دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
پژوهشنامه مدیریت حوزه آبخیز

"مقاله پژوهشی"

# بهینه‌سازی کاربری اراضی به‌منظور کاهش سیلاب (مطالعه موردی: حوزه آبخیز کسیلیان)

محمد مهدی تقوی گرجی[۱]، مهدی وفاخواه[۲] و شعبانعلی غلامی[۳]

۱- دانشجوی کارشناس ارشد آبخیزداری دانشگاه آزاد اسلامی واحد نور
۲ - استاد دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی دانشگاه تربیت مدرس، (نویسنده مسوول: vafakhah@modares.ac.ir)
۳ - استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد نور

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۹/۲۷ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۵/۳
صفحه: ۴۵ تا ۵۳

**چکیده مبسوط**

**مقدمه و هدف:** عدم وجود مدیریت صحیح استفاده از اراضی در یک حوزه آبخیز، تأثیرات نامناسبی بر منابع موجود در آن دارد. بهینه‌سازی کاربری اراضی یکی از راه‌کارهای مناسب برای دست‌یابی به توسعه پایدار و کاهش هدررفت منابع می‌باشد. تحقیق حاضر در حوزه آبخیز کسیلیان واقع در شهرستان سوادکوه به منظور تعیین مناسب‌ترین ترکیب کاربری اراضی برای کاهش وقوع سیلاب و بیشینه‌سازی سود صورت گرفته است.

**مواد و روش‌ها:** در ابتدا کلیه مطالعات موجود شامل مطالعات فیزیوگرافی، خاکشناسی، پوشش گیاهی، هیدرولوژی، اقتصادی- اجتماعی از شرکت آب منطقه‌ای و اداره کل منابع طبیعی و آبخیزداری استان مازندران جمع‌آوری و طی بازدیدهای صحرایی تکمیل شد. بدین منظور با استفاده از پرسش‌نامه هزینه و درآمد هر یک از کاربری‌های اراضی حوضه به‌دست آمده و همچنین میزان سیلاب در کاربری‌های مختلف با استفاده از نرم‌افزار HEC-HMS و استفاده از اطلاعات سه واقع بارش در سال‌های ۷۵-۱۳۷۰ مربوط به ایستگاه باران‌نگاری سنگده و هیدروگراف سیلاب همین وقایع در ایستگاه هیدرومتری ولیک‌بن واقع در خروجی حوضه انجام گردید. همچنین نقشه‌های شیب و عمق خاک طبق استانداردهای استفاده از اراضی به عنوان ورودی توابع هدف و محدودیت‌های مدل بهینه‌سازی کاربری اراضی تهیه شد. مدل برنامه‌ریزی خطی چند هدفی، با استفاده از روش سیمپلکس در نرم‌افزار ADBASE نوشته و حل شد.

**یافته‌ها:** نتایج نشان داد به طور کلی، میزان سیلاب از ۰/۸۹ مترمکعب در ثانیه قبل از بهینه‌سازی کاربری اراضی، به ۰/۷۴ مترمکعب در ثانیه، بعد از بهینه‌سازی کاربری اراضی کاهش یافته و این بیانگر کاهش۲۴/۴۹٪ میزان سیلاب است. همچنین میزان سودآوری کاربری‌های اراضی مختلف در حوزه آبخیز مورد مطالعه از ۲۵۰۸۵/۱۰۲ میلیون ریال در سال، قبل از بهینه‌سازی کاربری اراضی، به ۱۴۶۹۲/۹۰۲ میلیون ریال بعد از بهینه‌سازی کاربری اراضی کاهش یافته و این بیانگر کاهش ۵۸/۵۶٪ میزان سودآوری حوزه آبخیز پس از بهینه‌سازی کاربری اراضی طبق معیارهای استاندارد است.

**نتیجه‌گیری:** از میان کاربری‌های اراضی مختلف، کاهش اراضی کشت دیم و افزایش اراضی جنگل حساسترین کاربری‌های اراضی در حوزه آبخیز کسیلیان می‌باشند که بیشترین تأثیر را در کاهش سود و مقدار سیلاب دارند.

**واژه‌های کلیدی :** برنامه‌ریزی خطی، بهینه‌سازی، حوزه آبخیز کسیلیان، کاربری اراضی، کاهش سیلاب

## مقدمه

بشر در آستانه قرن ۲۱ برای ادامه حیات خویش بر روی کره زمین با مشکلات زیادی روبروست. یکی از این معضلات بحران زیست‌محیطی و تخریب منابع طبیعی است. منابعی که به رغم قابل تجدید بودن، مورد استفاده نادرست جوامع بشری قرار گرفته است و به سرعت رو به انهدام می‌رود. نابودی که نه تنها قابل بازگشت نیست بلکه ادامه حیات نسل‌های آینده بشری را نیز با انهدام روبرو می‌سازد، البته اگر این منابع با مدیریت صحیح مورد استفاده قرار گیرد مسلماً قابل بازگشت خواهد بود. ابعاد این بحران چنان عظیم است که هیچ دولت یا ملتی به تنهایی نمی‌تواند بر آن چیره شود و حل آن مستلزم همکاری همه جانبه تمامی دولت‌ها و ملت‌ها است. موفقیت در برنامه‌های حفاظت منابع طبیعی و استفاده بهینه از آن به ویژه در سطح ملی، نیازمند شناخت ابعاد گوناگون مسئله و عوامل بروز آن است (۱۱). توسعه پایدار را استفاده مؤثر از منابع موجود بدون آسیب رساندن به دارایی‌ها و منابع نسل‌های آینده تعریف می‌نمایند. برای دست‌یابی به توسعه پایدار در کشاورزی برنامه‌ریزی صحیح کاربری اراضی لازم است (۱۲). برنامه‌ریزی کاربری زمین، فرآیندی است که در مقیاس محلی، منطقه‌ای و ملی انجام می‌گیرد و شامل ارزیابی قابلیت‌های زمین، تناسب اراضی و ارزش‌گذاری زمین می‌باشد (۶). این برنامه‌ریزی می‌تواند با استفاده از تکنیک‌های مدیریتی مختلف صورت پذیرد که یکی از این تکنیک‌ها استفاده از مدل‌های بهینه‌سازی است. این مدل‌ها دسته‌ای از مدل‌های ریاضی هستند که به حداکثر یا حداقل رساندن یک تابع چند متغیره می‌پردازند (۳).

رشد روز افزون جمعیت و محدودیت منابع موجود، بشر را وادار نموده است تا با چاره‌اندیشی صحیح، مدیریت بهینه منابع را به عنوان یکی از راه‌کارهای اساسی در تخصیص منابع به بهترین صورت ممکن به کار گیرد تا با تخصیص بهینه منابع محدود به نیازهای نامحدود بشری پاسخ دهد. توسعه پایدار در عرصه‌های کشاورزی و منابع طبیعی، جز با حفظ منابع و استفاده صحیح و پایدار و کاهش هدررفت و خسارت به آنها به وقوع نمی‌پیوندد (۱۸). چنین پایداری در واقع یک پدیده اکولوژیکی است که در ارتباط با تأمین میانگین درآمد همگانی عمل می‌کند و بر حفظ منابع تجدیدپذیر بادوام تکیه دارد (۲۵). در این راستا علم مدیریت نیز به عنوان علم مکمل کشاورزی با در نظر گرفتن رابطه بین عوامل مختلف کشاورزی جهت رسیدن به حداکثر سود پا به عرصه مدیریت منابع نهاده است، که با استفاده از تکنیک‌های بهینه‌سازی مسائل موجود در عرصه‌های طبیعی را فرمول‌بندی نمایند (۱۹،۲۶).

