نشریه دانش آب و خاک / جلد 26 شماره 2/1 صفحه‌های 73 تا 86/ سال 1395

ارزیابی و بهینه‌سازی الگوی کاربری اراضی
(مطالعه موردی:حوضه آبخیز گل رودبار، استان سمنان)

مهناز بازوبندی[1]، محمد رحیمی[2*]، آرش ملکیان [3]، سعید قره چلو[4]، سید علی اصغر هاشمی[5]

تاریخ دریافت: 93/08/11 تاریخ پذیرش: 94/11/12

[1]- دانشجوی کارشناسی ارشد بیابان‌زدایی، دانشکده کویرشناسی، دانشگاه سمنان

[2]- استادیار دانشکده کویرشناسی، دانشگاه سمنان

[3]- دانشیار دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران

[4]- استادیار دانشکده کویرشناسی، دانشگاه سمنان

[5]- استادیار مرکز تحقیقات منابع طبیعی استان سمنان

[*] مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: mrahimi@profs.semnan.ac.ir

چکیده

بهینه‌سازی کاربری اراضی، یکی از راه‌کارهای مناسب برای حفاظت خاک است که به مدیران حوضه‌های آبخیز و تصمیم‌گیران این امکان را می‌دهد تا از بین گزینه‌های مختلف کاربری اراضی، بهترین تصمیم را اتخاذ کنند. هدف اصلی در انجام این تحقیق، تعیین سطح بهینه کاربری اراضی برای کاهش میزان فرسایش خاک و افزایش درآمد ساکنان حوضه آبخیز گل رودبار واقع در استان سمنان بود. برای این کار مدل برنامه‌ریزی خطی برای سه رویداد مختلف وضعیت کنونی کاربری‌ها و بدون اعمال مدیریت اراضی، وضعیت کنونی کاربری‌ها و اعمال مدیریت اراضی و وضعیت استاندارد کاربری‌ها، موردمطالعه قرار گرفت. نتایج نشان داد که در شرایط بهینه سطح اراضی باغی 28/85 درصد، سطح اراضی مرتعی 74/12 درصد و سطح اراضی کشت آبی 283/78 درصد افزایش می‌یابند. همچنین در صورت بهینه-سازی کاربری اراضی در شرایط استاندارد کاربری‌ها، میزان فرسایش و سوددهی نسبت به شرایط قبل از بهینه‌سازی حوضه به‌ترتیب 16/28 درصد کاهش و 94/58 درصد افزایش می‌یابد.

واژه‌های کلیدی: برنامه‌ریزی خطی، سوددهی، فرسایش خاک، مدیریت کاربری اراضی، وضعیت استاندارد

Evaluation and Optimization of Land Use Pattern (Case study: Golroudbar Watershed, Semnan Province)

M Bazoubandi[1], M Rahimi[2*], A Malekian[3], S Gharechelou[4], A A Hashemi[5]

Received: 02 November 2014 Accepted: 16 March 2015

[1]M.Sc. Student of Combat Desertification, Faculty of Desert Studies, Semnan University
[2]Assist. Prof., Faculty of Desert Studies, Semnan University, Iran
[3] Assist. Prof., Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Iran
[4] Assist. Prof., Faculty of Desert Studies, Semnan University, Iran
[5] Assist. Prof., Agriculture and Natural Resources Research Center of Semnan Province, Iran
*Corresponding Author, Email: mrahimi@profs.semnan.ac.ir

Abstract

Land use optimization is one of the appropriate methods for soil conservation which helps decision makers and watershed planners in order to make the optimum decision among different land uses. The main objective of this research was to find the optimum area of each land use to reduce soil erosion rate as well as to increase the income of stakeholders in Golroudbar watershed located in Semnan province of Iran. The linear programming model was used in three different scenarios including current land use condition without any land management plan, current land use condition with land management plan and the standard land use level. The results showed that in the optimized condition, the orchard land 28.85 percent, rangelands 74.12 percent and irrigated lands 283.78 percent were increased. Additionally, by optimization of the land in standard condition, soil erosion decreased 16.28 percent and the profitability increased 94.58 percent.

Keywords: Benefit, Land use management, Linear programming, Soil erosion, Standard situation

مقدمه

در قرن اخیر پدیده فرسایش خاک و تولید رسوب برای جامعه بشری مسائل و مشکلات زیادی را به‌وجود آورده است به‌طوری‌که امروزه فرسایش خاک یکی از جدی‌ترین مشکلات کشورهای درحال‌توسعه و کشورهای توسعه‌یافته هست. فرسایش خاک به‌عنوان یکی از مشکلات جدی منابع طبیعی، از طریق هدررفت فیزیکی خاک، آب قابل‌دسترس و عناصر غذایی موجب کاهش عملکرد محصولات کشاورزی می‌شود (حق‌نیا و کوچکی 1375)، علاوه بر این با کاهش مواد غذایی خاک از کیفیت محصولات نیز می‌کاهد. در واقع آثار فرسایش در عرصه تولید کشاورزی به شکل کاهش کیفیت و کمیت محصولات زراعی و در عرصه خاک به شکل‌های مختلف فقر مواد غذایی و تغییر در ساختمان خاک ظاهر می‌شود، که نتیجه آن‌ها ایجاد هزینه‌هایی در سطح زمین هست (حسینی و قربانی 1384). نوع و شدت فرسایش خاک در یک منطقه عمدتاً تابع شرایط اقلیمی، پستی‌وبلندی، خاک و پوشش زمین (کاربری اراضی) هست که در این میان کاربری اراضی نسبت به دیگر فاکتورها مؤثرتر است (ترنس و همکاران 2001). میزان تخریب خاک با شدت و مقدار دخالت‌های منفعت‌طلبانه انسان در روی طبیعت نسبت مستقیم دارد (کاشکی1380). عدم رعایت اصول کشاورزی باعث می‌شود میزان فرسایش خاک در ایران از مرز 2/5 میلیارد تن در سال تجاوز نماید (غروی 1365) به‌طوری‌که از سال 1330 تا سال 1372 فرسایش خاک افزایشی حدود 440 درصد داشته است (احمدی 1378). برنامه‌ریزی کاربری اراضی، فرآیندی است که در مقیاس محلی، منطقه‌ای و ملی انجام می‌گیرد و شامل ارزیابی قابلیت-

های زمین، تناسب اراضی و ارزش‌گذاری زمین هست. این برنامه‌ریزی می‌تواند با استفاده از تکنیک‌های مدیریتی مختلف صورت پذیرد که یکی از این تکنیک‌ها استفاده از مدل‌های بهینه‌سازی است. این مدل‌ها دسته-ای از مدل‌های ریاضی می‌باشند که شامل به بیشینه یا کمینه رساندن یک تابع چندمتغیره می‌باشند (اصغرپور 1375). بهینه‌سازی مدیریت اراضی در حوضه‌های آبخیز یکی از راه‌های مناسب در حفاظت از خاک است که به مدیران حوضه‌های آبخیز این امکان را می‌دهد تا از بین ترکیبات مختلف و متنوع کاربری‌ها گزینه بهینه را طوری انتخاب نمایند که با وضعیت موجود علاوه بر کاهش فرسایش و رسوب، درآمد مناسبی را برای ساکنین حوضه داشته باشد. از بین تحقیقات صورت گرفته برای بهینه‌سازی کاربری اراضی به موارد زیر می‌توان اشاره نمود.

