نشریه اقتصاد و توسعه کشاورزی
جلد 29، شماره 3، پاییز 1394، ص. 333-319

Journal of Agricultural Economics and Development
Vol. 29, No. 3, Fall 2015, p. 319-333

ارزیابی خسارت‌های اقتصادی انتقال آب بین حوضه‌ای بر الگوی کشت و وضعیت درآمدی کشاورزان در حوضه مبدأ (مطالعه موردی: انتقال آب الموت‌رود به دشت قزوین)

ابوذر پرهیزکاری[1*]- حسین تقی‌زاده رنجبری[2]- محسن شوکت فدایی[3]- ابوالفضل محمودی[4]

تاریخ دریافت:1394/6/9
تاریخ پذیرش:1394/8/19

چکیده

طرح انتقال آب از سرشاخه‌های الموت‌رود که به منظور تأمین منابع آب کشاورزی دشت قزوین (حوضه مقصد) در مرحله برنامه‌ریزی و اجرا است، می‌تواند پیامدهای اقتصادی متعددی را در منطقه الموت (حوضه مبدأ) به دنبال داشته باشد. به همین منظور، در این تحقیق اثرات انتقال آب بین حوضه‌ای فوق بر کاربری اراضی (الگوی کشت)، وضعیت درآمدی کشاورزان (سود ناخالص حاصل از الگوی کشت) و ارزش اقتصادی آب در حوضه مبدأ تحلیل و ارزیابی شد. برای تحقق این هدف، از یک سیستم مدل‌سازی مشتمل بر مدل برنامه‌ریزی ریاضی مثبت (PMP) و رهیافت تابع تولید با کشش جانشینی ثابت (CES) استفاده شد. داده‌های موردنیاز مربوط به سال زراعی 93-1392 است که از طریق مراجعه به ادارات ذیربط در استان قزوین جمع‌آوری شدند. نتایج نشان داد که انتقال بین حوضه‌ای آب از سرشاخه‌های الموت‌رود به دشت قزوین با ایجاد محدودیت 10 تا 40 درصد در عرضه آب آبیاری منجر به کاهش 1/71 تا 5/52 و 2/17 تا 6/32 درصد الگوی کشت، کاهش 2/58 تا 8/21 و 3/18 تا 9/82 درصد سود ناخالص کشاورزان و افزایش 3/23 تا 31/1 و 4/09 تا 14/0درصد ارزش اقتصادی آب آبیاری در مناطق الموت شرقی و غربی می‌شود. در پایان با توجه به نتایج به دست آمده، اجرای طرح انتقال بین حوضه‌ای آب از سرشاخه‌های الموت‌رود به دشت قزوین با در نظرگرفتن ملاحظات اقتصادی در حوضه مبدأ توصیه شد.

واژه‌های کلیدی: انتقال آب بین حوضه‌ای، اثرات اقتصادی، الگوی کشت، بازده ناخالص کشاورزان، سرشاخه‌های الموت‌رود

مقدمه

قرارگرفتن ایران در منطقه نیمه‌خشک و توزیع نامتناسب منابع آب، نزولات جوی و خاک در سطح کشور در کنار عواملی چون تغییرات اقلیم، خشکسالی، حفظ محیط‌زیست، وضعیت خاص اکولوژیکی، حفظ الگوی فعلی پراکنش جمعیت، صنعت و کشاورزی و ایجاد تعادل منطقه‌ای متناسب با نیازهای توسعه اجرای طرح‌های انتقال آب بین حوضه‌ای را به عنوان یک راهبرد اساسی موجب شده است. توجه به توزیع متوازن و مدیریت بهینه منابع آب از سوی دیگر، اهمیت اجرایی شدن طرح‌های انتقال بین حوضه‌ای آب را دوچندان نموده است (7 و19).

انتقال بین حوضه‌ای آب در واقع عبارت از انتقال فیزیکی آب از یک حوضه به حوضه دیگر است. این انتقال علی‌رغم رفع کمبودها در مناطق مقصد، می‌تواند منشأ تغییرات بسیاری در الگوی کشت، سود ناخالص کشاورزان، محیط‌زیست طبیعی، مهاجرت، توقف تولید در صنایع کوچک وابسته به کشاورزی و غیره در حوضه‌های مبدأ باشد که بررسی این مهم قبل از اجرایی شدن طرح‌های انتقال آب ضروری و حائز اهمیت است (6). به طور کلی، هدف از مدیریت انتقال آب بین حوضه‌ای، تفکر بهره‌برداری بهینه از منابع آبی بین دو حوضه مبدأ و مقصد است به نحوی که حداقل چالش‌ها در حوضه مبدأ ایجاد گردد. این امر می‌بایست به طریق مدیریت فرابخشی و لحاظ نمودن عوامل فنی- اقتصادی در گام نخست و در نظرگرفتن عوامل زیست‌محیطی با تأکید بر ملاحظات اجتماعی- سیاسی در گام بعدی صورت گیرد. اگرچه که قدمت انتقال بین حوضه‌ای آب به هزاران سال پیش برمی‌گردد، ولی ضرورت طرح این موضوع از 200 سال پیش تاکنون بیشتر احساس شده است (2 و 26). اجرای کارگاه‌ها، سمینارها، همایش‌ها و کنفرانس‌های بین‌المللی با هدف بررسی و شناسایی مسائل انتقال آب بین حوضه‌ای همچون همایش بین حوضه‌ای در ایالات نوادا در آمریکا در سال 1992 و برگزاری کارگاه انتقال آب بین

1- دانشجوی دکتری اقتصاد کشاورزی دانشگاه پیام نور و عضو بنیاد ملی نخبگان کشور
(*- نویسنده مسئول: Email: Abozar.parhizkari@yahoo.com)
2، 3 و 4- به ترتیب دانشجوی دکتری، دانشیار و استادیار گروه اقتصاد کشاورزی، دانشگاه پیام نور

حوضه‌ای توسط گروه برنامه‌ریزی منابع آب یونسکو در سال 1999 در پاریس تأکیدی بر اهمیت و ضروریت این موضوع است (26).

اوج طراحی و اجرای پروژه‌های عظیم انتقال آب در گشورهای صنعتی و پیشرفته به دهه‌های 1960 و 1970 باز می‌گردد و به گفته وایت این موضوع نقطه عطفی در مدیریت منابع آب جهان بوده است (31). انتقال آب بین حوضه‌ای در برخی از کشورها از جمله در ایالات متحده آمریکا، شوروی سابق و چین یکی از راه‌های معمول برای افزایش منابع آب دردسترس کشاورزان در حوضه‌های خشک بوده است. طرح انتقال آب از حوضه آبریز دلاور[1] به نیویورک، طرح انتقال آب از حوضه آبریز کلرادو[2] به شهر دنور[3]، طرح انتقال آب آمودریا[4] به شبکه آبیاری ترکمنستان در شوروی سابق، طرح‌های انتقال آب از بخش‌های غربی، شرقی و جنوبی حوضه پکن[5] به مرکز این حوضه با ظرفیت‌های بالای 20 میلیارد مترمکعب در چین، طرح انتقال آب از کشور لسوتو[6] به آفریقای جنوبی و طرح انتقال آب رودخانه تان[7] به توکیو[8] در کشور ژاپن از جمله مهم‌ترین طرح‌های انتقال آب بین حوضه‌ای در مسافت‌های طولانی می‌باشند (2).

در ایران نیز از دیرباز عملیات انتقال آب از مناطق پربارندگی به نواحی کم‌آب از طریق احداث سدها، بندها، کانال‌ها، انهار و قنوات انجام می‌شده است، اما به طور کلی سابقه انتقال آب از یک حوضه به حوضه دیگر در کشور به عهد باستان و زمان داریوش هخامنشی برمی‌گردد. لیکن با پیشرفت تکنولوژی، انتقال آب در مسافت‌های طولانی و نواحی پرفراز و نشیب کشور از دهه 1320 به بعد توسط کانال‌ها، تونل‌ها و خطوط لوله‌گذاری بیشتر مورد توجه قرار گرفته است و امروزه نیز طرح‌های بسیاری در این راستا اجرا شده و در حال احداث می‌باشند (7). از جمله مهم‌ترین این طرح‌ها می‌توان به طرح انتقال بین حوضه‌ای آب از بهشت‌آباد به زاینده رود، طرح‌های انتقال آب بین حوضه‌ای کارون شامل تونل‌های انتقال یک و دو کوهرنگ، طرح انتقال آب کارون به دشت رفسنجان، طرح انتقال آب سد طالقان به دشت قزوین، طرح انتقال آب از سرشاخه‌های دز به حوزه مرکزی، طرح انتقال آب از رودخانه سیروان به نواحی غربی استان کردستان و غیره اشاره کرد (29).

منطقه الموت حوضه مبدأ و محدوده مطالعاتی در این تحقیق است که با طول جغرافیائی 12 درجه و 50 دقیقه و عرض جغرافیائی 32 درجه و 36 دقیقه در بخش شمال شرقی استان قزوین واقع شده و رودخانه شاهرود مهم‌ترین منبع آب کشاورزی در آن به شمار می‌رود. این رودخانه از سرشاخه‌های الموت‌رود و طالقان‌رود تشکیل شده است که با طول 990 کیلومتر در محدوده استان قزوین (در منطقه الموت) جریان دارد و با آورد سالانه 873 میلیون مترمکعب از بخش شمال غربی این استان خارج می‌شود (21 و 22). منطقه الموت شامل دو بخش الموت شرقی و غربی می‌باشد که مجموعاً با 104 روستا و بالغ بر 4900 بهره‌بردار کشاورزی در حدود 16 درصد از تولیدات زراعی (برنج، گندم آبی، جو آبی، لوبیا، خلر و ماشک، گوجه‌فرنگی، سیب‌زمینی و صیفی‌جات) استان قزوین را به خود اختصاص داده است (5، 19). منطقه الموت با در برداشتن حوضه آبخیز شاهرود و سرشاخه‌های پرآب الموت‌رود علاوه بر فعالیت‌های کشاورزی (زراعت، باغداری، دامداری، آبزی‌پروری، زنبورداری و غیره) به علت موقعیت منحصر به فرد رودخانه شاهرود و دره الموت دارای طبیعتی بکر و زیبا بوده و با توجه به قرار گرفتن قلعه‌های تاریخی حسن صباح و لمبسر و دریاچه اوان در آن، دارای صنعت گردشگری نیز می‌باشد. به طور کلی، فعالیت‌های کشاورزی و صنعت گردشگری در این منطقه وابسته به وجود سرشاخه‌های الموت‌رود در حوضه آبخیز شاهرود بوده و انتقال آب‌های سطحی این حوضه به دشت قزوین (جهت رفع کمبود منابع آب کشاورزی) فعالیت‌های مذکور را مختل نموده و مشکلات متعددی را در حوضه مبدأ (منطقه الموت) به همراه خواهد داشت (24).

