اقتصادکشاورزی و توسعه، سال بیست و دوم، شماره ۸۶، تابستان ۱۳۹۳

ارزیابی آثار کاهش آورد شبکهٔ سفیدرود بر الگوی کشت زراعی دشت مرکزی استان گیلان

محمد کاوسی کلاشمی[۱]، غلامرضا پیکانی[۲]، سید صفدر حسینی[۳]، حبیب ا... سلامی[۴]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۴/۲۰ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۳/۲۹

چکیده

حوضهٔ آبریز سفیدرود بزرگ، آبیاری جلگهٔ حاصلخیز گیلان را بر عهده داشته و آب مورد نیاز برای زراعت محصول راهبردی برنج را در این استان فراهم آورده است. طرح‌های توسعهٔ منابع آب در بالادست این حوضه، تأمین آب آبیاری مطمئن برای جلگه گیلان را با مخاطره مواجه ساخته است. پژوهش حاضر با استفاده از الگوی برنامه‌ریزی ریاضی منطقه‌ای مبتنی بر رهیافت برنامه‌ریزی ریاضی مثبت و در نظر گرفتن شرایط هیدرولوژیکی ناحیهٔ آبیاری

۱. استادیار گروه اقتصادکشاورزی، دانشکدهٔ علوم کشاورزی، دانشگاه گیلان (نویسندهٔ مسئول)
e-mail: mkavoosi@ut.ac.ir
۲. دانشیار گروه اقتصاد کشاورزی، دانشکدهٔ اقتصاد و توسعهٔ کشاورزی، دانشگاه تهران
e-mail:rezapeykani@yahoo.com
۳. استاد گروه اقتصاد کشاورزی، دانشکدهٔ اقتصاد و توسعهٔ کشاورزی، دانشگاه تهران
e-mail:hosseini_safdar@yahoo.com
۴. استاد گروه اقتصاد کشاورزی، دانشکدهٔ اقتصاد و توسعهٔ کشاورزی، دانشگاه تهران
e-mail: hsalami@ut.ac.ir

دشت مرکزی استان گیلان، آثار ۱۰ سناریوی مختلف کاهش آورد شبکه سفیدرود را تحت ۸ وضعیت مختلف شبکه ارزیابی کرده است. داده‌های مورد نیاز از منابع مختلف شامل شرکت مدیریت منابع آب ایران، شرکت سهامی آب منطقه‌ای استان گیلان و مطالعات شرکت‌های مشاور جمع‌آوری شد. اراضی زراعی خارج شده از مدل آبیاری، مقدار خسارات اجتناب شده به واسطهٔ اجرای طرح‌های بهبود راندمان آبیاری و کاهش سود ناخالص زراعت در ناحیهٔ آبیاری دشت مرکزی تحت سناریوهای مختلف کاهش آورد و وضعیت‌های متفاوت شبکهٔ از جمله مهم‌ترین یافته‌های این پژوهش است. نتایج نشان داد که کاهش ۹ درصدی آورد شبکه آبیاری و زهکشی سفیدرود در ناحیهٔ دشت مرکزی در وضعیت پایه منجر به خارج شدن ۷/۶ درصد سطح زیر کشت برنج و ۷/۹ درصد کل سطح زیر کشت محصولات زراعی این ناحیه از مدول آبیاری می‌شود. شبیه‌سازی‌های صورت گرفته بر مبنای سناریوهای تغییر وضعیت شبکه بیانگر اثر شایان توجه سیاست بهبود راندمان آبیاری بر جلوگیری از ایجاد خسارت ناشی از کاهش آورد است. مقادیر حاصل مبنای تحلیل هزینه- فایده در خصوص اجرای طرح‌های بهبود راندمان آبیاری در این ناحیهٔ آبیاری است.

طبقه‌بندی JEL: C2، N55، Q15

کلیدواژه‌ها:

کاهش آورد، برنامه‌ریزی ریاضی مثبت، شبکه آبیاری و زهکشی سفیدرود، استان گیلان

مقدمه

تغییر ساختار تخصیص و باز توزیع آب آبیاری بخش کشاورزی در یک منطقه به سایر مصارف کشاورزی، صنعتی، شهری و محیط‌زیستی در مناطق دیگر نگرانی روز افزون بسیاری از کشورهای توسعه یافته و در حال توسعه است (World Bank, 2010). اختلاف در خصوص حقوق مالکیت آب در حوضه‌های آبی، افزایش تقاضای آب شهری، توجه به ارزش آب در

مصارف محیط‌زیستی و تغییر اقلیم، رقابت برای منابع محدود آب را افزایش داده و تغییر ساختار تخصیص و بازتوزیع آب از بخش کشاورزی را امری رایج نموده است. کم‌آبی از مشخصه‌های اصلی اقلیمی ایران است. ایران در ناحیهٔ خشک و نیمه خشک دنیا قرار گرفته و ۷۳ درصد مساحت این کشور خشک و نیمه خشک می‌باشد. منبع اصلی منابع آب ایران ریزش‌های جوی سالانه است. میزان بارندگی سالانه در ایران ۲۵۰ میلی‌متر است که یک سوم متوسط بارندگی سالانه قاره آسیا و جهان است (یوسفی، ۱۳۸۹). پیش‌بینی می‌شود در سال ۱۴۰۰ مقدار تقاضای آب در ایران بالغ بر ۱۳۰ میلیارد مترمکعب باشد که تأمین این مقدار از منابع آب تجدیدپذیر ممکن نخواهد بود (سامانی، ۱۳۸۴). از این رو، نگاهی راهبردی و کلان به مدیریت منابع آب به منظور جلوگیری از ایجاد بحران و پیش‌برد اهداف توسعه اقتصادی ایران ضروری می‌باشد. براساس راهبردهای توسعه بلندمدت منابع آب ایران (۱۳۸۲)، که پایه مدیریت ملی آب محسوب شده، در طرح‌های توسعه منابع آب استانی، حوضه‌های آب به عنوان پایه تصمیم‌گیری‌های اقتصادی و اجتماعی باید مدنظر قرار گیرد. تأکید راهبردهای کلان بر تصمیم‌گیری و برنامه‌ریزی در چارچوب حوضه‌های آبی لزوم اتکا بر دید سیستمی و استفاده از الگوهای جامع‌نگر را در موضوعات مرتبط با تخصیص آب نشان می‌دهد.

