

بازنگری کارآیی مصرف و بهره‌وری آب کشاورزی با تأکید بر حقابه‌های زیست‌محیطی

غلامرضا سلطانی^۱

چکیده

مطالعات انجام شده در زمینه کارآیی و بهره‌وری مصرف آب کشاورزی به‌طور عمده بر کارآیی محلی (مقایسه مزرعه با پروژه) تمرکز داشته و پیوند بین کارآیی محلی، کارآیی حوضه و جهان نادیده گرفته شده است. علاوه بر این، مفهوم کلاسیک کارآیی آبیاری پتانسیل جریان برگشتی و بازیافت را نادیده می‌گیرد. بنابراین در وضعیت کمبود آب یافته‌های تحقیق‌هایی که محدود به بهینه‌سازی مصرف آب در سطح پروژه یا مزرعه می‌باشند جهت ارائه توصیه‌های سیاستی در سطح حوضه مناسب نمی‌باشند. زیرا کاهش نفوذ عمقی آب آبیاری و رواناب‌ها در نتیجه بهبود روش‌های آبیاری در صورتی به افزایش کارآیی مصرف آب در حوضه‌های آبی منجر خواهد شد که امکان بازیافت و استفاده مجدد از آب‌های برگشتی آبیاری وجود نداشته باشد. بنابراین در ارزیابی عملکرد سیستم‌های آبیاری لازم است کل حوضه آبی به عنوان واحدهای اساسی مدیریت آب در نظر گرفته شود و تأثیر اقدام‌های انجام شده در بالا دست حوضه به منظور بهبود کارآیی و بهره‌وری آب بر پائین دست حوضه مورد توجه قرار گیرد. نظر به یکپارچگی و پیوستگی چرخه آب لازم است در بررسی مسئله کارآیی و کاربرد فناوری‌های پیشرفته آبیاری تمام چرخه آب و نه بخشی از آن مورد توجه قرار گیرد. در این مقاله تلاش گردیده که فراتر از کارآیی کلاسیک، موضوع کارآیی مصرف آب کشاورزی و کاربرد فناوری‌های آبیاری با در نظر گرفتن پیوند میان کارآیی محلی، حوضه و جهان از نقطه نظر اثرات زیست‌محیطی مورد بررسی قرار گیرد. در این راستا، ابتدا، مفاهیم اساسی کارآیی مصرف آب کشاورزی با در نظر گرفتن پیوند میان سه نوع کارآیی مذکور تشریح می‌گردد. سپس امکان صرفه‌جویی آب از طریق کاربرد فن‌آوری‌های پیشرفته آبیاری مورد بررسی قرار می‌گیرد و ضمن مطرح نمودن محدودیت‌های ژئولوژی و سایر محدودیت‌ها نشان داده شده است که کاربرد فن‌آوری‌های به اصطلاح آب اندوز^۱ می‌تواند به گسستگی چرخه آب و کاهش حقابه‌های زیست‌محیطی منجر شود. در پایان ضمن ارائه شواهدی از ایران و جهان برخی از محدودیت‌ها و ملاحظه‌های مربوط به بهبود کارآیی و کاربرد فن‌آوری‌های پیشرفته آبیاری ارائه گردیده است.

واژه‌های کلیدی: کارآیی مصرف آب، بهره‌وری آب، مدیریت یکپارچه منابع آب، آب برگشتی، حقابه زیست‌محیطی

^۱ استاد اقتصاد کشاورزی دانشگاه‌های شیراز و آزاد اسلامی واحد مرودشت

مقدمه

با توجه به خشکسالی‌های متوالی و تغییرات جوی، امنیت غذایی کشور به طور فزاینده‌ای به کشاورزی آبی وابسته است. در حالی که در دهه هفتاد حدود ۸۰ درصد تولیدات کشاورزی از اراضی آبی به دست می‌آمد، هم‌اکنون بیش از ۹۰ درصد موادخام زراعی و باغی از کشاورزی آبی به دست می‌آید. این وابستگی در جهان ۴۰ درصد می‌باشد (علیزاده، ۲۰۰۵). آمارهای یاد شده بیانگر وابستگی شدید تولیدات کشاورزی به منابع آب کشور می‌باشد.

رشد کشاورزی را می‌توان به دو اثر منابع تولید (زمین، آب، سرمایه و کار) و ارتقاء بهره‌وری و کارایی بهره‌برداری از این منابع نسبت داد. با توجه به محدودیت شدید آب و زمین‌های مناسب، افزایش تولیدات کشاورزی در ایران بایستی به طور عمده از راه افزایش بهره‌وری و کارایی حاصل شود. در میان عوامل تولید کشاورزی، آب دارای اهمیت ویژه‌ای می‌باشد. بنابراین علاوه بر اتخاذ تدابیر لازم جهت تأمین و انتقال آب، چگونگی مصرف و کاربرد آن اهمیت و ضرورت بیشتری دارد (شرکت مدیریت منابع آب، ۱۳۸۲). هم‌اکنون از کل آب استحصالی حدود ۹۲ درصد به بخش کشاورزی، ۶ درصد به مصارف شهری و روستایی و دو درصد به بخش صنعت اختصاص یافته است. میانگین ارقام همانند در جهان به ترتیب برابر ۷۰، ۸ و ۲۲ می‌باشد. (سلطانی، ۱۳۹۱).

مقایسه الگوی تخصیص آب بین بخش‌های مختلف در ایران و جهان نشان می‌دهد که تخصیص آب در ایران بهینه نیست. به طوری که سهم کشاورزی در تولید ناخالص داخلی (۱۰ درصد) متناسب با سهم آن در آب تخصیص یافته (۹۲ درصد) نیست. این الگوی تخصیص، بیشتر معلول بهره‌وری و کارایی پائین آب در این بخش در مقایسه با بخش‌های دیگر اقتصادی می‌باشد.

