نشریه اقتصاد و توسعه کشاورزی (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۲۵، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۰، ص. ۲۶۲-۲۵۳

Journal of Agricultural Economics and Development
Vol. 25, No. 2, Summer 2011, P. 253-262

بهره‌برداری بهینه پایدار از منابع آب زیرزمینی در بخش کشاورزی: مطالعه موردی زیربخش زراعت دشت قزوین

الهام باریکانی [۱*]- مجید احمدیان [۲] - صادق خلیلیان [۳]

تاریخ دریافت: ۹۰/۲/۱۸
تاریخ پذیرش: ۹۰/۳/۲۹

چکیده

کمبود منابع آب سطحی و توزیع نامناسب این منابع در سطح کشور ایران موجب بهره برداری بیش از حد از منابع آب زیرزمینی و عدم توازن میان تغذیه و برداشت از این منابع گردیده است. شایان ذکر است بخش کشاورزی به عنوان بزرگترین مصرف کننده منابع آب کشور بیشترین سهم را در بروز این ناپایداری داشته‌است. مطالعه حاضربا هدف حفظ پایداری منابع آبی به بهینه سازی بهره برداری از منابع آب های سطحی و زیرزمینی در تولید محصولات زراعی دشت قزوین که یکی از دشتهای بحرانی کشور در زمینه منابع آب است، می‌پردازد. بدین منظور با استفاده از تکنیک برنامه ریزی ریاضی چند دوره‌ای، الگوی بهینه کشت محصولات زراعی در یک افق برنامه‌ریزی ده ساله در منطقه مورد مطالعه تعیین شده است. در تدوین این الگو به طول دوره رشد و نیاز آبی محصولات زراعی منطقه، میزان جریانات سطحی در دسترس و حجم آب زیرزمینی قابل استحصال دشت توجه گردیده و در نهایت الگوی کشت پیشنهادی ارائه شده است. بر اساس این الگو پیشنهاد می‌شود با توجه به محدودیت برداشت از منابع آب زیرزمینی دو محصول خیار و چغندر قند از الگوی کشت منطقه حذف شده و در مقابل سطح زیر کشت ذرت دانه‌ای و جو نسبت به میانگین منطقه افزایش یابد.

واژه های کلیدی: استفاده تلفیقی، آبهای زیرزمینی، برنامه‌ریزی چند دوره‌ای، الگوی کشت، محصولات زراعی

مقدمه

پایداری منابع آب در ایران بیش از هر چیز تحت تاثیر بهره‌برداری از منابع آب کشاورزی قرار می‌گیرد زیرا بخش کشاورزی بزرگترین مصرف کننده منابع آب محسوب شده و بیش از ۹۰ درصد مصارف آب کشور را شامل می‌شود (۱۱). منابع تامین‌کننده نیاز آبی بخش کشاورزی به دو دسته منابع آب سطحی و زیرزمینی تقسیم می شوند. ذخایر آب زیرزمینی در تأمین منابع آب کشاورزی از دو جنبه افزایش عرضه منابع آب و تثبیت عرضه آب دارای اهمیت است (۲۳). با توجه به نوسانات موجود در منابع آب سطحی،این منابع علیرغم حجم بالا نمی توانند به عنوان منبع مطمئنی برای تامین آب مورد نیاز برای آبیاری محصولات کشاورزی به شمار روند (۲۳). 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 مطمئن تر کرده و میزان دسترسی به آب آبیاری را در مواقع نیاز افزایش دهد. خصوصاً در مواقع بروز خشکسالی نقش تثبیت‌کنندگی مقدار عرضه آب بیشتر نمایان می‌گردد. برداشت بیش از تغذیه سفره‌های آب زیرزمینی، موجب بر هم خوردن توازن سیستم، عدم پایداری و کاهش ذخیره سفره های آب زیرزمینی شده و در نهایت توسعه پایدار کشاورزی را ناممکن می سازد. لذا برای دستیابی به توسعه پایدار کشاورزی، برقراری توازن میان تغذیه و برداشت منابع زیرزمینی از اهمیت بسیاری برخوردار است. بکارگیری مناسب سیستم استفاده تلفیقی از منابع آب سطحی و زیرزمینی در این بخش می‌تواند به برقراری این توازن و در نهایت بهره‌برداری پایدار از منابع آب کمک کند.

دشت قزوین بزرگترین دشت حوضه آبریز دریاچه نمک و یکی از دشت های مستعد کشور برای تولید محصولات کشاورزی است که همانند بسیاری از دشت های کشور بیلان آب زیرزمینی در آن منفی است (وزارت نیرو،۱۳۷۷). سالانه بیش از ۱۹۹ میلیون متر مکعب اضافه برداشت از منابع آب زیرزمینی این دشت صورت می‌پذیرد (۱۰). گندم، جو و سایر انواع محصولات زراعی از قبیل ذرت دانه‌ای، نخود،

۱ و ۳- به ترتیب دانشجوی دکتری و دانشیار اقتصاد کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس
(*- نویسنده مسئول: Email:barikani_e@yahoo.com)
۲- استاد دانشکده اقتصاد، دانشگاه تهران

لوبیا، چغندرقند، سیب زمینی، پیاز، گوجه‌فرنگی و خیار عمده ترین محصولاتی هستند که در این دشت کشت می شوند. مجموع تغذیه آبخوان دشت قزوین ۱۲۵۹/۴۶ میلیون متر مکعب است . مجموع عوامل تخلیه آبخوان دشت قزوین ۱۴۵۸/۶۶ میلیون متر مکعب است. سهم جریانهای خرجی آب زیرزمینی، تخلیه چاه‌های بهره‌برداری کشاورزی، شرب و صنعت به ترتیب ۲/۳، ۹۲/۸، ۴/۱ و ۰/۹ می‌باشد. بر این اساس سهم تخلیه بخش کشاورزی حدود ۱۳۵۲/۹۲ میلیون متر مکعب است که حدود ۸۵۷/۳ میلیون هکتار آن سهم بخش زراعی است (۱۰). با توجه به محدودیت منابع آب سطحی و فصلی بودن این منابع بخش عمده آب آبیاری از منابع زیرزمینی استحصال می شود. در وضعیت موجود، برداشت اضافه بر ظرفیت از آبهای زیرزمینی در این دشت موجب افت سالیانه ۱/۵ متر سطح سفره های زیرزمینی و فرو نشست زمین در این منطقه تا حدود ۲۵ سانتیمتر در سال شده است (۱۰). با توجه به اهمیت دشت قزوین به عنوان یک منطقه مستعد کشاورزی از یک سو و وجود معضل افت شدید سطح ایستابی در این منطقه از سوی دیگر، توجه به پایداری منابع آب زیرزمینی در تولید محصولات کشاورزی و انتخاب الگوی کشت این منطقه ضروری به نظر می رسد.

