بيشينه‌سازي سوددهي كاربري اراضي حوزة آبخيز بريموند با استفاده از برنامه‌ريزي خطي

سيدحميدرضا صادقي*[١]، داوود نيک‌كامي[٢] و خليل جليلي[٣]
[١] دانشيار گروه مهندسي آبخيزداري دانشكده منابع طبيعي و علوم دريايي، دانشگاه تربيت مدرس، ايران
[٢] عضو هيات علمي مركز تحقيقات حفاظت خاک و آبخيزداري، ايران
[٣] دانش‌آموخته گروه مهندسي آبخيزداري، دانشكده منابع طبيعي و علوم دريايي، دانشگاه تربيت مدرس، ايران
(تاريخ دريافت: ٨۴/٢/٢٠، تاريخ تصويب: ٨۴/١١/١۵)

چكيده

تخصيص بهينه منابع محدود براي به‌دست آوردن سود بيش‌تر، از مهم‌ترين ابزارهاي كاربردي مديريت به‌شمار مي‌رود. استفاده از روش‌هاي بهينه‌سازي به‌منظور توزيع بهينه كاربري اراضي در دست‌يابي به حداكثر سود نيز يكي از راه‌كارهاي اساسي در مديريت منابع آبخيز است. تحقيق حاضر در حوزه‌ي آبخيز بريموند به مساحت ٩۵٧٢ هكتار در استان كرمانشاه به‌منظور بيشينه‌سازي سوددهي كاربري اراضي با رعايت الگوهاي كاهش هدررفت منابع براي دست‌يابي به توسعه پايدار با استفاده از حل مدل برنامه‌ريزي خطي به‌روش سيمپلكس در نرم‌افزار ADBASE صورت گرفته است. مقادير سود خالص و نيز نقشه‌هاي استاندارد استفاده از اراضي، به‌عنوان ورودي تابع هدف و توابع محدوديت مدل بهينه‌سازي مورد استفاده قرار گرفت. نتايج به‌دست‌آمده نشان داد كه با توزيع بهينه كاربري اراضي علاوه بر كاهش هدررفت منابع، سود سالانه ١٨/۶٢ درصد افزايش يافته كه با كاهش سطح اراضي ديم و افزايش اراضي باغي در منطقه و با رعايت تمام محدوديت‌هاي اعمال‌شده در مدل به‌دست آمده است. نتايج به‌دست‌آمده از تجزيه و تحليل حساسيت نيز بيان‌گر تأثيرپذيري زياد تابع بيشينه‌ساز از سطح اراضي باغي است.

واژه‌هاي كليدي: برنامه‌ريزي خطي، بيشينه‌سازي، حوزة آبخيز، سوددهي، كاربري اراضي و كرمانشاه

نويسنده مسئول: تلفن: ٣-٦٢۵٣١٠١-٠١٢٢ فاكس: ٠١٢٢-٦٢۵٣۴٩٩ E-mail: sadeghi@modares.ac.ir

مقدمه

رشد روزافزون جمعيت و محدوديت منابع موجود، بشـر را وادار ساخته است تا با چاره‌انديشي صحيح، مديريت بهينـه منابع را به‌عنوان يكـي از راهكارهـاي اساسـي در تخصـيص منابع[1] به بهترين صورت ممكن به‌كار گيرد تا بـا تخصـيص بهينه منابع محدود به نيازهاي نامحدود بشري پاسخ دهـد. توسعه پايدار در عرصه‌هاي كشاورزي و منابع طبيعي، جز با حفظ منابع و استفاده صحيح و مسـتمر و پايـدار و كـاهش هدررفت و خسارت به آنها به وقوع نمـي‌پيونـدد (۱۳). ايـن پايداري در واقع يک پديده اكولوژيكي است كـه در ارتبـاط با تأمين ميانگين درآمد همگاني عمل مي‌كنـد و بـر حفـظ منابع تجديدپذير با دوام تكيه دارد (۵). در اين زمينه علـم مديريت نيز به‌عنوان علم مكمل كشاورزي با در نظر گرفتن رابطه بين عوامل مختلـف كشـاورزي بـراي دسـت‌يـابي بـه بيش‌ترين سود پا به عرصه مديريت منابع نهـاده اسـت (۴، ۲۵) تا با استفاده از روش‌هاي بهينه‌سازي[2]، مسائل موجـود در عرصه‌هاي طبيعي را فرمول‌بندي كنند.

