بهینه‌سازی الگوی کشت محصولات کشاورزی در راستای مدیریت مصرف آب در شهرستان گرگان

حسین جهانتیغ[۱]

تاریخ ارسال:۱۳۹۹/۱۱/۰۹
تاریخ پذیرش:۱۴۰۰/۰۲/۱۵

مقاله پژوهشی

چکیده

توسعه کشاورزی بستگی به استفاده بهینه از منابع دارد و استفاده بهینه از منابع در گرو تخصیص بهینه زمین‌های کشاورزی به محصولات مختلف است. هر کشاورز در طول یک فصل زراعی محصولات مختلفی را کشت می‌کند اما هیچ قطعیتی وجود ندارد که این الگوی زراعی مورد استفاده توسط کشاورز، الگوی کشت بهینه باشد. با توجه به اهمیت و نقش الگوی بهینه کشت در تولید پایدار محصولات کشاورزی، هدف این مطالعه ارائه الگوی بهینه کشت محصولات زراعی شهرستان گرگان تحت سه سناریو بهینه سازی حداکثر سازی بازده اقتصادی، حداکثر سازی تولید و حداکثر سازی همزمان بازده اقتصادی و تولید با تاکید بر مدیریت مصرف آب می‌باشد. در این راستا جهت دستیابی به الگوی بهینه کشت با اهداف مورد نظر از الگوریتم ژنتیک و برای بدست آوردن نیاز آبیاری از نرم افزار CROPWAT استفاده شد. محصولات زراعی مورد بررسی شامل گندم، جو، برنج، سویا، آفتاب گردان، باقلا، پنبه و ذرت علوفه‌ای می‌باشد. نتایج تحقیق نشان داد الگوی کشت فعلی منطقه بهینه نبوده است. بر اساس نتایج حاصل از بهینه سازی با الگوریتم ژنتیک، محصول ذرت علوفه‌ای، از الگوی کشت حذف شده و سطح زیر کشت برنج نسبت به الگوی کشت فعلی منطقه، در تمام سناریوهای بهینه‌سازی کاهش یافته است. سطح زیر کشت محصولات آفتاب گردان و سویا در هر سه سناریو افزایش یافته و جایگزین محصولات برنج و ذرت علوفه‌ای شده‌اند. محصولات گندم و سویا بیشترین سطح زیر کشت را در سناریوهای بهینه‌سازی به خود اختصاص داده‌اند و کمترین میزان سطح زیر کشت در هر سه سناریو نیز مربوط به محصول پنبه می‌باشد. در وضعیت فعلی کل میزان مصرف آب $۲۱۳/۶۲۶ \times ۱۰^۶ m^3$ می‌باشد که پس از بهینه‌سازی $۲۳/۴۲۷ \times ۱۰^۶ m^3$ کاهش می‌یابد.

واژه‌های کلیدی: الگوی بهینه کشت، الگوریتم ژنتیک، شهرستان گرگان، کمبود آب.

[۱] استادیار، مجتمع آموزش عالی سراوان، سراوان، ایران. ۰۹۱۱۱۷۹۶۷۷۳، drhoseynjahantigh@gmail.com نویسنده مسئول.

مقدمه

بخش کشاورزی یکی از اجزاء مهم اقتصاد کشور محسوب می‌شود و نقش تعیین‌کننده‌ای در امنیت غذایی، اشتغال و اقتصاد ملی دارد (رضایی و همکاران، ۱۳۹۱). سهم بخش کشاورزی از اشتغال کشور ۲۵ درصد است و همچنین با تولید ۸۵ درصد از غذای جامعه مسئولیت پر مخاطره‌ای در جهت تأمین امنیت غذایی به عهده دارد (آزادگان و همکاران، ۱۳۹۲). به علت افزایش جمعیت و در نتیجه افزایش تقاضا، نیاز به تولید محصولات زراعی بیشتری است. یکی از راه‌ها، افزایش سطح زیر کشت می‌باشد. تولید محصول در هر هکتار زمین باید از طریق بهره‌برداری صحیح و به‌جا از منابع تولیدی، افزایش یابد. (Sarker,2002) در نتیجه، ضروری است که از منابع و نهاده‌های تولیدی کمیاب مانند آب، زمین حاصل‌خیز، سرمایه، بذر، کود، نیروی کار و... در این بخش به‌صورت بهینه استفاده شود تا علاوه بر کاهش اتلاف منابع، باعث افزایش درآمد و سودآوری بهره‌برداران بخش کشاورزی شود (شفیعی، ۱۳۹۰).

محدودیت منابع برای تولید محصولات کشاورزی سبب شده تا بهینه‌سازی و بهینه‌یابی در استفاده از منابع کمیاب و امکانات موجود به‌عنوان یک ضرورت مورد توجه همه‌ی کشورهای در حال توسعه از جمله ایران قرار گیرد. (صبوحی و همکاران، ۱۳۸۷). یکی از مهم‌ترین و علمی‌ترین راه‌ها جهت بهینه‌سازی استفاده از منابع محدود در پایدارسازی سیستم‌های کشاورزی، طراحی و اجرای الگوی‌های کشت است (کاظمی و همکاران، ۹۲). الگوی بهینه کشت می‌تواند پایه و اساس بهره‌وری تولید باشد و مقصود از بهینه‌سازی الگوهای کشت محصولات زراعی، تعیین ترکیبی از محصولات مختلف برای کشت در یک مزرعه مشخص باتوجه به خصوصیات کشت محصولات مختلف، حجم تقاضا، منابع آب و خاک در دسترس، نیروی انسانی، سرمایه، تجهیزات کشاورزی و غیره با هدف حداکثر کردن تولید، سود، کاهش استفاده از منابع آب، حداقل سازی استفاده از کود و یا به‌منظور حفاظت از محیط زیست می‌باشد (رضایی و همکاران، ۱۳۹۱).

الگوی کشت عبارتست 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 اکو- فیزیولوژیک تولید محصولات کشاورزی در راستای حفظ محیط زیست است (باولی، ۱۳۹۲). کشاورزان در تولید محصولات کشاورزی به‌دنبال حداکثر سازی درآمد و سود حاصل از فعالیتشان هستند. هر کشاورز اعتقاد دارد به روش‌های متختلفی می‌تواند سود مورد انتظار از فعالیتش را حداکثر سازد. همانند این که با استفاده از تجربه، در طول یک فصل زراعی محصولات مختلفی را کشت می‌کند اما هیچ قطعیتی وجود ندارد که این الگوی زراعی مورد استفاده توسط کشاورز، باعث بیشینه سازی سود شود. در نتیجه پیدا کردن روشی جهت متقاعد کردن هر فعال بخش کشاورزی به تولید محصولاتی خاص با مقداری مشخص، برای دستیابی همزمان به دو هدف حداکثرسازی سود و درآمد و همچنین مصرف بهینه از منابع محدود موجود، می‌تواند بسیار راهگشا و همچنین توجیه‌کننده ضرورت تحقیق حاضر باشد.

