بهینه‌سازی الگوی کشت با تاکید بر محدودیت منابع آب
مطالعه‌ی موردی: دشت سیدان– فاروق شهرستان مرودشت

اسماعیل فلاحی*[۱]، صادق خلیلیان[۱]، مجید احمدیان[۲]

تاریخ دریافت: ۹۱/۱۱/۳۰ تاریخ پذیرش: ۹۲/۰۶/۰۱

چکیده

حفاظت از منابع حیاتی آب در کنار ملاحظات اقتصادی، فضای حاکم بر تصمیم‌گیری در سامانه‌های کشاورزی را مستلزم تجدید نگرش جدی نموده است. در چنین شرایطی، بهره‌گیری از رویکردهای کارآمد برنامه‌ریزی که امکان تحقق اهداف چندگانه‌ی تصمیم‌گیران را فراهم ساخته، ضروری می‌نماید. بر این اساس، پژوهش حاضر به‌منظور تدوین الگوی بهینه‌ی کشتی که تامین دو هدف حداکثرسازی بازده ناخالص و حداقل‌سازی مصرف آب را در دشت سیدان- فاروق شهرستان مرودشت دنبال می‌کند، رهیافت‌های برنامه‌ریزی چندهدفی، تحلیل خوشه‌ای و برنامه‌ریزی مصالحه‌ای(توافقی) را به‌کار بسته است. داده‌های مورد نیاز مربوط به سال زراعی ۹۰-۱۳۸۹ بوده و از تکمیل تعداد ۱۰۶ پرسشنامه‌ی توزیع شده بین کشاورزان که به روش نمونه‌گیری خوشه‌ای دومرحله‌ای انتخاب شدند، جمع‌آوری گردید. الگوهای بهینه‌ی کشت، با منظور نمودن ترکیب‌های مختلف وزن توابع هدف تحت تعقیب، در قالب سه سناریو ارائه شد که تمامی الگوهای پیشنهادی توسط مدل، امکان افزایش بازده ناخالص و کاهش مصرف آب را میسر نمود. افزون بر این، در الگوهای یاد شده به موازات افزایش وزن هدف حداقل‌سازی مصرف آب، ترکیب کشت به نفع محصولات با نیاز آبی کمتر تغییر یافت. مقایسه‌ی الگوهای کشت فعلی و بهینه حاکی از این است که بهره‌برداران در هر دو گروه مزارع کوچک و بزرگ عموما عملکرد نسبتا مشابهی در دست‌یابی به هدف حداکثرسازی بازده ناخالص داشته‌اند، درحالی‌که هدف حداقل‌سازی مصرف آب در مزارع بزرگ‌تر نسبت به مزارع کوچک‌تر به گونه‌ی موفق‌تری تامین شده که به نوبه‌ی خود گویای مدیریت کاراتر مصرف آب در مزارع با مقیاس بزرگ‌تر بوده است. علاوه بر این، تبادل میان اهداف به‌ویژه در گروه مزارع کوچک بیانگر این است که با چشم‌پوشی از مقدار مشخصی بازده ناخالص، می‌توان شاهد کاهش قابل ملاحظه‌تری در آب مصرفی بوده و از این طریق گزینه‌های قابل قبول مختلفی را جهت کاهش مصرف آب در اختیار کشاورز قرار داد.

طبقه‌بندی JEL: *Q25,P28*

واژه‌های کلیدی: الگوی بهینه‌ی کشت، آب، برنامه‌ریزی چندهدفی، برنامه‌ریزی مصالحه‌ای(توافقی)، کشاورزی.

۱- به‌ترتیب دانشجوی دکتری و دانشیار گروه اقتصاد کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس.

۲- استاد گروه اقتصاد نظری دانشگاه تهران.

* نویسنده‌ی مسئول مقاله: esmaeilfallahi@yahoo.com

Archive of SID

www.SID.ir

پیشگفتار

مدیریت منابع آب به‌عنوان مهم‌ترین منبع طبیعی تجدیدپذیر اما محدود، یکی از مهم‌ترین چالش‌های قرن حاضر بوده و موجبات نگرانی‌های عمده‌ی جهانی را فراهم آورده است(گوردن، ۲۰۰۱؛ خاوام،۲۰۰۴؛ دینگ،۲۰۰۵؛ ایاپاژام،۲۰۰۷؛ اسوادلنکا،۲۰۰۸؛ مورالیدهاران،۲۰۰۸؛ لینر،۲۰۰۹). منابع آب در معرض تنش فزاینده‌ی ناشی از آثار متقابل رشد جمعیت، توسعه‌ی اقتصادی، تنوع اقلیمی و توزیع ناهمگون زمانی و مکانی منابع آب، تغییر اقلیم و حفاظت از اکوسیستم است(نلسون،۲۰۰۵؛ یونسکو،۲۰۰۶؛ سازمان همکاری اقتصادی و توسعه،۲۰۰۹؛ وادا،۲۰۱۰). این موارد سبب بروز مسائلی جدی مانند فقر، ایجاد اختلال در فرآیند رشد و توسعه‌ی پایدار اقتصادی- اجتماعی، تهدید تولید جهانی غذا و ناپایداری منابع طبیعی می‌شود(شیکلومانوف، ۲۰۰۰؛ هوک،۲۰۰۳؛ برنامه‌ی توسعه‌ی سازمان ملل،۲۰۰۶؛ سازمان ملل،۲۰۰۶؛ شاه،۲۰۰۷؛ کاریگمبا، ۲۰۰۹؛ بانک جهانی،۲۰۰۹؛ آنجلس،۲۰۱۱).

کشاورزی با ۸۵٪ مصرف جهانی آب به‌عنوان بزرگ‌ترین مصرف‌کننده‌ی این منبع(پونگکیج‌وراسین، ۲۰۰۷) نقش مهمی در تعادل مقدار آب بین استفاده‌های رقیب دارد(گلهن و کواینبای، ۲۰۰۴). در دهه‌های آینده، تامین بیش از دو سوم عرضه‌ی فزاینده‌ی غذای مورد نیاز جمعیت رو به گسترش جهان بر عهده‌ی کشاورزی مبتنی بر آبیاری خواهد بود(انگلیش و همکاران،۲۰۰۲؛ الجوایدی، ۲۰۰۹) و پیش‌بینی می‌شود در سال ۲۰۵۰ میلادی تقاضا برای آب کشاورزی به دو برابر برسد (فیستر و همکاران، ۲۰۱۱).

آمارهای موجود(سازمان آب منطقه‌ای استان فارس،۱۳۸۵) نشان می‌دهد که ذخایر منابع آب در بسیاری از مناطق کشور از جمله دشت سیدان- فاروق در شهرستان مرودشت به‌دلیل بهره‌برداری غیربهینه در معرض تهدید جدی قرار گرفته و ادامه‌ی این روند پیامدهای جبران‌ناپذیر اقتصادی و زیست‌محیطی را در منطقه بر جای خواهد گذاشت. سهم بخش کشاورزی از مصرف آب در این دشت نیز بسیار قابل توجه بوده به طوری که حدود ۹۵٪ منابع آب در این منطقه صرف استفاده‌های کشاورزی می‌گردد(مهندسین مشاور فارساب صنعت،۱۳۸۸). از این رو برنامه‌ریزی صحیح در حوزه‌ی آب کشاورزی در منطقه‌ی مورد مطالعه بایستی بیش از پیش مورد توجه قرار گیرد.

مباحث و مطالعاتی که پیرامون موضوع آب به‌عنوان یکی از محوری‌ترین اجزای توسعه‌ی پایدار صورت پذیرفته، مدیریت ضعیف، ناکارآمد و ناپایدار آب و نه محدودیت‌های واقعی فیزیکی عرضه را مسئول مسائل یادشده می‌داند(یونسکو،۲۰۰۶؛ بانک جهانی،۲۰۰۹؛ استراتون،۲۰۰۸؛ آنجلس، ۲۰۱۱) به‌طوری که بسیاری از مشکلات، توسط مدیریت کارا و پایدار آب آبیاری قابل اداره شدن

Archive of SID

www.SID.ir

می‌باشد که این امر مستلزم حفاظت از منابع آب و افزایش درآمد خالص تولیدکننده می‌باشد(شیبل و آیلری،۲۰۰۶؛ یونسکو،۲۰۰۶؛ مورالیدهاران،۲۰۰۸؛ سازمان همکاری اقتصادی و توسعه،۲۰۰۹). با توجه به مطالب پیش‌گفته، تدوین الگوی کشتی که در کنار کاهش مصرف آب، درآمد مشخصی را برای کشاورزان تامین نماید، نقش عمده‌ای در مدیریت تقاضای آب کشاورزی در منطقه‌ی مورد مطالعه ایفا خواهد نمود. بر این اساس، حداکثرسازی بازده ناخالص بهره‌برداران و کاهش مصرف آب در تعیین الگوی زراعی، اهداف تحت تعقیب مطالعه‌ی حاضر خواهد بود.

نظر به اینکه در پژوهش حاضر دو هدف دنبال می‌شود، استفاده از روش‌های برنامه‌ریزی تک‌هدفی برای بهینه‌سازی الگوی کشت، مناسب نبوده(ترکمانی، ۲۰۰۲) لذا بایستی از روش مناسبی جهت بهینه‌سازی همزمان اهداف مورد نظر بهره گرفت. بدین منظور یکی از روش‌هایی که در مطالعات متعدد مورد استفاده قرار گرفته است، مدل برنامه‌ریزی چندهدفی[1] می‌باشد(زنگ و همکاران، ۲۰۱۰).

این رهیافت در زمینه‌ی تعیین الگوی کشت و مدیریت منابع آب نیز به‌طور گسترده‌ای مورد استفاده واقع شده است.

