه واحدهای اراضی به عنوان نقشه واحدهای کاری در تهیه نقشه فرسایش‌های سطحی، شیبی و خندقی به کمک سامانه اطلاعات جغرافیای (GIS)

علی محمدی ترکاشوند* - استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد رشت

پذیرش نهایی: ۱۳۸۹/۰۳/۱۶

دریافت مقاله: ۱۳۸۸/۰۶/۱۸

چکیده

امکان استفاده از نقشه واحدهای اراضی به عنوان نقشه واحدهای کاری در تهیه نقشه‌های چهره‌های مختلف فرسایش آبی در حوزه پایین دست سد لتیان بررسی شد. نقشه‌های واقعیت زمینی هر یک از فرسایش‌های سطحی، شیبی، خندقی و اشکال فرسایش تهیه شد و لایه رقومی هر یک از آنها با لایه واحدهای اراضی قطع داده شد و صحت، خطا و دقت این لایه به عنوان یک مدل در برآورد چهره‌های فرسایش محاسبه گردید. نتایج نشان داد که صحت نقشه واحدهای اراضی در تهیه نقشه فرسایش‌های سطحی، شیبی، خندقی و اشکال فرسایش به ترتیب ۶۶/۱، ۶۶/۶، ۸۲/۰ و ۵۳/۰ درصد است. این نقشه در تهیه نقشه اشکال فرسایش دارای صحت پایینی است، لذا نمی‌تواند به عنوان نقشه واحدهای کاری در تهیه نقشه اشکال فرسایش استفاده شود. واژگان کلیدی: نقشه واحدهای اراضی، سامانه اطلاعات جغرافیایی، نقشه اشکال خاک.

E-mail: mohammadit_a@yahoo.com

*نویسنده مسئول: ۰۹۱۲۵۱۳۷۱۲۸

۱. مقدمه

بخش زیادی از جهان به وسیله فرسایش خاک آسیب دیده که نتیجه آن مشکلات محیطی، از دست رفتن اراضی کشاورزی، از دست رفتن مراتع و جنگل‌ها و زیان‌های اقتصادی دیگر است. خصوصیات خاک، بارندگی، رواناب، باد، زمین‌شناسی، ژئوتکنیکی و هیدروژئوشیمیایی و فعالیت‌های انسان، فاکتورهایی هستند که در ایجاد فرآیندهای فرسایش خاک مؤثرند (اگبوکا و اراجاکا، ۱۹۸۷). انتقال ذرات خاک در اثر به هم خوردن تعادل بین عوامل فرساینده خاک (مثل جریان سطحی و بارندگی) و مقاومت سطح خاک به فرسایش است (سردان و همکاران، ۲۰۰۲).

اجرای پروژه‌های حفاظت خاک منوط به تشخیص و نقشه‌برداری مناطق فرسایش یافته و اشکال فرسایش است (موسا و همکاران، ۲۰۰۲؛ سوچره و همکاران، ۲۰۰۵). نقشه‌برداری چهره‌های فرسایشی و شدت آنها در مطالعات فرسایش و رسوب، بسیار حائز اهمیت بوده و اولویت برنامه‌های حفاظت خاک را مشخص می‌سازد (محمدی ترکشوند و نیک‌کامی، ۱۳۸۶). بررسی‌های مربوط به فرسایش و رسوب، بیشتر معطوف به تهیه نقشه‌های کمی فرسایش و رسوب بوده و کمتر به تهیه نقشه‌های اشکال فرسایش توجه شده است (محمدی ترکشوند، ۲۰۰۸). مطالعات محدودی در مورد تهیه نقشه اشکال فرسایش صورت گرفته، مثل مطالعات GLASOD¹ که فرسایش را بر انواع آبی، بادی، فیزیکی و شیمیایی تقسیم بندی می‌کند (الدمن، ۱۹۹۱). حاجی قلیزاده (۱۳۸۵) از روش تفسیر و پردازش رقومی تصاویر ماهواره‌ای ETM⁺ سال ۲۰۰۲ برای تهیه شکل فرسایش در پنج حوزه استان تهران استفاده نمود. طبق تحقیق وی، تشخیص فرسایش‌های سطحی و شیاری با توجه به مقیاس شکل و نیز قدرت تفکیک تصاویر ماهواره‌ای مورد استفاده، کار بسیار دشواری ارزیابی شد و لذا در انجام تحقیق، در محیط GIS اقدام به جداسازی پلی‌گون‌های فرسایش خندقی با شدت کم، متوسط و زیاد نمود و در صحرا پلی‌گون‌های تفکیک شده با شرایط طبیعی تطبیق داده شد و در صورت عدم تطابق با شرایط واقعی، اصلاح گردید. نجابت (۱۳۸۱) امکان‌سنجی پردازش رقومی تصاویر ماهواره‌ای در تهیه نقشه فرسایش سطحی خاک در استان فارس را بررسی و تأیید نمود. طی تحقیقی در منطقه تیتا^۲ در جنوب شرقی کنیا، سیرویو و همکاران

¹ Global Assesment Soil Degradation

² Taita

(۲۰۰۴) جهت تشخیص فرسایش خندقی در دو مقیاس بزرگ و کوچک، از سنجش از دور (تفسیر عکس‌های هوایی) و GIS استفاده نمودند. شدت و پراکنش فرسایش خندقی و تغییرات آن در طول ۵۰ سال گذشته را با تفسیر عکس‌های هوایی، و فاکتورهای اصلی موثر بر فرسایش خندقی را توسط عملیات میدانی مشخص نمودند. سیدورچوک و همکاران (۲۰۰۳) در حوزه امبولوزی^۳ آفریقای جنوبی، بر طبق نوع فرسایش، درجه، گسترش و تراکم اشکال آن بر روی عکس‌های هوایی سال ۱۹۹۶ نسبت به جداسازی واحدهای فرسایشی اقدام نمودند. آنها سپس طبق روش وانزوی دام (۱۹۸۵)، با توجه به درصد پوشش گیاهی نسبت به طبقه‌بندی انواع فرسایش اقدام نمودند. با توجه به این که میزان فرسایش شیاری و بین شیاری به وسیله مدل USLE تخمین زده می‌شد، برای تخمین فرسایش خندقی از مدل پایدار فرسایش خندقی (سیدورچوک، ۱۹۹۹) استفاده کردند.

