اقتصاد کشاورزی/ جلد ٤/ شماره‌ی ٤/ صفحه‌های ٦٣ ٤٧

مدیریت آب‌های زیرزمینی در شرایط معمول و کم‌آبی

فاطمه فتحی و منصور زیبایی*

تاریخ دریافت: ١٣٨٨/٨/١٦ تاریخ پذیرش: ١٣٨٩/٩/٥

چکیده

در این مطالعه به‌منظور مدیریت بهره‌برداری از آب‌های زیرزمینی در شرایط معمول و کم‌آبی، راه‌بردهای مناسب کم‌آبیاری همراه با راندمان‌های مختلف آبیاری، در مدل برنامه‌ریزی چند هدفه به‌کار گرفته شد. داده‌های مورد نیاز با استفاده از مصاحبه‌ی حضوری از کشاورزان دشت فیروزآباد در سال زراعی ۸۷ ۸۶ با استفاده از روش نمونه‌گیری تصادفی جمع آوری شد و ۱۱۲ بهره‌بردار نمونه انتخاب شدند. برای این منظور فعالیت‌های مدل بر اساس راندمان‌های مختلف در سطح ۳۴، ۴۰ و ۶۵٪ با تنش آبی و بدون تنش آبی درنظر گرفته شدند. الگوی کشت، روش آبیاری و استراتژی مناسب کم‌آبیاری در شرایط معمول و کم‌آبی تعیین شد، و قیمت هر مترمکعب آب برای جبران کاهش سود در نتیجه‌ی کاهش مصرف آب محاسبه شد. در وزن‌های بیش‌تر به هدف آب مصرفی، کشت محصولات با استفاده از روش آبیاری نوین همراه با تنش آبی انتخاب شد. در این الگوها درصد کاهش سود در نتیجه‌ی ذخیره‌ی آب، کم‌تر از درصد کاهش مصرف آب بود، و این الگوهای ارائه شده انگیزه را برای کشاورز در جهت ذخیره نمودن آب بدون تغییر زیاد در سود ایجاد می‌نمود.

طبقه بندی JEL: C6، Q2

واژهای کلیدی: برنامه‌ریزی چند هدفه، شرایط معمول و کم‌آبی، استراتژی های کم‌آبیاری

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

* به ترتیب دانشجوی دکتری و دانشیار اقتصاد کشاورزی دانشگاه شیراز
Email: fathifateme@yahoo.com

مقدمه

کشاورزی ایران وابسته به استحصال آب‌های زیرزمینی است. برداشت بیش از حد منابع آب زیرزمینی در چند دهه‌ی اخیر منجر به کاهش قابل ملاحظه‌ی سطح ایستابی شده است. کاهش سطح سفره‌ی آب زیرزمینی در سراسر ایران به دلیل استخراج بیش از اندازه‌ی آب‌های زیرزمینی معضل بزرگی است، به طوری که در حال حاضر در سطح کشور بیلان آب‌های زیرزمینی منفی است. کاهش بارش، تداوم خشکسالی سال‌های اخیر، برداشت بی‌رویه از سفره‌های آب زیرزمینی از جمله مواردی است که بخش آب در استان فارس را با چالش جدی مواجه کرده است. متناسب با جایگاه استان فارس و اهمیت موضوع لازم است به بخش کشاورزی و منابع آب توجه شود، و مطالعاتی در زمینه‌ی مدیریت بهره‌برداری از منابع آب صورت گیرد.

مهم‌ترین مسئله در مدیریت بهره‌برداری از منابع آب در کشور برقراری تعادل میان عرضه و تقاضای اقتصادی آب است (سلطانی، ۱۳۷۲). بررسی آمار و اطلاعات نشان می‌دهد که با توجه به رشد جمعیت، تقاضای آب افزایش چشم‌گیری یافته است. این افزایش تقاضای آب را می‌توان به صورت افزایش میزان زمین‌ها در چرخه‌ی تولیدات کشاورزی آبی، افزایش چشم‌گیر محصولات کشت دوم، تقلیل آیش آبی و تغییرات الگوی کشت به سمت محصولات با نیاز آبی بالا به خوبی مشاهده کرد (زیبایی، ۱۳۸٦). از آن جایی که تاکیدها برای بهره‌وری از منابع آب به سمت مدیریت تقاضای آب در حال تغییر است، در این مطالعه به موضوع تقاضای آب کشاورز توجه شده است.

مطالعات متعددی بر اساس اهداف مختلف اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی با استفاده از تکنیک چند هدفه صورت گرفته است. از مهم‌ترین عوامل محیطی که در دنیای امروز به آن توجه شده است مساله‌ی به‌حداقل‌رساندن مصرف آب و یا رساندن مصرف آب به یک آرمان مشخص است. مطالعات مختلفی این هدف را در نظر گرفته اند. اسدپور و همکاران (۱۳۸٤) و اسدی (۱۳۷٦) آرمان‌های ساعات کار ماشین‌آلات، سود ناخالص، به‌کارگیری زمین، تولید، معادلات نسبت‌های تولید، سرمایه‌گذاری نقدی، به‌کارگیری نیروی کار و هم‌چنین آرمان

مصرف آب را وارد مدل خود نمودند، و با روش برنامه‌ریزی آرمانی دستیابی به این آرمان‌ها را دنبال نمودند. کوهن و مارکس (۱۹۷۵) تخصیص منابع آب را با استفاده از روش محدودیت در انجام برنامه‌ریزی چندهدفه مورد بررسی قرار دادند. راجا و کومار (۲۰۰۷) برای انتخاب برنامه‌ی آبیاری از روش برنامه‌ریزی چندهدفه، چندمعیاره و خوشه‌بندی استفاده نمودند. سه هدف سود اقتصادی، تولید و اشتغال نیروی کار در این مدل در نظر گرفته شد. گاش و همکاران (۲۰۰۵) با استفاده از برنامه‌ریزی آرمانی مقدار ترکیبات بهینه‌ی کود مصرفی برای محصول برنج را در غرب بنگال برای رسیدن به هدف زیست‌محیطی و اقتصادی به‌دست آوردند. ایکسیو و خان (۲۰۰۵) هدف مصرف آب را به اهداف اقتصادی خود شامل اهداف حداکثرسازی سود ناخالص و حداقل کردن هزینه‌ی متغیر اضافه نمودند، و برای رسیدن به اهداف مورد نظر از روش برنامه‌ریزی آرمانی استفاده کردند. آن‌ها با وزن‌های مختلف درجه‌ی دست‌رسی به هر هدف را به طور جدا محاسبه نمودند. شارما و همکاران (۲۰۰۷) که آرمان رسیدن به هدف سود، استفاده از ماشین‌آلات، نیروی کار و مصرف آب در هر فصل را با استفاده از روش برنامه‌ریزی آرمانی و فازی مورد بررسی قرار دادند، تنها در دسته‌یی از وزن اهداف، به آرمان آب مصرفی به طور کامل رسیدند. آن‌ها تعدادی از مطالعات اهداف زیست‌محیطی را در مطالعه‌ی خود وارد نمودند، اما برای هر محصول تنها یک استراتژی آبیاری در نظر گرفتند. این درحالی است که در دنیای واقعی کشاورز با شرایط کم‌آبیاری در مراحل مختلف رشد گیاه روبه‌رو است. از این رو، در این مطالعه علاوه بر اضافه نمودن این هدف (حداقل سازی مصرف آب) به هدف حداکثرسازی سود، استراتژی‌های مختلف کم‌آبیاری برای هر محصول درنظر گرفته می‌شود. هم‌چنین وارد نمودن محصولات با راندمان‌های آبیاری متفاوت، کشاورز را در شرایط واقعی‌تر قرار می‌دهد. بنابراین، در این مطالعه علاوه بر محصولات با استراتژی‌های کم‌آبیاری از محصولاتی که از سیستم‌های آبیاری نوین برای بالا بردن راندمان آبیاری استفاده می‌نماید، همراه با تنش آبی و بدون تنش آبی در مدل استفاده می‌شود. الگوی بهینه‌ی کشت با هدف حداکثر کردن سود ناخالص تولیدکنندگان و حداقل کردن میزان مصرف آب تعیین می‌شود، و میزان تغییرات سود بهره‌بردار نماینده ناشی

از کاهش مصرف آب تعیین و قیمت هر متر مکعب آب، برای جبران کاهش سود ناشی از ذخیره‌ی آب محاسبه می‌شود، و نتایج با بهره‌بردار نماینده در شرایط معمول مقایسه می‌شود.

روش تحقیق

در این مطالعه مدلی با دو هدف حداکثرسازی سود و حداقل‌سازی آب مصرفی در نظر گرفته شد. ضرایب هر فعالیت در رابطه‌ی (۱) سود ناخالص است که به عنوان بازده برنامه‌یی 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 و نیروی کار) و هزینه‌ی استحصال آب از درآمد حاصل از کشت محصول i محاسبه گردید. هدف دوم حداقل کردن آب مصرفی است که TW_i کل آب مصرفی برای کشت یک هکتار محصول i در طول فصل زراعی و C_w هزینه‌ی استحصال هر متر مکعب آب است. P_i قیمت محصول i و Y_i عمل‌کرد محصول i است. رابطه‌ی (۲) محدودیت زمین را نشان می‌دهد که X_{total}، کل اراضی موجود در مزرعه‌ی نماینده است. رابطه‌ی (۳) مربوط به محدودیت نیروی کار است. این محدودیت به‌صورت فصلی منظور گردید، که در آن L_{is} تعداد نیروی کار مورد نیاز فعالیت i در فصل s است و $labour_s$ تعداد نیروی کار در دست‌رس بهره‌بردار نمونه در فصل s است. رابطه‌ی (٤) محدودیت آب را نشان می‌دهد. از آن جا که دوره‌ی کشت و نیاز آبی محصولات و میزان موجودی آب منطقه درماه‌های 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 بهره بردار بیش‌تر شود. سمت راست حداکثر آب در دست‌رس بهره‌بردار در دوره‌ی k ($water_k$) است که بر اساس متوسط آب‌دهی چاه در هر دوره ضرب در ساعات آب‌دهی در شبانه‌روز در راندمان آبیاری توزیع و انتقال محاسبه شد. W_{ik} آب مورد نیاز گیاه در دوره k است که بر اساس رابطه‌ی $W_{ik} = (1-h)W_{pi_k}$ محاسبه می‌شود. h میزان تنش آبی است و W_{pi_k} حداکثر آب آبیاری مورد نیاز گیاه iام در هر دوره است که برابر با $W_{pik} = IN_{ik} \times 10$

است. IN مقدار آب خالص مورد نیاز گیاه i ام است. عدد ۱۰ برای تبدیل میلی‌متر به متر مکعب در هکتار است. مقدار IN از رابطه‌ی $IN_{ik} = ET_{Cropi} - P_e$ به‌دست می‌آید. P_e بارندگی موثر است و ET_{Cropi} تبخیر تعرق گیاه است. برای به دست آوردن تبخیر تعرق گیاه مورد نظر از رابطه‌ی $ET_{crop_i} = K_c ET_0$ استفاده شد، که در آن k_c ضریب گیاهی است که در مراحل مختلف رشد گیاه برای محصولات مختلف متفاوت است. این ضریب از نرم افزار CROPWAT و آلن و همکاران (۱۹۹۸) به‌دست آمد.

محاسبه‌ی ET_0 تبخیر تعرق بالقوه‌ی گیاه مرجع بر حسب میلی‌متر در روز است.

برای تقسیم بندی فعالیت‌های مدل لازم است که عمل‌کرد متناظر با هر فعالیت محاسبه گردد. بدین منظور در این مطالعه از رابطه‌یی که توسط مییر و همکاران (۱۹۹۳) پیشنهاد شده است، استفاده گردید. اعمال کم‌آبیاری منجر به کاهش در میزان عمل‌کرد محصولات می‌گردد. پس از محاسبه حداکثر عمل‌کرد گیاه در شرایط بدون تنش، عمل‌کرد واقعی با در نظر گرفتن تنش برای گیاهان مختلف محاسبه شد.

$$\max \quad Z_1 = \sum_{i=1}^{n} (P_i Y_i - TVC_i - C_w TW_i) X_i \qquad (۱)$$

$$\min \quad Z_2 = \sum_{i=1}^{n} TW_i X_i$$

s.t.

$$\sum_{i=1}^{n} X_{iS} \le X_{total_S} \qquad s = 1,2,3,4 \qquad (۲)$$

$$\sum_{i}^{n} L_{is} X_{is} \le labour_s \qquad s = 1,2,3,4 \qquad (۳)$$

$$\sum_{i=1}^{n} W_{ik} X_{ik} \le water_k \qquad k = 1,2,...,27 \qquad (٤)$$

برای محصولاتی که از سیستم آبیاری متفاوت استفاده می‌نمایند هزینه‌ی یک‌نواخت ماهانه از سود ناخالص هر هکتار این گونه محصولات کسر شد. در منطقه‌ی مورد مطالعه از سیستم آبیاری بارانی کلاسیک استفاده می‌شود. متوسط هزینه‌ی استفاده از این نوع سیستم آبیاری

۲۵۰۰۰۰۰ تومان به ازای هر هکتار با عمر مفید ۱۰ سال است. برای هر یک از بهره‌برداران نمونه با توجه به هزینه‌ی استفاده از این نوع سیستم آبیاری، هزینه‌ی یک‌نواخت محاسبه شد و از سود ناخالص این گونه فعالیت‌ها کسر شد. قیمت هر متر لوله‌های پلاستیکی برای انتقال آب، ۸۰۰ تومان است که بر اساس فاصله برای انتقال آب، هزینه برای هر کشاورز نماینده محاسبه و از سود ناخالص این گونه فعالیت‌ها کسر شد. X_i متغیر مربوط به محصولات مختلف در منطقه است که تقسیم‌بندی این محصولات بر اساس استراتژی آبیاری و راندمان آبیاری متفاوت (بر اساس سیستم آبیاری) است. بر اساس نظر کارشناسان راندمان آبیاری با استفاده از سیستم آبیاری بارانی، ٦۵ درصد و برای لوله‌های پلاستیکی، ٤۰ درصد و سیستم آبیاری سنتی ۳٤ درصد درنظر گرفته شد. میزان تنش‌ها در هر دوره ۱۰، ۱۵، ۲۰، ۲۵، ۳۰٪ در مراحل مختلف رشد از جمله استقرار، رشد، گل‌دهی، شکل‌گیری عمل‌کرد و رسیدن اعمال شد.

۱ $wheat_1$ تا $wheat_{26}$ به ترتیب گندم در شرایط آبیاری کامل،۱۰، ۱۵، ۲۰، ۲۵، ۳۰٪ تنش آبی در اواخر رشد گیاه، گل‌دهی، شکل‌گیری عمل‌کرد و رسیدن است. $wheat_{26}$، ۱۵٪ کم‌آبیاری در همه‌ی مراحل رشد در نظر گرفته شد. $wheat_{27}$، گندم دیم، $wheat_{28}$، گندم بدون تنش آبی و استفاده از لوله برای انتقال آب، $wheat_{29}$ تا $wheat_{33}$، گندم با تنش آبی ۱۰، ۱۵، ۲۰، ۲۵، ۳۰٪ در مرحله‌ی اواخر رشد و $wheat_{34}$ تا $wheat_{38}$ با تنش آبی ۱۰، ۱۵، ۲۰، ۲۵، ۳۰٪ در مرحله‌ی رسیدن، استفاده از لوله برای انتقال آب است. $wheat_{39}$، گندم با آبیاری کامل و استفاده از سیستم آبیاری بارانی. $wheat_{40}$ تا $wheat_{44}$ گندم با تنش آبی ۱۰، ۱۵، ۲۰، ۲۵، ۳۰٪ در مرحله‌ی اواخر رشد و استفاده از سیستم بارانی، $wheat_{45}$ تا $wheat_{49}$، گندم با تنش آبی ۱۰، ۱۵، ۲۰، ۲۵، ۳۰٪ در مرحله‌ی رسیدن و استفاده از سیستم آبیاری بارانی است.

۲ محصول جو (barely) نیز مشابه گندم تقسیم‌بندی شد.

۳ $maze_1$ تا $maze_{31}$ به‌ترتیب ذرت در شرایط آبیاری کامل، ۱۰، ۱۵، ۲۰، ۲۵، ۳۰٪ تنش آبی در مرحله‌ی استقرار، اواخر رشد گیاه، گل‌دهی، شکل‌گیری عمل‌کرد و رسیدن است.

$maze_{32}$، ۱۵٪ کم‌آبیاری در همه‌ی مراحل در نظر گرفته شد. $maze_{33}$ با آبیاری کامل و استفاده از لوله برای انتقال آب، $maze_{34}$ تا $maze_{38}$، ذرت با تنش آبی ۱۰، ۱۵، ۲۰، ۲۵، ۳۰٪ در مرحله‌ی استقرار و هم‌چنین ذرت با تنش آبی ۱۰، ۱۵، ۲۰، ۲۵، ۳۰٪ در مرحله‌ی اواخر رشد و استفاده از لوله برای انتقال آب است، و $maze_{44}$ تا $maze_{48}$، ذرت با تنش آبی ۱۰، ۱۵، ۲۰، ۲۵، ۳۰٪ در مرحله‌ی رسیدن و استفاده از لوله برای انتقال آب است.

٤ $sugarbeet_1$ تا $sugarbeet_{26}$ به‌ترتیب چغندرقند در شرایط آبیاری کامل،۱۰، ۱۵، ۲۰، ۲۵، ۳۰٪ کم‌آبیاری در مراحل اوایل و اواخر رشد گیاه، شکل‌گیری عمل‌کرد و رسیدن است. تنش در مرحله‌ی گل‌دهی برای چغندرقند معنا ندارد. در آخر $sugarbeet_{26}$، ۱۵٪ کم‌آبیاری در همه‌ی مراحل در نظر گرفته شد. $sugarbeet_{27}$ چغندرقند، با آبیاری کامل، $sugarbeet_{28}$تا $sugarbeet_{32}$، چغندرقند با تنش آبی، ۱۰، ۱۵، ۲۰، ۲۵، ۳۰٪ در مرحله‌ی اوایل رشد و استفاده از لوله برای انتقال آب، $sugarbeet_{33}$ تا $sugarbeet_{37}$، چغندر قند با تنش آبی ۱۰، ۱۵، ۲۰، ۲۵، ۳۰٪ در مرحله‌ی اواخر رشد، و $sugarbeet_{38}$ چغندر قند با آبیاری کامل و استفاده از سیستم آبیاری بارانی است. $sugarbeet_{39}$ تا $sugarbeet_{43}$ تنش آبی ۱۰، ۱۵، ۲۰، ۲۵، ۳۰٪ در مرحله‌ی اوایل رشد و استفاده از سیستم آبیاری بارانی. $sugarbeet_{44}$تا $sugarbeet_{48}$ چغندر قند با تنش آبی ۱۰، ۱۵، ۲۰، ۲۵، ۳۰٪ در مرحله‌ی اواخر رشد و استفاده از سیستم بارانی است.

