نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۲۷، شماره ۲، خرداد – تیر ۱۳۹۲، ص. ۳۰۳-۲۹۲

Journal of Water and Soil
Vol. 27, No.2, May-Jun 2013, p. 292-303

کاربرد تخصیص و مدیریت آب کشاورزی با استفاده از تکنیک بهینه سازی PSO (مطالعه موردی : دشت نیشابور)

عباس خاشعی سیوکی[1*]- بیژن قهرمان[2]- مهدی کوچک زاده

تاریخ دریافت:۱۳۹۱/۱/۲۷
تاریخ پذیرش:۱۳۹۲/۲/۸

چکیده

دشت نیشابور دراستان خراسان رضوی با شرایط اقلیمی خشک و نیمه خشک و با تکیه بر منابع آبی زیرزمینی یکی از قطب های مهم تولیدات زراعی کشور محسوب می شود. در این تحقیق با استفاده از مدل بیلان آب زیرزمینی معادلات مورد نیاز جهت تخمین نوسانات سطح آب تعیین شد. در ادامه بعلت تعدد متغیرهای تابع هدف در بهینه سازی مصرف آب، با استفاده از روش های فرا کاوشی و هوشمند PSO که نیاز به محاسبات کمتر و کارآیی بیشتر نسبت به دیگر روشها دارند الگو و تراکم کشت بهینه محصولات زراعی منطقه مطالعاتی تعیین شد. نتایج مدل بر مبنای یک سال نرمال (سال ۱۳۸۷) نشان داد که می توان با کاهش ۳۰ درصدی سطح زیر کشت اغلب محصولات بهاره و افزایش ۳۰ درصدی سطح زیر کشت گندم و جو و کلزا بیشترین درآمد را از آب استحصالی از آبخوان کسب نمود. در بین محصولات بهاره ذرت و گوجه‌فرنگی نسبت به دیگر محصولات بهاره بیشترین سهم را در افزایش سطح داشت. نتایج نشان داد که با افزایش ۲۰۵۹۱ هکتار به محصولات پاییزه و کاهش ۱۰۹۷۰ هکتار از محصولات بهاره می توان ۷۵۰۰ هزار ریال بطور متوسط در هرهکتار درآمد بیشتری بدست آورد.

واژه های کلیدی: آب زیرزمینی، دشت نیشابور، PSO، الگو، تراکم کشت

مقدمه

افزایش روز افزون جمعیت و نیاز به غذای بیشتر، ضرورت توسعه اراضی و بهبود وضعیت کشاورزی و یا مدیریت مزرعه را بدنبال دارد. در مدیریت مزرعه علاوه بر استفاده بهینه از آب، انتخاب الگوی کشت مناسب، مساحت تحت کشت هر یک از محصولات و میزان پتانسیل آبی به عنوان یک عامل محدود کننده در مصرف آب از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است بطوری‌که برنامه ریزی کشاورزی تحت تأثیر الگو و تراکم کشت محصولات قرار می‌گیرد. با استفاده از مدل بهینه‌سازی می‌توان مناسب‌ترین تراکم کشت را پیش بینی کرد تا درآمد یکسال و یا یک دوره تناوب زراعی خاص در واحد هکتار حداکثر شود.

بهینه‌سازی سیاست آبیاری به دو دسته متفاوت تقسیم می‌شود. در یک دسته تخصیص بهینه آب بین گیاهان مختلف در حالی انجام می شود که سطح زیر کشت و تراکم گیاهی ثابت است (۱۸). در دسته دوم سطح زیر کشت نیز به عنوان یکی از متغیرهای بهینه‌سازی وارد می‌شود. متغیر تصمیم در این مدل‌ها مساحت زمین تخصیص داده شده به هر گیاه می‌باشد. این مدل‌ها به چهار دسته تقسیم می شوند: دسته اول که به آنها مدل های پرآبیاری گفته می‌شود، در شرایط فراوانی آب استفاده می‌شوند. مدلسازی پرآبیاری ساده می‌باشد زیرا تقاضای آبی به ازای واحد سطح (میزان نیاز آبی متناسب با حداکثر تبخیر–تعرق) و عملکرد در واحد سطح (برابر با عملکرد حداکثر) برای تمام گیاهان مشخص بوده و تنها بایستی الگوی کشت را بهینه‌سازی نمود. دسته دوم مدل های کم آبیاری از پیش تعریف شده می‌باشند. به این معنی که در این مدل‌ها شدت کم آبیاری از نظر زمان و مقدار برای هر گیاه از پیش مشخص می‌باشد و بنابراین می‌توان عملکرد واقعی هر گیاه را به کمک تابع تولید آب زمان دار یا تابع زمان‌دار حساسیت آب – گیاه مانند تابع جنسن (۱۷) محاسبه نمود. بنابراین در این شرایط نیز فرایند بهینه‌سازی شامل تخصیص بهینه زمین بین گیاهان مختلف می‌باشد (۹). دسته سوم مدلهای تخصیص آب و زمین در شرایط عدم وجود تنش شوری است، در تابع هدف این نوع مدلها،

۱- استادیار گروه مهندسی آب، دانشگاه بیرجند
(*- نویسنده مسئول: Email: abbaskhashei@birjand.ac.ir)
۲- استاد گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
۳- دانشیار گروه مهندسی آبیاری و زهکشی، دانشگاه تربیت مدرس

بیشینه نمودن سود خالص با اعمال کم آبیاری مدنظر می‌باشد. در این مدل‌ها فقط اثر کمبود آب بر عملکرد لحاظ می‌گردد و اثر کیفیت‌های مختلف آب (از نظر شوری) بر عملکرد لحاظ نمی‌گردد. دسته چهارم (مدلهای تخصیص آب و زمین در شرایط تنش شوری) که درآنها تابع هدف، بیشینه نمودن سود خالص در شرایط توامان کم آبیاری و شوری آب مدنظر می‌باشد (۶).

از طرف دیگر روش‌های بهینه‌سازی به دو دسته کلی کلاسیک و غیرکلاسیک (فراکاوشی) تقسیم می‌شود. بر حسب نوع مسئله، روشهای آماری، دینامیکی و عدم قطعیت به روشهای کلاسیک اضافه می‌گردد. تحقیقات زیادی تاکنون در راستای بهینه نمودن الگو وتراکم کشت با استفاده از روشهای کلاسیک صورت گرفته است. از دیگر کارهای انجام شده در این خصوص می توان به تحقیقات ماجی و هدی (۲۱) در هند اشاره کرد. پایمزد و همکاران (۱) به منظور بهینه سازی تخصیص آب کشاورزی از روش برنامه ریزی غیر خطی و سیستم های پویا استفاده کردند. در تحقیقی کاروالو و همکاران (۱۳) نشان دادند که در وضعیت های مختلف پتانسیل آبی، سطح زیر کشت، تعداد محصولات و درآمد حاصله در حالت پتانسیل آبی ۱۰۰ درصد بیش از حالات دیگر بود. با افزایش متغیرهای تصمیم و درجه غیرخطی بودن مسئله، استفاده از روشهای فراکاوشی مطلوب‌تر به نظر می‌رسد. در این جهت بهینه نمودن الگو و تراکم کشت با استفاده از روشهای فراکاوشی عمدتاً در بهره‌برداری از منابع آب سطحی مانند مخازن سدها انجام شده‌است. قدمی و همکاران (۸) به بهره برداری از مخزن سد جهت بهینه نمودن آب تخصیص داده شده به گیاهان با استفاده از الگوریتم ژنتیک پرداختند. شعبانی و هنر (۷) با استفاده از الگوریتم ژنتیک و برنامه‌ریزی خطی آب مورد نیاز گیاه در دوره‌های زمانی مختلف، الگوی بهینه کشت (در فصل اول و دوم کشت) حاصل از الگوریتم ژنتیک شبیه برنامه‌ریزی خطی می‌باشد. داریان و شهیدی (۲) کارآیی روشهای شبیه‌سازی آنیلینگ (Annealing Algorithm) ، الگوریتم ژنتیک و الگوریتم مورچه را در مسئله بهره‌برداری از مخازن مورد بررسی قرار داد. نتایج این تحقیق نشان داد که الگوریتم شبیه-سازی آنیلینگ روش قدرتمندی نسبت به سایر روشها بوده و در زمان بسیار کم به نتایج بهتری می‌رسد. راجو و کومار (۲۳) به منظور بهره برداری بهینه از مخزن و تعیین الگوی کشت بهینه به مقایسه روش فراکاوشی الگوریتم ژنتیک و روش برنامه ریزی خطی پرداختند. در جدیدترین تحقیقات انجام شده جانگا ردی و کومار (۱۵) مدل غیرخطی بهینه‌سازی آب مصرفی با هدف بیشینه کردن منافع اقتصادی از طریق تخصیص آب آبیاری درون فصلی در دوره زمانی معین در شرایط چند محصولی توسط روش فراکاوشی PSO ارائه کردند. مولفه‌های بهره‌برداری مخزن، بیلان آب خاک، محاسبه تبخیر و تعرق گیاه در مدل ارائه شده توسط این محققین لحاظ گردیده است.

