تحقیقات آب و خاک ایران، دورهٔ ۴۸، شمارهٔ ۳، مهر و آبان ۱۳۹۶ (ص ۵۰۲-۴۹۱)

استفاده از شاخص‌های خارجی فرآیند ارزیابی سریع در شبکه آبیاری قزوین

عمار حبیبی کندبن[1*]، مریم کیهانی[2]، عاطفه پرورش ریزی[3]، مهرداد شیخ حسینی[4]

۱. دانشجوی ارشد، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج

۲. دانشجوی ارشد، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج

۳. استادیار، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج

۴. کارشناس، آب منطقه‌ای استان قزوین، قزوین

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۱۱/۱۰ – تاریخ بازنگری: ۱/ ۲/ ۱۳۹۵- تاریخ تصویب: ۱۳۹۵/۹/۱۶)

چکیده

با توجه به اهمیت استفاده بهینه از آب کشاورزی، مدیریت و توزیع مناسب آب در شبکه‌های آبیاری برای افزایش راندمان ضروری است. پایش و ارزیابی روش‌های مدیریت آب و توزیع آن، برای نقد و بهبود این روش‌ها باید به‌طور مستمر انجام شود. چند روش استاندارد و مؤثر از سوی نهادهای بین‌المللی برای این مهم توسعه یافته است. در مطالعه حاضر توزیع آب در شبکه آبیاری قزوین و شاخص‌های خارجی آن با استفاده از تکنیک فرآیند ارزیابی سریع مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که از منابع آب موجود در منطقه به‌صورت هدفمند استفاده نمی‌شود و برنامه‌ریزی برای بهره‌برداری از کل منابع آب موجود در منطقه وجود نداشته است. در این محدوده زمانی تنها حدود ۲۸ درصد از کل آب موجود در سال در اختیار مسئولین بهره‌برداری قرار داشته و توسط آن‌ها توزیع شده که عامل مهم تلفات زیاد آب در منطقه بوده است. همچنین مشخص شد که توزیع زمانی آب به‌درستی در شبکه انجام نمی‌گیرد و در اکثر ماه‌های سال مقدار آب توزیع‌شده در شبکه از مقدار موردنیاز محصولات کمتر و یا بیشتر است. این امر نشان‌دهنده تلفات آب در شبکه به دلیل عدم وجود اطلاعات لازم، ضعف زیرساخت‌ها و یا برای جبران بخشی از تلفات انتقال آب بوده است. کل آب مازاد توزیع‌شده در شبکه در سال ۹۲، حدود ۵۶ میلیون مترمکعب بوده است که ۲۵ درصد از کل آب موردنیاز محصولات کشت‌شده در سال است.

واژه‌های کلیدی: فرآیند ارزیابی سریع، شبکه آبیاری قزوین، مسئولین بهره‌برداری، شاخص‌های خارجی

مقدمه

عملکرد نامطلوب شبکه‌های آبیاری و زهکشی به‌ویژه در کشورهای درحال‌توسعه موجب نگرانی دولت‌ها و مؤسسات مالی- اعتباری شده است. بهبود عملکرد شبکه‌ها موجب افزایش منافع مستقیم پروژه و توجیه سرمایه‌گذاری جدید خواهد شد (Ghoravi *et al*, 2005). با بکار بردن نتایج ارزیابی در مدیریت و بهره‌برداری شبکه‌های آبیاری و زهکشی و شناخت علل عدم موفقیت طرح‌ها، می‌توان از بروز مشکلات ناشی از بهره‌برداری و مدیریت نادرست در طرح‌ها جلوگیری کرد. از سوی دیگر باید توجه داشت که با خاتمه مراحل طراحی و اجرا و شروع بهره‌برداری، نباید پروژه را خاتمه یافته تلقی نمود. بلکه باید با ارزیابی پروژه‌ی انجام‌شده و با اصلاحات فیزیکی و مدیریتی در طی مهروموم‌های استفاده از پروژه، سیستم استفاده را بهینه نمود (Ghaheri, 1997). این کار کمتر در شبکه‌های اجراشده انجام می‌شود و بیشتر شبکه‌ها بدون دستورالعمل بهره‌برداری مورد استفاده قرار می‌گیرند. فرایند ارزیابی سریع (RAP) یکی از روش‌های ارائه‌شده برای این امر مهم است که در سطح بین‌المللی مورد استفاده قرار گرفته است (بر روی شبکه‌های آبیاری و زهکشی دز و گیلان در ایران، مودا و کموبو در مالزی، کوپاتیت زیو و ریومایو در مکزیک، سیحان در ترکیه، بنی امیر تادلا در مراکش و چندین شبکه دیگر انجام شده است) (Burt, 2001). روش ارزیابی سریع دارای مزایایی است (Burt and stayls, 1998) بیشتر طرح‌های تحقیقاتی و به‌خصوص طرح‌های انجام‌شده در بخش مدیریت و ارزیابی شبکه‌های آبیاری، تنها با در نظر گرفتن بخشی از نقاط شبکه و تمرکز بر روی آن قسمت به‌عنوان پایلوت، پارامترهای لازم را استخراج و نتایج حاصل را به کل شبکه تعمیم می‌دهند؛ اما واضح است که در یک شبکه آبیاری با گستردگی زیاد، تنها با در نظر گرفتن قسمت کوچکی از کل شبکه، نمی‌توان تصمیم درستی برای بهبود عملکرد شبکه ارائه نمود. زیرا قسمت‌های مختلف یک شبکه ممکن است از بسیاری جهات اعم از نوع سازه‌های بکار رفته، نوع محصولات کشت‌شده، نوع ساختار کانال‌ها، وضعیت اجتماعی و فرهنگی آن

* نویسنده مسئول : Ammarhabibi@ut.ac.ir

Archive of SID

www.SID.ir

منطقه با هم تفاوت داشته باشد.

در اکثر شبکه‌های ایران برای دست‌یابی به اطلاعاتی در مورد شبکه‌های آبیاری، نیازمند مراجعه به سازمان‌های مختلف مرتبط با این بخش هستیم. حتی در بیشتر موارد نمی‌توان اطلاعات درست و یا کافی در مورد برخی از مشخصات شبکه، علی‌رغم مراجعه به تمامی سازمان‌های مرتبط به دست آورد؛ زیرا هیچ اطلاعاتی به‌صورت مدون و هدفمند در اختیار آن‌ها قرار ندارد و در بسیاری موارد تلاشی هم برای جمع‌آوری و ثبت آن‌ها نشده است؛ بنابراین ارزیابی سریع می‌تواند در صورت وجود امکانات و شرایط لازم، یک پایگاه اطلاعات جامع از اکثر بخش‌های شبکه‌ها به وجود آورد. همچنین بخش‌های مختلف این پایگاه اطلاعات می‌تواند به‌صورت ماهانه و یا سالانه به روز شده و تغییرات به وجود آمده در آن اعمال شود تا همواره اطلاعات درستی در اختیار مراجعین قرار گیرد.

هدف کلی از استفاده تکنیک فرایند ارزیابی سریع، تنظیم یک برنامه و فهرست اولویت برای شبکه موردنظر جهت مدیریت و بهره‌برداری اصولی از منابع آب موجود در آن شبکه است. برخی از اهداف این تکنیک عبارتند از: محدودیت‌های فیزیکی و سازمانی در مدیریت بهره‌برداری و نگهداری مورد بررسی قرار گیرد، بررسی عوامل مدیریتی و سخت‌افزاری که قابلیت کنترل آب در روند انتقال و تحویل را تحت تأثیر قرار می‌دهد، بررسی چگونگی ارائه خدمات در زمینه تحویل آب در سطوح مختلف شبکه و مؤثر بودن این خدمات، بررسی مزارع تحت پوشش شبکه و محصولات کشت‌شده در آن (به دلیل عدم وجود الگوی کشت مشخص)، مشاهده و بررسی تفاوت بین ارائه تحویل آب پیش‌بینی شده و خدمات عملی تحویل آب و همچنین بررسی تأثیر کارآمدی خدمات توزیع، ترویج و توسعه روش ارزیابی سریع و نیز یافتن اطلاعات جامع درباره تمام اجزای شبکه، در تمام مباحث مؤثر در بهره‌برداری و نگهداری از شبکه و همچنین بررسی وضعیت کنونی بهره‌برداری و توزیع آب در سرتاسر شبکه، به دلیل نبود اطلاعات کافی در شبکه‌های آبیاری کشور، سعی بر آن بوده است که در بخش میدانی تحقیق، حداکثر تلاش برای گردآوری و یا استخراج اطلاعات لازم به عمل آید. همچنین نتایج ارزیابی سریع برای شبکه آبیاری قزوین و پیشنهادهای اصلاحی برای بهبود عملکرد به بهره‌برداران ارائه شود. در مقاله حاضر نتایج حاصل از کاربرگهای شماره یک و دو (تعادل آب و شاخص‌های خارجی) از روش ارزیابی سریع آورده شده است که بیشتر بر تحلیل منابع و مصارف آب در شبکه متمرکز هستند.