در زمینه استفاده از منابع آب سطحی و زیرزمینی مطالعات متعددی صورت پذیرفته که از جمله آنها می توان به موارد زیر اشاره نمود:

فینرمن و کنپ (۱۵) استفاده تلفیقی از آبهای سطحی و زیرزمینی را با استفاده از تئوری کنترل بهینه مورد بررسی قرار دادند. تسور (۲۳) استفاده تلفیقی از منابع آب سطحی و زیرزمینی برای آبیاری محصولات کشاورزی، با درنظر گرفتن عرضه تصادفی آبهای سطحی و نقش تثبیتی آبهای زیرزمینی مورد بررسی قرار داده است. لی و کیتانیدیس (۱۷) با بکارگیری ترکیبی از مدلهای شبیه‌سازی رایانه‌ای و بهینه‌سازی ریاضی مطالعه‌ای در زمینهٔ پایداری و حفظ ذخایر سفره-های آب زیرزمینی در شرایطی که اطلاعات این سفره‌ها کامل نبوده انجام داده‌اند. کنپ و اولسون (۱۶) 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، پرداخته‌اند. اجاز و پرالتا (۱۴) با ترکیب مدلهای شبیه سازی و بهینه سازی و با در نظر گرفتن محدودیت های کیفی آب استفاده تلفیقی از منابع آب سطحی و زیرزمینی را حداکثر کردند. مینودین و همکاران (۱۹) از روش برنامه‌ریزی چند منظوره[2] جهت تعیین الگوی کشت بهینه و بهره‌برداری پایدار از آب‌های زیرزمینی استفاده کردند. بیر و همکاران (۱۳) از یک مدل تلفیقی اقتصاد و هیدرولوژی برای تعیین مقدار بهینه آب درسطح مزرعه و منطقه استفاده کردند. سینگ و همکاران (۲۲) 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 نموده‌اند. اسچاک و گرین (۲۰) استفاده تلفیقی از منابع آب آبیاری و افت سفره زیرزمینی را با توجه به تاثیرپذیری قیمت آب آبیاری از تغییرات عرضه آبهای سطح سفره آب زیرزمینی, مورد بررسی قرار دادند. اسکاپس و همکاران (۲۱) استفاده تلفیقی از منابع آب را در بهره‌برداری پایدار منابع آب مورد بررسی قرار دادند. لو و همکاران (۱۸) در مطالعه‌ای با استفاده از روش بهینه‌سازی پویا به بررسی مدیریت پایدار آب آبیاری در چین پرداختند.

آماده (۱)، جمالی (۲)، جولایی و همکاران (۳)، در مطالعات جداگانه با استفاده از مدل‌های مختلف برنامه‌ریزی خطی به مساله تخصیص آب در الگوی بهینه کشت مناطق مورد مطالعه پرداخته‌اند. شجری و ترکمانی (۴) درمطالعه‌ای اثر سیاست قیمت‌گذاری آب آبیاری بر میزان تقاضای آب کشاورزان را در حوضه آبریز درودزن مورد بررسی قرار داده‌اند. صالحی و همکاران (۵) با استفاده از نظریه بازیها اقدام به تعیین میزان برداشت بهینه از منابع آب زیرزمینی در دشت تایباد کردند. محمدیان و همکاران (۷) با استفاده از الگوهای برنامه‌ریزی چند دوره‌ای و با توجه به بیلان منفی سفره‌های زیرزمینی اقدام به تدوین الگوی زراعی پایدار در دشت فریمان- تربت جام نمودند. از میان مطالعات داخلی تنها مطالعه آخر اقدام به تعیین الگوی کشت برای مدت زمانی بیش از یک سال نموده است. در مطالعه فوق علاوه بر حداکثرسازی بازده برنامه‌ای، اهدافی مانند دسترسی به حد مطلوب اشتغال و دسترسی به حد مطلوب کودهای شیمیایی مطرح بوده است و بیلان منفی آب در یک دوره ده ساله به تدریج کاهش یافته تا به صفر می‌رسد. مطالعه حاضر نیز با توجه به وضعیت بحرانی منابع آب زیرزمینی دشت قزوین به تعیین الگوی بهینه کشت منطقه با تاکید بر پایداری منابع آب می‌پردازد. بر اساس مدل طراحی شده بیلان منفی آب زیرزمینی از سال اول برنامه‌ریزی صفر می‌شود و با توجه به طول دوره رشد و نیاز آبی محصولات زراعی دشت قزوین در دهه‌های مختلف سال و تنظیم محدودیت‌ها برای هر دهه، اقدام به تعیین الگوی بهینه کشت برای یک افق زمانی می‌نماید.

مواد و روش‌ها

در این قسمت الگوی طراحی شده درسطح دشت قزوین جهت تعیین الگوی بهینه کشت با تاکید براستفاده تلفیقی بهینه از منابع سطحی و زیرزمینی در تولید محصولات زراعی با هدف حداکثرسازی سود بهره برداران کشاورزی تشریح شده است. از آنجا که این مطالعه به دنبال بهره برداری پایدار از منابع آب زیرزمینی می باشد الگو برای یک افق ده ساله طراحی شده است. در مطالعه حاضر تعیین میزان

1- Stochastic Dynamic Programming
2- Multi-Objective Programming

برداشت بهینه از منابع آب زیرزمینی در یک دوره ده ساله و در هر یک از سال‌های دوره مد نظر می‌باشد، لذا از میان روش های مختلف برنامه ریزی ریاضی روش برنامه‌ریزی چنددوره‌ای۱ می‌تواند اهداف مورد نظر را تامین نماید. در حقیقت مساله فوق یک بهینه یابی پویا است که با تفکیک زمان به دوره های مختلف بیان شده است و محدودیت منابع آب ارتباط بین فعالیتهای دوره های مختلف را برقرار می کند. بدین معنی که منابع آب مورد استفاده در دوره های مختلف با یکدیگر مرتبط هستند.. در این روش برای تعیین الگوی بهینه کشت با قید حفظ پایداری منابع آب منطقه مورد مطالعه، منابع آب زیرزمینی به عنوان یک دارایی یا ثروت در نظر گرفته می‌شود که در طول زمان مورد بهره برداری قرار می گیرد و میزان بهره برداری از آن در زمان حال, بر موجودی منابع و امکان برداشت آب در دوره های آتی تاثیر گذار است. لذا با تفکیک زمان به دوره های مختلف بهینه سازی مصرف بین دوره‌ای منابع آب با قید حفظ پایداری هیدرولوژیکی و اقتصادی این منابع انجام می‌شود. روش حل این مسائل به صورت مرحله‌ای است. در این روش، مدلهای ابتدایی هر دوره حل می‌شوند، سپس مدل‌های دوره‌های بعدی با اطلاعات حاصل از مدلهای جدید مورد تحلیل قرار می‌گیرند. در این مدل هدف حداکثرسازی ارزش حال سود خالص بازاری کشاورزان است. محدودیت‌های در نظر گرفته شده شامل سطح قابل کشت، نیروی کار و بهره برداری از منابع آب سطحی و زیرزمینی هستند که در ادامه شرح داده می‌شوند.