فرانسیسکو و علی(۲۰۰۶) با به‌کارگیری برنامه‌ریزی چندهدفی و برنامه‌ریزی مصالحه‌ای(توافقی)[2] به بررسی تخصیص منابع در مزارع منطقه‌ی مانیلا[3] در کشور فیلیپین پرداخته‌اند.

مطالعه‌ی سارکر و ری(۲۰۰۹) مساله‌ی برنامه‌ریزی زراعی را به‌صورت یک الگوی بهینه‌سازی چندهدفی فرموله کرده و با استفاده از سه رهیافت بهینه‌سازی مختلف به حل آن مبادرت نموده است.

زنگ و همکاران(۲۰۱۰) در مطالعه‌ی خود ضمن تاکید بر نقش مهم برنامه‌ریزی زراعی منطقه‌ای در مدیریت آب کشاورزی از برنامه‌ریزی خطی چندهدفی فازی[4] به‌منظور تعیین الگوی بهینه‌ی کشت اقدام نموده‌اند.

در داخل کشور نیز مطالعاتی در زمینه‌ی مورد نظر مانند تعیین استراتژی‌های غالب برای انتخاب و تعیین بازده برنامه‌ی کشاورزان(ترکمانی و صبوحی،۱۳۸۶)، تبیین برنامه‌ریزی زراعی(صبوحی و الوانچی،۱۳۸۷) و مدیریت بهره‌برداری از آب‌های زیرزمینی(فتحی و زیبایی،۱۳۸۹) با به‌کارگیری مدل برنامه‌ریزی چندهدفی صورت پذیرفته است.

---

1 Multi-Objective Programming
2 Compromise Programming
3 Manila
4 Fuzzy Multi-Objective Linear Programming: FMOLP

Archive of SID

www.SID.ir

با این حال، تاکنون مطالعه‌ای که به‌طور خاص با به‌کارگیری رهیافت برنامه‌ریزی چندهدفی و با مدنظر قرار دادن مساله‌ی کمیابی آب در منطقه‌ی مورد مطالعه، بر تدوین الگوی بهینه‌ی زراعی مبادرت نموده باشد، صورت نپذیرفته است. بر این اساس، پژوهش حاضر در نظر دارد در چارچوب یک مدل برنامه‌ریزی چندهدفی(و نیز با بهره‌گیری از برنامه‌ریزی مصالحه‌ای) به تبیین الگوی بهینه‌ی زراعی پرداخته که دو هدف تحت تعقیب خود یعنی کاهش مصرف آب و حداکثرسازی بازده ناخالص بهره‌برداران را تامین نماید.

روش تحقیق

برنامه‌ریزی چندهدفی یا تکنیک بهینه‌سازی برداری[1] امکان بهینه‌سازی همزمان چندین هدف (اغلب رقیب) را مشروط به مجموعه‌های محدودیت منابع فراهم می‌سازد. در برنامه‌ریزی چندهدفی، مفهوم کارایی[2] یا عدم تسلط[3] جایگزین مفهوم بهینگی[4] در برنامه‌ریزی خطی می‌شود. در برنامه‌ریزی چندهدفی، اغلب به‌جای دستیابی به یک مجموعه جواب بهینه‌ی منفرد، مجموعه‌ای از جواب‌های کارا به‌دست می‌آید. این شرایط امکان بررسی نیل به هر هدف(در بهینه‌سازی با یک هدف) و نیز تبادل بین اهداف را که بینش ارزشمندی در مورد سیستم مورد مطالعه ارائه می‌دهد، فراهم می‌نماید(فرانسیسکو و علی،۲۰۰۶). فرم ریاضی الگوی برنامه‌ریزی چندهدفی به‌صورت زیر است(فرانسیسکو و علی،۲۰۰۶):

$$
\begin{aligned}
\textbf{Max}\ & Z(x) = (Z_1(x), Z_2(x), ..., Z_h(x), ..., Z_k(x)), \\
& Z_1(x) = Z_1(x_1, x_2 ..., x_n), \\
& Z_2(x) = Z_2(x_1, x_2 ..., x_n), \\
& \vdots \\
& Z_h(x) = Z_h(x_1, x_2 ..., x_n), \\
& \vdots \\
& Z_k(x) = Z_k(x_1, x_2 ..., x_n), \\
\text{Subject to}: & \ X \in F, \\
& x \geq 0
\end{aligned}
\qquad (1)
$$

که در آن، $\boldsymbol{Z}=(Z_1,Z_2,\cdots,Z_k)$ بردار توابع هدف با عناصر Z_i $(i=1,2,\ldots,k)$ و Z_i تابع هدف انفرادی است. X_i $(i=1,2,\ldots,n)$ نیز سطح زیر کشت محصول iام است.

1 Vector Optimization Technique
2 Efficiency
3 Non-Dominance
4 Optimality

Archive of SID

www.SID.ir

حداکثر نمودن الگوی (۱) در عمل ممکن نیست و لذا از روش‌های مختلفی برای ایجاد مجموعه‌ی کارا استفاده می‌شود. سه روش برای ایجاد مجموعه‌ی کارا عبارت از روش وزنی[۱]، روش مقید[۲] و روش سیمپلکس چندمعیاری[۳] می‌باشد. روش مقید، به‌دلیل عدم نیاز به دانش قبلی در مورد ترجیحات تصمیم‌گیرندگان، جذاب‌ترین تکنیک است(فرانسیسکو و علی،۲۰۰۶). به تبع استفاده‌ی گسترده از روش مقید(کوهن و مارکس،۱۹۷۳؛ رومرو و همکاران،۱۹۸۷؛ راجو و کومار،۱۹۹۹؛ فرانسیسکو و همکاران،۱۹۹۹)، در مطالعه‌ی حاضر نیز از این روش بهره گرفته شده است.

در روش مقید، تابع هدف hام ارائه شده در الگوی (۱) بهینه می‌شود و k-1 هدف باقی‌مانده، بخش‌هایی از محدودیت‌های الگو را تشکیل می‌دهند. لذا مساله‌ی مقید را با توجه به الگوی (۱) می‌توان به‌صورت زیر فرموله نمود(فرانسیسکو و علی،۲۰۰۶):

$$
\begin{aligned}
&\textbf{Max}\ \ Z_h(x_1, x_2..., x_n),\\
&\text{Subject to :}\\
&\quad Z_1(x_1, x_2..., x_n) \geq b_1,\\
&\quad Z_2(x_1, x_2..., x_n) \geq b_2,\\
&\quad \vdots\\
&\quad Z_{(h-1)}(x_1, x_2..., x_n) \geq b_{(h-1)},\\
&\quad Z_{(h+1)}(x_1, x_2..., x_n) \geq b_{(h+1)},\\
&\quad \vdots\\
&\quad Z_k(x_1, x_2..., x_n) \geq b_k,\\
&\qquad X \in F,\\
&\qquad x \geq 0
\end{aligned}
\qquad (۲)
$$

که در اینجا b_j مجموعه‌ی قید برای اهداف است که در بهینه‌سازی مقید به‌عنوان محدودیت در نظر گرفته شده‌اند. مجموعه‌ی کارا با تغییر پارامتریک[۴] b_j $(j=1,2,\ldots,(h-1),(h+1),\ldots,k)$ به‌دست می‌آید. مقادیر افزایشی[۵] پارامتر b_j از رابطه‌ی زیر به‌دست می‌آید(فرانسیسکو و علی،۲۰۰۶):

$$
\boldsymbol{L}_{jr} = n_j + t\,(r-1)^{-1}\,(M_j - n_j), \quad j=1,2,\cdots,h-1,h+1,\cdots p; \quad t=0,1,2,\cdots,(r-1) \qquad (۳)
$$

1 Weighting
2 Constraint
3 Multi-Criterion Simplex
4 Parametric Variations
5 Incremental Values

Archive of SID

www.SID.ir

که L_{jr} مقادیر پارامتریک اتخاذ شده توسط b_j در بازه‌ی $t\,(r-1)^{-1}(M_j - n_j)$، r تعداد بازه برای b_j، M_j بهترین مقدار هدف jام و n_j بدترین مقدار هدف jام است.

روش مقید تعداد زیادی جواب کارا ارائه می‌دهد که تصمیم‌گیرنده می‌تواند از میان آنها انتخاب نماید. یکی از روش‌های کم کردن تعداد مجموعه‌های کارا، استفاده از تحلیل خوشه‌ای[1] است. تحلیل خوشه‌ای، مجموعه‌ای معین از جواب‌های کارای پارتو[2] را به گروه‌ها(خوشه‌ها)یی از مجموعه‌های کارای نسبتا همگن تفکیک می‌کند. در مطالعه‌ی حاضر از روش تحلیل خوشه‌ای دومرحله‌ای[3] استفاده شده است. در این رهیافت ابتدا گروه‌ها مشخص و سپس با استفاده از روش k- میانگین گروه‌بندی می‌شوند. این روش برای دسته‌بندی مشاهدات، ابتدا هر قلم را به خوشه‌ای نسبت می‌دهد که دارای نزدیک‌ترین فاصله به مشاهده‌ی مرکزی(میانگین) است. سپس فاصله‌ی اقلیدسی هر مشاهده را از مرکز دسته‌ها محاسبه و آن را دوباره به نزدیک‌ترین دسته تخصیص می‌دهد. فاصله‌ی اقلیدسی بین دو مشاهده نیز به شکل زیر است(محمدی و همکاران،۱۳۸۸).

$$d(x,y) = \sqrt{(x-y)'A(x-y)} \qquad (۴)$$

که در آن $A = S^{-1}$ و S ماتریس واریانس‌ها و کواریانس‌های نمونه است. در مقایسه با روش‌های رقیب برای خوشه‌ای کردن این روش ترجیح داده می‌شود. مزیت این روش در آن است که بدون نیاز به اطلاع از تعداد خوشه‌های قابل تقسیم می‌توان مشاهدات را تقسیم‌بندی نمود(محمدی و همکاران،۱۳۸۸).