بهينه‌سازي كاربري اراضي در حوزه‌هاي آبخيز با استفاده از برنامه‌ريزي خطي و سامانه اطلاعات جغرافيايي[3] و با توجه به ديدگاه متضاد نيازها و منابع محدود زمين، يكي از روش‌هاي مديريتي مناسب براي رسيدن به پايداري و نيز تخصيص بهينه اراضي به‌منظور رسيدن به بيش‌ترين سود است (۲۲). اگرچه نهايي‌سازي گزينه‌هاي اقتصادي برتر بايد با ملاحظات بيولوژيكي و با توجه به پايداري اكوسيستم‌ها و هم‌چنين مسائل اجتماعی صورت پذيرد (۲۱ ، ۱۶)، ولی پايه و اساس توسعه اقتصادي بسياري از جوامع بر آمايش صحيح سرزمين و بحث‌هاي مربوط به محاسبات اقتصادي[4] مبتني است (۲۰). كاربرد روش‌هاي مختلف بهينه‌سازي در سال‌هاي اخير به‌نحوي توسعه يافته كه اغلب اقدام‌هاي مديريتي همه‌جانبه و منطقي بر نتايج به‌دست آمده از تحقيقات مرتبط با آنها استوار شده‌اند. سينگ و سينگ (۱۹۹۹) بيشينه‌سازي توليد و سود را با برنامه‌ريزي بهينه كشت در يک مطالعه موردي در ماهی كوماند[5] هندوستان بررسي كردند (۲۴). نتايج تحقيق نشان داد كه برنامه‌ريزي كشت در سطح منطقه توليدات را از ۶۰ تا ۹۶ درصد و برگشت خالص را از ۲۳ تا ۲۶ درصد افزايش داده است. نيک‌كامی (۱۹۹۹) و نيک‌كامی و همكاران (۲۰۰۲)، مدل بهينه‌سازي برنامه‌ريزي خطي چندمنظوره را براي كاهش تأثيرات محيطي و اقتصادي فرسايش خاک ناشي از مديريت نامناسب فعاليت‌هاي كاربري اراضي در زيرحوزة سياهرود در حوزة آبخيز دماوند به‌كار بردند (۱۸، ۱۹). نتايج تحقيقات ارائه شده دلالت بر افزايش سود سالانه در منطقه مورد نظر (۱۳۴%) دارد. رونسول و همكاران (۲۰۰۳) نيز مدل‌سازي توزيع مكاني كاربري كشاورزي اراضي به‌منظور بيشينه‌سازي سود در دو منطقه انگليس را بررسي كردند (۲۳). بنلی و كودال (۲۰۰۳) ضمن كاربرد برنامه‌ريزی خطی و غيرخطی در بهينه‌سازی كاربری اراضی جنوب شرقی آنتاليا در تركيه در دست‌يابی به سود بيش‌تر، بر استفاده از برنامه‌ريزی غيرخطی در راستای بيشينه‌سازی سود در اراضی كشاورزی با توجه به محدوديت آب اشاره داشته‌اند (۱۵). افزايش بهره‌وری اراضی كشاورزی و جنگلی در بخش ترانين ژاين[6] به‌واسطه تخصيص مناسب اراضی به كاربری‌های مختلف توسط ترا و اگاشيرا (۲۰۰۴) مورد تأييد قرار گرفت (۲۷). فرجپور و همكاران (۲۰۰۴) نيز از ديدگاه بهينه‌سازی به‌منظور افزايش حداكثر پوشش گياهی در مراتع چادگان استفاده كردند. نتايج تحقيق ايشان در منطقه مذكور، بر توصيه گزينه حداكثر درآمد و ظرفيت چرايي از راه حذف كشت گندم و كاهش يارانه استوار بود (۱۷). تخصيص وسعت مناسب كاربري‌های مختلف با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافيايي در تلفيق با مدل‌های بهينه‌سازی توسط وانگ و همكاران (۲۰۰۴) در يک حوزة

۱- Resources Allocation
۲- Optimization
۳- Geographic Information System, GIS
۴- Economic Calculation Debate
۵- Mahi Command
۶- Tran Yen

آبخیز در چین با توجه به کاربری‌های موجود، شیب و فاصله تا منابع آب سطحی انجام شد (۲۸).

در ایران محسني ساروي و همکاران (۱۳۸۲) به تعیین الگوي بهینه بهره‌برداري از منابع حوزه‌هاي آبخیز با استفاده از برنامه‌ریزي هدف[1] در زیرحوزة گرمابدشت از زیرحوزه‌هاي قره‌سو در استان گلستان پرداختند (۱۰). نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که الگوي پیشنهادي بر اساس دیدگاه اقتصادي، برتري نسبي نسبت به دیدگاه‌هاي اجتماعي و زیست‌محیطي دارد، زیرا تمام اهداف مورد نظر تأمین شده است. غلامي (۱۳۸۲)، به تعیین تناوب زراعي بهینه با استفاده از برنامه‌ریزي خطي با هدف تعیین الگوي بهینه تناوب زراعي براي به‌دست آوردن درآمد خالص و مقایسه آن با وضع موجود، در مزرعه‌اي ۱۱۰ هکتاري در شهرستان بجنورد پرداخت (۹). تحلیل حساسیت مسئله نشان داد که درآمد خالص مزرعه حاصل از چهار تناوب زراعي بهینه و هم‌چنین نهاده‌هاي محدودکننده، تغییرات به‌نسبت انعطاف‌پذیري دارد. فلاح شمسی (۱۳۸۳) نیز به ارزیابی اقتصادی تخصیص زمین به ۱۲ کاربری عمده در سطح ۲۷۰۰۰ هکتار در حوزة آبخیز کلیبرچای وسطی با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایي و برنامه‌ریزی خطی بهینه‌یابی با الگوی حمل و نقل و لحاظ محدودیت‌های توان سرزمین، وضعیت اقتصادی و زیست‌محیطی پرداخت و ارتقای وضعیت اقتصادی منطقه با به‌کارگیری روش‌های مذکور و تغییر در نوع محصول و جابه‌جایي کاربري‌ها را تأیید کرد (۸).

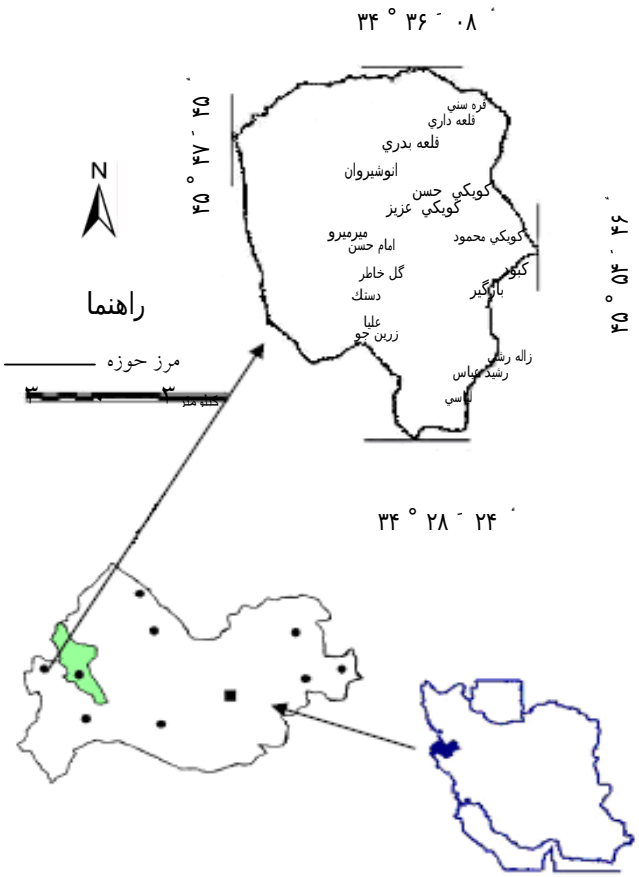
با وجود کاربرد فراوان روش‌هاي مختلف بهینه‌سازي در مدیریت تولید و صنعت و حتي بهره‌برداري از منابع آب، تاکنون به کاربرد این علم در مدیریت منابع با ارزش موجود در حوزه‌هاي آبخیز به‌ویژه در ایران توجه لازم نشده است. از آنجا که به‌کارگیري روش‌هاي بهینه‌سازي در مدیریت حوزه‌هاي آبخیز به حفظ منابع و ارائه راه‌حلي بهینه در کاربري‌ها و دست‌یابي به توسعه پایدار با رعایت تمامي محدودیت‌هاي فنی، اجتماعي، اقتصادي و قانوني در آنها منجر می‌شود، در این تحقیق سعي شده تا الگوي بهینه استفاده از منابع در حوزة آبخیز مورد نظر و حساسیت آن به تغییر انواع کاربري تعیین شده است تا ضمن توجه به حفظ منابع و کاهش هدررفت آن، بیشینه‌سازي سوددهي کاربري حوزة آبخیز مورد نظر تحقق یابد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد بررسي، حوزة آبخیز بریموند با مساحت ۹۵۷۲ هکتار، در ۴ کیلومتري شمال شهرستان سرپل ذهاب در استان کرمانشاه است. این منطقه در حد واسط طول شرقي ″۴۵ ′۴۷ °۴۵ تا ″۴۶ ′۵۴ °۴۵ و در عرض شمالي ″۲۴ ′۲۸ °۳۴ تا ″۰۸ ′۳۶ °۳۴ قرار گرفته است. شکل۱، موقعیت و شماي کلي منطقه مورد نظر را نشان مي‌دهد.