دشت قزوین نیز حوضه مقصد در تحقیق حاضر است که یکی از دشت‌های مستعد کشور برای تولید محصولات زراعی به شمار می‌رود. طی سال‌های اخیر، به وجود آمدن شکاف بین قیمت واقعی آب و قیمتی که کشاورزان به عنوان آب‌بها پرداخت می‌کنند، سبب مصرف بی‌رویه آب آبیاری در این دشت شده است. نظر به اینکه در این دشت، آب‌های سطحی از طریق بارندگی و تشکیل رودخانه‌های فصلی حاصل می‌شوند، در فصول گرم سال کاهش بارندگی و عدم وجود این منابع موقت (رودخانه‌های فصلی) سبب شده تا آب آبیاری موردنیاز برای کشاورزان از طریق برداشت آب‌های زیرزمینی تأمین شود. این عامل در طول زمان باعث افت سطح آب‌های زیرزمینی و منفی‌شدن بیلان آب در اغلب نقاط این دشت، به‌ویژه در بخش‌های جنوبی آن شده است (20 و 24). افزون بر منابع آب سطحی‌ای که از طریق رودخانه‌های فصلی (مانند خررود، ابهررود و حاجی‌عرب) در دشت قزوین جریان می‌یابند، بخش دیگری از منابع آب سطحی از طریق کانال انتقال آب سد طالقان فراهم می‌شود. حجم آب ذخیره‌ای این سد علاوه بر تأمین بخشی از آب کشاورزی دشت قزوین به منظور تأمین آب شرب استان‌های تهران و البرز نیز مورد استفاده قرار می‌گیرد (4 و 5). طی سال‌های اخیر، کاهش نزولات آسمانی و کم شدن آورد رودخانه‌ها و جریانات ورودی به این سد از یک‌سو و

1- Delaware Basin
2- Colorado Basin
3- Denver City
4- Amudarya
5- Beijing basin
6- Lesotho
7- Tan river
8- Tokyo

افزایش جمعیت استان‌های تهران و البرز و تأمین آب شرب آن‌ها از سوی دیگر سبب شده تا سهمیه آب کشاورزی دشت قزوین از حجم ذخیره‌ای سد طالقان کاهش یابد. این امر مسولین ذیربط را بر آن داشته تا آب آبیاری موردنیاز دشت قزوین را از طریق انتقال سرشاخه‌های الموت رود (با احداث سد، بندهای انحرافی و تونل انتقال آب) تأمین نمایند. براساس گزارش‌های شرکت آب منطقه‌ای استان قزوین و با توجه به مشخصات کلی طرح انتقال آب بین حوضه‌ای از سرشاخه‌های الموت‌رود به دشت قزوین، ملاحظه می‌شود که سالانه در حدود 370 میلیون مترمکعب آب آبیاری از دسترس کشاورزان منطقه الموت که در اراضی خود به کشت گندم آبی، جو آبی، برنج، خلر و ماشک، یونجه، سیر و صیفی‌جات می‌پردازند، خارج خواهد شد که این امر بر الگوی کشت زارعین منطقه و وضعیت معیشتی و اقتصادی آن‌ها تأثیر بسزایی خواهد داشت. شکل 1، موقعیت قرارگیری سرشاخه‌های الموت‌رود، حوضه آبخیز شاهرود و دشت قزوین را نشان می‌دهد:

در ارتباط با توسعه طرح‌های انتقال آب بین حوضه‌ای و پیامدهای حاصل از این انتقال در حوضه‌های مبدأ و مقصد مطالعات محدودی در داخل و خارج کشور صورت گرفته است. سعیدی‌نیا و همکاران (28) در پژوهشی با استفاده از مدل WEAP به بررسی طرح‌های انتقال آب بین حوضه‌ای در تونل بهشت‌آباد (انتقال آب کارون توسط تونل‌های 1 و 2 کوهرنگ و تونل 3 بهشت‌آباد) پرداختند. نتایج نشان داد که با در نظرگرفتن حداقل نیاز زیست‌محیطی رودخانه‌های پایین‌دست منطقه، آب مازاد حوضه برای انتقال به فلات مرکزی با درجه اعتماد مناسب تأمین آب شرب و صنعت، 220 میلیون مترمکعب در سال است. حجم مفید موردنیاز برای ذخیره آب و تنظیم آن نیز برابر با 600 میلیون مترمکعب می‌باشد که با رقم پیشنهادی مشاور طرح (1800 میلیون مترمکعب) اختلاف فاحشی دارد. حلبیان و شبانکاری (7) در مطالعه‌ای به بررسی چالش‌های طرح انتقال آب از بهشت‌آباد به زاینده‌رود پرداختند. نتایج نشان داد که پیچیده بودن این طرح به سبب تعدد عوامل درگیر نظیر فاکتورهای اقتصادی، اجتماعی، فنی، زیست‌محیطی بوده و مسائلی چون حفظ تعادل حیاتی منابع آب، طولانی بودن مسیر انتقال، نیاز مبرم به سازه‌های سنگی، سرمایه‌گذاری‌های کلان، گستردگی مناطق تحت پوشش، بالا بودن ریسک انتقال، مسائل حقابه‌بران از مهم‌ترین چالش‌های موجود بر سر راه مدیران این طرح انتقال آب می باشند. دهقان منشادی و همکاران (3) در تحقیقی با استفاده از شبیه WEAT به برآورد آب مجازی حوضه آبخیز و نقش آن در سامانه انتقال آب بین حوضه ای از سرشاخه‌های کارون (رود سولکان) به دشت رفسنجان پرداختند. نتایج نشان داد که حوضه مقصد (دشت رفسنجان) دارای تبخیر و تعرق بالایی بوده و توان آب مجازی در آن پایین است، اما با این وجود، انتقال بین حوضه‌ای آب و استفاده از آب مجازی توأم با آن منجر به افزایش سود ناخالص کشت و صنعت خوزستان (به 18/9 میلیارد ریال) و کشاورزی خوزستان (به 7/25 میلیارد ریال) شده است.

شکل 1- موقعیت منطقه مورد مطالعه و حوضه آبخیز شاهرود در آن (22)

Figure 1- Location of the study area and Shahrood watershed in it (22)

در خارج کشور نیز، هربرتسون و تیت (11) با انجام مطالعه‌ای در حوضه اولیفان آفریقای جنوبی در راستای بررسی جامع وضعیت عرضه و تقاضای آب در منطقه از مدل کاربردی WEAP استفاده کردند. در این مطالعه پس از بررسی قابلیت منطقه برای اجرای طرح انتقال آب بین حوضه‌ای، سناریوهایی نیز با محوریت مدیریت تقاضا مطرح و ارزیابی شدند. آلفارا (1) در تحقیقی به منظور بررسی سیستم حوضه دریاچه نایواشا در کنیا و ارزیابی قابلیت آن برای انتقال آب بین حوضه‌ای در یک قالب جامع‌نگر از نرم‌افزار WEAP کاربردی استفاده کرد. هدف از انجام این تحقیق، بررسی قابلیت منطقه مبدأ برای اجرای طرح انتقال آب بین حوضه‌ای و یافتن علل و نوع مشکلات آتی برای انجام این طرح بود. روکستروم و همکاران (25) در مطالعه‌ای با بهره‌گیری از یک شبیه غیرخطی بین جریان تبخیر- تعرق و رشد محصولات به بررسی مقدار آب سبز (آب مجازی) و نقش آن در انتقال آب بین حوضه‌ای در 92 کشور در حال توسعه پرداختند. در این مطالعه، سهم نسبی آب نفوذی باران (آب سبز) و آب آبیاری (آب آبی) به منظور کاهش فشار بر منابع آب در انتقال بین حوضه‌ای بررسی شدند. نتایج، اهمیت بالای آب سبز را در افزایش کارایی مصرف آب پس از انتقال‌های بین حوضه‌ای نشان داد. همچنین، نتایج حاکی از آن بود که با افزایش کارایی مصرف آب نیاز به این نهاده برای سال‌های 2015 و 2050 به ترتیب 16 و 45 درصد کاهش می‌یابد. اسکول و همکاران (30) با انجام مطالعه‌ای در راستای طرح محاسبه توزیع زمانی و مکانی مقدار آب دردسترس جهانی از شبیه SWAT برای تخمین کل آب قابل دسترس غرب آفریقا در سطح چهار میلیون کیلومتر مربع از حوضه‌های آبی استفاده کردند. علت استفاده از شبیه فوق در این تحقیق، توانایی آن در شبیه‌سازی تراز آب‌شناسی پس از انتقال آب بین حوضه‌ای به صورت واقع‌بینانه بیان شد.

با توجه به مطالعات بررسی شده می‌توان اظهار داشت که اغلب این طرح‌ها حکایت از پیامدهای ناگواری دارند و اجرایی‌شدن آن‌ها همواره تغییرات چشم‌گیری مانند خشک‌شدن چشمه‌ها و رودخانه‌ها، تغییرات نامناسب الگوهای کشت و نابسامانی وضعیت درآمدی کشاورزان را به خصوص در حوضه‌های مبدأ به همراه دارد و می‌تواند بخش کشاورزی را دست‌خوش دگرگونی قرار دهد. بنابراین، نیاز است تا قبل از اجرایی شدن طرح‌های انتقال آب بین حوضه‌ای اثرات و خسارت‌های اقتصادی آن‌ها بر تولیدات بخش کشاورزی (الگوی کشت) و وضعیت درآمدی (سود ناخالص) کشاورزان در حوضه‌های مبدأ ارزیابی شوند.

