



## بهره‌برداری بهینه غیرقطعی کمی و کیفی از مخازن سدها با کاربرد یک مدل رفع اختلاف

رضا کراچیان<sup>۱</sup>، سید احسان شیرنگی<sup>۲</sup>

دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه تهران

۲- دانشگاه علوم و تحقیقات تهران و دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج

kerachian@ut.ac.ir

### خلاصه

مدل‌های رفع اختلاف در مدیریت کمی و کیفی از مخازن سدها که در آن تصمیم‌گیرندگان و تاثیرپذیران متعدد با اهداف و مطلوبیت‌های متفاوتی وجود دارند از اهمیت ویژه‌ای برخوردار می‌باشند. در این مقاله با تلفیق مدل شبیه‌سازی کیفی مخزن و یک مدل بهینه‌سازی چند هدفه الگوریتم ژنتیک، منحنی تبادل بین اهداف کمی و کیفی تدوین گردید. به منظور در نظر گرفتن تعارضات ممکن در بین تصمیم‌گیرندگان و تاثیرپذیران سیستم از مدل جدید رفع اختلاف Young استفاده شده است. تئوری چانه‌زنی تکاملی Young به صورت مرحله‌ای بوده و امکان حضور گروهی از تصمیم‌گیرندگان به همراه مشخص بودن مفهوم و ساختار بازی از امتیازات آن محسوب می‌شود. توابع مطلوبیت در نظر گرفته شده در مدل شامل قابلیت اطمینان تامین نیازهای آبی پایین‌دست، حجم ذخیره مخزن و کیفیت آب می‌باشد. مدل شبیه‌سازی کیفی یک بعدی استفاده شده می‌تواند در داخل حلقه‌های بهینه‌سازی، وضعیت کیفی جریان خروجی و آب ذخیره شده در مخزن را بازای سیاست‌های بهره‌برداری مختلف تعیین نماید. مطالعه موردی این پژوهش، سد ۱۵ خرداد می‌باشد که مخزن آن دارای مشکل مربوط به شوری آب است. نتایج نشان‌دهنده کارایی مناسب مدل رفع اختلاف پیشنهادی در در نظر گرفتن مطلوبیت‌های طرف‌های درگیر در مسأله بهره‌برداری کمی و کیفی از مخزن می‌باشد.

کلمات کلیدی: بهره‌برداری بهینه کمی و کیفی، رفع اختلاف، تئوری چانه‌زنی تکاملی Young، الگوریتم ژنتیک

### مقدمه

افزایش نیازهای آبی، ارزش اقتصادی حاصل از بهره‌برداری بهینه از سیستم‌های منابع آب و کمبود یا افت کیفی منابع آب در دسترس، باعث شده است که بهره‌برداری بهینه از مخازن سد ها به عنوان یکی از مسائل مهم در تحلیل سیستم‌های منابع آب مورد توجه قرار گیرد. از سوی دیگر وجود تصمیم‌گیرندگان و به تبع آن مطلوبیت‌های متعدد، اغلب منجر به بروز اختلاف نظرها و تنش‌های قابل توجه در سطح مدیریت و تصمیم‌گیری سیستم‌های منابع آب و محیط زیست می‌شود. لذا برنامه‌ریزی بهینه کمی و کیفی سیستم‌های منابع آب و استفاده از مدل‌های رفع اختلاف برای تامین نتایج مطلوب مورد نظر تصمیم‌گیرندگان و تاثیر پذیران بسیار ضروری می‌باشد. کاربردهای مدل‌های رفع اختلاف در برنامه‌ریزی و مدیریت کمی و کیفی منابع آب بسیار محدود بوده است.

(Lund and Palmer 1997) به تشریح اختلاف‌های موجود در سیستم‌های منابع آب پرداختند. ایشان استفاده از دیدگاه‌های حل اختلاف و گفتگو بین ذی‌نفعان در مدل‌ها را توصیه نمودند. (Palmer 1999) امکان در نظر گرفتن دیدگاهها و مطلوبیت تصمیم‌گیرندگان سیستم در مدیریت کمی حوزه‌های آبریز را با ارائه مدلی تحت عنوان "Shared Vision Model" فراهم ساخت. در این مدل با استفاده از قابلیت‌های مدل شبیه‌سازی شی‌گرای STELLA و با در نظر گرفتن مطلوبیت‌های تصمیم‌گیرندگان سیستم، امکان تدوین منحنی تبادل بین هدف‌های قابلیت اطمینان تأمین نیاز و تأمین نیاز حداقل زیست محیطی فراهم گردید. کارایی این مدل در جهت رفع اختلاف در حوزه آبریز Kum در کره جنوبی مورد ارزیابی قرار گرفت.