حوزة آبخیز بریموند شامل ۱۴ زیرحوزة مطالعاتي و یک ناحیه داخلي است که آبراهه‌هاي متعدد این زیرحوزه‌ها از کوه‌هاي دالاهو در شمال شرقي منطقه سرچشمه و در نهایت به کانال آبیاري و آبرساني بریموند ختم مي‌شود. متوسط بارش سالانه منطقه ۴۸۵/۴ میلي‌متر برآورد شده است. منشأ اصلي بارندگي‌هاي حوزة مورد بررسي سامانه باران‌زایي است که از بخش غربي به کشور وارد شده و رطوبت هواي این سیستم‌ها از اقیانوس اطلس، دریاي مدیترانه و دریاي سیاه تأمین مي‌شود (۱۱). پنج الگوي فرسایشي سطحي شدید، خفیف و متوسط، شیاري و آبکندی در منطقه مشاهده مي‌شود. بر اساس تحقیقات خاک‌شناسي منطقه، حوزة آبخیز بریموند بر اساس استانداردهاي موجود در ارزیابي به سه الگوي اراضي کوه‌ها، فلات‌ها و دشت‌هاي دامنه‌اي تفکیک شده است. در حال حاضر از مجموع ۹۵۷۲ هکتار سطح اراضي منطقه، ۴۰۰۱/۲۷ هکتار به اراضي مرتعي، ۳۸/۳۲ هکتار به اراضي باغي، ۹۵۲/۹۲ هکتار به کشاورزي دیم، ۴۰۴۹/۲۷ هکتار به کشت آبي و ۵۳۰/۸۷ هکتار باقي‌مانده مربوط به سطح اراضي صخره‌اي، راه‌ها و مناطق مسکوني است (۳).

۱- Goal Programming



شكل ۱- موقعيت و شماي كلي حوزة آبخيز بريموند

از آنجا كه روش‌های برنامه‌ريزی خطی به‌دليل سادگی و معروفيت، بيش‌تر از ساير روش‌های برنامه‌ريزی در مديريت به‌كار مي‌روند (۱۴، ۱۵)، ازاين‌رو فرمول‌بندی تابع هدف و محدوديت‌ها در مسئله عمومي بهينه‌سازي در حوزة آبخيز بريموند نيز به‌صورت برنامه‌ريزي خطي صورت گرفت. سپس حل مسئله مربوط بر اساس روش سيمپلكس و طی مراحل مختلف فرمول‌بندي و تعيين مقادير ثابت (مهرگان، ۱۳۸۰) با كمک مدل چندهدفي ADBASE (استوير، ۱۹۹۴) انجام شد (۱۲، ۲۶). براي اين منظور نخست تمامي اطلاعات موجود از منابع و مراجع مختلف جمع‌آوري و طي بازديدهاي صحرايي تكميل شد. سپس با توجه به تابع بيشينه‌ساز سوددهي براي چهار كاربري موجود باغ، كشاورزي آبي، كشاورزي ديم و مرتع با n متغير تصميم و m محدوديت به‌صورت زير فرمول‌بندی شد:

$$\text{Max } (Z_1) = [(A_{13}X_1 - (A_{13}X_1 + A_{13}X_1)) + (A_{21}X_2 - (A_{22}X_2 + A_{23}X_2)) + (A_{31}X_3 - (A_{32}X_3 + X_3)) + (A_{41}X_4 - (A_{42}X_4 + A_{43}X_4))] \quad (۱)$$

محدود به:

$$X_1 \le B_1 \quad (۲)$$
$$X_3 \le B_2$$
$$X_4 \le B_3$$
$$X_1 + X_3 \le B_4$$
$$X_1 + X_2 + X_3 + X_4 = B_5$$
$$X_1 \ge B_6$$
$$X_2 \ge B_7$$
$$X_1, X_2, X_3, X_4 \ge 0$$

