

## تخصیص بهینه منابع آب و اراضی در منطقه رودبارالموت با استفاده از مدل FGFP

ابوذر پرهیزکاری<sup>۱\*</sup>، محمدمهدی مظفری<sup>۲</sup>، مهبران خاکی<sup>۳</sup> و حسین تقی‌زاده رنجبری<sup>۴</sup>

\*<sup>۱</sup> دانشجوی دکتری (عضو بنیاد ملی نخبگان)؛ گروه اقتصاد کشاورزی؛ دانشکده کشاورزی؛ دانشگاه پیام نور؛ تهران؛ ایران

<sup>۲</sup> نویسنده مسئول مکاتبات: [Abozar.parhizkari@yahoo.com](mailto:Abozar.parhizkari@yahoo.com)

<sup>۳</sup> استادیار؛ گروه مدیریت صنعتی؛ دانشکده علوم اجتماعی؛ دانشگاه بین‌الملل امام خمینی (ره)؛ قزوین؛ ایران

<sup>۴</sup> عضو هیئت علمی؛ گروه کشاورزی، دانشگاه پیام نور بوئین‌زهره؛ قزوین؛ ایران

<sup>۵</sup> دانشجوی دکتری؛ گروه اقتصاد کشاورزی؛ دانشکده کشاورزی؛ دانشگاه پیام نور؛ تهران؛ ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۰۷/۱۸ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۰۶/۱۴

### چکیده

برای در امان ماندن از خطرات خشکسالی و بحران آب در آینده نیاز است که راهکارها و قوانین مناسبی برای بهره‌برداری از منابع آب محدود اتخاذ شود. در این راستا، مدل‌های برنامه‌ریزی ریاضی در سطح وسیعی برای کمک به رفع مسائل مربوط به مدیریت منابع آب مورد استفاده قرار می‌گیرند. در مطالعه حاضر به منظور بهره‌برداری صحیح از منابع آب‌های سطحی و زیرزمینی و تخصیص بهینه این منابع در بخش کشاورزی و همچنین، به منظور تعیین الگوی بهینه‌ی کشتی که منجر به دستیابی حداکثر سود ممکن برای کشاورزان منطقه رودبار الموت استان قزوین شود، از مدل برنامه‌ریزی کسری آرمانی فازی (FGFP) و داده‌های آماری سال ۹۱-۱۳۹۰ استفاده شد. مدل پیشنهادی در محیط نرم‌افزاری GAMS نسخه ۲۳/۹ حل شد. نتایج نشان داد که با بکارگیری الگوی بهینه کشت و تخصیص بهینه منابع آب موجود در منطقه، علاوه بر کاهش میزان آب مصرفی در سطح مزارع، هزینه تولید در هر هکتار از اراضی کاهش، نیروی کار بکارگرفته شده افزایش و شاخص کارایی «نسبت سود به آب مصرفی» در حدود ۱۳ درصد افزایش می‌یابد. در پایان، با توجه به نتایج به دست آمده، جهت توسعه بخش کشاورزی استان قزوین برنامه‌ریزی و مدل‌سازی از پایین به بالا پیشنهاد شد.

**کلیدواژه‌ها:** الگوی بهینه کشت؛ برنامه‌ریزی کسری آرمانی فازی؛ مدیریت منابع آب؛ منطقه الموت

### مقدمه

از عمده‌ترین مصرف‌کنندگان منابع آب در سطح جهان کشاورزان می‌باشند. با توجه به اینکه فعالیت‌های کشاورزی حدود ۷۰ درصد آب مصرفی جهان را به خود اختصاص داده‌اند، لذا فعالان این بخش اقتصادی باید سازوکارها و دستورالعمل‌های لازم برای تعدیل، تخصیص و بهینه‌نمودن مصرف آب را سرلوحه تصمیمات خود قرار دهند (باقریان و همکاران، ۱۳۸۶).

کامبود آب از عوامل مهم و تأثیرگذار در تولید محصولات کشاورزی تلقی می‌شود، لذا مطالعه و توسعه راهکارهای مدیریتی مناسب برای افزایش کارایی مصرف آب و تخصیص بهینه آن از اهمیت زیادی برخوردار است (آبابایی و همکاران، ۱۳۹۱). امروزه تأمین آب مورد نیاز برای آبیاری محصولات در بخش کشاورزی، محور عمده بسیاری از چالش‌های پیش روی بشر است، چرا که یکی

پیش‌بینی‌های برخی از جوامع علمی حاکی از آن است که تا سال ۲۰۵۰ مسئله مدیریت منابع آب، اصلی‌ترین موضوع مورد بحث در کشورهای مختلف جهان خواهد بود. این وضعیت، به ویژه برای کشورهای منطقه خاورمیانه که در حدود ۵ درصد از جمعیت جهان را در بر می‌گیرند حادث‌تر می‌باشد. کشور ایران نیز براساس پیش‌بینی‌های انجام شده تا سال ۲۰۲۵ به فهرست کشورهای که با وضعیت کمبود آب مواجه‌اند اضافه خواهد شد (پرهیزکاری، ۱۳۹۲). با توجه به نقش اساسی منابع آب در پیشرفت جوامع، مشخص می‌شود که دستیابی به سطح توسعه‌ی پایدار بدون در نظر گرفتن منابع آب تقریباً ناممکن بوده و در صورت امکان بسیار مشکل خواهد بود. برای دستیابی به اهداف توسعه پایدار و غلبه بر مشکلات و چالش‌هایی که در بخش تأمین منابع آب وجود دارد، نیازمند سرمایه‌گذاری‌های کلانی در زیرساخت‌های منابع آب جهت ارتقاء مدیریت این منابع می‌باشد. در این راستا، رویکرد مدیریت منابع آب، امکان بهینه کردن مشارکت بخش آب در دستیابی به توسعه پایدار را فراهم می‌کند (Samani et al., 2009).

طی دهه‌های اخیر مطالعات خارجی متعددی در زمینه تخصیص و بهره‌برداری از منابع آب سطحی و زیرزمینی صورت گرفته است. از جمله این مطالعات می‌توان به بررسی پایداری منابع آب در فعالیتهای زراعی در منطقه‌ای از شمال چین اشاره کرد. یافته‌های این پژوهش نشان داد که اگرچه الگوهای زراعی منطقه مورد مطالعه از نظر اقتصادی پایدار بوده‌اند، اما منابع طبیعی و محیط‌زیست این منطقه مورد تهدید و تخریب قرار گرفته‌اند (Zhen et al., 2005). در مطالعه‌ای دیگر، وضعیت توسعه پایدار منابع آب در هند بررسی شد. سیاست‌های اعمال شده نشان داد که در آینده، بایستی یک سیاست علمی را گسترش داد تا قادر باشد چالش‌های دشوار توسعه پایدار منابع آب در هند را خنثی نماید (Chaturvedi, 2001). در پژوهشی با به کارگیری برنامه‌ریزی کسری در کرانه باختری فلسطین

مشخص شد که الگوی بهینه کشت باعث کاهش مصرف آب به اندازه ۱۰ درصد می‌شود که این امر به پایداری منابع آب کمک شایانی می‌کند. همچنین، ارزش افزوده بخش کشاورزی در حالت بهینه به اندازه ۱۰ درصد نسبت به حالت فعلی افزایش پیدا خواهد کرد (Nazer et al., 2010). در پژوهشی دیگر تخصیص آب‌های زیرزمینی حوضه ساحلی اورسا در هندوستان مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که الگوی کشت فعلی نسبت به الگوی کشت بهینه ۴۰ درصد انحراف دارد و فقط ۲۰ درصد از آب‌های سطحی و ۳۰ درصد از آب‌های زیرزمینی به صورت بهینه تخصیص داده می‌شود که این میزان بسیار کم بوده و باعث هدر رفتن حجم زیادی از آب آبیاری می‌گردد (Narayan et al., 2006).

