Journal of Watershed Engineering and Management
Volume 5, Issue 1, 2013, Pages 17-24

نشریه علمی- پژوهشی مهندسی و مدیریت آبخیز
جلد ۵، شماره ۱، ۱۳۹۲، صفحات ۲۴-۱۷

بهینه‌سازی کاربری اراضی با استفاده از مدل برنامه‌ریزی خطی دو هدفه در حوزه آبخیز آدینه مسجد شازند

علی‌اکبر داودی‌راد، مربی، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی مرکزی
داود نیک‌کامی، دانشیار، پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری
مهدی مردیان[1]، کارشناس ارشد، دانشکده علوم کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه گرگان

تاریخ دریافت: ۹۱/۱۱/۱۶ تاریخ پذیرش: ۹۲/۰۲/۰۹

چکیده

افزایش تولید و سطح رفاه آبخیزنشینان توأم با کاهش فرسایش خاک همیشه در محور برنامه‌های مدیریتی حوزه‌های آبخیز است. بهینه‌سازی کاربری اراضی یک استراتژی کارآمد در این زمینه می‌باشد که می‌تواند اهداف توسعه پایدار را محقق سازد. در این پژوهش، با استفاده از مدل برنامه‌ریزی خطی و سامانه اطلاعات جغرافیایی، بهینه‌سازی کاربری اراضی در حوزه آبخیز آدینه مسجد شازند استان مرکزی به‌کمک نرم‌افزار Lingo 11.0 انجام شد. مدل برنامه‌ریزی خطی در سه سناریوی وضعیت فعلی، وضعیت اعمال مدیریت و وضعیت استاندارد، برای دو هدف افزایش درآمد و کاهش فرسایش خاک تعریف شد. نتایج حاصل از اجرای مدل نشان داد که میزان فرسایش در وضعیت فعلی ۱/۲۷ درصد، در وضعیت اعمال مدیریت اراضی ۱۸/۶۹ درصد و در وضعیت استاندارد ۲۶/۹۳ درصد کاهش می‌یابد. همچنین، میزان درآمد خالص سالانه در وضعیت فعلی ۱۸/۵۶ درصد کاهش یافته؛ اما در وضعیت اعمال مدیریت اراضی ۴۸/۰۱ درصد و در وضعیت استاندارد ۲۲۰/۰۷ درصد افزایش دارد. با توجه به این‌که در سناریوی شرایط فعلی کاربری اراضی، ارزش وزنی کاهش فرسایش خاک (۱/۲۷ درصد) به‌مراتب بسیار کمتر از ارزش وزنی کاهش درآمد (۱۸/۵۶ درصد) است، لذا بهینه‌سازی کاربری اراضی در حوزه آبخیز مطالعاتی بدون اعمال مدیریت و یا استاندارد کردن اراضی با در نظر گرفتن هم‌زمان دو تابع هدف امکان‌پذیر نیست.

واژه‌های کلیدی: افزایش تولید، توابع هدف، جدول سیمپلکس، سناریوهای مدیریتی، کاهش فرسایش خاک

مقدمه

افزایش تولید، رشد درآمد کشاورزان و افزایش سطح رفاه خانوارهای روستایی از مهم‌ترین اهداف توسعه پایدار در بخش کشاورزی است. آب و خاک، اساسی‌ترین منابع تولید کشاورزی و ثروت حقیقی کشور به‌شمار آمده و شیوه بهره‌برداری از آن‌ها می‌تواند به افزایش یا کاهش این ثروت منجر شود (Amini Faskhoodi و همکاران، ۲۰۰۹). در اقتصاد مبتنی بر کشاورزی که در بیشتر کشورهای در حال توسعه و توسعه یافته رایج است، لزوم طرح‌ریزی همه جانبه به‌منظور استفاده از منابع تولید کشاورزی برای دست یافتن به بیشترین بازده اقتصادی ضروری است (Pakdaman و Najafi، ۲۰۰۹). از طرفی فرسایش خاک یکی از مبحث‌های مهم در زمینه توسعه پایدار کشاورزی و مسائل زیستی می‌باشد. فرسایش خاک از سویی امنیت غذایی، توسعه پایدار و متوازن کشاورزی را به خطر می‌اندازد و از سوی دیگر آثار سوء زیست محیطی فراوان و هزینه‌های بسیار بالایی در پی دارد (Shabani، ۲۰۱۰).

بنابراین، یافتن راه‌حل‌هایی برای افزایش سود حاصل از منابع کشاورزی و کاهش خسارت ناشی از فرسایش خاک، به‌عنوان راهکارهای مدیریتی مناسب می‌تواند فراروی مدیران کشور قرار گیرد. در این زمینه، علم مدیریت به‌عنوان علم مکمل کشاورزی با در نظر گرفتن رابطه بین عوامل مختلف کشاورزی برای دستیابی به بیشترین سود پا به‌عرصه مدیریت

[1] نویسنده مسئول: mehdimardian@gmail.com

نهاده است (Sadrol-Ashrafi، ۱۹۹۲؛ Shively و Coxhead، ۲۰۰۴) تا با استفاده از روش‌های بهینه‌سازی، مسائل موجود در عرصه‌های طبیعی را مدل‌سازی کند.

