Archive of SID

12th July 2017
۲۱ تیرماه ۱۳۹۶
3rd. International Conference on
Agricultural Engineering and Natural Resources
سومین کنفرانس بین المللی
مهندسی کشاورزی و منابع طبیعی

بهینه سازی تخصیص آب والگوی کشت محصولات غالب کشاورزی با استفاده از الگوریتم ژنتیک

[۱]هادی سیاسر، [۲] تورج هنر

[۱] کشاورزی،دانشگاه پیام نور، تهران ،ایران، hadisiasar@pnu.ac.ir
[۲] دانشکده کشاورزی ،دانشگاه شیراز ، honar@shirazu.ac.ir

چکیده

دشت سیستان یکی از مناطق خشک و نیمه خشک کشور می باشد که طی سالها با معضل کم آبی مواجه بوده است. با توجه به محدودیت منابع آب ،افزایش نیازهای آبی و وقوع خشکسالی های متناوب، صرفه جویی در مصرف آب و استفاده کارآمد از آن امری لازم و ضروری است که استفاده از تکنیک‌های مناسب بهینه سازی در این خصوص می تواند راهگشا باشد. حل هر مسئله بهینه سازی از دو بخش مدل سازی و برنامه ریزی تشکیل می گردد. لذا در این پژوهش سعی شده است که مدلی ارائه گردد تا با ارائه الگوی بهینه ی کشت به صورت همزمان، سطح زیر کشت با لحاظ کم آبیاری های مجاز در کل دوره رشد ارائه گردد. نتایج این مدل با استفاده از الگوریتم ژنتیک برای کشت های غالب منطقه نشان می دهد که الگوی فعلی منطقه بهینه نبوده ،ولی با اجرای الگوی پیشنهادی سود حاصل به ازای هر هکتار زمین کشت شده افزایش می‌یابد . همچنین نتایج مدل نشان می‌دهد که محصول موثر اقتصادی برای کشت اول گندم و در کشت دوم سال زراعی هندوانه می باشد و سایر محصولات به نسبت های کمتری در بهینه سازی مصرف آب نقش دارند. از دیگر نتایج این تحقیق می توان به بررسی اثر محدودیت آب در دوره های مختلف رشد بر سطح کشت گندم،جو،یونجه ،سورگوم ،هندوانه وانگوراشاره کرد . نتایج این بررسی نشان می دهدکه مراحل بحرانی گیاهان گندم و جو در گلدهی ؛ درگیاه یونجه ،سرگوم به ترتیب درست قبل از چیدن؛گلدهی وشگل گیری دانه ودر گیاهان هندوانه وانگور مرحله بحرانی گلدهی وپرشدن میوه ورشد رویشی می باشد.

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

۱-مقدمه

خشکسالی آب یکی از مهم ترین عوامل رشد و توسعه کشورهاست. ایران به دلیل کم بودن ریزش‌های جوی و نامناسب بودن پراکنش زمانی و مکانی، در زمره کشورهای خشک و نیمه خشک جهان قرار دارد و از طرف دیگر، به دلیل رشد جمعیت، گسترش شهرنشینی و توسعه بخش های اقتصادی روزبه روز با افزایش تقاضای آب مواجه می باشد (محمودی، ۱۳۷۸). با توجه به سهم بالای مصرف آب در بخش کشاورزی، لزوم بهینه سازی الگوی کشت در راستای بهینه کردن مصرف آب و حداکثر بهره برداری از زمین های قابل کشت امری اجتناب ناپذیر است . کم‌آبیاری مصرف عادلانه و عالمانه کمتر آب، به منظور افزایش تولید در مجموعه اراضی تحت پوشش است. بنابراین کم‌آبیاری یک سیاست بهینه سازی است که در آن گیاهان درجه متفاوتی از کمبود آب و کاهش محصول را تحمل می کنند. امروزه تکنیک کم‌آبیاری[۱] یکی از راه های مؤثر و عملی است که می تواند حداقل آب مصرفی با عملکرد قابل قبول و اقتصادی را تعیین و توجیه نماید. کم‌آبیاری در واقع تعیین کننده حد مجاز کاهش عملکرد ناشی از کاهش آب مصرفی است. در این تکنیک با کاهش مقدار آب مصرفی و تعیین حد بهینه آن هرچند عملکرد در واحد سطح به ظاهر کاهش می یابد ولی با کاهش هزینه های استحصال، انتقال و توزیع آب، در نهایت سود بیشتری عاید خواهد گردید. [۱].کم‌آبیاری به طرق گوناگون قابل اجرا است. کاهش میزان آب مصرفی (نسبت به آبیاری کامل) به صورت برنامه ریزی دشده، طولانی کردن دور آبیاری، استفاده از جویچه‌های یک در میان، کوتاه کردن طول جویچه ها و استفاه از روش LID[۲] از آن جمله‌اند. [۲] روش برنامه ریزی کم‌آبیاری نوعی روش سیستمی است که طبق برنامه ریزی خاص، برای دوره‌ای ویژه و با کل دوره های رشد، گیاه تحت تأثیر سطوح مختلف تنش آبی قرار می گیرد. در این برنامه ریزی انتظار می رود که کاهش محصول اتفاق بیافتد ولی مقدار آن در مقایسه با سود و عواید حاصل و میزان آب صرفه جویی شده یا ذخیره شده برای کشت و آبیاری

[1] . deficit irrigation

[2] .Limited Irrigation Dryland

www.SID.ir

Archive of SID

بقیه محصولات معنی دارد نباشد. کم‌آبیاری یک برنامه ریزی استراتژی است که به گیاه اجازه می دهد تا حدودی از خسارت را در اثر کاهش مصرف آب تحمل کند. لیکن از طرف دیگر، با کاهش هزینه آبیاری درآمد زارع افزایش یابد.

استفاده از روش‌های هوشمند تکاملی برای بهینه سازی تخصیص آب در دهه‌های اخیر بیشتر مورد توجه محققین قرار گرفته است. الگوریتم ژنتیک یکی از روش های جدید بهینه سازی است که بیشتر برای بهینه سازی مسائل پیچیده و غیر خطی به کار می رود.

بهینه سازی در مفهوم کلی، به معنای رسیدن به هدف مطلوب براساس محدودیت ها و قیدهای در نظر گرفته شده برای آن است. الگوریتم ژنتیک یکی از روش های جدید بهینه سازی است که بیشتر برای بهینه سازی مسایل بسیار پیچیده و غیرخطی به کار می رود. اساس این روش بر مبنای فرایند تکامل است. به عبارت دیگر، این روش با تولید نسل های (مجموعه جواب ها) متعدد از جواب های امکان پذیر، سعی می کند به سوی جواب بهینه عمومی حرکت کند.

درپژوهش‌های پیشین از برخی روش های فوق برای ارایه الگوی بهینه کشت استفاده نموده اند که به عنوان مثال می توان به پژوهشهای زیر اشاره نمود:

امروز 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 نمایند. اکثر محققین تعیین الگوی بهینه کشت از دهه ۱۹۶۰ تاکنون به طور وسیع از برنامه ریزی خطی استفاده نموده اند که با حداکثر یا حداقل کردن تا تابع هدف و در نظر گرفتن تعدادی از محدودیت ها (منابع)و متغیرهای تصمیم(فعالیت ها)به این موضوع پرداخته اند. [۳]. 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 نمی‌تواند الگوی کشت را با دقت بالا الگوی کشت را با دقت بالا تعیین نمایند.البته با مرور زمان، روشهای جدیدی در امر بهینه سازی ارائه گردیده است که از جمله ی این روشها می‌توان به برنامه ریزی غیر خطی، برنامه ریزی مثبت ،برنامه ریزی امکان و برنامه ریزی با هوش مصنوعی نیز اشاره نمود .

