نشریه آبیاری و زهکشی ایران
شماره۱، جلد ۱۶، فروردین - اردیبهشت ۱۴۰۱، ص. ۱۳۳-۱۱۹

Iranian Journal of Irrigation and Drainage
No.1, Vol. 16, Apr.-May. 2022, p. 119-133

مقاله علمی-پژوهشی

تعیین الگوی کشت مطلوب با تأکید بر مصارف بهینه آب کشاورزی در دشت شهریار تهران

نیما صالحی شفا[۱]، حسین بابازاده[۲*]، فیاض آقایاری[۳]، علی صارمی[۴]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۷/۰۷ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۸/۱۰

چکیده

به دلیل فعالیت‌های کشاورزی گسترده و نیاز آبیاری قابل‌توجه، مصرف آب در بخش کشاورزی افزایش یافته است؛ بنابراین ارائه راهکارهایی به‌منظور کاهش مصارف آبی، مسئله‌ای مهم و حائز اهمیت است. به این منظور مدل بهینه‌سازی با استفاده از الگوریتم ژنتیک چندهدفه (NSGA-II) با دو تابع هدف سود خالص و مصرف آب کشاورزی به‌صورت مجزا برای دشت شهریار تهران و سال آبی ۹۵ محاسبه و ارائه شد. همچنین مقادیر بهینه سود خالص، الگوی کشت، مصارف آبیاری و نیاز ناخالص آبیاری در مدل بهینه‌سازی موردنظر برآورد شدند. نتایج نشان داد بیشترین سود خالص، مساحت کشت و حجم نیاز آبی بهینه مربوط به ناحیه اسلامشهر بوده سپس ناحیه شهریار و در نهایت رباط‌کریم بیشترین مقادیر موردنظر را دارد. ناحیه شهریار بیشترین مصرف بهینه آب در بخش کشاورزی را دارد، سپس اسلامشهر و در آخر رباط‌کریم کمترین مقدار بهینه مصرف آب کشاورزی را دارد. بیشترین مقدار نسبت سود خالص به مساحت کشت در حالت بهینه مربوط به ناحیه رباط‌کریم سپس ناحیه شهریار و در انتها ناحیه اسلامشهر بوده است. همچنین با توجه به مساحت کشت و حجم آب مصرفی بهینه محصولات انگور، انار، پیاز، سبزیجات و گلابی در هر ناحیه، سود خالص آن‌ها مناسب و ایده‌آل می‌باشد؛ و انگور بهترین محصول ممکن در میان آن‌ها می‌باشد. سیاست بهره‌برداری بهینه از منابع آبی منجر به کاهش سطح زیر کشت، حجم آب مصرفی بهینه و حجم نیاز آبی در کل محدوده موردمطالعه نسبت به حالت فعلی به اندازه ۲۰/۴۴، ۴۹/۷۱ و ۲۰/۳۵ درصد شده است.

واژه‌های کلیدی: سود خالص، سیاست بهره‌برداری بهینه، مصرف آب کشاورزی، نسبت سود خالص به مساحت کشت

مقدمه

آب مهم‌ترین عامل توسعه اقتصادی می‌باشد. با توجه به افزایش جمعیت و تقاضای در حال افزایش محصولات کشاورزی و از طرف دیگر محدودیت‌هایی مانند پراکنش نامناسب مکانی و زمانی بارندگی، شرایط اقلیمی خشک و نیمه‌خشک در بعضی از کشورها، تغییرات اقلیمی و مشکلات اقتصادی و اجتماعی، نیاز به مدیریت هماهنگ و مؤثر منابع محدود طبیعی دارد؛ که با توجه به این موضوع طراحی و اجرای الگوی کشت مناسب، استفاده بهینه از منابع آبی از منظر توسعه پایدار با توجه به محدودیت منابع آب قابل‌دسترس و وضعیت واقعی تولیدات کشاورزی، ضرورت پیدا کرده است؛ بنابراین با توسعه الگوی کشت بهینه و همزمان بهره‌برداری بهینه از منابع آبی در بخش کشاورزی، با خشک‌سالی و کم‌آبی مقابله شده، عوامل محدودکننده به کنترل درآمده و نیز حفاظت از منابع آب و خاک افزایش خواهد یافت. با استفاده از مدل‌های بهینه‌سازی می‌توان مناسب‌ترین سطح زیر کشت و مقدار آب مصرفی را برآورد نمود تا سود خالص حاصل از محصولات کشاورزی حداکثر شود. مدل‌های بهینه‌سازی با پیدا کردن بهترین پاسخ تولیدشده با توجه به شرایط مسئله می‌توانند به‌عنوان یک ابزار مناسب به‌منظور رفع و یا کاهش مسائل بخش کشاورزی مفید و مؤثر واقع شوند. به‌منظور بهینه‌سازی الگوی کشت و مصارف بهینه آبی در مناطق مختلف، مدل‌ها و روش‌های مختلفی ارائه شده است. از جمله این روش‌ها می‌توان به الگوریتم‌های تکاملی نخبه‌گرا مانند الگوریتم ژنتیک (Sarma et al., 2006)، (Bergez, 2013) و (Wardlaw and Bhaktikul., 200)، الگوریتم ازدحام ذرات (Varade and patel, 2018)، (Jain et al., 2021)، الگوریتم تکاملی دیفرانسیل چندهدفه (Adeyemo and Otieno, 2010)،

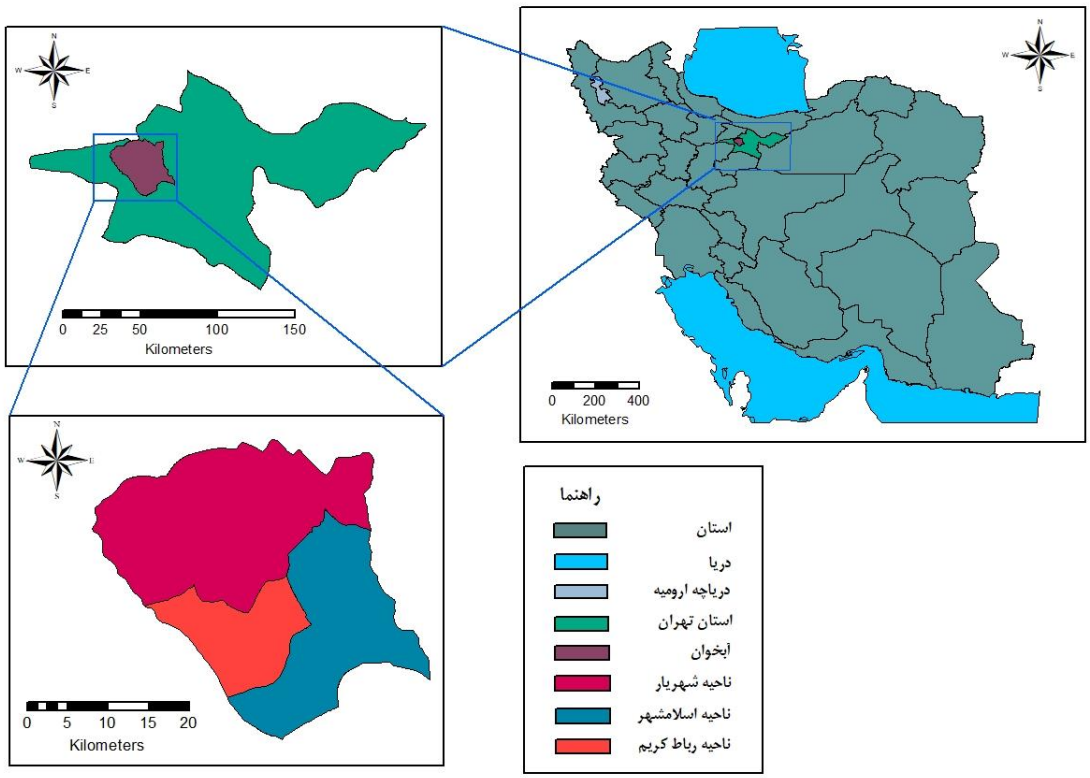
۱- دانشجوی دکترای آبیاری و زهکشی، گروه علوم و مهندسی آب، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران
۲- استاد گروه علوم و مهندسی آب، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران
۳- استادیار، دانشکده کشاورزی، واحد کرج، دانشگاه آزاد اسلامی، کرج، ایران
۴- استادیار گروه علوم و مهندسی آب، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران
(*- نویسنده مسئول: Email: h_babazadeh@hotmail.com)
DOR: 20.1001.1.20087942.1401.16.1.10.7

