Archive of SID

تاثیر بهینه‌سازی کاربری اراضی در میزان فرسایش خاک و سوددهی حوضه‌های آبخیز مطالعه موردی: حوضه آبخیز زاخرد فارس

محمد شعبانی*

استادیار مرتع و آبخیزداری، دانشگاه آزاد اسلامی واحد نی ریز

چکیده

استفاده ناصحیح از اراضی باعث فرسوده و شسته شدن تدریجی خاک، کاهش عملکرد محصولات کشاورزی و کاهش میزان سود آوری اراضی کشاورزی و مرتعی می گردد. بنابراین استفاده صحیح از اراضی بر اساس قابلیت های آن و بهینه‌سازی کاربری اراضی در حوضه‌های آبخیز یکی از راه‌های مناسب در حفاظت از خاک می‌باشد. هدف از انجام این تحقیق تعیین سطح بهینه کاربری‌های اراضی به منظور کاهش میزان فرسایش خاک و بالابردن درآمد ساکنین حوضه‌آبخیز زاخرد در استان فارس می‌باشد. به منظور انجام این تحقیق، ابتدا نقشه کاربری اراضی منطقه با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و بازدیدهای صحرایی تهیه و مقادیر فرسایش کاربری‌ها به کمک مدل تجربی MPSIAC تعیین ad. سپس سود خالص کاربری‌ها از تفاضل درآمد ناخالص و هزینه هر کاربری محاسبه شد. پس از مشخص‌کردن محدودیت‌ها و توابع هدف، با استفاده از مدل برنامه‌ریزی خطی سطح بهینه کاربری‌های اراضی در منطقه مشخص شد.

نتایج نشان داد که در صورت بهینه‌سازی کاربری اراضی، سطح اراضی باغی ۲۱۲/۸۷ درصد افزایش، سطح اراضی مرتعی ۳۰۳/۲٦ درصد افزایش، سطح اراضی کشت آبی ۵۷/۵۵ درصد کاهش و سطح اراضی کشت دیم ٦۵/۰۲ درصد کاهش می یابد. همچنین نتایج نشان داد که در صورت بهینه‌سازی کاربری اراضی، میزان فرسایش خاک به میزان ۱۳/۱٦ درصد کاهش و میزان سوددهی کل حوضه ۲۷/۰٤ درصد افزایش می‌یابد. نتایج بدست آمده از انتخاب حساس‌ترین پارامتر مدل نیز نشان داد که تغییر در سطح اراضی باغی و سطح اراضی دیم، بیشترین تاثیر در تغییر میزان سوددهی و فرسایش خاک حوضه آبخیز زاخرد را به دنبال دارد.

واژگان کلیدی: برنامه‌ریزی خطی، بهینه سازی، رسوبدهی، فرسایش خاک، کاربری اراضی، حوضهٔ‌آبخیز زاخرد.

مقدمه

فرسایش خاک یکی ازمبحث‌های مهم در زمینه توسعه پایدار کشاورزی و مسائل زیستی می باشد. این مساله نه تنها در اوضاع کنونی مورد توجه سیاست‌گزاران است بلکه در دهه‌های آینده یکی از چالش‌های اصلی جهان به ویژه در بخش کشاورزی به شمار خواهد آمد (حق‌نیا، ۱۳۷۷). فرسایش خاک از طرفی امنیت غذایی، توسعه پایدار و متوازن کشاورزی را به خطر می‌اندازد (حق‌نیا، ۱۳۷۷) و از سوی دیگر آثار سوء

* نویسنده مسئول: ۰۹۱۷۷۰۵۹۹۱٦

E-mail: mohamshabani@yahoo.com

www.SID.ir

Archive of SID

زیست محیطی فراوان و هزینه‌های بسیار بالایی در پی خواهد داشت (رفاهی، ۱۳۷۵ و احمدی، ۱۳۷۸). با توجه به آن چه ذکر شد، یافتن راه حل‌هایی برای افزایش سود حاصل از منابع موجود مانند کشاورزی، مراتع، باغ‌ها و کاهش خسارت ناشی از فرسایش خاک به عنوان راهکارهای مدیریتی مناسب می تواند فرآروی مدیران کشور قرار گیرد. در حوضه آبخیز زاخرد میزان فرسایش به دلیل استفاده ناصحیح از اراضی و عدم رعایت اصول کشت تقریبا بالاست و هر ساله علاوه بر کاهش میزان درآمد مردم، خسارت‌های زیادی نیز به قسمت‌های پایین‌دست وارد می شود. بنابراین لازم است که ضمن مطالعه شرایط منطقه و تعیین سطح بهینه کاربری اراضی و توصیه الگوی بهینه کشت در منطقه از طرفی میزان فرسایش را به حداقل رساند و از طرفی دیگر میزان سوددهی کاربری‌های مختلف را در این منطقه افزایش داد.

در طی سالیان متمادی محقیقین مختلف، تحقیقات گسترده‌ای را بر روی روابط بین میزان فرسایش و رسوبدهی از جمله نوع و تغییرات استفاده از زمین در سراسر دنیا انجام داده‌اند و به نتایج مشابهی دست یافته‌اند. Singh (۱۹۹۹) در یک مطالعه موردی در ناحیه ماهی‌کماند هندوستان، حداکثر سازی تولید و سود را با به کارگیری برنامه‌ریزی بهینه کشت انجام داد. در این تحقیق زمانی که حداکثر نمودن تولید به عنوان هدف اصلی مورد نظر بوده است، ۸٦/٦ درصد منطقه تنها به کشت گندم و سبزیجات اختصاص‌یافته و بهره‌برداری کل از منابع آب ٦۳/۷۲ درصد و به‌کارگیری نیروی انسانی۲۹/٥٤ درصد بوده است. نتایج این تحقیق نشان داد که برنامه‌ریزی کشت در سطح منطقه، میزان تولیدات را ٦۰ تا ۹٦ درصد افزایش می‌دهد. تولید محصول با سیستم های شخم مختلف به دلیل نوسانات شرایط آب و هوایی از سالی به سال دیگر تغییر می کند (Ozpinar و همکاران ۲۰۰٦، Hussain و همکاران ۱۹۹۹). علاوه بر این تولید محصول در سیستم های مختلف شخم تحت تاثیر شرایط زهکشی خاک نیز قرار می‌گیرد. برخی محققان تولید محصول کمتری را در سیستم بدون شخم نسبت به شخم سنتی به دلیل شرایط زهکشی فقیر خاک گزارش داده‌اند (Dick و همکاران ۱۹۸٥). برخی دیگر تولید بیشتری را برای خاک های با زهکشی خوب گزارش داده‌اند (Wagger و همکاران ۱۹۹۲، Ismail و همکاران ۱۹۹٤). Zuzel و همکاران (۱۹۹۳) بیان کردند که پوشش سطحی کمتر از ۲٥٪ جهت کنترل فرسایش خاک موثر نیست در حالی که Mccool و همکاران (۱۹۸۷) گزارش دادند که ۹۲٪ کاهش فرسایش از سطحی با ٥۰٪ پوشش سطحی به دست می‌آید. هنگامی که شیارها در سطح زمین شکل می گیرند بقایای گیاهی، فرسایش را از طریق حداقل‌کردن تنش برشی ذرات خاک در کف و دیواره شیارها کاهش می‌دهند (Vanliew و همکاران ۱۹۸۳). در آمریکا براساس مطالعات انجام شده توسط Baker (۱۹۸۳) و Fawcet و همکاران (۱۹۹٤) میزان فرسایش و رسوب تحت سیستم های شخم حفاظتی حدود ۹۰ـ٤٤٪ بسته به نوع سیستم شخم و نوع محصول کاهش می یابد ولی هنگامی که سیستم های شخم حفاظتی برای کل حوضه آبخیز بکار رود میزان فرسایش تا حدود ۹۸٪ کاهش می یابد (Clausen و همکاران ۱۹۹٦).

