Archive of SID

یازدهمین همایش ملی علوم و مهندسی آبخیزداری ایران
توسعه مشارکتی در مدیریت حوزه‌های آبخیز
11th National Conference on Watershed Management Sciences and Engineering of Iran
Participatory Development in Watershed Management
۳۱ فروردین لغایت ۲ اردیبهشت ۱۳۹۵
April 19-21, 2016

# ارائه ساختاری به‌منظور مدیریت تلفیقی منابع آبی با استفاده از الگوریتم ژنتیک چند هدفه

**فاطمه برزگری بنادکوکی۱، حسین ملکی نژاد۲، سید محمد مهدی حسینی۳، آزاده احمدی۴**

۱- مربی دانشکده کشاورزی، دانشگاه پیام نور (fa_barzegar@yahoo.com)

۲- دانشیار گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه یزد

۳- استاد دانشگاه شهید باهنر کرمان، دانشکده ریاضی و کامپیوتر، بخش ریاضی کاربردی

۴- استادیار دانشکده مهندسی عمران دانشگاه صنعتی اصفهان

## چکیده

سیر گسترده فعالیت در زمینه‌های مختلف بهره‌برداری از منابع آب سطحی و زیرزمینی و عدم لحاظ نمودن پایداری سیستم‌های منابع آبی، ضرورت ارائه راه‌کارهای مناسب مدیریت تلفیقی منابع مذکور را ایجاب می‌نماید. در مطالعه حاضر از الگوریتم ژنتیک چند هدفه (NSGAII)، جهت مدیریت پایدار منابع آبی در حوضه آبریز دشت یزد- اردکان استفاده گردید. توابع هدف مساله شامل حداکثر نمودن منافع اقتصادی بهره‌برداران و حداقل تخطی از اولویت‌های تخصیص بودند. شرط تضمین پایداری منابع آب زیرزمینی منطقه و حداکثر ظرفیت آب انتقالی، به‌صورت محدودیت وارد مدل گردیدند. درتحقیق حاضر، مدل‌سازی تخصیص به دو صورت انجام شد. در حالت اول که به آن مدل ماهانه نیز می‌گوییم، مقادیر تخصیص به نیاز بهره‌برداران، ذخایر قابل برداشت منابع آب انتقالی و آبخوان زیرزمینی، به‌صورت ماهانه در نظر گرفته شد. در حالت دوم یا مدل سالانه، مقادیر تخصیص به نیاز بهره‌برداران و ذخیره قابل برداشت منبع آب انتقالی، به‌صورت ماهانه و ذخیره قابل برداشت آبخوان زیرزمینی به‌صورت سالانه وارد مدل گردید. نتایج بیانگر عملکرد بهتر الگوریتم NSGAII در حالت مدل سالانه می‌باشد. به‌طوریکه استفاده از این رویکرد، باعث افزایش قابل توجه مقدار تابع هدف اقتصادی و بهبود مقادیر مربوط به شاخص‌های ارزیابی سیستم‌های تامین آبی گردیده است.

**کلمات کلیدی: الگوریتم ژنتیک چند هدفه، بهره‌برداری تلفیقی، آبخوان، مدیریت منابع آبی.**

## مقدمه

بهینه‌سازی و تدوین سیاست‌های کارآمد در بهره‌برداری از سیستم‌های منابع آبی، یکی از موضوعات اساسی در مطالعات منابع آبی بوده و تحقیقات زیادی پیرامون آن انجام گرفته است. لذا پیشرفت‌های فراوانی در این زمینه، چه به لحاظ استراتژی‌ها و چه از نظر توانمندی ابزارهای محاسباتی به‌وجود آمده است. اما به‌رغم این پیشرفت‌ها، مساله بهینه‌سازی تخصیص منابع آبی به‌خصوص مدیریت پایدار این منابع، همچنان مساله‌ای پر چالش باقی مانده است.

بهره‌برداری بهینه از منابع آبی، به‌خصوص آبخوان‌ها در مناطق خشک و نیمه‌خشک، به‌عنوان اولین مساله استراتژیک، جهت تضمین حیات پایدار مطرح می‌باشد. مدیریت هم‌زمان منابع آب زیرزمینی و سطحی (مدیریت تلفیقی)، از جمله تکامل‌های ایجاد شده در مفهوم مدیریت منابع آبی می‌باشد. نقطه شروع این تفکر به مطالعه براس در سال ۱۹۶۳ برمی‌گردد. در این مطالعه، به‌منظور تامین نیاز اراضی کشاورزی، ذخیره آب سطحی(سد) و منبع آب زیرزمینی به‌صورت توامان، مورد بررسی قرارگرفته است و مدل برنامه‌ریزی پویایی احتمالاتی با گام زمانی سالانه، جهت بهینه‌سازی بهره‌برداری به‌کار رفته است. افرادی