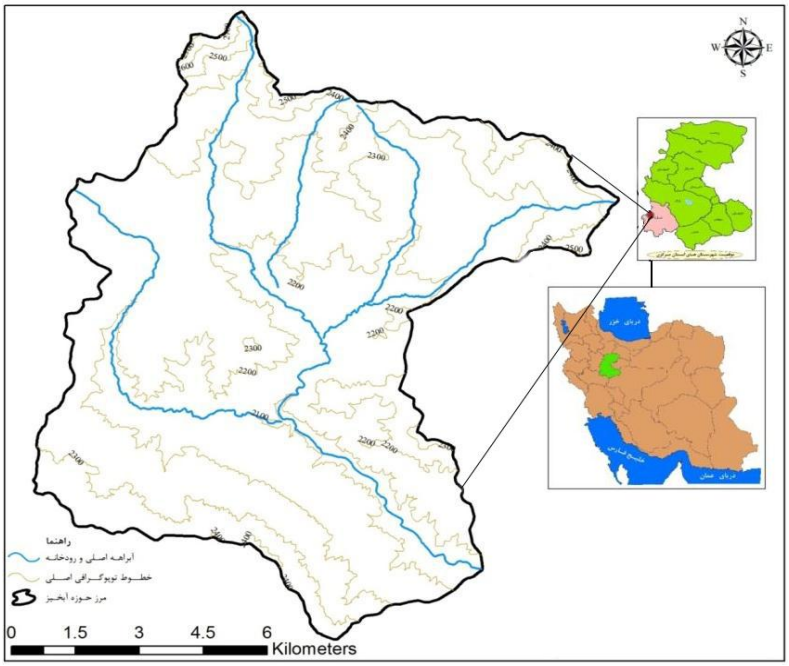
بهینه‌سازی کاربری اراضی در حوزه‌های آبخیز با استفاده از برنامه‌ریزی خطی و سامانه اطلاعات جغرافیایی و با توجه به دیدگاه متضاد نیازها و منابع محدود زمین، یکی از روش‌های مدیریتی مناسب برای رسیدن به پایداری و نیز تخصیص بهینه اراضی به‌منظور رسیدن به بیشترین سود است (Riedel، ۲۰۰۳). در این زمینه Nikkami (۲۰۰۲) بهینه‌سازی را برای کاهش تاثیرات محیطی و اقتصادی فرسایش خاک با استفاده از مدل برنامه‌ریزی خطی چند منظوره در یکی از زیرحوزه‌های آبخیز دماوند انجام داد و نتیجه گرفت بهینه‌سازی کاربری اراضی باعث کاهش پنج درصدی تولید رسوب و افزایش ۱۳۴ درصد سود سالانه می‌شود. Jalili و همکاران (۲۰۰۴) به‌منظور کمینه‌سازی فرسایش خاک با استفاده از مدل برنامه‌ریزی خطی در حوزه آبخیز بریموند، ضمن معرفی سطح کاربری‌های بهینه، میزان کاهش فرسایش و افزایش سود سالانه را به‌ترتیب ۷/۷۸ و ۱۱۸/۶۲ درصد گزارش نموده است. بهینه‌سازی انجام شده دلالت بر کاهش سطح اراضی دیم و افزایش سطح اراضی باغی در منطقه دارد. در بررسی تعیین کاربری‌های بهینه اراضی، Pishdad و همکاران (۲۰۰۸) به این نتیجه رسیدند که با بهینه‌سازی، میزان فرسایش حدود ۷۱۳۳ تن در سال کاهش می‌یابد. طی پژوهشی Singh و Singh (۱۹۹۹) در ناحیه ماهی‌کماند هندوستان، حداکثرسازی تولید و سود را با به‌کارگیری برنامه‌ریزی بهینه کشت انجام دادند، نتایج نشان داد برنامه‌ریزی کشت، میزان تولیدات را ۶۰ تا ۹۶ درصد افزایش می‌دهد.

