نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۲۷، شماره ۴، مهر – آبان ۱۳۹۲، ص. ۶۹۱-۶۸۰

Journal of Water and Soil
Vol. 27, No.4, Sept.-Oct. 2013, p. 680-691

مدل بهینه‌سازی تخصیص منابع آب در بخش‌های کشاورزی، صنعت و خدمات با استفاده از الگوریتم پیشرفته GAPSO

مصطفی حبیبی داویجانی[۱*]- محمد ابراهیم بنی‌حبیب[۲]- سید رضا هاشمی[۳]

تاریخ دریافت:۱۳۹۱/۶/۱۱
تاریخ پذیرش:۱۳۹۲/۶/۲۴

چکیده

افزایش روز افزون جمعیت باعث شده است که نیازهای آبی در بخشهای آب شرب، صنعت وکشاورزی افزایش یابد. این شرایط نیاز به اعمال راه کارهایی موثر، برای مدیریت بهینه وکارآمد آب دارد. لذا در این تحقیق مدلی برای تخصیص بهینه منابع آب در بین بخش‌های کشاورزی، صنعت و خدمات ارائه گردیده‌است. در بخش کشاورزی تابع تولید هر یک از محصولات تعیین‌شده‌است. سپس براساس توابع تولید، سطح زیرکشت، عملکرد محصول و درآمد حاصله از هر محصول، تابع هدف تلفیقی مشخص گردیده است. در بخش صنعت با توجه به این که تقاضای آب، تابعی از میزان محصول، قیمت نهاده آب و قیمت سایر نهاده‌ها می‌باشد، تابع تقاضای این بخش نیز تعیین گردید. با توجه به ضرورت موجود در بخش خدمات، کل آب مورد نیاز این بخش به طور کامل تخصیص داده شد. سپس با استفاده از الگوریتم تلفیقی ژنتیک- هوش‌جمعی (GAPSO)، بیشینه‌سازی تابع هدف و تخصیص بهینه منابع آب بین بخش کشاورزی و صنعت، انجام گردید. با توجه به نتایج تحقیق، قابل ذکر است که استفاده از الگوهای کم آبیاری، تغییر الگوی کشت، حذف سطح زیرکشت بعضی از محصولات و استفاده از منابع آبی بیشتر در حوضه صنعت می‌تواند در بالا بردن درآمدهای حاصله تا ۱۱۴(میلیارد ریال) تأثیرگذار باشد. در مجموع با تخصیص بهینه‌منابع آب بین بخش‌های مختلف (کشاورزی، صنعت و خدمات) باید بیان نمود؛ می‌توان درآمدهای حاصله در منطقه کویر مرکزی ایران را تا ۵۶ درصد نسبت به وضعیت فعلی بهبود بخشید که در این صورت، شاهد تحول قابل توجهی در این منطقه خواهیم بود. لذا تغییر در الگوی تخصیص منابع آب در این منطقه امری لازم و ضروری به نظر می‌آید.

واژه‌های کلیدی: تخصیص منابع آب، کشاورزی و صنعت، بهینه‌سازی، الگوریتم تلفیقی ژنتیک- هوش‌جمعی، GAPSO

مقدمه

در حالت ایده‌آل، تخصیص‌آب بایستی از نظر اقتصادی، کارآمد و از نظر فنی، عملی و همچنین از نظر اجتماعی، عادلانه باشد. تخصیص کارآمد از نظراقتصادی به توزیع‌آب برای به حداکثر رساندن سود اقتصادی و تخصیص با عدالت اجتماعی به توزیع برای حفظ منافع و تخصیص عادلانه آب به گروه‌هایی که از نظر اقتصادی ضعیف هستند، گرایش دارد. بنابراین نیاز به یک سیستم تخصیص‌آب مناسب که در آن آب به عنوان یک کالای اجتماعی و اقتصادی در نظر گرفته شود، ضروری است (۲). در این تحقیق یک مدل تخصیص آب ارائه می‌شود که در یک چارچوب یکپارچه، تعامل عرضه و تقاضای آب را با توجه به عوامل اقتصادی در نظر می‌گیرد. در فرایند تخصیص آب، عرضه کننده آب تحت تاثیر محدودیت دسترسی به منابع آب و بیشینه سازی درآمد حاصل از تامین آب برای متقاضیان مختلف برای تخصیص آب تصمیم می‌گیرد. ساخت مدلی که بتواند تاثیر این عوامل را به صورت توأمان در تخصیص منابع آب لحاظ کند، برای ارزیابی اثر سیاست‌های مختلف بر تخصیص آب و منافع ذی‌نفعان در سطح حوضه از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. در این تحقیق، مدل تخصیص منابع آب ارائه می‌شود که تاثیر توأمان بسیاری از عوامل یاد شده را در تخصیص منابع آب در سطح حوضه آبریز لحاظ می‌کند.

ریکا و همکاران (۱۷) یک مدل بهینه‌سازی اقتصادی را برای برنامه‌ریزی منابع آب در کشت کم‌آبیاری توسعه دادند. به طور مشابه، بیلسا و دوآرته (۳)، یک مدل اقتصادی برای تخصیص دادن آب به دو

۱ و ۲- دانشجوی کارشناسی ارشد و دانشیار گروه مهندسی آبیاری و زهکشی، دانشگاه تهران، پردیس ابوریحان
(*- نویسنده مسئول: Email: Davijanii@gmail.com)
۳- استادیار گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بیرجند

Archive of SID
www.SID.ir

بخش آبیاری و برقابی را با هدف حداکثرسازی سود اقتصادی در شمال‌شرقی اسپانیا ارائه کردند. همچنین آقای دیواکار و همکاران (۴)، مدلی برای تخصیص بهینه از آب دردسترس محدود به چهار بخش کشاورزی، خانگی، صنعت و برقابی با هدف حداکثرسازی سود خالص اقتصادی، برای حوضه رودخانه Chao Phraya در تایلند ارائه‌کردند. این مدل قادر به بهبود سود اقتصادی در مقایسه با شیوه‌های تخصیص آب می‌باشد. در همین راستا بابل و همکاران (۲)، مدل تخصیص یکپارچه منابع آب را با سه مدول عملکرد مخزن، آنالیز اقتصادی و تخصیص آب همراه با اهداف حداکثرسازی رضایتمندی و حداکثرسازی سودخالص اقتصادی در بخش چونبوری[1] در شرق تایلند توسعه دادند. که برای حداکثر رضایتمندی از نسبت آب تخصیص داده شده، به تقاضای نرمال هر بخش استفاده شد. این مدل قادر به تخصیص آب به شش بخش (کشاورزی، خانگی، صنعت، برقابی، تفریحی و زیست‌محیطی) می‌بود. همچنین مدل‌های بهینه‌سازی برای حوضه دریای آرال توسط مکینی و کای (۱۳)، با در نظرگرفتن ماهیت چندهدفه برنامه‌ریزی آب و ماهیت عدم قطعیت دردسترس بودن آب در حوضه، توسعه داده شد.

