

تعیین الگوی بهینه کشت در کانال‌های آبیاری با استفاده از مدل IPM

محمد کاظم شعبانی - تورج هنر*^۱

تاریخ دریافت: ۸۶/۳/۱

تاریخ پذیرش: ۸۷/۲/۹

چکیده

محدودیت منابع آب و خاک به دلیل موقعیت جغرافیایی و اقلیمی کشور از یک سو و ضرورت تحقق پذیری آرمان خود کفایی در امور زیربنایی از سوی دیگر، موجبات بهره برداری بهینه از منابع آب و خاک موجود در سطح کشور را امری اجتناب ناپذیر می‌سازد. این تحقیق جهت حداکثر نمودن سود، تخمین آب مورد نیاز گیاه در دوره‌های زمانی مختلف، بهینه کردن الگوی کشت و مدیریت آبیاری در کانال اردیبهشت در سطح زیر کشت ۷۰۰۰ هکتار از شبکه اصلی سد درودزن (استان فارس) انجام پذیرفت که برای نیل به اهداف فوق از برنامه‌ریزی خطی (LP) و الگوریتم ژنتیک (GA) به عنوان یک روش بهینه‌یابی تصادفی استفاده گردید. مقایسه الگوی بهینه کشت حاصل از مدل با الگوی کشت فعلی زارعین (بهره‌بردار نماینده) نشان داد که مدل ارائه شده در این تحقیق که به اختصار^۲ IPM نام گذاری شد، با تصمیم‌های زارعین برای کشت گیاهان مختلف به خوبی انطباق دارد. همچنین نتایج نشان داد که الگوی بهینه کشت (در فصل اول و دوم کشت) حاصل از الگوریتم ژنتیک (GA) شبیه برنامه‌ریزی خطی (LP) می‌باشد شایان ذکر است که برای به‌دست آوردن بهترین جواب در الگوریتم ژنتیک، تعداد تکرار ۸۰۰، اندازه جمعیت ۱۰۰، احتمال تقاطع ۰/۶، احتمال جهش ۰/۰۲ در نظر گرفته شد.

واژه‌های کلیدی: مدیریت آبیاری، الگوریتم ژنتیک، الگوی بهینه کشت، استان فارس

مقدمه

نفوذی به منابع آب‌های زیرزمینی تشکیل می‌دهند. در شرایط فعلی از کل آب‌های قابل استحصال در سطح کشور (۸۷/۵ میلیارد متر مکعب)، رقمی بالغ بر ۸۲ میلیارد متر مکعب یعنی ۹۴ درصد به بخش کشاورزی اختصاص یافته است (۱). در این راستا، محدودیت منابع آب و خاک به دلیل موقعیت جغرافیایی و اقلیمی کشور از یک سو و ضرورت تحقق پذیری آرمان خود کفایی در امور زیربنایی از سوی دیگر، موجبات بهره برداری بهینه از منابع آب و خاک موجود در سطح کشور را امری اجتناب ناپذیر می‌سازد (۱).

آب از مهمترین منابع مورد نیاز جامعه بشری است و موضوع چگونگی حفظ این منبع حیاتی و بهره برداری بهینه از آن، یکی از مهمترین چالش‌های قرن حاضر می‌باشد. به‌طور کلی از مجموع ۱۳۰ میلیارد متر مکعب آب‌های تجدید شونده در سطح کشور حدود ۱۰۵ میلیارد متر مکعب را جریان‌های سطحی و ۲۵ میلیارد متر مکعب را جریان‌های

۱- به ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد استادیار بخش مهندسی آب دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز

* نویسنده مسئول:

Email: toorajhonar@yahoo.com

2 - Irrigation Planning Model

قوی توسط گلدبرگ (۸) توسعه یافت. بنا به بررسی‌های صورت گرفته، تا کنون این روش در علم آبیاری و زهکشی در مباحث بهینه‌سازی آرایش، ترکیب و اندازه شبکه آبرسانی لوله‌ای در آبیاری تحت فشار (۹)، حل کردن تابع هدف چندگانه در آلودگی آب‌های زیرزمینی (۱۸)، مدل مدیریتی آب‌های زیرزمینی (۲۰) و برنامه‌ریزی آبیاری برای تخصیص بهینه الگوی کشت و آب آبیاری (۱۴ و ۱۷) مورد استفاده قرار گرفته است.

کیو و همکاران (۱۴) در تحقیقی از الگوریتم ژنتیک برای برنامه‌ریزی آبیاری در سطح مزرعه استفاده کردند. طرح آنان در دو منطقه Delta و Utah به وسعت ۳۹۴/۶ هکتار به این ترتیب انجام شد که با استفاده از داده‌های آب و هوا، نیاز آبی روزانه گیاهان را شبیه‌سازی کردند و در نهایت عملکرد نسبی را برای هفت گیاه را در دو منطقه به دست آوردند. در این تحقیق با استفاده از عملکرد نسبی و نیاز آبی در الگوریتم ژنتیک، تابع هدف را براساس حداکثر درآمد طرح بهینه و الگوی کشت را برای مناطق مورد مطالعه به دست آوردند.

