بهینه سازی کاربری اراضی درحوزه‌های آبخیز به منظور کمینه سازی فرسایش خاک با استفاده از برنامه‌ریزی خطی (مطالعه موردی حوزه آبخیز بریموند، استان کرمانشاه)

خلیل جلیلی[۱]، سید حمیدرضا صادقی[۲] و داود نیک کامی[۳]

چکیده

عدم وجود مدیریت صحیح استفاده از اراضی در یک حوزه آبخیز، تأثیرات نامناسبی بر منابع موجود در آن دارد. بهینه سازی کاربری اراضی یکی از راه‌کارهای مناسب برای دست‌یابی به توسعه پایدار و کاهش هدررفت منابع می‌باشد. تحقیق حاضر در حوزه آبخیز بریموند به مساحت ۹۵۷۲ هکتار در استان کرمانشاه به منظور تعیین مناسب‌ترین ترکیب کاربری اراضی شامل باغ، کشت آبی، کشت دیم و مرتع جهت کمینه‌سازی فرسایش خاک و بیشینه سازی سود صورت گرفت. برای انجام تحقیق حاضر، مقادیر فرسایش، سود خالص و نیز نقشه‌های تهیه شده طبق استانداردهای استفاده از اراضی به عنوان ورودی توابع هدف و محدودیت‌های مدل بهینه‌سازی کاربری اراضی استفاده شد. مدل برنامه ریزی خطی چند هدفی تهیه و با استفاده از روش سیمپلکس در نرم افزار ADBASE حل شد. نتایج به‌دست آمده از تحقیق، ضمن معرفی کاربری بهینه اراضی حوزه آبخیز بریموند، میزان کاهش فرسایش خاک و افزایش سود سالانه را به ترتیب ۷/۷۸ درصد و ۱۱۸/۶۲ درصد ارائه نمود. بهینه‌سازی انجام شده بر کاهش اراضی دیم و افزایش اراضی باغی در منطقه تأکید دارد. نتایج به‌دست آمده از تحلیل حساسیت نیز نمایانگر تأثیر پذیری زیاد توابع هدف از حداکثر سطح اراضی کشاورزی آبی و باغی است.

واژه‌های کلیدی: بهینه‌سازی، کاربری اراضی، فرسایش خاک، برنامه‌ریزی خطی، بریموند، کرمانشاه

مقدمه

یکی از مشکلات بشر در آستانه قرن ۲۱، بحران زیست محیطی و تخریب منابع طبیعی است. منابع موجود به لحاظ محدودیت، بشر را به چاره اندیشی برای مبارزه با این روند، وادار نموده است. بنابراین جهت بهره‌برداری با صرفه اقتصادی و مستمر از سرزمین، مدیریت منابع، لازم و ضروری است (۳ و۱۱). در این راستا، توسعه پایدار و استفاده بهینه از منابع طبیعی یکی از یافته‌های انسان در دهه‌های اخیر بوده (۵ و ۶) که آن را استفاده مؤثر از منابع موجود بدون آسیب رساندن به دارایی‌ها و منابع نسل‌های آینده تعریف نموده‌اند (۱۶). برای دست‌یابی به این

۱. پژوهشگر گروه هیدرولیک و منابع آب جهاد دانشگاهی استان کرمانشاه

۲. استادیار مهندسی آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی، دانشگاه تربیت مدرس

۳. استادیار پژوهشی مرکز تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری تهران

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-26]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1385.10.4.2.8]

توسعه در بخش کشاورزی مدیریت صحیح و برنامه ریزی مناسب کاربری اراضی لازم است (۱۹).

با وجود مدیریت صحیح نیز برخی تخریب‌ها در منابع طبیعی صورت می‌گیرد. از جمله فرسایش طبیعی یا فرسایش ژئولوژیکی خاک که تحت تأثیر فعالیت‌های زیان آور انسانی پدید نیامده و از کنترل انسان نیز خارج است (۲۸). اگرچه متوقف نمودن کامل فرسایش تا حد شرایط طبیعی امکان پذیر نیست ولی مقابله با فرسایش خاک به مفهوم کاهش آن تا حد شرایط طبیعی به اتخاذ تدابیر مناسب در طرح‌های بهره برداری از آب و خاک نیازی مبرم و یک راهبرد اساسی محسوب می‌شود (۱۵).

استفاده از اراضی بر حسب استعداد و قابلیت آنها در چارچوب یک برنامه ریزی صحیح مدیریتی می‌تواند از شدت تخریب و هدررفت منابع بکاهد (۴، ۸ و ۱۴). از آنجا که فرسایش خاک یکی از موانع مهم برای دست‌یابی به توسعه پایدار کشاورزی و منابع طبیعی است، از این رو به منظور برنامه‌ریزی در زمینه احیا و توسعه و مدیریت بهینه و پایدار اراضی به ویژه در قالب طرح‌های حفاظت خاک و آبخیزداری، آگاهی از وضعیت و روند فرسایش خاک و تولید رسوب در حوزه‌های آبخیز یکی از مهم‌ترین ابزارهای تصمیم‌گیری برای برنامه‌ریزی‌های مورد نظر می باشد (۱).

امروزه جوهره علم مدیریت در شیوه مدل سازی متجلی است و روش‌های برنامه ریزی در جهت تخصیص بهینه منابع کمیاب برای به دست آوردن بیشترین منافع از مهم‌ترین ابزارهای کاربردی علم مدیریت به شمار می‌رود. در برنامه‌ریزی کشاورزی و منابع طبیعی در مقایسه با بخش صنعت، تصمیم‌گیران معمولاً با بهینه کردن هم‌زمان چندین هدف مواجه‌اند (۲۱).

کاربری اراضی روی واحدهای مختلف زمین می تواند با استفاده از یک مدل برنامه‌ریزی برای بهینه‌سازی (Optimization) درآمد کاربری زمین و کاهش تأثیرات زیست محیطی بهینه گردد (۲۱)، از این رو با استفاده از مفهوم بهینه‌سازی که در واقع دست‌یابی به مناسب‌ترین مقدار خروجی یک سامانه با توجه به محدودیت های حاکم بر آن می‌باشد، می‌توان نتیجه گرفت بهینه‌سازی کاربری اراضی ، یکی از راه‌کارهای مناسب برای حفاظت خاک است که به مدیران آبخیز و تصمیم‌گیران این اختیار را می‌دهد تا از بین گزینه‌های مختلف کاربری اراضی، بهترین تصمیم را اتخاذ کنند (۲۲).

