تعیین ارزش اقتصادی آب در تولید برنج مرغوب و پرمحصول (مطالعه موردی دشت بهشهر استان مازندران)

حمید امیرنژاد[۱*]، سکینه فاضلیان[۲] و سیدعلی حسینی یکانی[۳]

تاریخ دریافت: ۹۶/۶/۱۴ تاریخ پذیرش: ۹۶/۱۲/۰۴

چکیده

مسئله اصلی مدیریت منابع آب در کشور، ایجاد تعادل بین عرضه و تقاضای آب می‌باشد و در برقراری این تعادل، قیمت یا ارزش آب نقش تعیین‌کننده‌ای دارد. در این راستا این مطالعه، به تعیین ارزش اقتصادی آب زیرزمینی برای دو رقم برنج دانه‌بلند مرغوب و دانه‌بلند پرمحصول می‌پردازد. داده‌های لازم به روش نمونه‌گیری تصادفی از تعداد ۲۰۵ کشاورز برنجکار دشت بهشهر استان مازندران که برای آبیاری محصول خود تنها از آب استحصال شده از چاه استفاده می‌کنند، در سال زراعی ۹۴-۱۳۹۳ گردآوری شده است. در تعیین قیمت سایه‌ای آب برای این دو رقم برنج در روش برنامه‌ریزی ریاضی اثباتی (PMP)، با توجه به سطح آب در دسترس، کشاورزان مورد مطالعه به چهار گروه تقسیم شدند. نتایج نشان دادند در سناریوهای کاهش ۵ تا ۴۰ درصدی مقدار آب، قیمت آب به‌ترتیب در گروه نخست (بیش‌ترین آب در دسترس) تا چهارم (کم‌ترین مقدار آب در دسترس) برابر با ۱۸۱۰، ۴۳۷۰، ۴۷۷۰ و ۴۳۷۰ ریال برآورد شده که به‌طور میانگین، قیمت آب برآوردشده ۳۸۳۰ ریال بدست آمده است. با توجه به نتایج این پژوهش پیشنهاد می‌شود با توجه به این‌که مهم‌ترین هدف در راستای توسعه اقتصادی بخش کشاورزی استفاده بهینه و صرفه‌جویی در مصرف آب است، قیمت‌گذاری و دریافت آب‌بها در سطح معادل با ارزش اقتصادی ضروری می‌باشد.

طبقه‌بندی JEL: Q1, Q11,Q12, Q25

واژه‌های کلیدی: آب، ارزش اقتصادی، برنامه‌ریزی ریاضی اثباتی، برنج، دشت بهشهر.

[۱]- دانشیار گروه اقتصاد کشاورزی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری.

[۲]- دانشجوی کارشناسی ارشد گروه اقتصاد کشاورزی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری.

[۳]- ستادیار گروه اقتصاد کشاورزی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری.

*- نویسنده مسئول مقاله hamidamirnejad@yahoo.com

پیشگفتار

آب‌های زیرزمینی بخشی از منابع طبیعی تجدیدشونده مشترکی بشمار می‌روند که بهره‌برداری معقولانه و متعادل از آن‌ها منجر به استفاده پایدار و رعایت نکردن بهره‌برداری متعادل، منجر به نابودی این منابع می‌شود (دومنیکو[1] و همکاران، ۱۹۶۸ و گایاتری و باربیر[2]، ۲۰۰۰). به باور بسیاری از پژوهشگران حوزه‌ی آب در صورت دخالت نکردن در مدیریت آب زیرزمینی، این منبع طبیعی به‌گونه مناسب اختصاص نخواهد یافت. در چند دهه اخیر، برداشت بیش از حد از منابع آب منجر به کاهش آب‌های زیرزمینی و بوجود آمدن بیلان منفی دشت‌ها شده است (فتحی و زیبایی، ۱۳۹۰).

استحصال بی‌رویه آب زیرزمینی بر کیفیت، کمیت و مکان آب و به‌گونه‌ای بر دیگر مصرف‌کنندگان و محیط زیست اثر می‌گذارد و نتیجه این اثرات در طول زمان، افزایش هزینه‌های عمیق کردن چاه و شورشدن آب‌ها به‌علت کاهش سطح آب است. این موضوع موجب افزایش هزینه‌های مالی برداشت آب‌های زیرزمینی می‌شود. به‌گونه‌ای که از جنبه‌ی سرمایه‌گذاری، هزینه‌های حفاری، لوله‌گذاری، پمپ و موتور و از جنبه‌ی بهره‌برداری، انرژی بیش‌تری برای پمپاژ حجم معینی آب (افزایش هزینه‌های متغیر آبکشی ناشی از افزایش عمق آبکشی) را در پی دارد. افزون بر آن، کاهش درآمد حاصل از کشاورزی، کاهش قیمت زمین کشاورزی و خطر افزایش شوری آب را نیز موجب می‌شود (لیندگرین[3]، ۱۹۹۹).

کاهش بارش‌های آسمانی، تداوم خشکسالی‌های اخیر و برداشت بی‌رویه از سفره‌های آب زیرزمینی از جمله مواردی است که بخش آب در شرق استان مازندران را با چالش جدی روبه‌رو کرده است. کاهش سطح سفره‌های زیرزمینی، مشکلاتی همچون کاهش و خشک شدن آب چاهها، کاهش دبی آن‌ها، کاهش کیفیت آب، افزایش هزینه‌ی پمپاژ و استحصال آب و نشست زمین را در پی دارد که این به‌نوبه‌ی خود منجر به کاهش دسترسی به آب و کاهش تولیدات کشاورزان می‌شود. از آن‌جایی که اقتصاد روستا بر پایه کشاورزی است و کشاورزی نیز وابسته به آب است، این کاهش کیفیت و کمیت آب زیرزمینی، رفاه کشاورزان را تحت تأثیر قرار می‌دهد (محسن‌پور، ۱۳۷۸).

تعیین قیمت و سیاست‌های قیمت‌گذاری می‌تواند هدف‌های مختلفی نظیر؛ عادلانه بودن قیمت‌ها، ایجاد درآمد کافی و پایدار برای عرضه‌کنندگان منابع آبی، بهبود حفاظت منابع، استفاده بهینه از منابع و جلوگیری از تغییرهای شدید قیمت‌ها را برآورده کند. در واقع ارزش اقتصادی آب،

---

[1]- Domenico

[2]- Gayarti and Barbier

[3]- Lindengreen

معادل بهایی است که یک مصرف‌کننده عقلایی منابع آب عرضه‌شده خصوصی یا دولتی، حاضر است برای استفاده از آن بپردازد. در تعیین ارزش اقتصادی آب باید به چهار بعد حجم معین با کیفیت مشخص، در زمان و مکان معین توجه شود؛ زیرا عرضه فیزیکی آب در مکان‌های گوناگون ممکن است محدود نباشد، ولی عرضه اقتصادی آن که نشان‌دهنده میزان عرضه آب در بعدهای گوناگون پیش‌گفته است، همیشه محدود و تأمین آن، نیازمند صرف هزینه‌های کلان است (کرامت‌زاده و همکاران، ۱۳۸۵).

