نشریه آبیاری و زهکشی ایران
شماره۲، جلد۷، تابستان ۱۳۹۲، ص. ۱۶۶-۱۵۹

Iranian Journal of Irrigation and Drainage
No. 2, Vol. 7, Summer 2013, p. 159-166

تخصیص بهینه همزمان آب و زمین در شرایط کمبود منابع با استفاده ازروابط بیلان آب در خاک

(مطالعه موردی شبکه آبیاری و زهکشی سد درودزن استان فارس)

زهرا ربیعی[۱]، تورج هنر[۲*] و علی رضا کاظمی[۳]

چکیده

بر اساس پیش فرض های جهانی، تا سال ۲۰۲۵، ۵۲ کشور از کشور های جهان با بحران شدید آب مواجه خواهند شد. بنابراین استفاده مطلوب و بهینه از منابع آب امری ضروری و اجتناب ناپذیر خواهد بود. در این رابطه، تغییرات اساسی و همه جانبه در ساختار کشاورزی موجود،که بیشترین سهم مصرف آب را به خود اختصاص می دهد امری است حیاتی. همچنین، طراحی و تنظیم الگوی کشت به جهت تعیین مقادیر سطوح زیر کشت و ترکیب مناسب محصولات بهمراه میزان آب مورد نیاز محصولات از اهمیت خاصی برخوردار می باشد. لذا در این پژوهش سعی شده است که مدلی ارائه گردد تا با ارائه الگوی بهینه کشت به صورت همزمان سطح زیر کشت وکم آبیاری های مجاز را نیز در کل دوره رشد ارائه نماید. نتایج این مدل با استفاده ازروش الگوریتم ژنتیک نیز نشان می دهد که لحاظ نمودن کم آبیاری در کل دوره رشد مناسب نمی باشد و تنها استراتژیک آبیاری کامل توصیه می گردد و بر این اساس سطوح زیر کشت مناسب را برای هر گیاه ارائه می دهد. همچنین نتایج ارزیابی حساسیت مدل نشان می دهد که با افزایش قیمت آب بها به میزان ۶۰ درصد، الگوی کشت تغییر می کند، بدین گونه که مدل در این حالت بیشترین سطح را در فصل دوم کشت به ذرت علوفه ای با سطح ۳/۵۴ هکتار و آبیاری کامل اختصاص می دهد و با کاهش آب مصرفی مدل از میزان سطح گندم کاسته و میزان کم آبیاری در این حالت به میزان ۲۰/۳۲در صد افزایش پیدا می کند.

واژه های کلیدی : الگوی بهینه کشت، الگوریتم ژنتیک ، تخصیص آب و زمین ، کم آبیاری

مقدمه

آب از مهمترین منابع مورد نیاز جامعه بشری است. موضوع چگونگی حفظ این منبع حیاتی و بهره برداری بهینه ازآن نیز از مهمترین چالشهای قرن حاضر به حساب می آید. بر اساس استاندارد های جهانی میزان آب خالص مصرفی در بخش کشاورزی باید ۵۳/۶ میلیارد متر مکعب باشد در حالی که بر اساس یک بر آورد جدید میزان آب مصرفی در این بخش ۸۳/۵ میلیارد متر مکعب است.(Sohrab,2005) . از سوی دیگر پیش بینی می شود که در آینده نیز تغییرات اقلیمی وگرم شدن هوا موجب افزایش نیاز آبی گیاهان گردد که این مسئله موجب محدودیت هر چه بیشتردر استفاده از منابع آب می گردد. امروزه دانش مدیریت سعی دارد که با کاربرد مدل های ریاضی و استفاده از امکانات نرم افزاری، با ارائه الگوی بهینه کشت با این بحران مقابله نماید. اکثر محققین جهت تعیین الگوی بهینه کشت از دهه ۱۹۶۰ تاکنون بطور وسیعی از برنامه ریزی خطی استفاده نموده اند که با حداکثر یا حداقل کردن تابع هدف و در نظر گرفتن تعدادی از محدویتها (منابع) و متغیرهای تصمیم (فعالیت-ها) به این موضوع پرداخته اند(Shabani, 2006) . از آنجا که برنامه-ریزی خطی بر فرض قطعیت بنا نهاده شده است، این امر با مسائلی چون عدم قطعیت در آب موجود و قیمت محصولات کشاورزی در تضاد است، لذا نمی تواند الگوی کشت را با دقت بالا تعیین نماید. البته با مرور زمان، روش های جدیدی در امر بهینه سازی ارائه گردیده است که از جمله این روش ها می توان به برنامه ریزی غیرخطی، برنامه ریزی ریاضی مثبت، برنامه ریزی امکان و برنامه ریزی با هوش مصنوعی نیز اشاره نمود.