www.SID.ir

Archive of SID



نظیر کو ۱۹۹۰، لطیف۱۹۹۱، عزیز ۲۰۰۲، بارلو و همکاران ۲۰۰۳، کارآموز و همکاران ۲۰۰۴، پولیدو-ولازکیو و همکاران ۲۰۰۶، دال و همکاران ۲۰۰۸، شوریان و همکاران ۲۰۰۸، کیم و چانگ ۲۰۰۸، چانگ و همکاران ۲۰۰۹ و محمدرضاپورطبری و همکاران ۱۳۸۸ و ۱۳۹۱، در مطالعات خود از مدیریت تلفیقی منابع آب زیرزمینی و سطحی بهره برده‌اند. بررسی منابع مذکور، بیان‌گر این واقعیت است که در اغلب مطالعات صورت گرفته در زمینه مدیریت بهینه منابع آبی، ذخیره منابع آبی در گام‌های زمانی ماهانه محاسبه و تخصیص براساس آن انجام شده است. در مواردی که منبع آب سطحی و یا سدهای ذخیره‌ای مدنظر باشند، چنین تفکری به‌جا و مناسب است. ولی مواردی که هدف، بررسی ذخیره آبخوان زیرزمینی می‌باشد، به‌منظور تعادل‌بخشی آبخوان، مجموع نوسانات سطح سفره یا تغییر حجم سفره در طول سال، باید حداقل برابر صفر باشد. لذا می‌توان در مورد این منابع آبی، ذخیره سالانه را مدنظر قرار داد و تخصیص‌های ماهانه را براساس مجموع ذخیره سالانه برآورد نمود. اعمال چنین تفکری در مدل برنامه‌ریزی، باعث می‌گردد تا در ماه‌هایی که نیاز آبی زیاد و آورد ماهانه سفره کم است، بتوان استفاده بیشتری از آب نمود و افت حاصل از این برداشت، در ماه‌هایی که آب ورودی به سفره زیاد و مصرف کم است، جبران‌پذیر خواهد بود. در مطالعه حاضر، برای اولین بار از این مفهوم، به‌منظور مدل‌سازی مساله مدیریت تلفیقی منابع آب زیرزمینی و سطحی استفاده گردیده است.

## مواد و روش ها

### محدوده مورد مطالعه

در تحقیق حاضر محدوده حوضه آبریز دشت یزد-اردکان (شکل۱)، با توجه به وضعیت بحرانی منابع آبی و وجود حساسیت‌های اجتماعی، سیاسی و منطقه‌ای به‌عنوان منطقه مورد مطالعه انتخاب گردید. افزایش جمعیت چه از نظر موالید و چه از نظر مهاجران، توسعه صنعتی چشم‌گیر و اقلیم خشک از جمله عواملی است که باعث افت قابل توجه آبخوان این محدوده گردیده است به طوری‌که بررسی هیدروگراف واحد آبخوان بیان‌گر برداشت بیش از توان از آب‌های زیرزمینی افت سالانه ۰/۵۸ متر می‌باشد.

به‌منظور انجام این تحقیق، از برنامه‌ریزی تلفیقی مدیریت منابع آبی استفاده گردید. لازمه ارائه یک مدیریت مناسب در زمینه منابع آبی، کسب اطلاعاتی جامع در مورد وضعیت این منابع و عوامل موثر بر تغذیه و تخلیه آن‌ها می‌باشد. مواردی نظیر چاه‌های بهره‌برداری، چاه‌های تغذیه، وضعیت سدها، زهکشی، رودخانه‌ها، تیپ و میزان بارش، گروه‌های بهره‌برداری، منافع اقتصادی و اجتماعی حاصل از بهره‌برداری، وضعیت اکولوژیکی منطقه، ضخامت لایه آبده و..... از جمله عوامل موثر در شبیه‌سازی وضعیت منابع آبی و راه‌گشای مدیران در بهره‌برداری بهینه از این منابع می‌باشد. از آنجایی‌که مهمترین منبع آبی موجود در منطقه مورد مطالعه، آبخوان زیرزمینی می‌باشد، لذا شناخت مناسب آن و بررسی بیلان آبی در گام‌های زمانی ماهانه و سالانه، لازمه انجام فرآیند تخصیص مناسب منابع آبی در این منطقه می‌باشد.