٥ $sesame_1$ تا $sesame_7$ به ترتیب کنجد در شرایط آبیاری کامل،۱۰، ۱۵، ۲۰، ۲۵، ۳۰٪ تنش آبی گل‌دهی است. از آن‌جایی که وارد کردن سیستم آبیاری نوین هزینه‌بر است و سود حاصل از هر هکتار این محصول جواب‌گوی هزینه‌ها نیست و باعث ضرر کشاورز می‌شود، این محصول تنها با استراتژی‌های کم‌آبیاری وارد الگو شد.

٦ از آن‌جا که برنج حساسیت بالایی نسبت به کم‌آبیاری دارد، این گیاه به‌صورت آبیاری کامل وارد مدل شد.

پرتال جامع علوم انسانی

نتایج و بحث

نتایج حاصل از بهینه‌سازی هر هدف به طور جداگانه (ماتریس بازده) در جدول ١ نشان داده شده است. مدل برای کشاورز نماینده با ١٣ هکتار در دو حالت شرایط (کم‌آبی) و معمول مورد بررسی قرار گرفت. عناصر این ماتریس از طریق بهینه‌سازی هر یک از اهداف مورد نظر به طور جداگانه تعیین شد. با حل مدل بهینه سازی، ٢٦٥٧٣٤٣٩ تومان سود نصیب کشاورز می‌شود. با این الگوی حداکثرسازی سود، ٢٣٩٦٥٧ متر مکعب آب مصرف می‌شود. اما زمانی که کشاورز در شرایط معمول قرار دارد، با مصرف ٢٨١٠٣٦ متر مکعب آب ٣٠١٠٣٨١٧ تومان سود نصیب کشاورز می‌شود. این جدول تضاد میان دو هدف را نشان می‌دهد، زمانی که مصرف آب حداقل است، میزان سود صفر است، و وقتی سود حداکثر است میزان مصرف آب ٢٣٩٦٥٧ متر مکعب است. عناصر قطر فرعی ماتریس، مقادیر بهینه‌ی هر یک از اهداف را به طور جدا نشان می‌دهد. در این نقاط بهینه‌ی مصرف آب صفر، و سود معادل با ٢٦٥٧٣٤٣٩ تومان است. دست‌رسی هم‌زمان به این دو نقطه ناممکن است. رسیدن به اهداف حداقل مصرف آب و حداکثر سود به طور کامل قابل دست‌یابی نیست. از این رو، استفاده از روش برنامه‌ریزی چندهدفه لازم است. با استفاده از این نوع مدل‌ها می‌توان سود را با توجه به حداقل کردن آب مصرفی در جهت جلوگیری از به‌وجود آمدن بیلان منفی حداکثر ساخت. در ابتدا مدل دوهدفه، با استفاده از روش محدودیت حل شد. برای این کار تابع سود هدف واقع شد و هدف آب مصرفی به شکل محدودیت پارامتریک به مدل اضافه شد. با استفاده از ماتریس بازده حداکثر آب مصرفی ٢٣٩٦٥٧ متر مکعب (آب مصرفی در حالت حداکثر سازی سود کشاورز نماینده) در نظر گرفته شد. در محدودیت پارامتریک آب، در حالت ١، حداکثر مقدار آب یعنی ٢٣٩٦٥٧ متر مکعب در نظر گرفته شد و از این مقدار به شکل پارامتریک کاسته شد. نتایج حاصل از تغییر پارامتریک آب مصرفی، برای پنجاه حالت به‌دست آمد، و درصد کاهش آب مصرفی و سود حالات مختلف، با حالت ١ مورد مقایسه قرار گرفت. در حالتی که کشاورز نماینده به دنبال حداکثر کردن سود خود است گندم ١، ذرت ٣ (ذرت با ١٠

درصد تنش در مرحله‌ی استقرار)، ذرت ۲۱ (ذرت با ۱۰ درصد تنش در مرحله‌ی شکل‌گیری عمل‌کرد) و برنج را در الگوی کشت خود دارد.

جدول(۱). ماتریس بازده دو هدف برای بهره‌بردار نماینده در شرایط کم‌آبی و معمول

	ماتریس بازده برای کشاورز نماینده					
	سود	آب مصرفی	گندم ۱	ذرت ۳	ذرت ۲۱	برنج
سود (تومان)	۲۶۵۷۳۴۳۹	۲۳۹۶۵۷	۱۳	۲	۲/۱۵	۱/۶
مصرف آب (مترمکعب در هکتار)	۰	۰	۰	۰	۰	۰
	ماتریس بازده برای بهره بردار نماینده در شرایط معمول					
	سود	آب مصرفی	گندم ۱	ذرت ۳	ذرت ۲۱	برنج
سود (تومان)	۳۰۱۰۳۸۱۷	۲۸۱۰۳۶	۱۳	٤	۲/۹۲	۱/۲۷
مصرف آب (متر مکعب در هکتار)	۰	۰	۰	۰	۰	۰

مأخذ: یافته‌های تحقیق

با تغییر پارامتریک آب مصرفی، سود دریافتی کشاورز نیز کاهش می‌یابد، اما درصد کاهش سود نسبت به کاهش مصرف آب کم‌تر است. به عبارت دیگر، با کاهش مصرف آب، سود نیز کاهش می‌یابد، اما در تمام حالات درصد کاهش سود نسبت به درصد کاهش آب مصرفی کم‌تر است. این مطلب بیان‌گر این است که با وارد شدن محصولات با استراتژی‌های کم‌آبیاری در مراحل خاصی از رشد گیاه، تغییر راندمان آبیاری و هم‌چنین تغییر راندمان آبیاری همراه با استراتژی‌های کم‌آبیاری می‌توان به هدف کاهش مصرف آب رسید به گونه‌یی که درصد کاهش سود نسبت به درصد کاهش مصرف آب، کم‌تر باشد. به طور مثال با کاهش ٤/۱۷٪ مصرف آب گندم ۲۵ (گندم با ۳۰٪ تنش در مرحله‌ی رسیدن و سیستم آبیاری سنتی) با ۱۳ هکتار وارد الگوی کشت می‌شود. دراین حالت الگوی کشت گندم ۲۵، ۱۳ هکتار، ذرت ۳، ۳/۲۲ هکتار، ذرت ۲۱، ۰/۳۳ هکتار و برنج ۱/٦۲ هکتار است. در این شرایط تنها ۱/۳۳ درصد کاهش سود اتفاق می‌افتد. با ادامه‌ی روند کاهش مصرف آب از کشت گندم ۲۵ کم شده و به کشت گندم ٤۹ اضافه می‌شود. با کاهش آب مصرفی به سطح زیر کشت گندم ٤۹ اضافه می‌شود. به عبارت دیگر، در شرایط کم شدن آب مصرفی در حد ٦/۲۵٪ و کاهش ۲/۵۵٪ سود، به سطح زیر

کشت گندم ٤٩ اضافه می‌شود. الگو به کشاورزی که به دنبال حداکثر کردن سود و در عین حال کم مصرف کردن آب است متناسب با آب در دست‌رس، سطوح مختلف سطح زیر کشت این سیستم آبیاری را پیش‌نهاد می‌نماید. کاهش سود حاصل از هزینه‌ی یک‌نواخت سالانه‌ی سیستم آبیاری بارانی و هم‌چنین کاهش عمل‌کرد در نتیجه‌ی تنش آبی محصول گندم است.