در زمینه بهره‌برداری ازمنابع آب زیرزمینی جهت تعیین الگو و تراکم کشت بهینه مطالعاتی محدودی با هدف کنترل سطح ایستابی در اعماق کم صورت گرفته است. در منطقه چیترادورگای (Chitradorgay) هند در زمینه استفاده بهینه از آب‌های سطحی / زیرزمینی مدل ریاضی از نوع برنامه‌ریزی خطی ارائه شد که تابع هدف آن افزایش عملکرد نسبی محصولات در یک سال زراعی و شرایط پایدار بود. همچنین در سطوح مختلف پمپاژ از سفره آب زیرزمینی مقادیر رطوبت خاک و نوع خاک و همچنین عکس العمل سفره های آب زیرزمینی در منطقه آبیاری شده مورد بررسی قرار گرفت (۲۷). کارآموز و همکاران (۲۰) مدل بهینه استفاده تلفیقی از آب های سطحی و زیرزمینی را برای اراضی کشاورزی جنوب تهران تهیه کردند. در این تحقیق مدل آب زیرزمینی منطقه مورد مطالعه به منظور شبیه‌سازی تغییرات سطح آب زیرزمینی تهیه شد. جهت برنامه-ریزی استفاده تلفیقی مدل بهینه سازی برنامه‌ریزی پویا استفاده شده است. در این مدل تابع هدف، کاهش هزینه‌های پمپاژ بود و علاوه بر کلاسیک بودن روش بهینه‌سازی، تخصیص آب آبیاری در طول دوره رشد محصولات و اعمال تنش بر گیاهان دیده نشده است.

تحقیقات متعددی در بهینه‌سازی علوم آب با استفاده از روشهای فراکاوشی بالاخص روش PSO انجام شده است منعم و نوری (۱۱) به بررسی کاربرد الگوریتم PSO در سیستم های شبکه آبیاری و زهکشی، گنجی (۱۰) به بهینه سازی پایش آب زیرزمینی، سامی کشکولی (۳) به طراحی بهینه شبکه‌های تحت فشار توزیع آب آبیاری با استفاده از روش بهینه‌سازی مبتنی بر رفتار اجزای جمعی (PSO) پرداخته است. ردی و کومار (۱۶) از این روش جهت بهره‌برداری بهینه از مخزن سد مالابرابها هند پرداختند. آنها برای چندین محصول زراعی با در نظر گرفتن وجود تنش و کم آبیاری بهینه سازی درون فصلی را انجام دادند و بهره‌برداری از مخزن را با توجه به سود اقتصادی حاصل از کم آبیاری برای دوره های ده روزه ارائه نمودند. تابع هدف آنها در این تحقیق بیشینه کردن درآمد ناخالص بود و در آن هزینه ها وارد نگردید.

در تحقیقات قبلی اغلب بهینه‌سازی های الگو وتراکم کشت در مورد بهره برداری از سدها و آبهای سطحی بوده است و تنها از روشهای خطی در بهینه سازی الگوی کشت استفاده شده است. اهدافی که در تحقیقات گذشته کمتر به آن اشاره شده است شامل موارد زیر می‌باشد: ۱- بهینه سازی مساحت تحت کشت هر یک از محصولات مورد نظر ۲- استفاده از روش فوق ابتکاری بهینه سازی PSO (رفتار اجزای جمعی) در بهینه سازی الگو و تراکم کشت ۳ - تهیه مدل بهینه الگو وتراکم کشت و ترکیب آن با مدل آب زیرزمینی۴- تعیین الگو وتراکم کشت برای سناریوهای خشکسالی و ترسالی در نهایت هدف از این تحقیق بهینه‌سازی سطح زیر کشت محصولات الگوی کشت در شرایط هیدرولوژیکی مختلف با استفاده از الگوریتم فراکاوشی PSO در شرایط کنونی استحصال آب زیرزمینی

می باشد.

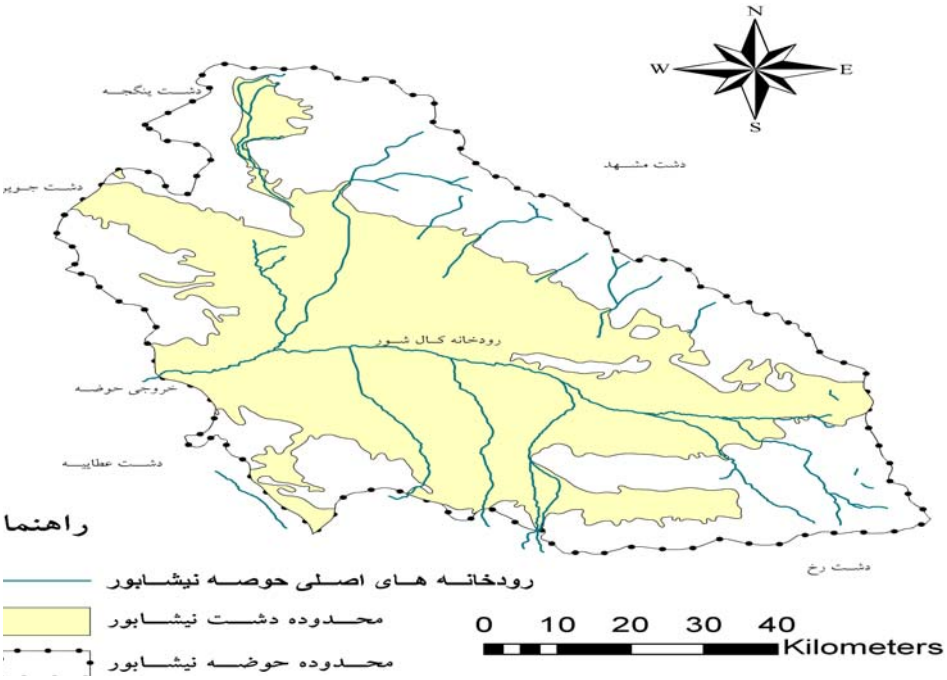
مواد و روش ها

منطقه مورد مطالعه

حوضه آبریز دشت نیشابور با وسعت ۷۲۹۳ کیلومتر مربع جزیی از حوضه آبریز کویر مرکزی بوده که ۳۴۰۰ کیلومتر مربع آن را دشت (۴۶ درصد) و بقیه را ارتفاعات تشکیل می دهد. از نظر موقعیت جغرافیایی حوضه مذکور در حد فاصل ´ ۱۳، °۵۸ تا ´ ۳۰ ، °۵۹ طول شرقی و ´ ۴۰، °۳۵ تا ´ ۳۹ ، °۳۶عرض شمالی قرار دارد. این حوضه از جهات شمال، جنوب، غرب و شرق بترتیب به ارتفاعات بینالود، تپه ماهورهای نیزه بند، سیاه کوه و کوه نمک (حوضه آبریز دشت رخ)، حوضه آبریز دشت سبزوار و بلندیهای لیلا جوق و یال پلنگ محدود شده است. حداکثر و حداقل ارتفاع حوضه بترتیب با ۳۳۰۵ و۱۰۶۵متر درقله بینالود و خروجی رودخانه کال شور از حوضه واقع شده است (۱۲) (شکل ۱).