حوضهٔ آبریز سفیدرود بزرگ در تقسیم بندی کلی هیدرولوژی ایران، بخشی از حوضه آبریز دریای خزر محسوب شده و مساحت این حوضه برابر با ۵۹۱۹۶ کیلومتر مربع است (دفتر برنامه‌ریزی کلان آب و آبفا، ۱۳۹۰). در انتهایی‌ترین قسمت این حوضه، رودخانهٔ قزل اوزن پس از مخلوط شدن با رودخانهٔ شاهرود به رودخانهٔ سفیدرود تغییر نام داده، رو به سوی شمال شرقی جریان یافته و وارد محدوده شهرستان رودبار در استان گیلان می‌شود. رودخانهٔ سفیدرود مهم‌ترین رودخانهٔ تأمین‌کننده آب بخش کشاورزی استان گیلان است به نحوی که این رودخانه حدود ۸۰ درصد آب تنظیم شدهٔ استان گیلان را تأمین می‌نماید. آبیاری جلگهٔ گیلان مهم‌ترین نقش رودخانهٔ سفیدرود بوده و پس از سال ۱۳۴۰ شبکه‌ها و زهکشی‌های گسترده‌ای از این رودخانه به منظور آبیاری جلگهٔ حاصلخیز گیلان ایجاد گردید (JICA, 2010). اراضی

تحت پوشش شبکه آبیاری و زهکشی سفیدرود به سه ناحیهٔ عمدهٔ آبیاری شامل دشت مرکزی (واحدهای عمرانی G) با وسعت ۷۵/۸ هزار هکتار، ناحیهٔ فومنات (واحدهای عمرانی F) با وسعت ۴۹/۷ هزار هکتار و ناحیهٔ شرقی (واحدهای عمرانی D) با وسعت ۵۴ هزار هکتار تقسیم‌بندی می‌شود (شرکت سهامی آب منطقه‌ای گیلان، ۱۳۸۳). در سال‌های اخیر، بدون توجه به منابع آب کل حوضهٔ آبریز سفیدرود (قزل اوزن- سفیدرود)، با اتخاذ رویکرد تأمین منابع آب و پاسخگویی به تقاضای جدید در بالادست، سازه‌های تنظیم و ذخیره‌سازی آب متعددی در استان‌های بالادست حوضهٔ آبریز احداث شده است (JICA, 2010). پیامد این رویکرد، کاهش آب ورودی به استان گیلان و ایجاد بحران مدیریت منابع آب در انتهایی‌ترین استان آبخور حوضه، یعنی گیلان می‌باشد. ارزیابی اثرات کاهش آورد رودخانهٔ سفیدرود بر بخش کشاورزی این استان، نقش شایان توجهی در فراهم آوردن اطلاعات مورد نیاز برنامه‌ریزان به منظور آگاهی از عواقب تصمیم‌گیری‌های خود دارد. همچنین خسارات وارد بر استان پایین‌دست این حوضه، که در ارزیابی هزینه-فایده طرح‌های توسعه منابع آب در بالادست دیده نشده، با بهره‌گیری از مطالعات این چنینی قابل کمّی نمودن می‌باشد.

بررسی اثرات اقتصادی کاهش آب آبیاری مورد نیاز در سطح ناحیه‌ای، منطقه‌ای و ملی با استفاده از دو رهیافت الگوهای جامع‌نگر مانند داده-ستانده یا تعادل عمومی و الگوهای برنامه‌ریزی منطقه‌ای صورت می‌گیرد. کاربرد دستهٔ اول از الگوها به واسطهٔ کمبود اطلاعات و داده‌های مورد نیاز در منطقه و کاربرد ضرایب فنی ثابت، بسیار محدود بوده است، برای مثال، توروالدسون و پریچت (Thorvaldson and Pritchett, 2007) در قالب طرحی جامع، اثرات اقتصادی کاهش اراضی آبی کشاورزی به واسطه انتقال آب از بخش کشاورزی به سایر بخش‌ها را در چهار حوضهٔ آبریز ایالت کلرادو آمریکا مورد بررسی قرار دادند. این مطالعه مقدار و حوزهٔ اثرات مرتبط با کاهش اراضی آبی کشاورزی را با استفاده از الگوی داده- ستانده منطقه‌ای تعیین نمود. سنجش اثرات مستقیم، غیرمستقیم، القایی و کل به ازای مناطق چهارگانه مورد مطالعه و اثرگذاری بر اشتغال منطقه‌ای از جمله مهم‌ترین اهداف مدنظر در این پژوهش بود.

سونگ و همکاران (Seung et al., 1999) اثرات اقتصادی انتقال آب آبیاری کشاورزی به مصرف تفریحی را در یک پارک حیات‌وحش آمریکا مورد بررسی قرار دادند. دو الگوی اقتصادی منطقه‌ای ماتریس حسابداری اجتماعی تعیین شده از سوی طرف عرضه (SDSAM)[1] و الگوی تعادل عمومی محاسبه شدنی(CGE)[2] در این پژوهش مورد استفاده قرار گرفت. نتایج نشان داد که الگوی SDSAM اثرات سیاستی بر ستانده و درآمد عوامل تولید در بخش‌های کشاورزی را در قیاس با الگوی CGE بیش از حد نشان می‌دهد. دستهٔ دیگر الگوهای مورد استفاده به منظور ارزیابی اقتصادی اثرات کاهش آب آبیاری شامل الگوهای برنامه‌ریزی ریاضی می‌باشد.

چن و همکاران (Chen et al., 2001) اثرات تغییر اقلیم و کاهش آب آبیاری را بر اقتصاد منطقه‌ای حوضهٔ آبریز ادوارد در کشور آمریکا مورد بررسی قرار دادند. نتایج حاصل از به کارگیری یک الگوی برنامه‌ریزی ریاضی منطقه‌ای نشان داد که افزایش هزینه‌های پمپاژ به واسطهٔ کاهش آب آبیاری موجود منجر به کاهش ۱ تا ۲ درصدی سود ناخالص در بخش کشاورزی منطقه می‌شود. مجیاس و همکاران (Mejias et al., 2004) با استفاده از یک الگوی برنامه‌ریزی‌ریاضی منطقه‌ای، اثرات‌کاهش آب آبیاری در دسترس و سیاست‌های قیمت‌گذاری آب آبیاری را بر بخش کشاورزی کشور اسپانیا مورد ارزیابی قرار دادند. نتایج این مطالعه نشان داد که آب آبیاری در دسترس، مؤلفهٔ اصلی اثرگذاری سیاست‌های قیمت‌گذاری و کنترل تقاضاست. همچنین پیش‌بینی صورت گرفته در این پژوهش بیانگر افزایش تقاضا با وجود قیمت‌های بالای آب در سال‌های خشک آتی است.

در مطالعه‌ای با عنوان «ارزیابی اثرات سیاست‌های آب سطحی و زیرزمینی برای حوضهٔ رودخانه سائوفرانسیسکو در برزیل، دو الگوی هیدرولوژیکی و اقتصادی در مقیاس حوضه به هم ارتباط داده شدند تا اثرات دسترسی به آب آبیاری، تغییر هزینهٔ استفاده از آب آبیاری و بهبود سیاست‌های آب در بخش کشاورزی ارزیابی شود. دو الگوی مورد استفاده شامل الگوی

1.Supply-Determined Social Accounting Matrix
2. Computable General Equilibrium

هیدرولوژیکی بارش- رواناب و الگوی برنامه‌ریزی ریاضی (PMP)[1] در مقیاس منطقه است. نتایج نشان داد که توسعه کشاورزی در حوضه اگرچه منجر به افزایش تولید ناخالص داخلی منطقه‌ای و افزایش اشتغال روستایی و کاهش فقر شده، فشار قابل توجهی بر جریان‌های محیط-زیستی وارد کرده است. همچنین با استفاده از الگوی اقتصادی، اثر کاهش آورد ۱۰، ۲۰، ۳۰ و ۴۰ درصدی بر سطح زیر کشت و ترکیب الگوی کشت در مناطق مختلف آبیاری مورد بررسی قرار گرفت (Maneta et al., 2007).

