نشریه پژوهش‌های حفاظت آب و خاک
جلد بیستم، شماره چهارم، ۱۳۹۲
http://jwsc.gau.ac.ir

کمینه‌سازی رواناب و رسوب‌دهی به کمک بهینه‌سازی کاربری اراضی (مطالعه موردی: حوزه آب‌خیز جاجرود)

*محمدرحیم اوجی[1]، داود نیک‌کامی[2]، محمدحسین مهدیان[2] و شهلا محمودی[3]

[1]دانش‌آموخته دکتری گروه خاکشناسی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات تهران،
[2]دانشیار مؤسسه تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری، [3]استاد گروه خاکشناسی، دانشگاه تهران

تاریخ دریافت: ۹۱/٤/۵ ؛ تاریخ پذیرش: ۹۱/۵/۱۰

چکیده

بهره‌برداری صحیح و اصولی از منابع طبیعی باعث حفظ این ثروت‌های ارزش‌مند می‌شود و به‌کارگیری دانش بهینه‌سازی می‌تواند کمک مؤثری در این راستا باشد. بر همین اساس، ارایه یک الگوی مناسب برای تخصیص بهینه اراضی به‌منظور رسیدن به کم‌ترین رواناب و رسوب‌دهی در حوزه آب‌خیز جاجرود از اهداف اصلی این پژوهش بوده است. برای تعیین ترکیب کاربری بهینه اراضی، میزان رواناب سطحی و رسوب‌دهی در هر کاربری برآورد و در انتها با استفاده از مدل برنامه‌ریزی خطی چندهدفه، مسأله بهینه‌سازی به روش سیمپلکس حل شد. نتایج نشان داد که سطح کاربری‌های اراضی به‌صورت بهینه نبوده و نیازمند تغییراتی در کاربری‌های فعلی است. نتایج نشان داد که در صورت بهینه‌سازی کاربری اراضی، مساحت اراضی زراعت آبی و مراتع کاهش و سطح اراضی باغی افزایش می‌یابد. همچنین، نتایج نشان داد که بعد از بهینه‌سازی، رواناب سطحی و رسوب‌دهی کل حوضه به‌ترتیب ۷۳/۰۳ و ۳٦/۹۳ درصد کاهش خواهد یافت. همچنین نتایج به‌دست آمده از تحلیل حساسیت نشان داد که مجموع سطح اراضی زراعت آبی و باغی، حساس‌ترین فاکتور نسبت به تغییرات رواناب و رسوب‌دهی می‌باشد. حساس‌ترین ضریب در تابع کمینه‌سازی رواناب، ضریب مربوط به مرتع و در تابع کمینه‌سازی رسوب‌دهی، ضریب کاربری زراعت آبی بود. به‌طورکلی، زیاد

* مسئول مکاتبه: mrahimowji@yahoo.com

Archive of SID
www.SID.ir

بودن مساحت اراضی زراعت آبی و مرتعی نسبت به باغ‌ها در این حوضه و نرخ بالای رواناب و فرسایش در آن‌ها باعث شده که با تغییر اندکی در ضریب یا مساحت آن‌ها، تغییرات شدیدی در جواب به‌دست آید.

واژه‌های کلیدی: برنامه‌ریزی خطی، فرسایش خاک، مدیریت آب‌خیز، هدررفت آب

مقدمه

تخریب آب‌خیز یکی از پیچیده‌ترین مشکلات زیست‌محیطی است که معیشت میلیون‌ها انسان را به‌خصوص در کشورهای در حال توسعه تهدید می‌کند (ایولین، ۲۰۰۹). برای تشکیل ۱ سانتی‌متر خاک بیش از ۳۰۰ سال زمان لازم است (ترپیاتی، ۲۰۰۱). بنابراین، جلوگیری از فرسایش خاک به‌منظور حفظ ثروت‌های ارزش‌مند طبیعی امری حیاتی است (مورگان، ۱۹۸٦).

یکی از راه‌های کاهش فرسایش خاک و رواناب سطحی و افزایش درآمد کاربران، استفاده صحیح و اصولی از اراضی است. عوامل زیادی در نوع و میزان فرسایش خاک و تولید رواناب یک حوزه آب‌خیز مؤثرند. یکی از این عوامل، نوع استفاده از اراضی است که به‌ویژه در دهه‌های اخیر با پیشرفت‌های گسترده‌ای که در تولید فن‌آوری صورت گرفته، طبیعت به‌صورت وسیعی دست‌خوش تغییر توسط انسان شده، که نتیجه آن افزایش مقدار فرسایش خاک بوده است (گارسیا رویز، ۱۹۹۷). بنابراین، نوع مدیریت در بهره‌برداری از اراضی عامل مهمی در فرسایش و تولید رسوب حوزه‌های آب‌خیز به‌شمار می‌رود (کاساس، ۱۹۸۳).

در این‌حال، مدیریت علمی و بهینه کشاورزی و منابع طبیعی از مؤلفه‌های مهم توسعه پایدار است. بهینه‌سازی کاربری اراضی در حوزه‌های آب‌خیز با استفاده از برنامه‌ریزی خطی[1] و سامانه اطلاعات جغرافیایی[2] و با توجه به دیدگاه متضاد نیازها و منابع محدود زمین، یکی از روش‌های مدیریتی مناسب برای رسیدن به پایداری و نیز تخصیص بهینه اراضی به‌منظور رسیدن به بیش‌ترین سود است (ریدل، ۲۰۰۳). اگرچه نهایی‌سازی گزینه‌های اقتصادی برتر باید با ملاحظات بیولوژیکی و با توجه به پایداری اکوسیستم‌ها و هم‌چنین مسایل اجتماعی صورت پذیرد (فاف و سانچز- آزوفیفا، ۲۰۰٤؛ دوکورتیکس

1- Linear Programming
2- GIS (Geographic Information System)

Archive of SID

www.SID.ir

و همکاران، ۲۰۰۵)، بهینه‌سازی استفاده از زمین یک رویکرد مؤثر در تحقق بخشیدن به استفاده پایدار از زمین و تخصیص منابع محدود زمین است (ژانگ و ژانگ، ۲۰۱۱). کاربرد روش‌های مختلف بهینه‌سازی در سال‌های اخیر به‌نحوی توسعه‌یافته که بیش‌تر اقدام‌های مدیریتی و منطقی بر پژوهش‌های مرتبط با آن استوار شده است.

