اقتصادکشاورزی و توسعه، سال بیستم، شماره ۷۷، بهار ۱۳۹۱

استفاده تلفیقی پایدار از منابع آب سطحی و زیرزمینی در تعیین الگوی بهینه کشت دشت قزوین

الهام باریکانی*، دکتر مجید احمدیان**، دکتر صادق خلیلیان***
دکتر امیرحسین چیذری****

تاریخ دریافت: ۸۸/۸/۱۳ تاریخ پذیرش: ۹۰/۳/۲۵

چکیده

وجود نوسان در عرضه منابع آب سطحی و کمبود این منابع در سطح کشور موجب شده است تا برداشت از منابع آب زیرزمینی بیش از حد مجاز و بدون توجه به تغذیه این منابع صورت گیرد. این مسئله همچنین باعث ایجاد وضعیت بحرانی در منابع آب زیرزمینی شده است و لذا توجه هرچه بیشتر به این منابع برای حفظ پایداری آنها ضروری است. در این مطالعه تلاش شده است با کمک مدلهای برنامه ریزی ریاضی، استفاده تلفیقی از منابع آبهای سطحی و زیرزمینی در تولید محصولات زراعی دشت قزوین - که یکی از دشتهای بحرانی کشور در

* دانشجوی دوره دکترای اقتصاد کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس و پژوهشگر مؤسسه پژوهشهای برنامه ریزی، اقتصاد کشاورزی و توسعه روستایی (نویسنده مسئول) e-mail:barikani_e@yahoo.com
** استاد دانشکده اقتصاد دانشگاه تهران
*** دانشیار دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس
**** استادیار دانشکده اقتصاد کشاورزی دانشگاه تهران

استفاده از منابع آب است - بهینه شود. بدین منظور با استفاده از مدل برنامه‌ریزی خطی، الگوی بهینه کشت محصولات زراعی با اهداف حداکثرسازی سود بازاری کشاورزان و حداکثرسازی منافع اجتماعی در منطقه مورد مطالعه در سال ۱۳۸۶تعیین شد. در هر دو سناریو با توجه به سطح زیر کشت محصولات مختلف و محدودیتهای بازار برای این محصولات، الگوی کشت پیشنهادی تعدیل و تصحیح و نتایج با یکدیگر مقایسه شد.

نتایج مطالعه نشان داد که با در نظر گرفتن محدودیت بهره‌برداری از منابع آب زیرزمینی، بهینه سازی با هدف حداکثر منافع اجتماعی، منافع بیشتری را عاید منطقه می‌کند. همچنین توزیع زمانی برداشت از منابع آب زیرزمینی در هر یک از الگوهای براورد شده، با توجه به نیاز آبی محصولات انتخابی در ماه‌های مختلف سال، متفاوت بوده و با توجه به الگوی کشت پیشنهادی تغییر کرده است.

طبقه‌بندی JEl: Q25

کلیدواژه‌ها:

استفاده تلفیقی، منابع آب سطحی، منابع آب زیرزمینی، الگوی کشت، دشت قزوین

مقدمه

بخش کشاورزی در ایران بزرگترین مصرف کننده منابع آب محسوب شده و بیش از ۹۰ درصد مصارف آب کشور را شامل می‌شود (وزارت نیرو،۱۳۸۶). از این‌رو پایداری منابع آب کشور بیش از هر چیز تحت تأثیر بهره‌برداری از منابع آب کشاورزی قرار می‌گیرد. منابع تأمین‌کننده نیاز آبی بخش کشاورزی به دو دسته منابع آب سطحی وزیرزمینی تقسیم می شود. در بهره‌برداری از این منابع توجه به دو نکته ضروری است: نخست آنکه هیچ یک از منابع فوق به تنهایی نمی‌تواند پاسخگوی نیازهای آبی بخش کشاورزی کشور باشد. در این باره وجود

نوسان یا عرضه تصادفی منابع آب سطحی موجب می‌شود که علی‌رغم حجم بالا، این منابع نتواند به عنوان منبع مطمئنی برای تأمین آب مورد نیاز برای آبیاری محصولات کشاورزی به شمار آید. این مسئله موجب می‌شود ذخایر آب زیرزمینی اهمیت خاصی پیدا کند، زیرا در مواقعی که عرضه آبهای سطحی کمتر از میزان مورد نیاز است، استفاده تلفیقی از منابع آب سطحی و زیرزمینی می تواند عرضه آب را مطمئن‌تر کند؛ به عبارت دیگر، استفاده تلفیقی از منابع آب سطحی و زیرزمینی میزان دسترسی به آب آبیاری را در زمانهای مختلف خصوصاً در مواقع بروز خشکسالی افزایش می‌دهد. با کاهش منابع آب سطحی، مازاد تقاضا برای آب از طریق پمپاژ آبهای زیرزمینی جبران می‌شود و لذا منابع آب زیرزمینی علاوه بر افزایش عرضه آب، نقش تثبیت‌کننده عرضه آن را نیز دارد (Tsure،۱۹۹۰). دومین نکته این است که اگر میزان برداشت از سفره‌های آب زیرزمینی در هر دوره بهره‌برداری بیشتر از میزان تغذیه آنها در طی دوره باشد، موجب برهم خوردن توازن سیستم، عدم پایداری و کاهش ذخیره سفره‌های آب زیرزمینی می‌شود و در نهایت، توسعه پایدار کشاورزی را ناممکن می‌سازد؛ لذا برای دستیابی به توسعه پایدار کشاورزی، توازن میان تغذیه و برداشت منابع زیرزمینی اهمیت بسیاری دارد و از این‌رو به‌کارگیری مناسب سیستم استفاده تلفیقی از منابع آبهای سطحی و زیرزمینی در این بخش بسیار ضروری است.

میزان بهره‌برداری از منابع آب سطحی و زیرزمینی در هر منطقه ارتباط مستقیم با آب مورد نیاز برای آبیاری محصولات کشاورزی در آن منطقه دارد. تنوع گیاهانی که در هر منطقه کشت می‌شود و سطح زیرکشت این گیاهان تعیین‌کننده مقدار آبی است که برای مصارف آبیاری از سفره‌های آب زیرزمینی استخراج و یا از جریانات سطحی برداشت می‌گردد؛ به عبارت دیگر، میزان آب آبیاری با توجه به الگوی کشت منطقه تعیین می‌شود. توجه به پایداری منابع آب بدون تغییر در الگوی کشت منطقه موجب می‌شود آب کمتری برای مصارف کشاورزی در دسترس باشد و در نتیجه سطح زیر کشت محصولات کاهش یابد. کاهش سطح زیر کشت موجب کاهش تولید و درآمد بخش کشاورزی در منطقه خواهد شد. در این باره

می‌توان با توجه به میزان آب برداشت شده، الگوی کشت جدیدی در منطقه طراحی و بدون کاهش در سطح زیر کشت، ترکیب بهینه‌ای از محصولات را کشت نمود. به طور خلاصه می‌توان گفت که استفاده تلفیقی بهینه از منابع آب سطحی و زیرزمینی در هر منطقه ممکن است باعث تغییر در الگوی کشت آن منطقه شود. مطالعه حاضر نیز بهره‌برداری بهینه از منابع آب سطحی و زیرزمینی را با توجه به الگوی کشت در دشت قزوین مورد بررسی قرار می‌دهد.

دشت قزوین یکی از دشتهای مستعد کشور برای تولید محصولات کشاورزی است که همانند بسیاری از دشتهای کشور دارای بیلان آب زیرزمینی منفی است. این منطقه یکی از دشتهای حوضه آبریز دریاچه نمک و بزرگترین دشت آن محسوب می‌شود که بیشترین سطح زیر کشت انواع محصولات را در میان دشتهای حوضه آبریز دارد. گندم، جو و سایر انواع محصولات زراعی و باغی عمده‌ترین محصولاتی است که در این دشت کشت می‌شود. بیش از ۹۶ درصد از مصارف آب در این دشت مربوط به مصارف کشاورزی می باشد. با توجه به محدودیت منابع آب سطحی و فصلی بودن این منابع، بخش عمده آب آبیاری از منابع زیرزمینی استحصال می‌شود. سالانه حدود ۱۳۳ میلیون مترمکعب مازاد بر ظرفیت از آبهای زیرزمینی این دشت برداشت می‌شود که این امر موجب افت سالانه ۱/۵ متر سطح سفره‌های زیرزمینی و فرو نشست زمین در این منطقه تا حدود ۲۵ سانتیمتر در سال می‌شود (وزارت نیرو، ۱۳۷۷).