(Ketsripongsa et al., 2018)، الگوریتم جستجوی فاخته (Chetty and Adewumi, 2013)، (Rath and Swain, 2020)، همچنین مدل بهینه‌سازی خطی (Inas et al., 2017)، مدل بهینه‌سازی غیرخطی (Garg and Dadhich., 201)، (Georgiou and Papamichail, 2008)، اشاره نمود که به‌عنوان پرکاربردترین روش-ها در حل مسائل الگوی کشت و مصارف آب در بخش کشاورزی مورداستفاده قرار گرفته‌اند. شیردلی و همکاران با استفاده از یک مدل ریاضی تک هدفه، اقدام به بهینه‌سازی الگوی کشت اراضی کشاورزی پایین‌دست سد بوئین نمودند. هدف مطالعه آن‌ها بیشینه‌سازی درآمد کشاورزان در این منطقه بود و برای تحلیل آن در آینده دو برنامه یک‌ساله را تدوین نمودند. نتایج مطالعه آن‌ها حاکی از این بود که امکان افزایش قابل‌توجه درآمد کشاورزان در این منطقه وجود دارد. همچنین میزان افزایش درآمد کشاورزان در طی برنامه‌های ۵ ساله دوم تا چهارم به ترتیب ۲۰، ۴۴/۷ و ۲۵۰/۳ درصد نسبت به اولین دوره ۱ ساله خواهد بود. بعد از اتمام آخرین برنامه یک‌ساله میزان بهره‌وری آب از ۱۶ درصد تا ۷۷ درصد افزایش داشته است (Shirdeli et al., 2014). دی و همکاران از مدل برنامه‌ریزی تصادفی چندمرحله‌ای برای تخصیص آب برای تعیین الگوی کشت بهینه در شرایط عدم قطعیت در حوضه رودخانه ژانگ ونگ و با استفاده از سناریوهای متفاوت عدم قطعیت، میزان بهینه تخصیص آب و الگوی کشت به دست آوردند (Dai et al., 2013). خنجری ساداتی و همکاران در پژوهشی از الگوریتم ژنتیک برای بهینه‌سازی تخصیص آب و تعیین الگوی کشت بهینه منطقه کشاورزی تحت پوشش سد درود زن واقع در استان فارس استفاده نمودند. آن‌ها در شرایط آب و هوایی مختلف و کم آبیاری و آبیاری کامل، الگوی کشت و آب تخصیصی را مشخص کردند (Khanjari Sadati et al., 2014). گارگا و همکاران از روش کم آبیاری و برنامه‌ریزی غیرخطی برای بهینه سازی الگوی کشت و منابع آب سطحی و زیرزمینی در اراضی حوزه ایندوس هند استفاده نمودند. نتایج آن‌ها نشان داد سود خالص الگوی کشت بهینه در مقایسه با الگوی موجود ۹۲/۵ درصد افزایش یافت (Garga et al., 2014). شریدهار و همکاران با بهینه نمودن سطح زیر کشت و استفاده از تکنیک‌های کم آبیاری ضمن افزایش سود خالص، بهره‌وری مصرف آب را افزایش دادند (Shreedhar et al., 2015). برهانو و همکاران با بهینه نمودن سطح زیر کشت، استفاده از تکنیک های کم آبیاری و افزایش سود خالص، بهره وری مصرف آب را افزایش دادند (Birhanu et al., 2015). شیرشاهی و همکاران در تحقیقی از یک مدل بهینه‌سازی دوسطحی به‌منظور بهینه‌سازی الگوی کشت و به حداکثر رساندن سود و به حداقل رساندن اختلال در پایداری منابع آب در شعب و کانال‌های توزیع در منطقه قزوین، ایران استفاده نمودند. بر اساس نتایج سطح اول، سناریوی کاهش ۱۰ درصدی آب آبیاری، بهره‌وری اقتصادی را در سطوح مختلف به‌طور متوسط ۲۵ دلار در مترمکعب آب افزایش می‌دهد. نتایج سطح دوم حاکی از افزایش ۶۴ درصدی سود خالص در مقایسه با سود مربوط به الگوی کشت موجود است. در منطقه موردمطالعه میزان آب مصرفی در شرایط مطلوب از ۱۰۰ درصد آب اختصاص‌یافته به ۸۰ درصد کاهش می‌یابد (Shirshahi et al., 2020). نجف‌آبادی و همکاران به‌منظور بهینه‌سازی الگوی کشت۲۳ شهرستان استان اصفهان ایران با اهداف اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی، مدلی را که یکی از زیرمجموعه‌های رویکرد برنامه‌ریزی ساختاری چند هدفه (MOSP) است، معرفی نمودند. نتایج کاهش مصرف آب آبیاری ۱۷ درصد، افزایش سود ۵۸ درصد و افزایش تولید ۱۱ درصد نشان داد (Najafabadi et al., 2019). جیانگ و همکاران یک مدل بهینه‌سازی دوسطحی که در سطح اول آن از تکنیک برنامه‌ریزی غیرخطی و در سطح دوم آن از الگوریتم برنامه‌نویسی پویا استفاده می‌شد را توسعه دادند. نتایج نشان داد که کل سود اقتصادی منطقه آبیاری به‌طور متوسط ۱۵ درصد از طریق بهینه‌سازی تخصیص آب و الگوی کشت نسبت به وضعیت فعلی افزایش یافته است. همچنین کل آب آبیاری می‌تواند به‌طور متوسط بدون کاهش سود در مقایسه با وضعیت فعلی، ۲۳ درصد کاهش یابد (Jiang et al., 2016). تافته و همکاران برنامه‌ای برای توزیع آب آبیاری و همچنین یک الگوی کشت مطلوب با هدف حداکثر سازی سود خالص و نیز بهره‌وری آب ارائه نمودند. نتایج به‌دست‌آمده نشان داد که بهره‌وری آب را می‌توان با استفاده از مدل ارائه‌شده تا ۴۰ درصد افزایش داد. بررسی آن‌ها نشان داده که در شرایط کم‌آبی که کمبود آب بین ۳۰ تا ۳۵ درصد می‌تواند منجر به افزایش بهره‌وری آب به میزان ۵۴ درصد شود (Tafteh et al., 2014). دی و همکاران نظریه ردپای آب، برنامه‌نویسی با محدودیت شانس فازی و برنامه‌نویسی کسری را در یک چارچوب بهینه‌سازی کلی ادغام نمودند تا مدل موردنظر به دنبال الگوهای بهینه کشت محصول برای سیستم مدیریت آب کشاورزی باشد. نتایج نشان داد که برنج، سورگوم و ارزن بیشتری، تقریباً در همه مناطق موردنیاز است، درحالی که گندم و ذرت باید در بیشتر مناطق کاهش یابد. الگوی کشت بهینه، آب آبی و خاکستری را تقریباً در همه مناطق کاهش می دهد و بهره وری اقتصادی آب حوضه را ۱۳۹ درصد بهبود می‌بخشد (Dai et al., 2021). کالس واران و همکاران مدل انتخاب چند محصول با استفاده از الگوریتم بهینه‌سازی ازدحام ذرات دوتایی (MCS-BPSO) و با هدف حداکثر کردن سود خالص کشاورزی تدوین نمودند. عملکرد مدل را بر روی مجموعه داده کشاورزی هند موردمطالعه قرار دادند. نتایج نشان داد که الگوریتم انتخاب چند محصوله، در شرایط مشخص، مانند کل سطح برداشت و در دسترس بودن آب مؤثر بوده و به کشاورزان در انتخاب مناسب‌ترین محصول کمک می‌کند و سود و بهره‌وری خالص در منطقه کشاورزی با آب موجود افزایش می‌یابد (,

Kaleeswaran et al.2021). به‌منظور تعیین الگوی کشت و بهره‌برداری بهینه از منابع آبی توسط مدل‌های بهینه‌سازی، تحقیقات متعددی انجام شده است که تحقیقات (Alizadeh et al., 2012)، (Alabdulkader et al., 2012)، (Divakar et al., 2012)، (Fasakhodi et al., 2010)، (Honar et al., 2021)، (Zeng et al., 2010)، (XieTing et al., 2010)، (Singh et al., 2013)، (Khashei-siuki et al., 2010)، (Karamouz et al., 2010)، (Regulwar et al., 2013)، (Babel et al., 2005)، (Rawabdeh et al., 2010) در این مورد می‌باشند. با توجه به افزایش سطح زیر کشت، نیاز آبی، مصارف منابع آب زیرزمینی و کمبود منابع آب سطحی در بخش کشاورزی و همچنین افزایش فرونشست زمین در محدوده مطالعاتی، انجام تحقیق حاضر ضروری به نظر می‌رسد. با توجه به این موضوع، در مطالعه حاضر تلاش می‌شود تا با تدوین مدل بهینه‌سازی، بهره‌برداری بهینه از منابع آبی در بخش کشاورزی و سود خالص بهینه محصولات کشاورزی بر اساس سطح زیر کشت بهینه برای سال آبی ۹۵-۹۶، تعیین شوند.

مواد و روش‌ها

منطقه موردمطالعه، محدوده دشت شهریار است که در حاشیه غربی شهر تهران و در موقعیت جغرافیایی "۱۴ '۲۲ °۵۰ تا " ۰۲ '۲۲ °۵۱ طول شرقی و "۳۲ '۴۴ °۳۵ تا " ۲۵ '۰۲ °۳۵ عرض شمالی واقع شده است. با توجه به موقعیت محدوده موردنظر شهرهای شهریار، اسلامشهر، رباط‌کریم و بخشی از شهرهای تهران و کرج و نیز حاشیه شمالی شهرستان ری در آن قرار دارند. به‌منظور انجام محاسبات و آنالیزهای مربوطه، محدوده موردمطالعه به سه ناحیه (شهریار، اسلامشهر، رباط‌کریم) تقسیم شدند. به این منظور در محدوده مطالعاتی، مناطق تهران و کرج بخشی از ناحیه شهریار شده و منطقه ری به ناحیه اسلامشهر پیوسته و ناحیه رباط‌کریم بدون تغییر مانده است. شکل (۱) موقعیت محدوده مطالعاتی را نشان می‌دهد.



شکل ۱- محدوده موردمطالعه

در این تحقیق به بهینه‌سازی سود خالص حاصل از سطح زیر کشت محصولات محدوده موردمطالعه و مصرف آب سطحی و زیرزمینی توسط محصولات زیر کشت، پرداخته شده است. اهدافی که در مدل بهینه‌سازی در این تحقیق مدنظر قرار گرفته است شامل هدف اول، حداکثر نمودن سود خالص و هدف دوم، حداقل نمودن آب مصرفی توسط محصولات زیر کشت، می‌باشد. در این مدل، اهداف

دیگر مانند الگوی کشت بهینه و نیاز ناخالص آبیاری مناسب با مصرف آب و الگوی کشت بهینه، نیز تأمین می‌شوند. در این تحقیق با توجه به شرایط موجود محدوده موردمطالعه، محدودیت‌هایی به‌منظور محاسبه الگوی کشت بهینه، تخصیص مصرف آب به سطح زیر کشت محصولات و همچنین محدودیتی جهت تأمین نیاز ناخالص آبیاری محصولات در نظر گرفته شد. همچنین سطح زیر کشت بهینه، مصرف آب بهینه و نیاز ناخالص آبیاری متناسب با مصرف آب و سطح زیر کشت بهینه در سه ناحیه رباط‌کریم، اسلامشهر و شهریار در محدوده موردمطالعه، محاسبه شدند. در تحقیق فعلی اثر سطح زیر کشت بهینه بر آب مصرفی، نیاز ناخالص آبیاری و سود خالص محصولات کشاورزی مورد آنالیز قرار گرفته است. به‌منظور محاسبه سود خالص محصولات زراعی و باغی هر یک از ناحیه‌ها در محدوده موردنظر، نیاز به تعیین عملکرد برآوردی محصولات می‌باشد. به این منظور توسط رابطه (۱)، عملکرد برآوردی تولید محصولات کشاورزی ناحیه‌ها برآورد شده‌اند.