ژانگ و همکاران (2006) با بررسی اثرات بلندمدت دو نوع سیستم شخم سنتی و حفاظتی در استرالیا در یک دوره 24 ساله بر روی میزان فرسایش و رواناب به این نتیجه رسیدند که مقدار رواناب، نفوذپذیری و هدررفت خاک در شرایط اعمال شخم سنتی به‌ترتیب 40/6 میلی‌متر، 27/3 میلی‌متر و 1/97 تن در هکتار و در شرایط اعمال شخم حفاظتی به‌ترتیب برابر با 3/7 میلی‌متر، 64/2 میلی‌متر و 0/04 تن در هکتار بوده است. صادقی و همکاران (2008) بهینه-سازی کاربری اراضی در مقیاس حوضه آبخیز را در حوضه آبخیز بریموند استان کرمانشاه موردبررسی قرار دادند. در این مطالعه به‌منظور تخصیص مناسب-ترین کاربری برای اراضی با استفاده‌های مختلف، مسئله بهینه‌سازی با هدف کمینه کردن فرسایش و بیشینه کردن سود فرمول‌بندی شد. فرسایش خاک، سود خالص و نقشه‌های قابلیت اراضی به‌عنوان داده-های ورودی در نظر گرفته شد و سپس بهینه‌سازی به‌روش سیمپلکس حل گردید وجهت کمینه کردن فرسایش و بیشینه کردن سود تحلیل حساسیت نیز انجام شد. نتایج این بررسی نشان داد که پس از اجرای طرح، میزان فرسایش خاک به 7/9 تن کاهش و میزان سود به 18/6 درصد افزایش پیدا می‌کند. بورخس و همکاران (2009) در مطالعه‌ای اثرات تغییر سیاست‌های کشاورزی بر الگوی کاربری اراضی در منطقه آلن‌تجو واقع در جنوب پرتغال را با استفاده از سیستم پشتیبانی تصمیم‌گیری[1] (DSS) موردبررسی قرار دادند. برای ارزیابی هزینه تولید در بخش کشاورزی و جنگل‌داری یک مدل برنامه‌ریزی خطی پیشنهاد گردید. این مدل به-همراه یک سیستم پشتیبانی تصمیم‌گیری یک پایگاه داده را تشکیل می‌دهد که اطلاعات اقتصادی و فنی کشاورزی را ذخیره می‌کند، اطلاعات وضعیت جغرافیایی حوضه موردمطالعه نیز در سیستم اطلاعات جغرافیایی ذخیره می‌شود. نتایج نشان می‌دهد که مدل برنامه‌ریزی خطی پیشنهادشده در منطقه موردمطالعه برای تعیین تغییرات در الگوی کاربری اراضی و قیمت‌ها بر اثر تغییر سیاست‌های کشاورزی مورداستفاده قرار گرفته و نتیجه‌بخش بوده است.

هن‌قایی و همکاران (2010) در مطالعه‌ای در حوضه آبخیز نهر گودوین در ایالت می‌سی‌سی‌پی، یک قالب مفهومی کاربری اراضی را که به‌وسیله بهترین شیوه‌های مدیریت[2](BMP) طراحی‌شده بود به‌منظور مدیریت مجتمع حوضه آبخیز پیشنهاد کردند. در این بررسی بهینه‌ترین تخصیص کاربری اراضی به‌وسیله یک تابع چندمنظوره مشخص شد. این تابع چندمنظوره مقدار رسوب و هزینه عملیات اجرایی را به کمینه و کیفیت آب و سود حاصل از تولیدات کشاورزی را به بیشینه می‌رساند. به‌منظور شبیه‌سازی رسوب در حوضه مدل‌های ANN AGNPS [3] و CCHED [4] مورداستفاده قرار گرفتند. نتایج این تحقیق بهبود توازن

1-Decision support system
2- Best management practices
3- Annualized agricultural non-point source pollution model
4 - One-dimensional channel network model

بین سودها و هزینه‌ها را بعد از اجرای طرح در حوضه موردمطالعه نشان می‌دهد.

جلیلی (1383) مطالعه‌ای در زمینه بهینه‌سازی کاربری اراضی حوضه آبخیز بریموند در شهرستان سرپل‌ذهاب در استان کرمانشاه به‌منظور کمینه‌سازی فرسایش خاک با استفاده از مدل برنامه‌ریزی خطی انجام داد. در این بررسی میزان کاهش فرسایش و افزایش سود سالانه به‌ترتیب 7/78 درصد و 118/62 درصد برآورد شده است. شعبانی (1386) در مطالعه‌ای با موضوع تأثیر مدیریت کاربری اراضی در کاهش فرسایش خاک در حوضه آبخیز خارستان فارس به‌این نتیجه رسید که در صورت بهینه‌سازی کاربری اراضی در شرایط فعلی و بدون اعمال مدیریت اراضی، میزان فرسایش خاک نسبت به شرایط حال 3/7 درصد، در صورت اعمال مدیریت اراضی 37/27 درصد و در شرایط استاندارد و مطابق با اصول و معیارهای علمی میزان فرسایش خاک به میزان 53/2 درصد کاهش می‌یابد. تحقیق حاضر جهت بهینه‌سازی کاربری اراضی حوضه آبخیز گل رودبار استان سمنان به‌منظور کمینه‌سازی میزان فرسایش و هدررفت خاک و بیشینه‌سازی سوددهی کاربری‌های مختلف انجام‌شده است.

مواد و روش‌ها

حوضه آبخیز گل رودبار در شمال شهرهای سمنان و مهدی‌شهر واقع‌شده است. محدوده حوضه آبریز گل رودبار در موقعیت جغرافیایی "15 '14 º53 تا "47 '27 º53 طول شرقی و "33 '41 º35 تا "42 '50 º35 عرض شمالی واقع‌شده است. حوضه آبخیز گل رودبار از 15 زیرحوضه تشکیل‌شده که مساحت حوضه در مجموع 19285/6 هکتار است. از شاخص‌های حوضه وجود شهرهای شهمیرزاد و مهدی‌شهر در جنوب حوضه را می‌توان نام برد(بی‌نام 1388). از دیگر نقاط شاخص منطقه می‌توان به کشت و صنعت شهمیرزاد و وجود شهرک صنعتی در ضلع جنوبی جاده اصلی فولاد محله اشاره نمود. کمینه ارتفاع 1538 متر در خروجی حوضه و بیشینه ارتفاع 3246 متر در ارتفاعات مرغک بالا هست. طول آبراهه اصلی22/90 کیلومتر و شیب متوسط وزنی کل حوضه 6/08 درصد هست. شکل 1 موقعیت و شمای کلی منطقه را نشان می‌دهد. متوسط بارندگی سالانه 283/97 میلی‌متر و متوسط تبخیر و تعرق سالانه به‌روش پنمن 894/39 میلی‌متر برآورد شده است.

