Archive of SID

نشریه آبیاری و زهکشی ایران
شماره۱، جلد ۱۳، فروردین - اردیبهشت ۱۳۹۸، ص. ۱۵۲-۱۴۲

Iranian Journal of Irrigation and Drainage
No. 1, Vol. 13, Apr.-May. 2019, p. 142-152

بررسی تاثیر مدیریت توزیع و تحویل در شرایط کمبود آب بر میزان شاخص بهره‌وری آب با استفاده از مدل‌های هیدرودینامیک و شبیه‌ساز تولید محصول

فرهاد ابراهیمیان[۱]، محمدجواد منعم[۲*]، مجید دلاور[۳]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۵/۱ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۶/۲۶

چکیده

محدودیت منابع آب و رشد جمعیت که نیازمند افزایش تولید غذا است، ضرورت ارتقا بهره‌وری آب در شبکه‌های آبیاری را ایجاب می‌کند. روش‌های ارتقا بهره‌وری در شبکه‌های آبیاری در دو بخش کلی مدیریت عرضه و مدیریت تقاضا انجام می‌شود. در این تحقیق با توجه به محدودیت روش‌های مدیریت عرضه، تاکید بر مدیریت تقاضا به‌خصوص در شرایط کمبود آب شده است. برای این منظور مدیریت برنامه‌های توزیع و تحویل آب در شبکه (شامل ۴ سناریو) به‌منظور بهبود بهره‌وری آب در نظر گرفته شد. این تحقیق بر روی کانال درجه دوم شرقی شبکه آبیاری و زهکشی عقیلی واقع در منطقه گتوند استان خوزستان صورت گرفت. وضعیت هیدرولیکی جریان در شبکه موردنظر با استفاده از مدل هیدرودینامیک ICSS شبیه‌سازی شد. عملکرد هر یک از محصولات موجود در شبکه با استفاده از مدل شبیه‌ساز گیاهی AquaCrop شبیه‌سازی شد. بسته به هدف مدیریتی وبا تاکید بر صرفه‌جویی در مصرف آب، تولید غذا و یا بهبود بهره‌وری آب، سناریوهای موردنظر می‌توانند اولویت‌های متفاوتی داشته باشند. چنان‌چه هدف اصلی بهبود بهره‌وری آب باشد، نتایج حاصله بیانگر آن است که سناریو اول و چهارم به‌ترتیب با ۱۳/۸ و ۱۲/۹۶ درصد بهبود بهره‌وری نسبت به وضعیت موجود مناسب‌ترین گزینه می‌باشند.

واژه‌های کلیدی: بهره‌وری، تحویل و توزیع، کمبود آب، مدل AquaCrop

مقدمه [۱ ۲ ۳]

کمبود آب از مشکلات گسترده در بسیاری از نقاط جهان است. مناطقی که دچار مشکل کم‌آبی می‌شوند با مسایلی نظیر عدم تعادل عرضه و تقاضای آب، کاهش کمی و کیفی منابع آب سطحی و زیرزمینی و بروز رقابت‌های بین بخشی رو به‌رو خواهند بود. بخش کشاورزی بزرگ‌ترین مصرف کننده آب است و به همین دلیل همواره با بخش‌های دیگر مثل بخش صنعت و شرب رقابت دارد. بنابراین لازم است تا در مناطقی که با مشکل کمبود آب مواجه هستند اقداماتی برای مدیریت بهتر آب کشاورزی و آبیاری بمنظور افزایش بهره‌وری آب صورت گیرد، تا بتوان از حداقل آب موجود حداکثر بهره‌برداری را نمود (Pereira et al., 2002).

بهبود بهره‌وری در شبکه‌های آبیاری در دو حالت کلی با بکارگیری روش‌هایی با رویکرد عرضه و تقاضا محور قابل انجام است. با توجه به بحران کم‌آبی شدید در کشور، اغلب حوضه‌های آبریز کشور را درگیر کرده است، عملا پیاده‌سازی روش‌های تامین آب یا عرضه محور (مانند طرح‌های انتقال آب یا برداشت از سفره آب زیرزمینی) برای جبران کمبود آب در شرایط بسیار خاص و محدودی امکان‌پذیر است. از طرفی اعمال روش‌های مدیریت تقاضا، ظرفیت قابل توجهی برای بهبود بهره‌وری دارد و پیاده‌سازی آن با هزینه‌های کم‌تری امکان‌پذیر است. از جمله تحقیقاتی که در زمینه مدیریت تقاضا بمنظور بهبود بهره‌وری در شبکه‌ها صورت گرفته است می‌توان به موارد زیر اشاره نمود:

در پژوهشی که توسط کرمی و رادمهر (۱۳۹۲) صورت گرفت، از دلایل اصلی برای کمبود آب احتمالی، تغییر کاربری‌هایی بود که موجب افزایش نیاز آبی می‌شد. ایشان تغییر الگوی کشت را روشی موثر برای مدیریت شبکه در شرایط کمبود آب معرفی نمودند.

ارادی و پرورش (۱۳۹۰) به‌منظور توزیع آب در شرایط کمبود آب سناریوهای مختلفی را در نظر گرفتند و با برنامه‌ریزی گردشی تحویل آب به کانال‌های درجه دو سناریوهای مختلف را بررسی کردند. نتایج این تحقیق نشان داد در یکی از سناریوها پیک حجم مصرف آب تا ۳۵ درصد کاهش یافت.

۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد گروه سازه‌های آبی دانشگاه تربیت مدرس
۲- استاد گروه سازه‌های آبی دانشگاه تربیت مدرس
۳- استادیار گروه منابع آب دانشگاه تربیت مدرس
(* - نویسنده مسئول: Email: monem_mj@modares.ac.ir)

www.SID.ir

Archive of SID

در پژوهشی که توسط بیهادرا و همکاران صورت گرفت، راهکار تغییر برنامه توزیع آب از حالت بر حسب تقاضا به حالت گردشی در یکی از شبکه‌های هند، برای بهبود بهره‌وری و رفع مشکل کم‌آبی با استفاده از مدل هیدرودینامیک شبیه‌سازی و ارزیابی شد. با استفاده از نتایج شبیه‌سازی و مقایسه آن‌ها با شرایط بهره‌برداری موجود، برنامه توزیع گردشی قابل‌قبول بوده و می‌تواند جایگزین مناسبی باشد. چرا که با استفاده از این برنامه مقدار آب کم‌تری مصرف خواهد شد (Bhadra et al., 2010).

