بررسی آثار سیاست‌های کم‌آبیاری و قیمت‌گذاری آب بر الگوی زراعی دشت نازلو ــ ارومیه (کاربرد مدل برنامه‌ریزی مثبت *PMP*)

شبنم کراری، محمد حسن وکیل‌پور، حامد نجفی علمدرلو[1]
skarrari@yahoo.com

چکیده

اختصاص ۹۰ درصد منابع آبی حوضه دریاچه ارومیه به بخش کشاورزی و برداشت بی‌رویه کشاورزان از منابع آب زیرزمینی در شرایط کمبود آب و خشک شدن دریاچه، مشکلات جدی برای کشاورزان منطقه ایجاد کرده است. این پژوهش با استفاده از داده‌های ۱۳۰ پرسشنامه در سال زراعی ۱۳۹۵-۹۶ به بررسی راهکارهای مناسب جهت مقابله با کم‌آبی و تأثیر آنها بر الگوی کشت دشت نازلو پرداخته است. بدین منظور از الگوی برنامه‌ریزی ریاضی مثبت به همراه رهیافت حداکثر آنتروپی استفاده شد. راهکارهای پیشنهادی در قالب ۳ سناریو بررسی شدند. در همه سناریوها، محصولات نخود آبی و کلزا تغییرات بیشتری داشتند و گندم آبی که سطح زیرکشت بیشتری نسبت به سایر محصولات دارد، با اعمال کم‌آبیاری و افزایش قیمت، کاهش و با حذف محصولات پرمصرف افزایش داشت. همچنین سناریوی افزایش قیمت آب موثرتر از سناریوی کم‌آبیاری بدلیل کاهش کمتر درآمد در منطقه برآورد شد. از بین ۱۰ محصول بررسی شده بر اساس نتایج سناریوها، پیشنهاد می‌شود سطح زیرکشت محصولات جوی آبی، چغندرقند، گوجه‌فرنگی، سیب‌زمینی و ذرت کاهش و سطح زیرکشت گندم آبی، نخود آبی، کلزا، آفتابگردان و کدو افزایش یابد.

طبقه بندی JEL: Q15, C61, Q11, Q18

واژه‌های کلیدی: الگوی کشت، برنامه‌ریزی مثبت، قیمت‌گذاری آب، سیاست کم‌آبیاری

[1] دانشجوی دکتری و استادیاران گروه اقتصادکشاورزی دانشگاه تربیت‌مدرس

مقدمه

طی دو دهه اخیر، دریاچه ارومیه بعنوان بزرگترین و شورترین دریاچه دائمی ایران بر اثر تغییرات جوی ایجاد شده و به تبع آن خشکسالی‌های طولانی‌مدت و کاهش بیش از حد تراز سطح آب مشکلات زیست محیطی فراوانی را بوجود آورده است. نابودی گیاهان و جانوران بدلیل عدم تأمین آب شرب مورد نیاز از مهمترین مشکلات منطقه می‌باشد (آقایان‌زاده و همکاران، ۱۳۹۲). از جمله دلایل خشک شدن مرتبط با بخش کشاورزی، اختصاص ۹۰ درصد منابع آبی منطقه به بخش کشاورزی، مدیریت ضعیف منابع آب، بهره‌برداری زیاد از آب رودخانه‌ها و آب‌های زیرزمینی، عدم سازگاری الگوی کشت با کم و کیف منابع آب می‌باشند (احمدیان و اصغری، ۱۳۹۲). از آنجائیکه آب مهمترین نهاده در تولیدات کشاورزی محسوب می‌شود، بهره‌وری و عملکرد بالای محصولات به میزان در دسترس بودن آب بستگی دارد. همچنین میانگین بارندگی سالانه کشور ۲۶۰ میلیمتر است که کمتر از یک سوم میانگین بارندگی ۸۶۰ میلی‌متری در سطح دنیاست (علیزاده، ۱۳۸۲). امروزه تلاش‌های بسیاری از جمله سیاستهای طرف تقاضای آب مانند ارزشگذاری آب، تخصیص مجدد منابع آب و... برای تخصیص مناسب بین فعالیتها وجود دارد. بریسکو (۱۹۹۶) معتقد است که در نظر گرفتن آب به عنوان یک کالای اقتصادی به معنای تعیین قیمت مناسب برای آن نیست، بلکه هدف آن است که گزینه صحیح برای تخصیص آب انتخاب شود. یکی از راهکارهای تخصیص مناسب، مدیریت منابع پایدار آب است به گونه ای که مردم و بهره‌برداران منابع آبی بتوانند نیاز خود را به آب مرتفع نمایند بدون اینکه نیاز آیندگان به خطر بیفتد. بنابراین باید سیاستهای استفاده کارآ از منابع آب همراه با پیش‌بینی فناوریهای مورد نیاز مورد توجه قرار بگیرد. یکی از سیاستهای مرتبط با آب، تأکید بر کم‌آبیاری می باشد. از آنجائیکه کشاورزان با روشهای نامناسب آبیاری و همچنین حفر چاههای غیرمجاز، به استفاده بی‌رویه و مدیریت نشده از منابع آبی می‌پردازند و موجب هدررفت آن می‌شوند، لذا باید برای دستیابی به استفاده بهینه و در حد نیاز گیاه با توجه به شرایط کم‌آبی در کشور، فناوریهای متناسب با نوع گیاه زراعی که میزان مصرف آب را کاهش می‌دهند مورد استفاده قرار گیرند.