همچنین، Benli و Kodal (۲۰۰۳) ضمن کاربرد برنامه‌ریزی خطی و غیرخطی در بهینه‌سازی کاربری اراضی جنوب شرقی آنتالیا، بر استفاده از برنامه‌ریزی غیرخطی در راستای بیشینه‌سازی سود در اراضی کشاورزی با توجه به محدودیت منابع آب اشاره دارند. مدل برنامه‌ریزی خطی چندمنظوره برای بهینه‌سازی کاربری اراضی در شمال چین توسط Liu و Stewart (۲۰۰۴) مورد بررسی قرار گرفت و نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که حفاظت خاک، امنیت غذایی و درآمد مردم روستانشین در صورت استفاده درست از منابع، به‌طور پایدار بهبود می‌یابد. Nikkami و همکاران (۲۰۰۹) از برنامه‌ریزی خطی چند هدفه در حوزه آبخیز خارستان در شمال‌غرب شهرستان اقلید استان فارس استفاده کردند. آن‌ها با در نظر گرفتن سه سناریوی وضعیت کنونی کاربری‌ها و بدون اعمال مدیریت اراضی؛ وضعیت کنونی کاربری‌ها و اعمال مدیریت اراضی و وضعیت استاندارد کاربری‌ها و مطابق با اصول و معیارهای علمی، سطح بهینه کاربری اراضی را به‌منظور کاهش میزان فرسایش و بالا بردن درآمد ساکنین حوزه آبخیز معین کردند.

دستاورد سوابق پژوهش‌ها نشان می‌دهد برنامه‌ریزی خطی چندهدفه یکی از پرکاربردترین روش‌های مدیریتی حوزه‌های آبخیز است. با توجه به اهمیت سد کمال‌صالح به‌عنوان مهم‌ترین منبع آب شرب شهر اراک و لزوم حفاظت منابع آب و خاک و افزایش درآمد بهره‌برداران آبخیز بالادست سد، در این پژوهش مدل برنامه‌ریزی خطی با هدف بیشینه‌سازی سود و کمینه‌سازی فرسایش خاک، برای حوزه آبخیز آدینه مسجد از زیرحوضه‌های اصلی آبخیز سد کمال‌صالح، در سه سناریوی مدیریتی به اجرا در آمد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه: حوزه آبخیز آدینه مسجد با مساحت ۱۱۳/۷۴ کیلومتر مربع یکی از زیرحوضه‌های اصلی سد کمال‌صالح می‌باشد که در شهرستان شازند استان مرکزی واقع است (شکل ۱). براساس روش آمبرژه، اقلیم منطقه در طبقه نیمه‌خشک سرد قرار دارد. اراضی کشاورزی آبخیز شامل زراعت آبی، دیم و مرتع می‌باشد. همچنین، دامداری در مقیاس خانوار به‌روش سنتی نیز مشاهده می‌شود. عدم تعادل دام و مرتع در گذشته و حتی امروزه، تبدیل مراتع به دیم‌زارهای کم‌بازده و شخم در جهت شیب دامنه از مهم‌ترین مشکلات مشهود در این حوزه آبخیز می‌باشد که با تخریب اراضی علاوه بر افزایش رسوب‌دهی، درآمد آبخیزنشینان را تحت تأثیر قرار داده است.



شکل ۱- موقعیت حوزه آبخیز آدینه مسجد در استان مرکزی

مدل برنامه‌ریزی خطی: در برنامه‌ریزی خطی چند هدفه، مسأله عمومی بهینه‌سازی با n متغیر تصمیم، m محدودیت و p هدف تعریف می‌شود (Chamheidar، ۲۰۱۱). شکل کلی مسأله برای تابع بیشینه‌ساز سود در رابطه (۱) آمده است.

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

که در آن، Z_1 درآمد خالص سالانه کل حوزه آبخیز بر حسب میلیون ریال در سال، A_{i1} درآمد ناخالص سالانه واحد سطح مربوط به هر کاربری اراضی بر حسب میلیون ریال در هکتار، A_{i2} هزینه تولید واحد سطح هر کاربری اراضی بر حسب میلیون ریال در هکتار، A_{i3} خسارت فرسایش خاک در واحد سطح هر کاربری اراضی بر حسب میلیون ریال در هکتار و X_i مساحت مربوط به هر کاربری اراضی بر حسب هکتار می‌باشد. همچنین، شکل کلی مسأله برای تابع کمینه‌ساز فرسایش در رابطه (۲) تعریف شده است.

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

در این رابطه، Z_2 فرسایش سالانه کل حوزه آبخیز بر حسب تن در سال، C_{Ei} فرسایش تولیدی مربوط به هر کاربری اراضی بر حسب تن در هکتار در سال و X_i مساحت مربوط به هر کاربری اراضی بر حسب هکتار است. رابطه‌های (۱) و (۲) با محدودیت کلی مساحت کل کاربری‌ها بر حسب هکتار (B) تعریف می‌شوند:

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

نقشه کاربری اراضی: در ابتدا، مدل برنامه‌ریزی خطی در سه سناریوی مدیریتی تعریف شد که شامل الف) وضعیت کنونی کاربری‌ها و بدون اعمال مدیریت اراضی؛ ب) وضعیت کنونی کاربری‌ها و اعمال مدیریت اراضی، و ج) وضعیت استاندارد کاربری‌ها می‌باشد. در سناریوی "الف" از نقشه کاربری اراضی در شرایط فعلی استفاده شد که از اداره کل منابع طبیعی استان مرکزی تهیه شد. در سناریوی "ب" بدون تغییر سطح کاربری‌های فعلی، برنامه‌های مدیریت اراضی اعمال شد، به‌عنوان مثال استفاده از شخم عمود بر جهت شیب به‌جای شخم در جهت شیب، کشت متراکم به‌جای کشت سنتی، کشت بر روی خطوط تراز به‌جای کشت معمولی و مدیریت صحیح چرا در اراضی مرتعی پیشنهاد شد. در سناریوی "ج" از استانداردهای ارائه شده توسط Mahler (۱۹۷۹) و Berangl (۱۹۹۹) براساس پارامترهای شیب زمین، عمق خاک و منبع تأمین آب استفاده شد که در نهایت با توجه به وضعیت منطقه این استانداردها برای حوزه آبخیز طبق جدول ۱ بومی شد.

جدول ۱- راهنمای تهیه نقشه تناسب اراضی برای حوزه آبخیز آدینه مسجد

طبقه شیب (٪)	وضعیت آب	عمق خاک		
		کم (۳۰-۰ سانتی‌متر)	متوسط (۶۰-۳۰ سانتی‌متر)	زیاد (>۶۰ سانتی‌متر)
۰-۵	بدون محدودیت	*	*	آبی- باغ
	محدودیت متوسط	*	دیم- باغ	دیم- باغ
	فاقد آب آبیاری	*	دیم	دیم
۵-۸	بدون محدودیت	*	*	آبی- باغ
	محدودیت متوسط	*	*	دیم- باغ
	فاقد آب آبیاری	*	دیم	دیم
۸-۱۲	بدون محدودیت	*	*	*
	محدودیت متوسط	*	دیم باغ	دیم- باغ
	فاقد آب آبیاری	*	دیم، دیم- بادام‌کاری	دیم
۱۲-۲۵	بدون محدودیت	*	*	*
	محدودیت متوسط	*	مرتع- باغ	*
	فاقد آب آبیاری	مرتع	مرتع- بادام‌کاری	مرتع- بادام‌کاری
بیشتر از ۲۵	بدون محدودیت	*	*	*
	محدودیت متوسط	*	*	*
	فاقد آب آبیاری	مرتع	مرتع	*

* فاقد اراضی متناسب

برآورد فرسایش خاک: برای برآورد مقدار فرسایش خاک در هر سناریو از مدل MPSIAC استفاده شد. در این مدل عوامل نه‌گانه فرسایش شامل زمین‌شناسی، خاک، اقلیم، رواناب، توپوگرافی، پوشش، نحوه استفاده از اراضی، فرسایش سطحی و فرسایش رودخانه‌ای می‌باشد.

در سناریوی "الف" عوامل نه‌گانه برای هر واحد کاری از مطالعات پایه آبخیزداری منطقه مطالعاتی استخراج شد (Boomabad Consulting Engineers، ۲۰۰۱) و معادله رسوب‌دهی حوزه آبخیز (معادله ۴) براساس مقدار رسوب مشاهده‌ای از گزارش زیست‌محیطی سد کمال‌صالح واسنجی شد (Lar Consulting Engineers، ۲۰۰۰). سپس با استفاده از عامل مساحت، نسبت تحویل رسوب و فرسایش حوزه آبخیز به‌کمک رابطه‌های (۵) و (۶) محاسبه شد. در نهایت، با هم‌پوشانی لایه فرسایش با لایه کاربری اراضی فعلی، میزان فرسایش خاک در هر کاربری برای این سناریو به‌دست آمد.

$$Qs = 0.253e^{0.036R} \qquad (۴)$$

$$LogSDR = 1.8768 - 0.14191\log 10A \qquad (۵)$$

$$E = Q_S / SDR \qquad (۶)$$

که در آن‌ها، Qs رسوب‌دهی حوزه آبخیز (تن در هکتار)، e عدد نپرین و R جمع عوامل نه‌گانه مدل یا درجه رسوب‌دهی، A مساحت کاربری‌ها (هکتار) و E فرسایش (تن در هکتار) می‌باشد. در سناریوی "ب" و "ج" مقادیر عددی عوامل نه‌گانه به‌جز عامل نحوه استفاده از اراضی، همان مقادیر سناریوی "الف" در نظر گرفته شد؛ اما عامل نحوه استفاده از اراضی طبق جداول پایه مدل MPSIAC تغییر کرد (Omidvar، ۲۰۰۷) و در نهایت مقدار فرسایش خاک در هر کاربری طبق روابط فوق محاسبه شد.