راجو وکومار(۲۰۰۴) تحقیقی در مورد استفاده از الگوریتم ژنتیک در برنامه ریزی آبیاری و توسعه الگوی کشت مؤثر و بهینه و در راستای افزایش سود یک پروژه آبیاری انجام دادند. محدودیت های در نظر گرفته شده در این مدل بهینه سازی، معادله پیوستگی، نیاز آب، تنوع محصول و محدودیت ذخیره بود و تابع جریمه ای نیز برای انحراف مسأله از حالت منطقی به غیرمنطقی در نظر گرفته شد. نتایج بدست آمده از الگوریتم ژنتیک با حل برنامه ریزی خطی مقایسه و بسیار نزدیک مشاهده شد. به طوری که می توان از الگوریتم ژنتیک به عنوان یک مدل بهینه سازی مؤثر برای برنامه ریزی هر سیستم آبیاری استفاده کرد. [۴].

کومار و ردی (۲۰۰۷) روش های الگوریتم ژنتیک و هوش جمعی (PSO) را برای استخراج سیاست‌های بهره برداری در مخازن چند منظوره در هندوستان به کار بردند. نتایج نشان داد که استفاده از الگوریتم ژنتیک نسبت به PSO، از نتایج بهتری در استخراج سیاست های بهره برداری از مخازن دارد. [۵] .

قهرمان وسپاسخواه (2004) یک مدل بهینه سازی تخصیص آب به گیاهان زراعی را با حجم آب محدود تدوین کردند. قهرمان و سپاسخواه (۱۳۸۴) الگوریتم فوق را به یک مخزن یک منظوره بسط دادند و الگوی بهینه رهاسازی آب را برای آن تدوین نمودند. [۶] .

کیافر و همکاران(۲۰۱۱)تحقیقی برای بهینه سازی مصرف آب آبیاری و زهکشی صوفی چای در استان آذربایجان شرقی با استفاده از الگوریتم ژنتیک انجام دادند، نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که مقادیر آب تخصیص یافته واقعی به مراتب بیشترازمقادیر بهینه می باشد که عمدتا این اختلاف در محدوده ی مورد نظر به نوعی تلف شده است .[۷] .

قهرمان و سپاسخواه در سال ۲۰۰۲ یک الگوریتم ترکیبی از برنامه ریزی خطی(یا غیر خطی) LP (N) و برنامه ریزی پویای استوکاستیک (SDP) جهت تخصیص بهینه اب 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 رودخانه ای که به دوره هایی معادل دوره آبیاری شکسته شده باشند، کلاس بهینه حجم مخزن در انتهای فصل را به طوری که کارایی سیستم حداکثر شود تعیین می گردد ومقدار بهینه ی آبیاری را در هر نوبت آبیاری به دست می آورد .در مدل قهرمان و سپاسخواه در واقع تخصیص بهینه آب برای یک الگوی کشت مشخص می باشد و مدل قادر به برآورد همزمان تخصیص بهینه آب و زمین در حالت های مختلف نمی باشد.[۸]

شعبانی و هنر(۱۳۸۷) در پژوهش خود بر روی کانال اردیبهشت شبکه آبیاری و زهکشی سد دورودزن جهت بهینه کردن الگوی کشت، چهار مدل برای شرایط مختلف طراحی کردند که برای حل آنها از برنامه ریزی و خطی(LP) و الگوریتم ژنتیک(GA) استفاده نمودند. [9]

. شجری و ترکمانی(۲۰۰۷)مطالعه ای با عنوان تناسب شبیه سازی های تصمیم گیری چند معیاری به منظور بررسی تقاضای آب آبیاری در حوزه آبریز درودزن در استان فارس انجام دادند. هدف مطالعه آنها بررسی سیاست گذاری آب آبیاری بر میزان تقاضای آب کشاورزان در حوزه آبریز درودزن می باشد. برای این منظور با ارائه یک مدل شبیه سازی و تکنیک مطلوبیت چند خاصیتی، سناریوهای مختلفی اجرا گردید، نتایج مطالعه

www.SID.ir

Archive of SID

آنها نشـان می دهدکه گروه‌های مختلف کشـاورزان در مقابل افزایش نرخ آب بها عکس العمل های متفاوتی در مورد ترکیب کشـت محصـولات و کاهش مصـرف آب در هکتار نشـان می دهند. [10] .یوان و همکاران(۱۹۹۶)مدلی برای تعیین اسـتراتژیهای بهینه ی آبیاری در طول یک فصـل زراعی ارائه کردند. هدف اصلی از تبیین مدل آنان، روشی بودکه با استفاده از آن زارعین بتوانند به ریژیم های انتظاری آب در سال آتی جهت بهینه کردن الگوی کشـت ،تولید زراعی ،درآمد مزرعه و اسـتفاده کارا از منابع به ویژه آب آبیاری دسـت یابند. سـاتی آسـایی و ویس وانتان (۱۹۹۷)نیز اسـتراتژیهای متفاوت مدیریت آب در مناطق کم آب، تغییرات میزان مصـرف آب، اشـتغال و کارایی مصـرف آب را مورد بررسـی قرار دادند.آنها اسـتراتژیهای تغییر الگوی کشـت 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 از تکنولوژی‌های جدید آبیاری مثل قطره ای و بارانی را پیشنهاد کردند. [11] .

پری ناریانامورتی(۱۹۹۸)چارچوب تئوریکی وپاسـخ زارعین به عرضـه محدود آب نسـبت به زمین و کارگر و وجود عدم حتمیت در برنامه ریزی وحجم آب در دسـترس را مورد بررسـی قرار دادند. آنها اعتقاد داشـتند که کمبود آب، زارعین را به سـمت اسـتراتژیهای کم آبیاری برای بعضـی از محصـولات تحریک می کند. با این حال ،آنها بیان کردندکه اگر دسترسی به آب در زیریک سطح معینی قرار گیرد، زارعین بعضی از محصولات را از الگوی کشت خود خارج می‌کنند. البته آنها نتیجه گرفتندکه استراتژی کم آبیاری زمانی که عدم حتمیت در عرضه آب وجود دارد ،ریسک زیان مالی را افزایش می دهد و در نتیجه می بایست مبادله ای بین عدم حتمیت و کم آبیاری وجود داشته باشد.[۱۲]

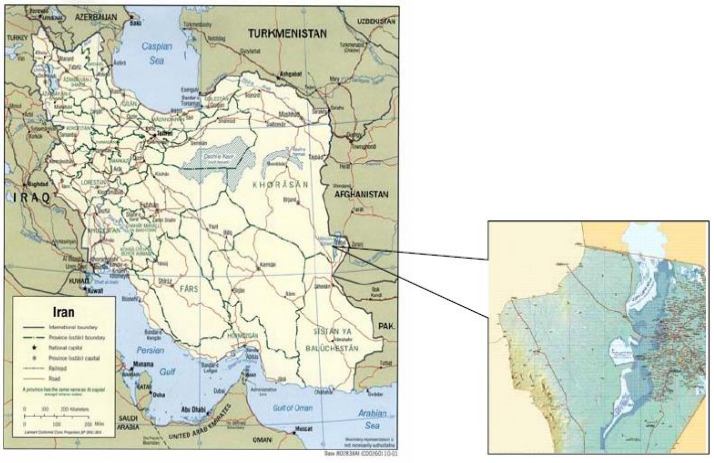
دیائو و همکاران(۲۰۰۲) در منطقه ای از مراکش باویژگی ناهمگنی مکانی، منافع اقتصـادی قابل حصـول از تخصیص آب سطحی و مکانیزمهای تمرکز زدایی جهت رسـیدن به آن را مورد بررسـی قرار دادند. نتایج آنها نشـان داد که تمرکز زدایی مبادله آب ، محصول کشاورزی را تا ۳/۸ درصد افزایش می دهد. [۱۳] .

ایوانس و همکاران(۲۰۰۳)در منطقه ای از کشـور اکوادور مسـئله ناکارایی و نابرابری تخصـیص آب را مورد مطالعه و بررسـی قرار دادند. آنها با اسـتفاده از برنامه ریزی ریاضـی ، پیامدهای مسـئله مزمن کم آبی با انتقال آب به چهار منطقه را مورد بررسـی قرار دادند. آنها نتیجه گرفتند که درقانون توزیع آب در منطقه مورد مطالعه شرایط کاریی وبرابری ایجاد نمی گردد. [۱۴] .

