دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
پژوهشنامه مدیریت حوزه آبخیز

"مقاله پژوهشی"

بررسی تاثیر عملیات آبخیزداری در حوزه‌های بالادست مناطق شهری (مطالعه موردی: حوزه‌های آبخیز مشرف به مناطق ۵ و ۲۲ تهران)

امید بهمنی[۱]، حسن احمدی[۲]، محمد جعفری[۲] و غلامرضا زهتابیان[۲]

۱- دانش‌آموخته دکتری علوم و مهندسی آبخیز، دانشگاه آزاد اسلامی، واحدعلوم و تحقیقات، تهران، ایران،
(نویسنده مسوول: o.bahmany@gmail.com)
۲- استاد دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، تهران، ایران
تاریخ ارسال: ۹۷/۰۸/۰۵ تاریخ پذیرش: ۹۹/۰۳/۱۲
صفحه: ۵۸ تا ۷۵

چکیده

یکی از مسائل و مشکلات برخی از شهرهای کشور به‌ویژه آنهایی که در مجاورت حوزه‌های آبخیز کوهستانی قرار دارند، مهار و کنترل رواناب و فرسایش و رسوب ناشی از آن می‌باشد که هر ساله خسارات زیادی را به تاسیسات و زیرساخت‌های پایین‌دست وارد می‌کند. سالهاست که عملیات آبخیزداری به‌عنوان راهکاری برای کاهش و تخفیف اثرات مخرب، مطرح و اقداماتی نیز در این زمینه در این حوزه‌ها صورت گرفته است. لیکن ارزیابی این دست از پروژه‌ها می‌تواند به‌منظور تعیین اثربخشی و برنامه‌ریزی‌های آتی در خصوص طرح‌های اجرایی و مدیریت منابع طبیعی نقش مهمی را ایفا نماید. در این راستا در تحقیق حاضر برای نشان‌دادن تاثیر این عملیات، دو حوزه آبخیز شهری منطقه ۵ (کوهسار) و منطقه ۲۲ تهران که خود متشکل از تعدادی زیرحوزه می‌باشند، انتخاب که در آنها به‌ترتیب فقط عملیات بیولوژیک (پوشش گیاهی) و عملیات تلفیقی (بیولوژیک و سازه‌ای) اجرا شده است. سپس با استفاده از مدل تجربی MPSIAC، تاثیر عملیات انجام‌یافته دراین حوزه‌ها به‌صورت کمی در کاهش عوامل درونی مدل و خروجی نهایی آن که میزان فرسایش و رسوب می‌باشد، در دو دوره قبل و بعد از اجرای طرح، محاسبه گردید. نتایج تحقیق نشان می‌دهد در حوزه‌های اول، عملیات بیولوژیکی مشتمل بر کاشت و توسعه پوشش گیاهی، تاثیر ٤٥ درصدی بر بهبود سیمای محیط طبیعی حوزه شهری خود با کاهش تخریب داشته و در حوزه‌های دوم اجرای تلفیقی از عملیات سازه‌ای و بیولوژیک، سبب کاهش ۵۵ درصدی نرخ فرسایش و تولید رسوب شده است. نتایج به‌دست‌آمده حاکی از جایگاه مثبت عملیات آبخیزداری و اثر بخشی بیشتر روش‌های تلفیقی در کاهش مسائل و مشکلات ناشی از حوزه‌های بالادست مشرف به شهرها بوده و نیز نشان می‌دهد نحوه برخورد با فعالیت‌های آبخیزداری در حوزه‌های آبخیز مشرف به شهرها اندکی با شیوه‌های کلاسیک آبخیزداری متفاوت و نیازمند نگاه جدیدی در این حوزه می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: آبخیزداری، عملیات بیولوژیکی، عملیات سازه‌ای، کوهسار، منطقه ۲۲ تهران، MPSIAC

مقدمه

فرسایش خاک یکی از مشکلات محیطی است که تهدیدی برای منابع طبیعی، کشاورزی و محیط زیست به‌شمار می‌رود (۲۰). آبخیزداری به مجموعهٔ اقدامات مکانیکی، بیولوژیکی و مدیریتی که در یک حوزهٔ آبخیز به‌منظور ارتقاء وضعیت اقتصادی و اجتماعی ساکنین حوزه و با توجه به بهره‌برداری پایدار ازمنابع آن صورت می‌گیرد، اطلاق شده و بدون شک آبخیزداری یکی از فعالیت‌های عمده و زیربنایی می‌باشد که به مدیریت جامع منابع آب و خاک و پوشش گیاهی، بهره‌برداری بهینه از این منابع و حفظ سرمایهٔ اصلی می‌پردازد (۱۹). انجام اقدامات آبخیزداری با تاثیرگذاری بر اجزای حوزه آبخیز با تغییر در رفتار هیدرولوژیکی آن سعی در آرام‌کردن پاسخ حوزه آبخیز در قبال بارش ورودی دارد و در پایین‌دست با مدیریت وضعیت هیدرولیکی رودخانه و سیلاب دشت جهت تسهیل عبور سیلاب تلاش می‌نماید (۲۲). اقدامات مهار سیلاب در آبخیزداری از طریق احداث سازه‌های کوچک و اجرای روش‌های بیولوژیکی مهار سیلاب در دوردست‌ترین نقاط حوزه آبخیز اجرا می‌شود که آگاهی از میزان تاثیرگذاری این اقدامات تنها با بهره‌گیری از مدل‌های توزیعی و منطقه‌ای مناسب، ممکن می‌باشد (۹). در ایران برای جلوگیری از تخریب خاک و کاهش شدت آن و ممانعت از هدررفت آب اقدامات حفاظت آب و خاک از سال ۱۳۲۷ آغاز شده و تاکنون ادامه دارد (۲). از آنجایی که اقدامات آبخیزداری در سطح گسترده در کشور دارای سابقهٔ طولانی نمی‌باشد از این رو ارزیابی کمی از نتایج اقدامات به‌عمل‌آمده نیز چندان مورد توجه نبوده و روش‌های مشخصی نیز به این منظور ارائه نشده است. این درحالی است که ارزیابی طرح‌های آبخیزداری به‌منظور تجزیه و تحلیل عملکرد اقدامات و تدوین راهکارهای اصولی یکی از نیازهای اساسی در این زمینه است. بنابراین ضرورت دارد روش‌های کمّی مناسب برای ارزیابی عملکرد اقدامات مورد بحث، شناسایی و استفاده شود (۲۱). در بررسی الگوی اصلاحی تکمیلی برنامه‌های آبخیزداری به منظور کاهش رسوبدهی در حوزه آبخیز هفتان تفرش در استان اراک به نتایج خوبی دست یافته که عبارتند از: در این تحقیق مشخص شد که میانگین درجه رسوبده (جمع عوامل نه‌گانه) قبل از عملیات آبخیزداری به مقدار ۵۲/۷ است که بعد از عملیات آبخیزداری به مقدار ۵۰/۰۶ تغییر یافته است. عملیات آبخیزداری در مقیاس خطی و دامنه‌ای در حوزه منجر به آن شد تا میانگین رسوبدهی ویژه آبخیز هفتان ۴/۱ درصد

کاهش یابد (۱). پرویزی و همکاران (۱۸) اثر عملیات مکانیکی و زیستی آبخیزداری در مهار فرسایش و رسوب حوزه آبخیز حاجی‌آباد کرمانشاه را به کمک مدل پسیاک اصلاح‌شده مورد مقایسه قرار دادند و مشخص گردید که عملیات کپه‌کاری و بذرکاری درختان مثمر بادام و مو توانسته است، میزان فرسایش و رسوب را به‌ترتیب به‌میزان ۱۵ و هشت درصد کاهش دهد. همچنین عملیات مکانیکی احداث گابیون و خشکه‌چین در یکی از زیرحوزه‌ها توانسته است فرسایش خاک و تولید رسوب را به‌میزان ۱۳ درصد تقلیل دهد. اورارد و همکاران (۵) با هدف ارزیابی سازه‌های کنترل فرسایش، کاهش ۴۰ درصدی دبی اوج و رواناب را در اثر اجرای عملیات حفاظتی در آبخیز گزارش نمودند. یاشینکاوا و همکاران (۲۵) به ارزیابی عملکرد کاهش خسارات سیل توسط اقدامات کنترلی پرداختند. برای این منظور با استفاده از تجزیه و تحلیل هیدرولوژیکی و روندیابی سیل، مدلی را شبیه‌سازی نمودند، که در نهایت شبیه‌سازی‌شده در سطح کوچک را برای مدیریت مناطق سیلابی وسیع پیشنهاد کردند. خالدیان و بیات (۱۲) در تحقیقی به‌منظور ارزیابی نقش عملیات آبخیزداری (بیولوژیکی و مکانیکی) بر فرسایش و رسوب حوزه چهل‌گزی سنندج، پس از شناسایی عملیات اجراشده، فرسایش و رسوب حوزه را با بهره‌گیری از پارامترهای مدل پسیاک، تعیین نموده و سپس تأثیر عملیات آبخیزداری با محاسبه مجدد فرسایش و رسوب و از طریق آزمون‌های آماری بررسی شد. نتایج نشان داد رسوب‌دهی ویژه حوزه از ۲/۷ به ۲/۵ تن در هکتار کاهش‌یافته است. همچنین از سطح کلاس‌های با رسوب‌دهی بالا، کاسته شده و سطح کلاس‌های با رسوب‌دهی پایین، افزایش پیدا کرده است. معدنچی و همکاران (۱۳) تاثیر عملیات آبخیزداری در کاهش فرسایش و رسوب اراضی مرتعی حوزه آبخیز دره مرید کرمان را مورد بررسی قرار داده و با استفاده از مدل پسیاک اصلاح شده مشخص گردید میزان رسوب از ۵۱۳۷۸/۴۶ به ۳۶۶۵۳/۳۸ تن در سال کاهش یافته است. تحقیقات زیادی در ایران نیز توسط تاجیکی و همکاران (۲۴) کلهر و همکاران (۱۱)، سلیمانی و همکاران (۲۳)، نبی پور و همکاران (۱۴)، نوحه‌گر و همکاران (۱۶) و نورانی و محسن‌زاده (۱۷)، غفاری و همکاران (۷)، فروتن (۶)، احمدی و همکاران (۳)، دارابی و همکاران (۴) و هاشمی و همکاران (۸) بر روی تاثیر عملیات آبخیزداری در حوزه‌های آبخیز ایران انجام شده است که بیانگر تاثیر مثبت این عملیات بر روی کاهش فرسایش و رسوب می‌باشد. هدف از تحقیق حاضر نیز بررسی و مقایسه اثر عملیات بیولوژیک و تلفیقی (بیولوژیکی- سازه‌ای) در حوزه‌های آبخیز شهری مشرف به تهران (منطقه ۵ و منطقه ۲۲) بر عواملی نظیر رواناب، فرسایش و تولید رسوب می‌باشد.

مواد و روش‌ها

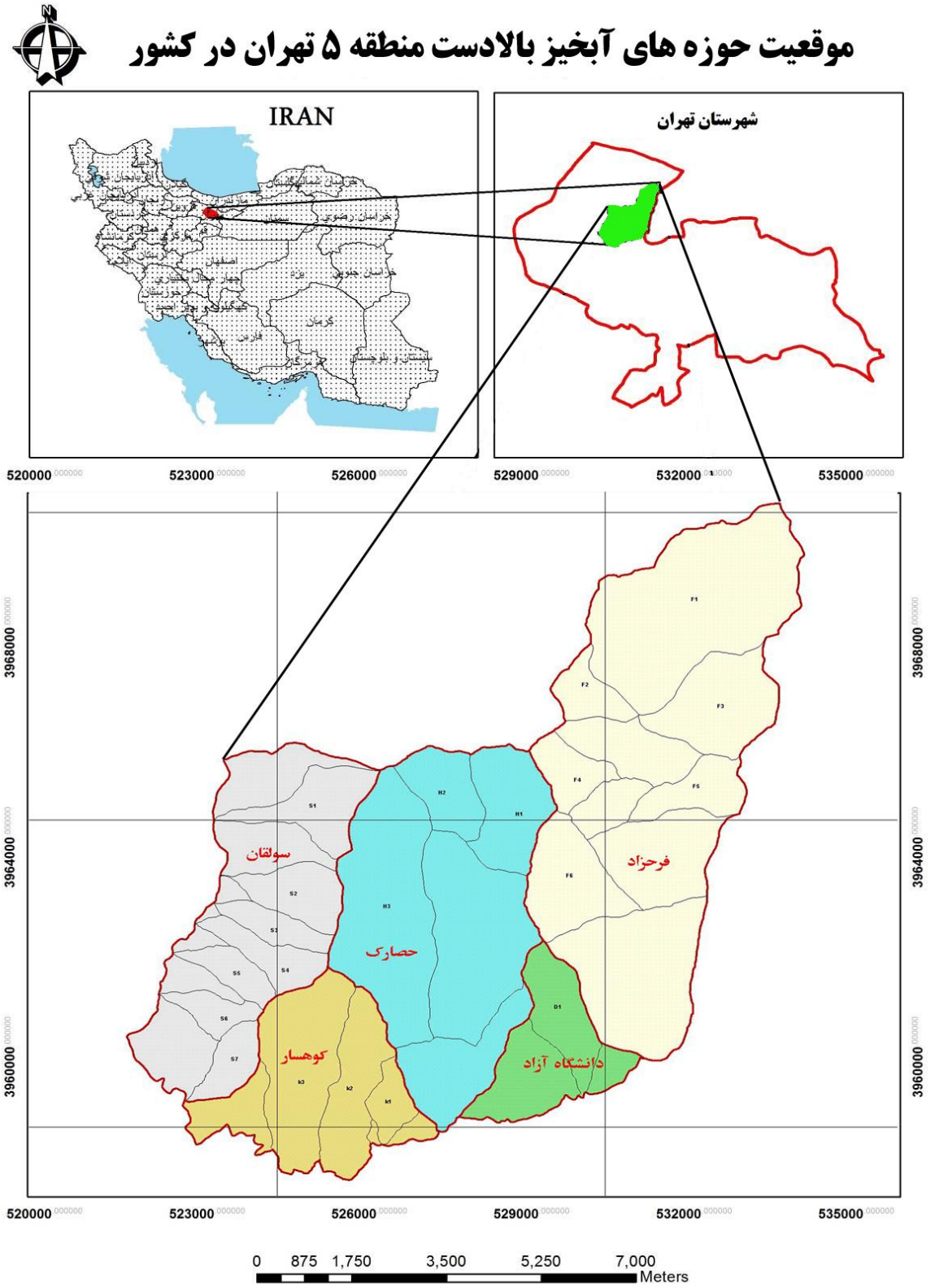
منطقه مورد مطالعه

الف- حوزه آبخیز شهری منطقه ۵ (کوهسار)

