نشریه اقتصاد و توسعه کشاورزی (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۲۵، شماره ۴، زمستان ۱۳۹۰، ص. ۴۲۷-۴۲۰

Journal of Agricultural Economics and Development
Vol. 25, No. 4, Winter 2012, P. 420-427

کاربرد برنامه‌ریزی آرمانی تصادفی در مدیریت مصرف منابع آب: مطالعه موردی دشت فیروزآباد

فرناز پورزند[۱*]- منصور زیبایی[۲]

تاریخ دریافت:۹۰/۱/۱۴
تاریخ پذیرش:۹۰/۱۲/۲۷

چکیده

کافی نبودن آب برای محصولات کشاورزی و کمبود آن در سایر مصارف یکی از مسایل مهم اقتصادی در یک اقلیم خشک و نیمه خشک محسوب می‌شود. در این میان یکی از مهم‌ترین چالش‌های پیش‌روی مسئولان، برنامه‌ریزی مناسب در زمینه مدیریت پایدار منابع آب می‌باشد. در این مطالعه با توجه به نوسانات بارندگی و ماهیت تصادفی بودن منابع آب، نحوه برنامه‌ریزی مصرف آب در دشت فیروزآباد واقع در استان فارس بررسی شد. لذا هدف این تحقیق ارائه مدل پشتیبان تصمیم جهت تعیین میزان تخصیص آب‌های سطحی و آب‌های زیرمینی در دوره های خشکسالی، ترسالی و سال معمولی می‌باشد. در این مطالعه به دلیل لحاظ کردن و دستیابی همزمان به دو هدف (مدیریت مزرعه و اثرات زیست محیطی) از روش برنامه‌ریزی آرمانی تصادفی استفاده شد. بدین منظور داده‌های مورد نیاز از سازمان آب منطقه‌ای استان فارس برای سال‌های ۱۳۶۴-۱۳۸۶ جمع‌آوری شده است. این مدل برای تصمیم‌گیری، سه ضریب کاهشی در رابطه با آب‌های سطحی، آب‌های زیرزمینی استاندارد و آب‌های زیرزمینی مکمل در زمان تر سالی، خشکسالی و سال معمولی ارائه می‌کند. نتایج حاکی از آن است که در سال خشک به جهت حفظ رودخانه ها مدل استفاده از ذخایر زیرزمینی بیشتر از یک سال تر را پیشنهاد می‌کند.

واژه‌های کلیدی: مدل پشتیبان تصمیم (DSS)، برنامه ریزی آرمانی تصادفی، شرایط عدم حتمیت، اثرات زیست‌محیطی، دشت فیروزآباد

مقدمه

از آنجا که عنصر اقلیمی بارندگی در ایران دارای نوسانات بسیار زیادی است، افزایش یا کاهش بارندگی نسبت به شرایط نرمال که اولی موجب افزایش خطر بروز سیل و دومی باعث خشکسالی می‌شود، پیامدهای اقتصادی- اجتماعی متفاوتی را به دنبال دارد. از این رو منابع آبی قابل دسترس از توزیع کاملاً تصادفی برخوردار است. با توجه به ماهیت تصادفی بودن آب قابل دسترس، تصمیم گیری در منابع آب از پیچیدگی خاصی برخوردار بوده و مورد توجه خاص مدیران و سیاستگزاران طرح های مدیرتی منابع آب قرار گرفته است. در چنین شرایطی نیاز به یک مکانیزم و چارچوبی مناسب جهت برنامه ریزی در مصرف منابع آب است. سیستم پشتیبان تصمیم[۳] (DSS) می‌تواند با ترکیب عواملی از قبیل دانش اولیه، اطلاعات مفید و داده های خام به عنوان یک ابزار قوی تصمیم گیری و یک مکانیزم مناسب برای برنامه ریزی در مصرف منابع آب مطرح گردد (۶). سیستم پشتیبان تصمیم گیری (DSS) اولین بار در دهه ۱۹۷۰ بوجود آمد. به کمک این سیستم می‌توان داده ها را مدیریت کرد و از اطلاعات و مدل ها، برای حل مسایل مختلف استفاده کرد. امروزه بسیاری از مسایل تصمیم گیری در برنامه ریزی، در زمینه های مختلف از نوع مسایل ارزیابی چند معیاره است که از آن به نام سیستم پشتیبان تصمیم چند معیاره مطرح می‌شود. به عبارت دیگر برنامه-ریزان باید برای اتخاذ تصمیم در مورد سیاست متغیرهای مختلف آن را با معیارهای گوناگون سنجیده و ارزیابی کنند. مهمترین نقطه قوت و تحلیل تصمیم گیری چند معیاره توجه به ارزیابی و انتخاب مسایلی است که با تضاد منابع مختلف روبرو هستند (۱). تاکنون مطالعات زیادی در زمینه منابع آب و مسایل تخصیص بهینه آن با استفاده از تکنیک چند معیاره انجام گرفته است (۱۵، ۱۷و ۱۸). از آنجایی که امروزه میزان برداشت از منابع آبی با تاکید بر جنبه‌های زیست محیطی از مباحث کلیدی و انگیزه های نوین در امر برنامه‌ریزی منابع

۱و۲- دانش آموخته کارشناسی ارشد و دانشیار گروه اقتصاد کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز
(*- نویسنده مسئول: (Email: f_pourzand@yahoo.com
3 -Decision Support System

