فصلنامه مدیریت صنعتی دانشکده علوم انسانی، دانشگاه آزاد اسلامی
واحد سنندج – سال پانزدهم/ شماره ۵۲ / تابستان ۱۳۹۹

کاربرد برنامه‌ریزی آرمانی در تعیین الگوی بهینه کشت محصولات زراعی با تاکید بر آب مجازی دراستان کردستان

مصطفی باغبانیان
دانشجوی دکتری علوم اقتصادی، گروه اقتصاد، واحد تهران مرکزی، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران
حامد قادرزاده (نویسنده مسؤول)
استادیار گروه اقتصاد کشاورزی، دانشگاه کردستان، سنندج، ایران
Email: hamedar2002@yahoo.com
قدرت الله امام وردی
استادیار گروه اقتصاد، واحد تهران مرکزی، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران
مرجان دامن کشیده
استادیار گروه اقتصاد، واحد تهران مرکزی، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران
نارسیس امین رشتی
استادیار گروه اقتصاد، واحد تهران مرکزی، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۹۹/۰۴/۱۷ * تاریخ پذیرش ۹۹/۰۵/۰۶

چکیده

امروزه تولید محصولات مقرون به صرفه، همواره از دغدغه‌های کشاورزان و سیاست‌گذاران می‌باشد. بر این اساس، لازم به نظر می‌رسد تا بتوان در سیاست‌گذاری‌های کشت ،افزون بر هدف‌های سیاست‌گذاران، نیازمندی‌ها و اهداف کشاورزان در کنار یکدیگر در نظر گرفته شود. بنابراین، مطالعه حاضر با هدف ارزیابی اقتصادی الگوی بهینه کشت محصولات زراعی استان کردستان به تفکیک شهرستان‌های آن با تاکید بر حداقل آب مجازی طرح ریزی و اجرا شد. به این منظور آمار و اطلاعات موردنیاز در سال زراعی ۹۵-۱۳۹۴ در قالب تدوین الگوی برنامه‌ریزی آرمانی استفاده گردید. نتایج مطالعه نشان داد، الگوی کشت فعلی واحدهای تولیدی شهرستان‌های استان دارای مزیت نسبی نبوده و از اینرو الگوی فعلی کشت باید تغییر یابد. به بیان دیگر، تغییرات الگوی کشت محصولات زراعی به سمت تخصصی شدن و متناسب با مزیت نسبی منطقه در حال تغییر هستند و محصولاتی وارد الگوی کشت شده‌اند که با امکانات و شرایط هر منطقه (شهرستان) سازگار می‌باشند. این تغییرات به نحوی است که سطح زیرکشت برخی از محصولات نسبت به وضعیت فعلی کاهش و برخی دیگر افزایش معنی‌داری پیدا کرده است. به طوری که محصولی مانند گندم آبی به طور کلی در الگوی بهینه وارد نشده است. همچنین بیشتر محصولات به دلیل عدم مزیت نسبی و غیرمتناسب با شرایط منطقه و همچنین بازدهی پایین آن‌ها از الگو حذف شدند.

کلمات کلیدی: آب مجازی، الگوی بهینه کشت، برنامه ریزی آرمانی، استان کردستان.

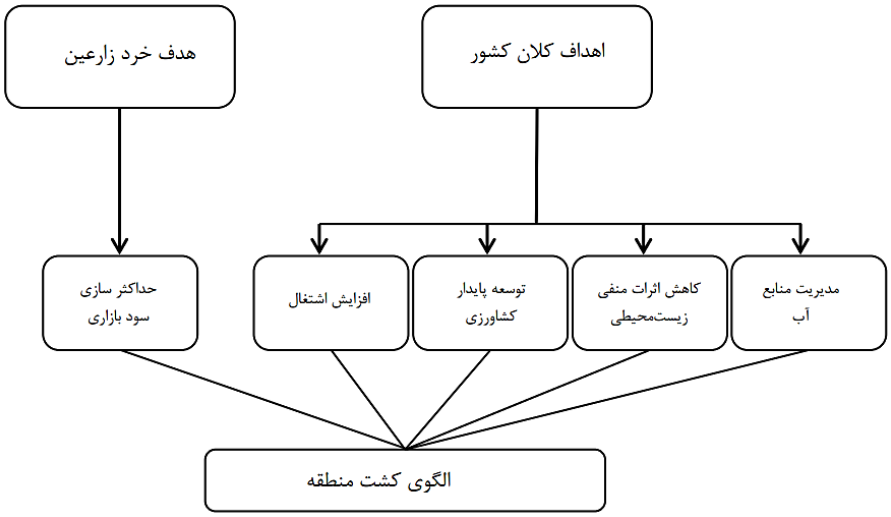
۱-مقدمه

بخش کشاورزی به عنوان یکی از بخش‌های مهم اقتصاد ایران، با توجه به مزیت‌های بالقوه طبیعی و نقش حساس در امنیت غذایی جامعه، بیش از سایر بخش‌ها نیاز به توجه دارد(Azadegan, et al., 2012). رشد سریع جمعیت، کمبود موادغذایی موجود و مشکلات جهانی غذا بر ضرورت بهره‌برداری بهینه از این بخش عظیم تولیدی کشور افزوده است (Azizi & Yazdani, 2004). قرار گرفتن کشور ایران در اقلیم خشک و نیمه‌خشک باعث شده است که در بسیاری از مناطق کشور، آب کافی جهت انجام فعالیت‌های کشاورزی وجود نداشته باشد و آب به عنوان مهمترین و محدودکننده‌ترین نهاده تولیدی در اغلب مناطق کشاورزی ایران خودنمایی کند(Dastwar, et al., 2014).

آب یکی از مهمترین منابع مورد نیاز در جوامع بشری و در عین حال یکی از بزرگترین چالش‌های قرن حاضر است که می‌تواند سر منشاء بسیاری از تحولات مثبت و منفی جهان قرار گیرد. عدم انطباق بین تامین و تقاضای آب می‌تواند بحران آفرین باشد. این بحران می تواند در بعد محلی، منطقه‌ای، ملی و حتی در بعد جهانی نیز اتفاق افتد. عدم تعادل در بخش منابع آب می تواند ناشی از چرخه هیدرولوژی و محدودیت طبیعی منابع آب باشد و یا ناشی از فعالیت‌های بشری نظیر استفاده بی رویه از منابع و آلوده کردن منابع باشد(Mohammadi Kani Golzar, 2012). با توجه به مشکلات بیان شده و ایجاد بحران آب، استفاده از مفهوم آب مجازی در فرآیند مدیریت منابع آب، نقش مهم و بسزایی در جهت برقراری موازنه در عرضه و تقاضای این نهاده کمیاب و در نتیجه صرفه‌جویی و مصرف بهینه منابع آب خواهد داشت. آب مجازی اولین بار در سال ۱۹۹۷ به عنوان آبی که برای تولید یک واحد محصول استفاده شده است، تعریف گردید. از آنجا که جابجایی مقادیر فراوان مواد غذایی ساده‌تر از جابجاکردن حجم عظیمی از آب می باشد، مبادله جهانی کالاهای اساسی راهی است که توسط آن، اقتصادهای دارای کمبود آب ذخایر خود را متوازن می سازند (Allan, 1997).

آب مجازی یک معیار و ابزار اساسی در مصرف واقعی آب یک کشور می باشد. تعیین الگوی کشت بهینه مبتنی بر آب مجازی راه حل مناسبی برای بحران آب به ویژه در کشورهایی است که دارای آب و هوای گرم و کشاورزی آنها به آبیاری وابسته است و همچنین کارایی مصرف آب پایینی دارند (Turton, 2000). بنابراین به جای مصرف منابع آب کمیاب، در تولید محصولاتی که مصرف آب آن‌ها زیاد است، می توان محصولاتی با مصرف آب پایین تر تولید نموده و از فشار بیش از حد بر منابع آب خودداری نمود. باتوجه به این که کشاورزی بزرگترین مصرف‌کننده منابع آب در جهان به شمار می‌آید، لذا، تجارت محصولات کشاورزی اصلی‌ترین تجارت آب مجازی محسوب می‌شود.

جدای از مسئله کم‌آبی، عدم مدیریت مناسب منابع آبی و فقدان الگوی مناسب کشت نیز گریبان گیر کشاورزی کشور می‌باشد. عدم توجه عملی به این مسئله ضربات جبران‌ناپذیری را بر پیکره کشاورزی ایران وارد کرده است و شاید یکی از دلایلی که مانع رشد مناسب این بخش در همه ابعاد شده است، به این نکته برمی‌گردد (Asaadi, et al., 2019). لیکن نظر به تنوع آب و هوایی ایران می‌توان با تنظیم برنامه الگوی‌کشت متناسب با هر نوع آب‌وهوا به تولید محصولات متنوع کشاورزی دست یافت. عدم توجه به این تنوع، علاوه بر خسارات ناشی از نوسانات اقلیمی، سبب می‌شود که بهره‌برداران از نوسانات بازار عرضه و تقاضا نیز شدیداً آسیب‌پذیر باشند (Nazari, et al., 2013). باتوجه به اینکه زمین‌های حاصل‌خیز کشاورزی و منابع کشور ایران محدود می‌باشند، تعیین الگوی بهینه کشت هر منطقه باید با آگاهی از اهداف خرد و کلان صورت گیرد که این اهداف لزوما بر هم منطبق نمی‌باشند و گاه متناقض نیز هستند. همانطور که در دیاگرام (۱) نشان داده شده است، در سطوح خرد، تعیین الگوی مناسب کشت توسط کشاورز از عوامل بسیار موثر بر حداکثرسازی سودآوری برای وی می‌باشد، در حالی که سیاست‌گذاران در سطح کلان درصدد مدیریت منابع آب، کاهش اثرات منفی محیطزیستی، توسعه پایدار کشاورزی و افزایش اشتغال می باشند.



شکل شماره (۱): اهداف خرد و کلان الگوی کشت یک منطقه (Asgaripoor, 2012)

با وجود این که مسئله آب مجازی به‌طور عمده در سطح کشور مطرح می‌باشد، لیکن به دلیل گستردگی حوزه‌های آبریز و دشت-های کشور، در این پژوهش به بررسی و تعیین الگوی کشت با تاکید بر مفهوم آب مجازی در شهرستان‌های استان کردستان اکتفا شده است که هدف از آن ارتقای بهره‌وری منابع آب بخش کشاورزی این منطقه می‌باشد. پژوهش حاضر مطالعه‌ای بر مبنای مدیریت پایداری منابع آبی است که در پی استفاده از راهبردهای کاهش آب در راستای مدیریت منابع آب منطقه موردمطالعه می‌باشد، تا بتواند با مدیریت اقتصادی صحیحی، منابع آب منطقه را به‌گونه‌ای بازسازی نماید که ضمن حداکثر استفاده از امکانات و توانایی‌های موجود منابع آب، موجبات حفاظت، پایداری و استمرار بهتر بهره‌برداری از منابع آب و تامین نیازها را فراهم آورد.

از مطالعات انجام شده درخصوص تجارت آب مجازی مطالعات متعددی صورت گرفته است که در ادامه به برخی از این مطالعات اشاره می‌گردد.

ورما و همکاران (۲۰۰۹) جریان آب مجازی بین ایالت‌های کشور هندوستان در نتیجه تجارت محصولات کشاورزی در سال ۲۰۰۷ را حدود ۱۰۶ میلیارد مترمکعب در سال یا ۱۳ درصد از کل آب مصرفی برآورد کردند. هناسکی و همکاران (۲۰۱۰) وضعیت صادرات و واردات آب مجازی محصولات عمده کشاورزی و دامی را در مقیاس جهانی مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد، صادرات آب مجازی پنج محصول (گندم، جو، ذرت، برنج، سویا) و سه محصول دامی (گوشت گاو، گوشت خوک و مرغ) معادل ۵۴۵ کیلومتر مکعب در سال می‌باشد.

براساس آمار تجارت بین المللی، میزان آب مجازی واردشده و صادرشده برنج در کره جنوبی را بررسی کردند. در این تحقیق ردپای آب برنج برابر ۸۴۴/۵ مترمکعب در سال برآورد شد(Yoo et al., 2014). همچنین واردات و صادرات آب مجازی به ترتیب ۴۰۴/۱۷ و ۲/۰۳ میلیون مترمکعب در سال تخمین شده شد. در پژوهشی دیگر، با استفاده از مدل بهینه سازی خطی به بررسی تجارت آب مجازی از طریق تجارت غلات در چین پرداختند. تجزیه و تحلیل نتایج نشان داد که جریان عظیم مجازی تا ۱۱۷۹/۲۴ میلیارد متر مکعب آب تولید می شود و ارزش اقتصادی ایجادشده توسط تجارت آب مجازی غلات نه تنها می تواند هزینه حمل و نقل را پوشش دهد، بلکه در نهایت می‌تواند مزایای اقتصادی ۷۴۱۰ میلیارد یوان[1] نیز ایجاد نماید (*Wang et* al., 2019).

[1]Yuan

همچنین در رابطه با بهینه‌سازی الگوی کشت مناطق مختلف در راستای پایداری منابع آب و صرفه جویی از آن می توان به بررسی و بهینه سازی الگوی بهره برداری از منابع آبی در جهت حداکثر کردن منافع اجتماعی در استان فارس پرداخت. نتایج به-دست آمده بیانگر این موضوع است که در شهرستان فسا محصولات گندم، ذرت دانه ای، گوجه فرنگی، پیاز، هندوانه، خربزه، خیار سبز و سبزیجات، دارای مزیت نسبی ولی محصولات جو و پنبه، فاقد مزیت نسبی در سال مورد مطالعه هستند. درالگوی کشت بهینه با هدف حداکثر نمودن منافع اجتماعی، سطح زیرکشت به میزان ۵۳۷ هکتار نسبت به الگوی کشت بهینه با هدف حداکثر نمودن منافع خصوصی یا بازاری (سود فردی کشاورزان) کاهش یافته است. همچنین میزان آب مصرفی در الگوی کشت بهینه با هدف حداکثر کردن منافع اجتماعی برابر با ۳۳۷/۴ میلیون مترمکعب می باشد که به میزان ۸/۸ میلیون مترمکعب از الگوی کشت بهینه با هدف حداکثر کردن بازده برنامه‌ای کمتر است(Shajari, 2013).

نتایج تعیین الگوی بهینه کشت محصولات زراعی با لحاظ مزیت نسبی در سه شهرستان دره شهر، ایوان و شیروان چرداول استان ایلام با استفاده از مدل برنامه ریزی خطی نشان داد، در تمامی شهرستان‌ها محصولات فاقد مزیت نسبی نیز تولید می‌شوند ضمن اینکه مقایسه ترکیب کشت محصولات زراعی در وضعیت فعلی با نتایج الگوی برنامه‌ریزی بیانگر آن است که بطور متوسط تولید تعداد حدود ۵۰ درصد ازمحصولات کنونی توصیه می‌شود(Dashti & Ghadrinejad, 2014). نتایج بررسی الگوی بهینه زراعی پایدار با تاکید بر محدودیت منابع آبی در شهرستان کوزران در استان کرمانشاه نشان داد، استفاده از مدل برنامه ریزی آرمانی فازی نسبت به دیگر مدل‌ها نتایج بهتری ارایه می‌کند، زیرا می‌توان به طور همزمان به تحقق هدف‌های پنجگانه دسترسی پیدا کرد. به طوری که در این الگو برای سال زراعی ۹۳-۱۳۹۲ بازده برنامه‌ای به میزان ۵ درصد نسبت به میزان کنونی افزایش یافته است. همچنین اجرای الگوی زراعی پیشنهادی، افزون بر رسیدن به هدف‌های پنج‌گانه با کمترین تغییرات ممکن در الگوی کنونی کشت منطقه از هدر رفتن ۵۲۶۷۱۶۰ مترمکعب آب در این منطقه جلوگیری می‌کند (Doorandish & Torabi, 2015). مطالعه کاربرد روش برنامه‌ریزی ریاضی خطی فازی چندهدفه براساس مزیت نسبی، جهت تعیین الگوی بهینه کشت محصولات زراعی در استان خراسان رضوی نشان داد، محصولات عدس آبی، لوبیا قرمز آبی و ذرت دانه‌ای آبی به دلیل نداشتن مزیت نسبی از الگوی کشت حذف شدند و محصولات زراعی گندم دیم و آبی، جو آبی، پنبه آبی، جو دیم، نخود دیم، شلتوک، نخود آبی، عدس دیم و آفتابگردان آبی به دلیل پایین بودن رتبه مزیت نسبی با کمترین سطح زیر کشت در الگو قرار گرفتند. همچنین محصولات زراعی چغندرقند، گوجه‌فرنگی آبی، هندوانه آبی، سیب‌زمینی، کلزا آبی، خیار آبی، پیاز آبی و هندوانه دیم دارای افزایش در سطح زیر کشت نسبت به الگوی موجود شده‌اند(Hatef, et al., 2016).