محاسبه درآمد خالص: با توجه به مطالعات انجام شده و جمع‌آوری داده‌ها و اطلاعات مربوط به انواع کاربری‌ها از طریق هفت پرسش‌نامه و با توجه به میزان تولیدات محصولات مختلف و قیمت محصول در زمان پژوهش (براساس آمار و اطلاعات وزارت جهاد کشاورزی و کارشناسان مربوطه)، میزان درآمد ناخالص محصولات زراعی آبی، دیم، باغی و مرتعی محاسبه شد. میزان هزینه‌ها نیز با در نظر گرفتن ارزش زمین، هزینه‌های آماده‌سازی زمین، کاشت، داشت و برداشت، در هر کاربری و برای هر محصول محاسبه شد و نهایتاً با توجه به سطح اختصاص یافته

به هر محصول، مقدار کل هزینه‌ها برآورد شد. پس از آن، میزان درآمد خالص، از تفاضل درآمد ناخالص و هزینه‌ها برای هر یک از سناریوهای مدیریتی محاسبه شد.

تهیه جدول سیمپلکس در هر یک از سناریوها: در مدل برنامه‌ریزی خطی حوزه آبخیز آدینه مسجد، ابتدا اقدام به تهیه جدول سیمپلکس در هر یک از سناریوهای مدیریتی با توجه به محدودیت‌ها شد. محدودیت‌های تعریف شده در جدول سیمپلکس براساس قوانین، نظرات کشاورزان و محدویت اراضی فیزیکی-هیدرولوژیکی آبخیز تعریف شد. مثلاً براساس ماده ۵۶ قانون ملی شدن مراتع، این اراضی ملی بوده و نمی‌توان هیچ‌گونه تغییری در کاهش آن داشت و یا در مورد اراضی آبی به‌دلیل محدویت منابع آب، امکان افزایش این اراضی بیشتر از حد استاندارد وجود ندارد. در نهایت مدل برنامه‌ریزی خطی دو هدفه طبق رابطه‌های (۱) و (۲) در نرم‌افزار Lingo 11.0 (Shabani و همکاران، ۲۰۰۸) برای هر یک از سناریوها نوشته شد و براساس محدودیت‌های جدول سیمپلکس، مدل اجرا شد.

نتایج و بحث

جدول‌های ۲ تا ۴ نشان‌دهنده جدول سیمپلکس مسأله بهینه‌سازی کاربری اراضی در سناریوهای مختلف است. در این جدول‌ها اعداد ردیف تابع هدف ۱ به‌منظور بیشینه‌سازی (*Max*)، بیانگر مقدار درآمد خالص هر یک از کاربری‌های آبی (X_1)، دیم (X_2) و مرتع (X_3) بر حسب میلیون ریال در هکتار در سال است. اعداد ردیف تابع هدف ۲ به‌منظور کمینه‌سازی (*Min*)، بیانگر میزان فرسایش خاک در هر یک از کاربری‌ها بر حسب تن در هکتار در سال است. همان‌طورکه اشاره شد، فرسایش از رابطه واسنجی شده رسوب‌دهی (رابطه ۷) محاسبه شد که این رابطه براساس مقدار رسوب خروجی حوزه آبخیز سد کمال صالح و واسنجی رابطه (۴) به‌دست آمده است. اعداد یک و صفر در بقیه ردیف‌های جدول ۲ بیانگر حضور و عدم حضور متغیر در محدودیت‌هاست. همچنین، اعداد سمت راست معادله، محدودیت‌های تعریف شده برای سطح هر یک از کاربری‌ها را به هکتار نشان می‌دهد.

$$Qs = 0.241e^{0.032R} \quad (۷)$$

با اجرای مدل برنامه‌ریزی خطی در نرم‌افزار Lingo 11.0، سطح کاربری‌های اراضی طبق جدول ۵ تغییر یافت. نتایج نشان می‌دهد که سطح اراضی آبی- باغ ۳/۲ درصد افزایش، سطح اراضی دیم ۳۵/۳ درصد کاهش و سطح اراضی مرتعی ۱۴/۸ درصد افزایش یافته است.

جدول ۲- جدول سیمپلکس مسأله بهینه‌سازی کاربری اراضی در وضعیت کنونی

عوامل	X_1 (آبی)	X_2 (دیم)	X_3 (مرتع)	نوع تابع	سمت راست معادله
تابع هدف ۱	۲/۱۹۸	۰/۵۲۶	۰/۰۹۲	*Max*	۰
تابع هدف ۲	-۷/۲۷	-۹/۶۶	-۹/۲۰	*Max*	۰
محدودیت اول	۱	۰	۰	≤	۱۰۳۵/۶
	۱	۰	۰	≥	۱۰۰۴
محدودیت دوم	۰	۱	۰	≤	۴۰۳۶/۶
	۰	۱	۰	≥	۳۴۰۰
محدودیت سوم	۰	۰	۱	≥	۳۴۹۶
محدودیت چهارم	۱	۱	۱	=	۱۱۳۰۰
	۱	۱	۱	≥	۰