این منطقه از گذشته در نقش یکی از قطبهای کشاورزی کشور بوده تا جایی که قبل از پیروزی انقلاب اسلامی، توسط کارشناسان اسرائیلی برای اجرای یک پروژه بزرگ اقتصادی و کشاورزی انتخاب شد و مطالعات و اقداماتی در بخش کشاورزی آن انجام گرفت. الگوی فعلی کشاورزی دشت قزوین بر پایه مطالعات انجام شده در آن زمان شکل گرفته است، لیکن بیلان منفی آب زیرزمینی در منطقه نمایانگر ناکارامدی نظام موجود در حفظ موجودی ذخایر آب است.با توجه به اهمیت دشت قزوین در حکم یک منطقه مستعد کشاورزی از یک سو و وجود معضل افت شدید سطح ایستابی در این منطقه از سوی دیگر، لزوم مطالعه منابع آب

سطحی و زیرزمینی در این منطقه و بهینه‌سازی استفاده تلفیقی از منابع آب در تولید محصولات کشاورزی از طریق تعیین الگوی کشت مناسب منطقه ضروری به نظر می رسد.

تاکنون مطالعات متعددی در زمینه بهینه‌سازی اقتصادی منابع آب انجام شده است که به موارد زیر اشاره می‌شود:

آماده (۱۳۷۵)، جمالی(۱۳۷۶)، جولایی و همکاران(۱۳۸۴) در مطالعات جداگانه‌ای با استفاده از مدلهای مختلف برنامه‌ریزی خطی به مسئله تخصیص آب در الگوی بهینه کشت مناطق مورد مطالعه پرداختند. شجری و ترکمانی (۱۳۸۶) درمطالعه‌ای اثر سیاست قیمتگذاری آب آبیاری بر میزان تقاضای آب کشاورزان را در حوضه آبریز درودزن بررسی کردند. در برخی مطالعات سعی گردیده است که رابطه آب، خاک و گیاه درحداکثرسازی عملکرد محصولات مختلف و یا درآمد مورد توجه بیشتری قرار گیرد. برای مثال قهرمان و سپاسخواه (۲۰۰۲ و ۲۰۰۴) مسئله حداکثرسازی درآمد ناخالص از مقدار آب محدود درمقیاس منطقه ای را با استفاده تلفیقی از بهینه‌سازی غیرخطی و الگوریتم تراز آب وخاک مورد مطالعه و بررسی قرار دادند. زیبایی (۲۰۰۲) درطراحی استراتژیهای آبیاری در استان فارس تمام جنبه‌های فوق را با هدف حداکثرسازی مطلوبیت انتظاری درمدل خود لحاظ کرد.

تسور (Tsur, 1990) استفاده تلفیقی از منابع آب سطحی و زیرزمینی برای آبیاری محصولات کشاورزی را با درنظر گرفتن عرضه تصادفی آبهای سطحی بررسی کرد. لی و کیتانیدیس(Lee and Kitanidis, 1991) با به‌کارگیری ترکیبی از مدلهای‌شبیه‌سازی‌رایانه‌ای و بهینه‌سازی‌ریاضی‌مطالعه‌ای در زمینهٔ پایداری‌و حفظ ذخایر سفره‌های‌آب زیرزمینی در شرایطی کمبود اطلاعات در زمینه این سفره‌ها انجام‌دادند. کنپ‌و اولسون (Knapp & Olson ,1995) با استفاده از مدل برنامه ریزی پویای تصادفی[1] به بررسی اقتصادی استفادهٔ تلفیقی از منابع آبهای سطحی و زیرزمینی، با در نظر گرفتن عرضه تصادفی آبهای سطحی، پرداختند. مینودین و

1. Stochastic Dynamic Programming

همکاران (Mainuddin et al., 1997) از روش برنامه‌ریزی چندمنظوره[1] جهت تعیین الگوی کشت بهینه و بهره‌برداری پایدار از آبهای زیرزمینی استفاده کردند. بیر و همکاران (Beare et al., 1998) از یک مدل تلفیقی اقتصاد و هیدرولوژی برای تعیین مقدار بهینه آب درسطح مزرعه و منطقه استفاده کردند. ترل و جانسون (Terrell & Johnson, 1999) اثر اقتصادی تخلیه سفره آب زیرزمینی اوگلالا در تگزاس را با استفاده از بهینه‌سازی پویا و مدلهای نهاده- ستانده مورد بررسی قرار دادند. سینگ و همکاران (Singh et al., 2001) با استفاده‌از مدل‌برنامه‌ریزی‌خطی، با توجه‌به نیاز آبی‌گیاهان و میزان آب‌در دسترس برای آبیاری، اقدام به تعیین الگوی بهینه کشت نمودند. اسکاپس و همکاران (Schoups et al., 2006) استفاده تلفیقی از منابع آب را در بهره‌برداری پایدار منابع آب مورد بررسی قرار دادند. لو و همکاران نیز در مطالعه‌ای (Luo et al., 2006) با استفاده از روش بهینه‌سازی پویا به بررسی مدیریت پایدار آب آبیاری در چین پرداختند.

همان‌گونه که ملاحظه گردید، روشهای برنامه‌ریزی ریاضی[2] به‌طور گسترده جهت مدلسازی سیستمهای زراعی مورد استفاده قرار می‌گیرد. کاربرد این روشها درتعیین الگوی بهینه کشت و یا تخصیص نهاده‌های تولید نظیر آب در اقتصاد کشاورزی سابقه طولانی دارد. در طرحهای توسعه منابع آب، به دلیل اهمیت اثر مقدار مصرف آب در فعالیتهای مختلف بر درآمدهای حاصل از پروژه، تخصیص بهینه آب در سطح منطقه و یا حوضه آبریز مورد توجه بوده است. افزون بر این، به دلیل اهمیت زمان مصرف آب برعملکرد محصول، در مدلسازی تخصیص بهینه آب، این مسئله به تدریج مورد توجه قرار گرفته است.

مروری بر مطالعات انجام شده در زمینه منابع آب نشان می‌دهد که برنامه‌ریزی خطی بیشترین کاربرد را در مدلسازی تخصیص آب داشته است، لیکن درتمام الگوهای فوق به سودآوری اجتماعی فعالیتها توجهی نشده است. با توجه به کاربرد وسیع برنامه ریزی خطی

1. Multi objective Programming
2. Mathematical Programming

در تخصیص بهینه آب، در مطالعه حاضر نیز الگوی ساخته شده در اصل در قالب یک مسئله برنامه‌ریزی خطی قرارمی‌گیرد. مزیت این مدل بر مطالعات قبلی این است که پس از تعیین حد بهینه بهره‌برداری از منابع آب و با در نظر گرفتن آن، الگوی بهینه کشت را در منطقه مورد مطالعه تعیین می‌کند. در تعیین الگوی کشت منطقه، محدودیت مربوط به بازار محصولات کشاورزی نیز در نظر گرفته می‌شود. همچنین به سودآوری اجتماعی فعالیتهای در نظر گرفته شده توجه می‌گردد. بدین صورت که برای عوامل تولید و فعالیتها در مدل طراحی شده، در مرحله اول قیمت بازاری و در مرحله بعد، قیمت و یا ارزش اجتماعی آنها منظور می‌گردد و در نهایت، نتایج به‌دست آمده با یکدیگر مقایسه می‌شود.

روش تحقیق

در این مطالعه یک الگوی برنامه‌ریزی خطی برای بهره‌برداری پایدار از منابع آب زیرزمینی و تعیین الگوی کشت دشت قزوین طراحی شد. این مدل در دو مرحله با اهداف حداکثرسازی سود بازاری کشاورزان (منفعت خصوصی) و حداکثرسازی منافع اجتماعی در دشت قزوین طراحی و نتایج حاصل با یکدیگر مقایسه شدند.