کانر و همکاران (Connor et al., 2008) اثرات کاهش آب آبیاری را در یک منطقه آبیاری استرالیا بررسی کردند. نتایج حاصل از الگوی برنامه‌ریزی ریاضی دومرحله‌ای منطقه‌ای نشان داد که در کوتاه‌مدت کاهش ۳۰ درصدی آب آبیاری منجر به کاهش ۳ درصدی درآمد و ۹ درصدی سود ناخالص بخش کشاورزی در این ناحیه آبیاری شده، در حالی که کاهش ۷۰ درصدی و بالاتر آب آبیاری نابودی بخش کشاورزی را در پی داشته است. همچنین واکنش‌های بلندمدت نیز در قالب سه سناریوی کاهش کم، متوسط و شدید آب آبیاری مورد ارزیابی قرار گرفت.

هاویت و همکاران (Howitt et al., 2010) با استفاده از الگوی برنامه‌ریزی ریاضی مثبت (PMP) و ویژگی‌های هیدرولوژیک، یک الگوی جامع تولید کشاورزی در سطح ایالتی را برای کالیفرنیای آمریکا ایجاد نمودند. این الگو چارچوب جامع و یکپارچه از الگوسازی اقتصادی- هیدرولوژیکی را با توجه به مطالعات انجام شده طی یک دهۀ گذشته در این منطقه ارائه می‌دهد. هدف از ایجاد الگو، ارزیابی واکنش‌ها در ۵ سناریوی ایجاد بازار آب در شرایط خشکسالی، تغییر اقلیم و اثرات آن بر بخش کشاورزی، کاهش عملکرد و درآمد کشاورزی بر اثر شوری خاک، ارزیابی برنامه جامع کشاورزی و اثرات اقتصادی خشکسالی رخ داده در سال ۲۰۰۹ می‌باشد.

1. Positive Mathematical Programming

هیدک و هکللی (Heidecke and Heckelei, 2010) با بسط یک الگوی هیدرواقتصادی مبتنی بر کالیبراسیون PMP، اثرات سناریوهای مختلف قیمت‌گذاری آب کشاورزی را بر حوضهٔ درعا در مراکش مورد بررسی قرار دادند. قیدهای استفاده بالادست و پایین‌دست، استفاده هم‌زمان از منابع آب سطحی و زیرزمینی و کیفیت و کمیت آب از مهم‌ترین موارد در نظر گرفته شده در الگوسازی این پژوهش است. نتایج حاصل نشان داد که قیمت‌گذاری آب زیرزمینی کاهش ۲۰۰ درصدی استفاده از آب زیرزمینی را در سطح حوضه در پی دارد. از سوی دیگر، این سیاست منجر به افزایش شش درصدی استفاده از آب سطحی خواهد شد.

آزورا و همکاران (Azuara et al., 2012) به منظور ارزیابی آثار کاهش عرضهٔ آب آبیاری در نواحی جنوبی ایالت کالیفرنیای آمریکا، الگوی تولید کشاورزی ایالتی را مورد استفاده قرار دادند. نتایج این الگوی برنامه‌ریزی منطقه‌ای نشان داد که کاهش ۲۵ درصدی آب آبیاری منجر به کاهش ۸ درصدی تولیدات کشاورزی (معادل ۷۲۲ میلیون دلار)، از دست رفتن ۹۹۶۰ شغل و کاهش ۱/۵۹ میلیارد دلاری ستانده اقتصادی کل منطقه‌ای می‌شود.

در ایران نیز برآورد اثرات کاهش آب آبیاری موجود بر الگوی کشت منطقه‌ای در چند مطالعه مدنظر قرار گرفته است. قرقانی و همکاران (۱۳۸۸) بررسی تأثیر کاهش آب آبیاری و افزایش قیمت آب بر الگوی کشت را با استفاده از روش برنامه‌ریزی ریاضی مثبت در شهرستان اقلید استان فارس بررسی کردند. در این مطالعه، اثرات سناریوهای کاهش ۱۰، ۲۰، ۳۰ و ۵۰ درصدی آب آبیاری بر الگوی کشت مزرعه نماینده این شهرستان مورد ارزیابی قرار گرفت. همچنین موسوی و قرقانی (۱۳۹۰) اثرات سیاست‌های آب در بخش کشاورزی را با استفاده از الگوی برنامه‌ریزی ریاضی مثبت در شهرستان اقلید مورد مطالعه قرار دادند. نتایج الگوی مورد استفاده نشان داد که اتخاذ سیاست کاهش ۱۰ درصدی موجودی آب به همراه دو برابر نمودن قیمت آب آبیاری، الگوی کشت بهینه را نسبت به حالت پایه تغییر نمی‌دهد.

ثمره‌هاشمی (۱۳۹۱) اثر کاهش منابع آبی بر الگوی کشت محصولات زراعی استان کرمان را با استفاده از الگوی برنامه‌ریزی ریاضی مثبت مورد بررسی قرار داد. در این مطالعه، استان کرمان به پنج منطقه تقسیم شد و آثار سناریوهای کاهش ۱۱، ۱۵ و ۵۰ درصدی منابع آب و افزایش ۱۰ درصدی راندمان آبیاری توأم با کاهش منابع آب بررسی شد. نتایج نشان داد که در اغلب مناطق با اعمال سناریوهای فوق، گروه سبزیجات و محصولات جالیزی با کاهش کمتر سطح زیر کشت در قیاس با گروه غلات و یونجه مواجه می‌باشند.

با توجه به شرایط پیش‌روی شبکهٔ آبیاری و زهکشی سفیدرود، ارزیابی اثرات سناریوهای محتمل کاهش آورد بر نواحی عمدهٔ آبیاری این شبکه اهمیت بسزایی دارد. سنجش اثرات این سناریوها تحت سیاست‌های جبرانی مختلف در قالب تغییر وضعیت شبکه از مزیت‌های اصلی این مطالعه در قیاس با پژوهش‌های قبلی است. در این راستا، با استفاده از الگوی برنامه‌ریزی ریاضی منطقه‌ای مبتنی بر رهیافت برنامه‌ریزی ریاضی مثبت و در نظر گرفتن شرایط هیدرولوژیکی شبکه آبیاری و زهکشی سفیدرود، اثرات کاهش آورد رودخانهٔ سفیدرود بر ناحیهٔ آبیاری دشت مرکزی استان گیلان تحت سناریوهای سیاستی مختلف مورد ارزیابی‌قرار گرفت. بررسی آثار اقتصادی‌مستقیم ناشی از سناریوهای کاهش آورد و شبیه‌سازی برای حالت‌های مختلف وضعیت شبکه، چارچوب مناسبی را برای سیاست‌گذاران به منظور تحلیل شرایط پیش‌رو فراهم می‌آورد.