که در آن X_1 مساحت مربوط به باغ‌هـا (ha)، X_2 مسـاحت مربوط بـه اراضـي مرتعـي (ha)، X_3 مسـاحت مربـوط بـه کشاورزي آبي (ha)، X_4 مساحت مربوط به کشاورزي دیـم (ha)، A_{11} درآمد ناخالص در واحد سطح باغ‌هـا (ha)، A_{12} هزینه تولید در واحد سطح بـاغ‌هـا (R/ha)، A_{13} خسـارت فرسایش هـر واحـد از سـطح بـاغ‌هـا (R/ha)،A_{21} درآمـد ناخالص در واحد سطح اراضي مرتعي (R/ha)، A_{22} هزینـه تولید در واحد سطح اراضي مرتعـي (R/ha)، A_{23} خسـارت فرسایش هر واحـد از سـطح اراضـي مرتعـي (R/ha)، A_{31} درآمد ناخالص هـر واحـد از سـطح اراضـي کشـاورزي آبـي (R/ha)، A_{32} هزینه تولید در واحد سطح اراضي کشـاورزي آبي (R/ha)، A_{33} خسـارت فرسـایش هـر واحـد از سـطح اراضي کشاورزي آبي (R/ha)، A_{41} درآمد ناخالص هر واحد از سطح اراضي کشاورزي دیم (R/ha)، A_{42} هزینـه تولیـد در واحد سطح اراضي کشاورزي دیم (R/ha)، A_{43} خسارت فرسایش هر واحد از سطح اراضي کشـاورزي دیـم (R/ha)، B_1 بیش‌ترین سطح مربوط به باغ‌ها (ha)، B_2 سطح اراضـي کشاورزي آبي(ha)، B_3 سطح اراضي کشـاورزي دیـم (ha)، B_4 سطح اراضي مربوط به باغ‌ها به‌علاوه اراضـي کشـاورزي آبي (ha)، B_5 مساحت کل منطقه (ha)، B_6 کم‌ترین سطح اراضي باغ‌ها (ha) و B_7 کم‌ترین سطح اراضي مرتعـي (ha) هستند.

از آنجا که امکان تغییـر در اسـتفاده از اراضـي مسـکوني، راه‌ها و اراضي صـخره‌اي وجـود نداشـت، از ایـن‌رو منـاطق پیش‌گفته در ابتدا از سطح حوزهٔ آبخیز کـم شـده و مقـدار باقي‌مانده به‌عنوان سطح مورد نظر در بهینه‌سـازي کـاربري اراضي مورد توجه قرار گرفته است.

تعیین پارامترهاي سود ناخـالص، هزینـه تولیـد و هزینـه ناشی از فرسایش خاک در هر کدام از کاربري‌ها با اسـتفاده از تحقیقات انجام‌شده (١١) و عملیات صحرایي و پرسش از آبخیزنشینان انجام شد. تلفیق اطلاعات از طریق کنترل مرز کاربري‌ها و هزینه‌ها و درآمدهای واقعی صورت پذیرفت. در نهایت، سود خالص کاربري‌ها به‌عنوان ضرایب تابع هدف در رابطه ١ مورد استفاده قرار گرفت. برای ایـن منظـور، سـود مربوط به اراضی کشاورزی آبی و دیم و باغ‌ها بـا اسـتفاده از مقدار تولید محصولات کشاورزی معمول مانند گندم، جـو و نخود و محصولات باغي عمده منطقه شامل انگور، زردآلـو و گردو و هم‌چنین درآمد ناشـی از مرتـع از طریـق محاسـبه سود ناشی از تولید علوفه و محصولات جنبی صورت گرفتـه است. خسارت ناشی از فرسـایش نیـز از طریـق مسـاحت از دست رفته اراضی به‌واسطه فرسایش خاک تـا عمـق ریشـه (نیک‌کامی، ١٩٩٩) محاسبه شد (١٨).

پس از تهیه نقشه‌هاي شیب، عمق خاک، قابلیت دسترسی به آب و کاربري فعلي اراضي و تلفیق آنها از طریق سـامانه اطلاعات جغرافیایي و اعمال شرایط استاندارد شامل شـیب، عمق خاک، نیاز آبي و دسترسي بـه آب بـراي هـر کـدام از کـاربري‌هـا (برنگـل، ١٣٧٩، رسـتگار، ١٣٧١، فرشـي و همکاران، ١٣٧۶ الف و ب)، نقشه کـاربري اسـتاندارد بـراي حوزهٔ آبخیز مورد نظر به‌دست آمد که در آن محدودیت‌هاي موجود در منطقه لحاظ شده و شرایط استاندارد هر کاربري رعایت شده است (١، ٢، ۶، ٧). سپس بـا توجـه بـه سـطح اختصاص‌یافته به هـر کـاربري، محـدودیت‌هـاي حـاکم بـر کاربري‌هاي منطقه به‌صورت بیان ریاضي در روابط ۴ تـا ١١ ارائه شد.

پـس از تعیـین ضـرایب تـابع هـدف و تعریـف کامـل محدودیت‌ها، مسئله برنامه‌ریـزي بیشـینه‌سـازي سـوددهي کاربري اراضي با رعایت حداقل هدررفت منـابع و فرسـایش خـاک، از طریـق روش سـیمپلکس و بـا اسـتفاده از مـدل ADBASE اجرا و مقادیر بهینه هر یک از انواع کاربري‌هـا تعیین شد. در آخرین مرحله و به‌منظور شناسایي مؤثرترین محدودیت منبع و هم‌چنین کاربري اراضي در تغییر مقـدار تابع هدف، از تجزیه و تحلیل حساسیت استفاده شد. بـراي این منظور درصد تغییر تابع هدف مرتبط با درصد مشخصي از تغییـرات هـر یـک از پارامترهـا بررسـي و در نهایـت حساسیت تابع هدف نسبت به آنها ارزیابي شد.

نتايج

با توجه به روش كار، فرمول عمومي مسئله بهينه‌سازي موجود در حوزة بريموند به‌صورت زير نوشته شد:

$$\text{Max}(Z_1) = [(9.000X_1 - (0.49000X_1 + 0.00582X_1)) + (0.152X_2 - (0.00000X_2 + 0.00077X_2)) + (5.516X_3 - (0.63400X_3 + 0.00623X_3)) + (0.707X_4 - (0.38200X_4 + 0.003494X_4))] \quad (۳)$$

در مسئله بهينه‌سازي حوزة آبخيز بريموند، ۸ محدوديت در مدل بهينه‌سازي كاربري اراضي به شرح زير در نظر گرفته شد:

محدوديت اول

$$X_1 \le 518.81 \quad (۴)$$

افزايش سطح اراضي باغي تا ۵۱۸/۸۱ هكتار، به‌دليل امكان اختصاص زمين‌هاي با شيب بيش از ۵ درصد و عمق مناسب خاك به باغ است (۱۸).

