مدیریت تخصیص بهینه‌ی آب مصرفی در تولید برنج (*Oryza sativa* L.) با استفاده از کاربرد برنامه‌ریزی چند هدفه (مطالعه‌ی موردی: شهرستان شوشتر)

سید بهروز سادات ابراهیمی[۱]، بهاءالدین نجفی[۲]، محمد امین یوسفی[۱*]، محمود محمدی[۴]
۱- دانشجوی کارشناسی ارشد مدیریت کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی واحد مرودشت
۲- استاد اقتصاد کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد مرودشت
۳- فارغ‌التحصیل کارشناسی ارشد زراعت، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، پژوهشکده ژنتیک و زیست فناوری کشاورزی طبرستان
*MohamadAminUsofi@yahoo.com

چکیده
با توجه به مسئله‌ی کمبود آب به عنوان یک فاکتور کلیدی و مهم در افزایش سطح زیر کشت محصول برنج، می‌توان در صورت اجرای تخصیص بهینه و دقیق مصرف آب در تولید این محصول استراتژیک با یک حجم مشخص و یکسان آب، سطح بیشتری از این محصول را کشت نمود. در همین زمینه برای دستیابی به این هدف مهم از روش کاربرد برنامه‌ریزی ریاضی چند هدفه در قالب الگوی مجموعه‌ی کارا برای محاسبه‌ی میزان مصرف و تخصیص آب در تولید برنج (ارقام بومی و اصلاح‌شده) منطقه‌ی شوشتر در استان خوزستان استفاده گردید. در همین راستا اطلاعات مورد نیاز در این زمینه با استفاده از پرسشنامه و مصاحبه حضوری با کشاورزان چهار بخش اصلی تولید برنج این منطقه (شعیبیه، میان‌آب شمالی، میان‌آب جنوبی و شهید مدرس) برای ارقام بومی (عنبر بو و عنبر نجفی) و اصلاح‌شده (شفق و پویا) در سال زراعی ۹۰-۱۳۸۹ جمع‌آوری گردید. نتایج به دست آمده در این زمینه با روش مقید نشان داد رقم شفق در تمامی الگوهای کارا با توجه به محدودیت‌های برنامه‌ریزی شده در مدل حذف و ارقام دیگر با توجه میزان مصرف مشخصی از آب در الگوهای مورد نظر به صورت همگن باقی می‌ماند. همچنین الگوهای تدوین شده نشان از افزایش سود ناخالص هر یک از ارقام با توجه به در نظر گرفتن سطوح مشخصی از آب قابل استحصال نسبت به الگوی حاضر خواهد بود. در پایان پیشنهاد می‌گردد در مناطقی که میزان دسترسی به منابع آب کمتر از ۲۰۰۰۰ متر مکعب باشد از رقم‌های محلی و در میزان بالاتر از این مقدار از ارقام اصلاح‌شده استفاده نمود.

کلمات کلیدی: برنج، کاربرد برنامه‌ریزی ریاضی، آب، سود ناخالص.

مقدمه

برنج (Oryza sativa L) نقش مهمی در تغذیه نیمی از مردم جهان دارد که بیشترین آنها در کشورهای در حال توسعه زندگی می‌کنند (اسدی و همکاران، ۱۳۸۴). برنج گیاهی است که نسبت به دیگر گیاهان تحت آبیاری، بیشترین سطح کشت را داراست و از نظر میزان مصرف آب در بین گیاهان زراعی بیشترین مقدار را به خود اختصاص داده است (تاگو و همکاران، ۲۰۰۳). برنج مهمترین محصول تابستانه در شهرستان شوشتر واقع در استان خوزستان می‌باشد که طبق آمارها سطح زیر کشت آن در سال زراعی ۹۰ – ۱۳۸۹ معادل ۵ هزار هکتار بوده است. توسعه یا ادامه کشت برنج در

این شهرستان، به دلیل همزمانی با دمای بسیار بالا محیط در فصل تابستان همواره سوال برانگیز بوده است (آمارنامه کشاورزی، ۱۳۹۰). بطوریکه با وجود منابع آب فراوان هر ساله میزان آب قابل دسترس، یکی از شاخصهای تعیین کننده سطح زیر کشت برنج در این شهرستان می‌باشد. برنامه‌ریزی چند منظوره یا تکنیک بهینه‌سازی برداری جهت بهینه‌سازی همزمان چند هدف که مشروط به یک مجموعه معینی از محدودیت ها است، مورد استفاده قرار می گیرد (صبوحی و الوانچی، ۱۳۸۷). چون یک جواب بهینه را نمی‌توان به طور هم زمان برای چند هدف تعریف نمود، برنامه‌ریزی چند منظوره مجموعه‌ای را جستجو می‌کند که جواب های کارا[1] یا بهینه پارتو[2] نامیده می‌شوند. عناصر اصلی این مجموعه کارا، جواب‌های قابل دسترسی[3] است، بطوریکه جواب‌های موجه دیگر نمی‌توانند به همین سطح از تحقق اهداف و یا بیشتر برسند و یا حداقل یک هدف را بهبود ببخشند. مجموعه کارا می‌تواند چگونگی رسیدن به بهینه هر یک از اهداف و تبادل بین آن ها را نشان دهد(صبوحی و الوانچی، ۱۳۸۷). بنابراین با توجه به مطالب گفته شده هدف از این تحقیق بررسی راه‌های صرفه جویی و افزایش بهره‌وری آب در جهت حفظ این محصول ارزشمند به گونه‌ای که از هدر رفت منابع آبی جلوگیری کرد و در این راستا درآمد کشاورزان دچار مخاطره نشود.

مواد و روش‌ها

روش مقید کاربردی ترین روش برای حل مدل‌های برنامه‌ریزی چند منظوره می‌باشد. ایده اصلی این روش بهینه سازی یک هدف، با در نظر گرفتن اهداف دیگر به صورت محدودیت در مدل می‌باشد. مدل برنامه‌ریزی چند منظوره به روش مقید به صورت زیر می‌باشد:

$$\text{Max } Z_h(X)=Z_h(x_1,x_2,\ldots,x_n)$$
$$\text{S.to}$$
$$Z_1(x_1,x_2,\ldots,x_n)\geq b_1$$
$$Z_{h-1}(x_1,x_2,\ldots,x_n)\geq b_{h-1}$$
$$Z_{h+1}(x_1,x_2,\ldots,x_n)\geq b_{h+1}$$
$$Z_K(x_1,x_2,\ldots,x_n)\geq b_K$$
$$x \square F$$
$$x\geq 0$$

که b_j نشان دهنده حد پایین بر روی k-1 هدف تحت بررسی است و مجموعه کارا توسط مقادیر مختلف پارامتریک b_j بدست می آید. مقدار b_j از فرمول زیر که توسط کوهن (۱۹۷۸) پیشنهاد شد بدست می آید(صبوحی و الوانچی، ۱۳۸۷).

$$L_{jr} = n_j + t(r-1)^{-1}(m_j-n_j) \qquad j = 1,2,\ldots, h-1, h+1, \ldots,k \qquad t = 0,1,2,\ldots(r-1)$$

L_{jr} نشان دهنده ارزش پارامتریک فرض شده b_j در فاصله مورد نظر، r تعداد فاصله برای b_j و m_j و n_j به ترتیب بیشترین و کمترین مقدار ارزش هدف j ام می باشند. اطلاعات مورد نیاز از طریق تهیه پرسشنامه و مصاحبه حضوری با ۶۰ نمونه که از طریق فرمول کوچران بدست آمده‌اند جمع‌آوری شد و بر اساس میزان نهاده‌های محدود، از جمله نیروی کار و میزان مصرف آب که به سطح زیر کشت همگن شده بودند، بدست آمد. ما در تهیه این مطالعه دو هدف را

1 - Efficient Solutions
2 -Pareto Optimum
3 - Feasible Solution

دنبال می کنیم که هدف Z_1 حداکثر کردن ارزش سود ناخالص در کشت محصول برنج و Z_2 حداقل کردن مصرف آب برای مراحل کاشت و داشت، نیاز آبی محصول از روش پنمن- مونتیت[۴] محاسبه گردیده است. کل نیاز آبی گیاه (REQ_t) در طول ماه t با استفاده از رابطه زیر محاسبه می‌شود (اوانس و همکاران، ۲۰۰۳).

$$REQ_t = ET_o \times K_{ct}$$

که در آن ET_o مقدار تبخیر و تعرق مرجع در ماه t و K_{ct} ضریب محصول متناسب با ماه‌های رشد محصول است. نیاز آبی محصول jام از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$W_j = \frac{REQt - EPt}{IE}$$

که در آن EP_t بارندگی موثر در ماه t **و** IE شاخصی از سطح کارایی سیستم توزیع آب است (اوانس و همکاران، ۲۰۰۳).

مدل برنامه‌ریزی این مطالعه به گونه زیر برنامه‌ریزی می‌شود:

$\text{Max } Z_1(X) = 1500000X_1 + 1150000X_2 + 1850000X_3 + 1600000X_4$
$\text{Max } Z_2(X) = -8000X_1 - 8500X_2 - 1۱000X_3 - ۹000X_4$
S.to.
(a) $3000X_1 + 4000X_2 + 5000X_3 + 5000X_4 \leq 20000$
(b) $4000X_1 + 2000X_2 + 3000X_3 + 3000X_4 \leq 10000$
(c) $2000X_1 + 1000X_2 + 3000X_3 + 3000X_4 \leq 10000$
(d) $1000X_1 + 2000X_2 + 2000X_3 + 2000X_4 \leq 10000$
(e) $160X_1 + 170X_2 + 100X_3 + 80X_4 \leq 500$
(f) $X_1 + X_2 + X_3 + X_4 + X_5 \geq 5000$
(g) $X_1, X_2, X_3, X_4, X_5 \geq 0$

همان طور که از مدل مشهود است $x_4، x_3، x_2، x_1$ به ترتیب نشان دهنده رقم بومی عنبر بو پاکوتاه، رقم عنبر نجفی پا کوتاه، رقم اصلاح‌شده شفق و رقم اصلاح‌شده پویا می‌باشد. همچنین تابع هدف Z_1 مربوط به حداکثر کردن سود ناخالص و تابع هدف Z_2 مربوط به حداقل کردن میزان آب مصرفی می‌باشد و در نهایت محدودیت ها شامل: میزان آب در دسترس در ماه خرداد برحسب متر مکعب در هکتار (a)، میزان آب در دسترس در ماه تیر برحسب متر مکعب در هکتار (b)، میزان آب در دسترس در ماه مرداد برحسب متر مکعب در هکتار (c) و میزان آب در دسترس در ماه شهریور برحسب متر مکعب در هکتار (d)، میزان نیروی کار بر حسب نفر- روز (e)، حداقل سطح زیر کشت محصولات (f) و (g) محدودیت های غیر منفی فعالیت های زراعی را نشان می دهند.

4 -Penman-Monteith method

نتایج و بحث

با توجه به مدل برنامه‌ریزی شده نقاط مختلفی از سطح بازده ناخالص فعالیت کاشت برنج (z_1)و میزان آب مورد نیاز بر حسب متر مکعب برای رسیدن به آن سطح (z_2) طبق جدول شماره یک برآورد شده است. نتایج حاکی از آن است که در تمامی سطوح رقم اصلاح‌شده شفق از مدل حذف شده است و در بخش‌های از شهرستان که میزان آب در دسترس کمتر از ۲۰۰۰۰ متر مکعب است به منظور جلوگیری از هدر رفت منابع آبی و رسیدن به یک سود مشخص بهتر است رقم های محلی برای کاشت استفاده شود، این امر به این دلیل می‌باشد که افزایش در استفاده از میزان آب موجب افزایش هزینه آب شده و باعث کاهش سود می‌شود. همچنین در بخش های از شهرستان که میزان آب از مقدار ۲۰۰۰۰ متر مکعب تجاوز می کند می توان علاوه بر ارقام محلی از رقم اصلاح‌شده پویا نیز استفاده نمود، علاقه‌مندان می توانند از یافته‌های این تحقیق با توجه به میزان آب در دسترسشان و رسیدن به سطح مشخصی از سود برای مدیریت مزرعه شان استفاده کنند بدین منظور رسیدن به یک سطح زیر کشت کارا امکان پذیر خواهد بود.

جدول شماره ۱- نتایج اثر گذاری مقادیر مختلف بازده ناخالص و آب در سطح زیر کشت

X4(هکتار)	X3(هکتار)	X2(هکتار)	X1(هکتار)	z2	z1 (تومان)
-	-	-	۴۹۰۸	۱۲۰۰۰	**۱۹۰۰۰۰۰**
-	-	-	۴۹۶۸	۱۴۰۹۰	**۲۲۲۷۲۷۳**
-	-	-	۴۹۸۷	۱۶۱۸۱	**۲۵۵۴۵۴۵**
-	-	-	۴۹۹۳	۱۸۲۷۲	**۲۸۸۱۸۱۸**
-	-	۸۰۶	۴۴۵۹	۲۰۳۶۳	**۳۲۰۹۰۹۱**
-	-	۵۴۵	۴۲۲۷	۲۲۴۵۴	**۳۵۳۶۳۶۴**
-	-	۱۰۰۴	۴۰۶۱	۲۴۵۴۵	**۳۸۶۳۶۳۶**
۳۷۲	-	۲۲۵۶	۲۶۲۲	۲۶۳۶۰	**۴۱۹۰۹۰۹**
۷۴۵	-	۲۴۴۲	۲۲۱۹	۲۸۷۲۷	**۴۵۱۸۱۸۲**
۲۱۶۳	-	۲۶۲۸	۸۱۳	۳۰۸۱۸	**۴۸۴۵۴۵۵**
۲۵۱۸	-	۲۸۱۴	۴۰۶	۳۲۹۰۱	**۵۱۷۲۷۲۷**
۲۹۰۸	-	۱۹۹۲	۳۲۶	۳۵۰۰۰	**۵۵۰۰۰۰۰**

منابع

اسدی م شاهین ا پ و احمدی ر، ۱۳۸۴. معرفی روشهای جدید آبیاری برنج در کشور چین. فصلنامه علمی-ترویجی خشکی و خشکسالی کشاورزی، شماره: ۱۷. صفحه ۱۳ تا ۲۱.

آما نامه کشاورزی استان خوزستان، ۱۳۹۰. سازمان جهادکشاورزی استان خوزستان، معاونت برنامه ریزی و امور اقتصادی، اداره آمار و برنامه ریزی.

صبوحی م و الوانچی م، ۱۳۸۷، کاربرد برنامه‌ریزی چند منظوره و توافقی در برنامه‌ریزی زراعی: مطالعه موردی خراسان رضوی، مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی، شماره ۱۳. صفحه ۱۵.

Cohon JL, 1978. Multi Objective Programming and Planning. New York.

Tuong TP and Bouman BAM, 2003. Rice production in water scarce environments.pp. 53-67. In Kijne JW, Barker R, and Molden (eds) Water productivity in agricultural. Limits and opportunities, for improvement. International eater management Institute. Colombo. Sri Lanka.

Evans EM Lee R Boisvert RN Arec B Steenhuis TS Prano M and V Poats, 2003. Achieving efficiency and equity in irrigation management: an optimization model of the EL Angel watershed, carchi, Ecuador, Agric. Sys. 77:1-22.