

بررسی تغییر الگوی کشت و میزان استخراج منابع آب زیرزمینی با اعمال سیاست‌های کاهش مصرف آب در دشت ارزوئیه استان کرمان

مصطفی بنی‌اسدی، محمدرضا زارع مهرجردی، حسین مهرابی بشرآبادی،
حمیدرضا میرزایی خلیل‌آباد، عباس رضایی استخرئویه، مریم حسن‌وند^۱

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۸/۶

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۱۲/۲۰

چکیده

با توجه به خشکسالی‌های متوالی در سال‌های اخیر در مناطق مرکزی و شرقی کشور و از جمله استان کرمان، آب مهم‌ترین نهاده کشاورزی و عامل محدودکننده توسعه اقتصادی است. از این رو مدیریت مصرف این منبع ارزشمند دارای اهمیت بالایی است. هدف از این پژوهش، بررسی واکنش و شبیه‌سازی رفتار کشاورزان (الگوی کشت) در برابر سیاست‌های کاهش مصرف آب در شهرستان ارزوئیه در استان کرمان است. این سیاست‌ها شامل سیاست افزایش هزینه استخراج، کاهش دسترسی به منابع آب، کم‌آبایی و سیاست‌های ترکیبی در غالب هشت سناریو بررسی و ارزیابی شدند. برای این منظور از روش برنامه‌ریزی ریاضی مثبت برای تعیین الگوی بهینه کشت برای هر سیاست استفاده شد. داده‌های مورد نیاز پژوهش با تکمیل ۱۹۴ پرسشنامه و مصاحبه با کشاورزان و همچنین داده‌های سازمان جهاد کشاورزی استان کرمان به دست آمد. نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که از میان سیاست‌های یادشده، سیاست کم‌آبایی و همچنین ترکیب آن با سیاست کاهش دسترسی به منابع آب، دارای بهترین نتایج بوده‌اند. با اعمال این سیاست، به‌رغم کاهش ۲۶ درصدی مصرف آب، سطح زیرکشت ۵۶ درصد افزایش می‌یابد و بازده ناخالص تنها ۱۶ درصد کاهش می‌یابد. با توجه به نتایج بررسی، سیاست افزایش هزینه استخراج چندان تأثیرگذار نیست و تنها فشار به کشاورزان را افزایش می‌دهد، اما سیاست کم‌آبایی به عنوان یک سیاست مؤثر توصیه می‌شود.

طبقه‌بندی JEL: Q12، Q15، Q18، Q25.

واژه‌گان کلیدی: منابع آب زیرزمینی، الگوی کشت، برنامه‌ریزی مثبت، شهرستان ارزوئیه.

۱ به ترتیب دانشجوی دکتری اقتصاد کشاورزی و عضو انجمن پژوهشگران جوان دانشگاه شهید باهنر کرمان، دانشیار، استاد و استادیار بخش اقتصاد کشاورزی دانشگاه شهید باهنر کرمان، استادیار بخش مهندسی آب دانشگاه شهید باهنر کرمان و دانشجوی دکتری اقتصاد کشاورزی دانشگاه تهران.

مقدمه

با وجود محدودیت منابع آب و توزیع نامناسب زمانی و مکانی آن در کشور، استفاده از این منابع با ارزش و غیر قابل جایگزین، کارآیی بهینه‌ای نداشته و بازده (راندمان) آن خصوصاً در بخش کشاورزی بسیار پایین است، به طوری که میزان کارآیی مصرف آب در بخش کشاورزی نزدیک به ۳۰ تا ۳۷ درصد محاسبه شده است (قرقانی و همکاران، ۱۳۸۸). البته در زمینه این عدد بین وزارت جهاد کشاورزی و وزارت نیرو اختلاف نظر وجود دارد؛ هر چند بر سر این موضوع اجماع وجود دارد که کارایی مصرف آب در بخش کشاورزی بسیار کم است. در بسیاری از مناطق کشور آب کافی در زمان مورد نیاز برای فعالیت‌های کشاورزی وجود ندارد و در اغلب مناطق آب مهم‌ترین و محدودکننده‌ترین نهاده تولید به‌شمار می‌آید (بخشی و همکاران، ۱۳۹۰).

در استان کرمان که از استان‌های خشک کشور است، منابع آب دارای اهمیت ویژه‌ای هستند. با توجه به نبود دسترسی کافی به آبهای سطحی در این استان، بخش کشاورزی حجم زیادی از آبهای زیرزمینی را مصرف می‌کند. در منطقه مورد بررسی دشت ارزوئیه در استان کرمان نیز وضعیت بحرانی است. براساس اطلاعات سال ۱۳۹۱، بیلان دشت ارزوئیه (۸۰/۵-) میلیون متر مکعب است (شرکت آب منطقه‌ای استان کرمان، ۱۳۹۴). همچنین طی ۱۰ سال اخیر همواره بیلان دشت ارزوئیه منفی بوده و افت سطح آب در این دشت به‌طور میانگین سالانه ۱/۸۱ متر می‌باشد. همچنین تعداد چاه‌های دشت ارزوئیه در آماربرداری سال ۱۳۸۵، ۵۸۱ حلقه چاه بوده که نسبت به سال ۱۳۶۶ (با ۲۷۷ حلقه چاه) به بیش از دو برابر (۱۰۹/۷ درصد) افزایش یافته است. آخرین آماربرداری منابع آب در سال ۱۳۹۱ توسط شرکت مشاور منابع آب به انجام رسیده است که در آن تعداد ۶۲۱ حلقه چاه به ثبت رسیده است (شرکت آب منطقه‌ای استان کرمان، ۱۳۹۴). متأسفانه به دلیل بهره‌برداری‌های روز افزون از آبهای زیرزمینی منطقه و خشکسالی‌های پی در پی، سطح آب‌های زیرزمینی منطقه افت شایان توجهی پیدا کرده است. بنا به اهمیت منابع آب زیرزمینی در اقتصاد و معیشت مردم منطقه، این پژوهش به دنبال بررسی سیاست‌هایی در جهت کاهش مصرف منابع آب در دشت ارزوئیه می‌باشد. یکی از سیاست‌های مورد بررسی، کاهش دسترسی به منابع آب است.

کاهش دسترسی به آب می‌تواند اثرگذاری شایان توجه، اما متفاوتی بر عملکرد محصولات، هزینه‌های نهاده و سودآوری کشاورزی در مناطق مختلف یک حوضه آبی داشته باشد. درک

بررسی تغییر الگوی کشت... ۱۱۳

پیامدهای اقتصادی کاهش بارندگی، تخصیص آب در شرایط کمبود آب و ظرفیت کشاورزان برای هماهنگی با شرایط کم آبی مورد توجه خاص مدیران و سیاستگذاران حوزه منابع آب قرار دارد (قریشی و همکاران، ۲۰۱۴). یکی از راه‌های درک این پیامدها استفاده از مدل‌های برنامه‌ریزی ریاضی است. مدل‌های برنامه‌ریزی ریاضی در هر دو گروه کشورهای توسعه‌یافته و در حال توسعه برای تجزیه و تحلیل اقتصادی پیامدهای تغییرهای آب و هوایی (مانند خشکسالی و کم‌آبی) بر بخش کشاورزی استفاده شده است (قریشی و همکاران، ۲۰۰۷؛ هرتل و رچ، ۲۰۱۰). با این حال، روش‌های برنامه‌ریزی ریاضی، به‌رغم توان تحلیلی خود، در پیش‌بینی رفتار مشاهده شده کشاورزان ناموفق بوده‌اند (هکلی و بریتز، ۲۰۰۵).

رویکرد برنامه‌ریزی ریاضی مثبت (PMP)^۱ این مشکلات را (در برابر استفاده از مدل برنامه‌ریزی خطی) از طریق فرض تعادل بیشینه‌سازی سود در نقطه عطف حل می‌کند (هاویت، ۱۹۹۵). رویکرد PMP داده‌های اضافی از سطح فعالیت‌های مشاهده شده را بازسازی کرده و تابع هدف غیرخطی را تصریح می‌کند. با این کار، بدون ایجاد کردن محدودیت‌های مصنوعی (هکلی و بریتز، ۲۰۰۵)، مدل بادقت رفتار مشاهده شده کشاورزان در دوره واسنجی (کالیبراسیون) را بازسازی می‌کند (کورتیگنانی و سورینی، ۲۰۰۹). براین اساس است که روش PMP یک روش پذیرفته‌شده برای تحلیل‌های سیاستی است (گریفین، ۲۰۰۶؛ هاویت و همکاران، ۲۰۱۰؛ مرل و بیوکرام، ۲۰۱۰). برای بررسی سیاست‌های مختلف آبی در بخش کشاورزی، در بررسی‌های مختلفی از روش برنامه‌ریزی مثبت استفاده شده است که به برخی از آنها اشاره می‌شود.

بخشی و همکاران (۱۳۹۰) در یک پژوهش برای تحلیل پیامدهای مختلف کاربرد سیاست‌های قیمت‌گذاری آب و نیز سیاست‌های جایگزین آن در دشت مشهد، از شیوه برنامه‌ریزی ریاضی مثبت در سطح مزرعه استفاده کرده‌اند. موسوی و قرقانی (۱۳۹۰)، با استفاده از مدل برنامه‌ریزی ریاضی مثبت، با اعمال دو سناریوی «افزایش قیمت آب آبیاری» و «کاهش میزان آب آبیاری» به بررسی و ارزیابی سیاست‌های آب کشاورزی در شهرستان اقلید پرداخته‌اند. حسنون و همکاران (۱۳۹۳) در پژوهش خود به بررسی واکنش و شبیه‌سازی رفتار کشاورزان با اعمال سیاست کاهش میزان آب بر الگوی کشت محصولات زراعی راهبردی شهرستان خرم‌آباد پرداختند. بوستانی و همکاران (۱۳۹۳) در پژوهش خود، با استفاده از روش برنامه‌ریزی ریاضی مثبت تصحیح شده، سیاست کاهش آب در دسترس و قیمت‌گذاری آب را بر مصرف منابع آب

^۱ Positive Mathematical Programming (PMP)

در مرودشت را بررسی کردند. نتایج نشان داد، افزایش هزینه آبیاری و کاهش آب در دسترس، در پذیرش کم‌آبیاری موثر است. مقدسی و بخشی (۱۳۹۴) در پژوهش خود به منظور بهبود تخصیص نهاده آب، سیاست‌های جایگزین سیاست قیمت‌گذاری آب را بررسی کردند. برای این منظور از مدل برنامه‌ریزی ریاضی مثبت (PMP) به منظور واسنجی مدل و تحلیل سیاست‌های پیشنهادی در دشت سرخس استفاده شد.

کورتیگنانی و سورینی (۲۰۰۹) در پژوهش خود با استفاده از روش برنامه‌ریزی ریاضی مثبت، پیامدهای روش تکنیک کم‌آبیاری را در سطح مزرعه بررسی کردند. نتایج این پژوهش نشان داد، کشاورزان با کاهش سطح زیر کشت اختصاص یافته نسبت به سیاست کاهش دسترسی به آب و افزایش قیمت محصولات زراعی آبی واکنش نشان می‌دهند. هوانگ و همکاران (۲۰۱۰) به بررسی تأثیر تقاضای آب آبیاری و کاربرد سیاست‌های قیمت‌گذاری آب بر مصرف آب و تغییر الگوی کشت کشاورزان در مناطق روستایی چین پرداختند. نتایج شبیه‌سازی ناشی از تغییر قیمت آب نشان داد، افزایش قیمت آب موجب کاهش استفاده از آن می‌شود. فراگوسو و همکاران (۲۰۱۱) در پژوهشی، با استفاده از روش PMP به بررسی پیامدهای اقتصادی سیاست مشترک کشاورزی (۱) در زیست‌بوم مونتادو/دهسا در مدیترانه پرداخته‌اند. مدلین-آزوارا و همکاران (۲۰۱۲) با استفاده از روش PMP به ارزیابی اقتصادی آب آبیاری در سه منطقه از ایالت کالیفرنیا پرداختند. تحلیل نتایج نشان داد، ارزش اقتصادی نهایی آب، دست‌کم ۲/۶ برابر قیمت پرداختی توسط بهره‌برداران است. هی و همکاران (۲۰۱۲) با استفاده از برنامه‌ریزی ریاضی مثبت، به تجزیه و تحلیل نتایج کاربرد روش «به اشتراک‌گذاری آب متناسب» در مقابل «تخصیص بر اساس رتبه» در کمان رودخانه حوضه فرعی جنوب آلبرتا پرداخته‌اند. قریشی و همکاران (۲۰۱۴) در پژوهش خود با استفاده از روش برنامه‌ریزی مثبت چند دوره‌ای به ارزیابی تأثیر اقتصادی خشکسالی در حوضه موری دارلینگ در استرالیا پرداختند.

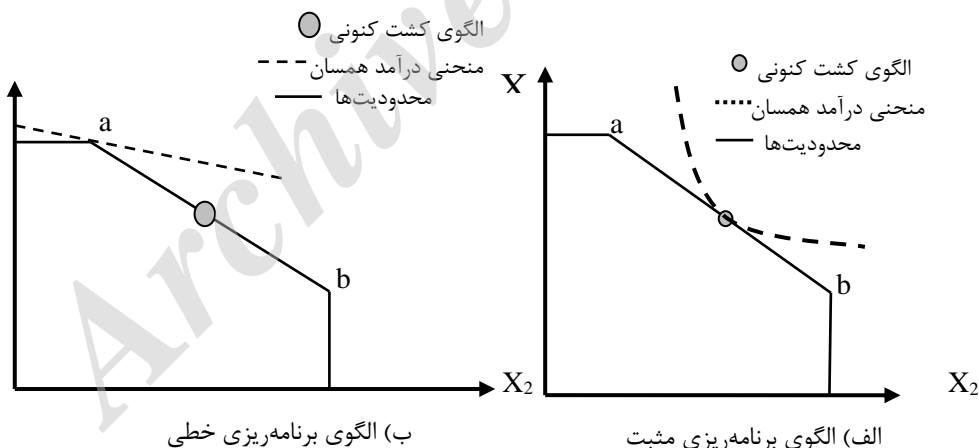
با توجه به پژوهش‌های بررسی شده، چنین برمی‌آید، کمبود و استفاده نامناسب از منابع آب به‌ویژه در بخش کشاورزی باعث گرایش پژوهش‌ها اعم از داخلی و خارجی به سمت استفاده از سیاست‌های کاهش مصرف آب (مانند قیمت‌گذاری نهاده آب، کم‌آبیاری و کاهش آب در دسترس) شده است. پژوهش‌هایی که تاکنون در ایران در این زمینه انجام شده، بیشتر به بررسی سیاست قیمت‌گذاری و محدودیت دسترسی به منابع آب پرداخته‌اند و به دیگر سیاست‌ها مانند کم‌آبیاری کمتر در پژوهش‌ها توجه شده است. همچنین، در زمینه

بررسی تغییر الگوی کشت... ۱۱۵

سیاست‌های مورد بررسی و ارزیابی پیامدهای اعمال آن بر الگوی کشت و مصرف نهاده‌ها در بخش کشاورزی در مناطق خشک کشور پژوهش‌های اندکی انجام شده است. با توجه به ضرورت بررسی در زمینه سیاست‌های آب کشاورزی، هدف از این پژوهش، بررسی سیاست‌های کاهش دسترسی به آب، افزایش هزینه استخراج، سیاست کم‌آبیاری و سیاست‌های ترکیبی بر کاهش مصرف آب، تغییر الگوی کشت و درآمد کشاورزان شهرستان ارزوئیه می‌باشد.

روش تحقیق

در این پژوهش از رهیافت برنامه‌ریزی ریاضی مثبت برای بررسی تأثیر سیاست‌های آبی بر کاهش مصرف آب استفاده شده است. مهم‌ترین برتری این مدل‌ها توانایی آنها در بررسی تأثیر سیاست‌ها در سطح مزرعه می‌باشد (پاریس و هاویت، ۱۹۹۸). مدل برنامه‌ریزی مثبت ضمن برطرف کردن محدودیت‌های مدل‌های برنامه‌ریزی خطی، توان بازسازی فعالیت‌های مزرعه را نیز دارد و به همین جهت برای کشاورزان و سیاست‌گذاران خروجی این برنامه به دلیل هماهنگی با واقعیت مزرعه، شایان پذیرش‌تر است. در نمودار (۱) تفاوت اصلی در الگوی برنامه‌ریزی خطی ساده با الگوی برنامه‌ریزی مثبت (PMP) را نشان می‌دهد.



نمودار (۱) تفاوت نموداری دو روش PMP و NMP با دو فعالیت تولیدی (حسنوند و همکاران، ۱۳۹۳)

برخلاف روش برنامه‌ریزی ریاضی هنجاری (NMP)^۱ در روش‌شناسی PMP با این فرض که ترکیب فعالیت مشاهده شده در مزرعه منعکس کننده انتخاب بهینه مورد نظر کشاورز با توجه به محدودیت‌های وی می‌باشد، سعی می‌شود تا با استفاده از یک تابع هدف غیر خطی، سطوح مشاهده شده فعالیت‌ها بازتولید شود. در نمودار ۱ قسمت الف، یک تابع هزینه غیر خطی محدب درون تابع سود قرار داده شده که در نتیجه تابع سود کل مقعر می‌باشد. در حقیقت فراسنجه (پارامتر)های تابع هدف بالا به گونه‌ای برآورد می‌شود که بازتولید درست وضعیت پایه را به همراه داشته باشد. همان‌گونه که هاویت (۱۹۹۵) و پاریس و هاویت (۱۹۹۸) بیان می‌دارند، PMP به عنوان یک روش در یک فرایند سه مرحله‌ای دنبال می‌شود؛ الف) برآورد هزینه نهایی محصولات، ب) برآورد هزینه تابع غیر خطی و ج) تصریح الگوی واسنجی شده و کاربرد آن، به منظور تحلیل سیاست‌ها.

با فرض بیشترین بازده برنامه‌ای در مرحله نخست روش‌شناسی PMP، الگوی اولیه به صورت زیر تصریح می‌شود (پاریس و هاویت، ۱۹۹۸):

$$\text{Max } Z = px - cx \quad (۱)$$

Subject to:

$$Ax \leq b \quad [\lambda] \quad (۲)$$

$$x \leq x_0 + \varepsilon \quad [\rho] \quad (۳)$$

$$x \geq 0 \quad (۴)$$

که در رابطه‌های (۱) تا (۴)، فوق، Z : ارزش تابع هدف، p : بردار $(n \times 1)$ قیمت‌های محصول، x : بردار $(n \times 1)$ غیرمنفی از فعالیت‌های تولیدی، c : بردار $(n \times 1)$ هزینه حسابداری هر واحد از فعالیت، A : ماتریس $(m \times n)$ مربوط به ضریب‌های فنی، b : بردار $(n \times 1)$ مقادیر منابع در دسترس، x_0 : بردار $(n \times 1)$ غیر منفی از سطوح مشاهده شده فعالیت‌های تولیدی، ε : بردار $(n \times 1)$ از اعداد مثبت کوچک برای جلوگیری از وابستگی خطی بین محدودیت‌های ساختاری (۲) و محدودیت‌های واسنجی (۳)، λ : بردار $(m \times 1)$ متغیرهای دوگان مربوط به محدودیت‌های منابع و ρ : بردار $(n \times 1)$ از متغیرهای دوگان مربوط به محدودیت‌های واسنجی می‌باشند.

در گام دوم در روش PMP مقادیر دوگان به دست آمده در مرحله اول برای برآورد فراسنجه‌های تابع هدف غیرخطی استفاده می‌شود. در اغلب پژوهش‌های انجام یافته با استفاده

^۱ Normative Mathematical Programming (NMP)

بررسی تغییر الگوی کشت... ۱۱۷

از روش PMP یک تابع هزینه متغیر چند محصولی دارای شکل تابعی درجه دوم به صورت زیر استفاده شده است (حسنوند و همکاران، ۱۳۹۳).

$$C^v(x) = \hat{d}x + \hat{x}Qx/2 \quad (5)$$

که در این تابع، \hat{d} بردار $(n \times 1)$ از فراسنجه‌های جزء خطی تابع هزینه، Q ، ماتریس مثبت، نیمه معین و متقارن با ابعاد $(n \times n)$ از فراسنجه‌های جزء درجه دوم تابع هزینه می‌باشند. بردار هزینه نهایی متغیر (MC^v) مربوط به تابع هزینه یاد شده برابر با مجموع بردار هزینه حسابداری c و بردار هزینه نهایی تفاضلی ρ می‌باشد:

$$MC^v = \nabla C^v(x)_{x_0} = \hat{d} + Qx_0 = c + \rho \quad (6)$$

که در آن $\nabla C^v(x)$ بردار گرادیان $(1 \times n)$ از مشتقات مرتبه اول $C^v(x)$ برای $x = x_0$ می‌باشد. برای حل این سیستم n معادله‌ای با $[n + n(n+1)/2]$ فراسنجه و به منظور چیره شدن بر کمتر از حد معین بودن سیستم سازندگان الگوهای PMP به راه‌حل‌های گوناگونی تکیه می‌کنند که در قسمت‌های بعدی بررسی می‌شود.

در گام سوم روش PMP، تابع هزینه غیرخطی برآورد شده در مرحله پیش، در تابع هدف مسئله مورد بررسی، قرار داده می‌شود و تابع هدف غیرخطی یاد شده در یک مسئله برنامه‌ریزی غیرخطی همانند به مسئله اولیه به استثناء محدودیت‌های واسنجی ولی همراه با دیگر محدودیت‌های سیستمی استفاده می‌شود:

$$\text{Maximize } Z = \hat{p}x - \hat{d}x + \hat{x}\hat{Q}x/2 \quad (7)$$

Subject to:

$$Ax \leq b \quad [\lambda] \quad (8)$$

$$x \geq 0 \quad (9)$$

در اینجا بردار \hat{d} و ماتریس \hat{Q} فراسنجه‌های واسنجی شده تابع هدف غیرخطی را نشان می‌دهند. اکنون الگوی غیر خطی واسنجی شده فوق به‌طور آشکار سطوح فعالیت‌های مشاهده شده در سال پایه و مقادیر دوگان محدودیت‌های منابع را باز تولید می‌کند و برای شبیه‌سازی تغییرها در فراسنجه‌های مطلوب آماده می‌باشد.

واسنجی تابع هزینه

در رهیافت اولیه PMP، مسئله تصریح تابع هزینه درجه دوم با استفاده از روش استاندارد یا قاعده تصریح اول توضیح داده می‌شود (هاویت، ۱۹۹۸؛ آرفینی و پاریس، ۱۹۹۵)، بدین صورت

که ایشان، رهیافت هزینه متوسط را برای برآورد فراسنجه‌های یادشده پیشنهاد کرده‌اند. در نتیجه مقادیر فراسنجه‌های بردار d و عناصر قطری ماتریس Q با استفاده از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$q_{ii} = \frac{p_i}{x_i^0}, \quad d = c \quad \forall i = 1, 2, \dots, N \quad (10)$$

صورت و مخرج رابطه یادشده، به ترتیب قیمت سایه‌ای و مقدار مشاهده شده در محصول i می‌باشد. همچنین به منظور برآورده شدن شرط واسنجی، فراسنجه‌های خطی تابع هزینه متغیر به صورت زیر تعیین می‌شود:

$$d_j = c_j + p_j - q_{jj}x_j^0 \quad \forall j = 1, 2, \dots, N \quad (11)$$

سیاست‌های آبی مورد بررسی در این پژوهش عبارت‌اند از کاهش دسترسی به منابع آب زیرزمینی (از طریق پمپ‌های هوشمند و خاموشی اجباری) در سه سناریو، افزایش هزینه استخراج در دو سناریو، سیاست کم‌آبیاری و سیاست‌های ترکیبی کاهش دسترسی همراه با افزایش هزینه استخراج و همچنین سیاست کاهش دسترسی همراه با سیاست کم‌آبیاری. در مجموع این سیاست‌ها در ۸ سناریوی مختلف اعمال شدند. براساس آمارهای سازمان جهاد کشاورزی و شرکت آب منطقه‌ای استان کرمان، عمده آب مصرفی در دشت ارزوئیه در بخش زراعت مصرف می‌شود و بخش باغی سهم اندکی در مصرف آب دارد. از این رو در این تحلیل، تنها به بخش زراعت پرداخته شده است. سیاست کاهش دسترسی به آب با توجه به داده‌های موجود در شرکت آب منطقه‌ای استان کرمان اعمال شد. با توجه به این داده‌ها، دشت ارزوئیه براساس داده‌های رسمی و برداشت از چاه‌های مجاز، ۸۰ میلیون متر مکعب کسری مخزن دارد (شرکت آب منطقه‌ای استان کرمان، ۱۳۹۴)، بنابراین سناریوی نخست شامل کاهش دسترسی به آب زیرزمینی به میزان ۵۰ درصد بیلان منفی (معادل ۴۰ میلیون مترمکعب) و سناریوی دوم کاهش دسترسی آب به میزان ۱۰۰ درصد بیلان منفی (معادل ۸۰ میلیون مترمکعب) می‌باشد. برای اعمال محدودیت دسترسی سوم، فرض وجود چاه‌های غیرمجاز و یا برداشت بیش از مجوز بررسی شد. با توجه به سطح زیرکشت هر محصول و میزان نیاز آبی آن گیاه، میزان برداشت از آب زیرزمینی در کل منطقه برآورد شد که این عدد تقریبی نشان از کسری ۲۴۲ میلیون مترمکعبی مخزن دشت ارزوئیه دارد. بنابراین در سناریوی سوم فرض بر این شد تا کاهش دسترسی به آب برای کشاورزان تا میزان بیلان صفر یعنی برابری تغذیه و تخلیه اعمال شود. با توجه به محاسبات باید دسترسی به منابع آب به میزان ۲۴۲ میلیون مترمکعب کاهش

بررسی تغییر الگوی کشت... ۱۱۹

یابد. همچنین سناریوهای افزایش هزینه استخراج، به ترتیب سناریوی ۵۰ و ۱۰۰ درصدی افزایش هزینه نسبت به سطح کنونی هزینه استخراج می‌باشد. در سناریوی ششم سیاست کم‌آبیاری بررسی شد که در آن، هم میزان مصرف آب کاهش می‌یابد و هم عملکرد محصول (رفاه کشاورز) که باید در تابع هدف اعمال شود. البته در این زمینه چون داده‌های فنی وجود نداشت، از داده‌های اندک کشاورزانی که در منطقه، کم‌آبیاری را اعمال کردند، استفاده شد. در واقع، میانگین کاهش مصرف آب و میانگین کاهش عملکرد برای همه محصولات زراعی منطقه محاسبه شد و به عنوان ضریب وارد مدل شد. کاهش مصرف آب و کاهش عملکرد برای هر محصول متفاوت بود. تغییرات ضریب‌های فنی و تابع هدف در این سیاست، با توجه به داده‌های کشاورزانی که در منطقه از سیاست کم‌آبیاری استفاده کردند، محاسبه و اعمال شد. سناریوهای هفتم و هشتم، دو سناریوی ترکیبی هستند. سناریوی هفتم شامل دو سیاست افزایش صد در صدی هزینه پمپاژ همراه با کاهش دسترسی به منابع آب به میزان تعادل در سفره زیرزمینی و سناریوی هشتم ترکیب دو سیاست کم‌آبیاری و کاهش دسترسی به منابع آب به میزان تعادل در سفره زیرزمینی می‌باشد.

اطلاعات مورد نیاز در این پژوهش با تکمیل پرسشنامه از کشاورزان دشت ارزوئیه به دست آمد. برای این منظور از روش نمونه‌گیری طبقه‌بندی شده استفاده شد. در روش نمونه‌گیری طبقه‌بندی شده با کمک واریانس صفت مورد نظر (عملکرد گندم) در هر طبقه، کمترین نمونه مورد نیاز با استفاده از رابطه زیر برآورد می‌شود (کوکران، ۱۹۶۳):

$$n = \frac{Nt^2(S_{wx}^2/\bar{X}^2)}{Nd^2 + t^2(S_{wx}^2/\bar{X}^2)} \quad (12)$$
$$= \frac{4917 \times (1.96)^2 \times \left(\frac{1.485}{(4.365)^2}\right)}{4917 \times (0.05)^2 + (1.96)^2 \times \left(\frac{1.485}{(4.365)^2}\right)} = 116.92$$

که در رابطه بالا، S_{wx}^2 برآورد میانگین مجموع واریانس صفت مورد نظر در طبقه‌ها، N اندازه جمعیت مورد بررسی، $t=1/96$ ، \bar{X} میانگین صفت مورد نظر در طبقه‌ها است، d درصد خطا می‌باشد و بنابر نظر محقق می‌تواند تعیین شود. علت انتخاب عملکرد گندم به عنوان صفت مورد نظر، به این علت است که بیشتر کشاورزان منطقه و افراد مورد مصاحبه از گندم‌کاران هستند. با توجه به تکمیل پرسشنامه‌های مقدماتی، حجم نمونه ۱۱۷ تعیین شد، اما برای کارایی بیشتر با تعداد ۱۹۴ کشاورز در سال زراعی ۹۴-۹۳ مصاحبه شد. همچنین داده‌های

تکمیلی از طریق سازمان جهاد کشاورزی استان و شرکت آب منطقه‌ای کرمان به‌دست آمد. مهم‌ترین متغیرهایی که در این پژوهش استفاده شد، شامل سطح زیرکشت، میزان تولید محصول، عملکرد محصول، بازده ناخالص، میزان مصرف نهاده، قیمت نهاده‌ها و محاسبه هزینه استفاده از هر نهاده، هزینه تولید و موجودی هر یک از منابع در منطقه مورد نظر می‌باشند.

نتایج و بحث

برای مقایسه بهتر بین الگوی کشت کنونی، با نتایج به‌دست آمده از مدل، در آغاز الگوی کشت کنونی منطقه (در سال زراعی ۹۴-۹۳) در غالب جدول (۱) ارائه می‌شود.

جدول (۱) سطح زیرکشت، تولید و عملکرد محصولات زراعی دشت ارزوئیه در سال زراعی ۹۴-۹۳

| نام محصول | سطح زیر کشت (هکتار) | میزان تولید (تن) | عملکرد (تن در هکتار) |
|------------------|---------------------|------------------|----------------------|
| گندم آبی | ۲۰۳۸۲ | ۹۲۰۹۷ | ۴/۵ |
| ذرت آبی | ۱۲۰۱۱ | ۷۱۷۳۳ | ۵/۹۷ |
| پنبه | ۱۲۴۲ | ۳۶۸۳ | ۲/۹۶ |
| جو آبی | ۱۴۶۰ | ۳۳۵۰ | ۲/۲۹ |
| هندوانه X5 | ۱۵۵۶ | ۳۸۶۴۱ | ۲۴/۸۳ |
| یونجه X6 | ۴۵۳ | ۷۶۸۸ | ۱۶/۹۷ |
| آفتابگردان | - | - | - |
| سیب زمینی | ۵۶۳ | ۱۶۶۷۴ | ۲۹/۶۲ |
| کلزا | ۲۵۰ | ۱۹۷ | ۰/۷۹ |
| کل محصولات زراعی | ۳۷۹۸۷ | ۲۳۴۳۰۸ | - |

منبع: سازمان جهاد کشاورزی استان کرمان

در بین محصولات جدول بالا، برخی در کشت بهاره و برخی در کشت پاییزه وارد الگوی کشت منطقه می‌شوند. برای لحاظ کردن این محدودیت در مدل، محدودیت آب به‌صورت ماهانه و با ۱۲ محدودیت وارد مدل شد. محصولاتی که کشت بهاره بودند، نیاز آبی‌شان در ماه‌های مربوط به کشت، به‌عنوان ضریب‌های فنی در محدودیت‌ها وارد شدند و در دیگر ماه‌ها مصرف آب صفر وارد شد. در زمینه محصولات پاییزه نیز بدین صورت عمل شد. با توجه به محدودیت آب در طول سال و ماه‌های مختلف و نیاز آبی محصولات کشت پاییزه و بهاره، می‌توان تعیین نمود که این محصولات در فصل مورد نظر به چه میزان کشت شوند. نتایج به‌دست آمده از واسنجی نشان می‌دهد که در زمینه سطح زیر کشت محصولات، میزان کاربرد نهاده‌ها و همچنین میزان

بررسی تغییر الگوی کشت... ۱۲۱

محصول تولید شده تفاوت چشمگیری بین میزان مشاهده شده و میزان حاصل از واسنجی وجود ندارد و واسنجی به خوبی انجام شده است. با توجه به نتایج الگوی PMP، درصد تغییر سطح زیر کشت محصولات مختلف زراعی در سناریوهای مختلف در جدول (۲) گزارش شده است.

جدول (۲) درصد تغییر سطح زیر کشت محصولات زراعی در سناریوهای مختلف

| محصول | سطح زیر کشت کنونی (هکتار) | تغییر سطح کشت در سناریوهای مختلف (درصد) | | | | | | | |
|-----------------------------|---------------------------|---|-------------|-------------|---------------|--------------|-------------|--------------|--------------|
| | | سناریوی اول | سناریوی دوم | سناریوی سوم | سناریوی چهارم | سناریوی پنجم | سناریوی ششم | سناریوی هفتم | سناریوی هشتم |
| گندم آبی | ۲۰۳۸۲ | -۳/۶۹ | -۱۲/۵۹ | -۴۸/۸۰ | ۸/۳۶ | ۱۱/۳۴ | -۷۶/۹۷ | -۴۸/۸۰ | -۳۰/۶۹ |
| ذرت آبی | ۱۲۰۱۱ | ۳/۸۵ | -۵/۷۶ | -۴۴/۸۸ | -۱/۷۷ | -۱۵/۴۱ | ۳۲/۰۸ | -۴۴/۸۷ | ۵/۴۳ |
| پنبه | ۱۲۴۲ | -۱۰۰ | -۱۰۰ | -۱۰۰ | -۱۰۰ | -۱۰۰ | ۸۶۷/۴۸ | -۱۰۰ | ۷۳/۳۱ |
| جو آبی | ۱۴۶۰ | -۱۰۰ | -۱۰۰ | -۱۰۰ | -۱۰۰ | -۱۰۰ | ۱۷۰۸/۲۵ | -۱۰۰ | -۱۰۰ |
| هندوانه X ₅ | ۱۵۵۶ | ۲/۴۵ | -۷/۰۲ | -۴۵/۵۳ | -۱۱/۹۰ | -۵۵/۲۷ | -۱۰۰ | -۴۵/۵۳ | -۸/۴۲ |
| یونجه X ₆ | ۴۵۳ | -۱۰۰ | -۱۰۰ | -۱۰۰ | -۱۰۰ | -۱۰۰ | -۱۰۰ | -۱۰۰ | -۱۰۰ |
| آفتابگردان | ۶۰ | -۴۷/۱۶ | -۴۷/۱۶ | -۴۷/۱۶ | -۴۹/۵۹ | -۶۷/۱۲ | -۲۹/۸۰ | -۴۷/۱۶ | -۷۷/۶۸ |
| سیب زمینی تابستانه | ۲۶۳ | ۱۱۱/۵۴ | ۹۲/۰۰ | ۱۲/۴۷ | -۱۰۰ | -۱۰۰ | -۱۰۰ | ۱۲/۴۷ | -۱۰۰ |
| سیب زمینی پاییزه | ۳۰۰ | -۷/۸۹ | -۱۶/۴۰ | -۵۱/۰۳ | -۵۸/۷۰ | -۱۰۰ | -۱۰۰ | -۵۱/۰۳ | -۲۱/۰۳ |
| کلزا | ۲۵۰ | -۱۰۰ | -۱۰۰ | -۱۰۰ | ۲/۲۴ | -۱۲/۳۴ | -۶۶/۱۰ | -۱۰۰ | -۵۴/۵۴ |
| کل محصولات | ۳۷۹۷۷ | -۸/۹۹ | -۱۷/۴۰ | -۵۱/۶۰ | -۶/۰۹ | -۱۱/۰۳ | ۵۵/۶۲ | -۵۱/۶۰ | -۱۹/۰۸ |
| بازده ناخالص (میلیارد ریال) | ۱۰۲۹/۷۱ | ۹۷۷/۳۲ | ۸۹۱/۷۲ | ۵۱۸/۳۹ | ۸۸۳/۶۵ | ۷۳۸/۴۵ | ۸۶۱/۱۹۵ | ۴۰۹/۴۶ | ۶۲۲/۵۲۶ |
| صرف آب (میلیون مترمکعب) | ۴۷۲/۸۸ | ۴۲۱/۴۱ | ۳۸۲/۴۷ | ۲۲۴/۰۶ | ۴۱۳/۷۰ | ۳۶۹/۷۲ | ۳۵۰/۰۸ | -۵۲/۶۲ | ۲۱۰/۰۱ |

منبع: یافته‌های تحقیق

بر اساس سناریوی اول بیشترین کاهش سطح زیر کشت به صورت نسبی و مطلق به ترتیب به آفتابگردان و گندم تعلق دارد و در سناریوی دوم سیب زمینی پاییزه و گندم بیشترین کاهش سطح کشت را داشتند و پنبه، جو آبی و یونجه از الگوی جدید کشت خارج شدند. در سناریوی سوم نیز، جو آبی، پنبه و یونجه از الگوی کشت خارج شدند و آفتابگردان، سیب زمینی پاییزه و گندم، بیشترین کاهش سطح کشت را داشتند. در سناریوی سوم، به غیر از سیب زمینی

تابستانه که سطح زیر کشت آن نسبت به الگوی کنونی افزایش یافته، سطح زیر کشت همه محصولات کاهش یافته است.

در سناریوهای چهارم و پنجم، به ترتیب افزایش ۵۰ درصدی و ۱۰۰ درصدی هزینه انرژی برای پمپاژ آب بررسی شده است. با اعمال این دو سیاست، به غیر از کشت گندم که در هر دو سیاست نسبت به الگوی کنونی افزایش یافته است، سطح زیرکشت دیگر محصولات یا به صفر رسیده و یا نسبت به الگوی فعلی کاهش یافته است. کل سطح زیرکشت منطقه نیز در سناریوی ۴ و ۵، به ترتیب ۶ و ۱۱ درصد کاهش یافته است.

در سیاست کم‌آبیری، هندوانه، یونجه و سیب‌زمینی از الگوی کشت خارج شدند. در این سیاست سطح زیر کشت گندم با ۷۷ درصد کاهش به ۴۶۹۳ هکتار رسیده است. با توجه به اولویت امنیت غذایی در جهت تأمین کالاهای راهبردی کشور، این سیاست خالی از اشکال نیست. در سیاست کم‌آبیری، سطح زیرکشت ذرت، جو و پنبه به‌طور شایان ملاحظه‌ای افزایش یافته است. دلیل این موضوع، مقاومت جو و پنبه در رویارویی با کم‌آبی است. این دو محصول را می‌توان برای سال‌های کم‌بارش و خشکسالی پیشنهاد کرد. نکته شایان توجه در این الگو این است که سطح زیرکشت منطقه در سناریوی ۹ به‌طور شایان توجهی افزایش یافته است، به‌طوری که با ۵۵ درصد افزایش به ۵۹۱۰۱ هکتار رسیده است و در عین حال بازده ناخالص تنها ۱۶ درصد کاهش یافته است. علت کاهش بازده ناخالص در عین افزایش سطح زیر کشت، به این دلیل است که با اعمال سیاست کم‌آبیری، عملکرد محصول کاهش می‌یابد و باعث می‌شود، درآمد هر هکتار کاهش یابد که حتی با افزایش سطح کشت، باز هم بازده خالص نسبت به پیش از اعمال سیاست کمتر شده است. سناریوی هفتم، یک سناریوی ترکیبی است که همزمان سیاست افزایش صد در صدی هزینه استخراج همراه با کاهش دسترسی به منابع آب تا سطح تعادل بیلان دشت ارزوئیه می‌باشد. با اعمال این سیاست به غیر از محصول سیب‌زمینی تابستانه که سطح زیر کشت آن ۱۲/۵ درصد افزایش یافته، سطح کشت دیگر محصولات یا کاهش یافته و یا به صفر رسیده است. سطح زیر کشت کل منطقه نزدیک به ۵۲ درصد کاهش یافته و به ۱۸۳۷۸ هکتار رسیده و بازده ناخالص در هکتار نیز با کاهش چشمگیر ۶۰ درصدی روبه‌رو بوده است. این کاهش در بازده ناخالص به‌دلیل فشار شدید آبی با اعمال سیاست کاهش دسترسی به آب و نیز افزایش هزینه کشاورز به دلیل افزایش صد در صدی قیمت انرژی رخ داده است.

بررسی تغییر الگوی کشت... ۱۲۳

با اعمال سناریوی هشتم (ترکیب کم آبیاری با کاهش دسترسی به منابع آب زیرزمینی)، سطح زیرکشت ذرت و پنبه افزایش یافته است. سطح زیر کشت دیگر محصولات نسبت به سطح کنونی منطقه کاهش یافته است. این موضوع بسیار طبیعی است زیرا که نزدیک به ۲۴۰ میلیون مترمکعب دسترسی به آب کاهش یافته است. به رغم این کاهش دسترسی، سطح زیرکشت تنها ۱۹ درصد کاهش یافته است.

برای جمع‌بندی دقیق‌تر نتایج الگوهای کشت منتج از اعمال سیاست‌های مختلف آبی، خروجی‌های بسیار مهم به‌ویژه مصرف آب این الگوها در جدول (۳) ارائه شده است.

جدول (۳) درصد تغییر متغیرهای اساسی نسبت به الگوی کنونی کشت موجود در منطقه

| ترکیب تولید (تعداد محصول در الگو) | درصد تغییر متغیرهای مهم و اساسی نسبت به الگوی کنونی منطقه | | | | | |
|---|---|------------------------|-----------------|------------|---------------------|----------|
| | مصرف آب | میزان اشتغال کارگری | بازده ناخالص | سطح زیرکشت | سطح زیر کشت گندم | سناریوها |
| ۶ | -۱۰/۸۸ | -۱۵/۸۶ | -۵/۰۹ | -۸/۹۹ | -۳/۶۹ | اول |
| ۶ | -۱۹/۱۲ | -۲۳/۶۱ | -۱۳/۴۰ | -۱۷/۴۰ | -۱۲/۵۹ | دوم |
| ۶ | -۵۲/۶۲ | -۵۵/۱۵ | -۴۹/۶۶ | -۵۱/۶۰ | -۴۸/۸۰ | سوم |
| ۶ | -۱۲/۵۱ | -۲۶/۸۵ | -۱۴/۱۸ | -۶/۰۹ | ۸/۳۶ | چهارم |
| ۵ | -۲۱/۸۱ | -۱۹/۳۴ | -۲۸/۲۹ | -۱۱/۰۳ | ۱۱/۳۴ | پنجم |
| ۶ | -۲۵/۹۷ | -۶۰/۸۲ | -۱۶/۳۷ | ۵۵/۶۲ | -۷۶/۹۷ | ششم |
| ۶ | -۵۲/۶۲ | -۵۵/۱۶ | -۶۰/۲۴ | -۵۱/۶۰ | -۴۸/۸۰ | هفتم |
| ۷ | -۵۵/۵۹ | -۱۸/۴۱ | -۳۹/۵۴ | -۱۹/۰۸ | -۳۰/۶۹ | هشتم |

منبع: یافته‌های تحقیق

دلیل اینکه در جدول بالا، تغییر سطح زیرکشت گندم در بین متغیرهای مهم قرار گرفته است، نقش آن در امنیت غذایی و اهمیت راهبردی این محصول برای سیاست‌گذاران است. با توجه به جدول (۳)، در بین سناریوهای کاهش دسترسی به منابع آب، میزان بازده ناخالص در سناریو سوم، در صورتی که دسترسی به آب تا حد برابری تخلیه و تغذیه دشت محدود شود، سود و درآمد کشاورزان تا ۵۰ درصد کاهش می‌یابد که این موضوع به دنبال خود افزایش فقر و بیکاری را به دنبال خواهد داشت. از این‌رو این سیاست باید به حتم با سیاست‌های دیگر که میزان تولید و سطح کشت را تا حدودی حفظ می‌کند، به صورت توأم اجرا شود، تا فشار رفاهی کمتری به مردم منطقه وارد کند. میزان مصرف آب در در سناریوی اول ۱۷۰/۹ میلیون مترمکعب (۳۶/۱ درصد) و در سناریوی دوم ۲۴۸/۸ میلیون مترمکعب (۵۲/۶ درصد) کاهش

یافته است. میزان مصرف آب در سناریوی سوم به میزان ۲۲۴/۱ میلیون مترمکعب رسیده است، این در حالی است که میزان تغذیه دشت ارزوئیه در سال ۱۳۹۴، ۲۲۶/۵ میلیون متر مکعب می‌باشد. در واقع به میزان ۲/۴ میلیون متر مکعب میزان تغذیه از تخلیه منابع آب زیرزمینی بیشتر است. این مازاد مخزن می‌تواند به مرور زمان، وضعیت منابع آبی ارزوئیه را بهبود بخشد. اما از این موضوع نباید غافل شد، که با این سیاست، ۵۰ درصد تولید منطقه کاهش می‌یابد. ضمن اینکه در این سناریو، کشت محصولات کاربر مانند پنبه، هندوانه و یونجه یا کاهش یافته و یا به صفر رسیده است. از سوی دیگر ۵۰ درصد تولید و درآمد کشاورزان کاهش یافته است. نتیجه این امر کاهش اشتغال در بخش کشاورزی است. بنابراین به‌رغم سودمند و مؤثر بودن این سیاست در زمینه کاهش مصرف منابع آب، اما به‌دلیل پیامدهای منفی رفاهی به تنهایی قابل اجرا نیست.

در سناریوی چهارم و پنجم (افزایش ۵۰ و ۱۰۰ درصدی هزینه پمپاژ) سطح زیرکشت، اشتغال نیروی کار کارگری و بازده ناخالص کاهش یافته است و این در حالی است که هدف پژوهش یعنی کاهش مصرف آب در سناریوهای ۴ و ۵ به ترتیب ۱۲/۵ و ۲۲ درصد کاهش یافته است، که پس از سناریوهای ۱ و ۲، کمترین میزان صرفه‌جویی در آب را داشته‌اند. در واقع حتی افزایش ۱۰۰ درصدی هزینه استحصال آب تنها ۲۲ درصد مصرف آب را کاهش داده است و این در حالی است که بازده ناخالص حدود ۲۸ درصد کاهش یافته است. این موضوع نشان می‌دهد سیاست افزایش هزینه دسترسی به آب و یا قیمت‌گذاری چندان تأثیری بر مصرف ندارد و تنها رفاه کشاورزان را کاهش می‌دهد. سناریوی ششم یا همان سیاست کم‌آبیاری منجر به کاهش ۲۶ درصدی مصرف منابع آب شده است و در عین حال بازده ناخالص تنها ۱۶ درصد کاهش یافته است. در این سناریو برخلاف همه سناریوهای دیگر، سطح زیرکشت کل منطقه افزایش یافته است، اما سطح کشت گندم به‌طور چشمگیری کاهش یافته است. علت افزایش سطح زیرکشت کل، افزایش ۱۰ برابری کشت پنبه و افزایش نزدیک به ۲۰ برابری کشت جو می‌باشد. علت افزایش چشمگیر سطح کشت این محصولات، میزان بسیار اندک مصرف آب در سیاست کم‌آبیاری این محصولات در منطقه مورد بررسی است که باعث شده با توجه محدودیت آب و ضریب‌های فنی، افزایش چشمگیر در سطح زیر کشت رخ دهد. در مجموع نتایج این سناریو نسبت به دیگر سناریوها شایان پذیرش‌تر است.

بررسی تغییر الگوی کشت...۱۲۵

سناریوی هفتم، سیاست ترکیبی افزایش ۱۰۰ درصدی هزینه استخراج همراه با سیاست کاهش دسترسی به آب است. هرچند مصرف آب در این سیاست ۵۲ درصد کاهش یافته است، اما همه متغیرهای اقتصادی مهم و تأثیرگذار بر مردم منطقه مانند بازده ناخالص، اشتغال کارگری، سطح زیرکشت گندم و کل نیز نزدیک به ۵۰ درصد کاهش یافته‌اند. بنابراین چنین سیاستی از نظر حاکمیتی به هیچ وجه قابل اجرا نیست و پیامدهای سنگین سیاسی، اجتماعی و اقتصادی به همراه دارد. سناریوی هشتم ترکیب سیاست کم‌آبیاری و سیاست کاهش دسترسی به منابع آب است که در بین همه سناریوهای یاد شده، بهترین نتایج را داشته است. بیشترین میزان صرفه‌جویی در آب که منجر به بیلان مثبت دشت ارزوئیه می‌شود در این سناریو به دست آمده است (۵۵/۶ درصد کاهش مصرف آب)، این در حالی است که سطح زیرکشت محصولات زراعی و اشتغال کارگری به ترتیب ۱۹ و ۱۸ درصد کاهش یافته است. البته در این سیاست بازده ناخالص ۳۹/۵ درصد کاهش یافته است که پس از سناریوهای ۳ و ۷ بالاترین کاهش در بازده ناخالص را نشان می‌دهد. بهترین تنوع کشت با ورود هفت محصول به الگوی کشت در این سناریو محقق شده است.

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

در این پژوهش با استفاده از مدل برنامه‌ریزی ریاضی مثبت و با اعمال سیاست‌های مختلف در جهت کاهش مصرف آب، به تعیین الگوی کشت مناسب دشت ارزوئیه پرداخته شد. نتایج ناشی از این مدل‌ها نشان داد که می‌توان ضمن کاهش شایان توجه در مصرف آب، سطح تولید و کشت را نیز در سطح شایان پذیرشی حفظ نمود. یکی از بهترین سیاست‌هایی که در این پژوهش به کاهش شایان توجه مصرف آب منجر شد، استفاده از سیاست کم‌آبیاری بود، که ضمن کاهش مصرف آب، سطح درآمد، اشتغال و سطح زیرکشت را در حد شایان پذیرشی حفظ کرد و حتی ضمن کاهش شدید مصرف آب، برخی از متغیرهای مهم دیگر مانند سطح زیرکشت را افزایش داده است. تنها اشکال این سیاست کاهش شدید سطح زیرکشت گندم بود که با توجه به اهمیت راهبردی محصول گندم در امنیت غذایی باید این سیاست همراه با سیاست‌های تشویقی کشت گندم اعمال شود. کاهش سطح کشت گندم در این الگو به دلیل کاهش عملکرد گندم به دلیل سیاست کم‌آبیاری بوده است. کاهش عملکرد، ضریب بازده ناخالص را در تابع هدف کاهش داده و در پی آن سطح زیرکشت این محصول کاهش یافته است. بنابراین می‌توان با سیاست مناسب قیمت‌گذاری و یا کاهش هزینه‌های کشت گندم،

سطح زیرکشت را در سطح شایان پذیرشی حفظ کرد. سناریوی ترکیبی کم آبیاری همراه با کاهش دسترسی به منابع آب، بهترین نتیجه را از لحاظ کاهش مصرف آب داشت. در عین حال کاهش بازده ناخالص در این سیاست قابل تأمل بود. با توجه به نتایج، افزایش هزینه استخراج آب، سیاست چندان مؤثری نیست. زیرا در وهله نخست، آب نهاده غیرقابل جانشین در تولید است و حتی در صورت گرانت شدن، باز هم باید به اندازه نیاز آبی گیاه، آبیاری کرد. دوم اینکه با توجه به نتایج الگو، افزایش هزینه استخراج آب، به دلیل اینکه آب یک نهاده کشش ناپذیر و غیرقابل جانشین در تولید کشاورزی است، منجر به کاهش شایان توجه مصرف آب نخواهد شد، بلکه تنها به افزایش هزینه تولید منجر می شود و با توجه به محدودیت سرمایه کشاورزان، سطح زیرکشت و درآمد کشاورزان کاهش یافته و تنها منجر به فشار مالی به کشاورز و پیامدهای منفی رفاهی می شود، بنابراین چنین سیاستی توصیه نمی شود. نتایج پژوهش های دیگر مانند وارد و میچلسون (۲۰۰۲)، صبوحی و همکاران (۱۳۸۶) و حسنونند و همکاران (۱۳۹۳) این نتیجه را تأیید می کند.

با توجه به نتایج این پژوهش و تعیین بهترین سیاست های کاهش مصرف آب پیشنهادهای سیاستی زیر ارائه می شود:

- سیاست کاهش دسترسی به منابع آب از طریق نصب کنتورهای هوشمند و خاموشی اجباری در ساعات اوج گرمای هوا اعمال شود. در صورت تخلف، چه در میزان مجوز برداشت و چه در ساعت های خاموشی اجباری، جریمه سنگینی بر کشاورزان متخلف اعمال شود. در صورتی که شرکتی یا دستگاه حفاری به طور غیرمجاز اقدام به حفر چاه کند، باید شرکت و دستگاه حفاری برای مدت شایان توجهی از فعالیت محروم شده و مصادره شوند. تأکید می شود سطح زیرکشت کشاورزان متخلف به طور اجباری کاهش یابد، زیرا کنترل مصرف آب زیرزمینی کاری دشوار و هزینه بر است، اما کنترل سطح زیرکشت آسان تر امکان پذیر است و در صورت بروز تخلف برخورد قانونی با متخلف آسان تر انجام می شود. برای مثال می توان با سهمیه بندی کردن بذر هر محصول برای کشاورزان و یا اعمال سیاست تنبیهی بازدارنده، سطح زیرکشت را کنترل کرد. با توجه به تخلف های پی در پی کشاورزان در برداشت بیشتر از مجوز و نبود نظارت کارآمد، ضرورت دارد که سطح زیرکشت از طریق دستگاه های GPS یا تصاویر ماهواره ای

بررسی تغییر الگوی کشت...۱۲۷

کنترل شود. این روش به دلیل کاهش استفاده از نیروی انسانی هزینه کمتری دارد و به دلیل مشخص بودن سطح کشت و ناتوانایی در مخفی کاری، شفاف تر و کنترل آن آسان تر است.

- سیاست کم آبیاری یک سیاست سودمند و مؤثر در کاهش مصرف آب زیرزمینی شناخته شد. البته این سیاست در شکل های مختلفی می تواند اجرا شود. در این پژوهش تنها از داده های موجود در منطقه و پرسشنامه ها برای بررسی کم آبیاری استفاده شد. محققان رشته مهندسی آب می توانند درصدهای متفاوت کم آبیاری و تأثیر آن بر عملکرد و درآمد کشاورز را بررسی کرده و بهترین سیاست کم آبیاری را برای هر محصول در منطقه ارائه دهند. در واقع اینکه چقدر کمتر از نیاز آبی باید به گیاه آب داد تا ضمن کاهش مصرف آب، تولید در سطح شایان پذیرشی باقی بماند، نیاز به بررسی های دقیق تر فنی (هیدرولوژیکی) دارد. ممکن است با توجه به شرایط بحرانی منطقه به لحاظ افت سطح آب زیرزمینی، اعمال یک سیاست به تنهایی مؤثر نباشد. بنابراین اعمال همزمان چند سیاست (منظور اعمال همزمان سیاست های مورد بررسی در این پژوهش می باشد) جهت کاهش مصرف آب نیز ضروری باشد.

منابع

- بخشی، ع. دانشور کاخکی، م. و مقدسی، ر. (۱۳۹۰) کاربرد مدل برنامه ریزی ریاضی مثبت به منظور تحلیل اثرات سیاست های جایگزین قیمت گذاری آب در دشت مشهد. اقتصاد و توسعه کشاورزی (علوم و صنایع کشاورزی)، ۲۵(۳): ۲۹۴-۲۸۴.
- بوستانی، ف. محمدی، ح. و معین الدینی، ز. (۱۳۹۳) پیامد سیاست های افزایش قیمت آب و کاهش آب آبیاری در استان فارس (رهیافت برنامه ریزی ریاضی مثبت تصحیح شده). مهندسی منابع آب، ۷(۲۰): ۶۵-۷۸.
- حسنوند، و. حسنوند، م. جولایی، ر. و شیرانی بیدآبادی، ف. (۱۳۹۳) شبیه سازی رفتار کشاورزان با اعمال سیاست کاهش مقدار آب بر الگوی کشت با استفاده از روش برنامه ریزی ریاضی مثبت (PMP). فصلنامه روستا و توسعه، ۱۷(۴): ۹۲-۷۱.

شرکت آب منطقه‌ای استان کرمان (۱۳۹۴) آمار مربوط به آب‌های زیرزمینی دشت ارزوئیه، اداره تحقیقات.

صبحی، م. سلطانی فسقندیس، غ. و زیبایی، م. (۱۳۸۶) بررسی اثر تغییر قیمت آب آبیاری بر منافع خصوصی و اجتماعی با استفاده از الگوی برنامه‌ریزی ریاضی مثبت. اقتصاد و توسعه کشاورزی (علوم و صنایع کشاورزی)، ۲۱(۱): ۷۱-۵۳.

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

مقدسی، ر. و بخشی، ع. (۱۳۹۴) کاربرد روش برنامه‌ریزی ریاضی مثبت به منظور تخصیص آب در بخش کشاورزی (مطالعه موردی: زیربخش زراعت دشت سرخس). اقتصاد کشاورزی و توسعه، ۲۳(۹۲): ۱۳۹-۱۱۵.

موسوی، س.ن. و قرقانی، ف. (۱۳۹۰) ارزیابی سیاست‌های آب کشاورزی از منابع آب زیرزمینی، مدل برنامه‌ریزی مثبت (PMP)، مطالعه موردی شهرستان اقلید. فصلنامه پژوهش‌های اقتصادی، ۱۱(۴): ۸۲-۶۵.

Arfini, F. and Paris, Q. (1995) A positive mathematical programming model for regional analysis of agricultural policies. In: Sotte, F. (Ed.), *The Regional Dimension in Agricultural Economics and Policies, EAAE, Proceedings of the 40th Seminar, Ancona, Italy*, pp. 17-35.

Cochran, W.G. (1963) *Sampling Techniques*. 2nd Ed., New York: John Wiley and Sons, Inc.

Cortignani, R. and Severini, S. (2009) Modeling farm-level adoption of deficit irrigation using positive mathematical programming. *Agricultural Water Management*, 96(12): 1785-1791.

Fragoso, R., Marques, C., Lucas, M.R., Martins, M.B. and Jorge, R. (2011) The economic effects of common agricultural policy on Mediterranean montado/dehesa ecosystem. *Journal of Policy Modeling*, 33(2): 311-327.

Griffin, R.C. (2006) *Water Resource Economics: The Analysis of Scarcity, Policies, and Projects*. Cambridge: MIT Press.

He, L., Horbulyk, T.M., Kamar Ali, M.D., Le Roy, D.G. and Klein, K.K. (2012) Proportional water sharing vs. seniority-based allocation in the Bow River basin of Southern Alberta. *Journal of Agricultural Water Management*, 104: 21-31.

Heckeley, T. and Britz, W. (2005) Models based on positive mathematical programming: state of the art and further extensions. Paper read at modelling agricultural policies: state of the art and the new challenges". *Proceedings of*

بررسی تغییر الگوی کشت... ۱۲۹

- the 89th European Seminar of the European Association of Agricultural Economists*, Minte Universita, Parma Editore.
- Hertel, T.W. and Rosch, S.D. (2010) Climate change, agriculture and poverty. *Applied Economics Perspective Policy*, 32(3): 1-31.
- Howitt, R., MacEwan, D., Medellin-Azuara, J. and Lund, J.R. (2010) *Economic Modelling of Agriculture and Water in the California Using the Statewide Agricultural Production Model*. A Report for the California Department of Water Resources, CA Water Plan Update 2009. Davis: University of California.
- Howitt, R.E. (1995) Positive mathematical-programming. *American Journal of Agricultural Economics*, 77(2): 329-342.
- Huang, G.H., Rozelle, S., Howitt, R. and Wang, J. (2010) Irrigation water demand and implications for water pricing policy in rural. *China international food and agriculture policy*, 143: 57-79.
- Medellin-Azuara, J., Howitt, R.E. and Harou, J.J. (2012) Predicting farmer responses to water pricing, rationing and subsidies assuming profit maximizing investment in irrigation technology. *Agricultural water management*, 108: 73-82.
- Merel, P. and Bucaram, S. (2010) Exact calibration of programming models of agricultural supply against exogenous supply elasticities. *European Review of Agricultural Economics*, 37(3): 395-418.
- Paris, Q. and Howitt, R.E. (1998) An Analysis of ill-Posed Production Problems using Maximum Entropy. *American Journal of Agricultural Economics*, 80(1): 124-138.
- Qureshi, M.E., Ahmad, M.D., Whitten, S.M. and Kirby, M. (2014) A multi-period positive mathematical programming approach for assessing economic impact of drought in the Murray-Darling Basin, Australia. *Economic Modelling*, 39: 293-304.
- Qureshi, M.E., Connor, J., Kirby, M. and Mainuddin, M. (2007) Economic assessment of environmental flows in the Murray Basin. *Australian Journal of Agricultural and Resources Economics*, 51(3): 283-303.
- Ward, F.A. and Michelsen, A. (2002) The economic value of water in agriculture: concepts and policy applications. *Journal of Water Policy*, 4(5): 423-446.