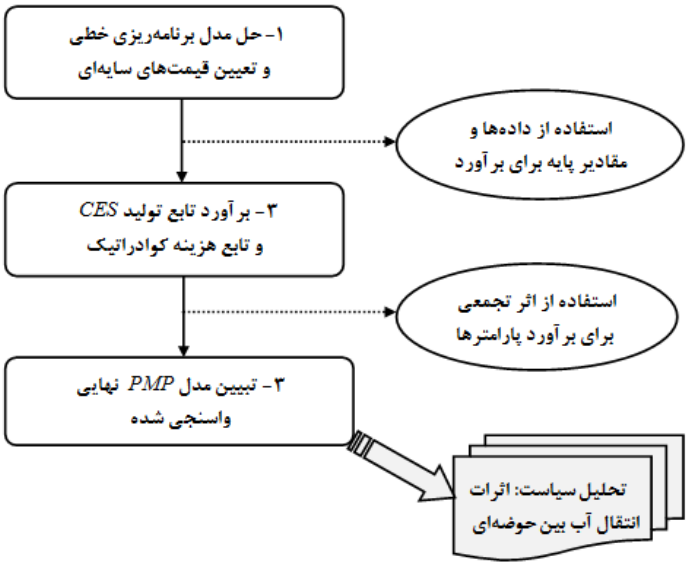
مواد و روش‌ها

در این مطالعه تلاش شد تا با بهره‌گیری از یک سیستم مدل‌سازی اقتصادی[1] (EMS) مشتمل بر مدل برنامه‌ریزی ریاضی مثبت[2] (PMP) و تابع تولید با کشش جانشینی ثابت[3] (CES)، اثرات کاهش منابع آب دردسترس منطقه الموت طی اجرای طرح انتقال آب سرشاخه‌های الموت‌رود به دشت قزوین بر الگوی کشت محصولات منتخب و سود ناخالص کشاورزان تحلیل و ارزیابی شود. سیستم مدل‌سازی فوق در ادامه تشریح می‌شود:

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 این مدل‌ها در بررسی جزئی‌تر تأثیر سیاست‌ها در سطح مزرعه می‌باشد. مدل‌های برنامه‌ریزی هنجاری[4] (NMP) بیش از 50 سال است که در اقتصاد کشاورزی مورد استفاده قرار می‌گیرند. در این نوع مدل‌ها یک جواب بهینه از میان جواب‌های ممکن با استفاده از قوانین تصمیم‌گیری از قبل تعریف شده، انتخاب می‌شود و پارامترهای تابع هدف و محدودیت‌ها براساس داده‌های تاریخی واسنجی نمی‌شوند (12، 13 و 23). بنابراین، اشکال عمده مدل‌های برنامه‌ریزی هنجاری در این است که تضمین نمی‌کنند جواب‌های مدل همان جواب‌های سال پایه باشند. مدل‌های PMP برای غلبه بر مشکلات مدل‌های NMP توسعه یافتند (14 و17). رهیافت برنامه‌ریزی ریاضی مثبت (PMP) که سنجش مدل‌های برنامه‌ریزی را نسبت به سال پایه امکان‌پذیر نموده، اولین بار توسط هوویت در سال 1995 معرفی شد (23 و 27). این مدل علاوه بر بخش کشاورزی، امروزه در بخش مدیریت منابع آب نیز برای تحلیل سیاست‌های طرف عرضه و تقاضای آب آبیاری مورد استفاده قرار می‌گیرد (18 و 24). مهم‌ترین مسأله در مدل PMP، تعیین سطح تجمیع مکانی (فضایی)[5] برای تعریف دامنه کاری این مدل می‌باشد. تعیین این سطح به جای تحلیل سیاست‌ها در یک بعد وسیع، ترکیبی از ویژگی‌های منطقه‌ای را با مجموعه داده‌های کوچک‌تر لحاظ نموده و سیاست‌های موردنظر را در سطح مناطق تعیین‌شده مورد بررسی قرار می‌دهد. افزون بر این، وجود تأثیرات تجمیع مکانی (فضایی) سبب ارتقاء مدل PMP شده و این توانایی را در مدل ایجاد می‌کند که با جمع‌آوری داده‌ها به صورت خرد یا جزئی از سطح مناطق مورد مطالعه، به پیش‌بینی تأثیر سیاست‌ها بپردازد (15، 22 و 24). به طور کلی، واسنجی مدل PMP در مطالعه حاضر در سه مرحله متوالی و مطابق با شکل 2 صورت می‌گیرد:

1- Economic Modeling System
2- Positive Mathematical Programming
3- Constant Elasticity of Substitution
4- Normative Mathematical Programming
5- Spatial Aggregation



شکل 2- مراحل گام به گام واسنجی مدل برنامه‌ریزی ریاضی مثبت (15 و 19)

Figure 2- Step by step stages of Positive Mathematical Programming calibration (15, 19)

مرحله‌ی اول: حل مدل برنامه‌ریزی خطی کمکی و محاسبه‌ی قیمت‌های سایه‌ای

در این مرحله یک مسئله برنامه‌ریزی خطی کمکی حل شده و داده‌های استفاده شده برای نهاده‌ها، سطح آب مصرفی هر محصول و میزان عملکرد به داده‌های واقعی (داده‌های سال پایه) نزدیک می‌شوند (9، 14 و 20). درواقع، این مرحله شامل حل یک مدل برنامه‌ریزی خطی، جهت حداکثر نمودن سود ناخالص کشاورزان با توجه به مجموعه محدودیت‌های منابع و واسنجی می‌باشد. در این مرحله پس از حل مدل برنامه‌ریزی خطی، مقادیر دوگان یا قیمت‌های سایه‌ای برای محدودیت‌های منابع و واسنجی به دست می‌آید (12، 14 و 21). شکل ریاضی این مرحله از واسنجی مدل PMP ارائه شده را می‌توان به صورت زیر نشان داد:

$$Max\ \Pi = \sum_{r=1}^{2}\sum_{i=1}^{9}\left(P_{ri}Y_{ri} - \sum_{j=1}^{4} a_{jir}\,c_{jir} \right) x_{ri} \qquad (1)$$

$$\sum_{i=1}^{9} a_{irj}\,x_{ri} \le b_{jr} \qquad \forall rj \qquad [\lambda_{ri}^{j}] \qquad (2)$$

$$x_{ri} \le \tilde{x}_{ri} + \varepsilon \qquad \forall ir \qquad [\lambda_{ri}^{c}] \qquad (3)$$

$$x_{ri} \ge 0 \qquad \forall ir \qquad (4)$$

رابطه 1 به عنوان تابع هدف مدل برنامه‌ریزی خطی کمکی، شامل حداکثر کردن مجموع سود ناخالص کشاورزان می‌باشد که در آن، Π سود ناخالص کشاورزان، r مناطق مورد مطالعه (رودبار الموت شرقی و رودبار الموت غربی)، i محصولات منتخب (برنج، گندم آبی، جو آبی، لوبیا، خلر و ماشک، یونجه، گوجه‌فرنگی، سیب‌زمینی و صیفی‌جات) و j نهاده‌ها یا عوامل تولید (آب، زمین، نیروی‌کار و سرمایه) می‌باشد. p_{ri} قیمت بازاری محصول i در منطقه r، Y_{ri} عملکرد محصول i در منطقه r، c_{rij} هزینه نهاده j برای محصول i در منطقه r و x_{ri} سطح زیرکشت محصول i در منطقه r می‌باشد. a_{irj} نیز بیانگر ضرایب لئونتیف است که نسبت استفاده‌ی هر عامل تولید به زمین را نشان می‌دهد و از رابطه ($a_{irj} = \tilde{x}_{irj} / \tilde{x}_{ir,\,land}$) به دست می‌آید. در واقع a_{jir} بیانگر ضرایب فنی منابع مورد استفاده در هر منطقه می‌باشد (16 و 21). رابطه 2 محدودیت منابع را نشان می‌دهد و برای نهاده‌های آب، زمین، نیروی‌کار و سرمایه تعریف می‌شود. در این رابطه، b_{jr} کل منابع دردسترس در هر منطقه است. رابطه 3 محدودیت واسنجی مدل می‌باشد که $\tilde{x}_{ri}$ در آن مقدار مشاهده شده فعالیت i در منطقه r در سال پایه و ε مقدار مثبت کوچکی را نشان می‌دهد (16، 18، 19 و 22). اضافه کردن محدودیت واسنجی به مدل باعث می‌شود که جواب بهینه برنامه‌ریزی خطی دقیقاً سطح فعالیت‌های مشاهده شده در سال پایه را به دست دهد (8، 13 و 24). λ_{ri}^{j} در رابطه 2 قیمت سایه‌ای محدودیت سیستمی و λ_{ri}^{c} در

رابطه 3 قیمت سایه‌ای محدودیت واسنجی را نشان می‌دهد. رابطه 4 نیز محدودیت غیرمنفی بودن سطح فعالیت‌ها است و تضمین می‌کند که روش فوق به لحاظ فیزیکی امکان‌پذیر می‌باشد (14، 18 و 19).

مرحله دوم: برآورد تابع تولید با کشش جانشینی ثابت (CES) و تابع هزینه کوادراتیک یا درجه دو[6] (QCF)

در این مرحله پارامترها و ضرایب تابع تولید و هزینه‌ای که جهت واسنجی در مرحله سوم مدل PMP در تابع هدف وارد می‌شوند، تخمین زده می‌شود. فرم کلی تابع تولید CES را می‌توان به صورت زیر نشان داد:

$$Y_{ri} = \pi_{ri}\left[\sum_{j}\beta_{rij}h_{rij}^{\rho_i}\right]^{\upsilon/\rho_i} \qquad \forall rij \qquad (5)$$

در رابطه فوق، Y_{ri} میزان تولید محصول i در منطقه r، h_{rij} عامل تولید j برای محصول i در منطقه r و π_{ri} پارامتر مقیاس است که به کمک رابطه (9) محاسبه می‌شود. β_{rij} پارامتر تولید است که سهم نهاده j برای تولید محصول i در منطقه r را نشان می‌دهد. υ ضریب بازده ثابت نسبت به مقیاس می‌باشد و تابع CES مستلزم آن است که این ضریب برابر با یک شود. ρ_i نیز متغیری است که بر حسب کشش جانشینی محصولات (σ_i) تعریف می‌گردد و برای محاسبه آن از رابطه $\rho_i = (\sigma-1)/\sigma$ استفاده می‌شود (14، 16، 20 و 21).

