بررسی وضعیت پایداری و تعادل سفره آب زیرزمینی در جهت دستیابی به مدیریت پایدار(مطالعه موردی: حوضه آبریز نیشابور)

سمیه شیرزادی[۱]، محمود صبوحی صابونی*[۲]

تاریخ دریافت: ۹۳/۰۷/۰۲ تاریخ پذیرش: ۹۳/۱۰/۰۱

چکیده

برداشت‌های مکرر از چاه‌های بهره‌برداری مجاز و غیرمجاز موجب شده که میزان تغذیه سفره آب‌های زیرزمینی از راه‌های مختلف نتواند با مقدار برداشت از آن به تعادل برسد و اثرات جبران‌ناپذیری از جمله بیلان منفی آب زیرزمینی و کاهش غیرقابل برگشت حجم آبخوان را سبب شود. در مطالعه‌ی حاضر، وضعیت تعادلی حوضه‌ی آبریز نیشابور با استفاده از محاسبه‌ی آب تجدیدپذیر و شاخص(نسبت مصرف به آب تجدیدپذیر) در سه وضعیت سال آبی نرمال، خشک و تر مورد بررسی قرارگرفت. نتایج نشان داد که حوضه‌ی آبریز نیشابور در وضعیت عدم تعادل بیلان قرار دارد. با توجه به اینکه بیش از ۹۵٪ برداشت از منابع آب زیرزمینی برای مصارف کشاورزی می‌باشد، بنابراین الگوی کشت بهینه براساس مقادیر آب تجدیدپذیر در منطقه با هدف تامین حداکثر سود کشاورزان تعیین شد که براساس نتایج، حدود ۴۳۰۰۰ هکتار از اراضی منطقه تحت آبیاری غیرمجاز می‌باشند. همچنین نتایج حاصل از تحلیل حساسیت مدل برنامه‌ریزی ریاضی نشان داد که در دو وضعیت آب تجدیدپذیر(تر سالی و خشکسالی) قیمت سایه‌ای آب در فصل بهار بین مقادیر(۸۰۴/۷ تا ۱۶۰۷)، تابستان(۲۰۰ تا ۳۰۵۰) و پاییز و زمستان بین (۰ تا ۴۳۰) ریال می‌باشد. نتایج تخمین تابع تقاضا و سنجش میزان واکنش کشاورزان به تغییرات قیمت آب نشان داد که با تغییر قیمت آب، انگیزه‌ی تغییر الگوی کشت، تخصیص مجدد و مصرف بهینه‌ی آب با کشت محصولات کم آب تر و صرفه‌جویی در مصرف آب در کشاورزان به‌وجود می‌آید.

طبقه‌بندی *JEL*: *C61, Q01, Q20, Q25*

واژه‌های کلیدی: آب تجدید پذیر، قیمت آب، تعادل آب زیرزمینی، حوضه آبریز نیشابور.

۱- دانشجوی دکترای گروه اقتصاد کشاورزی دانشگاه زابل.

۲- دانشیار گروه اقتصاد کشاورزی، دانشکده کشاورزی دانشگاه زابل.

* نویسنده مسئول مقاله: shirzady24@gmail.com

Archive of SID

www.SID.ir

پیشگفتار

رشد جمعیت و گسترش سطح زیرکشت آبی در سه دهه‌ی اخیر بهره‌برداری از منابع آب در سراسر جهان را افزایش داده و موجب پیشی گرفتن تقاضا بر عرضه‌ی جهانی و در نهایت کم آبی منابع آب شده است(هیلگرز، ۲۰۰۲). اهمیت منابع آب زیرزمینی در کشورهایی نظیر ایران که در منطقه‌ی نیمه خشک واقع شده است، بر هیچ کس پوشیده نیست. با توجه به عدم وجود رودخانه‌های دائمی، منابع آب زیرزمینی در اکثر مناطق کشور تنها منبع قابل اتکا جهت فعالیت‌های مختلف کشاورزی و صنعتی می‌باشد. بنابراین، حفظ و صیانت از منابع مذکور باید در اولویت برنامه‌های مدیریت منابع آب کشور قرار گیرد(مطالعات پایه منابع آب خراسان رضوی، ۱۳۸۹).

کشاورزی ایران وابسته به استحصال آب‌های زیرزمینی است. برداشت بیش از حد منابع آب زیرزمینی در چند دهه‌ی اخیر منجر به کاهش قابل ملاحظه‌ی سطح ایستابی در بیشتر دشت‌های کشور شده است(فتحی و زیبایی، ۱۳۸۹). در استان خراسان نیز کاهش فاکتور تغذیه‌کننده‌ی بارش از یک سو و برداشت‌های مکرر از چاه‌های بهره‌برداری مجاز و غیرمجاز از طرف دیگر موجب شده که میزان تغذیه از راه‌های مختلف نتواند با مقدار برداشت به تعادل برسد و بیلان منفی آب زیرزمینی را سبب می‌شود که افت سطح آب زیرزمینی، کاهش حجم مخازن آنها، کاهش آبدهی چاه‌ها، چشمه‌ها، قنوات، جابه‌جایی و کف‌شکنی چاه‌ها، افزایش هزینه‌ی پمپاژ از عمق، فرونشست زمین و کاهش غیرقابل برگشت حجم آبخوان، در بیشتر مناطق را به دنبال داشته است(وزارت نیرو، ۱۳۸۷).

تعادل پایدار آب زیرزمینی بستگی به فعالیت‌های انسانی و پارامترهای هیدروژئولوژیکی دارد. لوبزینسکی(۲۰۰۶). از جمله فعالیت‌های انسانی، می‌توان به الگوی کشت کشاورزان و احداث گلخانه، اصلاح الگوی مصرف آب کشاورزی، راندمان آبیاری و تعیین قیمت آب اشاره نمود(گروه مطالعات پایه منابع آب، ۱۳۹۱).

در میان‌مدت یکی از راهکارهای حل مشکل کمبود آب با توجه به عرضه‌ی محدود و متغیر آن، مدیریت تقاضای منابع آب و بهره‌گیری از ابزارهای مدیریتی همسو شامل سیاست‌های قیمت‌گذاری آب و سیاست‌های متناسب در بخش کشاورزی است. برخی از محققین معتقدند که اگرچه سیاست‌های نادرست سازمانی باعث بهره‌برداری غیر بهینه از منابع آب می‌گردد، اما قیمت پایین منابع آب و عدم پرداخت زارعین برای بهره‌برداری از آن منشاء اصلی ناکارآمدی در بهره‌برداری از منابع آب در بخش کشاورزی و تخریب آن است(دینار، ۲۰۰۰).

محور قرار دادن بخش کشاورزی برای توسعه‌ی کشور، افزایش سطح زیرکشت اراضی آبی و به‌دنبال آن حفر بی‌رویه‌ی چاه‌های عمیق، بهره‌برداری افسار گریخته از این منابع آبی را در پی داشته است.

Archive of SID

www.SID.ir

غافل از اینکه تنها حجم محدودی از منابع آب زیرزمینی از نفوذ سالانه‌ی بارش تامین می‌شود و مقدار بیشتر حجم آب‌های زیرزمینی از گذشته‌های بسیار دور(بیش از میلیون‌ها سال قبل تاکنون) ذخیره شده که جزء منابع غیر تجدیدشونده به‌شمار می‌روند. مصرف بی‌رویه از منابع آب غیر تجدیدشونده در سه دهه‌ی قبل منجر به افت سطح آب زیرزمینی شد و مسئولین وقت را بر آن داشت تا حفر چاه و شرایط بهره‌برداری از چاه‌ها را محدود نموده و برخی دشت‌ها را ممنوعه اعلام نمایند. اما با این وجود حفر چاه‌ها(مجاز یا غیرمجاز) همچنان ادامه دارد. با توسعه‌ی فعالیت‌های اقتصادی(به‌خصوص کشاورزی) طی سالیان اخیر، تعداد چاه‌های حفر شده در کلیه‌ی دشت‌های استان خراسان دارای سیر صعودی بوده است، به‌طوری که حجم استحصال آب از طریق چاه‌ها بر اساس آخرین آماربرداری، به حدود ۱۱ برابر کل آبدهی قنوات استان رسیده است(گروه مطالعات پایه منابع آب، ۱۳۹۰).

