

تعیین الگوی بهینه زراعی شهرستان اسفراین (کاربرد برنامه‌ریزی فازی با ارزش بازه‌ای براساس برش‌های آلفای نامحدود)

مهسا بهرامی‌نسب^۱، آرش دوراندیش^{۲*}، ناصر شاهنوشی^۳، محمدرضا کهنسال^۴

۱. کارشناس ارشد اقتصاد کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد

۲. استادیار گروه اقتصاد کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد

۳. استاد گروه اقتصاد کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد

۴. استاد گروه اقتصاد کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد

(تاریخ دریافت: ۹۲/۱۰/۲۵ - تاریخ تصویب: ۹۳/۳/۱۷)

چکیده

با توجه به ماهیت ویژه فعالیت‌های کشاورزی و تأثیر گرفتن نتایج تصمیمات از ریسک و عدم حتمیت این فعالیت‌ها، در نظر گرفتن ریسک به هنگام برنامه‌ریزی در بخش کشاورزی امری ضروری است. در مطالعه حاضر، برای لحاظ کردن شرایط عدم قطعیت و همچنین تأکید بر محدودیت منابع آب در تعیین الگوی بهینه زراعی، از روش برنامه‌ریزی فازی با ارزش بازه‌ای استفاده شد. آمار و اطلاعات مورد نیاز از طریق جمع‌آوری ۱۲۸ پرسشنامه و مصاحبه حضوری با کشاورزان شهرستان اسفراین به صورت نمونه‌گیری تصادفی ساده، در سال زراعی ۱۳۹۱-۱۳۹۲ تهیه شد. نتایج نشان می‌دهد محصولات ذرت علوفه‌ای، لوبیا قرمز و گندم محصولات بهینه و اقتصادی برای کشت در اکثر سناریوهاست و سود الگوی بهینه با کاهش عدم قطعیت منابع آب افزایش می‌یابد. همچنین، میزان استفاده از آب در الگوی کشت فعلی بیش از مقدار مصرف آب در الگوی کشت بهینه است؛ بنابراین، پیشنهاد می‌شود با ارائه سیاست‌های حمایتی توسط مسئولان کشاورزی شهرستان مذکور، مانند تقویت سطح پوشش بیمه محصولات کشاورزی یا قیمت تضمینی برای کشت محصولات بهینه پیشنهادی گسترش یابد تا ضمن افزایش سودآوری کشاورزان، از برداشت بیش از حد از سفره‌های آب زیرزمینی نیز جلوگیری شود.

واژه‌های کلیدی: ارزش بازه‌ای، برش آلفا، برنامه‌ریزی فازی، منابع آب، عدم قطعیت.

مقدمه

حدود ۶۷ درصد از آب در بخش کشاورزی مصرف می‌شود و این میزان در کشورهای در حال توسعه از جمله ایران حدود ۹۰ درصد را شامل می‌شود. ایران با آنکه بیش از ۱/۲ درصد از سطح خشکی‌های کره زمین را دارد، فقط سهمی معادل ۰/۳۶ درصد از کل نزولات آسمانی را دارا می‌باشد که این میزان، حدود یک‌سوم متوسط جهانی و نصف قاره آسیاست (soil water management Research Group, 2005).

شرایط ویژه اقلیمی کشور که خشکی و پراکنش نامناسب زمانی و مکانی بارندگی، واقعیت‌گریزناپذیر آن است، هرگونه

بحران کم‌آبی و خشکسالی از حوادث ناگوار حال و آینده جامعه بشری به‌شمار می‌رود، به طوری که می‌توان با توجه به روند این خشکسالی‌ها از یک طرف و افزایش جمعیت و نیاز به اراضی کشاورزی و میزان آب بیشتر برای آبیاری اراضی از طرف دیگر، پیش‌بینی کرد در سال‌های آتی، آب به‌عنوان منبع قدرت کشورها به‌شمار می‌رود و کشورهای قدرتمند، کشورهای پیشرفته‌اند (Mohammadi et al., 2009). تحقیقات نشان داد

گرفته است که از جمله آن‌ها می‌توان به موارد زیر اشاره کرد. Ghorbanian et al. (2013) به تعیین الگوی بهینه کشت و میزان برداشت بهینه از منابع آب کشاورزی با استفاده از مدل برنامه‌ریزی با محدودیت تصادفی، در دشت کوار واقع در استان فارس اقدام کردند. نتایج تحقیق نشان داد میزان آب مصرفی با ریسک‌گریزی زارع رابطه عکس دارد و بهره‌بردار ریسک‌گریز از تمام امکانات آبی خود استفاده نمی‌کند و الگوی کشتی را انتخاب می‌کند که میزان آب کمتری مصرف می‌کند.

Hosseinzadeh et al. (2013) به بررسی اثر هدفمند کردن یارانه‌ها بر الگوی کشت شهرستان اسفراین با استفاده از برنامه‌ریزی بازه‌ای پرداختند. یافته‌های مطالعه آنان نشان داد هرچند کشاورزان در شرایط کنونی از تنوع محصولات کشاورزی بهره می‌گیرند و سود در حد مناسبی را دارند، اما با لحاظ ریسک ضمنی در قالب متنوع‌سازی رفتارهای کشاورزان و در چارچوب هدفمندسازی یارانه‌ها، می‌توان سودآوری واحدهای تولید را افزایش داد و از این طریق منطقه را به سمت الگوی کشت منطقه‌ای هدایت کرد. Sabouhi & Mardani (2013) برای بهینه‌سازی تخصیص آب در شبکه عرضه آب حوضه آبریز زاینده‌رود از بهینه‌سازی با پارامترهای کنترل‌کننده میزان محافظه‌کاری (میزان عدم حتمیت) استفاده کردند. براساس نتایج، افزایش حوضچه‌های آب‌های زیرزمینی برای جبران کمبود آب در منابع آب زیرزمینی توصیه شد. افزون بر آن، افزایش راندمان آبیاری هزینه‌های مربوط به شبکه توزیع آب بخش کشاورزی را کاهش می‌دهد. Mohammadi et al. (2012) با استفاده از الگوی برنامه‌ریزی چندهدفه غیر خطی فازی، امکان تحقق آرمان‌های حداکثر کردن بازده برنامه‌ای را در مصالحه با اهداف کاهش مصرف آب، حداقل کردن مصرف کود شیمیایی، حداقل کردن ریسک تولید و افزایش منافع اجتماعی از طریق افزایش سطح اشتغال نیروی کار در الگوی کشت شهرستان مرودشت استان فارس بررسی کردند. نتایج نشان داد الگوی جاری کشاورزان، الگوی بهینه زراعی نبود و زارعان در برقراری مصالحه بین اهداف مختلف، ناکارا عمل می‌کنند و اجرای الگوی چندهدفه در مناطق مورد مطالعه، علاوه بر کاهش مصرف آب و کود شیمیایی، افزایش بازده برنامه‌ای و کاهش ریسک را نیز دربر دارد. Rastegaripour & Sabouhi (2012) به تدوین الگوی کشت همسو با کشاورزی پایدار با استفاده از برنامه‌ریزی کسری خاکستری در شهرستان قوچان پرداختند. براین اساس، محدوده تغییرات سطح زیر کشت گندم آبی و دیوم، جو آبی و دیوم، چغندرقتند و یونجه تعیین شد و نتایج نشان داد شاخص پایداری نسبت به کود ازت در حالت برنامه‌ریزی