حوزه کوهسار در موقعیت جغرافیایی ۰۹ ۱۵ ۵۱ تا ۰۲ ۲۲ ۵۱ طول‌شرقی و ۴۸ ۴۶ ۳۵ تا ۰۷ ۵۲ ۳۵ عرض شمالی و دارای مساحت ۵۷۱۹/۸ هکتار می‌باشد. این حوزه در بالادست منطقه ۵ شهرداری (حوزه آبخیز کوهسار) که از مجموع عملیات پیش‌بینی‌شده فقط عملیات بیولوژی آن با استقرار پوشش گیاهی در عرصه اجرا شده است. این حوزه در بخش جنوبی منطقه در حد فاصل بین رودخانه حصارک و رودخانه کن واقع شده و به‌دلیل قرارگرفتن بخش عمده‌ای از پارک کوهسار در این حوزه به این نام خوانده شده است. این واحد هیدرولوژیک یک حوزه بینابینی است که بین دو حوزه آبخیز حصارک و سولقان بوجود آمده است. سیستم آبراهه‌ها در این واحد شاخه‌درختی بوده و از یکسری آبراهه‌های شاخه‌ای که به دشت پایین‌دست خود می‌ریزند تشکیل شده است. این واحد از شمال به یال مشترک حوزه‌های آبخیز حصارک و سولقان (ارتفاعات کوه نمرو)، از جنوب به خط ارتفاعی ۱۶۰۰ متر و محله شهران، از غرب به رودخانه کن و از شرق به واحد هیدرولوژیک حصارک محدود است. حداکثر ارتفاع این واحد ۲۳۳۴ متر در شمال آن می‌باشد. (شکل ۱).

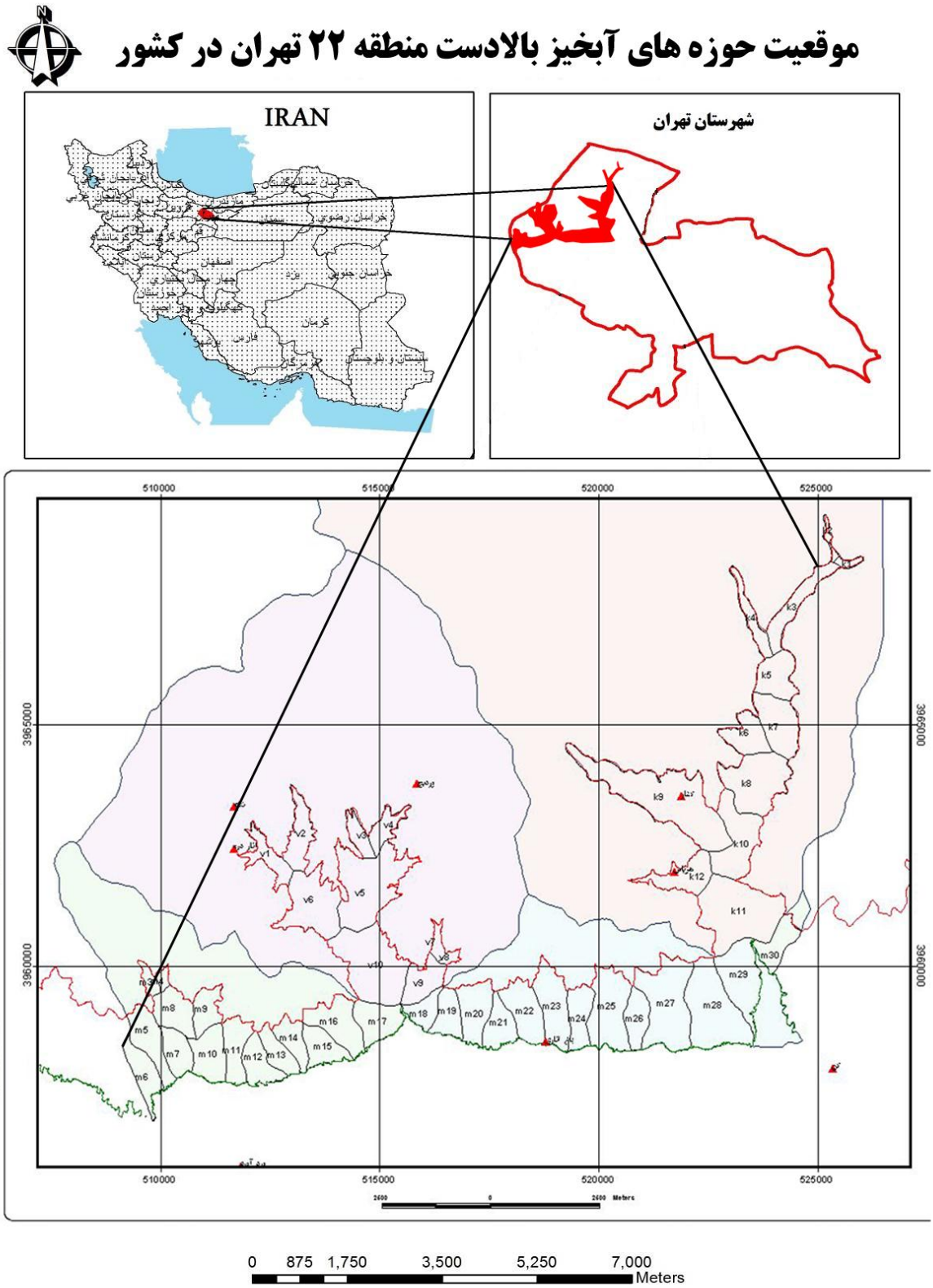
ب- حوزه آبخیز شهری منطقه ۲۲ تهران

این محدوده در موقعیت جغرافیایی ۰۸ ۰۶ ۵۱ تا ۲۳ ۱۷ ۵۱ طول شرقی و ۰۱ ۴۵ ۳۵ تا ۴۷ ۵۱ ۳۵ عرض شمالی واقع شده است. در این عرصه که عملیات تلفیقی آبخیزداری یا روش‌های مبتنی‌بر توسعه پوشش گیاهی همزمان با احداث سازه‌های آبخیزداری و در تلفیق با عملیات مکانیکی در آن به اجرا رسیده است، پرداخته می‌شود. از شمال و غرب به حوزه آبخیز کرج، از شرق به حوزه آبخیز حصارک و از جنوب به اتوبان تهران کرج محدود می‌شود (شکل ۲).



شکل ۱- تصویر حوزه‌های ابخیز بالادست منطقه ۵ تهران

Figure 1. Tehran 5nd district upper watersheds



شکل ۲- تصویر زیرحوزه‌های ابخیز بالادست منطقه ۲۲ تهران

Figure 2. Tehran 22nd district upper watersheds

روش تحقیق

روش جمع‌آوری اولیه

اطلاعات اولیه حوزه‌های آبخیز شهری کوهسار و منطقه ۲۲ تهران از طرح‌هایی تحت عنوان توسعه و احیاء منابع محیطی اراضی مشرف به منطقه ۵ تهران و طرح جامع آبخیزداری حوزه‌های مشرف به منطقه ۲۲ تهران که توسط نگارنده با هدف کنترل فرسایش و حفاظت از منابع آب و خاک حوزه‌های آبخیز شهری تدوین شده است، جمع‌آوری گردید (۱۰). جهت نشان دادن اهمیت آبخیزداری در حفظ و احیاء منابع محیطی و تبیین جایگاه آن در حل مسائل و مشکلات شهری از جمله سیل و رسوب، روش کلی تحقیق بر مبنای مقایسه نتایج به‌دست‌آمده درخصوص تاثیر عملیات مختلف اصلاحی آبخیزداری به تفکیک بیولوژیک و تلفیقی از بیولوژیک و سازه‌ای در دو مقطع زمانی قبل و بعد از اجرای طرح در حوزه‌های آبخیز مشرف به شهر تهران (کوهسار و منطقه ۲۲) می‌باشد. بدین‌ترتیب که در ابتدا حوزه‌های آبخیز مورد نظر شناسایی شده و سپس با استفاده از مدل تجربی پسیاک اصلاح شده که از جمله بهترین روش‌های برآورد میزان فرسایش و تولید رسوب در ایران می‌باشد (۲)، اقدام به ارزیابی وضعیت عوامل متغیر مدل از جمله میزان رواناب، پوشش اراضی، سیمای فرسایش و تولید رسوب حوزه‌ها قبل از اجرای طرح و بعد از گذشت چند سال از آن می‌گردد. کلیه مراحل فوق در دو مرحله به‌شرح زیر صورت می‌گیرد:

الف- عملیات بیولوژیک یا پوشش گیاهی آبخیزداری

در مطالعات فرسایش و رسوب این طرح، پس از انتخاب محدوده مناسب ابتدا اشکال فرسایش موجود در منطقه با استفاده از عکس‌های هوایی، تصاویر ماهواره‌ای و پیمایش میدانی شناسایی شده و در ادامه برای تعیین میزان فرسایش و تولید رسوب در کل منطقه و هر یک از زیرحوزه‌های مورد مطالعه از روش تجربی MPSIAC استفاده شده است. بر این اساس یکسری عملیات احیایی پیش‌بینی گردیده که در این راستا محدوده‌ای که تنها عملیات بیولوژیک برای آن اجرا شده است، تحت عنوان حوزه آبخیز کوهسار مشتمل‌بر کل حوزه‌های بالادست منطقه ۵، انتخاب گردید. سپس در یک دوره زمانی ۵ ساله پس از اجرای عملیات بیولوژیک پیش‌بینی‌شده در طرح مجدداً اقدام به تکرار این مطالعات با توجه به تغییرات انجام‌شده در برخی از شاخص‌های تاثیرگذار در میزان فرسایش و رسوب از قبیل پوشش گیاهی و... مجدداً از روش MPSIAC برای برآورد میزان فرسایش در منطقه استفاده شده است. با مقایسه نتایج حاصل از این بررسی جدید، تعیین شده است که تاثیر عملیات بیولوژیکی آبخیزداری در منطقه در کاهش فرسایش و تولید رسوب به چه صورت بوده است. در این روش برای برآورد وضعیت فرسایش و تولید رسوب در هر یک از اجزای اراضی یا واحد هیدرولوژیک، ۹ عامل مؤثر در فرسایش و رسوبزائی (شامل: سنگ شناسی، خاک، آب و هوا، رواناب، پستی و بلندی، پوشش سطح زمین، استفاده از زمین، وضعیت فعلی فرسایش، فرسایش رودخانه‌ای) بر حسب شدت و ضعف نقش آنها در فرسایش خاک و تولید رسوب باید مورد بررسی و ارزیابی دقیق قرار گیرند. حاصل نهائی نمره مربوط به عامل اشاره‌شده در هر یک از اجزای اراضی بیانگر شدت فرسایش خاک و میزان رسوبزایی در آن واحد می‌باشد. در این روش به هر یک از عوامل ۹ گانه، با توجه به چگونگی تأثیر آنها در فرسایش خاک و نهایتاً تولید رسوب در حوزه آبخیز مورد مطالعه نمراتی تخصیص می‌یابد. پس از ارزیابی عوامل مؤثر در فرسایش، حوزه آبخیز از نظر ارزیابی به ۵ کلاس ناچیز، کم، متوسط، زیاد و خیلی‌زیاد تقسیم گردید. پس از تعیین امتیاز ۹ عامل در نظر گرفته‌شده در مدل PSIAC اصلاح شده و به‌دست‌آوردن مجموع نمرات آنها به‌منظور تعیین میزان فرسایش و رسوب‌زایی در هر یک از زیرحوزه‌های مطالعاتی از جدول (۱) استفاده شده است.

جدول ۱- تعیین میزان تولید رسوب سالانه و کلاس فرسایش خاک در روش PSIAC

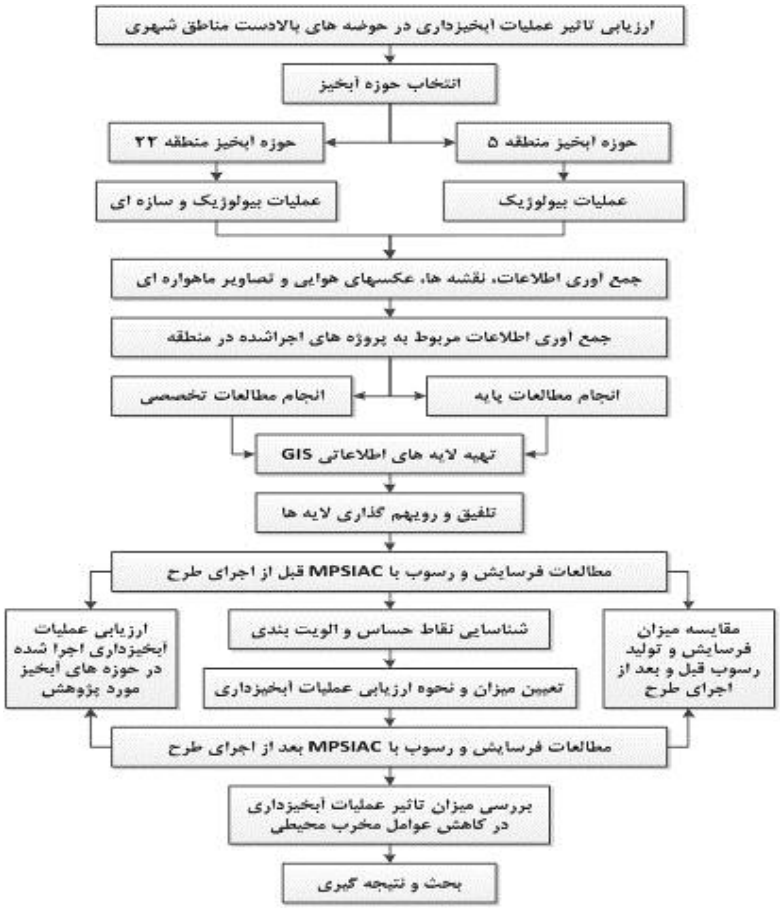
Table 1. Annual sediment yield and soil erosion class in PSIAC Model

کلاس رسوبدهی و فرسایش	شدت رسوبدهی	تولید رسوب سالانه		نمرات نشان دهنده شدت رسوبدهی
		متر مکعب در کیلومتر مربع	ایکرفیت در مایل مربع	
V	خیلی‌زیاد	۱۴۲۹<	۳<	۱۰۰<
IV	زیاد	۴۷۶_۱۴۲۹	۱_۳	۷۵_۱۰۰
III	متوسط	۲۳۸_۴۷۶	۰/۵_۱	۵۰_۷۵
II	کم	۹۵_۲۳۸	۰/۲_۰/۵	۲۵_۵۰
I	خیلی‌کم یا جزئی	۹۵>	۰/۲>	۰_۲۵

ب- عملیات تلفیقی (بیولوژیکی و مکانیکی)

روش مطالعه در این بخش نیز مشابه بخش قبلی مبتنی‌بر بررسی سیمای فرسایشی حوزه قبل است، لیکن تنها تفاوتی که وجود دارد این است که در حوزه انتخاب‌شده برای این بخش تمامی عملیات آبخیزداری پیش‌بینی‌شده، اعم از مکانیکی و یا بیولوژیکی به‌طور کامل اجرا گردیده است. جهت انجام عملیات اجرایی و شناسایی نوع عملیات آبخیزداری در این مطالعه از روش‌های برنامه‌ریزی محیطی و مدل‌های آمایش سرزمین استفاده شده است. بدین‌ترتیب که در برای سنتز و برنامه‌ریزی طرح، از نقشه‌های شیب، جهت، ارتفاع، زمین‌شناسی، ژئومرفولوژی، همباران، خاکشناسی و قابلیت اراضی، پوشش گیاهی، وضعیت مراتع، هیدرولوژی، منابع آبهای سطحی و زیرزمینی، سیل‌خیزی، اشکال فرسایش، شدت فرسایش، تفرجگاهی و حیات وحش استفاده شده است. سپس با توجه به حجم زیاد اطلاعات محیطی و نیاز به تجزیه و تحلیل این داده‌ها برای هر نوع کاربری، بسته به شرایط منطقه مورد مطالعه، توسط نرم‌افزار سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی (GIS) لایه‌های اطلاعاتی موثر ساخته و

روی‌هم‌گذاری می‌شوند. سپس ویژگی‌های طبیعی منطقه مورد مطالعه که در قالب لایه‌های اطلاعاتی جمع‌بندی شده‌اند، با ویژگی‌های مورد نیاز برای تخصیص یک کاربری، مقایسه شده و توان سرزمین نسبت به آن ویژگی‌ها برای هر نوع کاربری ارزیابی و سنجیده می‌شود. بدین‌ترتیب جهت تعیین و شناسایی تمامی کاربری‌های مورد نظر در منطقه مورد مطالعه، از دو روش برای برنامه‌ریزی و سنتز داده‌ها استفاده می‌شود: در روش اول منطقه مورد مطالعه را با روی‌هم‌گذاری یکسری از لایه‌های اطلاعاتی نظیر شیب، جهت، ارتفاع و... به واحدهای همگن تقسیم‌بندی نموده و سپس ویژگی‌های هر یک از این واحدهای همگن نسبت به ویژگی‌های تعیین‌شده برای هر کاربری (مثلاً جنگل‌کاری) ارزیابی شده و در نتیجه این ارزیابی مشخص می گردد که آیا یگان یادشده برای کاربری مورد نظر توان دارد یا ندارد. بنابراین بر اساس ویژگی‌های طبیعی هر واحد همگن از قبیل شیب، جهت، ارتفاع، نوع خاک، نوع پوشش گیاهی، بارندگی وغیره با توجه به مدل آمایشی ساخته‌شده برنامه‌ریزی صورت می‌گیرد و آن واحد برای یک یا چند کاربری خاص پیشنهاد می‌گردد. در روش دوم که در این مطالعه از آن استفاده شده است، ابتدا بر اساس ویژگی‌های تعریف‌شده، مناطق مناسب برای هریک از کاربری‌ها در کل محدوده مورد مطالعه مشخص شده و برای هر کاربری به تفکیک نقشه‌ای تولید می‌گردد. برای تعیین این مناطق مناسب بر روی نقشه از روی‌هم‌گذاری لایه‌های اطلاعاتی به‌کاررفته برای تعیین کاربری خاص، استفاده شده و سپس محدوده‌هایی که دارای شرایط تعیین شده باشند انتخاب می‌گردند. در پایان با روی‌هم‌گذاری نقشه‌های به‌دست‌آمده برای هر کاربری، نقشه نهایی تلفیق به‌دست می‌آید که بر روی آن محدوده های مناسب جهت هر کاربری مشخص شده است. گام بعدی، تعیین اولویت کاربری‌ها است. اطلاعات اقتصادی و اجتماعی منطقه در مرحله نهایی با درنظرگرفتن حفظ محیط طبیعی جهت اولویت‌بندی و تعیین اولویت کاربری‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرند. بدین‌ترتیب امکان استفاده بهینه از پتانسیل‌های منطقه فراهم می‌شود. لازم به‌ذکر است که روش پیشنهادی در پژوهش حاضر بر اساس شرایط طبیعی منطقه و بررسی مدل‌های موجود مانند مدل آمایش سرزمین دکتر مخدوم و مدل ژئومرفولوژی دکتر احمدی تدوین شده است. همچنین تمامی عملیات روی‌هم‌گذاری لایه‌ها با نرم افزارهای GIS صورت گرفته و مشخصات هر کاربری نیز در محیط GIS به سیستم وارد شده‌اند و بر این اساس نقشه‌های نهایی تلفیق تهیه گردیده‌اند. نمودار جریانی مراحل انجام تحقیق در شکل (۳) نشان داده شده است.



شکل۳- نمودار جریانی مراحل انجام تحقیق

Figure 3. Flowchart of the research process

نتایج و بحث

الف- عملیات بیولوژیک (آبخیز کوهسار)

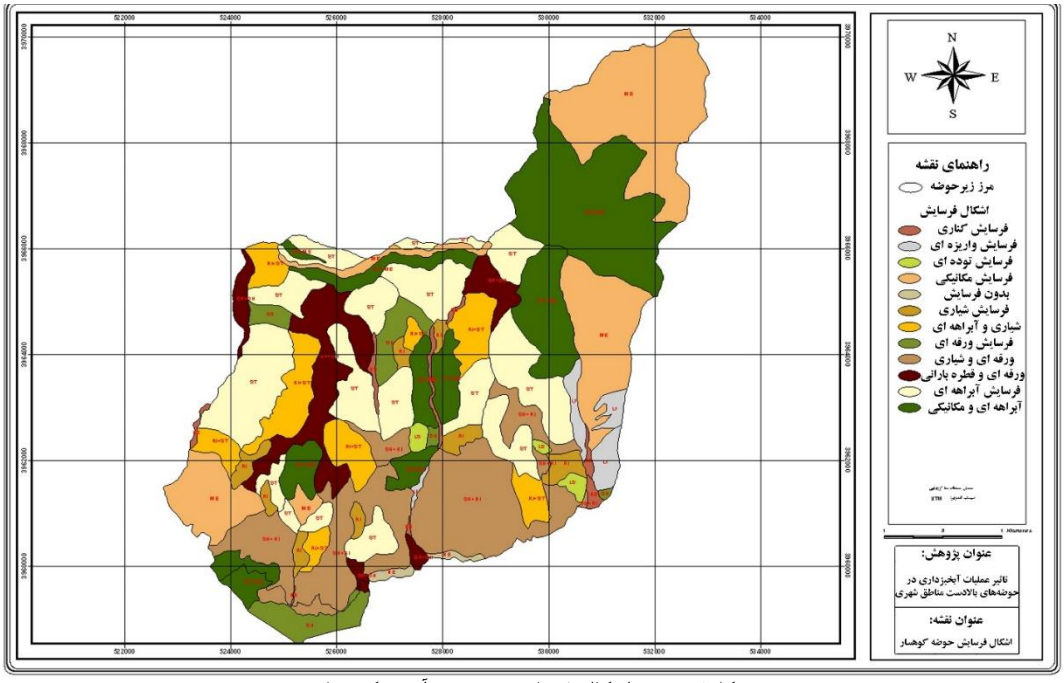
اشکال فرسایش

بر اساس بررسی عکس‌های هوایی موجود از منطقه و نیز بازدیدهای صحرایی، اشکال فرسایشی منطقه مورد مطالعه مشخص شدند. در بعضی از موارد به‌دلیل تداخل تیپ‌های فرسایشی در یکدیگر، امکان تشخیص یک نوع تیپ خاص میسر نبوده لذا برای چنین مواردی از دو نوع تیپ فرسایشی غالب برای نامگذاری استفاده گردید. نتیجه این بررسی ها در شکل (۴) آورده شده است. جدول (۲) نیز توزیع مساحت هر یک از اشکال فرسایشی را در زیر حوزه‌های مورد مطالعه نشان می‌دهد.

جدول۲- توزیع مساحت هر یک از تیپهای فرسایشی در حوزه آبخیز کوهسار

Table 2. Distribution of the area of each erosion type in Kuhsar watershed

ردیف	اشکال فرسایش	کد بر روی نقشه	مساحت (هکتار)	ردیف	اشکال فرسایش	کد بر روی نقشه	مساحت (هکتار)
۱	کناری	Ba	-	۷	آبراهه ای	St	۱۱۸/۹۰
۲	خندقی	Gu	-	۸	شیاری و ورقه‌ای	Ri+Sh	۲۰۹/۸۴
۳	واریزه ای	Lf	-	۹	شیاری و آبراهه ای	Ri+St	-
۴	مکانیکی	Me	۱۱۱/۳۸	۱۰	قطره بارانی و سطحی	Sp+Sh	۶/۰۷
۵	سطحی	Sh	۲۴۶/۶۱۵	۱۱	آبراهه ای و مکانیکی	St+Me	۷۷/۹۵
۶	شیاری	Ri	-	۱۲	بدون فرسایش	Ne	۸/۶۷



شکل۴- نقشه اشکال فرسایش در حوزه آبخیز کوهسار

Figure 4. Map of erosion typed in Kuhsar watershed

برآورد میزان فرسایش و تولید رسوب قبل از اجرای طرح

جهت برآورد میزان فرسایش و رسوب در هر یک از زیرحوزه‌های منطقه مطالعاتی پس به‌دست‌آوردن مجموع نمرات امتیازات عوامل ۹ گانه، از رابطه فوق الذکر استفاده گردید و میزان رسوب‌دهی و همچنین شدت رسوب‌دهی در محدوده مطالعاتی حوزه آبخیز مشرف به منطقه ۵ شهر تهران (کوهسار) که نتایج در جدول (۳) آورده شده است. به‌طور کلی براساس نتایج به‌دست‌آمده از روش MPSIAC، میزان رسوب‌دهی واحدهای هیدرولوژیک منطقه مطالعاتی در حد متوسط تا زیاد می‌باشد که نشان‌دهنده شرایطی است که در صورت بی‌توجهی به اصول آبخیزداری می‌تواند منجر به صدمات غیرقابل برگشت گردد.

جدول ۳- برآورد میزان رسوبدهی محدوده پژوهش (حوزه آبخیز کوهسار) با استفاده از روش MPSIAC

Table 3. Estimation of sediment yield in research area (Koohsar watershed) using MPSIAC model

نام محدوده	عامل زمین شناسی	عامل خاک	عامل آب و هوا	عامل رواناب	عامل پستی و بلندی	عامل پوشش زمین	عامل استفاده از زمین	عامل وضعیت فرسایش	عامل فرسایش رودخانه ای	مجموع امتیاز	رسوب سالانه متر مکعب در کیلومتر مربع	رسوب سالانه تن در کیلومتر مربع	رسوب سالانه تن در هکتار در سال	شدت رسوبدهی	کلاس رسوبدهی
کوهسار	۶/۷۳	۱/۸۳	۴/۵۲	۱/۳۳	۱۳/۴۳	۸/۳۸	۱۷/۲۳	۱۰/۳۲	۶/۰۷	۶۹/۸	۴۵۶/۲۱	۶۱۱/۳۲	۶/۱۱	متوسط	III

فرسایش ویژه

برای محاسبه فرسایش ویژه با توجه به بافت خاک و محدوده آن مقدار SDR محاسبه و برای هر یک از زیر حوزه ها به‌صورت میانگین وزنی برآورد گردید. سپس با استفاده از مقدار رسوب تخمین‌زده‌شده و همچنین مقادیر SDR فرسایش ناخالص منطقه مورد مطالعه کوهسار تعیین گردید که نتایج در جدول (۴) آورده شده است.

جدول۴- برآورد بار معلق، بار بستر و گل الودگی در محدوده مورد مطالعه

Table 4. Estimation of suspended load, bed load and turbidity in the study area

نام محدوده	مساحت (Km^2)	رسوب سالانه (M^3/Km^2)	وزن مخصوص رسوبات	رسوب سالانه (t/Km^2)	رسوب کل (t/y)	SDR (٪)	فرسایش (t/y)	فرسایش ویژه (t/Km^2/y)	رسوب سالانه معلق (t/y)	رسوب معلق ویژه (t/Km^2/y)	بار بستر سالانه (t/y)	بار بستر ویژه (t/Km^2/y)	گل آلودگی(g/lit)
کوهسار	۸	۴۵۶/۲۱	۱/۳۴	۶۱۱/۳۲	۴۷۶۲/۲۲	۳۵/۴۴	۱۳۴۳۶/۳۸	۱۷۲۴/۸۲	۳۸۰۹/۷۷	۴۸۹/۰۶	۹۵۲/۴۴	۱۲۲/۲۶	۳/۱۲

برآورد شدت فرسایش و رسوب‌دهی

بررسی های انجام شده در منطقه مورد مطالعه نشان می دهد که طبقه ۱ (واحدهای با فرسایش خیلی‌کم) در سطح منطقه وجود ندارد در مقابل گسترش پراکنش کلاس ۳ (واحدهای با فرسایش متوسط) در سطح منطقه بیشترین بوده است. جدول (۵) توزیع کلاس‌های شدت فرسایش را در حوزه کوهسار نشان می‌دهد.

جدول۵- توزیع مساحت هر یک از کلاس‌های شدت فرسایش در منطقه مورد مطالعه

Table 5. Distribution of the area of each class of erosion intensity in the study area

ردیف	نام حوزه	خیلی کم	کم	متوسط	زیاد	خیلی زیاد
۱	کوهسار	-	۲۶۸/۲۳	۳۹۶/۸۱	۱۰۹/۵	-

عملیات بیولوژی انجام‌یافته (اجرای طرح)

عملیات بیولوژی انجام یافته برای حوزه آبخیز کوهسار عبارتند از: بذرپاشی، کپه‌کاری، بوته‌کاری، درختکاری و جنگل‌کاری می‌باشد (جدول ۶).

جدول۶- حجم عملیات پیشنهادی در منطقه مورد مطالعه

Table 6. The amount of proposed activities in the study area

ردیف	پروژه کلان	نوع عملیات	مقدار
۱	عملیات بیولوژیک	جنگلکاری و درختکاری در عرصه	۶۹۰ هکتار
۲		بوته کاری	۱۲۰ هکتار
۳		کپه کاری	۱۹۰ هکتار
۴		بذرپاشی	۲۱۰ هکتار
	جمع کل سطوح پیش بینی شده برای عملیات بیولوژیک		۱۲۱۰ هکتار

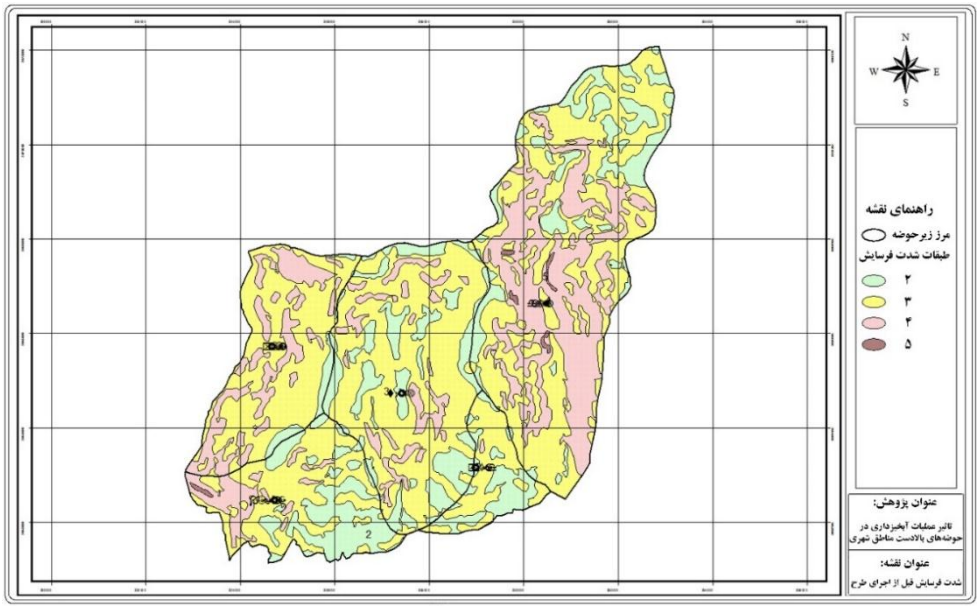
برآورد فرسایش خاک و تولید رسوب بعد از اجرای طرح

باتوجه به تغییر در ۵ عامل از مجموع عوامل نه‌گانه روشPSIAC مجدداً اقدام به‌تعیین میزان فرسایش و تولید رسوب در دوره بعد از اجرای طرح با استفاده از این روش گردید که نتایج آن به‌شرح ذیل ارائه می‌گردد (جدول ۷ و شکل‌های ۵ و ۶).

جدول ۷- میزان رسوب‌دهی حوزه آبخیز مورد مطالعه با استفاده از روش MPSIAC بعد از اجرای طرح

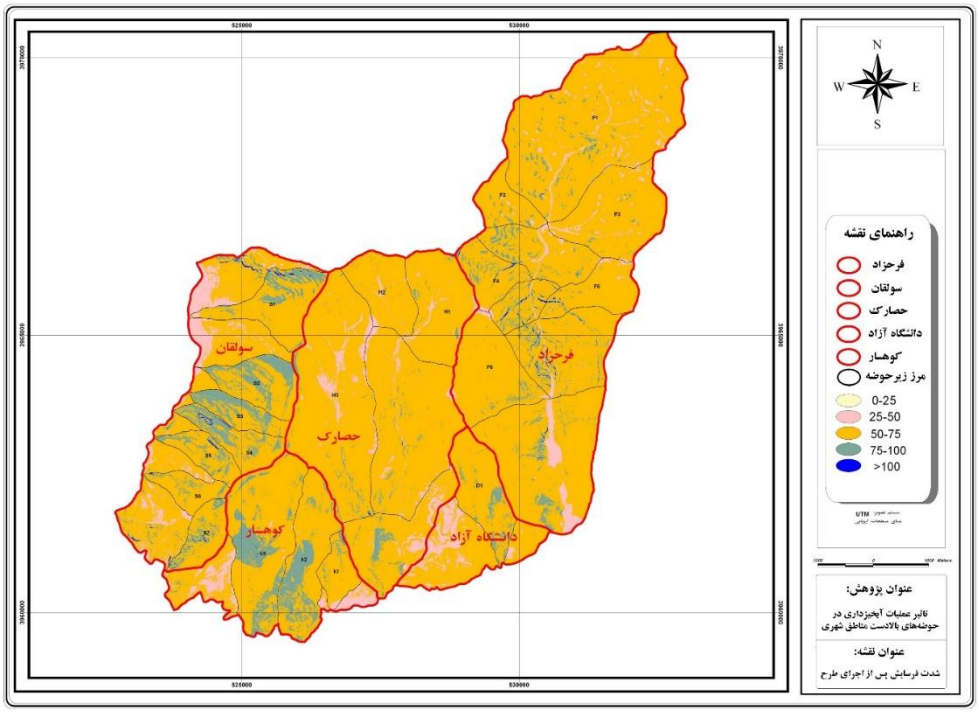
Table 7. The sediment yield of the study area using MPSIAC model after the implementation of the project

نام زیر حوزه	عامل زمین شناسی	عامل خاک	عامل آب و هوا	عامل رواناب	عامل پستی و بلندی	عامل پوشش زمین	عامل استفاده از زمین	عامل وضعیت فرسایش	عامل فرسایش رودخانه ای	مجموع امتیاز	رسوب سالانه متر مکعب در کیلومتر مربع	رسوب سالانه تن در کیلومتر مربع	رسوب سالانه تن در هکتار در سال	شدت رسوبدهی	کلاس رسوبدهی
کوهسار	۶/۷۳	۱/۸۳	۴/۵۲	۱/۰۱	۱۳/۴۳	۵/۷۵	۱۱/۲۳	۶/۱۱	۲/۰۹	۵۲/۷	۲۴۹/۱۲	۳۳۳/۸۳	۳/۳۴	کم تا متوسط	II - III



شکل۵- شدت فرسایش در حوزه آبخیز کوهسار قبل از اجرای طرح

Figure 5. erosion intensity in the Kuhsar basin before the implementation of the plan



شکل۶- شدت فرسایش در حوزه آبخیز کوهسار پس از اجرای طرح

Figure 6. erosion intensity in the Kuhsar basin after the implementation of the plan

ب- عملیات تلفیقی (بیولوژیکی و مکانیکی) (آبخیز منطقه۲۲)

اشکال فرسایش

از آنجاییکه در بخش قبلی به‌طور کامل در خصوص اشکال فرسایشی در حوزه‌های آبخیز مورد مطالعه توضیح داده شده است در این بخش تنها به ارائه مساحت هریک از این اشکال فرسایش در حوزه مورد مطالعه بسنده شده است (جدول ۸ و شکل ۷).

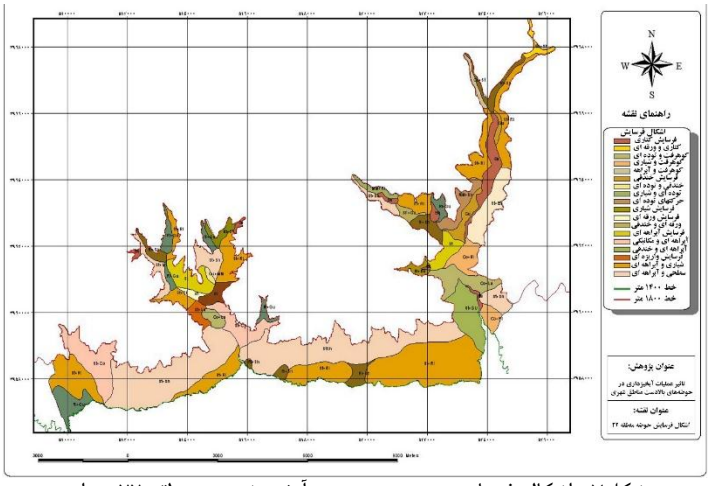
جدول ۸- مساحت هر یک از الگوهای فرسایشی در زیرحوزه‌های مورد مطالعه حوزه آبخیز شهری منطقه ۲۲ تهران (هکتار)

Table 8. The area of each erosion pattern in the sub-basins of the 22nd district of Tehran

اشکال فرسایش / نام زیرحوزه	St+Co	St+Ri	St+Sh	Ri+Gu	Co+Ri	Ri+Sh	Ba
M1							
M2							
M3	۱۷/۸۸						
M4	۱۰/۳۲						
M5		۶۶/۴۹		۱۳/۶۹			
M6		۷/۵۹		۴۹/۷۷			
M7		۴۲/۷۲		۱۱//۲۳			
M8	۵۳۹	۱۶/۵۷					
M9	۴۶/۱۸		۴/۰۵				
M10	۳۹/۳۶	۷/۷۸	۲۹/۳۶				
M11			۶۶/۲۴				
M12			۵۹/۴۷				
M13			۴۷/۵۸				
M14			۴۷/۹۹				
M15			۳۹/۵۷				
M16		۱۹/۶۷	۷۵/۳۶				
M17		۳۴/۷۱	۳۰/۹			۵/۷	
M18		۰/۰۲	۳۴/۳۶			۴/۹	
M19			۴۷/۴۸				
M20		۱۲/۰۳	۵۹/۴۵				
M21		۴۱/۵	۱۷/۵۸				
M22		۳۴/۳۳	۵۳/۰۶				
M23		۲۷/۴۲	۶۵/۶۸			۱۰/۰۲	
M24		۲/۲۳	۳۶/۵۷			۲۴/۳۹	
M25		۶۵/۸۸	۶۵/۶۶			۲/۳۷	
M26		۴۷/۹۲	۷/۴۱				
M27		۱۱۸/۷۶	۶۳/۰۶				
M28		۱۵۰/۴۹	۳۳/۳۶				
M29		۳۹/۸۶	۹/۰۹		۰/۰۲	۶۷/۵۵	۰/۱۲
M30			۲۴/۸۲		۳۱/۷۵		

برآورد میزان فرسایش و تولید رسوب قبل از اجرای طرح

جهت برآورد میزان فرسایش و رسوب در هر یک از زیرحوزه‌های منطقه مطالعاتی پس به‌دست‌آوردن مجموع نمرات امتیازات عوامل ۹گانه، از رابطه ارائه‌شده در روش MPSIAC استفاده گردیده و میزان رسوب‌دهی و همچنین شدت رسوب‌دهی در هر یک از واحدهای هیدرولوژیک محاسبه شد که نتایج در جدول (۹) آورده شده است. به‌طور کلی براساس نتایج به‌دست‌آمده از روش MPSIAC، میزان رسوب‌دهی واحدهای هیدرولوژیک منطقه مطالعاتی در حد متوسط تا زیاد می باشد که نشان‌دهنده شرایطی است که در صورت بی‌توجهی به اصول آبخیزداری می‌تواند منجر به صدمات غیرقابل برگشت گردد.



شکل۷- اشکال فرسایشی موجود در حوزه آبخیز شهری منطقه ۲۲ تهران
Figure 7. The erosion forms in the 22nd district of Tehran

جدول ۹- میزان رسوب‌دهی زیرحوزه‌های مطالعاتی قبل از اجرای طرح با استفاده از روش MPSIAC
Table 9. The sediment yield of the sub basins using MPSIAC model before the implementation of the project

ردیف	نام زیرحوزه	عامل زمین شناسی	عامل خاک	عامل آب و هوا	عامل رواناب	عامل پستی و بلندی	عامل پوشش زمین	عامل استفاده از زمین	عامل وضعیت فرسایش	عامل فرسایش رودخانه‌ای	مجموع امتیاز	رسوب سالانه متر مکعب در کیلومتر مربع	رسوب سالانه تن در کیلومتر مربع	رسوب سالانه تن در هکتار در سال	شدت رسوب‌دهی	کلاس رسوب‌دهی
۱	M3	۳/۷۵	۲/۳۳	۲/۶	۱/۳	۱۸/۵۱	۳/۴۲	۱۳	۱۱/۵	۶/۶۸	۶۳/۱	۳۵۹/۵۳	۴۶۷/۳۹	۴/۶۷	متوسط	III
۲	M4	۵/۶۲	۲/۳۳	۲/۶	۱/۵۱	۱۸/۴۵	۳/۴۸	۱۳/۲۱	۱۱	۳/۳۴	۶۱/۵	۳۴۰/۳۲	۴۴۲/۴۱	۴/۴۲	متوسط	III
۳	M5	۴/۸۱	۴	۲/۶	۰/۹۲	۱۳/۹۴	۶/۰۳	۱۵/۵۹	۱۲/۷۵	۱۳/۳۶	۷۴	۵۲۸/۳۹	۶۸۶/۹۱	۶/۸۷	متوسط	III
۴	M6	۴/۹۱	۳/۶۷	۲/۶	۰/۶۸	۸/۵۴	۸/۱۴	۱۷/۴۵	۱۳	۱۱/۶۹	۷۰/۷	۴۶۹/۷۲	۶۱۰/۶۳	۶/۱۱	متوسط	III
۵	M7	۳/۹۷	۳/۵	۲/۶	۰/۷۱	۱۲/۰۱	۷/۵۸	۱۶/۹۲	۱۲	۶/۶۸	۶۶	۳۹۷/۸۱	۵۱۷/۱۶	۵/۱۷	متوسط	III
۶	M8	۳/۵۱	۲/۳۳	۲/۶	۱	۱۷/۰۱	۳/۷۸	۱۳/۵۵	۱۲/۵	۵/۰۱	۶۱/۳	۳۳۷/۳۷	۴۳۸/۵۹	۴/۳۹	متوسط	III
۷	M9	۳/۱	۲/۳۳	۲/۶	۱/۳۱	۱۷/۹۲	۳/۶۷	۱۳/۴۸	۱۱	۳/۳۴	۵۸/۸	۳۰۸/۴۸	۴۰۱/۰۳	۴/۰۱	متوسط	III
۸	M10	۴/۳۲	۲/۶۷	۲/۶	۰/۷۳	۱۲/۴۳	۷/۶۷	۱۶/۹۹	۱۲/۲۵	۸/۳۵	۶۸	۴۲۷/۵۴	۵۵۵/۸	۵/۵۶	متوسط	III
۹	M11	۴/۰۶	۱/۸۳	۲/۶	۱/۰۷	۱۵/۳۱	۷/۱۹	۱۶/۲۵	۱۱	۵/۰۱	۶۴/۳	۳۷۵/۳۹	۴۸۸/۰۱	۴/۸۸	متوسط	III
۱۰	M12	۲/۸۴	۱/۳۳	۲/۶	۰/۷۷	۱۵/۹۱	۷/۹۳	۱۷/۱۱	۱۰/۷۵	۳/۳۴	۶۲/۶	۳۵۲/۹۶	۴۵۸/۸۵	۴/۵۹	متوسط	III
۱۱	M13	۲/۹۷	۱/۳۳	۲/۶	۰/۹۵	۱۵/۵۷	۷/۵۱	۱۶/۶۶	۱۳/۷۵	۱۰/۰۲	۷۱/۴	۴۸۱/۳	۶۲۵/۶۹	۶/۲۶	متوسط	III
۱۲	M14	۳/۰۴	۱/۳۳	۲/۶	۱/۰۷	۱۷/۹۴	۷/۰۳	۱۶/۰۴	۱۲/۵	۶/۶۸	۶۸/۲	۴۳۰/۹۵	۵۶۰/۲۳	۵/۶	متوسط	III
۱۳	M15	۲/۸۸	۲/۵	۲/۶	۰/۷۴	۱۴/۷۴	۸/۱۵	۱۷/۴	۱۳/۵	۱۱/۶۹	۷۴/۲	۵۳۱/۹۵	۶۹۱/۵۴	۶/۹۲	متوسط	III
۱۴	M16	۳/۱	۳/۵	۲/۶	۱/۱۴	۱۶/۵۴	۶/۹۱	۱۵/۸۹	۱۴/۲۵	۸/۳۵	۷۲/۳	۴۹۷/۲	۶۴۶/۳۶	۶/۴۶	متوسط	III
۱۵	M17	۳/۱۵	۲	۲/۶	۰/۷۷	۱۷/۹۱	۷/۹۶	۱۷/۱۹	۱۳/۷۵	۶/۶۸	۷۲	۴۹۲/۳۴	۶۴۰/۰۴	۶/۴	متوسط	III
۱۶	M18	۳/۷۴	۳	۲/۶	۰/۷۲	۱۴/۶۲	۸/۰۴	۱۷/۳	۱۵/۵	۳/۳۴	۶۸/۹	۴۴۰/۶	۵۷۲/۷۷	۵/۷۳	متوسط	III
۱۷	M19	۴/۱۸	۳/۳۳	۲/۶	۰/۷۶	۱۴/۰۵	۷/۵۳	۱۶/۶۵	۱۱/۵	۱۱/۶۹	۷۲/۳	۴۹۷/۵۴	۶۴۶/۸۱	۶/۴۷	متوسط	III
۱۸	M20	۳/۱۱	۳/۶۷	۲/۶	۰/۹۸	۱۶/۲	۷/۱۴	۱۶/۱۹	۱۳/۷۵	۸/۳۵	۷۲	۴۹۱/۹۹	۶۳۹/۵۹	۶/۴	متوسط	III
۱۹	M21	۲/۹۵	۲/۸۳	۲/۶	۰/۷۲	۱۳/۳۴	۸/۱۱	۱۷/۳۷	۱۳/۷۵	۶/۶۸	۶۸/۳	۴۳۲/۷۱	۵۶۲/۵۲	۵/۶۳	متوسط	III
۲۰	M22	۳/۵۱	۴/۱۷	۲/۶	۱/۰۱	۱۶/۷۴	۷/۲	۱۶/۰۹	۱۵	۸/۳۵	۷۴/۷	۵۴۰/۸۵	۷۰۳/۱۱	۷/۰۳	متوسط	III
۲۱	M23	۴/۰۲	۴/۵	۲/۶	۱/۳۲	۱۸/۷۶	۶/۹۵	۱۵/۹۳	۱۳/۵	۶/۶۸	۷۴/۳	۵۳۳/۰۱	۶۹۲/۹۱	۶/۹۳	متوسط	III
۲۲	M24	۵/۶۷	۴/۸۳	۲/۶	۰/۸۷	۱۴/۲۷	۷/۴۴	۱۶/۵۶	۱۲/۲۵	۱۱/۶۹	۷۶/۲	۵۷۰/۴۹	۷۴۱/۶۳	۷/۴۲	زیاد	IV
۲۳	M25	۴/۲۱	۴/۱۷	۲/۶	۱/۱۴	۱۵/۶۱	۷/۱۸	۱۶/۲۶	۱۴/۷۵	۱۳/۳۶	۷۹/۳	۶۳۶/۳۷	۸۲۷/۲۸	۸/۲۷	زیاد	IV
۲۴	M26	۴/۷۱	۴	۲/۶	۰/۷۵	۱۱/۰۴	۸/۰۹	۱۷/۳۹	۱۴/۵	۶/۶۸	۶۹/۸	۴۵۴/۷۷	۵۹۱/۲	۵/۹۱	متوسط	III
۲۵	M27	۴/۰۳	۳/۸۳	۲/۶	۱/۰۷	۱۴/۷۱	۷/۳۶	۱۶/۴۶	۱۳/۷۵	۸/۳۵	۷۲/۲	۴۹۵/۱۴	۶۴۳/۶۹	۶/۴۴	متوسط	III
۲۶	M28	۶/۳	۳/۵	۲/۶	۰/۷۶	۹/۵۲	۷/۸۴	۱۷/۰۶	۱۴	۸/۳۵	۶۹/۹	۴۵۷/۵۲	۵۹۴/۷۷	۵/۹۵	متوسط	III
۲۷	M29	۴/۰۵	۳/۳۳	۲/۶	۰/۷۶	۱۶/۱۳	۶/۶۱	۱۷/۴۸	۱۴/۷۵	۱۶/۷	۸۲/۴	۷۱۰/۹۷	۹۲۴/۲۵	۹/۲۴	زیاد	IV
۲۸	M30	۲/۴۵	۵	۲/۶	۰/۹۴	۱۶/۰۴	۵/۸۸	۱۲/۶۷	۱۵/۵	۸/۳۵	۶۹/۴	۴۴۹/۶۵	۵۸۴/۵۵	۵/۸۵	متوسط	III

فرسایش ویژه

با توجه به بافت خاک و محدوده آن مقدار SDR محاسبه و برای هر یک از زیرحوزه‌ها به‌صورت میانگین وزنی برآورد گردید. سپس با استفاده از مقدار رسوب تخمین‌زده‌شده و همچنین مقادیر SDR فرسایش ناخالص هر یک از زیرحوزه‌های مطالعاتی منطقه تعیین گردید که نتایج در جدول ۱۰ و ۱۱ آورده شده است.

جدول ۱۰- ویژگی‌های هر یک از سری‌های خاک جهت تعیین نسبت تحویل رسوب

Table 10. Characteristics of each soil series to determine the proportion of sediment delivery

ردیف	سری خاک	مساحت (هکتار)	بافت خاک	SDR(%)
۱	۱.۲.۱.۱	۴۳۵/۳۶	Sa-L	۳۸/۸
۲	۱.۲.۱.۲	۲۶۹/۳۹	SacL	۵۲
۳	۱.۲.۱.۹	۱۰۱/۵	SaL	۴۳
۴	۱.۲.۲.۷	۳۸۷/۳۱	CL	۵۱
۵	۱.۲.۳.۱	۳۲۴/۸۸	SaL	۳۸
۶	۱.۲.۳.۳	۴۵۱/۰۹	SaL	۳۸
۷	۱.۳.۱.۱	۳۷۷/۷۱	SaL	۳۹
۸	۱.۳.۲.۱	۲۵۴/۹۳	SaL-L	۴۳
۹	۱.۴.۱.۵	۶۳/۸۷	SacL	۷۰
۱۰	۱.۵.۱.۲	۲۹۲/۵۹	SaL	۳۷
۱۱	۲.۲.۱.۲	۴۶/۵۱	SaL	۴۷
۱۲	۲.۲.۱.۴	۴۰/۳۳	SacL	۷۲
۱۳	۲.۲.۲.۸	۲۹۱/۴۷	CL	۵۴
۱۴	۲.۲.۲.۹	۷۳/۰۱	SacL	۶۸
۱۵	۳.۲.۱.۱۰	۲۰۸/۶۳	SacL	۵۶
۱۶	۳.۲.۲.۱۰	۱۷۶/۴۵	CL	۵۶
۱۷	۸.۲.۱.۶	۵۱/۳۵	SacL	۷۲
۱۸	۸.۲.۲.۱۱	۱۰/۵۱	L	۹۰
۱۹	۸.۲.۳.۱۱	۲۷۱/۱۱	L	۵۵

جدول ۱۱- فرسایش ویژه هر یک از زیرحوزه‌های مطالعاتی حوزه آبخیز شهری

Table 11. Special Erosion of each sub-basin of Tehran 22nd district urban watershed

ردیف	نام زیرحوزه	میانگین وزنی SDR	رسوب سالانه تن در هکتار	فرسایش ویژه تن در هکتار در سال
۱	M3	۳۷	۴/۶۷	۱۲/۶۳
۲	M4	۳۷	۴/۴۲	۱۱/۹۶
۳	M5	۴۴/۰۵	۶/۸۷	۱۵/۵۹
۴	M6	۵۷/۳۷	۶/۱۱	۱۰/۶۴
۵	M7	۴۴/۷	۵/۱۷	۱۱/۵۷
۶	M8	۳۷	۴/۳۹	۱۱/۸۵
۷	M9	۳۷	۴/۰۱	۱۰/۸۴
۸	M10	۴۳/۱۹	۵/۵۶	۱۲/۸۷
۹	M11	۴۷/۲۷	۴/۸۸	۱۰/۳۲
۱۰	M12	۵۲	۴/۵۹	۸/۸۲
۱۱	M13	۵۲	۶/۲۶	۱۲/۰۳
۱۲	M14	۵۹/۴۱	۵/۶	۹/۴۳
۱۳	M15	۶۳/۱۱	۶/۹۲	۱۰/۹۶
۱۴	M16	۴۷/۸۷	۶/۴۶	۱۳/۵
۱۵	M17	۵۷/۰۳	۶/۴	۱۱/۲۲
۱۶	M18	۴۷/۸۹	۵/۷۳	۱۱/۹۶
۱۷	M19	۴۹/۶۹	۶/۴۷	۱۳/۰۲
۱۸	M20	۴۸/۱	۶/۴	۱۳/۳
۱۹	M21	۴۵/۹۴	۵/۶۳	۱۲/۲۴
۲۰	M22	۵۱/۶۱	۷/۰۳	۱۳/۶۲
۲۱	M23	۴۵/۹۸	۶/۹۳	۱۵/۰۷
۲۲	M24	۴۷/۸۹	۷/۴۲	۱۵/۴۹
۲۳	M25	۵۱/۷۸	۸/۲۷	۱۵/۹۸
۲۴	M26	۵۳/۸۷	۵/۹۱	۱۰/۹۷
۲۵	M27	۵۰/۲۴	۶/۴۴	۱۲/۸۱
۲۶	M28	۵۲/۵۴	۵/۹۵	۱۱/۳۲
۲۷	M29	۴۷/۰۱	۹/۲۴	۱۹/۶۶
۲۸	M30	۳۹/۰۴	۵/۸۵	۱۴/۹۷

اولویت‌بندی زیرحوزه‌ها از نظر میزان تولید رسوب

بر اساس نتایج به‌دست‌آمده از روش MPSIAC میزان رسوب‌دهی هر یک از زیرحوزه‌های مطالعاتی بر حسب تن در هکتار در سال به‌دست آمد. با توجه به ارزش عددی هر یک از ارقام، اولویت‌بندی هریک از زیرحوزه‌ها برای برنامه‌ریزی و اجرای طرح‌های مبارزه با فرسایش و کنترل رسوب در جدول

(۱۲) آمده است. در محدوده حوزه آبخیز شهری که از شرایط همگن‌تری به‌لحاظ اثرپذیری از عوامل موثر بر فرسایش و رسوب برخوردار می‌باشند، زیرحوزه M29 با رسوب‌دهی معادل ۹/۲۴ تن در هکتار در سال و زیرحوزه M9 با رسوب‌دهی معادل ۴/۰۱ تن در هکتار در سال به‌ترتیب دارای بیشترین و کمترین مقادیر رسوبدهی می‌باشند. بررسی‌های صحرایی انجام شده در محدوده حوزه شهری نشان داد که در محدوده زیرحوزه M29 به‌علت تاثیرات فراوان جاده‌سازی غلط در مسیر دسترسی به کارگاه راهسازی اتوبان تهران–شمال پتانسیل فرسایش‌پذیری افزایش چشم‌گیری داشته است، از اینرو توصیه می‌گردد تا در این بخش از منطقه با پیش‌بینی تمهیدات لازم از ادامه شرایط نابسامان کاربری اراضی جلوگیری به‌عمل آید.

جدول ۱۲– اولویت زیرحوزه‌های مطالعاتی حوزه آبخیز شهری برای مبارزه با فرسایش و رسوب‌دهی

Table 12. Priority of sub-basins of urban watershed to combat erosion and sediment yield

اولویت	نام زیرحوزه	رسوب ویژه (t/h/y)	فرسایش ویژه (t/h/y)
۱	M29	۲۴/۹	۶۶/۱۹
۲	M25	۲۷/۸	۹۸/۱۵
۳	M24	۴۲/۷	۴۹/۱۵
۴	M22	۰۳/۷	۶۲/۱۳
۵	M23	۹۳/۶	۰۷/۱۵
۶	M15	۹۲/۶	۹۶/۱۰
۷	M5	۸۷/۶	۵۹/۱۵
۸	M19	۴۷/۶	۰۲/۱۳
۹	M16	۴۶/۶	۵/۱۳
۱۰	M27	۴۴/۶	۸۱/۱۲
۱۱	M17	۴/۶	۲۲/۱۱
۱۲	M20	۴/۶	۳/۱۳
۱۳	M13	۲۶/۶	۰۳/۱۲
۱۴	M6	۱۱/۶	۶۴/۱۰
۱۵	M28	۹۵/۵	۳۲/۱۱
۱۶	M26	۹۱/۵	۹۷/۱۰
۱۷	M30	۸۵/۵	۹۷/۱۴
۱۸	M18	۷۳/۵	۹۶/۱۱
۱۹	M21	۶۳/۵	۲۴/۱۲
۲۰	M14	۶/۵	۴۳/۹
۲۱	M10	۵۶/۵	۸۷/۱۲
۲۲	M7	۱۷/۵	۵۷/۱۱
۲۳	M11	۸۸/۴	۳۲/۱۰
۲۴	M3	۶۷/۴	۶۳/۱۲
۲۵	M12	۵۹/۴	۸۲/۸
۲۶	M4	۴۲/۴	۹۶/۱۱
۲۷	M8	۳۹/۴	۸۵/۱۱
۲۸	M9	۰۱/۴	۸۴/۱۰

عملیات آبخیزداری (اجرای طرح)

عملیات بیولوژیک آبخیزداری پیشنهادی برای عرصه مورد مطالعه عبارتند از: بذرکاری، کپه‌کاری، بوته‌کاری و درختکاری می‌باشد (جدول ۱۳).

جدول ۱۳– حجم عملیات بیولوژیک پیشنهادی برای کل حوزه مشرف به منطقه ۲۲ تهران

Table 13. The amount of proposed biological activities for the Tehran 22nd district upper watershe

ردیف	پروژه کلان	نوع عملیات	مقدار
۱	عملیات بیولوژیک	جنگلکاری و درختکاری در عرصه	۲۰۰۰ هکتار
۲		بوته کاری	۵۰۰ هکتار
۳		کپه کاری	۷۰۰ هکتار
۴		بذرپاشی	۸۰۰ هکتار
	جمع کل سطوح پیش بینی شده برای عملیات بیولوژیک		۴۰۰۰ هکتار

گزینه‌های مکانیکی آبخیزداری حوزه آبخیز شهری منطقه ۲۲ تهران عبارتند از: سدهای تأخیری و رسوب‌گیر، احداث چکدم‌ها یا بندهای رسوب‌گیر و کانال‌های انتقال سیلاب می‌باشد. طرح آبخیزداری حوزه‌های شهری منطقه ۲۲ تهران ترکیبی از چکدم، سدهای تأخیری و رسوب‌گیر و کانال‌های انتقال سیلاب به نقاط خارج شهری یا نقاط امن می‌باشد، که تعداد آنها به‌همراه خلاصه‌ای از تأسیسات به‌شرح جدول ذیل می‌باشد (جدول ۱۴):

جدول ۱۴- تعداد و خلاصه‌ای از سازه‌های پیشنهادی برای کل حوزه مشرف به منطقه ۲۲ تهران
Table 14. The amount of proposed mechanical activities for the Tehran 22nd district upper watershed

تعداد	اجزای مهار و کنترل سیلاب
۱۷۷ عدد در کل زیرحوزه‌ها	چکدم
۹ عدد	سدهای تأخیری و رسوب‌گیری
حدود ۳۰ کیلومتر	کانال

هدف از طرح سازه‌ای آبخیزداری حوزه‌های شهری منطقه ۲۲ تهران، حفاظت منطقه شهری از بروز احتمالی سیلاب در بالادست این منطقه و کنترل فرسایش و رسوب خروجی از زیرحوزه‌ها می‌باشد.

برآورد میزان فرسایش و تولید رسوب بعد از اجرای طرح

با توجه به عملیات آبخیزداری انجام‌شده در منطقه و گذشت ۵ سال از آن برای تعیین نقش عملیات اجراشده در سیمای فرسایشی منطقه و حفظ و احیاء منابع طبیعی آن مجدداً پس از گذشت این مدت مطالعاتی جهت تعیین نقش و اثر فعالیت‌های اجراشده، انجام می‌شود. همچنین با توجه به بررسی‌های صحرایی به‌عمل‌آمده و بازدیدهای صورت‌گرفته از منطقه تغییرات چشمگیری در پوشش گیاهی منطقه ایجادشده به‌طوریکه به‌صورت کمربندی سبز در امتداد شرقی غربی شمال منطقه شهری ۲۲ را پوشانده است. همین امر سبب گردیده است که پوشش مناسب در کف آبراهه ها نیز ایجاد شده و با بازدید کالورت‌های موجود و کانال‌های تخلیه رواناب شهری میزان رسوب و مواد بستری به حداقل خود رسیده است. همچنین در بستر آنها نیز پوشش گیاهی مستقر گردیده است. لکن برای کمی‌کردن این قضیه برآورد فرسایش و رسوب به روش قبلی یعنی MPSIAC انجام شده است. در این برآورد برخی از عوامل نه‌گانه روش پسیاک شامل عامل زمین شناسی سطحی، عامل خاک، عامل آب و هوا و عامل پستی و بلندی ثابت بوده و تغییر نکرده‌اند. در عوض سایر عوامل شامل عامل پوشش گیاهی، عامل رواناب، عامل نحوه استفاده از اراضی، عامل وضعیت فعلی فرسایش و عامل فرسایش رودخانه‌ای به‌شرح زیر تغییر نموده‌اند (جدول ۱۵):

جدول ۱۵- میزان رسوب‌دهی زیرحوزه‌های مطالعاتی بعد از اجرای طرح با استفاده از روش MPSIAC
Table 15. The sediment yield of the sub basins using MPSIAC model after the implementation of the project

ردیف	نام زیرحوزه	عامل زمین شناسی	عامل خاک	عامل آب و هوا	عامل رواناب	عامل پستی و بلندی	عامل پوشش زمین	عامل استفاده از زمین	عامل وضعیت فرسایش	عامل فرسایش رودخانه ای	مجموع امتیاز	رسوب سالانه متر مکعب در کیلومتر مربع	رسوب سالانه تن در کیلومتر مربع	رسوب سالانه تن در هکتار در سال	شدت رسوبدهی	کلاس رسوبدهی
۱	M3	۳/۷۵	۲/۳۳	۲/۶	۰/۷۲	۱۸/۵۱	۱/۳۲	۶/۸۸	۶/۷۵	۱/۶۷	۴۴/۵	۱۸۶/۷۲	۲۴۲/۷۳	۲/۴۳	متوسط	III
۲	M4	۵/۶۲	۲/۳۳	۲/۶	۰/۸۳	۱۸/۴۵	۱/۳۳	۶/۸۵	۶/۲۵	۱/۶۷	۴۵/۹	۱۹۶/۱۱	۲۵۴/۹۴	۲/۵۵	متوسط	III
۳	M5	۴/۸۱	۴	۲/۶	۰/۵۱	۱۳/۹۴	۲/۱۲	۹/۵۴	۷/۲۵	۳/۳۴	۴۸/۱	۲۱۱/۸۲	۲۷۵/۳۷	۲/۷۵	متوسط	III
۴	M6	۴/۹۱	۳/۶۷	۲/۶	۰/۳۷	۸/۵۴	۲/۷۷	۱۲/۶	۷/۵	۳/۳۴	۴۶/۳	۱۹۸/۶۶	۲۵۸/۲۶	۲/۵۸	متوسط	III
۵	M7	۳/۹۷	۳/۵	۲/۶	۰/۳۹	۱۲/۰۱	۲/۶	۱۱/۷۲	۶/۵	۱/۶۷	۴۵	۱۸۹/۴۹	۲۴۶/۳۴	۲/۴۶	متوسط	III
۶	M8	۳/۵۱	۲/۳۳	۲/۶	۰/۵۵	۱۷/۰۱	۱/۴۴	۶/۲۸	۷	۱/۶۷	۴۲/۴	۱۷۳/۰۸	۲۲۵/۰۱	۲/۲۵	متوسط	III
۷	M9	۳/۱	۲/۳۳	۲/۶	۰/۷۲	۱۷/۹۲	۱/۳۹	۶/۵	۶	۱/۶۷	۴۲/۲	۱۷۲/۱۸	۲۲۳/۸۳	۲/۲۴	متوسط	III
۸	M10	۴/۳۲	۲/۶۷	۲/۶	۰/۴	۱۲/۴۳	۲/۶۳	۱۱/۸۸	۶/۷۵	۳/۳۴	۴۷	۲۰۳/۸۶	۲۶۵/۰۲	۲/۶۵	متوسط	III
۹	M11	۴/۰۶	۱/۸۳	۲/۶	۰/۵۹	۱۵/۳۱	۲/۵۱	۱۰/۶	۶/۵	۱/۶۷	۴۵/۷	۱۹۴/۳۲	۲۵۲/۶۲	۲/۵۳	متوسط	III
۱۰	M12	۲/۸۴	۱/۳۳	۲/۶	۰/۴۲	۱۵/۹۱	۲/۷۲	۱۲/۲	۶	۱/۶۷	۴۵/۷	۱۹۴/۴۶	۲۵۲/۸	۲/۵۳	متوسط	III
۱۱	M13	۲/۹۷	۱/۳۳	۲/۶	۰/۵۲	۱۵/۵۷	۲/۵۹	۱۱/۲۳	۷/۷۵	۳/۳۴	۴۷/۹	۲۱۰/۳	۲۷۳/۳۹	۲/۷۳	متوسط	III
۱۲	M14	۳/۰۴	۱/۳۳	۲/۶	۰/۵۹	۱۷/۹۴	۲/۴۷	۱۰/۲۹	۷	۱/۶۷	۴۶/۹	۲۰۳/۱۶	۲۶۴/۱	۲/۶۴	متوسط	III
۱۳	M15	۲/۸۸	۲/۵	۲/۶	۰/۴۱	۱۴/۷۴	۲/۷۸	۱۲/۶۶	۷/۲۵	۳/۳۴	۴۹/۲	۲۱۹/۸۷	۲۸۵/۸۳	۲/۸۶	متوسط	III
۱۴	M16	۳/۱	۳/۵	۲/۶	۰/۶۳	۱۶/۵۴	۲/۴۳	۱۰/۰۴	۷/۵	۱/۶۷	۴۸	۲۱۱/۱۲	۲۷۴/۴۶	۲/۷۴	متوسط	III
۱۵	M17	۳/۱۵	۲	۲/۶	۰/۴۲	۱۷/۹۱	۲/۷۲	۱۲/۱۸	۷/۲۵	۱/۶۷	۴۹/۹	۲۲۵/۶۳	۲۹۳/۳۱	۲/۹۳	متوسط	III
۱۶	M18	۳/۷۴	۳	۲/۶	۰/۴	۱۴/۶۲	۲/۷۴	۱۲/۳۴	۸/۷۵	۱/۶۷	۴۹/۹	۲۲۵/۳۴	۲۹۲/۹۵	۲/۹۳	متوسط	III
۱۷	M19	۴/۱۸	۳/۳۳	۲/۶	۰/۴۲	۱۴/۰۵	۲/۶۱	۱۱/۳۴	۶/۲۵	۳/۳۴	۴۸/۱	۲۱۱/۹۲	۲۷۵/۴۹	۲/۷۵	متوسط	III
۱۸	M20	۳/۱۱	۳/۶۷	۲/۶	۰/۵۴	۱۶/۲	۲/۴۹	۱۰/۴۸	۸	۱/۶۷	۴۸/۸	۲۱۶/۶۷	۲۸۱/۶۸	۲/۸۲	متوسط	III
۱۹	M21	۲/۹۵	۲/۸۳	۲/۶	۰/۴	۱۳/۳۴	۲/۷۶	۱۲/۴۹	۸	۱/۶۷	۴۷	۲۰۳/۹۷	۲۶۵/۱۶	۲/۶۵	متوسط	III
۲۰	M22	۳/۵۱	۴/۱۷	۲/۶	۰/۵۵	۱۶/۷۴	۲/۵۳	۱۰/۶۴	۸/۲۵	۱/۶۷	۵۰/۷	۲۳۱/۸	۳۰۱/۳۴	۳/۰۱	متوسط	III
۲۱	M23	۴/۰۲	۴/۵	۲/۶	۰/۷۶	۱۸/۷۶	۲/۴۴	۱۰/۱۱	۷/۵	۱/۶۷	۵۲/۴	۲۴۶/۱۶	۳۲۰/۰۱	۳/۲	متوسط	III
۲۲	M24	۵/۶۷	۴/۸۳	۲/۶	۰/۴۸	۱۴/۲۷	۲/۵۷	۱۱/۰۷	۷	۳/۳۴	۵۱/۸	۲۴۱/۶۱	۳۱۴/۰۹	۳/۱۴	زیاد	IV
۲۳	M25	۴/۲۱	۴/۱۷	۲/۶	۰/۶۵	۱۵/۶۱	۲/۵	۱۰/۵۴	۸	۳/۳۴	۵۱/۶	۲۳۹/۷۷	۳۱۱/۷	۳/۱۲	زیاد	IV
۲۴	M26	۴/۷۱	۴	۲/۶	۰/۴۱	۱۱/۰۴	۲/۷۴	۱۲/۳۵	۸	۱/۶۷	۴۷/۵	۲۰۷/۴۴	۲۶۹/۶۷	۲/۷	متوسط	III
۲۵	M27	۴/۰۳	۳/۸۳	۲/۶	۰/۶۱	۱۴/۷۱	۲/۵۵	۱۰/۹۳	۷/۷۵	۱/۶۷	۴۸/۷	۲۱۶/۱۶	۲۸۱/۰۱	۲/۸۱	متوسط	III
۲۶	M28	۶/۳	۳/۵	۲/۶	۰/۴۲	۹/۵۲	۲/۶۹	۱۱/۹۲	۷/۷۵	۳/۳۴	۴۸	۲۱۱/۲۸	۲۷۴/۶۶	۲/۷۵	متوسط	III
۲۷	M29	۴/۰۵	۳/۳۳	۲/۶	۰/۴۲	۱۶/۱۳	۲/۲۱	۱۳/۱۹	۸	۵/۰۱	۵۴/۹	۲۶۹/۵۵	۳۵۰/۴۲	۳/۵	زیاد	IV
۲۸	M30	۲/۴۵	۵	۲/۶	۰/۵۲	۱۶/۰۴	۲/۳۶	۵/۳۹	۸/۷۵	۱/۶۷	۴۴/۸	۱۸۸/۳۷	۲۴۴/۸۸	۲/۴۵	متوسط	III

بررسی سوابق قبلی نشان می‌دهد که پژوهش‌های انجام یافته در بررسی اثرات عملیات آبخیزداری در حوزه‌ها، عمدتاً متمرکز بر یک نوع خاص از عملیات در یک حوزه ابخیز واحد و فارغ از مقایسه آن بر اساس نوع عملیات و همچنین در حوزه‌های مختلف می‌باشد. ارزیابی برنامه‌های آبخیزداری در حوزه آبخیز هفتان تفرش در استان اراک مشخص نموده است که میانگین درجه رسوب‌دهی قبل از عملیات آبخیزداری از ۵۲/۷ به ۵۰/۰۶ تغییر یافته و یا به‌عبارت دیگر میانگین رسوب‌دهی ویژه ۴/۱ درصد کاهش یابد (۱). در پژوهش دیگری در زمینه اثر عملیات آبخیزداری در مهار فرسایش و رسوب حوزه آبخیز حاجی‌آباد کرمانشاه به کمک مدل پسیاک اصلاح‌شده، مشخص گردید که عملیات کپه‌کاری و بذرکاری، میزان فرسایش و رسوب را به ترتیب به میزان ۱۵ و ۸ درصد و عملیات احداث گابیون و خشکه‌چین به‌میزان ۱۳ درصد تقلیل دهد (۱۸). در تحقیق دیگری که به‌همین منظور در حوزه آبخیز چهل‌گزی سنندج انجام شده است، تأثیر عملیات آبخیزداری با محاسبه مجدد فرسایش و رسوب از روش پسیاک و همچنین آزمون‌های آماری، ارزیابی و مشخص شد رسوب‌دهی ویژه حوزه از ۲/۷ به ۲/۵ تن در هکتار کاهش‌یافته و از سطح کلاس‌های با رسوب‌دهی بالا نیز کاسته شده است (۱۲). در مورد مشابه دیگری تاثیر عملیات آبخیزداری در کاهش فرسایش و رسوب اراضی مرتعی حوزه آبخیز دره مرید کرمان با استفاده از مدل پسیاک اصلاح‌شده مورد بررسی قرار گرفته و مشخص شد میزان رسوب از ۵۱۳۷۸/۴۶ به ۳۶۶۵۳/۳۸ تن در سال یعنی حدود ۳۰ درصد کاهش یافته است.

در پژوهش حاضر نیز نتایج از دو دیدگاه قابل بحث و بررسی است. نخست تاثیر عملیات آبخیزداری به تفکیک عوامل مورد بررسی در حوزه‌های مورد پژوهش و سپس مقایسه روش‌های معمول در آن و بحث و نتیجه‌گیری در این خصوص که به‌شرح زیر می‌باشند:

الف- از مقایسه میزان رواناب تولیدی حوزه‌های شهری منطقه ۵ و منطقه ۲۲ تهران قبل و بعد از اجرای طرح مشخص می‌شود که میزان رواناب برای حوزه آبخیز کوهسار از ۱۵۶/۸ میلیمتر به ۱۱۷/۶ میلیمتر کاهش یافته است. همچنین دبی پیک ویژه برای حوزه آبخیز کوهسار از ۰/۰۴ به ۰/۰۳ متر مکعب بر ثانیه بر کیلومتر مربع کاهش یافته است. بدین‌ترتیب به‌طور کلی امتیاز عامل رواناب برای حوزه آبخیز کوهسار ۱/۳۳ بوده که به ۱/۰۱ تقلیل یافته است.

در خصوص حوزه آبخیز شهری منطقه ۲۲ نیز میزان رواناب به‌طور کلی از ۱۵۶/۴۴ میلیمتر قبل از اجرای طرح به ۸۶/۰۴ میلیمتر بعد از آن کاهش یافته است. بدین‌ترتیب امتیاز عامل رواناب برای حوزه آبخیز شهری ۰/۹۴ بوده که به ۰/۵۲ تقلیل یافته است.

لذا همانطور که ملاحظه می‌شود، فعالیت‌های آبخیزداری انجام یافته در حوزه‌های شهری به میزان ۲۵ درصد فقط با عملیات بیولوژیک و ۴۵ درصد با تلفیقی از عملیات بیولوژیک و مکانیکی بر روی میزان رواناب تاثیر داشته و آن را کاهش داده است که خود می‌تواند نقش چشمگیری در کاهش تخریب و فرسایش خاک داشته باشد.

ب- با مقایسه درصد اراضی فاقد پوشش حوزه‌های شهری منطقه ۵ و منطقه ۲۲ تهران قبل و بعد از اجرای طرح مشخص می‌شود که درصد اراضی فاقد پوشش برای حوزه آبخیز کوهسار از ۴۱/۹۱ به ۲۸/۷۳ کاهش یافته و همچنین امتیاز عامل پوشش زمین برای حوزه آبخیز کوهسار ۸/۳۸ بوده که به ۵/۷۵ تقلیل یافته است.

در خصوص حوزه آبخیز شهری منطقه ۲۲ نیز درصد اراضی فاقد پوشش قبل از اجرای طرح ۲۸/۱۵ بوده که با اجرای طرح به ۱۰/۳ تقلیل یافته است. بدین‌ترتیب امتیاز عامل پوشش زمین برای حوزه آبخیز شهری منطقه ۲۲ شهرداری تهران ۶/۸۵ بوده که ۲/۳۹ کاهش یافته است.

لذا همانطور که ملاحظه می‌شود، فعالیت‌های آبخیزداری انجام‌یافته در حوزه‌های شهری به‌میزان ۳۵ درصد در کاهش سطح اراضی فاقد پوشش که نقش موثری در فرسایش خاک و از بین رفتن لایه حاصلخیز رویین دارد، تاثیر داشته است.

همچنین در خصوص افزایش سطح پوشش گیاهی با مقایسه درصد تاج پوشش حوزه‌های شهری منطقه ۵ و منطقه ۲۲ تهران قبل و بعد از اجرای طرح ملاحظه می‌شود که درصد تاج پوشش گیاهی برای حوزه آبخیز کوهسار قبل از اجرای طرح ۱۳/۸۴ بوده که پس از اجرای طرح به ۴۳/۸۵ رسیده است. بر این اساس امتیاز عامل نحوه استفاده از اراضی برای حوزه آبخیز کوهسار ۱۷/۲۳ بوده که به ۱۱/۲۳ تقلیل یافته است.

در خصوص حوزه آبخیز شهری منطقه ۲۲ نیز درصد تاج پوشش گیاهی قبل از اجرای طرح ۲۶/۱۸ بوده که با اجرای طرح به ۵۸/۵ افزایش یافته است. بدین‌ترتیب امتیاز عامل نحوه استفاده از اراضی برای حوزه آبخیز شهری منطقه ۲۲ شهرداری تهران ۱۶/۰۸ بوده که ۱۰/۵۱ کاهش یافته است.

لذا همانطور که ملاحظه می‌شود، فعالیت‌های آبخیزداری انجام‌یافته در حوزه‌های شهری به میزان ۳۱۶ درصد فقط با عملیات بیولوژیک و ۲۲۳ درصد با تلفیقی از عملیات بیولوژیک و مکانیکی در افزایش سطح پوشش گیاهی که نقش موثری در جلوگیری از فرسایش خاک و بهبود سیمای محیط طبیعی، داشته است.

ج- با مقایسه مجموع امتیازات به‌دست‌آمده در روش BLM در حوزه‌های شهری منطقه ۵ و منطقه ۲۲ تهران قبل و بعد از اجرای طرح، مشخص می‌شود که به‌طور کلی شاخص وضعیت فعلی فرسایش برای حوزه آبخیز کوهسار قبل از اجرای طرح ۱۰/۳۲ بوده که به ۶/۱۱ تقلیل یافته است.

در خصوص حوزه آبخیز شهری منطقه ۲۲ نیز امتیاز عامل وضعیت فعلی فرسایش قبل از اجرای طرح ۱۳/۱۴ بوده که با اجرای طرح به ۷/۳۳ کاهش یافته است.

بدین‌ترتیب ملاحظه می‌شود که عملیات آبخیزداری انجام‌یافته در حوزه‌های شهری به‌میزان ۴۰ تا ۵۵ درصد در بهبود سیمای فرسایشی این حوزه‌ها موثر بوده است.

د- با مقایسه شاخص فرسایش رودخانه‌ای که از امتیاز عامل فرسایش خندقی در روش BLM به‌دست می‌آید، برای دوره زمانی قبل و بعد از اجرای طرح در حوزه‌های شهری منطقه ۵ و منطقه ۲۲ تهران، ملاحظه می‌شود که به‌طور کلی امتیاز عامل فرسایش رودخانه‌ای برای حوزه آبخیز کوهسار ۶/۰۷ بوده که به ۲/۰۹ تقلیل یافته است. در خصوص حوزه آبخیز شهری منطقه ۲۲ نیز امتیاز عامل فرسایش رودخانه‌ای به‌طور کلی از ۸/۱۷ قبل از اجرای طرح به ۲/۳۳ بعد از آن کاهش یافته است.

لذا همانطور که ملاحظه می‌شود عملیات آبخیزداری انجام‌یافته در حوزه‌های شهری مورد مطالعه به‌میزان ۶۵ تا ۷۰ درصد بر اساس نوع عملیات استفاده‌شده در کاهش فرسایش رودخانه‌ای و کنترل آبکندها موثر بوده است.

ه- با مقایسه میزان فرسایش و تولید رسوب در حوزه‌های آبخیز شهری منطقه ۵ و ۲۲ تهران مشخص گردیده است که مجموع امتیازات در روش MPSIAC برای حوزه آبخیز کوهسار از ۶۹/۸ به ۵۲/۷ کاهش یافته است. همچنین رسوب سالانه برای حوزه آبخیز کوهسار از ۶۱۱/۳۲ به ۳۳۳/۸۳ تن در کیلومتر مربع در سال کاهش یافته است. بدین‌ترتیب به‌طور کلی میزان رسوب ویژه سالانه برای حوزه آبخیز کوهسار ۶/۱۱ بوده که به ۳/۳۴ تقلیل یافته است یعنی به مقدار ۲/۷۷ تن در هکتار در سال کاهش داشته است.

در خصوص حوزه آبخیز شهری منطقه ۲۲ نیز همانطور که در متن مقاله مشاهده گردید، مجموع امتیازات در روش MPSIAC به‌طور متوسط از ۶۹/۹۳ به ۴۷/۸۲ کاهش یافته است. همچنین رسوب سالانه برای این حوزه بطور میانگین از ۶۰۵/۵۶ به ۲۷۳/۹۷ تن در کیلومتر مربع در سال کاهش یافته است. بدین‌ترتیب به‌طور کلی میزان رسوب ویژه سالانه برای حوزه آبخیز شهری منطقه ۲۲ تهران به‌طور متوسط ۶/۰۶ بوده که به ۲/۷۴ تقلیل یافته است یعنی به مقدار ۳/۳۲ تن در هکتار در سال کاهش داشته است.

دومین نتیجه حاصل از پژوهش حاضر، نشان می‌دهد که روش بیولوژیکی درجهت کاهش نرخ فرسایش خاک بهترین ابزاری است که می‌توان به کمک آن خاک را در جا حفظ نمود. اما بدیهی است شرایط حفاظتی در همه جا ۱۰۰ درصد نبوده و در بهترین شرایط باز هم بخشی از خاک سطحی در قالب فرسایش متعارف طبیعی از دسترس خارج می‌گردد. از سوی دیگر وجود پوشش مناسب حفاظتی منجر به افزایش تلفات بارش و کاهش پیک سیلاب‌ها می‌گردد. این نکته در تئوری و واقعیت در بسیاری از حوزه‌های آبخیز صادق است، اما شرایط طبیعی در برخی از حوزه‌های آبخیز به لحاظ شیب و فراوانی رخساره‌های ژئومرفولوژیکی به گونه‌ای است که سطوح سنگی و عاری از خاک حضور قابل توجهی داشته و در چنین شرایطی اجرای شیوه‌های مبارزه بیولوژیکی نتایج قابل توجهی را به‌همراه نخواهد داشت. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت اتخاذ روش مبارزه با فرسایش خاک و سیلاب ارتباط تنگاتنگی با شرایط عمومی حوزه آبخیز دارد. در حوزه آبخیز کوهسار که هدف عمده از ساماندهی آن احداث پارک طبیعت با توسعه پوشش گیاهی موجود و افزایش سطح پوشش سبز منطقه بود، اجرای روش بیولوژیکی اولویت اول محسوب می‌گردد، که اجرای آن پس از اجرای مانیتورینگ عملیات نتایج کاهش رسوب در حد ۴۵ درصد را نشان داده است. در حوزه آبخیز منطقه ۲۲ شهرداری تهران که عملیات تلفیقی آبخیزداری به انجام رسید شاهد اثر بخشی ۵۵ درصدی در کاهش رسوب بودیم. به‌لحاظ نزدیکی حوزه‌های آبخیز کوهسار و منطقه ۲۲ شهرداری تهران و بهره‌مندی از شرایط عمومی تقریباً یکسان به‌لحاظ شرایط اقلیمی، سازندهای زمین شناسی و... می‌توان نتیجه گرفت که روش تلفیقی اثر بخشی بیشتری را به‌همراه دارد، لذا در صورتی که کنترل سیلاب تنها هدف ویژه مطالعات آبخیزداری نباشد، توصیه می‌گردد تا با تکیه بر روش‌های تلفیقی علاوه‌بر کاهش هزینه‌های اجرای پروژه، اثر بخشی آن را تا حدود زیادی افزایش داد. در نتیجه، جهت بهینه‌نمودن تاثیر عملیات آبخیزداری استفاده تلفیقی از روش‌های بیولوژیک و سازه‌ای امری ضروری است. چراکه فرآیندهای مخرب در یک حوزه آبخیز از بخش‌های مختلفی تشکیل یافته است که برای پیشگیری و درمان نیاز به شناخت منشاء و استفاده بجا از روش‌های مختلف دارند. لذا روش‌های بیولوژیک و سازه‌ای می‌توانند به‌عنوان مکمل یکدیگر استفاده شده تا بهترین نتیجه حاصل گردد.

منابع

1. Agharazai, H., A. Davoodirad, M. Mardian and R. Bayat. 2016. Preparation a corrective-supplementary pattern of watershed management programs to sediment rate reduce in the Haftan watershed, Tafresh'. Geography and Environmental Planning, 27(1): 187-198 (In Persian).
2. Ahmadi, H. 1999 Applied geomorphology. University of Tehran Press. 2(1): 1-10 (In Persian).
3. Ahmadi, H., A. Nazari Samani, J. Ghoddousi and M. Ekhtesasi. 2003. Model for evaluation of watershed management project. Journal of Natural Resources, 56: 337-349 (In Persian).
4. Darabi, M., H. Gharehdaghy and M. Nejabat. 2018. Evaluation of Watershed Projects Performance on Erosion and Sediment Transport in Sivand Dam Watershed. Fars Province, Iran, 4(14): 199-218 (In Persian).
5. Evrard, O., E. Persoons, K. Vandaele and B.V. Wesemae. 2007. Effectiveness of erosion mitigation measures to prevent muddy floods: a case study in the Belgian loam belt. Agricultural Ecosystems Journal, 118(4): 149-158.
6. Forotan, E. 2003. Evaluation of watershed management projects implemented in the part of Kan watershed in Tehran province. Msc thesis, Tarbiat Modarrs University, Faculty of Natural Resources and Marine Sciences, 110 pp (In Persian).

7. Ghaffari, G., H. Ahmadi, O. Bahmani and A. Nazari Samani. 2017. Technical assessment of watershed operating steps in sologan aquifers basin. Journal of Range and Watershed Managment, 70(1): 169-180 (In Persian).
8. Hashemi, S.A., H. Karimipour and H. Jazi. 2015. Assessment of Watershed Management Impacts on Erosion and Sedimentation (Behavard Watershed). International Journal of Development Research, 5(8): 97-104 (In Persian).
9. He, C. 2003. Integration of geographic information systems and simulation model for watershed management. Environmental Modelling and Software, 18: 809-813.
10. Jahad Water and Energy Research Co. (JWERC). 2010. Integrated Watershed Management Plan for District 5 and 22 of Tehran Upper Basins, Tehran Municipality, Department of Urban Services, 280 pp (In Persian).
11. Kalhor, M. 2007. Assessment of Technical-economic of watershed management projects in Jajroud Basin. Thesis of Watershed Management, Tehran University, Department of natural resources, 180 pp (In Persian).
12. Khaledian H. and R. Bayat. 2017. The Role of Watershed Management Projects in Reducing Erosion and Sediment of Watersheds. Journal of Environmental Water Engineering, 3(3): 200-213 (In Persian).
13. Madanchi P., R. Bayat and K. Shahedi. 2017. The Effects of Watershed Management Operation to Reduce Erosion and Sedimentation in Semi-Arid Pasture Land (Case Study: Daremorid Basin in KERMAN Province). Journal of Rangeland and Desert IR., 24(4): 757-767 (In Persian).
14. Nabi Pour, Y., M. Vafakhah and H. Moradi. 2014. Effect of Watershed Management operation on Flood characteristics. Journal of Sciences and Technology of Agriculture and Natural Resources, 18(67): 199-212 (In Persian).
15. Naef, F., S. Scherrer and M. Weiler. 2002. A process based assessment of the potential to reduce flood run of by land use change. Journal of Hydrology, 267(1-2): 74-79.
16. Noheghar, A., M. Kazemi, S. Ahamdi, H. Gholami and R. Mahdavi. 2017. The evaluation of the sediment yield using homogeneous units on land uses and the geological formations (case study: Tange Bostanak watershed). Hydrogeomorphology, 3(10): 99-119 (In Persian).
17. Nourani, V. and S. Mohsenzadeh. 2017. Monthly sediment load estimation of aji chay basin stations using mpsiac model and cascade exponential sub-scales. Hydrogeomorphology, 3(11): 83-103 (In Persian).
18. Parvizi, Y., R. Bayat, M. Heshmati and M. Gheituri. 2018. Quantitative Comparison of the Effects of Mechanical and Biological Watershed Management Operation on Soil Erosion and Sediment Yield Control of Hajiabad Watershed in Kermanshah Province. Iranian Journal of watershed management science, 12 (42): 52-59 (In Persian).
19. Radwan, A. 1999. Flood analysis and mitigation for an area in Jordan. Journal of Water Resources and Management, 125(3): 170-177.
20. Rahman, M.R., Z.H. Shi and C. Chongf. 2009. Soil Erosion Hazard Evaluation: an integrated use of Remote Sensing, GIS and management strategies. Ecological model, 220: 1724-1734.
21. Rajora, R. 1998. Integrated watershed management, A Field Manual for Equitable, Productive and Sustainable Development. Rawat Publication, New Delhi, India, 616 pp.
22. Sadeghi, S.H.R., E. Frootan and F. Sharifi. 2006. Performance Evaluation of Watershed Management Measures using Qualitative Method (Case Study: Part of Kan Watershed, Iran). Geographical Research, 79(4): 37-47 (In Persian).
23. Soleimani, F., A. El-Kathir, A. Arsham and F. Sosnager. 2011. Evaluation of performance biological operation of watershed management projects in the Karoon area Case study of Khersan valley watershed Masjed Soleiman. 7th National Conference on Watershed Management Sciences and Engineering of Iran, April 27-28, Isfahan University of Technology (In Persian).
24. Tajiki, M. 2007. Evaluation of the Effect of Watershed Management on Flooding and Sedimentation (Case Study of Ramian Watershed). Thesis of Watershed Management, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, 125 pp (In Persian).
25. Yoshikawa, N., N. Nagao and S. Misawa. 2009. Evaluation of the flood mitigation effect of a paddy field dam project. Agriculture Water Manage Journal, 97(2): 186-197.

Evaluating the Impact of Watershed Management Activities on Upstream Urban Areas (Case study: Tehran 5th and 22nd District Upper Watersheds)

Omid Bahmani[1], Hassan Ahmadi[2], Mohammad Jafari[2] and Gholamreza Zehtabian[2]

1- Graduated Ph.D. of Watershed Science and Engineering, Islamic Azad University, Science and Research Branch, Tehran, Iran, (corresponding author: o.bahmany@gmail.com)
2- Professor, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Tehran, Iran
Received: October 27, 2018 Accepted: June 2, 2018

Abstract

One of the problems of some cities in the country, especially those in the vicinity of mountainous watersheds, is the containment and control of runoff, erosion and sedimentation that results in many damages to downstream facilities and infrastructure each year. Watershed operations have been proposed for years to reduce and mitigate destructive effects, and some measures have been taken in these areas. But evaluating such projects can play an important role in determining the effectiveness and future planning of natural resource management and execution plans. In this regard, in order to show the impact of this operation, two urban watersheds of District 5 (Koohsar) and District 22 of Tehran, which consist of a number of sub-basins, were selected, in which only biological operations (vegetation cover) and integrated operations (biological and structural), respectively implemented. Then, using the MPSIAC empirical model, the impact of operations performed in these basins was quantitatively calculated to reduce the internal factors of the model and its final output, erosion and sediment yield, in the two periods before and after the project implementation. The results show that in the first watersheds, biological operations including planting and vegetation development have a 45% impact on improving the natural environment of their urban watershed with reduced degradation, and in the second watersheds, a combination of structural and biological operations reduces the rate of erosion and sediment production by 55%. The results show the positive role of watershed management practices and the effectiveness of integrated methods in reducing the problems caused by upstream catchments overlooking cities and also shows how to deal with watershed activities in cities upper watersheds, is slightly different from the classical watershed management methods and should be considered with a different approach.

Keywords: Biological Methods, Integrated Methods, Kuhsar, MPSIAC, Tehran 22nd District, Watershed Management