نشریه آبیاری و زهکشی ایران
شماره۱، جلد ۱۷، فروردین - اردیبهشت ۱۴۰۲، ص. ۱۹۱-۱۸۰

Iranian Journal of Irrigation and Drainage
No.1, Vol. 17, Apr.-May. 2023, p. 180-191

مقاله علمی-پژوهشی

اثرات رقابت بین بخش‌های کشاورزی و شرب بر روی ارزش اقتصادی منابع آب زیرزمینی

لعیا استادآسیابی[۱]، حامد نجفی علمدارلو[۲*]، محمد حسن وکیل‌پور

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۵/۱۸ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۹/۲۷

چکیده

جمعیت در حال رشد و افزایش درآمدها، تقاضای آب برای مصارف کشاورزی، صنعتی و بخش خانگی را افزایش داده است. از طرف دیگر، عرضه آب از منابع سطحی به سمت منابع زیرزمینی سوق پیدا کرده است، ادامه این روند تامین آب در ۵۰ درصد مناطق شهری ایران را وابسته به منابع آب زیرزمینی می‌کند. همین امر ذخیره منابع آب زیرزمینی را به طور قابل ملاحظه‌ای کاهش داده است. رشد شهرنشینی و وجود دو شهر تهران و کرج در این دشت باعث افزایش تقاضای آب در بخش خانگی و در نتیجه کاهش سهم آب مصرفی در بخش کشاورزی شده است. برای مدیریت بهینه آب و با توجه به تقاضای آب در بخش‌های مختلف اقتصادی، در این مطالعه اثرات تغییر در تقاضای آب در بخش خانگی بر روی فعالیت‌های کشاورزی و ارزش اقتصادی آن براورد شده است. برای تخمین تقاضای آب خانگی از روش مطلوبیت استون-گری و برای برآورد و محاسبه ارزش اقتصادی و اثرات تقاضای آب خانگی بر بخش کشاورزی از رهیافت برنامه ریزی‌ریاضی اثباتی استفاده گردید. نتایج نشان داد که ارزش اقتصادی آب در بخش کشاورزی معادل ۵۵۰ تومان به ازای هر متر مکعب می‌باشد. حال اگر سهم بخش کشاورزی از آب زیرزمینی به میزان ۱، ۵، ۱۰ و ۲۰ درصد کاهش یابد، ارزش اقتصادی آب در بخش کشاورزی افزایش یافته و به ۶۰۰، ۷۰۳، ۷۶۱ و ۹۷۶ تومان به ازای هر مترمکعب خواهد رسید. به دلیل محدودیت ایجاد شده توسط تقاضای آب در بخش خانگی و کاهش آب در دسترس پیشنهاد می‌شود، سیاست‌گذاران علاوه بر قیمت‌گذاری بر مبنای ارزش اقتصادی آب در بخش کشاورزی سیاست‌های تشویقی سرمایه‌گذاری در دستگاه‌های آبیاری مدرن در کوتاه مدت و همچنین تحویل حجمی آب و کنترل حجم آب تحویلی به کشاورزان به منظور افزایش بهره‌وری بیشتر و کاهش تلفات آب و حفظ آبخوان‌ها در بلند مدت پیش گیرند.

واژه‌های کلیدی: ارزش‌گذاری اقتصادی آب، برنامه‌ریزی ریاضی اثباتی، دشت تهران-کرج، مطلوبیت استون-گری

مقدمه

فرآیند مدیریت منابع آب برای هر منطقه جغرافیایی نیاز به ارزیابی یکپارچه از منابع موجود و تصمیم‌گیری محتاطانه با توجه به تخصیص این منابع را دارد. از آنجاکه کاربران آب متعلق به بخش-های مختلف تقاضا هستند، هر کدام از آنها نیاز به کیفیت و مقدار آب منحصر به فرد دارند (Wada, 2010). با این حال، تاثیر تقاضای مختلف آب از منطقه‌ای به منطقه‌ای دیگر به دلیل اینکه بعضی مناطق ممکن است کمبود آب را همراه با افزایش تقاضا تجربه کنند متفاوت است و باعث می‌شود تعداد قابل توجهی از مردم در معرض کم‌آبی قرار گیرند (Abbaspour, 2009). تقاضای رو به افزایش و استفاده‌های متفاوت از آب باعث شده است استفاده از آب توسط یک بخش بر امکان استفاده بخش دیگر تاثیرگذار باشد (یزدانی و فتاحی، ۱۳۸۹). در نیم قرن گذشته در بیشتر کشورهای خشک و نیمه‌خشک توسعه یافته یا در حال‌توسعه، استفاده از آبخوان‌ها به شدت زیاد شده است (Fornes et al., 2004). آب‌های زیرزمینی از مهم ترین منابع تامین آب در جهان بوده و در برخی قسمت‌های جهان تنها منبع تامین آب هستند (Panahi et al., 2017). افزایش بهره‌برداری از آب‌های زیرزمینی پایداری آبخوان‌ها را برای نسل‌های آینده به خطر می‌اندازد. همچنین هزینه‌های استخراج ار منابع آب زیرزمینی با افزایش بهره‌برداری افزایش می‌یابد (Qureshi et al., 2012). ارزیابی آب‌های زیرزمینی یک چالش هیدرولوژی کاربردی است. مطالعه بر روی منابع آب زیرزمینی به منظور بقای انسان و همچنین استفاده پایدار از این منابع به ویژه در مناطق خشک جایی که این منبع برای توسعه اقتصادی-اجتماعی نقش کلیدی دارند، مهم است (Alcal et al., 2015). کشور ایران با داشتن پهنه وسیعی از اقلیم

۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد اقتصاد کشاورزی، دانشگاه تربیت‌مدرس، تهران، ایران
۲- دانشیار گروه اقتصادکشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران
۳- دکتری گروه اقتصادکشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران
(*- نویسنده مسئول: (Email: hamed_najafi@modares.ac.ir
DOR: 20.1001.1.20087942.1402.17.1.15.9

خشک و نیمه خشک در سال‌های اخیر بدلیل افزایش مصرف آب ناشی از رشد جمعیت و شهرنشینی، نیازمند برنامه‌ریزی دقیق و عملکرد کاراتری در جهت تخصیص بهینه آب و حفاظت از منابع آبی کشور است (فطرس و همکاران، ۱۳۹۱). در برخی مناطق منابع آب زیرزمینی یکی از منابع اصلی تامین آب در بخش‌های مختلف اقتصادی هستند. بخش کشاورزی به عنوان بزرگ‌ترین مصرف‌کننده آب با برداشت بیش از حد آب‌های زیرزمینی موجب عدم پایداری و کاهش ذخیره سفره‌های آب زیرزمینی شده است و در نهایت توسعه پایدار در این بخش را ناممکن می‌سازد. بنابراین، برقراری تداوم میان تغذیه و برداشت منابع آب زیرزمینی اهمیت بسیاری در پایداری این منابع برخوردار است (پرهیزکاری و همکاران، ۱۳۹۴). از طرفی با گسترش شهرها نیاز به مصرف آب در بخش خانگی افزایش پیدا کرده و سبب کاهش سهم آب در بخش کشاورزی و در نتیجه کاهش محصولات در این بخش شده است (برزگر، ۱۳۹۱).

