

بررسی روش تهیه نقشه اشکال فرسایش ۱:۲۵۰۰۰۰

مطالعه موردی: حوزه آبخیز کن و سولقان

علی محمدی ترکاشوند، داود نیک‌کامی و مهرداد اسفندیاری

به ترتیب دانشجوی دکتری خاکشناسی واحد علوم و تحقیقات و عضو هیئت علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد رشت، استادیار پژوهشی مرکز تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری و دانشیار دانشگاه تهران و واحد علوم و تحقیقات دانشگاه آزاد اسلامی

چکیده

نقشه اشکال فرسایش در مطالعات فرسایش و رسوب به عنوان یکی از نقشه‌های پایه و بر اساس شواهد ظاهری فرسایش منطقه تهیه و ارائه می‌گردد. با توجه به گستردگی کشور و تنوع در شرایط آب و هوایی، فیزیوگرافی، زمین شناسی، خاکشناسی، کاربری و پوشش گیاهی، تفاوت‌های بسیاری از نظر اشکال فرسایش اعم از سطحی، شیاری، خندقی، توده‌ای در مناطق مختلف ملاحظه می‌شود. جهت بررسی و مقایسه روش‌های مختلف تهیه نقشه اشکال فرسایش ۱:۲۵۰۰۰۰ در مناطق کوهستانی، یک مطالعه در حوزه رودخانه‌های کن و سولقان در شمال غربی شهر تهران انجام گرفت. در مرحله اول، با روی هم گذاری لایه‌های زمین شناسی، پوشش گیاهی و شیب؛ زمین شناسی، کاربری و شیب؛ حساسیت سنگها به فرسایش، کاربری و ارزیابی منابع و قابلیت اراضی، به ترتیب نقشه‌های واحد کاری ۱ تا ۴ تهیه گردید. در مرحله دوم، ۵۳ نقطه کنترل زمینی از نظر اشکال فرسایش و شدت آنها مورد بررسی قرار گرفت. نتایج موید آن بود که نقشه‌های واحد کاری ۱، ۲ و ۳ تا حدودی ۳، روش مناسبی جهت جداسازی واحدهای همگن از نظر اشکال فرسایش نیستند. در ضمن به دلیل به وجود آمدن تعداد واحدهای بسیار زیاد و یکسان بودن اشکال فرسایش واحدهای مجاور، موجب صرف هزینه و نیروی کار زیاد می‌شوند. نقشه واحد کاری ۴ با حداقل تعداد واحد بیشترین دقت را نشان داد. در ۲ واحد از ۶ واحد این نقشه، ۶۶/۶ درصد و در ۱ واحد، ۱۵ درصد نقاط کنترلی دارای فرسایش مشابه بودند. در سه واحد دیگر، با کاربری کشاورزی و برونزدگی سنگی، تقریباً اشکال فرسایش در تمام نقاط یکسان بود. به علاوه برخی ناهمگونی‌ها در اشکال فرسایش واحدها به دلیل نوع، عمق و خصوصیات خاک بود.

واژگان کلیدی: نقشه فرسایش، اشکال فرسایش، تهران

مقدمه

تهیه نقشه‌ای که بتواند اشکال فرسایش خاک و شدت آنها را نشان دهد، در مدیریت و برنامه‌ریزیهای حوزه‌های آبخیز حائز اهمیت است. نظر به گستردگی کشور و تنوع شرایط آب و هوایی، فیزیوگرافی، زمین شناسی، خاکشناسی، کاربری و پوشش گیاهی، تفاوت‌های بسیاری از نظر سیمای فرسایش اعم از سطحی، شیاری، خندقی، توده‌ای و غیره قابل انتظار