شکل1- موقعیت و شمای کلی منطقه موردمطالعه.

منطقه موردمطالعه دارای دمای متوسط سالانه 8/2 درجه سلسیوس، دمای متوسط کمینه سالانه 3/54 و متوسط بیشینه سالانه 13/01 درجه سلسیوس هست. مساحت اراضی کشاورزی و باغی در سطح حوضه با احتساب اراضی مربوط به کشت و صنعت شهمیرزاد حدود 1471 هکتار هست که بیشتر آن‌ها را باغات گردو تشکیل می‌دهند. به‌عبارت‌دیگر حدود 95 درصد اراضی به‌صورت باغ و 5 درصد مابقی را زمین‌های کشاورزی تشکیل داده است که به‌صورت آبی مورد کشت و زرع قرار می‌گیرند. اقتصاد اصلی اهالی روستا بیشتر بر باغداری متکی هست.

در این تحقیق اطلاعات و داده‌های موردنیاز در مراحل مختلف تحقیق با تجزیه‌وتحلیل اطلاعات موجود و بررسی‌های صحرایی و بحث و تبادل‌نظر با ساکنین محلی به‌دست‌آمده است. اطلاعات پایه این تحقیق نیز از مطالعات تفصیلی- اجرایی در حوضه آبخیز گل رودبار

که در سال 1387 توسط مدیریت آبخیزداری استان سمنان انجام گردید استخراج‌شده است(بی‌نام 1387).

از نظر هیدرولوژی در حوضه موردمطالعه مقدار میانگین آبدهی سالانه371/4 لیتر بر ثانیه، بیشترین دبی سالانه44/7 لیتر بر ثانیه و کمترین آن 5/7 لیتر بر ثانیه، حجم میانگین آبدهی سالانه 4 میلیون مترمکعب، حجم بارندگی سالانه 54/5 میلیون مترمکعب، ارتفاع رواناب 61 میلی‌متر، حجم رواناب 1171/5 هزار مترمکعب و ضریب رواناب 21/5 درصد هست. مقدار دبی ویژه کل حوضه 1/9 کیلومترمربع بر لیتر بر ثانیه است و ضریب برف‌گیری کل حوضه 42/4 و حجم آب معادل برف در کل حوضه 668/3 هزار مترمکعب در سال هست. همچنین ارتفاع رواناب ناشی از ذوب برف در حوضه12/1 میلی‌متر در سال هست. تعداد 14 رشته قنات موجود در حوضه وجود دارد که در فصول غیرزراعی آب آن‌ها بلااستفاده بوده و از دسترس خارج می‌گردد.

از نظر غلظت املاح محلول یا TDS[5] این مقدار در نمونه‌ها کمتر از $1000\ mg\ l^{-1}$ هست، در نتیجه آب این نمونه‌ها جزء آب شیرین محسوب می‌شود. از نظر سختی کل آب یا TH[6]، مقدار متوسط سختی به‌دست‌آمده برای منطقه موردمطالعه $180\ mg\ l^{-1}$ هست. بر این اساس آب منطقه از نظر سختی در طبقه سخت قرار می‌گیرد. از نظر هدایت الکتریکی در نمونه‌های منطقه موردمطالعه میزان EC برای نمونه برداشت‌شده به‌طور متوسط برابر با $433\ m\ mohs\ cm^{-1}$ هست که نشان‌گر قابل‌قبول بودن میزان هدایت الکتریکی در نمونه‌ها هست.

از نظر شرب انسان بر اساس نتایج حاصل از آزمایش نمونه‌های موجود مقادیر به‌دست‌آمده کیفیت آب نمونه‌های گرفته‌شده از منطقه موردمطالعه در طبقه خوب قرار می‌گیرند که از نظر شرب انسانی مناسب می‌باشند. از نظر کشاورزی نمونه‌های برداشت‌شده از منطقه در طبقه C_1S_1 و C_2S_1 قرار می‌گیرد و از نظر کیفیت آب برای این فعالیت در طبقه آب‌های خوب و با کیفیت مناسب قرار دارد. از نظر دامداری با توجه به نتایج حاصل از آزمایش نمونه‌ها، آب منطقه از نظر تأمین آب دام در طبقه خیلی مناسب قرار می‌گیرد. (بی‌نام 1387).

برای بررسی الگوهای مختلف کشت‌وکار و نحوه بهره‌برداری اراضی از اطلاعات موجود در منطقه و نیز نظر کارشناسان کشاورزی استفاده‌شده است. داده‌های مربوط به سود و هزینه‌های مربوط به کاربری‌های مختلف با انجام بازدیدهای صحرایی، تکمیل پرسش‌نامه از ساکنین و استفاده از نظرات کارشناسان کشاورزی و اقتصاد کشاورزی و نیز سال نامه آماری استان سمنان جمع‌آوری گردید. در این تحقیق برای تعیین رویدادهای موردمطالعه سه گزینه به‌شرح زیر موردبررسی قرارگرفته است.

گزینه اول، وضعیت کنونی کاربری‌ها: در این حالت، نقشه کاربری اراضی در وضعیت کنونی تهیه و میزان فرسایش، خسارت ناشی از فرسایش و درآمد خالص در هر کاربری تعیین‌شده سپس با توجه به مقادیر فرسایش و درآمد خالص هر کاربری و با استفاده از مدل برنامه‌ریزی خطی، توابع هدف تعریف و ترکیب بهینه کاربری اراضی تعیین می‌شود. به‌طوری‌که با توجه به وضعیت کنونی، ترکیب بهینه کاربری اراضی طوری مشخص می‌شود که میزان درآمد بیشینه و میزان فرسایش در کل حوضه کمینه گردد.

گزینه دوم، وضعیت کنونی کاربری‌ها و اعمال مدیریت اراضی: در این حالت، تنها مدیریت صحیح استفاده از اراضی اعمال می‌گردد، بنابراین در حالت جدید میزان فرسایش، خسارت ناشی از فرسایش و درآمد خالص هر کاربری که متفاوت با حالت قبل هست، تعیین‌شده و در توابع هدف مورداستفاده قرار می‌گیرد. به‌طور مثال مدیریت صحیح چرا به‌جای چرای سنتی در

[5] Total Dissolved Solid
[6] Total Hardness

اراضی مرتعی در نظر گرفته می‌شود. در حوضه موردمطالعه به‌دلیل محدودیت منابع آب اعمال مدیریت فقط در اراضی مرتعی امکان‌پذیر است.

