

## تحلیل پیامدهای تغییر در مصرف نهاده‌های تولید مطابق برنامه پنجم توسعه، بر الگوی کشت محصولات زراعی شهرستان آمل

رامتین جولایی، شهرزاد میرکریمی، افشین امجدی، الهام باریکانی<sup>۱</sup>

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۱۱/۲۷

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۲/۱۷

### چکیده

در برنامه پنجم توسعه کشور، سیاست‌های علمی و مدیریتی مناسبی در راستای بهره‌گیری بهینه از نهاده‌ها و تولید محصولات زراعی سازگار با شرایط هر منطقه، بیان شده است. در این تحقیق با استفاده از روش برنامه‌ریزی ریاضی مثبت تأثیر تغییر احتمالی مصرف نهاده‌های کشاورزی بر الگوی کشت کشاورزان و پیامدهای اقتصادی ناشی از آن در شهرستان آمل ارزیابی شد. این تغییرات احتمالی در قالب سناریوهایی شامل کاهش یک درصدی در مصرف آب (PMP1)، کاهش هفت درصدی در مصرف کودهای شیمیایی (PMP2)، کاهش یک درصدی در مصرف سموم (PMP3)، افزایش ۰/۶۴ درصدی در اشتغال نیروی کار (PMP4) و ترکیب سناریوهای یادشده (PMP5) مطرح شدند. بدین منظور در سال زراعی ۹۳-۱۳۹۲، ۱۲۴ نفر از کشاورزان این شهرستان با استفاده از روش نمونه‌گیری تصادفی مورد پرسشگری قرار گرفتند. نتایج نشان می‌دهد در صورت اجرای سناریوی اول، سوم و چهارم به طور جداگانه، تغییری در میزان سطح زیر کشت محصولات این شهرستان ایجاد نمی‌شود؛ لذا با تحلیل حساسیت کمترین کاهش که مدل نسبت به آن واکنش نشان می‌دهد محاسبه شد. همچنین نتایج گویای آن است که در صورت اجرای سناریوی پنجم (PMP5) به ترتیب کاهش ۵ و ۰/۲ درصدی در مجموع سطح زیر کشت و بازده برنامه‌ای این شهرستان در مقایسه با الگوی کنونی منطقه ملاحظه می‌شود، به طوری که بیشترین کاهش سطح زیر کشت به ترتیب با ۴۰ و ۳۰ درصد مربوط به محصولات جو آبی و سویا می‌باشد. همچنین با توجه به اینکه همه سناریوهای مذکور به کاهش بازده برنامه‌ای منجر می‌شوند و این امر کاهش رفاه کشاورزان منطقه را در پی خواهد داشت؛ لذا پیشنهاد می‌شود اقدامهای لازم در جهت بهبود وضعیت معیشتی آنان صورت پذیرد.

طبقه‌بندی JEL: C61, O21

**واژه‌گان کلیدی:** الگوی کشت محصولات زراعی، برنامه توسعه پنجم، برنامه‌ریزی ریاضی مثبت، مصرف نهاده‌های کشاورزی.

<sup>۱</sup>به ترتیب: دانشیار گروه اقتصاد کشاورزی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان (نویسنده مسئول)، دانشجوی دکتری اقتصاد کشاورزی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری و استادیاران موسسه پژوهش‌های برنامه‌ریزی، اقتصاد کشاورزی و توسعه روستایی

## مقدمه

امروزه رشد اقتصاد جهانی همراه با کاهش کیفیت محیط زیست، مقوله‌ی حفظ محیط زیست را در کانون توجه جهانی قرار داده است. به گونه‌ای که کشورها افزون بر سیاست‌ها و اقدام‌های درون مرزی، ساماندهی مسایل زیست‌محیطی را در حوزه‌ی بین‌الملل دنبال می‌کنند و کاهش آلودگی محیط زیست و دستیابی به اقتصادی همراه با محیط زیستی پاک به یکی از مباحث اصلی اقتصاد در طی دهه‌های اخیر تبدیل شده است. آلودگی آب و خاک از جمله مصادیق آلودگی محیط زیست است که با توسعه ناپایدار کشاورزی ارتباط نزدیک دارد (کوچکی، ۱۳۷۶). در بررسی پایداری، بیشینه کردن، یک هدف مطلق نیست، بلکه هدف بیشینه کردن ستانده‌ها و کمینه نمودن کاربرد نهاده‌ها (به طور نسبی و همزمان) است (لارا و میناسیان<sup>۱</sup>، ۱۹۹۹).

استان مازندران با توجه به موقعیت خاص جغرافیایی، خاک حاصلخیز، آب فراوان و تجمع شرایط مساعد طبیعی یکی از قطب‌های مهم کشاورزی ایران به شمار می‌آید. به طور کلی اقتصاد مازندران گذشته از برخی فعالیت‌های محدود صنعتی، اقتصادی متکی بر کشاورزی است. با توجه به اینکه فعالیت‌های کشاورزی ضمن اثرگذارهای سودمند، پیامدهای زیانباری نیز بر محیط زیست دارد، بنابراین تعیین الگوی کشت محصولات زراعی با تأکید بر سناریوهای کاهش مصرف کود، سم و آب می‌تواند گامی در جهت توسعه پایدار کشاورزی و جلوگیری از اثر گذارهای تخریبی نامتعادل مصرف بی رویه و نابهنگام این نهاده‌ها باشد. این استان در سال زراعی ۹۳-۱۳۹۲ به ترتیب با دارا بودن ۳۷ و ۴۶/۸ درصد از سطح برداشت اراضی زیر کشت برنج و شبدرد مقام نخست کشور را به خود اختصاص داده است. همچنین بیشترین میزان تولید رقم‌های مختلف شلتوک، شبدرد، محصولات زراعی دیم و نباتات علوفه‌ای دیم در کشور به ترتیب با ۳۸/۴، ۵۶/۹، ۱۱/۷۲ و ۴۵/۹۵ درصد متعلق به این استان می‌باشد. نگاهی به آمارها در سال زراعی یادشده نشان می‌دهد بیشترین عملکرد خیار دیم، هندوانه دیم، خربزه دیم، شبدرد دیم، کلزا دیم، نخود دیم، گندم دیم، جو دیم و علوفه دیم متعلق به این استان است (آمارنامه کشاورزی، ۱۳۹۳).

همین رتبه بالای مازندران در تولید محصولات زراعی، اتخاذ راهبردهای بهینه‌سازی مصرف نهاده‌ها را ضروری و بررسی پیامد سیاست‌های کشاورزی بر الگوی کشت کنونی در هر یک از شهرستان‌های این استان را حائز اهمیت می‌نماید. شهرستان آمل منطقه منتخب در این پژوهش می‌باشد. در سال ۱۳۹۳، تولید ۱۶۷۹۴۳ تن غلات (گندم، جو و شلتوک-برنج)، ۳۴ تن حبوبات

<sup>1</sup> Lara & Minasian

### تحلیل پیامدهای تغییر... ۳

تحلیل پیامدهای تغییر مصرف نهاده‌های تولید مطابق برنامه پنجم توسعه بر الگوی کشت محصولات زراعی شهرستان آمل

(لوبیا و عدس)، ۵۱۹۱ تن محصولات صنعتی (سویا و کلزا)، ۹۴۴۹ تن انواع سبزی و صیفی (سیب‌زمینی، گوجه‌فرنگی و سایر سبزیجات) و ۵۰۸۷۰ تن گیاهان علوفه‌ای (یونجه، شدر و سایر نباتات علوفه‌ای) گویای قابلیت‌های بالای این شهرستان در تولید محصولات زراعی است (سالنامه آماری استان مازندران، ۱۳۹۳).

بنابراین اهمیت کشاورزی مازندران و به طور خاص شهرستان آمل از یک سو و لزوم اتخاذ سیاست‌های زیست‌محیطی در بخش کشاورزی از سوی دیگر، ضرورت تحلیل پیامدهای این سناریوها را آشکار می‌سازد. در حال حاضر مدل‌های برنامه‌ریزی ریاضی تبدیل به یک وسیله مهم و با کاربرد گسترده در تحلیل سیاست‌های کشاورزی شده‌اند. در این مطالعه برای تدوین الگوی کشت از رهیافت برنامه‌ریزی ریاضی مثبت (PMP<sup>۱</sup>) استفاده می‌شود. یکی از برتری‌های این روش، توانایی این مدل‌ها در بررسی جزئی‌تر تأثیر سیاست‌ها در سطح مزرعه می‌باشد (پاریس و هاویت<sup>۲</sup>، ۱۹۹۸). در ادامه به اهم سیاست‌های کشاورزی پایدار مکتوب در برنامه پنجم توسعه پرداخته شده است.

الف) کاهش مصرف ماهانه آب کشاورزی (PMP1): در ماده ۱۴۱ قانون برنامه پنج ساله پنجم توسعه جمهوری اسلامی ایران (۱۳۹۴-۱۳۹۰) به کاهش سالانه یک درصدی مصرف آب در بخش کشاورزی به ویژه در دشت‌هایی با بیلان آب زیرزمینی منفی اشاره شده است؛ لذا سناریو کاهش یک درصدی در مصرف آب کشاورزی مد نظر قرار دارد.

ب) کاهش مصرف کودهای شیمیایی (PMP2): مطابق با ماده ۱۴۳ در بند «ز» قانون برنامه پنجم توسعه جمهوری اسلامی ایران کاهش ۳۵ درصدی مصرف کودهای شیمیایی از طریق ترویج استفاده از کودهای آلی و زیستی (ارگانیک) تا پایان برنامه مد نظر قرار گرفته است که در هر سال این میزان کاهش معادل ۷ درصد می‌باشد؛ لذا سناریو کاهش ۷ درصدی در مصرف هر یک از کودهای شیمیایی فسفات، ازته و پتاسه مد نظر قرار دارد.

ج) کاهش مصرف سموم دفع آفات (PMP3): طبق ماده ۲۸ قانون سازمان حفظ نباتات و ماده ۳۴ برنامه پنجم توسعه، این سازمان وظیفه نظارت بر باقیمانده سموم در مرحله تولید را بر عهده

<sup>1</sup> Positive Mathematical Programing

<sup>2</sup> Paris & Howitt

دارد که در سال ۱۳۹۰، ۹۷ درصد محصولات کشاورزی به کلی سالم، در ۲ درصد محصولات استفاده مجاز سم و تنها یک درصد استفاده بیش از حد سم گزارش شده است. بنابراین، این سازمان در زمینه اجرای طرح تولید محصول سالم و ارگانیک مطابق تکالیف برنامه پنجم کاهش یک درصدی سموم و ۱۰۰ درصد کردن سلامت محصولات را در اولویت قرار داده است؛ لذا سناریو کاهش یک درصدی در مصرف هر یک از سموم شیمیایی علف کش، حشره کش و قارچ کش مد نظر قرار دارد.

د) افزایش اشتغال (*PMP4*): طبق ماده ۲۳۴ بند «د» در راستای سیاست‌های کلی برنامه پنجم توسعه، دولت مکلف است اقدام لازم و ضروری را جهت کاهش نرخ بیکاری به هفت درصد در پایان برنامه انجام دهد. با استناد به سالنامه آماری استان مازندران نرخ بیکاری این استان در سال ۱۳۹۰ برابر با ۱۰/۲ درصد گزارش شده است، بنابراین افزایش ۳/۲ درصدی اشتغال تا پایان پنج سال مد نظر می‌باشد. بدین ترتیب سناریو افزایش ۰/۶۴ درصدی اشتغال مد نظر قرار دارد. ه) ادغام سناریوهای یادشده (*PMP5*): در این مدل، همه‌ی سناریوها به طور همزمان مد نظر قرار دارد.

تا کنون پژوهش‌های زیادی در داخل و خارج از کشور با استفاده از رهیافت برنامه‌ریزی ریاضی مثبت انجام شده است که به برخی از این مطالعات اشاره می‌شود.

بخشی و همکاران (۱۳۹۰) در مطالعه‌ای به تحلیل اثرات مختلف کاربرد سیاست‌های جایگزین قیمت‌گذاری آب و اعمال سناریوهای شبیه‌سازی شده شامل افزایش قیمت نهاده آب، مالیات بر نهاده‌های مکمل نهاده آب و مالیات بر محصول در دشت مشهد پرداختند. موسوی و قرقانی (۱۳۹۰) اثرات اعمال دو سناریو در رابطه با قیمت و مقدار آب مصرفی برای مدیریت تقاضای آب کشاورزی در شهرستان اقلید را بررسی کردند. کرامت زاده و همکاران (۱۳۹۰) به بررسی نقش بازار آب در تعیین ارزش اقتصادی آب کشاورزی در اراضی پایین دست سد شیرین دره در بجنورد اقدام کردند. رهنما و همکاران (۱۳۹۱) ارزش اقتصادی آب تحت سناریوهای کاهش در منابع آب و افزایش در قیمت آب برای دو گروه از بهره‌برداران (کمتر از ۵ هکتار) و (بیشتر از ۵ هکتار) در شهرستان قوچان را برآورد کردند. احمدزاده و همکاران (۱۳۹۲) پیامدهای افزایش قیمت گندم طی چهار سناریو بر الگوی کشت در شهرستان زابل را بررسی کردند. بوستانی و همکاران (۱۳۹۳) در پژوهشی پیامد افزایش قیمت آب و کاهش آب آبیاری در استان فارس را ارزیابی کردند. حسونود و همکاران (۱۳۹۳) اثر اعمال سیاست کاهش مقدار آب بر الگوی کشت شهرستان

## تحلیل پیامد های تغییر... ۵

نکا را مورد مطالعه قرار دادند. معین الدینی (۱۳۹۳) به مطالعه تأثیر تغییر قیمت آب زیر زمینی و سیاست‌های Quota بر الگوی کشت استان کرمان پرداخت. آق و همکاران (۱۳۹۴) الگوی کشت محصولات زراعی را با تأکید بر سیاست کاهش مصرف کود و آب در شهرستان بهشهر تعیین کردند.

هی و همکاران<sup>۱</sup> (۲۰۰۶) در مطالعه‌ای سیاست‌های جایگزین برای بهبود کارایی تخصیص آب آبیاری در مصر و مراکش را تحلیل کردند. اونات و همکاران<sup>۲</sup> (۲۰۰۷) به مقایسه اثرات سازو کارهای حمایتی مربوط به سیاست مشترک کشاورزی اتحادیه اروپا بر تولید کشتزارهای نمونه در منطقه‌ای از اسپانیا پرداختند. آزوارا و همکاران<sup>۳</sup> (۲۰۰۹) در پژوهشی به ارزیابی اقتصادی آب آبیاری در سه منطقه از ایالت کالیفرنیا اقدام کردند. کورتیگنانی و سورینی<sup>۴</sup> (۲۰۰۹) اثر سیاست‌های افزایش هزینه‌های آب، کاهش میزان آب مصرفی و تغییر قیمت محصول بر پذیرش روشهای کم آبیاری در ایتالیا را بررسی قرار کردند. فراگوسو و همکاران<sup>۵</sup> (۲۰۱۱) اثرات اقتصادی سیاست مشترک کشاورزی در زیست بوم مونتادو/دهسا در مدیترانه را بررسی کردند. هی و همکاران (۲۰۱۲) در مطالعه‌ای دیگر نتایج کاربرد روش به «اشتراک گذاری آب متناسب» در مقابل «تخصیص بر پایه‌ی رتبه» در کمان رودخانه‌ی حوضه‌ی فرعی در جنوب آلبرتا را تحلیل کردند. هاویت و همکاران (۲۰۱۲) به توصیف و معرفی مدل واسنجی جداگانه‌ی مدل‌های اقتصادی تولید کشاورزی و مدیریت آب در ایالت کالیفرنیا پرداختند. جانسون و همکاران<sup>۶</sup> (۲۰۱۴) پیامد تغییر اقلیم از طریق تغییر برون‌زا در الگوی عملکرد در کشور آلمان را بررسی کردند. یان و همکاران<sup>۷</sup> (۲۰۱۵) به مطالعه تأثیر توسعه شهرسازی بر تولید محصولات زراعی ملی و منطقه‌ای در چین پرداختند.

بررسی و ارزیابی مطالعات پیشین نشان می‌دهد، بیشتر آن‌ها به تحلیل اثر سیاست‌هایی می‌پردازند که در جهت مدیریت و توسعه پایدار منابع آبی اتخاذ شده‌اند. در این پژوهش ضمن در نظر گرفتن این سیاست، سعی شده است تأثیر سیاست‌های زیست‌محیطی شامل کاهش

<sup>1</sup> He et al.

<sup>2</sup> Onate et al.

<sup>3</sup> Azuara et al.

<sup>4</sup> Cortignani & Severini

<sup>5</sup> Fragoso et al.

<sup>6</sup> Jansson et al.

<sup>7</sup> Yan et al.

مصرف کودهای شیمیایی و سموم دفع آفات و سیاست اجتماعی شامل افزایش اشتغال نیز بر الگوی کشت شهرستان آمل بررسی شود.

### روش تحقیق

از آنجایی که یکی از هدفهای سیاست‌گذاران به ویژه سیاست‌گذاران و برنامه‌ریزان بخش کشاورزی آگاهی از نتایج اجرای سیاست‌های مختلف و واکنش کشاورزان به آن‌ها می‌باشد، لذا به دنبال مدل‌هایی هستند که بتواند با اطمینان بالایی آن‌ها را به این هدف برساند. همچنین برنامه‌ریزان بر این باورند که شبیه‌سازی واکنش احتمالی کشاورزان در برابر اجرای سیاست‌های مختلف، می‌تواند کمک مؤثری در جهت اتخاذ تصمیم‌های صحیح‌تر انجام دهد. روش مرسوم برای شبیه‌سازی تصمیم‌های تولیدکنندگان این است که الگویی را که محدودیت‌ها، فرصت‌ها و هدفهای شرایط موجود را منعکس می‌کند، ایجاد کرده و آنگاه با فرض‌های ناشی از اجرای سیاست مورد نظر حل شود. این روش که روش برنامه‌ریزی مثبت نامیده می‌شود توسط هاویت<sup>۱</sup> در سال ۱۹۹۵ به طور رسمی معرفی شد. آن گونه که از مطالعات گذشته بر می‌آید مدل برنامه ریزی ریاضی مثبت یکی از کارآمدترین مدل‌ها در تحلیل سیاستی مرتبط با الگوی کشت می‌باشد (بیسواس و همکاران<sup>۲</sup>، ۲۰۰۷؛ هاویت، ۲۰۰۵).

در مدل‌های PMP با این فرض که کشاورزان در شرایط موجود و با توجه به قیمت محصول نهاده‌ها و محدودیت‌های مورد نظر به طور بهینه عمل می‌کنند، سعی می‌شود تا با استفاده از یک تابع هدف غیرخطی و محدودیت‌های مورد نظر، سطوح مشاهده شده فعالیت‌ها باز تولید شود؛ زیرا محدودیت‌های بسیاری، در شرایط واقعی تصمیم‌گیران و تصمیم‌گیران را تحت تأثیر قرار می‌دهد که مدل‌ساز قادر به لحاظ همه‌ی آن‌ها در مدل نیست ولی کشاورز و تصمیم‌گیران در زمان تصمیم‌گیری در شرایط واقعی آن‌ها را در نظر می‌گیرند. به طور کلی مدل‌های PMP برای تحلیل سیاست‌ها در شرایط موجود سودمند می‌باشند (بیسواس و همکاران، ۲۰۰۷).

روش برنامه‌ریزی مثبت که یک روش تحلیل تجربی است و از همه‌ی اطلاعات شرایط موجود جهت ساختن الگوی کالیبره استفاده می‌کند، در وضعیتی که داده‌های سری زمانی اندک باشد

<sup>1</sup> Howitt

<sup>2</sup> Buysse et al.

## تحلیل پیامدهای تغییر... ۲

به ویژه در تحلیل‌های سیاستی منطقه‌ای و بخشی اهمیت ویژه‌ای دارد (آرفینی و همکاران<sup>۱</sup>، ۲۰۰۳؛ رهام<sup>۲</sup>، ۲۰۰۳).

در مدل اولیه PMP، برای رفع این مشکل فرض می‌شد که عناصر غیر قطری ماتریس مربوط به پارامترهای تابع هزینه درجه دوم صفر است و سپس این مسئله حل می‌گردید (آرفینی و پاریس، ۱۹۹۵؛ هکلی<sup>۳</sup>، ۲۰۰۲؛ هازل و نورتون<sup>۴</sup>، ۱۹۸۶). با این فرض تأثیراتی همچون، اثرات تناوبی که محصولات مختلف بر یکدیگر می‌گذارند نادیده گرفته می‌شد. پاریس و هویت استفاده از روش حداکثر آنتروپی را برای رفع این مشکل پیشنهاد کردند. با استفاده از این روش مشکل درجه آزادی منفی PMP حل گشته و می‌توان کل عناصر تابع هزینه غیر خطی مربوط به تابع هدف PMP را بدون نیاز به در نظر گرفتن هیچ فرضی برآورد کرد. در مطالعات زیادی سیاست‌های مختلف با استفاده از این روش تحلیل شده‌اند (محسنی و زیبایی، ۱۳۸۸).

در مدل برنامه‌ریزی ریاضی مثبت PMP، برخلاف مدل‌های هنجاری، برخی از پارامترها تعدیل یافته‌اند که به گونه‌ی دقیق بتوانند حالت پایه‌ی مفروض را بازسازی کنند. از آنجا که این نوع مدل‌ها داده‌های کنونی را بازسازی می‌کنند، روش مثبت (واقعی) نامیده می‌شوند. هدف عمده این نوع مدل‌ها، بیان واکنش‌های تولیدکنندگان به تغییرات خارجی می‌باشد که این امر باعث علاقه‌مندی سیاست‌گذاران به روش PMP شده است (قرقانی و همکاران، ۱۳۸۸). افزون بر این، برخلاف مدل‌های NMP<sup>۵</sup>، 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 که این مسئله نیز باعث محبوبیت PMP برای تحلیل سیاست شده است (بریتز و همکاران<sup>۶</sup>، ۲۰۰۳).

دیدگاه کلی در PMP استفاده از اطلاعات موجود در متغیرهای دوگان محدودیت‌های واسنجی است که جواب مسئله برنامه‌ریزی خطی را به سطح فعالیت‌های موجود محدود می‌کند. این مقادیر دوگان برای تصریح تابع هدف غیر خطی‌ای استفاده می‌شود که سطح فعالیت‌های مشاهده شده را بار دیگر با جواب بهینه مسئله برنامه‌ریزی جدیدی که بدون محدودیت واسنجی است

---

<sup>1</sup> Arfini et al.

<sup>2</sup> Rohm

<sup>3</sup> Heckeley

<sup>4</sup> Hazell & Norton

<sup>5</sup> Normative Mathematical Programming

<sup>6</sup> Britz et al.

بازسازی می‌کند (میر و همکاران<sup>۱</sup>، ۱۹۹۳). به‌طور کلی مدل‌های برنامه‌ریزی ریاضی شامل سه مرحله هستند. مرحله اول تبیین یک مدل برنامه‌ریزی خطی؛ مرحله دوم برآورد ضریب‌های تابع هدف غیر خطی و مرحله آخر تبیین مدل واسنجی شده و تحلیل سیاست. ساختار ریاضی برنامه‌ریزی ریاضی مثبت به صورت زیر می‌باشد (هاویت، ۲۰۰۵):

$$\begin{aligned} \text{Max } Z &= r'x - c'x \\ \text{s.t} \\ Ax &\leq b, \\ x &\leq \dot{x} + \varepsilon, \\ x &\geq 0 \end{aligned} \quad (1)$$

که در این رابطه  $Z$  مقدار تابع هدف،  $X$  بردار  $n \times 1$  از سطح فعالیت‌ها،  $r$  و  $c$  به ترتیب بردارهای  $n \times 1$  از درآمد و هزینه‌های هر واحد فعالیت،  $A$  ماتریس  $m \times n$  ضریب‌های فنی،  $b$  و  $\lambda_1$  به ترتیب بردار  $m \times 1$  از منابع در دسترس و مقادیر مربوط به آن‌ها،  $\dot{x}$  بردار  $n \times 1$  از سطح فعالیت‌های مشاهده شده،  $\varepsilon$  بردار  $n \times 1$  از انحرافهای مثبت کوچک که در مدل برای جلوگیری از وابستگی خطی بین محدودیت‌های منابع و محدودیت‌های واسنجی شده  $\lambda_2$  بردار  $n \times 1$  از مقادیر دوگان به محدودیت‌های واسنجی می‌باشند (هکلی، ۲۰۰۲). به‌طور معمول تابع هزینه درجه دوم به صورت زیر بیان می‌شود:

$$C^v(x) = a'x + \frac{1}{2}x'Qx \quad (2)$$

در رابطه شماره (۲)،  $a$  یک بردار  $n \times 1$  از پارامترهای مربوط به متغیر خطی و  $Q$  یک ماتریس نیمه معین مثبت متقارن  $n \times n$  از پارامترهای مربوط به متغیر درجه دوم می‌باشد. فرمول‌سازی درجه دوم تلویحاً نشان می‌دهد که هزینه‌های نهایی نسبت به سطح محصول افزایشی می‌باشد. پارامترهای  $a$  و  $Q$  به گونه‌ای تعیین می‌شوند که جواب برنامه‌ریزی غیر خطی با برنامه‌ریزی خطی رابطه (۱) برابر گردد. به عبارتی رابطه زیر برای هزینه نهایی صادق است که در این رابطه  $C$  هزینه‌های متغیر هر واحد فعالیت و  $\lambda_2$  هزینه نهایی منابع ثابت به کار گرفته می‌باشد (هکلی، ۲۰۰۲):

$$MC = \alpha + Q\dot{x} = c + \lambda_2 \quad (3)$$

<sup>1</sup> Meyer et al.



### تحلیل پیامد های تغییر... ۹

در مرحله سوم روش PMP، تابع هزینه غیر خطی برآورد شده در مرحله پیش، در تابع هدف مسئله مورد بررسی قرار داده شده و در یک مسئله برنامه ریزی غیر خطی شبیه به مسئله اولیه به استثنای محدودیت کالیبراسیون ولی همراه با دیگر محدودیت های کارکردی استفاده می شود:

$$\begin{aligned} \text{Max } Z &= r'x - d'x - \frac{1}{2} x'Qx \\ \text{s.t} & \\ Ax &\leq b, \\ x &\leq \hat{x} + \varepsilon, \\ x &\geq 0 \end{aligned} \quad (4)$$

اکنون مدل غیر خطی واسنجی شده رابطه شماره ۴ به طور صحیح سطوح فعالیت های مشاهده شده را در وضعیت پایه و مقادیر دوگان محدودیت های منابع باز تولید می کند و برای شبیه سازی تغییرات در پارامترهای مورد نظر آماده می باشد (پاریس، ۲۰۰۱).

در این مطالعه وضعیت کنونی شهرستان آمل واسنجی و تأثیر سناریوهای مختلف کشاورزی (PMP1 الی PMP5) بر روی مدل بررسی شد. واسنجی مدل با استفاده از یک تابع هدف غیر خطی طی سه مرحله انجام شد. در مرحله (۱) با اضافه کردن محدودیت های واسنجی به مجموعه محدودیت منابع، یک الگوی بهینه برنامه ریزی معمولی، مقادیر دوگان مربوط به محدودیت های یاد شده که بیانگر قیمت سایه ای محصولات تولید شده می باشد، محاسبه شد. در مرحله (۲) اطلاعات دوگان (قیمت سایه ای) به دست آمده در مرحله پیش برای برآورد پارامترهای تابع هدف غیر خطی هزینه استفاده شد به گونه ای که سطوح فعالیت مشاهده شده در دوره پایه توسط الگو غیر خطی یاد شده، بدون استفاده از محدودیت های واسنجی باز تولید شد. در مرحله (۳) تابع هزینه غیر خطی به همراه تابع تولید با کشش جانشینی ثابت برآورد شده در مرحله پیش در تابع هدف مدل قرار داده شد. تابع هدف غیر خطی یاد شده در یک مسئله برنامه ریزی غیر خطی همانند مسئله اولیه به استثناء محدودیت های واسنجی ولی همراه با سایر محدودیت های کارکردی مورد استفاده قرار گرفت.

محصولات انتخابی در این مدل نیز شامل غلات (برنج، گندم و جو)، حبوبات (عدس و لوبیا چیتی)، محصولات صنعتی (سویا و کلزا)، سبزی و صیفی (سیب زمینی و کاهو) و نباتات علوفه ای (یونجه و شبدر) است که در مجموع محصولاتی هستند که در این شهرستان کشت شده و یا امکان کشت دارند. همچنین محدودیت های وارد شده در الگو شامل محدودیت آب مصرفی، نیروی کار، سرمایه، خدمات ماشینی، سم، کود، زمین و سطح زیر کشت آبی می باشد. در ادامه

نتایج تأثیرات هر یک از سناریوهای زیر و اثرات آنها در ضمن ارائه مدل برنامه‌ریزی ریاضی مثبت ارائه شده است.

لازم به یادآوری است در این مطالعه اطلاعات درآمد و هزینه‌های کشاورزان در سال زراعی ۱۳۹۳-۱۳۹۲ مورد پرسش قرار گرفت و ۱۲۴ پرسشنامه تکمیل شد و سپس اطلاعات یاد شده استخراج و پردازش شد.

### نتایج و بحث

الگوی کشت کنونی شهرستان آمل و نتایج ناشی از برآورد الگوهای برنامه‌ریزی ریاضی مثبت تحت سناریوهای مختلف در جدول (۱) نمایش داده شده است. نتایج دال بر آن است که بیشتر سناریوهای اعمال شده چندان تأثیری بر نتایج ندارد؛ لذا از طریق تحلیل حساسیت کوچک‌ترین تغییری که مدل نسبت به آن عکس‌العمل نشان می‌دهد به دست آمده است. به طوری که در مدل (PMP1) کاهش ۵۳ درصدی در مصرف ماهانه آب لحاظ شد، زیرا کاهش کمتر از آن تغییری در مدل ایجاد نمی‌کرد. با توجه به وجود منابع آبی فراوان در این شهرستان این درصد قابل توجیه است. همچنین با اجرای این سناریو سطح زیر کشت محصولات آبی در جهت توسعه پایدار منابع آبی و کاهش مصرف آب بخش کشاورزی کاهش می‌یابد. بیشترین کاهش به ترتیب با ۳۷ و ۱۲ هکتار متعلق به محصولات برنج دانه بلند مرغوب و یونجه آبی می‌باشد.

در مدل (PMP2) کاهش ۷ درصدی در مصرف هر یک از کودهای شیمیایی فسفات، ازته و پتاسه لحاظ شد. با اجرای این الگو سطح زیر کشت بیشتر محصولات به دلیل محدودیت نهاده‌های کود شیمیایی کاهش می‌یابد، به طوری که کاهش ۵ درصدی در مجموع سطح زیر کشت این شهرستان مشاهده شد. همچنین در این سناریو بیشترین کاهش سطح زیر کشت به محصولات کلزا دیم و کاهو به ترتیب با ۷۶۳ و ۷۰۵ هکتار اختصاص دارد.

با اعمال سناریو کاهش یک درصدی در مصرف سموم در قالب مدل (PMP3) تغییری در میزان سطح زیر کشت محصولات این شهرستان ملاحظه نشد. از طریق تحلیل حساسیت کمترین کاهش که مدل نسبت به آن واکنش نشان می‌دهد، ۳۸ درصد کاهش مصرف سموم علف‌کش، حشره‌کش و قارچ‌کش است. با اعمال سناریوی کاهش ۳۸ درصدی در مصرف سموم در قالب مدل (PMP3) کاهش ۰/۵ درصدی در مجموع سطح زیر کشت این شهرستان مشاهده شد. بیشترین کاهش سطح زیر کشت مربوط به محصولات برنج دانه بلند مرغوب و کلزا دیم به ترتیب با ۱۱۱ و ۸۰ هکتار می‌باشد.

تحلیل پیامد های تغییر... ۱۱

جدول (۱) الگوی کنونی و مثبت شهرستان آمل

| الگوی کشت |        |        |        |        |                 | سطح                   | محصول                               |
|-----------|--------|--------|--------|--------|-----------------|-----------------------|-------------------------------------|
| PMP5      | PMP4   | PMP3   | PMP2   | PMP1   | سال ۹۱-<br>۱۳۹۰ | زیر<br>کشت<br>(هکتار) |                                     |
| ۳۱,۲۷۹    | ۳۱,۵۸۵ | ۳۱,۵۹۳ | ۳۱,۲۷۹ | ۳۱,۶۶۷ | ۳۱,۷۰۴          | X1                    | برنج دانه<br>بلند<br>مرغوب          |
| ۶,۳۵۱     | ۶,۵۴۲  | ۶,۶۰۱  | ۶,۳۵۱  | ۶,۶۰۸  | ۶,۶۲۰           | X2                    | برنج دانه<br>بلند پر<br>محصول       |
| ۶         | ۱۰     | ۱۰     | ۶      | ۱۰     | ۱۰              | X3                    | جو آبی                              |
| ۶۲        | ۸۰     | ۷۲     | ۶۲     | ۸۰     | ۸۰              | X4                    | جو دیم                              |
| ۷         | ۱۰     | ۹      | ۷      | ۱۰     | ۱۰              | X5                    | سویا بهاره<br>دیم                   |
| ۷۷۶       | ۸۰۵    | ۸۱۴    | ۷۷۶    | ۸۱۴    | ۸۱۵             | X6                    | سیب<br>زمینی آبی                    |
| ۹         | ۱۰     | ۱۰     | ۹      | ۱۰     | ۱۰              | X7                    | عدس آبی                             |
| ۱,۹۹۰     | ۲,۷۵۳  | ۲,۶۷۳  | ۱,۹۹۰  | ۲,۷۵۳  | ۲,۷۵۳           | X8                    | کلزا دیم                            |
| ۵,۰۹۶     | ۵,۸۰۱  | ۵,۷۵۰  | ۵,۰۹۶  | ۵,۸۰۱  | ۵,۸۰۱           | X9                    | کاهو                                |
| ۸         | ۱۰     | ۱۰     | ۸      | ۱۰     | ۱۰              | X10                   | گندم آبی                            |
| ۹         | ۱۰     | ۱۰     | ۹      | ۱۰     | ۱۰              | X11                   | لوبیا<br>چیتی آبی                   |
| ۴,۶۰۱     | ۴,۶۰۱  | ۴,۶۰۱  | ۴,۶۰۱  | ۴,۶۰۱  | ۴,۶۰۱           | X12                   | شبدر                                |
| ۲,۸۵۵     | ۳,۲۴۶  | ۳,۲۵۹  | ۲,۸۵۵  | ۳,۲۴۷  | ۳,۲۵۹           | X13                   | یونجه آبی                           |
| ۱۰        | ۱۰     | ۱۰     | ۱۰     | ۱۰     | ۱۰              | X14                   | برنج دانه<br>بلند<br>مرغوب-<br>شبدر |
| ۵۳,۰۵۹    | ۵۵,۴۷۲ | ۴۲۲,۵۵ | ۵۳,۰۵۹ | ۵۵,۶۳۱ | ۵۵,۶۹۳          |                       | جمع سطح زیر کشت<br>(هکتار)          |

ادامه جدول (۱) الگوی کنونی و مثبت شهرستان آمل

|                                  |           |           |           |           |           |
|----------------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| ۳,۲۴۹,۱۶۰                        | ۳,۲۵۴,۰۵۰ | ۳,۲۵۴,۰۹۰ | ۳,۲۴۹,۱۶۰ | ۳,۲۲۷,۳۱۰ | ۳,۲۵۴,۱۵۰ |
| بازده برنامه‌ای<br>(میلیون ریال) |           |           |           |           |           |

منبع: یافته‌های تحقیق

مدل (PMP4) نیز نسبت به افزایش اشتغال در بخش کشاورزی واکنشی نشان نداد؛ لذا کاهش نیروی کار لحاظ شد تا حساسیت محصولات مختلف نسبت به تغییرات نیروی کار بررسی شود. در نتیجه سناریو کاهش ۲۴ درصدی نیروی کار در بخش کشاورزی در هر ماه اجرا شد. این مقدار با تحلیل حساسیت به دست آمده است و مقادیر کمتر از آن تغییری در مدل ایجاد نمی‌نماید. با اجرای این سناریو سطح زیر کشت محصولات کاربر کاهش می‌یابد. نتیجه‌ی اجرای سناریوی کاهش ۲۴ درصدی نیروی کار در مدل (PMP4) نیز نشان می‌دهد بیشترین کاهش سطح زیر کشت به ترتیب با ۱۱۹ و ۷۸ هکتار به محصولات برنج دانه بلند مرغوب و پر محصول اختصاص دارد.

در نهایت همه‌ی سناریوها به ترتیب شامل کاهش یک، هفت و یک درصدی در میزان مصرف آب، کودهای شیمیایی و سموم دفع آفات و افزایش ۰/۶۴ درصدی اشتغال به طور همزمان لحاظ شد (PMP5) که با اجرای این سناریو، بیشترین کاهش سطح زیر کشت متعلق به محصولات برنج دانه بلند مرغوب و پر محصول به ترتیب با ۱۱۹ و ۷۸ هکتار است.

در ادامه میزان تغییرات سطح زیر کشت محصولات زراعی و بازده برنامه‌ای در هر یک از الگوهای برنامه‌ریزی ریاضی مثبت در مقایسه با الگوی کنونی منطقه بر حسب درصد در جدول (۲) نمایش داده شده است.

جدول (۲) مقایسه سطح زیر کشت محصولات بر حسب درصد

| الگوی کشت |      |      |      |      | تغییرات سطح زیر کشت (%) |
|-----------|------|------|------|------|-------------------------|
| PMP5      | PMP4 | PMP3 | PMP2 | PMP1 |                         |
| -۱        | -۰/۴ | -۰/۳ | -۱   | -۰/۱ | برنج دانه بلند مرغوب    |
| -۴        | -۱/۲ | -۰/۳ | -۴   | -۰/۲ | برنج دانه بلند پر محصول |
| -۴۰       | ۰    | ۰    | -۴۰  | ۰    | جو آبی                  |
| -۲۳       | ۰    | -۹/۵ | -۲۳  | ۰    | جو دیم                  |
| -۳۰       | ۰    | -۹/۳ | -۳۰  | ۰    | سویا بهاره دیم          |

تحلیل پیامد های تغییر... ۱۳

ادامه جدول (۲) مقایسه سطح زیر کشت محصولات بر حسب درصد

|      |        |        |      |      |                             |
|------|--------|--------|------|------|-----------------------------|
| -۵   | -۱/۳   | -۰/۱   | -۵   | ۰    | سیب زمینی آبی               |
| -۱۰  | ۰      | -۰/۸   | -۱۰  | ۰    | عدس آبی                     |
| -۲۸  | ۰      | -۲/۹   | -۲۸  | ۰    | کلزا دیم                    |
| -۱۲  | ۰      | -۰/۹   | -۱۲  | ۰    | کاهو                        |
| -۲۰  | ۰      | ۰      | -۲۰  | ۰    | گندم آبی                    |
| -۱۰  | ۰      | ۰      | -۱۰  | ۰    | لوبیا چیتی آبی              |
| ۰    | ۰      | ۰      | ۰    | ۰    | شیدر                        |
| -۱۲  | -۰/۴   | ۰      | -۱۲  | -۰/۴ | یونجه آبی                   |
| ۰    | ۰      | -۰/۴   | ۰    | ۰    | برنج دانه بلند مرغوب-شیدر   |
| -۵   | -۰/۴   | -۰/۵   | -۵   | -۰/۱ | تغییرات جمع سطح زیر کشت (%) |
| -۰/۲ | -۰/۰۰۳ | -۰/۰۰۲ | -۰/۲ | -۰/۵ | تغییرات بازده برنامه‌ای (%) |

منبع: یافته‌های تحقیق

نتایج جدول (۲) نشان می‌دهد در صورت اجرای هر یک از سناریوهای یک الی پنج به ترتیب کاهش ۰/۵، ۰/۲، ۰/۰۰۲، ۰/۰۰۳ و ۰/۲ درصدی در بازده برنامه‌ای این شهرستان نسبت به الگوی کنونی منطقه اتفاق می‌افتد که لزوم اجرای اقدام‌های حمایتی در جهت بهبود وضعیت معیشتی کشاورزان منطقه را آشکار می‌سازد. همچنین به‌رغم آنکه هیچ یک از محصولات از الگوهای PMP حذف نمی‌شوند، اما کاهش در میزان سطح زیر کشت برخی محصولات رخ می‌دهد؛ به‌طوری‌که بیشترین کاهش مجموع سطح زیر کشت را در مدل‌های PMP2 و PMP5 شاهد می‌باشیم.

به‌طور جزئی‌تر می‌توان به کاهش ۰/۴ و ۰/۳ درصدی در سطح زیر کشت محصولات یونجه آبی و برنج در سناریوی اول اشاره کرد. این کاهش نشان دهنده عملکرد مطلوب مدل می‌باشد زیرا این دو محصول آبی بیشترین مصرف آب را دارند و کاهش مقدار آب روی این دو محصول تاثیر دارد.

همچنین در سناریوی دوم که کاهش کودهای شیمیایی است، تا حدودی همه محصولات تحت تاثیر قرار می‌گیرند. بیشترین کاهش سطح زیر کشت به محصولات جو آبی و سویا بهاره دیم به ترتیب با ۴۰ و ۳۰ درصد تعلق دارد. این دو محصول نسبت به سایر محصولات مصرف کود زیادی

ندارند اما به این علت که بازده برنامه ای کمی دارند، ابتدا از مدل حذف می شوند تا کمبود کود شیمیایی جبران شود.

در سناریوی سوم که مربوط به کاهش سموم است، بیشترین کاهش در سطح زیر کشت محصولات جو دیم و سویا بهاره دیم به ترتیب با ۹/۵ و ۹/۳ درصد رخ داده است. این دو محصول نسبت به دیگر محصولات مصرف سم زیادی ندارند اما به این علت که بازده برنامه ای کمی دارند، ابتدا از مدل حذف می شوند تا کمبود سموم جبران شود.

در سناریوی چهارم که مربوط به کاهش نیروی کار است، محصولات برنج و سیب زمینی آبی بیشترین کاهش سطح زیر کشت را به ترتیب با ۱/۶ و ۱/۳ درصد از خود نشان داده‌اند، زیرا این دو محصول به نسبت سایر محصولات نیروی کار زیادتری نیاز دارند و کاهش نیروی کار بر روی این دو محصول تاثیر بیشتری دارد.

در نهایت در سناریوی پنجم که مربوط به اعمال هم زمان سناریوهای پیشین است، بیشترین کاهش سطح زیر کشت به محصولات جو آبی و سویا بهاره دیم به ترتیب با ۴۰ و ۳۰ درصد اختصاص دارد که دقیقا مشابه تغییرات سناریو دوم است. بنابراین مشخص می شود که تاثیر گذاری سناریو دوم که کاهش کود است بر سایر سناریوها غلبه دارد.

نگاهی به تغییرات سطح زیر کشت در همه سناریوها نیز نشان که بیشترین تاثیر را سناریوی کاهش ۷ درصدی کود شیمیایی داشته است اما همانگونه که در تحلیل سناریو دوم عنوان شد، این کاهش سطح زیر کشت، بر روی محصولاتی اعمال شد که بازده برنامه ای کمتری دارند، به همین علت است که تاثیر این سناریو بر روی بازده برنامه ای به اندازه سناریو اول که کاهش مقدار آب است، زیاد نیست.

### نتیجه‌گیری و پیشنهادها

در این مطالعه با استفاده از رهیافت برنامه‌ریزی ریاضی مثبت، آثار سیاست‌های زیست‌محیطی کاهش کودهای شیمیایی و سموم دفع آفات، استفاده بهینه از منابع آبی و افزایش اشتغال در زیر بخش زراعت شهرستان آمل طی پنج سناریو تحلیل شد. نتایج به آمده نشان می‌دهد که مدل برنامه‌ریزی ریاضی مثبت، به طور کامل در باز تولید مقادیر سال پایه موفق عمل می‌کند و همچنین می‌تواند تغییرات سطح زیر کشت را در صورت اعمال هر یک از سناریوها به خوبی نشان دهد. به عبارت دیگر نتایج دلالت بر آن دارد که کشاورزان با توجه به اثر سناریو بر درآمد نسبی

### تحلیل پیامدهای تغییر... ۱۵

محصولات، الگوهای رفتاری متفاوتی در واکنش به اتخاذ سناریوهای یاد شده نشان می‌دهند. در یک جمع بندی کلی از نتایج به دست آمده چند نکته قابل تأمل است:

در سال‌های اخیر بی‌توجهی به مسئله پایداری کشاورزی، سبب افزایش افت کیفیت آب و خاک شده است؛ لذا چنانچه این روند ادامه داشته باشد در آینده نزدیک افزون بر اثرات خشکسالی، با بحران منابع آب و پیامدهای آن رو به رو خواهیم شد. نتایج نشان می‌دهد که مقادیر کم در تغییر نهاده آب بر الگوی کشت بی‌تاثیر است، که این موضوع با توجه به پر آب بودن منطقه مورد مطالعه قابل توجیه است. اما کاهش بیشتر این نهاده بر محصولاتی تاثیر می‌گذارد که بازده برنامه‌ای بالایی دارند مانند برنج. این موضوع قابل تأمل است زیرا نشان می‌دهد که کم‌آبی مستقیماً درآمد زارعین را نشانه می‌گیرد و بر رفاه آنها تاثیر مستقیم دارد. از سوی دیگر محصول برنج از محصولات استراتژیک است که سیاستگذاری در مورد آن نگاهی عمیق‌تر را می‌طلبد. کشاورزان این شهرستان به سناریو دوم که بر گرفته از قانون برنامه پنجم توسعه جمهوری اسلامی ایران واکنش نشان می‌دهند و سطح زیر کشت و بازده برنامه‌ای کاهش می‌یابد، اما خوشبختانه کاهش بازده برنامه‌ای به اندازه کاهش سطح زیر کشت نمی‌باشد. علت این امر نیز انتخاب هوشمندانه مدل است. بدین ترتیب که محصولاتی را انتخاب نموده است که نسبت به سایرین بازده برنامه‌ای کمتری دارند هرچند مصرف کودشان متوسط است. چنانچه مدل محصولاتی را انتخاب می‌نمود که بیشترین مصرف کود را دارند کاهش بازده برنامه‌ای چشمگیرتر می‌شد. در خصوص این سناریو پیشنهاد می‌شود که برای رفع کاهش سطح زیر کشت محصولاتی جایگزین با مصرف کود کم در زمین‌های آزاد شده کشت شوند. از طرف دیگر می‌توان با اعمال ملاحظات زیست‌محیطی از طریق کاهش مصرف نهاده‌های شیمیایی و جایگزینی کودهای شیمیایی با کودهای آلی می‌توان کیفیت خاک را بهبود بخشید و در راستای کشاورزی پایدار گام برداشت.

عدم واکنش زارعین به سناریوی سوم را در این امر می‌توان جستجو نمود که در حقیقت آستانه تحریک پذیری مدل نسبت به کاهش میزان سموم بالاست بنابراین کاهش مصرف این نهاده در کوتاه مدت تأثیری بر سطح زیر کشت ندارد اما تأثیر افزایش بیماری‌ها و آفات چیزی است که در عمل مشخص می‌شود و در زمینه کاهش این نهاده حتماً لازم است از مشاوره کارشناسان بیماریهای گیاهی و آفات استفاده شود.

عدم واکنش کشاورزان منطقه نسبت به افزایش اشتغال، گویای آن است که افزایش فرصت‌های شغلی در بخش زراعت این شهرستان در شرایط موجود امکان پذیر نمی‌باشد که این موضوع کاملاً با تئوریهای توسعه همخوانی دارد. بنابراین در صورتی که نیروی کار اضافی در بخش زراعت به کار گرفته شود، اشتغال ایجاد شده دروغین بوده و پایدار نخواهد ماند؛ لذا پیشنهاد می‌گردد برنامه‌ریزان کشور به فکر ایجاد فرصت اشتغال در دیگر بخش‌های کشاورزی باشند. البته این نتیجه با روند معمول توسعه در بیشتر کشورها همخوانی دارد و در روند توسعه به طور معمول بخش کشاورزی نیروی کار خود را در اختیار دیگر بخش‌ها قرار می‌دهد.

آنگونه که از نتایج ملاحظه می‌شود، کلیه سناریوهای مربوط پایداری، به کاهش بازده برنامه‌های منجر می‌شوند. این امر کاهش رفاه کشاورزان را در پی خواهد داشت و وضعیت معیشتی آنان را با مخاطره روبرو می‌سازد، لذا پیشنهاد می‌گردد اقدام‌های حمایتی لازم در این راستا صورت پذیرد.

## منابع

- آق، م. جولایی، ر. کرامت زاده، ع. و شیرانی بیدآبادی، ف. (۱۳۹۴) تعیین الگوی کشت محصولات زراعی با تأکید بر سیاست کاهش مصرف کود و آب در استان مازندران (مطالعه موردی شهرستان بهشهر). نشریه مدیریت خاک و تولید پایدار، جلد ۵، (۳): ۲۴۷-۲۵۹.
- احمدزاده، ص. کینخا، ا. ع. کاوند، ح. و سرگزی، ع. (۱۳۹۲) تعیین برنامه زراعی با استفاده از رهیافت برنامه‌ریزی ریاضی مثبت (مطالعه موردی شهرستان زابل). مجله تحقیق در عملیات و کاربردهای آن، جلد ۱۰، (۳): ۵۱-۶۰.
- بخشی، ع. مقدسی، ر. و دانشور کاخکی، م. (۱۳۹۰) کاربرد مدل برنامه‌ریزی ریاضی مثبت به منظور تحلیل اثرات سیاست‌های جایگزین قیمت‌گذاری آب در دشت مشهد. مجله اقتصاد و توسعه کشاورزی، جلد ۲۵، (۳): ۲۸۴-۲۹۴.
- بوستانی، ف. محمدی، ح. و معین‌الدینی، ز. (۱۳۹۳) پیامد سیاست‌های افزایش قیمت آب و کاهش آب آبیاری در استان فارس (رهیافت برنامه‌ریزی ریاضی مثبت تصحیح شده). مجله مهندسی منابع آب، ۷: ۶۵-۷۸.
- حسنوند، و. حسونوند، م. جولایی، ر. و شیرانی بیدآبادی، ف. (۱۳۹۳) شبیه‌سازی رفتار کشاورزان با اعمال سیاست کاهش مقدار آب بر الگوی کشت با استفاده از روش برنامه‌ریزی ریاضی مثبت (PMP). فصلنامه روستا و توسعه، جلد ۱۷، (۴): ۷۱-۹۲.



### تحلیل پیامدهای تغییر... ۱۷

رهنما، ع. کهنسال، م. ر. و دوراندیش، آ. (۱۳۹۱) برآورد ارزش اقتصادی آب با استفاده از رهیافت برنامه‌ریزی ریاضی مثبت در شهرستان قوچان. *مجله اقتصاد کشاورزی*، جلد ۶، (۴): ۱۵۰-۱۳۳.

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*، جلد ۱، (۱): ۷۴-۵۷.

کرامت زاده، ع. چیدری، ا. ح. و شرزه‌ای، غ. ع. (۱۳۹۰) نقش بازار آب در تعیین ارزش اقتصادی آب کشاورزی با رهیافت برنامه‌ریزی ریاضی مثبت (PMP) (مطالعه موردی: اراضی پایین دست شیرین دره بجنورد). *مجله تحقیقات اقتصاد و توسعه کشاورزی ایران*، جلد ۲-۴۲، (۱): ۴۴-۲۹.

مرکز آمار ایران. سالنامه آماری استان مازندران، (۱۳۹۳). قابل دسترس در <http://amar.org.ir>.

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

وزارت جهاد کشاورزی (سال‌های ۹۱-۹۳). آمارنامه کشاورزی، دفتر آمار و فناوری اطلاعات، قابل دسترس در <http://maj.ir>.

Arfini, F., and Paris. Q. (1995) A positive mathematical programming model for regional analysis of agricultural policies. EAAE seminar, Ancona, Italy.

Arfini, F., Donati, M., and Paris, Q. (2003) A national PMP model for policy evaluation in agriculture using micro data and administrative information. In: Paper Presented at the International Conference Agricultural Policy Reform and WTO: Where Are We Heading? Italy, Capri, June 23-26.

Azuara, J. M., Harou, J. J., and Howitt, R. E. (2009) Estimating economic value of agricultural water under changing conditions and the effects of spatial aggregation. *Science of the Total Environment*, 1-10.

Britz, W., Heckelei, T., and Wolff, H. (2003) Symmetric Positive Equilibrium Problem: A Framework for rationalizing Economic Behavior with Limited Information: *Comment. Amer. J. Agric. Econ*, 85(4): 1078-1081.

Buysse, J., Van Huylenbroeck, G., and Lauwers, L. (2007) Normative, positive and econometric mathematical programming as tools for incorporation of multi-functionality in agricultural policy modelling. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, Vol. 120: 70-81.

- Cortignani, R., and Severini, S. (2009) Modeling farm-level adoption of deficit irrigation using Positive Mathematical Programming. *Agricultural Water Management*, 96: 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, *Universidade de Evora, Escola de Ciências Sociais*, 33(2): 311-327.
- Hazell, P. B. R., and Norton, R. D. (1986) *Mathematical Programming for economic analysis in agriculture*. Colli MacMillan Pub., London.
- 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.
- He, L., Horbulyk, T. M., Kamar Ali, Md., 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, *University of Tennessee, Knoxville*, 104: 21- 31.
- Heckelei, T. (2002) Calibration and estimation of programming models for agricultural supply analysis. Habilitation Thesis, University of Bonn, Germany.
- Howitt, R. E. (2005) *Agricultural and Environmental Policy Models: Calibration, Estimation and Optimization*, Dept of Agricultural and Resource Economics. University of California, Davis, USA.
- Howitt, R. E., Azuara, J. M., MacEwan, D., and Lund, J. R. (2012) Calibrating disaggregate economic models of agricultural production and water management. *J. Sci. Environ. Model & Software* 38 University of California, Davis, California, 244-258.
- Jansson, T., Heckelei, T., and Gocht, A. (2014) Analyzing impacts of changing price variability with estimated farm risk-programming models. Paper prepared for presentation at the EAAE congress “Agri-food and rural innovations for healthier societies”, 1-12.
- Lara P., Minasian I.S. (1999) Fractional programming: A tool for the assessment of sustainability, *Agricultural System*, 62: 131-141.
- Meyer, S. J., Hubbard, K. G., and Wilhite, D. A. (1993) A crop- specific drought index for corn: I. *Model development and validation*. *Agron. J*, 85: 388-395.
- Moinoddini, Z. (2014) Impact of Irrigation Groundwater Price and Quota Policies in Changing Cropping Patterns in the Province Kerman in Iran. *International Journal of Advanced Biological and Biomedical Research*, 2322-4827.
- Onate, J. J., Tance, I., Bardaj, I., and Llusia, D. (2007) Modeling the effects of alternative CAP policies for the Spanish high-nature value cereal-steppe farming systems. *Agricultural Systems*, 94: 247–260.
- Paris, Q., and Howitt, R. E. (1998) An analysis of ill-posed problems using maximum entropy. *Amer. J. Agric. Econ*, 80:124–138.

تحلیل پیامدهای تغییر... ۱۹

Paris, Q. (2001) Dynamic positive equilibrium problem. Working paper, No. 01-005, Department of Agricultural and Resource Economics University of California Davis.

Rohm, O., and Dabbert, S. (2003) Integrating agri-environmental programs into regional production models: an extension of Positive Mathematical Programming. *Am. J. Agr. Econ*, 85: 254–265.

Yan, T., Wang, J., and Huang, J. (2015) Urbanization, agricultural water use, and regional and national crop production in China. *Ecological Modeling*, 1-10.