بهینه‌سازی کاربری اراضی در حوضه‌های آبخیز با استفاده از برنامه‌ریزی خطی و سامانه اطلاعات جغرافیایی و با توجه به دیدگاه متضاد نیازها و منابع محدود زمین یکی از روش‌های مدیریتی مناسب جهت رسیدن به پایداری و نیز

[ Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2025-12-30 ]
[ DOR: 20.1001.1.22516174.1400.12.24.1.8 ]
[ DOI: 10.52547/jwmr.12.24.45 ]

تخصیص بهینه استفاده اراضی جهت رسیدن به حداکثر سود می‌باشد (۲۶،۱۰). اگر چه نهایی‌سازی گزینه‌های اقتصادی برتر بایستی با انجام ملاحظات بیولوژیکی و با توجه به پایداری اکوسیستم‌ها و همچنین مسائل اجتماعی صورت پذیرد (۸ ،۲۲)، ولی پایه و اساس توسعه اقتصادی بسیاری از جوامع بر آمایش صحیح سرزمین و بحث‌های مربوط به محاسبات اقتصادی مبتنی است، کارکرد روش‌های بهینه‌سازی در سال‌های اخیر به نحوی توسعه پیدا نموده است که اغلب اقدامات مدیریتی همه جانبه و منطقی بر نتایج به دست آمده از تحقیقات مرتبط با آنها استوار شده‌اند (۲۱).

غلامی و همکاران (۱۳)، در تحقیقی به منظور بررسی اثر تغییرات کاربری اراضی در ایجاد رواناب و خطر سیلاب در حوزه آبخیز کسیلیان نتیجه گرفتند که افزایش پتانسیل تولید رواناب و خطر سیلاب در اثر تغییرات کاربری اراضی و تخریب جنگل‌ها و تبدیل آن‌ها به اراضی کشاورزی بوده است. عباس‌زاده تهرانی و همکاران (۱)، در تحقیقی به بررسی تغییرات پوشش گیاهی و کاربری اراضی در حوزه آبخیز مادرسو بر میزان دبی اوج سیلاب پرداخته‌اند. نتایج حاصله حاکی از آن بود که در صورت تبدیل کاربری اراضی بر اساس قابلیت منطقه، در سیلاب‌های ضعیف تا متوسط در حدود ۷۰ درصد، در سیلاب‌های شدید تا ۴۰ درصد و در سیلاب‌های بسیار شدید و استثنایی تا ۲۰ درصد در میزان دبی اوج سیلاب آبخیز کاهش ایجاد خواهد شد. تاون (۲۷)، در تایوان اثر تغییر کاربری اراضی را بر ضریب رواناب و تولید رسوب در ۴ حوزه آبخیز کوچک مطالعه نمود و نتیجه گرفت که در هر واحد اراضی با افزایش میزان بهره‌برداری، ضریب رواناب ناخالص و ضریب رواناب حداکثر به همراه رسوب زیاد می‌شود. لوروب و همکاران (۱۷)، در تحقیقی به ارزیابی اثر تغییر کاربری اراضی بر رواناب در شش حوزه‌ی آبخیز با استفاده از مدل نیمه توزیعی WATBAL[1] و مدل توزیعی MIKE SHE پرداخته و نتیجه گرفتند که هیچ نشانه‌ای از افزایش رواناب در سطح این آبخیزها دیده نمی‌شود. برونسترت و همکاران (۵)، در تحقیقی با هدف بررسی اثرات تغییر اقلیم و کاربری اراضی روی تولید رواناب، به این نتیجه رسیدند که تغییرات دما و رژیم بارندگی می‌تواند منجر به تغییر قابل توجهی در خطر سیل شود و افزایش ۵۰٪ مساحت مناطق مسکونی، دبی اوج سیلاب را ۳۰٪ افزایش می‌دهد. یو و همکاران (۲۸)، تحقیقی را به منظور توسعه و کاربرد روشی برای تعیین الگوی بهینه کاربری اراضی در رابطه با دبی اوج جریان رواناب در خروجی حوزه آبخیز انجام دادند. نتایج ایشان بیان‌گر کاهش ۱۵ تا ۲۰ درصد میزان رواناب در بارش‌های با دوره بازگشت ۱، ۲، ۵ و ۱۰ ساله در مقایسه با الگوی کاربری اراضی فعلی بود. همچنین یو و گلدمن (۳۰،۲۹)، تحقیقاتی را با هدف بهینه‌سازی کاربری اراضی به‌منظور کمینه‌سازی دبی حداکثر سیلاب در خروجی حوزه آبخیزی در اوهایو انجام دادند. با توجه به آن‌چه ذکر گردید، تحقیق حاضر درصدد تعیین کاربری بهینه اراضی به منظور کاهش سیلاب در حوزه آبخیز کسیلیان از زیر حوزه‌های آبخیز رودخانه تالار واقع در استان مازندران می‌باشد. این حوضه دارای کاربری‌های مختلف جنگل، مرتع، کشاورزی و مسکونی می‌باشد و به دلیل دارا بودن مطالعات کامل و دسترسی به آمار و اطلاعات و مطالعات انجام شده برای مطالعه و بررسی انتخاب شد.

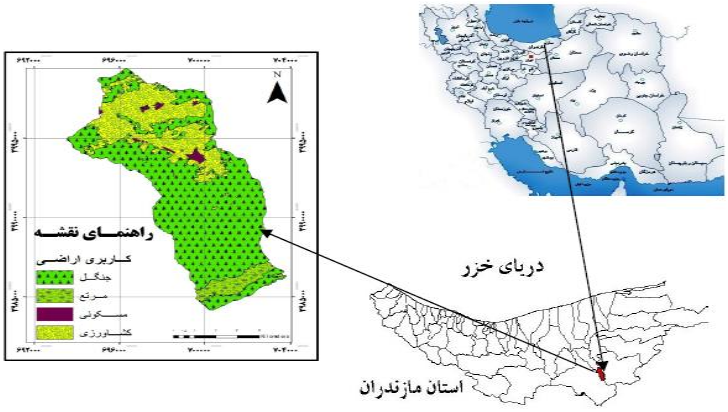
## مواد و روش‌ها

### منطقه مورد تحقیق

حوزه آبخیز کسیلیان با مساحت ۶۸/۵۹۸ کیلومتر مربع و با محدوده جغرافیایی َ۴۸ °۵۲ تا َ۲۶ °۵۳ طول شرقی و َ۴۸ °۳۵ تا َ۳۲ °۳۶ عرض شمالی یکی از زیرحوزه‌های حوزه آبخیز تالار می‌باشد (۲). شکل۱ موقعیت و شمای کلی منطقه مورد مطالعه را نشان می‌دهد. این حوضه به طور عمده کوهستانی و جنگلی بوده و حداکثر، حداقل و متوسط ارتفاع حوضه به ترتیب ۳۳۵۰، ۱۱۲۰و ۹۹۶ متر از سطح دریا است میانگین بارش سالانه منطقه حدود ۸۵۸/۴۵ میلی متر و متوسط دمای سالانه آن ۱۰/۷۶ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. منابع آب مورد استفاده برای کشاورزی منطقه تماماً از طریق رودخانه‌ها و چشمه‌سارها تأمین می‌گردد. محدوده مورد مطالعه دارای اقلیم نیمه مرطوب سرد و مرطوب و ارتفاعات سرد بر اساس اقلیم نمای آمبرژه می‌باشد. (۲۰،۱۱). این حوضه شامل هفت روستای ولیک‌چال، دادوکلا، درزیکلا، سودکلا، وزملا، ولیک‌بن و سنگده است که تعداد خانوار آنها به ترتیب ۱۵، ۵۲،۳۵، ۴۱، ۴۰، ۲۶ و ۴۲۹ می‌باشد. منبع اصلی درآمد مردم بر مبنای دامپروری و کشاورزی می‌باشد که مرکز عمده داد و ستد و تهیه نهاده‌ها و عوامل تولید شهرستان‌های اطراف نظیر سوادکوه، قائم‌شهر و ساری است. دیم‌کاری، رایج‌ترین شیوه تولید محصولات زراعی و عامل اصلی تبدیل اراضی مرتعی به زراعت محسوب می‌شود.