به‌منظور انتخاب بهترین جواب می‌توان از برنامه‌ریزی مصالحه‌ای(توافقی) استفاده کرد. برنامه‌ریزی مصالحه‌ای توسط(زلنی، ۱۹۷۳) و (یو، ۱۹۷۳) پیشنهاد شد. گام اول در برنامه‌ریزی مصالحه‌ای، تعیین نقطه‌ی ایده‌آل[4] است. مختصات چنین نقطه‌ای توسط مقادیر بهینه‌ی اهداف متفاوت با توجه به مجموعه محدودیت‌های منابع مشخص می‌شود. از آنجا که استخراج نقطه‌ی ایده‌آل در برنامه‌ریزی چندهدفی امکان‌پذیر نیست، لذا نزدیک‌ترین جواب کارا به آن به‌عنوان بهترین راه حل توافقی تعریف می‌شود. بنابراین، بسته به معیار فاصله[5] خاص مورد استفاده، می‌توان مجموعه‌ای از جواب‌های توافقی(مجموعه‌ی توافقی) را تعیین نمود.

1 Cluster Analysis
2 Pareto Efficient Solutions
3 Two-Step Cluster Analysis
4 Ideal Point
5 Measure of Distance

Archive of SID

www.SID.ir

ساختار عملی برنامه‌ریزی مصالحه‌ای به این صورت است که در ابتدا، درجه‌ی نزدیکی[1] (d_j) بین هدف jام و نقطه‌ی ایده‌آل آن به‌صورت زیر تعریف می‌شود.

$$d_j = Z_j^* - Z_j(x) \quad (۵)$$

برای زمانی که هدف jام حداکثر می‌شود و:

$$d_j = Z_j(x) - Z_j^* \quad (۶)$$

برای زمانی که هدف jام حداقل می‌گردد. Z_j^* در این‌جا مقدار ایده‌آل آن است.

زمانی که واحدهای مورد استفاده برای اندازه‌گیری اهداف متفاوت هستند، بایستی به جای استفاده از اختلاف مطلق از اختلاف نسبی استفاده کرد. بنابراین درجه‌ی نزدیکی به‌صورت زیر خواهد بود.

$$d_j = \frac{Z_j^* - Z_j(x)}{Z_j^* - Z_{*J}} \quad (۷)$$

که Z_{*J} نقطه‌ی مقابل مقدار ایده‌آل[2] (بدترین مقدار) برای هدف jام است.

به‌منظور اندازه‌گیری فاصله بین هر جواب و نقطه‌ی ایده‌آل، از خانواده‌ی توابع فاصله[3] به‌صورت زیر استفاده می‌شود(فرانسیسکو و علی،۲۰۰۶).

$$L_p(\delta,k) = [\sum(\delta_j d_j)^p]^{1/p} \quad (۸)$$

که δ_j، اهمیت فاصله بین هدف jام و مقدار ایده‌آل آن را وزن‌دهی می‌کند.

برای معیار[4] Lp ($p=1,2,\cdots$) بهترین توافق یا نزدیک‌ترین جواب به نقطه‌ی ایده‌آل از حل مساله‌ی برنامه‌ریزی غیرخطی زیر به‌دست می‌آید(فرانسیسکو و علی،۲۰۰۶).

$$\mathbf{Min}\, L_p(\delta,k) = [\sum(\delta_j d_j)^p]^{1/p} \quad (۹)$$
$$\text{Subject to: } X \in F$$

که F مجموعه‌ی قابل دسترس[5] است.

برای معیار $L^\infty (p=\infty)$، ماکزیمم اختلاف‌های انفرادی حداقل می‌شود. برای این معیار، بهترین جواب مصالحه‌ای با حل مساله‌ی برنامه‌ریزی خطی زیر به‌دست می‌آید(فرانسیسکو و علی،۲۰۰۶).

1 Degree of Closeness
2 Anti-Ideal Value
3 Family of Distance Functions
4 Metric
5 Feasible

Archive of SID

www.SID.ir

$$\begin{aligned}
&\textbf{Min } L^{\infty} = D^{\infty},\\
&\text{Subject to: } \frac{\delta_1(Z_1^* - Z_1(x))}{Z_1^* - Z_{-1}} \le d^{\infty},\\
&\qquad\vdots\\
&\qquad\frac{\delta_k(Z_k^* - Z_k(x))}{Z_k^* - Z_{-k}} \le d^{\infty}\\
&\qquad X \in F
\end{aligned} \qquad (۱۰)$$

معیارهای L_1 و L^{∞} زیرمجموعه‌ای از مجموعه‌ی کارا را تعریف می‌کند که مجموعه‌ی توافقی نامیده می‌شود. از این رو، بهترین جواب توافقی برای وزن‌های خاص اهمیت فاصله‌ی اهداف از نقطه‌ی ایده‌آل آن، بین جواب‌های متناظر برای معیارهای L_1 و L^{∞} قرار می‌گیرد.

چنانچه اشاره گردید، در این مطالعه دو هدف حداکثرسازی بازده ناخالص و حداقل نمودن آب مصرفی تعقیب می‌شود. الگوی تجربی مورد استفاده در پژوهش حاضر که در زیر ارائه شده است، ابتدا توسط برنامه‌ریزی چندهدفی با استفاده از روش مقید حل می‌گردد. دسته جواب‌های کارای به‌دست آمده از این مرحله، با استفاده از تحلیل خوشه‌ای به تعداد قابل قبولی کاهش می‌یابد. سپس با به‌کارگیری الگوی برنامه‌ریزی مصالحه‌ای و براساس وزن اختصاص داده شده به اهداف، به انتخاب جواب‌ها مبادرت خواهد شد.

$$\text{Max} \quad Z_1 = \sum_{i-1}^{n} (P_i Y_i - TVC_i - C_w W_i) X_i$$

$$\text{Min} \quad Z_2 = \sum_{i-1}^{n} W_i X_i$$

$$\begin{aligned}
&\text{Subject to: 1) } \sum_{i-1}^{n} X_i \le X_{Max}\\
&\qquad 2) \sum_{i-1}^{n} W_i X_i \le W_{Max}\\
&\qquad 3) \sum_{i-1}^{n} L_{S_i} \le L_{S_{\max}} \qquad \forall_s = 1,2,3,4\\
&\qquad 4) \sum_{i-1}^{n} C_{a_i} \le C_{a_{\max}}\\
&\qquad 5) \sum_{i-1}^{n} F_{f_i} \le F_{f_{\max}} \qquad \forall_f = 1,2,3,4
\end{aligned} \qquad (۱۱)$$

Archive of SID

www.SID.ir

که Z_1 و Z_2 دو هدف مورد نظر الگو بوده که به‌ترتیب حداکثرسازی بازده ناخالص و حداقل‌سازی آب مصرفی را نشان می‌دهد. P_i قیمت محصول i (بر حسب ریال بر کیلوگرم)، Y_i عملکرد محصول i (بر حسب کیلوگرم در هکتار)، TVC_i هزینه‌ی متغیر(به‌جز هزینه‌ی آب) برای محصول i(بر حسب ریال در هکتار)، C_W هزینه‌ی استخراج و انتقال آب(بر حسب ریال بر متر مکعب)، W_i میزان کل آب مصرفی برای کشت محصولi (بر حسب متر مکعب بر هکتار) و X_i (متغیر تصمیم) سطح زیرکشت محصول i (بر حسب هکتار) است. پنج محدودیت الگوی مورد نظر به‌ترتیب نشان‌دهنده‌ی محدودیت زمین، آب، نیروی کار، سرمایه و کود برای کشت محصول i می‌باشد. مقادیر سمت راست محدودیت‌های الگو، میزان حداکثر منابع در دسترس را نشان می‌دهد. در مورد محدودیت نیروی کار، چهار مرحله‌ی آماده‌سازی زمین، کاشت، داشت و برداشت به تفکیک مدنظر قرار گرفته است. همچنین محدودیت کود شامل محدودیت کودهای اوره، فسفات، حیوانی و سایر کودها بوده است.

داده‌های مورد نیاز مطالعه‌ی حاضر مربوط به سال زراعی ۹۰-۱۳۸۹ بوده که از سازمان‌های ذیربط و نیز تکمیل تعداد ۱۰۶ پرسشنامه‌ی توزیع شده بین کشاورزان دشت سیدان- فاروق شهرستان مرودشت به روش نمونه‌گیری خوشه‌ای دومرحله‌ای[1] به‌دست آمد. بدین منظور در ابتدا از بین ۲۲ روستای منطقه(به‌عنوان خوشه‌ها)، ۵ روستا با استفاده از نمونه‌گیری تصادفی ساده انتخاب و در مرحله‌ی بعد نیز از هر یک از ۵ روستای مورد نظر، تعدادی بهره‌بردار به طور تصادفی انتخاب شده که در مجموع، یک نمونه‌ی ۱۰۶ نفری از بهره‌برداران را تشکیل داد. نظر به اینکه ارائه‌ی الگوی برنامه‌ریزی مطلوب برای تمامی بهره‌برداران به صورت انفرادی بسیار زمان‌بر بوده و نتایج حاصل نیز از کارایی لازم برخوردار نمی‌باشد، لذا بایستی بهره‌برداران نمونه را به گروه‌های همگن طبقه‌بندی کرده و برای هر گروه یک بهره‌بردار نماینده را مشخص نمود. در این مطالعه با استفاده از روش تحلیل خوشه‌ای دومرحله‌ای، بهره‌برداران نمونه براساس مقیاس فعالیت به گروه‌های همگن تقسیم شدند.

نتایج و بحث

به‌منظور ارائه‌ی الگوی برنامه‌ریزی مطلوب و با به‌کارگیری روش تحلیل خوشه‌ای دومرحله‌ای، بهره‌برداران نماینده بر اساس مقیاس فعالیت به دو گروه همگن تقسیم شدند. در گروه اول، مزارع کمتر از چهار هکتار و در گروه دوم مزارع بیشتر از چهار هکتار قرار گرفت و برای هر گروه، یک مزرعه‌ی نماینده مشخص گردید. جدول ۱ سطح زیرکشت هر محصول و سهم هر محصول از سطح زیرکشت، بازده ناخالص و نیز آب مصرفی مزارع نماینده برای هر یک از دو گروه همگن مورد نظر

1 Two-Stage Cluster Sampling

Archive of SID

www.SID.ir

در الگوی فعلی بهره‌برداران را نشان می‌دهد. در گروه همگن ۱(گروه مزارع کم‌تر از چهار هکتار)، مجموع سطح زیرکشت مزرعه‌ی نماینده ۳/۷۳ هکتار بوده است. در این گروه، محصولات گندم، ذرت و جو به‌ترتیب بیشترین سطح زیرکشت را به‌خود اختصاص داده‌اند. بازده ناخالص حاصل از این مزرعه ۵۰۲۵۹۸۲۵ ریال بوده و به میزان ۴۷۷۲۵ متر مکعب آب در این مزرعه مصرف شده است. در گروه همگن دوم(گروه مزارع بیشتر از چهار هکتار) نیز کل سطح زیرکشت بهره‌بردار نماینده ۸/۹۴ هکتار بوده است. در این گروه نیز گندم، ذرت و جو به‌ترتیب بیشترین سهم از سطح زیرکشت را به‌خود اختصاص داده‌اند. با این حال، از سهم محصول گندم در مزرعه‌ی گروه دوم در مقایسه با گروه اول به میزان چشم‌گیری کاسته شده و به سهم سایر محصولات به‌ویژه ذرت افزوده شده است. میزان بازده ناخالص و آب مصرفی مربوط به مزرعه‌ی نماینده‌ی گروه دوم نیز به‌ترتیب معادل ۱۴۶۵۲۴۷۶۴ ریال و ۱۳۱۰۱۵ متر مکعب بوده است.

ماتریس بازده[1] که از بهینه‌سازی جداگانه‌ی هر یک از اهداف به‌دست می‌آید، برای مزرعه‌ی نماینده‌ی هر گروه در جدول ۲ نشان داده شده است. عناصر هر ردیف این ماتریس از طریق بهینه‌سازی هر هدف به‌طور جداگانه تعیین گردید. در هر ردیف یک هدف بهینه و مقادیر هدف دیگر به‌صورت پارامتریک محاسبه شده است. ردیف اول این ماتریس برای مزرعه‌ی نماینده‌ی گروه همگن ۱ حاکی از این است که هنگامی که هدف، حداکثرسازی بازده ناخالص است، میزان بازده ناخالصی که نصیب کشاورز می‌شود، برابر با ۵۷۶۸۴۱۴۱ ریال بوده که برای کسب این میزان بازده ناخالص، آب مصرفی مورد نیاز معادل با ۴۳۱۱۵ متر مکعب خواهد بود. به‌طور مشابه، ردیف دوم حاکی از این است که با ملاحظه‌ی حداقل‌سازی مصرف آب به‌عنوان هدف، میزان آب مصرفی برابر با ۳۶۴۵۱ متر مکعب بوده که بازده ناخالص متناظر در این حالت به میزان ۴۶۸۵۱۷۲۰ ریال خواهد بود. به همین ترتیب تفسیر مشابهی برای عناصر ماتریس بازده مربوط به مزرعه‌ی نماینده‌ی گروه همگن ۲ قابل ارائه است. ماتریس بازده در تشخیص میزان تضاد بین اهداف مورد نظر، مفید است. به‌عنوان مثال، ماتریس بازده برای مزرعه‌ی نماینده‌ی گروه همگن ۱ حاکی از این است که زمانی که هدف حداکثرسازی بازده ناخالص مدنظر است، میزان آب مصرفی(۴۳۱۱۵ متر مکعب) نسبت به آب مصرفی در حالت حداقل‌سازی مصرف آب(۳۶۴۵۱ متر مکعب)، بیشتر است. به عبارت دیگر درحالی‌که هدف حداکثرسازی بازده ناخالص تأمین می‌شود، مصرف آب حداقل نبوده و از هدف حداقل‌سازی مصرف آب دور می‌شویم. همچنین زمانی که حداقل‌سازی مصرف آب مدنظر است، میزان بازده ناخالص(۴۶۸۵۱۷۲۰ ریال) نسبت به بازده ناخالص در حالت حداکثرسازی بازده ناخالص(۵۷۶۸۴۱۴۱ ریال)، کمتر است یعنی با تامین هدف حداقل‌سازی مصرف آب، میزان بازده

1 Payoff Matrix

Archive of SID

www.SID.ir

ناخالص حداکثر نبوده و هدف حداکثرسازی بازده ناخالص قابل حصول نخواهد بود. این تضاد در مورد مزرعه‌ی نماینده‌ی گروه همگن ۲ نیز قابل مشاهده است. عناصر قطر فرعی ماتریس بازده بیانگر نقطه‌ی ایده‌آل بوده و مقادیر بهینه‌ی هر یک از اهداف را به‌صورت جداگانه نشان می‌دهد. نقطه‌ی ایده‌آل برای مزرعه‌ی نماینده‌ی گروه همگن ۱، مقدار ۵۷۶۸۴۱۴۱ ریال بازده ناخالص و ۳۶۴۵۱ مترمکعب آب می‌باشد. به هر حال همان‌گونه که مشاهده گردید، به دلیل وجود تضاد بین اهداف، دست‌یابی به نقطه‌ی ایده‌آل غیرممکن است.

الگوی کشت محصولات در حالت بهینه‌سازی جداگانه‌ی اهداف حداکثرسازی بازده ناخالص و حداقل‌کردن مصرف آب برای هر یک از بهره‌برداران نماینده‌ی دو گروه همگن مورد نظر در جدول ۳ ارائه شده است. با توجه به این جدول، چنانچه تنها هدف حداکثرسازی بازده ناخالص مدنظر باشد، سه محصول گندم، یونجه و برنج به‌ترتیب بیشترین سطح زیرکشت را در هر یک از مزارع نماینده‌ی گروه‌های همگن به‌خود اختصاص می‌دهد. در صورتی که فقط هدف حداقل کردن مصرف آب دنبال شود، محصولات گندم، جو و ذرت در اولویت کشت قرار می‌گیرند. محصول جو که نیاز آبی کمتری نسبت به سایر محصولات دارد و در الگوی حداکثرسازی بازده ناخالص قرار نگرفته است؛ در الگوی حداقل‌کننده‌ی مصرف آب گنجانده شده است. همچنین محصول برنج که نیاز آبی بالاتری دارد، در الگوی کشت حداقل‌کننده‌ی مصرف آب جای نگرفته است.

به هرحال همان‌طور که بحث شد، امکان حصول همزمان دو هدف یاد شده به‌دلیل وجود تضاد بین این اهداف وجود ندارد و از این رو روش برنامه‌ریزی چندهدفی به‌کار گرفته شد. مدل دوهدفی با استفاده از روش محدودیت حل گردید. بدین منظور، تابع بازده ناخالص به‌عنوان هدف و هدف حداقل‌سازی مصرف آب به‌عنوان محدودیت پارامتریک در نظر گرفته شد. مجموعه‌ی کارا با تغییر پارامتریک سمت راست محدودیت آب برای مزارع نماینده‌ی هر یک از گروه‌های همگن ایجاد شد که بیش از چهل جواب کارا به‌دست آمد. برای انتخاب از بین جواب‌های به‌دست آمده، تحلیل خوشه‌ای به‌کار گرفته شد که در نهایت پنج جواب با شماره‌های ۵، ۸، ۱۵، ۳۱ و ۳۹ برای مزرعه‌ی نماینده‌ی گروه همگن ۱ و چهار جواب با شماره‌ی ۴، ۱۷، ۲۸ و ۳۶ برای مزرعه‌ی نماینده‌ی گروه همگن ۲ انتخاب شد. جداول ۴ و ۵ به‌ترتیب جواب‌های کارای منتخب را برای مزارع نماینده‌ی گروه‌های همگن ۱ و ۲ نشان می‌دهد.

جدول ۴ بازده ناخالص، آب مصرفی و ترکیب کشت را در پنج نقطه‌ی کارای منتخب برای مزرعه‌ی نماینده‌ی گروه همگن ۱ ارائه می‌کند. ردیف‌های بازده ناخالص و آب مصرفی به‌خوبی تبادل بین دو هدف مورد نظر را نشان می‌دهد، به‌گونه‌ای که با حرکت از جواب کارای ۵ به جواب کارای ۳۹ اگرچه بازده ناخالص کاهش می‌یابد؛ اما مصرف آب کاهش یافته است. مقایسه‌ی ردیف‌های مربوط

Archive of SID

www.SID.ir

به تغییر در بازده ناخالص و تغییر در آب مصرفی حاکی از این است که با کاهش مشخصی در مقدار بازده ناخالص، می‌توان به میزان بیشتری مصرف آب را کاهش داد. ملاحظه‌ی الگوی کشت در نقاط کارای منتخب نیز حاکی از این است که هرچه به سمت کاهش بیشتر در مصرف آب پیش می‌رویم، محصولات با نیاز آبی کمتر مانند جو، جایگزین محصولات با نیاز آبی زیاد در الگوها شده است. چنانکه مشاهده می‌شود، محصول گوجه‌فرنگی در تمام نقاط کارا از الگوی کشت حذف شده است.

جدول ۵، نقاط کارای برگزیده را برای مزرعه‌ی نماینده‌ی گروه مزارع با مقیاس بزرگتر نشان می‌دهد. در جدول ۵ نیز بازده ناخالص، آب مصرفی و الگوی کشت در چهار جواب منتخب برای مزرعه‌ی نماینده‌ی گروه همگن ۲ ارائه شده است. در این گروه نیز می‌توان تبادل میان اهداف تحت تعقیب را از ارقام بازده ناخالص و آب مصرفی مشاهده نمود. همان‌طور که از این ارقام برمی‌آید، هرچه از جواب کارای شماره‌ی ۴ به سمت جواب کارای شماره‌ی ۳۶ حرکت می‌کنیم، اگرچه مقدار بازده ناخالص کم شده اما میزان مصرف آب کاهش می‌یابد. ملاحظه‌ی ردیف‌های تغییر در بازده ناخالص و تغییر در آب مصرفی در اینجا نیز حاکی از این است که کاهش مشخصی در مقدار بازده ناخالص منجر به کاهش میزان بیشتری در آب مصرفی می‌شود. در عین حال مقایسه‌ی این ارقام با ارقام متناظر مربوط به مزرعه‌ی نماینده‌ی گروه همگن ۱ در جدول ۴ حاکی از این است که با کاهش در میزان بازده، امکان کاهش بیشتری در میزان آب مصرفی در مزارع کوچک نسبت به مزارع بزرگ وجود دارد. همچنین در مورد الگوی کشت، همان‌گونه که با حرکت از نقطه‌ی کارای شماره‌ی ۴ به نقطه‌ی کارای شماره‌ی ۳۶، میزان بازده کمتر شده و توجه بیشتری به کاهش مصرف آب شده است، الگوی کشت نیز به نفع محصولات با نیاز آبی کمتر تغییر یافته است. هرچند که الگوی کشت در اینجا در مقایسه با گروه مزارع کوچک‌تر، کمتر دستخوش تغییر شده است. همچنین، محصول گوجه‌فرنگی مانند الگوی کشت مزرعه‌ی نماینده‌ی گروه همگن ۱، از الگوی کشت مزرعه‌ی نماینده‌ی گروه همگن ۲ نیز حذف شده است.

در ادامه به‌منظور انتخاب از بین جواب‌های کارای منتخب مرحله‌ی قبل، از برنامه‌ریزی توافقی با لحاظ نمودن سه ترکیب وزنی مختلف برای اهداف تحت تعقیب استفاده شده است. در حالت اول، وزن بیشتری(۰/۷۵) به هدف حداکثرسازی بازده ناخالص نسبت به هدف حداقل‌سازی مصرف آب (۰/۲۵) اختصاص یافت. در حالت دوم وزن یکسانی(۰/۵۰- ۰/۵۰) برای اهداف مورد نظر در نظر گرفته شد. در حالت سوم نیز وزن لحاظ شده(۰/۷۵) برای هدف حداقل‌سازی مصرف آب نسبت به هدف حداکثرسازی بازده ناخالص(۰/۲۵) بیشتر بود. جداول ۶ و ۷ به‌ترتیب نتایج حاصل از

Archive of SID

www.SID.ir

برنامه‌ریزی توافقی را در سه ترکیب وزنی یاد شده‌ی اختصاص یافته به اهداف برای هر یک از مزارع نماینده‌ی گروه‌های همگن ۱ و ۲ نمایش می‌دهد.

چنانکه از جدول ۶ برمی‌آید، هنگامی که وزن بیشتری(۰/۷۵) به هدف حداکثرسازی بازده ناخالص اختصاص می‌یابد، در مجموعه‌ی توافقی، بازده ناخالص بین ۵۶۰۳۱۹۰۴ و ۵۷۳۵۹۲۸۱ ریال و آب مصرفی بین ۴۱۲۱۸ و ۴۲۹۳۶ متر مکعب قرار می‌گیرد. با مقایسه‌ی این ارقام و مجموعه جواب‌های کارای منتخب از الگوی برنامه‌ریزی چندهدفی در جدول ۴، مشاهده می‌شود که جواب کارای شماره‌ی ۵ در مجموعه‌ی توافقی قرار گرفته و لذا این جواب انتخاب می‌شود. به‌طور مشابه، برای حالت وزن یکسان اهداف، جواب شماره‌ی ۱۵ و برای حالتی که وزن بیشتری(۰/۷۵) برای هدف حداقل‌کردن مصرف آب لحاظ می‌شود، جواب شماره‌ی ۳۹ برای مزرعه‌ی نماینده‌ی گروه همگن ۱ انتخاب می‌گردد.

جدول ۷ نیز نتایج برنامه‌ریزی توافقی را در حالت‌های مختلف ذکرشده‌ی وزن اهداف برای مزرعه‌ی نماینده‌ی گروه همگن ۲ ارائه می‌دهد. با مقایسه‌ی مجموعه‌ی توافقی برای حالت‌های مختلف وزن اهداف در جدول ۷ با مجموعه جواب‌های کارای منتخب در جدول ۵، می‌توان جواب منتخب را در هر حالت وزنی برای مزرعه‌ی نماینده‌ی گروه همگن ۲ نیز مشخص نمود. بر این اساس، در حالت اختصاص وزن بیشتر(۰/۷۵) به هدف حداکثرسازی بازده ناخالص، جواب کارای شماره‌ی ۴ و در حالت‌های وزن یکسان(۰/۵۰ - ۰/۵۰) اهداف و وزن بیشتر(۰/۷۵) هدف حداقل‌کردن مصرف آب، به‌ترتیب، جواب‌های کارای شماره‌ی ۱۷ و ۲۸ انتخاب شدند.

جواب‌های نهایی منتخب در حالت‌های مختلف وزن اهداف، برای هریک از مزارع نماینده‌ی گروه‌های همگن ۱ و ۲ در جدول ۸ ارائه شده است. جدول ۸ الگوهای بهینه‌ی کشت را برای هر یک از مزارع نماینده‌ی گروه‌های همگن ۱ و ۲ در حالت‌های مختلف وزن اختصاص یافته به اهداف تحت تعقیب مطالعه ارائه می‌کند. چنانکه از این جدول قابل مشاهده است، سطح زیرکشت محصول گندم در الگوی کشت مزرعه‌ی نماینده‌ی گروه همگن ۱ نسبت به سایر محصولات این گروه، در حالت‌های مختلف وزن اهداف از ثبات بیشتری برخوردار است. همچنین به موازات افزایش وزن هدف حداقل‌سازی مصرف آب، سطح زیرکشت محصولات با نیاز آبی کمتر مانند جو جایگزین محصولات با نیاز آبی بیشتر مانند برنج می‌شود. در مزرعه‌ی نماینده‌ی گروه همگن ۲ نیز در حالت‌های مختلف وزن اهداف، محصولات گندم و یونجه نسبت به سایر محصولات، سطح زیرکشت ثابت‌تری داشته است. در این گروه نیز با افزایش درجه‌ی اهمیت هدف حداقل‌سازی مصرف آب، الگوی کشت به نفع محصولات با نیاز آبی کمتر، تغییر یافته است؛ هرچند الگوی کشت در مزرعه‌ی

Archive of SID

www.SID.ir

بزرگ‌تر نسبت به مزرعه‌ی کوچک‌تر به میزان کمتری دستخوش تغییر شده است. لازم به ذکر است که محصول گوجه‌فرنگی از الگوهای بهینه‌ی کشت هر دو مزرعه‌ی نماینده حذف شده است.

مقایسه‌ی ردیف‌های بازده ناخالص و آب مصرفی به وضوح تبادل میان اهداف را در هر دو گروه مزارع نمایان می‌سازد. با توجه به ارقام این دو ردیف، همچنان که بازده ناخالص کاهش می‌یابد، امکان کاهش مصرف آب فراهم آمده است.

دو ردیف آخر جدول ۸، میزان بازده ناخالص و آب مصرفی الگوی فعلی مزارع را با الگوهای بهینه در حالت‌های مختلف وزن اهداف مورد مقایسه قرار می‌دهد. براساس ارقام این دو ردیف، هنگامی که وزن بیشتری(۰/۷۵) به هدف حداکثرسازی بازده ناخالص اختصاص می‌یابد، بازده ناخالص در الگوی فعلی مزرعه‌ی کوچک به میزان ۱۱٪ کم‌تر از الگوی بهینه‌ی ارائه شده توسط مدل است. همچنین میزان آب مصرفی در مزرعه‌ی کوچک به میزان ۱۳/۲٪ بیشتر از آب مورد نیاز الگوی بهینه است. زمانی که وزن اهداف مورد نظر یکسان در نظر گرفته شود، بازده ناخالص در الگوی فعلی به میزان ۶/۷٪ کمتر از الگوی بهینه بوده و آب مصرفی به میزان ۲۰/۳٪ بیشتر از آب مصرفی مورد نیاز الگوی بهینه است. با افزایش وزن به نفع هدف حداقل‌سازی مصرف آب، بازده ناخالص الگوی فعلی به میزان ۵/۲٪ کمتر و آب مصرفی الگوی فعلی به میزان ۳۰/۸٪ بیشتر از الگوی بهینه خواهد بود. همان‌گونه که مشاهده می‌شود، با افزایش درجه‌ی اهمیت هدف حداقل‌سازی مصرف آب، میزان اختلاف بازده ناخالص الگوی فعلی با الگوی بهینه کمتر شده و به‌طور معکوس، میزان اختلاف آب مصرفی الگوی فعلی با الگوی بهینه بیشتر می‌شود. به هر حال الگوهای بهینه، در تمامی حالت‌های وزنی اهداف، امکان افزایش بازده ناخالص و کاهش آب مصرفی را نسبت به الگوی فعلی فراهم می‌نماید. در مزرعه‌ی بزرگ نیز مانند مزرعه‌ی کوچک، همچنان که وزن اختصاص یافته به هدف حداقل‌سازی مصرف آب افزایش می‌یابد، میزان اختلاف بازده ناخالص الگوی فعلی با الگوی بهینه کمتر و میزان اختلاف آب مصرفی با الگوی بهینه بیشتر می‌شود. به هر حال، در این مزرعه نیز امکان افزایش بازده ناخالص و کاهش مصرف آب در الگوهای بهینه با وزن مختلف اهداف نسبت به الگوی فعلی وجود دارد.

مقایسه‌ی میزان اختلاف بازده ناخالص الگوی فعلی با الگوهای بهینه در دو گروه مزارع در ردیف ماقبل آخر جدول ۸ حاکی از این است که هر دو گروه، عملکرد نسبتا مشابهی در تامین هدف حداکثرسازی بازده ناخالص داشته‌اند. در صورتی که با توجه به ارقام ردیف آخر جدول، میزان اختلاف آب مصرفی الگوی فعلی با الگوهای بهینه در گروه مزارع بزرگ‌تر، کمتر بوده و به عبارت دیگر در این گروه از مزارع در مدیریت مصرف آب موفق‌تر عمل شده است. این موضوع بر این

Archive of SID

www.SID.ir

واقعیت دلالت دارد که در مزارع با مقیاس بزرگ‌تر در منطقه، از سامانه‌های نوین آبیاری با راندمان بالاتر، بیشتر بهره گرفته شده است.

علاوه بر این مقایسه‌ی دو ردیف آخر جدول نشان می‌دهد که وقتی به هدف حداقل‌سازی مصرف آب وزن بیشتری اختصاص می‌یابد، در گروه مزارع کوچک با چشم‌پوشی از میزان مشخصی بازده ناخالص می‌توان مقدار قابل توجه‌تری در میزان مصرف آب صرفه‌جویی نمود. به‌عنوان مثال در این مزارع، با چشم‌پوشی از ۴/۳ ((۱۱-)- ۶/۷-) درصد بازده ناخالص می‌توان به میزان بیشتری یعنی ۷/۱ (۱۳/۲ - ۲۰/۳=) درصد، آب مصرفی مورد نیاز را کاهش داد و همچنین با چشم‌پوشی از ۱/۵ ((۶/۷-)- ۵/۲- =) درصد بازده ناخالص، امکان ۱۰/۵ (۲۰/۳- ۳۰/۸=) درصد صرفه‌جویی در مصرف آب وجود دارد. به همین ترتیب، در گروه مزارع بزرگ‌تر نیز می‌توان با کاهش مقدار مشخصی در بازده ناخالص، آب مصرفی را به میزان بیشتری کاهش داد. با این وجود، چنانکه مشاهده می‌شود در مزارع کوچک در مقایسه با مزارع بزرگ، با چشم‌پوشی از مقدار مشخصی بازده ناخالص شاهد کاهش بیشتری در مصرف آب خواهیم بود.

به‌طورکلی، اهمیت اهداف نقش مهمی در نتایج برنامه‌ی زراعی به‌ویژه در مزارع کوچک‌تر داشته است.

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

صیانت از منابع آب در بخش کشاورزی به‌عنوان بزرگ‌ترین مصرف‌کننده‌ی آب در کنار تامین درآمد زارعین نقش مهمی در مدیریت این منابع ایفا خواهد نمود. در چنین فضایی استفاده از روش‌های مناسب برنامه‌ریزی که امکان تامین اهداف متعدد و بعضا متضاد بهره‌برداران را در شرایط پیچیده‌تر مهیا می‌سازد، حائز اهمیت است. پژوهش حاضر، با مدنظر قرار دادن این موضوع، از الگوی برنامه‌ریزی چندهدفی به‌منظور تعیین الگوهای بهینه‌ی کشت در شرایط کمیابی آب در دشت سیدان- فاروق شهرستان مرودشت بهره گرفته است.

نتایج حل الگوی برنامه‌ریزی چندهدفی- که دو هدف حداکثرسازی بازده ناخالص و حداقل‌سازی مصرف آب را دنبال می‌کرد- برای هریک از مزارع نماینده، بیش از چهل جواب کارا ارائه نمود که با به‌کارگیری تحلیل خوشه‌ای به پنج جواب کارای منتخب برای مزرعه‌ی نماینده‌ی گروه همگن اول و چهار جواب کارای منتخب برای مزرعه‌ی نماینده‌ی گروه همگن دوم کاهش یافت. در مرحله‌ی بعد، با به‌کارگیری الگوی برنامه‌ریزی توافقی و با لحاظ نمودن سه حالت وزنی متفاوت که وزن بیشتر، مساوی و یا کمتری را برای هر یک از اهداف تحت تعقیب قائل می‌شد، به انتخاب الگوی بهینه مبادرت گردید.

Archive of SID

www.SID.ir

ملاحظه‌ی الگوهای بهینه‌ی کشت نشان می‌دهد که با تغییر وزن اهداف، در مزرعه‌ی نماینده‌ی گروه همگن اول، سطح زیرکشت محصول گندم و در مزرعه‌ی نماینده‌ی گروه همگن دوم، سطح زیرکشت محصولات گندم و یونجه از ثبات بیشتری نسبت به سایر محصولات برخوردار بوده است. همچنین در هر دو مزرعه‌ی نماینده، به موازات افزایش وزن هدف حداقل‌سازی مصرف آب، الگوهای کشت به نفع محصولات با نیاز آبی کمتر، تغییر یافته است. هرچند که الگوی کشت مزرعه‌ی بزرگ‌تر به میزان کمتری دستخوش تغییر شده است. لذا توسل به ابزارهای حمایتی نظیر حمایت قیمتی از محصولات با نیاز آبی کمتر می‌تواند در تحقق هدف کاهش مصرف آب تأثیرگذار باشد. مقایسه‌ی الگوی فعلی و الگوهای بهینه‌ی ارائه شده توسط مدل بیانگر این است که در هر دو مزرعه‌ی نماینده و در تمامی حالت‌های وزن اختصاص یافته به اهداف، امکان افزایش بازده ناخالص و کاهش آب مصرفی در الگوهای بهینه نسبت به الگوی فعلی وجود دارد.

همچنین نتایج مطالعه حاکی از این است که دو مزرعه‌ی مورد نظر عملکرد نسبتا مشابهی در تامین هدف حداکثرسازی بازده ناخالص داشته است. حال آنکه در گروه مزارع بزرگ‌تر به‌دلیل بهره‌گیری از سیستم‌های آبیاری با راندمان بالاتر، هدف حداقل‌سازی مصرف آب به گونه‌ی موفق‌تری نسبت به گروه مزارع کوچک محقق شده است. بر این اساس پیشنهاد می‌شود توسعه‌ی سامانه‌های آبیاری نوین با راندمان بالا به عنوان یک شق اجرایی کارامد دنبال گردد.

علاوه بر این، وجود رابطه‌ی تبادلی میان اهداف مورد نظر مطالعه، متضمن این است که با چشم‌پوشی از مقدار مشخصی بازده ناخالص امکان کاهش بیشتری در مصرف آب در هر دو گروه مزارع وجود دارد؛ هرچند که کاهش مصرف آب در مزارع کوچک نسبت به مزارع بزرگ چشم‌گیرتر خواهد بود. بنابراین، نظر به وجود رابطه‌ی تبادلی میان اهداف، توجه به سیاست‌های اتخاذ شده در مورد محصولات منطقه حائز اهمیت است.

در نهایت، درجه‌ی اهمیت اهداف نقش تعیین‌کننده‌ای در برنامه‌ریزی زراعی به‌ویژه در مزارع با مقیاس کوچک‌تر ایفا خواهد نمود که می‌تواند در پژوهش‌های آتی مورد توجه خاص قرار گیرد.

سپاسگزاری

نویسندگان بر خود واجب می‌دانند مراتب صمیمانه‌ترین سپاسگزاری‌های خود را از جناب آقای ایوب فلاحی، به‌عنوان یکی از کشاورزان پیشرو در منطقه، به سبب کمک‌های بی‌شائبه‌شان در جمع‌آوری اطلاعات این پژوهش ابراز دارند.

Archive of SID

www.SID.ir

فهرست منابع

۱. ترکمانی، ج. و صبوحی، م. ۱۳۸۶. تعیین استراتژی‌های غالب (Non-Inferior Set) با لحاظ کردن ریسک در روش برنامه‌ریزی چندهدفه: مطالعه‌ی موردی زارعین شهر فسا. مجله‌ی علوم و فنون کشاورزی و منابع‌طبیعی. ۱۵(۱(ب): ۴۷۲-۴۶۱.

۲. سازمان آب منطقه‌ای استان فارس، (۱۳۸۵)، گزارش منتشر نشده، شیراز.

۳. صبوحی، م. و الوانچی، م. ۱۳۸۷. کاربرد برنامه‌ریزی چندمنظوره توافقی در برنامه‌ریزی زراعی: مطالعه‌ی موردی خراسان رضوی. مجله‌ی علوم کشاورزی و منابع طبیعی. ۱۵(۳): ۱۵-۱.

۴. فتحی، ف. و زیبایی، م. ۱۳۸۹. عوامل مؤثر در مدیریت بهره‌برداری از آب‌های زیرزمینی با استفاده از مدل برنامه‌ریزی چندهدفه: مطالعه‌ی موردی دشت فیروزآباد. مجله‌ی علوم و فنون کشاورزی و منابع‌طبیعی، علوم آب و خاک. ۱۴(۵۲): ۱۶۴-۱۵۵.

۵. محمدی، ح.، نقشینه‌فرد، م.، بوستانی، ف. و پیش‌بین، س. ۱۳۸۸. کاربرد برنامه‌ریزی چندهدف فازی در بهینه‌سازی تولیدات زراعی در استان فارس: مطالعه‌ی موردی منطقه‌ی مرودشت. مجله‌ی دانش نوین کشاورزی. ۵(۱۵): ۱۳۳-۱۱۵.

۶. مهندسین مشاور فارساب صنعت. ۱۳۸۸. مطالعات بهنگام‌سازی اطلس منابع آب حوضه‌ی آبریز دریاچه‌های طشک- بختگان و مهارلو (گزارش بیلان محدوده‌ی مطالعاتی سیدان- فاروق).

7. Al-Juaidi, A. E. 2009. Water allocation for agricultural use considering treated wastewater, public health risk, and economic Issues. Ph.D dissertation in civil and environmental engineering. School of Graduate Studies, Utah State University.
8. Angeles, G. L. G. 2011. Sustainable water management in Ciudad Juarez. Ph.D dissertation. Arizona State University.
9. Cohon, J. L. and Marks, D. H. 1973. M ultiobjective screening models and water resources in vestment. Water Resources Res. 9: 826-838.
10. Ding, Y. 2005. The choices of irrigation technologies and groundwater conservation in the Kansas High Plains: a dynamic analysis. Ph.D dissertation in agricultural economics. College of Agriculture, Kansas State University.

Archive of SID

www.SID.ir

11. English, M. J., Solomon, K. H. and Hoffman, G. J. 2002. A paradigm shift in irrigation management. Journal of Irrigation and Drainage Engineering. 128(5): 267-277.
12. Francisco, S. R. and Ali, M. 2006. Resource allocation tradeoffs in manila' s peri-urban vegetable production systems: An application of multiple objective programming. Agriculture Systems. 87: 147-168.
13. Francisco, S. R., Lansigan, F. P., Pascual, C. M., Navarrete, R. and Orno, J. L. 1999. Systems approach to optimizing land use in a rice-based environment. Phil. Rice Tech. Bull. 7(1). Philippine Rice Research Institute, Muñoz, Nueva Ecija.
14. Gollehon, N. and Quinby, W. 2004. Irrigation resources and water. USDA Economics Research Service. URL: http://www.ers.usda.gov/publications/AREI/EIB 16/Chapter2/2.1/.
15. Gordon, D. 2001. Incorporating environmental costs into an economic analysis of water supply planning: a case study. M.Sc thesis in resource management. School of Resource and Environmental Management, Simon Fraser University.
16. Houk, E. E. 2003. Economic assessment of water management in agriculture: managing salinity and waterlogging in the Arkansas River Basin and environmental water shortages in the Platte River Basin. Ph.D dissertation in agricultural and resource economics. Colorado State University.
17. Iyyapazham, S. 2007. Managing water resources in agriculture and watersheds: modeling using GIS and dynamic simulation. Ph.D dissertation in natural resources conservation. the University of Massachusetts Amherst.
18. Karigomba, W. 2009. A spatial optimization approach to watershed water quality management: a case study of the Opequon Wateshed. Ph.D dissertation in natural resource economics. the Davis College of Agriculture, Natural Resources, and Design, West Virginia University.
19. Khawam, W. 2004. Water demand management in the Caribbean: a case study of Barbados. Thesis in civil engineering and applied mechanics. McGill University.

Archive of SID

www.SID.ir

20. Liner, B. 2009. Goal programming for sustainability in total water management. Ph.D dissertation in civil, environmental, and infrastructure engineering. George Mason University.
21. Muralidharan, D. 2008. Microeconomics of water management: spatial dynamics and sustainability. Ph.D dissertation in economics. University of California, Riverside.
22. Nelson, M. A. 2005. Optimal management of a groundwater resource with allowance for backstop technologies. Ph.D dissertation in economics. Washington State University.
23. OECD (Organization for Economic Co-operation and Development). 2009. Managing water for all: an OECD perspective on pricing and financing. OECD, Paris. URL: http://www.oecd.org.
24. Pfister, S., Bayer, P., Koehler, A. and Hellweg, S. 2011. Projected water consumption in future global agriculture: scenarios and related impacts. Science of the Total Environment (Article in press). URL: http://www.ScienceDirect.com.
25. Pongkijvorasin, S. 2007. Stock-to-stock externalities resources in renewable resource economics: watersheds, conjunctive water use, and mud. Ph.D dissertation in economics. University of Hawai'i.
26. Raju, K. S. and Kumar, D. N. 1999. Multicriterion decision making in irrigation planning. Agric. Sys. 62: 117-129.
27. Romero, C., Amador, F. and Barco, A. 1987. Multiple objectives in agricultural planning: Acompromise programming application. Am. J. Agric. Econ. 69: 119-128.
28. Sarker, R. and Ray, T. 2009. An improved evolutionary algorithm for solving multi-objective crop planning models. Computers and Electronics in Agriculture. 68: 191-199.
29. Schaible, G. and Aillery, M. 2006. Irrigation water management. USDA Economic Research Service. URL: http://www.ers.usda.goy/Publications/AREI/EDS 16/Chapter4/4.6A.
30. Shah, A. 2007. Water and development. global issues: social, political, economic and environmental issues that affect Us all. URL: http://www.globalissues.org/article/601/water-and-development.

Archive of SID

www.SID.ir

31. Shiklomanov, I. A. 2000. Appraisal and assessment of world water resources. Water International. 25(1): 11-32.
32. Stratton, S. E. 2008. Groundwater management with heterogeneous users: political and economic perspectives. Ph.D dissertation in agricultural and resource economics. University of California, Berkeley.
33. Svadlenka, R. 2008. The emerging water crisis and its implications for global food security. URL: http://www.worldhungeryear.org/whv speaks/ws load.asp?file=13&stvle=ws table.
34. Torkamani, J. 2002. Incorporating multiple objectives in farm planning: Application of goal programming technique. Iran Agric. Res. 21: 73-84.
35. UNDP (United Nations Development Program). 2006. Human development report. 2006. beyond scarcity: power, poverty and the global water crisis. United Nations Development Program. NY. URL: http://hdr.undp.org/en/media/hdr06-complete.pdf. Accessed 05-02-09.
36. UNESCO (United Nations). 2006. Water: a shared responsibility. URL: http://www.loc.gov/catdir/toc/fy0710/2006299804.html.
37. United Nations. 2006. Coping with water scarcity: a strategic issue and priority for systemwide action. URL: www.unwater.org.
38. Wada, C. A. 2010. Optimal and sustainable groundwater managemnent: multiple aquifers, watershed conservation, and water recycling. Ph.D dissertation in economics. University of Hawai'i.
39. World Bank. 2009. Water Supply and Sanitation. URL: http://web.worldbank.org/.
40. Yu, P. L. 1973. A class of solutions for group decision problems. Manag. Sci. 19: 936-946.
41. Zeleny, M. 1973. Compromise programming in: Cochrane, J. L., Zeleny. M. (Eds.), Multiple criteria decision making. Columbia University of South Carolina Press. 262-2301.
42. Zeng, X., Kang, S., Li, F., Zhang, L. and Guo, P. 2010. Fuzzy multi-objective linear programming applying to crop area planning. Agricultural Water Management. 98: 134-142.

Archive of SID

www.SID.ir

پیوست‌ها

جدول ۱- سطح و سهم زیرکشت محصول، بازده ناخالص و آب مصرفی مزارع نماینده‌ی گروه‌های همگن ۱ و ۲ در الگوی فعلی

		محصول							بازده ناخالص (ریال)	آب مصرفی (متر مکعب)
		گندم	جو	ذرت	برنج	گوجه‌فرنگی	یونجه	جمع		
مزرعه‌ی نماینده‌ی گروه همگن ۱	سطح زیرکشت (هکتار)	۱/۹	۰/۵۳	۰/۷۱	۰/۱۴	۰/۳۶	۰/۰۹	۳/۷۳	۵۰۲۵۹۸۲۵	۴۷۷۲۵
	سهم سطح زیرکشت (درصد)	۵۰/۹	۱۴/۲	۱۹	۳/۸	۹/۷	۲/۴	۱۰۰		
مزرعه‌ی نماینده‌ی گروه همگن ۲	سطح زیرکشت (هکتار)	۲/۸۵	۱/۰۱	۲/۷۱	۰/۶۴	۰/۹۱	۰/۸۲	۸/۹۴	۱۴۶۵۲۴۷۶۴	۱۳۱۰۱۵
	سهم سطح زیرکشت (درصد)	۳۱/۹	۱۱/۳	۳۰/۳	۷/۱	۱۰/۲	۹/۲	۱۰۰		

مأخذ: یافته‌های پژوهش

جدول ۲- ماتریس بازده اهداف برای مزارع نماینده‌ی گروه‌های همگن ۱ و ۲

	تابع هدف	بازده ناخالص (ریال)	آب مصرفی (متر مکعب)
ماتریس بازده برای مزرعه‌ی نماینده‌ی گروه همگن ۱	بازده ناخالص	۵۷۶۸۴۱۴۱	۴۳۱۱۵
	مصرف آب	۴۶۸۵۱۷۲۰	۳۶۴۵۱
ماتریس بازده برای مزرعه‌ی نماینده‌ی گروه همگن ۲	تابع هدف	بازده ناخالص (ریال)	آب مصرفی (متر مکعب)
	بازده ناخالص	۱۶۵۲۴۵۷۲۱	۱۲۷۵۵۷
	مصرف آب	۱۰۱۰۳۸۴۲۵	۱۱۶۸۴۷

مأخذ: یافته‌های پژوهش

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۳- الگوی کشت در حالت بهینه‌سازی جداگانه‌ی اهداف برای بهره‌برداران نماینده‌ی گروه‌های همگن

		مزرعه‌ی نماینده‌ی گروه همگن ۱		مزرعه‌ی نماینده‌ی گروه همگن ۲	
		حداکثرسازی بازده ناخالص	حداقل کردن مصرف آب	حداکثرسازی بازده ناخالص	حداقل کردن مصرف آب
محصول (هکتار)	گندم	۲/۶۵	۱/۸۵	۴/۹۱	۳/۷۵
	جو	۰	۱/۲۲	۰	۲/۶۲
	ذرت	۰	۰/۵۸	۰/۲	۱/۴۹
	برنج	۰/۲۵	۰	۱/۷۲	۰
	گوجه‌فرنگی	۰/۰۳	۰	۰	۰
	یونجه	۰/۶۴	۰	۱/۷۸	۱/۰۸
بازده ناخالص (ریال)		۵۷۶۸۴۱۴۱	۴۶۸۵۱۷۲۰	۱۶۵۲۴۵۷۲۱	۱۰۱۰۳۸۴۲۵
آب مصرفی (متر مکعب)		۴۳۱۱۵	۳۶۴۵۱	۱۲۷۵۵۷	۱/۶۸۴۷

مأخذ: یافته‌های پژوهش

جدول ۴- مجموعه جواب‌های کارای منتخب از الگوی برنامه‌ریزی چندهدفی برای مزرعه‌ی نماینده‌ی گروه همگن ۱

شماره‌ی جواب‌های منتخب		۵	۸	۱۵	۳۱	۳۹
بازده ناخالص(ریال)		۵۶۴۷۲۱۴۲	۵۵۹۳۱۳۹۵	۵۳۸۷۱۰۲۸	۵۳۵۹۵۴۸۸	۵۲۹۹۵۳۷۵
آب مصرفی(متر مکعب)		۴۲۱۴۴	۴۰۵۱۵	۳۹۶۶۵	۳۷۱۱۸	۳۶۴۹۰
تغییر در بازده ناخالص(درصد)		-۲/۱	-۳	-۶/۶	-۷/۱	-۸/۱
تغییر در آب مصرفی(درصد)		-۲/۵	-۶	-۸	-۱۳/۹	-۱۵/۴
محصول (هکتار)	گندم	۲/۷	۲/۷	۲/۷	۲/۲	۲/۰۲
	جو	۰	۰	۰	۱/۱۳	۱/۳۲
	ذرت	۰	۰/۲۶	۰/۳	۰/۳	۰/۳
	برنج	۰/۳۱	۰/۲۸	۰/۲	۰	۰
	گوجه‌فرنگی	۰	۰	۰	۰	۰
	یونجه	۰/۵۴	۰/۳۶	۰/۳۶	۰	۰

مأخذ: یافته‌های پژوهش

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۵- مجموعه جواب‌های کارای منتخب از الگوی برنامه‌ریزی چندهدفی برای مزرعه‌ی نماینده‌ی گروه همگن ۲

شماره‌ی جواب‌های منتخب		۴	۱۷	۲۸	۳۶
بازده ناخالص(ریال)		۱۶۱۰۸۹۴۵۷	۱۵۸۰۸۸۲۷۹	۱۵۵۷۸۰۰۱۳	۱۵۴۶۸۲۱۳۳
آب مصرفی(متر مکعب)		۱۲۴۲۴۱	۱۲۲۰۰۵	۱۱۹۳۸۷	۱۱۸۸۸۲
تغییر در بازده ناخالص(درصد)		-۲/۵	-۴/۳	-۵/۷	-۶/۴
تغییر در آب مصرفی(درصد)		-۲/۶	-۴/۴	-۶/۴	-۶/۸
محصول (هکتار)	گندم	۴/۸	۴/۷	۴/۶۶	۴/۵۶
	جو	۰	۰/۷۷	۱/۲۵	۱/۴۲
	ذرت	۰/۲۱	۰/۷	۰/۶۸	۰/۷۷
	برنج	۱/۷۴	۱/۱۲	۰/۸	۰/۷۵
	گوجه‌فرنگی	۰	۰	۰	۰
	یونجه	۱/۶۵	۱/۶۵	۱/۵۵	۱/۴۴

مأخذ: یافته‌های پژوهش

جدول ۶- جواب‌های منتخب توسط برنامه‌ریزی توافقی در ترکیب‌های وزنی مختلف اهداف برای مزرعه‌ی نماینده‌ی گروه همگن ۱

		ترکیب وزن اهداف (حداکثرسازی بازده ناخالص- حداقل‌سازی مصرف آب)					
		۰/۲۵-۰/۷۵		۰/۵-۰/۵		۰/۷۵-۰/۲۵	
		Lp_1	Lp_2	Lp_1	Lp_2	Lp_1	Lp_2
محصول (هکتار)	گندم	۲/۷	۲/۶۶	۲/۴۱	۲/۷	۱/۹۸	۲/۰۴
	جو	۰	۰	۰/۸۹	۰	۱/۳۷	۱/۳۰
	ذرت	۰	۰	۰/۳	۰/۲۹	۰/۳	۰/۳
	برنج	۰/۳۱	۰/۲۹	۰/۰۵	۰/۲۵	۰	۰
	گوجه‌فرنگی	۰	۰	۰	۰	۰	۰
	یونجه	۰/۵۶	۰/۵	۰/۰۸	۰/۳۶	۰	۰
بازده ناخالص (ریال)		۵۷۳۵۹۲۸۱	۵۶۰۳۱۹۰۴	۵۳۶۸۲۹۱۴	۵۴۳۹۱۱۰۵	۵۲۰۰۷۱۹۶	۵۳۲۴۱۵۱۲
آب مصرفی (متر مکعب)		۴۲۹۳۶	۴۱۲۱۸	۳۸۴۵۷	۳۹۹۱۲	۳۵۸۹۳	۳۶۷۰۱

مأخذ: یافته‌های پژوهش

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۷- جواب‌های منتخب توسط برنامه‌ریزی توافقی در ترکیب‌های وزنی مختلف اهداف برای مزرعه‌ی نماینده‌ی گروه همگن ۲

		ترکیب وزن اهداف (حداکثرسازی بازده ناخالص- حداقل‌سازی مصرف آب)					
		۰/۲۵-۰/۷۵		۰/۵-۰/۵		۰/۷۵-۰/۲۵	
		Lp_1	Lp_2	Lp_1	Lp_2	Lp_1	Lp_2
محصول (هکتار)	گندم	۴/۸۳	۴/۷	۴/۷	۴/۷	۴/۵۶	۴/۶۸
	جو	۰	۰/۷۵	۰/۹۸	۰/۷۵	۱/۴	۱/۱۶
	ذرت	۰/۲۱	۰/۵۵	۰/۷	۰/۶۸	۰/۷۵	۰/۶۸
	برنج	۱/۷۴	۱/۲۵	۰/۹۵	۱/۱۸	۰/۷۶	۰/۸۷
	گوجه‌فرنگی	۰	۰	۰	۰	۰	۰
	یونجه	۱/۷۱	۱/۶۵	۱/۶۱	۱/۶۵	۱/۴۷	۱/۵۵
بازده ناخالص (ریال)		۱۶۳۲۹۰۷۲۲	۱۵۹۶۰۳۱۴۶	۱۵۷۲۹۱۴۱۹	۱۵۹۲۱۵۴۶۶	۱۵۴۹۶۱۷۴۰	۱۵۶۹۹۸۳۱۶
آب مصرفی (متر مکعب)		۱۲۶۹۰۸	۱۲۳۳۵۲	۱۲۰۹۷۲	۱۲۳۲۱۵	۱۱۹۰۰۶	۱۱۹۹۸۰

مأخذ: یافته‌های پژوهش

جدول۸- الگوی بهینه‌ی کشت برای مزارع نماینده‌ی گروه‌های همگن ۱ و ۲ در حالت‌های مختلف وزن اهداف

		مزرعه‌ی نماینده‌ی گروه همگن ۱			مزرعه‌ی نماینده‌ی گروه همگن ۲		
		ترکیب وزن اهداف (حداکثرسازی بازده ناخالص- حداقل‌سازی مصرف آب)			ترکیب وزن اهداف (حداکثرسازی بازده ناخالص- حداقل‌سازی مصرف آب)		
		۰/۲۵-۰/۷۵	۰/۵-۰/۵	۰/۷۵-۰/۲۵	۰/۲۵-۰/۷۵	۰/۵-۰/۵	۰/۷۵-۰/۲۵
محصول (هکتار)	گندم	۲/۷	۲/۷	۲/۰۲	۴/۸	۴/۷	۴/۶۶
	جو	۰	۰	۱/۳۲	۰	۰/۷۷	۱/۲۵
	ذرت	۰	۰/۳	۰/۳	۰/۲۱	۰/۷	۰/۶۸
	برنج	۰/۳۱	۰/۲	۰	۱/۷۴	۱/۱۲	۰/۸
	گوجه‌فرنگی	۰	۰	۰	۰	۰	۰
	یونجه	۰/۵۴	۰/۳۶	۰	۱/۶۵	۱/۶۵	۱/۵۵
بازده ناخالص (ریال)		۵۶۴۷۲۱۴۲	۵۳۸۷۱۰۲۸	۵۲۹۹۵۳۷۵	۱۶۱۰۸۹۴۵۷	۱۵۸۰۸۸۲۷۹	۱۵۵۷۸۰۰۱۳
آب مصرفی (متر مکعب)		۴۲۱۴۴	۳۹۶۶۵	۳۶۴۹۰	۱۲۴۲۴۱	۱۲۲۰۰۵	۱۱۹۳۸۷
اختلاف بازده ناخالص الگوی فعلی با الگوی بهینه (درصد)		-۱۱	-۶/۷	-۵/۲	-۹	-۷/۳	-۵/۹
اختلاف آب مصرفی الگوی فعلی با الگوی بهینه (درصد)		۱۳/۲	۲۰/۳	۳۰/۸	۵/۵	۷/۴	۹/۷

مأخذ: یافته‌های پژوهش

Archive of SID

www.SID.ir