$$Y_a = Y_p \times \left(\prod_t^n \left(1-K_y\left(1-\frac{EAT}{EAP}\right)\right)\right) \quad (۱)$$

در رابطه فوق، Y_a عملکرد برآوردی (کیلوگرم بر هکتار)، Y_p عملکرد حداکثر (کیلوگرم بر هکتار)، K_y ضریب حساسیت گیاه به آب (بی‌بعد)، EAT تبخیر و تعرق واقعی (میلی‌متر بر روز)، EAP تبخیر و تعرق مرجع (میلی‌متر بر روز)، می‌باشند. کشت محصولات زراعی از ابتدای مهرماه در نظر گرفته شد. همچنین دور آبیاری محصولات ناحیه‌های محدوده موردمطالعه با توجه به شرایط آبیاری آن‌ها، ۱۰ روز در نظر گرفته شده است که با توجه به آن در طول یک سال آبی ۳۶ بار آبیاری انجام می‌شود. تبخیر و تعرق مرجع با استفاده از معادله فائو پنمن مانتیس و توسط مدل CROPWAT 8.0 برآورد شده است. تبخیر و تعرق مرجع به‌صورت روزانه، ماهانه و سالانه محاسبه شده سپس با استفاده از ضرایب گیاهی نشریه ۳۳ سازمان خواروبار جهانی (فائو)، تبخیر و تعرق واقعی گیاهان محاسبه گردید. بعد از تعیین عملکرد برآوردی محصولات زراعی و باغی نواحی، سود خالص محاسبه خواهد شد. گیاهان باغی آب قابل‌توجهی با توجه به شرایط منابع آبی ناحیه‌های محدوده موردمطالعه، مصرف می‌کنند؛ زیرا سطح زیر کشت آن‌ها با توجه به شرایط منابع و مصارف آبی نواحی گسترده می‌باشد؛ بنابراین در تحقیق فعلی به محاسبه و آنالیز سطح زیر کشت، مصرف آبی و سود خالص بهینه این گیاهان نیز پرداخته شده است. در این تحقیق، سود خالص و حجم مصارف آب محصولات کل محدوده محاسبه و بهینه‌شده سپس نتایج و مقادیر برآورد شده برای هر ناحیه در محدوده موردمطالعه به‌صورت مجزا و مستقل آنالیز شده و موردبررسی قرار گرفته است. داده‌ها و اطلاعات موردنیاز بر اساس اهداف و الگوی برنامه‌ریزی چندهدفه در تحقیق حاضر، جمع‌آوری شدند. جدول (۱) و (۲) اطلاعات مربوط به هزینه‌های متغیر و ثابت محصولات زراعی و باغی در محدوده موردمطالعه و جدول (۳) سطح زیر کشت و سود خالص محصولات کشاورزی موردنظر را در ناحیه‌های محدوده مطالعاتی برای سال آبی ۹۵ نشان می‌دهند. با توجه به اینکه دشت شهریار به‌عنوان یک محدوده واحد به سه ناحیه مجزا تقسیم‌شده همچنین هم‌جواری نواحی به یکدیگر و آمار و اطلاعات مربوطه، هزینه‌ها و قیمت‌های محصولات زراعی و باغی در نواحی موردمطالعه یکسان در نظر گرفته شده‌اند.

جدول ۱- هزینه‌های متغیر و ثابت محصولات زراعی در محدوده مطالعاتی

محصول	هزینه متغیر (میلیون ریال بر هکتار)	هزینه ثابت (میلیون ریال بر هکتار)				
	مصرف آب	آماده‌سازی زمین	کاشت	داشت	برداشت	سایر
گندم	۱	۵	۷	۱۱	۳	۱۶
جو	۱	۴	۶	۱۲	۳	۱۵
پنبه	۱	۴	۱۱	۱۸	۱۱	۱۵
کلزا	۱	۲	۶	۹	۶	۸
خیار	۱	۶	۱۷	۴۷	۴۳	۲۳
یونجه	۱	۳	۷	۱۶	۴	۱۷
ذرت علوفه‌ای	۱	۴	۶	۱۲	۱۲	۱۵
پیاز	۳	۶	۳۳	۵۰	۴۴	۴۷
گوجه‌فرنگی	۲	۶	۱۲	۴۴	۴۵	۱۳
سبزیجات	۱	۳	۸	۱۴	۹	۱۲
ذرت دانه‌ای	۱	۶	۱۸	۳۰	۱۹	۲۶
خربزه	۱	۵	۱۴	۲۳	۱۵	۲۰

جدول ۲- هزینه‌های متغیر و ثابت محصولات باغی در محدوده مطالعاتی

نام محصول	هزینه متغیر (میلیون ریال بر هکتار)	هزینه ثابت (میلیون ریال بر هکتار)				
	مصرف آب	ارزش نهاده‌ها	سموم دفع آفات و بیماری‌ها	علف‌کش	کود	تعمیرات وسایل نقلیه، ماشین‌آلات و تجهیزات	سایر
سیب	۲۹	۲۱	۳۶	۳	۱۱۳	۲	۱۳
گیلاس	۳۳	۲۴	۴۰	۳	۱۲۹	۳	۱۴
گلابی	۵۴	۳۸	۶۵	۵	۲۰۷	۵	۲۳
زردآلو و قیسی	۳۱	۲۲	۳۷	۳	۱۱۸	۳	۱۳
هلو, شلیل, شفتالو	۲۹	۲۱	۳۶	۳	۱۱۳	۲	۱۳
آلو, گوجه	۲۹	۲۱	۳۵	۳	۱۱۲	۲	۱۳
زیتون	۹	۷	۱۱	۱	۳۶	۱	۴
بادام‌زمینی	۳۴	۲۴	۴۱	۳	۱۳۱	۳	۱۵
انار	۴۰	۲۸	۴۸	۴	۱۵۲	۳	۱۷
گردو	۳۰	۲۲	۳۷	۳	۱۱۷	۳	۱۳
پسته	۷	۵	۸	۱	۲۷	۱	۳
انگور	۵۲	۳۷	۶۳	۵	۲۰۲	۴	۲۳
به	۳۴	۲۴	۴۱	۳	۱۳۰	۳	۱۵
توت درختی	۳۵	۲۵	۴۲	۳	۱۳۳	۳	۱۵
انجیر	۱۸	۱۳	۲۲	۲	۷۰	۲	۸

بر اساس جدول (۳) محصولات جو، گندم و ذرت دانه‌ای نسبت به سایر محصولات زراعی به ترتیب در ناحیه رباط‌کریم، اسلامشهر و شهریار به میزان ۳۹/۲۳، ۲۸/۵۱ و ۲۷/۴ درصد دارای بیشترین سطح زیر کشت بوده‌اند و محصولات انگور، پسته و آلو نسبت به سایر محصولات باغی به ترتیب در نواحی مذکور به میزان ۸۹/۷۷، ۳۲/۷۵ و ۲۵/۱۳ درصد بیشترین سطح زیر کشت را دارند. همچنین ذرت دانه‌ای و انگور نسبت به سایر محصولات زراعی و باغی در تمام نواحی مطالعاتی بیشترین سود خالص را دارند.

با توجه به جدول (۴) سابقه قیمت فروش محصولات زراعی و باغی در سه سال آبی ۹۳ تا ۹۵ نشان داده شده است. در طول این بازه زمانی قیمت محصولات گندم، کلزا، بادام‌زمینی و انگور به‌صورت یکنواخت رشد داشته و قیمت مابقی محصولات به‌صورت متناوب کاهش و افزایش یافته‌اند. شکل (۲) الگوریتم فرآیند محاسبات مدل بهینه‌ساز را نمایش می‌دهد.

ساختار مدل بهینه‌سازی ارائه‌شده به‌صورت روابط (۲) تا (۹) می‌باشد.

$$Z_1=\text{Maximize}\ \sum_{p}^{np}\left(((OP\times SE\times A)-((CO\times A)+(COW\times W\times A)))-\text{penalty function}\right) \quad (۲)$$

$$\text{penalty function}=\left((A_{max})^2\times\alpha\right)+\left((A_{min})^2\times\beta\right) \quad (۳)$$

$$A_{max}=\begin{cases}\text{if} & A-AI_{max}\le 0 \quad , \quad 0\\ \text{else} & A-AI_{max}\end{cases} \quad (۴)$$

$$A_{min}=\begin{cases}\text{if} & A-AI_{min}\ge 0 \quad , \quad 0\\ \text{else} & A-AI_{min}\end{cases} \quad (۵)$$

در روابط فوق، Z_1 تابع هدف اول در این تحقیق می‌باشد. در تابع هدف اول، OP عملکرد برآوردی محصولات (کیلوگرم بر هکتار)، SE قیمت فروش هر کیلوگرم محصولات ناحیه‌های محدوده موردمطالعه (ریال)، A مساحت زیر کشت محصولات (هکتار)، CO هزینه ثابت هر هکتار از محصولات ناحیه‌های محدوده موردمطالعه (ریال)، COW هزینه هر مترمکعب آب مصرفی (ریال) و W حجم آب مصرفی محصولات (مترمکعب در هکتار) می‌باشند. در این محاسبات مقدار کل آب مصرفی محصولات W و مساحت زیر کشت محصولات A، متغیر تصمیم می‌باشد. همچنین penalty function جریمه تخصیص داده‌شده به دلیل عدم رعایت حداکثر سطح زیر کشت A_{max} و حداقل سطح زیر کشت محصولات A_{min} می‌باشد که به تابع هدف افزوده شده است. A_{max} در رابطه ۴، حداکثر مساحت کشت محصولات و A_{min} در رابطه ۵ حداقل مساحت کشت محصولات می‌باشند. حداکثر سطح زیر کشت برابر سطح زیر کشت فعلی بوده و حداقل سطح زیر کشت برابر ۰/۶ سطح زیر کشت فعلی محدوده موردمطالعه، برآورد شده است؛ زیرا کاهش سطح زیر کشت محصولات از یک حد معین تجاوز نکرده و با توجه به منابع آب قابل‌دسترس و مساحت کشت محصولات، مصرف آب تا حد امکان کاهش می‌یابد. در معادلات A_{max} اگر سطح زیر کشت بهینه محصولات (متغیر تصمیم) از حداکثر سطح زیر کشت محصولات کمتر شده و یا با آن مساوی باشد و پاسخ معادله کمتر یا مساوی صفر شود، مقدار جریمه A_{max} صفر خواهد شد ولی اگر به این صورت نشود