بائو و فانگ در بررسی جریان منابع آب مربوط به شهرنشینی در چین (چالش‌ها و چشم اندازهای مدیریت آب و توسعه شهری) جریان منابع آب مربوط به شهرنشینی را در چین با در نظر گرفتن الگوی آن‌ها در بخش‌ها و مناطق مختلف تجزیه و تحلیل کرده‌اند. نتایج نشان داد کمبود منابع آب توسعه شهری را محدود کرده است. در این مقاله اقدامات متقابل در مورد چگونگی ارتقا منابع آب، به منظور بهبود توسعه شهری نیز مورد بررسی قرار گرفته است (Bao and Fang, 2011). یان و همکاران تاثیر شهرنشینی بر مصرف آب در بخش کشاورزی و تولیدات آن در چین را مورد ارزیابی قرار دادند. نتایج نشان داد روند افزایشی مصرف آب در بخش خانگی و صنعت موجب کاهش سهم آب در بخش کشاورزی شده است. یک درصد افزایش شهرنشینی، کاهش ۰/۴۷ واحدی آب مصرفی در کشاورزی را در پی دارد که ادامه این روند موجب کاهش نواحی آبی، عملکرد متوسط و تولید کل محصولات و افزایش نواحی دیم منطقه خواهد شد (Yan et al., 2015). ما و همکاران در یک مطالعه، مدیریت اقتصادی آب کشاورزی در شهر لانچنگ در شمال چین را مورد ارزیابی قرار دادند. در بخش کشاورزی دشت شمال چین به دلیل محدودیت منابع آب در منطقه آبیاری محصولات به استخراج آب زیرزمینی وابسته هستند، بنابراین با در نظر گرفتن سه سناریو مختلف و هزینه‌های زیست محیطی، منابع آب زیرزمینی منطقه را ارزیابی کرده‌اند (Ma et al., 2015). رابیا و مایثم با استفاده از رویکردهای اقتصادسنجی، تأثیر شهرنشینی در بخش کشاورزی را بررسی کرده‌اند. نتایج نشان داد، با افزایش شهرنشینی، زمین‌های کشاورزی بیشتری به کاربری‌های غیرکشاورزی تبدیل شده و در نتیجه محصولات کشاورزی کاهش یافته است (Rabia and Maisam, 2015). در مطالعه‌ای دیگر برای پاسخ به این سوال که آیا شهرنشینی کمبود آب در منطقه را تشدید می کند؟ لی و همکاران یک منطقه وسیع پکن–تیانجین–هبی (BTH) را در چین مطالعه کردند، یکی از نتایج آنها نشان داد که شهرنشینی در درجه اول بر کمبود آب ناشی از فعالیت‌های انسانی تأثیر می‌گذارد. استفاده از آب کشاورزی به شدت برای استفاده از آب با شهرنشینی منطقه رقابت می‌کند. علاوه بر این، بهینه‌سازی حالت توسعه اقتصادی و کنترل استفاده از آب کشاورزی برای کاهش کمبود آب در منطقه وسیعی مانند پکن–تیانجین–هبی حیاتی است (Li et a., 2019). عوض‌دهنده و خلیلیان، به تأثیر توسعه شهری بر مصرف آب و تولیدات زراعی دشت قزوین پرداختند. نتایج نشان داد در سه سناریوی افزایش ۱ درصد، ۲ درصد و ۳۹ درصد شهرنشینی موجب کاهش مصرف آب در بخش کشاورزی به میزان، ۰/۶۳۹، ۱/۲۷۸ و ۲۴/۹۲۱ میلیون مترمکعب نسبت به سال پایه می‌شود. همچنین با اجرای سناریوی مشابه به این نتیجه دست یافته‌اند که با افزایش شهرنشینی میزان تولید و سطح زیرکشت برخی محصولات آبی منطقه کاهش می‌یابد (Avazdahandeh and Khalilian, 2021).

در تمام جوانب زندگی بشر آب کالایی ضروری برای بقا و پیشرفت است و در سال‌های اخیر به دلایل زیادی همچون خشکسالی، تغییرات اقلیمی و گسترش شهرنشینی بیشتر کشورها با کمبود منابع آب در تخصیص بهینه آن بین بخش‌های مختلف اقتصادی مواجه شده‌اند. در ایران نیز همزمان با افزایش جمعیت شهر ها، بخش‌های کشاورزی و صنعت توسعه یافته‌اند، که موجب افزایش روزافزون تقاضای آب شده است. این تغییرات ساختاری در تخصیص آب و برقرار کردن توازن در مقدار تقاضای آب بین بخش‌های صنعت، کشاورزی و شرب می‌تواند در برآورد ارزش آب اثرگذار باشد. با توجه به ارجحیت توسعه شهری و صنعتی بر توسعه کشاورزی طی سالهای اخیر، پس از سنجش میزان تقاضای آب خانگی در این دشت به رابطه و اثر آن روی ارزش آب در بخش کشاورزی پرداخته می‌شود.

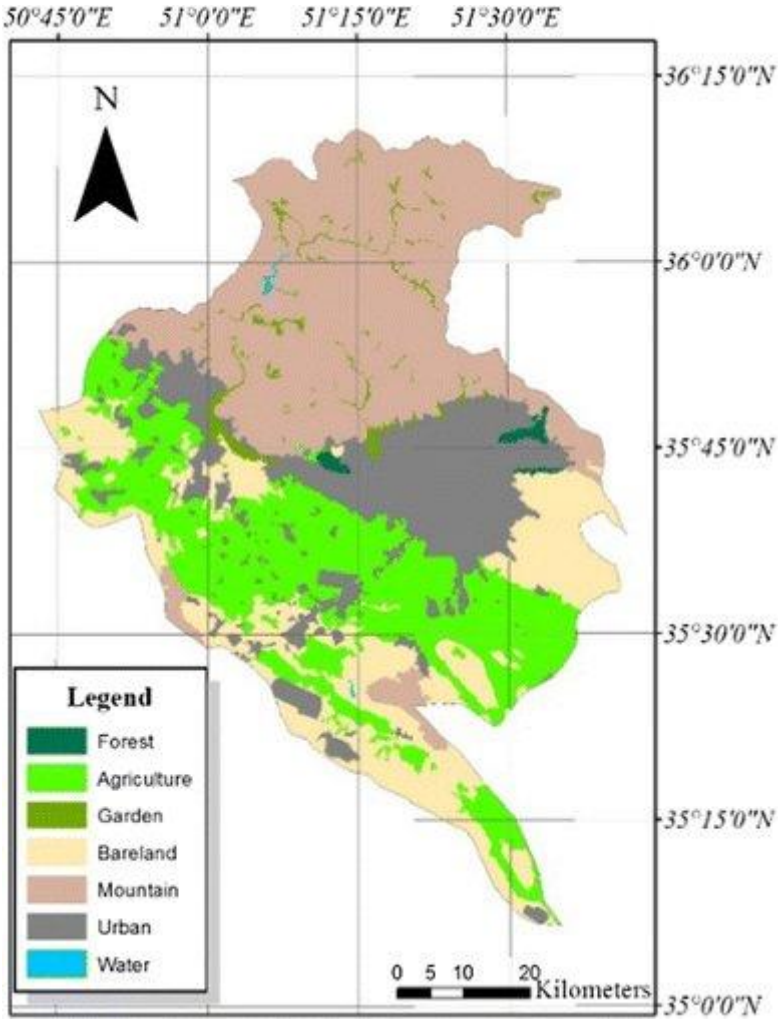
در سراسر دنیا تحقیقات گسترده‌ای روی مصرف منابع آب همچون آب‌های زیرزمینی انجام شده است. زیر بخش‌های اقتصادی همچون کشاورزی و بخش خانگی بدلیل آسیب‌پذیری و مصرف آب بالاتر نسبت به بخش صنعتی در کمبود آب و اثرات متقابل بین مصرف هر بخش بر روی بخش دیگر به طور گسترده‌تری در تحقیقات انجام شده مانند تحقیقات بیان شده مورد توجه محققان قرار گرفته‌اند. با توجه به اینکه کشور ایران نیز با محدودیت منابع آب مواجه است و دشت مورد مطالعه تهران–کرج، در سال‌های اخیر کمبود منابع آب و همچنین تغییرات زیادی را در تخصیص منابع آب بین دو بخش کشاورزی و خانگی را تجربه می‌کند، اهمیت مطالعه اثر متقابل رقابت بین تقاضای آب در بخش خانگی و بخش کشاورزی را نشان می‌دهد. از آنجا که یکی از مهم ترین منابع تامین آب در این دشت، به خصوص در سال‌های اخیر منابع آب زیرزمینی بوده است، به همین منظور در این تحقیق ابتدا با استفاده از روش اقتصاد سنجی

تابع مطلوبیت استون-گری به عنوان یک روش اقتصادسنجی برای ارزیابی بخش تقاضای آب خانگی را تخمین زده و سپس نتایج آن را با استفاده از مدل برنامه ریزی ریاضی مثبت برای تخمین مقدار ارزش آب زیرزمینی در کشاورزی مورد بررسی قرار گرفته است.

