بهينه‌سازي كاربري اراضي به منظور كاهش ميزان فرسايش و افزايش سوددهي حوزه‌هاي آبخيز (بررسي موردی: حوزه‌آبخيز خارستان فارس)

محمد شعبانی*[1]، حسن احمدي[2]، داوود نيك كامي[3]، حسين آذرنيوند[4] و محسن محسني‌ساروي[4]
[1] دانشجوي دكتراي علوم و مهندسي آبخيزداري، دانشگاه آزاد اسلامي، واحد علوم و تحقيقات تهران، ايران
[2] استاد گروه احياء مناطق خشک و كوهستاني، دانشكده منابع طبيعي، دانشگاه تهران، ايران
[3] استاديار پژوهشی مركز تحقيقات حفاظت خاک و آبخيزداري، ايران
[4] دانشيار گروه احياء مناطق خشک و كوهستاني، دانشكده منابع طبيعي، دانشگاه تهران، ايران
(تاريخ دريافت: ٨٥/١١/٢٩، تاريخ تصويب: ٨۶/٣/٢١)

چكيده

امروزه چگونگي استفاده از اراضي، عامل بسيار مهمي در ايجاد فرسايش و رسوبدهي حوزه هاي‌آبخيز به‌شمار مي‌رود. به‌دليل بي‌توجهي به‌اين مسئله، فرسايش و توليد رسوب در حوزه‌هاي‌آبخيز افزايش يافته و پيامدهاي زيادي داشته است. هدف اصلي در اين پژوهش تعيين سطح بهينه كاربري‌هاي اراضي به منظور كاهش ميزان فرسايش و بالابردن درآمد ساكنان حوزه‌آبخيز خارستان در شمال غرب شهرستان اقليد واقع در استان فارس مي‌باشد. به منظور انجام اين پژوهش، ابتدا نقشه كاربري اراضي منطقه مورد بررسي با استفاده از تعدادي تصوير ماهواره‌اي لندست سال ٢٠٠٢ تهيه و مقادير فرسايش كاربري‌ها به كمك مدل تجربي MPSIAC و سود خالص كاربري‌ها از تفاضل درآمد ناخالص و هزينه هر كاربري تعيين شد. پس از مشخص‌كردن محدوديت‌ها و توابع هدف، با استفاده از مدل برنامه‌ريزي خطي چندمنظوره و روش سيمپلكس، سطح بهينه كاربري‌هاي اراضي در منطقه مشخص شد. بهينه‌سازي انجام شده بر كاهش اراضي ديم و كشت آبي و افزايش اراضي باغي در منطقه تاكيد دارد، به‌طوري‌كه سطح اراضي باغي ٣٧٧/١ درصد افزايش، سطح اراضي مرتعي بدون تغيير كاربري، سطح اراضي كشت آبي ٧٢/٧٨ درصد كاهش و سطح اراضي كشت ديم ٨٠/٣ درصد كاهش يافته است. همچنين نتايج نشان داد كه در صورت بهينه‌سازي كاربري اراضي، ميزان فرسايش خاك نسبت به شرايط فعلي به ميزان ٣/٧ درصد كاهش و ميزان سوددهي كل حوزه ١٦٢/٦٣ درصد نسبت به شرايط قبل از بهينه‌سازي افزايش مي‌يابد.

واژه‌هاي كليدي: فرسايش خاك، رسوبدهي، كاربري اراضي، برنامه‌ريزي خطي و حوزةآبخيز خارستان

* نويسنده مسئول: تلفن: ٠٧٩١-٥٥٥٢٤٦٣ فاكس: ٠٧٢٩-٧٦٢٢٨٥٤ Email: mohamshabani@yahoo.com

