# مدیریت تخصیص آب سد مهاباد با استفاده از برنامه‌ریزی آرمانی اولویتی

هیمن نادر[۱]، محمود صبوحی صابونی*[۱]

تاریخ دریافت:۹۰/۰۴/۱۰ تاریخ پذیرش: ۹۰/۰۶/۱۵

## چکیده

در نگرش جدید جهانی، آب کالایی اقتصادی- اجتماعی بوده و یک عنصر حیاتی در توسعه اقتصادی و اجتماعی هر کشوری محسوب می‌شود. بنابراین اهمیت کنترل و استفاده بهینه از منابع آبی در دسترس، انکارنشدنی است. برنامه‌ریزی آرمانی به عنوان ابزاری برای تخصیص بهینه آب، جهت تجزیه و تحلیل و حل مسائلی با آرمان‌ها و اهداف متعدد استفاده می‌شود. در مطالعه حاضر به منظور تخصیص بهینه آب سد مهاباد، به عنوان یکی از ده سد پر آب کشور، از برنامه‌ریزی آرمانی اولویتی استفاده شده است. داده‌های مورد استفاده مربوط به دوره زمانی ۱۳۸۷-۱۳۵۵ بوده که با استفاده از روش مونت کارلو شبیه‌سازی شده است. اهداف اولویت‌دار شامل تأمین آب شرب، تأمین آب کشاورزی و تولید برق می‌باشند. نتایج نشان داد، با توجه به اهداف تصمیم‌گیرنده و درنظر گرفتن ترتیب اولویت آرمان‌ها، می‌توان آب تخصیصی به بخش کشاورزی و شرب را افزایش داد. بدین ترتیب با افزایش تخصیص آب به بخش کشاورزی، می‌توان سطح زیر کشت بیشتر و به دنبال آن درآمد ناخالص بیشتری بدست آورد. همچنین با اولویت اول قرار دادن تولید برق، می‌توان برق بیشتری نسبت به دیگر شرایط تولید کرد.

**طبقه‌بندی *JEL*:** *C65, Q15*

**واژه های کلیدی:** تخصیص آب، برنامه‌ریزی آرمانی، سد مهاباد.

---

۱- به ترتیب کارشناس ارشد و دانشیار گروه اقتصاد کشاورزی دانشگاه زابل.

۲- * نویسنده ی مسئول: Msabuhi39@yahoo.com

## پیشگفتار

یکی از بحران‌های مهمی که در آینده نزدیک، بشر را تهدید و به موضوع تنش‌زایی در بین ملت‌ها تبدیل خواهد کرد، مسئله کمبود آب است(شاهرودی و چیذری، ۱۳۸۵). داشتن بارندگی سالانه حدود ۲۵۰ میلیمتر و نامناسب بودن پراکنش مکانی و زمانی آن در ایران، این کشور را جزء کشورهای خشک و نیمه خشک جهان قرار داده است(ستاری و همکاران، ۱۳۸۱). با توجه به کمبود بارش‌های جوی در ایران و افزایش نیازهای غذایی و شرب، بهره‌برداری بهینه از مخازن آبی از اهمیت بسیار بالایی برخوردار است. همچنین نقش بی‌بدیل آب به عنوان یک عنصر اساسی در توسعه اقتصادی کشور، اهمیت کنترل و استفاده بهینه از منابع آب را دو چندان کرده است. افزایش جمعیت و نیاز روز افزون به تولید بیشتر مواد غذایی، لزوم توسعه اقتصادی و اجتماعی و بالاخره تغییرات اساسی در الگوی زندگی بشر، محدودیت منابع آب در دسترس و وجود خشکسالی‌های پیاپی، امروزه ارزش آب را به عنوان ماده اصلی جهان بر کلیه جوامع روشن ساخته است(توکلی و مزداد، ۱۳۷۵). به همین جهت بهره‌برداری مناسب از منابع آبی می‌تواند راهی به سوی شکوفایی اقتصادی در یک جامعه تلقی گردد(ستاری و همکاران، ۱۳۸۱). این عوامل و نقش مهم آب در توسعه پایدار، سبب توجه بیش از پیش مسئولین به مدیریت تقاضا و عرضه آب در برنامه‌ریزی‌ها و سیاست‌گذاری‌های کلان و منطقه‌ای کشور شده است(آذرسما و همکاران، ۱۳۷۹). سدها و مخازن آب نقش مهمی در تأمین نیاز آب شهری در چند سال اخیر داشته‌اند. این مخازن علاوه بر تأمین نیاز آب مصرفی شرب، صنعت و کشاورزی، درکنترل سیلاب، تولید انرژی، جذب توریسم و ایجاد محیط زیستی خاص اهمیت ویژه‌ای دارند(حسینی فرازمند، ۱۳۷۹). در این راستا مدل برنامه‌ریزی آرمانی به عنوان ابزاری برای تخصیص بهینه آب سد مهاباد در نظر گرفته شد. ساده‌ترین تعریف از تخصیص آب، تقسیم آب میان مصرف‌کنندگان می‌باشد. به بیانی ساده‌تر می‌توان گفت، تخصیص آب ترکیبی از فعالیت‌هایی است که مصرف‌کنندگان آب قادرند آن را به منظور اهداف اقتصادی خود مطابق سیستم‌های شناخته شده حقوق و اولویت‌ها بدست آورند. بنابراین تخصیص آب در دستیابی به حداکثر منافع آب در جامعه کمک می‌کند(استوکر و همکاران، ۱۹۸۵). برنامه‌ریزی آرمانی به طور گسترده برای مدل‌سازی و تجزیه و تحلیل مسائل تصمیم‌گیری چندهدفه در مدیریت منابع طبیعی استفاده شده است(رمرو و رحمان، ۱۹۸۴). برنامه‌ریزی آرمانی شرایطی را فراهم می‌کند تا تصمیم‌گیرنده بتواند چند هدف را به طور همزمان در نظر بگیرد. مدل‌های چند هدفه از جمله برنامه‌ریزی آرمانی از انواع سیستم‌های حمایت تصمیم‌گیری هستند که در مدل‌سازی و تجزیه و تحلیل مسائل تصمیم‌گیری و مدیریت منابع طبیعی به علت در نظر گرفتن اهداف متضاد و چندگانه به طور گسترده مورد استفاده قرار می‌گیرند(رومرو، ۲۰۰۴).