جمع بندی مطالعات انجام شـده نشان می‌دهد که اکثر مدل‌های ارائه شده قادر به تخصیص بهینه همزمان آب و زمین نمی باشند، بنابر این در پژوهش حاضـر سعی گردیده است که مدلی اریه گردد که همزمان به تخصیص بهینه ی آب و زمین بپردازد .در واقع مزیت ارایه این مدل نسبت به پژوهشهای پیشین در این می باشد که در مدل حاضر با وارد کردن محصولات مورد نظر مدل می‌تواند از میان از استراتژی های گوناگون سناریویی را انتخاب کندکه بیشترین بازده را داشته باشد.

۲- مواد و روشها

مشـخصـات جغرافیایی دشـت سـیسـتان با مرکزیت شهر زابل در جنوب شرقی ایران و در مرز افغانستان واقع شده است این منطقه از مشرق و شمال به کشور افغانستان و از جنوب به شهرستان نصرت آباد استان سیستان بلوچستان و از مغرب به شهرستان نهبندان در استان خراسان جنوبی وکویر لوت محدود می گردد. در حدود ۱۵۰ هزار هکتار از زمین های این دشت دارای پتانسیل کشاورزی بوده ومی‌تواند در چرخه تولید زراعی قرار گیرد. متوسط ارتفاع این دشت از سطح دریا ۴۸۵ متر است و تنها عارضه طبیعی این دشت کوه خواجه با ۶۱۲ متر ارتفاع است.



شکل (۱) موقعیت منطقه طرح مورد مطالعه

www.SID.ir

Archive of SID

اقلیم منطقه سیستان براساس طبقه بندی کوپن اصلاح شده ، اقلیم صحرایی با آب و هوای خیلی گرم و خشک بیابانی یعنی تابستان های طولانی و زمستان های ملایم قلمداد شده است. متوسط بارندگی سالانه در سیستان بسیار ناچیز وبین ۵۰ تا ۵۵ میلی متر است که درحدود ۷ درصد متوسط بارندگی درجهان است. میزان تبخیر سالانه، آن بسیار بالا و در حدود ۴۸۰۰ میلی‌متر گزارش شده است.متوسط حداکثر درجه حرارت در این منطقه ۳۴/۵درجه سانتیگراد ومتوسط حداقل درجه حرارت ۸/۵ درجه سانتیگراد است.

در این تحقیق محدوده مطالعاتی پایین دست شبکه آبیاری زهکشی سد سیستان اراضی واقع در شیب آب با مساحت ۲۴۷۵۰ هکتاردر نظر گرفته شد. در این تحقیق برای تخصیص همزمان آب و زمین از گیاهان گندم،جو،یونجه ،سورگوم،هندوانه و انگوراستفاده شده است و بر این اساس در محاسبات تخمین عملکرد از ضریب حساسیت برای گیاهان مختلف مطابق جدول(۲)استفاده گردید .

جدول(۱)ضریب حساسیت گیاه به کم آبی در کل دوره رشد

نوع محصول	منبع مورد استفاده	KY درکل دوره رشد
گندم	(دورنبوس وکسام،۱۹۷۹)	۱،۰۵
جو	(دورنبوس وکسام،۱۹۷۹)	۱،۰۵
یونجه	(دورنبوس وکسام،۱۹۷۹)	۱،۲۵
سورگوم	(دورنبوس وکسام،۱۹۷۹)	۰،۹
هندوانه	(دورنبوس وکسام،۱۹۷۹)	۱،۱
انگور	(دورنبوس وکسام،۱۹۷۹)	۰،۸۵

در تخصیص بهینه آب در شبکه های آبیاری و زهکشی هدف های متنوعی دنبال می گردد که این اهداف می‌توانند 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 به طور معمول درمناطق خشک و نیمه خشک تخصیص بهینه ی آب با در نظر گرفتن دو عامل اصلی آب و زمین با هدف بیشینه نمودن درامد زارعین انجام می شود. درآمد کشاورزان باعث می‌شود کشاورزان و دولت به طور مستقیم تحت تاثیر مثبت این افزایش درآمد قرار بگیرند. لذا این امر ضمن ایجاد افزایش تولید ناخالص داخلی، استقلال در تولید محصولات استراتژیک، امنیت غذایی، نرخ بیکاری و افزایش سطح رفاه جامعه، شاخص های فرهنگی، اجتماعی و بهداشتی درجوامع روستایی را به دنبال خواهد داشت. بنابراین با توجه به این امرتابع هدف این پژوهش بر اساس بیشینه نمودن سود زارعی زارعین با در نظر گرفتن محدودیت‌های آب و هوایی، منابع آب وزمین جهت تخصیص بهینه ی منابع آب موجود باتعیین الگوی کشت مناسب در مزارع زیر دست سدسیستان به طور همزمان تعیین گردید. از آنجا که در این تحقیق تابع هدف خطی نمی باشد و قیدهای گوناگون نیز وجود دارد، به علت وجود پارامترهای مجهول که بیشتر از تعداد معادلات می‌باشد از الگوریتم ژنتیک وروش جستجوی مستقیم (Mathworks Co., 2014)نرم افزار برنامه نویسی MATLAB برای بهینه سازی تابع هدف استفاده گردید(Mathworks Co., 2014).

۲-۱ تابع هدف

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

$$Z = \sum_{i=1}^{ncrop} \left[Y_{pi} \times P_{ci} \times \prod_{j=1}^{kperiod} (1 - Ky_{i,j} \times X_j) - C_i \right] A_i - P_w \sum_{i=1}^{ncrop} \sum_{j=1}^{5} IR \quad (1)$$

در این رابطه :

Y_{pi}عملکرد در هکتار برای گیاه iام(kg/ha)، P_{ci} قیمت محصول برای گیاه i ام $(Rial/Kg)$. سطح زیر کشت گیاه i ام(ha) . C_i هزینه های متغیربه غیر از هزینه‌های آب گیاه i ام$(Rial/Kg)$. P_w قیمت آب آبیاری $(Rial/m^3)$. IR کل مقدار آب آبیاری گیاه i ام(m^3). i نوع محصول ، $Ky_{i,j}$ ضریب حساسیت گیاه به کم آبی ، X_j مقدار کاهش نسبی مصرف آب کوچکتر یا مساوی ۱). در رابطه های فوق متغیرهای A_i وX_jمجهول هستند و سایر متغیرها قابل اندازه گیری و یا قابل محاسبه می باشند. از میان توابع تولید ارائه شده در پژوهش های مختلف، توابع

www.SID.ir

Archive of SID

تولید دورنبوس و کسام[3] (۱۹۷۹) ورائو وهمکاران(۱۹۸۸) طبق رابطه (۲)و همچنین جنسن (۱۹۶۸) در تخصیص بهینه آب و تعیین الگوی کشت بطور گسترده ای مورد استفاده قرار گرفته اند (شعبانی، ۱۳۸۵، قهرمان و سپاسخواه[4]، ۱۹۹۹؛ نگش کومار و همکاران[5]، ۲۰۰۶؛ گنجی و شکریز فرد[6]، ۲۰۱۰؛ قهرمان و سپاسخواه، ۲۰۰۲؛ قهرمان و سپاسخواه، ۱۹۹۷؛ گنجی و همکاران، ۲۰۰۶؛ گروه و اوستیوزن[7]، ۲۰۱۰، جورجیو و پاپامیچیل[8]، ۲۰۰۸). [۶, ۸, ۱۰, ۱۵-۲۵]

$$\frac{Y_a}{Y_p} = \prod_{i=1}^{n}\left(1 - Ky_i\left(1 - \frac{ET_a}{ET_p}\right)\right) \quad (۲)$$

که در آن ET_a و ET_p به ترتیب تبخیر -تعرق واقعی و پتانسیل (میلی متر)می باشد.