مبانی نظری و روش تحقیق

علاقهٔ روزافزون سیاست‌گذاران و برنامه‌ریزان به کمّی نمودن واکنش تولیدکنندگان در بخش‌های مختلف اقتصادی نسبت به تغییرات اثرات خارجی و سناریوهای سیاستی منجر به کاربرد گسترده الگوهای برنامه‌ریزی ریاضی مثبت (PMP) شده است. بازسازی حالت مشاهده شدهٔ سامانهٔ تولید، شبیه‌سازی براساس داده‌های میدانی موجود در فرایند تصمیم‌گیری و یکسان بودن حالت مشاهده شده با حالت پایه شبیه‌سازی از مهم‌ترین مزایای این الگو تلقی می‌شود

(شیرماهی، ۱۳۹۰؛ جهانگیرپور، ۱۳۹۱). در این رهیافت، اطلاعات دوگان برای کالیبره نمودن یک تابع هدف غیرخطی مورد استفاده قرار گرفته به نحوی که در نهایت سطوح فعالیت مشاهده شده در دورهٔ زمانی پایه بدون محدودیت‌های کالیبراسیون به دست می‌آید. در رهیافت کلاسیک PMP، سه مرحله اصلی به منظور الگوسازی وجود دارد: در مرحلهٔ اول، ایجاد یک الگوی معمول برنامه‌ریزی‌ریاضی که علاوه بر محدودیت‌های رایج، محدودیت‌های کالیبراسیون را نیز دارد. محدودیت‌های کالیبراسیون به منظور مقیدسازی مقدار بهینهٔ متغیرهای تصمیم به ایجاد مشاهدات دورهٔ زمانی پایه به کار می‌رود. مقادیر دوگان به دست آمده در این مرحله، در محاسبهٔ ضرایب تابع غیرخطی (پارامترهای الگوی اقتصادی) مورد استفاده قرار می‌گیرد. با فرض وجود یک مسئله بیشینه‌سازی سود ناخالص برای منطقه آبیاری، الگوی مرحلهٔ اول PMP را می‌توان به صورت زیر نشان داد:

$$Max\ \Pi = P'X - C'X \qquad (۱)$$
$$Subject\ to:$$

$$AX \le b \qquad [\lambda_1] \qquad (۲)$$

$$X \le X^R + \varepsilon \qquad [\lambda_2] \qquad (۳)$$

$$X \ge 0 \qquad (۴)$$

در رابطهٔ فوق، πمقدار تابع هدف، P بردار N×1 از درآمد ناخالص رشته فعالیت‌ها در واحد سطح، X بردار N×1 سطح رشته فعالیت‌ها، C بردار N×1 هزینهٔ تولید هر رشته فعالیت در واحد سطح، A ماتریس M×N ضرایب فنی، b بردار M×1 مقدار منابع موجود، X^R بردار N×1 سطوح مشاهده شده در دورهٔ زمانی پایه و ε بردار N×1 عدد مثبت بسیار کوچک است.

پس از حل الگو، مقادیر بردار λ_1 (M×1) شامل متغیرهای دوگان مربوط به محدودیت‌های منابع کلی تولید و بردار λ_2 (N×1) یعنی متغیرهای دوگان مربوط به محدودیت‌های سطوح زیر کشت مشاهده شده، تعیین خواهد شد. براساس پژوهش هاویت (Howitt, 1995) و پاریس و هاویت (Paris and Howitt, 1998)، بردار متغیرهای دوگان λ_2 برایندی از خطای

تصریح الگو، خطای جمع‌آوری داده‌ها، خطای تجمیع، رفتار ریسکی و انتظارات قیمتی می‌باشد. به منظور کالیبره نمودن الگو می‌توان از رهیافت‌های تابع هزینه متغیر تولید غیرخطی و تابع تولید غیرخطی استفاده نمود.

پژوهش حاضر کاربرد رهیافت تابع هزینهٔ متغیر تولید درجهٔ دوم را مدنظر قرار داد. در این شرایط، بردار مقادیر دوگان λ_2 بیانگر اختلاف بین مقدار هزینهٔ نهایی و هزینهٔ متوسط است. مقدار هزینهٔ نهایی تولید برای بردار رشته فعالیت‌های X^R برابر با مجموع مقادیر بردار مقادیر دوگان λ_2 و بردار هزینهٔ تولید هر رشته فعالیت در واحد سطح (C) می‌باشد. مقادیر دوگان محدودیت‌های کالیبراسیون در واقع هزینه‌های ضمنی نهایی اضافی بوده که به منظور تحقق شرایط برابری مقادیر نهایی[1] برای تخصیص زمین محاسبه می‌شوند.

مرحلهٔ دوم در رهیافت PMP استفاده از مقادیر دوگان به دست آمده در مرحلهٔ اول به منظور کالیبره نمودن پارامترهای تابع هدف غیرخطی است. اگر استفاده از تابع هزینهٔ غیرخطی مبنای کالیبراسیون قرار گیرد با فرض ثبات قیمت نهاده‌ها، تصریح یک تابع هزینهٔ متغیرVC با فرم تابعی درجه دوم به صورت زیر است.

$$VC(X) = d'X + 0.5X'QX \qquad (۵)$$

که در آن d بردار $N\times1$ از ضرایب تابع هزینهٔ درجهٔ دوم یا ضرایب تابع هزینهٔ درجهٔ دوم و Q ماتریس $N\times N$ متقارن، مثبت و نیمه معین است. عناصر قطری ماتریس Q، پارامترهای متغیرهای درجهٔ دوم و Q_{ij} $(i\neq j)$ پارامترهای اثرات متقابل کشت محصولات رقیب است که به تناوب مطرح می‌باشد. بردار هزینهٔ نهایی متغیر MVC(X) مربوط به تابع هزینهٔ درجه دوم برابر با مجموع بردار هزینه تولید حسابداری Cو بردار هزینه نهایی تفاضلی λ_2 می‌باشد.

$$MVC(X) = VC_v(X)X^{R\prime} = d + QX^R = C + \lambda_2 \qquad (۶)$$

در رابطهٔ فوق، $VC_v(X)$بردار گرادیان $1\times N$ از مشتقات مرتبهٔ اول $C_v(X)$ برای $X = X^R$ است.

1. Marginal

به منظور تخمین پارامترهای تابع هزینه متغیر تولید درجهٔ دوم نمی‌توان از روش‌های کلاسیک اقتصادسنجی بهره برد، زیرا تعداد پارامترهای این الگوی اقتصادی بزرگ‌تر از تعداد مشاهدات آماری موجود است. تعداد ضرایب موجود (عناصر بردار d و ماتریس Q) که باید برآورد شود برابر با [n + n(n + 1)/2] می‌باشد (دانیال‌نیا، ۱۳۹۱). در این رابطه، nتعداد پارامترهای اعداد ثابت تابع MC و n(n + 1)/2 تعداد پارامترهای ماتریس Q است. تعداد معادلات موجود در الگو برابر با n بوده و سیستم کمتر از حد معین است. جهت فایق آمدن بر کمتر از حد معین بودن سیستم، از روش حداکثر آنتروپی(ME)[1] جهت برآورد ضرایب استفاده شد. در این روش، به منظور اطمینان از صحت نیمه معین‌بودن ماتریس Q، از ماتریس چولسکی استفاده می‌شود (بخشی و پیکانی، ۱۳۹۰).

در مرحلهٔ سوم رهیافت PMP، تابع هدف غیرخطی کالیبره شده، در یک مسئله برنامه‌ریزی غیرخطی شبیه به مرحله اول اما بدون محدودیت‌های کالیبراسیون مورد استفاده قرار می‌گیرد. این مدل غیرخطی کالیبره شده با انتخاب تابع هزینه غیرخطی فعالیت، که در گام قبلی به‌دست آمده به طور صحیح سطوح فعالیت مشاهده شده و مقادیر دوگان اصلی محدودیت‌های منابع محدود مقید را بازتولید می‌نماید. در نهایت الگوی PMP زیر برای شبیه‌سازی و اعمال سیاست‌های مختلف می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد:

$$Max\ \Pi = P'X - \hat{d}'X - 0.5X'\hat{Q}X$$
$$Subject\ to: \qquad (۷)$$

$$AX \le b \qquad (۸)$$

$$X \ge 0 \qquad (۹)$$

محدودیت منابع تولیدی لحاظ شده در الگوسازی برنامه‌ریزی ریاضی مثبت شامل سطح زیر کشت، آب آبیاری و سرمایه می‌باشد. با بهره‌گیری از چارچوب ارائه شده و در نظر گرفتن شرایط هیدرولوژیکی ناحیهٔ آبیاری دشت مرکزی، الگوی برنامه‌ریزی ریاضی منطقه‌ای

1. Maximum Entropy

به منظور ارزیابی آثار سناریوهای مختلف کاهش آورد تحت وضعیت‌های مختلف شبکه مورد استفاده‌قرار گرفت. آمار و اطلاعات مورد نیاز در پژوهش‌حاضر مربوط به سال زراعی ۱۳۸۹-۹۰ بوده و از سازمان جهاد کشاورزی استان گیلان، شرکت سهامی آب منطقه‌ای استان گیلان، شرکت مدیریت منابع آب ایران، مطالعات جامع بهسازی شبکهٔ آبیاری و زهکشی سفیدرود گیلان (ارائه شده توسط شرکت مشاور پندام)، مطالعات یکپارچه برنامه‌ریزی منابع آب حوضهٔ آبریز قزل اوزن- سفیدرود (ارائه شده توسط شرکت مشاور مهاب قدس) و مطالعهٔ مدیریت یکپارچه منابع آب در حوضه رودخانه سفیدرود (ارائه شده توسط شرکت مشاور جایکا) جمع‌آوری شده است.

نتایج و بحث

ناحیهٔ آبیاری دشت مرکزی در شبکهٔ آبیاری و زهکشی سفیدرود مشتمل بر ۷ واحد عمرانی است که اراضی زراعی بالغ بر ۷۵ هزار هکتار را تحت پوشش خود دارد. کشت رایج در این ناحیه آبیاری، ارقام برنج دانه بلند مرغوب می‌باشد. براساس آخرین اطلاعات موجود، الگوی کشت این ناحیهٔ آبیاری شامل ۹۲ درصد برنج دانه بلند مرغوب، ۶ درصد برنج دانه بلند پرمحصول و ۲ درصد سایر محصولات زراعی است.

تأمین آب آبیاری در این ناحیه توسط چهار منبع اصلی شامل شبکه آبیاری سفیدرود، رودخانه‌ها و انهار محلی و زهکش‌ها، آب‌بندان‌ها و منابع زیرزمینی صورت می‌گیرد. با توجه به مصرف آب آبیاری بالغ بر ۷۹۸ میلیون متر مکعب در این ناحیهٔ آبیاری، سهم هر یک از منابع چهارگانه فوق در تأمین آب آبیاری به ترتیب برابر با۸۶/۷، ۱۱/۶، ۱/۵ و ۰/۲ درصد می‌باشد. وابستگی بالای این ناحیهٔ آبیاری به شبکه سفیدرود در قیاس با سایر نواحی آبیاری این شبکه، سبب شده است کاهش آورد رودخانهٔ سفیدرود اثرات شایان توجهی بر این ناحیه داشته باشد.

با توجه به آورد رودخانهٔ سفیدرود در سال‌های اخیر و پیش‌بینی‌های صورت گرفته در خصوص کاهش آورد به واسطهٔ اتمام طرح‌های توسعهٔ منابع آب در بالادست حوضه آبریز قزل‌اوزن- سفیدرود، ۱۰ سناریوی کاهش آورد شامل کاهش ۹، ۱۶، ۲۱، ۲۵، ۲۹، ۳۴، ۳۷، ۴۲، ۵۰ و ۶۰ درصدی مدنظر قرار گرفت.سناریوهای کاهش آورد فوق بر مبنای نظرات کارشناسی، مقادیر رواناب در دوره‌های خشکسالی و خروجی الگوهای شبیه‌سازی رواناب تعیین شد. علاوه بر بررسی آثار این سناریوهای کاهش آورد بر وضعیت کنونی ناحیهٔ آبیاری دشت مرکزی، این آثار تحت ۷ سناریوی تغییر در شبکه نیز مورد ارزیابی قرار گرفت. هفت وضعیت یادشده بر مبنای نظر کارشناسی، تدابیر تاریخی اتخاذ شده در مواجهه با خشکسالی و برنامه‌های توسعه‌ای در ناحیهٔ مورد بررسی انتخاب گردید.

این ۷ سناریو عبارت است از: استفادهٔ ۵۰ درصدی از جریان آب بازگشتی[1] در شبکه (RF1)، استفادهٔ ۶۰ درصدی از جریان آب بازگشتی در شبکه (RF2)، استفادهٔ ۷۰ درصدی از جریان آب بازگشتی در شبکه (RF3)،استفادهٔ ۸۰ درصدی از جریان آب بازگشتی در شبکه (RF4)، استفادهٔ ۹۰ درصدی از جریان آب بازگشتی در شبکه (RF5)، اجرای کامل طرح تجهیز و نوسازی اراضی زراعی در شبکه (TNS) و دو برابر شدن برداشت از آب‌بندان‌ها و منابع زیرزمینی (سناریوی ۱۰۰-۱۰۰) می‌باشد.

محاسبات حاصل از اعمال سناریوهای هفت‌گانهٔ تغییر شرایط شبکه نشان داد که آستانهٔ آسیب نسبت به کاهش آورد رودخانه و شبکهٔ سفیدرود (میزان کاهش آوردی نسبت به شرایط نرمال که از آن به بعد خسارت اقتصادی ایجاد می‌شود) به ترتیب برابر با ۹/۲، ۱۱/۹، ۱۴/۵، ۱۷/۷، ۲۲/۶، ۱۳/۶ و ۲ درصد می‌باشد. خلاصه نتایج حاصل از ۸۰ الگوی شبیه‌سازی در خصوص سناریوهای کاهش آورد برای وضعیت‌های مختلف شبکه در ادامه ارائه شده است.

۱.جریان آب بازگشتی (Return flow)، آب سطحی و زیرسطحی است که پس از آبیاری از مزرعه خارج شده و به مصرف نمی‌رسد.

کاهش ۹ درصدی تأمین آب آبیاری از طریق شبکهٔ آبیاری و زهکشی سفیدرود در ناحیهٔ دشت مرکزی در وضعیت پایه منجر به کاهش ۷/۶۱ درصدی سطح زیر کشت ارقام برنج‌دانه بلند و کاهش ۷/۹ درصدی کل سطح زیر کشت محصولات زراعی این ناحیه می‌شود.

مقدار متوسط راندمان مصرف آب آبیاری در وضعیت کنونی ناحیهٔ مورد بررسی، معادل ۳۷ درصد در نظر گرفته شد. در سناریوهای وضعیت شبکه RFS1 تا TNS با توجه به بهبود راندمان آبیاری این مقدار کاهش آورد اثری بر الگوی کشت ناحیه آبیاری دشت مرکزی نخواهد داشت. نتایج حاصل نشان داد که به طور متوسط در سناریوهای یادشده یک درصد افزایش راندمان آبیاری منجر به اجتناب از کاهش ۷/۴ درصدی سطح زیر کشت محصولات زراعی این ناحیه می‌شود. مقدار اجتناب شده فوق می‌توانست خسارتی معادل با ۹۲/۲ میلیارد ریال را در منطقه آبیاری دشت مرکزی ایجاد نماید.