تولید موادغذایی و کشاورزی پایدار را منوط به استفاده صحیح و منطقی از منابع آب محدود کشور کرده است (Berimnejad & Paykani, 2004). ضمن اینکه پایین‌رفتن سطح سفره‌های آب زیرزمینی و بحرانی شدن وضعیت آب در بیش از ۱۲۰ دشت از دشت‌های مستعد کشور که هرساله به این تعداد اضافه می‌شود، یکی از بزرگ‌ترین مشکلات بخش کشاورزی است (Mansouri et al., 2009). مطالعات اخیر مؤسسه بین‌المللی تحقیقات، سیاستگذاری غذا و مؤسسه بین‌المللی آب بیانگر این نکته است که با ادامه افزایش جمعیت و توسعه شهرنشینی تا سال ۲۰۲۵ میزان آب قابل تخصیص بخش کشاورزی در کل جهان محدودتر می‌شود و در نتیجه به دلیل اختصاص منابع آب به مصارف مختلف زیست‌محیطی، خانوادگی و صنعت، بخش کشاورزی با زیان‌های بیشتری مواجه می‌شود (IWMI, 2003). با توجه به اهمیت آب در بخش کشاورزی، می‌توان به سادگی قضاوت کرد که کمبود آب آتی بیش از پیش، این بخش را به‌ویژه در کشورهای در حال توسعه متأثر می‌سازد و با توجه به اینکه بخش کشاورزی، بخش زیربنایی توسعه کشورهای در حال توسعه را بنیان می‌نهد، لزوم استفاده کارا یا به عبارتی مدیریت آب کشاورزی اجتناب‌ناپذیر است (Mohammadi et al., 2010). مدیریت آب به‌ویژه در بخش کشاورزی، زمینه پیشرفت و توسعه هر کشوری را فراهم می‌کند و این مسئله در مورد ایران اهمیت ویژه‌ای دارد، زیرا از یک‌سو کشاورزی آن بخش مهمی از تولید ناخالص داخلی و اشتغال کشور را دربرمی‌گیرد و از سوی دیگر با مشکل کم‌آبی روبه‌روست (Mohammadi et al., 2009). اما افزایش سطح زیر کشت محصولات کشاورزی بدون توجه به عوامل محدودکننده‌ای مانند آب قابل دسترس و نقدینگی، موجب استفاده غیر بهینه از منابع موجود در زمین‌های کشاورزی و در نهایت شکست برنامه‌ریزی زراعی می‌شود. در کشورهای نظیر ایران با توجه به کمبود منابع تولید کشاورزی به‌ویژه زمین‌های حاصلخیز و آب، تهیه الگوی بهینه کشت برای انجام دادن عملیات زراعی در مناطق مختلف ضروری به نظر می‌رسد. علاوه بر وجود محدودیت در منابع تولید کشاورزی، مسئله عدم حتمیت در تأمین این منابع، از مسائل بسیار مهم است، به طوری که تصمیم‌گیری در مورد طرح‌های کشاورزی بدون توجه به عدم حتمیت موجب بروز مشکلات فراوانی برای کشاورزان و مدیران اجرایی می‌شود (Mardani et al., 2011).

در زمینه تعیین الگوی بهینه زراعی و همچنین مدیریت منابع آب در شرایط عدم قطعیت، مطالعات گوناگونی انجام

حل مسائل تخصیص منابع آب تلفیقی سطحی (رودخانه) و زیرزمینی بین سه محصول یونجه، سیب‌زمینی و گندم به‌کار بردند و نتایج نشان می‌دهند به منابع آب زیرزمینی تنها باید به‌عنوان مکمل در زمانی توجه شود که منابع آب سطحی تقاضای کشاورزان را تأمین نمی‌کند و تمرکز بهره‌برداری باید بر منابع آب سطحی باشد. برای حفظ تعادل منابع آب زیرزمینی باید مقداری از آب برداشتی به زمین تزریق شود که به افزایش هزینه بهره‌برداری از منابع زیرزمینی منجر می‌شود. در زمینه موضوع مدیریت منابع آب تحت شرایط نبود حتمیت با استفاده از مدل‌های برنامه‌ریزی ریاضی مطالعات بسیاری در خارج از کشور صورت گرفته است که از آن جمله می‌توان به مطالعه (XU & Qin, 2010)، Li et al. (2011)، Zhang et al. (2011)، Tan et al. (2011)، Huang et al. (2012)، Chen et al. (2012)، Guo et al. (2010)، Fan et al. (2012) و Wang & Huang (2011) اشاره کرد.

بخش کشاورزی در شهرستان اسفراین واقع در استان خراسان شمالی، اهمیت و جایگاه ویژه‌ای دارد و از فعالیت‌های اصلی اقتصادی این منطقه به‌شمار می‌رود. میانگین سطح زیر کشت محصولات زراعی آبی و دیم این شهرستان حدود ۳۹ هزار هکتار و متوسط تولید این محصولات حدود ۱۰۰ هزار تن است (Agriculture- Jehad of Northern Khorasan, 2012)، اما کشاورزی در این منطقه به‌دلیل استفاده کشاورزان از الگوی کشتی که براساس تجربه در منطقه حکمفرما بود، همواره در سطح پایینی از لحاظ سودآوری و رفاهی قرار داشته است. همچنین، برداشت بی‌رویه از سفره‌های آب زیرزمینی، موجب نشست زمین، ممنوع‌شدن استفاده از دشت‌ها و شور یا خشک‌شدن چاه‌ها شده است که در برخی موارد بیکاری کشاورزان را نیز در پی داشته است؛ بنابراین، با توجه به مطالب ذکرشده، تهیه الگوی بهینه کشت برای انجام‌دادن عملیات زراعی ضروری به‌نظر می‌رسد. در نتیجه، هدف مطالعه حاضر تعیین الگوی بهینه زراعی این منطقه با در نظر گرفتن شرایط عدم قطعیت و با توجه به محدودیت منابع آب است.

مواد و روش‌ها

مدل‌های برنامه‌ریزی ریاضی می‌تواند ابزار مناسبی برای تعیین الگوی کشت باشد، اما بی‌توجهی به ریسک در مدل‌های کلاسیک برنامه‌ریزی ریاضی مزرعه، اغلب موجب نتایج غیر قابل قبولی شده است و سیاست‌گذاری براساس نتایج را با مشکل

کسری در بازه برنامه‌ریزی بازه‌های کسری خاکستری قرار گرفته و نسبت به الگوی کشت فعلی بهبود یافته است. همچنین، سطح زیر کشت فعلی گندم در بازه الگوی کشت پایدار قرار دارد.

Sabouhi & Mardani (2011) در مطالعه‌ای به بررسی تأثیر عامل بارندگی بر الگوی کشت و درآمد ناخالص کل در شرایط عدم حتمیت برای شبکه آبیاری سمت راست سد انحرافی نکوآباد پرداختند. نتایج نشان داد در شرایط ثابت با افزایش احتمال انحراف هر محدودیت از کران خود (کاهش عدم حتمیت)، درآمد ناخالص کل افزایش می‌یابد. Mortazavi et al. (2011) در پژوهشی به تعیین الگوی بهینه کشت و بازارگرایی در شرایط نبود قطعیت آب‌وهوایی در دشت ارژن استان فارس پرداختند. نتایج تحقیق نشان داد در کوتاه‌مدت و در صورت وجود اطلاعات آب و هوایی کامل و درست در زمان تصمیم‌گیری، مدل‌های برنامه‌ریزی قطعی، دامنه‌ای از بازده‌های برنامه‌ای را به‌دست می‌دهند که در آن منطقه از حالت خریدار خالص‌بودن به فروشنده خالص‌بودن تغییر وضعیت می‌دهد. XieTing et al. (2010)، به‌منظور مدیریت منابع آب کشاورزی لیانگ ژو، استان گانسو (در شمال غرب چین) با استفاده از برنامه‌ریزی خطی چندمنظوره فازی^۱ به برنامه‌ریزی کشت بهینه منطقه پرداختند. نتایج تحقیق نشان داد راه‌حل‌های ارائه‌شده توسط برنامه‌ریزی خطی چندمنظوره فازی در مقایسه با برنامه‌ریزی خطی چندمنظوره می‌تواند رضایت بیشتری در تصمیم‌گیران با در نظر گرفتن اولویت‌های مدیریت در برنامه ایجاد کند و در برنامه‌ریزی و ارائه راه‌حل‌های جایگزین برای پشتیبانی تصمیم‌گیری بهتر استفاده شود. Kaur et al. (2010) به‌منظور حداکثر کردن درآمد خالص و صرفه‌جویی در مصرف آب، به تعیین الگوی بهینه کشت با استفاده از الگوی برنامه‌ریزی خطی در پنجاب پرداختند و به این نتیجه رسیدند که استفاده از محصولات جدید مانند پنبه در الگوی کشت، درآمد را حدود ۴ درصد افزایش می‌دهد و ۲۶/۵۵ درصد موجب صرفه‌جویی در مصرف آب می‌شود. Li et al. (2009) برای مدیریت و تخصیص منابع آب، مدل برنامه‌ریزی فازی- تصادفی چندمرحله‌ای را استفاده کردند. آن‌ها پس از تجزیه و تحلیل مجموعه‌های چندفازی، راه‌حل‌ها را با یک مجموعه سطوح برش α به یک‌سری زیر مدل‌های قطعی تبدیل کردند. نتایج به‌کارگیری این شیوه کمک به طراحی سیاست‌های مدیریت منابع آب تحت شرایط نبود حتمیت بود. آن‌ها روش برنامه‌ریزی تصادفی را برای

متغیرهای r, q, p به ترتیب بیانگر حد نوسان بالا، محتمل ترین مقدار و حد نوسان پایین مربوط به مجموعه فازی هستند.

