

ارزیابی اقتصادی بهینه‌سازی کاربری اراضی با استفاده از مدل برنامه‌ریزی خطی سیمپلکس

حسین خالدیان^۱، داود نیک‌کامی^۲، علیرضا شادمانی^۳

۱- مربی پژوهشی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی کردستان، سنندج hkhaledian@yahoo.com

۲- استاد پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران nikkami@scwmri.ac.ir

۳- مربی پژوهشی پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران Shadmani_A@yahoo.com

چکیده

مدیریت منابع آب و خاک در حوزه‌های آبخیز همراه با افزایش درآمد بهره‌برداران از مهم‌ترین اقدامات در زمینه ارائه الگوی صحیح استفاده از اراضی و بهینه‌سازی کاربری اراضی است. در این تحقیق با استفاده از مدل برنامه‌ریزی خطی سیمپلکس و سامانه اطلاعات جغرافیایی، نقش بهینه‌سازی کاربری اراضی در حوزه آبخیز چهل‌گزی سنندج در سه گزینه شامل وضعیت موجود، وضعیت اعمال مدیریت و وضعیت استاندارد اراضی بررسی شد. نتایج نشان داد درآمد خالص سالانه در وضعیت اعمال مدیریت ۲۲/۵۰ درصد و در وضعیت استاندارد ۱۴۳/۶۵ درصد نسبت به وضعیت موجود افزایش خواهد یافت. نتایج تحلیل حساسیت سناریوها نشان داد که در گزینه وضعیت موجود و گزینه اعمال مدیریت، تغییر در سطح اراضی باغی و سپس مراتع بیشترین تأثیر را بر درآمد آبخیزنشینان دارند. حال آنکه در گزینه استاندارد اراضی، تغییر در سطح اراضی مرتعی و سپس باغات بر روی درآمد تأثیر زیادتری دارند. بر طبق نتایج به‌دست آمده، درآمد خالص سالانه در وضعیت فعلی ۲۲/۹۱ درصد، در وضعیت اعمال مدیریت اراضی ۴۱/۴۲ درصد و در وضعیت استاندارد ۱۴۲/۴۷ درصد افزایش خواهد یافت. همچنین میزان درآمد در واحد هکتار در کاربری ترکیبی مرتع-بادام‌کاری، نسبت به کاربری‌های دیگر در حدود سه برابر افزایش می‌یابد.

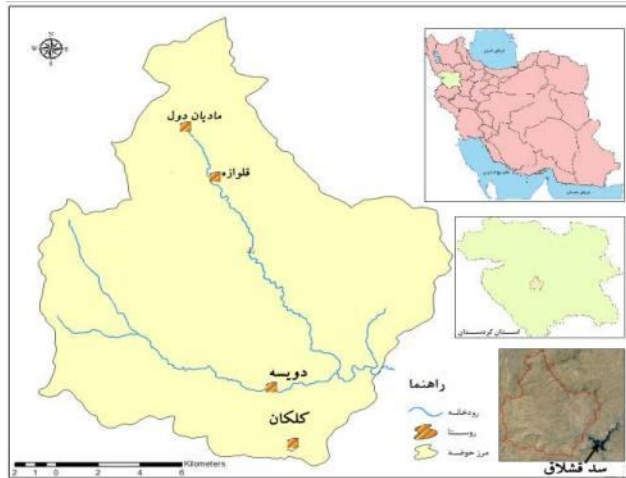
واژه‌های کلیدی: ارزیابی اقتصادی، برنامه‌ریزی خطی، حوزه آبخیز چهل‌گزی، کاربری اراضی، مدیریت اراضی

