

## تعیین الگوی کشت بهینه در شبکه آبیاری و زهکشی سد گلستان با استفاده از الگوریتم ژنتیک

شکیبا میرزایی<sup>۱</sup>، مهدی ذاکری نیا<sup>۲\*</sup>، مهدی شهابی فر<sup>۳</sup> و حسین شریفان<sup>۴</sup>

۱- دانش آموخته گروه مهندسی آب دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان.

۲- نویسنده مسئول، دانشیار دانشکده مهندسی آب و خاک دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان a\_zakerinia@yahoo.com

۳- استادیار موسسه تحقیقات آب و خاک کرج.

۴- دانشیار دانشکده مهندسی آب و خاک، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان.

تاریخ دریافت: ۹۴/۴/۲۰

تاریخ پذیرش: ۹۵/۶/۲۸

## چکیده

تهیه، تدوین و اجرای الگوی کشت یکی از فعالیت‌های مهم در بخش کشاورزی و نظام تولید مواد غذایی می‌باشد. با توجه به اهمیت و نقش الگوی کشت در تولید پایدار محصولات زراعی و باغی، تعیین الگوی بهینه کشت در شبکه‌های آبیاری امری ضروری است. تحقیق حاضر با هدف حداکثرسازی میزان سود خالص کشاورزان با استفاده از روش بهینه‌سازی الگوریتم ژنتیک به تعیین الگوی کشت بهینه در شبکه آبیاری و زهکشی سد گلستان پرداخته است. این شبکه آبیاری توسط چهار شرکت تعاونی تولید روستایی به صورت مجزا مورد بهره‌برداری قرار گرفته است، به همین دلیل الگوی کشت منطقه برای هر تعاونی به صورت مجزا و در دو کشت پاییزه و تابستانه تعیین شده است. در کشت پاییزه به دلیل بارندگی و وجود آب کافی مدل تمام مساحت قابل کشت هر تعاونی را به زیر کشت برده و ۳۸ درصد از حجم آب موجود نیز به صورت مازاد باقی مانده است. اما در کشت تابستانه به دلیل افزایش تبخیر و عرق و نبود بارندگی میزان آب آبیاری افزایش می‌یابد، به همین دلیل مدل به طور متوسط ۳۴ درصد مساحت هر تعاونی را به زیر کشت محصولات آبی برده است. در صورت استفاده از آب مازاد کشت پاییزه در کشت تابستانه می‌توان ۱۳۸۸ هکتار (حدود ۱۳ درصد) دیگر از اراضی را نیز به زیر کشت محصولات آبی برد و میزان سود را ۳۷ درصد افزایش داد.

کلید واژه‌ها: بهینه‌سازی، الگوی کشت، شبکه آبیاری و زهکشی سد گلستان، الگوریتم ژنتیک.

## مقدمه

یکی از محدودیت‌هایی است که در استان گلستان نیز در بسیاری از سال‌ها خصوصاً چندسال اخیر به عنوان چالشی بزرگ در برابر توسعه کشاورزی مطرح بوده و همواره مورد بحث و بررسی قرار گرفته است. از سوی دیگر محدودیت‌هایی هم چون خاک زراعی، عوامل اقتصادی، تغییرات اقلیمی، خرد بودن اراضی کهن سال، نیروی کار بخش کشاورزی و ... چالش‌های تولید را در کشور و استان چند برابر می‌کند. با وجود چنین محدودیت‌هایی، طراحی برنامه‌ای منسجم و هدفمند در زمینه کشت محصولات کشاورزی برای غلبه بر مشکلات موجود امری اجتناب ناپذیر است.

طراحی و اجرای الگوی کشت مناسب، نه تنها به منظور مقابله با خشکسالی و کم‌آبی، بلکه به منظور کنترل هر چه بیشتر عوامل محدود کننده و بهره‌برداری بهینه از امکانات موجود ضرورتی است که در بسیاری از کشورهای دنیا مانند هندوستان به آن پرداخته شده است. ایران نیز به عنوان کشوری که به سمت توسعه گام بر می‌دارد با عمل به این مهم می‌توانیم با مشکلات و محدودیت‌ها آسان‌تر مقابله کند.

از مزایای اجرای کشت می‌توان به مواردی مانند حفاظت از منابع پایه و افزایش بهره‌وری عوامل تولید، بهینه‌سازی الگوی مصرف، حفاظت از منابع پایه تولید مانند آب و خاک برای آیندگان، حفاظت از منابع تولید، مصرف بهینه آب در راستای

آب مهم‌ترین عامل محدودکننده توسعه اقتصادی و نیز مهم‌ترین نهادی کشاورزی در مناطق خشک و نیمه‌خشک ایران است (قرقانی و همکاران، ۱۳۸۸). از اساسی‌ترین موضوعات برای افزایش بهره‌وری مصرف آب در کشاورزی، توزیع بهینه آب می‌باشد. این مساله با افزایش جمعیت و تقاضای روز به روز حادث می‌شود. با توجه به تقاضای در حال افزایش محصولات کشاورزی، استفاده کارا تر از منابع کمیاب ضروری است (کارآموز و همکاران، ۱۳۸۵).

بر اساس تعریف وزارت جهاد کشاورزی الگوی کشت عبارت است از تعیین یک نظام کشاورزی با مزیت اقتصادی پایدار مبتنی بر سیاست‌های کلان کشور، دانش بومی کشاورزان و بهره‌گیری بهینه از پتانسیل‌های منطقه‌ای با رعایت اصول اکوفیزیولوژیک تولید محصولات کشاورزی در راستای حفظ محیط زیست. عدم توجه به موضوع الگوی کشت موجب عدم تامین امنیت غذایی در کشور، عدم بهره‌وری مناسب از آب و دیگر نهاده‌های تولید و ... می‌شود.

کشور ما از نظر جغرافیایی در قسمتی از کره‌ی زمین قرار گرفته که با محدودیت‌های اقلیمی خاص مواجه است. خشکسالی