در پژوهش های پیشین از برخی روش های فوق برای ارایه الگوی بهینه کشت استفاده شده است به عنوان مثال قهرمان و

۱، ۲ و ۳- به ترتیب دانشجوی سابق کارشناسی ارشد، دانشیار بخش مهندسی آب و دانشجوی دکتری کامپیوتر دانشگاه شیراز
(* - نویسنده مسئول: (Email: toorajhonar@yahoo.com

Archive of SID
www.SID.ir

سپاسخواه در سال ۲۰۰۲ یک الگوریتم ترکیبی از برنامه‌ریزی خطی (یا غیر خطی) LP(N) و برنامه‌ریزی پویای استوکاستیکی (SDP) جهت تخصیص بهینه آب از یک مخزن سد یک منظوره برای یک الگوی کشت معین ارائه کردند که در این الگوریتم با داشتن کلاس حجم مخزن در ابتدای فصل، مقادیر فصلی باران و جریان رودخانه‌ای که به دوره‌هایی معادل دور آبیاری شکسته شده باشند، کلاس بهینه حجم مخزن در انتهای فصل را بطوریکه کارایی سیستم حداکثر شود تعیین میگردد و مقدار بهینه آب آبیاری را در هر نوبت آبیاری بدست می‌آورد. در مدل قهرمان و سپاسخواه در واقع تخصیص بهینه آب برای یک الگوی کشت مشخص می باشد و مدل قادر به بر آورد همزمان تخصیص بهینه آب و زمین در حالتهای مختلف نمی باشد (Ghahraman et al., 2002). شعبانی و هنر (۲۰۰۸) در پژوهش خود بر روی مزارع پایین دست کانال اردیبهشت شبکه آبیاری و زهکشی سد درودزن جهت بهینه کردن الگوی کشت، چهار مدل برای شرایط مختلف طراحی کردند که برای حل آن‌ها از برنامه‌ریزی خطی (LP) و الگوریتم ژنتیک (GA) استفاده نمودند. در مدل های مورد استفاده در این پژوهش نیز برای ارایه همزمان تخصیص بهینه آب و زمین مدل قادر به انتخاب استراتژی های مختلف به صورت آزاد نمی باشد . در مدل آنان برای به دست آوردن سطح زیر کشت (تخصیص زمین) ۱۳۱ استراتژی آبیاری به عنوان متغیر تصمیم برای تابع هدف تعریف گردید. شجری و ترکمانی (۲۰۰۷) مطالعه‌ای با عنوان تناسب شبیه سازیهای تصمیم گیری چند معیاری به منظور بررسی تقاضای آب آبیاری در حوضه آبریز درودزن در استان فارس انجام دادند. هدف مطالعه آنها بررسی اثر سیاست قیمت‌گذاری آب آبیاری بر میزان تقاضای آب کشاورزان در حوضه آبریز درودزن می باشد. برای این منظور با ارائه یک مدل شبیه سازی و تکنیک مطلوبیت چند خاصیتی، سناریوهای مختلفی اجرا گردید، نتایج مطالعه آنها نشان می دهد که گروههای مختلف کشاورزان در مقابل افزایش نرخ آب بها عکس‌العمل‌های متفاوتی در مورد ترکیب کشت محصولات و کاهش مصرف آب در هکتار نشان میدهند. یوان و همکاران (۱۹۹۶) مدلی برای تعیین استراتژیهای بهینه آبیاری در طول یک فصل زراعی ارائه کردند. هدف اصلی ازتبیین مدل آنان، روشی بود که با استفاده از آن زارعین بتوانند به رژیم های انتظاری آب درسال آتی جهت بهینه کردن الگوی کشت، تولید زراعی، درآمد مزرعه و استفاده کارا از منابع بویژه آب آبیاری دست یابند. ساتی آسایی و ویسوانتان (۱۹۹۷) نیز استراتژیهای متفاوت مدیریت آب در مناطق کم آب، تغییرات میزان مصرف آب، اشتغال و کارایی مصرف آب را مورد بررسی قرار دادند. آنها استراتژیهای تغییر الگوی کشت از گیاهان با مصرف آب بالا مانند نیشکر، برنج به گیاهان کم مصرف، کاربرد عملیات زراعی و زیربنایی مثل مالچ و مواد افزودنی به خاک برای کاهش تبخیر و تعرق و استفاده ازتکنولوژیهای جدید آبیاری مثل قطره ای و بارانی را پیشنهاد کردند. مینیودین و همکاران (۱۹۹۷) نیز جهت تعیین الگوی بهینه کشت و بهره برداری پایدار از آبهای زیرزمینی، روش برنامه ریزی چندمنظوره را مورد استفاده قراردادند. در تابع هدف مدل آنان دو هدف حداکثرسازی سود خالص و سطح زیرکشت لحاظ شده بود. نتایج مطالعه آنان نشان داد که حداکثرسود خالص با ۲۵ و ۵۰ درصد کم آبیاری برای بعضی ازمحصولات همراه با آبیاری کامل بدست می آید. پری و نارایانامورتی (۱۹۹۸) چارچوب تئوریکی و پاسخ زارعین به عرضه محدود آب نسبت به زمین و کارگر و وجود عدم حتمیت در برنامه ریزی و حجم آب در دسترس را مورد بررسی قراردادند. آنها اعتقاد داشتند که کمبود آب، زارعین را به سمت استراتژیهای کم آبیاری برای بعضی ازمحصولات تحریک می کند. با این حال، آنها بیان کردند که اگر دسترسی به آب در زیریک سطح معینی قرارگیرد، زارعین بعضی ازمحصولات را ازالگوی کشت خود خارج می کنند. البته آنها نتیجه گرفتند که استراتژی کم آبیاری زمانی که عدم حتمیت درعرضه آب وجود دارد، ریسک زیان مالی را افزایش می دهد و درنتیجه می بایست مبادله ای بین عدم حتمیت و کم آبیاری وجود داشته باشد. دیائو و همکاران درمنطقه ای از مراکش با ویژگی ناهمگنی مکانی، منافع اقتصادی قابل حصول از تخصیص آب سطحی و مکانیزمهای تمرکز زدایی جهت رسیدن به آن را مورد بررسی قراردادند. نتایج آنان نشان داد که تمرکز زدایی مبادله آب، محصول کشاورزی را ۳/۸ درصد افزایش می دهد. ایوانس و همکاران (۲۰۰۳) درمنطقه ای ازکشور اکوادور مسئله ناکارایی و نابرابری تخصیص آب را مورد مطالعه و بررسی قراردادند. آنها با استفاده از برنامه ریزی ریاضی، پیامدهای مسئله مزمن کم آبی با انتقال آب به چهار منطقه را مورد بررسی قراردادند. آنها نتیجه گرفتند که درقانون توزیع آب در منطقه مورد مطالعه شرایط کارایی و برابری ایجاد نمی گردد. کیافر و همکاران (۲۰۱۱) تحقیقی برای بهینه سازی مصرف آب در شبکه آبیاری و زهکشی صوفی چای در استان آذربایجان شرقی با استفاده از روش الگوریتم ژنتیک انجام داد ند نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که مقادیر آب تخصیص یافته واقعی به مراتب بیشتر از مقادیر بهینه می باشد که عمدتا این اختلاف در محدوده مورد نظر به نوعی تلف شده است.

