اکوهیدرولوژی

دورهٔ ۲، شمارهٔ ۱، بهار ۱۳۹۴، ص ۴۹-۳۹

تخصیص آب در شبکه‌های آبیاری به‌کمک سیستم پشتیبانی تصمیم‌گیری مبتنی بر سیستم اطلاعات مکانی (GIS) و الگوریتم ازدحام ذرات (PSO) (مطالعهٔ موردی: اراضی کشاورزی قورتان)

ناصر محمدی ورزنه[۱]، علیرضا وفایی‌نژاد[۲*]

۱. کارشناس ارشد سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی

۲. استادیار، دانشکدهٔ مهندسی آب و محیط زیست، پردیس فنی مهندسی (شهید عباسپور) دانشگاه شهید بهشتی

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۱۱/۱۳ - تاریخ تصویب: ۱۳۹٤/۰۳/۱۳)

چکیده

محدودیت منابع آب در کرهٔ زمین، آب را به کالای اقتصادی باارزشی بدل کرده است. بخش کشاورزی که براساس تحقیقات، بیشترین هدررفت آب را دارد، باید مدیریت شود. ازاین‌رو بهتر است روش‌ها و مدل‌های مختلف برنامه‌ریزی همچون مدل سیستم پشتیبانی تصمیم‌گیری، در ملازمت با قابلیت‌ها و توانایی‌های سیستم اطلاعات مکانی (GIS) به‌منظور مدیریت منابع آب، به‌کار گرفته شود. کاربرد همزمان و ترکیبی این دو سیستم، سبب مدیریت منسجم و تصمیم‌گیری درست در امور تخصیص و توزیع آب خواهد شد. محققان در تحقیقات پیشین درصدد بررسی و مدیریت تخصیص آب به‌صورت آماری و توصیفی بوده‌اند. ازاین‌رو در این تحقیق، با استفاده از سیستم پشتیبانی تصمیم‌گیری به‌همراه قابلیت‌های GIS، راهکار تخصیص درست و استفادهٔ صحیح و بهینه از آب اراضی کشاورزی بر مبنای مکان‌مند بودن معرفی شده است. بدین منظور، با استفاده از روش الگوریتم ازدحام ذرات (PSO)، فرایند برنامهٔ زمانی کشت به‌صورت اولیه در شبکه‌های آبیاری بهینه شده و سپس داده‌های توصیفی در محیط GIS مدلسازی شده و به‌تبع آن مراحل اجرای الگوریتم بهینه‌سازی مکانی و تخصیص آب به‌صورت خودکار ارائه شده است. نتایج این تحقیق پس از بهینه‌سازی تخصیص آب در اراضی مورد مطالعه، نشان می‌دهد که مقدار کمبود و همچنین هدررفت آب در حالت تخصیص بهینه در مقایسه با تخصیص سنتی و غیربهینه تا حد چشمگیری کاهش داشته است.

واژگان کلیدی: سیستم اطلاعات مکانی (GIS)، سیستم پشتیبانی تصمیم‌گیری (DSS)، تخصیص آب، الگوریتم ازدحام ذرات (PSO).

[*] نویسنده مسئول

Email: a_vafaei@sbu.ac.ir

مقدمه

مدیریت اصولی آب در بخش کشاورزی، مستلزم بررسی راهکارهای بهینه‌سازی شبکه‌های آبیاری است. این بررسی در پی بازنگری در تخصیص منابع آب، مدیریت عرضه و تقاضا، برنامه‌ریزی دقیق و بهنگام تحویل آب در کنار سایر بخش‌های مدیریتی است. به‌دلیل ارزش و اهمیت به‌کارگیری بهینهٔ تخصیص آب، استفاده از روش‌ها و فنون جدید برای مدیریت شبکه‌های آبیاری، تأثیر مناسب و رو به رشدی در بهره‌برداری خواهد داشت. در سیستم‌های سنتی آبیاری و بهره‌برداری از منابع آبی، برنامهٔ منظم و منسجمی برای مدیریت این منابع وجود ندارد [۴]. بنابراین، با روش‌های سنتی، پردازش و تخصیص بهینه بسیار مشکل و نیازمند استفاده از سیستم‌های جدید نظیر سیستم اطلاعات مکانی (GIS) است.

در ایران، زراعت‌های آبی رکن اساسی کشاورزی‌اند. براساس آمارهای موجود، ایران در ردیف پنجم کشورهای جهان از نظر وسعت اراضی آبی قرار دارد [۷]. در بسیاری از نقاط کشور، آب مورد نیاز زراعت‌ها با آبیاری تأمین می‌شود. همین امر سبب شده است که منابع آبی کشور به مرحلهٔ بحرانی برسد و به‌دلیل محدودیت منابع، تأمین آب بیشتر برای کشاورزی، امکان‌پذیر نباشد [۷]. ازاین‌رو مناسب‌ترین راه آن است که با فناوری‌های مناسب در زمینهٔ آبیاری، بیشترین بهره‌برداری از منابع آب صورت گیرد. بر همین اساس، باید روش‌ها و مدل‌های مختلف تصمیم‌گیری و برنامه‌ریزی همچون مدل سیستم پشتیبانی تصمیم‌گیری، در کنار قابلیت‌ها و توانایی‌های GIS به‌کار گرفته شود. استفادهٔ همزمان و ترکیبی از این دو سیستم نوین موجب مدیریت منسجم و تصمیم‌گیری درست در امور مختلف خواهد شد و می‌توان از آنها به‌طرز مطلوبی در برنامه‌ریزی استفاده کرد.

