نشریه اقتصاد و توسعه کشاورزی
جلد ۲۸، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۳، ص. ۱۷۶-۱۶۴

Journal of Agricultural Economics and Development
Vol. 28, No. 2, Summer 2014, p. 164-176

شبیه‌سازی واکنش کشاورزان به سیاست‌های قیمت‌گذاری و سهمیه‌بندی آب آبیاری (مطالعه موردی: شهرستان زابل)

ابوذر پرهیزکاری[۱]- محمود صبوحی[۲*] - محمود احمدپور[۳] - حسین بدیع برزین[٤]

تاریخ دریافت:۱۳۹۳/۲/۱۱
تاریخ پذیرش:۱۳۹۳/۵/۲۹

چکیده

با توجه به اینکه بخش کشاورزی بزرگ‌ترین مصرف‌کننده آب می‌باشد، ارائه شیوه‌های جامع مدیریت منابع آب و تدوین سیاست‌های صحیح در جهت افزایش بهره‌وری آب در این بخش لازم و ضروری به نظر می‌رسد. به همین منظور، در مطالعه حاضر از یک مدل‌سازی اقتصادی برای شبیه‌سازی پاسخ کشاورزان شهرستان زابل نسبت به سیاست‌های قیمت‌گذاری و سهمیه‌بندی آب آبیاری استفاده شد. این کار با بهره‌گیری از مدل تولید محصولات کشاورزی منطقه‌ای (SWAP) و برنامه‌ریزی ریاضی مثبت (PMP) صورت گرفت. داده‌های موردنیاز مربوط به سال ۹۱-۱۳۹۰ بود که با مراجعه مستقیم به ادارات ذی‌ربط در شهرستان زابل جمع‌آوری شد. نتایج نشان داد که اعمال سیاست‌های قیمت‌گذاری و سهمیه‌بندی آب آبیاری در شهرستان زابل منجر به کاهش مجموع سطح زیرکشت محصولات زراعی به میزان ۹/۵۴ و ۵/۱۴ درصد و کاهش میزان آب مصرفی به میزان ۶/۲۳ و ۷/۰۱ درصد نسبت به سال پایه می‌شود. در پایان نیز، سیاست سهمیه‌بندی آب آبیاری با توجه به صرفه‌جویی ۱۸/۹ میلیون مترمکعب آب، به عنوان راهکاری مناسب برای پایداری منابع آب شهرستان زابل پیشنهاد شد.

واژه‌های کلیدی: پایداری منابع آب، برنامه‌ریزی ریاضی مثبت، سهمیه‌بندی، مدل SWAP، زابل

مقدمه

کمیابی منابع آب و عدم توانایی انسان در تولید آن، موجب شده تا فاصله بین عرضه و تقاضای آب، به ویژه در دهه‌های اخیر به شدت زیاد شود و در اغلب مناطق دنیا کمبود عرضه آب به وجود آید (۱۱). در بسیاری از مناطق ایران نیز آب کافی در زمان مورد نیاز برای فعالیت‌های کشاورزی وجود ندارد و این امر سبب شده تا آب محدودکننده‌ترین نهاده تولید محسوب شود (۸). افزون برآن، حدود ۹۰ درصد از منابع آبی قابل استحصال کشور در بخش کشاورزی به مصرف می‌رسد، ولی میزان بازدهی آب مصرفی در بخش کشاورزی بسیار پایین بوده و حدود یک سوم آن به مصرف نهایی رسیده و مابقی به هدر می‌رود (۱۷). مدیریت ضعیف آبیاری در اغلب نقاط کشور، منجر به افزایش تقاضا برای این نهاده حیاتی و هدررفتن مقادیر قابل ملاحظه‌ای از آن گردیده است (۷). در مواقعی که عرضه آب دچار بحران می‌شود، مدیریت تقاضای آب یعنی کاهش تقاضا در مصرف آن مورد توجه قرار می‌گیرد (۹). بر این اساس، تداوم افزایش شکاف میان عرضه و تقاضای آب در آینده، توجه جدی به مبانی برنامه‌ریزی اقتصادی منابع آب و تخصیص بهینه آن را اجتناب‌ناپذیر کرده و مدیریت صحیح منابع آب را ضروری می‌سازد (۴).

در زمینه پایداری منابع آب، سیاست‌های مدیریت عرضه و تقاضای آب مکمل یکدیگر می‌باشند و تا زمانی که آب به عنوان یک کالای اقتصادی در نظرگرفته نشود و به آن بهای لازم داده نشود، اکثر زارعین به منظور آبیاری مزارع خود از روش‌های سنتی آبیاری استفاده خواهند کرد که این امر افزایش تلفات آب را در پی خواهد داشت. برخی از صاحب‌نظران نخستین گام برای جلوگیری از بحران آب را افزایش راندمان آبیاری و بهره‌وری آن عنوان کرده‌اند. در صورت افزایش بهره‌وری آب، مصرف آب در بخش کشاورزی ۱۰ تا ۵۰ درصد کاهش می‌یابد، بدون آنکه بازده اقتصادی و سطح رفاه کشاورزان کم شود. این عمل با بکارگیری سیاست‌های صحیح و قابل اجرا و روش‌های بهتر آبیاری مقدور خواهد بود (۱۸).

۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد اقتصاد کشاورزی دانشگاه زابل (محقق مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی قزوین و عضو بنیاد ملی نخبگان)
۲ و ۳- به ترتیب دانشیار و استادیار گروه اقتصاد کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل
۴- عضو هیات علمی مجتمع آموزش عالی سراوان
(*- نویسنده مسئول: Email: MSabohi39@yahoo.com)

Archive of SID
www.SID.ir

در زمینه سیاست‌گذاری، امروزه تلاش‌های زیادی برای کاهش مصرف آب در بخش کشاورزی و بهبود تخصیص آن در بین فعالیت‌های مختلف صورت گرفته است. برای بهبود کارایی تخصیص آب، اقتصاددانان افزایش قیمت نهاده آب را پیشنهاد می‌نمایند ولی سیاست‌گذاران به دلایل اقتصادی، فرهنگی و سیاسی این پیشنهاد را رد می‌کنند (۲۳). به طور کلی، مدیریت مطلوب تقاضا از طریق قیمت‌گذاری می‌تواند با تأمین قسمتی از نیازهای مالی بخش آب، موجبات تقویت نقش اقتصادی آب در توسعه را فراهم کرده و ضمن استفاده کارآتر، بهره‌وری نهاده‌های کشاورزی از جمله آب را نیز بهبود بخشد. از این رو، قیمت‌گذاری آب به عنوان یک ابزار مناسب مدیریتی، جهت ایجاد سازگاری بین فعالیت‌های عملی و واقعی بهره‌برداران از آب و خدمات وابسته به آن با اهداف و استراتژی‌های توسعه ملی مطرح می‌باشد (۱). افزون بر سیاست قیمت‌گذاری آب، سهمیه‌بندی آب آبیاری نیز راهکار دیگری است که برای جلوگیری از مصرف بی‌رویه آب در بخش کشاورزی مورد استفاده قرار می‌گیرد. این سیاست با کاهش حجم آب آبیاری دردسترس امکان‌پذیر می‌باشد. در اغلب موارد، با سهمیه‌بندی آب آبیاری انتظار می‌رود که الگوی کشت به نفع محصولاتی که میزان درآمد ثابتی را به ازای میزان کمتر آب و یا درآمد بیشتری را به ازای میزان ثابت آب ایجاد می‌کنند، پیش رود (۱۹).

در سال‌های اخیر کاربرد مدل‌های برنامه‌ریزی ریاضی مثبت[1] برای بررسی رفتار کشاورزان و تحلیل‌های اقتصادی در سطح مزرعه افزایش یافته است (۲۲). مهمترین مزیت این نوع مدل‌ها، توانایی آن‌ها در بررسی تأثیر سیاست‌ها در سطح مزرعه می‌باشد (۳۱). از جمله مهم‌ترین مطالعات انجام شده داخلی در این زمینه می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