شاخص‌های خارجی[1] برای پروژه‌های آبیاری و زهکشی، شامل نسبت‌ها و درصدها است. روش ارزیابی سریع، فهرست طولانی از شاخص‌های خارجی را مورد بررسی قرار داده است. به‌صورت کلی شاخص‌های خارجی، ورودی و خروجی‌های یک پروژه را شامل می‌شود. شاخص‌های خارجی شکل‌های مختلف بازده یا راندمان است که شامل مواردی همچون بودجه، آب، تولیدات کشاورزی و موارد مشخص بیلان آبی است (Burt, 2001).

در این مقاله توزیع آب در شبکه بر اساس محصولات کشت‌شده و شاخص‌های خارجی، با استفاده از فرآیند ارزیابی سریع مورد بررسی قرار گرفته است. با توجه به اهمیت بهره‌برداری از شبکه‌ها شناسایی مشکلات موجود در امر بهره‌برداری می‌تواند نقش مؤثری در بهبود بهره‌برداری داشته باشد. از این‌رو محققین داخلی و خارجی زیادی از جنبه‌های مختلف شبکه‌های گوناگونی را مورد ارزیابی و بررسی قرار داده‌اند. Karamati (2001)به ارزیابی عوامل توزیع آب در شبکه‌های آبیاری و زهکشی مغان پرداخته و بدین منظور اقدام به تهیه پرسشنامه‌هایی با ۲۸ پرسش، متناسب با شاخص‌های ارزیابی موردنظر نموده است. سپس با کمّی کردن و وزن دادن شاخص‌ها به ارزیابی دوره‌ای سیستم توزیع آب پرداخته است. Shahrokhniya and Javan(2006) عملکرد شبکه آبیاری ازنظر توزیع آب را در قسمتی از شبکه درودزن در استان فارس بررسی کردند. به‌منظور ارزیابی، از شاخص‌هایی مانند نسبت عملکرد تحویل، بازده و عدالت توزیع مکانی و زمانی آب استفاده شده است. Zahmatkesh and Montazer (2011) با استفاده از تلفیق شیوه‌ی مقایسه‌ای و خوشه‌بندی روی ۱۸ شبکه در سرتاسر جهان به این نتیجه رسیدند که وجود و بهره‌برداری از سیستم زه آب برگشتی، وجود و بهره‌برداری مناسب از سازه‌های تنظیم و تجهیزات اندازه‌گیری جریان، تسطیح اراضی، پوشش کانال‌های آبیاری و تشکل‌های فعال آب‌بران مهم‌ترین عوامل تعیین‌کننده سطح عملکرد تحویل آب به بهره‌برداران و اقتصاد شبکه‌های آبیاری و زهکشی می‌باشند. Montazer and Pashazade (2011) از مدل هیدرولیکی CANALMAN برای ارزیابی عملکرد توزیع آب گزینه‌های مختلف بهره‌برداری کانال اصلی غرب شبکه آبیاری دز استفاده کرد. یافته‌های تحقیق نشان‌دهنده پتانسیل بالای این کانال، در اجرای عملیات شب خاموشی آبگیرهای مزارع و کانال‌های فرعی را نشان داد. Monzajeri *et al* (2012) برای ارزیابی عملکرد شبکه‌های آبیاری، میزان راندمان کاربرد

1. External Indicators

Archive of SID

www.SID.ir

آب آبیاری را در پنج مزرعه انتخاب‌شده در دشت قزوین، مورد بررسی قرار دادند و مقادیر حداکثر و حداقل راندمان کاربرد را در پنج مزرعه به دست آوردند. نتایج نشان داد که پایین بودن راندمان کاربرد آب در مزارع موردمطالعه به دلایل، عمق آب آبیاری بیش‌ازحد نیاز گیاه و در نتیجه افزایش تلفات نفوذ عمقی، نبود برنامه آبیاری صحیح و مدون با توجه به میزان نیاز آبی گیاهان در طول دوره کشت و عدم مدیریت صحیح آبیاری است. Madadi *et al* (2013) در تحقیقی عملکرد کانال اصلی واحد عمرانی شماره یک شبکه آبیاری تجن را با استفاده از شاخص راندمان، کفایت، عدالت و پایداری مورد ارزیابی عملکرد قرار دادند. نتایج نشان‌دهنده پایین بودن عملکرد این کانال بود. آن‌ها بیان کردند که توزیع سنتی آب در شبکه با وجود مکانیزه بودن شبکه، عدم اطلاع دقیق میراب از نیاز آبی هر آبگیر و ضعف در نگهداری و تعمیر سازه‌های کنترل و آبگیر مانع از انجام مدیریت مناسب بر توزیع آب شده است؛ در نتیجه رفع این موانع و ارائه راه‌کارهایی برای مدیریت و بهره‌برداری شبکه، می‌تواند عملکرد این شبکه آبیاری را افزایش دهد. FAO (2001) عملکرد پروژه آبیاری Makhamtao-Uthong در پایین‌دست رود Chao Phya در تایلند به‌وسیله ارزیابی سریع، به‌عنوان مبنای توسعه و نوسازی پروژه، توسط فائو ارزیابی شد. پس از ارزیابی مشخص شد که این پروژه آبیاری ازنظر بهره‌وری استفاده از آب در جایگاه خوبی قرار دارد.

Burt and Stayls (2004) با استفاده از نتایج فرایند ارزیابی سریع برنامه آموزشی برای کارکنان پروژه فراهم کردند. همچنین سطح دانش کارکنان محلی را هم با آموزش مناسب بالا بردند و سپس فهرست اولویت‌ها را برای نوسازی پروژه، در اختیار آن‌ها قرار دادند. Uysal and Atış (2010) عملکرد روش توزیع آب آبیاری با مدیریت مشارکتی را در طول زمان مورد ارزیابی قرار دادند. در این مطالعه، عملکرد مدیریت مشارکتی با حضور انجمن آب‌بران در طول زمان در یک منطقه گسترده از سواحل دریای اژه در ترکیه ارزیابی شده است. شاخص‌های عملکرد در چارچوب معیارهای آبیاری انتخاب شده و تجزیه و تحلیل شده‌اند. عملکرد آبیاری با استفاده از مدل لوجیت به‌منظور بررسی رابطه بین مشکلات آبیاری و میزان رضایت از آب‌بران برآورد شد. Conrad *et al* (2013) با مطالعه در منطقه خوارزم واقع در کشور ازبکستان که مشکل اساسی در این مناطق تبخیر و تعرق نسبی بالا و از سوی دیگر برداشت بی‌رویه‌ی زیاد بود؛ با استفاده از روش سنجش از راه دور به این نتیجه رسیدند که علت اصلی مشکل، تلفات بالای انتقال، وضعیت زهکشی و بازده کاربرد پایین است. Moreno-Pérez and Roldán (2013) با بررسی مدیریت آب آبیاری در استان کوردوبا (جنوب اسپانیا) با استفاده از سه شاخص RIS[1] (تأمین آب آبیاری نسبی)، RWS[2] (تأمین آب نسبی) و RRS[3] (تأمین بارش نسبی) پرداختند. این شاخص‌ها برای محصولات با روش‌های مختلف آبیاری و با در نظر گرفتن بافت خاک و اندازه پلات محاسبه شدند. درنهایت مقدار متوسط هر یک از شاخص‌ها به ترتیب ۰/۶، ۰/۸ و ۰/۴ به دست آمد.

هدف از تحقیق حاضر معرفی و به کاربردن فرآیند ارزیابی سریع بر روی شبکه‌های آبیاری و ارائه برخی از نتایج این ارزیابی است. در این تحقیق نتایج حاصل از کاربرگ‌های شماره یک و دو فرآیند ارزیابی سریع که شامل توزیع آب و شاخص‌های خارجی شبکه آبیاری بوده، آورده شده است. بررسی منابع آب مورداستفاده در منطقه، چگونگی استفاده و بهره‌برداری از این منابع، پیامدهای ناشی از بهره‌برداری به شیوه کنونی و نحوه توزیع آب در شبکه، برخی از اهداف این تحقیق است.

مواد و روش‌ها

با توجه به اینکه بیش از ۳۰ سال از عمر بهره‌برداری شبکه آبیاری قزوین گذشته است، یکی از شبکه‌های قدیمی ایران به شمار می‌آید. این شبکه با هدف توزیع آب انتقال‌یافته از سد انحرافی زیاران به قطب کشاورزی قزوین احداث شد. اکنون منبع تأمین‌کننده آب شبکه قزوین، سد مخزنی طالقان و منابع آب زیرزمینی است. نمایی از محدوده موردمطالعه تحت پوشش شبکه در شکل (۱) آورده شده است. شبکه آبیاری دشت قزوین با ۱۰۵۰ کیلومتر کانال اصلی و فرعی و با بیش از ۳ دهه قدمت، از مهم‌ترین و مجهزترین شبکه‌های آبیاری در کشور است. مشخصات کلی شبکه قزوین در جدول (۱) آمده است.