آبی می‌باشد، تاکنون در داخل کشور مطالعه‌ای به تعیین میزان اهدای حق برداشت از آبهای سطحی و کنترل برداشت از آبهای زیرزمینی تحت شرایط عدم حتمیت از سوی برنامه‌ریزان منابع آب با مد نظر گرفتن دو بعد اقتصادی و اکولوژیکی منابع آب در چهارچوب یک مدل پشتیبان تصمیم نپرداخته است. الگو برنامه ریزی آرمانی تصادفی یک مدل پشتیبان تصمیم چند معیاره تحت شرایط عدم حتمیت می‌باشد (۱۳). چیذری و همکاران (۱) به منظور تعیین ارزش اقتصادی آب از رهیافت برنامه ریزی آرمانی استفاده کردند. در مطالعه‌ای به منظور تخصیص بهینه آب سد مهاباد، به عنوان یکی از ده سد پر آب کشور، از برنامه ریزی آرمانی اولویتی استفاده شده است. نتایج نشان داد، با توجه به اهداف تصمیم گیرنده و درنظر گرفتن ترتیب اولویت آرمان ها، می توان آب تخصیصی به بخش کشاورزی و شرب را افزایش داد (۸). قادری و محمدپور (۴) جهت تحلیل جریان ورودی به مخزن سدها در مهاباد از مدل برنامه ریزی آرمانی با قیدهای تصادفی استفاده کردند. استفاده از این مدل، مدیر مخزن را قادر می سازد که بتواند برای شرایط مختلف همانند ترسالیها و خشکسالیها برنامه ریزی بهینه ای داشته باشد. همچنین آونی و همکاران (۹) به منظور ادغام ترجیحات تصمیم‌گیرنده و تعیین تابع مطلوبیت در شرایط عدم حتمیت از روش برنامه ریزی آرمانی تصادفی بهره گرفته‌اند. علاوه براین الزهرانی و احمد (۱۰) از تکنیک برنامه ریزی آرمانی تصادفی برای برنامه ریزی در مصرف منابع آب با فرض اینکه تقاضا و عرضه نامعلوم است، استفاده کردند. در مطالعه دیگر که توسط بروو و گانزاز (۱۴) صورت گرفته، برای تعیین میزان تخصیص آب سطحی و زیرزمینی بین کشاورزان تحت شرایط عدم حتمیت از روش برنامه ریزی آرمانی تصادفی با توجه به دو هدف اقتصادی و زیست محیطی استفاده شده است. استان فارس در زمینه مسایل آب خصوصاً آب زراعی از وضعیت نگران‌کننده و بحرانی برخوردار است. در حال حاضر ۷۵ درصد آب مورد نیاز بخش کشاورزی استان از سفره‌های زیرزمینی تأمین می‌شود در حالیکه این رقم در کل کشور ۵۵ درصد است. میزان برداشت مازاد آبخوان‌های استان نیز سالانه ۷۰۰ میلیون متر مکعب برآورد می‌گردد. بر اساس گزارش‌های رسمی در ۶۷ دشت از مجموع ۹۰ دشت استان فارس بیلان آب زیرزمینی منفی است (۲). بنابراین خشکسالی و بحران آب در بسیاری از دشت‌های استان فارس از جمله دشت فیروزآباد جدی است. در شرایط فعلی میزان برداشت سفره‌های آب زیرزمینی دشت فیروزآباد حدود ۳۰۰ میلیون متر مکعب تخمین زده می‌شود که نزدیک به دو برابر میزان برداشت مجاز می‌باشد (۷). اگر خشکسالی چند سال اخیر ادامه یابد به دلیل عدم توازن عرضه و تقاضای آب، کشاورزی در دشت فیروزآباد ناپایدار خواهد بود. در این راستا، هدف مطالعه حاضر ابتدا برآورد میزان آب سطحی و زیرزمینی اختصاص داده شده به اراضی منطقه، و سپس طراحی مدل پشتیبان تصمیم(DSS) جهت تعیین میزان تخصیص آب های سطحی و زیرمینی در دوره های خشکسالی، تر سالی و معمولی در دشت فیروزآباد است.

مواد و روش‌ها

رهیافت برنامه ریزی آرمانی [1] (GP) روشی است مبتنی بر اصول بهینه سازی ریاضی که به منظور تجزیه و تحلیل تصمیم گیری های نهایی و مطلوب مدیران و مسؤلان، به شکل نا معادلات خطی ظاهر می شود (۱). این مدل به دلیل لحاظ کردن دستیابی همزمان به چندین هدف بر مبنای اولویت، از انعطاف پذیری بیشتری در تصمیم گیری های واقعی واحدهای اقتصادی برخوردار است. در روش برنامه ریزی آرمانی برای هر یک از اهداف، یک مقدار مشخص عددی تعیین و سپس یک تابع هدف تعیین می شود. آنگاه مدل در جستجوی جوابی است که بتواند مجموع انحرافات از هدف یا اهداف را با در نظر گرفتن محدودیتهای مختلف موجود، به حداقل برساند (۱). همان طور که ذکر گردید، تاکنون در مطالعات داخلی زیادی از این روش استفاده شده است ولی مطالعات اندکی روی برنامه ریزی آرمانی در شرایط عدم حتمیت صورت گرفته است. اولین تکنیکی که دربرگیرنده شرایط عدم حتمیت است، برنامه ریزی محدودیت تصادفی است (۳). برنامه ریزی محدودیت تصادفی را چارنزو و کوپر (۱۶) پیشنهاد کردند. عدم حتمیت موجودی منابع در مدل برنامه ریزی خطی با این فرض که تصمیم گیرنده مایل به ساختن یک وضعیت احتمالی نسبت به فراوانی مقدار منابع موجود می باشد، بررسی شده است (۳). با این وجود این روش در حل مسائل ساده کاربرد بیشتری دارد و نمی توان از این روش در حل مسائل پیچیده استفاده کرد (۱۴). تکنیک برنامه ریزی آرمانی در شرایط عدم حتمیت بر مبنای ضریب ریسک گریزی مطلق، برنامه ریزی آرمانی تصادفی نامیده می شود (۱). بطور کل نتایجی که از این روش بدست می آید، از ارتباط بین تئوری مطلوبیت انتظاری و مدل برنامه ریزی آرمانی وزنی اکیداً خطی تحت شرایط عدم حتمیت حاصل می شود (۱۲).