با توجه به مقدار کاهش آب مصرفی و کاهش سود کشاورز نسبت به حالت ١ (حداکثر سازی سود) قیمت هر متر مکعب آب ذخیره شده محاسبه شد (جدول ٤). قیمت هر متر مکعب آب در ١٢ حالت اول یک‌سان و برابر ٧٧ تومان است. هر چند که کاهش سود و آب مصرفی در این دوازده حالت متفاوت است، قیمت هر متر مکعب آب ذخیره شده برای جبران کاهش سود یک‌سان است. از آن‌جایی که گندم ٢٥ و ٤٩ هر دو گندم با استراتژی ٣٠ درصد تنش در مرحله‌ی رسیدن هستند و تنها تفاوت در سیستم آبیاری این دو نوع گندم است، تبادل سطح زیر کشت این دو نوع گندم و هم‌چنین هزینه‌ی یک‌نواخت سالانه‌ی ناشی از استفاده از سیستم آبیاری بارانی می‌تواند علت این امر باشد. در صورتی که کشاورز به اندازه‌ی ٢ تا ٢٢٪ ذخیره‌ی آب را داشته باشد، قیمت هر متر مکعب آب ذخیره شده ٧٧ تومان است. در حالتی که ٢٥ درصد کاهش مصرف آب معادل با ٣٥٥٥٦ متر مکعب اتفاق می‌افتد سود ٢٧٧٨٥٢٢ تومان کاهش می‌یابد. ارزش ذخیره‌ی آب ٧٨ تومان به ازای هر متر مکعب آب است. از آن جا که کاهش آب مصرفی درحجم‌های مختلف آثار متفاوتی را بر سود کشاورز به جا می‌گذارد، قیمت آب در ازای حجم‌های مختلف ذخیره‌ی آب متفاوت به دست می‌آید، که نتایج آن در جدول (٤) برای هر یک از حالات حل مدل آورده شده است. در این جدول حالاتی که مقدار آب مصرفی کشاورز نماینده به آب مصرفی کشاورز در شرایط معمول، نزدیک است، آورده شد و حالاتی که شباهت آب مصرفی کم‌تری وجود دارد حذف گردید. برای مقایسه‌ی حالات مختلف ابتدا لازم است جواب‌های بهینه از بی‌شمار جواب به‌دست آمده برای کشاورز نماینده مشخص شود.

از بین پنجاه حالت با استفاده از تحلیل خوشه‌یی ٧ جواب بهینه، با شماره‌های، ٥، ١٦، ٢٣، ٣١، ٣٥، ٤٢ و ٤٣ از میان پنجاه جواب بهینه انتخاب و در جدول ٢ آورده شده است. سپس

روش توافقی lp_1 و lp_2 برای سه حالت مختلف وزن که بر اساس اهمیت فاصله‌ی هر هدف نسبت به نقطه‌ی دل‌خواه است، حل گردید. این حالات شامل اهمیت یک‌سان دو هدف، اهمیت بیش‌تر تابع کاهش مصرف آب نسبت به سود و اهمیت بیش‌تر سود ناخالص کشاورز نسبت به آب مصرفی است، که در جدول ۳ آورده شده است. انتخاب جواب دل‌خواه برای حل این گونه مسائل به اهداف مدیران و تصمیم گیرندگان و درجه‌ی اهمیتی که به اهداف داده می‌شود، مرتبط است.

جدول (۲). تغییرات سود، آب مصرفی و الگوی بهینه‌ی کشت در وضعیت‌های مختلف انتخاب شده برای بهره‌بردار نماینده در شرایط کم آبی

واحد	متر مکعب	تومان				سطح زیر کشت (هکتار)				
شماره حالات انتخاب شده	آب مصرفی	سود	تغییرات آب مصرفی	تغییرات سود	گندم ۲۵	گندم دیم	گندم ۴۹	ذرت ۳	برنج
٤	۲۲۲۸۰۰	۲۵۸۹۱۸۳۲	٦/۲	۲/۵	۱۲/۱		/۹	۳/۵	۱/٦
۱۰	۱۹۳۰۹۳	۲۳۹٤۷۹۵۷	۸/۷	۹/۸	٦/۱		٦/۸	۳/۵	۱/٦
۲۵	۱۱۸۸۲۷	۱۸۰۱٤۱۷۱	۵۰/۰	۳۲/۲			۱۳	/۳	۱/۹
۲۹	۹۹۰۲۲	۱۵۹۳۲۸۸۸	۵۸/۳	٤۰/۰		۲/۸	۱/۱٦		۲/۰
۳۹	٤۹۵۱۱	۱۰۷۲۹٦۸۲	۷۹/۱	۵۹/٦		۱۱/۵	۱/٤		۲/۰
٤٤	۲٤۷۵٦	۷۵۵۲۳۲۹	۵۹/۵	۷۱/۵		۱۳/۰			۱/۲
٤٦	۱٤۸۵۳	٦۲٤۷۳۹۷	۹۳/۷	۷٦/٤		۱۳/۰			/۸

مأخذ: یافته‌های تحقیق

حالاتی که وزن بیش‌تری به سود داده شود، بیش‌تر مورد نظر کشاورزان است (بر اساس اطلاعات به دست آمده از تکمیل پرسشنامه). این شرایط از دید کشاورزان که اهمیت بیش‌تری به سود می‌دهند واقعی‌تر است، و مدل الگوهایی را که درصد کاهش سود کم‌تری نسبت به

درصد کاهش آب مصرفی دارند پیش‌نهاد می‌نماید. در این جا به توصیف حالات انتخاب شده در وضعیتی که اهمیت بیش‌تری به سود داده می‌شود، پرداخته شده است.