استان مازندران با وجود ذخایر طبیعی، وضعیت اقلیمی و آب و هوای منحصر به فرد و نیز به دلیل واقع شدن در بین بزرگ‌ترین دریاچه جهان و رشته کوه البرز و توقف رطوبت و اعتدال حرارتی، یکی از قطب‌های مهم کشاورزی کشور بشمار می‌رود. شاید در گذشته به‌دلیل داشتن بارش‌های جوی فراوان و رودخانه‌های متعدد و پُر آب، کمبود آب را احساس نمی‌کرد بلکه گاهی با فراوانی آب، وقوع سیلاب باعث مرگ و میر انسان‌ها و خسارات هنگفت می‌شد، ولی اکنون هر دو جنبه آب، یعنی بحران آب و سیلاب، منطقه را تهدید می‌کنند (شرکت مدیریت منابع آب کشور، ۱۳۹۲).

رشد سریع جمعیت، بروز خشکسالی، برداشت‌های مجاز و غیرمجاز از منابع آب زیرزمینی، توسعه غیراصولی کشاورزی در منطقه مازندران و هم‌چنین، شرایط توپوگرافی و استقرار بیش از ۸۵ درصد جمعیت روستایی در مناطق ساحلی و پیشروی آب‌های شور در این مناطق، کدورت آب چشمه‌ها و نفوذ سموم کشاورزی به آنها، منابع تأمین آب استان را با محدودیت و تنگنای شدید کمی و کیفی مواجه کرده است، به‌گونه‌ای که هر روز بر این مشکلات و نارسایی‌ها افزوده می‌شود. به‌طور یقین، رفع این بحران با یک راهکار کوتاه‌مدت قابل درمان نیست، بویژه آن‌که توزیع و استفاده نادرست از منابع آبی یکی از اصلی‌ترین عوامل در بروز این بحران بشمار می‌رود. اکنون کم‌آبی در استان مازندران با توجه به وسعت اراضی زیرکشت در شهرستان‌های این استان به‌گونه کامل مشهود است، به‌گونه‌ای که بر اساس آمار میزان بارندگی در هفت ماهه نخست سال آبی ۹۳-۱۳۹۲ در استان ۵۰۳ میلی‌متر بوده، که این رقم در مقایسه با مدت مشابه سال گذشته ۱۳ درصد کاهش یافته است. برآورد حجم آب‌دهی رودخانه‌های مهم استان نیز در هفت ماهه نخست سال آبی ۹۳-۱۳۹۲، ۸۲۴ میلیارد مترمکعب اعلام شده که این مقدار نیز در مقایسه با مدت مشابه سال گذشته ۴۱ درصد کاهش را نشان می‌دهد. هم‌چنین، متوسط بارندگی استان بر اساس آمار ۵۷ ساله ایستگاههای آب و هواشناسی شرکت آب منطقه‌ای استان ۲۶۰ میلی‌متر اعلام شده که به صورت تفکیکی در غرب استان ۷۱۷ میلی‌متر و در شرق استان ۵۵۰ میلی‌متر می‌باشد که نشان می‌دهد مشکل کم‌آبی در شهرهای شرقی این استان فراگیری بیشتری دارد. بر اساس آمار شرکت

آب منطقه‌ای مازندران، کاهش ۲۰ تا ۳۰ درصدی بارندگی و عدم بارش برف در این استان، باعث کاهش آب رودخانه‌ها به‌مقدار ۳۰ درصد و در مناطق شرق استان بالغ بر ۵۰ درصد شده است. این امر نشان می‌دهد که با وجود وجود آب فراوان در غرب مازندران، شرق این استان و دشت نکا و بهشهر که فاقد سد هستند، از کمبود جدی آب رنج می‌برند (شرکت سهامی آب منطقه‌ای مازندران، ۱۳۹۳).

با توجه به اهمیت مسایل آب و به‌ویژه تعیین ارزش آن در بخش کشاورزی، مطالعاتی پراکنده در زمینه قیمت‌گذاری آب‌های سطحی و زیرزمینی با استفاده از روش‌های گوناگون پارامتری و ناپارامتری انجام گرفته‌است. اما از آنجایی که در این مطالعه برآورد ارزش اقتصادی منابع آب زیرزمینی برای دو رقم برنج دانه‌بلند مرغوب و پرمحصول با استفاده از روش غیرپارامتری می‌باشد، مطالعات مرتبط با آن، بویژه در داخل کشور محدود است. به همین منظور، در ادامه نمونه‌هایی از پژوهش‌های داخلی و خارجی صورت گرفته در ارتباط با ارزش اقتصادی منابع آب بیان خواهد شد.

اسدی و همکاران (۱۳۸۶) در قیمت‌گذاری آب کشاورزی در اراضی زیر سد طالقان، به این نتیجه رسیدند که میانگین هزینه عرضه و تأمین هر مترمکعب آب آبیاری در تمام نواحی مورد مطالعه در سال ۱۳۷۴ بالاتر از ۳۶ ریال محاسبه شده‌است. قرقانی و همکاران (۱۳۸۸) با کاربرد روش برنامه‌ریزی ریاضی اثباتی به بررسی تأثیر کاهش آب آبیاری و افزایش قیمت آب بر الگوی کشت در شهرستان اقلید استان فارس پرداختند. بر اساس یافته‌های پژوهش با کاهش مقدار آب مصرفی، الگوی کشت چندان تغییر نمی‌کند و دو برابر شدن قیمت آب نیز بر مقدار مصرف آن تأثیری ندارد. معین‌الدینی (۱۳۸۹) در مطالعه‌ای با استفاده از مدل برنامه‌ریزی ریاضی اثباتی واکنش کشاورزان 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 در دسترس در پذیرش کم آبیاری مؤثر می‌باشند. کرامت‌زاده و همکاران (۱۳۹۰) در تحقیقی با استفاده از مدل برنامه‌ریزی ریاضی اثباتی به بررس نقش بازار آب در تعیین ارزش اقتصادی آب کشاورزی در اراضی پایین‌دست سد شیرین‌دره بجنورد پرداختند. نتایج نشان دادند که ارزش اقتصادی نهاده آب در سناریوهای گوناگون نرمال و خشکسالی به‌ترتیب معادل ۴۱۶ و ۵۷۱ ریال می‌باشد. بخشی و همکاران (۱۳۹۰) در مطالعه‌ای با استفاده از مدل برنامه‌ریزی ریاضی اثباتی 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 (۱۳۹۲) به منظور تعیین نقش بازار آب در ایجاد تعادل بین عرضه و تقاضای

آب و هم‌چنین، بمنظور بررسی اثرات سیاست اشتراک‌گذاری آب آبیاری بر الگوی کشت در شرایط کم‌آبی، به شبیه‌سازی بازار آب در حوضه رودخانه شاهرود پرداختند. نتایج حاکی از آن بود که با تشکیل بازار آب و انجام معاملات بین مناطق مورد بررسی، منافع اقتصادی کشاورزان افزایش می‌یابد. امیرنژاد و همکاران (۱۳۹۳) در مطالعه‌ای ارزش اقتصادی آب برای محصول برنج در شهرستان ساری را تعیین کردند. نتایج این پژوهش نشان دادند که قیمت‌های سایه‌ای (ارزش اقتصادی) آب بیان‌گر میزان تغییر سود کشاورزان منطقه به ازای افزایش یک واحد به مقادیر موجود منابع آب تخصیص داده شده است. معین‌الدینی و همکاران (۱۳۹۴) در مطالعه‌ای پیامد افزایش قیمت آب و کاهش آب آبیاری در مزارع مصرف‌کننده آب سطحی استان کرمان با استفاده از برنامه‌ریزی ریاضی اثباتی تصحیح شده را بررسی نمودند. نتایج نشان دادند که در سناریوهای افزایش قیمت، در هر سه گروه مزارع بزرگ، متوسط و کوچک، روند افزایشی سطح زیرکشت در حالات کم‌آبیاری قابل مشاهده است. سناریوهای کاهش آب در دسترس تا مقدار ۱۵ درصد باعث افزایش سطح زیرکشت محصولات کم آبیاری شده‌است.