روش برنامه ریزی آرمانی تصادفی یک مدل پشتیبان تصمیم چند معیاره است که همانند الگوی میانگین ـ واریانس بر مبنای فرضیه حداکثر کردن ارزش انتظاری متغیر تصادفی R است. این فرضیه بر گرفته از نظریه مطلوبیت تحت شرایط عدم حتمیت نیومان و مورگنسترن است (۱۹). در تئوری مطلوبیت فرض می شود که متغیر تصادفی R برای فرد یا گروهی از افراد ایجاد مطلوبیت می کند که این مطلوبیت U(R) با افزایش R افزایش می یابد($du / dR > 0$). علاوه بر این فرض، برای گروهی از افراد که ریسک گریزند، u(R) از قانون نزولی بودن مطلوبیت نهایی (DMU) تبعیت می کند

1 -Goal programming

($d^2u/d^2R<0$). اگر R بطور تصادفی به اندازه ΔR کاهش یابد (یعنی از R_0 به $(R_0 - \Delta R)$) مطلوبیت هم به همان اندازه (Δu^+) کاهش خواهد یافت و برعکس اگر R بطور تصادفی به اندازه ΔR افزایش یابد (از R_0 به $(R_0+\Delta R)$) مطلوبیت نیز افزایش می‌یابد (Δu^+). حال اگر تابع مطلوبیت از قانون نزولی بودن مطلوبیت نهایی (DMU)[1] پیروی کند به راحتی می‌توان ثابت کرد که $(\Delta u)^-$ $>(\Delta u)^+$ است. این نوع تابع مطلوبیت منعکس کننده ریسک گریز بودن افراد است. ریسک گریز بودن را می‌توان توسط ضریب ریسک گریزی مطلق Arrow[2] اندازه گیری کرد. هر چه ضریب ریسک گریزی بیشتر باشد، تابع مطلوبیت با قانون (DMU) مطابقت بیشتری پیدا خواهد کرد. در نتیجه با حداکثر کردن ارزش انتظاری متغیر تصادفی R، مقدار بهینه این متغیر بدست می‌آید (۱۴).

از جمله موضوعاتی که در رابطه با منابع طبیعی مطرح می‌شود، وجود اهدافی است که با یکدیگر در تعارض هستند. در برنامه ریزی منابع آب باید به دو معیار توجه کرد، تأمین آب قابل دسترس به منظور آبیاری و دیگری اجتناب از ایجاد اثرات منفی زیست محیطی است. بنابراین مطلوبیتی که کشاورزان از تأمین آب آبیاری بدست می‌آورند و مطلوبیتی که جامعه از کاهش اثرات زیست محیطی بدست می‌آورد به ترتیب به عنوان هدف اول و هدف دوم مطرح می‌گردد که در این مطالعه این دو هدف تحت عنوان مدیریت مزرعه و اثرات زیست محیطی نامیده می‌شود. این دو هدف به صورت زیر نوشته می‌شود (۱۴):

$$EU_1(\sum_{i=1}^{M}\overline{q}_i x_i) \rightarrow U_1(q_0) \quad (1)$$

$$EU_2(\sum_{i=1}^{M}\overline{p}_i x_i) \rightarrow U_2(p_0) \quad (2)$$

که در آن u_1 و Eu_1 به ترتیب مطلوبیت حاصل از تأمین آب آبیاری و مطلوبیت انتظاری آن و u_2 و Eu_2 به ترتیب مطلوبیت و مطلوبیت حاصل از کاهش اثرات زیست محیطی ایجاد شده از آب آبیاری در منطقه مورد نظر می‌باشد. همچنین q_i میزان آب قابل دسترس به منظور آبیاری در سال، p_i شاخصی از اثرات زیست محیطی ایجاد شده در منطقه (از جمله می‌توان به کاهش آب آبخوان، شور شدن تدریجی آب زیرزمینی و پیشروی جبهه آب شور به طرف آب شیرین، فشرده شدن خاک و عدم نفوذپذیری در موقع بارندگی اشاره کرد.)، x_i متغیر تصمیم $(0 \le x_i \le 1)$ که ضریب محدود کننده آب قابل دسترس، q_0 و p_0 به ترتیب سطح آرمانی مربوط به اهداف ۱ و ۲ هستند.

بر اساس مدل ارائه شده توسط بروو و گانزاز (۱۴)، می‌توان رابطه ۱ و ۲ را تحت مدل برنامه ریزی درجه دوم به شرح زیر نوشت:

$$Min \quad XVX^T \quad (3)$$

Subject to

$$\sum_{i=1}^{m}\overline{q}_i x_i \ge q_0 \quad (4)$$

$$\sum_{i=1}^{m}(p_{i\max} - p_i x_i) \ge p_0 \quad (5)$$

$$0 \le X_i \le 1 \quad (6)$$

که در آن:

X : برداری از متغیر های تصمیم

X^T : بردار ترانهاده X

V : ماتریس متغیری است که از جمع وزنی ماتریس های کوواریانس (V_1) و (V_2) مربوط به اولین هدف و دومین هدف بدست می‌آید:

$$V = W_1V_1 + W_2V_2 = \alpha_1 R_{A1}V_1 + \alpha_2 R_{A2}V_2 \quad (7)$$

که در آن:

W_1 و W_2 به ترتیب وزن مربوط به اهداف ۱ و ۲ هستند که اوزان تشکیل دهنده آنها شامل α_1 و α_2 وزن ترجیحات تصمیم گیرنده بر اساس هر یک از اهداف و R_{A1} و R_{A2} ضرایب ریسک گریزی Arrow برای هر یک از اهداف را مشخص می‌کند. این ضرایب بصورت مصاحبه حضوری از کارشناسان امور آب منطقه فیروزآباد بدست آمده است. بر این اساس در مطالعه حاضر $\alpha_1 = \alpha_2 = 1$، $R_{A1} = 0/9$ و $R_{A2} = 0/1$ در نظر گرفته شده است. لازم به ذکر است که اغلب مسائل تصمیم گیری در مدیریت منابع طبیعی با مسئله وجود اهداف متضاد از قبیل حداکثر کردن سود های اقتصادی و حداقل کردن اثرات زیست محیطی منفی رو به رو است. به دلیل خشکسالی‌های اخیر، بازده خالص اغلب کشاورزان ناحیه کاهش یافته است به نحوی که آن ها انگیزه‌ی اقتصادی کافی برای حداقل کردن اثرات محیطی منفی از قبیل کاهش سفره های آب زیر زمینی و آلودگی آب های سطحی و زیرزمینی ندارند. لذا مسئولین جهت تامین آب کشاورزی و منافع اقتصادی کشاورزان، هدف اول را سر لوحه برنامه خود قرار داده‌اند و نسبت به این هدف ریسک‌گریزتر هستند.

q_0: سطح آرمانی هدف اول است که برابر با کل نیاز آبی اراضی قابل کشت در دشت فیروزآباد است.

p_0 : سطح آرمانی هدف دوم است که مطابق رابطه زیر است:

$$p_0 = \alpha(e_1 q_{1\max} + e_2 q_{2\max} + e_3 q_{3\max}) \quad (8)$$

1 - Diminishing Marginal Utility

۲ -لازم به ذکر است که ضریب ریسک گریزی مطلق توسط آرو اندازه‌گیری شده است. مراجعه شود به Arrow (1965, p: 94)

α : درصدی از بیشترین اثرات منفی زیست محیطی ایجاد شده در دشت فیروز آباد است که سطح آرمانی برای هدف دوم را ثابت می‌کند. در این مطالعه بر اساس نظرات کارشناسان اداره آب منطقه ای این ضریب برابر با ۲۵درصد در نظر گرفته شده است.