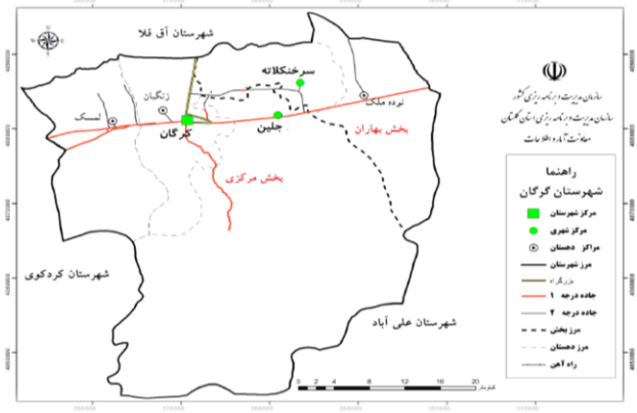
مطالعاتی در داخل و خارج از ایران در زمینه‌ی تعیین الگوی زراعی بهینه انجام شده است. روش‌های مورد استفاده آن‌ها برای بهینه‌سازی الگوی زراعی کشت شامل استفاده از الگوریتم بهینه‌سازی ژنتیک، روش‌های برنامه‌ریزی خطی، تصادفی می‌باشد که از جمله‌ی آن می‌توان به مطالعات زیر اشاره کرد:

احمد پور و همکاران (۱۳۹۷) به بهینه‌سازی الگوی کشت با استفاده از روش‌های برنامه‌ریزی خطی پرداختند. نتایج نشان داد بهبود ۳۰ درصد بازده آبیاری، سود ناخالص کل کشاورزی بیش از ۶۰ درصد افزایش می‌یابد و بیش از ۱ میلیون مترمکعب در مصرف آب‌های سطحی و زیرزمینی صرفه‌جویی می‌شود. بنی‌حبیب و همکاران (۱۳۹۷) برای بهینه‌سازی الگوی کشت در حوضه زرینه‌رود از برنامه‌ریزیِ خطیِ فازی در تدوین بهترین الگوی کشت، استفاده کرد. نتایج نشان داد به‌کارگیریِ بهینه‌سازیِ تماماً فازی منجر به ایجاد کاهش بیشتری در سطح زیرکشت محصولاتِ با درآمد پایین‌تر، نسبت به بهینه‌سازی قطعی شده است. رستمی‌نیا و همکاران (۱۳۹۷) به بهینه‌سازی الگوی کشت دشت دهلران در استان ایلام مبتنی بر تغییرات مکانی ویژگی‌های شیمیایی و فیزیکی خاک با

استفاده از اطلاعات میدانی، نرم افزار-Aqua Crop GISپرداختند. نتایج نشان داد که با بهینه‌سازی الگوی کشت متناسب با کمیت و کیفیت در مناطق مختلف دشت دهلران می‌توان با مصرف آب یکسان درآمد و بهره‌وری آب را بین ۱۲ تا ۳۳ درصد افزایش داد. سالاری و همکاران (۱۳۹۷) به تعیین الگوی کشت بهینه با استفاده از مدل برنامه‌ریزی غیرخطی پرداختند. یافته‌ها نشان داد تحت سناریوهای کم آبیاری، بیشترین سطح زیر کشت مربوط به محصول گندم می‌باشد و کمترین سطح زیر کشت مربوط به محصول آفتاب‌گردان است. محمدرضا پور و همکاران (۱۳۹۵) با استفاده از الگوریتم ژنتیک با هدف حداکثر سازی سود حاصل از کشت محصولات مختلف زراعی، الگوی بهینه کشت را در دشت قزوین ارائه دادند. نتایج نشان داد در تمام شرایط آب و هوایی، سود حاصل از الگوی کشت زراعی ارائه شده، از الگوی کشت پیشین بیشتر است و الگوی بهینه کشت جدید باعث کاهش میزان مصرف آب خواهد شد. Majeke et all (2013) با استفاده از یک مدل برنامه‌ریزی ریاضی خطی به بهینه‌سازی الگوی کشت محصولات زراعی با هدف حداکثر سازی سود حاصل از تولید پرداخت. نتایج نشان داد در الگوی بهینه سود کشاورزان نسبت به الگوی زراعی قبل حدود ۳۷ درصد افزایش می‌یابد. Singh and Panda (2012) در تحقیق دیگری که در منطقه هاریانا (Haryana) در کشور هند با استفاده از مدل برنامه‌ریزی خطی با هدف حداکثرسازی بازده سالانه انجام دادند، به این نتیجه دست یافتند که با بهینه‌سازی الگوی کشت، بازده خالص سالانه ۱۶ درصد افزایش می‌یابد، سطح زیر کشت برنج، خردل و جو کاهش می‌یابد و سطح زیر کشت پنه، نیشکر، گندم، ارزن، و سورگوم افزایش می‌یابد. در این تحقیق هدف از بهینه‌سازی الگوی کشت، در راستای مدیریت مصرف آب محصولات کشاورزی است. بنابراین فرضیه اصلی تحقیق این است که الگوی کشت فعلی منطقه بهینه نیست. بُنابراین در این تحقیق به دنبال پاسخگویی به این سوال هستیم که با ارائه الگوی بهینه کشت مصرف آب چه تغییری می کند. بررسی منابع نشان داد تاکنون با استفاده از الگوریتم‌های فرا ابتکاری تحقیقی در راستای ارائه سطح بهینه کشت محصولات زراعی شهرستان گرگان انجام نشده است. در این تحقیق با بکار گیری از الگوریتم ژنتیک سطح زیر کشت بهینه محصولات کشاورزی در راستای به حداکثر رساندن سود، حداکثر سازی تولید و حداکثر سازی همزمان سود و تولید ارائه می‌شود. همچنین پس از ارائه سطح بهینه نیز میزان مصرف آب در هر الگوی مورد بررسی قرار می‌گیرد. موارد ذکر شده تا کنون مورد توجه قرار نگرفته است و بررسی این موارد جنبه نوآوری تحقیق حاضر می‌باشد.

منطقه‌ی مورد مطالعه

منطقه‌ی مورد مطالعه در این تحقیق، شهرستان گرگان واقع در استان گلستان با مساحتی حدود ۱۳۱۶ کیلومتر مربع می‌باشد. این شهرستان از شمال به شهرستان آق‌قلا، از جنوب به ارتفاعات شاه‌کوه و استان سمنان، از شرق به شهرستان علی آباد کتول و از غرب به شهرستان کردکوی متصل است. این شهرستان از دو بخش مرکزی و بهاران، از ۵ دهستان و ۹۵ روستا تشکیل شده است. میانگین بارندگی سالانه در استان گلستان حدود ۵۷۲ میلی‌متر گزارش شده است و میانگین سالانه‌ی دما در این شهرستان ۱۸/۵ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. تعداد کل بهره‌بردارن بخش کشاورزی در این منطقه حدود ۲۲ هزار نفر می‌باشد که از این تعداد بخش زراعت با حدود ۱۵ هزار نفر، بیشترین تعداد را به خود اختصاص داده است. کل زمین‌های کشاورزی این شهرستان حدود ۶۷ هزار هکتار می‌باشد و یکی از قطب‌های مهم کشاورزی در این استان می‌باشد.



شکل (۱): منطقه مورد مطالعه

مواد و روش‌ها

یکی از راه‌حل‌ها برای بهبود بخشیدن به طرح‌های کشاورزی، بهینه‌سازی است. بهینه‌سازی فرایندی است که می‌توان از طریق آن بهترین جواب و راه حل شدنی، برای یک موضوع را مطابق با اهداف از پیش معلوم شده و محدودیت‌های موجود، که همه با روابط ریاضی تعیین شده‌اند، به‌دست آورد. در حقیقت هدف از یک مسئله بهینه‌سازی، نمایان ساختن بهترین جواب قابل پذیرش، باتوجه به محدودیت‌ها و نیاز مسئله مورد بررسی است (میرزایی و همکاران، ۱۳۹۴). یک مسئله بهینه‌سازی شامل سه قسمت است: الف: در ابتدا باید تابع هدف و معادله نوشته شود و فضای جست و جو تعیین شود که این برنامه‌ریزی ریاضی است. ب: انتخاب مدل شبیه‌سازی بر اساس متغیرهای تصمیم و تابع هدف. ج: تعیین تکنیک بهینه‌سازی که با توجه به برنامه‌ریزی ریاضی مسئله می‌تواند گسسته، پیوسته، غیر خطی و خطی باشد. (لاله زاری و همکاران، ۱۳۹۴).