لی و همکاران (۲۰۰۹)، جهت مدیریت و تخصیص منابع آب، مدل برنامه‌ریزی فازی-تصادفی چند مرحله‌ای را استفاده نمودند. آن‌ها پس از تجزیه و تحلیل مجموعه‌های چند فازی، راه حل‌ها را تحت یک مجموعه سطوح برش $\alpha$ به یک سری زیرمدل‌های قطعی تبدیل کردند. نتایج به کارگیری این شیوه کمک به طراحی سیاست‌های مدیریت منابع آب تحت شرایط عدم حتمیت بود.

اورس (۲۰۰۵)، مدلی برای تخصیص بهینه آب در حوضه آبریز سان وان در آمریکا بین مصرف کنندگان مختلف تهیه نمود و پس از بررسی اثر تغییر اقلیم برآورد رودخانه اصلی، کنش-های اقتصادی برای استفاده از آب را به صورت کمی بیان کرد.

رومرو و همکاران (۲۰۰۴)، به ایجاد مدل حمایتی تصمیم‌گیری برای مدیریت کوتاه مدت و بلند مدت دو مخزن آب در سیدنی پرداختند. نتیجه این مدل‌سازی، تخصیص مناسب آب در سه فصل بهار، تابستان و پائیز بود.

فوود و سامه (۲۰۰۱)، با استفاده از برنامه‌ریزی آرمانی به بهینه‌سازی آب سه سد تامین کننده نیازهای شرب و کشاورزی پرداختند. هدف آن‌ها حداقل کردن هزینه پمپاژ بین سدها، حداقل کردن شوری آب و تامین نیازهای مصرف کنندگان بود که اهداف متضادی هستند.

مریدی و کارآموز (۱۳۸۵)، با استفاده از مدل حل اختلاف، به مدیریت کیفی و تخصیص آب رودخانه کارون و تعیین بارآلودگی مجاز آلاینده‌های ورودی به رودخانه پرداختند. آنان نتیجه گرفتند که با بهینه‌سازی میزان بار آلودگی ورودی به رودخانه، می‌توان مطلوبیت آلوده‌کنندگان را برآورد نموده و به طور قابل توجهی تعداد و زمان تخلفات از حد استانداردهای کیفی را در طول رودخانه کاهش و اطمینان‌پذیری تأمین نیاز آب با کیفیت مطلوب را افزایش داد.

مومنی و رضایی (۱۳۸۷)، با استفاده از مدل برنامه‌ریزی پویا، بهره‌برداری بهینه از مخزن سد ارس را تعیین و به مقایسه نتایج ناشی از برنامه‌ریزی پویای تصادفی و پویای قطعی پرداختند، نتایج نشان داد که مدل تصادفی مقدار آب در دسترس بیشتری در اکثر ماه‌های مختلف برای تامین مصارف کشاورزی و برق آبی در اختیار می‌گذارد. بنابراین، مدل تصادفی بهتر است.

صبوحی و همکاران (۱۳۸۷)، با استفاده از روش برنامه‌ریزی تصادفی دو مرحله‌ای فازی با پارامترهای بازه‌ای در شرایط عدم حتمیت به بررسی تخصیص بهینه آب سد طرق بین مصارف شهری و کشاورزی پرداختند. نتایج نشان داد که سود بخش کشاورزی نسبت به تخصیص آب حساس‌تر است. همچنین دریافتند که در ۶۶ درصد موارد مصرف‌کننده شهری و در ۱۸ درصد موارد هر دو مصرف کننده دچار کمبود آب خواهند شد.

ستاری و همکاران (۱۳۸۱)، به تخصیص بهینه در مخازن دو منظوره آبیاری- آبرسانی پرداختند. آنان مدل خود را با شرایط کمینه کردن تابع هدف خود در جهت کمینه کردن کمبود

سالانه به اعمال قیدهایی چون محدود بودن حجم ذخیره و برداشت‌های آبیاری و آبرسانی بهینه کردند. مدل آن‌ها بر اساس قابلیت اعتماد مشخص و بکاربردن قاعده خطی بهره‌برداری مخزن LDR حل گردید.

رودخانه مهاباد از دو شاخه اصلی به نامهای بیطاس و کوتر و یک شاخه کوچک به نام دهبکر تشکیل شده است. شاخه بیطاس از کوه مام سوار سرچشمه می‌گیرد و پس از طی مسافتی وارد دریاچه سد مهاباد می‌شود. شاخه کوتر یا شاخه اصلی رودخانه مهاباد از ارتفاعات دامنه‌های شمالی کوه ابراهیم جلال سرچشمه گرفته به سمت شمال جریان می‌یابد و شاخه‌های فرعی متعددی دریافت نموده و به نام رودخانه مهاباد وارد دریاچه سد مهاباد می‌شود (محمدپور و همکاران، ۱۳۸۵).

سد مهاباد کنترل‌کننده اصلی جریان سرشاخه‌های رودخانه مهاباد می‌باشد و دریک کیلومتری جنوب‌غربی شهر مهاباد واقع شده است. وسعت حوزه آبریز رودخانه مهاباد ۸۰۰ کیلومتر مربع می‌باشد. این سد دارای ۷۰۰ متر طول تاج بوده و ارتفاع آن ۴۶/۵ متر می‌باشد. دریاچه پشت این سد ۳۶۰ هکتار وسعت دارد و بر روی رودخانه مهاباد بسته شده است. شهرستان مهاباد دارای ۶۰ هزار هکتار اراضی کشاورزی است که از این میزان ۱۲ هزار هکتار در دشت مهاباد واقع شده و از طریق کانال‌های آبرسانی این سد که به طول ۴۵۰ کیلومتر ایجاد شده، آبیاری می‌شود. این سد توسط یکی از مهندسین کشور یوگسلاوی چند سال قبل از پیروزی انقلاب اسلامی بنا شده و جزء ده سد پر آب کشور محسوب می‌شود (محمدپور، ۱۳۷۸). در نمودار (۱) شکل شماتیک سیستم آبی رودخانه مهاباد به اختصار آورده شده است.

## مواد و روش‌ها

برنامه‌ریزی آرمانی اولین بار به وسیله چارنز و کوپر در سال ۱۹۶۰ معرفی و سپس به‌وسیله ایگنیزیو گسترش پیدا کرد(رومرو ۲۰۰۴). مدل برنامه‌ریزی آرمانی به طور کلی از چهار بخش متغیرهای تصمیم، محدودیت‌های سیستمی، محدودیت‌های آرمانی و تابع هدف تشکیل شده است. متغیرهای تصمیم و محدودیت‌های سیستمی، همان محدودیت‌های به کار برده شده در برنامه‌ریزی خطی هستند که هیچ نوع انعطافی ندارند و حتماً باید به کار برده شوند. محدودیت‌های آرمانی، دارای متغیرهای انحرافی مثبت $d^+$ و منفی $d^-$ هستند که هدف، حداقل کردن این انحراف‌ها از آرمان مورد نظر است. انعطاف‌پذیری برنامه‌ریزی آرمانی به دلیل وجود این محدودیت‌هاست(مک گرگور و دنت، ۱۹۹۳، عبدالعزیز، ۲۰۰۷)

بنا بر فرض اگر G هدف ناسازگار و یا سازگار با هم وجود داشته و اهـداف موجـود، ترکیبـی خطی از n متغیر بوده که از m منبع استفاده می‌کنند، الگوی استاندارد برنامه‌ریـزی آرمـانی بـدین صورت تعریف می‌شود(حسن و حسن، ۲۰۰۷):

$$\begin{aligned}
&Min \quad D=\sum_{j=1}^{G} q_i(d_j^- + d_j^+) \\
&s.to \\
&g_i(X)\le b_i \qquad\qquad i=1,2,3,...,m \\
&f_j(X)+d_j^- - d_j^+ = b_j \qquad j=1,2,3,...,n \\
&X, d_j^-, d_j^+ \ge 0 \\
&d_j^- . d_j^+ = 0
\end{aligned} \tag{۱}$$

کـه $q_j$ مشـخص کننـده آرمـان jام، $q_j(d_j^- + d_j^+)$ تـابع انحـراف از آرمـان jام، $g_j(X)$ تـابع محدودیت iام برای فعالیت‌های مختلف x، $f_j(X)$ تابع آرمان jام حاصل از فعالیت‌هـای مختلـف x، $d_j^-$ و $d_j^+$ به ترتیب انحراف منفی و انحراف مثبت از آرمان‌های مورد نظر می‌باشند (حسن و حسن، ۲۰۰۷).

در مطالعه حاضر از روش برنامه‌ریزی آرمانی اولویتی[1] که شکلی توسعه یافتـه از برنامـه‌ریـزی آرمانی می باشد، استفاده شده است. روش برنامه‌ریزی آرمانی اولویتی با در نظر گـرفتن ترجیحـات تصمیم‌گیرنده، طبقه‌بندی اهداف پیشنهادی را آسان مـی‌کنـد. همچنـین ایـن روش، یـک ارزیـابی همزمان مربوط به درجه حصول به اهداف اصلی است که در یک مدل برنامه‌ریـزی آرمـانی در نظـر گرفته می‌شود(کِتانی و همکـاران، ۲۰۰۴ و رومـرو و رحمـان، ۲۰۰۳). در روش اولـویتی، دو مـورد بایستی توسط طراح تعیین شود یکی الویت‌بندی اهداف و مورد دیگر حدودی که می‌بایست میـزان بهینه اهداف در آن محدوده تعیین گردد. طریقه حل این مدل برنامه‌ریزی این گونه است: تا زمـانی که اهداف لحاظ شده در اولویت اول تا حد امکان تامین نشده‌اند به سراغ اهداف موجود در اولویـت بعدی نمی‌رود(رومرو، ۲۰۰۳).

در مطالعه حاضر تابع هدف برنامه‌ریزی لکزیکوگرافی، به صورت زیر نوشته می‌شود:

$$\text{Minimize} \quad Z = P_1 d_1^- + P_2 d_2^- + P_3 d_3^- \tag{۲}$$

که در آن P ها اولویت هر یک از آرمان‌های حداکثر کردن درآمد ناخالص کشـاورزان، تولیـد آب شرب و تولید برق می‌باشند. در اولویت حداکثر درآمد کشاورزان، بایستی انحراف منفی، حداقل

1 - Lexicographic Goal Programming

شود. اولویت دوم که تأمین آب شرب قرار داده شده، باید سعی براین شود که مقدار تقاضا برای آب شرب در حد امکان تأمین شود، پس بایستی انحراف منفی در سمت چپ معادله حداقل شود. اولویت سوم که تولید برق قرار داده شد همانند اولویت اول و دوم هدف حداقل کردن انحراف منفی خواهد بود. در جدول (۱) تمامی متغیرهای مورد استفاده در این مطالعه معرفی شده که به شرح زیر می‌باشد.