مقدمه

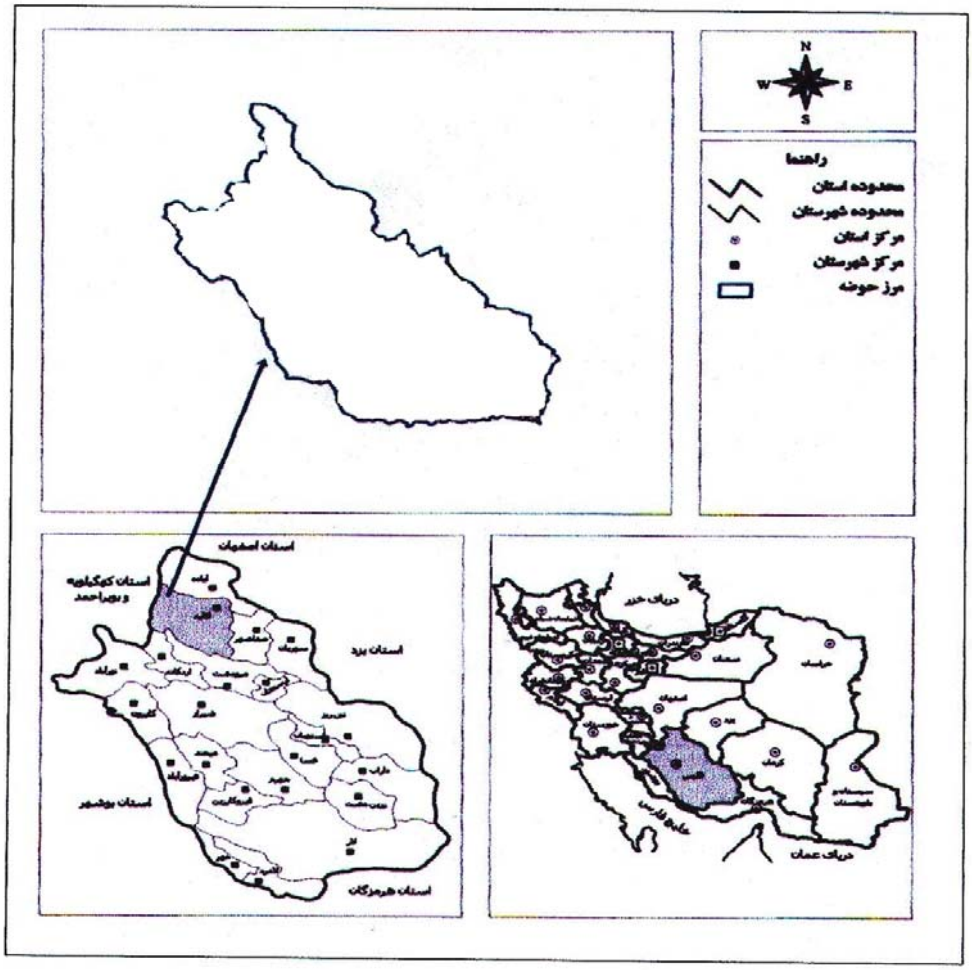
رسوبدهي حوزه هاي‌آبخيز تابع عامل‌هاي چندي است كه يكي از اين عامل‌هاي استفاده نادرست از اراضي مي‌باشد. ويژگي‌هاي محيطي مانند ميزان و شدت بارش، درجه شيب و تراكم شبكه آبراهه‌ها نيز در توليد و حمل رسوب موثر مي‌باشند (۱). چنانچه سهم مشاركت انواع استفاده از زمين در ميزان رسوبدهي مشخص و قابل توجه باشد، با ارائه روش‌هاي مديريتي در بهره‌برداري از اراضي، مي‌توان از شدت فرسايش حوزه‌هاي‌آبخيز كاست و ميزان درآمد ساكنان آبخيز را افزايش داد (۱ و ۷). گرچه متوقف‌كردن كامل فرسايش خاک تا حد شرايط طبيعي امكان‌پذير نيست، ولي مهار فرسايش درحوزه‌هاي‌آبخيز و طرح‌هاي بهره‌برداري از آب و خاك يك نياز مبرم است. بهينه‌سازي مديريت فرسايش خاك در حوزه‌هاي‌آبخيز يكي از راه‌هاي بهينه براي حفاظت از خاك مي‌باشد. اين امر مدير حوضه را قادر مي‌سازد تا از بين تركيب‌هاي مختلف و گوناگون كاربري‌هاي اراضي در داخل يک حوزه‌آبخيز گزينه بهينه را طوري گزينش نمايد كه با وضعيت موجود، علاوه بر كاهش ميزان فرسايش، درآمد مناسبي را براي ساكنان حوزه به ارمغان آورد (۷). در طي ساليان متمادي محققان مختلف، بررسي‌هاي گسترده‌اي روي روابط بين ميزان فرسايش و رسوبدهي از جمله نوع و تغييرات استفاده از زمين در سراسر جهان انجام داده‌اند و به نتايج مشابهي دست يافته‌اند. Singh (۱۹۹۹) در يك بررسي موردي در ناحيه ماهي‌كماند هندوستان، بيشينه سازي توليد و سود را با به‌كارگيري برنامه‌ريزي بهينه كشت انجام داد. در اين بررسي زماني كه بيشينه نمودن توليد به‌عنوان هدف اصلي مورد نظر بوده است، ۸٦/٦ درصد منطقه تنها به كشت گندم و سبزي‌ها اختصاص‌يافته و بهره‌برداري كل از منابع آب ٦۳/۷۲ درصد و به‌كارگيري نيروي انساني۲۹/٥٤ درصد بوده است. اين بررسي نشان داد كه برنامه‌ريزي كشت در سطح منطقه، ميزان توليد را ٦۰ تا ۹٦ درصد افزايش مي‌دهد. Cyssels و همكاران (۲۰۰٦) با بررسي تاثير شخم حفاظتي و روش‌هاي درست بهره‌برداري از اراضي در بلژيك بر روي ميزان فرسايش به‌اين نتيجه رسيدند كه شخم حفاظتي و ديگر روش‌هاي حفاظتي مي‌تواند ميزان فرسايش خاك را حدود ۲٥ درصد به‌طور ميانگين و حدود ٤۰ درصد در شرايط بهينه كاهش دهد. جليلي (۱۳۸۳) در پژوهشي با عنوان بهينه‌سازي كاربري اراضي حوزه‌آبخيز بريموند به منظور كمينه‌سازي فرسايش خاك با استفاده از مدل برنامه‌ريزي خطي، ضمن معرفی كاربري بهينه اراضي ، ميزان كاهش فرسايش و افزايش سود سالانه را به ترتيب ۷/۷۸ درصد و ۱۱۸/٦۲ درصد بيان نمود. بهينه‌سازي انجام شده دلالت بر كاهش اراضي ديم و افزايش اراضي باغي در منطقه دارد. نيك‌كامي (۱۳۸۱) مدل بهينه‌سازي را براي كاهش تأثيرات محيطي و اقتصادي فرسايش خاک ناشي از مديريت نامناسب فعاليت‌هاي كاربري اراضي با استفاده از مدل برنامه‌ريزي خطي چندمنظوره در يكي از زير حوزه‌هاي‌آبخيز دماوند انجام و نتيجه گرفت كه بهينه‌سازي كاربري اراضي باعث كاهش ٥ درصد در توليد رسوب و افزايش ۱۳٤ درصد در سود سالانه در منطقه مورد بررسي مي‌شود. اين بررسي در حوزه‌آبخيز خارستان از زير حوزه‌هاي‌آبخيز سد درودزن در شمال غرب شهرستان اقليد صورت گرفت. اين حوضه به دليل دارا بودن سازندهاي حساس به فرسايش مانند پابده-گوربي و هرمز و استفاده نادرست از اراضي داراي فرسايش خاك و رسوب بالايي بوده و سهم زيادي در ميزان رسوب ورودي به سد درودزن دارد. بنابراين هدف از انجام اين بررسي تعيين سطح بهينه كاربري‌هاي اراضي به منظور كاهش ميزان فرسايش و بالابردن درآمد ساكنان حوزه‌آبخيز خارستان به كمك مدل برنامه‌ريزي خطي چندمنظوره مي‌باشد.

مواد و روش‌ها

معرفي منطقه مورد بررسي

حوزه‌آبخيز خارستان يكي از زير حوزه‌هاي‌آبخيز سد درودزن مي‌باشد كه در دامنة جنوبي رشته كوه‌هاي زاگرس و در شمال غرب شهرستان اقليد واقع در استان فارس قرار دارد. اين حوضه در محدوده جغرافيائي ٥۱ درجه و٤۷ دقيقه و ۹ ثانيه تا ٥۲ درجه و صفر دقيقه و صفر ثانيه طول شرقي و ۳۰ درجه و ۳٥ دقيقه و ۳٤ ثانيه تا ۳۰ در جه