در زمینهٔ تخصیص آب، تحقیقات مختلفی به روش‌های گوناگون انجام شده است. در ایران، منعم، نجفی و خوشنواز در تحقیقی برنامه‌ریزی بهینهٔ تحویل آب در کانال‌های آبیاری با استفاده از الگوریتم ژنتیک را بررسی کردند. در این تحقیق بیان شد که برنامه‌ریزی تحویل و توزیع آب در کانال‌های آبیاری اغلب به‌صورت توصیفی و مبتنی بر قضاوت کارشناسی صورت می‌گیرد. این درحالی است که با توجه به اهمیت موضوع، روش‌های تحلیلی و ریاضی را نمی‌توان به‌سادگی رها کرد [۴]. در تحقیقی دیگر رنگزن با استفاده از فناوری سنجش از دور سعی کرد مدیریت و مصرف بهینهٔ کشاورزی در شبکهٔ آبیاری گتوند را بهبود بخشد [۵]. محمدجواد منعم و محمدعلی نوری در تحقیقی دیگر، برای توزیع و تحویل بهینهٔ آب در شبکه‌های آبیاری از الگوریتم بهینه‌سازی PSO استفاده کردند. آنان در این تحقیق بیان کردند که روش‌های بهینه‌سازی کلاسیک، دچار محدودیت‌هایی شامل توقف در نقاط بهینهٔ موضعی و ناتوانی در به‌کارگیری انواع متغیرهاست برای رفع این محدودیت‌ها می‌توان از روش‌های ابتکاری مانند رفتار جمعی اجزا (PSO) برای توزیع و تحویل بهینهٔ آب در کانال‌های آبیاری استفاده کرد [۲]. درکشورهای دیگر نیز برای نمونه ینگ‌چون و همکارانش در پی یافتن ابزار و شیوه‌ای کارامد برای مدیریت منابع آب در حوضه‌های رودخانه بودند و توانستند یک پایگاه رایانه‌ای کاربردی برای تصمیم‌گیرندگان فراهم آورند [۱۰]. در تحقیقی دیگر، با داده‌های گوناگون زمین‌شناسی، توپوگرافی و منابع آب و با استفاده از GIS یک سامانهٔ پشتیبانی تصمیم‌گیری بهینه برای چگونگی تخصیص آب در فصل بهار در حوزه‌های بزرگ آبی استرالیا پیشنهاد شد [۱۱]. محققان برای پشتیبانی برنامهٔ زمان‌بندی آبیاری در حوضهٔ سیردریا در ازبکستان از مدل ISAREG به‌منظور کاربرد آن در آب‌وهوای مشابه استفاده کردند. این مدل، یک مدل مفهومی non distributed water balance برای شبیه‌سازی زمان‌بندی آبیاری محصول در سطح مزرعه و محاسبهٔ نیاز آبیاری تحت شرایط مقدار آب اپتیمم و شرایط بحرانی بود [۱۳]. نکتهٔ شایان ذکر این است که در همهٔ این تحقیقات بیشتر بر روش‌ها و محاسبات تکیه شده و در هیچ‌کدام به برنامه‌ریزی تخصیص آب بر مبنای استانداردهای مکان‌مبنا اشاره نشده است. ازاین‌رو در این تحقیق، با استفاده از سیستم پشتیبانی تصمیم‌گیری به‌همراه GIS، راهکار تخصیص درست و بهینه‌شدهٔ آب اراضی کشاورزی بر مبنای قطعات کشت‌شده معرفی شده است. پس از بررسی روش‌های متنوعی از سیستم‌ها و مدل‌های تصمیم‌گیری، با توجه به تأیید متخصصان آب در تحقیقات خود، مدل PSO به‌منظور بهینه‌سازی، مبنا قرار داده شد. در این تحقیق فرایند تخصیص آب در شبکه‌های آبیاری اراضی کشاورزی روستای قورتان بررسی شده است.

سیستم پشتیبان تصمیم‌گیری (DSS)

سیستم پشتیبان تصمیم‌گیری اغلب به‌عنوان یک سیستم کامپیوتری تعریف می‌شود. این سیستم هماهنگ با تصمیم‌گیران برای یافتن راه حل یک مسئله به آنها کمک می‌کند. در واقع، سیستم‌های پشتیبانی تصمیم‌گیری سیستم‌های کامپیوتری بسیار منعطف و تعاملی‌اند. این سیستم‌ها برای حمایت از همهٔ مراحل فرایند تصمیم‌گیری، در شرایط غیرساخت‌یافته استفاده می‌شوند [۹]. این سیستم مانند مشاوری در کنار تصمیم‌گیرنده به او امکان می‌دهد که با حجم عظیمی از اطلاعات کار کند و آنها را به صورت‌های دلخواه و در قالب مدل‌های مناسب برای بهبود تصمیم‌گیری خود به‌کار گیرد.

اجزای DSS

DSSها برحسب کاربرد ممکن است دارای ساختارهای متفاوتی باشند؛ اما اغلب، ویژگی‌ها و اجزای مشترکی دارند. یک DSS سه جزء اصلی پایگاه داده، پایگاه مدل و واسط کاربری دارد؛ در واقع کاربر با استفاده از واسط کاربری به سیستم اعلام می‌کند که از کدام مدل بهینه‌سازی (که در پایگاه مدل‌ها و در قسمت مدیریت مدل وجود دارد) برای تحلیل کدام داده (که در پایگاه داده وجود دارد) استفاده کند. مدل انتخاب‌شده اطلاعات مورد نظر را تحلیل کرده و نتایج را از طریق واسط کاربری برای کاربر ارسال می‌کند. در این تحقیق پایگاه داده شامل داده‌های توصیفی و مکانی شبکهٔ آبیاری و اراضی کشاورزی است. پایگاه مدل نیز شامل مدل PSO (الگوریتم ازدحام ذرات) است که مبنا قرار گرفته است و واسط کاربری نیز محیط سفارشی‌شدهٔ GIS است.

الگوریتم بهینه‌سازی ازدحام ذرات[1]

الگوریتم‌های فراابتکاری مبتنی بر جمعیت، مفاهیم مشترک بسیاری دارند. می‌توان آنها را به‌صورت یک فرایند بهبود تکرارشونده، در یک جمعیت از جواب‌ها تعریف کرد. در این الگوریتم‌ها، ابتدا جمعیت اولیه ساخته شده و سپس یک جمعیت جدید از جواب‌ها تولید می‌شود. در نهایت، این جمعیت از جواب‌ها، به‌وسیلهٔ روش‌های مختلف انتخاب و با جمعیت فعلی ادغام می‌شود. فرایند جست‌وجو زمانی متوقف می‌شود که یک شرط خاتمه یابد [۸]. الگوریتم PSO نیز یکی از الگوریتم‌های مبتنی بر جمعیت است که در ادامه شرح داده شده است. الگوریتم بهینه‌سازی ازدحام ذرات (PSO)، در سال ۱۹۹۵ توسط ابرهارت و کندی به‌عنوان یک روش جست‌وجوی غیرقطعی برای بهینه‌سازی تابعی معرفی شد. این الگوریتم از هوش جمعی الهام گرفته است [۸]. گروهی از پرندگان در فضایی به‌صورت تصادفی دنبال غذا می‌گردند و تنها یک منبع غذا در فضای مورد بحث وجود دارد. هیچ یک از پرندگان محل غذا را نمی‌دانند. یکی از بهترین راهبردها دنبال کردن پرنده‌ای است که کمترین فاصله را تا غذا داشته باشد. این راهبرد جان‌مایهٔ این الگوریتم است. هر راه حل یک ذره نام دارد. هر ذره یک مقدار شایستگی دارد که توسط یک تابع شایستگی محاسبه می‌شود. هر چه ذره در فضای جست‌وجو به هدف (غذا در مدل حرکت پرندگان) نزدیک‌تر باشد، شایستگی بیشتری دارد [۱۲].