یعنی اگر سطح زیر کشت بهینه محصولات از حداکثر سطح زیر کشت محصولات بیشتر محاسبه شود و پاسخ معادله بیشتر از صفر شود، به اندازه اختلاف آن‌ها جریمه اعمال می‌شود. در معادلات A_{min} اگر سطح زیر کشت بهینه محصولات (متغیر تصمیم) از حداقل سطح زیر کشت محصولات بیشتر باشد و پاسخ معادله بیشتر یا مساوی صفر شود، مقدار جریمه A_{min} صفر خواهد شد ولی اگر به این صورت نشود یعنی اگر سطح زیر کشت بهینه محصولات از حداقل سطح زیر کشت محصولات کمتر محاسبه شود و پاسخ معادله کمتر از صفر شود، به اندازه اختلاف آن‌ها جریمه اعمال می‌شود؛ بنابراین مساحت زیر کشت بهینه محصولات بین سطح زیر کشت فعلی و حداقل سطح زیر کشت محاسبه می‌شود. داده‌های موردنظر بر مبنای اطلاعات سال آبی ۹۵-۹۶، آنالیز شده‌اند. ضرایب ثابت α و β در تابع جریمه اول برابر 10^6 در نظر گرفته شده‌اند.

$$Z_2=\text{Minimize}\ \sum_{p}^{np}((W\times A)+\text{penalty function}) \quad (۶)$$

$$\text{penalty function}=((cons)^2\times\gamma)+((need)^2\times\lambda \quad (۷)$$

$$cons=\begin{cases}\text{if} & (W\times A)-(W\times AI_{max})\le 0\ ,\ 0\\ \text{else} & (W\times A)-(W\times AI_{max})\end{cases} \quad (۸)$$

$$need=\begin{cases}\text{if} & (N\times A)-(W\times A)=0\ ,\ 0\\ \text{else} & (N\times A)-(W\times A)\end{cases} \quad (۹)$$

جدول ۳- سطح زیر کشت و سود خالص محصولات زراعی و باغی در نواحی موردمطالعه

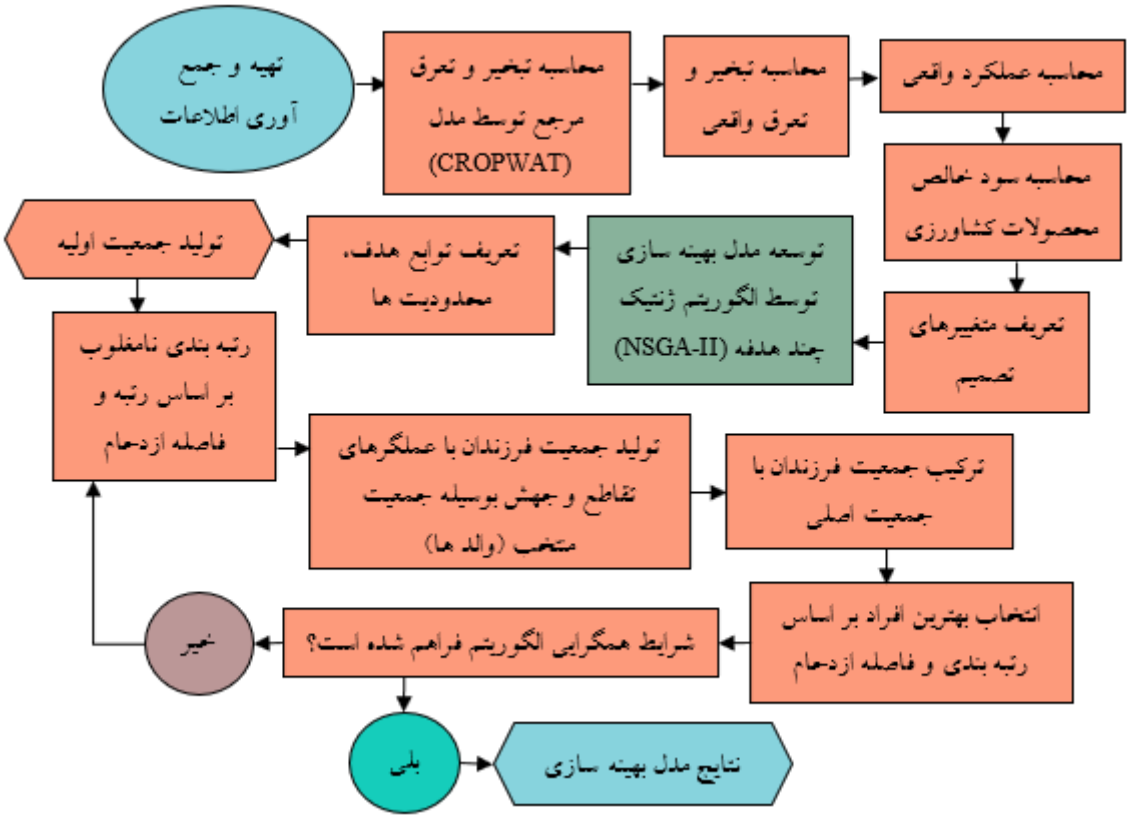
نوع محصول	نام محصول	سطح زیر کشت (هکتار)			سود خالص (میلیون ریال)		
		رباط‌کریم	اسلامشهر	شهریار	رباط‌کریم	اسلامشهر	شهریار
زراعی	گندم	۸۴۸	۱۳۳۹۸	۱۳۲۰	۲۰۶۹۵	۴۰۲۱۹۶	۳۵۱۵۳
	جو	۲۲۸۱	۱۰۹۰۰	۷۲۰	۶۲۸۶	۲۲۸۲۲	۵۰۳۷
	پنبه	۰	۶	۲	۰	۱۶۲	۱۱
	کلزا	۳۰	۱۰۹	۱۵	۴۷	۴۱۸	۳۲
	خیار	۰	۲۱	۱	۰	۳۳۶	۵۷
	یونجه	۰	۲۷۷	۱۰	۰	۱۳۵۶۴	۱۷۳۲
	ذرت علوفه‌ای	۳۶۸	۴۵۳۵	۸۰۰	۳۲۷۰۳	۲۴۵۵۵۳	۵۰۵۷۱
	پیاز	۰	۰	۱	۰	۰	۳۸۹
	گوجه‌فرنگی	۰	۸۹	۱۴	۰	۹۴۱۴	۳۱۱۴
	سبزیجات	۵۷۷	۵۲۰۵	۱۰۹۰	۱۰۸۳۴۸	۹۵۹۵۷۲	۱۹۳۲۷۳
	ذرت دانه‌ای	۱۷۱۰	۱۲۴۳۸	۱۵۰۰	۲۸۸۲۶۳	۱۰۶۵۴۸۰	۲۳۳۹۰۱
	خربزه	۰	۹	۲	۰	۷۶۸	۳۸
باغی	سیب	۳۱	۷	۱۰۱۰	۲۹۰۵	۵۶۳	۶۱۷۷۹
	گیلاس	۶	۰	۳۶۰	۱۲۸۹	۰	۴۲۳۷۷
	گلابی	۳۳	۱۵	۸۳۲	۶۷۴۷	۲۱۸۵	۳۰۹۱۹۴
	زردآلو و قیسی	۶۹	۱۰	۱۶۴۰	۳۷۷۵	۲۷۲	۲۴۰۳۶۵
	هلو, شلیل, شفتالو	۱۴۸	۱۲۰	۲۱۰۰	۳۰۵۹	۵۳۲۸	۱۵۲۹۷۲
	آلو, گوجه	۱۴۱	۸۱	۲۵۲۱	۱۱۱۸۴	۴۱۷۸	۴۱۱۷۲۴
	زیتون	۰	۷۱	۰	۰	۵۹۶	۰
	بادام‌زمینی	۱	۲	۵۲	۹۲	۱۱۶	۱۰۹۱۹
	انار	۴	۱۵۳	۰	۱۰۴۱	۴۸۷۰۹	۰
	گردو	۲۲	۵۶	۲۲۱	۱۸۷۸	۱۵۱۳	۳۸۷۴۲
	پسته	۵	۶۱۸	۳	۴۸	۴۴۲۴	۱۴
	انگور	۴۰۶۵	۵۶۶	۱۲۱۵	۲۱۰۰۳۱۸	۲۷۱۱۰۱	۹۸۱۴۹۷
	به	۰	۹	۱۲	۰	۶۸۹	۲۴۸۶
	توت درختی	۳	۶	۴۵	۵۲	۱۴۶	۴۶۸۰
	انجیر	۰	۱۷۳	۱۹	۰	۴۳۹۵	۳۹۶