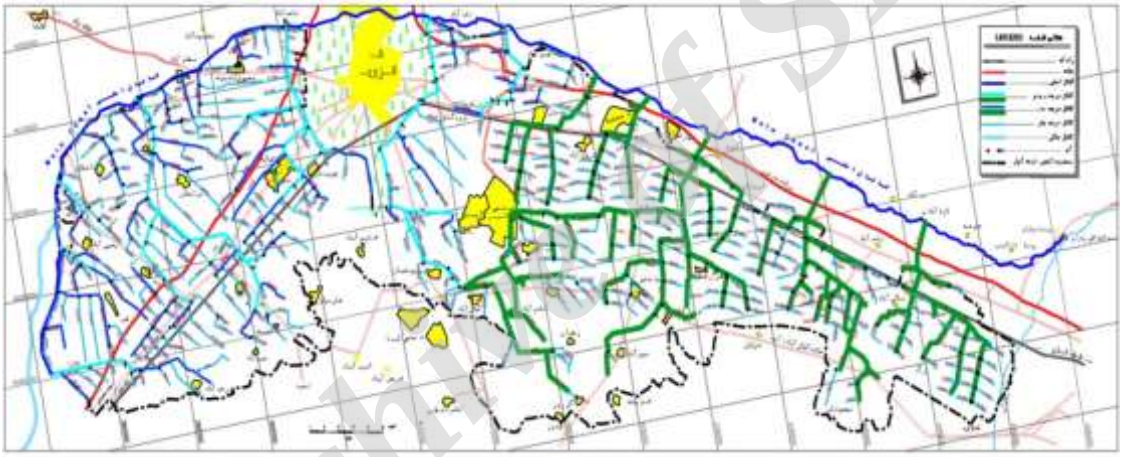
فرایند ارزیابی با استفاده از صفحه گسترده اکسل که دارای دوازده کاربرگ مجزا بوده انجام گرفته است. این صفحه گسترده اکسل شبیه یک مدل عمل کرده و برای انجام ارزیابی سریع تهیه شده است. برای انجام ارزیابی ابتدا اطلاعات لازم در مورد ارزیابی سریع و نحوه انجام آن کسب شد. بر همین اساس سؤالات موجود در صفحه گسترده اکسل ارزیابی سریع، با دقت مورد بررسی و ترجمه قرار گرفت. سؤالات مربوط به هر بخش به تفکیک هر ارگان مرتبط به سؤالات، اعم از آب منطقه‌ای، جهاد کشاورزی، تعاونی آب‌بران، سازمان هواشناسی و شرکت بهره‌برداری دسته‌بندی شد. بعد از مشخص شدن شبکه موردنظر

1. Relative Irrigation Supply
2. Relative Water Supply
3. Relative Rainfall Supply

Archive of SID

www.SID.ir

برای انجام ارزیابی، ابتدا اطلاعات لازم در مورد شبکه از طریق مقالات، مراجع علمی و اجتماعی دیگر جمع‌آوری شد. سپس با حضور در محل و با مراجعه به تک‌تک سازمان‌های مربوطه، سعی شد که جواب تمامی پرسش‌های موردنیاز ارزیابی، با میزان صحت بالا به دست آید. همچنین در این بین بازدیدهای مکرر از نقاط مختلف شبکه نیز انجام گرفت و در مورد شبکه آبیاری و مسائل پیرامون آن با کشاورزان، افراد محلی، کارشناسان و میراب‌ها مذاکراتی انجام شد. بخش دیگر تحقیق مربوط به بررسی اطلاعات و داده‌های به دست آمده و انجام محاسبات لازم و واردکردن داده‌ها به صفحه گسترده اکسل بود. پس از تکمیل داده‌ها، تمامی کاربرگ‌ها مورد بازبینی قرار گرفتند تا از صحت داده‌های ورودی و محاسبات انجام‌شده اطمینان حاصل شود. سپس تحلیل داده‌ها از کاربرگ شماره یک شروع شده و به‌طور گام‌به‌گام، سایر کاربرگ‌ها نیز مورد تحلیل قرار گرفتند. تمامی شاخص‌ها و اطلاعات کاربرگ شماره دو (کاربرگ شاخص‌های خارجی) از داده‌ها و اطلاعات ورودی به کاربرگ شماره یک (کاربرگ تعادل آب) به دست آمده است. کاربرگ شماره دو هیچ نوع ورودی دریافت نمی‌کند. نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل کاربرگ شماره یک و کاربرگ شماره دو که به ترتیب در مورد شاخص‌های تعادل آب و شاخص‌های خارجی بوده در این مقاله آورده شده است. بیشتر اطلاعات و داده‌های کاربرگ شماره یک از شرکت آب منطقه‌ای، شرکت بهره‌برداری، انجمن آب‌بران، اداره هواشناسی و کارشناسان وابسته به جهاد کشاورزی به دست آمده است. روش محاسبه مقادیر موردنیاز پارامترهای مختلف کاربرگ شماره یک در ادامه آمده است.



شکل ۱. نمایی از منطقه موردمطالعه (منطقه تحت پوشش شبکه)

جدول ۱. مشخصات کانال‌های شبکه آبیاری دشت قزوین

نوع کانال	شکل مقطع	نوع پوشش	ظرفیت طراحی (m^3/s)	طول (km)	مشخصات مقطع	
					عمق (m)	عرض کف (m)
اصلی	مستطیلی	بتنی	۳۰	۳/۴۵	۳	۴
	ذوزنقه‌ای	بتنی	۳۰- ۳	۹۰/۳۵	۳/۲ – ۱/۱۵	۳/۲ - ۱/۲
درجه دو	ذوزنقه‌ای	بتنی	۷/۳۵ - ۰/۶	۲۰۳/۷	۱/۶ -۰/۷	۱/۵ – ۰/۶
درجه سه	ذوزنقه‌ای	بتنی	۱/۵ - ۰/۳۴	۲۵۴/۵	۰/۸ -۰/۳	۰/۹ – ۰/۶
درجه چهار	ذوزنقه‌ای	بتنی	۰/۳۴ -۰/۱۷	۴۹۴/۸	۰/۶ - ۰/۳	۰/۶ -۰/۳

مقدار EC[1] (هدایت الکتریکی) در این کاربرگ با استفاده از نمونه‌برداری آب شبکه در نقاط مختلف اندازه‌گیری شد. اعداد قرائت‌شده از نمونه‌های مختلف اختلاف بسیار ناچیزی با یکدیگر داشتن، بنابراین مقدار متوسط مقادیر در این کاربرگ مورد استفاده قرار گرفته است. مقادیر Kc (ضریب گیاهی) و ECe (هدایت الکتریکی عصاره اشباع) از نشریه FAO56 استخراج شده است. مقدار Kc با استفاده از طول دوره رشد هر گیاه در ماه جاگذاری شده است. برای برآورد ET_0 (تبخیر و تعرق گیاه مرجع) از آمار هواشناسی ایستگاه سینوپتیک فرودگاهی قزوین و نرم‌افزار Cropwat نسخه ۸ استفاده شده است. مقدار ET_0

1. Hydraulic conductivity

Archive of SID

www.SID.ir

برحسب میلی‌متر در روز محاسبه می‌شود. مقادیر قرارگرفته در این کاربرگ برحسب میلی‌متر در ماه بوده که از حاصل‌ضرب مقدار به‌دست‌آمده از نرم‌افزار و تعداد روزهای هر ماه به دست آمده است.

