نشریه دانش آب و خاک / جلد۲۴ شماره۳ صفحه‌های ۲۱۵ تا ۲۲۹/ سال ۱۳۹۳

تخصیص بهینه آب سد چند منظوره مهاباد با استفاده از تلفیق روش‌های تحلیل سلسله مراتبی فازی و برنامه‌ریزی آرمانی

هیمن نادر[۱]، محمود صبوحی صابونی[۲*] و عثمان محمدپور[۳]

تاریخ دریافت: ۹۱/۰۲/۰۴ تاریخ پذیرش : ۹۲/۰۹/۱۰

[۱] مربی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد ارومیه، مرکز پیرانشهر

[۲] دانشیار گروه اقتصاد کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

[۳] استادیار دانشگاه آزاد اسلامی، واحد مهاباد

[*] مسئول مکاتبات: پست الکترونیک، msabuhi39@yahoo.com

چکیده

در نگرش جدید جهانی، آب کالایی اقتصادی – اجتماعی بوده و به عنوان نیاز اولیه انسان محسوب می‌شود. در این میان سدها و مخازن آب نقش مهمی در تأمین نیاز آب مصرف‌کنندگان و تخصیص به بخش‌های مختلف دارند. در این مطالعه به بررسی تخصیص آب سد مهاباد پرداخته شد و که در آن به منظور تعیین اولویت تخصیص آب و تامین اهداف مذکور، از ترکیب روش‌های سلسله مراتبی فازی و برنامه‌ریزی آرمانی استفاده شد. ساختار سلسله مراتبی دارای ۳ معیار و ۶ زیر معیار برای ۵ گزینه، به منظور تعیین اولویت تخصیص آب سد به گزینه‌های استفاده کننده طراحی شد و در نهایت گزینه تامین آب بخش کشاورزی با وزن نهایی ۰/۳۶ نسبت به دیگر گزینه‌ها از ارجحیت بیشتری برخوردار بود. افزون بر این، الگوی کشت بهینه نشان داد که سطح زیر کشت گندم در تمامی اولویت‌ها از بیشترین مقدار برخوردار بود.

واژه‌های کلیدی: برنامه‌ریزی آرمانی، تحلیل سلسله مراتبی فازی، تخصیص آب، سد مهاباد

Water Allocation of Mahabad Multipurpose Dam using Integrated Fuzzy Analytic Hierarchy Process and Goal Programming Models

H Nader[1], M Sabouhi Sabouni[2*] and O Mahammadpour[3]

Received: 23 April 2012 Accepted: 30 December 2013
[1-]Lecturer, Islamic Azad Univ., Urmia Branch, Piranshahr Center. Iran
[2-]Assoc, Prof.,Dept of Agric. Economics, Firdausi Univ., Iran
[3-]Assis, Prof.,Islamic Azad Univ., Mahabad Branch, Iran
[*] Corresponding Auther Email: msabuhi39@yahoo.com

Abastract

In the new global attitude, water is an economic - social commodity and known as the primary requirement of human. Dams and water reservoirs play an important role in providing consumers' water and allocation of it to different sectors. In this study the water allocation of Mahabad dam was analyzed and the priority of water allocation and satisfaction of the targets were determined, using combined analytic Fuzzy hierarchy and goal programming methods. Hierarchical structure was designed with three criteria and six subcriteria for five alternative sectors to determine the priority of dam water allocation to these sectors. Then in the final stage agricultural sector with the global weight of 0.36 was the most preferred choice relative to other sectors. In addition, the optimal planting pattern showed that, among the all priorities, the largest area belonged to the wheat cultivation.

Keywords: Fuzzy analytic hierarchy process, Goal programming, Mahabad Dam, Water allocation

مقدمه

ایران با متوسط نزولات جوی ۲۶۰ میلیمتر در سال، از کشورهای خشک جهان و دارای منابع آب محدود است (بی‌نام ۲۰۰۴). بررسی وضعیت بارندگی در طول یک دوره ۳۲ ساله نشان می‌دهد که در ۴۵ درصد سال‌ها، کشور کم و بیش تحت تأثیر خشکسالی بوده است. با توجه به شرایط اقلیمی حاکم بر کشور، افزایش میزان تقاضای آب و نیاز به توسعه، بر اهمیت مهار و کنترل آبهای سطحی و اتخاذ روش‌های مناسب بهره‌برداری از این منبع با ارزش، افزوده است. رشد روزافزون جمعیت و نیاز به تامین غذا، احداث و اجرای پروژه‌های آبیاری و زهکشی، استفاده مطلوب از منابع آب را انکار ناپذیر نموده است. در حدود ۵۰ درصد تولیدات کشاورزی جهان از اراضی تحت آبیاری که تنها حدود ۲۰ درصد سطح کل اراضی کشاورزی را شامل می‌شود، تامین می‌گردد (رفیعی دارانی ۱۳۸۶). نیاز بشر به آب، طیف گسترده‌ای را شامل می‌شود که از عمده‌ترین آنها می‌توان به آب مورد نیاز کشاورزی، شرب، صنعت و تولید نیرو اشاره کرد. در میان این نیازها تامین آب مورد نیاز کشاورزی، به دلیل رشد

جمعیت و نیاز روز افزون به مواد غذایی، از اهمیت خاصی برخوردار است (محمدپور ۱۳۷۸). فراهم کردن آب از دیر باز، باعث نگرانی بسیاری از دولت‌ها شده است. به طور عمومی تخصیص آب از طرف دولت‌ها با ارجاع به تخصیص خود مردم صورت می‌گیرد. به عبارتی بهتر نقش اقتصاد در بحث بهره‌وری و پایداری آب، علی‌رغم نیاز اساسی بدان از جنبه‌های مختلف و کمبود روزافزون آن، در نظر گرفته نشده است (دینار و همکاران ۲۰۰۰). تخصیص آب فرآیند معین و کمی کردن حجم آب در دسترس برای استفاده‌های گوناگون آن است (رودی ۲۰۰۹). به عبارت دیگر تخصیص آب، تقسیم آب میان مصرف کنندگان می‌باشد. این فرآیند ترکیبی از فعالیتهایی است که طی آن مصرف کنندگان آب قادر می‌شوند آب را به منظور اهداف اقتصادی خود مطابق سیستم‌های شناخته شده حقوق و اولویت‌ها دریافت نمایند (سوکر و همکاران ۱۹۸۵).

در چند دهه اخیر تحقیقات وسیعی در خصوص تخصیص بهینه آب به مصارف متعدد صورت گرفته است. صبوحی و همکاران (۱۳۷۶)، راه‌کارهای مدیریت منابع آب زیرزمینی دشت نریمانی استان خراسان را ارزیابی نمودند. در این مطالعه راه‌کارهای مختلف شامل برداشت آزاد (کنترل نشده)، کنترل بهینه برداشت از آب‌های زیرزمینی، بهره‌برداری از آب‌های زیرزمینی و سیاست مالیاتی، دخالت دولت و کنترل قانونی، مشارکت بهره‌برداران در کنترل برداشت از آب‌های زیرزمینی و همکاری دولت و تشکل‌های بهره‌برداران مورد مقایسه قرار گرفت. نتایج نشان داد که دولت می‌تواند از طریق اتخاذ سیاست مناسب مالیاتی، هزینه‌های جنبی بهره‌برداری بی‌رویه از منابع آب زیرزمینی را به خود بهره‌بردارن منطقه منتقل کند. ستاری و اسمعیل زاده (۱۳۸۳)، به تخصیص آب سد گرمی‌چای در استان آذربایجان‌شرقی به عنوان یک مخزن دو منظوره آبیاری و آبرسانی پرداختند. آنان با اشاره به سودمند بودن استفاده از مدل‌های ریاضی جهت طراحی و بهره‌برداری بهینه از مخازن، به منظور مدیریت بهینه این سد با استفاده از برنامه‌ریزی خطی، مدلی ارائه کردند که در آن، پارامترهای هیدرولوژیکی غیرقطعی با جابه‌جا نمودن به‌وسیله جملات احتمالاتی به پارامترهای قطعی تبدیل شدند. این مدل بهینه‌سازی دارای تابع هدف کمینه‌سازی کمبود سالانه به شرط اعمال قیدهایی چون محدود بودن حجم ذخیره و برداشت‌های آبیاری – آبرسانی بود. بریم‌نژاد و صدرالاشرفی (۱۳۸۴)، پایداری منابع آب شهرستان کرمان را با استفاده از تکنیک‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره مورد بررسی قرار دادند. این مطالعه روش جدیدی برای کاربرد معیار کمی پایداری در یک مدل بهینه‌یابی معرفی و در انتها شاخص‌هایی برای توسعه پایدار محاسبه نمود. نتایج نشان داد که با ادامه روند فعلی استفاده ار آب و همچنین با ادامه شیوه مدیریتی فعلی در امر آب در آینده‌ای نه چندان دور نواحی تحت تنش آبی در کشور افزایش خواهد یافت. قدمی و همکاران (۱۳۸۵)، بهینه-سازی بهره‌برداری از سیستم‌های چند مخزنی منابع آب را با استفاده از الگوریتم ژنتیک بررسی کرد. در این تحقیق مدل الگوریتم ژنتیک قطعی جهت بهره‌برداری بهینه از سیستم چند مخزنی منابع آب در شمال خراسان، جهت مصارف کشاورزی طراحی شد. جمالی و همکاران (۱۳۸۶)، پیش‌بینی جریان رودخانه و بهره-برداری از مخزن سد زاینده‌رود را با استفاده از سیستم استنباط فازی مدل‌سازی نمودند. مدل کاربردی در این مطالعه شامل دو قسمت پیش‌بینی حجم جریان فصلی رودخانه به وسیله یک سیستم استنباط فازی و مدل بهره‌برداری از مخزن بود. در مرحله بعد نتایج حاصل از مدل استنباط فازی با نتایج روش‌های سنتی از قبیل سیاست بهره‌برداری استاندارد و رگرسیون خطی مقایسه شد. بدین منظور از شاخص‌های متفاوتی برای ارزیابی قواعد استفاده شد. نتایج نشان داد سیستم استنباط فازی روش مناسبی برای ساخت قواعد بهره-برداری از مخزن می‌باشد. (قادری و محمدپور ۱۳۸۳)