جدول ٤- روند تاریخی قیمت فروش محصولات زراعی و باغی در محدوده موردمطالعه

نوع محصول	نام محصول	قیمت فروش (ریال بر کیلوگرم)		
		سال ۹۳	سال ۹٤	سال ۹۵
زراعی	گندم	۱۰۶۰۲	۱۱۵۶۲	۱۲۷۰۹
	جو	۹۰۹۰	۸۹۶۸	۱۰۴۹۹
	پنبه	۲۸۸۷۵	۲۴۴۲۴	۳۰۰۸۱
	کلزا	۱۸۶۳۴	۲۱۶۹۲	۲۴۴۸۵
	خیار	۱۰۳۵۹	۱۱۳۸۲	۱۰۱۳۷
	یونجه	۶۲۹۰	۸۴۱۰	۷۱۵۶
	ذرت علوفه‌ای	۱۸۷۹	۱۲۸۳	۱۸۴۳
	پیاز	۷۱۷۸	۷۱۵۷	۴۸۲۶
	گوجه‌فرنگی	۴۰۶۶	۵۲۳۰	۴۰۷۹
	سبزیجات	۶۴۰۰	۶۸۵۳	۶۴۹۴
	ذرت دانه‌ای	۱۱۵۰۳	۹۳۸۳	۱۱۶۷۵
	خربزه	۶۴۵۳	۵۳۸۲	۶۹۶۲
باغی	سیب	۱۵۴۸۸	۲۵۲۱۴	۱۵۲۶۸
	گیلاس	۲۹۶۱۲	۲۸۰۵۲	۴۰۲۲۶
	گلابی	۳۹۱۵۸	۵۰۱۰۷	۴۸۰۵۷
	زردآلو و قیسی	۴۷۶۲۵	۶۷۷۷۶	۳۰۴۱۲
	هلو, شلیل, شفتالو	۲۵۰۱۱	۲۷۸۰۴	۲۱۴۹۳
	آلو, گوجه	۳۳۱۱۸	۴۲۳۴۷	۱۹۱۶۱
	زیتون	۴۲۴۵۰	۴۲۵۱۲	۴۰۹۶۱
	بادام‌زمینی	۹۳۳۹۴	۱۲۶۴۲۵	۱۴۷۰۸۰
	انار	۱۳۵۰۰	۲۲۱۸۴	۱۶۳۸۲
	گردو	۱۷۴۱۸۲	۲۵۰۰۰۰	۲۰۷۱۲۴
	پسته	۲۹۷۷۳۶	۲۹۲۴۱۱	۲۴۵۵۵۹
	انگور	۱۷۶۹۹	۲۱۴۱۶	۱۳۰۱۱۷
	به	۲۹۷۶۱	۲۶۹۹۳	۲۴۵۰۵
	توت درختی	۶۸۸۴۹	۷۱۸۵۶	۶۸۷۷۶
	انجیر	۱۹۰۲۴	۲۵۶۴۱	۲۲۰۶۷

در روابط فوق، Z_2 تابع هدف دوم می‌باشد. در تابع هدف دوم، N حجم نیاز ناخالص آبیاری محصولات می‌باشند که با واحد (مترمکعب در هکتار) در طول دوره‌های کشت، موردمحاسبه قرار گرفتند؛ و همچنین penalty function جریمه تخصیص داده‌شده به دلیل عدم رعایت حداکثر مقدار آب مصرفی cons و نیز تخطی نیاز ناخالص آبیاری برابر مقدار آب مصرفی need می‌باشد که به تابع هدف افزوده شده است. با توجه به اینکه مقدار کل آب مصرفی محصولات و سطح زیر کشت محصولات تغییر تصمیم می‌باشند، در محاسبات حداکثر مقدار آب مصرفی cons دو تغییر نام‌برده به‌عنوان (تغییر تصمیم) محاسبه می‌شوند.

در معادلات cons اگر مقدار آب مصرفی محصولات (تغییر تصمیم) از حداکثر مقدار آب مصرفی محصولات کمتر یا مساوی باشد و پاسخ معادله کمتر یا مساوی صفر شود، مقدار جریمه cons صفر خواهد شد و اگر به این صورت نشود یعنی مقدار آب مصرفی محصولات (تغییر تصمیم) از حداکثر مقدار آب مصرفی محصولات بیشتر محاسبه شود و پاسخ معادله بیشتر از صفر شود، به اندازه اختلاف آن‌ها جریمه اعمال می‌شود. همچنین مقدار need به این صورت محاسبه شده است که اگر نیاز ناخالص آبیاری محصولات با مقدار آب مصرفی محصولات برابر محاسبه شود و پاسخ معادله صفر شود مقدار جریمه need صفر خواهد شد و اگر به این صورت نشود یعنی مقدار نیاز ناخالص آبیاری محصولات با مقدار آب مصرفی محصولات برابر محاسبه نشود به اندازه اختلاف آن‌ها جریمه اعمال می‌شود.



شکل ۲- روند نمای فرآیند محاسبات مدل بهینه‌ساز

در این تحقیق سعی بر این شده است که تا حد امکان مقدار نیاز ناخالص آبیاری بیشتر یا کمتر از مقدار آب مصرفی نشود زیرا اگر نیاز ناخالص آبیاری بیشتر از مقدار آب مصرفی محاسبه شود نیاز ناخالص آبیاری، وجود دارد؛ و اگر نیاز ناخالص آبیاری کمتر از مقدار آب مصرفی محاسبه شود، آب مازاد وجود خواهد داشت. در محاسبه need نیز همانند محاسبه cons دو تغییر تصمیم آب مصرفی و مساحت زیر کشت محصولات محاسبه می‌شوند. ضرایب ثابت γ و λ در تابع جریمه دوم برابر ۱۰۰۰ در نظر گرفته شده‌اند. به‌طورکلی در این تحقیق، تغییر تصمیم سطح زیر کشت و مقدار آب مصرفی برای هر محصول در نظر گرفته شده است که تعداد کل متغیرهای تصمیم برابر با ۱۳۶ خواهد بود. در تحقیق حاضر، اندازه جمعیت کروموزم‌ها ۴۰۰ و تعداد تکرارها ۱۰۰۰ دور در نظر گرفته شد. به‌منظور تعیین اندازه جمعیت کروموزم‌ها، چهار جمعیت ۱۰۰، ۲۰۰، ۳۰۰ و ۴۰۰ و هر جمعیت با ۴۰۰ تکرار توسط الگوریتم اجرا شد در نهایت با بررسی نتایج هر اجرا بهترین جمعیت انتخاب شد.

نتایج و بحث

در تحقیق حاضر مقادیر سود خالص، مصرف آب کشاورزی، سطح زیر کشت و نیاز آبی محصولات در نواحی محدوده مورد مطالعه محاسبه شده اند. در این تحقیق سعی بر این شده که تا حد امکان مصرف آب کشاورزی با توجه به سطح زیر کشت محصولات کشاورزی و مقدار نیاز آبی و سود خالص بر اساس این دو مقدار و حجم آب مصرفی در بخش کشاورزی، بهینه و برآورد شوند. جدول (۵) سطح زیر کشت، حجم آب مصرفی، حجم نیاز آبی و سود خالص فعلی و بهینه نواحی مورد مطالعه را نشان می دهد. بیشترین میزان آب مورد نیاز در ناحیه اسلامشهر و در حالت بهینه برابر ۶۷/۲۱ درصد می‌باشد. سپس شهریار با ۲۰/۹۷ درصد و در نهایت رباط‌کریم با ۱۱/۸۲ درصد کمترین مقدار نیاز آبی را دارند. در مورد مصارف آب در شرایط بهینه، ناحیه شهریار با ۴۰/۹۲ درصد بیشترین مصرف آب در بخش کشاورزی را دارد سپس اسلامشهر با ۳۹/۴۸ درصد و در آخر رباط‌کریم با ۱۹/۶ درصد، کمترین میزان حجم آب مصرفی را دارد. در حالت کلی سطح زیر کشت، حجم آب مصرفی و حجم نیاز آبی بهینه کل محدوده موردمطالعه نسبت به شرایط فعلی به میزان ۲۰/۴۴، ۴۹/۷۱ و ۲۰/۳۵ درصد کاهش یافته است. همچنین سود خالص بهینه در نواحی و کل محدوده از سود خالص فعلی آن به میزان ۱۳/۳۷ درصد کمتر می‌باشد زیرا کاهش مصرف آب و سطح زیر

کشت محصولات کشاورزی در نواحی محدوده موردمطالعه نیز کاهش یافته‌اند. ولی هزینه ثابت متناسب با سطح زیر کشت و هزینه تغییر (هزینه آب مصرفی) متناسب با سطح زیر کشت و میزان آب مصرفی کاهش یافته است. حجم نیاز آبی محصولات کشاورزی نیز متناسب با سطح زیر کشت و حجم آب مصرفی برآورد شده است که با توجه به تأمین نیاز بخش کشاورزی، میزان مصرف آب تأثیر قابل‌توجهی در عملکرد و تولید محصول کشاورزی ندارد. تأمین نیاز بخش کشاورزی در حالت فعلی و بهینه برابر ۵۸/۰۵ و ۵۱/۲۸ درصد می‌باشد؛ بنابراین تأمین نیاز آبی در حالت بهینه با توجه به کاهش مصرف آب و سطح زیر کشت، قابل‌قبول می‌باشد؛ و با توجه به این موضوع، هزینه تغییر و نیاز آبی به‌عنوان عوامل مهم، منجر به کاهش کمتر سود خالص نسبت به حالت فعلی شده‌اند. با توجه به اینکه مساحت تحت کشت ناحیه شهریار و حجم نیاز آبی آن کمتر از ناحیه اسلامشهر است ولی مصارف آب فعلی و بهینه ناحیه شهریار بیشتر از اسلامشهر می‌باشد و این به دلیل مقدار منابع آبی در دسترس و نحوه توزیع منابع آبی و روش‌های آبیاری در نواحی موردمطالعه می‌باشد که در هر ناحیه با یکدیگر متفاوت می‌باشند. در تحقیق موردنظر، مصارف آبی شامل آب سطحی و زیرزمینی در بخش کشاورزی می‌باشد. در این مطالعه به دلیل اینکه سیاست بهره‌برداری از منابع آبی، آب سطحی را در اولویت مصارف قرار می‌دهد بنابراین با توجه به حجم نیاز آبی بخش کشاورزی و شرایط منابع آب سطحی و زیرزمینی محدوده مطالعاتی، می‌توان ابتدا نیاز آبی بخش کشاورزی را توسط آب سطحی تأمین نمود سپس در صورت کمبود منابع آب سطحی، منابع آب زیرزمینی مورداستفاده قرار گیرد. همچنین سود خالص، الگوی کشت بهینه، حجم مصارف و نیاز آبی بهینه با توجه به اهداف مسئله و محدودیت‌های اعمال‌شده در مدل بهینه‌سازی برآورد شده‌اند؛ بنابراین با در نظر گرفتن شرایط حاکم بر محدوده مطالعاتی، مقادیر بهینه موردنظر محاسبه شده‌اند.

