نشریه مدیریت آب در کشاورزی
جلد ۱۰، شماره ۱، بهار و تابستان۱۴۰۲، ص. ۱۵۸-۱۴۷

Water Management in Agriculture
Vol. 10, No. 1 Spring and Summer 2023, 147-158

مقاله علمی- پژوهشی

تعیین قیمت سایه‌ای آب با کمک مدل برنامه‌ریزی فازی محدودیت شانس (مطالعه موردی: شبکه آبیاری دشت قزوین)

حامد مازندرانی زاده [۱*] و یاسمن شکوهی فر [۲]

چکیده

کاهش منابع آب از یک‌سو و تقاضای فزاینده برای آن از سوی دیگر، باعث ایجاد وضعیتی دشوار در بسیاری از مناطق دنیا شده است. قیمت‌گذاری منابع آب در مدیریت تقاضای آب نقش اساسی دارد. در حال حاضر، نرخ آب پرداختی از سوی کشاورزان برای آبیاری محصولات کشاورزی، ارزش واقعی آب را منعکس نمی‌کند. یکی از راهکارهای تأثیر گذار مدیریت تقاضا، تعیین قیمت واقعی آب در بخش کشاورزی است و این امر به تخصیص مطلوب‌تر این نهاده بین محصولات مختلف کشاورزی کمک می‌نماید. ازآنجاکه متغیر موجودی آب سطحی ماهیت تصادفی دارد، درنتیجه نمی‌توان مقدار آن را قطعی فرض نمود. ازاین‌رو در این مطالعه به کمک مدل برنامه‌ریزی فازی محدودیت شانس که ترکیب مدل برنامه‌ریزی شانس محدود و مدل برنامه‌ریزی فازی است به محاسبه قیمت سایه‌ای آب در شبکه آبیاری دشت قزوین پرداخته شده است. قیمت سایه‌ای آب عبارت است از حداکثر بهایی که بهره‌بردار حاضر است برای به دست آوردن یک واحد اضافه آب بپردازد. نتایج نشان می‌دهد ارزش سایه‌ای هر مترمکعب آب در شبکه آبیاری دشت قزوین معادل ۱۷۸۸۲ ریال است که در حدود ۲۳ برابر بیش از متوسط قیمت فروش آب در محدوده مطالعاتی است. با توجه به اینکه موجودی منابع آب رو به کاهش است برای جلوگیری از برداشت بی‌رویه و اتلاف منابع آبی و همچنین تخصیص بهینه نهاده آب بین محصولات کشاورزی منطقه پیشنهاد می‌شود قیمت آب معادل ارزش واقعی آن از کشاورزان دریافت شود.

واژه‌های کلیدی: قیمت‌گذاری، عدم قطعیت، مدیریت تقاضای آب

مقدمه

به‌رغم این‌که بیشتر سطح زمین را آب پوشانده است، تنها بخش ناچیزی از آن برای بشر قابل استفاده است. از مجموع کل آب‌های جهان ۹۷/۵ درصد آن را آب‌شور دریاچه‌ها و اقیانوس‌ها تشکیل می‌دهد که در عمل قابل استفاده نیستند. ذخایر آب شیرین تنها ۲/۵ درصد کل حجم ذخایر آب‌های سطح زمین را تشکیل می‌دهد و از این مقدار هم در حدود ۶۸/۶ درصد به‌صورت یخ در قطب‌ها و یخچال‌های طبیعی است که قابل استفاده نیست و مابقی آن به‌صورت آب‌های زیرزمینی و آب‌های سطحی است که برای تأمین نیازهای اقتصادی و فعالیت‌های اکوسیستم طبیعی بهترین نوع هستند (پژویان و حسینی، ۱۳۸۲).

کشور ایران نیز از گذشته‌های دور با کمبود آب و عدم توازن توزیع مکانی و زمانی آن روبه‌رو بوده است. به‌رغم این‌که بیش از یک درصد جمعیت جهان به کشور ایران تعلق دارد، سهم این کشور از منابع آب شیرین جهان کمتر از نیم درصد است (پژویان و حسینی، ۱۳۸۲). در نتیجه در سال‌های اخیر، بحث مدیریت تقاضا از اهمیت ویژه‌ای برخوردار شده است. قیمت‌گذاری منابع آب در مدیریت تقاضای آب نقش اساسی دارد. قیمت‌گذاری آب

[۱] دانشیار گروه علوم و مهندسی آب، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه بین‌المللی امام خمینی (ره)، قزوین، ایران (* نویسنده مسئول: mazandaranizadeh@eng.ikiu.ac.ir)

[۲] دانشجوی دکتری مهندسی منابع آب، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه بین‌المللی امام خمینی (ره)، قزوین، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۸/۳۰
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۱۰/۰۹
DOR: 20.1001.1.24764531.1402.10.1.10.8

سبب می‌شود که منبع آب میان مصرف‌کنندگان مختلف بر اساس ارزش تولید نهایی تخصیص داده شود (کرامت‌زاده و همکاران، ۱۳۹۵).

از سوی دیگر قیمت‌گذاری آب یک ابزار اقتصادی است، به این معنا که در صورت افزایش آب‌بها کشاورزان بر روی منحنی تقاضا با شیب منفی واکنش نشان داده و تقاضا برای آب کاهش می‌یابد، در نتیجه آب ذخیره‌شده می‌تواند در میان سایر مصرف‌کنندگان باز توزیع شود و تخصیص مجدد آب باعث افزایش کارایی استفاده از آن می‌شود (دهقان‌پور و شیخ زین‌الدین، ۱۳۹۲).