از نقشه واحدهای اراضی به عنوان یک لایه اطلاعاتی در تلفیق با لایه‌های اطلاعاتی دیگر در GIS و در مطالعات فرسایش و رسوب استفاده می‌شود. قادری و قدوسی (۱۳۸۴) در حوزه تلوار چای نسبت به بررسی فرسایش‌پذیری خاک در واحدهای اراضی اقدام نمودند. نتایج مطالعه آنها نشان داد که فرسایش‌پذیری در واحد اراضی ۴.۱ بیشترین مقدار و در واحد ۲.۱ کمترین است و اختلاف معنی‌داری بین واحد ۴.۱ با دیگر واحدهای اراضی از نظر فرسایش‌پذیری خاک وجود دارد. بهرامی و همکاران (۱۳۸۴) در حوزه آبخیز چم انجیر ارتباط عامل فرسایش‌پذیری خاک و واحدهای اراضی را بررسی نمودند. آنها نتیجه گرفتند که فرسایش‌پذیری خاک‌ها در واحدهای اراضی ۱.۳، ۱.۵ در تیپ اراضی کوهستان و واحد اراضی ۴.۱ در تیپ اراضی دشت رسوبی بیشتر از واحدهای اراضی در فیزیوگرافی تپه‌ها و دشت‌های دامنه‌ای است. از نقشه واحدهای اراضی به عنوان یک لایه اطلاعاتی در تلفیق با لایه‌های اطلاعاتی دیگر در تهیه نقشه چهره‌های فرسایش استفاده می‌شود، لذا سؤال اینجاست که در مقیاس‌های ملی مثل ۱:۲۵۰۰۰۰، آیا واحدهای نقشه واحدهای اراضی از نظر اشکال فرسایش و شدت آنها همگن هستند؟ ارتباط اشکال فرسایش و شدت آنها با واحدهای اراضی به چه صورت است؟ همچنین صحت، خطا و دقت نقشه واحدهای اراضی در تهیه نقشه‌های

³ Mbuluzi

فرسایش سطحی، شیاری، خندقی و اشکال فرسایش چگونه است؟ در پاسخ به سؤالات مطروحه تحقیق حاضر طراحی و انجام شد.

۲. مروری بر ادبیات موضوع و روش شناسی تحقیق

حوزه جاجرود با مساحت ۱۶۲۵۵۸ هکتار بین طول‌های شرقی $۵۱^{\circ}۳۴'$ و $۵۲^{\circ}۶'$ و عرض‌های شمالی $۳۵^{\circ}۱۳'$ و $۳۵^{\circ}۴۸'$ قرار دارد. ارتفاع بلندترین و پست‌ترین محل حوزه به ترتیب ۳۰۰۰ و ۸۶۷ می‌باشد. رودخانه جاجرود از شمال میگون و جنوب کوه لار سرچشمه گرفته و بعد از پیوند سرشاخه‌های متعدد، در شمال ورامین در شهرستان ورامین در نزدیکی پارچین وارد دشت می‌گردد. در عرصه ورود به دشت، آبرفت‌های بادبزی شکل سنگ‌ریزه‌دار سامان یافته و سپس رودخانه به صورت شعبات زیادی در داخل دشت ورامین پخش می‌گردد. در حالی که شمال حوزه در منطقه‌ای کوهستانی قرار گرفته، جنوب آن در اراضی مسطح کشاورزی و یا غیر کشاورزی دشت ورامین واقع گردیده است. شهرهای ورامین، پیشوا، ایوانکی، خرم‌دشت و رودهن در داخل حوزه قرار دارند. واحدهای سنگی مختلفی در این حوزه وجود دارند که عمدتاً شامل سنگهای آذرآواری، توفها، آندزیت، شیل، کنگلومرا، گچ و سنگ آهک در یک مساحت ۱۶۲۵۵۸ هکتار می‌باشد. نهشته‌های کواترنری نیز بخش وسیعی از حوزه به ویژه در دشت ورامین را در بر می‌گیرند. نقشه واحدهای اراضی (۱: ۲۵۰۰۰۰) حوزه به دقت رقومی و لایه حساسیت سنگ‌ها به فرسایش تهیه شد. در نقشه ارزیابی منابع و قابلیت اراضی که به وسیله مؤسسه تحقیقات خاک و آب تهیه شده است، اراضی بر طبق شیب عمومی به چند تیپ اراضی تقسیم شده‌اند. هر تیپ اراضی نیز بر اساس یک سری مشخصات و قابلیت استفاده (شکل ظاهری، شیب، زمین شناسی، خاک، ارتفاع، پوشش گیاهی و ...) به چند واحد کوچک‌تر به نام واحد اراضی تقسیم شده است. در این حوزه تیپ‌های اراضی مختلفی وجود دارد که در جدول ۱ به همراه مساحت آنها مشاهده می‌شود.

روشی که برای طبقه‌بندی شدت اشکال فرسایش در صحرا به کار رفت، تلفیقی از روش‌های مختلف (وان زوی دام، ۱۹۸۵؛ فلوجل و همکاران، ۱۹۹۹؛ بوردمن و همکاران، ۲۰۰۳؛ و رفاهی، ۱۳۸۲) و اعمال تغییرات بر اساس نظرات کارشناسی و تجربه بوده است (محمدی ترکاشوند و همکاران، ۱۳۸۴). بیش از ۳۰۰ نقطه بر روی تصویر مرکب

رنگی (RGB531) ماهواره ETM⁺ طبق الگوی تصادفی طبقه‌بندی شده^۴ مشخص شد و برای هر نقطه با توجه به رنگ، تن، نقش، الگوهای زهکشی و خصوصیات دیگر تصویر یک پلی‌گون اولیه تعیین شد. سپس پلی‌گون‌ها طی عملیات صحرایی با کنترل زمینی اصلاح و با توجه به شدت هر یک از اشکال فرسایش در صحرا برچسب گذاری شدند. پلی‌گون‌های دارای یک شدت در هم ادغام و سه نقشه واقعی فرسایش‌های سطحی، شیاری و خندقی در محیط GIS تهیه و از قطع آنها، نقشه اشکال فرسایش به دست آمد. نقشه‌های فرسایش‌های سطحی، شیاری، خندقی و نقشه اشکال فرسایش با نقشه واحدهای کاری (نقشه واحدهای اراضی) قطع داده شد و صحت و خطای واحدهای اراضی در برآورد هر یک از چهره‌های فرسایش و اشکال فرسایش محاسبه شد. همچنین صحت، خطا و دقت نقشه واحدهای اراضی از این نظر نیز بررسی شد. برای بررسی صحت واحدهای کاری از شاخص AE^۵ $AE = |Z_{(x_i)} - Z^*_{(x_i)}|$ استفاده گردید.