ریزگو و گومز (۲۰۰۶) در مطالعه‌ای اثر سناریوهای سیاستی مختلف شامل سیاست‌های بخش کشاورزی و سیاست‌های قیمت‌گذاری آب بر بخش کشاورزی در اسپانیا با بهره‌گیری از مدل برنامه‌ریزی ریاضی چندضابطه‌ای را مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان دادند که قیمت‌گذاری آب در سطح پوشش کامل هزینه نسبت به شرایط عادی در منطقه که قیمت آب صفر می‌باشد، می‌تواند در حدود ۵۰ درصد مصرف و تقاضای آب را کاهش دهد. مدلین آزورا و همکاران (۲۰۱۰) در مطالعه‌ای در شمال مکزیک به بررسی اثر تجمیع در برآورد ارزش آب کشاورزی با استفاده از روش برنامه‌ریزی ریاضی اثباتی و پاسخ‌گویی به چهار سناریو و تغییرات تکنولوژیکی، آب و هوایی، تغییرات در قیمت کالاهای کشاورزی و هزینه‌های آب کشاورزی پرداختند. میانگین ارزش اقتصادی آب از راه بیشینه سازی سود معادل ۰/۴۳۱ دلار برای هر مترمکعب برآورد شد. فریجا و همکاران (۲۰۱۳) ارزش آب در آبیاری گندم در منطقه قیروان کشور تونس را مورد بررسی قرار دادند. نتایج مطالعه آن‌ها نشان دادند که ۳۱/۷ درصد کشاورزان بیش‌تر از حجم مطلوب اقتصادی از آب استفاده می‌کنند و استفاده بیش‌تر از حجم بهینه به این معنی است که سود حاصل از هر واحد اضافی آب، از قیمت مورد عمل در بازار آب که ۰/۱۱ دینار در هر مترمکعب است کم‌تر می‌باشد. ژوکوسکا (۲۰۱۵) با استفاده از مدل برنامه‌ریزی ریاضی اثباتی قیمت سایه‌ای آب برای چهار محصول ذرت، کتان، گندم، سویا و سورگوم را در دشت‌های تگزاس شمالی به‌ترتیب ۹۲/۰۲، ۸۶۵/۹۹، ۱۷۰/۷۱، ۱۸/۶۱، ۱۶۶/۸۶، در دشت‌های تگزاس جنوبی ۵/۱۳، ۶۶/۱، ۹۰/۷۳، ۶۸۵/۱۷، ۸۴/۹۴، در دشت‌های کانزاس ۷۷/۶۴، ۵۶/۴۳، ۴۸۵/۳۵، ۲۰/۷۴، ۷۶۵/۱ و در دشت‌های نبراسکا ۲۴/۹۴،

۹/۰۴، ۱۱۶/۹۱، ۸۲/۸۵ دلار در هر ایکر محاسبه کرد. بر اساس نتایج این مطالعه قیمت‌های بالاتر برای آب موجب حفاظت از منابع آب می‌شود، اما این قیمت بالاتر باعث اثرات اقتصادی شدیدی در بهره‌وری مزارع می‌گردد. لذا، باید یارانه‌های دولتی بیشتری را برای این منظور اختصاص داد. فنگ‌جائو و همکاران (۲۰۱۶) در مطالعه‌ای به ارزیابی اقتصادی مدیریت آب‌های زیرزمینی برای کشاورزی در شهر Luancheng واقع در شمال چین پرداختند. نتایج نشان دادند که حجم آب آبیاری در جهت سناریو آبیاری واقعی بیش‌تر از سناریو آبیاری تعادلی بوده، و این سناریو نیز بیش‌تر از سناریو حداکثر آبیاری می‌باشد، اگرچه تغییرات سالانه در آب‌های زیرزمینی کوچک‌تر بوده است.

مواد و روش پژوهش

در مجموع روش‌های قیمت‌گذاری آب را از دو دیدگاه مصرف‌کننده و تولیدکننده می‌توان بررسی کرد. برای تعیین ارزش اقتصادی آب از منظر مصرف‌کننده، دو روش کلی با عنوان روش‌های پارامتری و غیرپارامتری وجود دارد. در روش‌های ناپارامتری (که روش مورد استفاده در این پژوهش نیز می‌باشد) ارزش اقتصادی آب با استفاده از روش‌های ریاضی و محاسباتی در چارچوب نظریه‌های اقتصادی برآورد می‌شود. از آن‌جایی که یکی از اهداف سیاست‌گذاران به‌ویژه سیاست‌گذاران و برنامه‌ریزان بخش کشاورزی آگاهی از نتایج اجرای سیاست‌های گوناگون و واکنش کشاورزان به آن‌ها می‌باشد. لذا، در پی مدل‌هایی هستند که بتواند با اطمینان بالایی آن‌ها را به این هدف برساند. هم‌چنین، برنامه‌ریزان بر این باورند که شبیه‌سازی واکنش احتمالی کشاورزان در برابر اجرای سیاست‌های گوناگون می‌تواند کمکی مؤثر در راستای گرفتن تصمیم‌های درست‌تر انجام دهد. روش مرسوم برای شبیه‌سازی تصمیم‌های تولیدکنندگان این است که الگویی را که محدودیت‌ها، فرصت‌ها و اهداف شرایط موجود را منعکس می‌کند، ایجاد کرده و سپس با فرض‌های ناشی از اجرای سیاست مورد نظر حل شود. این روش که روش برنامه‌ریزی ریاضی اثباتی[1] (PMP) نامیده می‌شود، به وسیله هوویت[2] در سال ۱۹۹۵ به‌گونه رسمی معرفی شد. روش برنامه‌ریزی ریاضی اثباتی که یک روش تحلیل تجربی است و از تمام داده‌های شرایط موجود برای ساختن الگوی کالیبره استفاده می‌کند، در وضعیتی که داده‌های سری زمانی اندک باشد، به‌ویژه در تحلیل

[1] - Positive Mathematical Programming

[2] - Howitt

سیاستی منطقه‌ای و بخشی، اهمیت ویژه‌ای دارد (آرفینی[1]، ۲۰۰۳). به‌طور کلی، یک مدل برنامه-ریزی ریاضی اثباتی در سه مرحله به‌صورت زیر انجام می‌شود (پاریس و هوویت[2]، ۱۹۹۸):

مرحله I) تبعیین یک مدل برنامه‌ریزی خطی معمولی با تابع هدف بیشینه‌سازی سود یا درآمد ناخالص کشاورزان منطقه و محدودیت‌های کالیبراسیون به‌همراه محدودیت‌های منابع، برای برآورد قیمت‌های سایه‌ای سطح زیرکشت محصولات مورد مطالعه. در این مرحله مدل LP به‌صورت رابطه‌ی (۱) تا (۳) می‌باشد:

$$\text{Max} \quad Z = \sum_{j=1}^{n} (P_j . Y_j - C_j) . X_j \qquad (۱)$$

S.t:

$$\sum_{j=1}^{n} a_{ij} X_j \leq b_i \qquad [\lambda] \qquad (۲)$$

$$X_j \leq \bar{X}_j + \varepsilon \qquad [\rho] \qquad (۳)$$

که در آن؛ Z ارزش تابع هدف، P_j قیمت محصول jام، Y_j عملکرد محصول jام، C_j هزینه حسابداری تولید هر هکتار محصول j ام، X_j سطح زیرکشت محصول jام، a_{ij} میزان مصرف منبع iام برای تولید محصول jام، b_i موجودی منبع iام، $\bar{X}_j$ سطح زیرکشت موجود محصول jام، λ قیمت سایه‌ای مربوط به محدودیت‌های منابع و ρ قیمت سایه‌ای مربوط به محدودیت‌های کالیبراسیون می‌باشد. در کالیبراسیون یک تابع عملکرد غیرخطی کاهشی بیانگر اختلاف بین ارزش تولید نهایی و تولید متوسط و یک تابع هزینه غیرخطی افزایشی به عنوان هزینه نهایی تفاضلی بیانگر اختلاف هزینه نهایی و هزینه حسابداری محصول تولیدی می‌باشد.