در حال حاضر در کشور ایران آب‌بهای کشاورزان بر اساس قانون در کانال‌های سنتی، نیمه مدرن و مدرن به ترتیب ۱ درصد، دو درصد و سه درصد ارزش محصول در هر هکتار است (کرامت‌زاده و همکاران، ۱۳۹۵). ولی با اعمال این قانون، محاسبه آب‌بها هیچ‌گاه نتوانسته منعکس‌کننده ارزش این منبع کمیاب باشد. روش‌های ارزش‌گذاری آب از دیدگاه مصرف‌کننده و هم از دیدگاه تولیدکننده قابل‌بررسی است. روش‌های ارزش‌گذاری آب از دیدگاه مصرف‌کننده به دو دسته پارامتری و غیر پارامتری تقسیم می‌شود. در روش‌های غیرپارامتری، با استفاده از تکنیک‌های ریاضی و نظریه‌های اقتصادی ارزش‌گذاری آب انجام می‌شود. روش نرخ‌گذاری حاشیه‌ای، روش بودجه‌بندی، روش گاردنر، برنامه‌ریزی خطی و روش‌های اقتصاد مهندسی جزء روش‌های ارزش‌گذاری غیر پارامتری می‌باشند.

در روش‌های پارامتری برای برآورد ارزش اقتصادی آب از الگوهای اقتصادسنجی همانند توابع تولید بهره می‌برند (اسدی و همکاران، ۱۳۸۶).

در زمینه تعیین ارزش اقتصادی آب در داخل و خارج کشور مطالعات متعددی تاکنون صورت گرفته است. گلزاری و همکاران (۱۳۹۵) ارزش اقتصادی آب را در تولید گندم با کمک تابع تولید برآورد کردند و طبق نتایج حاصله، ارزش اقتصادی آب معادل ۱۵۶۴/۵ ریال برای هر مترمکعب آب محاسبه شد. موسوی و همکاران (۱۳۹۹) ارزش اقتصادی آب در مصارف زیست‌محیطی، کشاورزی و صنعت در حوضه آبریز دریاچه ارومیه را موردبررسی قرار دادند. در این مطالعه ارزش اقتصادی آب در بخش کشاورزی ۶۰۴۵ ریال محاسبه گردید. احسانی و همکاران (۱۳۸۹) ارزش اقتصادی آب را در تولید جو در شبکه آبیاری قزوین مورد بررسی قرار دادند و طبق نتایج، ارزش اقتصادی آب برای هر مترمکعب براساس روش باقی‌مانده ۹۰۹ ریال محاسبه گردید. در برخی از مطالعات از مدل‌های برنامه‌ریزی ریاضی برای برآورد ارزش اقتصادی آب استفاده شده است. سینگ و همکاران ارزش اقتصادی آب کانال آبیاری در هند را با مدل برنامه‌ریزی خطی برآورد کردند (Singh et al., 2001).

مدلین–آزورا و همکاران با کمک مدل برنامه‌ریزی مثبت ارزش اقتصادی آب در حوضه آبریز داخلی را برآورد نمودند (Medellín-Azuara et al., 2010). بلالی و کسبیان لعل (۱۴۰۰) با استفاده از الگوی برنامه‌ریزی پویا، ارزش اقتصادی آب زیرزمینی را در دشت بهار همدان برآورد کردند. بررسی‌ها حاکی از آن بود که ارزش اقتصادی محاسبه‌شده هر مترمکعب آب، بیشتر از قیمت فعلی آب در منطقه است. ازآنجاکه برنامه‌ریزی مدیریت سیستم‌های منابع آب اغلب باید در مواجهه با عدم قطعیت‌های مختلف مانند تغییر در میزان بارش و یا عدم وجود اطلاعات کافی و دقیق درباره میزان موجودی منابع آب در منطقه انجام شود، در مسائل کاربردی به‌خاطر وجود عدم قطعیت در دنیای واقعی، ضرایب و پارامترها را نمی‌توان به‌صورت قطعی در نظر گرفت (Birge et al., 1997؛ Housh et al., 2013). منابع عدم قطعیت در دو دسته عمده قرار می‌گیرند؛ دسته اول مربوط به عدم قطعیتی است که ماهیت تصادفی دارد، مانند پارامتر آب سطحی در یک منطقه که تحت تأثیر عوامل جوی است. دسته دوم عدم قطعیتی که ناشی از فقدان دانش است، در این شرایط اطلاعات کافی برای یک و یا تعدادی از پارامترهای مدل وجود ندارد. در شرایطی که عدم قطعیت ماهیت تصادفی دارد برای مدل‌سازی از مدل‌های مختلف موجود در شاخه برنامه‌ریزی تصادفی استفاده می‌شود. برنامه‌ریزی تصادفی در چندین مطالعه مورداستفاده قرار گرفته است (Dupačová et al., 1991؛ Housh et al., 2013؛ Badri et al., 2017؛ Castillo-Villar et al., 2017؛ Felfel et al., 2016).

هنگامی‌که عدم قطعیت به دلیل کمبود اطلاعات باشد، برنامه‌ریزی فازی ابزاری مناسب در مواجهه با این عدم قطعیت است. برنامه‌ریزی فازی شامل دو رویکرد برنامه‌ریزی انعطاف‌پذیر و برنامه‌ریزی امکانی است. رویکرد برنامه‌ریزی انعطاف‌پذیر که برای برخورد با انعطاف (ماهیت فازی) ارضاء محدودیت‌ها و اهداف مورداستفاده قرار می‌گیرد و از مجموعه‌های فازی مبتنی بر ترجیح استفاده می‌کند، رویکرد برنامه‌ریزی امکانی برای مقابله با عدم قطعیت مرتبط با فقدان داده و یا دانش در مورد مقدار دقیق پارامترهای ورودی مسئله است (Li et al., 2017).

