Archive of SID

نشریه پژوهش آب در کشاورزی / ب / جلد ۳٤ / شماره ۳/ ۱۳۹۹

اثرات خشکسالی بر الگوی کشت زراعی و رفاه کشاورزان دشت مهیار جنوبی

انیسه جمی، حامد نجفی علمدارلو[۱] و سید ابوالقاسم مرتضوی

دانش‌آموخته کارشناسی‌ارشد گروه اقتصادکشاورزی دانشگاه تربیت‌مدرس.

anisejami@gmail.com

دانشیار گروه اقتصادکشاورزی دانشگاه تربیت‌مدرس.

hamed_najafi@modares.ac.ir

استادیار گروه اقتصادکشاورزی دانشگاه تربیت‌مدرس.

samortazavi@modares.ac.ir

دریافت: تیر ۱۳۹۹ پذیرش: مهر ۱۳۹۹

چکیده

منابع آب زیرزمینی در جهان تحت تأثیر تغییرات آب و هوایی قرار گرفته و در سال‌های اخیر با وقوع خشکسالی حجم آن کاهش یافته است. بنابراین، برای تصمیم‌گیری بهنگام مدیران و برنامه‌ریزان، پیش‌بینی و بررسی آثار اقتصادی خشکسالی امری ضروری به شمار می‌رود. از این رو، هدف این مطالعه بررسی آثار رفاهی خشکسالی روی بهره‌برداران آب زیرزمینی بود. با توجه به این رویکرد، مطالعه حاضر با رهیافت بازار آب زیرزمینی، آثار اقتصادی خشکسالی و تأثیر آن بر الگوی کشت دشت مهیار جنوبی و تغییرات رفاه اجتماعی را در سال زراعی ۹۶- ۱۳۹۵ بررسی کرد. بدین منظور، برای مدلسازی از سه رهیافت تخمین رگرسیونی، برنامه‌ریزی ریاضی مثبت و برنامه‌ریزی پویا استفاده شد. نتایج نشان داد که در شرایط خشکسالی، سطح زیرکشت جو و گندم افزایش و سطح زیرکشت ذرت کاهش یافت. نتایج دیگر نشان داد که کاهش عرضه آب ناشی از خشکسالی موجب کاهش مازاد رفاه اجتماعی به مقدار ۱۰۲۰ میلیون ریال (به قیمت سال ۱۳۹۶) گردید و به ازای کاهش یک متر مکعب آب، رفاه به میزان ۱۴۷ ریال کاهش یافت. از این رو پیشنهاد می‌شود که میزان رفاه از دست رفته کشاورزان ناشی از کاهش آب، معیاری برای تعیین میزان پرداخت‌های جبرانی شود.

واژه‌های کلیدی: عرضه آب، تقاضای آب، برنامه‌ریزی پویا، بازار آب

[۱]- آدرس نویسنده مسئول: تهران، دانشگاه تربیت‌مدرس، گروه اقتصادکشاورزی.

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

منابع آب زیرزمینی، در حدود یک سوم از کل منابع آب‌شیرین دنیا را به خود اختصاص داده‌اند؛ اما این منابع مهم و کمیاب تحت تأثیر تغییر آب‌وهوا در کل جهان قرار گرفته است و در برابر نیاز روزافزون به آب شیرین، این کمبود تشدید شده (ماس و همکاران، ۲۰۱۷) و سطح آب زیرزمینی در مناطق وسیعی از دنیا به طور مستمر در حال کاهش است (مولدن، ۲۰۰۷). در ایران نیز منابع آب زیرزمینی تقریباً ۵۵ درصد کل تقاضای آب را در ایران پوشش می‌دهند (رضایی و محمدی، ۲۰۱۷) و میزان مصرف آن (از طریق چاه، قنات و چشمه‌ها) از حدود ۱۸ میلیارد مترمکعب در دهه ۱۳۵۰ به حدود ٦١ میلیارد مترمکعب در سال ١٣٩٤ رسیده است (نوری، ١٣٩٦).

علاوه بر برداشت بی‌رویه از آب‌های زیرزمینی، خشکسالی به‌عنوان یک مخاطره طبیعی، این منابع کمیاب را تحت تأثیر قرار داده و موجب افت قابل توجه آن شده است. خشکسالی یک پدیده منطقه‌ای است که طی آن دسترسی ذیمدخلان به منابع آب، کم‌تر از مقدار متوسط بلندمدت آن می‌شود (تلاکسن و همکاران، ٢٠٠٤). خشکسالی‌ها را می‌توان به چهار دسته هواشناسی، کشاورزی، هیدرولوژیکی، اجتماعی و اقتصادی تقسیم کرد (ژانگ و همکاران، ۲۰۱۵؛ حیم، ۲۰۰۲؛ انجمن هواشناسی آمریکا، ٢٠٠٤). خشکسالی هیدرولوژیکی به دلیل کمبود دوره‌ای ریزش‌های جوی، با منابع و ذخایر آب سطحی و زیرزمینی مرتبط است. در سال‌های اخیر تعداد سال‌های خشک به دلیل گرمایش جهانی افزایش یافته است (لیو و همکاران، ۲۰۱۵؛ وو و همکاران، ۲۰۱۳ و ۲۰۱۵). با کاهش بارندگی‌ها و جریان‌های سطحی و نبود تعادل در نسبت بارش‌ها در مناطق، میزان استحصال آب زیرزمینی افزایش یافته و به دنبال آن، سطح ایستابی سفره‌های زیرزمینی به شکل قابل توجهی کاهش یافته است (جعفری، ۱۳۸۳؛ گلسون و همکاران، ۲۰۱۲؛ ووس و همکاران، ۲۰۱۳). از این‌رو، وقوع خشکسالی‌های متناوب، طولانی و نوسانات زیاد آب و هوایی، کمبود آب زیرزمینی را تشدید می‌کند. همچنین از زیان‌های دیگر خشکسالی می‌توان به خسارات وارده به چشمه‌ها و ایستگاه‌های پمپاژ، تغییر یا تأخیر در زمان‌بندی آبیاری اشاره کرد که اهمیت مدیریت این بحران را دوچندان کرده است (داورپناه، ۱۳۸۳).

خشکسالی‌های پی در پی به همراه رشد فعالیت‌های اقتصادی در سالیان اخیر، تفاوت نرخ تجدید و نرخ بهره‌برداری از منابع آب زیرزمینی را افزایش داده و موجب افت بیشتر سطح ایستایی آن شده است. ازاین‌رو، مدیریت اصولی منابع آبی خصوصاً در بخش‌های پرمصرف با بازده پایین مانند بخش کشاورزی بسیار مهم است (صبوحی و همکاران، ١٣٨٦). به‌منظور مدیریت منابع آب، باید جدا از معیارهای اولیه اقتصادی، سود و رفاه اجتماعی مدنظر قرار داده شود (رضایی و محمدی، ۲۰۱۷). رفاه اقتصادی کشاورز در این مطالعه در واقع رانت سایه‌ای تقاضای آب است. از این رو تفاوت بین قیمتی که کشاورز برای آب پرداخت می‌کند و قیمتی که مایل است پرداخت نماید، شکل‌دهنده مازاد رفاه تقاضاکننده خواهد بود (یوسفی و همکاران، ۱۳۹۳). برای مقابله با چالش‌های آب در جهان، نیاز به ساز و کار سازمانی مؤثر به منظور تخصیص عادلانه آب بین کاربران رقابتی به شدت احساس می‌شود. بازار آب یکی از نظام-های بنیادی است که به‌منظور افزایش کارایی اقتصادی تعیین شده و می‌تواند ابزار مناسبی برای تخصیص بهینه آب ایجاد کند (خلیلیان و همکاران، ۱۳۹۳، نجفی علمدارلو، ۲۰۱۸).

با توجه به آنچه بیان شد، در ادامه به بررسی مطالعاتی پرداخته شده است که از رهیافت بازار آب در تخصیص آن استفاده کرده‌اند. در یک تقسیم‌بندی جامع می‌توان مطالعات انجام شده در این خصوص را به دو گروه کلی تقسیم نمود. گروه اول مطالعاتی هستند که به چگونگی تشکیل بازارهای آب موجود می‌پردازند و شرایط و ترتیبات نهادی برای تشکیل بازارهای آب را

www.SID.ir

Archive of SID

تبیین می‌کنند (کرامت‌زاده و همکاران،۱۳۹۲؛ احمدی و همکاران، ۱۳۹۵؛ گرافتون و هورن، ۲۰۱۴). نتایج شبیه سازی بازار آب در مطالعه کرامت‌زاده و همکاران (۱۳۹۲)، نشان می‌دهد با توجه به اینکه سطح زیرکشت کل مناطق اراضی زیر سد شیرین دره بجنورد در حالت وجود بازار آب به ترتیب در شرایط نرمال و خشکسالی به میزان ۱۴ و ۱۰ درصد کاهش می‌یابد اما مجموع سود حاصل از کشت محصولات افزایش می‌یابد، به طوری که این افزایش در شرایط خشکسالی بیشتر از شرایط نرمال و به ترتیب برای شرایط نرمال و خشکسالی به میزان ۱۲ و ۲۳ درصد است. احمدی و همکاران (۱۳۹۵) پس از تشکیل بازار آب به این نتیجه رسیدند که بازده برنامه‌ای کشاورزان مشروط به مبادله ۴۷ درصد از حجم آب مصرفی در سازوکار بازار آب، به میزان ۲۸ درصد افزایش خواهد یافت. گرافتون و هورن (۲۰۱۴) نیز بازار آب حوزه ماری- دارلینگ استرالیا را بررسی کرده و دریافتند که تقویت بازارهای منطقه‌ای موجب انعطاف پذیری بازار و درنتیجه بهبود وضعیت کاربران و محیط زیست خواهد شد. نظارت بر بهره‌برداری آب سطحی موجب تقویت حقوق آب و همچنین ذخیره‌سازی آب موجب تسهیل در تجارت می‌گردد. ارائه اطلاعات صحیح و به موقع مبادلات را تسهیل بخشیده و اعلان اطلاعات قیمتی می‌تواند عدم اطمینان را در بازار کاهش دهد. نظارت بر منابع آب زیرزمینی و آبخوان‌ها نیز نباید فراموش گردد.

گروه دوم نیز مطالعاتی هستند که به بررسی آثار اقتصادی این‌گونه بازارها می‌پردازند (نیکویی و نجفی، ۱۳۹۰؛ صبوحی و پرهیزکاری، ۱۳۹۲؛ احمدی و همکاران، ۱۳۹۵؛ زکری و ایستر، ۲۰۰۵؛ گومز لیمون و مارتینز، ۲۰۰۶؛ گوهر و کاسمن، ۲۰۱۶). نیکویی و نجفی (۱۳۹۰) افزایش رفاه را در حالت مبادله آب، ۱۴ درصد محاسبه کرده‌اند. در پژوهش صبوحی و پرهیزکاری (۱۳۹۲) به نیروی کار مازاد منطقه نیز توجه شده است و در مدل-سازی بازار برای اعمال شرایط خشکی، تنش آبی، ۲۰ درصد در نظر گرفته‌اند که پس از آن، مجموع نیروی کار به کار گرفته شده در بخش کشاورزی ۱/۸۱ درصد افزایش یافته است. در مطالعه زکری وایستر (۲۰۰۵) فروش آب به شرکت‌های تأمین‌کننده آب شهری توجه شده که منجر به کاهش ۳۴/۸ درصدی سطح اشتغال شده است. در برخی دیگر از مطالعات به مسئله بیلان آبی توجه شده است. استبان و آلبیاک (۲۰۱۱) و زاوری و همکاران (۲۰۱۶)، هر دو مداخله و سیاست‌گذاری را شرط پایداری منبع دانسته‌اند.

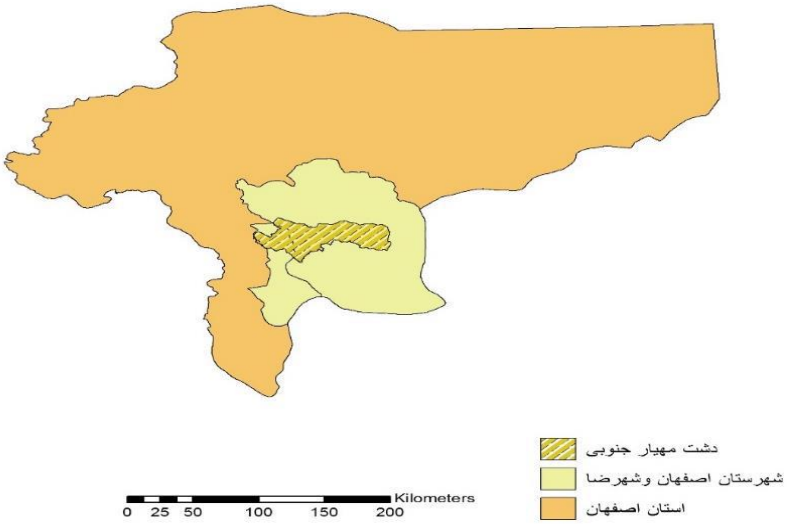
بازارهای آب در بخش کشاورزی یک راه‌حل امیدبخش جهت افزایش کارایی اقتصادی آب می‌باشند و کشاورزان با فرصت‌های ایجادشده در آن از طریق بهبود مدیریت آب، برای اجاره و فروش آب اقدام نموده و در راستای تأمین آب در بازار تلاش خواهند نمود (ویچلنس، ۱۹۹۹). از این‌رو، تشکیل بازار آب می‌تواند باعث افزایش رفاه کشاورزان شود (علی‌بلندی و همکاران، ۱۳۹۵)، لذا در این مطالعه به بررسی آثار اقتصادی ناشی از خشکسالی در چارچوب بازار آب پرداخته شده است. با توجه به این موضوع، در این مطالعه تعیین ارزش واقعی آب زیرزمینی در چهارچوب بازار آب و همچنین ارزیابی تغییر در رفاه اجتماعی بهره‌برداران آب زیرزمینی بخش کشاورزی دشت مهیار در نتیجه خشکسالی و کاهش عرضه آب مورد بررسی قرار است.

منطقه مورد مطالعه

دشت مهیار در حوضه آبخیز فلات مرکزی و زیر حوضه زاینده‌رود یا گاوخونی واقع است. منطقه مهیار جنوبی، از توابع شهرستان شهرضا، واقع در ۵۲ کیلومتری جنوب اصفهان و ۲۰ کیلومتری شمال آن می‌باشد. این دشت در طول شرقی ۵۲ درجه و ۴۶ دقیقه تا ۵۱ درجه و ۳۹ دقیقه و عرض شمالی ۳۲ درجه و ۲۶ دقیقه تا ۳۲ درجه و یک دقیقه قرار دارد (سازمان آب منطقه‌ای استان اصفهان، ۱۳۹۶). نقشه ۱ موقعیت جغرافیایی دشت مهیار جنوبی را نشان می‌دهد.

www.SID.ir

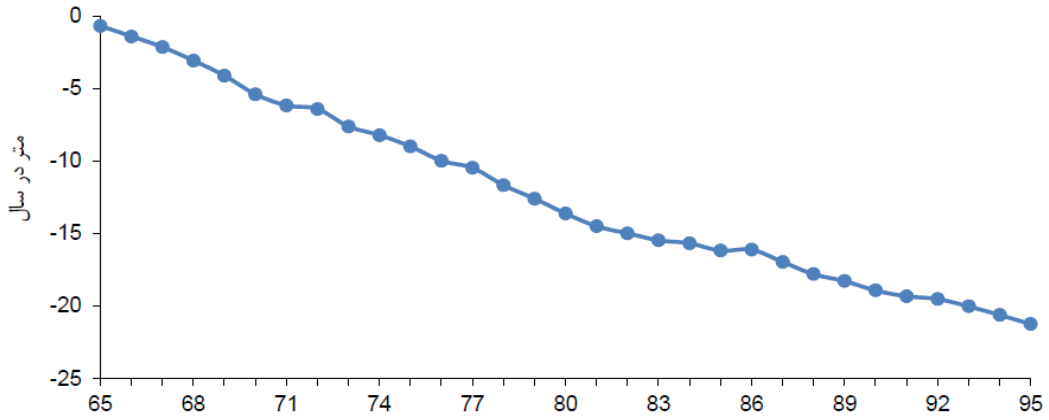
Archive of SID



نقشه ۱- موقعیت جغرافیایی دشت مهیار جنوبی (سازمان آب منطقه ای استان اصفهان، ۱۳۹۶)

دشت مهیار جنوبی نیز با اراضی وسیع و مستعدی که دارد، یک قطب کشاورزی در استان اصفهان محسوب می‌شود. منبع عمده تأمین آب کشاورزی مزارع مهیار چاه‌های عمیق بوده و بیش از هزار هکتار سطح زیر کشت دارد (جهاد کشاورزی استان اصفهان، ١٣٩٦). در این حوزه برداشت مجاز از آبخوان برابر با ٥١/٦ میلیون متر مکعب است در حالیکه تخلیه و برداشت در سال ١٣٩٦، از آبخوان به میزان ٨٥/٤ میلیون متر مکعب می‌باشد (سازمان آب منطقه‌ای استان اصفهان، ١٣٩٦) و بر اساس نمودار ۱ میانگین تجمعی تغییرات سطح آب زیرزمینی از ابتدای تشکیل شبکه سنجش تاکنون همواره نزولی بوده و سطح آب زیرزمینی کاهش یافته و در سال‌های اخیر به کمترین میزان خود رسیده است.

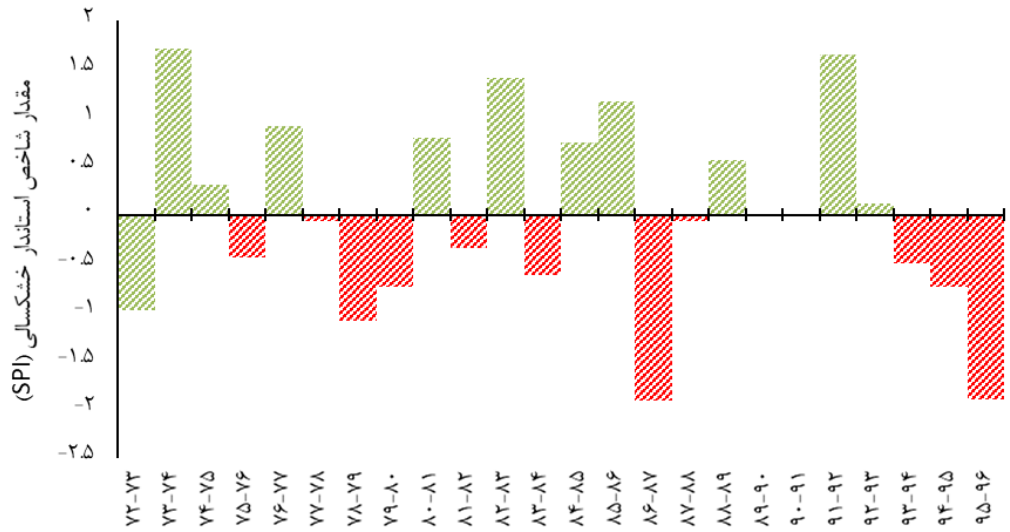
در نمودار شماره ۲ نیز شاخص بارش استاندارشده (SPI) که نشان دهنده طبقات مختلف خشکسالی است برای منطقه مورد مطالعه در فاصله سال‌های آبی ٧٣-١٣٧٢ تا ٩٦-١٣٩٥ نشان داده شده است. همانطور که مشخص است، در سال‌های منتهی به مطالعه انجام شده، منطقه مورد نظر با خشکسالی قابل توجه و پی‌درپی مواجه بوده است. به طور کلی بررسی آماری نشان می‌دهد که در نیمی از سه دهه اخیر، این دشت سال‌های خشکی را پشت سر گذاشته است.



نمودار ۱- میانگین تجمعی تغییرات سطح آب زیرزمینی شبکه مهیار جنوبی (مأخذ: سازمان آب منطقه‌ای استان اصفهان، ۱۳۹۶)

www.SID.ir

Archive of SID



نمودار ۲- مقادیر شاخص SPI به منظور مشخص نمودن طبقات خشکسالی

با توجه به آنچه بیان شد خشکسالی در چند دهه اخیر تأثیرات چشمگیری بر منابع آب زیرزمینی داشته است، از این‌رو بررسی این پدیده برای مقابله، برنامه‌ریزی و مدیریت منابع آب زیرزمینی در دوره‌های خشکسالی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار بوده و اتخاذ تصمیمات منطقی در رابطه با تغییرات رفاه بسیار ارزشمند می‌باشد.

مواد و روش‌ها

در مطالعه حاضر، به‌منظور محاسبه تغییرات رفاه در چارچوب بازار آب، ابتدا تابع عرضه آب با استفاده از روش OLS و تابع تقاضا با استفاده از روش ماکزیمم آنتروپی در رهیافت برنامه‌ریزی اثباتی (PMP) به دست آورده شد. به‌منظور برآورد حجم آب در شرایط خشکسالی از معادله حرکت آب زیرزمینی استفاده شده و به‌عنوان یک محدودیت در مدل برنامه‌ریزی پویا استفاده گردید. سپس با استفاده از ضرایب عرض از مبدأ و شیب توابع عرضه و تقاضای به‌دست‌آمده از مدل‌ها و معادله حرکت آب زیرزمینی و رهیافت برنامه‌ریزی پویا، به بررسی تغییرات رفاه و الگوی کشت منطقه در شرایط خشکسالی پرداخته شده است.

تابع عرضه آب: هزینه‌های تأمین آب شامل سرمایه‌گذاری اولیه به‌عنوان هزینه ثابت (حفر چاه، خرید موتور پمپ، تأسیسات برق رسانی) و هزینه‌های جاری (مصرف برق، تعمیرات و نگهداری) می‌باشد (اسدی و همکاران، ۱۳۹۵). با توجه به مطالعات استبان و آلبیاک (۲۰۱۱)، نجفی علمدارلو و همکاران (۲۰۱۸) و بلالی و همکاران (۲۰۱۱)، هزینه لازم برای استحصال آب زیرزمینی را می‌توان به صورت رابطه ۱ نشان داد.

$$TC_i = c_0 + c_1(SL + H_i) \qquad (۱)$$

که در آن:

TC_i هزینه استخراج آب از چاه iام، c_0 هزینه ثابت استخراج و c_1 هزینه متغیر استخراج است. c_1 درواقع هزینه انرژی لازم برای انتقال یک متر مکعب آب به ارتفاع یک متر است. SL ارتفاع از سطح دریا و H_i ارتفاع آب در هر چاه می‌باشد. برای محاسبه هزینه‌های ثابت و هزینه‌های یکنواخت سالانه، از رابطه $A = F\left[\frac{i}{(1+i)^n-1}\right]$ استفاده شده است. این رابطه فاکتور وجوه استهلاکی نامیده می‌شود و ارزش آتی را با توجه به نرخ بهره در مدت n دوره به پرداخت‌های مساوی تقسیم می‌کند (بلالی و همکاران، ۲۰۱۱). A هزینه یکنواخت در پایان دوره، F ارزش آتی سرمایه، i نرخ بهره و n تعداد دوره است. با استفاده از رابطه ۱، از آنجایی که تابع عرضه آب زیرزمینی، قسمت صعودی منحنی هزینه نهایی استخراج آب است، بعد از تخمین رابطه ۱ با استفاده از روش OLS (حداقل مربعات معمولی)، می‌توان تابع عرضه آب را نیز به دست آورد. لازم به ذکر است روش حداقل

www.SID.ir

Archive of SID

مربعات معمولی به دلیل سهولت در استفاده و ارائه برآوردهای نسبتا مناسب، یکی از پرکاربردترین روش‌ها در تخمین‌های رگرسیونی است. از طرف دیگر مطالعاتی مانند فتحی و زیبایی (۱۳۹۰)، بنی‌اسدی و همکاران (۱۳۹۷)، حسن‌شاهی (۱۳۹۰)، سیدان و همکاران (۱۳۹٦)، استبان و آلبیاک (۲۰۱۱) نیز از این روش برای برآورد تابع هزینه استخراج آب زیرزمینی استفاده کرده‌اند. آمار و اطلاعات لازم برای تعیین تابع عرضه آب که شامل سطح ایستابی آب چاه‌ها و عمق چاه‌ها بوده از سازمان‌های آب منطقه‌ای، وزارت نیرو و هزینه‌های حفرچاه و استخراج آب از چاه نیز از شرکت‌های حفاری چاه و سایر مؤسسات همگروه حفاری مربوطه در سال ۱۳۹٦-۱۳۹۵ گردآوری شد.

برنامه ریزی ریاضی اثباتی (PMP): رهیافت برنامه‌ریزی ریاضی اثباتی، برای حل مشکلات الگوهای برنامه‌ریزی ریاضی هنجاری در تحلیل سیاست‌ها و کالیبره کردن مدل‌های کشاورزی معرفی شده است که در آن از توابع تولید و هزینه غیرخطی بهره می‌گیرند. شرط اصلی برای ساختن اینگونه مدل‌ها، بازسازی رفتار کشاورزان در محیط خاص آن‌ها بر اساس داده‌های کمی می‌باشد که در فرایند تصمیم برای مزرعه موجود هستند (گرافتون و هورن، ۲۰۱٤). این روش برنامه‌ریزی در سه مرحله انجام می‌پذیرد و با استفاده از داده‌های مشاهده شده الگویی را تعیین می‌کند که داده‌های اولیه را بازتولید می‌کند و تأثیر سیاست‌های متفاوت بر آن به طور مشخص قابل مشاهده است (کیانی و باقری، ۱۳۹۵). با توجه به شرایط موجود در منطقه مورد مطالعه، الگوی برنامه‌ریزی ریاضی اثباتی که در این پژوهش از آن استفاده شده است به شرح زیر است (هاویت، ۱۹۹۵):

$$Max\ GM = \sum_{i=1}^{7} X_i\left(P_i Y_i - CW_i - \sum_{j=1}^{7} C_j\right) \quad (۲)$$

$$\sum_{i=1}^{7} X_i \le Tland \quad (۳)$$

$$\sum_{i=1}^{7} W_i X_i \le TW \quad (٤)$$

$$X_i \le X_0 + \varepsilon \quad (۵)$$

که در مجموعه روابط ۲، ۳ و ٤، GM بازده ناخالص سالانه حاصل از کل فعالیت‌های زراعی آبی، i محصولات کشاورزی (گندم، جو، ذرت، ارزن، منداب، طالبی و هندوانه)، j نهاده‌های کشاورزی (شامل زمین، نیروی کار، ماشین‌آلات، نیترات، فسفات، پتاسیم و سم)، X_i میزان سطح زیر کشت محصول i برحسب هکتار، P_i قیمت محصول i، Y_i عملکرد محصول i برحسب کیلوگرم بر هکتار، CW_i هزینه استفاده از آب در یک هکتار زمین زراعی محصول، C_j شامل کل هزینه‌های تولید محصول در یک هکتار به غیراز هزینه مربوط به نهاده آب. $Tland$ کل زمین‌هی اختصاص یافته به کشت محصولات مورد بررسی، W_i مقدار آب مصرفی برای تولید محصولi ، TW مقدار کل آب مورد استفاده برای کشت محصولات زراعی منطقه مورد مطالعه می‌باشد. آمار و اطلاعات مربوط به روابط فنی گیاهان زراعی و نهاده‌ها در سال ۹٦-۱۳۹۵ از طریق پرسشنامه و مصاحبه حضوری با کشاورزان منطقه و همچنین وزارت جهاد کشاورزی بدست آمده است. جامعه آماری مورد نظر، ۳۲۰ کشاورزی بودند که با برداشت از ۱۰٤ چاه فعال دشت به زراعت می‌پرداختند. از این تعداد، با استفاده از نمونه‌گیری خوشه‌ای دو مرحله‌ای، چاه‌های آب به عنوان خوشه ها معین شده و تعداد ۱۲ حلقه چاه به صورت تصادفی انتخاب و سپس از هر خوشه مجدداً به صورت تصادفی تعداد یک تا سه کشاورز برای تکمیل پرسشنامه انتخاب شدند. همچنین با واسطه اداره جهاد کشاورزی با هشت نفر از کشاورزان پیشرو منطقه مصاحبه حضوری انجام شد.

معادله حرکت آب زیرزمینی: فرم کلی معادله حاکم بر جریان آب‌های زیرزمینی در آبخوان آزاد را می‌توان به صورت رابطه ٦ بیان کرد:

$$h_t - h_{t-1} = \frac{V}{As} \quad (٦)$$

در رابطه ٦، $(\Delta H = h_t - h_{t-1})$ اختلاف ارتفاع در زمان t و t-1، V حجم آب موجود در مخزن، A مساحت آبخوان، s ضریب ذخیره می‌باشد. عوامل موثر بر مقدار

www.SID.ir

Archive of SID

آب موجود در آبخوان را می‌توان میزان برداشت از آبخوان، تغذیه طبیعی آبخوان و میزان ورودی آب از نفوذ رواناب‌های سطحی شامل باران و آبیاری با در نظر گرفتن ضریب جریان بازگشتی بیان کرد. بنابراین:

$$h_t - h_{t-1} = \frac{R+(\varphi-1)W_t}{As} \quad (۷)$$

R تغذیه طبیعی آبخوان، φ ضریب جریان بازگشتی و W_t جریان‌های نفوذی به آبخوان هستند. معادله ۷ به عنوان یک قید به منظور تعیین حجم آب در شرایط خشکسالی و تاثیر آن بر تغییرات رفاه در مدل برنامه‌ریزی پویا استفاده شده است.

مدل برنامه‌ریزی ریاضی پویا: در این پژوهش، برای تعیین هدف اصلی تحقیق، یعنی اندازه‌گیری اثر رفاهی ناشی از کاهش عرضه آب، بازار آب پویا و الگوی کشت زراعی دشت مهیار جنوبی مدلسازی شده است. این بازار با توجه به معادله حرکت آب زیرزمینی تبیین شده است. در این مدل، هدف، حداکثرسازی ارزش انتظاری رفاه خالص ناشی از استحصال و مصرف آب زیرزمینی است که در روابط ۸ تا ۱۲ تعریف شده است (استبان و آلبیاک، ۲۰۱۱). در واقع تابع هدف این این مدل، مساحت محصور بین منحنی‌های عرضه و تقاضای آب را حداکثر می‌کند. در ادبیات اقتصادی این مساحت تحت عنوان رفاه اجتماعی بیان شده است.

$$Max\ SP_{it} = \sum_{t=0}^{T}\sum_{i=0}^{I}\left(\frac{1}{1+r}\right)^t [(\alpha_{i1}W_{it} - \alpha_{i2}0.5W_{it}^2) - (c_0 - c_1H_{it})W_{it}] \quad (۸)$$

s.t

$$H_t - H_{t-1} = \frac{R+(\varphi-1)W_t}{AS} \quad (۹)$$

$$H_t(0) = H0_t \quad (۱۰)$$

$$\sum_{t=0}^{T}\sum_{i=0}^{I} x_{it} = TLand_{it} \quad (۱۱)$$

$$\sum_{t=0}^{T}\sum_{i=0}^{I} \rho_{it}x_{it} = W_{it} \quad (۱۲)$$

که در این روابط، t نشان‌دهنده زمان، i بیانگر محصول در الگوی کشت و r نرخ تنزیل می‌باشد. همچنین α_{i1}، عرض از مبدأ تابع تقاضای محصول iام ام α_{i2} شیب تابع تقاضای محصول iام است. پارامترهای c_0 و c_1 نیز به ترتیب عرض از مبدأ تابع عرضه آب و شیب تابع عرضه آب می باشد. H_t ارتفاع آب در آبخوان در دوره t، H_0 ارتفاع اولیه آب در آبخوان، R شارژ طبیعی آبخوان، φ ضریب جریانات برگشتی به آبخوان، A مساحت آبخوان، s ضریب ذخیره آبخوان را نشان می‌دهد. رابطه ۱۱ نشان‌دهنده مجموع سطح زیر کشت در هر دوره است به این صورت که پارامتر $TLand_{it}$ مجموع کل سطح زیر کشت در دوره t، x_{it} سطح زیر کشت محصول i در دوره t است. رابطه ۱۲ نیز مقدار آب مصرفی کل دوره را بیان می‌کند و ρ_{it} در واقع نیاز آبی محصول i می‌باشد.

نتایج و بحث

در ابتدا به‌منظور برآورد تابع عرضه، در جدول ۱ به بیان هزینه‌های موجود در رابطه با استخراج آب از یک چاه به عمق ۱۹۰ متر[۱] پرداخته شده است.

هزینه‌های ثابت و متغیر برای استحصال هر مترمکعب آب در جدول ۲ نشان داده شده است. هزینه متغیر یا هزینه انرژی مصرف شده برای استحصال آب به طور میانگین در طول سال ۱۳۹۶، ۱۱۰ میلیون ریال می‌باشد.

همانطور که در جدول ۲ نشاده داده شده است ارتباط معنی‌داری بین هزینه استحصال آب و سطح ایستابی آب وجود دارد که بیانگر تأثیر میزان ارتفاع بالا آوردن آب بر هزینه استحصال آب است. با انجام محاسبات بر روی اطلاعاتی مانند هزینه انرژی مصرف شده برای هر چاه متناظر با سطح ایستابی و نیز دبی آب، تابع عرضه آب برآورد شده است.

در ادامه، به منظور برآورد تابع تقاضای آب زیرزمینی محصولات کشاورزی از مدل ماکزیمم آنتروپی در رهیافت برنامه‌ریزی اثباتی (PMP) استفاده گردید. بدین‌صورت که با کاهش مقدار نهاده آب قابل دسترس، قیمت سایه‌ای، متناظر با آن تغییر می‌یابد. بر همین اساس تابع تقاضای آب نیز از دو پارامتر مقدار و قیمت آب به‌دست آمد. این فرآیند یک‌بار برای کل محصولات و بار

[۱] با توجه به متوسط عمق در چاه‌های منطقه مورد مطالعه.

www.SID.ir

Archive of SID

دیگر برای تک‌تک محصولات برآورد شده است. ارزش اقتصادی آب در این دشت با توجه به تقاضای محصولات و نتایج حاصل از مدل PMP برابر با ۲۷۳ تومان برای هر متر مکعب آب حاصل شد، این در حالیست که در منطقه مورد مطالعه در حال حاضر هزینه‌ای برای برداشت از آبخوان پرداخت نمی‌گردد. در ادامه به منظور محاسبه شیب و تعیین عرض از مبدأ توابع تقاضای آب زیرزمینی محصولات کشاورزی، به برآورد توابع خطی محصولات با استفاده از روش OLS پرداخته شده است. جدول ۳ نتایج حاصل تخمین توابع تقاضای محصولات کشاورزی را به تفکیک محصولات نشان می‌دهد.

جدول ۱- هزینه‌های استخراج آب از یک چاه نمونه به عمق ۱۹۰ متر در سال ۱۳۹۶

نام کالا یا خدمات	هزینه (میلیون ریال)	ارزش اسقاط	عمر مفید	نرخ بهره	هزینه یکنواخت سالانه (ریال)
حفاری با دستگاه روتاری	۲۷۰	۰	۵۰	۰/۱۵	۳۷۴۰۸
حمل و نصب و تجهیز کارگاه	۵۵	۰	۵۰	۰/۱۵	۷۶۲۰
شست و شوی چاه	۴۰	۰	۵۰	۰/۱۵	۵۵۴۲
لوله و شافت و متعلقات	۲۸۸	۲۸۸۰۰۰۰	۱۰	۰/۱۵	۱۲۷۶۶۱۳۵
دستمزد نصب لوله و شافت	۶	۰	۱۰	۰/۱۵	۲۹۵۵۱۲
جرثقیل برای حمل لوله و شافت	۷	۰	۵۰	۰/۱۵	۹۷۰
لوله جداره چاه (۱۶ اینچی)	۴۳۷	۰	۱۰	۰/۱۵	۲۱۵۲۳۱۵۱
نصب جداره	۳۸۰	۰	۱۰	۰/۱۵	۱۸۷۱۵۷۸۴
تابلو برق و خازن و دستمزد نصب	۷۲	۷۲۰۰۰۰	۲۰	۰/۱۵	۶۳۲۵۴۳
الکتروموتور ۲۰۰ اسب بخار	۲۵۰	۱۰۰۰۰۰۰	۲۰	۰/۱۵	۱۴۶۴۲۲۰
هد پمپ	۱۰	۱۰۰۰۰۰	۲۰	۰/۱۵	۸۷۸۵۳
توربین	۳۸/۴	۲۱۸۰۰۰	۱۰	۰/۱۵	۱۷۸۳۴۷۶
تعمیرات هرسال					۶۰۰۰۰۰۰۰
کارگر (نگهبان)					۱۲۰۰۰۰۰۰۰
مجموع	۲۳۷۳۲۰۲۱۵				

مأخذ: یافته‌های تحقیق

جدول ۲- هزینه بهره‌برداری هر متر مکعب آب و نتایج تخمین هزینه متغیر بهره‌برداری و سطح ایستابی

متغیرها	هزینه ثابت سالانه	هزینه متغیر	مجموع
هزینه چاه در یک سال (ریال)	۲۳۸۷۳۲۰۷۲	۱۱۲۷۵۸۲۸۸	۳۵۱۴۹۰۳۶۰
هزینه بهره‌برداری هر متر مکعب (ریال)	۸۰/۱۸	۳۷۲	۱۱۷/۴
	ضریب	آماره t	احتمال
جزء ثابت	۶۵۹۵۵۵۸	۵/۹۶۱۹	۰/۰۰۰۰
سطح ایستابی (متر)	۴۲۰۳۵	۴/۳۱۹۰	۰/۰۰۰۰

مأخذ: یافته‌های تحقیق

جدول ۳- نتایج برآورد خطی توابع تقاضای محصولات

متغیرها	گندم	جو	ذرت	ارزن	طالبی	هندوانه	منداب
عرض از مبدأ	۱۷۶۲/۱	۱۷۶۲/۱	۱۷۶۲/۱	۱۷۶۲/۱	۱۷۶۲/۱	۱۷۶۲/۱	۱۷۶۲/۱
شیب	-۰/۲۵۴۴	-۰/۱۳۸۲	-۰/۱۸۲۱	-۱/۵۰۱۹	-۰/۶۰۹۴	-۳/۵۵۶۹	-۱/۵۰۲۰
R^2	۰/۶۹۹۹	۰/۶۹۹۹	۰/۶۹۹۹	۰/۶۹۹۹	۰/۶۹۹۹	۰/۶۹۹۹	۰/۶۹۹۹

مأخذ: یافته‌های تحقیق

شیب‌های به‌دست آمده از توابع تقاضای تخمین زده شده منفی و منطبق برتئوری‌های اقتصاد خرد می‌باشد و رابطه عکس قیمت و مقدار را نشان می‌دهد. براساس اصول اقتصادی، منحنی تقاضا با شیب بیشتر نشانگر حساسیت کمتر محصول مورد نظر در برابر تغییرات قیمت است که در این بین محصول هندوانه و ارزن دارای قدر

www.SID.ir

Archive of SID

مطلق شیب و محصولات گندم، جو و ذرت نیز دارای کمترین شیب بوده‌اند.

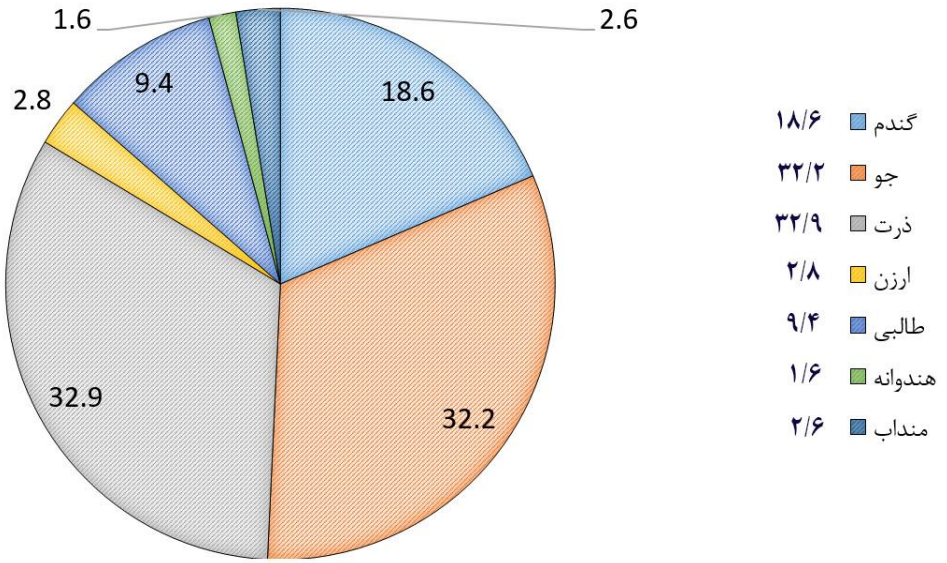
در جدول ٤ نیز ارتباط بین مقدار کاهش سطح ایستابی و میزان بارندگی در همان سال با استفاده از تخمین OLS، نشان داده شده است. ضریب بارش سالیانه با علامت منفی نشان می‌دهد در هر سال آبی که بارش سالیانه کم‌تر بوده، اختلاف سطح ایستابی با سال گذشته بیشتر بوده است و در واقع سطح آب افت بیشتری داشته است. افزایش ارتفاع سطح آب در چاه تا دهانه چاه سبب افزایش هزینه‌ها می‌گردد. این میزان افزایش در ارتفاع بالا آوردن آب از چاه هم بر هزینه‌های ثابت و هم بر هزینه‌های متغیر مؤثر است.

جدول ۴- نتایج تخمین افت سطح ایستابی و میزان بارش سالیانه

متغیر	ضریب	احتمال	R^2
بارش سالیانه	-۰/۰۰۲۷۹	۰/۰۰۵۷	۰/۷۵۸۱

مأخذ: یافته‌های تحقیق

در ادامه با استفاده از نتایج حاصل از توابع عرضه و تقاضا و نیز اطلاعات آبخوان و داده‌های دشت مطالعاتی مورد نظر، به پیش‌بینی تغییرات ایجاد شده در رفاه و الگوی کشت منطقه مورد مطالعه برای دهه‌های آتی پرداخته شده است. مطابق با نتایج حاصل از حل مدل برنامه‌ریزی پویا با هدف حداکثرسازی رفاه اجتماعی بهره‌برداران آب زیرزمینی، الگوی کشت جدید برای محصولات در سال اول برنامه‌ریزی شامل گندم با ۹۸۸ هکتار، جو با ۱۷۱۵ هکتار، ذرت با ۱۷٤٤ هکتار، ارزن با ۱٤۹ هکتار، طالبی با ۵۰۲ هکتار، هندوانه با ۸۳ هکتار و منداب با ۱۳۹ هکتار می‌باشد. در نمودار ۳ این درصد سطح زیر کشت این محصولات در منطقه مورد مطالعه نشان داده شده است.



نمودار ۳- الگوی کشت زراعی دشت مهیار جنوبی در سال ۹۶-۱۳۹۵

در نمودار ٤، سطح زیر کشت در سال اول، در سال دهم و سال آخر، در دو سناریو با و بدون بروز خشکسالی نشان داده شده است. با توجه به نمودار ٤، سطح زیرکشت گندم، جو، ارزن و منداب در طول دوره افزایش پیدا می‌کند و سطح زیر کشت ذرت علوفه‌ای، هندوانه و طالبی کاهش پیدا خواهد کرد. با توجه به اینکه مدل برنامه‌ریزی پویا برای پیش‌بینی تغییرات سطح زیر کشت برای بیست سال آینده نیز مدلسازی شده است، با مقایسه تغییرات الگو در نیمه اول دوره و نیمه دوم آن، مشخص شد که متوسط سطح زیر کشت محصولات جو

www.SID.ir

Archive of SID

و گندم در دوره ده ساله اول به ترتیب برابر با ۹۹۳ هکتار و ۱۸۰۷ هکتار است. همچنین نتایج نشان داد که سطح زیر کشت این محصولات در ده ساله دوم افزایش یافته و به ترتیب به مقادیر ۱۰۲۰ هکتار و ۱۸۲۱ هکتار خواهد رسید. پیش‌بینی می‌شود که سطح‌زیرکشت محصول ذرت با کاهش ۳٤ هکتاری در دوره بعد روبرو شود.

نمودار ۴- مقایسه سطح زیر کشت در سال‌های اول، دهم و آخر دوره مطابق وضعیت با و بدون بروز خشکسالی

در دوره ده ساله دوم، در سناریو بروز خشکسالی، متوسط سطح زیر کشت محصولات گندم و جو به دلیل دارا بودن حاشیه سود بالاتر و راهبردی بودن این محصولات، با افزایش ۳۲ هکتار و ۳۵ هکتار، به ترتیب به سطح ۱۰۰۸ هکتار و ۱۷۸٤ هکتار خواهد رسید. مساحت زیر کشت مربوط به محصول ذرت نیز به دلیل کم بودن سود حاصل از این محصول و آب‌بر بودن آن کاهش یافته و از مقدار ۱۷٤٤ هکتار به ۱٦۸۳ هکتار تغییر یافته است. بقیه محصولات موجود در الگوی کشت منطقه، تغییراتی داشته اما به نسبت این سه محصول سهم کمتری را در تغییرات کل به خود اختصاص داده‌اند.

بر اساس تئوری‌های اقتصادی، رفاه اجتماعی حاصل جمع مازاد مصرف کننده (تمایل به پرداخت مصرف کننده منهای قیمت بازاری) و مازاد تولید کننده (قیمت دریافتی منهای هزینه تولید) می‌باشد؛ به عبارت دیگر رفاه اجتماعی را می‌توان برابر با مساحت زیر منحنی تقاضا منتهی به منحنی عرضه دانست؛ بنابراین تغییرات در عرضه و تقاضا بر مقدار رفاه تأثیر گذاشته و موجب کاهش یا افزایش آن خواهد شد. در جدول ۵ مقدار تغییر رفاه در اثر خشکسالی مطابق با نتایج حاصل از مدل برنامه‌ریزی پویا بدست آمده شده است. نتایج نشان می‌دهد که کاهش عرضه آب به دلیل وقوع خشکسالی، مازاد رفاه اجتماعی را به میزان ۱۰۲۳ میلیون ریال (به قیمت سال ۱۳۹٦) کاهش داده است به گونه‌ای که به ازای هر متر مکعب کاهش عرضه آب، رفاه اجتماعی کشاورزان به اندازه ۱٤۷ ریال کاهش خواهد یافت.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۵- مقادیر کاهش رفاه اجتماعی (ریال)

شرح	مقدار کاهش رفاه (ریال)
کاهش رفاه به ازای ۰/۳ متر کاهش سطح آب (تأثیر خشکسالی)	۱۰۲۳۰۳۰۰۰۰
کاهش رفاه به ازای هر متر کاهش سطح آب	۳۲۹۸۲۰۰۰۰۰
کاهش رفاه به ازای ۰/۶۹ متر (کاهش سالانه فعلی سطح آب)	۲۳۵۲۹۶۹۰۰۰
کاهش رفاه به ازای هر متر مکعب آب	۱۴۷

مأخذ: یافته‌های تحقیق

نتیجه‌گیری و پیشنهادات

برداشت بی‌رویه از آب‌های زیرزمینی در دشت مهیار جنوبی در طی سه دهه اخیر باعث افت بیش از ۲۰ متری سطح ایستابی آب در چاه‌های منطقه شده است. همین امر یکی از مواردی است که پایداری تولیدات کشاورزی در این منطقه را با چالش‌های جدی روبرو کرده است. از طرف دیگر، خشکسالی‌های متعدد و پرتکراری که در این دوره اتفاق افتاده، بر دامنه مساله تامین آب در این منطقه افزوده است. از آنجایی که بخش کشاورزی به عنوان یکی از ارکان توسعه در کشورها مطرح می‌شود، از این توجه به منابع پایه به منظور تدوام تولیدات آن ضرورتی انکارناپذیر است؛ بنابراین، در مطالعه حاضر به بررسی اثرات اقتصادی خشکسالی بر الگوی کشت زراعی دشت مهیار جنوبی و زیان‌های رفاهی ناشی از این بحران پرداخته شده است. بدین منظور در این تحقیق، ابتدا با استفاده روش OLS، تابع عرضه آب تخمین و سپس با استفاده از رهیافت ماکزیمم آنتروپی در رویکرد برنامه-ریزی اثباتی (PMP) به تخمین تابع تقاضای آب پرداخته شد. در ادامه به منظور بررسی اثرات خشکسالی بر رفاه کشاورزان و الگوی کشت، از رهیافت برنامه‌ریزی پویا استفاده شد. نتایج نشان داد که با بروز خشکسالی در طی دوره‌های آتی سطح زیر کشت جو و گندم افزایش و ذرت با کاهش مواجه می‌شود و دیگر محصولات دارای تغییرات اندک می‌باشند. همچنین، کاهش عرضه آب ناشی از خشکسالی موجب کاهش مازاد رفاه اجتماعی به مقدار ۱۰۲۰ میلیون ریال می‌گردد و به ازای کاهش یک متر مکعب آب، رفاه به میزان ۱۴۷ ریال کاهش می‌یابد. در مطالعه‌ی فتحی وزیبایی (۱۳۹۰) که در دشت فیروزآباد انجام شده است، مقدار کاهش رفاه برای هر متر مکعب آب برای چاه‌های عمیق ۳۸ ریال بدست آمده است.

با توجه به افت قابل توجه سطح آبخوان آب زیرزمینی در منطقه مورد مطالعه و آثار مضاعف خشکسالی بر روی آن، اتخاذ سیاست‌های سازگاری برای تطابق با این پدیده ضروریست. از طرف دیگر، سیاست-های نهادی نیز به منظور جبران رفاه از دست رفته کشاورزان به میزانی که بتوانند به سطح مطلوبیت قبل از خشکسالی برگردند باید در دستور کار قرار داده شود. همچنین میزان کاهش رفاه در نتیجه کمبود آب می‌تواند معیاری برای تعیین میزان خسارت و یا حق بیمه در منطقه مورد استفاده قرار گیرد. همچنین، از آنجایی که ارزش سایه‌ای هر مترمکعب آب در این تحقیق معادل با ۲۷۳ تومان به ازای هر مترمکعب به دست آمد، پیشنهاد می‌شود که این ارزش به عنوان معیاری برای قیمت‌گذاری آب تلقی شده و زمینه لازم برای مبادله آن را در چارچوب بازار آب فراهم کند.

فهرست منابع

۱. احمدی، الف.، ذوالفقاری ور، م.، نیکویی، ع. و درعلی، م. ۱۳۹۵. ارزیابی اقتصادی پیاده‌سازی بسترفنی بازار آب کشاورزی، مطالعه موردی: بخشی از شبکه آبیاری مهیار. تحقیقات منابع آب ایران. ۲(۳): ۴۹-۳۵.

www.SID.ir

Archive of SID

۲. اسدی، الف. کرامت‌زاده، ع. و اشراقی، ف. ۱۳۹۵. برآورد قیمت تمام شده آب چاه‌های کشاورزی شهرستان گرگان. چهارمین کنفرانس بین المللی ایده‌های نوین در کشاورزی، محیط زیست و گردشگری.

۳. بنی‌اسدی، م.، زارع مهرجردی، م.، مهرابی‌بشرآبادی، ح.، میرزایی خلیل‌آباد، ح.، رضایی‌استخروئیه، ع. ۱۳۹۷. ارزیابی اثرهای جانبی رفاهی برداشت بی‌رویه از آب‌های زیرزمینی (مطالعه موردی ذرت‌کاران دشت ارزوئیه کرمان). مجله تحقیقات اقتصادکشاورزی، ۱۰(۱): ۶۵-۸۶.

٤. جعفری، س.ع. ۱۳۸۳. رویکرد بازار آب و الزامات آن. اقتصاد کشاورزی وتوسعه. ۱۲(٤۸).

۵. حسن‌شاهی، م. ۱۳۹۰. تخمین تابع عرضه اقتصادی آب در بخش کشاورزی، مطالعه موردی شهرستان ارسنجان-فارس/ مجله مطالعات اقتصادی، ۲(۳): ۸۱-۹٤.

٦. خلیلیان، ص. شمشادی، ک. مرتضوی، س. الف. و احمدیان، م. ۱۳۹۳. بررسی اثرات رفاهی ناشی از تغییر اقلیم بر روی محصول گندم در ایران. پژوهشهای اقتصاد و توسعه کشاورزی. جلد۲۸(۳): ۲۹۲-۳۰۰.

۷. داورپناه، غ. ۱۳۸۳. بررسی اثر مواد جاذب رطوبت بر تأمین آب درختکاری در مناطق نیمه خشک. مجله آب و فاضلاب, ۱٦(۱):٦۲-٦۹.

۸. سازمان آب منطقه‌ای استان اصفهان. ۱۳۹٦. گزارش‌های آماری.

۹. سازمان جهاد کشاورزی استان اصفهان. ۱۳۹٦. گزارش‌های آماری.

۱۰. سیدان، م.، کهنسال، م.، قربانی، م. ۱۳۹٦. دستیابی به مسیر بهینه استحصال از منابع آب زیرزمینی با اعمال اثرات جانبی در دشت همدان بهار. پژوهشنامه مدیریت حوزه آبخیر، ۸(۱۵): ۱۹۱-۲۰۱.

۱۱. صبوحی، م. و پرهیزکاری، الف. ۱۳۹۲. تحلیل اثرات اقتصادی و رفاهی تشکیل بازار آب آبیاری در استان قزوین. پژوهشهای اقتصاد و توسعه کشاورزی، ۲۷(٤): ۳۳۸-۳۵۰.

۱۲. صبوحی، م.، سلطانی، غ.، زیبایی، م. ۱۳۸٦. ارزیابی تأثیر تغییرات قیمت آبیاری بر منافع اجتماعی و خصوصی با استفاده از برنامه ریاضی مثبت. علوم و فنون کشاورزی، ۲۱(۳): ۵۳-۷۱.

۱۳. علی‌بلندی، م.، پروا، س.، گودرزی، م. ۱۳۹۵. بررسی ایجاد بازار آب بر روی رفاه کشاورزان با استفاده از روش برنامه ریزی مثبت ریاضی (PMP) مطالعه موردی: حوضه رودخانه تاجان و سد شهید رجایی. سومین کنفرانس مدیریت ایران، تهران.

۱٤. فتحی، ف.، زیبایی، م. ۱۳۹۰. کاهش رفاه ناشی از افت سطح آبهای زیرزمینی در دشت فیروزآباد. اقتصاد و توسعه کشاورزی. ۲۵(۱): ۱۰-۱۹.

۱۵. کرامت‌زاده، ع.، چیذری، الف. و شرزه‌ای، غ. ۱۳۹۲. تحلیل تأثیرات اقتصادی و اجتماعی ایجاد و توسعه بازار آب در بخش کشاورزی، مطالعه موردی اراضی پایین دست سد شیرین دره بجنورد. مجله تحقیقات اقتصادی. ٤۸(۳): ۱۰۷-۱۲۸.

۱٦. کیانی، غ. و باقری، الف. ۱۳۹۵. بررسی پیامدهای اقتصادی بازارهای محلی آب (بررسی موردی شهرستان اردبیل). پژوهش آب ایران.۱۰(۲۰): ۱٦۵-۱۷۱.

۱۷. نوری، ح. ۱۳۹٦. ارزیابی روند مصرف منابع آب زیرزمینی و وضعیت کنونی آن در ایران. سامانه‌های سطوح آبگیر باران، ۵ (۲) :۳۸-۲۹.

۱۸. نیکویی، ع. و نجفی، ب. ۱۳۹۰. آثار رفاهی برقراری بازار آب کشاورزی در ایران، مطالعه موردی شبکه‌های آبیاری اصفهان. اقتصادکشاورزی و توسعه. ۱۹(۷٦): ۸۱-۵۱.

www.SID.ir

Archive of SID

۱۹. یوسفی، ع.، حسن‌زاده، م.، کرامت‌زاده، ع. ۱۳۹۳. بررسی آثار رفاهی تخصیص بازاری منابع آب در اقتصاد ایران. تحقیقات منابع آب ایران، ۱۰(۱): ۱۵-۲۵.

20. American Meteorological Society, 2004. Statement on Meteorological Drought. Bulletin of the American Mathematical Society (85): 771-773.
21. Balali, H., Khalilian, S., Viaggi, D., Bartolini, F., and Ahmadian, M. 2011. Groundwater balance and conservation under different water pricing and agricultural policy scenarios: A case study of the Hamadan-Bahar plain. Ecological Economics, 70(5): 863-872.
22. Esteban, E. and Albiac, J. 2011. Groundwater and ecosystems damages: Questioning the Gisser–Sánchez effect. Ecological Economics, 70(11): 2062-2069.
23. Gleeson T., Wada Y., Bierkens M.F., and van Beek L. P. 2012. Water balance of global aquifers revealed by groundwater footprint. Nature, 488(7410), 197.
24. Gohar A.A., and Cashman A. 2016. A methodology to assess the impact of climate variability and change on water resources, food security and economic welfare. Agricultural Systems, 147:51-64.
25. Gómez-Limón J. A., and Martinez Y. 2006. Multi-criteria modelling of irrigation water market at basin level: A Spanish case study. European journal of operational research, 173(1):313-336.
26. Grafton R. Q., and Horne J. 2014. Water markets in the Murray-Darling basin. Agricultural Water Management, 145(C):61-71.
27. Heim Jr, R.R. 2002. A review of twentieth-century drought indices used in the United States. Bulletin of the American Meteorological Society, 83(8): 1149-1165.
28. Howitt, R. 1995. A Calibration Method for Agricultural Economic Production Model; Journal of Agricultural Economic, 46: 147-159.
29. Liu, X., Zhu, X., Pan, Y., Zhao, A. and Li, Y. 2015. Spatiotemporal changes of cold surges in Inner Mongolia between 1960 and 2012. Journal of Geographical Sciences, 25(3): 259-273
30. Maas A., Dozier A., Manning D. T., and Goemans C. 2017. Water storage in a changing environment: the impact of allocation institutions on value. Water Resources Research, 53(1):672-687.
31. Molden, D. 2007. Water for food, water for life: a comprehensive assessment of water management in agriculture.
32. Najafi Alamdarlo, H., Pourmozafar, H., and Vakilpoor, M. H. 2019. Improving demand technology and internalizing external effects in groundwater market framework, case study: Qazvin plain in Iran. Agricultural water management, 213, 164-173.
33. Rezaei A., and Mohammadi Z. 2017. Annual safe groundwater yield in a semiarid basin using combination of water balance equation and water table fluctuation. Journal of African Earth Sciences, 134, 241, 248.
34. Tallaksen L. M. and Van Lanen H.A. 2004. Hydrological drought: processes and estimation methods for streamflow and groundwater (Vol. 48). Elsevier.
35. Voss K.A., Famiglietti J.S., Lo M., Linage C., Rodell M., and Swenson S.C. 2013. Groundwater depletion in the Middle East from GRACE with implications for transboundary water management in the Tigris-Euphrates-Western Iran region. Water resources research, 49(2):904-914.
36. Wichelns D. 1999. Economic efficiency and irrigation water policy with an example from Egypt. International Journal of Water Resources Development, 15(4):543-560.
37. Wu, J., Zhou, L., Liu, M., Zhang, J., Leng, S. and Diao, C. 2013). Establishing and assessing the Integrated Surface Drought Index (ISDI) for agricultural drought monitoring in mid-eastern China. International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, 23: 397-410.
38. Wu, J., Zhou, L., Mo, X., Zhou, H., Zhang, J. and Jia, R. (2015. Drought monitoring and analysis in China based on the Integrated Surface Drought Index (ISDI). International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, 41: 23-33.

www.SID.ir

Archive of SID

39. Zaveri E., Grogan D.S., Fisher-Vanden K., Frolking S., Lammers R.B., Wrenn D.H., and Nicholas R.E. 2016. Invisible water, visible impact: groundwater use and Indian agriculture under climate change. Environmental Research Letters, 11(8): 084005.
40. Zekri S., and Easter W. 2005. Estimating the potential gains from water markets: a case study from Tunisia. Agricultural Water Management, 72(3):161-175.
41. Zhang, R., Gao, H., Zhu, W., Hu, W. and Ye, R. 2015. Calculation of permissible load capacity and establishment of total amount control in the Wujin River Catchment—a tributary of Taihu Lake, China. Environmental Science and Pollution Research, 22(15): 11493-11503.

www.SID.ir

Archive of SID

Effects of Drought on Cultivation Pattern and Welfare of Farmers in South Mahyar Plain

A. Jami, H. Najafi Alamdarlo[1] , and S.A. Mortazavi
M.Sc., Agricultural Economics Department, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran.
anisejami@gmail.com
Associate Professor, Agricultural Economics Department, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran.
hamed_najafi@modares.ac.ir
Assistant Professor, Agricultural Economics Department, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran.
samortazavi@modares.ac.ir

Received: July 2020 and Accepted: September 2020

Abstract

Groundwater resources in the world are experiencing significant reductions due to climate change and drought. Therefore, in order to make appropriate decisions by managers and planners, forecasting and studying the economic effects of drought is essential. Thus, the purpose of this study was to investigate the welfare effects of drought on groundwater beneficiaries. Accordingly, the present study investigated the economic effects of drought and its impact on the cultivation pattern of the southern Mahyar Plain and changes in social welfare in the 2016-2017 crop years, using the groundwater market approach. For this purpose, three approaches of regression estimation, positive mathematical programming, and dynamic programming were used. The results showed that in drought conditions, the area under barley and wheat cultivation increased and the area under corn decreased. Other results showed that the reduction of water supply due to drought would reduce the social welfare by 1020 million Rials (based on 2016 prices). Therefore, it is suggested that the amount of welfare lost by farmers due to water shortages should be a criterion for determining the amount of compensatory payments.

Keywords: Water supply, Water demand, Dynamic programming, Groundwater market

[1] - Corresponding author: Agricultural Economics Department, Tarbiat Modares University, Tehran

www.SID.ir