با توجه به اینکه بیشترین سهم مصرف کننده منابع آب در بخش کشاورزی می‌باشد، این بخش از اهمیت ویژه‌ای برخوردار می‌باشد. لذا در این تحقیق بخش کشاورزی به قسمت‌های جزئی‌تری تقسیم می‌گردد و در هر یک از محصولات آن به تنوع الگوی کشت، شرایط کم آبیاری و ... در جهت بهبود وضع اقتصادی و تخصیص بهینه منابع آب پرداخته خواهد شد. لازم به ذکر است که در بخش صنعت، تولیدات و توابع آن در قالب یک تابع جامع که در بر گیرنده مجموع بنگاه‌ها باشد، مطرح گردیده‌اند و در بخش خدمات، کل مقدار آب مورد نیاز این بخش محاسبه و پس از کسر از کل منابع آب موجود، به طور کامل به این بخش اختصاص داده شده‌است. در بخش کشاورزی، به دلیل محدودیت شدید منابع آب به ویژه در مناطق خشک و نیمه خشک، استفاده از روش‌های تلفیقی الگوی کشت و روش‌های کم-آبیاری برای بهبود راندمان طرح‌های کشاورزی امری اجتناب ناپذیر است. بدین منظور اصلاح برنامه‌ریزی آبیاری نه بر اساس نیاز آبی کامل گیاه، بلکه بر اساس مصرف بهینه آب اختصاص یافته رویکرد مناسبی خواهد بود که از طریق کم‌آبیاری[2] قابل تحقق می‌باشد (۱۰). در همین راستا در تحقیقات مشابهی نیز نشان داده شد که اعمال استراتژی کم‌آبیاری و کاهش سطح در شرایط کم آبی منجر به درآمد اقتصادی بالاتری می‌گردد (۲۰). در این شرایط گیاه با سطح معینی از تنش آبی در طی یک دوره خاص و یا در سرتاسر فصل رشد بدون کاهش معنی‌داری از عملکرد روبرو می‌گردد (۱۱). کم‌آبیاری به عنوان یک تکنیک مدیریتی کاراً و سودمند در تأمین کمبود نیاز آبی تعریف می‌گردد و در غالب یک مدل بهینه‌سازی معرفی می‌گردد.

در این مطالعه تابع هدفی غیرخطی، با توجه به میزان آب مصرفی در سه بخش کشاورزی، صنعت و خدمات به عنوان مهمترین مصرف کنندگان از منابع آب تشکیل گردیده‌است. در ادامه محدویت‌هایی مانند میزان کل آب قابل دسترس، الگوهای سطح زیر کشت زراعی و باغی، میزان کل اراضی سطح زیر کشت در بخش کشاورزی و میزان محصول تولیدی در بخش صنعت تعیین شد. با توجه به این که تابع هدف و بعضی از محدودیت‌ها از روندی غیر خطی پیروی می‌کنند، این مدل با توجه به فرایندهای معمول قابل حل نمی‌باشد. در نهایت در حل این مدل بهینه‌سازی از الگوی پیشرفته‌ای مانند الگوریتم فرا ابتکاری تلفیقی GAPSO استفاده گردید. شایان ذکر است با ارائه این مدل به جواب‌های قابل قبولی در ضمینه حداکثرسازی سود اقتصادی در حوضه کویر مرکزی ایران دست یافته شد.

مواد و روش‌ها

منطقه مطالعاتی

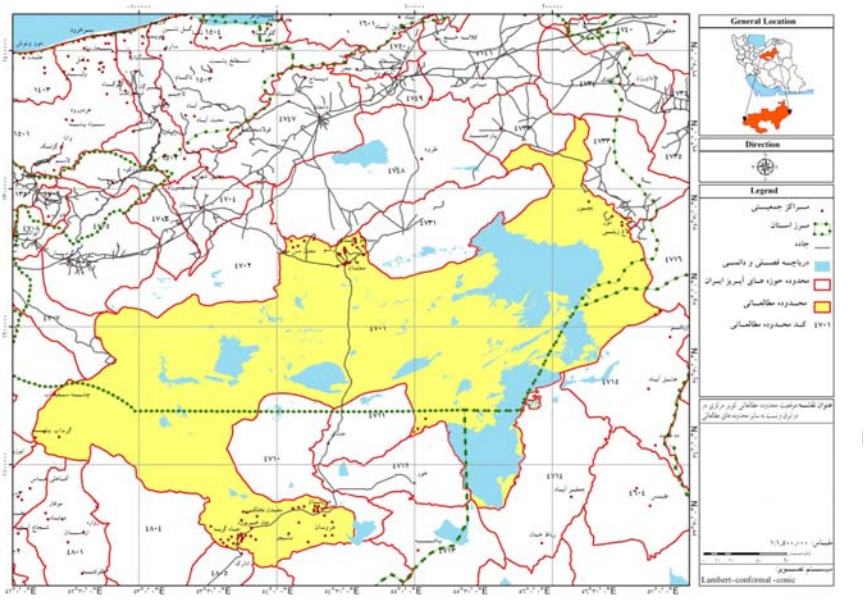
محدوده مطالعاتی کویر مرکزی با کد ۴۷۰۱ و وسعت بیش از ۵۷۰۰۰ کیلومترمربع یکی از محدوده‌های مطالعاتی حوضه آبریز درجه ۴ کویر مرکزی می‌باشد. بیش از ۶۴ درصد محدوده مطالعاتی دراستان سمنان، ۲۰ درصد در استان اصفهان، ۱۴ درصد در استان یزد و ۲ درصد آن در استان خراسان رضوی قرار دارد. ارتفاع متوسط این کویر از سطح آبهای آزاد در حدود ۷۰۰ متر می‌باشد که پست‌ترین نقطه در حدود ۶۵۰ متر در نواحی مرکزی متمایل به شمال و بلندترین ارتفاع در شمال دریاچه نمک خور و بیابانک در حدود ۸۳۸ متر می‌باشد. موقعیت حوضه کویر مرکزی و محدودی مطالعاتی مورد نظر در شکل شماره ۱ نشان داده شده‌است. بیشتر اطلاعات مورد نیاز از گزارش‌های مطالعات شناسایی منابع آب زیرزمینی محدوده مطالعاتی حوضه کویر-مرکزی تهیه شده‌است و سایر اطلاعات مورد نیاز از بانک اطلاعات جهاد کشاورزی و مرکز آمار ایران بدست آمده‌است (۱).

با توجه به شرایط خشک و کویری منطقه مورد مطالعه، منابع مهم آب مصرفی را می‌توان تنها به منبع آب‌زیرزمینی محدود دانست. همان گونه که در جدول ۱ مشخص گردیده‌است، بیشترین برداشت از منابع آب زیرزمینی محدوده مطالعاتی کویر مرکزی توسط چاه‌ها به میزان ۲۱۰میلیون متر مکعب هر سال صورت گرفته است، که قسمت اعظمی از منابع آب مصرفی مربوط به بخش کشاورزی به میزان ۱۸۶میلیون متر مکعب هر سال می‌باشد که ۸۹ درصد از کل آب مصرفی می‌باشد و در دیگر بخش‌های مانند صنعت و خدمات به ترتیب این میزان به ۱/۵ و ۹/۵ درصد رسیده‌است.