www.SID.ir

Archive of SID

Gyssels و همکاران (۲۰۰۶) با بررسی تاثیر شخم حفاظتی و روش‌های صحیح بهره‌برداری از اراضی در بلژیک بر روی میزان فرسایش به این نتیجه رسیدند که شخم حفاظتی و دیگر روش‌های حفاظتی می‌تواند میزان فرسایش خاک را حدود ۲۵ درصد به‌طور متوسط و حدود ٤۰ درصد تحت شرایط اپتیمم کاهش دهد. جلیلی (۱۳۸۳) در مطالعه‌ای تحت عنوان بهینه‌سازی کاربری اراضی حوضه‌آبخیز بریموند به منظور کمینه‌سازی فرسایش خاک با استفاده از مدل برنامه‌ریزی خطی، ضمن معرفی کاربری بهینه اراضی، میزان کاهش فرسایش و افزایش سود سالانه را به ترتیب ۷/۷۸ درصد و ۱۱۸/٦۲ درصد بیان نمود. بهینه‌سازی انجام شده دلالت بر کاهش اراضی دیم و افزایش اراضی باغی در منطقه دارد. نیک‌کامی (۱۳۸۱) مدل بهینه‌سازی را برای کاهش تأثیرات محیطی و اقتصادی فرسایش خاک ناشی از مدیریت نامناسب فعالیت‌های کاربری اراضی با استفاده از مدل برنامه‌ریزی خطی چند منظوره در یکی از زیر حوضه‌های‌آبخیز دماوند انجام و نتیجه گرفت که بهینه‌سازی کاربری اراضی باعث کاهش ۵ درصد در تولید رسوب و افزایش ۱۳٤ درصد در سود سالانه در منطقه مورد مطالعه می‌گردد.

شعبانی (۱۳۸٦) در مطالعه‌ای تحت عنوان تاثیر مدیریت کاربری اراضی در کاهش فرسایش خاک در حوضه آبخیز خارستان فارس به این نتیجه رسید که در صورت بهینه سازی کاربری اراضی در شرایط فعلی و بدون اعمال هیچ‌گونه مدیریت زراعی، میزان فرسایش خاک نسبت به شرایط حال به میزان ۳/۷ درصد، در صورت اعمال مدیریت زراعی فرسایش خاک ۳۷/۲۷ درصد و در شرایط استاندارد و مطابق با اصول و معیارهای علمی میزان فرسایش خاک به میزان ۵۳/۲ درصد کاهش می یابد. همچنین نتایج وی نشان داد که در صورت بهینه سازی کاربری اراضی در شرایط فعلی و بدون اعمال مدیریت زراعی ۱٦۲/٦۳ درصد، در شرایط اعمال مدیریت زراعی۲۰۵/۷۱ درصد و در شرایط استاندارد و مطابق با اصول و معیارهای علمی۲۰۷/۹۸ درصد نسبت به شرایط قبل از بهینه سازی بر میزان سوددهی حوضه افزوده می‌شود. پیشداد و همکاران (۱۳۸۷) در بررسی اثرات تغییر کاربری اراضی برفرسایش خاک در حوضه آبخیز چراغ‌ویس با استفاده از مدل EPM، پس از تعیین کاربری‌های بهینه اراضی به این نتیجه رسیدندکه با بهینه‌سازی کاربری اراضی، میزان فرسایش حدود ۷۱۳۳ هزارتن درسال کاهش می یابد.

هدف از انجام این تحقیق که در حوضه آبخیز زاخرد در استان فارس صورت می گیرد، تعیین سطح بهینه کاربری‌های اراضی به منظور کاهش میزان فرسایش و بالا بردن درآمد ساکنین حوضه‌آبخیز زاخرد به کمک مدل برنامه‌ریزی خطی می‌باشد.

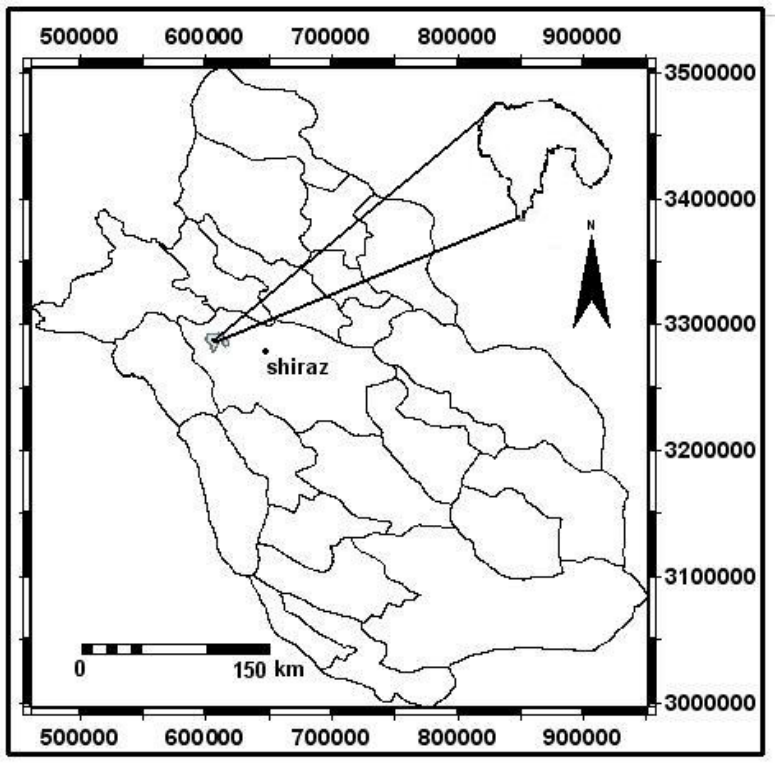
مشخصات منطقه مورد مطالعه

حوضه‌آبخیز زاخرد در استان فارس در غرب شهرستان شیراز و شرق شهرستان کازرون و در بخش ارژن از دهستان قره قرار دارد. این حوضه در محدوده جغرافیائی"٤۹ '۵ °۵۲ تا "۲ '۱۵ °۵۲ طول شرقی و "۲۱ '٤۱ °۲۹ تا "۲۸ '٤۸ °۲۹ عرض شمالی با مساحت ۸۲/۲۳ کیلومتر مربع و محیطی برابر با ۵٤/۷ کیلومتر واقع شده است (شکل۱). منطقه مورد مطالعه دارای ارتفاع حداکثر۲٦٤۰ متر، ارتفاع حداقل ۱۹۸۰ متر، ارتفاع متوسط وزنی

www.SID.ir

Archive of SID

۲۱٦۵ متر از سطح دریا و شیب متوسط وزنی ۷/۸۹ درصد می‌باشد. متوسط بارندگی منطقه بر اساس ترسیم خطوط همباران ۵۰۷ میلی‌متر و متوسط دمای منطقه برابر یا ۱۳ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. اقلیم منطقه بر اساس روش‌های دمارتن و آمبرژه، دارای زمستان های سرد و تابستآن های نسبتا ملایم است. مهمترین محصولات باغی در منطقه شامل سیب، گردو، محصولات کشت آبی شامل گندم، جو، یونجه و محصولات کشت دیم شامل گندم، جو و عدس می‌باشند. بر اساس مطالعات پوشش گیاهی دو نوع مراتع ضعیف و خیلی ضعیف در منطقه مورد بررسی قرار گرفته است. شغل بیشتر ساکنین این حوضه کشاورزی، دامداری و باغداری می‌باشد که کشاورزی آن ها شامل زراعت آبی و زراعت دیم و باغ های حوضه بیشتر شامل درختان سیب، گردو و دامداری آن ها به روش سنتی و دام‌های آن ها بیشتر شامل گوسفند، بز و گاو می‌باشد (طرح جامع مطالعات آبخیزداری ۱۳۸۳).