این تحقیق از روش تصمیم‌گیری چندمعیاره‌ی فرایند تحلیل سلسله مراتبی و مدل برنامه‌ریزی لینگو برای تعیین بهترین الگوی کشت استفاده شده است. در هر دو مدل از معیارهای اقتصادی و اجتماعی برای حداکثر کردن درآمد خالص، اشتغال و نیروی کار و حداقل کردن آب مصرفی، هزینه، و مقدار آب مجازی صادراتی استفاده شده است. محمدیان و همکاران (۱۳۸۸)، در مطالعه‌ای با استفاده از روش فرایند تجزیه و تحلیل سلسله مراتبی و شناخت باورهای ذهنی و معیارهای تصمیم‌گیری کشاورزان، الگوی زراعی شهرستان تربت جام را شناسایی و معرفی کردند، به گونه‌ای که ضمن تثبیت درآمد کشاورزان، میزان برداشت از منابع آبی دشت کاهش داده شود، آنها بیان کردند در الگوی کشت منتخب، میزان آب مصرفی به میزان ۸/۸۴ درصد کاهش، درآمد خالص به میزان ۱/۰۶ درصد افزایش، هزینه‌های تولیدی به میزان ۱۱/۷ درصد افزایش و سطح اشتغال بدون تغییر باقی ماند. حیدری و همکاران (۱۳۹۱)، برای استفاده بهینه از نهاده‌های تولیدی (آب، زمین، کود، نیروی کار و ...) افزایش بازده تولیدی، کاهش هزینه‌ها، کاهش تخریب محیط زیست و افزایش درآمد زارعین در بخش رودبار الموت غربی استان قزوین از مدل برنامه‌ریزی آرمانی استفاده کردند و نتیجه گرفتند که الگوی فعلی کشت در این بخش بهینه نبوده و نهاده‌های تولیدی به صورت غیر کارآمد مورد استفاده قرار می‌گیرند. لذا، با استفاده از مدل پیشنهادی این تحقیق می‌توان علاوه بر انتخاب الگوی کشت مناسب و استفاده بهینه از منابع منطقه، در جهت افزایش درآمد کشاورزان و کاهش تخریب محیط زیست نیز گام‌های مؤثری را برداشت. ماتور و همکاران<sup>۳</sup> (۲۰۰۹) با استفاده از الگوریتم ژنتیک، برنامه بهینه توزیع آب را در کانال فنگ‌جیاشان چین ارائه دادند و نتایج کار خود را با مدل وانگ مقایسه نمودند. طول زمان بهره‌برداری در هر دو روش ۳۳۶ ساعت و حداکثر ظرفیت کانال ۱/۸ مترمکعب بر ثانیه بدست آمد. شعبانی و هنر (۱۳۸۷)، در تحقیقی برای حداکثر نمودن سود، تخمین آب مورد نیاز گیاه در دوره‌های زمانی مختلف، بهینه کردن الگوی کشت و مدیریت آبیاری در کانال اردیبهشت در سطح زیر کشت ۷۰۰۰ هکتار از شبکه درودزن (استان فارس) انجام پذیرفت که برای نیل به اهداف فوق از برنامه‌ریزی خطی (LP) و الگوریتم ژنتیک (GA) به عنوان یک روش بهینه‌یابی تصادفی استفاده گردید. مقایسه الگوی کشت بهینه حاصل از مدل با الگوی کشت فعلی زارعین نشان داد که مدل ارائه شده در این تحقیق که به اختصار IPM<sup>۴</sup> نام‌گذاری شد، با تصمیم‌های زارعین برای کشت گیاهان مختلف به خوبی انتباق دارد. محسن‌زاده (۱۳۹۱)، در تحقیقی الگوی کشت بهینه در ۳۳۰ هکتار از اراضی منطقه‌ی آق‌قلا در استان گلستان را با استفاده از نرم‌افزار لینگو و الگوریتم ژنتیک استفاده نمود و بیان کرد الگوی کشت فعلی مورد مطالعه بهینه نبوده و در صورت اعمال الگوی کشت پیشنهادی، درآمد

الگوی بهینه کشت، پایداری تولید با توجه به شرایط اقلیم کشور، کاهش اثرات سوء خشکسالی اشاره نمود (طالبی، ۱۳۹۱).

منعم و همکاران<sup>۱</sup> (۲۰۰۷)، از روش بهینه‌سازی الگوریتم ژنتیک برای توزیع بهینه آب در کانال BP14 از شبکه آبیاری فومنات استفاده کردند. احمدیان‌فر و همکاران (۱۳۹۵)، از الگوریتم ژنتیک برای بهینه‌سازی بهره‌برداری از سدهای مخزنی با اهداف چندگانه و متضاد استفاده کردند. مجیدی و همکاران (۱۳۹۰)، با استفاده از برنامه‌ریزی خطی و برنامه‌ریزی ایجاد گزینه‌ها، الگوی کشت فعلی دشت مشهد-چناران را با هدف کاهش مصرف آب مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد در الگوی کشت بهینه، علی‌رغم به کارگیری تمام سطح زیر کشت موجود و کسب بازده برنامه‌ای مشابه الگوی فعلی، میزان مصرف آب کاهش یافته است که ناشی از ترکیب جدید محصولات در نظام تولید می‌باشد. لطیف زاده و همکاران (۱۳۸۹)، با تلفیق یک مدل بیوفیزیک (برآورده نیاز آبی) و یک مدل اقتصادی (برنامه‌ریزی خطی)، برای حداکثر نمودن سود، تخمین آب مورد نیاز در دوره‌های زمانی مختلف، بهینه کردن الگوی کشت و افزایش بهره‌وری مصرف آب در سطح زیر کشت ۱۶۰۰۰ هکتار از اراضی شبکه آبیاری عقیلی-گنوند استفاده گردید. نتایج نشان داد الگوی موجود بهینه نبوده و با بهینه‌سازی آن از طریق تغییر درصد کشت گیاهان اراضی موجود و همچنین افزایش ذخیره آب می‌توان اراضی دیم را تبدیل به اراضی فاریاب نمود. عباسی و قدمی (۱۳۸۶)، طی مطالعه موردی در دشت فریمان- تربت جام با استفاده از یک مدل برنامه‌ریزی خطی برای تعیین ترکیب کشت بهینه، بهره‌برداری بهینه از منابع آب سطحی و زیرزمینی و چگونگی تخصیص آب بین گیاهان زراعی بوده است به نحوی که تأثیر سوء کم آبی به حداقل ممکن برسد. و بیان کردند با اجرای الگوی کشت پیشنهادی علاوه بر کاهش میزان برداشت از منابع آب زیرزمینی، سود خالص حاصل روندی افزایشی خواهد داشت. باقریان و همکاران (۱۳۸۶)، در تحقیقی با هدف دست‌یابی به الگوی بهینه کشت و تخصیص منابع کمیاب از جمله آب و تعیین تقاضای نورمات یو (هنجارین) آب در مزارع شهرستان کازرون برای تعیین الگوی بهینه کشت، از روش برنامه‌ریزی خطی و نرم‌افزار لینگو<sup>۲</sup> استفاده کردند. نتایج این تحقیق نشان داد که کشاورزان از منابع موجود بنحو بهینه استفاده نمی‌کنند، به گونه‌ای که اختلاف سود در اجرای دو حالت کنونی و بهینه ۱۱/۵ درصد می‌باشد. شاه‌کرمی و همکاران (۱۳۸۵)، برای پیش‌بینی جریان ورودی به سد علویان از روش‌های مناسب استفاده کرده و با استفاده از مدل‌های بهینه‌سازی و نرم‌افزار لینگو سطح زیر کشت محصولات زراعی زیر شبکه آبیاری صوفی‌چای را تعیین نمودند. نخعی و همکاران (۱۳۹۵)، الگوی کشت رایج در دشت بیرجند و هشت الگوی کشت رایج در سایر دشت‌های خراسان را به‌عنوان الگوی کشت پایه مورد بررسی قرار دادند در

3- Mathue et al.

4- Irrigation Planning Model

1 - Monem et al.

2- Lingo

آمار و اطلاعات مورد نیاز تحقیق شامل الگوی کشت فعلی منطقه، قیمت فروش و هزینه تولید محصولات، منابع تامین آب منطقه، اطلاعات هواشناسی و ... به طرق مختلف از جمله، مراجعه به سازمان جهاد کشاورزی و سازمان آب منطقه ای استان گلستان، اداره هواشناسی استان گلستان، تکمیل پرسشنامه و ... به دست آمده است، الگوی کشت در این تحقیق بر اساس آمار سال زراعی ۹۱-۱۳۹۰ تدوین شده است.