تابع تولید CES مورد استفاده در این مطالعه با توجه به نهاده‌های زمین، آب آبیاری، سرمایه و نیروی‌کار به صورت زیر قابل تعریف است:

$$\begin{aligned} Y_{ri} = \tau_{ri}\,[\,&\beta_{ri1}h_{ri1}^{\rho_i} + \beta_{ri2}h_{ri2}^{\rho_i} \\ &+ \beta_{ri3}h_{ri3}^{\rho_i} + \beta_{ri4}h_{ri4}\,]^{\upsilon/\rho_i} \end{aligned} \qquad (6)$$

برای تخمین اولین پارامتر تابع تولید فوق از رابطه زیر استفاده می‌شود:

$$\beta_{ri1} = \frac{1}{1+\dfrac{h_1^{(-1/\sigma)}}{c_1}\left(\sum_{L}\dfrac{c_L}{h_L^{(-1/\sigma)}}\right)} \qquad (7)$$

در رابطه فوق، h_L عامل تولید Lام و C_L هزینه عامل تولید Lام است. پس از محاسبه اولین پارامتر تابع تولید غیرخطی مطابق با رابطه فوق، برای تخمین سایر پارامترها از روابط زیر استفاده می‌شود:

$$\beta_{riL} = \frac{c_L\,h_1^{(-1/\sigma)}}{c_1\,h_L^{(-1/\sigma)}}\cdot\beta_{ri1} \qquad (8)$$

با استفاده از تعریف تابع تولید CES، می‌توان پارامتر مقیاس را برای هر منطقه و محصول به صورت رابطه زیر نشان داد:

$$\pi_{ri} = \frac{\left(\dfrac{Y_i}{x_i}\right).\tilde{x}_i}{\left[\sum_{j=1}^{4}\beta_j h_j^{\rho}\right]^{\upsilon/\rho_i}} \qquad \forall ri \qquad (9)$$

مراحل تخمین بالا برای توابع تولید تمام محصولات منتخب قابل تعمیم است. قابلیت مدل واسنجی شده فوق آن است که روند تخمین پارامترها برای تمام محصولات و مناطق به طور خودکار انجام می‌شود (14، 22 و 23).

در مرحله‌ی دوم PMP، افزون بر تخمین تابع تولید CES، قیمت‌های سایه‌ای برآورد شده در مرحله اول برای به دست آوردن یک تابع هزینه غیرخطی مورد استفاده قرار می‌گیرند. علت استفاده از این شکل تبعی آن است که نتایج به دست آمده از مدل برنامه‌ریزی مثبت با تابع هزینه غیرخطی انعطاف‌پذیری رفتاری و شبیه‌سازی واقعی‌تری را نسبت به مدل برنامه‌ریزی ریاضی مثبت با تابع هزینه خطی معمولی فراهم می‌کند و این موضوع از ایجاد ناپیوستگی ناگهانی و غیرمحتمل در رهیافت‌های شبیه‌سازی جلوگیری می‌کند. همچنین، استفاده از شکل تبعی غیرخطی برای تابع هزینه در مدل برنامه‌ریزی ریاضی مثبت نسبت به شکل تبعی خطی معمولی، توان شبیه‌سازی رفتاری را تحت شرایط به‌کارگیری تکنیک‌های مختلف اقتصادی، سیاسی و اخیراً محیطی تقویت می‌کند (13 و 19). علاوه بر این، با توجه به این که در برخی موارد داده‌ها و اطلاعات مناسب برای تصمیمات رفتاری پیچیده محدود است، استفاده از شکل غیرخطی تابع هزینه نسبت به فرم خطی آن امکان حل مسائل پیچیده را که حتی با روش‌های اقتصادسنجی نیز قابل حل نیستند، به وجود می‌آورد. در واقع با افزایش داده‌های دردسترس، استفاده از تابع هزینه در حالت غیرخطی برنامه‌ریزان را قادر به حل مسائل تصمیم‌گیری و تحلیل برنامه‌های سیاستی در همه سطوح فعالیت‌ها می‌سازد (12، 19 و 22).

به طور کلی، عمومیت کاربرد تابع هزینه غیرخطی در مدل‌های برنامه‌ریزی ریاضی مثبت علاوه بر ویژگی نسبتاً آسان تخمین پارامترهای آن، این است که برای هر سطح فعالیت جداگانه قابلیت محاسبه و برآورد را دارد (10). با توجه به توضیحات فوق، در این مطالعه نیز از تابع هزینه متغیر کوادراتیک یا درجه دوم زیر استفاده می‌شود (10، 22 و 24):

1- Quadratic Cost Function

$$C_{rij}^{V} = d'_{rij} x_{irj} + \frac{1}{2} x'_{rij} q_{rij} x_{irj} \quad (10)$$

در رابطه فوق، C_{rij}^{V} هزینه‌ی متغیر، d_{rij} یک بردار (n×1) از فراسنجه‌ها[7] یا پارامترهای مربوط به جزء خطی تابع هزینه، q_{rij} یک ماتریس متقارن مثبت معین (n×n) از فراسنجه‌های مربوط به جزء درجه دوم تابع هزینه است. تابع هزینه متغیر غیرخطی با این شرط که هزینه متغیر نهایی فعالیت‌ها (d_{irj}) با مجموع هزینه حسابداری فعالیت‌ها (c_{irj}) و مقادیر دوگان محدودیت واسنجی (λ_{irj}) برابر باشد، به دست می‌آید. لذا، پارامترهای تابع هزینه بایستی با شرط زیر محاسبه شوند:

$$MC_{rij}^{V} = \frac{\partial C_{rij}{}^{v}(x_{rij}{}^{0})}{\partial x_{rij}} = d_{rij} + q_{rij} x_{rij}{}^{0} = c_{rij} + \lambda_{rij} \quad (11)$$

در رابطه فوق بایستی n فراسنجه برای d_{rij} و به علت متقارن بودن q_{rij}، $n(n+1)/2$ فراسنجه برای q_{rij} محاسبه گردد، یعنی در کل بایستی مقدار عددی $n+n(n+1)/2$ فراسنجه به دست آورده شود، اما فقط n معادله در این رابطه وجود دارد. به چنین مسائلی که تعداد فراسنجه‌های محاسبه شده بیشتر از تعداد معادلات است، مسائل بدفرم گفته می‌شود. برای رفع مسأله بدفرمی می‌توان از روش هزینه متوسط استفاده کرد که در آن بردار هزینه هر واحد فعالیت برابر با هزینه متوسط متغیر است و برای محاسبه ضرایب تابع هزینه درجه دوم از روابط زیر استفاده می‌شود (10، 22 و 24):

$$d_{irj} = c_{irj} - \lambda_{irj} \qquad \forall rij \quad (12)$$

$$q_{irj} = \frac{2\lambda_{irj}}{x_{irj}^{0}} \qquad \forall rij \quad (13)$$

در روابط فوق، d_{irj} هزینه متغیر نهایی مربوط به سطح فعالیت‌ها، c_{irj} مجموع هزینه حسابداری فعالیت‌ها و λ_{irj} متغیر دوگان محدودیت واسنجی است. q_{rij} ماتریس متقارنی با $n+n(n+1)/2$ فراسنجه و $x_{rij}{}^{0}$ سطح مشاهده شده فعالیت‌ها در سال پایه است (10، 22 و 24).

مرحله سوم: تبیین مدل PMP واسنجی شده نهایی با استفاده از تابع هدف غیرخطی

در این مرحله که مرحله پایانی روش PMP می‌باشد، مدل برنامه‌ریزی غیرخطی واسنجی‌شده به طور صحیح سطح فعالیت‌های مشاهده شده در سال پایه و مقادیر دوگان محدودیت‌های سیستمی را بازسازی می‌کند. برای مدل تجربی مورد استفاده در این مطالعه با استفاده از تابع هزینه درجه دوم و محدودیت منابع (زمین، آب، سرمایه و نیروی‌کار)، مدل برنامه‌ریزی غیرخطی به صورت زیر ساخته شد:

$$Max\ \Pi = \sum_{r=1}^{2}\sum_{i=1}^{9} P_{ri} Y_{ri} + \frac{1}{2} q_{rij}\ x_{irj}^{2} - \sum_{r=1}^{3}\sum_{i=1}^{9}\sum_{j}^{4} \left(c_{rij} - \lambda_{rij}\right) x_{rij} \quad (14)$$

Subject to:

$$\sum_{i=1}^{9} x_{ri} \le A_{rj} \qquad \forall ri \quad (15)$$

$$x_{ri} \ge 0 \qquad \forall ri \quad (16)$$

رابطه 14 به عنوان تابع هدف غیرخطی مدل PMP، شامل تابع تولید منطقه‌ای و تابع هزینه غیرخطی است و Y_{ri} در آن، تولید محصول i در منطقه r می‌باشد. رابطه 15، محدودیت منابع (آب، زمین، نیروی‌کار و سرمایه) را در مناطق مورد مطالعه نشان می‌دهد. رابطه 16 نیز محدودیت غیرمنفی بودن سطح فعالیت‌ها است. در این تحقیق، عامل تولید نیروی‌کار بر حسب نفر-روز در هکتار و عامل تولید سرمایه که شامل هزینه‌های مربوط به خرید و مصرف نهاده‌های بذر و کود و سموم شیمیایی می‌باشد، بر حسب هزار ریال در هکتار در نظر گرفته شده است. داده‌های آماری مربوط به نهاده‌های فوق از طریق گزارشات سالانه ادارات جهاد کشاورزی در مناطق الموت شرقی و غربی جمع‌آوری شده است.

پس از ارائه مدل فوق، به منظور تحلیل اثرات انتقال آب بین حوضه‌ای از سرشاخه‌های الموت‌رود به دشت قزوین در حوضه مبدأ (منطقه الموت)، ابتدا قیمت‌های سایه‌ای یا مقادیر دوگان مربوط به محدودیت‌های واسنجی و منابع محاسبه شد. سپس، توابع تولید و هزینه غیرخطی ارائه شده تخمین زده شدند. پس از برآورد ضرایب توابع غیرخطی فوق، مقادیر تخمینی در تابع هدف مرحله سوم سیستم مدل‌سازی ارائه شده لحاظ گردید. در ادامه، با کاهش موجودی عوامل تولید یا مقادیر رایت هند سایت[8] (RHS) مربوط به نهاده آب در رابطه 15 تحت سناریوهای مختلف 10، 20، 30 و 40 درصد، واکنش کشاورزان مناطق رودبار الموت شرقی و رودبار الموت غربی نسبت به محدودیت ایجاد شده در عرضه آب آبیاری و کاهش به وجود آمده در منابع آب دردسترس ناشی از انتقال آب بین حوضه‌ای سرشاخه‌های الموت‌رود به دشت قزوین شبیه‌سازی شد. پس از بررسی پاسخ کشاورزان مناطق مورد بررسی به محدودیت ایجاد شده در عرضه آب آبیاری و کاهش منابع آب دردسترس،

1- Parameter

2- Right Hand Site (= A r, water)

میزان تغییرات به وجود آمده در الگوی کشت و سود ناخالص کشاورزان در هر منطقه محاسبه و ارزیابی شد.