1- Water balance

[ Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2025-12-30 ]
[ DOR: 20.1001.1.22516174.1400.12.24.1.8 ]
[ DOI: 10.52547/jwmr.12.24.45 ]




شکل ۱- کاربری اراضی و موقعیت منطقه مورد مطالعه در استان مازندران و ایران
Figure 1. Land use map and location of the study area in Mazandaran province and Iran

**روش پژوهش**

به‌منظور انجام تحقیق حاضر، در ابتدا کلیه مطالعات موجود شامل مطالعات فیزیوگرافی، خاکشناسی، پوشش گیاهی، هیدرولوژی، اقتصادی- اجتماعی از اداره کل منابع طبیعی و آبخیزداری استان مازندران و شرکت آب منطقه‌ای استان مازندران جمع‌آوری و طی بازدیدهای صحرایی و تهیه پرسش‌نامه تکمیل گردید.

**اطلاعات سیل**

برآورد و تخمین میزان سیلاب در کاربری‌های مختلف با استفاده از نرم‌افزار HEC-HMS و استفاده از اطلاعات سه واقع بارش در سال‌های ۷۵-۱۳۷۰ مربوط به ایستگاه باران نگاری سنگده و هیدروگراف سیلاب همین وقایع در ایستگاه هیدرومتری ولیک‌بن واقع در خروجی حوضه انجام گردید (۹). سپس سهم و میزان سیلاب هر کاربری اراضی تعیین شد و به عنوان ضرایب سیلاب هر کاربری در تابع هدف مدل برنامه‌ریزی خطی مورد استفاده قرار گرفت.

**کاربری اراضی موجود**

کاربری اراضی موجود در حوزه آبخیز با استفاده از بازدیدهای میدانی به هنگام شد. به طوری‌که کشاورزی، جنگل و مرتع از عمده‌ترین کاربری‌های وابسته به زمین در منطقه به شمار می‌روند.

**شیب**

در این مرحله با استفاده از نقشه توپوگرافی با مقیاس ۱/۵۰۰۰۰ اقدام به تهیه نقشه شیب گردید. نقشه شیب در هشت طبقه (۰- ۲، ۲-۵، ۵-۸، ۸-۱۲، ۱۲-۱۵، ۱۵-۳۰، ۳۰-۶۵ و بالای ۶۵ درصد) و بر اساس استانداردهای مورد نیاز برای کاربری‌های مختلف تهیه گردید (۲۳،۴). به طوری که برای اراضی کشاورزی، حداکثر شیب مجاز ۸ درصد و شیب‌های بیشتر از آن به کاربری مرتع و جنگل در حوزه آبخیز اختصاص یافته است (۲۳).

**خصوصیات خاک**

نقشه عمق خاک نیز با استفاده از نقشه اجزاء واحد اراضی، پروفیل‌های حفر شده در منطقه و اطلاعات پروفیل‌های شاهد در منطقه در هر واحد اراضی تهیه گردید (۱۴). سپس نقشه به دست آمده، پس از رقومی شدن و اصلاح خطا برای استفاده به محیط Arc/GIS انتقال داده شد. عمق خاک مناسب نیز با توجه به معیارهای مورد نیاز برای کشت و کار در اراضی در چهار گروه عمق خاک بسیار عمیق (بیشتر از ۱۰۰ سانتی‌متر)، عمیق (۱۰۰-۶۰ سانتی‌متر)، متوسط (۶۰-۳۰ سانتی‌متر) و کم عمق (کمتر از ۳۰ سانتی‌متر) دسته‌بندی شد.

پس از تهیه نقشه‌های کاربری اراضی موجود، شیب و عمق خاک با هم تلفیق، و نقشه توزیع کاربری اراضی در شیب‌ها و عمق‌های مختلف خاک در منطقه حاصل شد.

**محاسبات اقتصادی**

محاسبات اقتصادی مربوط به هر کاربری اراضی نیز با استفاده از پر نمودن پرسش‌نامه ویژه‌ای برای هر یک از کاربری‌های حوزه آبخیز کسیلیان به‌منظور دست‌یابی به اطلاعات به‌هنگام از فرآیند تولید، نحوه تخصیص منابع و نهاده‌گذاری، هزینه‌ها و درآمدهای ناشی از آن و تقویم سالانه هر فعالیت انجام گردید. جمع‌آوری اطلاعات به‌هنگام با استفاده از پرسش‌نامه و به شیوه پاسخ‌های باز[1] صورت گرفته و پرسشگر از ارائه پاسخ معین به خانوار نمونه خودداری نموده است. با در نظر گرفتن تمام شرایط که در بالا ذکر شد نسبت به فرمول‌بندی مسئله به منظور به دست آوردن کاربری بهینه اراضی برای دستیابی به اهداف مورد نظر تحقیق اقدام گردید.

**برنامه‌ریزی خطی**

با توجه به خطی بودن توابع هدف، برنامه‌ریزی خطی چندهدفی انتخاب، و برای حل مسئله با توجه به این‌که روش سیمپلکس نیازی به تبدیل بهینه‌سازی چندهدفی به نوع یک هدفی ندارد انتخاب گردید (۱۶،۷). بدین منظور در منطقه مورد تحقیق از مدل ADBASE[2] که شرایط و ویژگی‌های ذکر شده را دارا است، استفاده گردید (۲۴).

تجزیه و تحلیل حساسیت، با بررسی تأثیر تغییر در منابع به دلیل قابلیت تنظیم مقادیر آنها در مقایسه با دیگر پارامترهای مدل شروع شد. تفسیر اقتصادی تغییرات ایجاد شده در توابع هدف با استفاده از معیار ارزش سایه[3](۱۸) و همچنین نسبت تغییرات ایجاد شده در آنها نسبت به حالت بهینه صورت پذیرفته و در نهایت مبادرت به شناسایی پارامتر حساس گردید.

1- Open Questionnaires
2- A Well Developed Sequential Software
۳- Shadow Price: حداکثر قیمتی که مدیر برای واحد منابع محدود در دسترس مایل است بپردازد.

[ Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2025-12-30 ]
[ DOR: 20.1001.1.22516174.1400.12.24.1.8 ]
[ DOI: 10.52547/jwmr.12.24.45 ]

[ Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2025-12-30 ]
[ DOR: 20.1001.1.22516174.1400.12.24.1.8 ]
[ DOI: 10.52547/jwmr.12.24.45 ]

## نتایج و بحث

### تعیین محدودیت‌های موجود در منطقه

با توجه به استانداردهای ارائه شده برای کاربری‌های مختلف، جدول پراکنش هر کاربری در عمق‌های مختلف خاک (جدول۱)، طبقات مختلف شیب (جدول۲) و نیز در عمق‌های مختلف خاک و کلاس‌های متفاوت شیب (جدول ۳) به دست آمد.