<sup>۱</sup> استادیار دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه تهران

<sup>۲</sup> دانشجوی دکترای دانشگاه علوم و تحقیقات تهران و عضو هیات علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج



(Rajasekaram and Nandalal, 2005) از سیستم پشتیبانی در تصمیم‌گیری برای حل اختلاف در مدیریت مخازن چند منظوره استفاده نمودند. سیستم ارائه شده شامل سیستم ارتباطی، مدیریت اطلاعات پایه و مدل‌های مدیریتی می‌باشد. نظریه جدید مطرح شده در این تحقیق، توسعه یک سیستم ارتباطی می‌باشد که در آن به وسیله هوش مصنوعی، ابزار گفتگو بین ذی‌نفعان به وجود می‌آید. اهداف در نظر گرفته شده در این مقاله تأمین نیاز آبی کشاورزی، تأمین آب آشامیدنی، تولید برق و حداقل کردن خسارت سیل می‌باشند.

(Kerachian and Karamouz, 2006, 2007) با تلفیق مدل‌های بهینه‌سازی و شبیه‌سازی و با تأکید بر رفع اختلاف بین تصمیم‌گیرندگان و استفاده کنندگان، ساختار جدیدی برای بهره‌برداری بهینه کمی و کیفی از مخازن و سیستم‌های رودخانه - مخزن ارائه نمودند. ایشان با علم به اینکه تعداد زیاد متغیرهای تصمیم‌گیری و به تبع آن، تعداد زیاد ژن‌های هر کروموزوم، کارایی مدل‌های الگوریتم ژنتیک کلاسیک را محدود می‌نماید، برای کاهش مشکلات محاسباتی مدل‌های الگوریتم ژنتیک، یک مدل الگوریتم ژنتیک با طول کروموزوم‌های افزایشی پیشنهاد نمودند. در این مدل، مسأله بهینه‌سازی بزرگ به چندین مسأله بهینه‌سازی کوچکتر شکسته شده و از جواب‌های بهینه محاسبه‌شده از مسأله کوچک بهینه‌سازی برای تهیه مقادیر اولیه (کروموزوم‌های نسل اول) در مسأله بهینه‌سازی بزرگتر استفاده می‌گردد. به عبارت دیگر در این مدل پیشنهادی سعی شده است به جای تولید تصادفی کروموزوم‌های نسل اول، مسأله از یک جواب قابل قبول و مناسب اولیه آغاز گردد و مدل الگوریتم ژنتیک نهایی بتواند در زمان کمتری از این نقطه شروع اولیه به سمت نقطه بهینه نهایی حرکت نماید. مدل پیشنهادی می‌تواند در نظر گرفتن عدم قطعیت مربوط به جریان ورودی که مهمترین عدم قطعیت‌های موجود در سیستم می‌باشد، سیاست‌های بهره‌برداری کمی و کیفی واقعی‌تر ارائه نماید و برای رفع اختلاف در مسأله بهره‌برداری بهینه کفی و کیفی از مخزن سدها از تئوری Nash (Nash, 1953) استفاده شده است. تابع حاصلضری Nash به عنوان تابع هدف مدل‌های قطعی و غیر قطعی در نظر گرفته شد. مدل شبیه‌سازی کیفی ارائه شده یک بعدی بوده و به راحتی می‌تواند در داخل حلقه‌های بهینه‌سازی، وضعیت کیفی جریان خروجی و آب ذخیره شده در مخزن را بازای سیاست‌های بهره‌برداری مختلف تعیین نماید. با این وجود زمان اجرای بالا، از مشکلات این مدل می‌باشد. (Salazar et al., 2006) با استفاده از نظریه بازی‌ها به حل اختلاف در بهره‌برداری از آب زیرزمینی در Mexico پرداختند. در این مسأله، منافع اقتصادی حاصل از افزایش محصولات کشاورزی نیازمند افزایش برداشت از منابع آب زیرزمینی از طریق چاه‌ها است، از طرفی افزایش محصول نیز نیازمند استفاده بیشتر از کودهای شیمیایی است که نتیجه آن افزایش بار آلودگی شیمیایی خواهد بود و اثرات نامطلوب زیست‌محیطی این بار آلودگی قابل ملاحظه می‌باشد. آنها در این تحقیق از نظریه بازی‌ها برای یافتن جواب بهینه از بین ۱۲ سناریوی مختلف برداشت آب استفاده کردند و به کمک چهار روش مختلف حل اختلاف، سناریوی بهینه را ارائه نمودند.