پیش‌بینی می‌شود که جمعیت کشور در سال ۱۴۰۰ به بیش از ۹۰ میلیون نفر خواهد رسید و برای تأمین تقاضای این جمعیت سهم آب کشاورزی باید از ۹۲ درصد به ۸۶ درصد آب استحصالی کاهش یابد (اردکانیان ۱۳۸۲). با توجه به اینکه بیش از ۴ دهه طول کشیده است که سهم آب کشاورزی تنها ۵ درصد کاهش یابد. امکان اینکه در مدت کمتر از ۸ سال بیش از ۶ درصد از سهم آب کشاورزی بدون کاهش تولیدات کشاورزی کاسته شود دشوار به نظر می‌رسد، مگر اینکه در جهت کاهش شکاف بهره‌وری و کارایی مصرف آب بیش از پیش تلاش شود. بدین ترتیب بخش کشاورزی با این چالش مواجه می‌باشد که باید هم آب کمتری مصرف کند و هم تولید بیشتری عرضه نماید. نظر به اینکه بیشتر گیاهان زراعی و باغی به‌ویژه ارقام متداول در ایران به "ذاته" آب‌بر" می‌باشند، آیا امکان صرفه‌جویی در آب مصرفی بدون کاهش تولیدات کشاورزی وجود دارد؟

مطالعات انجام شده در زمینه کارایی و بهره‌وری مصرف آب کشاورزی به طور عمده بر کارایی محلی (مقیاس مزرعه یا پروژه) تمرکز داشته و پیوند بین کارایی محلی، حوضه و جهان نادیده گرفته شده است. نظر به یکپارچگی و پیوستگی چرخه هیدرولوژیک لازم است که در بررسی مسئله کارایی و کاربرد فناوری‌های پیشرفته آبیاری تمام چرخه هیدرولوژیک و نه بخشی از آن مورد توجه قرار گیرد. در این مقاله تلاش می‌شود که فراتر از کارایی کلاسیک، موضوع کارایی محلی، حوضه و جهان از نقطه نظر اثرات زیست‌محیطی مورد بررسی قرار گیرد. در این راستا ابتدا مفاهیم اساسی کارایی مصرف آب کشاورزی با در نظر گرفتن پیوند میان سه نوع کارایی مذکور تشریح می‌گردد. سپس امکان صرفه‌جویی آب با کاربرد فن‌آوری‌های پیشرفته آبیاری مورد بررسی قرار گرفته و محدودیت‌های موجود در این زمینه نشان داده خواهد شد. که کاربرد فن‌آوری‌های به اصطلاح آب‌اندوز می‌تواند به گسستگی چرخه

بازنگری کارآیی مصرف و بهره‌وری... ۱۹

تیدرولوژیک و کاهش حقایقه‌های زیست‌محیطی کمک نماید. در پایان برخی از توصیه‌های سیاستی در مورد افزایش کارآیی مصرف و بهره‌وری آب کشاورزی و ملاحظاتی مربوط به کاربرد فن‌آوری‌های پیشرفته آبیاری ارائه خواهد شد.

همان‌گونه که بیان گردید کارآیی مصرف آب کشاورزی در سه سطح مطرح می‌باشد: ۱- سطح محلی یعنی مزرعه و خانوار، ۲- سطح حوضه آبریز ۳- سطح جهانی، کارآیی مصرف آب در سطح (مقایسه) مزرعه را می‌توان از طریق سیاست قیمت‌گذاری آب، استفاده از فن‌آوری‌های مناسب و سایر ابزارهای مدیریت تقاضا افزایش داد. در سطح حوضه ارزش آب در مصارف بدیل مطرح می‌باشد و بیشتر تحت تأثیر سیاست‌های کلان اقتصادی قرار می‌گیرد. در سطح جهانی کارآیی مصرف آب را می‌توان از طریق تجارت محصولات کشاورزی بین مناطق پر آب و کم آب افزایش داد. بر این اساس کشورهایی مانند ایران، که با کمبود آب مواجه می‌باشند باید محصولاتی وارد نمایند که آبربر بوده ولی ارزش اقتصادی کمتری دارند و در ازاء آن محصولاتی صادرکنند که نیاز آبی آنها کمتر ولی بازده بالاتری به ازاء هر واحد آب مصرفی تولید کنند (هکسترا و هانگ، ۲۰۰۵).

مفهوم کلاسیک کارآیی فیزیکی مصرف آب منحصر به کارآیی محلی یعنی نسبت حجم آب مصرفی به حجم آب برداشتی می‌باشد. در عمل از این مفهوم برای محاسبه کارآیی محلی استفاده می‌شود. این مفهوم پتانسیل جریان برگشتی و بازیافت را نادیده می‌گیرد (پری، ۲۰۰۷). این در حالی است که رویکرد حوضه‌ای (تیدرولوژیک) توجه به مصرف آب در مقیاس پروژه یا مزرعه را کم‌اهمیت دانسته و به جای آن به این مسئله توجه دارد که چه میزان از آبی که وارد یک حوضه آبی می‌شود در نهایت بازیافت و مورد استفاده مجدد قرار می‌گیرد و از این نسبت برای اندازه‌گیری کارآیی حوضه استفاده می‌شود. در سطح حوضه فرض می‌شود آب‌های برگشتی دوباره و در جایی در پائین دست حوضه مورد استفاده قرار می‌گیرد. در این مورد (سکلر ۱۹۹۶) به اهمیت اندازه‌گیری جریان برگشتی یعنی اندازه‌گیری کارآیی محلی و حوضه‌ای تأکید و گوشزد می‌کند که در حوضه‌های بسته تمام آب‌های موجود در نهایت به مصرف مفید و مؤثر می‌رسد حتی در صورتی که کارآیی محلی پائین باشد. طبق استدلال وی بین کارآیی محلی و حوضه پیوند وجود دارد. وقتی مقیاس مطالعه از نظر مکانی و زمانی محدودتر شود جریان‌های خارج از مزرعه اهمیت پیدا می‌کند. تنها وقتی جریان‌های رودخانه برای تأمین تقاضای موجود کفایت کند کارآیی مصرف آب را می‌توان به طور جداگانه (همانند مفهوم کلاسیک آن) مطالعه کرد. بنابراین در شرایط کمبود شدید عرضه آب اهمیت مفهوم کارآیی مصرف آن در سطح حوضه و جهان به طور فزاینده‌ای بیشتر می‌شود. از این نقطه نظر لازم است بین استفاده مصرفی که آب را از چرخه تیدرولوژی جاری جدا (برداشت) می‌کند و استفاده‌های غیرمصرفی که آب را برای استفاده مجدد بر می‌گرداند تفکیک قائل شد. علاوه بر این با تغییر مقیاس لازم است از توجه به فن‌آوری‌های آباندوز به سمت مسائل مهم‌تری مانند تخصیص آب، حق برداشت آب و کنترل مصرف آب سوق داده شود.