در ایران نیز نتایج مطالعه‌ای تحت عنوان تعیین الگوی بهینه کشت با تأکید بر استفاده پایدار از منابع آب سطحی شهرستان مرودشت نشان داد که، کشاورزان از منابع در دسترس استفاده بهینه نکرده و در رابطه با فعالیت‌های زراعی، قابلیت افزایش سود با تخصیص مجدد منابع وجود دارد، به طوری که در الگوی کشت پیشنهادی میزان آب برداشتی در زمان فعلی ۱۰ درصد کمتر می‌باشد (فلسفی زاده و صبوچی صابونی، ۱۳۸۷). در تحقیقی دیگر، توسعه پایدار منابع آب و الگوی مطلوب برداشت در کشاورزی اصفهان مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. نتایج حاکی از آن بود که مدل<sup>۱</sup> FP شاخصه توسعه پایدار را نسبت به مدل<sup>۲</sup> LP و مدل<sup>۳</sup> MOFGP نسبت به دو مدل LP و FP پایداری را در مدل سیستم‌های کشاورزی بیشتر اعمال کرده و پایداری منابع آب بیشتر خواهد شد. همچنین، الگوهای پیشنهادی علاوه بر کاهش اثر زیست محیطی فعالیت‌های کشاورزی، باعث کارآمدتر شدن منابع آب خواهند شد (فسخودی و همکاران، ۱۳۸۷). نتایج تحقیقی با استفاده از تکنیک برنامه‌ریزی خطی برای تعیین ارزش

<sup>1</sup> Fractional Programming

<sup>2</sup> Liner Programming

<sup>3</sup> Multi Objective Fractional Goal Programming

نیز دست یافت که این موضوع از جنبه حفاظت منابع آب نیز حائز اهمیت است (هاشمی نژاد و همکاران، ۱۳۹۱).

مطالعات بررسی شده نشان می‌دهند که مدل‌های برنامه‌ریزی ریاضی در سطح وسیعی برای کمک به رفع مسائل مربوط به مدیریت منابع آب مورد استفاده قرار می‌گیرند. علت توسعه کاربرد این مدل‌ها، توانایی آن‌ها در تعیین الگوهای بهینه و برنامه‌های زراعی مناسب می‌باشد. این مدل‌ها می‌توانند تصمیم‌گیرندگان و مدیران اقتصادی بخش کشاورزی را جهت تخصیص بهینه منابع و امکانات کمیاب به منظور تولید بهتر محصولات کشاورزی یاری رسانند (محسنی و زیبایی، ۱۳۸۸). بهره‌گیری از مدل‌های برنامه‌ریزی ریاضی در اقتصاد کشاورزی، جهت تعیین الگوی بهینه کشت، تخصیص نهاده‌های تولید و تحلیل سیاست‌های کشاورزی سابقه‌ای طولانی دارد (صبحی و همکاران، ۱۳۸۵).

به طور کلی، تحقیق حاضر دو هدف اصلی را دنبال می‌کند، ابتدا بهره‌برداری صحیح از منابع آب‌های سطحی و زیرزمینی و تخصیص بهینه این منابع در بخش کشاورزی و سپس، توصیه الگوی بهینه‌ی کشتی که منجر به حفظ و پایداری منابع آب موجود، تخصیص نیروی کار و دستیابی به حداکثر سود ممکن برای کشاورزان منطقه الموت شود.

#### مواد و روش‌ها

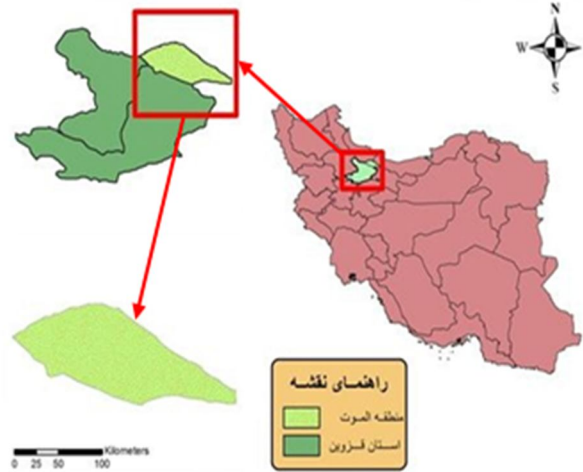
##### منطقه مورد مطالعه

رودبار الموت که منطقه مورد مطالعه در تحقیق حاضر است، بخشی از حوضه آبریز دریای خزر (کاسپین) می‌باشد که با فاصله ۶۰ کیلومتر در شمال استان قزوین و شمال غرب فلات مرکزی ایران قرار دارد. این بخش براساس آخرین تقسیمات جغرافیایی به دو منطقه الموت شرقی (رودبار الموت) و الموت غربی (رودبار شهرستان) تقسیم شده است و دارای آب و هوایی نسبتاً معتدل و نیمه خشک می‌باشد (پرهیزکاری و همکاران، ۱۳۹۲). بیشترین درجه گرما در این بخش در اواسط فصل تابستان

اقتصادی آب کشاورزی اراضی زیر سد بارزو شیروان نشان داد که در شرایط اجرای الگوی کشت مناسب، میزان آب گرفته شده از سد در سطح اراضی به صورت بهینه تخصیص می‌یابد (چپذری و همکاران، ۱۳۸۵). در مطالعه - ای جهت بهینه‌سازی کارایی مصرف آب آبیاری و عملکرد سیب‌زمینی از تئوری آنالیز حاشیه‌ای مبتنی بر تبخیر و تعرق بهره گرفته شد. نتایج نشان داد که حداکثر عملکرد محصول سیب‌زمینی در تبخیر و تعرق ۳۴۵ میلی‌متر و حداکثر کارایی مصرف آب در تبخیر و تعرق ۲۲۲ میلی‌متر حاصل می‌شود. افزون بر این، بررسی ارتباط بین عملکرد و کارایی مصرف آب در کشت سیب‌زمینی نشان داد که در صورت محدودیت منابع آبی، دستیابی به کارایی مصرف آب بیشینه استراتژی مناسبی در تخصیص بهینه منابع آب و حفظ و پایداری این منابع می‌باشد (فتحی و سلطانی، ۱۳۹۱). نتایج تحقیقی برای تعیین الگوی بهینه کشت و استخراج تابع تقاضای آب در شهرستان کازرون نشان داد که کشاورزان این منطقه از منابع موجود استفاده بهینه نمی‌کنند، به گونه‌ای که اختلاف سود در اجرای دو حالت کنونی و بهینه ۱۱/۵ درصد می‌باشد (پیکانی و همکاران، ۱۳۸۶). نتایج مطالعه‌ای در بخش صالح آباد شهرستان بهارستان همدان نشان داد که شاخص‌های اکولوژیکی کشاورزی پایدار از لحاظ پایداری نظام‌های زراعی، در وضعیت بحرانی قرار دارند، به طوری که بیشتر نظام‌های زراعی منطقه مورد نظر بسیار ناپایدار هستند (Hosseini and Mahdi, 2007). در پژوهشی دیگر به منظور حفاظت از منابع آب و خاک و پایداری تولید، بهینه‌سازی مصرف آب در بخش کشاورزی از طریق کنترل دقیق میزان شوری خاک در شرایط ماندگار مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که مدل‌هایی مانند WatSuit شوری خاک را بیش از آنچه که در شرایط ماندگار حاصل شده است، پیش‌بینی می‌کنند. تحت چنین شرایطی می‌توان با اعمال کسر آبهویی کمتر علاوه بر بهینه‌سازی آب مصرفی به متوسط شوری مورد نیاز خاک

میلی متر می باشد (اداره هواشناسی استان قزوین، ۱۳۹۰).  
شکل (۱)، موقعیت منطقه مورد مطالعه را نشان می دهد.