جدول ۱- پراکنش کاربری‌های اراضی حوزه آبخیز کسیلیان درکلاس‌های مختلف عمق خاک (کیلومترمربع)

Table 1. Land uses distribution of Kasilian watershed in different soil depth classes ($km^2$)

| عمق خاک | مرتع | جنگل | کشاورزی | روستا | کل |
|---|---|---|---|---|---|
| کم عمق | ۱/۰۵۱۷ | ۱/۸۷۹۳ | – | – | ۲/۹۳۱ |
| نیمه عمیق | ۱/۸۲۲۲ | ۰/۸۸۶۲ | – | – | ۲/۷۰۸۴ |
| بسیار عمیق | ۰/۵۹۴۳ | ۴۰/۰۵۷۹ | ۲۱/۴۳۶۴ | ۰/۸۶۹۸ | ۶۲/۹۵۸۴ |
| کل | ۳/۴۶۸۲ | ۴۲/۸۲۳۴ | ۲۱/۴۳۶۴ | ۰/۸۶۹۸ | ۶۸/۵۹۸ |

جدول۲- پراکنش‌کاربری‌های اراضی حوزه آبخیزکسیلیان درطبقات مختلف شیب (کیلومترمربع)

Table 2. Land uses distribution of Kasilian watershed in different slope classes ($km^2$)

| شیب (٪) | مرتع | جنگل | کشاورزی | روستا | کل |
|---|---|---|---|---|---|
| ۰–۲ | ۰ | ۰/۴۳۸۴ | ۰/۴۴۲ | ۰/۰۱۴۸ | ۰/۸۹۵۲ |
| ۲–۵ | ۰ | ۲/۳۳۷ | ۱/۵۴۳ | ۰/۱۰۳ | ۳/۹۸۳ |
| ۵–۸ | ۰/۵۲۶۳ | ۲/۹۰۱ | ۱/۹۴۱۱ | ۰/۱۳۳۱ | ۵/۵۰۱۴ |
| ۸–۱۲ | ۰/۰۲۰۳ | ۳/۶۶۹ | ۲/۱۹۱ | ۰/۱۷۹ | ۶/۰۵۹۴ |
| ۱۲–۱۵ | ۰ | ۲/۵۳۹ | ۱/۶۲۷ | ۰/۱۰۸ | ۴/۲۷۴ |
| ۱۵–۳۰ | ۰/۰۶۷۸۲ | ۱۱/۸۵۹ | ۷/۴۷۴ | ۰/۲۲۸ | ۱۹/۶۲۸۸۲ |
| ۳۰–۶۵ | ۱/۶۸۴۲ | ۱۷/۵۲۹ | ۶/۱۴۹ | ۰/۱۰۲ | ۲۵/۴۶۴۲ |
| >۶۵ | ۱/۱۶۹۵۸ | ۱/۵۵۱ | ۰/۰۶۹۳ | ۰/۰۰۱۹ | ۲/۷۹۱۷۸ |
| کل | ۳/۴۶۸۲ | ۴۲/۸۲۳۴ | ۲۱/۴۳۶۴ | ۰/۸۶۹۸ | ۶۸/۵۹۸ |

جدول ۳- پراکنش کاربری‌های اراضی حوزه آبخیز کسیلیان در کلاس‌های مختلف شیب و عمق خاک (کیلومتر مربع)

Table 3. Land uses distribution of Kasilian watershed in different slope and soil depth classes ($km^2$)

| شماره پلی‌گون | نوع کاربری | شیب | عمق خاک | مساحت | شماره پلی‌گون | نوع کاربری | شیب | عمق خاک | مساحت |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ۱ | مرتع | ۱۵–۳۰ | کم عمق | ۰/۰۰۸۸۸ | ۲۴ | جنگل | ۸–۱۲ | عمیق | ۴/۴۶۸۲۱ |
| ۲ | مرتع | ۳۰–۶۵ | کم عمق | ۰/۲۰۳۵۶ | ۲۵ | جنگل | ۱۲–۱۵ | عمیق | ۲/۳۶۰۹۳ |
| ۳ | مرتع | >۶۵ | کم عمق | ۰/۸۹۲۵۸ | ۲۶ | جنگل | ۱۵–۳۰ | عمیق | ۱۲/۷۵۲۱۷ |
| ۴ | مرتع | ۵–۸ | نیمه عمیق | ۰/۰۰۰۰۲۶ | ۲۷ | جنگل | ۳۰–۶۵ | عمیق | ۱۵/۵۶۶۰۹ |
| ۵ | مرتع | ۸–۱۲ | نیمه عمیق | ۰/۰۰۰۱۴ | ۲۸ | جنگل | ۰–۲ | عمیق | ۰/۳۸۶۰۸ |
| ۶ | مرتع | ۱۵–۳۰ | نیمه عمیق | ۰/۰۵۳۵۲ | ۲۹ | جنگل | ۲–۵ | عمیق | ۱/۰۵۹۸۰۹ |
| ۷ | مرتع | ۳۰–۶۵ | نیمه عمیق | ۱/۰۷۱۵ | ۳۰ | جنگل | ۵–۸ | عمیق | ۲/۲۱۷۸۷ |
| ۸ | مرتع | >۶۵ | نیمه عمیق | ۰/۶۹۴۶۸ | ۳۱ | جنگل | >۶۵ | عمیق | ۰/۳۲۱۱۸ |
| ۹ | مرتع | ۱۵–۳۰ | عمیق | ۰/۰۰۵۴۰۵ | ۳۲ | کشاورزی | ۰–۲ | عمیق | ۰/۳۷۵۳۳ |
| ۱۰ | مرتع | ۳۰–۶۵ | عمیق | ۰/۴۲۶۳۱ | ۳۳ | کشاورزی | ۲–۵ | عمیق | ۱/۴۰۹۳۴ |
| ۱۱ | مرتع | >۶۵ | عمیق | ۰/۱۰۹۲۷ | ۳۴ | کشاورزی | ۵–۸ | عمیق | ۱/۷۹۱۸۱ |
| ۱۲ | جنگل | ۲–۵ | کم عمق | ۰/۱۳۴۰۵ | ۳۵ | کشاورزی | ۸–۱۲ | عمیق | ۲/۰۴۴۶۱ |
| ۱۳ | جنگل | ۵–۸ | کم عمق | ۰/۱۱۱۰۳ | ۳۶ | کشاورزی | ۱۲–۱۵ | عمیق | ۱/۴۵۶۹۸ |
| ۱۴ | جنگل | ۸–۱۲ | کم عمق | ۰/۴۳۰۹۱ | ۳۷ | کشاورزی | ۱۵–۳۰ | عمیق | ۸/۲۵۶۷۸ |
| ۱۵ | جنگل | ۱۲–۱۵ | کم عمق | ۰/۰۳۶۰۶ | ۳۸ | کشاورزی | ۳۰–۶۵ | عمیق | ۶/۰۸۴۰۱ |
| ۱۶ | جنگل | ۱۵–۳۰ | کم عمق | ۰/۳۸۲۳۳ | ۳۹ | کشاورزی | >۶۵ | عمیق | ۰/۰۴۹۱۲ |
| ۱۷ | جنگل | ۳۰–۶۵ | کم عمق | ۰/۶۱۹۵۵ | ۴۰ | روستا | ۰–۲ | عمیق | ۰/۰۱۴۸۹ |
| ۱۸ | جنگل | >۶۵ | کم عمق | ۱/۰۹۵۹۵ | ۴۱ | روستا | ۲–۵ | عمیق | ۰/۱۰۰۹۷ |
| ۱۹ | جنگل | ۰–۲ | نیمه عمیق | ۰/۰۰۴۸۵ | ۴۲ | روستا | ۵–۸ | عمیق | ۰/۱۳۳۷۳ |
| ۲۰ | جنگل | ۵–۸ | نیمه عمیق | ۰/۰۲۹۴۹ | ۴۳ | روستا | ۸–۱۲ | عمیق | ۰/۳۵۸۷۶ |
| ۲۱ | جنگل | ۱۵–۳۰ | نیمه عمیق | ۰/۱۹۶۱۸ | ۴۴ | روستا | ۱۲–۱۵ | عمیق | ۰/۲۱۶۰۸ |
| ۲۲ | جنگل | ۳۰–۶۵ | نیمه عمیق | ۰/۳۴۶۳۲ | ۴۵ | روستا | ۱۵–۳۰ | عمیق | ۰/۲۲۸۷۷ |
| ۲۳ | جنگل | >۶۵ | نیمه عمیق | ۰/۱۸۷۸۸ | ۴۶ | روستا | ۳۰–۶۵ | عمیق | ۰/۱۰۴۰۱ |
| کل | | | | | | | | | ۶۸/۵۹۸ |