رودی (۲۰۰۹)، با استفاده از تحلیل سلسله مراتبی روشی برای تخصیص آب حوزه آبریز رودخانه تامپو کشور اندونزی طراحی کرد. او با بیان این‌که بسیاری از جنبه‌های اجتماعی استفاده‌کنندگان، زمانی که برنامه‌های

فیزیکی منابع آب اجرا می‌شوند، نباید نادیده‌گرفته شوند، نتیجه گرفت که تغییر در الگوی تقاضا و عرضه حوزه رودخانه، چالشی بین استفاده کنندگان آب بوجود می‌آورد. سِرت و همکاران (۲۰۰۷)، مدیریت مخازن چند منظوره را با استفاده از راهکارهای بهینه‌سازی چند هدفه طراحی کردند. اهداف استفاده از مخازن چند منظوره مطالعه آنان شامل: تامین انرژی برق، آبیاری کشاورزی، جلوگیری از وقوع سیلاب و کنترل آلودگی بود. نتایج حاکی از آن بود که با بالارفتن حجم آبیاری کشاورزی، تولید برق کاهش می‌یابد. آنان در این خصوص بیان کردند که محاسبه منافع حاصل از آبیاری و تولید انرژی نیاز به تحقیقات گسترده‌تری دارد و تقاضاهای محلی و موقتی آبیاری تاثیر معنی‌داری بر جواب‌های بهینه می‌گذارد. هاجیبیروس و همکاران (۲۰۰۵)، در تحقیقی بر روی سد پلاستیراس یونان، با توجه به تجزیه و تحلیل هیدرولوژیکی، مدل‌های کیفیت آب و ارزیابی زیست محیطی، یک برنامه رها سازی آب را، با در نظر گرفتن اهداف متضاد طراحی کردند. آنها در نهایت علاوه بر اشاره به سودها و هزینه‌های ممکنه ناشی از تصمیم‌های چندهدفه و حساسیت مدیریت به فشارهای اجتماعی، سطح آبی که لازم است در دریاچه باقی بماند تا نیاز همه بخشها تامین شود را ۷۸۴ متر تعیین کردند.

همانگونه که اشاره شد، سدها و مخازن آب نقش مهمی در تأمین نیاز آب مصرف‌کنندگان و تخصیص به بخش‌های مختلف دارند. سد مهاباد یکی از ۱۰ سد پر آب کشور به شمار رفته که به دسترسی به اهدافی همچون تامین نیاز بخش کشاورزی، شرب، تولید برق، کنترل سیلاب و تفریحی می‌پردازد. در این مطالعه به منظور تعیین اولویت تخصیص آب و تامین اهداف مذکور، از ترکیب روش‌های سلسله مراتبی فازی و برنامه‌ریزی آرمانی استفاده شده است.

مواد و روش‌ها

به دلیل تنوع در اهداف و قیود، مساله برنامه-ریزی در منابع آب پیچیده بوده و نیاز به مدل‌های مناسب ریاضی می‌باشد، که این مدل‌ها مهمترین بخش از فرآیند برنامه‌ریزی را تشکیل می‌دهند. در سال‌های اخیر ابزارهای فنی به منظور حل مسائل منابع آب، پیشرفت شایانی داشته‌اند (جاکمن و همکارن ۲۰۰۶).

برنامه‌ریزی آرمانی

اساس و هسته برنامه‌ریزی آرمانی اولین بار توسط چارنز و همکاران (۱۹۵۵) و چارنز و کوپر (۱۹۶۱) بنا نهاده شد. اما از اواسط دهه ۷۰ این راهکار توسط ایگنیزو (۱۹۷۸، ۱۹۷۶)، همچنین تمیز و همکاران (۱۹۹۸)، رومرو (۲۰۰۴، ۲۰۰۱) و چانگ (۲۰۰۷) به طور جدی گسترش پیدا کرد (چانگ ۲۰۰۷). فرم کلی برنامه-ریزی آرمانی به صورت زیر می‌باشد (چانگ ۲۰۰۷، رومرو ۲۰۰۴):

$$Min \quad \sum_{i=1}^{q} \left| f_i(X) - b_i \right| \qquad [۱]$$
$$s.to \quad X \in F$$

که در آن $f_i(X)$ تابع خطی از i مین آرمان، b_i سطح i مین آرمان و F مجموعه در دسترس می‌باشد. برنامه‌ریزی آرمانی لکزیکوگرافی به طور گسترده در سال ۱۹۷۲ توسط لی معرفی شد. این نوع از برنامه-ریزی به تعیین سطوح اولویت اهداف برنامه‌ریزی آرمانی می‌پردازد. در این روش آرمان‌های مراتب پایین‌تر پس از حصول آرمان‌های مراتب بالاتر مورد توجه قرار می‌گیرند (چوانگ و همکاران ۲۰۰۷). فرم کلی برنامه‌ریزی لکزیکوگرافی را بشرح زیر می‌توان نوشت (چانگ ۲۰۰۷):

$$Min \quad a = \begin{bmatrix} (\sum_{i \in h_1} \alpha_i d_i^+ + \beta_i d_i^-), \ldots, (\sum_{i \in h_r} \alpha_i d_i^+ + \beta_i d_i^-), \\ \ldots, (\sum_{i \in h_{Q1}} \alpha_i d_i^+ + \beta_i d_i^-) \end{bmatrix} \qquad [۲]$$
$$s.to \quad f_i(X) - d_i^+ + d_i^- = g_i, \quad i = 1,2,\ldots,n,$$
$$i \in h_r, r = 1,2,\ldots,Q, d_i^+, d_i^- \geq 0 \quad X \in F$$

که در آن h_r شاخص مجموعه اهداف قرار گرفته در r مین سطح اولویت، α_i و β_i وزن‌های مربوط به انحرافات ناخواسته اهداف مورد بررسی، d^+ انحراف مثبت، d^- انحراف منفی، g مقدار منابع در دسترس، h تعداد متغییرهای تصمیم و F مجموعه در دسترس می‌باشند (چانگ ۲۰۰۷).