جدول ۱- تیپ‌های اراضی حوزه جاجرود و مساحت آنها

| ردیف | نوع تیپ | شماره تیپ | مساحت (هکتار) | درصد |
|------|------------------------------------|-----------|---------------|------|
| ۱ | کوهستان | 1 | ۶۶۷۸۸ | ۴۱/۱ |
| ۲ | تپه‌ها | 2 | ۱۸۱۰۳ | ۱۱/۱ |
| ۳ | فلاتها و تراس‌های فوقانی | 3 | ۱۴۸۴ | ۰/۹ |
| ۴ | دشت‌های دامنه‌ای | 4 | ۴۳۷۱۷ | ۲۶/۹ |
| ۵ | اراضی پست و شور | 5 | ۷۸۴۷ | ۴/۸ |
| ۶ | واریزه‌های بادبزی شکل سنگ‌ریزه‌دار | 8 | ۱۱۲۶۸ | ۶/۹ |
| ۷ | آبرفت‌های بادبزی شکل سنگ‌ریزه‌دار | 9 | ۱۳۳۷۶ | ۸/۲ |

^۴Classified randomized sampling

^۵Absolute Error

۳. بحث

۳-۱. فرسایش سطحی

جدول ۲ نتیجه مقایسه نقشه واقعی فرسایش سطحی با نقشه واحدهای اراضی را نشان می‌دهد. نتایج نشان می‌دهد که واحد فیزیوگرافی ۹ یعنی آبرفت‌های بادبزی شکل سنگریزه‌دار و واحدهای آن (۹.۱، ۹.۷ و ۹.۸) صحت زیر ۵۰ درصد داشته و دقت لازم در برآورد فرسایش سطحی را ندارند. همچنین در واحد فیزیوگرافی ۸ یعنی واریزه‌های بادبزی شکل سنگریزه دار نیز خطا بالا است. واحد فیزیوگرافی تپه و واحدهای آن (۲.۱۰، ۲.۱۲ و ۲.۹) دارای صحت بالا بوده، لیکن در واحد ۲.۷ میزان خطا از واحدهای اراضی تپه‌ای بیشتر و دارای صحت ۶۲/۱ درصد می‌باشد. در واحد ۲.۷ کاهش صحت به دلیل وجود سنگ‌های با حساسیت‌های مختلف به فرسایش و بروز فرسایش سطحی با شدت‌های مختلف است.

با توجه به نتایج جدول ۲، صحت واحد ۱.۱ که مساحت قابل توجهی از حوزه را به خود اختصاص داده، ۵۸/۳ درصد بود و ۴۱/۷ درصد در برآورد فرسایش سطحی خطا دارد. نایکنواختی زیاد شیب و ناهمواری، وجود سنگ‌های با حساسیت زیاد تا مقاوم، برونزدگی‌ها و واریزه‌های سنگی با شدت‌های مختلف و کاربری‌های مرتع و کشاورزی، سبب ناهمگونی فرسایش سطحی و بروز آن با شدت‌های مختلف و کاهش صحت واحد شده است. بنابراین واحدهای اراضی واقع در فیزیوگرافی کوهستان‌های مرتفع، صحت لازم در تهیه نقشه فرسایش سطحی را ندارند.

جدول ۲- نتایج مقایسه نقشه واقعی فرسایش سطحی با نقشه واحدهای اراضی

| واحد اراضی | شدت فرسایش | $Z^*(x_i)$ (هکتار) | $Z(x_i)$ (هکتار) | صحت (درصد) | خطا (درصد) | قدر مطلق خطا (هکتار) |
|------------|------------|-----------------------|---------------------|------------|------------|----------------------|
| 1.1 | * S2 | ۴۷۷۱۸/۱ | ۲۷۸۲۱/۷ | ۵۸/۳ | ۴۱/۷ | ۱۹۸۹۶/۴ |
| 1.6 | S2 | ۱۴۳۳۳/۸ | ۶۵۴۱/۲ | ۴۵/۶ | ۵۴/۴ | ۷۷۹۲/۴ |

* S1، S2، S3 و S4 بترتیب فرسایش سطحی با شدت‌های کم، متوسط، زیاد و خیلی زیاد

$Z^*(x_i)$: مساحت واحد (هکتار) در مدل برآورد شده (واحدهای کاری)

$Z(x_i)$: مساحت واحد (هکتار) در مدل مشاهده‌ای (ماکزیمم درصد همگنی هر واحد در شرایط

واقعی)

ادامه جدول ۲- نتایج مقایسه نقشه واقعی فرسایش سطحی با نقشه واحدهای اراضی

| واحد اراضی | شدت فرسایش | $Z^*(X_i)$ (هکتار) | $Z(X_i)$ (هکتار) | صحت (درصد) | خطا (درصد) | قدر مطلق خطا (هکتار) |
|------------|------------|--------------------|------------------|------------|------------|----------------------|
| 1.8 | S4 | ۳۶۹۱/۱ | ۳۶۴۷/۷ | ۹۸/۸ | ۱/۲ | ۴۳/۴ |
| 2.12 | S2 | ۷۹۳/۰ | ۷۹۳/۰ | ۱۰۰ | ۰ | ۰ |
| 2.7 | S2 | ۱۲۵۹۷/۹ | ۷۸۲۱/۱ | ۶۲/۱ | ۳۷/۹ | ۴۷۷۷/۰ |
| 2.9 | S4 | ۳۹۸۶/۷ | ۳۵۳۷/۹ | ۸۸/۷ | ۱۱/۳ | ۴۴۸/۸ |
| 2.10 | S2 | ۴۹۴/۳ | ۴۹۴/۳ | ۱۰۰ | ۰ | ۰ |
| 3.26 | S2 | ۱۴۳۶/۵ | ۱۳۳۷/۹ | ۹۳/۱ | ۶/۹ | ۹۸/۶ |
| 4.21 | S2 | ۱۹۰۶/۳ | ۱۰۹۴/۴ | ۵۷/۴ | ۴۲/۶ | ۸۱۱/۹ |
| 4.27 | S1 | ۳۴۵۸۷/۲ | ۳۲۹۰۱/۰ | ۹۵/۱ | ۴/۹ | ۱۶۸۶/۲ |
| 4.8 | S1 | ۴۷۳۴/۴ | ۴۳۶۹/۱ | ۹۲/۳ | ۷/۷ | ۳۶۵/۳ |
| 6.5 | S4 | ۷۵۶۳/۳ | ۳۱۸۸/۵ | ۴۲/۲ | ۵۷/۸ | ۴۳۷۴/۸ |
| 8.1 | S2 | ۶۱۰۴/۰ | ۲۳۰۰/۶ | ۳۷/۷ | ۶۲/۳ | ۳۸۰۳/۳ |
| 8.2 | S2 | ۴۱۱۸/۴ | ۲۰۶۹/۴ | ۵۰/۲ | ۴۹/۸ | ۲۰۴۹/۲ |
| 9.1 | S1 | ۹۹۵۰/۱ | ۴۷۸۲/۰ | ۴۸/۱ | ۵۱/۹ | ۵۱۶۴/۳ |
| 9.7 | S3 | ۸۳۷/۳ | ۳۳۷/۸ | ۴۰/۳ | ۵۹/۷ | ۴۹۹/۵ |
| 9.8 | S4 | ۱۹۹۶/۰ | ۶۳۰/۲ | ۳۱/۶ | ۶۸/۴ | ۱۳۶۵/۶ |