گزینه سوم، وضعیت استاندارد کاربری‌ها: در این حالت با توجه به محدودیت‌ها و منابع موجود در منطقه، مطالعات تناسب اراضی بر اساس روش‌های مناسب صورت گرفته و اولویت‌های استفاده از اراضی در شرایط آتی مشخص می‌گردد سپس بر اساس دستورالعمل و استانداردهای ارائه‌شده در منطقه، در مورد انجام هرگونه فعالیت کشت و کار در منطقه بر اساس شیب زمین و همچنین شرایط عمق خاک و دیگر مسائل، مطابق با اصول و معیارهای علمی، نقشه کاربری اراضی در حالت استاندارد تهیه می‌گردد. با توجه به نقشه کاربری اراضی در حالت استاندارد، مدیریت اراضی نیز در داخل هر کاربری اعمال و سپس میزان درآمد و فرسایش و خسارت ناشی از فرسایش در حالت جدید مشخص و توابع هدف مورداستفاده قرار می‌گیرند.

بر اساس اطلاعات به‌دست‌آمده شکل کلی بهینه-سازی در سه گزینه وضعیت کنونی و بدون اعمال مدیریت اراضی، وضعیت اعمال مدیریت اراضی و وضعیت استاندارد به‌صورت روابط زیر است.

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

که رابطه فوق را می‌توان به‌صورت زیر نوشت:

$$Max(Z_1) = \sum_{i=1}^{n} [C_{Ei} X_i] \qquad [2]$$

همچنین شکل عمومی مسئله جهت تابع کمینه-سازی فرسایش در حوضه آبخیز گل رودبار به‌صورت رابطه ساده‌شده زیر نوشته می‌شود:

$$Min(Z_2) = \sum_{i=1}^{n} [C_{Ei} X_i] \qquad [3]$$

محدود به

$$B = \sum_{i=1}^{n} [X_i] \quad (X_i \geq 0) \qquad [4]$$

که در آن Z_1 درآمد خالص سالانه کل حوضه آبخیز (سال/ریال10^6)، Z_2 فرسایش سالانه کل حوضه آبخیز (سال/تن)، X_i مساحت مربوط به هر کاربری اراضی (هکتار)، A_{i1} درآمد ناخالص سالانه واحد سطح مربوط به هر کاربری اراضی (هکتار/ریال)، A_{i2} هزینه تولید واحد سطح هر کاربری اراضی (هکتار/ریال)، A_{i3} هزینه مربوط به هدر رفت خاک در واحد سطح هر نوع کاربری اراضی (هکتار/ریال)، C_{Bi} سوددهی مربوط به هر کاربری اراضی (سال/ریال)، C_{Ei} فرسایش تولیدی مربوط به هر کاربری اراضی (هکتار ´ سال/تن)، B مساحت کل منطقه (هکتار) هست.

مسئله موردنظر را با شرح جزئیات بیشتر، برای چهار کاربری باغ، مرتع، کشت آبی و کشت‌دیم می‌توان به‌صورت معادلات زیر نوشت (برآبادی 1385):

$$\begin{aligned} Max(Z_1) = &[(A_{11}X_1) - (A_{12}X_1 + A_{13}X_1)) \\ &+ (A_{21}X_2) - (A_{21}X_2 + A_{23}X_2)) \\ &+ (A_{31}X_3) - (A_{32}X_3 + X_3))] \end{aligned} \qquad [5]$$

رابطه ارائه‌شده فوق برای بهینه‌سازی سود به‌شکل کلی زیر خلاصه می‌شود:

$$Max(Z_1) = C_{B1}X_1 + C_{B2}X_2 + C_{B3}X_3 \qquad [6]$$

همچنین رابطه کمینه‌سازی فرسایش خاک منطقه موردمطالعه نیز به‌صورت زیر ارائه می‌شود:

$$Min(Z_2) = C_{E1}X_1 + C_{E2}X_2 + C_{E3}X_3 \qquad [7]$$

محدود به:

$$X_1 \leq B_1 \qquad [8]$$

$$X_3 \leq B_2$$

$$X_1 + X_3 \leq B_4$$

$$X_1 + X_2 + X_3 = B_5$$

$$X_1 \geq B_6$$

$$X_2 \geq B_7$$

$$X_1, X_2, X_3 \geq 0$$

که در آن X_1 مساحت مربوط به باغ‌ها (هکتار)، X_2 مساحت مربوط به اراضی مرتعی (هکتار)، X_3 مساحت مربوط به کشاورزی آبی (هکتار)، A_{11} درآمد ناخالص در واحد سطح باغ‌ها (هکتار)، A_{12} هزینه تولید در واحد سطح باغ‌ها (هکتار/ریال)، A_{13} خسارت فرسایش هر واحد از سطح باغ‌ها (هکتار/ریال)، A_{21} درآمد ناخالص در واحد سطح اراضی مرتعی (هکتار/ریال)، A_{22} هزینه تولید در واحد سطح اراضی مرتعی (هکتار/ریال)، A_{23} خسارت فرسایش هر واحد از سطح اراضی مرتعی (هکتار/ریال)، A_{13} درآمد ناخالص هر واحد از سطح اراضی کشاورزی آبی (هکتار/ریال)، A_{32} هزینه تولید در واحد سطح اراضی کشاورزی آبی (هکتار/ریال)، A_{33} خسارت فرسایش هر واحد از سطح اراضی کشاورزی آبی (هکتار/ریال)، C_{B1} سود خالص سالانه در واحد سطح اراضی باغی (سال/ریال)، C_{B2} سود خالص سالانه در واحد سطح اراضی باغی (سال/ریال)، C_{B3} سود خالص سالانه در واحد اراضی کشت آبی (سال/ریال)، C_{E1} فرسایش تولیدی مربوط به کاربری اراضی در واحد سطح باغات (هکتار ´ سال/تن)، C_{E2} فرسایش تولیدی مربوط به کاربری اراضی در واحد سطح اراضی مرتعی(هکتار ´ سال/تن)، C_{E3} فرسایش تولیدی مربوط به کاربری اراضی در واحد سطح اراضی کشت آبی (هکتار ´ سال/تن)، B_1 بیشترین سطح مربوط به باغات (هکتار)، B_2 سطح اراضی کشاورزی آبی (هکتار)، B_4 سطح اراضی مربوط به باغات به‌علاوه اراضی کشاورزی آبی (هکتار)، B_5 مساحت کل منطقه (هکتار)، B_6 کمترین سطح اراضی باغات (هکتار)، B_7 کمترین سطح اراضی مرتعی (هکتار) هست. اطلاعات مربوط به مقادیر فرسایش با استفاده از مدل تجربی MPSIAC[7] برآورد گردید. میزان سود و هزینه سالانه کاربری‌های مختلف در منطقه بر اساس بازدیدهای صحرایی، تکمیل پرسشنامه و نیز سالنامه آماری استان سمنان محاسبه شد. بر این اساس گردو مهم‌ترین محصول باغی منطقه و یونجه، خیار، اسپرس، گندم و جو محصولات آبی منطقه را تشکیل می‌دهند. در هر کاربری با محاسبه میزان سود ناخالص و کسر نمودن میزان هزینه‌های سه مرحله کاشت، داشت و برداشت و نیز هزینه خسارت فرسایش خاک، میزان سود خالص محاسبه و به‌عنوان ضریب در تابع هدف بیشینه‌سازی سود مورداستفاده قرار گرفت. اراضی مرتعی نیز می‌تواند در دو وضعیت متوسط و ضعیف موردبررسی قرار گرفته و ارزش اقتصادی تولید مراتع به‌طور تقریبی محاسبه گردد. ازآنجاکه برآورد خسارت فرسایش خاک به‌طور مستقیم امکان‌پذیر نیست، لذا ارزیابی این خسارات به‌طور غیرمستقیم انجام شد. یکی از روش‌ها برای برآورد خسارت فرسایش خاک، معادل فرض کردن میزان خاک فرسایش‌یافته با سطح اراضی از دسترس خارج‌شده بر اساس عمق منطقه ریشه‌دوانی در هر یک از انواع کاربری‌های اراضی است (نیک‌کامی 1381). عمق خاک ازدست‌رفته در هر یک از کاربری‌ها بر اساس میزان خاک حمل‌شده، عمق ریشه‌دوانی و جرم مخصوص خاک قابل‌محاسبه است.