تحلیل سلسله مراتبی فازی

اساساً AHP[1] برای تصمیم‌گیری‌های چند هدفه و چند معیاره، با به کارگیری مقایسات زوجی بین گزینه‌ها و معیارها است (هوانگ و میلر ۲۰۰۳). سپس قضاوت‌های مختلف را در قالب نتیجه‌ای با هم ترکیب می‌نماید که با انتظارات درونی همخوانی دارد. اما قضاوت‌های ذهنی از دیدگاه ریاضی دقیق نیست و امکان ابهام در نتایج را بوجود می‌آورد. بنابراین به منظور فائق آمدن بر این نقص مهم، تحلیل سلسله مراتبی فازی[2] (FAHP) برای حل مسائل سلسله مراتبی، گسترش پیدا کرده است (بوزورا و بسکسه ۲۰۰۷، ارتاگلرول و کاراکاسوگلو ۲۰۰۹). در این مطالعه از روش تحلیل توسعه‌ای[3] چانگ (۱۹۹۶) جهت تبدیل AHP به FAHP استفاده شده است. در این روش هر معیار به یک عدد فازی[4] $Mi(l_i, m_i, u_i)$ تبدیل می‌شود. بنابراین ارزش کل هر معیار در تابع مثلث فازی به صورت $li/\sum li$، $mi/\sum mi$ و $ui/\sum ui$ خواهند بود. در مرحله بعد تابع عضویت برای هر معیار ساخته شده و اشتراک آنها دو به دو با هم مقایسه می‌شود. اگر gi نشان‌دهنده هدف باشد M ارزش برای هر معیار، بدین گونه معرفی می‌شود (ازداگوگلو ۲۰۰۸).

$$M^{1}_{gi}, M^{2}_{gi}, M^{3}_{gi}, \dots M^{m}_{gi} \qquad \begin{matrix} j = 1, 2, \dots, m \\ i = 1, 2, \dots, n \end{matrix} \qquad [۳]$$

که M^{j}_{gi} اعداد فازی مثلثی می‌باشند. مراحل تجزیه و تحلیل چانگ بدین صورت است:

مرحله ۱: ساخت تابع ترکیبی فازی، با توجه به iامین معیار

$$S_i = \sum_{j=1}^{m} M^{j}_{gi} \otimes \left[\sum_{i=1}^{n} \sum_{j=1}^{m} M^{j}_{gi} \right]^{-1} \qquad [۴]$$

که در اینجا M^{j}_{gi} به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$\sum_{j=1}^{m} M^{j}_{gi} = \left(\sum_{i=1}^{n} l_i , \sum_{i=1}^{n} m_i , \sum_{i=1}^{n} u_i \right) \qquad [۵]$$

بنابراین می‌توان نوشت :

$$\sum_{i=1}^{n} \sum_{j=1}^{m} M^{j}_{gi} = \left(\sum_{i=1}^{n} l_i , \sum_{i=1}^{n} m_i , \sum_{i=1}^{n} u_i \right) \qquad [۶]$$

در این صورت:

$$[\sum_{i=1}^{n} \sum_{j=1}^{m} M^{j}_{gi}]^{-1} = \left(\frac{1}{\sum_{i=1}^{n} u_i}, \frac{1}{\sum_{i=1}^{n} m_i}, \frac{1}{\sum_{i=1}^{n} l_i} \right) \qquad [۷]$$

مرحله ۲: درجه صحت بزرگی $M2 = (l2, m2, u2) \geq M1 = (l1, m1, u1)$ بدین گونه محاسبه می‌شود:

$$V(M_2 > M_1) = \sup_{y>x} [\min(\mu_{M_1}(x), \mu_{M_2}(y))] \qquad [۸]$$

x و y ارزش توابع عضویت هر معیار روی محور تابع فازی به شمار می‌روند. بنابراین رابطه ۸ این گونه بازنویسی می‌شود:

$$V(M_2 \geq M_1) = \mu(d) = \begin{cases} 1 & if \ \ m_2 \geq m_1 \\ 0 & if \ \ l_1 \geq u_2 \\ \dfrac{l_1 - u_2}{(m_2 - u_2) - (m_1 - l_1)} & otherwise \end{cases} \qquad [۹]$$

در اینجا d بیشترین فاصله مشترک بین دو تابع عضویت μM1 و μM2 به شمار می‌رود. برای مقایسه M1 و M2 به ارزش $V(M2 \geq M1)$ و $V(M1 \geq M2)$ نیاز هست.

مرحله ۳:

در این مرحله درجه صحت بزرگی برای یک عدد فازی محدب که بزرگتر از k عدد فازی محدب، (Mi (i = 1, 2,…, k)) بدین صورت است:

$$V(M \geq M_1, M_2, M_3, \dots, M_k) = V[(M \geq M_1) \ \& \ (M \geq M_2) \ \& \ (M \geq M_3) \ \& \dots \& \ (M \geq M_k)] = \min V(M \geq M_i), \quad i = 1, 2, 3, \dots, k \qquad [۱۰]$$

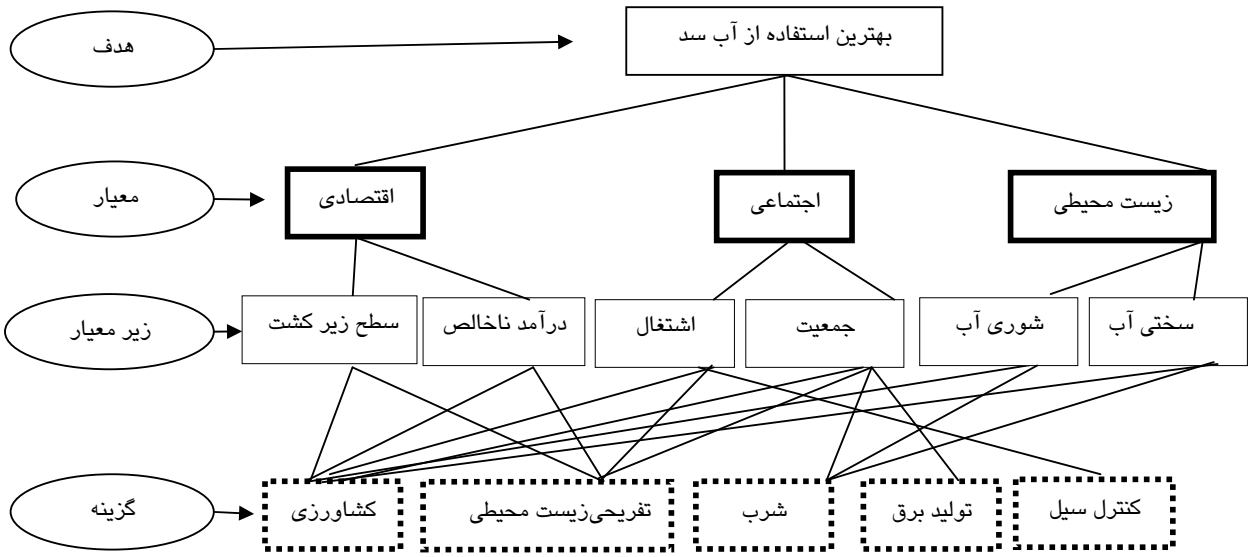
بنابراین رابطه (۱۰) را می‌توان بدین گونه نوشت:

$$d`(A_i) = \min V(S_i \geq S_k) \qquad [۱۱]$$

$k = 1, 2, 3, \dots, n \ ; \ k \neq i$، بنابراین وزن هر بردار بدین صورت در می‌آید:

$$W = (d`(A_1), d`(A_2), d`(A_3), \dots, d`(A_n))^T \qquad [۱۲]$$

[1] Analytic Hierarchy Process (AHP)
[2] Fuzzy Analytic Hierarchy Process (FAHP)
[3] Extent Analysis (EA)
[4] Fuzzy set



شکل ۱- ساختار سلسله مراتبی به منظور اولویت‌بندی گزینه‌های استفاده از آب سد.

که در اینجا W بردار وزن غیر فازی[1] می‌باشد.

در این مطالعه نمای کلی ساختار سلسله مراتبی به شکل ۱ می‌باشد. همانطور که مشاهده می‌شود هدف در بالاترین سطح، سپس معیارها، زیرمعیارها و در نهایت گزینه‌های مورد بررسی در سطح ۴ این ساختار قرار گرفتند. معیارهای مورد بررسی شامل اقتصادی، اجتماعی و زیست محیطی، که هر کدام با دو زیرمعیار با گزینه‌های کشاورزی، تفریحی-زیست محیطی، شرب، تولید برق و کنترل سیل مربوط می‌شوند.

ترکیب مدل‌های برنامه‌ریزی آرمانی لکزیکوگرافی و تحلیل سلسله مراتبی فازی[2]

اگرچه الویت‌بندی گزینه‌های مورد بررسی به منظور انتخاب بهترین استفاده از آب سد، بوسیله FAHP فراهم می‌شود، اما این روش قادر به در نظر گرفتن محدودیت‌های مربوط به محیط تصمیم‌گیری نیست. ولو اینکه بسیاری از عوامل از جمله محدودیت‌های مدیریتی، بودجه و منابع موجود دیگر، در دنیای واقعی در فرآیند تصمیم‌گیری موجود و در انتخاب یک گزینه ایده‌آل، تاثیر معنی‌داری داشته باشند. بنابراین، راهکار جدیدی برای حل این مشکل یعنی ترکیب سلسله مراتبی فازی و برنامه‌ریزی آرمانی راه‌گشا است (مکگرگو و دِنت ۱۹۹۳).