و٤٧ دقيقه و٣٠ ثانيه عرض شمالي با مساحتي نزديك به ١٤٦/٨٥ كيلومترمربع و محيطي برابر با ٦٨/١٠ كيلومتر واقع شده است (شكل١). منطقه مورد بررسي از شمال به دهستان دژكرد، از شرق به دهكده سفيد، از جنوب به روستاي چوبخله و از غرب به دهستان كاكان محدود مي‌باشد كه داراي ارتفاع بيشينه ٣٠٤٠ متر، ارتفاع كمينه ١٩٠٠ متر، ارتفاع ميانگين وزني ٢٣٣٧ متر از سطح دريا و شيب ميانگين وزني ٢٥/٦٧ درصد مي‌باشد. ميانگين بارندگي منطقه براساس ترسيم خطوط همباران ٥٨٠/٧٥ ميلي‌متر و ميانگين دماي منطقه برابر يا ١٣/٧ درجه سليوس مي‌باشد. اقليم منطقه بر پايه روش دمارتن از نوع مديترانه‌اي و نيمه‌مرطوب و بر پايه روش آمبرژه، اقليم منطقه از نوع كوهستاني و نيمه مرطوب به شمار مي‌آيد. مهم‌ترين فرآورده‌هاي باغي در منطقه شامل سيب، بادام، گردو، آلو و هلو، فرآورده‌هاي كشت آبي شامل گندم، جو، يونجه و كدو و فرآورده‌هاي كشت ديم شامل گندم، جو و عدس مي‌باشند. بر پايه بررسي‌هاي پوشش گياهي داراي سه نوع مراتع ميانگين، ضعيف و خيلي ضعيف در، منطقه مورد بررسي بوده كه ميزان ميانگين وزني توليد علوفه خشك در آنها ٧٦/٧ كيلوگرم در هكتار مي‌باشد.



شكل ١- موقعيت حوزه‌آبخيز خارستان نسبت به شهرستان، استان و كشور

روش کار

براي انجام بررسي، به منظور استخراج نقشه کاربري اراضي سال ۱۳۸۵، از تصویر ماهواره‌اي لندست سال ۲۰۰۲ استفاده شد. در این مرحله پس از تهیه تصویر ماهواره‌اي، ابتدا با استفاده از باندهاي ۲، ۳ و٤ (آبي، سبز و قرمز) ترکیب رنگي کاذب ساخته و مرز اولیه کاربري‌ها بر روي تصویر مشخص و بدین ترتیب نقشه اولیه کاربري اراضي در چهار سطح کاربري مرتع، باغ، کشت آبي و کشت دیم تهیه شد. پس از تهیه نقشه اولیه کاربري اراضي، با مراجعه به منطقه و نظارت صحرایي، نقشه مورد نظر با شرایط و واقعیت‌هاي موجود در حوضه تطبیق و اصلاح‌هاي لازم صورت گرفت و در نهایت نقشه نهایي کاربري اراضي سال ۱۳۸۵ تهیه شد. در این بررسي با توجه به اهداف مورد نظر یعني کمینه‌کردن میزان فرسایش کل حوزه و بیشینه‌ساختن درآمد ساکنان حوزه‌آبخیز خارستان از مدل برنامه‌ریزي خطي چندمنظوره استفاده و اهداف به شکل فرمول ریاضي و به صورت دو تابع هدف فرمول‌بندي شد. برنامه‌ریزي خطي از جمله ابزار متعارفي است که باعث صرفه جویي هزاران تا میلیون‌ها دلار براي واحدهاي بزرگ و حتي میانگین صنعتي و تجاري کشورهاي پیشرفته جهان مي‌شود و استفاده از آن در سایر بخش‌هاي دیگر جامعه از جمله کشاورزي، منابع طبیعي، اقتصادي، اجتماعي و غیره نیز به سرعت گسترش یافته است (۵). بنابراین برنامه‌ریزي خطي عبارت است از برنامه‌ریزي فعالیت‌ها به‌منظور به‌دست آوردن یك نتیجه بهینه. به‌عبارت دیگر، نتیجه‌اي که با توجه به هدف مشخص مدل ریاضي از همه گزینه‌هاي موجه دیگر، بهتر باشد. برنامه‌ریزي خطي با بهینه‌کردن (بیشینه یا کمینه)، متغیر وابسته‌اي که به‌صورت برنامه‌ریزي خطي با مجموعه‌اي از متغیرهاي مستقل و با در نظر گرفتن تعدادي محدودیت خطي تشکیل یافته از متغیرهاي مستقل، در ارتباط است (۲ و ۵). با توجه به خطي‌بودن توابع هدف، مسئله بهینه‌سازي در منطقه مورد بررسي با n متغیر تصمیم‌گیري و m محدودیت و P هدف به صورت معادله‌هاي ۱ الي ۳ نوشته شد (۲).

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

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

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 ($۱۰^{۶}$ ریال در سال) و میزان فرسایش کل حوزه (تن در سال) مي‌باشند. براي هر یك از انواع کاربري‌هاي اراضي، متغیرهاي 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 ($۱۰^{۶}$ ریال در هکتار)، هزینه تولید ($۱۰^{۶}$ ریال در هکتار)، هزینه ناشي از فرسایش خاك ($۱۰^{۶}$ ریال در هکتار) و سطح کل اراضي منطقه (هکتار) مي‌باشد. این مسئله را براي چهار کاربري موجود در حوزه‌آبخیز خارستان مي‌توان به صورت معادله‌هاي ٤ و ۵ نوشت:

(٤)

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

(۵)

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

محدود به:

(٦)