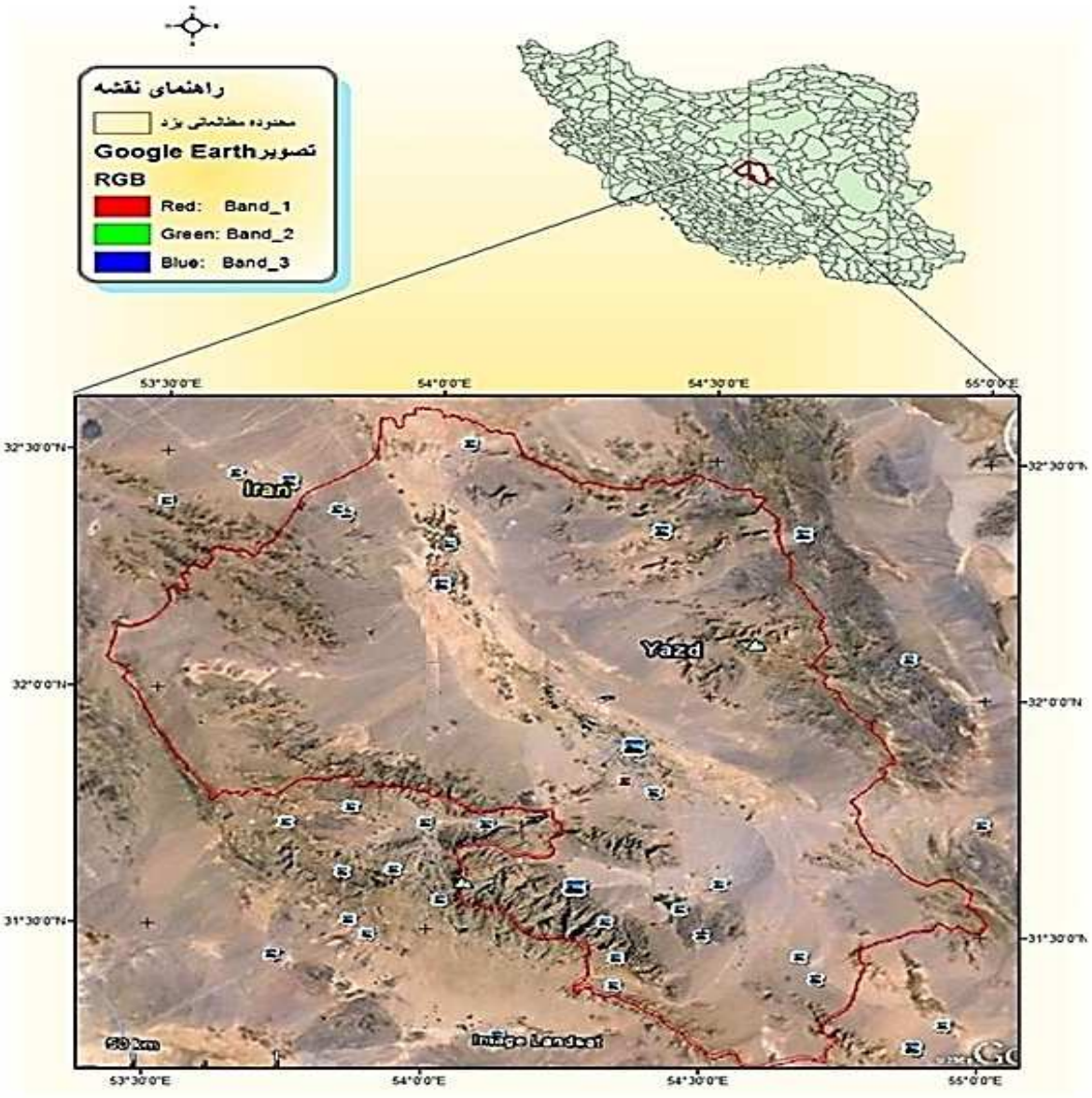
هر مساله بهینه‌سازی، شامل دو بخش مدل‌سازی و برنامه‌ریزی می‌باشد. بخش مدل‌سازی شامل تشکیل تابع هدف و قیودات مربوط، براساس روابط بین متغیرها به‌صورت معادلات و یا نامعادلات است. در بخش برنامه‌ریزی، به‌منظور تعیین شرایط بهینه در رسیدن به مقدار مطلوب تابع هدف روش جستجو تعیین می‌گردد (مقدسی و همکاران، ۱۳۸۷).



www.SID.ir

Archive of SID






شکل۱ منطقه مورد مطالعه.



www.SID.ir

Archive of SID



## مدل‌سازی مساله

لازم به ذکر است، در منطقه مطالعاتی، چهار شهرستان شامل شهرستان‌های اردکان، میبد، اشکذر و مهریز در نظر گرفته شد. در هر شهرستان نیز چهار گروه بهره‌بردار از منابع آبی شامل کشاورزی، فضای سبز، صنعت و شرب و بهداشت تعیین گردید و اطلاعات مربوط به نیاز آبی، ارزش افزوده و میزان مصرف هر کاربری در هر شهرستان، جمع‌آوری و وارد فرآیند مدل‌سازی گردید. سپس توابع هدف مساله بهینه‌سازی و قیود مرتبط با آن تعریف گردیده و مساله مورد نظر مدل‌سازی گردید.