جامعه آماری و داده‌های موردنیاز

جامعه آماری در این مطالعه شامل کلیه کشاورزان منطقه الموت (حوضه مبدأ) است که در مزارع فاریاب خود در حاشیه رودخانه شاهرود به فعالیت‌های کشاورزی می‌پردازند و آب آبیاری مورد نیاز خود را در فصول کشت محصولات منتخب از طریق جریانات سطحی سرشاخه‌های الموت‌رود تأمین می‌کنند. داده‌های مورد نیاز برای انجام این مطالعه نیز مربوط به سال زراعی 1393-1392 است که شامل هزینه‌های تولید، هزینه آب مصرفی، منابع آب دردسترس، سطح زیرکشت، میزان عملکرد، نیاز آبی و قیمت منطقه‌ای محصولات منتخب زراعی در مناطق مورد مطالعه (الموت شرقی و غربی) می‌باشد. با توجه به دردسترس بودن داده‌های اسنادی ثبت شده در دستگاه‌های دولتی ذیربط و انجام تحقیق حاضر در سطح تجمیعی یا منطقه‌ای، مبادرت به امر نمونه‌گیری در این مطالعه نشد و داده‌ها و اطلاعات مورد نیاز با مراجعه مستقیم به سازمان‌ها و ادارات مربوطه در استان قزوین (داده‌های مربوط به محصولات زراعی با مراجعه به سازمان جهاد کشاورزی و داده‌های مربوط به منابع آب با مراجعه به شرکت آب منطقه‌ای) جمع‌آوری شدند. تحلیل آماری داده‌ها و حل مدل اقتصادی ارائه شده نیز در محیط نرم‌افزاری GAMS نسخه 24/1 صورت گرفت.

نتایج و بحث

جدول 1، داده‌ها و اطلاعات مربوط به سطح زیرکشت محصولات زراعی، درصد سهم هر یک از محصولات در الگوی کشت و مجموع میزان اراضی آبی (فاریاب) قابل کشت در هر یک از مناطق رودبار الموت شرقی و رودبار الموت غربی را طی سال پایه 1392-93 نشان می‌دهد:

جدول 1- سطح زیرکشت و سهم محصولات منتخب در منطقه رودبار الموت (حوضه مبدأ) طی سال 1392-93

Table 1- Acreage and share of selected products in Rudbar Alamut (origin basin) during year 2013-2014

محصولات منتخب Selected products	رودبار الموت شرقی Eastern Rodbar Alamuot		رودبار الموت غربی Western Rodbar Alamuot	
	سطح زیرکشت* Acreage	سهم در الگو** Share in pattern	سطح زیرکشت* Acreage	سهم در الگو** Share in pattern
برنج (شلتوک) Rice	1650	37.3	1830	38.9
گندم آبی Wheat	980	22.2	950	20.2
جو آبی Barley	685	15.5	749	15.9
لوبیا Beans	230	5.24	246	5.38
یونجه Alfalfa	237	5.38	250	5.26
خلر و ماشک Vetch	200	4.59	232	4.98
گوجه‌فرنگی Tomato	105	2.43	126	2.74
سیب‌زمینی Potato	115	2.65	105	2.31
صیفی‌جات Vegetables	142	3.28	158	3.40
مجموع اراضی آبی Irrigated acreage	4426	100	4714	100

* و **: بر حسب هکتار و درصد (* and **: hectare and percent)

مأخذ: سازمان جهاد کشاورزی استان قزوین، 1393

Source: Agricultural Jihad Organization of Qazvin Province, 2014

با توجه به جدول 1، ملاحظه می‌شود که طی سال 93-1392 محصول برنج با 1650 و 1830 هکتار دارای بیشترین سطح زیرکشت و با 37/3 و 38/9 درصد دارای بیشترین سهم در الگوی کشت فعلی مناطق مورد مطالعه می‌باشد. محصولات گوجه‌فرنگی و سیب‌زمینی نیز به ترتیب با 105 و 115 هکتار کمترین سطح زیرکشت را در مقایسه با سایر محصولات منتخب به خود اختصاص داده‌اند.

جدول 2، تغییرات به وجود آمده در سطح زیرکشت محصولات منتخب زراعی، سود ناخالص کشاورزان و ارزش اقتصادی هر مترمکعب آب آبیاری را در منطقه رودبار الموت شرقی پس از انتقال بین حوضه‌ای آب از سرشاخه‌های الموت‌رود به دشت قزوین و ایجاد محدودیت در عرضه آب آبیاری تحت سناریوهای مختلف برای کشاورزان این منطقه نشان می‌دهد:

جدول 2- اثرات انتقال بین حوضه‌ای آب بر الگوی کشت، سود ناخالص کشاورزان و ارزش اقتصادی آب در منطقه رودبار الموت شرقی

Table 2- The effects of inter-basin transfer of water to cropping pattern, farmers' gross profit and the economic value of water in the Eastern Rudbar Alamut

محصولات منتخب Selected products	الگوی سال پایه* Base year pattern	میزان تغییرات Changes amount	محدودیت عرضه آب آبیاری تحت سناریوهای مختلف Irrigation water supply constraints under various scenarios			
			10 درصد 10 Percent	20 درصد 20 Percent	30 درصد 30 Percent	40 درصد 40 Percent
برنج (شلتوک) Rice	1650	هکتار (Hectar)	1580	1530	1481	1426
		درصد (Percent)	-4.24	-7.28	-10.2	-13.5
گندم آبی Wheat	980	هکتار (Hectar)	992	1007	1014	1026
		درصد (Percent)	1.23	2.75	3.46	4.69
جو آبی Barley	685	هکتار (Hectar)	697	705	711	720
		درصد (Percent)	1.75	2.91	3.79	5.10
لوبیا Beans	230	هکتار (Hectar)	226	222	217	213
		درصد (Percent)	-1.73	-3.47	-5.65	-7.39
یونجه Alfalfa	237	هکتار (Hectar)	224	215	205	197
		درصد (Percent)	-5.48	-28/9	-13.5	-16.8
خلر و ماشک Vetch	200	هکتار (Hectar)	201	203	205	208
		درصد (Percent)	0.50	1.50	2.50	4.00
گوجه‌فرنگی Tomato	105	هکتار (Hectar)	100	96	939	90
		درصد (Percent)	-4.76	-8.57	-11.4	-14.3
سیب‌زمینی Potato	115	هکتار (Hectar)	113	110	106	103
		درصد (Percent)	-1.74	-4.35	-7.82	-10.4
صیفی‌جات Vegetables	142	هکتار (Hectar)	137	132	127	121
		درصد (Percent)	-3.52	-7.04	-10.5	-14.7
کل سطح زیرکشت* Total acreage	4344	هکتار (Hectar)	4270	4220	4159	4105
		درصد (Percent)	-1.71	-2.85	-4.26	-5.52
ارزش آب** Water value	1173	ریال (Ril)	1211	1257	1299	1327
		درصد (Percent)	3.23	7.16	10.8	13.1
سود ناخالص کل*** Total gross profit	44940	مقدار (Amount)	43780	42918	41785	41247
		درصد (Percent)	-2.58	-4.49	-6.82	-8.21

*، ** و ***: بر حسب هکتار، ریال در مترمکعب و میلیون ریال

*, ** and ***: hectar, rial/m^3 and million rial

مأخذ: یافته‌های تحقیق

Source: Research findings

نتایج جدول 2 حاکی از آن است که با ایجاد محدودیت در عرضه آب آبیاری در اثر انتقال بین حوضه‌ای آب از سرشاخه‌های الموت‌رود به دشت قزوین و کاهش منابع آب دردسترس کشاورزان منطقه الموت شرقی، سطح زیرکشت محصول برنج علی‌رغم صرفه اقتصادی