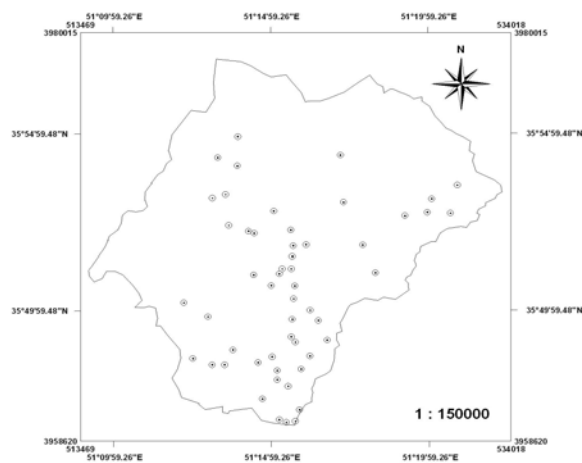
است. بنابراین در شرایط مختلف بررسی اشکال فرسایش متفاوت می‌باشد. تهیه این نقشه در مقیاس ملی ۱:۲۵۰۰۰۰ هنوز به مورد اجرا گذاشته نشده است، ولی به طور مجرد وزارت جهاد سازندگی سابق اقدام به تهیه نقشه سیمای فرسایش نموده است. در سال ۱۳۷۹ طرحی توسط دفتر مطالعات و ارزیابی آبخیزها پیشنهاد شد که در آن جهت جداسازی واحدهای همگن از نظر اشکال فرسایش از لایه‌های اطلاعاتی خاک، شیب، لیتولوژی، تیپ اراضی، شماره منحنی^۱ و کاربری اراضی استفاده شد. نقشه در مقیاس ۱:۵۰۰۰۰، حجم بسیار زیاد کار و هزینه (۱۶ میلیارد ریال در این سال) و زمان طولانی (۳۵ سال)، عملی بودن این روش را زیر سؤال می‌برد. رهنما (۱۳۸۱) بنا به درخواست معاونت آبخیزداری وزارت جهاد سازندگی، اقدام به تهیه نقشه سیمای فرسایش در سطح ۴ میلیون هکتار از اراضی استان اصفهان نمود. وی نتیجه گرفت که عمده زمان مورد نیاز برای تهیه این نقشه مربوط به تفسیر عکسهای هوایی و عملیات صحرائی است. لذا انجام این روش را برای کل کشور غیر عملی دانسته و به منظور تسریع در تهیه نقشه اشکال فرسایش، استفاده از سیستمهای سنجنش از دور را توصیه نمود. گلبابایی (۱۳۷۵) جهت جداسازی واحدهای حساس به فرسایش از روی هم گذاری لایه‌های شیب، لیتولوژی و جهت شیب در زیر حوزه لووارک سد لتیان استفاده نمود. Milington (۱۹۸۶) جهت تشخیص و جداسازی واحدها از نظر خطر فرسایش در سیرالئون از تلفیق لایه‌های شیب، شبکه زهکشی، شاخص فرسایش پذیری و فرساینده استفاده نمود. عبدی و میرقاسمی (۱۳۷۶) در حوزه باروت آغاجی استان زنجان با استفاده از GIS، نقشه خطر فرسایش حوزه را تهیه نمودند. جداسازی واحدها با تلفیق نقشه‌های سنگ شناسی، شیب، سطوح سنگریزه دار و پوشش گیاهی صورت گرفت. در این تحقیق، روش تهیه نقشه اشکال فرسایش با کمک GIS مد نظر بوده و علاوه بر دقت و کیفیت، ملاحظات اقتصادی و اجرایی در تهیه نقشه‌های با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰۰ مورد بررسی قرار می‌گیرد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه، حوزه رودخانه کن و سولقان در شمال غربی شهر تهران به وسعت ۲۰۵/۸۹ کیلومترمربع و در بین رشته کوههای البرز

^۱Curve Number, CN

در بخش عملیات صحرایی با توجه به وسعت حوزه و حداقل امکان دسترسی به نقاط مختلف، ۵۳ نقطه کنترل زمینی انتخاب و علائم اشکال فرسایش اعم از سطحی، شیبی، خندقی، ریزش سنگی، و رودخانه‌ای بررسی و مختصات نقاط توسط GPS تعیین گردید. شکل (۱) موقعیت نقاط کنترل زمینی را نشان می‌دهد. علائم فرسایش‌های سطحی، شیبی، خندقی، ریزش و برونزدگی‌های سنگی و رودخانه‌ای مورد ارزیابی قرار گرفت. روشی که برای طبقه‌بندی شدت اشکال فرسایش به کار رفت، تلفیقی از روشهای مندرج (Fluge و همکاران، ۱۹۹۹؛ Boardman و همکاران، ۲۰۰۳ و رفاهی، ۱۳۸۲) و اعمال تغییرات بر اساس نظرات کارشناسی و تجربه بوده است. همان طور که در جدول (۱) ملاحظه می‌شود، در فرسایش سطحی دو فاکتور شدت و پراکنش سطحی مدنظر قرار گرفته است.