1- Chonburi
2- Deficit Irrigation

Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۱- موقعیت حوضه کویر مرکزی[۱]

جدول ۱- میزان و درصد مصارف مختلف از منابع آب[۱]

مصارف مختلف از منابع آب	میزان مصرف آب (متر مکعب در سال)	در استفاده از منابع آبی (درصد)
کشاورزی	18625755	88.73
خدمات	2031259	9.68
صنعت	334135	1.59
جمع کل	20991149	100

تقاضای آب

تقاضای آب بر حسب کاربردها و مصارف آن قابل طبقه‌بندی است. تقاضای آب بر حسب کاربردهای آن، به تقاضای بخش‌های کشاورزی، صنعتی، خدماتی (شهری، تفریحی و زیست محیطی) طبقه بندی می‌گردد. هدف این تحقیق بیشینه نمودن سودآوری اقتصادی از تخصیص بهینه آب بین بخش‌های کشاورزی، صنعت و خدمات می‌باشد. که طبق رابطه ۱ مقدار حداکثر راندمان اقتصادی در بخش‌های مختلف را می‌توان بدست آورد.

$$Z_{Economic} = MAX\left\{Z_{ECAgri} + Z_{ECIndus} + Z_{ECSoc}\right\} \quad (۱)$$

که در رابطه ۱، Z_{ECAgri} تابع سود اقتصادی در بخش کشاورزی، $Z_{ECIndus}$ تابع سود اقتصادی تولید در بخش صنعت و Z_{ECSoc} تابع سود اقتصادی در بخش خدمات می‌باشند.

تقاضای آب کشاورزی

تقاضای آب در بخش زراعی، دارای ویژگی‌های مهمی از قبیل فصلی بودن، موقعیت و کیفیت و ... می‌باشد. هدف از این بخش تحقیق حداکثر نمودن سود اقتصادی حاصل از تخصیص آب به بخش کشاورزی با استفاده از بهینه‌سازی تلفیقی میزان کم‌آبیاری و تغییر الگوی کشت می‌باشد. تابع هدف بصورت رابطه ۲ بیان می‌شود:

$$Z_{ECAgri} = \left\{\sum_{k=1}^{k} F_k(Q_k) A_k P_k\right\} \quad (۲)$$

که در آن Z_{ECAgri} تابع سود اقتصادی بدست آمده از کاشت محصولات، k تعداد محصولات، $F_k(Q_k)$ تابع عملکرد محصولات (Q_k میزان آب مصرفی محصول k در تابع عملکرد محصول می‌باشد)، A_k سطح زیر کشت (هکتار) و P درآمد محصول k است. $F_k(Q_k)$ به طور غیر مستقیم از رابطه ۳ بدست می‌آید که در ادامه به توضیح آن خواهیم پرداخت. مییر و همکاران (۱۴) برای تخمین

Archive of SID

www.SID.ir

عملکرد محصول رابطه ۳ را پیشنهاد نمودند:

$$\frac{Y_a}{Y_P}=\prod_{i=1}^{n}\left[1-KY_i\left[1-\frac{W_a}{W_P}\right]_i\right] \quad (۳)$$

که در آن Y_P عملکرد محصول درشرایط آبیاری کامل، Y_a عملکرد محصول درشرایط کم‌آبیاری، i مرحله مشخصی از رشد، n تعداد مراحل رشد، KY_i ضریب واکنش عملکرد محصول نسبت به آب در مرحله رشد i، W_P عمق آب آبیاری کامل محصول و W_a عمق آب کم‌آبیاری محصول است (۵، ۱۲، ۱۴ و ۱۸).

در جدول شماره ۲ سطح زیر کشت محصولات زراعی و باغی غالب، آب مورد نیاز ناخالص و راندمان اقتصادی آب هر یک از این محصولات در حوضه کویر مرکزی ارائه شده‌است. پنبه با ۲۰۲ هکتار بیشترین مقدار زمین تحت کشت را بین محصولات مختلف دارا می‌باشد. خرما با ۷۱۳۵۰ و جو با ۱۵۰۰ متر مکعب آب بر هکتار در سال به ترتیب بیشترین و کمترین مقدار آب مورد نیاز ناخالص را به خود اختصاص داده‌اند و پسته با ۵۶۵۹ ریال بر متر مکعب دارای بیشترین راندمان اقتصادی آب (به قیمت‌های سال۱۳۸۵) می‌باشد.

تقاضای آب صنعتی

می‌توان تابع تقاضای آب را برای یک بنگاه بدست آورد. بنگاه رقابتی را در نظر بگیرید که کالای X را با نهاده آب Wو سایر نهاده‌ها Y شامل سرمایه، نیروی کار و زمین تولید می‌کند. بنابراین تابع تولید بنگاه عبارت است از رابطه ۴:

$$X=F(Y,W) \quad (۴)$$

برای هر سطح معینی از محصول X، هزینه بنگاه این تابع به صورت رابطه ۵ می‌باشد؛

$$C=P_Y Y+P_W W \quad (۵)$$

حال با توجه به هدف بنگاه که حداقل کردن هزینه است، به کمک تابع لاگرانژ تابع تقاضای بنگاه برای نهاده آب W و نهاده غیر آب Yرا بدست می‌آوریم که به صورت رابطه ۶ می‌باشد؛

$$L=P_Y Y+P_W W+\lambda\left(\overline{X}-F(Y,W)\right) \quad (۶)$$

جدول۲- سطح زیر کشت محصولات مختلف زراعی در حوضه کویر مرکزی[۱]

نام محصول	سطح زیر کشت (هکتار)	مقدار آب مورد نیاز ناخالص (متر مکعب بر هکتار در سال)	سطح زیر کشت (درصد)	عملکرد محصول (تن در سال)	درآمد یک هکتار از کاشت محصول (میلیون ریال)	راندمان اقتصادی آب (ریال بر متر مکعب)
گندم	202.3	15450	31.21	3.84	14.0	908
جو	195.5	15000	30.16	3.5	12.5	833
پنبه	10	43800	1.54	2.39	17.9	408
یونجه	36.9	55350	5.69	7.54	26.3	474
آفتابگردان	25	32050	3.86	1.15	6.6	204
انار	14.5	53150	2.24	4.27	72.5	1364
انگور	6.1	41350	0.94	5.97	62.7	1516
پسته	106.2	61050	16.39	3.14	346.0	5659
خرما	6.2	71350	0.95	4.69	118.0	1660
گوجه فرنگی	1	43800	0.15	25.35	125.0	2859
هندوانه	23.7	29650	3.66	26.31	68.4	2307
خربزه، گرمک و طالبی	17	26450	2.62	15.3	70.4	2660
پیاز	2.8	39450	0.43	34.97	154.0	3900
سبزیجات	1	30650	0.15	13	74.8	2438
*جمع کل	648.2		100			

*- چهارده محصول زراعی و باغی که در حوضه کویر مرکزی غالبا کشت می‌شوند.

جدول۳- میزان مصرف منابع آبی و درآمدهای حاصله در بنگاه صنعتی

Archive of SID

www.SID.ir

مقدار کل مصرف آب (متر مکعب)	درآمدهای حاصله کل نهاده آب (ریال)	راندمان اقتصادی نهاده آب (ریال بر متر مکعب)	میزان تولید (تن)	راندمان اقصادی تولید (ریال/تن)
334135	42831491478.72	72884.52	887712	4849.31

در اینجا λ بیانگر قیمت سایه‌ای تولید است. حال شرایط مرتبه اول (مشتق گیری از تابع تقاضای بنگاه نسبت به متغیرهای وابسته و مساوی با صفر قرار دادن آن‌ها) را به صورت روابط ۷ می‌نویسیم:

$$\frac{\partial L}{\partial Y}=0\Rightarrow P_Y-\lambda\frac{\partial F}{\partial Y}=0\Rightarrow P_Y=\lambda F_Y$$
$$\frac{\partial L}{\partial W}=0\Rightarrow P_W-\lambda\frac{\partial F}{\partial W}=0\Rightarrow P_W=\lambda F_W \quad (۷)$$
$$\frac{\partial L}{\partial \lambda}=0\Rightarrow \overline{X}-F(Y,W)=0\Rightarrow \overline{X}=F(X,W)$$

در جدول ۳ میزان کل مصرف آب، درآمدهای حاصل کل نهاده آب، میزان تولید و راندمان اقتصادی تولید در بخش صنعت ذکر گردیده است. همان گونه که مشاهده می‌شود بخش صنعت دارای راندمان اقتصادی بیشتری نسبت به بخش کشاورزی می‌باشد، همچنین قابل ذکر است که این بخش دارای سهم بسیار کمتری در استفاده از منابع آب می‌باشد.