همگنی کامل فرسایش سطحی در واحد اراضی ۱.۸ نیز به دلیل بدلند بودن آن و مشابه بودن فرسایش سطحی در تمام پهنه این واحد می‌باشد. در واحد اراضی ۱.۶، حساسیت خیلی زیاد سنگ‌ها به فرسایش، بدلند بودن بخش‌هایی از آن و وجود کاربری کشاورزی به همراه کاربری مرتع، سبب بروز فرسایش سطحی با شدت‌های مختلف و کاهش صحت واحد شده است. در واحد ۲.۷ کاهش صحت به دلیل وجود سنگ‌های با حساسیت‌های مختلف به فرسایش و بروز فرسایش سطحی با شدت‌های مختلف است. در واحدهای اراضی ۴.۸ و ۴.۲۷ واقع در فیزیوگرافی دشت‌های دامنه‌ای به دلیل شیب و ناهمواری تقریباً یکنواخت و حساسیت یکسان سنگ‌ها به فرسایش (تمام پهنه این واحدها را نهشته‌های کواترنری در بر گرفته است)، همگنی از نظر فرسایش سطحی افزایش یافته و صحت بیشتر از ۹۰ درصد است. در واحد اراضی ۹.۱ به دلیل دو کاربری

کاملاً متفاوت کشاورزی و معادن قرصه شن و ماسه، دو چهره متفاوت از فرسایش سطحی دیده شد و همین موضوع سبب کاهش صحت واحد شده است. در واحدهای اراضی ۹.۷ و ۹.۸ نیز وجود کاربری‌های مرتع و کشاورزی، تمرکز جریان‌های آبی مناطق بالادست در برخی از مناطق، سبب ناهمگونی فرسایش سطحی و کاهش صحت شده است.

۲-۳. فرسایش شیاری

با توجه به نتایج جدول ۳ در تهیه نقشه فرسایش شیاری در روش واحدهای اراضی، بیشترین صحت‌ها مربوط به واحدهای اراضی ۱.۸، ۲.۱۰، ۴.۲۷ و ۴.۸ بود که صحت آنها بیشتر از ۹۰ درصد بود، اما باید توجه داشت که مساحت واحد ۲.۱۰ کم بود و همگن بودن آن دور از انتظار نبود، لذا در برخی واحدهای دیگر نیز که مساحت زیادی داشتند مثل واحدهای اراضی ۴.۲۷، صحت بالایی وجود داشت. بخش اعظم مساحت تیپ دشت‌های دامنه‌ای (۳۹۳۲۰ هکتار) صحت بیشتر از ۹۰ درصد داشتند و فقط مساحت کمی از آن (واحد اراضی ۴.۲۱) دارای صحت ۵۰/۹ درصد بود. اراضی کشاورزی عمدتاً در این تیپ اراضی قرار داشتند. به نظر می‌رسد شیب، کاربری، شرایط فرسایشی تقریباً یکنواخت در پهنه اراضی تیپ دشت‌های دامنه‌ای، عامل افزایش صحت بوده است.

تمام پهنه واحدهای اراضی ۴.۲۷ و ۴.۸ شامل رسوبات کواترنری است که حساسیت متوسط به فرسایش دارند، اما در واحد اراضی ۴.۲۱، علاوه بر این رسوبات در بخش‌هایی از آن، تشکیلات حساس زمین شناسی چون کنگلومرا (سازند هزار دره و کهریزک) دیده می‌شود. در واحد اراضی ۲.۷ که بخش اعظم تپه‌ها را تشکیل می‌دهند، میزان خطا از دیگر واحدهای اراضی در فیزیوگرافی تپه بیشتر بود. حساسیت متفاوت سنگ‌ها به فرسایش در این واحد اراضی سبب بروز فرسایش سطحی با شدت‌های مختلف و کاهش صحت آن شده است. در فیزیوگرافی‌های دیگر، صحت واحدهای اراضی پایین بوده و خطای زیادی در تهیه نقشه فرسایش شیاری داشتند.

در کل به نظر می‌رسد که بین فیزیوگرافی اراضی و شدت فرسایش شیاری ارتباط وجود دارد. اگر اراضی بدلند در نظر گرفته نشود (راضی بدلند به دلیل ساختار خاصی که دارند معمولاً دارای فرسایش‌های شدیدی هستند)، در فیزیوگرافی کوه‌ها و تپه‌ها که شیب عمومی اراضی بالا است نسبت به فیزیوگرافی دشت‌ها و آبرفت‌ها، شدت فرسایش شیاری بیشتر است.

جدول ۳- نتایج مقایسه نقشه واقعی فرسایش شیاری با نقشه واحدهای اراضی

| واحد اراضی | شدت فرسایش | $Z^*(x_i)$ (هکتار) | $Z(x_i)$ (هکتار) | صحت (درصد) | خطا (درصد) | قدر مطلق خطا (هکتار) |
|------------|------------|-----------------------|---------------------|------------|------------|----------------------|
| 1.1 | R1* | ۴۷۷۱۸/۰ | ۳۰۰۶۳/۸ | ۶۳/۰ | ۳۷/۰ | ۱۷۶۵۴/۱ |
| 1.6 | R2 | ۱۴۳۳۳/۷ | ۶۷۳۹/۳ | ۴۷/۰ | ۵۳/۰ | ۷۵۹۴/۴ |
| 1.8 | R4 | ۳۶۹۱/۰ | ۳۶۴۷/۷ | ۹۸/۸ | ۱/۲ | ۴۳/۳ |
| 2.12 | R1 | ۷۹۳/۰ | ۵۴۳/۸ | ۶۸/۶ | ۳۱/۴ | ۲۴۹/۲ |
| 2.7 | R2 | ۱۲۵۹۷/۹ | ۵۴۶۴/۱ | ۴۳/۴ | ۵۶/۶ | ۷۱۳۳/۹ |
| 2.9 | R2 | ۳۹۸۶/۷ | ۳۲۸۸/۷ | ۸۲/۵ | ۱۷/۵ | ۶۹۸/۰ |
| 2.10 | R1 | ۴۹۴/۳ | ۴۸۵/۹ | ۹۸/۳ | ۱/۷ | ۸/۴ |
| 3.26 | R1 | ۱۴۳۶/۵ | ۶۵۱/۲ | ۴۵/۳ | ۵۴/۷ | ۷۸۵/۳ |
| 4.21 | R1 | ۱۹۰۶/۳ | ۹۷۰/۵ | ۵۰/۹ | ۴۹/۱ | ۹۳۵/۹ |
| 4.27 | R0 | ۳۴۵۸۶/۴ | ۳۳۴۱۵/۲ | ۹۶/۶ | ۳/۴ | ۱۱۷۱/۲ |
| 4.8 | R1 | ۴۷۳۳/۶ | ۴۳۲۴/۷ | ۹۱/۴ | ۸/۶ | ۴۰۹/۰ |
| 6.5 | R2 | ۷۵۶۳/۳ | ۳۰۳۰/۱ | ۴۰/۱ | ۵۹/۹ | ۴۵۳۳/۲ |
| 8.1 | R0 | ۶۱۰۳/۸ | ۳۹۹۴/۴ | ۶۵/۴ | ۳۴/۶ | ۲۱۰۹/۴ |
| 8.2 | R0 | ۴۱۱۸/۸ | ۱۴۷۰/۰ | ۳۵/۷ | ۶۴/۳ | ۲۶۴۸/۸ |
| 9.1 | R0 | ۹۹۵۰/۱ | ۵۲۰۵/۵ | ۵۲/۳ | ۴۷/۷ | ۴۷۴۴/۶ |
| 9.7 | R1 | ۸۳۷/۳ | ۴۷۰/۰ | ۵۶/۱ | ۴۳/۹ | ۳۶۷/۳ |
| 9.8 | R0 | ۱۹۹۶/۰ | ۷۹۷/۳ | ۳۹/۹ | ۶۰/۱ | ۱۱۹۸/۶ |