آب‌بندان‌ها و آب زیرزمینی دو گروه از منابع آب بوده که پتانسیل افزایش برداشت را در منطقهٔ مورد مطالعه دارد. از این رو، اثر کاهش ۹ درصدی آورد شبکهٔ سفیدرود توأم با افزایش دو برابری برداشت از آب‌بندان‌ها و آب زیرزمینی در این ناحیه مورد بررسی قرار گرفت. تحت این شرایط از کاهش ۱/۷ درصدی سطح زیر کشت ارقام برنج و ۱/۸ درصدی کل سطح زیر کشت محصولات زراعی اجتناب می‌شود. همچنین خسارت اجتناب شده در سناریوی ۱۰۰-۱۰۰ معادل با ۲۰/۹۶ میلیارد ریال است.

جدول ۱. درصد اراضی زراعی که تحت سناریوهای مختلف نسبت به حالت پایه از مدول آبیاری خارج می‌شوند

سناریوها	۹		۱۶		۲۱		۲۵		۲۹		۳۴		۳۷		۴۲		۵۰		۶۰	
	برنج	کل	برنج	کل	برنج	کل	برنج	کل	برنج	کل	برنج	کل	برنج	کل	برنج	کل	برنج	کل	برنج	کل
وضعیت کنونی	۷/۶	۷/۹	۱۳/۶	۱۴	۱۷/۸	۱۸/۴	۲۱/۲	۲۱/۹	۲۴/۶	۲۵/۳	۲۸/۹	۲۹/۷	۳۱/۵	۳۲/۳	۳۵/۸	۳۶/۶	۴۲/۷	۴۳/۵	۵۱/۴	۵۲/۱
RFS1	۰	۰	۶/۳	۶/۵	۱۰/۹	۱۱/۳	۱۴/۶	۱۵/۱	۱۸/۳	۱۸/۸	۲۲/۹	۲۳/۶	۲۵/۷	۲۶/۴	۳۰/۳	۳۱/۲	۳۷/۸	۳۸/۷	۴۷/۲	۴۸
RFS2	۰	۰	۳/۸	۴	۸/۶	۸/۹	۱۲/۴	۱۲/۸	۱۶/۲	۱۶/۷	۲۰/۹	۲۱/۶	۲۳/۸	۲۴/۵	۲۸/۵	۲۹/۳	۳۶/۲	۳۷	۴۵/۹	۴۶/۶
RFS3	۰	۰	۱/۴	۱/۵	۶/۳	۶/۵	۱۰/۲	۱۰/۵	۱۴/۱	۱۴/۵	۱۸/۹	۱۹/۵	۲۱/۹	۲۲/۵	۲۶/۷	۲۷/۵	۳۴/۶	۳۵/۴	۴/۵	۴۵/۲
RFS4	۰	۰	۰	۰	۳/۲	۳/۴	۷/۲	۷/۵	۱۱/۳	۱۱/۶	۱۶/۳	۱۶/۸	۱۹/۳	۱۹/۹	۲۴/۳	۲۵	۳۲/۴	۳۲/۳	۴۲/۶	۴۳/۴
RFS5	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۲/۴	۲/۶	۶/۷	۶/۹	۱۲	۱۲/۴	۱۵/۲	۱۵/۶	۲۰/۵	۲۱/۱	۲۸/۹	۲۹/۷	۳۹/۷	۴۰/۵
TNS	۰	۰	۲/۲	۲/۴	۷	۷/۳	۱۰/۹	۱۱/۳	۱۴/۸	۱۵/۲	۱۲/۶	۲۰/۲	۲۲/۵	۲۳/۲	۲۷/۳	۲۸/۱	۳۵/۱	۳۶	۴۴/۹	۴۵/۷
۱۰۰-۱۰۰	۵/۹	۶/۱	۱۱/۸	۱۲/۲	۱۴/۱	۱۶/۶	۱۹/۵	۲۰/۱	۲۲/۹	۲۳/۶	۲۷/۲	۲۸	۲۹/۷	۳۰/۵	۳۴	۳۴/۹	۴۰/۹	۴۱/۸	۴۹/۶	۵۰/۳

مأخذ: یافته‌های پژوهش

سناریوی کاهش ۱۶ درصدی آورد شبکهٔ سفیدرود به ترتیب منجر به کاهش ۱۳/۶ و ۱۴ درصدی سطح زیر کشت ارقام برنج و کل محصولات زراعی در حالت پایه می‌شود. با بهبود راندمان آبیاری طی سناریوهای RFS1 تا TNS از شدت خسارات وارده کاسته شده به نحوی که تحت این سناریوها، به طور متوسط افزایش یک درصدی راندمان آبیاری منجر به اجتناب از کاهش ۵/۸ درصدی سطح زیر کشت ارقام برنج و ۵/۷ درصدی سطح زیر کشت محصولات زراعی شده است. مقدار خسارات اجتناب شده به واسطهٔ اعمال سناریوهای RFS1 تا TNS به ترتیب برابر با ۸۸/۸، ۱۱۸/۵، ۱۴۸/۱، ۱۶۴/۹، ۱۶۴/۹ و ۱۳۸/۲ میلیارد ریال می‌باشد. همانند سناریوی کاهش ۹ درصدی،خسارت اجتناب شده در سناریوی ۱۰۰-۱۰۰ معادل با ۲۱

میلیارد ریال است. مقادیر خسارات اجتناب شده در وضعیت‌های RFS1 تا TNS در جدول زیر قابل مشاهده می‌باشد.

جدول ۲. مقادیر خسارات اجتناب شده (میلیارد ریال) با اعمال وضعیت‌های RFS1 تا TNS

وضعیت	۹	۱۶	۲۱	۲۵	۲۹	۳۴	۳۷	۴۲	۵۰	۶۰
RFS1	۹۲/۲	۸۸/۸	۸۴/۴	۸۵/۸	۷۷/۲	۷۲/۷	۷۰	۶۵/۵	۵۸/۲	۴۹/۲
RFS2	۹۲/۲	۱۱۸/۵	۱۱۲/۵	۱۰۷/۷	۱۰۳	۹۷	۹۳/۴	۸۷/۳	۷۷/۶	۶۵/۶
RFS3	۹۲/۲	۱۴۸/۱	۱۴۰/۶	۱۳۴/۷	۱۲۸/۷	۱۲۱/۲	۱۱۶/۷	۱۰۹/۲	۹۷/۱	۸۲
RFS4	۹۲/۲	۱۶۴/۹	۱۷۸/۱	۱۷۰/۶	۱۶۳	۱۵۳/۶	۱۴۷/۹	۱۳۸/۳	۱۲۳	۱۰۳/۹
RFS5	۹۲/۲	۱۶۴/۹	۲۱۶/۸	۲۲۸/۸	۲۱۸/۸	۲۰۶/۱	۱۶۸/۵	۱۸۵/۷	۱۶۵/۱	۱۳۹/۵
TNS	۹۲/۲	۱۳۸/۲	۱۳۱/۲	۱۲۵/۷	۱۲۰/۱	۱۱۳/۱	۱۰۸/۹	۱۰۱/۹	۹۰/۶	۷۶/۶

مأخذ: یافته‌های پژوهش

نتایج نشان داد که تحت سناریوهای کاهش آورد ۲۱ تا ۶۰ درصد، به طور متوسط یک درصد افزایش راندمان آبیاری در ناحیهٔ دشت مرکزی به ترتیب از کاهش ۴/۴، ۳/۶، ۳، ۲/۴، ۲/۱، ۱/۷، ۱/۳ و ۰/۹ درصدی سطح زیر کشت محصولات زراعی جلوگیری می‌نماید. از سوی دیگر، مقدار کاهش سود ناخالص در مقایسه با حالت پایه شبیه‌سازی تحت سناریوهای مختلف کاهش آورد و وضعیت‌های مختلف شبکه، در جدول ارائه شده است.

