Semi-annual journal Environment Law
Second Year, Second Issue (Tome 4), Autumn & Winter 2017 (9-17)

دوفصلنامهٔ حقوق محیط زیست
سال دوم، شمارهٔ دو (پیاپی ۴)، پاییز و زمستان ۱۳۹۶ (۱۷-۹)

تأثیر سیاست‌های افزایش راندمان و قیمت در مدیریت منابع آب (مطالعهٔ موردی: شهرستان قاین)

آزاده انیس آهنگر[۱*]، حسین محمدزاده[۲]

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد
۲. دانشجوی دکتری دانشگاه فردوسی مشهد

تاریخ وصول: ۱۳۹۵/۱۲/۳؛ تاریخ پذیرش: ۹۶/۷/۲

Impact of Outcome Increasing Policies and the Cost on Water Resources Management (Case Study: Ghayen City)

Azade Anis Ahangar[1]*, Hossein Mohammadzade[2]

1. M. A. University Student
2. Ph. D. Student of Mashhad Ferdowsi University

Reciption: 24 May 2016; Acception: 17 December 2016

چکیده

بخش کشاورزی بزرگ‌ترین مصرف‌کنندهٔ آب در کشور است؛ لذا ارائهٔ شیوه‌های جامع مدیریت منابع آب و تدوین سیاست‌های صحیح در افزایش راندمان آب در این بخش، ضروری به نظر می‌رسد. هدف این پژوهش، بررسی تأثیر اعمال سناریوهای افزایش راندمان و قیمت آب بر الگوی کشت محصولات آبی شهرستان قاین با به‌کارگیری الگوی برنامه‌ریزی ریاضی مثبت است. داده‌های مورد استفاده با تکمیل ۱۴۰ پرسش‌نامه از میان بهره‌برداران زراعی شهرستان قاین در سال زراعی ۱۳۹۴ فراهم گردید. عکس‌العمل کشاورزان نمونه، تحت تأثیر سناریوهای مختلف افزایش راندمان (کاهش ۲۵، ۴۵ و ۷۵ درصدی استفاده از منابع آب) و سناریوهای افزایش در قیمت آب (افزایش ۵۰، ۷۰ و ۹۵ درصدی قیمت آب) با استفاده از کالیبراسیون تابع هزینهٔ درجهٔ دو مورد بررسی قرار گرفت؛ هر دو سیاست افزایش در قیمت آب و افزایش راندمان آبیاری تغییرات قابل توجهی در سطح زیر کشت محصولات آبی منطقه ایجاد کرده است. اعمال تمامی سناریوها سود کشاورزان مورد مطالعه را کاهش می‌دهد. اعمال سناریوی افزایش راندمان آبیاری سبب کاهش سطح زیر کشت محصولات آبی منطقه می‌گردد.

کلیدواژه‌ها: الگوی کشت، برنامه‌ریزی ریاضی مثبت، شهرستان قاین، مدیریت منابع آبی.

Abstract

The agricultural section is the largest consumer of water in the country. Therefore, providing comprehensive water resource management practices and formulating proper policies are essential to increase water efficiency in this section. This study is aimed to investigate the effect of the increasing efficiency and water pricing scenarios on the crop water pattern of Ghaen using a positive math planning model. Data were collected by completing 140 questionnaires among farmers in Ghaen in the 2015 cropping year. The sample farmers' reactions to the effects of different scenarios of outcome increasing (25, 45 and 75 percent reduction of water use) and the scenarios of increasing water prices (50, 70 and 95 percent increase in water prices) was studied using calibration of the cost function of degree two. Both the policy of increasing water prices and increasing irrigation outcomes have brought about significant changes in the crop area of the region. Applying all scenarios reduces the profits of the studied farmers. Applying the scenario of increasing irrigation outcome reduces the area under cultivation of crops in the city.

Keywords: Crop Patterns, Positive Mathematical Planning, City of Ghaen, Water Resource Management.

* نویسندهٔ مسئول: آزاده انیس آهنگر

* Corresponding Author: Azade Anis Ahangar (a.anisahangar@gmail.com)

مقدّمه

بحران آب از چالش‌های مهم زیست‌محیطی منطقهٔ خاورمیانه و از جمله ایران است. بخش کشاورزی در ایران مانند بیشتر کشـــورها، بزرگ‌ترین مصرف‌کنندهٔ آب اســـت. با گسترش کشـــاورزی آبی در بسیاری از مناطق و بروز خشک‌سالی در سال‌های اخیر، اقتصاد بخش کشـــاورزی با محدودیت‌های جدی روبه‌رو شده است. راهکار سال‌های گذشته برای چیره شـــدن بر این محدودیت‌ها، بیشـــتر تمرکز بر افزایش عرضهٔ آب بوده که خود سبب تخلیه آبخوان‌ها و سفره‌های آب‌های زیرزمینی شده است (جوان و فال‌سلیمان، ۱۳۸۷: ۱۳۸).

درزمینهٔ سیاســـت‌گذاری، امروزه تلاش‌های زیادی برای کاهش مصرف آب در بخش کشاورزی و بهبود تخصیص آن در بین فعالیت‌های مختلف صورت گرفته است. برای بهبود کارایی تخصیص آب، اقتصاددانان افزایش قیمت نهاده آب را پیشنهاد می‌کنند، ولی سیاســـت‌گذاران به دلایـــل اقتصادی، فرهنگی و سیاسی این پیشنهاد را رد می‌کنند (He et al, 2006). با افزایش جمعیت نیاز به آب سالم و قابل شرب افزایش می‌یابد؛ از سوی دیگر منابع آب‌های ســـطحی به دلیل آلودگی‌ها و تغییرات آب و هوایی در حال کاهش اســـت. در نتیجه نگاه‌ها به‌سوی منابع آب‌های زیرزمینی ســـوق یافته اســـت که در مناطق خشک و نیمه خشـــکی مانند ایران (بنا به آمارهای داده شـــده در فوق)، منابع حیاتی محسوب می‌شـــود. در طول دههٔ آخر قرن بیستم افزایش استحصال آب‌های زیر زمینی باعث افزایش بحران آب در مقیاس محلی، منطقه‌ای و جهانی شده است. استفاده از آب برای آبیاری مزارع، منابع آب را تحت تنش قرار داده و سرانجام منجر به کاهش منابع آبی در منطقه می‌شود. این رویداد مدیریت بهره‌برداری از منابع آب را روزبه‌روز پراهمیت‌تر می‌کند (منابع و ذخایر زیرزمینی، ۱۳۸۷). کمیابی منابع آبی و ناتوانی انسان در تولید آب، برخلاف دیگر نهاده‌ها، موجب شده است که فاصله بین عرضه و تقاضای آب به‌ویژه در دهه‌های اخیر به‌شدت زیاد شده و در بیشتر مناطق جهان کمبود عرضه به وجود آید (بخشی و همـــکاران، ۱۳۹۰: ۲۹۴). مدیریت ضعیف آبیاری در اغلب نقاط کشـــور، منجر به افزایش تقاضا برای این نهادهٔ حیاتی و هدر رفتن مقادیر قابل ملاحظه‌ای آن گردیده است (ترکمانی و شجری، ۱۳۸۷: ۴۰۱).

به‌طورکلی، مدیریت مطلوب تقاضا از طریق قیمت‌گذاری می‌تواند با تأمین قسمتی از نیازهای بخش مالی آب، موجبات تقویت نقش اقتصادی آب در توســـعه را فراهم کرده و ضمن اســـتفاده کاراتر، بهره‌وری نهاده‌های کشاورزی، از جمله آب را نیز بهبود بخشد. از این‌رو، قیمت‌گذاری آب به‌عنوان یک ابزار مناسب مدیریتی، جهت ایجاد سازگاری بین فعالیت‌های عملی و واقعی بهره‌برداران از آب و خدمات وابســـته به آن با اهداف و استراتژی‌های توسعهٔ ملی مطرح است (احسان و همکاران، ۱۳۸۹: ۲۴۵). طی ســـال‌های اخیر محققین متعددی با استفاده از تکنیک‌های برنامه‌ریزی ریاضی مســـائل مربوط به عرضه و تقاضای آب آبیاری و سیاســـت‌های تأثیرگـــذار بر آن را مورد بررسی قرار داده‌اند. در این راستا، یکی از ابزارهای توانمند در زمینهٔ بررسی سیاست‌های مربوط به بخش کشاورزی و مدیریت منابع آب، روش برنامه‌ریزی مثبت[1] (PMP) است.

محسنی و زیبایی، پیامدهای افزایش سطح زیر کشت کلزا در سطح مزارع نماینده دشت نمدان با استفاده از الگوی PMP به‌منظور غلبه بر خصیصهٔ تجویزی مدل‌های بهینه سازی ارتقاء یافته، مورد بررســـی قرار داده‌اند. بر اســـاس نتایج این مطالعه پیامدهای افزایش سطح زیر کشت کلزا عبارت است از کاهش ســـطح زیر کشت گندم و لوبیا و افزایش درآمد انتظاری مزارع نمونه (محســـنی و زیبایی، ۱۳۸۸: ۷۳۳). صبوحی و مجرد در مطالعه‌ای به بررسی کاربرد نظریه بازی‌ها در مدیریت منابع آب زیرزمینی حوزهٔ آبریز اترک در استان خراسان پرداختند. نتایج این مطالعه نشـــان داد زمانی که به اهداف محیطی و اقتصادی، وزن یکســـانی داده شود، بهترین سناریوی بهره‌برداری از منابع آب زیرزمینی بین ۶۴ تا ۱۱۷ میلیون مترمکعب در سال می‌باشد (صبوحی و مجرد، ۱۳۸۹: ۱). موســـوی و فرقانی در مطالعه‌ای به بررســـی ارزیابی سیاست‌های آب کشـــاورزی از منابع آب زیرزمینی در شهرستان اقلید با مدل برنامه‌ریزی ریاضی مثبت (PMP) پرداختند. نتایج نشـــان می‌دهد که با اتخاذ سیاست در سطح ۱۰ درصد کاهش در موجودی آب مصرفی و با دو برابر نمودن قیمت آب، الگوی کشت بهینه نسبت به حالت مبنا تغییر چندانی نمی‌کند (موســـوی و فرقانی، ۱۳۹۰: ۶۵). بخشـــی و همکاران، کاربرد مدل برنامه‌ریزی ریاضی مثبت به‌منظور تحلیل اثرات سیاست‌های جایگزین قیمت‌گذاری آب در دشت مشهد پرداختند. نتایج نشان داد که سیاست قیمت‌گذاری آب و مالیات بر محصول در مقایسه با سیاست مالیات بر نهادهٔ مکمل، مؤثرتر و مناسب‌تر می‌باشند (بخشی و همکاران، ۱۳۹۰: ۲۸۴). نیکوئی و نجفی با استفاده از روش PMP به شبیه‌سازی بازار آب برای تحلیل جنبه‌های اقتصادی و رفاهی متأثر از کاربرد آن پرداخته اســـت (نیکوئی و نجفی، ۱۳۹۰: ۵۱). پرهیزکاری و همکاران

1. Positive Mathematical Programming

در پژوهشی برای شبیه‌سازی رفتار کشاورزان شهرستان زابل، نسبت به سیاست‌های قیمت‌گذاری و سهمیه‌بندی آب آبیاری از مجموعه مدل‌های PMP و SWAP[2] استفاده کردند. نتایج نشان داد اعمال سیاست‌های فوق منجر به کاهش مجموع سطح زیر کشت محصولات زراعی و کاهش میزان آب مصرفی می‌شود (پرهیزکاری و همکاران، ۱۳۹۳: ۱۶۷). آق و همکاران نیز، در مطالعه‌ای از PMP برای بررسی اثرات سیاست کاهش کود و آب بر الگوی کشت محصولات زراعی در زیر بخش زراعت شهرستان بهشهر استفاده کردند. نتایج نشان داد در سیاست کاهش کود به میزان ۴۹ درصد سطح زیر کشت تمام محصولات زراعی کاهش می‌یابد و در سیاست کاهش مقدار آب به میزان ۱۳ درصد، سطح زیر کشت محصولات آبی تغییری نمی‌یابد (آق و همکاران، ۱۳۹۴: ۲۴۷). مظفری، در مطالعه‌ای برای ارزیابی اثرات سیاست قیمت‌گذاری آب آبیاری بر مدیریت تقاضای آب از برنامه‌ریزی مثبت و رهیافت حداکثر آنتروپی استفاده کرد. نتایج نشان داد افزایش قیمت آب آبیاری منجر به کاهش سطح زیر کشت گندم آبی، یونجه، گوجه‌فرنگی و آفتابگردان و افزایش سطح زیر کشت جو آبی و هندوانه در الگوی کشت منطقه می‌شود (مظفری، ۱۳۹۵: ۴۷).

آزوارا و همکاران با استفاده از روش برنامه‌ریزی ریاضی مثبت به بررسی ارزش اقتصادی آب تحت شرایط مختلف پرداختند و نشان دادند که ارزش اقتصادی آب در سطوح مزرعه و سطوح به هم پیوسته (تجمعی) نسبتاً مشابه است اما تغییرپذیری و تأثیرات توزیع هر سناریو توسط تجمعی بودن تحت تأثیر واقع شده است (Azuara et al, 2009). کورتیگنانی و سورینی، با استفاده از روش برنامه‌ریزی ریاضی مثبت، اثر سیاست‌های افزایش هزینه‌های آب، کاهش مقدار آب و تغییر قیمت محصول بر پذیرش تکنیک‌های کم آبیاری را در ناحیه‌ای از مدیترانه به کار بستند. نتایج نشان داد که افزایش هزینه‌های آب بر خلاف دو سیاست دیگر، در این زمینه تأثیر ندارد (Cortignani and Severini, 2009). در پژوهشی دیگر هاویت و همکاران به‌منظور واسنجی مدل‌های اقتصادی و تحلیل سیاست‌های کاربردی در زمینهٔ مدیریت منابع آب در کالیفرنیا، از مدل برنامه‌ریزی مثبت (PMP) و تابع تولید باکشش جانشینی ثابت[3] (CES) استفاده کردند. نتایج نشان داد که انعطاف بیشتر بازار آب هم‌زمان با به‌کارگیری سیاست‌های قیمت‌گذاری آب آبیاری می‌تواند زیان‌های درآمدی حاصل از خشک‌سالی را تا ۳۰ درصد کاهش دهد (Howitt et al, 2012). لاله‌زاری و همکاران در مطالعه‌ای به‌منظور تخصیص منابع آب‌های سطحی و زیرزمینی جهت پایداری برنامه‌های آبیاری و تدوین الگوی کشت تحت شرایط کم‌آبی در استان خوزستان از روش برنامه‌ریزی چند هدفه استفاده کردند. نتایج به‌دست‌آمده از مدل پیشنهادی حاکی از نامناسب بودن به‌کارگیری تکنیک کم‌آبیاری طی دوره میانی رشد محصولات صیفی خربزه و گوجه‌فرنگی بود (Lalehzari 2015 ،). از دیگر تحقیقات می‌توان به مطالعهٔ داپلر و همکاران (Doppler et al, 2002)، فریجا و همکاران (Frija et al, 2011) و هی و همکاران (He et al, 2012) نام برد.

در این مطالعه تلاش شده است به تحلیل اثرات سیاست افزایش راندمان و قیمت آب در مدیریت بهره‌برداری از منابع آب‌های سطحی و زیرزمینی شهرستان قاین با رهیافت برنامه‌ریزی ریاضی مثبت (PMP)، با استفاده از نرم‌افزار GAMS پرداخته شود. شهرستان قاین در استان خراسان جنوبی، دارای تنوع آب‌وهوایی بسیاری بوده و این تنوع آب و هوایی زمینهٔ کاشت ۳۷ محصول را در این شهرستان فراهم کرده است. محصولات آبی شهرستان شامل سبزی، صیفی‌جات، سیب‌زمینی، پیاز، گوجه، ذرت علوفه‌ای، خربزه، چغندر، خیار، لوبیا، پیاز، آفتاب‌گردان، گندم و جو است. سطح زیر کشت سبزی و صیفی‌جات در این شهرستان ۷۶۰ هکتار و تولید سالانهٔ آن ۶۸۳۵ تن است و نیز سطح زیر کشت گندم و جو آبی منطقه معادل ۱۳ هزار هکتار می‌باشد. در سال ۱۳۹۴ میزان تولید گندم از این مقدار سطح زیر کشت ۲۶۸۸۰ تن و میزان تولید جو ۱۰۸۵۰ تن بوده است. سطح زیر کشت گندم دیم در این شهرستان حدود یک چهارم گندم آبی و جو دیم حدود یک پنجم جوی آبی می‌باشد که در سال‌های اخیر به دلیل کاهش چشمگیر نزولات جوی، در مورد این محصولات دیم، تولیدی وجود نداشته است. با توجه به وضعیت بحرانی آب در این شهرستان و همچنین افت یک متری سالیانه سطح آب‌های زیرزمینی به دلیل خشک‌سالی‌های پی در پی و استفاده بیش از حد مجاز از منابع آبی منطقه، لزوم توجه به مدیریت صحیح منابع آب، ضروری به نظر می‌رسد.

مواد و روش‌ها

امروزه مدل‌های PMP به‌منظور فائق آمدن بر معایب روش NMP (برنامه‌ریزی ریاضی هنجاری) گسترش یافته‌اند. با توجه به اینکه در روش NMP تفاوت فاحشی بین نتایج مدل و سطح

2. State Wide Agricultural Production
3. Constant Elasticity of Substitution

موجود فعالیت‌ها وجود دارد، تحلیل سیاست بر اساس این مدل‌ها در حالت کلی قابل قبول نیست؛ اغلب برای اطمینان از اینکه سطوح فعالیت محاسبه شده برابر با سطوح مشاهده‌شده در سال پایه باشد، مدل‌های برنامه‌ریزی، کالیبره می‌شود. به‌طور سنتی این کار از طریق اضافه کردن محدودیت‌های تناوبی یا محدودیت مربوط به فعالیت‌های تولیدی یا از طریق کاربرد یک تابع هدف درجه دوم انجام شده است. برخلاف مدل‌های NMP در مدل‌های PMP بعضی از پارامترها تعدیل می‌شوند تا قادر به بازتولید[۴] دقیق وضعیت پایه باشند. با توجه به اینکه این مدل‌ها قادر به بازتولید داده‌های مشاهده‌شده می‌باشند، این روش برنامه‌ریزی ریاضی مثبت (قطعی) نامیده می‌شود. ایده اصلی PMP این است که اطلاعات مربوط به هزینهٔ فرصت هر فعالیت را برای مشخص کردن یک تابع هدف غیرخطی به نحوی به کار ببرد که سطوح مشاهده‌شده فعالیت‌ها بدون کاربرد محدودیت‌های انعطاف‌ناپذیر، بازتولید شود. در این روش محدودیت‌های کالیبراسیون فقط برای محاسبهٔ دو پارامتر تابع هزینه، به کار می‌رود که این پارامترها بعداً جزء غیرخطی هزینه در تابع هدف را تشکیل می‌دهند.

روش PMP به‌عنوان رایج‌ترین روش کاربردی برای کالیبراسیون یک مدل MP طی سه مرحله انجام می‌شود: (۱) تصریح مدل برنامه‌ریزی خطی (LP) با در نظر گرفتن محدودیت‌های کالیبراسیون؛ (۲) تخمین تابع هزینه غیرخطی؛ (۳) تصریح مدل کالیبره شده و کاربرد آن به‌منظور تحلیل سیاست‌ها (Howitt, 1988).

در گام نخست محدودیت‌های کالیبراسیون که سطح فعالیت‌ها را به سطوح مشاهده شده دورهٔ پایه مقید می‌کند، به مجموعه محدودیت‌های منابع یک مدل برنامه‌ریزی خطی اضافه می‌شود. با فرض حداکثرسازی بازده برنامه‌ای، مدل اولیه به‌صورت زیر تصریح می‌گردد:

$$\text{Maximize } Z = p'x - c'x$$

$$\text{Subject to: } Ax \le b \quad [\lambda] \quad (1)$$

$$x \le x_0 + \varepsilon \quad [\rho]$$

$$x \ge 0$$

که در آن:

Z: ارزش تابع هدف، P = بردار (n×1) قیمت‌های محصول، x: بردار (n×1) غیرمنفی از سطوح فعالیت‌های تولیدی، c: بردار (n×1) از هزینهٔ هر واحد از فعالیت، A: ماتریس (m×n) ضرایب فنی در محدودیت‌های منابع، b: بردار (m×1) مقادیر منابع در دسترس، x_0: بردار (n×1) غیرمنفی از سطوح مشاهده شده فعالیت‌های تولیدی، ε: بردار (n×1) از اعداد مثبت کوچک برای جلوگیری از وابستگی خطی بین محدودیت‌های ساختاری و محدودیت‌های کالیبراسیون، λ: بردار (m×1) از متغیرهای دوگان مربوط به محدودیت‌های منابع، ρ: بردار (n×1) از متغیرهای دوگان مربوط به محدودیت‌های کالیبراسیون (Paris & Howitt, 1998) و (Howitt, 1995).

(Paris & Howitt, 1998) و (Howitt, 1995) و (Heckelei, 2000) با حل مدل فوق، مقادیر دوگان مربوط به محدودیت‌های مذکور که بیانگر قیمت سایه‌ای محصولات تولید شده می‌باشند، محاسبه می‌شوند. بردار مقادیر دوگان مرتبط با محدودیت‌های کالیبراسیون را به‌عنوان نماینده‌ای از هر نوع خطای تصریح مدل، خطای داده‌ها، خطای هم‌جمعی‌سازی، رفتار ریسکی و انتظارات قیمت تفسیر کرده‌اند.

در گام دوم روش PMP، مقادیر دوگان به دست آمده در مرحلهٔ اول برای تخمین پارامترهای تابع هدف غیرخطی مورد استفاده قرار می‌گیرد. در اغلب مطالعات انجام یافته و در این تحقیق با استفاده از روش PMP یک تابع هزینهٔ متغیر چند محصولی دارای شکل تابعی درجهٔ دوم به‌صورت زیر استفاده می‌شود[۵] (قیمت نهاده‌های متغیر در سطح قیمت بازار ثابت در نظر گرفته می‌شود):

$$c^v(x) = d'x + x'Qx/2 \quad (۲)$$

d = بردار (n×1) از پارامترهای جزء خطی تابع هزینه، Q: ماتریس مثبت، نیمه معین و متقارن با ابعاد (n×n) از پارامترهای جزء درجهٔ دوم تابع هزینه.

اغلب به دلیل آسانی محاسبه و فقدان دلایل قوی برای انتخاب توابع دیگر، از تابع هزینهٔ متغیر درجهٔ دوم در تابع هدف استفاده می‌شود. با توجه به خصوصیات مطلوب، تابع هزینهٔ درجه دوم همچون تابع هزینهٔ نهایی صعودی برای هر فعالیت و ساده‌تر بودن کار با این توابع، این فرم تابع نسبت به سایر فرم‌ها ترجیح داده می‌شود (Cortignani &

۴. منظور از بازتولید این است که سطح بهینهٔ فعالیت‌های به دست آمده از مدل کالیبره شده، دقیقاً همان مقادیر مشاهده شده در وضعیت پایه می‌باشد.

۵. لازم به ذکر است که در برخی از مطالعات از سایر اشکال تابعی همانند تابع هزینه متغیر لئونتیف تعمیم یافته و تابع تولید با کشش جانشینی ثابت و تابع تولید درجه دوم استفاده شده است.

(Severini, 2009). همان‌گونه که قبلاً ذکر شد، بردار هزینهٔ نهایی (MC^v) مربوط به تابع هزینه فوق برابر با مجموع بردار هزینه c و بردار هزینهٔ نهایی تفاضلی می‌باشد:

$$MC^v = \nabla C^v(x)'_{x0} = d + Qx_0 = c + \rho \quad (۳)$$

که

$\nabla C^v(x)$

بردار گرادیان (n×1) از مشتقات مرتبهٔ اول $C^v(x)$ برای $X = X_0$ می‌باشد. جهت حل دستگاه فوق که شامل n معادله با $[n + n(n + 1)/2]$ پارامتر است و همچنین به‌منظور فائق آمدن بر مشکل، کمتر از حد معین بودن دستگاه معادلات، از راه‌حل‌های گوناگونی استفاده می‌شود.

در گام سوم روش PMP، تابع هزینه غیرخطی برآورد شده در مرحله قبل، در تابع هدف مسئله مورد بررسی قرار داده شده است و در یک مسئلهٔ برنامه‌ریزی غیرخطی شبیه به مسئلهٔ اولیه به‌استثناء محدودیت‌های کالیبراسیون ولی همراه با سایر محدودیت‌های سیستمی مورد استفاده قرار می‌گیرد:

$$\text{Maximize } Z = p'x - \hat{d}'x - x'\hat{Q}\,x/2$$

$$\text{Subject to: } Ax \leq b \quad [\lambda] \quad (4)$$

$$x \geq 0$$

در اینجا بردار $\hat{d}$ و ماتریس $\hat{Q}$ پارامترهای کالیبره‌شده تابع هدف غیرخطی را نشان می‌دهند. اکنون مدل غیرخطی کالیبره‌شده فوق به‌طور صحیح، سطوح فعالیت‌های مشاهده شده در وضعیت پایه و مقادیر دوگان محدودیت‌های منابع را باز تولید می‌کند و جهت شبیه‌سازی تغییرات در پارامترهای مطلوب آماده می‌باشد.

به‌منظور تعیین حجم نمونه مورد نیاز پس از تکمیل پیش پرسش‌نامه از روش نمونه‌گیری تصادفی ساده با استفاده از فرمول کوکران به‌صورت زیر استفاده شد.

$$\begin{cases} n_0 = z^2S^2 / d^2 \\ n = n_0 / (1 + n_0/N) \end{cases}$$

با توجه به حجم جامعهٔ آماری بهره‌برداران کشاورزی شهرستان قاین و کران خطای ۵ درصد و واریانس ۳/۸۴ برای متغیر هدف (سطح زیر کشت)، حجم نمونهٔ آماری تعداد ۱۴۰ پرسش‌نامه تعیین شد.

یافته‌ها

جدول ۱ ویژگی‌های جامعهٔ آماری بهره‌برداران نمونه را نشان می‌دهد. اکثر کشاورزان به کشت محصولات گندم، جو و اقلیتشان به کشت محصولات خیار و ذرت علوفه‌ای پرداخته‌اند.

جدول ۱. ویژگی‌های جامعهٔ آماری کشاورزان مورد مطالعه

نام محصول	تعداد بهره‌بردار (نفر)	مجموع سطح زیر کشت (هکتار)	حداقل سطح زیر کشت (هکتار)	حداکثر سطح زیر کشت (هکتار)
گندم	۸۵	۳۹۰	۰/۵	۹/۲
جو	۷۸	۱۹۰	۰/۵	۶/۵
چغندرقند	۳۰	۱۳۵	۰/۲	۶/۵
خیار	۱۶	۲۱	۰/۲	۲
سیب‌زمینی	۳۵	۱۰۸	۰/۵	۴/۵
سبزیجات	۲۶	۲۷	۰/۱	۱/۵
گوجه‌فرنگی	۵۲	۷۶	۰/۱	۲
خربزه	۶۰	۴۰	۰/۲	۱/۵
لوبیا	۳۰	۳۶	۰/۳	۱/۵
پیاز	۲۸	۲۳	۰/۴	۲
آفتاب‌گردان	۳۹	۴۲	۰/۲	۲/۵
ذرت علوفه‌ای	۱۷	۳۹	۰/۱	۳

مأخذ: یافته‌های تحقیق

جدول ۲. هزینهٔ تولید، درآمد و سود خالص در هکتار محصولات منتخب کشاورزی

نام محصول	هزینه تولید (هزار تومان)	درآمد (هزار تومان)	سود خالص (هزار تومان)
گندم	۱۱۵۴/۸۷۲	۱۹۰۰	۷۴۵/۱۲۸
جو	۱۰۷۵/۲	۱۸۳۴	۷۵۸/۸
چغندرقند	۲۸۵۴	۳۱۰۰	۲۴۶
خیار	۲۸۱۲/۰۲۱	۶۷۰۰	۳۸۸۷/۹۷۹
سیب‌زمینی	۲۲۷۶/۵۹۹	۶۳۵۰	۴۰۷۳/۴۰۱
سبزیجات	۱۰۶۵/۲۲۱	۱۷۰۰	۶۳۴/۷۷۹
گوجه‌فرنگی	۲۲۸۳/۳۷۱	۵۷۰۰	۳۴۱۶/۶۲۹
خربزه	۱۷۸۹/۷۳۳	۲۷۵۰	۹۶۰/۲۶۷
لوبیا	۱۹۶۷/۶	۴۲۶۰	۲۲۹۲/۴
پیاز	۱۲۲۴/۳۳	۲۱۸۰	۹۰۳۴/۳۳
آفتاب‌گردان	۱۳۰۵/۳۱۴	۲۶۵۲/۱	۱۳۴۶/۷۸۷
ذرت علوفه‌ای	۲۳۵۴/۳۷۸	۱۷۵۰۰	۱۵۱۴۵/۶۲۲

مأخذ: یافته‌های تحقیق

بیشترین سطح زیر کشت به محصول گندم و کم‌ترین سطح زیر کشت به محصول خیار اختصاص دارد.

جدول ۲ ویژگی‌های اقتصادی کشاورزان مورد مطالعه را نشـــان می‌دهـــد. در بین محصولات منتخـــب در الگوی کشت کشاورزان ذرت علوفه‌ای بیشترین سود و چغندر قند کمترین سود را برای کشاورزان دارد.