جمع آوری داده‌ها، تجزیه و تحلیل آنها

به منظور بهینه نمودن الگو وتراکم کشت علاوه بر محصولات عمده دشت (گندم، جو، چغندرقند، پنبه، هندوانه، ذرت علوفه‌ای)، محصولات دیگر که سطح زیر کشت پایینی در دشت دارند مانند آفتابگردان،گوجه‌فرنگی و کلزا نیز بعنوان محصولات دخیل در الگوی کشت قرار گرفتند. محصول سیب زمینی بعلت بالا بودن کالری و سبزیجات نیز بعلت نزدیک بودن به بازار مصرف (مشهد)، هندوانه بعلت رغبت کشاورزان و کلزا و آفتابگردان بعلت توجه دولت به کشت گیاهان دانه روغنی و گوجه‌فرنگی بعلت وجود کارخانجات متعدد رب سازی در منطقه از اهمیت ویژه‌ای در دشت نیشابور برخوردار هستند. خصوصیات گیاهی مانند تاریخ و دوره‌های کاشت، قیمت استفاده شده و سطح زیر کشت محصولات جمع آوری شد که نتیجه آن در جدول ۲ ارائه گردیده است. بر این اساس گندم و جو بیشترین سطح زیر کشت و دانه‌های روغنی کمترین سطح زیر کشت را در دشت به خود اختصاص داده‌اند. با استفاده از بازدیدهای محلی، تصاویر ماهواره‌ای و نقشه‌های کاربری اراضی، سطح قابل کشت در دشت، سالانه ۱۰۷۵۰۰ هکتار و کل اراضی قابل کشت (اراضی کلاس یک، دو و سه) ۱۹۵۵۰۰ هکتار تعیین شد. در کل محدوده مطالعاتی نیشابور ۲۳۷۸۰ هکتار باغ وجود دارد که ۳۰ درصد آنها در مناطق کوهستانی و از منابع آب سطحی تامین می‌شود و مابقی در محدوده دشت احداث شده‌اند و از منابع آب زیرزمنی استفاده می‌کنند. حدود۵۰ درصد اراضی زیر کشت زراعت منطقه سالانه بصورت آیش وجود دارد و محدودیت‌های سطح زیر کشت نیز بر این اساس پایه گذاری گردید. مدل بهره‌برداری از منابع آب زیرزمینی بر اساس اطلاعات آبخوان دشت نیشابور از سازمان آب منطقه ای خراسان رضوی تهیه‌شد.



شکل۱- موقعیت حوضه نیشابور و نمایی از رودخانه‌ها، حوضه و آبخوان دشت نیشابور

تغییرات حجم استحصالی بر حاصلضرب مساحت در ضریب ذخیره آبخوان (۲۹۵۰ کیلومتر مربع در ۰/۰۸) (۴)، تقسیم شد تا میزان افت سطح آب در دشت تعیین شود. معادله بیلان شامل متغیرهای ورودی (یعنی میزان نفوذ سالیانه از بارش در منطقه، آورد سالیانه زیرزمینی به آبخوان، میزان نفوذ از رواناب های سطحی ورودی به دشت و میزان آب برگشتی به آبخوان از برداشت سالیانه در دشت) می‌باشد. پارامترهای خروجی شامل خروجی از آبخوان، میزان بهره برداری سالیانه از آبخوان دشت، تبخیر–تعرق و زهکشی از آبخوان در انتهای دشت می باشد. مطالعات قبلی در سطح دشت نیشابور نشان داد که جهت تعیین حجم آب ورودی به آبخوان حاصل از آب نفوذی رواناب دشت و آب نفوذی بارش ضریب رواناب و نفوذ در دشت به ترتیب۰/۲۴ و ۰/۰۷ تعیین شده است. ضریب نفوذ حاصل از رواناب در دشت ۰/۱۸ تعیین گردید. از آنجا که ۳۲ درصد از منابع آب سطحی در کشاورزی مصرف می شود این حجم آب از حجم آب مورد نیاز کشاورزی در مدل کسر گردید. علاوه بر آن حجم آب ورودی و خروجی زیرزمینی در دشت به ترتیب ۳۱۱ و ۱۴/۵میلیون مترمکعب تعیین گردید. سهم آب مصرفی باغات و صنعت و شرب از منابع آب زیرزمینی ۲۱۵ و ۵۲/۵ میلیون مترمکعب در نظر گرفته شد (۴ و ۵). اطلاعات محصولات کشاورزی بر اساس سالنامه آماری کشاورزی ۱۳۸۷ و بازدیدهای میدانی و تهیه پرسشنامه از کشاورزان در منطقه اخذ گردید.

محدودیت ها و تابع هدف

تابع هدف بصورت نسبت سود به هزینه (B/C) در نظر گرفته شدکه در رابطه ۱ ارائه شده است.

$$OF = Max\left(\frac{\sum_{c=1}^{n}\left(\left(\left(Yp_c\left(\frac{Ya_c}{Yp_c}\right)\right)P_c + L_c\right)A_c\right)}{\sum_{c=1}^{n}\left((Cf_c + Cpro_c + Char_c + Cbf_c + Cw_c)A_c\right)}\right) \qquad (۱)$$

در آن c تعداد محصولات به کار برده شده در الگوی کشت، Y_{pc} حداکثر تولید محصول (کیلوگرم بر هکتار)، Y_{ac} تولید محصول واقعی (کیلوگرم بر هکتار)، P_c قیمت محصول برحسب ریال برکیلوگرم، A_c: سطح زیر کشت محصول c (هکتار)؛ L_C: درآمدهای متفرقه محصول در صورت وجود (ریال– هکتار) ،C_f هزینه کاشت، Cpro هزینه داشت، Char هزینه برداشت، Cbf هزینه قبل از کاشت (ریال –هکتار) و Cw هزینه آب و زمین (ریال –هکتار)

به منظور برآورد عملکرد محصولات موجود در الگوی کشت با استفاده از ضریب حساسیت محصولات به تنش آبی، دو نوع معادلات وجود دارد (۲۴) معادلاتی که بصورت معادلات حاصل‌ضرب و حاصل-جمع استفاده می شود در این تحقیق از معادلات حاصل‌جمعی استفاده شد تا علاوه بر کاهش درجه غیر خطی بودن تابع هدف، دقت برآورد افزایش یابد. نتایج تحقیقات نشان داد که ضرایب حساسیت به تنش آبی تنها در محدوده تنش ملایم صادق است و با افزایش تنش از دقت معادلات فوق کاسته می شود (۱۹). با استفاده از رابطه ۲ عملکرد نسبی محصول تخمین و بر اساس سطح زیر کشت حجم آب استحصالی از آب زیرزمینی مشخص می شود.

$$\frac{Yac}{Ypc} = \left(1 - \sum_{t=1}^{TN}\left[K_{yct}\left(1 - \frac{AET_c}{PETc}\right)_t\right]\right) \qquad (۲)$$