شکل ۱: موقعیت حوضه‌آبخیز زاخرد نسبت به شهرستان و استان

مواد و روش‌ها

جهت انجام مطالعه ابتدا پس از تهیه تصویر ماهواره‌ای و استفاده از باندهای ۲، ۳ و٤ (آبی، سبز و قرمز) ترکیب رنگی کاذب ساخته و مرز اولیه کاربری‌ها بر روی تصویر مشخص و به این ترتیب نقشه اولیه کاربری اراضی در چهار سطح کاربری مرتع، باغ، کشت آبی و کشت دیم تهیه گردید. پس از تهیه نقشه اولیه کاربری

www.SID.ir

Archive of SID

اراضی، با مراجعه به منطقه و کنترل صحرایی، نقشه مورد نظر با شرایط و واقعیات موجود در حوضه تطبیق و اصلاحات لازم صورت و در نهایت نقشه نهایی کاربری اراضی سال ۱۳۸۸ تهیه گردید. در این تحقیق با توجه به اهداف مورد نظر یعنی کمینه‌کردن میزان فرسایش کل حوضه و بیشینه‌ساختن درآمد ساکنین حوضه‌آبخیز زاخرد از مدل برنامه‌ریزی خطی چند منظوره استفاده و اهداف به شکل فرمول ریاضی به شکل دو تابع هدف فرمول‌بندی گردید. بنابراین برنامه‌ریزی خطی عبارتست از برنامه‌ریزی فعالیت‌ها به‌منظور به‌دست آوردن یک نتیجه بهینه (سلطانی و همکاران ۱۳۷۸). به‌عبارت دیگر، نتیجه‌ای که با توجه به هدف مشخص مدل ریاضی از کلیه گزینه‌های موجه دیگر، بهتر باشد (مهرگان ۱۳۸۰). برنامه‌ریزی خطی با بهینه‌کردن (بیشینه یا کمینه)، متغیر وابسته‌ای که به‌صورت برنامه‌ریزی خطی با مجموعه‌ای از متغیرهای مستقل و با در نظر گرفتن تعدادی محدودیت خطی تشکیل یافته از متغیرهای مستقل، در ارتباط است (اصغرپور ۱۳۷۵). با توجه به خطی‌بودن توابع هدف، مسئله بهینه‌سازی در منطقه مورد مطالعه با n متغیر تصمیم‌گیری و m محدودیت و P هدف به صورت معادلات ۱ الی ۳ نوشته شد (جلیلی و همکاران ۱۳۸۳).

$$Max(Z_1) = \sum_{i=1}^{n} [(A_{i1} - (A_{i2} + A_{i3}))X_i] \quad (۱)$$

$$Min(Z_2) = \sum_{i=1}^{n} C_{Ei} X_i \quad (۲)$$

مشروط بر:

$$\sum_{i=1}^{n} X_i = B \quad (۳)$$
$$X_i \geq 0$$

که در آن Z_1 و Z_2 به ترتیب درآمد خالص سالانه (10^6 ریال در سال) و میزان فرسایش کل حوضه (تن در سال) می‌باشند. برای هر یک از انواع کاربری‌های اراضی، متغیرهای X_i، C_i، A_{i1}، A_{i2}، A_{i3} و B به ترتیب مساحت (هکتار)، میزان فرسایش در واحد سطح (تن در هکتار در سال)، میزان درآمد خالص (10^6 ریال در هکتار)، هزینه تولید (10^6 ریال در هکتار)، هزینه ناشی از فرسایش خاک (10^6 ریال در هکتار) و سطح کل اراضی منطقه (هکتار) می‌باشد. این مسئله را برای چهار کاربری موجود در حوضه‌آبخیز زاخرد می‌توان به صورت معادلات ٤ و ٥ نوشت:

$$Max(Z_1) = [(A_{11}X_1) - (A_{12}X_1 + A_{13}X_1)) + (A_{21}X_2 - (A_{22}X_2 + A_{23}X_2)) + (A_{31}X_3 - (A_{32}X_3 + X_3)) + (A_{41}X_4 - (A_{42}X_4 + A_{43}X_4))] \quad (٤)$$

$$Min(Z_2) = C_{E1}X_1 + C_{E2}X_2 + C_{E3}X_3 + C_{E4}X_4 \quad (٥)$$

محدود به:

$$\begin{aligned} &X_1 \leq B_1 \\ &X_3 \leq B_2 \\ &X_4 \leq B_3 \\ &X_1 + X_3 \leq B_4 \\ &X_1 + X_2 + X_3 + X_4 = B_5 \\ &X_1 \geq B_6 \\ &X_2 \geq B_7 \\ &X_1, X_2, X_3, X_4 \geq 0 \end{aligned} \quad (٦)$$