بدین ترتیب یافته‌های مطالعاتی که محدود به بهینه‌سازی مصرف آب در سطح مزرعه یا پروژه باشند برای ارائه توصیه‌های سیاستی مناسب به نظر نمی‌رسند و حتی ممکن است گمراه‌کننده باشند (کلر و کلر ۱۹۹۵) زیرا کاهش نفوذ آب به سفره‌های زیرزمینی و یا روان‌آب‌ها و زه‌آب‌ها از طریق بهبود روش‌های آبیاری در صورتی که افزایش کارآیی مصرف آب در حوضه آبریز منجر خواهد شد که امکان بازیافت و استفاده مجدد از آب‌های برگشتی آبیاری

می‌رسد. به عبارت دیگر در صورتی که این آب‌ها توسط کشاورزان و مصرف‌کنندگان پائین دست حوضه مورد بهره‌برداری قرار گیرد بهبود کارایی مصرف در سطح مزرعه الزاماً به بهبود کارایی در سطح حوضه منجر نخواهد شد. همان‌گونه که اشاره شد مفاهیم کلاسیک کارایی جریان برگشتی حاصل از مصرف آب را نادیده می‌گیرد. به عنوان مثال اگر کارایی مصرف آب ۵۰ درصد باشد فقط ۵۰ درصد آب برداشتی به مصرف تخبیر و تعرق گیاه می‌رسد. به عبارت دیگر ناکارایی مصرف‌کنندگان در بالا دست حوضه سبب عرضه آب برای مصرف‌کنندگان دیگر می‌شود و کارایی آب در کل حوضه افزایش می‌یابد. بنابراین کارایی کل سیستم آبی می‌تواند از هر یک از اجزاء سیستم بیشتر باشد. در حقیقت وقتی کشاورزان کارایی مصرف آب را بهبود بخشیده و سطح زیر کشت خود را افزایش می‌دهند، بهبود کارایی مصرف آب آنها به قیمت کاهش جریان آب برگشتی برای کشاورزان پائین دست حوضه میسر خواهد شد و در نتیجه به صرفه‌جویی واقعی منجر نمی‌شود. به همین علت افرادی مانند کِلر (۱۹۹۵) و سکِلر (۱۹۹۶)، عقیده دارند که باید بین کارایی واقعی و کارایی ظاهری (کارایی روی کاغذ) تفاوت قائل شد. به عنوان مثال کارایی مصرف آب در مزارع و سیستم‌های کشاورزی در حوضه رود نیل کمتر از ۳۰ درصد گزارش شده است در حالی که کارایی در کل حوضه رود نیل به ۸۰ درصد هم می‌رسد. برآورد می‌شود که آب حاصل از زهکش‌های طبیعی ۲ تا ۴ بار در مسیر جریان آب رود نیل از سد اسوان تا دریای مدیترانه مورد استفاده قرار می‌گیرد. این سیستم چرخانه آب کشور مصر را قادر ساخته است که با اعمال الگوی مصرف آب در حالی که با بیلان آب موجود مستقیماً ۳۸ میلیارد متر مکعب در کشاورزی مصرف می‌شود، در عمل بین ۶۰ تا ۸۰ میلیارد متر مکعب در چرخه تولید به مصرف می‌رسد (سلطانی ۱۳۹۱). بدین ترتیب وقتی پیوند بین کارایی محلی و کارایی در مقیاس حوضه نادیده گرفته شود یافته‌های حاصل از چنین ارزیابی‌هایی نمی‌تواند راهکارهای مؤثری جهت ارتقاء کارایی و بهره‌وری آب در سطح کشور ارائه کند.

کمبود آب در مناطق خشک و نیمه خشک موجب تشدید رقابت میان مصارف بدیل گردیده است. از حوضه رودخانه ماری دارلینگ در استرالیا گرفته تا حوضه زاینده‌رود و سفیدرود در ایران، حوضه Riogrande در آمریکای شمالی، آبخوان‌های هندوستان و اوگالا در مرکز ایالات متحده آمریکا عدم تعادل عرضه و تقاضا به خشک شدن تالاب‌ها، افت سطح آب‌های زیرزمینی و خسارت به اکوسیستم‌های طبیعی منجر شده است. انتظار می‌رود که تغییرات جوی نیز بر وخامت وضع بیفزاید. همان‌گونه که قبلاً بیان گردید بخش کشاورزی در تمام مناطق خشک و نیمه خشک به عنوان مصرف‌کننده عمده آب شناخته می‌شود در نتیجه بهبود الگوی مصرف و ارتقاء کارایی مصرف آب در این بخش به عنوان گزینه موجه جهت حل مشکل آب در آینده مطرح می‌شود. چرا که این بخش آب زیاد مصرف می‌کند و همان‌گونه که آمار نشان می‌دهد کارایی مصرف آب در این بخش پائین است. در این مورد از لستربراون (Lester Brown) بنیان‌گذار مؤسسه زمین نقل می‌شود که کارایی مصرف آب کشاورزی در روش‌های سطحی از ۲۵ تا ۴۰ درصد در هندوستان، مکزیک، پاکستان و فیلیپین، ۴۰ تا ۴۷ درصد در مالزی و مراکش، بین ۵۰ تا ۶۰ درصد در اسرائیل، ژاپن و تایوان در نوسان است. از ارتقاء کارایی مصرف آب با جایگزین کردن روش‌های آبیاری سطحی به وسیله روش‌های آبیاری تحت فشار (قطره‌ای و بارانی) یعنی استاندارد طلای کارایی مصرف آب کشاورزی به عنوان راه حل کمیابی آب ذکر می‌شود. به نظر وی کاربرد آبیاری بارانی کم فشار به جای آبیاری ثقلی مصرف آب را تا ۳۰ درصد و آبیاری قطره‌ای تا ۵۰ درصد کاهش می‌دهد. کاربرد آبیاری قطره‌ای به جای آبیاری سطحی، عملکرد