صبوحی و همکاران (۱۱) در تحقیقی به منظور بررسی واکنش کشاورزان استان خراسان به سیاست‌های تغییر قیمت و مقدار آب در دسترس از مدل PMP استفاده کردند. نتایج نشان داد که در شرایط وجود سیاست‌های انحرافی (پرداخت یارانه) و نقص بازار (عوارض جانبی) با افزایش قیمت آب آبیاری منافع اجتماعی افزایش و منافع خصوصی کاهش می‌یابد. معین‌الدینی (۱۴) در مطالعه‌ای با استفاده از مدل برنامه‌ریزی ریاضی مثبت واکنش زارعین را نسبت به سیاست‌های قیمتی و سهمیه‌بندی آب آبیاری در استان کرمان بررسی کرد. نتایج نشان داد که افزایش هزینه آب آبیاری و کاهش آب دردسترس در پذیرش کم‌آبیاری مؤثر می‌باشند. موسوی و قرقانی (۱۵) در پژوهشی برای ارزیابی سیاست‌های آب زیرزمینی شهرستان اقلید از مدل PMP استفاده کردند. نتایج نشان داد که با مدیریت بهینه تقاضای آب می‌توان از اتلاف و هدرروی آن جلوگیری کرد. افزون بر آن، نتایج حاکی از آن بود که با اتخاذ سیاست کاهش ۱۰ درصدی در موجودی آب مصرفی و با دو برابر نمودن قیمت آب، الگوی بهینه کشت نسبت به سال پایه تغییر چندانی نمی‌کند. کرامت زاده و همکاران (۱۲) در تحقیقی با استفاده از مدل برنامه‌ریزی ریاضی مثبت به بررسی نقش بازار آب در تعیین ارزش اقتصادی آب کشاورزی در اراضی پایین دست سد شیرین دره بجنورد پرداختند. نتایج نشان داد که ارزش اقتصادی نهاده آب در سناریوهای مختلف نرمال و خشکسالی به ترتیب معادل ۴۱۶ و ۵۷۱ ریال می‌باشد و ایجاد بازار آب رفاه کشاورزان مناطق مختلف اراضی زیر سد شیرین دره بجنورد را افزایش می‌دهد. بخشی و همکاران (۴) در مطالعه‌ای با استفاده از مدل برنامه‌ریزی ریاضی مثبت (PMP) به بررسی تحلیل اثرات سیاست‌های جایگزین قیمت‌گذاری آب در دشت مشهد پرداختند. نتایج حاکی از آن بود که اثر سیاست‌های جایگزین بسته به گروه بهره‌برداری نماینده متفاوت است و سیاست‌های قیمت‌گذاری آب و مالیات بر محصول در مقایسه با سیاست مالیات بر نهاده‌های مکمل، مؤثرتر و مناسب‌تر می‌باشند. پرهیزکاری و همکاران (۵) به منظور تعیین نقش بازار آب در ایجاد تعادل بین عرضه و تقاضای آب و همچنین به منظور بررسی اثرات سیاست اشتراک‌گذاری آب آبیاری بر الگوی کشت تحت شرایط کم‌آبی، به شبیه‌سازی بازار آب در حوضه رودخانه شاهرود پرداختند. برای این منظور، آن‌ها از مدل PMP استفاده کردند. نتایج نشان داد که کاربرد سیاست اشتراک‌گذاری آب آبیاری راهکاری مناسب برای تخصیص منابع آب در حوضه رودخانه شاهرود می‌باشد. افزون بر آن، نتایج حاکی از آن بود که با تشکیل بازار آب و انجام معاملات بین مناطق مورد بررسی، منافع اقتصادی کشاورزان افزایش می‌یابد. از مهم‌ترین مطالعات خارجی در زمینه تحلیل سیاست‌های کشاورزی با استفاده از مدل برنامه‌ریزی ریاضی مثبت (PMP) می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

هی و همکاران (۲۳) در تحقیقی به منظور تحلیل سیاست‌های جایگزین برای بهبود کارایی تخصیص آب آبیاری در مصر و مراکش از مدل برنامه‌ریزی ریاضی مثبت استفاده کردند. نتایج نشان داد که مالیات بر محصول در هر دو کشور می‌تواند یک سیاست جایگزین برای قیمت‌گذاری آب باشد. مدلین آزورا و همکاران (۲۸) در مطالعه‌ای با استفاده از مدل برنامه‌ریزی ریاضی مثبت به برآورد ارزش اقتصادی آب آبیاری در حوضه‌های شمالی مکزیک پرداختند. نتایج نشان داد که با گسترش بازارهای آب می‌توان سطح فعلی آب یا میزان آب دردسترس را کاهش داد و از این طریق در مصرف آب صرفه‌جویی کرد. کورتیگنانی و سورینی (۲۱) در تحقیقی برای مدل‌سازی پذیرش استراتژی کم‌آبیاری در سطح مزرعه با استفاده از مدل برنامه‌ریزی مثبت نشان دادند که افزایش هزینه‌های آب به منظور پذیرش تکنیک‌های کم‌آبیاری علاوه بر ایجاد انگیزه، کشاورزان را وادار به صرفه‌جویی آب از طریق تغییر روش از آبیاری

1 - Positive Mathematical Programming (PMP)

Archive of SID

www.SID.ir

کامل به روش کم‌آبیاری در زمانی که قابلیت دسترسی به آب کاهش و یا قیمت محصولات آبیاری شده افزایش می‌یابد، می‌نماید. هویت و همکاران (۲۷) در مطالعه‌ای به منظور واسنجی مدل‌های اقتصادی در زمینه مدیریت منابع آب در کالیفرنیا، از مدل برنامه‌ریزی مثبت و تابع تولید با کشش جانشینی ثابت استفاده کردند. نتایج نشان داد که انعطاف بیشتر بازار آب می‌تواند زیان‌های درآمدی حاصل از خشکسالی را تا ۳۰ درصد کاهش دهد. هویت و همکاران (۲۶) در پژوهشی به منظور بررسی اثرات اقتصادی تغییرات اقلیم بر عملکرد محصولات کشاورزی در ۲۶ منطقه کالیفرنیا از مدل برنامه‌ریزی ریاضی مثبت استفاده کردند. نتایج حاکی از آن بود که درآمد کشاورزان در تمام مناطق تحت تأثیر تغییرات آب و هوایی قرار دارد و در شرایط آب و هوایی نامناسب، درآمد کشاورزان کاهش می‌یابد. کورتیگنانی و سورینی (۲۲) در تحقیقی برای حفاظت از منابع آبی اتحادیه اروپا در منطقه‌ای از مدیترانه به بررسی سیاست‌های آب آبیاری با استفاده از مدل برنامه‌ریزی ریاضی مثبت پرداختند. نتایج نشان داد که اعمال سیاست‌های کاهش آب دردسترس به میزان ۵ و ۱۰ درصد و افزایش قیمت آب به میزان ۲ و ۳ برابر، بر کاهش مقدار مصرف آب آبیاری موثر است (۲۲).

مطالعات مورد بررسی نشان می‌دهند که مدل برنامه‌ریزی ریاضی مثبت (PMP) ابزار مهمی برای توسعه سیاست‌های کاربردی در زمینه مدیریت منابع آب می‌باشد.

شهرستان زابل که منطقه مطالعاتی در این تحقیق است، دارای ۱۳۵ هزار هکتار اراضی قابل کشت می‌باشد. از این سطح، سالانه بر حسب میزان آب تخصیصی تنها در حدود ۵۰ تا ۷۰ درصد زیرکشت محصولات زراعی و باغی قرار می‌گیرد. عدم وجود منابع آب مطمئن علت اصلی کاهش سطح زیرکشت محصولات در این منطقه است (۳). میانگین دمای سالانه در این شهرستان ۲۱ درجه سانتی‌گراد، میانگین رطوبت نسبی ۳۸ درصد و متوسط بارندگی در این منطقه حدود ۵۸ میلی‌متر می‌باشد (۱۶). طی سال‌های اخیر خشکسالی‌های پی در پی و بهره‌برداری‌های بیش از حد منابع آب از یک سو و قطع جریان رودخانه هیرمند توسط کشور همسایه (افغانستان) از سوی دیگر سبب کاهش جریانات آب سطحی و افت سطح ایستابی آب‌های زیرزمینی در منطقه زابل شده است، لذا ضرورت یک مدل‌سازی جهت بررسی اثرات سیاست‌های مرتبط با مدیریت منابع آب در این منطقه به نظر می‌رسد. به همین منظور، در مطالعه حاضر تلاش شد تا واکنش کشاورزان شهرستان زابل نسبت به سیاست‌های قیمت‌گذاری و سهمیه‌بندی آب آبیاری مورد بررسی قرارگیرد و راهکار مناسبی برای حفاظت و پایداری از منابع آب این منطقه ارائه شود.

مواد و روش‌ها

مدل برنامه‌ریزی ریاضی مثبت (PMP)

در حال حاضر مدل‌های برنامه‌ریزی ریاضی تبدیل به یک وسیله مهم و با کاربرد وسیع در تحلیل سیاست‌های کشاورزی شده‌اند. مزیت مهم این مدل‌ها در تحلیل سیاست‌های کشاورزی، توانایی آن‌ها در بررسی جزئی‌تر تأثیر سیاست‌ها در سطح مزرعه می‌باشد (۵ و ۱۳). مدل برنامه‌ریزی ریاضی مثبت (PMP) که اولین بار در سال ۱۹۹۵ توسط هوویت[1] معرفی شد جهت رفع کاستی‌ها و غلبه بر مشکلات موجود در مدل‌های برنامه‌ریزی هنجاری[2](NMP) توسعه یافت (۱۰). در مدل‌های NMP با استفاده از قوانین تصمیم‌گیری از قبل تعریف شده یک جواب بهینه از میان جواب‌های ممکن انتخاب می‌شود. در این نوع مدل‌ها، پارامترهای تابع هدف براساس داده‌های تاریخی واسنجی نمی‌شوند. بدین معنا که برای ساختن یک مدل NMP، اطلاعات بنیادی مربوط به سیستم کافی است. بنابراین، اشکال عمده مدل‌های برنامه‌ریزی هنجاری در این است که تضمین نمی‌کنند جواب‌های مدل همان جواب‌های سال پایه باشند (۱۳). این در حالی است که، مدل‌های PMP با استفاده از اطلاعات موجود در متغیرهای دوگان محدودیت‌های واسنجی، جواب مسأله برنامه‌ریزی خطی را به سطح فعالیت‌های موجود محدود می‌کنند و سطح فعالیت‌های مشاهده شده در سال پایه را مجدداً از طریق جواب بهینه مسأله برنامه‌ریزی جدیدی که فاقد محدودیت واسنجی است، بازسازی می‌نمایند (۲۵).