AET_c: تبخیر–تعرق واقعی (میلیمتر)، PET_c: تبخیر–تعرق ماکزیمم (میلیمتر)، Ky_{ct}: ضریب حساسیت گیاهc: به خشکی در مرحله t: تبخیر تعرق گیاه مرجع با استفاده از اطلاعات ایستگاه سینوپتیک نیشابور بصورت روزانه و ده روزه و با استفاده از روش فائو پنمن مانتیث اصلاح شده (نشریه ۵۶ فائو) تعیین شد ضرایب Kc محاسبه و ضریب Ky (ضریب حساسیت به خشکی) بر اساس اطلاعات نشریه فائو ۳۳ بدست آمد (۱۴). میزان بارندگی در غالب دوره آماری ده روزه مشخص شد. با توجه به وجود اراضی کلاس I وIIدر منطقه، اراضی کشاورزی اراضی با قابلیت نفوذ متوسط تا سبک، بافت خاک سطحی متوسط و شیب ۲–۰ درصد می باشد (۴). بر این اساس ظرفیت نگهداشت خاک مزرعه ۳۱۰ و نقطه پژمردگی دائم ۱۴۰ میلیمتر در متر خاک تعیین شد. تبخیر– تعرق واقعی به عنوان بخشی از تبخیر– تعرق پتانسیل بصورت ضریبی که خود تابعی از میزان بارندگی و بیلان رطوبتی خاک و عمق آب آبیاری و رواناب و نفوذ عمقی می‌باشد تعیین می شود. در این تحقیق با استفاده از معادلات حاکم بر بیلان آب در خاک که در منابع (۱۵، ۲۲ و ۲۵) ذکر شده است میزان تبخیر–تعرق واقعی، و قیود مربوط به آن محاسبه شد و براساس معادله ۲ عملکرد محصولات بدست آمد بعد از تعیین مقدار آب آبیاری و در نتیجه آن حجم آب استحصالی از آب زیرزمینی، محدودیت برداشت آب از طریق مدل بیلان آب زیرزمینی تعیین شده و مدل مذکور میزان افت سطح آب را مشخص می‌نماید. بر اساس وضعیت بارندگی، چهار سناریو تعریف شد. بارندگی میانگین منطقه نیشابور بعنوان بارندگی مبنا در نظر گرفته شد و افزایش یا کاهش بارندگی نسبت به بارندگی میانگین منطقه مبنای تغییرات هیدرولوژیگی قرار گرفت (جدول ۱)(۱۶).

جدول ۱- تعریف سناریوهای اجرای مدل

عنوان سناریو	وضعیت بارندگی	نسبت بارندگی به بارندگی نرمال
سناریوی اول	سال نرمال	۱
سناریوی دوم	خشکسالی	۰/۸
سناریوی سوم	خشکسالی شدید	۰/۶
سناریوی چهارم	ترسالی	۱/۲

الگو و تراکم کشت بهینه برای هر سناریو برای وضع موجود در نظر گرفته شد. هدف از اجرای مدل، تعیین الگو وتراکم کشت بهینه با شرایط بهره برداری کنونی آبخوان دشت می‌باشد. مساحت مربوط به محصولات انتخاب شده باید بزرگتر از صفر بوده و مساحت‌های اختصاصی به محصولات نباید از مساحت کل مزارع بزرگتر شود (جدول۲). در تمامی سناریوها مدل سطح زیر کشت هر محصول را بصورت ضریبی از سطح موجود محصولات تعیین می‌نماید این امر بدین جهت است که تغییرات شدید تراکم و الگوی کشت در یک منطقه بسهولت امکان پذیر نیست و در تعیین الگو و تراکم کشت از جهت ظرفیت بازار، نیازهای محصولات به نیروی انسانی و تجهیزات مورد نیاز و غیره می‌بایست حداقل و حداکثر سطح زیر کشت محصول را در نظر گرفت. این ضریب در این‌جا ۳۰ درصد در نظر گرفته شد. در سناریوی جلوگیری از افت سطح آب حداقل سطح زیر کشت بر اساس روش آزمون و خطا بگونه‌ای تعیین شد که مدل بیشترین شایستگی را به ذرات اختصاص دهد و بتواند در محدودیتهای تعیین شده صدق کند. میزان تبخیر-تعرق واقعی کوچکتر و یا مساوی تبخیر-تعرق پتانسیل در نظر گرفته‌شد. از آنجاکه ضریب گیاهیKy محصولات در تنش‌های ملایم صادق هستند لذا نسبت تبخیر تعرق واقعی به پتانسیل می‌بایست بزرگتر و مساوی ۰/۵ باشد (۱۸).

الگوریتم PSO

در این الگوریتم که بر اساس به اشتراک گذاری اطلاعات بین ذرات پایه گذاری شده است ابتدا برای هر متغیر در فضای جستجو بصورت تصادفی مقادیری تخصیص پیدا می‌کند. هر ذره یا پرنده با استفاده از مقادیر اختصاص داده شده به تمامی متغیرها، بر اساس شایستگی که همان مقدار تابع هدف می‌باشد یک راه حل تولید می‌کند. جهت ادامه مسیر و تعیین راه حل بهینه هر ذره بر اساس میزان جابجایی تعیین شده راه حل بعدی را پیدا می‌کند. این عمل بر اساس جابجایی و موقعیت ذرات دیگر و خود ذره در تجربیات قبلی انجام می‌شود.

$$v_i^{t+1} = \chi\omega v_i^t + c_1 r_1 (p_i^t - x_i^t) + c_2 r_2 (p_g^t - x_i^t) \quad (۳)$$

$$x_i^{t+1} = x_i^t + v_i^{t+1} \quad (۴)$$

در این روابط x^i_t موقعیت یا مقدار ذره (مقدار متغیرها) i در فضای جستجو و t شمار تکرار ذره p^i_t بهترین موقعیت ذره i در شماره تکرار t و p^g_t موقعیت بهترین ذره در فضای جستجو که بسته به نوع جستجو (موضعی و سراسری) متفاوت است. r_1 و r_2 اعداد تصادفی بین صفر و یک بر اساس تابع توزیع یکنواخت، c_1 و c_2 ضرایب شناختی و اجتماعی، w ضریب اینرسی است که بر اساس یک روش تدریجی فضای جستجو را کاهش می دهد.

جدول۲- خصوصیات محصولات و طول دوره کشت و مراحل مختلف رشد ده روزه محصولات مورد بررسی از مهر۸۷ تا شهریور۸۸

دوره رشد	مساحت (هکتار)	قیمت محصول (ریال بر کیلوگرم)	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲	۱۳	۱۴	۱۵	۱۶	۱۷	۱۸	۱۹	۲۰	۲۱	۲۲	۲۳	۲۴	۲۵	۲۶	۲۷
گندم	۳۴۶۹۹	۳۰۵۱					GS1					GS2								GS3								GS4	
جو	۳۳۹۰	۳۳۹۰			GS1				GS2								GS3							GS4					
کلزا	۴۵۰	۶۲۰۰			GS1				GS2								GS3								GS4				
دوره رشد	-	-																											
پنبه	۸۷۰۰	۱۰۰۰۰								GS1				GS2					GS3						GS4				
چغندر قند	۷۰۰۰	۶۲۰						GS1				GS2				GS3						GS4							
آفتابگردان	۸۰۰	۵۷۰۰						GS1				GS2						GS4											
گوجه فرنگی	۶۱۰	۴۶۳۲				GS1				GS2				GS3				GS4											
هندوانه	۹۲۴۴	۲۷۴۳								GS1			GS2				GS3			GS4									
ذرت علوفه ای	۱۷۷۱	۷۰۰									GS1			GS2				GS3				GS4							
سبزیجات	۹۴۱	۳۲۹۸		GS1		GS2			GS3			GS4																	
سیب زمینی	۹۸۷۱	۲۵۴۲								GS1			GS2			GS3			GS4										

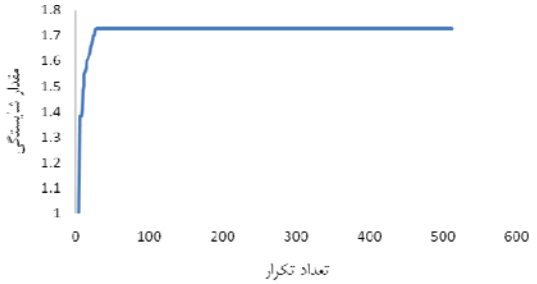
GS: منظور ۴ مرحله رشد گیاه در طول دوره رشد(مرحله اولیه، مرحله توسعه، مرحله گلدهی، و مرحله پایانی)

χ ضریب انقباض می باشد. مقادیر ضرایب شناختی و اجتماعی با آزمون و خطا و نتایج حاصل از دیگر تحقیقات تعیین شد. ضریب اینرسی با استفاده از رابطه شای و ابرهارت (۲۶) تعیین گردید. ذره i جهت رسیدن به موقعیت جدید بر اساس معادلات ۳ و ۴ پرواز می‌کند. با این روش همه ذرات موقعیت جدید را بدست می‌آورند. این فرآیند تکرار می شود تا $t=t_{max}$ شود. یکی از روشهای تعیین t_{max} زمانی است که تغییرات در جواب بهینه حاصل نگردد. در صورتی که جوابهای تولید شده برای هر متغیر از قیود تعیین شده تعدی نماید، در صورتی که بیشتر از مقدار تعیین شده باشد مساوی با مرز بالاو اگر کمتر از مقدار تعیین شده باشد برابر با مرز پایین تعریف می شود.