ترکیب این دو مدل به صورت زیر فرموله شد:

$$\min \quad Z = \sum_k p_k (w_k d_k^-, w_k d_k^+) + \sum_{j=1} p_j (d_j^-, d_j^+) \qquad [۱۳]$$

s.to

$$\left[\sum_k S_{FAHP,k} x_k\right] + d_{s,FAHP}^- - d_{s,FAHP}^+ = 1 \qquad k = 1,...,6 \qquad [۱۴]$$

$$\left[\sum_k S_{l,k} x_k\right] + d_{s,l}^- - d_{s,l}^+ = T_k \qquad k = 1,..., 6 \qquad [۱۵]$$

که در اینجا p_k اولویت اهداف استخراجی از ساختار سلسله مراتبی، p_j اولویت اهداف استخراجی از برنامه‌ریزی آرمانی، S_{FAHP} وزن‌های نهایی گزینه‌ها، S_l، وزنهای جزیی، T مقادیر هر معیار و x نشانگر گزینه‌های مورد بررسی می‌باشند. رابطه ۱۴ محدودیت آرمانی گزینه‌های مورد بررسی و بیانگر این است که تعداد گزینه‌ها به صورتی انتخاب می‌شوند که حداکثر

[1] Crisp
[2] Goal programming- Fuzzy analytic hierarchy process (GP-FAHP)

مجموع وزن ترکیبی را داشته باشند. به‌عبارتی دیگر به صورت اتوماتیک گزینه انتخاب می‌شود که در فرآیند FAHP حداکثر وزن نهایی را گرفته باشد. رابطه ۱۵ محدودیت آرمانی معیارها یا زیر معیارهای مورد بررسی، می‌باشند. لازم به ذکر است که متغیرهای انحراف در حقیقت وظیفه حفظ تعادل را در این معادله ایفا می‌نمایند.

ساختار مدل مورد مطالعه با توجه به مطالب فوق اهداف و محدودیت‌های برنامه‌ریزی آرمانی لکزیکوگرافی به شرح زیر در نظر گرفته شد.

$$Min \quad Z = \sum_{k=1}^{7} p_k (w_k d_k^-, w_k d_k^+) + \sum_{j=1}^{5} p_j (d_j^-) \qquad [۱۶]$$

s.to

$$w_{11} Xagri + w_{12} Xent + d_1^- - d_1^+ = T_1 \qquad [۱۷]$$

$$w_{21} Xagri + w_{22} Xent + d_2^- - d_2^+ = T_2 \qquad [۱۸]$$

$$w_{31} Xagri + w_{32} Xent + w_{33} Xconk + d_3^- - d_3^+ = T_3 \qquad [۱۹]$$

$$w_{41} Xagri + w_{42} Xent + w_{43} Xdrink + w_{44} Xp + d_4^- - d_4^+ = T_4 \qquad [۲۰]$$

$$w_{51} Xagri + w_{51} Xdrink + d_5^- - d_5^+ = T_5 \qquad [۲۱]$$

$$w_{61} Xagri + w_{62} Xdrink + d_6^- - d_6^+ = T_6 \qquad [۲۲]$$

$$w_{71} Xagri + w_{72} Xent + w_{73} Xdrink + w_{74} Xp + w_{75} Xcon + d_7^- - d_7^+ = T_7 \qquad [۲۳]$$

$$\sum_{j=1}^{6} a_j X_j + d_8^- - d_8^+ = T_8 \qquad [۲۴]$$

$$\sum_{i=1}^{12} drink_i + d_9^- - d_9^+ = T_9 \qquad [۲۵]$$

$$\sum_{i=1}^{12} P_i + d_{10}^- - d_{10}^+ = T_{10} \qquad [۲۶]$$

$$\sum_{i=1}^{4} F_i + d_{11}^- - d_{11}^+ = T_{11} \quad i = 1,2,11,12 \qquad [۲۷]$$

$$\sum_{i=1}^{12} S_i + d_{12}^- - d_{12}^+ = T_{12} \qquad [۲۸]$$

$$\sum_{m=1}^{6} X_m \le LD \qquad [۲۹]$$

$$\sum_{m=1}^{6} a_{mj} X_m \le IR_j \quad j = 1,...,12 \qquad [۳۰]$$

$$W_j \le drink_j \le \inf_j \qquad [۳۱]$$

$$f_j \le con_j \qquad j = 1,2,11,12 \qquad [۳۲]$$

$$S\min \le s_1 \le S\max \qquad [۳۳]$$

$$\sum_{j=1}^{6} a_{mj} X_j + drink_j + c_j - c_{j-1} - st_1 \le \quad j = 1,...,12 \qquad [۳۴]$$

$$\sum_{j=1}^{12} P_j = \alpha + \beta \sum_{j=1}^{12} S_j \qquad [۳۵]$$

$$IR\min \le Xagri \le IR\max \qquad [۳۶]$$

$$Xdirnk \le W\max \qquad [۳۷]$$

$$Xp \le P\max \qquad [۳۸]$$

$$Xcon \le C\max \qquad [۳۹]$$

$$S\min \le Xent \le S\max \qquad [۴۰]$$

$$Or = Or_{bound} \qquad [۴۱]$$

که در اینجا رابطه ۱۶ تابع هدف برنامه‌ریزی آرمانی لکزیکوگرافی، روابط ۱۷ تا ۲۳ محدودیت‌های آرمانی زیر معیارها و آلترناتیوهای ساختار سلسله مراتبی فازی و روابط ۲۴ تا ۲۸ محدودیت‌های آرمانی مدل برنامه‌ریزی آرمانی و T ها مقدار هر آرمان می-

باشند. روابط ۲۹ تا ۴۱ محدودیت‌های سیستمی که به ترتیب شامل: رابطه ۲۹ زمین‌های در دسترس کشاورزان برای ۶ محصول گندم، جو، چغندرقند، یونجه، گوجه فرنگی و باغات، رابطه ۳۰، حداکثر ظرفیت کانال‌های انتقال آب برای ۱۲ ماه، رابطه ۳۱ حداکثر و حداقل ظرفیت تصفیه‌خانه‌های آب شرب شهری و نیاز بخش شرب شهری به صورت ماهانه، مقدار سمت راست رابطه ۳۲ نشانگر حد مجاز حجم مخزن در ماه-های فروردین، اردیبهشت، بهمن و اسفند به منظور کنترل سیل، رابطه ۳۳، حداکثر و حداقل حجم مجاز مخزن به منظور تأمین نیاز تفریحی – زیست محیطی منطقه، رابطه ۳۴، محدودیت مصرف آب که بیان می‌کند، مصرف بخش شرب شهری و بخش کشاورزی بایستی کوچکتر مساوی کل جریان ورودی به سد و متغیرهای c بیانگر متغیرهای انتقالی ذخیره ماهانه می‌باشند. رابطه ۳۵، محدودیت تولید برق که در آن α و β پارامترهای تخمینی، P_j تولید برق در ماه j و S_j جریان خروجی از سد در ماه‌های مختلف می‌باشند. رابطه ۳۶، محدودیت تأمین آب بخش کشاورزی بدین‌معنی که، کل نیاز بخش کشاورزی بایستی بین حداقل و حداکثر ظرفیت کانال-های انتقال آب به شبکه آبیاری باشد. رابطه ۳۷، محدودیت تأمین آب شرب شهری که در آن، کل نیاز بخش شرب شهری بایستی کوچکتر و مساوی حداکثر ظرفیت تصفیه‌خانه‌ها باشد. رابطه ۳۸، محدودیت توان تولید برق، که در آن تولید برق، کوچکتر و مساوی حداکثر توان تولید برق نیروگاه سد مهاباد می‌باشد. رابطه ۳۹، بیان می‌کند که ظرفیت مخزن نباید از حداکثر حجم مجاز مخزن به منظور کنترل سیل بالاتر باشد. رابطه ۴۰، محدودیت تأمین نیاز تفریحی – زیست محیطی که بیان می‌کند، نیاز تفریحی و زیست محیطی حجم مخزن بایستی کوچکتر مساوی حداکثر ظرفیت مخزن و بزرگتر مساوی حجم مرده مخزن باشد و در نهایت، در رابطه ۴۱، می‌توان گفت به دلیل تأخیر ثمردهی باغات، از زمان کاشت تا بهره‌دهی سطح زیرکشت این محصول ثابت و برابر سطح زیر کشت فعلی در نظر گرفته می‌شود.

نتایج و بحث

همان‌طور که گفته شد اساس روش تحلیل سلسله مراتبی بر پایه مقایسات دوبه‌دو تصمیم‌گیرنده، در قالب ماتریس است. بنابراین بعد از مقایسه تمامی معیارها، زیرمعیارها و گزینه‌ها نسبت به زیرمعیارها به صورت دوبه‌دو با یکدیگر، نتایج وزن‌دهی به صورت جداول زیر بیان می‌شود:

جدول ۱- وزن جزیی هر معیار.

معیارها	اقتصادی	اجتماعی	زیست محیطی
وزن‌های نهایی	۰/۴۵	۰/۲۳	۰/۳۲

منبع: نتایج تحقیق

در جدول (۱) وزن‌های نرمال شده نهایی معیارهای اقتصادی، اجتماعی و زیست محیطی و در جدول (۲) وزن‌های زیرمعیارها نشان داده شده است.
در جدول (۳) وزن جزیی هر گزینه نسبت به زیرمعیار مربوطه نیز نشان داده شده است.

جدول ۲- وزن جزیی هر زیر معیار.

معیار	اقتصادی		اجتماعی		زیست محیطی	
زیرمعیار	سطح زیرکشت	درآمد ناخالص	اشتغال زایی	جمعیت	شوری آب	سختی آب
وزن نهایی	۰	۱	۰/۵	۰/۵	۰/۵	۰/۵

منبع: نتایج تحقیق

جدول ۳- وزن جزیی هر گزینه نسبت به زیر معیار های مربوطه.

گزینه / زیرمعیار	سطح زیرکشت	درآمدناخالص	اشتغال زایی	جمعیت	شوری آب	سختی آب
کشاورزی	۱	۰/۵	۰/٤٥	۰	۰/۵	۰
تفریحی	۰	۰/۵	۰/۳۲	۰	----	----
شرب	----	----	----	۰/٦٦	۰/۵	۱
تولید برق	----	----	----	۰/۳٤	----	----
کنترل سیل	----	----	۰/۲۳	۰	----	----

منبع: نتایج تحقیق

کشاورزی : ۰/۳٥٦ = ۰/۵ × ۰/۵ × ۰/۳۲ + ۰ × ۰/۵ × ۰/۳۲ + ۰ × ۰/۵ × ۰/۲۳ + ۰/٤٥ × ۰/۵ × ۰/۲۳ + ۰/۵ × ۰/٤٥ × ۱ + ۰ × ۰/٤٥ × ۱

تفریحی : ۰/۲٦۱ = ۰ × ۰/۵ × ۰/۲۳ + ۰/۵ × ۰/۳۲ × ۰/۵ × ۰/۲۳ + ۰/۵ × ۰/٤٥ × ۱ + ۰ × ۰/٤٥ × ۱

شرب : ۰/۳۱٥ = ۰/۵ × ۰/۵ × ۰/۳۲ + ۱ × ۰/۵ × ۰/۳۲ + ۰/٦٦ × ۰/۵ × ۰/۳۲

تولید برق : ۰/۰۳۹ = ۰/۳٤ × ۰/۵ × ۰/۲۳

کنترل سیلاب : ۰/۰۲٦ = ۰ × ۰/۵ × ۰/۳۲ + ۰/۲۳ × ۰/۵ × ۰/۲۳

وزن نهایی هر گزینه با ضرب وزن‌های جزیی مربوط به هم، به صورت زیر محاسبه شد. در نهایت وزن نهایی هر گزینه و اهمیت آنها بدین صورت محاسبه می‌گردد.

همانطور که نمایان است، وزن گزینه کشاورزی با مقدار ۰/۳۶ بیشتر از دیگر گزینه‌ها بدست آمد. بعد از کشاورزی، گزینه شرب با وزن نهایی ۰/۳۱ در درجه دوم اهیمت قرار گرفت. گزینه‌های تفریحی- زیست‌محیطی، تولید برق و کنترل سیل نیز بعد از گزینه‌های کشاورزی و شرب در مکانهای بعدی قرار گرفتند.

الگوی کشت حاصل از حل مدل برنامه‌ریزی آرمانی لکزیکوگرافی با اعمال وزن‌های حاصل از ساختار سلسله مراتبی، در اولویت‌های مختلف، در جدول ۴ مشاهده می‌شود. با توجه به جدول ملاحظه می‌شود که، محصول گندم در تمامی الویت‌ها، بیشترین سطح زیرکشت را دارا می‌باشند. پس از آن محصولات باغی، چغندرقند، یونجه، جو و گوجه فرنگی به ترتیب بیشترین سطح زیرکشت را به خود اختصاص دادند. در این میان الگوی کشت حاصل از اولویت هشتم (درآمد ناخالص کشاورزی) بیشترین سطح زیرکشت با ۱۰۱۳۵ هکتار و درآمد ناخالص ۳۱۵۰۰۵ میلیون ریال و اولویت دهم (تامین آب شرب)، با ۹۵۰۰ هکتار و ۳۰۳۳۴۰ میلیون ریال بیشترین سطح زیرکشت را به خود اختصاص دادند. در تمامی اولویت‌ها، آرمانهای مورد نظر با انحراف ناخواسته مواجه شدند.

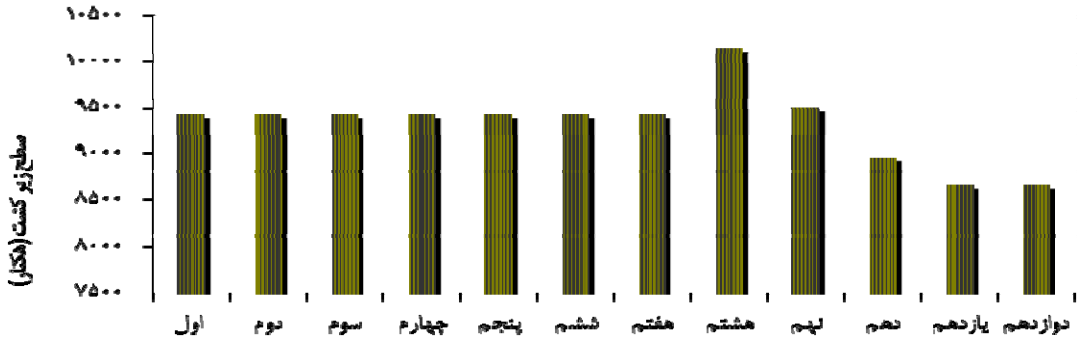
جدول ۴- نتایج حاصل از حل مدل ترکیبی برنامه‌ریزی آرمانی و سلسله مراتبی فازی

متغیر / اولویت	اول تا هفتم	هشتم	نهم	دهم	یازدهم	دوازدهم
گندم (ha)	۲۶۵۰	۲۹۰۰	۲۷۰۰	۲۵۰۰	۲۴۰۰	۲۴۰۰
جو (ha)	۸۵۰	۱۰۰۰	۹۰۰	۸۵۰	۸۰۰	۸۰۰
چغندرقند (ha)	۱۸۵۰	۱۶۵۰	۱۶۰۰	۱۵۰۰	۱۵۵۰	۱۵۵۰
یونجه (ha)	۱۳۲۰	۱۸۰۰	۱۵۰۰	۱۳۵۰	۱۲۵۰	۱۲۵۰
باغات (ha)	۲۳۰۰	۲۳۰۰	۲۳۰۰	۲۳۰۰	۲۳۰۰	۲۳۰۰
گوجه فرنگی (ha)	۴۵۲	۴۸۵	۵۰۰	۴۵۰	۳۵۰	۳۵۰
درآمد ناخالص (میلیون ریال)	۳۰۵۱۶۰	۳۱۵۰۰۵	۳۰۳۳۴۰	۲۸۹۳۰۰	۲۸۰۸۰۵	۲۸۰۸۰۵
آب شرب (m^3)	۱۱۱۰۸۰۰۰	۱۴۵۳۲۰۰۰	۱۷۵۶۲۰۰۰	۱۳۲۴۵۰۰۰	۱۳۷۶۴۰۰۰	۱۳۷۶۴۰۰۰
حجم مخزن (m^2)	۱۹۲۴۰۰۰۰۰	۵۱۷۴۵۰۰۰۰۰	۱۷۲۵۰۰۰۰۰	۱۸۶۲۰۰۰۰۰	۱۵۶۳۰۰۰۰۰	۱۸۵۳۰۰۰۰۰
تولید برق (Mwatt)	۱۱۶۵۰	۱۲۶۴۰	۱۴۲۱۰	۱۴۳۱۰	۱۹۸۳۲	۱۳۴۷۰
کنترل سیل (m^3)	۱۵۴۳۰۰۰۰۰	۱۱۹۲۰۰۰۰۰	۱۱۹۲۰۰۰۰۰	۱۱۹۲۰۰۰۰۰	۱۱۹۲۰۰۰۰۰	۱۸۲۲۰۰۰۰۰

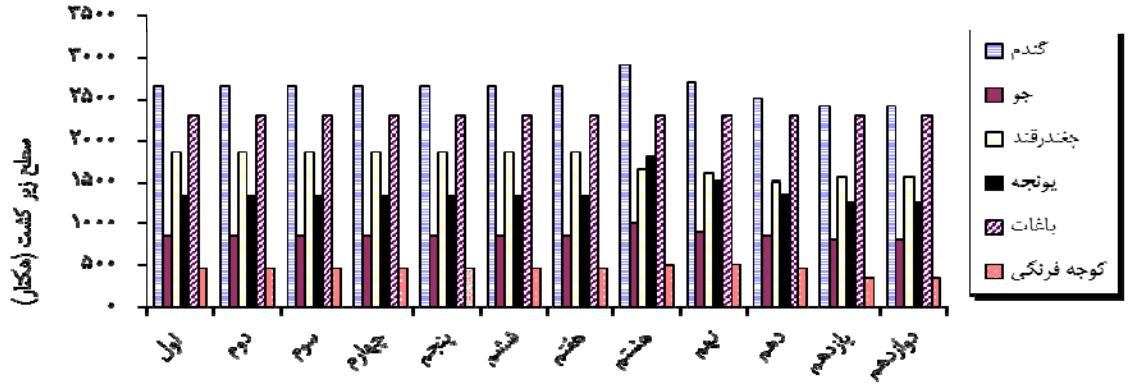
منبع: نتایج تحقیق

بیشترین انحراف ناخواسته درآمد ناخالص کشاورزی مربوط به اولویت دهم با ۸۸۳۴۵ میلیون ریال و اولویت هشتم با ۵۴۱۴۵ میلیون ریال، به ترتیب بیشترین و کمترین انحراف را از آرمان درآمد ناخالص داشتند. بیشترین انحراف ناخواسته آرمان تامین آب شرب مربوط به اولویت‌های اول تا هفتم با مقدار ۸۹۶۴۰۰۰ مترمکعب و کمترین آن مربوط به اولویت نهم با مقدار ۳۵۵۳۰۰۰ مترمکعب می‌باشد. انحراف ناخواسته آرمان تفریحی- زیست محیطی در اولویت دهم تا دوازدهم بیشترین انحراف با مقدار ۳۸۵۶۸۰۰۰ و اولویت نهم با ۱۰۴۷۸۰۰۰ مترمکعب کمترین انحراف را داشتند. بیشترین انحراف آرمان تولید برق مربوط به اولویت‌های اول تا هفتم با مقدار ۱۲۴۴۳و کمترین انحراف مربوط به اولویت یازدهم با مقدار ۴۲۶۱ مگا وات می‌باشد.

شکل ۲ سطح زیرکشت کشاورزی منطقه در اولویت‌های مختلف نشان داده شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود در اولویت درآمد ناخالص بخش کشاورزی (اولویت هشتم)، بیشترین سطح زیرکشت به کشاورزی منطقه اختصاص یافته است. سطح زیرکشت بیشتر همراه با درآمد ناخالص بیشتر و همچنین آب کشاورزی بیشتر به این بخش را به دنبال دارد.



شکل ۲- سطح زیرکشت بخش کشاورزی منطقه در اولویت‌های مختلف.



شکل ۳- سطح زیرکشت به تفکیک محصول در اولویت‌های مختلف.

در شکل ۳ سطح زیرکشت به تفکیک محصولات، در اولویت‌های مختلف نشان داده شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود، محصول گندم در تمامی اولویت‌های بیشترین و گوجه فرنگی کمترین سطح زیرکشت را دارا می‌باشند.

در جدول ۵ تخصیص آب به بخش شرب در اولویت‌های مختلف طی ۱۲ ماه نشان داده شده است. تخصیص آب به این بخش در اولویت نهم (تخصیص آب به بخش شرب شهری) بیشترین مقدار را دارا می‌باشد. همانگونه که انتظار می‌رفت این مقدار در تمامی اولویت‌ها، در سه ماه تابستان، نسبت به ماه‌های دیگر بیشتر بوده است. بر این اساس می‌توان گفت این سه ماه، ماه‌های پرمصرف آب شرب در تمامی اولویت‌ها می‌باشند. مقدار آب تخصیصی به بخش شرب شهری در اولویت-های اول تا هفتم (آرمان‌های ساختار سلسله مراتبی) و در اولویت‌های هشتم و دهم تا دوازدهم یکسان بود.

جدول ۵- آب شرب تخصیصی به بخش شرب شهری در اولویت‌های مختلف طی ماه‌های مختلف (متر مکعب).

اولویت / ماه	اول تا هفتم	هشتم	نهم	دهم	یازدهم	دوازدهم
فروردین	۱۲۶۷۰۰۰	۱۳۸۷۰۰۰	۱۸۶۱۰۰۰	۱۳۸۷۰۰۰	۱۳۸۷۰۰۰	۱۳۸۷۰۰۰
اردیبهشت	۱۱۳۲۰۰۰	۱۲۴۳۰۰۰	۱۶۷۳۰۰۰	۱۲۴۳۰۰۰	۱۲۴۳۰۰۰	۱۲۴۳۰۰۰
خرداد	۱۱۳۲۰۰۰	۱۲۵۶۰۰۰	۱۷۱۲۰۰۰	۱۲۵۶۰۰۰	۱۲۵۶۰۰۰	۱۲۵۶۰۰۰
تیر	۱۲۰۵۰۰۰	۱۶۷۸۰۰۰	۱۹۰۰۰۰۰	۱۶۷۸۰۰۰	۱۶۷۸۰۰۰	۱۶۷۸۰۰۰
مرداد	۱۲۵۴۰۰۰	۱۶۹۷۰۰۰	۲۰۰۰۰۰۰	۱۶۹۷۰۰۰	۱۶۹۷۰۰۰	۱۶۹۷۰۰۰
شهریور	۱۲۳۲۰۰۰	۱۶۷۰۰۰۰	۱۹۰۱۰۰۰	۱۶۷۰۰۰۰	۱۶۷۰۰۰۰	۱۶۷۰۰۰۰
مهر	۱۰۷۵۰۰۰	۱۱۲۰۰۰۰	۱۴۲۱۰۰۰	۱۱۲۰۰۰۰	۱۱۲۰۰۰۰	۱۱۲۰۰۰۰
آبان	۱۰۸۰۰۰۰	۱۱۲۵۰۰۰	۱۵۰۵۰۰۰	۱۱۲۵۰۰۰	۱۱۲۵۰۰۰	۱۱۲۵۰۰۰
آذر	۱۰۷۱۰۰۰	۱۱۵۰۰۰۰	۱۴۳۷۰۰۰	۱۱۵۰۰۰۰	۱۱۵۰۰۰۰	۱۱۵۰۰۰۰
دی	۱۰۲۰۰۰۰	۱۱۰۰۰۰۰	۱۵۲۶۰۰۰	۱۱۰۰۰۰۰	۱۱۰۰۰۰۰	۱۱۰۰۰۰۰
بهمن	۱۰۲۱۰۰۰	۱۱۲۰۰۰۰	۱۶۰۱۰۰۰	۱۱۲۰۰۰۰	۱۱۲۰۰۰۰	۱۱۲۰۰۰۰
اسفند	۱۰۲۶۰۰۰	۱۱۴۰۰۰۰	۱۵۹۱۰۰۰	۱۱۴۰۰۰۰	۱۱۴۰۰۰۰	۱۱۴۰۰۰۰

منبع: نتایج تحقیق

جدول ۶- حجم مخزن در اولویت‌های مختلف طی ماه‌های مختلف (متر مکعب).