با کمک تکنیک بهینه‌سازی می‌توان مناسب‌ترین الگوی کشت زراعی را پیش‌بینی کرد تا بازده یک سال و یا یک فصل زراعی بیشینه شود. (خاشعی و همکاران، ۱۳۹۴). بهینه‌سازی الگوی کشت، دارای اهداف مختلفی از جمله زیست‌محیطی، اقتصادی و اجتماعی است که می‌تواند بر اساس الگوهای برنامه‌ریزی ریاضی تک هدفه و چند هدفه بررسی شود که بر اساس نوع معادلات، الگوریتم‌های مختلفی برای یافتن جواب بهینه وجود دارد (Rao,1984). بر اساس مطالعات انجام گرفته، کاربرد الگوریتم زنتیک در بهینه‌سازی مسائل پیچیده و غیر خطی در موضوعات گوناگون، در سال‌های اخیر بیشتر مورد توجه پژوهشگران قرار گرفته است. (رضایی و همکاران، ۱۳۹۱). الگوریتم ژنتیک یک متد آماری برای بهینه‌سازی و جزئی از هوش مصنوعی است (Rao,1984). در تحقیق حاضر، با توجه به پیچیدگی موضوع، تعداد متغیرهای تصمیم‌گیری و ابعاد مسئله، از روش الگوریتم ژنتیک که نیاز به محاسبات کمتر و کارایی بیشتر نسبت به سایر روش‌ها دارد الگو و تراکم کشت بهینه محصولات زراعی منطقه تعیین می‌شود (خاشعی و همکاران، ۱۳۹۴).

الگوریتم ژنتیک

جآن هالند[1] برای اولین بار در سال ۱۹۶۰ میلادی، بیهنه‌سازی توسط الگوریتم ژنتیک را مطرح کرد و در سال‌های بین ۱۹۶۰ و ۱۹۷۰ توسط وی و همکارانش در دانشگاه میشیگان توسعه داده شد. الگوریتم ژنتیک جزء محاسبات تکامل‌یافته که به صورت مستقیم با مباحث هوش مصنوعی در ارتباط است (ترابی، ۱۳۷۷). این الگوریتم یکی از تازه‌ترین روش‌های برنامه‌ریزی است که با بکارگیری مفهوم سیر تکاملی و بقا صلح در علم زیست شناسی و استفاده از دانش ژنتیک، به‌عنوان راهکاری کارآمد برای بهینه‌سازی که محدودیت‌های روش کلاسیک

[1] Jan halend

را ندارد، ایجاد شده است. الگوریتم فرا ابتکاری ژنتیک از نظریه تکامل داروین الهام گرفته شده است (Yeh and lin, 2007). الگوریتم ژنتیک، از اصول نظری تکامل بیولوژیکی، ازجمله وراثت ژنتیک و اصل تناظر بقای داروین استفاده می‌کند و راه‌های جستجوی کاملاً موازی را برای مسائل پیچیده بهینه‌سازی پیشنهاد می‌دهد. این روش جستجوی مؤثر در فضاهای عریض و پهناور بر اساس ژن‌ها و کروموزوم‌ها است که در نتیجه باعث هدایت کردن برای یافتن جواب بهینه در میان دیگر جواب‌های قابل قبول می‌شود (رضایی و همکاران، ۱۳۹۱). مدل‌های مبتنی بر الگوریتم ژنتیک برای تحقق به عناصر اصلی زیر نیازمنداند:

ژن: هرکدام از پارامترهای تصمیم (یعنی پارامترهایی که انتخاب و تعیین مقدار آن‌ها نقشی در تابع بهینگی دارند) تحت‌عنوان ژن معرفی می‌شوند. کروموزوم: در دانش بیولوژی، ساخت نسل (مجموعه جواب ها) به وسیله یک سری کروموزوم انجام می‌شود که در قالب رشته‌ای کدگذاری می‌شوند (دوست، ۱۳۹۴). برای شروع الگوریتم‌های ژنتیکی نیازمند جمعیتی از کروموزوم‌ها به‌صورت تصادفی هستیم (تاج الدینی، ۱۳۹۱) و هر کروموزوم مجموعه‌ای شامل تمام ژن‌ها و یک راه‌حل شدنی برای مسئله مورد نظر است (دوست، ۱۳۹۴). جمعیت: یک جمعیت به واسطه‌ی مجموعه‌ای از کروموزوم‌ها ایجاد می‌شود. تابع برازندگی: برای حل هر مسئله با بهره‌گیری از الگوریتم‌های ژنتیکی، در وهله‌ی اول باید یک تابع برازندگی برای آن مسئله ایجاد شود (دوست، ۱۳۹۴). این تابع به‌عنوان ورودی یک کروموزوم را دریافت می‌کند (یک جواب مسئله) و به عنوان خروجی عددی را مبتنی بر میزان بودن کرومزوم نسبت به جواب نهایی بر می‌گرداند (تاج الدینی، ۱۳۹۱). انتخاب: این عملگر از بین کروموزوم‌های موجود در یک جمعیت، تعدادی کروموزوم را باهم ترکیب می‌کند تا شاید کروموزوم‌های فرزند حاصل از ترکیب، از کروموزم‌های والد بهتر باشند. به‌طورمعمول عملگر ترکیب روی یک جفت از کروموزوم‌ها عمل می‌کند و یک یا دو فرزند برای هر جفت تولید می‌شود. عملگرهای ژنتیک: که برای تولید اعضای جدید و تکامل تدریجی بکار می‌روند (رضایی و همکاران، ۱۳۹۱).

با توجه به قابلیت‌های ذکر شده در خصوص الگوریتم ژنتیک، در این مطالعه برای تعیین الگوی زراعی کشت بهینه، از الگوریتم ژنتیک استفاده خواهد شد. پارامترهای مورد استفاده به‌منظور بهینه‌سازی سطح زیرکشت توسط الگوریتم ژنتیک در جدول (۱) ارئه شده است.

جدول (۱) پارامترهای الگوریتم ژنتیک

تعداد	جمعیت	احتمال ترکیب	احتمال
۵۰۰	۲۰۰	۰/۵	۰/۰۲

سناریو اول: حداکثر سازی بازده اقتصادی

در این سناریو مقصود از حداکثر سازی بازده اقتصادی، تعیین ترکیبی از محصولات برای کشت که همواره باعث بیشینه شدن سود کشاورزان شود. تابع هدف جهت حداکثر سازی سود در رابطه (۱) نشان داده شده است (Annepu et all,2011):

$$Maximize\ Profit\ (z_1) = \sum_{c=1}^{C}\sum_{s=1}^{S}\ [MSP]_{cs} * [PR]_{cs} * [H]_{cs} - \sum_{c=1}^{C}\sum_{s=1}^{S}\ [HP]_{cs} * [PR]_{cs} * [H]_{cs} \quad (۱)$$

سناریو دوم: حداکثر سازی تولید

هدف از این سناریو ارائه سطح زیر کشت بهینه جهت بدست آوردن حداکثر تولید در واحد سطح می‌باشد. با توجه به اینکه منطقه‌ی مورد مطالعه مستعد کشت محصولات اساسی نظیر گندم، برنج، جو و دانه‌های روغنی است، به ارمغان آوردن هدف حداکثر تولید برای این محصولات، کمک بسزایی در رسیدن به خودکفایی در تولید این محصولات استراتژیک می‌کند. تابع هدف جهت حداکثر سازی تولید (Annepu et all,2011):

$$Maximize\ Production\ (z_2) = \sum_{c=1}^{C}\sum_{s=1}^{S}\ [H]_{cs} * [PR]_{cs} \quad (۲)$$

سناریو سوم: حداکثر سازی همزمان تولید و سود

در این سناریو به‌دنبال ارائه سطح زیر کشت مطلوبی از محصولات زراعی که به‌طور همزمان باعث بیشینه‌سازی

سود و حداکثر کردن تولید کشاورزان شود، می‌باشیم. تابع هدف سناریو سوم در زیر ارائه شده است.

$$Maximize\ (z_3) = \sum_{c=1}^{C} \sum_{s=1}^{S} [H]_{cs} * [PR]_{cs} + [[MSP]_{cs} * [PR]_{cs} * [H]_{cs} - [HP]_{cs} * [PR]_{cs} * [H]_{cs}] \quad (۳)$$

در طرح‌های کشاورزی، تخصیص بهینه زمین به محصولات مختلف با توجه به محدودیت‌ها و قیدهای به‌خصوصی تعیین می‌شوند. اهداف بهینه‌سازی در این تحقیق با توجه به این محدودیت‌ها تعیین شده‌اند که عبارتند از:

محدودیت زمین:

$$\sum_{c=1}^{C} \sum_{s=1}^{S} [H]_{cs} \leq L \quad (۴)$$

$$If\ [H]_{c,s}\ for\ all\ c = 0, s = 1,2, \dots, S$$
$$\sum_{c=1}^{C} \sum_{s=1}^{S-1} [H]_{c,s-1} - \sum_{c=1}^{C} \sum_{s=1}^{S-s+1} [H] = 0\ for\ s = 2,3, \dots S \quad (۵)$$

با توجه به این محدودیت، مقدار زمین‌های تخصیص داده شده جهت تولید محصولات مختلف، نمی‌تواند از مجموع زمین‌های قابل کشت بیشتر باشد. پس از برداشت محصول در یک فصل، زمین‌های موجود می‌توانند برای کشت محصولات در فصل آینده مجدداً مورد استفاده قرار گیرند.