مقدمه

حوزه آبخیز چهل گزی به دلیل شیبدار بودن اراضی و سایر محدودیت‌ها، غالباً محدود به کشت دیم هستند، این روش، منجر به روند تدریجی کاهش حاصلخیزی خاک شده و درآمد زارعین را کاهش داده است. در این تحقیق با استفاده از مدل برنامه‌ریزی خطی برنامه‌های تدوین شده تا با تخصیص بهینه کاربری اراضی، افزایش درآمد روستائیان را در پی داشته باشد. بهینه‌سازی کاربری اراضی یکی از روش‌های تخصیص منابع محسوب می‌شود که در آن فعالیت‌های مختلف یا کاربری‌های اراضی به واحدهای خاصی اختصاص داده می‌شود، (Cao, ۲۰۱۱). مدل‌های بهینه‌سازی متعددی به منظور حل مشکل تخصیص کاربری اراضی ارائه شده‌اند. این مدل‌ها به دو دسته مدل‌های برنامه‌ریزی ریاضی و مدل‌های برنامه‌ریزی ترکیب عدد صحیح تقسیم می‌شوند. این در حالی است که تخصیص مکانی کاربری، یک فرایند جغرافیایی است که در برگزیده انواع محدودیت‌ها و روابط مکانی پیچیده است و از طرفی تغییر شکل متغیرها، محدودیت‌ها و اهداف به زبان ریاضی، به راحتی امکان پذیر نیست، (Line و همکاران، ۲۰۱۳). در این زمینه علم مدیریت به عنوان علم مکمل کشاورزی با در نظر گرفتن رابطه بین عوامل مختلف کشاورزی برای دستیابی به بیشترین سود پا به عرصه مدیریت منابع نهاده است تا با استفاده از روش‌های بهینه‌سازی، مسائل موجود در عرصه‌های طبیعی را فرمول‌بندی کنند، (صدرالاشرفی، ۱۳۸۷) و (Coxhead و Shively, ۲۰۰۴). بهینه‌سازی کاربری اراضی با استفاده از برنامه‌ریزی خطی و سامانه اطلاعات جغرافیایی و با توجه به تضاد 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، ریدل (Riedel, ۲۰۰۳). اگرچه نهایی‌سازی گزینه‌های اقتصادی برتر باید با ملاحظات بیولوژیکی و با توجه به پایداری اکوسیستم‌ها و همچنین مسائل اجتماعی صورت پذیرد، اما پایه و اساس توسعه اقتصادی بسیاری از جوامع بر آمایش صحیح سرزمین و بحث‌های مربوط به محاسبات اقتصادی مبتنی است، (Ducourtieux و همکاران، ۲۰۰۵). شعبانی، ۱۳۸۹ تحقیقی به‌منظور تعیین سطح بهینه کاربری‌های اراضی به‌منظور بالا بردن درآمد ساکنین حوزه آبخیز زاخرد در استان فارس انجام دادند. نتایج نشان داد که در صورت بهینه‌سازی کاربری اراضی، میزان سوددهی کل حوضه ۲۷/۰۴ درصد افزایش می‌یابد. متکان و همکاران، ۱۳۹۲ به طراحی مدل بهینه‌سازی کاربری اراضی، در حوزه آبخیز رودبار جنوب در استان کرمان پرداختند. در این مدل ابتدا با بررسی توان اکولوژیک منطقه، برای هر قسمت از آن یک مجموعه کاربری قابل استفاده معرفی و در ادامه با استفاده از الگوریتم بهینه‌سازی، یک کاربری بهینه برای هر قسمت از منطقه انتخاب شد. با بررسی نتایج مشخص شد سطح منفعت اقتصادی منطقه حدود ۴۰ تا ۵۰ درصد رشد داشته است. همچنین بیشینه‌سازی تولید و سود را با برنامه‌ریزی بهینه کشت در یک مطالعه موردی در هندوستان نشان داد که برنامه‌ریزی کشت در سطح منطقه، تولیدات را از ۶۰ تا ۹۶ درصد و برگشت خالص را از ۲۳ تا ۲۶ درصد افزایش داده است (Sing و همکاران، ۲۰۱۳). در حوزه آبخیز خارستان استان فارس از مدل برنامه‌ریزی خطی استفاده کردند از سه گزینه شامل: ۱- وضعیت کنونی کاربری‌ها و بدون اعمال مدیریت اراضی؛ ۲- وضعیت کنونی کاربری‌ها و اعمال مدیریت اراضی؛ ۳- وضعیت استاندارد کاربری‌ها و مطابق با اصول و معیارهای علمی استفاده شد. نتایج نشان داد که با اعمال مدیریت اراضی وضعیت کنونی کاربری‌ها درآمد خالص ۲۰۶ درصد افزایش خواهد یافت؛ در حالی که در وضعیت استاندارد، درآمد خالص ۲۰۸ درصد افزایش می‌یابد. تجزیه و تحلیل حساسیت مدل نیز نشان داد که تغییر در سطح اراضی باغی و مراتع بیشترین تأثیر را بر درآمد خالص دارد (Nikkami و همکاران، ۲۰۰۹).

موقعیت جغرافیایی حوضه مورد مطالعه

حوزه آبخیز چهل گزی با مساحت ۲۷۲/۳ کیلومترمربع یکی از سه زیر حوضه اصلی سد قشلاق در شمال شهرستان سنندج و در محدوده ° ۴۵' ۴۶ تا ° ۵۷' ۴۶ طول شرقی و ° ۲۵' ۳۵ تا ° ۲۸' ۳۵ عرض شمالی واقع شده است (شکل ۱). با توجه به مدل رقومی ارتفاع، در حدود ۳۰ درصد از سطح حوضه در طبقه شیب ۳۰-۲۰ درصد و حدود ۲۶ درصد نیز در طبقه ۴۵-۳۰ درصد قرار گرفته است. مطالعات پایه حوضه نیز نشان می‌دهد که در حدود ۹۴ درصد از حوضه که عمدتاً شامل قسمت‌های شمالی، شمال غربی و شمال شرقی می‌شود، کوهستانی است (زرکشت پایدار، ۱۳۸۳).



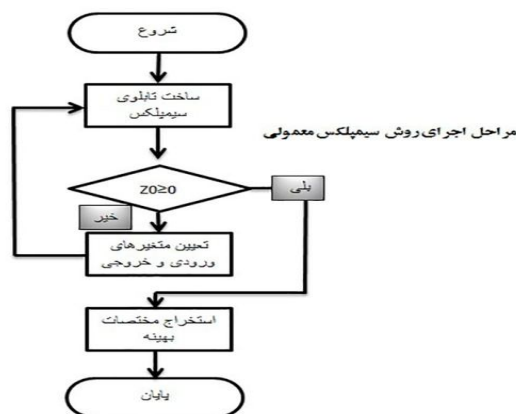
شکل ۱- موقعیت محل مورد مطالعه

روش تحقیق

به منظور رسیدن به روشی برای ترسیم الگوی بهینه استفاده از اراضی برای افزایش درآمد کاربران با استفاده از مدل برنامه ریزی چند منظوره در راستای افزایش درآمد آبخیزنشینان سه گزینه (گزینه وضعیت فعلی کاربری‌ها- گزینه وضعیت فعلی کاربری‌ها با اعمال مدیریت اراضی - گزینه وضعیت استاندارد اراضی) مورد بررسی قرار گرفت. به طوری که در هر گزینه درآمد خالص هریک از کاربری‌ها محاسبه و به عنوان ضریب در توابع هدف استفاده شده. سپس تغییرات میزان درآمد خالص کل حوزه آبخیز پس از بهینه‌سازی و به تفکیک هریک از سناریوها مورد بررسی قرار گرفته است. سناریوهای مورد استفاده در ادامه تشریح شده است. در گزینه وضعیت فعلی کاربری‌ها 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 میزان کل هزینه‌ها بدست آمد. پس از آن میزان درآمد خالص، از تفاضل درآمد ناخالص و هزینه‌ها به دست آمد. محاسبات اقتصادی با برآورد میزان علوفه تولیدی و تعیین وضعیت در هر یک از تیپ‌های مرتعی انجام گرفت. از آنجایی که اراضی مرتعی تحت مالکیت دولت قرار دارند، هزینه‌ای برای این اراضی در نظر گرفته نشده و تنها جنبه تولید علوفه مدنظر بوده و از سایر جنبه‌های دیگر صرف نظر شده است. در گزینه وضعیت فعلی کاربری‌ها با اعمال مدیریت اراضی پس از اعمال مدیریت اراضی در نقشه کاربری اراضی فعلی، از جمله استفاده از شخم عمود بر جهت شیب به جای شخم در جهت شیب، کشت متراکم به جای کشت سنتی، کشت بر روی خطوط تراز به جای کشت معمولی و مدیریت صحیح چرا در اراضی مرتعی، درآمد خالص مربوط به هر کاربری در وضعیت جدید تعیین شد و در توابع هدف مورد استفاده قرار گرفت. به منظور محاسبه درآمد در شرایط اعمال مدیریت اراضی، میزان تولید در هکتار برای هر یک از محصولات کشت دیم، آبی، باغ و مرتع تعیین شد. سپس مطابق با گزینه وضعیت موجود کاربری اراضی، درآمد ناخالص و خالص محاسبه شد. لازم به ذکر است در حوزه آبخیز چهل گزی در حدود ۳۵ درصد از اراضی دیم به صورت آیش است که در برنامه‌های مدیریت اراضی می‌تواند تحت کشت یونجه دیمی یکساله باشد. با توجه به برنامه‌های حفاظت آب و خاک بخش آبخیزداری، هزینه تهیه و تخصیص بذر یونجه در نظر گرفته نشده است و تنها هزینه شخم لحاظ شد. به دلیل چرای مستقیم دام از یونجه یکساله، از هزینه برداشت نیز صرف نظر شده است. بنابراین اضافه کردن کشت یونجه دیمی یکساله در تناوب زراعی به همراه استفاده از شخم عمود بر جهت شیب به جای شخم در جهت شیب، کشت متراکم به جای کشت سنتی، کشت بر روی خطوط تراز به جای کشت معمولی و برنامه‌های اصلاح و توسعه مراتع در این گزینه برای افزایش درآمد اعمال شد. در گزینه وضعیت استاندارد اراضی با توجه به این‌که در حوزه آبخیز مورد نظر از اراضی به دلیل وجود محدودیت‌ها (شیب، عمق خاک، شرایط دسترسی به آب، شرایط زهکشی و غیره) به صورت استاندارد استفاده نمی‌شود، مطالعات مربوط به تناسب اراضی انجام و اولویت استفاده از اراضی در شرایط آبی مشخص شد. به منظور تعیین نقشه در حالت استاندارد، از استانداردهای موجود در مورد انجام هرگونه فعالیت کشت و کار بر اساس شیب زمین، عمق خاک و منبع تأمین آب استفاده شد. در این مرحله با توجه به شرایط

خاک و شیب مربوط به هر کاربری در واقع شرایط لازم برای وجود یا عدم وجود هر کاربری مشخص شده و تنها وجود یا عدم وجود آب است که تناسب نهایی هر کاربری را مشخص می‌نماید. لذا برای تصمیم‌گیری برای واحدهایی که دارای شرایط استاندارد و لازم برای کاربری خاصی هستند، قابلیت دسترسی به آب را مدنظر قرار داده و در مورد آن تصمیم‌گیری شده است (جدول ۳). به عنوان مثال واحدی که شرایط لازم از جهت عمق خاک و شیب را برای کشت آبی داراست اما قابلیت دسترسی به آب برای آن وجود ندارد، واحد مناسبی برای کشت آبی نیست و کاربری دیگری باید برای آن تعریف شود. بنابراین با همپوشانی لایه‌های شیب، عمق خاک و منابع آب، نقشه کاربری اراضی در شرایط استاندارد تهیه شد و سپس میزان درآمد در هر کاربری محاسبه شد. در این بخش، بر اساس میزان تولید در هکتار برای هر یک از محصولات در شرایط اعمال مدیریت اراضی، درآمد ناخالص و خالص محاسبه شد. لازم به یادآوری است که ۳۵ درصد آیش کاربری دیم به کشت یونجه دیمی اختصاص داده شده است. با توجه به اینکه طرح‌های حفاظت آب و خاک بخش آبخیزداری، کشت بادام توأم با بانکت است، هزینه تهیه و تخصیص بذر بادام همانند یونجه دیمی در نظر گرفته نشده است. همچنین همانند گزینه‌های قبلی، تنها جنبه تولید علوفه یونجه دیمی مدنظر قرار گرفته است. بر اساس میزان تولید در هکتار برای هر یک از محصولات در شرایط اعمال مدیریت اراضی، درآمد ناخالص و خالص محاسبه شد. ۳۵ درصد آیش کاربری دیم به کشت یونجه دیمی اختصاص داده شده است. با توجه به اینکه طرح‌های حفاظت آب و خاک بخش آبخیزداری، کشت بادام توأم با بانکت است، هزینه تهیه و تخصیص بذر بادام مانند یونجه دیمی در نظر گرفته نشده است. همچنین مانند گزینه‌های قبلی، تنها جنبه تولید علوفه یونجه دیمی مدنظر قرار گرفته است.

"روش سیمپلکس"^۱ یک رویکرد و روشی کلی برای حل مسائل برنامه‌ریزی خطی است. در این روش، ابتدا مدل وارد یک جدول شده و سپس یک سری مراحل ریاضی ابتدایی بر روی جدول اجرا می‌شود. مراحل روش سیمپلکس به نحو اثربخشی بیانگر فرایند روش ماتریسی است که حرکت از یک گوشه به گوشه‌ای با تابع هدف بهتر (دست‌کم نه بدتر) حرکت می‌کند، (چم حیدر، ۱۳۸۹). در شکل ۲ نمودار کلی مراحل اجرای روش سیمپلکس نشان داده شده است.



شکل ۲- نمودار محاسبات در روش سیمپلکس

از آنجا که توابع هدف در این مطالعه از نوع خطی است، برنامه‌ریزی خطی چند هدفی به منظور حل مسأله انتخاب شده است. مسأله عمومی بهینه‌سازی چند هدفه با n متغیر تصمیم، m محدودیت و p هدف در روابط ارائه و مدل بهینه‌سازی با به‌کارگیری نرم افزار لینگو ۱۱ اجرا و محاسبات لازم به‌عمل آمد. شکل عمومی مسئله، برای تابع بیشینه‌سازی درآمد در حوزه آبخیز چهل‌گزی به صورت رابطه ساده شده ۱ نوشته می‌شود:

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

در این رابطه، 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 بر حسب هکتار می باشد.

به منظور حل تابع بیشینه سازی درآمد در مدل بکارگرفته شده، با فرمول بندی مسئله بهینه سازی کاربری اراضی حوضه در گزینه اعمال مدیریت اراضی، محدودیت هایی به شرح زیر مد نظر قرار گرفت: محدودیت اول: سطح اراضی زیر کشت آبی حوضه در شرایط فعلی ۴۴۹ هکتار است که بدلیل دسترسی به منابع آبی از ارزش بالایی برخوردار هستند. اما با توجه به نقشه پتانسیل اراضی، سطح بهینه این کاربری به ۷۱ هکتار کاهش یافته که نایستی از این مقدار بیشتر باشد. محدودیت دوم: سطح اراضی باغی در شرایط فعلی ۲۹۳ هکتار است، اما با توجه به نقشه پتانسیل اراضی، سطح بهینه این کاربری تا ۵۶۸ هکتار قابل افزایش بود. محدودیت سوم: با توجه به محدودیت های اعمال شده در نقشه پتانسیل اراضی در مورد شیب، عمق خاک و دسترسی به منابع آبی، مجموع اراضی آبی و باغی نباید از ۶۳۹ هکتار بیشتر باشد. محدودیت چهارم: سطح اراضی زیر کشت دیم در منطقه در شرایط فعلی ۲۷۷۴ هکتار است که با توجه به نقشه پتانسیل اراضی و با توجه به میانگین بارش ۴۴۶ میلی متر در سال، این مقدار به ۷۹۶ هکتار کاهش یافته است. محدودیت پنجم: در ارتباط با سطح اراضی مرتعی که در شرایط فعلی ۲۳۵۸۱ هکتار است، بر اساس ماده ۵۶ قانون ملی شدن مراتع، این اراضی ملی بوده و نمی توان هیچ گونه تغییری در کاهش آن داشت. محدودیت ششم: بیشینه سطح اراضی منطقه که می تواند به چهار کاربری آبی، باغ، دیم و مرتع اختصاص یابد برابر مجموع مساحت فعلی این چهار کاربری یعنی ۲۷۰۹۷ هکتار است. به منظور تجزیه و تحلیل حساسیت و بررسی اثر تغییرات ضرایب بر جواب بهینه مسأله بیشینه سازی سود، نسبت ۱۰ تا ۵۰ درصدی از منابع و ضرایب کاسته و افزوده شد. سپس دامنه مجاز تغییرات پارامتر به شرط تأمین شرایط بهینه و عملی بودن راه حل تعیین شد و حساسیت ضرائب تحلیل شد. تحلیل حساسیت مدل بهینه برای حوزه آبخیز چهل گزی در خصوص منابع مختلف و ضرایب توابع هدف برای هر یک از گزینه ها انجام شد.

نتایج

تمایل بهره برداران به افزایش سطح اراضی دیم با توجه به بارش نسبتاً خوب محل مورد مطالعه، موجب تبدیل اراضی مرتعی به دیمزار شده است. اما بعد از گذشت چند سال، قابلیت اراضی برای تولید محصول دیم به دلیل کاهش حاصلخیزی خاک کم می شود. سطح اراضی زیر کشت دیم در منطقه در شرایط موجود ۲۷۷۴ هکتار است که با توجه به نقشه بهینه سازی کاربری فعلی به ۷۹۶ هکتار کاهش یافته است. کاهش سطح کشت دیم در صورتی تحقق می یابد که توسعه اراضی ترکیبی (باغ و بادامکاری) در بخشی از اراضی رها شده بر اساس مرمت و احیاء منابع آب زیرسطحی و زیرزمینی حوضه انجام پذیر باشد. همچنین به دلیل اینکه نمی توان به طور یقین اطمینان نمود که زارعین عملیات خاک ورزی صحیح و اصولی را انجام دهند، بنابراین سطح این کاربری بیشتر از این مقدار پیشنهاد نشده است. با تهیه جدول سیمپلکس و به کمک مدل برنامه ریزی خطی در نرم افزار لینگو، سطح بهینه کاربری های اراضی حوزه آبخیز چهل گزی که می تواند میزان درآمد را بیشینه نماید، تعیین شد. در ادامه بحث با توجه به محدودیت و به منظور جلوگیری از طولانی شدن مقاله از ذکر روابط تعریف شده مدل و جداول مربوطه خودداری و مهمترین بخش نتایج ارائه می شود. بر اساس نتایج، بعد از بهینه سازی اراضی موجود، سطح اراضی آبی با ۷۱ درصد کاهش، از ۴۴۹ هکتار به ۷۱ هکتار رسید. مساحت اراضی باغی با ۹۳/۹ درصد افزایش از ۲۹۳ به ۵۶۸ هکتار رسید. سطح اراضی دیم با ۷۱/۳ درصد کاهش، از ۲۷۷۴ هکتار به ۷۹۶ هکتار رسید. مساحت اراضی مرتعی با ۸/۸ درصد افزایش، از ۲۳۵۸۱ هکتار به ۲۵۶۶۲ هکتار رسید. این نتایج نشان می دهد که بیشترین درصد تغییرات مربوط به افزایش کاربری باغ است و در جدول راهنمای اراضی، دامنه های با شیب بالا که فاقد محدودیت و یا محدودیت

متوسط خاک و دسترسی به آب هستند، به کاربری باغ اختصاص داده شده‌اند. این مسئله موجب آن شده تا درآمد افزایش و فرسایش کاهش یابد. سطح بهینه کاربری‌های اراضی در جدول ۱ برای کاربری اراضی فعلی قبل و بعد از بهینه‌سازی ارائه شده است.

جدول ۱- مساحت کاربری‌های اراضی فعلی قبل و بعد از بهینه‌سازی

کاربری	آبی (هکتار)	باغ (هکتار)	دیم (هکتار)	مرتع (هکتار)
قبل از بهینه‌سازی	449	293	2774	23581
بعد از بهینه‌سازی	71	568	796	25662
تغییرات (درصد)	-84.2	+93.9	-71.3	+8.8

در حالت استاندارد اراضی، سه کاربری ترکیبی شامل دیم- باغ، مرتع- باغ و مرتع- بادامکاری اضافه شد. در این گزینه با توجه به محدودیت منابع، میزان تخصیص کاربری‌ها در سطح مشترک دیم- باغ بصورت ۴ به ۱ (۸۰ درصد دیم و ۲۰ درصد باغ)، مرتع- باغ بصورت ۹ به ۱ (۹۰ درصد مرتع و ۱۰ درصد باغ)، مرتع- بادامکاری به صورت ۹ به ۱ (۹۰ درصد مرتع و ۱۰ درصد باغ)، مرتع- بادامکاری به صورت ۹ به ۱ (۹۰ درصد مرتع و ۱۰ درصد باغ) می باشد؛ ولی برای کاربری‌های ترکیبی (دیم- باغ، مرتع- باغ و مرتع- بادامکاری) طبق تعیین محدودیت منابع آبی، برآورد هزینه و درآمد به تفکیک درصد سطح هر کاربری محاسبه شده است و نهایتاً میانگین وزنی مقادیر برای کاربری ترکیبی تعیین شده است. با توجه به نتایج، کمترین درصد تغییرات مربوط به کاربری مرتع است. ولی سطح تغییرات آن در حدود ۲۰۸۱ هکتار است که این مساحت عمدتاً از کاربری دیم گرفته شده، زیرا درآمد کاربری دیم کمتر از سایر کاربری‌هاست.

همچنین افزایش سطح اراضی باغی نیز ناشی از کاهش سطح اراضی آبی و دیم (به شرط توسعه و احیاء منابع آب) است. در کاربری آبی موجود با مساحت ۴۴۹ هکتار، محصولاتی نظیر گندم، جو، یونجه، شدر و نخود کشت می شوند که متوسط درآمد خالص در هکتار این کاربری برابر ۷۰۱۱ هزار ریال است. کاربری باغ در شرایط موجود نیز مساحتی در حدود ۲۹۳ هکتار دارد که درآمد خالص آن برابر ۴۵۰۰۰ هزار ریال در هکتار است. در کاربری دیم برای شرایط موجود با مساحت ۲۷۷۴، عمده محصولات قابل کشت شامل گندم، نخود، جو در تناوب با آیش است که متوسط درآمد خالص در هکتار این کاربری برابر ۱۳۷۰ هزار ریال و بیشترین سطح حوزه آبخیز چهل‌گزی نیز به کاربری مرتع اختصاص دارد که چهار تیپ مرتعی را شامل می شود و با توجه به تولید علوفه، درآمد خالص این کاربری نیز ۷۲۵ هزار ریال در هکتار است.

پس با لحاظ قراردادن سطح کاربری‌های اراضی بدست آمده و اعمال محدودیت‌های تعریف شده در نرم افزار، مقادیر درآمد در وضعیت بهینه‌سازی با اعمال مدیریت و وضعیت استاندارد محاسبه شده است. در گزینه اعمال مدیریت اراضی کاربری فعلی و گزینه استاندارد اراضی، در کاربری آبی با اعمال اصول صحیح کشت و زرع، درآمد خالص به ۸۴۵۴ هزار ریال در هکتار، در کاربری باغ به ۵۱۷۵۰ هزار ریال در هکتار و در کاربری دیم به ۲۶۷۲ هزار ریال در هکتار رسیده است. در این حال درآمد خالص کاربری مرتع در گزینه فعلی برابر ۷۲۴ هزار ریال در هکتار و گزینه اعمال مدیریت اراضی برابر ۸۰۰ هزار ریال در هکتار و در گزینه استاندارد به دلیل ترکیب بادامکاری در مرتع، درآمد خالص به ۲۲۶۵ هزار ریال در هکتار افزایش یافته است (جدول ۲).

جدول ۲- مقادیر هزینه و درآمد در شرایط موجود کاربری اراضی

کاربری	سطح زیر کشت (هکتار)	هزینه (هزار ریال در هکتار)	درآمد خالص (هزار ریال در هکتار)	کل درآمد خالص (هزار ریال)
آبی	449	14823	7011	3147939
باغ	293	45000	45000	13185000
دیم	2774	2284	1370	3800380
مرتع	23581	0	725	17092490
جمع	27097	-	-	37225809

در گزینه وضعیت استاندارد، متوسط درآمد ناخالص، هزینه‌ها و درآمد خالص کاربری‌ها برای هر کاربری همانندگزینه اعمال مدیریت در این گزینه میزان اراضی آب، باغ و دیم به ترتیب ۷۱، ۵۶۸ و ۷۹۶ هکتار تعیین شده و سطح مراتع از ۲۳۵۸۱ هکتار به ۲۵۶۶۲ هکتار افزایش یافته است (جدول ۳).

جدول ۳- مقادیر هزینه و درآمد در شرایط اعمال مدیریت کاربری اراضی

کاربری	سطح زیر کشت (هکتار)	هزینه (هزار ریال در هکتار)	درآمد خالص (هزار ریال در هکتار)	کل درآمد خالص (هزار ریال)
آبی	449	15564	8454	3795846
باغ	293	47250	51750	15162750
دیم	2774	2927	2672	7412128
مرتع	23581	0	800	18806614
جمع	27097	-	-	45177338

در شرایط موجود کاربری اراضی حوزه آبخیز چهل‌گزی، کل درآمد خالص از تمامی کاربری‌ها، برابر ۳۷۰۲۵ میلیون ریال است که در وضعیت اعمال مدیریت اراضی، میزان درآمد به ۴۵۷۲۹ میلیون ریال خواهد رسید که افزایشی در حدود ۲۲/۵۰ درصد خواهد داشت. همچنین در وضعیت استاندارد، افزایش درآمد برابر ۹۰۲۱۲ است که افزایشی در حدود ۱۴۳/۶۵ درصدی نسبت به وضعیت موجود کاربری اراضی را نشان می‌دهد. با توجه به نتایج، افزایش عملکرد در شرایط اعمال مدیریت اراضی ۱۰ درصد و افزایش هزینه‌ها پنج درصد تعیین شد. خلاصه نتایج در جدول ۴ آمده است.

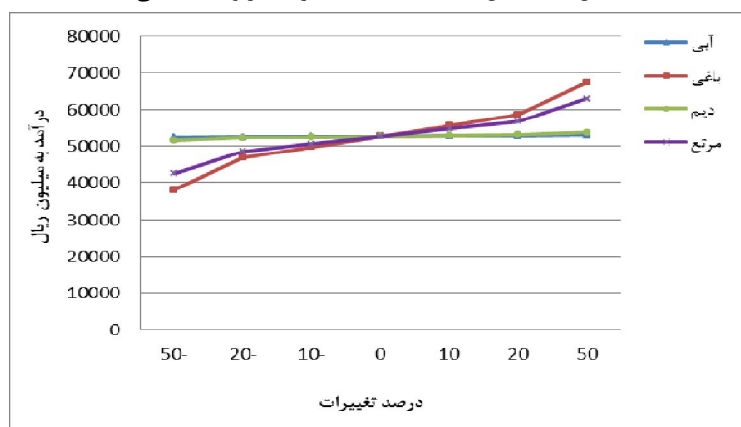
جدول ۴- تغییرات درآمد خالص سالانه بعد از بهینه‌سازی کاربری اراضی

وضعیت موجود		وضعیت اعمال مدیریت اراضی		وضعیت استاندارد
مقدار (میلیون ریال)	درصد	مقدار (میلیون ریال)	درصد	مقدار (میلیون ریال)
37225		45177	22.5	9024
				143.65

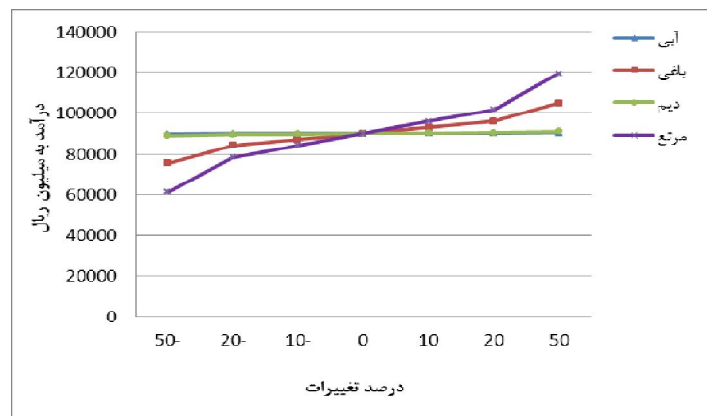
نتایج حاصل از تحلیل حساسیت مدل بهینه‌سازی نشان داد که تغییر در سطح اراضی باغی بیشترین تاثیر مثبت را بر درآمد در گزینه فعلی و گزینه اعمال مدیریت دارد، زیرا بر اساس نتایج، درآمد خالص در کاربری باغ در شرایط فعلی ۴۵۰۰۰ هزار ریال در هکتار و در شرایط اعمال مدیریت اراضی ۵۱۷۵۰ هزار ریال در هکتار است که در مقایسه با سایر کاربری‌ها تفاوت قابل ملاحظه‌ای دارد و پس از آن مساحت اراضی مرتعی حساسیت بیشتری دارند. این در حالی است که در گزینه استاندارد اراضی، تغییر در سطح اراضی مرتعی حساسیت بیشتری بر روی درآمد ایجاد می‌کند و کاربری باغ پس از آن قرار دارد. دلیل این امر هم افزایش درآمد اراضی مرتعی در این گزینه نسبت به دو گزینه قبل است؛ زیرا در این گزینه با پیشنهاد کاربری ترکیبی مرتع-بادامکاری، میزان درآمد در واحد هکتار نسبت به گزینه‌های دیگر در حدود سه برابر افزایش یافته است. از طرفی با توجه به این که در این گزینه سطح اراضی مرتعی از ۸۷ به ۹۵ درصد از سطح حوضه افزایش پیدا کرده است، بنابراین کل درآمد خالص حوضه نیز از تغییرات این کاربری تأثیر می‌پذیرد. نمودار تحلیل حساسیت در وضعیت‌های فعلی، اعمال مدیریت و استاندارد در شکل‌های ۳ تا ۵ نشان داده شده است.



شکل ۳- تحلیل حساسیت نسبت به درآمد در وضعیت فعلی



شکل ۴- تحلیل حساسیت نسبت به درآمد در وضعیت اعمال مدیریت



شکل ۵- تحلیل حساسیت نسبت به درآمد در وضعیت استاندارد

نتیجه گیری

در این تحقیق با استفاده از مدل برنامه ریزی خطی، بهینه سازی کاربری اراضی به منظور تعیین ترکیب الگوی کشت بهینه انجام شد. هدف از انجام این تحقیق، افزایش درآمد تعریف شد. طبق نتایج، بیشترین درآمد از کاربری باغ حاصل شد. با توجه به نتایج، مدل بهینه اقدام به افزایش سطح اراضی باغی و مرتعی و کاهش سطح اراضی دیم و آبی نمود تا بر این اساس، بیشینه سازی درآمد انجام گیرد. نتایج نشان داد که بیشترین درصد تغییرات مربوط به افزایش کاربری باغ است؛ چرا که در جدول راهنمای اراضی، دامنه های با شیب بالا که فاقد محدودیت و یا محدودیت متوسط خاک و دسترسی به آب هستند، به کاربری باغ اختصاص داده شده اند. این مسئله موجب آن شده تا درآمد افزایش یابد. با توجه به نتایج، کمترین درصد تغییرات مربوط به کاربری مرتع است ولی سطح تغییرات آن در

حدود ۲۰۸۱ هکتار است که این مساحت عمدتاً از کاربری دیم گرفته شده است. درآمد کاربری دیم نیز کمتر از سایر کاربری هاست. همچنین افزایش سطح اراضی باغی نیز ناشی از کاهش سطح اراضی آبی و دیم (به شرط توسعه و احیاء منابع آب) است. مهمترین دلیل افزایش درآمد، افزایش سطح اراضی باغی و اعمال کاربری های ترکیبی مشابه باغ همانند مرتع- بادامکاری است و این نتایج با تحقیقات (شعبانی، ۱۳۸۹) و (Nikkami و همکاران، ۲۰۰۹) مطابقت دارد.

در گزینه اعمال مدیریت اراضی کاربری فعلی و گزینه استاندارد اراضی، در کاربری آبی با اعمال اصول صحیح کشت و زرع، درآمد خالص به ۸۴۵۴ هزار ریال در هکتار، در کاربری باغ به ۵۱۷۵۰ هزار ریال در هکتار و در کاربری دیم به ۲۶۷۲ هزار ریال در هکتار رسیده است. در این حال درآمد خالص کاربری مرتع در گزینه فعلی برابر ۷۲۴ هزار ریال در هکتار و گزینه اعمال مدیریت اراضی برابر ۸۰۰ هزار ریال در هکتار و در گزینه استاندارد به دلیل ترکیب بادامکاری در مرتع، درآمد خالص به ۲۲۶۵ هزار ریال در هکتار افزایش یافته است که با تحقیقات چم حیدر (۱۳۸۹) و شعبانی (۱۳۸۹) مطابقت دارد. نتایج نشان داد که مهمترین دلیل افزایش درآمد حوزه آبخیز چهل گزی، افزایش سطح اراضی باغی و اعمال کاربری های ترکیبی مشابه باغ همانند مرتع- بادامکاری است. در تحقیقات (جلیلی و همکاران، ۱۳۸۵). (شعبانی، ۱۳۸۹). (Nikkami و همکاران، ۲۰۰۹). (Owji و همکاران، ۲۰۱۲) نیز در تحقیقات خود به تأثیر افزایش سطح اراضی باغی در بهینه سازی کاربری اراضی به منظور افزایش درآمد و کاهش فرسایش اشاره داشته اند.

همچنین نتایج تحقیق نشان داد که تغییر در ترکیب کاربری اراضی و بهینه سازی آن در حوزه آبخیز چهل گزی، بدون اعمال برنامه های مدیریتی و استفاده بر اساس استعداد و پتانسیل (استاندارد سازی) نمی تواند منجر به افزایش درآمد شود. البته این افزایش درآمد نیز به دلیل عدم توجه به بحث مدیریت خاک نمی تواند پایدار باشد. چرا که با اعمال فشار در کاربری هایی که تحت مدیریت و اصول صحیح کشت و زرع نیستند، منابع آب و خاک به عنوان منابع پایه و بستر حوزه آبخیز رو به تخریب و انحطاط خواهند رفت. بنابراین به منظور تحقق هدف (افزایش درآمد) بایستی بهینه سازی کاربری اراضی همراه با برنامه های مدیریتی و استفاده صحیح بر اساس پتانسیل و استعداد باشد. انجام این تحقیق، ضمن تأیید کارایی مدل برنامه ریزی خطی، به خوبی توانست بخشی از برنامه های پایش اراضی و آمایش آن و در نهایت الگوی صحیح استفاده از اراضی را در حوزه آبخیز چهل گزی نشان دهد. با انجام تحلیل حساسیت به منظور تغییر ترکیب کاربری ها در دامنه مجاز و اثر آن بر درآمد، تغییر در بیشترین سطح اراضی باغی گزینه فعلی و گزینه اعمال مدیریت، بیشترین تأثیر را بر درآمد حوزه آبخیز چهل گزی دارد و پس از آن بیشترین سطح اراضی آبی از خود حساسیت نشان می دهد. همچنین در هر سه گزینه، تغییر در کمترین سطح اراضی باغی تأثیری بر درآمد ندارد؛ چرا که با توجه به درآمد بالای کاربری باغ، مدل بهینه سازی تمایل به بیشینه سطح اراضی باغی دارد.

تشکر و قدردانی

بدین وسیله از سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری و مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی کردستان بخاطر تأمین منابع مالی و امکانات لازم، مشاوره های علمی و حمایت های معنوی قدردانی می شود.

منابع

- شعبانی، محمد، ۱۳۸۹، تأثیر بهینه سازی کاربری اراضی در میزان فرسایش خاک و سوددهی حوزه های آبخیز، مطالعه موردی: حوزه آبخیز زاخرد فارس. فصلنامه جغرافیای طبیعی ۳(۸): ۹۸-۸۳.
- چم حیدر، هادی، ۱۳۸۹، بهینه سازی اقتصادی کاربری اراضی به منظور کمینه سازی فرسایش، رسوب دهی و هدرروی عناصر غذایی خاک در یکی از زیرحوزه های رود زرد، رساله دکتری رشته کشاورزی خاکشناسی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات تهران، ۲۱۸ ص.
- صدرالاشرفی، مهیار، ۱۳۸۷، اصول مدیریت و مدیریت کشاورزی، موسسه انتشارات و چاپ دانشگاه تهران، چاپ پنجم، ۳۲۰ ص.
- متکان، ع، ا، شکیبا، ع، میرباقری، ب، شایگان، م، تناسان، م، ۱۳۹۲، طراحی مدل بهینه سازی کاربری اراضی، مبتنی بر الگوریتم NSGA-II به منظور مدیریت سیلاب، کنفرانس ملی مدیریت سیلاب، ۱۱ ص.
- مهندسین مشاور زرکشت پایدار. ۱۳۸۳. مطالعات تفصیلی اجرایی آبخیزداری حوزه آبخیز پارسل A سد قشلاق. جلد نهم، تلفیق و پیشنهادات.

مدیریت آبخیزداری سازمان جهاد کشاورزی استان کردستان، ۲۵۵ ص.

- Cao, K., Batty, M., Huang, B., Liu, Y., Yu, L. and Chen, J. 2011. Spatial multi-objective land use optimization: extensions to the nondominated sorting genetic algorithm-II. *International Journal of Geographical Information Science*, iFirst, 2011, 1-21.
- Cham Heydar, e. 2011. Optimize the impact of land use on soil erosion and watershed profitability, sedimentation and nutrient losses soil OF Sub basin of Yellow River. one of the doctoral thesis in agriculture Soil Science, Islamic Azad University, Science and Research Branch of Tehran, 218 p. (In Persian)
- Consulting Engineers sustainable Zarkesht Paidar.2005. Detailed studies Parcel A of Gheshlag dam. Executive watershed basin. Volume IX, composed and suggestions. *Watershed Management Agricultural Organization of Kurdistan*, 255 p. (In Persian)
- Ducourtieux, O., Laffort, J.R., Sacklokham, S.2005. Land policy and farming practices in Loas, development and change, 36(3):499-526.
- Lin, L.Y., Wei, T.D., Feng, L.D., and Song, K.X. 2013. A land use spatial allocation model based on ant colony optimization. *Proceedings of the 12th International Conference on GeoComputation LIESMARS Wuhan University, Wuhan, China*, 9p.
- Nikkami, D., Shabani, M., Ahmadi, H. 2009. Land use scenarios and optimization in a watershed. *Journal of applied Sciences*. 9(2):287-295.
- Owji, M.R., Nikkami, D., Mahdian, M.H. and Mahmoudi, S. 2012. Land Use Management in Order to Maximizing Benefit and Minimizing Soil Erosion. *International Journal of Soil Science*, 7(4):157-167.
- 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.
- Sadrolashrafi, d. 2010. Principles of management and farm, Publishing and Printing Institute of Tehran University, V(5):320 p. (In Persian)
- Shabani, d. 2011. The Impact optimizes land use in the watershed soil erosion and profitability, Case Study: Watershed Persian Zakherd. *Journal of Physical Geography* 3 (8): 98-83. (In Persian)
- Shively,G. and Coxhead, I. 2004. Conducting economic policy analysis at a landscape scale: examples from a Philippine watershed, *Agriculture Ecosystem and environment*, 27(2): 159-170.
- 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.