نیک‌کامی (۱۹۹۹) برنامه‌ریزی خطی در بهینه‌سازی کاربری اراضی را به‌کار برد و در پژوهش خود به افزایش ۳/۵ درصدی مساحت باغ‌ها و کاهش ۱۰۰ درصدی اراضی دیم پس از بهینه‌سازی اشاره کرد. مدل برنامه‌ریزی خطی چندمنظوره توسط سینگ و سینگ (۱۹۹۹) برای بهینه‌سازی کاربری اراضی در شمال چین مورد بررسی قرار گرفت. نتایج به‌دست آمده از این پژوهش نشان داد که در صورت استفاده درست از منابع، حفاظت خاک، امنیت غذایی و درآمد مردم روستانشین، به‌طور پایدار بهبود می‌یابد. مدل بهینه‌سازی برای کاهش تأثیرات محیطی و اقتصادی فرسایش خاک که ناشی از مدیریت نامناسب فعالیت‌های کاربری اراضی در یکی از زیرحوزه‌های آب‌خیز دماوند بود به‌کار برده شد. در این پژوهش از روش سیمپلکس برنامه‌ریزی خطی چندمنظوره استفاده شده و نتایج پژوهش دلالت بر کاهش ۵ درصد در تولید رسوب و افزایش ۱۳٤ درصد در سود سالانه در منطقه مورد مطالعه داشت (نیک‌کامی و همکاران، ۲۰۰۲).

افزایش بهره‌وری اراضی کشاورزی و جنگلی در بخش ترانین[1] ژاپن به‌واسطه تخصیص مناسب اراضی به کاربری‌های مختلف توسط نگوین و اگاشیرا (۲۰۰٤) مورد تأیید قرار گرفت. کاربرد برنامه‌ریزی خطی توسط یه‌او و همکاران (۲۰۰٤) به‌منظور بهینه‌سازی کاربری اراضی برای کاهش حداکثر رواناب استفاد شد، نتیجه این پژوهش این بود که در صورت بهینه کردن کاربری اراضی، میزان رواناب ۲۰-۱۵ درصد کاهش می‌یابد. شعبانی (۲۰۰۷) از برنامه‌ریزی خطی چندهدفی در حوضه آب‌خیز خارستان در شمال‌غرب شهرستان اقلید استان فارس استفاده نمود و سطح بهینه کاربری اراضی را به‌منظور کاهش میزان فرسایش و بالا بردن درآمد ساکنین حوضه معین نمود و به این نتیجه رسید که سطح کاربری‌های فعلی برای کاهش میزان فرسایش و افزایش درآمد ساکنین حوضه مناسب نبوده و باید تغییر کند. نتایج نشان داد که در صورت بهینه‌سازی کاربری اراضی، میزان فرسایش خاک و سوددهی کل حوضه در شرایط استاندارد کاربری‌ها، به‌ترتیب ۵۳/۲ درصد کاهش و ۲۰۷/۹۸ درصد

1- Tran Yen

Archive of SID

www.SID.ir

افزایش می‌یابد. در پژوهش دیگری شعبانی (۲۰۱۰) که در بهینه‌سازی کاربری اراضی حوزه آب‌خیز زاخرد در فارس داشت، بر استفاده از برنامه‌ریزی در راستای بیشینه‌سازی سود و کاهش فرسایش در اراضی با توجه به محدودیت آب اشاره داشت. همچنین مدل برنامه‌ریزی خطی چندهدفه به‌منظور افزایش درآمد و کاهش فرسایش خاک در حوزه آب‌خیز بریموند در ایران مورد استفاده قرار گرفت. نتایج نشان داد که کاربرد بهینه‌سازی کاربری اراضی باعث افزایش درآمد کل به مقدار ۱۸/٦۲ و کاهش فرسایش خاک به مقدار ۷/۸۷ درصد خواهد شد (صادقی و همکاران، ۲۰۰۹). در پژوهشی در نواحی مرطوب استوایی، آلانسی و همکاران (۲۰۰۹) گزارش کردند که تغییر کاربری مهم‌ترین عامل مؤثر در تولید رواناب است.

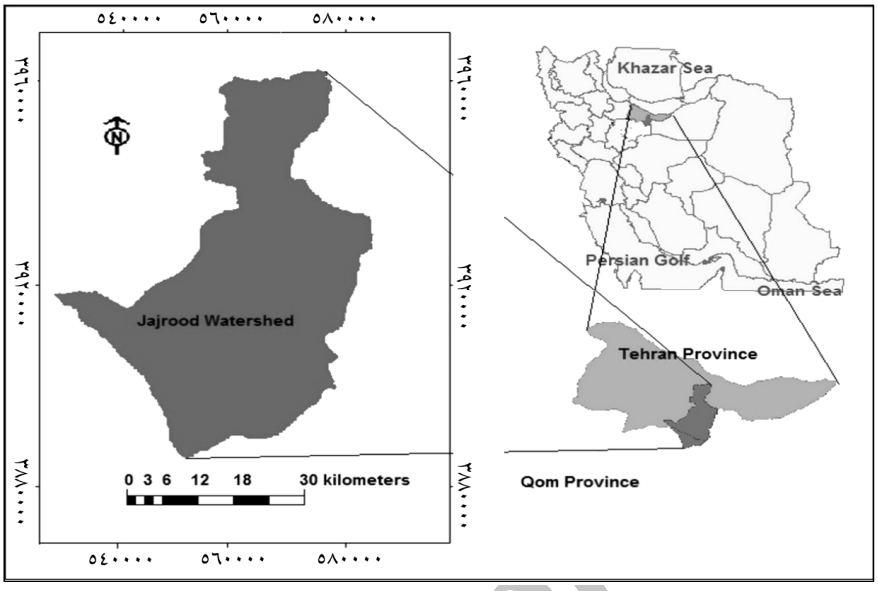
پژوهش‌های مختلف نشان می‌دهد که با استفاده از برنامه‌ریزی خطی می‌توان سطوح کاربری‌ها را به شکلی تغییر داد که کم‌ترین رواناب و فرسایش را داشت. بنابراین، با توجه به تولید بالای رواناب و رسوب در ایران پیداست که کاربرد علم بهینه‌سازی در کاربری اراضی در حوضه‌های آب‌خیز ایران از جمله حوزه آب‌خیز جاجرود لازم و ضروری است. این حوضه به‌علت وجود کاربری‌های مختلف، وسعت زیاد و وجود اقلیم‌های متفاوت در بخش‌های مختلف، به‌عنوان منطقه مورد مطالعه در نظر گرفته شد و منظور از این پژوهش ارایه الگویی برای تعیین سطح بهینه کاربری‌ها به‌منظور کاهش رواناب و رسوب تولیدی در حوزه آب‌خیز جاجرود بود.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه: حوزه آب‌خیز جاجرود با مساحت ۱۸۷۳۸٤ هکتار، در قسمت جنوب استان تهران در ایران قرار گرفته است (شکل ۱). این حوضه دارای زمستان‌های سرد، تابستان‌های گرم و براساس اقلیم‌نمای دومارتن دارای اقلیم نیمه‌خشک است. متوسط بارندگی سالانه آن ۲٦٥/٤ میلی‌متر و حداکثر، حداقل و متوسط دما به‌ترتیب ۲۲/۸، ۹/۲ و ۱٦/۱ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. بلندترین و پست‌ترین نقاط حوضه به‌ترتیب ۲٥۳۱ و ۸۱۰ متر از سطح دریا بوده و شیب متوسط آن ۷/٤ درصد است. کاربری‌های موجود عبارتند از: زراعت آبی، مرتع، باغ، مناطق مسکونی و زمین‌های بایر است.

Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۱- موقعیت حوزه آب‌خیز جاجرود.

جمع‌آوری داده‌ها: تصاویر ماهواره‌ای لندست ۷ (ETM^+) مربوط به سال ۲۰۱۰ در دو فصل تهیه و سپس ترکیب‌های رنگی مختلف برای تشخیص عوارض و پدیده‌ها از آن‌ها تهیه شد. با استفاده از این تصاویر و تطبیق آن‌ها با گزارش‌های موجود، نقشه پراکنش انواع کاربری‌ها تهیه شد. اطلاعاتی مانند منابع آب و قابلیت دسترسی آن، خصوصیات خاک، توپوگرافی، وضعیت فرسایش و پوشش گیاهی از پژوهشکده حفاظت خاک و آب‌خیزداری تهران دریافت شد. علاوه‌بر این، برخی از اطلاعات مانند تطبیق کاربری‌ها و نقشه اشکال فرسایش با مراجعه به منطقه تکمیل شد.

میزان رواناب با استفاده از روش SCS حساب شد (سرویس حفاظت خاک، ۱۹۷۲).

$$Q = \frac{(P - ۰/۲S)^۲}{(P - ۰/۸S)} \qquad (۱)$$

که در آن، p: ارتفاع بارندگی به‌دست آمده بر حسب میلی‌متر، S: حداکثر پتانسیل نفوذ تجمعی بر حسب میلی‌متر، Q: میزان رواناب ناشی از بارندگی بر حسب میلی‌متر می‌باشد. مقدار CN برای هر زیرحوزه براساس نوع استفاده از زمین، نوع کشت، وضعیت هیدرولوژیکی و گروه هیدرولوژیکی خاک تعیین و سپس با استفاده از رابطه ۲، S یا ضریب نگه‌داشت خاک محاسبه شد.

Archive of SID

www.SID.ir

$$S = \frac{۲۵٤۰۰}{CN} - ۲۵٤ \qquad (۲)$$

میزان رواناب برای هر بارندگی حساب شد و مجموع آن‌ها به‌عنوان رواناب سالانه برای هر زیرحوضه در نظر گرفته شد. در نهایت میزان رواناب در هر کاربری، با تلفیق نقشه کاربری و نقشه مقدار رواناب سالانه، در محیط GIS برآورد شد.

مقدار رسوب‌دهی براساس روش MPSIAC[1] برای هر یک از کاربری‌ها تعیین شد. در این روش ۹ عامل مؤثر در رسوب‌دهی مورد بررسی قرار گرفته شد. این ۹ عامل به‌ترتیب عبارتند از: زمین‌شناسی سطحی، فرسایش‌پذیری خاک، آب و هوا، روناب سطحی، شیب، پوشش زمین، نحوه استفاده از اراضی، وضعیت فرسایش سطحی و فرسایش آبراهه‌ای. هریک از عوامل نه‌گانه به‌صورت یک لایه جداگانه در محیط GIS تهیه شد. ابتدا، درجه رسوب‌دهی و سپس میزان رسوب‌دهی برای کل حوزه آب‌خیز جاجرود تعیین شد و سپس با تلفیق آن با نقشه کاربری میزان رسوب‌دهی برای هر کاربری بر حسب تن در هکتار در سال تعیین شد (رابطه ۳). واسنجی رواناب تولیدی و رسوب با بررسی آمارهای هیدرومتری در نقطه خروجی حوضه انجام شد.

$$Q_S = ۰/۲۵۳e^{۰/۰۳۶R} \qquad (۳)$$

که در آن، Q_S: میزان رسوب‌دهی بر حسب تن در هکتار و R: جمع امتیازهای عوامل نه‌گانه یا درجه رسوب‌دهی است.

فرمول‌بندی مسأله: مسأله بهینه‌سازی کاربری اراضی با هدف حداقل‌سازی رواناب سطحی و فرسایش خاک به‌صورت زیر فرمول‌بندی شد. هدف اول که حداقل‌سازی رواناب سطحی بود، به‌صورت رابطه ٤ ارایه شد.

$$Min(Z_۱) = \sum_{i=۱}^{n} C_{ri} X_i \qquad (٤)$$

که در آن، $Z_۱$: میزان رواناب سالانه حوزه (مترمکعب در سال)، C_{ri}: رواناب سالانه در هر کاربری (مترمکعب در هکتار)، X_i: مساحت هر کاربری (هکتار)، i: شماره کاربری و n: تعداد کل کاربری‌ها است. هدف دوم عبارت بود از حداقل‌سازی رسوب تولیدی که در رابطه ۵ ارایه شده است.

1- Modified Pacific Southwest Inter-Agency Committee

Archive of SID

www.SID.ir

$$Min(Z_۲) = \sum_{i=۱}^{n} C_{ei} X_i \quad (۵)$$

که در آن، $Z_۲$: میزان رسوب تولیدی حوزه (تن در سال)، C_{ei}: رسوب تولیدی سالانه در هر کاربری (تن در هکتار در سال)، X_i: مساحت هر کاربری (هکتار)، i: شماره کاربری و n: تعداد کل کاربری‌ها می‌باشد. محدودیت‌های مدل به‌صورت زیر در نظر گرفته شد (رابطه‌های ٦ تا ١٢).

$$X_۱ \geq B_۱ \quad (٦)$$

$$X_۱ \leq B_۲ \quad (۷)$$

$$X_۳ \geq B_۳ \quad (۸)$$

$$X_۲ \geq B_٤ \quad (۹)$$

$$X_۱ + X_۳ \leq B_٥ \quad (۱۰)$$

$$X_۱ + X_۲ + X_۳ = B_٦ \quad (۱۱)$$

$$X_۱, X_۲, X_۳ \geq ۰ \quad (۱۲)$$

که در آن‌ها، $X_۱$، $X_۲$ و $X_۳$ به‌ترتیب سطح اراضی باغی، مرتعی و زراعت آبی و $B_۱$ تا $B_٦$ به‌ترتیب حداقل مساحت باغ‌ها، حداکثر مساحت باغ‌ها، حداقل مساحت زراعت آبی، حداقل مساحت مراتع، مساحت اراضی باغی به‌علاوه زراعت آبی و مجموع مساحت تمام کاربری‌ها می‌باشند.