در ترکیب وزن ۰/۸۰ و ۰/۲۰ (۰/۸۰ اهمیت به سود و۰/۲۰ به آب مصرفی) حالت ٤، انتخاب می‌شود. ٦/۳٪ آب مصرفی و ۲/۵٪ سود کاهش می‌یابد. برای جبران کاهش سود کشاورز نماینده بایستی ٤۰ تومان به ازای هر متر مکعب آب برای کم‌مصرف نمودن ۱٦۸۵۷ متر مکعب آب پرداخت شود (براساس جدول ٤). اما برای کشاورز نماینده در شرایط معمول، آب مصرفی ۲۰/۸٪ و سود ۱۱/۳٪ کاهش می‌یابد. کاهش سود معادل ۵۷ تومان به ازای هر متر مکعب آب است. در ترکیب وزن ۰/٦۵ و ۰/۳۵ (۰/٦۵ اهمیت به سود و ۰/۳۵ به آب مصرفی) حالت ۱۰، انتخاب می‌شود. مصرف آب ۱۸/۸٪ و سود ۹/۹٪ کاهش می‌یابد. در صورتی که کشاورز به اندازه‌ی ۱۸/۸٪ ذخیره‌ی آب داشته باشد، قیمت هر متر مکعب آب ذخیره شده ۵٦ تومان است. الگوی کشت گندم ۲۵، ٦/۱ هکتار، گندم ٤۹، ٦/۸ هکتار، ذرت ۳، ۳/۵ هکتار و برنج ۱/٦ هکتار است. اما برای کشاورز نماینده در شرایط معمول، آب مصرفی ۳۱/۳٪ و سود ۱۸/۷٪ کاهش می‌یابد. در حالتی که ۳۱/۳٪ کاهش مصرف آب معادل با ۷٦۲۷۰ متر مکعب اتفاق می‌افتد، کاهش سودی برابر با ٤٦٦۱۱۲۹ تومان را متحمل می‌شود. با پرداخت ٦۱ تومان به ازای هر متر مکعب آب به این کشاورز می‌توان این کاهش سود را جبران نمود.

بر اساس جدول ۳ در حالتی که اهمیت یک‌سانی به دو هدف داده شده است، در ترکیب وزن۰/۵۰ و ۰/۵۰ حالت ۲۵ انتخاب می‌شود. مصرف آب ۵۰٪ و سود ۳۲/۲٪ کاهش می‌یابد. کاهش سود نسبت به حالت حداکثرسازی سود از درصد کاهش آب مصرفی کمتر بود، که این خود انگیزه‌یی برای مدیریت بهره‌برداری از آب در جهت جلوگیری از به‌وجود آمدن بیلان منفی ایجاد می‌نماید.

کاهش سود ناشی از کم مصرف نمودن ۱۲۰۸۳۰ مترمکعب آب با پرداخت ۷۱ تومان به ازای هر مترمکعب آب جبران می‌شود. الگوی کشت، گندم ٤۹، به میزان ۱۳ هکتار، ذرت۳ (۱۰ درصد تنش در مرحله استقرار) ۰/۲۷ هکتار و برنج۱/۹۷ هکتار است. اما برای کشاورز نماینده در شرایط معمول، آب مصرفی ۵۸/۳ درصد و سود ٤۰/۸ درصد کاهش می‌یابد. برای

جبران کاهش سود بایستی به ازای هر مترمکعب آب ۷۵ تومان پرداخت شود تا ۵۸/۳ درصد مصرف آب کاهش یابد. در حالاتی که اهمیت بیش‌تر به تابع آب مصرفی داده شود حالات مختلف با ترکیبات مختلف وزن انتخاب شده اند. در حالتی که مقدار اهداف بین lp_1 و lp_2 قرار گرفته است بر اساس وزن داده شده حالات انتخاب شده اند. در زیر به توصیف حالات که کم‌تر مورد نظر کشاورز قرار می‌گیرد، پرداخته می‌شود. در ترکیب وزن (۰/٤٥ و ۰/۵۵) حالت ۲۹، انتخاب می‌شود. مصرف آب ۵۸/۳٪ و سود ٤۰٪ کاهش می‌یابد.

قیمت هر مترمکعب آب ذخیره شده ۷٦ تومان است تا ۱٤۰٦۳۵ مترمکعب آب ذخیره شود. الگوی کشت گندم دیم، ۲/۸ هکتار، گندم ٤۹، ۱/۱٦ هکتار و برنج ۲ است. اما برای کشاورز نماینده در شرایط معمول، آب مصرفی ٦٤/٦٪ و سود ٤۷٪ کاهش می‌یابد. قیمت هر مترمکعب آب ذخیره شده ۷۸ تومان است، تا مصرف آب ٦٤/٦٪ کاهش یابد. در ترکیب وزن ۰/۳۰ و ۰/۷۰ (۰/۳۰ اهمیت به سود و ۰/۷۰ اهمیت به آب مصرفی)، حالت ۳۹ انتخاب می‌شود. مصرف آب ۷۹/۲٪ و سود ۵۹/٦٪ کاهش می‌یابد. ارزش هر مترمکعب آب ذخیره شده ۸۳ تومان است. در این صورت انگیزه برای ذخیره ۱۹۰۱٤٦ مترمکعب آب به وجود می‌آید. الگوی کشت در این وضعیت گندم دیم، ۱۱/۵ هکتار، گندم ٤۹، ۱/٤ و برنج ۲ هکتار است. اما برای کشاورز نماینده در شرایط معمول، آب مصرفی ۸۱/۳٪ و سود ٦۳/۳٪ کاهش می‌یابد. برای جبران کاهش سود بایستی به ازای هر مترمکعب آب ۸۳ تومان پرداخت شود تا مصرف آب ۸۱/۳ درصد کاهش یابد. در ترکیب وزن ۰/۱۵ و ۰/۸۵ (۰/۱۵ اهمیت به سود و ۰/۸۵ اهمیت به آب مصرفی) حالت ٤٤ انتخاب می‌شود، و مصرف آب ۸۹/٦٪ و سود ۷۱/٦٪ کاهش می‌یابد. در این حالت ارزش هر مترمکعب آب ذخیره شده ۸۳۹ تومان به ازای کم‌مصرف نمودن ۲۱٤۹۰۱ مترمکعب آب است. الگوی کشت گندم ۲۷، ۱۳هکتار و برنج ۱/۰۷ هکتار است. اما برای کشاورز نماینده در شرایط دست‌رسی کامل به آب، آب مصرفی ۹۱/۷٪ و سود ۷۵/۵٪ کاهش می‌یابد تا مصرف آب ۹۱/۷ درصد کاهش یابد. ارزش هر مترمکعب آب ذخیره شده ۸۸ تومان است.