مواد و روش‌ها

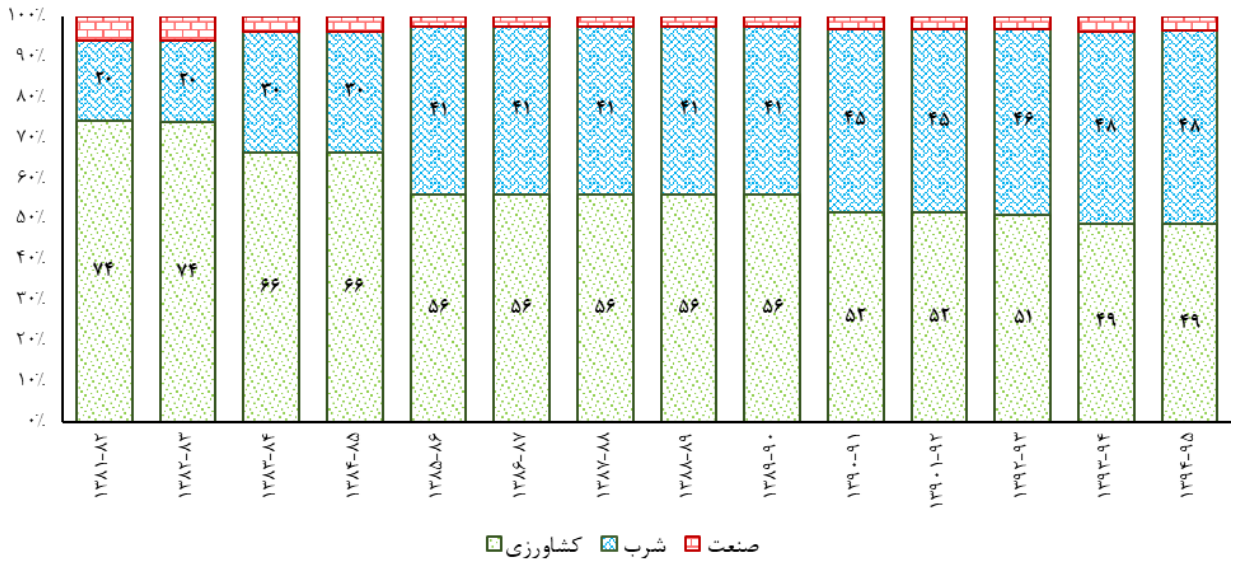
میزان بهره‌برداری بخش‌های اقتصادی از منابع آب زیرزمینی وابسته به تقاضای هر بخش است. در همین راستا برای تخمین تقاضای آب در بخش خانگی از رهیافت اقتصادسنجی، تابع مطلوبیت تخمین زده شد. بدلیل اینکه آب به عنوان یک کالای ضروری همواره حداقل مصرفی را دارد، بهترین شکل تابع مطلوبیت برای تخمین تقاضای آن تابع مطلوبیت استون-گری، یا تابع برنامه‌ریزی شده برای کالاهای ضروری انتخاب شد. هدف اصلی مطالعه بررسی افزایش تقاضای آب در بخش خانگی و کاهش منابع آب در دسترس کشاورزان بر روی ارزش اقتصادی آب در بخش کشاورزی است. به همین منظور معادله تقاضای آب در بخش خانگی به عنوان محدودیت وارد مدل برنامه‌ریزی ریاضی اثباتی برای برآورد ارزش اقتصادی آب قرار داده شد.

منطقه مورد مطالعه: دشت تهران-کرج، با مساحتی در حدود ۵۰۸۷٫۹ کیلومتر مربع در میان استان‌های تهران و البرز قرار گرفته است. ارتفاع محدوده‌ی آبخوان بین ۸۷۲ تا ۱۷۷۶ متر متغیر است و ارتفاع آبخوان از شمال به سمت جنوب آن کاهش می‌یابد. بدون در نظر گرفتن محدوده و حریم شهرها و روستاها و تنها بر اساس نحوه استفاده از زمین، کاربری بیش از ۵۱ درصد از وسعت آبخوان به کشاورزی و باغبانی اختصاص یافته و بیش از ۳۲ درصد از مساحت آن را مناطق مسکونی اشغال نموده‌اند (رایگانی، ۱۳۹۷). در شکل (۱) محدوده مورد مطالعه دشت تهران-کرج با جزئیات مناطق کشاورزی و شهرنشینی نشان داده شده است.



شکل ۱- محدوده مورد مطالعه دشت تهران-کرج (پناهی و همکاران، ۱۳۹۵)

به‌طور کلی از نظر توزیع زمانی بارش، منطقه مورد مطالعه دارای یک فصل بارندگی و یک فصل خشک می‌باشد. دوره بارندگی از اواخر مهرماه آغاز شده و تا اواسط خرداد ادامه دارد. بطوریکه ۳۰/۸٪ بارندگی سالیانه در زمستان ریزش می‌کند. همچنین در دوره بلند مدت متوسط بارندگی سالیانه ۲۳۶ میلی‌متر و متوسط دمای سالانه ۱۶ درجه سانتی‌گراد در دشت تهران-کرج گزارش شده است (دفتر مطالعات پایه منابع آب ایران، ۱۳۹۳). وجود دو شهر تهران و کرج این آبخوان را به یکی از مهم‌ترین آبخوان‌های کشور تبدیل کرده است. توسعه و رشد سریع شهر تهران و شهرهای اقماری آن، در دهه‌های اخیر منجر به افزایش نیازهای آب خانگی در این دشت و عدم توازن بین منابع آبی موجود و کاهش سهم بخش‌های دیگر شده است. در نمودار (۱) سهم بخش های مختلف در برداشت از آب زیرزمینی به درصد به تصویر کشیده شده است. طی یک دوره ۱۵ ساله از ابتدای سال ۸۱، بخش شرب ۲۰ درصد و بخش کشاورزی ۷۴ درصد از حجم آب مصرفی آب‌های زیرزمینی دشت را به خود اختصاص داده و در پایان سال ۹۵ حجم مصرفی بخش شرب ۲۸ درصد افزایش و سهم بخش کشاورزی به ۴۹ درصد کاهش یافته است. در سال ۹۵-۱۳۹۴، مصرف کل آب‌های زیرزمینی دشت تهران-کرج ۱۷۹۴,۳۸ میلیون متر مکعب بوده که سهم بخش کشاورزی ۹۰۲,۳۷ و سهم بخش خانگی ۸۳۱,۹۷ متر مکعب برآورد شده است.



شکل ۲- سهم بخش های مختلف در برداشت از آب زیرزمینی (درصد)

تقاضای بخش خانگی

تابع مطلوبیت استون-گری: پژوهش‌های زیادی در رابطه با بدست آوردن تابع تقاضای آب در بخش خانگی انجام شده است. یکی از نمونه‌های تحقیقات انجام شده می‌توان به مطالعه ادیب‌پور و شیرآشیانی (۱۳۹۳)، اشاره کرد که در برآورد تابع تقاضای آب خانگی استان گلستان، از روش حداکثرسازی مطلوبیت مصرف کننده، از طریق تابع مطلوبیت استون-گری، تابع تقاضای آب را استخراج کرده و با استفاده از داده‌های تلفیقی برای یک دوره زمانی ۱۲ ساله، تقاضای آب شهری استان گلستان را براساس حداقل آب مورد نیاز برای معیشت هر مصرف کننده برآورد کرده‌اند. در اکثر پژوهش‌ها نتایج حاکی از آن است که به دلیل کم کشش بودن تقاضای آب خانگی نسبت به قیمت آب و درآمد خانوارها، آب کالایی ضروری است و همواره از حداقل مصرفی برخوردار است. عملکرد تابع مطلوبیت استون-گری، که به عنوان تابع مطلوب برنامه ریزی شده برای کالاهای اساسی شناخته می شود، مناسب ترین نوع عملکرد مطلوب برای این منظور است. متغیرهایی که بیشتر در الگوها مورد استفاده قرار گرفته‌اند عبارتند از: متوسط قیمت آب، متوسط سرانه آب مصرفی،درآمد خانوار، شاخص‌های قیمت‌های منطقه‌ای، بعد خانوار و عوامل جوی مانند متوسط میزان درجه حرارت استفاده شده است. شکل کلی عملکرد تقاضای آب که در بخش شرب استفاده شده در این تحقیق به شرح زیر است:

$$W_t = \theta_0 + \theta_1\left(\frac{I_t}{P_{Wt}}\right) + \theta_2\left(\frac{P_{otht}}{P_{Wt}}\right) + \theta_3 T + \theta_4 X \qquad (۱)$$

که در رابطه بالا I_t بودجه یا درآمد اسمی خانوار، P_{Wt} قیمت اسمی آب خانگی و P_{otht} قیمت اسمی کالای ترکیبی می‌باشند. در

این مدل T به عنوان یک متغیر جوی (میانگین دمای سالانه) وارد مدل شده است. همچنین تعداد خانوار نیز برای بررسی اثرگذاری جمعیت با متغیر X مورد بررسی قرار گرفته است.