پس از مشخص کردن ضرایب تابع هدف 7 محدودیت به‌شرح زیر مدنظر قرار گرفت:

الف: محدودیت اول

$$X_1 \leq 1681.55 \qquad [9]$$

محدودیت اول در این مسئله مربوط به سطح اراضی باغی موجود است که 1305 هکتار بوده اما این میزان می‌تواند به 1681/55 هکتار افزایش یابد. دلیل این

[1]- Modified pacific southwest inter-agency committee

افزایش امکان اختصاص زمین‌های با شیب بیش از 5 درصد و عمق مناسب خاک به باغ هست (نیک‌کامی 1999).

ب: محدودیت دوم

$$X_3 \leq 637.08 \quad [10]$$

محدودیت دوم مربوط به زمین‌هایی است که محصولات مختلف آبی در آن‌ها کشت‌شده است. در ابتدا سطح زیر کشت آبی 166 هکتار برآورد گردیده است اما با توجه به استانداردهای موردنیاز برای کشت آبی و نیز عمق خاک 637/08 هکتار از اراضی منطقه موردمطالعه دارای پتانسیل کشت آبی هستند.

ج: محدودیت سوم

$$X_1 + X_3 \leq 2328.63 \quad [11]$$

با توجه به‌این که در منطقه موردمطالعه محدودیت میزان آب وجود دارد، لذا با توجه به طبقات شیب و عمق خاک، زمین‌های تحت کشت آبی و باغی از 2328/63 هکتار نمی‌تواند بیشتر شود.

د: محدودیت چهارم

$$X_1 + X_2 + X_3 \leq 12981.58 \quad [12]$$

محدودیت چهارم مسئله مربوط به سطح اراضی موجود است. بیشینه سطح اراضی منطقه که می‌تواند به سه کاربری باغ، مرتع و کشت آبی اختصاص یابد، 12981/58 هکتار هست بنابراین مجموع سطح اراضی زیر کشت این کاربری‌ها، بیشینه می‌تواند به میزان گفته‌شده باشد.

ه: محدودیت پنجم

$$X_1 \geq 1305 \quad [13]$$

با توجه به مطالبی که در محدودیت اول بیان شد، سطح اراضی زیر کشت باغ در منطقه 1305 هکتار هست و این مساحت از این مقدار نمی‌تواند کمتر باشد زیرا در حال حاضر به‌علت بهره‌دهی مناسب، مردم منطقه تمایلی به تغییر این کاربری ندارند.

و: محدودیت ششم

$$X_2 \geq 5392 \quad [14]$$

ششمین محدودیت بیان‌گر این نکته است که سطح اراضی مرتعی منطقه نمی‌تواند از میزان 5392 هکتار کمتر باشد به‌دلیل اینکه اراضی مرتعی ملی بوده و تحت مالکیت دولت قرار دارند و بر اساس ماده 56 قانون ملی شدن مراتع، نمی‌توان در این اراضی تغییر کاربری ایجاد نمود.

ز: محدودیت هفتم

$$X_1, X_2, X_3 \geq 0 \quad [15]$$

آخرین محدودیت مربوط به غیر منفی بودن متغیرهاست، به این معنی که سطح اختصاص‌یافته به هر کاربری باید مثبت باشد. پس از مشخص شدن توابع هدف و محدودیت‌های بیان‌شده و همچنین برآورد مقادیر ثابت و جایگزین کردن آن‌ها در توابع هدف (معادلات 5 و 6 و 7)، به‌منظور حل توابع هدف در منطقه موردمطالعه و دستیابی به مناسب‌ترین وضعیت کاربری اراضی، مسئله موردنظر به روش سیمپلکس که یکی از روش‌های حل مسائل برنامه‌ریزی خطی است، با استفاده از نرم‌افزار ADBASE برای سه گزینه وضعیت کنونی و بدون اعمال مدیریت، وضعیت اعمال مدیریت اراضی و وضعیت استاندارد حل و ترکیب بهینه کاربری اراضی مشخص گردید (نیک‌کامی 1381).

نتایج و بحث

مساحت مربوط به سطح هر کاربری در دو سناریوی شرایط فعلی و نیز شرایط بعد از حل مسئله بهینه‌سازی به کمک نرم‌افزار ADBASE در جدول 1 نشان داده‌شده است. نتایج مربوط به میزان فرسایش و سوددهی کاربری‌های مختلف برای سه گزینه وضعیت کنونی و بدون اعمال مدیریت، وضعیت اعمال مدیریت اراضی و وضعیت استاندارد در شرایط قبل بعد از بهینه‌سازی نیز در جداول 2 تا 7 آورده شده که با استفاده از رابطه‌های عمومی مسئله بهینه‌سازی کاربری

اراضی برای سه وضعیت مشخص‌شده به‌دست‌آمده آمده است.

جدول 1- سطح اختصاص‌یافته به هر کاربری در شرایط قبل و بعد از بهینه‌سازی در حوضه آبخیز گل رودبار.