بعد از گردآوری اطلاعات مورد نیاز، با استفاده از نرم افزار کراپوات<sup>۲</sup> نیاز آبی محصولات به روش فائو پنمن مانیت محاسبه و میزان خالص آب مورد نیاز گیاهان زراعی متناسب با خصوصیات گیاه و اقلیم منطقه تعیین شد و با منظور نمودن راندمان آبیاری ۴۰ درصد میزان ناخالص آب مورد نیاز محاسبه گردید. برای تخصیص بهینه آب و زمین با توجه به محدودیت‌ها و قیدهای مسئله، الگوی بهینه اراضی تحت پوشش شبکه آبیاری و زهکشی سد گلستان از روش بهینه‌سازی الگوریتم ژنتیک در استفاده شده است.

تابع هدف معیاری برای تعیین بهترین جواب قابل قبول برای حل یک مسئله می‌باشد. معیاری که مسئله براساس آن بهینه می‌شود به صورت تابعی از متغیرهای مسئله بیان می‌شود بر اساس هدف مورد نظر مساله حداکثر یا حداقل می‌گردد. در این مقاله تابع هدف به صورت رابطه (۱) ارائه شده است.

عمده محصولات مورد کشت منطقه شامل گندم، جو و کلزا برای کشت زمستانه و ذرت علوفه‌ای، ذرت دانه‌ای، سویا، آفتابگردان، هندوانه و هندوانه آجیلی برای کشت تابستانه می‌باشد.

$$\max B = \sum_{i=1}^n y_i A_i (P_i - C_i) \quad (1)$$

در این رابطه،  $n$ : تعداد کل محصولات،  $B$ : درآمد خالص (سود) بر حسب ریال،  $Y_i$ : عملکرد واقعی هر محصول در واحد سطح (کیلوگرم در هر متر مربع)،  $A_i$ : مساحت تحت کشت هر محصول (متر مربع)،  $P_i$ : قیمت فروش هر کیلو محصول (ریال)،  $C_i$ : هزینه تولید هر کیلو محصول (ریال).

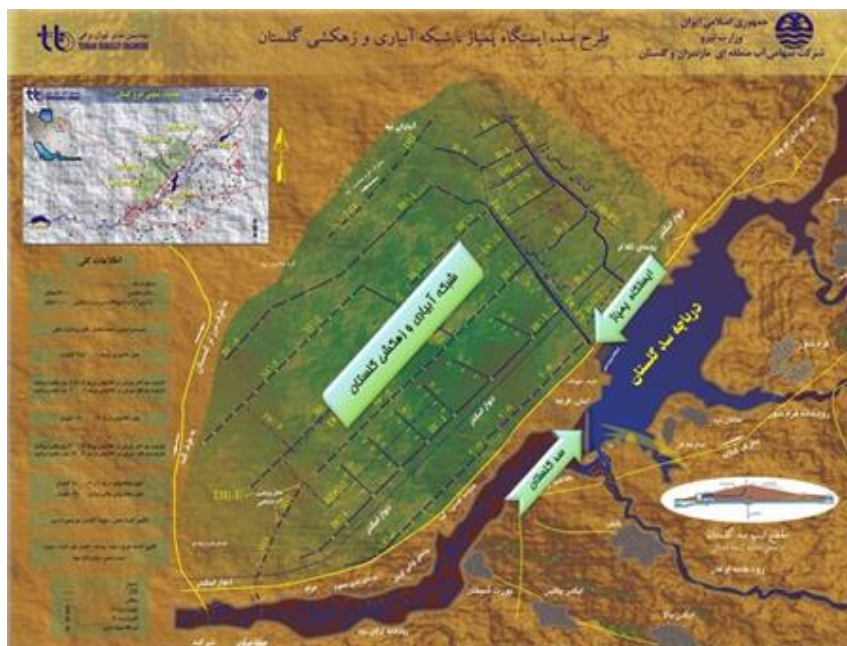
خالص به طور چشم‌گیری افزایش می‌یابد. همچنین وی بیان کرد الگوریتم ژنتیک نسبت به برنامه‌ریزی غیر خطی در بهینه‌سازی الگوی کشت ارجحیت دارد. رضایی و همکاران (۱۳۹۱)، الگوی کشت بهینه استان خراسان رضوی را تحت سه استراتژی اجتماعی، اقتصادی و زیست محیطی و با استفاده از الگوریتم ژنتیک به دست آوردند. نتایج این تحقیق نشان داد محصولاتی که بیشترین سطح زیر کشت را در هر یک از استراتژی‌ها دارند مشابه بوده و تغییر چندانی در محصولاتی و سطح زیر کشت آنها تحت سناریوهای مختلف ایجاد نشده است. آپو و همکاران<sup>۱</sup> (۲۰۱۱) در تخصیص زمین زراعی در یک منطقه در هند تحت استراتژیهای سه گانه پایداری از یک الگوی الگوریتم ژنتیک استفاده کردند و میزان زمین تخصیص داده شده در هر استراتژی را با هم مقایسه نمودند. حبیبی داویجانی و همکاران (۱۳۹۲)، از الگوریتم پیشرفته تلفیقی ژنتیک- هوش مصنوعی (GAPSO)، برای تخصیص بهینه آب بین بخش کشاورزی و صنعت استفاده نمودند. بهینه سازی تابع هدف و تخصیص بهینه منابع آب بین بخش کشاورزی و صنعت، انجام گردید. در نتایج این تحقیق، قابل ذکر است که استفاده از الگوهای کم آبیاری، تغییر الگوی کشت، حذف سطح زیر کشت بعضی از محصولات و استفاده از منابع آبی بیشتر در حوضه صنعت می‌تواند در بالابردن درآمدهای حاصله تا ۱۱۴ میلیارد ریال تأثیرگذار باشد. در مجموع با تخصیص بهینه منابع 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.

بررسی منابع نشان می‌دهد در اکثر تحقیقات صورت گرفته در زمینه الگوی کشت، الگوی فعلی منطقه بهینه نبوده و از منابع تولید به صورت کارآمد استفاده نشده است. بنابراین در این تحقیق سعی شده است الگوی کشت شبکه آبیاری و زهکشی سد گلستان به صورت بهینه با استفاده از روش بهینه‌سازی الگوریتم ژنتیک با هدف حداکثرسازی سود کشاورزان تعیین شود.

## مواد و روش‌ها

منطقه مطالعاتی این تحقیق اراضی زیر دست شبکه آبیاری زهکشی سد گلستان می‌باشد که در محدوده تقریبی ۵۵ درجه و ۱۰ دقیقه تا ۵۵ درجه و ۲۲ دقیقه طول شرقی جغرافیایی و ۳۷ درجه و ۲۲ دقیقه تا ۳۷ درجه و ۲۵ دقیقه عرض شمالی واقع شده است. بهره‌برداری از شبکه آبیاری و زهکشی گلستان توسط چهار تعاونی تولید روستایی انجام می‌شود. به علت اینکه این چهار تعاونی تولید به صورت مجزا محدوده کشت خود را اداره می‌کنند، در این تحقیق بهینه‌سازی الگوی کشت برای هر تعاونی به صورت جداگانه انجام شده است. موقعیت قرارگیری شبکه آبیاری زهکشی در شکل (۱) نشان داده شده است.

میرزایی و همکاران: تعیین الگوی کشت بهینه در شبکه آبیاری و زهکشی...