کاربرد مدل در منطقه مورد مطالعه: جدول ۲ جدول سیمپلکس برای حل مسأله بهینه‌سازی کاربری اراضی در حوزه آب‌خیز جاجرود است و براساس آن توابع هدف برای حوزه آب‌خیز جاجرود به شکل زیر نوشته شد:

$$Min(Z_۱) = ۱/۱۱X_۱ + ۲٤/۸۲X_۲ + ۷/۷٤X_۳ \quad (۱۳)$$

$$Min(Z_۲) = ۱/۸۸٦X_۱ + ۳/٦۱۷X_۲ + ۲/۱۹X_۳ \quad (۱٤)$$

که در آن‌ها، $Z_۱$: میزان رواناب حوزه (مترمکعب در سال)، $Z_۲$: میزان رسوب تولیدی در هر کاربری (تن در سال) و $X_۱$، $X_۲$ و $X_۳$ به‌ترتیب سطح اراضی باغی، مرتعی و زراعت آبی (هکتار) است. محدودیت‌های زیر برای توابع هدف در نظر گرفته شد:

Archive of SID

www.SID.ir

اولین محدودیت مربوط به حداقل سطح باغ‌ها است و چون باغداران به‌دلیل سوددهی زیاد این کاربری، تمایلی به کاهش این اراضی ندارند.

$$X_1 \geq ۱۹۰٤/۲۷ \qquad (۱۵)$$

محدودیت دوم مربوط به حداکثر اراضی باغی است که براساس نقشه قابلیت اراضی حداکثر اراضی که می‌توانند به باغ تبدیل شوند، ۱۰٦۰۳ /۵۸ هکتار است.

$$X_1 \leq ۱۰٦۰۳/۵۸ \qquad (۱٦)$$

محدودیت سوم در رابطه با حداقل سطح اراضی زراعی آبی است که براساس نقشه قابلیت اراضی نباید از ۷۹۱۵۷/۲۸ هکتار کم‌تر شود.

$$X_3 \geq ۷۹۱۵۷/۲۸ \qquad (۱۷)$$

محدودیت چهارم حداقل اراضی مرتعی است که براساس مطالعات ارزیابی منابع و قابلیت اراضی نباید از ۵۹۱٦٦/۵۷ هکتار کم‌تر شود.

$$X_2 \geq ۵۹۱٦٦/۵۷ \qquad (۱۸)$$

محدودیت پنجم مربوط به محدودیت آب و قابلیت دسترسی به آن است که براساس آن مجموع اراضی باغی و زراعت آبی نمی‌تواند از ۸٦۵۵٦/۰۸ هکتار بیش‌تر شود.

$$X_1 + X_3 \leq ۸٦۵۵٦/۰۸ \qquad (۱۹)$$

محدودیت ششم این است که مجموع مساحت کاربری‌های باغ، مرتع و زراعت آبی معادل ۱٤۸۹۲۷/٤۳ هکتار است.

$$X_1 + X_2 + X_3 = ۱٤۸۹۲۷/٤۳ \qquad (۲۰)$$

محدودیت هفتم این است که سطح هیچ‌کدام از کاربری‌ها نمی‌تواند منفی باشد.

$$X_1, X_2, X_3 \geq ۰ \qquad (۲۱)$$

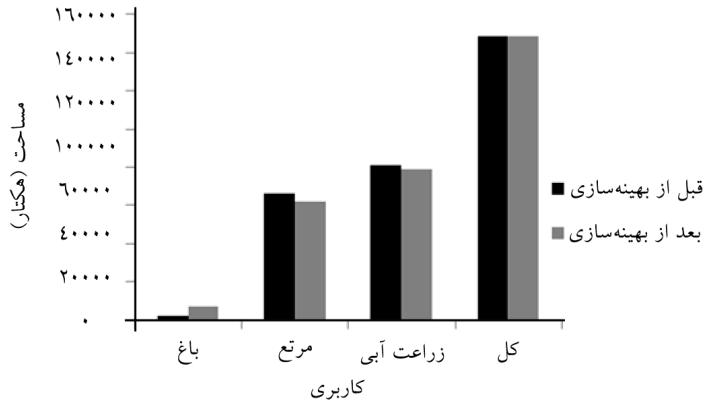
Archive of SID

www.SID.ir

مسأله بهینه‌سازی کاربری اراضی در حوزه آب‌خیز جاجرود با استفاده از روش برنامه‌ریزی خطی به روش سیمپلکس حل شد و تحلیل حساسیت توابع هدف برای تغییرات ۱۰-۰ درصدی منابع و ضرایب، نسبت به حالت بهینه انجام شد.

نتایج و بحث

شکل ۲ مساحت کاربری‌های مختلف را در شرایط قبل و بعد از بهینه‌سازی نشان می‌دهد. همچنین میزان رواناب و رسوب تولیدی کاربری‌های مختلف در منطقه قبل از بهینه‌سازی در جدول ۱ و مقادیر نتایج حل مسأله بهینه‌سازی در جدول ۳ آورده شده است. جدول ۲ جدول سیمپلکس برای حل مسأله بهینه‌سازی در منطقه را نشان می‌دهد.



شکل ۲- سطح اختصاص‌یافته هر کاربری.

جدول ۱- رواناب و رسوب‌دهی قبل از بهینه‌سازی در کاربری‌های مختلف حوزه آب‌خیز جاجرود.

کاربری	مساحت (هکتار)	رواناب (مترمکعب در هکتار در سال)	رواناب کل (مترمکعب در سال)	رسوب‌دهی (تن در هکتار در سال)	رسوب‌دهی کل (تن در سال)
باغ	۱۹۰۴/۲۷	۳/۹۰	۷۴۲۶/۶۵	۲/۶۳	۵۰۰۸/۲۳
مرتع	۶۶۱۱۳/۶۳	۵۴/۸۶	۶۲۷۱۵۳۸/۹۴	۶/۱۵۵	۴۰۶۹۲۹/۳۹
زراعت	۸۰۹۰۹/۵۳	۲۱/۸۰	۱۷۶۳۸۲۷/۷۵	۳/۰۰۰۴	۲۴۲۷۶۰/۹۵
کل	۱۴۸۹۲۷/۴۳	-	۸۰۴۲۷۹۳/۳۴	-	۶۵۴۶۹۸/۵۷

www.SID.ir

جدول ۲- جدول سیمپلکس بهینه‌سازی کاربری اراضی در حوزه آب‌خیز جاجرود.