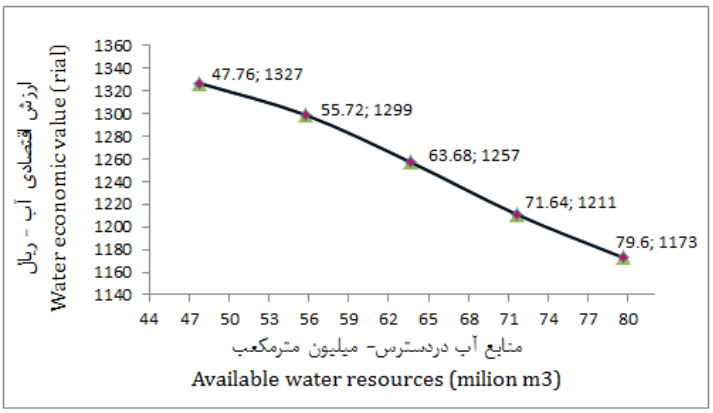
بالایی که نسبت به سایر محصولات الگو دارد، نسبت به شرایط سال پایه 4/24 تا 5/13 درصد کاهش می‌یابد و از 1580 به 1426 هکتار می‌رسد. سطح زیرکشت محصولات غله‌ای گندم و جو آبی با ایجاد محدودیت 10 تا 40 درصدی عرضه آب آبیاری به دلیل نیاز آبی پایین و هزینه تولید کم نسبت به سایر محصولات الگو افزایش پیدا می‌کند، به طوری که برای گندم آبی از 992 به 1026 هکتار و برای جو آبی از 697 به 720 هکتار می‌رسد. سطح زیرکشت خلر و ماشک نیز تحت سناریوهای فوق، همانند محصولات غله‌ای به علت نیاز آبی پایین نسبت به شرایط سال پایه 0/5 تا 4/0 درصد افزایش می‌یابد. این محصول که از خانواده حبوبات به شمار می‌رود، به علت تثبیت ازت خاک در سیستم ریشه‌ای ریزوم‌دار خود پس از برداشت برنج در اراضی شالیزاری منطقه کشت می‌شود، لذا افزایش سطح زیرکشت آن (به صورت تلفیقی و به عنوان کشت دوم در سال زراعی) تا حد زیادی به کاهش سطح زیرکشت برنج در منطقه پس از انتقال آب بین حوضه‌ای و محدودیت به وجود آمده در عرضه آب آبیاری وابسته است. افزون بر این، نتایج به دست آمده در جدول 2 نشان می‌دهد که با ایجاد محدودیت در عرضه آب آبیاری به میزان 10 تا 40 درصد در منطقه الموت شرقی، سطح زیرکشت محصولات آب‌بر لوبیا، گوجه‌فرنگی، سیب‌زمینی و صیفی‌جات به ترتیب 1/73 تا 7/39، 4/76 تا 14/3، 1/74 تا 10/4 و 3/52 تا 14/7 درصد نسبت به شرایط سال پایه کاهش می‌یابد. محصول علوفه‌ای یونجه نیز به علت نیاز آبی بالا و هزینه نسبتاً زیاد تولید، تحت شرایط محدودیت عرضه آب آبیاری در منطقه الموت شرقی با کاهش سطح زیرکشت همراه می‌باشد، به طوری که با کم‌شدن حدود نیمی از منابع آب دردسترس کشاورزان این منطقه در اثر انتقال بین حوضه‌ای آب از سرشاخه‌های الموت‌رود به دشت قزوین (تحت سناریوی محدودیت آب 40 درصد در منطقه الموت شرقی)، سطح زیرکشت این محصول علوفه‌ای 16/8 درصد نسبت به شرایط سال پایه کاهش می‌یابد. به طور کلی، نتایج این بخش از جدول 2 بیانگر آن است که پس از انتقال بین حوضه‌ای آب از سرشاخه‌های الموت‌رود به دشت قزوین و ایجاد محدودیت در عرضه آب آبیاری، کشاورزان منطقه الموت شرقی از سطح زیرکشت محصولات با نیاز آبی بالاتر مانند برنج، لوبیا، گوجه‌فرنگی، یونجه، سیب‌زمینی و صیفی‌جات می‌کاهند و به سمت توسعه سطح زیرکشت محصولات زراعی کم آب‌تر مانند گندم آبی، جو آبی و خلر و ماشک متمایل می‌شوند. مطابق با نتایج جدول 2، ملاحظه می‌شود که با تغییرات ایجاد شده در الگوی کشت منطقه الموت شرقی پس از انتقال بین حوضه‌ای آب از سرشاخه‌های الموت‌رود به دشت قزوین، مجموع سطح زیرکشت محصولات منتخب در این منطقه از 4270 به 4105 هکتار می‌رسد که کاهشی معادل با 1/71 تا 5/52 درصد را در الگوی کشت به همراه دارد. این امر آیش‌گذاری اراضی مستعد کشت را تا حدود 165 هکتار پس از انتقال بین حوضه‌ای آب در منطقه الموت شرقی بازگو می‌کند که وضعیت درآمدی کشاورزان منطقه را تحت تأثیر قرار می‌دهد. مطابق با نتایج به دست آمده در جدول 2، ملاحظه می‌شود که در اثر کاهش کل سطح زیرکشت محصولات منتخب زراعی در منطقه الموت شرقی (که ناشی از انتقال بین حوضه‌ای آب از سرشاخه‌های الموت‌رود به دشت قزوین است)، میزان سود ناخالص کشاورزان این منطقه از 43780 به 41247 میلیون ریال می‌رسد که کاهش سودی معادل با 2/58 تا 8/21 درصد را نسبت به شرایط سال پایه برای کشاورزان منطقه الموت شرقی به همراه دارد.

بخش دیگری از نتایج جدول 2، افزایش ارزش اقتصادی هر مترمکعب آب آبیاری را در منطقه الموت شرقی از 1211 تا 1327 ریال پس از ایجاد 10 تا 40 درصد محدودیت در عرضه آب نشان می‌دهد. علت این امر آن است که با انتقال بین حوضه‌ای آب از سرشاخه‌های الموت‌رود به دشت قزوین و ایجاد محدودیت در عرضه آب آبیاری، میزان منابع آب دردسترس کشاورزان منطقه الموت شرقی نسبت به شرایط سال پایه کاهش می‌یابد و سبب می‌شود که ارزش واقعی هر مترمکعب آب در منطقه نسبت به شرایط فعلی افزایش یابد. با توجه به روند تغییرات ارزش اقتصادی آب و کاهش منابع آب دردسترس می‌توان تابع تقاضای آب آبیاری کشاورزان را برآورد نمود.

شکل 3، تابع تقاضای آب آبیاری را برای کشاورزان منطقه الموت شرقی در شرایط فعلی (یعنی قبل از اجرایی شدن طرح انتقال بین حوضه‌ای آب) و در شرایطی پس از انتقال بین حوضه‌ای آب از سرشاخه‌های الموت‌رود به دشت قزوین (تحت سناریوهای مختلف کاهش آب دردسترس) نشان می‌دهد:

شکل 3، بیانگر آن است که کشاورزان منطقه الموت شرقی پس از انتقال بین حوضه‌ای آب از سرشاخه‌های الموت‌رود به دشت قزوین، ناگزیرند که هر مترمکعب آب آبیاری را در سطح قیمت بالاتری نسبت به شرایط فعلی خریداری نمایند. با توجه به شکل 3 ملاحظه می‌شود که پس از انتقال بین حوضه‌ای آب و ایجاد محدودیت در عرضه آب آبیاری به میزان 40 درصد، منابع آب دردسترس کشاورزان منطقه الموت شرقی نسبت به شرایط فعلی منطقه کاهش یافته و به 47/76 میلیون مترمکعب می‌رسد. در این سطح از منابع آب موجود، ارزش اقتصادی هر مترمکعب آب آبیاری 1327 ریال می‌باشد، در حالی که در شرایط سال پایه، ارزش اقتصادی هر مترمکعب آب آبیاری 1173 ریال است. این نتیجه، افزایش ارزش اقتصادی آب آبیاری را در منطقه الموت شرقی پس از اجرایی شدن طرح انتقال بین حوضه‌ای آب از سرشاخه‌های الموت‌رود به دشت قزوین نشان می‌دهد.

جدول 3، تغییرات ایجاد شده در سطح زیرکشت محصولات منتخب، سود ناخالص کشاورزان و ارزش اقتصادی هر مترمکعب آب آبیاری را در منطقه رودبار الموت غربی پس از انتقال بین حوضه‌ای آب از سرشاخه‌های الموت‌رود به دشت قزوین و ایجاد محدودیت در عرضه آب آبیاری برای کشاورزان این منطقه نشان می‌دهد:



شکل 3- تابع تقاضای آب آبیاری کشاورزان منطقه الموت شرقی قبل و پس از انتقال بین حوضه‌ای آب

Figure 3- The irrigated water demand function for Eastern Rodbar Alamuot farmers before and after inter-basin water transfer

جدول 3- اثرات انتقال بین حوضه‌ای آب بر الگوی کشت، سود ناخالص کشاورزان و ارزش اقتصادی آب در منطقه رودبار الموت غربی

Table 3- The effects of inter-basin transfer of water to cropping pattern, farmers' gross profit and the economic value of water in the Western Rudbar Alamut

محدودیت عرضه آب آبیاری تحت سناریوهای مختلف Irrigation water supply constraints under various scenarios				میزان تغییرات Changes amount	الگوی سال پایه* Base year pattern	محصولات منتخب Selected products
40 درصد 40 Percent	30 درصد 30 Percent	20 درصد 20 Percent	10 درصد 10 Percent			
1554	1610	1673	1736	هکتار (Hectar)	1830	برنج (شلتوک)
-15.1	-12.0	-8.57	-5.14	درصد (Percent)		Rice
1000	991	978	966	هکتار (Hectar)	950	گندم آبی
5.26	4.31	2.94	1.68	درصد (Percent)		Wheat
788	783	771	762	هکتار (Hectar)	747	جو آبی
5.49	4.82	3.21	2.01	درصد (Percent)		Barley
226	230	235	239	هکتار (Hectar)	246	لوبیا
-8.13	-6.50	-4.47	-2.84	درصد (Percent)		Beans
207	214	223	234	هکتار (Hectar)	250	یونجه
-17.2	-14.5	-10.8	-6.40	درصد (Percent)		Alfalfa
251	247	244	242	هکتار (Hectar)	239	خلر و ماشک
5.02	3.35	2.09	1.25	درصد (Percent)		Vetch
106	110	114	119	هکتار (Hectar)	127	گوجه‌فرنگی
-16.5	-13.4	-10.2	-6.29	درصد (Percent)		Tomato
93	96	99	102	هکتار (Hectar)	105	سیب‌زمینی
-11.4	-8.57	-5.71	-2.85	درصد (Percent)		Potato
133	139	144	151	هکتار (Hectar)	158	صیفی‌جات
-15.8	-12.0	-8.86	-4.43	درصد (Percent)		Vegetables
4358	4420	4481	4551	هکتار (Hectar)	4652	کل سطح زیرکشت*
-6.32	-4.98	-3.67	-2.17	درصد (Percent)		Total acreage
1422	1387	1349	1298	ریال (Rial)	1247	ارزش آب**
14.0	11.2	8.17	4.09	درصد (Percent)		Water value
44847	45772	46918	48150	مقدار (Amount)	49730	سود ناخالص کل***
-9.82	-7.96	-5.65	-3.18	درصد (Percent)		Total gross profit