مرحله II) برآورد ضرایب تابع هدف غیرخطی با استفاده از قیمت‌های سایه‌ای مدل LP مرحله گذشته و داده‌های الگوی کشت موجود منطقه. تابع هدف غیرخطی در مرحله دوم از راه قرار دادن یک تابع عملکرد غیرخطی و یا یک تابع هزینه غیرخطی در تابع هدف مدل LP بدست می‌آید. ضرایب تابع هزینه غیرخطی و تابع عملکرد غیرخطی که ممکن است به‌صورت شکل تابعی همانند لئونتیف تعمیم‌یافته، تابع تولید با کشش جانشینی ثابت، و تابع تولید درجه دوم باشد، از مرحله دوم بدست می‌آید. در بیش‌تر مطالعات انجام شده با استفاده از روش PMP یک تابع هزینه متغیر درجه دوم به‌صورت رابطه (۴) استفاده شده است:

---

[1]- Arfini

[2]- Paris and Howitt

$$VC(X_j) = a_j X_j + \frac{1}{2} b_j X_j^2 \quad (۴)$$

که a_j پارامتر جزء خطی تابع هزینه محصول jام و b_j پارامتر جزء درجه دوم تابع هزینه محصول jام می‌باشد. هزینه نهایی متغیر[1](MVC) مربوط به تابع هزینه متغیر بالا (رابطه ۴) برای هر محصول به‌صورت رابطه (۵) می‌باشد:

$$MVC(X_j) = \frac{dVC(X_j)}{dX_j} = a_j + b_j X_j \quad (۵)$$

همان‌گونه که قبلاً نیز بیان گردید از برابری هزینه نهایی تفاضلی ρ با اختلاف هزینه نهایی تابع هزینه (۵) و هزینه حسابداری محصول تولیدی می‌توان نتیجه گرفت که:

$$MVC(\bar{X}_j) = a_j + b_j \bar{X}_j = c_j + \rho_j \quad (۶)$$

در این مرحله با توجه به مشخص بودن ρ_j ،c_j و $\bar{X}_j$ برای هریک از محصولات به برآورد ضرایب a و b تابع هزینه هر محصول پرداخته می‌شود، ولی به دلیل کم‌تر از حد معین بودن این سیستم (تعداد متغیرها برابر با تعداد محصولات (j) می‌باشد) سازندگان این مدل از روش‌های گوناگونی استفاده می‌کنند. هوویت (۱۹۹۵)، با قرار دادن $a_j = c_j$ برای هر محصول، پارامتر b_j هر محصول را نیز از تقسیم قیمت سایه‌ای به سطح زیرکشت موجود محصول مورد نظر به‌صورت رابطه (۷) محاسبه می‌کند:

$$b_j = \frac{\rho_j}{\bar{X}_j} \quad (۷)$$

پاریس (۱۹۹۸)، با مساوی صفر قرار دادن پارامترهای جزء خطی تابع هزینه ($a_j = 0$)، پارامترهای درجه دوم تابع هزینه هر محصول را از رابطه (۸) محاسبه کرده است:

$$b_j = \frac{c_j + \rho_j}{\bar{X}_j} \quad (۸)$$

هکلی و بریتز[2] (۲۰۰۰)، فرض می‌کنند که هزینه حسابداری هر محصول (c_j) با هزینه متوسط تابع هزینه متغیر درجه دوم آن محصول برابر می‌باشد. یعنی:

$$AVC(X_j) = a_j + \frac{1}{2} b_j X_j = c_j \quad (۹)$$

بنابراین، پارامترهای جزء خطی (a_j) و جزء درجه دوم (b_j) تابع هزینه را از روابط (۱۰) و (۱۱) بدست می‌آید:

$$a_j + b_j \bar{X}_j = c_j + \rho_j \rightarrow a_j + \frac{2\rho_j}{\bar{X}_j} \bar{X}_j = c_j + \rho_j \rightarrow a_j = c_j - \rho_j \quad (۱۰)$$

---

[1]- Marginal Variable Cost

[2]- Heckely and Berits

$$a_j + b_j\bar{X}_j = c_j + \rho_j \rightarrow a_j + b_j\bar{X}_j = a_j + \frac{1}{2}b_j\bar{X}_j + \rho_j \rightarrow b_j = \frac{2\rho_j}{\bar{X}_j} \quad (11)$$

مرحله III) تبیین یک مدل برنامه‌ریزی درجه دوم یا مدل غیرخطی از راه قرار دادن ضرایب برآوردی تابع هزینه در تابع هدف مدل LP بدون محدودیت‌های کالیبراسیون. در این مرحله مدل برنامه‌ریزی درجه دوم که شامل تابع هزینه درجه دوم در تابع هدف می‌باشد، به‌صورت روابط (۱۲) تا (۱۴) اجرا می‌گردد:

$$\text{Max} \quad Z = \sum_{j=1}^{n}\left(P_j.Y_j.X_j - a_j.X_j - \frac{1}{2}b_jX_j^2\right) \quad (12)$$

S.t:

$$\sum_{j=1}^{n} a_{ij}X_j \leq b_i \qquad [\lambda] \quad (13)$$

$$X_j \geq 0 \quad (14)$$

که a_j پارامترهای جزء خطی تابع هزینه محصول jام و b_j پارامترهای جزء درجه دوم تابع هزینه محصول jام می‌باشند. حال مدل غیرخطی کالیبره‌شده به‌طور صحیحی سطح زیرکشت موجود و ارزش سایه‌ای منابع را باز تولید می‌نماید و برای شبیه‌سازی و بررسی واکنش کشاورزان به اجرای سیاست‌های گوناگون نظیر سیاست قیمت‌گذاری منابع آبی و استخراج تابع تقاضای نهاده آب مناسب می‌باشد (کرامت‌زاده، ۱۳۹۰).

در این مطالعه برای مدل‌سازی تابع تقاضای آب هر منطقه و سناریوهای مختلف بازار آب از مدل برنامه‌ریزی ریاضی اثباتی که برای کالیبره‌کردن مدل‌های توابع تولید و هزینه غیرخطی ارایه شده، استفاده می‌شود که با استفاده از الگوی کشت موجود تدوین گردیده و محدودیت‌های یاد شده را در بر می‌گیرد. مدل PMP در این مطالعه برای کالیبره‌کردن تابع هزینه و با فرض این‌که نرخ جایگزینی بین محصولات مشابه (واقع در یک گروه) از نرخ جایگزینی بین محصولات گروههای گوناگون بیش‌تر است، استفاده شد. تابع هدف خطی در مرحله نخست با هدف بیشینه‌سازی سود دارای فرم استاندارد (۱۵) می‌باشد.

$$Max\ \pi = \sum_j\left[(P_jY_jX_j) - C_jX_j\right] \quad (15)$$

که در رابطه (۱۵)؛ X_j، بردار فعالیت‌ها؛ C_j، کل هزینه‌های متغیر فعالیت jام (ریال در هکتار)؛ P_j، قیمت محصول j ام؛ و Y_j، عملکرد محصول j ام می‌باشد. در مدل LP تابع هدف بالا (رابطه ۱۵) با توجه به محدودیت‌های زیر بیشینه می‌شود:

الف) محدودیت زمین زراعی مناطق؛ بیانگر آن است که کل اراضی تخصیص‌یافته بین فعالیت‌ها نمی‌تواند بیش از کل اراضی موجود واحد باشد. این محدودیت به‌صورت سالیانه وارد شده و به صورت رابطه (۱۶) است:

$$\sum_{j=1}^{n} X_j \leq X_{Total} \qquad (۱۶)$$

که در رابطه (۱۶)؛ X_j، سطح زیرکشت محصول j (برحسب هکتار)؛ X_{Total}، کل اراضی موجود در مزرعه نماینده (برحسب هکتار) می‌باشد.