تکنیک‌های فراوانی برای بهینه نمودن مسایل موجود در حوزه های آبخیز وجود دارد که یکی از این روش‌ها استفاده از برنامه‌ریزی خطی (Linear programming) است. بررسی‌های به عمل آمده نشان می‌دهد کاربرد برنامه‌ریزی خطی در راستای بهینه‌سازی مدیریت منابع حوزه‌های آبخیز به ندرت مورد استفاده قرار گرفته است. در این میان می‌توان به نیک‌کامی (۲۰) و نیک‌کامی(۱۵) در خصوص بهینه‌سازی مدیریت فرسایش خاک در یکی از زیرحوزه‌های آبخیز دماوند و کاربرد آن به منظور کاهش تأثیرات محیطی و اقتصادی فرسایش خاک اشاره نمود. نتایج تحقیق ارائه شده بر کاهش ۵ درصدی تولید رسوب و افزایش ۱۳۴ درصدی سود سالانه در منطقه مورد مطالعه دلالت دارد. سینگ و سینگ (۲۴) حداکثر سازی تولید و سود با به کارگیری برنامه ریزی بهینه کشت را در یک مطالعه موردی در ماهی‌کوماند (Mahi Comand) هند انجام دادند. این تحقیق هم‌چنین نشان داد که برنامه ریزی کشت در سطح منطقه تولیدات را از ۶۰ تا ۹۶ درصد و برگشت خالص را از ۲۳ تا ۲۶ درصد افزایش داده است. ستهای و همکاران (۲۳) از مدل برنامه ریزی خطی برای حداکثر نمودن سود اقتصادی در حوزه رودخانه ساحلی در ایالت اوری‌سا در هند استفاده نمودند و نتایج تحقیق به استخراج استراتژی مدیریت آب‌های زیرزمینی و محصولات منجر گردید. رایدل (۲۲) نیز بهینه سازی برنامه‌ریزی کاربری اراضی برای نواحی کوهستانی با استفاده از برنامه‌ریزی خطی وسیستم اطلاعات جغرافیایی (Geographic Information System)(GIS) جهت دست‌یابی به پایداری را در یکی از حوزه‌های کوهستانی شمال تایلند بررسی کرد و نتیجه این تحقیق دلالت بر موفقیت آمیز بودن

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-26]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1385.10.4.2.8]

تلفیق مذکور دارد. یه و تانگ (۲۹) الگوریتم برنامه‌ریزی خطی را جهت تعیین استراتژی‌های مدیریت کاربری اراضی در مناطق ساحلی تایوان به کار گرفته و نتیجه‌گیری نمودند که آب‌های زیرزمینی برای استفاده در مزارع پرورش ماهی به‌کار نرود و در منطقه، سطح مربوط به پرورش ماهی می‌تواند به استفاده‌های دیگری تبدیل شود. کرالیش و بک استین(۱۷) بهینه‌سازی چند منظوره کاربری اراضی را با استفاده از شبکه های عصبی مصنوعی (Artificial Neural Network) در کشور آلمان مورد تحقیق و پژوهش قرار دادند و یک دستورالعمل ANN اصلاح شده برای یافتن نمایش کشت برای سطح حوزه آبخیز، ارائه داده که این نمایش‌ها می‌تواند جهت تولید تصمیم‌های قابل توجیه مدیریت کاربری اراضی مورد استفاده قرار گیرد. لیو و استوارت (۱۸) کاربرد سامانه پشتیبانی تصمیم گیری (Decision Support System) برای اتخاذ تصمیم چند منظوره در مدیریت منابع طبیعی را در آفریقای جنوبی مورد ارزیابی قرار دادند. مدل DSS طراحی شده در این تحقیق، یک روش کارا و مؤثر برای تصمیم گیری چند منظوره در مدیریت منابع طبیعی با استفاده از آنالیز و تحلیل نتایج سیستم عمومی را پیشنهاد نموده است.

در ایران نیز در خصوص کاربرد مدل‌های بهینه‌سازی در مدیریت کاربری اراضی حوزه آبخیز علاوه بر نیک‌کامی (۱۵)، می‌توان به تحقیق انجام شده توسط محسنی ساروی و همکاران(۱۲) با استفاده از برنامه‌ریزی هدف (Goal programming) در زیرحوزه گرمابدشت از زیرحوزه‌های قره سو استان گلستان و تعیین الگوی بهره برداری از منابع آبخیز اشاره نمود. نتایج به دست آمده از این تحقیق نشان می‌دهد که در اولویت بندی بر اساس اهداف اقتصادی، زیست محیطی و اجتماعی، الگوی پیشنهادی بر اساس دیدگاه اقتصادی دارای برتری نسبی نسبت به دیگر دیدگاه‌هاست زیرا که در آن تمام اهداف مورد نظر تأمین شده اما در سایر دیدگاه-ها دسترسی به تمام اهداف ممکن نبوده است.

در این تحقیق بهینه‌سازی کاربری اراضی حوزه آبخیز بریموند استان کرمانشاه به منظور کمینه‌سازی فرسایش خاک به عنوان مطالعه موردی در راستای تعیین وسعت بهینه هر یک از کاربری‌های باغ، مرتع، کشاورزی آبی و کشاورزی دیم به دلیل موجود بودن اطلاعات پایه، امکان دسترسی و تهدیدهای ایجاد شده در اثر فرسایش به سامانه آبرسانی منطقه انجام پذیرفته است.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

