تحقیقات منابع آب ایران
Iran-Water Resources Research

سال هشتم، شماره ۱، بهار و تابستان ۱۳۹۱
Volume 8, No. 1, Spring & Summer 2012 (IR-WRR)
۱۰-۱۹

تعیین الگوی کشت، استراتژی و روش آبیاری بهینه در جهت پایداری منابع آب با استفاده از رهیافت برنامه‌ریزی آرمانی

فاطمه فتحی[۱*] و منصور زیبایی[۲]

چکیده

بهره‌برداری بی‌رویه از منابع آب‌های زیرزمینی به دلیل عدم موازنه میان کل برداشت و تغذیه منجر به کاهش سطح آب‌های زیرزمینی با نرخی سریعتر خواهد شد. به منظور برقراری تراز بین برداشت و تغذیه، راهکارهای عمده مشتمل بر تقویت مدیریت منابع آب‌های زیرزمینی، بکارگیری سیاستهای مدیریت تقاضا، بهبود راندمان آبیاری و افزایش عرضه آب می‌باشد. در این مطالعه با بهره گیری از روش برنامه ریزی آرمانی در جهت مدیریت پایدار منابع آب زیرزمینی، میزان انحراف از آرمان‌های کاهش در مصرف آب به اندازه ۱۰، ۲۰ و ۳۰ درصد و رسیدن به سود ایده آل با وزن‌های مختلف ارائه گردید. اطلاعات لازم از طریق مصاحبه با ۱۱۲ بهره بردار دشت فیروز آباد استان فارس در سال زراعی ۸۶-۸۷ جمع آوری شد. نتایج در سطح دشت نشان داد که پمپاژ سالانه آب‌های زیرزمینی با کنترل بهینه کمتر از پمپاژ کنونی آب با نرخ تنزیل کمتر از ۱۸ درصد می‌باشد. بر اساس نتایج بدست آمده از برنامه ریزی آرمانی برای همه گروههای همگن درصد کاهش سود کمتر از درصد کاهش برداشت است. همچنین نتایج نشان داد که اتخاذ استراتژیهای کم آبیاری و بکارگیری سیستم آبیاری بارانی منجر به کاهش برداشت از آب‌های زیرزمینی در مقایسه با شرایط کنونی می‌شود به طور مثال در حالتی که وزن یکسان به آب مصرفی و سود داده شود به آرمان کاهش مصرف آب به طور کامل می‌توان دست یافت. در این حالت محصولات با روش آبیاری بارانی همراه با استراتژی کم آبیاری در الگوی کشت حضور دارند. نهایتا اینکه نتایج مطالعه حاضر می‌تواند به کشاورزان در انتخاب الگوی کشت، استراتژی و روش آبیاری، به گونه‌ایکه درآمد زارعین و برداشت آب از سفره‌های زیرزمینی همزمان بهینه گردند، کمک نماید.

کلمات کلیدی: برنامه‌ریزی آرمانی، راندمان آبیاری، استراتژی‌های کم آبیاری، الگوی کشت.

تاریخ دریافت مقاله: ۱۰ آبان ۱۳۸۸
تاریخ پذیرش مقاله: ۳۰ فروردین ۱۳۹۱

۱- دانشجوی دکترا اقتصاد کشاورزی دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز-شیراز-ایران.
۲- دانشیار اقتصاد کشاورزی دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز-شیراز-ایران.
*- نویسنده مسئول

Water Resources Sustainability using Goal Programming Approach in optimizing Crop Pattern, Strategy and Irrigation Method

F. Fathi [1] and M. Zibaei [2]*

Abstract

Overexploitation of groundwater resources may result in lowering the groundwater table at a faster rate. In order to balance groundwater exploitation with recharge, the major remedial measures suggested are to strengthen groundwater management, to adopt water demand policies, to raise water use efficiency, and to increase water supply from other sources. The relationship between farmers' income and the withdrawal was then examined using goal programming with 10, 20 and 30 percent deficit from water consumption target. The needed data were obtained from a random sampling. 112 farmers were chosen in the selected villages. The results at plain level showed that annual groundwater pumping; with optimal control is less than current groundwater pumping at discount rate less than 18 percent. The decrease percentage on benefit was less than that of the withdrawal for all representative farmers, based on the result obtained from goal programming. For example with the equal weight assigned to the water consumption and to the benefit objective, the water consumption target can be fully achieved. In this case products with deficit irrigation strategies and sprinkler irrigation method are used in the crop pattern. This study also revealed that the application of deficit irrigation strategies and sprinkler irrigation method lead to a decrease in extracting groundwater compared to the current status. Finally, the results can help farmers to choose crop pattern, irrigation strategies and irrigation method in such a way that both farmers' income and withdrawal are simultaneously optimized.

Keywords: Goal programming, Water efficiency, Deficit irrigation strategies, Crop pattern.

Received: November 1, 2009
Accepted: April 18, 2012

1- Ph.D student of Agricultural Economics, Shiraz University, Shiraz, Iran, Email: ff.fathi2@Gmail.com
2- Associate Professor, Faculty of Agriculture ,Shiraz University, Shiraz, Iran, Email: zibaei@shirazu.ac.ir
*- Corresponding Author

۱- مقدمه

برداشت بیش از حد از منابع آب در چند دهه اخیر منجر به کاهش آب‌های زیرزمینی و بوجود آمدن بیلان منفی دشت‌ها شده است. بنابراین با توجه به مشکل بیلان منفی دشت مهمترین رویکردی که برای حفاظت از منابع آب و پایداری آب مطرح است، جلوگیری از فشار مضاعف بر سفره‌های آب زیرزمینی و مدیریت بهره‌برداری از منابع آب می‌باشد. ارائه الگوی مناسب کشت، استراتژی مناسب کم آبیاری و سیستم آبیاری مناسب در جهت حمایت تصمیم کشاورزان برای رسیدن به برداشت پایدار از منابع آب حائز اهمیت است. از آنجا که در دنیای حقیقی حل بسیاری از مسایل مانند مدیریت در مصرف منابع آب، به بهینه سازی چندین هدف به طور توام در یک زمان نیازمند است، بنابراین رهیافت برنامه ریزی آرمانی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. مطالعات متعددی بر اساس اهداف مختلف اقتصادی، اجتماعی و محیطی با استفاده از این تکنیک صورت گرفته است و از مهمترین عواملی محیطی که در دنیای امروز به آن توجه شده است مسئله حداقل کردن مصرف آب و یا رسیدن مصرف آب به آرمان مشخص می‌باشد. مطالعات مختلفی این هدف را در نظر گرفته‌اند. اسدپور و همکاران (۱۳۸۴ و ۱۳۸۶) آرمان‌های ساعات کار ماشین‌آلات، سود ناخالص، به کارگیری زمین، تولید، معادلات نسبت‌های تولید، سرمایه گذاری نقدی، به کارگیری نیروی کار و همچنین آرمان مصرف آب را وارد مدل خود نموده و با روش برنامه ریزی آرمانی دستیابی به این آرمان‌ها را دنبال نمودند. ترکمانی و عبدالهی عزت آبادی (۱۳۸۴) حداکثرسازی سود، حداقل سازی بهره‌برداری از منابع آب و حداکثرسازی سطح زیر کشت را با استفاده از برنامه‌ریزی آرمانی و توافقی برای مدیریت منابع کمیاب باغات پسته شهرستان رفسنجان مورد بررسی قرار دادند. Xevi and Khan (2005) هدف مصرف آب را به اهداف اقتصادی خود شامل اهداف حداکثرسازی سود ناخالص، حداقل کردن هزینه متغیر اضافه نمودند و با وزن‌های مختلف درجه دسترسی به هر هدف را به طور جداگانه محاسبه نمودند. Sharma et al. (2007)، دستیابی به حداکثرسازی سود، استفاده از ماشین‌آلات، نیروی کار و مصرف آب در هر فصل را با استفاده از روش برنامه ریزی آرمانی و فازی[1] مورد بررسی قرار دادند. تنها در دسته‌ای از وزن اهداف، به آرمان آب مصرفی به طور کامل رسیدند. در همه این مطالعات برای هر محصول تنها یک استراتژی آبیاری در نظر گرفته شد. این درحالی است که در دنیای واقعی کشاورز با شرایط کم آبیاری در مراحل مختلف رشد گیاه روبرو است. از این رو در نظرگرفتن استراتژی‌های مختلف کم آبیاری برای هر محصول و همچنین وارد نمودن محصولات با راندمان‌های آبیاری متفاوت کشاورز را در شرایط واقعی‌تر قرار می‌دهد. بنابراین علاوه بر محصولات با استراتژی‌های کم آبیاری از محصولاتی که از سیستم‌های آبیاری نوین برای بالا بردن راندمان آبیاری استفاده می‌نمایند، همراه با تنش آبی و بدون تنش آبی در مدل لازم می‌باشد. در این مطالعه ابتدا میزان بهینه برداشت از سطح دشت تعیین و سپس الگوی مناسب کشت، استراتژی مناسب آبیاری و سیستم آبیاری بهینه با درنظر گرفتن آرمان آب مصرفی تعیین شد.