پژوهشی توسط هاشمی و همکاران (۱۳۹۵) با هدف رفع مشکل نوسانات آب ورودی به کانال اصلی شبکه آبیاری رودشت صورت گرفت. در این تحقیق راهکارهای پیشنهادی به‌منظور بهبود شرایط بهره‌برداری ارایه شدند، شامل چهار حالت است. این چهار حالت عبارتند از: شرایط قابل پیش‌بینی نوسانات ورودی، شرایط غیرقابل پیش‌بینی نوسانات ورودی، امکان نوبت‌بندی نمودن تحویل آب به بالادست و پایین‌دست کانال اصلی و کاهش مدت زمان آب‌گیری با افزایش ناگهانی دبی ورودی در سراب کانال. این راهکارها با استفاده از مدل ICSS[1] شبیه‌سازی و با بهره گیری از شاخص‌های عملکرد هیدرولیکی ارزیابی شد. نتایج نشان داد که در شرایط ۲۰٪ کمبود آب هر چهار راهکار قابل‌قبول بوده و میزان اثر بخشی آن‌ها از راهکار اول تا راهکار چهارم به ترتیب افزایش می‌یابد. در شرایط کمبود آب شدیدتر، میزان اثربخشی دو راهکار سوم و چهارم از دو راهکار دیگر بیش‌تر است. در نهایت با توجه به این‌که امکان عملیاتی شدن راهکارهای سوم و چهارم بیش‌تر از دو راهکار دیگر است، توصیه شده است که در شرایط کمبود ۲۰ درصدی آب از این دو راهکار استفاده شود.

در تحقیقات گذشته عموما از شاخص‌های عملکرد هیدرولیکی استفاده شد و تاثیر روش‌های مختلف بر تولید محصول در نظر گرفته نشده است. در این تحقیق تلاش بر این است تا با ارایه راهکارهای مدیریتی توزیع و تحویل در شرایط کمبود آب، میزان تاثیر آن بر شاخص‌های بهره‌وری آب در شبکه مورد بررسی قرار گیرد. برای این منظور، میزان آب تحویلی به آب‌گیرها برای سناریوهای مختلف مدیریتی با استفاده از مدل هیدرودینامیک تعیین و عملکرد هر یک از محصولات با استفاده از مدل گیاهی شبیه‌سازی شد. متعاقب آن میزان بهره‌وری آب برای سناریوهای مختلف کمبود آب و روش‌های مدیریتی مورد بررسی و نتایج مقایسه گردید.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

شبکه آبیاری و زهکشی گتوند از شمال به اراضی منابع طبیعی گتوند و از غرب به اراضی قابل کشت دزفول منتهی می‌شود. سد تنظیمی انحرافی گتوند در شمال خوزستان در ۴ کیلومتری شهرستان گتوند بر روی کیلومتر ۳۷۷ رودخانه کارون ساخته شده است. آب رودخانه کارون پس از عبور از محل سد گتوند از طرف شرق به کانال اصلی عقیلی و از طرف غرب به کانال اصلی گتوند و سپس به کانال‌های درجه ۱ و ۲ در نهایت به مزارع کشاورزان و شرکت کشت و صنعت کارون برای آبیاری مزارع نیشکر هدایت می‌شود.

سطح زیر کشت ناخالص شبکه عقیلی ۷۲۲۵ هکتار و میانگین مصرف آب سالیانه آن ۱۵۰ میلیون مترمکعب برآورد گردید. این شبکه متشکل از کانال اصلی عقیلی و دو کانال درجه دو به نام‌های کانال عقیلی شرقی و کانال عقیلی غربی می‌باشد. کانال اصلی با ظرفیت ۱۲ مترمکعب بر ثانیه از سد تنظیمی انحرافی گتوند آب‌گیری نموده و در کیلومتر ۹۰۰+۱ دو کانال عقیلی شرقی و عقیلی غربی به ترتیب با حداکثر دبی ۵ و ۷ مترمکعب بر ثانیه از آن منشعب می‌شوند. سازه‌های آب‌بند و آب‌گیرها بصورت دریچه کشویی بوده و کلیه آب‌گیرها و تنظیم کننده‌ها در این شبکه بصورت دستی بهره‌برداری می‌شوند.

کانال مورد مطالعه در تحقیق حاضر کانال عقیلی شرقی می‌باشد. این کانال بصورت بتنی و دارای مقطع ذوزنقه‌ای با شیب جانبی ۱:۱، با طول ۱۶/۲۱۵ کیلومتر، عرض کف در نیمه‌ی ابتدای کانال ۱/۵ متر و نیمه‌بعدی از کانال ۱ متر ساخته شد. طول کانال مورد مطالعه در این تحقیق در حدود ۹ کیلومتر بوده که برای شبیه‌سازی جریان هیدرولیکی ۲۵ بازه در نظر گرفته شد. این قسمت از کانال دارای ۱۳ سازه آب‌گیر، ۷ آب‌بند و ۴ سیفون می‌باشد. ابعاد آب‌گیرها ۶۰ ×۶۰ سانتی‌متر و ابعاد آب‌بندها در ۲۱ بازه ابتدای کانال۶۰ ×۱۵۰ و در بازه‌های بعدی ۱۰۰×۶۰ سانتی‌متر می‌باشد. شکل ۱ نمای کلی از شبکه عقیلی را نشان می‌دهد.

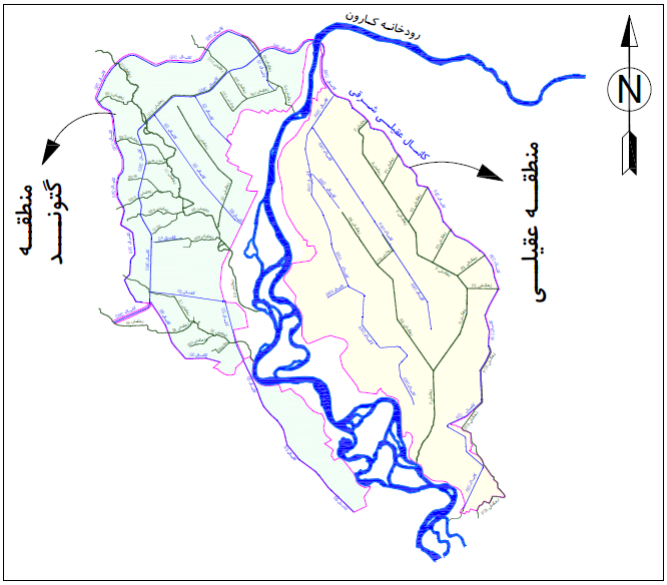
معرفی مدل شبیه‌ساز هیدرودینامیک ICSS

مدل ICSS توسط مانز به منظور شبیه‌سازی هیدرولیک، هیدرولوژی و بهره‌برداری از سیستم‌های انتقال و توزیع آب طراحی شده است. این مدل قادر است جریان ماندگار و غیرماندگار را برای شرایط مختلف بهره‌برداری از کانال‌های آبیاری با انواع شکل مقطع کانال همراه با طیف قابل‌توجهی از سازه‌ها توام با جریانات گسترده ورودی و خروجی بصورت یک بعدی شبیه‌سازی کند(Manz., 1995). مدل مذکور برای شبیه‌سازی جریان ماندگار از معادلات جریان متغیر تدریجی ارایه شده توسط هندرسون (Henderson., 1989)((معادلات ۱ الی ۳)، و برای شبیه‌سازی جریان غیرماندگار از معادلات سنت‌ونانت که توسط استریلکف (Strelkoff., 1969) (معادلات ۴ و ۵) استخراج شده است، استفاده شد.