پژوهشگران بسیاری برای غلبه بر عدم قطعیت در مدیریت و برنامه‌ریزی منابع آب از رویکردهای بهینه‌سازی فازی کمک گرفته‌اند. دشت قزوین در سال‌های اخیر به‌دلیل کاهش بارندگی و خشک‌سالی و همچنین افزایش تقاضای شهر تهران برای انتقال آب از سد طالقان، با کمبود منابع آب مواجه شده است (حسینی و همکاران، ۱۴۰۰).

افزایش قیمت آب نقش بسیار مهمی بر روی کاهش برداشت کشاورزان از منابع آب دارد. ازاین‌رو در این پژوهش برای برآورد قیمت سایه‌ای آب در شبکه آبیاری قزوین از روش برنامه‌ریزی ریاضی استفاده شده است. هم‌چنین برای غلبه بر عدم قطعیت در میزان موجودی آب سطحی از مدل برنامه‌ریزی فازی شانس محور استفاده شده است.

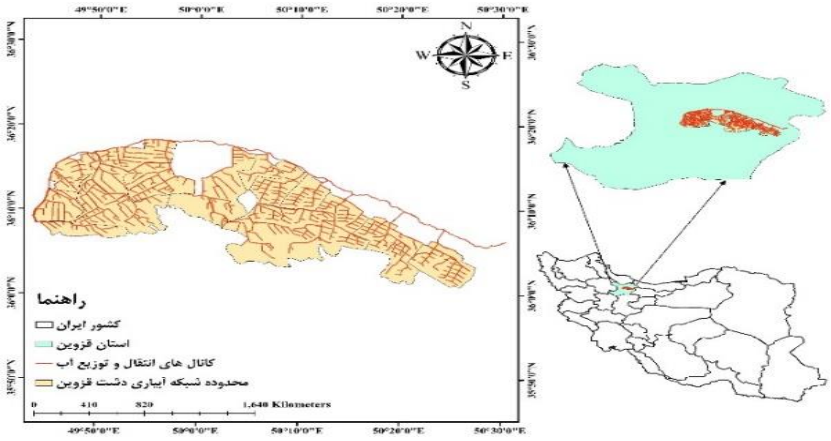
مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

شبکه آبیاری دشت قزوین پهنه‌ای با مساحت ۸۸۹/۵۸ کیلومترمربع از دشت قزوین است و در سال ۱۳۴۸ هجری شمسی بهره‌برداری شده است. این شبکه در موقعیت جغرافیایی ۳۶ درجه و ۳۰ دقیقه تا ۳۶ درجه و ۱۸ دقیقه عرض شمالی، ۴۹ درجه و ۴۳ دقیقه تا ۵۰ درجه و ۲۷ دقیقه طول شرقی واقع شده است. این شبکه فاقد زهکش بوده و آب نفوذی ناشی از آبیاری به‌صورت آب زیرزمینی به سمت باتلاق نمکی جریان می‌یابد. منابع آب مورد نیاز شبکه آبیاری دشت قزوین از سد مخزنی طالقان و چاه‌های تلفیقی تأمین می‌گردد (شیرشاهی و همکاران، ۱۳۹۸). شکل (۱) موقعیت محدوده مطالعاتی را در کشور ایران و استان قزوین نشان می‌دهد.

قیمت سایه‌ای

قیمت سایه‌ای در مسائل برنامه‌ریزی عبارت است از ارزش یک واحد اضافی از هر عامل تولید به‌شرط آنکه سایر شرایط ثابت باشد. به‌عبارت‌دیگر قیمت سایه‌ای عبارت است از حداکثر بهایی که بهره‌بردار حاضر است برای به دست آوردن یک واحد اضافه از عامل تولید بپردازد. واضح است که قیمت سایه‌ای معادل اضافه ارزشی است که بهره‌بردار به ازای افزایش یک واحد در عامل محدودکننده، به دست می‌آورد (نوری نائینی و صلاح منش، ۱۳۷۳).



شکل ۱- نقشه محدوده جغرافیایی موردمطالعه

مدل برنامه‌ریزی فازی محدودیت شانس

رابطه (۱) مدل برنا مه‌ریزی فازی تک هد فه را ن مایش می‌دهد.

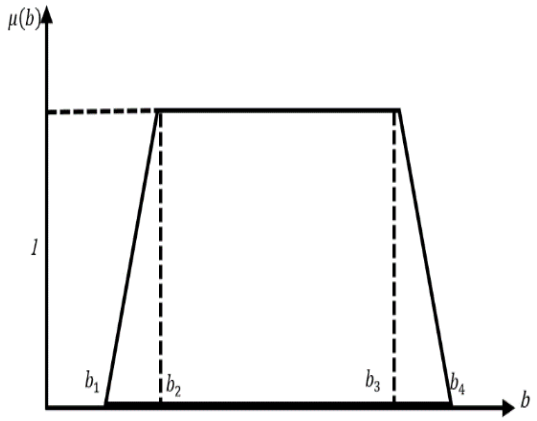
$$Max \sum_{j=1}^{n} c_j x_j \qquad (۱)$$

subject to:

$$\sum_{j=1}^{n} a_{ij} x_{ij} \le \tilde{b}_i \qquad i = 1.2 \dots . m \qquad (۲)$$

$$x_j \ge 0 \qquad j = 1.2 \dots . n$$

که در آن: $\boldsymbol{i}$ ، نمایانگر تعداد محدودیت‌ها؛ $\boldsymbol{j}$، تعداد متغیرهای تصمیم؛ $\boldsymbol{x = (x_1 . x_2 \dots . x_n)}$، برداری از متغیرهای غیر فازی؛ $\boldsymbol{c_j}$، ضرایب هزینه $\boldsymbol{x_j}$؛ $\boldsymbol{a_{ij}}$، ضرایب فنی؛ $\boldsymbol{\tilde{b}_\iota}$، موجودی منابع که به‌صورت عدد فازی است. میزان موجودی آب سطحی در مسئله مورد نظر یک پارامتر غیرقطعی است و آن را می‌توان به‌صورت یک عدد فازی ذوزنقه‌ای بیان کرد.