جمع بندی مطالعات انجام شده نشان می دهدکه اکثر مدل های ارائه شده قادر به تخصیص بهینه همزمان آب و زمین نمی باشند بنا بر این در پژوهش حاضر سعی گردیده است که مدلی ارایه گردد که همزمان به تخصیص بهینه آب و زمین بپردازد. در واقع مزیت ارایه این مدل نسبت به پژوهش های پیشین در این می باشد که در مدل حاضر با وارد کردن محصولات مورد نظر، مدل می تواند از میان استراتژ ی های گوناگون ،سناریویی را انتخاب کند که بیشترین بازده را داشته باشد.

Archive of SID

www.SID.ir

مواد وروش ها

در تخصیص بهینه آب در شبکه های آبیاری و زهکشی هدف های متنوعی دنبال میگردد که این اهداف می تواند بر اساس لحاظ نمودن شرایط فرهنگی، اقتصادی، اجتماعی در منطقه و یا مسائل کلان اقتصادی و سیاسی در زمینه تولید محصولات کشاورزی متغیر باشد. اما بطور معمول در مناطق خشک و نیمه خشک، تخصیص بهینه آب با در نظر گرفتن دو عامل اصلی آب و زمین با هدف بیشینه نمودن درآمد کل زارعین انجام می شود. در واقع بیشینه نمودن درآمد کشاورزان باعث می شود کشاورزان و دولت بطور مستقیم تحت تاثیر مثبت این افزایش درآمد قرار بگیرند. لذا این امر ضمن ایجاد افزایش تولید ناخالص داخلی، استقلال در تولیدات محصولات استراتژیک، امنیت غذایی، کاهش نرخ بیکاری و افزایش سطح رفاه جامعه، شاخص های فرهنگی، اجتماعی و بهداشتی در جوامع روستایی را بدنبال خواهد داشت. بنابراین با توجه به این امرتابع هدف این پژوهش بر اساس بیشینه نمودن سود زارعین با در نظر گرفتن محدودیت های آب و هوایی، منابع آب و زمین جهت تخصیص بهینه منابع آب موجود با تعیین الگوی کشت مناسب در مزارع زیر دست کانال اردیبهشت سد درودزن به صورت همزمان تعیین گردید. از آنجا که در این تحقیق تابع هدف خطی نمی باشد و قید های گو ناگون نیز وجود دارد، بعلت وجود پارامتر های مجهول که بیشتر از تعداد معادلات می باشد از الگوریتم ژنتیک و روش جستجوی مستقیم (Mathworks) نرم افزاربرنامه نویسی MATLAB برای بهینه سازی تابع هدف استفاده گردید.(Mathworks Co., 2009)

تابع هدف

هدف اصلی در این پژوهش حداکثر نمودن سود زارعین بر اساس تخصیص هم زمان سطح زیر کشت و میزان کم آبیاری در کل دوره رشد می باشد .که مطابق رابطه زیر تعریف گردیده است.

$$Z=\sum_{i=1}^{ncrop}\left[Y_{p_i}\times P_{ci}\times\prod_{j=1}^{kperiod}\left(1-\mathrm{K}y_{i,j}\times X_j\right)-C_i\right]A_i-P_w\sum_{i=1}^{ncrop}IR \quad (۱)$$