بازنگری کارآیی مصرف و بهره‌وری... ۲۱

محصول را هم افزایش می‌دهد. زیرا این فن‌آوری، پیوسته آب کافی در اختیار محصول قرار داده و تلفات آب را به حداقل می‌رساند. به طور کلی هر اقدامی که عملکرد محصول را افزایش دهد بهره‌وری آب آبیاری را هم افزایش می‌دهد. مطالبی از این قبیل توسط بسیاری از نویسندگان، مدیران و سیاست‌گذاران آب در ایران نیز شنیده می‌شود. مطالعات مربوط به بهینه‌سازی الگوی مصرف آب کشاورزی را در یک دسته‌بندی کلی می‌توان به سه گروه شامل مدیریت آب در سطح محلی، حوضه آبریز و جهان تقسیم‌بندی کرد. در سطح محلی بیشتر مطالعات بر سیاست‌های قیمت‌گذاری آب و استفاده از فناوری‌های آبیاری متمرکز می‌باشد، به عنوان مثال چندری و قاسمی (۱۳۷۸) به بررسی الگوی بهینه محصولات زراعی در یک مزرعه ۴۰ هکتاری در شهرستان اقلید فارس پرداخته‌اند. فتحی و زیبایی (۱۳۸۹) عوامل مؤثر بر مدیریت مصرف آب زیرزمینی در دشت فیروزآباد را بررسی و بهبود استراتژی و روش آبیاری را جهت کاهش برداشت از آب‌های زیرزمینی پیشنهاد کرده‌اند. در این مطالعات و بیشتر مطالعات نظیر آن کارآیی مصرف آب در مقیاس محلی بررسی و نتایج آنها برای توصیه سیاست‌های مدیریتی در سطح حوضه آبریز و کشور بهره گرفته شده است. همان‌گونه که قبلاً اشاره شد کاهش نفوذ آب برگشتی (روان‌آب‌ها و زه‌آب‌ها) به سفره‌های آب زیرزمینی در نتیجه بهبود روش‌های آبیاری در صورتی منجر به افزایش کارآیی مصرف آب در حوضه آبی (رودخانه یا آبخوان) می‌گردد که امکان بازیافت و استفاده مجدد از آب‌های برگشتی میسر نباشد. ولی در صورتی که این آب‌ها توسط کشاورزان و مصرف‌کنندگان در جایی دیگر مورد بهره‌برداری قرار گیرد بهبود راندمان و کارآیی مصرف آب کشاورزی در سطح مزرعه (محلی) الزاماً به بهبود کارآیی مصرف در سطح حوضه منجر نخواهد شد.

گروه دوم مطالعات بیشتر به بررسی تخصیص آب میان مصارف و بخش‌های مختلف کشاورزی، صنعت و مصارف شهری در سطح دشت‌ها و بعضاً حوضه آبریز پرداخته‌اند (سلطانی، ۱۳۷۲). در تمامی مطالعات اکبری و بخشوده (۱۳۷۲)، کرامت زاده و همکاران (۱۳۸۴)، صبوچی و همکاران (۱۳۸۸)، شجری و همکاران (۲۰۰۸) و هیمن و صبوچی (۱۳۹۰) به مسئله آب‌های برگشتی و تأثیر فناوری‌های آبیاری بر آب‌های برگشتی و امکان استفاده مجدد از آنها توجهی نشده است.

گروه سوم مطالعات صرفاً موضوع تجارت آب مجازی را مورد بررسی قرار داده‌اند. در این مطالعات پیوند بین کارآیی مصرف آب کشاورزی در سطوح محلی، حوضه و جهان نادیده گرفته شده است. در مطالعات اخیر فرض شده است که از طریق بهینه‌سازی الگوی تجارت جهانی محصولات کشاورزی می‌توان کارآیی مصرف آب را افزایش و مشکل کمبود آب را برطرف نمود.

در انتخاب فنون پیشرفته آبیاری به منظور صرفه‌جویی در مصرف آب کشاورزی نیز پیوند میان کارآیی محلی، حوضه‌ای و جهانی باید مورد توجه قرار گیرد. زیرا اگر چه روش‌های پیشرفته آبیاری امکان افزایش کارآیی مصرف آب را فراهم می‌آورد همان‌گونه که در ادامه نشان داده می‌شود میزان این صرفه‌جویی در حدی که در مقالات فوق‌الذکر گزارش می‌شود واقعیت ندارد. علاوه بر این لازم است اثرات افزایش کارآیی مصرف آب ناشی از کاربرد فن‌آوری‌های پیشرفته نظیر آبیاری قطره‌ای در مقیاس محلی بر سایر مصرف‌کنندگان آب در حوضه آبریز از جمله اثرات آن بر اکوسیستم موجود نیز مورد توجه قرار گیرد. زیرا قطع تمام جریان‌های آب به غیر از جریان آب به محصولات زراعی (تبخیر و تعرق به‌ویژه تعرق) ممکن است به قطع جریان‌های آبی که برای مصرف در نقاط دیگر

حوضه وجود داشته منجر شود. به بیان دیگر لازم است که اثرات بالقوه استفاده از روش‌های آبیاری که به منظور افزایش بهره‌وری آب کشاورزی در یک محل به کار می‌رود بر کل آب موجود در حوضه آبی و جریان آبی که مصرف‌کنندگان دیگر حوضه ممکن است بهره‌برداری کنند به دقت مورد ارزیابی قرار گیرد. نکات مورد بحث تاکنون ما را به این واقعیت می‌رساند که در بررسی بهینه‌سازی مصرف آب لازم است حوضه آبی به عنوان واحدهای سیاستی در مدیریت آب در نظر گرفته شود. به عبارت دیگر مدیریت منابع آب بایستی از رویکرد مهندسی صرف به سمت رویکرد ئیدرولوژی اقتصادی یعنی مدیریت تلفیق آب‌های سطحی و زیرزمینی، مدیریت روان‌آب‌های آلوده، مدیریت مبتنی بر حفاظت تالاب‌ها و خدمات اکوسیستمی گرایش یابد.

روش تحقیق

در این قسمت رویکردهای مختلف در ارزیابی عملکرد سیستم‌های آبی و مدل‌سازی بهره‌برداری بهینه از این سیستم‌ها مورد بررسی قرار می‌گیرد. اطلاعات مورد نیاز به دو روش کتابخانه‌ای و میدانی تهیه شده است. در روش میدانی از نظرات خبرگان موضوع به‌ویژه ئیدروئولوژیست، و همچنین برخی کشاورزان با تجربه در حاشیه کویر استفاده شد. ضمناً از چند حوضه آبی مانند حوضه رودخانه‌های کر و زاینده‌رود نیز بازدید به عمل آمد.

مرور پیشینه تحقیق در زمینه بررسی کارایی مصرف آب کشاورزی و کاربرد فن‌آوری‌های آبیاری بیانگر آن است که مسئله کارایی و بهره‌وری آب کشاورزی را می‌توان با دو رویکرد متمایز مورد ارزیابی قرار داد. رویکرد صرف مهندسی و رویکرد تلفیقی یعنی ئیدرولوژی-اقتصادی. در اینجا وجوه تمایز این دو رویکرد اجمالاً تشریح می‌گردد.