شکل ۲- یک عدد/ داده فازی ذوزنقه‌ای

عدد فازی ذوزنقه‌ای $\boldsymbol{b}$ به‌صورت $\boldsymbol{(b_1 . b_2 . b_3 . b_4)}$ که اعداد قطعی هستند قابل بیان است و هم‌چنین تابع عضویت آن به‌صورت زیر نمایش داده می‌شود (شکل ۲).

$$\mu_{\tilde{b}}(x) = \begin{cases} 0 & x < b_1 \\ \dfrac{x - b_1}{b_2 - b_1} & b_1 \le x \le b_2 \\ 1 & b_2 \le x \le b_3 \\ \dfrac{b_4 - x}{b_4 - b_3} & b_3 \le x \le b_4 \\ 0 & x > b_4 \end{cases} \qquad (۳)$$

برای مقابله با عدم قطعیت محدودیت‌ها در مسئله از برنامه‌ریزی فازی محدودیت شانس مبتنی بر اندازه‌های فازی نظیر اندازه امکان، اندازه الزام و اندازه اعتبار استفاده می‌شود.

در این مطالعه به‌منظور ساختن برنامه‌ریزی فازی محدودیت شانس از اندازه امکان در محدودیت‌هایی که پارامتر فازی دارند، استفاده شده است؛ بنابراین شکل پایه‌ای برنامه‌ریزی فازی محدودیت شانس به‌صورت زیر است.

$$Max \sum_{j=1}^{n} c_j x_j \qquad (۴)$$

Subject to

$$Nec\left\{\sum_{j=1}^{n} a_{ij} x_{ij} \le \tilde{b}_i\right\} \ge \alpha_i \;\; i = 1.2 \dots . m \qquad (۵)$$

$$x_j \ge 0 \quad j = 1.2 \dots . n \qquad (۶)$$

که α_i، اندازه امکان است، به‌عبارت‌دیگر α_i که به نام برش $\boldsymbol{\alpha_i}$ نیز شناخته می‌شود میزان عضویت را به مجموعه فازی نمایش می‌دهد (بهرامی نسب و همکاران، ۱۳۹۴). برای برقراری معادله ۵ باید قید بزرگ‌تر یا برابر با سطح α باشد. برای ساده‌سازی محدودیت‌های شانس در مسئله بر فرم $r \le \tilde{b}$ و تبدیل آن به محدودیت قطعی متناظر، با در نظر گرفتن عدد حقیقی r و تعریف اندازه امکان عبارت $r \le \tilde{b}$، به‌صورت زیر عمل می‌شود.

$$pos(r \le \tilde{b}) = sup_{x \ge r}\, \mu_{\tilde{b}}(x) \qquad (۷)$$

$$pos(r \le \tilde{b}) \ge \alpha \;\rightarrow\; r \le \alpha b_1 + (1 - \alpha) b_2 \qquad (۸)$$

درنتیجه برنامه‌ریزی فازی محدودیت شانس به‌صورت زیر است (Cadenas, 1997; Wan and dong, 2014; Dai et al, 2016; Papi et al, 2018).

$$\text{Max} \sum_{j=1}^{n} c_j x_j \quad (۹)$$

subject to:

$$\sum_{j=1}^{n} a_{ij} x_{ij} \le \alpha b_1 + (1-\alpha) b_2 \;\; i = 1.2 \dots . m \quad (۱۰)$$

$$x_j \ge 0 \quad j = 1.2 \dots . n \quad (۱۱)$$

تابع هدف و محدودیت‌های مسئله مورد بررسی به‌صورت زیر است:

$$f_A = \sum_{i=1}^{8} P_i Y_i X_i - \sum_{i=1}^{8} C_i X_i - \sum_{i=1}^{8} CWA_i . WA_i - \sum_{i=1}^{8} CGA_i . GA_i \quad (۱۲)$$

subject to:

$$\sum_{i=1}^{8} WA_i \le \alpha \text{TW}_1 + (1-\alpha) TW_2 \quad (۱۳)$$

$$\sum_{i=1}^{8} GA_i \le TG \quad (۱۴)$$

$$\sum_{i=1}^{8} GIR_i = \sum_{i=1}^{8} WA_i + \sum_{i=1}^{8} GA_i \quad (۱۵)$$

$$\sum_{i=1}^{8} X_i \le LAND \quad (۱۶)$$

$$MIN\ crop \le \sum_{i=1}^{8} Y_i X_i \le MAX\ crop_i \quad (۱۷)$$

$$WA_i ; GA_i ; X_i \ge 0 \quad (۱۸)$$

اندیس i نشان‌دهنده نوع محصول (گندم، جو، ذرت دانه‌ای، ذرت علوفه‌ای، یونجه، چغندر، سیب‌زمینی و گوجه‌فرنگی) است؛ f_A: سود بخش کشاورزی در محدوده مطالعاتی؛ P_i: قیمت هر محصول؛ Y_i : عملکرد هر محصول؛ C_i: هزینه تولید هر محصول؛ X_i: سطح زیر کشت هر محصول؛ CWA_i: آب بهاء برای هر محصول؛ WA_{ik}: مقدار آب سطحی تخصیص‌یافته هر محصول؛ CGA_i: هزینه برداشت آب زیرزمینی هر محصول (در شبکه آبیاری قزوین به علت وجود چاه‌های تلفیقی، کشاورزان هزینه برداشت آب زیرزمینی ندارند)؛ GA_i: مقدار آب زیرزمینی تخصیص‌یافته به هر محصول؛ TW: موجودی آب سطحی که پارامتر غیرقطعی مسئله است و به‌صورت یک عدد فازی ذوزنقه‌ای $(TW_1.TW_2.TW_3.TW_4)$ که اعداد قطعی هستند قابل بیان هستند؛ TG: میزان آب زیرزمینی قابل برداشت در محدوده مطالعاتی؛ $MAX\ crop_i$ و $MIN\ crop_i$ به ترتیب حداکثر و حداقل سطح تولید هر محصول در ده سال اخیر در منطقه است؛ $LAND$: موجودی اراضی کشاورزی در محدوده مطالعاتی و GIR_i: نیاز ناخالص آبی محصول در سال در هر هکتار است.