در این رابطه

Y_{pi} عملکرد در هکتار برای گیاه i ام(kg/ha)، P_{ci} قیمت محصول برای گیاه i ام (Rial/kg)، A_i سطح زیر کشت گیاه i ام (ha)، C_i کل هزینه های متغیر به غیر از هزینه های آب گیاه i ام (Rial/ha)، P_w قیمت آب آبیاری ($Rial/m^3$)، IR کل مقدار آب آبیاری گیاه i ام (m^3)، i نوع محصول، $\mathrm{K}y_i$ ضریب حساسیت گیاه به کم‌آبی، X_i مقدار کاهش نسبی مصرف آب (کوچکتر یا مساوی ۱) در رابطه فوق متغیرهای Ai و X_i مجهول هستند وسایر متغیر ها قابل اندازه گیری و یا قابل محاسبه می باشند . همچنین در بین توابع گوناگون تولید محصول از آب ،در این پژوهش از تابع دورنبوس و کسام (۱۹۷۹) به شکل رابطه (۲) برای تخمین عملکرد در کل دوره رشد استفاده گردید .

$$\frac{Y_a}{Y_p}=[1-ky(1-\frac{ET_a}{ET_p})] \quad (۲)$$

قیود

قید اول : بیلان آب خاک

با صرفه نظر کردن از رواناب سطحی بیلان آب خاک در هر فاصله زمانی به صورت زیر نوشته می شود:

$$SM_{i,t+1}.Root_{i,t+1}=SM_{i,t}.Root_{i,t}+Rain_t+IR_{i,t}-ETa_{i,t}-DP_{i,t}+SM_i(Root_{i,t+1}-Root_{i,t}) \quad (۳)$$

در رابطه فوق $SM_{i,t}, SM_{i,t+1}$ مقدار آب در محوطه ریشه ها درابتدا و انتهای یک دوره (فصل) می باشد. $Root_{i,t+1}, Root_{i,t}$ به ترتیب عمق موثر ریشه محصول در انتها و ابتدای دوره می باشد و $Rain$ مقدار بارندگی موثر (میلی‌متر) در دوره زمانی t و SM_i رطوبت ثابت لایه‌های زیرین خاک قبل از کاشت گیاه i(میلی متر) است. IR آب آبیاری اختصاص یافته برای گیاه i، (میلی متر) در دوره زمانی t، $Eta_{i,t}$ و $DP_{i,t}$ به ترتیب تبخیر تعرق واقعی (میلی متر) و نفوذ عمقی گیاه (میلی‌متر) در i دوره‌های زمانی t است. در طول زمان t برای محصول i راندمان کاربرد آبیاری(Ea) است که به علت نفوذ مقداری از آب به قسمت زیر ناحیه توسعه ریشه از ۱۰۰٪ کمتر می‌باشد، بنابراین با توجه به یک چنین محدودیتی میزان نفوذ عمقی گیاه به صورت رابطه زیر می باشد.

$$DP_{i,t}\geq IR_{i,t}.(1-Ea) \quad (۴)$$

مقدار عددی Ea در منطقه مورد مطالعه برآورد گردیده است و از مدل سینوسی ارائه شده توسط برگ و گریمس (۷) برای ردیابی عمق ریشه گیاهان در زمان استفاده شده است. در این تحقیق فرض مفهومی به این صورت می باشد که در آغاز فصل آبیاری رطوبت اولیه خاک مشخص می‌باشد. لذا برای بدست آوردن بیلان در ماه اسفند رطوبت خاک به FC رسیده است و اگر از اول مهر این بیلان دنبال شود در این حالت رطوبت در خاک حداقل و سطح خاک هوا خشک می گردد و رطوبت در عمق PWP می‌باشد پس به طور میانگین در نیمرخ خاک نصف PWP رطوبت در نظر گرفته می شود. از طرفی حجم آب خاک قابل دسترسی در خاک برای هر محصول i در هر فاصله زمانی t باید برقرار باشد.

$$PWP_i\leq SM_{i,t}\leq FC_i \quad (۵)$$

قید دوم : تبخیر و تعرق واقعی

برنامه ریزی آبیاری وابسته به میزان تبخیر تعرق (ETa)

Archive of SID

www.SID.ir

می‌باشد که در این تحقیق از روش پن من فائو تخمین زده شد که البته می بایست به منظور بهنگام نمودن مقدار بیلان آب خاک و پیش‌بینی مصرف آب تعیین و زمان رسیدن تخلیه مجاز را معین نمود. بین ETa که تبخیر تعرق واقعی گیاه می‌باشد و ETp که تبخیر تعرق پتانسیل می‌باشد رابطه (۶) برقرار می باشد، همچنین مقدار ETa کمتر از ET_p می‌باشد و همچنین ET_a بستگی به آب خاک باقی مانده دارد که در این شرایط رابطه زیر برقرار می‌باشد:

$$ETa_{i,t} \le \frac{[(SM_{i,t} - PWP_C)Root_{i,t} + Rain_t + IR_{i,t} - DP_{i,t}]}{[(1-P_i)(FC_i - PWP_i)Root_{i,t}]} ETp_{i,t} \quad (۶)$$

که در این رابطه

i: نوع محصول

t: دهه‌های آبیاری

P_i کسر تخلیه آب خاک.