(Ganji et al., 2007) از تئوری بازی‌ها برای حل اختلاف بین مصرف‌کنندگان آب استفاده کردند. در این مقاله، بر اساس اصول تئوری بازی‌ها، مدل پویای غیر قطعی بازی Nash با اطلاعات کامل (PSDNG)<sup>۱</sup> توسعه داده شده است که در آن فرض بر این است که تصمیم‌گیرندگان، اطلاعات کافی از پارامترهای اتفاقی مرتبط با بهره‌برداری از مخزن را دارند. مدل ارائه شده در بهره‌برداری از سد زاینده‌رود به کار رفته است و نتایج مبین توانایی مطلوب مدل در ارائه سیاست‌های بهره‌برداری با در نظر گرفتن تعاملات بین مصرف‌کنندگان آب و سازمان مسؤوّل بهره‌برداری از مخزن و مطلوبیتهای آنها است.

در این تحقیق با اعمال فرضیات ساده کننده، مشکلات محاسباتی مدل‌های ارائه شده توسط (Kerachian and Karamouz, 2006, 2007) کاهش داده می‌شود و با توجه به مطلوبیت تصمیم‌گیرندگان و تاثیرپذیران از لحاظ کیفیت آب و تأمین نیاز، منحنی تبادل بین اهداف کمی و کیفی تدوین می‌گردد. در نهایت به منظور در نظر گرفتن تعارضات ممکن در بین تصمیم‌گیرندگان و تاثیرپذیران سیستم از مدل جدید رفع اختلاف Young استفاده می‌شود. تئوری چانه‌زنی تکاملی Young به صورت مرحله‌ای بوده و امکان حضور گروهی از تصمیم‌گیرندگان به همراه مشخص بودن مفهوم و ساختار بازی از امتیازات آن محسوب می‌شود.

### ساختار مدل پیشنهادی

در این تحقیق با اعمال فرضیات ساده کننده مشکلات محاسباتی مدل‌های ارائه شده توسط (Kerachian and Karamouz, 2006, 2007) کاهش داده شد، بنابراین برای مقایسه نتایج و زمان اجرای مدل ساده شده با مدل مذکور، ابتدا از تابع ضریب Nash با تابع مطلوبیت‌های سه‌گانه تأمین نیازهای آبی پایین‌دست در ماه  $m$ ، حجم مخزن در انتهای ماه  $m$  و کیفیت متوسط جریان خروجی از مخزن (بر اساس غلظت متغیر کیفی شاخص) در ماه  $m$ ، به عنوان تابع هدف استفاده شده است. ساختار مدل بهینه‌سازی به صورت زیر است:

$$\text{Maximize } \prod_{m=1}^{12} (f_{r,m}(\bar{R}_m) - d_{r,m})^{w_r} (f_{s,m}(\bar{S}_{m+1}) - d_{s,m})^{w_s} (f_{c,m}(\bar{C}_m) - d_{c,m})^{w_c} \quad (1)$$

که در معادله فوق متغیرها به شرح زیر می‌باشد:

( )  $f_{r,m}$ : تابع مطلوبیت مربوط به میزان خروجی از مخزن در ماه  $m$  (این تابع مطلوبیت می‌تواند از بخش‌های مصرف‌کننده آب اخذ گردد).

( )  $f_{s,m}$ : تابع مطلوبیت مربوط به میزان حجم مخزن در انتهای ماه  $m$  (این تابع مطلوبیت می‌تواند از سازمان‌های تأمین‌کننده آب اخذ گردد).

<sup>1</sup> Stochastic Dynamic Nash Game with perfect information



$f_{c,m}(\ )$ : تابع مطلوبیت مربوط به میزان غلظت متوسط متغیر کیفی شاخص در ماه  $m$  (این تابع مطلوبیت می‌تواند از سازمان‌های مصرف کننده آب یا سازمان‌های مربوط به حفاظت محیط زیست اخذ گردد).

$w_s / w_r / w_c$ : به ترتیب وزن یا قدرت نسبی تصمیم‌گیرنده‌های مرتبط با حجم ذخیره مخزن، میزان جریان ماهانه خروجی و کیفیت جریان خروجی

$\bar{S}_m$ : حجم متوسط مخزن در ابتدای ماه  $m$  (میلیون متر مکعب)

$\bar{R}_m$ : خروجی متوسط مخزن در ماه  $m$  در دوره بهره‌برداری (میلیون متر مکعب)

$\bar{C}_m$ : غلظت متوسط متغیر کیفی در جریان خروجی (میلی گرم در لیتر)

معادله زیر که توسط یک مدل شبیه سازی بیان می‌گردد، کیفیت جریان خروجی از هر دریچه را در گام زمانی ماهانه به دست می‌دهد.

$$C_{k,m,y} = g(\tilde{T}, \tilde{w}, \tilde{C}_{in}, \tilde{T}_{in}, \tilde{I}, \tilde{r}_k) \quad \forall m, y, k \quad (2)$$

$g(\ )$ : تابعی که بر اساس آن کیفیت جریان خروجی را بر اساس سری زمانی کمیت و کیفیت جریان ورودی، سری زمانی مشخصات اقلیمی و هواشناسی منطقه و سری زمانی جریان خروجی از دریچه‌ها، به دست می‌دهد.

این تابع به صورت تحلیلی موجود نمی‌باشد ولی مقادیر خروجی آن به ازای مقادیر مختلف ورودی را می‌توان با استفاده از مدل شبیه‌سازی کمی و کیفی مخزن محاسبه نمود.

$\tilde{T}$ : سری زمانی دمای محیط (درجه سلسیوس)

$\tilde{T}_{in}$ : سری زمانی دمای جریان ورودی (درجه سلسیوس)

$\tilde{w}$ : سری زمانی متغیرهای اقلیمی و هواشناسی مانند تشعشع خورشیدی با طول موج کوتاه، سرعت باد، نقطه شبنم (این متغیرها اطلاعات ورودی به مدل شبیه‌سازی کیفی مخزن می‌باشند).

$\tilde{I}$ : سری زمانی ماهانه جریان ورودی به مخزن (میلیون متر مکعب)

$\tilde{r}_k$ : سری زمانی جریان خروجی از دریچه  $k$  ام مخزن (میلیون متر مکعب)

$\tilde{C}_{in}$ : سری زمانی غلظت متغیر کیفی در جریان ورودی (میلی گرم در لیتر)

در این تحقیق برای رفع مشکل زمان اجرای طولانی مدل الگوریتم ژنتیک مرحله‌ای با استفاده از ایده مطرح شده توسط سلطانی (۱۳۸۵) و Shirangi and Kerachian (2006)، مدل کمی - کیفی بهینه‌سازی در افق بلند مدت، به یک مدل بلند مدت کمی و یک مدل سالانه کمی - کیفی شکسته می‌شود به طوری که حجم‌های بهینه مخزن در انتهای هر سال از مدل کمی بلند مدت به دست می‌آید و به عنوان محدودیت در مدل سالانه بهره‌برداری کمی - کیفی اعمال می‌گردد، این مدل مقادیر بهینه خروجی از دریچه‌ها را با توجه به قیود اعمال شده به دست می‌دهد. در مدل کمی - کیفی سالانه، ۹ ماه (اسفند تا آذر) برای بهینه‌سازی کیفیت آب و ۳ ماه (آذر، دی، بهمن) برای تخلیه نمک و آبشویی مخزن در نظر گرفته شده است. همان‌طور که در رابطه ۴ دیده می‌شود، بخش مربوط به بهینه‌سازی کیفی تنها برای ۹ ماه از سال تعریف شده است که مدل به‌طور هوشمند، ۳ ماه باقیمانده را به آبشویی مخزن اختصاص می‌دهد تا در ۹ ماه مورد نظر کیفیت بهتری برای خروجی ارائه نماید. بنابراین تابع هدف (۱) به ترتیب در مدل‌های کمی و کیفی - کیفی به صورت زیر در نظر گرفته می‌شود:

$$\text{Maximize } \prod_{m=1}^{360} (f_{r,m}(\bar{R}_m) - d_{r,m})^{w_r} (f_{s,m}(\bar{S}_{m+1}) - d_{s,m})^{w_s} \quad (3)$$

$$\text{Maximize } \prod_{m=1}^{12} (f_{r,m}(\bar{R}_m) - d_{r,m})^{w_r/12} \times \prod_{m=1}^9 (f_{c,m}(\bar{C}_m) - d_{c,m})^{w_c/9} \quad (4)$$

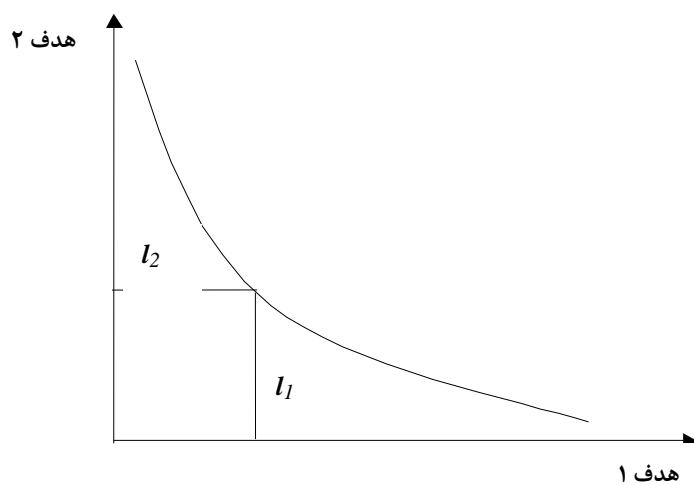
متغیرهای این دو تابع همان متغیرهای تابع هدف (۱) می‌باشد. در ادامه پس از بررسی صحت فرض ساده کننده که باعث کاهش قابل ملاحظه زمان اجرای مدل می‌شود، منحنی تبادل بین اهداف تأمین نیاز و کیفیت آب تخصیص یافته به روش حدی محاسبه می‌گردد. سپس بهترین نقطه روی منحنی تبادل بین اهداف با استفاده از تئوری چانه زنی Young محاسبه می‌گردد.

## تئوری چانه زنی Young

تمرکز تئوری های چانه زنی تکاملی بر پایه پاسخ های پویا و تکامل یافته طرف های درگیر استوار است. (Young (1993 اولین تحقیقات را در زمینه چانه زنی غیر قطعی تکاملی انجام داد. تئوری او بر این اساس بود که راه حل نا متقارن Nash برای اعضای که معقولانه با یکدیگر در ارتباط هستند می تواند پیش بینی خوبی از نتیجه چانه زنی داشته باشد. مدل Young در چارچوب یک بازی تکاملی پیشنهاد گردید. Young برای هر طرف درگیر، دو مجموعه  $I_1, I_2$  را در نظر گرفت. در هر دوره زمانی به صورت اتفاقی دو عامل  $J \in I_1, K \in I_2$  به ترتیب بازی دو نفره محدودی را در نقش بازیکنان ۱ و ۲ انجام می دهند و فرض بر این است که شناخت از یک بازیکن بر اساس فعالیت های مشاهده شده قبلی از اوست. یکی از فرضیات Young این است که حجم حافظه ای که بازیکنان از آن سود می برند محدود است. این فرض می تواند به واسطه محدود بودن ظرفیت تجذیه و تحلیل اطلاعات توسط هر عضو باشد. همچنین او فرض نمود که جمعیت ها همگن و تابع مطلوبیت اعضا صعودی باشد. در ادامه Young بیان نمود که بازی تکاملی به سوی ماکزیمم شدن  $R_x$  میل می کند:

$$R(x) = \min \left\{ \frac{a \frac{\partial u(x)}{\partial x}}{u(x)}, \frac{b \frac{\partial v(I-x)}{\partial x}}{v(I-x)} \right\} \quad (5)$$

برای مطالعه جزئیات بیشتر تئوری Young به (Napel (2002 مراجعه فرمایید. در تئوری Young،  $X_1$  و  $X_2$  دارای واحدهای یکسانی هستند ولی در مدیریت منابع آب تابع مطلوبیت بازیکنان ممکن است دارای واحدهای متفاوتی باشند. به طور مثال کیفیت آب ممکن است برای سازمان محیط زیست و کمیت آب برای وزارت کشاورزی اهمیت داشته باشد. در این تحقیق برای حل این مشکل دو متغیر  $I_1, I_2$  مطابق شکل ۱ و به صورت  $x_1 = \frac{l_2}{l_1 + l_2}$  و  $x_2 = \frac{l_1}{l_1 + l_2}$  تعریف می شوند به طوریکه  $x_1 + x_2 = I$  است. از این تئوری برای یافتن نقطه بهینه زوی منحنی تبادل استفاده شده است.



شکل ۱. شکل شماتیک منحنی تبادل بین دو هدف متضاد و تعیین  $I_1, I_2$

## مطالعه موردی

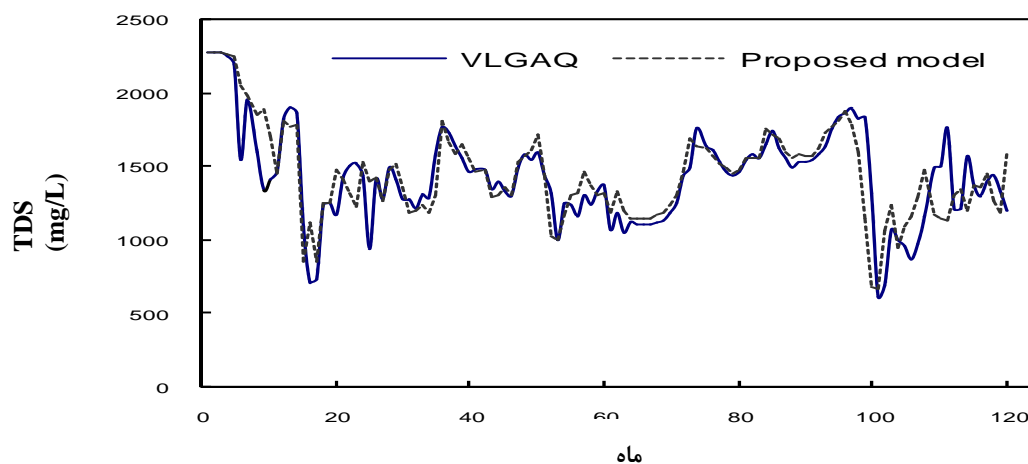
برای بررسی کارایی مدل پیشنهادی در تدوین قوانین بهره برداری کمی و کیفی از مخازن سدها، از اطلاعات مربوط به سد ۱۵ خرداد که یکی از مهمترین سدهای دارای مشکلات قابل توجه کیفی در کشور می باشد، استفاده شده است. سد ۱۵ خرداد با ۵۴ متر ارتفاع از بستر رودخانه در مجاورت شهرهای دلیجان و محلات بر روی رودخانه قمرود قرار دارد. هدف از احداث و بهره برداری از این سد، تأمین آب کشاورزی بیش از ۸۰۰۰ هکتار اراضی پایین دست، ذخیره سیلابها و آبرسانی به شهر قم می باشد. سد مزبور در سال ۱۳۷۳ به بهره برداری رسید و پس از گذشت حدود ۲ سال از آغاز بهره برداری، مشکلات مربوط به کیفیت آب مخزن آشکار گردید. مهمترین مشکل کیفی سد ۱۵ خرداد افزایش شوری آب و تجمع نمک در مخزن



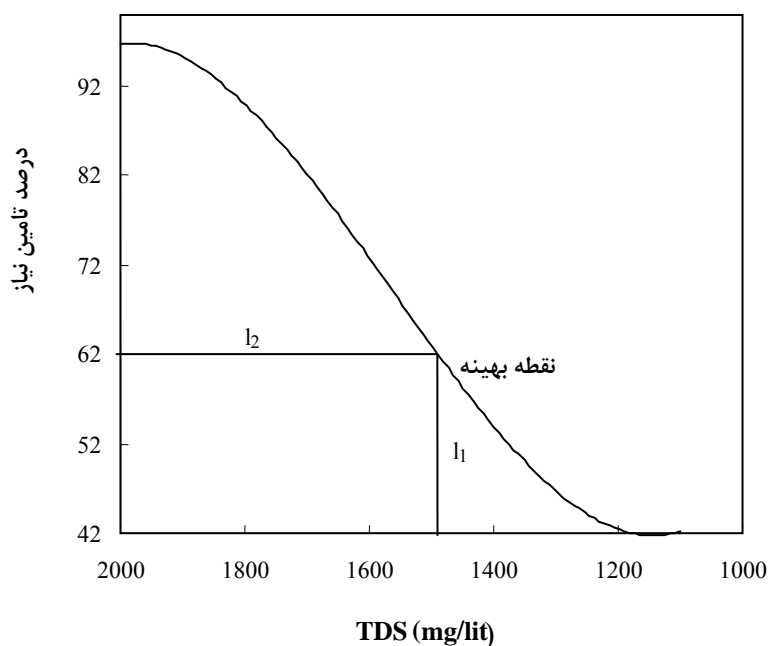
می‌باشد. با توجه به نیازهای آبی موجود در پایین دست سد ۱۵ خرداد و استانداردهای کیفی موجود برای آب مصرفی توابع مطلوبیت ماهانه بخش‌های مختلف تصمیم‌گیرنده یا تأثیرپذیر از سیستم به ترتیب مرتبط با میزان جریان خروجی ماهانه و کیفیت جریان خروجی در نظر گرفته شده است.

## نتایج

شکل ۲ مقایسه‌ی بین کیفیت آب خروجی بر اساس مدل ساده شده پیشنهادی و مدل VLGAQ را که توسط Kerachian and Karamouz (2006) پیشنهاد شده است، نشان می‌دهد. همان‌طور که در این شکل نشان داده شده است تطابق بسیار خوبی بین نتایج مدل‌ها وجود دارد. این موضوع نشان‌دهنده این مطلب است که فرضیات ساده‌کننده تأثیر مهمی بر کاهش دقت جواب‌ها ندارند، هر چند زمان اجرای مدل تا حدود ۶ برابر کاهش می‌یابد. در مرحله دوم، با استفاده از مدل بهینه‌سازی اشاره شده و همچنین با کاربرد روش حدی، منحنی تبادل بین تامین نیاز پایین دست و کیفیت آب تخصیص یافته مطابق شکل (۳) محاسبه شده است.



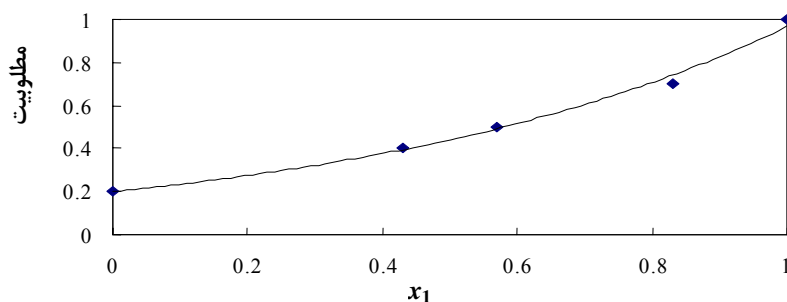
شکل ۲. مقایسه بین کیفیت آب متوسط خروجی از مخزن سد ۱۵ خرداد بر اساس نتایج مدل پیشنهادی و مدل VLGAQ



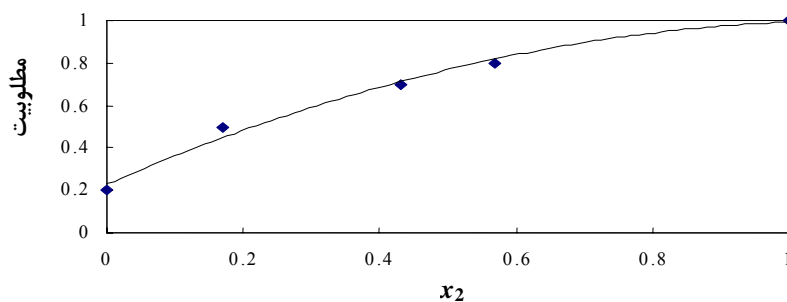
شکل ۳. منحنی تبادل بین درصد تامین نیاز و کیفیت آب تخصیص یافته



در مورد سد ۱۵ خرداد، اختلاف اساسی بین دو سازمان جهاد کشاورزی که بیشتر به تأمین نیاز آبی علاقه‌مند است و مصرف‌کنندگان آب در بخش شرب و صنعت که بیشتر به کیفیت آب تخصیص یافته به آنها توجه دارند، وجود دارد. پس از مصاحبه با افراد متخصص از دو سازمان مذکور، توابع مطلوبیت دو بخش برای متغیرهای تعریف شده  $X_1$  و  $X_2$  به صورت شکل‌های (۴) و (۵) می‌باشد:



شکل (۴). تابع مطلوبیت بخش‌های شرب و صنعت



شکل (۵). تابع مطلوبیت سازمان کشاورزی

با در نظر گرفتن توابع مطلوبیت سازمان‌های اشاره شده و با استفاده از تئوری چانه زنی Young، نقطه بهینه روی منحنی تبادل قابل تعیین است. از معادله (۵) مقدار ماکزیمم  $R_x$  برابر ۱/۶۵ به دست می‌آید که بازای  $x_1$  برابر با ۰/۷ حاصل شده است. با توجه به معادله  $x_1 = \frac{l_2}{l_1 + l_2}$  و  $l_2 = 2.33l_1$ ، نقطه بهینه بر روی منحنی تبادل به دست می‌آید. نقطه مذکور بر روی منحنی تبادل دارای TDS برابر ۱۴۸۵ میلی گرم بر لیتر است که بازای آن، مقدار تأمین نیاز پایین دست حدود ۶۲ درصد می‌باشد. به ازای نقطه بهینه می‌توان سری زمانی بهینه خروجی از دریچه‌های مخزن طی دوره سی ساله بهره‌برداری از مشخص نمود.

### خلاصه و جمع‌بندی

در این مقاله با تلفیق مدل شبیه‌سازی کیفی مخزن و یک مدل بهینه‌سازی چند هدفه الگوریتم ژنتیک، منحنی تبادل بین اهداف کمی و کیفی تدوین گردید. به منظور در نظر گرفتن تعارضات ممکن در بین تصمیم‌گیرندگان و تأثیرپذیران سیستم از مدل جدید رفع اختلاف Young استفاده شده است. مطالعه موردی این پژوهش، سد ۱۵ خرداد می‌باشد که مخزن آن دارای مشکل مربوط به شوری آب است. از آنجا که در مدیریت منابع آب تابع مطلوبیت طرف‌های درگیر ممکن است دارای واحدهای متفاوتی باشند تئوری Young به طور مستقیم قابل استفاده نمی‌باشد. در این مقاله با ارائه یک راه حل ابتکاری مشکل فوق برطرف شده است. نتایج نشان‌دهنده کارایی مناسب مدل رفع اختلاف پیشنهادی در در نظر گرفتن مطلوبیت‌های طرف‌های درگیر در مسأله بهره‌برداری کمی و کیفی از مخزن می‌باشد.



## مراجع

1. Lund, J.R., and Palmer, R.N. (1997) Water Resources System Modeling for Conflict Resolution. *Water Resour. Update*, **3**(108), 70–82.
2. Palmer, R.N., Werick, W.J., Mac Ewan, A., and Woods, A.W., (1999) Modeling Water Resources Opportunities, Challenges and Trade-offs: The Use of Shared Vision Modeling for Negotiation and Conflict Resolution. *Proc. 26th Annual Conf., Water Resour. Plann. Manage.*, ASCE, Tempe, AZ.
3. Rajasekaram, V. and Nandalal K.D.W., (2005) Decision Support System for Reservoir Water Management Conflict Resolution. *Journal of Water Resources Planning and Management*, ASCE, **131**, No. 6, pp. 410–419.
4. Kerachian, R., and Karamouz, M., (2006) Optimal Reservoir Operation considering the Water Quality Issues: A Deterministic and Stochastic Conflict Resolution Approach. *Water Resources Research*. AGU, W 12401, **42**, 1-17.
5. Kerachian, R., and Karamouz, M., (2007). A Stochastic Conflict Resolution Model for Water Quality Management in Reservoir-River Systems. *Advances in Water Resources* , **30**, 866-882.
6. Nash, J.F., (1953), “Two-person Cooperative Game”, *Econometria*, **21**, pp. 128-140.
7. Salazar, R., Szidarouszky, F., Coppola, E. Jr., Rojana, A. (2007) Application of game theory for groundwater conflict in Mexico. *Journal of environmental management*, Elsevier, **84**, 560-571.
8. Ganji, A., Khalili, D. and Karamouz, M., (2007), “Development of Stochastic Dynamic Nash Game Model for Reservoir Operation. I. The Symmetric Stochastic Model with Perfect Information”, *Advances in Water Resources*, **30**, pp. 528–542.
۹. سلطانی ف. (۱۳۸۵) بهره‌برداری بهینه کمی - کیفی از مخازن سدها به کمک تلفیق سیستم استنتاج تطبیقی عصبی - فازی و الگوریتم ژنتیک، پایان‌نامه کارشناسی ارشد مهندسی عمران، گرایش آب در دانشکده مهندسی عمران دانشگاه تهران، استاد راهنما: دکتر رضا کراچیان.
10. Shirangi, E. and Kerachian, R. (2007) A Simplified Model for *Optimal Reservoir Operation considering the Water Quality Issues*. *Proceedings of CEMEPE/SECOTOX Conference*, June 24-28, Skiathos Island, Greece.
11. Young, H., P. (1993) An Evolutionary Model of Bargaining. *Journal of Economic Theory*, **59**, 145-168.
12. Napel, S. (2002), *Bilateral Blications*, Springer-Verlag Berlin Heidelberg.