شکل (۱) موقعیت نقاط کنترل زمینی در حوزه مورد مطالعه

جنوبی بین طولهای شرقی $51^{\circ} 09'$ و $51^{\circ} 22'$ و عرضهای شمالی $35^{\circ} 57'$ و $35^{\circ} 58'$ قرار دارد. ارتفاع بلندترین و پست ترین نقاط حوزه به ترتیب، ۳۶۸۷ و ۱۴۵۸ متر می‌باشد. اقلیم منطقه در روش دومارتن، نیمه‌خشک سرد است. قسمت اعظم کاربری حوزه را تیپ‌های مختلف مرتعی با وسعت ۹۵/۲۴ کیلومتر مربع پوشش داده و اراضی کشاورزی و برونزدگی‌های سنگی به ترتیب ۴/۹۲ و ۸۰/۱۲ کیلومتر مربع را می‌پوشانند. منطقه در واحد فیزیوگرافیکی 1.1 یعنی کوهستان قرار دارد و عموماً دارای خاکهای بسیار کم عمق تا کم عمق سنگریزه‌دار با بافت متوسط تا سنگین و یا بدون پوشش خاکی است. خاکهای منطقه Calcaric Regosols, Lithic and Eutric Leptosols می‌باشند و اراضی کشاورزی و باغات عمدتاً در حاشیه رودخانه‌ها قرار دارند. این تحقیق در دو مرحله تهیه نقشه واحدهای کاری و عملیات صحرایی انجام گرفت.

جهت تهیه نقشه واحدهای کاری مراحل زیر انجام گرفت:

- ۱- رقومی سازی نقشه‌های زمین شناسی پوشش گیاهی و ارزیابی منابع و قابلیت اراضی با مقیاس (۱:۲۵۰۰۰۰) و تهیه لایه‌های مربوطه در محیط ILWIS 3.2
 - ۲- تدقیق لایه‌ها و رفع خطاهای هندسی
 - ۳- تهیه تصویر مرکب رنگی^۱ مرکب با استفاده از باندهای ۴، ۳ و ۲ سنجنده ETM+
 - ۴- مشخص نمودن مرز حوزه بر روی تصویر مرکب رنگی، لایه‌های زمین شناسی، پوشش و ارزیابی منابع و قابلیت اراضی
 - ۵- تهیه DEM از نقشه توپوگرافی و تهیه لایه شیب طبق استاندارد موسسه تحقیقات خاک و آب کشور (Mahler, ۱۹۷۹)
 - ۶- روی هم گذاری لایه‌های زمین شناسی (لیتولوژی)، پوشش گیاهی و شیب و تهیه نقشه واحدهای کاری ۱
 - ۷- تهیه لایه کاربری اراضی از نقشه پوشش گیاهی
 - ۸- روی هم گذاری لایه‌های زمین شناسی، کاربری و شیب و تهیه نقشه واحدهای کاری ۲
 - ۹- تهیه لایه حساسیت سنگها به فرسایش از لایه زمین شناسی (فیض نیا، ۱۳۷۴)
 - ۱۰- روی هم گذاری لایه‌های کاربری، حساسیت سنگها به فرسایش و شیب و تهیه نقشه واحدهای کاری ۳
 - ۱۱- روی هم گذاری لایه‌های کاربری، حساسیت سنگها و ارزیابی منابع و قابلیت اراضی و تهیه نقشه واحدهای کاری ۴
- در تهیه لایه حساسیت سنگها به فرسایش طبقات ۰ تا ۲۰ فیض نیا (۱۳۷۴) به ۴ طبقه با حساسیت های ۰-۵ (طبقه ۱)، ۵-۱۰ (۲)، ۱۰-۱۵ (۳) و ۱۵-۲۰ (۴) تقسیم شد. در حوزه مطالعاتی سنگها در دو طبقه ۱-۵ و ۵-۱۰ قرار گرفتند.

^۱Color Composite

جدول (۱) طبقه‌بندی فرسایش سطحی

درصد	پراکنش کلاس شدت		
< ۲۵	۲۵ - ۵۰	۵۰ - ۷۵	> ۷۵
کم	متوسط	شدید	شدید
کم	متوسط	شدید	خیلی شدید
متوسط	شدید	خیلی شدید	خیلی شدید

۱*: پوشش خوب گیاهی نسبت به پتانسیل منطقه، مواد درشت خاک مثل شن و سنگریزه با وضوح کم در سطح خاک دیده می‌شوند و اختلاف آنها با بخش زیرسطحی کمتر از ۱۰٪ است.
 ۲**: پوشش متوسط گیاهی نسبت به پتانسیل منطقه، انباشته شدن خاک در پای گیاهان با ضخامت کمتر از ۱۰ سانتیمتر، مواد درشت مثل شن و سنگریزه با وضوح خوب دیده می‌شوند و اختلاف آنها با بخش زیرسطحی ۵۰ - ۱۰٪ است. سله‌هایی با ضخامت بیشتر از ۱ سانتیمتر در سطح خاک تشکیل می‌گردند.
 ۳***: پوشش ضعیف گیاهی نسبت به پتانسیل منطقه، انباشته شدن خاک در پای گیاهان با ضخامت بیشتر از ۱۰ سانتیمتر یا در معرض قرار گرفتن ریشه‌های گیاه. سله‌هایی با ضخامت بیشتر از ۱ سانتیمتر در سطح خاک تشکیل می‌گردند.
 طبقه‌بندی فرسایش شیباری با تکیه بر فاصله شیارها در جدول (۲) و طبقه‌بندی فرسایش خندقی با توجه به عمق خندق، فاصله خندقها از هم و فعالیت فرسایشی خندق طبق جدول (۳) صورت پذیرفت.