۱- چشم انداز ئیدرولوژیست حوضه آبی می‌باشد. ئیدرولوژی چارچوبی جهت بررسی چرخه آب یعنی گردش آب در طبیعت و تبدیل آن به بخار و ابر، سپس بارش و نفوذ (تغذیه سفره‌ها) و تبخیر و جریان آب در رودخانه‌ها و در آخر، رسیدن آب به نقطه شروع که دریا و دریاچه است، و تکرار این گردش می‌باشد. در حالی که چشم انداز مهندسی محدودتر بوده و با دخالت در چرخه آب از یک سو با ایجاد سازه‌های آبی از منابع آب موجود برای تأمین نیاز آبی گیاهان در مناطقی که بارندگی برای تأمین نیاز آبی گیاهان کفایت نمی‌کند، عرضه را مدیریت و از سوی دیگر با کاربرد فن‌آوری‌های مناسب آبیاری نیاز آبی محصولات زراعی و باغی (تبخیر و تعرق) را با هدف پیشینه کردن تولید محصول تأمین می‌کند. در این رویکرد تلاش می‌شود که استفاده‌های مصرفی (تبخیر و تعرق) افزایش و استفاده‌های غیر مصرفی (نفوذ عمقی و رواناب سطحی) به حداقل ممکن برسد. در رویکرد مهندسی آب‌های برگشتی جزء تلفات آبیاری محسوب می‌شود. به بیان دیگر از نقطه نظر مهندسی آب، جریان برگشتی از کیفیت مناسب برخوردار نبوده و حاوی مواد آلاینده (بقایای سموم و کود شیمیایی و عناصر مضر دیگر) می‌باشند. این در حالی است که در یک سیستم کشاورزی علمی و دقیق و یا ارگانیک می‌توان با مصرف مقدار مناسب سم و کود و سایر نهاده‌ها به اندازه نیاز گیاهان مقدار آلاینده‌های مذکور را به حداقل رسانیده و کیفیت آب‌های برگشتی یا پساب‌های کشاورزی را بهبود بخشید.

بر خلاف رویکرد مهندسی که محدودیت ئیدرولوژی را نادیده می‌گیرد رویکرد ئیدرولوژی - اقتصادی مبتنی بر یکپارچگی و پیوستگی چرخه آب از یک سو و وحدت‌گرایی منابع آب از سوی دیگر است. در این رویکرد اثرات مصارف مختلف آب بر کمیت و کیفیت آب و تأثیر مصارف بالادست بر پائین دست حوضه آبی مورد توجه قرار

بازنگری کارآیی مصرف و بهره‌وری... ۲۳

می‌گیرد. به بیان دیگر در ارزیابی کارآیی مصرف آب کشاورزی توجه به تمام چرخه آب و نه بخشی از آن مد نظر قرار می‌گیرد. به علت این ویژگی در مناطق خشک و کم آب بین مصارف مختلف رقابت وجود دارد. این رقابت به‌ویژه بین بهره‌برداری از آب‌های سطحی و زیرزمینی شدیدتر می‌باشد به طوری که بهبود کارآیی مصرف آب‌های سطحی، کاهش مقدار آب زیرزمینی را به دنبال دارد. در یک حوضه آبی بهبود کارآیی در بالا دست حوضه می‌تواند به هزینه بهره‌برداران پائین دست حوضه میسر شود. لذا بنابر آنچه بیان گردید در ارزیابی کارآیی مصرف آب حوضه آبی باید به عنوان واحدهای مدیریت در نظر گرفته شود. به عبارت دیگر مدیریت یکپارچه منابع آب در یک حوضه آبی مورد توجه رویکرد ئیدرولوژی - اقتصادی می‌باشد.

نقش فن‌آوری آبیاری در ارتقاء بهره‌وری آب

در ارزیابی بهره‌وری آب کشاورزی لازم است بین زیست توده و عملکرد قابل عرضه به بازار (دانه، میوه و غدد) تفاوت قائل شد. اساساً رابطه بین زیست توده و تعرق وقتی مواد غذایی خاک کافی باشد یک رابطه خطی است بهره‌وری آب، زیست توده را می‌توان از طریق بهبود حاصلخیزی خاک، رشد گیاه در فصل مرطوب و سردتر و یا اصلاح ژنتیکی افزایش داد در حالی که عملکرد دانه و میوه در صورتی افزایش می‌یابد که برنامه‌ریزی آبیاری به گونه‌ای انجام شود که گیاه در مراحل حساس دچار تنش آبی نشود و در مراحل دیگر آب کمتری در اختیار گیاه قرار گیرد. نظر به اینکه از دو جزء نیاز آبی گیاه یعنی تبخیر و تعرق، رابطه جزء دوم و رشد گیاه خطی می‌باشد. بنابراین بیشینه کردن تعرق و کمینه کردن تبخیر مطلوب به نظر می‌رسد. این هدف می‌تواند از طریق انتخاب فن‌آوری مناسب آبیاری تحقق یابد. مدیریت ضعیف سیستم‌های پیشرفته آبیاری می‌تواند همان قدر ناکارآمد باشد که مدیریت ضعیف سیستم‌های سنتی. گفتنی است که فنون پیشرفته آبیاری بر خلاف باور عموم ممکن است مصرف آب کشاورزی را افزایش دهد. به عنوان مثال بر اساس مطالعه وارد (۲۰۰۸) در روش‌های آبیاری سنتی آب تلف شده یعنی آبی که توسط گیاه جذب نمی‌شود در اثر نفوذ عمقی سبب تغذیه سفره‌های آبی گردیده و توسط کشاورزان دیگر مورد استفاده قرار می‌گیرد. با توسعه فن‌آوری‌های پیشرفته مانند آبیاری قطره‌ای تغذیه سفره‌ها کمتر می‌شود. به نظر وی درست است که آبیاری قطره‌ای به امنیت غذایی و ارتقاء در آمد کشاورزان کمک می‌کند ولی جنبه منفی این فن‌آوری آن است که ممکن است آب بیشتری مصرف کند. این نتیجه‌گیری ممکن است نگران‌کننده باشد چرا که بحران غذا همزمان با بحران آب بسیاری از مناطق جهان را مجبور خواهد ساخت که بین تولید غذا و صرفه‌جویی در مصرف آب یکی را انتخاب کنند. هم اکنون موارد و شواهدی از این انتخاب سخت در برخی از مناطق دنیا مشاهده می‌شود. در رودخانه RioGrando در آمریکا کشاورزان نگرانی خود را نسبت به توسعه کاربرد آبیاری قطره‌ای پنهان نمی‌کنند زیرا کشاورزانی که این فن‌آوری آبیاری را پذیرفته‌اند بخش بیشتری از آب‌های زیرزمینی حوضه را مصرف می‌کنند و با گذشت زمان حق استفاده بیشتری از آبخوان را برای خود محفوظ داشته‌اند (وارد، ۲۰۰۸). در ایران نقشه کاربری اراضی در استان فارس نشان می‌دهد که سطح زیرکشت مرکبات در شهرستان‌های جهرم و فسا که به صورت قطره‌ای آبیاری می‌شوند به شدت افزایش یافته است. نظر به عدم وجود قانونی که مانع توسعه کشت مرکبات توسط کشاوران شود آبیاری قطره‌ای سبب بحران آب در این دو شهرستان شده است (مصاحبه شخصی با دکتر عزت اله رئیسی). مطالعه موردی زیبایی (۱۳۸۶) در سطح ۳۰۰ مزرعه که اقدام به نصب سیستم‌های