$$\max \quad z = \sum_{j=1}^{m} \sum_{t=1}^{T} C_{jt} X_{jt} (1+r)^{-t}$$

$$st: \sum_{j=1}^{m} X_{jt} \le XW_t$$

$$\sum_{j=1}^{m} LR_{ijt} X_{jt} \le TL_{ijt}$$

$$\sum_{j=1}^{m} WR_{ijdt} X_{jt} \le SW_{idt} + GW_{idt}$$

$$GW_{idt} \le GW_t$$

$$\sum_{i=1}^{9} \sum_{d=1}^{3} GW_{idt} + W_t = GW_t + W_{t-1}$$

$$W_t > 0$$

$$X_{jt} \ge 0$$

پارامترهای به کار گرفته شده در الگو عبارتند از: $j = 1,\ldots,m$ نمایانگر محصولات موجود در الگوی کشت است. $t = 1,\ldots,T$ نمایانگر سال مطالعه است. i نمایانگر ماه‌های مختلف سال که در آنها آبیاری صورت می‌گیرد. d نمایانگر دهه‌های موجود در هر ماه بوده که در این مطالعه نیاز آبی محصولات به تفکیک در هر دهه محاسبه شده‌است. متغیرهای موجود در مدل به شرح زیر می‌باشند.

C_{jt} سود خالص بازاری حاصل از تولید محصول j ام در سال t ام

X_{jt} سطح زیر کشت محصول j ام در سال t ام

XW_t کل اراضی قابل آبیاری منطقه در سال t ام

LR_{ijt} نیروی کار مورد نیاز برای تولید هرهکتار از محصول j ام در ماه i ام سال t ام

TL_{ijt} کل نیروی کار قابل دسترسی در ماه i ام سال t ام

WR_{ijdt} نیاز آبی محصول آبی j ام در دهه d ام از ماه i ام سال t ام

SW_{idt} میزان آب سطحی قابل دسترس در دهه d ام از ماه i ام سال t ام

GW_{idt} میزان آب زیرزمینی قابل دسترس در دهه d ام از ماه i ام سال t ام

GW_t کل آب زیرزمینی قابل استحصال در سال t ام معادل با میزان تغذیه سالانه سفره آب زیرزمینی

W_t آب زیرزمینی ذخیره شده در انتهای سال t ام

اجزاء مدل عبارتند از:

تابع هدف حداکثرسازی سود خالص حاصل از تولید محصولات مختلف در افق برنامه‌ریزی ده ساله در منطقه مورد مطالعه است. محصولات زراعی آبی مورد بررسی در الگوی کشت عبارتند از گندم، جو، خیار، گوجه‌فرنگی، ذرت دانه‌ای، چغندر قند، سیب‌زمینی و لوبیا. دسته اول محدودیتها مربوط به سطح زیرکشت محصولات زراعی در هر سال است. دسته دوم محدودیت‌ها مربوط به نیروی کار قابل دسترس در منطقه در هر سال است. محدودیت‌های دسته سوم تا پنجم مربوط به منابع آب می‌باشند. در این مطالعه فرض شده‌است که در دشت قزوین در زمینه سایر منابع تولید در طی ده سال آینده محدودیتی وجود ندارد.

بر اساس دسته سوم محدودیتها، نیاز آبی محصولات کشت شده از دو منبع جریانات سطحی و زیرزمینی تامین می‌شود. این محدودیت به نحوی طراحی شده است که با توجه به نیاز آبی گیاهان، آب مورد نیاز برای آبیاری ابتدا از منابع آب سطحی قابل دسترس تامین گردیده آنگاه کمبود آب از منابع آب زیرزمینی تامین شود. در مدل فوق با توجه به نیاز آبی محصولات زراعی منتخب در دهه‌های مختلف، سه محدودیت برای منابع آب در هر ماه در نظر گرفته شده‌اند. محدودیت منابع آب در هر سال به‌ازای تمامی ماه‌های سال باستثنای ماه های آبان، آذر و دی که در آنها نیاز آبی گیاهان زراعی صفر است در مدل

1 - Intertemporal programming

وارد گردید. ضرایب فنی این محدودیت‌ها بر اساس نیاز آبی ماهانه هر گیاه در منطقه مورد نظر و با احتساب راندمان آبیاری در آن منطقه بر حسب متر مکعب در هکتار و با استفاده از نرم افزار NETWAT[1] محاسبه شد.

محدودیت‌های چهارم وپنجم با توجه به هدف پایداری منابع آب در منطقه تنظیم شده‌اند. 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 مانده و افت نکند. 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 هر سال حداکثر باید برابر با حد مجاز برداشت از این منابع باشد. در این محدودیت یک متغیر تحت عنوان متغیر ذخیره در هر سال وارد شده است که ارتباط بین دوره های مختلف را در افق برنامه‌ریزی مشخص می کند.

داده‌های مورد استفاده در مدل از منابع زیر بدست آمده‌است:

اطلاعات مربوط به منابع آب و بیلان آب سطحی و زیرزمینی دشت قزوین از وزارت نیرو و سازمان آب منطقه‌ای قزوین تهیه شدند. اطلاعات مربوط به نیاز آبی گیاهان زراعی از معاونت آب و خاک وزارت جهاد کشاورزی تامین گردیدند. برای تنظیم اطلاعات مربوط به بهره‌برداران کشاورزی از اطلاعات سری زمانی سیستم هزینه تولید محصولات کشاورزی در فاصله سالهای۸۷-۱۳۷۱ که توسط وزارت جهاد کشاورزی تهیه گردیده استفاده شد و با استفاده از آن روند قیمت و هزینه تولید محصولات زراعی مورد بررسی برای یک افق ده ساله برآورد شده و در مدل برنامه‌ریزی بکار رفت. سال ۱۳۸۷ به عنوان سال پایه در مدل لحاظ شد. برای برآورد مدل برنامه‌ریزی چند دوره‌ای از نرم افزار LINGO استفاده گردید.

نتایج و بحث

جهت ارائه الگوی کشت بهینه، محصولات عمده زراعی آبی دشت قزوین شامل گندم، جو، خیار، گوجه‌فرنگی، ذرت دانه‌ای، چغندر قند، سیب‌زمینی و لوبیا مورد توجه قرار گرفته‌است. در مطالعه حاضر هدف حداکثرسازی ارزش حال سود خالص کشاورزان در تولید محصولات زراعی با وجود محدودیت در منابع آب سطحی و زیرزمینی می‌باشد.