1- Irrigation Conveyance System Simulation

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۱- شبکه آبیاری و زهکشی عقیلی

$$\frac{dy}{dx} = \left[S_0 - S_f - \frac{2Q}{gA^2}p + \frac{1}{Ag}\left[\frac{Q^2}{A^2}\right]A_x^y\right] / (1 - F^2) \quad (۱)$$

$$\frac{dy}{dx} = \left[S_0 - S_f - \frac{2Q}{gA^2}i + \frac{1}{Ag}\left[\frac{Q^2}{A^2}\right]A_x^y\right] / (1 - F^2) \quad (۲)$$

$$Q = \frac{A}{n}R^{2/3}S_f^{1/2} \quad (۳)$$

$$\left(\frac{A}{B}\right)\frac{\partial V}{\partial x} + V\frac{\partial y}{\partial x} + \frac{\partial y}{\partial t} + \frac{V}{B}(A_x^y) - \frac{1}{B}(p - i) = 0 \quad (۴)$$

$$\frac{\partial V}{\partial t} + V\frac{\partial V}{\partial x} + \frac{\partial V}{\partial x} + g(S_f - S_0) + \frac{V}{A}(p - i) = 0 \quad (۵)$$

که در آن: Q = دبی کانال، y = عمق جریان، x = فاصله در طول کانال، F = عدد فرود، p = جریان گسترده ورودی، A = سطح مقطع جریان، g = شتاب ثقل، S = شیب کف کانال، S_f = شیب خط انرژی در رابطه مانینگ، S_0 = شیب کف کانال، I = جریان گسترده خروجی، A_x^y = تغییرات سطح مقطع جریان نسبت به x با فرض y ثابت، n = ضریب زبری مانینگ، R = شعاع هیدرولیکی.

معرفی مدل AquaCrop

مدل AquaCrop مدل شبیه‌ساز رشد گیاه بر اساس مقدار آب مصرفی است که نسبت به مدل‌های دیگر به عوامل کم‌تری برای شبیه‌سازی نیاز دارد. بیش از ۲۰ سال است که نشریه شماره ۳۳ سازمان خواربار و کشاورزی جهانی (FAO[1])، مرجع اصلی برآورد و تحلیل واکنش محصولات کشاورزی به مقدار آب مصرفی می‌باشد. (Doorenbos and Kassam., 1979) . معادله اساسی به‌کار رفته در این نشریه معادله شماره ۶ می‌باشد.

$$\left(\frac{Y_x - Y_a}{Y_X}\right) = K_y\left(\frac{ET_x - ET_a}{ET_x}\right) \quad (۶)$$

که در آن Y_x عملکرد بیشینه، Y_a عملکرد واقعی، ET_x تبخیر و تعرق بیشینه، ET_a تبخیر تعرق واقعی و K_y ضریب حساسیت کم‌آبی است.

ورودی‌های این مدل شامل چهار دسته اطلاعات اقلیمی، گیاه، مدیریت و خاک است. داده‌های اقلیمی حداقل و حداکثر دما، بارش و تبخیر و تعرق مرجع است. مدل از داده‌های حداکثر و حداقل دمای روزانه برای محاسبه درجه روز رشد (GDD[2]) به منظور تعدیل عملکرد زیست توده به دلیل تنش سرمایی استفاده می‌کند (Raes et al., 2009) .

سیستم اطلاعات گیاه از چهار بخش فنولوژی و کانوپی گیاه، تعرق گیاه، بیوماس و عملکرد قابل برداشت و تنش‌ها تشکیل شده است. تنش‌های مدل شامل تنش آبی، تنش حاصل‌خیزی، تنش دمای هوا و تنش شوری است. اجزای مدیریت شامل دو قسمت مدیریت آبیاری (در زمینه کشاورزی دیم و آبی) و مدیریت زراعی (در زمینه سطوح مختلف حاصل‌خیزی خاک) است اطلاعات خاک شامل خصوصیات هیدرولیکی خاک است که برای هر لایه از نیم‌رخ خاک وارد مدل می‌شود.

1- Food and Agriculture Organization

2- Growth Degree Day

www.SID.ir

Archive of SID

رابطه حاکم بر حرکت آب درخاک، معادله بیلان است که مدل برای بخشی از پروفیل خاک که سیستم ریشه در آن واقع شده است، محاسبه می‌کند. در این فرآیند، مدل با استفاده از مقدار آب وارد و خارج شده، بیلان آب خاک را محاسبه و اجزای بیلان را برای مدت زمان مشخص تعیین می‌کند (Steduto et al., 2012).

مفهوم بهره‌وری

شاخص عمومی بهره‌وری بصورت نسبت ستاده به نهاده تعریف شده است. بنابراین بطورکلی، نسبت ستاده به نهاده، حاکی از سطح بهره‌وری در یک فرآیند ویژه و در یک دوره خاص می‌باشد. ستاده می‌تواند بصورت فیزیکی برحسب مقادیر وزنی، تعداد، سود ناخالص، سود خالص و غیره مطرح شود. قسمت نهاده در بحث بهره‌وری آب عموما آب می‌باشد. به‌طور کلی بهره‌وری آب کشاورزی از دیدگاه‌های مختلفی مورد بحث و بررسی قرار می‌گیرد. معمول‌ترین این دیدگاه‌ها بهره‌وری از دیدگاه فیزیکی، بهره‌وری از دیدگاه مالی و بهره‌وری از دیدگاه اشتغال می‌باشد. مفهوم بهره‌وری بیش‌تر آب کشاورزی از دیدگاه فیزیکی به معنای تولید محصول بیش‌تر، از دیدگاه مالی به معنای کسب سود بیش‌تر و از دیدگاه اشتغال به معنای ایجاد اشتغال بیش‌تر به ازای واحد حجم آب مصرفی است (احسانی و خالدی، ۱۳۸۲).

بهبود بهره‌وری در شبکه‌های آبیاری در دو حالت کلی بکارگیری روش‌هایی با رویکرد عرضه محور و تقاضا محور قابل انجام است. با توجه به بحران کم‌آبی شدید در کشور، که اغلب حوضه‌های آب‌ریز کشور را درگیر کرده است، عملا پیاده‌سازی روش‌های تامین آب یا عرضه محور (مانند طرح‌های انتقال آب یا برداشت از سفره آب زیرزمینی) برای جبران کمبود آب در شرایط بسیار خاص و محدودی امکان‌پذیر است. از طرفی اعمال روش‌های مدیریت تقاضا ظرفیت قابل توجهی برای بهبود بهره‌وری دارد و پیاده‌سازی آن نیز با هزینه‌های کم‌تری امکان‌پذیر است. بسیاری از تحقیقات انجام شده گواه این موضوع هستند که پایین بودن راندمان و بهره‌وری آب در شبکه‌های آبیاری، در نتیجه ضعف برنامه‌ریزی‌های مدیریتی می‌باشد و با برنامه‌ریزی‌های مدیریتی کارآمد می‌توان این وضعیت را بهبود بخشید.