با اعمال شرایط استاندارد ذکر شده در مواد و روشها، بیشترین سطح اختصاص یافته به هر یک از انواع کاربری‌ها به شرح ارائه شده در جدول ۴ تعیین شد.

جدول ۴- بیشترین سطح اختصاص یافته به هر کاربری اراضی در شرایط استاندارد

Table 4.The most area allocation to each land use in standard condition

| نوع کاربری | جنگل | مرتع | کشت دیم | روستا |
|---|---|---|---|---|
| مساحت کاربری ($km^2$) | ۴۲/۸۲۳۴ | ۹/۰۵۷۷۱ | ۵/۵۸۹۵۱ | ۰/۸۶۹۸ |

**برآورد سود و هزینه اراضی منطقه**

نتایج برآورد سود و هزینه اراضی منطقه در جدول ۵ آمده است.

جدول ۵- هزینه و درآمد و سود هر کاربری اراضی در حوزه آبخیز کسیلیان

Table 5.Cost and benefit of each land use in Kasilian watershed

| نام کاربری | هزینه (Rial /ha) | درآمد ناخالص (Rial /ha) | درآمد خالص (Rial /ha) |
|---|---|---|---|
| جنگل | ۸۴۴۳۰۲۲/۴۹۵ | ۹۲۳۸۹۹۶/۳۲ | ۷۹۵۹۷۳/۸۲۵ |
| مرتع (حاصل از دام) | ۵۳۷۰۰۰۰۰ | ۲۱۰۰۰۰۰۰۰ | ۱۵۶۳۰۰۰۰ |
| کشاورزی | ۷۳۹۷۰۰۰ | ۱۵۰۰۰۰۰۰ | ۷۶۰۳۰۰۰ |

نتایج حاصل از جدول ۵ نشان می‌دهد که در اراضی کشاورزی به ازاء هر هکتار، میزان درآمد ناخالص برابر ۱۵۰۰۰۰۰۰ ریال در هکتار بوده، که پس از کسر هزینه ۷۳۹۷۰۰۰ریالی، میزان سود خالص هر هکتار کشاورزی برابر۷۶۰۳۰۰۰ریال در هکتار محاسبه و در تابع هدف مد نظر قرار گرفته است. از طرف دیگر با توجه به این که اراضی مرتعی مورد استفاده دام، اجاره زمین، حمل ونقل، خرید شبدر و.... قرار گرفته است، میزان درآمد ناخالص برابر ۲۱۰۰۰۰۰۰۰ ریال در هکتار بوده، که پس از کسر هزینه ۵۳۷۰۰۰۰۰ ریال در هکتار، میزان سود خالص هر هکتار مرتع برابر ۱۵۶۳۰۰۰۰ریال در هکتار می باشد. همچنین بر اساس اطلاعات به دست آمد از جدول ۵، درآمد ناخالص اراضی جنگلی ۹۲۳۸۹۹۶/۳۲ ریال در هکتار و میزان هزینه آنها ۸۴۴۳۰۲۲/۴۹۵ ریال در هکتار می باشد و متوسط سود خالص به دست آمده از هر هکتار جنگل در این منطقه ۷۹۵۹۷۳/۸۲۵ ریال در هکتار می‌باشد.

**حل مسئله بهینه‌سازی کاربری اراضی حوزه آبخیز کسیلیان**

بعد از تلفیق نقشه‌های کاربری اراضی، شیب و عمق خاک، فرمول عمومی مسئله بهینه سازی و محدودیت‌ها در حوزه آبخیز کسیلیان به صورت رابطه ۱ و ۲ به‌دست آمد:

$$(Z_1)= Max\ ۰/۷۹X_۱+۱۵/۶X_۲+ ۷/۶X_۳ \quad (۱)$$

$$Max(-Z_۲) = -۰/۴۲X_۱ - ۰/۰۳۴X_۲ - ۰/۲۱X_۳ \quad (۲)$$

که در آن: $Z_۱$ = میزان درآمد (میلیون ریال در هکتار در سال)، $Z_۲$ = میزان سیلاب (لیتر در ثانیه در سال)، $X_۱$ = سطح اراضی جنگلی(هکتار)، $X_۲$ = سطح اراضی مرتعی (هکتار) و $X_۳$ = سطح اراضی محصولات دیم (هکتار) می‌باشد. در بهینه‌سازی زیر حوزه آبخیز کسیلیان، شش محدودیت برای مدل بهینه‌سازی کاربری اراضی در نظر گرفته شده است که در این بخش به تشریح این محدودیت‌ها پرداخته و نحوه محاسبات و تعیین محدودیت‌ها به تفکیک ارائه شده است.

**الف) محدودیت اول:** محدودیت اول در این مسئله مربوط به سطح اراضی مرتعی موجود (۳/۴۶۸۲ کیلومتر مربع) است که این میزان می‌تواند به ۹/۰۵ کیلومتر مربع افزایش یابد. دلیل این افزایش، امکان اختصاص زمین‌های زراعی با شیب بیش از ۱۲٪ و عمق مناسب خاک به مرتع می‌باشد (۱۵).

$$X_۲ \leq ۹/۰۵۷۷ \quad (۳)$$

**ب) محدودیت دوم:** این محدودیت مربوط به اراضی زیر کشت محصولات دیم است. بر اساس شرایط استاندارد، اراضی با شیب بیشتر از ۱۲٪ مناسب کشاورزی دیم نیستند.

$$X_۳ \leq ۵/۵۸۹۵۱ \quad (۴)$$

**ج) محدودیت سوم:** این محدودیت بیان گر این نکته است که سطح اراضی مرتعی منطقه نمی‌تواند از میزان ۳/۴۶۸۲ کیلومتر مربع کمتر باشد. دلیل این محدودیت این است که اراضی مرتعی ملی بوده و تحت مالکیت دولت قرار دارند و بر اساس ماده ۵۶ قانون ملی شدن جنگل‌ها و مراتع، نمی‌توان در این اراضی تغییر کاربری ایجاد نمود و از طرفی برخی مناطق که سابق، زیر کشت دیم بوده‌اند، اما کارآیی و سوددهی مناسب را نداشته‌اند، ممکن است به اراضی مرتعی تبدیل گردند، بنابراین محدودیت سوم به صورت فوق بیان شده است.