محدوديت دوم

$$X_3 \le 4044.64 \quad (۵)$$

با توجه به شرايط استاندارد مورد نياز براي كشت آبي و نيز قابليت دسترسي به آب، ۴۰۴۴/۶۴ هكتار از اراضي منطقه پتانسيل كشت آبي دارند، بنابراين سطح اين اراضي از ۴۰۴۹/۲۷ هكتار به ۴۰۴۴/۶۴ هكتاركاهش يافته است.

محدوديت سوم

$$X_4 \le 1464.37 \quad (۶)$$

با توجه به حد استاندارد شيب كم‌تر از ۱۲ درصد و عمق مناسب خاك و با بررسي ويژگي‌هاي مناطق مختلف در حوزة مورد بررسي، سطح ۹۵۲/۹۷ هكتاري اوليه بعد از جدا كردن مناطق با پتانسيل كشت ديم به ۱۴۶۴/۳۷ هكتار افزايش پيدا كرده است.

محدوديت چهارم

$$X_1 + X_3 \le 4563.37 \quad (۷)$$

با توجه به عدم كمبود آب و محدوديت دسترسي به آن در منطقه و با توجه به شرايط شيب و عمق خاك، زمين‌هاي تحت كشت آبي و اراضي باغي از ۴۵۶۳/۳۷ هكتار بيش‌تر نمي‌شوند.

محدوديت پنجم

$$X_1 + X_2 + X_3 + X_4 \le 9041.83 \quad (۸)$$

حداكثر سطح اراضي منطقه را كه مي‌توان به چهار كاربري باغ، مرتع، كشت آبي و كشت ديم اختصاص داد ۹۰۴۱/۸۳ هكتار است، بنابراين مجموع سطح زير كشت اين كاربري‌ها حداكثر به مقدار پيش‌گفته خواهد بود.

محدوديت ششم

$$X_1 \ge 38.32 \quad (۹)$$

با توجه به مطالبي كه در محدوديت اول بيان شد، سطح اراضي زير كشت باغ در منطقه ۳۸/۳۲ هكتار است و اين اراضي از اين مقدار كم‌تر نخواهند بود، زيرا در حال حاضر به‌علت بهره‌دهي مناسب، مردم منطقه تمايلي به تغيير كاربري ندارند.

محدوديت هفتم

$$X_2 \ge 4001.27 \quad (۱۰)$$

سطح اراضي مرتعي منطقه از ۴۰۰۱/۲۷ هكتار كم‌تر نخواهد بود. دليل اين محدوديت اين است كه اراضي مرتعي ملي بوده و تحت مالكيت دولت قرار دارند و بر اساس ماده ۵۶ قانون ملي شدن مراتع، نمي‌توان در اين اراضي تغيير كاربري ايجاد كرد و از طرفي برخي مناطق كه در گذشته

زير كشت ديم بوده‌انـد، امـا كـارآيي و سـوددهـي مناسـب نداشته‌اند، ممكن است به اراضي مرتعي تبديل شوند،

محدوديت هشتم

$$X_1, X_2, X_3, X_4 \geq 0 \qquad (11)$$

آخرين محدوديت مربوط به غيرمنفي بودن متغيرهاسـت، يعني سطح اختصاص‌يافته به هر كاربري بايد مثبت باشد.

با توجه به موارد گذشته و توابع هدف و محـدوديت‌هـايي كه بيان شد، به‌منظور حـل بهينـه مسـئله در حـوزة مـورد بررسي و دست‌يابي به مناسب‌ترين وضعيت كاربري اراضـي براي رسيدن به اهداف تحقيق، جدول روش سـيمپلكس در جدول ١ نشان داده است.

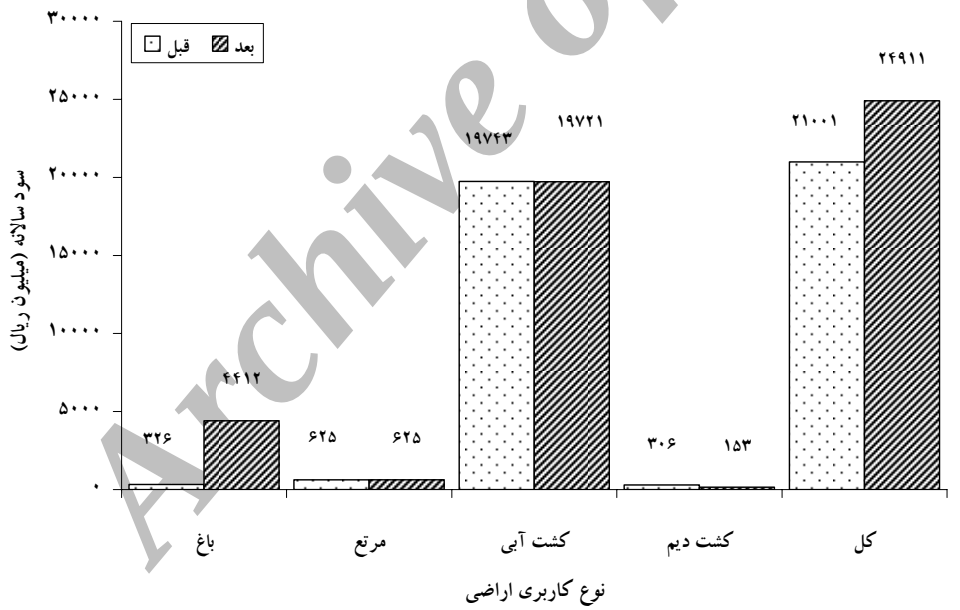
جدول ١- ماتريس محدوديت‌ها براي حل مسئله بهينه‌سازي كاربري اراضي حوزة آبخيز بريموند به روش سيمپلكس