قید اول:بیلان آب خاک

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

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

در رابطه فوق مقدار آب $SM_{i,t+1}$و$SM_{i,t}$ در محوطه ریشه ها در ابتدا و انتهای یک دوره(فصل)می باشد. $Root_{i,t}$ و$Root_{i,t+1}$ به ترتیب عمق موثر ریشه محصول در انتها و ابتدای دوره می باشد و $Rain$ مقدار بارندگی موثر(میلی متر) در دوره زمانی t و SM_i رطوبت ثابت لایه های زیرین خاک قبل از کاشت گیاه i (میلی متر) است.آب آبیاری اختصاص یافته برای گیاه i (میلی متر) در دوره زمانی t، $ETa_{i,t}$و$DP_{i,t}$ به ترتیب تبخیر وتعرق واقعی (میلی متر)ونفوذ عمقی گیاه(میلی متر)در دوره های 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 می باشد، بنابر این 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 راندمان کاربرد آبیاری در منطقه مورد مطالعه برآوردگردیده است و از مدل سینوسی ارائه شده توسط برگ و گریمس [۲۶] برای ردیابی گیاهان گیاهان ریشه گیاهان در زمان استفاده شده است. در این تحقیق فرض مفهومی به این صورت می باشدکه در آغاز فصل آبیاری رطوبت اولیه خاک مشخص می باشد. لذا برای بدست آوردن بیلان در ماه اسفند رطوبت خاک به ظرفیت زراعی مزرعه رسیده است و اگر از اول مهراین بیلان دنبال شود در این حالت رطوبت در خاک حداقل و سطح خاک هوا خشک می گردد و رطوبت در حد نقطه پژمردگی می باشد، پس به طور میانگین درنیمرخ خاک نصف رطوبت در حد نقطه پژمردگی در نظر گرفته می شود. از طرفی حجم آب خاک قابل دسترسی در خاک برای هر محصول i در هرفاصله ی زمانی باید برقرار باشد.

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

قید دوم: تبخیر وتعرق واقعی

برنامه ریزی آبیاری وابسته به میزان تبخیر وتعرق ET_a می باشد که در این تحقیق از روش فائو –پنمن- مانتیس وتشت تبخیرتخمین زده شده است که البته می بایست به منظور به هنگام نمودن مقدار بیلان آب خاک و پیش بینی مصرف آب تعیین و زمان رسیدن تخلیه مجاز را معین نمود.بین ET_a که تبخیر و تعرق واقعی گیاه می باشد و ET_p که تبخیر و تعرق پتانسیل می باشد رابطه(۶) برقرار می باشد، همچنین مقدار ET_a کمتر از ET_pمی باشد و همچنین ET_aبستگی به آب خاک باقی مانده دارد که در این شرایط رابطه زیر برقرار می باشد:

$$ET_{a_{i,t}} \leq \frac{[(SM_{i,t} - PWP_c)Root_{i,t} + Rain_t + IR_{i,t} - DP_{i,t}]}{[(1-P_i)(FC_i - PWP_i)Root_{i,t}]} ET_{p_{i,t}} \quad (۶)$$

که در این رابطه i نوع محصول؛ t دهه های آبیاری؛ p_iکسر تخلیه آب خاک

قیدسوم: سهم آب

---

[3] . Doorenbos&Kassan

[4] .Ghahraman& Sepaskhah

[5] .Nrgesh Kumar rt al.

[6] .Ganji &Shkarriz fard

[7] .Grove &Oosthuizen

[8] .Georgiou&Papamichail

www.SID.ir

Archive of SID

کل حجم آب آبیاری در فواصل پی در پی برای همه محصولات نمی‌تواندازآب قابل دسترس موجود بیشتر باشدکه بصورت زیر نوشته می شود:

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

که در آن i نوع محصول آبیاری؛t , ده های آبیاری؛$IR_{i,t}$ حجم آب آبیاری(میلی متر)؛A_i مساحت (هکتار)؛ R حجم آب موجود (میلیون متر مکعب)؛E_{ci} راندمان انتقال(اعشار)

قید چهارم:حداکثر کاهش آب مصرفی

گیاهان مختلف در ارتباط با حداکثر کاهش آب مصرفی متفاوت می باشند. 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 کامکار حقیقی(۱۹۹۴ بر روی گیاهان مختلف انجام شده است، مطابق با جدول(۱)تعیین و در نظر گرفته شد.[۳, ۲۴, ۲۵, ۲۷-۳۰].

جدول (۲)حداکثر مقدار کاهش آب مصرفی نسبت به آبیاری کامل

نوع محصول	درصد کاهش آب مصرفی
گندم	۴۰
جو	۴۰
یونجه	۳۰
سورگوم	۳۰
هندوانه	۳۰
انگور	۳۰

۲-۲ الگوریتم ژنتیک(Ga)

الگوریتم ژنتیک یکی از روشهای جستجو است که بیشتر برای بهینه سازی مسائل پیچیده و غیر خطی به کار می رود. روش ژنتیک عبارت است از جستجوی چندجانبه موازی، هدایت شده براساس نظریه تکامل که با شبیه سازی فرایندهای بقای اصلح در عمل زیست شناسی، اقدام به یافتن متکامل ترین پاسخ یک مسئله می‌نماید. در نظام طبیعی موجوداتی که شایستگی بالاتری دارند، امکان بقاء و تولید مثل بیشتری پیدا می کنند و پس از چندین نسل نیز به درجه شایستگی بالاتری می رسند. درعلم بیولوژی تولید نسل توسط یک سری کروموزوم صورت می گیردکه به صورت رشته کدگذاری می شوند. هر کروموزوم نیزاز یک سری ژن تشکیل می شود. ژنها و کروموزوم های هر موجود، در واقع نشان دهنده ی خصوصیات ژنتیکی آن موجودات هستند .در مدل های بهینه سازی الگوریتم ژنتیک ،به منظور ایجاد کروموزوم ها باید بتوان هر نقطه در فضای تصمیم‌گیری را به صورت یک رشته (کروموزوم) تبدیل کرد.این عمل کدگذاری نامیده می شود . [۳۱-۳۵]. یکی از مرسوم‌ترین روش ها برای کدگذاری متغیرهای تصمیم مسئله ،نمایش متغیرها در مبنای دو یا کدگذاری متغیرهای گسسته به صورت صفر و یک است. به عبارت ساده تر، هر کروموزوم نشان دهنده ی یک جواب مسئله است که از کنار هم قرار دادن مقادیر متغیرهای تصمیم گیری به دست می آید. هر یک از متغیرها در کروموزوم،ژن نامیده می شود. بنابر این هرکروموزوم یک مسئله بهینه سازی به تعداد متغیرهای تصمیم گیری دارای ژن است و طول آن بر اساس تعداد متغیرهای تصمیم گیری مسئله، محدوده تغییرات متغیرهای تصمیم گیری و نحوه کدگذاری آنها تعیین می گردد. هرچه طول کروموزوم ها یا تعداد ژن ها بزرگتر شوند، مشکلات محاسباتی وزمان انجام محاسبات افزایش می‌یابد. در الگوریتم ژنتیک، یک جمعیت اولیه ازجواب ها به صورت تصادفی انتخاب می شوند. ارزیابی هر کروموزوم بر اساس تابع هدف و محدودیت ها انجام می گیرد.یک روش معمول برای جلوگیری از غیرموجه شدن کروموزومها دراثر تخطی از یک یا تعدادی از محدودیت ها، اضافه کردن تابع جریمه به تابع هدف است. فرایند طبیعی انتخاب اصلح با ترکیب عملگرهای ژنتیک مانند به گزینی(Selection)، تلاقی و تزویج (Crossover)و جهش(Mutation) صورت می‌پذیرد. از جامعه تولید شده اولیه تعدادی از کروموزوم های برترکه مقدار تابع هدف آنها در مسائل حداکثرسازی و در مسائل حداقل سازی، کمتراست، به عنوان کروموزوم های والد برای تولید نسل بعد انتخاب می‌شوند(Selection). همانند تولید مثل در موجودات زنده ،کروموزوم‌های انتخابی با یکدیگر تلااقی داده می‌شوند(Crossover). در این فرآیند بخشی از اطلاعات ژنتیکی در کروموزوم ها با هم معاوضه می شوند. انجام عمل تلاقی به صورت احتمالی و با در نظر گرفتن مقدارثابت احتمال مربوط صورت می‌گیرد. با ترکیب دوکروموزوم والد،خصوصیات از والدین به فرزندان منتقل می گردد، در این بین ممکن است با تغییر تصادفی ژنهای بعضی کروموزوم ها، جهش ایجاد شود که این امر نیز با در نظر گرفتن مقدار ثابت احتمال جهش انجام میگیرد(Mutation).سپس از نسل دوم نیزبهترین ها انتخاب و بقیه حذف می گردند . فرایند انتخاب ،تلاقی و جهش تا حصول جواب مورد نظر ادامه خواهد یافت.[۳۶-۳۸].

www.SID.ir

۳- نتایج و بحث

با توجه به بررسی های انجام شده شکل(۱) موقعیت منطقه مورد مطالعه را نشان می دهد .همچنین دراین تحقیق جهت بهینه کردن الگوی کشت از الگوریتم ژنتیک استفاده گردید. آمار و اطلاعات مورد نیاز سطح زیر کشت، عملکرد محصولات، هزینه تولید،هزینه نهاده‌ها، قیمت محصولات، تاریخ کشت گیاهان مختلف در طول فصل کشت و حداکثر امکانات آبی بهره برداران مختلف در حالت استفاده از آب سطحی وچاه نیمه ها به طرق مختلف از ادارات و سازمانهای مربوطه در استان سیستان و بلوچستان تهیه گردید. شایان ذکر است سهم مزرعه بهره‌برداران مختلف در زیر شبکه های آبیاری عمدتاً بین ۰/۰۵۶ و۱۰ هکتارمی باشد. در این تحقیق جهت بررسی تاثیر سطوح مختلف کم آبیاری درصد مزرعه (راهکارهای آبیاری) از یک بهره‌بردار نماینده یک هکتاری که در میانه واحدهای مورد بررسی بود به عنوان بهره بردار نماینده جهت بررسی سطوح مختلف کم آبیاری استفاده گردید. شایان ذکر است که این بهره بردار همزمان از آب سطحی کانال و آب چاه نیمه برای کشت گیاهان مختلف استفاده می کند.

در این پژوهش برای مزار زیر دست کانال سد سیستان مدل مدیریت بهینه آب در سطح مزرعه با ارزیابی استراتژیهای کم آبیاری در کل دوره رشد اجرا گردید که به عنوان نتیجه اجرای مدرن برای یک سال متوسط از نظر میزان آب موجود توسط شرکت آب و منطقه ای ارائه شده است .

۳-۱ مدیریت بهینه ی آب در سطح مزرعه، ارزیابی استراتژیهای کم آبیاری در کل دوره رشد

مدیریت بهینه ی آب در سطح مزرعه، ارزیابی استراتژی‌های کم آبیاری در کل دوره رشد در این مدل نیز از همان بهره بردار نماینده یک هکتاری استفاده شده است. و ضرایب حساسیت گندم یونجه هندوانه و انگور برای کل دوره رشد اعمال شده است. نتیجه اجرای مدل مقدار بهینه حجم آب برای سطح یک هکتار را مقدار **42,750** متر مکعب برآورد نموده است.

نتایج الگوی بهینه کشت در مدل (درصد کم آبیاری در مراحل مختلف رشد) درجدول ۳و۴ ارائه شده است.

مطابق جدول (۴) گیاهان گندم، یونجه، سرگوم، هندوانه و انگور همگی با استراتژی آبیاری کامل وارد الگوی بهینه کشت شده اند و در نهایت بازده برنامه ای ۴،۱۵۳،۴۴۸تومان می باشد. نتایج این مدل نشان می‌دهد که مدل استراتژی آبیاری کامل را برای همه گیاهان انتخاب می کند. به نظر می‌رسد علت این باشد که ضرایب واکنش عملکرد به آب درکل دوره رشد اعداد بزرگ می باشند و این امر باعث می شود مدل فقط استراتژی آبیاری کامل را انتخاب کند. پارامترهای مورد نیاز در این الگوریتم جهت میل به بهترین جواب، به این صورت است که تکرار۲۰۰ ، اندازه جمعیت ۱۰۰ ،درصد ترکیب ۰/۵؛ احتمال جهش صفر در نظر گرفته شده است.

جدول(۳) نتایج الگوی بهینه کشت در مراحل مختلف رشد (مساحت ۱ هکتار)

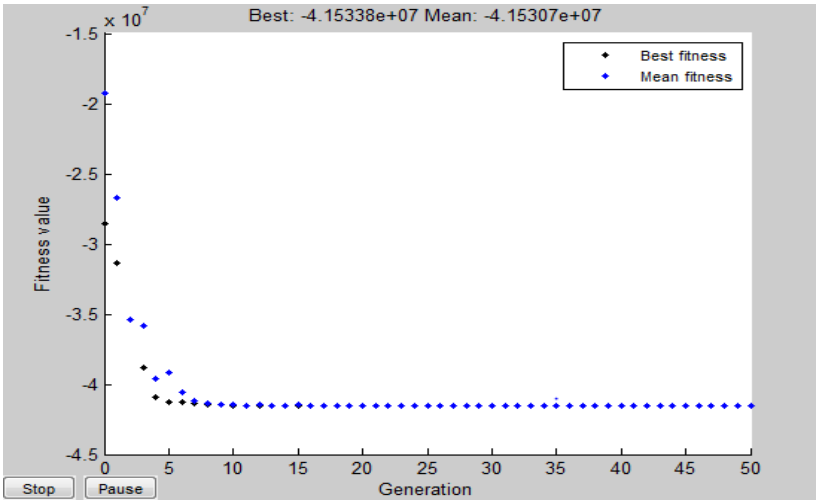
نوع محصول	استقرار	اویل رشد رویشی	اواخر رشد رویشی	گلدهی	شکل گیری عملکرد	رسیدن	مساحت بهینه(یک هکتار)
گندم	31	0	0	0	0	0	0.0906
جو	17	0	0	0	0	0	۰,۳۱۰۴
یونجه	0	0	0	0	0	0	۰,۲
سورگوم	0	0	0	0	0	0	۰,۲
هندوانه	0	0	0	0	0	0	۰,۲
انگور	0	0	0	0	0	0	۰,۲

همانطور که از جدول فوق مشاهده می شود با آبیاری کامل فقط در مراحل ابتدایی رشد که گیاه به تنش آبی حساس نمی باشد ،کم آبیاری اعمال می گردد .

جدول(۴) نتایج الگوی بهینه کشت در کل دوره رشد

www.SID.ir

نوع محصول	میزان کم آبیاری (درصد)	مساحت بهینه (یک هکتار)	مساحت بهینه (۵۵۰۰ هکتار)	مساحت بهینه (۱۳۷۵۰ هکتار)	مساحت بهینه (۱۹۲۵۰ هکتار)	مساحت بهینه (۲۴۷۵۰ هکتار)
گندم	0	0.5841	3213	8031	11244	14456
جو	0.0092	0.0001	1	1	2	2
یونجه	0.0009	0.2	1100	2750	3850	4950
سورگوم	0.0019	0.0168	92	231	323	416
هندوانه	0.0056	0.2	1100	2750	3850	4950
انگور	0.0001	0.2	1100	2750	3850	4950



شکل ۲-۴ نمایش همگرایی الگوریتم ژنتیک برای مدل دوم

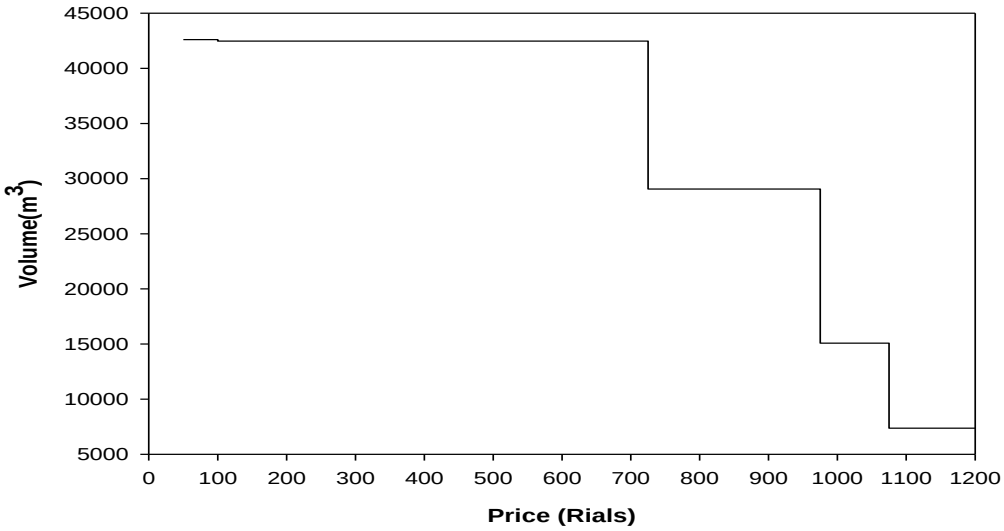
۲-۳ بررسی حساسیت قیمت آب در نتایج مدل

جدول تقاضای آب برای منطقه مورد مطالعه

به منظور بدست آوردن جدول تقاضای آب برای منطقه مورد مطالعه از جدول تحلیل حساسیت در مدل و با تغییر قیمت آب در سطح تابع هدف مدل از صفر ریال تاقیمتی که در آن سطح استفاده از آب عملاً غیر اقتصادی گردد این برآورده صورت گرفت .جدول شماره ۲ تقاضای آب کشاورزی در منطقه مورد مطالعه را نشان می دهد.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل(۲) تقاضای آب کشاورزی برای بخش مورد مطالعه

آنچه از این جدول پیداست این است که با بالا بردن قیمت آب از صفر ریال تا ۷۲۵ ریال، مقدار تقاضای آب کشاورزی برای کشاورزان منطقه بدون تغییر باقی می ماند وتاثیری روی تقاضای آب نداردواین نشاندهنده این مطلب است که تقاضای آب در این دامنه از قیمت بسیار بی کشش می باشد. بی کشش بودن تقاضای آب کشاورزی در این دامنه از قیمت می تواند بیانگر این موضوع باشد که در منطقه ی مورد مطالعه و به منظور کاهش میزان تقاضای آب نمی‌توان صرفا از ابزارهای قیمتی جهت کاهش میزان تقاضای آب استفاده نمود. بی کشش بودن تقاضای آب کشاورزی در این سطح از قیمت، بالا بودن منافع حاصل از استفاده از آب کشاورزی نسبت به هزینه های آن ،نقشی که آب به عنوان یک نهاده ضروری در بخش کشاورزی ایفا می‌کند و همچنین نبود جایگزین دیگری برای آب سبب می شود که کشاورزان در این دامنه از قیمت انگیزه‌ای برای کاهش مصرف آب نداشته باشند .

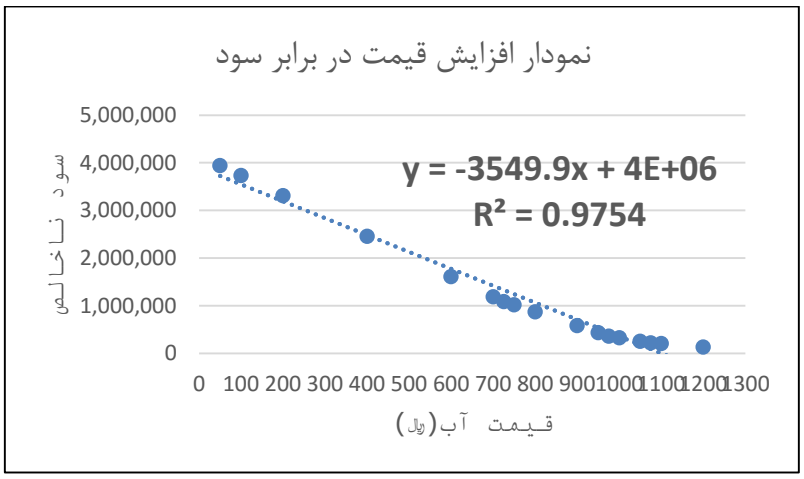
در دامنه ۷۵۰ تا ۹۵۰ ریال و۱۰۰۰ تا ۱۰۵۰ وهمچنین ۱۰۷۵ تا ۱۲۰۰ ریال نیز تقاضا بی کشش می باشد. اما نکته ای که می بایست به آن توجه داشت این است که بالابردن بیش از حد قیمت آب نیز امکان پذیر نمی باشد .

بیشترین میزان کاهش در تقاضای آب مربوط به دامنه قیمتی ۹۷۵-۹۵۰ تومان می باشد که تغییر قیمت آب در این دامنه کاهش ۱۳۹۸۰ متر مکعب در میزان تقاضای آب را به همراه دارد .کشش کمانی تقاضا در این دامنه از قیمت۲۵ محاسبه گردیده که بیانگر کاهش۱۳۹۸۰ مترمکعبی آب تقاضای آب آبیاری به ازای هر ۱۴/۷ ریال افزایش در قیمت آب آبیاری می باشد.

نکته حائز اهمیتی که این نمودار به دست می آید این است که این نمودار تقاضا شامل دامنه‌های مشخص قیمتی می باشد و در داخل هر دامنه ی قیمتی با تغییر قیمت آب ، مقدار آب تقاضا شده تغییر چندانی پیدا نمی‌کند .دامنه های قیمتی ۰ تا ۷۲۵تومان و ۷۵۰تا ۹۵۰ و۱۰۰۰ تا۱۰۵۰ وهمچنین ۱۰۷۵ تا ۱۲۰۰ ریال) بی کشش بودن تقاضای آب در این دامنه های قیمتی مسئله ای است که باید در برنامه ریزی های مربوط به قیمت گذاری منابع آب کشاورزی مورد توجه قرار گیرند.

همچنین اگر قیمت آب زیاد شود سود نیزکمتر می شود.

www.SID.ir



نمودار(۱) :افزایش قیمت(ریال) در برابر سود ناخالص(میلیون تومان)

مطابق خروجی مدل به نظر می رسد با افزایش قیمت آب مدل بیشتر به سمت افزایش زیر کشت محصولاتی تمایل دارد که با مصرف آب کمتر عملکرد بیشتری دارند،مانند انگور.

۳-۳ بررسی تاثیر خشکسالی برنتایج مدل

اعمال کم‌آبیاری برای محصولات منوط به آگاهی و رعایت دو نکته اساسی است:

الف) کم‌آبیاری بایستی در مرحله غیرحساس رشد گیاه اعمال شود، یعنی موقعی گیاه دچار تنش آبی شود که مرحلهٔ رشد سبزینه‌ای معمول خود را طی می کند.

ب) شرط اعمال کم‌آبیاری، آگاهی از میزان آب موجود و در دسترس بودن آن در مراحل بعدی رشد گیاه است. بنابراین اگر کم‌آبیاری بدون رعایت این نکات اعمال گردد، ممکن است منجر به وارد شدن خسارت به محصول و احتمالاً از دست رفتن زحمت و سرمایه گذاری به عمل آمده شود.

با توجه به کم‌آبی هایی که در منطقه اتفاق می افتد، راهبرد کم‌آبیاری در دو سناریو مورد بررسی قرار می گیرد و بر این اساس محاسبات مربوط به نیاز آبی گیاهان موجود در الگوی کشت انجام و ارائه می گیرد. سطح اول کم‌آبیاری حداکثر به میزان ۲۵٪ حداکثر نیاز آبی گیاه ۱۰۶۸۸ متر مکعب(آبیاری کامل) تحت عنوان کم‌آبیاری ملایم و سطح دوم کم‌آبیاری به میزان ۵۰٪ حداکثر نیاز آبی گیاه ۲۱۳۷۵ مترمکعب(آبیاری کامل) تحت عنوان کم‌آبیاری شدید برای یک هکتاردر نظر گرفته می شود. بدیهی است که سطوح کم‌آبیاری در نظر گرفته شده میانگینی از سطوح کم‌آبیاری اعمال شده برای محصولات مختلف است. که نتایج مدل به صورت جدول(۵و۶) قابل ارائه می باشد.

جدول ۵ نتایج کاهش آب مصرفی بر الگوی بهینه کشت(۲۵ درصد حداکثر نیاز آبی)

نوع محصول	کم آبیاری (درصد)	مساحت بهینه (یک هکتار)	مساحت بهینه (۵۵۰۰ هکتار)	مساحت بهینه (۱۳۷۵۰ هکتار)	مساحت بهینه (۱۹۲۵۰ هکتار)	مساحت بهینه (۲۴۷۵۰ هکتار)
گندم	40.00	0	0	0	0	0
جو	0.00	0.0002	1	3	4	5
یونجه	0.00	0.2	1100	2750	3850	4950
سورگوم	5.69	0	0	0	0	0
هندوانه	9.26	0.2	1100	2750	3850	4950
انگور	0.00	0.2	1100	2750	3850	4950

www.SID.ir

جدول ۶ نتایج کاهش آب مصرفی بر الگوی بهینه کشت(۵۰درصد حداکثر نیاز آبی)

نوع محصول	کم آبیاری (درصد)	مساحت بهینه (یک هکتار)	مساحت بهینه (۵۵۰۰ هکتار)	مساحت بهینه (۱۳۷۵۰ هکتار)	مساحت بهینه (۱۹۲۵۰ هکتار)	مساحت بهینه (۲۴۷۵۰ هکتار)
گندم	40	0	0	0	0	0
جو	0	0.0026	14	36	50	64
یونجه	0	0.0592	326	814	1140	1465
سورگوم	0	0	0	0	0	0
هندوانه	0	0.2	1100	2750	3850	4950
انگور	0	0.2	1100	2750	3850	4950

مطابق جدول ۶ در حالت کم آبی ملایم فقط کم آبیاری به گیاهان جو وسورگوم اعمال می گردد وبا افزایش مقدار کم آبیاری (۵۰ درصد نیاز آبیاری) کم آبیاری تقریبا به تمام گیاهان بغیر از هندوانه اعمال می گردد وسطوح زیر کشت به سمت گیاهان اقتصادی ترگرایش پیدا می کند.

۴-نتیجه گیری

نتایج این تحقیق نشان می دهد الگوی کشت موجود در منطقه بهینه نبوده و از پتانسیل های موجود در منطقه به درستی استفاده نمی‌شود تغییر در سطح زیر کشت محصولات و استفاده از ظرفیت‌های موجود در منطقه می‌توان سود حاصل از کشت را به میزان قابل توجهی افزایش داد.

نتایج این مدل با استفاده از الگوریتم ژنتیک برای کشت های غالب منطقه نشان می دهد که الگوی فعلی منطقه بهینه نبوده ،ولی با اجرای الگوی پیشنهادی بازده برنامه ای حاصل به ازای هر هکتار زمین کشت شده در کل فصل زراعی افزایش می‌یابد . از نتایج این تحقیق می توان به بررسی اثر محدودیت آب در دوره های مختلف رشد بر سطح کشت گندم،جو،یونجه ،سورگوم ،هندوانه وانگوراشاره کرد . همانطور که ملاحظه می شود در ابتدا بدون کاهش آب مصرفی گیاهان با آبیاری کامل وارد مدل می شوند و با کاهش آب مصرفی به میزان ۲۵ درصد و۵۰ درصد میزان کم آبیاری به ترتیب افزایش می یابد .اگر آب مصرفی شبکه آبیاری وزهکشی ۲۵ درصد کاهش پیدا کند مقدار بازده برنامه ای ۱۴,۵ درصد کاهش پیدا می کند .همچنین اگر آب مصرفی ۵۰ درصد کاهش پیدا کند مقداربازده برنامه ای ۴۱,۵ درصد کاهش پیدا می کند. بنابراین بهینه سازی الگوی کشت برای بهره برداری پایدار از منابع آب و خاک و افزایش تولید و سود کشاورزی با ارایه راهکارها و الگوهای مختلف پیشنهاد می گردد.

از دیگر نتایج این مدل نشان می دهد لحاظ نمودن کم آبیاری در کل دوره رشد مناسب نمی باشد وتنها استراتژی آبیاری کامل توصیه می گردد و براین اساس سطوح زیر کشت مناسب را برای هر گیاه ارائه می دهد. همچنین نتایج ارزیابی حساسیت مدل نشان می دهد که در قیمتهای پایین کشاورزان واکنش کمتری به تغییر قیمت نشان می دهند ودر قیمتهای بالاتر کشاورزان عکس العمل بیشتری نشان می دهند وبا افزایش قیمت ،بازده برنامه ای کمتر می شود. بنابراین باتعیین دقیق سطح زیر کشت باعث جلوگیری استفاده ازکود وسم مازاد درمزرعه در اثرکشت اضافی می‌گردد و در نتیجه آن می‌توانیم شاهد کاهش هزینه‌های ثابت زارع وآلودگی‌های زیست محیطی نظیر آلوده شدن آب‌های زیرزمینی وسطحی در اثر استفاده بیش از مقدار بهینه کود وسم در منطقه گردیم. امروزه افزایش سطح زیر کشت در کشورهای توسعه یافته علاوه بر افزایش محصولات کشاورزی، موجب کاهش نرخ بیکاری، افزایش سطح رفاه جامعه ،کاهش آسیب‌های اجتماعی، ایجاد امنیت غذایی و همچنین استقلال سیاسی در کشور می‌گردد، مسلما این اثرات مثبت موید بهره گیری هر چه بیشتر ازاستراتژی های کم آبیاری در مدیریت منابع آب کشاورزی است

۵- مراجع

www.SID.ir

Archive of SID

[1] M. J. English and G. S. Nuss, "Designing for deficit irrigation," *Journal of the Irrigation and Drainage Division*, vol. 108, no. 2, pp. 91-106, 1982.

[2] M. J. English and G. T. Orlob, "Decision theory applications and irrigation optimization," *Contribution-California Water Resources Center (USA). no. 174.*, 1978.

[3] M. Shabani, T. Honar, and M. Zibaii, "Optimum Water Management at Farm Level: Case Study-Uniform Strategic Evaluation of Water Shortage along its Developmental Stages," *National Coference on Irrigation Networks Management and Drainage, Shahid Chamram University, Ahvaz*, 2006.

[4] K. Srinivasa Raju and D. Nagesh Kumar, "Irrigation planning using genetic algorithms," *Water Resources Management*, vol. 18, no. 2, pp. 163-176, 2004.

[5] M. J. Reddy and D. N. Kumar, "Optimal reservoir operation for irrigation of multiple crops using elitist-mutated particle swarm optimization," *Hydrological Sciences Journal*, vol. 52, no. 4, pp. 686-701, 2007.

[6] B. Ghahraman and A. R. Sepaskhah, "Linear and non-linear optimization models for allocation of a limited water supply," *Irrigation and Drainage*, vol. 53, no. 1, pp. 39-54, 2004.

[7] H. KIAFAR, A. SADRADDINI, A. NAZEMI, and H. SANIKHANI, "OPTIMAL WATER ALLOCATION FOR SUFI-CHAY IRRIGATION AND DRAINAGE NETWORK IN EAST AZERBAIJAN PROVINCE OF IRAN USING GENETIC ALGORITHM," 2011.

[8] B. Ghahraman and A.-R. Sepaskhah, "Optimal allocation of water from a single purpose reservoir to an irrigation project with pre-determined multiple cropping patterns," *Irrigation Science*, vol. 21, no. 3, pp. 127-137, 2002.

