سنجش اثر بازگشتی آب کشاورزی در شرایط محیطی به تفکیک استان‌های کشور ایران

افشین آباریان[۱]، رضا رنج پور*[۲]، عبدالرحیم هاشمی دیزج[۳]، داوود بهبودی[۴]

۱-کارشناسی ارشد، گروه اقتصاد، دانشکده اقتصاد و مدیریت دانشگاه تبریز، تبریز، ایران

۲*- دانشیار، گروه اقتصاد، دانشکده اقتصاد و مدیریت دانشگاه تبریز، تبریز، ایران

۳- دانشیار، گروه اقتصاد، دانشکده علوم اجتماعی، دانشگاه محققی اردبیلی، اردبیل، ایران

۴ – استاد، گروه اقتصاد، دانشکده اقتصاد و مدیریت دانشگاه تبریز، تبریز، ایران

*ایمیل نویسنده مسئول:reza.ranjpour@gmail.com

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۴/۲۱ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۶/۱۵

چکیده

یکی از مهمترین سیاست‌هایی که می‌تواند برای کنترل مصرف آب کشاورزی در ایران مورد استفاده قرار گیرد ارتقاء کارایی مصرف آب است. ارتقاء کارایی مصرف آب کشاورزی در کنار خود مسئله‌ای به نام اثرات بازگشتی را به همرا دارد. اثرات بازگشتی در اصطلاح به حالتی گفته می‌شود که با یک تغییر در سیستم به دلایل گوناگون اثر آن تغییر از بین رفته و دوباره وضعیت قبلی برقرار گردد، با ورود تکنولوژی جدید به بازار و بهبود راندمان آبیاری ابتدا تقاضا برای آبیاری کاهش می‌یابد، اما همین بهبود راندمان و صرفه جویی در آب خود می‌تواند عکس العمل‌هایی اقتصادی ایجاد کند و منجر به این واقعیت شود که بخشی از صرفه‌جویی ها از بین برود. یعنی هر دارنده‌ی زمین کشاورزی می‌تواند با بودجه‌ای قبلی زمین بیشتری را زیر کشت ببرد که قبلا زیر کشت نبود، در این صورت آن مقدار از صرفه‌جویی که محو می‌شود را در اصطلاح اثر بازگشتی می‌گویند. در این مطالعه تلاش شده با استفاده از روش حداقل مربعات تعمیم یافته نرخ ضریب تکنولوژی تخمین زده شود و با استفاده از داده‌های پانل دیتای استانی ایران میزان اثرات بازگشتی آب کشاورزی ناشی از بهبود کارایی سیستم آبیاری در بخش کشاورزی در بازه زمانی ۹۵-۸۹ محاسبه گردد. نتایج یافته ها نشان می‌دهد که در طول دوره مورد مطالعه به طور متوسط میزان اثر بازگشتی برای ایران حدود ۱۵ درصد بوده است، که این یافته نشان می دهد در حدود ۱۵ درصد از آب صرفه جویی شده در اثر افزایش بازدهی آب کشاورزی دوباره در این بخش استفاده شده است. در واقع این امر نشان می‌دهد سیاست افزایش کارایی آب در جهت کاهش مصرف آب در بخش کشاورزی موفق بوده است.

کلمات کلیدی

" اثر بازگشتی "، " آب مصرفی "، " کشاورزی "، " بهره‌وری آب "،

۱- مقدمه

آب شیرین یک منبع طبیعی کمیاب و حیاتی و درعین حال تجدیدپذیر است که انسان به طور مستمر در هر زمان و مکان به آن نیاز دارد. حجم آب موجود بر روی کره زمین همواره ثابت بوده و هست. زندگی تمامی موجودات زنده مانند: انسان‌ها، جانوران و گیاهان به طور مستقیم به آب وابسته است. افزایش روز افزون جمعیت جهان و در نتیجه تامین نیازهای غذایی آنها، سبب شده تا فعالیت‌های کشاورزی نیز رو به افزایش باشد. انجام چنین فعالیت‌هایی به منابع متنابهی از آب وابسته است. از طرفی پیش‌بینی شده است که جمعیت ایران تا سال ۱۴۱۰، به مرز ۱۰۰ میلیون نفر خواهد رسید، که در این صورت برای تامین نیازهای غذایی این جمعیت بر مبنای حدود ۲۶۰۰ کیلو کالری انرژی روزانه به بیش از ۱۵۰میلیارد متر مکعب آب، سالانه نیاز خواهد بود که این مقدار در سبد آبی کشور موجود نمی‌باشد (بابازاده،۱۳۹۱). ایران از نظر اقلیمی در ناحیه خشک و نیمه خشک جهان واقع شده و سال‌های طولانی است که با مسئله کمبود آب مواجه است. متوسط بارندگی ایران ۲۵۰ میلیمتر است که در مقایسه با متوسط بارندگی آسیا و جهان (۷۳۰،۷۵۰ میلیمتر) خیلی پایین است. از طرف دیگر پراکندگی نامتناسب زمانی و مکانی ریزش‌های جوی با نیازهای کشاورزی و زمان‌های پر مصرف (حداقل ۷۴ میلیمتر در مناطق کویری و ۸۴۰ میلیمتر در بعضی از مناطق غرب و شمال غرب کشور) مشکل را حادتر می‌کند (حسین‌زاده و همکاران، ۱۳۹۰). از طرف دیگر مصرف آب در سال ۱۳۷۵ برابر ۸۶٫۸ میلیارد متر مکعب در سال اعلام گردیده که بیش از ۹۰ درصد آن در بخش کشاورزی و مجموع مصارف در بخش شرب و صنعت حدود ۷ درصد می‌باشد. کل مصرف آب در سال ۱۳۷۵ برابر با ۸۱,۴ میلیارد متر مکعب بوده که در سال ۱۳۸۰همان روند مصرف در سال ۱۳۷۵ را در بخش‌های کشاورزی، شرب و صنعت نشان می‌دهد (جدول۱).

جدول ۱ _ وضعیت مصرف آب در کشور (میلیارد متر مکعب)

مصارف	۱۳۷۵	۱۳۸۰	۱۴۰۰
شرب	۴/۵	۶	۷/۸
صنعت و معدن	۰,۹	۱/۱	۲/۴
کشاورزی	۸۱/۴	۸۶	۱۰۳
جمع	۸۶/۸	۹۳/۱	۱۱/۲

منبع: سامانی ۱۳۸٤

وضعیت موجود منابع آب در ایران، روند و گرایشات حاکم بر آن و همچنین، در نظر گرفتن توزیع مکانی و زمانی نامناسب سرانه محدود آب و مصرف بیرویه آن، الزام و ضرورت مدیریت تقاضا، را نشان می‌دهد. در این راستا بهبود کارایی مصرف آب بالاخص در بخش

کشاورزی به عنوان فرصتی برای صرفه‌جویی بیشتر در آب قلمداد می‌شود. مدیریت بهینه آب نیازمند تحول بزرگی است و برای تامین پایداری این منابع، باید مدیریت یکپارچه و سیستمی در راستای فرآوری و بهره‌برداری بهینه با کاربرد فناوری نوین بهره‌برداری بیشینه از این منابع در برنامه‌ریزی اعمال گردد. بهبود کارآیی مصرف آب، به مثابه یکی از مهم‌ترین راه‌های کاهش مصرف آب معرفی شده است، اما مشاهده می‌شود که بهبود یاد شده، لزوما مصرف آب را به میزان صرفه جویی شده کاهش نمی‌دهد و گاه به عدم تغییر یا حتی افزایش مصرف آب منجر می‌شود (سورل، استو و دیمیتروپولس، جان ۲۰۰۹). در سراسر دنیا جاهای زیادی وجود دارند که در آنجا منابع آب به روش بسیار کارا مورد استفاده قرار می‌گیرند، اما این منابع همزمان به سرعت در حال تخلیه شدن می‌باشند (هواکسترا،۲۰۱۳) [1]؛ بنابراین تنها استفاده از شیوه‌های نوین و کارای آبیاری نمی‌تواند در تعدیل مصرف و تعادل بخشی بین عرضه و تقاضای آب، موثر باشد. در توضیح اینکه چرا با وجود سرمایه‌گذاری زیاد در زمینه فناوری نوین آبیاری، مصرف آب کاهش نیافته است، مفهومی که پیشتر در زمینه مصرف انرژی بیان شده است یعنی اثر بازگشتی می‌تواند مفید باشد. اثر بازگشتی که بیشتر در ادبیات اقتصاد انرژی مطرح است، در زمینه آب می‌توان آن را سازوکاری دانست که باعث می‌شود بخشی از آب صرفه‌جویی شده ناشی از ارتقای کارآیی آب دوباره مصرف شود و در نتیجه، منجر به کاهش میزان آب صرفه جویی شده شود. در حالت ساده‌تر، اثر بازگشتی را می‌توان به عنوان درصدی از ذخیره بالقوه‌ی آب ناشی از بهبود کارآیی آب تعریف کرد که منعکس کننده‌ی اختلاف میان صرفه‌جویی بالقوه و بالفعل در مصرف آب است (دل انگیزان، سهراب ۱۳۹۵). اثر بازگشتی معمولا در رابطه با اشکال متفاوت انرژی، همچون سوخت یا برق تعریف شده است، ولی در این تحقیق تلاش بر این است تا اثر بازگشتی برای آب کشاورزی مورد بررسی قرار گیرد. تحلیل اثرات بازگشتی، با وجود نوپا بودن آن توجه زیاد اقتصاددانان انرژی و محیط زیست را به خود جلب کرده است. با توجه به اینکه اثرات بازگشتی در ایران در زمینه حاملهای انرژی بخصوص بنزین و گازوئیل مطالعه شده است و در زمینه آب فقط برای یک روستا در استان فارس صورت گرفته، لذا در این پژوهش مقدار اثر بازگشتی آب کشاورزی را برای تمام استانهای ایران مورد مطالعه و بررسی قرار می‌گیرد. ادامه مقاله بدین صورت تنظیم شده است که پس از بیان مبانی نظری مربوط به اثر بازگشتی، پیشینه پژوهش بیان می‌شود. در ادامه روش شناسی تحقیق بیان شده و چگونگی برآورد اثرات بازگشتی توضیح داده می‌شود، نتایج تجربی و یافته‌ها در بخش چهارم و نتیجه‌گیری در بخش پنجم بیان می‌شود، در انتها نیز پیشنهادات پژوهشی و سیاستی برای پژوهشگران و سیاستگذاران ارائه شده است.