برای محاسبه مقدار ETc در هر ماه و برای هر محصول از رابطه (۱) استفاده شده است.

$$ET_C = ET_0 \times K_C$$ (رابطه ۱)

در رابطه (۱)، ETc مقدار تبخیر- تعرق محصولات مختلف در ماه‌های مختلف، ET_0 مقدار تبخیر- تعرق گیاه مرجع و Kc ضریب گیاهی محصولات مختلف در ماه‌های مختلف است. مقدار باران مؤثر برای محصولات مختلف به تفکیک ماه، با استفاده از روش حفاظت خاک آمریکا (SCS) محاسبه شده است. آمار بارندگی منطقه از ایستگاه سینوپتیک فرودگاهی قزوین اخذ شده است. برای محاسبه باران مؤثر از رابطه (۲) استفاده شده است (Kisekka *et al*, 2011):

(رابطه ۲)

$$P_{ef} = f(D)(1.25(R)^{0.824} - 2.93) \times 10^{(0.000955 ET_C)}$$

در رابطه (۲)، P_{ef} مقدار بارندگی مؤثر (میلی‌متر در ماه)، ETc تبخیر- تعرق محصولات مختلف در ماه‌های مختلف (میلی‌متر)، R مقدار بارندگی در ماه موردنظر (میلی‌متر)، f(D)تابعی است که از رابطه (۳) محاسبه می‌شود:

(رابطه ۳)

$$f(D) = 0.53 + 0.0116D - 8.94 \times 10^{-5}(D)^2 + 2.32 \times 10^{-7}(D)^3$$

در رابطه (۳)، D عمق تخلیه رطوبت از خاک قبل از آبیاری (میلی‌متر) است. برای محاسبه $f(D)$ مقدار D برابر ارتفاع خالص آبیاری در نظر گرفته شد؛ به عبارت دیگر مقدار تخلیه رطوبت قبل آبیاری برابر با ارتفاع خالص آبیاری هر محصول فرض شده است. مقدار ارتفاع خالص با استفاده از رابطه (۴) به دست آمده است:

$$I_n = MAD \times Z \times Aw$$ (رابطه ۴)

در رابطه (۴)، In ارتفاع خالص آبیاری برای هر گیاه برحسب میلی‌متر، MAD حداکثر تخلیه مجاز رطوبت، Z عمق مؤثر ریشه گیاهان برحسب متر و A_w آب قابل‌دسترس گیاهان برحسب میلی‌متر بر متر است. مقدار حداکثر تخلیه مجاز رطوبت و عمق مؤثر ریشه گیاهان از نشریه FAO56 به دست آمده است. همچنین آب قابل‌دسترس از جدول شاخص‌های رطوبتی خاک با توجه به بافت خاک از نشریه FAO56 استخراج شده است. با توجه به اینکه متوسط بافت خاک مزارع تحت پوشش شبکه لومی است این مقدار با توجه به جدول مربوطه برابر ۱۷۰ میلی‌متر بر متر به دست آمده است.

مقدار نیاز آبی هر محصول در هر ماه از رابطه (۵) به دست آمده و مقادیر آن در جدول (۳) آورده شده است

$$ET = (ET_C \times A) - P_{ef}$$ (رابطه ۵)

در رابطه (۵)، ET نیاز آبی هر محصول در هر ماه (مترمکعب)، ETc مقدار تبخیر- تعرق هر محصول در هر ماه (متر)، A مساحت تحت کشت هر محصول (مترمربع)، P_{ef} مقدار آب حاصل از بارش مؤثر برای هر محصول در هر ماه (مترمکعب) است. جدول (۳) بیانگر مقدار نیاز آبی خالص موردنیاز محصولات کشت‌شده به تفکیک ماه در منطقه تحت پوشش شبکه است. این مقادیر با استفاده از اطلاعات کاربرگ شماره یک محاسبه شده است. با توجه به جدول از میان محصولات، گندم با ۱۳۵/۵۲ میلیون مترمکعب در سال و از میان ماه‌ها، ماه فروردین با ۴۵/۰۴ میلیون مترمکعب بیشترین مقدار نیاز آبی را به خود اختصاص داده‌اند. همچنین کل نیاز آبی برای محصولات کشت‌شده در شبکه ۲۱۸/۰۱ میلیون مترمکعب محاسبه شده است. برای به دست آوردن مقدار آب موردنیاز برای آبیاری بایستی در صورت نیاز منطقه به مقدار فوق، حجم آب موردنیاز برای آبشویی نیز اضافه شود. کسری از آب آبیاری که برای شستشوی املاح ناحیه ریشه گیاه در نظر گرفته می‌شود تا تجمع نمک را کنترل نماید نیاز آبشویی گفته می‌شود. برای محاسبه نیاز آبشویی از رابطه (۶) به توصیه FAO استفاده شده است. البته LR زمانی به مقدار آب موردنیاز اضافه می‌شود که تلفات عمقی جوابگوی نیاز آبشویی نباشد:

$$LR = \frac{EC_{iw}}{5EC_e - EC_{iw}}$$ (رابطه ۶)

در رابطه (۶)، LR نیاز آبشویی، EC_{iw} هدایت الکتریکی آب آبیاری (دسی زیمنس بر متر)، EC_e هدایت الکتریکی عصاره اشباع (دسی زیمنس بر متر) است. اگر نیاز آبشویی کمتر از ۰/۱ باشد، تلفات نفوذ عمقی نیاز آبشویی را تأمین می‌کند. در غیر این صورت مقدار آب موردنیاز از رابطه (۷) به دست می‌آید.

$$IR = \frac{LR}{1 - LR}(ET)$$ (رابطه ۷)

در رابطه (۷)، IR مقدار آب موردنیاز جهت آبشویی برای هر گیاه، LR نیاز آبشویی هر گیاه و ET نیاز آبی هر گیاه است.

همچنین مقدار آب موردنیاز محصولات با در نظر گرفتن مقادیر آبشویی در جدول (۴) آورده شده است.

مقدار آب توزیع‌شده توسط مسئولین بهره‌برداری در جدول (۵) آورده شده است.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۲. مقادیر ET_0

ماه	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند	جمع کل
ET_0 (mm)	۱۲۴	۱۳۴/۲۳	۱۸۴/۱۴	۲۱۹/۱۷	۲۰۳/۶۷	۱۷۰/۵	۱۰۸/۶	۵۶/۷	۴۳/۲	۳۴/۸	۴۷/۱	۷۶/۸۵	۱۴۰۲/۹۶

جدول ۳. نیاز آبی خالص محصولات (حسب میلیون مترمکعب)

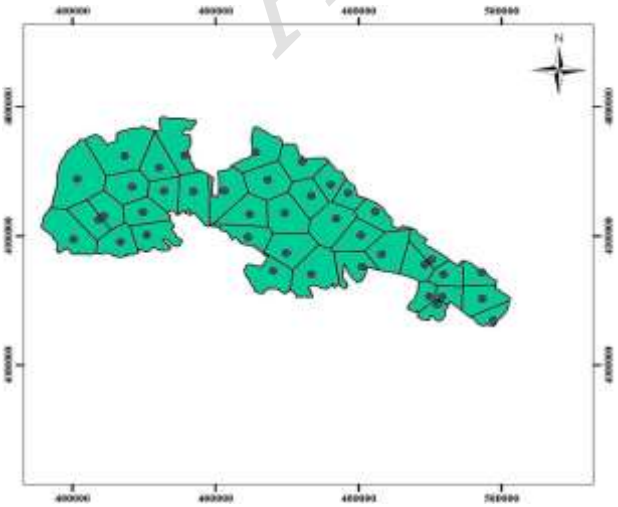
	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند	جمع کل
گندم	۳۱/۸۹	۲۷/۵۴	۲۱/۴۰	۱۵/۸۳	۰	۰	۱۰/۴۶	۰	۰	۵/۸۷	۸/۱۶	۱۴/۳۷	۱۳۵/۵۲
جو	۵/۰۶	۱/۵۵	۱/۱۶	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰/۹۷	۱/۴۶	۲/۷۳	۱۲/۹۳
یونجه	۴/۶۳	۳/۷۱	۰	۰	۰	۰	۱/۹۲	۰	۰	۱/۲۵	۱/۷۱	۲/۵۱	۱۵/۷۲
کلزا	۳/۰۹	۱/۱۴	۰/۹۹	۰	۰	۰	۰/۷۸	۰	۰	۰/۵۹	۰/۹۱	۱/۷۰	۹/۱۹
ذرت دانه‌ای	۰	۰	۰/۱۶	۰/۶۹	۱/۰۲	۰/۸۵	۰/۳۲	۰	۰	۰	۰	۰	۳/۰۴
ذرت علوفه‌ای	۰	۰/۱۲	۱/۵۷	۳/۴۷	۲/۸۳	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۷/۹۹
سیب‌زمینی	۰	۰/۰۴	۰/۱۵	۰/۲۷	۰/۲۶	۰/۱۶	۰/۰۹	۰	۰	۰	۰	۰	۰/۹۷
گوجه	۰	۰	۱/۴۱	۲/۸۹	۳/۵۵	۲/۳۵	۱/۳۲	۰	۰	۰	۰	۰	۱۱/۵۱
پیاز	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۳	۰/۰۶	۰/۰۵	۰/۰۳	۰/۰۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰/۱۹
لوبیا	۰	۰	۰/۲۹	۰/۸۳	۱/۱۵	۰/۵۱	۰/۱۹	۰	۰	۰	۰	۰	۲/۹۷
نخود	۰/۱۵	۰/۲۲	۰/۵۵	۰/۷۲	۰/۳۴	۰/۱۵	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۲/۱۲
چغندرقند	۰	۰/۶۸	۲/۰۵	۲/۴۴	۳/۵۳	۲/۳۲	۱/۰۹	۰	۰	۰	۰	۰	۱۲/۱۰
عدس	۰/۰۳	۰/۰۶	۰/۱۵	۰/۲۰	۰/۲۴	۰/۰۵	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰/۷۲
انگور	۰/۱۹	۰/۱۴	۰/۴۷	۰/۶۶	۰/۷۸	۰/۵۴	۰/۲۸	۰	۰	۰	۰	۰	۳/۰۶
جمع کل	۴۵/۰۴	۳۵/۱۹	۳۰/۳۷	۲۸/۰۵	۱۳/۷۲	۶/۹۷	۱۶/۴۵	۰	۰	۸/۶۸	۱۲/۲۳	۲۱/۳۱	۲۱۸/۰۱