نتیجه اعمال یک سیاست و اثرگذاری آن تا حد زیادی بستگی به واکنش بهره برداران نسبت به آن دارد. بمنظور تجزیه و تحلیل سیاستهای کشاورزی و بویژه ارزیابی اثرات آنها بر مصرف نهاده ها و الگوی کشت، مدلهای برنامه‌ریزی ریاضی (*MP*) استفاده می‌شود که بعنوان یکی از پرکاربردترین رهیافتها شناخته شده است (بایسه، ۲۰۰۷). دو روش مرسوم برای شبیه‌سازی وجود دارد، اولی روشی است که با توجه به تابع هدف و محدودیت‌ها با اعمال سیاست بخصوص می‌توان وضعیت بهینه را بررسی نمود. این روش به روش برنامه‌ریزی دستوری (*NPM*[4]) معروف است که اثر سیاستها در وضعیت بهینه بررسی می‌شود و روش دوم، روشی است که اثر سیاست در وضعیت فعلی (*PMP*[3]) بررسی می‌شود . مطالعات بسیاری بر پایه استفاده از مدل *PMP* و همچنین سیاستهای آب انجام شده است که به چند مورد اشاره می‌شود:

[4] Normative Mathematical Programming.

[3] Positive Mathematical Programming

شمس‌الدینی و همکاران (۱۳۹۱) به انتخاب الگوی زراعی مناسب در راستای استفاده پایدار از منابع آب با تأکید بر کم‌آبیاری و قیمت‌گذاری در شهرستان سپیدان با رهیافت *PMP* پرداختند. نتایج نشان داد که کاهش آب مصرفی به میزان ۱۰ درصد، باعث تغییر الگوی کشت کشاورزان و کاهش درآمد بیشتر آنان خواهد شد. قرقانی و موسوی (۱۳۹۰) در مطالعه‌ای با عنوان ارزیابی سیاستهای آب کشاورزی از منابع آب زیرزمینی با مدل برنامه‌ریزی مثبت (*PMP*) در شهرستان اقلید پرداختند. نتایج نشان داد که با اتخاذ سیاست در سطح ۱۰ درصد کاهش موجودی آب مصرفی و با دو برابر نمودن قیمت آب، الگوی کشت بهینه نسبت به حالت مبنا هیچ تغییری نمی‌کند و با مدیریت بهینه تقاضای آب می‌توان از اتلاف آن جلوگیری نمود. بخشی و همکاران (۱۳۹۰) مدل برنامه‌ریزی ریاضی مثبت را به منظور تحلیل اثرات سیاست‌های جایگزین قیمت‌گذاری آب در دشت مشهد بکار بردند و به این نتیجه دست یافتند که سیاست قیمت‌گذاری آب و مالیات بر محصول نسبت به سیاست مالیات بر نهاده مکمل آب، موثرتر و مناسب‌تر می‌باشد. محسنی و زیبایی (۱۳۸۷) با کاربرد مدل برنامه‌ریزی مثبت به تحلیل پیامدهای افزایش سطح زیرکشت کلزا در دشت نمدان استان فارس پرداختند. نتایج نشان داد که با ورود کلزا به الگوی کشت کشاورزان، مصرف سموم شیمیایی افزایش خواهد یافت، ولی اثر سیاست بر مصرف آب در مزارع نماینده متفاوت است و به سیاست جایگزینی کلزا با گندم نمی‌توان به عنوان یک سیاست مدیریت تقاضای آب نگاه کرد.

کورتیگنانی و سورینی (۲۰۱۱) در مطالعه‌ای با کاربرد رهیافت برنامه‌ریزی مثبت به تحلیل پذیرش کم‌آبیاری توسط کشاورزی تحت پرداختهای زیست محیطی پرداختند و به این نتیجه دست یافتند که پرداختهای زیست‌محیطی کشاورزان را مجبور به کاهش استفاده از آب می‌کند در حالیکه اثرات اقتصادی آن مثبت است. مدلین آزورا و همکاران (۲۰۰۹) با کاربرد روش *PMP* به ارزیابی اقتصادی آب آبیاری در سه منطقه از ایالت کالیفرنیا پرداختند .تحلیل نتایج نشان داد که ارزش اقتصادی نهایی آب حداقل ۲/۶ برابر قیمت پرداختی توسط بهره برداران است. هی و همکاران (۲۰۰۶) به منظور تحلیل سیاست‌های جایگزین برای بهبود کارایی تخصیص آب آبیاری در مصر و مراکش از مدل *PMP* بهره بردند. نتایج تحقیق نشان داد که در هر دو کشور مالیات بر محصول می‌تواند یک سیاست جایگزین برای قیمت‌گذاری آب باشد.

نتایج حاصل از مطالعات مشخص می‌سازد که عدم بررسی و تحلیل سیاستها می‌تواند الگوی کشت منطقه را تغییر دهد. بنابراین نیاز است تا قبل از هرگونه تصمیم‌گیری، سیاست مورد نظر با استفاده از رهیافت برنامه‌ریزی ریاضی مثبت (*PMP*) بررسی و تحلیل شود. در تحقیق حاضر نیز از رهیافت برنامه‌ریزی ریاضی مثبت (*PMP*) استفاده شده است. با توجه به محدودیت منابع آبی در شهرستان ارومیه بدلیل خشکسالی‌های اخیر و بویژه حفر چاه‌های غیرمجاز و برداشت بی‌رویه از منابع آب زیرزمینی، در دشت نازلو، موجب تشدید کم‌آب شدن دریاچه شده‌اند. دشت نازلو در حوضه دریاچه ارومیه از بیش از ۲۰۰۰۰ هکتار زمین زراعی برخوردار است که در سال ۱۳۹۵، ۱۳ محصول زراعی گندم آبی، گندم دیم، جوی آبی، جوی دیم، نخود آبی، نخود دیم، کدو، آفتابگردان، ذرت علوفه ای، کلزا، چغندرقند، گوجه‌فرنگی، سیب‌زمینی در مساحتی کمتر از ۲۰۰۰۰ هکتار زمین کشت شده بودند (دفتر آمار و فناوری اطلاعات سازمان جهاد کشاورزی استان آذربایجان غربی، ۱۳۹۶) و در این مطالعه ۱۰ محصول بررسی خواهند شد. بنابراین با توجه به شرایط خاص منطقه و همچنین نقش

بخش کشاورزی در تشدید آثار منفی زیست‌محیطی، هدف از مطالعه حاضر بررسی سیاستهای کم‌آبیاری و قیمت‌گذاری آب بر الگوی زراعی دشت نازلو (کاربرد مدل برنامه ریزی مثبت *PMP*) می‌باشد.