جدول(۳). نتایج حل مدل با استفاده از روش توافقی برای انتخاب جواب‌های بهینه برای بهره‌بردار نماینده با ۱۳ هکتار (کم آبی)

	وزن به تابع سود	وزن به آب مصرفی	مقدار تابع هدف	برنج	ذرت۳	گندم ۲۵	گندم دیم	تغییرات سود	تغییرات آب مصرفی	سود	آب مصرفی (مترمکعب)
در صورتی که به تابع مصرف آب اهمیت بیش‌تری داده شود											
lp_1	۰/۰۷	۰/۹۳	۰/۰۵۹	۰			۱۳	۸۳/۸۶	۱۰۰/۰۰	٤۲۹۰۰۰۰	
lp_2	۰/۰۷	۰/۹۳	۰/۲۱۲	/۷٦٦			۱۳	۷۵/۰٦	۹۲/٦۰	٦٦۲٦۷٦۳	۱۷۷۳۲
lp_1	۰/۱۵	۰/۸۵	۰/۱۲٦				۱۳	۸۳/۸٦	۱۰۰/۰۰	٤۲۹۰۰۰۰	
lp_2	۰/۱۵	۰/۸۵	۰/۲۸۵	۱/٦۷			۱۳	٦٤/٤۸	۸۳/۷۰	۹٤۳۹۱۱٤	۳۹۰۷۳
lp_1	۰/٤۵	۰/۵۵	۰/۳۷۷				۱۳	۸۳/۸٦	۱۰۰/۰۰	٤۲۹۰۰۰۰	۱٦۱۱۸۸
lp_2	۰/٤۵	۰/۵۵	۰/۳٦۷	۱/٦	۳/۵۲	۱/۷۲	۱۱/۲	۳۹/۳٤	۵۳/۱۸	۱٦۱۱۸٤۹۱	۱۱۲۲۱۵
در صورتی که وزن هردو هدف یکسان باشد											
lp_1	۰/۵۰	۰/۵۰	۰/٤۰۰	۲			۱۳	٦۰/۸۸	٦۷/۸۰	۱۰۳۹۵۰۹۱	٤٦۳۲۷
lp_2	۰/۵۰	۰/۵۰	۰/۳۵۸	۱/٦	۳/۵۲	۳/۳۳	۹/٦۷	۳۳/۷۵	٤٦/۰۱	۱۷٦۰٦۱۲۰	۱۲۹٤۰۱
در صورتی که به تابع سود اهمیت بیش‌تری داده شود											
lp_1	۰/٦۵	۰/۳۵	۰/۳۳۷	۱/٦	۳/۵۲	۱۳		۲۳٪	۳/۰۷	۲٦۵۱۳۰۹۰	۲۳۲۲۹٤
lp_2	۰/٦۵	۰/۳۵	۰/۲۹۵	۱/٦	۳/۵۲	۷/۹۹	۵/۰۱	۱۷/۵۹	۴۵/۳۲	۲۱۸۹۸۳۱۱	۱۷۸۹۸٤
lp_1	۰/۸۰	۰/۲۰	۰/۱۹۳	۱/٦	۳/۵۲	۱۳		۲۳٪	۳/۰۷	۲٦۵۱۳۰۹۰	۲۳۲۲۹٤
lp_2	۰/۸۰	۰/۲۰	۰/۱۸۵	۱/٦	۳/۵۲	۱۱/٤٤	۱/۵٦	۵/٦۳	۹/۹۹	۲۵۰۷۸۵۱۰	۲۱۵۷۲۲

مأخذ: یافته های تحقیق

جدول (٤). مقایسه‌ی سود، آب مصرفی و قیمت هر مترمکعب آب برای بهره‌بردار نماینده در شرایط کم آبی (١) و معمول (٢)