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

در این معادله‌هاي X_1 الي X_4 به ترتیب مساحت باغ‌ها، مراتع، اراضي آبي و دیم‌زارها (هکتار)، A_{11}، A_{21}، A_{31} و A_{41} به ترتیب درآمد خالص از واحد سطح باغ‌ها، مراتع، اراضي آبي و دیم‌زارها (10^6 ریال در هکتار)، A_{12}، A_{22}، A_{32} و A_{42} به ترتیب هزینه تولید در واحد سطح باغ‌ها، مراتع، اراضي آبي و دیم‌زارها (10^6 ریال در هکتار)، A_{13}، A_{23}، A_{33} و A_{43} به ترتیب هزینه ناشي از فرسایش خاك باغ‌ها، مراتع، اراضي آبي و دیم‌زارها (10^6 ریال در هکتار)، C_{E1} الي C_{E4} به ترتیب میزان فرسایش در واحد سطح باغ‌ها، مراتع، اراضي آبي و دیم‌زارها و B_1 الي B_7 به ترتیب بیشینه سطح باغ‌ها، سطح اراضي آبي، سطح دیم‌زارها، سطح باغ‌ها به‌علاوه اراضي آبي، سطح کل اراضي، کمینه سطح باغ‌ها و مراتع (هکتار) مي‌باشند. اطلاعات مربوط به مقادیر فرسایش با استفاده از مدل تجربي MPSIAC به‌دست آمد. به‌طوري‌که پس از گزینش مدل و واسنجي آن در منطقه، میزان رسوبدهي هر یك از انواع کاربري ها مشخص و پس از اعمال ضریب SDR[1] میزان میانگین فرسایش هر یك از کاربري‌ها تعیین شد. اطلاعات مربوط به درآمد ناخالص و هزینه‌ها در مورد هر یك از فرآورده‌هاي کشاورزي و مرتعي بر پایه بررسي‌هاي صحرایي و بررسي‌هاي انجام شده توسط مدیریت آبخیزداري جهاد کشاورزي استان فارس (١٣٨٣) در منطقه بدست آمد. پس از کسر هزینه از درآمد ناخالص، درآمد خالص هر کاربري به‌دست آمد. جهت تعیین ارزش ریالي علوفه مراتع، میزان میانگین وزني تولید علوفه خشك تعیین و بر پایه تبدیل به TDN[2] ارزش ریالي آنها محاسبه شده است. از آنجایي که هیچ‌گونه بررسي بر روي اثرات منفي فرسایش خاك بر اقتصاد کشاورزي منطقه وجود ندارد، لذا ارزیابي این اثرات به طور مستقیم دشوار مي‌باشد. به هر حال این زیان‌ها را مي‌توان به‌طور غیرمستقیم با برآورد میزان خاك از دسترس خارج شده ارزیابي کرد. یکي از این روش‌ها معادل فرض‌کردن میزان خاك فرسایش یافته با سطح اراضي از دسترس خارج‌شده بر پایه عمق منطقه ریشه‌دواني در هر نوع از کاربري‌هاي اراضي است (٧). عمق خاك از دست‌رفته در هر یك از کاربري‌ها بر پایه میزان خاك حمل شده، عمق ریشه‌دواني و وزن ویژه خاك قابل محاسبه است. در این بررسي، روش اخیر در برآورد هزینه ناشي از فرسایش خاك مورد استفاده قرار گرفته است. پس از مشخص کردن ضرایب تابع هدف، ٨ محدودیت به شرح زیر مد نظر قرار گرفت.

محدودیت اول $X_1 \le 2115.53$

محدودیت اول در این مسئله مربوط به سطح باغ‌هاي موجود است که در ابتدا ٥٦١ هکتار بوده اما این میزان مي‌تواند به ٢١١٥/٥٣ هکتار افزایش یابد. دلیل این افزایش براساس نقشه استاندارد کاربري اراضي امکان اختصاص زمین‌هاي با شیب بیش از ٥ درصد و عمق مناسب خاك به باغ مي‌باشد.

محدودیت دوم $X_3 \le 237$

محدودیت دوم مربوط به زمین‌هایي است که زیر کشت فرآورده‌هاي مختلف آبي قرار گرفته‌اند. اما با توجه به شرایط استاندارد مورد نیاز براي کشت آبي و نیز قابلیت دسترسي به آب، ٢٣٧ هکتار از اراضي منطقه داراي توان بالقوه کشت آبي هستند و به همین دلیل میزان این اراضي از ٨٧١ هکتار به ٢٣٧ هکتارکاهش یافته است.

محدودیت سوم $X_4 \le 207$

این محدودیت مربوط به اراضي زیر کشت فرآورده‌هاي دیم است. بر پایه شرایط استاندارد، اراضي با شیب بیشتر از ١٢ درصد مناسب کشاورزي دیم نیستند و عمق خاک کم نیز مي‌تواند به عنوان محدودیت دیگري براي این اراضي مطرح باشد (Mahler,1979 و برنگل١٣٧٩). با بررسي ویژگي‌هاي مناطق مختلف در حوزه مورد بررسي، سطح ١٠٤٩/٥ هکتاري اولیه بعد از جدا کردن مناطق با توان بالقوه کشت دیم به ٢٠٧ هکتار کاهش پیدا کرده است.

١- Sediment Delivery Ratio

٢-Total Digestable Nutrient

محدوديت چهارم $X_1 + X_3 \leq 2352.53$

از آنجائي‌كه در منطقه محدوديت ميزان آب وجود ندارد و تنها محدوديت قابليت دسترسي به آب وجود دارد، لذا با توجه به شرايط كلاس شيب و عمق خاک، زمين‌هاي زير كشت آبي و اراضي باغي نمي‌توانند از ۲۳۵۲/۵۳ هكتار بيشتر شوند.

محدوديت پنجم $X_1 + X_2 + X_3 + X_4 \leq 13032$

پنجمين محدوديت مسئله مربوط به سطح اراضي موجود است و آن اينكه بيشينه سطح اراضي منطقه كه مي‌تواند به چهار كاربري باغ، مرتع، كشت آبي و كشت ديم اختصاص يابد، ۱۳۰۳۲ هكتار است. بنابراين كل سطح اراضي زير كشت اين كاربري‌ها در نهايت مي‌تواند به ميزان گفته‌شده باشد.

محدوديت ششم $X_1 \geq 561$

با توجه به مطالبي كه در محدوديت اول بيان شد، سطح اراضي باغي در منطقه ٥٦١ هكتار بوده و اين اراضي از اين ميزان نمي‌تواند كمتر باشد. زيرا در حال‌حاضر به علت بهره‌دهي مناسب، مردم منطقه تمايلي به تغيير اين كاربري ندارند.

محدوديت هفتم $X_2 \geq 10550.5$

هفتمين محدوديت بيانگر اين نكته است كه سطح اراضي مرتعي منطقه نمي‌تواند از ميزان ۱۰۵۵۰/۵ هكتار كمتر باشد. دليل اين محدوديت اين است كه اراضي مرتعي ملي بوده و تحت مالكيت دولت قرار دارند و بر پايه ماده ٥٦ قانون ملي شدن مراتع، نمي‌توان در اين اراضي تغيير كاربري ايجاد نمود.

محدوديت هشتم $X_1, X_2, X_3, X_4 \geq 0$

آخرين محدوديت مربوط به غيرمنفي بودن متغيرهاست. يعني اينكه سطح اختصاص‌يافته به هر كاربري بايد مثبت باشد.

پس از مشخص شدن توابع هدف و محدوديت‌هاي بيان شده و همچنين برآورد مقادير ثابت و جايگزين‌كردن آنها در توابع هدف (معادله‌هاي ٤ و ٥)، به منظور حل توابع هدف در منطقه مورد بررسي و دستيابي به مناسب‌ترين وضعيت كاربري اراضي، مسئله مورد نظر به روش سيمپلكس كه يكي از روش‌هاي حل مسائل برنامه‌ريزي خطي است، با كمك نرم‌افزار LINGO حل و تركيب بهينه كاربري اراضي مشخص شد. پس از مشخص شدن تركيب بهينه كاربري اراضي، ميزان فرسايش و سود خالص كل حوزه مشخص و با وضعيت قبل از بهينه‌سازي مقايسه شد. به منظور مشخص نمودن عامل‌هاي بسيار مهم و حساس در مدل، تحليل حساسيت نيز صورت گرفت. تحليل حساسيت، اغلب با بررسي تاثير تغييرات B_i (ميزان منبع i كه براي فعاليت ويژه‌اي در اختيار قرار گرفته است) شروع مي‌شود. اين عمل ميزان افزايش يا كاهش Z_1 و Z_2 را نسبت به افزايش يا كاهش جزئي منبع i نشان مي‌دهد (۷).