هر ذره دارای یک سرعت است که هدایت حرکت را بر عهده دارد. هر ذره، با دنبال کردن ذرات بهینه در حالت فعلی، به حرکت خود در فضای مسئله ادامه می‌دهد؛ به این شکل که گروهی از ذرات PSO، در آغاز کار به‌صورت تصادفی به‌وجود می‌آیند و با به‌روز کردن نسل‌ها برای یافتن راه حل بهینه تلاش می‌کنند. در هر گام، هر ذره با استفاده از دو مقدار برتر به روز می‌شود. اولین مورد، بهترین موقعیتی است که تا کنون یک ذره موفق به رسیدن به آن شده است. این مقدار با نام pbest توسط الگوریتم استفاده می‌شود. بهترین مقدار دیگر، بهترین موقعیتی است که تا کنون توسط جمعیت ذرات به‌دست آمده است. این موقعیت با gbest نمایش داده می‌شود [۸].

در واقع سرعت ذره در هر گام از دو قسمت تشکیل می‌شود. قسمت اول سرعت فعلی ذره و قسمت دوم، مربوط به دنبال کردن بهترین تجربهٔ شخصی و بهترین تجربهٔ گروه است. الگوریتم حرکت دسته‌جمعی ذرات با ترکیب این دو قسمت سعی می‌کند که به‌نوعی تعادل را بین جست‌وجوها ایجاد کند. در این الگوریتم برای به‌روزرسانی سرعت از رابطهٔ زیر استفاده می‌شود [۱۲].

$$V[t+1] = V[t]+cl * rand(t) * (pbest[t] - position[t]) + c2 * rand(t) * (gbest[t] - position[t]) \quad (۱)$$

1. Particle Swarm Optimization (PSO)

مواد و روش‌ها

در این تحقیق، تخصیص بهینهٔ آب در شبکه‌های آبیاری با استفاده از سیستم پشتیبانی تصمیم‌گیری مبتنی بر GIS و الگوریتم ازدحام ذرات (PSO) مدنظر قرار گرفته است. ابتدا به بررسی مشخصات و پارامترهای مهم شبکه‌های آبیاری و معیارهای اساسی برای تخصیص و روش‌های بهینه‌سازی تخصیص آب پرداخته شده و سپس با استفاده از مدل PSO فرایند تخصیص آب در شبکه‌های آبیاری به تفکیک محصولات انجام گرفته است. در نهایت، نتیجهٔ مدل PSO در محیط GIS مدلسازی شده و مراحل بهینه‌سازی مکانی و زمانی بیان شده است. در شکل ۱ مراحل و روش اجرای تحقیق نشان داده شده است.

منطقهٔ تحقیق

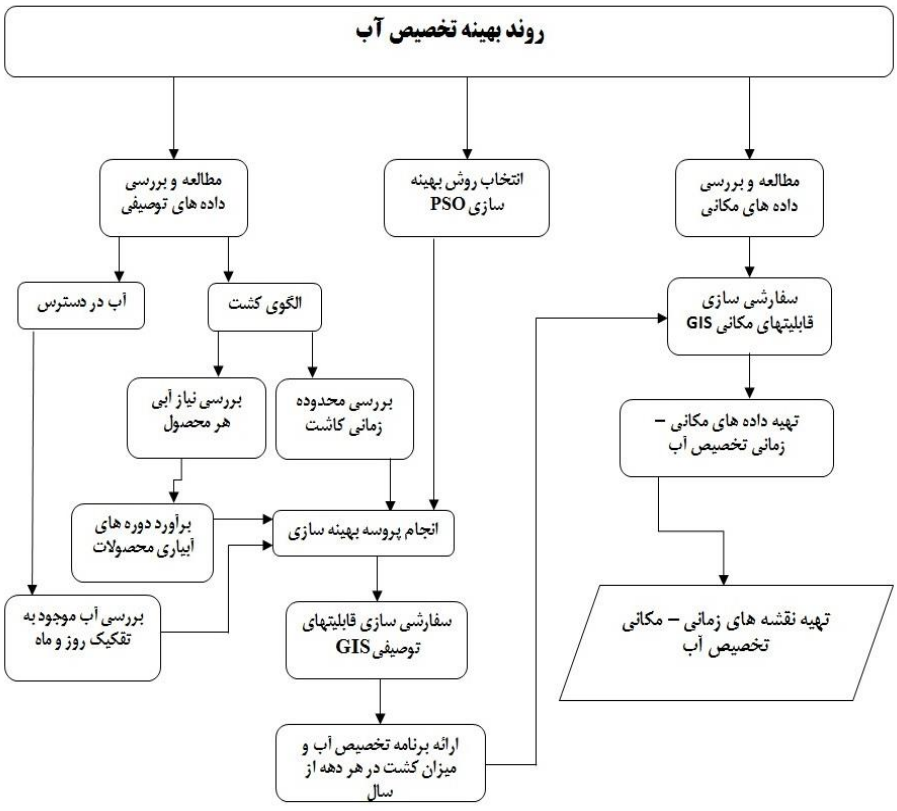
موقعیت روستای قورتان در شکل ۲ بر مبنای تقسیمات سیاسی کشور نشان داده شده است. این روستا از توابع بخش بُن‌رود شهرستان اصفهان، در موقعیت جغرافیایی ۵۲ درجه و ۳۳ دقیقهٔ طول شرقی و ۳۲ درجه و ۲۷ دقیقهٔ عرض شمالی است. روستای قورتان در فاصلهٔ ۱۱ کیلومتری شهر ورزنه و ۱۰۰ کیلومتری شرق اصفهان واقع شده است. ارتفاع روستا از سطح دریا ۱۴۸۰ متر و آب‌وهوای آن نیمه‌خشک است.

معرفی زمین و شبکهٔ آبرسانی

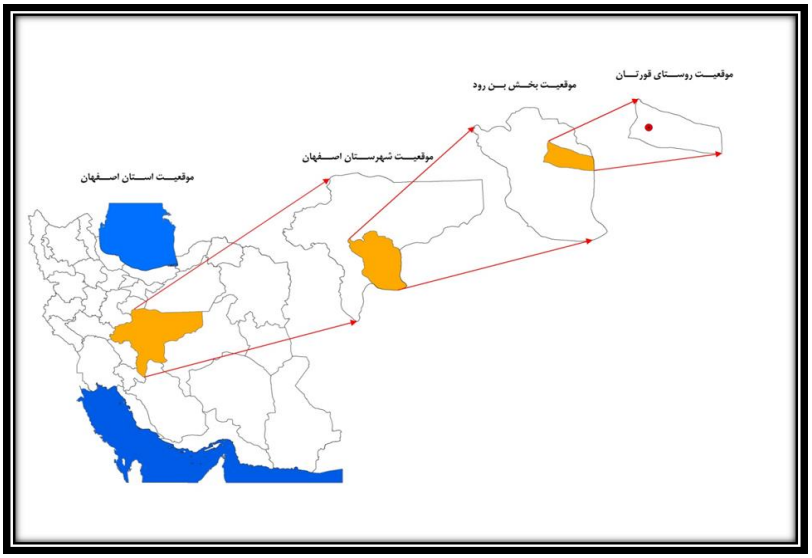
در اراضی مورد مطالعه، در حدود ۲۹۶ قطعهٔ کشت‌شده وجود دارد. مجموع این قطعات دارای مساحت ۵۶۳/۵۳ هکتار به‌صورت خالص است. شبکه‌های آبرسانی این اراضی، با ابعاد و ظرفیت‌های مشخصی ایجاد شده‌اند. این شبکه‌ها دارای جنس بتنی و ظرفیت ۲۰۰ تا ۵۰۰ لیتر بر ثانیه‌اند. در شکل ۳ موقعیت قطعات کشاورزی و همچنین شبکهٔ آبرسانی نشان داده شده است.