حوضه‌ی آبریز نیشابور از جمله حوضه‌هایی است که با مشکلات برداشت بی‌رویه و کسری مخزن در چند سال اخیر روبرو شده است. منطقه‌ی مورد مطالعه شامل دو محدوده‌ی مطالعاتی رخ و نیشابور می‌باشد که همگی در حوضه‌ی آبریز کویر مرکزی می‌باشند. منطقه‌ی مورد مطالعه با وسعت ۹۳۴۹/۰۱۵ کیلومترمربع در محدوده‌ی ۵۸ درجه و ۲۰ دقیقه تا ۵۹ درجه و ۳۰ دقیقه طول شرقی و ۳۵ درجه و ۳۰ دقیقه تا ۳۶ درجه و ۵۵ دقیقه عرض شمالی واقع شده است. این منطقه از شمال به خط‌الراس ارتفاعات بینالود، از شرق به بلندی‌های لیلا جوق و یالپلنگ، از جنوب به تپه ماهورهای نیزه بند، سیاه کوه، کویر نمک و از غرب به حوضه‌ی آبریز دشت سبزوار محدود می‌شود. مهم‌ترین آبراهه‌ای که در منطقه وجود دارد، کال شور نیشابور می‌باشد. منابع آب زیرزمینی دشت نیشابور شامل ۲۳۹۶ حلقه چاه عمیق و نیمه عمیق، ۹۰۸ دهنه چشمه و ۸۳۲ رشته قنات با مصارف مختلف کشاورزی، شرب، صنعت، دامداری، بهداشت می‌باشد که حدود ۹۶٪ آب استخراجی از منابع زیرزمینی صرف فعالیت‌های کشاورزی می‌شود(گزارش آب‌های زیرزمینی و مدیریت به هم پیوسته‌ی منابع آب نیشابور؛ سبزوار، ۱۳۸۹). کل سطح زیرکشت منطقه حدود ۶۵۰۰۰ هکتار شامل محصولات زراعی و باغی می‌باشد که از این میان ۹۷٪ سطح زیرکشت منطقه به محصولات زراعی و تنها ۴٪ آن به محصولات باغی اختصاص دارد. عمده محصولات کشاورزی منطقه شامل گندم، جو، چغندر قند و پنبه می‌باشد که حدود ۶۱۰۰۰ هکتار از اراضی کشاورزی منطقه را به‌خود اختصاص داده‌اند. وقوع خشکسالی‌ها و توسعه‌ی کشاورزی نامتناسب با وضعیت آبی در منطقه، موجب بهره‌برداری شدید از منابع آب غیرقابل تجدید شده است. سهم مصارف در بخش‌های مختلف و میزان تخصیص سالانه‌ی آب در جداول ۱ و ۲ نشان داده شده که بیان‌کننده‌ی این مطلب می‌باشد. مقدار برداشت از منابع سطحی و زیرزمینی منطقه تقریبا ۱/۵ برابر نیاز ناخالص

Archive of SID

www.SID.ir

آبی محصولات عمده‌ی کشاورزی منطقه می‌باشد که نشان‌دهنده‌ی برداشت بیش از حد و بدون نظارت منابع آب در شرایط کمبود آب می‌باشد و سبب داشتن آبی با کیفیت نامناسب(بالا بودن شوری آب در بیشتر مناطق حوضه به‌ویژه نواحی غربی حوضه نیشابور) شده است(مطالعات پایه منابع آب خراسان رضوی، ۱۳۹۱).

با اتمام آب تجدیدپذیر، آب تجدیدناپذیر از لایه‌های زیرین مورد برداشت قرار می‌گیرد که اثرات جبران‌ناپذیری را به‌دلیل عدم فرصت و زمان کافی برای تجدید منبع آب کمتر از سرعت برداشت آن، به‌دنبال خواهد داشت. با توجه به موارد ذکر شده، بدون آسیب زدن به تولید کشاورزان یافتن راه‌هایی برای مدیریت آب مورد نیاز می‌باشد. مدیریت مصرف منابع آب زیرزمینی در بخش کشاورزی می‌تواند کمک شایانی در بهبود وضع نابسامان سفره‌ی آب‌های زیرزمینی این حوضه داشته باشد.

در زمینه‌ی مسائل مربوط به پایداری و تعادل حوضه‌های آب زیرزمینی و قیمت‌گذاری آن، در ایران و دیگر نقاط جهان مطالعات بسیاری صورت گرفته است.

سینگ(۲۰۰۷) در مطالعه‌ای با عنوان قیمت‌گذاری منطقی آب ابزاری برای بهبود کارایی استفاده از آب در بخش کشاورزی در گجرات هند نشان داد که شکاف بزرگی بین قیمت و ارزش آب آبیاری وجود دارد و افزایش قابل ملاحظه‌ای در قیمت آب نیاز است تا عرضه و تقاضا متعادل شوند.

هانگ و همکاران(۲۰۰۶) نیز در بررسی قیمت‌گذاری آب آبیاری در چین به این نتیجه رسیدند که اگر قیمت صحیحی برای آب تعیین شود، کشاورزان نسبت به آن به‌طور کامل حساس خواهند بود.

مایلوپلاس و همکاران(۲۰۰۹) جنبه‌های مختلف مدیریت منابع آب و توسعه‌ی اقتصادی در ناحیه‌ی تیسالی یونان که با معضل منابع آب روبرو بودند را مورد بررسی قرار دادند. آنها برای رسیدن به توسعه‌ی پایدار کشاورزی، یک سری تغییراتی در الگوی کشت، ارزیابی اقتصادی منابع محیطی مختلف بر اساس قیمت‌گذاری آب، آموزش و مشارکت مردم در نواحی روستایی را پیشنهاد کردند.

لوتز و همکاران(۲۰۰۷) به منظور مدیریت بهتر آب زیرزمینی در حوضه‌ای کوچک در شمال غنا، با استفاده از یک مدل مفهومی جریان آب زیرزمینی مشخص کردند که سرعت تخلیه‌ی آب چاه‌ها به‌طور معنی‌داری از تغذیه‌ی سالانه‌ی آب زیرزمینی حوضه کمتر است. همچنین نتایج مدل برای چندین سناریوی مختلف از قبیل افزایش جمعیت و کاهش باران در آینده نیز نشان داد که باز هم تخلیه‌ی آب زیرزمینی کمتر از تغذیه‌ی آن خواهد بود.

لوکاس و همکاران(۲۰۰۷) منابع آب زیرزمینی تجدیدپذیر را حجم تغذیه آب زیرزمینی در نظر گرفتند و با فرض ناچیز بودن حرکت آب زیرزمینی در دوره‌های ماهانه و در دسترس بودن کل تغذیه‌ی آب زیرزمینی برای زیرحوضه تخمین زدند. لازم به ذکر است که آنها منابع آب سطحی

Archive of SID

www.SID.ir

قابل استفاده و تجدیدپذیر حوضه را نیز آب موجود در مخازن کوچک و بزرگ و تالاب‌های واقع در آن در نظر گرفتند.

راسکین(۱۹۹۷) و همکاران شاخص کمبود منابع آبی را برحسب میزان برداشت سالانه از منابع آب تجدیدشونده‌ی کشور تعریف کردند. بر اساس این تعریف اگر میزان برداشت آب یک کشور بیش از ۴۰٪ کل منابع آب تجدید شونده باشد، آن کشور با بحران شدید آب مواجه است.

بلالی و همکاران(۲۰۱۱) حفاظت و تعادل آب زیرزمینی را تحت سناریوهای مختلف سیاست کشاورزی و قیمت‌گذاری آب در دشت بهار همدان مورد مطالعه قرار دادند. نتایج نشان داد که قیمت‌گذاری آب، به‌طور قابل ملاحظه‌ای می‌تواند تقاضای آب زیرزمینی برای بخش کشاورزی را کاهش دهد.