قید سوم : سهم آب

کل حجم آب آبیاری در فواصل زمانی پی در پی برای همه محصولات نمی تواند از آب قابل دسترس موجود بیشتر باشدکه بصورت زیر نوشته میشود:

$$10^5 \sum_i \sum_t IR_{i,t}.\ A_i = R.E_{ci} \quad (۷)$$

که در آن :

i: نوع محصول

t: دهه‌های آبیاری

$IR_{i,t}$: حجم آب آبیاری (میلی متر)

A_i: مساحت (هکتار)

R: حجم آب موجود بر (میلیون متر مکعب)

E_{ci}: راندمان انتقال (اعشار)

قید چهارم : حداکثر کاهش آب مصرفی

جدول ۱- حداکثر مقدار کاهش آب مصرفی نسبت به آبیاری کامل

گیاه	درصد کاهش آب مصرفی
گندم	۴۰
جو	۴۰
برنج	۳۶
ذرات دانه‌ای	۳۰
ذرات علوفه‌ای	۳۰
چغندرقند	۲۰

گیاهان مختلف در ارتباط با حداکثر کاهش آب مصرفی متفاوت می‌باشند در این پژوهش حداکثر مقدار کاهش آب مصرفی نسبت به آبیاری کامل برای گیاهان مختلف با توجه به حد مجاز کاهش عملکرد که در تحقیقات پیشین نیز توسط پرند (۲۰۰۶) ،جلیلیان (۲۰۰۱) ، حسینی (۲۰۰۵)، سپاسخواه و کامگار حقیقی (۱۹۹۴) بر روی گیاهان مختلف انجام شده است، مطابق با جدول ۱ تعیین و در نظر گرفته شد.

موقعیت محل و گیاهان مورد استفاده

این پژوهش بر روی شبکه آبیاری و زهکشی سد درودزن واقع در شهرستان مرودشت در استان فارس انجام شد. شهرستان مرودشت با مساحت ۴۶۳۷ کیلومتر مربع در نیمه شمالی استان فارس قرار گرفته است. پروژه چند منظوره سد درودزن بر روی رودخانه کر در جنوب مرکزی ایران و در دشت مرودشت استان فارس اجراء گردیده است. شبکه آبیاری و زهکشی سد درودزن شامل یک کانال اصلی و سه کانال درجه یک، شامل کانال سمت چپ اولیه، کانال سمت راست اولیه (اردیبهشت) و کانال سمت راست ثانویه (هامون) می‌باشد. پژوهش حاضر بر روی مزارع زیر دست کا نال اردیبهشت می باشد. کانال اردیبهشت از جمله کا نال های درجه یک شبکه درودزن می باشد که شامل ده کانال درجه سه می باشد. کشت غالب گیاهان در منطقه مورد مطالعه شامل گندم ،جو ذرت دانه ای ،ذرت علوفه ای ، چغندر قند و برنج می باشد که در این پژوهش برای تخصیص هم زمان آب و زمین از این گیاهان استفاده شده است. و بر این اساس در محاسبات تخمین عملکرد از ضریب حساسیت برای گیا هان مختلف مطابق جدول ۲ استفاده گردید .

جدول۲- ضریب حساسیت گیاه به کم آبی (Ky) در کل دوره رشد

گیاه	منبع مورد استفاده	Ky در کل دوره رشد
گندم	(دورنبوس وکسام،۱۹۷۹)	۱/۰۵
جو	(دورنبوس وکسام،۱۹۷۹)	۱/۰۵
ذرت دانه‌ای	(دورنبوس وکسام،۱۹۷۹)	۱/۲۵
ذرت علوفه-ای	(دورنبوس وکسام،۱۹۷۹)	۱/۲۵
چغندرقند	(دورنبوس وکسام،۱۹۷۹)	۱/۱
برنج	(اطلا عات شخصی سپاسخواه،۲۰۰۵)	۱/۳۵

نتایج وبحث

با توجه به بررسی های انجام شده که در منطقه انجام شده بود اندازه های مزرعه بهره برداران مختلف در زیر شبکه های آبیاری عمدتا بین ۲ تا ۱۵ هکتار می‌باشد. جهت بررسی اثر سطوح مختلف کم‌آبیاری در سطح مزرعه از یک بهره‌بردار نماینده ۷ هکتاری که تقریبا در میانه واحدهای مورد بررسی می‌باشد استفاده شد (Shabani, 2006). در منطقه مورد مطالعه هر کشاورز قادر به کشت بیش از یک هکتار برنج نمی باشد که توسط قوانین مصوب مراجع مدیریتی هر کشاورز فقط قادر است سهمیه قانونی خود را کشت کند بنابر این این

Archive of SID

www.SID.ir

قوانین به صورت یک محدودیت برای برنج نیز در مدل منظور گردید. در این پژوهش برای مزارع زیر دست کانال اردیبهشت سد درودزن مدل مدیریت بهینه آب در سطح مزرعه با ارزیابی استراتژی های کم‌آبیاری در کل دوره رشد اجرا گردید که بعنوان نمونه نتیجه اجرای مدل برای کانال درجه سه ،T۲۰ کانال اردیبهشت سد درودزن برای یک سال متوسط از نظر میزان آب موجود که توسط شرکت بهره برداری ۱۴۰۰۱۷ مترمکعب ارائه شده است توسط نرم افزار MATLAB در جدول زیر ارائه گردیده است .