مدل برنامه ریزی ریاضی اثباتی: استفاده از روش‌های برنامه‌ریزی از متداول‌ترین روش‌ها در ارزش‌گذاری اقتصادی آب است. در حال حاضر مدل‌های برنامه‌ریزی ریاضی تبدیل به یک وسیله مهم با کاربردی وسیع هستند که در تحلیل سیاست‌های کشاورزی بسیار استفاده می‌شوند (Preckel et al., 2002). انگیزه اصلی برای استفاده از الگوهای برنامه‌ریزی ریاضی در تحلیل اقتصاد کشاورزی استفاده بهینه از نهاده‌های محدود است. در مدل‌های برنامه‌ریزی ریاضی محدودیت دنیای واقعی و ارتباط بین نهاده‌ها در نظر گرفته می‌شود، که باعث می‌شود بعنوان مدل‌هایی کاربردی مورد استفاده قرار گیرند (بخشی، ۱۳۸۸). بطور کلی مدل‌های برنامه‌ریزی ریاضی به دو نوع مدل‌های برنامه‌ریزی ریاضی دستوری (هنجاری) (NMP[1]) و مدل‌های برنامه‌ریزی اثباتی (PMP[2]) قابل تقسیم‌بندی هستند. که بدلیل اینکه مدل‌های PMP برای تحلیل سیاست‌ها در شرایط موجود مفید هستند (کرامت زاده و همکاران، ۱۳۸۹). در این تحقیق از این رهیافت استفاده شده است. این روش در سال ۱۹۹۵ توسط هاویت[3] بطور رسمی معرفی شد. در مدل برنامه ریزی ریاضی اثباتی رفتار واقع گرایانه شبیه‌سازی شده است. این مدل با انعطاف-پذیری بیشتر نسبت به دیگر مدل‌ها، از ناپیوستگی‌های ناگهانی در جواب‌های شبیه‌سازی در الگوهای برنامه‌ریزی اجتناب می‌کند. برنامه ریزی ریاضی اثباتی یک روش تحلیل تجربی است که از تمام اطلاعات موجود بدون در نظر گرفتن محدودیت آن منابع استفاده می‌کند. این روش به ویژه در تحلیل منطقه‌ای و بخشی کشورهای در حال توسعه و تحلیل اقتصادی محیط زیستی مفید است (Arfini et al., 2003). این مدل یکی از مدل های محبوب در بین پژوهشگران داخلی و خارجی برای برآورد ارزش اقتصادی و محاسبه سود کشاورزان است. از مطالعات داخلی می توان به مطالعه نجفی علمدارلو و همکاران (۱۳۹۲)، برای ارزش‌گذاری آب‌های زیرزمینی بمنظور بهبود بهره‌وری در بخش کشاورزی و پایین آمدن سهم آب در بخش کشاورزی پرداخته‌اند، اشاره کرد. محدودیت شدید در عرضه آب در کشور بدلیل خشکسالی‌های اخیر و تقاضای روزافزون مصرف آب ناشی از رشد نرخ جمعیت و شهرنشینی و توسعه شهرها، ارائه راهکارهای مدیریت منابع آب برای ایجاد توازن بین عرضه و تقاضای کشور از اهمیت زیادی برخوردار است.

مدل برنامه ریزی ریاضی اثباتی قابل تعمیم یکی از انواع روشهای برنامه نویسی ریاضی اثباتی است. این روش اولین بار توسط کورتینانی و سورینی (Cortignani and Severini, 2004) معرفی شده است و تفاوت آن با مدل برنامه ریزی ریاضی اثباتی در این است که محدودیت‌ها در این تابع کمی متفاوت تر هستند، عوض دهنده و خلیلیان (Avazdahandeh and Khalilian, 2021). محدودیت های کالیبراسیون در معادلات زیر نشان داده شده است:

$$\sum_{v} X_{i,v} \le \check{X}_{i,v}(1+\varepsilon_1)+\varepsilon_3 \quad (۲)$$

$$X_{i,v} \le \check{X}_{i,v}(1+\varepsilon_2)+\varepsilon_3 \quad (۳)$$

$$\varepsilon_1 < \varepsilon_2 < \varepsilon_3 \quad (۴)$$

در معادلات فوق ، X و $\check{X}$، به ترتیب، سطح زیر کشت در مدل و سال پایه قرار می گیرند. λ_{2i} و $\lambda_{2i,v}$ ؛ مقدار ارزش سایه ای معادلات است. (2) و (3) شاخص های i و v به محصولات و انواع محصولات اشاره دارد. در مدل تخمین زده در این تحقیق، تابع هدف (۵)، تابع سود کشاورزان است و مدل تقاضای آب خانگی تخمین زده شده در بخش شرب، در بخش محدودیت های مدل آورده شده است. معادلات تخصیص بهینه آب در این مطالعه شامل معادلات زیر است، معادله زیر سود خالص کشاورز است :

$$Max\pi = \sum_{c}[A_{cir}(Y_{cir}P_C - AC_{cir}) + A_{cr}(Y_{cr}P_C - AC_{cr})] \quad (۵)$$

$$\sum_{c}(A_{cir}+A_{cr}) \le \sum_{c}(\overline{A_{cir}}+\overline{A_{cr}}) \quad (۶)$$

$$\sum_{c} W_{cir}A_{cir}) \le W_{ag}^{S} \quad (۷)$$

$$\sum_{c} M_c A_c \le \mathrm{M} \quad (۸)$$

$$A_{cir} \le \overline{A_{cir}}(1+\varepsilon_1)+\varepsilon_3 \quad (۹)$$

$$A_{cr} \le \overline{A_{cr}}(1+\varepsilon_2)+\varepsilon_3 \quad (۱۰)$$

$$\sum_{c} A_{cir}+A_{cr} \le \sum_{c}(\overline{A_{cir}}+\overline{A_{cr}})(1+\varepsilon_2+\varepsilon_1)+\varepsilon_3 \quad (۱۱)$$

$$W_{ho}^{d} = f(I_t, P_{otht}, P_{Wt}, T, X, u) \quad (۱۲)$$

توابع (۶)، (۷) و (۸) به ترتیب بیانگر محدودیت‌های زمین، آب، ماشین‌آلات و معادلات (۹-۱۱) محدودیت کایبراسیون را نشان می-دهند. در نهایت محدودیت تقاضای آب در بخش خانگی را نیز با معادله (۱۲) در مدل اضافه شده است. معادلات زیر به ترتیب معادلات تعادل بازار آب (تنها با در نظر گرفتن بخش خانگی و کشاورزی)، و غیر منفی بودن متغیرهای هدف می باشند:

$$W_{ho}^{d} + W_{ag}^{D} \le W_{ag}^{S} \quad (۱۳)$$

$$A_{cir}, A_{cr}, W_{ho}^{d} \ge 0 \quad (۱۴)$$

همانطور که در معادلات بالا نشان داده شد تاثیر افزایش میزان تقاضای آب خانگی بصورت محدودیت به مدل اضافه شده است و با

1- Normative Mathematical Programming
2- Positive Mathematical programming
3- Richard E. Howitt

تغییر میزان این محدودیت می‌توان اثر آن را بر روی ارزش اقتصادی آب در بخش کشاورزی سنجید.

داده‌های بخش خانگی در این مطالعه از سایت مرکز آمار ایران[1] استخراج شده‌اند. داده‌ها مرتبط به سال‌های ۹۵-۱۳۸۴ برای ۷ شهر تهران، کرج، شهریار، قدس، رباط‌کریم، اسلام‌شهر و ری که در دشت تهران-کرج قرار گرفته‌اند هستند. داده‌ها بصورت پانل و یا ترکیبی بوده و برای برازش داده‌ها از نرم افزار آماری استتا (STATA) استفاده شده است. در بخش کشاورزی، داده-های کشاورزان زیر بخش زراعت دشت تهران-کرج وزارت جهاد کشاورزی تهیه شده است. داده‌ها مربوط به ۹ شهرستان تهران، کرج، قدس، ری، ملارد، بهارستان، شهریار، اسلام‌شهر و رباط کریم در محدوده دشت تهران-کرج در سال زراعی (۹۵-۱۳۹۴) هستند. نیاز خالص آبیاری محصولات در این تحقیق توسط نرم‌افزار AGWAT (که توسط وزرات جهاد کشاورزی منظور گردیده) بدست آمدند.