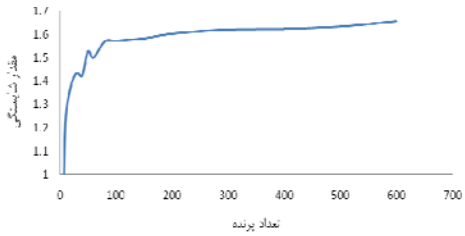
نتایج و بحث

برخی ویژگی های مدل PSO

به منظور اجرای مدل بهره‌برداری پارامترهای مورد استفاده تعیین گردید. پارامترهای مذکور در مدل بهینه‌سازی PSO مطابق جدول ۳ ارائه شد تعداد اعضا و دیگر ضرایب مربوطه بهینه با سعی و خطا و بر اساس تحقیقات قبلی تعیین شد. همانطور که در اشکال ۲ و ۳ ارائه شده است میزان شایستگی (مقدار تابع هدف) ذرات بعد از ۱۵۰ ذره و ۱۰۰ تکرار تغییرات قابل توجهی ندارد. این در حالی است که ردی و کومار (۱۶) در بهینه‌سازی بهره برداری از مخزن از مقادیر۲۰۰، ۵۰۰، ۱/۵و ۰/۵ به ترتیب برای تعداد اعضا، تکرار، ضریب شناختی و جمعیتی در مدل (Elitist Mutation Particle Swarm Optimization)EMPSO استفاده کردند که علت تفاوت آن به تفاوت در نوع تابع هدف، محدودیتها و نوع مدل بهینه سازی بر می‌گردد.



شکل۲- تغییرات مقدار شایستگی نسبت به تکرار



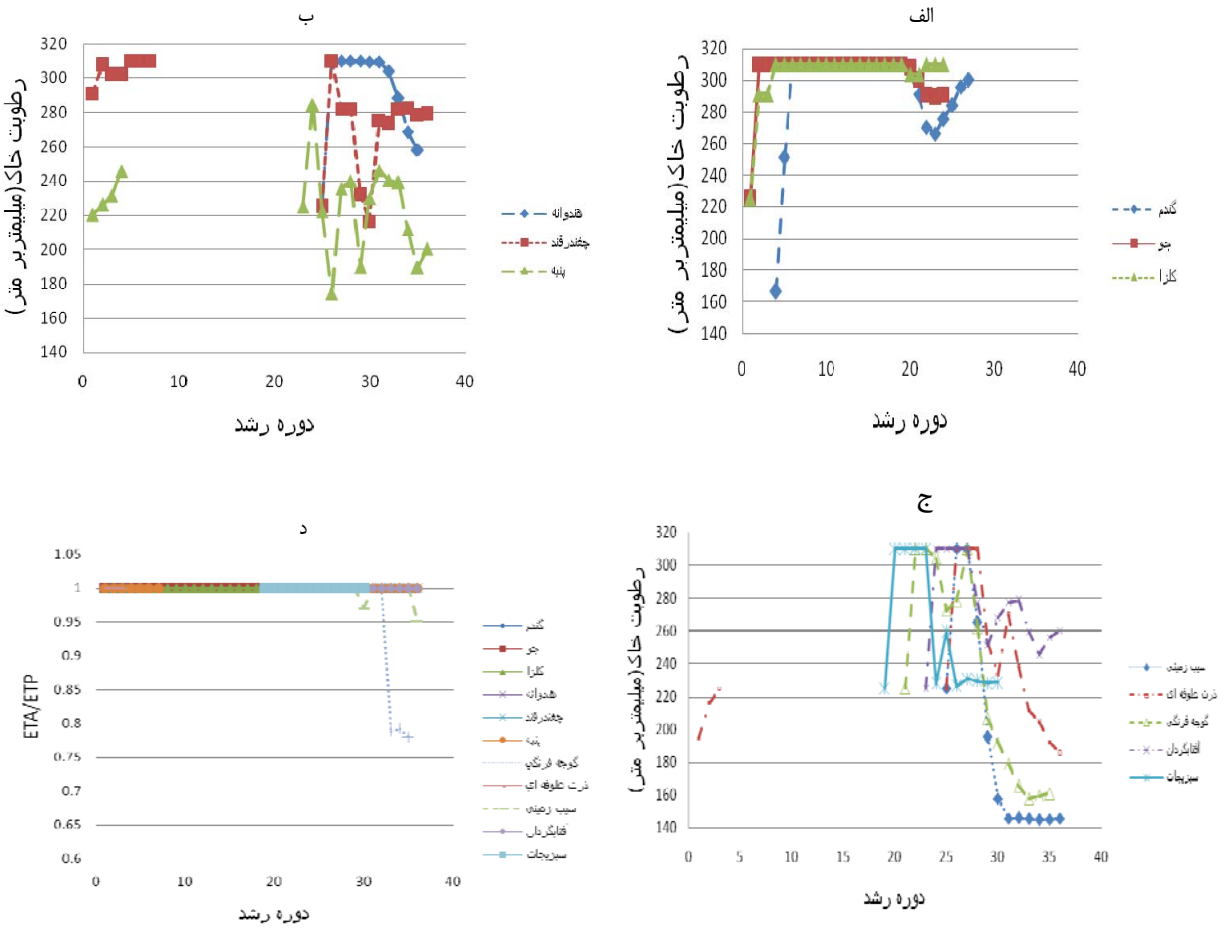
شکل۳- تغییرات مقدار شایستگی نسبت به تعداد پرنده

با توجه به نتایج حاصل از اجرای مدل بهره‌برداری و تراکم کشت وضعیت موجود (جدول۱) می توان نتیجه گرفت که تراکم کشت موجود بهینه‌ترین تراکم کشت در منطقه نمی‌باشد و می‌توان با همین وضع برداشت آب و با تغییر در سطح زیر کشت بهره‌برداری اقتصادی بیشتری را داشت. در شرایط موجود دشت، کمترین سطح زیر کشت مربوط به کلزا و بیشترین سطح زیر کشت مربوط به گندم می‌باشد. نتایج حاصل از نمودارهای شکل ۴ نشان می دهد که مدل در طول دوره رشد سعی در حفظ رطوبت خاک در حد ظرفیت زراعی مزرعه دارد تا بدین وسیله تنش آبی کمتری به محصولات وارد شود. این نتایج با نتایج تحقیق قدمی و همکاران (۸) نیز مطابقت دارد. نتایج تحقیق آنها نشان داد که مدل الگوریتم ژنتیک جهت بهینه نمودن تراکم کشت تنش رطوبتی کمتری به محصولات زراعی اعمال نموده است. نتایج شکل ۴ (ب و ج) نشان می دهد که متوسط رطوبت خاک محصولات در طول دوره ده روزه در حد آب سهل‌الوصول قرار دارد و تنش آبی کمی به محصولات وارد می شود. تغییرات رطوبتی خاک محصولات پنبه و آفتابگردان با تغییرات رطوبتی خاک این محصولات در مدل تحقیق ردی و کومار (۱۶) نیز مطابقت دارد. نتایج حاصل از شکل (۴ د) نیز که مدل اعمال تنش آبی به محصول گوجه فرنگی، را مجاز دانسته است. این امر بعلت بالا بودن نیاز آبی و پایین بودن نسبی ضریب حساسیت این محصول می باشد.