نتايج

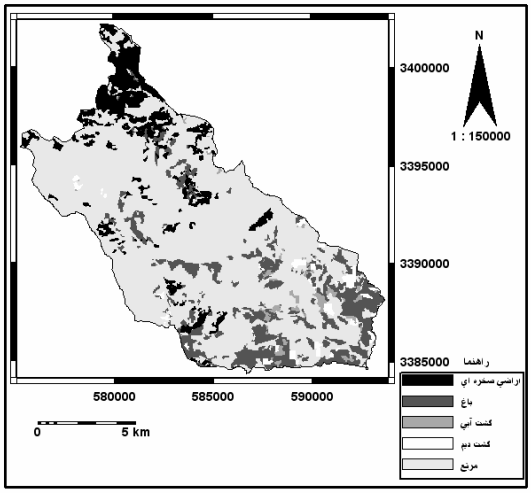
شكل ۲ نقشه استاندارد كاربري اراضي با توجه به وجود محدوديت‌ها و بررسي‌هاي تناسب اراضي و شكل ۳ نقشه فعلي كاربري اراضي در منطقه را نشان مي‌دهد. مساحت مربوط به سطح هر كاربري در دو وضعيت فعلي و استاندارد در جدول ۱ نشان داده شده است. نتايج مربوط به ميزان فرسايش و ميزان هزينه و سوددهي هر يك از انواع كاربري‌ها نيز در جدول ۲ آورده شده است. معادله‌هاي ۷ و ۸ فرمول عمومي مسئله بهينه‌سازي كاربري اراضي با خلاصه‌كردن اولين هدف و تغيير هدف دوم از شكل كمينه به بيشينه را نشان مي‌دهد.

(۷)

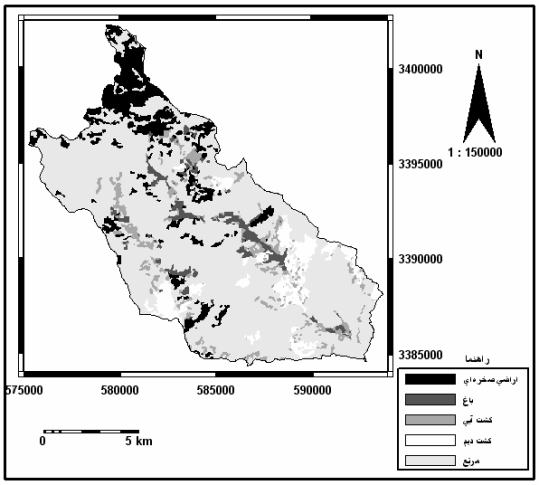
$$Max(Z_1) = 21.452X_1 + 0.10079X_2 + 4.56X_3 + 1.013X_4$$

(۸)

$$Max(-Z_2) = -8.77X_1 - 10.47X_2 - 12.57X_3 - 10.81X_4$$



شكل ٢- نقشه پراكنش كاربري‌ها در وضعيت استاندارد



شكل ٣- نقشه پراكنش كاربري‌ها در وضعيت فعلي

جدول ١- مساحت كاربري‌هاي موجود درحوزه‌آبخيز خارستان در دو وضعيت كنوني و استاندارد

عامل / كاربري	وضعيت كنوني		وضعيت استاندارد	
	مساحت (ha)	درصد مساحت	مساحت (ha)	درصد مساحت
باغ	٥٦١	٣/٨٢	٢١١٥/٥٣	١٤/٤٥
مرتع	١٠٥٥٠/٥	٧١/٨٤	١٠٤٧٢/٤٠	٧١/٣٣
كشت آبي	٨٧١	٥/٩٣	٢٣٧	١/٦١
كشت ديم	١٠٤٩/٥	٧/١٤	٢٠٧	١/٤٠
ساير مناطق	١٦٥٢/٥	١١/٢٥	١٦٥٢/٥	١١/٢٥
كل	١٤٦٨٤/٥	١٠٠	١٤٦٨٤/٥	١٠٠

جدول ٢- ميزان فرسايش سالانه، هزينه، درآمد ناخالص وخسارات ناشي از فرسايش خاك

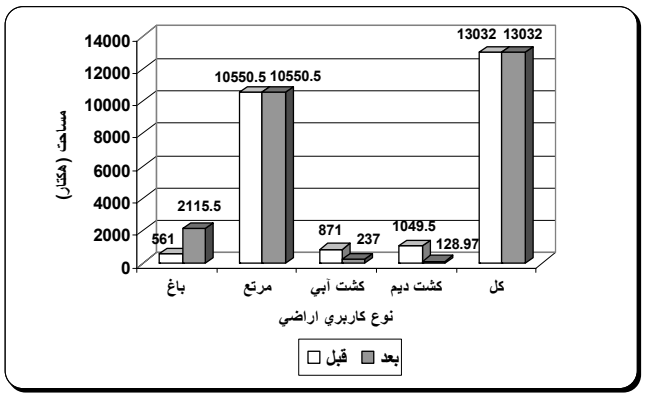
كاربري	سطح (ha)	فرسايش سالانه (ton/ha/y)	هزينه (١٠٦ Rial/ha/y)	در آمد ناخالص (١٠٦ Rial/ha/y)	سود خالص (١٠٦ Rial/ha/y)	خسارت فرسايش خاك (Rial/ha)
باغ	٥٦١	٨/٧٧	١٠/٧٢٤٣	٣٢/١٩٣٢	٢١/٤٦٨٩	١٦٨٥٣/٠٨
مرتع	١٠٥٥٠/٥	١٠/٤٧	---	٠/١٠١١٤١١	٠/١٠١١٤١١	٣٤١/٥٥
آبي	٨٧١	١٢/٥٧	٥/٠٠١	٩/٥٧١٢	٤/٥٧٠٢	١١٤٨٩/٤٨
ديم	١٠٤٩/٥	١٠/٨١	١/٨٤٢٠	٢/٨٦٠٥	١/٠١٨٥	٥٨٧١/٦٥

نتايج بدست آمده از حل مدل بهينه‌سازي با نرم‌افزار LINGO كه يكي از نرم‌افزارهاي برنامه‌ريزي خطي چندمنظوره مي‌باشد، با در نظر گرفتن ۸ محدوديت كلي در جدول ۳ ارائه شده است.