جدول ۵- وضعیت فعلی و بهینه متغیره‌ای موردبررسی در نواحی مطالعاتی

وضعیت	عنوان تغییر	رباط‌کریم	اسلامشهر	شهریار
فعلی	مساحت کشت (هکتار)	۱۰۳۴۲	۴۸۸۷۳	۱۵۵۰۵
	آب مصرفی (میلیون مترمکعب)	۱۱۸	۲۱۶	۳۵۶
	نیاز آبی (میلیون مترمکعب)	۱۰۰	۵۷۲	۱۷۸
	سود خالص (میلیون ریال)	۲۵۸۸۷۲۹	۳۰۶۴۵۰۱	۲۷۸۰۴۵۱
بهینه	مساحت کشت (هکتار)	۸۲۲۰	۳۸۸۸۵	۱۲۳۴۱
	آب مصرفی (میلیون مترمکعب)	۶۸	۱۳۷	۱۴۲
	نیاز آبی (میلیون مترمکعب)	۸۰	۴۵۵	۱۴۲
	سود خالص (میلیون ریال)	۲۱۵۴۶۲۱	۲۷۳۹۶۹۵	۲۴۱۱۶۸۷

جدول (۶) نسبت سود خالص به مساحت کشت در حالت فعلی و بهینه در نواحی موردمطالعه را نشان می‌دهد. بیشترین مقدار نسبت سود خالص به مساحت کشت در حالت فعلی و بهینه مربوط به ناحیه رباط‌کریم سپس ناحیه شهریار و در انتها ناحیه اسلامشهر می‌باشد. مقادیر نسبت سود خالص به مساحت کشت در حالت بهینه بیشتر از شرایط فعلی می‌باشد؛ زیرا در حالت بهینه، هزینه مقدار آب مصرفی مربوط به مساحت کشت بهینه محصولات کشاورزی کاهش یافته است. همچنین دلیل اینکه مقدار پارامتر موردنظر در شرایط فعلی و بهینه در ناحیه رباط‌کریم نسبت به سایر نواحی دیگر بیشتر می‌باشد این است که در این ناحیه، بعضی از محصولات مانند انگور، ذرت دانه‌ای و سبزیجات که بیشترین سود خالص نسبت به کل سود خالص محصولات را داشته‌اند و نیز سطح زیر کشت قابل‌توجهی نسبت به کل مساحت کشت به خود اختصاص داده‌اند و به‌این‌ترتیب نسبت سود خالص به مساحت کشت ناحیه رباط‌کریم از نواحی دیگر بیشتر شده است. جدول (۷) سطح زیر کشت بهینه محصولات زراعی و باغی در نواحی مطالعاتی را نشان می‌دهد. محصولات زراعی جو، گندم و ذرت دانه‌ای به ترتیب در ناحیه رباط‌کریم، اسلامشهر و شهریار دارای بیشترین سطح زیر کشت بهینه به میزان ۳۹/۲، ۲۸/۵۳ و ۲۷/۴۳ درصد هستند. انگور به‌عنوان یک محصول باغی در ناحیه رباط‌کریم با ۸۹/۹۴ درصد بیشترین سطح زیر کشت را دارد. در ناحیه اسلامشهر پسته با ۳۲/۷۳ درصد و در ناحیه شهریار آلو با ۲۵/۱۵ درصد دارای بیشترین مساحت کشت می‌باشند. جدول (۸) نسبت سود خالص به مساحت کشت و حجم آب مصرفی بهینه محصولات زراعی و باغی نواحی موردمطالعه را نشان می‌دهد. با توجه به جدول مذکور در نواحی رباط‌کریم و اسلامشهر بیشترین پارامتر (سود خالص نسبت به سطح زیر کشت) مربوط به محصول سبزیجات و در ناحیه شهریار، پیاز می‌باشد. در مورد محصولات باغی، بیشترین نسبت سود خالص به سطح زیر کشت در نواحی رباط‌کریم، اسلامشهر و شهریار مربوط به انگور بوده است. محصول جو در ناحیه رباط‌کریم بیشترین حجم آب مصرفی بهینه به میزان ۳۸/۱۱ درصد را به خود اختصاص داده است.

همچنین محصول گندم در ناحیه اسلامشهر و ذرت دانه‌ای در ناحیه شهریار دارای بیشترین حجم آب مصرفی بهینه به میزان ۲۶/۸۱ و ۲۶/۱۲ درصد می‌باشند؛ و محصولات باغی انگور، پسته و آلو در نواحی رباط‌کریم، اسلامشهر و شهریار با ۹۹/۰۴، ۵۷/ ۳۵ و ۲۴/۶۸ درصد بیشترین حجم آب مصرفی بهینه را دارند. محصول انگور نسبت به سایر محصولات زراعی و باغی، بیشترین میزان بهینه پارامتر (سود خالص نسبت به سطح زیر کشت) را در نواحی موردمطالعه دارد؛ و حجم آب مصرفی بهینه آن نیز مناسب و قابل‌قبول می‌باشد. در این رابطه می‌توان به تحقیق هاشمی و همکاران اشاره نمود. آن‌ها مدل پویایی سیستم را به‌منظور محاسبه سطح آب‌های زیرزمینی و اقتصاد برای تعیین درآمد کشاورزان برای ۱۷ محصول پس از کالیبراسیون به روش الگوریتم ژنتیک ساده توسعه دادند. نتایج نشان داد که گندم نقش مهمی در ایجاد تعادل منفی آب دارد اما به اندازه انگور بر درآمد کشاورزان تأثیر نمی‌گذارد (Hashemi et al., 2019)؛ بنابراین محصول انگور با توجه به مصرف آب و درآمد آن، یک محصول مهم و مؤثر در الگوی کشت بهینه می‌باشد. محصول انار بعد از انگور قرار گرفته که بیشترین میزان بهینه سود خالص نسبت به سطح زیر کشت را دارد؛ و در ناحیه شهریار این محصول سطح زیر کشت باغی ندارد. همچنین محصولات پیاز، سبزیجات و گلابی دارای نسبت سود خالص به سطح زیر کشت و نیز حجم آب مصرفی بهینه مناسب می‌باشند. با توجه به مطالب بیان‌شده میزان آب مصرفی محصول گلابی در هر ناحیه کمتر از سبزیجات می‌باشد. در رابطه با سطح زیر کشت بهینه، توسط سو و همکاران یک مدل تخصیص بهینه چندمنظوره توسعه داده شد. نتایج حاصل از تحقیق نشان داد، نسبت کاشت محصولات غذایی مانند ذرت کاهش‌یافته، درحالی‌که نسبت کاشت محصولات پنبه، سبزیجات و میوه‌ها افزایش می‌یابد (Su et al., 2014)؛ بنابراین محصولات انگور، انار، پیاز و سبزیجات، گلابی به دلیل اینکه از نظر سود خالص نسبت به سطح زیر کشت و نیز میزان آب مصرفی مناسب هستند، می‌توان این محصولات را در الگوی کشت بهینه با توجه به شرایط منابع آبی و اقتصادی در هر ناحیه، بیشتر موردتوجه قرار داد. اسدی و همکاران با استفاده از برنامه‌ریزی ریاضی مثبت (PMP)، تأثیر دو سیاست عرضه آب و قیمت‌گذاری آب را در بخش کشاورزی دشت قروه بررسی کردند. یافته‌ها نشان داد که اعمال سیاست محدودیت در تأمین آب، الگوی کشت و کاربری زمین را به محصولات با بهره‌وری بیشتر آب تغییر می‌دهد. افزایش محدودیت‌های منابع آب می‌تواند منجر به افزایش بازده اقتصادی آب شود که نشان‌دهنده افزایش ارزش کمبود منابع آب است و به تولیدکنندگان بخش کشاورزی هشدار می‌دهد که آب را به محصولات با ارزش اقتصادی بالاتر در شرایط کمبود منابع آب اختصاص دهند (Asaadi et al., 2019)؛ بنابراین شرایط منابع و مصارف آبی و بازده اقتصادی محصولات کشاورزی به‌منظور تدوین الگوی کشت و سیاست بهره‌برداری بهینه از منابع آبی و نیز افزایش بازده اقتصادی، جزء عوامل مهم و مؤثر به شمار می‌آیند. در این مطالعه، مدل بهینه‌سازی موردنظر با دقت مناسب متغیرهای تصمیم را تعیین نموده و سیاست بهره‌برداری بهینه از منابع آبی، حجم مصارف بهینه آبی را نسبت به حالت فعلی در حد مطلوب کاهش داده است.

نتیجه‌گیری

حجم آب مصرفی در ناحیه شهریار بیشتر از نیاز آبی آن بوده که در حالت بهینه این دو مقدار با یکدیگر، برابر برآورد شده‌اند. حجم آب مصرفی بعضی از محصولات در ناحیه رباط‌کریم نیز بیشتر از نیاز آبی آن‌ها بوده که با توجه به این موضوع حجم آب مصرفی و نیاز آبی بعضی از محصولات ناحیه مذکور در حالت بهینه برابر محاسبه شده‌اند. در این تحقیق اولویت مصارف از منابع آب سطحی موردتوجه قرار دارد؛ و به این منظور تأمین نیاز آبی، ابتدا از منابع آب سطحی قابل‌دسترس مورداستفاده قرار می‌گیرد سپس جهت تأمین کمبود منابع آب سطحی، منابع آب زیرزمینی مورداستفاده قرار می‌گیرد؛ بنابراین با توجه به این موضوع و مقدار بهینه حجم آب مصرفی، استفاده از منابع آب زیرزمینی تا حد امکان کاهش می‌یابد. سطح زیر کشت، حجم آب مصرفی و حجم نیاز آبی بهینه کل محدوده موردمطالعه نسبت به شرایط فعلی به میزان ۲۰/۴۴، ۴۹/۷۱ و ۲۰/۳۵ درصد کاهش یافته است. مقادیر نسبت سود خالص به مساحت کشت نواحی مطالعاتی در حالت بهینه بیشتر از شرایط فعلی می‌باشد؛ و بیشترین مقدار پارامتر موردنظر در حالت فعلی و بهینه مربوط به ناحیه رباط‌کریم سپس ناحیه شهریار و در انتها ناحیه اسلامشهر می‌باشد.