روش انجام کار

در پژوهش‌های قبلی مدل ICSS برای کانال عقیلی شرقی تهیه شده و محاسبات هیدرولیکی مربوط به سناریوهای ارایه شده برای روزهای چهارم و پنجم تیرماه سال ۱۳۹۰ که دارای بیش‌ترین نوسانات دبی بوده‌اند شبیه‌سازی شد و اطلاعات مربوط به دبی تحویلی به هر آب‌گیر استخراج شد (استواری، ۱۳۹۶). برای هر یک از سناریوها نسبت دبی واقعی تحویلی در روز ۵تیر به دبی شبیه‌سازی شده برای همان روز تعیین گردید. با فرض ثابت بودن این نسبت در طول سال برای هر یک از سناریوها دبی شبیه‌سازی شده سایر روزهای سال زراعی برآورد گردید. با توجه به مساحت تحت کشت محصولات مختلف پنج محصول گندم، سیب‌زمینی، گوجه‌فرنگی، لوبیا و ذرت به عنوان محصولات اصلی در نظر گرفته شدند. آب برنامه‌ریزی شده برای هر یک از این محصولات با توجه به نیاز آبی و مساحت تحت کشت هر کدام محاسبه گردید. با توجه به میزان آب برنامه‌ریزی شده به هر یک از محصولات با در نظر گرفتن راندمان توزیع ۶۵ درصد و راندمان کاربرد ۴۵ درصد مقدار نیاز خالص آبی برای هر یک از محصولات در طول فصل رشد محاسبه و به عنوان برنامه آبیاری در مدل وارد شد. در مدل AquaCrop شرایط خاک، گیاه و اقلیم برای سناریوهای موجود یکسان و فقط برنامه آبیاری متفاوت در نظر گرفته شد که همین عامل باعث تغییر در مقدار عملکرد محصولات می‌شود. پس از شبیه‌سازی مقادیر عملکرد هر یک از محصولات، مقدار شاخص بهره‌وری فیزیکی به ازای آب مصرف شده (CPD[1]) برای هر یک از محصولات و هم‌چنین کل شبکه محاسبه و برای سناریوهای مختلف مورد مقایسه قرار گرفت. قابل ذکر است که میزان شاخص بهره‌وری کل شبکه با استفاده از روش میانگین‌گیری وزنی محاسبه شده است. به این ترتیب که ابتدا با استفاده از میزان محصول تولید شده در سطح شبکه و میزان آب دریافتی برای هر محصول شاخص بهره‌وری هر محصول محاسبه شد. سپس با توجه به سطح زیرکشت هر یک از محصولات شاخص بهره‌وری کل شبکه با استفاده از روش میانگین‌گیری وزنی محاسبه شد. هر یک از سناریوها و راهکارهای توزیع و تحویل مورد بررسی و دلایل انتخاب آن‌ها به صورت مختصر در قسمت‌های بعد معرفی می‌شوند.

معرفی سناریوهای مدیریتی

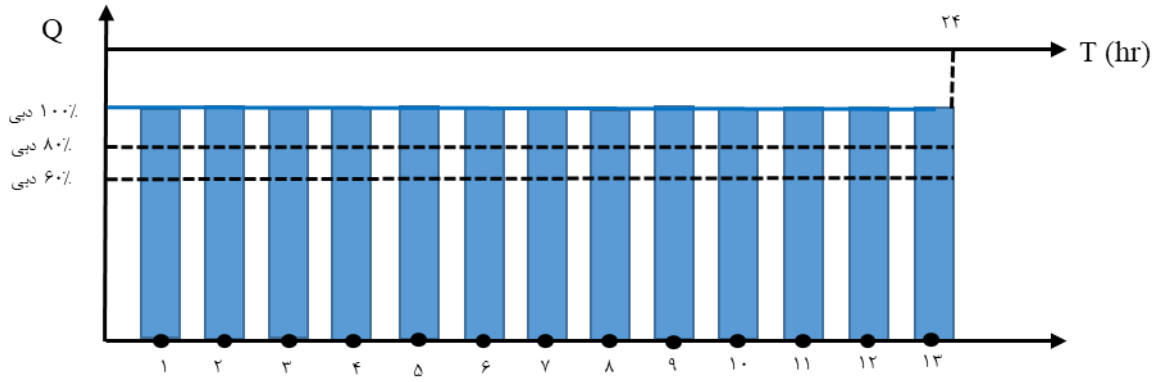
سناریو اول

این سناریو به‌منظور توزیع یکنواخت کمبود آب بین آب‌گیرها در دو حالت ۲۰ و ۴۰ درصد کمبود در دبی سراب شبیه‌سازی شد. طبق این سناریو هم‌زمان با کاهش دبی در سراب، دبی هر آب‌گیر به همان میزان کاهش یافت و تنظیمات آب‌بندها به نحوی انجام شد که عمق در بازه‌ها در بالادست آب‌بند ثابت بماند. در این سناریو انجام عملیات بهره‌برداری آب‌گیرها هم‌زمان باهم و هم‌زمان با کاهش دبی سراب در ابتدای روند شبیه‌سازی انجام گرفت. شکل ۲ بصورت شماتیک این سناریو را نشان می‌دهد.

1- Crop Per Drop

www.SID.ir

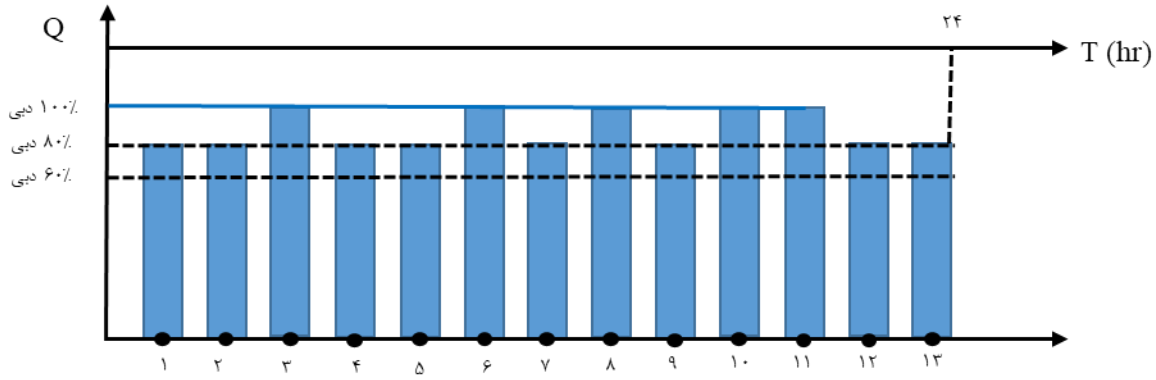
Archive of SID



شکل ۲- طرح شماتیک سناریواول

سناریو دوم

در این سناریو توزیع آب در کانال بین آب‌گیرها براساس نوع اولویت‌بندی که براساس الگوی کشت هر آب‌گیر بود، انجام گرفت. این اولویت‌بندی به‌گونه‌ای است که پنج آب‌گیر ۳، ۶، ۸، ۱۰ و ۱۱ بصورت تصادفی انتخاب و فرض بر این شد که این آب‌گیرها دارای اولویت بالاتری نسبت به سایر آب‌گیرها هستند. برای این آب‌گیرها دبی موردنیاز بطور کامل و برای هشت آب‌گیر دیگر دبی متناسب با میزان کمبود در سراب کانال کاهش می‌یابد. هدف از طراحی این سناریو تاثیر اولویت آب‌گیرهای مختلف در مدیریت کمبود آب می‌باشد. شکل ۳ بصورت شماتیک این سناریو را نشان می‌دهد.