www.SID.ir

Archive of SID

در این معادلات X_1 الی X_4 به ترتیب مساحت باغات، مراتع، اراضی آبی و دیم‌زارها (هکتار)، A_{11}، A_{21}، A_{31} و A_{41} به ترتیب درآمد خالص از واحد سطح باغات، مراتع، اراضی آبی و دیم‌زارها (10^6 ریال در هکتار)، A_{12}، A_{22}، A_{32} و A_{42} به ترتیب هزینه تولید در واحد سطح باغات، مراتع، اراضی آبی و دیم‌زارها (10^6 ریال در هکتار)، A_{13}، A_{23}، A_{33} و A_{43} به ترتیب هزینه ناشی از فرسایش خاک باغات، مراتع، اراضی آبی و دیم‌زارها (10^6 ریال در هکتار)، C_{E1} الی C_{E4} به ترتیب میزان فرسایش در واحد سطح باغات، مراتع، اراضی آبی و دیم‌زارها و B_1 الی B_7 به ترتیب ماکزیمم سطح باغات، سطح اراضی آبی، سطح دیم‌زارها، سطح باغات به علاوه اراضی آبی، سطح کل اراضی، حداقل سطح باغات و سطح مراتع (هکتار) می‌باشند. اطلاعات مربوط به مقادیر فرسایش با استفاده از مدل تجربی MPSIAC به‌دست آمد. به طوری که پس از انتخاب مدل و واسنجی آن در منطقه از طریق مقایسه آن با میزان رسوب واقعی، میزان رسوبدهی هر یک از انواع کاربری ها مشخص و پس از اعمال ضریب SDR[1] میزان متوسط فرسایش هر یک از کاربری‌ها تعیین گردید (نیک‌کامی ۱۳۸۳). اطلاعات مربوط به درآمد ناخالص و هزینه‌ها در مورد هر یک از محصولات کشاورزی و مرتعی بر اساس مطالعات صحرایی و مطالعات انجام شده توسط مدیریت آبخیزداری جهاد کشاورزی استان فارس (۱۳۸۳) در منطقه کسب شد. پس از کسر هزینه از درآمد ناخالص، درآمد خالص هر کاربری به‌دست آمد. جهت تعیین ارزش ریالی علوفه مراتع، میزان متوسط وزنی تولید علوفه خشک تعیین و بر اساس تبدیل به TDN[2] ارزش ریالی آن ها محاسبه گردیده است. از آنجایی‌که هیچ‌گونه تحقیقی بر روی اثرات منفی فرسایش خاک بر اقتصاد کشاورزی منطقه وجود ندارد، لذا ارزیابی این اثرات به طور مستقیم دشوار می‌باشد. به هر حال این ضررها را می‌توان به‌طور غیرمستقیم با برآورد میزان خاک از دسترس خارج شده ارزیابی کرد. یکی از این روش‌ها معادل فرض‌کردن میزان خاک فرسایش‌یافته با سطح اراضی از دسترس خارج‌شده بر اساس عمق منطقه ریشه‌دوانی در هر نوع از کاربری‌های اراضی است (نیک‌کامی، ۱۳۸۱). عمق خاک از دست‌رفته در هر یک از کاربری‌ها بر اساس میزان خاک حمل شده، عمق ریشه‌دوانی و وزن مخصوص خاک قابل محاسبه است. در این تحقیق، روش اخیر در برآورد هزینه ناشی از فرسایش خاک مورد استفاده قرار گرفته است. پس از مشخص کردن ضرایب تابع هدف، ۸ محدودیت به شرح زیر مد نظر قرار گرفت.

الف) محدودیت اول: $X_1 \leq 167.85$

محدودیت اول در این مسئله مربوط به سطح اراضی باغی موجود است که ۷۸/۸۵ هکتار بوده اما این میزان می تواند به ۱۶۷/۸۵ هکتار افزایش یابد. دلیل این افزایش امکان اختصاص زمین هایی با شیب مناسب و عمق مناسب خاک به باغ می باشد.

1. Sediment Delivery Ratio
2. Total Digestable Nutrient

www.SID.ir

Archive of SID

ب) محدودیت دوم: $X_3 \leq 1303.79$

محدودیت دوم مربوط به زمین‌هایی است که زیر کشت محصولات مختلف آبی قرار گرفته‌اند. در ابتدا ۲۲٦۵/۳۱ هکتار برآورد گردیده است اما با توجه به شرایط استاندارد مورد نیاز برای کشت آبی و نیز قابلیت دسترسی به آب، ۱۳۰۳/۷۹ هکتار از اراضی منطقه دارای پتانسیل کشت آبی هستند و به همین دلیل میزان این اراضی از ۲۲٦۵/۳۲ هکتار به ۱۳۰۳/۷۹ هکتار کاهش یافته است.

ج) محدودیت سوم: $X_4 \leq 2900.58$

این محدودیت مربوط به اراضی زیر کشت محصولات دیم است. بر اساس شرایط استاندارد، اراضی با شیب بیشتر از ۱۲ ٪ مناسب کشاورزی دیم نیستند و عمق خاک کم نیز می تواند به عنوان محدودیت دیگری برای این اراضی مطرح باشد. با بررسی ویژگی های مناطق مختلف در حوضه مورد مطالعه، سطح ٤٤٦۱/۰۳ هکتاری اولیه بعد از جدا کردن مناطق با پتانسیل کشت دیم به ۲۹۰۰/۵۸ هکتار کاهش پیدا کرده است.

د) محدودیت چهارم: $X_1 + X_3 \leq 1471.643$

با توجه به این که در منطقه محدودیت میزان آب وجود ندارد و تنها محدودیت قابلیت دسترسی به آب وجود دارد لذا با توجه به شرایط کلاس شیب و عمق خاک، زمین های تحت کشت آبی و اراضی باغی نمی توانند از ۱٤۷۱/٦٤ هکتار بیشتر شوند.

ه) محدودیت پنجم: $X_1 + X_2 + X_3 + X_4 \leq 8002.32$

پنجمین محدودیت مسئله مربوط به سطح اراضی موجود است و آن این که حداکثر سطح اراضی منطقه که می‌تواند به چهار کاربری باغ، مرتع، کشت آبی و کشت دیم اختصاص یابد ۸۰۰۲/۳۲ هکتار است.

و) محدودیت ششم: $X_1 \geq 78.85$

با توجه به مطالبی که در محدودیت اول بیان شد سطح اراضی زیر کشت باغ در منطقه ۷۸/۸۵ هکتار بوده و این اراضی از این میزان نمی‌تواند کمتر باشد. زیرا در حال حاضر به علت بهره‌دهی مناسب، مردم منطقه تمایلی به تغییر این کاربری ندارند.

ز) محدودیت هفتم: $X_2 \geq 1197.16$

هفتمین محدودیت بیانگر این نکته است که سطح اراضی مرتعی منطقه نمی‌تواند از میزان ۱۱۹۷/۱٦ هکتار کمتر باشد. دلیل این است که اراضی مرتعی ملی بوده و تحت مالکیت دولت قرار دارند و بر اساس ماده ٥٦ قانون ملی شدن مراتع نمی توان در این اراضی تغییر کاربری ایجاد کرد و از طرفی برخی مناطق که سابق زیر

www.SID.ir

Archive of SID

کشت دیم بوده‌اند اما کارآیی و سوددهی مناسب را نداشته اند ممکن است به اراضی مرتعی تبدیل گردند، بنابراین محدودیت هفتم به صورت فوق بیان شده است.

ح) محدودیت هشتم: $X_1, X_2, X_3, X_4 \geq 0$

آخرین محدودیت مربوط به غیر منفی بودن متغیرهاست یعنی این که سطح اختصاص‌یافته به هر کاربری باید مثبت باشد.

پس از مشخص شدن توابع هدف و محدودیت های بیان شده و همچنین برآورد مقادیر ثابت و جایگزین‌کردن آن ها در توابع هدف (معادلات ٤ و ٥)، به منظور حل توابع هدف در منطقه مورد مطالعه و دستیابی به مناسب‌ترین وضعیت کاربری اراضی، مسئله مورد نظر به روش سیمپلکس که یکی از روش‌های حل مسائل برنامه‌ریزی خطی است، با کمک نرم‌افزار LINGO حل و ترکیب بهینه کاربری اراضی مشخص گردید. پس از مشخص شدن ترکیب بهینه کاربری اراضی، میزان فرسایش و سود خالص کل حوضه مشخص و با وضعیت قبل از بهینه‌سازی مقایسه گردید. به منظور مشخص نمودن عوامل بسیار مهم و حساس در مدل، تحلیل حساسیت نیز صورت گرفت. تحلیل حساسیت، اغلب با بررسی تاثیر تغییرات B_i (مقدار منبع i که برای فعالیت خاصی در اختیار قرار گرفته است) شروع می‌شود. این عمل میزان افزایش یا کاهش Z_1 و Z_2 را نسبت به افزایش یا کاهش جزئی منبع i نشان می‌دهد (اصغرپور، ۱۳۷۵).

نتایج

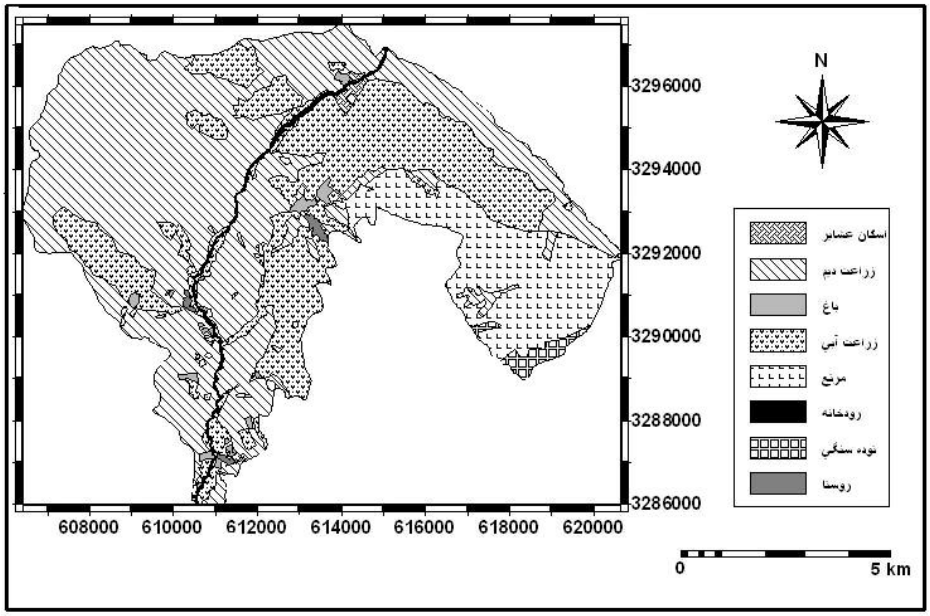
شکل ۲ نقشه فعلی کاربری اراضی و شکل ۳ نقشه کاربری اراضی در حالت استاندارد و با توجه به وجود محدودیت‌ها و مطالعات تناسب اراضی در منطقه را نشان می‌دهد. مساحت مربوط به سطح هر کاربری در دو وضعیت فعلی و استاندارد در جدول ۱ نشان داده شده است. نتایج مربوط به مقادیر میزان فرسایش و میزان هزینه و سود دهی هر یک از انواع کاربری‌ها نیز در جدول ۲ آورده شده است. معادلات ۷ و ۸ فرمول عمومی مسئله بهینه‌سازی کاربری اراضی با خلاصه‌کردن اولین هدف و تغییر هدف دوم از شکل حداقل به حداکثر را نشان می‌دهد.

$$Max(Z_1) = 35.148X_1 + 0.270X_2 + 1.71X_3 + 0.79X_4 \quad (۷)$$

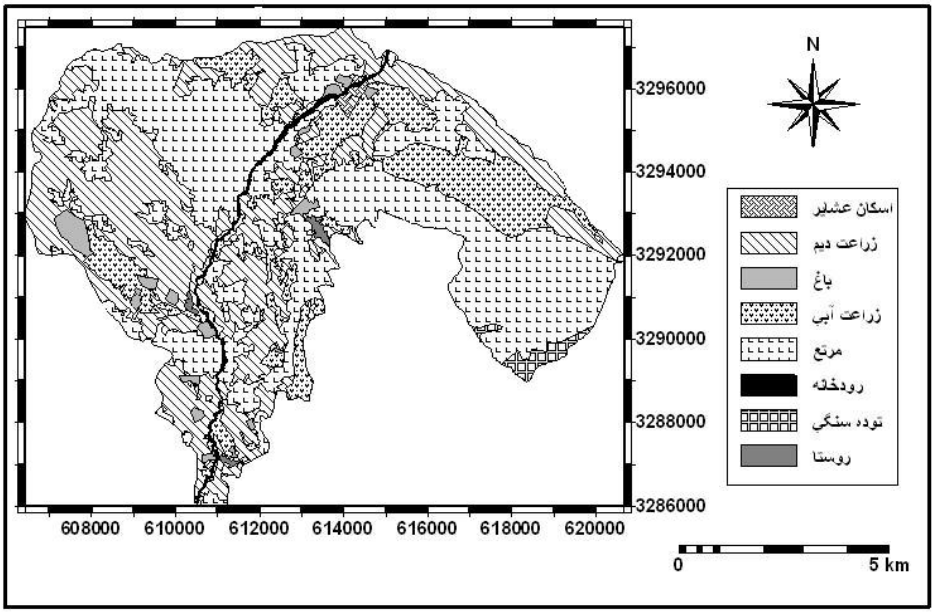
$$Max(-Z_2) = -12.95X_1 - 10.03X_2 - 15.82X_3 - 17.24X_4 \quad (۸)$$

www.SID.ir

Archive of SID



شکل۲: نقشه پراکنش کاربری ها در وضعیت فعلی در حوضه آبخیز زاخرد



شکل ۳: نقشه پراکنش کاربری ها در وضعیت استاندارد در حوضه آبخیز زاخرد

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۱: مساحت کاربری‌های موجود در حوضه‌آبخیز زاخرد در دو وضعیت کنونی و استاندارد

عامل / کاربری	وضعیت کنونی		وضعیت استاندارد	
	مساحت (ha)	درصد مساحت	مساحت (ha)	درصد مساحت
باغ	۷۸/۸۵	۰/۹۶	۱۶۷/۸۵	۲/۰۴
مرتع	۱۱۹۷/۱۶	۱۴/۵۶	۳۶۳۰/۰۶	۴۴/۱۵
کشت آبی	۲۲۶۵/۳۱	۲۷/۵۵	۱۳۰۳/۷۹	۱۵/۸۶
کشت دیم	۴۴۶۱/۰۳	۵۴/۲۵	۲۹۰۰/۵۸	۳۵/۲۷
سایر مناطق	۲۲۰/۴۶	۲/۶۸	۲۲۰/۴۶	۲/۶۸
کل	۸۲۲۲/۸۱	۱۰۰	۸۲۲۲/۸۱	۱۰۰

جدول۲: مقادیر فرسایش سالانه، هزینه، درآمد ناخالص و خسارات ناشی از فرسایش خاک

کاربری	سطح (ha)	فرسایش سالانه (Ton/ha/y)	هزینه (10^6 Rial/ha/y)	در آمد ناخالص (10^6 Rial/ha/y)	سود خالص (10^6 Rial/ha/y)	خسارت فرسایش خاک (Rial/ha)
باغ	۷۸/۸۵	۱۲/۹۵	۱۰/۳۰	۴۵/۴۹	۳۵/۱۹	۴۱۱۷۲/۳
مرتع	۱۱۹۷/۱۶	۱۰/۰۳	۰	۰/۲۷۱	۰/۲۷۱	۸۷۶/۶۸
آبی	۲۲۶۵/۳۱	۱۵/۸۲	۴/۴	۶/۱۲	۱/۷۲	۵۴۴۲/۰۸
دیم	۴۴۶۱/۰۳	۱۷/۲۴	۳/۴۷	۴/۲۷	۰/۸۰	۷۳۵۵/۲

نتایج حاصل از حل مدل بهینه‌سازی توسط نرم‌افزار LINGO که یکی از نرم‌افزارهای برنامه‌ریزی خطی چند منظوره می‌باشد، با در نظر گرفتن ۸ محدودیت کلی در جدول ۳ ارائه شده است.