کومار و همکاران (۱۳) در تحقیقی جهت بهینه کردن عملکرد مخزن سد یک منظوره Malaprabha برای آبیاری گیاهان زراعی از الگوریتم ژنتیک استفاده نمودند. تابع هدف ارایه شده شامل مجموع حداکثر عملکرد نسبی برای کل گیاهان در مناطق تحت آبیاری بود. در مدل آنان جریان ورودی به مخزن، بارندگی بر روی سطوح آبیاری شده، رقابت درون فصلی^{۱۱} برای آب میان گیاهان مختلف زراعی، میزان رطوبت موجود در خاک، غیریکنواختی خاک‌ها و ضریب حساسیت گیاه به کار گرفته شده بود. نتایج آن‌ها نشان داد عملکرد بهینه به دست آمده با استفاده از الگوریتم

روش‌های مختلفی جهت بهینه کردن برنامه‌ریزی آبیاری برای الگوی کشت مختلف وجود دارد. برخی از این روش‌ها بر مدل سازی ریاضی و تکنیک‌های برنامه‌نویسی خطی^۱ (LP)، غیرخطی^۲ (NLP) و پویا^۳ (DP) متکی است. تاکنون تحقیقات زیادی در زمینه بهینه‌سازی برنامه‌ریزی آبیاری برای الگوهای کشت مختلف انجام شده است (۴، ۷، ۱۲). یارن و دینار (۱۹) نشان دادند که استفاده از برنامه‌ریزی غیرخطی و پویا (NLP-DP) می‌تواند راه‌حلی برای تخصیص منابع آب، در الگوی کشت‌های مختلف باشد.

روش‌های کلاسیک متعددی (روش ساده^۴، روش‌های ریاضی مانند ضرایب لاگرانژ) تاکنون در زمینه بهینه‌یابی ارایه شده است. اشکال عمده روش‌های قطعی^۵ این می‌باشد که به محض رسیدن به اولین نقطه بهینه موضعی متوقف شده و توانایی خروج از این نقطه و حرکت به سوی نقطه بهینه بهتری را ندارند (۱۱). بدین منظور در چند سال اخیر محققین زیادی برای رفع این مشکل رو به روش‌های هوش مصنوعی آورده‌اند (۹، ۱۴، ۱۷، ۱۸، ۲۰). از جمله این روش‌ها می‌توان به شبکه‌های عصبی^۶، منطق فازی^۷ و نیز الگوریتم‌های تصادفی مانند الگوریتم شبیه‌سازی آنیل^۸ و الگوریتم ژنتیک^۹ اشاره نمود. روش‌های مذکور مجموعه‌ای از نقاط را در فضای طرح در نظر گرفته و در جهات مختلف برای پیدا کردن جواب بهینه مدل را سوق می‌دهند (۱۶).

الگوریتم ژنتیک ابتدا توسط جان هلند (۱۰) در دانشگاه میشیگان ارایه شد. سپس به صورت یک روش بهینه‌سازی

- 1 - Linear Programming
- 2 - Nonlinear Programing
- 3 - Dynamic Programing
- 4 - Simplex
- 5 - Deterministic
- 6 - Neural Network
- 7 - Fuzzy Logic
- 8 - Simulated Annealing
- 9 - Genetic Algorithm

درودزن در ۶۵ کیلومتری شهرستان مرودشت (استان فارس) به منظور تجمع سیلاب‌ها و رها نمودن منظم آب در کانال‌های جهت آبیاری و تامین آب شرب شیراز بنا گردیده است. سد درودزن شامل یک کانال اصلی و سه کانال درجه یک شامل کانال سمت چپ اولیه، کانال سمت راست اولیه (اردیبهشت) و کانال سمت راست ثانویه (هامون) می‌باشد. آب مورد نیاز اراضی در این منطقه بیشتر از طریق شبکه‌های آبیاری سد درودزن تامین می‌گردد.

بررسی موردی: منطقه مورد مطالعه در این تحقیق، شامل کانال اردیبهشت سد درودزن می‌باشد که از ۱۰ کانال درجه ۳ تشکیل گردیده است (شکل ۱). آمار و اطلاعات مورد نیاز تحقیق به طرق مختلف از جمله، تکمیل پرسشنامه (شامل اطلاعاتی از قبیل مساحت مزرعه، الگوی کشت، عملکرد، ساعات آبیاری، امکانات نیروی انسانی و مالی موجود مزرعه) جهت زارعین و همچنین از ادارات و سازمان‌های مربوطه در استان فارس به دست آمده است. همچنین جهت تخصیص بهینه آب و زمین از الگوریتم ژنتیک و برنامه‌ریزی خطی استفاده شد.

مدل‌های بهینه سازی: یک سال زراعی براساس امکانات آبی موجود و تاریخ‌های آبیاری در طراحی مدل برنامه‌ریزی آبیاری (IPM)، به صورت (جدول ۱) تقسیم گردید. که در آن تاریخ کشت گیاهان مختلف (براساس الگوی کشت غالب) در منطقه لحاظ شده است.

به‌طور کلی مدل‌های تخصیص آب و زمین از دو بخش تابع هدف و محدودیت‌ها تشکیل شده‌اند که تابع هدف براساس هدف مورد نظر در مساله حداکثر و یا حداقل می‌گردد. در این مقاله تابع هدف به صورت زیر ارائه شده است.

(۱)