شکل ۳- طرح شماتیک سناریو دوم

سناریو سوم

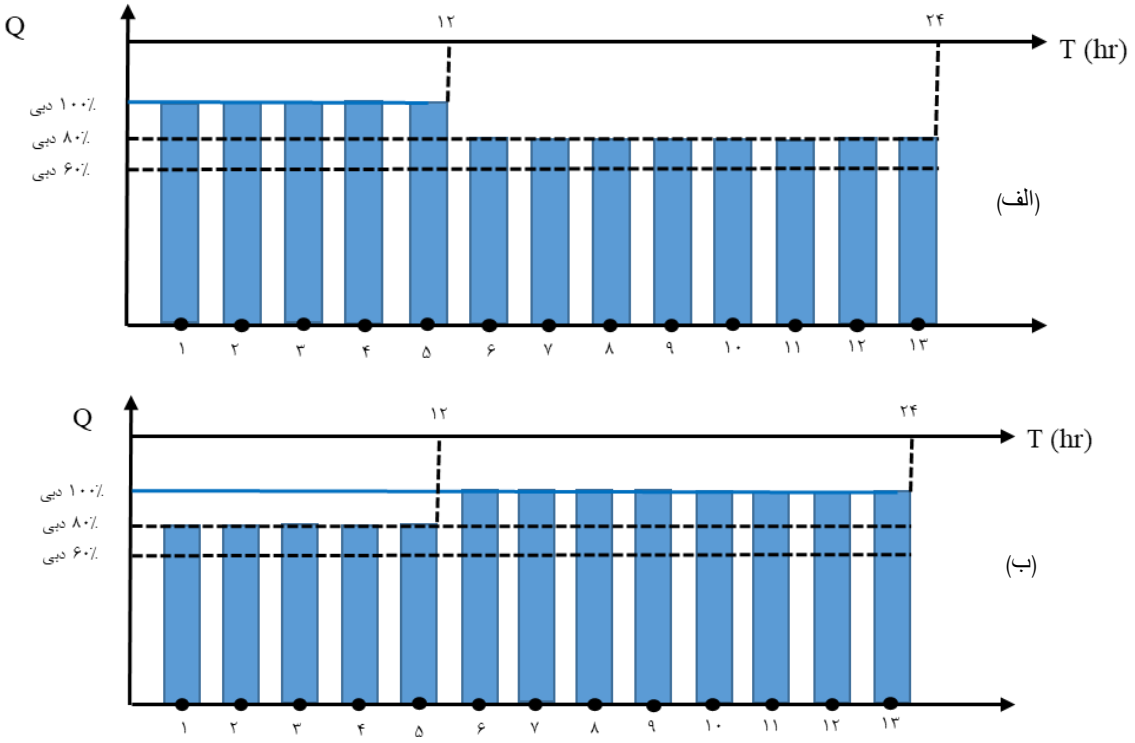
کاهش دبی در سراب کانال باعث پایین آمدن تراز سطح آب و اختلال در آب‌گیری می‌شود. به‌منظور رفع این مشکل، سناریو سوم طوری طراحی شد که ضمن آب‌گیری همه آب‌گیرها، تراز کافی آب در بخشی از کانال تامین شود. این سناریو به این صورت بود که آب-گیرها بر اساس مقدار دبی به دو گروه تقسیم‌بندی شدند. در ۱۲ ساعت اول تحویل و توزیع، گروه اول آب‌گیرها دبی موردنیاز خود را بصورت کامل و گروه دوم آب‌گیرها دبی را متناسب با مقدار کمبود آب در سراب دریافت می‌کنند. به همین ترتیب در نیمه دوم زمان تحویل و توزیع (۱۲ ساعت دوم) گروه دوم آب‌گیرها دبی موردنیاز خود را کامل و گروه اول دبی درخواستی خود را براساس میزان کمبود آب در سراب دریافت نمودند (شکل ۴). این سناریو مانند سناریوهای قبلی برای کمبود دبی‌های ۲۰ و ۴۰ درصدی شبیه‌سازی شد و مقدار کمبود در دبی آب‌گیرها به تناسب آن‌ها بود.

سناریو چهارم

آب‌گیری به دلیل کاهش دبی در سراب و تراز آب دچار اختلال می‌شود. بنابراین سعی بر این شد که سناریو چهارم طوری طراحی شود که با کاهش زمان آب‌گیری و انسداد بخشی از آب‌گیرها و تامین دبی دو برابر برای سایر آب‌گیرها، تراز بهتری در بخش‌های مختلف کانال ایجاد شود. براساس این سناریو دسته اول آب‌گیرها در ۱۲ ساعت اول دو برابر مقدار دبی درخواستی خود را همراه با کاهشی متناسب با کمبود آب در سراب دریافت کردند و دسته دوم آب‌گیرها بطور کامل بسته بودند.