*, ** and ***: hectar, rial/m^3 and million rial

*، ** و ***: بر حسب هکتار، ریال در مترمکعب و میلیون ریال

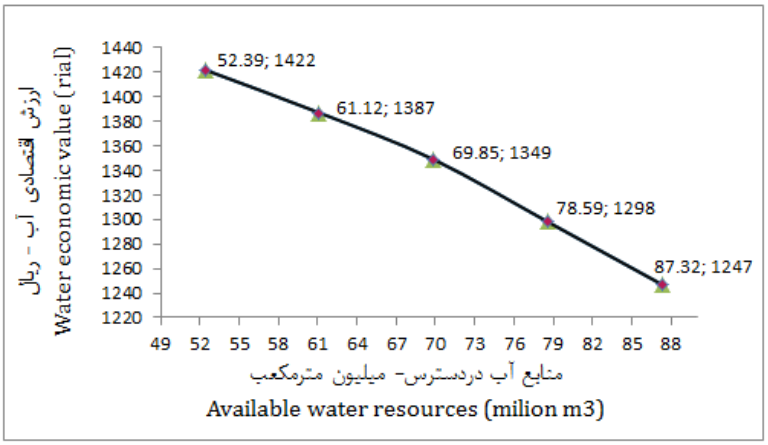
مأخذ: یافته‌های تحقیق

Source: research findings

با توجه به نتایج جدول 3، ملاحظه می‌شود که پس از اجرای طرح انتقال آب بین حوضه‌ای از سرشاخه‌های الموت‌رود به دشت قزوین و ایجاد محدودیت در عرضه آب آبیاری، الگوی کشت محصولات منتخب علاوه بر منطقه الموت شرقی در منطقه الموت غربی نیز دچار تغییرات محسوسی می‌شود. بدین صورت که با ایجاد 10 تا 40 درصد محدودیت در عرضه آب آبیاری، کشاورزان منطقه الموت غربی سطح زیرکشت برنج را که بیشترین درصد فعالیت را در منطقه به خود اختصاص داده است، از 1736 به 1554 هکتار می‌کاهند که این میزان، کاهش سطحی معادل با 5/14 تا 15/1 درصد را برای محصول برنج نسبت به شرایط سال پایه به همراه دارد. علت این امر نیاز آبی بالای محصول برنج در منطقه است که کشاورزان را در شرایط محدودیت عرضه آب پس از انتقال بین حوضه‌ای ناگزیر به کاهش سطح می‌کند. افزون بر این، با توجه به نتایج به دست آمده در جدول 3 ملاحظه می‌شود که سطح زیرکشت دیگر محصولات آب‌بر الگوی کشت در منطقه الموت غربی نیز پس از کاهش منابع آب دردسترس کشاورزان در اثر انتقال بین حوضه‌ای آب از سرشاخه‌های الموت‌رود به دشت قزوین با کاهش همراه می‌باشد. این میزان کاهش سطح زیرکشت تحت سناریوهای 10 تا 40 درصد محدودیت در عرضه آب آبیاری نسبت به شرایط سال پایه برای لوبیا 2/84 تا 8/13 درصد، برای یونجه 6/40 تا 17/2 درصد، برای گوجه‌فرنگی 6/29 تا 16/5 درصد، برای سیب‌زمینی 2/85 تا 11/4 درصد و برای صیفی‌جات 4/43 تا 15/8 درصد می‌باشد. نتایج گویای آن است که محصولات گوجه‌فرنگی و یونجه به علت نیاز آبی بالاتر نسبت به سایر محصولات الگو، بیشترین میزان کاهش سطح (بیشترین حساسیت) را پس از انتقال بین حوضه‌ای آب در منطقه الموت غربی دارا می‌باشند. بخش دیگری از نتایج به دست آمده افزایش سطح زیرکشت محصولات غله‌ای گندم و جو آبی و محصول تلفیقی خلر و ماشک را در منطقه الموت غربی پس از ایجاد محدودیت در عرضه آب آبیاری به علت انتقال بین حوضه‌ای آب از سرشاخه‌های الموت‌رود به دشت قزوین نشان می‌دهد. به عبارت دیگر، کشاورزان منطقه الموت غربی نیز همانند کشاورزان منطقه الموت شرقی پس از ایجاد محدودیتی به میزان 10 تا 40 درصد نسبت به شرایط فعلی در عرضه آب آبیاری به سمت توسعه سطح زیرکشت محصولات کم‌آب‌تر گندم آبی، جو آبی و خلر و ماشک متمایل می‌شوند، به طوری که سطح زیرکشت گندم را از 966 به 1000 هکتار، سطح زیرکشت جو آبی را از 762 تا 788 و سطح زیرکشت خلر و ماشک را از 242 تا 251 هکتار گسترش می‌دهند. علت افزایش سطح زیرکشت محصولات منتخب فوق، نیاز آبی نسبتاً پایین و صرفه اقتصادی مناسبی است که در شرایط محدودیت عرضه آب آبیاری پس از انتقال بین حوضه‌ای آب در واحد سطح هر یک از محصولات منتخب فوق حاصل می‌شود. به طور کلی، تغییرات به وجود آمده در الگوی کشت محصولات منتخب منطقه الموت غربی تحت سناریوهای مختلف محدودیت در عرضه آب آبیاری، حاکی از آن است که کل سطح زیرکشت محصولات آبی پس از انتقال بین حوضه‌ای آب از سرشاخه‌های الموت‌رود به دشت قزوین از 4551 به 4358 هکتار می‌رسد که کاهشی معادل با 2/17 تا 6/32 درصد را در الگوی کشت منطقه الموت غربی نسبت به شرایط سال پایه (قبل از انتقال بین حوضه‌ای آب) به همراه دارد.

بخش دیگری از نتایج جدول 3، حاکی از آن است که با کاهش به وجود آمده در کل سطح زیرکشت محصولات منتخب زراعی در منطقه الموت غربی پس از انتقال بین حوضه‌ای آب و ایجاد محدودیت 10 تا 40 درصد در عرضه آب آبیاری، مجموع سود ناخالص کشاورزان نیز متأثر شده و از 48150 به 44847 میلیون ریال می‌رسد که در نهایت کاهش سودی معادل با 3/18 تا 9/82 درصد را برای کشاورزان منطقه الموت غربی به همراه دارد. شاخص اقتصادی ارزش آب نیز در شرایط سال پایه برای منطقه الموت غربی معادل با 1247 ریال در مترمکعب برآورد شده و نتایج جدول 3 نشان می‌دهد که با ایجاد محدودیت در عرضه آب آبیاری به میزان 10 تا 40 درصد در اثر انتقال بین حوضه‌ای آب از سرشاخه‌های الموت‌رود به دشت قزوین، این شاخص اقتصادی در حدود 4/09 تا 14/0 درصد نسبت به شرایط سال پایه افزایش می‌یابد و از 1298 به 1422 ریال در مترمکعب می‌رسد. علت افزایش ارزش اقتصادی هر مترمکعب آب آبیاری در منطقه الموت غربی، کاهش منابع آب دردسترس کشاورزان این منطقه پس از ایجاد محدودیت در عرضه آب آبیاری در اثر انتقال بین حوضه‌ای آب از سرشاخه‌های الموت‌رود به دشت قزوین است.

شکل 4، تابع تقاضای آب آبیاری را برای کشاورزان منطقه الموت غربی در شرایط فعلی (یعنی قبل از اجرایی شدن طرح انتقال بین حوضه‌ای آب) و پس از انتقال بین حوضه‌ای آب از سرشاخه‌های الموت‌رود به دشت قزوین (تحت سناریوهای مختلف کاهش آب دردسترس) نشان می‌دهد:



شکل 4- تابع تقاضای آب آبیاری کشاورزان منطقه الموت غربی قبل و پس از انتقال بین حوضه‌ای آب

Figure 4- The irrigated water demand function for Western Rodbar Alamuot farmers before and after inter-basin water transfer

شکل 4، بیانگر آن است که تابع تقاضای آب آبیاری برای کشاورزان منطقه الموت غربی پس از انتقال بین حوضه‌ای آب از سرشاخه‌های الموت‌رود به دشت قزوین در سطحی بالاتر از شرایط فعلی منطقه (یعنی قبل از انتقال بین حوضه‌ای آب از سرشاخه‌های الموت‌رود به دشت قزوین) قرار دارد. این امر حاکی از آن است که کشاورزان منطقه الموت غربی نیز همانند کشاورزان منطقه الموت شرقی پس از اجرای طرح انتقال آب بین حوضه‌ای از سرشاخه‌های الموت‌رود به دشت قزوین، ناگزیرند که هر مترمکعب آب آبیاری را در سطح قیمت بالاتری نسبت به شرایط فعلی (قبل از انتقال بین حوضه‌ای آب) خریداری و در سطح مزارع خود استفاده نمایند. به عنوان مثال، با توجه به شکل 4 ملاحظه می‌شود که پس از انتقال بین حوضه‌ای آب و ایجاد محدودیت در عرضه آب آبیاری به میزان 10 درصد، منابع آب دردسترس کشاورزان منطقه الموت غربی نسبت به شرایط فعلی منطقه (یعنی قبل از انتقال بین حوضه‌ای آب) کاهش یافته و به 78/59 میلیون مترمکعب می‌رسد. در این سطح از منابع آب موجود ارزش واقعی یا اقتصادی هر مترمکعب آب آبیاری معادل با 1298 ریال می‌باشد، در حالی که در شرایط سال پایه (قبل از انتقال بین حوضه‌ای آب)، ارزش هر مترمکعب آب آبیاری 1247 ریال می‌باشد. نتیجه به دست آمده، افزایش ارزش اقتصادی آب آبیاری را در منطقه الموت غربی پس از اجرایی شدن طرح انتقال بین حوضه‌ای آب از سرشاخه‌های الموت‌رود به دشت قزوین نشان می‌دهد.

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

انتقال بین حوضه‌ای آب که شامل انتقال فیزیکی آب از یک حوضه به حوضه دیگر است، اگرچه که می‌تواند کمبودهای موجود در حوضه‌های مقصد را تا حدی رفع نماید، اما می‌تواند منشأ تغییرات بسیاری در حوضه‌های مبدأ باشد. لذا، بررسی این مهم قبل از اجرایی شدن طرح‌های انتقال آب ضروری و حائز اهمیت است. به همین منظور، در این پژوهش تلاش شد تا اثرات انتقال بین حوضه‌ای آب از سرشاخه‌های الموت‌رود به دشت قزوین بر کاربری اراضی (الگوی کشت)، وضعیت درآمدی کشاورزان (سود ناخالص کشاورزان) و ارزش واقعی نهاده آب (ارزش اقتصادی آب) در ناحیه مبدأ (منطقه الموت استان قزوین) ارزیابی و تحلیل شود. برای تحقق این هدف، از یک سیستم مدل‌سازی مشتمل بر مدل برنامه‌ریزی ریاضی مثبت (PMP) استفاده شد.