$$X_۲ \leq ۳/۴۶۸۲ \quad (۵)$$

**د) محدودیت چهارم:** این محدودیت بیان‌گر این نکته است که سطح اراضی جنگلی منطقه نمی‌تواند از میزان ۴۲/۸۲۳۴ کیلومتر مربع کمتر باشد. دلیل این محدودیت این است که اراضی جنگلی ملی بوده و تحت مالکیت دولت قرار دارند و براساس ماده ۵۶ قانون ملی شدن جنگل‌ها و مراتع، نمی‌توان در این اراضی تغییر کاربری ایجاد نمود، بنابراین محدودیت چهارم به صورت فوق بیان شده است.

$$X_۱ \geq ۴۲/۸۲۳۴ \quad (۶)$$

**ه) محدودیت پنجم:** محدودیت مسئله مربوط به سطح کل اراضی موجود است به‌طوری‌که که حداکثر سطح اراضی منطقه که می‌تواند به سه کاربری جنگل، مرتع و کشت دیم اختصاص یابد ۶۸/۵۹۸ کیلومتر مربع است.

$$X_۱ + X_۲ + X_۳ \leq ۶۸/۵۹۸ \quad (۷)$$

**و) محدودیت ششم:** آخرین محدودیت مربوط به غیر منفی بودن متغیرهاست یعنی این که سطح اختصاص یافته به هر کاربری باید مثبت باشد. با توجه به موارد گذشته و توابع هدف و محدودیتی که بیان شد به منظور حل بهینه مسئله، در حوضه مورد مطالعه و دست‌یابی به مناسب‌ترین وضعیت کاربری اراضی برای رسیدن به اهداف تحقیق، جدول روش سیمپلکس خطی چند هدفی به صورت ارائه شده در جدول ۶ آورده شده است.

$$X_۱ \times X_۲ \times X_۳ \geq ۰ \quad (۸)$$

[ Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2025-12-30 ]
[ DOR: 20.1001.1.22516174.1400.12.24.1.8 ]
[ DOI: 10.52547/jwmr.12.24.45 ]

جدول ۶- جدول سیمپلکس برای حل مسئله بهینه‌سازی کاربری اراضی در حوزه آبخیز کسیلیان
Table 6. Simplex table for solving land use optimization problem in Kasilian watershed

| توابع | X1 | X2 | X3 | نوع تابع | سطح اراضی ($km^2$) |
|---|---|---|---|---|---|
| تابع هدف ۱ | ۰/۷۹ | ۱۵/۶ | ۷/۶ | Max | ۰/۰۰ |
| تابع هدف ۲ | -۰/۱۸ | -۰/۳۸ | -۰/۴۲ | Max | ۰/۰۰ |
| محدودیت ۱ | ۰ | ۱ | ۰ | $\geq$ | ۹/۰۵۷۷۱ |
| محدودیت ۲ | ۰ | ۰ | ۱ | $\leq$ | ۵/۵۸۹۵۱ |
| محدودیت ۳ | ۰ | ۱ | ۰ | $\leq$ | ۳/۴۶۸۲ |
| محدودیت ۴ | ۱ | ۰ | ۰ | $\leq$ | ۴۲/۸۲۳۴ |
| محدودیت ۵ | ۱ | ۱ | ۱ | $\leq$ | ۶۸/۵۹۸ |

ستون‌های ۲ تا ۴ از سمت راست جدول ۶ نشان‌دهنده متغیرهای تصمیم‌گیری هستند که در ردیف‌های ۲ و ۳ به ترتیب دارای واحد پول و سیلاب هستند. اعداد یک و صفر در بقیه ردیف‌ها به ترتیب حضور و یا عدم حضور متغیر را در محدودیت‌ها نشان می‌دهد. ردیف‌های ۲ و ۳ در ستون ۵ مشخص کننده نوع معادله هدف از نظر بیشینه یا کمینه نمودن است، در حالی که بقیه ردیف‌ها تساوی یا عدم تساوی طرفین معادلات محدودیت را مشخص می‌سازد. در ستون آخر مقادیر سمت راست معادلات محدودیت ملاحظه می‌شود که نماینده میزان در اختیار بودن سطح اراضی است.

## برآورد میزان سود و سیلاب قبل و بعد از بهینه‌سازی کاربری اراضی

پس از انجام محاسبات مربوط به سیلاب و سود و هزینه در واحد سطح هر کاربری اقدام به محاسبات اقتصادی و نیز برآوردهای میزان سیلاب در حوزه آبخیز کسیلیان گردید. به این منظور محاسبات لازم در جداول ۷ و ۸ در قبل و بعد از بهینه‌سازی انجام شده و نتایج خروجی ارائه شده است.

جدول ۷- نتایج محاسبات سود و سیلاب در وضعیت کاربری اراضی کنونی حوزه آبخیز کسیلیان
Table 7. Results of benefit and flood computations in current land use in Kasilian watershed

| کاربری اراضی | مساحت (ha) | درصد مساحت | دبی حداکثر لحظه‌ای ویژه ($m^3/s$ ha) | دبی حداکثر لحظه‌ای ($m^3/s$) | درآمد خالص سالانه ($10^6$Rial/ha) | درآمد خالص کل ($10^6$Rial/ha) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| جنگل | ۴۲۸۲/۳۴ | ۶۲/۴۲ | ۰/۰۰۴۲ | ۰/۱۸ | ۰/۷۹ | ۳۳۸۳/۰۴۸ |
| مرتع | ۳۴۶/۸۲ | ۵/۰۵ | ۰/۱۰۹ | ۰/۳۸ | ۱۵/۶ | ۵۴۱۰/۳۹ |
| کشاورزی | ۲۱۴۳/۶۴ | ۳۱/۲۴ | ۰/۰۱۹۵ | ۰/۴۲ | ۷/۶ | ۱۶۲۹۱/۶۶۴ |
| روستا | ۸۶/۹۸ | ۱/۲۶ | -- | -- | -- | ۰ |
| کل | ۶۸۵۹/۸ | ۱۰۰ | -- | ۰/۹۸ | -- | ۲۵۰۸۵/۱۰۲ |

جدول ۸- نتایج حاصل از اجرای مدل بهینه‌سازی حوزه آبخیز کسیلیان (با محدودیت قانونی)
Table 8. Results from the implementation of optimization model in Kasilian watershed (with legal restrictions)

| کاربری اراضی | مساحت (ha) | درصد مساحت | دبی حداکثر لحظه‌ای ویژه ($m^3/s$ ha) | دبی حداکثر لحظه‌ای ($m^3/s$) | درآمد خالص سالانه ($10^6$Rial/ha) | درآمد خالص کل ($10^6$Rial/ha) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| جنگل | ۵۸۰۸/۳۶ | ۸۴/۶۷ | ۰/۰۰۴۲ | ۰/۲۴ | ۰/۷۹ | ۴۵۸۸/۶ |
| مرتع | ۳۴۶/۸۲ | ۵/۰۴ | ۰/۱۰۹ | ۰/۳۷ | ۱۵/۶ | ۵۴۱۰/۳۹ |
| کشاورزی | ۶۱۷/۶۲ | ۹/۰۰۳ | ۰/۰۱۹۵ | ۰/۱۲ | ۷/۶ | ۴۶۹۳/۹۱۲ |
| روستا | ۸۶/۹۸ | ۱/۲۶ | -- | -- | -- | ۰ |
| کل | ۶۸۵۹/۸ | ۱۰۰ | -- | ۰/۳۷ | ۲۳/۹۹ | ۱۴۶۹۲/۹۰۲ |

آنالیز حساسیت بیشترین سطح اراضی نشان داد که افزایش و کاهش ۱۰٪ تا ۵۰٪ این سطوح باعث تغییر در افزایش یا کاهش سود و سیلاب می‌گردد و مدل نسبت به آن حساسیت دارد. آنالیز حساسیت کمترین سطح اراضی مرتعی نشان داد که افزایش و کاهش ۱۰٪ تا ۵۰٪ این سطح هیچگونه تغییری در افزایش یا کاهش سود و سیلاب ایجاد نمی‌کند و مدل نسبت به آن حساسیتی ندارد. همچنین آنالیز حساسیت کمترین سطح اراضی جنگلی نشان داد که افزایش ۴۰٪ تا ۵۰٪ این سطح باعث افزایش سود و سیلاب می‌گردد.