معادله شماره (۹) تابع هدف مسئله است که دیدگاه اقتصادی بهره‌برداران نواحی کشاورزی را نشان می‌دهد؛ معادله ۱۳ و ۱۴ مربوط به موجودی منابع آب (سطحی و زیرزمینی) است؛ مجموع آب زیرزمینی یا آب سطحی که به هر محصول تخصیص داده می‌شود نباید بیشتر از موجودی آب زیرزمینی و یا سطحی در کل منطقه باشد. معادله ۱۵، محدودیت نیاز آبی محصولات است، براساس این محدودیت نیاز آبی محصولات تحت کشت باید از طریق تلفیق منابع آب سطحی و زیرزمینی موجود در منطقه تأمین گردد. معادله ۱۶ مربوط به موجودی زمین است، در واقع مجموع اراضی که اختصاص‌یافته به هر محصول، نباید بیشتر از موجودی زمین در منطقه باشد.

معادله ۱۷، بیانگر محدودیت بازار است که بیانگر آن است که مدل به‌گونه‌ای الگوی کشت را تعیین کند که میزان تولید هر محصول کمتر از حداقل سطح محصول در ده سال اخیر نباشد یا میزان تولید محصول بیش از نیاز بازار نشود. معادله ۱۸نشان می‌دهد که مقدار متغیرهای تصمیم باید مثبت باشد.

داده‌ها

اطلاعات استفاده‌شده در این پژوهش شامل مقدار آب ماهانه تخصیص داده‌شده به شبکه آبیاری دشت قزوین از سد طالقان، مقدار آب برداشت‌شده از چاه‌های تلفیقی، الگوی کشت، قیمت فروش، هزینه تولید، مقدار تولید، درصد تورم، جمعیت در استان

قزوین از سال ۱۳۷۹ تا ۱۳۹۶ است. این داده‌ها از سازمان‌های مربوطه مانند شرکت آب منطقه‌ای، وزارت جهاد کشاورزی، بانک مرکزی جمهوری اسلامی ایران، سازمان خواروبار جهانی و مرکز آمار ایران جمع‌آوری شدند. همچنین از داده‌های مقاله حسینی و همکاران (۱۴۰۰) نیز استفاده شد.

نتایج و بحث

در این مقاله برای برآورد قیمت سایه‌ای آب در شبکه آبیاری قزوین از برنامه‌ریزی فازی محدودیت شانس که در بخش روش تحقیق به آن اشاره شد، استفاده شده است. ازآنجاکه نرم‌افزار GAMS قابلیت محاسبه قیمت سایه‌ای منابع موجود در مسائل بهینه‌سازی را دارد در این مطالعه برای اجرای مدل برنامه‌ریزی فازی محدودیت شانس از این نرم‌افزار استفاده شده است. در جدول (۱) خروجی مدل ارائه شده است در سال زراعی ۱۳۹۸-۱۳۹۷، در کل محدوده در حدود ۴۲ هزار هکتار اراضی زیر کشت محصولات مختلف بوده است. بیشترین سطح زیر کشت در وضعیت موجود، مربوط به گندم است که در مجموع تقریباً ۶۵/۵ درصد اراضی را به خود اختصاص داده است. حدود ۱۱ درصد اراضی به محصول یونجه اختصاص دارد و در ۱۰ درصد اراضی جو کشت می‌شود (سازمان جهاد کشاورزی استان قزوین).

طبق نتایج مدل، در صورت تخصیص بهینه منابع بین ۵۶ تا ۶۳ درصد (در سطوح مختلف α) از اراضی به جو اختصاص داده می‌شود. در مجموع براساس نتایج به‌دست‌آمده در زمینه الگوی کشت می‌توان گفت که در شرایط بهینه، به خاطر نیاز آبی کمتر محصول جو نسبت به سایر محصولات، سهم بیشتری از اراضی به این محصول اختصاص داده شده است. ازآنجاکه با افزایش α نوسانات بالاتری برای موجودی آب در منطقه فرض می‌شود و موجودی آب کمتری در مدل لحاظ می‌شود در نتیجه برای αهای بالاتر الگوی کشت در شرایط بهینه طوری تنظیم‌شده است که سهم جو در الگوی کشت بیشتر می‌شود و سهم محصول گوجه‌فرنگی که نیاز آبی بالاتری دارد در الگوی کشت کمتر می‌شود. در شکل ۳ حجم آب مصرفی در سطوح مختلف α، ارائه شده است.