نتایج به دست آمده نشان داد که انتقال بین حوضه‌ای آب از سرشاخه‌های الموت‌رود به دشت قزوین با ایجاد محدودیت 10 تا 40 درصد در عرضه آب آبیاری منجر به کاهش 1/71 تا 5/52 درصدی الگوی کشت، کاهش 2/58 تا 8/21 درصدی سود ناخالص کشاورزان و افزایش 3/23 تا 31/1 درصدی ارزش اقتصادی آب آبیاری در منطقه الموت شرقی و کاهش 2/17 تا 6/32 درصدی الگوی کشت، کاهش 3/18 تا 9/82 درصدی سود ناخالص کشاورزان و افزایش 4/09 تا 14/0 درصدی ارزش اقتصادی آب آبیاری در منطقه الموت غربی نسبت به شرایط سال پایه می‌شود. به طور کلی، مقایسه نتایج به دست آمده برای مناطق الموت شرقی و غربی حاکی از آن است که اجرایی شدن طرح انتقال بین حوضه‌ای آب از سرشاخه‌های الموت‌رود به دشت قزوین پیامدهایی مانند کاهش مجموع سطح زیرکشت محصولات منتخب، کاهش سود ناخالص کشاورزان و افزایش ارزش اقتصادی آب آبیاری را در هر دو منطقه به همراه دارد، با این تفاوت که کشاورزان منطقه الموت غربی به علت کاهش حجم بیشتری از منابع آب دردسترس خود نسبت به کشاورزان منطقه الموت شرقی، کاهش بیشتری را در سطح زیرکشت محصولات آبی و سود ناخالص

خود و همچنین، افزایش بیشتری را در ارزش منابع آبی دردسترس خود تجربه خواهند نمود. افزایش ارزش اقتصادی آب آبیاری در مناطق الموت شرقی و غربی که یکی از مهم‌ترین پیامدهای انتقال بین حوضه‌ای آب از سرشاخه‌های الموت‌رود به دشت قزوین است، منجر به افزایش میزان تقاضای کشاورزان برای نهاده آب، به هم خوردن تعادل عرضه و تقاضای آب آبیاری و افزایش نرخ آب‌بها برای کشاورزان خواهد شد که ایجاد مشکلات اجتماعی و تشدید منازعات و درگیری‌ها را در بین بهره‌بردان مشاع و غیرمشاع منابع آبی موجود در مناطق نامبرده به دنبال خواهد داشت. به طور کلی، نتایج این تحقیق نشان داد که انتقال بین حوضه‌ای آب از سرشاخه‌های الموت‌رود به دشت قزوین منجر به کاهش مجموع سطح زیرکشت محصولات زراعی و کاهش سود ناخالص کشاورزان در منطقه الموت (حوضه مبدأ) می‌شود، لذا اجرای طرح مذکور با در نظر گرفتن پیامدها و خسارت‌های اقتصادی فوق در حوضه مبدأ توصیه می‌شود. افزون بر خسارت‌های اقتصادی، اجرایی شدن طرح انتقال بین حوضه‌ای آب از سرشاخه‌های الموت‌رود به دشت قزوین به طور حتمی پیامدهای اجتماعی و زیست‌محیطی متفاوتی را در حوضه مبدأ (منطقه الموت) در پی خواهد داشت، لذا بررسی پیامدهای مذکور در مطالعات آینده توسط محققان و پژوهشگران دیگر توصیه می‌شود. علاوه بر این بایستی به این نکته توجه شود که اجرای طرح انتقال بین حوضه‌ای آب از سرشاخه‌های الموت‌رود به دشت قزوین برای رفع مشکلات کم‌آبی در حوضه مقصد (دشت قزوین) برای دوره‌های زمانی کوتاه-مدت جوابگو بوده و در بلندمدت قطعاً شرایط همانند گذشته تکرار خواهد شد. لذا، توصیه می‌شود که جهت رفع مشکل کم‌آبی در حوضه مقصد (دشت قزوین) از روش‌های مناسبی در زمینه مدیریت منابع آب (مانند تجهیز مزارع به سیستم‌های نوین آبیاری، اصلاح الگوی کشت متناسب با محصولات کم‌آب، حذف محصولات پرآب از الگو، افزایش راندمان آبیاری به ویژه با تعمیر و تجهیز کانال‌های انتقال آب و تجمیع منابع آب سطحی حاصل از رودخانه‌های فصلی جهت استفاده در بخش کشاورزی) بهره گرفته شود.

سپاسگزاری

نویسندگان بر خود واجب می‌دانند مراتب صمیمانه‌ترین سپاسگزاری‌های خود را از آقای غلامرضا پرهیزکاری کشاورز نمونه بخش الموت غربی و سرکار خانم مهنا پرهیزکاری به سبب کمک‌های بی‌شائبه‌شان در جمع‌آوری داده‌ها و اطلاعات آماری این پژوهش و تدوین و نشر آن با کیفیت مناسب ابراز دارند.

منابع

1- Alfarra A. 2004. Modeling water Resource management in Lake Naivasha, Thesis submitted to the International Institute for Geo-information Science and Earth Observation.
2- Biswas A.K., Zuo D., James E. and Liu Ch. 1983. Long distance mass American transfers of water: A Chinese case study and international experiences.
3- Dehghani Monshadi H., Niksokhan M.H. and Ardestani M. 2013. Estimates of virtual water Aquiverous Basin and its role in inter-basin water transfer systems. Journal of Water Resources Engineering, 6(1): 114-101, (In Persian with English abstract).
4- Department of Energy. 2012. Detailed report on the construction of Taleghan Dam, Department of Energy, Tehran, Iran, 83 p. (In Persian).
5- Department of Energy. 2012. Basic studies of water resources. Water transfer project branches of Alamutrood to the Qazvin plain, Qazvin Province Regional Water Organization.
6- Ghodratnama Gh. 2004. Water transfers of the basin to basin, standards and policies. Seminar Inter-Basin Water Transfer and its Role in Sustainable Development, water and electricity Industry University, (In Persian with English abstract).
7- Halabian A.H. and Shabankari M. 2010. Water resources management in Iran (case study: challenges of the water transfer from Beheshtabad to Zayandehrood. 4th international Congress of the Islamic World Geographers (ICIWG 2010), 25-27 September, Zahedan, University of Sistan Balochestan. (In Persian with English abstract).
8- He L., Tyner W.E., Doukkali R. and Siam G. 2006. Policy options to improve water allocation efficiency: analysis on Egypt and Morocco. Water International, 31, 320–337.
9- He L., Horbulyk T.M., Ali M.K., Roy D.G.L. and Klein K.K. 2012. Proportional water sharing vs. seniority- based allocation in the Bow River basin of Southern Alberta. Agricultural Water Management, 104: 21-31.
10- Heckelei T. 2002. Calibration and Estimation of Programming Models for Agricultural Supply Analysis, University of Bonn, Pp: 159.
11- Herbertson P.W. and Tate E.L. 2001. Tools for water use and demand management in South Africa, World Meteorological Organization, Technical Reports in Hydrology and Water Resources, Pp: 73.
12- Howitt R.E. 1995. Positive mathematical programming, American Journal of Agricultural Economic, 77: 329-342.
13- Howitt R.E. 2005. Agricultural and environmental policy models: calibration, estimation, and optimization. Deport

of Agricultural and Resource Economics, University of California, Davis, USA.
14- Howitt R.E., Medellin-Azuara J., MacEwan D., and Lund J.R. 2012. Calibrating disaggregate economic models of agricultural production and water management. Environmental Modeling & Software, 38: 244-258.
15- Medellin-Azuara J., Harou 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.
16- Medellan-Azuara J., Harou J.J. and Howitt R.E. 2011. 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.
17- Mohseni A. and Zibaee M. 2009. Analysis of the consequences of increasing acreage of canola in Namdan plain of Fars province: approach of positive mathematical programming model, Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources, 47(b):773-774, (In Persian with English abstract).
18- Mozaffari M.M., Parhizkari A., Hoseini Khodadadi M. and Parhizkari R. 2015. Economic Analysis of the Effects of Climate Change Induced by Greenhouse Gas Emissions on Agricultural Productions and Available Water Resources (Case Study: Down Lands of the Taleghan Dam). Journal of Agricultural Economics and Development, 29(1): 89-103. (In Persian with English abstract).
19- Parhizkari A. 2013. Determination economic value of irrigation water and farmer's response to price and non-price policies in Qazvin province, the thesis submitted for the degree of M.Sc. in the field of agricultural economics, University of Zabol, Iran. (In Persian with English abstract).
20- Parhizkari A. and Sabuhi M. 2013. Analysis of the economic and welfare impacts of establishment irrigation water market in Qazvin province, Journal of Agricultural Economics and Development, 27(4): 338-350. (In Persian with English abstract).
21- Parhizkari A. and Sabuhi M. 2013. Simulation farmers' response to reducing available water policy, Journal of Water and Irrigation Management, 3(2): 59-74. (In Persian with English abstract).
22- Parhizkari A., Sabuhi M. and 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 Agricultural Economics and Development, 27(3): 242-252. (In Persian with English abstract).
23- Parhizkari A., Sabuhi M., Ahmadpour M. and Badie Barzin H. 2014. Simulation the Farmers' Response to Irrigation Water Pricing and Rationing Policies (Case Study: Zabol City). Journal of Agricultural Economics and Development, 28(2): 164-176. (In Persian with English abstract).
24- Parhizkari A. 2015. Determining the economic value of irrigation water and analysis the effects of drought on cropping pattern and farmers' gross profit (Case study: Qazvin plain). Final Report of the Research Project in the Elites Foundation of the Armed Forces, Elites Foundation, Project No: 2-050-03-01-86010. (In Persian with English abstract).
25- Rockstrom J., Lannerstad M. and Falkenmark M. 2007. Assessing the water challenge of a new green revolution in developing countries, Proc. Nat. Acad. Sci. 104(1): 6253- 6260.
26- Rostamafshar N. and Pire A. 2004. Inter-basin Seminar Inter-Basin Water Transfer and its Role in Sustainable Development, water and electricity Industry University, (In Persian with English abstract).
27- Sabohi M., Soltani GH. and Zibaee M. 2007. The effect of changes in the price of irrigation water on private and social interests Using the positive mathematical programming model, Journal of Economics and Agricultural Development (Agricultural Science and Technology), 21(1):53-71, (In Persian with English abstract).
28- Saidinia M., Samadi Borojani H. and Fattahi R. 2008. Evaluation of inter-basin water transfer projects using WEAP model (case study: Beheshtabad tunnel). Iran Water Research Journal, 2(3):44-33, (In Persian with English abstract).
29- Samadi Borojani H. 2010. Inter-basin water transfer (opportunities and challenges). Shahrekord University press, Water Resources Research Center, (In Persian with English abstract).
30- Schuol J., Abbaspour K.C., Srinivasan R. and Yang H. 2008. Estimation of freshwater availability in the West African sub-continent using the SWAT hydrologic model, Journal of Hydrology, 352: 30-49.
31- White G. 1977. Comparative analysis of complex river development in environmental effects of complex river development, West View Press, Boulder, Colorado, pp: 78.