جدول۱ ترکیب الگوی کشت محصولات منتخب زراعی را در افق برنامه‌ریزی ده ساله با هدف حداکثرسازی ارزش حال سود خالص کشاورزان نشان می‌دهد. در این الگو نرخ سود بانکی ۱۶ درصد و راندمان آبیاری با توجه به متوسط راندمان آبیاری منطقه ۴۰ درصد در نظر گرفته شده است. نرخ ۱۶ درصد به عنوان میانگینی از نرخ بهره در بخش‌های مختلف اقتصاد ایران موردنظر قرار گرفته است. ستون اول میانگین چهار ساله سطح زیر کشت محصولات منتخب را در فاصله سالهای ۸۷-۱۳۸۴ در دشت قزوین نشان می‌دهد. سایر ستون‌ها سطوح زیرکشت پیشنهادی را در سالهای مختلف نشان می‌دهند. نتایج جدول حاکی از آن است که محصولات گندم، جو، گوجه فرنگی، ذرت، سیب‌زمینی و لوبیا سبز در سالهای مختلف وارد الگوی کشت می‌شوند. بررسی نیازآبی محصولات زراعی منتخب دشت قزوین نشان می‌دهد که کمترین نیاز آبی مربوط به محصولات جو و گندم است. پس از این دو، محصول لوبیا و ذرت کمترین نیاز آبی را دارند. با توجه به اینکه محدودیت منابع آب عمده‌ترین محدودیت موجود در مدل است، انتظار می‌رود بیشترین سطح زیرکشت پیشنهادی به دو محصول گندم و جو اختصاص پیدا کند. اما نتایج نشان می‌دهد که در تمام سالهای افق برنامه‌ریزی سطح زیرکشت محصول ذرت بیشتر از این دو محصول است؛ زیرا اولا محصول ذرت در طی عملیات کاشت، داشت و برداشت کمترین نیاز به نیروی کار را دارد. ثانیا درآمد خالص هر هکتار ذرت بیش از گندم و جو می باشد. مقایسه نیاز آبی گندم و جو بیانگر آن است که محصول جو در خردادماه که نیاز به آبیاری برای تمام محصولات افزایش پیدا می‌کند به یک نوبت آبیاری کمتر از گندم نیاز دارد، لذا با توجه به محدودیت منابع آب، مدل پیشنهاد می‌کند دو محصول ذرت و جو جانشین محصول گندم در الگوی کشت موجود شود.

با توجه به سودآوری محصولات منتخب در سال‌های مختلف و آب مورد نیاز برای آبیاری این محصولات در سالهای پنجم و ششم برنامه پیشنهاد شده است تا بخشی از موجودی آب برداشت نشده و در سال‌های بعد مورد بهره‌برداری قرارگیرد. از سال سوم به بعد الگو پیشنهاد کرده‌است محصول گوجه فرنگی از الگو حذف شده و سطح زیر کشت محصول ذرت کاهش یابد. در مقابل سطح زیر کشت محصولات لوبیا و سیب زمینی افزایش یافته است. نهایتا الگوی کشت پیشنهادی در سال دهم شامل محصولات جو، ذرت، سیب زمینی و لوبیا می‌باشد.

میزان هزینه کاهش یافته این جدول برای هر متغیر شامل مبلغی است که در صورت وارد شدن هر واحد از محصولات به الگوی کشت از تابع سود کاسته خواهدشد. بر اساس جدول ۱ بیشترین هزینه کاهش یافته در تمام دوره ها متعلق به دو محصول خیار و چغندرقند می‌باشد. علت این مسئله نیاز آبی بالای محصول چغندر قند و

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

وابستگی زیاد محصول خیار به نیروی کار می باشد. لذا می‌توان گفت کشت این دو محصول در دشت قزوین بیشترین هزینه را برای کشاورزان خواهد داشت. کمترین هزینه کاهش یافته متعلق به محصول لوبیا در سال سوم می باشد و به دنبال آن از سال چهارم محصول لوبیا به الگوی کشت اضافه شده است، علت آن است که حداکثر نیاز آبی لوبیا در خرداد ماه است و در ماه‌های مرداد و شهریور که سایر محصولات موجود در الگو نیاز آبی بالایی دارند نیاز آبی آن صفر است.

بررسی مجموع سطح زیرکشت محصولات در الگوی پیشنهادی نشان می‌دهد که میانگین مجموع سطح زیرکشت پیشنهادی محصولات در طی ده سال ۱۳۰۴۸۱ هکتار است در سالهای مختلف بین ۱۰۳۳۵۹ تا ۱۷۶۵۴۵ هکتار در نوسان بوده است. کمترین سطح زیر کشت مربوط به سال پنجم است در این سال حجم زیادی از منابع آب ذخیره شده است. در سال ششم به دلیل افزایش ذخایر آب امکان افزایش سطح زیرکشت وجود داشته است. لذا بیشترین سطح زیر کشت پیشنهادی در این سال می‌باشد.

در جدول ۲ میزان برداشت از سفره‌های آب زیرزمینی در دهه‌های مختلف سال در طول افق برنامه‌ریزی نشان داده شده است. برداشت از منابع آب زیرزمینی در سال‌های مختلف در فواصل دهه سوم اردیبهشت ماه تا دهه اول فروردین‌ماه صورت می‌پذیرد و در سایر ماه‌ها نیاز آبی گیاهان از طریق جریانات سطحی قابل تامین است. با کمبود میزان جریانات سطحی در برخی از ماه‌های سال آب مورد نیاز برای آبیاری محصولات زراعی از طریق منابع زیرزمینی تامین می‌شود.

بر اساس مدل پیشنهادی در سالهای چهارم و پنجم، بخشی از ذخایر آب زیرزمینی منطقه برداشت نشده و موجب افزایش موجودی سفره برای سال‌های آینده ودر نتیجه افزایش حد مجاز برداشت از سفره‌های زیرزمینی و افزایش سطح زیر کشت در سال‌های بعد خواهد شد. بیشترین میزان برداشت از سفره‌های زیرزمینی در بین سال‌های مورد بررسی در سال ششم صورت خواهد پذیرفت. با وجود افزایش سطح زیرکشت و افزایش برداشت باز هم بخشی از موجودی آب زیرزمینی در سال ششم مورد بهره‌برداری قرار نگرفته و پیشنهاد می‌شود به دوره بعد منتقل گردد. از سال هفتم به بعد میزان برداشت از سفره‌های زیرزمینی و سطح زیرکشت پیشنهادی تقریبا ثابت مانده و الگوی کشت وضعیت با ثباتی پیدا خواهد کرد.