شکل ۱- موقعیت قرار گیری شبکه آبیاری و زهکشی سد گلستان

جدول ۱- مقادیر پارامترهای مورد استفاده در برنامه الگوریتم ژنتیک

تعداد	اندازه جمعیت	احتمال تقاطع	احتمال
۵۰۰	۲۰۰	۰/۵	۰/۰۲

محدودیت امکانات آبی می‌باشد. محدودیت زمین برای کشت گیاهان مختلف به صورت زیر بیان می‌شود:

$$\sum_{i=1}^n A_i \leq A_t \quad (3)$$

که در آن،  $A_i$ : سطح زیر کشت گیاه  $i$  ام و  $A_t$ : کل مساحت زیر کشت موجود (هکتار)، می‌باشد. محدودیت امکانات آبی برای کشت گیاهان مختلف در دوره‌های زمانی مختلف به صورت زیر می‌باشد:

$$\sum_{i=1}^n AW_i \leq AW_t \quad (4)$$

بهینه سازی با استفاده از روش الگوریتم ژنتیک و در نرم افزار متلب انجام شد. همچنین فلوجارت روند بهینه‌سازی الگوریتم ژنتیک در شکل (۲) نشان داده شده است.

برای محاسبه عملکرد واقعی محصولات از رابطه‌ای که فائو بین عملکرد محصول و مصرف آب در اواخر دهه هفتاد به صورت یک معادله ساده ارائه کرده است که در آن کاهش عملکرد متناسب با کاهش نسبی متناظر در تبخیر و تفرق می‌باشد استفاده شده است. واکنش عملکرد به  $ET$  به صورت رابطه (۲) بیان می‌شود:

$$\left(1 - \frac{y_a}{y_m}\right) = K_y \left(1 - \frac{ET_a}{ET_p}\right) \quad (2)$$

در این رابطه،  $y_a$ : عملکرد واقعی محصول (کیلوگرم در هکتار)،  $y_m$ : بیشترین عملکرد محصول (کیلوگرم در هکتار)،  $K_y$ : ضریب واکنش عملکرد محصول به کمبود آب که نشان دهنده تأثیر کاهش تبخیر-تفرق بر کاهش محصول می‌باشد.  $ET_a$ : تبخیر-تفرق واقعی (میلی‌متر)،  $ET_p$ : تبخیر-تفرق پتانسیل (میلی‌متر) می‌باشد.

در نهایت تابع هدف با توجه به محدودیت‌های مورد نظر حداکثر می‌گردد. محدودیت‌هایی که در مسائل الگوی بهینه کشت حائز اهمیت می‌باشد شامل محدودیت زمین و

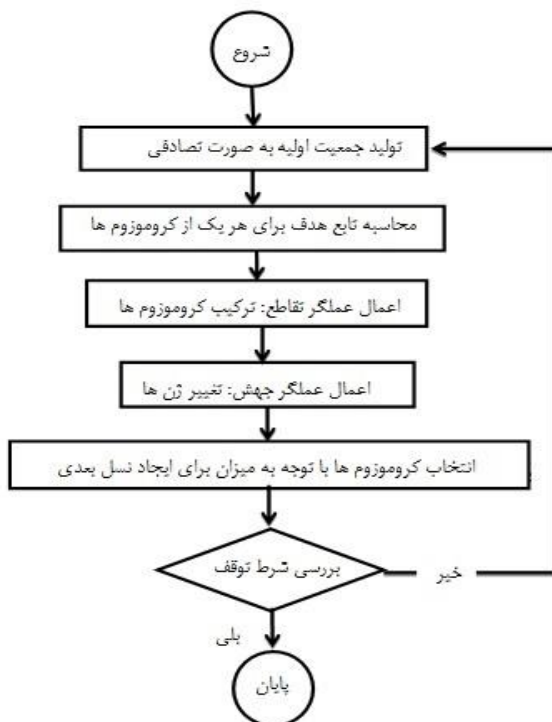
## جدول ۲- الگوی کشت پیشنهادی برای هر تعاونی در کشت پاییزه و حداکثر سود حاصل به روش الگوریتم ژنتیک (مساحت‌ها بر حسب هکتار می باشد)

شرکت‌ها	مساحت بهینه محصولات قابل کشت			مساحت کل محصولات	کل مساحت قابل کشت	کل حجم آب موجود (مترمکعب)	حجم آب مصرف شده (مترمکعب)	حجم آب باقیمانده (مترمکعب)	حداکثر سود (ریال)
	گلزا	جو	گندم						
	تعاونی یک	۳۶۸۶	۱۶۶						
تعاونی دو	۲۳۵۱	۲۷	۴۲	۲۴۲۰	۷۰۰۰۰۰۰	۴۳۸۸۰۱۶	۲۶۱۱۹۸۴	۳۱۰۶۹۳۴۹۸۹۵	
تعاونی سه	۲۳۳۹	۲	۱۰۹	۲۴۵۰	۷۱۷۰۰۰۰	۴۴۴۴۲۴۲	۲۷۲۵۷۵۸	۳۱۲۳۳۲۱۸۹۸۷	
تعاونی چهار	۲۳۵۵	۱۸	۲۷	۲۴۰۰	۷۰۳۰۰۰۰	۴۳۵۹۲۲۱	۲۶۷۰۷۷۹	۳۰۹۴۲۸۳۳۵۵۸	

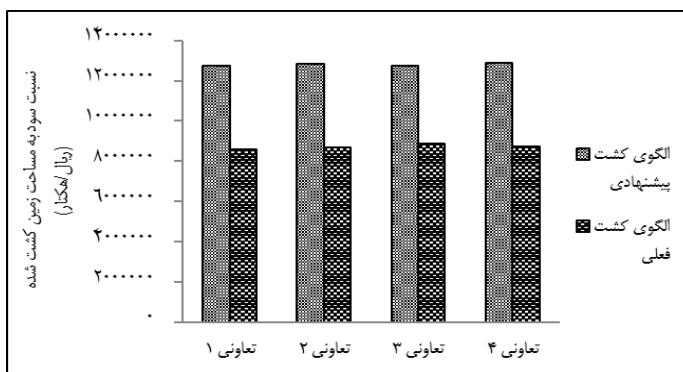
## جدول ۳- الگوی کشت پیشنهادی برای هر تعاونی در کشت تابستانه و ماکزیمم سود حاصل به روش الگوریتم ژنتیک (مساحت‌ها بر حسب هکتار می باشد)

شرکت‌ها	مساحت بهینه محصولات قابل کشت							مساحت کل محصولات	کل مساحت قابل کشت	کل حجم آب موجود (مترمکعب)	حجم آب مصرف شده (مترمکعب)	حجم آب باقیمانده (مترمکعب)	حداکثر سود (ریال)
	ذرت علوفه ای	ذرت دانه ای	هندوانه آجیلی	آفتابگردان	سویا	پنبه تابستانه							
	تعاونی یک	۶۲	۴۵	۳۹	۱۸	۱۹	۱۱۲۰						
تعاونی دو	۲	۳۵	۳۴	۳۳	۱۶	۸۹۶	۸۱۶	۲۴۲۰	۷۳۳۰۰۰۰	۷۳۲۹۹۲	۷۲٫۶	۱۱۳۰۷۱۳۷۴	
تعاونی سه	۲۹	۵۱	۲۷	۲۷	۱۰	۶۸۵	۸۲۹	۲۴۵۰	۷۴۲۰۰۰۰	۷۴۱۹۶۱	۳۸۸	۱۱۳۹۴۹۵۶۵	
تعاونی چهار	۸۴	۸۱	۰/۶	۸	۸	۶۳۳	۸۱۵	۲۴۰۰	۷۲۷۰۰۰۰	۷۲۶۹۰۹	۹۰۴	۱۱۰۰۹۸۳۴۸	

میرزایی و همکاران: تعیین الگوی کشت بهینه در شبکه آبیاری و زهکشی...