ب) محدودیت آب مناطق؛ با توجه به ارزش آب در کشاورزی و محدودیت این منبع مهم و حیاتی و وجود خشکسالی‌های متناوب و نیز با توجه به اهمیت زمان در مورد این منبع، لازم است تا تخصیص این منبع به‌صورت بهینه انجام گیرد. در نتیجه، برای تخصیص بهینه آب اثر محدودیت سالیانه تأمین آب نیز در این مطالعه به‌صورت (۱۷) وارد شده است:

$$\sum_{j=1}^{n} W_j \leq q_{Total} \qquad (۱۷)$$

که در رابطه (۱۷)؛ q_{Total}، حداکثر امکانات آبی در هر سال (بر حسب مترمکعب)؛ و W_j، مقدار آب آبیاری مورد نیاز گیاه jام در هر سال (بر حسب مترمکعب در هکتار) می‌باشد.

ج) محدودیت نیروی‌کار مناطق؛ محدودیت دیگر مورد استفاده محدودیت نیروی‌کار می‌باشد و بیانگر آن است که مجموع نیاز فعالیت‌ها به نیروی‌کار در هر سال نمی‌تواند از امکانات نیروی انسانی موجود مزرعه بیش‌تر باشد.

$$\sum_{j=1}^{n} l_j \leq L_{Total} \qquad (۱۸)$$

که در رابطه (۱۸)؛ L_{Total}، حداکثر امکانات نیروی انسانی موجود مزرعه در هر سال (برحسب نفر-روز) و l_j، مقدار کارگر مورد نیاز فعالیت jام در هر سال (برحسب نفر-روز در هکتار) می‌باشد.

د) محدودیت کودها و سموم شیمیایی مناطق؛ محدودیت استفاده از نهاده کودهای و سموم شیمیایی بیانگر آن است که مجموع نیاز فعالیت‌ها به این نهاده‌ها در هر سال نمی‌تواند از امکانات نهاده‌ی کودهای و سموم شیمیایی موجود مزرعه بیش‌تر باشد.

$$\sum_{c} CH_j \leq CH_{Total} \qquad (۱۹)$$

که در رابطه (۱۹)؛ CH_{Total}، بیانگر کل موجودی نهاده کودها و سموم شیمیایی در مزرعه و CH_j، مقدار نهاده کودها و سموم شیمیایی مورد نیاز در یک سال زراعی (برحسب کیلوگرم در هکتار) می‌باشد.

ه) محدودیت ماشین‌آلات مناطق؛ در نهایت محدودیت ماشین‌آلات بیانگر آن است که مجموع نیاز فعالیت‌ها به نهاده ماشین‌آلات در هر سال از امکانات نهاده ماشین‌آلات موجود در مزرعه نمی‌تواند بیش‌تر باشد.

$$\sum_c M_j \leq M_{Total} \qquad (۲۰)$$

که در رابطه (۲۰)؛ M_j : مقدار نهاده ماشین‌آلات مورد نیاز در یک سال زراعی (برحسب کیلوگرم در هکتار) و M_{Total}، بیانگر کل موجودی نهاده ماشین‌آلات در مزرعه می‌باشد.

و) محدودیت کالیبراسیون محصولات؛ با اضافه کردن محدودیت‌های کالیبراسیون (که سطح فعالیت‌ها را به سطوح مشاهده شده در دوره پایه مقید می‌کند) به مجموعه محدودیت‌های منابع یک الگوی برنامه‌ریزی خطی معمول، مقادیر دوگان مربوط به محدودیت‌های یاد شده که بیانگر قیمت سایه‌ای محصولات تولیدشده می‌باشد، محاسبه می‌شود.

$$A_j \leq (1 + \epsilon_1) CA_j \qquad (۲۱)$$

محدودیت کالیبراسیون فقط در مرحله اول فرایند PMP بمنظور بدست‌آوردن قیمت‌های سایه‌ای و کاربرد آن‌ها جهت تخمین پارامترهای تابع تولید یا هزینه مورد نظر به محدودیت‌های الگو اضافه شده و در مراحل بعدی حذف می‌شود.

در این مطالعه متغیرهای مورد استفاده شامل متغیر وابسته و متغیرهای توضیحی می‌باشد. متغیر وابسته در این تحقیق مقدار تولید محصول منتخب زراعی شامل برنج دانه‌بلند مرغوب و برنج دانه‌بلند پرمحصول می‌باشد و متغیرهای توضیحی برای هر دو محصول شامل ماشین‌آلات، نیروی کار، کود، سم، بذر و آب می‌باشد. لازم به‌ذکر است که در برآورد تابع تولید، سطح زیرکشت به‌عنوان یک متغیر مسلط از مدل حذف شده است. روش نمونه‌گیری از نوع نمونه‌گیری تصادفی ساده بوده و جامعه هدف این پژوهش برای تعیین ارزش اقتصادی آب‌های زیرزمینی در دشت بهشهر شامل تمام کشاورزانی است که در ۱۷ روستای بخش مرکزی بهشهر و توابع رستم کلا به کشت برنج مشغول می‌باشند و تنها از آب استحصال شده از چاه‌ها برای آبیاری محصول خود استفاده می‌کنند. گفتنی است که تعدادی از روستا به‌دلیل عدم هماهنگی با جامعه هدف از نمونه‌گیری کنار گذاشته شدند. در این راستا، روستاهای یکه‌توت، یعقوب‌لنگه و نمک‌چال در دهستان میانکاله‌ی بخش مرکزی بهشهر به دلیل داشتن آب‌بندان و استفاده از آب سطحی جهت آبیاری شالیزارها، از جامعه حذف شدند. هم‌چنین، روستای قره‌تپه در همین دهستان به دلیل عدم کشت شالی کنار گذاشته شد. تعداد نمونه‌های لازم در این بخش‌ها با به‌کارگیری پیش‌پرسشنامه و استفاده از فرمول کوکران[1] که در رابطه (۲۲) آمده است، تعیین می‌شود:

[1]- Cochran

$$n = \frac{NZ^2 p(1-p)}{d^2(N-1)+Z^2 p(1-p)} \quad (۲۲)$$

که در آن n حجم نمونه، N حجم جامعه، Z درصد خطای معیار ضریب اطمینان قابل قبول (مقدار Z معمولاً ۱/۹۶ در نظر گرفته می‌شود)، p نسبتی از جمعیت فاقد صفت معین (معمولاً p را ۰/۵ در نظر می‌گیرند) و d دقت احتمالی مطلوب است (d می‌تواند ۰/۰۱ یا ۰/۰۶ باشد). با توجه به این که تعداد کل شالیکارانی که در دشت بهشهر که آب زیرزمینی برای آبیاری محصول خود استفاده می‌کنند ۱۲۳۰ نفر است (حجم جامعه)، با جایگذاری اعداد تعیین شده در رابطه (۱۰) حجم نمونه بدست آمده است.