توابع	X_1	X_2	X_3	X_4	نوع تابع	مقادير محدوديت
تابع هدف	-٧/٣٨٩	-٨/١۴۴	-٧/٣٨٩	-٢١/١١٢	بيشينه‌ساز	-----
محدوديت ١	١	٠	٠	٠	$\leq$	۵١٨/٨١
محدوديت ٢	٠	٠	١	٠	$\leq$	۴٠۴۴/۶۴
محدوديت ٣	٠	٠	٠	١	$\leq$	١۴۶۴/٣٧
محدوديت ۴	١	٠	١	٠	$\leq$	۴۵۶٣/٣٧
محدوديت ۵	١	١	١	١	$\leq$	٩٠۴١/٨٣
محدوديت ۶	١	٠	٠	٠	$\geq$	٣٨/٣٢
محدوديت ٧	٠	١	٠	٠	$\geq$	۴٠٠١/٢٧

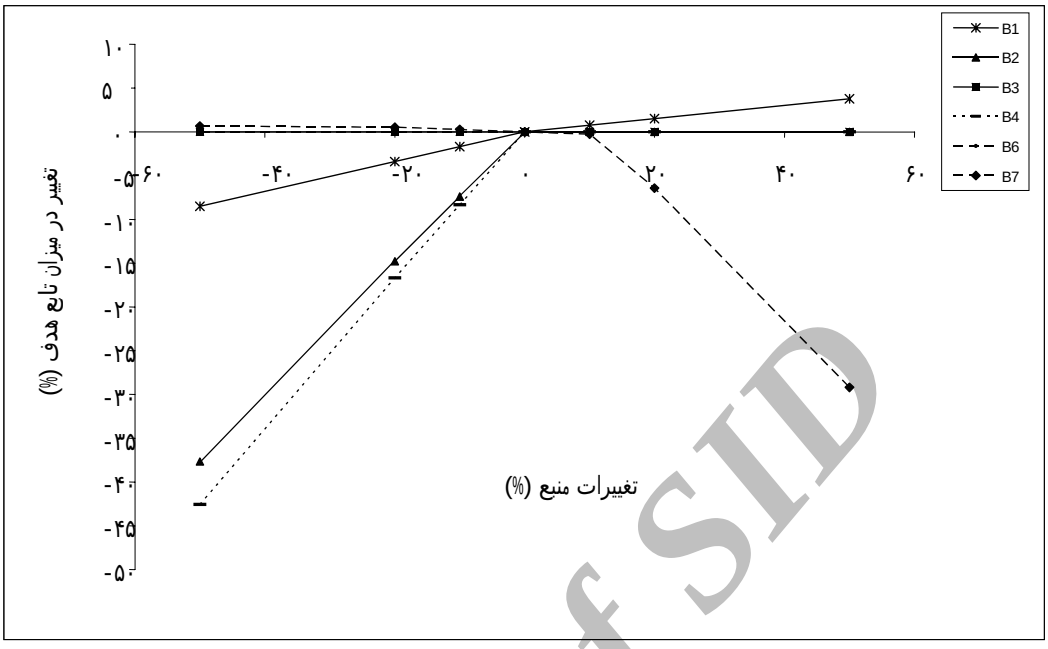
ستون‌هاي ٢ تا ۵ از سمت راست نشان‌دهنده متغيـرهـاي تصميم‌گيري هستند كه در رديف ٢، واحد فرسايش دارنـد. اعداد يك و صفر در بقيه رديف‌ها به ترتيب وجـود يـا نبـود متغير در محدوديت‌ها را نشان مي‌دهند. رديف ٢ در ستون ۶ مشخص‌كننده نوع بيشينه معادله هدف است، درحالي‌كه بقيه رديف‌هـا تسـاوي يـا عـدم تسـاوي طـرفين معـادلات محدوديت را مشـخص مـي سـازند. در سـتون آخـر مقـدار سمت راست معـادلات محـدوديت ملاحظـه مـي‌شـود كـه نماينده مقدار در اختيار بودن سطح اراضي است.

با تعيين توابع هدف و لحاظ كليه محدوديت‌هاي حاكم بر تصميم‌گيري و با استفاده از مدل بهينه‌سازي ADBASE، مسـئله برنامـه‌ريـزي خطـي موجـود حـل و سـطح اختصاص‌يافته به هر كاربري مشخص شـد. وضـعيت سـطح اختصاص‌يافته به هر كاربري در قبل و بعد از بهينه‌سازي به همراه مقادير مربـوط در شـكل ٢ نشـان داده شـده اسـت. وضعيت و هم‌چنين سوددهي كاربري‌هـاي مختلـف قبـل و بعد از بهينه‌سازي نيز در شكل ٣ نمايش داده شـده اسـت. نتايج حاصل از آناليز حساسيت مربوط بـه تغييـرات ١٠ تـا ۵٠ درصدي منابع قابـل تغييـر نسـبت بـه حالـت بهينـه و تغييرات ايجادشده در هر يک از متغيرها و نيز جواب بهينه، در شكل ۴ آورده شده است.

شکل ۲- تغییرات سطح کاربري‌هاي مختلف قبل و بعد از بهینه‌سازي درحوزة آبخیز بریموند



شکل۳- تغییرات سود سالانه کاربري‌هاي مختلف قبل و بعد از بهینه‌سازي درحوزة آبخیز بریموند



شکل ۴- تجزیه و تحلیل تابع بیشینه‌سازي سود نسبت به تغییرات منابع درحوزة آبخیز بریموند