در شرایط فعلی و با توجه به موضوعات بیان‌شده، کمبود آب کشاورزی بخش وسیعی از کشور و ازجمله استان کردستان را با مشکل مواجه ساخته است. به‌طوری‌که بخش‌هایی از مناطق استان در بحران آب به سر می‌برند. با توجه به این مهم، در این مطالعه تلاش می‌گردد با ارائه الگوی بهینه زراعی با تأکید بر محدودیت مصرف آب و همچنین مقدار آب مجازی، این مسئله را در قالب مدل برنامه‌ریزی آرمانی مورد تجزیه و تحلیل قرار گیرد.

۲- روش تحقیق

امروزه، برنامه‌ریزی ریاضی، به ویژه برنامه‌ریزی خطی یکی از توسعه‌یافته‌ترین ابزارهای علم مدیریت است که به‌طور گسترده برای تخصیص بهینه منابع محدود، بین فعالیت‌های نامحدود مورد استفاده قرار می‌گیرد. باتوجه به این که طبیعت بسیاری از مسائل برنامه ریزی کشاورزی چند هدفه می‌باشد، روش های تک هدفه نمی‌تواند جوابگوی خواسته های سیاست گذاران و کشاورزان باشد. از این رو روش هایی موردنیاز است که بتواند به طور همزمان و بادرنظرگرفتن اهداف بعضا متضاد و محدودیت های موجود جواب بهینه را برای دستیابی به اهداف فرآهم آورد. برنامه‌ریزی آرمانی توسط چارنز و کوپر در سال ۱۹۶۱ طراحی (Chizari, et al., 2006) و یکی از ابزارهای مورداستفاده در تحلیل تصمیم‌های چندهدفه در مدیریت مزرعه می‌باشد که دستیابی همزمان به چند هدف بر مبنای اولویت بندی از خصوصیات این روش است. لذا به دلیل انعطاف پذیری بالا و درنظرگرفتن چندین هدف به طور همزمان نتایج حاصل از این روش به واقعیت نزدیکتر خواهد بود (Mansouri & Kohansal, 2008). در این پژوهش به‌منظور تعیین الگوی بهینه زراعی با تاکید بر مفهوم آب مجازی از مدل برنامه ریزی

ریاضی آرمانی با درنظر گرفتن دو هدف استفاده شده است. این اهداف عبارتند از افزایش سود ناخالص کشاورزان و حداقل کردن مقدار آب مجازی. در این روش، برنامه در جستجوی جوابی است که بتواند مجموع انحرافات موزون از اهداف مدنظر را به کمینه برساند.

فرم کلی و استاندارد مدل برنامه ریزی آرمانی به صورت زیر است که در آن فرض بر این است که k هدف ناسازگار با هم وجود دارد و اهداف چندگانه، ترکیب خطی از m متغیر (محصولات کشت شده) بوده و n منبع (نهاده‌های مصرفی) در آن استفاده می-شود.

$$Min\ D = \sum_{j=1}^{k} h_j\ (d_j^- + d_j^+) \qquad (۱)$$

s.t:

$$g_i(X) \le b_i \qquad \text{i=1, 2, 3, …, m} \qquad (۲)$$

$$f_j(X) + d_j^- - d_j^+ = b_j \qquad \text{j=1, 2, 3, …, n} \qquad (۳)$$

$$\text{X, } d_j^-, d_j^+ \ge 0 \quad , \quad d_j^- . d_j^+ = 0 \qquad (۴)$$

در معادلات (۱) تا (۴)، h_j: معرف آرمان jام، $h_j(d_j^- + d_j^+)$: تابع انحراف از آرمان jام، $g_i(X)$: تابع منابع iام استفاده شده برای فعالیت های مختلف تولیدی X، b_j: میزان موجودی منبع iام، $f_j(X)$: تابع هدف jام حاصل از فعالیت های مختلف تولیدی X و d_j^- و d_j^+ به ترتیب بیانگر متغیرهای انحراف منفی و مثبت از آرمان های موردنظر می باشد. در این پژوهش

الف) اهداف مدل پژوهش:

همانطور که بیان گردید، آرمان‌های موردنظر در این پژوهش به صورت زیر تعریف شده‌اند:

۱- آرمان دستیابی به حداکثر سود ناخالص کشاورزان

$$\sum_{i=1}^{m} c_i x_i + d_1^- - d_1^+ = h_1 \qquad (۵)$$

۲- آرمان دستیابی به حداقل مقدار آب مجازی

$$\sum_{i=1}^{m} v_i x_i + d_2^- - d_2^+ = h_2 \qquad (۶)$$

ب) محودیت های پژوهش:

۱- محدودیت سطح زیرکشت

در این پژوهش محدودیت سطح زیر کشت در ارتباط با کل زمین در دسترس جهت کشت محصولات مختلف مدنظر قرار می‌گیرد و این محدودیت به صورت رابطه (۷) نشان داده می‌شود.

$$\sum_{i=1}^{n} x_i \le Tland \qquad (۷)$$

۲- محدودیت مصرف آب

محدودیت آب شامل کل منابع سطحی و زیرزمینی جهت کشت محصولات است که قابلیت برداشت آن توسط کشاورز وجود دارد و در سمت راست این محدودیت قرار دارد که به صورت رابطه (۸) نشان داده شده است.

$$\sum_{i=1}^{n} W_i X_i \leq W \quad (۸)$$

۳- محدودیت نیاز آبی کل (آب مجازی)

$$\sum_{i=1}^{n} v_i X_i \leq VW \quad (۹)$$

در این پژوهش برای محاسبه نیاز آبی محصولات زراعی، مراحل زیر صورت گرفته است. در تعیین نیاز آبی عوامل متعددی تاثیرگذار هستند. نیاز آبی محصول با استفاده از تبخیر و تعرع محصول (ET_C) در طی دوره رشد کامل محصول محاسبه می شود. طبق معادله (۱۰)، ET_C از حاصلضرب تبخیر و تعرق پتانسیل مرجع (ET_0) در ضریب گیاهی (K_C) بدست می‌آید (Allen et al., 1998):

$$ET = K_c \times ET_0 \quad (۱۰)$$

ضریب گیاهی (KC) اثر خصوصیات محصول را در نیاز آبی لحاظ نموده و با معرفی آن نیاز آبی محصول تعیین می شود. برای تعدیل این ضریب، پارامترهای جوی، مقدار رطوبت و سرعت باد برای هر محصول در دوره های میانی و پایانی رشد محصول تعدیل تعیدل شدند. تبخیر وتعرق گیاه مرجع با استفاده از معادله پنمن- مانتیث که توسط فائو در سال ۱۹۸۸ ارائه گردیده است محاسبه می‌شود. این شاخص در معادله (۱۱) ارائه شده است.

$$ET_0 = \frac{0.408\Delta(R_n - G) + \gamma\, 900/(T + 273)U_2(e_a - e_d)}{\Delta + \gamma(1 + 0.34u_2)} \quad (۱۱)$$

در معادله (۱۱)، ET_0 تبخیر وتعرق گیاه مرجع (میلیمتر بر روز)، R_n تابش خالص برسطح گیاه (مگاژول بر میلیمتر مربع در روز)، G جریان گرمای خاک (مگاژول بر میلیمتر مربع بر روز)، T متوسط دمای هوا (سانتی گراد)، U_2 سرعت باد اندازه گیری شده در ارتفاع ۲ متر (متر بر ثانیه)، e_a فشار بخار اشباع (کیلو پاسکال)، e_d فشار بالقوه (کیلو پاسکال)، $e_a - e_d$ کسری فشار بخار (کیلوپاسکال)، Δ شیب منحنی فشار بخار (کیلو پاسکال بر درجه سانتیگراد) و γ ثابت پیزومتریک (کیلو پاسکال بر درجه سانتیگراد) است (Allen *et al.*, 1998). برای محاسبه تبخیر و تعرق پتانسیل در این پژوهش از داده های اقلیمی و نرم افزار CROPWAT استفاده شده است.

در گام دوم جهت تعیین محدودیت مقدار آب مصرفی هر محصول از معادله (۱۲) استفاده شده است.

$$CWR_c = \frac{ET}{Ea} \quad (۱۲)$$

در رابطه (۱۲)، CWR_c مقدار آب موردنیاز محصول (مترمکعب بر هکتار) که برابرآب مصرفی محصول مورد بررسی در منطقه‌ی مورد مطالعه می‌باشد. ET آب خالص موردنیاز گیاه از آبیاری (متر مکعب در هکتار) و Ea راندمان روش آبیاری[۲] است (Baghestani & Mehrabi Boshrabadi, 2008).

شایان ذکر است، جهت محاسبه مقدار آب مجازی[۳] (VWC_c) برای هر محصول در تابع هدف، به‌صورت نسبتی از متوسط نیازآبی (CWR_c) به متوسط عملکرد محصول (CY_c) با استفاده از رابطه (۱۳) به دست می‌آید:

$$VWC_c = \frac{CWR_c}{CY_c} \quad (۱۳)$$

در رابطه (۱۳)، VWC_c برحسب مترمکعب آب به ازای هر تن محصول می باشد.

آمار و اطلاعات موردنیاز در این پژوهش بصورت مقطعی مربوط به سال زراعی ۹۵-۱۳۹۴ در استان کردستان می باشد که از سازمان جهاد کشاورزی استان و سازمان آب منطقه‌ای گردآوری شده است. در ابتدا آمار واطلاعات موردنیاز با استفاده از نرم افزار Excel مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. سپس بعد از دسته بندی اطلاعات، تجزیه و تحلیل آمار و اطلاعات گردآوری شده با استفاده از نرم افزار WinQSB برنامه‌ریزی انجام گرفت.

[۲] در این پژوهش راندمان آبیاری ۴۰ درصد در نظر گرفته شده است.

[3] Virtual Water Content

۳- نتایج و بحث

در این بخش محصولات زراعی کشاورزی استان کردستان در مدل معرفی و تلاش می‌گردد تا کلیه محصولات رایج بر اساس اهداف پژوهش برای کلیه شهرستان‌های استان در مدل پژوهش وارد گردد. هدف از وارد نمودن تمام محصولات کشت شده در هر مدل، شناسایی مزیت تولید هر شهرستان و در نهایت استان می‌باشد. چرا که در مطالعه حاضر تلاش می‌گردد تا با در نظر گرفتن میزان موجودی (سطح زیر کشت و میزان آب موجود) و همچنین پتانسیل تولید در هر شهرستان، الگوی بهینه تولید بر اساس آب مجازی تعیین و معرفی گردد (جدول ۱). بر این اساس مدل برنامه‌ریزی آرمانی برای هر شهرستان به ترتیب ارایه و نتایج آن تحلیل می‌گردد. با توجه به هدف پژوهش، سایر محدودیت‌ها از قبیل ماشین‌آلات، نیروی کار و کودها و سموم شیمیایی و دیگر نهاده های مصرفی در مدل لحاظ نگردیده است و صرفا تاکید بر محدودیت‌های سه گانه سطح زیر کشت، نیاز آبی (آب مجازی) و مقدار آب مصرفی شده است.

جدول شماره (۱): محصولات کشاورزی شهرستان های استان کردستان

فعالیت	متغیر	بانه	بیجار	دهگلان	دیواندره	مریوان	سقز	سنندج	قروه	کامیاران	سروآباد
گندم آبی	x_1	❋	❋	❋	❋	❋	❋	❋	❋	❋	❋
گندم دیم	x_2	❋	❋	❋	❋	❋	❋	❋	❋	❋	❋
جوآبی	x_3	❋	❋	❋	❋	❋	❋	❋	❋	❋	❋
جودیم	x_4	❋	❋	❋	❋	❋	❋	❋	❋	❋	❋
لوبیا آبی	x_5		❋	❋	❋	❋	❋	❋	❋	❋	❋
نخود آبی	x_6	❋	❋	❋	❋	❋	❋	❋	❋	❋	❋
نخود دیم	x_7	❋	❋	❋	❋	❋	❋	❋	❋	❋	❋
عدس آبی	x_8		❋	❋	❋	❋	❋	❋	❋		❋
عدس دیم	x_9	❋	❋	❋	❋	❋	❋	❋	❋	❋	❋
چغندر قند	x_{10}				❋		❋		❋	❋	
کلزای دیم	x_{11}				❋						
کلزای آبی	x_{12}	❋		❋		❋	❋		❋	❋	
سیب زمینی	x_{13}	❋	❋	❋	❋	❋	❋	❋	❋	❋	❋
پیاز	x_{14}	❋	❋	❋	❋	❋	❋	❋	❋	❋	❋
گوجه فرنگی	x_{15}	❋	❋	❋	❋	❋	❋	❋	❋	❋	❋
هندوانه	x_{16}	❋	❋	❋		❋	❋		❋		
خیار	x_{17}	❋	❋	❋	❋	❋	❋	❋	❋	❋	❋
یونجه	x_{18}	❋	❋	❋	❋	❋	❋	❋	❋	❋	❋
شبدر	x_{19}	❋	❋	❋	❋	❋	❋	❋	❋		❋
ذرت علوفه‌ای	x_{20}						❋		❋		

مأخذ: سازمان جهاد کشاورزی استان کردستان

مدل آرمانی برای شهرستان های استان کردستان با در نظر گرفتن دو هدف حداکثر کردن درآمد و حداقل نمودن مقدار آب مجازی در جدول (۲) گزارش شده است. شاین ذکر است، مقادیر درآمد ناخالص هر یک از فعالیت‌ها بر حسب هزار ریال و مقدار آب مجازی برحسب مترمعکب می‌باشد.

جدول شماره (۲): توابع هدف مدل برنامه‌ریزی آرمانی شهرستان های استان کردستان

شهرستان	تابع هدف
بانه	$\text{Max}\, I: 34700.4x_1 + 13327.2x_2 + 20557.4x_3 + 9897.4x_4 + 49720x_6 + 15640x_7 + 12720x_9 + 594x_{12} + 15218x_{13} + 203500x_{14} + 17093x_{15} + 7876x_{16} + 98527.5x_{17} + 123525x_{18} + 42696x_{19}$
	$Min\, VW: 2.95x_1 + 1.12x_2 + 2.83x_3 + 0.26x_4 + 5.55x_6 + 1.73x_7 + 21.6x_9 + 306x_{12} + 3.66x_{13} + 0.35x_{14} + 0.63x_{15} + 728.81x_{16} + 0.55x_{17} + 0.90x_{18} + 1.83x_{19}$
بیجار	$Max\, I = 30618x_1 + 10119.6x_2 + 22828.8x_3 + 7462.8x_4 + 52000x_5 + 34000x_6 + 8640x_7 + 36000x_8 + 9280x_9 + 200676x_{13} + 203500x_{14} + 18110.4x_{15} + 208455x_{16} + 113857.5x_{17} + 79227x_{18} + 40599x_{19}$
	$Min\, VW = 2.07x_1 + 0.65x_2 + 1.78x_3 + 0.23x_4 + 4.4x_5 + 5.01x_6 + 1.48x_7 + 5.07x_8 + 1.45x_9 + 0.19x_{13} + 0.24x_{14} + 0.4x_{15} + 0.17x_{16} + 0.32x_{17} + 1.17x_{18} + 1.7x_{19}$
دهگلان	$Max\, I: 75621.6x_1 + 7668x_2 + 30094x_3 + 5010.2x_4 + 73400x_5 + 48200x_6 + 11680x_7 + 34160x_8 + 11600x_9 + 17613.2x_{12} + 220626x_{13} + 249685.25x_{14} + 29187.6x_{15} + 255127.5x_{16} + 139005x_{17} + 104823x_{18} + 44973x_{19}$
	$Min\, VW: 0.84x_1 + 0.79x_2 + 1.37x_3 + 0.29x_4 + 3.16x_5 + 3.55x_6 + x_7 + 5.40x_8 + 1.11x_9 + 6.82.2x_{12} + 0.18x_{13} + 0.20.25x_{14} + 0.25x_{15} + 0.14x_{16} + 0.27x_{17} + 0.91x_{18} + 1.5x_{19}$
دیواندره	$Max\, I: 32454x_1 + 10292.4x_2 + 23476.6x_3 + 6199.2x_4 + 60248x_5 + 44040x_6 + 7320x_7 + 360320x_8 + 9160x_9 + 61715x_{10} + 4844.4x_{11} + 14603x_{13} + 178019.03x_{14} + 22551.6x_{15} + 180150x_{16} + 97582.5x_{17} + 70174.8x_{18} + 38574x_{19}$
	$Min\, VW: 2.95x_1 + 1.19x_2 + 2.35x_3 + 0.43x_4 + 4.99x_5 + 5.74x_6 + 3.47x_7 + 0.75x_8 + 3x_9 + 0.27x_{10} + 2.3x_{11} + 0.36x_{13} + 0.39x_{14} + 0.45x_{15} + 0.27x_{16} + 0.5x_{17} + 2.78x_{18} + 2.09x_{19}$
مریوان	$Max\, I: 38322.72x_1 + 11969.64x_2 + 4150.02x_3 + 9020x_4 + 59880x_5 + 38000x_6 + 16056x_7 + 34160x_8 + 13936x_9 + 44000x_{12} + 126541.8x_{13} + 1169635.75x_{14} + 22134x_{15} + 100635x_{17} + 82170x_{18} + 37305x_{19}$
	$Min\, VW: 1.72x_1 + 0.59x_2 + 9.68x_3 + 120x_4 + 3.83x_5 + 4.44x_6 + 0.77x_7 + 5.30x_8 + 2.80x_9 + 2.71x_{12} + 0.33x_{13} + 0.30x_{14} + 0.33x_{15} + 0.37x_{17} + 1.13x_{18} + 1.67x_{19}$
سنندج	$Max\, I: 24840x_1 + 9298.8x_2 + 18573x_3 + 6658.4x_4 + 57630x_5 + 38000x_6 + 11884x_7 + 36000x_8 + 8000x_9 + 15995x_{13} + 192714.5x_{14} + 23991.6x_{15} + 111390x_{17} + 87876x_{18} + 40860x_{19}$
	$Min\, VW: 6.33x_1 + 2.43x_2 + 4.31x_3 + 0.44x_4 + 7.48x_5 + 10.51x_6 + 3x_7 + 11.94x_8 + 5.31x_9 + 0.49x_{13} + 0.56x_{14} + 0.66x_{15} + 0.65x_{17} + 1.64x_{18} + 2.61x_{19}$
سقز	$Max\, I: 40793.76x_1 + 11847.6x_2 + 30162.88x_3 + 7806.4x_4 + 49768x_5 + 40040x_6 + 11280x_7 + 34000x_8 + 10040x_9 + 108207.12x_{10} + 19140x_{12} + 213535x_{13} + 231250x_{14} + 23593.68x_{15} + 180000x_{16} + 101250x_{17} + 83538x_{18} + 43200x_{19} + 81768x_{20}$
	$Min\, VW: 1.59x_1 + 0.64x_2 + 1.32x_3 + 0.26x_4 + 4.49x_5 + 4.20x_6 + 1.48x_7 + 5.31x_8 + 1.74x_9 + 0.11x_{10} + 6.12x_{12} + 0.18x_{13} + 0.21x_{14} + 0.3x_{15} + 0.2x_{16} + 0.36x_{17} + 1.39x_{18} + 1.48x_{19} + 0.12x_{20}$
قروه	$Max\, I: 43816.68x_1 + 7722x_2 + 29622.2x_3 + 5765.42x_4 + 67080x_5 + 37240x_6 + 7160x_7 + 36680x_8 + 8000x_9 + 9848.4x_{10} + 7414x_{12} + 226177x_{13} + 228734x_{14} + 28800x_{15} + 262500x_{16} + 163657.5x_{17} + 91503x_{18} + 42570x_{19} + 88000x_{20}$
	$Min\, VW: 1.45x_1 + 0.79x_2 + 1.3932x_3 + 0.25x_4 + 3.46x_5 + 4.59x_6 + 1.52x_7 + 5.03x_8 + 1.61x_9 + 1.19x_{10} + 16.21x_{12} + 0.17x_{13} + 0.22x_{14} + 0.25x_{15} + 0.14x_{16} + 0.23x_{17} + 1.04x_{18} + 1.59x_{19} + 0.12x_{20}$

$Max\ I: 52002x_1 + 14947.2x_2 + 30381x_3 + 8914.22x_4 + 77720x_5 + 48080x_6 + 105160x_7 + 10800x_9 + 77529.76x_{10} + 48070x_{12} + 107530x_{13} + 239436x_{14} + 36875.04x_{15} + 121890x_{17} + 89496x_{18} + 41535x_{19}$	کامیاران
$Min\ VW: 1.98x_1 + 1.08x_2 + 1.85x_3 + 0.27x_4 + 3.98x_5 + 7.64x_6 + 0.03x_7 + 2.63x_9 + 0.23x_{10} + 3.60x_{12} + 0.28x_{13} + 0.31x_{14} + 0.29x_{15} + 0.44x_{17} + 1.31x_{18} + 1.96x_{19}$	
$Max\ I: 38286x_1 + 11977.2x_2 + 28750.02x_3 + 9020x_4 + 59880x_5 + 3800x_6 + 16080x_7 + 34160x_8 + 13960x_9 + 44000x_{12} + 126541.1x_{13} + 169645x_{14} + 22134x_{15} + 10635x_{16} + 68475x_{17} + 37305x_{18} + 23535x_{19}$	سروآباد
$Min\ VW: 1.72x_1 + 0.59x_2 + 1.40x_3 + 0.20x_4 + 3.83x_5 + 4.44x_6 + 0.77x_7 + 5.3x_8 + 0.97x_9 + 2.71x_{12} + 0.31x_{13} + 0.30x_{14} + 0.33x_{15} + 0.37x_{16} + 0.54x_{17} + 2.49x_{18} + 2.64x_{19}$	

مأخذ: یافته‌های تحقیق ($\text{Max}\ I$ حداکثر بازده ناخالص (درآمد)؛ $\text{Max}\ VW$ حداقل مقدار آب مجازی)

در جدول (۳) نتایج مربوط به الگوی بهینه کشت بدست آمده براساس مدل برنامه ریزی ریاضی آرمانی به منظور حداکثر نمودن درآمد برای شهرستان های استان کردستان گزارش شده است. همانطور که مشاهده می‌گردد، در شهرستان بانه محصولات گندم دیم، جو دیم، سیب زمینی، پیاز و یونجه به عنوان محصولات منتخب در مدل انتخاب شدند. همچنین برای دیگر شهرستان‌های استان در مقایسه با محصولات کشت شده در وضعیت فعلی (جدول ۱)، نتایج حاکی از حذف بعضی از محصولات می باشد که در منطقه ذکرشده فاقد مزیت آبی هستند. باتوجه به اینکه در این پژوهش هدف های درنظرگرفته شده یعنی بیشینه کردن درآمد ناخالص و کمینه کردن مقدار آب مجازی، اقتصادی می باشند، محصولاتی در مدل قرار گرفته اند که بازدهی درآمدی بالایی نسبت به محدودیت های درنظرگرفته شده داشته باشند و این منطقی به نظر می رسد که بعضی از محصولات که بازدهی پایینی دارند از الگو حذف و علی رغم این سطح زیرکشت برخی از محصولات نیز افزایش یابد. همچنین باتوجه به حداقل کردن آب مجازی، برخی از محصولاتی که مقدار آب مجازی کمتری مصرف می کنند و در وضعیت فعلی، سطح زیرکشت بالایی را داشته اند، تا حدودی در مدل برنامه ریزی قرار گرفته اند. شایان ذکر است، . بطور کلی باتوجه به نتایج به دست آمده از الگوی برنامه-ریزی آرمانی نشان می‌دهد که حرکت به سمت پایداری با تاکید بر حداقل مصرف آب مجازی از تنوع کشت منطقه خواهد کاست و باتوجه به اهداف مدل (سود ناخالص و مقدار آب مجازی)، تعدادی از محصولات را از الگوی فعلی منطقه حذف می‌کند. به عبارت دیگر برای حرکت به سمت پایداری در منطقه یاد شده باید به سمت مزیت نسبی و تخصصی شدن کشت برخی محصولات خاص سازگار با امکانات و شرایط منطقه حرکت نمود، اگر چه در کوتاه مدت کاهش درآمد زارعین را به دنبال دارد.

از دیگر نتایج جدول (۳) گویای آن است که سطح زیرکشت محصولات منتخب در مدل برنامه ریزی آرمانی برای تمام شهرستان ها نسبت به وضعیت موجود کاهش و به‌صورت کشت‌نشده و آیش درآمده است. این رویکرد به نوبه خود فشار بر زمین را کاهش می‌دهد و امکان عملیات بدون خاک‌ورزی و حفاظت خاک را افزایش می‌دهد.

جدول شماره (۳): نتایج الگوی کشت بهینه محصولات زراعی با مدل برنامه ریزی آرمانی (حداکثر کردن درآمد) در شهرستان های موردمطالعه

(واحد: هکتار)

شهرستان	محصول	متغیر	مدل برنامه ریزی آرمانی	شهرستان	محصول	متغیر	مدل برنامه ریزی آرمانی
بانه	گندم دیم	x_2	۲۰۶۷	مریوان	گندم آبی	x_1	۱۵۳
	جودیم	x_4	۷۸۵		جودیم	x_4	۲۲۰
	سیب زمینی	x_{13}	۴۷		سیب زمینی	x_{13}	۹۵
	پیاز	x_{14}	۱۱۲		پیاز	x_{14}	۲۵۲
	یونجه	x_{18}	۳۵۰		یونجه	x_{18}	۴۲۰
بیجار	گندم آبی	x_1	۱۲۱		شبدر	x_{19}	۲۳
	گندم دیم	x_2	۸۵۳۲	سقز	گندم آبی	x_1	۱۴۳۵
	نخود دیم	x_7	۳۳۷		گندم دیم	x_2	۴۰۵۲
	عدس دیم	x_9	۳۶۲		جوآبی	x_3	۲۴۴
	هندوانه	x_{16}	۳۵۰		نخود آبی	x_6	۲۱
	یونجه	x_{18}	۸۶		نخود دیم	x_7	۱۴۴
دهگلان	گندم آبی	x_1	۲۸۷۷		چغندر قند	x_{10}	۵۲۰
	جوآبی	x_3	۳۴		سیب زمینی	x_{13}	۱۶
	نخود دیم	x_7	۹۵۴		گوجه فرنگی	x_{15}	۲۵
	سیب زمینی	x_{13}	۲۴۶۵		هندوانه	x_{16}	۲۸
	هندوانه	x_{16}	۶۳		خیار	x_{17}	۸۷
	یونجه	x_{18}	۱۰۵۸		ذرت علوفه‌ای	x_{20}	۶۷
دیواندره	گندم دیم	x_2	۱۵۲۱۰	سنندج	جودیم	x_4	۵۱۲
	لوبیا آبی	x_5	۳۳		لوبیا آبی	x_5	۵۲
	نخود آبی	x_6	۱۲		عدس آبی	x_8	۱۲
	عدس آبی	x_8	۶۹		پیاز	x_{14}	۴۵
	چغندر قند	x_{10}	۱۳۲		خیار	x_{17}	۱۰۶
	پیاز	x_{14}	۸۹		یونجه	x_{18}	۵۳۸
کامیاران	گندم آبی	x_1	۱۸۵۶		شبدر	x_{19}	۲۴۱
	لوبیا آبی	x_5	۱۵	قروه	گندم آبی	x_1	۵۵۷۰
	نخود دیم	x_7	۱۷۴۱		جو ابی	x_3	۵۸۲
	سیب زمینی	x_{13}	۲۱۵۵		نخود آبی	x_6	۸۶
	خیار	x_{17}	۳۲		سیب زمینی	x_{13}	۲۴۸۸
	یونجه	x_{18}	۲۵۶		پیاز	x_{14}	۱۴
سروآباد	نخود آبی	x_6	۱۵		هندوانه	x_{16}	۲۰۱
	نخود دیم	x_7	۹۸		خیار	x_{17}	۶۲۲
	عدس آبی	x_8	۸		یونجه	x_{18}	۲۱۵۰
	پیاز	x_{14}	۱۱۱		ذرت علوفه ای	x_{20}	۶۵
	شبدر	x_{19}	۸۷				

مأخذ: یافته های تحقیق

در جدول (۴) نتایج مربوط به تابع هدف یعنی حداکثرکردن درآمد ناخالص در شهرستان های استان کردستان نشان داده شده است. همانطور که مشاهده می گردد، شهرستان قروه با مقدار ۱۱۸۷۴۸۱/۹ میلیون ریال بیشترین درآمد یا بازدهی را در خصوص محصولات زراعی مدل داشته است. دشت شهرستان قروه، یکی از دشت‌های حاصلخیز و قطب کشاورزی مکانیزه استان

کردستان به‌حساب می‌آید و نقش مهمی در اقتصاد کشاورزی پیشرو استان ایفا می‌کند. این دشت به جهت وسعت و پتانسیل بالای آب و خاک، ناشی از شرایط زمین و آب و هوای مناسب، از اهمیت خاصی برخوردار است.

جدول شماره (۴): مقدار درآمد ناخالص در شهرستان های موردمطالعه

شهرستان	درآمد ناخالص (میلیون ریال)
بانه	۱۰۲۰۶۰/۷
بیجار	۱۷۶۰۸۹
دهگلان	۹۰۰۵۴۸/۱
دیواندره	۲۰۷۹۱۶/۲
مریوان	۹۷۹۸۶/۹
سقز	۱۹۵۹۷۱/۷
سنندج	۶۶۲۷۹/۱
قروه	۱۱۸۷۴۸۱/۹
کامیاران	۵۵۶۷۵۴/۷
سروآباد	۲۶۷۲۵/۳

مأخذ: یافته‌های تحقیق

- نتایج مدل آرمانی در مدل حداقل کردن مصرف آب مجازی

با حل مدل آرمانی برای شهرستان بانه متغیرهای x_{14} (پیاز) و نخود دیم (X_7) در پایه قرار گرفتند. مقدار سطح زیرکشت x_{14} معادل ۲۱/۴ به دست آمد. بر اساس نتایج به دست آمده شاید بتوان بیان کرد، اختصاص بیشتر زمین‌ها به محصولات دیم و عدم نیاز به مراقبت چندانی در فصل زمستان و از طرف دیگر توسعه ادوات مکانیزه مبنای اصلی مهاجرت روستاییان به شهرها و مراجعه در هنگام برداشت و اشتغال به کارهای غیرکشاورزی در شهرها و یا اجاره دادن زمین‌های کشاورزی به سایر کشاورزان است. همچنین نتایج مدل برای شهرستان بیجار، محصولات هندوانه (x_{16}) و گندم دیم (X_2) به عنوان محصولات منتخب انتخاب شدند، به نحوی که مقدار سطح زیر کشت این محصولات حدود ۲۵/۲ و ۱۸۰۱۳۷/۸ هکتار بدست آمد. در این شهرستان نتایج تابع هدف حداکثر درآمد برابر ۱۸۲۹۱۹۰۰۰۰ هزار ریال و حداقل مقدار آب مجازی برابر ۵ مترمکعب می‌باشد. به عبارت دیگر در این شهرستان تمایل شدید به سمت تولید محصولات دیم است. از طرف دیگر کمبود زمین‌های کم شیب و وجود فعالیت‌های دامپروری در این شهرستان تال حد زیادی تایید کننده الگوی پیشنهادی است. در شهرستان دهگلان فقط فعالیت x_{18} (یونجه) با سطح زیرکشت ۱۰/۹ هکتار با بازده‌برنامه‌ای ۱,۱۴۰,۴۵۸ هزار ریال در پایه قرار گرفت. پس از حل مدل آرمانی در شهرستان دیواندره متغیر x_9 (عدس دسم) با مقدار ۲۵/۴ هکتار در هر دو تابع در پایه قرار گرفت. حداکثر درآمد معادل ۲۳۲۸۲۳۹۳۶ هزار ریال و حداقل آب ۷۶/۲ متر مکعب است.در شهرستان مریوان محصولات سیب زمینی (X_{13}) با مقدار ۱۲/۹ و پیاز (X_{14}) با مقدار ۷/۲ هکتار در پایه قرار گرفت که مقادیر توابع حداکثر درآمد و حداقل آب مجازی به ترتیب ۲۶۸۶۸۳۳ هزار ریال و ۶/۲ متر مکعب برآورد گردید. در شهرستان سنندج فعالیت x_{14} (پیاز) با مقدار ۱۹/۹ هکتار در پایه قرار و مقادیر توابع حداکثر و حداقل به ترتیب برابر ۳۸۴۳۴۸۳ هزار ریال و ۱۱/۱۷ مترمکعب بدست آمد. نتایج مدل برای شهرستان سقز نشان داد که فقط فعالیت x_{20} (ذرت علوفه ای) با سطح زیرکشت ۲۲/۱ هکتار، به ارزش ۷۷۷۰۴۲۹ هزار ریال و حداقل مقدار آب مجازی ۲/۶۵ مترمکعب در پایه قرار گرفت. در این شهرستان دو نهاده زمین و نیاز کل آبی به مقادیر ۹۸۷۹۶ هکتار و ۰/۲ متر مکعب دارای مازاد هستند. در شهرستان قروه همچنان x_{20} (ذرت علوفه ای) با مقدار ۲۱ هکتار و ارزش ۷۷۰۹۴۹۷ هزار ریال با مقدار آب مجازی ۲/۵۱ متر مکعب در پایه قرار گرفت. در شهرستان کامیاران فعالیت X_7 (نخود دیم) با مقدار سطح زیرکشت ۲۶/۵

هکتار در پایه قرار گرفت مقادیر تابع حداکثر درآمد بالغ بر ۲۸۰۰۹۲۰۸ هزار ریال و حداقل آب مجازی برابر ۰/۸ متر مکعب به دست آمد. در این شهرستان نیز منبع زمین دارای مازادی معادل ۳۵۵۶۸/۱ هکتار می‌باشد. در شهرستان سروآباد نیز همانند شهرستان های بانه و سنندج، فعالیت های x_{14} (پیاز) با سطح زیرکشت ۲۰/۱ هکتار به عنوان محصول برتر در مدل انتخاب گردید. مقدار تابع هدف برای این محصول برابر ۳۴۱۶۹۰۲/۵ هزار ریال و حداقل مقدار آب مجازی حدود ۶ متر مکعب بدست آمد. در این شهرستان نیز زمین حدود ۳۸۰۳ هکتار دارای مازاد می باشد (جدول ۵). نکته قابل توجه در نتایج حکایت از این دارد که محصول گندم آبی برای هیچ یک از شهرستان‌های استان پیشنهاد نشده است. روند تغییر سطح زیر کشت آبی استان از سال ۱۳۶۰ تاکنون، علی‌رغم افزایش ظرفیت مقدار قابل کشت زمین‌های آبی استان، سطح زیر کشت گندم آبی از ۳۵۰۰۰ هکتار در سال ۱۳۶۰ به ۳۲۰۰۰ هکتار در سال ۱۳۹۶ کاهش یافته است (آمارنامه سازمان جهاد کشاورزی ۱۳۹۷). یعنی محصول گندم آبی توان رقابتی خود را به تدریج از دست داده است. از آن جا که در مطالعه حاضر هدف کاهش مصرف آب و استفاده از آب سبز بوده است. بنابراین سایر محدودیت‌ها در نظر گرفته نشده است. به همین دلیل سطح زمین‌های باقیمانده به شده بالاست. اما در صورت وارد نمودن سایر محدودیت‌ها مانند محدودیت زمین در کشت پاییزه و محدودیت‌های سایر منابع، به منظور مصرف نمودن همه منابع، زمین‌های باقی مانده به مصرف می‌رسد. این مدل در مقاله‌ای جداگانه بررسی و ارایه می‌شود. اما، از آن جا که در مطالعه حاضر صرفا هدف برجسته نمودن آب مجازی بوده، سایر موارد وارد نشده است.

جدول شماره(۵): محصولات پیشنهادی اولویت هر شهرستان بر حسب مدل آرمانی (حداقل نمودن میزان آب مصرفی)

فعالیت	متغیر	بانه	بیجار	دهگلان	دیواندره	مریوان	سقز	سنندج	قروه	کامیاران	سروآباد
گندم دیم	x_2	–	۱۸۰۱۳۷/۸	–	–	–	–	–	–	–	–
نخود دیم	x_7	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
عدس دیم	x_9	–	–	–	۲۵/۴	–	–	–	–	–	-
سیب زمینی	x_{13}	–	–	–	–	۱۲/۹	–	–	–	۲۶/۵	–
پیاز	x_{14}	۲۱/۴	–	–	–	۷/۲	–	۱۹/۹	–	–	۲۰/۱
هندوانه	x_{16}	–	۲۵/۲	–	–	–	–	-	–	–	-
یونجه	x_{18}	–	–	۱۰/۹	–	–	–	–	–	–	–
ذرت علوفه‌ای	x_{20}	–	–	–	–	–	۲۲/۱	-	۲۱	-	-

منبع: یافته‌های پژوهش

در این پژوهش با استفاده از مدل برنامه ریزی ریاضی آرمانی با درنظرگرفتن اهداف حداکثرکردن سود ناخالص و حداقل کردن مقدار آب مجازی، به بررسی ارزیابی اقتصادی الگوی بهینه کشت محصولات زراعی شهرستان‌های استان کردستان پرداخته شده است. در این پژوهش، داده‌ها و اطلاعات مربوط به محصولات زراعی از طریق مراجعه به سازمان‌ها و نهادهای مربوطه برای سال زراعی ۹۵-۱۳۹۴ گردآوری شد و برای تجزیه و تحلیل داده‌ها و حل مدل از نرم‌افزارهای EXCEL و WinQSB استفاده شده است. محدودیت‌های لحاظ شده در این پژوهش شامل محدودیت‌های سه گانه سطح زیر کشت، نیاز آبی (آب مجازی) و مقدار آب مصرفی بوده است و سایر محدودیت‌ها از قبیل ماشین‌آلات، نیروی کار و کودها و سموم شیمیایی و دیگر نهاده های مصرفی در مدل ثابت فرض شده و لحاظ نگردیده است. نتایج پژوهش نشان داد که تغییرات الگوی کشت محصولات زراعی به سمت تخصصی شدن و متناسب با مزیت نسبی منطقه در حال تغییر است و محصولاتی وارد الگوی کشت شده‌اند که با امکانات و شرایط منطقه سازگار می‌باشند. این تغییرات به نحوی است که سطح زیرکشت برخی از محصولات نسبت به وضعیت فعلی کاهش و برخی دیگر افزایش پیدا کرده است. همچنین بیشتر محصولات به دلیل عدم مزیت نسبی و بازدهی پایین آنها از الگو حذف شدند. از دیگر نتایج تحقیق نشان داد که شهرستان قروه بیشترین پتانسیل را از لحاظ بازدهی و درآمد ناخالص در بخش زراعی کشاورزی برای استان کردستان داشته است که نشان دهنده نقش کلیدی شهرستان در قطب اقتصاد کشاورزی استان می باشد. البته لازم به ذکر است، سهم بالای آب مصرفی در این دشت را آب‌های زیر زمینی تشکیل می‌دهد؛ که این موضوع لازم است در پژوهشی جداگانه و به صورت ویژه با نگاه توسعه پایدار و از منظر زیست محیطی مورد توجه قرار گیرد. چرا که در بخش‌هایی از این دشت و دشت مجاور در استان همدان شاهد فرونشست زمین به دلیل بهره‌برداری بی‌رویه از آن هستیم. از

طرف دیگر بر اساس نتایج پژوهش فاصله الگوی فعلی با وضعیت بهینه معنی‌دار و لزوم بازنگری در سیاست‌گذاری سازمان جهاد کشاورزی استان و به تبع آن وزارت متبوع امری اجتناب ناپذیر است. نتایج مطالعه موید مطالعه دشتی و قادرنژاد (۱۳۹۲) در ایلام است. با توجه به اهمیت استراتژیک بودن برخی از محصولات بالاخص گندم و در نظر گرفتن هدف ها و سیاستهای کلان اقتصادی، کاهش تولید این محصولات در کشور مناسب به نظر نمی‌رسد. بر این اساس، لازم است تا در مطالعه‌ای جداگانه در کنار هدف‌های اقتصادی، سیاستگذاری‌های کلان کشاورزی نیز در نظر گرفته شود. همانگونه که در بخش نتایج نیز اشاره گردید، در این مطالعه صرفا تاکید بر موضوع آب مجازی بوده و تلاش گردیده تا پاسخ این سوال، آیا با تاکید بر مفهوم آب مجازی، الگوی کشت رایج استان بهینه است یا نه، داده شود؛ از وارد کردن سایر محدودیت‌ها اجتناب گردید. به همین دلیل مواردی از قبیل مقایسه سطح زیرکشت فعلی و قبلی مورد توجه قرار نگرفت. بلکه هدف اصلی ارزیابی امکان تغییر الگوی کشت رایج استان از الگوی نسبتا مشابه به سمت شناسایی الگوی تخصصی بوده و نتایج بیانگر لزوم تغییر الگوی فعلی و انجام مطالعات جامع جهت شناسایی الگوی مناسب هر شهرستان با در نظر گرفتن همه محدودیت‌های رایج در آن است. برای مثال در شهرستان‌هایی مانند دیواندره، سقز، بیجار، بانه و مریوان امکان تهیه برنامه تلفیقی زراعت و دام و یا در شهرستان‌هایی مانند سنندج و کامیارن تعریف الگوی تلفیقی دام، باغ و زراعت قابل تامل است.

٤- منابع

1. Allan, J.A. (1997). Virtual water: A long-term solution for water short Middle Eastern economies. Paper presented at the 1997 British Assoc. Festival of Sci., University of Leeds, UK.
2. Allen, R.G., Periera, L.S., Raes, D., & Smith, M. (1998). Crop evapotranspiration. Guidelines for computing crop water requirements. FAO Irrigation and Drainage Paper 56, Rome, Italy, 300 p.
3. Asaadi, M.A., Mortazavi, S.A., Zamani, O., Najafi, G.H., Yusaf, T., & Hoseini, S.S. (2019). The Impacts of water pricing and non-pricing policies on sustainable water resources management: A case of Ghorveh plain at Kurdistan province, Iran. Energies, 12, 2667.
4. Asgaripoor, A. R. (2012). Determination of optimum and sustainable cropping pattern of Bahar's agricultural respect to farmers view. Unpublished. Thesis of master program. *College of agriculture and natural resource. University Mohaghegh Aradabili* (In Persian).
5. Azadegan, A., Babaei, M., Sabouhi, M., & Kavousi Akbarpoor. (2012). Application of target programming in agricultural plan design emphasizing sustainable development, a case of Sistan district. *1st national conference on Dry and Semi- Dry Regions. Abarkooh*, Islamic Azad university of Abarkooh (In Persian).
6. Azizi, J., & Yazdani, S. (2004). Determination of comparative advantage of major horticultural crops of Iran. *Journal of Agricultural Economics and Development.* 12(43), 41-72 (In Persian).
7. Baghestani, A., & Mehrabi Boshrabadi, H. (2007). The concept of virtual water and its application in determination of Iran's agricultural crops trade. *9th National Seminar of Irrigation and Reduction of Evaporation*. Kerman (In Persian).
8. Chiezary, A., Yousefi, A., and Mousavi, S.H. (2006). Survey on target export markets of Iran's ornamental. *Journal of Agricultural Economics and Development*. 55, 47-66 (In Persian).
9. Dastwar, S., Hassani, H.A., Shirdeli, A., Khalfi, J., & Ghaidi, A. (2014). Survey on cadaster and agricultural land integration in accessible water productivity. A case of lnad under Shovaier Dam. Unpublished. Thesis of master program. College of agriculture and natural resourse. Zanjan (In Persian).

10. Doorandish, A., & Torabi, S. (2015). Selection of optimum agricultural cropping pattern emphasizing on water resource constraint. A case of Koozran city of Kermanshah province. *Journal of Agricultural Economics*. 9(1): 117-134 (In Persian).
11. Hanasaki, N., Inuzuka, T., Kanae, S., & Oki, T. (2010). An estimation of global virtual water flow and sources of water withdrawal for major crops andlivestock products using a global hydrological model, Hydrology Journal, 384: 232-244.
12. Mansouri, H., & Kohansal, M. (2007). Determination of agricultural cropping pattern based on economic as well as environmental views. 6th two years conference of Iran Agricultural Economiocs. Mashad; University of Mashad Ferdaowsi (In Persian).
13. Mohammadi Kani Golzar, F. (2012). Water consumption management respect to virtual water exchange in selected products of Iran. Unpublished. Thesis of master program in agricultural management. University of Tehran.
14. Nazari, A.M., Manafi Azr, R., & Abdollaqhi, A. (2013). Evaluation of effect of extension of compressed irrigation in agricultural structure change cropping pattern and production return. A case of Miandoab city. Jornal of Gepgraphical prospective in Human Studies. 8 (25), 147-161 (In Persian).
15. Shajari, Sh. (2014). Optimization of exploitation of water resources to maximizing of social benefits in Fars province. *Journal of Agricultural Economics.* 8, 175-189 (In Persian).
16. Turton, A. R. (2000). Precipitation, people, Pipelines and Power: Towards a virtual water based political ecology discourse, MEWREW Occasional paper, 11.
17. Untitled. (2018). Statistical yearbook of agricultural organization of Kurdistan province (In Persian).
18. Verma, S., Kampman, D. A., Van der Zaag, P.& Hoekstra, A. Y. (2009). Going against the flow: A critical analysis of inter-state virtual water trade in the context of India's national river linking program. Journal of Physics and Chemistry of the Earth 34(4-5): 261–269.
19. Wang, Z., Zhang, L., Zhang, Q., Wei, Y., Wang, J., Ding, X., & Mi, Z. (2019). Optimization of virtual water flow via grain trade within China. Ecological Indicators, 97: 25-34.
20. Yoo, S.H., Choi, J.Y., Lee, S.H., & Kim, T. (2014). Estimating water footprint of paddy rice in Korea. Paddy and Water Environment, 12(1): 43-54.

Application of Goal Programming to Determination of Optimum Cropping Pattern Emphasizing on Virtual Water in Kurdistan Province

Mustafa Baghbanian
PhD Student in Economics, Department of Economics, Central Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran
Hamed Qaderzadeh (Corresponding Author)
Assistant Professor, Department of Agricultural Economics, University of Kurdistan, Sanandaj, Iran
Email: hamedar2002@yahoo.com
Qodratollah Imamverdi
Assistant Professor, Department of Economics, Central Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran
Marjan Damankeshideh
Assistant Professor, Department of Economics, Central Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran
Narcissus Amin Rashti
Assistant Professor, Department of Economics, Central Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran

Abstract
Nowadays, production of economic production is one of the most important of policymaker's attentions. Address to this. It is necessary to merge the farmer's aims along policy makers as well as their necessities. Therefore, the current study attempted to investigate on optimum cropping pattern of agricultural crops in Kurdistan province respect to each county emphasizing on minimize virtual water. To follow research aim the necessary data were collected for the agricultural year 2015-6 using goal programming. The results showed that, the current cropping pattern does not has no comparative advantage and it has to experience significant change. In other words, the current cropping pattern willing must to change from mixed form to specialized one according to comparative advantage according to resource possibilities of each district. The range of change showed that, there are significant decrease and increase in some crops compare to current situation. The results showed that, irrigated wheat did not get permission to enter optimum model. In addition, the most of current crop due to low return as well as disadvantage of study area omitted in recommended pattern.
Key words: Virtual water, optimum cropping pattern, goal programming, Kurdistan province.