بنابراین، $\tilde{A}^L = (p, q, r)$ و توابع عضویت $\mu_{\tilde{A}^U}(x)$ عبارت است از:

$$\mu_{\tilde{A}^U}(x) = \begin{cases} (x - e)/(q - e), & e \leq x \leq q \\ (h - x)/(h - q), & q \leq x \leq h \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases}$$

بنابراین، $\tilde{A}^U = (e, q, h)$ و $e < p < q < r < h$.
 بنابراین، $\tilde{A}^U = (e, q, h)$ و $e < p < q < r < h$.
 پس مجموعه فازی $i-v$ به صورت $\tilde{A} \triangleq \left\{ \left(X, [\mu_{\tilde{A}^L}(x), \mu_{\tilde{A}^U}(x)] \right) \right\}, x \in \mathbb{R}$ است و می توان آن را به صورت زیر نمایش داد:

$$\tilde{A} = [(p, q, r), (e, q, h)] = [\tilde{A}^L, \tilde{A}^U]$$

برش آلفای مجموعه فازی $\tilde{A} = (p, q, r)$ به ازای $0 \leq \alpha \leq 1$ به صورت $A(\alpha) = [A^L(\alpha), A^U(\alpha)]$ است. در واقع، مقدار سمت چپ آلفا برش $A^L(\alpha) = p + (q - p)\alpha$ و مقدار سمت راست آلفا برش $A^U(\alpha) = r - (r - q)\alpha$ است (شکل ۱)؛ بنابراین، آلفا برش مجموعه فازی \tilde{A} به صورت $A(\alpha) = [A^L(\alpha), A^U(\alpha)]$ است.

به طور مشابه برای مجموعه فازی با ارزش بازه ای $\tilde{A} = [(p, q, r), (e, q, h)]$ ، نقاط سمت راست و چپ برش آلفای مجموعه \tilde{A} به صورت زیر در شکل ۲ است:

$$\begin{aligned} A_l^L(\alpha) &= p + (q - p)\alpha, & A_r^L(\alpha) &= r - (r - q)\alpha \\ A_l^U(\alpha) &= e + (q - e)\alpha, & A_r^U(\alpha) &= h - (h - q)\alpha \end{aligned}$$

بنابراین، با استفاده از روش آلفا برش، مجموعه فازی به تعداد نامحدودی بازه های بسته تبدیل می شود، به طوری که تمام اطلاعات فازی می توانند در عملیات بهینه سازی وارد شوند (Lu et al., 2009).

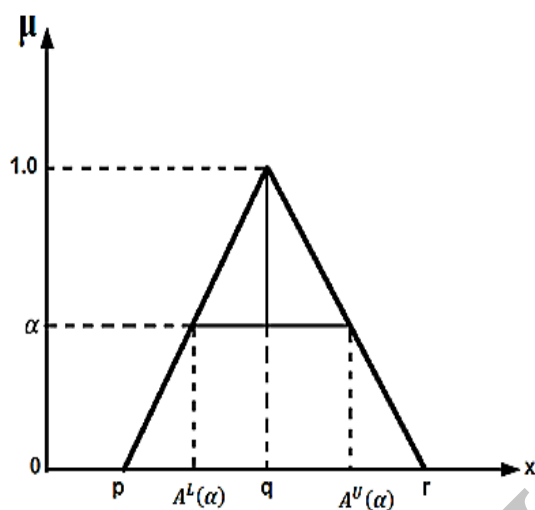
مواجه می سازد. به منظور رفع این مشکل و توجه به عامل ریسک در برنامه بهینه مزرعه، مدل های متعددی ارائه شده است که از جمله این رهیافت ها، نظریه فازی و بازه ای است. مدل برنامه ریزی فازی به دلیل اینکه امکان دخالت داده های غیر دقیق و مبهم را در پارامترهای مدل به تصمیم گیرندگان می دهد، نسبت به مدل های کلاسیک برنامه ریزی ریاضی برای استفاده در مسائل بهینه سازی الگوی کشت محصولات کشاورزی دارای کاربرد و انعطاف پذیری بیشتری است و نتایج قابل اعتمادتری ارائه می دهد (Biswas & Baranpal, 2004). یکی دیگر از روش هایی که می توان به کمک آن مقادیر نادقیق ناشی از شرایط ریسک و نبود قطعیت را در ضرایب تابع هدف و ضرایب فنی و مقادیر سمت راست قیود و محدودیت های مسئله وارد کرد، منطق بازه ای است (Sengupta, 2001). از این رو، در این مطالعه سعی بر آن است تا با به کارگیری رهیافت فازی با ارزش بازه ای (IVFLP: interval-valued fuzzy linear programming)، مدلی با قابلیت بالاتر برای لحاظ کردن نبود قطعیت ارائه شود تا از این طریق تمام اطلاعات نادقیق و فازی در فرایند بهینه سازی انتقال داده شود.

مجموعه فازی با ارزش بازه ای \tilde{A} (مجموعه فازی $i-v$ روی \mathbb{R} با $\tilde{A} \triangleq \left\{ \left(X, [\mu_{\tilde{A}^L}(x), \mu_{\tilde{A}^U}(x)] \right) \right\}$ نشان داده می شود $(x \in \mathbb{R})$. وقتی $\mu_{\tilde{A}^L}(x), \mu_{\tilde{A}^U}(x) \in [0, 1]$ و $\mu_{\tilde{A}^L}(x) \leq \mu_{\tilde{A}^U}(x)$ ($\forall x \in \mathbb{R}$)، مجموعه فازی $i-v$ به صورت $\tilde{A} = [\tilde{A}^L, \tilde{A}^U]$ نمایش داده می شود (Gorzalezang, 1987).

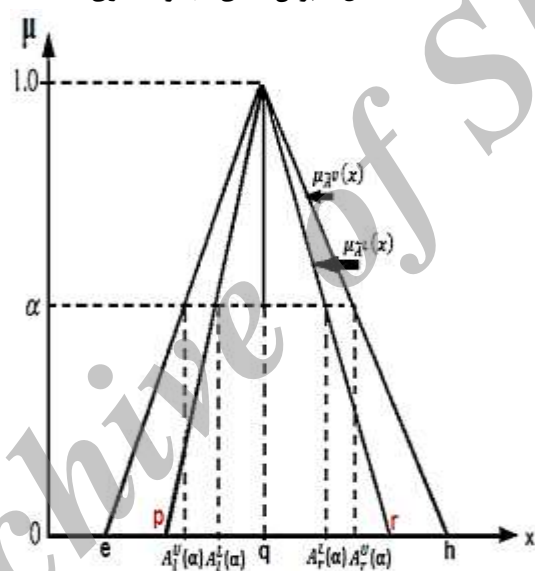
یعنی درجه عضویت x متعلق به بازه $[\mu_{\tilde{A}^L}(x), \mu_{\tilde{A}^U}(x)]$ است. در این بازه، $\mu_{\tilde{A}^L}(x)$ کمترین درجه عضویت x و $\mu_{\tilde{A}^U}(x)$ بزرگترین درجه عضویت x است.

توابع عضویت $\mu_{\tilde{A}^L}(x)$ به صورت زیر است:

$$\mu_{\tilde{A}^L}(x) = \begin{cases} (x - p)/(q - p), & p \leq x \leq q \\ (r - x)/(r - q), & q \leq x \leq r \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases}$$



شکل ۱. برش آلفای مجموعه فازی



شکل ۲. برش آلفای مجموعه فازی با ارزش بازه‌ای (\tilde{A}^\pm)

بازه‌ای تبدیل می‌شود که با استفاده از روش حل برنامه‌ریزی بازه‌ای و طبق روش تانگ شوچنگ، به صورت زیر قابل برآورد است. براساس روش تانگ شوچنگ، حد بالای تابع هدف و متغیر تصمیم (X^+) از حل رابطه ۳ به دست می‌آید:

$$Max \bar{Z} = \sum_{i=1}^n \bar{c}_i x_i \quad (3)$$

$$s.t. \sum_{j=1}^n a_{ij} x_j \leq \bar{b}_i \quad i = 1, 2, \dots, m$$

با حل رابطه ۴ نیز حد پایین تابع هدف و متغیر تصمیم (X^-) به دست می‌آید:

$$Max \underline{Z} = \sum_{i=1}^n \underline{c}_i x_i \quad (4)$$

در برنامه‌ریزی خطی فازی با ارزش بازه‌ای (IVFLP)، دو تابع عضویت با هم و به صورت مشترک، اطلاعات هر یک از پارامترهای فازی را نشان می‌دهند. حد پایین درجات عضویت، از تابع عضویتی حاصل شد که در داخل تابع عضویت دیگر - که توسط حد بالایی درجات عضویت شکل گرفته - قرار گرفته است؛ به عبارت دیگر، تابع عضویت داخلی نشانگر وضعیتی است که تمام درجات عضویت، محافظه کارترین مقادیر خود را اختیار کرده‌اند و برعکس، تابع بیرونی مربوط به وضعیتی است که درجات عضویت برابر با خوش‌بینانه‌ترین مقادیر خود هستند (Lu et al., 2011).

با اعمال هر برش آلفا روی توابع عضویت، مدل برنامه‌ریزی خطی فازی با ارزش بازه‌ای (IVFLP) به دو مدل برنامه‌ریزی خطی

(شرایط بدبینانه) نیز عکس این موضوع صادق است. مدل تجربی در مطالعه حاضر با به کارگیری برنامه ریزی فازی با ارزش بازه‌ای، به صورت رابطه ۶ است که در این رابطه محدودیت‌های اول تا هشتم، به عنوان قیود مسئله با هدف حداکثر کردن سود ناخالص کل وارد مدل شدند.

$$\text{Maxf}^{\pm} = \sum_{j=1}^{14} c_j^{\pm} x_j^{\pm} \quad (۶)$$

Subject to

$$\sum x_j^{\pm} \leq \text{Land}_1^{\pm} \quad j = 1, 10, 11$$

$$\sum x_j^{\pm} \leq \text{Land}_2^{\pm} \quad j \neq 2$$

$$\sum x_j^{\pm} \leq \text{Land}_3^{\pm} \quad j \neq 1, 10, 11$$

$$\sum ca_j^{\pm} x_j^{\pm} \leq \text{Capital}^{\pm} \quad j = 1, \dots, 14$$

$$\sum \tilde{w}_j^{\pm} x_j^{\pm} \leq \tilde{\text{Water}}^{\pm} \quad j = 1, \dots, 14$$

$$\sum l_{W_j}^{\pm} x_j^{\pm} \leq \text{Labour}_W^{\pm} \quad j \neq 2, 5, 10, 11$$

$$\sum l_{H_j}^{\pm} x_j^{\pm} \leq \text{Labour}_H^{\pm} \quad j = 1, 3, 4, 6, 7, 8, 9$$

$$x_j^{\pm} \geq 0 \quad j = 1, \dots, 14$$

همان گونه در فرم کلی مدل (رابطه ۶) مشاهده می‌شود، تمامی پارامترهای موجود در مدل، شامل ضرایب تابع هدف، ضرایب فنی و مقادیر سمت راست، به صورت بازه‌ای « \pm » یا به صورت مجموعه‌های فازی با ارزش بازه‌ای « $\tilde{\pm}$ » در نظر گرفته شدند و از این طریق نبود قطعیت در تمامی پارامترهای مربوط به الگوی کشت در مدل وارد شد. C_j^{\pm} معرف مقادیر حداکثر و حداقل بازده برنامه‌های مربوط به کشت یک هکتار از هر یک از محصولات الگو (برحسب هزار تومان) است. ردیف‌های ۱، ۲ و ۳ در رابطه ۶، مربوط به محدودیت زمین در سه دوره است که با توجه به تاریخ کشت محصولات، در هر دوره امکان کشت برخی از آن‌ها وجود دارد. در دوره اول، امکان کشت زیره سبز، گندم و جو، در دوره دوم امکان کشت تمامی محصولات موجود در الگو به جز ذرت علوفه‌ای و در دوره سوم نیز امکان کشت تمامی محصولات به جز زیره سبز، گندم و جو، وجود دارد. مقدار سمت راست این محدودیت‌ها معرف حد بالا و پایین مقدار کل در دسترس از منبع محدود زمین (برحسب هکتار) است. محدودیت‌های ۴ و ۵ به ترتیب مربوط به سرمایه و آب است و مقادیر سمت راست هر یک از این نامعادلات بیانگر حداکثر و حداقل میزان در دسترس از هر یک از منابع محدود سرمایه (هزار تومان) و آب (برحسب متر مکعب) است. محدودیت‌های ۶ و ۷ به ترتیب محدودیت نیروی کار زن در هر مرحله از وجین و برداشت است و مقادیر سمت راست

$$st. \sum_{j=1}^n \bar{a}_{ij} x_j \leq \bar{b}_i \quad i = 1, 2, \dots, m$$

نمادهای « $\bar{}$ » و « $\tilde{}$ » به ترتیب نشانگر حدود پایین و بالای بازه مربوط به هر یک از پارامترهای موجود در رابطه‌های ۳ و ۴ است. پارامتر Z در رابطه‌های بالا، معرف بازده برنامه‌های کل، x_j متغیرهای تصمیم (فعالیت‌های تولید محصولات)، C_j بازده برنامه‌ای هر واحد فعالیت، a_{ij} ضرایب فنی (مقدار مورد نیاز از منبع \bar{a}_m برای تولید هر واحد از فعالیت \bar{a}_m) و \bar{b}_i معرف مقادیر سمت راست محدودیت‌ها (مقدار کل نهاده یا منبع در دسترس) است.

اما موضوع مهم در زمینه مدل (IVFLP) این است که تابع عضویت به صورت یک بازه است؛ یعنی $\mu_A^{\pm}(x) \triangleq [\mu_A^{\pm}(x), \mu_A^{\pm}(x)]$ که $\mu_A^{\pm}: x \rightarrow [0, 1]$ و $\mu_A^{\pm}: x \rightarrow [0, 1]$ به صورتی که:

$$0 \leq \mu_A^{\pm}(x) \leq \mu_A^{\pm}(x) \leq 1, \forall x \in X$$

بنابراین، عملیات تجزیه (آلفا برش) روی این مجموعه‌ها نباید مثل مجموعه‌های فازی معمولی، به صورت برش خطی انجام گیرد، بلکه باید به صورت برش بازه‌ای (interval cut) صورت گیرد.

$$\alpha = [\alpha^l, \alpha^u] \in [0, 1] \text{ : (GUO, 2001)}$$

یک مدل برنامه ریزی خطی فازی با ارزش بازه‌ای (IVFLP) که در آن پارامترهای فازی با ارزش بازه‌ای به طور همزمان با مجموعه‌ای از پارامترهای بازه‌ای وجود دارند، به صورت زیر فرمول بندی می‌شود (Lu et al., 2010):

$$\text{Maxf}^{\pm} = c^{\pm} x^{\pm} \quad (۵)$$

$$\text{Subject to}$$

$$\tilde{A}^{\pm} x^{\pm} \leq \tilde{B}^{\pm}$$

علامت « $\tilde{\pm}$ » ویژه مقادیر بازه‌ای است. علامت « $\tilde{\pm}$ » معرف مجموعه‌های فازی با تابع عضویت فازی با ارزش بازه‌ای است. مثلاً \tilde{A}^{\pm} نشانگر مجموعه فازی \tilde{A} است که یک تابع عضویت فازی با ارزش بازه‌ای دارد.

برآورد نتایج دو رابطه حد بالا و پایین، نشانگر در نظر گرفتن شرایط خوش بینانه و بدبینانه برای برآورد مدل است. در واقع، حد بالای مدل با در نظر گرفتن شرایط خوش بینانه برآورد می‌شود و در چنین شرایطی حد بالای تابع هدف (سود) و متغیرهای تصمیم به دست می‌آید. این حد بالای سود از بیشترین مقدار در دسترس از منابع محدود (b_i) و کمترین مقدار نیاز محصولات از این منابع (a_{ij}) حاصل می‌شود که بیانگر همان شرایط خوش بینانه است. در رابطه حد پایین مدل

نتایج برآورد مدل برنامه‌ریزی فازی با ارزش بازه‌ای برای گروه همگن کوچک‌تر از شش هکتار در جدول ۱ نشان داده می‌شود. همان‌گونه که ملاحظه می‌شود، در بهترین و خوش‌بینانه‌ترین شرایط موجود (بالاترین میزان در دسترس از منابع محدود، پایین‌ترین نیاز محصولات از منابع محدودکننده تولید و بالاترین میزان بازده کشت محصولات)، الگوی بهینه کشت شامل محصولات ذرت علوفه‌ای، لوبیا قرمز و گندم است. میزان سود سیستم در این شرایط خوش‌بینانه با کاهش میزان نبود قطعیت در منابع آب، افزایش می‌یابد؛ یعنی با کوچک‌تر شدن بازه آلفا برش که به کاهش ریسک موجود در منابع آبی نیز می‌انجامد، سود الگوی بهینه کشت نیز افزایش می‌یابد. در واقع، با در نظر گرفتن شرایط خوش‌بینانه برای تمام پارامترهای موجود در مدل (اعم از ضرایب تابع هدف و مقادیر پارامترهای سایر محدودیت‌های دیگر)، اگر میزان ریسک موجود در محدودیت منابع آب کاهش یابد، میزان سود حاصل از سیستم افزایش می‌یابد. به‌صورتی که در $\alpha = [0, 1]$ مقدار سود الگو حدود ۲۰ میلیون تومان است و به تدریج با کوچک‌تر شدن بازه آلفا برش (کاهش ریسک موجود در منابع آب)، مقدار سود افزایش می‌یابد و سرانجام در $[0, 7/10]$ و $[0, 4/10]$ به حدود ۲۴ میلیون تومان می‌رسد.

نتایج برآورد مدل‌ها در محافظه‌کارترین و بدترین شرایط (یعنی کمترین میزان در دسترس از منابع محدود و بالاترین میزان نیاز محصولات از این منابع محدودکننده که بیانگر حد پایین مدل است) نشان می‌دهد با کوچک‌تر شدن بازه آلفا برش که در واقع همان کاهش ریسک منابع آبی است، همانند شرایط خوش‌بینانه، سود الگوی کشت افزایش می‌یابد (شکل ۳). به‌طوری که در شرایط محافظه‌کارانه به ازای $\alpha = [0, 1]$ ، مقدار سود الگو حدود ۳/۸ میلیون تومان است و به تدریج با کوچک‌تر شدن بازه آلفا برش (کاهش ریسک موجود در منابع آب)، مقدار سود افزایش می‌یابد و سرانجام در $[0, 7/10]$ و $[0, 4/10]$ ، میزان سود الگو به حدود ۶/۱ میلیون تومان می‌رسد.

شکل ۳، حد بالا و پایین سود الگوی بهینه کشت را نشان می‌دهد که به ترتیب از برآورد مدل در شرایط خوش‌بینانه و محافظه‌کارانه تحت سطوح مختلف بازه‌های آلفا برش، با استفاده از بسته نرم‌افزاری Lingo 14 برای هر یک از گروه‌های همگن تعیین شد.

مربوط به این دو محدودیت، معرف کمترین و بیشترین نیروی انسانی زن موجود (برحسب نفر روز) در هر مرحله از وجین و برداشت است. ردیف ۸ نیز محدودیت غیر منفی بودن متغیرهای تصمیم (سطح زیر کشت محصولات زراعی) است. هریک از نمادهای $l_{H_j}^{\pm}$ ، $l_{W_j}^{\pm}$ ، w_j^{\pm} ، ca_j^{\pm} به ترتیب معرف حداقل و حداکثر مقدار نیاز یک هکتار از محصولات زراعی موجود در الگو، از منابع محدود سرمایه، آب و نیروی کار برای وجین و برداشت است. علامت « \sim^{\pm} » در محدودیت ۵ بیانگر آن است که پارامترهای میزان کل آب در دسترس و نیاز آبی هر هکتار از محصولات موجود در الگو به صورت مجموعه‌های فازی با ارزش بازه‌ای هستند. در واقع، می‌توان گفت نبود قطعیت مربوط به محدودیت آب به صورت مجموعه‌های فازی با توابع عضویت فازی با ارزش بازه‌ای و نبود قطعیت در سایر داده‌ها و پارامترهای مربوط به الگوی کشت به صورت بازه‌ای در مدل وارد شدند.

آمار و اطلاعات پژوهش از طریق جمع‌آوری ۱۲۸ پرسشنامه و مصاحبه حضوری با کشاورزان شهرستان اسفراین که از آب چاه برای آبیاری مزارع خود استفاده می‌کنند و محدودیت عمده و اصلی آن‌ها، آب است، به صورت نمونه‌گیری تصادفی ساده در سال زراعی ۱۳۹۱-۱۳۹۲ تهیه شد.

الگوی کشت فعلی منطقه برای بهره‌برداران مذکور، شامل محصولات زیره سبز، ذرت علوفه‌ای، کنجد، جaro، یونجه آبی، آفتابگردان، لوبیا قرمز، چغندر قند، پنبه، گندم، جو، هندوانه دانه‌ای، هندوانه میوه‌ای و خربزه است که به ترتیب با شماره‌های ۱ تا ۱۴ به عنوان متغیرهای تصمیم در رابطه بالا استفاده شدند.

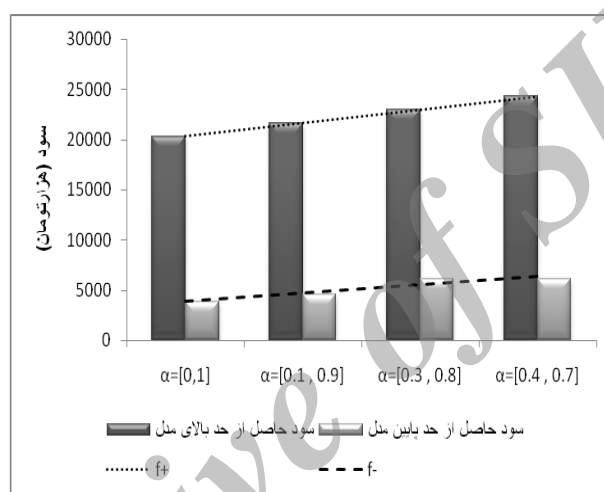
نتایج و بحث

برای تعیین الگوی کشت بهینه شهرستان اسفراین، ابتدا بهره‌برداران نمونه براساس روش متوسط منابع، به دو گروه همگن کمتر از شش هکتار (با ۶۲ بهره‌بردار نمونه) و بیشتر از شش هکتار (با ۶۶ بهره‌بردار نمونه) تقسیم‌بندی شدند. سپس الگوی کشت براساس مدل برنامه‌ریزی فازی با ارزش بازه‌ای تحت سطوح مختلف بازه‌های آلفا برش، با استفاده از بسته نرم‌افزاری Lingo 14 برای هر یک از گروه‌های همگن تعیین شد.

جدول ۱. نتایج حل مدل برنامه‌ریزی خطی فازی با ارزش بازه‌ای (گروه همگن کوچک‌تر از شش هکتار)

$\alpha = [0.1, 0.7]$	$\alpha = [0.3, 0.8]$	$\alpha = [0.1, 0.9]$	$\alpha = [0.1, 0.9]$	بازده (هزار تومان)	بازة آلفا برش
۲۴۳۰۹/۰۸	۲۲۹۶۵	۲۱۶۴۳/۳۴	۲۰۳۴۳/۵۴		
۱/۴۸	۱/۰۲	۰/۵۷	۰/۱۲		حد بالای ذرت علوفه‌ای (ha)
۳/۵۱	۳/۹۸	۴/۴۳	۴/۸۸		مدل لوبیا قرمز (ha)
۱/۴۸	۱/۰۲	۰/۵۷	۰/۱۲		گندم (ha)
۶۱۰۰	۶۱۰۰	۴۵۱۷/۰۴	۳۸۰۰		بازده (هزار تومان)
۱	۱	۰/۳۴	۰		حد پایین ذرت علوفه‌ای (ha)
۰	۰	۰/۶۶	۱		مدل لوبیا قرمز (ha)
۱	۱	۰/۳۴	۰		گندم (ha)

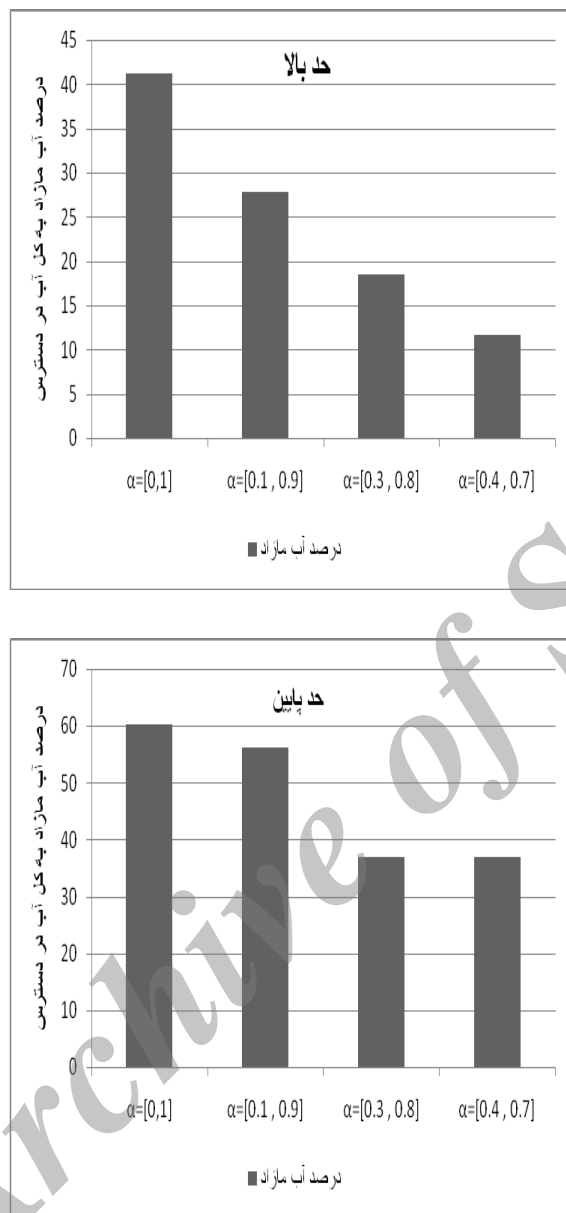
مأخذ: یافته‌های تحقیق



شکل ۳. سود الگوی کشت (برنامه‌ریزی فازی خطی با ارزش بازه‌ای) تحت سناریوهای مختلف (گروه همگن کوچک‌تر از شش هکتار)

مربوط به بازه آلفا برش، با مازاد آب در دسترس مواجه‌ایم؛ بنابراین، استفاده از الگوهای کشت پیشنهادی ضمن افزایش مقدار سود نسبت به الگوی کشت فعلی، مقدار استفاده از آب را نیز به صورت شایان توجهی کاهش می‌دهد. در شرایط محافظه‌کارانه، آب مازاد از حدود ۶۰ درصد (مربوط به سطح برش $\alpha = [0.1, 0.7]$) به حدود ۳۷ درصد (مربوط به سطح برش $\alpha = [0.1, 0.7]$ و $\alpha = [0.4, 0.7]$) کاهش یافته است؛ به دلیل آنکه سطح زیر کشت پیشنهادی برای محصولات در سناریوهای مختلف، کم (بین ۱ تا ۲ هکتار) است؛ بنابراین، مقدار آب مازاد از کل آب در دسترس، نسبت به شرایط خوش‌بینانه بیشتر است. همچنین، به دلیل اینکه با کاهش نبود قطعیت در منابع آب (یعنی $\alpha = [0.1, 0.8]$ و $\alpha = [0.3, 0.8]$ و $\alpha = [0.1, 0.7]$ و $\alpha = [0.4, 0.7]$)، سطح زیر کشت ذرت علوفه‌ای (که دارای نیاز آبی بالاتر نسبت به سایر محصولات پیشنهادی است) افزایش یافته است، مقدار آب مازاد نیز نسبت به سناریوهای دیگر (یعنی بازه آلفا برش $\alpha = [0.1, 0.7]$ و $\alpha = [0.1, 0.9]$) کاهش یافته است.

شکل ۴ نشانگر درصد آب مازاد الگوی بهینه کشت در شرایط خوش‌بینانه (حد بالای مدل) و شرایط محافظه‌کارانه (حد پایین مدل) برای گروه همگن کوچک‌تر از شش هکتار است. در شرایط خوش‌بینانه و محافظه‌کارانه با کوچک‌تر شدن بازه آلفا برش، درصد آب مازاد از کل آب در دسترس کاهش می‌یابد. در شرایط خوش‌بینانه، آب مازاد از حدود ۴۱ درصد (مربوط به سطح برش $\alpha = [0.1, 0.7]$) به حدود ۱۱ درصد (مربوط به سطح برش $\alpha = [0.1, 0.7]$ و $\alpha = [0.4, 0.7]$) کاهش یافته است. بدیهی است در $\alpha = [0.1, 0.7]$ با سطح زیر کشت بالاتر برای لوبیا قرمز که نیاز آبی کمتری نسبت به محصول ذرت علوفه‌ای دارد و همچنین نسبت به آب ریسک‌پذیری بالایی دارد، مقدار آب مازاد، بیشتر از سناریوهای دیگر است و به تدریج با کاهش سطح زیر کشت پیشنهادی برای لوبیا قرمز و افزایش سطح زیر کشت ذرت علوفه‌ای در سطوح دیگر بازه آلفا برش (یعنی $\alpha = [0.1, 0.9]$ و $\alpha = [0.3, 0.8]$ و $\alpha = [0.1, 0.7]$ و $\alpha = [0.4, 0.7]$) مقدار آب مازاد کاهش می‌یابد، اما به طور کلی در تمامی سناریوهای



شکل ۴. درصد آب مازاد الگوی بهینه کشت در شرایط خوش بینانه و محافظه کارانه (گروه کوچک تر از شش هکتار)

در نظر گرفتن شرایط خوش بینانه برای تمام پارامترهای موجود در مدل (اعم از ضرایب تابع هدف و مقادیر پارامترهای سایر محدودیت‌های دیگر)، اگر میزان ریسک موجود در محدودیت منابع آب کاهش یابد، میزان سود سیستم افزایش می‌یابد. به صورتی که در $\alpha=[0,1]$ مقدار سود الگو حدود ۳۸/۷ میلیون تومان است و به تدریج با کوچک تر شدن بازه آلفا برش (کاهش ریسک موجود در منابع آب)، مقدار سود افزایش می‌یابد و سرانجام در $\alpha=[0,1/4]$ به حدود ۴۳/۱ میلیون تومان می‌رسد. همراه با کاهش نبود قطعیت در محدودیت مربوط به آب، سطح زیر کشت محصول زیره سبز کاهش

جدول ۲ نتایج برآورد مدل برنامه ریزی فازی با ارزش بازه‌ای برای گروه همگن بزرگ تر از شش هکتار را نشان می‌دهد. اطلاعات این جدول نشانگر آن است که در بهترین و خوش بینانه ترین شرایط موجود، الگوی بهینه کشت شامل محصولات زیره سبز، ذرت علوفه‌ای، لوبیا قرمز و گندم است. میزان سود الگوی کشت در این شرایط خوش بینانه با کاهش میزان نبود قطعیت در منابع آب افزایش می‌یابد؛ یعنی با کوچک تر شدن بازه آلفا برش که به کاهش ریسک موجود در منابع آبی نیز می‌انجامد، سود الگوی بهینه کشت نیز افزایش پیدا می‌کند. در واقع، با

سود الگوی کشت افزایش می‌یابد، به طوری که در شرایط محافظه‌کارانه به ازای $\alpha = [0.1]$ مقدار سود الگو حدود ۱۶/۶ میلیون تومان است و به تدریج با کوچک‌تر شدن بازه آلفا برش (کاهش ریسک موجود در منابع آب)، مقدار سود افزایش می‌یابد و سرانجام در $\alpha = [0.7]$ و $\alpha = [0.4]$ میزان سود الگو به حدود ۲۰/۴ میلیون تومان می‌رسد. در این شرایط محافظه‌کارانه، محصولات لوبیا قرمز و ذرت علوفه‌ای، محصولات اقتصادی برای کشت هستند.

می‌یابد؛ یعنی محصول زیره سبز در شرایط ریسک بیشتر مربوط به آب ($\alpha = [0.1]$) مقاوم‌تر است و این محصول برای کشت در شرایطی که با ریسک زیاد آبی مواجه‌ایم، مناسب و اقتصادی است و تحت چنین شرایطی باید سطح زیر کشت این محصول، بیشتر از شرایط ایده‌آل از نظر آبی باشد. نتایج برآورد مدل‌ها در محافظه‌کارترین و بدترین شرایط نشان می‌دهد با کوچک‌تر شدن بازه آلفا برش که در واقع همان کاهش ریسک منابع آبی است، همانند شرایط خوش‌بینانه،

جدول ۲. نتایج حل مدل برنامه‌ریزی خطی فازی با ارزش بازه‌ای (گروه همگن بزرگ‌تر از شش هکتار)

بازه آلفا برش	$\alpha = [0.1]$	$\alpha = [0.1/0.9]$	$\alpha = [0.3/0.8]$	$\alpha = [0.4/0.7]$
بازده (هزار تومان)	۳۸۷۰۴/۵۳	۴۰۲۵۳/۵۵	۴۱۷۵۸/۴۸	۴۳۱۸۴/۱۵
زیره سبز (ha)	۰/۶۱	۰	۰	۰
ذرت علوفه‌ای (ha)	۰	۰	۰/۰۷	۰/۴۲
لوبیا قرمز (ha)	۸/۸۸	۹/۵۴	۹/۵۴	۹/۵۴
گندم (ha)	۰	۰/۶۲	۰/۴۶	۰/۴۶
بازده (هزار تومان)	۱۶۶۷۶/۴۷	۱۷۷۳۶/۹۶	۱۹۵۴۳/۸۴	۲۰۴۶۱/۸۸
ذرت علوفه‌ای (ha)	۱/۰۳	۱/۳۸	۲/۵۲	۳/۱
لوبیا قرمز (ha)	۳/۷۶	۳/۷۳	۳/۱۴	۲/۸۴

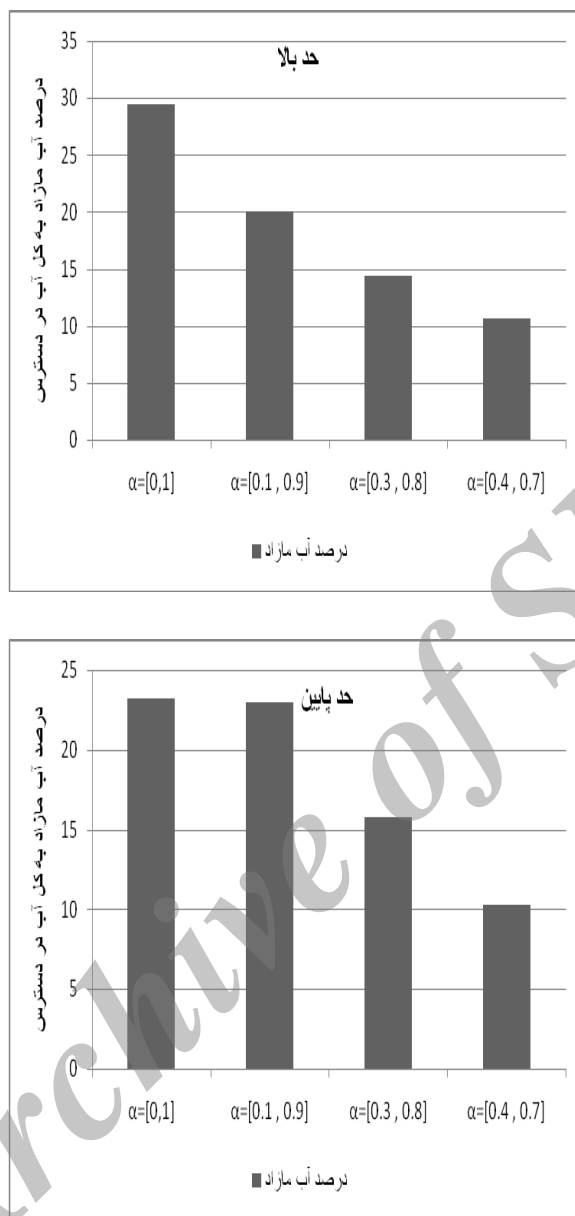
مأخذ: یافته‌های تحقیق

فعلی، مقدار استفاده از آب را نیز کاهش می‌دهد. در شرایط محافظه‌کارانه، آب مازاد از حدود ۲۳ درصد (مربوط به سطح برش $\alpha = [0.1]$) به حدود ۱۰ درصد (مربوط به سطح برش $\alpha = [0.7]$ و $\alpha = [0.4]$) کاهش یافت. دلیل این کاهش در آب مازاد نیز افزایش سطح زیر کشت ذرت علوفه‌ای و کاهش سطح زیر کشت لوبیا قرمز، همراه با کوچک‌تر شدن بازه آلفا برش است.

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

در مطالعه حاضر، با استفاده از روش برنامه‌ریزی فازی با ارزش بازه‌ای، الگوی بهینه زراعی برای گروه‌های همگن کوچک‌تر و بزرگ‌تر از شش هکتار در شهرستان اسفراین تعیین شد. با توجه به اینکه محدودیت اصلی بهره‌برداران نمونه، محدودیت آب است، در مدل تجربی الگوی کشت، پارامترهای مرتبط با محدودیت آب، به صورت مجموعه‌های فازی با ارزش بازه‌ای وارد شد. استفاده از برش‌های نامحدود آلفا، موجب انتقال تمامی اطلاعات نادقیق و فازی در فرایند بهینه‌سازی شد و برآورد مدل‌ها با لحاظ شرایط خوش‌بینانه و محافظه‌کارانه برای تمام پارامترهای موجود در الگو صورت گرفت.

شکل ۵ نشانگر درصد مازاد الگوی بهینه کشت در شرایط خوش‌بینانه (حد بالای مدل) و شرایط محافظه‌کارانه (حد پایین مدل) برای گروه همگن بزرگ‌تر از شش هکتار است. در شرایط خوش‌بینانه و محافظه‌کارانه با کوچک‌تر شدن بازه آلفا برش، درصد آب مازاد از کل آب در دسترس کاهش می‌یابد. در شرایط خوش‌بینانه، آب مازاد از حدود ۲۹ درصد (مربوط به سطح برش $\alpha = [0.1]$) به حدود ۱۱ درصد (مربوط به سطح برش $\alpha = [0.7]$ و $\alpha = [0.4]$) کاهش یافت. بدیهی است در $\alpha = [0.1]$ با سطح زیر کشت بالاتر برای زیره سبز- که نیاز آبی کمتری نسبت به سایر محصولات الگو دارد- مقدار آب مازاد، بیشتر از سناریوهای دیگر باشد و به تدریج با کاهش سطح زیر کشت پیشنهادی برای زیره سبز و افزایش سطح زیر کشت مربوط به ذرت علوفه‌ای، لوبیا قرمز و گندم در سطوح دیگر بازه آلفا برش (یعنی $\alpha = [0.1/0.9]$ ، $\alpha = [0.3/0.8]$ و $\alpha = [0.4/0.7]$) مقدار آب مازاد کاهش یابد، اما به هر ترتیب در تمام سناریوهای مربوط به بازه آلفا برش، با مازاد آب در دسترس مواجه‌ایم؛ بنابراین، استفاده از الگوهای کشت پیشنهادی ضمن افزایش مقدار سود نسبت به الگوی کشت



شکل ۵. درصد آب مازاد الگوی بهینه کشت در شرایط خوش بینانه و محافظه کارانه (گروه بزرگ تر از شش هکتار)

منابع تولید و افزایش سودآوری کشاورزان، می‌توان میزان برداشت از منابع آب زیرزمینی را نیز کاهش داد؛ بنابراین، پیشنهاد می‌شود با توجه به وجود شرایط ریسک و نبود قطعیت در بخش کشاورزی کشور و کمبود منابع آب در این بخش، با ارائه سیاست‌های حمایتی توسط مسئولان کشاورزی شهرستان مذکور برای کشت محصولات بهینه پیشنهادی، ضمن افزایش سودآوری و رفاه کشاورزان، از برداشت بیش از حد از سفره‌های آب زیرزمینی نیز جلوگیری شود.

نتایج نشان داد با کاهش نبود قطعیت مربوط به آب، سود الگوی کشت در هر دو حالت خوش بینانه و محافظه کارانه افزایش می‌یابد. محصولات ذرت علوفه‌ای، لوبیا قرمز و گندم، محصولات بهینه و اقتصادی برای کشت در اکثر سناریوها و برای هر دو گروه همگن هستند. همچنین، در تمام الگوهای کشت پیشنهادی، درصدی از کل آب در دسترس بهره‌برداران به صورت مازاد باقی می‌ماند؛ بنابراین، با انتخاب الگوهای پیشنهادی برای کشت در منطقه علاوه بر استفاده بهینه از تمام

REFERENCES

- Agriculture- Jehad of Northern Khorasan. (2012) Yearbook of Plant Production Statistics. from <http://boe.nkj.ir>.
- Berim-nejad, V. & Paykani, GH. (2004). The Effects of Irrigation Efficiency Improvement in Agricultural Section on Increasing level of Ground water, *Development and Agricultural Economic*, 12(47), 69-95. (In Farsi).
- Biswas, A., & Baranpal, B. (2005). Application of fuzzy goal programming technique to land use planning in agricultural system, *The International Journal of Management Science*, 33 (5), 391-398.
- Chen, C., Huang, G.H., Li, Y.P., & Zhou, Y. (2012). A robust risk analysis method for water resources allocation under uncertainty. *Stoch Environ Res Risk Assess*, published online: 28 August 2012.
- Fan, Y.R., Huang, G.H., Guo, P., & Yang, A.L. (2012). Inexact two-stage stochastic partial programming: application to water resources management under uncertainty. *Stoch Environ Res Risk Assess*, 26, 281-293.
- Ghorbanian, E., Zibaie, M., Ghorbani, M., & Kohansal, M. (2013). Determine the Optimal Cropping Pattern Due to Limited Groundwater Resources in Kavar Plain. *Agricultural Economics and Development*, 27(1), 1-7. (In Farsi).
- Gorzalezang, M.B. (1987). A method of inference in approximate reasoning based on interval-valued fuzzy sets, *Fuzzy Sets and Systems*, 21, 1-17.
- Guo, P., Huang, G.H., Zhu, H., & Wang, X.L. (2010). A two-stage programming approach for water resources management under randomness and fuzziness. *Environmental Modelling & Software*, 25, 1573-1581.
- Guo, R. Interval-Valued Fuzzy Set Modelling Of System Reliability. From web.uct.ac.za/depts/stats/rguo_files/rguo_09.pdf
- Hosseinzadeh, M., Kohansal, M.R., & Ghorbani, M. (2013). Evaluate the Effects of Targeting Subsidies on Cultivation Pattern in the Esfarayen County (Interval Programming Approach). *Agricultural Economics and Development*, 27 (1), 64-74. (In Farsi).
- Huang, Y., Li, Y.P., Chen, X., & Ma, Y.G. (2012). Optimization of the irrigation water resources for agricultural sustainability in Tarim River Basin, China. *Agricultural Water Management*, 107, 74- 85.
- IWMI. (2003). Water productivity in agriculture: Limits and Opportunities for Improvements, Press Release: New research findings offer hope for the world water crisis, Nairobi November 3.
- Kaur, B., Sidhu, R.S., & Vatta, K. (2010). Optimal Crop Plans for Sustainable Water Use in Punjab. *Agricultural Economics Research Review*, 23, 273-284.
- Li, Y.P., Huang, G.H., Nie, S.L. & Chen, X. (2011). A robust modeling approach for regional water management under multiple Uncertainties. *Agricultural Water Management*, 98, 1577- 1588.
- Li, Y. P., Huang, G. H. and Zhou, H. D. (2009). A multistage fuzzy stochastic programming model for supporting water resources allocation and management. *Environmental Modelling and Software*, 24, 786-797.
- Lu, HW., Huang, G., He, L. (2011). An inexact rough-interval fuzzy linear programming method for generating conjunctive water-allocation strategies to agricultural irrigation systems. *Applied Mathematical Modelling*, 35, 4330-4340.
- Lu H.W., Huang, G.H., He, L. (2010). Development of an interval-valued fuzzy linear programming method based on infinite α -cuts for water resources management, *Environmental Modelling & Software*. 25, 354-361.
- Lu, HW., Huang, GH., He, L. (2009). A semi-infinite analysis-based inexact two-stage stochastic fuzzy linear programming approach for water resources management. *Eng Optim* , 41,73-85.
- Mansouri, H., Kohansal, M.R., Khadem Ghousi, M.F. (2009). Introducing a lexicographic goal programming for environmental conservation program in farm activities: A case study in iran. *China Agricultural Review*, 1 (4), 478-484.
- Mardani, M., Sakhdari, H., & Sabouhi, M. (2011). Application of multi-objective planning and control parameters of conservatism in agricultural planning. Case study: Mashhad city. *Agricultural Economics Research*, 3(2), 163-180. (In Farsi).
- Mortazavi, A., Azhdari, S. & Mousavi, H. (2011).

- Determining the optimal crop pattern and Market orientation under uncertainty in Arjan in Fars province, the application of two-stage stochastic programming model. *Agricultural Economics*, 5(3), 75-94. (In Farsi).
- Mohammadi, H., Bostani, F., & Kafilzadeh, F. (2012). Optimal Cropping Pattern Using a Multi-objectives Fuzzy Non-linear Optimization Algorithm: A Case Study. *Water & wastewater*, (4), 43-55. (In Farsi).
- Mohammadi, Y., Shabanali Fami, H., & Asadi, A. (2010). Evaluation of farmers' skills in the use of agricultural water management technologies in the city of Zarrin Dasht, Fars Province. *Iranian journal of Agricultural Economics and Development Research*, 41(4), 501-511. (In Farsi).
- Mohammadi, Y., Shabanali Fami, H., & Asadi, A. (2009). Analysis of Effective components on Agricultural Water Management in Zarindasht County from Farmers viewpoint. *Journal of Agricultural Science & Natural Resources*, 16 (2). (In Farsi).
- Rastegaripour, F., & Sabouhi Sabouni, M. (2012). Grey Fractional Programming, A New Experimental Approach in Sustainable Agriculture. *Journal of sustainable Agricultural and production Science*, 22(1), 127-135. (In Farsi).
- Sabouhi Sabouni, M., & Mardani, M. (2013). Reliable Water Supply System Design under Uncertainty Case Study: Zayandehroud River Basin. *Water & wastewater*, 3, 33-44. (In Farsi).
- Sabouhi, M., & Mardani, M. (2011). Evaluate The effect of rainfall on crop pattern and total gross within the scope of irrigation network of diversion Dam right hand Nkouabad. *Agricultural Economics*, 5(3): 209-228. (In Farsi).
- Sengupta, A., Kumar Pal, T., & Chakraborty, D. (2001). Interpretation of inequality constraints involving interval coefficients and a solution to interval linear programming. *Fuzzy Sets and Systems*, 119(1), 129-138.
- Soil Water Management Research Group. (2005). Experiences with micro agricultural technologies: Tanzania, Sokine University of Agriculture. Department of Agricultural Engineering and Land Planning, P.12.
- Tan, Q., Huang, G.H., & cai, Y.P. (2011). Radial interval chance-constrained programming for agricultural non-point source water pollution control under uncertainty. *Agricultural Water Management*, 98, 1595– 1606.
- Wang, S., & Huang, G.H. (2011). Interactive two-stage stochastic fuzzy programming for water resources management. *Journal of Environmental Management*, 92, 1986-1995.
- XieTing, Z., ShaoZhong, K., FuSheng, L., Lu, Zh., Ping, G. (2010). Fuzzy multi-objective linear programming applying to crop area planning. *Agricultural Water Management*. 98 (1), 134-142.
- XU, Y., & Qin, X.S. (2010). Agricultural effluent control under uncertainty: An inexact double-sided fuzzy chance-constrained model. *Advances in Water Resources*, 33, 997-1014.
- Zhang, X ., Huang, G.H., Nie, X., & Lin, Q. (2011). Model-based decision support system for water quality management under hybrid uncertainty. *Expert Systems with Applications*, 38: 2809–2816.