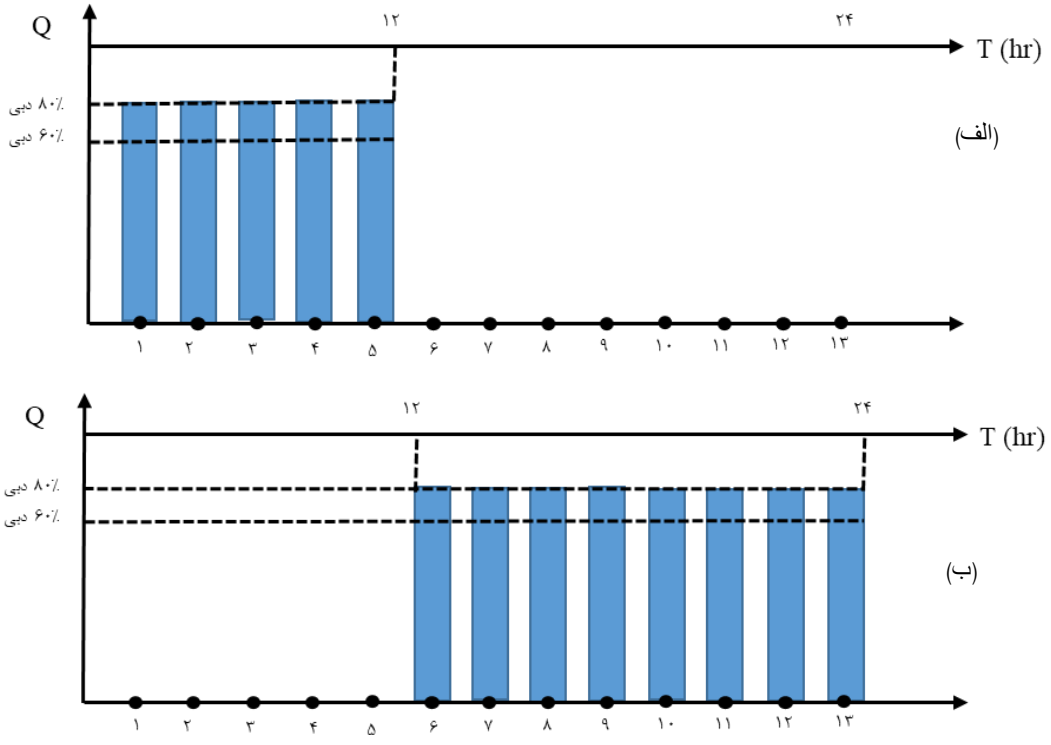
www.SID.ir

Archive of SID



شکل ٤- طرح شماتیک سناریو سوم

الف) ۱۲ ساعت اول ب) ۱۲ ساعت دوم



شکل ٥-طرح شماتیک سناریو سوم

الف) ۱۲ ساعت اول ب) ۱۲ ساعت دوم

www.SID.ir

Archive of SID

در ۱۲ ساعت دوم دسته اول آب‌گیرها بسته شده و دسته دوم دو برابر دبی درخواستی متناسب با کاهش دبی دریافت می‌کنند. مقدار کاهش دبی آب‌گیرها متناسب با کمبود آب در سراب کانال بود و از آن‌جایی که کمبود دبی سراب در این سناریو مانند سناریوهای قبلی ۲۰ و ۴۰ درصد بود، کاهش مقدار دبی‌های آب‌گیرها به ترتیب ۲۰ و ۴۰ درصد بود، با توجه به نصف شدن زمان آب‌گیری در این سناریو مقدار عملی کاهش دبی برابر ۴۰ و ۸۰ درصد بود. شکل ۵ شماتیک سناریو چهار را در ۱۲ ساعت اول و دوم نشان می‌دهند.

نتایج و بحث

آماده‌سازی و واسنجی مدل شبیه‌ساز گیاهی

با اعمال تغییرات لازم بر روی پارامترهای گیاهی که در جدول ۱ نشان داده شده است، سعی گردید شرایطی ایجاد شود تا محصولات موردنظر با شرایط محلی تطبیق داده شوند. بدین منظور این پارامترها در محدوده مجاز طوری تنظیم شدند که میزان عملکرد شبیه‌سازی شده با عملکرد واقعی دارای حداقل **اختلاف باشد.**

جدول ۱- پارامترهای واسنجی مدل AquaCrop

پارامتر / محصول	ضریب رشد پوشش تاجی ((1/ day) %)	ضریب کاهش پوشش تاجی ((1/ day) %)	پوشش تاج اولیه (%)	زمان شروع کاهش پوشش (day)	زمان ایجاد پوشش کامل (day)	بهره وری (gr/m^2)	عمق ریشه (m)
گندم	۶/۶	۱۲/۹	۱/۵	۱۴۵	۱۳۰	۱۱	۱/۱۵
سیب‌زمینی	۱۶/۱	۷/۶	۱/۲	۸۷	۴۲	۲۳	۰/۷
لوبیا	۱۴/۲	۰/۴۱	۰/۸۶	۸۰	۵۸	۶	۱/۱۵
گوجه‌فرنگی	۲۷/۳	۵/۴۹	۶/۱	۹۰	۳۱	۴۰	۱/۵
ذرت	۱۳	۸/۹	۱/۵	۸۴	۵۷	۱۶	۱

برای آماده‌سازی مدل از داده‌های ۶ سال (۹۰-۸۴) عملکرد محصولات مختلف در بخش گتوند استان خوزستان استفاده شد. از ۴ سال اول برای واسنجی مدل و دو سال بعدی برای اعتبارسنجی مدل استفاده گردید. به‌منظور ارزیابی کارایی مدل با استفاده از شاخص‌های آماری RMSE، NRMSE، ME، CRM و PE مقایسه‌ای بین مقادیر شبیه‌سازی شده و مشاهداتی صورت گرفت. نتایج این ارزیابی در جدول شماره ۲ ارایه شده است. با توجه به نتایج، میانگین خطای بین مقدار واقعی و شبیه‌سازی شده برای همه محصولات کم‌تر از ۱۵ درصد بوده و قابل‌قبول می‌باشد. بر اساس این شاخص، مدل AquaCrop در شبیه‌سازی سیب‌زمینی دارای بیش‌ترین دقت بودو در شبیه‌سازی لوبیا کم‌ترین میزان دقت را داشت.

جدول ۲- شاخص‌های ارزیابی مدل

	محصول	RMSE (ton/ha)	NRMSE %	ME (ton/ha)	CRM %	PE %
واسنجی	گندم	۰/۴۸	۱۳/۲۲	۰/۰۱۵	-۱۲/۱۵	۱۳/۱۱
	سیب‌زمینی	۱/۰۳۲	۴/۹۱	۰/۴۵	-۳/۰۷	۴/۴
	لوبیا	۰/۳۷	۱۴/۷	۰/۰۱۵	-۷/۵۶	۱۴/۰۵
	گوجه‌فرنگی	۳/۵۸	۹/۲۵	۵/۲	۰/۰۶	۷/۴۲
	ذرت	۰/۵۸	۱۰/۶۷	۰/۲	۰/۰۲	۷/۵۲
اعتبارسنجی	گندم	۰/۴	۱۰/۵۹	۰/۰۸۵	-۰/۰۹	۹/۹
	سیب‌زمینی	۰/۸۶	۳/۹۵	۱/۲	۰/۰۲۴	۳/۰۱
	لوبیا	۰/۳۱	۱۲/۸۳	۰/۲۴	-۰/۱۴	۱۴/۵۵
	گوجه‌فرنگی	۳/۹۷	۱۰/۴۶	۵/۰۸	۰/۰۳۴	۹/۲
	ذرت	۰/۳۳	۵/۷۳	۰/۳۶	۰/۰۵۴	۵/۴

www.SID.ir

Archive of SID

مقایسه شاخص بهره‌وری هر آب‌گیر در سناریوهای موردنظر

به‌منظور مقایسه کلی، هر یک از سناریوها از منظر میزان حجم آب تحویلی توسط آب‌گیرها، مجموع محصول تولید شده در شبکه و میزان شاخص بهره‌وری نسبت به وضعیت موجود بررسی شدند. نتایج این بررسی در دو حالت ۲۰ و ۴۰ درصد در این قسمت ارایه شد.