جدول ۴. مقدار آب موردنیاز محصولات برحسب میلیون مترمکعب

فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند	جمع
۴۵/۰۹	۳۵/۲۴	۳۰/۷۴	۲۸/۷۷	۱۴/۵۶	۷/۴۵	۱۶/۶۹	۰/۰۰	۰/۰۰	۸/۶۸	۱۲/۲۳	۲۱/۳۱	۲۲۰/۷۶

جدول ۵. مقدار آب توزیع‌شده توسط مسئولین از منابع آب سطحی و زیرزمینی

	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند	جمع
شبکه کانال‌ها	۲۳/۹	۶۴/۶۳	۵۵/۵۴	۳۰/۶۷	۳۳/۹۴	۲۶/۰۲	۴/۳۷	۲/۴۹	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۲۴۱/۵۶
چاه‌های تلفیقی	۱/۹	۳/۱۸	۲/۹۴	۵/۷۳	۷/۷۸	۷/۶۹	۳/۴۷	۲/۰۶	۰/۳۷	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۳۵/۱۲



شکل ۲. تعیین مساحت تحت پوشش هر چاه با استفاده از روش تیسن‌بندی

تغییرات سطح آب زیرزمینی

برای بررسی تغییرات سطح آب زیرزمینی منطقه تحت پوشش شبکه، از داده‌های سطح ایستابی مهر سال ۱۳۹۰ تا شهریور سال ۱۳۹۳، مربوط به ۳۹ چاه مشاهداتی موجود در شبکه دشت قزوین استفاده شد. برای منطقه‌ای کردن داده‌های پیزومتری (تراز سطح آب) از روش تیسن‌بندی استفاده شده است. برای این منظور با استفاده از نرم‌افزار ArcGIS نسخه ۱۰/۲، خطوط تیسن در شکل (۲) برای هر چاه مشاهداتی رسم شد. همچنین با استفاده از این خطوط مساحت تحت پوشش هر ایستگاه مشخص شد. متوسط سطح ایستابی برای منطقه موردمطالعه در ماه‌های مختلف سال با استفاده از رابطه (۸) به دست آمد.

Archive of SID

www.SID.ir

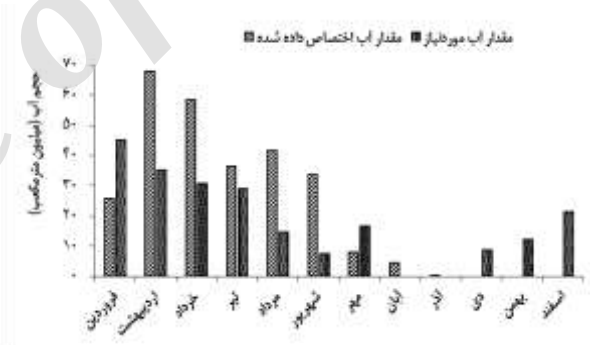
$$H = \frac{\sum A_i h_i}{A}$$ (رابطه ۸)

در رابطه (۸)، H: متوسط سطح ایستابی منطقه تحت پوشش شبکه برای یک ماه، A_i: مساحت تحت پوشش چاه i، h_i: تراز سطح آب برای یک ماه در چاه i، A: مساحت کل منطقه تحت پوشش شبکه است.

بحث و نتیجه‌گیری

بررسی آب تحویلی به کشاورزان

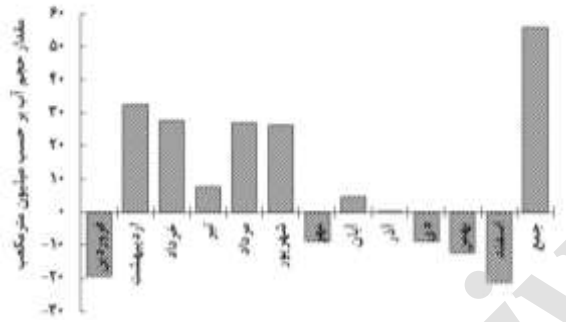
برای بررسی آب تحویلی توسط مسئولان شبکه به کشاورزان، نمودار شکل (۳) ارائه شده است. همان‌طور که مشخص است ستون اولی از سمت مبدأ نمودار نشان‌دهنده‌ی مقدار آب اختصاص داده شده (مجموع آب شبکه و چاه‌های تلفیقی) توسط مسئولین پروژه، برای تأمین نیاز آبی محصولات و ستون دوم نشان‌دهنده‌ی مقدار آب موردنیاز محصولات (نیاز آبی و مقدار آب موردنیاز جهت آبشویی) محاسبه شده است.



شکل ۳. نمودار مقدار آب اختصاص داده‌شده و آب موردنیاز محصولات در همان سال

بیشترین حجم آب تحویلی توسط مسئولین در ماه اردیبهشت و به مقدار ۶۷/۸۱ میلیون مترمکعب بوده درصورتی‌که مقدار آب موردنیاز محصولات در ماه فروردین با مقدار ۴۵/۰۹، بیشتر از سایر ماه‌ها محاسبه شده است. مقدار آب تحویلی در ماه‌های اردیبهشت، خرداد، تیر، مرداد، شهریور، آبان و آذر بیشتر از آب موردنیاز محصولات است. مقدار تحویلی در اکثر این ماه‌ها اختلاف زیادی با مقدار آب موردنیاز محصولات دارد. همچنین مقدار آب تحویلی در ماه‌های فروردین، مهر، دی، بهمن و اسفند به‌مراتب کمتر از مقدار آب موردنیاز محصولات و به‌خصوص در ماه‌های پایانی این مقدار به صفر می‌رسد. همان‌طور که مشخص است توزیع مناسب آب بر اساس نیاز محصولات در ماه‌های مختلف توسط مسئولین صورت نمی‌گیرد. همچنین در بعضی از ماه‌ها مقدار آب تحویلی از مقدار موردنیاز در آن ماه خیلی بیشتر بوده که این نشان‌دهنده تلفات آب توسط مسئولین بهره‌برداری از شبکه است. در شکل (۴) مقدار کمبود و مازاد آب در ماه‌های مختلف سال آورده شده است.

در شکل (۴) محدوده مثبت در محور عمودی مقدار آب مازاد و محدوده منفی، مقدار کمبود آب را در ماه‌های سال نشان می‌دهد. طبق این نمودار کمبود آب در ماه‌های فروردین، مهر، دی، بهمن و اسفند اتفاق افتاده و به ترتیب برابر ۱۹/۲۹، ۸/۸۵، ۸/۶۸، ۱۲/۲۳ و ۲۱/۳۱ میلیون مترمکعب محاسبه شده است. همچنین به غیر از ماه آذر که اندکی توزیع آب مازاد وجود دارد، در ماه‌های اردیبهشت، خرداد، تیر، مرداد، شهریور و آبان مقدار آب مازاد به ترتیب برابر ۳۲/۵۷، ۲۷/۷۴، ۷/۶۳، ۲۷/۱۶، ۲۶/۲۶ و ۴/۵۵ میلیون مترمکعب است. مقدار کل آب مازاد توزیع‌شده در سال ۹۲ برابر ۵۵/۹۲ میلیون مترمکعب است که عدد قابل ملاحظه‌ای است.



شکل ۴. نمودار کمبود و مازاد آب در ماه‌های مختلف سال ۹۲

شاخص‌های خارجی

اطلاعات و نتایج کاربرگ شماره دو با توجه به محوریت موضوع بیان‌شده، به‌صورت جداول (۶) الی (۱۰) آورده شده است. برای درک بیشتر، نتایج حاصل از این کاربرگ علاوه بر مقادیر دریافتی به‌صورت درصد نیز بیان شده است.

طبق جدول (۶) راندمان انتقال و راندمان مزرعه در این شبکه به ترتیب برابر ۷۰ و ۴۹ درصد است. این مقادیر از کاربرگ شماره یک فراخوانی شده است. همچنین در قسمت دوم، مساحت خالص مزارع آبی برابر ۵۸۰۰۰ هکتار است که حدود ۶۸ درصد کل مساحت ناخالص تحت پوشش شبکه را در بر می‌گیرد. مساحت تحت کشت محصولات آبی که شامل برداشت‌های متعدد می‌شود برابر ۴۰۵۳۴ هکتار بوده که حدود ۴۸ درصد از کل مساحت ناخالص تحت پوشش شبکه را دربر گرفته است. همچنین شدت کشت برابر ۷۰ درصد است. این مقدار از حاصل تقسیم مقدار ردیف چهار بر ردیف سه به دست آمده است و نشان می‌دهد که در سال ۹۲ حدود ۳۰ درصد از مزارع به‌صورت آیش بوده است.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۶. شاخص‌های خارجی، راندمان و مساحت

ردیف	راندمان اعلام‌شده	واحد	مقدار	درصد
۱	راندمان انتقال آب واردشده به کانال (شامل تمامی تلفات)	درصد	۷۰	۷۰
۲	راندمان آبیاری مزرعه از راندمان اعلام‌شده	درصد	۴۹	۴۹
	مساحت			
۳	مساحت خالص مزارع آبی شامل یک بار برداشت محصول.	هکتار	۵۸۰۰۰	۶۸
۴	مساحت چند کشتی محصولات آبی	هکتار	۴۰۵۳۴	۴۸
۵	شدت کشت در مساحت تحت پوشش که شامل دو بار برداشت محصول می‌شود.		۰/۷	۷۰

جدول ۷. شاخص‌های خارجی، منابع آب خارجی و داخلی

ردیف	منابع آب خارجی برای مساحت تحت پوشش	مقدار (میلیون مترمکعب)	درصد
۶	جریان آب سطحی وارد شده از خارج منطقه تحت کشت (میزان ناخالص آن از نقطه انحراف)	۲۴۲	-
۷	بارش ناخالص در مزارع آبی تحت پوشش	۱۴۵	-
۸	بارش مؤثر در مزارع آبی (شامل حذف نمک نمی‌شود)	۵۹	۴۱
۹	برداشت خالص از آبخوان برای آبیاری منطقه تحت کشت	۰	-
۱۰	مجموع آب تأمین‌شده خارجی برای پروژه، شامل بارش ناخالص و برداشت خالص از آبخوان.	۳۸۷	-
۱۱	مجموع آب آبیاری تأمین‌شده خارجی برای پروژه	۲۴۲	۶۲
	منابع آب داخلی		
۱۲	مقدار آب سطحی داخلی بازچرخانی شده توسط کشاورزان درون منطقه تحت کشت	۰	-
۱۳	پمپاژ آب زیرزمینی ناخالص توسط کشاورزان درون منطقه تحت کشت	۷۰۶	۹۵
۱۴	پمپاژ آب زیرزمینی توسط مسئولین پروژه و اعمال‌شده در منطقه تحت کشت	۳۵	۵
۱۵	کل حجم آب ناخالص سالانه که توسط مسئولین پروژه تأمین می‌شود.	۲۷۷	۳۷
۱۶	کل آب زیرزمینی که از طریق پمپاژ به منطقه تحت کشت اختصاص داده شده است.	۷۴۱	-
۱۷	پمپاژ آب زیرزمینی توسط مسئولین در منطقه تحت پوشش منهای برداشت خالص آب زیرزمینی	۳۵	-
۱۸	برآورد کل آب سطحی ناخالص داخلی + آب زیرزمینی	۷۴۱	-

جدول (۷) به بررسی منابع آب خارجی و داخلی می‌پردازد. حجم آب حاصل از بارش در مساحت خالص شبکه در ردیف ۷، ۱۴۵ میلیون مترمکعب محاسبه شده است. از این مقدار ۵۹ میلیون مترمکعب جزء بارش مؤثر بوده که حدود ۴۱ درصد از کل بارش سال ۹۲ را شامل می‌شود. ردیف ۱۱ مجموع آب آبیاری تأمین‌شده خارجی، برای پروژه را برابر ۲۴۲ میلیون مترمکعب نشان می‌دهد که این مقدار حدود ۶۲ درصد کل آب خارجی موجود در ردیف ۱۰ است. در بخش منابع آب داخلی، پمپاژ آب زیرزمینی توسط کشاورزان در ردیف ۱۳ حدود ۹۵ درصد از کل پمپاژ است. بنابراین تنها ۵ درصد از منابع آب زیرزمینی توسط مسئولان پروژه پمپاژ می‌شود. همچنین کل حجم آب ناخالص که توسط مسئولین در این سال تأمین شده برابر با ۲۷۷ میلیون مترمکعب در ردیف ۱۵ بوده که ۳۷ درصد از کل حجم آب ناخالص اختصاص داده‌شده به منطقه در ردیف ۱۸ است.

جدول (۸) حاوی پارامترهای مقدار تحویل آب آبیاری به کشاورزان و نیاز آبی محصولات است. مقدار آب آبیاری در ردیف ۲۰ که از شبکه توسط مسئولان پروژه به نمایندگان کشاورزان در ابتدای کانال‌های درجه سه تحویل داده شده است برابر ۱۶۹ میلیون مترمکعب است. این مقدار حدود ۷۰ درصد کل آورد از سد است و حدود ۳۰ درصد تلفات در مسیر انتقال وجود دارد. همچنین در ردیف ۲۱ مقدار کل حجم آب حاصل از پمپاژ و بازچرخانی شده با تأثیر راندمان برابر ۷۳۶ میلیون مترمکعب بوده که حاصل جمع این مقدار و ردیف ۲۰ بیانگر کل آب آبیاری در دسترس کشاورزان بوده که این مقدار در ردیف ۲۲ برابر ۹۰۵ میلیون مترمکعب آورده شده است. همچنین کل آب تأمین‌شده برابر ۹۸۳ میلیون مترمکعب بوده که حدود ۲۸ درصد آن توسط مسئولان شبکه تأمین می‌شود و مابقی به‌صورت شخصی و توسط کشاورزان تأمین می‌شود. مقدار راندمان انتقال آب تحویلی برای کل پروژه در ردیف ۲۴ برابر ۷۱/۹ درصد برآورد شده است. این مقدار با مقدار راندمان انتقال

Archive of SID

www.SID.ir

واقعی که برابر ۷۰ درصد بود، همخوانی معنی‌داری دارد.

مقدار نیاز آبی در منطقه تحت پوشش شبکه در ردیف ۲۶ برابر ۲۱۸ میلیون مترمکعب بوده است و نشان می‌دهد آب حاصل از بارش مؤثر حدود ۱۸ درصد از میزان نیاز آبی را برطرف کرده است. مقدار آب موردنیاز برای آبشویی در ردیف ۲۷ برابر ۲/۷۵ میلیون مترمکعب بوده که حدود ۱/۳ درصد از کل نیاز آبی است. همچنین مقدار کل آب خالص موردنیاز محصولات در ردیف ۲۹ برابر ۲۲۰/۷۶ میلیون مترمکعب بوده که حدود ۸۰ درصد از کل آب تأمین‌شده توسط مسئولان در سال ۹۲ است. جدول (۹) بیانگر سایر شاخص‌های مربوط به شبکه است. مقدار کل ظرفیت کانال اصلی برای عبور دبی در ردیف ۳۰ برابر ۳۰ مترمکعب بر ثانیه است که در سال ۹۲ در بیشترین دبی، از حدود ۸۴ درصد از کل ظرفیت کانال اصلی استفاده شده است. مقدار دبی بر اساس بیشترین نیاز آبی خالص موردنیاز در ردیف ۳۲ برابر ۱۷/۶۱ مترمکعب بر ثانیه است. درصورتی‌که مقدار دبی بر اساس بیشترین نیاز آبی ناخالص موردنیاز در ردیف ۳۳ برابر ۱۰۳/۱ مترمکعب بر ثانیه است و تأمین این دبی برای شبکه غیرممکن است. بیشترین هیدرومدول واردشده به منطقه در سال ۹۲ برابر ۰/۴۳ لیتر بر ثانیه بر هکتار بوده است.

جدول ۸. شاخص‌های خارجی، آب آبیاری تحویلی و نیاز آبی

ردیف	تحویل آب آبیاری به کاربران	واحد	مقدار	درصد
۱۹	راندمان چرخش آب‌های داخل پروژه	درصد	۸۵	۸۵
۲۰	مقدار آب آبیاری سطحی که از خارج منطقه تحت کشت به کاربران تحویل داده شده است. (مقدار تحویلی با لحاظ کردن ضریب انتقال اعلام شده است)	میلیون مترمکعب	۱۶۹	۷۰
۲۱	کل آب آبیاری برای کاربران (آب سطحی بازچرخانی + کل پمپاژ، با تأثیر راندمان انتقال که به‌طور صد در صد کشاورزان پمپاژ می‌کنند و به‌وسیله آن‌ها انحراف پیدا می‌کند)	میلیون مترمکعب	۷۳۶	-
۲۲	کل آب آبیاری تحویلی به کاربران (آب آبیاری سطحی خارجی+ انحراف و پمپاژ آب داخلی با تأثیر راندمان انتقال در هر دو)	میلیون مترمکعب	۹۰۵	-
۲۳	کل آب آبیاری (داخلی + خارجی)	میلیون مترمکعب	۹۸۳	۷۲
۲۴	راندمان انتقال آب تحویلی توسط مسئولین پروژه به‌طور کل	درصد	۷۱/۹	۷۱/۹
	نیاز آبی خالص مزرعه			
۲۵	تبخیر و تعرق مزارع آبیاری در منطقه تحت پوشش	میلیون مترمکعب	۲۶۵/۸	-
۲۶	نیاز آبی در منطقه تحت پوشش (باران مؤثر-ETc)	میلیون مترمکعب	۲۱۸/۰۱	۱۸
۲۷	مقدار آب آبیاری خالص موردنیاز برای کنترل شوری	میلیون مترمکعب	۲/۷۵	۱/۳
۲۸	مقدار آب آبیاری موردنیاز برای فعالیت‌های خاص گیاهان	میلیون مترمکعب	۰	۰
۲۹	جمع مقدار آب خالص موردنیاز محصولات (فعالیت‌های خاص+ کنترل نمک+ باران مؤثر- ET)	میلیون مترمکعب	۲۲۰/۷۶	۸۰

جدول ۹. شاخص‌های خارجی، سایر ارزش‌های کلیدی به همراه شاخص‌های سالانه

	سایر ارزش‌های کلیدی	واحد	مقدار	درصد
۳۰	ظرفیت عبوری دبی جریان کانال اصلی در نقطه انحراف	مترمکعب بر ثانیه	۳۰	-
۳۱	بیشترین دبی واقعی عبوری در این سال از کانال اصلی در نقطه انحراف آب	مترمکعب بر ثانیه	۲۵/۱	۸۴
۳۲	مقدار دبی بر اساس بیشترین نیاز آبی خالص موردنیاز برای مزرعه که شامل هر نیاز خاصی است.	مترمکعب بر ثانیه	۱۷/۶۱	-
۳۳	مقدار دبی بر اساس بیشترین نیاز آبی ناخالص که شامل تمامی ناکارآمدی‌ها می‌شود.	مترمکعب بر ثانیه	۱۰۳/۱	-
	شاخص‌های خارجی سالانه برای منطقه تحت پوشش			
۳۴	بیشترین هیدرومدول جریان آب سطحی واردشده به کانال در این سال	لیتر بر (هکتار در ثانیه)	۰/۴۳	-
۳۵	تأمین نسبی آب برای بخش آبیاری منطقه تحت کشت (RWS)	بدون واحد	۱/۲۶	۲۶
۳۶	راندمان آبیاری سالانه منطقه تحت کشت	درصد	۹۱	۹۱
۳۷	راندمان آبیاری مزرعه	درصد	۲۴	۲۴
۳۸	ظرفیت نسبی ناخالص کانال (RGCC[1])	بدون واحد	۰/۵۹	۵۹
۳۹	جریان نسبی واقعی کانال (RACF[2])	بدون واحد	۰/۷	۷۰
۴۰	مقدار ناخالص سالانه تولیدات کشاورزی بر اساس نوع محصولات	سال بر تن	جدول (۵)	-
۴۱	جمع ارزش سالانه تولیدات کشاورزی	دلار	۱۲۱۶۶۴۹۸۳	-

1. Relative Gross Canal Capacity
2. Relative Actual Canal Flow

Archive of SID

www.SID.ir

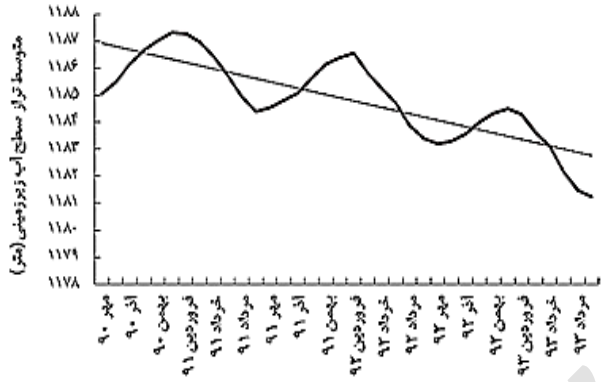
تأمین نسبی آب برای بخش آبیاری منطقه تحت کشت در ردیف ۳۵ برابر ۱/۲۶ است. این مقدار نشان می‌دهد که مقدار آب تأمین‌شده برای پروژه علاوه بر تأمین میزان آب موردنیاز جهت تبخیر و تعرق گیاهان، حدود ۲۶ درصد به‌صورت مازاد وجود دارد. راندمان آبیاری سالانه منطقه تحت کشت با توجه به مقدار آب تحویلی به شبکه در ردیف ۳۶ بایستی برابر با ۹۱ درصد باشد تا مقدار آب موردنیاز محصولات تأمین شود. همچنین راندمان آبیاری مزرعه در ردیف ۳۷ برابر ۲۴ درصد محاسبه شده که نشان می‌دهد با توجه به کل منابع آب موجود در منطقه تحت کشت درصورتی‌که ۲۴ درصد از این مقادیر به مزارع اختصاص داده شود نیاز آبی محصولات برطرف می‌گردد. ظرفیت نسبی ناخالص کانال اصلی در ردیف ۳۸ برابر ۰/۵۹ است و نشان می‌دهد که بیشینه دبی حاصل از آب خالص موردنیاز محصولات، تنها حدود ۵۹ درصد کل ظرفیت کانال اصلی را دربر می‌گیرد. جریان نسبی واقعی کانال در ردیف ۳۹ برابر ۰/۷ است و نشان می‌دهد که بیشترین دبی موردنیاز محصولات، حدود ۷۰ درصد بیشترین دبی واردشده در سال ۹۲ به داخل کانال اصلی است. مقدار ردیف ۴۰ در جدول (۱۰) آورده شده است که مقدار برداشت محصولات مختلف را در سال نشان می‌دهد. حدود ۲۴/۸۰ درصد از کل محصولات برداشت‌شده در سال، گندم بوده و این محصول بیشترین سهم را در سال ۹۲ در منطقه تحت پوشش شبکه داشته است. همچنین عدس با ۰/۰۵ درصد از کل برداشت، کمترین مقدار را در بین محصولات کشت‌شده داشته است.

جدول ۱۰. مقدار ناخالص سالانه تولیدات کشاورزی بر اساس نوع محصولات

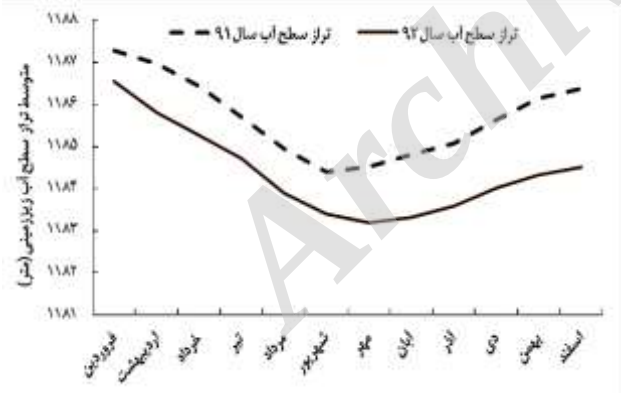
نام محصول	کل محصولات (سال/تن)	درصد هر محصول
گندم	۹۶۳۳۲	۲۴/۸۰
جو	۱۵۲۷۶	۳/۹۳
یونجه	۵۳۱۰۰	۱۳/۶۷
کلزا	۵۱۳۰	۱/۳۲
ذرت دانه‌ای	۴۱۷۰	۱/۰۷
ذرت علوفه‌ای	۶۶۰۵۰	۱۷/۰۱
سیب‌زمینی	۲۱۸۰	۰/۵۶
گوجه	۵۲۹۹۰	۱۳/۶۴
پیاز	۹۴۵	۰/۲۴
لوبیا	۱۲۳۰	۰/۳۲
نخود	۷۱۲/۵	۰/۱۸
چغندرقند	۷۲۱۵۰	۱۸/۵۸
عدس	۲۱۰	۰/۰۵
انگور	۱۷۹۲۰	۴/۶۱
جمع کل	۳۸۸۳۹۵/۵	۱۰۰

بررسی سطح ایستابی

نمودارهای حاصل از بررسی سطح ایستابی منطقه در شکل (۵) و شکل (۶) آورده شده است. شکل (۵) روند سطح ایستابی را از مهر ۹۰ تا شهریور ۹۳ نشان می‌دهد و روند کاهشی شدیدی در این بازه زمانی مشاهده می‌شود. بالاترین سطح ایستابی در این بازه مربوط به اسفند ۹۰ با مقدار ۱۱۸۷/۳ متر و پایین‌ترین سطح ایستابی مربوط به شهریور ۹۳ با ۱۱۸۱/۲ متر است. شکل (۶) مقایسه بین تراز سطح ایستابی سال ۹۱ و سال ۹۲ را نشان می‌دهد. کاهش سطح ایستابی از سال ۹۱ تا ۹۲ مقدار به‌طور متوسط برابر ۱/۴۳ متر بوده است.