آبیاری بارانی کرده‌اند نشان می‌دهد که هرگاه آب صرفه‌جویی شده از بهبود راندمان آبیاری در توسعه سطح زیر کشت به کار رفته است، سیستم آبیاری بارانی دوام یافته است. در غیر این صورت یعنی اگر نصب سیستم آبیاری بارانی و در نتیجه صرفه‌جویی در آب موجب افزایش سطح زیر کشت نگردیده اقدام به جمع‌آوری سیستم آبیاری بارانی شده است. به گونه‌ای که بخش قابل توجهی از واحدهایی که اقدام به نصب سیستم‌های آبیاری بارانی در استان فارس نموده‌اند پس از مدتی استفاده از سیستم آبیاری بارانی را کنار گذاشته‌اند.

مدل تلفیق ئیدرولوژی - اقتصادی

مبنای تئوریک این مدل‌سازی آن است که تمام آب‌هایی که قابل استحصال می‌باشند در طبیعت Recycle می‌شوند. مدل یکپارچه ئیدرولوژی-اقتصادی مبتنی بر این واقعیت است که آبی که از مسیر طبیعی خود از طریق کانال، لوله و سایر تأسیسات انتقال آب برداشت و مازاد بر نیاز آبی محصولات (تبخیر و تعرق) به کار برده می‌شود تلف نمی‌شود، بلکه به عنوان آب برگشتی (نفوذ عمقی و رواناب سطحی) وارد حوضه‌ای می‌شود که از آن برداشت شده است. این آب می‌تواند برای مصارف دیگر در زمان و مکان‌های دیگر مورد استفاده واقع شود. فن‌آوری‌های پیشرفته آبیاری نظیر آبیاری قطره‌ای، آب برگشتی به صورت نفوذ عمقی و رواناب سطحی را به حداقل رسانده و به عنوان وسیله‌ای جهت حفاظت آب شناخته می‌شوند. همان‌گونه که ذکر گردید یک رابطه خطی بین تبخیر و تعرق و عملکرد در طیفی از محصولات زراعی و باغی وجود دارد. بنابراین فن‌آوری‌های آبیاری که آب را در زمان و مکان مناسب در اختیار محصول قرار می‌دهند با افزایش کارایی، آب مصرفی و عملکرد محصول را افزایش می‌دهند. ولی به دلیل امکان مصرف مجدد آب میزان صرفه‌جویی در مقیاس حوضه آبی غالباً محدود می‌باشد. علاوه بر این در ارزیابی فن‌آوری‌های آب آندوزی که تأثیر صرفه‌جویی آب را بر سایر مصرف‌کنندگان آب نادیده می‌گیرند. ممکن است اثر پذیرش فن‌آوری، برای بهره‌بردار پذیرنده، برد و برای بهره‌بردار دیگر، باخت محسوب شود. سیستم‌های کارا تر آبیاری نظیر آبیاری قطره‌ای ممکن است آب کمتری از منابع آب سطحی و زیرزمینی برداشت کنند و عملکرد و درآمد بیشتری عاید کشاورزان سازند. با در نظر گرفتن هزینه نصب این سیستم‌ها، هزینه و بازده محصولات تولیدی و قیمت آب مصرفی کشاورزانی که این فن‌آوری را به کار می‌برند ممکن است در آمد بیشتری در واحد سطح به دست آورند. بنابراین از نقطه نظر اقتصادی کاربرد این فناوری‌ها به نفع کشاورزان می‌باشد. معذالک این تحول می‌تواند مصرف آب کل حوضه آبی را افزایش دهد. در چنین وضعیتی با این مشکل مواجه می‌شویم که بین منافع فردی (کشاورز) و منافع اجتماعی تضاد وجود دارد. بنابراین اتخاذ سیاست‌های مناسب جهت برخورد با این مسئله ضروری به نظر می‌رسد.

چارچوب مدل پیشنهادی

یک مدل یکپارچه ئیدرولوژی-اقتصادی می‌تواند به صورت یک مدل بهینه‌سازی برنامه‌ریزی ریاضی با هدف پیشینه کردن ارزش کنونی مجموع فواید خالص اقتصادی حاصل از برداشت آب از یک حوضه آبی جهت مصارف خارج و داخل میسر از جمله مصارف زیست‌محیطی در افق (بازه) زمانی معین طراحی شود (وارد، ۲۰۰۸). محدودیت‌های این مدل شامل محدودیت‌های ئیدرولوژی حوضه، محدودیت‌های قانونی، محدودیت حداقل نیاز (حلقه) زیست‌محیطی، محدودیت سطح زیر کشت محصولات (نیاز تناوبی) و غیره می‌باشد. محدودیت ئیدرولوژی مبتنی

بازنگری کارآیی مصرف و بهره‌وری... ۲۵

بر اصل بقای جرم یعنی موازنه بین جریان ورودی و خروجی و حجم ذخیره مخازن تعریف می‌شود. مهم‌ترین جریان‌هایی که به‌وسیله مدل ردیابی می‌شود عبارتند از جریان‌های سرآب (Head Water)، جریان‌های رودخانه در مهم‌ترین دریاچه‌های آبی حوضه، آب برداشته شده، آبی که در اختیار گیاهان قرار می‌گیرد، آب مصرف شده، آب رها شده از مخزن، پمپاژ آب از رودخانه و آبخوان، نفوذ آب به آبخوان‌ها، آب برگشتی به رودخانه و تالاب، تبخیر و نشست آب از مخازن. مهم‌ترین آب ذخیره (Stock) عبارت است از سطح آب در مخزن سد و میزان آب موجود در آبخوان.