* R0 ، R1 ، R2 ، R3 و R4 به ترتیب بدون فرسایش شیاری، با شدت‌های کم، متوسط، زیاد

و خیلی زیاد

۳-۳. فرسایش خندقی

با توجه به نتایج جدول ۴ در تهیه نقشه فرسایش خندقی، فیزیوگرافی کوه‌ها و تپه‌ها، صحت بالایی داشتند، اما واحد اراضی ۱.۶، صحت بالایی نداشته و ۵۷/۱ درصد بود. حساسیت سازندها در بخش‌هایی از واحد اراضی ۱.۶ از جمله واحدهای سنگی کنگلومرا، شیل، سیلت استون و سنگ‌ها تبخیری سبب بروز فرسایش خندقی شدید شده است (احمدی، ۱۳۷۴). بروز فرسایش خندقی با شدت‌های کم و خیلی شدید و وجود مناطق بدون فرسایش در این واحد از عوامل کاهش صحت بوده است. در مجموع فرسایش خندقی در بخش وسیعی از فیزیوگرافی کوهستان دیده نمی‌شود. در بخش وسیعی از فیزیوگرافی تپه‌ها نیز فرسایش خندقی وجود ندارد، گرچه فرسایش خندقی با شدت متوسط، پهنه وسیعی از واحد ۲.۹ را در بر گرفته است (۹۷/۳ درصد). در مناطقی که شیب عمومی اراضی کم است و فیزیوگرافی دشت مانند دارند (تیپ‌های اراضی ۴، ۶، ۸ و ۹)، صحت واحدها کم است، بجز واحد اراضی ۴.۲۷ که اراضی کشاورزی مرغوب حوزه است و فرسایش در بیشتر موارد کنترل شده است. در واحد ۴/۸، فرسایش خندقی شدید نیز در ۱۰ درصد از مساحت واحد دیده می‌شد. پروفیل این خندق‌ها، V شکل بوده، چرا که رسوبات ضخیم دانه‌ریز سطح واحد را پوشش داده‌اند. واحد ۶.۵، صحت پایینی دارد و فقط ۴۰/۱ درصد است. با توجه به شیب بسیار کم این اراضی، وجود املاح زیاد، آبراهه‌های ورودی از مناطق بالادست و دانه‌ریز بودن رسوبات، شرایط برای پای‌پینگ^۶ و ایجاد خندق فراهم شده است (احمدی، ۱۳۷۴). در این واحد اراضی، فرسایش خندقی با شدت‌های مختلفی وجود دارد که منجر به کاهش صحت واحد شده است.

جدول ۴- نتایج مقایسه نقشه واقعی فرسایش خندقی با نقشه واحدهای اراضی

| واحد اراضی | شدت فرسایش | $Z^*(x_i)$ (هکتار) | $Z(x_i)$ (هکتار) | صحت (درصد) | خطا (درصد) | قدر مطلق خطا (هکتار) |
|------------|------------|-----------------------|---------------------|------------|------------|----------------------|
| 1.1 | G0* | ۴۷۷۱۸/۱ | ۴۶۵۵۹/۰ | ۹۷/۶ | ۲/۴ | ۱۱۵۹/۲ |
| 1.6 | G0 | ۱۴۳۳۳/۸ | ۸۱۹۰/۶ | ۵۷/۱ | ۴۲/۹ | ۶۱۴۳/۱ |

^۶ Piping

ادامه جدول ۴- نتایج مقایسه نقشه واقعی فرسایش خندقی با نقشه واحدهای اراضی

| واحد اراضی | شدت فرسایش | $Z_*(X_i)$ (هکتار) | $Z(X_i)$ (هکتار) | صحت (درصد) | خطا (درصد) | قدر مطلق خطا (هکتار) |
|------------|------------|--------------------|------------------|------------|------------|----------------------|
| 1.8 | G4 | ۳۶۹۱/۱ | ۳۶۴۷/۷ | ۹۸/۸ | ۱/۲ | ۴۳/۳ |
| 2.12 | G0 | ۷۹۳/۰ | ۷۹۳/۰ | ۱۰۰ | ۰ | ۰ |
| 2.7 | G0 | ۱۲۵۹۷/۹ | ۱۰۲۶۹/۵ | ۸۱/۵ | ۱۸/۵ | ۲۳۲۸/۵ |
| 2.9 | G2 | ۳۹۸۶/۷ | ۳۸۷۸/۰ | ۹۷/۳ | ۲/۷ | ۱۰۸/۷ |
| 2.10 | G0 | ۳۴۹۴/۱ | ۴۸۹/۱ | ۹۸/۹ | ۱/۱ | ۵/۲ |
| 3.26 | G1 | ۱۴۳۶/۵ | ۱۰۰۴/۶ | ۶۹/۹ | ۳۰/۱ | ۴۳۱/۹ |
| 4.21 | G1 | ۱۹۰۶/۳ | ۱۰۲۲/۸ | ۵۳/۷ | ۴۶/۳ | ۸۸۳/۵ |
| 4.27 | G0 | ۳۴۵۸۷/۲ | ۳۲۴۳۹/۰ | ۹۳/۸ | ۶/۲ | ۲۱۴۷/۴ |
| 4.8 | G1 | ۴۷۳۴/۴ | ۴۱۹۹/۲ | ۸۸/۷ | ۱۱/۳ | ۵۳۵/۲ |
| 6.5 | G4 | ۷۵۶۳/۳ | ۳۰۳۰/۱ | ۴۰/۱ | ۵۹/۹ | ۴۵۳۳/۲ |
| 8.1 | G0 | ۶۱۰۴/۰ | ۳۹۱۳/۸ | ۶۴/۱ | ۳۵/۹ | ۲۱۹۰/۱ |
| 8.2 | G0 | ۴۱۱۸/۴ | ۱۹۳۸/۶ | ۴۷/۱ | ۵۲/۹ | ۲۱۷۹/۹ |
| 9.1 | G0 | ۹۹۵۰/۱ | ۵۲۱۲/۵ | ۵۲/۴ | ۴۷/۶ | ۴۷۳۷/۶ |
| 9.7 | G1 | ۸۳۷/۳ | ۶۳۰/۲ | ۷۵/۳ | ۲۴/۷ | ۲۰۷/۱ |
| 9.8 | G3 | ۱۹۹۶/۰ | ۱۳۴۸/۱ | ۶۷/۵ | ۳۲/۵ | ۶۴۷/۸ |

* G0 ، G1 ، G2 ، G3 و G4 بترتیب بدون فرسایش خندقی، باشدت‌های کم، متوسط، زیاد و خیلی زیاد

اگر اراضی بدلند (که در فیزیوگرافی تپه‌ها قرار دارند)، در نظر گرفته نشود، فرسایش-های شدید خندقی عمدتاً در دشت‌ها و آبرفت‌های حوزه وجود دارد و در مناطق کوهستانی و تپه‌ای یا فرسایش خندقی وجود ندارد و یا با شدت کم رخ داده است. احمدی (۱۳۷۴) معتقد است که فرسایش خندقی در مناطق مسطح با شیب کم که پدیده انحلال سبب تکامل هدکت آنها شده است، دیده می‌شود. بنابراین خندق‌ها اغلب در فیزیوگرافی دشت‌مانند ملاحظه می‌شوند تا مناطق کوهستانی.