مواد و روش‌ها

PMP یک روش برای کالیبره کردن مدلهای برنامه‌ریزی ریاضی به رفتار مشاهده شده در سال پایه است که با استفاده از متغیرهای دوگان محدودیت کالیبره این کار را انجام می‌دهد (پاریس و هویت، ۱۹۹۸؛ هویت، ۱۹۹۵). این رهیافت به همراه تکنیک حداکثر آنتروپی پیوندی میان مباحث اقتصادی و کشاورزی ایجاد می‌کند. تکنیک حداکثر آنتروپی نخستین بار توسط شانون(۱۹۴۸) مطرح شد. سپس با استفاده از این اطلاعات دوگان تابع هدف درجه دو ساخته می‌شود که با محدودیت‌های موجود جواب سال پایه را می‌دهد. به طور کلی *PMP* دارای سه مرحله به شرح زیر است (هکلی و بریتز، ۲۰۰۵):

مرحله اول: استفاده از یک مدل برنامه‌ریزی خطی ساده با اضافه کردن محدودیت کالیبره و محاسبه قیمت‌های سایه‌ای:

$$\text{Max} \quad Z=p'x-c'x \qquad (۱)$$

$$\text{Subject to} \quad Ax \le b \quad [\lambda]$$

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

$$x \ge 0$$

که در آن، Z ارزش تابع هدف، p' بردار ستونی قیمتهای محصول، x بردار ستونی غیرمنفی از سطوح فعالیت‌های تولیدی، c' بردار ستونی از هزینه حسابداری هر واحد از فعالیت، A ماتریس $(m\times n)$ ضرایب در محدودیت‌های منابع، b بردار ستونی مقادیر منابع در دسترس، x_0 بردار ستونی غیر منفی از سطوح مشاهده شده فعالیت‌های تولیدی، ε بردار ستونی از مثبت کوچک برای جلوگیری از وابستگی خطی بین محدودیت‌های ساختاری، λ بردار ستونی از متغیرهای دوگان مربوط به محدودیت‌های منابع و ρ بردار ستونی از متغیرهای دوگان مربوط به محدودیت‌های کالیبراسیون است.

مرحله دوم: محاسبه تابع هزینه درجه دو با استفاده از قیمت سایه‌ای محدودیت کالیبره:

در این مرحله مقادیر دوگان بدست آمده در مرحله اول با تخمین پارامترهای تابع هدف غیرخطی به کار گرفته می‌شود. در اغلب مطالعات، از تابع هزینه متغیر چند محصولی دارای شکل تابعی درجه دوم به صورت رابطه ۲ استفاده شده است:

$$C^v(x) = d'x + x' \, {Qx}/{2} \qquad (۲)$$

در این تابع، d بردار $n\times 1$ از پارامترهای جزء خطی تابع هزینه، Q ماتریس مثبت، نیمه معین و متقارن با ابعاد $n\times n$ از پارامترهای جزء درجه دوم تابع هزینه است. دیگر فرم‌های تابعی، مانند تابع تولید با کشش جانشینی ثابت نیز محتمل است.

MC^v بردار هزینه نهایی متغیر تابع هزینه درجه دوم نمونه است که برابر با مجموع بردار هزینه حساب شده c و بردار هزینه نهایی متفاوت ρ به صورت رابطه ۳ است:

$$MC^v = \nabla C^v x_{xo'} = d + Qx_0 = c + \rho \qquad (۳)$$

که در آن $\nabla C^v(x)$ یک بردار شیب مشتق اول C^v برای $x=x_0$ است. بدین منظور، رهیافتی که توسط پاریس و هویت (۱۹۹۸) برای کالیبره کردن تابع هزینه نهایی توسعه یافته، بهره‌گیری از برآوردگر حداکثر آنتروپی برای مشخص کردن تمام $\left[n + {n(n+1)}/{2}\right]$ عنصر بردار d و استفاده از تجزیه چولسکی برای کالیبره‌کردن ماتریس متقارن نیمه‌معین مثبت Q است (بایسه، ۲۰۰۷) که اجازه تصریح پارامترهای تابع هزینه غیر خطی را بر اساس نوعی "معیار اقتصادسنجی" فراهم می‌کند. به علاوه، امکان وارد کردن بیش از یک مشاهده از سطوح فعالیتها در تصریح پارامترها وجود دارد که نیاز به تصمیم در راستای اتخاذ محدودیت‌های قبلی بر پارامترها را کاهش می‌دهد (بخشی، ۱۳۸۸).

برای دست یافتن به ماتریس متقارن مثبت نیمه‌معین Q از تجزیه چولسکی (Cholesky decomposition) استفاده می‌شود که به شکل کلی رابطه ۴ است:

$$Q = LDL' \qquad (۴)$$

به گونه‌ای که L یک ماتریس پایین مثلثی واحد و D یک ماتریس قطری است. تجزیه چولسکی همواره برای ماتریس‌های نیمه‌معین مثبت متقارن وجود دارد و می‌توان آن را به صورت بالا نمایش داد که در آن، همه عناصر قطری D غیر منفی‌اند (پاریس و هویت ، ۱۹۹۸). در برآورد پارامترهای موجود در ماتریس Q، نقاط پشتیبان در نظر گرفته می‌شود که در این صورت برای عناصر موجود در آن نیز رعایت توزیع احتمال ضروری است. برای ساخت ارزشهای کمکی با استفاده از اطلاعات در دسترس و ایجاد فضای کمکی، از نسبتهای هزینه نهایی به سطوح محصول مورد مشاهده و وزن‌های مناسب استفاده می‌شود. با توجه به اینکه ماتریس Q دارای $(J*J)$ پارامتر است، و هر پارامتر با استفاده از k ارزش کمکی مشخص می‌شود، ماتریسهای Z_L وZ_D به صورت زیر تعریف می‌شوند:

$$Z_D(j,j',k) = \left[\frac{MC(j)}{x_R(j)}\right].W_D(k) \quad k = 1,2,\dots,K \quad for \quad j = j' \qquad (۵)$$

$$Z_D(j,j',k) = 0 \qquad for \quad j \neq j' \qquad (۶)$$

$$Z_L(j,j',k) = \left[\frac{MC(j)}{x_R(j)}\right].W_L(k) \quad k = 1,2,\dots,K \qquad for \quad j > j' \qquad (۷)$$

$$Z_L(j,j',k) = 0 \qquad for \quad j < j' \qquad (۸)$$

که W_D و W_L بردارهای ($k*1$) از وزن‌های مناسب مربوطه هستند. به منظور برآورد ماتریس Q با استفاده از حداکثر آنتروپی شانون، تابع هدف و محدودیت‌های این مدل به صورت زیر تشکیل می‌شود (پاریس و هاویت، ۱۹۹۸):

$$\max H(P_L,P_D) = -\sum P_L(j,j',k).Log[P_L(j,j',k)] - \sum P_D(j,j',k).Log[P_D(j,j',k)] \qquad (۹)$$

s.t:

$$MC_i^v = QX_R = LDL'X_R = (Z_L.P_L)(Z_D.P_D)(Z_L.P_L)'X_R \qquad (۱۰)$$

$$\sum_k P_L(j,j',k) = 1 \qquad j,j' = 1,2,\dots\dots,j \qquad (۱۱)$$

$$\sum_k P_D(j,j',k) = 1 \qquad j,j' = 1,2,\dots\dots,j \qquad (۱۲)$$

در این روابط H نشان‌دهنده آنتروپی مدل است که باید حداکثر شود. با حل مسئله فوق و تعیین مقادیر ماتریس احتمال های P_D و P_L می‌توان مقادیر مورد انتظار ماتریس چولسکی L وD را بدست آورد و عناصر تشکیل دهنده ماتریس Q را برآورد کرد (بخشی، ۱۳۸۸).

مرحله سوم: ساختن مدل نهایی

در این مرحله، تابع هزینه غیرخطی برآورد شده در مرحله قبل، در تابع هدف مسئله بررسی می‌شود و یک مدل غیرخطی شبیه به مدل اولیه همراه با محدودیت‌ها به استثنای محدودیت‌های کالیبراسیون ، برآورد می‌شود (بخشی، ۱۳۸۸):

$$Max \qquad Z = p'x - \hat{d}x - x'\hat{Q}\,{}^{x}/_{2} \qquad (۱۳)$$

$$subject\ to: \qquad Ax \le b \qquad [\lambda]$$

$$x \le 0$$

در این تابع، بردار $\hat{d}$ و ماتریس $\hat{Q}$ پارامترهای کالیبره شده تابع هدف غیرخطی را نشان می‌دهند. اکنون مدل غیرخطی کالیبره شده فوق به صورت صحیح سطوح فعالیت‌های مشاهده شده در وضعیت پایه و مقادیر دوگان محدودیت‌های منابع

را بازتولید می‌کند و جهت شبیه‌سازی تغییرات در پارامترهای مورد نظر آماده می‌باشد. مدل مرحله سوم در مقایسه با مدل مرحله اول فاقد محدودیت‌های کالیبراسیون بوده و تابع هدف آن نیز غیرخطی می‌باشد.

با توجه به معرفی مدل *PMP* و اشاره به مسائل موجود در بخش کشاورزی منطقه بدلیل خشک شدن دریاچه، سناریوهای سیاستی کم‌آبیاری (۵٪ و ۱۰٪)، حذف محصولات با نیاز آبی بالا از الگو و افزایش قیمت آب شبیه‌سازی می‌گردند. تکنیک-های کم‌آبیاری با استفاده از مدلهای کشاورزی ارائه شده فائو محاسبه و اعمال می‌شود. این مدل بر اساس داده‌های آب و هوایی و کشاورزی، تأثیر کاهش آب آبیاری را بر محصول پیش‌بینی می‌کند. تأثیر کاهش آب روی محصولات (تکنیک کم‌آبی) بر اساس رابطه زیر مشخص می‌شود:

$$\left(1-\frac{y_a}{y_m}\right)=k_y\left(1-\frac{ET_a}{ET_m}\right) \qquad (۱۴)$$

که در آن y_a عملکرد واقعی، y_m عملکرد بالقوه، ET_a آب آبیاری مورد نیاز گیاه، ET_m حداکثر آب آبیاری مورد نیاز گیاه و k_y عامل ارتباط بین تبخیر و تعرق و محصول است (ضریب عملکرد واکنش نسبت به آب در دوره رشد): (گزارش شده در نشریه فائو) (کورتیگنانی و سورینی، ۲۰۱۱). در این تحقیق از دو تکنیک کم‌آبیاری ۵٪ و ۱۰٪ استفاده شده است. نیاز آبی خالص گیاه با نرم افزار *NETWAT* و مقدار آبی که وارد قطعه می‌شود با رابطه زیر محاسبه شده است (حسن شاهی، ۱۳۹۰):

دبی موتور بر حسب ثانیه * ۳۶۰۰ * تعداد ساعاتی که موتور پمپ کار کرده است = مقدار آب استحصال شده

دشت نازلو در حوضه دریاچه ارومیه یکی از مناطق مستعد کشاورزی در شهرستان ارومیه می‌باشد. به دلیل اهمیت این بخش در کشاورزی منطقه و تأثیرپذیری آن از تبعات خشکی دریاچه، این بخش بعنوان منطقه مورد مطالعه انتخاب شد. داده های مورد نیاز از طریق نمونه‌گیری تصادفی ساده با تکمیل ۱۳۰ پرسشنامه جمع‌آوری شده است و اهداف مورد نیاز با نرم افزار *GAMS* بررسی شده‌اند. در جدول ۱ سناریوهای بکاربرده شده آمده است.