۲-مبانی نظری تحقیق

تحلیل اثرات بازگشتی با وجود تازگی آن مورد توجه عده زیادی از اقتصاددانان محیط زیست و انرژی واقع شده است و ادبیات مرتبط با این موضوع به سرعت در حال رشد می‌باشد. اثر بازگشتی، معمولا در رابطه با اشکال مختلف مصرف انرژی، همچون استفاده از سوخت یا برق تعریف شده و ناشی از عکس العمل و رفتاری است که نسبت به بهبود کارایی انرژی انجام می‌گیرد. در بیشتر اصطلاحات متداول، اثرات بازگشتی اشاره بر این دارد که افزایش در کارایی انرژی، باعث کاهش در مصرف انرژی به همان اندازه نمی‌شود. مفهوم اثرات بازگشتی را می‌توان به صورت شکل زیر نمایش داد:

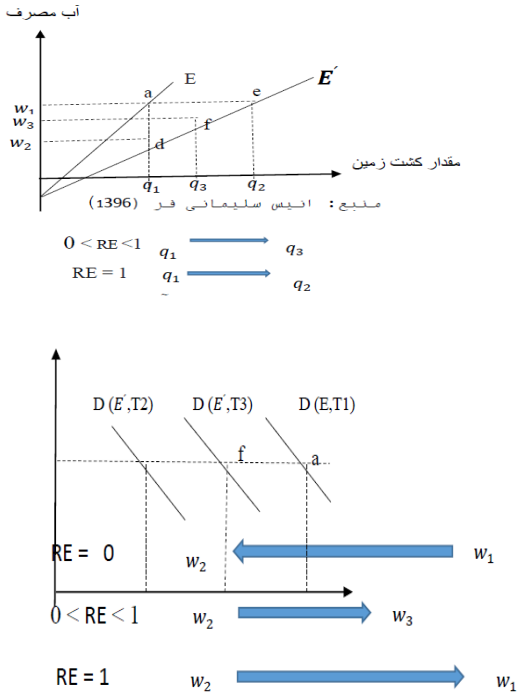
شکل۱ : نمودار مفهوم اثر بازگشتی

اثرات بازگشتی ناشی از بهبود کارایی انرژی نخستین بار در سال ۱۹۸۰، توسط دانیل خازوم[2]شناخته شد. وی ادعا کرد که بهبود تکنولوژی و افزایش کارایی انرژی، منجر به کاهش هزینه و در نتیجه افزایش مصرف کالا و خدمات می‌شود که از آن انرژی استفاده می‌کند (دانیل خازوم، ۱۹۸۰) [3]. بروکز [4] بر اثر بازگشتی در سطح اقتصاد کلان تمرکز کرده بود و اعتقاد داشت که کارایی انرژی سبب رشد اقتصادی می‌شود، گاهی اندازه این اثر به قدری بزرگ می‌شود که باعث افزایش مصرف می‌گردد. بروکز و خازوم مطابق تحقیقات خود، این فرضیه را پیشنهاد کردند که : بهبود کارایی، عاملی برای افزایش رشد مصرف است، بنابراین تخلیه منابع نسبت به قبل سرعت بیشتری می‌گیرد (لین و لیو، ۲۰۱۲) [5]؛ سپس این ایده به طور گسترده توسط سایر محققین انرژی مورد بررسی قرار گرفت. برخی محققین معتقد بودند که بزرگی اثرات بازگشتی به قدری ناچیز است که می توان با اطمینان از آن صرف نظر کرد. برخی دیگر نیز گمان می‌کردند که بهبود تکنولوژی نه تنها نمی‌تواند منجر به کاهش مصرف انرژی گرددکه منجر به افزایش آن می‌شود (بروکس، ۱۹۹۰). خازوم (۱۹۸۰) [6] و بروکس (۱۹۷۸) [7]مدعی شدند که وضعیتی به مراتب شدیدتر از اثرات بازگشتی امکان‌پذیر است و بهبود کارایی مصرف انرژی می‌تواند به طور واقعی تقاضا برای انرژی را افزایش دهد که این پدیده نخستین بار توسط جونز (۱۸۶۵) [8] شناسایی شده و به " پارادوکس جونز[9]" و یا اثرات معکوس معروف گردید. در حقیقت جونز این فرضیه را مطرح کرد که که کارایی انرژی بالاتر می‌تواند منجر به نتیجه یا به عقب برگشتن شود. به عنوان مثال، افزایش بهره‌وری و سودآوری در مصرف زغال سنگ در بریتانیا باعث افزایش مصرف آن گردید. یعنی بهبود کارایی، موجب گردید برخلاف انتظار استفاده از حامل انرژی افزایش می‌یابد. همانطور که بیان شد اثر بازگشتی آب، اصطلاحا به وضعیتی اطلاق می‌شود، که از نظر تئوریکی با یک تغییر در سیستم، مجددا به دلایل گوناگون اثر آن تغییرات از بین رفته و وضعیت قبلی برقرار گردد. با ورود تکنولوژی جدید به بازار و بهبود راندمان سیستم آبیاری، در ابتدا تقاضای آبیاری کاهش می‌یابد. اما همین بهبود راندمان و صرفه جویی در آب، خود می‌تواند عکس‌العمل اقتصادی ایجاد کند که نهایتا منجر به از بین رفتن بخشی از صرفه‌جویی شود. به بیان دیگر با بهبود راندمان آبیاری، کشاورز زمین بیشتری را با هزینه کمتر کشت و آبیاری کند. لذا چنانچه با افزایش سطح زیر کشت

[1] Hoekstra

[2] - Danel khazzoom
[3] Khazzoom
[4] Brookes
[5] Lin and Liu
[6] Khazzoom
[7] Brookes
[8] Jevons
[9] Jevons paradox

و مصرف آب بیشتر، تنها بخشی از صرفه‌جویی‌های ناشی از بهبود تکنولوژی، باقی بماند در این صورت آن آبی که دوباره مصرف شده است را اصطلاحا مقدار اثر بازگشتی آب می‌گویند. همانطور که در قسمت قبلی هم توضیح داده شد، در برخی موارد، ممکن است در اثر ارتقای کارایی، اثر بازگشتی، باعث افزایش مصرف آب هم بشود که در این صورت به چنین پدیده‌ای اثر معکوس(Back- fir effect) اطلاق می‌شود. اثر بازگشتی برای مصرف آب کشاورزی در نمودار زیر تشریح شده است:



نمودار۲ : منحنی تقاضای آب و اثر بازگشتی

در این نمودار بهبود کارایی سیستم آبیاری جدید منحنی کارایی (E) را در جهت عقربه‌های ساعت می‌چرخاند تا به منحنی (E ') برسد، انتقال از نقطه W_1 به W_2 نشان می‌دهد که با بهبود راندمان آبیاری کشاورز زمین بیشتری را با هزینه کمتر کشت و آبیاری کرده، و نقطه d بیانگر این است که تمامی ذخایر مورد انتظار آب حفظ می‌شود یعنی صرفه جویی بالقوه آب برابر صرفه جویی بالفعل است. اثر بازگشتی کامل زمانی رخ می‌دهد که نمودار به موقعیت اولیه خود یعنی نقطه E برگردد و اثربازگشتی جزئی با نقاط e، f نشان داده شده است که نشان می‌دهد کشاورز بخشی از آب صرفه جویی شده را مصرف کرده است. اثر بازگشتی را همچنین می‌توان به صورت منحنی تقاضای آب نیز نشان داد. افزایش کارایی سیستم آبیاری منحنی تقاضا برای آب را از (E, T1) D به (E', T1) D؛ و از نقطه a به d منتقل می‌کند (انتقال منحنی تقاضا به چپ). اثر بازگشتی کامل زمانی رخ می‌دهد که منحنی تقاضا به موقعیت اولیه خود بازگردد و اثر بازگشتی جزئی با قرار گرفتن منحنی تقاضای جدید(E',T3)D در هر فضایی بین a و d مانند f بدست می‌آید. گرچه ماهیت آب به طور قابل توجهی از انرژی متفاوت است، با این حال شواهدی وجود دارد که نشان می‌دهد اثر بازگشتی در زمینه استفاده از آب نیز اتفاق می‌افتد و برخی از محققان مدل‌هایی را برای تجزیه و تحلیل اینکه چرا بهبود بهره‌وری آبیاری سبب افزایش مصرف آب می‌شود، پیشنهاد کرده‌اند (کانتور[1] و تایلور[2]، ۲۰۱۳؛ گومز[3] و پرز بلانکو[4]، ۲۰۱۴؛ هافاکر[5]، ۲۰۰۸). (با این روش می‌خواهند نشان دهند که تئوری بازگشتی در اقتصاد انرژی استفاده شده است، در زمینه آب هم قابل استفاده است). اسکرلینک[6] و همکاران(۲۰۰۶) : یک مدل کشاورزی– اقتصادی را توسعه دادند و نتیجه گرفتند که یارانه‌های پرداختی برای سرمایه‌گذاری در زمینه بهره‌وری آب آشامیدنی ممکن است باعث افزایش مصرف آب شود، اگر کشاورزان بتوانند از زمین‌های کشاورزی بیشتری استفاده کنند در اینصورت میزان مصرف آب کشاورزی افزایش می‌یابد. یورپین[7] (۲۰۱۲) این اثر را به عنوان یک مسئله بالقوه در بخش کشاورزی بیان کرده است، و نشان می‌دهد که عرضه آب کشاورزی هم می‌تواند اثر بازگشتی خودش را تجربه کند (بربل و ماتیاس[8]۲۰۱۴). در همین رابطه دومانت و همکاران[9] (۲۰۱۳) مفید بودن پدیده اثر بازگشتی را به عنوان یک مفهوم مدیریت منابع آب مطرح کردند. همچنین، پفیفر و لین[10] (۲۰۱۴) مشاهده کردند که حرکت به سمت فناوری‌های کاراتر، باعث افزایش برداشت از آب‌های زیرزمینی در غرب کانزاس شده است. آنها نشان می‌دهند که در این منطقه، اثر بازگشتی بیش از ۱۰۰ درصد بوده است. در همین راستا، بربل و همکاران (۲۰۱۴) [11] ادبیات مربوط به اثر بازگشتی آب را مرور کرده‌اند و شرایطی که ممکن است منتج به اثر بازگشتی آب نشود را با یک مطالعه موردی در حوضه آبریز گوادکیویر اسپانیا نشان دادند و عوامل کلیدی برای اجتناب از اثر بازگشتی به شرح زیر بیان کردند:

- اعمال محدودیت شدید بر وسعت اراضی آبی.
- کاهش حقابه سابق.
- تخصیص دوباره آب صرفه جویی شده در راستای رسیدن به اهداف محیط زیستی.

مطالعات قبلی نشان داده است که اثر بازگشتی آب در بخش آبیاری عمدتا از کانال دو مکانیسم رخ می‌دهد: مکانیسم اول هیدرولوژیکی است: افزایش بهره‌وری اغلب سبب افزایش مصرف آب توسط محصولات می‌شود و این افزایش عملکرد محصول را افزایش می‌دهد، زیرا سیستم آبرسانی دقیق‌تر و یکنواخت‌تر با نیاز آب یک محصول منطبق است (برینگر[12] و وارد[13]، ۲۰۰۹؛ داگنینو[14] و وارد، ۲۰۱۲؛ لسنا[15] و همکاران، ۲۰۱۰؛ اسکرلینگ[16] و همکاران، ۲۰۰۶؛ وارد و پالیدو ولازگوز[17]، ۲۰۰۸). دوم مکانیسم اقتصادی: به عنوان پارادکس جونس

[1] Contor
[2] Taylor
[3] Gomez
[4] Perez- blanco
[5] Huffaker
[6] Scheierling
[7] European
[8] Berbel et al
[9] Dumont et al
[10] Pfeifer and lin
[11] Berbel
[12] Brinegar
[13] Ward
[14] Dagning
[15] Lecina
[16] Scheicrling
[17] Pulido-velazqenz

در استفاده از آب است (گوتیرز مارتین[1] و گومز گومز[2]، ۲۰۱۱؛ پفیفر[3] و لین[4]، ۲۰۱۴). مکانیسم اول بر تغییر مصرف آب قبل و بعد از بهبود سیستم آبیاری متمرکز است، و دومی شبیه به اثر بازگشتی انرژی است و تمرکز بر تنظیم رفتار مصرفی کشاورزان در پاسخ به کارایی بهتر است.

به دنبال بهبود کارایی آبیاری، شکل گیری صرفه جویی انتظاری آب را می‌توان انتظار داشت اما آنچه در واقعیت بدنبال بهبود بهره‌وری آبیاری اتفاق می‌افتد عبارت از صرفه جویی آب به مقدار واقعی است که لزوما با صرفه جویی انتظاری آب مطابقت ندارد. بنابراین اثر بازگشتی آب کشاورزی را می‌توان بصورت رابطه زیر اندازه‌گیری کرد:

$$WRE=\frac{EWS-AWS}{EWS}\times 100=\frac{RWU}{EWS}\times 100 \qquad (۱)$$

که در آن EWS نشان دهنده پس انداز آب مورد انتظار (محاسبه شده یا پیش بینی شده) پس از افزایش آبیاری است. و AWS نشان دهنده پس انداز آب واقعی پس از افزایش آبیاری است.

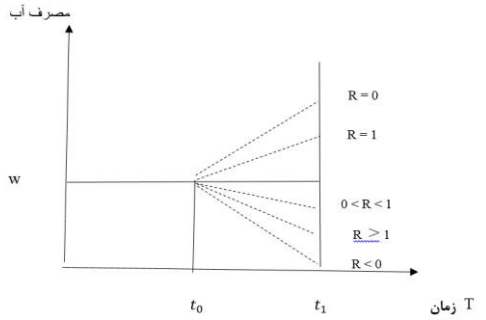
بنابراین RWU = EWS - AWS نشان دهنده بازده۵ (یا مازاد) مصرف آب در پاسخ به افزایش بهره وری یک واحد آب است. روش دیگر اندازه‌گیری اثر بازگشتی آب کشاورزی به صورت غیر مستقیم و با استفاده از کشش آب است:

$$WRE=1+\eta_{wp}(W)=1+\frac{\partial lnW}{\partial lnWP} \qquad (۲)$$

که در این رابطه W مصرف آب، WP بهره‌وری آب و η_{wp} (W) کشش بهره‌وری مصرف آب است. همچنین تحت فرضیه های خاصی می‌توان مقدار اثر بازگشتی آب کشاورزی را از راه کشش قیمتی آب بدست آورد (فریری- گونز و لیز، ۲۰۱۱؛ ساندرز، ۲۰۰۰؛ سورل و دیمیتروپولوس، ۲۰۰۸؛ وانگ و لو، ۲۰۱۴):

$$WRE=1-\eta_{pw}(W)-1=-\frac{\partial \ln W}{\partial \ln p_w} \qquad (۳)$$

نمودار ۳: مقدار اثر بازگشتی ناشی از بهبود کارایی سیستم آبیاری و تغییر سطح مصرف آب



منبع: چکرزارتی و همکاران (۲۰۱۳)

در نمودار (۳)، R معرف اثر بازگشتی می‌باشد که از منظر مقداری تقسیم‌بندی شده است. بر اساس این نمودار نکات زیر قابل توضیح است:

۱. اگر WRE = 0 باشد، آنگاه AWS = EWS است. در این صورت تمامی ذخایر مورد انتظار آب حفظ می‌شود (صرفه‌جویی بالقوه آب برابر صرفه‌جویی بالفعل آب می‌شود).

۲. اگر WRE = 100 باشد، آن گاه AWS = 0 است. در این صورت تمامی ذخایر مورد انتظار آب استفاده شده است، یعنی با کارایی سیستم، مصرف آب تغییر نمی‌کند و به همان میزان قبل از تغییر کارایی است، به عبارت دیگرتاثیر کارایی روی مصرف آب، به کل از بین رفته است و صرفه‌جویی مورد انتظار کاملا خنثی شده است.

۳. اگر 0 < WRE < 100 باشد، آن گاه AWS < EWS است. اندازه‌ی اثرات بازگشتی، مثبت و مقدار پس انداز آب مورد انتظار، کمتر از مقدار پس انداز آب واقعی می باشد. در این حالت گفته می شود اندازه‌ی اثر بازگشتی بین ۰ تا ۱۰۰ درصد است و تنها بخشی از هدف مورد انتظار محقق شده است. به طور مثال، اثر بازگشتی ۱۰درصد به این معناست که ۱۰ درصد از پس انداز آب مورد انتظار، دوباره مصرف شده است و تنها ۹۰ درصد آبی که انتظار می رفت با بهبود تکنولوژی ذخیره شده است. به عبارت دیگر در این حالت، کاهش نهایی در تقاضای آب (به دنبال بهبود تکنولوژی مصرف آب) کمتر از میزان کاهش انتظاری اولیه بوده و حالت رایج در نتایج مطالعات است و احتمال این که این مورد در دنیای واقعی رخ دهد، زیاد است.

۴. اگر WRE > 100 باشد، آن گاه AWS < 0 است. این امر دلالت بر این دارد که پس انداز واقعی آب منفی می‌باشد. در این صورت تمامی پس انداز آب مورد انتظار از دست می رود و اثر بازگشتی بالاتر از ۱۰۰ درصد است. بهبود کارایی سیستم آبیاری نه تنها موجب کاهش مصرف آب نمی‌شود بلکه باعث افزایش استفاده از آن نیز شده است. در این حالت اقدامات بهره وری آب می تواند نتیجه عکس دهد و باعث دور شدن از هدف مورد نظر گردد. این حالت را با عنوان اثر معکوس یا پارادوکس جونس می‌گویند (هرناندز و پیفار۶، ۲۰۰۹).

۵. اگر WRE < 0 باشد، یعنی اثر بازگشتی منفی است یک حالت خاصی از بهبود کارایی است که، رضایتمند است و تاثیر مثبت داشته است. به طوری که کاهش نهایی در استفاده از منابع آب بیش از میزان مورد انتظار اولیه است.