جدول ۳- جدول سیمپلکس مسأله بهینه‌سازی کاربری اراضی در وضعیت اعمال مدیریت اراضی

عوامل	X_1 (آبی)	X_2 (دیم)	X_3 (مرتع)	نوع تابع	سمت راست معادله
تابع هدف ۱	۳/۹۱۱	۱/۰۶۴	۰/۱۱۱	*Max*	۰
تابع هدف ۲	-۵/۹۹	-۷/۹۸	-۷/۵۶	*Max*	۰
محدودیت اول	۱	۰	۰	≤	۱۰۳۵/۶
	۱	۰	۰	≥	۱۰۰۴
محدودیت دوم	۰	۱	۰	≤	۴۰۳۶/۶
	۰	۱	۰	≥	۳۴۰۰
محدودیت سوم	۰	۰	۱	≥	۳۴۹۶
محدودیت چهارم	۱	۱	۱	=	۱۱۳۰۰
	۱	۱	۱	≥	۰

جدول ۶ و ۷ درصد تغییرات میزان فرسایش و درآمد خالص حوزه آبخیز را در گزینه‌های مختلف نسبت به وضعیت کنونی نشان می‌دهد. نتایج جدول ۶

نشان می‌دهد که با اجرای مدل، میزان فرسایش در وضعیت فعلی، ۱/۲۷ درصد، در وضعیت اعمال مدیریت اراضی ۱۸/۶۹ درصد و در وضعیت استاندارد ۲۶/۹۳ درصد کاهش می‌یابد. در این صورت طبق نتایج جدول ۷، میزان درآمد خالص سالانه در وضعیت فعلی ۱۸/۵۶ درصد کاهش یافته؛ اما در وضعیت اعمال مدیریت اراضی ۴۸/۰۱ درصد و در وضعیت استاندارد ۲۲۰/۰۷ درصد افزایش مشاهده می‌شود.

جدول ۴- جدول سیمپلکس مسأله بهینه‌سازی کاربری اراضی در وضعیت استاندارد

عوامل	X_1 (آبی)	X_2 (دیم)	X_3 (مرتع)	نوع تابع	سمت راست معادله
تابع هدف ۱	۶/۵۵۷	۱/۹۹۲	۰/۷۵۶	*Max*	۰
تابع هدف ۲	-۵/۹۲	-۶/۵۰	-۷/۱۴	*Max*	۰
محدودیت اول	۱	۰	۰	≤	۱۰۳۵/۶
	۱	۰	۰	≥	۱۰۰۴
محدودیت دوم	۰	۱	۰	≤	۴۰۳۶/۶
	۰	۱	۰	≥	۳۴۰۰
محدودیت سوم	۰	۰	۱	≥	۳۴۹۶
محدودیت چهارم	۱	۱	۱	=	۱۱۳۰۰
	۱	۱	۱	≥	۰

جدول ۵- سطح کاربری‌های اراضی (هکتار) قبل و بعد از اجرای مدل برنامه‌ریزی خطی

کاربری	آبی- باغ	دیم	مرتع
وضعیت فعلی	۱۰۰۴	۶۲۳۵	۳۴۹۶
بعد از اجرای مدل	۱۰۳۶	۴۰۳۷	۶۲۲۸
درصد تغییرات	۳/۲	-۳۵/۳	۱۴/۸

جدول ۶- مقدار و درصد تغییرات میزان فرسایش سالانه بعد از اجرای مدل برنامه‌ریزی خطی

قبل از اجرای مدل	تغییرات میزان فرسایش بعد از اجرای مدل					
	وضعیت فعلی		وضعیت اعمال مدیریت اراضی		وضعیت استاندارد	
مقدار (تن)	مقدار (تن)	درصد	مقدار (تن)	درصد	مقدار (تن)	درصد
۱۰۵۱۵۰	۱۰۳۸۱۸	-۱/۲۷	۸۵۴۹۷	-۱۸/۶۹	۷۶۸۳۵	-۲۶/۹۳

ترسیم برنامه‌های همه‌جانبه و جامع مدیریت آبخیز از رویکردهای مهم پیشرفت اجتماعی و اقتصادی است. با استفاده از بهینه‌سازی سطح کاربری‌ها و اعمال مدیریت و استاندارد سازی اراضی می‌توان ضمن کاهش فرسایش و رسوب، درآمد بهره‌برداران را افزایش داد. در این پژوهش با استفاده از مدل برنامه‌ریزی خطی دو هدفه، تأثیر بهینه‌سازی کاربری اراضی در میزان سوددهی و فرسایش خاک حوزه آبخیز آدینه مسجد شازند بررسی شد.