۱*: پوشش خوب گیاهی نسبت به پتانسیل منطقه، مواد درشت خاک مثل شن و سنگریزه با وضوح کم در سطح خاک دیده می‌شوند و اختلاف آنها با بخش زیرسطحی کمتر از ۱۰٪ است.
 ۲**: پوشش متوسط گیاهی نسبت به پتانسیل منطقه، انباشته شدن خاک در پای گیاهان با ضخامت کمتر از ۱۰ سانتیمتر، مواد درشت مثل شن و سنگریزه با وضوح خوب دیده می‌شوند و اختلاف آنها با بخش زیرسطحی ۵۰ - ۱۰٪ است. سله‌هایی با ضخامت کمتر از ۱ سانتیمتر در سطح خاک تشکیل می‌گردند.

جدول (۲) طبقه‌بندی شدت فرسایش شیباری

فاصله شیارها (متر)	عمق شیار (سانتیمتر)		
< ۳	۳ - ۲۵	۲۵ - ۱۰۰	۱۰۰ - ۵۰۰
خیلی شدید	شدید	متوسط	کم

جدول (۳) طبقه‌بندی شدت فرسایش خندقی

عمق خندق (cm)	فاصله خندقها (متر)				
	< ۲۵	۲۵ - ۵۰	۵۰ - ۱۵۰	۱۵۰ - ۵۰۰	> ۵۰۰
۱*	شدید	متوسط	کم		
۲**	شدید	شدید	متوسط	کم	
۳***	خیلی شدید	شدید	متوسط	کم	
۱	شدید	شدید	متوسط	کم	
۲	خیلی شدید	شدید	متوسط	کم	
۳	خیلی شدید	خیلی شدید	شدید	متوسط	کم
۱	خیلی شدید	شدید	متوسط	کم	
۲	خیلی شدید	خیلی شدید	شدید	متوسط	کم
۳	خیلی شدید	خیلی شدید	خیلی شدید	شدید	متوسط

۱*: خندق های پایدار که فعالیت فرسایشی در کمتر از ۱۰ درصد طول آنها وجود دارد.
 ۲**: خندقها در ۵۰-۱۰ درصد طول دارای فعالیت فرسایشی هستند.
 ۳***: بیش از ۵۰ درصد طول خندق فعالیت وجود دارد.

۱*: خندق های پایدار که فعالیت فرسایشی در کمتر از ۱۰ درصد طول آنها وجود دارد.
 ۲**: خندقها در ۵۰-۱۰ درصد طول دارای فعالیت فرسایشی هستند.
 ۳***: بیش از ۵۰ درصد طول خندق فعالیت وجود دارد.

جدول (۴) طبقه‌بندی ریزش سنگی (فرسایش مکانیکی)

> ۷۵	۵۰ - ۷۵	۲۵ - ۵۰	< ۲۵	درصد مساحت واحد دارای ریزش سنگی نسبت به کل مساحت واحد
خیلی شدید	شدید	متوسط	کم	شدت فرسایش

جدول (۵) طبقه‌بندی برونزدگی سنگی

> ۷۵	۵۰ - ۷۵	۲۵ - ۵۰	< ۲۵	درصد مساحت واحد دارای ریزش سنگی نسبت به کل مساحت واحد
خیلی شدید	شدید	متوسط	کم	شدت برونزدگی

نتایج و بحث

اراضی منجر به ایجاد ۶ واحد کاری گردید که کمترین واحد کاری در بین ۴ روش مورد مقایسه بوده است (جدول ۶ و شکل ۲). در نقشه‌های واحدهای کاری فوق مساحت‌های کمتر از یک میلیمتر مربع به دلیل مشکل نمایش در مقیاس ۱:۲۵۰۰۰۰ حذف شدند (Cornell University, ۱۹۹۶).