$$n = \frac{NZ^2 p(1-p)}{d^2(N-1)+Z^2 p(1-p)} = \frac{۱۲۳۰ \times ۱.۹۶^2 \times ۰.۵(1-۰.۵)}{۰.۰۶^2(۱۲۳۰-1)+۱.۹۶^2 \times ۰.۵(1-۰.۵)} = ۲۱۹$$

آمار و داده‌های مورد نیاز در این تحقیق به‌صورت مقطع زمانی در سال زراعی ۹۴-۱۳۹۳ برای هر دو دو رقم برنج، شامل دانه‌بلند مرغوب و دانه‌بلند پر محصول گردآوری شده است و قلمرو مکانی این پژوهش دشت بهشهر، واقع در شرق استان مازندران است، و جامعه آماری شامل کشاورزانی هستند که اراضی آن‌ها در دشت بهشهر قرار گرفته و در سال زراعی ۹۴-۹۳ به کشت برنج پرداختند.

نتایج و بحث

برای تعیین قیمت آب برای دو محصول برنج مرغوب و برنج پرمحصول با استفاده از رهیافت برنامه‌ریزی اثباتی کشاورزان مورد مطالعه با توجه به سطح آب در دسترس به چهار گروه تقسیم شدند. به‌گونه‌ای که گروه نخست بیش‌ترین آب در دسترس، و گروه چهارم کمترین میزان آب را دارا می‌باشند. همچنین، تمامی کشاورزان مورد مطالعه در یک گروه واحد نیز مورد مطالعه قرار گرفتند. در جدول ۱ سطح زیرکشت، عملکرد، آب مصرفی در هر هکتار و بازده ناخالص هر هکتار برنج مرغوب و برنج پرمحصول برای چهار گروه مورد بررسی و همچنین برای تجمیع گروهها آورده شده است.

در جدول ۲ قیمت سایه‌ای آب در گروه‌های مختلف و قیمت سایه‌ای کل با سناریوهای کاهش ۵ تا ۴۰ درصدی مقدار آب محاسبه شد. همان‌گونه که مشاهده می‌شود قیمت آب در سناریو ۵ درصد کاهش آب در گروه نخست، که بیش‌ترین آب در دسترس را دارا می‌باشد (۲۱۵۰ ریال) نسبت به گروه چهارم با کم‌ترین نهاده آب در دسترس (۴۹۷۰ ریال)، ۲۸۲۰ ریال کم‌تر است که این کاهش قیمت مطابق با واقعیت نیز می‌باشد.

در محاسبات، مقدار آب شرایط اولیه به اندازه‌ای در نظر گرفته شده است که بتوان شرط کالیبراسیون (یعنی سطح اولیه تولید دو محصول) را تأمین کرد. برای سایر نهاده‌ها با توجه به مقدار استفاده از هر کدام در گروه مورد نظر، مقداری بالاتر در نظر گرفته شد تا در تقابل با محدودیت آب قرار نگیرند، چرا که دیگر نهاده‌ها همانند آب محدودیت استراتژیک ندارند. همان‌گونه که در جدول ۲ قابل مشاهده است، قیمت سایه‌ای آب در شرایط عدم محدودیت مقدار آب صفر است. حال در صورتی‌که بخواهیم قیمت آب در شرایط اولیه مقدار آب محاسبه شود با توجه به نمودارهای تابع تقاضای آب برآورد شده در نمودار ۱ می‌توان قیمت را بدست آورد.

در نمودار ۱ تابع تقاضای معیاری آب برای گروه‌های نخست تا چهارم قابل مشاهده است. همان گونه که مشاهده می‌شود، کم‌ترین شیب تابع تقاضای آب در گروه اول و بیشترین شیب تابع تقاضا مربوط به گروه چهارم است. همچنین، قیمت آب با توجه به معادلات نمودارها به‌ترتیب در گروه نخست تا چهارم ۱۸۱۰، ۴۳۷۰، ۴۷۷۰ و ۴۳۷۰ ریال می‌باشد، که به‌طور میانگین میانگین قیمت آب محاسبه شده ۳۸۳۰ ریال می‌شود. از مقایسه این مبلغ با مبلغ محاسبه‌شده برای مجموع گروهها (۳۷۳۰ ریال) مشاهده می‌شود که میانگین بدست آمده از چهار گروه مورد بررسی تفاوت چندانی با قیمت بدست آمده از تجمیع شده گروهها ندارد.

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

همان‌گونه که بیان شد، در این مطالعه از روش غیرپارامتری (برنامه‌ریزی ریاضی اثباتی) برای تعیین ارزش اقتصادی آب برای تولید دو رقم برنج دانه‌بلند مرغوب و دانه‌بلند پرمحصول استفاده شده است، در تعیین قیمت سایه‌ای آب برای دو محصول برنج مرغوب و برنج پرمحصول در روش PMP، کشاورزان مورد مطالعه با توجه به سطح آب در دسترس به چهار گروه تقسیم شد. به‌گونه‌ای که گروه نخست بیش‌ترین آب در دسترس و گروه چهارم کم‌ترین میزان آب را دارا می‌باشند. همان‌گونه که از نتایج برداشت می‌شود، با وجود بالاتر بودن عملکرد برنج پرمحصول نسبت به برنج مرغوب در گروههای نخست، دوم و در مجموع گروهها بازده ناخالص برنج مرغوب بالاتر است. هم‌چنین، سطح زیرکشت برنج مرغوب در تمامی گروهها به جز گروه نخست بالاتر از برنج پرمحصول است. علت این مسئله را می‌توان در بالاتر بودن مقدار آب مصرفی برنج پرمحصول جستجو کرد هرچند قیمت بالاتر برنج مرغوب نیز می‌تواند از علت‌های دیگر این امر باشد. گفتنی است بالا بودن مقدار مصرف آب در برنج پرمحصول نسبت به برنج مرغوب مربوط به طولانی‌تر بودن دوره کاشت تا برداشت این محصول می‌باشد.