۳-۴. اشکال فرسایش

با توجه به نتایج جدول ۵، در واحدهای اراضی واقع در فیزیوگرافی کوهستان و تپه‌ها، صحت واحدها در برآورد اشکال فرسایش نسبت به صحت آنها در برآورد هر یک از فرسایش‌های سطحی، شیاری، خندقی و آبراهه‌ای پایین‌تر بود. هر چه مساحت واحدها بزرگتر باشد، به علت تفاوت عوامل مؤثر بر فرسایش مثل حساسیت سنگ‌ها، کاربری، شیب، ناهمواری و برونزدگی‌های سنگی، صحت واحدها کمتر است. بنابراین شاید همگن بودن واحدهای اراضی در مورد یکی از شکل‌های فرسایش زیاد باشد، اما وقتی که واحدهای اراضی از نظر اشکال فرسایش بررسی می‌گردد، ناهمگونی افزایش یافته و خطای برآورد فرسایش افزایش می‌یابد. مثلاً در واحدهای اراضی ۱.۱، ۱.۶ و ۲.۷ که مساحت زیادی در حوزه دارند، صحت، بسیار کم و خطای برآورد، بسیار زیاد است و عملاً نمی‌توانند در تهیه نقشه اشکال فرسایش به عنوان واحدهای همگن در نظر گرفته شوند، حتی در واحد اراضی ۳.۲۶ که مساحت زیادی ندارد، صحت ۴۵/۳ درصد است. صحت در واحد اراضی ۴.۲۷ که دومین واحد بزرگ حوزه است، ۹۳/۳ درصد بود. این واحد از نظر فرسایش‌های مختلف اعم از سطحی، شیاری و خندقی نیز صحت بیشتر از ۹۰ درصد داشت. زیر کشت بودن اراضی، شیب کم و حساسیت یکنواخت سنگ‌ها به فرسایش، شرایط یکنواختی را از نظر فرسایش در سرتاسر واحد فراهم آورده که منجر به صحت بالای آن شده است، در صورتی که این شرایط برای واحد ۴.۲۱ وجود ندارد. صحت واحد اراضی ۴.۸ نیز بالا بود و ۸۸/۷ درصد است. این واحد نیز تقریباً تحت پوشش اراضی کشاورزی است و همگنی از نظر فرسایش‌های مختلف سبب صحت بالای آن شده است. واحد اراضی ۶.۵، صحت ۴۰/۰ درصد داشت. ناهمگونی فرسایش‌های سطحی، شیاری و خندقی منجر به کاهش صحت واحد شده است. این واحد دارای فرسایش‌های بسیار شدید سطحی، شیاری و خندقی می‌باشد. شوری اراضی، پوشش ضعیف گیاهی، ریز بافت بودن خاک و تمرکز جریان‌ات آبی منجر به بروز فرسایش‌های شدید شده است. صحت واحدهای اراضی ۸.۱ و ۸.۲ بسیار پایین بود. این واحدها از نظر فرسایش‌های مختلف، صحت‌های متفاوتی داشتند، لیکن در مجموع صحت‌ها خیلی زیاد نبودند. در نظر گرفتن اشکال فرسایش با یکدیگر نشان دهنده صحت بسیار کم واحدها و عدم صحت لازم در تهیه نقشه اشکال فرسایش است. در واحدهای اراضی در فیزیوگرافی آبرفت‌های بادبزنی شکل نیز صحت‌ها بسیار پایین بود.

جدول ۵- نتایج مقایسه نقشه واقعی اشکال فرسایش با نقشه واحدهای اراضی

| واحد اراضی | شدت فرسایش | $Z^*(x_i)$ (هکتار) | $Z(x_i)$ (هکتار) | صحت (درصد) | خطا (درصد) | قدر مطلق خطا (هکتار) |
|------------|--------------------|-----------------------|---------------------|------------|------------|----------------------|
| 1.1 | S2 * R1 * G0 * Ch1 | ۴۷۷۱۸/۱ | ۱۷۱۲۶/۱۲ | ۳۵/۹ | ۶۴/۱ | ۳۰۵۹۲/۰ |
| 1.6 | S4 * R4 * G4 * Ch0 | ۱۴۳۳۳/۸ | ۳۹۸۹/۵۷ | ۲۷/۸ | ۷۲/۲ | ۱۰۳۴۴/۲ |
| 1.8 | S4 * R4 * G4 * Ch0 | ۳۶۹۱/۱ | ۳۶۴۷/۷۲ | ۹۸/۸ | ۱/۲ | ۴۳/۴ |
| 2.12 | S2 * R1 * G0 * Ch1 | ۷۹۳ | ۵۴۳/۸۱ | ۶۸/۶ | ۳۱/۴ | ۲۴۹/۲ |
| 2.7 | S2 * R1 * G0 * Ch1 | ۱۲۵۹۷/۹ | ۴۶۸۲/۵۳ | ۳۷/۲ | ۶۲/۸ | ۷۹۱۵/۴ |
| 2.9 | S4 * R2 * G2 * Ch1 | ۳۹۸۶/۷ | ۲۸۸۷/۲۳ | ۷۲/۴ | ۲۷/۶ | ۱۰۹۹/۵ |
| 2.10 | S2 * R1 * G0 * Ch1 | ۴۹۴/۳ | ۴۱۵/۹۹ | ۸۴/۲ | ۱۵/۸ | ۷۸/۳ |
| 3.26 | S2 * R1 * G1 * Ch0 | ۱۴۳۶/۵ | ۶۵۱/۲۳ | ۴۵/۳ | ۵۴/۷ | ۷۸۵/۳ |
| 4.21 | S2 * R1 * G1 * Ch0 | ۱۹۰۶/۳ | ۸۲۸/۸۵ | ۴۳/۵ | ۵۶/۵ | ۱۰۷۷/۵ |
| 4.27 | S1 * R0 * G0 * Ch0 | ۳۴۵۸۷/۲ | ۳۲۲۵۳/۹۸ | ۹۳/۳ | ۶/۷ | ۲۳۳۳/۲ |
| 4.8 | S1 * R1 * G1 * Ch0 | ۴۷۳۴/۴ | ۴۱۹۸/۵۱ | ۸۸/۷ | ۱۱/۳ | ۵۳۵/۹ |
| 6.5 | S4 * R2 * G4 * Ch0 | ۷۵۶۳/۳ | ۳۰۲۸/۶۶ | ۴۰/۰ | ۶۰/۰ | ۴۵۳۴/۶ |
| 8.1 | S3 * R0 * G2 * Ch2 | ۶۱۰۴ | ۱۹۴۱/۴۲ | ۳۱/۸ | ۶۸/۲ | ۴۱۶۲/۶ |
| 8.2 | S2 * R2 * G0 * Ch2 | ۴۱۱۸/۴ | ۱۲۸۲/۳۰ | ۳۱/۱ | ۶۸/۹ | ۲۸۳۶/۱ |
| 9.1 | S1 * R0 * G0 * Ch0 | ۹۹۵۰/۱ | ۴۷۷۸/۲۹ | ۴۸/۱ | ۵۱/۹ | ۵۱۷۱/۸ |
| 9.7 | S3 * R2 * G1 * Ch0 | ۸۳۷/۳ | ۳۳۰/۷۳ | ۳۹/۵ | ۶۰/۵ | ۵۰۶/۶ |
| 9.8 | S2 * R2 * G0 * Ch2 | ۱۹۹۶ | ۴۸۸/۷۲ | ۲۴/۵ | ۷۵/۵ | ۱۵۰۷/۳ |