در این قســـمت به بررســـی نتایج رهیافت برنامه‌ریزی ریاضی مثبت در کشـــاورزان مورد مطالعه پرداخته می‌شود. همان‌طور که نتایج جدول ۳ نشـــان می‌دهد، الگوی PMP مقادیر ســـال پایه را مجدداً باز تولید می‌کند؛ این در حالی اســـت که با اســـتفاده از الگوی برنامه‌ریزی خطی، تنها دو محصول جو و پیاز در الگوی کشـــت وارد شده‌اند و مابقی محصولات از الگوی کشت حذف شده‌اند. همچنین با توجه به درصد تغییرات نشان داده شده در جدول ۳، می‌توان این

جدول ۳. نتایج برنامه‌ریزی ریاضی مثبت در کشاورزان مورد مطالعه

فعالیت	الگوی کشت در منطقه (هکتار)	الگوی PMP (هکتار)	درصد تغییرات	الگوی برنامه‌ریزی خطی (هکتار)
گندم	۳/۴۵۰	۳/۴۵۶	۰/۰۶	۰
جو	۲/۵۴۸۰	۲/۵۴۸۹	۰/۰۹	۲/۰۸
چغندر	۱/۹۷	۱/۹۷	۰	۰
سیب‌زمینی	۱/۰۲۳	۱/۰۲۵	۰/۳	۰
گوجه‌فرنگی	۱/۲۵۷	۱/۲۶۰		۰
خربزه	۰/۵۴۸	۰/۵۴۸	۰	۰
لوبیا	۱/۱۹	۱/۱۹	۰	۰
پیاز	۰/۹۱	۰/۹۳	۲	۱/۱۵
آفتاب‌گردان	۰/۶۵	۰/۶۳	-۲	۰
آیش	۰/۴۵	۰/۴۵	۰	۰/۵

مأخذ: یافته‌های تحقیق

جدول ۴. نتایج سناریوهای سه‌گانهٔ افزایش راندمان آبی (کاهش منابع آب مصرفی)

فعالیت	الگوی PMP (هکتار)	(کاهش ۲۵٪)	(کاهش ۴۵٪)	(کاهش ۷۵٪)
گندم	۳/۴۵۰	۳/۴۵۰	۳/۸۴	۰
جو	۲/۵۴۸۰	۲/۵۱	۲/۱۸	۰
چغندر قند	۱/۹۷	۱/۹۰	۰	۰
سیب زمینی	۱/۰۲۳	۱/۰۱	۰	۰
گوجه فرنگی	۱/۲۵۷	۰/۵۵	۰	۰
خربزه	۰/۵۴۸	۰/۵۳	۰/۵۱	۰/۵۰
لوبیا	۱/۱۹	۰	۰	۰
پیاز	۰/۹۱	۰/۵۹	۰/۸۸	۰
آفتاب‌گردان	۰/۶۵	۰/۶۶	۰	۰
سود ناخالص	۳۴۵۷۵۰۰۰	۲۱۲۷۵۰۰۰	۱۹۰۰۰۰۰۰	۱۷۸۵۰۰۰۰

مأخذ: یافته‌های تحقیق

طور بیان کرد که کالیبراسیون توسط تابع هزینهٔ درجه دو به‌خوبی صورت گرفته است.

مطالعات متعددی نقش افزایش راندمان آبیاری بر افزایش سطح آب‌های زیرزمینی را نشان می‌دهد. با توجه به تحقیقات به‌عمل‌آمده در جهاد کشاورزی استان خراسان جنوبی، افزایش راندمان آبیاری در مورد محصولات آبی منطقه که در این پژوهش نیز مورد بررسی قرار گرفت، سبب کاهش ۲۵ تا ۷۵ درصدی مصرف آب کشاورزی در منطقه خواهد شد؛ لذا در این قسمت به بررسی تغییرات الگوی کشت تحت سناریوهای کاهش در منابع آب پرداخته شده است. برای این منظور منابع آب در دسترس با بیشترین تغییرات در الگوی کشت، در هر سناریو به میزان ۵ درصد کاهش داده شد و نتایج بررسی نشان داد که سناریوهای ۲۵٪، ۴۵٪ و ۷۵٪ کاهش در منابع آب به‌عنوان بهترین سناریوهای انتخاب شد. نتایج الگو در جدول ۴ نشان داده شده است.

همان‌طور که در جدول ۴ مشاهده می‌شود، در سناریوی اول، گندم (۳/۴۵ هکتار) بیشترین سطح زیر کشت و خربزه (۰/۵۰ هکتار) کمترین سطح زیر کشت را به خود اختصاص داده‌اند؛ همچنین در این سناریو، لوبیا از الگوی کشت حذف شده است. در سناریوی دوم (کاهش ۴۵ درصدی در منابع آب) همانند سناریوی اول بیشترین سطح زیر کشت به گندم (۳/۸۴ هکتار) و کمترین سطح زیر کشت به خربزه اختصاص دارد و علاوه بر لوبیا، چغندرقند، سیب‌زمینی، گوجه‌فرنگی، خربزه و آفتاب‌گردان نیز از الگوی کشت حذف شده است. در سناریوی سوم (کاهش ۷۵ درصدی در منابع آب) نسبت به دو سناریوی قبلی بیشترین

جدول ۵. نتایج سناریوهای سه‌گانهٔ افزایش در قیمت آب

فعالیت	الگوی PMP(هکتار)	(افزایش ۵۰٪)	(افزایش ۷۰٪)	(افزایش ۹۵٪)
گندم	۳/۴۵۰	۳/۳۰	۳/۰۱	۲/۹۸
جو	۲/۵۴۸۰	۲/۳۰	۳/۱۲	۲/۱۰
چغندر قند	۱/۹۷	۱/۱۱	۰.	۰
سیب زمینی	۱/۰۲۳	۱/۰۱	۰	۰
گوجه فرنگی	۱/۲۵۷	۱/۱۱	۰/۸۷	۰
خربزه	۰/۵۴۸	۰/۴۵۰	۰/۴۱۰	۰
لوبیا	۱/۱۹	۰/۹۸	۰	۰
پیاز	۰/۹۱	۰/۸۸	۰	۰
آفتاب‌گردان	۰/۶۵	۰	۰	۰
سود ناخالص	۹۷۰۲۱۲۱	۳۵۰۰۰۰۰	۳۷۵۷۸۰۰	۳۴۷۰۰۴۵

مأخذ: یافته‌های تحقیق

تغییرات را در الگوی کشت خواهیم داشت و گندم که بیشترین سطح زیر کشت را در دو سناریوی قبلی به خود اختصاص داده بود، در این سناریو از الگوی کشت حذف شده و بیشترین سطح زیر کشت در این حالت اختصاص به خربزه (۰/۵۰ هکتار) دارد. در این سناریوها سود خالص مزرعه همواره کاهش یافته است.

جدول ۵ نتایج سناریوهای افزایش قیمت آب، در بهره‌برداران کشاورزی نمونه را مورد بررسی قرار می‌دهد، همچون سناریوهای قسمت قبل، سناریوهای مختلف را با افزایش‌های ۵ درصدی در قیمت آب مورد بررسی و سناریوهایی که الگوی کشت را بیشتر تحت تأثیر قرار می‌دهد انتخاب و مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. پس از بررسی‌های صورت گرفته، سناریوهای ۵۰، ۷۰ و ۹۵ درصد افزایش در قیمت آب به‌عنوان سناریوهای برتر انتخاب شد.

همان‌طور که در جدول ۵ مشاهده می‌شود، با افزایش ۵۰ درصدی قیمت آب، آفتاب‌گردان از الگوی کشت حذف و سطح زیر کشت سایر محصولات کاهش یافته است. در سناریوی دوم (افزایش ۷۰ درصدی در قیمت آب)، تنها سطح زیر کشت جو افزایش یافته است و سطح زیر کشت گندم، گوجه‌فرنگی، خربزه و پیاز کاهش و چغندرقند، سیب‌زمینی، لوبیا، پیاز و آفتاب‌گردان از الگوی کشت حذف شده‌اند. در سناریو ۹۵ درصدی افزایش قیمت آب، گوجه‌فرنگی و خربزه نیز از الگوی کشت حذف شده است و همچنین در این سناریوها سود خالص مزرعه همواره کاهش یافته است و در تمامی این سناریوها ارزش اقتصادی آب صفر می‌باشد.

بحث و نتیجه‌گیری

در این پژوهش به بررسی مدیریت کارآمد منابع آب‌های سطحی و زیرزمینی شهرستان قاین با استفاده از الگوی برنامه‌ریزی ریاضی مثبت پرداخته شد. بدین منظور ابتدا نتایج را با الگوی LP بررسی نموده و سپس به دلیل ناقص بودن این الگوی برنامه‌ریزی ریاضی از مدل PMP بهره گرفته شد؛ سپس دو سیاست افزایش راندمان و افزایش قیمت را تحت تأثیر سه سناریو و با استفاده از کالیبراسیون تابع هزینهٔ درجه دوم که بیشترین تغییرات را در الگوی کشت ایجاد می‌کردند، مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. در حالت کلی با افزایش راندمان الگوی کشت به سمت محصولات با سودهی بیشتر مثل ذرت، گوجه و پیاز و نیز محصولاتی با نیاز آبی کمتر مثل گندم و جو پیش می‌رود. در کالیبره کردن تابع هزینه درجهٔ دوم هر سه سناریوی کاهش در مصرف منابع آب نسبت به سناریوهای افزایش قیمت آب تأثیر کمی بر سود ناخالص بهره‌برداران دارد. اعمال دو سیاست افزایش در قیمت آب و افزایش راندمان آبیاری سبب ایجاد تغییرات محسوسی در سطح زیر کشت منطقه شد. با کالیبره کردن تابع هزینه درجهٔ دوم، بهتر است سناریوی افزایش راندمان آب مصرفی لحاظ شود؛ زیرا که در مجموع، سود ناخالص بیشتری به همراه دارد. اعمال هر دو سیاست افزایش در قیمت آب و افزایش راندمان آبیاری سبب ایجاد تغییرات قابل توجهی در سطح زیر کشت محصولات آبی منطقه می‌شود. اعمال سناریوی کاهش منابع (افزایش راندمان آب) با استفاده از کالیبره کردن تابع مدنظر باعث کاهش سطح زیر کشت محصولات آبی منطقه می‌شود.

در صورت وضع قیمت‌های مناسب به ازای مقادیر مختلف آب موجود در دسترس می‌توان در آینده‌ای نزدیک نسبت به ایجاد بازار آب در منطقه تلاش کرد که باعث رونق بیشتر کشاورزی در منطقه خواهد شد. از آنجایی که سناریوهای مبتنی بر کاهش منابع آب به دلیل تغییرات اندکی که در سود بهره‌بردار نسبت به سناریوی افزایش قیمت آب ایجاد می‌کنند به‌عنوان سناریوهای برتر در این تحقیق انتخاب شدند؛ بنابراین برای رسیدن به این هدف استفاده از روش‌های نوین آبیاری همچون آبیاری تحت فشار که باعث صرفه جویی در منابع آب، افزایش راندمان و در نهایت کاهش منابع آب در دسترس می‌شود پیشنهاد می‌گردد.

منابع

آق، ملیحه؛ جولایی، رامتین؛ کرامت زاده، علی؛ شیرانی بیدآبادی، فرهاد (۱۳۹۴). «تعیین الگوی کشت محصولات زراعی با تأکید بر سیاست کاهش مصرف کود و آب در استان مازندران (مطالعهٔ موردی: شهرستان بهشهر)». نشریهٔ مدیریت خاک و تولید پایدار. شمارهٔ ۳. صص ۲۵۹-۲۴۷.

احسان، مهدی؛ دشتی، قادر؛ حیاتی، باب الله؛ قهرمان زاده، محمد (۱۳۸۹). «برآورد ارزش اقتصادی آب شبکهٔ آبیاری دشت قزوین: کاربرد رهیافت دوگان». نشریهٔ اقتصاد و توسعهٔ کشاورزی (علوم و صنایع کشاورزی). شمارهٔ ۲. صص ۲۴۵-۲۳۷.

بخشی، علی؛ مقدسی، رضا؛ دانشور کاخکی، محمود (۱۳۹۰). «کاربرد مدل برنامه‌ریزی ریاضی مثبت به‌منظور تحلیل اثرات سیاست‌های جایگزین قیمت‌گذاری آب در دشت مشهد». نشریهٔ اقتصاد و توسعه کشاورزی (علوم و صنایع کشاورزی). شمارهٔ ۳. صص ۲۹۴- ۲۸۴.

پرهیزکاری، ابوذر؛ صبوحی، محمود؛ احمد پور، محمود؛ بدیع به رزین، حسین (۱۳۹۳). «شبیه‌سازی واکنش کشاورزان به سیاست‌های

قیمت‌گذاری و سهمیه‌بندی آب آبیاری (مطالعه موردی: شهرستان زابل)». نشریهٔ اقتصاد و توسعهٔ کشاورزی، شمارهٔ ۲، صص ۱۷۶-۱۶۷.

ترکمانی، جواد؛ شجری، شاهرخ (۱۳۸۷). «مدیریت تقاضای آب آبیاری: کاربرد مطلوبیت چندمعیاری». مجلهٔ علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی. شمارهٔ ۴۴. صص ۴۰۱-۳۸۷.

جوان، جعفر؛ فال سلیمان، محمود (۱۳۸۷)، «بحران آب و لزوم توجه به بهره‌وری آب کشاورزی در نواحی خشک: مطالعهٔ موردی دشت بیرجند». مجلهٔ جغرافیا و توسعه. شمارهٔ ۱۱. صص ۱۳۸- ۱۱۵.

صبوحی، محمود؛ مجرد، عصمت (۱۳۸۹). «کاربرد نظریه بازی‌ها در مدیریت حوزه آبریز اترک». مجلهٔ اقتصاد و توسعه کشاورزی. شمارهٔ ۱. صص ۱۲- ۱.

منابع و ذخایر زیرزمینی (۱۳۸۷). پایگاه ملی داده‌های علوم زمین.

محسنی، ابوالفضل؛ زیبایی، منصور (۱۳۸۸). «تحلیل پیامدهای افزایش سطح زیر کشت کلزا در دشت نمدان استان فارس: کاربرد مدل برنامه‌ریزی ریاضی مثبت». مجلهٔ علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی. شمارهٔ ۴۷. صص ۷۸۴- ۷۳۳.

مظفری، محمد مهدی (۱۳۹۵). «مدیریت تقاضای آب آبیاری در دشت اردلان با تأکید بر سیاست قیمت‌گذاری». نشریهٔ حفاظت منابع آب و خاک. شماره ۴. صص ۶۸-۴۷.

موسوی، سید نعمت‌اله؛ فرقانی، فریبا (۱۳۹۰). «ارزیابی سیاست‌های آب کشاورزی از منابع آب زیرزمینی مدل برنامه‌ریزی ریاضی مثبت (مطالعهٔ موردی شهرستان اقلید)». فصلنامهٔ پژوهش‌های اقتصادی. شمارهٔ ۴. صص ۸۲-۶۵.

نیکوئی، علی‌رضا؛ نجفی، بهاءالدین (۱۳۹۰). «آثار رفاهی برقراری بازار آب کشاورزی در ایران (مطالعهٔ موردی شبکه‌های آبیاری اصفهان)». مجلهٔ اقتصاد کشاورزی و توسعه. شمارهٔ ۷۶. صص ۸۲-۵۱.

وطن دوست، علی‌رضا؛ شرفی، مرجان (۱۳۸۶). آمار در پژوهش‌های کاربردی. تهران: انتشارات استاد.

Azuara, Josué Medellín., Harou, Julien J., and Howitt, Richard E (2009). "Estimating economic value of agricultural water under changing conditions and the effects of spatial aggregation". *Science of the Total Environme.*, 1-10.

Cortignani, R., and Severini, S. (2009)."Modeling farm-level adoption of deficit irrigation using Positive Mathematical Programming", *Agricultural Water Management*. 96: 1785-1791.

Doppler, W., Salman, Amer Z., Al-Karablieh, Emad. K. Al-Karablieh and Wolff, Heinz-Pete (2002). "The impact water price strategies on the allocation of irrigation water: the case of the Jordan Valley". *Agriculture Water Management*. 55: 171-182.

Frija, A. Wossink, A., Buysse, J., Speelman, S. and Van Huylenbroeck, G. (2011). "Irrigation pricing policies and its impact on agricultural inputs demand in Tunisia: ADE A-Dased methodology". *Journal of Environmental Management*. 92: 2109-2118.

He, L., Tyner, Wallace.E., Doukkali, R. and Siam, G. (2006). "Policy options to improve water allocation efficiency: analysis on Egypt and Morocco". *Water International*. 31(2): 320–337.

He, L., Horbulyk, Theodore M., Kamar A., Md.; Le Roy, Danny G., and Klein, K. K. (2012). "Proportional water sharing vs. seniority-based allocation in the Bow River basin of Southern Alberta". *Journal of Agricultural Water Management.* 104. 104: 21- 31.

Heckelei, T. and Britz, W. (2000). "Positive mathematical programming with multiple data points: a cross-sectional estimation procedure". *Cahiers d'Econom. et Sociologie Rurales*. 57: 28-50.

Howitt, Richard E. (1995), "A Calibration Method for Agricultural Economic Production models". *Journal of Agricultural Economics.* 46(2): 147-159.

Howitt, Richard E., Azuara, Josué Medellín., MacEwan, Duncan. and Lund, Jay R (2012). "Calibrating disaggregate economic models of agricultural production and water management". *Science of the Environmental Modelling and Software*. 38: 244-258.

Lalehzari, R., Boroomand Nasab, S., Moazed, H. and Haghighi, A. (2015). "Multiobjective management of water allocation to sustainable irrigation planning and optimal cropping pattern". *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*. 10.1061/ (ASCE) IR, 1943- 4774.0000933, 05015008.

Paris, Quirino and Howitt, Richard E. (1998). "An analysis of ill posed production problems using Maximum Entropy". *American Journal of Agricultural Economics*. 80(1): 124-138.