جدول ۳. درصد کاهش سود ناخالص زراعت در دشت مرکزی نسبت به حالت پایه تحت سناریوهای مختلف

کاهش آورد	وضعیت کنونی	RFS1	RFS2	RFS3	RFS4	RFS5	TNS	-۱۰۰ ۱۰۰
۹	۷/۷	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۵/۹
۱۶	۱۳/۸	۶/۳	۳/۹	۱/۴	۰	۰	۲/۲	۱۲
۲۱	۱۸/۱	۱۱/۱	۸/۷	۶/۴	۳/۲	۰	۷/۱	۱۶/۳
۲۵	۲۱/۶	۱۴/۸	۱۲/۶	۱۰/۳	۷/۳	۲/۴	۱۱/۱	۱۹/۸
۲۹	۲۵	۱۸/۶	۱۶/۴	۱۴/۳	۱۱/۴	۶/۸	۱۵	۲۳/۳
۳۴	۲۹/۴	۲۳/۳	۲۱/۳	۱۹/۲	۱۶/۵	۱۲/۲	۱۹/۹	۲۷/۶
۳۷	۳۲	۲۶/۱	۲۴/۲	۲۲/۲	۱۹/۶	۱۵/۴	۲۲/۹	۳۰/۲
۴۲	۳۶/۳	۳۰/۸	۲۹	۲۷/۲	۲۴/۷	۲۰/۸	۲۷/۸	۳۴/۵
۵۰	۴۳/۲	۳۸/۳	۳۶/۷	۳۵/۱	۳۲/۹	۲۹/۴	۳۵/۶	۴۱/۵
۶۰	۵۱/۸	۴۷/۷	۴۶/۳	۴۵	۴۳/۱	۴۰/۲	۴۵/۴	۵۰/۱

مأخذ: یافته‌های پژوهش

همان‌گونه که در جدول فوق مشاهده می‌شود، شدت آسیب‌پذیری ناحیهٔ آبیاری دشت مرکزی استان گیلان نسبت به کاهش آورد شبکه و رودخانه سفیدرود بسیار بالاست و عدم اتخاذ راهبردها و تدابیر مناسب از سوی برنامه‌ریزان و مسئولان محلی، کاهش قابل توجه سهم بخش کشاورزی را در تولید ناخالص داخلی این استان به همراه دارد.

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

طی سال‌های اخیر به واسطهٔ شرایط اقلیمی و اجرای طرح‌های توسعهٔ منابع آب در بالادست حوضهٔ آبریز قزل‌اوزن- سفیدرود، کاهش آورد رودخانه سفیدرود و به تبع آن کاهش آورد شبکه آبیاری و زهکشی سفیدرود منجر به عرضهٔ نامطمئن و ناکافی آب آبیاری در برخی مناطق تحت پوشش این شبکه شده است. با توجه به اتمام طرح‌های در حال ساخت ذخیره‌سازی در بالادست این حوضه، پیش‌بینی می‌شود طی سال‌های آتی شدت این کاهش آورد و خسارات وارد بر اراضی زراعی تحت پوشش شبکه آبیاری و زهکشی سفیدرود در استان گیلان افزایش یابد. پژوهش حاضر با توجه به اهمیت مسئله و نقش استان گیلان در تولید محصول راهبردی برنج با استفاده از چارچوب برنامه‌ریزی ریاضی منطقه‌ای مبتنی بر برنامه‌ریزی ریاضی مثبت، شبیه‌سازی آثار سناریوهای مختلف کاهش آورد رودخانه سفیدرود را برای وضعیت‌های مختلف شبکهٔ آبیاری ناحیهٔ دشت مرکزی این استان مدنظر قرار داد. با توجه به نتایج حاصل پیشنهادهای زیر ارائه می‌شود:

۱. نتایج حاصل از جدول ۱ نشان داد که در سناریوهای مختلف کاهش آورد، مقادیر قابل توجهی از اراضی زراعی تحت پوشش شبکه از مدول آبیاری خارج می‌شوند. با توجه به اثر منفی کاهش آورد بر کشاورزان منطقه، اعطای کمک‌های مستقیم به منظور جبران خسارات امری اجتناب‌ناپذیر است. تعریف پوشش‌های بیمه‌ای و پرداخت خسارت به کشاورزانی که به واسطهٔ کاهش آورد، شبکهٔ آبیاری و زهکشی سفیدرود قادر به تأمین آب آبیاری مطمئن و کافی برای آن‌ها نبوده، از جمله سیاست‌های مورد نیاز می‌باشد.

۲. شرایط موجود در ناحیهٔ آبیاری دشت مرکزی و مخاطرات محیط‌زیستی، امکان بهره‌برداری بیشتر از رودخانه‌ها و انهار محلی را ناممکن ساخته و حتی برداشت دو برابری از آب‌بندان‌ها و منابع زیرزمینی (سناریوی ۱۰۰-۱۰۰)قادر به تعدیل قابل توجه اثرات کاهش آورد نمی‌باشد. در این بین، شبیه‌سازی‌های صورت گرفته بر مبنای سناریوهای RFS1 تا TNS بیانگر اثر شایان توجه سیاست‌ها و راهکارهای بهبود راندمان آبیاری در جلوگیری از ایجاد

خسارت ناشی از کاهش آورد است. مقادیر تعیین شده برای خسارات اجتناب شده موجود در جدول ۲ می‌تواند چارچوب مناسبی را برای برنامه‌ریزان محلی به منظور ارزیابی هزینه- فایده طرح‌های بهبود و افزایش راندمان آبیاری در دشت مرکزی استان گیلان فراهم آورد.

۳. در جدول ۳ مقادیر زیان ناخالص در استان گیلان به واسطهٔ اجرای طرح‌های توسعهٔ منابع آب در بالادست حوضهٔ آبریز قزل‌اوزن- سفیدرود و کاهش آورد رودخانه سفیدرود، ارائه شده است. با فرض برابری اثرات ثانویه و سرریز در بالادست و پایین‌دست حوضه، ارزیابی مقادیر فواید مستقیم به دست آمده در بالادست بر اثر مصرف رواناب تخصیص نداده شده به استان گیلان، می‌تواند به عنوان مبنای مقایسهٔ کارایی مصرف آب و اقتصادی بودن طرح‌های توسعه بالادست مدنظر قرار گیرد. از این رو لازم است مطالعه‌ای جامع به منظور برآورد ارزش یا منافع حاصل از آب ذخیره و مصرف شده در بالادست حوضه و مقایسهٔ آن با زیان حاصل در استان گیلان صورت گیرد. وارد نکردن خسارات مستقیم اقتصادی ایجاد شده در پایین‌دست در ارزیابی هزینه-فایده طرح‌های توسعهٔ منابع آب بالادست، بدون شک اطلاعات ارائه شده به منظور تصمیم‌سازی‌ها را با اریب همراه خواهد ساخت. بدون تردید با توجه به شرایط کنونی، اصلاح نگرش در ارزیابی طرح‌های توسعه منابع آب در حوضه‌های آبریز و مدنظر قرار دادن مجموع اثرات بالادست و پایین‌دست ضرورتی انکارناپذیر می‌باشد.