مدل تولید محصولات کشاورزی منطقه‌ای[3] (SWAP)

مدل SWAP راهکار مناسبی برای تعیین سطح تجمیع مکانی (فضایی)[4] و تعریف دامنه‌ی کاری مدل‌های PMP می‌باشد. این مدل با تعیین سطح تجمیع مکانی، به جای تحلیل سیاست‌ها در یک بعد وسیع، ترکیبی از ویژگی‌های محلی یا منطقه‌ای را با مجموعه داده‌های کوچک‌تر لحاظ نموده و سیاست‌های مورد نظر را در سطح مناطق تعیین شده مورد بررسی قرار می‌دهد (۵ و ۲۹). افزون بر آن، مدل SWAP به عنوان زیرساخت مدل‌های شبکه آبی، برای ایجاد ارتباط بین متغیرهای اقتصادی و مدل‌های هیدرولوژیکی (مدل‌های آبی) مورد استفاده قرار می‌گیرد. این مدل، برای تجزیه و تحلیل سیاست‌ها در سطح خرد (یا منطقه‌ای) بر منابع ناهمگون و یا نهاده‌های خاص تمرکز دارد و در برآورد توابع تولید محصولات کشاورزی، به جای استفاده از داده‌های خام، از نتایج بهینه‌سازی اقتصادی استفاده می‌کند. با توجه به اینکه در مدل SWAP از

1- Howitt
2- Normative Mathematical Programming (NMP)
3- State Wide Agricultural Production (SWAP)
4- Spatial Aggregation

Archive of SID

www.SID.ir

داده‌های صریح و واقعی استفاده می‌شود، این مدل می‌تواند در تحلیل سیاست‌ها علاوه بر محدودیت‌های سرمایه‌ای و مالی، محدودیت‌های فیزیکی را نیز در خود بگنجاند (۲۷). در مدل SWAP فرض می‌شود که رفتار حداکثرسازی سود ناخالص کشاورزان در سطح منطقه‌ای و در یک شرایط تعادلی کوتاه مدت، منجر به تخصیص منابع مطابق آنچه که در سال پایه مشاهده شده، می‌شود (۵ و ۲۰). مراحل گام به گام واسنجی مدل SWAP در ادامه تشریح می‌گردد:

مرحله اول: تقسیم‌بندی منطقه مورد مطالعه و جمع‌آوری داده‌های سال پایه

منطقه سیستان براساس آخرین تقسیمات کشوری، شامل شهرستان‌های زابل (بخش پشت آب)، زهک (بخش شیب آب) و هیرمند (بخش مرکزی) می‌باشد (۳). گندم، جو، یونجه، پیاز، خربزه و هندوانه مهم‌ترین محصولات زراعی قابل کشت در این منطقه به شمار می‌روند. آب مورد نیاز برای فعالیت‌های کشاورزی نیز علاوه بر رودخانه‌های هیرمند و شیله، دریاچه هامون و مخازن آب چاه نیمه، از طریق رشته قنات‌ها، چشمه‌ها و چاه‌های نیمه‌عمیق حفر شده تأمین می‌گردد. حدود ۸ درصد از اراضی این منطقه مجهز به شبکه آبیاری نوین بوده و ۹۲ درصد اراضی به صورت سطحی آبیاری می‌شوند. راندمان عمومی آبیاری نیز از ۲۷ درصد برای شهرستان هیرمند تا ۳۴ درصد برای شهرستان زابل متغیر است (۲).

در این تحقیق پس از ارائه مدل پیشنهادی در سطحی تجمیعی، واکنش کشاورزان شهرستان زابل نسبت به سیاست‌های قیمت‌گذاری و سهمیه‌بندی آب آبیاری بررسی شد. به همین منظور، داده‌های مورد نیاز که مربوط به سال پایه ۹۱-۱۳۹۰ می‌باشد از طریق مراجعه مستقیم به ادارات ذی‌ربط (سازمان جهاد کشاورزی و سازمان آب منطقه‌ای) در شهرستان زابل جمع‌آوری شد. با توجه به این‌که مدل پیشنهادی به صورت تجمیعی یا مکانی به بررسی اثرات سیاست‌های اعمال شده می‌پردازد، لذا جمع‌آوری داده‌ها نیز به صورت منطقه‌ای (و نه در سطح مزارع) و با کمک اطلاعات ثبت شده در نهادهای دولتی (و نه از خود کشاورزان) صورت گرفت.

مرحله دوم: حل مدل برنامه‌ریزی خطی و تعیین مقادیر دوگان یا قیمت‌های سایه‌ای محدودیت‌ها

این مرحله شامل حل یک مسئله برنامه‌ریزی خطی جهت حداکثرنمودن سود ناخالص کشاورزان با توجه به محدودیت‌های منابع و واسنجی می‌باشد. در این مرحله پس از حل مدل برنامه‌ریزی خطی مقادیر قیمت‌های سایه‌ای (ارزش دوگان) برای محدودیت‌های منابع و واسنجی به دست می‌آید (۶ و ۲۷). شکل ریاضی این مرحله را می‌توان به صورت زیر نوشت:

$$Max Z = \sum_{r=1}^{3} \sum_{i=1}^{6} \left(p_{ri} y_{ri} - \sum_{j \neq land} \alpha_{rij} c_{rij} \right) x_{rij} \quad (1)$$

$$Subject\ to:$$

$$\sum_{i=1}^{6} \alpha_{rij} x_{rij} \le b_{rj} \quad [\lambda_1] \quad \forall r, j \quad (2)$$

$$x_{ri} = \tilde{x}_{ri} + \varepsilon \quad [\lambda_2] \quad \forall r, j \quad (3)$$

$$x_{ri} \ge 0 \quad \forall r, j \quad (4)$$

رابطه ۱ تابع هدف مدل برنامه‌ریزی خطی است که در آن، Z بازده برنامه‌ای، اندیس‌های r، i و j به ترتیب بیانگر مناطق مورد مطالعه (زابل، زهک و هیرمند)، محصولات (گندم، جو، یونجه، پیاز، خربزه و هندوانه) و نهاده‌ها (زمین، آب آبیاری، نیروی‌کار و سرمایه) می‌باشند. p_{ri} قیمت محصول i در منطقه r، y_{ri} عملکرد محصول i در منطقه r، x_{ri} سطح زیرکشت محصول i در منطقه r، c_{rij} هزینه نهاده j برای تولید محصول i در منطقه r (به جز زمین)، α_{rij} ضرایب فنی (لئونتیف) نهاده‌ی j برای تولید محصول i در منطقه r، $\tilde{x}_{ri}$ سطح زیر کشت مشاهده شده محصول i در منطقه r، b_{rj} مقادیر دردسترس نهاده j در منطقه r و ε مقدار مثبت کوچکی است که برای جلوگیری از به وجود آمدن وابستگی خطی بین محدودیت‌های سیستمی و واسنجی به کار می‌رود (۲۳). ضریب لئونتیف در رابطه ۱، اشاره به سطح مشاهده شده از نهاده‌ی j برای تولید محصول i نسبت به سطح زیرکشت مشاهده شده در سال پایه دارد که به صورت زیر تعریف می‌شود (۶ و ۲۷):

$$\alpha_{rij} = \frac{\tilde{x}_{rij}}{\tilde{x}_{ri,Land}} \quad \forall r, i, j \quad (5)$$

رابطه ۲ محدودیت منابع را نشان می‌دهد و برای نهاده‌های آب، زمین، نیروی‌کار و سرمایه تعریف می‌شود. رابطه ۳ محدودیت واسنجی را نشان می‌دهد که با اضافه شدن آن به مدل، جواب بهینه برنامه‌ریزی خطی دقیقاً سطح فعالیت‌های مشاهده شده در سال پایه را به دست دهد. λ_1 در رابطه ۲ قیمت سایه‌ای محدودیت سیستمی و λ_2 در رابطه ۳ قیمت سایه‌ای محدودیت واسنجی را نشان می‌دهد. رابطه ۴ نیز بیانگر محدودیت غیرمنفی بودن سطح فعالیت‌ها می‌باشد.

مرحله سوم: برآورد تابع تولید CES فرعی

تابع تولید CES فرعی که تابع کشش جانشینی ثابت لانه‌ای یا تو در تو[1] نیز نامیده می‌شود، به منظور جایگزینی نهاده سرمایه و آب در مدل SWAP استفاده می‌شود. با بکارگیری این تابع، سرمایه‌گذاری در آبیاری به صورت جزئی می‌تواند جانشین آب

1- Nested CES

Archive of SID

www.SID.ir

مصرفی شود. در این صورت، تابع تولید کشش جانشینی ثابت لانه‌ای، این محدودیت را تحت عنوان نهاده‌ی مرکب آب مؤثر بیان می‌کند که به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$we_{ri} = \tau_{ri}\left\{\left[\beta_{1ri} w_{ri}\right]^{\rho_i} + \left[\left(1-\beta_{1ri}\right) wc_{ri}\right]^{\rho_i}\right\}^{1/\rho_i} \quad \forall r,i \quad (۶)$$

در رابطه فوق، we_{ri} نهاده مرکب آب مؤثر برای تولید محصول i در منطقه r، τ_{ri} پارامتر مقیاس محصول i در منطقه r، w_{ri} مقدار آب مصرفی برای تولید محصول i در منطقه r، β_{1ri} سهم نسبی نهاده آب در فرآیند تولید محصول i در منطقه r و wc_{ri} میزان سرمایه-گذاری انجام شده برای آبیاری محصول i در منطقه r می‌باشد. ρ_i نیز پارامتری بر حسب کشش جانشینی بین سرمایه‌گذاری آبیاری و کل آب مصرفی برای تولید محصول i می‌باشد (σ_i) که از رابطه زیر به دست می‌آید (۳۰):

$$\rho_i = \frac{\left(\sigma_i - 1\right)}{\sigma_i} \quad \forall i = 1,2,...,6 \quad (۷)$$

برای تخمین پارامترهای تابع تولید کشش جانشینی ثابت لانه‌ای، از روابط زیر استفاده می‌شود:

$$\tau_{ri} = \frac{we_{ri}}{\left[\beta_{1ri} w_{ri}^{\rho_i} + \left(1-\beta_{1ri}\right) wc_{ri}^{\rho_i}\right]^{1/\rho_i}} \quad \forall r,i \quad (۸)$$

$$\beta_{1ri} = \frac{1}{1+\left(c_{ri,wc}\tilde{w}_{ri} \Big/ \tilde{wc}_{ri} c_{ri,w}\right)} \quad \forall r,i \quad (۹)$$

در روابط فوق، we_{ri}، $\tilde{w}_{ri}$ و $\tilde{wc}_{ri}$ به ترتیب مقدار مشاهده شده برای نهاده‌های آب مؤثر، آب مصرفی و سرمایه‌گذاری در تکنولوژی آبیاری برای تولید محصول i در منطقه r در سال پایه است. $c_{ri,wc}$ و $c_{ri,w}$ به ترتیب هزینه سرمایه‌گذاری در آبیاری و هزینه آب مصرفی برای تولید محصول i در منطقه r می‌باشد (۳۰).