نتایج مدل در جدول ۴ جهت بهینه نمودن وضع موجود نشان داد که عملکرد نسبی محصولات پاییزه مانند گندم، جو و کلزا صد درصد تعیین شده است که این امر بعلت قائل نشدن تنش رطوبتی به محصول می‌باشد.

جدول۳- مقادیر پارامترهای مورد استفاده در مدل PSO

N	X	MAX_{iter}	C1	C2	wmax	wmin
اندازه جمعیت	ضریب انقباض	بیشترین تکرار	ضریب شناختی	ضریب اجتماعی	بیشینه ضریب اینرسی	کمینه ضریب اینرسی
۱۵۰	۰/۹	۱۰۰	۲	۲	۰/۹	۰/۴



شکل ٤- تغییرات رطوبتی خاک و نسبت تبخیر تعرق واقعی به تبخیر تعرق پتانسیل در طول دوره رشد محصولات برای سناریوی نرمال

نتایج مدل بر مبنای یک سال نرمال (سال ۱۳۸۷) نشان می دهد که می توان با افزایش ۳۰ درصدی سطح زیر کشت گندم، جو و کلزا به ترتیب به میزان ۱۰۴۰۹هکتار، ۱۰۰۴۷هکتار و ۱۳۵ هکتار بیشترین درآمد را از آب استحصالی از آبخوان کسب نمود. محصولات بهاره عمدتاً با کاهش سطح کشت به میزان ۳۰ درصدی روبرو بودند در این میان ذرت علوفه ای و گوجه‌فرنگی بیشترین سهم را در افزایش سطح داشت. نتایج نشان داد که با افزایش ۵۳۱ هکتار به محصول ذرت و کاهش ۲۹۱۴ هکتار از سیب زمینی می توان درآمد بیشتری را کسب کرد. این امر به علت بالا بودن سود اقتصادی محصولات گوجه‌فرنگی و ذرت می‌باشد. میزان افزایش درآمد متوسط هر هکتار در الگو و تراکم کشت بهینه ۷/۵ میلیون ریال نسبت به وضعیت موجود تعیین شد.

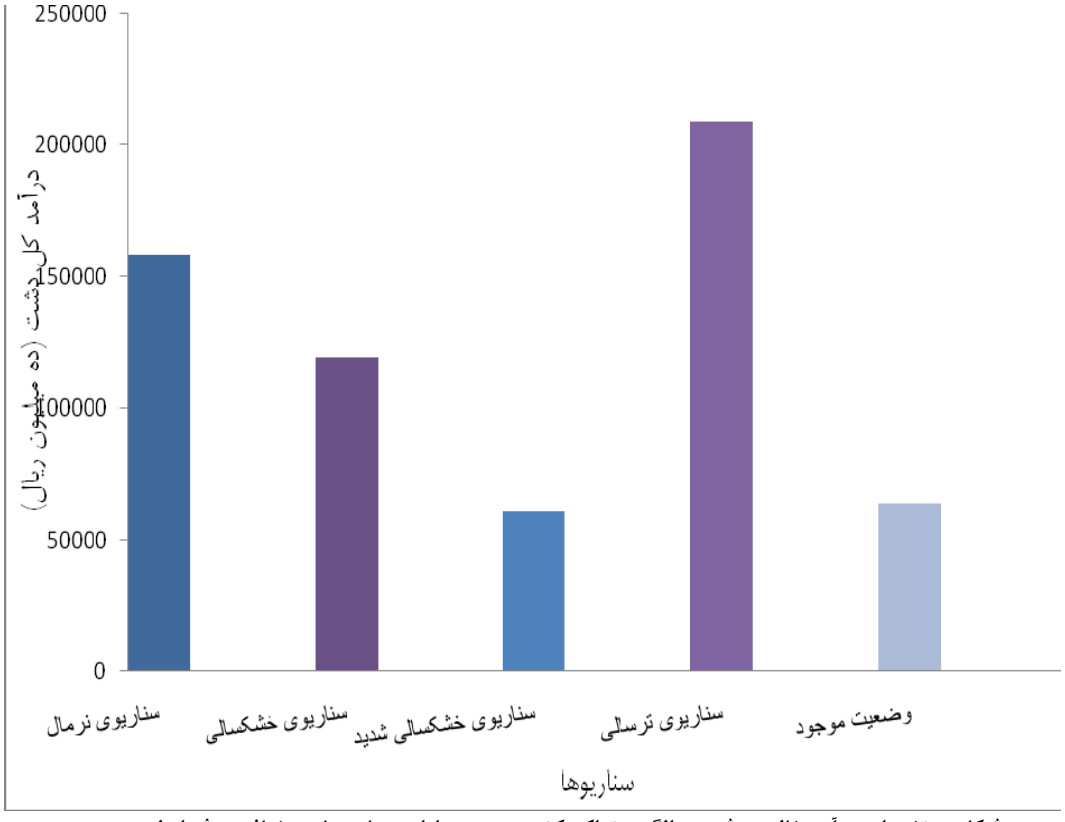
در صورت بروز خشکسالی در دشت می توان با کاهش ۳۰ درصدی کشت گندم و جو و افزایش سطح زیر کشت کلزا تا ۵۸۵ هکتار تنها ۶۹۳ میلیون مترمکعب آب استحصال نمود تا شرایط بیلان منفی با شدت کنونی حفظ شود. در کشتهای بهاره می‌بایست با افزایش ۳۰ درصدی سطح زیر کشت گوجه‌فرنگی، ذرت و سبزیجات، بقیه سطوح زیرکشت را کاهش داد که در این میان سیب زمینی با ۲۹۶۵ هکتار بیشترین کاهش سطح کشت را به خود اختصاص داده است. این در حالی است که علیرغم بروز خشکسالی می توان با استحصال ۶۹۳ میلیون مترمکعب باعث افزایش عملکرد محصولات گردید بیشترین افزایش عملکرد مربوط به محصولات چغندرقند و پنبه می باشند. نتایج مدل نشان داد که که با کاهش ۳۰۰۱۲هکتاری از سطح زیر کشت دشت نیشابور می توان میزان افزایش سود خالص هر هکتار را ۳۸ درصد افزایش داد این امر باعث می شود که وضعیت افت سطح آب زیرزمینی از وضع موجود بیشتر نشود.