همانطور که قبلاً بیان شد، بخش مدیریت مزرعه (هدف۱) دارای تابع مطلوبیت رابطه ۱ در شرایط عدم حتمیت است که بستگی به مقادیر تصادفی آب قابل دسترس دارد. بنابراین تابع مطلوبیت هدف اول در ارتباط با رابطه زیر است:

$$\tilde{q} = x_1\tilde{q}_1 + x_2\tilde{q}_2 + x_3\tilde{q}_3 \qquad (۹)$$

$\tilde{q}_1$: بیشترین میزان جریان آب سطحی است که می‌توانسته در سال t در اختیار زارعین قرار گیرد. این میزان به نزولات جوی بستگی دارد که تحت عنوان میزان آب سطحی قابل دسترس در سال جاری (CASW) نامیده می‌شود. لازم به ذکر است منبع آب سطحی در دشت، رودخانه فیروزآباد است. میزان جریان آب سطحی بر اساس جریان ورودی به رودخانه مذکور طی دوره ۱۳۸۶-۱۳۶۴ محاسبه گردیده است. اطلاعات مورد نیاز (دبی رودخانه) از سازمان آب منطقه‌ای فارس جمع آوری شده است.

$\tilde{q}_2$: بیشترین میزان جریان آب زیر زمینی است که در سال t کشاورزان مجاز به برداشت از سفره های زیر زمینی هستند که بستگی به بارندگی دارد. که به عنوان میزان قابل دسترس جاری از آبهای زیرزمینی استاندارد است. بنابراین آبهای زیرزمینی استاندارد میزان آبی است که کشاورزان بر اساس پروانه تلمبه خود، مجاز به برداشت از منابع آبی زیرزمینی هستند. اطلاعات مورد نیاز جهت برآورد جریان آب زیرزمینی شامل تعداد حلقه‌های چاه موجود در دشت و نیز میزان تخلیه هر یک از آنها در هر سال، از سازمان آب منطقه‌ای فارس جمع آوری گردیده است.

$\tilde{q}_3$: بیشترین جریان آب زیرزمینی مکمل است که متناسب با سال تر و خشک علاوه بر میزان آبهای زیرزمینی استاندارد اجازه برداشت داده می‌شود. بدیهی است که این مقدار در دوره خشکسالی افزایش می‌یابد. بطور خلاصه این مقدار تحت عنوان دسترسی کنونی از آب زیرزمینی مکمل(CACG) نامیده می‌شود. آب زیر زمینی مکمل حاصل تفریق (CASW) از بیشترین میزان آب است. بنابراین در سال های خشک که میزان آب سطحی کم می‌باشد، آبهای زیرزمینی مکمل بیشتری به عنوان کامل کننده مقدار آب زیرزمینی استاندارد به منظور جبران این کمبود به شمار می‌آید. بنابراین در رابطه ۸ $q_{1\max}$، $q_{2\max}$ و $q_{3\max}$ به ترتیب بیشترین میزان آب سطحی، آبهای زیرزمینی استاندارد و آب زیرزمینی مکمل هستند.

برای هدف دوم نیز تابع مطلوبیت ۲ که مطلوبیت جامعه از کاهش اثرات زیست محیطی حاصل می‌شود، بستگی به رابطه ۱۰ دارد.

$$\tilde{p} = x_1\tilde{p}_1 + x_2\tilde{p}_2 + x_3\tilde{p}_3 \qquad (۱۰)$$

p_1، p_2 و p_3 به ترتیب اثر زیست محیطی ناشی از آب سطحی، اثر زیست محیطی ناشی از آب زیرزمینی استاندارد و اثر زیست محیطی ناشی از آب مکمل می‌باشند که از طریق روابط محاسبه می‌شوند:

$p_1 = e_1q_1$: که e_1 اثر زیست محیطی هر واحد از q_1 است.

$p_2 = e_2q_2$: که e_2 اثر زیست محیطی هر واحد از q_2 است.

$p_3 = e_3q_3 = e_2q_3$: که e_3 اثرزیست محیطی هر واحد از q_3 است.

به عنوان تذکر به دلیل اینکه e_2 وe_3 هر دو مرتبط به آب های زیرزمینی می‌باشند، $e_2 = e_3$ خواهد بود. در این تحقیق میزان تلفات آب‌های سطحی و زیرزمینی، به عنوان اثرات منفی زیست محیطی منطقه مورد مطالعه لحاظ گردیده است. بر اساس نظرات کارشناسان سازمان آب و نتایج مطالعه (۵) که در دشت فیروزآباد صورت گرفته، میزان تلفات آب‌های سطحی و زیرزمینی در منطقه به ترتیب برابر با ۲۲ و ۶۸درصد می‌باشد. لذا e_1 =۰/۲۲ وe_2 =۰/۶۸ است.

نتایج و بحث

در مطالعه حاضر به منظور مساعدت به مسئولان و برنامه‌ریزان طرح‌های مدیریتی منابع آب جهت تخصیص آب سطحی بین کشاورزان و همچنین مجوز برای استفاده از آب های زیرزمینی برای آبیاری، یک مدل پشتیبان تصمیم ارائه شده است. با توجه به عدم توازن میزان بهینه برداشت و تغذیه در سال، مسوولان و کشاورزان برای تأمین آب آبیاری به سوی استفاده از آب زیرزمینی انباره – آبهای زیرزمینی انباشته شده در طول سال های اخیر– که در قسمت روش تحقیق به عنوان آبهای زیرزمینی مکمل تعریف شده، خواهند رفت. لذا جهت تعیین ضریب برداشت آب های سطحی، آب زیرزمینی استاندارد و آب زیرزمینی مکمل در سال های معمولی، خشک و تر از روش برنامه ریزی آرمانی تصادفی در قالب مدل پشتیبان تصمیم استفاده گردید. اطلاعات این تحقیق شامل سری زمانی از منابع آبی منطقه (آب سطحی و زیرزمینی) طی دوره ۱۳۸۶– ۱۳۶۴است. جدول ۱ مقادیر تصادفی آب سطحی، آب زیرزمینی استاندارد و آب زیرزمینی مکمل را برای دشت فیروزآباد همراه با اثرات زیست محیطی ناشی از آنها در دوره ۱۳۸۶-۱۳۶۴ نشان می‌دهد. بر اساس اطلاعات بدست آمده از منابع ذکر شده، به عنوان مثال در سال ۱۳۸۵ مقادیر آب سطحی و آب زیرزمینی به ترتیب برابر با ۳۷/۶ و ۱۲۴/۲ میلیون متر مکعب است. حال آب زیرزمینی مکمل حاصل از کسر مقدار آب سطحی در این سال از بیشترین مقدار آب سطحی (مربوط به سال۱۳۷۲) می‌باشد. که مقدار آب زیرزمینی مکمل برای سال مذکور ۱۷۶/۷ میلیون متر مکعب محاسبه گردیده است. با توجه به جدول ملاحظه می‌شود که سال خشک دارای آب زیرزمینی استاندارد کمی نسبت به دیگر سالها است، در مقابل دارای بیشترین آب زیرزمینی مکمل به منظور جبران کمبود آب در سال خشک می‌باشد.

لازم به ذکر است که به منظور برآورد نیاز آبی کل دشت (تعیین سطح آرمانی هدف اول) از نیاز آب آبیاری گیاه و سطح زیر کشت کل منطقه استفاده شده است. کل نیاز آبی اراضی قابل کشت در دشت فیروزآباد ۳۰۰ میلیون متر مکعب برآورد شده است. اطلاعات مذکور از اداره جهاد کشاورزی شهرستان فیروزآباد گردآوری گردیده است. همچنین همان‌گونه که ذکر شد، ضرایب ریسک گریزی، فاکتورهای اثر زیست محیطی و ترجیحات بر اساس نظرات کارشناسان سازمان آب در مدل لحاظ گردیده است (e_1=۰/۲۲ وe_2=۰/۶۸. RA_1=۰/۹، RA_2 =۰/۱ و$a_1=a_2$=۱). بر این اساس آنها نسبت به دو هدف ترجیحات یکسانی دارند ولی نسبت به هدف اول که تامین نیاز آبی دشت است، ریسک گریزتر هستند. جدول۲ نتایج حاصل از بکارگیری الگوی برنامه ریزی آرمانی تصادفی را نشان می‌دهد. متغیرهای تصمیم در مدل حاضر شامل ضرایب برداشت از آب سطحی، آب زیرزمینی استاندارد و آب زیرزمینی مکمل می‌باشند. مقادیر بدست آمده برای سه ضریب مذکور (x_1 ، x_2 و x_3) به ترتیب برابر با ۴۹، ۷۷ و ۱۰۰ درصد می‌باشد. این بدین معناست که جهت حفظ و نگهداری منابع آبی (رودخانه‌ها و آب‌های زیرزمینی) در منطقه مورد مطالعه، بایستی به ترتیب ۴۹ و ۷۷ درصد از آب‌های سطحی و زیرزمینی را در هر سال برداشت نمود. لازم به ذکر است که به دلیل لحاظ کردن جنبه های زیست محیطی در مدل، درصد برداشت از آب های سطحی کمتر از درصد برداشت از آب های زیرزمینی استاندارد است. همچنین به علت همبستگی مثبت (ρ=۰/۸۷) بین آب سطحی و آب زیرزمینی استاندارد در سالهای خشک نمی توان کمبود آب سطحی را با آب زیرزمینی استاندارد جبران کرد.

