

## مدیریت بهره‌برداری و تخصیص بهینه منابع آب جهت تعیین برنامه زراعی - اقتصادی

### الگوی بهینه کشت در منطقه رودبار الموت

ابوذر پرهیزکاری<sup>۱</sup>، محمد مهدی مظفری<sup>۲</sup>، رویا پرهیزکاری<sup>۳</sup>، مهنا پرهیزکاری<sup>۴</sup>

#### چکیده

امروزه برداشت‌های بی‌رویه از منابع آب زیرزمینی افت شدیدی را در کمیت و کیفیت این منابع ایجاد نموده و کشاورزی پایدار را در معرض خطر و تهدید قرار داده است. رشد بی‌رویه جمعیت و نیاز به منابع آبی بیشتر در سال‌های آتی ایجاب می‌کند که راهکارهای مدیریتی در زمینه برداشت صحیح از منابع آب، تغذیه آب‌های زیرزمینی و افزایش بهره‌وری منابع آب، به‌ویژه در برنامه‌های اجرایی بخش کشاورزی تحت اولویت قرار گیرند. در این راستا بهینه‌سازی مصرف آب به‌عنوان گام اولیه می‌تواند نقش مهمی را ایفا نماید. به همین منظور، هدف اصلی تحقیق حاضر تعیین الگوی بهینه کشت برای استفاده صحیح از منابع آب در منطقه رودبار الموت استان قزوین است. برای نیل به هدف فوق از مدل برنامه‌ریزی کسری آرمانی و داده‌های آماری سال ۱۳۹۱ استفاده شد. حل مدل و تحلیل داده‌ها نیز در محیط نرم‌افزاری GAMZ نسخه ۳۲/۹ صورت گرفت. نتایج نشان داد که با تخصیص بهینه منابع آب علاوه بر کاهش میزان آب مصرفی در مزارع، هزینه و نیروی کار بکار گرفته‌شده در هر هکتار از اراضی کاهش و شاخص کارایی «نسبت سود به مصرف آب» در حدود ۱۳ درصد افزایش می‌یابد.

واژه‌های کلیدی: الگوی کشت بهینه، برنامه‌ریزی کسری آرمانی، مدیریت منابع آب، شاخص سود به آب مصرفی.

#### مقدمه

منابع آبی هر منطقه، از جمله خصوصياتی است که در طول زمان دست‌خوش تغییر قرار می‌گیرد. افزایش دما، نیاز گیاهان به آب بیشتر، افزایش جمعیت، بالا رفتن میزان مصارف عمومی و استفاده بیشتر از آب در بخش‌های صنعتی نسبت به گذشته باعث شده تا بهره‌برداری از منابع آب افزایش یابد. علاوه بر آن کاهش نزولات آسمانی و عدم تغذیه صحیح آبخوان‌ها و سفره‌های آب زیرزمینی از دیگر عواملی هستند که منجر به بهره‌برداری بیش‌ازحد منابع آب شده‌اند. پیش‌بینی‌های برخی از جوامع علمی حاکی از آن است که تا سال ۲۰۵۰ مسئله مدیریت منابع آب، اصلی‌ترین موضوع موردبحث در کشورهای مختلف جهان خواهد بود. این وضعیت به‌ویژه برای کشورهای منطقه خاورمیانه که در حدود ۵ درصد از جمعیت جهان را در برمی‌گیرند حادث می‌باشد. کشور ایران نیز بر اساس پیش‌بینی‌های انجام‌شده تا سال ۲۰۲۵ به لیست کشورهایی که با وضعیت کمبود آب مواجه‌اند اضافه خواهد شد (خالدی احسانی، ۱۳۸۲). 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

<sup>۱</sup> - سر باز وظیفه مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی قزوین و عضو بنیاد ملی نخبگان

<sup>۲</sup> - استادیار گروه مدیریت صنعتی دانشگاه بین‌المللی امام خمینی (ره)

<sup>۳</sup> - کارشناس ارشد مدیریت صنعتی دانشگاه بین‌المللی امام خمینی (ره)

<sup>۴</sup> - کارشناس حسابداری دانشگاه علامه قزوینی

زیرساخت‌های منابع آب جهت ارتقاء مدیریت این منابع می‌باشیم. در این راستا رویکرد مدیریت منابع آب، امکان بهینه کردن مشارکت بخش آب در دستیابی به توسعه پایدار را فراهم می‌کند (Samani et al., 1994).

### تعریف مدیریت بهره‌برداری و مصرف بهینه آب

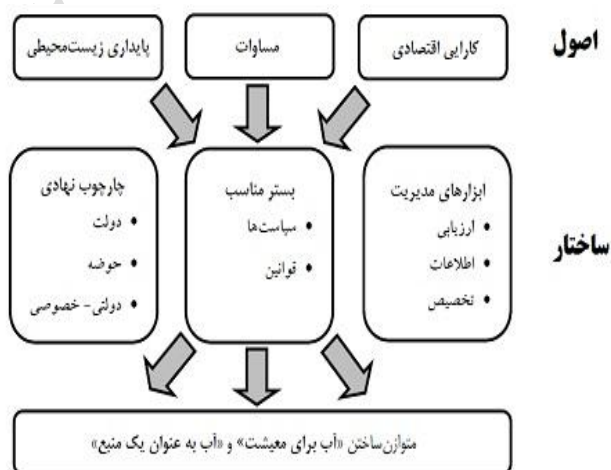
مدیریت بهره‌برداری و مصرف آب شامل مجموعه‌ای از فعالیت‌های به‌هم‌پیوسته بین صنعت آب و کشاورزان، باهدف حفظ منابع آبی کشور و به‌منظور توزیع عادلانه آب در بخش‌های کشاورزی و صنعتی است؛ تا اینکه بتوان با کارایی بیشتر و هزینه کمتر در این بخش‌ها به مطلوبیت یکسانی درزمینه مصرف دست‌یافت (پرهیزکاری، ۱۳۹۲).

### منافع حاصل از مدیریت بهره‌برداری و مصرف بهینه آب

مهم‌ترین منافع حاصل از مدیریت بهره‌برداری و مصرف بهینه منابع آب عبارت‌اند از: ۱- کاهش میزان مصرف آب در فصولی از سال که گیاهان زراعی با بهره‌مندی از نزولات و بارندگی‌ها نیاز آبی کمتری دارند. ۲- کاهش هزینه تولید با افزایش بهبود کیفیت آب بدون نیاز به حفر چاه‌ها. ۳- تخصیص بهینه منابع آب در بلندمدت با ایجاد توازن در مقادیر موجود و در دسترس آب‌های سطحی و زیرزمینی. ۴- اتخاذ سیاست‌های مناسب در جهت حفظ محیط‌زیست و کاهش آلودگی‌های زیست‌محیطی. ۵- آزادسازی سرمایه‌های لازم جهت بهره‌وری صحیح منابع آب، افزایش کارایی آب در مزارع و افزایش رفاه کشاورزان (پرهیزکاری، ۱۳۹۲).

همکاری جهانی آب (GWP) مدیریت بهره‌برداری از منابع آب را به‌صورت زیر تعریف می‌کند:

«مدیریت بهره‌برداری از منابع آب فرایندی که توسعه و مدیریت هماهنگ آب، خاک و منابع وابسته را به‌منظور حداکثر کردن رفاه اقتصادی و اجتماعی به شیوه‌ای عادلانه و بدون لطمه دیدن پایداری اکوسیستم‌های حیاتی ترویج می‌کند». اجرای فرآیند مدیریت منابع آب، درگرو تحقق «سه رکن» اساسی زیر می‌باشد (مدیریت جهانی منابع آب، ۱۳۹۰). فلوجارت شکل ۱، ارکان اساسی مدیریت منابع آب را به‌وضوح نشان می‌دهد:



شکل ۱- فلوجارت ارکان اساسی مدیریت منابع آب (پرهیزکاری، ۱۳۹۲)

با توجه به نمودار فوق سیاست‌ها و قوانین «برنامه‌های اجرایی» را مشخص می‌کنند. نقش‌های نهادی تعیین می‌کنند که «مجریان طرح‌ها» چه کسانی هستند و چه باید بکنند. ابزارهای مدیریتی نیز «صلاحیت‌ها و مهارت‌های»

مجریان را که برای انجام طرح‌ها مشخص می‌نمایند. باید توجه داشت که مدیریت بهره‌برداری از منابع آب یک نظریه علمی نیست که نیاز به اثبات یا رد داشته باشد. در واقع، مجموعه توصیه‌هایی است که از فهم متعارف درباره عناصر مهم مدیریت آب برگرفته شده است. این مقوله باید رویکردی انعطاف‌پذیر به مدیریت آب داشته باشد تا بتواند با شرایط متنوع (محلی و ملی) انطباق یابد. از سویی دیگر مستلزم آن است که تصمیم‌گیران درباره مناسب‌ترین پیشنهادها، اصلاحات، ابزارها و ترتیبات نهادی با توجه به زمینه خاص فرهنگی، اجتماعی، سیاسی، اقتصادی و زیست‌محیطی به قضاوت بنشینند. از نقاط قوت مدیریت منابع آب این است که به جامعه آب‌زبان مشترکی داده است که در سطوح محلی تا ملی و منطقه‌ای قابل‌استفاده می‌باشد. بر این اساس امکان تبادل دانش و تجربه و توافق و پایش سیاست‌ها و اهداف مطلوب ارتقای مدیریت منابع آب، برای تصمیم‌گیران و مدیران فراهم می‌گردد (وب سایت مدیریت جهانی منابع آب، ۱۳۹۰).

با وجود رودخانه شاهرود در منطقه الموت، در سال‌های اخیر به علت گرم شدن هوا و استفاده بیش‌ازاندازه از آب رودخانه (برای آب‌رسانی به روستاهای بالادست که از حاشیه رودخانه دور می‌باشند) و همچنین به علت استفاده ناکارآمد و غیراصولی از منابع آب موجود در سیستم‌های زراعی منطقه، سطح آب رودخانه تا حد زیادی کاهش یافته است که عدم توجه به این مسئله بدون شک در سال‌های آتی کشاورزی منطقه الموت را با مشکل بزرگ کم‌آبی مواجه خواهد کرد (پرهیزکاری و همکاران، ۱۳۹۲). به همین منظور، تعیین الگوی بهینه کشت و به‌کارگیری اصول و راهکارهای صحیح بهره‌وری آب در منطقه مورد مطالعه، علاوه بر بالا بردن راندمان آبیاری و کاهش هزینه برای کشاورزان، به ثبات و پایداری منابع آب سطحی حاصل از رودخانه شاهرود در آینده نیز کمک شایانی خواهد نمود. تجربه ثابت کرده است که تنها راه ممکن برای بهره‌وری مناسب از منابع آب موجود و محدود، تخصیص منابع آب بر اساس نیاز آبی گیاهان، اصلاح الگوهای نامناسب کشت و حذف محصولات پرآب و کم‌بازده از سیستم‌های زراعی می‌باشد.

یکی از اولین مطالعاتی که در زمینه بهره‌برداری از منابع آب سطحی و زیرزمینی انجام شد توسط براس در سال ۱۹۶۳ ارائه گردید. وی در مطالعه خود از مدل برنامه‌ریزی پویا برای بهینه نمودن سیستم بهره‌برداری استفاده کرد. مطالعات دیگری نیز در ارتباط با تخصیص بهینه و پایداری منابع آب در تعیین الگوهای کشت انجام گرفته که به برخی از آن‌ها اشاره می‌شود. از جمله این مطالعات می‌توان به مطالعه ژن و همکاران (۲۰۰۵)<sup>۱</sup> در زمینه 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 گرفته است. در مطالعه‌ای دیگر، چاتورودی (۲۰۰۱)<sup>۲</sup> وضعیت توسعه پایدار منابع آب را در هند بررسی نمود. 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. نازر و همکاران (۲۰۱۰)<sup>۳</sup> در پژوهشی با به‌کارگیری برنامه‌ریزی کسری در کرانه باختری فلسطین مشخص نمودند که الگوی کشت بهینه باعث کاهش مصرف آب به اندازه ۱۰ درصد می‌شود، که این امر به پایداری آب کمک شایانی می‌کند. همچنین ارزش افزوده بخش کشاورزی در حالت بهینه به اندازه ۱۰ درصد نسبت به حالت فعلی افزایش پیدا خواهد کرد. در پژوهشی دیگر، نارایان و سون‌هیندرا (۲۰۰۶)<sup>۴</sup>

<sup>1</sup>-Zhen & *etal.*, 2005

<sup>2</sup> - Chaturvedi M.C, 2001

<sup>3</sup> - Nazer & *etal.*, 2010

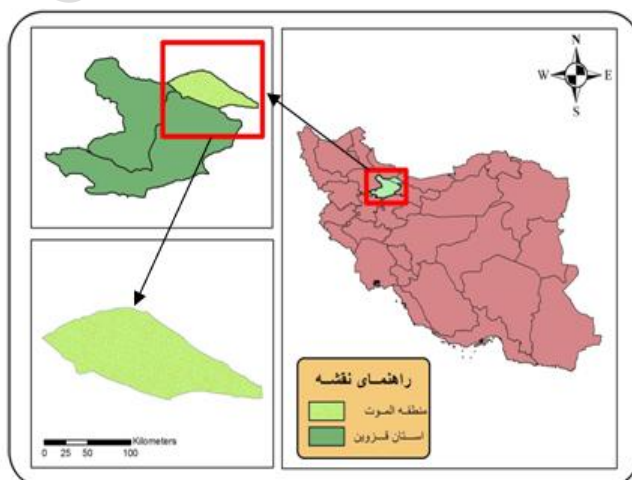
<sup>4</sup> - Narayan S.L, Sudhindra N, 2006

تخصیص آب‌های زیرزمینی حوضه ساحلی اورپسا در هندوستان مورد بررسی قرار دادند. نتایج این پژوهش نشان داد که الگوی کشت فعلی ۴۰ درصد از الگوی کشت بهینه انحراف دارد، همچنین 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 می‌گردد. در ایران نیز فلسفی زاده و صبوحی (۱۳۸۷) در مطالعه‌ای با استفاده از روش برنامه‌ریزی غیرخطی برای تعیین الگوی بهینه کشت با تأکید بر استفاده پایدار از منابع آب سطحی شهرستان مرودشت نشان دادند 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 فعلی ۱۰ درصد کمتر می‌باشد. همچنین سود به دست آمده در این حالت به میزان ۱۱/۵ درصد بالاتر از مقدار سود حاصل از الگوی کشت فعلی می‌باشد. نتایج تحقیق چیدری و همکاران (۱۳۸۵) به کمک تکنیک برنامه‌ریزی خطی برای تعیین ارزش اقتصادی آب کشاورزی اراضی زیر سد بارزو شیروان نشان دادند که در شرایط اجرای الگوی کشت بهینه، ارزش اقتصادی آب سد در ماه‌های فروردین، تیر، شهریور و آبان به ترتیب حدود ۸۰۰، ۴۷۰، ۴۷۴ و ۵۹۰ ریال برآورد می‌شود. نتایج تحقیق پیکانی و همکاران (۱۳۸۶) در زمینه تعیین الگوی بهینه کشت و استخراج تابع تقاضای آب در شهرستان کازرون نشان دادند که کشاورزان منطقه از منابع موجود استفاده بهینه نمی‌کنند، به گونه‌ای که اختلاف سود در اجرای دو حالت کنونی و بهینه ۱۱/۵ درصد می‌باشد. حسینی و مهدی (۲۰۰۷) با بهره‌گیری از روش برنامه‌ریزی ریاضی در بخش صالح‌آباد شهرستان بهارستان همدان نشان دادند که شاخص‌های اکولوژیکی کشاورزی پایدار از لحاظ پایداری نظام‌های زراعی، در وضعیت بحرانی قرار دارند، به طوری که بیشتر نظام‌های زراعی منطقه بسیار ناپایدار هستند.

## مواد و روش‌ها

### موقعیت منطقه مورد مطالعه

الموت بخشی از حوضه آبریز دریای خزر است که با فاصله ۶۰ کیلومتر در شمال شرق استان قزوین قرار دارد (۲). این منطقه دارای هوای نسبتاً معتدل و نیمه‌خشک می‌باشد. میزان بارش سالانه نیز در این بخش به طور متوسط در حدود ۳۵۶ میلی‌متر است (پرهیزکاری و همکاران، ۱۳۹۲). شکل ۲، موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه را نشان می‌دهد:



شکل ۲- موقعیت جغرافیایی منطقه رودبار الموت در استان قزوین (۳)

منابع آبی منطقه مورد مطالعه علاوه بر بارش‌های سالانه، از طریق رودخانه شاهرود تأمین می‌گردد که پتانسیل آب سطحی استان قزوین در آن جاری است. اغلب مردم در این منطقه به فعالیت کشاورزی و دامداری اشتغال دارند. برنج، گندم، جو، لوبیا، سیر، سیب‌زمینی، خللر، ماشک، یونجه، اخته‌زغال، فندق، گردو، انگور، انار، گیلاس و زیتون از جمله محصولات زراعی و باغی هستند که در اراضی این منطقه کشت می‌شوند (سازمان جهاد کشاورزی استان قزوین، ۱۳۹۰).

### تشریح و تدوین مدل پیشنهادی

یکی از پرکاربردترین روش‌ها که برای تعیین الگوی بهینه کشت استفاده می‌شود، مدل برنامه‌ریزی ریاضی است. این مدل شامل تابع هدف و محدودیت‌هایی است که بسته به نوع آن، هدف یا اهدافی را دنبال می‌کند (Rehman and Romero, 1989). 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 (GFP) استفاده شد. مزیت استفاده از این مدل آن است که با در ساختار خود علاوه بر عامل اصلی (آب)، عوامل دیگری نظیر درآمد خالص کشاورزان و سود اقتصادی حاصل از کشت محصولات زراعی در تعیین الگوی بهینه کشت را نیز لحاظ نموده و مورد بررسی قرار می‌دهد. برنامه‌ریزی کسری یکی از انواع مدل‌های برنامه‌ریزی غیرخطی است. این مدل معمول‌ترین نوع مدل برنامه‌ریزی ریاضی با اهداف نسبی است که برای مطالعه کارایی نسبی در زمینه پایداری کشاورزی، بسیار کارا تر از سایر روش‌ها عمل می‌کند. گاهی تصمیم‌گیران در شرایط واقعی با تصمیم بهینه کردن نسبت‌های دارای به فروش، هزینه واقعی به هزینه استاندارد، میزان تولید به استخدام نیروی کار مواجه‌اند که در این موارد نیز استفاده از برنامه‌ریزی کسری روشی مناسب خواهد بود (رستگاری پور و صبوچی، ۱۳۸۸). مدل برنامه‌ریزی کسری با توجه به اهداف مسئله، می‌تواند به صورت یک هدفه یا چندهدفه تعریف شود. شکل کلی این مدل به صورت زیر می‌باشد:

$$\text{Max } Z = \frac{A^T X + \alpha}{B^T X + \beta} \quad (1)$$

Subjectto :

$$CX \leq b \quad (2)$$

$$x \geq 0 ; x \in R^n ; A^T, B^T \in R^n ; C \in R^{m \times n} ; \alpha, \beta \in R \quad (3)$$

گاهی برای برخی از مقادیر  $x$  ممکن است که مقدار  $B^T X + \beta$  برابر صفر شود. در این گونه موارد می‌توان محدودیت سیستمی را به یکی از دو صورت زیر بیان کرد (رستگاری پور و صبوچی، ۱۳۸۸؛ پرهیزکاری، ۱۳۹۲):

$$[x \geq 0, CX \leq b] \triangleright [B^T X + \beta \geq 0] \quad (4)$$

$$[x \geq 0, CX \leq b] \triangleright [B^T X + \beta \leq 0] \quad (5)$$

ساختار مدل پیشنهادی در این پژوهش به صورت زیر می‌باشد:

$$\text{Max } Z = \frac{\sum_{i=1}^8 \pi_i \cdot X_i}{\sum_{i=1}^8 W_i \cdot X_i} \quad (6)$$

Subjectto :

$$\sum_{i=1}^8 (x_i)_S \leq A \quad (7)$$

$$\sum_{i=1}^8 c_i x_i \leq C_F \quad (8)$$

$$\sum_{i=1}^8 FWR_{ik} \cdot x_i \leq (\mu_a \cdot SW_k + \mu_b \cdot GW_k) \quad (9)$$

$$(10)$$

$$\sum_{i=1}^8 (x_i)_{S_1} - \sum_{i=1}^6 (x_i)_{S_2} = 0$$

$$\sum_{i=1}^8 (-1)^i \cdot x_i \leq 0 \quad (11)$$

$$\sum_{i=1}^8 K_i x_i \leq TK \quad (12)$$

$$\sum_{i=1}^8 P_i x_i \leq TP \quad (13)$$

$$x_i \geq 0 \quad (i=1,2,\dots,8), \quad (k=1,2,\dots,12) \quad (14)$$

مدل پیشنهادی فوق شامل یک مسئله برنامه‌ریزی تک هدفه<sup>1</sup> (SOP) و محدودیت‌های منابع (زمین، آب، نیروی کار، سرمایه، کود شیمیایی) و محدودیت تناوب کشت می‌باشد که برای کارا نمودن هدف کسری حداکثر سود کشاورزان به صورت فوق بیان و بر اساس ساختار برنامه‌ریزی کسری آرمانی (FPG) حل می‌شود. مدل تک هدفه مورد نظر با در نظر گرفتن آرمان حداکثر سازی سود خالص کشاورزان منطقه مورد مطالعه و با لحاظ نمودن دو محدودیت برای سطح زیر کشت و زمین، محدودیت‌های دوازده‌گانه آب برای هر یک از ماه‌های سال، محدودیت تناوب زراعی و محدودیت‌های سرمایه، نیروی کار و کود شیمیایی در محیط نرم‌افزاری GAMZ نسخه ۳۲/۹ حل شد. هر یک از متغیرها و علائم بکار رفته در مدل فوق به صورت زیر تعریف می‌شوند:

$X_i$ : سطح زیر کشت محصول  $i$  ام می‌باشد.

$A$ : کل سطح زیر کشت موجود در منطقه (برحسب هکتار).

$K$ : اندیسی که بیانگر ماه‌های دوازده‌گانه سال می‌باشد.

$S$ : اندیسی که بیانگر فصل‌های زراعی می‌باشد ( $S_1$  کشت در بهار و  $S_2$  کشت در پاییز).

$W_i$ : بیانگر نیاز آبی خالص هر محصول در کل فصل زراعی می‌باشد (برحسب مترمکعب در هکتار).

$FWR_{ik}$ : نیاز آبی خالص محصول  $i$  ام در ماه  $k$  ام از سال می‌باشد (برحسب مترمکعب در هکتار).

$\pi_i$ : بازده برنامه‌ای حاصل از کشت هر یک از محصولات منطقه می‌باشد (برحسب هزار ریال در هکتار).

$SW_K$ : بیانگر مجموع آب‌های سطحی قابل استحصال در ماه  $k$  ام از سال می‌باشد (برحسب مترمکعب در هکتار).

$GW_K$ : بیانگر مجموع آب‌های زیرزمینی قابل استحصال در ماه  $k$  ام از سال می‌باشد (برحسب مترمکعب در هکتار).

$\mu_a$ : درصد راندمان آبیاری آب‌های سطحی در منطقه مورد مطالعه می‌باشد.

$\mu_b$ : درصد راندمان آبیاری آب‌های زیرزمینی در منطقه مورد مطالعه می‌باشد.

<sup>1</sup> - Single-objective plan

$C_i$ : کل هزینه‌ای که برای تولید هر محصول در طول هر فصل زراعی لحاظ می‌گردد (برحسب هزار ریال در هکتار).

$K_i$ : نیروی کار موردنیاز برای تولید محصول  $i$  و  $TK$  کل نیروی کار قابل‌دسترس در منطقه مورد مطالعه است.

$P_i$ : نیاز کودی محصول  $i$  و  $TP$  مجموع کود شیمیایی در دسترس کشاورزان در منطقه مورد مطالعه است.

در مدل فوق رابطه ۶، بیانگر سود ماکزیمم بوده و تابع هدف یا آرمان مسئله موردنظر می‌باشد. روابط ۷ تا ۱۴ نیز

محدودیت‌های سیستمی یا محدودیت‌های منابع را برای منطقه مطالعاتی نشان می‌دهند. به دلیل فرم غیرخطی یا کسری

این تابع هدف، حل مدل به کمک روش‌های معمولی که برای مسائل برنامه‌ریزی خطی به کار می‌روند میسر نمی‌باشد؛

لذا برای حل مدل با روش‌های برنامه‌ریزی خطی نیاز است که ابتدا روابط غیرخطی موجود را با ایجاد تغییراتی به فرم

خطی قابل‌حل درآورده و سپس مسئله موردنظر را حل کرد.

امروزه برنامه‌ریزی کسری آرمانی به علت دشواری در حل، کمتر از مدل‌های دیگر در مسائل اقتصادی به کار

می‌رود. این مدل بیشتر برای محاسبه کارایی، سوددهی و تعیین مقادیر بهینه فعالیت‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد

(رستگاری پور و صبوچی، ۱۳۸۸؛ پرهیزکاری، ۱۳۹۲). در پژوهش حاضر برای محاسبه شاخص «نسبت سود به آب

مصرفی» از رابطه مطرح‌شده در تابع هدف مدل پیشنهادی فوق که به صورت زیر می‌باشد، استفاده ش (پرهیزکاری،

۱۳۹۲):

$$\text{شاخص نسبت سود به آب مصرفی} = \frac{\sum_{i=1}^n \pi_i \cdot X_i}{\sum_{i=1}^n W_i \cdot X_i} \times 100 \quad (15)$$

#### جامعه آماری و روش جمع‌آوری داده‌ها

جامعه آماری در مطالعه حاضر شامل کلیه کشاورزان منطقه رودبار الموت می‌باشد. داده‌های موردنیاز برای انجام

این تحقیق نیز مربوط به سال زراعی ۱۳۹۱ می‌باشد که از منابع محلی، همکاری کشاورزان نمونه بخش، اداره جهاد

کشاورزی الموت غربی و شرقی، سازمان آب منطقه‌ای شهرستان قزوین و مصاحبه با کارشناسان سازمان جهاد

کشاورزی استان قزوین جمع‌آوری شد. با توجه باینکه در مطالعه حاضر داده‌های موردنیاز به صورت منطقه‌ای موجود

می‌باشند، لذا نیاز به روش نمونه‌گیری و تعیین حجم نمونه در این مطالعه نیست.

#### نتایج و بحث

جدول ۱، داده‌ها و اطلاعات کلی مربوط به محصولات زراعی منتخب در منطقه مورد مطالعه را طی سال پایه

۱۳۹۰-۹۱ نشان می‌دهد:

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

محصولات منتخب	الگوی فعلی (ha)	عملکرد (Kg/ha)	کود شیمیایی (Kg/ha)	نیروی کار (ساعت کار)	سرمایه* (Kg)
برنج	۲۴۵۰	۵۳۱۰	۶۵۷۰	۶۳۱	۱۴۶۰
گندم	۱۱۲۰	۴۲۸۵	۳۴۸۰	۱۹۵	۷۵۰
جو	۹۰۰	۴۱۷۰	۳۴۰۰	۱۸۳	۷۰۰
خللر و ماشک	۳۷۴	۳۸۶۷	۳۴۶۰	۱۹۰	۶۸۰
یونجه	۸۷۰	۱۱۳۸۰	۴۲۱۰	۲۳۸	۸۳۵
سیب‌زمینی	۲۳۸	۳۲۶۴۵	۴۷۰۰	۲۵۸	۱۸۶۷
سیر	۳۴۰	۴۷۵۹	۳۵۴۲	۳۹۱	۶۳۵
لوبیا سبز	۶۵۰	۳۸۲۰	۳۴۷۰	۳۲۴	۷۲۰

\* منظور از سرمایه مجموع نهاده‌های بذر، کود حیوانی و سم مصرفی است که کشاورز در درجه اول به آن‌ها نیاز دارد.  
 مأخذ: ادارات جهاد کشاورزی رودبار الموت غربی و شرقی

با توجه به جدول ۱، ملاحظه می‌شود که محصول برنج بیشترین سطح زیر کشت ممکن را در الگوی فعلی کشت منطقه الموت به خود اختصاص داده است. افزون بر این، ملاحظه می‌شود که این محصول استراتژیک بیشترین سهم مصرفی نهاده‌های کود شیمیایی، نیروی کار و سرمایه را نیز در منطقه دارا می‌باشد. علت توسعه سطح زیر کشت این محصول، موقعیت منحصر به فرد رودخانه شاهرود در منطقه و صرفه اقتصادی بالای حاصل از کشت برنج است. گندم و جو نیز از مهم‌ترین محصولاتی هستند که پس از برنج به بیشترین میزان ممکن در منطقه کشت می‌شوند. محصول سیر نیز با حدود ۳۴۰ هکتار در منطقه کمترین سطح زیر کشت را در بین محصولات منتخب به خود اختصاص داده است.

با توجه به داده‌ها و اطلاعات فوق، مدل پیشنهادی در دو حالت برنامه‌ریزی خطی (LP) و کسری آرمانی (GFP) حل شد. جدول ۲، نتایج به‌دست‌آمده را برای منطقه مورد مطالعه نشان می‌دهد:

جدول ۲- مقایسه سطح زیر کشت محصولات زراعی در الگوهای برنامه‌ریزی خطی و کسری آرمانی

محصولات منتخب	شرایط فعلی (الگوی سال پایه)	مدل برنامه‌ریزی خطی (LP)	مدل برنامه‌ریزی کسری آرمانی (GFP)
برنج	۲۴۵۰	۲۷۶۰	۳۴۱۰
گندم	۱۱۲۰	۱۳۴۶	۰
جو	۹۰۰	۸۰۰	۷۵۴
یونجه	۸۷۰	۰	۰
خللر و ماشک	۳۷۴	۷۶۳	۸۱۴
سیب‌زمینی	۲۳۸	۱۴۰	۰
سیر	۳۴۰	۰	۹۷۲
لوبیا سبز	۶۵۰	۱۱۰۵	۹۶۴

مأخذ: یافته‌های تحقیق



با توجه به نتایج جدول ۲، ملاحظه می‌شود که در مدل برنامه‌ریزی خطی دو محصول یونجه و سیر از الگوی ارائه‌شده حذف می‌شوند. در الگوی ارائه‌شده توسط مدل برنامه‌ریزی کسری آرمانی محصول برنج به علت صرفه اقتصادی بالایی که دارد به میزان ۹۶۰ هکتار مضاعف، برای کشت در منطقه توصیه می‌شود. این محصول اگرچه نیاز آبی بیشتری نسبت به گندم، جو، سیر، خللر و ماشک دارد اما به علت سوددهی بیشتر در واحد سطح، از مدل کسری آرمانی حذف نشده و کشت آن در منطقه مورد مطالعه برای کشاورزان توصیه شده است. محصول جو در مقایسه با گندم نیاز آبی کمتری دارد؛ لذا با توجه به تابع هدف مسئله (حداکثر کردن سود کشاورزان با لحاظ نمودن محدودیت آب) این محصول به میزان ۷۵۴ هکتار برای کشت در منطقه توصیه شده است. به علت کم بودن سود ناخالص حاصل از کشت محصول جو در قیاس با سایر محصولات، می‌توان از هزینه فرصت این محصول استفاده کرد و محصولی با سوددهی بیشتر را جایگزین آن نمود. در واقع علت کاهش کشت جو به میزان ۱۴۶ هکتار در مدل برنامه‌ریزی کسری آرمانی نسبت به شرایط فعلی، سوددهی کمتر این محصول در قیاس با سایر محصولات منطقه می‌باشد. خللر و ماشک از جمله بقولاتی هستند که به‌صورت کشت ثانویه در فصل دوم سال و بعد از محصول برنج در زمین‌های شالیزاری 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 خللر و ماشک با انجام شخم نیمه عمیق در سطح مزارع، بقایای این محصولات (به‌عنوان کود سبز) به خاک اضافه‌شده و مواد آلی خاک را افزایش می‌دهد. قدرت پنجه‌زنی این دو محصول در طی دوره رشد بسیار زیاد می‌باشد و اغلب به‌صورت محصولات توأم کشت می‌شوند. این ویژگی باعث سایه‌اندازی محصولات در سطح مزارع می‌شود که 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 نسبت به شرایط فعلی توصیه می‌گردد. بر اساس الگوی مدل GFP کشت سیب‌زمینی به علت نیاز آبی زیاد این محصول در منطقه مورد نظر توصیه نمی‌شود. با توجه به نتایج جدول شماره ۲، محصول یونجه علی‌رغم سوددهی کم، به علت نیاز آبی زیاد علاوه بر الگوی مدل خطی از الگوی ارائه‌شده توسط مدل کسری آرمانی نیز حذف‌شده است. سیر و لوبیا سبز نیز به ترتیب به میزان ۹۷۲ و ۹۶۴ هکتار برای کشت در منطقه توصیه شدند.

جدول ۳، خالص نیاز آبی محصولات منطقه مورد مطالعه، میزان کل آب مصرفی و سود خالص سالانه هر محصول در واحد سطح را نشان می‌دهد:

جدول ۳- خالص نیاز آبی محصولات منطقه مورد مطالعه، کل آب مصرفی و سود خالص سالانه برای هر محصول

مؤلفه‌ها/ محصولات	برنج	گندم	جو	یونجه	خللر و ماشک	سیب‌زمینی	سیر	لوبیا سبز
خالص نیاز آبی	۹۹۲۰	۳۵۰۰	۳۱۵۰	۸۳۶۰	۴۶۲۰	۸۶۷۰	۵۵۷۰	۶۲۵۰
کل آب مصرفی	۱۸۹۳/۸	۳۹۲۰	۲۸۳۵	۷۲۷۳/۲	۱۷۲۷/۸	۲۰۶۳/۴	۲۴۳۰/۴	۴۰۶۲/۵
سود خالص هر هکتار	۴۸۲۵۶	۱۱۸۶۰	۱۰۶۴۰	۱۱۵۲۴	۱۰۲۸۴	۲۷۱۳۵	۲۳۴۵۳	۱۱۲۵۷

مأخذ: یافته‌های تحقیق

جدول ۴، بیانگر میزان سود خالص سالانه کل، میزان آب مصرفی سالانه کل و شاخص «نسبت سود به آب مصرفی» می‌باشد. در جداول ۳ و ۴، خالص نیاز آبی محصولات برحسب مترمکعب در هکتار، کل آب مصرفی برحسب هزار مترمکعب در هکتار و سود خالص هر محصول نیز برحسب هزار ریال در هکتار بیان شده است.

جدول ۴- میزان آب مصرفی سالانه کل، سود خالص سالانه کل و شاخص «نسبت سود به آب مصرفی»

الگوی مورد نظر	آب مصرفی سالانه کل	سود خالص سالانه کل	نسبت سود به آب مصرفی
الگوی کشت موجود شرایط فعلی منطقه	۴۸۰۷۹۸۴۰	۱۷۶۷۰۷۶۹/۶	۰/۳۷ درصد
الگوی مدل برنامه‌ریزی خطی (LP)	۴۶۲۵۵۳۱۰	۱۸۱۱۷۴۶۶۹/۷	۰/۳۹ درصد
الگوی مدل برنامه‌ریزی کسری آرمانی (GFP)	۵۱۴۰۲۰۲۰	۲۱۴۵۹۴۷۶	۰/۴۲ درصد

مأخذ: یافته‌های تحقیق

با توجه به جدول ۴، میزان شاخص نسبی سود به مصرف آب در شرایط فعلی منطقه مورد مطالعه ۰/۳۷ درصد برآورد شد. در مدل برنامه‌ریزی کسری آرمانی میزان این شاخص ۰/۴۲ درصد محاسبه شد که نسبت به شرایط فعلی افزایش یافته است. اگرچه در شرایط الگوی برنامه‌ریزی کسری آرمانی میزان آب مصرفی سالانه بیشتر از شرایط فعلی است، اما سوددهی حاصل از این الگو نسبت به شرایط فعلی بیشتر می‌باشد.

## نتیجه‌گیری و پیشنهادات

در مطالعه حاضر به منظور ارائه برنامه‌ای زراعی در جهت بهره‌برداری صحیح از منابع آب منطقه رودبار الموت استان قزوین، از مدل برنامه‌ریزی کسری آرمانی (GFP) و داده‌های آماری سال ۹۱-۱۳۹۰ استفاده شد. داده‌های مورد نیاز با مراجعه مستقیم به ادارات ذی‌ربط در استان قزوین جمع‌آوری شد. مدل پیشنهادی نیز در محیط نرم‌افزاری GAMS نسخه ۲۳/۹ حل شد. پس از حل مدل، شاخص نسبت سود به آب مصرفی 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 و شاخص کارایی «نسبت سود به آب مصرفی» در حدود ۱۳/۵۱ درصد افزایش می‌یابد. در پایان نیز با توجه به نتایج به دست آمده، جهت توسعه بخش کشاورزی استان قزوین برنامه‌ریزی و مدل‌سازی از پایین به بالا پیشنهاد شد. 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.

## منابع مورد استفاده

- ۱- پرهیزکاری ا. (۱۳۹۲). تعیین ارزش اقتصادی آب آبیاری و پاسخ کشاورزان به سیاست‌های قیمتی و غیر قیمتی در استان قزوین. پایان‌نامه کارشناسی ارشد اقتصاد کشاورزی، دانشگاه زابل، دانشکده کشاورزی، ۱۳۰ ص.
- ۲- پرهیزکاری ا، صبحی م. (۱۳۹۲). شبیه‌سازی پاسخ کشاورزان به سیاست کاهش آب آبیاری در دسترس. مجله آب و آبیاری، ۳(۲): ۷۴-۵۹.
- ۳- پرهیزکاری ا، صبحی م، ضیائی س. (۱۳۹۲). شبیه‌سازی بازار آب و تحلیل اثرات سیاست اشتراک‌گذاری آب آبیاری بر الگوی کشت تحت شرایط کم‌آبی. مجله اقتصاد و توسعه کشاورزی، ۲۷(۳): ۱-۱۲.
- ۴- پیکانی غ، صالح ا، باقریان ع. (۱۳۸۶). تعیین الگوی بهینه کشت و استخراج تقاضای هنجاری آب، مطالعه موردی شهرستان کازرون، اقتصاد کشاورزی و توسعه، (۶۰): ۷۱-۸۵.

- ۵- چیذری ا، کرامت زاده ع، 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، ص ۶۰-۳۵.
- ۶- خالدیه، احسانی م. (۱۳۸۲). شناخت و بهره‌وری آب کشاورزی به منظور تأمین امنیت آبی و غذایی کشور، یازدهمین همایش کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران.
- ۷- رستگاری پور ف، صبوحی م. (۱۳۸۸). تعیین الگوی کشت با استفاده از برنامه‌ریزی فازی خاکستری، مطالعه موردی شهرستان قوچان. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، ۴۸: ۴۰۵-۴۱۳.
- ۸- سازمان جهاد کشاورزی استان قزوین. (۱۳۹۰) گزارش‌های سالیانه ادارات جهاد کشاورزی الموت غربی و شرقی.
- ۹- فلسفی زاده‌ن، صبوحی صابونی م. (۱۳۸۷). تعیین الگوی بهینه کشت با تأکید بر استفاده پایدار از منابع آب سطحی، مطالعه موردی شهرستان مرودشت، مجموعه مقالات اولین کنفرانس بین‌المللی بحران آب، دانشگاه زابل، اسفند ۱۳۸۷.
- ۱۰- وب‌سایت مدیریت جهانی منابع آب (همکاری جهانی آب یا GWP).
- 11- Amini Fasakhodi A, Nouri S. H, Amini M .2010. Water Resources Sustainability and Optimal Cropping Pattern in Farming Systems A Multi-Objective Fractional Goal Programming Approach. *Water Resour Manage*. 24: 4639-4657.
- 12- Chaturvedi M.C .2001. Sustainable development of India's waters: some policy issues, *Water Policy*.3: 297-320.
- 13- Hosseini S.M, Mahdi K .2007. Investigating ecological indices of agricultural sustainable development in Salehabad county. *Iranian Journal of Agricultural Sciences*, 38 Pp.
- 14- Narayan S.L, Sudhindra N .2006. Optimal crop planning and water resources allocation in a coastal groundwater basin, Orissa, India. *Agricultural water management*, 83: 209-206.
- 15- Nazer W, Tilmant D, Mimi Z .2010. Optimizing irrigation water use in the West Bank, Palestine. *Agricultural Water Management*, 97: 339-345.
- 16- Rehman T, Romero C .1989. *Multiple Criteria Analysis for Agricultural Decisions*. Elsevier, Amsterdam.
- 17- Samani N, Raeissi E, Soltani A.R .1994. Modeling the stochastic behavior of the Fars river. *J. sciences* 5: 49-58.
- 18- Zhen L, Routray J.K, 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.

## **Utilization Management and Optimal Allocation of Water Resources to Determine the Agro- Economic Program of Optimum Cropping Pattern in Roudbar Alamut Region**

**A. Parhizkari, M.M. Mozaffari, R. Parhizkari, M. Parhizkari**

### **Abstract**

Nowadays indiscriminate consumption of underground water resources resulted in dramatic quantity and quality drop of sources so sustainable agriculture is at risk. Uncontrolled population growth and need for more water resources in next years requires proper harvest management strategies for water resources, surface water containment and efficient use, groundwater supply and increase the productivity of water resources in an executable program, especially in agriculture sector under priority placed. In this regard, optimization of water use as an initial step may play an important role. To determine optimal planting pattern for utilization of surface water resources in Rudbar Alamut of Qazvin province. To achieve these mutual goals and Goal Fractional programming in 1390 was used for statistical data. Solve the model and data analysis in GAMS software environment, verjen 9/23 took place. The results of solving the proposed model shows that the optimal allocation of water resources in addition to reducing water consumption in the plantations, the cost and labor used in the hectare of land reduced and performance indicators "profit ratio in use water" has increased about 13 percent.

**Keywords:** Cropping optimum pattern, Goal fractional programming, Water resources management, Profit ratio in use water indicators.

فصلنامه کشاورزی و منابع طبیعی