جدول ۷- مقدار و درصد تغییرات درآمد خالص سالانه بعد از اجرای مدل برنامه‌ریزی خطی

قبل از بهینه سازی	تغییرات میزان فرسایش بعد از اجرای مدل					
	وضعیت فعلی		وضعیت اعمال مدیریت اراضی		وضعیت استاندارد	
مقدار (میلیون ریال)	مقدار (میلیون ریال)	درصد	مقدار (میلیون ریال)	درصد	مقدار (میلیون ریال)	درصد
۶۱۰۵	۴۹۷۲	-۱۸/۵۶	۹۰۳۶	۴۸/۰۱	۱۹۵۴۰	۲۲۰/۰۷

نتایج نشان داد که بیشترین تغییر در سطح اراضی مرتعی حاصل شده است. در بازدیدهای محلی که انجام شد نیز مشخص شد تغییر در سطح کاربری اراضی (تبدیل مراتع به دیمزارها) باعث برهم زدن تعادل حوزه آبخیز شده است. علاوه بر این، اصول مدیریت غلط در اراضی دیم مانند شخم در جهت شیب، سرعت آشفتگی منابع آب و خاک را افزایش داده است. از سویی، خود کشاورزان نیز اعتقاد دارند که به‌دلیل تغییرپذیری مقدار و توزیع بارش از سالی به سال دیگر، کشت محصولات دیم در شرایط فعلی کاربری اراضی از ریسک‌پذیری بالایی برخوردار است. اما اراضی آبی-باغی منطقه که عمدتا در حاشیه آبراهه‌های اصلی قرار گرفته‌اند، بیشترین پتانسیل کشت و کار از نظر مرغوبیت خاک، شیب و دسترسی به منابع آبی را دار هستند. لذا با توجه به محدودیت در مقدار منابع آبی، کمترین تغییرپذیری در سطح این کاربری بعد از مدل‌سازی مشاهده شد.

در پژوهش Nikkami و همکاران (۲۰۰۹) و Chamheidar (۲۰۱۱) استاندارد سازی و بهینه‌سازی کاربری اراضی با توجه به ارزش‌دهی بیشتر به کاربری باغ انجام شده است. این مسئله باعث شده تا با افزایش سطح اراضی باغی، در هر سه وضعیت (شرایط فعلی، شرایط اعمال مدیریت و شرایط استاندارد) درآمد کل افزایش یافته و مقدار فرسایش خاک کم شود. در این پژوهش نیز، با در نظر گرفتن کاربری‌های ترکیبی برای شرایط استاندارد (جدول ۱)، نقشه کاربری اراضی استاندارد براساس ارزش‌دهی بیشتر به کشت باغی تهیه شد. با حل مسأله بهینه‌سازی، میزان فرسایش کل در هر سه وضعیت همانند نتایج پژوهش سایر محققین کاهش یافت. در مورد درآمد کل، در شرایط فعلی کاربری اراضی، مقدار درآمد کل کاهش پیدا کرد و فقط برای شرایط اعمال مدیریت اراضی و شرایط استاندارد افزایش درآمد مشاهده شد. این نشان می‌دهد که بهینه‌سازی کاربری اراضی بدون اعمال مدیریت و یا استاندارد کردن اراضی توجیه‌پذیر نیست؛ زیرا ارزش وزنی کاهش فرسایش خاک (۱/۲۷ درصد) به مراتب بسیار کمتر از ارزش وزنی کاهش درآمد (۱۸/۵۶ درصد) است. بنابراین برای حرکت در مسیر توسعه پایدار (کاهش فرسایش و افزایش درآمد) در حوزه آبخیز آدینه مسجد لازم است بهینه‌سازی برای شرایط اعمال مدیریت و یا استانداردسازی کاربری اراضی صورت پذیرد. کمااینکه وضعیت استاندارد اراضی با کاهش ۲۶/۹۳ درصدی فرسایش و افزایش ۲۲۰/۰۷ درصدی درآمد در اولویت می‌باشد. بهینه‌سازی کاربری اراضی به‌عنوان یکی از برنامه‌های مدیریت جامع حوزه‌های آبخیر است که در بطن آن واکنش اقدامات گوناگون در سناریوهای مختلف منعکس می‌شود. لذا توصیه می‌شود این پژوهش در سایر حوزه‌های آبخیز کشور نیز انجام شود.

تشکر و قدردانی

بدین‌وسیله از مساعدت‌های مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان مرکزی، اداره کل منابع طبیعی و آبخیزداری استان مرکزی، شورای اسلامی روستاهای واقع در حوزه آبخیز آدینه مسجد قدردانی می‌شود.