نتایج و بحث

با توجه به محدودیت عرضه آب و با توجه به چشم‌اندازهای مطلوب صنعت آب و فاضلاب کشور در افقی ۲۰ ساله ۱۳۸۴-۱۴۰۴ برخورداری ۱۰۰٪ جمعیت شهری و روستایی کشور به آب بخش خانگی و افزایش سهم آب در این بخش بناچار کاهش سهم آب بخش کشاورزی را در پی خواهد داشت (عابدی کوپایی، ۱۳۸۹). به همین منظور در مرحله اول تحقیق یافته‌ها، شامل برازش تقاضای آب در بخش خانگی (سال پایه ۱۳۹۵) به عنوان محدودیت در مدل نهایی آورده شده است تا اثر تقاضای میزان آب در بخش خانگی بر روی میزان آب در دسترس کشاورزان در محدوده مورد مطالعه سنجیده شود. نتایج بدست آمده در هر بخش بصورت زیر است:

تخمین تقاضای بخش خانگی: الگوی انتخابی برای تقاضای آب خانگی بر اساس مطالعات عبدلی و فرجی (۱۳۸۸)، فلاحی و همکاران (۱۳۹۱)، ادیب‌پور و شیرآشیانی (۱۳۹۳) در زمینه تقاضای آب بخش خانگی انتخاب شده است. داده‌های پانل شامل ابعاد مقطعی و زمانی هستند که از نظر ناهمسانی واریانس و خودهمبستگی بررسی شده‌اند. پس از بررسی داده-ها بدلیل وجود ناهمسانی و خود همبستگی داده‌ها با GLS تخمین زده شد و نتایج مدل نهایی با $R^2 = 55$ در جدول (۱) آمده است:

نتایج بدست‌آمده از تخمین تابع تقاضای آب خانگی نشان می‌دهد که مصرف مستقل فرد مثبت است بدین معنی که درصورت افزایش قیمت آب نیز به دلیل ضروری بودن آب فرد مقداری از آب را مصرف خواهد کرد. نسبت درآمد خانوار به قیمت آب رابطه عکس با مقدار مصرف آب و متوسط دما سالانه و نسبت شاخص قیمت سایر کالاها به قیمت آب و تعداد متوسط خانوار رابطه مستقیم با مصرف آب دارد که مطابق با فروض مدل رابطه تمام متغیرها در فاصله اطمینان ۹۵ درصد هستند و فرض‌های مدل را تایید می‌کنند. ضرایب و میانگین ضرایب استخراج شده از مدل تقاضای آب خانگی در مدل برنامه ریزی ریاضی اثباتی قرار می گیرد.

بخش کشاورزی

اراضی زراعی مورد مطالعه در این تحقیق شامل بیش از ۶۳۰۶۷ هکتار قرار گرفته در دشت تهران-کرج است. در جدول (۲) عملکرد و سطح زیر کشت و نیاز آبی نه محصول منتخب مورد مطالعه در این دشت آورده شده است:

با توجه به داده‌های جدول، در سال زراعی ۹۵-۱۳۹۴ در این دشت محصولات پنبه آبی بیشترین و جو آبی کمترین نیاز آبی را دارند. همچنین کمترین عملکرد و سطح زیر کشت متعلق به محصول ذرت دانه‌ای آبی است.

سناریوهای اعمال شده

هدف این مطالعه بررسی اثر افزایش مصرف حجم آب در بخش خانگی و اثرات آن بر روی ارزش آب در بخش کشاورزی است. بر همین اساس و بر مبنای نمودار ۱، چهار سناریو تعریف شده است. با توجه به تغییر تقاضای آب در دو بخش خانگی و کشاورزی سناریوها به صورت (۳) در نظر گرفته شده‌اند:

جدول ۳- تعریف سناریوهای اعمال شده

سناریوها	توضیحات
سناریو اول	کاهش ۱ درصدی آب در بخش کشاورزی
سناریو دوم	کاهش ۵ درصدی آب در بخش کشاورزی
سناریو سوم	کاهش ۱۰ درصدی آب در بخش کشاورزی
سناریو چهارم	کاهش ۲۰ درصدی آب در بخش کشاورزی

این سناریوها در محدودیت آب زیرزمینی قابل دسترس با توجه به تقاضای آب در بخش خانگی اعمال شده است. اثرات کاهش آب مصرفی در دسترس کشاورزان بر روی ارزش اقتصادی آب، میزان کشت محصولات و میزان مصرف آب و

1 -https://www.amar.org.ir/

سود کشاورزان در مدل برآورد شده و در جدول (۴) نشان داده شده است.

در ستون اول این جدول نتایج الگوی کشت بدون اعمال سناریو و در سناریوی اول با افزایش یک درصدی آب در بخش خانگی و در ستون‌های بعدی سه سناریوی دیگر به ترتیب نتایج ۱ و ۵، ۱۰ و ۲۰ درصدی کاهش آب در دسترس آب در بخش کشاورزی و اثر آن بر روی الگوی کشت محصولات در بخش کشاورزی را نشان می دهد:

جدول ۱- نتایج برآورد تابع تقاضای بخش خانگی به روش OLS

نام متغیر	شرح متغیر	مقدار ضریب	احتمال
θ_0	عرض از مبدا	۱۵۶,۷۴	۰,۰۵۰
M/P_W	نسبت درآمد سرانه خانوار به قیمت آب	۲۵,۷۱	۰,۰۰۰
P_{oth}/P_W	نسبت شاخص قیمت سایر کالاها به قیمت آب	-۸۰,۰۰	۰,۰۳۱
T	میزان متوسط دمای سالانه	۱,۴۰	۰,۰۰۰
X	بعد خانوار	۰,۰۰۰۰۸	۰,۰۰۰

منبع: محاسبات تحقیق

جدول ۲- عملکرد و نیاز آبی و سطح زیرکشت محصولات زراعی در دشت تهران-کرج

محصول	نیاز آبی (مترمکعب در هکتار)	عملکرد (کیلوگرم در هکتار)	سطح زیرکشت (هکتار)
جو آبی	۵۳۷۰	۴۳۹۵/۱	۱۸۹۷۷/۵۹
ذرت علوفه ای	۱۵۰۷۰	۵۲۶۴۶/۲۶	۱۸۷۹۷/۱
گندم آبی	۶۶۶۰	۵۶۹۷/۵۵۶	۲۰۲۴۲
یونجه آبی	۱۶۵۲۴	۱۳۵۲۰/۲۷	۴۳۹۱/۸
پنبه آبی	۱۶۸۷۰	۲۲۲۲/۹	۹۰/۴
پیاز آبی	۱۵۹۸۰	۵۴۹۹۱	۲۸۲/۸
سیب زمینی آبی	۱۶۵۰۰	۲۷۵۹۲/۲	۱۲/۵
گوجه فرنگی آبی	۱۵۷۰۰	۴۱۴۷۹	۲۶۱/۶
ذرت دانه‌ای آبی	۱۱۹۷۰	۶۵۲/۵	۱۱/۸

جدول ٤- الگوی کشت در نتیجه اعمال سناریوها دشت تهران-کرج (هکتار، درصد)

محصول	الگوی سال پایه	سناریو اول		سناریو دوم		سناریو سوم		سناریو چهارم	
	مقدار	مقدار	درصد تغییرات	مقدار	درصد تغییرات	مقدار	درصد تغییرات	مقدار	درصد تغییرات
جو آبی	۱۵۱۴۰	۱۵۰۰۱	-۰,۹۱	۱۴۲۹۰	-۵/۶۱	۱۱۸۹۰	-۲۱/۴۶	۹۸۰۰	-۳۵/۲۷
ذرت علوفه‌ای	۲۶۱۱۰	۲۵۱۲۴	-۳/۷۸	۲۴۵۰۰	-۶/۱۷	۲۰۵۵۰	-۲۱/۲۹	۱۵۷۷۷	-۳۹/۵۷
گندم آبی	۱۶۶۶۶	۱۶۱۴۳	-۳/۱۴	۱۵۶۴۰	-۶/۱۶	۱۵۵۷۰	-۶/۵۸	۱۴۷۱۹	-۱۱/۶۸
یونجه آبی	۳۲۱۵	۳۱۰۵	-۳/۴۲	۲۹۴۸	-۸/۳	۲۶۳۴	-۱۸/۰۷	۲۱۳۶	-۳۳/۵۶
پنبه آبی	۲۹/۳۹	۲۷/۰۸	-۷/۸۶	۲۶/۹	-۸/۵۱	۲۵/۰۲	-۱۴/۸۷	۲۰/۸۸	-۲۸/۹۶
پیاز آبی	۲۷۱	۲۱۲/۱	-۲۱/۷۳	۲۸۳/۸	۴/۷۲	۲۰۲/۶	-۲۵/۲۴	۱۸۲/۵	-۳۲/۶۶
سیب زمینی	۲۵/۴	۲۲/۶	-۱۱/۰۶	۱۷/۹۱	-۲۹/۵۲	۱۶/۴۵	-۳۵/۲۶	۱۵/۱۷	-۴۰/۳۰
گوجه فرنگی	۲۵۸	۲۵۰	-۳/۲۱	۱۸۲/۸	-۲۹/۲۳	۱۷۲/۷	-۳۳/۱۴	۱۵	-۹۴/۱۹
ذرت دانه‌ای	۴۴/۹	۲۹/۹	-۳۳/۴۱	۲۲/۸	-۴۹/۲۲	۱۶/۲۴	-۶۳/۸۳	۴۴/۹۴	۰/۰۹

منبع: محاسبات تحقیق

بر اساس یافته‌های بدست آمده متوسط سود خالص کشاورزان در سال پایه ۴۶,۷۳ میلیون ریال است. طبق نمودار ۱ هر ساله با افزایش یک درصدی تقاضای آب در بخش خانگی کاهش سهم آب در بخش کشاورزی اتفاق افتاده است. صالحی شفا و همکاران (۱۴۰۰) در بررسی تعیین الگوی کشت مطلوب با تاکید بر مصرف بهینه آب کشاورزی در دشت شهریار تهران،

به این نتیجه رسیدند که در سال آبی ۱۳۹۵ در صورت بهره-برداری بهینه از منابع آبی سطح زیرکشت، حجم آب مصرفی بهینه و حجم نیاز آبی در کل محدوده نسبت به حالت فعلی ۲۰/۴۴، ۴۹/۷۱ و ۲۰/۳۵ درصد کاهش پیدا خواهد کرد.که نشان می‌دهد الگوی کشت فعلی با کشت بهینه در این دشت فاصله دارد.