نتایج

در جدول ۲ نتایج حاصل از الگوی کشت *PMP*، نیاز آبی خالص گیاه و مقدارآب استحصال شده هر محصول آمده است. همانطورکه مشخص است، میزان آب مصرف شده بسیار بیشتر از آب مورد نیاز گیاه است و حداقل ۳/۵ برابر آن است. پر مصرف ترین محصولات، سیب‌زمینی، گوجه‌فرنگی، چغندرقند و ذرت علوفه‌ای می‌باشند که حداقل به میزان دو برابر بیشتر از سایر محصولات آب مصرف می‌کنند و تعداد دفعات آبیاری آنها نیز بیشتر است.

در این قسمت به ارائه نتایج بدست آمده از برآورد الگوی *PMP* و شبیه‌سازی سناریوهای مختلف در دشت نازلو در حوضه دریاچه پرداخته می‌شود. نتایج حاصل از بررسی اثر سناریوی اول بر سطح زیرکشت در جدول ۳ آمده است. بر اساس نتایج

بدست آمده کم‌آبیاری موجب کاهش سطح زیرکشت همه محصولات بجز نخود آبی و کلزا می‌شود و بیشترین درصد کاهش مربوط به گوجه‌فرنگی و جوی آبی در کم‌آبیاری ۵٪ و ۱۰٪ می‌باشد. همچنین کم‌آبیاری کل سطح زیرکشت و درآمد خالص را کاهش می‌دهد. کاهش درآمد خالص بدلیل کاهش عملکرد محصولات می‌باشد. نتایج پژوهش کورتیگنانی و سورینی (۲۰۱۱) نیز نشان می‌دهد که کم‌آبیاری ۵٪ و ۱۰٪ سطح زیرکشت محصولات هندوانه، خربزه، ذرت و گوجه‌فرنگی را کاهش می‌دهد.

نتایج حاصل از حذف محصولات پرمصرف از الگوی کشت در جدول ۴ آمده است. محصولات گوجه‌فرنگی، چغندرقند، ذرت و سیب‌زمینی محصولات پرمصرف هستند و از آنجائیکه سطح زیرکشت سیب‌زمینی زیاد نمی‌باشد، تنها اثرات حذف محصولات گوجه‌فرنگی، چغندرقند و ذرت بررسی شده است. با حذف هر سه محصول از الگوی کشت، درآمد خالص کاهش می‌یابد و بیشترین کاهش در درآمد با حذف ذرت اتفاق می‌افتد. زیرا ذرت درآمد بالاتری نسبت به چغندرقند و گوجه‌فرنگی ایجاد می‌کند. با حذف گوجه‌فرنگی، سطح زیرکشت همه محصولات بجز نخود آبی افزایش می‌یابد و کلزا افزایش بیشتری را نشان می‌دهد. بطور متوسط گوجه‌فرنگی در طول دوره رشد به ۱۰ بار آبیاری نیاز دارد و درآمد بسیار اندکی نسبت به سایر محصولات ایجاد می‌کند ولی با این حال سطح زیرکشت آن در منطقه بالا می‌باشد. با حذف چغندرقند، سطح زیرکشت همه محصولات بجز سیب‌زمینی افزایش می‌یابد و بیشترین افزایش مربوط به نخود آبی می‌باشد. پس از آن کلزا افزایش بیشتری نسبت به سایر محصولات داشته است. با حذف ذرت نیز سطح زیرکشت همه محصولات افزایش ولی کلزا کاهش می‌یابد و نخودآبی از الگو حذف می‌شود. بیشترین افزایش مربوط به کدو می‌باشد. در مطالعه محسنی و زیبایی (۱۳۸۷) افزایش سطح زیرکشت کلزا باعث کاهش سطح زیرکشت گندم و لوبیا شده و درآمد انتظاری مزارع افزایش یافته بود.

نتایج اعمال سیاست افزایش ۱۰۰ درصدی قیمت آب که در جدول ۵ آمده است، کاهش سطح زیرکشت همه محصولات غیر از نخودآبی و کلزا را نشان می‌دهد و نتایجی مشابه با تکنیک کم‌آبیاری دارد. اعمال این سیاست به کاهش درآمد خالص نیز منجر خواهد شد و سطح زیرکشت گوجه‌فرنگی را بیشتر از سایر محصولات کاهش خواهد داد. با مقایسه سناریوی کم‌آبیاری ۱۰ درصد با افزایش ۱۰۰ درصدی قیمت آب، ملاحظه می‌شود که کاهش درآمد کشاورزان در سناریوی سوم کمتر از سناریوی اول می‌باشد. در نتیجه با قیمت‌گذاری آب در منطقه می‌توان به الگوی کشت بهینه‌ای که محصولات پرمصرف را از الگو حذف می‌کند دست یافت. شمس‌الدینی و همکاران (۱۳۹۲) در مطالعه خود به چنین نتیجه‌ای که افزایش قیمت آب موجب کاهش درآمد زارعان می‌شود، دست یافته‌اند.

جدول ۱. سناریوهای مورد بررسی در پژوهش

سناریو	نوع سیاست
۱	کاهش مصرف آب با تکنیک کم‌آبیاری ۵٪ و ۱۰٪ با مدلهای ارائه شده فائو
۲	حذف محصولات با نیاز آبی بالا از الگو
۳	افزایش ۱۰۰٪ قیمت آب

جدول۲. نتایج حاصل از الگوی کشت*PMP*، نیاز آبی خالص گیاه و مقدار آب استحصال شده

نام محصول	الگوی کشت فعلی (هکتار)	الگوی کشت*PMP* (هکتار)	نیاز آبی خالص گیاه (هزار مترمکعب)	مقدار آب استحصال شده (هزار متر مکعب)
گندم آبی	۴۷۳۵	۴۷۲۱/۱۸	۴/۷	۱۳/۵
نخود آبی	۳۰	۳۰/۱	۴/۵	۱۲/۸
جو آبی	۱۰۰	۹۹/۶	۳/۸	۱۱/۱
سیب‌زمینی	۹۰	۸۹/۷	۸/۳	۲۳/۸
گوجه‌فرنگی	۲۷۴۰	۲۷۲۸/۳	۱۰/۴	۲۹/۷
کلزا	۳۸/۷۴	۳۸/۷۶	۵/۳	۱۵/۲
چغندرقند	۵۳۰	۵۲۸/۲	۱۳/۱	۳۷/۵
آفتابگردان	۲۶۰۰	۲۵۹۳	۵/۱	۱۴/۸
ذرت علوفه ای	۲۵۰۰	۲۴۹۳/۴	۱۰/۲	۲۹/۲
کدو	۳۰۰	۲۹۹/۱	۴/۶	۱۳/۳
کل	۱۳۶۶۳/۷۴	۱۳۵۳۸/۳	۸۳	۲۰۰/۹
درآمد خالص (میلیارد تومان)			۷۱	

مأخذ: یافته‌های پژوهش

جدول۳. تغییرات سطح زیرکشت و درآمد خالص در سناریوی اول

نام محصول	الگوی *PMP* (هکتار)	سطح زیرکشت با سناریوی۱ (هکتار)		درصد تغییرات	
		کم‌آبیاری ۵٪	کم‌آبیاری ۱۰٪	کم‌آبیاری ۵٪	کم‌آبیاری ۱۰٪
گندم آبی	۴۷۲۱/۱۸	۴۵۰۶/۳	۴۲۹۱/۵	-۴/۸	-۹/۳
نخود آبی	۳۰/۱	۳۱/۸	۳۳/۶۴	۶	۱۲/۱
جو آبی	۹۹/۶	۹۴	۸۸/۵	-۶	-۱۱/۵
سیب‌زمینی	۸۹/۷	۸۵/۲	۸۰/۸	-۵/۳	-۱۰/۲۲
گوجه‌فرنگی	۲۷۲۸/۳	۲۵۴۷	۲۳۶۵/۷	-۷	-۱۳/۶۶
کلزا	۳۸/۷۶	۳۹/۲	۳۹/۶	۱/۱۸	۲/۲۱
چغندرقند	۵۲۸/۲	۵۰۰/۴	۴۷۲/۷	-۵/۵	-۱۰/۸
آفتابگردان	۲۵۹۳	۲۴۸۵/۳	۲۳۷۷/۷	-۴/۴	-۸/۵
ذرت علوفه ای	۲۴۹۳/۴	۲۳۹۱/۸	۲۲۹۰/۱	-۴/۳	-۸/۳
کدو	۲۹۹/۱	۲۸۶/۲	۲۷۳/۴	-۴/۶	-۸/۸
کل	۱۳۵۳۸/۳	۱۲۹۶۴/۷	۱۲۳۱۱/۳	-۴/۲۴	-۹/۰۶
درآمد خالص (میلیارد تومان)	۷۱	۷۰/۳	۶۹/۴	-۰/۹۸	-۲/۱

مأخذ: یافته‌های پژوهش

جدول۴. تغییرات سطح زیرکشت و درآمد خالص نسبت به سطح فعلی در سناریوی دوم

نام محصول	الگوی *PMP*	سطح زیرکشت با سناریوی۲ (هکتار)			درصد تغییرات		
	(هکتار)	گوجه‌فرنگی	چغندرقند	ذرت	گوجه‌فرنگی	چغندرقند	ذرت
گندم آبی	۴۷۲۱/۱۸	۴۷۳۸/۸	۴۷۶۶/۷	۵۱۱۹/۲	۰/۰۸۱	۰/۶۷	۸/۱۱
نخود آبی	۳۰/۱	۳/۷	۶۱/۷	-	-۸۷	۱۰۵	-
جو آبی	۹۹/۶	۱۰۲	۱۰۰	۱۰۸/۷	۲/۱	۰/۰۸۴	۸/۷
سیب‌زمینی	۸۹/۷	۹۰/۴	۸۱/۵	۹۷	۰/۵	-۹/۴	۷/۸
گوجه‌فرنگی	۲۷۲۸/۳	-	۲۸۷۹/۷	۳۰۴۲/۳	-	۵/۱	۱۱
کلزا	۳۸/۷۶	۴۵/۷	۴۳	۳۶/۱	۱۸	۱۱/۵	-۶/۵
چغندرقند	۵۲۸/۲	۵۴۵/۷	-	۵۷۴	۲/۹	-	۸/۳
آفتابگردان	۲۵۹۳	۲۶۲۹/۷	۲۶۳۶/۵	۲۷۷۶	۱/۱	۱/۴	۶/۷
ذرت علوفه ای	۲۴۹۳/۴	۲۵۴۳/۴	۲۵۴۴	-	۱/۷	۱/۷	۹/۴
کدو	۲۹۹/۱	۳۰۳/۶	۳۰۳/۷	۳۱۹/۳	۱/۲	۱/۲	۳۱۹/۳
کل	۱۳۵۳۸/۳	۱۱۰۰۱۸/۸	۱۳۴۱۴/۲	۱۲۰۶۷	-۱۸/۷	-۰/۹۱	-۱۰/۸
درآمد خالص (میلیارد تومان)	۷۱	۶۴	۶۸	۵۵/۳	-۹/۸	-۴/۲	-۲۲/۱