شکل ۲- فلوچارت روند بهینه‌سازی الگوریتم ژنتیک



شکل ۳- نمودار مقایسه نسبت سود به مساحت کشت شده در کشت پاییزه در الگوی کشت فعلی و الگوی کشت پیشنهادی

می‌شوند. در طول هر نسل با توجه به عملگرهای ژنتیکی تقاطع و جهش کروموزوم‌های جدید تولید می‌گردد. حال با توجه به عملگر انتخاب تعدادی از بهترین کروموزوم‌ها و تعدادی به صورت تصادفی برای نسل بعدی انتخاب می‌گردند. این فرایند تکرار شده تا شرایط توقف حاصل شود (عالم تبریز و همکاران، ۱۳۹۰). شکل (۲) فلوچارت روند بهینه‌سازی در این الگوریتم را نشان می‌دهد.

### نتایج و بحث

پارامترهای مورد نیاز برای رسیدن به بهترین جواب در روش الگوریتم ژنتیک به صورت جدول ۱ در نظر گرفته شد. جدول‌های (۲) و (۳) الگوی پیشنهادی به وسیله روش الگوریتم ژنتیک را برای هر تعاونی به صورت مجزا در کشت پاییزه و تابستانه نشان می‌دهند. طبق جدول (۲) در کشت پاییزه مدل از

### روش بهینه‌سازی با استفاده از الگوریتم ژنتیک

الگوریتم ژنتیک یک تکنیک برنامه‌نویسی است که از تکامل ژنتیکی به عنوان یک الگوی حل مسئله استفاده می‌کند. مسائلی که باید حل شود ورودی است و راه‌حل‌ها طبق یک الگو کد گذاری می‌شوند که تابع برازندگی نام دارد هر راه حل کاندید را ارزیابی می‌کند که اکثر آن‌ها به صورت تصادفی انتخاب می‌شوند. الگوریتم ژنتیک از یک مجموعه جواب‌های تصادفی (جامعه) شروع می‌کند. به هر جواب یک کروموزوم گفته می‌شود. نیرومندی این کروموزوم‌ها با توجه به تابع هدف به دست می‌آید. کروموزوم‌ها در تکرارهای متوالی که نسل نامیده می‌شوند، تولید

و ۷۰/۴ افزایش سود در کشت تابستانه نسبت به الگوی کشت فعلی حاصل خواهد شد. در این خصوص در دشت فریمان و تربت جام نتایج عباسی و قدمی (۱۳۸۶) نیز تأثیر بهینه سازی مصرف آب در افزایش درآمد کشاورزان را به روشنی تأیید می نماید.

برای مقایسه بهتر نتایج به دست آمده توسط الگوی کشت بهینه پیشنهادی با الگوی کشت فعلی منطقه میزان سود به دست آمده به ازای هر هکتار زمین تحت کشت در چهار تعاونی تولید برای کشت پاییزه و تابستانه به صورت جداگانه محاسبه شد. شکل های (۳) و (۴) نسبت سود به مساحت تحت کشت در الگوی کشت بهینه و الگوی کشت فعلی با یکدیگر مقایسه می کند. با توجه به نمودار شکل (۳) می توان بیان کرد، در کشت پاییزه الگوی کشت بهینه پیشنهادی توسط مدل الگوریتم ژنتیک به طور متوسط در چهار تعاونی تولید هر هکتار زمین به میزان ۱۲۸۰۰۰۰۰ ریال سود داشته است در حالی که مقدار آن در الگوی کشت فعلی منطقه به طور متوسط ۸۷۳۰۰۰۰ ریال می باشد. مقایسه الگوی کشت پیشنهادی و الگوی کشت فعلی در شکل (۲) نشان می دهد، در الگوی کشت پیشنهادی میزان سود به ازای هر هکتار زمین تحت کشت ۴۷ درصد بیشتر از الگوی کشت فعلی منطقه می باشد. بنابر این در الگوی پیشنهادی میزان بهره وری از زمین در کشت پاییزه افزایش داشته است. همچنین شکل (۴) نشان می دهد، در کشت تابستانه الگوی کشت بهینه پیشنهادی توسط مدل الگوریتم ژنتیک به طور متوسط در ۴ تعاونی تولید هر هکتار زمین به میزان ۱۴۰۰۰۰۰۰ ریال سود داشته است در حالی که مقدار آن در الگوی کشت فعلی منطقه به طور متوسط ۸۶۰۰۰۰۰ ریال می باشد. مقایسه الگوی کشت پیشنهادی و الگوی کشت فعلی در شکل (۳) نشان می دهد، در الگوی کشت پیشنهادی میزان سود به ازای هر هکتار زمین تحت کشت ۵۹ درصد بیشتر از الگوی کشت فعلی منطقه می باشد. این امر با افزایش ۱۳ درصدی سطح زیر کشت به دلیل صرفه جویی در مصرف آب محقق می گردد. بنابر این در الگوی پیشنهادی میزان بهره وری از زمین در کشت تابستانه نیز افزایش داشته است.

طالبی (۱۳۹۱) نیز برای اراضی پایین دست سد شهید رجایی استان مازندران نیز که از دو روش برنامه ریزی غیرخطی و الگوریتم ژنتیک الگوی کشت بهینه را استخراج نموده و اعلام نمود که الگوی پیشنهادی با روش الگوریتم ژنتیک نسبت به روش برنامه ریزی غیرخطی درآمد بیشتری را نشان می دهد. همچنین محسن زاده (۱۳۹۱) در استان گلستان در منطقه آق قلا و شمال گرگان با استفاده از بهینه سازی به روش ژنتیک ادغان نمود که سود بیشتری عاید کشاورزان منطقه خواهد شد.

کل مساحت قابل کشت هر تعاونی به طور کامل استفاده کرده است و در همه تعاونی ها بیشترین مساحت تحت کشت به محصول کلزا اختصاص داده شده است که حدود ۹۵ درصد کل مساحت هر تعاونی می باشد. همچنین حداکثر سود حاصل در تعاونی های شماره دو، سه و چهار که کل مساحت قابل کشت در آنها به یکدیگر نزدیک می باشد حدود سه میلیارد تومان و برای تعاونی شماره یک که مساحت قابل کشت بیشتری را در اختیار دارد ۴/۹۲ میلیارد تومان به دست آمده است. در کشت تابستانه همان طور که در جدول سه مشاهده می شود، بیشترین مساحت کشت به محصول پنبه تابستانه اختصاص یافته است. همچنین حداکثر سود حاصل در تعاونی های شماره دو، سه و چهار که کل مساحت قابل کشت در آنها به یکدیگر نزدیک می باشد حدود یک میلیارد تومان و برای تعاونی شماره یک که مساحت قابل کشت بیشتری را در اختیار دارد ۱/۸۱ میلیارد تومان به دست آمده است. به دلیل کمبود آب در تابستان تمامی حجم آب موجود مورد استفاده قرار گرفته و مدل تنها قادر است حدود ۳۴ درصد مساحت هر تعاونی را به زیر کشت محصولات آبی ببرد و مابقی زمین ها می بایست به صورت دیم کشت شوند.

در کشت پاییزه به دلیل اینکه قسمتی از نیاز آبی گیاهان توسط بارندگی تامین می شود کل حجم آب موجود مورد استفاده قرار نمی گیرد و در همه تعاونی ها مقداری از کل حجم آب موجود به صورت مازاد باقی می ماند. مجموع حجم آب مازاد در چهار تعاونی به میزان ۱۲/۴ میلیون متر مکعب می باشد، که این میزان آب ۳۸ درصد از کل حجم آب موجود می باشد. می توان این حجم آب را در مخزن سد برای تابستان ذخیره نمود تا بتوان در تابستان درصد بیشتری از زمین های موجود را به زیر کشت محصولات تابستانه برد. جدول (۴) میزان کل مساحت قابل کشت، در کشت تابستانه را بوسیله ۱۲/۴ میلیون متر مکعب آب مازاد را نشان می دهد. طبق جدول (۴) با افزایش این میزان آب در کشت تابستانه می توان ۱۳۸۸ هکتار زمین را به زیر کشت محصولات تابستانه برد و میزان سود کشاورزان را در مجموع چهار تعاونی به میزان ۱/۹۲۲ میلیارد تومان افزایش داد. که با نتایج مجیدی و همکاران (۱۳۹۰) در دشت مشهد- چناران که با روش برنامه ریزی خطی الگوی کشت بهینه را به دست آورده بودند، همخوانی دارد.

جدول (۵) درآمد حاصل از الگوی کشت فعلی منطقه مورد مطالعه را نشان می دهد. همان طور که مشاهده می شود سود حاصل از الگوی کشت پیشنهادی در جدول های (۲) و (۳) به طور قابل توجهی از سود حاصل از الگوی کشت فعلی منطقه بیشتر می باشد. به طوری که در تعاونی شماره یک، دو، سه و چهار به ترتیب ۱۴۵/۸، ۱۶۶/۲، ۱۷۸/۱ و ۱۸۹/۲ درصد افزایش سود در کشت پاییزه و ۲۶، ۳۱، ۳۳/۲

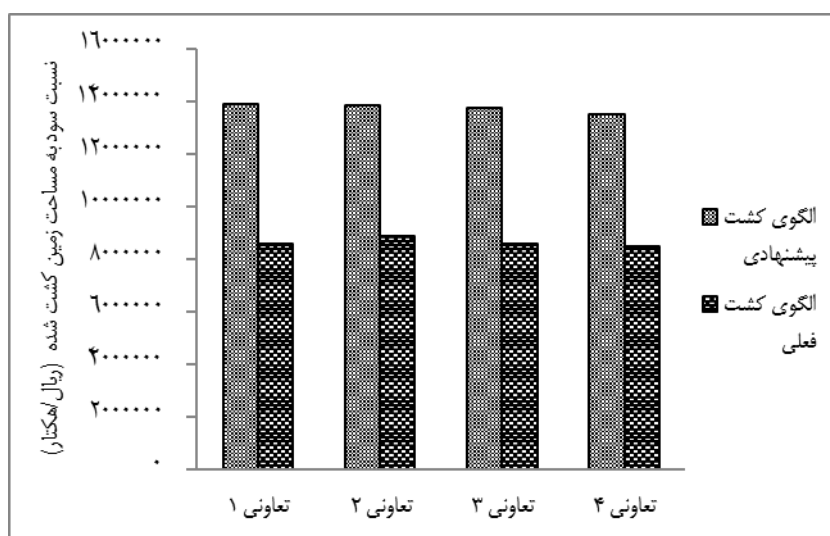
میرزایی و همکاران: تعیین الگوی کشت بهینه در شبکه آبیاری و زهکشی...

**جدول ۴- الگوی کشت پیشنهادی در کشت تابستانه در صورت استفاده از آب مازاد کشت پاییزه و حداکثر سود حاصل به روش الگوریتم ژنتیک (مساحت‌ها بر حسب هکتار می‌باشد)**

حداکثر سود (ریال)	مساحت بهینه محصولات قابل کشت						
	مساحت کل محصولات	پنبه تابستانه	سویا	آفتابگردان	هندوانه آجیلی	ذرت دانه ای	ذرت علوفه ای
۱۹۲۲۱۳۱۰۷۱۷	۱۳۸۸	۱۱۷۱	۵	۵۱	۶۸	۵۴	۳۹

**جدول ۵- مجموع نهاده‌های تولید و سود حاصل از الگوی کشت فعلی منطقه مورد مطالعه (مساحت‌ها بر حسب هکتار، حجم آب بر حسب مترمکعب و سود بر حسب میلیارد ریال می‌باشد)**

شرکت‌ها	سود حاصل از کشت پاییزه	سود حاصل از کشت تابستانه	مجموع مساحت کشت شده در پاییز	مجموع مساحت کشت شده در تابستان	حجم آب مصرفی کشت تابستانه (م <sup>۳</sup> )	حجم آب مصرفی کشت پاییزه (م <sup>۳</sup> )
تعاونی یک	۲۰۰۰۰۰۰۰۰	۱۴۴۰۰۰۰۰۰۰	۲۳۳۰	۱۶۷۵	۳۰۸۰۰۰۰	۸۹۸۰۰۰۰
تعاونی دو	۱۱۷۰۰۰۰۰۰۰	۸۶۳۰۰۰۰۰۰۰	۱۳۴۲٫۵	۹۷۲٫۵	۴۳۲۰۰۰۰	۵۱۶۹۰۰۰
تعاونی سه	۱۱۲۰۰۰۰۰۰۰	۹۲۵۰۰۰۰۰۰۰	۱۲۶۲	۱۰۷۸	۲۹۰۰۰۰۰	۵۶۶۸۰۰۰
تعاونی چهار	۱۰۷۰۰۰۰۰۰۰	۶۴۶۰۰۰۰۰۰۰	۱۲۲۳	۷۶۲	۱۸۲۲۰۰۰	۳۹۱۸۰۰۰



**شکل ۴- نمودار مقایسه نسبت سود به مساحت کشت شده در کشت تابستانه در الگوی کشت فعلی و الگوی کشت پیشنهادی**

پرآبی و آزادسازی آب مذکور از سد گلستان، می‌توان سطح بیشتری را به کشت محصولات تابستان اختصاص داد. این امر باعث اشتغال بیشتر و در نتیجه مهاجرت معکوس از شهرها به روستای موجود در منطقه شده و نهایتاً سطح رفاه اجتماعی منطقه را افزایش خواهد داد. لازم به ذکر است که با استفاده از الگوی کشت بهینه معرفی شده در این پژوهش لزومی به ذخیره سازی آب بیشتر یا احداث سدهای جدید با هزینه های بالا در منطقه نبوده و فقط با مدیریت بهینه مصرف آب می‌توان کمبود آب را خصوصاً در کشتهای بهاره و یا تابستانه تأمین نمود.

#### نتیجه گیری

نتایج این تحقیق نشان می‌دهد الگوی کشت فعلی منطقه بهینه نبوده و در صورت استفاده از الگوی کشت پیشنهادی در این تحقیق میزان سود خالص افزایش می‌یابد. به طوری که در کشت پاییزه و تابستانه میزان سود به ازای هر هکتار زمین به ترتیب ۴۷ و ۵۷ درصد نسبت به الگوی کشت فعلی افزایش یافته است. با استفاده از نتایج این تحقیق و استفاده از آن الگوی کشت بهینه ای حاصل خواهد شد، می‌توان با صرفه جویی که در میزان آب مصرفی کشت پاییزه انجام می‌شود، با ذخیره آب مذکور در ایام



## منابع

- ۱- احمدیان فر، الف، ادیب، تقیان، م. و ع. حقیقی. ۱۳۹۵. بهینه‌سازی بهره‌برداری از سدهای مخزنی با استفاده از الگوریتم ژنتیک چند هدفه با رویکرد مرتب سازی نامغلوب. مجله علوم و مهندسی آبیاری. جلد ۳۹ (۲): ۸۹-۱۰۰.
- ۲- باقریان، س.ع.، صالح، ا. و غ.ر. بیکانی. ۱۳۸۶. بهینه‌سازی الگوی کشت در منطقه کارون با استفاده از روش برنامه‌ریزی خطی. ششمین کنفرانس اقتصاد کشاورزی ایران، دانشگاه فردوسی مشهد.
- ۳- حبیبی داویجانی، م.، بنی حبیب، م. ا. و س.ر. هاشمی. ۱۳۹۲. مدل بهینه سازی تخصیص منابع آب در بخشهای کشاورزی، صنعت و خدمات با استفاده از الگوریتم پیشرفته GAPSO. نشریه آب و خاک، ۲۷: ۶۹۱-۶۸۰.
- ۴- حیدری، م.، صبحی، م.، پرهیزکاری، ا. و م. نوروزیان. ۱۳۹۱. بهینه‌سازی الگوی کشت با استفاده از مدل برنامه ریزی آرمانی (GP) در استان قزوین (مطالعه موردی: بخش رودبار الموت غربی). اولین کنفرانس ملی راهکارهای دستیابی به توسعه پایدار در بخشهای کشاورزی، منابع طبیعی و محیط زیست.
- ۵- رضایی، ز.، دوراندیش، الف. و الف. سروری نوبهار. ۱۳۹۱. تعیین الگوی کشت تحت سه استراتژی اقتصادی، اجتماعی و زیست محیطی با کاربرد الگوریتم ژنتیک (مطالعه موردی مشهد). هشتمین همایش دو سالانه اقتصاد کشاورزی (کشاورزی پایدار و امنیت غذایی: سیاست‌ها و راهبردها)، اردیبهشت.
- ۶- شاه‌کرمی، ن.، مرید، س. و م.ع. رحیمی جمنانی. ۱۳۸۵. بهینه‌سازی الگوی کشت بر اساس مقادیر پیش‌بینی شده جریان رودخانه (مطالعه موردی رودخانه صوفی‌چای و شبکه آبیاری پایین دست). مجله تحقیقات مهندسی کشاورزی، ۷(۲۹): ۱-۱۸.
- ۷- شعبانی، م.ک. و ت. هنر. ۱۳۸۷. تعیین الگوی بهینه کشت در کانال‌های آبیاری با استفاده از مدل IPM. مجله آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)، ۲۲(۲): ۹۵-۱۰۶.
- ۸- طالبی، ب. ۱۳۹۱. مدل بهره‌برداری بهینه از منابع آب در شرایط بحرانی (خشکسالی، سیل و حوادث غیرمترقبه). پایان نامه کارشناسی ارشد، رشته آبیاری و زهکشی، دانشکده مهندسی آب و خاک، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان.
- ۹- عالم تبریز، ا.، زندیه، م. و م. رحیمی. ۱۳۹۰. الگوریتم‌های فراابتکاری در بهینه‌سازی ترکیبی. انتشارات صفار- اشراقی، چاپ دوم.
- ۱۰- عباسی، ع. و س.م. قدمی. ۱۳۸۶. تأثیر بهینه‌سازی الگوی کشت در کاهش مصرف آب و افزایش درآمد (مطالعه موردی: دشت فریمان - تربت جام). ششمین کنفرانس اقتصاد کشاورزی ایران، مشهد.
- ۱۱- قرقانی، ف.، بوستانی، ف. و غ. سلطانی. ۱۳۸۸. بررسی تاثیر کاهش آب آبیاری و افزایش قیمت آب بر الگوی کشت با استفاده از روش برنامه‌ریزی ریاضی مثبت (مطالعه موردی شهرستان اقلید در استان فارس). مجله تحقیقات اقتصاد کشاورزی، ۱(۱): ۷۴-۵۷.
- ۱۲- کارآموز، م.، احمدی، آ. و س. نظیف. ۱۳۸۵. چالشها و فرصتهای به کارگیری مدل‌های بهره‌برداری بهینه از سیستم‌های منابع آب. اولین همایش منطقه‌ای بهره‌برداران از منابع آب حوضه‌های کارون و زاینده رود، دانشگاه شهرکرد.
- ۱۳- لطیف‌زاده، ش.، مختاران، ر.، لطیف‌زاده، ل. و س. حمزه. ۱۳۸۹. تعیین الگوی کشت بهینه در راستای مدیریت مصرف آب کشاورزی در حوزه شبکه آبیاری عقیلی- گتوند. فصلنامه مهندسی آب، ۱(۱): ۶۷-۶۱.
- ۱۴- مجیدی، ن.، علیزاده، ا. و م. قربانی. ۱۳۹۰. تعیین الگوی کشت بهینه همسو با مدیریت منابع آب دشت مشهد-چناران. نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)، ۲۵(۴): ۷۷۶-۷۸۵.
- ۱۵- محسن زاده، ف. ۱۳۹۱. مقایسه تاثیر بهینه‌سازی الگوی کشت در افزایش سود و کارایی مصرف آب با روش‌های مختلف برنامه‌ریزی. پایان نامه کارشناسی ارشد، رشته آبیاری و زهکشی، دانشکده مهندسی آب و خاک، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان.
- ۱۶- محمدیان، ف.، شاهنوشی، ن.، قربانی، م. و ح. عاقل. ۱۳۸۸. انتخاب الگوی کشت بالقوه محصولات زراعی بر اساس روش فرایند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) (مطالعه موردی: دشت تربت جام). مجله دانش کشاورزی پایدار، جلد ۱۹(۱): ۱۸۷-۱۷۱.

میرزایی و همکاران: تعیین الگوی کشت بهینه در شبکه آبیاری و زهکشی...

۱۷- نخعی، م، هاشمی، س.ر،، خاشعی سیوکی، ع. و م. احمدی. ۱۳۹۵. بهینه‌سازی الگوی کشت با استفاده از فرآیند تحلیل سلسله مراتبی و برنامه‌ریزی خطی (مطالعه موردی: دشت بیرجند). مجله علوم و مهندسی آبیاری، جلد ۳۹ (۲): ۱۱۵-۱۲۴.

- 18-Annepu, G., Subbaiah, K. V. and N.R. Kandukuri,N.R. 2011. Land allocation strategies through genetic algorithm approach–A case study. *Global Journal of Research In Engineering*,11 (4): 54-69
- 19-Mathur, Y. P., Sharma, G. and A.W. Pawde. 2009. Optimal operation scheduling of irrigation canals using genetic algorithm. *International Journal of Recent Trends in Engineering*, 1(6): 11- 15
- 20-Monem, M. J., Najafi, M. R. and S. Khoshnavaz. 2007. Optimal water scheduling in irrigation networks using genetic algorithm. *Journal of Iran- Water Resources Research*, 3 (1): 1-11.