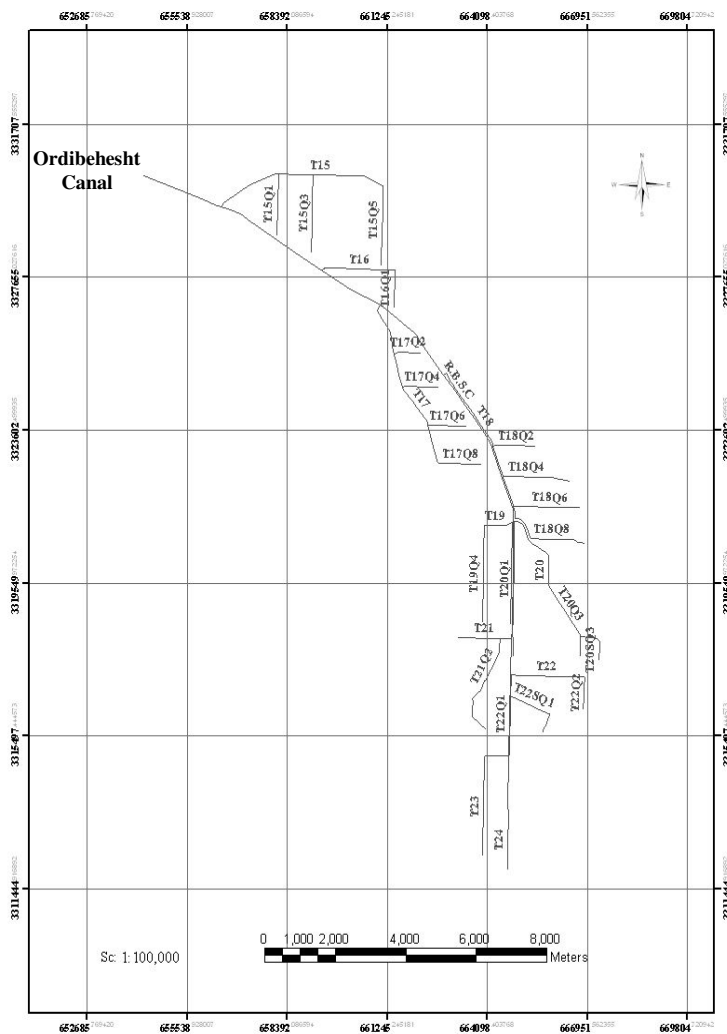
ژنتیک (GA) شبیه عملکرد بهینه به دست آمده با استفاده از برنامه‌ریزی خطی (LP) می‌باشد.

تاکنون مدل‌هایی که توسط محققین مختلف ارائه شده بیشتر الگوی بهینه کشت را در سطح وسیع مثل اراضی پایین دست یک سد ارائه کرده‌اند (۷ و ۱۳). در صورتی که در شبکه‌های آبیاری بزرگ مثل شبکه‌های آبیاری سد درودزن در استان فارس که شبکه اصلی آن به سه کانال درجه ۱ که هر کدام سطح وسیعی را تحت پوشش قرار می‌دهند مدل‌های ذکر شده توانایی کمتری در تخمین الگوی کشت در این نوع از شبکه‌ها دارند (۷، ۱۳). بنابراین مدیران شبکه در این خصوص با مشکل بزرگی مواجه می‌باشند. در این مواقع قراردادهای سطح زیر کشت بین کشاورزان منطقه و شرکت بهره‌برداری از اصول علمی کمتری برخوردار می‌باشد به طوری که انعقاد قراردادهای سطوح زیر کشت بیشتر از حالت بهینه، کشاورزان منطقه را با کمبود آب آبیاری در دوره‌های مختلف رشد مواجه ساخته است. در این تحقیق سعی شده با تخمین حداکثر امکانات آبی موجود در کانال‌های مختلف یک مدل برنامه‌ریزی ریاضی جهت حداکثر کردن میزان سود و تعیین الگوی بهینه کشت در زیر مجموعه شبکه‌های آبیاری با استفاده از برنامه‌ریزی مدیریت آبیاری ارائه گردد (IPM). در این راستا از برنامه‌ریزی خطی (LP) و الگوریتم ژنتیک (GA) به عنوان یک روش بهینه‌یابی تصادفی استفاده گردید و در نهایت نتایج دو روش با یکدیگر مورد مقایسه و ارزیابی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه: منطقه مورد مطالعه در این تحقیق اراضی زیر دست شبکه‌های آبیاری سد درودزن (استان فارس) می‌باشد. سد درودزن بر روی رودخانه کر در منطقه

$$Z = \sum_{i=1}^{ncanal} \sum_{j=1}^{ncrop} (P_{c_{i,j}} Y_{i,j} - C_{i,j}) A_{i,j} - P_w \sum_{i=1}^{ncanal} \sum_{j=1}^{ncrop} IR_{i,j}$$



(شکل ۱) - کانال اردیبهشت و کانال های فرعی آن واقع در شبکه آبیاری و زهکشی درودزن

(جدول ۱) - تاریخ کشت گیاهان مختلف در منطقه براساس تاریخ های آبیاری

نام گیاه	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	مهر
دهه	۳	۲	۱	۳	۲	۱	۳	۲	۱	۳	۲	۱
گندم	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
جو	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
چغندر قند	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
ذرت دانه‌ای	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
ذرت علوفه‌ای	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
برنج	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

آمده است. W_{pk} : حداکثر آب مورد نیاز گیاه در دوره‌های مختلف رشد و W_{ak} : مقدار آب مورد نیاز گیاه در دوره‌های مختلف رشد که مقدار آن از طریق رابطه زیر به دست می‌آید (۶):

$$W_{ak} = (1-x)W_{pk} \quad (۳)$$

که در آن، x کسر کاهش آب آبیاری می‌باشد. در نهایت تابع هدف با توجه به محدودیت‌های مورد نظر حداکثر می‌گردد. محدودیت‌هایی که در مسائل تخصیص بهینه منابع حائز اهمیت می‌باشد یکی محدودیت زمین و دیگری محدودیت امکانات آبی می‌باشد. محدودیت زمین برای کشت گیاهان مختلف بصورت زیر بیان می‌گردد (۱۴):

$$\sum_{i=1}^{ncanal} \sum_{j=1}^{ncrop} A_{i,j} \leq A_{Total} \quad (۴)$$

که در آن، $A_{i,j}$ سطح زیر کشت گیاه j در کانال i نام A_{Total} (ha): کل سطح زمین موجود برای کشت گیاهان مختلف (ha)، محدودیت امکانات آبی برای کشت گیاهان مختلف در دوره‌های زمانی مختلف به صورت زیر می‌باشد (۱۴):

$$\sum_{i=1}^{ncanal} \sum_{j=1}^{ncrop} W_{a_{i,j}} \leq q_{Total} \quad (۵)$$

که در آن، q_{Total} : حداکثر امکانات آبی موجود $W_{a_{i,j}}$ (m³/ha-10day): مقدار آب آبیاری مورد نیاز گیاه