توابع هدف مساله بهینه‌سازی

مجموعه توابع هدف انتخابی برای مدل‌سازی به ترتیب به شرح زیر می‌باشند.

۱- حداکثر نمودن منفعت اقتصادی حاصل از برداشت آب.

۲- حداقل نمودن هزینه‌های ناشی از عدم تعیین نیاز کاربران.

۳- موازنه متعادل بین تغذیه و تخلیه آبخوان و به عبارتی احیای آبخوان.

موارد اول و دوم به‌صورت تابع هدف و مورد سوم به‌صورت اعمال محدودیت در قالب قیود به مدل اضافه شدند.

در این مطالعه، هر دو حالت تخصیص ذخیره آبخوان براساس حجم قابل برداشت در گام زمانی ماهانه و سالانه مورد بررسی قرارگرفت که به‌ترتیب مدل ماهانه و سالانه نام‌گذاری شده است. به‌منظور تعادل بخشی آبخوان زیرزمینی، نتایج بیلان آبی ماهانه به‌دست آمده از شبیه‌سازی آبخوان یزد- اردکان با مدل مادفلو (برزگری بنادکوکی ۱۳۹۴)، به‌عنوان محدودیت برداشت منابع آب زیرزمینی از طریق معادلات ۳ و ۵ وارد الگوریتم بهینه‌سازی گردید. ساختار مدل بهینه‌سازی ماهانه ارائه شده به شرح زیر می‌باشد.

$$\max Z = \left[\sum_{k=1}^{K}\sum_{i=1}^{n}\beta_{ik}(\alpha_{ik}\sum_{j=1}^{J}(S_{ijk}+G_{ijk}))^{x_{ik}}+C_{ik}\right]-\gamma\sum_{k=1}^{K}\sum_{j=1}^{J}\sum_{i=1}^{n}\left|(D_{ijk}-(S_{ijk}+G_{ijk}))\right| \quad (۱)$$

$$MinF=\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{J}\sum_{k=1}^{K}\left|(D_{ijk}-(S_{ijk}+G_{ijk}))\right| \quad (۲)$$

S.t.:

$$\sum_{i=1}^{n}G_{ijk}\le V_{jk}, G_{ijk}, S_{ijk}\ge 0; 1\le j\le J; 1\le k\le K) \quad (۳)$$

$$\sum_{k=1}^{K}\sum_{j=1}^{J}\sum_{i=1}^{n}S_{ijk}\le\delta \quad (۴)$$

در مدل سالانه، معادله ۳ به‌صورت حجم سالانه تغییر یافته و در معادله ۵ ارائه گردیده است، سایر معادلات بدون تغییر می‌باشند.

$$\sum_{k=1}^{K}\sum_{j=1}^{J}\sum_{i=1}^{n}G_{ijk}\le V_k; 1\le k\le K \quad (۵)$$

در روابط فوق، واحد حجم‌ها میلیون متر مکعب است. و متغیرهای ارائه شده در معادلات فوق به شرح زیر تعریف می‌شوند:

$\gamma\sum_{k=1}^{K}\sum_{j=1}^{J}\sum_{i=1}^{n}\left|(D_{ijk}-(S_{ijk}+G_{ijk}))\right|$، مقدار جریمه اختصاص داده شده به دلیل عدم برآوردن نیاز کاربران یا تخصیص بیش از اندازه نیاز به میلیارد ریال، i: کاربری مورد نظر، n : تعداد کاربری موجود در منطقه، j: ماه مورد نظر، J: تعداد

www.SID.ir

Archive of SID



ماه‌های هر سال J=12، k: منطقه مورد نظر، K: تعداد مناطق موجود در محدوده آبخوان، $\gamma$: ضریب جریمه، $S_{ijk}$ : k، ضرایب مربوط به معادلات اقتصادی به‌دست آمده، $D_{ijk}$، مقدار نیاز بخش i در ماه j در منطقه $\beta_{ik}, \alpha_{ik}, C_{ijk}, x_{ijk}$ مقدار آب انتقالی تخصیص یافته به بخش i در ماه j در منطقه k، $G_{ijk}$ مقدار آب زیرزمینی تخصیص یافته به بخش i در ماه j در منطقه k، $V_{jk}$مقدار ذخیره در دسترس آبخوان در ماه j در منطقه k که از مدل مادفلو به دست آمده است. $\delta$: مقدار ذخیره آب انتقالی به حوضه.