جدول ۱- مقادیر منابع آب و اثرات زیست محیطی حاصل از آن طی سال‌های ۱۳۸۶-۱۳٦٤

سال	مقدارآب سطحی(میلیون متر مکعب)	مقدارآب زیرزمینی استاندارد (میلیون متر مکعب)	مقدارآب زیرزمینی مکمل (میلیون متر مکعب)	اثر زیست محیطی ناشی از آب سطحی (میلیون متر مکعب)	اثر زیست محیطی ناشی از آب زیرزمینی استاندارد (میلیون متر مکعب)	اثر زیست محیطی ناشی از آب مکمل (میلیون متر مکعب)
۱۳۶۴-۶۵	۳۳/۸۴	۱۰۷/۰۸۷	۱۸۰/۵۳۳	۷/۴۴۶	۱۲۲/۷۶۲	۷۲/۸۱۹
۱۳۶۵-۶۶	۱۴۰/۶	۱۹۹/۳۶۱	۷۳/۷۴۳	۳۰/۹۴۰	۵۰/۱۴۵	۱۳۵/۵۶۶
۱۳۶۶-۶۷	۷۲/۵۹۵	۱۴۹/۰۲۷۷	۱۴۱/۷۸۴	۱۵/۹۷۰	۹۶/۴۱۳	۱۰۱/۳۳۸
۱۳۶۷-۶۸	۴۲/۱۱۰۳	۱۳۰/۲۰۲	۱۷۲/۲۶۹	۹/۲۶۴۲۶	۱۱۷/۱۴۳	۸۸/۵۳۷۷
۱۳۶۸-۶۹	۶۳/۶۶۹۲	۱۶۴/۸۲۸	۱۵۰/۷۱۰	۱۴/۰۰۷۲	۱۰۲/۴۸۳۲	۱۱۲/۰۸۳۴۰
۱۳۶۹-۷۰	۶۸/۱۰۱۸	۱۶۱/۰۱۳	۱۴۶/۲۷۸	۱۴/۹۸۲۳	۹۹/۴۶۹۱	۱۰۹/۴۸۸
۱۳۷۰-۷۱	۷۲/۵۹۵	۱۹۳/۳۴۴۰	۱۴۱/۷۸۴	۱۵/۹۷۰۹	۹۶/۴۱۳۷۳	۱۳۱/۴۷۳۹۸
۱۳۷۱-۷۲	۲۱۴/۳۷۹	۲۶۳/۸۳۰۵	۰	۴۷/۱۶۳۵۷	۰	۱۷۹/۴۰۴۸۰
۱۳۷۲-۷۳	۵۵/۴۰۸۳	۷۵/۱۱۵۶	۱۵۸/۹۷	۱۲/۱۸۹۸	۱۰۸/۱۰۰۶۸	۵۱/۰۷۸۶۳۹
۱۳۷۳-۷۴	۱۰۲/۹۵۸	۲۰۰/۷۸۱۵	۱۱۱/۴۲۱	۲۲/۶۵۰۹	۷۵/۷۶۶۴۱۶	۱۳۶/۵۳۱۴۸
۱۳۷۴-۷۵	۱۷۶/۷۰۲	۲۷۴/۴۷۷	۳۷/۶۷۷۷	۳۸/۸۷۴۴	۲۵/۶۲۰۸	۱۸۶/۶۴۴۷۹
۱۳۷۵-۷۶	۵۴/۴۰۰۹	۱۱۲/۱۱۷	۱۵۹/۹۷۹	۱۱/۹۶۸	۱۰۸/۷۸۵	۷۶/۲۴۰۲۲
۱۳۷۶-۷۷	۱۱۶/۴۵۹	۲۳۵/۴۶۹۳	۹۷/۹۲۰۷	۲۵/۶۲۱۰۲	۶۶/۵۸۶۰۷۶	۱۶۰/۱۱۹۱۵۳
۱۳۷۷-۷۸	۹۲/۲۸	۱۳۹/۵۵۳۳	۱۲۲/۰۹۹	۲۰/۳۰۱۶	۸۳/۰۲۷۹۳۲	۹۴/۸۹۶۳۰۵
۱۳۷۸-۷۹	۴۰/۹۰۱۴	۸۵/۲۹۹۷۷	۱۷۳/۴۷۸	۸/۹۹۸۳۰۸	۱۱۷/۹۶۵۳۸	۵۸/۰۰۳۸۴۵۴
۱۳۷۹-۸۰	۲۰/۷۵۲	۹۳/۴۴۷۰	۱۹۳/۶۲۷	۴/۵۶۵۶	۱۳۱/۶۶۶	۶۳/۵۴۴۰۱
۱۳۸۰-۸۱	۲۹/۸۱۹۷	۱۵۷/۰۲۰۷	۱۸۴/۵۶۰	۶/۵۶۰۳۳۴	۱۲۵/۵۰۰۹۳	۱۰۶/۷۷۴۰۸۳
۱۳۸۱-۸۲	۲۲/۷۶۷۷	۱۲۹/۷۰۸۷	۱۹۱/۶۱۲	۵/۰۰۸۸۹	۱۳۰/۲۹۶	۸۸/۲۰۱۹۴
۱۳۸۲-۸۳	۸۳/۰۱۱۷	۱۸۵/۴۷۴۵	۱۳۱/۳۶۸	۱۸/۲۶۲	۸۹/۳۳۰۳	۱۲۶/۱۲۲۶۸
۱۳۸۳-۸۴	۱۸۴/۱۵۷	۲۶۲/۰۰۹۷	۳۰/۲۲۲۸	۴۰/۵۱۴۵۶	۲۰/۵۵۱۵۰۴	۱۷۸/۱۶۶۶۵۹
۱۳۸۴-۸۵	۳۷/۶۷۷۶	۱۲۴/۲۱۵۴	۱۷۶/۷۰۲	۸/۲۸۹۰۷۲	۱۲۰/۱۵۷۵	۸۴/۴۶۶۵۲
۱۳۸۵-۸۶	۲۶/۹۹۸	۱۳۷/۰۲۲	۱۸۷/۳۸۱	۵/۹۳۹۷	۱۲۷/۴۱۹	۹۳/۱۷۵۴۹

مأخذ: یافته‌های تحقیق

جدول۲- نتایج حاصل از بکارگیری الگوی برنامه ریزی آرمانی تصادفی

متغیرهای تصمیم	X_1	X_2	X_3
	۰/۴۹۲	۰/۷۷۵	۱
میزان تخصیص منابع آبی	آب سطحی (میلیون مترمکعب)	آب زیرزمینی استاندارد (میلیون مترمکعب)	آب زیرزمینی مکمل (میلیون مترمکعب)
سال خشک (۱۳۸۵-۱۳۸۴)	۱۸/۴۶۲۰۲	۹۵/۶۴۵۹۱۹	۱۷۶/۷۰۲۳
سال معمولی(۱۳۷۸-۱۳۷۷)	۴۵/۲۱۷۲	۱۰۷/۴۵۶۱۱	۱۲۲/۰۹۹۹
سال تر (۱۳۷۵-۱۳۷۴)	۸۶/۵۸۴۰۷۸	۲۱۱/۳۴۷۷۸	۳۷/۶۷۷۷

مأخذ: یافته‌های تحقیق

اما در مقابل به دلیل همبستگی منفی (ρ= -۱) بین آب سطحی و آب زیرزمینی مکمل می‌توان بطور حتمی از منابع آب زیرزمینی مکمل به منظور جبران این کمبود استفاده کرد. بنابراین کمیابی آب سطحی و آب زیرزمینی استاندارد در سالهای خشک باید توسط آبهای زیرزمینی مکمل کاسته شود. چرا که ضریب مربوط به آب زیرزمینی مکمل (x_3 =۱) نشان دهنده اطمینان در توزیع آب در هر سالی می‌باشد. قسمت دوم جدول ۲ میزان تخصیص منابع آبی دشت به تفکیک سال معمولی، خشک و تر را نشان می‌دهد. سالهای مذکور بر اساس میزان بارندگی و اطلاعات سازمان هواشناسی تعیین شده‌اند. نتایج حاصل از مدل ارائه شده، نحوه تخصیص آب های سطحی و کنترل آب های زیرزمینی توسط مدیران و دست‌اندرکاران منابع آب را به خوبی نشان می‌دهد. به طور مثال اگر سال آبی ۸۵-۱۳۸۴ را به عنوان سالی خشک در نظر بگیریم، به منظور تخصیص منابع آبی در منطقه مسئولان ذیربط باید تنها ۶ درصد از آب آبیاری را توسط رودخانه ها و انهار تأمین کنند و مابقی ۹۳/۹ درصد را از منابع آبهای زیرزمینی تأمین شود. بنابراین این مدل این راه کار را پیشنهاد میکند که در سال خشک به منظور ذخیره و حفظ رودخانه ها و انهار و مناظر طبیعی، اجازه برداشت بیش از حد از این منابع آبی را ندهند. برعکس در سال تری مانند سال آبی ۷۵-۱۳۷۴ به دلیل ریزش های جوی، این الگو میزان ۲۸/۸۶ درصد از انهار و ۷۱/۱۴ درصد از چاه ها و سفره‌های زیرزمینی را توصیه می‌کند. همچنین در سال معمولی به ترتیب ۱۵ و ۸۵ درصد از منابع آب های سطحی و آب های زیرزمینی باید استخراج گردد. بنابراین نتایج این مدل به عنوان یک سیستم پشتیبان تصمیم، مسئولان و سیاست‌گزاران را در تخصیص بهینه و کنترل منابع آبی یاری می‌کند.

تحلیل حساسیت

جهت تحلیل حساسیت ضرایب از منابع آبی مورد نظر نسبت به تغییرات میزان آب مصرفی منطقه، سطح آرمانی هدف اول را از ۲۷۰ تا ۳۳۰ میلیون متر مکعب به اندازه ۵ واحد تغییر داده می‌شود. جدول ۳ نتایج حاصل از تحلیل حساسیت را نشان می‌دهد اگر میزان نیاز آبی دشت (۳۰۰ میلیون متر مکعب) ۱/۶۷ درصد افزایش یابد و با ثابت بودن سطح آرمانی هدف دوم، x_1 ۵/۸ درصد کاهش، x_2 ۵/۳ درصد افزایش یافته و x_3 هیچ تغییری نمی‌کند. حال اگر ۳۰۰میلیون متر مکعب به اندازه ۱/۶۷ درصد کاهش یابد، x_1 ۵/۲ درصد افزایش، x_2 ۵/۷ درصد کاهش یافته و x_3 هیچ تغییری نمی‌کند. بنابراین با رشد سطح آرمان هدف اول، ضریب برداشت آب سطحی با کشش ۳/۲۹ کاهش و در مقابل ضریب برداشت آب زیرزمینی استاندارد با کشش۵/۳۶ افزایش می‌یابد.

جدول ۳- نتایج حاصل از تحلیل حساسیت ضرایب برداشت هر یک از منابع آبی

سطح آرمانی هدف ۱	X_1	X_2	X_3
۲۷۰	۰/۶۵	۰/۵۱۳	۱
۲۷۵	۰/۶۲۳	۰/۵۵۷	۱
۲۸۰	۰/۵۹۷	۰/۶	۱
۲۸۵	۰/۵۷۱	۰/۶۴۴	۱
۲۹۰	۰/۵۴۴	۰/۶۸۸	۱
۲۹۵	۰/۵۱۸	۰/۷۳۱	۱
۳۰۰	۰/۴۹۲	۰/۷۷۵	۱
۳۰۵	۰/۴۶۵	۰/۸۱۹	۱
۳۱۰	۰/۴۳۹	۰/۸۶۲	۱
۳۱۵	۰/۴۱۲	۰/۹۰۶	۱
۳۲۰	۰/۳۸۶	۰/۹۴۹	۱
۳۲۵	۰/۳۶	۰/۹۹۳	۱
۳۳۰	۰/۴۰۸	۱	۱

مأخذ: یافته‌های تحقیق

در کل هر چه سطح آرمانی تغییر کند، ضریب آب زیرزمینی مکمل در مدل ثابت باقی می‌ماند. حال سطح آرمانی در نقاط ابتدایی و انتهایی بازه مورد بررسی را تغییر می‌دهیم. اگر مقدار ۲۷۰ میلیون متر مکعب به اندازه ۱/۸۵ درصد افزایش یابد، x_1 ۴/۱ درصد کاهش می‌یابد و در حالی که x_2 ۸/۶ درصد افزایش یافته است. کشش‌های

مربوط به x_1 وx_2 از لحاظ قدر مطلقی برابر با ۱/۴۵ و ۲/۳۷ هستند. اگر بیشترین میزان نیاز آبی دشت (۳۳۰ میلیون متر مکعب)۱/۵۱ درصد کاهش یابد، x_1 ۴/۸ درصد با کشش برابر با ۰/۶۳کاهش می‌یابد وx_2 ۰/۷ درصد با کششی برابر با ۰/۰۹ افزایش یافته است. در این تحلیل حساسیت در طول مقیاس‌ها ضریب x_2 به طور یکنواختی از ۰/۵۱ تا ۱ صعود می‌کند و مطابقاً ضریب x_1 نیز به طور یکنواخت از ۰/۶۵ تا ۰/۳۶ تقلیل می یابد و تنها در آخرین مقیاس به ۰/۴ افزایش می‌یابد. این به آن علت است که ضرایب x_2 و x_3 به بالاترین سطح خود که برابر با ۱ است، رسیده‌اند. بنابراین به ازای مقادیر بیشتری از آب مصرفی در دشت باید ضریب x_1 افزایش یابد تا مقدار آب مورد نیاز دشت تأمین گردد. به طور کلی ضرایب x_1 وx_2 نسبت به سطح آرمانی هدف اول حساس بوده ولی x_3 دارای چنین حساسیتی نیست و بدون تغییر می‌ماند.