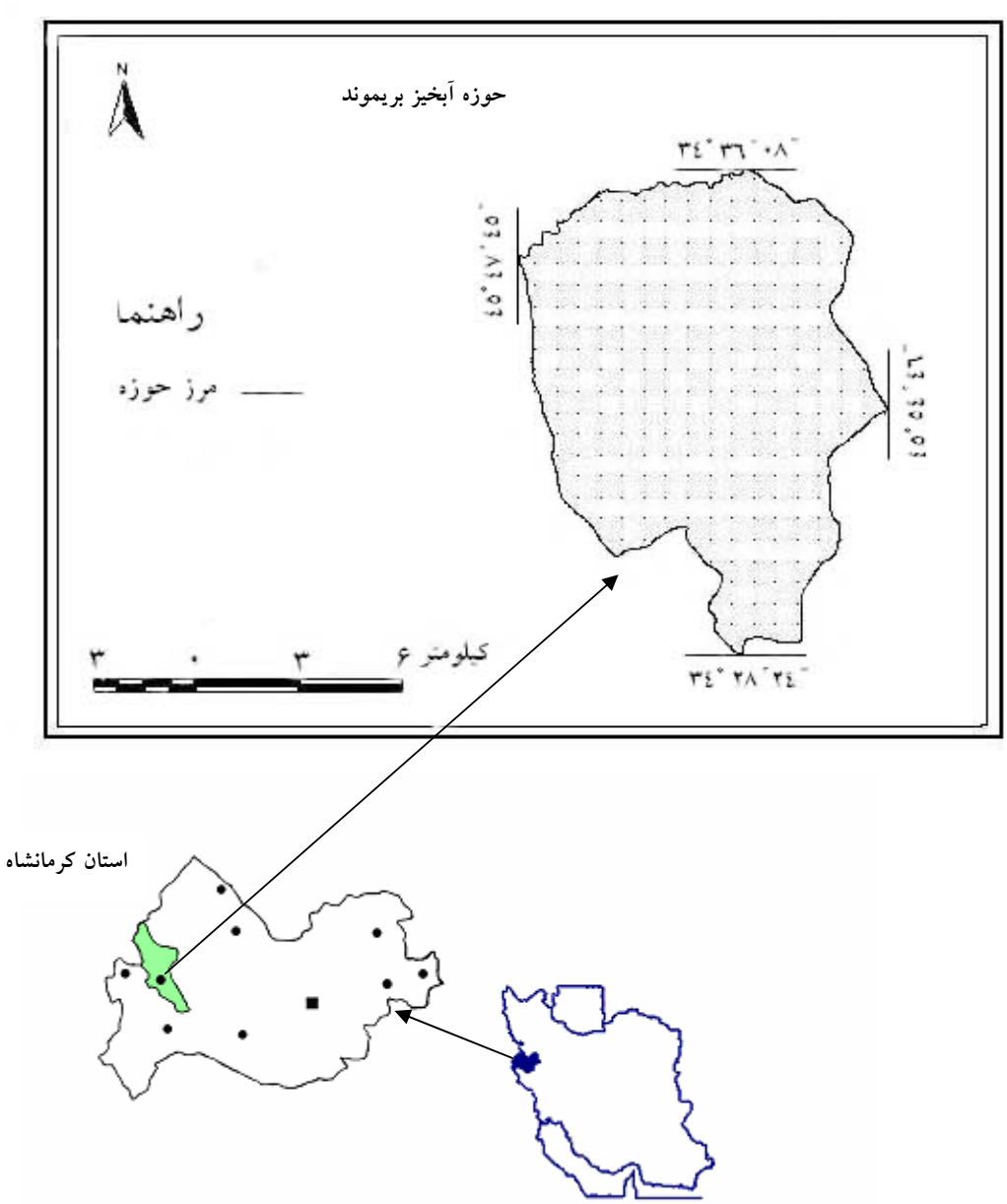
حوزه آبخیز بریموند در بالا دست کانال آبرسانی کشاورزی سد بریموند در ۴ کیلومتری شمال شهرستان سرپل ذهاب در استان کرمانشاه واقع است. این منطقه از لحاظ کشاورزی حائز اهمیت بوده و بروز فرسایش خاک و تولید رسوب، سبب مشکلاتی در امر آبرسانی و نیز پر شدن مخازن و کانال های آبیاری شده است. وسعت منطقه بر اساس مطالعات فیزیوگرافی ۹۵۷۲ هکتار و در حد واسط طول های ″۴۵ ′۴۷ °۴۵ تا ″۴۶ ′۵۴ °۴۵ شرقی و عرض های ″۲۴ ′۲۸ °۳۴ تا ″۰۸ ′۳۶ °۳۴ شمالی قرار گرفته است (۱۳) . شکل ۱ موقعیت و شمای کلی منطقه مورد مطالعه را نشان می‌دهد. متوسط بارندگی سالانه منطقه ۴۸۵/۴ میلی‌متر و اقلیم حوزه بر اساس روش آمبرژه، نیمه خشک معتدل می‌باشد. استفاده‌های اصلی از اراضی حوزه شامل باغ، مرتع، کشاورزی آبی و کشاورزی دیم، مناطق مسکونی و اراضی صخره‌ای است که وسعت آنها به ترتیب ۳۸/۳۲، ۴۰۰۱/۲۷، ۴۰۴۹/۲۷، ۹۵۲/۹۷ و ۵۳۰/۱۷ هکتار می‌باشد (۱۳).

روش تحقیق

به منظور انجام تحقیق حاضر در ابتدا کلیه مطالعات موجود شامل مطالعات فیزیوگرافی، خاک‌شناسی، فرسایش و رسوب، زمین‌شناسی و ژئومورفولوژی، پوشش گیاهی، هواشناسی، هیدرولوژی و منابع آب، اقتصادی- اجتماعی از مدیریت آبخیزداری استان کرمانشاه (۱۳) جمع آوری و طی بازدیدهای

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-26]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1385.10.4.2.8]



شکل ۱. موقعیت جغرافیایی و شمای کلی منطقه مورد مطالعه

صحرایی تکمیل گردید. بر اساس اطلاعات به دست آمده شکل کلی مسأله به صورت روابط ۱ تا ۱۱ است.

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

رابطه ۱ را می‌توان به صورت رابطه ۲ تشریح نمود.

$$Max(Z_1) = \sum_{1}^{n} \left[A_{i1} - (A_{i2} + A_{i3}) X_1 \right] \qquad [2]$$

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

$$X_1 \le B_1 \qquad [4]$$

$$X_3 \le B_2 \qquad [5]$$

$$X_4 \le B_3 \qquad [6]$$

$$X_1 + X_3 \le B_4 \qquad [7]$$

$$X_1 + X_2 + X_3 + X_4 = X_5 \qquad [8]$$

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-26]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1385.10.4.2.8]

$$X_1 \geq B_6 \quad [9]$$

$$X_2 \geq B_7 \quad [10]$$

$$X_1, X_2, X_3, X_4 \geq 0 \quad [11]$$

که در آنها Z_1 و Z_2 به ترتیب درآمد خالص سالانه (میلیون ریال) و فرسایش سالانه (تن) در واحد سطح هر کاربری است. X_i مساحت هر کاربری (هکتار)، C_{Bi} و C_{Ei} به ترتیب درآمد خالص سالانه (میلیون ریال) و فرسایش سالانه (تن) در واحد سطح هر کاربری می باشد. A_{i1} ، A_{i2} و A_{i3} به ترتیب سود ناخالص، هزینه تولید و هزینه خسارت فرسایش خاک (میلیون ریال) در واحد سطح هر کاربری در سال است. B_1 تا B_4 نیز به ترتیب بیشترین سطح اراضی باغی، آبی، دیم و مجموع آبی و باغی و B_5 تا B_7 به ترتیب سطح کل اراضی، کمترین سطح اراضی باغی و کمترین سطح اراضی مرتعی می‌باشند که بر حسب واحد هکتار در معادلات استفاده شده‌اند.