مرحله چهارم: برآورد تابع تولید CES اصلی

در این مرحله پارامترهای بازده ثابت نسبت به مقیاس تابع تولید CES اصلی برای هر منطقه و محصول برآورد می‌شوند. تابع تولید CES اصلی این امکان را ایجاد می‌کند که یک نرخ جانشینی ثابت بین نهاده‌های تولید و ضرایب لئونتیف با نسبتی ثابت و ضرایب تابع کاب- داگلاس با جایگزینی واحد به وجود آید (۶ و ۲۹). فرم ریاضی تابع تولید CES اصلی مورد استفاده در این مطالعه به صورت زیر می‌باشد:

$$Y_{ri} = \tau_{ri}\left[\beta_{ri1} x_{ri1}^{\rho_i} + \beta_{ri2} x_{ri2}^{\rho_i} + ... + \beta_{rij} x_{rij}^{\rho_i}\right]^{\upsilon/\rho_i} \quad (۱۰)$$

که در آن، Y_{ri} میزان تولید محصول i در منطقه r، x_{rij} عامل تولید j برای تولید محصول i در منطقه r، τ_{ri} پارامتر مقیاس و β_{rij} پارامتر تولید است که سهم نهاده j را برای تولید محصول i در منطقه r نشان می‌دهد. υ ضریب بازده ثابت نسبت به مقیاس می‌باشد و تابع تولید CES با ضرایب ثابت مستلزم آن است که این ضریب برابر با یک شود. برای تخمین پارامترهای β_{rij} و τ_{ri} از روابط زیر استفاده می‌شود:

$$\beta_{rij} = \frac{1}{1+\left(\left(\tilde{x}_{rij}^{-1/\sigma_i} / CS_{rij}\right)\sum_{j=land}\left(\tilde{x}_{rij}^{1/\sigma_i} / CS_{rij}\right)\right)} \quad (۱۱)$$

در رابطه فوق، CS_{rij} هزینه فرصت نهاده j برای تولید محصول i در منطقه r می‌باشد که با استفاده از مقادیر دوگان محدودیت‌های سیستمی و واسنجی به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$CS_{rij} = c_{rij} + \lambda_1 + \lambda_2 \quad \forall r,i,j \quad (۱۲)$$

رابطه ۱۱ برای تخمین β_{rij} مربوط به نهاده زمین (که جزء ثابت تابع تولید است) مورد استفاده قرار می‌گیرد. برای تخمین β_{rij} مربوط به سایر نهاده‌ها (آب، نیروی‌کار و سرمایه) از رابطه زیر استفاده می‌شود:

$$\beta_{\substack{rij \\ j\neq land}} = CS_{rij}\left(\frac{\beta_{rij}}{CS_{rij}}\right) * \left(\frac{\tilde{X}_{rij}}{\tilde{X}_{rij}}\right)^{-1/\sigma_i} \quad (۱۳)$$

با استفاده از تعریف تابع تولید CES، می‌توان پارامتر مقیاس را برای هر منطقه و محصول محاسبه و هر یک را در سطح پایه ارزیابی نمود. برای این منظور از رابطه زیر استفاده می‌شود:

$$\tau_{ri} = \frac{\left(yld_{ri} / \tilde{x}_{ri}\right) x_{ri}}{\left[\sum_{j=1}^{4}\beta_j x_j^{\rho}\right]^{\frac{\upsilon}{\rho}}} \quad \forall r,j \quad (۱۴)$$

در رابطه فوق، yld_{ri} عملکرد مشاهده شده در سال پایه برای محصول i در منطقه r می‌باشد (۶ و ۳۰). مراحل تخمین بالا برای توابع تولید تمام مناطق و محصولات قابل تعمیم است.

مرحله پنجم: تخمین تابع هزینه متغیر غیرخطی

در این مرحله، از مقادیر قیمت‌های سایه‌ای یا ارزش‌های دوگانی(λ_1 و λ_2) که در مرحله دوم به دست می‌آیند، برای برآورد ضرایب یک تابع هزینه متغیر غیرخطی استفاده می‌شود (۵ و ۳۰). تابع هزینه متغیر درجه دوم مورد استفاده در این مطالعه برای نهاده زمین به صورت زیر می‌باشد:

$$TC_{ri} = \alpha_{rij} x_{rij} + \gamma_{rij} x_{rij}^2 \quad \forall r,i \quad (۱۵)$$

در رابطه فوق، TC_{ri} هزینه کل نهاده زمین برای تولید محصول i در منطقه r، α_{rij} پارامتر رهگیری و γ_{rij} پارامتر گاما است که تابعی

Archive of SID

www.SID.ir

از کشش عرضه محصول i در منطقه r می‌باشد (η_{ri}). α_{rij} برای تمام نهاده‌ها به جز زمین برابر با c_{rij} ($\alpha_{rij}=c_{rij}$) و برای نهاده زمین برابر با مجموع هزینه اجاره زمین و قیمت سایه‌ای زمین و پارامتر γ_{rij} است (۵ و ۳۰). به طور کلی، برای تخمین پارامترهای تابع هزینه غیرخطی از روابط زیر استفاده می‌شود:

$$\gamma_{ri}=\frac{p_{ri}y_{ri}}{\eta_{ri}x_{ri}} \qquad \forall r,i \qquad (۱۶)$$

$$\alpha_{rij}=c_{rij} \qquad \forall r,i,j\neq land \qquad (۱۷)$$

$$\alpha_{rij}=c_{ri,land}+\lambda_{۲,land}+\gamma_{ri}\tilde{x}_{ri,land} \qquad \forall r,i,j=land \qquad (۱۸)$$

مرحله ششم: ساختن مدل برنامه‌ریزی نهایی

در این مرحله با جایگزینی تابع هزینه‌ی نمایی و توابع تولید CES اصلی و فرعی واسنجی شده در تابع هدف مسئله توأم با در نظرگرفتن محدودیت‌های منابع، یک مدل برنامه‌ریزی غیرخطی به صورت زیر ساخته می‌شود:

$$Max\ Z=\sum_{r=۱}^{۳}\sum_{i=۱}^{۶}p_{ri}\left[\tau_{ri}\left(\sum_{j=۱}^{۴}\beta_{rij}x_{rij}\right)^{\rho}\right]^{\upsilon/\rho}$$
$$-\sum_{r=۱}^{۳}\sum_{i=۱}^{۶}\sum_{j=land}^{۴}\left(\alpha_{rij}x_{rij}+\gamma_{rij}x_{rij}^{۲}\right) \qquad (۱۹)$$
$$-\sum_{r=۱}^{۳}\sum_{i=۱}^{۶}\sum_{j\neq land}^{۴}\left(c_{rij}x_{rij}\right)$$

Subject to :

$$\sum_{i=۱}^{۶}\alpha_{rij}x_{rij}\leq b_{rj} \qquad \forall r,j \qquad (۲۰)$$

$$we_{ri}=\tau_{ri}\left\{\left[\beta_{۱ri}w_{ri}\right]^{\rho_i}+\left[\left(۱-\beta_{۱ri}\right)wc_{ri}\right]^{\rho_i}\right\}^{۱/\rho_i} \quad \forall r,i \qquad (۲۱)$$

$$we_{ri}\geq ۰ \qquad \forall r,i \qquad (۲۲)$$

$$x_{ri}\geq ۰ \qquad \forall r,i \qquad (۲۳)$$

رابطه ۱۹ تابع هدف غیرخطی مدل PMP است که شامل تابع تولید CES اصلی، تابع هزینه زمین و تابع هزینه خطی برای سایر نهاده‌ها (آب، نیروی‌کار و سرمایه) می‌باشد. رابطه ۲۰ محدودیت منابع را برای نهاده‌های زمین، آب، نیروی‌کار و سرمایه نشان می‌دهد. رابطه (۲۱) تابع تولید CES فرعی است که محدودیت نهاده مرکب آب مؤثر برای تولید محصولات زراعی را در هر منطقه نشان می‌دهد. رابطه ۲۲ غیرمنفی بودن میزان نهاده مرکب آب موثر و رابطه ۲۳ غیرمنفی بودن سطح فعالیت‌ها را نشان می‌دهد.

نتایج و بحث

اطلاعات مربوط به سطح زیرکشت محصولات منتخب زراعی شهرستان زابل، نیاز آبی محصولات، میزان آب مورد استفاده و میزان سرمایه‌گذاری در آبیاری در سال پایه ۹۱-۱۳۹۰ در جدول ۱ نشان داده شده است.

با توجه به آمار ارائه شده در جدول ۱، ملاحظه می‌شود که محصول گندم با ۵۴/۵ درصد بیشترین و محصول هندوانه با ۳ درصد کمترین سهم را در الگوی کشت فعلی منطقه دارا می‌باشند. محصولات یونجه و جو نیز به ترتیب بیشترین و کمترین نیاز آبی را در منطقه مورد مطالعه به خود اختصاص داده‌اند.

جدول ۲، میانگین تبخیر و بارش صورت گرفته طی پنج سال اخیر را در شهرستان زابل در مقایسه با میانگین تبخیر و بارش در سطح کشور نشان می‌دهد.