شکل ۵. روند تغییرات سطح ایستابی منطقه تحت پوشش شبکه



شکل ۶. مقایسه تراز سطح ایستابی برای سال ۹۱ و ۹۲

بالاترین تراز سطح ایستابی در سال ۹۱ برابر ۱۱۸۷/۳ متر، در فروردین و در سال ۹۲ برابر ۱۱۸۶/۵ متر، در همین ماه است و اختلاف ارتفاع ۰/۸ متری در بین این دو سال مشاهده می‌شود. همچنین پایین‌ترین تراز سطح ایستابی در سال ۹۱ برابر ۱۱۸۴/۴ متر در شهریور و در سال ۹۲ برابر ۱۱۸۳/۲ در مهر است. پایین‌ترین تراز سطح ایستابی همواره در ماه‌های تابستان قرار دارد و این به دلیل افزایش برداشت از چاه‌ها و کاهش تغذیه آب زیرزمینی است.

Archive of SID

www.SID.ir

بحث و نتیجه‌گیری

ارزیابی سریع تمام مباحث مربوط به شبکه‌های آبیاری را با استفاده از کاربرگ‌های مختلف ارائه‌شده مورد بررسی و ارزیابی قرار می‌دهد. همچنین نتایج حاصل از این ارزیابی برای شناسایی نقاط ضعف و قوت شبکه آبیاری، وضعیت نگهداری و بهره‌برداری از آن در بخش‌های مختلف، بسیار مناسب و کاربردی است. نتایج کلی حاصل از کاربرگ شماره یک و دو نشان داد که: مقدار کل آب تحویلی به شبکه در سال ۹۲ به مقدار ۵۵/۹۲ میلیون مترمکعب بیش از مقدار آب موردنیاز محصولات بوده و این مقدار آب حدود ۲۵ درصد از کل آب موردنیاز محصولات کشت‌شده در سال است. این امر نشان‌دهنده تلفات آب در بهره‌برداری از شبکه است. همچنین در بیشتر ماه‌های سال مقدار آب توزیع‌شده با مقدار آب موردنیاز محصولات کشت‌شده در مزارع همخوانی ندارد. به همین دلیل مقدار هدر رفت آب با توجه به کاهش ذخایر آبی منابع تأمین‌کننده آب این شبکه افزایش پیدا کرده است. توزیع زمانی آب به‌وسیله مسئولان بهره‌برداری بایستی با توجه به مقدار آب موردنیاز محصولات انجام گیرد تا بتوانند کمترین هدر رفت آب را در امر بهره‌برداری داشته باشند. همچنین از آنجا که اکثر کشاورزان منطقه از نیاز آبی گیاهان در ماه‌های مختلف سال آگاهی ندارند و به‌صورت تجربی و با توجه به شرایط جوی درخواست آب می‌کنند، هر زمان که آب در اختیار کشاورزان قرار گیرد آن‌ها استقبال کرده و خریداری می‌نمایند. درنتیجه توزیع زمانی آب در منطقه تحت پوشش شبکه بایستی توسط مسئولان بهره‌برداری جهت استفاده مناسب‌تر از منابع آب و کاهش هدر رفت آن با توجه به مقدار آب موردنیاز محصولات، اصلاح شود. نتایج بیان‌شده با نتایج تحقیق (Monzajeri *et al*, 2012) که پایین بودن راندمان کاربرد آب در برخی از مزارع موردمطالعه دشت قزوین را به دلیل عمق آب آبیاری بیش از حد نیاز گیاه و در نتیجه افزایش تلفات، عدم برنامه آبیاری صحیح با توجه به میزان نیاز آبی گیاهان در طول دوره کشت و عدم مدیریت صحیح آبیاری بیان نمودند، همخوانی معناداری دارد. مقدار کل آب ناخالص موجود در شبکه (آب داخلی) برابر با ۷۴۱ میلیون مترمکعب است؛ که کل این مقدار از منابع آب زیرزمینی در محدوده تحت پوشش شبکه حاصل شده است. از این مقدار آب تنها حدود ۵ درصد توسط مسئولان پروژه پمپاژ می‌شود. همچنین کل مقدار آب پمپاژ شده چندین برابر نیاز آبی محصولات کشت‌شده در منطقه بوده که بدون برنامه خاصی توسط کشاورزان پمپاژ می‌شود. این امر باعث افت شدید تراز سطح آب زیرزمینی در منطقه، طی سال‌های اخیر شده است. به نظرمی‌رسد که اگر مسئولیت و نظارت چاه‌های شخصی به مسئولین شبکه محول شود آنها می‌توانند با برنامه‌ریزی و نظارت بر بهره‌برداری از چاه‌ها، به‌طور مطلوبی از آنها برای تأمین نیاز آبی محصولات کشت‌شده در منطقه استفاده کنند. کل آب داخلی و خارجی در این منطقه با تأثیر راندمان انتقال برابر با ۹۸۳ میلیون مترمکعب است، این مقدار حدود ۲۸ درصد آن توسط مسئولان شبکه تأمین شده که مقدار کمی است. برای استفاده بهتر از این منابع آب تنها راه ممکن افزایش سهم مسئولان پروژه در تأمین و در دست داشتن این منابع برای استفاده هدفمند از آن است. با توجه به اینکه در سال‌های اخیر کاهش ذخایر آبی اتفاق افتاده است بایستی برنامه‌ای هدفمند و بلندمدت برای منابع آب موجود تدوین شود و سیاست لازم برای تأمین نیاز آبی منطقه در حال حاضر و سال‌های آینده اتخاذ شود.

REFERENCES

Burt, C. and stayls, S. (1998). Modern Water and Management Practices in Irrigation: Impact on Performance. (http://www.itrc.org/reports/modernwatercontrol/modernwatercontrol.htm)

Burt, C. (2001). Rapid Appraisal Process (RAP) and benchmarking explanation and tools (available at http://www.watercontrol.org/reports/rapidapprisal/rap041803.pdf)

Burt, C. and stayls, S. W. (2004). Conceptualizing Irrigation Project Modernization Through Benchmarking and the Rapid Appraisal Process. *Irrigation and Drainage*, 53, 145-154.

Conrad, C. and Dech, S. W, Hafez, m. Lamert, G. P. A and Tischbein, B. (2013). Remote sensing and hydrological measurement based irrigation performance assessments in the upper Amu Darya Delta, Central Asia. *Physics and Chemistry of the Earth*, 52-62.

FAO. (2001). Performance Evaluation of Makhamthao-Uthong Project with a Rapid Appraisal Procedure. As published in Water and Energy International, 58

Ghaheri, A. (1997). Irrigation and Drainage Project Performance Assessment Framework. The first technical workshop to evaluate the performance of irrigation and drainage systems. National Committee on Irrigation and Drainage. (In Farsi)

Ghoravi, H. Farhadi, E. Borhan, N. Ghaheri, A. Ehsani, M. Bahredar, D. Asnaashari, M. and Monem, M. J. (2005).Rapid Appraisal Process and the Application in Irrigation and Drainage. Irrigation and Drainage Performance. (In Farsi)

Karamati, M. (2001). Evaluation of water distribution

Archive of SID

www.SID.ir

networks of irrigation and drainage the Moghan. The Third technical workshop to evaluate the performance of irrigation and drainage systems. (In Farsi)

Kisekka, I. Migliaccio, K. W. Dukes, M. D. Schaffer, B. & Crane, J. H. (2011). Evapotranspiration-Based Irrigation Scheduling for Agriculture.

Madadi, S. Emadi, A. and Shanazare, A. (2013). Performance assessment of water distribution in Tajan irrigation and drainage network. *Journal of Water and Soil Conservation.* 21(5). (In Farsi)

Montazer, E. and Pashazade, N. (2011). Performance Assessment of West Main Canal of Dez in the Different Water Operational Scenarios Using CANALMAN Model. *Journal of Water and Soil* . 25(1). (In Faresi)

Monzajeri, M. S. Maseodi, S. E. Sohrabi, J. and Ojaghlo, H. (2012). Performance evaluation and improvement of irrigation systems: A case study of Qazvin Plain. *The first national conference on agricultural water management.* (In Farsi)

Moreno-Pérez, M. F and Roldán-Cañas, J. (2013). Assessment of irrigation water management in the Genil-Cabra (Córdoba, Spain) irrigation district using irrigation indicators. *Agricultural water management*, 120, 98-106.

Shahrokhniya, M. A. and Javan, M. (2006).Evaluation of Irrigation Performance Indicators in the Doroodzan Irrigation Network. Journal of Agricultural Engineering Research. 7(29). (In Farsi)

Uysal, Ö. K and Atış, E. (2010). Assessing the performance of participatory irrigation management over time: A case study from Turkey. *Agricultural water management*, 97(7), 1017-1025.

Zahmatkesh, M. and Montazer, A. A. (2011).Performance Assessment of some Irrigation Network in the World Using Benchmarking and Data mining Techniques. *Journal of Water and Soil*. 25(5). (In Farsi)

Archive of SID

www.SID.ir