سود بازاری یا منفعت خصوصی براساس درآمدها و هزینه‌های مشاهده شده در بازار داخلی بر پایه قیمتهای بازاری محاسبه می‌شود و در واقع مبالغ دریافت شده یا پرداخت شده توسط زارعان است. قیمتهای بازاری (واقعی)[1] قیمتهایی است که در بازار داخلی تعیین می‌شود و متأثر از سیاستها و دخالتهای دولت و یا ناکارامدی بازار است و توسط کشاورزان پرداخت یا دریافت می‌شود.

درسطح حوضه آبریز یا دشت، الگوی بهینه کشت از دید سیاستگذار تعیین می‌شود. یکی از اهدافی که سیاستگذار به دنبال آن است، حداکثرسازی منافع اجتماعی با توجه به

1. Actual Price

محدودیتهای موجود است. منفعت اجتماعی یا سودآوری خالص اجتماعی[1] معیاری است که سود حاصل از تولید محصول را با به‌کارگیری قیمتهای سایه‌ای محصول و نهاده‌های تولید قابل تجارت و غیر قابل تجارت یا نهاده‌های داخلی محاسبه می‌کند. در این حالت، قیمت ستانده‌ها و نهاده‌ها براساس کمیابی آنها یا براساس هزینه فرصتشان محاسبه می‌شود. قیمتهای سایه‌ای[2] یا قیمتهای اجتماعی[3] قیمتهایی است که بر پایه هزینه فرصت اجتماعی هر کالا یا کمیابی آن کالا تعیین می‌شود. این قیمتها مجازی است و در بازار واقعی رعایت نمی شود.

در مطالعه حاضر با توجه به محدودیتهای موجود، معیار حداکثر منافع اجتماعی نیز مورد بررسی و ارزیابی قرار گرفته است.

فرم استاندارد مدل برنامه‌ریزی خطی با هدف حداکثرسازی سود به صورت زیر است(هیزل، ۱۳۸۱):

$$Max: \quad Z = CX$$
$$St: \quad Ax \le b$$
$$x \ge 0$$

که در آن Z سود انتظاری، $C_{n\times 1}$ بردار درآمد خالص فعالیتها، $X_{n\times 1}$ بردار سطح فعالیتها، $A_{m\times n}$ ماتریس ضرایب فنی و $b_{m\times 1}$ بردارمنابع موجود است.

با در نظر گرفتن اهداف مطالعه که حداکثرسازی منافع بازاری و منافع اجتماعی است و با لحاظ سه دسته محدودیت شامل سطح زیر کشت، منابع آب و بازار (که در ادامه شرح داده می‌شوند) مدل زیر برای بهره‌برداری پایدار از منابع آب زیرزمینی طراحی شده است:

1. Net Social Benefit (NSB)
2. Shadow Price
3. Social Price

$$\max \quad z = \sum_{j=1}^{m} C_j X_j$$

$$st : \sum_{j=1}^{n} X_j \le XD_i$$

$$\sum_{j=n+1}^{m} X_j \le XW_i$$

$$\sum_{j=n+1}^{m} WR_{ijd} X_j \le SW_{id} + GW_{id}$$

$$GW_{id} \le GW$$

$$\sum_{i=1}^{9} \sum_{d=1}^{3} GW_{id} \le GW$$

$$X_j \ge A_j$$

$$X_j \ge 0$$

اجزای این مدل عبارت است از:

C_j: سود خالص بازاری یا منفعت اجتماعی حاصل از تولید هر محصول در منطقه مورد مطالعه

X_j: سطح زیر کشت هر محصول (محصولات زراعی مورد بررسی در الگوی کشت عبارتند از: گندم آبی و دیم، جو آبی و دیم، شلتوک، ذرت دانه‌ای، نخود دیم، عدس دیم، چغندرقند، هندوانه آبی و دیم، خیار آبی، سیب‌زمینی آبی، پیاز آبی، گوجه‌فرنگی آبی، لوبیا آبی)

j: محصولات موجود در الگوی کشت ($j = 1,.....,n$ نمایانگر محصولات دیم و $j = n+1,.....,m$ نمایانگر محصولات آبی می‌باشد.)

i: ماه‌های مختلف سال که در آنها آبیاری صورت می‌گیرد.

XD_i: کل اراضی دیم قابل کشت منطقه در هر ماه

XW_i: کل اراضی قابل آبیاری منطقه در هر ماه

d: دهه‌های موجود در هر ماه می‌باشد که در این رابطه نیاز آبی محصولات به تفکیک در هر دهه محاسبه شده است.

WR_{ijd}: نیاز آبی محصول آبی j ام در دهه dام از ماه i ام

SW_{id} و GW_{id} به ترتیب: میزان آب سطحی و زیرزمینی در دسترس در دهه‌های مختلف

GW: کل آب زیرزمینی قابل استحصال در هر سال که معادل است با میزان تغذیه سالانه

سفره آب زیرزمینی در منطقه مورد مطالعه.

A_j: میانگین سطح زیر کشت محصولات منتخب در ده سال گذشته در منطقه

محدودیت اول و دوم مربوط به سطح زیرکشت محصولات آبی و دیم است.

محدودیت سوم تا پنجم مربوط به منابع آب و محدودیت ششم مربوط به بازار می‌باشد.

فرم‌ریاضی‌مدل‌بهره‌برداری‌پایدار از منابع‌آب سطحی و زیرزمینی با هدف حداکثرسازی سود به شرح فوق می‌باشد. الگوهای براورد شده به دلیل تعداد زیاد محدودیتها، در مقاله قید نشده است.

همان‌گونه که در مدل فوق مشاهده می‌شود، با توجه به نیاز آبی محصولات زراعی منتخب در دهه‌های مختلف، سه محدودیت برای منابع آب در هر ماه در نظر گرفته شد. محدودیت منابع آب به‌ازای تمامی ماه‌هایی که در آنها فعالیت کشاورزی صورت گرفته و نیاز آبی گیاهان زراعی غیر صفر است، شامل تمام ماههای سال به‌استثنای ماه‌های آبان، آذر و دی در مدل وارد گردید. ضرایب فنی این محدودیتها براساس نیاز آبی ماهانه هر گیاه در منطقه مورد نظر با احتساب بازده آبیاری در آن منطقه بر حسب متر مکعب در هکتار و با استفاده از نرم‌افزار NETWAT[1] محاسبه شد. این ضرایب در جدول ۱ ذکر شده است.

براساس محدودیت سوم، نیاز آبی محصولات کشت شده از دو منبع جریانات سطحی و زیرزمینی تأمین می‌شود. این محدودیت به نحوی طراحی شده است که نیاز آبی ابتدا از منابع آب سطحی تأمین می‌شود و در صورت عدم کفایت منابع آب سطحی، از منابع آب زیرزمینی برای تأمین آب مورد نیاز برای آبیاری استفاده می‌شود.

میزان بهره‌برداری از منابع آب سطحی برای آبیاری محصولات زراعی محدود به میزان این جریانات در ماه‌های مختلف سال است. در این مطالعه براساس اطلاعات به‌دست آمده از سازمان آب منطقه‌ای قزوین، میانگین نتایج ماهانه بیلان آبهای سطحی در یک دوره شاخص سی و یک ساله، مبنای میزان دسترسی به جریانات سطحی قرار گرفت.