کاربری	سطح اختصاص‌یافته	
	قبل از بهینه‌سازی	بعد از بهینه‌سازی
باغ	1305	1681/55
مرتع	5392	9388/79
کشت	166	637/08

همان‌طور که جدول 1 نشان می‌دهد، سطح کاربری‌های فعلی در صورت بهینه‌سازی مسئله تغییر کرده به‌طوری‌که سطح اراضی باغی از 1305 هکتار به 1681/55هکتار (28/85 درصد افزایش)، اراضی مرتعی از5392 هکتار به 9388/79 هکتار(74/12درصد افزایش) و سطح اراضی کشت آبی از 166 هکتار به 637/08 هکتار(283/78 درصد افزایش) تغییر کرده است. شکل 2 سطح اختصاص‌یافته به هر کاربری را در شرایط قبل و بعد از بهینه‌سازی کاربری اراضی نشان می‌دهد. همچنین نتایج مربوط به مقایسات مربوط به فرسایش و سود خالص سالانه کل حوضه در شرایط قبل و بعد از بهینه‌سازی در جدول‌های 8 و 9 آورده شده است. جدول‌های 10 و 11 به ترتیب درصد تغییرات میزان فرسایش و میزان سود خالص کل حوضه در شرایط بهینه‌سازی کاربری‌های اراضی در گزینه‌های مختلف نسبت به وضعیت فعلی را نشان می‌دهد.

جدول2- محاسبات سود و فرسایش در وضعیت کنونی کاربری‌ها در حوضه آبخیز گل رودبار.

کاربری اراضی	سطح (ha)	فرسایش سالانه ($ton\ ha^{-1}y^{-1}$)	فرسایش کل ($ton\ y^{-1}$)	سود خالص سالانه ($10^6 Rial\ ha^{-1}y^{-1}$)	سود خالص کل ($10^6 Rial\ ha^{-1}y^{-1}$)
باغ	1305	0/8	1044	135/49	176814/45
مرتع	5392	3/2	17254/4	0/72	3882/24
کشت آبی	166	0/22	36/52	19/45	3228/7
کل	6863	----	18334/92	---	183925/39
متوسط وزنی	---	2/67	---	26/79	---

جدول3- سود و فرسایش حاصل از مدل بهینه‌سازی کاربری اراضی در وضعیت کنونی در حوضه آبخیز گل رودبار.

کاربری اراضی	سطح (ha)	فرسایش سالانه ($ton\ ha^{-1}y^{-1}$)	فرسایش کل ($ton\ y^{-1}$)	سود خالص سالانه ($10^6 Rial\ ha^{-1}y^{-1}$)	سود خالص کل ($10^6 Rial\ ha^{-1}y^{-1}$)
باغ	1681/55	0/8	1345/24	135/49	227833/21
مرتع	9388/79	3/2	30044/12	0/72	6759/92
کشت آبی	637/08	0/22	140/15	19/45	12391/2
کل	11707/42	---	31529/51	---	246984/34
متوسط		2/69		21/09	

جدول 4- محاسبات سود و فرسایش در وضعیت اعمال مدیریت اراضی در حوضه آبخیز گل رودبار.

کاربری اراضی	سطح (ha)	فرسایش سالانه (ton $ha^{-1}y^{-1}$)	فرسایش کل (ton y^{-1})	سود خالص سالانه (10^6Rial $ha^{-1}y^{-1}$)	سود خالص کل (10^6Rial $ha^{-1}y^{-1}$)
باغ	1305	0/8	1044	135/49	176814/45
مرتع	5392	2/07	11161/44	0/8	4313/6
کشت آبی	166	0/22	36/52	19/45	3228/7
کل	6863	---	12241/96	---	184356/75
متوسط	---	1/78	---	26/86	---

جدول 5- سود و فرسایش حاصل از مدل بهینه‌سازی کاربری اراضی در وضعیت اعمال مدیریت اراضی.

کاربری اراضی	سطح (ha)	فرسایش سالانه (ton $ha^{-1}y^{-1}$)	فرسایش کل (ton y^{-1})	سود خالص سالانه (10^6Rial $ha^{-1}y^{-1}$)	سود خالص کل (10^6Rial $ha^{-1}y^{-1}$)
باغ	1681/55	0/8	1345/24	135/49	227833/21
مرتع	9388/79	2/07	19434/79	0/8	7511/03
کشت آبی	637/08	0/22	140/15	19/45	12391/20
کل	11707/42	---	20920/18	---	247735/45
متوسط	---	1/78	---	21/16	---

جدول6- محاسبات سود و فرسایش در وضعیت استاندارد در حوضه آبخیز گل رودبار.

کاربری اراضی	سطح (ha)	فرسایش سالانه (ton $ha^{-1}y^{-1}$)	فرسایش کل (ton y^{-1})	سود خالص سالانه (10^6Rial $ha^{-1}y^{-1}$)	سود خالص کل (10^6Rial $ha^{-1}y^{-1}$)
باغ	1681/55	0/38	638/9	174/4	293262/32
مرتع	10652/95	1/56	16618/6	1/42	15127/18
کشت آبی	647/08	0/1	64/7	75/81	49055/13
کل	12981/58	---	17322/2	---	357444/63
متوسط	---	1/33	---	27/53	---

جدول 7- سود و فرسایش حاصل از مدل بهینه‌سازی کاربری اراضی در وضعیت استاندارد.

کاربری اراضی	سطح (ha)	فرسایش سالانه (ton $ha^{-1}y^{-1}$)	فرسایش کل (ton y^{-1})	سود خالص سالانه (10^6Rial $ha^{-1}y^{-1}$)	سود خالص کل (10^6Rial $ha^{-1}y^{-1}$)
باغ	1681/55	638/98	0/38	174/4	293262/32
مرتع	9388/79	14646/51	1/56	1/42	13332/08
کشت آبی	637/08	63/7	0/1	75/81	48297/03
کل	11707/4	15349/19	---	---	357891/43
متوسط	---	---	1/31	30/31	---

جدول 8- مقایسه مقادیر فرسایش سالانه ($ton\ y^{-1}$) در قبل و بعد از بهینه‌سازی کاربری اراضی در گزینه‌های مختلف.

کاربری	وضعیت کنونی		وضعیت اعمال مدیریت		وضعیت استاندارد	
	قبل بهینه‌سازی	بعد بهینه‌سازی	قبل بهینه‌سازی	بعد بهینه‌سازی	قبل بهینه‌سازی	بعد بهینه‌سازی
باغ	1044	1345/24	1044	1345/24	638/9	638/98
مرتع	17254/4	30044/12	11161/44	19434/79	16618/6	14646/51
کشت آبی	36/52	140/15	36/52	140/15	64/7	63/7
کل	18334/92	31529/51	12241/96	20920/18	17322/2	15349/19

شکل2- تغییرات سطح کاربری‌های مختلف در شرایط قبل و بعد از بهینه‌سازی کاربری اراضی در حوضه آبخیز گل رودبار.

جدول 9- مقایسه مقادیر سود خالص کل ($10^6 Rial\ y^{-1}$) در قبل و بعد از بهینه‌سازی کاربری اراضی در گزینه‌های مختلف.