در جدول (۵) بعد از اعمال سناریوها، در سناریوی اول با کاهش یک درصدی آب در بخش کشاورزی بیشترین درصد کاهش محصول مربوط به ذرت دانه‌ای که کمترین عملکرد را در بین محصولات دارد، است. در سناریوی دوم با کاهش ۵ درصدی آب در دسترس، بیشترین کاهش محصول بعد از ذرت دانه‌ای متعلق به پیاز آبی و سپس سیب زمینی است که کمترین سطح زیرکشت را در بین محصولات دارد. در سناریوی سوم و چهارم محصول جو آبی و گندم آبی به دلیل نیاز آبی کمی که نسبت به دیگر محصولات زراعی دارد کمترین کاهش سطح زیرکشت را دارد. در هر چهار سناریوی اجرا شده، به دلیل کاهش آب در دسترس کشاورزان کاهش کشت محصولات در الگوی کشت مشخص است. محصولات آبی با نیاز آبی بالاتر، حساسیت بیشتری نسبت به کاهش آب در دسترس کشاورزی نشان می‌دهند. در نتیجه اعمال سناریوها نیز ارزش اقتصادی آب و میزان مصرف آب تغییر کرده است که در جدول زیر ارزش اقتصادی آب و مجموع سطح زیر کشت محصولات تحت هر سناریو و میزان آب مصرف شده نشان داده شده است:

جدول ۵- مجموع سطح زیر کشت، میزان آب مصرف شده وارزش اقتصادی آب در نتیجه اعمال سناریوها دشت تهران-کرج

	سال پایه	سناریو اول	سطح تغییرات	سناریو دوم	سطح تغییرات	سناریو سوم	سطح تغییرات	سناریو چهارم	سطح تغییرات
سطح زیرکشت	۶۱۷۶۰	۵۹۹۱۵	-۲,۹۹	۵۷۹۱۲,۲	-۶,۲۳	۵۱۰۷۷,۰۱	-۱۷,۲۹	۴۲۶۸۰	-۳۰,۸۹
میزان آب مصرف شده (میلیون متر مکعب)	۱۸۴,۴۷	۱۷۸,۹۶	-۲,۹۸	۱۷۲,۷۵	-۶,۳۵	۱۵۲,۵۶	-۱۷,۲۸	۱۱۸,۶۱	-۳۵,۷۰
ارزش اقتصادی آب (ریال)	۵۴۹۷,۱	۶۰۰۵	۹,۲۳	۷۰۳۴,۸	۲۷,۹	7616	۳۸,۵۴	۹۷۶۶	۷۷,۶۵

منبع: محاسبات تحقیق

سطح زیرکشت زراعی مورد مطالعه در دشت تهران-کرج در این تحقیق بالغ بر ۶۳۰۶۷ هکتار بوده است، که در الگوی کشت سال پایه مجموع سطح زیرکشت در مدل برنامه‌ریزی ریاضی مثبت، ۶۱۷۶۰ هکتار بدست آمد. این کاهش مجموع سطح زیرکشت نشان می‌دهد در سال زراعی ۹۵-۱۳۹۴، با توجه به مقدار آب در دسترس در بخش کشاورزی، زمین زراعی کمتری نسبت به وضعیت واقعی باید زیرکشت برود. نتایج بدست آمده از جدول ۵ نشان می‌دهد با افزایش آب مصرفی بخش خانگی و کاهش میزان آب قابل در دسترس کشاورزان، ارزش آب زیرزمینی برای بخش کشاورزی افزایش می‌یابد. ارزش اقتصادی آب با میزان موجودی آن رابطه عکس دارد و به همین دلیل با کاهش در آب در دسترس برای بخش زراعی، ارزش اقتصادی آن برای کشاورز افزایش می‌یابد. بر اساس یافته‌های بدست آمده در الگوی سال پایه ارزش اقتصادی آب زیرزمینی در بخش کشاورزی ۵۴۹۷,۱ ریال بدست آمده است که اهمیت و ضرورت نهاده آب را برای کشاورزان نشان می‌دهد این در حالی است که در بخش خانگی تقاضای آب مشترکان خانگی به طور متوسط ۳۴۹۰ ریال به ازای هر متر مکعب آب میپردازند. با کم شدن آب در دسترس کشاورزان حاضر هستند برای هر متر مکعب آب مقدار بیشتری بپردازند و در سناریوی کاهش ۲۰ درصدی آب در دسترس در این بخش ارزش اقتصادی آب برای کشاورزان ۹۷۶۵,۶ ریال برای هر متر مکعب است. میزان ارزش اقتصادی هر نهاده تولیدی نظیر آب بستگی به میزان موجودی منبع و میزان مصرف آن در فعالیت‌های تولیدی دارد. در تمام سناریوهای اعمال شده با کاهش منبع آب ارزش اقتصادی آن افزایش یافته است و از طرفی سطح زیرکشت محصولات کم شده است که نشان می‌دهد کشاورزان برای حفظ سود خود ناچار هستند اقدام به تغییر الگوی کشت به سمت محصولاتی با نیاز آبی کمتر و یا سود به صرفه نسبت به آبی که در اختیار دارند و همزمان اقدام به کاهش سطوح کشت می‌کنند.

بر اساس نمودار ۱، مصرف آب در بخش خانگی در دشت تهران-کرج به طور متوسط سالانه حدود ۱,۸ درصد افزایش می یابد. این افزایش تقاضای آب خانگی برای شهرهای قرار گرفته

در این دشت مانند دو شهر بزرگ تهران و کرج، به دلیل اهمیت و موقعیت سیاسی آن‌ها اجتناب ناپذیر است. بعد از جدا شدن شهر کرج به عنوان مرکز استان البرز جمعیت بیشتری نیز در این دشت ساکن شده و با ادامه روند شهرنشینی در این دشت، میزان تقاضای آب خانگی افزایش بیشتری نیز خواهد داشت. تنها در سال ۱۳۹۴ جمعیت این دشت بالغ بر ۱۴ میلیون نفر بوده که تامین آب شرب مورد نیاز آن‌ها ضروری است.

در حالی که بیش از ۵۱ درصد کاربری زمین‌ها متعلق به بخش کشاورزی و باغبانی و ۳۲ درصد از مساحت این دشت را مناطق مسکونی تشکیل داده است، افزایش تقاضای آب زیرزمینی در بخش خانگی بطور غیر مستقیم بر روی فعالیت های کشاورزی اثر گذاشته است، بطوریکه در سناریوی کاهش ۲۰ درصدی آب در دسترس، کشاورزان برای حفظ سود خود، باید سطح زیر کشت خود را ۱۹ هزار هکتار نسبت به سال زراعی ۹۵-۱۳۹۴ کم کنند. تحقیقات دهقانی و همکاران (۱۳۹۸)، وانگ و همکاران Wang)، موخر فردویی و همکاران (۱۳۹۷)، نجفی علمدارلو و همکاران (۱۳۹۲) بر روی اثرات مصرف بهینه آب و رفتار کشاورزان نسبت به قیمت‌گذاری آب-های زیرزمینی موید آن است که با افزایش قیمت آب، کشاورزان برای حفظ سود خود الگوی کشت خود را به سمت محصولات با نیاز آبی کمتر سوق داده و در طولانی مدت افزایش قیمت آب نسبت به وضعیت فعلی آن، اثر مثبت در مصرف بهینه آب در بخش کشاورزی دارد.