کمبود آب ۲۰ درصد در دبی سراب

در جدول ۳ مقایسه‌ای بین شرایط استفاده از راهکارهای توزیع و تحویل و عدم استفاده از این راهکارها در شرایط ۲۰ درصد کمبود در دبی سراب صورت گرفت. با توجه به این جدول بیش‌ترین میزان حجم آب تحویلی توسط آب‌گیرها در سناریو سوم صورت گرفت. هم‌چنین کم‌ترین میزان آب دریافتی توسط آب‌گیرها در سناریو اول و چهارم اتفاق افتاد. بنابراین در شرایطی که هدف کاهش میزان آب تحویلی به شبکه باشد سناریو اول و چهارم گزینه‌های مدیریتی مناسبی نسبت به سایر گزینه‌ها می‌باشند. باتوجه به برابری حجم آب تحویلی در این سناریوها، انتخاب راهکار مناسب وابسته به درجه سختی اجرای راهکار، هزینه‌های اجرایی، تناسب با سایر اهداف مدیریتی و همچنین نظر مدیر شبکه می‌باشد.

از منظر تولید محصول، بیش‌ترین میزان تولید در سناریو سوم اتفاق افتاد. اما با توجه به ارقام جدول، بیش‌ترین حجم آب تحویلی به آب‌گیرها و کم‌ترین میزان شاخص بهره‌وری در این سناریو حاصل شد. بنابراین باید توجه کرد درصورتی این سناریو می‌تواند به عنوان سناریو مناسب انتخاب گردد که تنها هدف مدیریتی شبکه افزایش میزان تولید محصول و ایجاد امنیت غذایی باشد.

با توجه به مقادیر شاخص بهره‌وری در سناریوهای موردنظر، بیش‌ترین میزان شاخص بهره‌وری در سناریو یک و چهار با مقدار ۱/۰۴ و ۱/۰۳ kg/m^3 حاصل شد. هم‌چنین کم‌ترین میزان این شاخص در سناریو سوم با مقدار ۰/۹۷ kg/m^3 حاصل شد.

جدول ۳- مقایسه سناریوها در شرایط ۲۰ درصد کمبود در دبی سراب

سناریو	حجم آب تحویل داده شده		مجموع محصول تولید شده		شاخص بهره‌وری آب آبیاری	
	مقدار (MCM)	درصد تغییرات	مقدار (ton)	درصد تغییرات	مقدار (kg/m^3)	درصد تغییرات
S0	۲۴/۴۳	–	۱۳۳۱۳	–	۰/۹۸	–
S1	۲۲/۰۳	−۹/۸۲	۱۲۷۲۸	−۴/۴	۱/۰۴	+۵/۷۸
S2	۲۳/۹۸	−۱/۸۴	۱۳۱۲۲	−۱/۴	۰/۹۹	+۱/۰۲
S3	۲۴/۹۵	+۲/۱۳	۱۳۳۹۲	+۰/۵۹	۰/۹۷	−۱/۰۲
S4	۲۲/۳	−۸/۷۱	۱۲۷۲۵	−۴/۴۱	۱/۰۳	+۵/۱

کمبود آب ٤٠ درصد در دبی سراب

در جدول ۴ مقایسه‌ای بین شرایط استفاده از راهکارهای توزیع و تحویل و عدم استفاده از این راهکارها در شرایط ۴۰ درصد کمبود در دبی سراب صورت گرفت. با توجه به این جدول بیش‌ترین میزان حجم آب تحویل گرفته شده توسط آب‌گیرها در سناریو سوم و کم‌ترین میزان حجم آب تحویلی در سناریو اول و چهارم صورت گرفت. بنابراین در شرایط ۴۰ درصد کمبود در صورتی‌که هدف کاهش میزان حجم آب تحویلی به شبکه باشد، سناریو اول و چهارم گزینه‌های مدیریتی مناسبی نسبت به سایر گزینه‌ها می‌باشند.

با توجه به مقادیر محصول تولید شده در هر یک از سناریوها، اختلاف کمی بین وضعیت موجود و سناریو دوم و سوم وجود دارد. به عبارت دیگر در صورتی‌که هدف تامین امنیت غذایی و افزایش تولید محصول باشد انتخاب راهکار بهینه، از بین سه راهکار ارایه شده با توجه به شرایط بهره‌برداری، هزینه‌های ناشی از اعمال سناریوها و نظر مدیر شبکه است.

با توجه به مقادیر شاخص بهره‌وری، بیش‌ترین میزان شاخص بهره‌وری با اختلاف به‌نسبت خوبی در مقایسه با وضعیت پایه و سایر حالت‌ها در سناریو اول و چهارم بدست آمد. در شرایطی که هدف افزایش شاخص بهره‌وری آب، آبیاری در سطح شبکه باشد، انتخاب سناریوهای یک و چهار مناسب‌ترین راهکار مدیریتی می‌باشد.

نتیجه‌گیری

افزایش بهره‌وری آب به عنوان یکی از مهم‌ترین پارامترهای ارزیابی در شبکه‌ها است. بنابراین با توجه به حجم آبی که در سناریو یک و چهار دریافت شد، به‌ترتیب با قبول کاهش محصول ۹/۹۷ درصد و ۱۰/۵۱ درصد (کمبود آب ۴۰ درصد) و ۴/۴ درصد (کمبود آب ۲۰ درصد)، میزان شاخص بهره‌وری به‌ترتیب برای سناریو اول و سناریو چهارم به میزان ۱۳/۸ و ۱۲/۹۶ درصد (کمبود آب ۴۰ درصد) و ۵/۷ و ۵/۱ درصد (کمبود آب ۲۰ درصد) افزایش یافت.

در سناریو اول و چهارم اگرچه آب کم‌تری توسط آب‌گیرها دریافت شد و به دنبال آن محصول کم‌تری تولید شد، کاهش آب مصرفی نقش بسزایی در افزایش شاخص بهره‌وری داشت.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ٤- مقایسه سناریوها در شرایط ٤٠ درصد کمبود در دبی سراب

سناریو	حجم آب تحویل داده شده		مجموع محصول تولید شده		شاخص بهره‌وری آب آبیاری	
	مقدار (MCM)	درصد تغییرات	مقدار (ton)	درصد تغییرات	مقدار (kg/m^3)	درصد تغییرات
S0	۲۰/۶۶	-	۱۲۲۹۶	-	۱/۰۸	-
S1	۱۶/۴۲	-۲۰/۵۲	۱۱۰۷۰	-۹/۹۷	۱/۲۳	+۱۳/۸
S2	۲۰/۵۲	-۰/۶۷	۱۲۰۰۷	-۲/۳۵	۱/۰۹	+۰/۹۲
S3	۲۱/۵۱	+۴/۱۱	۱۲۶۰۳	+۲/۵	۱/۰۵	-۲/۷۸
S4	۱۶/۰۴	-۲۲/۳۶	۱۱۰۰۳	-۱۰/۵۱	۱/۲۲	+۱۲/۹۶

در شرایط استفاده از راهکار دوم (S2) فقط در آب‌گیرهایی که کمبود آب اعمال شد افزایش شاخص بهره‌وری صورت گرفت. در واقع در آب‌گیرهایی که بصورت کامل آب دریافت نموده‌اند، افزایش مصرف آب نسبت به افزایش محصول (رابطه بهره‌وری) غالب است و به همین دلیل میزان شاخص بهره‌وری در این آب‌گیرها کاهش پیدا کرد.

در راهکار سوم میزان آب دریافتی توسط آب‌گیرها نسبت به وضعیت موجود بیش‌تر است که در واقع باعث افزایش تولید محصول در این آب‌گیرها شد. اما با توجه به رابطه شاخص بهره‌وری افزایش مصرف آب در مقابل افزایش تولید محصول غالب بود و همین عامل باعث کاهش میزان شاخص بهره‌وری در این سناریو گردید.

در شرایطی که امنیت غذایی معیار تصمیم‌گیری در شبکه باشد، سناریو سوم با دریافت آب بیش‌تر توسط آب‌گیرها نسبت به سایر سناریوها و به دنبال آن قبول شاخص بهره‌وری پایین‌تر، گزینه مدیریتی مناسبی می‌باشد.

تفاوت در میزان شاخص بهره‌وری هر یک از آب‌گیرها نشان می‌دهد که تخصیص آب به هر یک از آب‌گیرها متناسب با مقدار نیاز نمی‌باشد، در بعضی از آب‌گیرها میزان آب دریافتی بیش از میزان تقاضا است که همین عامل سبب پایین بودن شاخص بهره‌وری می‌گردد. بنابراین لازم است تا تحویل آب به آب‌گیرها بصورت حجمی انجام شود. یعنی ابتدا الگوی کشت مناسب طراحی شود، سپس بر اساس نیاز آبی و مساحت زیرکشت هر یک از محصولات، حجم آب موردنظر تحویل داده شود.

در شرایطی که در بعضی از مزارع محصولات با ارزش بالای اقتصادی کشت شود، استفاده از سناریو دوم در عین حال که باعث کاهش بهره‌وری فیزیکی محصول می‌شود، اما افزایش تولید محصول موردنظر را به دنبال دارد.

منابع

احسانی،م و خالدی،ه. ۱۳۸۲. بهره‌وری آب کشاورزی. کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران.

ارادی،ح و پرورش‌ریزی،ع. ۱۳۹۰. مدیریت توزیع در شبکه‌های آبیاری در شرایط کمبود منابع آب. چهارمین کنفرانس مدیریت منابع آب ایران.

استواری،ش. ۱۳۹۶. مدیریت توزیع آب در شبکه های آبیاری در شرایط کمبود آب با استفاده از مدل های هیدرودینامیکی، پایان نامه کارشناسی ارشد، گروه سازه های آبی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس.

کرمی،م و رادمهر،ا. ۱۳۹۲. مدیریت عرضه و تقاضای آب کشاورزی در شرایط خشک‌سالی در حوضه‌های آب‌ریز بزرگ (مطالعه موردی : حوضه آب‌ریز سفیدرود و شبکه آبیاری و زهکشی سفیدرود گیلان). پنجمین کنفرانس مدیریت منابع آب ایران.

هاشمی،م.، صادقی،س و ادیب‌مجد،ا. ۱۳۹۵. بهره‌گیری از سامانه کنترل خودکار متمرکز به‌منظور بهبود عملکرد بهره‌برداری کانال اصلی تحت نوسانات شدید جریان ورودی؛ مطالعه موردی کانال اصلی شبکه رودشت. فصل‌نامه علمی پژوهشی مهندسی آبیاری و آب، زمستان ۱۳۹۵. ۷. ۲۶: ۱۴-۲۷.

Bhadra,A., Bandyopadhyay,A., Singh,R and Raghuwanshi,N.S. 2010. An alternative rotational delivery schedule for improved performance of reservoir-based canal irrigation system. Water resources management. 24.13: 3679-3700.

Doorenbos,J., Kassam,A.H. 1979. Yield Response to Water. FAO Irrigation Drainage paper No. 33. Rome, FAO.

Henderson,F.M. 1989. Open channel flow. Macmillan.

Manz,D.H. 1990. Use of the ICSS model for prediction of conveyance system operational characteristics. Transactions of the fourteenth International Congress on Irrigation and drainage (ICID), Rio de Janeiro. Brazil. 1: 1-18.

Pereira,L.S., Oweis,T and Zairi,A. 2002. Irrigation management under water scarcity. Agricultural water management. 57.3: 175-206.

Raes,D., Steduto,P., Hsiao,T.C and Fereres,E. 2009.

www.SID.ir

Archive of SID

AquaCrop – The FAO crop model for predicting yield response to water, Reference manual. FAO.

Steduto,P., Fereres,E., Hsiao,T and Raes,D. 2007. Yield response to water: FAO revision framework and the crop-water productivity model AquaCrop.

Strelkoff, T. 1969. One dimensional equation of open channel flow. Journal of Hydraulics Division . 7,861-876.

www.SID.ir

Archive of SID

Iranian Journal of Irrigation and Drainage
No. 1, Vol. 13, Apr.-May. 2019, p. 142-152

نشریه آبیاری و زهکشی ایران
شماره۱، جلد ۱۳، فروردین - اردیبهشت ۱۳۹۸، ص. ۱۵۲-۱۴۲

Investigating the Impact of Distribution and Delivery Management in Water shortage Conditions on Water Productivity Index Using Hydrodynamic and Crop Production Model

F. Ebrahimian[1], M. J. Monem[2*] , M. Delavar[3]

Recived: Ju1.23, 2018 Accepted: Sep.17, 2018

Abstract

Water resources limitation and population growth that requires increased food production, indicates the necessity of promoting water productivity in irrigation networks. Productivity improvement methods in irrigation networks consists of supply and demand oriented methods. In this research considering limitation of supply oriented practices, the emphasis is on demand oriented methods especially under water shortage condition. For this purpose, water distribution management in irrigation networks (including 4 scenarios) are considered. This research has been done on a secondary eastern canal of Gotvand irrigation network in Khuzestan province. Hydraulic flow in this network is simulated with the ICSS hydrodynamic model. The crop production has been simulated with the AquaCrop model. Depending on the management goal i.e. saving water, food production and improving water productivity, the scenarios can have different priorities. If the main goal is to improve water productivity, the first and fourth scenarios are the most suitable strategy with 13.8% and 12.96% improvement in productivity compared to the current situation.

Key words: AquaCrop Delivery and Distribution, Productivity, Water shortage

1- M. Sc. Graduate, Department of Hydraulic Structures, Tarbiat Modares University
2- Full professor, Department of Hydraulic Structures, Tarbiat Modares University
3- Assistant Professor, Department of Hydraulic Structures, Tarbiat Modares University
(*- Corresponding Author Email: monem_mj@modares.ac.ir)

www.SID.ir