جدول ٦- نسبت سود خالص به سطح زیر کشت در حالت فعلی و بهینه در نواحی مطالعاتی

وضعیت	نسبت سود به مساحت (میلیون ریال بر هکتار)		
	رباط‌کریم	اسلامشهر	شهریار
فعلی	۲۵۰	۶۳	۱۷۹
بهینه	۲۶۲	۷۰	۱۹۵

جدول ۷- مساحت کشت بهینه محصولات زراعی و باغی در نواحی موردمطالعه

نوع محصول	نام محصول	سطح زیر کشت بهینه (هکتار)		
		رباط‌کریم	اسلامشهر	شهریار
زراعی	گندم	۶۷۵	۱۰۶۷۰	۱۰۵۱
	جو	۱۸۱۲	۸۶۸۱	۵۷۰
	پنبه	۰	۴	۱
	کلزا	۲۰	۶۹	۱۱
	خیار	۰	۱۷	۱
	یونجه	۰	۲۲۱	۸
	ذرت علوفه‌ای	۲۹۳	۳۶۱۲	۶۳۷
	پیاز	۰	۰	۱
	گوجه‌فرنگی	۰	۷۱	۱۱
	سبزیجات	۴۶۰	۴۱۴۵	۸۶۸
	ذرت دانه‌ای	۱۳۶۲	۹۹۰۶	۱۱۹۵
	خربزه	۰	۷	۲
باغی	سیب	۲۴	۵	۸۰۴
	گیلاس	۵	۱۲	۲۸۷
	گلابی	۲۷	۷	۶۶۲
	زردآلو و قیسی	۵۵	۹۵	۱۳۰۶
	هلو، شلیل، شفتالو	۱۱۳	۶۵	۱۶۷۲
	آلو، گوجه	۱۱۲	۴۹	۲۰۰۸
	زیتون	۰	۰	۰
	بادام‌زمینی	۱	۱	۴۱
	انار	۳	۱۲۲	۰
	گردو	۱۷	۴۳	۱۷۶
	پسته	۳	۴۸۶	۲
	انگور	۳۲۳۷	۴۵۱	۹۶۸
	توت درختی	۲	۴	۹
	به	۰	۷	۳۶
	انجیر	۰	۱۳۸	۱۴

در نواحی رباط‌کریم و اسلامشهر بیشترین پارامتر (سود خالص نسبت به سطح زیر کشت) مربوط به محصول سبزیجات و در ناحیه شهریار، پیاز می‌باشد. همچنین انگور به‌عنوان یک محصول باغی، بیشترین نسبت سود خالص به سطح زیر کشت در نواحی رباط‌کریم، اسلامشهر و شهریار را دارد. محصول جو در ناحیه رباط‌کریم بیشترین حجم آب مصرفی بهینه به میزان ۳۸/۱۱ درصد را به خود اختصاص داده است. همچنین محصول گندم در ناحیه اسلامشهر و ذرت دانه‌ای در ناحیه شهریار دارای بیشترین حجم آب مصرفی بهینه به میزان ۲۶/۸۱ و ۲۶/۱۲ درصد می‌باشند؛ و محصولات باغی انگور، پسته و آلو در نواحی رباط‌کریم، اسلامشهر و شهریار با ۹۹/۰۴، ۵۷/ ۳۵ و ۲۴/۶۸ درصد بیشترین حجم آب مصرفی بهینه را دارند. محصول انگور نسبت به سایر محصولات زراعی و باغی، بیشترین میزان بهینه پارامتر (سود خالص نسبت به سطح زیر کشت) را در نواحی موردمطالعه دارد؛ و حجم آب مصرفی بهینه آن نیز مناسب و قابل‌قبول می‌باشد؛ بنابراین محصول انگور با توجه به مصرف آب و درآمد آن، یک محصول مهم و مؤثر در الگوی کشت بهینه می‌باشد. محصول انار بعد از انگور قرار گرفته که بیشترین میزان بهینه سود خالص نسبت به سطح زیر کشت را دارد. همچنین محصولات پیاز، سبزیجات و گلابی دارای نسبت سود خالص به سطح زیر کشت و نیز حجم آب مصرفی بهینه مناسب می‌باشند. با توجه به مطالب بیان‌شده میزان آب مصرفی محصول گلابی در هر ناحیه کمتر از سبزیجات می‌باشد. سطح زیر کشت محصول انگور گسترده بوده و باعث ایجاد سود خالص قابل‌ملاحظه‌ای می‌شود؛ و با توجه به مساحت کشت و آب مصرفی این محصول در هر ناحیه، سود خالص آن مناسب و ایده‌آل

می‌باشد؛ و همچنین شرایط محصولات انار، پیاز و سبزیجات، گلابی نیز از نظر مساحت کشت و آب مصرفی آن‌ها در نواحی موردنظر مناسب می‌باشد ولی محصول انگور به دلیل سود خالص قابل‌توجه و میزان آب مصرفی مناسب، از سایر محصولات دیگر در کل محدوده موردمطالعه مطلوب‌تر است؛ بنابراین می‌توان از این محصول و محصولات مناسب دیگر مانند انار، پیاز، سبزیجات و گلابی بیشتر از سایر محصولات دیگر در الگوی کشت استفاده نمود. الگوی کشت بهینه، مصرف آب و مساحت کشت کمتری نسبت به الگوی کشت فعلی دارد ولی سود خالص آن نیز کمتر است که با توجه به شرایط منابع آبی و خاکی و غیره در نواحی موردمطالعه، می‌توان با کاشت گیاهان مقاوم به کم‌آبی و یا جایگزین نمودن محصولات دیگر مانند انگور، انار، پیاز، سبزیجات و گلابی، سود خالص را افزایش داده و اقتصاد محدوده موردمطالعه را در بخش کشاورزی مطلوب نمود.

جدول ۸- نسبت سود خالص به مساحت کشت و حجم آب مصرفی محصولات زراعی و باغی در حالت بهینه در نواحی موردمطالعه

نوع محصول	نام محصول	نسبت سود به مساحت (میلیون ریال بر هکتار)			حجم آب مصرفی بهینه (مترمکعب)		
		رباط‌کریم	اسلامشهر	شهریار	رباط‌کریم	اسلامشهر	شهریار
زراعی	گندم	۲۵	۳۰	۲۷	۵۸۸۸۱۷۷	۳۵۰۳۰۶۵۶	۱۱۵۱۲۹۵۱
	جو	۳	۲	۷	۱۵۷۶۲۵۸۰	۲۸۴۹۹۳۴۰	۶۲۴۶۹۳۵
	پنبه	۰	۲۷	۶	۰	۱۱۲۴۰	۱۷۹۰۵
	کلزا	۲	۴	۳	۱۴۸۹۵۳	۱۷۸۴۳۴	۱۱۷۵۳۷
	خیار	۰	۱۶	۵۸	۰	۶۹۸۷۰	۹۸۳۸
	یونجه	۰	۴۹	۱۷۴	۰	۵۰۵۹۵۱۲	۶۱۰۴۵۲
	ذرت علوفه‌ای	۸۹	۵۴	۶۴	۲۵۹۲۸۱۷	۱۱۹۸۳۴۴۱	۷۰۳۱۱۷۲
	پیاز	۰	۰	۳۹۱	۰	۰	۱۰۸۹۳
	گوجه‌فرنگی	۰	۱۰۶	۲۲۳	۰	۳۲۲۹۵۴	۱۶۸۸۶۷
	سبزیجات	۲۵۸	۲۵۳	۲۴۴	۴۹۱۷۵۷۳	۱۶۵۹۷۰۱۱	۱۱۵۴۲۰۶۹
	ذرت دانه‌ای	۱۶۹	۸۶	۱۵۷	۱۲۰۵۲۶۳۵	۳۲۸۶۶۸۵۷	۱۳۱۸۳۴۲۷
	خربزه	۰	۸۶	۱۹	۰	۲۷۳۹۴	۲۱۵۵۰
باغی	سیب	۱۲۲	۸۷	۷۶	۹۳۴۶	۱۹۱۵۷	۹۷۱۳۲۳۴
	گیلاس	۲۴۱	۰	۱۳۴	۹۹۹	۴۴۳۳۲	۳۲۲۳۹۲۴
	گلابی	۲۵۴	۱۵۶	۳۹۹	۱۳۰۵۰	۲۱۲۰۲	۷۹۹۹۷۱۴
	زردآلو و قیسی	۸۵	۳۶	۱۶۲	۲۶۱۵۳	۳۲۸۴۷۰	۱۴۶۸۷۴۷۷
	هلو، شلیل، شفتالو	۴۸	۵۰	۸۸۸	۸۴۴۷۸	۲۲۲۷۸۲	۱۸۸۰۷۱۸۸
	آلو، گوجه	۱۰۷	۵۷	۱۷۸	۶۹۵۲۳	۲۱۵۱۵۹	۲۲۵۷۶۴۳۶
	زیتون	۰	۱۱	۰	۰	۰	۰
	بادام‌زمینی	۱۱۹	۷۲	۲۲۷	۵۲۱۷	۶۳۸۱	۶۵۰۹۲۵
	انار	۲۷۲	۳۲۶	۰	۳۳۴۸۹	۵۷۷۹۵۱	۰
	گردو	۱۱۵	۳۴	۱۹۱	۱۶۴۳۶	۱۵۷۴۵۳	۲۱۸۷۵۱۹
	پسته	۱۶	۹	۹	۳۸۶	۲۱۷۰۵۱۰	۲۵۰۰۸
	انگور	۵۳۲	۴۹۰	۸۳۴	۲۶۴۶۰۶۷۶	۱۵۲۶۳۹۴	۱۰۷۳۹۹۹۶
	توت درختی	۴۸	۳۶	۱۲۰	۲۰۵۵	۱۲۶۲۹	۱۱۲۳۵۵
	به	۰	۸۴	۲۳۰	۰	۲۴۲۷۴	۵۰۲۶۶۹
	انجیر	۰	۲۹	۲۹	۰	۷۷۶۰۳۰	۲۶۱۱۹۰

منابع

Adeyemo, J. and Otieno, F. 2010. Differential evolution algorithm for solving multi-objective crop planning model. Agricultural Water Management. 97(6): 848-856.

Alabdulkader, A. M., Al-Amoud, A. I. and Awad, F. S. 2012. Optimization of the cropping pattern in Saudi Arabia using a mathematical programming sector model. Agricultural Economics. 58(2): 56-60.

model for optimal cropping pattern and irrigation scheduling under deficit irrigation. Agricultural Water Management. (140): 1–13.

Georgiou, P. E. and Papamichail, D. M. 2008. Optimization model of an irrigation reservoir for water allocation and crop planning under various weather conditions. Irrigation science. 26(6): 487-504.