برآورد مقادیر ثابت

در شرایط فعلی امکان تغییر در استفاده از اراضی مسکونی، راه‌ها، اراضی صخره‌ای وجود ندارد. بنابراین مساحت این واحدها از سطح حوزه آبخیز کم شده و مقدار باقی مانده به عنوان سطح مورد نظر در بهینه سازی کاربری اراضی مورد توجه قرار گرفته است. به منظور تعیین فرسایش سالانه هر یک از کاربری‌ها (C_{Ei})، میزان تولید رسوب با استفاده از روش MPSIAC (Modified Pacific Southwest Inter-Agency Committee) تخمین زده شد و با در نظر گرفتن نسبت تحویل رسوب (Sediment Delivery Ratio) به دست آمده برای هر کاربری، میزان فرسایش تولیدی هر کاربری محاسبه گردید. میزان سود و هزینه سالانه کاربری های مختلف در منطقه بر اساس مطالعات مدیریت آبخیزداری کرمانشاه، (۱۳) و نیز پرسش از آبخیزنشینان تهیه شد. بر این اساس انگور مهم‌ترین محصول باغی منطقه، گندم، ذرت،جالیز، علوفه، پنبه و باقلا محصولات آبی و گندم، جو و نخود نیز به عنوان مهم ترین محصولات دیم در منطقه محسوب شدند. در هر کاربری با محاسبه میزان سود ناخالص و کسر نمودن میزان هزینه های سه مرحله کاشت، داشت و برداشت و نیز هزینه خسارت فرسایش خاک، میزان سود خالص محاسبه و به عنوان ضریب در تابع هدف بیشینه سازی سود مورد استفاده قرار گرفت. اراضی مرتعی نیز در سه نوع وضعیت مرتعی خیلی فقیر، فقیر و متوسط (۱۳) مورد بررسی قرار گرفته و میزان متوسط وزنی تولید علوفه خشک، مواد غذایی قابل هضم (TDN)(Total Digestible Nutrients) و واحد دامی هر یک مشخص گردید. محاسبه خسارت فرسایش مطابق روابط ۱۲ و ۱۳ و با معادل قرار دادن میزان خاک از دست رفته با سطح اراضی از دسترس خارج شده بر اساس عمق ریشه دوانی و وزن مخصوص ظاهری خاک در هر یک از کاربری‌ها صورت گرفت(جدول ۱).

$$\text{سطح اراضی از دست رفته } (m^2/ha) = \frac{\text{میزان فرسایش } (t/ha)}{\text{وزن مخصوص خاک } (t/m^3) \times \text{عمق ریشه } (m)} \quad [12]$$

هزینه اراضی از دست رفته= سطح اراضی از دست رفته × ارزش یک هکتار زمین [۱۳]

تعیین سطح کاربری‌های مختلف در طرف راست معادلات محدودیت (RHS)(Right Hand Side) با در نظر گرفتن شرایط استاندارد شیب، عمق خاک و قابلیت دسترسی به منابع آب و بر اساس استانداردهای معرفی شده در منابع مختلف (۲، ۷، ۹ و ۱۰) معین شد. با توجه به محاسبات انجام شده محدودیت آب در منطقه وجود نداشته و قابلیت دسترسی به آب نیز با توجه به موقعیت کانال آبرسانی سد بریموند، موقعیت چشمه‌ها و چاه‌ها در منطقه لحاظ و با استفاده از مدل ADBASE (۲۵ و ۲۷) کاربری‌ها بهینه گردید . این مدل قادر به حل مسایل چند هدفی، بدون تغییر توابع هدف و تبدیل مسأله از شکل چند هدفی به یک هدفی، عدم محدودیت در اجرا و کاربرد و اجرا با کلیه رایانه‌های شخصی، شبکه‌ای و ابر رایانه‌ها با استفاده از روش سیمپلکس (Simplex method) می‌باشد (۲۵ و ۲۶).

پس از اجرای مدل و تعیین سطح بهینه کاربری اراضی به منظور دست‌یابی به بیشترین سود و کمترین فرسایش، به منظور

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-26]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1385.10.4.2.8]

جدول ۱. نتایج محاسبات برآورد خسارت فرسایش خاک در کاربری‌های مختلف

نوع کاربری	فرسایش ویژه (t/ha)	فرسایش کل (t)	عمق ریشه (m)	وزن مخصوص ظاهری خاک (t/m^3)	اراضی هدر رفته (m^2/ha)	هزینه (R/ha)
باغ	۷/۳۸۹	۳۶۹/۴۵	۱	۱/۰۸	۶/۸۴	۵۸۲۰/۸۴
مرتع	۸/۱۴۴	۴۰۶۷۹/۲۸	۰/۱۵	۱/۱۱	۴۸/۹۱	۷۶۷/۷۷
کشت آبی	۷/۳۸۹	۱۴۷۷۸	۰/۵	۱/۰۸	۱۳/۶۸	۶۶۲۳
کشت دیم	۲۱/۱۱۲	۴۳۵۳۲/۹۴	۰/۱۵	۱/۰۹	۱۲۹/۱۳	۳۴۹۴/۳۵

شناسایی مؤثرترین محدودیت منابع و هم‌چنین کاربری اراضی در تغییر مقدار تابع هدف از تحلیل حساسیت استفاده شد. برای این منظور میزان درصد تغییر تابع هدف مرتبط با درصد مشخصی از تغییرات هر یک از پارامترهای مورد بررسی و در نهایت حساسیت تابع هدف نسبت به آنها مورد ارزیابی قرار گرفت.

نتایج و بحث

نتایج زیر حاصل بهینه‌سازی وسعت انواع کاربری اراضی در حوزه آبخیز بریموند با استفاده از برنامه‌ریزی خطی می‌باشد که بر اساس روش کار ارائه شده در بخش قبلی به دست آمده است.

حل مسأله بهینه سازی حوزه آبخیز بریموند

شکل مسأله بهینه‌سازی حوزه مورد مطالعه به صورت زیر ارائه می‌گردد:

$$Max(Z_1) = ۸/۵۰۴۲X_1 + ۰/۱۵۶۲X_2 + ۴/۸۷۵۸X_3 + ۰/۳۲۱۵X_4 \quad [۱۴]$$

$$Min(Z_2) = ۷/۳۸۹X_1 + ۸/۱۴۴X_2 + ۷/۳۸۹X_3 + ۲۱/۱۱۲X_4 \quad [۱۵]$$

به دلیل شیوه حل مسأله در روش سیمپلکس به صورت بیشینه، مسأله کمینه‌سازی فرسایش را تغییر داده و به صورت بیشینه منفی مدنظر قرار گرفته است. در این ارتباط در مورد مسأله بهینه سازی حوزه آبخیز بریموند، محدودیت‌های زیر جهت مدل بهینه سازی کاربری اراضی در نظر گرفته شد:

$$X_1 \le ۵۱۸/۸۱ \quad [۱۶]$$

محدودیت اول در این مسأله مربوط به سطح اراضی باغی موجود است که ۳۸/۳۲ هکتار بوده اما این میزان می‌تواند به ۵۱۸/۸۱ هکتار افزایش یابد. دلیل این افزایش امکان اختصاص زمین‌های با شیب بیش از ۵ درصد و عمق مناسب خاک به باغ می‌باشد (۲۰).