و در حدود ۳۷ درجه بالای صفر است. میزان بارش سالانه نیز در این بخش به طور متوسط در حدود ۳۵۶



شکل ۱. موقعیت جغرافیایی منطقه الموت (پرهیزکاری و صوحی، ۱۳۹۲)

در پژوهش حاضر برای تحلیل پایداری، بهره‌وری و تخصیص منابع آب و همچنین برای تعیین الگوی کشتی که متناسب با منابع آب تخصیص یافته باشد، از مدل برنامه‌ریزی کسری آرمانی فازی (FGFP) استفاده شد. با به‌کارگیری این مدل علاوه بر عامل اصلی (یعنی آب)، عوامل دیگری نظیر درآمد خالص کشاورزان و سود اقتصادی حاصل از کشت محصولات زراعی در تعیین الگوی بهینه کشت لحاظ شده و مورد بررسی قرار گرفتند. فرم کلی مدل برنامه‌ریزی کسری آرمانی فازی به صورت زیر می‌باشد:

$$\text{Maximize } \phi(x) = \left[ \frac{c^T x + \alpha}{d^T x + \beta}, \frac{f^T x + \gamma}{g^T x + \mu}, \dots, \frac{R_n^T x + v}{P_n^T x + \lambda} \right] \quad (1)$$

subject to :

$$\sum_j \tilde{a}_{ij} x_j \leq \tilde{b}_i \quad ; \quad l \leq i \leq m \quad (2)$$

$$x_j \geq 0 \quad ; \quad l \leq j \leq n$$

با توجه به موقعیت قرارگیری رودخانه شاهرود در منطقه الموت، اغلب افراد به فعالیت‌های کشاورزی می‌پردازند. کشاورزی آبی، بیشتر در فواصل عرضی رودخانه صورت می‌گیرد. آب مورد نیاز مناطق کوهپایه‌ای اطراف نیز بوسیله سیستم‌های پمپاژ آب تأمین می‌شود. برنج، گندم، جو، لوبیا، خللر و ماشک، گوجه‌فرنگی، یونجه، سیب‌زمینی و صیفی‌جات محصولات زراعی قابل کشت در این منطقه می‌باشند (پرهیزکاری و صوحی، ۱۳۹۲). نبود برنامه زراعی مناسب در حوضه رودخانه شاهرود سبب شده که در فصول پرآب حجم زیادی از آب آبیاری بدون استفاده از دسترس کشاورزان خارج شود. در فصول گرم سال نیز به علت کاهش جریان آب رودخانه، کشاورزان مناطق دو ردست با کمبود آب مواجه می‌باشند. به همین دلیل، ارائه یک راهکار مناسب جهت تعیین الگوی بهینه کشت و تخصیص بهینه منابع آب بین فعالیت‌های موجود در منطقه الموت ضروری می‌باشد.

مدل برنامه‌ریزی کسری آرمانی فازی<sup>۱</sup> (FGFP)

<sup>۱</sup> Fuzzy Goal Fractional Programming

$$M_L(\tilde{M}) = \text{Sup}_x (\min(\text{fuzzy} \tilde{y} \min(x), \tilde{M}(x))) \quad (۷)$$

$$M_R(\tilde{N}) = \text{Sup}_x (\min(\text{fuzzy} \tilde{y} \max(x), \tilde{N}(x))) \quad (۸)$$

$$M_R(\tilde{N}) = \text{Sup}_x (\min(\text{fuzzy} \tilde{y} \min(x), \tilde{N}(x))) \quad (۹)$$

به طور کلی، مدل FGFP پیشنهادی در مطالعه حاضر براساس مراحل فوق و به منظور تعیین الگوی بهینه کشت بر مبنای دو هدف اقتصادی و اجتماعی (حصول بیشترین عایدی و بیشترین میزان اشتغال برای کشاورزان) در منطقه مورد مطالعه، طرح شد. این مدل با در نظر گرفتن آرمان حداکثرسازی سود ناخالص کشاورزان، آرمان حداکثرسازی ایجاد فرصت‌های شغلی به ازای هر واحد مصرف آب در سطح مزارع و با لحاظ نمودن دو محدودیت برای سطح زیرکشت و زمین، محدودیت‌های دوازده‌گانه آب برای هر یک از ماه‌های سال، محدودیت تناوب زراعی و محدودیت سرمایه، در محیط نرم‌افزاری GAMS نسخه ۲۳/۹ حل شد. ساختار کلی مدل پیشنهادی به صورت زیر می‌باشد:

$$\text{Maximize } Z = \left[ \frac{\sum_{i=1}^8 \pi_i \cdot X_i}{\sum_{i=1}^8 W_i \cdot X_i}, \frac{\sum_{i=1}^8 ELa_i \cdot X_i}{\sum_{i=1}^8 W_i \cdot X_i} \right] \quad (۱۰)$$

Subject to:

$$\sum_{i=1}^8 (\tilde{x}_i)_s \leq \tilde{A} \quad ; \quad s = 1, 2 \quad (۱۱)$$

$$\sum_{i=1}^8 \tilde{c}_i \tilde{x}_i \leq \tilde{C}_f \quad (۱۲)$$

$$\sum_{i=1}^8 FWR_{ik} \cdot \tilde{x}_i \leq (\mu_a \cdot SW_k + \mu_b \cdot GW_k) \quad (۱۳)$$

$$\sum_{i=1}^8 (\tilde{x}_i)_{S_1} - \sum_{i=1}^6 (\tilde{x}_i)_{S_2} = 0 \quad (۱۴)$$