محدودیت نیروی کار

$$\sum_{c=1}^{C} \sum_{s=1}^{S} [md]_{cs} * [H]_{cs} \leq EMD \quad (۶)$$

محدودیت ماشین‌آلات

$$\sum_{c=1}^{C} \sum_{s=1}^{S} [mh]_{cs} * [H]_{cs} \leq EMH \quad (۷)$$

محدودیت آب در دسترس

$$\sum_{c=1}^{C} \sum_{s=1}^{S} [WC]_{cs} * [H]_{cs} \leq [WA]_{cs}\ for\ s = 1,2, \dots S \quad (۸)$$

محدودیت سرمایه

$$\sum_{c=1}^{C} \sum_{s=1}^{S} [TVC]_{cs} * [H]_{cs} \leq TCA \quad (۹)$$

محدودیت کود شیمیایی

$$\sum_{c=1}^{C} \sum_{s=1}^{S} [f]_{cs} * [H]_{cs} \leq F \quad (۱۰)$$

محدودیت سم

$$\sum_{c=1}^{C} \sum_{s=1}^{S} [p]_{cs} * [H]_{cs} \leq P \quad (۱۱)$$

در روابط (۱) تا (۱۱)، L: کل سطح زیر کشت (هکتار)، $[H]_c$: سطح زیر کشت مورد نیاز برای تولید محصول c، EMD: نیروی کار موجود در روز، $[Md]_{c,s}$: نیروی کار مورد نیاز در واحد روز از زمین کشت‌شده برای محصول c، EMH: کل ساعت‌های در دسترس ماشین آلات، $[mh]_c$: ساعات ماشین الات مورد نیاز برای عملیات خاک ورزی در یک هکتار زمین کشت شده برای محصول c، WA: مقدار کل آب در دسترس موجود در فصل s، $[WC]_c$: مقدار آب مصرف شده در هر هکتار از زمین در طول یک فصل برای محصول c، [PR]: تولید حاصل از کشت یک هکتار از محصولات مختلف در طول دوره، $[HP]_{c,s}$: قیمت محصول cدر فصل برداشت، $[MSP]_{c,s}$: حداقل قیمت تضمینی تعیین شده توسط دولت برای محصول c ، $[N+P+K]_{c,s}$: نیتروژن، فسفر و پتاسیم مورد نیاز برای کشت محصول c در هر هکتار، [P]: کل سم در دسترس برای تولید محصول c، $[p]_{c,s}$: مقدار سم مورد نیاز برای تولید محصول c در هر هکتار، [F] : کل سرمایه موجود برای تهیه کودهای شیمیایی، $[f]_{c,s}$: هزینه کود مورد نیاز برای کشت محصول c در هر هکتار، $[TVC]_{c,s}$: کل سرمایه در دسترس نقدی موجود، $[TCA]_{c,s}$: هزینه‌های متغیر کل مورد نیاز برای تولید محصول c در هر هکتار می‌باشند.

نیاز آبیاری

اولین گام برای مدیریت مصرف آب در بخش کشاورزی، محاسبه نیاز آبی محصول[1] (CWR) است. برای محاسبه نیاز آبی گیاه، اولین گام محاسبه تبخیر و تعرق مرجع[2] (ET_0) است. در این پژوهش برای به‌دست آوردن

[1] Crop Water Requirement

[2] Evapotranspiration

تبخیر و تعرق مرجع از معادله فائو-پنمن-مونتیث[1] استفاده شد (Allen et al. 1994).

$$ET_0 = \frac{0.408\Delta(R_n-G)+\gamma\frac{900}{T+273}U_2(e_s-e_a)}{\Delta+\gamma(1+0.34U_2)} \quad (۱۲)$$

که:

ET، تبخیر-تعرق مرجع (میلی‌متر بر روز)، R_n، تابش خالص خورشید در سطح پوشش گیاهی (مگاژول بر متر مربع در روز)، G، جریان حرارت خاک (مگاژول بر متر مربع در روز)، T، میانگین دمای هوای روزانه (سانتی‌گراد)، U_2، سرعت باد در ارتفاع دو متری (متر بر ثانیه)، e_s، فشار بخار اشباع (کیلوپاسکال)، e_a، فشار بخار واقعی هوا (کیلوپاسکال)، $e_s - e_a$، کسری فشار بخار اشباع (کیلو پاسکال)، Δ، شیب منحنی فشار بخار (کیلوپاسکال بر درجه سانتی‌گراد) و γ، ظریب رطوبتی (کیلوپاسکال بر درجه سانتی‌گراد) می‌باشد.

پس از محاسبه تبخیر تعرق مرجع، مقدار تبخیر تعرق محصول (ET_C) از طریق معادله (۱۳) محاسبه شد (Hekmatnia et al. 2020).

$$ET_c = ET_0 \times K_c \quad (۱۳)$$

در معادله (۱۳)، K_c متوسط ضریب گیاهی است که با درنظر گرفتن موقعیت آب و هوایی، تاریخ کاشت و دوره رشد گیاه تعیین می‌شود. در این مطالعه از مقادیر فائو برای ضریب گیاهی محصولات استفاده شد. پس از محاسبه تبخیر-تعرق، مقدار نیاز آبی (CWR) از طریق معادله (۱۴) محاسبه شد (Allen et al. 1994).

$$CWR = ET_c \times A \quad (۱۴)$$

در معادله (۱۴)، A سطح زیر کشت می‌باشد. در این تحقیق به‌منظور تعیین نیاز آبی گیاه از پارامترهای حداقل و حداکثر دمای ماهانه، بارندگی ماهانه، رطوبت نسبی، تعداد ساعات آفتابی در روز، سرعت باد، ضریب گیاهی، بارش موثر و تبخیر و تعرق مرجع در محیط نرم‌افزار CROPWAT ورژن ۸ برای کل طول مراحل رشد استفاده شد. داده‌های اقلیمی مورد نیاز از اداره هواشناسی شهرستان گرگان استخراج گردید.

نتایج و بحث

در این تحقیق محصولات عمده زراعی مورد کشت در شهرستان گرگان مورد مطالعه قرار می‌گیرد این محصولات شامل گندم، کلزا، جو، باقلا، برنج، سیب‌زمینی، گوجه، سویا، ذرت علوفه‌ای و نخود فرنگی می‌باشند. ارائه الگوی کشت بهینه با استفاده از الگوریتم ژنتیک تحت سه سناریو حداکثرسازی سود، حداکثرسازی تولید و حداکثرسازی همزمان سود و تولید انجام شد. در تحقیق حاضر جهت طبقه‌بندی آمار و اطلاعات تحقیق از نرم افزار Excel، کد نویسی و حل توابع هدف الگوریتم ژنتیک در محیط نرم افزار MATLAB و محاسبه نیاز آبیاری محصولات در محیط نرم‌افزار CROPWAT انجام شد.