$$X_3 \le ۴۰۴۴/۶۴ \quad [۱۷]$$

محدودیت دوم مربوط به زمین هایی است که زیر کشت محصولات مختلف آبی قرار گرفته‌اند و در کاربری اراضی موجود منطقه ۴۰۴۹/۲۷ هکتار برآورد گردیده ولی با توجه به شرایط استاندارد مورد نیاز برای کشت آبی و نیز قابلیت دسترسی به آب، ۴۰۴۴/۶۴ هکتار از اراضی منطقه دارای پتانسیل کشت آبی هستند و به همین دلیل میزان این اراضی از ۴۰۴۹/۲۷ هکتار به ۴۰۴۴/۶۴ هکتارکاهش یافته است.

$$X_4 \le ۱۴۶۴/۳۷ \quad [۱۸]$$

این محدودیت مربوط به اراضی زیر کشت محصولات دیم است. بر اساس شرایط استاندارد، اراضی با شیب بیشتر از ۱۲ درصد مناسب کشاورزی دیم نیستند(۷) و عمق خاک کم نیز می‌تواند به عنوان محدودیت دیگری برای این اراضی مطرح باشد (۲۰). با بررسی ویژگی‌های مناطق مختلف در حوزه مورد مطالعه، سطح ۹۵۲/۹۷ هکتاری اولیه بعد از جدا کردن مناطق با پتانسیل کشت دیم به ۱۴۶۴/۳۷ هکتار افزایش پیدا کرده

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-26]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1385.10.4.2.8]

جدول ۲. جدول سیمپلکس برای حل مسأله بهینه‌سازی کاربری اراضی حوزه آبخیز بریموند

توابع	X_1	X_2	X_3	X_4	نوع تابع	RHS
تابع هدف ۱	۸/۵۰۴۲	۰/۱۵۶۲	۴/۸۷۵۸	۰/۳۲۱۵	Max	۰/۰۰
تابع هدف ۲	-۷/۳۸۹	-۸/۱۴۴	-۷/۳۸۹	-۲۱/۱۱۲	Max	۰/۰۰
محدودیت ۱	۱	۰	۰	۰	≤	۵۱۸/۸۱
محدودیت ۲	۰	۰	۱	۰	≤	۴۰۴۴/۶۴
محدودیت ۳	۰	۰	۰	۱	≤	۱۴۶۴/۳۷
محدودیت ۴	۱	۰	۱	۰	≤	۴۵۶۳/۳۷
محدودیت ۵	۱	۱	۱	۱	≤	۹۰۴۱/۸۳
محدودیت ۶	۱	۰	۰	۰	≥	۳۸/۳۲
محدودیت ۷	۰	۱	۰	۰	≥	۴۰۰۱/۲۷

است. چون نمی‌توان به طور یقین اطمینان نمود که کشاورزان عملیات خاک ورزی صحیح و اصولی را مطابق نظر کارشناسان انجام دهند و از طرفی به علت وجود قوانین دولتی نمی‌توان در سطح اراضی مرتعی تغییر خاصی را پیشنهاد داد. بنابراین سطح این اراضی بیش از این میزان پیشنهاد داده نشده است.

$$X_1 + X_3 \leq ۴۵۶۳/۳۷ \qquad [۱۹]$$

با توجه به عدم وجود محدودیت منابع آب در منطقه ولی با در نظر گرفتن شرایط شیب اراضی و عمق خاک، اراضی تحت کشت آبی و باغی نمی‌توانند از ۴۵۶۳/۳۷ هکتار بیشتر شوند.

$$X_1 + X_2 + X_3 + X_4 \leq ۹۰۴۱/۸۳ \qquad [۲۰]$$

پنجمین محدودیت مسأله مربوط به سطح اراضی موجود است که برای چهار کاربری باغ، مرتع، کشت آبی و کشت دیم از ۹۰۴۱/۸۳ هکتار بیشتر نمی گردد.

$$X_1 \geq ۳۸/۳۲ \qquad [۲۱]$$

با توجه به مطالبی که در محدودیت اول بیان شد، سطح اراضی زیر کشت باغ حداقل ۳۸/۳۲ هکتار است که دلیل آن بهره دهی مناسب و عدم تمایل باغداران منطقه به کاهش سطح این کاربری است.

$$X_2 \geq ۴۰۰۱/۲۷ \qquad [۲۲]$$

هفتمین محدودیت بیانگر این نکته است که سطح اراضی مرتعی منطقه نمی‌تواند از میزان ۴۰۰۱/۲۷ هکتار کمتر باشد. دلیل این محدودیت این است که اراضی مرتعی ملی بوده و تحت مالکیت دولت قرار دارند و بر اساس ماده ۵۶ قانون ملی شدن مراتع، نمی‌توان کاربری این اراضی را تغییر داد. از طرفی ممکن است برخی مناطق که در گذشته زیر کشت دیم بوده اما کارایی و سود دهی مناسب را نداشته‌اند، به اراضی مرتعی تبدیل گردند.

$$X_1, X_2, X_3, X_4 \geq ۰ \qquad [۲۳]$$

آخرین محدودیت مربوط به غیر منفی بودن متغیرهاست. یعنی سطح اختصاص یافته به هر کاربری باید مثبت باشد.

با حل مسأله جدول ۲ به روش سیمپلکس نتایج به شرح جداول ۳ و ۴ بیان می‌گردد.

در جدول ۲، ستون‌های ۲ تا ۵ از سمت راست نشان دهنده متغیرهای تصمیم‌گیری هستند که در ردیف‌های ۲ و ۳ به ترتیب دارای واحد پول و فرسایش می‌باشند. اعداد یک و صفر در بقیه ردیف‌ها به ترتیب حضور و یا عدم حضور متغیر را در

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-26]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1385.10.4.2.8]

جدول ۳. نتایج به‌دست آمده از محاسبات سود و فرسایش در وضعیت کاربری موجود حوزه آبخیز بریموند