قیمت سایه‌ای آب در گروههای گوناگون و قیمت سایه‌ای کل با سناریوهای کاهش ۵ تا ۴۰ درصدی مقدار آب محاسبه شد. همان‌گونه که نتایج نشان می‌دهند با کاهش مقدار آب، شکاف بین عرضه و تقاضا افزایش یافته و بنابراین، قیمت آب افزایش می‌یابد. مسئله دیگری که از نتایج قابل مشاهده است، افزایش قیمت آب (در هر سناریو مقدار آب در دسترس) به‌ترتیب از گروه نخست به سمت گروه چهارم می‌باشد. به‌گونه‌ای که قیمت آب در سناریو ۵ درصد کاهش آب در گروه نخست که بیش‌ترین آب در دسترس را دارا می‌باشد (۲۱۵۰ ریال)، نسبت به گروه چهارم با کم‌ترین نهاده آب در دسترس (۴۹۷۰ ریال)، ۲۸۲۰ ریال کم‌تر است. این افزایش قیمت مطابق با واقعیت نیز می‌باشد زیرا چنان‌چه مقدار آب در دسترس برای یک منطقه نسبت به منطقه مشابه دیگر کم‌تر باشد، کشاورزان آن منطقه باید قیمت بالاتری را برای استفاده از هر واحد آب پرداخت کنند. برای مثال، در دشت بهشهر با کاهش سطح آب در آبخوان منطقه، هزینه پمپاژ آن افزایش می‌یابد، لذا کشاورزان بهره‌بردار باید برای هر مترمکعب آب هزینه بیش‌تری را صرف کنند. باتوجه به توابع تقاضای استخراج شده برای چهار گروه، می‌توان نتیجه گرفت که گروه چهارم نسبت به کمبود آب حساسیت بالاتری دارند، چرا که یک واحد کاهش در مقدار آب، قیمت این نهاده را به مقدار بیش‌تری افزایش خواهد داد. هم‌چنین، قیمت آب به‌ترتیب در گروه نخست (بیش‌ترین آب در دسترس) تا چهارم (کم‌ترین مقدار آب در دسترس) برابر با ۱۸۱۰، ۴۳۷۰، ۴۷۷۰ و ۴۳۷۰ ریال می‌باشد، که به‌طور متوسط میانگین قیمت آب ۳۸۳۰ ریال محاسبه شده است. نتایج روش ناپارامتری تعیین ارزش اقتصادی آب (روش PMP) حاکی از ان است که ارزش آب در این روش برابر با ۳۸۳۰ ریال می‌باشد که این مقدار با نتایج کرامت‌زاده و همکاران (۱۳۹۰) که ارزش آب سطحی را در سناریوهای نرمال و خشکسالی معادل ۴۱۶ و ۵۷۱ ریال بدست آوردند مطابقت نداشته، ولی با نتایج بدست آمده از مطالعه رهنما و همکاران (۱۳۹۱) که در سناریوی کاهش در منابع آب زیرزمینی، ارزش اقتصادی آب به‌ترتیب ۱۱۰۰، ۱۳۴۰ و ۳۱۲۰ ریال برای بهره‌برداران گروه ۱و در بهره‌برداران گروه ۲ ارزش اقتصادی آب به‌ترتیب برابر ۱۰۰، ۱۲۶۰ و ۴۷۳۰ ریال بدست آمده است، مطابقت دارد.

با توجه به نتایج این تحقیق پیشنهاد می‌شود با توجه به این‌که مهم‌ترین هدف در راستای توسعه اقتصادی بخش کشاورزی استفاده بهینه و صرفه‌جویی در مصرف آب است و این امر تنها با درنظر گرفتن نهاده آب به‌عنوان یک کالای اقتصادی و دریافت هزینه اجتماعی محقق می‌شود. بنابراین، قیمت‌گذاری و دریافت آب‌بها در سطح معادل با ارزش اقتصادی ضروری می‌باشد. اصلاح تدریجی آب‌بهای دریافتی از تولیدکنندگان منطقه در طول زمان به تخصیص بهتر این نهاده در

بخش‌های گوناگون و استفاده اقتصادی‌تر آن کمک نموده و موجب افزایش بهره‌وری آب در تولید محصولات کشاورزی در منطقه می‌شود.

Refrences

- Amirnejad, H., Asadpour Kurdi, M., & Babaie, F. (2015). Determining economic value of water using linear programming model: Case study of Sari rice. Second National Conference on Agriculture and Sustainable Natural Resources. Arvand Mehr institute of higher education.
- Arfini, F., Donati, M., & Paris, Q. (2003). A national PMP model for policy evaluation in agriculture using micro data and administrative information. Paper presented at the International Conference Agricultural policy reform and the WTO: Where are we heading? Cari, Italy.
- Asadi, H., Soltani, Gh., & Torkamani, J. (2008). Irrigation water pricing in Iran a case study on land downstream of Taleghan dam. Agricultural Economics and Development Journal, 15(58): pp.61-89.
- Bakhshi, A., Daneshvar Kakhki, M., & Moghaddsi, R. (2011). An application of positive mathematical programming model to analyze the effects of alternative policies to water pricing in Mashhad plain. Agricultural Economics and Development Journal, 25(3): pp. 284-294.
- Company of Water resources management of the country. 2014.
- Domenico, P., Anderson, D.V., & Case, C. (1968). Optimal groundwater mining. Water Resource Research. 4(2): pp. 247-255.
- Fathi, F., and Zibaee, M. 2011. Loss of social welfare due to over exploitation of groundwater in Firozabad plain. Journal of Economics and Agricultural Development, 25(1): pp. 10-19.
- Fengjiao, M.B., Hui Gaoa, A., Egrinya, E., Zhanzhong, J., Lipu Hana., & Jintong L. (2016). An economic valuation of groundwater management for Agriculture in Luancheng County, North China. Agricultural Water Management. 163(1): pp. 28–36.
- Frija, A., & Chebil, A. (2013). Marginal value of irrigation water in wheat production systems of central Tunisia. 4th international conference of the African association of agricultural economists. Hammamet, Tunisia.
- Gayarti, A., & Barbier, E. (2000). Valuating groundwater recharge through agricultural production in the Hadejia-Nguru West land in northern Nigeria. Agricultural Economics. (22): pp. 247-259.
- Gharaghani, F., Boostani, F., & Soltani, G. (2009). Assessing the impact of reducing irrigation water and increasing its price on cropping

pattern by positive mathematical programming model: A case study of Eghlid in Fars province. Journal of Agricultural Economics Research. 1(1): pp. 57-74.
- Howitt, R. E. (1995). Positive Mathematical Programming. American Journal of Agricultural Economics, 77: pp. 329-342.
- Keramatzadeh, A., Chizari, A., & Sharzehi Gh. (2011). The role of water market in determining the economic value of irrigation water through positive mathematical programming (PMP). Iranian Journal of Agricultural Economics and Development. 42-2(1): pp. 29-44.
- Keramatzadeh, A., Chizari, A., & Mirzaei, A. (2006). Determining the economic value of irrigation water through: Optimal cropping pattern for integrated farm and horticulture. Journal of Economics and Agricultural Development. 14(54): pp. 35-60.
- Lindgren, A. (1999). The value of water: a study of the Stampriet Aquifer in Namibia. Master Thesis, Umea University, Department of Economics.
- Medellín-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(23): pp. 5639-5648.
- Moenoddini, Z. (2011). Investigating the reaction of farmers to price policies and quotation of irrigation water in Kerman province Master of Science thesis, Agricultural Economics field. Department of agricultural economics, Faculty of agriculture, Zabol University.
- Moenoddini, Z., Salarpour, M., & Mohammadi, H. (2015). The implication of increasing the irrigation surface water price and decreasing the amount of available irrigation surface water in the farms of Kerman province using corrected positive mathematical programming. Journal of Economics and Agricultural Development, 23(89): pp. 21-46.
- Mohsenpour, R. (2000). Investigating the drought effects in the field level: Case study of Marvdasht area. Master of Science thesis, Shiraz University.
- Parhizkari, A., Sabuhi, M., & Ziaee, S. (2013). Simulation water market and analysis of the effects irrigation water sharing policy on cropping patterns under conditions of water shortage. Journal of Economics and Agricultural Development, 27(3): pp. 1-12.

- Paris, Q., & Howitt, R.E. (1998). An analysis of ill-posed production problems using Maximum Entropy. American Journal of Agricultural Economics, 80(1): pp. 124-138.
- Rahnama, A., Kohansal, M., & Dourandish, A. (2013). Estimating the economic value of water using positive mathematical programming in Quchan city. Journal of Agricultural Economics. 6(4): pp. 133-150.
- Riesgo, L., & Gomez-Limon, J.A. (2006). Multi-Criteria policy scenario analysis for public regulation of irrigated agriculture. Journal of Agricultural Systems, 91: pp. 1-28.
- Stock Company of MazandaranRregional Water. (2013).
- Ziolkowska, J.J. (2015). Evaluating the shadow price of water for irrigation: a case of the high plains. Agricultural and applied economics association 2014 annual meeting, Minneapolis, Minnesota.