**EXTENDED ABSTRACT**

**Determining Optimum Cropping Pattern using Genetic Algorithm  
(Case Study: Golestan Dam Irrigation and Drainage Network )**

Sh.Mirzaie<sup>1</sup>, M.Zakerinia<sup>2\*</sup>, M.Shahabifar<sup>3</sup> and H.Sharifan<sup>4</sup>

- 1- M.Sc. Graduated Student of Water Engineering Department, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources.
- 2\* -Corresponding Author, Associate Professor of Water Engineering Department, Soil and Water Engineering college. Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources. zakerinia@yahoo.com
- 3- Assistant Professor of Soil and Water Research Institute, Karaj, Iran.
- 4- Associate Professor of Water Engineering Department, Soil and Water Engineering college. Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

Received:11 July 2015

Accepted:18 September 2016

**Keywords:** Optimization, Cropping patterns, Golestan dam Irrigation and Drainage Network, Genetic Algorithm.

**Introduction**

Designing and implementing a suitable cropping pattern is necessary not only to encounter with drought and water shortage, but also to control as much as possible the limiting factors and the optimal exploitation of existing facilities, which is needed in many countries of the world. Iran, as a developing country, can deal with problems and limitations more easily with this important action. Advantages of cultivating can include such as protecting the base resources, increasing the productivity of production factors, optimizing the pattern of consumption, protecting production base sources such as water and soil for the future, protecting the production resources, optimal water consumption in line with optimum cultivar, sustainability of production according to the country's climate, and reduction of adverse effects of drought. Moneam et al. (2007) used the optimization method (genetic algorithm) for optimizing water distribution in the BP14 channel from Foumanat irrigation network. Nakhaei et al. (2016) studied the typical cropping pattern in Birjand plain and eight common crop patterns in other plains of Khorasan as a base cropping pattern. In this research, the multi-criteria decision-making process of the hierarchical analysis process and The Lingo Programming Model has been used to determine the best crop pattern. In both models, economic and social measures are used to maximize net income, employment and labor, and minimize the consumption of water, costs, and the amount of virtual exports. Mathuret al. (2009), using the genetic algorithm, presented the optimal water distribution program in China's Fengjia channel and compared their results with the Wang model. The operating time in both methods was 336 hours and the maximum channel capacity was 1.8 cubic meters per second. Annepu et al. (2011) used a genetic algorithm model in land allocation in a region in India under the trilogy strategies, and compared the amount of land allocated in each strategy. Reviewing the reports of irrigation and drainage network of Golestan dam showed that the current crop pattern is not optimal and the sources of production have not been used efficiently. Therefore, the objective of this research was to maximize the net profit of farmers using genetic algorithms to determine the optimal crop pattern in Golestan dam irrigation and drainage network.

**Methodology**

Utilization of Golestan irrigation and drainage network is carried out by four rural production cooperatives. This irrigation network has been exploited separately by 4 rural production

cooperatives company. For this reason, the cropping pattern has been set for each cooperative separately in fall and summer cultures. The required data and information including the current cropping pattern, the sales price and the cost of production, sources of water supply, meteorological, and etc. has been obtained through agriculture, regional water and meteorological organization. CROPWAT software has been used to calculate the water requirement to product by FAO Penman-Monteith equation. The genetic algorithm has been employed in order to optimize the allocation of water and land. The objective function is presented in 1 equation.

$$\max B = \sum_{i=1}^n y_i A_i (P_i - C_i) \tag{1}$$

In this equation, n: total number of products, B: net income (Benefit): actual yield of each product (kg per square meter), A: the crop area for each product (m<sup>2</sup>), P: Crop price per kilogram product Rials), C: Production Cost per kilogram product (Rials). Crops grown in the region include wheat, barley and rapeseed in winter and corn, soybeans, sunflower, and watermelon for summer. Finally, the objective function is maximized with subject to available water and land constraint.

**Results and Discussion**

The tables (1) and (2) represent proposed cropping pattern for each cooperative individually in autumn and summer. According to Table 1, the model used the total cultivated area of each cooperative in the autumn and the largest area was allocated to rapeseed, accounting for 95% of the total area for each cooperative. Because of good rainfall and sufficient water, all land area of each cooperative would be cultivated in fall and around 38% remaining excess water would be stored in dam reservoirs. But in summer according to table 2, the model is taken an average 34% of each cooperative area to cultivate because of increasing evaporation and decreasing rainfall. Therefore, the rest of the land should be cultivated in rainfed form.

**Table 1- the cultivated pattern for each cooperative in autumn and maximum profit based on genetic algorithm (areas per hectare)**

Cooperative number	The Optimal area of products			Total product area	Total cultivated area	Total available water volume (cubic meter)	Volume of consumed water (cubic meter)	Volume of remaining water (cubic meter)	Maximum profit (Rials)
	Wheat	Barley	rapeseed						
1	8	166	3686	3860	3860	11300000	6943355	4356645	4/92E+10
2	42	27	2351	2420	2420	7000000	4388016	2611984	3/11E+10
3	109	2	2339	2450	2450	7170000	4444242	2725758	3/12E+10
4	27	18	2355	2400	2400	7030000	4359221	2670779	3/09E+10

**Table 2- the cultivated pattern for each cooperative in summer and maximum profit based on genetic algorithm (areas per hectare)**

Cooperative number	The Optimal area of products						Total product area	Total cultivated area	Total available water volume (cubic meter)	Volume of consumed water (cubic meter)	Volume of remaining water (cubic meter)	Maximum profit (Rials)
	Forage corn	Sweet corn	Watermelon seeds	Sunflower	soybeans	cotton						
1	62	45	39	18	19	0	112	130	386	1168000	1167969	1/81E+1
2	2	35	34	33	16	896	816	0	7330000	7329927	72.6	0
3	29	51	27	27	10	685	829	0	7420000	7419612	388	0
4	84	81	6	8	8	633	815	0	7270000	7269096	904	1/1E+10

**Conclusions**

The current cropping pattern of the area is not optimal and if current study proposed cropping pattern is used , the net profit will increase. So, in the fall and summer crop, the income per hectare of land increased by 47% and 57%, respectively, compared to the current cultivation pattern. By using the results of this research and using aforementioned optimal cropping pattern, we could save some water and by saving the amount of water consumed by autumn crop, by storing this water during the rainy days and releasing the water from the Golestan dam, more can be allocated to the cultivation of summer products. By using the surplus water of fall planting in summer planting, there would be another 1388 hectares (around 13 %) of land to be planted under irrigated crops and as a result the profit increased up to 37 percent. This will result in more employment, and consequently, reverse migration from cities to the villages in the region and ultimately increasing in the social welfare of local living people. It should be noted that using the optimal cropping pattern introduced in this study, it is not necessary to store more water or build new dams with high costs in the region, and only with the optimal management of water use can manage water shortages, especially in spring or summers’s crops.

**References**

- 1- Nekhai, M., Hashemi, S.R., Khashi Siyuki, A.S. And m. Ahmadi. 2015. Optimization of Crop Pattern Using Analytical Hierarchy Process and Linear Programming (Case Study: Birjand Plain). *Journal of Irrigation Science and Engineering*, 39 (2): 115-124.
- 2- Annepu, G., Subbaiah, K. V. and N.R. Kandukuri,N.R. 2011. Land allocation strategies through genetic algorithm approach–A case study. *Global Journal of Research In Engineering*, 11(4): 54-69
- 3- Mathur, Y. P., Sharma, G. and A.W. Pawde. 2009. Optimal operation scheduling of irrigation canals using genetic algorithm. *International Journal of Recent Trends in Engineering*, 1(6): 11- 15
- 4- Monem, M. J., Najafi, M. R. and S. Khoshnavaz. 2007. Optimal water scheduling in irrigation networks using genetic algorithm. *Journal of Iran- Water Resources Research*, 3(1): 1-11.