الگوی کشت

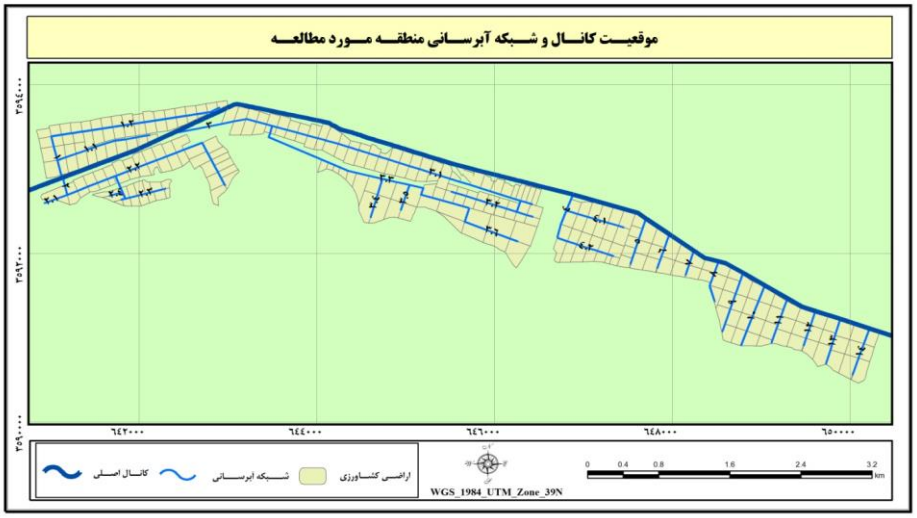
به‌طور کلی در بخش بن‌رود، به‌دلیل موقعیت قرارگیری و آب‌وهوای منطقه، محصولاتی همچون گندم، جو، پنبه، یونجه، ارزن، کلزا، ذرت و ... کشت می‌شود. در اراضی مورد مطالعه نیز محصولات ارزن، گندم، جو، پنبه و یونجه کشت شده‌اند. میزان کشت این محصولات به‌تفکیک، در شکل ۴ نمایش داده شده است.



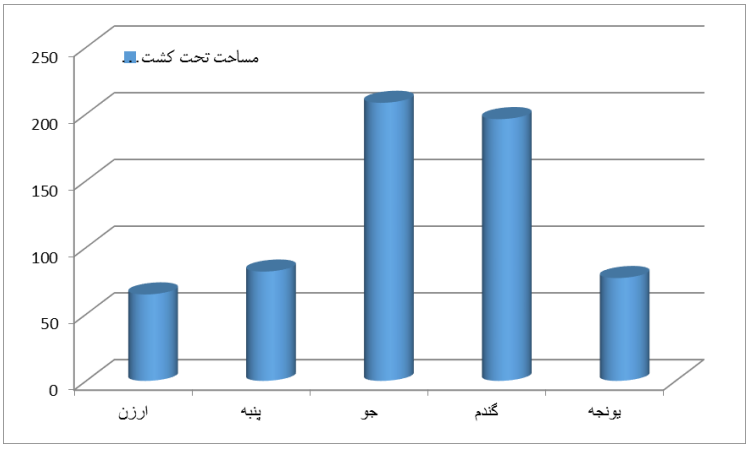
شکل ۱. مراحل و روش اجرای تحقیق



شکل ۲. موقعیت روستای قورتان در تقسیمات سیاسی استان اصفهان



شکل ۳. موقعیت قطعات کشاورزی و شبکهٔ آبرسانی منطقهٔ تحقیق



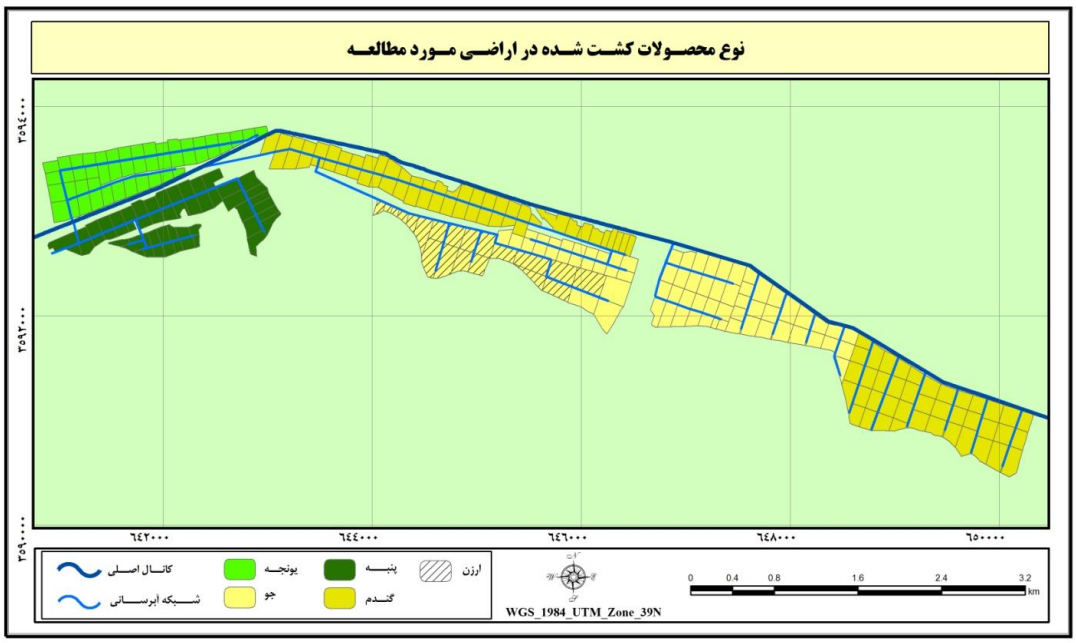
شکل ۴. نوع و میزان محصولات کشت‌شده (هکتار)

ذکر این نکته ضروری است که محصول ارزن، جزء کشت تابستانه محسوب می‌شود و پس از برداشت محصول جو، در همان زمین نسبت به کاشت ارزن اقدام می‌کنند. الگوی قرارگیری و موقعیت این محصولات نیز به‌صورت یکپارچه است. در شکل ۵ نوع محصول کشت‌شده نشان داده شده است.

نیاز آبی محصولات کشت‌شده

در مدیریت و برنامه‌ریزی تحویل آب، نیاز آبی، مهم‌ترین معیار تصمیم‌گیری است. نیاز آبی هر محصول عبارت است از مقدار آب مورد نیاز برای تبخیر و تعرق گیاه برای جلوگیری از بروز تنش آبی نامطلوب در فصل رویش و افت محصول [۳]. طرح نیاز خالص آبیاری محصولات زراعی و باغی ایران، از مجموعه طرح‌های پروژهٔ ملی (توتک) بهینه‌سازی مصرف آب کشاورزی ایران است. این طرح توسط سازمان هواشناسی کشور و وزارت جهاد کشاورزی اجرا شده است. در این طرح براساس داده‌های مربوط به دامنهٔ زمانی کاشت و برداشت، طول دورهٔ رشد و همچنین ضرایب گیاهی بر مبنای مطالعات صحرایی دشت‌های ایران، برای هر کدام از دشت‌ها یک یا چند ایستگاه معرف انتخاب شده و محاسبات انجام گرفته است.

روابط متعددی برای محاسبهٔ نیاز آب گیاهان پیشنهاد شده است که می‌توان به روش‌هایی همچون بلانی – کریدل، هارگریوز، پنمن – فائو، پنمن – مانتیث و ... اشاره کرد. انتخاب بهترین مدل‌های برآورد تبخیر – تعرق با توجه به هر منطقه بسیار وقتگیر و هزینه‌بر است [۱]. در این طرح برای محاسبات نیاز آبی از روش فائو- پنمن- مانتیث در دوره‌های ده‌روزه و ماهانه استفاده شده است. در پایان نیز نیاز خالص آبیاری در هر دوره، ماه و فصل زراعی برای هر محصول در کشور محاسبه شده است. با این توصیفات مقدار نیاز آبی محصولات در منطقهٔ تحقیق نیز براساس نتایج این طرح استخراج شد. جدول ۱ مقدار نیاز آب هر محصول در کل دورهٔ رشد خود را نشان می‌دهد.



شکل ۵. نوع محصول کشت‌شده در اراضی مورد مطالعه

جدول ۱. مقدار نیاز آبی محصولات مختلف در کل دورهٔ رشد

نام محصول	ارزن	پنبه	جو	گندم	یونجه
حداقل نیاز آبی (متر مکعب در هکتار)	۴۳۲۰	۹۶۴۰	۴۰۶۰	۴۸۰۰	۹۹۴۰

محدودهٔ زمانی کشت محصولات

کشت محصولات تاریخ قطعی و مشخص ندارد، بلکه به‌صورت یک دامنهٔ زمانی است. با توجه به شرایط آب‌وهوایی منطقهٔ تحقیق، زمان مجاز کشت برای هر محصول یک دامنهٔ زمانی چندهفته‌ای است. این دامنهٔ زمانی برای محصولات کشت‌شده در اراضی مورد مطالعه در جدول ۲ ذکر شده است.

مقدار و زمان آب در دسترس

در هر منطقهٔ کشاورزی با توجه به ماهیت و موقعیت منطقه یک نوع منبع تأمین آب اعم از چاه، قنات، رودخانه، سد و ... وجود دارد. بر این اساس، این منطقه نیز از این حیث دارای دو منبع اصلی چاه و رودخانه برای تأمین آب است. براساس موقعیت و محل قرارگیری اراضی مورد بحث، اصلی‌ترین منبع آب این منطقه، رودخانهٔ زاینده‌رود است. مقدار آب در دسترس، براساس یک برنامهٔ ازپیش‌تعیین‌شده است. در جدول ۳، مقدار و زمان آب در دسترس در اراضی مورد مطالعه قید شده است.

تهیهٔ پایگاه داده

هدف اصلی این تحقیق استفاده از سیستم پشتیبانی تصمیم‌گیری مبتنی بر GIS، به‌منظور برنامه‌ریزی و تصمیم‌گیری صحیح است. پایهٔ اصلی یک تصمیم درست، استفاده از داده‌های کامل و دقیق است. بنابراین داده‌های مورد نیاز باید در محیط واحدی یکپارچه شوند. در این تحقیق، تمام داده‌ها مانند نیاز آبی، نوع محصولات، مساحت تحت کشت، زمان‌های آبیاری، مقدار آب در دسترس، شبکه‌های آبرسانی، ظرفیت انتقال شبکهٔ آبرسانی موجود و ... در بانکی واحد، اصلاح و یکپارچه شده‌اند. این داده‌ها به‌منظور ورود به مدل بهینه‌سازی PSO و محیط GIS آماده شده‌اند.

بهینه‌سازی نقطهٔ شروع کشت

در این مرحله، هدف محاسبه و بهینه‌سازی زمان‌های تخصیص آب به هر محصول است. بنابراین باید پارامترهای مطرح‌شده (نیاز آبی، دامنهٔ زمانی مجاز کاشت، فاصلهٔ زمانی هر دورهٔ آبیاری، مقدار آب موجود، مساحت تحت کشت هر محصول)، در مدلی پیاده و بررسی شوند.

محصولات کشاورزی در فاصله‌های زمانی مشخص و ثابت به آب نیاز دارند. این نیاز بسته به نوع محصول در هر دوره از آبیاری متفاوت است. در جدول ۴ نمونه‌ای از مقدار نیاز آبی و فاصلهٔ زمانی در پنج دوره از آبیاری هر محصول ارائه شده است.

جدول ۲. دامنهٔ زمانی کاشت محصولات

ردیف	نام محصول	تاریخ کاشت محصول (اولین آبیاری)		دامنهٔ زمانی کاشت (روز)
		زودترین زمان	آخرین زمان	
۱	ارزن	۲۰ تیر	۱۰ مرداد	۲۲
۲	پنبه	۲۵ فروردین	۲۴ اردیبهشت	۳۱
۳	جو	۱۵ آبان	۲۵ آذر	۴۱
۴	گندم	۱۵ آبان	۲۵ آذر	۴۱
۵	یونجه	۱ فروردین	۲۱ فروردین	۲۱

جدول ۳. مقدار آب در دسترس منطقه در زمان‌های مختلف

ردیف	تاریخ	مقدار آب در دسترس (متر مکعب در ثانیه)
۱	۱۵ آبان تا ۱۵ آذر	۰/۳۵
۲	۱ فروردین تا ۱۵ خرداد	۰/۳۵
۳	۱۶ خرداد تا ۱۴ آبان	۰/۱۲۵

جدول ۴. مقدار نیاز آبی و فاصلهٔ زمانی با دورهٔ قبلی خود در پنج دوره از آبیاری هر محصول به‌ازای هر هکتار

نام محصول	کل دورهٔ آبیاری مورد نیاز	دورهٔ آبیاری اول (کشت)		دورهٔ آبیاری دوم		دورهٔ آبیاری سوم		دورهٔ آبیاری چهارم		دورهٔ آبیاری پنجم	
		فاصلهٔ زمانی	نیاز آبی (مترمکعب)	فاصلهٔ زمانی	نیاز آبی (مترمکعب)	فاصلهٔ زمانی	نیاز آبی (مترمکعب)	فاصلهٔ زمانی	نیاز آبی (مترمکعب)	فاصلهٔ زمانی	نیاز آبی (مترمکعب)
ارزن	۸	۰	۵۴۰	۱۰	۳۸۰	۱۱	۵۰۰	۱۲	۷۰۰	۱۳	۶۵۰
پنبه	۱۳	۰	۵۳۰	۳۱	۹۲۰	۲۳	۱۰۳۰	۱۲	۱۰۷۰	۱۳	۹۸۰
جو	۶	۰	۷۴۰	۱۲۰	۶۰۰	۱۳	۶۰۰	۱۴	۷۹۰	۱۴	۷۳۰
گندم	۸	۰	۷۴۰	۱۲۰	۶۰۰	۱۳	۶۰۰	۱۴	۷۸۰	۱۳	۶۸۰
یونجه	۲۱	۰	۵۸۰	۹	۲۹۰	۱۲	۴۲۰	۱۳	۴۲۰	۱۲	۴۸۰

به‌طور کلی پارامترهای تأثیرگذار در برنامهٔ تخصیص در این تحقیق مشخص است. درصورتی که برنامه‌ای با کمترین نیاز آبی، با توجه به همپوشانی زمانی برخی محصولات تهیه شود، می‌توان به برنامهٔ بهینه‌ای دست یافت. با این تفاسیر، سیستم، پارامترها و شرایط مختلف را مدنظر قرار می‌دهد تا برنامهٔ بهینه‌ای ارائه کند. برای رسیدن به این برنامه، مدل حداقل باید شرایط زیر را بررسی و لحاظ کند:

- مدت زمان (تعداد روز) مجاز برای کشت هر محصول؛
- مقدار و زمان آب دردسترس؛
- مقدار نیاز آبی هر محصول در هر دوره از آبیاری؛
- مساحت تحت کشت هر محصول؛
- فاصلهٔ زمانی دوره‌های آبیاری‌های مختلف؛
- میزان همپوشانی زمانی کشت محصولات مختلف.

به‌منظور تهیهٔ برنامهٔ زمان‌بندی اولیه از محیط Matlab استفاده شده است. با این فرض که با مدل PSO و شرایط یادشده در این محیط، سیستم به یک نقطهٔ شروع بهینه برای هر محصول برسد. با بهینه‌سازی نقطهٔ شروع می‌توان به برنامه‌ریزی بهینه‌ای در زمینهٔ زمان مناسب آبیاری دست یافت.

پس از بررسی هر محصول توسط مدل، کلیهٔ این بررسی‌ها به‌صورت ترکیبی با محصولات مختلف انجام خواهد گرفت. با اجرای این بررسی جامع، یک برنامهٔ بهینه و دقیق توسط مدل ارائه می‌شود. در جدول ۵ قسمتی از برنامهٔ بهینهٔ مدل در پنج روز اول کاشت هر محصول (تا آبیاری اولیه) بر اساس هکتار ارائه شده است.

جدول ۵. نمونه‌ای از برنامهٔ اولیهٔ بهینه‌شده توسط مدل

نام محصول	تعداد روز مجاز کاشت هر محصول	کل مساحت کشت	روز اول		روز دوم		روز سوم		روز چهارم		روز پنجم	
			تاریخ	میزان کشت	تاریخ	میزان کشت	تاریخ	میزان کشت	تاریخ	میزان کشت	تاریخ	میزان کشت
ارزن	۲۲	۶۴/۷۹	۲۰ تیر	۰	۲۱ تیر	۰	۲۲ تیر	۴/۸	۲۳ تیر	۰	۲۴ تیر	۴/۸
پنبه	۳۱	۸۱/۹۱	۲۵ اردیبهشت	۳/۸۱	۲۶ فروردین	۱/۷۵	۲۷ فروردین	۱/۵۳	۲۸ فروردین	۰/۳۱	۲۹ فروردین	۱/۳۹
جو	۴۱	۲۰۸/۳۸	۱۵ آبان	۰	۱۶ آبان	۱۰/۶	۱۷ آبان	۱۰/۶	۱۸ آبان	۱۰/۶	۱۹ آبان	۷/۱
گندم	۴۱	۱۹۶/۱۵	۱۵ آبان	۱۲/۲	۱۶ آبان	۱۲/۲	۱۷ آبان	۱۲/۲	۱۸ آبان	۱۲/۲	۱۹ آبان	۱۲/۲
یونجه	۲۱	۷۷/۰۷	۱ فروردین	۳/۴۷	۲ فروردین	۵/۴	۳ فروردین	۵/۴	۴ فروردین	۵/۴	۵ فروردین	۰

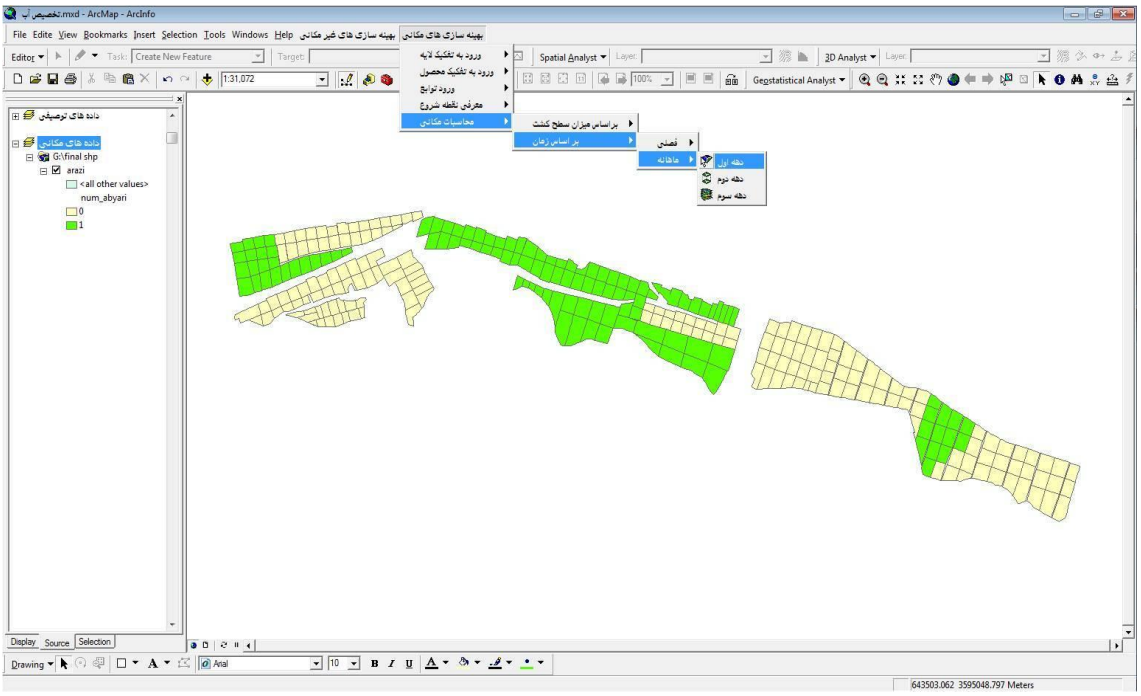
در برنامهٔ ارائه‌شده توسط مدل مشخص است که زمان شروع اولیهٔ آبیاری هر محصول، بهینه و به‌صورت قطعی مشخص شده است. به‌عبارتی، باید براساس آب موجود در هر روز همهٔ محصولات به اندازهٔ مشخصی آبیاری شوند.

جدول برنامه‌ریزی‌شدهٔ جدید بهینه‌شده

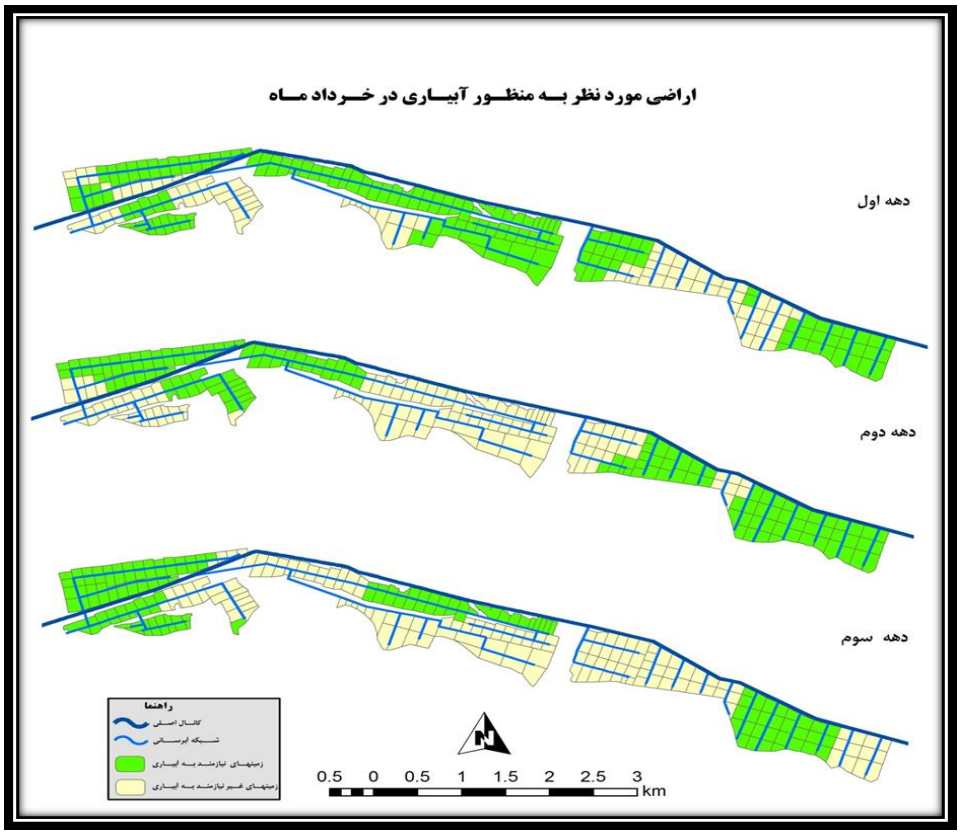
پس از بهینه‌سازی زمان کشت (اولین دورهٔ آبیاری)، این زمان بر مبنای فاصلهٔ زمانی دوره‌های آبیاری هر محصول، برای کل سال و زمان رشد تعمیم داده می‌شود. بدین منظور، باید واسطی را تعریف کرد. این واسط بر مبنای نقطهٔ شروع بهینه‌سازی‌شده، برنامه را به کل زمان‌های آبیاری تعمیم می‌دهد. براساس این تعمیم، یک برنامهٔ بهینه‌شده در طول دورهٔ رشد محصولات در کل سال ارائه می‌شود. برای دستیابی به این هدف، قابلیت‌های GIS در زمینهٔ داده‌های توصیفی سفارشی و برنامه‌نویسی شده است.

تهیهٔ نقشه‌های مکانی و زمانی آبیاری

پس از تهیهٔ داده‌های توصیفی و برنامه‌ریزی آبیاری در کل سال به تفکیک محصول، بحث مکانی نیز باید بهینه و اصلاح شود. هدف نهایی تهیهٔ یک برنامهٔ زمانی – مکانی بهینه‌شدهٔ آبیاری است. به‌عبارتی، با بهینه‌سازی دادهٔ توصیفی برنامه‌ای آماده شده است که مشخص می‌کند کدام محصول، در کدام روز از سال و به چه اندازه به آبیاری نیاز دارد. اکنون مبحث مکانی مورد بحث است. باید مشخص شود که این میزان و محصول که در برنامهٔ زمان‌بندی سیستم ارائه شده است، شامل کدام قطعات است. در این فرایند ابتدا نقطه‌ای به‌عنوان شروع محل آبیاری هر محصول مشخص می‌شود. به‌عنوان پیش‌فرض، بر مبنای جهت آبیاری و وضعیت شبکه‌های آبرسانی اراضی، اولین نقطهٔ ورودی آب به قطعات هر محصول به عنوان نقطهٔ شروع تعیین می‌شود. با توجه به موقعیت نقطهٔ شروع، جهت گردش آب و بر مبنای برنامهٔ بهینهٔ تهیه‌شده در مرحلهٔ قبل، نسبت به مشخص کردن اراضی‌ای که باید در هر زمانی آبیاری شوند اقدام می‌کند. برنامهٔ مکانی ارائه‌شده، به تفکیک طبقه‌بندی زمانی ماهانه یا ده‌روزه است. در واقع، سیستم با توجه به نوع محصولات و شبکهٔ آبرسانی و جهت‌های آن، نوبت آبیاری را به‌تفکیک قطعات کشاورزی مشخص می‌کند. این نوبت آبیاری به‌صورت یک فیلد اطلاعاتی در لایهٔ محصول اضافه می‌شود و بعد مکانی برنامه را حل می‌کند. در شکل ۶ نمایی از تهیهٔ برنامهٔ مکانی آبیاری قطعات نمایش داده شده است. در شکل ۷ نیز یک نمونه از نقشهٔ زمانی-مکانی اراضی کشاورزی برای آبیاری در خردادماه (سه دورهٔ ده‌روزه)، نشان داده شده است.



شکل ۶. نمایی از نحوهٔ آماده‌سازی لایه‌های مکانی برنامه‌ریزی آبیاری در منطقهٔ تحقیق



شکل ۷. نقشهٔ زمانی-مکانی اراضی کشاورزی به‌منظور آبیاری در خرداد

نتیجه‌گیری

در این تحقیق مشخص شد که یکی از اساسی‌ترین روش‌های مدیریت آب در اراضی کشاورزی، مدیریت تخصیص آب در دوره‌های آبیاری مختلف است. در واقع می‌توان اذعان کرد با استفادهٔ ترکیبی از داده‌های توصیفی و مکانی اراضی، می‌توان به روشی بهینه برای تخصیص آب دست یافت. با بررسی انواع پارامترها و معیارهای اساسی در تخصیص، بهینه‌سازی زمان تخصیص آب در اراضی کشاورزی با روش PSO انجام گرفت. علاوه‌بر این، نیاز بود که بعد مکانی قطعه و محصول برای تخصیص آب در هر زمان مشخص شود. این نیاز با استفاده از قابلیت‌های مکانی GIS و توسعهٔ این قابلیت‌ها، رفع شد. با آماده‌سازی داده‌های مکانی، نقشه‌های زمان‌مند- مکان‌مند تخصیص آب به هر یک از قطعات در طبقه‌بندی‌های زمانی مختلف ارائه شده است.

پس از تهیهٔ نقشه‌ها و برنامهٔ تخصیص آب بهینه‌شده در این اراضی، مشخص شد که کمبود آب در حالت بهینه به حد چشمگیری کاهش یافته است. با استفاده از این روش می‌توان با ثابت نگه داشتن مقدار کمبود آب قابل جبران، نسبت به افزایش سطح کشت محصولات اقدام کرد و به نوع سودآوری کلان دست یافت.

در این تحقیق مشخص شد که با بررسی پارامترهای مختلف و قابلیت‌های GIS و ترکیب با سیستم‌های پشتیبانی تصمیم‌گیری (DSS)، می‌توان به سیستمی تصمیم‌گیرنده دست یافت. این سیستم برنامه و نقشه‌های تخصیص را به‌صورت بهینه‌شده ارائه می‌دهد. ازاین‌رو به‌منظور بهتر و دقیق‌تر شدن نتایج در تحقیقات مشابه، پیشنهاد می‌شود پارامترهای بیشتری را بررسی و در محاسبات دخیل کنند. همچنین پیشنهاد می‌شود قبل از کشت، الگوی کشت را نیز برمبنای مقدار منابع آبی موجود به‌صورت بهینه‌شده مشخص کنند و پس از آن فرایند تخصیص آب را انجام دهند. این بهینه‌سازی سبب می‌شود که سیستم در بررسی‌ها و زمان‌بندی‌ها، برنامه‌ای بهینه‌تر ارائه کند.

منابع

[۱]. نجفی، معصومه؛ عظیمی، وحید؛ شایان‌نژاد، محمد، ۱۳۹۳، ارزیابی دقت روش‌های هوشمند و آنالیز حساسیت تبخیر – تعرق گیاه مرجع به پارامترهای هواشناسی در دو اقلیم مختلف، مجلهٔ اکوهیدرولوژی، شمارهٔ ۱: ۱۷-۲۴.

[۲]. منعم، محمدجواد؛ نوری، محمدعلی، ۱۳۸۹، کاربرد الگوریتم بهینه‌سازی PSO در توزیع و تحویل بهینهٔ آب در شبکه‌های آبیاری، مجلهٔ آبیاری و زهکشی ایران، دورهٔ ۴، شمارهٔ ۱: ۷۳-۸۲.

[۳]. علیزاده، امین؛ کمالی، غلامعلی؛ کشاورز، عباس؛ وظیفه‌دوست، مجید، ۱۳۸۷، نیاز آبی گیاهان در ایران، انتشارات دانشگاه امام رضا (ع)، چاپ اول.

[۴]. منعم، محمدجواد؛ نجفی، محمدرضا؛ خوش‌نواز، صائب، ۱۳۸۶، برنامه‌ریزی بهینهٔ تحویل آب در کانال‌های آبیاری با استفاده از الگوریتم ژنتیک. مجلهٔ تحقیقات منابع آب ایران، دورهٔ ۳، شمارهٔ ۱: ۱۱-۱.

[۵]. رنگزن،کاظم؛ مرادزاده، محسن، ۱۳۸۷، کاربرد سنجش از دور در بهبود مدیریت و مصرف بهینهٔ کشاورزی در شبکهٔ آبیاری گتوند. همایش ژئوماتیک، تهران، ایران.

[۶]. صباخ‌زاده، هادی، ۱۳۸۱، طراحی و ساخت نمونهٔ مهندسی و صنفی سیستم اندازه‌گیری جریان‌های حجمی در کانال‌های روباز سازه‌های استاندارد و غیراستاندارد هیدرولیکی و زهکشی لوله‌های نیمه‌پر و کانال‌های انتقال فاضلاب با استفاده از پدیدهٔ آکوستیک تاپلر به‌صورت اتوماتیک، سمینار آب و برق خوزستان، اهواز، ایران.

[۷]. علیزاده، امین، ۱۳۹۱، اصول هیدرولوژی کاربردی، انتشارات دانشگاه امام رضا (ع)، چاپ ۳۴.

[۸]. یقینی، مسعود؛ اخوان کاظم‌زاده، محمدرحیم، ۱۳۹۰، الگوریتم‌های بهینه‌سازی فراابتکاری، انتشارات واحد صنعتی امیرکبیر، چاپ اول.

[۹]. مالچفسکی، یاچک، ۱۳۸۵. سامانه اطلاعات جغرافیایی و تحلیل تصمیم چند معیاری. ترجمه اکبر پرهیزکار و عطا غفاری گیلانده، تهران، نشر سمت.

[10]. Yingchun, Ge, XinLi, Chunlin Huang, Zhuotong Nan,2013, A Decision Support System for irrigation water allocation along the middle reaches of the Heihe River Basin, Northwest China, Environmental Modelling & Software, vol 47, pp.182-192.

[11]. White, C. Davina, Lewis, M. Megan,2011, A new approach to monitoring spatial distribution and dynamics of wetlands and associated flows of Australian Great Artesian Basin springs using QuickBird satellite imagery, Journal of Hydrology, vol 408, pp.140–152.

[12]. Poli, R,2008, Analysis of the publications on the applications of particle swarm optimization, Journal of Artificial Evolution and Applications , pp.1–10

[13]. Fortes, P.S, 2005,GISAREG-A GIS based irrigation scheduling simulation model to support improved water use .Agricultural Water Management, vol 77, pp. 159–179.