پیوست‌ها

جدول ۱- عملکرد، سطح زیرکشت، آب مصرفی و بازده ناخالص برنج دانه‌بلند مرغوب و پرمحصول.

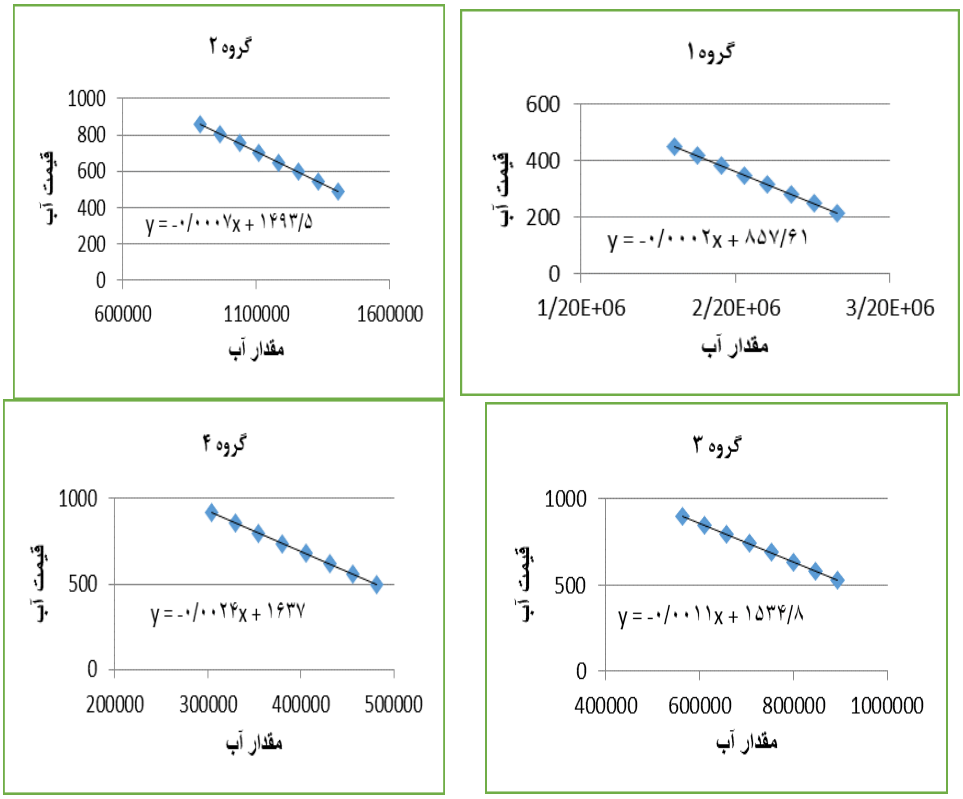
	نام محصول	سطح زیرکشت (هتکار)	عملکرد (کیلوگرم)	آب مصرفی (متر مکعب در هکتار)	بازده ناخالص (هزار ریال در هکتار)
گروه یک	برنج مرغوب	۹۴/۶	۳۵۵۹/۸۵	۹۰۸۴/۱۱	۵۷۰۲۹/۰۲
	برنج پرمحصول	۱۴۹/۵	۶۰۱۹/۵۱	۱۴۳۹۰/۲۸	۵۶۱۷۵/۸۰
گروه دو	برنج مرغوب	۱۵۲	۴۲۸۵	۷۹۱۷/۰۶	۷۸۰۳۸/۹۱
	برنج پرمحصول	۲۷/۵	۶۵۰۵/۸۸	۱۰۰۹۹/۸۹	۶۸۸۶۷/۸۹
گروه سه	برنج مرغوب	۱۱۳/۵	۴۱۸۵/۵۸	۷۷۹۰/۰۶۷	۷۱۷۴۲/۲۰
	برنج پرمحصول	۶/۸	۶۶۸۵/۷۱	۸۴۰۸/۵۷	۷۸۸۹۱/۳۹
گروه چهار	برنج مرغوب	۵۰	۴۰۶۰/۴۵	۶۸۸۹/۴۹	۶۴۷۳۴/۵۳
	برنج پرمحصول	۲۳	۶۶۴۹/۴۱	۷۰۶۸/۷۶۶	۷۱۵۳۳/۹۰
کل	برنج مرغوب	۴۱۰/۱	۴۰۷۰/۰۷	۷۸۶۷/۲۶	۶۸۸۸۶/۷۰
	برنج پرمحصول	۲۰۶/۸	۶۳۰۷/۸۱	۱۰۴۱۲/۵۲	۶۵۳۲۵/۱۰

منبع: یافته‌های پژوهش

جدول ۲- قیمت سایه‌ای آب تحت سناریوهای گوناگون مقدار آب دردسترس.

درصد تغییرات مقدار آب	گروه ۱		گروه ۲		گروه ۳		گروه ۴		تجمیع گروهها	
	مقدار آب در دسترس (هزار مترمکعب)	قیمت سایه‌ای (ده ریال)	مقدار آب در دسترس (هزار مترمکعب)	قیمت سایه‌ای (ده ریال)	مقدار آب در دسترس (هزار مترمکعب)	قیمت سایه‌ای (ده ریال)	مقدار آب در دسترس (هزار مترمکعب)	قیمت سایه‌ای (ده ریال)	مقدار آب در دسترس (میلیون مترمکعب)	قیمت سایه‌ای (ده ریال)
۰	۳۰۱۰	۰	۱۴۸۰	۰	۹۴۱	۰	۵۰۷	۰	۵۳۸۰	۰
۵	۲۸۶۰	۲۱۵	۱۴۱۰	۴۹۰	۸۹۴	۵۳۰	۴۸۲	۴۹۷	۵۱۱۰	۴۲۰
۱۰	۲۷۱۰	۲۴۹	۱۳۳۰	۵۴۳	۸۴۷	۵۸۲	۴۵۶	۵۵۷	۴۸۴۰	۴۶۷
۱۵	۲۵۶۰	۲۸۳	۱۲۶۰	۵۹۶	۸۰۰	۶۳۵	۴۳۱	۶۱۷	۴۵۷۰	۵۱۴
۲۰	۲۴۱۰	۳۱۶	۱۱۸۰	۶۴۹	۷۵۳	۶۸۸	۴۰۶	۶۷۷	۴۳۰۰	۵۶۱
۲۵	۲۲۶۰	۳۵۰	۱۱۱۰	۷۰۱	۷۰۶	۷۴۱	۳۸۰	۷۳۷	۴۰۳۰	۶۰۸
۳۰	۲۱۱۰	۳۸۴	۱۰۴۰	۷۵۴	۶۵۹	۷۹۴	۳۵۵	۷۹۷	۳۷۷۰	۶۵۵
۳۵	۱۹۶۰	۴۱۸	۹۶۳	۸۰۷	۶۱۲	۸۴۷	۳۳۰	۸۵۷	۳۵۰۰	۷۰۲
۴۰	۱۸۱۰	۴۵۲	۸۸۹	۸۶۰	۵۶۵	۹۰۰	۳۰۴	۹۱۷	۳۲۳۰	۷۴۹

منبع: یافته‌های پژوهش



نمودار ۱- تابع تقاضای آب در گروههای نخست تا چهارم.