در مدل تدوین شده، ابتدا تخصیص‌ها از آب انتقالی شروع می‌شود. در مدل قیدهایی تعریف شده است که تخصیص آب شرب را از آب انتقالی در نظر می‌گیرد و در صورت تامین آب شرب و مازاد بودن ذخیره آب انتقالی، تخصیص آب انتقالی به صنعت صورت خواهد گرفت. سهم بخش کشاورزی و فضای سبز شهری از آب انتقالی صفر در نظر گرفته شده است.

در مرحله بعد با توجه به تابع سود، نیازها و ذخیره قابل برداشت آبخوان، تخصیص از منابع آب زیرزمینی صورت می‌گیرد.

## برنامه‌ریزی (انتخاب روش بهینه‌سازی)

الگوریتم ژنتیک چند هدفه (**NASGAII**)

روش‌های مختلفی به منظور حل مسائل بهینه‌سازی چندهدفه ارائه شده است که از آن جمله می‌توان به روش‌های محدودیت، وزن‌دهی، روش‌های آرمانی و الگوریتم‌های تکاملی چندهدفه اشاره نمود. از بین مدل‌های نام برده شده، الگوریتم‌های تکاملی چندهدفه، توانایی بالایی در حل مسائل پیچیده دارند. الگوریتم ژنتیک چند هدفه، جزء الگوریتم‌های تکاملی چندهدفه می‌باشد که در سال ۲۰۰۰ توسط دب و همکاران پیشنهاد گردید. در تحقیق حاضر اهداف اقتصادی و برآوردن نیاز کاربران به‌عنوان هدف‌های برگزیده به الگوریتم ژنتیک مبتنی بر جواب غیرپست معرفی گردید و هدف سوم یعنی تعادل‌بخشی آبخوان در قالب محدودیت مدل‌سازی شد. در این روش، به‌منظور دست‌یابی به الگوریتم بهینه، جمعیت نسل اولیه و تعداد تکرار مناسب، از طریق آنالیز حساسیت به‌دست آمد.

متغیرهای تصمیم در نظر گرفته شده در مدل بهینه‌سازی بهره‌برداری تلفیقی عبارتند از: میزان آب تخصیص یافته از منابع آب زیرزمینی و انتقالی به مصارف چهارگانه شرب و بهداشت، صنعت، کشاورزی و فضای سبز. در مجموع تعداد متغیرهای تصمیم برای هرماه از سال برابر با ۳۲ متغیر است که مربوط به چهار شهرستان می‌باشد. به عبارتی در هر منطقه ۸ متغیر تصمیم داریم که چهار تای آن مربوط به تخصیص از آب‌های سطحی و چهار متغیر مربوط به تخصیص از آب زیرزمینی می‌باشد. برای یک دوره ده ساله، تعداد کل متغیرهای تصمیم برابر با 32*12*10=3840 خواهد بود. مقادیر آب قابل بهره‌برداری (ذخایر قابل برداشت سفره به‌طوری‌که آبخوان، بیلان منفی نداشته باشد)، در قالب محدودیت وارد مدل بهینه‌سازی گردیدند.

## ارزیابی مدل بهینه‌سازی

سیستم‌های منابع آب، در یک نگرش دراز مدت، در معرض یک ریسک قابل توجه از لحاظ تغییرات تصادفی ذاتی و کمبود اطلاعات اساسی قرار دارند. ارزیابی ریسک یکی از موارد کلیدی در پایداری مدیریت منابع آبی شناخته می‌شود (سیمنویک، ۱۹۹۷). روش‌های مرسوم ارزیابی عملکرد سیستم (مقدار میانگین یا انحراف معیار متغیرها) برای نشان دادن رفتار ریسک، ناکافی بوده و معیارهای جدید دیگری باید برای برآورد و کمی کردن بازگشت، دوره تداوم، شدت و دیگر عوارض عملکرد سیستم در شرایط نامطلوب به‌کار گرفته شوند. این معیارها شامل اعتمادپذیری، بازگشت‌پذیری و آسیب‌پذیری سیستم می باشند (کانزویچ و کیندلر، ۱۹۹۵). در تحقیق حاضر، جهت ارزیابی نحوه عملکرد مدل بهینه‌سازی به کار رفته در تخصیص منابع آبی، از معیارهای نام‌برده شده استفاده گردید. در ادامه به تعاریف مربوط به این مفاهیم پرداخته می‌شود.



www.SID.ir

Archive of SID



اعتمادپذیری۱، نشان‌دهنده احتمال وقوع موفقیت در سیستم بوده و به‌نوعی در مقابل تعریف ریسک۲ که بیان‌کننده تناوب شکست سیستم می‌باشد، قرار می‌گیرد. تعاریف اعتمادپذیری به‌کار رفته در مدیریت منابع آب شامل موارد زیر می‌باشد:

اعتمادپذیری زمانی۳، که با نسبت زمان‌های عملکرد موفق سیستم به کل زمان عملکرد مشخص می‌گردد.

اعتمادپذیری حجمی۴، که غالباً به‌صورت نسبت حجم آب تأمین شده به کل حجم آب مورد نیاز تعریف می‌گردد.

برگشت‌پذیری۵، که جهندگی۶ نیز نامیده می‌شود، عبارتست از احتمال بهبود سیستم از حالت شکست به یک شرایط قابل قبول در یک بازه زمانی مشخص. موی و همکاران (۱۹۸۶) یک فرمول‌بندی از برگشت‌پذیری را با یک برنامه ریاضی برای بهره‌برداری از مخزن ترکیب نمودند که در آن برگشت‌پذیری برابر است با بیشترین تعداد دوره‌های زمانی متوالی کمبود که قبل از بهبود اتفاق می‌افتد.

آسیب پذیری۷ نشان دهنده شدت و یا میزان شکست سیستم است. هاشیماتو و همکاران (۱۹۸۲a و b) معیاری برای آسیب پذیری کلی سیستم به‌عنوان بزرگترین شدت قابل انتظار برای یک رویداد موقت در یک مجموعه از شرایط نامطلوب ارائه دادند. در این روش، بزرگترین شدت (چگونگی بد بودن حالت) برای هر شرایط نامطلوب و احتمال وقوع آن مورد تاکید قرارگرفته است. در این مطالعه از معیارهای نام‌برده شده، جهت ارزیابی و انتخاب الگوریتم مناسب بهینه‌سازی استفاده گردید.

## نتایج و بحث

نتایج استفاده از الگوریتم مناسب بهینه‌سازی NSGAII، در مدیریت تلفیقی منابع آبی در حوضه مورد مطالعه، به شرح زیر می‌باشد.

### آنالیز حساسیت الگوریتم بهینه‌سازی

نتایج حاصل از آنالیز حساسیت الگوریتم ژنتیک چند هدفه NSGAII، برای انتخاب جمعیت اولیه و تکرار مناسب در شکل ۲ ارائه گردیده است.

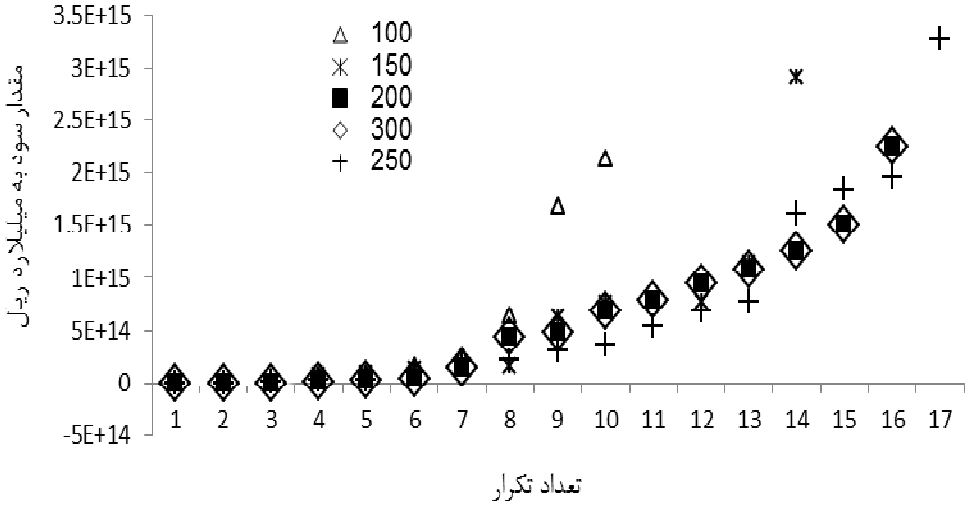
[1] Reliability
[2] Risk
[3] Temporal Reliability
[4] Volumetric Reliability
[5] Reversibility
[6] Resiliency
[7] Vulnerability



www.SID.ir

Archive of SID






**شکل۲- نتایج حاصل از آنالیز حساسیت الگوریتم ژنتیک چندهدفه جهت انتخاب جمعیت اولیه.**

پارامترهای جمعیت اولیه و تکرار مناسب، برای الگوریتم NSGAII، به‌ترتیب ۲۵۰ و ۳۰۰ در نظر گرفته شد. نتایج حاصل از اجرای مدل با الگوریتم‌های مذکور در جدول ۱ آمده است.