جدول ۳، میزان مجموع آب قابل دسترس حاصل از منابع آبی مختلف (رودخانه‌ها، چاه‌ها، قنات‌ها، سدها و چشمه‌ها) را در سال پایه ۹۱-۱۳۹۰ تحت شرایط متفاوت آب و هوایی در سطح شهرستان زابل نشان می‌دهد.

جدول ۱- داده‌ها و اطلاعات مربوط به محصولات منتخب زراعی شهرستان زابل طی سال پایه ۹۱-۱۳۹۰

محصول زراعی	سطح زیرکشت سال پایه (هکتار)	عملکرد (کیلوگرم/هکتار)	نیاز آبی (مترمکعب/هکتار)	سرمایه‌گذاری در آبیاری (هزار ریال)
گندم	۲۶۳۴۰	۳۲۴۵	۳۵۲۰	۲۱۰۷۲۰۰۰
جو	۱۱۸۰۰	۲۸۶۷	۳۱۴۸	۸۲۶۰۰۰۰
پیاز	۲۵۳۰	۲۱۷۳۶	۶۸۰۰	۲۲۷۷۰۰۰
یونجه	۴۳۶۸	۹۷۴۰	۱۸۲۰۰	۳۴۹۴۰۰۰
خربزه	۱۸۶۲	۲۳۳۹۰	۱۲۵۰۰	۱۷۶۹۰۰۰
هندوانه	۱۴۵۰	۱۷۲۲۳	۱۴۶۳۰	۱۳۷۶۰۰۰

مأخذ: ادارات جهاد کشاورزی و منابع آب شهرستان زابل، ۱۳۹۲

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۲- مقایسه میانگین تبخیر و بارش صورت گرفته در شهرستان زابل و سطح کشور طی پنج سال اخیر (بر حسب میلی‌متر)

متغیر اقلیمی	سطح بررسی	سال زراعی مورد نظر				
		۸۶-۸۷	۸۷-۸۸	۸۸-۸۹	۸۹-۹۰	۹۰-۹۱
بارش	زابل	۶۰/۳	۲۵/۷	۳۸/۵	۵۶/۲	۴۴/۹
	ایران	۲۶۷	۲۳۵	۲۴۱	۲۵۹	۲۵۰
	اختلاف	-۲۰۶/۷	-۲۰۹/۳	-۲۰۲/۵	-۲۰۲/۸	-۲۰۵/۱
تبخیر	زابل	۳۳۷۳	۴۶۵۰	۳۸۲۶	۳۴۶۷	۴۰۰۰
	ایران	۱۸۴۰	۲۳۸۴	۲۰۱۷	۱۹۲۳	۲۱۰۰
	اختلاف	۱۵۳۳	۲۲۶۶	۱۸۰۹	۱۵۴۴	۱۹۰۰

مأخذ: گزارش اداره هواشناسی شهرستان زابل، ۱۳۹۲

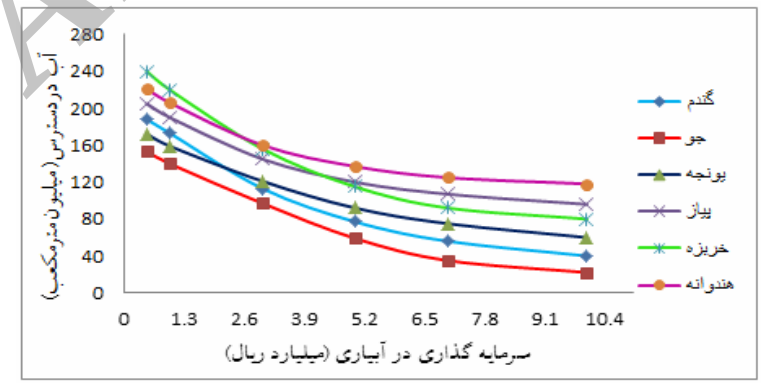
جدول ۳- کل منابع آب قابل دسترس شهرستان زابل در سال پایه ۹۱-۱۳۹۰ (برحسب میلیون مترمکعب)

نوع منبع آب	حجم آب سطحی	حجم آب زیرزمینی	حجم کل آب در دسترس	سهم منبع تأمین آب (درصد)
چاه‌های عمیق شخصی	۰	۳۳/۴۹	۳۳/۴۹	۱۱/۷
چاه‌های نیمه‌عمیق شخصی	۰	۲۰/۶۵	۲۰/۶۵	۷/۲
چاه‌های عمیق دولتی	۰	۱۴/۳۶	۱۴/۳۶	۵/۰
کانال‌ها و سدهای انحرافی	۵۴/۴۰	۰	۵۴/۴۰	۱۹/۱
رودخانه و آب تجمع یافته	۱۲۵/۳	۰	۱۲۵/۳	۴۳/۸
قنات و چشمه	۰	۳۷/۱۴	۳۷/۱۴	۱۳/۲
مجموع	۱۷۹/۷	۱۰۵/۶۴	۲۸۵/۳۴	۱۰۰

مأخذ: گزارش سازمان آب منطقه‌ای شهرستان زابل، ۱۳۹۲

با توجه به جدول ۳، ملاحظه می‌شود که کل منابع آب دردسترس شهرستان زابل طی سال ۹۱-۱۳۹۰ در حدود ۲۸۵/۳۴ میلیون مترمکعب می‌باشد که ۱۷۹/۷ میلیون مترمکعب آن مربوط به حجم آب‌های سطحی و مابقی (۱۰۵/۶۴ میلیون مترمکعب) مربوط به حجم آب‌های زیرزمینی در این شهرستان است. در بین منابع مختلف تأمین آب شهرستان زابل، بیشترین سهم تأمین ۴۳/۸ درصد است که مربوط به منابع آب تجمع یافته دریاچه هامون (هامون پوزک، هامون صابری) و رودخانه هیرمند می‌باشد.

شکل ۱، نتایج حاصل از تخمین تابع کشش جانشینی ثابت لانه‌ای (تابع CES فرعی) را نشان می‌دهد. در این شکل، منحنی امکانات تولید برای جانشینی نهاده‌های سرمایه و آب در تولید محصولات زراعی شهرستان زابل نشان داده شده است:



شکل ۱- جانشینی بین آب و سرمایه در تولید محصولات زراعی شهرستان زابل

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ٤- اثر افزایش قیمت آب آبیاری تحت سناریوهای مختلف بر الگوی کشت و سود ناخالص کشاورزان شهرستان زابل

محصول	الگوی سال پایه (هکتار)	میزان تغییرات	افزایش قیمت آب آبیاری تحت سناریوهای مختلف (درصد)			
			۵	۱۰	۲۰	۳۰
گندم	۲۶۳۴۰	میزان	۲۶۱۱۰	۲۵۹۴۰	۲۵۴۷۸	۲۴۷۴۱
		درصد	-۰/۸۷	-۱/۵۲	-۳/۲۷	-۶/۰۷
جو	۱۱۸۰۰	میزان	۱۱۷۲۱	۱۱۶۴۳	۱۱۵۷۹	۱۱۵۰۸
		درصد	-۰/۶۷	-۱/۳۳	-۱/۸۷	-۲/۴۷
پیاز	۲۵۳۰	میزان	۲۵۱۲	۲۴۸۸	۲۴۶۳	۲۴۳۸
		درصد	-۰/۷۱	-۱/۶۶	-۲/۶۵	-۳/۶۴
یونجه	۴۳۶۸	میزان	۴۳۰۰	۴۱۳۷	۴۰۱۵	۳۸۲۲
		درصد	-۱/۵۶	-۵/۲۹	-۸/۰۸	-۱۲/۵
خربزه	۱۸۶۲	میزان	۱۸۷۵	۱۹۰۸	۱۹۸۶	۲۰۴۷
		درصد	۰/۶۹	۲/۴۷	۶/۶۷	۹/۹۳
هندوانه	۱۴۵۰	میزان	۱۴۲۷	۱۳۸۶	۱۳۴۰	۱۳۰۸
		درصد	-۱/۵۸	-۴/۴۱	-۷/۵۸	-۹/۸۰
مجموع اراضی	۴۸۳۵۰	میزان	۴۷۹۴۵	۴۷۵۰۲	۴۶۸۶۱	۴۵۸۶۴
		درصد	-۰/۸۴	-۱/۷۵	-۳/۰۸	-۵/۱۴
سود ناخالص*	۶۴۷۳۷۸	میزان	۶۴۲۷۱۲	۶۳۶۹۹۸	۶۳۱۹۰۲	۶۲۳۱۵۵
		درصد	-۰/۷۲	-۱/۶۰	-۲/۳۹	-۳/۷۴

*- سود ناخالص حاصل از الگوی کشت بر حسب میلیون ریال می‌باشد.

مآخذ: یافته‌های پژوهش

همان‌گونه که در شکل ۱ ملاحظه می‌شود، بالاترین و پایین‌ترین منحنی امکانات تولید به ترتیب مربوط به محصولات هندوانه و جوآبی است. شیب بیشتر منحنی امکانات تولید محصول جو نشان می‌دهد که امکان بیشتری برای جانشینی آب و سرمایه در کشت این محصول وجود دارد. نیاز کمتر به سرمایه‌گذاری در آبیاری محصول جو (به دلیل نیاز آبی کمتر، دیم بودن اغلب اراضی تحت کشت، طولانی‌تر بودن دور آبیاری، تعداد دفعات کم‌تر آبیاری و نیاز به نیروی انسانی کمتر جهت آبیاری اراضی تحت کشت این محصول)، علت اصلی این امر است.

در جدول ۴، نتایج شبیه‌سازی کشاورزان شهرستان زابل نسبت به افزایش قیمت آب آبیاری تحت سناریوهای ۵، ۱۰، ۲۰ و ۳۰ درصد نشان داده شده است:

با توجه به جدول ۴، ملاحظه می‌شود که در اثر افزایش قیمت آب آبیاری از ۵ تا ۳۰ درصد سطح زیرکشت محصول خربزه نسبت به سال پایه افزایش می‌یابد، درحالی که سطح زیرکشت سایر محصولات الگو (گندم، جو، پیاز، یونجه و هندوانه) نسبت به سال پایه کاهش می‌یابد. تغییرات الگوی کشت پس از شبیه‌سازی و به‌کارگیری سیاست افزایش قیمت آب آبیاری تحت سناریوهای مختلف حاکی از آن است که میزان پذیرش زارعین در سناریوهای افزایش قیمت آب آبیای برای محصولات مختلف متفاوت می‌باشد. افزون بر این، روند تغییرات الگوی کشت محصولات زراعی منتخب در شهرستان زابل نشان می‌دهد که با افزایش قیمت آب آبیاری به میزان ۵ تا ۳۰ درصد نسبت به شرایط فعلی (سال پایه)، کشاورزان به صورت جزئی از سطح زیرکشت محصولات الگو (به جز خربزه) می‌کاهند. علت افزایش سطح زیرکشت خربزه، نیاز آبی کمتر آن نسبت به یونجه و هندوانه و صرفه اقتصادی بالاتر آن نسبت به گندم، جو و پیاز در هر هکتار از اراضی قابل کشت منطقه می‌باشد.

به طور کلی، با توجه به نتایج به دست آمده در جدول ۴ ملاحظه می‌شود که با افزایش قیمت آب آبیاری به میزان ۵ تا ۳۰ درصد، مجموع سطح زیرکشت محصولات زراعی ۰/۸۴ تا ۵/۱۴ درصد نسبت به سال پایه کاهش می‌یابد و از ۴۷۹۴۵ به ۴۵۸۶۴ هکتار می‌رسد. افزون بر این، نتایج نشان می‌دهد که با افزایش ۵ تا ۳۰ درصدی قیمت آب آبیاری و به دنبال آن کاهش مجموع سطح زیرکشت محصولات زراعی، سود ناخالص کشاورزان شهرستان زابل ۰/۷۲ تا ۳/۷۴ درصد نسبت به سال پایه کاهش می‌یابد و از ۶۴۲۷۱۲ به ۶۲۳۱۵۵ میلیون ریال می‌رسد.

Archive of SID

www.SID.ir

در جدول ۵، میزان آب مصرفی برای کشت محصولات منتخب زراعی در شهرستان زابل و حجم آب صرفه‌جویی شده در اثر اعمال سیاست افزایش قیمت آب آبیاری تحت سناریوهای ۵ تا ۳۰ درصد نشان داده شده است. با توجه به این جدول، ملاحظه می‌شود که افزایش قیمت آب آبیاری به میزان ۵ تا ۳۰ درصد منجر به کاهش مصرف آب آبیاری در سطح مزارع کلیه محصولات (به جز خربزه) می‌شود. محصول خربزه به علت افزایش سطح زیرکشت، نیاز به تخصیص حجم آب بیشتری دارد؛ لذا میزان آب مصرفی برای کشت این محصول در شهرستان زابل با افزایش ۳۰ درصدی قیمت آب به ۲۵۵۸۷ هزار مترمکعب می‌رسد که نسبت به سال پایه ۲۳۱۲ هزار مترمکعب افزایش یافته است. به طور کلی، نتایج جدول ۵ گویای آن است که با افزایش قیمت آب آبیاری، حجم آب مصرفی به جز محصول خربزه، برای سایر محصولات الگو کاهش یافته است. افزون بر این، نتایج نشان می‌دهد که با افزایش قیمت آب آبیاری به میزان ۵ تا ۳۰ درصد، حجم آب صرفه‌جویی شده در شهرستان زابل از ۲۵۹۲ به ۱۶۸۷۸ هزار مترمکعب می‌رسد که می‌توان این میزان حجم آب صرفه‌جویی شده را برای افزایش سطح زیرکشت محصولات با بازده ناخالص بیشتر تخصیص داد و یا اینکه برای کشت محصولات باغی با صرفه اقتصادی بالاتر از آن استفاده کرد. به طور کلی، نتایج جدول ۵ حاکی از آن است که سیاست افزایش قیمت آب آبیاری کشاورزان شهرستان زابل را در جهت صرفه‌جویی منابع آب دردسترس و تداوم پایداری منابع آبی موجود در منطقه تشویق می‌کند.

در جدول ۶، نتایج حاصل از شبیه‌سازی واکنش کشاورزان شهرستان زابل نسبت به سیاست سهمیه‌بندی آب آبیاری نشان داده شده است. لازم به ذکر است که به منظور قابل اجرا بودن این سیاست در سطح منطقه‌ای، نیاز است تا میزان آب دردسترس کشاورزان این شهرستان را تحت سناریوهای ۵، ۱۰، ۲۰ و ۳۰ درصد کاهش داد. این کار با کاهش مقادیر سمت راست[1] ($RHS=b_{rj}$) مربوط به نهاده آب آبیاری در رابطه (۲) مدل پیشنهادی امکان‌پذیر می‌باشد. لذا، جهت تحلیل و ارزیابی اثرات این سیاست بر رفتار (عکس‌العمل) کشاورزان شهرستان زابل کافی است که در هر مرحله به صورت مجزا میزان کل منابع آب دردسترس کشاورزان مطابق با درصد کاهش هر سناریوی اعمال شده در مدل لحاظ گردد.

با توجه به جدول ۶، ملاحظه می‌شود که در اثر کاهش آب دردسترس از ۵ تا ۳۰ درصد، سطح زیرکشت محصولات خربزه و پیاز نسبت به سال پایه افزایش می‌یابد، درحالی که سطح زیرکشت سایر محصولات الگو نسبت به سال پایه کاهش می‌یابد. تغییرات الگوی کشت محصولات زراعی نشان می‌دهد که با سهمیه‌بندی آب آبیاری، کشاورزان از سطح زیرکشت محصولات گندم، جو، یونجه و هندوانه که صرفه اقتصادی کمتری دارند، می‌کاهند و به کشت محصولاتی نظیر خربزه و پیاز که صرفه اقتصادی بالاتری نسبت به آب مصرفی دارند، متمایل می‌شوند. درواقع با کاهش آب دردسترس، کشاورزان این شهرستان میزان آب باقی‌مانده را برای کشت محصولاتی که به ازای هر واحد آب سود ناخالص بیشتری تولید می‌کنند، تخصیص می‌دهند. افزون بر آن، نتایج جدول ۶ نشان می‌دهد با سهمیه‌بندی آب آبیاری تحت سناریوهای ۵ تا ۳۰ درصد، مجموع سطح زیرکشت محصولات زراعی شهرستان زابل ۲/۳۷ تا ۹/۵۴ درصد نسبت به سال پایه کاهش می‌یابد. با کاهش مجموع سطح زیرکشت محصولات زراعی، سود ناخالص کشاورزان نیز ۱/۳۳ تا ۵/۲۳ درصد نسبت به سال پایه کاهش می‌یابد.

در جدول ۷، میزان آب مورد استفاده یا حجم آب مصرفی برای کشت محصولات منتخب زراعی (گندم، جو، پیاز، یونجه، خربزه و هندوانه) در شرایط فعلی منطقه (در سال پایه) و حجم آب صرفه‌جویی شده در اثر اعمال سیاست سهمیه‌بندی آب آبیاری (با کاهش حجم آب دردسترس) تحت سناریوهای ۵ تا ۳۰ درصد در شهرستان زابل، نشان داده شده است:

با توجه به جدول ۷، ملاحظه می‌شود که اعمال سیاست سهمیه‌بندی آب آبیاری، میزان کل آب مصرفی را در سطح مزارع شهرستان زابل کاهش می‌دهد. محصولات خربزه و پیاز به علت افزایش سطح زیرکشت نسبت به سال پایه، نیاز به تخصیص حجم آب بیشتری دارند؛ لذا میزان آب مصرفی برای کشت این محصولات در شهرستان زابل با کاهش ۳۰ درصدی آب آبیاری به ۲۴۶۲۵ و ۱۷۷۰۰ هزار مترمکعب می‌رسد که نسبت به سال پایه ۱۳۵۰ و ۴۹۶ هزار مترمکعب افزایش یافته است. این در حالی است که حجم آب مصرفی برای سایر محصولات الگو با کاهش همراه بوده است. افزون بر آن، نتایج جدول ۷ حاکی از آن است که با سهمیه‌بندی ۵ تا ۳۰ درصدی آب آبیاری در شهرستان زابل، میزان آب صرفه‌جویی شده ۴۷۱۴ تا ۱۸۹۹۲ هزار مترمکعب نسبت به سال پایه افزایش می‌یابد. به طور کلی، نتایج جدول ۷ نشان می‌دهد که سیاست سهمیه‌بندی آب آبیاری نیز همانند سیاست افزایش قیمت آب آبیاری کشاورزان شهرستان زابل را در جهت صرفه‌جویی منابع آب موجود تشویق می‌کند، اما با توجه به حجم آب صرفه‌جویی شده‌ی بیشتر در اعمال سیاست سهمیه‌بندی آب آبیاری، این سیاست در جهت حفظ و پایداری منابع آب موجود در شهرستان زابل و تشویق کشاورزان برای تحقق این هدف، موثرتر از سیاست افزایش قیمت آب آبیاری عمل می‌کند.