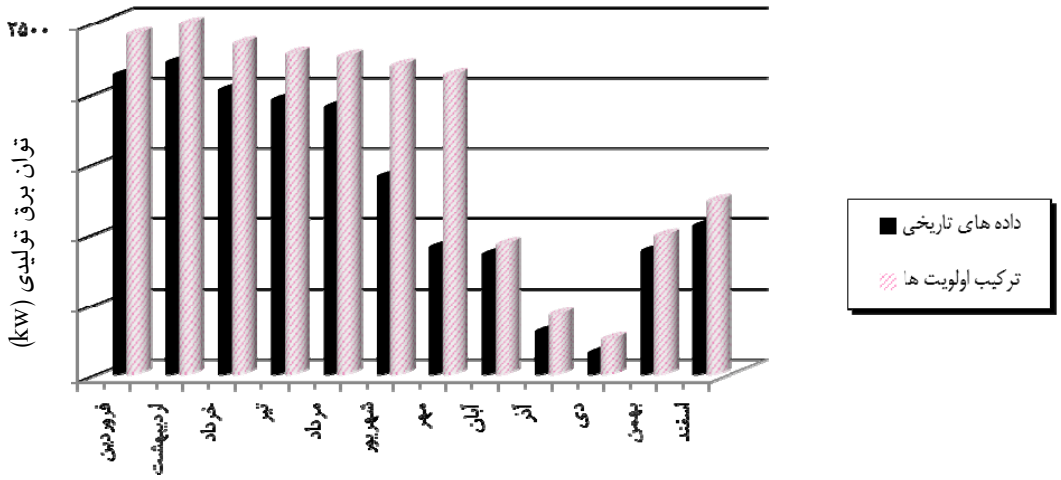
اولویت / ماه	اول تا هفتم	هشتم	نهم	دهم	یازدهم	دوازدهم
فروردین	۱۶۵۵۶۰۰۰۰	۱۷۵۲۰۰۰۰	۱۷۵۲۰۰۰۰	۱۷۵۲۰۰۰۰	۱۷۵۲۰۰۰۰	۱۸۶۱۵۶۰۰۰
اردیبهشت	۱۷۳۷۱۰۰۰۰	۱۸۳۶۵۰۰۰۰	۱۸۳۶۵۰۰۰۰	۱۸۳۶۵۰۰۰۰	۱۸۳۶۵۰۰۰۰	۱۹۴۱۷۱۰۰۰
خرداد	۱۵۳۸۵۰۰۰۰	۱۶۳۷۶۰۰۰۰	۱۶۳۷۶۰۰۰۰	۱۶۳۷۶۰۰۰۰	۱۶۳۷۶۰۰۰۰	۱۷۴۳۸۵۰۰۰
تیر	۱۲۷۹۳۰۰۰۰	۱۱۷۷۳۰۰۰۰	۱۱۷۷۳۰۰۰۰	۱۱۷۷۳۰۰۰۰	۱۱۷۷۳۰۰۰۰	۱۴۸۰۹۳۰۰۰
مرداد	۸۶۳۶۰۰۰۰	۹۷۷۴۰۰۰۰	۹۷۷۴۰۰۰۰	۹۷۷۴۰۰۰۰	۹۷۷۴۰۰۰۰	۱۱۶۲۳۶۰۰۰
شهریور	۵۹۰۴۰۰۰۰	۶۹۷۴۰۰۰۰	۶۹۷۴۰۰۰۰	۶۹۷۴۰۰۰۰	۶۹۷۴۰۰۰۰	۸۹۲۰۴۰۰۰
مهر	۵۸۶۹۰۰۰۰	۶۸۹۰۰۰۰۰	۶۸۹۰۰۰۰۰	۶۸۹۰۰۰۰۰	۶۸۹۰۰۰۰۰	۶۸۷۶۹۰۰۰
آبان	۵۱۴۶۰۰۰۰	۶۱۵۴۰۰۰۰	۶۱۵۴۰۰۰۰	۶۱۵۴۰۰۰۰	۶۱۵۴۰۰۰۰	۶۱۲۴۶۰۰۰
آذر	۵۲۰۱۰۰۰۰	۶۲۸۷۰۰۰۰	۶۲۸۷۰۰۰۰	۶۲۸۷۰۰۰۰	۶۲۸۷۰۰۰۰	۶۲۶۰۱۰۰۰
دی	۶۱۹۵۰۰۰۰	۷۱۴۳۰۰۰۰	۷۱۴۳۰۰۰۰	۷۱۴۳۰۰۰۰	۷۱۴۳۰۰۰۰	۷۱۲۹۵۰۰۰
بهمن	۷۶۴۳۰۰۰۰	۸۶۲۷۰۰۰۰	۸۶۲۷۰۰۰۰	۸۶۲۷۰۰۰۰	۸۶۲۷۰۰۰۰	۸۹۹۴۳۰۰۰
اسفند	۱۱۶۷۳۰۰۰۰	۱۱۸۹۳۰۰۰۰	۱۱۸۹۳۰۰۰۰	۱۱۸۹۳۰۰۰۰	۱۱۸۹۳۰۰۰۰	۲۷۳۰۰۰

منبع: نتایج تحقیق

جدول ۷- برق تولیدی در اولویت‌های مختلف (واحد کیلو وات).

اولویت / ماه	اول تا هفتم	هشتم	نهم	یازدهم	دوازدهم	ترکیب هشتم، نهم و یازدهم
فروردین	۱۲۱۳	۱۳۱۳	۱۴۳۱	۱۳۲۷	۱۳۱۳	۲۴۱۳
اردیبهشت	۱۲۵۱/۹۸	۱۳۵۱	۱۴۷۴	۱۳۷۹	۱۳۵۱	۲۴۵۱
خرداد	۱۱۴۶/۰۳	۱۲۴۶	۱۳۵۱	۱۳۶۱	۱۲۴۶	۲۳۴۶
تیر	۱۰۴۷/۳۷	۱۱۷۴	۱۲۸۷	۱۱۸۲	۱۱۷۴	۲۲۷۴
مرداد	۱۰۵۵/۶۶	۱۱۵۵	۱۲۶۷	۱۱۸۹	۱۱۵۵	۲۲۵۵
شهریور	۹۹۰/۲۳	۸۹۰	۹۸۳	۹۰۱	۸۹۰	۲۱۹۰
مهر	۹۲۴/۳۳	۸۲۴	۹۴۳	۸۸۲	۸۲۴	۲۱۲۴
آبان	۱۴۴/۳۶	۱۳۴	۲۳۴	۱۷۹	۱۳۴	۲۶۴
آذر	۱۳۲/۹۸	۱۴۲	۲۷۸	۱۷۲	۱۴۲	۲۵۲
دی	۱۲۷/۸۹۲	۱۵۷/۶	۲۹۰	۱۸۰	۱۵۷/۶	۲۴۷
بهمن	۱۴۷/۳۶۵	۱۵۷	۲۹۵	۱۷۳	۱۵۷	۲۶۷
اسفند	۱۸۰/۱۸۹	۳۴۱	۴۸۷	۳۷۴	۳۴۱	۲۹۸

منبع: نتایج تحقیق



شکل ۴- مقایسه برق تولیدی در داده‌های تاریخی و داده‌های مدل ترکیب اولویت‌ها.

حجم آب مخزن در ماه‌های مختلف به منظور نیاز تفریحی – زیست در جدول ۶ مشاهده می‌شود. مقدار حجم مخزن در اولویت دوازدهم بیشترین مقدار را به خود اختصاص داد. این مقدار در ماه‌های فروردین، با توجه به اینکه، وقتی آب سد جهت مصارف دیگر از جمله کشاورزی، شرب و کنترل سیل رها می‌شود، آب بیشتری از توربین‌ها خارج شده و موجب تولید برق بیشتری می‌شود، کشاورزی، شرب و کنترل سیل در یک اولویت قرار داده شد. نتایج حاصل از این مدل نیز در جدول ۷ نشان داده شده است. همچنان که انتظار می‌رفت تولید برق در ترکیب اولویت کشاورزی، شرب و کنترل سیل بیشترین تولید را نشان داد. این میزان در تمامی اولویت‌ها، در ماه‌های فروردین، اردیبهشت، خرداد، به دلیل آب فراوان حاصل از بارندگی بیشترین مقدار تولیدی را داشت.

همان‌طور که در شکل ۴ نشان داده شد، در تمامی ماه‌ها مدل ترکیبی، تولید برق بیشتری بدست می‌دهد. در داده‌های تاریخی و مدل ترکیبی، تولید برق در ماه اردیبهشت بیشترین مقدار را نشان می‌دهد.

در جدول ۸ فضای خالی مورد نیاز مخزن به منظور کنترل سیل مشاهده می‌شود. بدین ترتیب در تمامی اولویت‌ها حجم فضای خالی جهت کنترل سیل در ماه فروردین برابر ۸۹ میلیون مترمکعب بیشترین فضا و برای ماه اردیبهشت با ۲۶ میلیون مترمکعب فضای خالی کمترین حجم خالی را نیاز دارد. این فضا برای ماه‌های بهمن و اسفند نیز به ترتیب برابر ۲۷ و ۵۲ میلیون متربمکعب می‌باشد، در این ۴ ماه به دلیل بارندگی زیاد و احتمال وقوع سیلاب حجم معینی از مخزن، خالی نگه داشته می‌شود. اما، در ماه‌های دیگر به دلیل مصرف تامین آب منطقه و عدم بارندگی نیازی به خالی کردن مخزن نیست.