منابع مورد استفاده

1. Amini Faskhoodi, A., S.H. Noori and S.R. Hejazi. 2009. Determination of optimization utilization method with idealistic programing in the east agriculture lands of Esfahan. Agriculture Economy Journal, 2(4): 177-197 (in Persian).
2. Benli, B. and S. Kodal. 2003. A non-linear model for farm optimization with adequate and limited water supplies: application to the south-east Anatolian Project (GAP) Region. Agricultural Water Management Journal, 62: 187-203.
3. Berangl, K.J. 1999. Principles and treatments in dry farming (Interpretation of Rashed and A. Koochaki). Mashhad University Jihad, 236 pages (in Persian).
4. Boomabad Consulting Engineers. 2001. A basic study of hendudar 1 watershed. Agricultural Jihad Management in the Markazi Province. 597 pages (in Persian).
5. Chamheidar, H. 2011. Economical land use optimization to minimize soil erosion, sediment and loss of nutrients, in one of the Roodzard sub-basins. A thesis of PhD. Islamic Azad University, Tehran, 218 pages (in Persian).
6. Jalili, K. 2004. Optimization of land use in the Berimvand watershed for soil erosion decreasing using linear programing. A thesis of M.Sc. Tarbiat Modarres University, 88 pages (in Persian).
7. Lar Consulting Engineers. 2000. A study of climatology, hydrology and sediment in the Kamal Saleh Dam watershed. Tehran Water Management Company, 175 pages (in Persian).
8. Liu, D. and T.J. Stewart. 2004. Object-oriented decision support system modeling for multi-criteria decision making natural resource management. Computer and Operation Research, 31: 985-999.
9. Mahler, P.J. 1979. Manual of land classification for irrigation (third revised edition). Soil Instituted of Iran, 205, 103 pages.
10. Nikkami, D. 2002. Optimization of soil erosion management in the Damavand watershed. Journal of Pajoohesh and Sazandegi, 54: 82-89 (in Persian).
11. Nikkami, D., M. Shabani and H. Ahmadi. 2009. Land use scenarios and optimization in a watershed. Journal of Applied Sciences, 9(2): 287-295.

12. Omidvar, K. 2007. An introduction to watershed management. Yazd University publication, 292 pages (in Persian).
13. Pakdaman, M. and B. Najafi. 2009. Using of multi-objective mathematical programing with absolute and phase approach for optimization land use determination, case study: Nilab plain in the Esfahan province. Agricultural Economy Journal, 1(2): 121-139 (in Persian).
14. Pishdad Soleimanabad, L., A. Najafi Nejad, A.S. Mahiny and H. Khaledian. 2008. A study on the effects of changing land use on soil erosion in Cheragh Veis Watershed using Geographical Information Systems (GIS). Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources, 15(1): 142-150 (in Persian).
15. Riedel, C. 2003. Optimizing land use planning for mountainous regions using LP and GIS towards sustainability. Journal of Soil Conservation, USA, 34(1): 121-124.
16. Sadrol-Ashrafi, M. 1992. Principles of management and agriculture management. Tehran University, 316 pages (in Persian).
17. Shabani, M., H. Ahmadi, D. Nikkami, H. Azarnivand and M. Mohseni Saravi. 2008. Land use optimization for soil erosion decrease and income increase of watershed. Journal of the Iranian Natural Resources, 60(1): 83-93 (in Persian).
18. Shabani, M. 2010. Influence of land use optimization for soil erosion decrease and income increase of watershed, case study: Zakhord Fars Watershed). Journal of the Natural Geographic, 3(8): 83-98 (in Persian).
19. Shively, G. and I. Coxhead. 2004. Conducting economic policy analysis at a landscape scale: examples from a Philippine watershed. Agriculture Ecosystem and Environment, 27(2): 159-170.
20. Singh, A.K. and J.P. Singh. 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 using two-objective linear programing model in Adineh Masjed Shazand watershed

Ali Akbar Davoodirad, Scientific Board, Agricultural and Natural Resources Research Center, Markazi, Iran
Davood Nikkami, Associate Professor, Soil Conservation and Watershed Management Research Institute, Iran
Mehdi Mardian[1], MSc, Faculty of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan University, Iran

Received: 04 February 2012 Accepted: 18 Aprill 2013

Abstract

Increasing in production and welfare of rural household along with soil erosion mitigation are the most important objects of a watershed management program. Land use optimization is an efficient approach that leads to a sustainable development plan. In this research, the land use optimization was applied using a two-objective linear programing model and geographic information systems by Lingo 11.0 software in Adineh-Masjed Shahzand watershed of Markazi province, Iran. The model was defined with three scenarios of current conditions, applying management conditions, and standard conditions for two objectives of maximizing net benefits and minimizing soil erosion. Results showed that the annual soil erosion decreased by 1.27, 18.69 and 26.93% in current land use, land use management, and standard land use conditions, respectively. Also annual net income decreased by 18.56% in current land use; but increased by 48.01 and 220.07% in land use management and standard land use conditions, respectively. Considering weighting value of decreased soil erosion of 1.27% that is less than weighting value of decreased net income in current conditions, land use optimization with no management practices or land standardization is not justifiable.

Key words: Management scenarios, Objective functions, Production increase, Simplex tableau, Soil erosion mitigation

[1] Corresponding author: mehdimardian@gmail.com