۳- پیشینه تحقیق

در سال‌های اخیر مطالعه در حوزه مباحث نظری و تجربی آثار بازگشتی، توجه زیادی را به خود جلب کرده است و در حال حاضر نیز موضوع تحقیق بسیاری از اقتصاددانان انرژی قرار گرفته است. آثار بازگشتی در هر دو سطح خرد و کلان بررسی می‌شود. قسمت عمده‌ای از این مطالعات در سطح خرد، به ویژه در بخش مسکن و مصرف سوخت در بخش حمل‌ونقل بوده است و بیشتر مطالعات در حوزه انرژی هستند. اثرات بازگشتی ناشی از بهبود کارایی انرژی برای نخستین بار در سال ۱۹۸۰ توسط دانیل خازوم شناخته شده است. وی بیان کرده است که بهبود تکنولوژی و افزایش کارایی انرژی، منجر به کاهش هزینه و در نتیجه افزایش مصرف کالا و خدمتی می‌شود که از آن انرژی استفاده می‌کند. نظریه‌ی خازوم بیان می‌کند اثر بازگشتی با کشش قیمتی تقاضای انرژی برابر است. در سال ۱۹۸۰ خازوم مقاله‌ای در مورد نتایج برنامه‌های ذخیره، انرژی در مناطق مسکونی آمریکا نوشت که در آن اثر بازگشتی در حدود ۷۰ – ۶۰ درصد برآورد شد. سپس این نظریه به طور وسیع توسط دیگر محققان انرژی مورد توجه قرار گرفت. برخی از محققین بر این باورند که بزرگی اثرات بازگشتی به قدری ناچیز است که می‌توان با اطمینان از آن صرف‌نظر کرد برخی دیگر عقیده داشتند که

[1] Gutierrez- Martin
[2] Gomez Gomez
[3] Pfeiffer
[4] Lin
[5] Represents Water Use
[6] Hernandez and Pifarre

بهبود تکنولوژی نه تنها نمی‌تواند منجر به کاهش مصرف انرژی شود، بلکه آن را افزایش می‌دهد (بروکس، ۱۹۹۰). ویتون۱ (۱۹۸۲)، از داده‌های کشورهای عضو OECD۲ برای سال ۱۹۷۲ (پیش از بحران نفتی) استفاده و سه معادله را با استفاده از روش OLS برآورد کرده است. فرم تبعی به کار گرفته شده در معادلات، لگاریتمی مضاعف می‌باشد. در برآورد وی کشش مسافت طی شده نسبت به کارایی سوخت، برابر با ۰،۰۶- است، یعنی میزان اثرات بازگشتی ۶ درصد می‌باشد. بنتزن۳ (۲۰۰۴)، در مقاله ای تحت عنوان " تخمین اثرات بازگشتی در مصرف انرژی بخش تولیدی آمریکا" به بررسی اثرات بازگشتی برای بخش تولیدی آمریکا طی دوره‌ی زمانی ۱۹۹۹-۱۹۴۹ و تابع هزینه ترانسلوگ را با استفاده از روش حداقل مربعات پویا (DOLS) برآورد کرد. نتایج برآورد مدل نشان می‌دهد، وقتی اثرات نامتقارن قیمت وجود دارد، اثرات بازگشتی تقریبا ۲۴ درصد می‌شود.سافارزینسکا۴ (۲۰۱۲)، مطالعه‌ای تحت عنوان مدلسازی اثر بازگشتی در دو بخش صنعتی کشور اتریش انجام داده است. این مطالعه در دهه ۱۹۹۰ در دو صنعت برق و بخش تولید در کشور اتریش انجام شده است. روش مطالعه این تحقیق روش تعادل عمومی مصرف و تولید می‌باشد، میزان اثر بازگشتی در صنایع مختلف اتریش بین ۱۰ تا ۳۰ درصد برآورد شده است. لین و لی۵ (۲۰۱۴)، مطالعه‌ای با عنوان برآورد اثرات بازگشتی انرژی در صنایع سنگین کشور چین انجام داده‌اند. در این مطالعه تحت چارچوب توابع هزینه ترانسلوگ، برای نخستین بار اثرات بازگشتی مستقیم صنایع سنگین کشور مربوطه، با اعمال ارتباط بین اثرات بازگشتی مستقیم و چگونگی جانشینی خدمات انرژی با دیگر نهاده‌ها، برآورد شده است. به علاوه عکس‌المعل‌های نامتقارن قیمت در مدل برای تخمین اثرات بازگشتی انتخاب شده است. این مطالعه نشان می‌دهد که اندازه اثرات بازگشتی برای صنایع سنگین کشور چین ۷۴,۳ درصد بوده است. سونگ۶ و همکاران (۲۰۱۸)، در مطالعه‌ای تحت عنوان" اثر بازگشتی آب کشاورزی در چین " با ارائه تعریفی از اثر بازگشتی آب در قالب شاخص‌های در مقیاس کلان آب مصرفی و بهره‌وری آب و بکارگیری یک روش مقایسه مستقیم، مقدار اثر بازگشتی آب را در مقیاس کلان با استفاده از داده‌های پانل دیتا استانی برای کشور چین از سال ۲۰۱۴ – ۱۹۹۷ محاسبه کردند. نتایج مطالعه نشان می‌دهد که اثرات بازگشتی آب کشاورزی در چین ۶۱,۴۹ درصد می‌باشد و مقدار این اثر بازگشتی در مناطق شمالی و غربی بیش از مناطق جنوبی و شرقی و در پاره‌ای از مناطق بیش از ۱۰۰ درصد بوده است. این نشان می‌دهد که که صرفه جویی در آب باعث افزایش استفاده از آب در چین شده است. منظور و همکاران (۱۳۸۹)، در مطالعه‌ای به "بررسی اثرات بازگشتی مربوط به انرژی الکتریسیته" با استفاده از الگوی تعادل عمومی محاسبه پذیر پرداختند. براساس نتایج این مطالعه بهبود کارآیی در مصارف برق به طور متوسط ۱۴,۲ درصد اثرات بازگشتی به همراه دارد. میزان این اثر در بخش‌های مختلف نیز تفاوت زیادی با یکدیگر دارد. در این میان بخش نفت و گاز با بالاترین میزان اثرات بازگشتی مواجه شده است. شرزه‌ای و ابراهیم زادگان (۱۳۹۰)، به" برآورد اثر بازگشتی افزایش کارآیی انرژی در ارتباط با مصرف خانوارها و انتشار دی اکسید کربن در ایران" و با استفاده از شبیه سازی افزایش کارآیی انرژی و تابع تقاضای تقریبا ایده آل در بخش حمل و نقل طی دوره ۱۳۸۷ – ۱۳۵۰ را در سه سناریوی متفاوت محاسبه کرده‌اند. اثر بازگشتی نیز تقریبا ۹۸ درصد برآورد شده است که بیانگر کاهش بسیار جزئی مصرف انرژی و انتشار دی اکسید کربن به دنبال افزایش کارآیی انرژی است. شجاع‌الدینی (۱۳۹۰)، در بررسی خود به مطالعه برآورد اثر بازگشتی بهبود کارایی موتور وسایل نقلیه در ایران پرداخته و میزان اثرات بازگشتی خازوم را محاسبه کرده است. براساس این تخمین که بر پایه داده‌های سال ۱۳۸۸ – ۱۳۵۷انجام گرفته، میزان اثر بازگشتی در کوتاه‌مدت و بلندمدت به ترتیب ۳ و ۳۳ درصد برآورد شده است. اسماعیل نیا و اختیاری نیکجه (۱۳۹۱)، نیز به" بررسی میزان اثرات بازگشتی بهبود راندمان خودروها بر مصرف سوخت" از طریق برآورد کشش قیمتی پرداخته‌اند که برای این منظور از تابعی به فرم لگاریتمی تبعی مضاعف برای سال های ۱۳۸۸ – ۱۳۵۵ استفاده کرده‌اند. نتایج برآورد نشان می‌دهد که اثرات بازگشتی بلندمدت بهبود راندمان خودروها در ایران حدود ۹ درصد ارزیابی شده است.

٤- روش تحقیق

گرچه بهره‌وری آب بخش کشاورزی در ایران در سال‌های اخیر به طور پیوسته در حال افزایش است. با پیشرفت تکنولوژی سیستم آبیاری مصرف آب کل کشاورزی به دلیل افزایش پیوسته تولیدات کشاورزی می‌تواند افزایش یابد. بنابراین استفاده از آب‌های کشاورزی در ایران ممکن است یک اثر بازگشتی را تجربه کند. در این مطالعه تلاش می‌شود تاثیر بازگشت آب با استفاده از روش مقایسه مستقیم و نیز نرخ سهمیه پیشرفت تکنولوژیکی در بخش کشاورزی ایران مطالعه و محاسبه شود. همانطور که گفته شد دو روش متفاوت برای اندازه‌گیری اثر بازگشتی وجود دارد. انجام یک مقایسه مستقیم و استفاده از کشش قیمت به عنوان جانشینی برای متغیر آب؛ روش دوم روش اولیه‌ای است که برای محاسبه اثر بازگشتی انرژی استفاده می‌شود. روش کشش قیمت مبتی بر کارایی بازار منابع آب کشاورزی است. کشش قیمت تنها زمانی می‌تواند به عنوان یک جانشین کارا در نظر گرفته شود که قیمت آب کشاورزی بتواند به صورت کامل تقاضا برای منابع آب کشاورزی را منعکس کند. با این حال، قیمت آب کشاورزی با توجه به ماهیت کالاهای کشاورزی و اهمیت آن برای جامعه در اکثر کشورها توسط دولت تعیین می‌شود و تقریبا بدون نوسان و ثابت نگه داشته می‌شود. بنابراین روش کشش قیمت روش مناسبی برای براورد اثر بازگشتی آب کشاورزی نیست. با توجه به این مطالب در این پژوهش از روش مقایسه مستقیم برای تخمین اثر بازگشت آب کشاورزی در سطح کلان اقتصاد استفاده شده است. در معادله ۱، برآورد اثر بازگشتی، نیازمند برآورد ذخیره آب مورد انتظار (EWS) حاصل از افزایش کارایی و برآورد آب بازگشتی استفاده شده (RWU) حاصل از کاهش هزینه آب می‌باشد. رابطه بین مصرف آب و بهره‌وری جزئی آب را می‌توان به صورت زیر در نظر گرفت:

$$W=\frac{Y}{WP} \qquad (۴)$$

که در آن، W کل مصرف آب کشاورزی، Y کل تولید کشاورزی و WP بهره‌وری آب کشاورزی در سطح کلان اقتصادی را نشان می‌دهد. اگر فرض شود که مصرف آب کشاورزی، تولیدات کشاورزی و بهره‌وری