بحث

همان‌گونه‌که شکل ۲ نشان مي‌دهد، تغییرات کاربري انجام شده بیش‌تر در اراضي کشاورزي دیم و باغ‌ها روي داده است. یافته‌هاي این بررسي کاهش ۵۰/۰۷ درصدي اراضي دیم و افزایش ۱۳/۵ برابري سطح اراضي باغي نسبت به حالت فعلي را نشان مي‌دهد. با توجه به شکل ۳، سودآوري کاربري‌هاي مختلف در حوزة آبخیز مورد بررسي از ۲۱۰۰۱ میلیون ریال در سال قبل از بهینه‌سازي کاربري اراضي به ۲۴۹۱۱ میلیون ریال بعد از بهینه‌سازي رسیده که بیان‌گر بهبود وضعیت سوددهي کاربري‌هاي حوزة آبخیز (۱۸/۶۲%) به نسبت قبل از بهینه‌سازي اختصاص کاربري اراضي براساس معیارهاي استاندارد است که با نتایج تحقیقات فلاح شمسی (۱۳۸۳) و ریدل (۲۰۰۳) هم‌خوانی دارد (۸، ۲۲). این نتیجه ضمن تأیید یافته‌های سینگ و سینگ (۱۹۹۹) در بیشینه‌سازي تولید و سود با به‌کارگیري برنامه‌ریزي بهینه کشت در بخشی از هندوستان و رونسول و همکاران (۲۰۰۳) در بیشینه‌سازي سود منتج از مدل-سازي توزیع مکاني کاربري کشاورزي اراضي به‌مراتب از مقدار ارائه‌شده توسط نیک‌کامی (۱۹۹۹) و نیک‌کامی و همکاران (۲۰۰۲) مبنی بر رشد ۱۳/۴ درصد سود ناشی از بهینه‌سازی کاربری اراضی در بخشی از حوزة آبخیز دماوند بیش‌تر است (۲۴، ۲۳، ۱۸، ۱۹). اصلاحات به‌دست‌آمده در وسعت کاربري‌های مختلف به‌دلیل لحاظ شرایط حاکم بر سامانه آبخیز نسبت به شرایط فعلی حاکم بر منطقه اولویت دارد. این مسئله با دیدگاه‌های بنلی و کودال (۲۰۰۳) و محسني ساروي و همکاران (۱۳۸۲) و هم‌چنین فلاح شمسی(۱۳۸۳) در این زمینه مطابقت دارد (۱۰، ۱۵، ۸).

بررسي نتایج تجزیه و تحلیل تابع بیشینه‌ساز نسبت به تغییرات اعمال‌شده در ضریب تابع و تدقیق در شکل ۴ در زمینه آنالیز حساسیت، نشان مي دهد که کاهش سود، بیش‌ترین حساسیت را نسبت به کاهش بیش‌ترین سطح اراضي آبي و باغي داشته، حال آن‌که افزایش سود، بیش-ترین حساسیت را نسبت به افزایش بیش‌ترین سطح اراضي باغي نمایان ساخته است که با یافته‌های غلامي (۱۳۸۲) مبنی بر دامنه تغییرات به نسبت انعطاف‌پذیر تناوب زراعي بهینه در شهرستان بجنورد هم‌خوانی ندارد (۹). در مجموع،

تغيير در سطح اراضي آبي و باغي بيش‌ترين تأثير را در تغيير سوددهي حوزة آبخيز بريموند داشته كه با نظرهاي ترا و اگاشيرا (۲۰۰۴) هم‌سو مي‌باشد (۲۷). امكان تخصيص وسعت مناسب كاربري‌هاي مختلف با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافيايي در تلفيق با مدل‌هاي بهينه‌سازي، يكي ديگر از يافته‌هاي تحقيق حاضر است كه با نتايج تحقيقات فلاح شمسي (۱۳۸۳) و وانگ و همكاران (۲۰۰۴) مطابقت دارد (۸، ۲۸).

به‌طور كلي مي‌توان گفت كه اگر چه اين تحقيق سعي در بهينه‌سازي كاربري اراضي با هدف مديريت مناسب حوزه براي بهبود شرايط موجود داشته و هدف اصلي آن افزايش سود آبخيزنشينان و حفظ منابع حوزة آبخيز با كاهش فرسايش خاك و استقرار توسعه پايدار در كشاورزي منطقه بوده است، با وجود اين نهايي‌سازي گزينه‌هاي اقتصادي برتر با انجام ملاحظات بيولوژيكي و با توجه به پايداري اكوسيستم‌ها (۲۱) و هم‌چنين مسائل اجتماعی (۱۶) برای منطقه مورد نظر و مديريت ديگر حوزه‌های آبخيز توصيه می‌شود. هم‌چنين نظر به استفاده موفقيت‌آميز مدل برنامه‌ريزي خطي در بهينه‌سازي كاربري اراضي حوزة آبخيز بريموند، انتخاب روستا به‌عنوان يک واحد توليدي و شناسايي منابع و فعاليت‌هاي روستايي به‌طور سالانه براي برنامه‌ريزي كلان مديريتي، توجه به زيرساخت اقتصادي روستا و تعيين الگوهاي كشت با توجه به سودآوري هر كدام از آنها و استفاده از ديگر مدل‌هاي بهينه‌سازي در تحقيقات بعدی براي دست‌يابي به مناسب‌ترين آنها در برنامه‌ريزي جامع حوزة آبخيز مورد بررسي و حتی در ساير حوزه‌هاي آبخيز توصيه مي‌شود.

منابع

۱- برنگل، ك.ج.، ۱۳۷۹. اصول و عمليات ديمكاري، ترجمه راشد محصل، م.ح. و كوچكي، ع. انتشارات جهاد دانشگاهي دانشگاه مشهد، ۲۳۶ ص.

۲- رستگار، م.ع.، ۱۳۷۱. ديمكاري، انتشارات برهمند، چاپ اول، ۲۷۱ ص.

۳- صادقي، س.ح.ر.، نيک كامي، د. و جليلي، خ.، ۱۳۸۴. فرمول‌بندي فرسايش خاک به‌منظور بهينه‌سازي مديريت حوزة آبخيز، مجموعه مقالات سومين همايش ملی فرسايش و رسوب، مركز تحقيقات حفاظت خاک و آبخيزداری، ۶-۹ شهريور ۱۳۸۴: ۷۱-۷۵.

۴- صدرالاشرافي، م.، ۱۳۷۱. اصول مديريت و مديريت كشاورزي، مؤسسه انتشارات و چاپ دانشگاه تهران، ۳۱۶ ص.

۵- فخرطباطبايي، س.م.، ۱۳۷۶. كشاورزي پايدار چيست و چه ضرورتي دارد؟، مجله رشد آموزش كشاورزي، ۸ (۳۰): ۲۸-۳۵.

۶- فرشي، ع.ا.، شريعتي، م.ر.، جاراللهي، ر.، قائمي، م.ر.، شهابي فر، م. و تولايي، م.، ۱۳۷۶الف. برآورد آب مورد نياز گياهان زراعي و باغي كشور، جلد اول، گياهان زراعي، نشر آموزش كشاورزي، كرج، ۹۰۰ ص.