کاربری اراضی	سطح اختصاص یافته (ha)	فرسایش ویژه (t/ha)	فرسایش کل (t/y)	درآمد خالص سالانه (10^6R/ha)	درآمد خالص کل در سال (10^6R/ha)
باغ	۳۸/۳۲	۷/۳۸۹	۲۸۳/۱۴۷	۸/۵۰۴۲	۳۲۵/۸۸۱
مرتع	۴۰۰۱/۲۷	۸/۱۴۴	۳۲۵۸۶/۳۴۳	۰/۱۵۶۲	۶۲۴/۹۹۸
کشاورزی آبی	۴۰۴۹/۲۷	۷/۳۸۹	۲۹۹۲۰/۰۵۶	۴/۸۷۵۸	۱۹۷۴۳/۴۳۱
کشاورزی دیم	۹۵۲/۹۷	۲۱/۱۱۲	۲۰۱۱۹/۱۰۳	۰/۳۲۱۵	۳۰۶/۳۸۰
کل	۹۰۴۱/۸۳	۹/۱۶۹۴۵	۸۲۹۰۸/۶۴۹	۲/۳۲۲۶	۲۱۰۰۰/۶۹

جدول ۴. نتایج به دست آمده از مدل بهینه‌سازی کاربری اراضی حوزه آبخیز بریموند

کاربری اراضی	سطح (ha)	فرسایش ویژه (t/ha)	فرسایش کل (t/y)	درآمد خالص سالانه (10^6R/ha)	درآمد خالص کل (10^6R/ha)
باغ	۵۱۸/۸۱	۷/۳۸۹	۳۸۳۳/۴۸۷	۸/۵۰۴۲	۴۴۱۲/۰۶۴
مرتع	۴۰۰۱/۲۷	۸/۱۴۴	۳۲۵۸۶/۳۴۳	۰/۱۵۶۲	۶۲۴/۹۹۸
کشاورزی آبی	۴۰۴۴/۵۶	۷/۳۸۹	۲۹۸۸۵/۲۵۴	۴/۸۷۵۸	۱۹۷۲۰/۴۶۶
کشاورزی دیم	۴۷۷/۱۹	۲۱/۱۱۲	۱۰۰۷۴/۸۳۵	۰/۳۲۱۵	۱۵۳/۴۱۷
کل	۹۰۴۱/۸۳	۸/۴۴۷۴	۷۶۳۷۹/۹۱۹	۲/۳۲۲۶	۲۴۹۱۰/۹۴۵

محدودیت‌ها نشان می‌دهد. ردیف‌های ۲ و ۳ این جدول در ستون ۶ مشخص کننده نوع معادله هدف از نظر بیشینه یا کمینه نمودن است در حالی که بقیه ردیف‌ها تساوی یا عدم تساوی طرفین معادلات محدودیت را مشخص می‌سازند. در ستون آخر(RHS) مقدار سمت راست معادلات محدودیت ملاحظه می‌شود که نماینده مقدار در اختیار بودن سطح اراضی است.

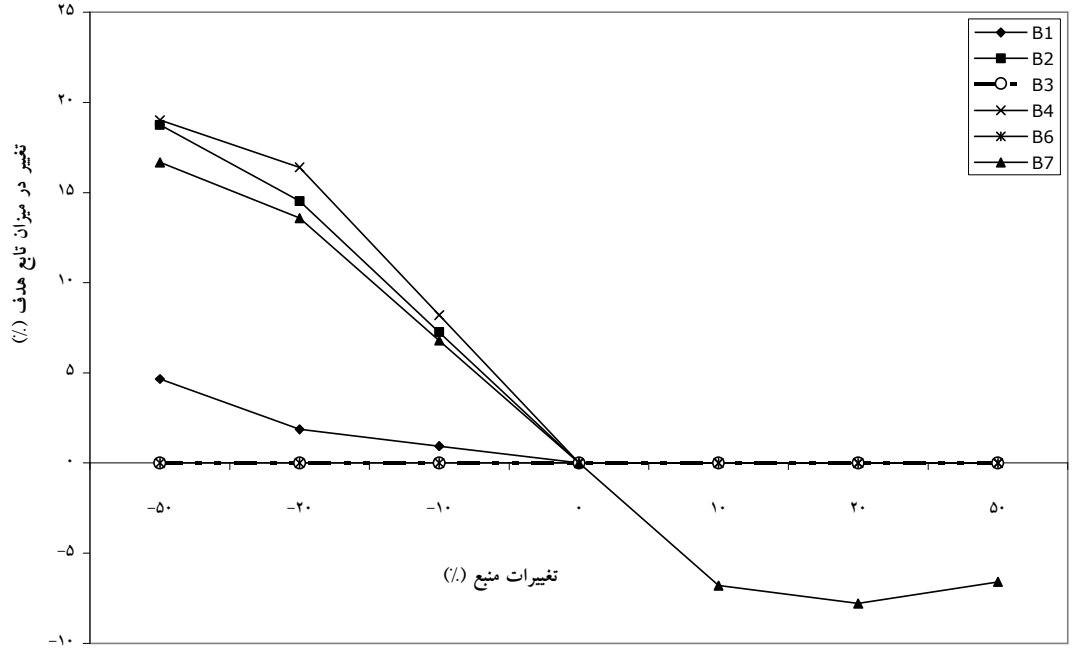
دقت در جداول ۳ و ۴ و مقایسه وسعت هر کاربری، میزان سود و فرسایش به دست آمده از هر کاربری و کل منطقه در قبل و بعد از بهینه سازی نشان می‌دهد که با بهینه‌سازی کاربری اراضی میزان اراضی کشاورزی آبی و مرتعی تغییر چندانی نداشته و سطح اراضی باغی ۱۳/۵ برابر افزایش و سطح اراضی دیم ۵۰ درصد کاهش یافته است. در نتیجه این تغییرات، میزان سوددهی سالانه کاربری‌های مختلف منطقه از ۲۱۰۰۰/۶۹ به ۲۴۹۱۰/۹۵ میلیون ریال (۱۹ درصد) افزایش داشته در حالی که مقدار فرسایش از ۸۲/۹۱ به ۷۶/۳۸ هزار تن در سال (۷/۸ درصد) کاهش یافته است.

نیک‌کامی و همکاران (۲۱) نیز در بهینه سازی کاربری اراضی یکی از زیرحوزه‌های دماوند به نتایج مشابهی دست یافته و افزایش ۳/۵ برابری در سطح اراضی باغی و کاهش ۱۰۰ درصد سطح اراضی دیم را پیشنهاد نموده‌اند. این تغییرات منجر به کاهش ۵ درصدی میزان رسوب تولیدی سالانه در منطقه مورد مطالعه گردیده و افزایش ۱۳۴ درصد در سودآوری کاربری‌های حوزه آبخیز را به دنبال داشته است.

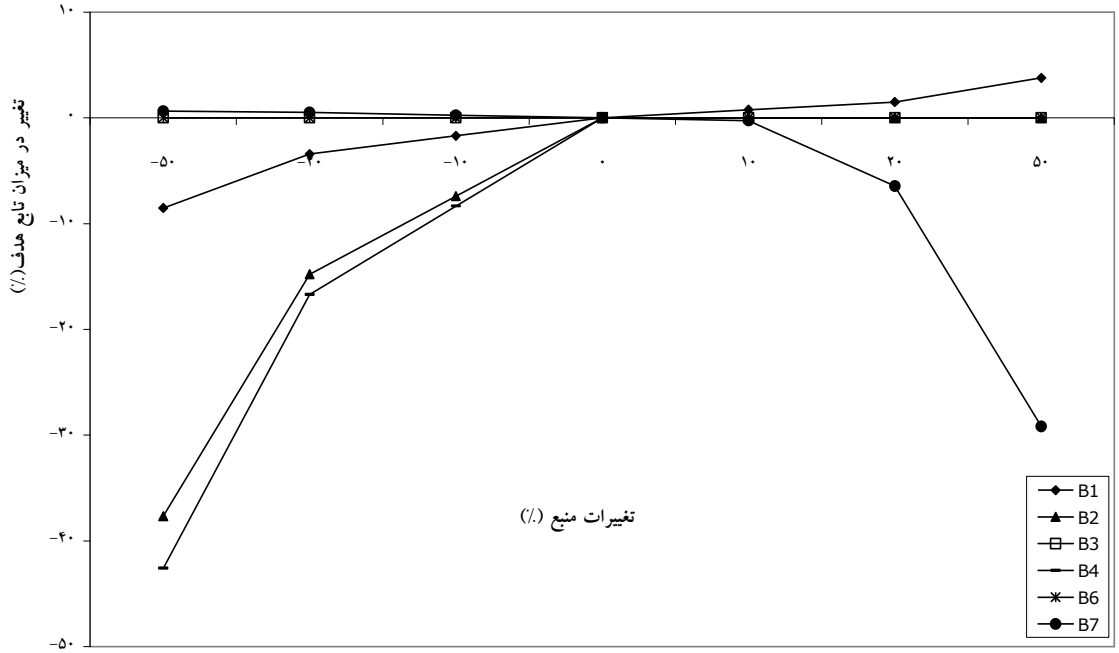
در ارزیابی حساسیت تابع هدف به تغییرات منابع اراضی و ضرایب از نسبت‌های ۱۰، ۲۰ و ۵۰ درصد تغییر نسبت به حالت بهینه استفاده شده و درصد تغییرات مقدار توابع هدف محاسبه گردید (شکل‌های ۲ و ۳). با توجه به شکل‌های ۲ و۳ در خصوص تحلیل حساسیت می‌توان نتیجه گرفت که کاهش

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-26]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1385.10.4.2.8]



شکل ۲. تحلیل تابع کمینه سازی فرسایش خاک نسبت به تغییرات منابع اراضی



شکل ۳. تحلیل تابع بیشینه سازی سود نسبت به تغییرات منابع اراضی

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-26]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1385.10.4.2.8]

سود، بیشترین حساسیت را نسبت به کاهش بیشترین سطح اراضی آبی و باغی داشته، حال آن‌که افزایش سود، بیشترین حساسیت خود را نسبت به افزایش بیشترین سطح اراضی باغی نمایان ساخته است (پارامتر B_1 در شکل ۳). هم‌چنین در خصوص حساسیت پذیری تابع هدف کمینه سازی فرسایش می‌توان نتیجه گرفت که کاهش بیشترین سطح اراضی آبی و باغی (B_4 در شکل ۲)، بیشترین افزایش میزان فرسایش را منجر شده، حال آن‌که افزایش کمترین سطح اراضی مرتعی منجر به بیشترین کاهش میزان فرسایش خاک می‌گردد (B_7 در شکل ۲). در مجموع تغییر در بیشترین سطح اراضی آبی و باغی بیشترین تأثیر در تغییر میزان سوددهی و فرسایش خاک حوزه آبخیز بریموند را به دنبال دارد.

نیک‌کامی و همکاران (۲۱) نیز در نتایج تحقیقات خود بیان داشته‌اند که میزان سطح باغات به عنوان حساس‌ترین پارامتر مدل مطرح بوده و کاهش یا افزایش یک هکتار از سطح باغات بیشترین تغییرات را در افزایش سود و کاهش فرسایش به دنبال دارد.

نتیجه‌گیری

این تحقیق به منظور بهینه‌سازی استفاده از اراضی در حوزه آبخیز بریموند برای دست‌یابی به دو هدف کمینه‌سازی فرسایش خاک و بیشینه سازی سود که استفاده پایدار از منابع آب و خاک را به دنبال دارد ، انجام گرفته است. به منظور دست‌یابی به پراکنش مناسب کاربری‌ها طبق شرایط استاندارد و نیل به اهداف مورد نظر با در نظر گرفتن شرایط استاندارد کاربری‌های مختلف و اعمال محدودیت‌های موجود در منطقه، مدل بهینه سازی خطی چند هدفی برای حل بهینه مسأله مطرح و در حوزه آبخیز بریموند اجرا شد. نتایج به دست آمده از تحقیق نشانگر دوری شرایط موجود کاربری اراضی از شرایط بهینه در راستای دست‌یابی به مقدار کمینه فرسایش و بیشینه سود بوده و انجام تدابیر مناسب مدیریتی در خصوص تغییر و اصلاح کاربری‌های موجود با تکیه بر تبدیل بهینه اراضی بر اساس شرایط پیشنهادی مدل، تأکید می‌گردد که در نتیجه این تغییرات فرسایش و سوددهی سالانه به ترتیب به میزان ۷/۸ درصد کاهش و ۱۹ درصد افزایش یافته است. هم‌چنین نظر به حساسیت زیاد مقدار تابع هدف به محدودیت وسعت حداکثر اراضی باغی و کشاورزی آبی، انجام ملاحظات ویژه در خصوص مدیریت آن توصیه می‌گردد. این تحقیق استفاده از برنامه‌ریزی خطی چند هدفی را برای مدیریت مناسب حوزه‌های آبخیز و دستیابی به توسعه پایدار و کمینه نمودن میزان خسارت به منابع موجود را مدلی مناسب ارزیابی نموده و تحقیقات بیشتر و گسترده‌تر را در مورد این روش و روش‌های مشابه در حوزه‌های آبخیز کشور توصیه می‌نماید.

سپاسگزاری

نویسندگان مقاله لازم می‌دانند از مساعدت‌های مدیریت آبخیزداری استان کرمانشاه، آب منطقه‌ای غرب، امور آب کرمانشاه، امور آب شهرستان سرپل ذهاب، اداره کل منابع طبیعی استان کرمانشاه و نیز زحمات جناب آقای دکتر معاریانی و کلیه کسانی که در انجام این تحقیق ایشان را یاری نمودند، قدردانی نمایند.

منابع مورد استفاده

۱. ابراهیمی، م. ۱۳۸۰. ارزیابی چهار مدل تجربی برای برآورد رسوب در حوزه آبخیز دره قنبرلو پارس آباد مغان. مجموعه چکیده مقالات همایش ملی مدیریت اراضی، فرسایش خاک و توسعه پایدار، اراک.

۲. برنگل، ک. ج. ۱۳۷۹. *اصول و عملیات دیمکاری*(ترجمه: م.ح. راشد محصل و ع. کوچکی). انتشارات جهاد دانشگاهی دانشگاه مشهد.

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-26]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1385.10.4.2.8]

۳. برومند، ز. ۱۳۷۴. *بهبود و بازسازی سازمان*. نشر هور، تهران.
۴. چپی، ک. ۱۳۷۷. بررسی نوع و میزان فرسایش در رابطه با مدیریت بهره برداری از اراضی و تعیین سهم رسوب دهی به منظور بهینه سازی کاربری اراضی. پایان نامه کارشناسی ارشد مهندسی آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران.
۵. حسن زاده، م. ۱۳۸۰. نقش اطلاع رسانی مؤثر در مدیریت اراضی، فرسایش خاک و توسعه پایدار. مجموعه مقالات همایش ملی مدیریت اراضی، فرسایش خاک و توسعه پایدار، بهمن ۱۳۸۰، صفحات ۸۵-۹۳، اراک.
۶. رابط، ع. ۱۳۸۰. نقش عملیات آبخیزداری در ایجاد جاذبه‌های سیاحتی و تفرجگاهی (نمونه موردی آبخیز شمال و جنوب شهر زنجان). مجموعه مقالات همایش ملی مدیریت اراضی، فرسایش خاک و توسعه پایدار، صفحات ۲۶۸-۲۵۸، اراک.
۷. رستگار، م.ع. ۱۳۷۱. *دیمکاری*. انتشارات برهمند، تهران.
۸. شبابی طبری، ح. ۱۳۷۳. استفاده بهینه از منابع آب و خاک یک ضرورت ملی برای توسعه کشاورزی پایدار. مجموعه مقالات اولین کنگره برنامه ریزی و سیاست گذاری امور زیربنایی (آب و خاک) در بخش کشاورزی، ۲۶-۲۵ شهریور، تهران.
۹. فرشی، ع.ا.، م.ر. شریعتی، ر. جارالله‌ی، م. ر. قائمی، م. شهابی فر و م. تولایی. ۱۳۷۶. *برآورد آب مورد نیاز گیاهان زراعی و باغی کشور*. جلد اول، گیاهان زراعی، نشر آموزش کشاورزی، کرج.
۱۰. فرشی، ع.ا.، م.ر.شریعتی، ر. جارالله‌ی، م. ر. قائمی، م. شهابی فر و م. تولایی. ۱۳۷۶. *برآورد آب مورد نیاز گیاهان زراعی و باغی کشور*. جلد دوم، گیاهان باغی، نشر آموزش کشاورزی، کرج.
۱۱. کریستوفر، ج. ب. ۱۳۸۰. *اصول و روش‌های مدیریت زیست محیطی* (ترجمه: م. اندرودی). نشر کنگره، تهران.
۱۲. محسنی ساروی، م.، م. فرزانگان، م. کوپایی و م. خلقی. ۱۳۸۲. تعیین الگوی بهینه بهره برداری از منابع حوزه‌های آبخیز با استفاده از برنامه ریزی هدف. منابع طبیعی ایران ۵۶ (۱ و ۲): ۳-۱۶.
۱۳. مدیریت آبخیزداری کرمانشاه ۱۳۷۹. *مطالعات تلفیق حوزه آبخیز بریموند*. شرکت مهندسی جهاد، تهران.
۱۴. موسوی، ج. و ر. زکی زاده. ۱۳۷۳. بررسی دیدگاه‌های موجود در بهره برداری از منابع آب و خاک و نقش ارزیابی منابع اراضی در بهره برداری بهینه از آب و خاک. مجموعه مقالات اولین کنگره برنامه ریزی و سیاست‌گذاری امور زیربنایی (آب و خاک) در بخش کشاورزی، صفحات ۴۹۰-۴۷۱، تهران.
۱۵. نیک کامی، د. ۱۳۸۱. بهینه‌سازی مدیریت فرسایش خاک در حوزه آبخیز دماوند. پژوهش و سازندگی ۵۴ : ۸۲-۸۹.
16. Clark, D. 1996. The future urban world. Global City 46 (5): 582.
17. Kralisch, M. F. and C. Beckstein. 2003. Multi objective land use optimization with artificial neural network. Geophys. Res. Abst. 5: 10067.
18. Liu, D. and T.J. Stewart. 2004. Object-Oriented decision support system modelling for multicriteria decision making natural resource management. Comput. and Oper. Res. 31: 985-999.
19. Malhotra, R.C. 1980. Environmental management, integrated rural development. PP: 61-170. *In*: V. Vichit-Vad Kan. et.al (Eds.), Reading in Invironmental Management. Asian and Specific Dev. Inst., UN.
20. Nikkami, D. 1999. Optimizing the management of soil erosion using GIS. Ph.D dessertation, Concordia University, Canada.
21. Nikkami, D., M. Elektorowicz and G.R. Mehuys. 2002. Optimizing the management of soil erosion. Water Quality Res. J. 37(3): 577-586.
22. Riedel, C. 2003. Optimizing land use planning for mountainous regions using LP and GIS towards sustainability. J. Soil Conserv. 34(1): 121-124.
23. Sethi, L.N., D.N. Kumar, S.N. Panda and B.C. Mal 2002.Optimal crop planning and conjunction use of water resources in a Coastal river basin. Water Resour. Manag. 16: 145-169.

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-26]
[DOR: 20.1001.1.22518517.1385.10.4.2.8]

24. Singh, A.K. and J. P. Singh. 1999. Production and benefit maximization through optimal crop planning- a case study of Mahi Command. Indian J. Soil Conserv. 27(2):157-152.
25. Steuer, R.E. 1994. Random problem generation and the computation of efficient extreme points in multiple objective linear programming. Comput. Optim. 3:333-347.
26. Steuer, R.E. 1995a. Multiple criteria decision making. The ADBASE Multiple Objective Linear Programming Package/SCI-Tech, Windsor, England.
27. Steuer, R.E. 1995b. Manual for ADBASE, Multi Objective Linear Programming Package. Faculty of Management Science. University of Georgia, Georgia, USA.
28. Triphati, R.P. and H.P. Singh. 2001. Soil Erosion and Conservation. New Age International Limited Pub., New Delhi, India.
29. Yeh, S.C. and C.P. Tung. 2003. Optimal balance between land development and groundwater conservation in an uncertain coastal environment. Civil Eng. and Environ. Sys. 20(2): 61-81.

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-26]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1385.10.4.2.8]