طراحی مدل بهینه‌سازی تخصیص آب آبیاری و زمین‌های زراعی در شبکه آبیاری نکوآباد تحت شرایط عدم حتمیت

مصطفی مردانی، محمود صبوحی، علیرضا سرگزی و حسن سخدری[1]

چکیده

استفاده از مدل‌های برنامه‌ریزی ریاضی جهت حل مسائل تخصیص بهینه منابع آب و زمین‌های زراعی امری است که در سال‌های اخیر مورد توجه قرارگرفته است. در این میان عامل عدم حتمیت یکی از عوامل مهم و بنیادی در مدل‌سازی اینگونه مسائل است. در مطالعه حاضر، به ارائه مدلی جهت تخصیص بهینه آب و زمین‌های زراعی شبکه آبیاری نکوآباد واقع در استان اصفهان برای سال‌های ۱۳۹۳-۱۳۹۱پرداخته شد. جهت اعمال شرایط عدم حتمیت از دو روش برنامه‌ریزی با پارامترهای بازه‌ای (IPP) و برنامه‌ریزی فازی بازه‌ای دو مرحله‌ای با برش‌های α نامتناهی (TSIFP) استفاده شد. کلیه داده‌های مورد نیاز از سازمان جهاد کشاورزی، سازمان آب منطقه‌ای و شرکت میراب زاینده‌رود استان اصفهان برای سال‌های ۱۳۶۷ تا ۱۳۸۹ اخذ گردید. مدل مورد نظر در نرم‌افزار GAMS کدنویسی و حل شد. نتایج نشان داد که با افزایش میزان حفاظت سیستم در مقابل عدم حتمیت (استفاده از روش TSIFP به جای IPP)، حد بالای مقدار کل سود ناخالص کشاورزان برای سه سال افق برنامه‌ریزی از ۴۴۱۸ به ۴۲۲۹ میلیارد ریال و حد پایین آن از ۳۰۳۱ به ۲۹۰۱ میلیارد ریال کاهش می‌یابد. در نهایت، استفاده از الگوی تخصیص ارائه شده در روش TSIFP جهت حفاظت بیشتر سیستم در مقابل عدم حتمیت توصیه شد. همچنین، جهت جبران کاهش سود ناخالص کشاورزان در این الگو، سیاست‌های افزایش کارایی توصیه می‌شود.

طبقه بندی JEL : C02, c61, D81

واژه‌های کلیدی: عدم حتمیت، نرم‌افزار GAMS، نکوآباد، سود ناخالص

مقدمه

با توجه به آمار و ارقام موجود و مطالعات انجام‌گرفته در ایران می‌توان گفت که آب کمیاب‌ترین عامل تولید محصولات کشاورزی است و توسعه بخش کشاورزی رابطه مستقیم با کمیت و کیفیت منابع آب و چگونگی مدیریت و استفاده از این منابع دارد (خلیلیان و موسوی، ۱۳۸۴). بنابراین، مدیریت آب و استفاده درست از منابع آبی، به لحاظ نقش کارآمد و حساسی که در توسعه پایدار کشور دارد، باید با برنامه‌ریزی اصولی صورت گیرد (قرقانی و همکاران، ۱۳۸۸).

[1]به ترتیب دانش آموخته کارشناسی ارشد و عضو هیئت علمی گروه اقتصاد کشاورزی دانشگاه زابل و دانش آموختگان کارشناسی ارشد اقتصاد کشاورزی دانشگاه زابل
Email: mostafa.korg@yahoo.com

اخیراً، انواع تکنیک‌های بهینه‌سازی در زمینه مدیریت منابع آب به طور گسترده‌ای مورد استفاده قرار گرفته است (لی و همکاران، ۲۰۰۳؛ لین و لی، ۲۰۰۶؛ مقصود و همکاران، ۲۰۰۵؛ روملفانگر، ۲۰۰۴). لو و همکاران (۲۰۰۹)، با استفاده از دو روش برنامه‌ریزی فازی بازه‌ای دومرحله‌ای با برش‌های α نامتناهی (TSIFP)[1] و برنامه‌ریزی با پارامترهای بازه‌ای (IPP)[2] به تخصیص بهینه آب در یک سیستم آبیاری کشاورزی در آمریکای شمالی پرداختند. مزیت روش TSIFP نسبت به IPP، افزایش حفاظت سیستم در مقابل عدم حتمیت بعلت فازی نمودن برخی پارامترهای نامطمئن از جمله آب قابل دسترس برای سیستم است. نتایج نشان داد که سود خالص کل سیستم در روش TSIFP کمتر از روش IPP (در هر دو حد پایین و بالای بازه‌ها) است. همچنین، برخی از تخصیص‌های بهینه که در روش IPP به صورت غیر بازه‌ای بدست آمدند، در روش TSIFP به صورت بازه‌ای حاصل شدند. لو و همکارن (۲۰۱۰)، به توسعه روش TSIFP پرداختند. در این روش برخی از پارامترهای موجود در مدل به صورت فازی-بازه‌ای در نظر گرفته شدند (میزان حفاظت بیشتر از سیستم در مقابل عدم حتمیت). نتایج نشان داد که با افزایش میزان حفاظت سیستم در مقابل عدم حتمیت سود خالص سیستم کاهش می‌یابد.

تحقیقات داخلی در زمینه مدیریت بهره‌برداری از منابع آب نیز در حال گسترش است (ستاری و همکاران، ۱۳۸۱؛ صبوحی و همکاران، ۱۳۸۷). همایونی‌فر و رستگاری‌پور (۱۳۸۹)، به تخصیص آب سد لتیان بین محصولات کشاورزی پرداختند. برای اعمال شرایط عدم حتمیت از مدل بهینه‌سازی دو مرحله‌ای نادقیق و همچنین مدل برنامه‌ریزی فازی بازه‌ای استفاده و این دو مدل با هم مقایسه شد. مقایسه دو مدل نشان داد که مدل برنامه‌ریزی تصادفی دو مرحله‌ای فازی نادقیق به طور همزمان سود و قطعیت سیستم را افزایش می‌دهد.

منطقه مورد نظر، سد انحرافی نکوآباد و اراضی تحت پوشش شبکه آبیاری این سد می‌باشد. این سد بر روی رودخانه زاینده‌رود واقع در دهکده نکوآباد، در فاصله ۴۵ کیلومتری شهر اصفهان احداث شده‌است (حسینی ابری، ۱۳۷۹). حداکثر و حداقل میزان بارندگی در ایستگاه اصفهان طی یک دوره ۱۰۳ ساله از سال ۱۲۷۳ تا ۱۳۷۵ به ترتیب ۲۳۷ و ۳۲ میلیمتر بوده است (کاویانی و عساکره، ۱۳۸۴). با توجه به وسعت زیاد اراضی تحت پوشش این شبکه آبیاری (۱۳۰۰۰ هکتار در سمت راست و ۴۸۰۰۰ هکتار در سمت چپ سد) و نوسانات شدید بارندگی در این حوضه، انتخاب منطقه مورد مطالعه جهت تخصیص بهینه آب سد انحرافی نکوآباد منطقی به نظر می‌رسد. هدف از مطالعه حاضر حداکثرکردن سود ناخالص کشاورزان حاصل از انتقال آب سد انحرافی نکوآباد به مناطق تحت پوشش آن است. جهت اعمال شرایط عدم حتمیت از دو روش IPP و TSIFP استفاده شده و با یکدیگر مقایسه گردید.

مواد و روش‌ها

به منظور تشریح مدل مورد استفاده در مطالعه حاضر، فهرست علائم در جدول (۱) نشان داده شده است.

[1] Two-Step Infinite α-Cuts Fuzzy Linear Programming
[2] Interval-Parameter Programming

جدول (۱)- فهرست علائم مورد استفاده در مطالعه

مجموعه‌ها

h: مجموعه مربوط به کانال‌های اصلی $j\epsilon\{1,2,..H\}$

r: مجموعه مربوط به مناطق $r\epsilon\{1,2,..,R\}$

j: مجموعه مربوط به محصولات $j\epsilon\{1,2,...,J\}$

t: مجموعه مربوط به سال‌های افق برنامه‌ریزی $t\epsilon\{1,2,..., T\}$

je: مجموعه مربوط به محصولات چند ساله $je\epsilon\{1,2,..,JE\}$

پارامترها

N_{hrjt}: سود ناخالص حاصل از کشت یک هکتار محصول jدر منطقه rدر سمت کانال اصل h در سال t (هزینه آب از ارزش ناخالص محصول کسر نشده-ریال/هکتار)

PW_{hrj}: قیمت پرداختی توسط کشاورز برای آب برای کشت هر هکتار از محصول jدر منطقه r از کانال اصلی h (ریال/هکتار).

ξ_{hrj}: اتلاف آب در کانال فرعی منطقه r منشعب شده از کانال اصلی h برای مجموع سطح زیرکشت محصول j

$L_{h,r}$: فاصله بین نقطه شروع کانال اصلی h و نقطه شروع کانال فرعی منطقه r (Km)

S: نرخ اتلاف آب به ازای هر کیلومتر در کانال‌های اصلی

Q_t: مقدار آب قابل دسترس برای سد انحرافی در سالt

C_{hr}: ظرفیت کانال اصلی h در سال t

B_{hrt}: ظرفیت کانال‌های فرعی منشعب از کانال اصلی h (سمت چپ یا راست) برای اراضی منطقه r در سال t

$D_{max\text{-}hrjt}$: حداکثر تقاضای آب منطقه r برای مجموع سطح زیرکشت محصول jاز کانال اصلی h در سال t

$A_{max\text{-}ht}$: حداکثر مجموع سطح زیرکشت اراضی تحت پوشش کانال اصلی h در سال t

$D_{min\text{-}hrjt}$: حداقل تقاضای آب منطقه r برای مجموع سطح زیرکشت محصول jاز کانال اصلی h در سال t

w_{hrj}: مقدار آب مورد نیاز برای کشت هر هکتار محصول jدر اراضی تحت پوشش منطقه r از کانال اصلی h

μ_t: میزان افزایش قیمت آب در سال‌های افق برنامه‌ریزی

SR: امکان بهبود تجهیزات و روش‌های آبیاری توسط کشاورز و یا راندمان آب

f: کل سود ناخالص کشاورزان اراضی تحت پوشش شبکه آبیاری حاصل از انتقال آب سد انحرافی در افق برنامه‌ریزی

متغیرهای تصمیم

q_{hrjt}: مقدار جریان خالص تخصیصی (اتلاف آب از آن کسر شده) به انشعاب کانال اصلیh برای مجموع سطح زیرکشت محصول jدر منطقه r در سالt

x_{hrjt}: مجموع سطح زیرکشت محصولj به ازای آب تخصیصی به اراضی تحت پوشش منطقهr و کانال اصلیh در سالt

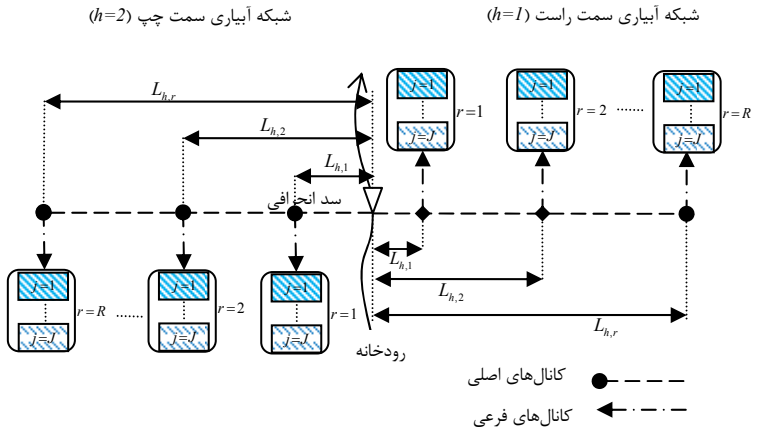
فرم کلی برنامه‌ریزی فازی بازه‌ای به صورت زیر می‌باشد (لو و همکاران، ۲۰۰۹):

$$Max \quad f^{\pm} = C^{\pm} X^{\pm}$$
$$s.t. \qquad (۱)$$
$$\widetilde{A} X^{\pm} \le \widetilde{B}, \qquad X^{\pm} \ge 0.$$

که در آن $\widetilde{A} \in \{\Gamma\}^{m\times n}$، $\widetilde{B} \in \{\Gamma\}^{m}$ و Γ معرف مجموعه پارامترهای فازی، $C^{\pm} \in \{\Pi\}^{p}$ و Π مجموعه پارامترهای بازه‌ای و $X^{\pm}$ مجموعه متغیرهای تصمیم بازه‌ای هستند. برای حل این مدل به روش برنامه‌ریزی خطی فازی بازه‌ای دومرحله‌ای با برش‌های α نامتناهی (TSIFP)، در مرحله اول با استفاده از روش رتبه‌بندی فازی[1] توابع عضویت برای هر یک از پارامترهای فازی تعریف می‌شود (بوکلی، ۱۹۸۹؛ فانگ و همکاران، ۱۹۹۹؛ فانگ و پوتنپورا، ۱۹۹۳). در مرحله بعد توسط روش برنامه‌ریزی دو مرحله‌ای با برش‌های نامتناهی α (TSI) برش‌های نامتناهی α به برش‌های متناهی تبدیل می‌شود (لو و همکاران، ۲۰۰۹). در نهایت یک مسئله برنامه‌ریزی با پارامترهای بازه‌ای (IPP) باقی می‌ماند که به آسانی قابل حل است (هانگ و همکاران، ۱۹۹۸).

شکل شماره (۱) طرح کلی سد انحرافی تک منظوره نکوآباد و اراضی کشاورزی تحت پوشش آن را نشان می‌دهد. دو رشته کانال اصلی ($h=1,2$) دو طرف این سد قرار دارد که زمین‌های زراعی موجود در مناطق ($r=1,...,r=R$) مختلف هر سمت این شبکه را تغذیه می‌کنند. در این میان کانال‌های فرعی نقش انتقال آب از کانال‌های اصلی به زمین‌های زراعی هر منطقه را دارد. فاصله بین نقطه شروع کانال فرعی در منطقه و نقطه شروع کانال اصلی (سد انحرافی) r با $L_{h,r}$ مشخص شده است.

[1] Fuzzy ranking



مسئله مربوط به تخصیص بهنگاره (۱) طرح کلی شبکه آبیاری کشاورزی نکوآباد فرموله کرد:

$$Maximize \quad f=\left(\sum_{h=1}^{H}\sum_{r=1}^{R}\sum_{j=1}^{J}\sum_{t=1}^{T}x_{hrjt}^{\pm}N_{hrjt}^{\pm}-\sum_{h=1}^{H}\sum_{r=1}^{R}\sum_{j=1}^{J}\sum_{=1}^{T}q_{hrjt}^{\pm}(PW_{hrj}^{\pm}\mu_t)\right)$$

subject to

$$CR1: \quad \sum_{h=1}^{1}\sum_{r=1}^{1}\sum_{j=1}^{J}(1+(S^{\pm}L_{1,1}+\xi_{11j}^{\pm}))q_{11jt}^{\pm}+.....+\sum_{h=1}^{1}\sum_{r=R}^{R}\sum_{j=1}^{J}(1+(S^{\pm}L_{1,r}+\xi_{1rj}^{\pm}))q_{1rjt}^{\pm}+$$
$$\sum_{h=2}^{2}\sum_{r=1}^{1}\sum_{j=1}^{J}(1+(S^{\pm}L_{2,1}+\xi_{21j}^{\pm}))q_{21jt}^{\pm}+.....+\sum_{h=H}^{H}\sum_{r=R}^{R}\sum_{j=1}^{J}(1+(S^{\pm}L_{h,r}+\xi_{hrj}^{\pm}))q_{hrjt}^{\pm}\le\widetilde{Q}_t \qquad \forall t$$

$$CR2: \quad \sum_{r=1}^{1}\sum_{j=1}^{J}(1+(S^{\pm}L_{h,1}+\xi_{h1j}^{\pm}))q_{h1jt}^{\pm}+.....+\sum_{r=R}^{R}\sum_{j=1}^{J}(1+(S^{\pm}L_{h,r}+\xi_{hrj}^{\pm}))q_{hrjt}^{\pm}\le C_{ht} \qquad \forall h,t$$

$$CR3: \quad \sum_{j=1}^{J}(1+\xi_{hrj}^{\pm})q_{hrjt}^{\pm}\le B_{hrt} \qquad \forall h,r,t \qquad (۲)$$

$$CR4 \quad D_{\min-hrjt}^{\pm}\le q_{hrjt}^{\pm}\le D_{\max-hrjt}^{\pm} \qquad \forall h,r,j,t$$

$$CR5: \quad w_{hrj}^{\pm}x_{hrjt}^{\pm}=q_{hrjt}^{\pm} \qquad \forall h,r,j,t$$

$$CR6: \quad q_{hr(je)t}^{\pm}=q_{hr(je)t+1}^{\pm} \qquad \forall h,r,je,t$$

$$CR7: \quad \sum_{r=1}^{R}\sum_{j=1}^{J}x_{hrjt}^{\pm}\le A_{\max-it}^{\pm} \qquad \forall h,t$$

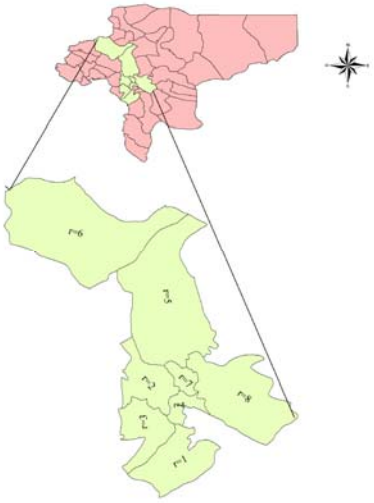
$$CR8: \quad q_{hrjt}^{\pm},x_{hrjt}^{\pm}\ge 0 \qquad \forall h,r,j,t$$

تمام پارامترها و متغیرهای موجود در مدل در جدول ۱ تشریح شده است. *CR1*، مجموعه محدودیت مربوط به آب قابل دسترس است. *CR2*، مربوط به مجموعه محدودیت ظرفیت کانال‌های اصلی سیستم آبیاری کشاورزی است. *CR3*، مجموعه محدودیت مربوط به ظرفیت کانال‌های فرعی منتهی به مناطق تحت مطالعه است. *CR4*، مجموعه محدودیت مربوط به حداکثر و حداقل تقاضای آب محصولات مختلف است.*CR5* ، مجموعه محدویت مربوط به محاسبه مجموع سطح زیرکشت هر یک از محصولات مورد مطالعه براساس تخصیص آب رودخانه است. *CR6*، مجموعه محدودیت مربوط به ثابت ماندن سطح زیرکشت گیاهان چندساله در طی افق برنامه‌ریزی است. *CR7*، مجموعه محدودیت مربوط به حداکثر زمین‌های زراعی قابل دسترس هر سمت سد است. *CR8*، مربوط به مجموعه محدودیت غیر منفی بودن متغیرهای تصمیم در مدل (۱) می‌باشد.

محصولات عمده‌ای که در اراضی زراعی این شبکه کشت می‌شود، شامل محصولات گندم (*j=1*)، جو (*j=2*)، سیب‌زمینی (*j=3*)، ذرت علوفه‌ای (*j=4*)، برنج (*j=5*)، پیاز (*j=6*) و یونجه (*j=7*) می‌باشند. مناطق تحت مطالعه شامل، مبارکه (*r=1*)، نجف‌آباد

($r=2$)، لنجان ($r=3$)، فلاورجان ($r=4$)، شاهین‌شهر ($r=5$)، برخوار ($r=6$)، خمینی‌شهر ($r=7$) و اصفهان ($r=7$) می‌باشند (شکل (۲)). افق برنامه‌ریزی درنظر گرفته شده برای بررسی مدل معرفی شده یک افق سه ساله شامل ۱۳۹۱ ($t=1$)، ۱۳۹۲ ($t=2$) و ۱۳۹۳ ($t=3$) می‌باشد.

کلیه داده‌های مورد نیاز مسئله از سازمان جهاد کشاورزی، شرکت آب منطقه‌ای و شرکت میراب زاینده‌رود استان اصفهان برای سال‌های ۱۳۶۷ تا ۱۳۸۹ اخذ گردید.



نگاره (۲) مناطق تحت پوشش شبکه آبیاری نکوآباد

نتایج و بحث

مدل مورد مطالعه به دو روش TSIFP و IPP در نرم‌افزار GAMS کدنویسی و حل شد. در محدودیت $CR1$ آب قابل دسترس در روش TSIFP یک پارامتر فازی ($\widetilde{Q}$) و در روش IPP یک پارامتر قطعی در نظر گرفته شد. با توجه به تعداد کانال‌های اصلی، مناطق، محصولات عمده هر منطقه و سه سال افق برنامه‌ریزی، تعداد ۲۹۴ متغیر تصمیم (۱۴۷ متغیر مربوط به سطح زیرکشت و ۱۴۷ متغیر مربوط به تخصیص آب) لحاظ شد. راندمان آبیاری جهت محاسبه نیاز ناخالص آب هر منطقه و محصول ۳۵ درصد در نظر گرفته شد. همچنین، افزایش قیمت آب آبیاری درطی افق برنامه‌ریزی به صورت سالانه ۱۰٪ افزایش قیمت آب در نظر گرفته شد (μ_3=۱/۳، μ_2=۱/۲ و μ_1=۱/۱).

جدول ۲ نتایج حاصل از حل مدل ۲ را به دو روش TSIFP و IPP نشان می‌دهد. در این جدول از کلمه چپ یا راست به ترتیب برای نشان دادن سمت راست یا چپ سد (h)، از نام مناطق برای تعریف شاخص r، از نام محصولات برای تعریف شاخص j و از اعداد ۱، ۲ و۳ به ترتیب برای مشخص کردن سال‌های اول (۱۳۹۱)، دوم (۱۳۹۲) و سوم (۱۳۹۳) افق برنامه‌ریزی استفاده شده است. به عنوان مثال، راست-مبارکه-گندم-۱ معرف متغیر تصمیم مربوط به محصول گندم در منطقه مبارکه واقع در سمت راست سد و در سال اول افق برنامه‌ریزی است. ملاحظه می‌شود که در هر دو روش جواب بهینه اکثر متغیرهای تصمیم به صورت بازه‌ای بدست آمده است. از ۱۴۷ تخصیص بهینه مربوط به جریان خالص، ۳۸ تخصیص صفر می‌باشد. به تبع این امر سطح زیرکشت این تخصیص‌ها نیز صفر است. همچنین، ۸ تخصیص در روش IPP و یک تخصیص در روش TSIFP به صورت غیر بازه‌ای حاصل شده است. نکته قابل توجه در این جدول این است که تخصیص‌هایی که در روش IPP غیر بازه‌ای بدست آمده، در روش TSIFP به بازه‌ای تبدیل شده‌اند (به جز یک مورد در منطقه اصفهان برای محصول گندم در سمت راست سد و در سال دوم افق برنامه‌ریزی). بیشترین میزان تخصیص بهینه جریان خالص در هر دو روش مربوط به محصول برنج در منطقه فلاورجان (سمت چپ سد) و برای سال اول افق برنامه‌ریزی در بازه [۴۱/۵۵,۴۷/۴۸] می‌باشد. بیشترین سطح زیر کشت در این سال نیز مربوط به

همین منطقه و محصول در بازه [۲۱۱۱,۲۷۴۱] می‌باشد. علت این امر بالا بودن سود ناخالص به ازای هر هکتار محصول برنج و غلبه این عامل بر نیاز خالص آبی بالای این محصول است. کمترین میزان تخصیص بهینه جریان در هر دو روش (تخصیص‌های غیر صفر) مربوط به محصول گندم در سال دوم افق برنامه‌ریزی و در منطقه اصفهان (سمت راست سد) با مقدار ۰/۱ میلیون مترمکعب و سطح زیرکشت ۸ هکتار می‌باشد. در برخی از تخصیص‌های بهینه تفاوت قابل ملاحظه‌ای بین دو روش اعمال عدم حتمیت و جود دراد. به عنوان مثال مقدار تخصیص جریان خالص برای محصول گندم در منطقه فلاورجان (سمت چپ سد) و در سال اول افق برنامه‌ریزی از بازه [۲۱/۰۵,۲۲/۴۱] میلیون مترمکعب در روش IPP به بازه [۱۱/۲۲,۱۴/۴۳] میلیون مترمکعب در روش TSIFP تغییر پیدار کرده است. عامل اصلی این تغییر فازی شدن مقدار آب قابل دسترس است.

جدول(۲) مقدار جریان خالص و سطح زیرکشت تخصیصی سالانه برای شبکه آبیاری نکوآباد

	جریان خالص (M.C.M)		سطح زیرکشت (ha)	
شرح شاخص (*hrjt*)	IPP	TSIFP	IPP	TSIFP
چپ-مبارکه-گندم-۱	[۰/۷۹,۰/۹۰]	[۰/۷۹,۰/۹۰]	[۵۶,۷۲]	[۵۶,۷۲]
چپ-مبارکه-جو-۱	۰/۸۴	[۰/۷۳,۰/۸۴]	۷۵	[۵۷,۷۵]
چپ-مبارکه-برنج-۱	۳/۱۵	[۲/۷۵,۳/۱۵]	۱۷۶	[۱۳۶,۱۷۶]
چپ-مبارکه-یونجه-۱	۰	۰	۰	۰
چپ-مبارکه-گندم-۲	[۰/۷۷,۰/۸۸]	[۰/۷۷,۰/۸۸]	[۵۴,۷۰]	[۵۴,۷۰]
چپ-مبارکه-جو-۲	[۱/۲۵,۱/۴۳]	[۱/۲۵,۱/۴۳]	[۹۸,۱۲۸]	[۹۸,۱۲۸]
چپ-مبارکه-برنج-۲	[۷/۶۳,۸/۷۲]	[۷/۶۳,۸/۷۲]	[۳۷۷,۴۸۹]	[۳۷۷,۴۸۹]
چپ-مبارکه-یونجه-۲	۰	۰	۰	۰
چپ-مبارکه-گندم-۳	[۰/۴۰,۰/۴۵]	[۰/۴۰,۰/۴۵]	[۲۸,۳۶]	[۲۸,۳۶]
چپ-مبارکه-جو-۳	[۰/۵۸,۰/۶۶]	[۰/۵۸,۰/۶۶]	[۴۵,۵۹]	[۴۵,۵۹]
چپ-مبارکه-برنج-۳	[۲/۴۰,۲/۷۴]	[۲/۴۰,۲/۷۴]	[۱۱۹,۱۵۴]	[۱۱۹,۱۵۴]
چپ-مبارکه-یونجه-۳	۰	۰	۰	۰
چپ-نجف‌آباد-گندم-۱	[۴/۴۶,۴/۹۹]	[۴/۳۷,۴/۹۹]	[۳۶۶,۴۶۵]	[۳۵۸,۴۶۵]
چپ- نجف‌آباد -جو-۱	۱/۵۸	[۱/۳۸,۱/۵۸]	۱۷۵	[۱۳۵,۱۷۵]
چپ- نجف‌آباد -سیب‌زمینی-۱	[۱۵/۶۱,۱۷/۸۴]	[۱۵/۶۱,۱۷/۸۴]	[۸۷۵,۱۱۳۷]	[۸۷۵,۱۱۳۷]
چپ- نجف‌آباد –ذرت‌علوفه‌ای-۱	۰	۰	۰	۰
چپ- نجف‌آباد -برنج-۱	۰	۰	۰	۰
چپ- نجف‌آباد -پیاز-۱	[۱۳/۰۲,۱۴/۸۸]	[۱۳/۰۲,۱۴/۸۸]	[۶۵۰,۸۴۴]	[۶۵۰,۸۴۴]
چپ- نجف‌آباد -یونجه-۱	[۵/۳۹,۶/۱۶]	[۵/۳۹,۶/۱۶]	[۲۰۳,۲۶۳]	[۲۰۳,۲۶۳]
چپ- نجف‌آباد -گندم-۲	[۹/۳۱,۱۰/۶۴]	[۹/۳۱,۱۰/۶۴]	[۷۶۳,۹۹۱]	[۷۶۳,۹۹۱]
چپ- نجف‌آباد -جو-۲	[۳/۹۴,۴/۵۱]	[۳/۹۴,۴/۵۱]	[۳۴۵,۴۶۲]	[۳۴۵,۴۶۲]
چپ- نجف‌آباد –سیب‌زمینی-۲	[۱۲/۰۴,۱۳/۷۶]	[۱۲/۰۴,۱۳/۷۶]	[۶۷۵,۸۷۷]	[۶۷۵,۸۷۷]
چپ- نجف‌آباد –ذرت‌علوفه‌ای-۲	[۱۹/۱۱,۲۱/۸۴]	[۱۹/۱۱,۲۱/۸۴]	[۱۳۷۴,۱۷۸۴]	[۱۳۷۴,۱۷۸۴]
چپ- نجف‌آباد -برنج-۲	۰	۰	۰	۰
چپ- نجف‌آباد -پیاز-۲	۰	۰	۰	۰
چپ- نجف‌آباد -یونجه-۲	[۵/۳۹,۶/۱۶]	[۵/۳۹,۶/۱۶]	[۲۰۳,۲۶۳]	[۲۰۳,۲۶۳]
چپ- نجف‌آباد -گندم-۳	[۶/۸۳,۷/۸۱]	[۶/۸۳,۷/۸۱]	[۵۶۰,۷۲۷]	[۵۶۰,۷۲۷]
چپ- نجف‌آباد -جو-۳	[۲/۹۹,۳/۴۲]	[۲/۹۹,۳/۴۲]	[۲۹۲,۳۷۹]	[۲۹۲,۳۷۹]
چپ- نجف‌آباد –سیب‌زمینی-۳	[۰/۹۹,۱/۱۳]	[۰/۹۹,۱/۱۳]	[۵۶,۷۲]	[۵۶,۷۲]

چپ- نجف‌آباد –ذرت‌علوفه‌ای-۳	۰	۰	۰	۰
چپ- نجف‌آباد -برنج-۳	۰	۰	۰	۰
چپ- نجف‌آباد -پیاز-۳	[۱۴/۲۲,۱۶/۲۵]	[۱۴/۲۲,۱۶/۲۵]	[۷۱۰,۹۲۲]	[۷۱۰,۹۲۲]
چپ-نجف‌آباد-یونجه-۳	[۵/۳۹,۶/۱۶]	[۵/۳۹,۶/۱۶]	[۲۰۳,۲۶۳]	[۲۰۳,۲۶۳]
چپ-لنجان-گندم-۱	۱/۳۱	[۱/۱۴,۱/۳۱]	۱۲۲	[۹۴,۱۲۲]
چپ-لنجان-جو-۱	۰/۸۸	[۰/۷۷,۰/۸۸]	۹۷	[۷۵,۹۷]
چپ-لنجان-برنج-۱	[۲۲/۳۱,۲۵/۴۹]	[۲۲/۳۱,۲۵/۴۹]	[۹۸۳,۱۲۷۷]	[۹۸۳,۱۲۷۷]
چپ-لنجان-یونجه-۱	۰	۰	۰	۰
چپ-لنجان-گندم-۲	[۰/۴۷,۰/۵۴]	[۰/۴۷,۰/۵۴]	[۳۹,۵۰]	[۳۹,۵۰]
چپ-لنجان-جو-۲	[۰/۴۳,۰/۴۹]	[۰/۴۳,۰/۴۹]	[۴۲,۵۴]	[۴۲,۵۴]
چپ-لنجان-برنج-۲	۷/۲۱	[۶/۸۶,۷/۲۱]	۳۶۱	[۳۰۲,۳۶۱]
چپ-لنجان-یونجه-۲	[۰/۷۵,۰/۸۵]	[۰/۷۵,۰/۸۵]	[۲۸,۳۶]	[۲۸,۳۶]
چپ-لنجان-گندم-۳	[۰/۳۷,۰/۴۲]	[۰/۳۷,۰/۴۲]	[۳۰,۳۹]	[۳۰,۳۹]
چپ-لنجان-جو-۳	۰	۰	۰	۰
چپ-لنجان-برنج-۳	[۹/۹۳,۱۱/۳۵]	[۹/۹۳,۱۱/۳۵]	[۴۳۸,۵۶۸]	[۴۳۸,۵۶۸]
چپ-لنجان-یونجه-۳	[۰/۷۵,۰/۸۵]	[۰/۷۵,۰/۸۵]	[۲۸,۳۶]	[۲۸,۳۶]
چپ-فلاورجان-گندم-۱	[۲۱/۰۵,۲۲/۴۱]	[۱۱/۲۲,۱۴ /۴۳]	[۱۴۸۲,۱۷۹۴]	[۷۹۰,۸۵۵]
چپ-فلاورجان-جو-۱	[۱/۵۸,۱/۸۱]	[۱/۵۸,۱/۸۱]	[۱۲۴,۱۶۱]	[۱۲۴,۱۶۱]
چپ-فلاورجان-سیب‌زمینی-۱	۰	۰	۰	۰
چپ-فلاورجان-برنج-۱	[۴۱/۵۵,۴۷/۴۸]	[۴۱/۵۵,۴۷/۴۸]	[۲۱۱۱,۲۷۴۱]	[۲۱۱۱,۲۷۴۱]
چپ-فلاورجان-پیاز-۱	[۱۲/۰۷,۱۳/۸۰]	[۱۲/۰۷,۱۳/۸۰]	[۸۵۰,۱۱۰۴]	[۸۵۰,۱۱۰۴]
چپ-فلاورجان-یونجه-۱	[۱/۳۱,۱/۴۹]	[۱/۳۱,۱/۴۹]	[۱۰۳,۱۳۳]	[۱۰۳,۱۳۳]
چپ-فلاورجان-گندم-۲	[۱/۵۳,۱/۷۵]	[۱/۵۳,۱/۷۵]	[۹۴,۱۲۲]	[۹۴,۱۲۲]
چپ-فلاورجان-جو-۲	[۲/۱۴,۲/۴۵]	[۲/۱۴,۲/۴۵]	[۱۰۹,۱۴۱]	[۱۰۹,۱۴۱]
چپ-فلاورجان-سیب‌زمینی-۲	[۱۷/۹۷,۲۰/۵۳]	[۱۷/۹۷,۲۰/۵۳]	[۱۲۶۵,۱۶۴۳]	[۱۲۶۵,۱۶۴]
چپ-فلاورجان-برنج-۲	[۱۴/۳۰,۱۶/۳۴]	[۱۴/۳۰,۱۶/۳۴]	[۱۱۲۲,۱۴۵۷]	[۱۱۲۲,۱۴۵۷]
چپ-فلاورجان-پیاز-۲	۰	۰	۰	۰
چپ-فلاورجان-یونجه-۲	[۱/۳۱,۱/۴۹]	[۱/۳۱,۱/۴۹]	[۶۶,۸۶]	[۶۶,۸۶]
چپ-فلاورجان-گندم-۳	[۱/۸۹,۲/۱۶]	[۱/۸۹,۲/۱۶]	[۱۳۳,۱۷۲]	[۱۳۳,۱۷۲]
چپ-فلاورجان-جو-۳	۰	۰	۰	۰
چپ-فلاورجان-سیب‌زمینی-۳	[۲/۰۰,۲/۲۹]	[۲/۰۰,۲/۲۹]	[۱۲۳,۱۶۰]	[۱۲۳,۱۶۰]
چپ-فلاورجان-برنج-۳	[۲۵/۲۵,۲۸/۴۵]	[۱۳/۶۳,۱۵/۴۷]	[۱۲۸۳,۱۶۴۲]	[۶۹۲,۸۹۳]
چپ-فلاورجان-پیاز-۳	[۱۷/۵۸,۲۰/۱۰]	[۱۷/۵۸,۲۰/۱۰]	[۸۵۲,۱۱۰۷]	[۸۵۲,۱۱۰۷]
چپ-فلاورجان-یونجه-۳	[۱/۳۱,۱/۴۹]	[۱/۳۱,۱/۴۹]	[۴۹,۶۴]	[۴۹,۶۴]
چپ-شاهین‌شهر-گندم-۱	[۲/۲۴,۲/۵۶]	[۲/۲۴,۲/۵۶]	[۱۵۸,۲۰۵]	[۱۵۸,۲۰۵]
چپ- شاهین‌شهر -جو-۱	[۰/۷۹,۰/۹۰]	[۰/۷۹,۰/۹۰]	[۶۶,۸۵]	[۶۶,۸۵]
چپ-شاهین‌شهر-سیب‌زمینی-۱	۰	۰	۰	۰
چپ- شاهین‌شهر -ذرت‌علوفه‌ی-۱	[۱۲/۳۱,۱۴/۰۷]	[۱۲/۳۱,۱۴/۰۷]	[۹۵۱,۱۲۳۵]	[۹۵۱,۱۲۳۵]
چپ- شاهین‌شهر -یونجه-۱	۰	۰	۰	۰
چپ- شاهین‌شهر -گندم-۲	[۲/۵۲,۲/۸۸]	[۲/۵۲,۲/۸۸]	[۱۷۷,۲۳۰]	[۱۷۷,۲۳۰]
چپ- شاهین‌شهر -جو-۲	[۰/۹۳,۱/۰۶]	[۰/۹۳,۱/۰۶]	[۷۷,۱۰۰]	[۷۷,۱۰۰]
چپ- شاهین‌شهر –سیب‌زمینی-۲	[۲/۴۷,۲/۸۲]	[۲/۴۷,۲/۸۲]	[۱۵۲,۱۹۷]	[۱۵۲,۱۹۷]
چپ- شاهین‌شهر –ذرت‌علوفه‌ای-۲	۰	۰	۰	۰

چپ- شاهین‌شهر -یونجه-۲	۰	۰	۰	۰
چپ- شاهین‌شهر -گندم-۳	[۲/۵۲,۲/۸۸]	[۲/۵۲,۲/۸۸]	[۱۷۷,۲۳۰]	[۱۷۷,۲۳۰]
چپ- شاهین‌شهر -جو-۳	[۰/۹۳,۱/۰۶]	[۰/۹۳,۱/۰۶]	[۷۷,۱۰۰]	[۷۷,۱۰۰]
چپ- شاهین‌شهر-سیب‌زمینی-۳	۰	۰	۰	۰
چپ- شاهین‌شهر-ذرت‌علوفه‌ای-۳	[۹/۸۴,۱۱/۲۴]	[۹/۸۴,۱۱/۲۴]	[۷۶۰,۹۸۷]	[۷۶۰,۹۸۷]
چپ- شاهین‌شهر-یونجه-۳	۰	۰	۰	۰
چپ-برخوار-گندم-۱	[۴/۰۴,۴/۶۲]	[۴/۰۴,۴/۶۲]	[۲۸۴,۳۶۹]	[۲۸۴,۳۶۹]
چپ-برخوار-جو-۱	[۱/۵۱,۱/۷۲]	[۱/۵۱,۱/۷۲]	[۱۲۵,۱۶۳]	[۱۲۵,۱۶۳]
چپ-برخوار-ذرت‌علوفه‌ای-۱	۰	۰	۰	۰
چپ-برخوار-یونجه-۱	[۲/۶۸,۳/۰۶]	[۲/۶۸,۳/۰۶]	[۹۷,۱۲۶]	[۹۷,۱۲۶]
چپ-برخوار-گندم-۲	[۳/۱۸,۳/۶۴]	[۳/۱۸,۳/۶۴]	[۲۲۴,۲۹۱]	[۲۲۴,۲۹۱]
چپ-برخوار-جو-۲	[۱/۲۹,۱/۴۷]	[۱/۲۹,۱/۴۷]	[۱۰۷,۱۳۹]	[۱۰۷,۱۳۹]
چپ-برخوار-ذرت‌علوفه‌ای-۲	۰	۰	۰	۰
چپ-برخوار-یونجه-۲	[۲/۶۸,۳/۰۶]	[۲/۶۸,۳/۰۶]	[۹۷,۱۲۶]	[۹۷,۱۲۶]
چپ-برخوار-گندم-۳	[۱۰/۳۹,۱۱/۸۸]	[۱۰/۳۹,۱۱/۸۸]	[۷۳۲,۹۵۰]	[۷۳۲,۹۵۰]
چپ-برخوار-جو-۳	[۱/۷۹,۲/۰۴]	[۱/۷۹,۲/۰۴]	[۱۴۸,۱۹۳]	[۱۴۸,۱۹۳]
چپ-برخوار-ذرت‌علوفه‌ای-۳	۰	۰	۰	۰
چپ-برخوار-یونجه-۳	۰	۰	۰	۰
چپ-خمینی‌شهر-گندم-۱	[۱/۰۶,۱/۲۱]	[۱/۰۶,۱/۲۱]	[۷۴,۹۷]	[۷۴,۹۷]
چپ- خمینی‌شهر -جو-۱	[۰/۴۸,۰/۵۵]	[۰/۴۸,۰/۵۵]	[۴۰,۵۲]	[۴۰,۵۲]
چپ- خمینی‌شهر —سیب‌زمینی-۱	[۱۳/۱۴,۱۵/۰۱]	[۱۳/۱۴,۱۵/۰۱]	[۷۱۸,۹۳۳]	[۷۱۸,۹۳۳]
چپ- خمینی‌شهر -برنج-۱	[۲۲/۱۵,۲۵/۳۲]	[۲۲/۱۵,۲۵/۳۲]	[۹۴۱,۱۲۲۲]	[۹۴۱,۱۲۲۲]
چپ- خمینی‌شهر -یونجه-۱	۰	۰	۰	۰
چپ- خمینی‌شهر -گندم-۲	[۱/۹۲,۲/۲۰]	[۱/۹۲,۲/۲۰]	[۱۳۵,۱۷۶]	[۱۳۵,۱۷۶]
چپ- خمینی‌شهر -جو-۲	[۰/۷۶,۰/۸۷]	[۰/۷۶,۰/۸۷]	[۶۳,۸۲]	[۶۳,۸۲]
چپ- خمینی‌شهر —سیب‌زمینی-۲	۰	۰	۰	۰
چپ- خمینی‌شهر -برنج-۲	[۱۰/۱۳,۱۳/۷۲]	[۰,۲/۲۷]	[۴۳۰,۶۶۲]	[۰,۱۱۰]
چپ- خمینی‌شهر -یونجه-۲	۰	۰	۰	۰
چپ- خمینی‌شهر -گندم-۳	[۱/۰۸,۱/۲۴]	[۱/۰۸,۱/۲۴]	[۷۶,۹۹]	[۷۶,۹۹]
چپ- خمینی‌شهر -جو-۳	[۰/۶۲,۰/۷۱]	[۰/۶۲,۰/۷۱]	[۵۱,۶۷]	[۵۱,۶۷]
چپ- خمینی‌شهر —سیب‌زمینی-۳	[۱/۵۳,۱/۷۴]	[۱/۵۳,۱/۷۴]	[۸۳,۱۰۸]	[۸۳,۱۰۸]
چپ- خمینی‌شهر -برنج-۳	[۱۷/۱۹,۱۹/۶۴]	[۱۷/۱۹,۱۹/۶۴]	[۷۳۰,۹۴۸]	[۷۳۰,۹۴۸]
چپ- خمینی‌شهر -یونجه-۳	۰	۰	۰	۰
راست-مبارکه-گندم-۱	[۱/۵۲,۱/۷۴]	[۱/۵۲,۱/۷۴]	[۱۰۷,۱۳۹]	[۱۰۷,۱۳۹]
راست-مبارکه-جو-۱	۱/۶۱	[۱/۴۱,۱/۶۱]	۱۴۴	[۱۱۱,۱۴۴]
راست-مبارکه-برنج-۱	۶/۰۷	[۵/۳۱,۶/۰۷]	۳۴۰	[۲۶۲,۳۴۰]
راست-مبارکه-یونجه-۱	۰	۰	۰	۰
راست-مبارکه-گندم-۲	[۱/۴۸,۱/۶۹]	[۱/۴۸,۱/۶۹]	[۱۰۴,۱۳۵]	[۱۰۴,۱۳۵]
راست-مبارکه-جو-۲	[۲/۴۲,۲/۷۶]	[۲/۴۲,۲/۷۶]	[۱۹۰,۲۴۶]	[۱۹۰,۲۴۶]
راست-مبارکه-برنج-۲	[۷/۶۱,۸/۶۹]	[۷/۶۱,۸/۶۹]	[۳۷۶,۴۸۸]	[۳۷۶,۴۸۸]
راست-مبارکه-یونجه-۲	۰	۰	۰	۰
راست-مبارکه-گندم-۳	[۰/۷۷,۰/۸۸]	[۰/۷۷,۰/۸۸]	[۵۴,۷۰]	[۵۴,۷۰]
راست-مبارکه-جو-۳	[۱/۱۱,۱/۲۷]	[۱/۱۱,۱/۲۷]	[۸۷,۱۱۳]	[۸۷,۱۱۳]

راست-مبارکه-برنج-۳	[۴/۶۳,۵/۲۹]	[۴/۶۳,۵/۲۹]	[۲۲۸,۲۹۷]	[۲۲۸,۲۹۷]
راست-مبارکه-یونجه-۳	۰	۰	۰	۰
راست-فلاورجان-گندم-۱	[۸/۱۱,۹/۲۷]	[۸/۱۱,۹/۲۷]	[۵۷۱,۷۴۲]	[۵۷۱,۷۴۲]
راست-فلاورجان-جو-۱	[۰/۶۱,۰/۷۰]	[۰/۶۱,۰/۷۰]	[۴۸,۶۲]	[۴۸,۶۲]
راست-فلاورجان-سیب‌زمینی-۱	۰	۰	۰	۰
راست-فلاورجان-برنج-۱	[۱۶/۹۰,۱۹/۳۲]	[۱۶/۹۰,۱۹/۳۲]	[۸۵۹,۱۱۱۵]	[۸۵۹,۱۱۱۵]
راست-فلاورجان-پیاز-۱	[۴/۶۶,۵/۳۲]	[۴/۶۶,۵/۳۲]	[۳۲۸,۴۲۶]	[۳۲۸,۴۲۶]
راست-فلاورجان-یونجه-۱	[۳/۰۵,۳/۴۹]	[۳/۰۵,۳/۴۹]	[۲۳۹,۳۱۱]	[۲۳۹,۳۱۱]
راست-فلاورجان-گندم-۲	[۰/۵۲,۰/۵۹]	[۰/۵۲,۰/۵۹]	[۳۶,۴۷]	[۳۶,۴۷]
راست-فلاورجان-جو-۲	[۰/۵۴,۰/۶۱]	[۰/۵۴,۰/۶۱]	[۴۲,۵۵]	[۴۲,۵۵]
راست-فلاورجان-سیب‌زمینی-۲	[۷/۹۴,۹/۰۷]	[۷/۹۴,۹/۰۷]	[۴۸۸,۶۳۴]	[۴۸۸,۶۳۴]
راست-فلاورجان-برنج-۲	[۱۳/۹۳,۱۵/۹۲]	[۱۳/۹۳,۱۵/۹۲]	[۷۰۸,۹۱۹]	[۷۰۸,۹۱۹]
راست-فلاورجان-پیاز-۲	۰	۰	۰	۰
راست-فلاورجان-یونجه-۲	[۳/۰۵,۳/۴۹]	[۳/۰۵,۳/۴۹]	[۲۳۹,۳۱۱]	[۲۳۹,۳۱۱]
راست-فلاورجان-گندم-۳	[۰/۷۳,۰/۸۳]	[۰/۷۳,۰/۸۳]	[۵۱,۶۷]	[۵۱,۶۷]
راست-فلاورجان-جو-۳	۰	۰	۰	۰
راست-فلاورجان-سیب‌زمینی-۳	[۱/۷۶,۱/۷۶]	[۱/۷۶,۱/۷۶]	[۱۰۹,۱۲۳]	[۱۰۹,۱۲۳]
راست-فلاورجان-برنج-۳	[۳۱/۱۷,۳۵/۶۲]	[۳۱/۱۷,۳۵/۶۲]	[۱۵۸۳,۲۰۵۶]	[۱۵۸۳,۲۰۵۶]
راست-فلاورجان-پیاز-۳	[۴/۶۷,۵/۳۴]	[۴/۶۷,۵/۳۴]	[۳۲۹,۴۲۷]	[۳۲۹,۴۲۷]
راست-فلاورجان-یونجه-۳	[۳/۰۵,۳/۴۹]	[۳/۰۵,۳/۴۹]	[۲۳۹,۳۱۱]	[۲۳۹,۳۱۱]
راست-اصفهان-گندم-۱	[۰/۵۸,۰/۵۸]	[۰/۵۱,۰/۵۸]	[۳۶,۴۷]	[۴۱,۴۷]
راست-اصفهان-جو-۱	[۰/۱۶,۰/۱۸]	[۰/۱۶,۰/۱۸]	[۱۳,۱۷]	[۱۳,۱۷]
راست-اصفهان-ذرت‌علوفه‌ای-۱	۰	۰	۰	۰
راست-اصفهان-یونجه-۱	۰	۰	۰	۰
راست-اصفهان-گندم-۲	۰/۱۰	۰/۱۰	۸	۸
راست-اصفهان-جو-۲	۰	۰	۰	۰
راست-اصفهان-ذرت‌علوفه‌ای-۲	[۲/۷۹,۳/۱۸]	[۲/۷۹,۳/۱۸]	[۲۰۰,۲۶۰]	[۲۰۰,۲۶۰]
راست-اصفهان-یونجه-۲	۰	۰	۰	۰
راست-اصفهان-گندم-۳	۰	۰	۰	۰
راست-اصفهان-جو-۳	[۰/۳۲,۰/۳۷]	[۰/۳۲,۰/۳۷]	[۲۷,۳۵]	[۲۷,۳۵]
راست-اصفهان-ذرت‌علوفه‌ای-۳	[۰/۲۵,۰/۲۹]	[۰/۲۵,۰/۲۹]	[۱۸,۲۳]	[۱۸,۲۳]
راست-اصفهان-یونجه-۳	۰	۰	۰	۰

مآخذ: یافته‌های پژوهش

جدول ۳ مقدار سود ناخالص کشاورزان حاصل از انتقال آب سد نکوآباد به تفکیک سال‌های افق برنامه‌ریزی را نشان می‌دهد. ملاحظه می‌شود هر دو حد پایین و بالای مقدار سود ناخالص در هر سال افق برنامه‌ریزی در روش IPP بیشتر از روش TSIFP می‌باشد. به عنوان مثال در سال اول افق برنامه‌ریزی مقدار حد بالا و پایین سود ناخالص به ترتیب از ۱۵۶۸ و ۱۰۸۰ میلیارد ریال در روش IPP به ۱۵۲۷ و ۱۰۵۴ میلیارد ریال در روش TSIFP کاهش یافته است. علت این امر حفاظت بیشتر سیستم در مقابل عدم حتمیت بعلت فازی شدن پارامتر آب قابل دسترس می‌باشد.

جدول (۳) مقدار سود ناخالص کشاورزان در سال‌های افق برنامه‌ریزی (میلیارد ریال)

روش		سال اول	سال دوم	سال سوم	کل افق برنامه‌ریزی
IPP		[۱۰۸۰,۱۵۶۸]	[۸۶۲,۱۲۷۰]	[۱۰۸۹,۱۵۸۰]	[۳۰۳۱,۴۴۱۸]
TSIFP		[۱۰۵۴,۱۵۲۷]	[۸۲۴,۱۲۱۶]	[۱۰۲۳,۱۴۸۶]	[۲۹۰۱,۴۲۲۹]

مآخذ: یافته‌های پژوهش

نتیجه‌گیری

در مطالعه حاضر، به ارائه مدلی جهت تخصیص بهینه آب و زمین‌های زراعی شبکه آبیاری نکوآباد برای سه سال افق برنامه‌ریزی (۹۳-۱۳۹۱) پرداخته شد. جهت اعمال شرایط عدم حتمیت در این مدل از دو روش IPP و TSIFP استفاده و این دو روش با هم مقایسه شدند. نتایج نشان داد که اکثر جواب‌های بهینه بدست آمده از حل مدل ارائه شده در هر دو روش به صورت بازه‌ای هستند که این نتیجه دقیقاً مشابه نتیجه مطالعه لو و همکاران (۲۰۰۹) می‌باشد. بیشترین میزان جریان خالص تخصیصی مربوط به محصول برنج در منطقه فلاورجان (سمت چپ سد) و برای سال اول افق برنامه‌ریزی با مقدار حد بالای ۴۷/۴۸ و حد پایین ۴۱/۵۵ میلیون مترمکعب بود. همچنین، نتایج نشان داد که مقدار حد بالا و پایین کل سود ناخالص کشاورزان حاصل از انتقال آب در طی سه سال افق برنامه‌ریزی به ترتیب از ۴۴۱۸ و ۳۰۳۱ میلیارد ریال در روش IPP به مقدار ۴۲۲۹ و ۲۹۰۱ میلیارد ریال در روش TSIFP کاهش می‌یابد. بعبارت دیگر با افزایش میزان حفاظت سیستم در مقابل عدم حتمیت سود کل سیستم کاهش می‌یابد. این نتیجه مشابه نتایج حاصل از مطالعه لو و همکارن (۲۰۰۹؛ ۲۰۱۰) و مخالف نتیجه بدست آمده از مطالعه همایونی‌فر و رستگاری‌پور (۱۳۸۹) می‌باشد. بنابراین، با توجه به شرایط کنونی آب و هوایی منطقه تحت مطالعه استفاده از الگوی تخصیص آب و زمین‌های زراعی به روش TSIFP جهت حفاظت بیشتر سیستم در مقابل عدم حتمیت توصیه می‌شود. همچنین، جهت جبران کاهش سود ناخالص کشاورزان بعلت استفاده از این الگو، اجرای راهکارهای سیاستی جهت افزایش سود توصیه می‌شود.

منابع

حسینی ابری س.ح. (۱۳۷۹) زاینده‌رود از سرچشمه تا مرداب. اصفهان، نشر گلها. ۱۸۵-۱۹۶.

خلیلیان ص. و موسوی ح. (۱۳۸۴) ارزیابی آثار ریسکی کاربرد سیستم‌های آبیاری تحت فشار، مطالعه موردی شهرستان شهرکرد. *ویژه نامه اقتصاد کشاورزی و توسعه*. ۱۳: ۳-۸.

ستاری م. اسلامیان س. و ابریشم‌چی ا. (۱۳۸۱) بهینه‌سازی توزیع آب در سیستم چند مخزنه حوضه آبریز رودخانه کلامرز میانه. *مجله استقلال*. ۲: ۲۰۹ – ۱۹۷.

صبوحی م. رستگاری پور ف. و کیخا ا.ع. (۱۳۸۷) تخصیص بهینه آب سد طرق بین مصارف شهری و کشاورزی با استفاده از روش برنامه ریزی تصادفی دو مرحله ای فازی با پارامترهای بازه ای در شرایط عدم حتمیت. *مجله اقتصاد کشاورزی*. ۳ (۱): ۵۵-۳۳.

کاویانی م. و عساکره ح. (۱۳۸۴) بررسی آماری روند بلند مدت بارش سالانه اصفهان. *مجله پژوهشی دانشگاه اصفهان (علوم انسانی)*. (۱۸): ۱۶۲-۱۴۳.

قرقانی ف. بوستانی ف. و سلطانی غ. (۱۳۸۸) بررسی تأثیر کاهش آب آبیاری و افزایش قیمت آب بر الگوی کشت با استفاده از روش برنامه‌ریزی ریاضی مثبت: مطالعه موردی شهرستان اقلید در استان فارس. *مجله تحقیقات اقتصاد کشاورزی*. ۱: ۵۷-۷۴.

همایونی فر م. و رستگاری پور ف. (۱۳۸۹) تخصیص آب سد لتیان بین محصولات کشاورزی در شرایط عدم حتیمت. *مجله اقتصاد و توسعه کشاورزی*. ۲: ۲۵۹-۲۶۷.

Buckley J.J. (1989) A fast method of ranking alternatives using fuzzy numbers. *Journal of Fuzzy Sets and Systems*. 30: 337–338.

Fang S.C. Hu C.F. Wang H.F. (1999) Linear programming with fuzzy coefficients in constraints. *Journal of Computers and Mathematics with Applications*. 37:63–76.

Fang S.C. and Puthenpura S.C. (1993) Linear optimization and extensions: theory and algorithms. Prentice Hall, Englewood Cliffs.

Huang G.H. Baetz B.W. and Patry G.G. (1998) Trash flow allocation: planning under uncertainty. *Journal of Interfaces* 28(6):36–55.

Li J.B. Huang G.H. and Chakma A. (2003) Integrated fuzzy-stochastic modeling of petroleum contamination in subsurface. *Journal of Energy Sources*. 25(6):547–564.

Lin X.C. and Lee L.H. (2006) A new approach to discrete stochastic optimization problems. *European Journal of Operational Research*. 172(3):761–782.

Lu H.W. Huang G.H. and He L. (2010) Development of an interval-valued fuzzy linear-programming method based on infinite α-cuts for water resources management. *Journal of Environmental Modelling and Software*. 25: 354-361.

Lu H.W. Huang G.H. Lin Y.P. and He L. (2009) A two-step infinite α-cuts fuzzy linear programming method in determination of optimal allocation strategies in agricultural irrigation systems. *Journal of Water Resources Management*. 23: 2249–2269.

Maqsood I. Huang G.H. and Yeomans J.S. (2005) An interval-parameter fuzzy two-stage stochastic program for water resources management under uncertainty. *European Journal of Operational Research*. 167(1):208–225.

Rommelfanger H. (2004) The advantages of fuzzy optimization models in practical use. *Journal of Fuzzy Optimization and Decision Making*. 3:295–309.

Irrigation water and agriculture land optimization model design in Nekooabad irrigation network under uncertainty

Mostafa Mardani, Mahmood Sabouhi, Alireza Sargazi, and Hasan Sakhdari[1]

Abstract

Using mathematical programming models for optimal allocation of water resources and agriculture land is issue that has been considered in the recent years. Uncertainty is one of the important and fundamental factors in the modeling of these problems. In this study, a model for optimal allocation of water and agriculture land of Nekooabad irrigation network in Esfahan province established for the years 2012-2014. The Interval-Parameter Programming (IPP) and Two-Step Infinite α-Cuts Fuzzy Linear Programming (TSIFP) applied in order to considering uncertainty. The model was Coded and solved in GAMS software. The results showed that as increasing degree of conservatism against uncertainty (used of TSIFP instead of IPP), upper and lower bound of gross margin value reduced from 4418 to 4229 and 3031 to 2901 billion Rials for the years planning horizon, respectively. Finally, using the allocation model presented in TSIFP approach to more protection the system against uncertainty is recommended. Also, to compensate loss of gross margin of farmers in this pattern, efficiency enhancement policies emphasized.

Keyword: Uncertainty, GAMS software, Nekooabad, Gross margin

JEL: C02, C61, D81

[1] Department of Agriculture Economic, College of Agriculture, Zabol University