**جدول -۱ نتایج حاصل از اعمال الگوریتم بهینه‌سازی در تخصیص منابع آبی حوضه آبریز دشت یزد-اردکان.**

| نام مدل | اعتمادپذیری زمانی (٪) | اعتمادپذیری حجمی(٪) | برگشت پذیری (٪) | آسیب پذیری (میلیون متر مکعب) | مقدار تابع هدف اقتصادی (ریال) |
|---|---|---|---|---|---|
| الگوریتم NSGAII ماهانه | ۲۲/۵ | ۵۶/۲ | ۳/۸۲ | ۳/۹۸ | ۰/۳۷*۱۰۱۴ |
| الگوریتم NSGAII سالانه | ۳۵/۵ | ۷۱/۵ | ۴/۳۵ | ۳/۱۵ | ۶/۰۱۷*۱۰۱۴ |

از اطلاعات موجود در جدول۱ می‌توان گفت، چنان‌چه هنگام تخصیص از آب زیرزمینی به نیاز کاربران، نیازها و تخصیص در گام‌های زمانی ماهانه تعریف شود ولی ذخیره قابل برداشت آبخوان، به‌صورت مجموع آب قابل برداشت سالیانه (مدل سالانه)، درنظر گرفته شود، باعث بهبود عملکرد مدل نسبت به وضعیتی است که تخصیص آبخوان براساس ذخیره هر ماه آبخوان (مدل ماهانه) انجام شود. در مطالعات قبلی (کارآموز و همکاران ۲۰۰۴، پولیدو- ولازکیو و همکاران ۲۰۰۶، دال و همکاران ۲۰۰۸، محمدرضا پورطبری و همکاران ۱۳۸۸ و ۱۳۹۱)، ذخیره قابل برداشت آبخوان به‌صورت ماهانه درنظر گرفته شده است. از آنجایی‌که به‌علت قوانین حاکم بر فضاهای متخلخل، آب ورودی به آبخوان، نسبت به حرکت جریان‌های سطحی متفاوت است و با تاخیر وارد آبخوان می‌گردد، ممکن است در مواقع افزایش نیاز، آب ورودی به سفره زیرزمینی جواب‌گوی نیازها نباشد. حالت دیگری نیز وجود دارد و آن این‌که در بعضی ماه‌ها، نیاز کم و آب ورودی به سفره زیاد است. به دلیل موارد ذکر شده چنان‌چه



www.SID.ir

Archive of SID



تغییرات ذخیره آبخوان را به‌صورت سالانه در نظر بگیریم و تعادل‌بخشی آبخوان را در این حالت به مدل اعمال کنیم، تخصیص بهتری صورت خواهد گرفت.

نکته دوم این‌که، دلیل نرسیدن اعتبار حجمی به صد در صد، محدودیت مربوط به تعادل‌بخشی آبخوان می‌باشد که در مدل‌سازی شرایط مساله لحاظ گردیده است. از آنجایی‌که یکی از اهداف مساله، تعادل‌بخشی آبخوان و استفاده از آبخوان در حد تغذیه سالانه آن می‌باشد، لذا آبخوان مذکور توان پوشش دادن بخشی از نیازهای کاربران را دارد و مازاد نیاز باید از طریق مدیریت مصرف، شامل رساندن مصرف آب بخش شرب و بهداشت به سرانه مطلوب و تنظیم الگوی مناسب کشاورزی و صنعتی در منطقه، تعدیل گردد.

## نتیجه‌گیری

تحقیق حاضر به‌منظور بهینه‌سازی مدیریت تلفیقی منابع آبی در حوضه آبریز دشت یزد-اردکان انجام شد. تاکید بر رویکرد زیست‌محیطی مدیریت پایدار منابع آبی از طریق تعادل‌بخشی آبخوان و کاهش سهم بهره‌برداران پر خسارت، از جمله مباحث اصلی این تحقیق می‌باشد. نتایج حاصل از این بررسی به شرح زیر می‌باشند:

الگوریتم ژنتیک چند هدفه (NSGAII) دارای توانایی مناسبی در تخصیص منابع آبی می‌باشد.

چنان‌چه به‌جای ذخیره قابل برداشت ماهانه سفره، تخصیص آب زیرزمینی از تغذیه سالانه سفره صورت بگیرد، نتیجه بهتری به‌دست می‌آید.در نهایت با توجه به این‌که محدوده دشت یزد-اردکان به‌دلیل قرارگیری در شرایط اقلیمی گرم و خشک، منابع آبی محدود و توسعه چشم گیر صنعتی و جمعیتی، جزء مناطق بحرانی از نظر منابع آبی دسته‌بندی می‌شود. دولت‌مردان و سیاست‌گذاران باید در مبحث مدیریت منابع آبی، بر پایداری اکولوژیکی منطقه و حفظ سلامت آبخوان و جوامع انسانی مستفر در منطقه توجه بیشتری داشته باشند. لذا علاوه‌بر تصحیح بهره‌برداری‌های فعلی، چشم‌اندازهای آینده بخش‌های مختلف، باید با درنظرگرفتن منابع آبی انجام شود.

## منابع

آب منطقه‌ای یزد، ۱۳۹۴. آمار و اطلاعات.

برزگری بنادکوکی، فاطمه، (۱۳۹۴)، تخصیص بهینه منابع آبی با استفاده از روش‌های مناسب بهینه‌سازی (مطالعه موردی: حوضه آبریز دشت یزد-اردکان). رساله دکتری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه یزد.

محمدرضاپورطبری، محمود، مکنون، رضا، عبادی، تقی، ۱۳۸۸. مدل بهینه‌سازی چندهدفه به‌منظور مدیریت بهره‌برداری تلفیقی با استفاده از الگوریتم‌های SGAs و NSGA-II، آب و فاضلاب، شماره ۱، ص ۲-۱۳.

محمدرضاپورطبری، محمود، مکنون، رضا، عبادی، تقی، ۱۳۹۱. ارائه ساختاری به‌منظور برنامه‌ریزی بلندمدت بهینه بهره‌برداری تلفیقی، آب و فاضلاب، ۴شماره، ص ۵۶-۶۹.

مقدسی، مهنوش، مرید، سعید، عراقی‌نژاد، شهاب، ۱۳۸۷. بهینه‌سازی منابع آب در شرایط کم‌آبی با استفاده از روش‌های برنامه‌ریزی غیرخطی، هوش جمعی و الگوریتم ژنتیک (مطالعه موردی)، تحقیقات منابع آب ایران، شماره ۴(۳)، ص ۱-۱۳.

Azaiez, M.N. (2002) A model for conjunctive use of ground and surface water with opportunity costs. European Journal of Operational Research 143: 611-624.

Buras, N. (1963) Conjunctive operation of dams and aquifers. Journal of the Hydraulics Division 89(6): 111-132.



www.SID.ir

Archive of SID



Chang, L.C., Ho, C.C., Chen, Y.W. (2009) Applying multi objective genetic algorithm to analyze the conflict among different water use sectors during drought period. Journal of Water Resources Plan Management 136 (5): 539–546.

Coe Jack J. (1990) Conjunctive use-advantages, constraints, and examples. Journal of Irrigation and Drainage Engineering 116(3): 427-443.

Dale Larry L., Vicuna, S., Dracup, J.A. (2008) The conjunctive use of reservoirs and aquifers: Tradeoffs in electricity generation and water supply." Proceedings of the World Environmental and Water Resources Congress, Honolulu, Hawaii.

Deb, K., Agrawal, S., Pratap, A., Meyarivan, T. (2000September) A fast elitist non-dominated sorting genetic algorithm for multi-objective optimization: NSGA-II. In Parallel problem solving from nature PPSN VI (849-858). Springer Berlin Heidelberg.

Hashimoto, T., Loucks, D.P. and Stedinger, J.R. (1982), "Robustness of water resources systems", Water Resour. Res., 18(1): 21-26.

Hashimoto, T., J. R. Stedinger, and D. P. Loucks (1982), "Reliability, resiliency and vulnerability criteria for water resources system performance evaluation", Water Resour. Res., 18(1): 14-20.

Karamouz, M., Kerachian, R., Zahraie, B. (2004) Monthly water resources and irrigation planning: case study of conjunctive use of surface and groundwater resources. Journal of Irrigation and Drainage Engineering130(5): 391-402.

Kim, Y., Chung, E.S. (2013) Assessing climate change vulnerability with group multi criteria decision making approaches. Journal of Climatic change 121 (2): 301–315.

Kundzewicz, Z.W., Kindler, J. (1995), "Multiple criteria for evaluation of reliability aspects of water resource systems", Proceedings of a Boulder Symposium, IAHS publ. no. 231.

Latif, M. (1991) Conjunctive water use to control water logging and Stalinization. Journal of Water Resources Planning and Management, 117(6): 611-628.

Moy, W., Cohon, J.L., Revelle, C.S. (1986), "A programming model for analysis of the reliability, resilience, and vulnerability of a water supply reservoir", Water Resour. Res., 22(4): 489-498.

Pulido-Velázquez, M., Andreu, J., Sahuquillo, A. (2006) Economic optimization of conjunctive use of surface water and groundwater at the basin scale. Journal of Water Resources Planning and Management 132 (6): 454-467.

Shourian, M., Mousavi, S.J., Tahershamsi, A. (2008) Basin-wide water resources planning by integrating PSO algorithm and MODSIM. Journal of Water Resources Management 22 (10): 1347–1366.

Simonovic, S.P. (1997), "Risk in sustainable water resources management" in Sustainability of Water Resources under Increasing Uncertainties, IAHS, Publ. No. 240.



www.SID.ir