	درصد تغییرات سود		درصد تغییرات آب مصرفی		قیمت هر مترمکعب آب		میزان کاهش سود نسبت به حالت ١		میزان کاهش آب مصرفی	
	١	٢	١	٢	١	٢	١	٢	١	٢
	٪٥		↓٤/٦		٥٤	٣	٢٤٤٩٥١؋	٥٣٤٣	٤١٤٨	٢٠٠٤؋
١	٨/٧	٠/٢٪	↓٦/٧	٢/١٪	٥٦	٨	٦٢٧٢٧٩؋	٥٣٨٣١	٤٧٣٢٤	٦٩٥٥
٢	↓١٠/٠	↓/٣	↓٨/٨	٤/٢٪	٥٧	٣٠	٣٠٠٩٦٠٧؋	٣٥٧٦٢٧	٥٣١٦٧	↓١٩٠٦
٣	↓١/٣	٢/٥٪	↓٢٠/٨	٦/٣٪	٥٧	٤٠	٣٣٩١٩٣٥؋	٦٨١٦٠٧	٥٩٠٠٩	↓٦٨٥٧
٤	↓٢/٥	٣/٨٪	↓٢٢/٩	٨/٣٪	٥٨	٤٦	٣٧٧٤٢٦٣؋	↓٠٠٥٥٨٦	٦٤٨٥٢	٢١٨٠٨؋
٥	↓٣/٨	٥/٠٪	↓٢٥/٠	↓١٠/٤٪	٥٩	٥٠	٤١٥٦٥٩١؋	↓٣٢٩٥٦٥	٧٠٦٩٥	٢٦٧٥٩؋
٦	↓٥/٣	٧/٤٪	↓٢٧/١	↓٤/٦٪	٦٠	٥٤	٤٦١٥٥٧٦؋	↓٩٧٧٥٢٧	٧٦٥٣٨	٣٦٦٦٢؋
٧	↓٧/٠	٨/٦٪	↓٢٩/٢	↓٦/٧٪	٦٢	٥٥	٥١٢٣٧٨٩؋	٢٣٠١٥٠٢؋	٨٢٣٨١	٤١٦١٣؋
٨	↓٨/٧	٩/٩٪	٣١/٣٪	↓٨/٨٪	٦٤	٥٦	٥٦٣٢٠٠٢؋	٢٦٢٥٤٨٢؋	٨٨٢٢٣	٤٦٥٦٤؋
٩	↓٢٠/٤	↓١/١٪	٣٣/٣٪	↓٢٠/٨٪	٦٥	٥٧	٦١٤٠٢١٥؋	٢٩٤٩٤٦١؋	٩٤٠٦٦	٥١٥١٥
١٠	↓٢٢/١	↓١٢/٣٪	٣٥/٤٪	↓٢٢/٩٪	٦٧	٥٨	٦٦٤٨٤٢٨؋	٣٢٧٣٤٤٠	٩٩٩٠٩	٥٦٤٦٦
١١	↓٢٣/٨	↓١٣/٥٪	٣٧/٥٪	↓٢٥/٠٪	٦٨	٥٩	¥١٥٦٦٤١؋	٣٥٩٧٤١٩؋	↓٠٥٧٥٢	٦١٤١٧؋
١٢	↓٢٥/٥	↓١٦/٠٪	٣٩/٦٪	↓٢٩/٢٪	٦٩	٦٠	¥٦٦٤٨٥٤؋	٤٢٤٥٣٧٧؋	↓١١٥٩٥	¥١٣١٩؋
١٣	↓٢٧/١	↓١٧/٥٪	٤١/٧٪	↓٣١/٣٪	٧٠	٦١	٨١٧٣٠٦٧؋	٤٦٦١١٢٩؋	↓١٧٤٣٧	¥٦٢٧٠؋
١٤	↓٢٨/٨	↓١٩/١٪	٤٣/٨٪	↓٣٣/٣٪	٧٠	٦٣	٨٦٨١٢٨٠؋	٥٠٩١٧٨٢؋	↓٢٣٢٨٠	٨١٢٢٢؋
١٥	↓٣٢/٢	↓٢٢/٤٪	٤٧/٩٪	↓٣٧/٥٪	٧٢	٦٥	٩٦٩٧٧٠٦؋	٥٩٥٣٠٨٦؋	↓٣٤٩٦٩	٩١١٢٤؋
١٦	↓٣٣/٩	↓٢٤/٠٪	٥٠/٠٪	↓٣٩/٦٪	٧٢	٦٦	↓٠٢٠٥٩١٩؋	٦٣٨٣٧٣٨؋	↓٤٠٨٠٩	٩٦٠٧٥؋
١٧	↓٣٥/٦	↓٢٧/٢٪	٥٢/١٪	↓٤٣/٨٪	٧٣	٦٨	↓٠٧١٤١٣٢؋	↓٢٤٥٠٤٣؋	↓٤٦٦٥١	↓٠٥٩٧٧؋
١٨	↓٣٧/٣	↓٢٨/٩٪	٥٤/٢٪	↓٤٥/٨٪	٧٤	٦٩	↓١٢٢٢٣٤٥؋	↓٦٧٥٦٩٥؋	↓٥٢٤٩٤	↓١٠٩٢٨؋
١٩	↓٣٩/٠	↓٣٠/٥٪	٥٦/٣٪	↓٤٧/٩٪	٧٤	٧٠	↓١٧٣٠٥٥٨؋	٨١٠٦٣٤٧؋	↓٥٨٣٣٧	↓١٥٨٧٩؋
٢٠	↓٤٠/٨	↓٣٢/٢٪	٥٨/٣٪	↓٥٠/٠٪	٧٥	٧١	↓٢٢٩٦٧٢٦؋	٨٥٥٩٢٦٨؋	↓٦٤١٨٠	↓٢٠٨٣٠؋

مأخذ: یافته های تحقیق

نتیجه‌گیری و پیش‌نهادها

- از آن‌جایی که الگوی بهینه‌ی کشت حاصل از مدل‌ها مشابه الگوی منطقه‌ی مورد مطالعه بوده است و تفاوت تنها در مدیریت زمان آبیاری و تغییر در راندمان است، ارائه‌ی چونین الگوهایی کشاورز را به سوی کاهش مصرف آب به گونه‌یی که درصد کاهش سود کم‌تر از درصد کاهش آب باشد سوق می‌دهد.
- در حالت‌هایی که ذخیره‌ی آب بیش‌تری صورت می‌گیرد، محصولات با راندمان آبیاری بالا به الگوی کشت وارد می‌شود. با توجه به نتایج حاصل از محاسبه قیمت هر مترمکعب آب، (برای جبران کاهش سود ناشی از کم‌مصرف نمودن آب) می‌توان با پرداخت تفاوت کاهش سود کشاورز در قبال استفاده از روش‌های نوین آبیاری به ذخیره‌ی آب و جلوگیری از به‌وجود آمدن بیلان منفی، کمک نمود.

منابع

اسدپور، ح. خلیلیان، ص. و پیکانی، غ. (١٣٨٤). نظریه و کاربرد مدل برنامه‌ریزی خطی آرمانی فازی در بهینه‌سازی الگوی کشت. *فصلنامه اقتصاد کشاورزی و توسعه*. ٥٢: ٣٢٨ ٣٠٧.

اسدی، ه. (١٣٧٦). قیمت گذاری آب کشاورزی در ایران: مطالعه موردی در اراضی زیر سد طالقان. پایان‌نامه‌ی کارشناسی ارشد اقتصاد کشاورزی. دانشگاه شیراز.

زیبایی، م. (١٣٨٦). عوامل مؤثر بر تداوم در استفاده از سیستم های آبیاری بارانی در استان فارس مقایسه تحلیل لاجیت و تحلیل ممیزی. *اقتصاد و کشاورزی*. ١(٢): ٩٤ ١٨٣.

سلطانی، غ. (١٣٧٢). تعیین آب‌بها و تخصیص بهینه آب در اراضی زیر سدها: مطالعه موردی سد درودزن شیراز. مجموعه مقالات دومین سمپوزیوم سیاست کشاورزی ایران. دانشکده‌ی کشاورزی دانشگاه شیراز. ١١ ١٩٥.

Allen, R.G., Smith, H., Pereira, L.S. and Pruitt, W.D. (1997). Proposed revision to the FAO procedure for estimating evapotranspiration. *Irrigation and Drainage paper*, No. 56. AAO. United Nations, Rome, Italy.

Cohon, J.L., Marks, D.H. (1975). A review and evaluation of multiobjective programming techniques. *Water Resources*, 11: 208–220.

Ghosh, D., Sharma, D.K. and Mattision, D. (2005). Goal programming formulation in nutrient management for rice production in West Bengal. *Production Economics*, 95: 1–7.

Meyer, S.J., Hubbard, K. and Wilhite, D.A. (1993). A crop-specific drought index for corn: Model development and validation. *Agronomy Journal*, 85:388–395.

Raju, K.S, and Kumar, D.N. (1999). Multi criterion decision making in irrigation planning. *Agricultural Systems*, 62: 117–129.

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): 31–42.

Xevi, E. and Khan, S. (2005). A multi-objective optimization approach to water management. *Journal of Environmental Management*, 77: 269–277.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی