



## Effects of Irrigation Water Quotation on Cropping Pattern and Farmers' Gross Margin in Amol Region

K. Mirzaei<sup>1\*</sup> and M. Ahmadpour Borazjani<sup>2</sup>

### Abstract

In recent decades the increasing population pressures, improved living standards, and increasing demand for environmental quality have urged governments to provide better solutions for efficient water resources management. Since agriculture is the largest consumer of water, providing proper water resource management practices and codification correct policies in this sector is vital. In the present study the economic analysis of the effects of irrigation quota on cropping patterns and gross profit of farmers in Amol County is performed using positive mathematical programming model. The model was developed using data of cropping season of 2013-14 for irrigated lands of the county (Dashtesar, Marandeh, Raeisabad and Oskumahaleh). To achieve the study goals firstly the production function with constant elasticity of substitution and then the Quadratic cost function were included in the Positive Mathematical Programming models. The results illustrated that water rationing policy will lead to reduced acreage of most of the irrigated agricultural products in Amol county. Canola in the Dashtesar, Marandeh, and Raeisabad and clover crop in the Oskumahaleh area have undergone the most decrease compared to other crops. Also the applied water rationing resulted in increase in acreage of products with high profit and low water requirements such as rice and maize crops in all regions with irrigated agriculture.

**Keywords:** Water quotation, Positive Mathematical Programming, Cropping pattern, Gross margin, Amol.

Received: March 3, 2016

Accepted: June 1, 2016

## اثرات سهمیه‌بندی آب آبیاری بر الگوی کشت و سود ناخالص زارعین در منطقه آمل

کامران میرزایی<sup>۱\*</sup> و محمود احمدپور برازجانی<sup>۲</sup>

### چکیده

در دهه‌های اخیر افزایش فشارهای جمعیتی، بهبود سطح زندگی و تقاضای در حال افزایش برای کیفیت محیط زیست، دولت‌ها را بر آن داشته تا برای مدیریت کارآمد منابع آب، راهکارهای بهتری ارائه کنند. از آن جا که بخش کشاورزی بزرگترین مصرف‌کننده آب می‌باشد، لذا ارائه شیوه‌های مدیریت منابع آب و تدوین سیاست‌های صحیح در این بخش لازم و ضروری به نظر می‌رسد. در مطالعه حاضر، تحلیل اقتصادی اثرات سهمیه بندی آب آبیاری بر الگوی کشت و سود ناخالص زارعین شهرستان آمل با استفاده از مدل برنامه‌ریزی ریاضی اثباتی مورد بررسی قرار گرفته است. این مدل با استفاده از داده‌های سال زراعی ۹۲-۱۳۹۱ و برای مناطقی از شهرستان که دارای کشاورزی آبی می‌باشند (دشت‌سر، مرانده، رئیس‌آباد واسکو محله) ساخته شد. جهت دستیابی به نتایج کاربردی، ابتدا تابع تولید با کشت‌های جانبینی ثابت و سپس تابع هزینه درجه دوم در مدل برنامه‌ریزی ریاضی اثباتی گنجانده شد. نتایج نشان داد که اعمال سیاست سهمیه‌بندی آب آبیاری منجر به کاهش سطح زیرکشت اغلب محصولات منتخب زراعی در مناطق با کشاورزی آبی شهرستان آمل می‌شود، اما محصول کلزا در مناطق دشت سر، مرانده و رئیس‌آباد و محصول شبدر در منطقه اسکو محله نسبت به دیگر محصولات الگوی کشت، بیشترین کاهش سطح زیرکشت و به عبارتی بیشترین حساسیت را به همراه دارند. همچنین، نتایج حاصل از اعمال سهمیه‌بندی آب آبیاری افزایش سطح زیرکشت محصولات با صرفه اقتصادی بالا مانند برنج و نیاز آبی پایین مانند ذرت علوفه‌ای را در الگوی کلیه مناطق با کشاورزی آبی در شهرستان آمل نشان داد.

**کلمات کلیدی:** سهمیه‌بندی آب، برنامه‌ریزی ریاضی اثباتی، الگوی کشت، سود ناخالص، آمل.

تاریخ دریافت مقاله: ۹۴/۱۲/۱۳

تاریخ پذیرش مقاله: ۹۵/۳/۱۲

1- M.Sc. Graduated of Agricultural Economics,  
Email: Kamran.mirzaei2701@gmail.com

2- Assistant Professor, Agricultural Economics Department, Faculty of Agriculture, University of Zabol, Iran.

\*- Corresponding Author

۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد اقتصاد کشاورزی

۲- استادیار اقتصاد کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل، زابل، ایران

\*- نویسنده مسئول

## ۱- مقدمه

راستا حاکی از آن است که تا سال ۲۰۵۰ مسأله مدیریت منابع آب، اصلی ترین موضوع مورد بحث در کشورهای مختلف جهان خواهد بود. کشور ایران نیز بر اساس پیش‌بینی‌های انجام شده تا سال ۲۰۲۵ به لیست کشورهایی که با وضعیت کمبود آب مواجه‌اند، اضافه خواهد شد (Parhizkari and Sabouhi, 2013). امروزه تلاش‌های زیادی برای سیاست‌گذاری در جهت 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 می‌نمایند ولی سیاست‌گذاران به دلایل اقتصادی، فرهنگی و سیاسی این پیشنهاد را رد می‌کنند (He et al., 2006).

نظر به اینکه در اغلب نقاط استان مازندران آب‌های سطحی از طریق بارندگی و تشکیل رودخانه‌های فصلی حاصل می‌شوند، در فصول گرم سال کاهش بارندگی و عدم وجود این منابع موقت (رودخانه‌های فصلی) سبب شده تا آب آبیاری مورد نیاز برای کشاورزان از طریق برداشت آب‌های زیرزمینی تأمین شود. این عامل در طول زمان باعث افت سطح آب‌های زیرزمینی و منفی شدن بیلان آب در اغلب نقاط استان، بویژه در بخش‌هایی از شهرستان آمل شده است (Mazandaran Regional Water Authority, 2013).

در زمینه مدیریت منابع آب و کاربرد مدل PMP، در ایران و جهان پژوهش‌های زیادی صورت گرفته است که در ادامه پاره‌ای از آن‌ها مرور شده است. (Haouari and Azaiez, 2001). الگوهای بهینه کشت را تحت شرایط کمبود آب مورد مطالعه قراردادند. در این مطالعه از روش برنامه‌ریزی خطی جهت تخصیص بهینه آب و زمین استفاده شد. با داشتن میزان مشخص آب و به منظور تخصیص کارایی آب بین کشاورزان، مدل برنامه‌ریزی بهینه کشت برای کل منطقه مشخص شد. نتایج، انتخاب محصولات با سود بیشتر را نشان داد. (Ahmadpur and Sabouhi, 2010). با استفاده از مدل برنامه‌ریزی بازه‌ای به برآورد ارزش اقتصادی آب پرداختند. نتایج کار آن‌ها نشان داد که کشاورزان درصد ناچیزی از ارزش اقتصادی آب (قیمت سایه‌ای آن) را در قالب هزینه‌های استحصال می‌پردازند. نتایج حاصل از برآورد تابع تقاضا نیز نشان داد که تقاضای آب آبیاری در فصول مختلف نسبت به تغییر قیمت آب در آن فصول کم‌کاهش و تقاضای آب کل سال نسبت به تغییر قیمت آب در هر یک از فصول بسیار کم‌کاهش است. (Bakhshi et al., 2012). اثرات استراتژی‌های آب و سیاست کشاورزی را در دشت مشهد با استفاده از مدل برنامه‌ریزی ریاضی اثباتی (PMP)<sup>۱</sup> بررسی نمودند. نتایج

آب یکی از مهم‌ترین عوامل محدود کننده توسعه اقتصاد کشاورزی کشور به شمار می‌رود. لذا، برنامه‌ریزی جهت استفاده بهینه از منابع آب و تخصیص اقتصادی این منبع کمیاب بین مصارف مختلف ضروری به نظر می‌رسد. کشاورزی یکی از ارکان اساسی و زیربنایی اقتصاد کشور می‌باشد که علاوه بر تأمین نیازهای غذایی، موجب کسب درآمد و ایجاد اشتغال برای بخش عمده‌ای از نیروی کار جامعه می‌شود (Askari pour and Bagheri, 2011). بخش کشاورزی برای تولیدات خود به منابع فراوانی از آب نیاز دارد. با توجه به اینکه منابع تجدید شونده آب در جهان ثابت می‌باشند، این مسأله باعث شده تا تأمین آب به یکی از اساسی‌ترین مشکلات برای بشر تبدیل شود و کمبود آن با گذر زمان بیش از پیش احساس گردد (Riazi and Montazer, 2009). رشد سریع جمعیت، ارتقای سطح رفاه اجتماعی و نیاز به تولید مواد غذایی بیشتر و از طرفی محدودیت منابع آب در دسترس ارزش آب را به عنوان یک عنصر اساسی در زندگی جوامع بشری بیش از پیش روشن نموده است. در این راستا ضرورت توجه به امنیت غذایی و محدودیت منابع آب در کشور باعث گردیده که مهم‌ترین چالش بخش کشاورزی در شرایط کنونی تولید بیشتر غذا با مصرف آب کمتر باشد. این هدف تنها در صورتی تحقق می‌یابد که راهکارهای مناسبی برای استفاده مؤثرتر از منابع آب در بخش کشاورزی به کار گرفته شود. از این‌رو کم آبیاری به منظور بهینه‌سازی مصرف آب می‌تواند به عنوان یک راه حل مطرح گردد (Nakhjavanimoghadam et al., 2011).

مسأله مهمی که در زمینه بهره‌برداری از منابع محدود آب وجود دارد، عدم تعادل در عرضه و تقاضای آب مورد نیاز اراضی تحت کشت، به ویژه در زمان بروز تنش‌های کم آبی و خشکسالی‌های دوره‌ای در اغلب نقاط کشور می‌باشد. عرضه و تقاضای نامتعادل آب در بخش کشاورزی به عنوان یک محدودیت اساسی، بازده تولید محصولات را با یک روند کاهشی در بلند مدت مواجه می‌کند (Barikani and Khalilian, 2012). یکی دیگر از مسائلی که در بخش کشاورزی وجود دارد و تولید محصولات زراعی را با محدودیت مواجه می‌کند، تغییرات اقلیم می‌باشد. این پدیده منابع آبی هر منطقه را در طول زمان دست‌خوش تغییر قرار می‌دهد. با افزایش دما، نیاز گیاهان به آب بیشتر شده و بهره‌برداری از منابع آب افزایش می‌یابد. علاوه بر آن، کاهش نزولات آسمانی و عدم تغذیه صحیح آبخوان‌ها و سفره‌های آب زیرزمینی از دیگر عواملی هستند که منجر به بهره‌برداری بیش از حد منابع آب شده است. پیش‌بینی‌ها در این

قیمت آب آبیاری کشاورزان با تغییر روش آبیاری، از آبیاری کامل به آبیاری زمانی در میزان مصرف آب صرفه‌جویی می‌کند.

(Howitt et al. (2012) با استفاده از مدل PMP و مدل تولیدات کشاورزی ایالتی (SWAP) به بررسی نقش بازارهای انتقال آب در کالیفرنیا پرداختند. برای این منظور، آن‌ها در مدل PMP خود از تابع هزینه نمای (ECF)<sup>۲</sup> و تابع تولید با کشش‌های جانشینی ثابت (CES)<sup>۳</sup> بهره گرفتند. استفاده از این نوع مدل جداگانه برای تجزیه و تحلیل سیاست ارزیابی انتقال آب بالقوه تحت شرایط خشکسالی بود. نتایج به دست آمده از این تحقیق نشان داد که با تخصیص آب آبیاری بر اساس مکانیزم بازار می‌توان زیان‌های درآمدی حاصل از خشکسالی را تا ۳۰ درصد کاهش داد.

(Medellin-Azuar et al. (2012) با استفاده از مدل PMP و با فرض به حداکثر رساندن سود سرمایه‌گذاری در تکنولوژی آبیاری به بررسی واکنش کشاورزان نسبت به قیمت‌گذاری و سهمیه‌بندی آب و حذف یارانه‌ها در ایالت کالیفرنیا پرداختند. نتایج نشان داد که یارانه تکنولوژی کارآمد بوده و سهمیه‌بندی آب آبیاری ممکن است اثر کمی بر روی زمین و آب استفاده شده بگذارد. بنابراین حفاظت از آب به مشوق‌های دیگری در این زمینه نیاز دارد. همچنین، نتایج نشان داد که سیاست شبیه‌سازی افزایش قیمت آب به میزان ۲۰ درصد منجر به افزایش بهره‌وری آب کشاورزی در حدود ۴۳ درصد می‌شود.

(Mugurel et al. (2015) اثر اصلاحات سیاست کشاورزی مشترک (CAP) را روی محیط زیست رومانی پیش‌بینی کردند. آن‌ها یک مدل پویای اقتصادی-زیستی که با روش PMP واسنجی شده بود ارائه کردند. نتایج تحقیق آن‌ها نشان داد که حساس‌ترین گروه به تغییرات سیاست، مزارع کوچک هستند. بنابراین، پیشنهاد کردند تنوع و اشتغال خارج از مزرعه بایستی در برنامه‌های توسعه جهت بقاء زارعین خرده‌پا در نظر گرفته شود.

(Moghaddasi and Bakhshi (2016) از روش PMP، برای تخصیص بهینه آب در بخش کشاورزی سرخس استفاده نمودند. آن‌ها در این تحقیق سیاست قیمت‌گذاری آب را با سیاست مالیات بر نهاده‌ها و مالیات بر محصول مقایسه نمودند. نتایج نشان داد که این سه سیاست آثار متفاوتی بر درآمد، تقاضای آب و الگوی کشت بهره‌برداران دارد و سیاست مالیات بر محصول دارای نیاز آبی بالاتری در مقایسه با سیاست مالیات بر نهاده‌ها می‌باشد.

نشان داد سیاست قیمت‌گذاری آب هنگامی که سطوح قیمت آب بالا باشد، در کاهش مصرف آب آبیاری مؤثر است.

(Frija et al. (2011) تابع تقاضای فردی آب آبیاری کشاورزان تونس را به منظور بررسی سیاست‌های قیمتی آب آبیاری و اثرات این سیاست‌ها بر تقاضای نهاده‌های کشاورزی با استفاده از روش تحلیل پوششی داده‌ها برآورد نمودند. یافته‌ها نشان داد که سطح کارایی فنی کشاورزان، عامل مهمی در اثر گذاری بر کشش تقاضای آب می‌باشد. همچنین، اگر قیمت آب افزایش یابد، الگوی کشت کشاورزان به صورت استفاده کمتر از نهاده آب و استفاده بیشتر از نهاده زمین تغییر می‌یابد.

(Gharghani et al. (2010) تأثیر کاهش آب آبیاری و افزایش قیمت هر مترمکعب آب بر الگوی کشت را با استفاده از روش PMP در شهرستان اقلید استان فارس بررسی نمودند. یافته‌های حاصل از محاسبه مدل و اتخاذ سیاست‌ها نشان داد که می‌توان با ۱۰ درصد صرفه‌جویی در مصرف آب به ترکیب بهینه‌ی الگوی کشت مشابه با شرایط موجود در سطح مزرعه دست یافت بدون این که زیان‌های زیادی بر کشاورزان وارد شود. (Moeinoddini (2011) در پایان‌نامه کارشناسی ارشد خود، واکنش زارعین نسبت به سیاست‌های قیمتی و سهمیه‌بندی آب آبیاری در استان کرمان را با استفاده از مدل PMP بررسی نمود. نتایج نشان داد که افزایش هزینه آب آبیاری و کاهش آب در دسترس در پذیرش کم آبیاری مؤثر است. افزون بر آن، تأثیر سیاست کاهش آب در دسترس نسبت به سیاست‌های افزایش قیمت و تلفیقی در تغییر الگوی کشت بیشتر بود. (Keramatzadeh et al. (2012) نقش بازار آب در تعیین ارزش اقتصادی آب کشاورزی را با رهیافت PMP در اراضی پایین دست سد شیرین‌دره بجنورد بررسی نمودند. نتایج نشان داد که ارزش اقتصادی نهاده آب در سناریوهای مختلف نرمال و خشکسالی به ترتیب معادل ۴۱۶ و ۵۷۱ ریال می‌باشد و ایجاد بازار آب باعث افزایش رفاه کشاورزان مناطق مختلف اراضی زیر سد شیرین‌دره بجنورد می‌شود. (Cortignani and Severini (2009) برای حفاظت از منابع آبی اتحادیه اروپا در منطقه‌ای از مدیترانه به بررسی سیاست‌های آب آبیاری با استفاده از مدل PMP پرداختند. نتایج مطالعه آن‌ها نشان داد که اعمال سیاست‌های کاهش آب در دسترس به میزان ۵ و ۱۰ درصد و افزایش قیمت آب به میزان ۲۰۰ و ۳۰۰ درصد، بر کاهش مقدار مصرف آب مؤثر است. همچنین، نتایج نشان داد که با به کارگیری سیاست‌های کاهش آب در دسترس و افزایش

کشاورزی آبی دشت سر، مرانده، رئیس آباد و اسکو محله در شهرستان آمل نشان می‌دهد.

داده‌ها و اطلاعات مربوط به این مطالعه از نوع اطلاعات اسنادی و ثبت شده در دستگاه‌های دولتی ذی‌ربط می‌باشند که از طریق مراجعه مستقیم به هر یک از سازمان‌ها و ادارات مربوطه در شهرستان آملو مناطق آن (دشت سر، مرانده، رئیس آباد و اسکو محله) جمع‌آوری شد. داده‌های مربوط به بخش زراعت از طریق مراجعه به سازمان جهاد کشاورزی استان مازندران و ادارات جهاد کشاورزی شهرستان‌های ذی‌ربط و داده‌های مربوط به آب از طریق مراجعه به اداره منابع آب شهرستان آمل و شرکت آب منطقه‌ای استان مازندران جمع‌آوری شده است.

برنامه‌ریزی ریاضی اثباتی (PMP) به عنوان یک روش تحلیل تجربی که از تمام اطلاعات موجود، جهت ساختن الگوی واسنجی شده استفاده می‌کند، در تحلیل سیاست‌های منطقه‌ای و مزرعه‌ای اهمیت ویژه‌ای دارد (Rohm and Dabbert, 2003).

با توجه به مطالب بیان شده، کاهش برداشت بی‌رویه آب‌های زیرزمینی برنامه‌ریزی مناسبی را برای مدیریت منابع آب در شهرستان آمل ایجاد می‌کند. در این راستا، سهمیه بندی آب و پذیرش آن توسط کشاورزان، زمینه را برای تقویت نقش اقتصادی آب در توسعه فراهم می‌سازد. اما، لازم است قبل از اتخاذ سیاست‌های مناسب در بخش کشاورزی، اثرات احتمالی آن‌ها بر مقادیر مصرفی نهاده‌ها، الگوی کشت و درآمد زارعین پیش‌بینی شود تا برنامه‌ریزان این بخش را در سیاست‌گذاری مطلوب یاری کند.

به طور کلی، هدف از این تحقیق پاسخگویی به سؤالات زیر است: (۱) آیا سیاست سهمیه‌بندی آب منجر به کاهش سود ناخالص زارعین در منطقه مورد مطالعه می‌شود؟ (۲) آیا سیاست سهمیه‌بندی آب منجر به تغییر الگوی کشت در منطقه مورد مطالعه خواهد شد؟

### ۳- مواد و روش‌ها

جدول ۱، میزان مصرف نهاده‌های تولیدی آب، سرمایه و نیروی کار را در واحد سطح هر یک از محصولات منتخب زراعی در مناطق با

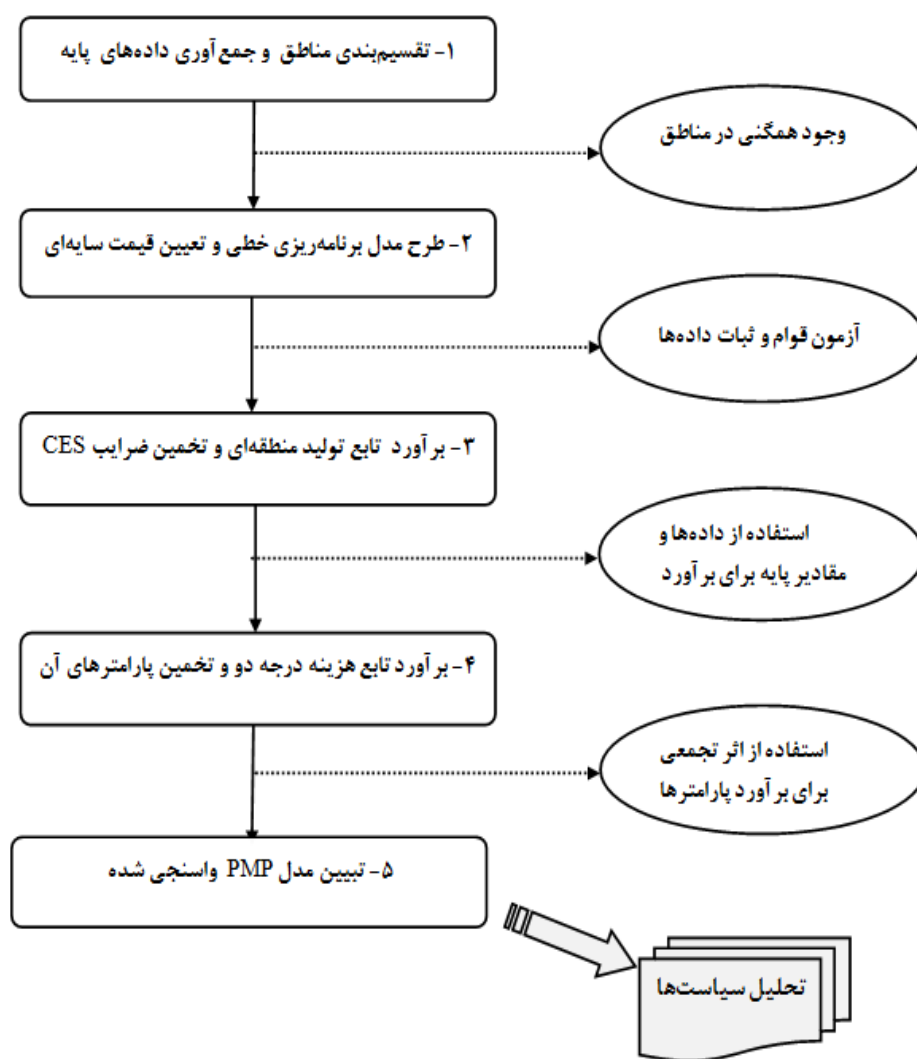
جدول ۱- میزان مصرف نهاده‌ها در واحد سطح محصولات منتخب در سال پایه

محصولات منتخب زراعی در الگوی کشت					منطقه مطالعاتی	منطقه
شیدر	کلزا	ذرت علوفه‌ای	باقلا	برنج		
۷۳۴۰	۵۹۷۰	۴۵۸۰	۴۹۵۰	۶۱۷۰	آب آبیاری (مترمکعب)	دشت سر
۱۶۱۹	۲۶۴۰	۳۲۴۰	۱۱۳۰	۱۸۶۷	سرمایه (هزار ریال)	
۱۵۸۰	۱۸۶۲	۱۸۶۵	۱۷۱۳	۲۴۸۸	نیروی کار (ساعت)	
۷۵۰۰	۶۰۳۰	۴۶۲۰	۴۷۶۰	۶۴۵۰	آب آبیاری (مترمکعب)	مرانده
۱۵۴۰	۲۶۴۰	۳۰۰۰	۱۸۶۴	۱۹۲۰	سرمایه (هزار ریال)	
۱۶۷۳	۱۹۷۲	۱۹۲۲	۱۴۱۸	۲۹۱۶	نیروی کار (ساعت)	
۷۲۱۰	۶۱۰۰	۴۷۰۰	۴۸۳۰	۶۲۶۰	آب آبیاری (مترمکعب)	رئیس آباد
۱۵۲۸	۲۱۴۴	۳۰۶۸	۱۴۱۲	۱۵۸۰	سرمایه (هزار ریال)	
۱۶۲۰	۱۶۶۵	۱۷۲۰	۲۰۱۴	۳۰۱۵	نیروی کار (ساعت)	
۷۴۵۰	۵۹۰۰	۴۶۰۰	۴۷۰۰	۶۳۰۰	آب آبیاری (مترمکعب)	اسکو محله
۱۵۷۰	۲۰۸۰	۳۱۰۰	۲۰۴۵	۲۰۰۰	سرمایه (هزار ریال)	
۱۸۳۵	۱۷۸۰	۱۹۳۴	۱۶۱۳	۳۰۰۷	نیروی کار (ساعت)	

مأخذ: اداره جهاد کشاورزی شهرستان آمل، ۱۳۹۲

مجدداً از طریق جواب بهینه مسأله برنامه‌ریزی جدیدی که فاقد محدودیت واسنجی است، بازسازی می‌کند (Meyer et al., 1993). تعیین سطح تجمع مکانی (فضایی) برای تعریف دامنه‌ی کاری مدل PMP و تجزیه و تحلیل سیاست‌های کشاورزی بسیار مهم می‌باشد. در واقع تعیین این سطح به جای تحلیل سیاست‌ها در یک سطح وسیع، ترکیبی از ویژگی‌های محلی یا منطقه‌ای را با مجموعه داده‌های کوچک‌تر لحاظ نموده و سیاست‌های مورد نظر را در سطح مناطق تعیین شده مورد بررسی قرار می‌دهد (Medellin-Azuara et al., 2010). در شکل ۱، مراحل گام به گام واسنجی مدل PMP مورد نظر نشان داده شده است (Medellin-Azuara et al., 2012).

مدل‌های PMP برای غلبه بر مشکلات مدل‌های هنجاری (NMP) توسعه پیدا کرده‌اند. برخلاف مدل‌های NMP، در مدل‌های PMP برخی پارامترها برای بازسازی داده‌های مشاهده شده در سال پایه تعدیل می‌شوند. بنابراین، PMP تضمین می‌کند که جواب‌های مدل همان جواب‌های سال پایه باشند. این مسأله باعث محبوبیت مدل‌های PMP در تحلیل سیاست‌ها شده است (Britzet al., 2003). ایده کلی مدل PMP استفاده از اطلاعات موجود در متغیرهای دوگان محدودیت‌های واسنجی است که جواب مسأله برنامه‌ریزی خطی را به سطح فعالیت‌های موجود محدود می‌کند. در واقع مقادیر دوگان برای تصریح تابع هدف غیرخطی‌ای مورد استفاده قرار می‌گیرند که سطح فعالیت‌های مشاهده شده را



شکل ۱- مراحل واسنجی مدل PMP توأم با توابع تولید محصولات کشاورزی  
 مأخذ: (Medellin-Azuara et al., 2012)

باشد. رابطه ۶، بیانگر محدودیت غیرمنفی بودن مقادیر سطح زیر-کشت محصولات است. حال از این مدل برای محاسبه تحلیل اقتصادی اثرات سهمیه‌بندی آب آبیاری بر الگوی کشت و سود ناخالص زارعین در منطقه آمل در نظر گرفته می‌شود.

در این مطالعه به منظور ارزیابی اثرات اقتصادی سیاست سهمیه‌بندی آب آبیاری بر الگوی کشت و سود ناخالص کشاورزان شهرستان آمل و بررسی پاسخ کشاورزان این شهرستان در شرایط کم شدن منابع آب در دسترس از مدل PMP و رهیافت تابع تولید با کشش جانشینی ثابت (CES) استفاده شد. برای دستیابی به نتایج کاربردی در این زمینه، ابتدا مناطقی از شهرستان آمل که دارای کشاورزی فاریاب (آبی) می‌باشند انتخاب شدند و سپس، میزان آب آبیاری در دسترس کشاورزان هر منطقه که از آن برای تولید محصولات منتخب زراعی خود استفاده می‌کنند، تحت سناریوهای مختلف (۱۰، ۲۰، ۳۰ و ۴۰ درصد کاهش سهمیه آب آبیاری) کاهش داده شد و این‌گونه اثرات سهمیه‌بندی آب بر الگوی کشت، میزان تولیدات کشاورزی و سود ناخالص کشاورزان بررسی و ارزیابی گردید. به عبارت دیگر، در این مطالعه واکنش کشاورزان مناطق چهارگانه دشت‌سر، مرانده، رئیس آباد و اسکو محله که آب آبیاری مورد نیاز خود را از طریق منابع آب زیرزمینی و جریانات آب سطحی حاصل از سد لار و رودخانه هراز تأمین می‌نمایند، تحت سناریوهای مختلفی کاهش داده شد و از این طریق اثرات اقتصادی سهمیه‌بندی آب آبیاری بر تولیدات کشاورزی (الگوی کشت) و وضعیت درآمدی (سود ناخالص) کشاورزان مناطق چهارگانه مذکور بررسی و شبیه‌سازی شد. به منظور قابل اجرا بودن این سیاست (سهمیه‌بندی آب آبیاری) در سطح منطقه‌ای، نیاز است تا میزان آب در دسترس کشاورزان هر منطقه را تحت سناریوهای ۱۰، ۲۰، ۳۰ و ۴۰ درصد کاهش داد. این کار با کاهش مقادیر سمت راست<sup>۵</sup> (RHS=b<sub>ij</sub>) مربوط به نهاده آب آبیاری در رابطه ۳، مدل تجربی ارائه شده امکان‌پذیر می‌باشد. لذا، جهت تحلیل و ارزیابی اثرات سیاست فوق بر رفتار (عکس‌العمل) کشاورزان شهرستان آمل کافی است که در هر مرحله به صورت مجزا میزان کل منابع آب در دسترس کشاورزان در مناطق با کشاورزی آبی این شهرستان (دشت سر، مرانده، رئیس آباد و اسکو محله) مطابق با درصد کاهش هر سناریوی اعمال شده در مدل لحاظ گردد. نتایج به دست آمده از مدل PMP پس از اعمال سیاست سهمیه‌بندی آب آبیاری در هر یک از مناطق با کشاورزی آبی شهرستان آمل در ادامه آورده شده است.

روابط زیر مدل تجربی نهایی ارائه شده را نشان می‌دهد:

$$Max \Pi = \sum_{r=1}^4 \sum_{i=1}^5 \varphi_{ri} P_{ri} Y_{ri} - \sum_{r=1}^4 \sum_{i=1}^5 \sum_{j=1}^4 (c_{jir} x_{jir}) \quad (۱)$$

$$- \sum_{r=1}^4 \sum_{i=1}^5 \sum_{j=land}^5 (\alpha_{ij} x_{ij} + \frac{1}{2} \gamma_{ij} x_{ij}^2)$$

Subject to:

$$\sum_{i=1}^5 a_{ri} x_{ri} \leq A_r \quad \forall r = 1, 2, \dots, 4 \quad (۲)$$

$$\sum_{i=1}^5 w_{ri} x_{ri} \leq W_r \quad \forall r = 1, 2, \dots, 4 \quad (۳)$$

$$\sum_{i=1}^5 k_{ri} x_{ri} \leq TK_r \quad \forall r = 1, 2, \dots, 4 \quad (۴)$$

$$\sum_{i=1}^5 La_{gi} x_{gi} \leq TLa_g \quad \forall r = 1, 2, \dots, 4 \quad (۵)$$

$$x_{gi} \geq 0 \quad (۶)$$

رابطه ۱، تابع هدف غیرخطی مدل می‌باشد که شامل سه جزء یا بخش تابع تولید محصولات، تابع هزینه غیرخطی برای نهاده زمین و تابع هزینه خطی برای سایر نهاده‌ها به جز زمین است. در رابطه ۱،  $Y_{ri}$  توسط تابع تولید محصول  $r$  در منطقه  $r$  تعریف می‌شود.  $\varphi_{ri}$  میزان تغییرات عملکرد ( $q_{ri}$ ) می‌باشد که در اثر تغییر در قیمت محصول، هزینه آب و میزان آب در دسترس حاصل می‌شود. در این مطالعه، با توجه به فرض ثبات قیمت محصولات و هزینه تولید آن‌ها در سال پایه و عدم ایجاد تغییرات نوسانی در آن‌ها، ضریب فوق معادل با یک در نظر گرفته شد. رابطه ۲، بیانگر محدودیت سطح زیرکشت محصولات زراعی می‌باشد که در آن  $A_r$  کل سطح زیرکشت در دسترس در منطقه  $r$  می‌باشد. رابطه ۳، محدودیت مربوط به نهاده آب آبیاری است که در آن  $w_{ri}$  نیاز آبی خالص محصول  $i$  در منطقه  $r$  (بر حسب متر مکعب در هکتار) و  $w_r$  کل آب در دسترس کشاورزان در منطقه  $r$  می‌باشد. رابطه ۴، بیانگر محدودیت سرمایه می‌باشد که در آن  $k_{ri}$  ضریب فنی هزینه در واحد سطح محصول  $i$  در منطقه  $r$  و  $TK_r$  کل سرمایه در دسترس در منطقه  $r$  است. در واقع، سمت چپ این محدودیت، نیاز فعالیت‌های تولیدی به سرمایه است که معادل هزینه‌های متغیر برای تولید محصول در هر هکتار می‌باشد. سمت راست محدودیت نیز مجموع میزان کل سرمایه قابل تخصیص به فعالیت‌های زراعی در مناطق مورد مطالعه می‌باشد. رابطه ۵، محدودیت نیروی کار را نشان می‌دهد. در این رابطه  $La_{gi}$  نیروی کار مورد نیاز در تولید محصول  $i$  در منطقه  $r$  (بر حسب نفر روز در هکتار) و  $TLa_r$  کل نیروی کار در دسترس در منطقه  $r$  می-

## ۴- نتایج

### ۴-۱- نتایج حاصل از اعمال سهمیه‌بندی آب آبیاری در شهرستان امل (منطقه دشت سر)

محصول کلزا در مقایسه با دیگر محصولات الگو (برنج، باقلا، ذرت علوفه‌ای و شبدر) از بیشترین میزان حساسیت (بیشترین میزان تغییرات) برخوردار بوده و بیشترین کاهش سطح زیرکشت را نیز به خود اختصاص داده است که این امر عدم توسعه سطح زیرکشت آن را برای کشاورزان منطقه دشت سر در شرایط رخداد کم‌آبی و سهمیه‌بندی شدن آب آبیاری بازگو می‌کند. به طور کلی، اجرای سیاست سهمیه‌بندی آب آبیاری در منطقه دشت سر شهرستان امل، کاهش تمایل کشاورزان این منطقه را برای توسعه سطح زیرکشت محصولات کلزا، شبدر و باقلا به همراه دارد و کشاورزان این منطقه را به سمت توسعه سطح زیرکشت محصولات با صرفه اقتصادی بیشتر مانند برنج و ذرت علوفه‌ای متمایل می‌سازد. افزون بر نتایج فوق، با توجه به جدول ۲، ملاحظه می‌شود که مجموع سود ناخالص منطقه‌ای حاصل از الگوی کشت برای کشاورزان دشت سر تحت شرایط اعمال سهمیه‌بندی آب آبیاری مطابق با تغییرات به وجود آمده در الگوی کشت، تغییر می‌کند، به طوری که تحت سناریوهای ۱۰ تا ۴۰ درصد سهمیه‌بندی آب آبیاری میزان سود ناخالص حاصل از الگوی کشت از ۱۱۹۴۲۸۵/۵ به ۱۱۸۵۳۱۶/۳ هزار ریال می‌رسد که کاهش معادل با ۱/۱ تا ۸/۶ درصد را در سود ناخالص کشاورزان منطقه دشت سر به همراه دارد. علت این امر می‌تواند کاهش سطح زیرکشت اغلب محصولات منتخب زراعی (باقلا، شبدر و کلزا) در الگوی کشت پس از اعمال سناریوهای مختلف سهمیه‌بندی آب آبیاری در منطقه دشت سر باشد.

### ۴-۲- نتایج حاصل از اعمال سهمیه‌بندی آب آبیاری در شهرستان امل (منطقه مرانده)

با توجه به نتایج به دست آمده در جدول ۳، ملاحظه می‌شود که اجرایی شدن سیاست سهمیه‌بندی آب آبیاری الگوی کشت محصولات منتخب زراعی را در منطقه مرانده تغییر می‌دهد، به طوری که با سهمیه‌بندی آب آبیاری تحت سناریوهای ۱۰ تا ۴۰ درصد در این منطقه نیز میزان سطح زیرکشت محصولاتی غله‌ای و علوفه‌ای برنج (شلتوک) و ذرت نسبت به شرایط سال پایه به ترتیب ۰/۸۳ تا ۳/۷۰ درصد و ۰/۹۲ تا ۳/۷۲ درصد افزایش می‌یابد و از ۵۳۴۴ به ۵۴۹۶ هکتار برای محصول برنج و از ۱۴۰۴ به ۱۴۴۳ هکتار می‌رسد. علت افزایش سطح زیرکشت محصولات فوق، صرفه اقتصادی بالای حاصل از آن‌ها در واحد سطح می‌باشد که کشاورزان منطقه مرانده را به تخصیص آب بیشتر جهت حصول سود اقتصادی بالاتر در اراضی تحت کشت برنج و ذرت علوفه‌ای متمایل می‌سازد.

جدول ۲، نتایج حاصل از اعمال سناریوهای مختلف سیاست سهمیه‌بندی آب آبیاری را در منطقه دشت سر شهرستان امل پس از حل مدل PMP نشان می‌دهد. با توجه به نتایج این جدول، ملاحظه می‌شود که پس از اعمال سهمیه‌بندی آب آبیاری تحت سناریوهای ۱۰ تا ۴۰ درصد، الگوی کشت محصولات منتخب زراعی در منطقه دشت سر نسبت به شرایط سال پایه تغییر می‌کند. بدین ترتیب که سطح زیرکشت محصول غله‌ای برنج (شلتوک) از ۹۰۳۲ به ۹۲۵۷ هکتار و سطح زیرکشت محصول علوفه‌ای ذرت از ۱۴۶۵ به ۱۴۸۸ هکتار می‌رسد که به ترتیب افزایش سطح زیرکشتی معادل ۰/۶۹ تا ۳/۱۹ درصد را برای محصول برنج و ۰/۵۵ تا ۲/۱۱ درصد را برای محصول ذرت علوفه‌ای نسبت به شرایط سال پایه به همراه دارد. علت افزایش سطح زیرکشت محصولات فوق، نیاز آبی کمتر آن‌ها نسبت به سایر محصولات الگوی کشت و ارزش اقتصادی یا صرفه اقتصادی بالاتر حاصل از هر هکتار آن‌ها نسبت به دیگر محصولات الگو در منطقه مورد بررسی می‌باشد. علی‌رغم افزایش سطح زیرکشت محصولات برنج و ذرت علوفه‌ای در منطقه دشت سر پس از سهمیه‌بندی ۱۰ تا ۴۰ درصد آب آبیاری، سطح زیرکشت سایر محصولات منتخب الگو نسبت به شرایط سال مرجع (پایه) کاهش می‌یابد. به طوری که سطح زیرکشت محصول حبوباتی باقلا از ۸۱۶ به ۷۹۶ هکتار، سطح زیرکشت محصول صنعتی کلزا از ۷۰۲ به ۵۱۲ هکتار و سطح زیرکشت محصول علوفه‌ای شبدر از ۱۲۲۳ به ۱۱۸۵ هکتار می‌رسد که به ترتیب کاهش سطحی معادل با ۰/۴۸ تا ۲/۹۱ درصد را برای محصول باقلا، ۷/۷۵ تا ۳۲/۷ درصد را برای محصول کلزا و ۰/۶۱ تا ۳/۶۴ درصد را برای محصول شبدر نسبت به شرایط سال پایه (مرجع) به همراه دارد. علت کاهش سطح زیرکشت محصولات فوق در شرایط سهمیه‌بندی آب آبیاری و کم شدن منابع آب در دسترس کشاورزان منطقه دشت سر، بالا بودن نیاز آبی این محصولات و صرفه اقتصادی پایین‌تر آن‌ها نسبت به محصولات برنج (شلتوک) و ذرت علوفه‌ای است. افزون بر این، نتایج به دست آمده در جدول ۲، حاکی از آن است که کشت محصول غالب برنج همچنان نیز در شرایط سهمیه‌بندی آب آبیاری توسط کشاورزان منطقه دشت سر توسعه داده می‌شود که علت اصلی این امر صرفه اقتصادی بالای حاصل از هر هکتار این محصول در منطقه موردنظر است. همچنین، نتایج گویای آن است که در شرایط سهمیه‌بندی آب آبیاری و کاهش منابع آب در دسترس کشاورزان منطقه دشت سر،

جدول ۲- اثرات سیاست سهمیه‌بندی آب آبیاری بر الگوی کشت و سود ناخالص کشاورزان منطقه دشت سر

سناریوهای مختلف سهمیه‌بندی آب آبیاری				سطح جدید و درصد تغییر	الگوی کشت سال پایه (هکتار)	محصولات منتخب
۴۰٪	۳۰٪	۲۰٪	۱۰٪			
۹۲۵۷	۹۱۷۵	۹۱۰۰	۹۰۳۲	سطح	۸۹۷۰	برنج (شلتوک)
۳/۱۹	۲/۲۸	۱/۴۵	۰/۶۹	درصد		
۷۹۶	۸۰۵	۸۱۱	۸۱۶	سطح	۸۲۰	باقلا
-۲/۹۱	-۱/۸۶	-۱/۰۸	-۰/۴۸	درصد		
۱۴۸۸	۱۴۸۱	۱۴۷۳	۱۴۶۵	سطح	۱۴۵۷	ذرت علوفه‌ای
۲/۱۱	۱/۶۳	۱/۱۰	۰/۵۵	درصد		
۵۱۲	۵۷۷	۶۴۰	۷۰۲	سطح	۷۶۱	کلزا
-۳۲/۷	-۲۴/۲	-۱۵/۸	-۷/۷۵	درصد		
۱۱۸۵	۱۲۰۱	۱۲۱۳	۱۲۲۳	سطح	۱۲۳۰	شیدر
-۳/۶۴	-۲/۳۵	-۱/۳۷	-۰/۶۱	درصد		
۱۱۸۵۳/۱۶۳	۱۱۸۹۹/۲۱۴	۱۱۹۲۷/۷۲۴	۱۱۹۴۲/۸۵۵	سطح	۱۱۹۵۶/۲۷۲	سودناخالص کل (۱۰۰ هزار ریال)
-۸/۶	-۴/۷	-۲/۴	-۱/۱	درصد		

مأخذ: یافته‌های تحقیق

دیگری از نتایج جدول ۳، نشان می‌دهد که با اعمال سناریوهای ۱۰ تا ۴۰ درصد سهمیه‌بندی آب آبیاری در منطقه مرانده، مجموع سود ناخالص کشاورزان ۱/۳ تا ۱۳/۰ درصد نسبت به شرایط سال پایه کاهش پیدا می‌کند که علت اصلی این امر می‌تواند کاهش سطح زیرکشت محصولات باقلا، شیدر و کلزا در الگوی کشت منطقه باشد.

#### ۴-۳- نتایج حاصل از اعمال سهمیه‌بندی آب آبیاری در شهرستان آمل (منطقه رئیس آباد)

با توجه به نتایج جدول ۴، ملاحظه می‌شود که به کارگیری سیاست سهمیه‌بندی آب آبیاری در جهت مدیریت پایدار منابع آب در منطقه رئیس آباد، میزان تولیدات کشاورزی (الگوی کشت) و وضعیت درآمدی کشاورزان (سود ناخالص کشاورزان از الگوی کشت) را تغییر می‌دهد. تغییرات به وجود آمده پس از اعمال سیاست سهمیه‌بندی آب آبیاری در بخش کشاورزی منطقه رئیس آباد در جهت توسعه سطح زیرکشت محصولات با صرفه اقتصادی بالاتر در واحد سطح مانند برنج (شلتوک) و ذرت علوفه‌ای و کاهش سطح زیرکشت محصولات با سود ناخالص کمتر در واحد سطح مانند باقلا، کلزا و شیدر پیش می‌رود. همان‌گونه که نتایج جدول ۴ نشان می‌دهد، با کاهش منابع آب در دسترس کشاورزان منطقه رئیس آباد پس از اعمال سناریوهای ۱۰ تا ۴۰ درصد سهمیه‌بندی آب آبیاری سطح زیرکشت محصول غله‌ای برنج (شلتوک) و محصول علوفه‌ای ذرت

این در حالی است که با اجرایی شدن سیاست سهمیه‌بندی آب آبیاری و به تناسب آن کاهش منابع آب در دسترس کشاورزان منطقه مرانده به میزان ۱۰ تا ۴۰ درصد نسبت به شرایط سال پایه، سطح زیرکشت محصولات باقلا، کلزا و شیدر به ترتیب ۱/۶۷ تا ۸/۳۲ درصد، ۵/۲۶ تا ۲۰/۹ درصد و ۱/۲۷ تا ۶/۶۳ درصد کاهش پیدا می‌کند و به ترتیب از ۴۶۵ به ۴۳۴ هکتار، از ۶۸۲ به ۵۶۹ هکتار و از ۸۵۹ به ۸۱۲ هکتار می‌رسد. علت کاهش سطح زیرکشت محصولات فوق تحت شرایط سهمیه‌بندی آب آبیاری، پرآب بودن آن‌ها نسبت به دیگر محصولات الگو (داشتن نیازآبی بالا) و صرفه اقتصادی کم حاصل از آن‌ها در هر هکتار از اراضی تحت کشت منطقه مورد بررسی می‌باشد. نتایج به دست آمده از اعمال سیاست سهمیه‌بندی آب آبیاری در منطقه مرانده (جدول ۳) در مقایسه با منطقه دشت سر (جدول ۲) حاکی از آن است که علی‌رغم کاهش و افزایش به وجود آمده در محصولات منتخب زراعی الگوی کشت به طور مشابه در نوع محصولات، میزان تغییرات کاهشی سطح زیرکشت محصولات شیدر و باقلا در منطقه مرانده بیشتر از منطقه دشت سر بوده، اما تغییرات کاهشی سطح زیرکشت کلزا در منطقه مرانده نسبت به منطقه دشت سر کمتر می‌باشد. با این وجود، محصول کلزا همچنان در منطقه مرانده نیز همانند منطقه دشت سر حساس‌ترین محصول نسبت به دیگر محصولات الگو (برنج، باقلا، ذرت علوفه‌ای و شیدر) در شرایط سهمیه‌بندی آب آبیاری شناخته می‌شود که بیشترین تغییرات کاهشی را در سطح زیرکشت خود دارد. افزون بر این، بخش



جدول ۳- اثرات سیاست سهمیه‌بندی آب آبیاری بر الگوی کشت و سود ناخالص کشاورزان منطقه مرانده

سناریوهای مختلف سهمیه‌بندی آب آبیاری				تغییرات ایجادشده	الگوی کشت سال پایه(هکتار)	محصولات منتخب
%۴۰	%۳۰	%۲۰	%۱۰			
۵۴۹۶	۵۴۴۲	۵۳۹۱	۵۳۴۴	میزان	۵۳۰۰	برنج (شلتوک)
۳/۷۰	۲/۶۸	۱/۷۲	۰/۸۳	درصد		
۴۳۴	۴۴۶	۴۵۶	۴۶۵	میزان	۴۷۳	باقلا
-۸/۳۲	-۵/۷۵	-۳/۵۷	-۱/۶۷	درصد		
۱۴۴۳	۱۴۳۰	۱۴۱۷	۱۴۰۴	میزان	۱۳۹۱	ذرت علوفه‌ای
۳/۷۲	۲/۸۰	۱/۸۶	۰/۹۲	درصد		
۵۶۹	۶۰۶	۶۴۴	۶۸۲	میزان	۷۲۰	کلزا
-۲۰/۹	-۱۵/۹	-۱۰/۶	-۵/۲۶	درصد		
۸۱۲	۸۳۱	۸۴۶	۸۵۹	میزان	۸۷۰	شیدر
-۶/۶۳	-۴/۵۱	-۲/۷۵	-۱/۲۷	درصد		
۷۲۲۱/۳۶۳	۷۲۶۵/۱۴۱	۷۲۹۲/۵۲۹	۷۳۰۷/۱۸۴	میزان	۷۳۱۶/۸۹۸	سودناخالص کل (۱۰۰ هزار ریال)
-۱۳/۰	-۷/۱	-۳/۳	-۱/۳	درصد		

مأخذ: یافته‌های تحقیق

شهرستان آمل (دشت سر و مرانده) بیشترین تغییرات کاهشی (بیشترین حساسیت نسبت به سیاست سهمیه‌بندی آب آبیاری) را در سطح زیرکشت خود دارد، اما نتایج به دست آمده گویای آن است که محصول شیدر نیز در منطقه رئیس‌آباد حساسیت بالایی را در شرایط سهمیه‌بندی آب آبیاری دارا می‌باشد و سطح زیرکشت آن تحت سناریوی ۴۰ درصد کاهش منابع آب در دسترس تا حدود ۱۶/۲ درصد نسبت به شرایط سال پایه کاهش می‌یابد. این امر به لحاظ اقتصادی عدم توسعه سطح زیرکشت محصول علوفه‌ای شیدر را پس از محصول صنعتی کلزا در منطقه رئیس‌آباد بازگو می‌کند. بخش دیگری از نتایج جدول ۴، حاکی از آن است که پس از اجرایی شدن برنامه سیاستی سهمیه‌بندی آب آبیاری، با تغییرات ایجاد شده در الگوی کشت محصولات منتخب زراعی منطقه رئیس‌آباد میزان سود ناخالص کشاورزان این منطقه نیز تغییر می‌کند. بدین ترتیب که این شاخص اقتصادی (مجموع سود ناخالص کشاورزان در الگوی کشت) با اعمال سناریوهای ۱۰ تا ۴۰ درصد سهمیه‌بندی آب آبیاری نسبت به شرایط سال پایه (مینا) با روندی نزولی همراه می‌باشد و از ۹۴۳۱۰/۱۰ به ۹۳۵۸۳۱/۲ هزار ریال می‌رسد که در نهایت کاهشی معادل با ۱/۱ تا ۸/۸ درصد را در مجموع سود ناخالص حاصل از الگوی کشت برای کشاورزان منطقه رئیس‌آباد به همراه دارد. علت اصلی این امر می‌تواند ناشی از کاهش سطح زیرکشت محصولات با صرفه اقتصادی کمتر (مانند باقلا، کلزا و شیدر) و افزایش سطح زیرکشت محصولات با هزینه تولید و سرمایه بیشتر (مانند برنج و

به ترتیب از ۷۳۱۹ به ۷۵۱۱ هکتار و از ۱۲۶۱ به ۱۲۸۵ هکتار می‌رسد که در نهایت افزایش سطح زیرکشتی معادل با ۰/۷۵ تا ۳/۳۸ درصد را برای محصول برنج و ۰/۶۶ تا ۲/۵۷ درصد را برای محصول ذرت علوفه‌ای به همراه دارد. علت افزایش سطح زیرکشت محصولات فوق و متمایل شدن کشاورزان منطقه رئیس‌آباد به توسعه سطح زیرکشت این محصولات (برنج و ذرت علوفه‌ای) پس از سهمیه‌بندی آب آبیاری، بازده ناخالص مناسب حاصل از آن‌ها در واحد سطح و نیاز به سرمایه کمتر در مقایسه با دیگر محصولات الگو می‌باشد. این در حالی است که نتایج به دست آمده از مدل برنامه‌ریزی ارائه شده، کاهش سطح زیرکشت محصولات باقلا، کلزا و شیدر را در الگوی کشت منطقه رئیس‌آباد به ترتیب به میزان ۰/۵۱ تا ۳/۰۶ درصد، ۵/۸۳ تا ۲۴/۶ درصد و ۳/۵۱ تا ۱۶/۲ درصد نسبت به شرایط سال مرجع (پایه) نشان می‌دهد. علت کاهش سطح زیرکشت محصولات فوق در شرایط اعمال سیاست سهمیه‌بندی آب آبیاری و به تناسب آن کاهش منابع آب در دسترس کشاورزان در الگوی کشت منطقه رئیس‌آباد صرفه اقتصادی پایین‌تر این محصولات و نیازی بالاتر آن‌ها نسبت به دیگر محصولات الگو (برنج و ذرت علوفه‌ای) می‌باشد که کشاورزان این منطقه را در جهت کاهش سطح زیرکشت محصولات فوق (باقلا، کلزا و شیدر) و توسعه سطح زیرکشت محصولات کم‌آب‌تر و اقتصادی‌تر (برنج و ذرت علوفه‌ای) به جای آن‌ها در الگوی کشت سوق می‌دهد. اگرچه که محصول صنعتی کلزا در منطقه رئیس‌آباد نیز همانند دیگر مناطق

جدول ۴- اثرات سیاست سهمیه‌بندی آب آبیاری بر الگوی کشت و سود ناخالص کشاورزان منطقه رئیس آباد

سناریوهای مختلف سهمیه‌بندی آب آبیاری				تغییرات ایجاد شده	الگوی کشت سال پایه (هکتار)	محصولات منتخب
۴۰٪	۳۰٪	۲۰٪	۱۰٪			
۷۵۱۱	۷۴۴۲	۷۳۷۸	۷۳۱۹	میزان	۷۲۶۵	برنج (شلتوک)
۳/۳۸	۲/۴۳	۱/۵۵	۰/۷۵	درصد		
۶۰۳	۸۲۰	۶۱۵	۶۱۹	میزان	۶۲۲	باقلا
-۳/۰۶	-۱/۹۷	-۱/۱۴	-۰/۵۱	درصد		
۱۲۸۵	۶۱۰	۱۲۷۰	۱۲۶۱	میزان	۱۲۵۳	ذرت علوفه‌ای
۲/۵۷	۱/۹۶	۱/۳۲	۰/۶۶	درصد		
۵۱۵	۵۵۹	۶۰۲	۶۴۳	میزان	۶۸۳	کلزا
-۲۴/۶	-۱۸/۲	-۱۱/۹	-۵/۸۳	درصد		
۴۷۱	۴۹۷	۵۲۱	۵۴۲	میزان	۵۶۲	شیدر
-۱۶/۲	-۱۱/۵	-۷/۳۲	-۳/۵۱	درصد		
۹۳۵۸/۳۱۲	۹۳۹۵/۳۵۰	۹۴۱۸/۵۵۹	۹۴۳۱/۰۱۰	میزان	۹۴۴۱/۸۴۱	سودناخالص کل (۱۰۰ هزار ریال)
-۸/۸	-۴/۹	-۲/۵	-۱/۱	درصد		

مأخذ: یافته‌های تحقیق

محصولات و نیاز کمتر آن‌ها به نهاده سرمایه در واحد سطح اراضی تحت کشت می‌باشد. این در حالی است که اثرات اعمال سیاست سهمیه‌بندی آب آبیاری بر سطح زیرکشت دیگر محصولات الگوی کشت (یعنی باقلا، کلزا و شیدر) در منطقه مورد بررسی منفی می‌باشد و ملاحظه می‌شود که تحت سناریوهای بالاتر سهمیه‌بندی آب آبیاری به دلیل محدودیت بیشتر منابع آب در دسترس، سطح زیرکشت محصولات فوق (یعنی باقلا، کلزا و شیدر) با تغییرات کاهشی بیشتری نسبت به سال پایه همراه می‌باشد. مطابق نتایج به دست آمده از مدل برنامه‌ریزی ارائه شده، ملاحظه می‌شود که با اعمال سناریوهای ۱۰ تا ۴۰ درصد سهمیه‌بندی آب آبیاری در منطقه مطالعاتی اسکو محله سطح زیرکشت محصول حبوباتی باقلا از ۵۵۹ به ۵۳۸ هکتار، سطح زیرکشت محصول صنعتی کلزا از ۸۷۶ به ۸۵۳ هکتار و سطح زیرکشت محصول علوفه‌ای شیدر از ۷۱۸ به ۶۴۷ هکتار می‌رسد که به ترتیب کاهش سطح زیرکشتی معادل با ۰/۸۹ تا ۴/۵۸ درصد را برای محصول باقلا، ۱/۰۳ تا ۳/۶۵ درصد را برای محصول کلزا و ۲/۷۶ تا ۱۲/۳ درصد را برای محصول شیدر به همراه دارد. علت کاهش سطح زیرکشت محصولات فوق را پس از اعمال برنامه سیاستی سهمیه‌بندی آب آبیاری می‌توان در صرفه اقتصادی کمتر حاصل از آن‌ها نسبت به میزان مصرف آب و نهاده‌های سرمایه و نیروی کار در واحد سطح، در مقایسه با دیگر محصولات الگوی کشت منطقه اسکو محله (یعنی برنج و ذرت علوفه‌ای) دانست. افزون بر این، نتایج جدول ۵ نشان می‌دهد که برخلاف نتایج به دست آمده

ذرت علوفه‌ای) در الگوی کشت منطقه مورد بررسی پس از اعمال سیاست مذکور باشد.

#### ۴-۴- نتایج حاصل از اعمال سهمیه‌بندی آب آبیاری در شهرستان امل (منطقه اسکو محله)

با توجه به نتایج جدول ۵، ملاحظه می‌شود که تولیدات کشاورزی (الگوی کشت) و وضعیت درآمدی کشاورزان (سود ناخالص حاصل از الگوی کشت) منطقه اسکو محله همانند دیگر مناطق شهرستان امل (دشت سر، مرانده و رئیس آباد) متأثر از سیاست سهمیه‌بندی آب آبیاری می‌باشد و با کاهش منابع آب در دسترس کشاورزان این منطقه (منظور منطقه اسکو محله) نیز سطح زیرکشت محصولات منتخب زراعی و بازده ناخالص حاصل از الگوی کشت تغییر می‌کند. بدین ترتیب که پس از اعمال سناریوهای ۱۰ تا ۴۰ درصد سهمیه‌بندی آب آبیاری میزان سطح زیرکشت محصول غله‌ای برنج (شلتوک) و محصول علوفه‌ای ذرت به ترتیب از ۳۴۷۷ به ۳۵۷۱ هکتار و از ۱۱۱۵ به ۱۱۳۶ هکتار می‌رسد که در نهایت افزایشی معادل با ۰/۷۹ تا ۳/۵۹ درصد و ۰/۶۴ تا ۲/۵۱ درصد را برای سطح زیرکشت محصولات فوق نسبت به شرایط سال پایه به همراه دارد. علت افزایش سطح زیرکشت برنج و ذرت علوفه‌ای تحت شرایط سهمیه‌بندی آب آبیاری و کاهش منابع آب در دسترس کشاورزان در الگوی کشت منطقه اسکو محله، صرفه اقتصادی بالای این

کمتر در واحد سطح (مانند برنج و ذرت علوفه‌ای) متمایل می‌شوند و از سطح زیرکشت محصولات با نیازآبی بالاتر، هزینه تولید بیشتر و صرفه اقتصادی کمتر در واحد سطح مانند شبدر، کلزا و باقلا می‌کاهند. بخش دیگری از نتایج جدول ۵ نشان می‌دهد که با اعمال سیاست سهمیه‌بندی آب آبیاری تحت سناریوهای ۱۰ تا ۴۰ درصد در منطقه اسکو محله، مجموع سود ناخالص کشاورزان از ۵۲۷۴۸۱/۴ به ۵۱۸۵۰۹/۵ هزار ریال می‌رسد و نسبت به شرایط سال پایه ۱/۵ تا ۱۸/۵ درصد کاهش می‌یابد.

#### ۵- نتیجه‌گیری

نتایج نشان داد که پس از اعمال سهمیه‌بندی آب آبیاری تحت سناریوهای ۱۰ تا ۴۰ درصد، الگوی کشت محصولات منتخب زراعی در منطقه دشت‌سر نسبت به شرایط سال پایه تغییر می‌کند. بدین ترتیب که سطح زیرکشت محصول غله‌ای برنج (شلتوک) ۰/۶۹ تا ۳/۱۹ درصد و سطح زیرکشت محصول علوفه‌ای ذرت ۰/۵۵ تا ۲/۱۱ درصد نسبت به شرایط سال پایه افزایش می‌یابد. علت اصلی افزایش سطح زیرکشت محصولات فوق در شرایط سهمیه‌بندی آب آبیاری نیاز آبی کمتر آن نسبت به شبدر و صرفه اقتصادی بالاتر آن‌ها در واحد سطح نسبت به سایر محصولات الگوی کشت در منطقه دشت‌سر بود.

از اعمال سیاست سهمیه‌بندی آب آبیاری در مناطق دشت‌سر (نتایج جدول ۳)، مرانده (نتایج جدول ۴) و رئیس‌آباد (نتایج جدول ۵)، اعمال این سیاست در منطقه اسکو محله سطح زیرکشت محصول شبدر را بیشتر از دیگر محصولات منتخب الگوی کشت (برنج، باقلا، ذرت علوفه‌ای و کلزا) کاهش می‌دهد و لذا، این محصول (شبدر) بیشترین حساسیت (بیشترین تغییرات کاهشی سطح زیرکشت) را نسبت به اجرایی شدن برنامه سیاستی سهمیه‌بندی آب آبیاری در منطقه اسکو محله دارا می‌باشد، به طوری که سطح زیرکشت آن در شرایط کاهش ۴۰ درصدی منابع آب در دسترس کشاورزان تا حدود ۱۲/۳ درصد نسبت به شرایط سال پایه کاهش می‌یابد و این در حالی است که محصول کلزا در این منطقه تحت سناریوی فوق کاهش سطح زیرکشتی معادل با ۳/۶۵ درصد را دارا می‌باشد. علت کاهش بیشتر سطح زیرکشت محصول علوفه‌ای شبدر نسبت به محصول صنعتی کلزا و حتی محصول حیواناتی باقلا در منطقه اسکو محله، بالا بودن نیاز آبی آن، مصرف بیشتر نهاده‌های تولیدی نیروی کار و سرمایه (بذر و کود و سم) در واحد سطح آن، بیشتر بودن اجاره بهای زمین‌های زراعی تحت کشت آن و هزینه تولید بیشتر آن نسبت به محصولات کلزا و باقلا در این منطقه می‌باشد. به طور کلی، نتایج جدول ۵ حاکی از آن است که در شرایط سهمیه‌بندی آب آبیاری و کاهش منابع آب در دسترس، کشاورزان منطقه اسکو محله به سمت توسعه سطح زیرکشت محصولات با صرفه اقتصادی بالاتر و نیاز آبی

جدول ۵- اثرات سیاست سهمیه‌بندی آب آبیاری بر الگوی کشت و سود ناخالص کشاورزان منطقه اسکو محله

سناریوهای مختلف سهمیه‌بندی آب آبیاری				تغییرات ایجاد شده	الگوی کشت سال پایه (هکتار)	محصولات منتخب
۴۰٪	۳۰٪	۲۰٪	۱۰٪			
۳۵۷۱	۳۵۳۸	۳۵۰۷	۳۴۷۷	میزان	۳۴۵۰	برنج (شلتوک)
۳/۵۲	۲/۵۵	۱/۶۴	۰/۷۹	درصد		
۵۳۸	۵۴۶	۶۲۲	۵۵۹	میزان	۵۶۴	باقلا
-۴/۵۸	-۳/۱۲	-۱/۹۱	-۰/۸۹	درصد		
۱۱۳۶	۱۱۲۹	۱۱۲۲	۱۱۱۵	میزان	۱۱۰۸	ذرت علوفه‌ای
۲/۵۱	۱/۹۲	۱/۲۸	۰/۶۴	درصد		
۸۵۳	۸۵۹	۸۶۷	۸۷۶	میزان	۸۸۵	کلزا
-۳/۶۵	-۲/۹۳	-۲/۰۳	-۱/۰۳	درصد		
۶۴۷	۶۷۲	۶۹۶	۷۱۸	میزان	۷۳۸	شبدر
-۱۲/۳	-۸/۹۰	-۵/۷۲	-۲/۷۶	درصد		
۵۱۸۵/۰۹۵	۵۲۳۰/۷۹۹	۵۲۵۹/۴۵۳	۵۲۷۴/۸۱۴	میزان	۵۲۸۳/۰۰۴	سود ناخالص کل (۱۰۰ هزار ریال)
-۱۸/۵	-۹/۸	-۴/۴	-۱/۵	درصد		

مأخذ: یافته‌های تحقیق

با توجه به نتایج به دست آمده از شبیه‌سازی رفتار کشاورزان شهرستان آمل نسبت به اعمال سناریوهای کاربردی سهمیه‌بندی آب آبیاری و همچنین، اهمیت نهاده آب در بخش کشاورزی این شهرستان و وابستگی تولید محصولات منتخب زراعی آن (برنج، باقلا، ذرت علوفه‌ای، کلزا و شبدر) به منابع آب زیرزمینی و سطحی حاصل از جریان‌های رودخانه هراز و سد ذخیره‌ای لار، پیشنهادات و توصیه‌های سیاستی زیر در جهت بهبود مدیریت مصرف نهاده آب در واحد سطح اراضی و عدم مواجهه شدن کشاورزان با مشکلات و مسائل کم‌آبی در این منطقه از شمال کشور در دهه‌های آتی، ارائه می‌شود:

۱- نتایج تحقیق حاضر نشان داد که اعمال سهمیه‌بندی آب آبیاری در مناطق با کشاورزی آبی شهرستان آمل، به خصوص در مناطق دشت سر، مرانده و اسکو محله منجر به کاهش شدید سطح زیرکشت محصول صنعتی کلزا در الگوی کشت می‌شود. لذا، در صورت اجرایی شدن سیاست مذکور در مناطق موردبررسی توصیه می‌شود که حتی‌الامکان از توسعه سطح زیرکشت محصول کلزا در این مناطق (دشت سر، مرانده و رئیس‌آباد) خودداری شود.

۲- نتایج این تحقیق کاهش سطح زیرکشت محصول علوفه‌ای شبدر و افزایش سطح زیرکشت محصول علوفه‌ای ذرت را در مناطق با کشاورزی آبی شهرستان آمل، به خصوص در منطقه اسکو محله پس از اعمال برنامه سیاستی سهمیه‌بندی آب آبیاری نشان داد. توصیه می‌شود که به منظور تأمین علوفه دام‌ها و احشام دامداری‌ها و واحدهای پرورش دام این منطقه سطح زیرکشت ذرت علوفه‌ای جایگزین شبدر شده و تا حد امکان از توسعه سطح زیرکشت محصول شبدر در مناطق با کشاورزی آبی شهرستان آمل، به خصوص منطقه اسکو محله خودداری شود.

۳- اگرچه که به کارگیری سیاست سهمیه‌بندی آب آبیاری در جهت صرفه‌جویی منابع آب و پایداری این نهاده کمیاب در شهرستان آمل راهکار مناسبی می‌باشد، اما منجر به کاهش مجموع سود ناخالص کشاورزان این شهرستان می‌شود. لذا، توصیه می‌شود که جهت جبران کاهش به وجود آمده در سود ناخالص کشاورزان این شهرستان برنامه‌های سیاستی مناسب دیگری همزمان با اعمال سیاست سهمیه‌بندی آب آبیاری به کار گرفته شوند. پرداخت جبرانی مستقیم معادل با کاهش سود زارعین، فراهم نمودن بازار مناسب برای فروش محصولات منتخب، ایجاد بازارهای محلی و منطقه‌ای و خرید محصولات با قیمت‌های تضمینی در مناطق با کشاورزی آبی

نتایج علی‌رغم افزایش سطح زیرکشت محصولات برنج و ذرت علوفه‌ای در منطقه دشت سر پس از سهمیه‌بندی ۱۰ تا ۴۰ درصد آب آبیاری، حاکی از کاهش ۰/۴۸ تا ۲/۹۱ درصدی سطح زیرکشت محصول باقلا، ۷/۷۵ تا ۳۲/۷ درصدی سطح زیرکشت محصول کلزا و ۰/۶۱ تا ۳/۶۴ درصدی سطح زیرکشت محصول شبدر نسبت به شرایط سال پایه (مرجع) بود. علت کاهش سطح زیرکشت محصولات فوق در شرایط سهمیه‌بندی آب آبیاری و کم شدن منابع آب در دسترس کشاورزان منطقه دشت سر، بالا بودن نیاز آبی این محصولات و صرفه اقتصادی پایین‌تر آن‌ها نسبت به محصولات برنج (شلتوک) و ذرت علوفه‌ای می‌باشد. تغییرات به وجود آمده در سطح زیرکشت محصولات منتخب زراعی برای مناطق مرانده و رئیس‌آباد نیز پس از اعمال برنامه سیاستی سهمیه‌بندی آب آبیاری تحت سناریوهای ۱۰ تا ۴۰ درصد همانند منطقه دشت سر با افزایش سطح زیرکشت محصولات برنج و ذرت علوفه‌ای و کاهش سطح زیرکشت محصولات باقلا، کلزا و شبدر همراه بود. تفاوت موجود تنها در میزان تغییرات کاهشی یا افزایشی سطح زیرکشت محصولات فوق بود. افزون بر این، نتایج به دست آمده برای مناطق دشت سر، مرانده و رئیس‌آباد در شهرستان آمل حاکی از آن بود که در بین کلیه محصولات منتخب، محصول کلزا دارای بیشترین میزان حساسیت (بیشترین تغییرات کاهشی سطح زیرکشت) و محصول باقلا دارای کمترین میزان حساسیت (کمترین تغییرات کاهشی سطح زیرکشت) نسبت به اجرایی شدن سیاست سهمیه‌بندی آب آبیاری می‌باشد. نتایج به دست آمده پس از اعمال برنامه سیاستی سهمیه‌بندی آب آبیاری برای منطقه اسکو محله تا حدی متفاوت با نتایج به دست آمده برای مناطق مذکور (دشت سر، مرانده و رئیس‌آباد) بود. بدین ترتیب که میزان تغییرات کاهشی سطح زیرکشت محصول شبدر در این منطقه (اسکو محله) بیشتر از تغییرات کاهشی سطح زیرکشت محصول کلزا بود و محصول شبدر برخلاف نتایج به دست آمده برای مناطق دشت سر، مرانده و رئیس‌آباد از حساسیت بیشتری (تغییرات کاهشی سطح زیرکشت بیشتری) نسبت به اجرایی شدن سیاست سهمیه‌بندی آب آبیاری در منطقه اسکو محله برخوردار بود. به طور کلی، نتایج این بخش نشان داد که اجرای سیاست سهمیه‌بندی آب آبیاری در مناطق با کشاورزی شهرستان آمل (دشت سر، مرانده، رئیس‌آباد و اسکو محله)، کاهش تمایل کشاورزان را برای توسعه سطح زیرکشت محصولات کلزا، شبدر و باقلا به همراه دارد و کشاورزان مناطق مذکور را به سمت توسعه سطح زیرکشت محصولات با صرفه اقتصادی بیشتر مانند برنج و ذرت علوفه‌ای متمایل می‌سازد.

- Haouari M, Azaiez MN (2001) Optimal cropping patterns under water deficit. *European Journal of Operational Research* 130:133-146
- He L, (2006) Improving irrigation water allocation efficiency: Analysis of alternative policy options in Egypt and Morocco. *Water International* 31:320-333
- Howitt R E, Medellin-Azuara J, MacEwan D, Lund R (2012) Calibrating disaggregate economic models of agricultural production and water management. *Science of the Environmental Modeling and Software* 38: 244-258
- keramatzadeh A, Chizari A, sharzei Gh (2012) The role of water market in determining the economic value of agricultural water with the approach of positive mathematical programming (PMP): A case study of Shirindarreh Bojnoord dam downstream. *Journal of Agricultural Research and Development of Iran* 2-42 (1):29-44 (In Persian)
- Mazandaran Regional Water Authority (2013) News and information (In Persian)
- Medellan-Azuara J, Harou JJ, Howitt RE (2010) Estimating economic value of agricultural water under changing conditions and the effects of spatial aggregation. *Science of the Total Environment* 408:5639-5648
- Medellan-Azuara J, Harou JJ, Howitt RE (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
- Meyer AD, Tsui AS, Hinings CR (1993) Configurational approaches to organizational analysis. *Academy of Management Journal* 36:1175-1195
- Moghaddasi R, Bakhshi A (2016) Application of positive mathematical programming for water allocation in agriculture (Case study: Agronomy subsector in Sarakhs plain). *Agricultural Economics and Development* 23(92):115-139
- Moinoddini Z (2011) Responses of farmers to price policies and rationing of irrigation water in the province, M.Sc. Thesis in Agricultural Economics, Faculty of Agriculture, University of Zabol (In Persian)
- Mugurel IJ, Diana ED, Vasile AS (2015) An ex-ante impact assessment of the common agricultural policy reform in the North-Western Romania. *Agricultural Economics* 61(2):88-103
- Nakhjavanimoghadam MM, Sadr ghayen H, Akbari M (2011) Effects of water stress on wheat yield and این شهرستان تا حد زیادی به افزایش سود ناخالص کشاورزان کمک خواهد نمود و از برداشت بیشتر از منابع آبی جلوگیری خواهد کرد.

## پی نوشتها

- 1- Positive Mathematical Programming (PMP)
- 2- Exponential Cost Functions (ECF)
- 3- Constant Elasticity of Substitution (CES)
- 4- Normative mathematical programming (NMP)
- 5- Right Hand Side (RHS)

## ۶- مراجع

- Ahmadpour M and Sabouhi M (2010) Water pricing in agriculture by using mathematical programming interval: A case study of Borazjan. *Journal of Agricultural Economics* 3 (3):141-121 (In Persian)
- AsgariPur A R, Bagheri A (2011) Strategic modified crops in order to achieve sustainable agricultural development. Conference on Agriculture in (1404) Islamic Azad University of Rasht (In Persian)
- Bakhshi A, moghadasi R, Daneshvar KM 2012. Positive Mathematical Programming Model to analyze the effects of alternative water pricing policies in Mashhad plain. *Agricultural Economics and Development* 25 (3):284-294 (In Persian)
- Barikani A, Khalilian S (2012) Sustainable utilization of groundwater resources in agriculture: A case study of Qazvin. College of Economics and Agricultural Development. *Agricultural Science and Technology* 25 (2):262-253 (In Persian)
- Britz W, Heckeley T, Wolff H (2003) Symmetric positive equilibrium problem: a framework for rationalizing economic behavior with limited information: comment. *American Journal of Agricultural Economics* 59(4):1419-91
- Cortignani R, Severini S (2009) Modeling farm-level adoption of deficit irrigation using positive mathematical programming. *Agricultural Water Management* 96: 1785-1791
- Frija A, Wossink A, Buysse J, Speelman S, Van Huylenbroeck G (2011) Irrigation pricing policies and its impact on agricultural inputs demand in Tunisia: A DEA-Dased methodology. *Journal of Environmental Management* 92:2109-2118
- Gharghani F, bostani F, Soltani Gh (2010) The effect of reduced water and increase the price of water on crops using positive mathematical programming: A case study Eghlid city in Fars province. *Agricultural Economics Research* 1 (1):57-74 (In Persian)

Riazi H, Montazer A, (2009) Development and application of surface and groundwater resource allocation Qazvin plain irrigation network. The second National Conference on Management of irrigation networks and drainage. Shahid Chamran University, 20 Jan, Ahvaz, Iran (In Persian)

Rohm O, Dabbert S (2003) Integrating agri-Environmental programs into regional production models: An extension of positive mathematical programming. American Journal of Agricultural Economics 85(1):254-265

water use efficiency. Third National Conference on Management of Irrigation and Drainage Networks. Shahid Chamran University, 19-20 Feb, Ahvaz, Iran (In Persian)

Parhizkari A, Sabouhi M (2013) Determine the optimum model for sustainable water resources taking into account the minimum and maximum resources available in the region (an approach of fuzzy linear programming model). Third International Conference on Integrated Water Resource Management, Sari Department of Natural Resources, 6-7 Sep, Sari, Iran (In Persian)