جدول ۳- نتایج الگوی بهینه کشت

مساحت(هکتار)	میزان کم آبیاری(درصد)	نوع محصول
۷	۰/۰۱۶۱	گندم
۰	۰/۰۰۱۵	جو
۰	۰/۰۰۲۳	چغندرقند
۰/۵۱	۰/۰۰۲۸	ذرت دانه‌ای
۳/۱۶	۰/۰۰۱۶	ذرت علوفه‌ای
۱	۰/۰۰۰۱	برنج

مطابق جدول(۳) گندم با سطح ۷ هکتار و آبیاری کامل، جو و چغندرقند با سطح صفر و ذرت دانه‌ای با سطح ۰/۵۱ هکتار و ذرت علوفه‌ای با سطح ۳/۱۶ هکتار و برنج با سطح یک هکتار همگی با استراتژی آبیاری کامل وارد الگوی بهینه کشت شده‌اند، همانگونه که مشاهده می شود مدل بیشترین سطح را در دوره اول کشت به گندم ودر دوره دوم کشت به ذرت علوفه ای به دلیل ارزش اقتصادی بیشتر اختصاص داده است و در نهایت بازده برنامه ای از الگوی بهینه برای ۷ هکتار زمین در طول یک سال زراعی ۲۴۰۸۹۲۳۵ تومان می‌باشد. نتایج این مدل نشان می‌دهد که مدل استراتژی آبیاری کامل را برای همه گیاهان انتخاب می‌کند. به نظر می رسد که علت این امر بزرگی ارقام ضرایب واکنش عملکرد به آب در کل دوره رشد باشد که این امرموجب می گردد که در مدل تنها استراتژی آبیاری کامل انتخاب شود. پارامترهای مورد نیاز در این الگوریتم جهت میل به بهترین جواب، به این صورت است که تکرار ۲۰۰، اندازه جمعیت ۱۰۰، درصد ترکیب ۰/۵و احتمال جهش صفر در نظر گرفته شده است.

بررسی حساسیت قیمت آب در نتایج مدل

در جداول (۴) و (۵) تاثیر تغییر قیمت آب بر الگوی بهینه نشان داده شده است. برای بررسی این تاثیر، قیمت آب یک بار از ۲۵۰ به ۳۰۰ ریال و بار دیگر به ۴۰۰ ریال به ازای هر مترمکعب آب تغییر پیدا نمود. همانطور که مشاهده می شود با تغییر قیمت آب، به میزان ۲۰ درصد، الگوی کشت نیز تغییر می کند بدین گونه که از سطح ذرت علوفه ای کاسته و به سطح زیر کشت ذرت دانه ای به دلیل داشتن در آمد بیشتر افزوده می شود ولی مشاهده می شود که با تغییر قیمت آب، مدل مجدداً استراتژی های آبیاری کامل را بر می‌گزینند.

جدول ٤- نتایج تاثیر افزایش قیمت بر الگوی بهینه کشت با ۲۰ درصد افزایش قیمت

مساحت(هکتار)	کم‌آبیاری (درصد)	نوع محصول
۷	۰	گندم
۰	۰	جو
۰	۰	چغندرقند
۲/۱۷	۰	ذرت دانه‌ای
۱/۳۲	۰	ذرت علوفه‌ای
۱	۰	برنج

جدول ٥- نتایج تاثیر افزایش قیمت بر الگوی بهینه کشت با ٦۰ درصد افزایش قیمت

مساحت(هکتار)	کم آبیاری (درصد)	نوع محصول
۷	۳	گندم
۰	۰	جو
۰	۰	چغندرقند
۰/۳۴۲	۰	ذرت دانه‌ای
۳/۵۴	۰	ذرت علوفه‌ای
۱	۰	برنج

مطابق جدول (۵) مشاهده می گردد که با افزایش ۶۰ درصدی قیمت آب، گندم با سطح ۷ هکتار ولی با میزان ۳ درصد کم‌آبیاری در کل دوره رشد وارد الگوی بهینه کشت شده است و مدل در این شرایط بیشترین سطح را در فصل دوم کشت به ذرت علوفه‌ای با سطح ۳/۵۴ هکتار وآبیاری کامل داده است، همانگونه که در جداول فوق مشاهده می شود مدل با افزایش ۶۰ درصدی قیمت آب از سطح زیر کشت ذرت دانه ای کاسته است و به سطح زیر کشت ذرت علوفه ای می افزاید. به نظر می رسد با افزایش ۶۰ در صدی قیمت آب، مدل بیشتر به سمت افزایش سطح زیر کشت محصولاتی تمایل داردکه با مصرف آب کمتر عملکرد بیشتری دارند در این شرایط بازده اقتصادی برای ۷ هکتار زمین در طول یک سال زراعی ۲۱۸۴۱۴۱۲ تومان می‌باشد.