سناریو اول: حداکثر سازی سود (SC1)

در جدول (۱) نتایج حاصل از بهینه‌سازی الگوی کشت با هدف حداکثرسازی سود با استفاده از روش الگوریتم ژنتیک ارائه شده است. با توجه به نتایج ارائه شده در جدول (۱)، وقتی که هدف کشاورزان از تولید، حداکثر سازی سود باشد، محصولات جو، و ذرت علوفه‌ای به دلیل کم‌تر بودن ارزش اقتصادی نسبت به سایر محصولات، از الگوی زراعی حذف می‌شوند و سطح زیر کشت برنج، پنبه و باقلا کاهش، سطح زیر کشت گندم، آفتاب‌گردان و سویا افزایش می‌یابد که با نتایج میرزایی و همکاران (۱۳۹۵) همخوانی دارد. میرزایی و همکاران (۱۳۹۵) با استفاده از الگوریتم ژنتیک به تعیین الگوی بهینه کشت محصولات کشاورزی واقع در شبکه آبیاری و زهکشی سد گلستان پرداختند. نتایج نشان داد با هدف حداکثر سازی سود، محصولات آفتاب‌گردان، سویا و گندم در الگوی بهینه کشت قرار می‌گیرند. بیشترین سطح زیر کشت در الگوی بهینه مربوط به محصول گندم می‌باشد که علت آن را می‌توان به وجود سیاست‌های حمایتی نظیر سیاست خرید

[1] FAO Penman-Monteith

تضمینی توسط دولت و نبود ریسک قیمتی برای این محصول عنوان کرد. محصول برنج با وجود سود مناسب، به‌دلیل محدودیت موجود در آب سطح زیر کشت آن در الگوی بهینه کاهش یافته و در خصوص محصول پنبه، علاوه بر محدودیت موجود در آب، به دلیل استفاده قابل توجه از ماشین‌آلات، سطح زیر کشت آن در الگوی بهینه کاهش یافته است. نتایج این بخش با نتایج تحقیق علی پور و موسوی (۱۳۹۷) همخوانی دارد. علی پور و موسوی (۱۳۹۷) الگوی بهینه زراعی محصولات کشاورزی شهرستان گرگان را با روش برنامه‌ریزی ریاضی چند معیاره به‌منظور افزایش سودآوری با تاکید بر کاهش مصرف آب محاسبه کردند. نتایج نشان داد محصول جو حذف و محصولات گندم، کلزا، پنبه و یونجه الگوی بهینه کشت را تشکیل می‌دهند.

جدول (۲): الگوی بهینه کشت برای حداکثر سازی سود (هکتار)

محصولات	سطح زیر کشت بهینه	سطح زیر کشت فعلی	درصد تغییر
گندم	۲۶۰۸۳	۲۲۴۲۰	%۱۶/۳۴
جو	۰	۱۳۱۱	-۱۰۰%
برنج	۲۳۸۷	۵۹۱۱	-۵۹/۶۲%
آفتاب گردان	۹۳۴	۸	۱۱۵۷۵%
سویا	۲۲۳۷۱	۲۰۹۷۴	۶/۶۶%
باقلا	۷۱۶	۱۰۴۱	-۳۱/۲۲%
پنبه	۳۰۷	۳۵۰	-۱۲/۲۹%
ذرت	۰	۷۸۳	-۱۰۰%

سناریو دوم: حداکثر سازی تولید (SC2)

در سناریو (SC2)، سطح زیر کشت بهینه برای حداکثر سازی تولیدات کشاورزان در جدول (۳) ارائه شده است. در سناریو (SC2) سطح زیر کشت محصولات گندم، جو، آفتاب‌گردان و سویا در راستای رسیدن به خودکفایی در تولید این محصولات افزایش می‌یابد. سطح زیر کشت محصول برنج کاهش و سطح زیر کشت محصولات پنبه، باقلا و ذرت علوفه‌ای از الگوی کشت حذف شده‌اند. نتایج سناریو (SC2) با نتایج ستوده و همکاران (۱۳۹۳) همخوانی دارد. ستوده و همکاران (۱۳۹۳) با استفاده از مدل برنامه‌ریزی آرمانی فازی به تعیین الگوی کشت بهینه محصولات زراعی شهرستان گرگان پرداختند. نتایج نشان داد در سطح زیرکشت مطلوب به‌منظور خودکفایی، محصولات پنبه آبی و ذرت علوفه‌ای آبی از الگوی بهینه حذف و سطح زیرکشت گندم دیم، آفتاب‌گردان آبی، برنج، جو آبی و سویا آبی افزایش می‌یابد.

جدول (۳): الگوی بهینه کشت برای حداکثر سازی تولید (هکتار)

محصولات	سطح زیر کشت بهینه	سطح زیر کشت فعلی	درصد تغییر
گندم	۲۶۰۸۳	۲۲۴۲۰	۱۶/۳۴%
جو	۱۵۷۹/۲۷	۱۳۱۱	۲۰/۴۶%
برنج	۲۱۶۸/۳۲	۵۹۱۱	-۲۲/۶۳%
آفتاب گردان	۱۱۴۷/۶۳	۸	۱۴۲۵/۳۸%
سویا	۲۱۸۱۹/۷۸	۲۰۹۷۴	۴/۰۳%
باقلا	۰	۱۰۴۱	-۱۰۰%
پنبه	۰	۳۵۰	-۱۰۰%
ذرت	۰	۷۸۳	-۱۰۰%

سناریو سوم: حداکثر سازی همزمان تولید و سود (SC3)

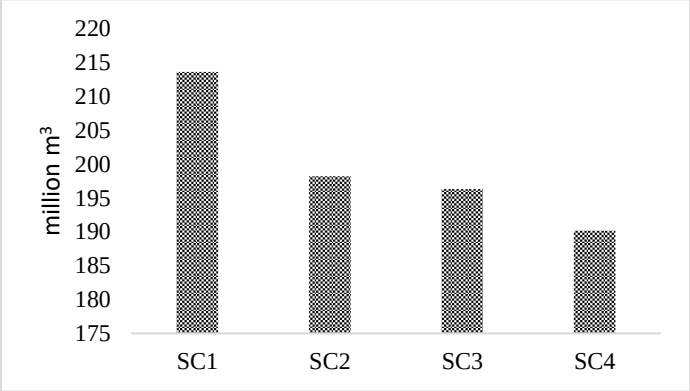
در سناریو (SC3) هدف ارائه الگوی کشت بهینه همزمان سود و تولید، است. نتایج (SC3) در جدول (۴) ارائه شده است. بر اساس نتایج بهینه‌سازی حاصل از الگوریتم ژنتیک که در جدول (۴) ارائه شده است، در الگوی کشت بهینه پیشنهادی نسب به الگوی زراعی فعلی منطقه، محصول ذرت علوفه‌ای از الگوی کشت حذف می‌شود، سطح زیر کشت برنج، جو، پنبه و باقلا کاهش می‌یابد. سطح زیر کشت گندم، سویا و آفتاب‌گردان افزایش می‌یابد. بیشترین سطح زیر کشت در سناریو (SC۳) مربوط به محصول گندم با سطح زیر کشت ۲۶۰۸۳ هکتار و سویا با سطح زیر کشت ۲۱۵۲۳/۰۸ هکتار می‌باشد. کمترین میزان سطح زیر کشت به پنبه با ۲۷۳/۹۱ هکتار اختصاص داده شده است. نتایج سناریو (SC4) با نتایج ملک‌نیا و همکاران (۱۳۹۲) و ستوده و همکاران (۱۳۹۳) مطابقت دارد. ملک‌نیا و همکاران (۱۳۹۲) الگوی بهینه کشت محصولات زراعی شهرستان گرگان را با کمک مدل برنامه‌ریزی آرمانی ترتیبی توسعه یافته تعیین کردند. نتایج نشان داد محصولات گندم، پنبه و باقلا در الگوی بهینه کشت قرار دارند و محصولات کلزا، برنج، سیب‌زمینی و گوجه فرنگی از الگوی بهینه کشت حذف شده اند. ستوده و همکاران (۱۳۹۳) با استفاده از مدل برنامه‌ریزی آرمانی فازی تحت سناریو حداکثرسازی هم‌زمان سود و تولید محصولات برنج و ذرت علوفه‌ای از الگوی کشت حذف و سطح زیرکشت پنبه آبی، آفتاب‌گردان آبی، سویا آبی، گندم دیم و جو آبی افزایش می‌یابد.