عوامل / توابع	X_1	X_2	X_3	نوع تابع	سمت راست معادله
تابع هدف ۱	۱/۱۱	۲٤/۸۲	۷/۷٤	Min	۰/۰۰
تابع هدف ۲	۱/۸۸٦	۳/٦۱۷	۲/۱۹	Min	۰/۰۰
محدودیت ۱	۱	۰	۰	≥	۱۹۰٤/۲۷
محدودیت۲	۱	۰	۰	≤	۱۰٦۰۳/۵۸
محدودیت ۳	۰	۰	۱	≥	۷۹۱۵۷/۲۸
محدودیت ٤	۰	۱	۰	≥	۵۹۱٦٦/۵۷
محدودیت ۵	۱	۰	۱	≤	۸٦۵۵٦/۰۸
محدودیت ٦	۱	۱	۱	=	۱٤۸۹۲۷/٤۳

جدول ۳- رواناب و رسوب‌دهی بعد از بهینه‌سازی در کاربری‌های مختلف حوضه جاجرود.

کاربری	مساحت (هکتار)	رواناب (مترمکعب در هکتار در سال)	رواناب کل (مترمکعب در سال)	رسوب‌دهی (تن در هکتار در سال)	رسوب‌دهی کل (تن در سال)
باغ	۷۳۹۸/۸۰	۱/۱۱	۸۲۱۲/٦۷	۱/۸۸٦	۱۳۹۵٤/۱٤
مرتع	٦۲۳۷۱/۳۵	۲٤/۸۲	۱۵٤۸۰۵٦/۹۰	۳/٦۱۷	۲۲۵۵۹۷/۱۷۳
زراعت	۷۹۱۵۷/۲۸	۷/۷٤	٦۱۲٦۷۷/۳۵	۲/۱۹	۱۷۳۳۵٤/٤٤۳
کل	۱٤۸۹۲۷/٤۳	-	۲۱٦۸۹٤٦/۹۲		٤۱۲۹۰۵/۷۵٦

نتایج حل مسأله بهینه‌سازی کاربری اراضی نشان داد که مساحت باغ‌ها از ۱۹۰٤/۲۷ به ۷۳۹۸/۸۰ هکتار افزایش می‌یابد، در صورتی‌که مساحت اراضی مرتعی از ٦٦۱۱۳/٦۳ به ٦۲۳۷۱/۳۵ هکتار و مساحت اراضی زراعت آبی از ۸۰۹۰۹/۵۳ به ۷۹۱۵۷/۲۸ هکتار کاهش می‌یابد. به‌عبارت دیگر، بعد از حل مسأله بهینه‌سازی، میزان سطح اختصاص‌یافته باغ‌ها ۲۸۸ درصد افزایش، سطح مرتع‌ها ۵/٦٦ درصد کاهش و سطح زراعت آبی ۲/۲ درصد کاهش داشته است (شکل ۲). رواناب سطحی و رسوب‌دهی در کل حوضه به‌ترتیب ۷۳/۰۳ و ۳٦/۹۳ درصد کاهش را نسبت به قبل از بهینه‌سازی نشان دادند.

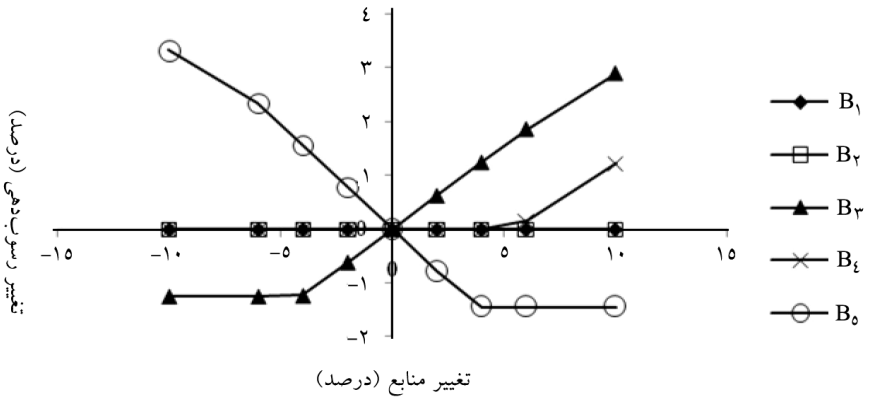
رواناب سطحی در اراضی باغی بعد از بهینه‌سازی به‌میزان ۲/۷۹ (۷۱/۵ درصد) در اراضی مرتعی ۳۰/۰٤ (۵٤/۷ درصد) و در اراضی زراعت آبی ۱٤/۰٦ (٦٤/۵ درصد) مترمکعب در هکتار در سال کاهش

Archive of SID

www.SID.ir

می‌یابد. میزان کاهش رسوب‌دهی در اراضی باغی، مرتع و زراعت آبی به‌ترتیب ۰/۷٤٤، ۲/۵۳۸ و ۰/۸۱ تن در هکتار در سال به‌دست آمد که به‌ترتیب معادل ۲۸/۲۸، ٤۱/۲۳ و ۲٦/۹۹ درصد کاهش است.

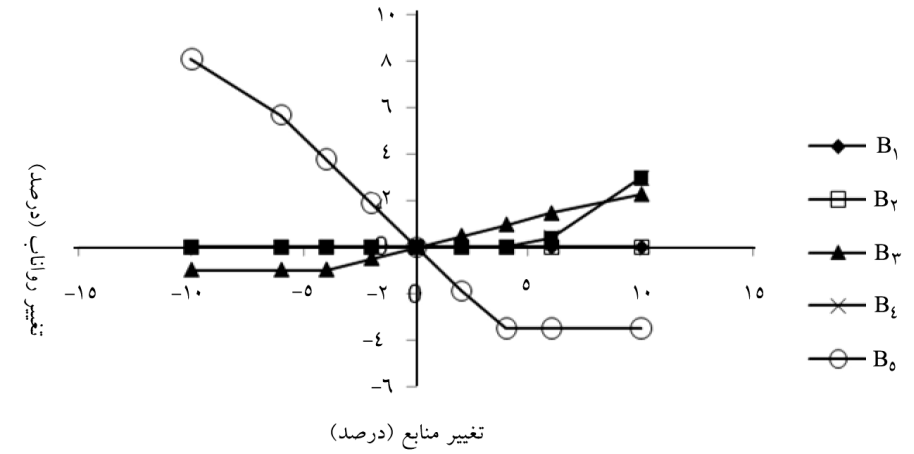
تحلیل حساسیت توابع هدف نسبت به تغییر منابع با استفاده از تغییرات ۱۰-۰ درصدی منابع قابل تغییر نسبت به حالت بهینه انجام شد. نتایج نشان داد که کاهش در "کم‌ترین سطح اراضی زراعت آبی ($B_۳$)" و افزایش آن در مدل، به‌ترتیب باعث کاهش و افزایش رواناب سطحی و رسوب سالانه می‌شود. در رابطه با "حداقل مساحت اراضی مرتعی ($B_٤$)" در تابع کمینه‌سازی رواناب و تولید رسوب، افزایش این منبع ($B_٤$) بیش‌تر از ٦ درصد، باعث افزایش رسوب‌دهی و رواناب شد (شکل‌های ۳ و ٤). تحلیل حساسیت توابع هدف نسبت به "حداکثر مجموع اراضی زراعت آبی و باغی ($B_۵$)" نشان داد که این عامل حساس‌ترین فاکتور نسبت به تغییرات رواناب و رسوب‌دهی است، به‌طوری‌که با کاهش آن، رواناب و رسوب‌دهی به‌شدت افزایش یافته و افزایش آن تا یک حد مشخص (حدود ٦ درصد) باعث کاهش رواناب و رسوب می‌شود. نتایج نشان داد که حساس‌ترین ضریب در تابع کمینه‌سازی رواناب ضریب مربوط به مرتع ($C_{r۲}$) و بعد از آن ضریب زراعت آبی ($C_{r۳}$) است (شکل ۵). حساس‌ترین ضریب در تابع کمینه‌سازی رسوب‌دهی، ضریب زراعت آبی ($C_{e۳}$) و بعد از آن ضریب مرتع ($C_{e۲}$) است (شکل ٦).



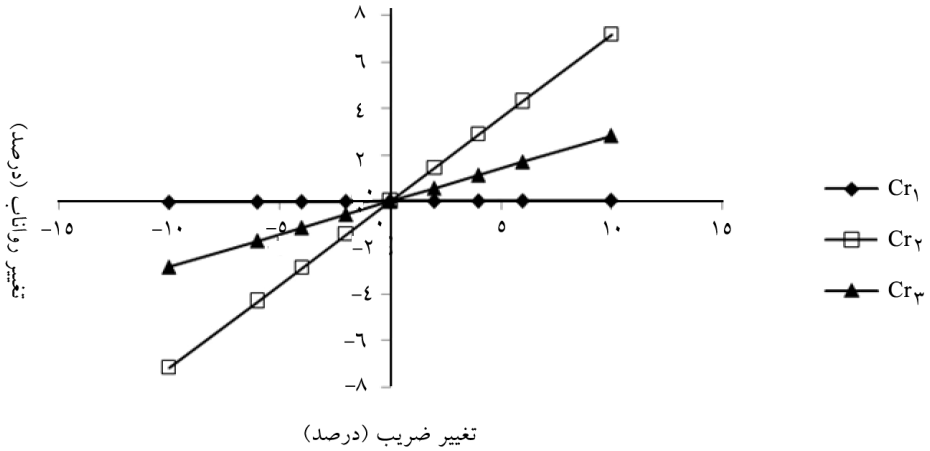
شکل ۳- تحلیل حساسیت تابع کمینه‌سازی رسوب‌دهی.

($B_۱$ تا $B_۵$ به‌ترتیب عبارتند: از حداقل مساحت باغ‌ها، حداکثر مساحت باغ‌ها، حداقل مساحت اراضی زراعت آبی، حداقل مساحت مرتع‌ها و مساحت اراضی باغی و زراعت آبی).

www.SID.ir

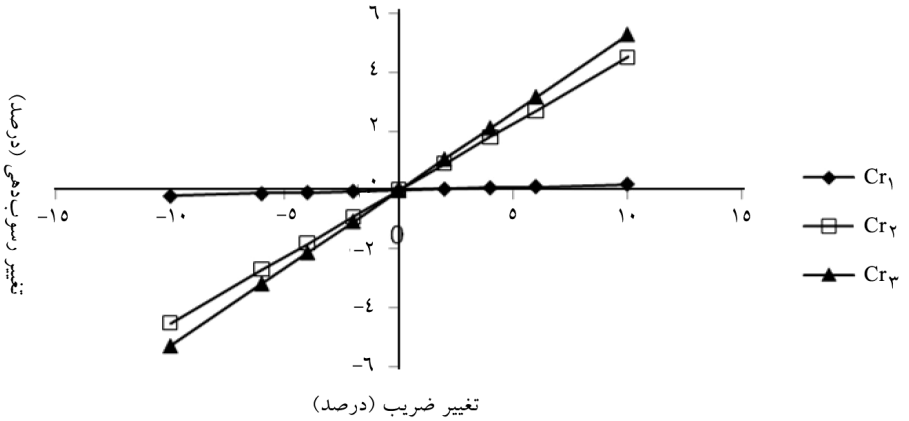


شکل ٤- تحلیل حساسیت تابع کمینه‌سازی رواناب.



شکل ٥- تغییرات رواناب نسبت به تغییر ضرایب در تابع کمینه‌سازی رواناب سطحی (Cr۱، Cr۲ و Cr۳ به‌ترتیب عبارتند: ضرایب تابع برای کاربری باغ، مرتع و زراعت آبی).

www.SID.ir



شکل ٦- تغییرات فرسایش نسبت به تغییر ضرایب در تابع کمینه‌سازی رسوب‌دهی (Ce_1، Ce_2 و Ce_3 به‌ترتیب عبارتند: ضرایب تابع برای کاربری باغ، مرتع و زراعت آبی).