۲- روش تحقیق

برای بدست آوردن مقدار برداشت بهینه از روابط ارائه شده در این قسمت استفاده می‌شود. با این فرض که منافع حاصل از برداشت آب‌های زیرزمینی به وسیله سطح زیرمنحنی تابع تقاضا آب آبیاری مشخص می‌گردد. رابطه $P = a - bw_t$ با فرض خطی بودن تابع تقاضای آب را نشان می‌دهد. در این رابطه w_t مقدار برداشت آب بر حسب مترمکعب در واحد زمان، p قیمت آب بر حسب ریال و a و b به ترتیب عرض از مبدأ و شیب تابع تقاضا است. بر این اساس، منافع کل (TB) حاصل از برداشت از آب‌های زیرزمینی از رابطه (۱) بدست می آید (صبوحی و همکاران، ۱۳۸۶).

$$TB = aw_t - \frac{b}{2}w_t^2 \Rightarrow MB = a - bw_t \qquad (۱)$$

در این رابطه MB منافع نهایی (مشتق منافع کل نسبت به مقدار برداشت آب) می‌باشد. هزینه پمپاژ از رابطه زیر محاسبه می‌گردد (صبوحی و همکاران، ۱۳۸۶).

$$TC = eh_t w_t \Rightarrow MC = eh_t \qquad (۲)$$

در رابطه (۲) e هزینه لازم برای بالا آوردن یک مترمکعب آب به اندازه یک متر، h_t ارتفاع اولیه آبکشی، TC هزینه کل حاصل از استحصال آب‌های زیرزمینی و MC هزینه نهایی (هزینه آخرین واحد استحصال آب) است.

اگر برداشت در شرایط کنترل بهینه صورت گیرد، منافع نهایی حاصل از استحصال آب برابر با هزینه نهایی پمپاژ به علاوه هزینه نهایی بهره برداری اضافی می‌گردد. هزینه نهایی بهره‌برداری اضافی کاهش منافع خالص تنزیل شده از برداشت یک واحد اضافی آب در دوره جاری است. محاسبه چنین رقمی مستلزم آگاهی از سطوح بهینه پمپاژ آینده است. چنین چیزی را می‌توان از طریق برنامه ریزی پویا بدست آورد. با این حال یک راه تقریبی آن است که پمپاژ آتی را دقیقا معادل مقدار فعلی در نظر گرفت. در این حالت هزینه نهایی بهره‌برداری اضافی از رابطه (۳) بدست می آید (صبوحی و همکاران، ۱۳۸۶).

$$MUC = \frac{ew_t(1-\theta)}{ASi} \qquad (۳)$$

MUC هزینه بهره بردار نهایی است. θ کسری از آب‌های زیرزمینی استفاده شده است که به حوضه آبریز بر می‌گردد و مقدار آن کوچکتر از ۱ و بزرگتر از صفر می‌باشد. A سطح حوضه آبریز و S آبدهی ویژه و در این معادلات متغیر، i نرخ تنزیل می‌باشد. مقدار w_t برای نرخ‌های تنزیل متفاوت است. در این حالت منافع نهایی حاصل از استحصال آب برابر با هزینه نهایی پمپاژ به علاوه هزینه نهایی بهره برداری اضافی می‌گردد (صبوحی و همکاران، ۱۳۸۶).

برای بدست آوردن مقدار بهینه آب (w_t) از رابطه (۴) استفاده می‌گردد که از برابری منافع نهایی (MB) و هزینه نهایی پمپاژ به علاوه هزینه نهایی بهره برداری اضافی بدست می‌آید.

$$a - bw_t = eh_t + \frac{ew_t(1-\theta)}{ASi} \qquad (۴)$$

رابطه مستقیمی بین نرخ تنزیل و مصرف آب در هکتار وجود دارد (صبوحی و همکاران، ۱۳۸۶)، بدین ترتیب که نتایج حاصل از مقدار برداشت بهینه، میزان کاهش در برداشت از هر هکتار را نشان می‌دهد.

در مرحله بعد، پس از تعیین میزان بهینه برداشت از سطح دشت نیاز به تعیین مدل مناسب می‌باشد که بر اساس آن الگوی مناسب کشت، استراتژی مناسب آبیاری و سیستم آبیاری بهینه با درنظر گرفتن آرمان آب مصرفی تعیین گردد.

برای تعیین مدل، اطلاعات مورد نیاز از طریق تکمیل پرسشنامه از زارعین دشت فیروزآباد بدست آمد. برای تکمیل پرسشنامه از روش نمونه گیری تصادفی طبقه‌بندی شده استفاده شد. علاوه بر تکمیل پرسشنامه کلاس خاک از سازمان جهاد کشاورزی استان فارس جمع آوری شد. بهره‌برداران به دو گروه استفاده کننده از آب چاه و آب چاه و رودخانه تقسیم شدند. تعداد ۷۱ بهره‌بردار از آبادی‌های استفاده کننده از چاه و تعداد ۴۱ بهره بردار از آبادی‌های استفاده کننده از آب سطحی و چاه انتخاب شدند. از طریق تحلیل خوشه ای، بهره‌بردان نمونه به گروه‌های نسبتاً همگن تفکیک شدند که مشخصات این گروه‌ها عبارتند از:

۱- بهره برداران استفاده کننده از آب چاه با اندازه مزرعه کمتر از۶ هکتار و کلاس خاک نوع۲

۲- بهره برداران استفاده کننده از آب چاه با اندازه مزرعه بین ۶ تا ۱۰هکتار و کلاس خاک نوع۱

۳- بهره برداران استفاده کننده از آب چاه با اندازه مزرعه بیش از ۱۰ هکتار و کلاس خاک نوع۲

۴- بهره برداران استفاده کننده از آب چاه و رودخانه و کلاس خاک نوع۲

از روش برنامه ریزی آرمانی وزنی[۲] برای دستیابی به آرمان آب مصرفی و سود استفاده شد. این مدل انحرافات نامطلوب از اهداف تعیین شده را حداقل می‌نماید. چون واحد اهداف با یکدیگر متفاوت است، هر یک از انحرافات، با ارزش هدف در نظرگرفته شده، نرمال شدند. حالت کلی تابع هدف در رابطه (۵) نشان داده شده است.

$$Min\ Z = W_1 \frac{n_{gm}}{TGM} + W_2 \frac{p_w}{TW} \qquad (۵)$$

در رابطه (۵) n_{gm} انحراف منفی از سود و p_w انحراف مثبت از هدف آب مصرفی است. W وزن مربوط به هر یک از اهداف، TGM مقدار آرمان دستیابی به سود و TW مقدار هدف آب مصرفی است. هریک از توابع هدف با اضافه کردن انحراف منفی و مثبت از آرمان مورد نظر، به شکل محدودیت به مدل اضافه می شوند که در رابطه (۶) و (۷) مشخص شده اند. در رابطه (۶) تابع آب مصرفی با اضافه کردن انحراف منفی و مثبت از آرمان مورد نظر، به شکل محدودیت به مدل اضافه می شوند.

$$\sum_{i=1}^{n} TW_i X_i + n_w - p_w = TW \qquad (۶)$$

در رابطه (۶) TW_i کل آب مصرفی برای کشت یک هکتار محصول i در طول فصل زراعی است، n_w انحراف منفی و p_w انحراف مثبت از هدف آب مصرفی است.

در رابطه (۷) تابع حداکثر سازی سود با اضافه کردن انحراف منفی و مثبت از آرمان مورد نظر، به شکل محدودیت به مدل اضافه می‌شوند.

(۷)

$$\sum_{i=1}^{n} (P_i Y_i - TVC_i - C_w TW_i) X_i + n_{gm} - p_{gm} = TGM$$

ضرایب هر فعالیت در رابطه (۷) سود ناخالص است که به عنوان بازده برنامه‌ای در مدل وارد شده است. این ضرایب از کسر هزینه‌های متغیر TVC_i (خرید نهاده‌های تولید از جمله بذر، کود (خرید آزاد و دولتی)، سم، نیروی کار، ماشین‌آلات و هزینه استحصال آب از درآمد حاصل از کشت محصول i محاسبه شدند. C_w هزینه استحصال هر متر مکعب آب، P_i قیمت محصول i ، Y_i عملکرد

محصول i است. n_{gm} و p_{gm} به ترتیب انحراف منفی و مثبت از هدف سود است.

رابطه (۸) محدودیت زمین را نشان می‌دهد که در آن X_{total}، کل اراضی موجود مزرعه نماینده است.

$$\sum_{i=1}^{n} X_i \le X_{total} \qquad (۸)$$

رابطه (۹) مربوط به محدودیت نیروی کار است. در این مطالعه این محدودیت بصورت فصلی منظور گردید.

$$\sum_{i}^{n} L_{is} X_{is} \le labour_s \qquad s = 1,2,3,4 \qquad (۹)$$

در رابطه بالا L_{is} تعداد نیروی کار مورد نیاز فعالیت i در فصل s است و $labour_s$ تعداد کل نیروی کار در دسترس بهره‌بردار نمونه در فصل s می‌باشد.

رابطه (۱۰) محدودیت آب را نشان می دهد. از آنجا که دوره کشت و نیاز آبی محصولات و میزان موجودی آب منطقه در ماههای مختلف سال با یکدیگر متفاوت است، محدودیت آب به صورت دوره‌های ده روزه در نظر گرفته شد. در واقع محدودیت آب بیانگر آن است که جمع مقدار آب مورد نیاز هر یک از گیاهان در دوره‌های مختلف نمی‌تواند از کل آب در دسترس بهره‌بردار بیشتر شود.

$$\sum_{i=1}^{n} W_{ik} X_{ik} \le water_k \qquad k = 1,2,...,27 \qquad (۱۰)$$

سمت راست رابطه (۱۰) حداکثر آب در دسترس بهره‌بردار در دوره k ($water_k$) است که براساس متوسط آب دهی چاه در هر دوره ضربدر ساعات آبدهی در شبانه روز در راندمان آبیاری توزیع و انتقال آب محاسبه شد. W_{ik} آب مورد نیاز گیاه در دوره k است که بر اساس رابطه $W_{ik} = (1-h)W_{pi_k}$ محاسبه می‌شود (علیزاده، ۱۳۸۳). h میزان تنش آبی است و W_{pi_k} حداکثر آب آبیاری مورد نیاز گیاه i ام در هر دوره است که برابر است با $W_{pik} = IN_{ik} \times 10$ است IN مقدار آب خالص مورد نیاز گیاه i ام است. عدد ۱۰ برای تبدیل میلی متر به مترمکعب در هکتار می‌باشد مقدار IN از رابطه $IN_{ik} = ET_{Cropi} - P_e$ بدست می‌آید. P_e بارندگی مؤثر است و ET_{Cropi} تبخیر تعرق گیاه است (علیزاده، ۱۳۸۳).

در تمام روابط X_i متغیرتصمیم می‌باشد که مربوط به محصولات مختلف است که تقسیم بندی این محصولات بر اساس استراتژی آبیاری و راندمان آبیاری متفاوت (بر اساس سیستم آبیاری) می باشد.

براساس نظر کارشناسان منطقه راندمان آبیاری با استفاده از سیستم آبیاری بارانی، ۶۵ درصد و برای لوله‌های پلاستیکی، ۴۰ درصد و سیستم آبیاری سنتی ۳۴ درصد درنظر گرفته شد. میزان تنش‌ها در هر دوره ۱۰، ۱۵، ۲۰، ۲۵، ۳۰ درصد در مراحل مختلف رشد از جمله استقرار، رشد، گلدهی، شکل گیری عملکرد و رسیدن اعمال شد. به طور مثال گندم۱ گندم با آبیاری کامل و سیستم آبیاری سنتی می‌باشد. گندم ۲۷، گندم دیم و گندم ۲۹، گندم با ۱۰ درصد تنش در مرحله اواخر رشد و استفاده از لوله برای انتقال آب، گندم۴۰، گندم با ۱۰ درصد تنش در مرحله اواخر رشد و استفاده از سیستم آبیاری بارانی می‌باشد. این تقسیم بندی برای همه محصولات قابل کشت در منطقه از جمله جو، ذرت، چغندرقند و کنجد در مراحل مختلف رشد به طور جزیی صورت گرفت.

برای محصولاتی که از سیستم آبیاری متفاوت استفاده می‌نمایند، هزینه یکنواخت سالانه از سود ناخالص هر هکتار این گونه محصولات کسر شد. در منطقه مورد مطالعه کشاورزان از سیستم آبیاری بارانی کلاسیک استفاده می‌نمودند. بر اساس اطلاعات کارشناسان سازمان جهاد کشاورزی استان فارس در سال ۱۳۸۶ متوسط هزینه استفاده از این نوع سیستم آبیاری در این دشت ۲۵۰۰ هزار تومان به ازای هر هکتار با عمر مفید ۱۰ سال می باشد. برای هر یک از بهره‌برداران نمونه با توجه به هزینه استفاده از این نوع سیستم آبیاری، هزینه یکنواخت سالانه محاسبه شد و از سود ناخالص این گونه فعالیت‌ها کسر شد. قیمت هر متر لوله‌های پلاستیکی برای انتقال آب، در سال۱۳۸۶، برابر با ۸۰۰ تومان درنظر گرفته شد که براساس فاصله برای انتقال آب، هزینه برای هر کشاورز نماینده محاسبه و از سود ناخالص فعالیت‌ها کسر شد.

۳- نتایج و بحث

با استفاده از مدل برنامه ریزی ریاضی تابع تقاضا در سطح دشت به صورت $P = 485165195\ W^{-0.9}$ بدست آمد که بهترین برازش برای این تابع تقاضا به شکل تابع نمایی می‌باشد. W مقدار آب مصرفی در هکتار و P قیمت آب می‌باشد. که با استفاده از اطلاعات جدول ۱ و رابطه (۴) میزان برداشت بهینه به دست آمد. حد مجاز و پایدار برداشت از دشت در سال ۱۳۸۶ برابر با ۱۶۶/۱۶۲ میلیون مترمکعب می باشد (پولادیان، ۱۳۸۶). با تغییر نرخ بهره حد بهینه برداشت آب محاسبه شد.

جدول۱- اطلاعات مربوط به دشت فیروزآباد

مساحت دشت (هزار کیلومتر مربع)	۲۷۹
هزینه نهایی پمپاژ هر مترمکعب (تومان)	۱۲
برداشت مجاز (میلیون مترمکعب)	۱۶۶/۱۶۲
برداشت فعلی (میلیون مترمکعب)	۱۸۷/۳۱۴
متوسط عمق چاه‌ها (متر)	۷۰
آب برگشتی به حوضه (درصد)	۰/۲۴
آب دهی ویژه (درصد)	۰/۰۹
سطح ایستابی در زمان احداث (متر)	۴۰
ساعت آبیاری (ساعت در هر دور)	۲۳
*عر ض از مبدا تابع تقاضا	۴۸۵۱۶۵۱۹۵
*شیب تابع تقاضا	-۰/۹

مأخذ: سازمان آب منطقه ای استان فارس

*یافته‌های تحقیق

بر اساس نتایج حاصل در جدول ۲، در نرخ بهره‌های پایین، مصرف آب کمتر از نرخ بهره‌های بالا است. از آنجایی که برداشت پایدار از دشت در سطح ۱۶۶/۱۶۲ میلیون مترمکعب اتفاق می‌افتد، بنابراین پایداری آب زیرزمینی در نرخ تنزیل کمتر از ۱۸ درصد حاصل می‌شود. از آنجایی که نرخ تنزیل در ایران حدوداً بیش از این مقدار است بنابراین کنترل مقدار بهینه برداشت جوابگوی پایداری منابع دشت نخواهد بود از این رو لازم است تا هدف کاهش آب مصرفی به مدل‌ها اضافه گردد.

برای بهره‌بردار نماینده همه گروه‌های همگن، دو هدف کاهش، ۱۰، ۲۰ و ۳۰ درصد آب مصرفی نسبت به مصرف آب در حالت حداکثرسازی سود و رسیدن به حداکثر سازی سود، با وزن‌های مختلفی درنظر گرفته شد. تا به پایداری منابع آب دشت فیروزآباد دست یافت. نتایج حاصل از اجرای مدل برای بهره بردار نماینده گروه همگن (۱) دارای ۵ هکتار زمین در جدول ۳ آورده شده است. در ترکیب وزن (۰/۵۰ و ۰/۵۰)، (وزن به هدف حداکثرسازی سود، وزن به هدف آب مصرفی) می توان به هدف ۱۰ درصد کاهش مصرف آب رسید، اما انحراف منفی برابر با ۳۸۷۶۶۰ تومان از حـــداکثر سود در نظر گرفته شده بـــرای کشاورز، اتفاق می افتد. مـــدل گندم ۲۵ (۳۰ درصد تنش در مرحله رسیدن و سیستم آبیاری سنتی)، ۴/۳ هکتار، گندم ۴۹ (گندم با آبیاری بارانی همراه با ۳۰ درصد تنش در مرحله رسیدن)، ۰/۷ هکتار و ذرت ۴۸ (۳۰ درصد تنش در مرحله رسیدن و استفاده از لوله‌های پلاستیکی)، ۲/۵ هکتار را پیشنهاد می‌کند. در این حالت به هدف کاهش ۱۰ درصدی مصرف آب به طور کامل می‌توان دست یافت و ۳۸۷۶۶۰ تومان سود نسبت به حالت حداکثر سازی سود، از دست می‌رود.

جدول۲- برداشت بهینه آب درسطوح مختلف نرخ تنزیل در سطح دشت

نرخ تنزیل	مقدار بهینه برداشت آب (مترمکعب)
۰/۰۶	۷۰۵۸۲۵۴۷
۰/۰۷	۸۰۵۸۷۶۹۹
۰/۰۸	۹۰۱۷۴۴۴۲
۰/۰۹	۹۹۳۶۸۴۸۶
۰/۱۰	۱۰۸۱۹۳۴۷۴
۰/۱۱	۱۱۶۶۷۱۱۹۱
۰/۱۲	۱۲۴۸۲۱۷۴۰
۰/۱۳	۱۳۲۶۶۳۷۰۰
۰/۱۴	۱۴۰۲۱۴۲۷۲
۰/۱۵	۱۴۷۴۸۹۴۰۰
۰/۱۶	۱۵۴۵۰۳۸۸۷
۰/۱۷	۱۶۱۲۷۱۴۹۲
۰/۱۸	۱۶۷۸۰۵۰۲۴
۰/۱۹	۱۷۴۱۱۶۴۲۱
۰/۲۰	۱۸۰۲۱۶۸۲۲
۰/۲۱	۱۸۶۱۱۶۶۳۴
۰/۲۴	۲۰۲۷۰۶۸۱۶
۰/۳۰	۲۳۱۶۱۰۴۲۹

در ترکیب وزن‌های دیگر که اهمیت بیشتر به سود داده می‌شود در ازای انحراف مثبت از هدف آب مصرفی در نظر گرفته شده، مقدار کاهش سود کمتر شده به گونه‌ای که در وزن بسیار بالا به سود، انحراف منفی از سود صفر می شود. از سطح زیرکشت ذرت ۴۸ کم شده و به ترتیب به سطح زیر کشت ذرت۴۴ (۱۰ درصد تنش در مرحله رسیدن و استفاده از لوله‌های پلاستیکی) و ذرت ۳۴ (۱۰ درصد تنش در مرحله استقرار و استفاده از لوله‌های پلاستیکی) اضافه می‌شود. در ترکیب وزن (۰/۷۰ و ۰/۳۰) ۵ هکتار به سطح زیر کشت گندم ۲۵ و ۲/۶ هکتار به برنج اختصاص می یابد و ۱۶۴۳۱۰ تومان انحراف منفی از هدف سود و ۳۴۸۷ مترمکعب انحراف مثبت از هدف آب مصرفی اتفاق می‌افتد. در ترکیب وزن (۸۰/ و ۰/۲۰) ذرت۴۴ با ۲/۱ هکتار وارد الگوی کشت شده و برنج ۵۲/ هکتار در الگوی کشت قرار می گیرد و ۹۶۱۹ تومان از هدف دستیابی به سود حداکثر در ازای افزایش ۶۷۸۳ مترمکعب مصرف آب، کاسته می شود. در ترکیب وزن (۹۵/ و ۰۵/.) ذرت ۳۴ به الگوی کشت وارد می‌شود و در ترکیب وزن (۹۰/ و ۰/۱۰) گندم ۱ (گندم با آبیاری کامل و سیستم آبیاری سنتی) با ۵ هکتار و ذرت ۳۴ با ۲/۱ هکتار و برنج با ۰/۵۲ هکتار در الگوی کشت قرار دارند که به هدف کاهش ۱۰ درصد مصرف آب نمی‌توان دست یافت اما به هدف حداکثر سود می توان دست یافت.

رسیدن به هدف ۲۰ و ۳۰ درصد کاهش مصرف آب، با اهمیت یکسان به دو هدف، مانند حالت قبل در ازای انحراف منفی ۹۶۴۵۷۰ و ۱۰۹۳۰۰۰ تومان سود دست یافتنی است. در هدف کاهش ۲۰ درصد مصرف آب گندم ۲۵ (۳۰ درصد تنش در مرحله رسیدن و سیستم آبیاری سنتی)، ۲/۵ هکتار، گندم ۴۹ (گندم با آبیاری بارانی همراه با ۳۰ درصد تنش در مرحله رسیدن)، ۲/۵ هکتار و ذرت ۴۸، ۲/۶ هکتار پیشنهاد می‌شود. هدف کاهش ۳۰ درصد مصرف آب، با الگوی گندم ۲۵ ، ۰/۷ هکتار، گندم ۴۹، ۴/۲ هکتار و ذرت ۴۸ (۳۰ درصد تنش در مرحله رسیدن و استفاده از لوله‌های پلاستیکی) ۲/۶ هکتار، محقق می شود. هر چه هدف کاهش مصرف آب را بیشتر قرار دهیم به سطح زیر کشت گندم ۴۹ اضافه می‌شود. این مطلب نشان می دهد که با افزایش راندمان آبیاری می توان به اهداف کاهش آب مصرفی در حد بسیار بالایی دست یافت. در همه حالات در صورتی که وزن یکسانی به توابع داده شود دسترسی به اهداف کاهش مصرف آب امکان پذیر خواهد بود اما با توجه به اطلاعات جمع‌آوری شده کشاورزان به هدف حداکثر کردن سود اهمیت بیشتری می‌دهند و هدایت کشاورزان به سمت الگوهایی که انتظارات آن‌ها را برآورده کرده و در عین حال صرفه جویی در مصرف آب را به دنبال داشته باشد، منطقی به نظر می‌رسد. از این رو پیدا کردن مدیریت صحیح کم آبیاری و بالا بردن راندمان آبیاری علاوه بر کاهش مصرف آب از کاهش شدید سود نیز جلوگیری می‌نماید.

نتایج حاصل از اجرای مدل برای بهره بردار نماینده گروه همگن (۲) با ۸ هکتار زمین در جدول ۴ آورده شده است در حالت اهداف کاهش ۱۰ درصدی در مصرف آب و رسیدن به سود حداکثر در ترکیب وزن (۰/۵۰ و ۰/۵۰) می‌توان به هدف ۱۰ درصد کاهش مصرف آب رسید اما انحراف منفی برابر با ۹۲۷۵۸۰ از حداکثر سود اتفاق می‌افتد. این حالت الگوی کشت مدل گندم ۲۵ (۳۰ درصد تنش در مرحله رسیدن و سیستم آبیاری سنتی) ۵/۲ هکتار، گندم ۴۹، (گندم با آبیاری بارانی همراه با ۳۰ درصد تنش در مرحله رسیدن)، ۲/۷ هکتار و برنج ۲/۹ هکتار را پیشنهاد می کند. در این حالت به هدف کاهش ۱۰ درصدی مصرف آب به طور کامل می توان دست یافت و ۹۲۷۵۸۰ تومان سود نسبت به حالت حداکثر سازی سود، از دست می‌رود.

جدول۳- الگوی بهینه کشت، انحراف از آرمان سود و آب مصرفی بهره بردار نماینده گروه همگن ۱(دارای ۵ هکتار زمین)

اهداف: کاهش آب مصرفی به اندازه ۱۰ درصد و رسیدن به حداکثر سود												
وزن تابع سود	وزن تابع مصرف آب	سود ناخالص	آب مصرفی	انحراف منفی از سود	انحراف مثبت از آب مصرفی	گندم۱	گندم۲۱	گندم۲۵	گندم۴۹	ذرت۴۴	ذرت۳۴	ذرت۴۸
		تومان	مترمکعب			سطح زیر کشت (هکتار)						
/۵۰	/۵۰	۹۱۶۶۲۳۱	۸۱۰۶۶	۳۸۷۶۶۰	۰	۰		۴/۳	/۷	۰		۲/۶
/۳۰	/۷۰	۹۳۸۹۵۸۷	۸۴۵۵۳	۱۶۴۳۱۰	۳۴۸۷	۰		۵	۰	۰	۰	۲/۶
/۲۰	/۸۰	۹۵۴۴۲۷۳	۸۷۸۴۹	۹۶۱۹	۶۷۸۳	۰		۵	۰	۲/۱		/۵۲
/۰۵	/۹۵	۹۵۴۷۲۳۴	۸۸۲۷۷	۶۶۵۹	۷۲۱۱	۰		۵	۰	۰	۲/۱	/۵۲
/۰۱	/۹۹	۹۵۵۳۸۹۳	۹۰۰۷۳	۰	۹۰۰۷	۵		۰	۰	۰	۲/۱	/۵۲
اهداف: کاهش آب مصرفی به اندازه ۲۰ درصد و رسیدن به حداکثر سود												
/۵۰	/۵۰	۸۵۸۹۳۲۰	۷۲۰۵۹	۹۶۴۵۷۰	۰	۰	۰	۲/۵	۲/۵	۰	۰	۲/۶
/۳۰	/۷۰	۹۳۸۹۵۸۷	۸۴۵۵۳	۱۶۴۳۱۰	۱۲۴۹۴	۰	۰	۵	۰	۰	۰	۲/۶
/۲۰	/۸۰	۹۵۴۴۲۷۳	۸۷۸۴۹	۹۶۱۹	۱۵۷۹۰	۰	۰	۵	۰	۲/۱	۰	/۵۲
/۰۴	/۹۶	۹۵۴۷۲۳۴	۸۸۲۷۷	۶۶۵۹	۱۶۲۱۸	۰	۰	۵	۰	۰	۰	۲/۳
/۰۲	/۹۸	۹۵۵۲۳۹۰	۸۹۴۲۷	۱۱۷۰	۱۶۹۴۵	۰	۵	۰	۰	۰	۲/۱	/۵۲
/۰۱	/۹۹	۹۵۵۳۸۹۳	۹۰۰۷۳	۰	۱۸۰۱۴۰	۵	۰	۰	۰	۰	۲/۱	/۵۲
اهداف: کاهش آب مصرفی به اندازه ۳۰ درصد و رسیدن به حداکثر سود												
/۵۰	/۵۰	۸۰۱۲۴۰۹	۶۳۰۵۱	۱۰۹۳۰۰۰	۰	۰	۰	/۷	۴/۲	۰	۰	۲/۶
/۲۹	/۷۱	۹۳۸۹۵۸۷	۸۴۵۵۳	۱۶۴۳۱۰	۲۱۵۰۲	۰	۰	۵	۰	۰	۰	۲/۶
/۲۰	/۸۰	۹۵۴۴۲۷۳	۸۷۸۴۹	۹۶۱۹	۲۴۷۹۸	۰	۰	۵	۰	۲/۱	۰	۰/۵۲
/۰۴	/۹۶	۹۵۴۷۲۳۴	۸۸۲۷۷	۶۶۵۹	۲۵۲۲۶	۰	۰	۵	۰	۰	۰	۲/۳
/۰۲	/۹۸	۹۵۵۲۳۹۰	۸۹۴۲۷	۱۵۰۲	۲۶۳۷۵۴	۰	۵	۰	۰	۰	۲/۱	۰/۵۲
/۰۱	/۹۹	۹۵۵۳۸۹۳	۹۰۰۷۳	۰	۲۷۰۲۲	۵	۰	۰	۰	۰	۲/۰۵	۰/۵۲

جدول۴- الگوی بهینه کشت، انحراف از آرمان سود و آب مصرفی بهره بردار نماینده گروه همگن ۲ (دارای ۸ هکتار زمین)

وزن به تابع سود	وزن تابع مصرف آب	سود ناخالص	آب مصرفی	انحراف منفی از سود	انحراف مثبت از آب مصرفی	گندم۱	گندم۲۱	گندم۲۵	گندم۴۹	گندم دیم	برنج
		تومان	مترمکعب			سطح زیر کشت (هکتار)					
/۵۰	/۵۰	۱۸۱۷۶۷۸۷	۱۳۰۶۶۸	۹۲۷۵۸۰	۰			۵/۲	۲/۷		۲/۹
/۳۰	/۷۰	۱۹۰۹۰۷۹۱	۱۴۲۵۰۷	۱۳۵۷۷	۱۱۸۳۹			۸			۲/۹
/۰۳	/۹۷	۱۹۱۰۰۹۱۲	۱۴۴۲۲۲	۳۴۵۶	۱۳۵۵۴		۸				۲/۹
/۰۱	/۹۹	۱۹۱۰۴۳۶۹	۱۴۵۱۸۶	۰	۱۴۵۱۸	۸					۳/۴
هدف کاهش آب مصرفی به اندازه ۲۰ درصد و رسیدن به حداکثر سود											
/۵۰	/۵۰	۱۷۰۵۵۹۸۲	۱۱۵۱۴۹	۲۰۴۸۴۰	۰			۱/۹	۶/۱		۲/۹
/۳۰	/۷۰	۱۹۰۹۰۷۹۱	۱۴۲۵۰۸	۱۳۵۷۷	۲۶۳۵۸			۸			۳/۴
/۰۳	/۹۷	۱۹۱۰۰۹۱۲	۱۴۴۲۲۳	۳۴۵۶	۲۸۰۷۳		۸				۳/۴
/۰۱	/۹۹	۱۸۲۸۰۴۷۹	۱۵۱۴۳۴	۰	۲۹۰۳۷	۸					۳/۴
هدف کاهش آب مصرفی به اندازه ۳۰ درصد و رسیدن به حداکثر سود											
/۵۰	/۵۰	۱۵۷۵۱۵۲۱	۱۰۱۶۳۱	۳۳۵۲۸۰۰	۰				۶/۸۹	۱/۱	۲/۹
/۳۰	/۷۰	۱۶۴۱۱۴۱۳	۱۰۷۸۰۰	۲۶۹۳۰۰۰	۶۱۶۹				۸		۲/۹
/۲۰	/۸۰	۱۹۰۹۰۷۹۱	۱۴۲۵۰۸	۱۳۵۷۷	۴۰۸۷۷			۸			۲/۹
/۰۳	/۹۷	۱۹۱۰۰۹۱۲	۱۴۴۲۲۳	۳۴۵۶	۴۲۵۹۱		۸				۳/۴
/۰۱	/۹۹	۱۹۱۰۴۳۶۹	۱۴۵۱۸۷	۰	۴۳۵۵۶	۸					۳/۴

در ترکیب وزن‌های دیگر که اهمیت بیشتر به سود داده می‌شود، در ازای انحراف مثبت از هدف آب مصرفی در نظر گرفته شده، مقدار کاهش سود کمتر شده به گونه‌ای که در وزن بسیار بالا به سود، انحراف منفی از سود صفر می شود. در ترکیب وزن (۰/۷۰ و ۰/۳۰) تمام سطح زیر کشت به گندم ۲۵ اختصاص می‌یابد و در ترکیب وزن (۰/۹۰ و ۰/۱۰) گندم ۲۱ (۱۰ درصد تنش در مرحله رسیدن و سیستم آبیاری سنتی) وارد مدل می‌شود. در وزن بسیار بالا به سود، گندم ۱ (گندم با آبیاری کامل و سیستم آبیاری سنتی) وارد الگوی کشت شده و به سطح زیرکشت برنج اضافه می‌شود. در این حالت به هدف کاهش مصرف آب نمی‌توان دست یافت و تنها هدف حداکثر سازی سود برآورده می‌گردد. رسیدن به هدف ۲۰ و ۳۰ درصد کاهش مصرف آب مانند حالت قبل نیز در ازای انحراف منفی ۲۰۴۸۴۰۰ و ۳۳۵۲۸۰۰ تومان از هدف حداکثر سازی سود دست یافتنی است. در هدف کاهش ۲۰ درصد مصرف آب گندم ۲۵، ۱/۹ هکتار، گندم۴۹، (گندم ۳۰ درصد تنش در مرحله رسیدن با سیستم آبیاری بارانی) ۶/۱ هکتار و برنج ۱/۶۳ هکتار در الگوی کشت قرار دارند. ترکیبات مختلف دیگر وزن دهی سطح زیرکشت مشابه حالت قبل می‌باشد. با الگوی گندم ۴۹، ۶/۸۹ هکتار، گندم دیم، ۱/۱ هکتار و برنج ۲/۹ هکتار به هدف کاهش ۳۰ درصد مصرف آب می توان رسید. هر چه هدف کاهش مصرف آب را بیشتر قرار دهیم به سطح زیر کشت گندم ۴۹ اضافه می‌شود.

نتایج حاصل از اجرای مدل برای بهره‌بردار نماینده گروه همگن (۳) با ۱۳ هکتار زمین در جدول ۵ آورده شده است. در حالت اهداف کاهش ۱۰ درصدی در مصرف آب و رسیدن به سود حداکثر در ترکیب وزن (۰/۵۰ و ۰/۵۰) می توان به هدف ۱۰ درصد کاهش مصرف آب رسید اما انحراف منفی برابر با ۱۱۴۶۷۰۰ از حداکثر سود اتفاق می افتد. در این حالت مدل الگوی کشت گندم۲۵، ۹/۶۶ هکتار، گندم۴۹، (گندم با آبیاری بارانی همراه با ۳۰ درصد تنش در مرحله رسیدن)، ۳/۳۶ هکتار و ذرت ۳ (ذرت با ۱۰ درصد تنش در مرحله استقرار و سیستم آبیاری سنتی)، ۳/۵۱ هکتار و برنج، ۱/۶۳ هکتار را پیشنهاد می کند. به هدف کاهش ۱۰ درصدی مصرف آب به طور کامل می‌توان دست یافت و ۱۱۴۶۷۰۰ تومان سود نسبت به حالت حداکثر سازی سود، از دست می‌رود. در ترکیب وزن‌های دیگر که اهمیت بیشتر به سود داده می‌شود در ازای انحراف مثبت از هدف آب مصرفی در نظر گرفته شده، مقدار کاهش سود کمتر شده به گونه ای که در وزن بسیار بالا به سود انحراف منفی از سود صفر می شود. در ترکیب وزن (۰/۷۰ و ۰/۳۰) تمام سطح زیر کشت به گندم ۲۵ اختصاص می یابد. در ترکیب وزن (۰/۹۰ و ۰/۱۰) گندم ۲۱ وارد مدل شده و به سطح زیر کشت ذرت اضافه می شود. در وزن بسیار بالا به سود، به سطح زیرکشت گندم۱ اضافه می‌شود. در این حالت به هدف کاهش مصرف آب نمی‌توان دست یافت و تنها سود حداکثر می‌شود. رسیدن به هدف ۲۰ و ۳۰ درصد کاهش مصرف آب مانند حالت قبل نیز در ازای انحراف منفی ۲۷۱۴۹۰۰۰ و ۴۲۸۳۲۰۰

تومان دست یافتنی است. در هدف کاهش ۲۰ درصد مصرف آب گندم ۲۵ (۳۰ درصد تنش در مرحله رسیدن و سیستم آبیاری سنتی)، ۴/۸۴ هکتار، گندم ۴۹۴۹ (گندم با آبیاری بارانی همراه با ۳۰ درصد تنش در مرحله رسیدن)، ۸/۱۶ هکتار، ذرت۳ (ذرت با ۱۰ درصد تنش در مرحله استقرار و سیستم آبیاری سنتی)، ۳/۵۱ هکتار و برنج ۱/۶۳ هکتار در الگوی کشت قرار دارند. ترکیبات مختلف دیگر وزن دهی سطح زیرکشت مشابه حالت قبل می‌باشد. با الگوی گندم ۲۵، ۰/۰۲۳ هکتار، گندم ۴۹، ۱۲/۹۷ هکتار و ذرت ۳، ۳/۵۱ هکتار و برنج ۱/۶۳ هکتار به هدف کاهش ۳۰ درصد مصرف می‌توان رسید. هر چه هدف کاهش مصرف آب را بیشتر قرار دهیم به سطح زیر کشت گندم ۴۹ اضافه می‌شود. این مطلب نشان می‌دهد که با افزایش راندمان آبیاری می‌توان به اهداف کاهش آب مصرفی در حد بسیار بالایی نیز دست یافت.

نتایج حاصل از اجرای مدل برای بهره بردار نماینده گروه همگن (۴) با ۱۰ هکتار زمین در جدول ۶ آورده شده است. در حالت اهداف کاهش ۱۰ درصدی در مصرف آب و رسیدن به سود حداکثر در ترکیب وزن (۰/۵۰ و ۰/۵۰) می‌توان به هدف ۱۰ درصد کاهش مصرف آب رسید اما انحراف منفی برابر با ۲۵۷۹۷۰۰ از حداکثر سود اتفاق می‌افتد. مدل الگوی کشت گندم ۲۵، ۶/۴۸ هکتار، گندم ۴۹، ۳/۵۱ هکتار و ذرت ۱، ۱/۷۷ هکتار و برنج ۳/۴۸ هکتار را پیشنهاد می کند. در این حالت به هدف کاهش ۱۰ درصدی مصرف آب به طور کامل می توان دست یافت و ۲۵۷۹۷۰۰ تومان سود نسبت به حالت حداکثر سازی سود، از دست می‌رود. در ترکیب وزن‌های دیگر که اهمیت بیشتر به سود داده می‌شود در ازای انحراف مثبت از هدف آب مصرفی در نظر گرفته شده، مقدار کاهش سود کمتر شده به گونه‌ای که در وزن بسیار بـالا به سود انحراف منفی از سود صفر می شود. در ترکیب وزن (۰/۷۰ و ۰/۳۰) به سطح زیر کشت به گندم ۴۹ اضافه و از سطح زیر کشت گندم ۲۵ کاسته می شود. الگوی کشت دراین وضعیت گندم۲۵، ۲/۱۴، گندم۴۹، ۷/۸۶ هکتار، ذرت ۱، ۱/۷۷ هکتار و برنج ۳/۴۸ هکتار می باشد. در این حالت۱۳۵۷۷ انحراف از هدف سود و ۱۱۸۳۹ انحراف از هدف آب مصرفی اتفاق می‌افتد. در ترکیب وزن (۰/۸۰ و ۰/۲۰) ذرت۹ (ذرت با ۱۰ درصد تنش در اواخر رشد و سیستم آبیاری سنتی) به الگوی کشت وارد می شود. گندم ۲۵، ۱۰ هکتار، ذرت۱، ۱/۲۴ هکتار و ذرت۹، ۵۹/ هکتار و برنج ۳/۴۷ هکتار در الگوی کشت قرار دارند. در ترکیب وزن (۰/۹۰ و ۰/۱۰) گندم ۲۱ وارد مدل می شود. در وزن بسیار بالا به سود، به سطح زیرکشت گندم ۱ اضافه می‌شود. در این حالت به هدف کاهش مصرف آب نمی توان دست یافت و تنها به هدف حداکثرسازی سود می‌توان دست یافت. رسیدن به هدف ۲۰ و ۳۰ درصد کاهش مصرف آب مانند حالت قبل نیز در ازای انحراف منفی ۲۵۷۹۷۰۰ و ۴۲۴۸۷۰۰ تومان دست یافتنی است.

جدول۵- الگوی بهینه کشت، انحراف از آرمان سود و آب مصرفی بهره بردار نماینده گروه همگن۳ (دارای ۱۳ هکتار زمین)

وزن به هدف آب مصرفی	وزن به هدف سود	سود ناخالص	آب مصرفی	انحراف منفی از سود	انحراف مثبت از آب مصرفی	گندم۱	گندم۲۱	گندم ۲۵	گندم ۴۹	ذرت۳	ذرت۲۱	برنج
		تومان	مترمکعب			سطح زیر کشت (هکتار)						
/۵۰	/۵۰	۲۵۴۲۶۷۱۹	۲۱۵۶۹۲	۱۱۴۶۷۰۰	۰			۹/۶۶	۳/۳۴	۳/۵۱		۱/۶۳
/۳۰	/۷۰	۲۶۵۱۳۰۹۰	۲۳۲۲۹۴	۶۰۳۴۹	۱۶۶۰۲			۱۳		۳/۵۱		۱/۶۳
/۱۰	/۹۰	۲۶۵۵۶۱۲۵	۲۳۴۹۸۸	۱۷۳۱۴	۱۹۲۹۶			۱۳		۱/۶۰	۲/۱۵	۱/۶۰
/۰۳	/۹۷	۲۶۵۶۹۵۳۲	۲۳۷۹۷۷	۳۹۰۷	۲۲۲۸۴		۱۳			۱/۶۰	۲/۱۵	۱/۶۰
/۰۱	/۹۹	۲۶۵۷۳۴۳۹	۲۳۹۶۵۸	۰	۲۳۹۶۵	۱۳				۱/۶۰	۲/۱۵	۱/۶۰
هدف کاهش آب مصرفی به اندازه ۲۰ درصد و رسیدن به حداکثر سود												
/۵۰	/۵۰	۲۳۸۵۸۵۰۲	۱۹۱۷۲۶	۲۷۱۴۹۰۰	۰			۴/۸۴	۸/۱۶	۳/۵۱		۱/۶۳
/۳۰	/۷۰	۲۶۵۱۳۰۹۰	۲۳۲۲۹۴	۶۰۳۴۹	۴۰۵۶۷			۱۳		۳/۵۱		۱/۶۳
/۱۰	/۹۰	۲۶۵۵۶۲۲۵	۲۳۴۹۸۸	۱۷۳۱۴	۴۳۲۶۱			۱۳		۱/۶۰	۲/۱۵	۱/۶۰
/۰۳	/۹۷	۲۶۵۶۹۵۳۲	۲۳۷۹۷۷	۳۹۰۷	۴۶۲۵۰		۱۳			۱/۶۰	۲/۱۵	۱/۶۰
/۰۱	/۹۹	۲۶۵۷۳۴۳۹	۲۳۹۶۵۸	۰	۴۷۹۳۱	۱۳				۱/۶۰	۲/۱۵	۱/۶۰
هدف کاهش آب مصرفی به اندازه ۳۰ درصد و رسیدن به حداکثر سود												
/۵۰	/۵۰	۲۲۲۹۰۲۸۶	۱۶۷۷۶۰	۴۲۸۳۲۰۰	۰			/۰۲۳	۱۲/۹۷	۳/۵۱		۱/۶۳
/۲۰	/۸۰	۲۶۵۱۳۰۹۰	۲۳۲۲۹۴	۶۰۳۴۹	۶۴۵۳۳			۱۳		۳/۵۱		۱/۶۳
/۰۲	/۹۸	۲۶۵۶۹۵۳۲	۲۳۷۹۷۷	۳۹۰۷	۷۰۲۱۶		۱۳			۱/۶۰	۲/۱۵	۱/۶۰
/۰۱	/۹۹	۲۶۵۷۳۴۳۹	۲۳۹۶۵۸	۰	۷۱۸۹۷	۱۳				۱/۶۰	۲/۱۵	۱/۶۰

جدول۶- الگوی بهینه کشت، انحراف از آرمان سود و آب مصرفی بهره بردار نماینده گروه همگن ۴ (دارای ۱۰ هکتار زمین)

هدف کاهش آب مصرفی به اندازه ۱۰ درصد و رسیدن به حداکثر سود												
وزن به تابع سود		سود ناخالص	آب مصرفی	انحراف منفی از سود	انحراف مثبت از آب مصرفی	گندم۱	گندم۲۱	گندم۲۵	گندم ۴۹	ذرت۱	ذرت۹	برنج
		تومان	مترمکعب			سطح زیر کشت (هکتار)						
/۵۰	/۵۰	۲۴۶۸۳۷۳۳	۱۹۷۷۵۷	۲۵۷۹۷۰۰	۰			۶/۴۸	۳/۵۱	۱/۷۷		۳/۴۸
/۳۰	/۷۰	۲۵۸۲۲۹۶۸	۲۱۵۵۴۵	۱۳۵۷۷	۱۱۸۳۹			۲/۱۴	۷/۸۶	۱/۷۷		۳/۴۸
/۲۰	/۸۰	۲۵۸۴۲۷۳۷	۲۱۶۱۳۹	۱۳۳۱۸	۴۰۳۵۴			۱۰		۱/۲۴	/۵۹	۳/۴۷
/۰۳	/۹۷	۲۵۸۵۳۰۵۰	۲۱۸۴۳۸	۳۰۰۵	۲۰۶۸۰		۱۰			۱/۲۴	/۵۹	۳/۴۷
/۰۱	/۹۹	۲۵۸۵۶۰۵۵	۲۱۹۷۳۱	۰	۲۱۹۷۳	۱۰				۱/۲۴	/۵۹	۳/۴۷
هدف کاهش آب مصرفی به اندازه ۲۰ درصد و رسیدن به حداکثر سود												
/۵۰	/۵۰	۲۳۲۷۶۳۸۴	۱۷۵۷۸۵	۲۵۷۹۷۰۰	۰			۲/۱۴	۷/۸۶	۱/۷۷		۳/۴۹
/۳۰	/۷۰	۲۵۸۲۲۹۶۸	۲۱۵۵۴۵	۳۹۷۶۰	۳۳۰۸۷			۱۰		۱/۷۷		۳/۴۹
/۱۰	/۹۰	۲۵۸۴۲۷۳۷	۲۱۶۱۳۹	۱۳۳۱۸	۴۰۳۵۴			۱۰		۱/۲۴	/۵۹	۳/۴۷
/۰۲	/۹۸	۲۵۸۵۳۰۵۰	۲۱۸۴۳۸	۳۰۰۵	۴۲۶۵۳		۱۰			۱/۲۴	/۵۹	۳/۴۷
/۰۱	/۹۹	۲۵۸۵۶۰۵۵	۲۱۹۷۳۱	۰	۴۳۹۶۴	۱۰				۱/۲۴	/۵۹	۳/۴۷
هدف کاهش آب مصرفی به اندازه ۳۰ درصد و رسیدن به حداکثر سود												
/۵۰	/۵۰	۲۱۶۰۷۳۷۸	۱۵۳۸۱۲	۴۲۴۸۷۰۰	۰				۱۰	/۹۵		۳/۵۶
/۳۰	/۷۰	۲۲۵۸۱۹۹۴	۱۶۴۹۴۳	۳۲۷۴۱۰۰	۱۱۱۳۱				۱۰	۱/۷۷		۳/۴۷
/۲۰	/۸۰	۲۵۸۲۲۹۶۸	۲۱۵۵۴۵	۳۳۰۸۷	۶۱۷۳۳			۱۰				۳/۴۸
/۱۰	/۹۰	۲۵۸۴۲۷۳۷	۲۱۶۱۳۹	۱۳۳۱۸	۶۳۳۲۷			۱۰		۱/۲۴	/۵۹	۳/۴۷
/۰۲	/۹۸	۲۵۸۵۳۰۵۰	۲۱۸۴۳۸	۳۰۰۵	۶۴۶۲۶		۱۰			۱/۲۴	/۵۹	۳/۴۷
/۰۱	/۹۹	۲۵۸۵۶۰۵۵	۲۱۹۷۳۱	۰	۶۵۹۱۹	۱۰				۱/۲۴	/۵۹	۳/۴۷

در هدف کاهش ۲۰ درصد مصرف آب گندم ۲۵، ۲/۱۴ هکتار، گندم۴۹، ۷/۸۶ هکتار، ذرت۱، ۱/۷۷ هکتار و برنج ۳/۴۸ هکتار در الگوی کشت قرار دارند. ترکیبات مختلف دیگر وزن دهی سطح زیرکشت مشابه حالت قبل می‌باشد. با الگوی گندم ۴۹، ۱۰ هکتار، ذرت ۱، ۰/۹۵ هکتار و برنج ۳/۵۶ هکتار به هدف کاهش ۳۰ درصد مصرف آب می توان دست یافت. هر چه هدف کاهش مصرف آب را بیشتر قرار دهیم به سطح زیر کشت گندم۴۹ اضافه می‌شود. همان طور که نتایج نشان دادند با اهداف ۳۰ درصد کاهش مصرف آب و رسیدن به سود حداکثر تمام سطح زیرکشت به گندم ۴۹ اختصاص می یابد. این مطلب نشان می‌دهد که در سطوح خاصی از کاهش مصرف آب کشاورز به دنبال افزایش راندمان آبیاری می‌رود.

۴- نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از این مطالعه نشان داد که در سطح دشت پمپاژ سالانه آب‌های زیرزمینی با کنترل بهینه کمتر از پمپاژ کنونی آب با نرخ تنزیل کمتر از ۱۸ درصد می‌باشد. نتایج برنامه ریزی آرمانی نشان می‌دهد که با افزایش راندمان آبیاری همراه با استراتژی‌های کم آبیاری می‌توان به اهداف کاهش آب مصرفی در حد بسیار بالایی دست یافت به گونه‌ای که درصد کاهش سود چشمگیر نباشد. در همه حالات در صورتی که وزن یکسانی به توابع داده شود دسترسی به اهداف کاهش مصرف آب امکان پذیر خواهد بود. در این حالت محصولات با روش آبیاری بارانی همراه با استراتژی آبیاری در الگوی کشت حضور دارند و در حالاتی که اهمیت متفاوت به آب مصرفی و سود داده شود محصولاتی که از لوله‌های پلاستیکی برای انتقال آب استفاده می‌نمایند، همراه با استراتژی کم آبیاری به الگوی کشت وارد می‌شوند. از آنجا که کشاورزان به هدف حداکثر کردن سود اهمیت بیشتری می‌دهند و هدایت کشاورزان به سمت الگوهایی که انتظارات آن‌ها را برآورده نماید و در عین حال صرفه جویی در مصرف آب را به دنبال داشته باشد، منطقی به نظر می رسد. بنابراین در نظر گرفتن الگوهای ارائه شده در شرایطی که وزن بیشتری به تابع سود می‌دهد از اهمیت کاربردی بیشتری برخوردار است. با توجه به مطالب گفته شده مشخص کردن مدیریت صحیح کم‌آبیاری و بالا بردن راندمان آبیاری علاوه بر کاهش مصرف آب از کاهش شدید سود نیز جلوگیری می‌نماید که این امر در ایجاد انگیزه برای کشاورزان در جهت ذخیره آب مهم می‌باشد. پیشنهاد می‌شود با وارد نمودن محصولات با استراتژی‌های مختلف کم آبیاری در مراحل خاصی از رشد و افزایش راندمان و استفاده توأم از استراتژی‌های مختلف و افزایش راندمان آبیاری گزینه‌های انتخاب بیشتری در اختیار کشاورز قرار گیرد تا کشاورز در شرایط مختلف امکانات آبی، از آنها به نحو

مناسب‌تری استفاده نماید. از آنجایی که الگوی بهینه کشت حاصل از مدل‌ها مشابه الگوی منطقه مورد مطالعه بوده است و تنها تفاوت در مدیریت زمان آبیاری و تغییر در راندمان است، ارائه چنین الگوهایی به کشاورزان کاهش مصرف آب و پایداری منابع را به دنبال خواهد داشت. همچنین پیشنهاد می شود مطالعات مشابه در مناطقی که حد بهینه برداشت از دشت تعیین شده صورت گیرد تا با توجه به شرایط واقعی هر منطقه و کشاورز در هر وضعیت دسترسی به آب، الگوهای کشت بهینه، زمان مناسب آبیاری و سیستم آبیاری بهینه انتخاب گردد.

پی‌نوشت‌ها

1- Fuzzy Goal Programming
2- Weighted Goal Programming (WGP)

۵- مراجع

اسدپور، ح.، خلیلیان، ص. و پیکانی، غ. (۱۳۸۴). "نظریه و کاربرد مدل برنامه ریزی خطی آرمانی فازی در بهینه سازی الگوی کشت." فصلنامه اقتصاد کشاورزی و توسعه. شماره ۵۲. ص ۳۰۷-۳۲۸.

اسدپور، ح.، حسنی مقدم، م. و احمدی، غ. (۱۳۸۶). "طراحی یک مدل تصمیم‌گیری چند هدفه به منظور تعیین الگوی بهینه کشت در دشت ناز شهرستان ساری." فصلنامه اقتصاد و کشاورزی. شماره ۳. ص ۵۳-۶۵.

پولادیان، ع. (۱۳۸۶).گزارش توجیهی پیشنهاد تمدید ممنوعیت منابع آب زیرزمینی محدوده مطالعاتی فیروزآباد سال آبی ۸۵-۸۶. معاونت مطالعات پایه منابع آب مدیریت آبهای زیرزمینی. وزارت نیرو: شرکت سهامی آب منطقه ای فارس. ص ۱-۹۵.

ترکمانی، ج. و عبدالهی عزت آبادی، م. (۱۳۸۴). "کاربرد برنامه ریزی مصالحه ای در مدیریت منابع کمیاب: مطالعه موردی منابع آب زیرزمینی در شهرستان رفسنجان." علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی. سال نهم، شماره سوم، ص ۴۳-۵۴.

صبوحی، م.، سلطانی، غ. و زیبایی، م. (۱۳۸۶). "ارزیابی راه کارهای مدیریت منابع آب زیرزمینی: مطالعه موردی دشت نریمانی در استان خراسان." علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی. شماره ۱. ص ۴۷۵-۴۸۵.

علیزاده، ا. (۱۳۸۳). رابطه آب و خاک و گیاه، دانشگاه امام رضا(ع)- مشهد. آستان قدس رضوی. چاپ چهارم(با تجدید نظر).

Sharma, D.K., Jana, R.K. and Gaur, A. (2007). "Fuzzy goal programming for agricultural land allocation problems." *Yugoslav Journal of Operations Research*, 17(1), pp. 31-42.

Xevi, E., Khan, S. (2005)." A multi_objective optimization approach to water management." *Journal of environmental management*, No. 77, pp. 269-277.