جدول۴- سطح زیر کشت و حجم اب استحصالی بهینه هر محصول در شرایط موجود

نام محصول	سناریوی نرمال			سناریوی خشکسالی			سناریوی خشکسالی شدید			سناریوی ترسالی			وضعیت موجود		
	سطح زیر کشت(هکتار)	حجم اب مصرفی(میلیون مترمکعب)	عملکرد نسبی	سطح زیر کشت(هکتار)	حجم اب مصرفی(میلیون مترمکعب)	عملکرد نسبی	سطح زیر کشت(هکتار)	حجم اب مصرفی(میلیون مترمکعب)	عملکرد نسبی	سطح زیر کشت(هکتار)	حجم اب مصرفی(میلیون مترمکعب)	عملکرد نسبی	سطح زیر کشت(هکتار)	حجم اب مصرفی(میلیون مترمکعب)	عملکرد نسبی
گندم	۴۵۱۰۸	۲۹۷/۶	۱	۳۴۴۸	۱۷۰/۷	۱	۲۰۸۱۹	۱۳۰/۴	۰/۹۸	۴۵۱۰۹	۲۸۹/۷	۱	۳۴۶۹۹	۲۳۷/۸۵	۰/۹۴
جو	۴۳۵۳۷	۷۱/۹	۱	۱۲۴۴۴	۱۱۲/۳	۱	۲۰۰۹۴	۲۵۲/۹	۱	۴۳۵۳۸	۷۲	۱	۲۳۴۹۰	۵۷/۴۱	۰/۷۱
کلزا	۵۸۵	۵/۴	۱	۵۸۵	۵/۳	۱	۵۸۵	۵/۹	۱	۵۸۵	۲/۶	۱	۴۵۰	۳/۲۱	۰/۴۷
هندوانه	۶۷۷۱	۴۶/۱	۰/۷۹	۶۷۷۱	۶۵/۴	۰/۹۳	۵۵۴۶	۱۸/۲	۰/۶۶	۱۲۰۱۷	۷۹/۹	۰/۹۷	۹۲۴۴	۹۲/۲۴	۱
چغندرقند	۴۹۰۰	۹۲/۶	۱	۴۹۰۰	۸۷/۳	۰/۶۷	۳۲۰۰	۶۱/۲	۰/۹۸	۴۹۰۰	۷۵/۹	۱	۷۰۰۰	۸۸	۰/۸۷
پنبه	۶۰۹۰	۱۰۷/۱	۱	۶۰۹۰	۱۰۷/۱	۱	۵۲۲۰	۶۲/۵	۰/۹۹	۱۰۰۹۷	۱۲۸/۷	۱	۸۷۰۰	۹۹/۳۳	۰/۸۱
گوجه فرنگی	۷۹۳	۹/۱	۰/۸۱	۷۹۳	۱۱	۰/۸۷	۷۹۳	۷/۶	۰/۶۴	۷۹۳	۸/۶	۰/۷۰	۶۱۰	۹/۱۵	۰/۹۳
ذرت علوفه ای	۳۳۰۲	۳۹/۶	۰/۹۷	۳۳۰۲	۳۸	۰/۹۱	۳۳۰۲	۲۸/۴	۰/۷۶	۳۳۰۲	۳۳/۳	۰/۹۵	۱۷۷۱	۳۰/۳۶	۰/۶۶
سیب زمینی	۶۹۱۷	۶۳/۷	۰/۷۶	۶۹۱۷	۷۳/۹	۰/۹۵	۵۹۲۹	۵۴/۵	۰/۷۴	۶۹۱۷	۵۵/۲	۰/۸۹	۹۸۸۱	۹۸/۸۱	۰/۷۵
اقلیم‌کردن	۵۶۰	۶/۷	۰/۹۹	۵۶۰	۵/۴	۰/۸۷	۴۸۰	۴/۴	۰/۹۷	۵۶۰	۴/۶	۰/۸۹	۸۰۰	۸	۰/۶۸
سبزیجات	۶۵۹	۸	۰/۸۸	۱۲۲۳	۱۵/۹	۰/۹۱	۱۲۲۳	۱۷/۵	۰/۹۳	۱۲۲۳	۱۲/۸	۰/۸۸	۹۴۱	۱۲/۲۴	۰/۸۷
حجم اب استحصالی(میلیون مترمکعب)		۲۴۸/۸			۶۹۳/۲			۶۴۳/۴			۸۱۸/۳			۲۴۸/۱	
مساحت(هکتار)		۱۱۲۹۲۱/۹			۲۷۵۲۲/۴			۶۷۱۹۲			۱۲۸۰۴۰/۲			۱۰۷۵۸۶	
نسبت سود به هزینه		۱/۹۹			۱/۶۵			۱/۵۲			۱/۹۵			۱/۳۷	
متوسط درآمد(به میلیون ریال بر هکتار)		۱/۲۲			۱/۵۲			۰/۹			۱/۶۳			۰/۵۹	

در صورتی که خشکسالی شدت بیشتری داشته باشد به منظور حفظ شرایط موجود یعنی قبول ۸۳ سانتیمتر افت در سال تنها کشت ۶۷۱۹۲ هکتار از محصولات را مجاز می داند و می‌بایست ۴۰۳۹۴ هکتار از وضع موجود کمتر کشت نمود که بیشترین کاهش مربوط به گندم، جو، سیب زمینی، هندوانه، چغندر قند، پنبه، می باشد. در این میان نتایج نشان داد که می توان سطح زیر کشت محصولات سبزیجات و کلزا را تا ۳۰ درصد افزایش داد. نتایج نشان داد که با افزایش بارندگی و وقوع ترسالی سطح زیر کشت محصولات پاییزه به بیشترین مقدار مجاز خود رسیدند. در شرایط ترسالی تمامی محصولات الگوی کشت در کشت بهاره با افزایش سطح زیر کشت روبرو شدند به جز چغندرقند و سیب‌زمینی که به ترتیب با ۲۱۰۰ و ۲۹۶۴ هکتار کاهش روبرو شدند. میزان افزایش سطح کشت در دشت نیشابور در شرایط ترسالی به میزان ۲۰۴۵۴ هکتار می‌رسد که کمتر از کاهش سطح زیر کشت در شرایط خشکسالی می‌باشد. که این امر به تاثیر مقدار قابل توجه ای از نیاز آبی محصولات پاییزه از منابع آب زیرزمینی در شرایط خشکسالی دارد.

نتایج مدل بهینه بهره‌برداری از منابع آب زیرزمینی دشت نیشابور نشان داد که به منظور افزایش درآمد محصولات می‌بایست تنش رطوبتی را کاهش و آب مورد نیاز گیاه را تامین نمود. مقایسه روند تغییرات بارش نشان می‌دهد که با کاهش بارندگی و وقوع خشکسالی میزان تامین آب محصولات افزایش یافته و با افزایش بارندگی کاهش می‌یابد. میزان درآمد خالص هر هکتار از اراضی کشت دشت با افزایش سطح زیرکشت کاهش پیدا می‌کند بطوری که با افزایش سطح زیر کشت در سناریوی ترسالی این پارامتراز ۱/۸۹ به ۱/۸۶(ده میلیون ریال) کاهش پیدا نمود. نتایج شکل ۵ نشان می دهد که بیشترین درآمد در شرایط ترسالی و کمترین در آمد دشت در شرایط خشکسالی شدید حاصل می شود. نتایج مدل حاکی از این مطلب بود که در شرایط موجود می‌توان با تغییر در الگو و تراکم کشت گیاهان زراعی ۹۴/۵ میلیارد تومان به درآمد کشاورزی منطقه افزود. با افزایش بارندگی و وقوع ترسالی ۱۴۵/۲ میلیارد تومان به در آمد خالص کشاورزان افزوده می شود در صورت وقوع خشکسالی شدید در منطقه و اعمال الگو وتراکم کشت بهینه تنها ۳ میلیارد تومان از درآمد خالص کشاورزان در شرایط نرمال کاسته می شود. که می توان با اعمال یارانه خشکسالی از افزایش سطح زیر کشت و برداشت بیش از حد آب زیرزمینی جلوگیری نمود.



شکل۵- تغییرات درآمد خالص دشت درالگوی تراکم کشت بهینه به‌ازای سناریوهای مختلف در شرایط موجود

نتیجه گیری

هدف از این مطالعه بررسی و تعیین الگو وتراکم کشت بهینه در دشت نیشابور در شرایط موجود و شرایط ممانعت از افت سطح ایستابی می باشد. این شرایط برای سناریوهای مختلف هیدرولوژیکی اجرا و نتایج ارائه شد. نتایج نشان داد که الگو وتراکم کشت موجود نمی تواند بالاترین سود اقتصادی را ارائه نمایند. نتایج نشان داد که می‌توان با کاهش سطح زیر کشت و افزایش عملکرد محصولات بهاره در واحد سطح و افزایش سطح زیر کشت محصولات پاییزه درآمد بیشتری را کسب کرد. کاهش سطح زیر کشت محصولات پاییزه در تمامی سناریوهای به جز سناریوی ترسالی حاکی از کاهش سطح زیر کشت محصولات عمده ای مانند گندم و جو در کشت پاییزه بود و این عامل وابستگی این محصولات را به بارش اثبات می کند. افزایش سطح زیر کشت محصولات گوجه‌فرنگی، ذرت علوفه ای و سبزیجات در اغلب سناریوها دیده شد.

منابع

۱- پایمزد ش.، مرید س. و مقدسی م. ۱۳۸۹. برنامه ریزی غیرخطی و سیستمهای پویا در تخصیص آب کشاورزی(مطالعه موردی :حوضه زاینده رود اصفهان).مجله آبیاری و زهکشی ایران، شماره ۱، جلد ۴، ص۴۴-۵۲.

۲- داریان م. و شهیدی ل.۱۳۸۷. بررسی کاربرد الگوریتم شبیه سازی آنیلینگ در بهره برداری بهینه از منابع آب و مقایسه آن با دیگر روش های کاوشی. نشریه بین المللی مهندسی صنایع و مدیریت تولید۱۹:۱-۸

۳- سامی کشکولی ب. ۱۳۸۷. طراحی بهینه شبکه‌های تحت فشار توزیع آب آبیاری با استفاده از روش بهینه‌سازی مبتنی بر رفتار اجزای جمعی(PSO) پایان نامه کارشناسی ارشد گروه سازه های آبی دانشگاه تربیت مدرس. ۶۵ص.

۴- شرکت آب منطقه ای استان خراسان رضوی. ۱۳۸۸. مطالعات مدیریت بهم پیوسته منابع آب دشت نیشابور

۵- شرکت آب منطقه ای استان خراسان رضوی. ۱۳۸۴. گزارش ممنوعیت دشت نیشابور، دفتر مطالعات آبهای زیرزمینی.

۶- شریفان ح. ۱۳۸۵. بهینه سازی الگو و تراکم کشت در وضعیت های غیر قطعی مقدار و کیفیت آب آبیاری. رساله دکتری علوم و مهندسی آبیاری، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس.

۷- شعبانی م.ک. و هنر زیبایی م. ۱۳۸۷. مدیریت بهینه در مصرف آب و الگوی کشت در شرایط استفاده تلفیقی از منابع سطحی و زیرزمینی. جلد ۱۲ شماره ۴۴ صفحات۵۳-۶۸.

۸- قدمی س.م.، قهرمان ب.، شریفی م.ب. و رجبی مشهدی ح. ۱۳۸۸. بهینه‌سازی بهره‌برداری از سیستم چند مخزنی منابع آب با استفاده از الگوریتم ژنتیک تحقیقات منابع آب ایران. جلد ۵ شماره ۲ص۱-۱۵.

۹- کابوسی ک. ۱۳۸۷ تلفیق دیدگاههای آبیاری و اقتصاد کشاورزی به منظور کاملتر نمودن مدلهای بهینه‌سازی الگوی کشت. دومین همایش ملی مدیریت شبکه های آبیاری و زهکشی. دانشگاه شهید چمران اهواز، دانشکده مهندسی علوم آب.۸ الی ۱۰ بهمن ۱۳۸۷.

۱۰- گنجی خرم دل ن. ۱۳۸۷. طراحی شبکه بهینه پایش آب زیرزمینی با استفاده از الگوریتم اجزای جمعی (PSO) رساله دکتری علوم و مهندسی آبیاری، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس.

۱۱- منعم م.ج. و نوری م.ع. ۱۳۸۹. کاربرد الگوریتم بهینه سازیPSO در توزیع و تحویل بهینه آب در شبکه های آبیاری منعم مجله آبیاری و زهکشی ایران. شماره ۱، جلد ۴، ص .۷۳-۸۲.

۱۲- ولایتی س. ۱۳۷۸. بررسی عوامل موثر بر تغییرات کیفی آبخوان نیشابور. فصلنامه تحقیقات جغرافیایی شماره۱۴۹. ص۱۱۹.

13- Carvallo H.O., Holzapfel E.A., Lopez, M.A., and Marino M.A. 1998. Irrigated cropping optimization. Journal of Irrigation and Drainage. Engineering, ASCE, 124(2):67-72.

14- Doorenbas J., and Kassam A.H. 1979. Yield reponse to water. FAO irrigation and Drainage paper 33, Rome, Italy.193PP.

15- Janga Reddy M., and Nagesh Kumar D. 2010. Optimal reservoir operation forirrigation of multiple crops using elitist-mutated particle swarm optimization. Hydro.Sci. J. 52(4), 686-701.

16- Janga Reddy M. J., and Nakush kumar D. 2007. Multi-objective particle swarm optimization for generating optimal trade-offs in reservoir operation. Hydrol. Process. 21: 2897–2909 .

17- Jensen M.E. 1968. Water consumption by agricultural plants. in T.T. Kozlowski (ed.), Water Deficit and Plant Growth, Vol.11, Academic Press, New York.

18- Ghahraman B., and Sepaskhah A.R. 2002. Optimal allocation of water from a single purpose reservoir to an irrigation project with pre-determined multiple cropping pattern. Irrig. Sci. 21: 127-137.

19- Ghahraman B., and Sepaskhah. A.R. 1997. Use of water deficit sensitivy index for partioal irrigation scheduling of

wheat and barly. Irrig. Sci. 18:11-16.
20- Karamouz M., Kerachian R., and Zahraie B. 2004. Monthly water resources and irrigation planning: case study of conjunctive use of surface and groundwater resources, Journal of Irrigation and Drainage Engineering, ASCE, 130(5): 391- 402.
21- Maji C.C., and Heady E.O. 1978. Intertemporal allocation of irrigation water in the Mayurakshi Project(India): An application of chance-constrained linear programming, Water Resourc. Res., 14, pp: 190-196.
22- Paul S., Panda S.N., and Nagesh Kumar D. 2000. Optimal irrigation allocation: A multilevel approach, Journal of Irrigation and Drainage Engineering, ASCE, 126(3), 149-156.
23- Raju K.S., and Nagesh Kumar D. 2004. Irrigation planning using genetic algorithms, Water Resources Management, 18 (2), 163 – 176.
24- Rao N.H., Sarma P.B.S., and Chander S. 1990. Optimal multicrop allocation of seasonal and intra-seasonal irrigation water, Water Resources Research, 26(4), 551–559.
25- Rao N.H., Sarma P.B.S., and Chander S. 1988. A simple dated water –production function for use in irrigated agriculture. Agricultural Water Management, 13:25-32.
26- Shi Y., and Eberhart R. 1998. A modified particle swarm optimizer. Evolutionary Computation Proceedings, IEEE World Congress on Computational Intelligence, 69–73.
27- Vedula S., Mujumdar P.P., and Sekhar G.C. 2005. Conjunctive use modeling for multicrop irrigation, Agricultural Water Management, 73: 193-221.

Journal of Water and Soil
Vol. 27, No.2, May-Jun 2013, p. 292-303

نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۲۷، شماره ۲، خرداد – تیر ۱۳۹۲، ص. ۳۰۳-۲۹۲

Application of Agricultur Water Allocation and Management by PSO Optimization Technic (Case study: Nayshabur Plaine)

A. Khashei Siuki [1]*- B. Ghahraman [2]- M. Kouchakzadeh [3]

Received:15-04-2012
Accepted:28-4-2013

Abstract

Nayshabour plain in Khorasan Razavi with arid and semi-arid climate, have an important role in agricultural production by using groundwater resources. In this study, by using groundwater balance model the equations which are required for estimating water table variations is obtained for plain. afterwards since, there are too many variables in the objective function of water consumption(optimized crop pattern and intensification) a meta heuristic method which require less computation of effect while it is more efficient will be used. In this research PSO optimization algorithm (Particle Swarm Optimization) is used. Model results based on a normal year (2008) showed that can earn highest income from the aquifer with 30 percent reduced spring cultivation, and increased 30 percent of wheat, barley and calona. Among the spring crops, corn and tomato ratio to another crops have largest increase area. The results showed that can obtain 7500 (thousands rial /hec)more benefit with increasing 20,591 hectares to autumn crops and reduced 10,970 spring products

Keywords: Crop Pattern, Groundwater, Optimization Algorithm, PSO, Neishabour plain

1- Assistant Professor of Water Engineering Department, University of Birjand
(* - Corres ponding Author Email: abbaskhashei@birjand.ac.ir)
2- Professor of Water Engineering Department, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad
3- Associate Professor of Irrigating and Drainage Engineering Dpartment, Tarbiat Modares University