شایان ذکر است در شرایط فعلی میزان برداشت از سفره‌های آب زیرزمینی برای تامین نیاز آبی محصولات زراعی منطقه ۹۹۲/۸۸ میلیون متر مکعب است (۱۰). در حالیکه بر اساس محاسبات انجام شده در این مطالعه با توجه به بیلان آب زیرزمینی منطقه و سهم محصولات زراعی از کل مصارف آب کشاورزی، حد مجاز برداشت از منابع زیرزمینی برای این مصارف با توجه به بیلان آب زیرزمینی منطقه معادل ۸۵۷/۲۹ میلیون متر مکعب می‌باشد. در نتیجه سالانه ۱۳۵/۵۹ میلیون مترمکعب اضافه برداشت از منابع آب زیرزمینی صورت می‌گیرد. همانگونه که در جدول ۲ مشاهده می‌شود با رعایت الگوی کشت پیشنهادی میزان برداشت از منابع آب زیرزمینی در افق برنامه‌ریزی برابر با حد مجاز برداشت از این منابع بوده و اضافه برداشت صورت نخواهد گرفت.

در جدول۳ تحلیل حساسیت ضرایب تابع هدف برای مدل حداکثرسازی ارزش حال سود خالص با راندمان آبیاری ۴۰ درصد انجام شده است. اعداد این جدول دامنه مجاز کاهش یا افزایش ضرایب تابع هدف برای عدم تغییر در مقادیر بهینه متغیرهای تصمیم را نشان می‌دهد. با توجه به ورود محصولات گندم، جو، گوجه‌فرنگی، ذرت، سیب‌زمینی و لوبیا در الگوی کشت و براساس نتایج جدول ملاحظه می‌شود که تحلیل ضرایب تابع هدف به ویژه در بازه‌کاهشی آن اهمیت بسیاری دارد. با فرض ثابت ماندن عملکرد این محصولات در طول دوره مورد بررسی، نوسانات هزینه تولید و قیمت این محصولات می‌تواند تاثیر زیادی در الگوی کشت پیشنهادی داشته باشد. بررسی نتایج جدول ۵ نشان می‌دهد

محصول گندم بیشترین حساسیت را نسبت به نوسانات هزینه تولید و قیمت نشان می‌دهد. بازه افزایشی و کاهشی این محصول بسیار کوچک بوده و در سال سوم به حداقل مقدار خود کاهش می‌یابد. حساسیت بسیار زیاد محصول گندم به تغییرات هزینه تولید و قیمت موجب گردیده تا این محصول از سال چهارم از الگوی کشت حذف شود.

در تحلیل حساسیت، بازه کاهشی برای محصولاتی که در هر سال وارد الگوی کشت نشده‌اند نامحدود می‌باشد. در میان این محصولات بازه افزایشی محصول لوبیا در سال سوم حداقل مقدار خود را دارد. لذا پیشنهاد می‌شود لوبیا از سال چهارم وارد الگو شود.

نتایج نشان می‌دهد که حداکثر افزایش مجاز در بازده برنامه‌ای محصول سیب‌زمینی در سال پنجم، نامحدود است. بدین مفهوم که با توجه به محدودیت‌های موجود در منطقه با هر میزان کاهش هزینه‌های تولید و افزایش قیمت محصول سیب‌زمینی، امکان افزایش بیشتر سطح زیرکشت این محصول وجود ندارد. مشاهده الگوی کشت پیشنهادی در جدول ۱ نیز نشان می دهد که سطح زیرکشت پیشنهادی سیب‌زمینی در سال پنجم به حداکثر مقدار خود رسیده است.

با توجه به نتایج فوق موارد زیر پیشنهاد می‌گردد:

همانگونه که ملاحظه گردید بکارگیری برنامه‌ریزی چند دوره‌ای در تعیین الگوی کشت منطقه با توجه به پایداری سفره‌های زیرزمینی امکان مدیریت بر منابع آب را در بلند مدت فراهم می‌سازد. در حال حاضر به دلیل بهره‌برداری اشتراکی از منابع آب امکان ذخیره و بهره‌برداری از این منابع در دوره‌های آتی وجود نداشته و زارعین تمایلی به صرفه‌جویی در مصرف آب ندارند.

جدول ۱- ترکیب الگوی کشت در مدل حداکثرسازی ارزش حال سود خالص با نرخ بهره۱۶٪ و راندمان ۴۰٪ واحد:هکتار

نام محصول	میانگین ٤ ساله سطح زیر کشت	سال ۱		سال ۲		سال ۳		سال ٤		سال ٥	
		سطح زیر کشت	هزینه کاهش یافته	سطح زیر کشت	هزینه کاهش یافته	سطح زیر کشت	هزینه کاهش یافته	سطح زیر کشت	هزینه کاهش یافته	سطح زیر کشت	هزینه کاهش یافته
گندم	۷۰۰۶۵	۵۹۹۶۳	۰	۳۲۴۵۶	۰	۳۱۲۶۴	۰	۰	۱۳۹	۰	۳۷۶
جو	۲۰۱۸۴	۱۷۰۴۹	۰	۴۲۵۸۴	۰	۴۴۹۰۴	۰	۸۰۶۱۶	۰	۸۳۳۵۳	۰
خیار	۹۹۵	۰	۴۴۰۷۵	۰	۵۰۰۶۹	۰	۵۶۸۸۶	۰	۵۹۸۰۲	۰	۵۹۶۹۰
گوجه فرنگی	۷۱۷۳	۷۴۶۷	۰	۷۳۰۴	۰	۷۲۶۸	۰	۰	۴۷۸	۰	۱۰۹۸
ذرت دانه‌ای	۹۴۳۹	۴۳۲۱۱	۰	۴۴۹۶۰	۰	۴۵۳۴۹	۰	۹۴۴۰	۰	۰	۱۳۹۹
چغندر قند	۲۷۳۲	۰	۵۲۴۵	۰	۳۸۷۵	۰	۴۱۲۱	۰	۴۳۰۲	۰	۶۰۷۹
سیب زمینی	۱۵۳۲	۲۴۲۵	۰	۲۴۶۰	۰	۲۴۶۹	۰	۶۷۰۰	۰	۶۹۱۷	۰
لوبیا	۲۵۴۱	۰	۲۰۴۹	۰	۲۳۷	۰	۱۴۸	۱۲۳۲۰	۰	۱۲۹۸۸	۰
مجموع	۱۱۴۶۶۱	۱۳۰۱۱۵	-	۱۳۱۷۶۴	-	۱۳۱۲۵۴	-	۱۰۹۰۷۶	-	۱۰۳۲۵۸	-

ادامه جدول۱- ترکیب الگوی کشت در مدل حداکثرسازی ارزش حال سود خالص با نرخ بهره۱۶٪ و راندمان ۴۰٪

نام محصول	سال ٦		سال ۷		سال ۸		سال ۹		سال ۱۰	
	سطح زیر کشت	هزینه کاهش یافته	سطح زیر کشت	هزینه کاهش یافته	سطح زیر کشت	هزینه کاهش یافته	سطح زیر کشت	هزینه کاهش یافته	سطح زیر کشت	هزینه کاهش یافته
گندم	۰	۶۲۸	۰	۸۱۰	۰	۸۵۹.۹۱۱۱	۰	۸۹۴	۰	۹۱۳
جو	۴۹۱۳۸	۰	۶۸۲۵۴	۰	۷۰۱۴۳	۰	۷۰۱۴۳	۰	۷۰۱۴۳	۰
خیار	۰	۷۸۶۳۲	۰	۶۳۶۰۵	۰	۶۲۹۵۵.۴۹	۰	۶۱۶۷۸	۰	۵۹۹۰۰
گوجه فرنگی	۰	۱۵۱۰۴	۰	۳۰۵۳	۰	۳۰۹۷.۲۱۱	۰	۳۰۶۸	۰	۲۹۸۴
ذرت دانه‌ای	۱۲۳۳۲۳	۰	۵۴۱۶۵	۰	۴۷۳۲۹	۰	۴۷۳۲۹	۰	۴۷۳۲۹	۰
چغندر قند	۰	۷۵۲۴	۰	۳۳۲۲	۰	۳۱۰۹.۰۴۲	۰	۳۰۹۶	۰	۳۳۰۱
سیب زمینی	۴۰۸۳	۰	۵۶۷۲	۰	۵۸۳۰	۰	۵۸۳۰	۰	۵۸۳۰	۰
لوبیا	۰	۱۰۳۴۵	۷۴۸۱	۰	۸۲۲۱	۰	۸۲۲۱	۰	۸۲۲۱	۰
مجموع	۱۷۶۵۴۴	-	۱۳۵۵۷۲	-	۱۳۱۵۲۳	-	۱۳۱۵۲۳	-	۱۳۱۵۲۳	-

ماخذ: یافته‌های تحقیق

جدول ۲– میزان برداشت از سفره های زیرزمینی در مدل حداکثرسازی ارزش حال سود خالص با نرخ بهره۱۶٪ و راندمان ۴۰٪ واحد: میلیون متر مکعب

زمان برداشت	سال۱	سال۲	سال۳	سال٤	سال٥	سال٦	سال۷	سال۸	سال۹	سال۱۰
دهه اول فروردین ماه	۰	۰,۰۰	۰,۰۰	۰,۰۰	۰,۰۰	۰,۰۰	۰,۰۰	۰,۰۰	۰,۰۰	۰,۰۰
دهه دوم فروردین ماه	۰	۰,۰۰	۰,۰۰	۰,۰۰	۰,۰۰	۰,۰۰	۰,۰۰	۰,۰۰	۰,۰۰	۰,۰۰
دهه سوم فروردین ماه	۰	۰,۷۴	۰,۰۰	۶,۱۶	۹,۳۲	۰,۰۰	۰,۰۰	۰,۰۰	۰,۰۰	۰,۰۰
دهه‌اول اردیبهشت ماه	۰,۶۰	۰,۰۰	۰,۰۰	۴,۲۱	۶,۱۰	۰,۰۰	۰,۰۰	۰,۰۰	۰,۰۰	۰,۰۰
دهه‌دوم اردیبهشت ماه	۰	۱۴,۸۱	۰,۰۰	۰,۰۰	۰,۰۰	۰,۰۰	۰,۰۰	۰,۰۰	۰,۰۰	۰,۰۰
دهه‌سوم اردیبهشت‌ماه	۲۲,۵۶	۷۵,۷۸	۱۳,۳۰	۵,۰۳	۴,۴۷	۸,۱۳	۶,۲۵	۶,۰۶	۶,۰۶	۶,۰۶
دهه اول خرداد ماه	۸۳,۳۹	۷۳,۲۷	۷۴,۵۶	۴۸,۴۲	۴۲,۹۷	۱۰۹,۳۶	۷۲,۳۵	۶۸,۶۹	۶۸,۶۹	۶۸,۶۹
دهه دوم خرداد ماه	۸۳,۹۱	۹۲,۱۵	۷۲,۱۵	۲۴,۰۲	۱۲,۹۵	۱۵۰,۶۴	۷۳,۷۵	۶۶,۱۵	۶۶,۱۵	۶۶,۱۵
دهه سوم خرداد ماه	۸۸,۸۸	۹۸,۲۸	۹۲,۸۸	۳۷,۹۳	۲۰,۵۹	۲۳۸,۶۰	۱۱۶,۷۴	۱۰۴,۶۹	۱۰۴,۶۹	۱۰۴,۶۹
دهه اول تیرماه	۹۵,۲۱	۹۸,۳۴	۹۸,۹۷	۴۶,۸۸	۳۰,۵۶	۲۳۵,۹۳	۱۲۱,۱۲	۱۰۹,۷۷	۱۰۹,۷۷	۱۰۹,۷۷
دهه دوم تیرماه	۹۵,۲۷	۱۱۴,۴۵	۹۹,۰۳	۴۲,۱۲	۲۵,۵۴	۲۳۶,۰۳	۱۱۸,۲۷	۱۰۶,۶۳	۱۰۶,۶۳	۱۰۶,۶۳
دهه سوم تیرماه	۱۱۰,۸۹	۱۰۴,۱۸	۱۱۵,۲۵	۴۰,۴۶	۲۰,۷۷	۲۷۴,۰۵	۱۳۲,۲۰	۱۱۸,۱۸	۱۱۸,۱۸	۱۱۸,۱۸
دهه اول مرداد ماه	۱۰۰,۹۸	۸۲,۵۷	۱۰۴,۸۹	۲۷,۵۸	۹,۳۵	۲۴۷,۴۶	۱۱۳,۹۳	۱۰۰,۷۳	۱۰۰,۷۳	۱۰۰,۷۳
دهه دوم مرداد ماه	۸۰,۰۸	۶۶,۱۹	۸۳,۱۲	۲۱,۷۲	۷,۴۵	۱۹۳,۹۲	۸۹,۳۵	۷۹,۰۱	۷۹,۰۱	۷۹,۰۱
دهه سوم مرداد ماه	۶۴,۲۴	۳۶,۵۳	۶۶,۶۲	۲۹,۱۴	۶,۵۸	۱۵۳,۳۳	۷۱,۰۴	۶۲,۹۰	۶۲,۹۰	۶۲,۹۰
دهه اول شهریور ماه	۳۱,۲۷	۰,۰۰	۳۶,۵۴	۱۰,۸۰	۴,۹۰	۸۱,۹۵	۳۸,۷۴	۳۴,۴۷	۳۴,۴۷	۳۴,۴۷
دهه دوم شهریور ماه	۰,۰۰	۰,۰۰	۰,۰۰	۰,۰۰	۰,۰۰	۰,۰۰	۰,۰۰	۰,۰۰	۰,۰۰	۰,۰۰
دهه سوم شهریور ماه	۰,۰۰	۰,۰۰	۰,۰۰	۰,۰۰	۰,۰۰	۰,۰۰	۰,۰۰	۰,۰۰	۰,۰۰	۰,۰۰
دهه سوم مهر ماه	۰,۰۰	۰,۰۰	۰,۰۰	۰,۰۰	۰,۰۰	۰,۰۰	۰,۰۰	۰,۰۰	۰,۰۰	۰,۰۰
دهه سوم بهمن ماه	۰,۰۰	۰,۰۰	۰,۰۰	۰,۰۰	۰,۰۰	۰,۰۰	۰,۰۰	۰,۰۰	۰,۰۰	۰,۰۰
دهه اول اسفند ماه	۰,۰۰	۰,۰۰	۰,۰۰	۰,۰۰	۰,۰۰	۰,۰۰	۰,۰۰	۰,۰۰	۰,۰۰	۰,۰۰
دهه دوم اسفند ماه	۰,۰۰	۰,۰۰	۰,۰۰	۰,۰۰	۰,۰۰	۰,۰۰	۰,۰۰	۰,۰۰	۰,۰۰	۰,۰۰
دهه سوم اسفند ماه	۰,۰۰	۰	۰,۰۰	۰,۰۰	۰,۰۰	۰,۰۰	۰	۰,۰۰	۰,۰۰	۰,۰۰
انتقال به دوره بعد	۰,۰۰	۰,۰۰	۰,۰۰	۵۱۲,۸۴	۱۱۶۸,۵۵	۹۶,۴۵	۰	۰	۰	۰
جمع برداشت سالانه	۸۵۷,۲۹	۸۵۷,۲۹	۸۵۷,۳۱	۳۴۴,۴۷	۲۰۱,۵۵	۱۹۲۹,۴	۹۵۳,۷۴	۸۵۷,۲۸	۸۵۷,۲۸	۸۵۷,۲۸

ماخذ: یافته‌های تحقیق

جدول ۳- تحلیل حساسیت ضرایب تابع هدف در مدل حداکثرسازی ارزش حال سود خالص با نرخ بهره۱۶٪ و راندمان ۴۰٪

نام محصول	سال ۱		سال ۲		سال ۳		سال ٤		سال ٥	
	افزایش مجاز	کاهش مجاز	افزایش مجاز	کاهش مجاز	افزایش مجاز	کاهش مجاز	افزایش مجاز	کاهش مجاز	افزایش مجاز	کاهش مجاز
گندم	۴۸۰	۳۱	۶۴	۸۸	۷	۷۲	۱۳۹	نامحدود	۳۷۶	نامحدود
جو	۳۱	۲۱۵	۱۲۱	۸۸	۸۲	۱۰	۹۲۷	۱۸۳	۴۷۲۶۹	۴۹۶
خیار	۴۴۰۷۵	نامحدود	۵۰۰۶۹	نامحدود	۵۶۸۸۶	نامحدود	۵۹۸۰۲	نامحدود	۵۹۶۹۰	نامحدود
گوجه فرنگی	۲۸۸۷۷	۲۵۰۴	۴۹۴۰	۲۷۵	۶۱۱	۱۷۱	۴۷۸	نامحدود	۱۰۹۸	نامحدود
ذرت دانه‌ای	۳۸۲	۲۶۹۲	۷۵۴	۴۶۰	۷۲۶	۵۷	۳۸۲	۲۶۹	۱۴۰۰	نامحدود
چغندر قند	۵۲۴۵	نامحدود	۳۸۷۵	نامحدود	۴۱۲۱	نامحدود	۴۳۰۲	نامحدود	۶۰۷۹	نامحدود
سیب زمینی	۵۱۹۸	۲۶۰۲۶	۵۸۷	۲۲۲۴۷	۳۶۵	۲۷۵۳	۱۱۶۹۷	۱۰۲۰	نامحدود	۲۳۴۳
لوبیا	۲۰۴۹	نامحدود	۲۳۷	نامحدود	۱۴۸	نامحدود	۳۷۹۷	۴۱۲	۱۸۷۱۹۴	۹۴۶

ادامه جدول ۳- تحلیل حساسیت ضرایب تابع هدف در مدل حداکثرسازی ارزش حال سود خالص با نرخ بهره۱۶٪ و راندمان ۴۰٪

نام محصول	سال ٦		سال ۷		سال ۸		سال ۹		سال ۱۰	
	افزایش مجاز	کاهش مجاز	افزایش مجاز	کاهش مجاز	افزایش مجاز	کاهش مجاز	افزایش مجاز	کاهش مجاز	افزایش مجاز	کاهش مجاز
گندم	۶۲۸	نامحدود	۸۱۰	نامحدود	۸۶۰	نامحدود	۸۹۴	نامحدود	۹۱۳	نامحدود
جو	۴۰۴۸	۸۳۰	۱۴۳۶	۹۸۵	۲۷۶۵	۱۱۸۰	۲۲۵۵	۱۲۲۶	۳۷۰۴	۱۲۵۳
خیار	۷۸۶۳۲	نامحدود	۶۳۶۰۵	نامحدود	۶۲۹۵۵	نامحدود	۶۱۶۷۸	نامحدود	۵۹۹۰۰	نامحدود
گوجه فرنگی	۱۵۱۰۴	نامحدود	۳۰۵۳	نامحدود	۳۰۹۷	نامحدود	۳۰۶۸	نامحدود	۲۹۸۴	نامحدود
ذرت دانه‌ای	۱۹۲۶۱	۱۱۱۹	۲۷۲	۳۹۷	۹۲۹	۷۶۴	۷۶۴	۶۲۳	۶۲۳	۱۰۲۴
چغندر قند	۷۵۲۴	نامحدود	۳۳۲۲	نامحدود	۳۱۰۹	نامحدود	۳۰۹۶	نامحدود	۳۳۰۲	نامحدود
سیب زمینی	۴۸۶۸۳	۲۹۱۸۳	۱۷۲۷۲	۶۴۶۲	۳۳۲۴۹	۶۵۵۵	۲۷۱۱۴	۶۴۹۳	۴۴۵۴۵	۶۳۱۶
لوبیا	۱۰۳۴۴	نامحدود	۳۶۷۰	۲۵۱۶	۷۰۶۵	۲۶۲۸	۵۷۶۱	۲۶۰۳	۹۴۶۵	۲۵۳۲

ماخذ:یافته های تحقیق

به منظور حفظ ذخایر آب و پایداری این منابع دولت باید با اتخاذ سیاست‌هایی انگیزه صرفه‌جویی و بهره‌برداری بهینه از منابع آب را در زارعین ایجاد و تقویت کند. از جمله این سیاست ها می‌توان به قیمت‌گذاری آب، اصلاح مدیریت و برنامه‌ریزی توزیع منابع آب وارائه یک الگوی زمانی مؤثر توزیع آب،اعمال محدودیت در استحصال از منابع زیرزمینی، بالا بردن کارایی و راندمان انتقال و مصرف آب در کشاورزی و حمایت از الگوی کشت متناسب با ظرفیت‌های آبی منطقه اشاره کرد.

با توجه به اینکه سطح زیرکشت برخی محصولات در الگوی کشت پیشنهادی، با وضعیت موجود منطقه تفاوت دارند پیشنهاد می‌شود در جهت کاهش ریسک ناشی از نوسانات قیمت که ممکن است از تغییرات عرضه حاصل شود، سیاست‌های مکملی مانند قیمت تضمینی مورد توجه قرارگیرند. بدین منظور توجه به تحلیل حساسیت‌های ارائه شده برای الگوهای مختلف می‌تواند در تدوین این سیاست‌ها موثر و قابل تامل باشد.

با توجه به نتایج مطالعه بیشترین هزینه کاهش یافته در این الگوها در تمام دوره‌ها به محصولات خیار و چغندرقند تعلق دارد. به عبارت دیگر وارد شدن این دو محصول در الگوی کشت با توجه به نیاز آبی بالای آنها بیشترین هزینه را برای کشاورز به دنبال داشته و بیشترین فشار را به منابع آبی منطقه وارد می‌سازد. در وضعیت موجود منطقه نیز حذف این محصولات همراه با افزایش راندمان آبیاری می‌تواند از فشار موجود بر منابع آب منطقه تا حدی کاسته و نقش موثری در کاهش بیلان منفی آب زیرزمینی منطقه ایفا کند. لذا پیشنهاد می‌شود سیاست‌های تشویقی در جهت تغییر الگوی کشت منطقه و افزایش راندمان آبیاری مدنظر قرار گیرد.

منابع

۱- آماده ح .۱۳۷۵. بررسی روشهای برآورد ضرایب فنی الگوهای برنامه‌ریزی خطی جهت تخصیص بهینه آب: مطالعه موردی دشت سرخس، پایان نامه کارشناسی ارشد اقتصاد کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تهران.

۲- جمالی ف. 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 ر.، آذر ع.، و چیذری ا. ۱۳۸۴. مدلهای برنامه‌ریزی چند منطقه‌ای و کاربرد آن در کشاورزی: مطالعه موردی استان فارس. فصلنامه اقتصاد کشاورزی و توسعه، سال سیزدهم، شماره ۳، ص ۸۷ تا ۱۱۲.

۴- شجری ش. و ترکمانی ج. ۱۳۸۶. تناسب شبیه‌سازیهای تصمیم‌گیری چندمعیاری به منظور بررسی تقاضای آب آبیاری: مطالعه موردی حوضه آبریز درودزن در استان فارس. مجله اقتصاد و کشاورزی. جلد اول. شماره ۳، ص۳۳۱ تا ۳۴۶.

۵- صالحی ف.، دانشور کاخکی م. ، شاهنوشی ن. ، و ژاله رجبی م. ۱۳۸۹. کاربرد نظریه بازی‌ها در تعیین میران برداشت بهینه از منابع آب زیرزمینی دشت تایباد. مجله اقتصاد کشاورزی. جلد ۴. شماره۳. ص۹۱-۶۵.

۶- کشاورز ع. و صادق زاده ک. ۱۳۷۹. مدیریت مصرف آب در بخش کشاورزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، وزارت جهاد کشاورزی، تهران.

۷- محمدیان ف.، شاهنوشی ن.، قربانی م. ، و عاقل ح. ۱۳۸۹. تدوین الگوی زراعی پایدار در دشت فریمان- تربت جام. مجله اقتصاد کشاورزی. جلد ۴. شماره۲. ص۴۱-۱.

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

۹- وزارت نیرو. ۱۳۷۷. طرح جامع آب کشور، حوضه آبریز دریاچه نمک، تهران.

۱۰- وزارت نیرو.۱۳۸۳. آماربرداری و بهنگام سازی مطالعات نیمه تفصیلی منابع آب زیرزمینی محدوده مطالعاتی قزوین. سازمان آب منطقه ای تهران.

۱۱- وزارت نیرو. ۱۳۸۶. برنامه پنجم سازندگی، بسته پیشنهادی آب، دفتر برنامه‌ریزی کلان آب و آبفا، تهران.

۱۲- هیزل پ. ب. آر.، نورتون آر. دی. ۱۳۸۱. برنامه‌ریزی ریاضی برای تحلیل اقتصادی در کشاورزی، رامین فروتن، انتشارات ابجد، تهران.

13- Beare S. D., Bell R., and Fisher B. S. 1998. Determining the value of water: the role of risk, Infrastructure constraints, and ownership, American Journal of Agricultural Economics, 80: 916–940.

14- Ejaze M. S. and Peralta R .C. 1995. "Maximizing conjunctive use of surface and groundwater under surface water quality constraints". Advances in Water Resources , 18:67-75.

15- Feinerman E. and Knapp K.C. 1983. "Benefits from groundwater management: magnitude, sensitivity, and distribution. American Journal of Agricultural Economics ,65 : 703-710 .
16- Knapp K. C. and Olson L. J. 1995. The economics of conjunctive groundwater management with stochastic surface supplies, Journal of Environmental Economics and Management, 28: 340- 356.
17- Lee, S. and Kitanidis P. K. 1991. Optimal estimation and scheduling in aquifer remediation with incomplete information, Water Resources Research, 27: 2203-2217.
18- 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.
19- 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.
20- Schuck E.C. and Green G.P. 2002. "Supply-based water pricing in a conjunctive use system: implication for resource and energy use" . Resource and Energy Economics. 24 :175-192.
21- Schoups G., Addams C. L., Minijares J. L. and Georlick S. M. 2006. Reliable conjunctive use rules for sustainable irrigated agriculture and reservoir spill control, Water resources research : 42.
22- Singh D. M., Jaiswal C. S., Reddy K. S., Singh R. M., and Bhandarkar D. M. .2001. Optimal cropping pattern in a canal command area, Agricultural Water Management, 50:1-8.
23- 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.