جدول ۱- الگوی کشت بهینه در سطوح مختلف α و وضعیت موجود برحسب هکتار

نام محصول	وضعیت موجود	$\alpha = 0.5$	$\alpha = 0.7$	$\alpha = 0.9$
گندم	۲۷۴۷۱	۲۸۰۰/۰۵	۲۸۰۰/۰۵	۲۸۰۰/۰۵
جو	۴۲۷۶	۲۳۶۴۹/۹۱	۲۵۱۰۰/۴۸	۲۶۵۵۱/۰۴
ذرت دانه‌ای	۴۰۵	۹۳۴/۶۵	۹۳۴/۶۵	۹۳۴/۶۵
ذرت علوفه‌ای	۹۶۴	۱۰۰۱/۲۴	۱۰۰۱/۲۴	۱۰۰۱/۲۴
یونجه	۴۶۴۶	۱۷۵۷/۱۹	۱۷۵۷/۱۹	۱۷۵۷/۱۹
چغندرقند	۱۴۸۱	۱۰۲/۹۲	۱۰۲/۹۲	۱۰۲/۹۲
سیب‌زمینی	۱۳۹	۷۷۷/۶۱	۷۷۷/۶۱	۷۷۷/۶۱
گوجه‌فرنگی	۲۵۸۱	۱۰۹۳۹/۴۴	۹۴۸۸/۸۷	۸۰۳۸/۳۱
مجموع	۴۱۹۶۳	۴۱۹۶۳	۴۱۹۶۳	۴۱۹۶۳

شکل ۳- حجم آب مصرفی در سطوح مختلف α

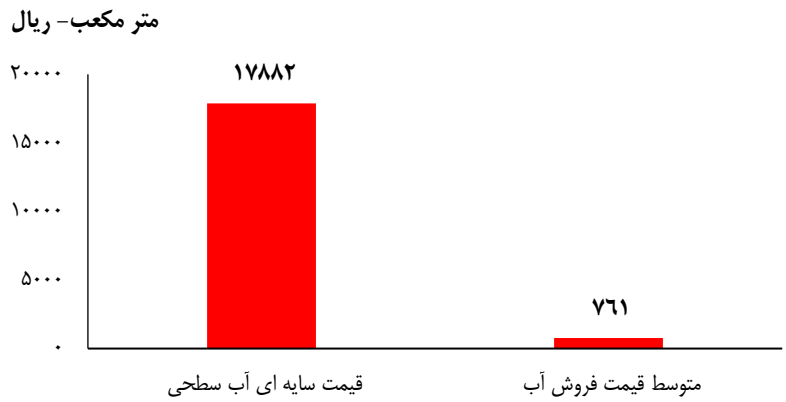
با تغییر در مقادیرα،تحلیل حساسیت بر روی متغیرهای خروجی انجام می‌شود. در شرایطی که نوسانات بیشتری برای موجودی آب سطحی در منطقه در نظر گرفته شود باید نتایج مربوط به مقادیر بالای α ملاک قرار بگیرد. درنتیجه حجم آب مصرفی کمتر از زمانی است که نوسانات برای موجودی آب سطحی در منطقه کمتر باشد. پس حجم آب مصرفی برای ضریب احتمال ۹۰ درصد، در حدود ۱۱۸ میلیون مترمکعب خواهد بود و در سطوح α برابر ۷۰ و ۵۰ درصد، حجم آب مصرفی به ترتیب در حدود ۱۳۳ و ۱۴۸ میلیون مترمکعب خواهد بود. مطابق با جدول ۲، مقدار بازده ناخالص، در شرایط بهینه حدوداً ۱/۵ برابر بیشتر از سود در وضعیت موجود است. از سوی دیگر ازآنجاکه با افزایش سطح α شرایط سخت‌گیرانه‌تری در مدل اعمال می‌شود چون موجودی آب کمتری در مدل در نظر گرفته می‌شود، درنتیجه مقدار بازده ناخالص با افزایش سطح α کاهش می‌یابد.

همان‌طور که در بخش‌های قبلی بیان شد پس از اجرای الگوی برنامه‌ریزی فازی محدودیت شانس در منطقه موردمطالعه مبنی بر حداکثر شدن بازده ناخالص کل و تعیین الگوی کشت بهینه، امکان محاسبه ارزش اقتصادی آب در شبکه آبیاری قزوین فراهم گردید. در این تحقیق به‌منظور محاسبه ارزش اقتصادی آب و با توجه به مفهوم ارزش نهایی تولید به ازای هر واحد مصرف آب، تغییرات در بازده ناخالص کل به ازای یک واحد تغییر در موجودی منبع آب محاسبه گردید. با توجه به نتایج تحقیق ارزش اقتصادی آب در شبکه آبیاری قزوین با فرض ایجاد الگوی کشت بهینه، به ازای هر مترمکعب ۱۷۸۸۲ ریال محاسبه‌شده است که در حدود ۲۳ برابر بیش از متوسط قیمت فروش آب در محدوده مطالعاتی است (شکل ۴).

جدول ۲- بازده ناخالص محصولات در سطوح مختلف α برحسب میلیون ریال

	وضعیت موجود	$\alpha = 0.5$	$\alpha = 0.7$	$\alpha = 0.9$
بازده ناخالص محصولات	۲۲۶۷۷۸۹/۶۴	۳۸۹۶۳۰۰ /۲۶	۳۶۳۲۱۱۷ /۳۷	۳۳۶۷۹۳۴ /۴۸

منبع: نتایج تحقیق



شکل ٤ - قیمت فروش و قیمت سایه‌ای آب سطحی به ازای یک مترمکعب (ریال)

نتیجه‌گیری

کاهش بارندگی و خشک‌سالی، افزایش جمعیت و افزایش تقاضا برای محصولات کشاورزی باعث شده آب به‌عنوان یک نهاده مهم در بخش کشاورزی تبدیل شود. یکی از روش‌های مهم برای مدیریت صحیح تقاضا در بخش کشاورزی و صرفه‌جویی در مصرف آب، تعیین قیمت واقعی آب است. ازآنجاکه متغیر موجودی آب سطحی، ماهیت تصادفی دارد، درنتیجه نمی‌توان مقدار آن را قطعی فرض نمود ازاین‌رو در این مطالعه به کمک مدل برنامه‌ریزی فازی محدودیت شانس که ترکیب مدل برنامه‌ریزی شانس محدود و مدل برنامه‌ریزی فازی است، به محاسبه قیمت سایه‌ای آب در شبکه آبیاری دشت قزوین پرداخته شده است. درواقع میزان تغییر در بازده ناخالص محصولات به ازای یک واحد تغییر در موجودی نهاده آب به‌عنوان ارزش اقتصادی و یا قیمت سایه‌ای آب در نظر گرفته شده است.

نتایج نشان می‌دهد که الگوی کشت در شرایط بهینه طوری تنظیم شده است که از بین محصولات مختلف، سهم جو در الگوی کشت به خاطر نیاز آبی کمتر نسبت به سایر محصولات محدوده بیشتر شود و سهم محصول گوجه‌فرنگی که نیاز آبی بالاتری دارد در الگوی کشت کمتر گردد. همچنین با فرض شکل‌گیری و ایجاد الگوی کشت بهینه، قیمت سایه‌ای هر مترمکعب آب در شبکه آبیاری دشت قزوین معادل ۱۷۸۸۲ ریال تعیین شد که در حدود ۲۳ برابر بیش از متوسط قیمت فروش آب در محدوده مطالعاتی است. باید به این نکته توجه کرد که قیمت سایه‌ای برابر مازاد درآمدی است که تولیدکننده به ازای دسترسی به یک واحد آب بیشتر، می‌تواند به دست آورد؛ بنابراین قیمت سایه‌ای با تغییر متغیرهایی مانند الگوی کشت، قیمت محصولات و بهره‌وری تولید تغییر خواهد کرد. با توجه به این‌که موجودی منابع آب رو به کاهش است، با وضع قیمت مناسب برای نهاده آب می‌توان از برداشت بی‌رویه و اتلاف منابع آبی جلوگیری کرد. لذا پیشنهاد می‌شود که قیمت آبی که توسط سیاست‌گذاران در بخش کشاورزی تعیین می‌شود در حدود قیمت ارزش سایه‌ای آب باشد.

منابع

احسانی، م.، حیاتی، ب.، دشتی، ق.، قهرمان زاده، م. و حسین زاد، ج. ۱۳۸۹. برآورد ارزش اقتصادی آب در تولید جو در شبکه آبیاری دشت قزوین، مجله علوم آب و خاک، ۲۲(۱): ۱۸۷- ۲۰۰.

اسدی، ه.، سلطانی، غ. و ترکمانی، ج. ۱۳۸۶. قیمت‌گذاری آب کشاورزی در ایران، مطالعه موردی اراضی زیر سد طالقان. مجله اقتصاد و توسعه کشاورزی، ۱۵(۵۸): ۹۰-۶۱.

بلالی، ح. و کسبیان لعل، ف. ۱۴۰۰. ارزش‌گذاری اقتصادی منابع آب زیرزمینی در بخش کشاورزی (مطالعه موردی: دشت همدان- بهار)، مجله اقتصاد و توسعه کشاورزی، ۱(۳۶): ۳۷- ۴۸.

بهرامی نسب، م.، دوراندیش، الف.، شاهنوشی، ن. و کهنسیال، م ر. ۱۳۹۴. تعیین الگوی بهینه زراعی شهرستان اسفراین (کاربرد برنامه‌ریزی فازی باارزش بازه‌ای بر اساس برش‌های آلفای نامحدود)، مجله تحقیقات اقتصادی و توسعه کشاورزی ایران، ۴۶(۱): ۷۳-۶۱.

پژویان، ج. و حسینی، س ش. ۱۳۸۲. برآورد تابع تقاضای آب خانگی (مطالعه موردی شهر تهران)، فصلنامه پژوهش‌های اقتصادی ایران، ۵(۱۶): ۶۷-۴۷.

حسینی، س م.، مازندرانی زاده، ح. و نظری، ب. ۱۴۰۰. مدیریت توأمان منابع آب سطحی و زیرزمینی و افزایش تاب‌آوری کشاورزان در مقابل کم‌آبی با پیش‌بینی قیمت محصولات کشاورزی و استفاده از الگوریتم ژنتیک (مطالعه موردی شبکه آبیاری و زهکشی دشت قزوین)، تحقیقات آب و خاک ایران، ۵۲(۲): ۵۶۳-۵۷۶.

دهقانپور، ح. و شیخ زین‌الدین، الف. ۱۳۹۲. تعیین ارزش اقتصادی آب کشاورزی در دشت یزد- اردکان استان یزد، اقتصاد و توسعه کشاورزی، ۲۱(۲): ۶۸-۴۵.

سازمان جهاد کشاورزی استان قزوین، https://qazvin-ajo.ir.

شیرشاهی، ف.، بابازاده، ح.، ابراهیمی پاک، ن ع. و خالدیان، م ر. ۱۳۹۸. بهینه‌سازی تخصیص آب و الگوی کشت بهینه (مطالعه موردی: دشت قزوین)، علوم و مهندسی آبیاری، ۴۴(۳): ۱۰۳-۱۱۶.

کرامت‌زاده، ع.، چیذری، الف ح. و میرزایی، الف. ۱۳۹۵. تعیین ارزش اقتصادی آب کشاورزی با استفاده از مدل الگوی کشت بهینه تلفیق زراعت و باغداری؛ مطالعه موردی سد بارزو شیروان، اقتصاد و توسعه کشاورزی، ۱۴(۵۴): ۶۰-۳۵.

گلزاری، ز، اشراقی، ف. و کرامت‌زاده، ع. ۱۳۹۵. برآورد ارزش اقتصادی آب در تولید محصول گندم در شهرستان گرگان، مجله تحقیقات آب در کشاورزی، ۳۰(۴): ۴۶۶-۴۵۷.