۷- فرشي، ع.ا.، شريعتي، م.ر.، جاراللهي، ر.، قائمي، م.ر.، شهابي فر، م. و تولايي، م.، ۱۳۷۶ب. برآورد آب مورد نياز گياهان زراعي و باغي كشور، جلد دوم، گياهان باغي، نشر آموزش كشاورزي، كرج، ۶۲۹ ص.

۸- فلاح‌شمسی، ر.، ۱۳۸۳. ارزيابی اقتصادی كاربري‌های مختلف در حوزة آبخيز كليبرچای وسطی (ارسباران شمالی) با استفاده از برنامه‌ريزی خطی و سامانه اطلاعات جغرافيايي، رساله دكتری جنگلداری، دانشكده منابع طبيعی دانشگاه تهران، ۳۳۱ ص.

۹- غلامي، م.، ۱۳۸۲. تعيين تناوب زراعي بهينه با استفاده از برنامه‌ريزي خطي (مطالعه موردي: مزرعه ۱۱۰ هكتاري در شهرستان بجنورد). مجله علوم كشاورزي و منابع طبيعي گرگان، ۱۰(۱): ۱۷-۲۴.

١٠- محسني ساروي، م.، فرزانگان، م.، كوپايي، م. و خلقي، م.، ١٣٨٢. تعيين الگوي بهينه بهره‌برداري از منابع حوزه‌هاي آبخيز با استفاده از برنامه‌ريزي هدف، مجله منابع طبيعي ايران، ٥٦ (١ و ٢): ٣-١٦.

١١- مديريت آبخيزداري كرمانشاه، ١٣٧٩. مطالعات تلفيق حوزة آبخيز بريموند، شركت مهندسي جهاد، ١٥١ص.

١٢- مهرگان، م.، ١٣٨٠. پژوهش عملياتي (برنامه‌ريزي خطي و كاربردهاي آن). نشر كتاب دانشگاهي، تهران، چاپ چهاردهم، ٥٣١ص.

١٣- نيك‌كامي، د.، ١٣٨١. بهينه‌سازي مديريت فرسايش خاك در حوزة آبخيز دماوند، پژوهش و سازندگي، ٥٤: ٨٢-٨٩.

14- Amir, A. and Fisher, F.M., 1999. Analyzing agricultural demand for water with an optimizing model, Agricultural Systems 61:45-56.

15- Benli, B. and Kodal, S., 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 62:187–203.

16- Ducourtieux, O., Laffort, J.R. and Sacklokham, S., 2005. Land policy and farming practices in Laos, Development and Change, 36(3):499-526.

17- Farahpour M., Van Keulen, H., Sharifi, M.A. and Bassiri, M.A., 2004. Planning support system for rangeland allocation in Iran with case study of Chadegan sub-region, Rangeland Journal, 26 (2): 225-236.

18- Nikkami, D., 1999. Optimizing the Management of Soil Erosion using GIS, Ph.D dissertation, Concordia University, 108p.

19- Nikkami, D., Elektorowicz, M. and Mehuys, G.R., 2002. Optimizing the management of soil erosion, Water Quality Research Journal of Canada, 37(3): 577-586.

20- Pasour, E.C., 1983. Land use planning: Implications of the economic calculation debate, Journal of Librarian Studies, VII (1):127-139.

21- Pfaff, A.S.P. and Sanchez-Azofeifa, G.A., 2004. Deforestation Pressure and Biological Reserve Planning: a Conceptual Approach and an Illustrative Application for Costa Rica, Resource and Energy Economics, 26(2004):237–254.

22- 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.

23- Rounsvell, M.D.A., Annetts J.E., Audsley E., Mayr T. and Reginster I., 2003. Modelling the spatial distribution of agricultural land use at the regional scale, Agricultural Ecosystems and Environment, 95: 465-479.

24- 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.

25- Shively, G. and Coxhead, I., 2004. Conducting economic policy analysis at a landscape scale: examples from a Philippine watershed, Agriculture Ecosystem and Environment, 104(1): 159-170.

26- Steuer, R.E., 1994. Random Problem Generation and the Computation of Efficient Extreme Points in Multiple Objective Linear Programming. Computational Optimization, 3(1994) 333-347.

27- Tra, N.T. and Egashira, K., 2004. Land use effectiveness by farm households after land and forest allocation at Tran Yen district, Yen Bai province, Journal of the Faculty of Agriculture Kyushu University, 49(2): 461-466.

28- Wang, X.H., Yu, S. and Huang, G.H., 2004. Land allocation based on integrated GIS-optimization modeling at a watershed level, Landscape and Urban Planning, 66 (2): 61-74.

Benefit Maximization of Land Use in Brimvand Watershed using Linear Programming

S. H. R. Sadeghi[*1], D. Nikkami[2] and Kh. Jalili[3]

[1] Associate Prof, Department of Watershed Management Engineering, College of Natural Resources and Marine Sciences, Tarbiat Modares University, I. R. Iran

[2] Research Assistant, Soil Conservation and Watershed Management Research Institute, Tehran, I. R. Iran

[3] Former M.Sc. Student, Department of Watershed Management Engineering, College of Natural Resources and Marine Sciences, Tarbiat Modares University, I. R. Iran

(Received 2005 May 10, Accepted 2006 Feb 04)

Abstract

The optimal allocation of limited resources is one of the most applicable tools in management to achieve maximum benefits. The application of optimization techniques in order to optimally distribute land uses is also one of the strategies in watershed resources management. The present study has been conducted in Brimvand watershed in Kermanshah Province and comprises 9572ha with the aim to maximize benefit from land uses and minimizing wastes based on linear programming solution using simplex method and with the help of ADBASE software package. The net profits as well as standard maps of land use were used as input to the objective and constraint functions. The results of the study, considering all governed constraints, showed that using the proper allocation of land uses, besides reducing resources loss, profit increases by 18.62% which is owing to reduction in rainfed agriculture and increase in the area of orchards. The results of the sensitivity analysis also showed that object function is strongly susceptible to the extent of orchard area.

Key words: Benefit, Land Use, Linear Programming, Maximization, Watershed, Kermanshah, Iran

* Corresponding author: Tel: 0122-6253101-3 Fax: 0122-6253499 E-mail: sadeghi@modares.ac.ir