جدول ۳: سطح بهینه اختصاص‌یافته به هر کاربری پس از حل توابع هدف در حوضه‌آبخیز زاخرد

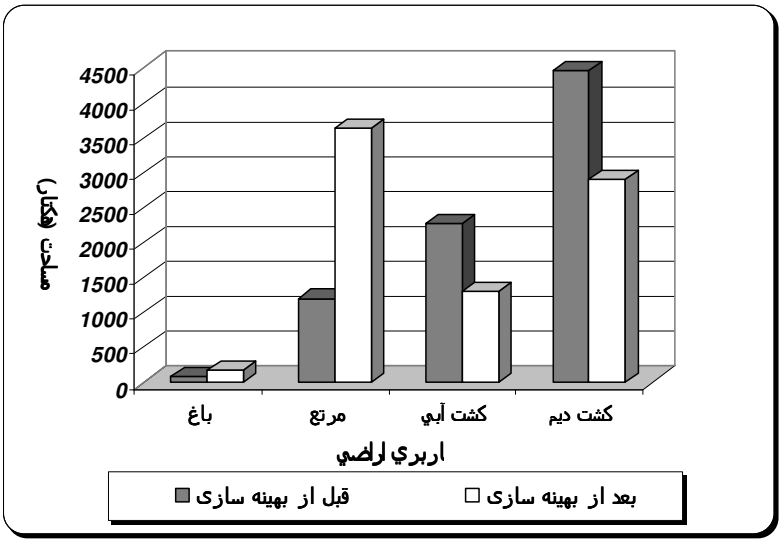
عامل / کاربری	وضعیت کنونی		سطح بهینه اختصاص‌یافته	
	مساحت (ha)	درصد مساحت	مساحت (ha)	درصد مساحت
باغ	۷۸/۸۵	۰/۹۶	۱۶۷/۸۵	۲/۰۴
مرتع	۱۱۹۷/۱۶	۱۴/۵۶	۳۶۳۰/۰۶	۴۴/۱۵
کشت آبی	۲۲۶۵/۳۱	۲۷/۵۵	۱۳۰۳/۷۹	۱۵/۸۶
کشت دیم	۴۴۶۱/۰۳	۵۴/۲۵	۲۹۰۰/۵۸	۳۵/۲۷
سایر مناطق	۲۲۰/۴۶	۲/۶۸	۲۲۰/۴۶	۲/۶۸
کل	۸۲۲۲/۸۱	۱۰۰	۸۲۲۲/۸۱	۱۰۰

همان گونه که جدول۳ نشان می‌دهد، سطح کاربری‌های فعلی در صورت بهینه‌سازی مسئله تغییر کرده به طوری که سطح اراضی باغی از ۷۸/۸۵ هکتار به ۱۶۷/۸۵ هکتار (۲۱۲/۸۷ درصد افزایش)، اراضی مرتعی از ۱۱۹۷/۱۶ هکتار به ۳۶۳۰/۰۶ (۳۰۳/۲۶ درصد افزایش)، سطح اراضی کشت آبی از ۲۲۶۵/۳۱ هکتار به

www.SID.ir

Archive of SID

۱۳۰۳/۷۹ هکتار (۵۷/۵۵ درصدکاهش) و سطح اراضی کشت دیم نیز از ٤٤٦١/٠٣ هکتار به ۲۹۰۰/۵۸ هکتار (٦٥/٠٢ درصد کاهش) تغییر کرده است. شکل٤ سطح اختصاص‌یافته به هر کاربری را در شرایط قبل و بعد از بهینه‌سازی کاربری اراضی نشان می‌دهد. جداول ٤ و ٥ نتایج حاصل از محاسبات فرسایش و سود دهی کاربری‌های مختلف در شرایط قبل و بعد از بهینه‌سازی کاربری اراضی را نشان می‌دهند. همچنین نتایج مربوط به مقایسات مقادیر فرسایش و سود خالص سالانه کل حوضه در شرایط قبل و بعد از بهینه‌سازی در جداول ٦ و ٧ آورده شده است.



شکل ٤: تغییرات سطح کاربری های مختلف قبل و بعد از بهینه سازی در حوضه‌آبخیز زاخرد

جدول ٤: نتایج حاصل از محاسبات سود و فرسایش در شرایط قبل از بهینه‌سازی کاربری اراضی

کاربری اراضی	سطح (ha)	فرسایش سالانه (Ton/ha)	فرسایش کل (Ton/y)	سود خالص سالانه (10^6 Rial/ha.y)	سود خالص کل (10^6 Rial/ y)
باغ	۷۸/۸۵	۱۲/۹۵	۱۰۲۱/۱۰	۳۵/۱۹	۲۷۷٤/۷۳
مرتع	۱۱۹۷/۱٦	۱۰/۰۳	۱۲۰۰۹/۹۰	۰/۲۷۱	۳۲٤/٤۳
کشت آبی	۲۲٦٥/۳۱	۱٥/۸۲	۳٥۸۳۷/۲۰	۱/۷۲	۲۳۳۷/۷۸
کشت دیم	٤٤٦۱/۰۳	۱۷/۲٤	۷٦۹۰۸/۱٥	۰/۸۰	۲۱٤۱/۲۹
کل	**۸۰۰۲/۳٥**	**۱٥/۷۱**	**۱۲٥۷۷٦/۳٥**	**۱/٤۳**	**۷٥۷۸/۲۳**

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۵: نتایج حاصل از محاسبات سود و فرسایش در شرایط بعد از بهینه‌سازی کاربری اراضی

کاربری اراضی	سطح (ha)	فرسایش سالانه (Ton/ha)	فرسایش کل (Ton/y)	سود خالص سالانه (10^6 Rial/ha.y)	سود خالص کل (10^6 Rial/ y)
باغ	۱۶۷/۸۵	۱۲/۹۵	۲۱۷۳/۶۵	۳۵/۱۹	۵۹۰۶/۶
مرتع	۳۶۳۰/۰۸	۱۰/۰۳	۳۶۴۰۹/۷۰	۰/۲۷۱	۹۸۳/۷۵
کشت آبی	۱۳۰۳/۷۹	۱۵/۸۲	۲۰۶۲۵/۹۵	۱/۷۲	۱۳۴۵/۵۱
کشت دیم	۲۹۰۰/۵۸	۱۷/۲۴	۵۰۰۰۵/۹۹	۰/۸۰	۱۳۹۲/۲۸
کل	**۸۰۰۲/۳۵**	**۱۳/۶۴**	**۱۰۹۲۱۵/۲۹**	**۱/۵۳**	**۹۶۲۸/۱۴**

جدول۶: درصد کاهش میزان فرسایش کل حوضه (Ton/y) در بعد از بهینه‌سازی کاربری اراضی نسبت به وضعیت کنونی

قبل از بهینه‌سازی	بعد از بهینه‌سازی	
مقدار فرسایش (Ton/y)	مقدار فرسایش (Ton/y)	درصد کاهش
۱۲۵۷۷۶/۳۵	۱۰۹۲۱۵/۲۹	۱۳/۱۶

جدول ۷: درصد افزایش میزان سود خالص کل حوضه در بعد از بهینه‌سازی کاربری اراضی نسبت به وضعیت کنونی

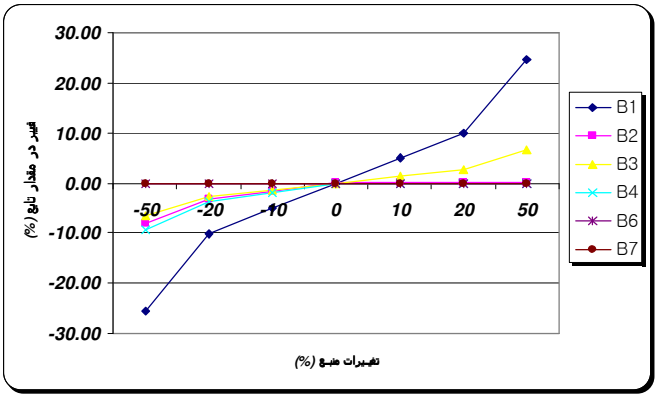
قبل از بهینه‌سازی	بعد از بهینه‌سازی	
مقدار سود (10^6 Rial/ y)	مقدار سود (10^6 Rial/ y)	درصد افزایش
۷۵۷۸/۲۳	۹۶۲۸/۱۴	۲۷/۰۴

با توجه به نتایج به‌دست آمده در جدول ٦ مشاهده می‌شود که میزان فرسایش خاک در صورت بهینه‌سازی کاربری اراضی کاهش یافته است، همان طور که جدول ٦ نشان می‌دهد، میزان فرسایش قبل از بهینه‌سازی کاربری اراضی برابر با ۱۲۵۷۷٦/۳۵ تن در سال بوده است که پس از بهینه‌سازی کاربری اراضی به۱۰۹۲۱۵/۲۹ تن در سال رسیده است. به‌عبارتی میزان فرسایش حدود ۱۳/۱٦ درصد کاهش یافته است (جدول٦). نتایج حاصل از جدول ۷ نیز نشان می‌دهد که در صورت بهینه‌سازی کاربری اراضی در حوضه‌آبخیز زاخرد، میزان سوددهی کل حوضه افزایش قابل توجهی داشته است. با توجه به جدول ۷ مشخص می‌شود، که میزان سوددهی کل حوضه در قبل از بهینه‌سازی کاربری اراضی برابر با۷۵۷۸/۲۳ میلیون ریال و پس از بهینه‌سازی کاربری اراضی برابر با ۹٦۲۸/۱٤ میلیون ریال بوده است. به عبارتی میزان سوددهی در صورت بهینه‌سازی کاربری اراضی به میزان ۲۷/۰٤ درصد افزایش یافته است (جدول ۷).

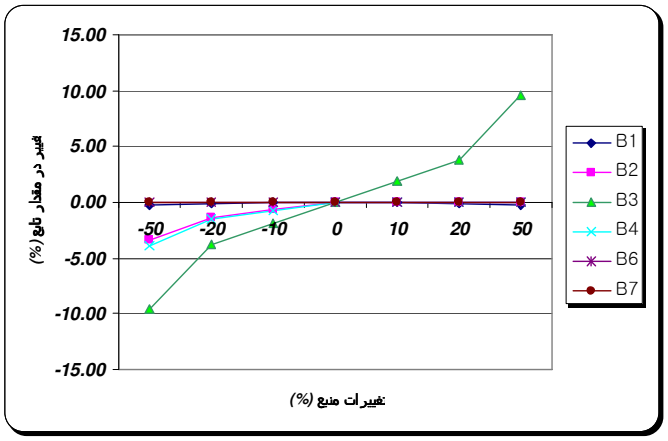
در ارزیابی حساسیت توابع هدف نسبت به تغییرات منابع و ضرایب از نسبت های۱۰، ۲۰ و ۵۰ درصد تغییرات منابع نسبت به حالت بهینه استفاده و در نتیجه درصد تغییرات مقدار توابع هدف محاسبه شد. با توجه به شکل های ۵ و ٦ تحلیل حساسیت می‌توان نتیجه گرفت که تغییر در بیشترین سطح اراضی باغی و سطح اراضی دیم بیشترین تأثیر در تغییر میزان سوددهی و فرسایش خاک حوضه‌آبخیز زاخرد را به دنبال دارد.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۵: تجزیه و تحلیل تابع بیشینه‌سازی سود نسبت به تغییرات منابع



شکل ٦: تجزیه و تحلیل تابع کمینه‌سازی فرسایش خاک نسبت به تغییرات منابع

نتیجه گیری

نتایج این تحقیق نشان داد که در صورت بهینه سازی کاربری اراضی میزان فرسایش خاک نسبت به شرایط حال به میزان ۱۳/۱٦ درصد کاهش می یابد. علت کاهش فرسایش مربوط به کاهش سطح اراضی دیم و کشت آبی و افزایش سطح اراضی باغی و مرتعی بوده است.

همچنین نتایج این مطالعه نشان داد که بهینه سازی کاربری اراضی در حوضه آبخیز زاخرد علاوه بر کاهش میزان فرسایش، میزان سوددهی کاربری های مختلف را بهبود می بخشد که این امر از لحاظ مدیریت پایدار حوزهٔ آبخیز بسیار حائز اهمیت می باشد. به طوری که در صورت بهینه سازی کاربری اراضی در شرایط فعلی ۲۷/۰٤ درصد نسبت به شرایط قبل از بهینه‌سازی بر میزان سود دهی حوضه افزوده شده است. این نتایج نشان می دهد که بهینه‌سازی کاربری اراضی علاوه بر هدر رفت منابع، باعث افزایش میزان سود دهی نیز گردیده است که این امر یکی از مهمترین الگوی مورد نظر مسئولین کشاورزی و منابع طبیعی است.

www.SID.ir

Archive of SID

نتایج بدست آمده از انتخاب حساس‌ترین پارامتر مدل نیز نشان داد که تغییر در بیشترین سطح اراضی باغی و بیشترین سطح اراضی دیم، بیشترین تاثیر در تغییر میزان سوددهی و فرسایش خاک حوضه آبخیز زاخرد دارد.

مقایسه فرضیه ها و نتایج بدست آمده از این تحقیق نیز نشان می دهد که فرضیه اول که بیان می کند وضعیت فعلی کاربری اراضی در حوضه آبخیز زاخرد برای به حداقل رساندن فرسایش خاک مناسب نیست، تایید می شود. زیرا میزان فرسایش بعد از اجرای مدل بهینه سازی کاربری اراضی در حوضه آبخیز زاخرد ۱۳/۱٦ درصد کاهش یافته است و این بیانگر این مطلب می باشد که کاربری اراضی موجود در حوضه آبخیز زاخرد در شرایط فعلی برای کاهش میزان فرسایش خاک مناسب نمی‌باشد و باید اقدامات مدیریتی جهت بهینه‌کردن آن ها منظور گردد.

نتایج حاصل از این تحقیق با نتایج تحقیقات دیگر محققان همچون نیک‌کامی (۱۹۹۹)، جلیلی (۱۳۸۳)، Singh (۱۹۹۹) و شعبانی (۱۳۸٦) تطابق دارد. جلیلی (۱۳۸۳) در مطالعه‌ای تحت عنوان بهینه‌سازی کاربری اراضی با استفاده از مدل برنامه‌ریزی خطی درحوزه‌آبخیز بریموند، میزان کاهش فرسایش و افزایش سود سالانه را به ترتیب ۷/۷۸ درصد و ۱۱۸/٦۲ درصد بیان نمود. نیک‌کامی (۱۹۹۹) در تحقیق مشابه در یکی از زیر حوزه‌های‌آبخیز دماوند، ضمن معرفی ترکیب بهینه کاربری اراضی با استفاده از مدل برنامه‌ریزی خطی چند منظوره، کاهش ۵ درصدی در تولید رسوب و افزایش ۱۳٤ درصدی در سود سالانه در منطقه را در صورت بهینه‌سازی کاربری اراضی بیان می‌کند. Singh (۱۹۹۹) در یک مطالعه موردی در ناحیه ماهی‌کماند هندوستان، حداکثرسازی تولید و سود را با به کارگیری برنامه‌ریزی بهینه کشت انجام داد و نتیجه گرفت که برنامه‌ریزی کشت در سطح منطقه، میزان تولیدات را ٦۰ تا ۹٦ درصد افزایش می‌دهد. شعبانی (۱۳۸٦) در مطالعه خود در حوضه آبخیز خارستان فارس به این نتیجه رسید که در صورت بهینه سازی کاربری اراضی در شرایط فعلی و بدون اعمال هیچ‌گونه مدیریت زراعی، میزان فرسایش خاک نسبت به شرایط حال به میزان ۳/۷ درصد کاهش و میزان سود دهی حوضه ۱٦۲/٦۳ درصد افزوده می‌شود.

منابع

۱- احمدی، حسن (۱۳۷۸): ژئومورفولژی کاربردی، جلد۱ (فرسایش آبی)، چاپ دوم، انتشارات دانشگاه تهران.

۲- اصغرپور، محمد جواد (۱۳۷۵): برنامه‌ریزی خطی، مؤسسه انتشارات و چاپ دانشگاه تهران، چاپ پنجم، ۳۱۱ صفحه.

۳- پیشداد سلمان آباد، لیلا، نجفی نژاد، علی وسلمان ماهینی، عبدالرسول (۱۳۸۷): بررسی اثرات تغییر کاربری اراضی بر فرسایش خاک در حوضه آبخیز چراغ ویس، مجله علمی پژوهشی علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، شماره ۱، جلد ۵۵.

www.SID.ir

Archive of SID

٤- جلیلی، خلیل (۱۳۸۳): بهینه‌سازی کاربری اراضی حوضه‌آبخیز بریموند به منظور کمینه‌سازی فرسایش خاک با استفاده از برنامه‌ریزی خطی، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکدهٔ منابع طبیعی و علوم دریایی نور، دانشگاه تربیت مدرس، صفحه ۸۸.

٥ـ حق نیا، غلامرضا، و کوچکی، عوض (۱۳۷٥): مدیریت پایدار خاک، ترجمه، انتشارات جهاد دانشگاهی، مشهد.

٦ـ رفاهی، حسینقلی (۱۳۷٥): فرسایش آبی و کنترل آن، انتشارات دانشگاه تهران،٥٥۱ صفحه.

۷- سلطانی، غلامرضا، زیبایی، منصور و کهخا، احمد علی (۱۳۷۸): کاربرد برنامه‌ریزی ریاضی در کشاورزی، انتشارات سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ۳۷۳ صفحه.

۸- شعبانی، محمد (۱۳۸٦): تاثیر مدیریت کاربری اراضی در کاهش فرسایش خاک (منطقه مورد مطالعه: حوضه آبخیز خارستان فارس)، رساله دکتری آبخیزداری، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران.

۹- طرح جامع مطالعات آبخیزداری حوضه‌آبخیز زاخرد (۱۳۸۳): مدیریت آبخیزداری جهاد کشاورزی استان فارس.

۱۰- مهرگان، محمد (۱۳۸۰): پژوهش عملیاتی (برنامه ریزی خطی و کاربرد های آن)، نشر کتاب دانشگاهی، تهران، چاپ چهاردهم، ٥۳۱ صفحه.

۱۱- نیک‌کامی، داوود (۱۳۸۱): بهینه‌سازی مدیریت فرسایش خاک در حوضه‌آبخیز دماوند، مجله علمی پژوهشی پژوهش و سازندگی، شماره ٥٤، صفحه ۸۲-۸۹.

۱۲- نیک کامی، داوود (۱۳۸۳): کاربرد های تحقیقاتی و مطالعاتی مدل PSIAK در محیط GIS، انتشارات پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری، ۳۲ صفحه.

13- Clausen, J. C., Jokela, W. E., Potter and Williams, F. I (1996): Paired Watershed Comparison of Tillage Effects on Runoff, Sediment and Pesticide Losses. Journal of Environmental Quality, 25: 1000-1007.

14- Dick, w. A. and Vandoren, D .M (1985): Continuous Tillage and Rotation Combinations Effects on Corn, Soybean, and Oat Yields, Agronomy Journal, 77: 459-465.

15- Fawcett, R, S., Christensen, B. R and Tierney, D, P (1994): The Impact of Conservation Tillage on Pesticide Runoff in to Surface Water: a Review an Analysis, Journal of Soil and Water Conservation, 69: 126-135.

16- Gyssels, G., Poesn, J., Knapen, A., Van Dessol, W. and Leonarl, J (2006): Effects of Double Drilling of Small Grains on Small on Soil Erosion By Concentrated Flow and Crop Yield, Journal of Soil and Tillage Research.

17- Hussain, I., Olson., K. R and Ebolhar., S. A (1999): Impacts of Tillage and no-Till on Production of Maize and Soybean on an Eroded Illinois Silt Loam Soil, Journal of Soil and Tillage Research, 52:37-49.

18- Ismail, I., Blevins, R. L and Frye., W. W (1994): Long-Term Tillage Effected on Soil Properties and Continuous Corn Yields, Soil Science American Journal, 56: 1255 – 1299.

19- Mahler, P.J (1979): Manual of Land Classification for Irrigation (Third Revised Edition), Soil Instituted of Iran, Publication No.205, Pp 103.

20- Mccool, D. K., Zuzel, J. F., Istok, J. E and Molnau, M (1986): Erosion Processes and Prediction for The Pacific Northwest, In: Elliott, L.F.(Ed), Proceedings of The STEEP-Soil Conservation Concepts and Accomplishments, May 20-21,1986, Spokane, WA.PP. 187-204.

21- Ozpinar, S. (2006): Effects of Tillage on Productivity of Winter Wheat-Vetch Rotation Under Dry Land Mediterranean Conditions, Journal of Soil and Tillage Research, 89: 258-265.

www.SID.ir

Archive of SID

22- Singh, A.K. and Singh J.P (1999): Production and Benefit Maximization Through Optimal Crop Planning: a Case Study of Mahi Command, Indian Journal of Soil Conservation, 27(2): 157-152.
23- Vanliew, M. W and SaxTon, K. E (1983): Slope Steepness and Incorporated Residue Effects on Rill Erosion, Trans, ASAE, 26(6)1238-1743.
24- Wagger, M. G and DenTon, H.P (1992): Crop and Tillage Rotations Grain Yield, Residue Cover and Soil Water, Soil Science American Journal, 56:1233- 1237.
25- Zuzel, J. F and Pikul, J. L (1993): Effects of Straw Mulch on Runoff and Erosion Form Small Agricultural Plots in Northeastern Oregon, Journal of Soil Science,156(2), 111-117.
26- Baker, J. L and Laflen, J. M (1983): Effect of Tillage Systems on Run Off Losses of Pesticides, a Rainfall Simulation Study, Journal of Soil and Water Conservation, 38: 186-193.

www.SID.ir