منافع اقتصادی شامل منافع حاصل از مصارف آب و منافع ناشی از خدمات اکوسیستمی مربوط به آب می‌باشد. داده‌های اقتصادی-آگرونومی در این مدل عبارتند از قیمت محصولات، هزینه تولید و عملکرد در هکتار بر حسب محصول و فن‌آوری‌های آبیاری و کل زمین‌های زیر کشت محصولات. روابط ئیدرولوژیک شامل تبخیر و تعرق، آب برداشتی، نفوذ عمقی و آب برگشتی بر حسب محصول و فن‌آوری آبیاری. عرضه آب حوضه برابر است با میانگین چند سال آب ورودی به اضافه مقدار آب ذخیره در مخازن و سفره آب زیرزمین در مبدأ زمانی معین. همان‌طور که قبلاً بیان گردید مدل، الگوی مصرف آب در حوضه را به گونه‌ای تعیین می‌کند که ارزش کنونی فواید خالص حاصل از مجموعه محصولات و فن‌آوری‌های آبیاری را در یک بازه زمانی بیشینه کند. طبق گزارش وارد نتیجه کاربرد این مدل نشان داد که علی‌رغم کاهش کاربرد آب در فن‌آوری پیشرفته نسبت به فناوری موجود ولی آب مصرفی (تبخیر و تعرق) توسط محصولات کشاورزی وقتی تخمین درستی از تبخیر و تعرق و جریان برگشتی در دست باشد افزایش می‌یابد. علاوه براین، وارد نتیجه می‌گیرد که یارانه‌های پرداختی به تکنولوژی آبیاری قطره‌ای، کشاورزان را به کاهش تبخیر و تعرق (water depletion) ترغیب نمی‌کند. در نتیجه احتمال کاهش مصرف آب کشاورزی (صرفه‌جویی در مصرف آب) جهت استفاده در مصارف دیگر بسیار کم است. این یافته‌ها در مورد ایران نیز می‌تواند آموزنده باشد. در تحلیل نهایی، نویسنده نتیجه‌گیری می‌کند که آبیاری قطره‌ای به دلایل زیاد از جمله بهره‌وری بیشتر آب و امنیت‌غذایی نسبت به فن‌آوری‌های موجود از اهمیت بیشتری برخوردار می‌باشد. مع‌الوصف کاربرد این فن‌آوری در مقیاس حوضه آبی به صرفه‌جویی در مصرف آب کشاورزی منجر نمی‌شود. بنابراین سوال مهمی که از نظر سیاست عمومی در این رابطه مطرح می‌باشد این است که آیا افزایش درآمد کشاورزان در نتیجه پذیرش این فن‌آوری درآمد از دست رفته ناشی از کاهش جریان‌های برگشتی و نفوذ عمقی آب را جبران می‌کند یا خیر.

به منظور ساختن مدل کارآیی مصرف آب در مقیاس جهانی در پیوند با مدل حوضه لازم است که مدل حوضه طوری اصلاح شود که ضمن بهینه‌سازی الگوی مصرف آب کشاورزی در سطح حوضه، الگوی تجارت خارجی محصولات کشاورزی نیز بهینه گردد. برای این منظور تفاوت بین آب مورد نیاز برای محصولات وارداتی و صادراتی یعنی خالص آب مجازی وارداتی به طرف راست محدودیت عرضه آب اضافه شود. جهت آشنایی نسبت به ساختن چنین مدلی به مطالعه (سلطانی، ۲۰۱۳) که توسط مؤسسه تحقیقات اقتصادی خاورمیانه و شمال آفریقا (ERF) چاپ شده است مراجعه شود.

جمع‌بندی و پیشنهادها

مفاهیم کلاسیک کارآیی مصرف آب کشاورزی بطور عمده بر کارآیی محلی تمرکز داشته و پتانسیل جریان برگشتی و بازیافت را نادیده می‌گیرد. این در حالی است که افزایش کارآیی محلی مصرف آب در صورتی به افزایش کارآیی در حوضه آبی منجر می‌شود که امکان بازیافت و استفاده مجدد از آب‌های برگشتی وجود نداشته باشد. نظر به این که کارآیی مصرف آب کشاورزی در سه سطح: کارآیی محلی، کارآیی حوضه و کارآیی جهانی مطرح می‌باشد، وقتی عرضه آب محدود باشد سه نوع کارآیی مذکور به یکدیگر مربوط می‌باشند. بنابراین تنها وقتی جریان رودخانه برای تأمین تقاضای موجود آب کفایت کند، کارآیی مصرف آب را می‌توان بطور جداگانه ارزیابی کرد. بدین ترتیب در شرایط کشور ما، یافته‌های تحقیقاتی که محدود به بهینه‌سازی مصرف آب در مقایسه محلی می‌باشند جهت ارائه توصیه‌های سیاستی در سطح حوضه و کشور مناسب نمی‌باشند.

نظر به یکپارچگی و پیوستگی چرخه آب، در ارزیابی کارآیی مصرف آب کشاورزی و فن‌آوری‌های آبیاری لازم است تمام چرخه آب و نه بخشی از آن مورد توجه قرار گیرد. به عبارت دیگر، بایستی حوضه رودخانه به عنوان واحد اساسی برای مدیریت آب در نظر گرفته شود. در این صورت مدیریت آب از رویکرد صرف مهندسی به رویکرد مدیریت تلفیقی آب‌های سطحی و زیرزمینی، مدیریت روان‌آب‌های آلوده و مدیریت مبتنی بر حفاظت تالاب‌ها و خدمات اکوسیستمی تحول می‌یابد. در رویکرد اخیر اثرات مصارف مختلف آب بر کمیت آب و تأثیر مصارف بالا دست بر پائین دست حوضه آبی مورد توجه قرار می‌گیرد.

در مناطقی که کاربرد فن‌آوری‌های پیشرفته آبیاری به‌ویژه آبیاری قطره‌ای متداول گردیده، تغذیه سفره‌های آب‌های زیرزمینی کاهش یافته و آب صرفه‌جویی شده موجب توسعه سطح زیر کشت گردیده است.

رویکرد مهندسی در مدیریت آب در مواردی موجب خلل در یکپارچگی و پیوستگی چرخه آب گردیده و در بسیاری از حوضه‌های آبی اضافه تخصیص آب در بالا دست حوضه موجب کاهش حبابه‌ها در پائین دست حوضه و همچنین حبابه زیست‌محیطی گردیده است. در بیشتر موارد تأثیر اقدامات انجام شده برای صرفه‌جویی در مصرف آب در بالادست حوضه بر بهره‌برداران در پائین دست حوضه نادیده گرفته می‌شود. در چنین وضعیتی افزایش درآمد بهره‌برداران در بالا دست حوضه موجب کاهش درآمد بهره‌برداران در پائین دست حوضه گردیده است. لذا برای حل این معضل (تضاد منافع) لازم است تمهیداتی اندیشیده شود.

نظر به اینکه امکان صرفه‌جویی در مصرف آب کشاورزی محدود می‌باشد، انجام اقداماتی جهت کاهش تبخیر آب، توسعه کشت‌های زمستانه به‌جای تابستانه، توسعه کشت‌های گلخانه‌ای و اصلاح ژنتیکی و ایجاد ارقام مقاوم به خشکی توصیه می‌گردد.