[1] Wheaton
[2] Organization for Economic Co-operation and Development
[3] Bentzen
[4] Safarzynska
[5] Lin and Li
[6] song

آب در سال t به ترتیب W_t و Y_t و WP_t هستند. بر طبق معادله تغییر در مصرف آب کشاورزی از سال t-1 تا سال t و با (Δw_t) نشان می‌هند که می‌تواند به صورت زیر تجزیه کرد(سونگ، ۲۰۱۸) :

$$\Delta w_t = W_t - W_{t-1} = \frac{Y_t}{WP_t} - \frac{Y_{t-1}}{WP_{t-1}} = \frac{Y_t \Delta WP_t}{WP_t WP_{t-1}} + \frac{\Delta Y_t}{WP_{t-1}} \quad (۵)$$

طبق این معادله تغییر در مصرف آب کشاورزی(Δw_t) می‌تواند به دو بخش تجزیه شود: تغییر در مصرف آب کشاورزی به دلیل تغییر در بهره‌وری آب ($\frac{Y_t \Delta WP_t}{WP_t WP_{t-1}}$) و تغییر به علت رشد تولیدات کشاورزی ($\frac{\Delta Y_t}{WP_{t-1}}$). تغییرات در استفاده از آب کشاورزی علاوه بر رشد در تولیدات کشاورزی می‌تواندبه خاطر پیشرفت تکنولوژیکی باشد. ρ به عنوان نرخ تغییر به دلیل پیشرفت‌های تکنولوژیکی فرض شده است. بنابراین استفاده از آب بازگشتی (RWU) که نشان دهنده بازده (یا مازاد) آب در نتیجه افزایش بهره‌وری آب است برابر با $\frac{\rho \Delta Y_t}{WP_{t-1}}$ است و EWS که نشان دهنده پس‌انداز آب مورد انتظار (محاسبه شده یا پیش‌بینی شده) پس از افزایش کارایی آبیاری است برابر با معادل $\frac{Y_t \Delta WP_t}{WP_t WP_{t-1}}$ گرفته شده است. می‌توان نتیجه گرفت فرمول اثرات بازگشتی آب در سال t عبارت است از:

$$WRE = \sum \frac{\rho \Delta Y_t}{WP_{t-1}} / \sum \frac{Y_t \Delta WP_t}{WP_t WP_{t-1}} \times 100 \quad (۶)$$

بر اساس معادله بالا اثر بازگشتی آب افزایش در نسبت آب مصرفی ناشی از رشد تولیدات کشاورزی به کاهش ذخیره آب مورد انتظار از طریق بهبود بهره‌وری آب است. در اینجا هر دو بهبود بهره‌وری آب و رشد تولیدات کشاورزی به وسیله روش‌های بهبود کارایی آبیاری ایجاد می‌شود. براساس معادله ۶ یکی دیگر از عوامل مهم در برآورد اثر بازگشتی این است که دقیقا میزان سهم پیشرفت تکنولوژی (ρ) تخمین زده شود. بدین منظور مطابق از تابع تولید کاب داکلاس هیکس-نئوترال[1] استفاده می‌شود که بصورت زیر است (سونگ، ۲۰۱۸):

$$Y_{it} = A_{it} W_{it}^{\alpha} X_{1it}^{\beta} X_{2it}^{\gamma} \dots X_{nit}^{\omega} \quad X_{nit}^{\omega} = A_i e^{rt} W_{it}^{\alpha} X_{1it}^{\beta} X_{2it}^{\gamma} \dots X_{nit}^{\omega} \quad (۷)$$

در این تابع $A_{it} = A_i e^{rt}$ پارامتر تکنولوژی هیکس-نئوترال، r نشان دهنده نرخ پیشرفت تکنولوژی، Y_{it} نشان دهنده تولیدات کشاورزی در قالب ارزش افزوده و W_{it} نشان دهنده مصرف آب و X_{1it} ، X_{2it}... X_{nit} دیگر متغیرهای تاثیرگذار بر تولید هستند که عبارتند از : نیروی کار، زمین و سایر عوامل است. و α، β، γ، ω به ترتیب نشان دهنده کشش W_{it}، X_{1it} ، X_{2it}... X_{nit} است. با گرفتن لگاریتم از معادله بالا می‌توان به رابطه (۸) رسید:

$$\ln Y_{it} = \ln A_i + rt + \alpha \ln W_{it} + \beta \ln X_{1it} + \gamma \ln X_{2it} + \dots + \omega \ln X_{nit}. \quad (۸)$$

به این ترتیب با استفاده از تخمین این معادله بر اساس داده‌های استانی در طول دوره مورد مطالعه می‌توان ضریب r استخراج کرد. حال نرخ مشارکت پیشرفت تکنولوژی (ρ) را می‌توان به صورت زیر محاسبه نمود:

$$\rho = \frac{r}{g_y} \quad (۹)$$

r: نشان دهنده نرخ رشد تکنولوژی می‌باشد و (g_Y) نشان دهنده نرخ رشد تولیدات کشاورزی می‌باشد.در نهایت با استفاده از معادله(۶) می‌توان اثرات بازگشت آب کشاورزی را در سطح کلان اقتصادی و در بخش کشاورزی محاسبه کرد.

٤- براورد مدل

برای برآورد اثر بازگشتی آب کشاورزی در ایران از داده‌های استانی استفاده شده است. داده‌های به کار رفته شامل ۵ ورودی کشاورزی؛ آب، نیروی کار، زمین، قدرت ماشین آلات کشاورزی و کودشیمیایی و خروجی کشاورزی شامل تولیدات کشاورزی از ۳۱ استان ایران از سال ۱۳۸۹ – ۱۳۹۵ است.

جدول ۲ : متغیرهای تحقیق

متغیر	نماد
آب کشاورزی	W
نیروری کار شاغل در بخش کشاورزی	LB
قدرت ماشین الات کشاورزی	M
کودشیمیایی	F
زمین کشاورزی	LD
تولیدات کشاورزی	Y

منبع: یافته های پژوهش

برای محاسبه اثر بازگشتی آب کشاورزی ناشی از بهبود سیستم کارایی آبیاری در بخش کشاورزی ایران لازم است تابع تولید " کاب – داکلاس" را برای بخش کشاورزی تخمین زده شود. ابتدا تابع تولید بخش کشاورزی برای ایران طی سالهای ۹۵ – ۸۹ به صورت پانل دیتا محاسبه می‌شود. چون این تابع تولید به صورت خطی است از لگاریتم این تابع تولید استفاده می‌کنیم در ادامه برای محاسبه اثرات بازگشتی نیاز به محاسبه سهم پیشرفت تکنولوژی است که این مقدار از تقسیم نرخ پیشرفت تکنولوژی (r) (حاصل از تخمین تابع بالا) بر نرخ رشد تولیدات کشاورزی به دست می‌آید. در نهایت با استفاده از فرمول نهایی (شماره ۶) که بدان اشاره شد، میزان اثرات بازگشتی آب کشاورزی برای استانها و کل کشور محاسبه می‌شود.جدول (۳) به وسیله حداقل مربعات تعمیم یافته تخمین زده شده است، همانطور که گفته شد برآورد ضریب تکنولوژی نشان می‌دهد که این ضریب ۰،۰۳۴۲۱۷ و در سطح اطمینان ۹۵ درصد معنادار است.

جدول ۳ : نتایج حاصل از برآورد مدل

متغیر ها	ضرایب	آمار t	PROB
ضریب تکنولوژی	۰،۰۳۴	۶،۴۸	۰،۰۰
لگاریتم آب مصرفی کشاورزی	۰،۳۸۷	۱۰،۶۵	۰،۰۰
لگاریتم نیروی کار کاورزی	۰،۰۹۱	۳،۹۷	۰،۰۰
لگاریتم زمین زیر کشت	۰،۵۷۹	۵،۶۶	۰،۰۰
لگاریتم کود شیمیایی	-۰،۰۶۲	-۲،۵۷	۰،۰۱
لگاریتم قدرت ماشین آلات کشاورزی	۰،۰۹۲	۱،۱۰	۰،۲۷

منبع: محاسبات تحقیق

[1] Hicks-neutral

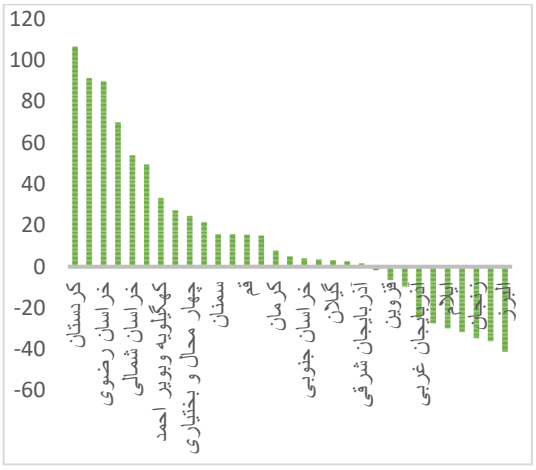
جدول ٤ : اثر بازگشتی آب کشاورزی برای استانهای ایران

استان	مقدار اثر بازگشتی	استان	مقدار اثر بازگشتی
کردستان	۱۰۶,۲۵	خراسان جنوبی	۴,۰۲
بوشهر	۹۱,۱۹	تهران	۳,۵۰
خراسان رضوی	۸۹,۶۱	گیلان	۳,۲۵
اردبیل	۶۹,۷۳	گلستان	۲,۶۳
خراسان شمالی	۵۳,۷۷	مرکزی	۴۹,۴۹
آذربایجان شرقی	۱,۴۵	یزد	-۱,۵۸
کهگیلویه و بویر احمد	۳۳,۱۰	قزوین	-۶,۲۳
هرمزگان	۲۷,۲۵	مازندران	-۹,۵۶
چهار محال و بختیاری	۲۴,۶۸	آذربایجان غربی	-۲۴,۴۷
کرمانشاه	۲۱,۴۶	اصفهان	-۲۷,۲۳
سمنان	۱۵,۷۵	ایلام	-۲۹,۶۱
همدان	۱۵,۷۰	خوزستان	-۳۱,۳۹
قم	۱۵,۵۱	زنجان	-۳۴,۵۱
لرستان	۱۴,۹۷	فارس	-۳۵,۸۳
کرمان	۷,۹۰	البرز	-۴۰,۹۹
سیستان و بلوچستان	۵,۰۸		

منبع: محاسبات محقق

همانطور که گفته شد، اندازه اثرات بازگشتی می‌تواند ۵ حالت داشته باشد، ملاحظه می‌شود اثر بازگشتی آب کشاورزی در استان کردستان ۱۰۶,۲۵ درصد بوده است که در طی دوره مورد مطالعه بالاترین میزان اثر بازگشتی را به خود اختصاص داده است. و رتبه دوم متعلق به استان بوشهر با میزان ۹۱,۱۹ درصد می‌باشد، کمترین میزان اثر بازگشتی هم برای استانهای آذربایجان شرقی، گلستان و تهران به ترتیب (۱,۴۵)، (۲,۶۳) و (۳,۵۰) می‌باشد. اثر بازگشتی بزرگتر از ۱۰۰ درصد فقط در استان کردستان به میزان ۱۰۶,۲۵ درصد می‌باشد، این نتایج نشان می‌دهد که اقدامات بهبود بهره‌وری آب در استان کردستان می‌تواند باعث افزایش مصرف آب کشاورزی در این استان شود، که این همان پدیده "پارادوکس جونز" است. اگرچه چندین محقق اعلام کرده‌اند که مصرف کلی آب ممکن است بعد از بهبود بهره‌وری افزایش یابد اما پیفیفر و لین۱ (۲۰۱۴) به طور واضح اظهار می‌کنند که اگر مصرف آب بیش از مقدار قبلی باشد، استفاده از مقایسه قبل و بعد از بهبود بهره‌وری سیستم آبیاری نمی‌تواند به صورت کامل معقول باشد، زیرا پیشرفت کارایی تنها بخشی از رشد تولیدات کشاورزی را تحت تاثیر قرار می‌دهد که این رشد باعث افزایش مصرف آب شده است، رشد مصرف آب به دلایل دیگر نباید به عنوان اثر بازگشتی آب ناشی از پیشرفت فناوری در نظر گرفته شود.

نمودار ٤ : اثر بازگشتی آب کشاورزی در استانهای ایران



منبع: محاسبات محقق

در برخی موارد مقدار اثر بازگشتی منفی است به سخن دیگر اقدامات صورت گرفته برای بهبود بهره‌وری سیستم آبیاری جدید باعث شده است تا پس انداز آب پیش بینی شده از میزان واقعی پس انداز آب بیشتر شود لازم به ذکر است، از نظر تئوریک، این پدیده فقط در صورت کاهش تولید محصولات کشاورزی رخ می‌دهد. بنابراین در استانهای که اثر بازگشتی منفی است با توجه به داده‌های مورد استفاده میزان تولیدات کشاورزی در سال مورد نظر کمتر از سال قبل بوده است و یا بهره‌وری آب در سال t کمتر از سال t-1 شده، این حالت می‌تواند بخاطر تغییر شرایط آب و هوای کشور از قبیل خشکسالی یا سرمای شدید و کاهش تولیدات محصولات کشاورزی نسبت به سال قبل باشد، یا بخاطر تغییرات ساختاری کشور از کشاورزی به حالت صنعتی باشد.

جدول ٥ : اثر بازگشتی آب کشاورزی محاسبه شده

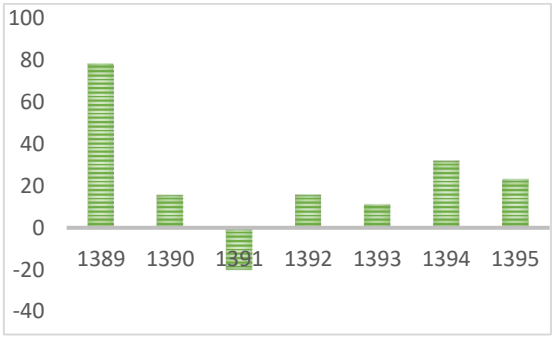
سال مورد مطالعه	مقدار اثر بازگشتی
۱۳۸۹	۷۸,۰۸
۱۳۹۰	۱۵,۵۹
۱۳۹۱	-۲۰,۱۸
۱۳۹۲	۱۵,۶۸
۱۳۹۳	۱۱
۱۳۹۴	۳۱,۹۲
۱۳۹۵	۲۳,۰۶

منبع: محاسبات تحقیق

نتایج نشان می‌دهند که یک اثر بازگشتی جزئی در ایران در سال‌های مورد مطالعه مشهود است. پس انداز آب به طور کامل انتظارات را برآورده نکرده و بخشی از صرفه جویی در مصرف آب مورد انتظار دوباره مصرف شده است. ملاحظه می‌شود که بیشترین اثر بازگشتی در سال ۸۹ می‌باشد و همچنین در سال ۱۳۹۱مقدار اثر بازگشتی عدد منفی را تجربه کرده است، اثر بازگشتی منفی بیانگر وجود صرفه جویی در این دوره بوده، اما همانطور که گفته شد این نتیجه می‌تواند تحت تاثیرکاهش تولیدات کشاورزی به دلیل تغییرات در استفاده از آب

[1] Pfeiffer and Lin

کشاورزی باشد پس صرفا منفی بودن اثر بازگشتی دلیلی بر متاثر بودن سیستم بهبود بهره‌وری آب نمی‌باشد، علاوه بر این کمترین میزان اثر بازگشتی در سال ۱۳۹۳ می‌باشد که میزان آن برابر ۱۱ درصد است که این نشان می‌دهد ۸۹ درصد از آب ذخیره شده و فقط ۱۱ درصد آن دوباره مصرف شده است. پس در واقع، اثر بازگشتی سالانه حساس به تغییرات در استفاده از آب کشاورزی است و تا حدودی به عوامل طبیعی، مانند بارندگی بستگی دارد. در کل یافته‌ها بر این نکته دلالت دارند که صرفه جویی‌های آب کشاورزی ناشی از بهبود کارایی سیستم آبیاری، به میزان ۱۵,۲۹ درصد، توسط افزایش تقاضا برای آبیاری کاهش یافته است. در واقع این امر تا حد زیادی بر موفق بودن سیاست افزایش کارایی آب در جهت کاهش مصرف آب را نشان می‌دهد.



منبع: محاسبات تحقیق

نتایج یافته‌ها نشان دادند که در طول دوره مورد مطالعه به طور متوسط مقدار اثر بازگشتی برای کشور ایران برابر ۱۵ درصد بوده است که نشان می‌دهد حدود ۱۵ درصد از آب صرفه‌جویی شده در اثر افزایش بازدهی آب کشاورزی دوباره در این بخش استفاده شده است. به سخن دیگر حدود ۸۵ درصد از آب صرفه‌جویی شده است که به نوعی نشان می‌دهد سیاست افزایش راندمان آبیاری کشاورزی می‌تواند در بلندمدت آثار مثبتی بر ذخایر آبهای ایران داشته است.

۵- بحث و نتیجه گیری

این مطالعه با ارائه تعریفی از اثر بازگشتی آب کشاورزی در ایران و محاسبه مقدار آن با روش مقایسه مستقیم تحلیل شده است. مطالعه انجام شده بر اثر بازگشتی ناشی از تعدیل رفتار زارع یا به عبارت دیگر استراتژیهای تطبیقی زارع در پاسخ به بهبود بهره‌وری کارایی آبیاری متمرکز است. هر چند فناوریهای کاراتر آبیاری معمولا بهره‌وری آب را افزایش می‌دهد اما همزمان بر هدف زارع یعنی حداکثر کردن سود انتظاری او نیز موثر است و می‌تواند به تغییر در عملکرد در هکتار، الگوی کشت و افزایش سطح زیر آبیاری یعنی مصرف بیشتر آب منتج شود. بعد از مشخص کردن مقدار صرفه جویی انتظاری و تحقق یافته آب تفاوت آنها به عنوان آب بازگشتی به چرخه تولید در نظر گرفته شده است که از تقسیم این عدد بر مقدار صرفه‌جویی انتظاری، مقدار اثر بازگشتی آب کشاورزی به صورت درصد بدست آمده است. نتایج فراهم آمده از پژوهش، حکایت از وجود اثر بازگشتی آب کشاورزی در ایران را دارد، مقدار اثر بازگشتی آب کشاورزی در ایران حدودا برابر ۱۵ درصد بوده است که نشان می‌دهد حدود ۱۵ درصد از آب صرفه‌جویی شده در اثر افزایش بازدهی آب کشاورزی دوباره در این بخش استفاده شده است. بنابراین، می‌توان گفت که در تمام شرایط در نظر گرفته شده اقدامات حفاظت از منابع آب با موفقیت کامل همراه نبوده است و مقدار عدم موفقیت نیز در سالهای مختلف متفاوت است ولی در حالت کلی حدود ۱۵ درصد بوده است. به بیان دیگر معادل عدم توفیق، از آب صرفه جویی شده انتظاری کاسته شده و به چرخه تولیدات کشاورزی به صورت افزایش سطح زیر کشت، تغییر الگوی کشت، تغییر استراتژی آبیاری افزوده می‌شود. همانگونه که پیشتر نیز اشاره شد، مقدار اثر بازگشتی آب کشاورزی بیش از ۱۰۰ درصد در مطالعات پفیفر و لین (۲۰۱۴) و سونگ و همکاران (۲۰۱۸) نیز گزارش شده است، بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که هدف صرفه جویی در مصرف آب از طریق بهبود روشهای آبیاری، آنگونه که انتظار می‌رود موثر نیست، به تعبیر دیگر نمی‌توان بکارگیری فناوریهای آب اندوز را به عنوان تنها مسیر رسیدن به اهداف صرفه جویی آب یا حل مسئله کمیابی آن در نظر گرفت بلکه لازم است در این زمینه به مسئله اثر بازگشتی آب توجه ویژه داشت و برای رویارویی اثر بازگشتی آب کشاورزی سیاست و اقدامهایی را همراه با سیاست‌های افزایش بهره‌وری آب از طریق ترویج فناوری‌های آب اندوز بکار گرفت. بر اساس نتایج محاسباتی بدست آمده در این مطالعه و مقدار اثر بازگشتی برای ایران، پیشنهادهای زیر ارائه می‌شود: در این مطالعه اثر بازگشتی آب کشاورزی در مقیاس کلان تعریف شده است که با استفاده از روش مقایسه مستقیم مقدار آن در ایران حدود ۱۵ درصد اندازه‌گیری گردید. وجود این اثر نشان می‌دهد دولت در کنار اقدامات مرتبط با افزایش بهره‌وری آب بخش کشاورزی باید به تدوین و اجرای برخی سیاست‌های کاهش اثر بازگشتی آب کشاورزی نیز اقدام نماید. برای مثال اصلاحات آرام قیمت‌گذاری آب را مد نظر قرار دهد. قیمت پایین آب کشاورزی در ایران تلاش برای صرفه جویی در مصرف آب را دشوار می‌سازد. از طرف دیگر با توجه به محدودیت منابع آب، دولت می‌تواند سیاست کنترل و سهمیه برای آب کشاورزی را اعمال نماید.

منابع:

- اسماعیل‌نیا، علی اصغر و اختیاری نیکجه، سارا (۱۳۹۰)، " بررسی میزان اثرات بازگشتی بهبود راندمان خودروها بر مصرف سوخت"، فصلنامه مطالعات انرژی، سال نهم، شماره ۳۴، صحفات ۲۱۳-۱۸۵.
- بابازاده، حسین و سرانی تبریزی، مهدی (۱۳۹۱)، " ارزیابی وضعیت کشاورزی استان هرمزگان از دیدگاه آب مجازی" مجله پژوهش آب در کشاورزی بهار ۱۳۹۱، جلد ۲۶، شماره ۴، صحفات ۲۴۸- ۲۳۵.
- حسین‌زاده جواد، جوادی اکرم، حیاتی باب الله، پیش بهار اسماعیل و دشتی قادر، ۱۳۹۰، کاربرد مدل کنترل بهینه در برداشت آب از منابع زیر زمینی (مطالعه موردی دشت عجب شیر)، نشریه اقتصاد و توسعه کشاورزی (علوم و صنایع کشاورزی)، جلد ۲۵، شماره۲، صحفات ۲۱۲- ۲۱۸.
- سلیمانی فر، انیس (۱۳۹۶)، "اثر بازگشتی ناشی از بهبود کارایی بنزین"، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده اقتصاد، دانشگاه علامه طباطبایی.

- شجاع ادینی، انیسه (۱۳۹۰)، "برآورد اثر بازگشتی بهبود کارایی موتور وسایل نقلیه در ایران"، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده اقتصاد دانشگاه تهران
- شرزه‌ای، غلام علی و ابراهیم زادگان، هه ژار (۱۳۹۰)، " برآورد اثر بازگشت افزایش کارآیی انرژی و ارتباط با مصرف خانوارها و انتشار دی اکسید کربن در ایران "، فصلنامه مطالعات اقتصاد انرژی، سال هشتم، شماره ۳۰، صحفات ۶۱-۳۳.
- منظور، داود، آقابابائی، محمد ابراهیم و حقیقی، ایمان (۱۳۹۸)، " تحلیل اثرات بازگشتی ناشی از ارتقاء کارایی در مصارف برق در ایران: الگوی تعادل عمومی محاسبه پذیر"، فصلنامه مطالعات اقتصاد انرژی، سال هشتم، شماره ۲۸.
- دل انگیزان، سهراب، خانزادی، آزاد، حیدریان، مریم (۱۳۹۵)، " برآورد و تحلیل اثرات بازگشتی مستقیم ناشی از بهبود کارایی مصرف سوخت در بخش حمل و نقل جاده‌ای ایران" فصلنامه علمی- پژوهشی مطالعات اقتصادی کاربردی ایران، سال ششم، شماره‌ی ۲۱، صحفات ۱۴۹-۱۷۲.
- ولی سامانی، محمد (۱۳۸۴)، مدیریت منابع آب و توسعه پایدار، معاونت پژوهشی مجلس شورای اسلامی، دفتر مطالعات زیر بنایی، صحفه ۳۲.
- Berbel, J., & Mateos, L., (2014). Does Investment in Irrigation Technology Necessarily Generate Rebound Effects? A Simulation Analysis Based on an Agroeconomic Model. Agricultural Systems.128, 25–34.
- Bentzen, J. (2004), "Estimating the Rebound Effect in US Manufacturing". Energy Economics 26, 123-134.
- –Brookes, L., "The Greenhouse Effect: the Fallacies in the Energy Efficiency Solution" Energy Policy 18(2): 199-201, (1990).
- –Brinegar, H.R., Ward, F.A.,(2009). Basin Impacts of Irrigation Water Conservation Policy. Ecological. Economics. 69, 414–426
- Chakravarty. D, Dasgupta. Sh, Roy. J, (2013), Rebound Effect: How Much to Worry? Current Opinion in Environmental Sustainability, Vol. 5, PP. 216–228.
- Contor, B.A., Taylor, R.G.,(2013). Why Improving Irrigation Efficiency Increases Total Volume of Consumptive use. Irrigation and Drainage. 62, 273–280.
- Dagnino, M., Ward, F.A.,(2012). Economics of Agricultural Water Conservation: Empirical Analysis and Policy Implications. International Journal of Water Resources Development 28, 577–600.
- Dumont, A., Mayor, B., & López-Gunn, E., (2013). Is the Rebound Effect or Jevons Paradox a Useful Concept for Better Management of Water Resources? Insights from the Irrigation Modernisation Process in Spain. Aquat Procedia 1,64–76.
- European, C., (2012). A Blueprint to Safeguard Europe's Water Resources. Envirinmental Policy Document Catalogue. 11.
- Freire- Gonzalez, Jaume, (2011). "Methods to Empirically Estimate Direct and Indirect Rebound Effect of Energy- Saving Technological Changes in Households". Ecological Modelling 223, 32-40.
- Gomez, C.M., Perez-Blanco, C.D.,(2014). Simple Myths and Basic Maths about Greenin Irrigation. Water Resources Management 28, 4035–4044.
- Gutierrez-Martin, C., Gomez Gomez, C.M., (2011). Assessing Irrigation Efficiency Improvement by Using a Preference Revelation Model. Spanish Journal Agricultural Resources 9,1009-1020. 9,1009-1020.9,1009-1020.
- Hernandez, A. D. and Pifarre, F. (2009). "Short Run Scenarios and Policies Whereby Economy-Wide Rebound Effects Might be Mitigated", Working Paper. Preliminary Version.
- Hoekstra, A.Y., (2013). The Water Footprint of Modern Consumer Society. Routledge, New York. Routledge Taylor and Francis Group.
- Huffaker, R.,(2008). Conservation Potential of Agricultural Water Conservation Subsidies. Encylopedia of Water 272.
- Jianfeng Song.,Yanan,G., Shikun Sun., (2018).The agricultural water rebound effect in china, Ecological economics. 146, 497-506.
- Khazzoom, J.D., "Economic Implications of Mandated Efficiency in Standards for Household Appliances." The Energy Journal 1(4): 21-40, (1980).
- Lecina, S., Isidoro, D., Playan, E., Aragues, R.,(2010). Irrigation Modernization and Water Conservation in Spain: the Case of Riegos del Alto Aragon. Agricultural Water Management 97,1663–1675.
- Lin B.,Liu X.(2012)." Dilemma Between Economic Development and Energy Conservation:Energy Rebound Effect in China".Energy,45,867-873.
- Lin , B. and Li , J. (2014) . " The Rebound Effect for Heavy Industry : Empirical Evidence from China ". Energy Policy 74 , P. 589–599

- Pfeiffer, L., Lin, C.Y.C., (2014). Does Efficient Irrigation Technology Lead to Reduced Groundwater Extraction? Empirical Evidence. Journal of Environmental Economics and Management. 67, 189–208
- Safarzynska , K. (2012) . " Modeling the Rebound Effect in Two Manufacturing Industries " . the Technological Forcasting and Social Change , Vol. 79 , P. 1135-1154 .
- Saunders, H.D., 2000. A view from the macro side: rebound, backfire, and khazzoom-Brookes. Energ Policy 28.439-499.
- Scheierling, S.M., Young, R.A., Cardon, G.E., (2006). Public Subsidies for Water-Conserving Irrigation Investments: Hydrologic, Agronomic, and Economic Assessment. Water Resources Research 42.
- Sorrell, S. and Dimitropoulos, J. (2009) . " Empirical Estimates of the Direct Rebound Effect : A Review " . Energy Policy .
- Sorrell, S., Dimitropoulos, J., 2008. The rebound effect: microeconomic definitions, Limitations and extensions.Ecol. Econ.65. 636-649.
- Ward, F.A., Pulido-Velazquez, M.,(2008). Water conservation in irrigation can increase water use. Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A. 105, 18215–18220.
- Wang, Z., Lu, M., 2014. An empirical study of direct rebound effect for road freight transport in China. Appl. Energy 133. 274-281.
- –Wheaton, W. C., (1982), “The Long-Run Structure of Transportation and Gasoline Demand”, Bell Journal of Economics, 13(2), 439-54.

Investigating of Agricultural Water Rebound Effect in environmental conditions According to the provinces of Iran

Afshin Abarian [1], Reza Ranjpour[*2], Abdur Rahim Hashemi Dizj [3], Davoud Behbodhi [4]

1- Master's degree, Department of Economics, Faculty of Economics and Management, Tabriz University, Tabriz, Iran.

2*- Associate Professor, Department of Economics, Faculty of Economics and Management, Tabriz University, Tabriz, Iran.

3- Associate Professor, Department of Economics, Faculty of Social Sciences, Ardabili Research University, Ardabil, Iran

4- Professor, Department of Economics, Faculty of Economics and Management, Tabriz University, Tabriz, Iran

*Email address: reza.ranjpour@gmail.com

Abstract

Introduction

The current situation of water resources in Iran, the trend and trends governing it, as well as considering the inappropriate spatial and temporal distribution of water per capita and its excessive consumption, show the necessity of demand management. In this regard, improving the efficiency of water consumption, especially in the agricultural sector, is considered as an opportunity to save more water. Optimum water management requires a great change and to ensure the sustainability of these resources, integrated and systematic management should be applied in line with optimal processing and exploitation with the application of new technology for maximum utilization of these resources in planning. Improving the efficiency of water consumption has been introduced as one of the most important ways to reduce water consumption, but it can be seen that the aforementioned improvement does not necessarily reduce water consumption to the saved amount and sometimes leads to no change or even an increase in water consumption. only the use of new and efficient irrigation methods cannot be effective in adjusting the consumption and balancing the supply and demand of water. In explaining why water consumption has not decreased despite the large investment in the field of modern irrigation technology, the concept previously expressed in the field of energy consumption, i.e. the rebound effect, can be useful. The rebound effect, which is more prominent in the literature of energy economy, in the field of water, can be considered a mechanism that causes a part of the water saved due to the improvement of water efficiency to be reused and, as a result, leads to a reduction in the amount of water saved. In simpler terms, the return effect can be defined as a percentage of the potential water savings resulting from water efficiency improvement, which reflects the difference between the potential and actual savings in water consumption. The return effect is usually defined in relation to different forms of energy, such as fuel or electricity, but in this research, an attempt is made to investigate the return effect for agricultural water.

Methodology

the price of agricultural water is determined by the government in most countries according to the nature of agricultural goods and its importance for the society and is kept almost constant. Therefore, the price elasticity method is not a suitable method to estimate the return effect of agricultural water. According to these materials, in this research, the direct comparison method has been used to estimate the effect of agricultural water return at the macroeconomic level. In equation 1, the estimation of the return effect requires the estimation of the expected water storage (EWS) resulting from the increase in efficiency and the estimation of the return water used (RWU) resulting from the reduction of water cost. The relationship between water consumption and partial water productivity can be considered as follows: $W=\frac{Y}{WP}$

In which, W represents total agricultural water consumption, Y represents total agricultural production, and WP represents agricultural water productivity at the macroeconomic level. If it is assumed that agricultural water consumption, agricultural production and water productivity in year t are W_t, Y_t and WP_t, respectively. According to the equation, the change in agricultural water consumption from year t-1 to year t is represented by (Δw_t), which can be decomposed as follows

$\Delta wt = W_t - W_{(t-1)} = Y_t/(WP_t) - Y_{(t-1)}/(WP_{(t-1)}) = (Y_t\, \Delta WP_t)/(WP_t\, WP_{(t-1)}) + (\Delta Y_t)/(WP_{t-1})$

According to this equation, the change in agricultural water consumption (Δw_t) can be divided into two parts: the change in agricultural water consumption due to the change in water productivity ($(Y_t\, \Delta WP_t)/(WP_t\, WP_{(t-1)})$) and the change to The reason for the growth of agricultural production ($(\Delta Y_t)/(WP_{(t-1)})$). Changes in agricultural water use in addition to growth in agricultural production

can be due to technological progress. ρ is assumed to be the rate of change due to technological advances. Therefore, return water use (RWU), which represents the return (or surplus) of water as a result of increasing water productivity, is equal to $(\rho\Delta Y_t)/(WP_{(t-1)})$ and EWS, which represents the expected water savings (calculated or predicted) after increasing irrigation efficiency is equal to $(Y_t \Delta WP_t)/(WP_t WP_{(t-1)})$. It can be concluded that the formula for the return effects of water in year t is:

$WRE=(\sum (\rho\Delta Y_t)/(WP_{(t-1)}))/(\sum (Y_t \Delta WP_t)/(WP_t WP_{(t-1)}))\times 100$

According to the above equation, the return effect of water is the increase in the ratio of water consumption due to the growth of agricultural production to the reduction of the expected water reserve through the improvement of water efficiency. Here, both the improvement of water productivity and the growth of agricultural production are created by methods of improving irrigation efficiency. Based on equation 6, another important factor in estimating the return effect is to estimate the exact contribution of technological progress (ρ). For this purpose, according to the production function of Cobb Douglas Hicks-Neutral, which is as follows :

$Y_{it}=A_{it}\, W_{it}^{\alpha} X_{1it}^{\beta} X_{2it}^{\gamma} \dots X_{nit}^{\omega} = A_i e^{rt} W_{it}^{\alpha} X_{1it}^{\beta} X_{2it}^{\gamma} \dots X_{nit}^{\omega}$

By taking the logarithm from the above equation, we can reach equation:

$\mathrm{Ln}Y_{it} = \ln A_i + rt + \alpha \ln W_{it} + \beta \ln X_{1it} + \gamma \ln X_{2it} + \dots + \omega \ln X_{nit}$

In this way, by using the estimation of this equation based on the provincial data during the studied period, the r coefficient can be extracted.

Now the participation rate of technological progress (ρ) can be calculated as follows: "$\rho = r/g_y$

r: represents the growth rate of technology and (g_y) represents the growth rate of agricultural production. Finally, by using equation, the effects of agricultural water return can be calculated at the macroeconomic level and in the agricultural sector.

Conclusion

The return effect of agricultural water in Kurdistan province was 106.25%, which has the highest return effect during the studied period. And the second rank belongs to Bushehr province with a rate of 91.19%, the lowest rate of return effect is for East Azarbaijan, Golestan and Tehran provinces (1.45), (2.63) and (3.50) respectively. The return effect is greater than 100% only in Kurdistan Province by 106.25%, these results show that measures to improve water efficiency in Kurdistan Province can increase agricultural water consumption in this province, which is the phenomenon of "Jones' Paradox". In some cases, the amount of return effect is negative, in other words, the measures taken to improve the efficiency of the new irrigation system have caused the predicted water savings to exceed the actual amount of water savings. It should be noted that, theoretically, this phenomenon is only It occurs in the case of a decrease in the production of agricultural products. Therefore, in the provinces where the return effect is negative, according to the data used, the amount of agricultural production in the desired year was less than the previous year, or the water productivity in year t was less than year t-1, this situation can be due to the change in water conditions and The country's weather, such as drought or extreme cold, and the decrease in agricultural production compared to the previous year, or due to the country's structural changes from agriculture to industrial mode. The results show that a partial rebound effect is evident in Iran in the studied years. Water savings have not fully met expectations and some of the expected water savings have been reused. It can be seen that the highest return effect is in 2018 and also in 2013 it has experienced a negative return effect, the negative return effect indicates the existence of savings in this period, but as it was said, this result can be affected by the reduction of agricultural production due to changes in the use of agricultural water, so the negative return effect alone is not a reason that the water efficiency improvement system is affected, in addition, the lowest return effect is in 2013, which is 11%, which shows that 89% of the stored water and only 11% of it is used again. So, in fact, the annual return effect is sensitive to changes in agricultural water use and depends to some extent on natural factors, such as rainfall. In general, the findings indicate that the agricultural water savings due to the improvement of irrigation system efficiency has been reduced by 15.29% due to the increase in demand for irrigation. In fact, this largely shows the success of the policy of increasing water efficiency in order to reduce water consumption. The results of the findings showed that during the studied period, the return effect for Iran was on average 15%, which indicates that about 15% of the water saved due to the increase in agricultural water efficiency was reused in this sector. In other words, about 85% of water has been saved, which somehow shows that the policy of increasing agricultural irrigation efficiency can have positive effects on Iran's water reserves in the long run.

Keywords

"Reversal effect", "water consumption", "agriculture", "water efficiency"