که در آن، Z : سود خالص، $P_{c_{i,j}}$: قیمت محصول برای گیاه j در کانال i نام (Rial/kg)، $Y_{i,j}$: عملکرد واقعی محصول در هکتار برای گیاه j در کانال i نام (kg/ha)، $A_{i,j}$: سطح زیر کشت گیاه j در کانال i نام (ha)، $C_{i,j}$: هزینه کشت گیاه j در کانال i نام (Rial /ha)، P_w : قیمت آب آبیاری (Rial /m³)، $IR_{i,j}$: مقدار آب آبیاری گیاه j در کانال i نام (m³)، i : معرف کانال‌های مختلف می‌باشد.

عملکرد واقعی محصول در هکتار ($Y_{i,j}$) می‌تواند از طریق تابع تولید زیر به دست آید (۱۵).

$$\frac{Y_{i,j}}{Y_p} = \prod_{k=1}^n \left(1 - Ky_k \left(1 - \frac{W_a}{W_p} \right)_k \right) \quad (۲)$$

که در آن، Y_p : حداکثر محصول تولیدی در شرایط بدون تنش آبی، $Y_{i,j}$: مقدار محصول تولیدی در شرایط واقعی (شرایط تنش آبی)، k : مرحله مشخص از رشد، n : تعداد مراحل رشد، Ky_k : ضریب حساسیت گیاه به کم آبی در مرحله رشد k . با توجه به اینکه در این مقاله کم آبی اعمال نگردیده است و فرض شده نیاز آبی گیاهان به طور کامل تامین شود. بنابراین $Y_{i,j} = Y_p$ به دست می‌آید. Y_p از طریق یک نمونه ۶۰ نفری از کشاورزان منطقه به دست

فوق از روش تابع جریمه استفاده می شود. ایده روش تابع جریمه این است که به جای تابع هدف $F(x)$ ، تابعی مانند F_i حداکثر می گردد و به صورت زیر نوشته می شود (۱۳):

$$F_i = F(x) + \epsilon \sum_{j=1}^k \delta_j (\phi_j)^2 \quad (9)$$

که در آن، F_i : مقدار برازندگی، $F(x)$ مقدار تابع هدف، k : تعداد محدودیت ها، ϵ : برای حالت حداکثر کردن تابع هدف مقدار آن ۱- و در حالت حداقل کردن تابع هدف مقدار آن ۱+، δ_j : ضریب تابع جریمه، ϕ_j : مقدار خطا می باشد.

نتایج و بحث

(شکل ۲) روندنا مدل (IPM) را نشان می دهد. برای تعیین الگوی بهینه کشت در این مدل دو روش استفاده شد:

۱- روش برنامه ریزی خطی (LP)

۲- روش الگوریتم ژنتیک (GA)، در این روش پارامترهای مورد نیاز جهت نیل به بهترین جواب، به این صورت که تعداد تکرارها^۳ ۸۰۰، اندازه جمعیت^۴ ۱۰۰، احتمال تقاطع^۵ (P_c) ۰/۶، احتمال جهش^۶ (P_m) ۰/۰۲ در نظر گرفته شد.

الگوی بهینه کشت حاصل از هر دو روش الگوریتم ژنتیک و برنامه ریزی خطی به صورت (جدول ۲) تعیین گردید. مطابق (جدول ۲) مشاهده می شود که در هر دو روش، فعالیت های بهینه به دست آمده در مدل (IPM) در کشت اول سال زراعی، گندم و در کشت دوم سال زراعی، ذرت دانه ای می باشد.

علت این امر، بازده برنامه ای بیشتر گندم و ذرت دانه ای در فصل اول و دوم می باشد. البته شایان ذکر است که بازده

زام در کانال زام (m³/ha-10day) که مقدار آن از طریق $W_{p_{i,j}}$ در رابطه زیر به دست می آید (۱۴):

$$W_{p_{i,j}} = \frac{IN_j}{Ea} \times A_{i,j} \times 10 \quad (6)$$

که در آن، IN_j : مقدار آب خالص مورد نیاز گیاه زام (mm/10day)، Ea : راندمان کاربرد آب در مزرعه (اعشار)، عدد ۱۰ برای تبدیل میلی متر (mm) به متر مکعب در هکتار (m³/ha) می باشد. مقدار IN_j با توجه به رابطه زیر به دست می آید:

$$IN_j = ET_{crop_j} - P_e \quad (7)$$

P_e : بارندگی موثر در ماه زام، که مقدار آن با استفاده از نرم افزار CROPWAT، از روش USDA برای ماه هایی که در آن بارندگی اتفاق می افتد، به دست می آید. ET_{crop_j} : تبخیر - تعرق گیاه زام (mm/10day) از طریق رابطه زیر به دست می آید:

$$ET_{crop_j} = k_c \cdot ET_0 \quad (8)$$

که در آن، ET_0 : تبخیر - تعرق بالقوه سطوح گیاهی مرجع (mm/10day)، K_c : ضریب گیاهی. در این تحقیق تبخیر - تعرق سطوح گیاهی مرجع به روش پنمن - فائو (۵)، با استفاده از داده های هواشناسی ایستگاه مرجع کوشک محاسبه گردید و سپس با استفاده از ضرایب گیاهی سازمان خوار و بار جهانی ارایه شده توسط آلن و همکاران (۲، ۳) مقادیر تبخیر - تعرق بالقوه گیاهان زراعی محاسبه گردید.

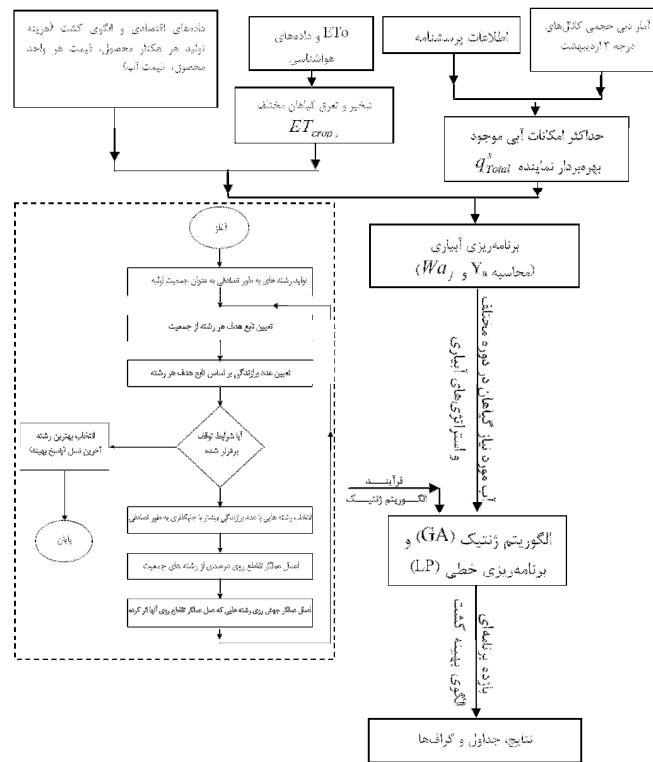
روش های هوش مصنوعی، از جمله الگوریتم ژنتیک قادر به بهینه نمودن مسائل نامقید^۱ می باشند، لذا می بایست توسط یکی از روش های نامقیدسازی، مسأله را تبدیل به یک مسأله نامقید نمود (۱۱). روش های تابع جریمه^۲ از جمله روش های نامقیدسازی می باشد. برای اعمال محدودیت های

3 - Generation
4 - Population
5 - Crossover
6 - Mutation

1 - Unconstrant Problem
2- Penalty Function Method

صفر می باشد. (شکل ۳) مقادیر برآزندگی برای تعداد تکرارهای مختلف با استفاده از روش الگوریتم ژنتیک را در کانال T15 نشان می دهد. همان طور که مشاهده می شود مدل عملکرد بسیار خوبی نشان می دهد، به طوری که از تکرار ۲۰۰ به بعد مدل به سمت یک مقدار حداکثر همگرا می گردد. همچنین در سایر کانال ها نیز این نمودار به همین صورت تغییر پیدا می کند.

برنامه ای برنج در فصل دوم بیشتر از ذرت دانه ای می باشد ولی به دلیل محدودیت منابع آب و نیاز آبی زیاد برنج نسبت به ذرت دانه ای مدل سطح زیر کشت بیشتری را به گیاه ذرت اختصاص داده است. نتایج (جدول ۲) نشان می دهد که مقادیر سطح زیر کشت حاصل از هر دو روش بسیار به یکدیگر نزدیک می باشد. در روش الگوریتم ژنتیک به علت این که از مقادیر تصادفی اولیه استفاده می کند همه متغیرهای تصمیم دارای یک مقدار اولیه می باشند ولی در روش برنامه ریزی خطی (LP) بعضی متغیرها سطح زیر کشت آن ها



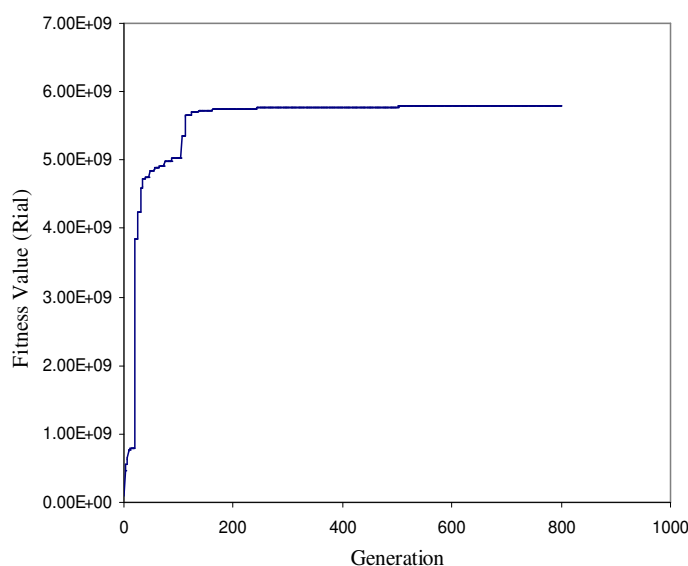
(شکل ۲) - روند نما مدل برنامه ریزی آبیاری (IPM)

(جدول ۲) - الگوی بهینه کشت (هکتار) در کانال های مختلف با استفاده از الگوریتم ژنتیک و برنامه ریزی خطی*

کانال	گندم	جو	ذرت دانه ای	ذرت علوفه ای	چغندر قند	برنج
T15	۴۹۷/۵۷۳ (۴۹۷/۶۱۴)	۰/۰۳۷ (۰/۰۰۰)	۴۴/۳۹۹ (۴۷/۰۰۰)	۳/۶۳۷ (۷/۳۷۰)	۱/۲۶۴ (۰/۰۰۰)	۱۲/۱۹۵ (۱۰/۸۸۰)
T16	۱۶۰/۸۴۴ (۱۶۲/۳۰۴)	۱/۴۳۷ (۰/۰۰۰)	۴۷/۳۶۱ (۵۲/۶۴۹)	۰/۱۲۹ (۸/۲۵۷)	۵/۳۸۰ (۰/۰۰۰)	۱۲/۶۰۵ (۱۲/۱۸۹)
T17	۱۳۵/۷۲۸ (۱۳۶/۴۴۳)	۰/۷۰۲ (۰/۰۰۰)	۶/۶۱۶ (۱۰/۳۸۲)	۰/۰۷۵ (۱/۶۲۸)	۰/۱۰۳ (۰/۰۰۰)	۴/۳۴۷ (۲/۴۰۳)
T18	۶۵۶/۳۴۰ (۶۵۳/۷۲۸)	۰/۰۱۱ (۲/۵۹۳)	۴۶/۱۴۴ (۴۵/۲۹۴)	۰/۰۲۵ (۰/۰۰۰)	۳۹/۵۰۳ (۴۲/۷۱۰)	۵۰/۰۰۰ (۴۷/۰۰۰)

۱۸/۱۰۵ (۱۰/۸۰۳)	۰/۷۹۹ (۰/۰۰۰)	-۰/۲۲۵ (۷/۳۱۹)	۳۲/۷۹۲ (۴۶/۶۶۸)	-۰/۵۰۹ (۰/۰۰۰)	۲۲۵/۹۵۷ (۲۲۶/۵۱۲)	T19
۵۲/۹۳۶ (۵۲/۷۶۰)	۲۵/۲۸۴ (۰/۰۰۰)	-۰/۳۰۸ (۳۵/۷۳۹)	۲۰۴/۹۷۳ (۲۲۷/۹۰۰)	۲/۴۳۹ (۰/۰۰۰)	۶۹۱/۳۲۲ (۶۹۳/۸۰۵)	T20
۱۰/۳۷۸ (۱۳/۳۹۰)	۴/۹۸۹ (۰/۰۰۰)	۶/۷۰۴ (۹/۰۷۰)	۵۶/۶۵۹ (۵۷/۸۴۰)	۱/۷۰۴ (۰/۰۰۰)	۱۷۵/۷۲۷ (۱۷۷/۴۶۴)	T21
۳۸/۰۸۳ (۲۹/۹۷۹)	۳/۵۱۰ (۰/۰۰۰)	۳/۱۰۴ (۲۰/۳۰۷)	۱۱۷/۴۶۲ (۱۲۹/۴۹۸)	-۰/۴۲۳ (۰/۰۰۰)	۳۲۱/۴۵۳ (۳۲۱/۹۳۶)	T22
۱۳/۲۴۰ (۱۶/۰۰۰)	۲۴/۳۸۸ (۱۰/۴۲۹)	-۰/۶۲۱ (۱۵/۸۵۵)	۹۸/۳۹۰ (۱۰۷/۹۰۳)	۴/۰۶۸ (۰/۰۰۰)	۳۲۳/۱۵۸ (۳۲۷/۲۸۴)	T23
۱۴/۳۲۸ (۱۲/۵۲۰)	۶/۲۶۸ (۰/۰۰۰)	-۰/۰۵۹ (۸/۴۸۱)	۴۳/۴۲۱ (۵۴/۰۸۴)	-۰/۲۷۸ (۰/۰۰۰)	۲۶۱/۸۶۶ (۲۶۲/۱۸۴)	T24

* اعداد داخل پرانتز مقادیر به دست آمده توسط برنامه ریزی خطی می باشد.



(شکل ۳) - نمایش همگرایی روش الگوریتم ژنتیک در کانال

گرفته است. نتایج مقایسه (جدول ۲ و ۳) نشان می دهد که سطح زیر کشت گیاهان مختلف در (جدول ۳) بیشتر از (جدول ۲) (الگوی بهینه حاصل از دو روش) می باشد این امر باعث می شود که کشاورزان در مقاطعی از زمان با کمبود آب مواجه شوند.

(جدول ۳) سطح زیر کشت گیاهان مختلف منطقه مورد مطالعه را در سال ۸۳-۸۴ را نشان می دهد. در این جدول ستون ۶ شامل گیاهان یونجه، کلزا، گوجه، خیار، ارزن و کنجد می باشد که به دلیل سطح زیر کشت کم در یک ستون آورده شده است. لازم به ذکر است در مدل (IPM) الگوی کشت غالب منطقه (جدول ۲) مورد بررسی قرار

(جدول ۳) - سطح زیر کشت گیاهان مختلف (هکتار) در سال ۸۳-۸۴*

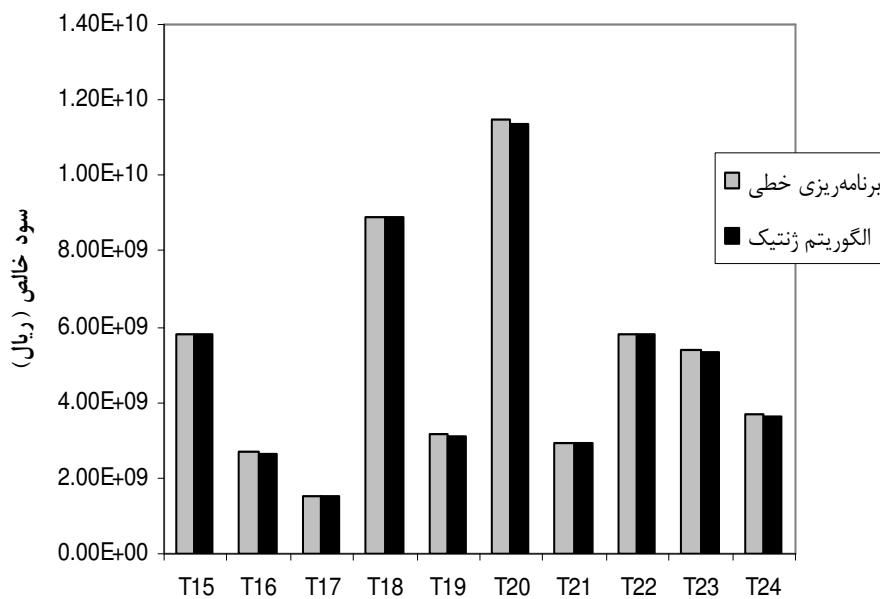
کانال	شتوی (گندم و جو) (۱)	ذرت (دانه ای و علوفه ای) (۲)	چغندر قند (۳)	برنج (۴)	سایر گیاهان (۵)
T15	۵۵۸	۱۵	۲۸	۱۱/۴	۲۱
T16	۱۸۲	۳۴/۵	۴۵/۵	۱۳/۵	۱۲/۵

۰	۱۵	۰	۶	۱۵۳	T17
۶	۴۷/۹	۵/۵	۱۲۵	۷۳۶	T18
۹	۴۲/۴	۲۳	۲۰	۲۵۴	T19
۶۴	۹۶/۵	۵۲	۲۴۸/۵	۷۷۸	T20
۵	۱۲	۳۴	۶۶	۱۹۹	T21
۴/۹۵	۳۷/۵	۶۰/۵	۱۵۹	۳۶۱	T22
۴۸	۰	۰	۱۶۹/۵	۳۶۷	T23
۰	۰	۱۸/۹	۹۰/۵	۲۹۴	T24

* شرکت بهره برداری آب شهرستان مرودشت

می باشد، همچنین نتایج (جدول ۲) نشان می دهد در این کانال بهره بردارن بیشتر از آب سطحی استفاده می کنند همچنین نتایج دو روش بسیار نزدیک به هم می باشد. به طور مثال در دو کانال درجه ۳، T23 و T24 روش برنامه ریزی خطی سود خالص بیشتری را نسبت به الگوریتم ژنتیک تخمین زده است علت امر این است که در الگوریتم ژنتیک برای گیاهانی که حتی بهینه نیستند یک مقدار اولیه در نظر می گیرد در صورتی که در برنامه ریزی خطی برای این گیاهان مقدار صفر را در نظر می گیرد.

همچنین مشخص است که کشاورزان منطقه نیز قسمت اعظم زمین خود را به گندم و ذرت دانه ای و علوفه ای اختصاص می دهند. بنابراین می توان گفت که مدل با تصمیمات زارعین جهت کشت گیاهان مختلف تقریباً انطباق دارد. در (شکل ۴) مقدار سود خالص کل را در هریک از کانال های درجه ۳ با توجه به الگوی بهینه به دست آمده، ترسیم گردیده است. بررسی این شکل نشان می دهد که بازده برنامه ای در کانال T20 بیشتر از سایر کانال ها می باشد. که علت این امر به دلیل سطح زیر کشت بیشتر در این کانال



کانال های درجه 3

(شکل ۴) - مقایسه حداکثر سود حاصل از الگوی بهینه کشت در کانال های مختلف با توجه به روش LP و GA

در روش GA مدت زمان بیشتری طول می کشد تا مدل اجرا شود در صورتی که در روش برنامه ریزی خطی مدت زمان کمتری نیاز به اجرای مدل دارد. بنابراین می توان گفت که روش برنامه ریزی خطی از لحاظ اقتصادی مقرون به صرفه می باشد. از طرف دیگر روش الگوریتم ژنتیک به دلیل اینکه گیاهان بیشتری را به عنوان الگوی بهینه انتخاب می کند حالت واقعی تری دارد. بنابراین کشاورزان می توانند الگوی متنوع تری را انتخاب کنند.

در مطالعات گذشته (۷، ۱۳) عموماً الگوی بهینه کشت در سطح وسیعی مانند اراضی پایین دست یک سد مثل سد ارایه شده بود. نتایج این مطالعات برای مدیریت شبکه های بزرگ مانند سد درودزن کارایی کمتری خواهد داشت در صورتی که در مدل (IPM) با تعیین حداکثر امکانات آبی موجود در هر شبکه می توان الگوی بهینه کشت را برای هر شبکه آبیاری ارائه کرد و در واقع از انعقاد قرارداد بیشتر بین شرکت بهره برداری و بهره برداران منطقه جلوگیری به عمل آورد. البته لازم به ذکر است که این مدل می تواند برای تعیین الگوی بهینه کشت در سطح وسیع تری نیز توسعه پیدا نماید.

قدردانی

از مسؤلان محترم سازمان آب منطقه ای فارس و شرکت بهره برداری آب به جهت مساعدت ها و پشتیبانی های همه جانبه آنها در اجرای این طرح تحقیقاتی سپاسگزاری می شود.

این امر نشان می دهد که الگوریتم ژنتیک گیاهان متنوع تری را به عنوان الگوی بهینه انتخاب می کند بنابراین حالت واقعی تری نسبت به برنامه ریزی خطی دارد و با تصمیمات کشاورزان جهت کشت گیاهان مختلف انطباق بیشتری دارد. بنابراین مدل (IPM) می تواند پارامترهایی مثل عملکرد حداکثر گیاهان مختلف، قیمت محصولات، قیمت آب مصرفی، هزینه کشت گیاهان مختلف در هکتار و حداکثر امکانات آبی را در دوره های زمانی مختلف را به عنوان ورودی بگیرد و الگوی بهینه را برای کانال های مختلف تخمین بزند.

نتیجه

در این تحقیق یک مدل (IPM) برای برنامه ریزی آبیاری در سطح مزرعه طراحی گردید تا بتوان مدیریت بهتری بر روی الگوی بهینه کشت و برنامه ریزی آبیاری در سطح مزرعه داشت. مدل (IPM) براساس حداکثر بازده برنامه ای الگوی بهینه کشت را برای هر شبکه آبیاری تعیین می کند. پارامترهای مناسب برای الگوریتم ژنتیک به این صورت که تعداد تکرار ۸۰۰، اندازه جمعیت ۱۰۰، احتمال تقاطع (P_c) ۰/۶، احتمال جهش (P_m) ۰/۰۲ به دست آمده است. نتایج مدل (IPM) نشان می دهد که در کشت اول سال زراعی گندم و در کشت دوم سال زراعی ذرت دانه ای به علت داشتن بازده برنامه ای بیشتر به عنوان الگوی بهینه می باشند و سایر گیاهان به میزان کمتری وارد برنامه بهینه می شوند.

نتایج مقایسه دو روش برنامه ریزی خطی (LP) و الگوریتم ژنتیک (GA) نشان داد که در توابع خطی نتایج این دو روش بسیار نزدیک به هم می باشد. با این تفاوت که

منابع

- ۱- بی نام. ۱۳۸۲. چهارمین کنفرانس هیدرولیک ایران. دانشگاه شیراز. صفحه الف.

- 2- Allen, R. G., L. S. Pereira, D. Raes, & M. Smith, 1998, Crop evapotranspiration, Irrigation and Drainage Paper, No. 56. FAO. United Nations, Rome, Italy. 310p.
- 3- Allen, R. G., H. Smith, L. S. Pereira, & W. D. Pruitt, 1997, Proposed revision to the FAO Procedure for estimating evapotranspiration, The second Iranian Congress on Soil and Water Hssues, Feb.15-18, Tehran I.R. Iran.
- 4- Beruardo, D. J., 1988, Irrigation optimization under water supply, Transactions of the ASAE, Vol. 31(3): 712-719.
- 5- Doorenbos, J., & W. o. Pruitt, 1977, Guidelines for predicting crop water requirements, FAO Irrigation and Drainage paper, No. 24. Food and Agricultural Organization of the United Nations, Rome, Italy, 156p.
- 6- Ghahraman, B., and A. R. Sepaskhah. 1997. Optimum deficit irrigation of cotton and potato fields in a semi-arid region. Iran. J. Sci. & Tech. 21(4): 395-405.
- 7- Ghahraman, B., & A. R. Sepaskhah, 2002, Optimal allocation of water from a single purpose reservoir to an irrigation project with pre-determined multiple, Irrig. Sci., Vol. 21: 127-137.
- 8- Goldeberg, D. E., 1989, Genetic algorithm in search, optimization and machine learning, New York. Addison, Wesley.
- 9- Goldeberg, D. E. & C. H. Kuo, 1993, Genetic algorithm in pipeline optimization, J. Comp. Civ. Engrg., Vol. 1(2): 128-141.
- 10- Holland, J. H., 1970, Genetic algorithm and the optimal allocation of trial, SIAM J. of Computing, Vol. 2(2):88-105.
- 11- <http://www.aic.nrl.navy.mil/galist/>
- 12- Jackson, B. S., T. J. Gerik, & D. F. Wanjura, 1990, Use of COTTAM for scheduling limited irrigation, J. Prod. Agric., Vol. 3(4): 420-425.
- 13- Kumar, D. N., k. S. Raju, & B. Ashok, 2006, Optimal reservoir operation for irrigation of multiple crops using genetic algorithms, Journal of irrigation and drainage engineering. ASCE, Vol. 132(2):123-129.
- 14- Kuo, S-F, G. P. Merkle, & C-W. Liu, 2000, Decision support for irrigation project planning using a genetic algorithm, Agricultural Water Management, Vol. 45:243-266.
- 15- Meyer, S. J., K. G. Hubbard. & D. A. Wilhite, 1993, A crop – specific drought index for corn : I. Model development and validation, Agron. J., Vol. 85, pp: 388-395.
- 16- Michalewicz, z, 1992, Genetic Algorithm+Data-Structures=Evaluation Programs, Springer-Verlag. Berlin.
- 17- Raju. K. S., and D. N. Kumar. 2004. Irrigation planing using genetic algorithms. Water Resour. Manage. 18(2): 163-176.
- 18- Ritzel, B. J., J. W. Eheart, & S. Ranjithan, 1994, Using Genetic alorithms to solve a multipe objective groundwater remediation problem, Water Resource Research, Vol. 30(5): 1581-1603.
- 19- Yaron, D., & A. Dinar, 1982, Optimal allcation of water on a farm during feed season, J. Agric. Econ, Vol. 64: 452-458.
- 20- Yoon, J. H., & C. A. Shiemaker, 1999, Comparison of optimization methods for groundwater bioremediation, J. Water Resource Planning and Management. Vol. 125(1):64-83.

Determining the optimal cropping patterns of farmlands using irrigation planning model (IPM)

M.K.Shaabani – T.Honar^{1*}

Abstract

Due to limitation of available water and soil resources in Iran, the challenge of optimizing the utilization of these resources has become more significant. In this study it was attempted to maximize the project benefit, estimating crop water requirements at different growth stages, and optimizing the cropping pattern and irrigation management. In order to achieve these objectives mathematical model was solved with simple genetic algorithm (GA) and linear programming (LP) methods. The proposed model was applied to an irrigation project with 7000 ha of farmland irrigated by the main canal network of Doroodzan dam (Fars province). Comparing the optimal cropping pattern proposed by this model (IPM) with those practiced by the farmers showed that the model had a good consistency with farmers' decisions for cultivating different crops. The results of this model also indicated that optimal planting pattern (in the 1st and 2nd growing season) was the same for GA and LP models. To find the best response from GA in this study the number of generations of 800, population size of 100, probability of crossover of 0.6, and probability of mutation of 0.02 was considered.

Key words: Genetic algorithm, linear programming, Cropping pattern, Optimizing, Fars province, Irrigation planning model (IPM)

*- Corresponding author Email: toorajhonar@yahoo.com

¹ - Contribution from College of Agriculture , shiraz University