۳-۵. مقایسه روش‌ها

نتایج جدول ۶ نشان می‌دهد بیشترین صحت نقشه واحدهای اراضی در تهیه نقشه فرسایش خندقی است. نقشه واحدهای اراضی در تهیه این نقشه دارای کمترین خطا و بیشترین دقت است چرا که کمترین ضریب تغییرات صحت واحدهای کاری را داراست. کمترین صحت و دقت نقشه واحدهای اراضی در تهیه نقشه اشکال فرسایش است. وقتی که واحدهای اراضی از نظر اشکال فرسایش بررسی می‌گردد، ناهمگونی افزایش یافته که منجر به کاهش صحت و افزایش خطای برآورد فرسایش می‌شود.

جدول ۶- میزان صحت، دقت و خطای نقشه واحدهای اراضی در تهیه نقشه‌های اشکال فرسایش

| نوع فرسایش | صحت ^۱ (%) | ضریب تغییرات صحت واحدهای کاری: دقت ^۲ (%) | جذر میانگین مربعات خطای واحدهای کاری (هکتار) ^۳ |
|--------------|-------------------------|--|--|
| سطحی | ۶۶/۱ | ۳۸/۸ | ۵۶۸۷/۱ |
| شیاری | ۶۶/۶ | ۳۳/۸ | ۵۳۱۳/۲ |
| خندقی | ۸۲/۰ | ۳۶/۵ | ۲۴۶۶/۱ |
| اشکال فرسایش | ۵۳/۰ | ۴۷/۳ | ۸۳۶۴/۴ |

$$A = \frac{\sum_{i=1}^n Z^*_{(x_i)} c_i}{\sum_{i=1}^n Z^*_{(x_i)}}$$

A صحت نقشه (درصد انطباق نقشه با شرایط واقعی)، $Z^*_{(x_i)}$ مساحت واحد در مدل برآورد شده (واحدهای کاری) مساحت هر واحد کاری (مساحت واحد در مدل برآورد شده) و c_i ماکزیمم مساحتی از هر واحد (بر حسب درصد) که از نظر شدت اشکال فرسایش همگن می‌باشد (مساحت واحد در مدل مشاهده‌ای).

$${}^2 C.V. = \frac{S}{\bar{X}} * 100$$

C.V ضریب تغییرات صحت واحدهای کاری، S انحراف معیار صحت واحدهای برآورد شده و \bar{X} صحت کل مدل

$${}^3 RMSE = \left(\frac{\sum_{i=1}^n [Z_{(x_i)} - Z^*_{(x_i)}]^2}{n} \right)^{\frac{1}{2}}$$

RMSE ریشه دوم میانگین مربعات خطای واحدهای کاری است. و $Z_{(x_i)}$ مساحت واحد در مدل مشاهده‌ای (ماکزیمم درصد همگنی هر واحد در شرایط واقعی)

۴. نتیجه‌گیری

در تهیه نقشه ارزیابی منابع و قابلیت اراضی، بر اساس شیب کلی، منطقه به چند تیپ اراضی از جمله کوه‌ها، تپه‌ها، دشت‌ها، و ... تقسیم شده‌اند. همچنین هر تیپ اراضی با توجه به خاک، توپوگرافی، وضعیت پوشش زمین و لیتولوژی به چند واحد اراضی تقسیم‌بندی شده‌اند که این فاکتورها خود در فرسایش مهم هستند. بنابراین نقشه ارزیابی منابع و قابلیت اراضی (نقشه واحدهای اراضی) می‌تواند در برگیرنده یک سری عوامل مهم در فرسایش باشد. واحد اراضی ۱.۱ تنها برای فرسایش خندقی از صحت

بسیار بالایی برخوردار بود (۹۹/۶ درصد) و در تهیه نقشه فرسایش‌های دیگر، صحت بالایی ندارد. این واحد با صحت ۳۵/۹ درصد صحت لازم را در تهیه نقشه اشکال فرسایش ندارد. صحت واحد اراضی ۱.۶ در تهیه نقشه‌های فرسایش و اشکال فرسایش پایین است. صحت واحد اراضی ۱.۸ در تهیه نقشه‌های فرسایش و اشکال فرسایش بسیار بالاست. واحد ۲.۱۰ با توجه به مساحت کم دارای صحت بالایی در تهیه نقشه‌های فرسایش و اشکال آن می‌باشد. واحد ۲.۷ بجز در تهیه نقشه فرسایش خندقی، از صحت بالایی در تهیه نقشه‌های فرسایش برخوردار نیست. واحد اراضی ۲.۹ صحت بالایی دارد، اما در تهیه نقشه اشکال فرسایش صحت آن کاهش می‌یابد (۷۲/۴ درصد). واحد اراضی ۳.۲۶ برای فرسایش سطحی و آبراه‌های صحت بالایی دارد اما در تهیه بقیه نقشه‌ها صحت پایینی دارد. از سه واحد اراضی واقع در تیپ دشت‌های دامنه‌ای، واحد ۴.۲۱ فقط برای فرسایش آبراه‌های صحت بالایی دارد، اما واحدهای ۴.۲۷ و ۴.۲۸ صحت بالایی حتی در تهیه نقشه اشکال فرسایش دارند. واحد اراضی ۶.۵، صحت لازم در تهیه نقشه فرسایش‌های مختلف و اشکال فرسایش را ندارد. واحدهای اراضی واقع در تیپ واریزه‌ها و آبرفت‌های بادبزی شکل سنگریزه‌دار صحت لازم را در تهیه نقشه‌های فرسایش و اشکال فرسایش ندارند. البته واحد ۹.۷ در تهیه نقشه فرسایش آبراه‌های صحت بالایی دارد.