جدول (۴) الگوی بهینه کشت با هدف حداکثر سازی تولید و سود (هکتار)

محصولات	سطح زیر کشت بهینه	سطح زیر کشت فعلی	درصد تغییر
گندم	۲۶۰۸۳	۲۲۴۲۰	۱۶/۳۴%
جو	۱۲۸۳/۷۸	۱۳۱۱	-۲/۰۸%
برنج	۱۰۲۹/۶۱	۵۹۱۱	-۸۲/۵۸%
آفتاب گردان	۱۸۱۲/۴۹	۸	۲۲۵۵۶/۱۳%
سویا	۲۱۵۲۳/۰۸	۲۰۹۷۴	۲/۶۲%
باقلا	۷۹۲/۳۳	۱۰۴۱	-۲۳/۸۹%
پنبه	۲۷۳/۷۱	۳۵۰	-۲۱/۸۰%
ذرت	۰	۷۸۳	-۱۰۰%

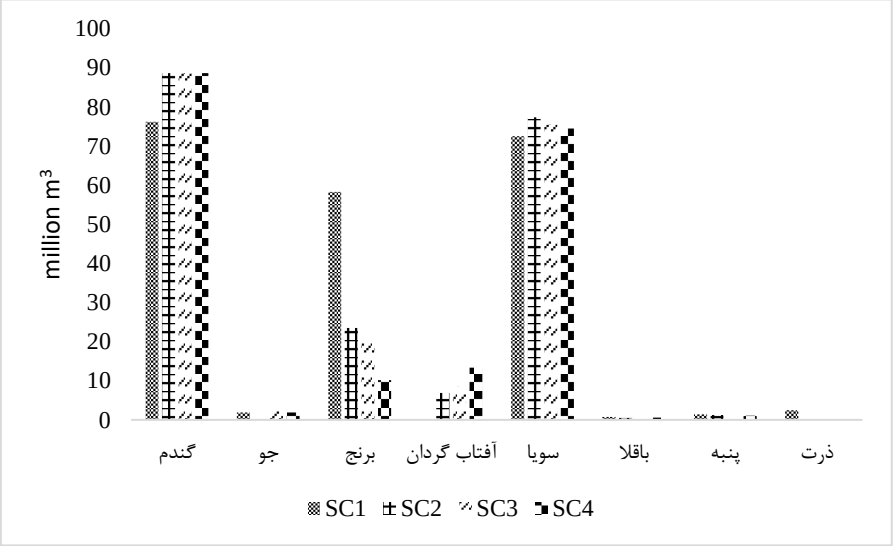
مصرف آب در سناریوهای مختلف

در شکل (۱) میزان مصرف آب در سناریوهای مختلف مدیریتی ارائه شده است. در سناریو (SC1) که نشان‌دهنده وضعیت پایه است، کل میزان مصرف آب برای تولید محصولات کشاورزی m^3 ۱۰^۶ × ۲۱۳/۶۲۶ محاسبه شد. در سناریو (SC2) که هدف حداکثرسازی سود است مقدار مصرف آب m^3 ۱۰^۶ × ۱۹۸/۲۲۴ است. در سناریو (SC3) که هدف حداکثرسازی تولید در راستای خودکفایی است مقدار مصرف آب m^3 ۱۰^۶ × ۱۹۶/۳۰۸ می‌باشد. در سناریو (SC4) که هدف حداکثرسازی همزمان سود و تولید است مقدار مصرف آب m^3 ۱۰^۶ × ۱۹۰/۱۵۹ محاسبه شد. بنابراین کشاورزان با بکارگیری سناریو (SC4) حداکثر سود و تولید را بدست می‌آورند و در مصرف آب نسبت به وضعیت فعلی (SC1) به اندازه m^3 ۱۰^۶ × ۲۳/۴۲۷ صرفه‌جویی می‌شود.



شکل (۱): مصرف آب در سناریوهای مختلف

در شکل (۲) میزان مصرف آب محصولات مورد مطالعه در الگوی کشت فعلی و بهینه ارائه شده است. در الگوی کشت فعلی بیشترین میزان مصرف آب مربوط به محصولات گندم (m^3 ۱۰^۶ × ۷۶/۲۲۸)، برنج (m^3 ۱۰^۶ × ۵۸/۲۹۴) و سویا (m^3 ۱۰^۶ × ۷۲/۵۷۰) می‌باشد که علت این امر بالا بودن سطح زیر کشت این محصولات نسبت به محصولات دیگر است. با اعمال الگوی بهینه کشت جهت حداکثر رساندن سود کشاورزان، مصرف آب محصول گندم نسبت به وضعیت فعلی افزایش یافته است. در این سناریو میزان مصرف آب برای تولید گندم به m^3 ۱۰^۶ × ۸۸/۶۸۲ رسیده است. زیرا سطح زیر کشت گندم نسبت به وضعیت فعلی ۱۶/۳۴درصد افزایش یافته است. در الگوی کشت بهینه جهت حداکثر سازی سود مقدار مصرف آب برنج کاهش یافته و به m^3 ۱۰^۶ × ۲۳/۵۴۰ رسیده است. همچنین مقدار مصرف آب محصول آفتاب‌گردان از m^3 ۱۰^۶ × ۰/۰۵۸ به m^3 ۱۰^۶ × ۶/۸۷۴ افزایش می‌یابد. در سناریو (SC3) که هدف حداکثر سازی تولید است میزان مصرف آب برای تولید گندم m^3 ۱۰^۶ × ۸۸/۶۸۲ است. سپس بیشترین میزان مصرف آب مربوط به محصولات سویا m^3 ۱۰^۶ × ۷۵/۴۹۶، برنج m^3 ۱۰^۶ × ۲۱/۳۸۳ و آفتاب‌گردان m^3 ۱۰^۶ × ۸/۴۴۶ است. در سناریو (SC4) که هدف حداکثر سازی همزمان سود و تولید است نیز بیشترین میزان مصرف آب مربوط به محصولات گندم (m^3 ۱۰^۶ × ۸۸/۶۸۲)، سویا (m^3 ۱۰^۶ × ۷۴/۴۶۹)، آفتاب‌گردان (m^3 ۱۰^۶ × ۱۳/۳۳۹) و برنج (m^3 ۱۰^۶ × ۱۰/۱۵۴) است. در سناریو (SC4) نسبه به سناریو (SC1) مصرف آب محصول گندم m^3 ۱۰^۶ × ۱۲/۴۵۴ افزایش، مصرف آب برنج m^3 ۱۰^۶ × ۴۸/۱۱۴ کاهش، آفتاب گردان m^3 ۱۰^۶ × ۱۳/۲۸۱ افزایش، سویا m^3 ۱۰^۶ × ۱/۸۹۹ افزایش یافته است.