جدول۸-حجم فضای خالی به منظور کنترل سیل (واحد مترمکعب).

اولویت / ماه	اول تا هفتم	هشتم	نهم	دهم	یازدهم	دوازدهم
فروردین	۸۹۰۰۰۰۰	۸۹۰۰۰۰۰	۸۹۰۰۰۰۰	۸۹۰۰۰۰۰	۸۹۰۰۰۰۰	۸۹۰۰۰۰۰
اردیبهشت	۲۶۰۰۰۰۰	۲۶۰۰۰۰۰	۲۶۰۰۰۰۰	۲۶۰۰۰۰۰	۲۶۰۰۰۰۰	۲۶۰۰۰۰۰
خرداد	----	----	----	----	----	----
تیر	----	----	----	----	----	----
مرداد	----	----	----	----	----	----
شهریور	----	----	----	----	----	----
مهر	----	----	----	----	----	----
آبان	----	----	----	----	----	----
آذر	----	----	----	----	----	----
دی	----	----	----	----	----	----
بهمن	۲۷۰۰۰۰۰	۲۷۰۰۰۰۰	۲۷۰۰۰۰۰	۲۷۰۰۰۰۰	۲۷۰۰۰۰۰	۲۷۰۰۰۰۰
اسفند	۵۲۰۰۰۰۰	۵۲۰۰۰۰۰	۵۲۰۰۰۰۰	۵۲۰۰۰۰۰	۵۲۰۰۰۰۰	۵۲۰۰۰۰۰

منبع: نتایج تحقیق

منابع مورد استفاده

بریم‌نژاد و و صدرالاشرفی س‌م،۱۳۸۴. مدل‌بندی پایداری در منابع آب با استفاده ار تکنیک‌های تصمیم‌گیری چند معیاره، علوم کشاورزی، شماره ۱۱، جلد ۴. صفحه‌های ۱ تا ۱۸.

جمالی س، ابریشمجی ا و تجریشی م، ۱۳۸۶. ساخت مدل های پیش بینی جریان رودخانه و بهره برداری از مخزن سد زاینده رود با استفاده از سیستم استنباط فازی، شماره ۱۸، جلد ۴. صفحه‌های ۲۵ تا ۳۴.

رفیعی دارانی ه، بخشوده م و زیبایی م، ۱۳۸۶. انتخاب و رتبه‌بندی سیستم‌های آبیاری در استان اصفهان: کاربرد ماتریس معیارها، کارایی کیفی گزینه‌ها و برنامه‌ریزی چندمعیاری، علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، جلد ۴۰. صفحه‌های ۳۹۹ تا ۴۰۹.

ستاری مت و اسمعیل زاده ب، ۱۳۸۳. تخصیص بهینه آب در مخازن دو منظوره آبیاری- آبرسانی، اولین کنگره ملی مهندسی عمران، دانشگاه صنعتی شریف.

صبوحی صابونی م، سلطانی غ و زیبایی م، ۱۳۸۶. ارزیابی راه‌کارهای مدیریت منابع آب زیر زمینی: مطالعه موردی دشت نریمانی در استان خراسان، علوم آب و خاک، شماره ۱۱، جلد ۱. صفحه‌های ۴۷۵ تا ۴۸۵.

قادری ج و محمدپور ع، ۱۳۸۳. تحلیل جریان ورودی به مخزن سدها در مدل برنامه‌ریزی آرمانی با قیدهای تصادفی (مطالعه موردی سد مخزنی مهاباد)، مجله دانشکده فنی دانشگاه تبریز، شماره ۳. صفحه‌های۳۵ تا ۴۶.

قدمی س.م، شریفی م.ب و قهرمان ب، ۱۳۸۵. بهینه‌سازی بهره‌برداری از سیستم‌های چند مخزنی منابع آبی با استفاده از الگوریتم ژنیتک، هفتمین سمینار بین‌المللی مهندسی رودخانه، اهواز. صفحه‌های ۱ تا ۱۵.

محمدپور ع، ۱۳۷۸. بهینه‌سازی بهره‌برداری سدهای چندمنظوره با استفاده از مدل‌های قطعی و تصادفی برنامه‌ریزی آرمانی، پایان‌نامه کارشناسی ارشد آبیاری، دانشکده کشاورزی، دانشگاه باهنر کرمان.

Anonymous, 2004. Sustainable development of water resources in Asia and the Pacific: An overview, ISBN: 9211198267. 178p.

Bozbura FT and Beskese A, 2007. Prioritization of organizational capital measurement indicators using fuzzy AHP. International Journal of Approximate Reasoning 44(2): 124–147.

Chang CT, 2007. Multi-choice goal programming. Omega 35: 389 – 396.

Chang Y, 1996. Application of the extent analysis method on fuzzy AHP. European Journal of Operational Research 95: 649-655.

Charnes A Cooper WW and Ferguson R, 1955. Optimal estimation of executive compensation by linear programming. Management Science 1: 138–151.

Charnes A. and Cooper, WW, 1961. Management models and industrial applications of linear programming. John Wiley and Sons, New York.

Chuang TH, Hsiang HN and Chuang HJ, 2007. A multiple-goal programming for nurse scheduling by AHP and simulated anneal. Pp.1056-1065. Proceedings of the 13th Asia Pacific Management Conference, Melbourne, Australia.

Dinar A, Rosegrant MW and Dick RM, 2000. Water allocation mechanisms princioles and examoles. Policy Research Working Paper 1779.

Ertugrul I and Karakasoglu N, 2009. Performance evaluation of Turkish cement firms with fuzzy analytic hierarchy process and TOPSIS methods. Expert Systems with Applications 36: 702–715

Hajibiros K, Katsiri A, and Andreadakis A, 2005. Multi-criteria reservoir water management. Global NEST Journal 7(3): 386-394.

Huang H and Miller GY, 2003. Evaluation of swine odor management stategies in a fuzzy multi-criteria decision environment. American Agricultural Economics Association Annual Meeting, Montreal, Canada.

Ignizio JP, 1976. Goal Programming and Extensions. Lexington Books, Lexington, MA, USA.

Ignizio JP, 1978. A review of goal programming: A tool for multiobjective analysis. Journal of the Operational Research Society 27: 1109–1119.

Jakeman AJ, Giupponi C, Karssenberg D, Hare, MP, Fassio A and Letcher RA, 2006. Integrated Management of Water Resources: Concepts, Approaches and Challenges. Sustainable Management of Water Resources Edward Elgar, Northampton, Massachusetts.

Mcgregor MJ and Dent JB. 1993. An application of lexicographic goal programming to resolve the allocation of water from Rakaia River (New Zealand). Agricultural Systems 41: 349-367.

Rajasekaram V, and Nandalal KDW, 2005. Decision support system for reservoir water management conflict resolution. Journal of Water Resources Planning and Management 131(6): 410-420.

Romero C, 2001. Extended lexicographic goal programming: a unifying approach. Omega (29): 63–71.

Romero C, 2004. A general structure of achievement function for a goal programming model. European Journal of Operational Research 153: 675–86.

Rudi F, 2009. The use of AHP (the Analytic Hierarchy Process) method for irrigation water allocation in a small river basin (Case Study in Tampo River Basin in West Sumatra, Indonesia). 11th Conference of International Association for Water Allocation, Indonesia.

Saaty TL, 2000. Fundamentals of Decision Making and Priority Theory. 2nd ed. Pittsburgh, PA: RWS Publications.

Sert M, Opan M and Temiz T, 2007. Multiobjective optimal planning in multiple reservoir systems, International Congress on River Basin Management, Antalya, Turkey.

Soecker AL, Seidmann A, and Lloyd GS, 1985. A linear dynamic programming approach to irrigation system management with depleting groundwater. Management Science 31(4): 422-434

Tamiz M, Jones D, and Romero C, 1998. Goal programming for decision making: an overview of the current state-of-the-art. European Journal of Operational Research 111: 567–81.

Tewari T, Almas LK, Lust DG, Amosson SH, and Bretz F, 2010. Analyzing the potential water conservation strategies: An Application to Irrigated Agriculture in the Texas Panhandle. Southern Agricultural Economics Association Annual Meeting, Orlando.

Zahedi F, 1986. The analytical hierarchy process: a survey of the method and its applications. Interfaces 16(4): 96-108.