کاربری	وضعیت کنونی		وضعیت اعمال مدیریت		وضعیت استاندارد	
	قبل بهینه‌سازی	بعد بهینه‌سازی	قبل بهینه‌سازی	بعد بهینه‌سازی	قبل بهینه‌سازی	بعد بهینه‌سازی
باغ	176814/45	227833/21	176814/54	227833/21	223962/32	293262/32
مرتع	3882/24	6759/92	4313/6	7511/03	15127/18	13332/08
کشت آبی	3228/7	12391/2	3228/7	12391/2	49055/13	48297/03
کل	183925/39	246984/34	184356/57	247735/45	35744/63	357891/43

جدول 10- درصد تغییرات میزان فرسایش کل حوضه در بعد از بهینه‌سازی کاربری اراضی نسبت به وضعیت فعلی.

قبل از بهینه‌سازی	بعد از بهینه‌سازی					
وضعیت کنونی	وضعیت کنونی		وضعیت اعمال مدیریت		وضعیت استاندارد	
مقدار ($ton\ y^{-1}$)	مقدار ($ton\ y^{-1}$)	درصد تغییرات	مقدار ($ton\ y^{-1}$)	درصد تغییرات	مقدار ($ton\ y^{-1}$)	درصد تغییرات
18334/92	5131529	71/96	20920/18	14/1	15349/19	16/28

جدول11- درصد تغییرات میزان سود خالص کل حوضه در بعد از بهینه‌سازی کاربری اراضی نسبت به وضعیت فعلی.

قبل از بهینه‌سازی	بعد از بهینه‌سازی					
وضعیت کنونی	وضعیت کنونی		وضعیت اعمال مدیریت		وضعیت استاندارد	
	مقدار (10^6 Rial y^{-1})	درصد تغییرات	مقدار (10^6 Rial y^{-1})	درصد تغییرات	مقدار (10^6 Rial y^{-1})	درصد تغییرات
183925/39	246984/34	34/28	247735/45	34/69	357891/43	94/58

نتایج حاصل از مقایسه مقادیر مربوط به وضعیت کنونی و نیز وضعیت اعمال مدیریت در جدول 10 نشان می‌دهد که در صورت بهینه‌سازی کاربری اراضی میزان فرسایش در وضعیت فعلی71/96 درصد افزایش، در وضعیت اعمال مدیریت اراضی 14/1 درصد افزایش و در شرایط استاندارد 16/28 درصد کاهش می‌یابد. همچنین نتایج حاصل از جدول 11 نشان می‌دهد که در صورت بهینه‌سازی کاربری اراضی، میزان سود خالص در وضعیت فعلی34/28 درصد افزایش، در وضعیت اعمال مدیریت اراضی 34/69 درصد افزایش و در شرایط استاندارد 94/58 درصد افزایش می‌یابد.

نتیجه‌گیری کلی

هدف اصلی در این تحقیق تعیین الگوی بهینه کاربری اراضی به‌منظور کاهش میزان فرسایش و بالا بردن درآمد ساکنین حوضه آبخیز گل رودبار هست که به‌وسیله برنامه‌ریزی خطی برای سه حالت وضعیت فعلی کاربری‌ها، وضعیت اعمال مدیریت اراضی در کاربری‌های فعلی و وضعیت استاندارد کاربری‌ها انجام گردید. رشد بی‌رویه جمعیت و به دنبال آن نیاز روزافزون انسان به غذا، کشاورزان را به‌سوی بهره‌برداری از زمین‌های نامرغوب حاشیه‌ای همچون مراتع و جنگل‌های واقع در اراضی شیب‌دار سوق داده است. این در حالی است که این اراضی عمدتاً دارای استعداد فرسایشی بالا و پتانسیل تولید محصولات زراعی نسبتاً پایینی هستند. خاک این اراضی در فصول سرد و پرباران سال به دلیل از بین رفتن پوشش گیاهی از طریق انجام عملیات مختلف کشاورزی جهت زراعت گونه‌های مختلف مانند گندم و جو و نخود، عاری از پوشش و مستعد فرسایش می‌گردد. مستعد شدن سطح خاک این اراضی نسبت به فرسایش باعث می‌گردد علاوه بر اینکه ازیک‌طرف مقادیر زیادی رسوب وارد مخازن سدها و اراضی زیردست شود، از طرف دیگر هر ساله میزان حاصلخیزی این اراضی به دلیل از دست رفتن مواد آلی کمتر شده و این عامل ضمن افزایش هزینه‌ها باعث کاهش درآمد مردم در کوتاه‌مدت و در بلندمدت بحران‌های اجتماعی و اقتصادی از جمله گسترش مهاجرت، فقر حاشیه‌نشینی و امثال آن را به‌دنبال خواهد داشت. خاک زراعی که دارای پتانسیل تولید در بازده اقتصادی هست، به‌شدت تحت تأثیر دخالت‌های مستقیم و غیرمستقیم انسان است، به‌نحوی‌که بهره‌برداری بی‌رویه از خاک، قیمت‌گذاری نامناسب عوامل تولید و محصولات و نظام مالکیت از یک سو و به‌کارگیری فناوری‌های نامتعارف و نرخ پایین پذیرش عملیات حفاظت خاک از دیگر سو، زمینه را برای تأثیرگذاری فرسایش فراهم ساخته است. ازاین‌رو حفاظت خاک از طریق بهینه‌سازی کاربری‌های اراضی به‌عنوان گزینه کاهنده فرسایش، در راستای کاهش هزینه‌های فرسایش و افزایش بهره‌وری منابع طبیعی شامل آب‌وخاک و نیز کشاورزی از اهمیت خاصی برخوردار هست. تغییر کاربری اراضی نیز، عموماً ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک و لذا کیفیت آن را تحت تأثیر قرار می‌دهد. تغییر کاربری اراضی مرتعی به زمین‌های کشاورزی به‌ویژه در مناطق پرشیب کوهستانی عموماً سبب فرسایش خاک و جاری شدن سیل‌های ویرانگر شده و کیفیت پویایی خاک را

تحت تأثیر قرار می‌دهد. با توجه به شرایط اقلیمی خشک و نیمه‌خشک ایران و بروز مشکلات عدیده‌ای از قبیل سیلاب، خشک‌سالی، فرسایش و غیره در مناطق مختلف کشور طرح‌های بهینه‌سازی کاربری اراضی متناسب با شرایط منطقه از سازنده‌ترین راهکارها برای مقابله با مشکلات از این قبیل هست.

نتایج این تحقیق نشان‌دار که در صورت بهینه-سازی کاربری اراضی میزان فرسایش خاک و سوددهی کل حوضه نسبت به شرایط استاندارد به ترتیب 16/28 درصد کاهش و 94/58 افزایش می‌یابد. در واقع بهینه‌سازی کاربری اراضی علاوه بر هدر رفت منابع، باعث افزایش میزان سوددهی نیز می‌گردد که این امر یکی از مهم‌ترین الگوهای موردنظر مسئولین کشاورزی و منابع طبیعی است و با ایده مدیریت پایدار منابع آب‌وخاک همخوانی و همسویی دارد. همچنین نتایج حاصل از سوددهی کاربری‌ها بعد از بهینه‌سازی کاربری اراضی با نتایج تحقیقات نیک‌کامی(1999) و جلیلی (1383) همخوانی دارد.

آزمون فرضیه‌ها و نتایج به‌دست‌آمده از این تحقیق نشان می‌دهد که: فرضیه اول مبنی بر این‌که استفاده بهینه از اراضی میزان فرسایش خاک را به مقدار قابل‌توجهی کاهش می‌دهد، تائید می‌گردد زیرا میزان فرسایش بعد از اجرای مدل بهینه‌سازی کاربری اراضی در شرایط استاندارد 16/28 درصد کاهش می‌یابد که نشان می‌دهد کاربری اراضی در شرایط فعلی برای کاهش فرسایش خاک مناسب نیست زیرا متناسب با توان طبیعی منطقه نیست. همچنین فرضیه دوم که بیان می‌کند استفاده بهینه از اراضی باعث افزایش درآمد بهره‌برداران می‌شود نیز با توجه به نتایج به‌دست‌آمده از این تحقیق مورد تائید قرار می‌گیرد زیرا میزان سوددهی کاربری‌ها بعد از اجرای مدل بهینه-سازی کاربری اراضی در شرایط استاندارد 94/58 درصد افزایش می‌یابد. افزایش سود حاصل از کاربری باعث تشویق ساکنین به ماندن در منطقه شده و از بروز مهاجرت که یکی از تبعات تخریب سرزمین و فرسایش خاک است جلوگیری می‌کند. فرضیه سوم مبنی بر این‌که فرسایش در وضعیت فعلی کاربری اراضی حوضه در کمترین مقدار خود نیست نیز تائید می‌شود زیرا متوسط وزنی فرسایش سالانه در وضعیت فعلی و بدون اعمال مدیریت2/67 تن در هکتار در سال است درحالی‌که در شرایط اعمال مدیریت و شرایط استاندارد این رقم به ترتیب به1/78 و1/33 تن در هکتار کاهش می‌یابد. در این تحقیق برای حل مسئله بهینه‌سازی از نرم‌افزار ADBASE استفاده‌شده که می‌توان این مطالعه را با سایر نرم‌افزارهای بهینه‌سازی و نیز سایر رویکردهای بهینه‌سازی نظیر بهینه‌سازی پویا انجام داد و نتایج به‌دست‌آمده را با هم مقایسه کرد. با توجه به این‌که تغییر کاربری اراضی برای کشاورزان و ساکنین حوضه‌های آبخیز که منافع آنی را به منافع بلندمدت ترجیح می‌دهند امری غیرقابل‌پذیرش است پیشنهاد می‌شود با استفاده از وسایل ارتباط‌جمعی آموزشی و ترویج روستائیان ساکن در حوضه و با ایجاد انگیزه در آن‌ها و در اختیار گذاشتن تسهیلات بانکی، نقش مدیریت اراضی و نحوه استفاده صحیح از اراضی را به آن‌ها آموزش داد تا علاقه‌مند به تغییر رویکرد شوند. پیشنهاد می‌شود به‌منظور افزایش دقت، میزان فرسایش و رسوب هر کاربری به‌طور مستقیم و با استفاده از دستگاه‌های اندازه‌گیری رسوب انجام گیرد. هر چند این کار نیاز به‌صرف هزینه و زمان زیادی دارد ولی نتایج به‌دست‌آمده به دلیل دقت بالا کارآیی قابل‌توجهی در دستیابی به نتایج دقیق‌تر و قابل‌اعتمادتر دارد. در حال حاضر نیاز به انجام چنین تحقیقاتی جهت دستیابی به روش‌های مدیریت بهینه منابع به‌ویژه در مسائل مدیریتی منابع طبیعی بسیار زیاد است.

منابع مورداستفاده

احمدی ح، 1378. ژئومورفولوژی کاربردی، جلد 1 (فرسایش آبی)، انتشارات دانشگاه تهران.

اصغر پور مج، 1375. برنامه ریزی خطی، مؤسسه انتشارات و چاپ دانشگاه تهران.

اندرودی م ، 1380. اصول و روش های مدیریت زیست محیطی. (ترجمه) ، تهران، نشر کنگره.

برآبادی ا، 1385. تعیین الگوی بهینه کاربری زمین درحوضه های آبخیز (مطالعه موردی:حوضه آبخیز گلیرد-فشندک در طالقان)، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران.

بی نام ، 1388. مطالعات تفضیلی اجرایی حوضه آبخیز گل رودبار سمنان، اداره کل منابع طبیعی و آبخیزداری استان سمنان.

جلیلی خ، 1383. بهینه سازی کاربری اراضی حوضه آبخیز بریموند به منظور کمینه سازی فرسایش خاک با استفاده از برنامه ریزی خطی، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده منابع طبیعی نور، دانشگاه تربیت مدرس.

حسینی س ص و قربانی م، 1384. اقتصاد فرسایش خاک، انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد، 121 صفحه.

حق نیا غ و کوچکی ع، 1375. مدیریت پایدار خاک (ترجمه) انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد،185 صفحه.

شعبانی م، 1386. تأثیر 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.

غروی م ح، 1365. فاجعه در کمین ما. مجله جنگل و مرتع، سال 1، شماره 3، صفحه‌های 12 تا 13.

کاشکی م ت، 1380. فرسایش آبی و نقش آن در بیابان زایی مناطق خشک، مطالعه موردی حوضه آبخیز کویر بجستان خراسان. صفحه‌های 398 تا 408. مجموعه مقالات همایش ملی مدیریت اراضی-فرسایش خاک و توسعه پایدار.بهمن1380 ، اراک.

نیک کامی د، 1381. بهینه‌سازی مدیریت فرسایش خاک درحوضه آبخیز دماوند. فصل‌نامه پژوهش و سازندگی، جلد 15، شماره 4، صفحه‌های 82 تا 89.

Borges PJ, Fragoso R and Garcia-Gonzalo J, 2009. Assessing impacts of Common Agricultural Policy changes on regional land use patterns with a decision support system. An application in Southern Portugal. Forest Policy and Economics 12: 111-120.

Honghai Qi and Mustafa S, 2011. A conceptual framework of agricultural land use planning with BMP for integrated watershed management. Journal of Environmental Management 92:149-55.

Nikkami D, 1999. Optimizing the Management of soil Erosion using GIS. Ph.D dissertation. Concordia University, Canada.

Sadeghi SHR, Jalili Kh, Nikkami D, 2009. Land use optimization in watershed scale. Land Use Policy 26: 186–193.

Terrence JT, George RF and Kenneth GR, 2002. Soil Erosion, John Wiley and Sons INC. USA, PP352.

Zhang GS, Chan KY, Oates A, Heenan DP and Huang GB, 2006. Relationship between soil structure and runoff/ soil loss after 24 years of conservation tillage. Soil and Tillage Research 92: 122–128.