موفقیت کاربرد برنامه‌ریزی خطی در حل مسأله بهینه‌سازی توسط نیک‌کامی و همکاران (۲۰۰۲) برای به حداقل رساندن فرسایش خاک و افزایش سود برای حوضه دماوند در ایران، نگوین و اگاشیرا (۲۰۰٤) در تخصیص اراضی به کاربری‌های مختلف در ژاپن، توسط ژاوی و خان (۲۰۰۵) در تحلیل اهداف تولید محصولات کشاورزی تحت محدودیت‌های گوناگون در استرالیا و همچنین توسط چم‌حیدر و همکاران (۲۰۱۱) برای به حداقل رساندن فرسایش خاک برای یکی از زیرحوضه‌های رود زرد در ایران تأیید شده است. نتایج به‌دست آمده از این پژوهش دلالت بر به حداقل رساندن رواناب و رسوب‌دهی در حوضه مورد مطالعه داشته است. که با نتایج شیولی و کوکسهد (۲۰۰٤)، پیل و للوید (۲۰۰۷) و جزلیوس و رفسگارد (۲۰۰۷) هم‌خوانی دارد. چنان‌چه مشاهده می‌شود سطح اراضی باغی نسبت به قبل از بهینه‌سازی افزایش داشته در صورتی‌که سطح اراضی مرتعی و زراعت آبی کاهش داشته است. این نتایج ناشی از میزان کم تولید رواناب و رسوب در واحد سطح اراضی باغی نسبت به مرتع و زراعت آبی است. از طرف دیگر، در اراضی مرتعی تولید رسوب و رواناب بسیار زیاد است. بنابراین، با توجه به اهداف پژوهش که عبارت بودند از کاهش رواناب سطحی و رسوب‌دهی بهترین حالت اختصاص کاربری‌ها این‌چنین رقم خورده است.

در پژوهش‌های انجام شده توسط شعبانی (۲۰۰۷) بهینه‌سازی کاربری اراضی باعث افزایش ۳۷۷/۱ درصدی باغ‌ها و تغییر نیافتن سطح مراتع و کاهش ۷۲/۷۸ درصدی زراعت آبی شد. همچنین،

Archive of SID

www.SID.ir

نیک‌کامی (۱۹۹۹) در پژوهشی به افزایش ۳/۵ درصدی باغ‌ها و کاهش ۱۰۰ درصدی اراضی دیم پس از بهینه‌سازی اشاره کرده است. جلیلی و همکاران (۲۰۰٦) نیز در پژوهشی که در حوزه آب‌خیز بریموند کرمانشاه به انجام رساند، گزارش کرده است که پس از حل مسأله بهینه‌سازی کاربری اراضی، سطح اراضی باغی ۱۳/۵ درصد افزایش و اراضی دیم ۵۰/۰۷ درصد کاهش داشته است. در پژوهشی در یکی از زیرحوزه‌های معرف رود زرد، چم‌حیدر و همکاران (۲۰۱۱) به افزایش سطح اراضی باغی و جنگلی و کاهش اراضی زراعت آبی و دیم پس از بهینه‌سازی اشاره داشته‌اند.

کاهش مساحت اراضی مرتعی و زراعت آبی در حقیقت عامل اصلی کاهش میزان رواناب در حوضه بوده است. در پژوهشی در نواحی مرطوب استوایی، آلانسی و همکاران (۲۰۰۹) گزارش کردند که تغییر کاربری مهم‌ترین عامل مؤثر در تولید رواناب است. در پژوهشی مبنی بر بهینه‌سازی کاربری اراضی به‌منظور کاهش پیک رواناب، یه‌او و همکاران (۲۰۰٤) گزارش کردند که در صورت بهینه کردن کاربری اراضی میزان رواناب ۲۰-۱۵ درصد کاهش می‌یابد. دلیل اصلی کاهش رسوب‌دهی، کاهش سطح اراضی مرتعی و اراضی زراعت آبی با فرسایش بالا و جایگزینی آن‌ها با اراضی باغی بوده است. شعبانی (۲۰۰۷) نشان داد که در صورت به‌کارگیری شرایط استاندارد (براساس قابلیت اراضی) در بهینه‌سازی کاربری اراضی، فرسایش کل حوزه حدود ۵۲/۲ درصد کاهش خواهد داشت، همچنین چم‌حیدر و همکاران (۲۰۱۱) میزان کاهش فرسایش در شرایط استاندارد را ۷۵/۸۵ درصد گزارش کردند.

در تابع کمینه‌سازی رواناب حساس‌ترین ضریب تابع ضریب مربوط به مرتع (C_{r2}) و بعد از آن ضریب زراعت آبی (C_{r2}) است. دلیل اصلی این مسأله بالا بودن مقدار رواناب در این دو نوع کاربری و همچنین مساحت زیادی است که این دو نوع کاربری اشغال کرده است. بنابراین، با تغییر کوچکی در مقدار ضرایب آن‌ها تغییرات محسوسی در مقدار رواناب کل حوزه مشاهده می‌شود. در کاربری باغ، تغییر ضریب تأثیر بسیار ناچیزی در رواناب سطحی کل داشته است و دلیل آن میزان تولید رواناب بسیار پایین و مساحت بسیار کم این اراضی است که در نهایت در مقدار کل رواناب اثر کمی داشته است. حساس‌ترین ضریب در تابع کمینه‌سازی رسوب‌دهی، ضریب مربوط به زراعت آبی (C_{e3}) و بعد از آن ضریب مرتع (C_{e2}) است. دلیل اصلی این مسأله بالا بودن مقدار رسوب‌دهی در این دو نوع کاربری و همچنین مساحت زیادی است که این دو نوع کاربری در حوزه آب‌خیز جاجرود اشغال کرده‌اند. بنابراین، با تغییر کوچکی در مقدار ضرایب آن‌ها، تغییرات محسوسی در مقدار رسوب‌دهی کل حوضه مشاهده می‌شود.

Archive of SID

www.SID.ir

نتیجه‌گیری

فرضیه‌های این پژوهش بر این استوار بود که اولاً سطح کاربری‌های موجود در حوزه مطلوب نیست. ثانیاً مدیریتی خوبی در مورد اراضی انجام نمی‌شود و می‌توان رسوب‌دهی و رواناب سطحی را کاهش داد. نتایج پژوهش نشان داد که در صورت بهینه‌سازی کاربری اراضی فرضیه‌های این پژوهش تحقق یافته است. اجرای مدل بهینه‌سازی نشان داد که باید سطح باغ‌ها افزایش و سطح زراعت آبی و مراتع کاهش یابد. این موضوع نشان می‌دهد که سطح کاربری‌ها مناسب نبوده است. از طرف دیگر، رسوب‌دهی به‌میزان ۳۶/۹۳ و رواناب به‌میزان ۷۳/۰۳ درصد کاهش می‌یابد که نشان‌دهنده این است که با تغییر سطح کاربری‌ها می‌توان رسوب‌دهی و رواناب را کاهش داد.

منابع

1.Alansi, A.W., Amin, M.S.M., Abdul Halim, G., Shafri, H.Z.M., Thamer, A.M., Waleed, A.R.M., Aimrun, W., and Ezrin, M.H. 2009. The Effect of Development and Land Use Change on Rainfall-Runoff and Runoff-Sediment Relationships Under Humid Tropical Condition: Case Study of Bernam Watershed Malaysia. Europ. J. Sci. Res. 31: 88-105.

2.Chamheydar, H., Nikkami, D., Pazira, A., and Ghafouri, M. 2011. Soil loss minimization through land use optimization. World Appl. Sci. J. 12: 76-82.

3.Ducourtieux, O., Laffort, J.R., and Sacklokham, S. 2005. Land policy and farming practices in Laos. Dev. Change. 36: 499-526.

4.Evelyn, O.B. 2009. Utilizing geographic information system (GIS) to determine optimum forest cover for minimizing runoff in a degraded watershed in Jamaica. Int. For. Rev. 11: 3. 375-393.

5.García-Ruiz, J. 1997. Soil erosion by piping in irrigated fields. Geomorphology. 20: 269-278.

6.Gezelius, S.S., and Refsgaard, K. 2007. Barriers to rational decision-making in environmental planning. Land Use Policy. 24: 2. 338-348.

7.Jalili, Kh., Sadeghi, S.H.R., and Nikkami, D. 2006. Land use optimization in watersheds in order to minimizing soil erosion by linear programming. Iran. J. Sci. Tech. Agric. Natur. Resour. Water and Soil. 4: 15-26.

8.Kassas, M. 1983. The Global Biosphere: Conservation for survival. Mazangira. 7: 2. 2-13.

9.Morgan, R. 1986. Soil erosion and conservation, Longman Scientific and Technical Publisher, 298p.

10.Nikkami, D. 1999. Optimizing the Management of Soil Erosion using GIS. Ph.D. Dissertation. Concordia University, 108p.

Archive of SID

www.SID.ir

11.Nikkami, D., Elektorowicz, M., and Mehuys, G.R. 2002. Optimizing the management of soil erosion. Water Qual. Res. J. Can. 37: 3. 577-586.
12.Nguyen, T.T., and Egashira, K. 2004. Land use effectiveness by farm households after land and forest allocation at Tran Yen district, Yen Bai province. J. Fac. Agric. Kyushu Univ. 49: 461-466.
13.Office of Engineering and Studies. 2008. Malmo Dam renewable natural resources studies. Forests, Rangelands and Watershed Management Organization, Tak Sabz Consulting Engineering Company, Tehran, Iran, 109p. (In Persian)
14.Peel, D., and Lloyd, M.G. 2007. Neo-traditional planning, Towards a new ethos for land use planning. Land Use Policy. 24: 396-403.
15.Pfaff, A.S.P., and Sanchez-Azofeifa, G.A. 2004. Deforestation Pressure and Biological Reserve Planning: a Conceptual Approach and an Illustrative Application for Costa Rica. Resour. Energy Econ. 26: 237-254.
16.Riedel, C. 2003. Optimizing land use planning for mountainous regions using LP and GIS towards sustainability. J. Soil Con. 34: 121-124.
17.Sadeghi, S.H.R., Jalili, K.H., and Nikkami, D. 2009. Land use optimization in watershed scale. Land Use Policy. 26: 186-193.
18.Shabani, M. 2007. The effect of land use management on mitigation of soil erosion. Ph.D. Thesis. Islamic Azad University Science and Research Branch. Tehran, Iran, 180p. (In Persian)
19.Shabani, M. 2010. Effect of optimizing land use on erosion and benefit of watersheds: The case study of Zakhard watershed in Fars province. Iran. J. Natur. Geog. 8: 83-98.
20.Shively, G., and Coxhead, I. 2004. Conducting economic policy analysis at a landscape scale: examples from a Philippine watershed. Agric. Ecosys. Environ. 104: 159-170.
21.Singh, A.K., and Singh, J.P. 1999. Production and benefit maximization through optimal crop planning, a case study of Mahi Command. Ind. J. Soil Cons. 27: 2. 152-157.
22.Soil Conservation Service. 1972. A Method for Estimating Volume and Rate of Run off in Small Watersheds. SCS, Tech. Water Resources Publications. Washington, D.C. 149p.
23.Triphati, R.P. 2001. Soil Erosion and Conservation. New Age International Ltd, Publishers, 350p.
24.Xevi, E., and Khan, S. 2005. A multi-objective optimization approach to water management. J. Environ. Manage. 77: 269-277.
25.Yeo, I., Gorden, S.I., and Guldmann, J.M. 2004. Optimizing patterns of land use to reduce peak runoff flow and nonpoint source pollution with an integrated hydrological and land-use Model. Earth Interact. 8: 1-19.
26.Zhang, H.B., and Zhang, X.H. 2011. Land use structural optimization of Lilin based on GMOP-ESV. Trans. Non. Met. Soc. China. 21: 738-742.

Archive of SID

www.SID.ir

Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

J. of Water and Soil Conservation, Vol. 20(4), 2013
http://jwsc.gau.ac.ir

Minimizing runoff and sedimentation by optimizing land use (Case Study: Jajrood watershed)

***M.R. Owji[1], D. Nikkami[2], M.H. Mahdian[2] and Sh. Mahmoudi[3]**

[1]Ph.D. Graduate, Dept. of Soil Science, Islamic Azad University, Science and Research Branch, Tehran, [2]Associate Prof. of Soil Conservation and Watershed Research Institute, [3]Professor, Dept. of Soil Science, Tehran University

Received: 06/25/2012; Accepted: 07/31/2012

Abstract

Proper and organized use of natural resources can help preserve this valuable asset. Land use optimization science can be especially useful in this regard. The main purpose of the present study is to present an appropriate model for optimized allocation of lands with the purpose of gaining the minimizing surface runoff and sedimentation in Jajrood watershed. This watershed is located in the south of Tehran province, Iran. To determine the best land use combination, first the runoff amount in every land use was calculated, and then sedimentation was determined in every land use. Finally, the multi-objective linear programming model was used to solve the optimization problem based on Simplex Method. Results showed that the present land uses area was not optimized and require changes in existence land uses. The optimization results emphasize that the area of irrigated farming lands and rangelands should be reduced and orchards should be increased. The results also indicate that after optimization was employed, surface runoff decreased 73.03 percent and sedimentation decreased about 36.93 percent. The results of sensitivity analysis showed that total surface area of orchards and irrigated farming was the most sensitive factor to changes in runoff and sedimentation. In addition results showed that the most sensitive coefficient in runoff minimizing function is rangeland coefficient and in minimizing sediment function is irrigated farming coefficient, which is due to the high runoff and sedimentation rate of these two kinds of land uses.

Keywords: Linear programming, Soil erosion, Water loss, Watershed management

* Corresponding Author; Email: mrahimowji@yahoo.com

Archive of SID

www.SID.ir