با حل معادلات فوق، تابع تقاضای مشتق‌شده برای نهاده آب و سایر نهاده i به‌صورت تابعی از سطح محصول X ، قیمت نهاده آب (P_W) و قیمت سایر نهاده‌ها (P_Y) بدست می‌آید که به شکل رابطه ۸ می‌باشد.

$$Y^D=Y\left(\overline{X},P_Y,P_W\right)$$
$$W^D=W\left(\overline{X},P_Y,P_W\right) \quad (۸)$$

که در آن، D میزان تخصیص یافته آب در بخش صنعت می‌باشد. در نهایت می‌توان تابع هدف در بخش صنعت را با توجه به رابطه ۸ و راندمان اقتصادی به صورت رابطه ۹ ارائه نمود؛

$$Z_{ECIndus}=\left\{F\left(Y^D,W^D\right)\times P_{Indus}\right\} \quad (۹)$$

که در آن $Z_{ECIndus}$ تابع سود اقتصادی تولید در بخش صنعت برحسب (ریال)، $F\left(Y^D,W^D\right)$ تابع تقاضای مشتق‌شده برای نهاده آب و نهاده غیر آب برحسب (تن محصول تولیدی در مجموع بنگاه-های صنعتی) و P_{Indus} راندمان اقتصادی تولید (ریال بر تن محصول تولیدی) می‌باشد.

تقاضای آب خدمات

معمولاً تقاضای عمومی دارای نوساناتی است که بستگی به زمان (فصل) و مکان دارد (۲). مصارف تجاری آب، شامل آب مصرفی فروشگاه‌ها، رستوران‌ها، هتل‌ها، سینماها و ... می‌باشد. همان طور که قبلا اشاره گردید، در این تحقیق میزان اختصاص یافته به این بخش کامل در نظر گرفته شده‌است زیرا در برنامه ریزی شهری میزان آب اختصاص یافته به بخش‌های شرب و خانگی باید به طور کامل تامین گردد، حتی اگر دارای بازده اقتصادی کمتری نسبت به دیگر بخش‌ها باشد. بنابر این به طور کامل آب مورد نیاز این بخش تامین و فرض شد که مقدار سود اقتصادی بدست آمده از آب (Z_{ECSoc}) صرف استحصال و تعمیر و نگهداری سیستم‌های جاری در منطقه می‌گردد.

لذا با فرض $Benefit_{ECSoc}=Cost_{ECSoc}$ رابطه ۱۰ بدست خواهد آمد.

$$Z_{ECSoc}=Benefit_{ECSoc}-Cost_{ECSoc}=0 \quad (۱۰)$$

محدودیت‌های موجود در بخش‌های مختلف

مدل بهینه‌سازی تلفیقی پیشنهادی دارای سه قید می‌باشد؛ قید اول، محدودیت آب قابل دسترس است که در آن، مجموع آب اختصاص یافته به بخش کشاورزی و صنعت، کوچکتر یا مساوی کل آب در دسترس حوضه کویرمرکزی (پس از کسر آب تخصیص یافته به آب شرب و مصارف خدمات) می‌باشد. در واقع محدودیت منابع آبی برای کشت محصولات مختلف در بخش کشاورزی و تولید محصول صنعتی در دوره‌های زمانی مختلف به صورت رابطه ۱۱ است. به عبارت دیگر محدودیت منابع آب بیانگر آن است که جمع مقدار آب مورد نیاز محصولات در دوره‌های مختلف نمی‌تواند از کل آب در دسترس بیشتر شود که در این رابطه q_{Total} حداکثر منابع آبی موجود (مترمکعب آب زراعی)، W_{aj} مقدار آب آبیاری مورد نیاز گیاه j ام (مترمکعب بر هکتار) و W_{Ii} مقدار آب تخصیص یافته به بخش صنعت برای بنگاه i ام می‌باشد. قابل ذکر است که W_{aj} از طریق رابطه ۱۲ به دست می‌آید؛

$$\sum_{j=1}^{n}W_{aj}+\sum_{i=1}^{m}W_{Ii}\le q_{Total} \quad (۱۱)$$
$$W_{aj}=(1-h)W_{pi} \quad (۱۲)$$

در روابط فوق W_{pi} حداکثر آب موردنیاز آبیاری کامل محصول jام (مترمکعب بر هکتار) می‌باشد که از طریق رابطه ۱۳ به دست می‌آید؛ در این معادله IN_j مقدار آب خالص مورد نیاز محصول jام(میلی متر) است (عدد۱۰ برای تبدیل میلی‌متر به مترمکعب در هکتارمی‌باشد). مقدار IN_j با توجه به رابطه ۱۴ به‌دست می‌آید:

Archive of SID

www.SID.ir

$$W_{pi} = IN_j \times 10 \quad (۱۳)$$

$$IN_J = ET_{cropi} - P_e \quad (۱۴)$$

در رابطه فوق P_e بارندگی مؤثر در روز i ام، دوره مورد نظر می‌باشد و مقدار آن با استفاده از روش USDA برای ماه‌هایی که در آن بارندگی اتفاق می‌افتد، به دست می‌آید. ET_{cropi} نیز تبخیر- تعرق گیاهj ام (میلی‌متر) است و از طریق رابطه ۱۵ به دست می‌آید؛

$$ET_{cropi} = K_c.ET_0 \quad (۱۵)$$

در رابطه بالا ET_0 تبخیر- تعرق پتانسیل گیاه مرجع(میلی متر) و K_c ضریب محصول موردنظر است. در این مطالعه تبخیر–تعرق پتانسیل گیاه مرجع به روش پنمن–مانتیث و با استفاده از داده‌های هواشناسی ایستگاه مرجع محاسبه گردید. سپس با استفاده از ضرایب گیاهی فائو ارائه شده توسط آلن و همکاران مقادیر تبخیر - تعرق بالقوه محصولات زراعی به دست آمد (۵).

در این تحقیق، محدودیت دوم برای سطح‌های زیر کشت‌های زراعی و باغی مختلف که غالب منطقه بوده‌اند، ایجاد گشته است. بطوریکه سطح زیرکشت محصولات باغی کاهش نیافته و کمترین سطح زیرکشت این محصولات، همان زمین‌های تحت کشت فعلی باشد. در رابطه ۱۶ محصولات باغی با نماد k نشان داده شده‌اند. در مابقی محصولات فرض بر آن است که بتوان سطح زیرکشت را تا حداکثر ۵۰ درصد افزایش و یا همچنین بتوان از الگوی کشت فعلی حذف نمود. در رابطه ۱۷ محصولات زراعی و باغی با نماد jوk نشان داده‌شده‌اند، که در آن X_k, X_j سطح زیرکشت محصول jوk بر حسب هکتار می‌باشند.

$$X_k \le \sum_{k=1}^{n} X_k \le 1.5X_k \quad (۱۶)$$

$$0 \le \sum_{j=1}^{n} X_j \le 1.5X_j \quad (۱۷)$$

در محدودیت سوم فرض شده که توسعه زمین‌های کشاورزی در سناریوهای مختلف برابر کل زمین‌های موجود باشد. البته می‌توان میزان این محدودیت را افزایش دهیم زیرا در کویر مرکزی محدودیت در گسترش زمین وجود ندارد ولی در نهایت با توجه به محدودیت‌های منابع آبی موجود، این محدودیت در جواب مسأله تأثیر گذار نبوده است. با این وجود برای بررسی امکان توسعه زمین‌های کشاورزی این محدودیت به صورت رابطه ۱۸ به مدل اعمال گردیده است.

$$\sum_{j=1}^{n} X_j \le X_{Total} \quad (۱۸)$$

که در آن X_j سطح زیرکشت گیاه j(هکتار) و X_{Total} کل اراضی موجود درحوضه مطالعاتی (هکتار) می‌باشد. محدودیت زمین بیانگر آن است که کل اراضی تخصیص یافته بین فعالیت‌ها نمی‌تواند بیشتر از کل اراضی موجود باشد. لحاظ نمودن محدودیت زمین در دوره‌های مختلف باعث می‌گردد تا مدل بتواند روابط رقابتی و تکمیلی بین محصولات را در الگوی بهینه منظور نماید.

محدودیت چهارم در بخش صنعت اعمال شده که در آن کل محصول تولیدی نمی‌تواند بعد از تخصیص منابع آب بیش از یک ونیم برابر مقدار فعلی آن رشد نماید:

$$\sum_{i=1}^{m} T_{Ii} \le 1.5T_{Total} \quad (۱۹)$$

در این محدودیت، در آن T_{Ii} مقدار محصول تولیدی (تن) در بنگاه iام بر حسب و T_{Total} کل مقدار تولید (تن) در بخش صنعت درحوضه مطالعاتی می‌باشد. همچنین فرض شده‌است، در نیروی انسانی متخصص، مواد اولیه، تکنولوژی، انرژی و سرمایه‌گذاری، محدودیت وجود نداشته باشد.

بهینه سازی

در بسیاری از مسائل مهندسی، تابع هدف دارای چندین نقطه بهینه موضعی و یک نقطه بهینه سراسری است که روش‌های کلاسیک به راحتی قادر به تفکیک بین آن‌ها و یافتن نقطه بهینه سراسری نمی‌باشد (۱۵و۱۶). با توجه به نوع مسئله تحقیق حاظر و تابع هدف آن از روش فراکاوشی مانند الگوریتم تلفیقی (GAPSO) برای حل آن مورد استفاده قرار گرفته شده‌است که در ادامه به اختصار تشریح می‌گردد:

الگوریتم ژنتیک (GA)

در این الگوریتم معمولا از یک رشته با طول ثابت[1] برای نمایش راه‌حل‌ها استفاده می‌گردد. الگوریتم ژنتیک یکی از روشهای جستجو است که بیشتر برای بهینه‌سازی مسائل پیچیده و غیرخطی به کار می‌رود. روش ژنتیک عبارت است از جستجوی چند جانبه موازی هدایت‌شده بر اساس نظریه تکامل که با شبیه‌سازی فرآیندهای بقای اصلح در عمل زیست‌شناسی، اقدام به یافتن متکامل‌ترین پاسخ یک مسئله می‌نماید. در نظام طبیعی موجوداتی که شایستگی بالاتری دارند، امکان بقاء و تولید مثل بیشتری پیدا می‌کنند و پس از چندین نسل نیز به درجه شایستگی بالاتری می‌رسند (۷). در علم بیولوژی تولید نسل توسط یک سری کروموزوم صورت می‌گیرد که به صورت رشته کدگذاری می‌شوند. هر کروموزوم نیز از یک سری ژن تشکیل می‌شود. ژن‌ها و کروموزوم‌های هر موجود در واقع نشان‌دهنده خصوصیات ژنتیکی آن موجوداتند. فرآیند طبیعی انتخاب اصلح با

1- Fixed-length bit string

Archive of SID

www.SID.ir

ترکیب عملگرهای ژنتیک مانند به گزینی[1] ، تلاقی و تزویج[2] و جهش[3] صورت می‌پذیرد. از جامعه تولید شده اولیه تعدادی از کروموزوم‌های برتر که مقدار تابع هدف آنها در مسائل حداکثرسازی و در مسائل حداقل‌سازی، کمتر است، به عنوان کروموزوم‌های والد برای تولید نسل بعد انتخاب[4] می‌شوند (۷).

الگوریتم هوش جمعی (PSO)

الگوریتم بهینه‌سازی هوش جمعیPSO، یکی از الگوریتم‌های مبتنی بر جمعیت می‌باشد. این الگوریتم از هوش جمعی[5] الهام گرفته شده است. این روش، در واقع از رفتار جمعی ارگانیسم‌های طبیعی، نظیر دسته‌ی پرندگان و ماهی‌ها در یافتن منطقه‌ای با غذای کافی، الهام گرفته است. در این گونه اجتماع‌ها، بدون وجود کنترل مرکزی، یک رفتار هماهنگ شده به وجود می‌آید. روش PSO، به طور موفق برای مسائل بهینه‌سازی پیوسته مورد استفاده قرار گرفته است (۱۹). برای تشریح الگوریتم PSO، یک اجتماع شامل N جزء را در نظر بگیرید که در یک فضای D بعدی در حال پرواز هستند. هر جزء i، یک جواب کاندید برای مسئله است و با بردار x_i در فضای جستجو، نمایش داده می‌شود. هر جزء دارای موقعیت و سرعت مخصوص به خود است که جهت پرواز و سرعت حرکت آن را نشان می‌دهد.

اگر فضای جستجو، یک فضای D بعدی باشد، ذره i از جمعیت با بردار D بعدی $X_i = (x_{i1}, x_{i2}, ..., x_{iD})$ ، سرعت (تغییر مکان) این ذره با بردار D بعدی $V = (v_{i1}, v_{i2}, ..., v_{iD})$، بهترین مکان دیده شده تا بحال توسط ذره i بصورت $P_i = (p_{i1}, p_{i2}, ..., p_{iD})$ و بهترین ذره در کل جمعیت با اندیس g نشان داده می‌شود. جمعیت ذرات مطابق با روابط ۲۰ و ۲۱ زیر به حرکت واداشته می‌شوند (۶):

$$V_{id}^{n+1} = x\left(\omega v_{id}^{n} + c_1 r_1^{n}(p_{id}^{n} - x_{id}^{n}) + c_2 r_2^{n}(p_{pg}^{n} - x_{id}^{n})\right) \quad (۲۰)$$

$$x_{id}^{n+1} = x_{id}^{n} + v_{id}^{n+1} \quad (۲۱)$$

که در این روابط $d=1,2,...,D$ ،$i=1,2,...,N$ و N برابر با اندازه جمعیت، n شماره تکرار، ω وزن اینرسی، c_1, c_2دو ثابت مثبت، بنام‌های ضرایب شناخت و اجتماعی، x فاکتور انقباض (می‌توان مانند ω برای محدود کردن سرعت بکار رود) و r_1, r_2 اعداد تصادفی با توزیع یکنواخت بین صفر و یک می‌باشند. در واقع اساس کار PSO بر این اصل استوار است که در هر لحظه هر ذره مکان خود را در فضای جستجو با توجه به بهترین مکانی که تاکنون در آن قرار گرفته است و بهترین مکانی که در کل همسایگی‌اش وجود دارد، تنظیم می‌کند. این روند تا رسیدن به یک تعداد تکرار حداکثر و یا یکسان شدن جواب بهینه عمومی در چندین تکرار متوالی ادامه می‌یابد (۶).

الگوریتم ترکیبی پیشرفته (GAPSO)

هدف اصلی از بیان الگوریتم فوق، بدست آوردن الگوریتمی است که بتوان از آن در حل مسائل پیچیده‌ی بهینه سازی، بدون استفاده از روابط ریاضی استفاده کرد. در مورد این الگوریتم می‌توان گفت که الگوریتم فوق ترکیبی از دو الگوریتم ژنتیک (GA) و الگوریتم بهینه سازی گروه ذرات یا هوش جمعی (PSO) است. در واقع می‌توان گفت که الگوریتم پیشرفته GAPSO از ترکیب مزیت های دو الگوریتم (GA) و (PSO) بوجود می‌آید. در این روش ابتدا اپراتورهای الگوریتم (GA) و بعد از آن بر روی اعضاء این جمعیت بدست آمده اپراتورهای الگوریتم (PSO) اعمال می‌شوند. بر اساس موارد ذکر شده در فوق، دو نوع تکنیک جستجو در این الگوریتم وجود دارد؛ تکنیک اول که تکنیک جستجوی محلی است و بر اساس آن جواب‌های بدست آمده در هر گروه با تبادل اطلاعات موقعیت خود را نسبت به بهترین جواب بهبود می‌دهند و تکنیک دوم مربوط به تبادل اطلاعات بین گروه‌ها می‌باشد، که بر اساس آن، بعد از هر جستجوی محلی در هر یک از گروه‌ها، اطلاعات بدست آمده بین گروه‌ها با هم مقایسه می‌شود.

نتایج و بحث

توابع تولید محصول نسبت به آب، معادلات معینی باید باشند تا بتوان در مدل از آنها استفاده نمود. برای بدست آوردن $F_K(Q_K)$ باید رابطه ۲ را با توجه به تبخیر و تعرق و میزان نفوذ مختلف، برای هر محصول محاسبه نمود تا میزان مقادیر Y_a به ازای نیاز آبی ناخالص تعیین گردد. سپس با استفاده از رسم مقادیر متناظر میزان تولید یک محصول با میزان مصرف آب ناخالص در یک سال آبی در یک نمودار می‌توان به معادله‌ای غیر خطی از درجه دو، دست پیدا کرد (جدول شماره ۴). این معادله‌ها تابع عملکرد هر محصول می‌باشند. برای مشاهده اطلاعات تکمیلی و جزئی در مورد هر کدام از توابع می‌توانید به مرجع ۸ مراجعه شود. تحقیق بر این فرض استوار است که می‌توان از تمام آب قابل استحصال منابع آب، مانند الگوی برداشتی فعلی موجود در منطقه، استفاده کرد. ابتدا اثرات آن بر الگوی کشت و کم‌آبیاری بهینه در بخش کشاورزی و در بخش بنگاه‌های صنعتی مورد بررسی قرار گرفته شد و بعد با توجه به معادلات غیر خطی بدست آمده توسط الگوریتم GAPSO نسبت به بهینه‌سازی آن‌ها اقدام گردید.

در این بخش بهینه سازی به کمک الگوریتم تلفیقی GAPSO

1- Selection
2- Crossover
3- Mutation
4- Selection
5- Swarm Intelligence

Archive of SID

www.SID.ir

انجام گرفت که نتایج آن در جدول ۵ ذکر گردیده‌است. با توجه به نتایج قابل ذکر است که گندم با ۲۱۱ هکتار زمین دارای بیشترین سطح کشت بهینه بوده و دارای ۳۲درصد از کل الگوی کشت بهینه است و تنها محصولی می‌باشد که دچار کم آبیاری به میزان ۴۵ درصد گشته است. همچنین نتایج بهینه سازی نشان می‌دهد که برای حداکثرسازی سود اقتصادی بخش کشاورزی در حوضه کویر مرکزی، باید از کاشت سه محصول پنبه، یونجه و آفتابگردان جلوگیری به عمل‌آید و سطح زیرکشت این محصولات صفر در نظر گرفته شود. از بررسی جدول ۵ مشخص می‌شود که کل سطح زیر کشت بهینه محصولات معادل ۵۷۷ هکتار می‌باشد. در این مدل‌سازی از۸۹ درصد زمین‌های قابل دسترس کشاورزی فعلی استفاده شده و سطح کشت حذف شده سه محصول پنبه، یونجه و آفتابگردان بین سایر محصولات توزیع شده‌است. قابل ذکر می‌باشد که پسته با ۱۵۹ هکتار زمین تحت کشت بعد ازگندم بیشترین سطح کشت را به خود اختصاص داده‌است. از نتایج بدست آمده این گونه برداشت می‌شود که سه محصول فوق (پنبه، یونجه و آفتابگردان) به دلیل بازده اقتصادی پایین نسبت به سایر محصولات دارای سطح زیر کشت صفر گردیده‌اند. همچنین گندم به سبب سود اقتصادی پایین به عنوان محصول زراعی بعدی دچار کم آبیاری شده است. در مابقی محصولات به خصوص پسته افزایش سطح زیر کشت به خاطر سودآوری اقتصادی بالای این محصولات ایجاد شده‌است. در مجموع قابل ذکر است که الگوی سودآوری اقتصادی در این منطقه باید از سمت محصولات زراعی به سمت محصولات پر بازده باغی تمایل پیدا کند و جهت تعمین مابقی محصولات مورد نیاز از دیگر نواحی نسبت به تهیه آن اقدام گردد.

مقایسه روش‌های بهینه سازی در دو بخش کشاورزی و بخش صنعت

همان طور که معادلات بخش تقاضای آب صنعتی نشان می‌دهند توابع تقاضای مشتق‌شده برای آب و سایر نهاده‌ها تابعی از سطح محصول، قیمت نهاده آب و قیمت سایر نهاده‌ها، به صورت ضرب $F\left(Y^D, W^D\right)\times P_{Indus}$ می‌باشد. تابع F، تابع تقاضای مشتق شده برای نهاده آب و نهاده غیر آب بر حسب (تن محصول تولید شده در بنگاه‌های صنعتی) است.

جدول٤- معادلات توابع تولید محصولات غالب در حوضه کویر مرکزی

نام محصول	معادله تابع عملکرد
گندم	$F_k = -1E-09\ Q_k^{\,2} + 0.0003\ Q_k - 0.0147$
جو	$F_k = 4E-09\ Q_k^{\,2} + 0.0002\ Q_k - 0.0907$
پنبه	$F_k = -1E-10\ Q_k^{\,2} + 5E-05\ Q_k + 0.4445$
یونجه	$F_k = -1E-11\ Q_k^{\,2} + 0.0001\ Q_k - 0.1501$
آفتابگردان	$F_k = -1E-10\ Q_k^{\,2} + 4E-05\ Q_k + 0.1377$
انار	$F_k = 4E-10\ Q_k^{\,2} + 6E-05\ Q_k - 0.1293$
انگور	$F_k = 4E-11\ Q_k^{\,2} + 0.0001\ Q_k + 1.2485$
پسته	$F_k = -7E-11\ Q_k^{\,2} + 4E-05\ Q_k + 1.1021$
خرما	$F_k = -5E-11\ Q_k^{\,2} + 7E-05\ Q_k + 0.1355$
گوجه فرنگی	$F_k = -2E-09\ Q_k^{\,2} + 0.0007\ Q_k + 0.3571$
هندوانه	$F_k = -6E-09\ Q_k^{\,2} + 0.001\ Q_k + 0.0861$
خربزه، گرمک و طالبی	$F_k = -4E-09\ Q_k^{\,2} + 0.0007\ Q_k + 0.0501$
پیاز	$F_k = -7E-09\ Q_k^{\,2} + 0.001\ Q_k + 7.5151$
سبزیجات	$F_k = -2E-09\ Q_k^{\,2} + 0.0005\ Q_k + 1.2665$

جدول۵- سطح زیرکشت و کم‌آبیاری بهینه توسط الگوریتم هوش جمعی(GAPSO)

Archive of SID

www.SID.ir

کشاورزی نام محصول	سطح زیر کشت بهینه (هکتار)	مقدار آب مورد نیاز ناخالص بهینه (متر مکعب بر هکتار در سال)	درصد کم آبیاری (درصد)	الگوی کشت بهینه (درصد)
گندم	211.75	8475	45.15	32.67
جو	97.75	15000	0	15.08
پنبه	0	0	0	0
یونجه	0	0	0	0
آفتابگردان	0	0	0	0
انگور	9.15	41332	0.04	1.41
انار	21.75	53171	0	3.36
پسته	159.30	61050	0	24.58
خرما	9.30	71363	0	1.43
گوجه فرنگی	1.50	43800	0	0.23
هندوانه	35.55	29636	0.05	5.48
خربزه، گرمک و طالبی	25.50	26438	0.05	3.93
پیاز	4.20	39450	0	0.65
سبزیجات	1.50	30663	0	0.23
جمع کل	577.25			89

شکل این تابع در حوضه کویر مرکزی به صورت رابطه ۲۲ ارائه شده‌است. همچنین در ضرب فوق P_{Indus} راندمان اقتصادی تولید (ریال بر تن محصول تولیدی) می‌باشد.

$$F\left(Y^D, W^D\right) = 874485 \times e^{4E-08D} \quad (۲۲)$$

تقاضای مشتق‌شده آب برای برخی از فعالیت‌های صنعتی نسبتاً با کشش است، بدین معنا که هر افزایشی در قیمت آب ممکن است به تغییرات تکنولوژی منتهی شود که باعث تقلیل کمیت آب مورد استفاده گردد و یا بازیابی آب را امکان‌پذیر سازد و سطح تولید بنگاه تقاضای آب را به طور برون‌زا تحت تأثیر قرار می‌دهد. با توجه به جدول ۳ مقدار راندمان اقتصادی تولید یا P_{Indus} برابر ۴۸۲۴۹/۳۱ (ریال بر تن محصول تولیدی) می‌باشد. بنابر این می‌توان تابع $Z_{ECIndus}$ یا تابع هدف سود اقتصادی تولید در بخش صنعت برحسب را به صورت رابطه ۲۳ بدست آورد.

$$Z_{ECIndus} = \left\{F\left(Y^D, W^D\right) \times P_{Indus}\right\} = 874485 \times e^{4E-08D} \times 48249.31 \quad (۲۳)$$

که در آن D میزان تخصیص آب در شرایط بهینه در بخش صنعت می‌باشد. نتایج بدست آمده از رابطه ۱ که از مجموع توابع تولیدی سود در بخش‌های صنعت و کشاورزی بدست آمده است در جدول ۶ ارائه گردیده است.

همان‌گونه که درجدول ۶ مشاهده می‌شود، الگوریتم GAPSO با تخصیص۱۷۱۸۹۴۱(متر مکعب آب در سال) در بخش کشاورزی و تخصیص ۱۷۷۰۳۹۸(متر مکعب آب در سال) در بخش صنعت به ترتیب دارای ۸۱ درصد و ۹ درصد استفاده از منابع آب در حالت بهینه در بین بخش‌های کشاورزی و صنعت می‌باشد. در مجموع باتوجه به تخصیص‌های صورت گرفته الگوریتم GAPSO دارای ۱۱۴ (میلیارد ریال) درآمد حاصل در حالت بهینه تخصیص منابع آب می‌باشد. بنابر این الگوریتم مزبور با تخصیص بهینه آب بین بخش‌های کشاورزی و صنعت دارای رشد اقتصادی قابل توجهی نسبت به وضعیت فعلی، به میزان ۵۶ درصد می‌باشد. با توجه به محدودیت‌های اعمال شده در میزان مصرف آب بین بخش‌های مختلف بیشترین مصرف آب مانند وضعیت پایه و فعلی در بخش کشاورزی می‌باشد. البته به علت سودآوری کمتر این بخش نسبت به دو بخش صنعت و خدمات، درصد استفاده از منابع آبی در حالت پایه که ۸۹درصد بود به میزان ۸۱ درصد کاهش یافته‌است. همچنین قابل توجه است که در بخش صنعت این میزان از ۱/۵ درصد در حالت پایه به ۹ درصد رسیده است که خود نشان دهنده سودآوری اقتصادی قابل ملاحظه‌ای در بخش صنعت می‌باشد. با توجه به شرایط فعلی منطقه و محدودیت‌های دسترسی در میزان استفاده از منابع آب (خشکسالی‌های متناوب)، با اعمال راهکارهایی مدیریتی و استراتژیک (اعمال محدودیت‌های جدید در سطح مصرف بین بخشی)، می‌توان میزان تولید محصولات کشاورزی را کاهش و میزان تولیدات صنعتی را افزایش داد. با این تغییرات شاهد افزایش سودآوری اقتصادی و کاهش مصرف آب در منطقه خواهیم بود.

جدول۶- مقایسه روش‌های بهینه سازی در دو بخش کشاورزی و صنعت توسط الگوریتم‌های

Archive of SID

www.SID.ir

GA, PSO, GAPSO

الگوریتم بهینه سازی	مصارف مختلف از منابع آب	میزان مصرف آب در حالت بهینه (متر مکعب در سال)	درصد استفاده از منابع آبیدر حالت بهینه (درصد)	درآمدهای حاصلهدر حالت بهینه (ملیارد ریال)	رشد اقتصادی در حالت بیهنه نسبت به حالت مبنا (درصد)
GAPSO	کشاورزی	17189491	81		
	صنعت	1770398	9		
	جمع (کشاورزی و صنعت)	18959890	90	114	56
	خدمات	2031259	10	حالت پایه	حالت پایه
	جمع کل (کشاورزی، صنعت و خدمات)	20991149	100		

نتیجه‌گیری

تحقیق حاضر تلاشی برای تعیین یک برنامه جامع در تخصیص مناسب از منابع آب بوده است، به گونه‌ای که در تمام شرایط مورد نظر بتوان عملکرد مطلوبی از لحاظ بهره‌وری اقتصادی در حوضه‌های خشک مانند کویرمرکزی ایران به دست آورد. در این راستا برای تعیین برنامه بهره‌برداری از منابع آبی، از روش کاربردی بهینه‌سازی استفاده گردید. همچنین باید خاطر نشان‌کرد که در بهینه‌سازی بخش کشاورزی از روش تلفیقی الگوی‌کشت بهینه و روش کم آبیاری بهره گرفته شده‌است تا به مدیریت صحیح و بهینه منابع آب کمک نماید. با استفاده از الگوی تلفیقی کم آبیاری و تغییر الگوی کشت با حذف کاشت سه محصول پنبه، یونجه و آفتابگردان (به دلیل کمترین سودآوری اقتصادی نسبت به سایر محصولات) و به کار بردن الگوی کم آبیاری در محصول گندم (به دلیل سوآوری اقتصادی پایین) به بهینه سازی سودآوری اقتصادی دست یافته‌شد. با توجه به نتایج تحقیق فوق قابل ذکر است که استفاده از مدل تلفیقی تغییر الگوی-کشت، کم‌آبیاری و استفاده از منابع آبی بیشتر در حوضه صنعت و استفاده از روش حل بهینه‌سازی پیشرفته مانند الگوریتم GAPSO می‌تواند در بالا بردن درآمدهای حاصله تا ۱۱۴/۴۶۲(میلیارد ریال) تأثیر گذار باشد. همچنین بهره‌گیری از این تخصیص می‌تواند به بیشینه نمودن سود اقتصادی در مجموع تا ۵۶ درصد نسبت به وضعیت فعلی منطقه کمک نماید. لذا همان گونه که ذکر گردیده بود تغییر در الگوی تخصیص منابع آب، گرایش به تولید محصولات پربازده اقتصادی مانند محصولات باغی و تخصیص بیشتر منابع آبی به بخش صنعت جهت دستیابی به نتایجی مطلوب تر در این منطقه، امری لازم و ضروری می‌باشد.

منابع

۱- گزارش‌های شناسایی منابع آب زیرزمینی. ۱۳۸۹. محدوده مطالعاتی کویر مرکزی(۴۷۰۱)- آب منطقه‌ای سمنان، شرکت مهندسی رایان آب فراز

2- Babel M.S., Das Gupta A., and Nayak D.K. 2005. A Model for Optimal Allocation of Waterto Competing Demands. Water resources management 19: 693- 712; doi: 10.1007/ s11269- 005- 3282- 4

3- Bielsa J. and Duarte R. 2001 'An economic model for water allocation in north eastern Spain', Water Res. Dev. 17(3), 397–410.

4- Divakar L., Babel M.S., Perret S.R., Das Gupta A. 2011. Optimal allocation of bulk water supplies to competing use sectors based on economic criterion – An application to the Chao Phraya River Basin, Thailand. Journal of Hydrology 401 (2011) 22–35.doi:10.1016

5- Doorenbos J. and Pruitt W.O. 1977. Guidelines for predicting crop water requirements, Copyright 1997-2009, FAO publication.

6- Eberhart R.C. and Shi Y. 1998. Comparison between genetic algorithms and particle swarm optimization, In V. W. Porto, N. Saravanan, D. Waagen, and A. E.

7- Glodberg D.D. 1989. Genetic algorithms in search, optimization, and machine learning, Addison Wesley publishing company Inc.,401.

8- Habibi M., Banihabib M.E., and Hashemi S.R. 2012. Evaluation of optimization models of particle swarm optimization (PSO) and genetic algorithm (GA) in water resources management. International Conference on Nonlinear Modeling & Optimizatio. Amol.

9- Kennedy J. and Eberhart R.C. 1995. Particle swarm optimization, Proceedings of the IFEE International Joint Conference on Neural Networks, 1942-1948.

10- Kijne J.W., Barker R. and Molden D.J. 2003. Water productivity in agriculture: limits and opportunities for

Archive of SID

www.SID.ir

improvement, Wallingford, UK:CABI, IWMI.
11- Kirda C. 2005. Deficit irrigation scheduling based on plant growth stages showing water stress tolerance, Natural Resources Management and Environment Department, Cukuroya University, Adana, Turkey.
12- Lopez G., Larrigaudière C., Girona J., Behboudian H. and Marsal J. 2011. Fruit thinning in 'Conference' pear grown under deficit irrigation: Implications for fruit quality at harvest and after cold storage. Scientia Horticulturae, 129: 64-70.
13- McKinney D.C. and Cai X. 2002. 'Multiobjective Optimization Model for Water Allocation in the Aral Sea Basin: Stochastic Optimization', Draft Working Paper, Environmental and Water Resources Engineering Program, University of Texas at Austin, Austin, Texas.
14- Meyer S.J., Hubbard K.G. and Wilhite D.A. 1993. A crop- specific drought index for corn: i. model development and validation, Agronomy Journal, 85: 388-395.
15- Michalewicz Z. 1994. Genetic Algorithm ،Data Structures Evolution Programs, Publisher: Springer-verlag, Number of pages: 340.
16- Rao S.S. 1984. Optimization Theory and Application, Second edition, Altalsted Press Book, John Wilry and Sons, 1247.
17- Reca J., Roldan J., Alcaide M., and Camacho E. 2001 'Optimization model for water allocation in deficit irrigation system: I. Description of the model', Agric. Water Manage. 48(2), 103–116.
18- Thakur A. and Singh Z. 2012. Responses of 'Spring Bright' and 'Summer Bright' nectarines to deficit irrigation: Fruit growth and concentration of sugars, Scientia Horticulturae, 135: 112-119.
19- Talbi El-Ghazali. Metaheuristics: From Design to Implementation. John Wiley and sons (2009).
20- Vazifedoust M, Van Dam J.C., Feddes R.A. and Feizi M. 2008. Increasing water productivity of irrigated crops under limited water supply at field scale, Agricultural Water Management, 95: 89-102.

Archive of SID

www.SID.ir

Journal of Water and Soil
Vol. 27, No.4, Sept.-Oct. 2013, p. 680-691

نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۲۷، شماره ۴، مهر – آبان ۱۳۹۲، ص. ۶۹۱-۶۸۰

Development of Optimization Model for Water Allocation in Agriculture, Industry and Service sectors By Using Advanced Algorithm, GAPSO

M. Habibi Davijani[1]*- M.E. Banihabib[2]- S.R. Hashemi [3]

Received: 01-09-2012
Accepted:15-09-2013

Abstract

Population growth has caused increase of water demand for the drinking water, industry and agriculture. This condition needs the application of effective measures for optimal water management. So, in this research, a water allocation model is proposed for agriculture, industry and service sectors. In agricultural sector, production function of each crop is determined and then, objective function is specified based on the production function, and income of crops. In the industrial sector, the water demand of the product is function of water and other material prices and so, the demand function is determined based on these factors. Due to the necessity of water for the service sector, the total water demand of this section was fully allocated. Then, using innovative learning algorithms, a combination of genetic algorithms-Collective Intelligence (GAPSO), objective function is maximized and optimal allocation of water for agriculture and industry, were determined and compared. According to the result mentioned, use pattern of deficit irrigation model, changing crop pattern, remove the acreage of some crops and use of more water resources in the industry field can be effect on increase revenues to 114 billion Rls. In sum, the income of agriculture and industry in the Iran Central Kavir basin can be up to 56 percent of revenues of the current situation using water resource allocation for different sectors. In this case, the region will witness a remarkable progress. Therefore changes in the water resources allocation of the area seem to be necessary.

Keywords: Water Resources, Agriculture and Industry, Optimization, Genetic Algorithms, Particle Swarm Optimization, GAPSO

Archive of SID

1,2- MSc Student and Associate Professor, Department of Irrigation and Drainage, University of Tehran, College of Abureyhan
(*-Corresponding Author Email: Davijanii@gmail.com)
3- Assistant Professor of Water Engineering Department, Faculty of Agriculture, University of Birjand

www.SID.ir