جدول (۵) نتایج روی هم گذاری لایه‌های اطلاعاتی و تهیه نقشه واحدهای کاری ۱ تا ۴ را نشان می‌دهد. همانگونه که ملاحظه می‌شود، تلفیق ۳ لایه زمین شناسی، پوشش گیاهی و شیب منجر به ایجاد ۱۷۱ واحد کاری گردید که بیشترین واحد کاری بود، در صورتی که تلفیق لایه‌های حساسیت سنگها به فرسایش، کاربری و ارزیابی منابع و قابلیت

جدول (۶) نتایج روی هم گذاری لایه‌های اطلاعاتی

نقشه واحدهای کاری	لایه‌های تلفیق شده	تعداد واحد کاری	بزرگترین واحد (ha)	کوچکترین واحد (ha)	تعداد واحدهای کوچکتر از ۶/۲۵ هکتار
۱	زمین شناسی، پوشش و شیب	۱۷۱	۱۵۷۹	۰/۱۸	۴۲
۲	زمین شناسی، کاربری و شیب	۱۲۰	۱۶۰۸/۷	۰/۱۸	۲۷
۳	حساسیت سنگ، کاربری و شیب	۴۹	۲۶۵۹/۹	۳/۹۵	۲
۴	حساسیت سنگ، کاربری و ارزیابی منابع و قابلیت اراضی	۶	۶۹۹۵/۳	۲۰/۳	-

قرار می‌دهد و شیب عمومی منطقه مهم است. به عنوان مثال، خندق واقع شده در کلاسه‌های مختلفی از شیب یک دامنه، تنها یک شکل فرسایشی دارد. در نقشه ارزیابی منابع و قابلیت اراضی، اراضی بر طبق شیب کلی منطقه به چند تیپ اراضی^۱ تقسیم شده‌اند. همچنین هر تیپ اراضی با توجه به خاک، توپوگرافی، وضعیت پوشش زمین و لیتولوژی به چند واحد اراضی^۲ تقسیم بندی شده‌اند که این فاکتورها خود در فرسایش مهم هستند. بنابراین نقشه ارزیابی منابع و قابلیت اراضی به جای نقشه شیب نتایج بهتری را ارائه داده است. نکته‌ای که در تلفیق لایه‌ها در این حوزه وجود داشت قرار گرفتن تمام حوزه در واحد کوهستان (1.1) بود. بنابراین همه واحدها در تلفیق سه لایه کاربری، حساسیت سنگها به فرسایش و ارزیابی منابع و قابلیت اراضی کد 1.1 داشتند. هم اکنون روش تهیه نقشه اشکال فرسایش با استفاده از سامانه‌های اطلاعات

هدف این است که واحدهایی همگن از نظر اشکال فرسایش داشته باشیم، اما در کنترل سیمای فرسایش در اراضی منطقه مشاهده گردید که بسیاری از واحدهای کاری نقشه‌های ۱، ۲ و ۳ یکی بوده و اشکال فرسایشی مشابه دارند. بنابراین این نقشه‌ها منجر به جداسازی واحدها از نظر اشکال فرسایش نگردیدند که ملاحظات اقتصادی نیز، امکان اجرای آن را زیر سوال می‌برد. وجود واحدهای کاری بسیار زیاد در این مقیاس و کنترل آنها در صحرا که بالطبع دقت نقشه‌های بزرگ مقیاس تر را ندارد، مستلزم صرف وقت، نیروی کار و هزینه بسیار زیاد است. همچنین با توجه به دینامیک بودن اشکال فرسایش و امکان تغییر آنها در طول زمان، نیاز است که که هر چند سال یک بار نقشه‌های اشکال فرسایش به روز گردند و همین امر ملاحظات اقتصادی را دو چندان می‌کند.

مقایسه نقشه واحدهای کاری فوق با یکدیگر و با نتایج به دست آمده از بازدیدهای صحرائی در نهایت منتج به این شد که نقشه شیب را به عنوان یک لایه اطلاعاتی حذف کنیم. نتایج حاصله نشان داد که فیزیوگرافی یا مورفولوژی منطقه بیشتر اشکال فرسایش را تحت تأثیر

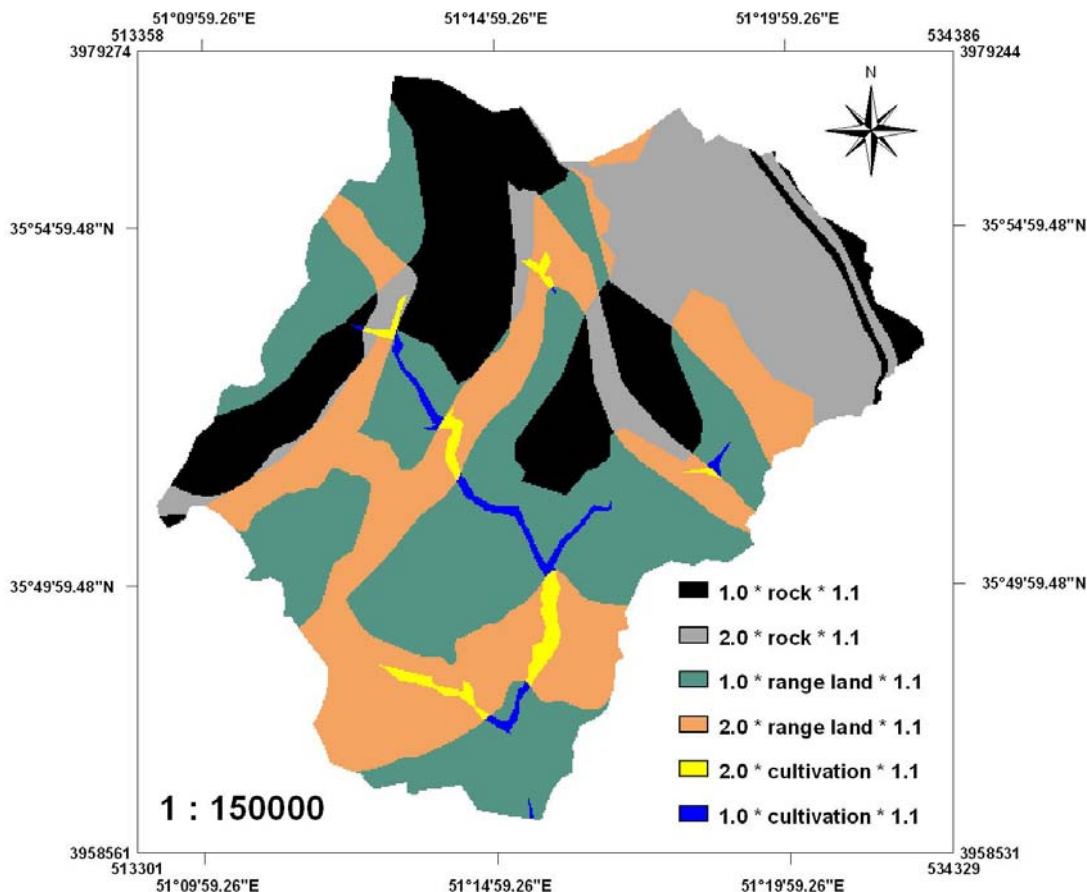
¹Land type

²Land Unit

خاک دامنه‌ها، میزان ریزش سنگی و اشکال دیگر فرسایش ارتباط وجود دارد. در واقع در بیشتر عرصه این واحد، میزان برونزدگی سنگی و فرسایش مکانیکی به صورت ریزش سنگی متوسط بوده و بیشتر خاکها دارای سنگریزه بسیار زیاد و یا پوشیده از سنگهای خرد شده بودند. به همین خاطر پدیده‌های دیگر فرسایش مثل شیاری و خندقی به طور متوسط بروز کرده، اما در دامنه‌های خاکدار با عمق بیشتر و میزان ریزش سنگی کمتر به دلیل فیزیوگرافی کوهستان و شیب کلی زیاد، فرسایش های سطحی، شیاری و خندقی با شدت بیشتری رخ داده است. در کل بیشتر عرصه (۶۶/۶ درصد نقاط کنترل زمینی) سیمای یکسانی از نظر فرسایش داشت و شدت اشکال فرسایش متوسط بود (جدول ۷). اختلافات اشکال فرسایش معلول اختلاف خاک، عمق و خصوصیات آن می باشد.

جغرافیایی و سنجش از دور در حوزه رودخانه جاجرود تا دشت ورامین که در واحدهای فیزیوگرافیکی مختلفی قرار دارند در دست بررسی است. شکل (۲) نقشه واحدهای کاری ۴ که بر اساس تلفیق لایه‌های کاربری، حساسیت سنگها به فرسایش و ارزیابی منابع و قابلیت اراضی است را در حوزه نشان می دهد. اشکال فرسایشی و شدت آنها ثبت شده و طبق جداول (۱) تا (۴) تعیین و در جدول (۶) لحاظ شدند.

نتایج جدول (۶) نشان می‌دهد که ۶۶/۶ درصد نقاط برداشت در واحد ۱ دارای اشکال فرسایشی مشابهی می‌باشند. اشکال فرسایش به گونه‌ایست که عمدتاً شدت متوسط دارند به جز فرسایش خندقی که شدت کمی دارد. ۱۶/۶ درصد نقاط برداشت دارای فرسایش سطحی، شیاری و خندقی شدید، ۱۱/۱ درصد دارای فرسایش سطحی، و شیاری خیلی شدید و در یکی از نقاط، فرسایش های بسیار شدید سطحی، شیاری و خندقی وجود دارد. دقت در سیمای فرسایشی مناطق کنترلی نشان داد که بین



نقشه (۲) نقشه واحدهای کاری حاصل از همپوشانی نقشه‌های کاربری، حساسیت سنگها به فرسایش و ارزیابی منابع و قابلیت اراضی

جدول (۷) اشکال فرسایش در نقاط کنترل زمینی

واحد	کاربری	طبقه حساسیت سنگها به فرسایش	ارزیابی منابع و قابلیت آن	تعداد کل نقاط کنترل زمینی در هر واحد	تعداد نقاط کنترل زمینی که دارای اشکال فرسایشی مشابه هستند	فرسایش سطحی	فرسایش شیبی	فرسایش خندقی	ریزش سنگی	برونزدگی سنگی	درصد نقاط کنترلی با اشکال مشابه فرسایش به کل نقاط برداشت
۱	مرتع	۴	1.1	۱۸	۱۲	متوسط	متوسط	کم	متوسط	متوسط	۶۶/۶
					۴	خیلی شدید	شدید	شدید	متوسط	متوسط	۱۶/۶
					۲	شدید	شدید	متوسط	کم	کم	۱۱/۱
					۱	خیلی شدید	خیلی شدید	خیلی شدید	-	کم	۵/۵
۲	مرتع	۲	1.1	۱۵	۱۱	متوسط	کم	کم	متوسط	متوسط	۷۳/۳
					۳	شدید	متوسط	خیلی شدید	متوسط	متوسط	۲۰
					۲	خیلی شدید	خیلی شدید	شدید	کم	کم	۱۳/۳
۳	برونزدگی سنگی	۳	1.1	۷	۵	کم	کم	-	زیاد	زیاد	۷۱/۴
					۲	کم	شدید	متوسط	زیاد	زیاد	۲۸/۶
۴	برونزدگی سنگی	۲	1.1	۵	۵	کم	کم	-	زیاد	زیاد	۱۰۰
۵	کشاورزی	۳	1.1	۵	۵	-	-	-	-	-	۱۰۰
۶	کشاورزی	۲	1.1	۴	۴	-	-	-	-	-	۱۰۰

احداث بانکت و جمع آوری سنگهای داخل اراضی، نسبت به حفاظت آنها اقدام شده است.

جمع بندی

مقایسه ۴ نقشه واحدهای کاری نشان داد که ۳ نقشه واحدهای کاری حاصل از روی هم گذاری لایه‌های شیب، زمین شناسی، پوشش گیاهی؛ شیب، زمین شناسی، کاربری؛ حساسیت سنگها به فرسایش، کاربری و شیب نمی‌توانند در جداسازی واحدهای همگن از نظر سیمای فرسایش به کار روند؛ چرا که واحدهایی کوچک و بسیار زیاد ایجاد کرده و در بسیاری از واحدهای مجاور اشکال فرسایش یکسانی ملاحظه می‌شود. همچنین تعداد زیاد این واحدها و کنترلهای صحرائی نیازمند صرف هزینه بسیار زیاد بوده و از نظر اجرایی مقدور نمی‌باشد. در بین روشهای مورد مقایسه، نقشه واحدهای کاری حاصل از روی هم گذاری لایه‌های کاربری، حساسیت سنگها به فرسایش و ارزیابی منابع و قابلیت اراضی به نحو بهتری سیمای فرسایش را ارائه داده است، به طوری که در واحدهای ۱ و ۲ حدود ۶۷ درصد نقاط دارای فرسایش مشابه بوده و در واحدهای