## حساسیت‌پذیری تابع هدف و انتخاب حساس‌ترین پارامتر مدل

آنالیز حساسیت نشان داد، کاهش سود، بیشترین حساسیت را نسبت به کاهش بیشترین سطح اراضی مرتعی داشته است و افزایش سود، بیشترین حساسیت خود را نسبت به افزایش بیشترین سطح اراضی مرتعی داشته است. درخصوص حساسیت‌پذیری تابع هدف کاهش سیلاب (رابطه ۲)، نتایج نشان داد که کاهش کمترین سطح اراضی مرتعی، بیشترین افزایش میزان سیلاب را منجر شده و افزایش کمترین سطح اراضی مرتعی، بیشترین کاهش میزان سیلاب را منجر می‌شود. در مجموع تغییر در بیشترین و کمترین سطح اراضی مرتعی بیشترین تأثیر در تغییر میزان سوددهی و سیلاب حوزه آبخیز کسیلیان را به دنبال دارد.

## سیلاب تولیدی قبل و بعد از بهینه‌سازی کاربری اراضی

داده‌ها و اطلاعات جداول ۷ و ۸ نشان می‌دهد که میزان سیلاب بعد از اجرای مدل بهینه‌سازی نسبت به میزان قبل از آن، کاهش قابل توجهی داشته است. همانطور که از جداول ۷ و ۸ مشخص است، میزان سیلاب از ۰/۹۸ لیتر در ثانیه در سال به ۰/۳۷

[ Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2025-12-30 ]
[ DOR: 20.1001.1.22516174.1400.12.24.1.8 ]
[ DOI: 10.52547/jwmr.12.24.45 ]

لیتر در ثانیه در سال (۲۴/۴۹٪) کاهش یافته است که با نتایج یو و همکاران (۲۸)، مبنی بر کاهش ۱۵ تا ۲۰٪ میزان رواناب در بارش‌های با دوره بازگشت ۱، ۲، ۵ و ۱۰ ساله در مقایسه با الگوی کاربری اراضی فعلی، غلامی و همکاران (۱۳)، مبنی بر افزایش پتانسیل تولید رواناب و خطر سیلاب در اثر تغییرات کاربری اراضی و تخریب جنگل‌ها و تبدیل آن‌ها به اراضی کشاورزی و همچنین عباس‌زاده تهرانی و همکاران (۱)، مبنی بر کاهش میزان دبی سیلاب در خروجی آبخیز در صورت تبدیل کاربری اراضی بر اساس قابلیت منطقه هم‌خوانی دارد.

## سطح اختصاص یافته و میزان سوددهی کاربری‌های مختلف در قبل و بعد از بهینه‌سازی

جداول ۷ و ۸ گویای این مطلب است که تغییرات کاربری انجام شده بیشتر در اراضی کشاورزی دیم و جنگل روی داده است که با توجه به اعداد و ارقام سود و سیلاب در این کاربری‌ها نشان می‌دهد که یکی از علت‌های اصلی کاهش سیلاب، کاهش در سطح اراضی با کشت دیم بوده است. یافته‌های این بررسی به ترتیب کاهش ۳۸٪ در اراضی دیم و افزایش ۳۵/۶۴٪ اراضی جنگل نسبت به حالت فعلی را نشان می‌دهد. نیک‌کامی (۱۸)، و جلیلی (۱۵)، نیز به ترتیب در بهینه‌سازی کاربری اراضی یکی از زیرحوزه‌های دماوند و حوزه آبخیز بریموند به نتایج مشابهی در رابطه با کاهش ۱۰۰٪ و ۵۰/۰۷٪ در اراضی دیم را پیشنهاد نموده‌اند. همچنین در این تحقیق افزایش ۳۵/۶۴٪ در اراضی جنگلی همخوانی با مطالعات نیک‌کامی (۱۹) و جلیلی (۱۵) دارد به طوری‌که آنها افزایش ۳/۵٪ و ۱۳/۵٪ در اراضی باغی را به ترتیب پیشنهاد نموده‌اند.

## تعیین میزان سوددهی کاربری‌های مختلف قبل و بعد از بهینه‌سازی

نتایج این مطالعه نشان داد که بهینه‌سازی کاربری اراضی در حوزه آبخیز علاوه بر کاهش سیلاب و هدررفت منابع، میزان سوددهی کاربری جنگلی را افزایش داده است. با توجه به جداول ۷ و ۸ میزان سودآوری کاربری‌های مختلف در حوزه آبخیز مورد مطالعه از۲۵۰۸۵/۱۰۲ میلیون ریال در سال، قبل از بهینه‌سازی کاربری اراضی، به ۱۴۶۹۲/۹۰۲ میلیون ریال در سال بعد از بهینه‌سازی کاربری اراضی رسیده است و این بیانگر کاهش ۵۸/۵۶٪ میزان سودآوری حوزه آبخیز پس از بهینه‌سازی کاربری اراضی طبق معیارهای استاندارد است. این نتیجه با نتایج تحقیق نیک‌کامی (۱۸)، و جلیلی (۱۵)، به ترتیب در یکی از زیر حوزه‌های حوزه آبخیز دماوند و حوزه آبخیز بریموند در رابطه با افزایش ۱۳۴٪ و ۱۱۸/۶۲٪ در سودآوری کاربری‌های حوزه آبخیز پس از بهینه‌سازی آن همخوانی ندارد.