نقشه واحدهای اراضی در تهیه نقشه فرسایش خندقی بیشترین صحت را داشته و می‌تواند در تهیه این نقشه به کار رود هر چند که صحت آن از روش‌های تلفیق لایه‌ها و تفسیر تصاویر کمتر است. نقشه واحدهای اراضی در تهیه نقشه فرسایش خندقی نیز بالاترین دقت را نسبت به تهیه نقشه فرسایش‌های دیگر دارد. دقت آن در تهیه نقشه اشکال فرسایش بسیار پایین است. در تهیه نقشه فرسایش خندقی، مساحت بیشتری از واحدهای اراضی، صحت بیشتر از ۹۰ درصد دارند. کمترین مساحت مربوط به نقشه اشکال فرسایش است، در حالی که این نقشه بیشترین مساحت را در صحت کمتر از ۵۰ درصد دارد.

۵. منابع

- ۱- احمدی، ح. (۱۳۷۴). ژئومورفولوژی کاربردی. انتشارات دانشگاه تهران.
- ۲- بهرامی، ح. ت. پرنلخ و ن. طهماسبی پور. (۱۳۸۴). بررسی عامل فرسایش پذیری خاک در کاربری‌ها و تیپ‌های اراضی مختلف در حوزه آبخیز چم انجیر. مجموعه مقالات سومین همایش ملی فرسایش و رسوب، ۹ - ۶ شهریور ۱۳۸۴، مرکز تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری کشور.
- ۳- حاجی قلیزاده، 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، ۹ - ۶ شهریور ۱۳۸۴، مرکز تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری کشور.
- ۴- رفاهی، ح. (۱۳۷۸). فرسایش آبی و کنترل آن. چاپ دوم، انتشارات دانشگاه تهران.
- ۵- قادری، ن. و ج. قدوسی. (۱۳۸۴). بررسی فرسایش‌پذیری خاک در واحدهای اراضی حوزه تلوارچای، مجموعه مقالات سومین همایش ملی فرسایش و رسوب، ۹-۶ شهریور ۱۳۸۴، مرکز تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری کشور.
- ۶- محمدی ترکاشوند، ع. و د. نیک‌کامی. (۱۳۸۶). 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.
- ۷- محمدی ترکاشوند، ع. د. نیک‌کامی و م. اسفندیاری. (۱۳۸۴). بررسی روش تهیه نقشه اشکال فرسایش ۲۵۰۰۰:۱، مطالعه موردی: حوزه آبخیز کین و سولقان. سومین همایش ملی فرسایش و رسوب. مرکز تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری کشور، تهران.
- ۸- نجابت، م. (۱۳۸۱). امکان سنجی پردازش رقومی تصاویر ماهواره‌ای به منظور شناسایی و تهیه نقشه فرسایش سطحی خاک در استان فارس، اولین کارگاه آموزشی فن‌آوری‌های نوین در حفاظت خاک. مرکز تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری، ۱ و ۲ بهمن.
9. 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.
10. Cerdan, O., Y. Lebissonais, 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.
11. Egboka, B. C. E. and I. P. Orajaka. 1987. Soil and gully erosion models for effective control programs. *Geoforum*. 18 (3): 333-341.
12. 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.
13. Mohammadi-Torkashvand, A. 2008. GIS: some models for preparing erosion features map. In the Proceeding 15th International Congress of the International Soil Conservation Organization (ISCO), 18- 23 May, Budapest, Hungary.
14. Moussa, R., Voltz, M. and Andrieux, P. 2002. Effects of the spatial organization of agricultural management on the hydrological behaviour of a farmed catchment during flood events. *Hydrological Processes*, 16, pp. 393-412.

15. 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>.
16. Sidorchuk, A., M. Marker, S. Moretti and G. Rodolfi. 2003. Gully erosion modeling and landscape response in the Mbuluzi catchment of Swaziland. *Catena*. 50 (2-4): 507-525.
17. Sidorchuk, A. 1999. Dynamic and static models of gully erosion. *Catena*. 37: 401-414.
18. 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, 17-22 oct. 2004. Nairobi, Kenya.
19. Souchere, V., Cerdan, O. Dubreuil, N. Le Bissonnais, Y. and King, C. 2005. Modelling the impact of agri-environmental scenarios on overland flow in a cultivated catchment (Normandy, France). *Catena*, 61, pp. 229-240.
20. Van Zuidam, R. A. 1985. Terrain analysis and classification using aerial photographs. International institute for aerial survey and earth sciences. ITC-Textbook VII-6, 2. Ed., Enschede.

References (in Persian)

1. Ahmadi, H., 1995, **Applied Geomorphology**, Publication of Tehran University.
2. Bahrami, H., pournakhl, T., Tahmasebi, N., 2005, **Study of Erodibility Factor of Soil in Usages in Different Types Of Lands in Water Protection in Cham Anjir Region**, Collection of Articles, 3rd National Conference on Erosion and Desimination, 6-9 of Shahrivar in 2005, Research Center of Soil Maintanance and Water in Country.
3. Haji Gholizadeh, M., 2005, **Survey of Possibility of Using Satellite Photos with High Quality in Recognizing Erosion Types in Tehran Province**, Collection of Articles, 3rd National Conference on Erosion and Desimination, 6-9 of Shahrivar in 2005, Research Center of Soil Maintanance and Water in Country.
4. Refahi, H., 1999, **Water Erosion and Its Control**, 2nd Edition, Publication of Tehran University.
5. Ghaderi, N., Ghodosi, J., 2005, **Study of Erodibility of Soil in Land Units of Telvarchai Region**, Collection of Articles, 3rd National Conference on Erosion and Desimination, 6-9 of Shahrivar in 2005, Research Center of Soil Maintanance and Water in Country.
6. Mohammadi Torkashvand, A., Nikkami, N., 2007, **Map of Erosion Forms, a Basic Map in Sustainable Management of Soil, National Conference on Soil, Environment And Sustainable Development**, College of Water & Soil Engineering, Pardis of Agriculture & Natural Resources of Tehran University, Karaj.
7. Mohammadi Torkashvand, A., Nikkami, N., Esfandyari, M. 2005, **Study of Method of Making Map of Erosion Froms of 1:25000, Case Study, Water Region of Kan and Soleghan**, 3rd National Conference on Erosion and Desimination, Research Center of Soil Maintanance and Water in Country, Tehran.

8. Nejabat, M., 2002, **Possibility of Figurative Processing of Satellite Photos to Recognize and Make Map of Soil Surface Erosion in Fars Province**, 1st Educational Workshop of New Technologies in Soil Maintenance, Research Center of Soil Maintenance and Water Protection. 1st & 2nd of Bahamn,2001.

Archive of SID