موسوی، م.، سرایی تبریزی، م. و طلاچی لنگرودی، ح. ۱۳۹۹. ارزیابی بررسی ارزش اقتصادی آب در مصارف زیست-محیطی، کشاورزی و صنعت (مطالعه موردی: حوضه آبریز دریاچه ارومیه)، مجله انسان و محیطزیست، ۱۹(۳): ۷۹-۹۵.

نوری نائینی، م س.، صلاح منش، الف. ۱۳۷۳. تعیین قیمت سایه‌ای منابع در بخش کشاورزی (مطالعه موردی روستاهای خراسان)، مجله تحقیقات اقتصادی، ۳۱(۴۸): ۸۱-۱۰۹.

Badri, H., Ghomi, S. F and. Hejazi, T. H. 2017. A two-stage stochastic programming approach for value-based closed-loop supply chain network design. Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review, 105: 1-17.

Birge, J.R. and Louveaux, F. 1997. Two-Stage Linear Recourse Problems. Introduction to Stochastic Programming, 155-197.

Cadenas, J.M. and Verdegay, J.L. 1997. Using fuzzy numbers in linear programming. IEEE Transactions on systems, Man, and cybernetics, Part B (Cybernetics), 27(6):1016-1022.

Castillo-Villar, K. K., Eksioglu, S., & Taherkhorsandi, M. 2017. Integrating biomass quality variability in stochastic supply chain modeling and optimization for large-scale biofuel production. Journal of cleaner production, 149: 904-918.

Dai, C., Cai, Y. P., Ren, W., Xie, Y. F., & Guo, H. C. 2016. Identification of optimal placements of best management practices through an interval-fuzzy possibilistic programming model. Agricultural Water Management, 165: 108-121.

Dupačová, J., Gaivoronski, A., Kos, Z. and Szantai, T. 1991. Stochastic programming in water management: A case study and a comparison of solution techniques. European Journal of Operational Research, 52(1): 28-44.

Felfel, H., Ayadi, O., & Masmoudi, F. 2016. Multi-objective stochastic multi-site supply chain planning under demand uncertainty considering downside risk. Computers & Industrial Engineering, 102: 268-279.

Housh, M., Ostfeld, A., & Shamir, U. 2013. Limited multi-stage stochastic programming for managing water supply systems. Environmental Modelling & Software, 41: 53-64.

Li, M., Fu, Q., Singh, V. P., Ma, M. and Liu, X. 2017. An intuitionistic fuzzy multi-objective non-linear programming model for sustainable irrigation water allocation under the combination

Singh, D.K., Jaiswal, C.S., Reddy, K.S., Singh, R.M. and Bhandarkar, D.M. 2001. Optimal cropping pattern in a canal command area. Agricultural Water Management, 50(1):1-8.

Wan, S. P. and Dong, J. Y. 2014. Possibility linear programming with trapezoidal fuzzy numbers. Applied Mathematical Modelling, 38(5-6): 1660-1672.

Ward, F.A. and Michelsen, A. 2002. The economic value of water in agriculture: concepts and policy applications. Water policy, 4(5):423-446.

of dry and wet conditions. Journal of Hydrology, 555: 80-94.

Medellín-Azuara, J., Harou, J. J. and Howitt, R. E. 2010. Estimating economic value of agricultural water under changing conditions and the effects of spatial aggregation. Science of the Total Environment, 408(23): 5639-5648.

Papi, A., Jabbarzadeh, A., Ghaderi, S.F. and Pishvaee, M.S. 2018. Robust Optimal Crude Oil Supply Chain Planning and Oilfield Development under Uncertainty: Case Study of the National Iranian South Oil Company. Quarterly Energy Economics Review, 14(58): 27-64.

Water Management in Agriculture
Vol. 10, No. 1 Spring and Summer 2023, 147-158

نشریه مدیریت آب در کشاورزی
جلد ۱۰، شماره ۱، بهار و تابستان۱۴۰۲، ص. ۱۵۸-۱۴۷

Determining the Shadow Price of Water With the Help of Fuzzy Planning Model of the Chance Range (Case Study: Qazvin Irrigation Network)

H. Mazandaranizadeh[1]* and Y. Shokouhifar[2]

Abstract

Reduction of water resources from one side and increasing demand on the other side, have faced lots of areas in the world with a difficult situation. Water resource pricing in water management is essential. Currently, the water rate paid by farmers to irrigate agricultural crops does not reflect the true value of water. One of the most effective solutions for demand management is determining the real price of water in the agricultural sector. This helps in the more favorable allocation of this input between different agricultural products. Since the surface water availability variable is stochastic in nature, its value cannot be assumed as certain. Therefore, in this study, the shadow price of water in the irrigation network of Qazvin plain has been calculated with the help of the fuzzy planning model of limited chance, which is a combination of the limited chance planning model and fuzzy planning model. The results show that the economic value of each cubic meter of water in the Qazvin Plain irrigation network is equal to 17,882 rials, which is about 23 times more than the average selling price of water in the study area. Considering that the stock of water resources is decreasing, in order to prevent indiscriminate harvesting and waste of water resources, as well as the optimal allocation of water input between agricultural products in the region, the price of water equivalent to its real value should be received from the farmers.

Keywords: Pricing, Uncertainty, Water demand management

[1] Associate Professor, Department of Water Sciences and Engineering, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Imam Khomeini International University, Qazvin, Iran (*corresponding author: mazandaranizadeh@eng.ikiu.ac.ir)
[2] Ph.D student in water resources engineering, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Imam Khomeini International University, Qazvin, Iran
Received: 21 Nov 2022
Accepted: 30 Dec 2022