جدول ۳- سطح بهينه اختصاص‌يافته به هر كاربري پس از حل توابع هدف در حوزه‌آبخيز خارستان

عامل / كاربري	وضعيت كنوني		سطح بهينه اختصاص‌يافته	
	مساحت (ha)	درصد مساحت	مساحت (ha)	درصد مساحت
باغ	٥٦١	۳/۸۲	۲۱۱۵/۵۳	١٤/٤١
مرتع	۱۰۵۵۰/۵	۷۱/۸٤	۱۰۵۵۰/۵	۷۱/۸٤
كشت آبي	۸۷۱	۵/۹۳	۲۳۷	۱/٦۱
كشت ديم	۱۰٤۹/۵	۷/۱٤	۱۲۸/۹۷	۰/۸۷
ساير مناطق	١٦٥٢/٥	۱۱/۲۵	١٦٥٢/٥	۱۱/۲۵
كل	١٤٦٨٤/٥	۱۰۰	١٤٦٨٤/٥	۱۰۰

همان‌گونه كه جدول ۳ نشان مي‌دهد، سطح كاربري‌هاي فعلي در صورت بهينه‌سازي مسئله تغيير كرده به‌طوري‌كه سطح اراضي باغي از ٥٦١ هكتار به ۲۱۱۵/۵۳ هكتار (۳۷۷/۱ درصد افزايش)، اراضي مرتعي از ۱۰۵۵۰/۵ هكتار به ۱۰۵۵۰/۵ (بدون تغيير)، سطح اراضي كشت آبي از ۸۷۱ هكتار به ۲۳۷ هكتار (۷۲/۷۸ درصدكاهش) و سطح اراضي كشت ديم نيز از ۱۰٤۹/۵ هكتار به ۲۰۷ هكتار (۸۰/۳ درصد كاهش) تغيير كرده است. شكل٤ سطح اختصاص‌يافته به هر كاربري را در شرايط قبل و بعد از بهينه‌سازي كاربري اراضي نشان مي‌دهد. جداول ٤ و ٥ نتايج بدست آمده از محاسبات فرسايش و سوددهي كاربري‌هاي مختلف در شرايط قبل و بعد از بهينه‌سازي كاربري اراضي را نشان مي‌دهند. همچنين نتايج مربوط به مقايسه‌هاي ميزان فرسايش و سود خالص سالانه كل حوزه در شرايط قبل و بعد از بهينه‌سازي در جداول ٦ و ٧ آورده شده است.



شكل ٤- تغييرات سطح كاربري‌هاي مختلف قبل و بعد از بهينه سازي در حوزه‌آبخيز خارستان

جدول ٤- نتايج بدست آمده از محاسبات سود و فرسايش در شرايط قبل از بهينه‌سازي كاربري اراضي

كاربري اراضي	سطح (ha)	فرسايش سالانه (ton/ha)	فرسايش كل (ton/y)	سود خالص سالانه (١٠^٦ Rial/ha.y)	سود خالص كل (١٠^٦ Rial/ y)
باغ	٥٦١	٨/٧٧	٤٩٢١/٠٥	٢١/٤٦	١٢٠٤٤/٠٥
مرتع	١٠٥٥٠/٥	١٠/٤٧	١١٠٤٦٣/٧٣	٠/١٠١	١٠٦٩/٩٤
كشت آبي	٨٧١	١٢/٥٧	١٠٩٨٤/٤٧	٤/٥٧	٣٩٨٠/٦٤
كشت ديم	١٠٤٩/٥	١٠/٨١	١١٣٤٥/٠٩	١/٠١٨	١٠٦٨/٩١
كل	١٣٠٣٢	-----	١٣٧٦٧٧/٢٧	----	١٨١٦٣/٥٥
ميانگين وزني	----	١٠/٥٦	-----	١/٣٩	-----

جدول ٥- نتايج بدست آمده از محاسبات سود و فرسايش در شرايط بعد از بهينه‌سازي كاربري اراضي

كاربري اراضي	سطح (ha)	فرسايش سالانه (ton/ha)	فرسايش كل (ton/y)	سود خالص سالانه (١٠^٦ Rial/ha.y)	سود خالص كل (١٠^٦ Rial/ y)
باغ	٢١١٥/٥٣	٨/٧٧	١٨٥٥٣/٢٠	٢١/٤٦٨٩	٤٥٤١٨/١٠
مرتع	١٠٥٥٠/٥	١٠/٤٧	١١٠٤٦٣/٧٤	٠/١٠١	١٠٦٩/٩٤
كشت آبي	٢٣٧	١٢/٥٧	١٩٧٩/٠٩	٤/٥٧	١٠٨٣/١٤
كشت ديم	١٢٨/٩٧	١٠/٨١	١٣٩٤/١٧	١/٠١٨	١٣١/٣٦
كل	١٣٠٣٢	----	١٣٣٣٩٠/١٩	-----	٤٧٧٠٢/٥٣
ميانگين وزني	----	١٠/٢٤	-----	٣/٦٦	-----

جدول ٦- درصد كاهش ميزان فرسايش كل حوزه (**ton/y**) دربعد ازبهينه‌سازي كاربري اراضي نسبت به وضعيت حال

قبل از بهينه‌سازي	بعد از بهينه‌سازي	
ميزان فرسايش (ton/y)	ميزان فرسايش (ton/y)	درصد كاهش
١٣٧٦٧٨/٣٤	١٣٣٣٩٠/٢	٣/٧

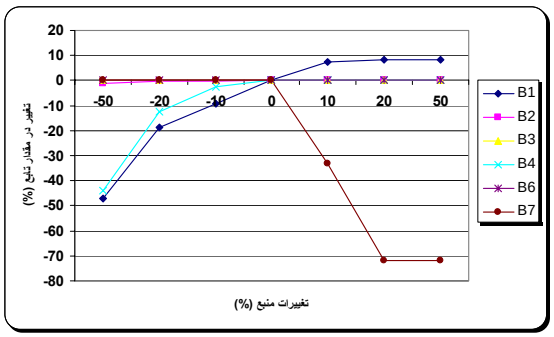
جدول ٧- درصد افزايش ميزان سود خالص كل حوزه در بعد از بهينه‌سازي كاربري اراضي نسبت به وضعيت حال

قبل از بهينه‌سازي	بعد از بهينه‌سازي	
ميزان سود (١٠^٦ Rial/ y)	ميزان سود (١٠^٦ Rial/ y)	درصد افزايش
١٨١٦٣/٥٤	٤٧٧٠٢/٥٣	١٦٢/٦٣