بررسی تاثیر خشکسالی بر نتایج مدل

برای مشاهده تاثیر کم آبی در نتایج مدل به جای استفاده از میزان آب موجود در یک سال متوسط، از میزان آب موجود برای یک سال خشک که توسط شرکت بهره برداری به میزان ۸۰۴۸۷ مترمکعب ارائه شده است استفاده شده است که نتایج مدل به صورت جدول (۶) می باشد.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ٦ - نتایج کاهش آب مصرفی بر الگوی بهینه کشت

نوع محصول	میزان کم‌آبیاری(درصد)	مساحت(هکتار)
گندم	۲۰/۳۲	۶/۱
جو	۰	۰
چغندرقند	۰	۰
ذرت دانه‌ای	۰	۰
ذرت علوفه‌ای	۰	۰/۷۶
برنج	۰	۱

مطابق جدول(۶) با کاهش آب مصرفی از میزان سطح گندم کاسته می گردد و با آبیاری کامل وارد مدل نمی گردد و میزان کم-آبیاری در این حالت به مقدار ۲۰/۳۲ درصد افزایش می نماید و جو، چغندرقند و ذرت دانه‌ای با سطح صفر و ذرت علوفه ای با سطح ۰/۷۶ هکتار بصورت آبیاری کامل و برنج با سطح ۱ هکتار با آبیاری کامل وارد مدل شده است، در حالت کمبود شدید آب ،مدل از سطح زیر کشت گیاهانی که مصرف آب بیشتر و سود کمتری دارند می کاهد. در این شرایط بازده اقتصادی برای ۷ هکتار زمین در کل دوره رشد ۱۶۷۲۱۴۲۹ تومان می‌باشد.

نتیجه گیری

جمع بندی نتایج بدست آمده نشان می دهد که در تعیین الگوی کشت در کل دوره رشد، گیاهان با آبیاری کامل وارد مدل شده اند و به نظر می رسد که علت این امر این است که ضرایب واکنش عملکرد به آب در کل دوره رشد نسبتاً اعداد بزرگی می باشند. در این مدل در فصل اول کشت بیشترین سطح به گیاه گندم و در فصل دوم کشت به ذرت دانه ای اختصاص داده می شود. همچنین نتایج ارزیابی حساسیت مدل نشان می دهد که با افزایش قیمت آب بها به میزان ۶۰ درصد الگوی کشت تغییر می کند بدین گونه که مدل در این حالت بیشترین سطح را در فصل دوم کشت به ذرت علوفه ای با سطح ۳/۵۴ هکتار و آبیاری کامل داده است و با کاهش آب مصرفی مدل از میزان سطح گندم کاسته، و میزان کم آبیاری در این حالت ۲۰/۳۲در صد افزایش پیدا می کند. در این پژوهش با ارائه یک مدل جدید که برخلاف مدل های پیشین، امکان تعیین بهینه تخصیص آب و زمین را بطور همزمان دارد، باعث می شود که انتخاب سطح زیر کشت با دقت بیشتری صورت پذیرد. مسلماً انتخاب هر چه دقیق تر سطح زیر کشت سبب کاهش استفاده از نهاده های کشاورزی مانند کود، سم و همچنین کاهش هزینه نیروی انسانی و مکانیزاسیون می شود. بنابراین با تعیین دقیق سطح زیر کشت باعث جلوگیری استفاده از کود و سم مازاد در مزرعه در اثر کشت اضافی می گردد و در نتیجه آن می توانیم شاهد کاهش هزینه های ثابت زارع و آلودگی های زیست محیطی نظیر آلوده شدن آب های زیرزمینی و سطحی در اثر استفاده بیش از مقدار بهینه کود و سم در منطقه گردیم. امروزه افزایش سطح زیرکشت در کشورهای توسعه یافته علاوه بر افزایش محصولات کشاورزی، موجب کاهش نرخ بیکاری، افزایش سطح رفاه جامعه، کاهش آسیب های اجتماعی، ایجاد امنیت غذایی و همچنین استقلال سیاسی در کشور می‌گردد، مسلماً این اثرات مثبت موید بهره‌گیری هر چه بیشتر از استراتژی کم‌آبیاری در مدیریت منابع آب کشاورزی است.

تشکر و قدردانی

بدین وسیله از همکاریهای معنوی و مالی پژوهشکده ملی مطالعات خشکسالی که در انجام این تحقیق صورت پذیرفت تشکر و قدردانی می گردد.

مراجع

Borg, H., and Grimes w. (1986), Depth development of roots with time: An empirical description.Transaction of the ASAE, 29(1):194-197

Diao, X., Roe.T., and Doukkali R.(2002), Economy-wide benefits from establishing water user-right markets in a spatially heterogeneous agricultural economy. Economic Development Center. Department of Economics, Minneapolis, Department of Applied Economics, St. Paul, University of Minnesota. Bulletin No. 02-1.

Doorenbos, J., and Kassam A.H.(1979), Yield response to water. FAO irrigation and Drainage peper No. 33. Food and agricultural Organizition of de unied Nations , Rome , Italy

Evans, E. M., D. R. Lee., R. N. Boisvert., B. Arec., T. S. Steenhuis., M. Prano., and S. V. Poats. (2003), Achieving efficiency and equity in irrigation management: an optimization model of the EL Angel watershed, Carchi, Ecuador. Agric. Sys. 77:1-22.