به منظور طراحی مدل برنامه ریزی تخصیص آب سد مهاباد، محدودیتهای آرمانی و سیستمی به صورت زیر در نظر گرفته شد:

**محدودیت‌های آرمانی:**

$$1500W + 1400B + 3000A + 3600R + 2000M - d_1^+ + d_1^- = 23764775 \quad (۳)$$

$$M_f + M_o + M_{kh} + M_t + M_{mo} + M_{sh} + M_{me} + M_{ab} + M_{az} + M_{day} + M_b + M_{es} + d_2^- - d_2^+ = 198.54 \quad (۴)$$

$$\sum_{j=1}^{12} P_i + d_3^- - d_3^+ = 5528 \quad (۵)$$

رابطه (۳) نشانگر حداکثر سازی درآمد ناخالص کشاورزان(بر حسب هزار ریال) است. بطور متوسط اراضی حوزه سد که بخشی از آب آنها از سد تامین می‌شود ۱۲هزار هکتار بوده که نزدیک به ۱۱ هزار هکتار آن را بخش زراعی دربرگرفته است و از بین محصولات زراعی تنها پنج محصول گندم(W)، جو(B)، یونجه(A)، چغندرقند(R) و ذرت دانه‌ای(M) محصولات غالب منطقه در نظر گرفته شد. رابطه (۴) نمایانگر محدودیت آرمانی آب شرب (بر حسب میلیون متر مکعب) می‌باشد. تامین آب شرب از جمله مهمترین اهداف ساخت هر سدی است. امروزه با توجه به افزایش جمعیت به شهرها و مهاجرت روستاییان به شهرها ضرورت این هدف بیشتر احساس می‌شود. متغیرهای سمت چپ بیانگر میزان حجم تقاضا شده برای مصرف شرب و عدد سمت راست میزان عرضه آب سد برای مصرف شرب می‌باشد. رابطه (۵) مربوط به محدودیت آرمانی تولید برق (بر حسب کیلو وات) است. با توجه به نیاز روز افزون به برق و گسترش استفاده از انرژی الکتریکی این ضرورت یکی از اهداف مهم احداث سد می‌باشد. قابل ذکر است برای این هدف درآمد حاصل از تولید برق برای دوره ۱۲ ماه سال ۸۷ بررسی شد.

**محدودیت‌های سیستمی:**

$$W + B + A + R + M \leq 11000 \quad (۶)$$

رابطه (۶) محدودیت زمین کشاورزی می‌باشد که در این رابطه میزان زمین در دسترس کشاورزان در سمت راست محدودیت قرار گرفت(واحد بر حسب هکتار). رابطه (۷) محدودیت

مصرف آب را نشان می‌دهد. طبق گزارش کارشناسان کشاورزی جهاد کشاورزی شهرستان مهاباد راندمان آبیاری ۵۰ درصد می‌باشد. همچنان که در اهداف اشاره شد از مصارف دیگر آب سد مهاباد مصرف شرب می‌باشد که در این مقاله مصرف ماهانه شرب در نظر گرفته شد. اما به علت مدیریت درون سالی، حجم ذخیره در اولین دوره هر سال برابر حجم آب باقیمانده از مصارف در سال قبل خواهد بود، بدین منظور آب اولیه‌ای با پارامتر $st_1$ در ماه اول سال ۸۷ اضافه شد. این پارامتر در معادله اول رابطه ۷ نشان داده شد. متغیرهای c در معادلات، متغیرهای انتقالی هستند که کار پویائی مدل را برعهده دارند. بدین معنی که آب باقیمانده از مصرف یک ماه را به ماه بعد منتقل می‌کنند. در ماه آخر نیز مقدار آب باقیمانده ($st_{13}$) به عنوان یک متغیر در نظر گرفته شده است. همانطور که اشاره شد این مقدار حجم آب به اولین ماه سال بعد منتقل خواهد شد. در سمت راست محدودیتها مجموع حجم آب ورودی به سد و بارندگی در محل سد، در سال ۸۷ به صورت ماهانه آورده شده است. باید خاطر نشان کرد که این متغیر کاملاً تصادفی است و به دو عامل ذکر شده بستگی دارد. رابطه (۸) محدودیت مصرف آب در کشاورزی را نشان می‌دهد که با ۱۲ محدودیت در ماه‌های مختلف مصرف آب برای کشاورزی را نشان می‌دهد. سمت راست محدودیت‌ها مقدار حجم خروجی از سد است که به کانالهای آبیاری برای مصرف کشاورزی تزریق می‌شود. رابطه (۹) محدودیت مصرف آب در مصارف شهری است که مقدار حجم آب داده شده برای مصرف شرب در طی ۱۲ ماه سال ۸۷ بیان می‌کند. باید خاطر نشان کرد ترتیب اولویت‌های این سیستم به منظور برنامه‌ریزی بر اساس شرایط منطقه و همچنین ترجیحات مدیران و تصمیم‌گیرندگان بنا نهاده شده است

## نتایج و بحث

از مشخصه‌های مهم برنامه‌ریزی مخازن سدهای چند منظوره، ماهیت پیچیده مصارف و نیازهای آبی می‌باشد که به پیروی از پارامترهای محیطی، فرهنگی، تکنولوژی و مدیریتی در دامنه وسیعی تغییر و نوسان می‌کند. از جمله موارد آشنا و شناخته شده در این امر، افزایش نرخ رشد جمعیت است. عامل مهم دیگر، تغییر الگوی کشت می‌باشد که باعث تغییرات در نیاز آب کشاورزی می‌شود( نادالال و سیمونیچ، ۲۰۰۳).

با توجه به اهمیت زیاد آب شرب و نظر کارشناسان منطقه، آب شرب در اولویت اول قرار گرفت. سپس درآمد ناخالص کشاورزان و نهایتاً تولید برق در اولویت اول قرار گرفتند. همانطور که در جدول ۲ مشاهده می‌شود، سطح زیر کشت گندم در هر سه اولویت بیشترین و ذرت دانه‌ای کمترین را به خود اختصاص دادند. بعد از گندم، چغندرقند در دو اولویت آب شرب و درآمد ناخالص کشاورزی بیشترین سطح زیر کشت را دارد. اما در اولویت تولید برق، جو با تفاوت اندکی

نسبت به چغندرقند، بعد از گندم قرار گرفت. در حالتی که کشاورزی در اولویت قرار گیرد، سطح زیر کشت کل کشاورزی ۱۱۲۴۷ هکتار و درآمد ناخالص کشاورزان منطقه حدود ۲۸۴۷۵۲۸۵ هزار ریال بود که در مقایسه با بدون اولویت قرار گرفتن آرمان‌ها حدود ۵۱۳۲۵ هزار ریال بیشتر است. اما در سایر اولویت‌ها به دلیل کمتر بودن سطح زیر کشت، درآمد ناخالص کمتر بود. در واقع می‌توان نتیجه گرفت با مصرف آب بیشتر، سطح زیر کشت بیشتر و متعاقباً درآمد ناخالص بیشتری در منطقه وجود دارد. جدول و نمودار (۲) نتایج فوق را نشان می‌دهد.

پس از اولویت قرار دادن تولید برق و درآمد ناخالص کشاورزان، مقدار آب تخصیصی به ترتیب مقادیر ۱۶۵/۸۷ و ۱۶۵/۶۷ میلیون متر مکعب بدست آمد که در مقایسه با اولویت اول مصرف آب شرب (۱۹۹/۷) به ترتیب به میزان ۳۳/۸۳ و ۳۳/۰۳ میلیون متر مکعب کمتر بودند. در جدول (۳) تخصیص آب به بخش شرب در اولویت‌های مختلف طی ۱۲ ماه نشان داده شده است. همانگونه که انتظار میرفت، این مقدار در تمامی اولویتها، در سه ماه تابستان نسبت به ماههای دیگر بیشتر بوده است. براین اساس می‌توان گفت این سه ماه، ماههای پرمصرف آب شرب در تمامی اولویت‌ها می‌باشند.

وقتی آب سد جهت مصارفی همچون تأمین آب کشاورزی و شرب شهری رها می‌شود، آب بیشتری از توربین‌ها خارج شده و موجب تولید برق بیشتری می‌شود. در جدول (۴)، مقدار برق تولیدی در اولویت‌های مختلف نشان داده شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود، میزان برق تولیدی در هر سه حالت، در ماه اردیبهشت نسبت به سایر ماه‌ها بیشترین میزان را شامل می‌شود و بعد از آن ماه‌های فروردین، خرداد و تیر بیشترین میزان برق تولیدی را شامل شده‌اند. این امر می‌تواند به علت آب فراوان حاصل از ذوب شدن برف و متعاقباً حجم بیشتر آب پشت سد باشد.

## نتیجه‌گیری و پیشنهادها

در این تحقیق به منظور شبیه‌سازی جریان ورودی به مخزن با استفاده از داده‌های تاریخی، از روش مونت کارلو به شبیه‌سازی و تولید داده‌های تصادفی جریان ورودی به مخزن پرداخته و تخصیص آب سد مهاباد از راهکار برنامه‌ریزی اولویتی بررسی شد. نتایج نشان داد، هنگامی که اولویت اول حداکثر درآمد ناخالص کشاورزی باشد، با افزایش سطح زیر کشت کل محصولات به میزان ۲۴۷ هکتار، انحراف مثبتی برابر ۵۱۳۲۵ هزار ریال وجود دارد. به عبارتی می‌توان درآمد ناخالصی بیش از آرمان مورد نظر داشت.

همچنین هنگامی که تأمین آب شرب در اولویت اول قرار می‌گیرد، ۱/۱۶ میلیون متر مکعب انحراف مثبت وجود دارد. اما در حالت دیگر اولویت‌ها انحراف منفی به وجود می‌آید که نشانگر ناتوان بودن در تأمین آب بخش شرب می‌باشد. در حالتی که تولید برق در اولویت اول قرار

می‌گیرد، ۴۵۱ کیلو وات انحراف مثبت بوجود می‌آید که در این حالت هم همانند حالت قبلی برای دیگر اولویت‌ها انحراف منفی برای این آرمان ایجاد می‌شود. آب شرب تخصیصی به بخش شرب در اولویت شرب بیشترین مقدار را در ماههای مختلف داشت و در این بین بیشترین مقدار را ماه‌های تابستان به ترتیب مرداد، تیر و شهریور به خود اختصاص دادند. برق تولیدی نیز در ماه اردیبهشت بیشترین مقدار تولیدی را داشت.

- با توجه به اهمیت بخش کشاورزی در آبادانی و رونق اقتصادی منطقه، توجه هرچه بیشتر در تأمین آب این بخش پیشنهاد می‌شود.
- استفاده از روشهای دیگر شبیه‌سازی مانند شبکه عصبی، هیدرولوژیکی به منظور ساخت داده‌های تصادفی پیشنهاد می‌شود.
- در تخصیص آب به بخش شرب شهری پیش‌بینی تقاضای آب این بخش، پیشنهاد می‌شود.
- به علت مصرف زیاد آب شرب در ماه‌های تابستان، توصیه می‌شود مسئولان، مدیران و کارشناسان مربوطه برنامه‌ریزی اصولی‌تر بر پایه تخصیص بهینه در جهت الگوی مصرف بهینه انجام دهند.

به دلیل پرآب بودن سد مهاباد و ظرفیت برق بیشتر، پیشنهاد می‌شود توربین‌های بیشتری به منظور تولید برق و کمک به شبکه توزیع برق شهری به کار گماشته شود.

**References:**

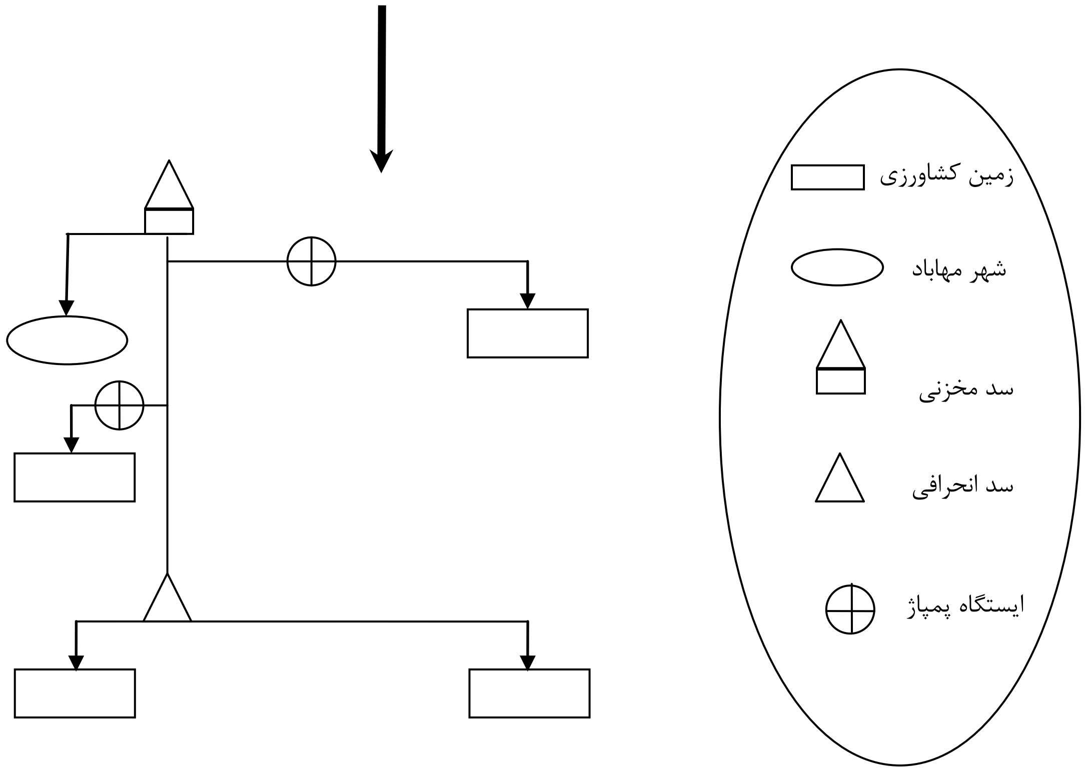

1. Abdolaziz, F. 2007. Multiple objective programming and goal programming: New trends and application European, Operational Research, 177: 1520-1522.
2. Azarsoma, M., Fayaz, M., and Tahiri, M. 2000. Water resource and consumption management of irrigation network of Sefidrud River. 10th Congress on Irrigation and Drainage of Iran, Tehran, 111-124. (in Persian)
3. Ewers, M. 2005. Combining hydrology and economics in a system dynamics approach: modeling water resources for the San Juan Basin. Proc., 23rd International Conference of the System Dynamics Society, July 17-21, Boston.
4. Foued, B.A. and Sameh, M. 2001. Application of Goal Programming in a Multi-Objective Reservoir Operation Model in Tunisia. Operation Research, 133: 352-361.
5. Ghaderi, J. and Mohammad pour, O. 2004. Analysis of inflows to multiobjective reservoir in chance constrained goal programming model (A case study of Mahabad Reservoir). 35 (3): 30-36. (in Persian)
6. Hasan, B. and Hasan, H.Ö. 2007, A goal programming approach to weight dispersion in data envelopment analysis, G.U. Journal of Science, 20(4): 117-125
7. Hoseini Farazmand, M. 2000. Mathematical model designed to exploit of water resources in Karkheh Dam, dissertation of M.S.C, Faculty of management, T.M University. (in Persian)
8. Kettani, O., Aouni, B. and Martel, J.M., 2004. The double role of the weight factor in the goal programming model. Computers and Operations Research, 31: 1833–1845.
9. Li, Y. P., Huang, G. H. and Zhou, H. D. 2009. A multistage fuzzy-stochastic programming model for supporting water-resources allocation and management. Environmental Modelling and Software, 24: 786-797.
10. McGregor, M.J. and Dent, J.B. 1993. An application of lexicographic goal programming to resolve the allocation of water from Rakaia River (New Zealand). Agricultural systems, 41: 349-367.

11. Mohammad pour, O., Si va si marde, M. and Shamsai, A. 2006. Multi-criteria analysis model used for the irrigation scheduling ( A case study of coastal lands Mahabad Reservoir). 2th Water resource management conference. Industrial University of Esfahan. (in Persian)
12. Momeni, A. and Rezai, N. 2008. Aras Dam Reservoir operation model by using dynamic programming. Industrial Management Journal. 1: 139-152. (in Persian)
13. Moridi, A. and Karamooz, M. 2006. Model of quality management conflict solution and allocation of water of Karkheh River. Water and Wastewater Journal. 17: 55-64. (in Persian)
14. Nadalal, K.D.W. and Simonovic, S.P. 2003. State of the art report on systems analysis methods for resolution of conflicts in water resources management. A report prepared for division of water sciences UNESCO.
15. Romero, C. 2004. A general structure of achievement functions for a goal programming model. European Journal of Operational Research, 153: 675– 686.
16. Romero, C. and Rahman, T. 1984. Goal programming and multiple criteria decision making in farm planning: an expository analysis. Agricultural Economic, 35: 177-190.
17. Romero, C. and Rehman, T., 2003. Multiple criteria analysis for agricultural decisions. Elsevier. Second edition. P: 186.
18. Sabouhi, M., Rastegaripour, F. and Keikha, A.A. 2008. Optimal allocation of water through the barrier municipal and agricultural uses by two-stage random fuzzy programming method with interval parameters in terms of uncertainty. Agricultural Economics Journal. 3(1): 33-55.
19. Sataari, M., Eslamiyan, S. and Abrishamchi, A. 2002. Optimization of water distribution in multi reservoir system of catchment of Kakamarz River. Journal of Esteghlal. 2: 197-209. (in Persian)
20. Shahrodi, A.A. and Chizari, M. 2006. Cooperative water users: a new approach in sustainable of agricultural water management. 4th Conference on exchange of research and engineering experiences. (in Persian)
21. Soecker, A. L., Seidmann, A. and Lloyd, G. S. 1985. A linear dynamic programming approach to irrigation system management

with depleting groundwater, Management Science, 31(4): 422-434.

22. Tavakoli, H. and Mazdad, A. 1996. Irrigation deficit optimization based on the production, cost and price functions of sugar beet in Karaj. 2[th] National congress of the soil and water issues, Tehran. (in Persian).

**پیوست ها:**




**نمودار (۱): شماتیک سیستم آبی رودخانه مهاباد (قادری و محمدپور، ۱۳۸۳)**

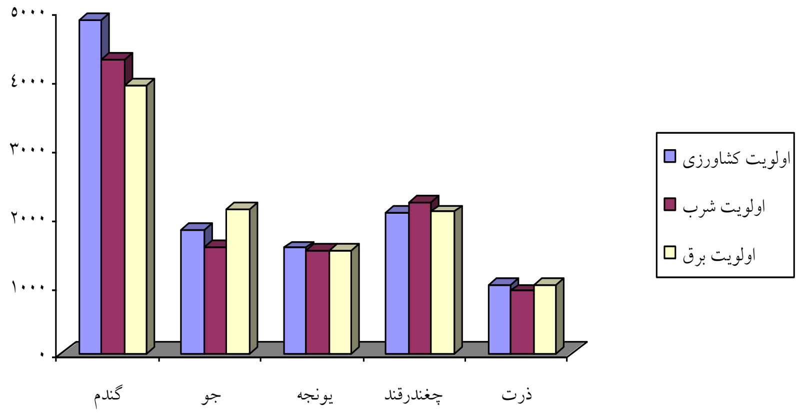
**جدول (۱): معرفی متغیرهای استفاده شده در مدل‌سازی**

| متغیر | تعریف | متغیر | تعریف |
|---|---|---|---|
| W | گندم | $ma_{mo}$ | تقاضای آب کشاورزی در ماه مرداد |
| B | جو | $ma_{sh}$ | تقاضای آب کشاورزی در ماه شهریور |
| A | یونجه | $ma_{me}$ | تقاضای آب کشاورزی در ماه مهر |
| R | چغندرقند | $ma_{ab}$ | تقاضای آب کشاورزی در ماه آبان |
| M | ذرت دانه‌ای | $ma_{az}$ | تقاضای آب کشاورزی در ماه آذر |
| $M_f$ | تقاضای آب شرب در ماه فروردین | $ma_{day}$ | تقاضای آب کشاورزی در ماه دی |
| $M_o$ | تقاضای آب شرب در ماه اردیبهشت | $ma_b$ | تقاضای آب کشاورزی در ماه آبان |
| $M_{kh}$ | تقاضای آب شرب در ماه خرداد | $ma_{es}$ | تقاضای آب کشاورزی در ماه اسفند |
| $M_t$ | تقاضای آب شرب در ماه تیر | $c_1$ | آب باقیمانده در ماه فروردین |
| $M_{mo}$ | تقاضای آب شرب در ماه مرداد | $c_2$ | آب باقیمانده در ماه اردیبهشت |
| $M_{sh}$ | تقاضای آب شرب در ماه شهریور | $c_3$ | آب باقیمانده در ماه خرداد |
| $M_{me}$ | تقاضای آب شرب در ماه مهر | $c_4$ | آب باقیمانده در ماه تیر |
| $M_{ab}$ | تقاضای آب شرب در ماه آبان | $c_5$ | آب باقیمانده در ماه مرداد |
| $M_{az}$ | تقاضای آب شرب در ماه آذر | $c_6$ | آب باقیمانده در ماه شهریور |
| $M_{day}$ | تقاضای آب شرب در ماه دی | $c_7$ | آب باقیمانده در ماه مهر |
| $M_b$ | تقاضای آب شرب در ماه بهمن | $c_8$ | آب باقیمانده در ماه آبان |
| $M_{es}$ | تقاضای آب شرب در ماه اسفند | $c_9$ | آب باقیمانده در ماه آذر |
| $ma_f$ | تقاضای آب کشاورزی در ماه فروردین | $c_{10}$ | آب باقیمانده در ماه دی |
| $ma_o$ | تقاضای آب کشاورزی در ماه اردیبهشت | $c_{11}$ | آب باقیمانده در ماه بهمن |
| $ma_{kh}$ | تقاضای آب کشاورزی در ماه خرداد | $c_{12}$ | آب باقیمانده در ماه اسفند |
| $ma_t$ | تقاضای آب کشاورزی در ماه تیر | $st_{13}$/ $st_1$ | ذخیره اولیه/ حجم نهایی آب |

**جدول (۲): الگوی کشت منطقه با استفاده از برنامه‌ریزی آرمانی اولویتی**

| محصول / اولویت | کشاورزی | شرب | برق |
|---|---|---|---|
| گندم | ۴۸۴۹ | ۴۲۷۴ | ۳۸۹۷ |
| جو | ۱۸۰۲ | ۱۵۹۳ | ۲۰۹۸ |
| یونجه | ۱۵۳۵ | ۱۵۰۴ | ۱۵۰۲ |
| چغندرقند | ۲۰۵۸ | ۲۱۹۴ | ۲۰۶۲ |
| ذرت | ۱۰۰۳ | ۹۱۰ | ۹۹۸ |
| جمع کل | ۱۱۲۴۷ | ۱۰۴۲۱ | ۱۰۵۵۷ |

**منبع: نتایج تحقیق**

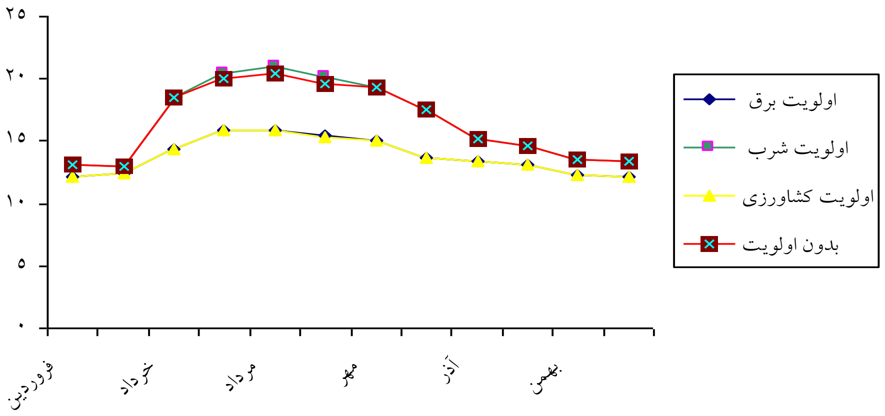



**نمودار (۲): سطح زیر کشت محصولات مورد بررسی در اولویت‌های مختلف (برحسب هکتار)**

**جدول (۳): میزان آب شرب تخصیص یافته در اولویت‌های مختلف (بر حسب میلیون متر مکعب)**

| ماه / اولویت | شرب | برق | کشاورزی | بدون اولویت |
|---|---|---|---|---|
| فروردین | ۱۳/۱ | ۱۲/۱ | ۱۲/۱ | ۱۳/۱ |
| اردیبهشت | ۱۳ | ۱۲/۴ | ۱۲/۴ | ۱۳ |
| خرداد | ۱۸/۵ | ۱۴/۳ | ۱۴/۳ | ۱۸/۵ |
| تیر | ۲۰/۵ | ۱۵/۸۷ | ۱۵/۸۷ | ۲۰/۵ |
| مرداد | ۲۱ | ۱۵/۹ | ۱۵/۹ | ۲۱ |
| شهریور | ۲۰/۱ | ۱۵/۵ | ۱۵/۳ | ۲۰/۱ |
| مهر | ۱۹/۳ | ۱۵/۱ | ۱۵/۱ | ۱۹/۳ |
| آبان | ۱۷/۵ | ۱۳/۷ | ۱۳/۷ | ۱۷/۵ |
| آذر | ۱۵/۲ | ۱۳/۴ | ۱۳/۴ | ۱۵/۲ |
| دی | ۱۴/۶ | ۱۳/۱ | ۱۳/۱ | ۱۴/۶ |
| بهمن | ۱۳/۵ | ۱۲/۳ | ۱۲/۳ | ۱۳/۵ |
| اسفند | ۱۳/۴ | ۱۲/۲ | ۱۲/۲ | ۱۳/۴ |
| جمع کل | ۱۹۹/۷ | ۱۶۵/۸۷ | ۱۶۵/۶۷ | ۱۹۸/۱ |

منبع: نتایج تحقیق




**نمودار(۳): آب شرب تخصیصی در اولویت‌های مختلف (بر حسب میلیون متر مکعب)**

**جدول (۴): مقدار برق تولیدی در اولویت‌های مختلف (بر حسب کیلو وات)**

| اولویت / ماه | برق | شرب | کشاورزی |
|---|---|---|---|
| فروردین | ۶۱۰ | ۵۷۰ | ۵۲۲ |
| اردیبهشت | ۶۵۲ | ۶۱۲ | ۵۸۰ |
| خرداد | ۶۰۰ | ۵۶۰ | ۵۱۵ |
| تیر | ۵۱۲ | ۴۷۲ | ۴۲۹ |
| مرداد | ۴۸۲ | ۴۴۱ | ۳۹۸ |
| شهریور | ۴۴۵ | ۴۰۵ | ۳۶۲ |
| مهر | ۴۱۱ | ۳۷۱ | ۳۲۸ |
| آبان | ۳۸۹ | ۲۹۰ | ۲۴۷ |
| آذر | ۳۵۱ | ۲۷۱ | ۲۲۸ |
| دی | ۴۲۶ | ۳۰۲ | ۲۵۹ |
| بهمن | ۵۳۹ | ۳۵۹ | ۳۱۶ |
| اسفند | ۵۶۲ | ۴۷۹ | ۴۳۶ |
| مجموع | ۵۹۷۹ | ۵۱۳۲ | ۴۶۲۰ |

منبع: نتایج تحقیق