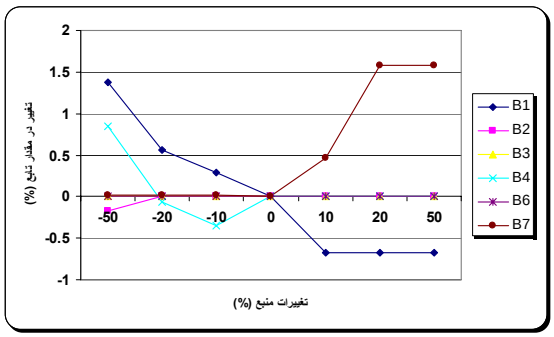
با توجه بـه نتـايج بـه‌دسـت آمـده در جـدول ٦ مشـاهده مي‌شود كه ميزان فرسايش خـاك در صـورت بهينـه‌سـازي كاربري اراضي كاهش يافته است، همان‌طـور كـه جـدول ٦ نشان مي‌دهد، ميزان فرسايش قبل از بهينه‌سازي كـاربري اراضي برابر با ١٣٧٦٧٨/٣٤ تن در سال بوده است كه پـس از بهينه‌سازي كاربري اراضـي بـه١٣٣٣٩٠/٢ تـن در سـال

رسيده است. به‌عبارتي ميزان فرسايش حدود ۳/۱۱ درصد كاهش يافته است (جدول٦). نتايج بدست آمده از جدول ۷ نيز نشان مي‌دهد كه در صورت بهينه‌سازي كاربري اراضي در حوزه‌آبخيز خارستان، ميزان سوددهي كل حوزه افزايش قابل توجهي داشته است. با توجه به جدول ۷ مشخص مي‌شود، كه ميزان سوددهي كل حوزه در قبل از بهينه‌سازي كاربري اراضي برابر با۱۸۱٦۳/٥٤ ميليون ريال و پس از بهينه‌سازي كاربري اراضي برابر با ٤٤۷۰۲/٥۳ ميليون ريال بوده است. به‌عبارتي ميزان سوددهي در صورت بهينه‌سازي كاربري اراضي به ميزان ۱٦۲/٦۳ درصد افزايش يافته است (جدول۷). دليل اين افزايش كاهش سطح اراضي كشت آبي و ديم و افزايش سطح اراضي باغي با سوددهي بيشتر مي‌باشد.

در ارزيابي حساسيت توابع هدف نسبت به تغييرات منابع و ضرايب از نسبت‌هاي۱۰، ۲۰ و ٥۰ درصد تغييرات منابع نسبت به حالت بهينه استفاده و در نتيجه درصد تغييرات توابع هدف محاسبه شد. با توجه به اشكال ٥ و ٦ تحليل حساسيت مي‌توان نتيجه گرفت كه تغيير در بيشترين سطح اراضي باغي و كمترين سطح اراضي مرتعي بيشترين تأثير در تغيير ميزان سوددهي و فرسايش خاك حوزه آبخيز خارستان را به دنبال دارد.



شكل ٥- تجزيه و تحليل تابع بيشينه‌سازي سود نسبت به تغييرات منابع



شكل ٦- تجزيه و تحليل تابع كمينه‌سازي فرسايش خاك نسبت به تغييرات منابع

بحث

مديريت نادرست، بي‌توجهي و بهره‌برداري بي‌رويه از خاك باعث شده است كه اين منبع آسيب‌پذير به سوي نابودي پيش رفته و در نتيجه زيست بشر را مورد تهديد قرار دهد. اگر استفاده از خاك بر پايه شناسايي استعداد و توان توليدي آن و مبتني بر رعايت اصول درست و عملي باشد، خاك از بين نمي‌رود. پايين بودن ميزان فرآورده‌هاي كشاورزي در ايران در مقايسه با استانداردهاي جهاني به ميزان زيادي به علت كاهش مداوم حاصلخيزي خاك است. با اجراي درست برنامه‌هاي حفاظت خاك مي‌توان ميزان فرسايش آن را كاهش و ميانگين توليد در واحد سطح را افزايش داد. بنابراين يكي از اساسي‌ترين و اصولي‌ترين روش‌هاي حفاظت خاك، استفاده درست از زمين بر پايه استعدادهاي آن است، كه لازم است به صورت مشترك و هماهنگ با همكاري و همياري مردم آبخيزنشين به اجرا در آيد تا از آب و خاك به‌گونه‌اي مطلوب و بر پايه موازين علمي بهره‌برداري شود. هدف اصلي در اين بررسي تعيين سطح بهينه كاربري‌هاي اراضي به منظور كاهش ميزان فرسايش و بالابردن درآمد ساكنان حوزه‌آبخيز خارستان مي‌باشد كه با كمك مدل برنامه‌ريزي خطي چندمنظوره انجام شد. نتايج اين بررسي نشان داد كه در صورت بهينه‌سازي كاربري اراضي سطح كاربري‌هاي فعلي تغيير مي‌نمايد، به‌طوري‌كه سطح اراضي باغي ۳۷۷/۱ درصد افزايش، سطح اراضي مرتعي بدون تغيير و سطح اراضي كشت آبي و كشت ديم به ترتيب ۷۲/۷۸ و ۸۰/۳ درصد كاهش مي‌يابد (جدول۱). نتايج به‌دست آمده از جدول ۳ و