منابع

۱. بخشی، م. ر. و پیکانی، غ. ۱۳۹۰. شبیه‌سازی سیاست حمایتی پرداخت مستقیم در زیربخش زراعت (کاربرد رهیافت برنامه‌ریزی اثباتی و حداکثر آنتروپی). *مجله تحقیقات اقتصاد و توسعه کشاورزی ایران*، (۴) ۲-۴۲: ۵۱۱-۵۰۱.

۲. ثمره‌هاشمی، خ. ۱۳۹۱. بررسی تأثیر کاهش ذخایر منابع آبی بر الگوی کشت محصولات زراعی استان کرمان. پایان‌نامهٔ کارشناسی ارشد رشتهٔ اقتصاد کشاورزی، دانشگاه تهران.

۳. سامانی، م. و. ۱۳۸۴. مدیریت منابع آب و توسعه پایدار. معاونت پژوهشی مجلس شورای اسلامی. دفتر مطالعات زیربنایی.

۴. سند راهبردی توسعه بلندمدت منابع آب کشور ۱۳۸۲. انتشارات روابط عمومی و امور بین الملل شرکت مدیریت منابع آب ایران. تهران.

۵. شرکت سهامی آب منطقه‌ای گیلان ۱۳۸۳. مطالعات بهسازی شبکه آبیاری و زهکشی سفیدرود گیلان. مهندسین مشاور پندام.

۶. شیر ماهی، س. ۱۳۹۰. بررسی اثر حذف یارانه نهاده‌ها بر الگوی کشت زیربخش زراعی شهرستان ری. پایان‌نامهٔ کارشناسی ارشد رشتهٔ اقتصاد کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس.

۷. جهانگیرپور، د. ۱۳۹۱. بررسی تأثیر حذف یارانه حامل‌های انرژی بر تغییر جایگاه گندم در الگوی کشت زیربخش زراعت استان فارس. پایان‌نامهٔ کارشناسی ارشد رشتهٔ اقتصاد کشاورزی، دانشگاه تهران.

۸. دانیال نیا، ن. ۱۳۹۱. بررسی اثر حذف یارانه‌های سوخت بر جابجایی محصولات عمده زراعی در استان تهران. پایان‌نامهٔ کارشناسی ارشد رشتهٔ اقتصاد کشاورزی، دانشگاه تهران.

۹. دفتر کل برنامه‌ریزی کلان آب و آبفا ۱۳۹۰. گزارش مطالعات محیط‌زیست حوضه آبریز سفیدرود بزرگ. بهنگام سازی طرح جامع آب کشور در حوضه‌های ارس، (تالش- تالاب انزلی)، سفیدرود بزرگ، بین سفیدرود و هراز، (هراز- قره‌سو)، (گرگانرود- قره‌سو)، اترک و ارومیه.

۱۰.قرقانی، ف.، بوستانی، ف. و سلطانی، غ. ۱۳۸۸. بررسی تاثیر کاهش آب آبیاری و افزایش قیمت آب بر الگوی کشت با استفاده از روش برنامه‌ریزی ریاضی مثبت: مطالعه موردی شهرستان اقلید در استان فارس. *مجله تحقیقات اقتصاد کشاورزی*، ۱(۱): ۵۷-۷۴.

۱۱.موسوی، س. ن. و قرقانی، ف. ۱۳۹۰. ارزیابی سیاست‌های آب کشاورزی از منابع آب زیرزمینی مدل برنامه‌ریزی مثبت (PMP) مطالعه موردی شهرستان اقلید. *فصلنامه پژوهش‌های اقتصادی*، (۴)۱۱: ۶۵-۸۲.

۱۲.یوسفی، ع. ۱۳۸۹. بررسی آثار کمبود آب در اقتصاد ایران: مدل تعادل عمومی محاسبه‌شدنی. رساله دکتری رشتهٔ اقتصاد کشاورزی گرایش سیاست و توسعه کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس.

13. Azuara, J.M., Vergati, J.A., Sumner, D.A., Howitt, R.E. and Lund, J.R. 2012. Analysis of effects of reduced supply of water on agricultural production and irrigation water use in Southern California. Agricultural Issues Center. University of California.

14. Chen, C., Gillig, D. and McCarl, B.A. 2001. Effects of climatic change on a water dependent economy: a study of the edwards aquifer. *Climatic Change,* 49(4):397-409.

15. Connor, J., Kirby, M., Schwabe, K., Lukasiewicz, A. and Kaczan, D. 2008. Impacts of reduced water availability on Lower Murray Irrigation. Australia.*CSIRO Working Paper Series 2008-12*. ISSN: 1834-5638.

16. Heidecke, C. and Heckelei, T. 2010. The impact of water pricing in an arid river basin in Morocco considering the conjunctive use of ground and surface water. water quality aspects and climate change. Selected paper for theGWSP Conference, June, Bonn, Germany.

17. Howitt, R.E. 1995. Positive mathematical programming. *AJAE*, 77(2): 329-42.

18. Howitt, R.E., MacEwan, D., Azuara, J.M. and Lund, J.R. 2010. Economic modeling of agriculture and water in California using the statewide agricultural production model. A Report for the California Department of Water Resource. University of California Davis.

19. JICA 2010. The study on integrated water resource management for Sefidrud river basin. Volume I, Main Report.

20. Maneta, M.P., Torres, M., Howitt, R., Vosti, S.A., Wallender, W.W., Bassoi, L.H., Rodrigues, L.N. and Young, J.A. 2007. A detailed hydro-economic model for assessing the effects of surface water and groundwater policies: a demonstration model from Brazil. Selected Paper for the American Agriculture Economics Association Annual Meeting, Portlan, Oregon, 29 July- 1Auust, USA.

21. Mejías, P., Ortega, C.V. and Flinchman, G. 2004. Integrating agricultural policies and water policies under water supply and climate uncertainty. *Water Resources Research*, 40: DOI:10.1029/ 2003WR002877.

22. Paris, Q. and Howitt, R.E. 1998. An analysis of Ill-Posed production problems using maximum entropy. *AJAE*, 80(1): 124-138.

23. Seung, C.K., Harris, T.R. and MacDiarmid, T.R. 1999. Economic impacts of surface water reallocation policies: a comparison of supply-determined SAM and CGE models. *Journal of Regional Analysis and Policy*, 27(2): 55-76 .

24. Thorvaldson, J. and Pritchett, J. 2007. Economic impact analysis of reduced irrigated acreage in four river basins in Colorado. A Report for Department of Agricultural and Resource Economics. Colorado State University.

25. World Bank 2010. China: Xinjiang turpan water conservation project. Project Appraisal Document. Washington. DC: World Bank.