بلالی و همکاران(۱۳۸۹) به بررسی تاثیر قیمت‌گذاری آب آبیاری بر حفظ و بهره‌برداری منابع آب زیرزمینی و شرایط اقتصادی بخش کشاورزی در دشت همدان- بهار با بهره‌گیری از مدل برنامه‌ریزی پویا پرداختند. نتایج تحقیق نشان داد که در صورت ادامه‌ی شرایط فعلی حاکم بر قیمت آب آبیاری در منطقه‌ی مورد مطالعه، آبخوان با بیلان منفی بیش از ۱۷۱ میلیون متر مکعب و با کاهش ارتفاع سطح آب زیرزمینی معادل ۴/۲۸ متر در انتهای دوره‌ی برنامه‌ریزی پنج ساله مواجه خواهد شد. با افزایش قیمت آب آبیاری در قالب سیاست‌های کشاورزی علیرغم کاهش نسبی منافع اقتصادی در بخش کشاورزی بیلان منفی آب آبخوان تعدیل یافته، به‌طوری که در ازای قیمت ۱۵۰۰ ریال برای هر متر مکعب آب بیلان حجم آب آبخوان به صفر رسیده و مثبت می‌گردد.

عبداللهی عزت آبادی(۱۳۸۶) با بررسی اقتصادی گزینه‌های مختلف مقابله با کم آبی در مناطق پسته‌کاری شهرستان رفسنجان به این نتیجه دست یافتند که با وجود کمبود و محدودیت منابع آب، به علت ارزش اقتصادی بالا، مصرف این نهاده‌ی کشاورزی بسیار بالاست و این عدم تعادل سبب تخریب منابع، افت آب‌های زیرزمینی و کاهش کیفیت منابع آب در منطقه‌ی مورد مطالعه شده است. این وضعیت با ارائه‌ی قوانین، برنامه‌ها و نهادهای مناسب در ارتباط با ارزش واقعی آب به‌عنوان معیار مبادله‌ی آب در منطقه تعدیل می‌شود.

بریم نژاد و یزدانی(۱۳۸۷)، تحلیلی از پایداری در مدیریت منابع آب در بخش کشاورزی با استفاده از روش برنامه‌ریزی کسری ارائه نموده و راهبردهایی برای بهینه‌سازی مدیریت مصرف آب در جهت استفاده‌ی پایدار از این نهاده در بخش کشاورزی پیشنهاد کردند.

صبوحی و همکاران(۱۳۸۶) در مطالعه‌ای موردی به ارزیابی راهکارهای مدیریت منابع آب زیرزمینی در دشت نریمانی در استان خراسان پرداختند. در این مطالعه راهکارهای مختلف مدیریت منابع آب زیرزمینی مقایسه گردید. نتایج نشان داد که راهکار بهره‌برداری از آب‌های زیرزمینی و سیاست

Archive of SID

www.SID.ir

مالیاتی، نسبت به گزینه‌های دیگر امکان رسیدن به بهره‌برداری پایدار از آب‌های زیرزمینی را فراهم می‌کند.

اسدی و همکاران(۱۳۸۶)، آب اراضی زیرسد طالقان را قیمت‌گذاری و کشش قیمتی تقاضای آب را محاسبه کردند. در این مطالعه از روش‌های برنامه‌ریزی خطی و اقتصادسنجی برای برآورد تابع تقاضای آب آبیاری و قیمت سایه‌ای آب استفاده شد. نتایج نشان داد که در بیشتر نواحی، تقاضای آب نسبت به قیمت بی‌کشش و بازده نهایی آب بیشتر از آب بها است.

سلطانی(۱۳۷۲) با به‌کارگیری روش برنامه‌ریزی خطی به تعیین آب بها و تخصیص آب در اراضی زیر سد درودزن فارس و تعیین قیمت سایه‌ای پرداخته و به این نتیجه رسید که بازده نهایی آب در منطقه بسیار بالاتر از آب‌بهای دریافتی و هزینه‌ی تولید و توزیع آب بوده و تغییر الگوی کشت و افزایش بازده آبیاری، درآمد کشاورز را می‌افزاید.

ولایتی(۱۳۸۷) در مطالعه‌ی بحران آب استان خراسان با مقایسه و تحلیل متوسط بارندگی سالانه و هیدروگراف آبخانه دشت های خراسان رضوی، به این نتیجه رسید که عامل اصلی بحران آب در کنار خشکسالی‌ها، اضافه برداشت‌های مستمری است که توسط چاه‌های عمیق از آبخانه‌ی دشت‌ها صورت می‌گیرد. از نتایج مطالعات دیگر در زمینه‌ی پایداری منابع زیرزمینی و قیمت‌گذاری می‌توان به مطالعات گارسیا و رگنود(۲۰۰۴)، گومز و ریسگو(۲۰۰۴)، هان و زانگ(۲۰۰۷)، مولی و همکاران(۲۰۰۸)، محمدی(۱۳۸۶)، عابدی شاپور آبادی(۱۳۸۱) و حسین‌زاد(۱۳۸۷) اشاره کرد که دلالت بر این دارند که قیمت‌گذاری آب در بخش کشاورزی یکی از مهم‌ترین ابزارها برای کنترل بهره‌برداری بی‌رویه‌ی آب و تخریب این منابع است.

لذا هدف تحقیق حاضر، مطالعه‌ی وضع موجود و بررسی سطح تعادل و مقادیر آب تجدیدپذیر منابع آب زیرزمینی حوضه‌ی آبریز نیشابور می‌باشد که در این راستا، وضعیت حوضه بررسی و با استفاده از محاسبه‌ی آب تجدیدپذیر سطح تعادل و یا عدم تعادل حوضه مشخص و با اختصاص آب تجدیدپذیر، قیمت آب کشاورزی تعیین و در نهایت الگوی کشت مناسب و بهینه برای دستیابی به کشاورزی پایدار در منطقه و تعادل سفره‌های آب زیرزمینی ارائه گردید. آمار و اطلاعات مربوط به سطوح زیرکشت محصولات منطقه، حجم نزولات جوی سالانه در حوضه، برداشت از آب‌های زیرزمینی، کسری مخازن و برداشت از آب‌های سطحی از اداره‌ی جهاد کشاورزی و شرکت آب منطقه‌ای خراسان رضوی دریافت شد.

Archive of SID

www.SID.ir

مواد و روش‌ها

در ابتدا وضعیت فعلی حوضه‌ی آبریز نیشابور از نظر تعادل بیلان و تحلیل وضعیت پایداری منابع آب مورد بررسی قرار گرفت. با محاسبه‌ی حجم آب تجدیدپذیر، می‌توان با استفاده از شاخص‌های پایداری یعنی(شاخص نسبت مصرف به آب تجدید پذیر[1]) تعادل حوضه را مورد ارزیابی قرار داد. آسانو(۲۰۰۶) نسبت مصرف به آب تجدیدشونده را به‌عنوان شاخصی برای پایداری منابع آب معرفی کرد. مقادیر بحرانی نسبت مصرف(C) به آب تجدیدپذیر (RW) در جدول ۳ ارائه شده است.

آب تجدیدپذیر[2]

منابع آب یک حوضه به دو بخش آب تجدیدپذیر و آب غیرقابل تجدید تقسیم می‌شوند. منابع آب غیر قابل تجدید[3] قسمت‌هایی از آب زیرزمینی است که سرعت تغذیه در آن ناچیز می‌باشد. آب تجدیدپذیر نیز مقدار آبی است که حوضه طی چرخه‌ی آبی سالیانه توانایی بازیابی آن را دارد. به‌عبارتی دیگر، آبی که مرتب و در طی زمانی معقول توسط چرخه‌ی آب تجدید گردد، مانند رودخانه‌ها، مخازن یا هر منبع دیگری که توسط بارندگی یا رواناب دوباره پر گردد، تجدیدپذیر محسوب می‌گردد. تجدیدپذیری یک منبع آب به میزان طبیعی تغذیه و میزان آبی که برای مصارف انسانی برداشت می‌گردد، وابسته است. اگر آب با سرعتی بیش از سرعت تغذیه‌ی منبع آن برداشت گردد، تجدیدپذیر محسوب نمی شود(آسانو، ۲۰۰۶).