---

۱. برنامه بانک اطلاعاتی نیاز خالص آبیاری محصولات زراعی و باغی در دشتهای کشور

جدول ۱. نیاز خالص آبیاری گیاهان زراعی در دشت قزوین (متر مکعب در هکتار)

	گندم آبی	جو آبی	شلتوک	ذرت دانه‌ای	چغندر قند	هندوانه آبی	خیار آبی	سیب‌زمینی آبی	پیاز آبی	گوجه‌فرنگی آبی	لوبیا آبی
دهه اول فروردین ماه	۲۰۰	۲۰۰	۰	۰		۰	۰	۰	۰	۰	۰
دهه دوم فروردین ماه	۲۹۰	۲۹۰	۰	۰	۴۰	۰	۰	۶۰	۰	۶۰	۶۰
دهه سوم فروردین ماه	۴۳۰	۴۳۰	۰	۰	۹۰	۱۰۰	۰	۱۰۰	۰	۱۰۰	۱۰۰
دهه اول اردیبهشت‌ماه	۳۵۰	۳۵۰	۰	۳۰	۵۰	۵۰	۰	۵۰	۰	۵۰	۱۱۰
دهه دوم اردیبهشت‌ماه	۳۲۰	۲۷۰	۰	۰	۹۰	۵۰	۰	۸۰	۱۴۰	۸۰	۱۸۰
دهه سوم اردیبهشت‌ماه	۴۰۰	۲۷۰	۰	۱۴۰	۳۰۰	۲۳۰	۰	۳۰۰	۲۷۰	۲۹۰	۴۴۰
دهه اول خرداد ماه	۳۲۰	۱۸۰	۰	۳۳۰	۴۷۰	۳۹۰	۰	۴۸۰	۳۹۰	۴۶۰	۵۱۰
دهه دوم خرداد ماه	۲۰۰	۰	۶۷۰	۵۳۰	۶۵۰	۵۶۰	۲۱۰	۶۵۰	۵۱۰	۶۵۰	۶۵۰
دهه سوم خرداد ماه	۰	۰	۸۷۰	۸۱۰	۸۴۰	۷۴۰	۲۶۰	۸۱۰	۷۱۰	۸۵۰	۸۰۰
دهه اول تیرماه	۰	۰	۹۰۰	۷۶۰	۷۷۰	۶۸۰	۳۱۰	۷۴۰	۶۸۰	۷۸۰	۷۳۰
دهه دوم تیرماه	۰	۰	۹۳۰	۷۶۰	۷۷۰	۶۷۰	۴۳۰	۷۵۰	۶۸۰	۷۸۰	۵۷۰
دهه سوم تیرماه	۰	۰	۹۹۰	۸۸۰	۸۹۰	۷۷۰	۶۵۰	۸۵۰	۷۸۰	۸۹۰	۳۷۰
دهه اول مرداد ماه	۰	۰	۹۱۰	۷۹۰	۸۰۰	۶۲۰	۶۶۰	۷۷۰	۷۰۰	۸۰۰	۰

ادامه جدول ۱

دهه دوم مرداد ماه	۰	۰	۹۱۰	۶۲۰	۷۴۰	۴۸۰	۶۱۰	۶۶۰	۶۵۰	۷۰۰	۰
دهه سوم مرداد ماه	۰	۰	۹۳۰	۴۹۰	۷۲۰	۰	۶۶۰	۶۱۰	۷۰۰	۶۲۰	۰
دهه اول شهریور ماه	۰	۰	۸۱۰	۲۶۰	۵۳۰	۰	۵۷۰	۴۴۰	۶۱۰	۴۰۰	۰
دهه دوم شهریور ماه	۰	۰	۶۸۰	۰	۴۱۰	۰	۴۸۰	۰	۵۳۰	۰	۰
دهه سوم شهریور ماه	۰	۰	۵۸۰	۰	۳۲۰	۰	۳۹۰	۰	۴۸۰	۰	۰
دهه اول مهر ماه	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۳۷۰	۰	۰
دهه دوم مهر ماه	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۲۶۰	۰	۰
دهه سوم مهر ماه	۷۰	۷۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
دهه اول بهمن ماه	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
دهه دوم بهمن ماه	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
دهه سوم بهمن ماه	۱۰	۱۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
دهه اول اسفند ماه	۸۰	۸۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
دهه دوم اسفند ماه	۱۰۰	۱۰۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰

مأخذ: بانک اطلاعاتی نیاز خالص آبیاری محصولات زراعی و باغی دشتهای کشور، وزارت جهاد کشاورزی

محدودیتهای چهارم و پنجم با توجه به هدف پایداری منابع آب در منطقه تنظیم شده است. بر این اساس میزان برداشت از سفره‌های آب زیرزمینی در هر سال نباید از میزان تغذیه

سالانه این سفره‌ها بیشتر باشد تا سطح سفره ثابت بماند و افت نکند؛ به عبارت دیگر، میزان خروجی از سفره آب زیرزمینی باید با میزان ورودی آب به سفره برابر و یا کمتر از آن باشد. این میزان برداشت با توجه به الگوی کشت منطقه و منابع سطحی موجود می‌تواند در طول یک یا چند ماه صورت پذیرد که در قالب دو نوع محدودیت در الگو وارد شده است. در محدودیت اول میزان برداشت از منابع آب زیرزمینی در هر دهه حداکثر باید برابر با حد مجاز برداشت از سفره آب زیرزمینی باشد. محدودیت دیگری که برای آبهای زیرزمینی طراحی شده‌است نشان می‌دهد مجموع برداشت از منابع آب زیرزمینی در دهه‌های مختلف سال حداکثر باید برابر با حد مجاز برداشت از این منابع باشد.

محدودیت ششم که در این مطالعه با عنوان «محدودیت بازار» معرفی شده و پس از براورد اولیه مدل در مرحله بعد به آن اضافه می‌شود، مربوط به حداقل سطح زیر کشت است. این محدودیت با توجه به نتایج حاصل از براورد اولیه مدل و محدودیتهای موجود در بازار محصولات کشاورزی بر مدل اعمال می‌شود. این محدودیت در خصوص محصولاتی اعمال می‌شود که قابلیت انبارداری پایینی دارند و افزایش سطح زیرکشت این محصولات ممکن است متناسب با ظرفیت جذب بازار نبوده و موجب کاهش قیمت آنها و در نتیجه کاهش درآمد تولیدکنندگان شود؛ لذا با توجه به میانگین سطح زیرکشت این محصولات در ده سال گذشته در منطقه مورد بررسی، محدودیتهای جدیدی به عنوان محدودیتهای بازار[1] برای این محصولات در مدل اعمال شده است.

اطلاعات مربوط به بهره‌برداران کشاورزی با استفاده از روش نمونه‌گیری چند مرحله‌ای از طریق مصاحبه حضوری با زارعان دشت قزوین و تکمیل پرسشنامه در سال زراعی ۱۳۸۴-۸۵ جمع‌آوری گردید.

اطلاعات مربوط به منابع آب و بیلان آب سطحی و زیرزمینی دشت قزوین از وزارت نیرو و سازمان آب منطقه ای قزوین تهیه شد. همچنین اطلاعات مربوط به نیاز آبی گیاهان

1. Market Constraint

زراعی از معاونت آب و خاک وزارت جهاد کشاورزی تأمین گردید. برای براورد مدل برنامه‌ریزی خطی از نرم‌افزار What's Best استفاده شد.

نتایج و بحث

مدل بهره‌برداری پایدار از منابع آب سطحی و زیرزمینی در دو مرحله با هدف حداکثرسازی سود بازاری و حداکثرسازی منافع اجتماعی اجرا گردید. در هر مرحله پس از بررسی نتایج به‌دست آمده برای الگوی کشت، با توجه به محدودیتهای موجود در بازار محصولات کشاورزی، محدودیتهای بازار به عنوان محدودیتهای جدید بر مدل اعمال و مدل مجدداً با اصلاح الگوی کشت اجرا گردید (جدول ۲).

جدول ۲. نتایج مدل بهره‌برداری پایدار از منابع آب سطحی و زیرزمینی در سناریوهای مختلف

نتایج	وضعیت موجود	حداکثرسازی سود بازاری	حداکثرسازی سود بازار با در نظر گرفتن محدودیت بازار	حداکثرسازی منافع اجتماعی	حداکثرسازی منافع اجتماعی با در نظر گرفتن محدودیت بازار
حداکثر سود بازار (میلیون ریال)	۹۱۵۳۲۵/۹۶۶۵	۶۶۴۵۸۹۷/۰۱۵	۱۶۱۶۴۹۴/۹۵۴	–	–
حداکثر منفعت اجتماعی (میلیون ریال)	–	–	–	۳۱۴۱۴۸۰۲/۷۸	۲۶۲۷۶۴۷/۱۵
نام محصول	**سطح زیر کشت (هکتار)**				
گندم آبی	۷۴۶۶۷	۰	۱۳۸۱۱۹	۰	۰
گندم دیم	۹۱۷۳۷	۰	۰	۰	۰
جو آبی	۲۷۴۴۵	۱۰۹۷۱	۰	۰	۲۴۵۴۷
جو دیم	۹۹۴۴	۰	۰	۰	۰

ادامه جدول ۲

شلتوک	۳۰۲۶	۰	۲۸۸۴۵	۰	۰
ذرت آبی	۱۲۷۷۷	۰	۰	۰	۰
نخود دیم	۵۸۷۱	۰	۰	۰	۰
عدس دیم	۱۰۳۷۱	۰	۱۱۴۳۱۱	۰	۱۱۴۳۱۱
چغندر قند	۳۶۴۸	۰	۰	۰	۵۱۱۹۹
هندوانه آبی	۹۸۹	۹۳۷۴۶	۱۰۸۶۷	۰	۱۰۸۷
هندوانه دیم	۲۳۸	۱۱۴۹۵۰	۶۳۹	۱۱۴۹۵۰	۶۳۹
خیار آبی	۵۹۴	۰	۱۰۹۰	۰	۱۰۹۰
سیب‌زمینی آبی	۶۴۹	۰	۰	۰	۱۸۰۲
پیاز آبی	۱۱۰	۱۵۵۳	۴۱۵	۰	۰
گوجه‌فرنگی آبی	۷۴۶۹	۰	۰	۰	۵۲۷۴
لوبیا آبی	۹۷۲	۰	۱۴۴۴	۱۲۰۹۷۲	۱۴۴۴
آیش آبی	۰	۹۰۰۰	۹۰۰۰	۹۰۰۰	۹۰۰۰
آیش دیم	۰	۶۰۵۰	۶۰۵۰	۶۰۵۰	۶۰۵۰
مجموع سطح زیرکشت	۲۵۰۵۰۷	۲۲۱۲۲۰	۲۹۵۷۳۰	۲۳۵۹۲۲	۲۰۱۳۹۳

مأخذ: یافته‌های تحقیق

علاوه بر نتایج حاصل از براورد مدل، سطح زیر کشت فعلی محصولات منتخب در دشت قزوین نیز در این جدول نشان داده شده است. براساس این نتایج مشاهده می‌شود که منافع حاصل از بهینه‌سازی منفعت اجتماعی بیشتر از بهینه‌سازی سود بازاری کشاورزان می‌باشد. مجموع اراضی زیر کشت نیز در حالت بهینه اجتماعی بیش از حالت بهینه خصوصی و از سطح زیر کشت موجود محصولات انتخابی هم بیشتر است. اعمال محدودیت بازار در بهینه‌سازی خصوصی باعث افزایش و در بهینه سازی اجتماعی باعث کاهش سطح زیر کشت

محصولات انتخابی شده است.

در تعیین الگوی کشت با هدف حداکثرسازی سود بازاری کشاورزان، محصولات جو آبی، هندوانه آبی و دیم و پیاز آبی وارد الگوی کشت شدند. از آنجا که به جز محصول جو سایر محصولات قابلیت انبارداری پایینی دارند، محدودیتهای بازار برای این محصولات در مدل اعمال شد. با اعمال این محدودیت، سطح زیرکشت محصولات اصلاح و الگوی کشت جدید شامل محصولات گندم آبی، شلتوک، عدس دیم، هندوانه آبی و دیم، خیار آبی و پیاز آبی گردید. براساس نتایج به‌دست آمده، با در نظر گرفتن محدودیت بازار، منافع حاصل از مدل بهینه‌سازی سود بازاری کاهش می‌یابد. البته این نتیجه در صورتی اعتبار دارد که در مدل حداکثرسازی سود بازاری، بدون در نظر گرفتن محدودیت بازار، برای بعضی از محصولات کشاورزی، بازار ظرفیت جذب کل محصولات تولیدی را بدون تأثیر منفی در قیمت فروش آنها داشته باشد که با شرایط موجود، این موضوع بعید به نظر می‌رسد. در نتیجه، مقایسه منافع حاصل از اجرای مدلهای حداکثرکننده سود بازاری با و بدون در نظر گرفتن محدودیت بازار صحیح نیست، چرا که منافع حاصل از مدل حداکثرکننده سود بازاری بدون در نظر گرفتن محدودیت بازار، بدون فراهم آوردن شرایطی در بازار برای جذب مازاد این محصولات در حقیقت تحقق نخواهد یافت.

در تعیین الگوی کشت با هدف حداکثرسازی منفعت اجتماعی در منطقه مورد بررسی، دو محصول هندوانه دیم و لوبیا آبی وارد الگوی کشت شدند. در این حالت نیز با اعمال محدودیت بازار، سطح زیر کشت این محصولات محدود و نهایتاً الگوی کشت شامل محصولات جو آبی، عدس دیم، چغندر قند، هندوانه آبی و دیم، خیار آبی، سیب زمینی آبی، گوجه‌فرنگی آبی و لوبیای آبی گردید. نتایج نشان می‌دهد که در این حالت نیز منافع اجتماعی حاصل از مدل بهینه‌سازی با در نظر گرفتن محدودیت بازار، نسبت به مدل اولیه کاهش می‌یابد.

در جداول ۳ تا ۶ کل نیاز آب مصرفی و میزان تأمین آن از منابع آب سطحی و زیرزمینی به تفکیک برای آبیاری محصولات زراعی در مدلهای مختلف ذکر شده است.

جدول ۳. کل نیاز آب مصرفی در الگوی کشت و میزان بهره‌برداری از منابع آب سطحی و زیرزمینی برای آبیاری محصولات زراعی در مدل حداکثرسازی سود بازاری

زمان مصرف آب	میزان بهره‌برداری از منابع سطحی و زیرزمینی (مترمکعب)		
	کل نیاز آب مصرفی در الگوی کشت	بهره‌برداری از منابع آب سطحی	برداشت از منابع آب زیرزمینی
دهه اول فروردین ماه	۶۲۶۹۱۶۴	۶۲۶۹۱۶۴	۰
دهه دوم فروردین ماه	۹۰۹۰۲۸۸	۹۰۹۰۲۸۸	۰
دهه سوم فروردین ماه	۴۰۲۶۳۴۳۸	۴۰۲۶۳۴۳۸	۰
دهه اول اردیبهشت ماه	۲۴۳۶۳۴۰۵	۲۴۳۶۳۴۰۵	۰
دهه دوم اردیبهشت ماه	۲۲۴۷۶۷۸۸	۲۲۴۷۶۷۸۹	۰
دهه سوم اردیبهشت ماه	۷۱۲۶۶۰۰۰	۷۱۲۶۶۰۰۰	۰
دهه اول خرداد ماه	۱۱۱۸۳۲۷۸۰	۱۹۳۹۶۳۳۳	۹۲۴۳۶۴۴۶
دهه دوم خرداد ماه	۱۵۲۲۵۶۹۰۹	۱۹۳۹۶۳۳۳	۱۳۲۸۶۰۵۷۶
دهه سوم خرداد ماه	۲۰۱۳۵۶۶۴۵	۱۹۳۹۶۳۳۳	۱۸۱۹۶۰۳۱۲
دهه اول تیرماه	۱۸۵۱۵۲۷۲۲	۵۹۳۹۰۰۰	۱۷۹۲۱۳۷۲۲
دهه دوم تیرماه	۱۸۲۴۷۴۲۴۸	۵۹۳۹۰۰۰	۱۷۶۵۳۵۲۴۸
دهه سوم تیرماه	۲۰۹۷۰۲۵۹۰	۵۹۳۹۰۰۰	۲۰۳۷۶۳۵۹۰
دهه اول مرداد ماه	۱۶۹۱۷۰۶۰۲	۳۹۶۵۳۳۳	۱۶۵۲۰۵۲۶۹
دهه دوم مرداد ماه	۱۳۱۴۵۰۱۷۰	۳۹۶۵۳۳۳	۱۲۷۴۸۴۸۳۷
دهه سوم مرداد ماه	۳۱۰۵۲۴۶	۳۱۰۵۲۴۶	۰
دهه اول شهریور ماه	۲۷۰۶۰۰۰	۲۷۰۶۰۰۰	۰
دهه دوم شهریور ماه	۲۳۵۱۱۱۵	۲۳۵۱۱۱۵	۰

ادامه جدول ۳

دهه سوم شهریور ماه	۲۱۲۹۳۱۱	۲۱۲۹۳۱۱	۰
دهه اول مهر ماه	۱۶۴۱۳۴۴	۱۶۴۱۳۴۴	۰
دهه دوم مهر ماه	۱۱۵۳۳۷۷	۱۱۵۳۳۷۷	۰
دهه سوم مهر ماه	۲۱۹۴۲۰۷	۲۱۹۴۲۰۷	۰
دهه اول بهمن ماه	۰	۰	۰
دهه دوم بهمن ماه	۰	۰	۰
دهه سوم بهمن ماه	۳۱۳۴۵۸	۳۱۳۴۵۸	۰
دهه اول اسفند ماه	۲۵۰۷۶۶۶	۲۵۰۷۶۶۶	۰
دهه دوم اسفند ماه	۳۱۳۴۵۸۲	۳۱۳۴۵۸۲	۰
دهه سوم اسفند ماه	۳۱۳۴۵۸۲	۳۱۳۴۵۸۲	۰
مجموع آب مصرفی	۱۵۴۱۴۹۶۶۴۱	۲۸۲۰۳۶۶۴۱	۱۲۵۹۴۶۰۰۰۰

مأخذ: یافته‌های تحقیق

در جدول ۳ کل نیاز آب مصرفی در الگوی کشت و میزان بهره‌برداری از منابع آب سطحی و زیرزمینی برای آبیاری محصولات زراعی در مدل حداکثرسازی سود بازاری ذکر شده است. در این الگو محدودیتی برای حداقل سطح زیر کشت در نظر گرفته نشده و در نتیجه، برداشت از سفره‌های زیرزمینی به دهه اول تیر ماه تا دهه دوم مرداد ماه محدود شده است. در جدول ۴ ملاحظه می‌شود با اعمال محدودیت بازار بر مدل و تغییر الگوی کشت، مشاهده می‌شود حجم برداشت از مخازن زیرزمینی تغییر نکرده اما زمان برداشت در فاصله دهه دوم فروردین ماه تا دهه سوم مهر ماه توزیع شده است. مازاد نیاز آبی نسبت به سناریوی قبل، از جریانات سطحی تأمین شده است.

جدول ٤. کل نیاز آب مصرفی در الگوی کشت و میزان بهره‌برداری از منابع آب سطحی و زیرزمینی برای آبیاری محصولات زراعی در مدل حداکثرسازی سود بازاری با در نظر گرفتن محدودیت بازار برای تولید محصولات زراعی

زمان مصرف آب	میزان بهره‌برداری از منابع سطحی و زیرزمینی (مترمکعب)		
	کل نیاز آب مصرفی در الگوی کشت	بهره‌برداری از منابع آب سطحی	برداشت از منابع آب زیرزمینی
دهه اول فروردین ماه	۷۸۹۲۵۰۱۲	۷۸۹۲۵۰۱۲	۰
دهه دوم فروردین ماه	۱۱۴۶۸۸۶۱	۸۵۲۶۰۳۳۳	۲۹۴۲۸۵۲۸
دهه سوم فروردین ماه	۱۷۰۴۱۱۹۷۵	۸۵۲۶۰۳۳۳	۸۵۱۵۱۶۴۲
دهه اول اردیبهشت ماه	۱۳۸۷۲۷۹۶۵	۷۱۲۶۶۰۰۰	۶۷۴۶۱۹۶۵
دهه دوم اردیبهشت ماه	۱۲۷۳۴۳۹۵۳	۷۱۲۶۶۰۰۰	۵۶۰۷۷۹۵۳
دهه سوم اردیبهشت ماه	۱۶۰۶۹۹۸۷۵	۷۱۲۶۶۰۰۰	۸۹۴۳۳۸۷۵
دهه اول خرداد ماه	۱۳۰۰۵۷۷۸۱	۱۹۳۹۶۳۳۳	۱۱۰۶۶۱۴۴۸
دهه دوم خرداد ماه	۱۳۹۸۲۲۸۰۳	۱۹۳۹۶۳۳۳	۱۲۰۴۲۶۴۶۹
دهه سوم خرداد ماه	۷۸۹۵۱۴۸۵	۱۹۳۹۶۳۳۳	۵۹۵۵۵۱۵۲
دهه اول تیرماه	۸۱۰۶۸۹۲۵	۵۹۳۹۰۰۰	۷۵۱۲۹۹۲۵
دهه دوم تیرماه	۸۳۲۲۳۷۹۰	۵۹۳۹۰۰۰	۷۷۲۸۴۷۹۰
دهه سوم تیرماه	۸۸۴۵۷۵۶۱	۵۹۳۹۰۰۰	۸۲۵۱۸۵۶۱
دهه اول مرداد ماه	۷۹۸۰۸۰۵۲	۳۹۶۵۳۳۳	۷۵۸۲۴۷۱۸

ادامه جدول ٤

دهه دوم مرداد ماه	۷۹۱۵۸۳۳۵	۳۹۶۵۳۳۳	۷۵۱۹۳۰۰۱
دهه سوم مرداد ماه	۷۹۵۳۰۹۹۰	۳۹۶۵۳۳۳	۷۵۵۶۵۶۵۷
دهه اول شهریور ماه	۶۹۲۵۴۴۲۰	۲۷۰۶۰۰۰	۶۶۵۴۸۲۴۰
دهه دوم شهریور ماه	۵۸۱۶۵۱۸۶	۲۷۰۶۰۰۰	۵۵۴۵۹۱۸۶
دهه سوم شهریور ماه	۴۹۵۸۴۱۳۵	۲۷۰۶۰۰۰	۴۶۸۷۸۱۳۵
دهه اول مهر ماه	۴۳۸۳۹۷	۴۳۸۳۹۷	۰
دهه دوم مهر ماه	۹۰۸۰۶۳	۳۰۸۰۶۳	۰
دهه سوم مهر ماه	۲۷۶۲۳۷۵۴	۱۶۷۸۱۰۰۰	
دهه اول بهمن ماه	۰	۰	۰
دهه دوم بهمن ماه	۰	۰	۰
دهه سوم بهمن ماه	۳۹۴۶۲۵۱	۳۹۴۶۲۵۱	۰
دهه اول اسفند ماه	۳۱۵۷۰۰۰۵	۳۱۵۷۰۰۰۵	۰
دهه دوم اسفند ماه	۹۳۴۶۲۵۰۶	۳۹۴۶۲۵۰۶	۰
دهه سوم اسفند ماه	۳۹۴۶۲۵۰۶	۳۹۴۶۲۵۰۶	۰
مجموع آب مصرفی	۱۹۵۰۶۹۲۴۰۵	۶۹۱۲۳۲۴۰۵	۱۲۵۹۴۶۰۰۰۰

مأخذ: یافته‌های تحقیق

درجدول ۵ کل نیاز آب مصرفی در الگوی کشت و میزان بهره‌برداری از منابع آب سطحی و زیرزمینی برای آبیاری محصولات زراعی در مدل حداکثرسازی منافع اجتماعی ذکر شده است. در این الگو نیز محدودیتی برای حداقل سطح زیر کشت در نظر گرفته نشده و در

نتیجه برداشت از سفره‌های زیرزمینی به دهه سوم اردیبهشت ماه تا دهه سوم تیر ماه محدود شده است.با توجه به افزایش سطح زیر کشت نسبت به سناریوی نخست، میزان برداشت از منابع آب سطحی در این الگو افزایش یافته است.

جدول ۵. کل نیاز آب مصرفی در الگوی کشت و میزان بهره‌برداری از منابع آب سطحی و زیرزمینی برای آبیاری محصولات زراعی در مدل حداکثرسازی منافع اجتماعی

زمان مصرف آب	میزان بهره‌برداری از منابع سطحی و زیرزمینی (متر مکعب)		
	کل نیاز آب مصرفی در الگوی کشت	بهره‌برداری از منابع آب سطحی	برداشت از منابع آب زیرزمینی
دهه اول فروردین ماه	۰	۰	۰
دهه دوم فروردین ماه	۲۰۷۳۸۰۶۴	۲۰۷۳۸۰۶۴	۰
دهه سوم فروردین ماه	۳۴۵۶۳۴۴۰	۳۴۵۶۳۴۴۰	۰
دهه اول اردیبهشت ماه	۳۸۰۱۹۷۸۴	۳۸۰۱۹۷۸۴	۰
دهه دوم اردیبهشت ماه	۶۲۲۱۴۱۹۲	۶۲۲۱۴۱۹۲	۰
دهه سوم اردیبهشت ماه	۱۵۲۰۷۹۱۳۵	۷۱۲۶۶۰۰۰	۸۰۸۱۳۱۳۵
دهه اول خرداد ماه	۱۷۶۲۷۳۵۴۳	۱۹۳۹۶۳۳۳	۱۵۶۸۷۷۲۱۰
دهه دوم خرداد ماه	۲۲۴۶۶۲۳۵۹	۱۹۳۹۶۳۳۳	۲۰۵۲۶۶۰۲۵

ادامه جدول ۵

دهه سوم خرداد ماه	۲۷۶۵۰۷۵۱۸	۱۹۳۹۶۳۳۳	۲۵۷۱۱۱۱۸۵
دهه اول تیرماه	۲۵۲۳۱۳۱۱۱	۵۹۳۹۰۰۰	۲۴۶۳۷۴۱۱۱
دهه دوم تیرماه	۱۹۷۰۱۱۶۰۷	۵۹۳۹۰۰۰	۱۹۱۰۷۲۶۰۷
دهه سوم تیرماه	۱۲۷۸۸۴۷۲۷	۵۹۳۹۰۰۰	۱۲۱۹۴۵۷۲۷
دهه اول مرداد ماه	۰	۰	۰
دهه دوم مرداد ماه	۰	۰	۰
دهه سوم مردادماه	۰	۰	۰
دهه اول شهریور ماه	۰	۰	۰
دهه دوم شهریور ماه	۰	۰	۰
دهه سوم شهریور ماه	۰	۰	۰
دهه اول مهر ماه	۰	۰	۰
دهه دوم مهر ماه	۰	۰	۰
دهه سوم مهر ماه	۰	۰	۰
دهه اول بهمن ماه	۰	۰	۰
دهه دوم بهمن ماه	۰	۰	۰
دهه سوم بهمن ماه	۰	۰	۰
دهه اول اسفند ماه	۰	۰	۰
دهه دوم اسفند ماه	۰	۰	۰
دهه سوم اسفند ماه	۰	۰	۰
مجموع آب مصرفی	۱۵۶۲۲۶۷۴۷۹	۳۰۲۸۰۷۴۷۹	۱۲۵۹۴۶۰۰۰۰

مأخذ: یافته‌های تحقیق

نتایج الگوی چهارم در جدول ۶ لحاظ شده است. با اعمال محدودیت بازار بر مدل حداکثرسازی منافع اجتماعی و تغییر الگوی کشت، مشاهده می‌شود حجم برداشت از مخازن زیرزمینی تغییر نکرده ولیکن زمان برداشت در فاصله دهه اول خرداد ماه تا دهه سوم

شهریورماه توزیع شده است. مقایسه الگوی سوم و چهارم نشان می‌دهد با وجود کاهش سطح زیر کشت، نیاز به منابع آب افزایش یافته است. همان‌گونه که ملاحظه می‌شود، در تمامی الگوهای براورد شده میزان برداشت از منابع آب زیرزمینی در حد مجاز صورت گرفته است ولیکن با توجه به نیاز آبی محصولات منتخب، توزیع زمانی این برداشت در ماه‌های مختلف سال با یکدیگر متفاوت بوده و با توجه به الگوی کشت پیشنهادی تغییر کرده است. در مجموع، در تمام حالات در صورت کمبود منابع آب سطحی، بهره‌برداری از منابع آب زیرزمینی صورت می‌گیرد.

جدول ٦. کل نیاز آب مصرفی در الگوی کشت و میزان بهره‌برداری از منابع آب سطحی و زیرزمینی برای آبیاری محصولات زراعی در مدل حداکثرسازی منافع اجتماعی با در نظر گرفتن محدودیت بازار برای تولید محصولات زراعی

زمان مصرف آب	میزان بهره‌برداری از منابع سطحی و زیرزمینی (مترمکعب)		
	کل نیاز آب مصرفی در الگوی کشت	بهره‌برداری از منابع آب سطحی	برداشت از منابع آب زیرزمینی
دهه اول فروردین ماه	۱۴۰۲۶۷۹۷	۱۴۰۲۶۷۹۷	۰
دهه دوم فروردین ماه	۲۷۶۵۰۸۹۶	۲۷۶۵۰۸۹۶	۰
دهه سوم فروردین ماه	۴۶۰۶۸۱۷۲	۴۶۰۶۸۱۷۲	۰
دهه اول اردیبهشت ماه	۳۳۴۸۱۱۸۵	۳۳۴۸۱۱۸۵	۰
دهه دوم اردیبهشت ماه	۳۴۶۱۷۲۲۰	۳۴۶۱۷۲۲۰	۰
دهه سوم اردیبهشت ماه	۷۱۲۶۶۰۰۰	۷۱۲۶۶۰۰۰	۰
دهه اول خرداد ماه	۹۴۰۹۶۴۸۶	۱۹۳۹۶۳۳۳	۷۴۷۰۰۱۵۳
دهه دوم خرداد ماه	۱۱۳۳۰۱۵۷۵	۱۹۳۹۶۳۳۳	۹۳۹۰۵۲۴۲
دهه سوم خرداد ماه	۱۴۶۲۶۶۸۶۳	۱۹۳۹۶۳۳۳	۱۲۶۸۷۰۵۳۰

ادامه جدول ٦

دهه اول تیرماه	۱۳۴۲۹۲۲۵۵	۵۹۳۹۰۰۰	۱۲۸۳۵۳۲۵۵
دهه دوم تیرماه	۱۳۴۰۲۶۱۵۰	۵۹۳۹۰۰۰	۱۲۸۰۸۷۱۵۰
دهه سوم تیرماه	۱۵۳۹۲۳۰۸۴	۵۹۳۹۰۰۰	۱۴۷۹۸۴۰۸۴
دهه اول مرداد ماه	۱۳۷۰۲۷۸۹۲	۳۹۶۵۳۳۳	۱۳۳۰۶۲۵۵۹
دهه دوم مرداد ماه	۱۲۵۵۸۷۰۷۸	۳۹۶۵۳۳۳	۱۲۱۶۲۱۷۴۵
دهه سوم مرداد ماه	۱۱۹۸۶۳۵۰۰	۳۹۶۵۳۳۳	۱۱۵۸۹۸۱۶۶
دهه اول شهریور ماه	۸۷۵۹۸۷۲۰	۲۷۰۶۰۰۰	۸۴۸۹۲۷۲۰
دهه دوم شهریور ماه	۶۱۷۴۱۰۹۸	۲۷۰۶۰۰۰	۵۸۷۶۵۰۹۸
دهه سوم شهریور ماه	۴۸۰۲۵۲۹۶	۲۷۰۶۰۰۰	۴۵۳۱۹۲۹۶
دهه اول مهر ماه	۰	۰	۰
دهه دوم مهر ماه	۰	۰	۰
دهه سوم مهر ماه	۴۹۰۹۳۷۹	۴۹۰۹۳۷۹	۰
دهه اول بهمن ماه	۰	۰	۰
دهه دوم بهمن ماه	۰	۰	۰
دهه سوم بهمن ماه	۷۰۱۳۴۰	۷۰۱۳۴۰	۰
دهه اول اسفند ماه	۵۶۱۰۷۱۹	۵۶۱۰۷۱۹	۰
دهه دوم اسفند ماه	۷۰۱۳۳۹۸	۷۰۱۳۳۹۸	۰
دهه سوم اسفند ماه	۷۰۱۳۳۹۸	۷۰۱۳۳۹۸	۰
مجموع آب مصرفی	۱۶۰۷۸۳۸۵۰۴	۳۴۸۳۷۸۵۰۴	۱۲۵۹۴۶۰۰۰۰

مأخذ: یافته‌های تحقیق

نتیجه‌گیری و پیشنهاد

براساس نتایج به دست آمده از براورد مدلهای فوق ملاحظه می‌شود منافعی که از حداکثرسازی منفعت اجتماعی حاصل می‌شود بیشتر از منافع حاصل از حداکثرسازی سود

بازاری است. سطح زیر کشت محصولات مختلف زراعی نیز در بهینه سازی الگوی کشت با هدف حداکثرسازی منافع اجتماعی نسبت به حداکثرسازی سود بازاری افزایش می‌یابد. با وجود افزایش سطح زیر کشت، میزان افزایش در حجم آب مصرفی در بهینه سازی الگوی کشت با هدف حداکثر سازی منافع اجتماعی نسبت به بهینه سازی الگوی کشت با هدف حداکثرسازی منافع خصوصی، جزئی خواهد بود. با اضافه شدن محدودیت بازار به هر یک از مدلها، نیاز آب مصرفی در مدل حداکثرسازی سود بازاری به مقدار قابل توجهی از مدل حداکثرسازی منفعت اجتماعی بیشتر می‌شود. با اعمال محدودیت بازار بر مدلهای حداکثرسازی سود بازاری و حداکثرسازی منفعت اجتماعی، کل نیاز آب مصرفی در الگوی کشت در هر دو مدل افزایش می‌یابد. از آنجا که میزان برداشت آب از سفره‌های زیرزمینی در هر چهار سناریو مقداری ثابت و برابر با حد مجاز برداشت از سفره‌های آب زیرزمینی است، با اعمال محدودیت بازار بر هر مدل، محصولاتی به الگوی کشت اضافه می‌شوند که مازاد نیاز آبی آنها از طریق بهره‌برداری از جریانات آب سطحی تأمین می گردد.

با توجه به موارد فوق پیشنهاد می‌شود که درهنگام سیاستگذاری برای بهینه‌سازی منابع آب سطحی و زیرزمینی در هر منطقه، اولویت با حداکثرسازی منافع اجتماعی در آن منطقه باشد؛ زیرا علاوه بر آنکه منافع حاصل بیشتر از حالت حداکثرسازی سود بازاری می‌باشد، میزان کاهش سود با تحمیل محدودیتهای بازار بر مدل حداکثرسازی منافع اجتماعی نیز کمتر از این کاهش در مدل حداکثرسازی سود بازاری می‌باشد. متقابلاً میزان افزایش در آب مصرفی مقدار اندکی خواهد بود.

همچنین با توجه به آنکه زارعان در بهره‌برداری از منابع آب در سطح مزرعه با دو گزینه مصرف و عدم مصرف آب مواجهند و به دلیل ویژگی دسترسی آزاد به منابع آب، امکان ذخیره و بهره‌برداری از آب در دوره‌های آتی وجود ندارد، تمایلی در این افراد جهت صرفه‌جویی در مصرف آب وجود ندارد و لذا به منظور حفظ ذخایر آب و پایداری این منابع دولت باید بکوشد با اتخاذ سیاستهایی از جمله سیاست قیمتگذاری آب و با حمایت از الگوی

کشت پیشنهاد شده در این مطالعه، انگیزه صرفه‌جویی و بهره‌برداری بهینه از منابع آب را در زارعان ایجاد و تقویت کند.

منابع

۱. آماده، حمید(۱۳۷۵)، بررسی‌روشهای‌براورد ضرایب فنی‌الگوهای‌برنامه‌ریزی خطی جهت تخصیص بهینه آب: مطالعه موردی دشت سرخس، پایان نامه کارشناسی ارشد اقتصاد کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تهران.

۲. جمالی، فخرالدین (۱۳۷۶)، رهیافتی ریاضی- اقتصادی برای تخصیص بهینه آب بین اراضی زیر سدها: مطالعه موردی سد میرزای شیرازی (کوار)، پایان نامه کارشناسی ارشد اقتصاد کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تهران.

۳. جولایی، رامتین، عادل آذر و امیرحسین چیذری (۱۳۸۴)، مدلهای‌برنامه‌ریزی چند منطقه‌ای و کاربرد آن در کشاورزی: مطالعه موردی استان فارس، *فصلنامه اقتصاد کشاورزی و توسعه*، ۱۳ (۳): ۸۷ تا ۱۱۲.

۴. شجری، شاهرخ‌و جواد ترکمانی (۱۳۸۶)، تناسب‌شبیه‌سازی‌های‌تصمیم‌گیری چندمعیاری به منظور بررسی تقاضای آب آبیاری: مطالعه موردی حوضه آبریز درودزن در استان فارس. *مجله اقتصاد و کشاورزی*، ۱ (۳): ۳۳۱ - ۳۴۶.

۵. کشاورز، عباس و کوروش صادق زاده (۱۳۷۹)، مدیریت مصرف آب در بخش کشاورزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، وزارت جهاد کشاورزی، تهران.

۶. وزارت جهاد کشاورزی(۱۳۸۷)، بانک اطلاعاتی نیاز خالص آبیاری محصولات زراعی و باغی دشتهای کشور، دفتر توسعه منابع آب کشاورزی و بهینه‌سازی مصرف.

۷. وزارت نیرو (۱۳۷۷)، طرح جامع آب کشور، حوضه آبریز دریاچه نمک، تهران.

۸. وزارت نیرو (۱۳۸۶)، برنامه پنجم سازندگی، بسته پیشنهادی آب، دفتر برنامه‌ریزی

کلان آب و آبفا، تهران.

۹. هیزل، پیتر. بی. آر.، راجر دی. نورتون (۱۳۸۱)، برنامه‌ریزی ریاضی برای تحلیل اقتصادی در کشاورزی، ترجمه رامین فروتن، انتشارات ابجد، تهران.

10. Beare, S. D., R. Bell and B. S. Fisher (1998), Determining the value of water: the role of risk, infrastructure constraints, and ownership, *American Journal of Agricultural Economics*, 80: 916–940.

11. Gharaman, B. and A. R. Sepaskhah (2002), Optimal allocation of water from a single purpose reservoir to an irrigation project with pre-determined multiple cropping patterns, *Irrigation Science*, 21: 127-137.

12. Gharaman, B. and A. R. Sepaskhah (2004), Linear and non-linear optimization models for allocation of limited water supply, *Irrigation and Drainage*, 53: 39-54.

13. Knapp, K. C. and L. J. Olson (1995), The economics of conjunctive groundwater management with stochastic surface supplies, *Journal of Environmental Economics and Management*, 28: 340- 356.

14. Lee, S. and P. K. Kitanidis (1991), Optimal estimation and scheduling in aquifer remediation with incomplete information, *Water Resources Research*, 27: 2203-2217.

15. Luo Y., SH. Khan, Y. Cui, ZH. Zhang and X. Zhu (2006), Sustainable irrigation water management in the lower Yellow River

Basin: a system dynamics approach, Agricultural water management in china: proceedings of a workshop, China,page: 101-110.

16. Mainuddin, M., A. D. Gupta and P. R. Onta (1997), Optimal crop planning model for an existing groundwater irrigation project in Thailand, *Agricultural Water Management*, 33: 43-62.

17. Schoups, G., C. L. Addams, J. L. Minijares and S. M. Georlick (2006), Reliable conjunctive use rules for sustainable irrigated agriculture and reservoir spill control, *Water Resources Research* : 42.

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

19. Terrell, B. L. and P. N. Johnson (1999), Economic impact of the depletion of the Ogallala aquifer: A case study of the Southern High Plains of Texas, *American Journal of Agricultural Economics*, 81:1302.

20. Tsur, Y. (1990), The stabilization role of groundwater when surface water supplies are uncertain: the implications for groundwater development, *Water Resources Research*, 26:811-818.

21. Zibae, M. (2002), The optimization of irrigation strategies, cropping patterns and conjunctive use of groundwater and surface water under risk: a case study, Ph.D. Dissertation, University of Shiraz, Shiraz, Iran.