[9] M. Shaabani, T. Honar, and M. Zibaei, "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*, 2008.

[10] S. Shajari and J. TORKAMANI, "SUITABILITY OF MULTIPLE-CRITERIA DECISION MAKING SIMULATIONS TO STUDY IRRIGATION WATER DEMAND: A CASE STUDY IN THE DOROODZAN RIVER BASIN, FARS PROVINCE, IRAN," 2007.

[11] M. Yuan, S. a. Wang, and N. Chen, "A novel fuzzy clustering method based on chaos small-world algorithm for image edge detection," in *Cybernetics and Intelligent Systems, 2008 IEEE Conference on*, 2008, pp. 1-6: IEEE.

[12] C. J. Perry and S. Narayanamurthy, *Farmer response to rationed and uncertain irrigation supplies*. IWMI, 1998.

[13] X. Diao, T. Roe, and R. Doukkali, "Economy-wide benefits from establishing water user-right markets in a spatially heterogeneous agricultural economy," *Bulletin Number*, vol. 2, p. 1, 2002.

[14] E. M. Evans *et al.*, "Achieving efficiency and equity in irrigation management: an optimization model of the El Angel watershed, Carchi, Ecuador," *Agricultural Systems*, vol. 77, no. 1, pp. 1-22, 2003.

[15] J. Doorenbos and A. Kassam, "Yield response to water," *Irrigation and drainage paper*, vol. 33, p. 257, 1979.

[16] P. Georgiou and D. Papamichail, "Optimization model of an irrigation reservoir for water allocation and crop planning under various weather conditions," *Irrigation science*, vol. 26, no. 6, pp. 487-504, 2008.

[17] B. Ghahraman and A. Sepaskhah, "Determining the optimum water reduction in irrigation planning," in *Fourth Seminar on Irrigation and Evaporation Reduction. University of Kerman, IR Iran*, 1991.

[18] B. Ghahraman and A. Sepaskhah, "Use of a water deficit sensitivity index for partial irrigation scheduling of wheat and barley," *Irrigation Science*, vol. 18, no. 1, pp. 11-16, 1997.

[19] B. Ghahraman and A. R. SEPASKHAH, "Use of different irrigation water deficit schemes for economic operation of a reservoir," 1999.

[20] M. Janga Reddy and D. Nagesh Kumar, "An efficient multi-objective optimization algorithm based on swarm intelligence for engineering design," *Engineering Optimization*, vol. 39, no. 1, pp. 49-68, 2007.

[21] B. K. Jha, "Trade-off between return and risk in farm planning: MOTAD and Target MOTAD approach," *Indian Journal of Agricultural Economics*, vol. 50, no. 2, p. 193, 1995.

[22] Z. Rabie, T. Honar, and M. Mehdi Bateni, "Determination of optimal and and water allocation under limited water resources using soil water balance in Ordibehesht canal of Doroodzan water district," *Iran Agricultural Research*, vol. 34, no. 2, pp. 21-28, 2016.

[23] A. Sepaskhah and D. Akbari, "Deficit irrigation planning under variable seasonal rainfall," *Biosystems engineering*, vol. 92, no. 1, pp. 97-106, 2005.

[24] A. Sepaskhah, F. Dehbozorgi, and A. Kamgar-Haghighi, "Optimal irrigation water and saffron corm planting intensity under two cultivation practices in a semi-arid region," *Biosystems engineering*, vol. 101, no. 4, pp. 452-462, 2008.

[25] A. R. Sepaskhah, A. Azizian, and A. R. Tavakoli, "Optimal applied water and nitrogen for winter wheat under variable seasonal rainfall and planning scenarios for consequent crops in a semi-arid region," *Agricultural water management*, vol. 84, no. 1, pp. 113-122, 2006.

[26] H. Borg and D. Grimes, "Depth development of roots with time: An empirical description," *Trans. ASAE*, vol. 29, no. 1, pp. 194-197, 1986.

[27] A. Ganji and M. Shekarriz fard, "A modified constrained state formulation of stochastic soil moisture for crop water allocation," *Water resources management*, vol. 24, no. 3, pp. 547-561, 2010.

[28] M. D. Kakhki, N. Sahnoushi, and F. S. R. Abadi, "The determination of optimal crop pattern with aim of reduction in hazards of environmental," *American Journal of Agricultural and Biological Sciences*, vol. 4, no. 4, pp. 305-310, 2009.

[29] A. R. Sepaskhah and A.-R. Parand, "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*, vol. 9, no. 4, pp. 415-421, 2006.

[30] A. Shabani, A. Sepaskhah, and A. Kamgar-Haghighi, "Growth and physiologic response of rapeseed (Brassica napus L.) to deficit irrigation, water salinity and planting method," *Int. J. Plant Prod*, vol. 7, no. 3, pp. 569-596, 2013.

[31] T. Bäck, D. B. Fogel, and Z. Michalewicz, "Handbook of evolutionary computation," *New York: Oxford*, 1997.

www.SID.ir

Archive of SID

[32] T. Bäck, D. B. Fogel, and Z. Michalewicz, *Evolutionary computation 1: Basic algorithms and operators*. CRC press, 2000.
[33] M. Gen and R. Cheng, *Genetic algorithms and engineering optimization*. John Wiley & Sons, 2000.
[34] D. E. Golberg, "Genetic algorithms in search, optimization, and machine learning. Addion Wesley," *Reading*, 1989.
[35] D. Goldberg, "Genetic Algorithms in Search, Optimization, and Machine Learning," ed: Addison Wesley, Reading, Massachusetts, 1989.
[36] Z. Michalewicz, "Genetic algorithms, numerical optimization, and constraints," in *Proceedings of the sixth international conference on genetic algorithms*, 1995, vol. 195, pp. 151-158: Morgan Kaufmann, San Mateo, CA.
[37] Z. Michalewicz, J. B. Krawczyk, M. Kazemi, and C. Z. Janikow, "Genetic algorithms and optimal control problems," in *Decision and Control, 1990., Proceedings of the 29th IEEE Conference on*, 1990, pp. 1664-1666: IEEE.
[38] G. A. Vignaux and Z. Michalewicz, "A genetic algorithm for the linear transportation problem," *IEEE transactions on systems, man, and cybernetics*, vol. 21, no. 2, pp. 445-452, 1991.

www.SID.ir

Archive of SID

12th July 2017
۲۱ تیرماه ۱۳۹۶
3rd. International Conference on
Agricultural Engineering and Natural Resources
سومین کنفرانس بین المللی
مهندسی کشاورزی و منابع طبیعی

Optimization of Water Allocation Pattern crops Using a Genetic Algorithm

Hadi siasar, Tooraj honar

1.Ph.D. Department of Agriculture, Payame Noor University, Iran ,hadisiasar@pnu.ac.ir
2.Associate Professor, Department of Water Engineering, College of Agriculture, Shiraz University, honar@shirazu.ac.ir

Abstract. Sistan plain of arid and semi-arid country, which over the years has been faced with the problem of water shortage. Due to water scarcity, increasing water demands and periodic droughts, water saving and efficient use of it is necessary The use of appropriate optimization techniques can be useful in this regard. The plan also searched to determine the optimum conditions for accomplishing the desired value of the objective function is carried out. The model uses a genetic algorithm to dominant cultures indicates that the current pattern area was not optimal, But with the implementation of the proposed scheme will increase profits per hectare of cultivated land .The results also show that economically effective product to grow wheat and watermelon are cropping season and other relatively less involved in the optimization of water use. The results of this study will be to evaluate the effect of water restrictions in different stages of growth on wheat, barley, alfalfa, sorghum, watermelon and grapes noted. The survey results show that the critical stages of flowering plants wheat and barley, alfalfa plant, Srgvm to the right before picking; flowering plants watermelons and grapes, and through the formation of seed and vegetative growth are critical stage of flowering and fruit filling.

Keywords: Optimization, cropping patterns, genetic algorithms, allocation of water and land, deficit irrigation

www.SID.ir