در ارتباط با انتخاب تکنولوژی آبیاری، اصلاح روش‌های متداول آبیاری نقلی به‌جای آبیاری تحت فشار توصیه می‌شود. کاربرد آبیاری قطره‌ای بایستی محدود به کشت‌های گلخانه‌ای شود و از کاربرد آبیاری بارانی در مناطق گرم و خشک خودداری شود. در پایان، تغییر تدریجی نظام کشاورزی موجود به نظام کشاورزی علمی و دقیق که در آن نهاده‌هایی مانند کود شیمیایی و سموم دفع آفات و بیماری‌های گیاهی به اندازه نیاز محصولات مصرف شود و آلودگی آب‌های برگشتی آبیاری را به حداقل برساند توصیه می‌گردد.

منابع

- اردکانیان (۱۳۸۰). آب و اقتصاد، همایش چالش‌ها، رویکرد‌ها و آینده صنعت در ایران. دومین نمایشگاه بین‌المللی آب و تأسیسات آب و فاضلاب (تهران) روابط عمومی و امور بین‌الملل وزارت نیرو.
- زیبایی، م (۱۳۸۶). عوامل مؤثر بر عدم تداوم در استفاده از سیستم‌های آبیاری بارانی در استان فارس. مقایسه تحلیل لاجیت و تحلیل ممیزی. مجله اقتصاد کشاورزی، (شماره ۲، آبان ۱۳۸۶).
- سلطانی (۱۳۹۱). بررسی تطبیقی الگوی مصرف و مدیریت تقاضای آب کشاورزی در کشورهای منطقه منا (خاورمیانه و شمال آفریقا). تحقیقات کشاورزی (جلد ۴، شماره ۲، ص ۱-۲۵)
- سلطانی، غ (۱۳۷۲). تعیین آب بها. و تخصیص بهینه آب در اراضی زیر سدها مطالعه موردی سد درود زن. مجموعه مقاله اولین سمپوزیوم سیاست کشاورزی ایران. دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز، (۲۱۱-۱۹۵).
- کبری، الف. و بخشوده، م. (۱۳۷۲). تعیین ترکیب بهینه محصولات زراعی در اراضی زیر سد: مطالعه موردی مزارع زیر سد جیرفت. مجموعه مقاله دومین سمپوزیوم سیاست کشاورزی ایران. دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز. ص: ۳۳۹-۳۵۲
- چیذری، الف. و قاسمی، خ، ع. (۱۳۷۸). کاربرد برنامه ریزی ریاضی در تعیین الگوی بهینه کشت محصولات زراعی، فصلنامه اقتصاد کشاورزی و توسعه، شماره ۲۸، ص: ۶۱-۷۶.
- صبحی، م، رستگاری، ف. کهخا، الف (۱۳۸۸). تخصیص بهینه آب سد طرق بین مصارف شهری و کشاورزی با استفاده از روش برنامه ریزی تصادفی دو مرحله‌ای فازی با پارامترهای بازه‌ای در شرایط عدم حتمیت. اقتصاد کشاورزی، شماره ۱، ص: ۳۳-۵۵.
- فتحی، ف. و زیبایی، م (۱۳۸۹). عوامل مؤثر در مدیریت بهره‌برداری از آب‌های زیرزمینی با استفاده از مدل برنامه ریزی چند هدفه: مطالعه موردی دشت فیروزآباد. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، علوم آب و خاک. شماره ۵۳.
- کرامت‌زاده، ع.، چیذری، الف. م- و موسوی، س. ح (۱۳۸۴). مدیریت منابع آبی از طریق تخصیص بهینه آب بین اراضی زیر سد (مطالعه موردی سد بارز شیروان) پنجمین کنفرانس اقتصاد کشاورزی ایران، زاهدان مقدسی، م. مرید، س. و عراقی‌نژاد، ش. بهینه‌سازی تخصیص آب در شرایط کم آبی با استفاده از روش‌های برنامه‌ریزی غیرخطی، هوش مصنوعی و الگوریتم ژنتیک، (مطالعه موردی) مجله تحقیقات منابع آب ایران شماره ۳-۱: ۱۳-۳
- هیمن، ن. و صبحی صابونی، م. مدیریت تخصیص آب سد مهاباد با استفاده از برنامه‌ریزی آرمانی اولوی. تحقیقات اقتصاد کشاورزی، سال سوم، شماره ص: ۱-۱۶.
- Alizadeh, A. 2005. Status of Agricultural water use in Iran. Proc. of Iranian- American workshop on water conservation and use. Tunisia. Dec. 11-13.
- Perry, c.2007. Efficient irrigation, In- efficient communication, flawed recommendations. Irrigation and Drainage. 56:307-78.
- Hoekstra, A.y. and p.Q. Hung.2005. globalization of water Resources:

- International virtual water flows in relation to crop trade. *Global Environmental Change*, 15:45- 56.
- Indian Financial Express, Dec.5, 2008.
- 16- Perry, C. P., Steduto, R.G. Allen and C.M. Burt Increasing productivity in Irrigated agriculture: agronomic constraints and hydrological realities.
- Khadam, M. 2001. *The Arab water security: Reality and challenges*. Beirut, Lebanon: the Arab unity study center (in Arabic).
- Molle, F. and H. Turral. 2004. Demand Management in a basin perspective: Is The potential for water Saving overestimated. At the international water Demand management conference. Dead sea, Jordan.
- Keller, A. and Seckler, D. 2004. Limits to increasing the productivity of water in crop production. *Winrock*, Arlington, v.a.
- Molle, F., Mamanpoush, A., Miranzadeh, M. 2004. Robbing yadullah water to irrigate Saeidis garden: hydrology and water rights in a village of central Iran. Research report 80 international water management institute, Colombo, srilanka.
- Seckler, D. 1996. The new Era of water resources management: from Dry to wet water saving. Research report 1. International irrigation management institute, Colombo, srilanka.
- Keller, A. A. and J. Keller. 1995. Effective efficiency: A water use efficiency concept for allocating water re resources, *uscid. Newsletter*.
- Soltani, G.R. 2013. Agricultural water- use efficiency in a global perspective: the case of Iran. ERF working paper No.778. Cairo, Egypt.
- Shajari, S.H., M. Bakhshoodeh, and G.R. Soltani. 2008. Enhancing irrigation water efficiency under risk: Evidence from wheat farms in Iran, *American- Eurasian journal of Agricultural and Environmental Science*, 2:36-41.
- Ward, F.A. and M. Pulido- Velazquez. 2008. Water conservation in irrigation can increase water use. *Proc. of the national academy of science of the U.S.* vol.105, NO, 47: 18215-18220 NOV.25.