

## تأثیر سیاست سهمیه‌بندی آب بر مصرف آب‌های زیرزمینی در دشت قروه-دهگلان

حامد قادر زاده، مهین کریمی<sup>1</sup>

تاریخ دریافت: 1397/03/22

تاریخ پذیرش: 1397/11/14

### چکیده

بروز چالش‌های کم‌آبی در دهه‌های اخیر بیشتر کشورها را به اتخاذ سیاست‌های نو در ارتباط با مدیریت تقاضای آب به جای مدیریت عرضه آب سوق داده است. این بررسی تلاش می‌کند به تحلیل اثرگذاری‌های سهمیه‌بندی آب آبیاری روی الگوی کشت و سود ناخالص در دشت قروه-دهگلان بپردازد. مدل برنامه‌ریزی ریاضی مثبت (*PMP*) و رهیافت تابع تولید با کشت جانشینی ثابت (*CES*) به منظور تحلیل داده‌ها استفاده شد. داده‌های مورد نیاز این پژوهش مربوط به سال زراعی 1394-1395، که با مصاحبه و تکمیل پرسشنامه به روش نمونه‌گیری تصادفی طبقه‌بندی شده گردآوری شد. سناریوهای کاهش 10 تا 40% آب در دسترس تعریف شد. نتایج نشان داد، کاهش آب در دسترس (تحت سناریوهای 10 تا 40% نسبت به سال پایه) منجر به کاهش سطح زیرکشت محصول‌های با نیاز آبی بالا مانند یونجه، و سیب‌زمینی و افزایش سطح زیرکشت گیاهان زراعی با نیاز آبی پایین همانند گندم و جو و در نتیجه کاهش سطح زیرکشت کل می‌شود. همچنین، نتایج گویای این است، اعمال سیاست، کاهش آب در دسترس، موجب افزایش بهره‌وری آب ولی در عین حال کاهش سود ناخالص می‌شود.

طبقه‌بندی JEL: Q2 Q25

واژه‌های کلیدی: برنامه‌ریزی ریاضی مثبت، تابع تولید *CES*، سهمیه‌بندی، قروه-دهگلان.

<sup>1</sup> استادیار (نویسنده مسئول) و دانشجوی کارشناسی ارشد گروه اقتصاد کشاورزی دانشگاه کردستان

## مقدمه

یکی از چالش‌های مهم مدیریت و بهره‌برداری از منابع آب کشور افزون بر مدیریت عرضه و تأمین آب مورد نیاز بخش‌های گوناگون، مدیریت تقاضای آب به عنوان رویکرد نوین است که به تازگی تلاش برنامه‌ریزان به آن جلب شده است (ورزیری و همکاران، 1395). مدیریت تقاضای آب مستلزم بهره‌برداری بهتر و کارتر از آب است که با وضع قوانین، تدوین آیین‌نامه‌ها، استفاده از ابزار اقتصادی و برنامه‌ریزی و نظارت و مشارکت بهره‌برداران امکان‌پذیر خواهد بود (شمس‌الدینی و همکاران، 1392). افزایش تقاضا و عرضه محدود آب، نبود زمینه تعادل منابع آب را در بسیاری از دشت‌های کشور به دنبال داشته و ضرورت استفاده از سیاست‌های کارآمد مدیریت آب را مطرح ساخته است (سلطانی و زیبایی، 1390). در زمینه سیاست‌گذاری، امروزه تلاش‌های زیادی برای کاهش مصرف آب در بخش کشاورزی و بهبود تخصیص آن در بین فعالیت‌های مختلف صورت گرفته است. برای بهبود کارایی تخصیص آب، اقتصاددانان افزایش قیمت نهاده آب را پیشنهاد می‌کنند ولی سیاست‌گذاران به دلایل اقتصادی، فرهنگی و سیاسی این پیشنهاد را رد می‌کنند (هی و همکاران، 0006). افزون بر سیاست قیمت‌گذاری آب، سیاست سهمیه‌بندی آب آبیاری نیز راهکار دیگری است که برای جلوگیری از مصرف بی‌رویه آب در بخش کشاورزی استفاده می‌شود. این سیاست با کاهش حجم آب آبیاری در دسترس امکان‌پذیر است (پرهیزکاری و همکاران، 1393). به طوری که با توجه به محدودیت‌های هر منطقه از لحاظ حجم منابع آب زیرزمینی می‌توان استانداردها و سهمیه‌هایی را برای هر کدام از مصرف‌کنندگان آب زیرزمینی وضع نمود. البته، این روش هنگامی مؤثر است که برداشت بیش از حد، استاندارد تعیین شده برای کشاورزان با جرائم نقدی یا غیرنقدی همراه باشد. به عنوان مثال سهمیه آب مشترکان پرمصرف قطع شده یا کاهش یابد (محمدی و محمدرضا زاده، 1390). از جمله مهم‌ترین بررسی‌های داخلی و خارجی پیرامون مسئله‌های مربوط به پایداری و حفاظت منابع آب و سیاست‌گذاری‌های مؤثر بر آن می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

پرهیزکاری و همکاران (1393) واکنش کشاورزان به سیاست‌های قیمت‌گذاری و سهمیه‌بندی آب آبیاری در شهرستان زابل را با استفاده از مدل برنامه‌ریزی ریاضی مثبت (PMP)<sup>1</sup> و تابع‌های تولید منطقه‌ای محصول‌های کشاورزی (SWAP)<sup>2</sup> شبیه‌سازی کرده‌اند. نتایج نشان داد، اعمال سیاست‌های قیمت‌گذاری و سهمیه‌بندی آب آبیاری در این شهرستان منجر به کاهش سطح

<sup>1</sup> Positive Mathematical Programming

<sup>2</sup> State Wide Agricultural Production

## اثرات سیاست سهمیه بندی...75

زیرکشت گیاهان زراعی به میزان 9.54٪ و 5.14٪ و کاهش میزان آب مصرفی به میزان 6.23 و 7.01٪ نسبت به سال پایه می شود. حسن وند و همکاران (1393) با استفاده از روش برنامه ریزی ریاضی مثبت (PMP) به شبیه سازی رفتار کشاورزان با اعمال سیاست کاهش میزان آب بر الگوی کشت در شهرستان خرم آباد پرداخته اند. نتایج نشان دهنده ی، کاهش 50٪ در میزان آب مصرفی، سطح زیرکشت گیاهان زراعی آبی گندم، جو، کلزا و لوبیا قرمز است. اما، سطح زیرکشت گیاهان زراعی دیم به دلیل بازده و قیمت بازاری پایین تر تغییری نکرده است. همچنین، در مصرف نهاده ی آب نیز تا 56.53٪ صرفه جویی شده است.

مظفری (1394) به تعیین برنامه سیاستی مناسب برای حفاظت منابع آب در دشت قزوین با استفاده از مدل برنامه ریزی ریاضی مثبت (PMP) و رهیافت تابع تولید با کشش جانشینی ثابت (CES)<sup>1</sup> پرداخته است. نتایج نشان داد، هر دو راهکار قیمت گذاری و کاهش آب در دسترس منجر به صرفه جویی در مصرف آب آبیاری شده است. اما، میانگین تغییرپذیری های بازده برنامه ای با به کارگیری سیاست کاهش آب آبیاری در دسترس و افزایش قیمت آب آبیاری به ترتیب 15.94 و 27.61٪ کاهش یافته است. همچنین، بهره وری اقتصادی آب آبیاری نیز به ترتیب بین 0.435 تا 0.434 و 0.230 تا 0.434 هزار ریال در مترمکعب تغییر کرده است.

میرزایی و احمدپور برازجانی (1395) با استفاده از مدل برنامه ریزی ریاضی مثبت و تابع تولید با کشش جانشینی ثابت اثرگذاری های سهمیه بندی آب آبیاری بر الگوی کشت و سود ناخالص کشاورزان را در منطقه آمل مورد بررسی قرار داده اند. نتایج نشان داد، سیاست سهمیه بندی آب آبیاری منجر به کاهش سطح زیرکشت اغلب گیاهان زراعی منتخب و افزایش سطح زیرکشت گیاهان با صرفه اقتصادی بالا مانند برنج و نیاز آبی پایین مانند ذرت علوفه ای در الگوی کشت همه منطقه های مورد بررسی شده است. افزون بر این، سود ناخالص کشاورزان همه منطقه ها کاهش یافته است. ورزیری و همکاران (1395) به بررسی تاثیر قیمت گذاری اقتصادی آب آبیاری بر الگوی کشت در دشت دهگلان با استفاده از مدل برنامه ریزی ریاضی اثباتی و حداکثر آنتروپی پرداخته اند. نتایج نشان داد که اعمال سیاست افزایش قیمت آب تا مرز ارزش اقتصادی، منجر به کاهش مصرف آب و سطح زیرکشت همه گیاهان زراعی به ویژه گیاهانی که بازده ناخالص آنها بیشترین کاهش را داشته، شده است. گیانوکارو و همکاران (0009) در بررسی های خود به مقایسه سیاست های مختلف صرفه جویی در آب کشاورزی یعنی سهمیه بندی و قیمت گذاری در

---

<sup>1</sup> Constant Elasticity of Substitution

یکی از حوضه‌های آبریز اسپانیا با استفاده از مدل برنامه‌ریزی خطی پرداخته‌اند. نتایج نشان داد، سیاست قیمت‌گذاری بیشترین تأثیر را بر درآمد کشاورزان دارد. در مقابل سیاست سهمیه‌بندی موجب کاهش مصرف آب و هزینه‌ها برای کشاورزان شده است. چرا که در این حالت کارایی مصرف آب در تولید محصول‌های زراعی افزایش می‌یابد.

هوویت و همکاران (2012) در بررسی‌هایی به منظور واسنجی مدل‌های اقتصادی در زمینه تولید محصول‌های کشاورزی و مدیریت آب کالیفرنیا از مدل برنامه‌ریزی ریاضی مثبت و مدل تولید محصول‌های منطقه‌ای استفاده کرده‌اند. نتایج نشان داد، انعطاف بیشتر بازار آب می‌تواند، زیان‌های درآمدی ناشی از خشکسالی را تا 30٪ کاهش دهد. بنابراین، نتیجه به دست آمده نشان‌دهنده‌ی برتری مدل‌های کالیبره شده در تحلیل سیاست‌ها است. مدلین آزورا و همکاران (2012) با استفاده از مدل برنامه‌ریزی ریاضی مثبت و مدل تولید محصول‌های منطقه‌ای (SWAP) به پیش‌بینی پاسخ کشاورزان به سیاست‌های قیمت‌گذاری سهمیه‌بندی و یارانه‌ای آب آبیاری پرداخته‌اند. طی این بررسی به ارزیابی سناریوهای افزایش قیمت آب، سهمیه‌بندی آب و افزایش کارایی آبیاری پرداخته شده است. نتایج ارزیابی آن است که افزایش یارانه فناوری آبیاری تأثیرگذاری‌های کمتری روی آب و زمین دارد. همچنین، از میان سه سناریوی شبیه‌سازی شده افزایش قیمت تا سطح 00٪ موجب افزایش بهره‌وری آب تا سطح 43٪ شده است.

شی و همکاران (2014) به بررسی سیاست‌های قیمت‌گذاری و سهمیه‌بندی به عنوان راه‌حلی برای رفع کمبود آب در منطقه‌های آوازاری چین در حوضه رودخانه‌ی حیقه پرداخته‌اند. در این بررسی از یک مدل زیست-اقتصادی برای تعیین قیمت سایه‌ای آب استفاده کرده‌اند. نتایج نشان داد، قیمت آب پایین‌تر از قیمت سایه‌ای آن است. بر این مبنای واکنش کشاورزان به تغییرپذیری‌های قیمت آب نامحسوس و برای کاهش تقاضای آب بایستی قیمت آب را به میزان شایان توجهی افزایش داد. بنابراین، کنترل کمی یا سهمیه‌بندی راهکار مناسب‌تر و کاهش سود کشتزار را به کمترین میزان می‌رساند. فرانکو کرسپو و سامپسی ویناس (2017) سیاست قیمت‌گذاری آب آبیاری در کشتزارهای کشاورزی اکوادور را بررسی کرد. برای شبیه‌سازی رفتار کشاورزان و تحلیل اثرگذاری‌های اقتصادی سیاست قیمت‌گذاری از برنامه‌ریزی ریاضی مثبت استفاده شده است. سناریوهای به کار برده شده شامل: هزینه‌های ثابت، بلوک‌های آب و قیمت‌های حجمی آب است. نتایج نشان داد، سناریو هزینه ثابت، مصرف آب را کاهش نمی‌دهد. در مقابل سناریوهای آب بلوک شده و قیمت‌های حجمی بر روی رفتار کشاورزان تأثیرگذار و

## اثرات سیاست سهمیه بندی...77

سناریو قیمت‌های حجمی با تأثیر کمتر بر درآمد بهترین روش برای کاهش مصرف آب است. بررسی نتایج بررسی‌ها نشان‌دهنده‌ی اهمیت توجه به مدیریت و لزوم برنامه‌ریزی برای استفاده بهینه از منابع است. لذا، تلاش در برای انجام بررسی‌های تطبیقی و ارزیابی راه‌کارهای سیاستی به مدیران و ترغیب کارشناسان و فعالان بخش کشاورزی به سمت بهره‌برداری از الگوی بهینه و ایجاد واحدهای مشاوره در منطقه‌های بهره‌بردار نه تنها امری اجتناب‌ناپذیر است بلکه با بررسی دقیق و ترویج الگوی منطبق با شرایط حاکم موجبات افزایش بهره‌وری در تولید و پذیرش نظرهای کارشناسی می‌شود.

در سال‌های اخیر بهره‌برداری از آب‌های زیرزمینی در آبخوان دشت قروه-دهگلان که اصلی‌ترین و بزرگ‌ترین منبع آب زیرزمینی استان کردستان به شمار می‌آید، افزایش یافته است. به طوری که، به دلیل افت شایان ملاحظه سطح سفره از سال 1380 به بعد هرکدام از این دشت‌ها به ترتیب روبه‌رو با بحران به عنوان منطقه‌های ممنوعه معرفی شده‌اند. اما، ممنوعیت اعمال شده نتوانسته در به تعادل رسانی سطح سفره آبی دشت کارساز باشد. به طوری که به رغم اتخاذ و اجرای این سیاست، آمارها بیانگر ادامه روند افت سطح سفره‌های آبی و حتی افت کیفیت آب‌های زیرزمینی است (شایان‌مهر، 1392). بنابراین، با توجه به میزان تخلیه منابع آبی و افت سطح آب زیرزمینی در دشت قروه-دهگلان که قطب کشاورزی استان به شمار می‌رود، اتخاذ برنامه‌های سیاستی مناسب برای مدیریت استخراج آب زیرزمینی در این دشت ضروری می‌باشد. به همین منظور در بررسی حاضر با استفاده از روش *PMP* تأثیر سیاست سهمیه‌بندی آب بر روی الگوی کشت، میزان بازده برنامه‌ای (سود ناخالص) و بهره‌وری آب در گروه‌های مختلف بهره‌برداران بررسی شد.

## روش تحقیق

### 1-مدل برنامه‌ریزی ریاضی مثبت

مدل برنامه‌ریزی ریاضی مثبت (*PMP*) یک روش تحلیل تجربی است و از همه اطلاعات شرایط موجود برای ساختن الگوی واسنجی استفاده می‌کند، و در وضعیتی که داده‌های دوره زمانی اندک باشد، به‌ویژه در تحلیل‌های سیاستی، منطقه‌ای و بخشی اهمیت ویژه‌ای دارد (رزاقی و همکاران، 1394). دیدگاه کلی مدل *PMP* استفاده از اطلاعات موجود در متغیرهای دوگان محدودیت‌های واسنجی است که پاسخ مسئله برنامه‌ریزی خطی را به سطح فعالیت‌های موجود محدود می‌کند. در واقع، مقدارهای دوگان برای تصریح تابع هدف غیرخطی‌ای استفاده شوند که سطح فعالیت‌های

مشاهده شده را بار دیگر با پاسخ بهینه مسئله برنامه‌ریزی جدیدی که بدون محدودیت واسنجی است، بازسازی می‌کند. امروزه مدل‌های برنامه‌ریزی ریاضی تبدیل به وسیله‌ای مهم و با کاربردی گسترده وسیع در تحلیل سیاست‌های کشاورزی شده‌اند. برتری مهم این مدل‌ها در تحلیل سیاست‌های کشاورزی، توانایی آن‌ها در بررسی جزئی‌تر تأثیر سیاست‌ها در سطح کشتزار می‌باشد، که نخستین بار در سال 1995 توسط هوویت معرفی شد (پرهیزکاری و همکاران، 1392). به طور کلی مدل *PMP* دارای چهار مرحله به شرح زیر است:

### 1-1- حل مدل برنامه‌ریزی خطی کمکی و محاسبه‌ی قیمت‌های سایه‌ای

این مرحله شامل حل یک مدل برنامه‌ریزی خطی، برای بیشینه نمودن بازده برنامه‌ای (سود ناخالص) کشاورزان با توجه به مجموعه محدودیت‌های منابع و واسنجی است. در این مرحله پس از حل مدل برنامه‌ریزی خطی، مقدارهای دوگان یا قیمت‌های سایه‌ای برای محدودیت‌های منابع و واسنجی به دست می‌آید. شکل ریاضی این مرحله از واسنجی مدل *PMP* ارائه شده را می‌توان به صورت زیر نشان داد:

$$\max \pi = \sum_{r=1}^n \sum_{i=1}^n \left( p_{ri} y_{ri} - \sum_{j \neq land} a_{rij} c_{rij} \right) \times X_{ri} \quad (1)$$

Subject to:

$$\sum_{i=1}^n a_{ij} x_{ri} \leq b_{rj} \quad \forall r, j \quad [\lambda_1] \quad (2)$$

$$x_{ri} \leq x_{ri} + \varepsilon \quad \forall r, j \quad [\lambda_2] \quad (3)$$

$$x_{ri} \geq 0 \quad \forall r, j \quad (4)$$

رابطه (1) به عنوان تابع هدف مدل برنامه‌ریزی خطی، شامل بیشینه کردن مجموع سود ناخالص کشاورزان است. در این رابطه، سود کشاورزان،  $r$  منطقه‌های مورد بررسی (دشت قره و دهگلان)،  $i$  محصول‌های منتخب (گندم‌آبی، یونجه، سیب‌زمینی و جو) و  $j$  نهاده‌ها یا عوامل تولید (زمین، آب، نیروی کار، ماشین‌آلات، بذر، کودها و سم‌های شیمیایی)  $x_{ri}$  بیانگر سطح زیرکشت گیاه زراعی  $i$  در منطقه  $r$  و  $p_{ri}$  قیمت محصول  $i$  در منطقه  $r$ ،  $y_{ri}$  عملکرد محصول  $i$  در منطقه  $r$ ،  $c_{rij}$  هزینه نهاده  $j$  برای تولید محصول  $i$  در منطقه  $r$ ، و  $a_{rij}$  بیانگر ضریب‌های لئونتیف نهاده‌ی  $j$  برای تولید محصول  $i$  در منطقه  $r$  است که نسبت استفاده‌ی هر عامل تولید به زمین را نشان

## 79... اثرات سیاست سهمیه بندی...

می‌دهد. در واقع  $a_{rij}$  بیانگر ضریب‌های فنی منابع مورد استفاده در هر منطقه است و از رابطه ریاضی زیر به دست می‌آید (پرهیزکاری و همکاران، 1392).

$$a_{ri} = \frac{x_{ij}}{x_{i,land}} \quad (5)$$

رابطه (2)، محدودیت منابع را در منطقه مورد بررسی نشان می‌دهد و برای نهاده‌های آب، زمین، نیروی کار و ... تعریف می‌شود. در این رابطه  $b_{rj}$  کل منابع در دسترس (آب، زمین، نیروی کار و ...) برای تولید محصول‌های مورد نظر در هر منطقه است. رابطه (3)، محدودیت واسنجی مدل را نشان می‌دهد که در آن،  $x_{ri}$  سطح زیر کشت مشاهده شده گیاه زراعی  $i$  در منطقه  $r$  و  $r$  میزان مثبت کوچکی است. باید توجه داشت که به ازای هر گیاه زراعی یک محدودیت واسنجی به مدل اضافه می‌شود. اضافه کردن محدودیت واسنجی به مدل باعث می‌شود، پاسخ بهینه‌ی برنامه‌ریزی خطی با دقت سطح فعالیت‌های مشاهده شده در سال پایه را به دست دهد.

پس از حل مدل برنامه‌ریزی خطی برای تعیین قیمت سایه‌ای مجموعه محدودیت‌های مدل، قیمت‌های سایه‌ای یا مقدارهای دوگان تعریف می‌شوند.  $1$  در رابطه (2)، قیمت سایه‌ای یا مقدارهای دوگان محدودیت سیستمی (نظام یافته) و  $2$  در رابطه (3)، قیمت سایه‌ای یا مقدارهای دوگان محدودیت واسنجی را نشان می‌دهد. رابطه (4) نیز بیانگر محدودیت غیرمنفی بودن سطح فعالیت‌ها (سطح زیر کشت گیاهان زراعی) است و تضمین می‌کند، روش بالا به لحاظ فیزیکی امکان‌پذیر بوده و قابلیت اجرا در منطقه مورد بررسی را دارد (هوویت و همکاران، 2212).

### 1-2- برآورد تابع تولید CES

در این مرحله فراسنجه‌های بازده ثابت نسبت به مقیاس تابع تولید CES اصلی برای هر منطقه و محصول برآورد می‌شوند. تابع تولید CES اصلی این امکان را ایجاد می‌کند که یک نرخ جانشینی ثابت بین نهاده‌های تولید و ضریب‌های لئونتیف با نسبتی ثابت و ضریب‌های تابع کاب-داگلاس با جایگزینی واحد به وجود آید (مدلین آزورا و همکاران، 2010؛ پرهیزکاری و صوحی، 1392). فرم ریاضی تابع تولید CES اصلی مورد استفاده در این بررسی به صورت زیر است:

$$y_{ri} = \tau_{ri} \left[ \sum_{j=1}^n \beta_{rij} x_{rij}^{\rho_i} \right]^{\frac{1}{\rho_i}} \quad \forall r, i, j \quad (6)$$

که در آن،  $y_{ri}$  میزان تولید محصول  $i$  در منطقه  $r$ ،  $x_{rij}$  عامل تولید  $j$  برای تولید محصول  $i$  در منطقه  $r$ ،  $r$  فراسنجه مقیاس و  $rij$  پارامتر تولید است که سهم نهاده  $j$  برای تولید محصول  $i$  در منطقه  $r$  (نسبت استفاده از نهاده‌های تولید) را نشان می‌دهد. ضریب‌های بازده ثابت نسبت به مقیاس می‌باشد و تابع تولید CES با ضریب‌های ثابت مستلزم آن است که جمع این ضریب برابر با یک شود.  $i$  نیز متغیری است که برحسب کشش جانشینی نهاده‌ها ( ) تعریف می‌شود و برای محاسبه آن از رابطه زیر استفاده می‌شود (هوویت و همکاران، 2212).

$$\rho_i = (\sigma - 1) / \sigma \quad (7)$$

به طور کلی، تابع تولید CES مورد استفاده در این بررسی با توجه به هفت نهاده زمین، آب، نیروی کار، ماشین‌ها، بذر، کودها و سم‌های شیمیایی به صورت زیر تعریف می‌شود.

$$y_{ri} = \tau_{ri} \left[ \beta_{ri1} x_{ri1}^{\rho_i} + \beta_{ri2} x_{ri2}^{\rho_i} + \beta_{ri3} x_{ri3}^{\rho_i} + \beta_{ri4} x_{ri4}^{\rho_i} + \beta_{ri5} x_{ri5}^{\rho_i} + \beta_{ri6} x_{ri6}^{\rho_i} + \beta_{ri7} x_{ri7}^{\rho_i} \right]^{\frac{1}{\rho_i}} \quad (8)$$

برای برآورد مشخصه‌های  $rij$  و  $ri$  در تابع تولید منطقه‌ای، از شرط بیشینه کردن تابع هدف مسئله و محدودیت‌های اعمال شده توسط کشش جانشینی ثابت استفاده می‌شود. رابطه کلی تابع هدف به صورت زیر است:

$$\max \pi = \tau_{ri} p_{ri} \left[ \sum_{j=1}^n \beta_j x_j^{\rho} \right]^{\frac{1}{\rho}} - \sum_{j=1}^n c_j x_j \quad (9)$$

با بیشینه کردن تابع هدف بالا، رابطه مورد نیاز برای برآورد مشخصه‌های  $rij$  و  $ri$  به صورت زیر به دست آید:

$$\beta_{rij} = \frac{1}{1 + \left( \left( x_{rij}^{-1/\sigma_i} / CS_{rij} \right) \sum_{j=land} \left( x_{rij}^{1/\sigma_i} / CS_{rij} \right) \right)} \quad (10)$$

در رابطه بالا،  $CS_{rij}$  هزینه فرصت نهاده  $j$  برای تولید محصول  $i$  در منطقه  $r$  است که با استفاده از مقدارهای دوگان محدودیت‌های نظام یافته و واسنجی به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$CS_{rij} = c_{rij} + \lambda_1 + \lambda_2 \quad \forall r, i, j \quad (11)$$



### اثرات سیاست سهمیه بندی...81

رابطه (10) برای برآورد  $rij$  مربوط به نهاده زمین (که جزء ثابت تابع تولید است) استفاده شود. برای برآورد  $rij$  مربوط به دیگر نهاده‌ها از رابطه زیر استفاده می‌شود:

$$\beta_{rij \ j \neq land} = CS_{rij} \left( \frac{\beta_{rij}}{CS_{rij}} \right) * \left( \frac{x_{rij}}{x_{rij}} \right)^{-1/\sigma_i} \quad \forall r, i, j \quad (12)$$

با استفاده از تعریف تابع تولید CES می‌توان فراسنجه مقیاس را برای هر منطقه و محصول محاسبه و هر یک را در سطح پایه ارزیابی کرد. برای این منظور از رابطه زیر استفاده می‌شود:

$$\tau_{ri} = \frac{(yld_{ri}/x_{ri})x_{ri}}{\left[ \sum_{j=1}^n \beta_j x_j^\rho \right]^{\frac{\rho}{\rho-1}}} \quad (13)$$

در رابطه فوق،  $yld_{ri}$  عملکرد مشاهده شده در سال پایه برای محصول  $i$  در منطقه  $r$  است. مراحل برآورد بالا برای تابع‌های تولید همه منطقه‌ها و محصولات قابل تعمیم است (مدلین آزورا و همکاران، 0012).

### 1-3- برآورد تابع هزینه متغیر غیرخطی

در این مرحله، از میزان قیمت‌های سایه‌ای یا ارزش‌های دوگانی ( $1$  و  $2$ ) که در مرحله نخست به دست می‌آیند، برای برآورد ضریب‌های یک تابع هزینه متغیر غیرخطی استفاده می‌شود. تابع هزینه درجه دوم مورد استفاده در این بررسی به صورت زیر می‌باشد:

$$TC_{ri} = \alpha_{rij} x_{rij} + \frac{1}{2} \gamma_{rij} x_{rij}^2 \quad (14)$$

در رابطه فوق،  $TC_{ri}$  هزینه کل برای تولید محصول  $i$  در منطقه  $r$ ، پارامتری برای نشان دادن هزینه متوسط (فراسنجه رهگیری) و  $rij$  فراسنجه‌ای از تابع ارزش‌های دوگان محدودیت‌های واسنجی (فراسنجه گاما) می‌باشد. به طور کلی، برای برآورد پارامترهای تابع هزینه غیرخطی از روابط زیر استفاده می‌شود:

$$\alpha_{ri} = C_{rij} - \lambda_{rij} \quad \forall r, i, j \quad (15)$$

$$\gamma_{rij} = \frac{2\lambda_{rij}}{x_{rij}} \quad \forall r, i, j \quad (16)$$

$x_{rij}$  ارزش دوگان یا قیمت سایه‌ای واسنجی شده برای نهاده‌ها در مرحله نخست است (هوویت و همکاران، 0012).

#### 1-4- ساختن مدل برنامه‌ریزی نهایی

در این مرحله با جایگزینی تابع تولید CES و تابع هزینه واسنجی شده در تابع هدف مسئله همراه با در نظر گرفتن محدودیت‌های منابع، یک مدل برنامه‌ریزی غیرخطی به صورت زیر ساخته می‌شود:

$$\max Z = \sum_{r=1}^n \sum_{i=1}^n p_{ri} \left[ \tau_{ri} \left( \sum_{j=1}^n \beta_{rij} x_{rij} \right)^{\rho} \right]^{\frac{\nu}{\rho}} - \sum_{r=1}^n \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \left( \alpha_{rij} x_{rij} + \frac{1}{2} \gamma_{rij} x_{rij}^2 \right) \quad (17)$$

$$\sum_{i=1}^n x_{ri} \leq A_r \quad \forall r \quad (18)$$

$$\sum_{i=1}^n w_{ri} x_{ri} \leq W_r \quad \forall r \quad (19)$$

$$\sum_{i=1}^n La_{ri} x_{ri} \leq TLa_r \quad \forall r \quad (20)$$

$$\sum_{i=1}^n k_{ri} x_{ri} \leq Tk_r \quad \forall r \quad (21)$$

$$x_{ri} \geq 0 \quad \forall r, i \quad (22)$$

رابطه (17)، تابع هدف غیرخطی مدل برنامه‌ریزی ریاضی مثبت (PMP) را نشان می‌دهد که شامل تابع تولید CES و تابع هزینه غیرخطی است. رابطه (18)، محدودیت مربوط به نهاده زمین است. در این رابطه  $A_r$  کل سطح زیرکشت در دسترس در منطقه  $r$  بر حسب هکتار است. رابطه (19)، محدودیت مربوط به نهاده آب آبیاری است که در آن  $w_{ri}$  نیاز آبی گیاه زراعی  $i$  در منطقه  $r$  (بر حسب مترمکعب در هکتار) و  $W_r$  کل آب در دسترس در منطقه  $r$  است. رابطه (20)، محدودیت مربوط به نهاده نیروی کار را نشان می‌دهد. در این رابطه  $La_{ri}$  نیروی کار مورد نیاز برای

### اثرات سیاست سهمیه بندی...83

تولید محصول  $i$  در منطقه  $r$  (بر حسب نفر روز در هکتار) و  $TLa_r$  کل نیروی کار در دسترس در منطقه  $r$  است. رابطه (21) محدودیت مربوط به دیگر نهاده‌ها که شامل محدودیت نهاده‌های بذر (کیلوگرم در هکتار)، کود (کیلوگرم در هکتار)، سم‌ها (لیتر در هکتار) و ماشین‌الات (ساعت در هکتار) است و در آن  $k_{ri}$  میزان نهاده‌های مورد نیاز برای تولید محصول  $i$  در منطقه  $r$  و  $Tk_r$  مجموع نهاده‌های در دسترس است. رابطه (22)، غیرمنفی بودن سطح زیرکشت گیاهان زراعی را نشان می‌دهد. این محدودیت تضمین می‌کند، روش مورد استفاده شده به لحاظ فیزیکی امکان‌پذیر خواهد بود.

به منظور قابل اجراپذیر بودن سیاست سهمیه‌بندی آب در منطقه مورد بررسی نیاز است، تا میزان آب در دسترس بهره‌برداران را تحت سناریوهای 10، 20، 30 و 40٪ نسبت به سال پایه کاهش داد. این کار با کاهش میزان‌های سمت راست مربوط به نهاده آب آبیاری در رابطه (19) مدل تجربی ارائه شده امکان‌پذیر است. لذا، برای تحلیل و ارزیابی اثرگذاری‌های سیاست بالا بر واکنش بهره‌برداران منطقه مورد بررسی کافی است، در هر مرحله به صورت جداگانه میزان کل منابع آب در دسترس بهره‌برداران برابر با درصد کاهش هر سناریوی اعمال شده در مدل لحاظ شود.

### 2- منطقه مورد بررسی و داده‌های مورد نیاز

دشت قروه-دهگلان با گستره 1314.2 کیلومتر مربع در شرق استان کردستان واقع شده که بین مختصات جغرافیایی 10 47 تا 8 88 دقیقه طول شرقی و عرض‌های 55 34 تا 55 88 دقیقه طول شمالی قرار دارد. از لحاظ زمین‌شناسی، دشت قروه-دهگلان بخشی از منطقه سنندج-سیرجان است و سطح دشت بیشتر توسط رسوبات کواترنری پوشیده شده است (رحمتی و همکاران، 1394). بر پایه آمار 55 ساله (سال آبی 69-1368 تا 93-1392) ایستگاه همدید (سنوپتیک) قروه، میانگین بارش سالانه حدود 339.3 میلی‌متر و در طبقه‌بندی دومارتن اصلاح شده، دارای اقلیم نیمه‌خشک است (اوسطی، 1395).

در پژوهش جاری، کشاورزان زیر بخش زراعت آبی دشت قروه-دهگلان جامعه آماری هدف را تشکیل می‌دهند. آمار و اطلاعات مورد نیاز در این بررسی به صورت مقطعی در سال 95-1394، و با استفاده از نمونه‌گیری و تکمیل پرسشنامه گردآوری شد. به منظور انتخاب نمونه از روش نمونه‌گیری طبقه‌بندی دو مرحله‌ای متناسب با بررسی مورد نظر استفاده شد. بدین صورت که در آغاز دشت قروه-دهگلان به صورت دو دشت جداگانه دهگلان و قروه در نظر گرفته شد و

آن‌گاه در هر دشت به صورت نمونه‌گیری تصادفی ساده بهره‌برداران انتخاب و اطلاعات مورد نیاز از آنان جمع‌آوری شد. بر اساس موارد یاد شده، از کل منطقه مورد بررسی تعداد 030 پرسشنامه از کشاورزان هدف جمع‌آوری و داده‌های لازم استخراج گردید. بدیهی است، تهیه الگوی برنامه‌ریزی برای تمام بهره‌برداران نمونه کار بسیار وقت‌گیر و نتایج به دست آمده نیز از کارایی لازم نخواهد داشت. بنابراین، لازم است، بهره‌برداران نمونه را به گروه‌های همگن طبقه‌بندی کرده و برای هر گروه همگن یک بهره‌بردار نماینده انتخاب کرد. بهره‌برداران با استفاده از تحلیل خوشه‌ای بر پایه معیار سطح زیر کشت به سه دسته بهره‌برداران با مزارع کوچک (کمتر از 8 هکتار)، کشتزارهای متوسط (8 تا 15 هکتار) و مزارع بزرگ (بیشتر از 15 هکتار) جداسازی شدند.

الگوی کشت در منطقه مورد بررسی در سطح کشتزارهای مختلف متفاوت و شامل گیاهان زراعی گندم، جو، یونجه، سیب‌زمینی، کلزا، هویج، خیار و پیاز است. بنابراین برای تحلیل سیاست سهمیه‌بندی، گیاهان زراعی گندم، جو، یونجه و سیب‌زمینی که در سال‌های اخیر در بیشتر کشتزارها به صورت عمده کشت می‌شوند، بررسی شدند. لذا، تاثیر کاهش آب در دسترس در هر گروه و حالت کلی منطقه، تحت سناریوهای مختلف روی الگوی کشت گیاهان زراعی عمده، بازده برنامه‌ای و شاخص بهره‌وری آب صورت جداگانه شبیه‌سازی و تحلیل شد. در این بررسی برای تجزیه و تحلیل از نرم‌افزار *SPSS* و *GAMS* استفاده گردید.

## نتایج و بحث

در این قسمت تحت سناریوهای مختلف، به بررسی اثرگذاری‌های سیاست سهمیه‌بندی آب روی الگوی کشت، بازده برنامه‌ای (سود ناخالص) و شاخص بهره‌وری آب کشاورزان منطقه مورد بررسی (دشت قروه-دهگلان) پرداخته شده است. با اعمال سیاست کاهش آب آبیاری در دسترس در سطح کشتزارهای منطقه مورد بررسی انتظار می‌رود، الگوی کشت به سود تولید محصول‌هایی که میزان درآمد ثابتی را به ازای میزان آب کمتر (و یا درآمد بیشتری را به ازای میزان ثابت آب) ایجاد می‌کنند، تغییر کند.

**1- تاثیرگذاری‌های اعمال سیاست کاهش آب در دسترس در کشتزارهای کوچک**

نتایج سناریوهای کاهش 10 تا 40٪ آب در دسترس بر الگوی کشت بهره‌بردار نماینده، با سطح زیر کشت 5.2 هکتار ( میانگین سطح زیر کشت واحدهای کوچک بر مبنای داده‌های پژوهش) نشان از افزایش سطح زیر کشت گیاهان زراعی گندم و جو نسبت به سال پایه دارد. به طوری که،

### اثرات سیاست سهمیه بندی...85

سطح زیرکشت محصول های گندم و جو به ترتیب از 2.22 هکتار به 2.25 تا 2.281 هکتار و 0.25 هکتار به 0.347 تا 0.477 هکتار می رسد، که به ترتیب افزایشی معادل با 1.35 تا 2.75٪ برای تولید محصول گندم و 38.8 تا 90.8٪ برای محصول جو نسبت به سال پایه به همراه دارد. دلیل افزایش سطح زیرکشت گیاهان زراعی گندم و جو در نتیجه اعمال این سیاست، نیاز آبی پایین تر و نیاز کمتر آن ها به سرمایه در واحد سطح نسبت به دیگر گیاهان زراعی الگوی کشت می باشد. به رغم افزایش سطح زیرکشت گیاهان زراعی گندم و جو، پس از کاهش 10 تا 40٪ آب در دسترس، سطح زیرکشت یونجه و سیب زمینی نسبت به سال پایه کاهش می یابد. به طوری که، سطح زیرکشت یونجه از 1.71 هکتار به 1.594 تا 0.890 هکتار و سطح زیرکشت سیب زمینی از 1.02 هکتار به 1.009 تا 0.936 هکتار می رسد که به ترتیب کاهش سطحی معادل با 6.78 تا 47.95٪ برای محصول یونجه و 1.08 تا 8.24٪ را برای سیب زمینی نسبت به شرایط سال پایه به همراه دارد. دلیل کاهش سطح زیرکشت گیاهان زراعی یونجه و سیب زمینی نیاز آبی بالا و هزینه به نسبت زیاد تولید در واحد سطح بوده، که بهره برداران را در شرایط کاهش آب در دسترس ناگزیر به کاهش سطح زیرکشت می کند. اما، محصول سیب زمینی به دلیل صرفه اقتصادی بالا و امکان صادرات، نسبت به محصول یونجه با حساسیت کمتری همراه است. همچنین، گیاه زراعی جو به علت نیاز آبی پایین نسبت به دیگر گیاهان الگو، بیشترین میزان افزایش سطح (بیشترین حساسیت) را پس از اعمال سناریوهای مختلف، نشان داد (جدول 1-1).  
جدول (1) نتایج ناشی از اعمال سیاست کاهش آب در دسترس با سناریوهای مختلف در کشتزارهای کوچک

**Table 1- The results of application of reducing of accessible water under different scenarios in small farms**

سناریوهای کاهش آب در دسترس (درصد)				تغییرات Changes	الگو سال پایه (هکتار) Base year pattern (Ha)	گیاه Plant
Scenarios of reducing of accessible water (per cent)						
40	30	20	10			
2.281	2.29	2.279	2.25	مقدار	2.22	گندم Wheat
2.75	3.15	2.66	1.35	درصد		
0.89	1.254	1.479	1.594	مقدار	1.71	یونجه Alfa alfa
-47.95	-26.67	-13.51	-6.78	درصد		

ادامه جدول (1) نتایج ناشی از اعمال سیاست کاهش آب در دسترس با سناریوهای مختلف در کشتزارهای کوچک

Table 1- The results of application of reducing of accessible water under different scenarios in small farms

0.936	0.97	0.994	1.009	مقدار	1.02	سیبزمینی Potato
-8.24	-4.9	-2.55	-1.08	درصد		
0.477	0.494	0.448	0.347	مقدار	0.25	جو Barely
90.8	97.6	79.2	38.8	درصد		
4.584	5.008	5.2	5.2	مقدار	5.2	سطح زیر کشت کل* Total area under cultivation
-11.85	-0.69	0	0	درصد		
177.38	192.09	206.4	219.9	مقدار	232.67	بازده برنامه‌ای** Gross return
-23.76	-17.44	-11.29	-5.49	درصد		
15290.8	11468.1	7645.4	3822.7			حجم آب صرفه جویی شده*** Saved water volume

منبع: یافته‌های تحقیق (\*، \*\* و \*\*\* به ترتیب برحسب هکتار، میلیون ریال و مترمکعب)

Source: Research finding

با اعمال سیاست کاهش آب در دسترس با سناریوهای کاربردی مختلف، در آغاز الگوی کشت به سود گیاهان گندم و جو تغییر می‌کند. اما، با کاهش میزان آب در دسترس از آنجایی که میزان آب مورد نیاز برای کشت گیاهان منتخب الگو تأمین نمی‌شود، کل سطح زیر کشت محصول‌های کاهش می‌یابد و بخشی از اراضی در الگوی کشت به صورت کشت نشده باقی می‌ماند؛ به گونه‌ای که، با اعمال سناریو 40٪ کاهش آب در دسترس، سطح اراضی کشت نشده به 0.62 هکتار می‌رسد. با کاهش به وجود آمده در الگوی کشت گیاهان زراعی، با سناریوهای مختلف کاهش آب در دسترس، میزان بازده برنامه‌ای نیز متأثر شده و از 219.9 به 177.38 میلیون ریال می‌رسد که در نهایت کاهش سودی معادل با 5.49 تا 23.76٪ را نسبت به سال پایه به همراه دارد. با کاهش 10 تا 40٪ی آب در دسترس، و تغییرپذیری‌های الگوی کشت گیاهان زراعی، میزان آب مصرفی کاهش و 3822.7 تا 15290.8 مترمکعب در مصرف آب نسبت به سال پایه صرفه جویی می‌شود (جدول -1).

با اعمال سناریوهای 10 تا 40٪ کاهش آب در دسترس، بهره‌برداران به سمت تولید بیشتر محصول جو با نیاز آبی پایین‌تر و تولید کمتر محصول یونجه با نیاز آبی بالاتر در مقایسه با دیگر محصول‌ها گرایش می‌یابند. روند افزایش سطح زیر کشت گیاهان زراعی گندم و جو به صورت

## اثرات سیاست سهمیه بندی...87

نزولی و روند کاهش سطح زیرکشت محصول‌های یونجه و سیب‌زمینی به صورت افزایشی است. روند کاهشی، افزایش سطح زیرکشت محصول‌های گندم و جو از سناریو 40٪ به بالا قابل مشاهده است (جدول-1).

### 2- تاثیر اعمال سیاست کاهش آب در دسترس در کشتزارهای متوسط

سطح زیرکشت بر ای تولید محصول‌های گندم و جو در الگوی کشت بهره‌بردار نماینده با سطح زیرکشت 10.7 هکتار در سال پایه، با اعمال سناریوهای 10 تا 40٪ کاهش آب در دسترس، به دلیل نیاز آبی پایین و هزینه تولید کم در واحد سطح نسبت به دیگر محصول‌ها افزایش پیدا می‌کند. به طوری که، سطح زیرکشت گندم از 5.04 هکتار به 5.109 تا 5.098 هکتار می‌رسد که افزایشی معادل با 1.37 تا 1.15٪ را نسبت به سال پایه به همراه دارد. همچنین، سطح زیرکشت جو از 0.22 هکتار به 0.411 تا 0.406 هکتار می‌رسد که افزایشی معادل با 87.73 تا 84.55٪ را نسبت به سال پایه به همراه دارد. دلیل افزایش سطح زیرکشت گندم و جو، نیاز آبی کمتر این آنها بوده، همچنین وجود قیمت تضمینی برای گندم و امکان جایگزینی جو دیم به جای جو آبی است (جدول-2).

در حالی که، با کاهش آب در دسترس به میزان 10 تا 40٪ نسبت به سال پایه، سطح زیرکشت یونجه و سیب‌زمینی به ترتیب از 2.76 هکتار به 2.507 تا 0.527 هکتار و از 2.68 هکتار به 2.673 تا 2.525 هکتار می‌رسد، و به ترتیب معادل 9.17 تا 80.91٪ و 0.26 تا 5.78٪ نسبت به سال پایه کاهش پیدا می‌کند. به طور کلی، تغییرپذیری‌های سطح زیرکشت محصول‌های تحت اعمال سناریوهای مختلف موجب کاهش صفر تا 20.04٪ سطح زیرکشت کل نسبت به سال پایه می‌شود و از 10.7 به 8.556 هکتار می‌رسد. همچنین بازده برنامه‌ای به دلیل کاهش سطح زیرکشت برای تولید محصول‌های با صرفه اقتصادی بالا، کاهش می‌یابد و از 449.44 به 364.29 میلیون ریال می‌رسد که کاهشی معادل با 5.7 تا 23.57٪ نسبت به سال پایه به همراه دارد. در نهایت با کاهش 10 تا 40٪ آب در دسترس، و تغییرپذیری‌های الگوی کشت محصول‌ها، میزان آب مصرفی کاهش و از 7534.5 تا 30138 مترمکعب در مصرف آب نسبت به سال پایه صرفه‌جویی می‌شود (جدول-2).

جدول (2) نتایج ناشی از اعمال سیاست کاهش آب در دسترس تحت سناریوهای مختلف در کشتزارهای متوسط

Table 2- The results of application of reducing of accessible water under different scenarios in middling farms

سناریوهای کاهش آب در دسترس (درصد) Scenarios of reducing of accessible water (per cent)				تغییرات Changes	الگو سال پایه (هکتار) Base year pattern (Ha)	گیاه Plant
40	30	20	10			
5.098	5.108	5.116	5.109	مقدار	5.04	گندم
1.15	1.35	1.51	1.37	درصد		Wheat
0.527	1.244	1.93	.507	مقدار	2.76	یونجه
-80.91	-54.93	-30.07	-9.17	درصد		Alfa alfa
2.525	2.58	2.631	2.673	مقدار	2.68	سیب زمینی
-5.78	-3.73	-1.83	-0.26	درصد		Potato
0.406	0.423	0.439	0.411	مقدار	0.22	جو
84.55	92.27	99.55	87.73	درصد		Barely
8.556	9.355	10.116	10.7	مقدار	10.7	سطح زیر کشت کل *
-20.04	-12.57	-5.46	0	درصد		Total area under cultivation
364.29	392.94	421.32	449.44	مقدار	476.63	بازده برنامه‌ای **
-23.57	-17.56	-11.6	-5.7	درصد		Gross return
30138	22603.5	15069	7534.5			حجم آب صرفه جویی شده *** Saved water volume

منبع: یافته‌های تحقیق (\*، \*\* و \*\*\* به ترتیب بر حسب هکتار، میلیون ریال و مترمکعب)

Source: Research finding

سطح زیر کشت محصول‌های گندم و جو با اعمال سناریوهای 10 تا 40٪ کاهش آب در دسترس، به ترتیب بیشترین و کمترین تغییرپذیری‌های سطح زیر کشت را نسبت به دیگر محصول‌های دارند. همچنین، روند افزایش سطح زیر کشت گندم و جو، نزولی و روند کاهش سطح زیر کشت یونجه و سیب زمینی، فزاینده می‌باشد. اما، روند کاهنده‌ی افزایش سطح زیر کشت گندم و جو از سناریوهای 30٪ به بالاتر قابل مشاهده است (جدول -2).



### 3- تاثیرگذاری‌های اعمال سیاست کاهش آب در دسترس در کشتزارهای بزرگ

نتایج نشان می‌دهد که اعمال سناریوهای 10 تا 40٪ کاهش آب در دسترس، در بهره‌بردار نماینده با سطح زیرکشت 21.72 هکتار در سال پایه در برای توسعه سطح زیرکشت برای تولید محصول‌های گندم و جو با نیاز آبی پایین‌تر و کاهش سطح زیرکشت یونجه و سیب‌زمینی با نیاز آبی بالاتر پیش می‌رود. به‌طوری‌که، سطح زیرکشت محصول‌های گندم و جو به‌ترتیب از 10.47 هکتار به 10.621 تا 10.673 هکتار و از 0.59 هکتار به 0.902 تا 1.085 هکتار می‌رسد، در این‌صورت، افزایش سطح زیرکشتی معادل با 1.44 تا 1.94٪ را برای تولید محصول گندم و افزایش سطح زیرکشتی معادل با 52.88 تا 83.9٪ را برای تولید محصول جو نسبت به سال پایه به همراه دارد. علت افزایش سطح زیرکشت برای تولید محصول‌های یادشده، نیاز آبی به نسبت پایین و صرفه اقتصادی مناسبی است که در شرایط کاهش آب در دسترس، در واحد سطح هر یک از گیاهان زراعی یاد شده به دست آید. در حالی‌که، نتایج به دست آمده، کاهش سطح زیرکشت یونجه و سیب‌زمینی را در الگوی کشت به‌ترتیب از 6.2 هکتار به 5.77 تا 2.363 هکتار و از 4.46 هکتار به 4.427 تا 4.095 هکتار نسبت به سال پایه نشان می‌دهد. در این‌صورت، سطح زیرکشت یونجه معادل با 6.94 تا 61.89٪ و سطح زیرکشت سیب‌زمینی معادل با 0.74 تا 8.18٪ نسبت به سال پایه کاهش می‌یابد (جدول -3).

به‌طور کلی، تغییرپذیری‌های به وجود آمده در الگوی کشت گیاهان زراعی تحت سناریوهای مختلف کاهش آب در دسترس، گویای کاهش سطح زیرکشت کل گیاهان زراعی از 21.72 به 18.216 هکتار می‌باشد که کاهشی معادل با صفر تا 16.13٪ را در الگوی کشت نسبت به شرایط سال پایه به همراه دارد. همچنین، نتایج نشان داد، پس از اعمال سیاست کاهش آب در دسترس، میزان آب مصرفی کاهش یافته و معادل با 15418 تا 61672 مترمکعب در مصرف آب نسبت به سال پایه صرفه‌جویی شده است (جدول -3).

بنابر نتایج به دست آمده، با تغییر سطح زیرکشت گیاهان زراعی، میزان بازده برنامه‌ای متناسب با آن تغییر می‌کند. در واقع میزان بازده برنامه‌ای پس از اعمال سناریوهای 10 تا 40٪ کاهش آب در دسترس از 996.93 به 801.52 میلیون ریال تغییر می‌کند که معادل با 5.71 تا 24.19٪ نسبت به سال پایه کاهش می‌یابد. علت منفی بودن درصد تغییرپذیری‌های بازده برنامه‌ای بهره‌برداران، منفی بودن درصد تغییرات سطح زیرکشت کل پس از اعمال سناریوهای مختلف می‌باشد (جدول -3).

جدول (3) نتایج ناشی از اعمال سیاست کاهش آب در دسترس تحت سناریوهای مختلف در کشتزارهای بزرگ

Table 3- the results of application of reducing of accessible water under different scenarios in large farms

سناریوهای کاهش آب در دسترس (درصد)				تغییرات Changes	الگو سال پایه (هکتار) Base year pattern (Ha)	گیاه Plant
40	30	20	10			
10.673	10.713	10.748	10.621	مقدار	10.47	گندم
1.94	2.32	2.66	1.44	درصد		Wheat
2.363	3.846	5.239	5.77	مقدار	6.2	یونجه
-61.89	-37.97	-15.5	-6.94	درصد		Alfa alfa
4.095	4.236	4.367	4.427	مقدار	4.46	سیبزمینی
-8.18	-5.02	-2.09	-0.74	درصد		Potato
1.085	1.133	1.177	0.902	مقدار	0.59	جو
83.9	92.03	99.49	52.88	درصد		Barely
18.216	19.928	21.531	21.72	مقدار	21.72	سطح زیرکشت کل*
-16.13	-8.25	-0.87	0	درصد		Total area under cultivation
801.52	867.97	933.42	996.93	مقدار	1057.31	بازده برنامه‌ای**
-24.19	-17.91	-11.72	-5.71	درصد		Gross return
61672	46254	30836	15418			حجم آب صرفه‌جویی شده*** Saved water volume

منبع: یافته‌های تحقیق (\*، \*\* و \*\*\* به ترتیب برحسب هکتار، میلیون ریال و متر مکعب)

Source: Research finding

سطح زیرکشت محصول‌های جو و گندم به ترتیب بیشترین و کمترین تغییرپذیری‌های سطح زیرکشت را در تحت اعمال سیاست کاهش آب در دسترس، نسبت به دیگر گیاهان زراعی به خود اختصاص داده است. همچنین، روند افزایش سطح زیرکشت گندم و جو، به صورت کاهنده و روند کاهش سطح زیرکشت یونجه و سیبزمینی، به صورت فزاینده می‌باشد. اما، روند کاهنده افزایش سطح زیرکشت محصول‌های گندم و جو از سناریو 30٪ به بالاتر قابل مشاهده است (جدول 3-).

#### 4- تأثیر سیاست سهمیه بندی آب آبیاری روی بهره‌وری آب

یکی از بهترین شاخص‌ها برای سنجش بهره‌وری آب، شاخص بازده برنامه‌ای به ازای واحد حجم آب مصرفی (NBDP)<sup>1</sup> است. از آنجایی که شاخص NBDP نسبت به دو شاخص دیگر (تولید به ازای واحد حجم آب مصرفی و درآمد به ازای واحد حجم آب مصرفی) کامل‌تر است، در تحلیل نتایج بهره‌وری آب در این بررسی بر این شاخص تمرکز بیشتری شده است. اعمال سناریوهای 10 تا 40٪ کاهش آب در دسترس نشان از افزایش شاخص بهره‌وری آب در منطقه مورد بررسی دارد. به طوری که، شاخص بهره‌وری آب با کاهش آب در دسترس، در کشتزارهای کوچک، متوسط و بزرگ به ترتیب از 6.39 تا 7.73، از 6.63 تا 8.06 و از 7.18 تا 8.66 هزار ریال در مترمکعب افزایش می‌یابد. همچنین، نتایج نشان می‌دهد، شاخص بهره‌وری کشتزارهای بزرگ بیشتر از سایر مزارع می‌باشد، حداکثر بودن شاخص بهره‌وری آب در مزارع بزرگ نشان‌دهنده کارایی بیشتر آب یا حداکثر بودن بازده برنامه‌ای به ازای مصرف هر مترمکعب آب در این مزارع کشتزارهای نسبت به دیگر کشتزارهاست (جدول 4).

جدول (4) افزایش بهره‌وری اقتصادی آب آبیاری پس از اعمال سناریوهای مختلف (هزار ریال/مترمکعب)

Table 4-Increasing of economic productivity of irrigation water due to application of different scenarios (thousands RLS/m<sup>3</sup>)

سناریوهای کاهش آب در دسترس (درصد)				شاخص‌های بهره‌وری Productivity Indices	کشتزارها نماینده Representative farm
Scenarios of reducing of accessible water(per cent)					
40	30	20	10		
7.73	7.18	6.75	6.39	NBDP	کوچک (Small)
8.06	7.45	6.99	6.63	NBDP	متوسط (Medium)
8.66	8.04	7.57	7.18	NBDP	بزرگ (Large)

منبع: یافته‌های تحقیق

Source: Research finding

#### 5- تأثیر اعمال سیاست کاهش آب در دسترس در حالت کلی منطقه مورد بررسی

سطح زیرکشت محصول‌های گندم و جو با اعمال سناریوهای 10 تا 40٪ کاهش آب در دسترس به دلیل نیاز آبی پایین و هزینه تولید کم در واحد سطح نسبت به دیگر گیاهان زراعی افزایش پیدا می‌کند. به طوری که، سطح زیرکشت گندم و جو به ترتیب نسبت به سال پایه معادل با 1.32

<sup>1</sup> Net Benefit Per Drop

تا 1.36٪ و 71.22 تا 82.12٪ افزایش می‌یابد و به ترتیب از 1041.2 هکتار به 1054.92 تا 1055.31 هکتار و از 60.5 هکتار به 103.59 تا 110.18 هکتار می‌رسد (جدول -5).

در حالی که، تاثیر اعمال سیاست کاهش آب در دسترس بر سطح زیرکشت یونجه و سیب‌زمینی منفی است، و ملاحظه می‌شود، که با اعمال سناریوهای 10 تا 40٪ی کاهش آب در دسترس، سطح زیرکشت یونجه از 623.9 هکتار به 571.86 تا 226.18 هکتار و سطح زیرکشت سیب‌زمینی از 499.3 هکتار به 494.53 تا 399.52 هکتار می‌رسد، که به ترتیب کاهش سطح زیرکشتی معادل با 8.34 تا 63.75٪ را برای تولید محصول یونجه و 0.96 تا 19.98٪ را برای محصول سیب‌زمینی نسبت به سال پایه نشان می‌دهد. دلیل کاهش سطح زیرکشت یونجه و سیب‌زمینی نیاز آبی بالا و هزینه نسبتاً زیاد تولید در واحد سطح می‌باشد، که بهره‌برداران را در شرایط کاهش آب در دسترس ناگزیر به کاهش سطح زیرکشت می‌کند. نتایج گویای آن است، که تولید محصول جو به علت نیاز آبی پایین نسبت به دیگر محصول‌های الگو، بیشترین میزان افزایش سطح (بیشترین حساسیت) را پس از اعمال سناریوهای مختلف دارد (جدول -5).

به‌طور کلی، با تغییرپذیری‌های ایجاد شده در الگوی کشت، مجموع سطح زیرکشت گیاهان زراعی از 2224.9 به 1791.19 هکتار می‌رسد، که کاهش معادل با صفر تا 19.49٪ را در الگوی کشت نسبت به سال پایه نشان می‌دهد. همچنین نتایج نشان می‌دهد، که در اثر کاهش کل سطح زیرکشت گیاهان زراعی (ناشی از اعمال سناریوهای 10 تا 40٪ کاهش آب در دسترس) بازده برنامه‌ای از 84392 به 67137 میلیون ریال می‌رسد، که کاهش سودی معادل با 6.11 تا 25.31٪ را نسبت به سال پایه به همراه دارد. سیاست سهمیه‌بندی آب آبیاری با ایجاد تغییرپذیری‌هایی در الگوی کشت زراعی گیاهان منتخب بر میزان آب مصرفی اثر می‌گذارد، به طوری که با کاهش 10 تا 40٪ آب در دسترس، میزان آب مصرفی در الگوی کشت نسبت به سال پایه کاهش می‌یابد و 1616660 تا 6466640 مترمکعب در مصرف آب صرفه‌جویی می‌شود (جدول -5).

همچنین نتایج نشان داد، روند افزایش سطح زیرکشت گندم و جو به صورت کاهنده و روند کاهش سطح زیرکشت محصول‌های یونجه و سیب‌زمینی به صورت فزاینده است. نزولی بودن روند افزایش سطح زیرکشت گندم و جو پس از اعمال سناریوهای 30٪ به بالاتر قابل مشاهده است (جدول -5).

### اثرات سیاست سهمیه بندی... 93

جدول (5) نتایج ناشی از اعمال سیاست کاهش آب در دسترس تحت سناریوهای مختلف در حالت کلی منطقه

**Table 5- The results of application of reducing of accessible water under different scenarios in study area**

سناریوهای کاهش آب در دسترس (درصد)				تغییرات Changes	الگو سال پایه (هکتار) Base year pattern (Ha)	گیاه Plant
40	30	20	10			
1055.31	1057.28	1059.15	1054.92	مقدار	1041.2	گندم
1.36	1.54	1.72	1.32	درصد		Wheat
226.18	354.36	477.99	571.86	مقدار	623.9	یونجه
-63.75	-43.2	-23.39	-8.34	درصد		Alfa alfa
399.52	436.07	471.24	494.53	مقدار	499.3	سیبزمینی
-19.98	-12.66	-5.62	-0.96	درصد		Potato
110.18	114.35	118.32	103.59	مقدار	60.5	جو
82.12	89.01	95.57	71.22	درصد		Barely
1791.19	1962.06	2126.7	2224.9	مقدار	2224.9	سطح زیرکشت کل*
-19.49	-11.81	-4.41	0	درصد		Total area under cultivation
67137	72939	78695	84392	مقدار	89884	بازده برنامه‌ای**
-25.31	-18.85	-12.45	-6.11	درصد		Gross return
6466640	4849980	3233320	1616660			حجم آب صرفه جویی شده***
						Saved water volume

منبع: یافته‌های تحقیق (\*، \*\* و \*\*\* به ترتیب بر حسب هکتار، میلیون ریال و متر مکعب)

Source: Research finding

### نتیجه گیری و پیشنهادات

الگوی رفتاری بهره‌برداران منطقه مورد بررسی گویای آن است که با کاهش پیوسته آب در دسترس، بهره‌برداران از سطح زیرکشت گیاهان زراعی با نیاز آبی بالا می‌کاهند و سطح مورد نظر را تا حدودی با محصول‌های با نیاز آبی پایین‌تر جایگزین می‌کنند. البته، با این تفاوت که بیشترین افزایش سطح زیرکشت گندم و جو به ترتیب مربوط به کشتزارهای کوچک و متوسط و به ترتیب بیشترین و کمترین تغییرات کاهش سطح زیرکشت یونجه و سیب زمینی می‌باشد. بیشینه

کاهش سطح زیرکشت محصول‌های الگوی کشت مربوط به کشتزارهای متوسط می‌باشد و محصول جو بیشترین حساسیت و تغییرپذیری‌های سطح زیرکشت را نسبت به دیگر گیاهان زراعی الگوی کشت در نتیجه اعمال سیاست کاهش آب در دسترس در منطقه مورد بررسی نشان داد.

همچنین، کاهش بازده برنامه‌ای و افزایش شاخص بهره‌وری *NBPD* در منطقه مورد بررسی از دیگر نتایج اعمال سیاست سهمیه‌بندی آب است. البته، با این تفاوت که کاهش بازده برنامه‌ای و افزایش بهره‌وری در کشتزارهای بزرگ نسبت به دیگر کشتزارها است. سیاست سهمیه‌بندی آب در منطقه مورد بررسی اگرچه منجر به کاهش بازده برنامه‌ای (سود ناخالص) ناشی از الگوی کشت می‌شود، اما، از طریق اثرگذاری بر میزان تقاضای آب، بهره‌برداران را در برای کاهش منابع آب مصرفی در سطح کشتزارها و تخصیص حجم آب صرفه‌جویی شده برای توسعه سطح زیرکشت گیاهان اقتصادی‌تر در الگوی کشت تشویق می‌کند. از این رو اعمال سیاست سهمیه‌بندی آب به عنوان راهبردی مناسب و کاربردی برای حفظ و پایداری منابع آب در دشت قروه-دهگلان تأکید می‌شود.

نتایج مربوط به تاثیر اعمال سیاست کاهش آب در دسترس روی سود ناخالص و میزان آب مصرفی با یافته‌های تحقیقات پرهیزکاری و همکاران (1393)، میرزایی و احمدپوربرازجانی (1395) و مظفری (1395) همسو می‌باشد. ایشان در نتایج بررسی‌های خود نشان دادند، کاهش آب در دسترس منجر به کاهش سود ناخالص و میزان آب مصرفی می‌شود.

همچنین نتایج این بررسی در زمینه افزایش سطح زیرکشت گیاهان زراعی با نیاز آبی کمتر و کاهش سطح زیرکشت گیاهان زراعی با نیاز آبی همسو با نتایج بررسی میرزایی و احمدپوربرازجانی (1395) است. نتایج در رابطه با اثرگذاری‌های کاهش آب در دسترس روی بهره‌وری آب با یافته‌های گیانوکارو و همکاران (0009) و مظفری (1395) به ترتیب هم‌خوانی و تناقض دارد. به طوری که، نتایج کاهش آب در دسترس در بررسی گیانوکارو و همکاران (0009) نشان از افزایش بهره‌وری آب و در بررسی مظفری (1395) نشان از کاهش بهره‌وری آب دارد.

با توجه به نتایج به دست آمده از شبیه‌سازی رفتار کشاورزان دشت قروه-دهگلان نسبت به اعمال سناریوهای کاربردی سهمیه‌بندی آب آبیاری توصیه‌های سیاستی زیر در برای بهبود مدیریت مصرف نهاده آب ارائه می‌شود:

## اثرات سیاست سهمیه بندی...95

اگر چه که به کارگیری سیاست سهمیه بندی آب آبیاری در برای صرفه جویی منابع آب و پایداری این نهاده کمیاب در دشت قروه-دهگلان راهکار مناسبی است. اما، منجر به کاهش مجموع سود کشاورزان این شهرستان می شود. لذا، بر مبنای نتایج به دست آمده و شناخت محیطی از رفتار کشاورزان و به منظور استقبال از سیاست کاهش مصرف آب ضرورت دارد، برای جبران کاهش به وجود آمده در سود کشاورزان این دشت برنامه های سیاستی مناسب دیگری همزمان با اعمال سیاست سهمیه بندی آب آبیاری به کار گرفته شود. فراهم کردن بازار مناسب برای فروش محصول های منتخب و خرید محصول های با قیمت های تضمینی تا حدی به افزایش سود کشاورزان کمک خواهد کرد و از برداشت بیشتر منابع آبی جلوگیری خواهد کرد.

از آن جا که قریب به اتفاق واحدهای زراعی به آبیاری مکانیزه در منطقه مورد بررسی مجهز شدند و گاهی شیوه های موجود از کارایی لازم را ندارد؛ اجرای سیاست سهمیه بندی آب آبیاری موجب کاهش آب در دسترس و در نهایت کاهش مصرف آب می شود. لذا، لازم است، برای افزایش کارایی مصرف آب و کاهش میزان هدر رفتن آب، دولت اقدام به اعطای وام با سود کم و تسهیلات به کشاورزان برای تجهیز کردن زمین های کشاورزی به سامانه آبیاری با کارایی بالا کند. چرا که سطح تبخیر آب در الگوهای موجود آبیاری هم به دلیل روش آبیاری و هم زمان آبیاری، که اغلب در ساعات های گرم روز صورت می گیرد، بالا است. اما با سیاست سهمیه بندی امکان تلاش در برای تنظیم سامانه آبیاری و یا جایگزین نمودن آن و همچنین مدیریت زمان آبیاری بر مبنای بهره وری آن بیشتر می شود. از آن جا که سیاست سهمیه بندی آب موجب صرفه جویی در مصرف آب و کاهش استخراج آب های زیرزمینی می گردد. بنابراین، آگاه سازی کشاورزان از پیامدهای ناشی از مصرف بی رویه منابع آبی از طریق تقویت نظام های آموزشی و ترویج برای اجرایی شدن سیاست و رسیدن به هدف های مورد نظر ضرورت دارد.

## منبع ها

- Avosati, Kh (2016) fluctuation of underground water in Dehgolan-qourveh plain aquifer: Evidence of Improper Water Resource Management in Drought Condition. 6<sup>th</sup> national conference of water resource management, University of Kurdistan, 20-23 April.
- Franco-Crespo, C. and Sumpsi Vinas, J. M. (2017) The impact of pricing policies on irrigation water for agro-food farms in Ecuador. *Journal Sustainability*, 6:1-18.
- Giannoccaro, G., Piston, J.M., Kolberg, S. and Berbel, J. (2009) Comparative analysis of water saving policies in agriculture: pricing versus quotas.

- Conferenza Technological Perspectives for Rational Use of Water Resources in the Mediterranean Region, Center International de hautes etudes Agronomiques Mediterranneens.
- Hassanvand, V., Hassanvand, M., Javolaee, R & Shirvani Bidabadi, F. (2014) Simulation of Farmers Behaviour with Application of Water Amount Reduction Policy on Cropping Pattern Using Positive Mathematical Programming. *Journal of Village and Development*. 17 (4): 71-92.
- He, L., Tyner, W.E., Doukkali, R. and Siam, G. (2006) Policy options to improve water allocation efficiency: analysis on Egypt and Morocco. *Water International*, 31:320-337.
- Howitt, R.E., Medellin-Azura, J.M., MacEwan, D. and Lund, J.R. (2012) Calibrating Disaggregate Economic Models of Agricultural Production and Water Management. *Science of the Environmental Modeling and Software*, 38:244-258.
- Javan, J & Fall Solaiman, M. (2008) Critical of Water and Necessity of Attention on Agricultural Water Productivity in Dry Areas, A Case of Birjand Plain. *Journal of Gographi and Development*, (11): 115-138.
- Medellin-Azura, J., Harou, J.J. and Howitt, R.E. (2010) Estimating Economic Value of Agricultural Water under Changing Conditions and The Effect of Spatial Aggregation. *Science of Total Environmental*, 408:5639-5648
- Medellin-Azura, J., Harou, J.J. and Howitt, R.E. (2012) Predicting Farmer Responses to Water Pricing, Rationing and Subsidies Assuming Profit Maximizing Investment in Irrigation Technology. *Science of the Agricultural Water Management*, 108:73-82.
- Mirzaei, K., & Ahmad Pour Barazjani, M. (2016) Effectivity of Irrigation Water Qouta on Cropping Pattern and Farmer s Gross Margin in Amoul District. *Journal of Water Resources of Iran*. 12 (3): 166-179.
- Mohammadi, H & Mohammad Rezazadeh, N. (2011) Economic Tools of Underground Water Resource management in World and Iran. 2<sup>nd</sup> National Conference on Applied Researches on Iran s Water Resource. Regional Water Company of Zanjan.
- Mozaffari, M. M. (2015) Determination of Proper Policy Plan to Protect Water Resources in Qazvin Plain. *Journal of Water and Soil Protection*. 5 (2): 29-46.
- Parhizkar, A., Sabouhi, M., Ahmadpour, M & Badiea Barzin, H. (2014) Simulation of Farmers Reaction on Pricing Policy and Irrigation Water Qouta, A case of Zaboul City. *Journal of Agricultural Economic & Development*, 28 (2): 164-176.
- Parhizkar, A & Sabouhi, M. (2013) Effects of Technology Development and Mechanization on Agricultural Production in Qazvin Province. *Journal of Agricultural Research*, 5 (4): 1-23.
- Parhizkar, A., Sabouhi, M., & Ziyaei, S. (2013) Simulation of Water Market and Analysis of Impact of Irrigation Water Shairing Policy on Cropping Pattern



## اثرات سیاست سهمیه بندی... 97

- Under Water Scarcity. *Journal of Agricultural Economic & Development*, 27 (3): 242-252.
- Rahmati, A., Nazari Samani, A.A & Mahdavi, M. (2015) Evaluation of Effective Variable on Undergraoud Water Potential Base on Sensetivity Analysis, A case of Qorveh- Dehgolan Plain. *Journal of Desert Management*. (5): 1-13.
- Razzaghi, M., Zare Mehrjerdi, M.R., Kiyani Rad, A & Nabieyan, S. (2015) Modeling of Farmer s Participation in Functional Insurance Pattern Using Positive Mathematical Programming. *Journal of Insurance*. 30 (4): 155-185.
- Sabouhi, M., Soltani Gh & Zibaei, M. (2007) A Survey on Irrigation Water Price Change on Private and Public Benefits Using Positive Mathematical Programming. *Journal of Sciences and Agricultural Industry*. 21 (1): 53-71.
- Shams Al Dini, A., Mohammadi H. & Dehghanpour, H. (2013) Selection of Proper Cropping Pattern Following Water Sustainability Usage with Emphesezing on Less Irrigation, A Case of Sepidan City. *Journal of Agricultural Economic & Development*, 21 (4): 53-78.
- Shayan Mehr, S. (2013) Circumstances of Water Market in Price Determination of Agricultural Water, A Case of qorveh- Dehgolan Plain. MSc Thesis, Unpublished, Dept of Agricultural Economics, University of Kurdistan.
- Shi, M., Wang, X., Yang, H. and Wang, T. (2014) Pricing or quota? A Solution to Water Scarcity in Oasis Regions in China: A Case of Heihe River Basin. *Journal Sustainability*, 6:7601-7620.
- Soltani, Gh & Zibaei, M. (2011) Management of Agricultural water Usage as A Challenge Against of Drought. Conference of Water Use Optimization in Country, Farhangestane Oloum.
- Varzeri, A., Vakil Pour M. H & Mortazavi, A. (2016) A Survey of Irrigation Water Pricing on Cropping Pattern in Dehgolan Plain. *Journal of Agricultural Economics Research*. 8 (3): 81-100.



## Impacts of Agricultural Water Quota Policy in Groundwater Resources Management in Qorveh-Dehgolan Plain

*Hamed ghaderzadeh, mahin karimi<sup>1</sup>*

**Received: 12 June.2018**

**Accepted: 03 Feb.2019**

### Abstract

The existence of water scarcity problems in current decades at most of countries leads to take new policies regarding water demand management instead of water supply management. Therefore, the current study attempted to investigate the effects of irrigation water quota on cropping pattern and gross margin in Qorveh° Dehgolan aquifer. The positive mathematical programming (PMP) and production function with constant elasticity of substitution (CES) was used to analyze data. The necessary data was collected through fill questionnaires for the agricultural year 2015-16 and stratified random sampling used to select samples. The results showed that, applying the policy of irrigation water quota (under scenarios of 10 to 40 per cent respect to base year) would lead to reduce the level of crop land s products with high water requirement such as alfa-alfa and potato crops and it would lead to increase the level of cropland of products with lower water requirement such as wheat and barley crops and thus reducing the level of cropland as a whole. And again the results showed that, application of the policy cause of increase of water productivity but decrease of gross revenue.

**JEL Classification:** Q2, Q25

**Keywords:** CES product function, positive mathematical programming, Qorveh° Dehgolan, Quota.

---

<sup>1</sup>Respectively: Assist Proffesor & MSC.Scholar of agricultural economics. Dept of agricultural economics. university of Kurdistan  
Email: hamedar2002@yahoo.com