شكل ٤ گوياي اين مطلب است كه تغيير در سطح كاربري‌ها بيشتر در اراضي كشت ديم و باغ‌ها رخ داده است. بازديدهاي صحرايي و گفتگو انجام‌شده با مردم ساكن روستاهاي موجود در حوزةآبخيز خارستان و همچنين مسئولان جهاد كشاورزي نيز نشان مي‌دهد كه بيشتر كشاورزان به دليل سودآوري پايين اراضي كشت ديم، بالابودن ميزان سوددهي اراضي باغي، وجود شرايط آب و هوايي و اقليمي مناسب براي ايجاد باغ‌ها، اغلب اراضي كشاورزي خود را رهاكرده و آنها را تبديل به باغ نموده‌اند. اين تغييرات را مي‌توان در سال‌هاي اخير در حوزةآبخيز خارستان مشاهده نمود، به‌طوري‌كه امروزه محل فعلي بسياري از باغ‌ها، اراضي كشاورزي بوده است. نتايج بدست آمده از جدول ٦ نيز نشان مي‌دهد كه ميزان فرسايش خاك نسبت به شرايط قبل از بهينه‌سازي كاربري اراضي به ميزان ٣/٧ درصد، كاهش مي‌يابد. علت كاهش فرسايش خاك مربوط به كاهش سطح اراضي ديم و كشت آبي و افزايش سطح اراضي باغي بوده است. همچنين نتايج اين بررسي نشان داد كه بهينه‌سازي كاربري اراضي در حوزةآبخيز خارستان علاوه‌بر كاهش ميزان فرسايش و هدررفت منابع، ميزان سوددهي كاربري‌هاي مختلف را بهبود مي‌بخشد، كه اين امر از لحاظ مديريت پايدار حوزة آبخيز بسيار اهميت دارد. به‌طوري‌كه در صورت بهينه‌سازي كاربري اراضي ١٦٢/٦٣ درصد، نسبت به شرايط قبل از بهينه‌سازي بر ميزان سوددهي حوزه افزوده شده است (جدول٧). بنابراين نتيجه‌گيري مي‌شود كه بهينه‌سازي كاربري اراضي در حوزةآبخيز خارستان باعث كاهش ٣/٧ درصدي ميزان فرسايش و ١٦٢/٦٣ درصدي ميزان سوددهي كل حوزه مي‌شود. علاوه بر اين نتايج بدست آمده از تحليل حساسيت توابع هدف نيز نشان داد كه تغيير در بيشترين سطح اراضي باغي و سطح اراضي مرتعي بيشترين تأثير در تغييرات ميزان سوددهي و فرسايش خاك حوزةآبخيزخارستان را به دنبال دارد. نتايج بدست آمده از اين بررسي با نتايج بررسي‌هاي ديگر محققان همچون نيك‌كامي (١٩٩٩)، جليلي (١٣٨٣) و Singh (١٩٩٩) هم‌آهنگي و همخواني دارد. جليلي (١٣٨٣) در يک بررسي با عنوان بهينه‌سازي كاربري اراضي با استفاده از مدل برنامه‌ريزي خطي درحوزةآبخيز بريموند، ميزان كاهش فرسايش و افزايش سود سالانه را به ترتيب ٧/٧٨ درصد و ١١٨/٦٢ درصد بيان نمود. نيك‌كامي (١٩٩٩) در تحقيق مشابه در يكي از زير حوزه‌هاي‌آبخيز دماوند، ضمن معرفي تركيب بهينه كاربري اراضي با استفاده از مدل برنامه‌ريزي خطي چندمنظوره، كاهش ٥ درصدي در توليد رسوب و افزايش ١٣٤ درصدي در سود سالانه در منطقه را در صورت بهينه‌سازي كاربري اراضي بيان مي‌كند. Singh (١٩٩٩) در يك بررسي موردي در ناحيه ماهي‌كماند هندوستان، بيشينه‌سازي توليد و سود را با به‌كارگيري برنامه‌ريزي بهينه كشت انجام داد و نتيجه گرفت كه برنامه‌ريزي كشت در سطح منطقه، ميزان توليد را ٦٠ تا ٩٦ درصد افزايش مي‌دهد.

منابع

١- احمدي، ح. ١٣٧٨. ژئومورفولوژي كاربردي. جلد١ (فرسايش آبي)، چاپ دوم، انتشارات دانشگاه تهران.

٢- اصغرپور، م.ج. ١٣٧٥. برنامه‌ريزي خطي. مؤسسه انتشارات و چاپ دانشگاه تهران، چاپ پنجم، ٣١١ صفحه.

٣- برنگل، ك.ج. ١٣٧٩. اصول و عمليات ديم‌كاري. ترجمه راشد محصل، م.ح. و كوچكي، ع. انتشارات جهاد دانشگاهي مشهد، ٢٣٦ صفحه.

٤- جليلي، خ. ١٣٨٣. بهينه‌سازي كاربري اراضي حوزةآبخيز بريموند به منظور كمينه‌سازي فرسايش خاك با استفاده از برنامه‌ريزي خطي. پايان‌نامه كارشناسي ارشد، دانشكدة منابع طبيعي و علوم دريايي نور، دانشگاه تربيت مدرس، ٨٨ صفحه.

٥- سلطاني، ع.، زيبايي، م و كهخا، ا.ع. ١٣٧٨. كاربرد برنامه‌ريزي رياضي در كشاورزي. انتشارات سازمان تحقيقات، آموزش و ترويج كشاورزي، ٣٧٣ صفحه.

٦- طرح جامع مطالعات آبخيزداري حوزه‌آبخيز خارستان. ۱۳۸۳. مديريت آبخيزداري جهاد كشاورزي، استان فارس.

۷- نيك‌كامي، د. ۱۳۸۱. بهينه‌سازي مديريت فرسايش خاك در حوزه‌آبخيز دماوند. پـژوهش و سـازندگي، شـماره ٥٤، صـفحه ۸۲-۸۹.

8- 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.

9- Mahler, P.J. 1979. Manual of land classification for irrigation (third revised edition).Soil Instituted of Iran, Publication No.205, 103pp

10- 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.

Land use optimization for soil erosion decrease and income increase of watershed (Case Study: Kharestan Watershed)

M. Shabani[*1], H. Ahmadi[2], D. Nikkami[3], H. Azarnivand[4] and M. Mohseni Saravi[4]
[1]Ph. D. Student, Science and Engineering of Watershed Management, Islamic Azad University, Science and Research Branch of Tehran, I. R. Iran
[2]Professor, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, I. R. Iran
[3]Research Assistant Prof, Soil Conservation & Watershed Management Research Institute, I. R. Iran
[4] Associate Prof, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, I. R. Iran

Abstract

Today, land use is an important factor concerning soil erosion and sediment yield of watershed. Because of inattention to this problem, soil erosion and sediment yield has increased in watersheds and negative effects have been encountered as a consequence.The main purpose of this research was to determine the optimized land area to reduce soil erosion and incease income in Kharestan watershed. The Study was performed in the nortwest of Eghlid in Fars3 Province, Iran. First, land use map was prepared by the use of Landsat Satellite photos (2002) and field study. Then, the amount of soil erosion and the net income from each plot was calucated separately by the use of MPSIAC model. After characterization of limits and objective functions in the study area, the optimized land area was obtained by using multi-objective linear programming and simplex method. The obtained results emphasizes the need for a decrease in dry and irrigated farming and an increase in the garden area. In other words, based on this research, the garden area has increased up to 377.1%, range land area had no change, and dry and irrigated farming area has decreased by 72.78% and 80.3% respectively. Also, the results indicated that land use optimization could reduce the amount of soil erosion up to 3.7% whereas the income increased at rate of 162%.

Keywords: Soil erosion, Sediment yield, Land use, Linear programming , Kharestan watershed

* Corresponding author: Tel: 0791-5552463 , Fax: 0729-7622854 , E-mail: mohamshabani@yahoo.com