در واحد ۲ نیز ۶۶/۶ درصد نقاط برداشت دارای اشکال فرسایش یکسانی بوده و به طور متوسط رخ داده‌اند. مقایسه اشکال فرسایش این نقاط با سیمای فرسایش ۶۶/۶ درصد نقاط کنترلی ۱ نشان می‌دهد که کمابیش اشکال فرسایشی یکسانی دارند، اما فرسایش خندقی با شدت متوسطی نسبت به شدت کم آن در واحد ۱ رخ داده است. این شدت بیشتر می‌تواند به دلیل حساسیت بیشتر سنگها به فرسایش باشد. در نقاط دیگری در این واحد نیز شدتهای دیگری از فرسایش وجود دارد، که باز دیده‌های صحرائی این احتمال را تقویت نمود که اختلاف سیمای فرسایش نسبت به سیمای غالب فرسایش در واحدها می‌تواند در اثر اختلاف خاک باشد. در واحد ۳، تقریباً اشکال فرسایش یکسان است، اما ۲۸/۶ درصد نقاط از نظر فرسایش شیبی و خندقی متفاوتند و دارای فرسایش شیبی شدید و خندقی متوسط می‌باشند. در واحد ۴، مقدار کمی فرسایش سطحی و شیبی در تمام نقاط کنترلی مشاهده شد. در واحدهای ۵ و ۶ نیز اشکال مشخصی از فرسایش دیده نشد. میزان این اراضی نسبت به مساحت حوزه بسیار اندک بوده و عمدتاً باغات منطقه را تشکیل می‌دادند و منبع درآمد مردم منطقه محسوب می‌شوند. به همین خاطر با سکونبندی و

۶- فیض نیا، س.، ۱۳۷۴. مقاومت سنگها در مقابل فرسایش در اقلیم مختلف ایران، مجله منابع طبیعی ایران، شماره ۴۷.

۷- گلبابایی، ح.، ۱۳۷۵. تعیین نقاط حساس به فرسایش در زیر حوزه لوآرک سد لتیان از طریق سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS)، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران.

8-Boardman, J., A.J. Parson, R. Holland, P.J. Holme and Washington, 2003. Development of badland and gullies in the Sneeuberg Great Karoo, South Africa, *Catena*, 50(2-4), pp: 165-184.

9-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.

10-Flugel, W.A., M. Marker, S. Moretti, G. Rodolfi and H. Staudenrausch, 1999. Soil erosion hazard assessment in the Mkomazi(Kwazulu/Natal- South Africa) by using aerial photo interpretation. In: *Zentralblatt fur geologie und palaontologie; Teil I*, pp: 641-653.

11-Mahler, P.J., 1979 Manual of land classification for irrigation, Soil Institute of Iran. Pub. No.205.

12-Millington, A.C., 1986. Reconnaissance scale mapping using a simple GIS in humid tropics, In: W. Siderius(ed.) land evaluation for land use planning and conservation in sloping areas. ILRI Pub. 40. Wageningen. pp: 64-81.

دیگر نیز اغلب و یا تمامی نقاط کنترلی دارای اشکال فرسایش مشابهی هستند. نکته مهم دیگر این که تعداد واحدها بسیار محدود شده که هزینه بازدیدهای صحرائی را به مراتب کمتر می کند. برخی ناهمگونی های موجود در شدت اشکال فرسایش در واحدهای کاری ملاحظه می شود که می تواند به دلیل نوع خاک، عمق و خصوصیات آن باشد. با توجه به اینکه نقشه خاک با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰۰ در ایران تهیه نشده و نقشه ۱:۱۰۰۰۰۰۰ خاک تهیه شده توسط موسسه خاک و آب کشور نیز دقت کافی را برای تلفیق با لایه های اطلاعاتی ندارد، پیشنهاد می گردد برای مناطقی که نقشه خاک با مقیاس بزرگتر وجود دارد در روی هم گذاری لایه ها مورد استفاده قرار گیرد.

منابع

۱-حیبی، ر.، ۱۳۸۲. تپه های گیاهی منطقه تهران، سازمان تحقیقات و آموزش کشاورزی، موسسه تحقیقات جنگلها و مراتع.

۲-دفتر مطالعات و ارزیابی آبخیزها، ۱۳۷۹. طرح ملی تهیه نقشه سیمای فرسایش خاک کشور. دفتر مطالعات و ارزیابی آبخیزها، معاونت آبخیزداری، وزارت جهاد سازندگی.

۳-رفاهی، ح.، ۱۳۸۲. فرسایش آبی و کنترل آن، انتشارات دانشگاه تهران.

۴-رهنما، ف.، ۱۳۸۱. طرح ملی تهیه نقشه سیمای فرسایش در قسمتی از استان اصفهان. اولین کارگاه آموزشی طرح های فن آوریهای نوین (GIS-RS) در حفاظت خاک. مرکز تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری (۱ و ۲ بهمن).

۵-عبدی، ع. و ا. میرقاسمی، ۱۳۷۶. کاربرد سیستم های اطلاعات جغرافیایی (GIS) در تهیه نقشه خطر فرسایش در حوزه باروت آغاجی استان زنجان، مجموعه مقالات چهارمین کنفرانس سیستم های اطلاعات جغرافیایی، سازمان نقشه برداری کشور.