برای برآورد حجم آب تجدیدپذیر حاصل از بارش در هر حوضه‌ی آبریز، نیاز به برقراری بیلان آبی برای یک دوره‌ی مشخص می‌باشد. معمولا بخش وسیعی از نزولات جوی به‌وسیله‌ی تبخیر و تعرق از دسترس خارج می‌شود و فقط درصدی از بارش تبدیل به رواناب سطحی شده و یا موجب تغذیه‌ی سفره‌های آب زیرزمینی می‌شود. درصد تبخیر، رواناب و نفوذ حاصل از باران در هر حوضه‌ی آبریز با توجه به ویژگی‌های فیزیکی و اقلیمی آن تقریبا معین است(گروه مطالعات پایه منابع آب خراسان رضوی، ۱۳۹۱). از آنجایی که با تغییرات حجم بارش در سال‌های خشک و مرطوب، حجم آب تجدیدشونده نیز تغییر می‌کند؛ لذا بایستی تغییرات حجم آب تجدیدشونده در سال‌های خشک و مرطوب مدنظر قرار گیرد. بدین منظور در این مطالعه با به‌کارگیری شاخص خشکسالی SPI[4]، سال آبی ۷۷-۱۳۷۶ به‌عنوان معرف ترسالی و سال آبی ۸۷-۱۳۸۶ به‌عنوان معرف خشکسالی انتخاب و حداقل و حداکثر حجم آب تجدیدشونده‌ی حوضه برآورد شد که به‌صورت رابطه‌ی زیر می باشد.

1- Consumption/ Renewable water
2- Renewable water
3- Non-renewable water
4- Standard Perspiration Index (SPI)

Archive of SID

www.SID.ir

$$SPI = \frac{(P_i - P)}{s} \quad (۱)$$

در رابطه‌ی ۱، P_i بارندگی سال مورد نظر، P میانگین بارندگی بلندمدت و S انحراف معیار بلندمدت بارندگی است. اگر شاخص یادشده بیشتر از ۱ ترسالی و اگر کمتر از ۱- باشد، خشکسالی وجود دارد. اعداد بین ۱ و ۱- نشان‌دهنده‌ی سالی با بارندگی نرمال است(نجفی حاجی‌پور و همکاران، ۱۳۸۵).

برای محاسبه‌ی آب تجدیدپذیر از معادله‌ی بیلان منابع آب در حوضه‌ی آبریز استفاده شد که به صورت رابطه‌ی ۲ بیان می‌شود(تد و میز، ۲۰۰۵).

$$P - ET + R_i - R_o + G_i - G_o - C_g - C_r = \Delta s \quad (۲)$$

در این رابطه، P حجم باران، ET تبخیر و تعرق، R_i و R_o به‌ترتیب رواناب‌های ورودی و خروجی، G_i و G_o به‌ترتیب جریان‌های زیرزمینی ورودی و خروجی C_g و C_r به‌ترتیب مصرف آب‌های زیرزمینی و سطحی و Δs معرف تغییرات ذخیره‌ی آب در حوضه می‌باشد. با توجه به معادله‌ی بالا، بیلان منابع آب زیرزمینی به‌صورت زیر تعریف می‌گردد(تد و میز، ۲۰۰۵).

$$I + I_r + G_i - U_g - G_o = \Delta V \quad (۳)$$

$$I = P - ET - R \quad (۴)$$

در روابط ۳ و ۴، I و R به‌ترتیب معرف حجم آب نفوذیافته و رواناب سطحی ناشی از باران، U_g برداشت از منابع آب زیرزمینی و I_r معرف آب برگشتی و ΔV تغییرات حجم آبخوان می‌باشد.

بنابر توضیحات ارائه شده، آب تجدیدپذیر(RW) به‌صورت زیر تعریف می‌گردد:

$$RW = (R + I) + (R_i + G_i) - (R_o + G_o) \quad (۵)$$

$$RW = RW_r + RW_g \quad (۶)$$

سهم آب‌های سطحی از منابع تجدیدشونده(RW_r) و سهم آب‌های زیرزمینی از منابع تجدیدشونده (RW_g) می‌باشد(رس، ۱۹۷۹).

محاسبه مقدار مصرف

$$C = (U_r + U_g) - I_r \quad (۷)$$

که در آن U_g برداشت از منابع آب زیرزمینی، U_r برداشت از منابع آب سطحی، I_r آب برگشتی و C مصرف می‌باشد.

عناصر بیلان آب زیرزمینی دشت نیشابور شامل عوامل تغذیه‌ای نظیر تغذیه‌ی زیرزمینی، تغذیه از نزولات جوی، برگشت آب کشاورزی و تغذیه از طریق جریان‌های سطحی می‌باشد. عوامل تخلیه نیز شامل خروجی زیرزمینی، چاه‌های بهره برداری، چشمه و قنات می‌باشد(مطالعات پایه منابع آب، ۱۳۸۹).

Archive of SID

www.SID.ir

میزان تغذیه از نزولات جوی به عوامل متعددی مانند مقدار و شدت بارش، توپوگرافی سطح زمین، جنس و رطوبت خاک سطحی و عوامل دیگر بستگی دارد. با توجه به عوامل مذکور و دیدگاه کارشناسی مهندسان منابع آب، میزان تغذیه‌ی حاصل از نزولات جوی در محدوده‌ی آبخوان دشت نیشابور حدود ۵٪ در نظر گرفته شده است.

باتوجه به جنس و دانه‌بندی رسوبات کف بستر مسیل‌ها، مقدار جریان و شدت آن، مدت زمان جریان بر اساس دیدگاه کارشناسی مقدار تغذیه از طریق جریان‌های سطحی حدود ۱۵٪ در نظرگرفته شد.

میزان آب برگشتی نیز بر اساس دیدگاه کارشناسی حدود ۲۰٪ حجم آب برداشت شده توسط چاه‌های بهره‌برداری در نظر گرفته شد.

در سال‌های اخیر به‌دلیل گسترش سطح زیرکشت محصولات با نیاز آبی بالا و برداشت‌های بی‌رویه، سطح آب در دشت نیشابور به شدت کاهش یافته و منابع آب زیرزمینی به‌عنوان مهم‌ترین منبع تامین‌کننده‌ی آب مورد نیاز این دشت با خطر جدی تخریب مواجه گردیده است. در این مدت تلاش‌های متعددی از سوی سیاست‌گذاران محلی به‌منظور کنترل تخلیه‌ی شدید منابع آب زیرزمینی دشت صورت پذیرفته، ولی نتایج این سیاست‌ها کارساز نبوده و ادامه‌ی بهره‌برداری بی‌رویه از منابع آب زیرزمینی باعث افت شدید در طول دو دهه‌ی اخیر شده است(گروه مطالعات پایه منابع آب خراسان رضوی، ۱۳۹۱).

با توجه به وضعیت خاک و هوای مناسب منطقه‌ی نیشابور، تدوین الگوی کشت متناسب با مقدار آب زیرزمینی حوضه و تعیین قیمت آب کشاورزی لازم و ضروری می‌باشد تا بتوان با مدیریت صحیح در میزان برداشت از منابع آب حوضه به کشاورزی پایدار در سال‌های آتی نیز دست یافته و فرصت احیاء دوباره‌ی سفره‌ی آب زیرزمینی حوضه را با کشت محصولاتی کم‌آب‌تر و احداث گلخانه‌ها، تامین نمود.

قیمت کنونی آب‌های زیرزمینی برای کشاورزان در ایران و از جمله دشت نیشابور برابر قیمت تمام شده‌ی آن می‌باشد که بستگی به مقدار آبدهی و عمق چاه و وضعیت اقلیمی منطقه دارد و شامل هزینه‌های گرفتن پروانه‌ی حفر، حفر چاه، خرید موتور پمپ، لوله‌گذاری و هزینه‌های جاری شامل سوخت، روغن، تعمیر و نگه داری است. قیمت تمام شده‌ی هر مترمکعب آب براساس محاسبه‌ی انجام شده از طرف اداره‌ی آب منطقه‌ای خراسان رضوی که به ازای هر مترمکعب مصرف اضافی آب از کشاورزان دریافت می‌نمایند، مبلغ ۴۶۰ ریال می‌باشد که در واقع قیمت کنونی آب برای کشاورزان است. قیمت صحیحی که می‌توان برای آب در نظر گرفت، برابر با ارزش تولید نهایی آن

Archive of SID

www.SID.ir

(VMP[1]) است. در این صورت قیمت آب ارزش اقتصادی آن را منعکس می‌کند(هانگ و همکاران، ۲۰۰۶).

در این مطالعه، این قیمت با استفاده از روش برنامه‌ریزی ریاضی تعیین می‌شود. پس از حل مدل برنامه‌ریزی ریاضی، با تغییر مقادیر آب در دسترس(سمت راست مدل) قیمت‌های سایه‌ای متفاوت برای آب محاسبه می‌شود که با تخمین رگرسیون خطی بین مقادیر آب در دسترس و قیمت‌های سایه‌ای، تابع تقاضای آب به‌دست می‌آید(سلطانی، ۱۳۷۲). براساس تابع تقاضا می‌توان میزان حساسیت کشاورزان به قیمت آب را تعیین کرد. قیمت پیشنهادی برای آب کشاورزی برابر اختلاف قیمت تمام شده و قیمت سایه‌ای می‌باشد.

لذا به شرط تخصیص آب تجدیدشونده‌ی حوضه‌ی آبریز نیشابور به آبیاری، مدل برنامه‌ریزی به‌کار رفته در این مطالعه با هدف حداکثرسازی سود کشاورزان به‌صورت زیر تشریح شد.

$$MaxZ = \sum_{j=1}^{4} c_j X_j \qquad (۱۰)$$

که Z سود ناخالص کل، c_j درآمد ناخالص محصول j در یک هکتار، X_j: سطح زیرکشت محصول jام می‌باشد.

محدودیت‌های مدل نیز شامل:

$$\sum_{j=1}^{4} a_j X_j \le \sum_{r=1}^{3} W_r \qquad (۱۱)$$

که a_j: نشان‌دهنده‌ی میزان نیاز آبی ماهانه‌ی هر هکتار از محصول jام و W_r کل آب تخصیصی ماهانه از کلیه‌ی منابع آب(چاه=۱، چشمه=۲ و قنات=۳) می‌باشد.

$$\sum_{j=1}^{4} X_j \le A \qquad (۱۲)$$

A: بیانگر کل سطح زیرکشت در منطقه می‌باشد.

به‌دلیل استرتژیک بودن دو محصول گندم و جو در منطقه، محدودیت زیر به مدل اضافه گردید که بیان‌کننده‌ی این مطلب می‌باشد که مجموع سطح زیرکشت گندم و جو بایستی بزرگ‌تر از مجموع سطح زیرکشت چغندرقند و پنبه باشد.

$$-x_1 - x_2 + x_3 + x_4 \le 0 \qquad (۱۳)$$

1- Value of Marginal Product

Archive of SID

www.SID.ir

$$x_i \geq 0 \qquad \forall i = 1 \dots \dots 4 \qquad (۱۴)$$

لازم به توضیح است که بر اساس دیدگاه کارشناسان منابع آب، راندمان آبیاری در کل منطقه‌ی مورد مطالعه‌ی حوضه‌ی آبریز نیشابور، برابر ۳۹٪ در نظرگرفته شد.

نتایج و بحث

قبل از بیان نتایج حاصل از وضعیت بیلان حوضه‌ی آبریز نیشاور و مقادیر آب تجدیدشونده، برداشت سالانه از چاه‌های منطقه‌ی مطالعاتی در شکل ۱ ارائه شده است. براساس شکل ۱، حداکثر بهره‌برداری از منابع آب زیرزمینی در منطقه‌ی مطالعاتی حوضه‌ی آبریز نیشابور در سال ۱۳۶۶ صورت گرفته است که براساس نظر کارشناسان آب منطقه‌ای خراسان رضوی، در واقع افزایش تعداد چاه‌ها شرایط برداشت حداکثری از حوضه را فراهم نموده است. اما با افزایش تراکم چاه‌ها و افت سطح آب زیرزمینی این برداشت حداکثری، دوام کوتاهی داشته و بعد از نقطه‌ی اوج برداشت که در سال ۱۳۶۶ صورت گرفته است، تخلیه روندی کاهشی را نشان می‌دهد. با توجه به نیاز مصرفی در سال‌های اخیر و به‌دنبال آن افزایش عمق چاه‌های بهره‌برداری، استفاده‌ی بیشتر از منابع آب تجدیدناپذیر در واقع محدودیت توسعه را به‌دنبال خواهد داشت.

نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل عوامل موثر بر بیلان آب زیرزمینی برای محاسبه‌ی مقدار آب تجدیدپذیر و شاخص‌های پایداری حوضه در جدول ۴ نشان داده شده است. نتایج نشان داد که بیشترین تخلیه مربوط به چاه‌های کشاورزی می‌باشد و آبخوان دشت نیشابور با کاهش حجم ذخیره‌ای معادل ۲۲۰ میلیون متر مکعب در سال مواجه است که باید با ارائه‌ی راهکارهای مختلف و موثری همچون تغذیه‌ی مصنوعی، جلوگیری از ادامه‌ی فعالیت چاه‌های غیر مجاز و . . .، مقدار آن را کاهش داد و با برقراری تعادل بین مقدار مصرف و میزان آب تجدیدشونده، این عدم تعادل حوضه را با استفاده‌ی بهینه از منابع آب، به حداقل رساند. با توجه به بیلان منفی به‌دست آمده در منطقه، کاهش برداشت می‌تواند راه حل مناسبی در جهت برقراری تعادل بین میزان مصرف و تغذیه‌ی آبخوان و کند شدن سرعت تخلیه‌ی سفره‌ی آب و اثرات سوء آن باشد.

با توجه به نتایج مربوط به وضعیت تعادل و پایداری منابع آب زیرزمینی حوضه‌ی آبریز نیشابور و مقادیر آب تجدیدشونده در زمان‌های ترسالی و خشکسالی ارائه شده در جدول ۵، می‌توان گفت که در حوضه‌ی آبریز نیشابور در سال ۹۰- ۸۹ به‌طور متوسط ۳۷۱/۲۶ میلیون متر مکعب آب تجدیدپذیر وجود دارد. در حقیقت این حجم آب را می‌توان به‌عنوان سرمایه‌ی اصلی حوضه محسوب نمود. با توجه به برداشت ۹۶۲/۷۳ میلیون متر مکعب آب از منابع آب زیرزمینی در سال ۹۰-۸۹ به‌عنوان سال نرمال، ملاحظه می‌شود که حدود ۵۹۱/۴۷ میلیون متر مکعب بیش از حجم

Archive of SID

www.SID.ir

آب تجدیدپذیر زیرزمینی، برداشت از این منابع انجام می‌شود. یعنی در واقع از منابع تجدیدناپذیر هم استخراج عظیمی به‌طور سالانه برای فعالیت‌های کشاورزی صورت می‌گیرد که خطری بسیار جدی است و اگر این روند برداشت همچنان ادامه پیدا کند، بسیاری از لایه‌های زیرین و سفره‌ی آب‌های زیرزمینی از بین می‌رود. کما اینکه براساس نظرات کارشناسان آب منطقه‌ای و مطالعات صورت گرفته روی میزان نشست زمین و افت سطح و سفره آب‌های زیرزمینی حوضه‌ی آبریز نیشابور، مقدار زیادی از این سفره‌ها از بین رفته‌اند. همچنین بر اساس شاخص C/RW(نسبت مصرف به آب تجدیدپذیر) و مطابق با جدول ۳، این حوضه در شرایط عدم تعادل بیلان منابع آب زیرزمینی بوده و پایدار نیست.

لازم به توضیح است که درحال حاضر در منطقه‌ی مورد مطالعه، علاوه بر استخراج آب تجدیدپذیر با برداشت‌های بی‌رویه و حفر غیر مجاز به افزایش سطح زیرکشت برای دستیابی به سود بیشتر، به برداشت آب از لایه‌های زیرین یعنی منابع آب تجدیدناپذیر نیز استفاده می‌نمایند که خطر بزرگی را به همراه دارد. بنابراین توصیه می‌گردد که کشاورزی منطقه تنها براساس میزان آب تجدیدپذیر منطقه صورت گیرد.

با توجه به مقادیر محاسبه شده‌ی آب تجدیدپذیر در شرایط نرمال و خشک، الگوی کشت بهینه و قیمت آب کشاورزی براساس مدل برنامه‌ریزی ریاضی[1] محاسبه گردید. الگوی بهینه‌ی زراعی در وضعیت استفاده تنها از منابع آب تجدیدپذیر در شرایط تر و خشکسالی در جدول ۶ نشان داده شده است که بیان‌کننده‌ی این مطلب می‌باشد که با به‌کارگیری کل آب تجدیدپذیر در کشاورزی منطقه در شرایط خشکسالی و ترسالی تنها حدود ۱۸۰۰۰ هکتار از اراضی منطقه بایستی زیرکشت رفته و تحت کشت آبی قرار گیرد. این تخمین نشان می‌دهد که حدود ۴۳۰۰۰ هکتار از اراضی منطقه‌ی زیرکشت غیر مجاز آبیاری با منابع آب زیرزمینی می‌باشد. به دلیل مصرف بسیار بالای محصول چغندرقند از آب آبیاری، سطح زیرکشت این محصول نسبت به کشت فعلی با به‌کارگیری منابع آب تجدیدپذیر تفاوت بسیار زیادی نشان داد. در شرایط ترسالی سطح زیرکشت محصول چغندر قند نسبت به شرایط خشکسالی به‌دلیل وجود آب فراوان‌تر و درآمد ناخالص بیشتر افزایش و گندم و جو کاهش یافت. به‌دلیل وجود محدودیت تناوب و استراتژیک بودن محصولات گندم و جو در منطقه و بالا بودن سود ناخالص حاصل از کشت چغندر قند، سطح زیرکشت پنبه در هر دو وضعیت، صفر به‌دست آمد.

نتایج حاصل از تحلیل حساسیت نیز نشان داد که با در نظرگرفتن مقادیر آب تجدیدشونده در شرایط خشکسالی، قیمت سایه‌ای آب به‌طور متوسط در فصول بهار، تابستان و پاییز و زمستان

1- Mathematical Programming

Archive of SID

www.SID.ir

به‌ترتیب ۱۶۰۷ ، ۳۰۵۰ و ۴۳۰ ریال و در شرایط ترسالی به‌دلیل عدم محدودیت آب(فراوانی آب) و نیاز آبی کمتر متناسب دوره‌ی رشد محصولات، برابر ۸۰۴/۷ ریال برای فصل بهار و ۲۰۰ ریال برای فصل تابستان و صفر ریال برای پاییز و زمستان به‌دست آمد. مقادیر به‌دست آمده حاکی از آن است که با افزایش هر متر مکعب به آب قابل دسترس به اندازه‌ی قیمت‌های سایه‌ای ذکر شده به تابع هدف(سود ناخالص مزرعه) اضافه می‌شود.

برای تعیین قیمتی مناسب که بتواند به‌طور موثری تقاضای آب زیرزمینی را کاهش دهد، تابع تقاضای آب محاسبه شد. بنابراین به ازای مقادیر مختلف آب در دسترس(سمت راست مدل) قیمت‌های سایه‌ای متفاوتی به‌دست آمد که با استفاده از تابع تقاضای آب و به‌دنبال آن کشش یا حساسیت کشاورزان نسبت به تغییر قیمت آب برای برداشت آب زیرزمینی محاسبه شد.

شکل ۲ نشان می‌دهد که با در نظر گرفتن حد پایین مقدار آب تجدیدپذیر(خشکسالی) با تغییر قیمت آب از ۰ تا ۱۸۰۰ ریال تقاضای آب و مقدار مصرف آن تغییر محسوسی نکرده و تنها از ۳۰۲ میلیون متر مکعب به ۲۸۶/۵ میلیون متر مکعب در سال کاهش می‌یابد که این می‌تواند به‌دلیل محسوس نبودن تغییر قیمت آب برای کشاورزان باشد که برای حفظ سود خود به تخصیص مجدد آب یا تغییر الگوی کشت با زیرکشت بردن سطح بیشتری از محصولات کم‌آب‌تر اقدام نموده‌اند که این مساله کم اثر بودن قیمت‌های کمتر از ۱۸۰۰ ریال و حساسیت کمتر کشاورزان(کم‌کشش بودن آنان) در کاهش برداشت از آب زیرزمینی را نشان می‌دهد.

با تخمین تابع تقاضای لگاریتم خطی آب میزان تغییر و واکنش مصرف در مقابل تغییر قیمت به‌صورت زیر به‌دست آمد.

$$Ln\ Q = 19.85 - 0.082x \qquad (۱۵)$$

SE: (۰.۳۱۷) (۰.۰۴۳)

در تابع تخمین زده شده، به‌دلیل از بین بردن همبستگی موجود بین مقادیر و قیمت از لگاریتم طبیعی اعداد استفاده شد که لگاریتم مقادیر برداشت آب در مقابل لگاریتم طبیعی قیمت‌های سایه‌ای تخمین زده شد. اعداد درون پرانتز خطای معیار پارامترهای برآورد شده می‌باشد. همان گونه که مشاهده می‌شود، کشش قیمتی تقاضا برابر ۰/۰۸۲ به‌دست آمد به عبارت دیگر با افزایش ۱٪ قیمت آب مقدار تقاضا برای آن تنها ۰/۰۴۶ درصد کاهش می‌یابد که نشان‌دهنده‌ی واکنش ضعیف کشاورزان به تغییرات قیمت آب می‌باشد.

Archive of SID

www.SID.ir

نتیجه‌گیری و پیشنهادات

حفظ پایداری منابع آب حوضه(برقراری تعادل بین مصارف و آب تجدیدپذیر) کاهش شدید برداشت است. به عبارتی از الزامات توسعه‌ی منطقه در مرحله‌ی اول ایجاد تعادل در بین مقدار مصرف و میزان آب تجدیدشونده می‌باشد و در مراحل بعدی استفاده‌ی بهینه از منابع آب مطرح می‌باشد که برای اصلاح بیلان سفره‌ی آب زیرزمینی و دستیابی به پایداری دشت نیشابور بایستی برنامه‌های معین برای انتقال مرحله‌ای از وضع موجود به وضع مطلوب طراحی شود. در این مطالعه وضعیت تعادلی حوضه‌ی آبریز نیشابور با استفاده از محاسبه‌ی آب تجدیدپذیر و شاخص(نسبت مصرف به آب تجدیدپذیر) در سه وضعیت سال آبی نرمال، خشک و تر مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که حوضه‌ی آبریز نیشابور در وضعیت عدم تعادل بیلان قرار دارد و میزان برداشت یا مصرف آب از مقدار تغذیه‌ی آبخوان بسیار بیشتر می‌باشد. با توجه به اینکه بیش از ۹۵٪ برداشت از منابع آب زیرزمینی برای مصارف کشاورزی می‌باشد، بنابراین الگوی کشت بهینه براساس مقادیر آب تجدیدپذیر در منطقه با هدف تامین حداکثر سود کشاورزان تخمین زده شد که براساس نتایج حدود ۴۳۰۰۰ هکتار از اراضی منطقه تحت آبیاری غیرمجاز می‌باشند. همچنین نتایج حاصل از تحلیل حساسیت مدل برنامه‌ریزی ریاضی نشان داد که در دو وضعیت آب تجدیدپذیر(تر سالی و خشکسالی که می‌توان از آن به‌عنوان حد بالا و پایین آب نام برد)، قیمت سایه‌ای آب در فصل بهار بین مقادیر ۸۰۴/۷ تا ۱۶۰۷، تابستان، ۲۰۰ تا ۳۰۵۰ و پاییز و زمستان بین ۰ تا ۴۳۰ ریال به‌دست آمد. بنابراین با توجه به قیمت تمام شده‌ی آب(قیمت کنونی به ازای هر مترمکعب آب اضافی) که ۴۶۰ ریال می‌باشد، می‌توان نتیجه گرفت که در حال حاضر کشاورزان هزینه‌ی کمی را برای آب کشاورزی در منطقه‌ی مطالعاتی نیشابور می‌پردازند. در چنین وضعیتی برای کشاورزان انگیزه‌ی مصرف بی‌رویه‌ی آب و برداشت‌های غیرمجاز به‌وجود می‌آید. نتایج حاصل از تخمین تابع تقاضای آب نیز نشان داد که افزایش قیمت آب سایه‌ای آب در فصل بهار اگر از ۱۶۰۰ ریال کمتر باشد ممکن است سبب تخصیص مجدد آب و تغییر الگوی کشت از طریق کشت محصولات کم آب‌برتر شده و کاهش چشمگیری در مقدار تقاضای آب صورت نگیرد. بر اساس نتایج، در شرایط مختلف آب و هوایی ترسالی، خشکسالی(میزان آب قابل دسترس) مقدار تقاضا و تغییرات قیمتی متفاوت است. بنابراین باتوجه به نتایج به‌دست آمده و حفظ سود و درآمد ناخالص کشاورزان و دستیابی به تعادل حوضه‌ی آبریز، پیشنهادات زیر مطرح می‌گردد.

۱- تخصیص آب به بخش‌های کشاورزی و صنعت بایستی بر اساس میزان آب تجدیدشونده‌ی سالانه صورت گرفته و به ازای هر متر مکعب اضافی، قیمت قابل محسوسی از کشاورزان دریافت شود.

Archive of SID

www.SID.ir

۲- کاهش سطح زیرکشت و افزایش بهره‌وری آب با استفاده از گلخانه و هماهنگ نمودن الگوی کشت با پتانسیل منابع آب موجود صورت گیرد.

۳- تخصیص آب به بخش‌های دیگر و ایجاد فرصت‌های شغلی جدید و بهتر برای کشاورزان فراهم گردد.

Archive of SID

www.SID.ir

فهرست منابع:

۱. بلالی، ح.، خلیلیان، ص. و احمدیان، م. ۱۳۸۹. بررسی نقش قیمت گذاری آب در بخش کشاورزی بر تعادل منابع آب زیرزمینی. اقتصاد و توسعه کشاورزی، ۲۴(۲): ۱۸۵-۱۹۴.

۲. حسین زاد، ج. ۱۳۸۷. نقش سیاست های قیمتی در مدیریت تقاضای آب کشاورزی. سومین کنفرانس مدیریت منابع آب ایران، دانشگاه تبریز، دانشکده عمران.

۳. زارع مهرجردی، م. ۱۳۸۶. ارزشگذاری آبهای زیر زمینی در بخش کشاورزی: مطالعه موردی شهرستان کرمان. رساله دکتری اقتصاد کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس. ۱۸۰ ص.

۴. سلطانی، غ.ر. ۱۳۷۲. تعیین آب بها و تخصیص بهینه آب در اراضی زیرسد ها: مطالعه موردی سد درود زن. مجموعه مقالات سمپوزیم سیاست کشاورزی، انتشارات دانشگاه شیراز، ۱(۲): ۱۹۵-۲۱۱.

۵. سلطانی، غ.، زیبایی، م. و کهخا، ع. ۱۳۷۸. کاربرد برنامه ریزی ریاضی در کشاورزی. سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی.

۶. صبوحی، م.، سلطانی، غ و زیبایی، م. ۱۳۸۶. ارزیابی راهکارهای مدیریت منابع آب زیرزمینی (مطالعه موردی دشت نریمانی در استان خراسان). علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، ب(۱): ۴۷۵-۴۸۴.

۷. عابدی شاپورآبادی، ا. ۱۳۸۱. تحلیل سیاست قیمت گذاری آب کشاورزی در حفظ منابع آبی : مطالعه موردی حوزه زاینده رود اصفهان. رساله دوره دکتری اقتصاد کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس. ۲۰۰ ص.

۸. عبداللهی عزت آبادی، م. ۱۳۸۶. بررسی اقتصادی گزینه های مختلف مقابله ی با کم آبی در مناطق پسته کاری شهرستان رفسنجان، چکیده ی مقالات ششمین کنفرانس اقتصاد کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد.

۹. فتحی، ف. و زیبایی، م. ۱۳۸۹. مدیریت آب های زیرزمینی در شرایط معمول و کم آبی. مجله اقتصادکشاورزی، ۴(۴): ۴۷-۶۳.

۱۰. محمدی، ی. ۱۳۸۶. تحلیل زمینه ها و ساز و کارهای مدیریت آب کشاورزی در شهرستان زریندشت، استان فارس. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده اقتصاد و توسعه کشاورزی، گروه ترویج و آموزش کشاورزی، انتشارات دانشگاه تهران، تهران.

۱۱. مطالعات پایه منابع آب زیرزمینی. ۱۳۹۱. شرکت آب منطقه ای خراسان رضوی.

Archive of SID

www.SID.ir

۱۲. نجفی حاجیپور، م.، کوهپیما، ا. و طهماسبی، ا. ۱۳۸۵. بررسی شاخص های تعیین خشکسالی در استان چهارمحال و بختیاری. اولین همایش منطقه ای بهره برداری از منابع آب حوضه های کارون و زاینده رود، دانشگاه شهرکرد.

۱۳. وزارت نیرو، ۱۳۸۷. پیش نویس دستورالعمل و ضوابط تعیین و تفکیک آبخوان های آبرفتی دشت های آزاد، ممنوعه و بحرانی، شرکت مدیریت منابع آب نشریه شماره ۳۲۲، ص ۹۰.

14. Asano, T., Burton, F., Leverenz, H., Tsuchihashi, R. and Tchobanoglous, G. 2006. Water reuse issues. technologies, and applications, 1: 1-21.
15. 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: 863-872.
16. Cia, X., McKinney, D.C and Rosegrant, M.W. 2003. Sustainability analysis for irrigation water management in the Aral Sea region. Agricultural Systems, 32:1043-1066.
17. Dinar, A. 2000. Political economy of water pricing reforms. Oxford University Press, New York, 123-131.
18. Forrest, T.I. 2002. Principles of on-farm water management, Cooperative extension services. Institute of Food and Agriculture Sciences, University of Florida. Florida, 234-254.
19. Garcia, S., Reynaud, A. 2004. Estimating the benefits of efficient water pricing in France. Resource and Energy Economics, 26: 1–25.
20. Gomez-Limon, J.A., Riesgo, L. 2004. Irrigation water pricing: differential impacts on irrigated farms. Agricultural Economics, 31: 47–66.
21. Han, H.Y., Zhang, L.G. 2007. The impact of water pricing policy on local environment: An analysis of three irrigation districts in China. Agricultural Sciences in China, 6(12): 1472-1478.
22. Heaven, S., Koloskov, G.B., Lock, A.C. and Tanton, T.W. 2002. Water resource management in the Aral Basin: A River Basin Management model for Syr Darya. Natural Resources and Infrastructure Division, United Nation, Santiago Chile.

Archive of SID

www.SID.ir

23. Hellegers, P. 2002. Treating water in irrigated agriculture as an economic good. Presented on the conference of Irrigation Water Policies, June, Agadir, Morocco.
24. Huang, Q., Rozelle, S. and Howitt, R. 2006. Irrigation Water pricing policy in china. American Agricultural Economics Association Annual meeting, 870-893.
25. Loukas, A., Mylopoulos, N. and Vasiliades, L. 2007. A modeling system for the evaluation of water resources management strategies in thessaly, Greece. Water Resourse Manage, 21:1673–1702.
26. Lubezynski, M.W. 2006. Sustainability of groundwater resources and it's indicators, IAHS Pubisher,1: 1-67.
27. Lutz, A., Thomas, J.M., Pohll, G. and McKay, W. A. 2007. Groundwater resource sustainability in the Nabogo Basin of Ghana. Journal of African Earth Sciences, 49: 61–70.
28. Mariolakos, I. 2007. Water resources management in the framework of sustainable development. Desalination, 213: 147-151.
29. Molle, F., Venot, J.P., Hassan, Y. 2008. Irrigation in the Jordan Valley: Are water pricing policies overly optimistic? Agricultural water Management, 95: 427– 438.
30. Mylopoulos, N., Kolokytha, E., Loukas, A. and Mylopoulos, Y. 2009. Agricultural and water resources development in Thessaly, Greece in the framework of new European Union policies, J. River Basin Management. Water Management, 7(1): 73-89.
31. Raskin, P. Gleick, P. Kirshen, P. Pontius, G. and Strzepek, K. 1997. Water futures: Assessment of long range patterns and problems comprehensive assessment of the freshwater resources of the world, Stockholm Environmental Institute, Stockholm, Sweden.
32. Rees, H., Croker, G., Reynard, K.M. and Gustard, A. 1997. Estimation of renewable water resources in the European Union. Regional Hydrology: Concepts and Models for Sustainable Water Resource Management, 326-453.
33. Singh, K. 2007. Rational Pricing of water as an instrument of improving water use efficiency in the agricultural sector: A Case study in Gujarat, India. International Journal of water resources development, 23: 679- 690.