مأخذ: یافته‌های پژوهش

جدول۵. تغییرات سطح زیرکشت و درآمد خالص نسبت به سطح فعلی در سناریوی سوم

نام محصول	الگوی کشت*PMP* (هکتار)	سطح زیرکشت با سناریوی ۳	درصد تغییرات
گندم آبی	۴۷۲۱/۱۸	۴۶۶۳/۵	-۱۵
نخود آبی	۳۰/۱	۴۲/۵	۴۱
جو آبی	۹۹/۶	۹۸/۴	-۱۵
سیب‌زمینی	۸۹/۷	۸۹/۳	-۷
گوجه‌فرنگی	۲۷۲۸/۳	۲۶۴۴/۴	-۳۴
کلزا	۳۸/۷۶	۴۴/۲	۱۴
چغندرقند	۵۲۸/۲	۵۲۳/۹	-۱۱
آفتابگردان	۲۵۹۳	۲۵۶۹/۱	-۱۱
ذرت علوفه ای	۲۴۹۳/۴	۲۴۷۷/۴	-۹
کدو	۲۹۹/۱	۲۹۶/۷	-۱
کل	۱۳۵۳۸/۳	۱۳۴۴۵/۸	-۰/۶
درآمد خالص (میلیارد تومان)	۷۱	۶۵/۲	-۸

مأخذ: یافته‌های پژوهش

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

با توجه به شرایط مساعد کشاورزی دشت نازلو و تأثیر خشک شدن دریاچه ارومیه، اثرات سناریوهای مختلف مرتبط با کم‌آبیاری بررسی شد. بر اساس ۳ سناریوی اعمال شده، محصول کلزا بیشترین تغییرات را در نتیجه این سناریوها داشت و با اعمال کم‌آبیاری، افزایش می‌یافت. این نشان می‌دهد کلزا محصولی با مصرف متناسب آب و مقاوم به کم‌آبی است و درآمد بالاتری را نیز ایجاد می‌کند که می‌تواند موجب تشویق کشاورزان جهت تغییر سطح زیرکشت آنها شود. در نتیجه جهت کشت وسیع در حوضه دریاچه پیشنهاد می‌شود. با حذف محصولات با نیاز آبی بالا نیز دوباره کلزا نسبت به سایر محصولات تغییرات بیشتری داشته و می‌تواند جایگزین مناسبی برای گوجه‌فرنگی، چغندرقند و سیب‌زمینی باشد ولی با حذف ذرت سطح زیرکشت آن کاهش می‌یابد. نخود آبی همانند کلزا در همه سناریوها تغییرات مثبتی داشته بجز در سناریوی حذف گوجه‌فرنگی که کاهش یافته است. این محصول هم می‌تواند بعنوان محصول با درآمد بالا در سطح وسیع کشت شود. سطح زیرکشت گندم آبی و آفتابگردان در منطقه بیشتر از سایر محصولات هستند. این محصولات با اعمال کم‌آبیاری کاهش و با حذف محصولات پر مصرف افزایش می‌یابند و درآمد بالایی را ایجاد می‌کنند لذا گسترش سطح زیرکشت آن توصیه می‌شود. از آنجائیکه محصول گندم یک محصول استراتژیک می‌باشد و با اعمال کم‌آبیاری از سطح زیرکشت آن کاسته می‌شود، پیشنهاد می‌شود اعمال کم‌آبیاری با استفاده از روشهای آبیاری تحت فشار صورت گیرد تا علاوه بر کاهش مصرف آب، موجب بهبود راندمان آبیاری و عملکرد محصول گردد. همچنین از آنجائیکه کاهش درآمد زارعان با قیمت‌گذاری آب کمتر از سناریوی کم‌آبیاری می‌باشد، لذا توصیه می‌گردد جهت جلوگیری از کاهش عملکرد محصولات وابسته به آب و کاهش درآمد زارعان، سیاست قیمت‌گذاری در منطقه رواج یافته تا کشاورزان بتوانند متناسب با نیاز خود و به شیوه صحیح از این نهاده استفاده نمایند. بعنوان نتیجه‌گیری کلی می‌توان عنوان کرد که بر اساس نتایج سناریوها و شرایط خاص منطقه، تغییر الگوی کشت ضروری بوده و علاوه بر کمک به بهبود شرایط، درآمد بالاتری نیز ایجاد می‌کنند. بنابراین افزایش سطح زیرکشت محصولات گندم آبی، نخود آبی، کلزا، آفتابگردان و کدو و کاهش سطح زیرکشت گوجه‌فرنگی، چغندرقند، سیب‌زمینی و ذرت پیشنهاد می‌شود. کشت جوی آبی به دلیل ایجاد درآمد پایین توصیه نمی‌شود. در مناطقی که امکان استفاده از تجهیزات کم‌آبیاری وجود ندارد و با بحران کم‌آبی مواجه اند، جایگزینی محصولات دیم با محصولات آبی پیشنهاد می‌شود.

منابع

۱. آقایان‌زاده، ا. پیرخراطی، ح. و رضائی، ن. (۱۳۹۲) خشک شدن دریاچه ارومیه و چالش‌های پیش‌روی آن. *سی و دومین گردهمایی و نخستین کنگره بین المللی تخصصی علوم زمین، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور.*

۲. احمدیان، م.ع. اصغری، س. (۱۳۹۲) عواقب زیست‌محیطی کاهش سطح آب دریاچه ارومیه و راهکارهای نجات آن. *فصلنامه جغرافیایی سرزمین*. جلد۱۰، (۴۰): ۹۶-۸۱.

۳. بخشی، ع. دانشورکاخکی، م. و مقدسی، ر. (۱۳۹۰) کاربرد مدل برنامه‌ریزی ریاضی مثبت به منظور تحلیل اثرات سیاست‌های جایگزین قیمت‌گذاری آب در دشت مشهد. *نشریه اقتصاد و توسعه کشاورزی (علوم و صنایع کشاورزی)*. جلد۲۵، (۳): ۲۸۴-۲۹۴.

۴. بخشی، م. (۱۳۸۸) تأثیر سیاست‌های حذف یارانه کود و سم و پرداخت مستقیم بر الگوی کشت و مصرف نهاده‌ها با تأثیر بر پیامدهای زیست‌محیطی (مطالعه موردی: زیربخش زراعت استان‌های خراسان رضوی و شمالی). *رساله دکتری اقتصادکشاورزی، دانشکده کشاورزی*، دانشگاه تهران.

۵. پرهیزکاری، ا. صبوحی، م. و ضیائی، س. (۱۳۹۲) شبیه سازی بازار آب و تحلیل اثرات سیاست اشتراک‌گذاری آب آبیاری بر الگوی کشت تحت شرایط کم‌آبی. *نشریه اقتصاد و توسعه کشاورزی*. جلد ۲۷، (۳): ۲۵۲-۲۴۲.

۶. حسن‌شاهی، م. (۱۳۹۰) تخمین تابع عرضه اقتصادی آب در بخش کشاورزی. مطالعه موردی شهرستان ارسنجان-فارس. *مجله مطالعات اقتصادی دانشگاه آزاد اسلامی واحد شیراز*. جلد۲، (۳): ۹۴-۸۱.

۷. دفتر آمار و فناوری اطلاعات سازمان جهاد کشاورزی استان آذربایجان غربی، (۱۳۹۶).

۸. شمس‌الدینی، ا. محمدی، ح. و دهقانپور، ح. (۱۳۹۲) انتخاب الگوی زراعی مناسب در راستای استفاده پایدار از منابع آب با تأکید بر کم‌آبیاری (مطالعه موردی شهرستان سپیدان). *اقتصاد کشاورزی و توسعه*. جلد۲۱، (۸۴): ۷۸-۵۳.

۹. علیزاده، ا. (۱۳۸۲) *اصول هیدرولوژی کاربردی*، چاپ شانزدهم، دانشگاه امام رضا(ع)، مشهد مقدس.

۱۰. قرقانی، ف. و موسوی، ن. (۱۳۹۰) ارزیابی سیاست‌های آب کشاورزی از منابع آب زیرزمینی با مدل برنامه‌ریزی مثبت (PMP) مطالعه موردی شهرستان اقلید. *فصلنامه پژوهش‌های اقتصادی*. جلد۱۱، (۴): ۶۵-۸۲.

۱۱. محسنی، ا. و زیبایی، م. (۱۳۸۷) تحلیل پیامدهای افزایش سطح زیرکشت کلزا در دشت نمدان استان فارس: کاربرد مدل برنامه ریزی مثبت. *علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی*. جلد۱۳، (۴۷): ۷۸۴-۷۷۳.

12. Briscoe J. (1996) Water as an Economic Good: The Idea and What it means in Practice. *Proceedings of the ICID World Congress. Cairo, Egypt.*
13. Buysse, J. Van Huylenbroeck, G. and Lauwers, L. (2007) Normative, Positive and conometric Mathematical Programming as Tools for Incorporation of Multifunctionality in Agricultural Policy Modeling, *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 120: 70–81.
14. Cortignani, R. and Severini, S. (2011) An extended PMP model to analyze farmers' adoption of deficit irrigation under environmental payments. *Spanish journal of Agricultural Research*, 9: 1035-1046.
15. Howitt, R. E. (1995) Positive mathematical programming, *American Journal of Agricultural Economics*, 77:329-342.
16. He L., Tyner W.E. Doukkali R. and Siam G. (2006) Policy options to improve water allocation efficiency: analysis on Egypt and Morocco. *Water International*, 31:320–337.

17. Heckelei, T. and Britz, W. (2000) Positive Mathematical Programming with Multiple Data Points: A Cross-Sectional Estimation Procedure. *Cahiers d'Economie et Sociologie Rurales*, 57:28-50.
18. Paris, Q. and Howitt, R.E. (1998) An analysis of ill posed production problems using maximum entropy, *American Journal of Agricultural Economics*, 80: 124-138.
19. Medellin-Azuara J. Howitt R.E. Waller-Barrera C. Mendoza-Espinosa L.G. Lund J.R. and Taylor J.E. (2009) A Calibrated Agricultural Water Demand Model for three Regions in Northern Baja California.*Agrociencia*, 43: 83-96.
20. Shannon, C.E. (1948) A Mathematical Theory of Communication. *Bell System Technical Journal*, 27:379-423.

Investigating the effects of low-irrigation and water pricing policies on cropping patternof Nazloo-Urmia plain (application of PMP positive programming model)

Abstract: The allocation of 90% of the water resources of Urmia Lake basin to the agricultural sector and the withdrawal of farmers from the groundwater resources have created serious problems for the region's farmers in water shortage and drying of the lake conditions. This research by using data from 130 questionnaires in the period of 2017-2018 has investigated appropriate strategies for coping with low water and their effects on Nazloo plain cropping pattern. To this end, a positive mathematical programming model with maximum entropy approach was used. Proposed solutions were reviewed in 3 scenarios. In all scenarios, irrigated peas and rapeseed had more variation and irrigated wheat which have the largest acreage was reduced by low-irrigation and price increasing and was increased by removing high-consumption products. Also, the water price increasing scenario was more effective than low-irrigation scenario due to lower income decreasing in the region. Among the 10 products examined, based on the results of the scenarios, it is suggested to decrease the acreage of irrigated barley, sugarbeet, tomato, potato and corn and increase the acreage of irrigated wheat, irrigated peas, rapeseed, sunflower and pumpkin.

JEL Classification: Q11, Q18 Q15, C61

Keywords: Cropping Pattern, Low-Irrigation Policy, Positive Programming, Water Pricing