افزایش تقاضای آب خانگی برای شهرهای تهران و کرج، به دلیل اهمیت و موقعیت سیاسی آن‌ها اجتناب‌ناپذیر است. در سال ۱۳۹۴ جمعیت دشت تهران-کرج بالغ بر ۱۴ میلیون نفر بوده که تامین آب شرب مورد نیاز آن‌ها ضروری است. در حالی که بیش از ۵۱ درصد کاربری زمین‌ها متعلق به بخش کشاورزی و باغبانی و ۳۲ درصد از مساحت این دشت را مناطق مسکونی تشکیل داده است، افزایش تقاضای آب زیرزمینی در بخش خانگی بطور غیر مستقیم بر روی فعالیت‌های کشاورزی اثر گذاشته است، بطوریکه در سناریوی کاهش ۲۰ درصدی آب در دسترس، کشاورزان برای حفظ سود خود، باید سطح زیر کشت خود را ۱۹ هزار هکتار نسبت به سال زراعی ۹۵-۱۳۹۴ کم کنند. در مطالعه علی‌پور و همکاران (۱۳۹۸)، بعد از تعیین الگوی کشت بهینه با هدف پایداری آب زیرزمینی در دشت نیشابور با در نظر گرفتن کاهش حداقلی درآمد کشاورزان منطقه کشت‌های جایگزین همچون پسته و زعفران را به کشاورزان پیشنهاد داده تا در صورت کاهش سطح کشت منطقه میزان درآمد خود را حفظ نمایند. کشت جایگزین برای تمام مناطق ایران مقدور نبوده و به دلیل اثرگذاری عوامل بسیار دیگری همچون تطابق پذیری محصول معرفی شده به اکوسیستم منطقه و هماهنگی با آب و هوا همیشه نتیجه مطلوب را نخواهد داشت. همچنین محصولات راهبردی مانند برنج، گندم، جو و ذرت دانه‌ای محصولات آب بر هستند که از مدل‌های بهینه الگوی کشت حذف شده یا به سطح زیرکشت بسیار کمی دست می‌یابند. کاوند و همکاران (۱۴۰۰)، در مقاله اثرات پژوهشی اثرات الگوی کشت بهینه بر وضعیت هیدرولوژیکی و اقتصادی حوضه آبریز زاینده‌رود: کاربرد مدل هیدرولوژیکی-اقتصادی با به کارگیری الگوی کشت بهینه اقتصادی و هیدرولیکی هم بازده برنامه‌ای در سطح کشت برای کشاورزان افزایش خواهد داشت و هم میزان آب مصرفی کاهش پیدا می‌کند.

نتیجه‌گیری

در ایران یکی از مهم‌ترین عوامل محدودیت توسعه در بخش کشاورزی کمبود آب است. از طرفی نیز در دشت مورد مطالعه افزایش تقاضای آب خانگی نیز به عنوان یک محدودیت در دسترسی کشاورزان به آب، باعث کاهش منابع آب موجود در منطقه شده است و در نتیجه ارزش اقتصادی آب در بخش کشاورزی را به طور قابل ملاحظه‌ای افزایش می‌دهد. یکی از راه‌های مدیریت منابع آب ایجاد توازن بین عرضه و تقاضای آب با استفاده از قیمت‌گذاری آن است. با اینکه قیمت آب بر اساس هزینه نهایی و ارزش اقتصادی آن تعیین می‌گردد. اما در بخش خانگی تفاوت بین هزینه نهایی هر متر مکعب آب و میزان پرداختی و در بخش کشاورزی تفاوت بین ارزش اقتصادی آب و قیمت آب در این بخش وجود دارد که باعث شکاف در مصرف بهینه و مصرف موجود و در نهایت تراز منفی آب‌های زیرزمینی در این دشت شده است. تحقیقات عوض‌دهنده و خلیلیان (Avazdahandeh and Khalilian, 2021)، یانگ و همکاران (Yang et al., 2015) و بائو و فانگ (Bao and Fang, 2011) نتایج تقریبا مشابهی بر اهمیت بهینه‌سازی و کنترل استفاده از آب کشاورزی برای کاهش کمبود آب در حالت رقابت دو بخش خانگی و کشاورزی بدست آورده‌اند.

ارزش‌گذاری آب در این مطالعه نشان دهنده ارزش و اهمیت آب برای کشاورزان و تمایل آن‌ها به پرداخت آب بهای

بالاتر و حتی تغییر الگوی کشت خود به سمت محصولات زراعی با نیاز آبی کمتر است. تغییر قیمت آب سیاستی است که در طولانی مدت بر مصرف بهینه آب مؤثر است و تحقیقات انجام شده در زمینه ارزش‌گذاری آب نشان می‌دهد تغییر قیمت آب به تنهایی اثر کافی بر مصرف آب نداشته و به دلیل واکنش منفی به تغییر ناگهانی قیمت در کوتاه مدت، سیاست‌گذاران باید بر روی بالا بردن بهره‌وری آب در بخش کشاورزی تمرکز بیشتری داشته و از طرح‌های همچون مدیریت تلفیقی آب، تحویل حجمی آب و کنترل حجم آب تحویلی استفاده کنند. سناریو-های اعمال شده نشان می‌دهد در زمان کم‌آبی میزان کاشت محصولات راهبردی مانند گندم، ذرت علوفه‌ای و جو کاهش شدیدی پیدا می‌کند در صورتیکه حذف این محصولات از الگوی کشت امکان‌ناپذیر است. بمنظور ماندن این محصولات در الگوی کشت، توصیه می‌شود سیاست‌گذاری روی این محصولات بر روی بالابردن میزان کشت بالاتر در سطح کمتر و کاشت رقم‌های مقاوم‌تر به تنش-های آبی تمرکز کنند.

منابع

ادیب پور، م. و شیرآشیانی، ر. ۱۳۹۴. برآورد تابع تقاضای آب خانگی استان گلستان. فصلنامه علمی-پژوهشی مدلسازی اقتصادی. ۸ (۲۶): ۹۱-۱۰۶.

اسماعیلی موخر فردویی، م.، ابراهیمی، ک.، عراقی‌نژاد، ش. و فضل-الهی، ه. ۲۰۱۸. تعیین ارزش اقتصادی آب کشاورزی با رویکرد قیمت گذاری بر اساس نوع محصول در استان مرکزی. مدیریت آب و آبیاری. ۸(۱): ۱۴۹-۱۶۳.

بخشی، م.ر. ۱۳۸۸. تأثیر سیاست‌های حذف یارانه کود و سم و پرداخت مستقیم بر الگوی کشت و مصرف نهاده‌ها با تأکید بر پیامدهای زیست‌محیطی (مطالعه موردی: زیر بخش زراعت استان های خراسان رضوی و شمالی.) رساله دکترا، دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران.

برزگر، ز. ۱۳۹۱. شهرنشینی و تاثیرات آن بر امنیت غذا، آب و انرژی در ایران نمونه موردی: شهر شیراز. ۵ (۲): ۵۳-۶۴.

پرهیزکاری، ا.، صبوحی، م.، احمدپور، م. و بدیع برزین، ح. ۱۳۹۵. ارزیابی اثرات کم آبیاری و کاهش تخصیص آب بر تولید بخش کشاورزی استان قزوین. نشریه پژوهش آب در کشاورزی، جلد ۶، (۲): ۱۸۳-۱۷۵.

پناهی، م.ر.، موسوی، م. و رحیم‌زادگان، م. ۱۳۹۵. مقایسه روش های درون یابی برای برآورد و پهنه‌بندی سطح آب زیرزمینی (مطالعه موردی دشت تهران-کرج). کنفرانس بین المللی منابع طبیعی، مهندسی کشاورزی، محیطزیست و توسعه روستایی، تهران.

دفتر مطالعات پایه‌ای منابع آب. ۱۳۹۶. گزارش بیلان منابع آب محدوده‌های مطالعاتی کشور. معاونت پژوهش و مطالعات پایه، شرکت مدیریت منابع آب ایران. وزارت نیرو.

دهقانی، ع.، امیرتیموری، س. و زارع مهرجردی، م.ر. ۱۳۹۸. آثار سیاست های افزایش قیمت آب آبیاری و کاهش آب در دسترس بر بهره‌وری آب محصولات کشاورزی (مطالعه موردی: بخش شهداد، شهرستان کرمان). نشریه آبیاری و زهکشی ایران. ۱۳(۶): ۱۶۶۱-۱۶۷۱.

رایگانی، ب. ۱۳۹۷. استفاده از رویکردهای بنیادی زمین آمار به منظور شناسایی نواحی محتمل تغذیه‌کننده آبخوان دشت تهران-کرج. انسان و محیط زیست. ۱۶(۴):۱۱۹-۱۳۸.

صالحی‌شفا، ن.، بابازاده، ح.، آقایاری، ف. و صارمی، ع. ۱۴۰۱. تعیین الگوی کشت مطلوب با تاکید بر مصارف بهینه آب کشاورزی در دشت شهریار تهران. نشریه آبیاری و زهکشی ایران. ۱۶(۱): ۱۱۹-۱۳۳.

عابدی کوپایی، ج. ۱۳۸۹. لزوم برنامه ریزی هدفمند برای کاربرد پساب تصفیه شده بعنوان منبع آب رو به رشد در تغذیه مصنوعی منابع آب زیرزمینی کشور، دومین سمینار ملی جایگاه آبهای بازیافتی و پساب در مدیریت منابع آب، مشهد، مهندسی مشاور سروآب.