Archive of SID

www.SID.ir

34. Todd, D.K., Mays, L.W. 2005. Groundwater Hydrology. Wiley, 4: 12-20.

Archive of SID

www.SID.ir

پیوست‌ها:

جدول ۱- سهم مصارف مختلف آب در وضع موجود کل حوضه آبریز نیشابور(هزار مترمکعب).

نوع مصرف	میزان مصرف	درصد
شرب	۴۴۶۷۳	۳/۱
کشاورزی	۱۳۸۲۱۵۱	۹۶/۷
صنعت	۲۵۷۹	۰/۲
جمع	۱۴۲۹۴۰۳	۱۰۰

منبع: مطالعات پایه منابع آب خراسان رضوی، ۱۳۹۱.

جدول۲- مقدار تخصیص سالانه آب کشاورزی از کلیه منابع زیرزمینی (چاه، چشمه و قنات) و سطحی در مقایسه با مقدار نیاز آبی سالانه.

مقایسه برداشت با نیاز آبی		سالانه (میلیون مترمکعب)
برداشت از منابع آب سطحی		۹۸
برداشت از منابع آب زیرزمینی	چاه	۱۱۶۸/۷
	قنات	۱۴۶/۵
	چشمه	۶۷/۹
	جمع	۱۳۸۳/۳
حجم کل آب استحصالی از منابع سطحی و زیرزمینی		۱۴۴۷/۶
نیاز ناخالص آبی		۹۰۴/۹
سطح تامین آب آبیاری(درصد)		۱۷۵.۹

منبع: مطالعات پایه منابع آب خراسان رضوی، ۱۳۹۱.

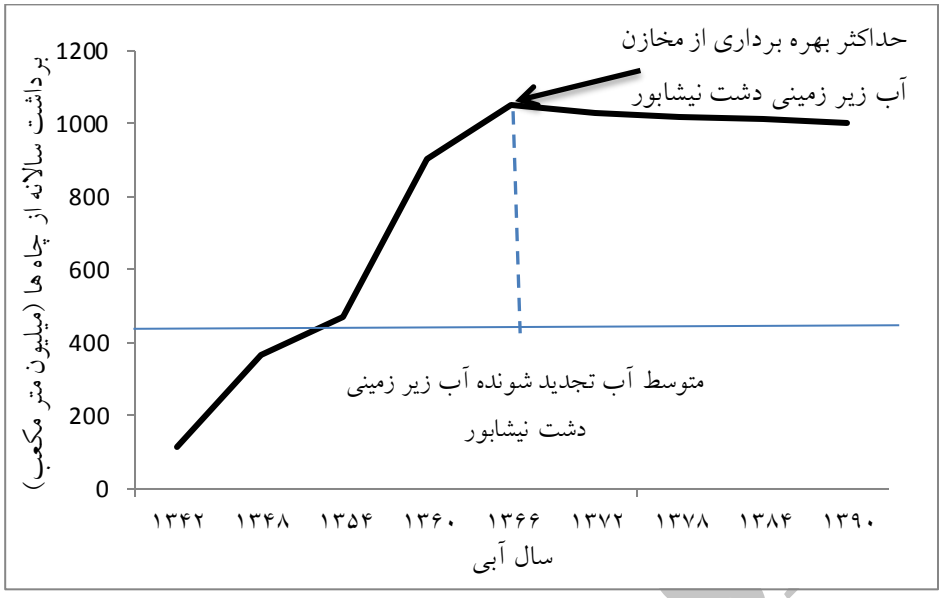
جدول۳- نسبت مصرف به آب تجدیدپذیر.

نسبت آب مصرفی به آب تجدید شونده(C/RW)	
خوب	کمتر از ۰/۴
بحرانی	۰/۴-۰/۷
بحرانی شدید	۰/۷-۱
عدم تعادل بیلان	بیشتر از ۱

منبع: Asano et al, (2006)

Archive of SID

www.SID.ir



شکل۱- برداشت سالانه از چاه.

منبع: گروه مطالعات پایه منابع آب خراسان رضوی، ۱۳۹۱.

جدول ۴- بیلان آب زیرزمینی آبخوان دشت نیشابور.

عوامل بیلان	تخلیه (میلیون مترمکعب در سال)	تغذیه(میلیون مترمکعب در سال)
چاه کشاورزی	۸۷۶/۸۴	۱۷۵/۳۶
چاه شرب بهداشت صنعت	۳۶/۹۶	۲۴/۰۲
قنات	-	۰/۳۹
چشمه	۰/۴۶	۰/۰۹۲
ورودی زیرزمینی	-	۴۴۹/۸
بارش	-	۳۰/۴۸
رواناب سطحی	-	۲۰/۴۳
خروجی زیرزمینی	۶/۴۹	-
مجموع	۹۲۰/۷۵	۷۰۰/۶۷
کاهش حجم ذخیره (مترمکعب در سال)	-۲۲۰/۰۸	-

منبع: آمار و اطلاعات مطالعات پایه منابع آب، ۱۳۹۱

Archive of SID

www.SID.ir

جدول۵- مقادیر آب تجدیدپذیر(RW)، مصرف و شاخص پایداری منابع آب حوضه

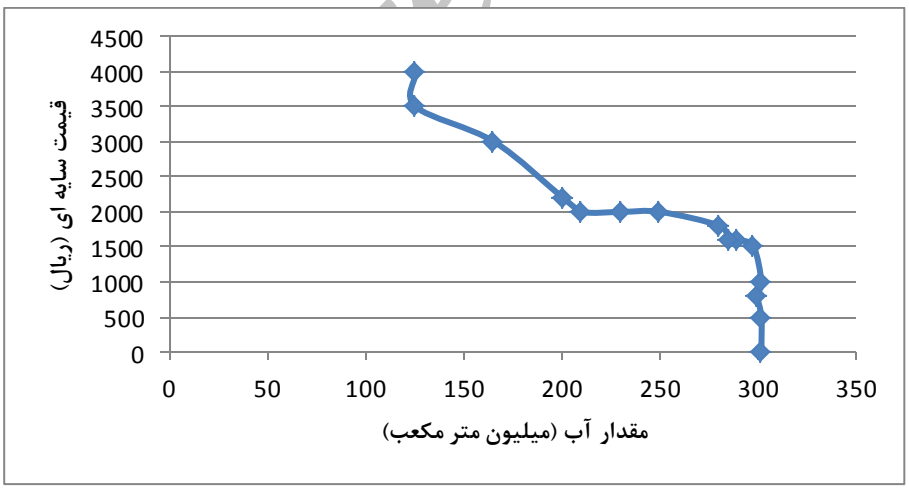
	مقدار آب تجدیدپذیر (RW) (میلیون مترمکعب)	مصرف (C) (میلیون مترمکعب)	نسبت مصرف به آب تجدیدشونده C/RW
نرمال ۸۹-۹۰	۳۷۱/۲۶	۷۰۰/۳۱	۱/۸۸
ترسالی شدید ۷۶-۷۷	۶۲۵/۲	۱۰۲۷/۰۱	۱/۶۴
خشکسالی شدید ۸۶-۸۷	۳۰۲/۴۵	۶۶۲/۳۹	۲/۱۹

منبع: یافته های تحقیق

جدول۶- الگوی کشت و سود ناخالص در شرایط بهینه و فعلی

سطح زیرکشت / محصولات	بهینه		فعلی
	خشکسالی	ترسالی	
گندم	۹۷۰۳	۹۱۹۳/۵	۲۶۶۵۳
جو	۷۱۵۰	۶۷۲۵	۱۶۳۱۲
چغندرقند	۱۴۲۰	۲۴۷۰	۱۴۶۴۹
پنبه	۰	۰	۳۵۴۸
کل سطح زیرکشت (هکتار)	۱۸۲۷۳	۱۸۳۳۸/۵	۶۱۱۶۲
سود ناخالص (میلیون ریال)	۸۳/۶۹	۹۷/۷	
مقدار آب تخصیص یافته به کشاورزی(میلیون مترمکعب)	۳۰۲/۴۵	۶۲۵/۲	۹۶۲/۷۳

منبع: یافته های تحقیق



شکل۲- تابع تقاضای آب در شرایط خشکسالی

Archive of SID

www.SID.ir