شکل ۲، درصد تغییرات الگوی کشت را پس از اعمال سیاست‌های قیمت‌گذاری و سهمیه‌بندی آب آبیاری (تحت سناریوهای حداکثر) در شهرستان زابل نشان می‌دهد:

1- Right Hand Site (RHS)

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۵- میزان آب مصرفی و حجم آب صرفه‌جویی شده در اثر اعمال سیاست افزایش قیمت آب آبیاری (برحسب هزار مترمکعب)

محصول	حجم آب مصرفی در سال پایه	حجم آب مصرفی با افزایش قیمت آب آبیاری (درصد)			
		۵	۱۰	۲۰	۳۰
گندم	۹۲۷۱۷	۹۱۹۰۷	۹۱۳۰۹	۸۹۶۸۳	۸۷۰۸۸
جو	۳۷۱۴۶	۳۶۸۹۸	۳۶۶۵۲	۳۶۴۵۱	۳۶۲۲۷
پیاز	۱۷۲۰۴	۱۷۰۸۲	۱۶۹۱۸	۱۶۷۴۸	۱۶۵۷۸
یونجه	۷۹۴۹۸	۷۸۲۶۰	۷۵۲۹۳	۷۳۰۷۳	۶۹۵۶۰
خربزه	۲۳۲۷۵	۲۳۴۳۸	۲۳۸۵۰	۲۴۸۲۵	۲۵۵۸۷
هندوانه	۲۱۲۱۴	۲۰۸۷۷	۲۰۲۷۸	۱۹۶۰۴	۱۹۱۳۶
آب مصرفی	۲۷۱۰۵۴	۲۶۸۴۶۲	۲۶۴۳۰۰	۲۶۰۳۸۴	۲۵۴۱۷۶
حجم آب صرفه‌جویی شده		۲۵۹۲	۶۷۵۴	۱۰۶۷۰	۱۶۸۷۸

مأخذ: یافته‌های پژوهش

جدول ۶- اثرات سهمیه‌بندی آب آبیاری تحت سناریوهای مختلف بر الگوی کشت و سود ناخالص کشاورزان شهرستان زابل

محصول	الگوی سال پایه (هکتار)	میزان تغییرات	کاهش آب دردسترس تحت سناریوهای مختلف (درصد)			
			۵	۱۰	۲۰	۳۰
گندم	۲۶۳۴۰	میزان	۲۵۴۹۰	۲۴۸۲۷	۲۴۰۱۸	۲۲۹۸۶
		درصد	-۳/۲۳	-۵/۷۴	-۸/۸۱	-۱۲/۷
جو	۱۱۸۰۰	میزان	۱۱۵۴۷	۱۱۱۶۷	۱۰۹۶۱	۱۰۶۸۰
		درصد	-۲/۱۴	-۵/۳۶	-۷/۱۱	-۹/۴۹
پیاز	۲۵۳۰	میزان	۲۵۳۸	۲۵۵۲	۲۵۷۳	۲۶۰۳
		درصد	۰/۳۲	۰/۸۶	۱/۶۷	۲/۸۰
یونجه	۴۳۶۸	میزان	۴۳۰۷	۴۲۵۸	۴۲۰۰	۴۱۲۹
		درصد	-۱/۴۱	-۲/۵۸	-۴/۰۰	-۵/۸۰
خربزه	۱۸۶۲	میزان	۱۸۸۲	۱۹۱۵	۱۹۳۶	۱۹۷۰
		درصد	۱/۰۶	۲/۷۷	۳/۸۲	۵/۴۸
هندوانه	۱۴۵۰	میزان	۱۴۴۲	۱۴۲۳	۱۴۰۷	۱۳۷۱
		درصد	-۰/۵۵	-۱/۹۰	-۳/۰۵	-۵/۷۶
مجموع اراضی	۴۸۳۵۰	میزان	۴۷۲۰۶	۴۶۱۴۲	۴۵۰۹۵	۴۳۷۳۹
		درصد	-۲/۳۷	-۴/۵۶	-۶/۷۳	-۹/۵۴
سود ناخالص*	۶۴۷۳۷۸	میزان	۶۳۸۷۵۷	۶۳۱۳۰۹	۶۲۳۶۳۴	۶۱۳۵۳۶
		درصد	-۱/۳۳	-۲/۴۸	-۳/۶۷	-۵/۲۳

*- سود ناخالص حاصل از الگوی کشت بر حسب میلیون ریال می‌باشد.

مأخذ: یافته‌های پژوهش

با توجه به شکل ۲، ملاحظه می‌شود که به‌کارگیری سیاست‌های قیمت‌گذاری و سهمیه‌بندی آب آبیاری منجر به کاهش مجموع سطح زیرکشت محصولات منتخب زراعی در شهرستان زابل نسبت به سال پایه شده است. بیشترین تغییرات سطح زیرکشت پس از اعمال سیاست قیمت‌گذاری آب آبیاری مربوط به محصول یونجه و کمترین آن مربوط به محصول پیاز است. پس از اعمال سیاست سهمیه‌بندی آب آبیاری نیز محصولات گندم و پیاز به ترتیب بیشترین و کمترین تغییرات سطح زیرکشت را به خود اختصاص داده‌اند.

شکل ۳، درصد تغییرات سود ناخالص کشاورزان شهرستان زابل و حجم آب صرفه‌جویی شده را پس از اعمال سیاست‌های قیمت‌گذاری و سهمیه‌بندی آب آبیاری تحت سناریوهای ۵، ۱۰، ۲۰ و ۳۰ درصد نشان می‌دهد:

Archive of SID

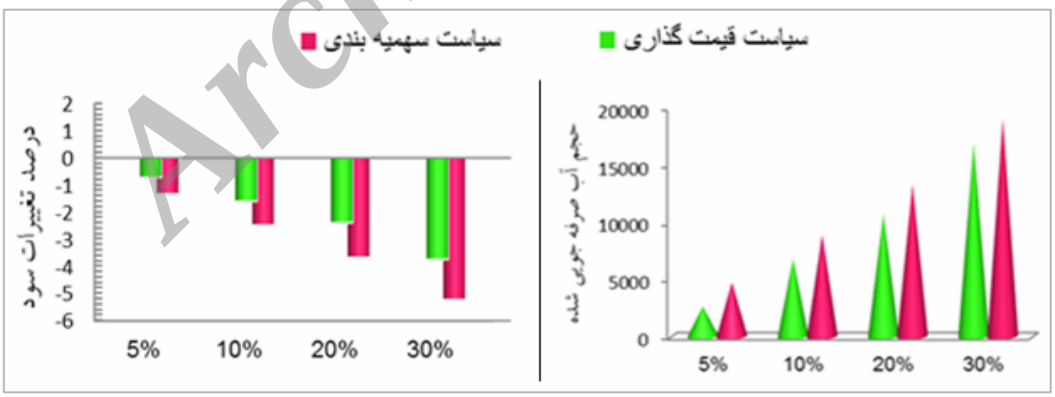
www.SID.ir

جدول ۷- میزان آب مصرفی و حجم آب صرفه‌جویی شده در اثر اعمال سیاست سهمیه‌بندی آب آبیاری (بر حسب هزار مترمکعب)

محصول	حجم آب مصرفی در سال پایه	حجم آب مصرفی با کاهش آب دردسترس (درصد)			
		۵	۱۰	۲۰	۳۰
گندم	۹۲۷۱۷	۸۹۷۲۵	۸۷۳۹۱	۸۴۵۴۳	۸۰۹۱۱
جو	۳۷۱۴۶	۳۶۳۴۹	۳۵۱۵۴	۳۴۵۰۵	۳۳۶۲۰
پیاز	۱۷۲۰۴	۱۷۲۵۸	۱۷۳۵۳	۱۷۴۹۶	۱۷۷۰۰
یونجه	۷۹۴۹۸	۷۸۳۸۷	۷۷۴۹۵	۷۶۴۴۰	۷۵۱۴۸
خربزه	۲۳۲۷۵	۲۳۵۲۵	۲۳۹۳۷	۲۴۲۰۰	۲۴۶۲۵
هندوانه	۲۱۲۱۴	۲۱۰۹۶	۲۰۸۱۸	۲۰۵۸۴	۲۰۰۵۸
آب مصرفی	۲۷۱۰۵۴	۲۶۶۳۴۰	۲۶۲۱۴۸	۲۵۷۷۶۸	۲۵۲۰۶۲
حجم آب صرفه‌جویی شده		۴۷۱۴	۸۹۰۶	۱۳۲۸۶	۱۸۹۹۲

مأخذ: یافته‌های پژوهش

شکل ۲- تغییرات الگوی کشت زارعین پس از اعمال سیاست‌های مورد بررسی



شکل ۳- درصد تغییرات سود ناخالص کشاورزان و حجم آب صرفه‌جویی شده پس از اعمال سیاست‌های مورد بررسی

با توجه به شکل ۳، ملاحظه می‌شود که با کاهش منابع آب دردسترس و افزایش قیمت آب آبیاری میزان سود ناخالص کشاورزان نسبت به سال پایه کاهش می‌یابد. تحت سناریوهای برابر، مشاهده می‌شود که سیاست سهمیه‌بندی آب آبیاری سود ناخالص کشاورزان را به میزان بیشتری نسبت به سیاست قیمت‌گذاری آب آبیاری کاهش می‌دهد. افزون بر این، ملاحظه می‌شود که اعمال سیاست

Archive of SID

www.SID.ir

سهمیه‌بندی آب آبیاری برای کاهش مصرف آب در شهرستان زابل موثرتر از سیاست قیمت‌گذاری بوده و منجر به صرفه‌جویی حجم بیشتری از منابع آب موجود در منطقه می‌شود.

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

در مطالعه حاضر، به منظور پیش‌بینی پاسخ زارعین شهرستان زابل به سیاست‌های قیمت‌گذاری و سهمیه‌بندی آب آبیاری از مدل تولید محصولات کشاورزی منطقه‌ای (SWAP) و برنامه‌ریزی ریاضی مثبت (PMP) استفاده شد. واسنجی مدل پیشنهادی در شش مرحله پیاپی صورت گرفت. برای حل مدل از داده‌های سال ۹۱-۱۳۹۰ و نرم‌افزار GAMS نسخه ۲۳/۹ استفاده شد. پس از طرح مدل پیشنهادی، واکنش کشاورزان شهرستان زابل نسبت به سیاست افزایش قیمت آب آبیاری و سپس نسبت به سیاست سهمیه‌بندی آب آبیاری تحت سناریوهای برابر ۵، ۱۰، ۲۰ و ۳۰ درصد شبیه‌سازی شد و اثرات سیاست‌های فوق بر الگوی کشت و سود ناخالص کشاورزان این شهرستان مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که سیاست سهمیه‌بندی آب آبیاری منجر به صرفه‌جویی حجم بیشتری از منابع آب موجود در منطقه می‌شود و در تشویق کشاورزان به مدیریت صحیح منابع آب موثرتر می‌باشد، لذا پیشنهاد می‌شود که این سیاست به عنوان ابزاری موثر در زمینه پایداری منابع آب منطقه به کارگرفته شود. با توجه به خرده‌پا بودن اغلب کشاورزان شهرستان زابل، توصیه می‌شود که سیاست‌های کاربردی سهمیه‌بندی و قیمت‌گذاری آب آبیاری حتی‌الامکان به صورت تلفیقی در منطقه به کار گرفته شوند. اعمال یک‌باره سیاست افزایش قیمت آب آبیاری ممکن است با ایجاد تنش‌های سوء در رفتار زارعین، تمایل آن‌ها را برای کشت محصولات زراعی در منطقه کاهش دهد. همچنین، نتایج نشان داد که سیاست سهمیه‌بندی آب آبیاری، تأثیر پایدارتری بر حفظ منابع آب در منطقه مورد مطالعه دارد. لذا، برای کاهش منابع آب دردسترس و تخصیص آب کاهش‌یافته به تولید محصولات زراعی مازاد، اعطای تسهیلات لازم (وام‌های با سود کم، تسهیلات بلاعوض، کمک هزینه خرید سیستم‌های آبیاری بارانی و قطره‌ای) به کشاورزان در جهت تجهیز مزارع به شیوه‌های نوین آبیاری پیشنهاد می‌شود.

منابع

۱- احسانی م.، دشتی ق.، حیاتی ب. و قهرمان زاده م .۱۳۹۱. برآورد ارزش اقتصادی آب در تولید جو در شبکه آبیاری دشت قزوین. نشریه دانش آب و خاک، ۲(۱): ۲۷-۱۴.

۲- اداره منابع آب شهرستان زابل. ۱۳۹۰. دفتر مطالعات پایه منابع آب.

۳- اداره جهاد کشاورزی شهرستان زابل. ۱۳۹۱.

۴- بخشی ع.، دانشور کاخکی م. و مقدسی ر. ۱۳۹۰. کاربرد مدل برنامه‌ریزی ریاضی مثبت به منظور تحلیل اثرات سیاست‌های جایگزین قیمت‌گذاری آب در دشت مشهد. نشریه اقتصاد و توسعه کشاورزی (علوم و صنایع کشاورزی)، ۲۵(۳): ۲۹۴-۲۸۴.

۵- پرهیزکاری ا.، صبوحی م. و ضیائی س. ۱۳۹۲. شبیه‌سازی بازار آب و تحلیل اثرات سیاست اشتراک‌گذاری آب آبیاری بر الگوی کشت تحت شرایط کم‌آبی. اقتصاد و توسعه کشاورزی، ۲۷(۳): ۱-۱۲.

۶- پرهیزکاری، ا. و صبوحی، م. ۱۳۹۳. تحلیل اقتصادی اثرات توسعه تکنولوژی و مکانیزاسیون بر تولید بخش کشاورزی استان قزوین. مجله تحقیقات اقتصاد کشاورزی، ۵(۴): ۲۳-۱.

۷- ترکمانی ج.، سلطانی غ. و اسدی ه .۱۳۷۷. تعیین آب بها و بررسی ارزش بازده نهایی آب کشاورزی. آب و توسعه. فصلنامه امور آب و وزارت نیرو، ۶(۱): ۱۳-۵.

۸- حسین زاد ج. ۱۳۸۳. تعیین روش مناسب قیمت‌گذاری آب در بخش کشاورزی (مطالعه موردی: سد و شبکه علویان)، رساله دوره دکتری، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تهران.

۹- روحانی س.، پیکانی غ. و تقدیری ب. ۱۳۸۶. تعیین الگوی زراعی بهینه با تاکید بر پایداری منابع آب: مطالعه موردی دشت بهار-همدان. پژوهش کشاورزی: آب، خاک و گیاه در کشاورزی، ۷(۱): ۹۶-۸۵.

۱۰- صبوحی م.، سلطانی غ.، زیبایی م. و ترکمانی ج. ۱۳۸۵. تعیین راهبردهای مناسب کم آبیاری با هدف حداکثر سازی منافع اجتماعی. مجله اقتصاد کشاورزی و توسعه، ۵۶: ۱۶۷-۲۰۲.

۱۱- صبوحی م.، سلطانی غ. و زیبایی م. ۱۳۸۶. بررسی اثر تغییر قیمت آب آبیاری بر منافع خصوصی و اجتماعی با استفاده از الگوی برنامه‌ریزی ریاضی مثبت. مجله علوم و صنایع کشاورزی، ۲۱(۱): ۷۱-۵۳.

۱۲- کرامت‌زاده ع.، چیذری ا. و شرزه‌ای غ. ۱۳۹۰. نقش بازار آب در تعیین ارزش اقتصادی آب کشاورزی با رهیافت برنامه‌ریزی ریاضی اثباتی

Archive of SID

www.SID.ir

(مطالعه موردی: اراضی پایین دست سد شیرین دره بجنورد). مجله تحقیقات و توسعه کشاورزی ایران، ۲-۴۲(۱): ۲۹-۴۴.
۱۳- محسنی ا. و زیبایی م. ۱۳۸۸. تحلیل پیامدهای افزایش سطح زیر کشت کلزا در دشت نمدان استان فارس: کاربرد برنامه‌ریزی ریاضی مثبت. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، ۴۷(ب): ۷۷۳-۷۸۴.
۱۴- معین الدینی ز. ۱۳۸۹. بررسی واکنش زارعین به سیاست‌های قیمتی و سهمیه‌بندی آب آبیاری در استان کرمان، پایان نامه جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد رشته اقتصاد کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل.
۱۵- موسوی س. و قرقانی ف. ۱۳۹۰. ارزیابی سیاست‌های آب کشاورزی از منابع آب زیرزمینی، مدل برنامه‌ریزی مثبت: مطالعه موردی: شهرستان اقلید. فصلنامه پژوهشهای اقتصادی، ۱۱(۴): ۸۲-۶۵.
۱۶- نگارش ح. و خسروی م. ۱۳۸۴. بررسی اقلیم کشاورزی استان سیستان و بلوچستان. معاونت پژوهشی دانشگاه سیستان و بلوچستان، زاهدان.
۱۷- وزارت نیرو. ۱۳۸۹. مبانی تعیین آب بها، حق النظاره و حق اشتراک، سازمان مدیریت منابع آب ایران، معاونت امور آب، وزارت نیرو.
۱۸- وهاب زاده ع. و علیزاده ع. ۱۳۷۳. آخرین واحه: آب، مایه حیات. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد، ۹۲ صفحه.
19- Caii X.M. and Rosegrant M.W. 2004. Irrigation technology choices under hydrologic uncertainty: a case study from Maipo River Basin, Chile. Water resources research, Pp: 40.
20- Chakravorty U. and Zilberman D. 2000. Introduction to the special issue on: management of water resources for agriculture. Agricultural Economics, 24: 3–7.
21- Cortignani R. and Severini S. 2008. Introducing deficit irrigation crop techniques derived by crop growth into a positive mathematical programming model. In: paper prepared for presentation at the XIIth EAAE congress people, food and environments: global trends and European Strategies, No: 1-12.
22- Cortignani R. and Severini S. 2009. Modeling Farm-Level Adoption of Deficit Irrigation Ysing Positive Mathematical Programming. Agricultural Water Management, 96: 1785-1791.
23- He L., Tyner W.E., Doukkali R. and Siam G. 2006. Policy options to improve water allocation efficiency: analysis on Egypt. Water International, 31, 320–337.
24- Howitt R.E. 1995. Positive mathematical programming, American Journal of Agricultural Economic, 77: 329-342.
25- Howitt R.E. 2005. PMP based production models- development and integration. The future of rural Europe in the global agri-food system, Denmark, August: 23-21.
26- Howitt R.E., Medellin-Azuara J. and MacEwan D. 2009. Estimating the economic impacts of agricultural yield related changes for California. Final Paper, a Paper from California Climate Change Center, Pp: 29.
27- Howitt R.E., Medellin-Azuara J., MacEwan D. and Lund R. 2012. Calibrating disaggregate economic models of agricultural production and water management. Science of the environmental modeling and software, 38: 244-258.
28- Medellin-Azuara J., Lund J.R. and Howitt R.E. 2007. Water supply analysis for restoring the Colorado River Delta, Mexico, Journal of Water Resources Planning and Management, 133:462–471.
29- Medellan-Azuara J., Harou J.J. and Howitt R.E. 2010. Estimating economic value of agricultural water under changing conditions and the effects of spatial aggregation, Science of the total environment, 408: 5639–5648.
30- Medellan-Azuara J., Harou J.J. and Howitt R.E. 2012. Predicting farmer responses to water pricing, rationing and subsidies assuming profit maximizing investment in irrigation technology. Science of the agricultural water management, 108: 73–82.
31- Paris Q. and Arfini F. 2000. Frontier Cost Functions, Self-Selection, Price Risk, PMP and Agenda 2000. Eurotools Working Papers Series, 20: 178-201.

Archive of SID

www.SID.ir