عبدلی، ق. و فرجی دیزجی، س. ۱۳۸۸. برآورد تابع تقاضای شهر ارومیه. مجله دانش و توسعه. ۱۶(۲۸): ۱۵۹-۱۷۵.

علیپور، ا.، داوری، ک.، موسوی بایگی، م.، صبوحی،م. و ایزدی، ع. ۱۳۹۸. تعیین الگوی کشت بهینه با هدف پایداری آب زیرزمینی. پژوهش آب در کشاورزی. ۳۳(۳): ۵۰۷-۵۱۸.

فلاحی، م.، انصاری، ح.، داوری، ک. و صالح نیا، ن. ۱۳۸۸. قیمت‌گذاری آب بخش خانگی شهری بر اساس الگوی رمزی (مطالعه موردی شهر نیشابور). پژوهش های اقتصادی ایران. ۱(۳۸): ۲۳۳-۲۴۷.

کاوند، ح.، ضیائی، س. و مردانی نجف آبادی، م. ۱۴۰۰. اثرات الگوی کشت بهینه بر وضعیت هیدرولوژیکی و اقتصادی حوضه آبریز زاینده‌رود: کاربرد مدل هیدرولوژیکی-اقتصادی. فصلنامه علمی-پژوهشی تحقیقات اقتصاد کشاورزی. ۱۳(۳): ۱۷۸-۱۹۴.

کرامت زاده، ع.، چیذری، ا. و شرزه‌ای، غ. ۱۳۹۰. نقش بازار آب در تعیین ارزش اقتصادی آب کشاورزی با رهیافت برنامه‌ریزی

ریاضی اثباتی(PMP) مطالعه موردی: اراضی پایین‌دست سد شیرین دره بجنورد)، مجله تحقیقات اقتصاد و توسعه کشاورزی ایران، ۴۲(۱) : ۴۴-.۲۹.

نجفی علمدارلو، ح.، احمدیان، م. و خلیلیان، ص. ۱۳۹۲. ارزیابی اقتصادی سیاست قیمت‌گذاری آب زیرزمینی در دشت ورامین. فصلنامه علمی-پژوهشی تحقیقات اقتصاد کشاورزی. ۵ (۱۹): ۱۵۴-۱۳۷.

واثقی، الف.، زارع مهرجردی، م. و محسنی، س. ۱۳۹۷. برآورد توابع تقاضای آب خانگی شهر انار با تاکید بر مصارف داخلی و خارجی. آب و توسعه پایدار. ۵(۱): ۷-۱۲.

یزدانی، س. و فتاحی، ا.، ۱۳۹۰. برآورد ارزش اقتصادی آب‌زیرزمینی در کشاورزی خشک بوم (مطالعه موردی: پسته کاران دشت یزد-اردکان). خشکبوم. ۱ (۳): ۷۶-۸۴.

Abbaspour, K. C., Faramarzi, M., Ghasemi, S. S. and Yang, H. 2009. Assessing the impact of climate change on water resources in Iran. Water resources research. 45(10):1-16.

Alcalá, F. J., Martínez-Valderrama, J., Robles-Marín, P., Guerrera, F., Martín-Martín, M., Raffaelli, G. and Asebriy, L. 2015. A hydrological–economic model for sustainable groundwater uses in sparse-data drylands: Application to the Amtoudi Oasis in southern Morocco, northern Sahara. Science of the Total Environment. 537: 309-322.

Arfini, F., Donati, M. and Paris, Q. 2003. A national PMP model for policy evaluation in agriculture using microdata and administrative information, Paper Pressed at the International Conference Agricultural Policies: 17-35.

Avazdahandeh, S. and Khalilian, S. 2021. The effect of urbanization on agricultural water consumption and production: the extended positive mathematical programming approach. Environmental Geochemistry and Health. 43(1): 247-258.

Bao, C. and Fang, C. L. 2012. Water resources flow related to urbanization in China: challenges and perspectives for water management and urban development. Water resources management. 26(2): 531-552.

Cortignani, R. and Severini, S. 2010. The impact of reforming the Common Agricultural Policy on the sustainability of the irrigated area of Central Italy. An empirical assessment by means of a Positive Mathematical Programming model. Paper prepared for presentation at the 120th EAAE Seminar ''External Cost of Farming Activities: Economic Evaluation, Environmental Repercussions and Regulatory Framework'', Chania, Crete, Greece, date as of September 2(4): 2010.

Fornés, J. M., la Hera, Á. and Llamas, M.R. 2005. The silent revolution in groundwater intensive use and its influence in Spain. Water Policy. 7(3): 253-268.

Howitt, R. E. 2002. Optimization model building in economics. Department of Agricultural .Economics. University of California, Davis.

Li, W., Hai, X., Han, L., Mao, J. and Tian, M. 2020. Does urbanization intensify regional water scarcity? Evidence and implications from a megaregion of China. Journal of Cleaner Production. 244, 118592.

Ma, F., Gao, H., Eneji, A. E., Jin, Z., Han, L., and Liu, J. 2016. An economic valuation of groundwater management for agriculture in Luancheng country, North China. Agricultural Water Management.163: 28-36.

Panahi, M.R., S., Mousavi, M. and Rahimzadegan, M. 2017. Delineation of groundwater potential zones using remote sensing, GIS, and AHP technique in Tehran–Karaj plain, Iran. *Environmental earth sciences*, 76:1-5.

Preckel, M.D. and Wolfgang Schlack, M.D. 2002. Isoflurane preconditions myocardium against infarction via the release of free radicals. Anesthesiology. 96: 934-40.

Qureshi, M.E., Reeson, A., Reinelt, P., Brozović, N. and Whitten, S. 2012. Factors determining the economic value of groundwater. Hydrogeology journal. 20(5): 821-829.

Rabia, M. and Maisam, A. 2015. The impact of urbanization on agriculture sector: A case study of Peshawar Pakistan. Journal of Resources Development and Management. 8:79–86.

Wada, C.A. 2010. Optimal and sustainable groundwater management: multiple aquifers, watershed conservation, and water recycling (Doctoral dissertation, Ph. D. Thesis).

Wang, Z., Shen, J., Sun, F., Zhang, Z., Zhang, D., Jia, Y. and Zhang, K. 2019. A Pricing Model for Groundwater Rights in Ningxia, China Based on the Fuzzy Mathematical Model. International journal of environmental research and public health, 16(12): 2176.

Yana, T., Wanga, J. and Huangaa, J. 2015. Urbanization, agricultural water use, and regional and national crop production in China. Journal of Ecological Modelling. 318:1–10.

Iranian Journal of Irrigation and Drainage
No.1, Vol. 17, Apr.-May. 2023, p. 180-191

نشریه آبیاری و زهکشی ایران
شماره۱، جلد ۱۷، فروردین - اردیبهشت ۱۴۰۲، ص. ۱۹۱-۱۸۰

The Effects of Competition between Agricultural and Urban Sectors on the Economic Value of Grgroundwater Resources

L. Ostadasiabi[1], **H. Najafi Alamdarlo***[2], **M.H Vakilpour** [3]

Recived: Aug.09, 2022 Accepted: Dec.18, 2022

Abstract

The growing population and rising incomes have increased the water demand for agricultural, industrial and urban use. On the other hand, water supply has shifted from surface sources to groundwater sources. This has significantly reduced the storage of groundwater resources. The growth of urbanization and the existence of two cities of Tehran and Karaj in the Tehran-Karaj plain has increased the demand for water in the domestic sector and as a result has reduced the share of water consumption in the agricultural sector. For optimal water management with considering the water demand in different economic sectors, in this study, the effects of changes in water demand in the domestic sector on agricultural activities, its economic value have been estimated. The Stone-Geary Utility method was used to estimate urban water demand and the positive mathematical programming approach was used to estimate the economic value and effects of urban water demand on the agricultural sector. The results showed that the water economic value in the agricultural sector is equal to 550 Toman per cubic meter. Now, if the share of the agricultural sector in groundwater decreases by 1, 5, 10 and 20%, the economic value of water in the agricultural sector will increase to 600, 703, 761 and 976 Toman per cubic meter. Due to the constraints created by water demand in the domestic sector and the reduction of water availability, in addition to pricing based on the economic value of water in the agricultural sector, policymakers are proposing incentive policies to invest in modern irrigation systems in order to increase more water productivity.

Keywords: Positive Mathematical Programming, Stone- Geary Utility, Tehran-Karaj Plain, Water Economic Valuation

1- M.Sc Graduate, Department of Agricultural Economics, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran
2- Associate Professor, Department of Agricultural Economics, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran
3- PhD in Agricultural Economics, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran
(*- Corresponding Author Email: hamed_najafi@modares.ac.ir)