

اقتصاد کشاورزی 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 ۱۳۸۶ تعیین 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، بهینه‌سازی با هدف حداکثر منافع اجتماعی، منافع بیشتری را عاید منطقه می‌کند. همچنین توزیع زمانی برداشت از منابع آب زیرزمینی در هر یک از الگوهای برآورد 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 مصرف‌کننده 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 و زیرزمینی تقسیم می‌شود. در بهره‌برداری از این منابع توجه به دو نکته ضروری است: نخست آنکه هیچ‌یک از منابع فوق به تنهایی نمی‌تواند پاسخگوی نیازهای آبی بخش کشاورزی کشور باشد. در این باره وجود

استفاده تلفیقی پایدار از منابع آب سطحی

نوسان یا عرضه تصادفی منابع آب سطحی موجب می‌شود که علی‌رغم حجم بالا، این منابع نتواند به عنوان منبع مطمئن 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 می‌تواند 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 این رو به کارگیری 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

می توان 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 می توان 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 می‌باشد. 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 فرونشست 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 ناکارآمدی 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

استفاده تلفیقی پایدار از منابع آب سطحی

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 می‌رسد. 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) در مطالعه‌ای 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 در حداکثرسازی 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 در مقیاس منطقه‌ای را با استفاده تلفیقی از بهینه‌سازی غیرخطی و الگوریتم تراز آب و خاک مورد مطالعه و بررسی قرار دادند. زیبایی (۲۰۰۲) در طراحی استراتژیهای آبیاری در استان فارس تمام جنبه‌های فوق را با هدف حداکثرسازی مطلوبیت انتظاری در مدل خود لحاظ کرد.

تسور (Tsur, 1990) استفاده تلفیقی از منابع آب سطحی و زیرزمینی برای آبیاری محصولات کشاورزی را با در نظر گرفتن عرضه تصادفی آبهای سطحی بررسی کرد. لی و کیتانیدیس (Lee and Kitanidis, 1991) با به کارگیری ترکیبی از مدل‌های شبیه‌سازی رایانه‌ای و بهینه‌سازی ریاضی مطالعه‌ای در زمینه پایداری و حفظ ذخایر سفره‌های آب زیرزمینی در شرایطی کمبود اطلاعات در زمینه این سفره‌ها انجام دادند. کنپ و اولسون (Knapp & Olson, 1995) با استفاده از مدل برنامه ریزی پویای تصادفی^۱ به بررسی اقتصادی استفاده 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^۱ 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 در سطح مزرعه و منطقه استفاده کردند. ترل و جانسون (Terrell & Johnson, 1999) اثر اقتصادی تخلیه سفره آب زیرزمینی اوگلایلا در تگزاس را با استفاده از بهینه‌سازی پویا و مدل‌های نهاده-ستانده مورد بررسی قرار دادند. سینگ و همکاران (Singh et al., 2001) با استفاده از مدل برنامه‌ریزی خطی، با توجه به نیاز آبی گیاهان و میزان آب در 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^۲ به‌طور گسترده جهت مدلسازی سیستم‌های زراعی مورد استفاده قرار می‌گیرد. کاربرد این روش‌ها در تعیین 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 بر عملکرد 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 در تمام الگوهای فوق به سودآوری اجتماعی فعالیتهای توجهی نشده است. با توجه به کاربرد وسیع برنامه‌ریزی خطی

1. Multi objective Programming
2. Mathematical Programming

استفاده تلفیقی پایدار از منابع آب سطحی

در تخصیص بهینه آب، در مطالعه حاضر نیز الگوی ساخته شده در اصل در قالب یک مسئله برنامه‌ریزی خطی قرار می‌گیرد. 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 فعالیتهای 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 به دست 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)^۱ قیمتهایی است که در بازار داخلی تعیین می‌شود و متأثر از سیاستها و دخالت‌های دولت و یا ناکارآمدی بازار است و توسط کشاورزان پرداخت یا دریافت می‌شود.

در سطح 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^۱ معیاری است که سود حاصل از تولید محصول را با به کارگیری 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^۲ یا قیمت‌های اجتماعی^۳ 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 نمی‌شود.

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):

$$\begin{array}{ll} \text{Max:} & Z = CX \\ \text{St:} & Ax \leq b \\ & x \geq 0 \end{array}$$

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 $b_{m \times 1}$ بردار منابع 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

استفاده تلفیقی پایدار از منابع آب سطحی.....

$$\begin{aligned} \max z &= \sum_{j=1}^m C_j X_j \\ \text{st : } \sum_{j=1}^n X_j &\leq XD_i \\ \sum_{j=n+1}^m X_j &\leq XW_i \\ \sum_{j=n+1}^m WR_{ijd} X_j &\leq SW_{id} + GW_{id} \\ GW_{id} &\leq GW \\ \sum_{i=1}^9 \sum_{d=1}^3 GW_{id} &\leq GW \\ X_j &\geq A_j \\ X_j &\geq 0 \end{aligned}$$

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، چغندر قند، هندوانه آبی و دیم، خیار آبی، سیب زمینی آبی، پیاز آبی، گوجه فرنگی آبی، لوبیا آبی)
 j : محصولات موجود در الگوی کشت ($j = 1, \dots, n$ نمایانگر محصولات دیم و $j = n+1, \dots, m$ 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 d ام 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 زیر کشت محصولات آبی و دیم است.

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

فرم ریاضی مدل بهره برداری پایدار از منابع آب سطحی و زیرزمینی با هدف حداکثر سازی

سود به شرح فوق می باشد. الگوهای برآورد شده به دلیل تعداد زیاد محدودیتها، در مقاله قید نشده است.

همان گونه که در مدل فوق مشاهده می شود، با توجه به نیاز آبی محصولات زراعی

منتخب در دهه های مختلف، سه محدودیت برای منابع آب در هر ماه در نظر گرفته شد.

محدودیت منابع آب به ازای تمامی ماه هایی که در آنها فعالیت کشاورزی صورت گرفته و نیاز

آبی گیاهان زراعی غیر صفر است، شامل تمام ماه های سال به استثنای ماه های 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

نرم افزار NETWAT^۱ 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 می شود. این محدودیت به نحوی طراحی شده است که نیاز آبی ابتدا از منابع

آب سطحی تأمین می شود و در صورت عدم کفایت منابع آب سطحی، از منابع آب زیرزمینی

برای تأمین آب مورد نیاز برای آبیاری استفاده می شود.

میزان بهره برداری از منابع آب سطحی برای آبیاری محصولات زراعی محدود به میزان

این جریانات در ماه های مختلف سال است. در این مطالعه براساس اطلاعات به دست آمده از

سازمان آب منطقه ای 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

استفاده تلفیقی پایدار از منابع آب سطحی

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

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

اقتصاد کشاورزی و توسعه - سال بیستم، شماره ۷۷

ادامه جدول ۱

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

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

استفاده تلفیقی پایدار از منابع آب سطحی

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 شده است 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 برآورد اولیه مدل در مرحله بعد به آن اضافه می‌شود، مربوط به حداقل سطح زیر کشت است. این محدودیت با توجه به نتایج حاصل از برآورد 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 زیر کشت 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 زیر کشت این محصولات در ده سال گذشته در منطقه مورد بررسی، محدودیتهای جدیدی به عنوان محدودیتهای بازار^۱ 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 منطقه‌ای 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 برآورد مدل برنامه ریزی خطی از نرم افزار 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 به دست 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 در نظر گرفتن محدودیت بازار	حداکثرسازی منافع اجتماعی با 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

استفاده تلفیقی پایدار از منابع آب سطحی

ادامه جدول ۲

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

مأخذ: یافته‌های تحقیق

علاوه بر نتایج حاصل از برآورد 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 بهینه‌سازی 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 به دست 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.

استفاده تلفیقی پایدار از منابع آب سطحی

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

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

اقتصاد کشاورزی و توسعه - سال بیستم، شماره ۷۷

جدول ۳ ادامه

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

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.

استفاده تلفیقی پایدار از منابع آب سطحی

جدول ۴. 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

میزان بهره‌برداری از منابع سطحی و زیرزمینی (مترمکعب)			زمان مصرف آب
برداشت از منابع آب زیرزمینی	بهره‌برداری از منابع آب سطحی	کل نیاز آب مصرفی در الگوی کشت	
۰	۷۸۹۲۵۰۱۲	۷۸۹۲۵۰۱۲	دهه اول فروردین ماه
۲۹۴۲۸۵۲۸	۸۵۲۶۰۳۳۳	۱۱۴۶۸۸۸۶۱	دهه دوم فروردین ماه
۸۵۱۵۱۶۴۲	۸۵۲۶۰۳۳۳	۱۷۰۴۱۱۹۷۵	دهه سوم فروردین ماه
۶۷۴۶۱۹۶۵	۷۱۲۶۶۰۰۰	۱۳۸۷۲۷۹۶۵	دهه اول اردیبهشت ماه
۵۶۰۷۷۹۵۳	۷۱۲۶۶۰۰۰	۱۲۷۳۴۳۹۵۳	دهه دوم اردیبهشت ماه
۸۹۴۳۳۸۷۵	۷۱۲۶۶۰۰۰	۱۶۰۶۹۹۸۷۵	دهه سوم اردیبهشت ماه
۱۱۰۶۶۱۴۴۸	۱۹۳۹۶۳۳۳	۱۳۰۰۵۷۷۸۱	دهه اول خرداد ماه
۱۲۰۴۲۶۴۶۹	۱۹۳۹۶۳۳۳	۱۳۹۸۲۲۸۰۳	دهه دوم خرداد ماه
۵۹۵۵۵۱۵۲	۱۹۳۹۶۳۳۳	۷۸۹۵۱۴۸۵	دهه سوم خرداد ماه
۷۵۱۲۹۹۲۵	۵۹۳۹۰۰۰	۸۱۰۶۸۹۲۵	دهه اول تیرماه
۷۷۲۸۴۷۹۰	۵۹۳۹۰۰۰	۸۳۲۲۳۷۹۰	دهه دوم تیرماه
۸۲۵۱۸۵۶۱	۵۹۳۹۰۰۰	۸۸۴۵۷۵۶۱	دهه سوم تیرماه
۷۵۸۲۴۷۱۸	۳۹۶۵۳۳۳	۷۹۸۰۸۰۵۲	دهه اول مرداد ماه

اقتصاد کشاورزی و توسعه - سال بیستم، شماره ۷۷

ادامه جدول ۴

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

مأخذ: یافته‌های تحقیق

در 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 ذکر شده است. در این الگو نیز محدودیتی برای حداقل سطح زیر کشت در نظر گرفته نشده و در

استفاده تلفیقی پایدار از منابع آب سطحی

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

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

اقتصاد کشاورزی و توسعه - سال بیستم، شماره ۷۷

ادامه جدول ۵

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

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

استفاده تلفیقی پایدار از منابع آب سطحی

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 برآورد 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 ۶. 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

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

اقتصاد کشاورزی و توسعه - سال بیستم، شماره ۷۷

ادامه جدول ۶

۱۲۸۳۵۳۲۵۵	۵۹۳۹۰۰۰	۱۳۴۲۹۲۲۵۵	دهه اول تیرماه
۱۲۸۰۸۷۱۵۰	۵۹۳۹۰۰۰	۱۳۴۰۲۶۱۵۰	دهه دوم تیرماه
۱۴۷۹۸۴۰۸۴	۵۹۳۹۰۰۰	۱۵۳۹۲۳۰۸۴	دهه سوم تیرماه
۱۳۳۰۶۲۵۵۹	۳۹۶۵۳۳۳	۱۳۷۰۲۷۸۹۲	دهه اول مردادماه
۱۲۱۶۲۱۷۴۵	۳۹۶۵۳۳۳	۱۲۵۵۸۷۰۷۸	دهه دوم مردادماه
۱۱۵۸۹۸۱۶۶	۳۹۶۵۳۳۳	۱۱۹۸۶۳۵۰۰	دهه سوم مردادماه
۸۴۸۹۲۷۲۰	۲۷۰۶۰۰۰	۸۷۵۹۸۷۲۰	دهه اول شهریورماه
۵۸۷۶۵۰۹۸	۲۷۰۶۰۰۰	۶۱۷۴۱۰۹۸	دهه دوم شهریورماه
۴۵۳۱۹۲۹۶	۲۷۰۶۰۰۰	۴۸۰۲۵۲۹۶	دهه سوم شهریورماه
۰	۰	۰	دهه اول مهرماه
۰	۰	۰	دهه دوم مهرماه
۰	۴۹۰۹۳۷۹	۴۹۰۹۳۷۹	دهه سوم مهرماه
۰	۰	۰	دهه اول بهمنماه
۰	۰	۰	دهه دوم بهمنماه
۰	۷۰۱۳۴۰	۷۰۱۳۴۰	دهه سوم بهمنماه
۰	۵۶۱۰۷۱۹	۵۶۱۰۷۱۹	دهه اول اسفندماه
۰	۷۰۱۳۳۹۸	۷۰۱۳۳۹۸	دهه دوم اسفندماه
۰	۷۰۱۳۳۹۸	۷۰۱۳۳۹۸	دهه سوم اسفندماه
۱۲۵۹۴۶۰۰۰۰	۳۴۸۳۷۸۵۰۴	۱۶۰۷۸۳۸۵۰۴	مجموع آب مصرفی

مأخذ: یافته‌های تحقیق

نتیجه‌گیری و پیشنهاد

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

استفاده تلفیقی پایدار از منابع آب سطحی

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 حداکثرسازی 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 می‌گردد.

با توجه به موارد فوق پیشنهاد می‌شود که در هنگام 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 صرفه جویی و بهره برداری بهینه از منابع آب را در زارعان ایجاد و تقویت کند.

منابع

۱. آماده، حمید (۱۳۷۵)، بررسی روشهای برآورد ضرایب فنی الگوهای برنامه ریزی 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 چیدری (۱۳۸۴)، مدل‌های برنامه ریزی چند منطقه‌ای و کاربرد آن در کشاورزی: مطالعه موردی استان فارس، فصلنامه اقتصاد کشاورزی و توسعه، ۱۳ (۳): ۸۷ تا ۱۱۲.
۴. شجری، شاهرخ و جواد ترکمانی (۱۳۸۶)، تناسب شبیه‌سازی‌های تصمیم‌گیری 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

استفاده تلفیقی پایدار از منابع آب سطحی.....

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 اجد، 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.