شکل (۲): مصرف آب محصولات کشاورزی در سناریوهای مختلف

نتیجه‌گیری

هدف این پژوهش ارائه الگوی بهینه کشت محصولات زراعی شهرستان گرگان می‌باشد. عمده محصولات تولیدی در این شهر شامل گندم، جو، برنج، سویا، آفتاب گردان، باقلا، پنبه و ذرت علوفه‌ای می‌باشد. در این راستا از الگوریتم ژنتیک جهت بهینه‌سازی الگوی کشت استفاده شد. این تحقیق تحت سه سناریو حداکثر سازی سود، حداکثر سازی تولید، حداکثرسازی همزمان سود و تولید انجام شد. یافته‌های تحقیق نشان داد محصول ذرت علوفه‌ای در تمام سناریوهای بهینه‌سازی، از الگوی کشت حذف شده، محصولات گندم و سویا بیشترین سطح زیرکشت را در تمام سناریوها به خود اختصاص داده‌اند. سطح زیر کشت برنج نسبت به الگوی کشت فعلی منطقه، در تمام سناریوهای بهینه‌سازی کاهش یافته است. سطح زیر کشت محصولات آفتاب گردان و سویا در هر سه سناریو افزایش یافته و جایگزین محصول برنج و ذرت علوفه‌ای شده‌اند. کمترین میزان سطح زیرکشت در هر سه سناریو نیز مربوط به محصول پنبه می‌باشد که از دلایل آن می‌توان به مصرف آب بالا، سودآوری پایین نسبت به سایر محصولات و محدودیت در منابع تولیدی عنوان کرد. بر اساس یافته‌های تحقیق، پیشنهاد می‌شود کشاورزان گرگان جهت دستیابی همزمان به اهداف بیشینه سازی سود و تولید، الگوی زراعی منطقه را به سمت تولید محصولات گندم، سویا، آفتاب‌گردان، برنج، جو و پنبه تغییر دهند. با توجه به اینکه برنج یک محصول استراتژیک است، پیشنهاد می‌شود از ارقام پرمحصول برنج جهت افزایش عملکرد در واحد سطح و افزایش سودآوری برای کشاورزان، در این منطقه استفاده شود. همچنین محصول پنبه نیز به عنوان طلای سفید در این منطقه معروف بوده است و پتانسیل بالایی برای تولید این محصول در این منطقه وجود دارد و بر این اساس اعمال سیاست‌های حمایتی، ارائه تسهیلات مناسب و بذرهای پربازده جهت افزایش تولید و بهره‌وری این محصول پیشنهاد می‌شود. با توجه به اختلاف موجود بین سطح زیرکشت بهینه و فعلی منطقه، پیشنهاد می‌شود اقدامات آموزشی و ترویجی در جهت افزایش آگاهی کشاورزان منطقه انجام شود.

منابع

احمد پور برازجانی، م.، م. عوض یار، و س ضیائی. ۱۳۹۷. بهینه سازی الگوی کشت جهت افزایش بازده آبیاری در اراضی پایاب سد ملاصدرا در استان فارس، دوره ۱۱، شماره ۳۶ - شماره پیاپی ۱، بهار ۱۳۹۷، صفحه ۲۱-۳۲.

آزادگان، ع.، ف. رستگاری پور، و م. صبوحی. ۱۳۹۲. تعیین برنامه زراعی شهرستان سبزوار با .۸۱- استفاده از برنامه ریزی دو نوا. نشریه اقتصاد و توسعه کشاورزی. جلد .۲۷ شماره .۱ ص ۸ – ۱۵.

اوهب یزدی.، ع، آ. احمدی، و ع. نیکویی. ۱۳۹۲. به‌کارگیری ابزارهای اقتصادی در افزایش بهره‌وری آب: مطالعه موردی حوضه آبریز زاینده‌رو'، تحقیقات منابع آب ایران, دوره ۱۰، شماره ۱، بهار ۱۳۹۳، صفحه ۶۳-۷۱.

باولی.، م. ۱۳۹۲. تعادل بخشی منابع آب زیرزمینی با تاکید بر بهینه سازی الگوی زراعی پایدار (دشت ماهیدشت) پایان نامه کارشناسی ارشد.

تاج الدینی.، ر. ۱۳۹۱. مدل سازی و تخصیص بهینه منابع آب با استفاده از الگوریتم ژنتیک و شرایط عدم قطعیت های بازه‌ای (مطالعه موردی شهرستان بندر عباس)، پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه شهید باهنر کرمان.

ترابی دشتی.، م. ۱۳۷۷. الگوریتم ژنتیک و افق های نوین در رمز گشایی. مجموعه مقالات سیستم های هوشمند. دانشگاه صنعتی شریف، تهران.

حکمت نیا، م.، حسینی، م.، صفدری، م. ۱۳۹۹. مدیریت منابع آب کشاورزی استان سیستان و بلوچستان از دیدگاه آب مجازی. نشریه علمی پژوهشی مهندسی آبیاری و آب ایران 149-137 ,11(1) ,

خاشعی سیوکی، ع.، قهرمان، ب .و کوچک زاده، م .۱۳۹۲ . کاربرد تخصیص و مدیریت آب کشاورزی با استفاده از تکنیک بهینه سازی PSO مطالعه موردی :دشت نیشابور. نشریه آب و خاک، ۲۷- ۲۹۰-۳۰۳.

دوست.، ی. ۱۳۹۴. بهین هسازی الگوی کشت و تخصیص آب کشاورزی دشت قزوین با استفاده از الگوریتم فاخته و ژنتیک، پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه زابل.

رضایی.، ز. آ. دوراندیش، و آ. نوبهار. ۱۳۹۱. تعیین الگوی بهینه کشت تحت سه استراتژی اقتصادی، اجتماعی و زیست محیطی با کاربرد الگوریتم ژنتیک. هشتمین همایش دوسالانه اقتصاد کشاورزی ایران. شیراز. صفحه ۱۶۰۷ – ۱۶۱۵.

شفیعی، ر. ۱۳۹۰. تعیین الگوی کشت بهینه محصولات با استفاده از برنامه ریزی خطی(شهرستان بشرویه) اولین همایش منطقه ای توسعه منابع آب.

صبوحی صابونی.، م. و م. الوانچی. ۱۳۸۷، کاربرد برنامه ریزی چند منظوره و توافقی در برنامه ریزی زراعی: مطالعه موردی خراسان رضوی، علوم کشاورزی و منابع طبیعی دوره (۱۵)، شماره (۳)، سال، صفحات (۱-۱۵)

کاظمی.، ح. ز. طهماسبی سروستانی، ب. کامکار، ش. شتایی، و س. صادقی. ۱۳۹۵. تدوین الگوی کشت بهینه برای استان گلستان با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی .(GIS) پژوهش های آبخیزداری. (۱) ۲۹.

میرزایی.، ش. م. ذاکری‌نیا، ح. شریفان، و م. شهابی‌فر، ۱۳۹۴. تعیین الگوی کشت بهینه با روش بیشینه- کمینه (MMAS) سیستم مورچه‌گان) مطالعه موردی: شبکه آبیاری و زهکشی سد گلستان ,نشریه آبیاری و زهکشی ایران, دوره ۹، شماره ۱، فروردین و اردیبهشت ۱۳۹۴، صفحه ۶۶-۷۴.

نظری‌فر.، م. ا. سالاری، و ر. مومنی، .۱۳۹۷. توسعه یک مدل برنامه‌ریزی غیرخطی برای تعیین الگوی کشت بهینه در شرایط کم‌آبیاری ,'تحقیقات آب و خاک ایران, دوره ۴۹، شماره ۵، آذر و دی ۱۳۹۷، صفحه ۱۰۵۵-۱۰۷۰.

ملک نیا، ک. و ع. دوراندیش. .۱۳۹۲. تعیین الگوی بهینه کشت با هدف تولید محصولات زراعی ارگانیک به کمک رهیافت برنامه ریزی آرمانی ترتیبی توسعه یافته (ELGP)،(مطالعه موردی: شهرستان گرگان). دومین کنگره ملی کشاورزی ارگانیک و مرسوم.

Annepu, G., Subbaiah, K.V. and Kandukuri, N.R., 2011. LAND ALLOCATION STRATEGIES THROUGH GENETIC ALGORITHM APPROACHâ€“A CASE STUDY. *Global Journal of Research In Engineering*, *11*(4).

Majeke, F., Ticharwa Mubvuma, M., Makaza, K., and Mutambara, J. 2013. Optimum combination of crop farm activities: Application of a Linear Programming Model. Greener journal of Economics and Accountancy. 2 (2): 058-061.

Rao, S. S. 1984. "Optimization Theory and Application", Second edition, John Wiley and Sons: 1247p.

Sarker, R.A., M.A. Quaddus. 2002. Modelling a nationwide crop planning problem using a multiple criteria decision making tool, Computers and Industrial Engineering, 42: 541-553.