Hashemi, M., Zadeh, H. M., Arasteh, P. D. and Zarghami, M. 2019. Economic and environmental impacts of cropping pattern elements using systems dynamics. Civil Engineering Journal. 5(5): 1020-1032.

Honar, T., Ghazali, M. and Nikoo, M. R. 2021. Selecting the Right Crops for Cropping Pattern Optimization Based on Social Choice and Fallback Bargaining Methods Considering Stakeholders' Views. Iranian Journal of Science and Technology, Transactions of Civil Engineering. 45(2): 1077-1088.

Inas, E. G., Grigg, N. and Waskom, R. 2017. Water-food-energy: nexus and non-nexus approaches for optimal cropping pattern. Water Resources Management. 31(15): 4971-4980.

Jain, S., Ramesh, D. and Bhattacharya, D. 2021. A multi-objective algorithm for crop pattern optimization in agriculture. Applied Soft Computing. 112: 107772.

Jiang, Y., Xu, X., Huang, Q., Huo, Z. and Huang, G. 2016. Optimizing regional irrigation water use by integrating a two-level optimization model and an agro-hydrological model. Agricultural water management. 178: 76-88.

Kaleeswaran, V., Dhamodharavadhani, S. and Rathipriya, R. 2021. Multi-crop Selection Model Using Binary Particle Swarm Optimization. In Innovative Data Communication Technologies and Application (pp. 57-68). Springer, Singapore.

Karamouz, M., Zahraie, B., Kerachian, R. and Eslami, A. 2010. Crop pattern and conjunctive use management: a case study. Irrigation and Drainage: The journal of the International Commission on Irrigation and Drainage. 59(2): 161-173.

Ketsripongsa, U., Pitakaso, R., Sethanan, K. and Srivarapongse, T. 2018. An Improved differential evolution algorithm for crop planning in the Northeastern Region of Thailand. Mathematical and Computational Applications. 23(3): 40.

Khashei-siuki, a., Ghahreman, b. and Kouchakzadeh, m. 2010. Application of Agricultur Water Allocationand Management by PSO Optimization Technic (Case study: Nayshabur Plaine) Journal of Water and Soil. 27(2): 292-303.

Najafabadi, M. M., Ziaee, S., Nikouei, A. and Alizadeh, a., Majidi, n., Ghorbani, m. and Mohammadian, f. 2012. Cultivation pattern optimization to balance groundwater resource (case study: Mashhad-Chenaran plain). Iran irrigation and drainage. 6(1): 55- 68.

Asaadi, M. A., Mortazavi, S. A., Zamani, O., Najafi, G. H., Yusaf, T. and Hoseini, S. S. 2019. The impacts of water pricing and non-pricing policies on sustainable water resources management: A case of Ghorveh plain at Kurdistan province, Iran. Energies. 12(14): 2667.

Babel, M. S., Gupta, A. D. and Nayak, D. K. 2005. A model for optimal allocation of water to competing demands. Water resources management. 19(6): 693-712.

Bergez, J. E. 2013. Using a genetic algorithm to define worst-best and best-worst options of a DEXi-type model: Application to the MASC model of cropping-system sustainability. Computers and electronics in agriculture. 90: 93-98.

Birhanu, K., Alamirew, T., Olumana, M. D., Ayalew, S. and Aklog, D. 2015. Optimizing cropping pattern using chance constraint linear programming for koga irrigation dam, Ethiopia. Irrigation & Drainage Systems Engineering. 10(4172): 2168-9768.

Chetty, S., Adewumi, A. O. 2013. Comparison study of swarm intelligence techniques for the annual crop planning problem. IEEE Transactions on Evolutionary Computation. 18(2): 258-268.

Dai, C., Qin, X. S. and Lu, W. T. 2021. A fuzzy fractional programming model for optimizing water footprint of crop planting and trading in the Hai River Basin, China. Journal of Cleaner Production. 278: 123196.

Dai, Z. Y. and Li, Y. P. 2013. A multistage irrigation water allocation model for agricultural land-use planning under uncertainty. Agricultural Water Management. 129: 69-79.

Divakar, L., Babel, M. S., Perret, S. R. and Gupta, A. D. 2011. Optimal allocation of bulk water supplies to competing use sectors based on economic criterion–An application to the Chao Phraya River Basin, Thailand. Journal of Hydrology. 401(1-2): 22-35.

Fasakhodi, A. A., Nouri, S. H. and Amini, M. 2010. Water resources sustainability and optimal cropping pattern in farming systems; a multi-objective fractional goal programming approach. Water resources management. 24(15): 4639-4657.

Garg, N. K. and Dadhich, S. M. 2014. Integrated non-linear model for optimal cropping pattern and irrigation scheduling under deficit irrigation. Agricultural Water Management. 140: 1-13.

Garga, S. and Dadhich, M. 2014. Integrated non-linear

Geosciences. 13(4): 1-12.

Shreedhar, R., Hiremath, C.G. and Shetty, G.G. 2015. Optimization of Croping pattern using Linear Programming Model for Markandeya Command Area. International Journal of Scientific & Engineering Research. 6(9): 1311-1326

Singh, A. and Panda, S. N. 2013. Optimization and simulation modelling for managing the problems of water resources. Water resources management. 27(9): 3421-3431.

Su, X., Li, J. and Singh, V. P. 2014. Optimal allocation of agricultural water resources based on virtual water subdivision in Shiyang River Basin. Water Resources Management. 28(8): 2243-2257.

Tafteh, A., Babazadeh, H., Ebrahimipak, N. A. and Kaveh, F. 2014. Optimization of irrigation water distribution using the MGA method and comparison with a linear programming method. Irrigation and drainage. 63(5): 590-598.

Varade, S. Patel, J. N. 2018. Determination of optimum cropping pattern using advanced optimization algorithms. Journal of Hydrologic Engineering. 23(6): 05018010.

Wardlaw, R. and Bhaktikul, K. 2004. Application of genetic algorithms for irrigation water scheduling. Irrigation and Drainage: The journal of the International Commission on Irrigation and Drainage. 53(4): 397-414.

Zeng, X., Kang, S., Li, F., Zhang, L. and Guo, P. 2010. Fuzzy multi-objective linear programming applying to crop area planning. Agricultural Water Management. 98(1): 134-142.

Borazjani, M. A. 2019. Mathematical programming model (MMP) for optimization of regional cropping patterns decisions: A case study. Agricultural Systems. 173: 218-232.

Rath, A., Swain, P. C. 2021. Optimal allocation of agricultural land for crop planning in Hirakud canal command area using swarm intelligence techniques. ISH Journal of Hydraulic engineering. 27(1): 38-50.

Rawabdeh, H., Shatanawi, M., Scardigno, A. and Todorovic, M. 2010. Optimization of the cropping pattern in Northern and Southern part of the Jordan Valley under drought conditions and limited water availability. Economics of Drought and Drought Preparedness in a Climate Change Context. Options Méditerranéenes Série A. 95: 199-206.

Regulwar, D. G. and Gurav, J. B. 2013. Two-Phase Multi Objective Fuzzy Linear Programming Approach for Sustainable Irrigation Planning. Journal of Water Resource and Protection. 5(6): 642-651.

Sadati, S. K., Speelman, S., Sabouhi, M., Gitizadeh, M. and Ghahraman, B. 2014. Optimal irrigation water allocation using a genetic algorithm under various weather conditions. Water. 6(10): 3068-3084.

Sarma, A. K., Misra, R., and Chandramouli, V. 2006. Application of genetic algorithm to determine optimal cropping pattern. Opsearch. 43(3): 320-329.

Shirdeli, A. and Dastvar, S. 2014. An optimization technique for cropping patterns and land consolidation: A case study for irrigation network. Management Science Letters. 4(9): 2087-2092.

Shirshahi, F., Babazadeh, H., EbrahimiPak, N. and Khaledian, M. 2020. Sustainable optimization of regional agricultural water use by developing a two-level optimization model. Arabian Journal of

Iranian Journal of Irrigation and Drainage
No.1, Vol. 16, Apr.-May. 2022, p. 119-133

نشریه آبیاری و زهکشی ایران
شماره۱، جلد ۱۶، فروردین - اردیبهشت ۱۴۰۱، ص. ۱۳۳-۱۱۹

Determining the Optimal Cultivation Area and Pattern of Agricultural Water Consumption in Order to Manage Multi-Objective Planning

N. Salehi Shaf[1], H. Babazade[2]*, F. Aghayari[3], A. Saremi[4]
Recived: Sep.29, 2021 Accepted: Nov.01, 2021

Abstract

Due to extensive agricultural activities and the need for significant irrigation, water consumption in the agricultural sector has increased. Therefore, providing solutions to reduce water consumption is an important issue. For this purpose, the optimization model was calculated and presented separately using the multi-objective genetic algorithm (NSGA-II) with two functions of net profit and agricultural water consumption in the Shahriar plan (Tehran, Iran). Also, the optimal values of net profit, cultivation pattern, irrigation uses and gross irrigation requirement were estimated in the optimization model. The results showed that the highest net profit, cultivation area and the volume of optimal water demand are related to Islamshahr area, then Shahriyar area and finally Robat Karim have the most desired values. Shahriar area has the highest optimal water consumption in the agricultural sector, then Islamshahr and finally Robat Karim has the lowest optimal amount of agricultural water consumption. The highest ratio of net profit to cultivated area in the optimal condition was related to Robat Karim area, then Shahriyar area and finally Islamshahr area. Also, according to the cultivation area and the optimal water consumption of grape, pomegranate, onion, vegetables in each area, their net profit is appropriate and ideal. And grape is the best possible crop among them.The policy of optimal utilization of water resources has led to a reduction in the area under cultivation, the volume of optimal water consumption and the volume of water needs in the whole area compared to the current situation by 20.44, 49.71 and 20.35 percent.

Keywords: Agricultural water consumption, Net profit, Net profit to cultivation area ratio, Optimal exploitation policy

1- Ph. D. Student in Irrigation and Drainage, Department of Water Science and Engineering, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran
2- Professor, Department of Water Science and Engineering, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran
3- Assistant Professor, Department of Agronomy, Karaj Branch, Islamic Azad University, Karaj, Iran
4- Assistant Professor, Department of Water Science and Engineering, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran
(*- Corresponding Author Email: h_babazadeh@hotmail.com)