## منابع

1. Abbaszadeh Tehrani, M., M. Makhdom and M. Mahdavi. 2010. The effect of land use change on flood flow- with IT applications of remote sensing and geographical information system (Maderso River Basin study area (National Park)), Environmental Research, 1(2): 78-90.
2. Ahmadiyan, S., H. Safaei, M. Heydari and S.T. Farzadmanes. 2004. Final report of a research project to measure soil erosion in cultivated plots, pasture, and forest area representing the rainfed abandoned Kasilian, Agricultural and Natural Resources Research Center of Mazandaran, Watershed Research, Code :01-314000-0151-76-85
3. Asgharpour, M.C. 1996. Linear programming, University of Tehran Press, Fifth edition, 311 p (In Persian).
4. Berngel, K.J. 2000. Drylands farming cultivation (principles and practices), Translated by Rashedmohasel, M.H.V. and Kochaki, E., Academic Jihad (Branch of Mashhad University) Press, 236 pp (In Persian).
5. Bronstert, A., D. Niehoff and G. Bürger. 2002. Effects of Climate and Land-use Change on Storm Runoff Generation: Present Knowledge and Modeling Capabilities. Hydrological Processes, 16(2): 509-529.
6. Christopher, B. 2001. Principles and methods of environmental management, Translation by M. Andrody, University of Tehran Press, 410 pp (In Persian).
7. Cohon, J.L. 1978. Multi-objective programming and planning, Academic Press, INC. (London) LTD. 333 pp.
8. Clark, D. 1996. The Future Urban World. Urban World/Global City, 46(5): 582
9. Derakhshan, S.H. 2010. Kasilian potential flooding of the catchment using GIS. Journal of Geographical Sciences and Applied Research, 13(16): 51-61.
10. Ducourtieux, O., J.R. Laffort and S. Sacklokham. 2005. Land policy and farming practices in Laos, Development and Change, 36(3): 499-526.
11. Ehrilich, P.R. and J.P. Holdern. 1971. Over population and the potential for ecocide in global ecology: readings towards a rational strategy for man. Ed. (JPHoldern and PR Ehrilich), Brace Jovanovich, Inc. New York, 64-78 pp.
12. Farajzadeh, A. and M. Fallah. 2008. Assess the impact of land use and land cover change on flood regime Tajan River using remote sensing techniques, Geographical Journal, 64: 89-104.
13. Gholami, V., M. Bashirgonabad, M. Azodi and E. Jokar Sarhangi. 2009. Effects of land use changes in the watershed runoff and flood risk Kasilian, Iran. Watershed Science and Engineering, 9(3): 55-57.
14. Irrigation and Reclamation Department (Agriculture Faculty in Tehran University). 1994. Watershed management studies in Taleghan watershed, Regional Water Organization (Branch of Tehran Province) (In Persian).
15. Jalili, Kh. 2003. Barymond watershed land use optimization to minimizing soil erosion using linear programming, M.Sc. thesis, Watershed Management Department, Faculty of Natural Resources, Tarbiat Modares University, 87 pp.

[ Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2025-12-30 ]
[ DOR: 20.1001.1.22516174.1400.12.24.1.8 ]
[ DOI: 10.52547/jwmr.12.24.45 ]

16. Kalavathy, S. 2001. Operation Research, Vikas Publisher House PVT LTD, 506 pp.
17. Lorup, J.K., J.C. Refsgaard and D. Mazvimavi. 1998. Assessing the Effect of Land Use Change on Catchment Runoff by Combined Use of Statistical Tests and Hydrological Modeling: case studies from Zimbabwe, Journal of Hydrology, 205(3): 147-163.
18. Nikkami, D. 2002. Optimization of soil erosion Damavand watershed management. Pajouhesh va Sazandegi, 54: 8-82.
19. Nikkami, D. 1999. Optimizing the Management of Soil Erosion using GIS, PhD dissertation, Concordia University, Canada, 108 pp.
20. Pasha, M. 2011. Pashmany erosion and its association with some soil properties in three adjacent land use, case study: Kasilian watershed. M.Sc. thesis. Department of Natural Resources, Sari.
21. Pasour, E.C. 1983. Land use planning: Implications of the economic calculation debate, Journal of Librarian Studies, 7(1): 127-139.
22. Pfaff, A.S.P. and G.A. Sanchez-Azofeifa. 2004. Deforestation Pressure and Biological Reserve Planning: a Conceptual Approach and an Illustrative Application for Costa Rica, Resource and Energy Economics, 26(2004): 237-254.
23. Rastegar, M.E. 1992. Drylands farming cultivation, Barehmand Press, 1st Ed., 271 pp (In Persian).
24. Steuer, R.E. 1995a. The ADBASE Multiple Objective Linear Programming Package/ Multiple Criteria Decision making, SCI-Tech, Windsor, England, 1-6 pp.
25. Sadralashrafy, M. 1992. Principles of Management and Management of Agriculture, Tehran University press, 316 pp.
26. Shively, G. and I. Coxhead. 2004. Conducting economic policy analysis at a landscape scale: examples from a Philippine watershed, Agriculture Ecosystem and Environment, 104(1): 159-170.
27. Tuan, C. 1989. Runoff Coefficient and Sediment in Small Watersheds under Land Use Changes in Taiwan, In: Proceeding of International Conference on Channel Flow and Cachment Runoff. University of Virginia: 121-129.
28. Yeo, I.Y., S.I. Gordon and J.M. Guldmann. 2004. Optimizing patterns of land use to reduce peak runoff flow and nonpoint source pollution with an integrated hydrological and land use model. Earth Interactions, 8(6): 1-20.
29. Yeo, I.Y. and J.M. Guldmann. 2010. Global Spatial Optimization with Hydrological Systems Simulation: Appliication to Land-use Allocation and Peak Runoff Minimization, Hydrology and Earth System Sciences Discussions, 14(2): 325-338.
30. Yeo, I.Y., and J.M. Guldmann. 2006. Land-use Optimization for Controlling Peak Flow Discharge and Nonpoint Source Water Pollution. Environment and Planning B: Planning and Design, 33(6): 903-921.

[ Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2025-12-30 ]
[ DOR: 20.1001.1.22516174.1400.12.24.1.8 ]
[ DOI: 10.52547/jwmr.12.24.45 ]

# Land use Optimization in order to Reduce Flood (Case study: Kasilian Watershed)

**Mohammad Mehdi Taghavi Gorji[1], Mehdi Vafakhah[2] and Shabanali Gholami[3]**

1- M.Sc. Student, Noor Branch, Islamic Azad University, Iran
2- Professor, Department of Watershed Management Engineering, Faculty of Natural Resources, Tarbiat Modares University, Iran, (Corresponding Author: vafakhah@modares.ac.ir)
3- Assistant Professor, Noor Branch, Islamic Azad University, Iran
Received: 18 November, 2013 Accepted: 25 July, 2021

[ Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2025-12-30 ]
[ DOR: 20.1001.1.22516174.1400.12.24.1.8 ]
[ DOI: 10.52547/jwmr.12.24.45 ]

**Extended Abstract**

**Introduction and Objective:** Lack of proper management of land use in a watershed, has negative impacts on the available resources. Land use optimization is one of the suitable solutions for achieving a sustainable development and reducing wasted resources. The present study was carried out in the Kasilian watershed located in the Savadkoh County to determine the most appropriate composition of land use to reduce flood occurrence and maximize benefit.

**Material and Methods:** At first, all available studies including physiographic, soil science, vegetation, hydrology, socio-economic studies from Mazandaran Regional Water Company and Natural Resources and Watershed Management office were collected and completed during field visits. The costs and benefit for each land uses was obtained using a questionnaire. The amount of flood in different land uses was also obtained using HEC-HMS software and the use of information on three rainfall events in the years 1991-95 related to Sangdeh synoptic station and flood hydrograph of the same events in Valikbon hydrometric station located in the watershed outlet. The slope and soil depth maps based on land use standard as input to objective functions and constraints land use optimization model was prepared. Multi-objective linear programming model using the simplex method in ADBASE software was written and solved.

**Results:** The results showed that flood amount reduced from 0.89 $m^3 s^{-1}$ before optimization to 0.74 $m^3 s^{-1}$ after land use optimization in general and this indicates 24.49% reduction in flood amount. The benefit of different land uses in the studied watershed has also increased from 2505.102.285 million Rails per year, before land use optimization, to 14692.902 million Rails after land use optimization, and this indicates a decrease of 58.56% of benefit of the watershed after land use optimization according to the standard criteria.

**Conclusion:** The most sensitive factor is the reduction of rainfed land use and the increase of forest land uses in the Kasilian watershed, which have the greatest impact on reducing benefit and flood amount.

**Keywords:** Flood reduction, Kasilian watershed, Land use, Linear programming, Optimization