Singh, A., and Panda, S. N. 2012. Development and application of an optimization model for the maximization of net agricultural water Management. (115): 267- 275.

Yeh, J. Y., and Lin, W. S. 2007. Using simulation technique and genetic algorithm to improve the quality care of a hospital emergency department. Expert Systems with Applications, *32*(4), 1073-1083.

Optimization of Agricultural Cropping Pattern in order to Water Use Management in Gorgan

Hoseyn Jahantigh[1]

Abstract

Agricultural development depends on the optimal use of resources and the optimal use of resources depends on the optimal allocation of agricultural land to different crops. Every farmer cultivates different crops during a growing season, but there is no certainty that this cropping pattern used by the farmer is the optimal cropping pattern. Considering the importance and role of optimal cultivation pattern in the sustainable production of agricultural products, the purpose of this study is to present the optimal cultivation pattern of crops in Gorgan under three scenarios: optimization of economic efficiency, production maximization and simultaneous maximization of economic efficiency and production with emphasis on Water consumption management. In this regard, in order to achieve the optimal cultivation pattern with the desired goals, the genetic algorithm was used and to obtain the need for irrigation, CROPWAT software was used. The studied crops include wheat, barley, and rice, soybeans, sunflower, beans, and cotton and fodder corn. The results showed that the current cultivation pattern of the region was not optimal. Based on the results of optimization with a genetic algorithm, forage corn crop has been removed from the crop pattern and the area under rice cultivation has decreased compared to the current crop pattern in the region, in all optimization scenarios. The area under sunflower and soybean crops increased in all three scenarios and replaced rice and fodder corn crops. Wheat and soybean crops have the highest area under cultivation in optimization scenarios and the lowest area under cultivation in all three scenarios is related to cotton. In the current situation, the total water consumption is 213.626×10^6 m^3, which decreases to 234.277×10^6 m^3 after optimization.

Keywords: Optimal cultivation pattern, Genetic algorithm, Gorgan, Water shortage.

[1] Assistant Professor, Saravan Higher Education Complex, iran

Research Paper

Optimization of Agricultural Cropping Pattern in order to Water Use Management in Gorgan

Hoseyn Jahantigh[1]

[1] Assistant Professor, Saravan Higher Education Complex, iran

10.22125/iwe.2021.270652.1478

Received: **January.28.2021**
Accepted: **May.05.2021**
Available online: **March.13.2022**

Keywords:
Optimal cultivation pattern, Genetic algorithm, Gorgan, Water shortage

Abstract

Agricultural development depends on the optimal use of resources and the optimal use of resources depends on the optimal allocation of agricultural land to different crops. Every farmer cultivates different crops during a growing season, but there is no certainty that this cropping pattern used by the farmer is the optimal cropping pattern. Considering the importance and role of optimal cultivation pattern in the sustainable production of agricultural products, the purpose of this study is to present the optimal cultivation pattern of crops in Gorgan under three scenarios: optimization of economic efficiency, production maximization and simultaneous maximization of economic efficiency and production with emphasis on Water consumption management. In this regard, in order to achieve the optimal cultivation pattern with the desired goals, the genetic algorithm was used and to obtain the need for irrigation, CROPWAT software was used. The studied crops include wheat, barley, and rice, soybeans, sunflower, beans, and cotton and fodder corn. The results showed that the current cultivation pattern of the region was not optimal. Based on the results of optimization with a genetic algorithm, forage corn crop has been removed from the crop pattern and the area under rice cultivation has decreased compared to the current crop pattern in the region, in all optimization scenarios. The area under sunflower and soybean crops increased in all three scenarios and replaced rice and fodder corn crops. Wheat and soybean crops have the highest area under cultivation in optimization scenarios and the lowest area under cultivation in all three scenarios is related to cotton. In the current situation, the total water consumption is 213.626×10^6 m^3, which decreases to 234.277×10^6 m^3 after optimization.

1. Introduction

The agricultural sector is a more significant component of the country's economy and plays a decisive role in food security, work, and the national economy. The share of the agricultural sector in the employment of the country is 25%. By producing 85% of the food of the society, it has a high-risk responsibility to ensure food security. Due to population growth and consequently increasing demand, there is a need to produce more crops. One way is to increase the size under cultivation. However, developing countries such as Iran are forced to lose land due to population growth and industrialization. Therefore, crop production per hectare of land must be increased through the proper use of production resources. As a result, it is necessary to use scarce resources and inputs such as water, fertile land, capital, seeds, fertilizers, labor, etc. in this sector to optimally reduce the loss of resources, increase revenue and profitability of the agricultural sector. In the production of agricultural products, farmers seek to maximize the income and profits from their activities. Every farmer believes that in different ways he can maximize the expected profit from his action. It is as if, using experience, he grows different crops during a crop season, but there is no certainty that this crop pattern used by the farmer will maximize profits. As a result, finding a way to convince any agricultural activist to produce specific products with a certain amount, to simultaneously achieve the two goals of maximizing profits and income, as well as optimal use of limited resources available, can be beneficial and justify our research.

2. Materials and Methods

One of the solutions to improve agricultural plans is optimization. The purpose of an optimization problem is to show the best acceptable answer, given the limitations and needs of the problem under consideration. With the help of the optimization technique, the most suitable crop pattern can be predicted to maximize the yield of one year or one crop season. According to studies, the application of genetic algorithms in optimizing complex and nonlinear problems in various subjects, in recent years has received more attention from researchers. In the present study, due to the complexity of the issue, the number of decision variables, and the dimensions of the problem, the genetic algorithm method, which requires fewer calculations and more efficient than other methods, determines the optimal crop pattern and density of crops in the region

3. Discussion and Conclusion

When farmers' goal of production is to maximize profits, barley and fodder corn are removed from the crop pattern due to their lower economic value than other crops, and the size under rice, cotton, and beans is reduced, and the size under wheat is reduced. Sunflower and soybeans increase. The highest size under cultivation in the optimal pattern is related to the wheat crop, which can be attributed to the existence of supportive policies such as the policy of guaranteed purchase by the government and the lack of price risk for this crop. Rice crop, despite its good profitability, due to the limitation in water, its size under cultivation has decreased in the optimal pattern, and in the case of cotton, in addition to the restriction in water, due to the effective use of machinery, its size under cultivation in the optimal pattern has decreased. In the production maximization scenario, the size under cultivation of wheat, barley, sunflower, and soybean crops has increased to achieve self-sufficiency in the production of these crops. Also, the size under rice crop has been reduced and the size under the crop of cotton, bean, and corn forage crops has been removed from the crop pattern. In the scenario of simultaneous maximization of production and profit of forage corn crop is removed from the cultivation pattern, the size under rice, barley, cotton, and beans is reduced and the size under wheat, soybean, and sunflower is increased.

Six important references

1. Sarker, R.A., M.A. Quaddus. 2002. Modelling a nationwide crop planning problem using a multiple criteria decision-making tool, Computers and Industrial Engineering, 42: 541-553.
2. Majeke, F., Ticharwa Mubvuma, M., Makaza, K., and Mutambara, J. 2013. Optimum combination of crop farm activities: Application of a Linear Programming Model. Greener journal of Economics and Accountancy. 2 (2): 058-061.
3. Rao, S. S. 1984. "Optimization Theory and Application", Second edition, John Wiley and Sons: 1247p.
4. Sarker, R.A., M.A. Quaddus. 2002. Modelling a nationwide crop planning problem using a multiple criteria decision-making tool, Computers and Industrial Engineering, 42: 541-553.

5. Singh, A., and Panda, S. N. 2012. Development and application of an optimization model for the maximization of net agricultural water Management. (115): 267- 275.
6. Yeh, J. Y., and Lin, W. S. 2007. Using simulation technique and genetic algorithm to improve the quality care of a hospital emergency department. Expert Systems with Applications, 32(4), 1073-1083.

Conflict of Interest

Authors declared no conflict of interest.

Acknowledgments

We are grateful to .....