Ghahraman, b., and Sepaskhah A.R. (2002), linear and nonlinear optimization models for allocation of limited water supply. Journal of Irrigation and Drainage. 53:39-24

Hosseini, N. (2005), Effects of Alternate furrow irrigation with different level of Nitrogen on the yield of wheat in the region of Badjgah and Koshksk , M. Sc. Thesis. Irrigation Dept. Shiraz University, Iran (In Persian).

Jalilian, A., Shirvani, A.R., Neamati, A., and Basati J. (2001), Effects of Deficit Irrigation on Production and Economy of Sugar beet in

Archive of SID

www.SID.ir

No. 24.

Satyasai , K . J . S . and Viswanathan K.U. (1997) , Evaluation of alternative water management strategies for water scarce areas . Indian Journal of Agriculture Economic. 25(3):499-507

Sepaskhah, A.R., and Kamgar-Haghighi A.A.(1994), Effects of Every –Other furrow Irrigation on water use Efficiency of Sugar beet, Sugar beet Seminar, 1-3 August, Isfahan University .(In Persian)

Shabani, M.K., and Honar T.(2008), Optimal management of Irrigation Water Allocation and Cropping Pattern Utilizing Conjunctive Use of Surface and Subsurface Water Resources. Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources. 44: 53-68. (In Persian).

Shajari, SH., and Torkamani J. (2007), Suitability of Multiple- Criteria Decision Making Simulations To study Irrigation Water. A case study in the Doroodzan River Basin, Fars province, Iran. Journal of Agricultural Economics. (3).

Sohrab, F., and Abbasi F. (2005), Evaluation of the efficiency of irrigation water during the past few cades in the country, Proceedings of the technical workshop on mechanized surface irrigation ,Karaj . N0. 98.

Kermanshah region. Journal of Sugar Beet, 17(1):1-14. (In Persian)

Juan, J. A., Tarjuelo.J.M., Valiente.M., and P. Garcia P. (1996), Model for optimal cropping patterns within the farm bases on crop water production functions and irrigation uniformity. I: development of a decision model. Agric. Water Manag. 31:115-143.

Kiafar , H., and Sadradini A.A. (2011), Optimal water allocation for Sufi-Chay Irrigation and Drainage network in East Azarbaijan province of Iran using genetic algorithm, Fourth Conference on Water Resources Management, 5:52-61.

Mainuddin, M., Gupta.A.D., and Onta P.R. (1997), Optimal crop planning model for an existing groundwater irrigation project in Thailand. Agric. Water management. 33:43-62.

Mathworks, Co. (2009), "Matlab Genetic Algorithm and Direct Search Toolbox" ttp://www.mathworks.org.

Parand, A.R., and Sepaskhah A.R. (2006), Effects of Alternate Furrow Irrigation with Supplemental Every-Furrow Irrigation at Different Growth Stages on the Yield of Maize (Zea mays L.). Plant Production Science, 9:415-421.

Perry, C. J. and Narayanamurthy S.G. (1998), Farmer response to rationed and uncertain irrigation supplies. IWMI. Report Research,

تاریخ دریافت: ۹۱/۷/۸
تاریخ پذیرش: ۹۱/۱۲/۲۳

Archive of SID

www.SID.ir

Iranian Journal of Irrigation and Drainage
No. 2, Vol. 7, Summer 2013, p. 159-166

نشریه آبیاری و زهکشی ایران
شماره۲، جلد۷، تابستان ۱۳۹۲، ص. ۱۶۶-۱۵۹

Optimal, Simultaneous Land and Water Allocation Under Resource Limitation Conditions, Using Soil Water Balance (Case study of Doroudzan Dam Irrigation and Drainage Network)

Z. Rabie[1], T.Honar[2*] and A.R. Kazemi[3]

Abstract

Based on the global presupposition, 52 countries will face water deficit crisis by 2025, therefore, it would be inevitable to use water resources efficiently and favorably. In this regard, fundamental and comprehensive changes in the current agricultural structure are vital, which is referred to as the largest water consuming activity, designing the cropping pattern in order to determine the cultivated area , proper rotation , and water use is of the great importance . In this study we aimed to present a model which could provide optimum cropping pattern, cultivation area, and allowable deficit irrigation during growing season, using genetic algorithms. The results showed that the model did not suggest deficit irrigation during the cultivation period, instead full irrigation was suggested. Furthermore, the result of sensitivity analysis indicated that by increasing the price of water, the model has made 60 percent difference in cropping pattern in such a way that the maximum cropping area belonged to fully irrigated Maize (3.5 ha) and by decreasing the amount of applied water, the model decreased the area under wheat cropping and increased the amount of deficit irrigation by 20.32 percent.

Key words: Optimal cropping pattern, genetic algorithms, land and water allocation, deficit irrigation

Archive of SID

1,2,3- Former MSc. Student, Assoc. Prof. of Water Eng. Department of College of Agriculture and PhD. Student of Shiraz Univ., Shiraz, Iran respectively.
(*- Corresponding Author, Email: toorajhonar@yahoo.com)

www.SID.ir