رابطه (۱)، تابع هدف مدل برنامه‌ریزی کسری آرمانی فازی را نشان می‌دهد که بسته به ماهیت مسئله می‌تواند آرمان‌ها و اهداف متعددی را شامل شود. رابطه (۲) نیز محدودیت‌های سیستمی فازی را نشان می‌دهد که  $\tilde{a}_{ij}$  و  $\tilde{b}_i$  در آن شامل اعداد فازی می‌باشند (Chen and Hwang, 1992). برای ارزیابی درستی نامساوی‌ها در محدودیت‌های مسئله نیاز است که از روش‌های رتبه‌بندی فازی استفاده شود (Biswas and Pal, 2005). در مطالعه حاضر با توجه به ماهیت داده‌های در دسترس از روش ارائه شده‌ی چن و هانگ (۱۹۹۲) برای رتبه‌بندی اعداد فازی استفاده شد. این روش در اغلب موارد برای داده‌های مثلثی مورد استفاده قرار می‌گیرد. در صورتی که  $\tilde{M} = (m_1, m_\tau, m_\rho)$  و  $\tilde{N} = (n_1, n_\tau, n_\rho)$  دو عدد فازی مثلثی باشند، یک ماکزیمم فازی ( $\text{fuzzy max}$ ) و یک مینیمم فازی ( $\text{fuzzy min}$ ) برای هر دو عدد فازی  $\tilde{M}$  و  $\tilde{N}$  به صورت زیر قابل تعریف است (Chen and Hwang, 1992):

$$\begin{aligned} x_{\min} &= \min(n_1, m_1) , \\ x_{\max} &= \max(n_\tau, m_\tau) \end{aligned} \quad (۳)$$

$$\text{fuzzy min}(x) = \begin{cases} \frac{(x - x_{\min})^k}{(x_{\min} - x_{\max})^k} ; x_{\min} \leq x \leq x_{\max} \\ \cdot ; \text{else} , k > \cdot \end{cases} \quad (۴)$$

$$\text{fuzzy max}(x) = \begin{cases} \frac{(x - x_{\min})^k}{(x_{\max} - x_{\min})^k} ; x_{\min} \leq x \leq x_{\max} \\ \cdot ; \text{else} , k > \cdot \end{cases} \quad (۵)$$

پس از تعیین ماکزیمم و مینیمم فازی برای داده‌های مثلثی  $\tilde{M}$  و  $\tilde{N}$ ، مقادیر  $M_L(\cdot)$  و  $M_R(\cdot)$  برای اعداد فازی با استفاده از روابط زیر محاسبه شدند (Chen and Hwang, 1992):

$$M_R(\tilde{M}) = \text{Sup}_x (\min(\text{fuzzy} \tilde{y} \max(x), \tilde{M}(x))) \quad (۶)$$

$$\hat{\psi} = \frac{\sum_{i=1}^8 \pi_i \cdot x_i}{\sum_{i=1}^8 W_i \cdot x_i} \times 100, 0 \leq \hat{\psi} \leq 100 \quad (17)$$

$$\hat{\phi} = \frac{\sum_{i=1}^8 \pi_i \cdot x_i}{\sum_{i=1}^8 ELA_i \cdot x_i} \times 100, 0 \leq \hat{\phi} \leq 100 \quad (18)$$

در روابط فوق،  $\hat{\psi}$  و  $\hat{\phi}$  به ترتیب شاخص نسبت سود به آب مصرفی و شاخص نسبت سود به نیروی کار بکارگرفته شده می‌باشند که بر حسب درصد بیان می‌شوند و مقادیر عددی آن‌ها بین ۰ تا ۱۰۰ متغیر است.  $\pi_i$  سود حاصل از هر هکتار محصول  $i$ ،  $x_i$  سطح زیرکشت محصول  $i$ ،  $W_i$  نیاز آبی محصول  $i$  در هر هکتار و  $ELA_i$  نیروی کار مورد نیاز برای تولید محصول  $i$  در هر هکتار می‌باشد (پرهیزکاری و صبوحی، ۱۳۹۱).

#### نتایج و بحث

در مطالعه حاضر برای تعیین الگوی بهینه کشت، تخصیص منابع آب موجود و محاسبه شاخص «نسبت سود به آب مصرفی» از داده‌های آماری مربوط به محصولات زراعی منطقه رودبارالموت در سال زراعی ۹۱-۱۳۹۰ استفاده شد. داده‌های موردنیاز با مراجعه به ادارات ذی‌ربط در استان قزوین (سازمان جهاد کشاورزی و شرکت آب منطقه‌ای) جمع‌آوری شد. اطلاعات آماری مربوط به محصولات زراعی منطقه رودبار الموت در جدول ۱ نشان داده شده است. با توجه به این جدول، ملاحظه می‌شود که در منطقه رودبار الموت، بیشترین میزان نیروی کار در تولید محصول برنج بکارگرفته شده و بیشترین میزان سرمایه (بذر، کود و سم) نیز برای تولید محصول سیب‌زمینی لازم می‌باشد. نیاز آبی محصولات منتخب در این جدول مطابق با گزارشات کارشناسان سازمان جهاد کشاورزی استان قزوین و با استفاده از نرم‌افزار تعیین نیاز آبی Netwat صورت گرفت. این نرم‌افزار کاربرد فراوانی در طرح‌های آبیاری دارد و تعیین

$$\sum_{i=1}^8 (-1)^i \cdot \tilde{x}_i \leq 0 \quad (15)$$

$$\tilde{x}_i \geq 0 \quad (16)$$

رابطه (۱۰) تابع هدف مدل برنامه‌ریزی کسری آرمانی فازی را نشان می‌دهد که در آن،  $Z$  مقدار تابع هدف برای هر آرمان،  $\pi_i$  بازده برنامه‌ای یا سود خالص حاصل از کشت محصول  $i$ ،  $x_i$  سطح زیرکشت محصول  $i$ ،  $W_i$  بیانگر نیاز آبی ناخالص محصول  $i$  در کل فصل زراعی و  $ELA_i$  مجموع نیروی کار مورد نیاز محصول  $i$  در کل فصل زراعی است. رابطه (۱۱) محدودیت سطح زیرکشت را برای هر فصل سال نشان می‌دهد که  $S$  در آن تعداد فصول سال ( $S_1$  کشت در بهار و  $S_2$  کشت در پاییز) و  $\tilde{A}$  کل سطح زیر کشت موجود در منطقه است. رابطه (۱۲) محدودیت سرمایه را نشان می‌دهد که  $\tilde{C}_i$  کل هزینه مربوط به تولید محصول  $i$  در طول هر فصل زراعی و  $\tilde{C}_r$  کل سرمایه موجود در منطقه برای تولید محصولات زراعی است. رابطه ۱۳ محدودیت آب‌های سطحی و زیرزمینی را نشان می‌دهد که در آن،  $FWR_{ik}$  نیاز آبی خالص محصول  $i$  در ماه  $k$ ام از سال،  $\mu_a$  و  $\mu_b$  به ترتیب درصد راندمان آبیاری آب‌های سطحی و زیرزمینی در منطقه مورد مطالعه و  $SW_k$  و  $GW_k$  به ترتیب مجموع آب‌های سطحی و زیرزمینی قابل استحصال در ماه  $k$ ام از سال می‌باشد. رابطه (۱۴) محدودیت سطح زیرکشت مجزا برای محصولات زراعی در هر فصل، رابطه (۱۵) محدودیت تناوب زراعی و رابطه ۱۶ محدودیت غیرمنفی بودن سطح فعالیت‌ها است.

پس از تعیین مقادیر بهینه آب و اراضی و تخصیص این منابع به کمک مدل پیشنهادی، برای محاسبه شاخص «نسبت سود به آب مصرفی» و شاخص «نسبت سود به نیروی کار بکارگرفته شده» از روابط زیر استفاده شد:

۸۹۴۰ مترمکعب در هکتار به عنوان پرآب‌ترین محصول و جو با نیاز آبی ۴۰۵۸ مترمکعب در هکتار کم‌آب‌ترین محصول قابل کشت در منطقه رودبار الموت می‌باشند.

نیاز آبی محصولات در آن به کمک میانگین داده‌های هواشناسی ۳۰ ساله (میزان مقادیر مربوط به متغیرهای دما، بارش، رطوبت، تبخیر و تعرق و ...) صورت می‌گیرد. با توجه به جدول ۱، ملاحظه می‌شود که برنج با نیاز آبی

جدول ۱. داده‌های آماری مربوط به محصولات زراعی منطقه رودبار الموت در سال ۹۱-۱۳۹۰

(مقادیر: در واحد سطح یا هکتار)					
محصول	الگوی فعلی (هکتار)	سود خالص (هزار ریال)	نیاز آبی (مترمکعب)	نیروی کار (ساعت کار)	سرمایه* (کیلوگرم)
برنج	۲۴۵۰	۳۸۲۵۶	۸۹۴۰	۶۳۱	۱۴۶۰
گندم	۱۱۲۰	۱۱۸۶۰	۴۲۶۳	۱۹۵	۷۵۰
جو	۹۰۰	۱۰۶۴۰	۴۰۵۸	۱۸۳	۷۰۰
خللر و ماشک	۳۷۴	۱۰۲۸۴	۴۶۲۰	۱۹۰	۶۸۰
یونجه	۸۷۰	۱۱۵۲۴	۸۳۶۰	۲۳۸	۸۳۵
سیب زمینی	۲۳۸	۲۷۱۳۵	۷۸۴۵	۲۵۸	۱۸۶۷
سیر	۳۴۰	۲۳۴۵۳	۵۵۷۰	۳۹۱	۶۳۵
لوبیا سبز	۶۵۰	۱۱۲۵۷	۶۲۵۰	۳۲۴	۷۲۰

\* منظور از سرمایه مجموع نهاده‌های بذر، کود و سم مصرفی (Kg) است که کشاورز در درجه اول به آن‌ها نیاز دارد.

است. کشاورزی آبی اغلب در فواصل عرضی نزدیک به این رودخانه صورت می‌گیرد. آب مورد نیاز برای فواصل دورتر و مناطق کوهپایه‌ای اطراف نیز بوسیله سیستم‌های پمپاژ آب تأمین می‌شود (پرهیزکاری و همکاران، ۱۳۹۲). جدول (۲)، وضعیت منابع آب‌های سطحی منطقه رودبار الموت را نشان می‌دهد:

### وضعیت منابع آب سطحی در رودبار الموت

رودخانه شاهرود مهم‌ترین منبع تأمین آب‌های سطحی در منطقه رودبار الموت می‌باشد و از دو شاخه اصلی طالقان‌رود و الموت‌رود تشکیل شده و پس از گذشتن از سد منجیل و پیوستن به سفیدرود به دریای خزر می‌ریزد. مجموع طول رودخانه‌های اصلی و فرعی حوضه رودخانه شاهرود در محدوده استان قزوین حدود ۹۹۰ کیلومتر

جدول ۲. وضعیت منابع آب سطحی منطقه رودبار الموت در سال ۹۱-۱۳۹۰ (مقادیر برحسب میلیون مترمکعب)

وضعیت منابع آب سطحی	رودبار الموت شرقی	رودبار الموت غربی	مجموع
آورد سالانه (جریان‌ات آب سطحی)	۲۷۳/۹	۴۸۰/۳	۷۵۴/۲
حداکثر حقابه مجاز در هر منطقه	۵۴/۱۸	۶۰/۱۴	۱۱۵/۶
حجم آب تقاضاشده در سال ۱۳۹۰	۳۱/۲۵	۳۶/۲۴	۹۳/۴۶
میانگین آب تقاضا شده در ۹۰-۱۳۸۵	۳۷/۴۳	۳۰/۹۷	۶۸/۴۰
راندمان آبیاری آب‌های سطحی (درصد)	۳۶/۴	۳۱/۷	۳۴/۰۵*

\* متوسط راندمان آبیاری در منطقه الموت (بر حسب درصد)

**وضعیت منابع آب زیرزمینی در رودبار الموت**

در سال زراعی ۹۱-۱۳۹۰ نشان می‌دهد. ملاحظه می‌شود که بیشترین میزان استحصال منابع آب زیرزمینی از طریق چاه‌های نیمه عمیق و قنات‌ها صورت می‌گیرد. با توجه به کوهستانی بودن منطقه مورد مطالعه، چشم‌های آب شیرین نیز نقش مهمی را در تأمین آب مورد نیاز کشاورزان (به میزان ۲/۴۷ میلیون مترمکعب) ایفا می‌کنند.

چاه‌های نیمه عمیق (۶۰ الی ۴۰۰ متر)، چاه‌های کم عمق (۱۵ الی ۶۰ متر)، رشته قنات‌های کوچک (با طول ۲۵۰ الی ۶۰۰۰ متر) و چشمه‌های آب شیرین از مهم‌ترین منابع آب زیرزمینی در منطقه رودبار الموت می‌باشند. جدول (۳)، وضعیت منابع آب‌های زیرزمینی این منطقه را

**جدول ۳. وضعیت منابع آب‌های زیرزمینی منطقه رودبار الموت در سال ۹۱-۱۳۹۰**

منابع آب زیرزمینی	تعداد منبع	میزان برداشت*	متوسط دبی**	حداکثر دبی***
چاه‌های نیمه عمیق	۲۷	۱۳۰/۱۶	۲۱	۴۸
چاه‌های کم عمق	۹۳	۴۵/۸۳	۹	۳۰
قنات‌ها	۴۵	۱۰۵	۱۷	۴۳
چشمه‌ها	۱۱۶۰	۲/۴۷	۲/۵	۶/۴

\*، \*\* و \*\*\*: به ترتیب برحسب میلیون مترمکعب، لیتر در ثانیه و لیتر در ثانیه

داده شده است. این جدول الگوهای بهینه کشت به دست آمده از مدل‌های برنامه‌ریزی فوق را نشان می‌دهد:

نتایج حاصل از حل مدل برنامه‌ریزی کسری خطی (LFP) و کسری آرمانی فازی (FGFP) در جدول ۴ نشان

**جدول ۴. تخصیص بهینه سطح زیرکشت محصولات زراعی منطقه رودبار الموت در الگوهای مدل برنامه‌ریزی کسری خطی و کسری آرمانی فازی (برحسب هکتار)**

محصولات منتخب	الگوی کشت در سال ۹۱-۱۳۹۰	مدل برنامه‌ریزی کسری خطی (LFP)	مدل برنامه‌ریزی کسری آرمانی فازی (FGFP)
برنج	۲۴۵۰	۲۷۶۰	۳۴۱۰
گندم	۱۱۲۰	۸۰۹	۰
جو	۹۰۰	۸۰۰	۷۵۴
خللر و ماشک	۳۷۴	۷۶۳	۸۱۴
یونجه	۸۴۲	۰	۰
سیب زمینی	۲۳۸	۱۴۰	۹۷
سیر	۳۴۰	۵۳۷	۹۷۲
لوبیا سبز	۶۵۰	۱۱۰۵	۸۶۷
مجموع اراضی	۶۹۱۴	۶۹۱۴	۶۹۱۴

می‌شود. در الگوی ارائه شده توسط مدل برنامه‌ریزی کسری آرمانی فازی محصول برنج به علت صرفه اقتصادی بالایی که دارد به میزان ۹۶۰ هکتار مضاعف، برای کشت در منطقه توصیه می‌شود. این محصول اگر چه نیاز آبی بیشتری نسبت به گندم، جو، سیر، خللر و ماشک دارد، اما به علت سوددهی بیشتر در واحد سطح، از مدل

با توجه به جدول ۴، ملاحظه می‌شود که در مدل برنامه‌ریزی کسری خطی، محصول یونجه به علت نیاز آبی بالا و صرفه اقتصادی کم از الگوی ارائه شده حذف شده است. در این الگو، کشت برنج، خللر و ماشک، سیر و لوبیا سبز به علت صرفه اقتصادی بیشتری که نسبت به آب مصرفی ایجاد می‌کنند، در منطقه مورد نظر توصیه



می‌گردد. بر اساس الگوی مدل FGFP، افزایش سطح زیرکشت محصول سیب‌زمینی به علت نیاز آبی زیاد این محصول در منطقه مورد نظر توصیه نمی‌شود، به همین دلیل سطح زیرکشت آن از ۲۳۸ هکتار در شرایط فعلی به ۹۷ هکتار کاهش پیدا کرده است. محصول یونجه علاوه بر الگوی مدل LFP از الگوی ارائه شده توسط مدل FGFP نیز حذف شده است. سیر و لویا سبز نیز به ترتیب به میزان ۹۷۲ و ۸۶۷ هکتار برای کشت در منطقه توصیه شدند. حذف محصول یونجه از الگوی کشت، تمایل زارعینی را که علاوه بر فعالیت کشاورزی به دامداری یا دامپروری نیز می‌پردازند، در جهت افزایش سطح زیرکشت محصول خللر و ماشک (به عنوان محصول علوفه‌ای) سوق داده است. همین امر سبب افزایش سطح زیرکشت خللر و ماشک و توجه بیشتر به کشت این محصول در منطقه شده است. کشت گندم، اگرچه که به علت صرفه اقتصادی کم این محصول در واحد سطح در منطقه توصیه نمی‌شود، اما زارعین منطقه با تخصیص اراضی مورد نظر به کشت محصولات با صرفه اقتصادی بالاتر مانند برنج می‌توانند نیاز خود به محصول گندم را از طریق مناطق هم‌جوار (استان قزوین و گیلان) تأمین نمایند.

جدول ۵، میزان سود خالص سالانه کل، میزان آب مصرفی سالانه کل و شاخص «نسبت سود به آب مصرفی» را برای شرایط فعلی منطقه و الگوهای ارائه شده توسط مدل برنامه‌ریزی کسری خطی و کسری آرمانی فازی نشان می‌دهد:

جدول ۵. میزان آب مصرفی سالانه کل، سود خالص سالانه کل و شاخص «نسبت سود به آب مصرفی»

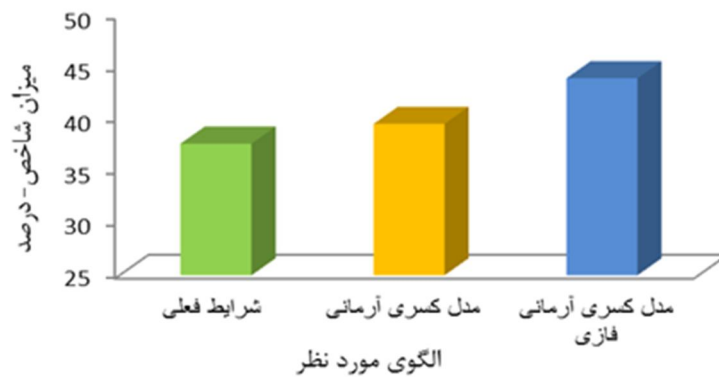
مشخصات شاخص	الگوی کشت در شرایط فعلی منطقه	الگوی مدل برنامه‌ریزی کسری خطی (LFP)	الگوی برنامه‌ریزی کسری آرمانی فازی (FGFP)
سود خالص سالانه کل*	۱۷۶۷۰۷۶۹	۱۸۱۷۴۶۶۹	۲۱۴۵۹۴۷۶
آب مصرفی سالانه کل**	۴۶۹۲۰۱۷۰	۴۵۸۹۰۲۶۷	۴۸۸۹۹۵۶۷
میزان شاخص***	۳۷/۷	۳۹/۶	۴۴/۰
میزان تغییرات شاخص نسبت به شرایط فعلی****		۵/۲	۱۶/۸

\*\*\*، \*\* و \*\*\*\*: به ترتیب برحسب هزار ریال، میلیون مترمکعب، درصد و درصد

کسری آرمانی حذف نشده و کشت آن در منطقه توصیه شده است. محصول جو در مقایسه با گندم نیاز آبی کمتری دارد؛ لذا با توجه به تابع هدف مسئله (یعنی حداکثر کردن سود کشاورزان با لحاظ نمودن محدودیت آب) این محصول به میزان ۷۵۴ هکتار برای کشت در منطقه توصیه شده است. علت کاهش سطح زیرکشت جو به میزان ۱۴۶ هکتار در مدل برنامه‌ریزی کسری آرمانی فازی نسبت به شرایط فعلی، صرفه اقتصادی کمتر این محصول در مقایسه با سایر محصولات منطقه می‌باشد. خللر و ماشک بقولاتی هستند که در فصل دوم سال و بعد از محصول برنج در زمین‌های شالیزاری منطقه کشت می‌شوند. این گیاهان به علت تثبیت ازت در بافت‌های ریشه‌ای خود، در تأمین ازت خاک نقش مهمی را ایفا می‌کنند. علاوه بر آن پس از برداشت، با انجام شخم نیمه عمیق در سطح مزارع بقایای این محصولات (به عنوان کود سبز) به خاک اضافه شده و مواد آلی خاک را افزایش می‌دهد. قدرت پنجه‌زنی این دو محصول طی دوره رشد بسیار زیاد می‌باشد و اغلب به صورت توأم کشت می‌شوند. این ویژگی باعث سایه‌اندازی محصولات در سطح مزارع می‌شود و از تبخیر و هدر رفت آب در هنگام آبیاری (به ویژه در هوای گرم) ممانعت می‌کند. به همین علت نیاز آبی این دو محصول در قیاس با سایر محصولات منطقه مورد مطالعه کمتر بوده و کشت توأم آن‌ها به میزان ۴۴۰ هکتار مضاعف، در مدل برنامه‌ریزی کسری آرمانی فازی نسبت به شرایط فعلی توصیه

سود کشاورزان در الگوی مدل FGFP افزایش می‌یابد. اگرچه در الگوی مدل FGFP میزان آب مصرفی بیشتر از شرایط فعلی است، اما سوددهی حاصل از آن بیشتر می‌باشد. شکل (۳)، شاخص نسبت سود به آب مصرفی را برای الگوهای مختلف نشان می‌دهد:

با توجه به نتایج جدول (۵)، ملاحظه می‌شود که میزان شاخص نسبی سود به آب مصرفی در شرایط فعلی منطقه ۳۷/۷ درصد است، در حالی که برای الگوی مدل FGFP، ۴۴ درصد می‌باشد که نسبت به شرایط فعلی افزایش یافته است. افزایش ۱۶/۸ درصدی شاخص نسبت سود به آب مصرفی در مقایسه با شرایط فعلی حاکی از آن است که



شکل ۳. مقایسه میزان شاخص «نسبت سود به آب مصرفی» در الگوهای مختلف

توسط مدل برنامه‌ریزی کسری خطی (LFP) و کسری آرمانی فازی (FGFP) نشان می‌دهد:

جدول (۶)، میزان سود خالص سالانه کل، مجموع نیروی کار و شاخص «نسبت سود به نیروی کار بکارگرفته شده» را برای شرایط فعلی منطقه و الگوهای ارائه شده

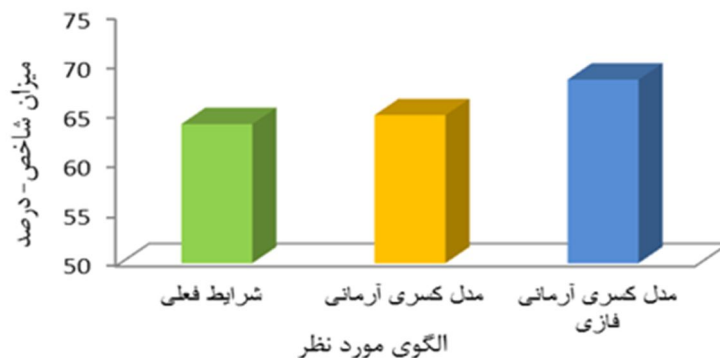
جدول ۶. میزان سود خالص سالانه کل، مجموع نیروی کار و شاخص «نسبت سود به نیروی کار بکارگرفته شده»

مشخصات شاخص نسبت سود به نیروی کار	الگوی کشت در شرایط فعلی منطقه	الگوی مدل برنامه‌ریزی کسری خطی (LFP)	الگوی برنامه‌ریزی کسری آرمانی فازی (FGFP)
سود خالص سالانه کل*	۱۷۶۷۰۷۶۹	۱۸۱۷۴۶۶۹	۲۱۴۵۹۴۷۶
مجموع نیروی کار**	۲۷۵۸۴۵۰۰	۲۷۹۴۷۹۲۰	۳۱۳۰۳۳۸۰
میزان شاخص***	۶۴/۱	۶۵/۰	۶۸/۶
میزان تغییرات شاخص نسبت به شرایط فعلی****		۱/۵۱	۵/۴۲

\*، \*\*، \*\*\* و \*\*\*\*: به ترتیب برحسب هزار ریال، ساعت کار، درصد و درصد

بر این، نتایج به دست آمده برای شاخص نسبت سود به نیروی کار بکارگرفته شده حاکی از آن است که بکارگیری الگوی ارائه شده در مدل برنامه‌ریزی کسری آرمانی فازی (FGFP) در زمینه ایجاد اشتغال و رفع بیکاری در منطقه بر مدل برنامه‌ریزی کسری خطی (LFP) برتری دارد. شکل (۳)، شاخص نسبت سود به آب مصرفی را برای الگوی فعلی منطقه و الگوهای برنامه‌ریزی کسری خطی و کسری آرمانی فازی نشان می‌دهد:

با توجه به جدول (۶)، ملاحظه می‌شود که میزان شاخص نسبی سود به نیروی کار در شرایط فعلی ۶۴/۱ درصد است، در حالی که میزان این شاخص برای الگوی برنامه‌ریزی کسری آرمانی فازی ۶۸/۶ درصد می‌باشد که نسبت به شرایط فعلی ۵/۴۲ درصد افزایش یافته است. افزایش این میزان از شاخص نسبت سود به نیروی کار، امکان ایجاد اشتغال و بکارگیری نیروی کار بیشتری را در الگوی ارائه شده توسط مدل FGFP فراهم می‌سازد. افزون



شکل ۴. مقایسه میزان شاخص «نسبت سود به نیروی کار» در الگوهای مختلف

### نتیجه‌گیری

در مطالعه حاضر به منظور ارائه برنامه‌ای جهت بهره‌برداری صحیح از منابع آب‌های سطحی و زیرزمینی و تخصیص بهینه این منابع در بخش کشاورزی منطقه رودبار الموت استان قزوین و همچنین به منظور تعیین الگوی بهینه‌ی کشتی که منجر به پایداری منابع آب این منطقه شود، از مدل برنامه‌ریزی کسری آرمانی فازی (FGFP) و داده‌های آماری سال ۹۱-۱۳۹۰ استفاده شد. جمع‌آوری داده‌ها از طریق داده‌های اسنادی و ثبت شده و با مراجعه مستقیم به ادارات ذی‌ربط در استان قزوین (سازمان جهاد کشاورزی و شرکت آب منطقه‌ای) صورت گرفت. مدل پیشنهادی نیز براساس روش رتبه‌بندی فازی چن و هانگ (۱۹۹۲) طرح و در محیط نرم‌افزاری GAMS نسخه ۲۳/۹ حل شد. پس از حل مدل و تخصیص منابع آب و اراضی و تعیین الگوی بهینه کشت در منطقه مورد نظر، شاخص نسبت سود به آب مصرفی و شاخص نسبت سود به نیروی کار، مطابق با تابع هدف مدل پیشنهادی محاسبه شد.

نتایج نشان داد که با تخصیص بهینه منابع آب موجود در منطقه رودبار الموت علاوه بر کاهش میزان هدر رفت آب در سطح مزارع، هزینه تولید در هر هکتار از اراضی کاهش، اشتغال و نیروی کار بکارگرفته شده افزایش و شاخص کارایی «نسبت سود به آب مصرفی» در حدود ۱۶/۸ درصد افزایش می‌یابد. با توجه به این که سطح

زیرکشت محصول یونجه به علت نیاز آبی بالا و صرفه اقتصادی کم از الگوی کشت ارائه شده حذف شد، پیشنهاد می‌شود که زارعین دامدار منطقه جهت تأمین علوفه دام‌های خود به کشت محصولات جایگزینی مانند خللر و ماشک و جو در منطقه بپردازند و از بقایای محصولاتی مانند برنج و جو (کاه و کلش) در برنامه جیره غذایی دام‌ها استفاده نمایند. برای جلوگیری از نوسانات قیمت محصولات سیر و خللر و ماشک و کاهش ریسک زارعین در کشت مداوم این محصولات توصیه می‌شود که سیاست‌های قیمتی مناسبی مانند تعیین قیمت تضمینی توسط نهادهای دولتی در منطقه به کار گرفته شود. همچنین، با توجه به روند نامناسب تغییرات اقلیم (افزایش دما و کاهش بارش در منطقه)، افت سطح آب‌های زیرزمینی و کاهش جریان‌ات سطحی منتهی به رودخانه شاهرود توصیه می‌شود که تکنیک‌های کم‌آبی و راهکارهایی مانند کاهش آب در دسترس جهت پایداری و حفاظت از منابع آب موجود در منطقه به کار گرفته شوند. در پایان، جهت توسعه بخش کشاورزی استان قزوین برنامه‌ریزی و مدل‌سازی از پایین به بالا پیشنهاد می‌شود. برای تحقق این امر نیاز است که اتخاذ تصمیمات لازم در زمینه مدیریت منابع آب از سطح منطقه‌ای شروع شده و تا سطح ملی ادامه یابد.

## فهرست منابع

- آبابایی، ب.، سرائی تبریزی، م.، فرهادی یانسوله، ب.، سهرابی، ت. و میرزایی، ف. ۱۳۹۱. واسنجی مدل CERES-Barley با استفاده از روش مدل‌سازی معکوس تحت شرایط کم‌آبیاری. نشریه حفاظت آب و خاک، ۲(۲): ۳۷-۴۷.
- امینی فسخودی، ع.، نوری، ه. و حجازی، ر. ۱۳۸۷. تعیین الگوی بهینه بهره‌برداری در اراضی زراعی ناحیه شرق اصفهان به کمک رهیافت برنامه‌ریزی آرمانی. اقتصاد کشاورزی، ۲(۴): ۱۷۷-۱۹۷.
- باقریان، ع.، صالح، ا. و پیکانی، غ. ۱۳۸۶. بهینه‌سازی الگوی کشت در منطقه کازرون با استفاده از روش برنامه‌ریزی خطی. ششمین کنفرانس اقتصاد کشاورزی ایران، صفحات ۶۳-۷۵.
- پرهیزکاری، ا. ۱۳۹۲. تعیین ارزش اقتصادی آب آبیاری و پاسخ کشاورزان به سیاست‌های قیمتی و غیرقیمتی در استان قزوین. پایان‌نامه کارشناسی ارشد اقتصاد کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل، ۱۱۵ صفحه.
- پرهیزکاری، ا. و صبحی، م. ۱۳۹۲. شبیه‌سازی پاسخ کشاورزان به سیاست کاهش آب آبیاری در دسترس. آب و آبیاری، ۳(۲): ۵۹-۷۴.
- پرهیزکاری، ا.، صبحی، م. و ضیائی، س. ۱۳۹۲. شبیه‌سازی بازار آب و تحلیل اثرات سیاست اشتراک‌گذاری آب آبیاری بر الگوی کشت تحت شرایط کم‌آبی. اقتصاد و توسعه کشاورزی، ۲۷(۳): ۱-۱۲.
- پیکانی، غ.، صالح، ا. و باقریان، ع. ۱۳۸۶. تعیین الگوی بهینه کشت و استخراج تقاضای هنجاری آب، مطالعه موردی شهرستان کازرون. اقتصاد کشاورزی و توسعه (۶۰): ۷۱-۸۵.
- چیدری، ا.، کرامت زاده، ع. و میرزایی، ا. ۱۳۸۵. تعیین ارزش اقتصادی آب کشاورزی با استفاده از مدل الگوی کشت بهینه تلفیق زراعت و باغداری، مطالعه موردی سد بارزو شیروان. مجله اقتصاد کشاورزی و توسعه، (۳۷): ۳۳-۴۸.
- سازمان هواشناسی استان قزوین. ۱۳۹۰. اداره کل مطالعات و بررسی‌های اقتصادی، خلاصه سیمای آب و هوا و اقلیم استان قزوین، ۱۳ صفحه.
- صبحی، م.، سلطانی، غ.، زیبایی، م. و ترکمانی، ج. ۱۳۸۵. تعیین راهبردهای مناسب کم‌آبیاری با هدف حداکثرسازی منافع اجتماعی. اقتصاد کشاورزی و توسعه، (۵۶): ۱۶۷-۲۰۲.
- فتحی، پ. و سلطانی، م. بهینه‌سازی کارایی مصرف آب و عملکرد سیب‌زمینی با استفاده از تئوری آنالیز حاشیه‌ای. نشریه حفاظت آب و خاک، ۲(۲): ۹۳-۸۶.
- فلسفی زاده، ن. و صبحی صابونی، م. ۱۳۸۷. تعیین الگوی بهینه کشت با تأکید بر استفاده پایدار از منابع آب سطحی، مطالعه موردی شهرستان مرودشت. مجموعه مقالات برگزیده اولین کنفرانس بین‌المللی بحران آب، دانشگاه زابل، اسفند ماه ۱۳۸۷، صفحات ۴۷-۶۲.
- محسنی، ا. و زیبایی، م. ۱۳۸۸. تحلیل پیامدهای افزایش سطح زیرکشت کلزا در دشت نمدان استان فارس: کاربرد برنامه‌ریزی ریاضی مثبت. علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، ۴۷(ب): ۷۷۳-۷۸۴.
- هاشمی‌نژاد، ی.، غلامی، م. و سلطانی، و. ۱۳۹۱. بهینه‌سازی مصرف آب از طریق کنترل دقیق شوری خاک در شرایط ماندگار. نشریه حفاظت آب و خاک، ۱(۳): ۶۰-۶۸.
- Biswas, A., and Pal, B.B. 2005. Application of fuzzy goal programming technique to land use planning in agriculture system. The International Journal of Management Science, Omega, 33: 391-399.
- Chaturvedi, M.C. 2001. Sustainable development of India's waters: some policy issues. Water Policy, 3: 297-320.
- Chen, S.J., and Hwang, C.L. 1992. Fuzzy Multiple Attribute Decision Making: methods and Applications, Berlin-Heidelberg, Springer Verlag, No: 73-104.

- Hosseini, S.M., and Mahdi, K. 2007. Investigating ecological indices of agricultural sustainable development in Salehabad County. *Journal of Agricultural Sciences*, 3(2): 48-63.
- Narayan, S.L., and Sudhindra, N. 2006. Optimal crop planning and water resources allocation in a coastal groundwater basin, Orissa, India. *Agricultural Water Management*, 83: 209-206.
- Nazer, W., Tilmant, D., and Mimi, Z. 2010. Optimizing irrigation water use in the West Bank Palestine. *Agricultural Water Management*, 97: 339-345.
- Samani, N., Raeissi, E., and Soltani, A.R. 2009. Modeling the stochastic behavior of the Fars River. *Sciences Agricultural Water Management*, (5): 49-58.
- Zhen, L., Routray, J.K., and Zoebisch, M.A. 2005. Three dimensions of sustainability of farming practices in the North China Plain: A case study from Ningjin County of Shandong Province, PR China. *Agriculture Ecosystems and Environment*, 105: 507-522.



## Optimal allocation of water and lands resources in the Roudbar Alamout region using the FGFP model

Abozar Parhizkari<sup>1\*</sup>, Mohammad Mahdi mozaffari<sup>2</sup>, Mehran khaki<sup>3</sup> and Hossein Taghizade Ranjbari<sup>4</sup>

- 1\*) Ph.D Student (Member of the National Foundation of Elites), Department of Agricultural Economics, Faculty of Agriculture, Payame Noor University, Tehran, Iran, Corresponding author email: [Abozar\\_panhizkari@yahoo.com](mailto:Abozar_panhizkari@yahoo.com)  
2) Assistant Professor, Department of Industries Management, Faculty of Society Sciences, Imam Khomeini International University, Qazvin, Iran  
3) Scientific Member, Faculty of Agriculture, Payame Noor University of Boin Zahra, Qazvin, Iran  
4) Ph.D Student, Department of Agricultural Economics, Faculty of Agriculture, Payame Noor University, Tehran, Iran

Received: 10-10-2014

Accepted: 05-09-2015

### Abstract

To protect from the risks of drought and water crisis in the future is needed that guidelines and rules for utilization of limited water resources be taken. In this context, mathematical programming models are used to help solve problems related to water resources management widely. In the present study in order to proper exploitation of groundwater and surface water resources and the optimal allocation of these resources in agriculture sector and also to determination an optimal cropping pattern that conducive to achieve the maximum possible profit for farmers of Roudbar Alamout region, from Fuzzy Goal Fractional Programing (FGFP) model and statistical data related to year 2010-2011 were used. The proposed model was solved in GAMS software version 23/9. The results showed that utilization optimal cropping pattern and optimal allocation of existing water resources in case study region in addition to reducing water used in farms level, the product cost in per hectare of lands reduced, the utilized labor force increased and efficiency indicators "profit ratio to water used" increased about 13 percent. In the end, according to obtained results planning and modeling from bottom to up for development agricultural sector of Qazvin province was proposed.

**Keywords:** Alamout region, fuzzy goal fractional programing, optimal cropping Pattern, water resources management