نتیجه گیری و پیشنهادها

وجود دوره یا سالهایی که طی آن بارش کمتر یا بیشتر از میانگین ثبت می‌شود، یک ویژگی شناخته شده در اقلیم قریب به اتفاق مناطق کره زمین از جمله ایران می‌باشد. وجود نوسان در بارش مناطق مختلف را می‌توان امر بدیهی و اجتناب ناپذیر بحساب آورد. در نتیجه متغیرهای زیادی شامل جریان آب رودخانه ها و انهار و سطح آب در سفره های زیرزمینی هر ساله از مقدار ثابتی برخوردار نیستند. بنابراین منابع آب قابل دسترس کشاورزان در سالها یا فصول مختلف از توزیع کاملاً تصادفی برخوردار است. در این راستا، از یک مدل پشتیبان تصمیم تحت چهارچوب برنامه ریزی آرمانی تصادفی جهت تعیین میزان برداشت از آب های سطحی و آب های زیرزمینی به تفکیک سال خشک، معمولی و تر در دشت مورد مطالعه استفاده گردید. با توجه به نتایج حاصل از چهارچوب برنامه ریزی آرمانی تصادفی پیشنهاد می‌شود که در سال خشک جهت حفظ رودخانه و انهار تنها ۷ درصد از آب آبیاری توسط رودخانه و انهار تأمین شود و مابقی ۹۳ درصد از سفره های آب زیرزمینی، همچنین در سال تر به منظور حفظ تعادل سفره های آب زیرزمینی ۷۱ درصد آب آبیاری توسط آب زیرزمینی تأمین شود و اجازه برداشت بیش از حد به زارعین داده نشود.

با توجه به این که امروزه پروانه برداشت آب (تلمبه) به مقدار ثابت ۱۵ لیتر در ثانیه بدون توجه به نوع سال (ترسالی و خشکسالی) از سوی سازمان آب صادر می شود، پیشنهاد می گردد که در این رویه تجدید نظر شود و بر حسب نوع سال پروانه برداشت آب صادر شود. به عبارت دیگر پروانه ها از حالت ثابت به شناور تبدیل شود. از آنجا که آب می‌تواند به عنوان یک منبع استراتژیک در جهت پیشبرد انگیزه سیاسی و اقتصادی یک کشور مطرح گردد، پیشنهاد می‌شود که سیستم پشتیبان تصمیم به عنوان یک ابزار تحلیلی قوی جهت تخصیص، کنترل و اصلاح سیاست ها در اختیار مدیران و برنامه ریزان طرح های توسعه و بهره برداری از منابع آب قرار داده شود.

منابع

۱- چیذری ا.، شرزه‌ای غ.، و کرامت زاده ع. ۱۳۸۴. تعیین ارزش اقتصادی آب با رهیافت برنامه ریزی آرمانی: مطالعه موردی:سد بارزوشیروان. مجله تحقیقات اقتصادی. ۳۹:۷۱-۶۶.

۲- سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی استان فارس. ۱۳۷۹. آمارنامه استان فارس ۱۳۷۸. شیراز-ایران.۵۱۰صفحه.

۳- صبوحی صابونی م.، سلطانی غ.، زیبایی م.، و ترکمانی ج. ۱۳۸۵. تعیین راهبردهای مناسب کم آبیاری با هدف حداکثرسازی منافع اجتماعی. اقتصاد کشاورزی و توسعه. ۵۶.

۴- قادری س.ج. و محمدپور ع. ۱۳۸۳. تحلیل جریان ورودی به مخزن سدها در مدل برنامه ریزی آرمانی با قیدهای تصادفی (مطالعه موردی مهاباد). دانشکده فنی دانشگاه تبریز. ۳۰(۳): ۴۶-۳۵.

۵- کرباسی ع.ر. ۱۳۷۹. برآورد اقتصادی هزینه استحصال یک واحد حجم آب زیرزمینی و بررسی راندمان پمپاژ: مطالعه موردی دشت فیروزآباد. پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه شیراز.

۶- محمدی ا. ۱۳۷۲. مدیریت و برنامه‌ریزی پیشرفته منابع آب بر اساس انتخاب استراتژی‌های مناسب در تصمیم گیری. مجموعه مقالات هفتمین سمینار کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران. تهران.

۷- مرکز انفورماتیک و مطالعه توسعه جنوب. ۱۳۷۱. توسعه منابع آب حوضه آبریز مند. شیراز-ایران.۴۵۹ صفحه.

۸- نادر ه.، و صبوحی صابونی م. ۱۳۹۰. مدیریت تخصیص آب سد مهاباد با استفاده از برنامه ریزی آرمانی اولویتی. تحقیقات اقتصاد کشاورزی.۳ (۳):۱۶-۱.

9- Aouni B., Ben Abdelaziz, F. and Martel J.M. 2005. Decision-maker's preferences modeling in the stochastic goal programming. European Journal of Operational Research, 162: 610-618.

10- AL-Zahrani M.A. and Ahmad A.M. 2004. Stochastic Goal Programming model for optimal blending of desalinated water with groundwater water. Resources Management, 18: 339–352.
11- Arrow K. 1965. Aspects of the Theory of Risk- Bearing. p: 94.Academic Book Store, Helsinki.
12- Ballestero E. 2001. Stochastic goal programming: A mean–variance approach. European Journal of Operational Research, 131: 476–481.
13- Belaid A. and Torre D.L. 2010. A generalized stochastic goal programming model. Applied Mathematics and Computation, 215(12):4347-4357.
14- Bravo M. and Gonzalez I. 2009. Applying stochastic goal programming: a case study on water use planning. European Journal of Operational Research, 196(3): 1123-1129.
15- Cai X. and Ringler C. 2007. Balancing agricultural and environmental water needs in China: Alternative scenarios and policy options. Water Policy, 9: 95–108.
16- Charnes A. and Cooper W.W. 1959. Chance-constrained programming. Management Science, 6:73-79.
17- Raju K.S. and Kumar D.N. 2005. Fuzzy multi-criteria decision making in irrigation planning. Irrigation and Drainage, 54 (4): 455–465.
18- Riesgo L. and Gomez-Limon L.A. 2006. Multi-criteria policy scenario analysis for public regulation of irrigated agriculture. Agricultural Systems, 91:1-28.
19- Von Neumann J. and Morgenstern O. 1947. Theory of Games and Economic Behaviour. Princeton University Press, Princeton.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی