اصلاح الگوی کشت زیربخش زراعت شهرستان دماوند و بررسی تاثیر کاهش منابع آب بر آن با استفاده از الگوی برنامه‌ریزی ریاضی اثباتی با رویکرد اقتصادسنجی (POLS)

حسین حاجی‌میرزا، غلامرضا پیکانی ماچیانی[1]
hosein.hajimirza@ut.ac.ir

چکیده

با توجه به بیان اهمیت طراحی و تبیین الگوی کشت مبتنی بر مقدار بهینه عملکرد و مصرف نهاده‌ها در برنامه ششم توسعه، در این پژوهش سعی بر بهینه‌سازی عملکرد و میزان مصرف نهاده‌های آب، نیروی کار ماشینی، کارگر، کودها و سموم شیمیایی در زیر بخش زراعت شهرستان دماوند با استفاده از روش برنامه‌ریزی ریاضی غیرخطی اثباتی بر مبنای اقتصادسنجی (POLS) شده است. براین اساس ابتدا زارعین براساس تابع عملکرد درجه سوم خوش‌فرم مقعر و مبتنی بر قانون بازدهی نزولی نهاده‌ها، برآوردی به کمک روش POLS همگن شده، سپس تابع سود غیرخطی درجه سوم گروه‌های مختلف تشکیل و عملیات بهینه‌یابی صورت گرفت. نتایج این بهینه‌یابی بیان‌گر لزوم کاهش مصرف نهاده‌های نیروی کار ماشینی و کارگر برای همه گروه–محصولات گندم و جو بود. براین اساس تغییر تکنولوژی برداشت این محصولات و استفاده از کمباین توصیه شد. همچنین محصول کلزا کمترین اختلاف بین مقادیر بهینه و فعلی مصرف نهاده‌ها را داشت. در گام بعدی سناریو کاهش ۲۵ درصدی منابع آب براساس اطلاعات سیمای آب استان تهران بر الگو اعمال شد. که با توجه به افت عملکرد گروه –محصولات گندم یک، کلزا، لوبیا و گروه یک و دو جو، به ترتیب به میزان ۱۸، ۱۳، ۱۰، ۶ و ۱۱ درصد توسعه شیوه‌های نوین آبیاری در این مزارع توصیه می‌شود.

طبقه‌بندی JEL: L23,M11,C61.

واژه‌های کلیدی: الگوی کشت، مصرف بهینه نهاده‌ها، برنامه‌ریزی ریاضی مثبت،POLS، دماوند.

۱ـ به ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد و دانشیار گروه اقتصاد کشاورزی دانشگاه تهران

مقدمه

بخش کشاورزی ایران با اختصاص ۱۰/۷ درصد از تولید ناخالص داخلی سال ۱۳۹۵ به خود، دارای سهم کوچک اما تاثیرگذاری است. امنیت غذایی، تنش‌های سیاسی بین‌المللی و مساله اشتغال از موضوعاتی است که اهمیت تولیدات این بخش را دو چندان می‌کند. بندهای ششم و هفتم سیاست‌های کلی اقتصاد مقاومتی نیز، به موضوع تأمین امنیت غذا و درمان و ایجاد ذخایر راهبردی با تأکید بر افزایش کمی و کیفی تولید پرداخته است. برای رسیدن به اهداف کیفی ذکر شده، در بندهای ششم و هفتم برنامه ششم توسعه، مواردی نظیر طراحی و اجرای الگوی کشت بهینه درجهت افزایش تولید و عملکرد محصولات زراعی راهبردی، بهینه‌سازی مصرف نهاده‌ها مطرح شده است. بهینه‌سازی الگوی کشت، بسترساز بهره-وری بیشتر است و می‌توان با طراحی و اجرای الگوی کشت بهینه در قالب برنامه‌ای مشخص به منظور مدیریت بهینه ترکیب مکانی زراعی با توجه به فرصت‌ها و تهدیدهای اقلیمی و منطقه‌ای، منابع و نهاده‌های در دسترس، مسائل اقتصادی، عوامل فرهنگی و اجتماعی، تکنولوژی نوین و دانش بومی کشاورزان، بسیاری از مشکلات در زمینه تولید محصولات زراعی را مرتفع ساخت. بنابراین به نظر می‌رسد با بهینه‌سازی الگوی کشت، می‌توان زمینه افزایش تولید و درآمد، ایجاد اشتغال و کاهش فقر حاکم بر مناطق روستایی را فراهم آورد (بنی‌اسدی و ورمزیاری،۱۳۹۳). البته حرکت در این راستا، با چالش‌های مختلفی روبروست، که از آن جمله کاهش بارندگی، اضافه برداشت و افت منابع آبی تهدیدی بسیار جدی محسوب می‌شود. مساله‌ای که در سال‌های اخیر بیش از پیش مورد توجه مسئولین و افکار عمومی بوده است. همچنین استفاده نامناسب و غیربهینه از نهاده‌های تولیدی موجب افزایش هزینه‌ها و ضرر و زیان زارعین می‌شود. زراعت شهرستان دماوند هم از این قاعده مستثنی نبوده و چالش‌های ذکر شده تهدیدی برای منافع زارعین منطقه محسوب می‌شود. بنابراین افزایش بهره‌وری و پیش‌بینی تاثیر کاهش منابع آب بر تولیدات زراعی شهرستان از اهمیت فراوانی برخوردار است. واضح و مبرهن است که تاثیر این محدودیت‌ها، بر محصولات و همچنین بر زارعین مختلف یکسان نیست. بر این اساس، برای تعیین مقادیر بهینه مصرف نهاده‌ها و تحلیل تاثیر کاهش منابع آب، استفاده از معیاری که بتواند کشاورزان همگن را با دقت هر چه بیشتر از هم تفکیک کند، بسیار مهم بوده، که این امر موجب افزایش اعتماد به نتایج به منظور تعمیم‌دهی به سطح منطقه خواهد شد. مسائل ذکر شده، با عناوین و اهداف مختلف موضوع مطالعات داخلی و خارجی متنوعی بوده است. در این راستا، نادری‌مهدیی و همکاران (۱۳۹۳) به بررسی و تعیین الگوی کشت بهینه شهرستان بهار با استفاده از یک مدل برنامه‌ریزی ریاضی خطی پرداختند. نتایج حاکی از آن بود بعد از بهینه‌یابی، بازده برنامه‌ای به میزان ۸/۴۴ درصد، هزینه‌های سرمایه‌گذاری۲/۹۴

درصد، مصرف کود شیمیایی ۳/۰۵ درصد و مصرف سموم افزایش ۰/۸۸ درصد افزایش و مصرف آب ۱/۹۹ درصد کاهش یافته است. البته استفاده از مدل‌های برنامه‌ریزی ریاضی خطی نتایج هنجاری و به دور از واقعیت در پی دارد که موجب از دست رفتن اطلاعات اقتصادی مفیدی خواهد شد. بنابراین استفاده از مدل‌های برنامه‌ریزی ریاضی غیرخطی و اثباتی نتایج عملی‌تری ارائه خواهد داد. بر این اساس شیرماهی و همکاران (۱۳۹۳) به بررسی اثر حذف یارانه کودهای شیمیایی بر الگوی کشت زراعت شهرستان ری پرداختند. در این مطالعه از الگوی برنامه‌ریزی ریاضی مثبت (PMP)[۱] و روش حداکثر آنتروپی (ME)[۲] استفاده شد. در این پژوهش کشاورزان، بر اساس سطح زیر کشت به چهار گروه همگن تقسیم شدند، و اثر حذف یارانه‌ها از طریق تغییر قیمت کودهای فسفر، ازت و پتاس مورد بررسی قرار گرفت. نتایج این پژوهش نشان از کاهش سطح زیر کشت همه محصولات در گروه‌های اول و دوم داشت. در گروه سوم گندم و گل کلم و در گروه چهارم سطح زیر کشت جو افزایش یافت. همچنین بازده برنامه‌ای و مصرف نهاده‌ها با کاهش روبرو شد. جهانگیرپور و همکاران (۱۳۹۴) نیز در پژوهشی به بررسی اثر حذف یارانه حامل‌های انرژی بر الگوی کشت زراعی حوضه آبریز مهارلو-بختگان با استفاده از مدل برنامه‌ریزی ریاضی مثبت تحت رویکرد تابع هزینه غیرخطی درجه دوم پرداختند. با اعمال ۶ سناریو، نتایج حاکی از کاهش سطح زیر کشت تمامی محصولات بود. در حالی که افزایش قیمت همین محصولات می‌تواند افزایش هزینه‌ها را جبران کرده و به افزایش سطح زیر کشت و افزایش سود ناخالص تولید منجر شود. و از آن جایی که کشاورزان تحت این مدل با هدف حداکثرسازی سود الگوی کشت را انتخاب می‌کنند، در برخی موارد با افزایش قیمت‌ها، محصولات زراعی آب‌بر جایگزین محصولات با نیاز آبی، قیمت و سوددهی کمتر شده و بدون افزایش در میزان برداشت آب سود ناخالص افزایش خواهد یافت. همچنین گندم در تمام سناریوها با کاهش سطح زیر کشت روبرو بود اما همچنان کشت غالب الگو محسوب می‌شد. در آخر پیشنهاد کردند، سیاست گذار این موارد را مدنظر قرار دهد تا با هدایت الگوی کشت به سمت محصولات با نیاز آبی کمتر، منابع آب هم حفظ شود. همچنین مظفری (۱۳۹۴)، در پژوهشی تحت عنوان تعیین برنامه سیاستی مناسب برای حفاظت منابع آب در دشت قزوین، از مدل PMP با رهیافت تابع تولید کشش جانشینی ثابت استفاده کرد. سیاست‌های اعمال شده شامل افزایش قیمت آب آبیاری و کاهش منابع آب در دسترس بوده و نتایج حاکی از صرفه‌جویی در مصرف آب تحت هر دو سناریو بود. اما بازده برنامه‌ای با به کارگیری سیاست کاهش آب آبیاری و افزایش قیمت آب به ترتیب ۱۵/۹۴ و ۲۷/۶۱

۱. Positive Mathematical Programing

۲. Maximum Entropy

درصد کاهش داشت. همچنین بهره‌وری اقتصادی آب آبیاری در شرایط اعمال سیاست‌های فوق به ترتیب ۰/۴۳۵ تا ۰/۳۱۱ و ۰/۴۳۴ تا ۰/۲۳۰ بود. که در نهایت با توجه به کاهش کمتر در بازده برنامه‌ای و بهره‌وری اقتصادی بیشتر آب، درسناریوی کاهش آب آبیاری در دسترس این سیاست برای حفاظت از منابع آب سطحی و زیرزمینی دشت قزوین توصیه شد. مطالعات خارجی نیز بیان‌گر اهمیت موضوعات ذکر شده بود. برای مثال کورتینانی و سورینی[۱] (۲۰۰۹) با استفاده از مدل برنامه‌ریزی ریاضی مثبت به بررسی تاثیر افزایش هزینه تامین آب، کاهش آب قابل دسترس و تغییر در قیمت محصولات کشاورزی با در نظر گرفتن تکنولوژی کم آب‌بر، بر الگوی کشت در منطقه‌ای در کشور ایتالیا پرداختند. نتایج این مطالعه نشان داد که افزایش هزینه‌های آب انگیزه‌ای برای پذیرش تکنولوژی کم آب‌بر ایجاد نمی‌کند، ولی کاهش میزان آب قابل دسترس یا افزایش قیمت محصولات آبی می‌تواند در پذیرش تکنولوژی کم آب‌بر مؤثر باشد. فراگوسو و همکاران (۲۰۱۱) در پژوهش دیگری تاثیر اقتصادی سیاست مشترک کشاورزی (CAP)[۲] را بر اکوسیستم مدیترانه‌ای منتادو و دهسا[۳] بررسی کردند. جداسازی پرداخت‌های تحت سیاست مشترک کشاورزی، تصمیمات تولیدی و تخصیص منابع را به سمت قیمت‌های بازار و مزایای رقابتی هدایت می‌کند. هدف آنان ارزیابی اثرات CAP بر اکوسیستم سنتی مونتادو و دهسا از نظر درآمد، زمین، نیروی کار و سرمایه بود. آن‌ها با استفاده از مدل PMP به این نتیجه دست یافتند که جداسازی پرداخت‌ها، اثر منفی اقتصادی بر فعالیت‌های کشاورزی و استفاده از منابع داشته است. بنابراین نتایج، توصیه کردند فعالیت‌ها و سیاست جایگزینی، در مناطق روستایی اروپای غربی ترویج شود. و یا قریشی و همکاران[۴] (۲۰۱۴) که به کمک یک مدل برنامه‌ریزی ریاضی مثبت توسعه یافته، به ارزیابی تاثیرات خشکسالی بر حوضه موری-دارلینگ[۵] استرالیا پرداختند. طبق ادعای آنان این مدل چند دوره‌ای ضمن دقت بیشتر، دارای ظرفیت پیش‌بینی قدرتمندی بوده و در ارزیابی تاثیرات اقتصادی تغییر آب و هوا، گزینه‌های سازگار با کشاورزان و یا سیاست‌های آب از جمله بازارهای آب و بهبود بهره‌وری مفید است.

پژوهش‌های ذکر شده با استفاده از مدل‌های برنامه‌ریزی اثباتی نتایج قابل توجهی در پی داشت. اما عمدتاً به تاثیر سیاست‌های مختلف بر الگوی کشت تاکید داشت. در صورتی که مصرف بهینه نهاده‌ها برای دست‌یابی به عملکرد و تولید

---

۱. Cortignani, and Severini

۲. Common agricultural policy

۳. Montado and dehesa

۴. M. Ejaz Qureshi et al

۵. Murray–Darling

بهینه نیز هدفی مهم در راستای برنامه‌های کلان کشور و نیاز منطقه است. ضمن این که همگن‌سازی زارعین براساس معیاری دقیق و تمیز دهنده زارعین از هم کمتر مورد توجه بوده است. همچنین الگوهای استفاده شده در این پژوهش‌ها براساس اطلاعات میانگین نمونه ایجاد شده و در توضیح رفتار تک تک زارعین قاصر است. در این پژوهش سعی شده تا با استفاده از یک الگوی برنامه‌ریزی غیرخطی درجه سوم تحت رویکرد اقتصاد سنجی این مشکلات حل و الگوی کشت زیربخش زراعت شهرستان دماوند اصلاح شود. شهرستان دماوند در ۴۵ کیلومتری شرق تهران قرار گرفته است. به طور کلی متوسط بارندگی سالیانه شهرستان ۳۲۰ میلی‌متر است. شهرستان دماوند رتبه اول تولید محصولات کشاورزی در استان تهران را در اختیار دارد، مقدار تولید محصولات زراعی، باغی و دامی در مجموع ۳۴۰۳۳۱ تن است که شامل ۵۰۲۸۷ تن محصولات زراعی، ۲۴۸۸۵۰ تن محصولات باغی و ۴۱۱۹۳ تن تولیدات دامی و آبزیان می‌باشد (جهاد کشاورزی شهرستان دماوند). بر این اساس تولیدات باغی ۷۳ درصد، محصولات زراعی ۱۵ و دامی و آبزیان ۱۲ درصد کل تولید کشاورزی شهرستان را به خود اختصاص داده‌اند. اگر چه زراعت سهم کوچکی از این بین دارد، اما وجود محصولات راهبردی در الگوی کشت شهرستان موجب اهمیت بررسی و تحلیل این زیربخش در سطح منطقه می‌شود. از میان شش محصول عمده کشت شده در سطح شهرستان، گندم، جو، سیب‌زمینی، حبوبات (لوبیا) و کلزا جزء محصولات راهبردی قید شده در برنامه ششم توسعه هستند.

مواد و روش‌ها

موضوع علم اقتصاد تخصیص منابع محدود بین نیازهای نامحدود بشر است. انسان همواره با مساله انتخاب و تخصیص روبروست. برای این که تصمیمات این عرصه کارآمدتر شود از مدل‌های اقتصادی و به صورت جزیی‌تر از مدل‌های برنامه‌ریزی ریاضی استفاده می‌شود.. برای طبقه‌بندی این مدل‌ها معیارهای گوناگونی وجود دارد. در یک تقسیم‌بندی بر اساس تحلیل سیاست‌ها، به مدل‌های نرماتیو (NMP)[۱]، مدل‌های اثباتی با رویکرد حداکثر آنتروپی (PMP)، مدل‌های برنامه‌ریزی ریاضی تحت رویکرد اقتصادسنجی (EMP) و مدل‌های برنامه‌ریزی اثباتی تحت روش POLS تقسیم می‌شوند. در مدل‌های برنامه‌ریزی خطی (هنجاری)، تابع هدف خطی بوده و کلیه محدودیت‌های ساختاری دارای ضرایب فنی ثابت و قطعی و دارای مشخصات تابع تولید لئونتیف است که در آن امکان جانشینی نهاده‌های تولیدی وجود ندارد، و منحنی‌های محصول یکسان پلکانی می‌باشد. همچنین توابع عرضه محصولات و تقاضای نهاده‌ها نیز پلکانی شکل بوده و تغییرات کامل قیمت

۱. Normative Mathematical Programing

محصولات و نهاده‌ها را دربرنمی‌گیرد. تجزیه و تحلیل اقتصادی در این مدل‌ها به صورت هنجاری مطرح است که در توصیه‌های اقتصادی مبتنی بر رفتار اقتصادی زارعین اطلاعات مفیدی از دست خواهد رفت. همچنین مدل‌های برنامه‌ریزی ریاضی مثبت تحت رهیافت حداکثر آنتروپی ارائه شده توسط هاویت و همکاران به صورت غیرخطی تصریح شده است. این مدل‌ها تحت دو رهیافت تابع هزینه متغیر درجه دوم و تابع تولید غیرخطی با روش حداکثر آنتروپی صورت گرفته‌اند. اگرچه این روش بسیار متداول و فراگیر است، اما استفاده از زارع نماینده‌ای که از میانگین اطلاعات زارعین گروه ایجاد شده، برای برآورد تابع موجب تصریح تابعی می‌شود که نماینده مناسبی برای تک تک کشاورزان نیست و رفتار آن‌ها را به خوبی توضیح نمی‌دهد. گروه سوم نیز مدل‌های برنامه‌ریزی تحت رویکرد اقتصادسنجی هستند. به این صورت که، مدل‌های اقتصادی (توابع تولید، هزینه و غیره) با استفاده از روش حداقل مربعات (OLS)[1] یا روش حداقل مربعات احتمالاتی (POLS)[2] برآورد می‌شود و سپس تحت یک تابع سود به همراه محدودیت‌های ساختاری از نوع لئونتیفی و یا تخصیصی، مقادیر بهینه متغیرهای تصمیم تعیین می‌شود. تجزیه و تحلیل‌های سیاستی هم با اعمال سناریوهای مختلف حاصل می‌شود. البته استفاده از روش OLS معمولی نیز معایبی نظیر مشکل درجه آزادی و علائم ناصحیح برای پارامترهای تخمینی در پی دارد، که استفاده از این روش را عملاً غیر ممکن می‌سازد. در این صورت با استفاده از روش POLS می‌توان بر این مشکلات فائق آمد. تابع برآوردی با روش POLS توان توضیح رفتار همه زارعین نمونه را با دقت بالا و جز پسماند بسیار کوچک دارد. در این حالت تابع برآورد شده نماینده متوسط همه زارعین است، به طوری که این خط از میانگین $\bar{X}$ و $\bar{Y}$ مشاهدات می‌گذرد و میزان خوبی برازش نیز با معیارهای حداقل SSE و R^2 سنجش می‌شود (حسین‌پور ، ۱۳۹۵). و این که برای چنین خطی بررسی $\hat{e}_i = Y_i - \hat{Y}_i$ برای هر مشاهده ضروری است. برعکس در مدل آقای هاویت $\hat{e}_i = \hat{\bar{Y}} - \hat{\bar{Y}}_i$ مطرح است و اصولاً توجهی به همه مشاهدات ندارد. در حالی که نتیجه منطقی آن است که تابع برآوردی خوش فرم بوده و نماینده تک‌تک اعضای نمونه باشد. روش رگرسیونی POLS در واقع همان روش حداقل مربعات معمولی OLS است که تحت رهیافت حداکثر آنتروپی با توزیع احتمالاتی و میانگین انتظاری[3]ایجاد می‌شود. در این روش سعی شده است با حداکثرسازی تابع هدف شانون و با استفاده از نقاط کمکی[4]، پارامترهای مدل اقتصادی و در نتیجه مدل آماری، با احتمال بیشترین اطلاعات برآورد شود. در مواقع وضعیت بد که تعداد پارامترهای یک مدل بیش از تعداد مشاهدات آماری است یا وقتی که مشکلات عدم صحیح

[1]. Ordinary least square
[2]. Probabilistic ordinary least square
[3]. Expected Value
[4]. Support point

بودن علائم پارامترها[1] وجود دارد، و نیز هنگامی که پارامترها ذاتاً غیرخطی[2] هستند، روش POLS به بهترین وجه کاراست. به طور کلی برآورد یک تابع درجه سوم خوش فرم که شرایط قانون بازدهی نزولی را برای همه نهاده ها فراهم سازد، به شرح زیر است.

$$\begin{aligned} MAX \quad H(\beta_0,...,\beta_K) = & -P_{\beta_{01}}.LOG(P_{\beta_{01}}) - ... - P_{\beta_{0m}}.\mathrm{LOG}(P_{\beta_{0m}}) \\ & -P_{\beta_{11}}.LOG(P_{\beta_{11}}) - ... - P_{\beta_{1m}}.\mathrm{LOG}(P_{\beta_{1m}}) \\ & . \\ & . \\ & . \\ & -P_{\beta_{k1}}.LOG(P_{\beta_{k1}}) - ... - P_{\beta_{km}}.\mathrm{LOG}(P_{\beta_{km}}) \\ & -(\sum_{i=1}^{n} u_i^2) \end{aligned} \qquad (۱)$$

توزیع احتمالاتی مربوط به نقاط کمکی سایر پارامترها $(\beta_0,.....,\beta_k)$ برای هر یک از متغیرهای توضیحی به همین شکل ایجاد می‌شود. با این شرایط مجموع توان دوم پسماندها در هر نوع شکل تابعی حداقل خواهد شد. شرایط مرتبه اول این تابع با فرم حاضر آن بصورت محدودیت با توجه به تعداد مشاهدات آماری می‌بایستی به مدل تحمیل شود تا پشتیبان نقاط کمکی در نظر گرفته شده باشد. در صورتی که مدل اقتصادی مدنظر نوعی تابع تولید درجه سوم بدون عرض از مبدا، نظیر آن چه در این پژوهش استفاده شده است، باشد. میانگین انتظاری و نقاط کمکی و مقادیر احتمالات آن‌ها به صورت زیر خواهد بود.

$$\begin{aligned} & s.\mathrm{t} \\ & \sum_{i=1}^{n}(\mathrm{X}_i + \beta_j X_j^{\ 2} + \beta_k X_k^{\ 3} \pm u_i) = Y_i \\ & i = 1,...,\mathrm{n} \\ & \mathrm{i} \neq \mathrm{j}\ ,\ \mathrm{j} = 1,...,\mathrm{n} \\ & \mathrm{j} \neq \mathrm{k}\ ,\ \mathrm{k} = 1,...,\mathrm{n} \end{aligned} \qquad (۲)$$

[1]. Wrong signs for estimated parameters
[2]. Intrinsically non-linear parameters

$$\beta_{11}.P_{\beta_{11}}.(\frac{Y_i}{X_i})+...+\beta_{1m}.P_{\beta_{1m}}.(\frac{Y_i}{X_i})=\beta_1 \quad (۳)$$

$$\beta_{21}.P_{\beta_{21}}.(\frac{Y_i}{X_i^2})+...+\beta_{2m}.P_{\beta_{2m}}.(\frac{Y_i}{X_i^2})=\beta_2$$

$$\beta_{31}.P_{\beta_{31}}.(\frac{Y_i}{X_i^3})+...+\beta_{3m}.P_{\beta_{3m}}.(\frac{Y_i}{X_i^3})=\beta_3$$

.

.

.

$$\beta_{k1}.P_{\beta_{k1}}.(\frac{Y_i}{X_i^k})+...+\beta_{km}.P_{\beta_{km}}.(\frac{Y_i}{X_i^k})=\beta_k$$

جمع احتمالات مربوط به نقاط کمکی پارامترها هم باید برابر با ۱ باشد. و در انتها ضریب تعیین و ضریب تعیین تعدیل شده با استفاده از فرمول‌های چهار و پنج محاسبه خواهد شد. همچنین در صورتی که تابع برآورد شده فاقد عرض از مبدا باشد از فرمول شش استفاده می‌شود.

$$R^2=1-\frac{SSE}{\sum_{i=1}^{n}Y_i^2-N.(\hat{Y})^2} \quad (۴)$$

$$adj\ R^2=1-\frac{(n-1)}{(n-k-1)}.(1-R^2) \quad (۵)$$

$$R^2=1-\frac{SSE}{\sum_{i=1}^{n}Y_i^2} \quad (۶)$$

در روابط فوق n حجم نمونه و k تعداد متغیرها است. به کمک تابع عملکردی که به این طریق برآورد می‌شود همگن سازی زارعین هر محصول صورت می‌گیرد. روش‌های مختلفی برای همگن‌سازی وجود دارد. می‌توان زارعین را بر حسب منابع تولید دسته‌بندی کرد. در اقدامی دیگر می‌توان عامل تولیدی مشترک و محدودکننده را مبنای همگن سازی قرار داد. مثلا شدت محدودیت دسترسی به منابع آب. به طور کلی هر عاملی که بتواند موجب تمایز میانگین درآمد، هزینه متوسط و یا

عملکرد شود می‌تواند عاملی برای همگن سازی کشاورزان باشد. بر مبنای آن چه که تا به این جا گفته شد تابع عملکرد خوش فرم درجه سوم، که دربردارنده سه ناحیه تولید و قانون بازدهی نزولی و مقدار جز پسماند کوچکی باشد می‌تواند به عنوان عاملی برای گروه‌بندی زارعین هر محصول برگزیده شود. شیوه عمل به این صورت است که ابتدا برای هر محصول گروه‌بندی براساس فاصله مقدار عملکرد هر زارع از مقدار میانگین عملکرد کشاورزان محصول مورد نظر صورت می‌گیرد. آن‌هایی که عملکردشان در فاصله یک انحراف استاندارد از میانگین قرار می‌گیرد ($Mean \pm 1\sigma$) و کشاورزانی که میزان عملکردشان در بازه ($Mean \pm 2\sigma$) واقع شده، در یک گروه قرار می‌گیرند. سپس برای هر گروه تابع عملکردی با استفاده از روش POLS برآورد می‌شود (روش OLS توانایی غلبه بر مشکل درجه آزادی را ندارد). در صورتی که جز پسماند مقدار کوچکی باشد از همین گروه‌بندی استفاده شده و در غیر این صورت دوباره در هر گروه تقسیم‌بندی بر اساس عملکرد صورت گرفته و تابعی برآورد می‌شود. این روند تا به‌دست آوردن تابعی با جز پسماند کوچک که رفتار زارعین را به خوبی توضیح دهد ادامه دارد. با قرار دادن اطلاعات هر یک از اعضای گروه در این تابع، میزان تطبیق مقادیر واقعی و برآوردی عملکرد بررسی و به نوعی کیفیت تابع امتحان می‌شود و در نهایت از این توابع به‌عنوان نماینده زارعین در محیط بهینه‌سازی استفاده خواهد شد. مزیت این روش در این است که تابعی برای گروه‌بندی کشاورزان بدست آمد که به خوبی رفتار زارعین را توضیح می‌دهد و احتمال قرار گرفتن در گروه اشتباه برای هر زارع بسیار پایین خواهد بود. بر این مبنا قدرت تعمیم‌دهندگی نتایج مدل افزایش قابل توجهی خواهد یافت. بعد از همگن‌سازی، توابع درجه سوم خوش فرم برآورد شده در یک تابع سود غیرخطی لحظ و وارد محیط بهینه‌سازی می‌شود. تابع هدف الگوی غیرخطی تصریح شده به قرار زیر است.

$$MAX\ \pi = \sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{m}((P_i(\beta_{ij}X_{ij} + \beta_{ij}X_{ij}^{2} - \beta_{ij}X_{ij}^{3} + \beta_{ij}(\text{Interaction}))) - C_{ij}X_{ij}) \quad (۷)$$

$$st$$

$$\text{Allocative constraints}: X_{ij} \le RHS_i \quad (۸)$$

$$X_{ij} \ge 0 \quad (۹)$$

P_i قیمت واحد محصول، β ضرایب برآوردی با روش POLS، X_{ij} متغیر تصمیم، یعنی نهاده مصرفی برای تولید هر محصول و C_{ij} هزینه هر واحد نهاده است. در واقع $C_{ij}\ X_{ij}$ رابطه خطی هزینه برای هر محصول است. محدودیت‌های این الگو هم از نوع تخصیصی بوده، و فاقد ضرایب ثابت است. دلیل این موضوع در نحوه ایجاد الگو است. زیرا در این شرایط ضرایب ثابت و برون‌زا نبوده و پس از حل مدل به صورت درون‌زا تعیین می‌شوند. با توجه به این که تابع برآوردی با روش POLS، به خوبی رفتار همه زارعین نمونه را توضیح می‌دهد، موجب شبیه سازی رفتار تولیدی کشاورزان بعد از حل مدل غیرخطی خواهد شد. بعد از تصریح و حل این مدل برنامه‌ریزی ریاضی غیرخطی مقادیر بهینه مصرف هر یک از نهاده‌ها بدست خواهدآمد. بنابراین مقایسه نتایج با میزان فعلی مصرف، اطلاعات مفیدی ایجاد می‌کند. پس از آن محدودیت کاهش منابع آب به میزان ۲۵ درصد (سیمای آب استان تهران) اعمال، و اثر آن بر میزان تولید هر یک از محصولات بررسی شد. داده‌های مورد نیاز این پژوهش که شامل مقدار تولید و سطح زیر کشت، مقادیر مصرف و هزینه نهاده‌ها شامل آب، نیروی کار، ساعت کار ماشینی، کود ازت، کود فسفات، کود پتاس، کود حیوانی، ریزمغذی و سموم شیمیایی است، از طریق جمع آوری ۱۲۶ پرسشنامه با روش خوشه‌ای در دسترس بدست آمد.

نتایج

در گام اول براساس روندی که تصریح شد، اقدام برای همگن‌سازی زارعین صورت گرفت. بر این اساس برای هر گروه، تابع عملکرد درجه سوم خوش فرمی برای هر گروه برآورد و جز پسماند بررسی و اطلاعات تک تک زارعین هر گروه به آن وارد شد. نتایج حاکی از بازتولید رفتار زارعین به بهترین نحو داشت. مشروح نتایج این برآورد و کیفیت میزان توضیح دهندگی این تابع برای گروه اول گندم کاران در جدول و نمودار یک بیان شده است. نتایج سایر گروه‌ها در پیوست آورده شده است.

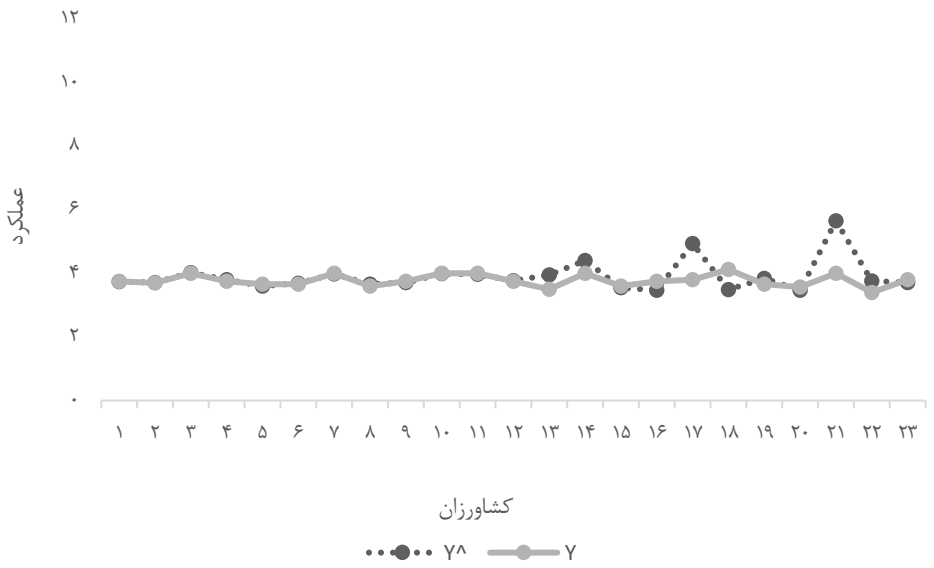
جدول ۱. نتایج برآورد تابع درجه سوم با روش POLS برای گروه اول گندم

متغیر	نماد	$+\beta X$	$+\beta X^2$	βX^3
آب	W	۰/۵۹۹۶	۰/۱۶۰۸	-۰/۰۳۰۳
نیروی کار	L	۰/۰۱۰۱۲	۰/۰۱۰۳	-۲۶/۱۸۱
نیروی کار ماشینی	M	۰/۰۱۰۲	۰/۰۱۰۴	-۰/۰۰۱۰۵
کود شیمیایی ازت	N	۰/۰۱۰۲	۱/۳۹۵	-۰/۰۰۱۰۴
کود شیمیایی فسفات	PH	۰/۰۱۰۱	۰/۰۱۰۲	-۱۶۷/۳۱۰
کود شیمیایی سرک	S	۰/۰۱۰۱	۱۳/۱۰۴	-۱۳۱/۹۱۴
کود دامی	MA	۰/۰۱۰۱	۰/۰۱۴۸	-۰/۰۰۱۰۳

اثر متقابل نیروی کار و ماشین	LM	۰/۰۰۱	-	-
اثر متقابل سایر نهاده ها	Interaction	۵/۷۴۹	-	-
ضریب تعیین	R^2		۰/۹۹۹	
جز پسماند	SSE		۰/۰۴۳۱	

منبع: یافته‌های تحقیق

براساس این برآورد، توان اول و دوم تمامی متغیرها علامت مثبت و توان سوم علامت منفی را داراست. بنابراین این تابع خوش فرم، سه ناحیه تولید را پوشش می‌دهد و شرایط قانون بازده نزولی را برای همه نهاده‌ها ایجاب می‌کند.



نمودار ۱. میزان تفاوت مقادیر واقعی و برآوردی به روش POLS برای گروه اول گندم

بر اساس نمودار یک، شکاف بین مقادیر واقعی و برآوردی عملکرد بسیار ناچیز و قابل اغماض است. براساس این شیوه عمل، زارعین شش محصول، به هشت گروه همگن، شامل دو گروه گندم، دو گروه جو و یک گروه سیب‌زمینی، خیار، لوبیا و کلزا

تقسیم شدند. نتایج برآورد سایر گروه‌ها در قسمت ضمیمه تبیین شده است. در گام بعدی توابع سود این گروه تصریح و وارد محیط بهینه‌یابی شد. نتایج بیان‌گر تفاوت مقدار مصرف نهاده‌ها با مقدار بهینه به میزان متفاوتی بود. به طوری که در برخی گروه‌ها به میزان بیشتر و در برخی مصرفی کمتر از حد بهینه صورت گرفته بود. همچنین در صورتی که استفاده از نهاده‌ها به سطح بهینه برسد، مقدار عملکرد هر گروه به طور میانگین تا ۱۲ درصد رشد خواهد داشت. نتایج این بهینه یابی و درصد تفاوت عملکرد و مصرف نهاده‌ها با مقدار بهینه در جداول ۲ تا ۹ ذکر شده است.

جدول ۲. نتایج بهینه‌یابی برای گروه اول گندم

	عملکرد	کار ماشینی (ساعت)	نیروی کار (نفر روز کار)	کود ازت (کیلوگرم)	کود فسفات	کود سرک	کود حیوانی	آب (مترمکعب)
مقدار میانگین	۳۷۷۶	۱۰/۱۴	۹/۶۴	۱۳۲	۸۳	۱۲۰	۸۵۶۸	۴۷۲۰
مقدار بهینه	۴۱۲۵	۷	۵	۱۷۰	۸۹	۱۲۵	۹۰۰۰	۴۸۳۹
درصد تغییر	۸	-۴۵	-۸۶	۲۲	۷	۷	۵	-۳

ماخذ: یافته‌های تحقیق

نتایج بهینه‌یابی برای گروه اول گندم‌کاران حاکی از لزوم کاهش مصرف نهاده‌های ماشین، نیروی کار و افزایش استفاده از کودهای شیمایی و حیوانی بود. مصرف آب نیز می‌تواند تا سه درصد کاهش یابد. با این اوصاف مقدار تولید تا هشت درصد افزایش خواهد یافت.

جدول ۳. نتایج بهینه‌یابی برای گروه دوم گندم

	عملکرد	کار ماشینی (ساعت)	نیروی کار (نفر روز کار)	کود ازت (کیلوگرم)	کود فسفات	کود سرک	کود حیوانی	آب
مقدار میانگین	۳۷۹۲	۱۲	۱۳	۱۳۱	۱۰۰	۱۳۰	۸۷۰۶	۴۹۰۳
مقدار بهینه	۴۵۰۰	۷	۵	۱۲۶	۱۰۳	۱۸۶	۱۰۱۳۹	۴۱۳۵
درصد تغییر	۱۶	-۷۲	-۱۶۳	-۳	۳	۳۰	۱۴	-۱۹

ماخذ: یافته‌های تحقیق

مقدار بهینه تولید محصول گروه دوم گندم‌کاران با ۱۶ درصد رشد تا ۴۵۰۰ کیلوگرم افزایش خواهد یافت. مشابه گروه اول، مصرف نهاده‌های کار ماشینی و نیروی کار هم به ترتیب به هفت و پنج واحد کاهش یافت. ضمن این که مصرف آب هم کاهش چشمگیر ۲۰ درصدی را نشان می‌داد.

جدول ۴. نتایج بهینه‌یابی برای گروه اول جو

	عملکرد	کار ماشینی (ساعت)	نیروی کار (نفر روز کار)	کود ازت (کیلوگرم)	کود فسفات	کود سرک	آب
مقدار میانگین	۳۰۲۵	۱۱/۹۷	۱۲/۱۸	۱۵۵	۶۴	۱۴۳	۵۷۹۱
مقدار بهینه	۳۲۰۰	۷	۵	۱۰۰	۱۴۸	۱۰۰	۴۵۵۰
درصد تغییر	۵	-۷۰	-۱۳۰	-۵۱	۵۷	-۴۱	۲۶

ماخذ: یافته‌های تحقیق

در گروه اول جو، به غیر از آب و کود شیمیایی فسفات، مصرف سایر نهاده‌ها کاهش چشمگیری را نشان داد. ضمن این که تولید تا ۵ درصد رشد خواهد کرد.

جدول ۵. نتایج بهینه‌یابی گروه دوم جو

	عملکرد	کار ماشینی (ساعت)	نیروی کار (نفر روز کار)	کود ازت (کیلوگرم)	کود فسفات	کود سرک	آب
مقدار میانگین	۲۹۷۲	۱۰/۱۱	۷/۱۸	۱۲۷	۶۵	۱۲۳	۵۲۲۴
مقدار بهینه	۳۲۱۲	۷	۵	۱۷۵	۵۰	۱۷۵	۵۲۲۴
درصد تغییر	۷	-۴۴	-۴۴	۲۸	-۳۱	۳۰	۰

ماخذ: یافته‌های تحقیق

در گروه دوم جوکاران نیز با افزایش مصرف کودهای ازت و سرک، و کاهش استفاده از نیروی کار ماشینی، کارگر و فسفات مقدار تولید به ۳۲۱۲ کیلوگرم خواهد رسید. میزان مصرف آب هم در حد بهینه است.

جدول ۶. نتایج بهینه‌یابی گروه سیب‌زمینی

	عملکرد	کار ماشینی (ساعت)	نیروی کار (نفر روز کار)	کود ازت (کیلوگرم)	کود فسفات	کود سرک	کود پتاس
مقدار میانگین	۲۷۹۷۷	۱۷/۲۸	۶۱	۲۱۱	۱۵۵	۸۶	۱۳۳
مقدار بهینه	۳۳۰۰۰	۱۱	۴۰	۳۰۰	۱۰۰	۶۸	۱۶۸
درصد تغییر	۱۵	-۵۷	-۵۳	۳۰	-۵۵	-۲۶	۲۱
	آب	کود ریزمغذی (لیتر)	کود حیوانی	حشره کش (لیتر)	قارچ کش	علف کش	
مقدار میانگین	۱۹۵۰۱	۳/۴۴	۱۱۲۰۱	۱/۸۷	۱/۴۸	۲/۶۰	
مقدار بهینه	۱۶۷۸۴	۵	۷۰۰۰	۱	۱	۵	
درصد تغییر	-۱۶	۳۱	-۶۰	-۸۷	-۴۸	۴۸	

ماخذ: یافته‌های تحقیق

تولید محصول سیب‌زمینی، با رشدی ۱۵ درصدی به ۳۳ تن در واحد سطح رسید. بیشترین کاهش مصرف در نهاده‌ها هم در نیروی کار ماشینی، کارگر و کوحیوانی بود، که با حرکت به سمت اجرای این نتایج هزینه‌های تولید کاهش قابل توجهی خواهد داشت.

جدول ۷. نتایج بهینه‌یابی برای گروه خیار

	عملکرد	کار ماشینی (ساعت)	نیروی کار (نفر روز کار)	کود ازت (کیلوگرم)	کود فسفات	کود سرک	کود پتاس
مقدار میانگین	۲۷۲۹۵	۱۳/۵	۶۲	۱۵۵	۱۴۳	۱۴۰	۱۰۵
مقدار بهینه	۳۳۰۰۰	۱۲	۵۰	۱۰۰	۷۵	۱۰۰	۵۰
درصد تغییر	۱۷	-۱۳	-۲۴	-۵۵	-۹۰	-۴۰	-۱۰۹
	آب	کود ریزمغذی (لیتر)	کود حیوانی	حشره کش (لیتر)	قارچ کش	علف کش	
مقدار میانگین	۱۳۲۸۹	۲/۵۸	۱۱۷۶۳	۲/۲۸	۱/۷۴	۲/۵۵	
مقدار بهینه	۱۲۱۰۹	۳/۳	۱۰۰۰۰	۵	۱	۱	
درصد تغییر	-۱۰	۲۱	-۱۸	۵۴	-۷۴	-۱۷۴	

ماخذ: یافته‌های تحقیق

گروه زارعین خیار هم با استفاده بهینه از نهاده‌ها به رشد تولید ۱۷ درصدی می‌رسد.

گروه ۸. نتایج بهینه‌یابی برای گروه لوبیا

	عملکرد	کار ماشینی (ساعت)	نیروی کار (نفر روز کار)	کود ازت (کیلوگرم)	کود فسفات	کود سرک
مقدار میانگین	۲۸۹۱	۱۱/۰۶	۲۹/۷۲	۹۶	۹۷	۹۶
مقدار بهینه	۳۳۶۳	۱۷	۴۰	۱۵۰	۵۲	۱۵۰
درصد تغییر	۱۴	۴۰	۲۸	۴۱	۷۲	۴۱
	آب	کود ریزمغذی (لیتر)	کود حیوانی	حشره کش (لیتر)	علف کش	
مقدار میانگین	۱۵۷۵۰	۳/۷۹	۹۳۷۰	۲/۸۷	۲/۷۰	
مقدار بهینه	۱۴۷۰۰	۱	۱۰۴۰۰	۱	۵	
درصد تغییر	-۶	-۲۳۵	۱۵	۱۸۱	۴۸	

ماخذ: یافته‌های تحقیق

برخلاف سایر گروه‌ها در محصول لوبیا، مصرف اکثر نهاده‌ها افزایش یافت. تولید هم با رشد ۱۴ درصدی به ۳۳۶۳ کیلوگرم رسید که با توجه به قیمت بالای این محصول، عاید مناسبی نصیب کشاورز خواهد کرد.

جدول ۹. نتایج بهینه‌یابی برای گروه کلزا

	عملکرد	کار ماشینی	نیروی کار	کود ازت	کود	علف کش	آب

		(ساعت)	(نفر روز کار)	(کیلوگرم)	فسفات		
مقدار میانگین	۲۹۸۰	۱۰/۷۸	۵/۴۹	۱۰۵	۱۰۵	۱/۴۲	۶۰۶۱
مقدار بهینه	۳۵۰۰	۱۲/۳۵	۵	۱۵۰	۱۵۰	۱	۶۳۳۲
درصد تغییر	۱۵	۱۳	۱۰	۳۰	۳۰	-۴۲	-۴

ماخذ: یافته های تحقیق

محصول کلزا به صورت محدود و در مزارع پایلوت زیر نظر کارشناسان جهاد کشاورزی کشت می‌شود. بر این اساس مقادیر واقعی و بهینه تفاوت چندانی ندارند. ضمن این که استفاده از کمباین برای برداشت این محصول، مصرف نهاده‌های کار ماشینی و کارگر را نزدیک به مقدار بهینه قرار داده است.

بعد از بدست آوردن مقادیر بهینه تولید و مصرف نهاده‌ها، محدودیت کاهش مقدار آب به میزان ۲۵ درصد بر الگو اعمال شد. نتیجه این سناریو در جدل ۱۰ شرح داده شده است.

جدول ۱۰. نتایج اعمال سناریو کاهش آب بر عملکرد

	گروه‌اول گندم	گروه‌دوم گندم	گروه‌اول جو	گروه‌دوم جو	سیب‌زمینی	خیار	لوبیا	کلزا
بهینه اولیه	۴۱۲۵	۴۵۰۰	۳۲۰۰	۳۲۱۲	۳۳۰۰۰	۳۳۰۰۰	۳۳۶۳	۳۵۰۰
سناریو	۳۴۰۰	۴۵۰۰	۲۹۹۶	۲۸۴۹	۳۳۰۰۰	۳۳۰۰۰	۳۰۴۲	۳۰۵۸
درصدتغییر	-۱۸	۰	-۶	-۱۱	۰	۰	-۱۰	-۱۳

ماخذ: یافته های پژوهش

بعد از اعمال این محدودیت، گروه اول گندم با ۱۸ درصد، بیشترین کاهش تولید را داشت. بعد از آن کلزا، گروه دوم جو، لوبیا و گروه اول جو قرار داشتند. گروه دوم گندم، سیب زمینی و خیار با ثبات بوده و تغییری نداشتند. میزان تغییر در سود ناخالص کشت هر محصول هم به شرح ذیل است. این عدم واکنش ناشی از عملکرد مناسب این گروه محصولات بود. زیرا در فرایند حل و تخصیص مجدد، منابع به سمت محصولات با عملکرد و بهره‌وری بالا خواهد رفت.

جدول ۱۱. نتایج اعمال سناریو کاهش آب بر سود ناخالص

	گروه‌اول گندم	گروه‌دوم گندم	گروه‌اول جو	گروه‌دوم جو	سیب‌زمینی
بهینه اولیه	۳۳۲۱۹۶۴۰	۳۷۶۹۸۶۳۰	۱۹۰۵۸۱۷۰	۱۸۵۲۱۷۷۰	۱۹۰۵۵۵۹۰۰
سناریو	۲۶۹۱۹۷۲۰	۳۶۸۳۱۶۷۰	۱۷۴۷۲۰۹۰	۱۶۳۳۴۳۸۰	۱۹۶۹۴۷۸۰۰
درصدتغییر	-۱۹	-۲	-۸	-۱۲	۳

	خیار	لوبیا	کلزا
بهینه اولیه	۱۵۶۸۶۹۰۰۰	۱۷۲۳۶۴۰۰۰	۶۳۷۳۷۸۴۰
سناریو	۱۶۲۳۴۵۷۰۰	۱۶۱۴۴۸۷۰۰	۵۴۵۶۷۰۸۰
درصد تغییر	۳	-۶	-۱۴

ماخذ: یافته‌های تحقیق

بیشترین کاهش بازده ناخالص در گروه اول گندم با ۱۹- درصد بود. گروه محصولات سیب‌زمینی و خیار نیز سه درصد افزایش بازدهی داشت. که این مساله ناشی از تغییر ترکیب نهاده‌ها و کاهش طرف هزینه در این محصولات بود.

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

با توجه اهمیت بالای طراحی الگوی کشت با سطح بهینه مصرف نهاده‌ها و تاکید بر افزایش تولید و عملکرد محصولات راهبردی در برنامه ششم توسعه، در این پژوهش به بررسی و تحقق این اهداف در زیربخش زراعت شهرستان دماوند پرداخته شد. الگوی کشت غالب شهرستان شامل محصولات گندم، جو، سیب‌زمینی، خیار، لوبیا و کلزا است. بر این اساس در گام اول همگن‌سازی زارعین مشابه براساس تابع عملکرد برآوردی با روش POLS صورت گرفت، که زارعین به هشت گروه همگن تقسیم شدند. سپس این توابع با یک رابطه سود غیرخطی وارد محیط بهینه‌یابی شد. نتایج حاکی از کاهش چشمگیر استفاده از نهاده‌های نیروی کار ماشینی و کارگر برای محصولات گندم و جو بود. با مداقه در این نتیجه و مشاهدات میدانی نگارنده، این طور استنباط می‌شود که این تفاوت مقادیر فعلی و بهینه ناشی از شیوه برداشت نامناسب و پرهزینه استفاده از خرمن‌کوب و دروگر است. براین اساس استفاده از کمباین موجب کاهش مصرف و هزینه این دو نهاده خواهد شد. نتایج بهینه‌سازی کلزا تایید کننده این نظر بود، زیرا در برداشت این محصول از کمباین استفاده شده است. بنابراین بررسی امکان تغییر تکنولوژی برداشت این محصولات پیشنهاد می‌شود.

همچنین مقایسه نتایج این بهینه‌یابی با سطح مصرف نهاده تک‌تک زارعین هر گروه می‌تواند راهنمایی برای شناخت رفتار تولیدی آن‌ها باشد. اطلاعات بدست آمده در این قسمت برای برنامه‌های آموزشی ترویجی، دادن پاداش و یا گرفتن مالیات سبز از زارعین مفید خواهد بود. به این صورت که با آموزش زارعین میزان مصرف نهاده‌ها به مقدار بهینه برسد. ضمن این که می‌توان در جهت کاهش مصرف نهاده‌های شیمیایی از زارعین مسرف در این زمینه، مالیات سبز اخذ کرد.

در ادامه سناریو کاهش منابع آب به میزان ۲۵ درصد اعمال شد. بیشترین کاهش عملکرد برای گروه‌های اول گندم، کلزا، لوبیا و گروه اول و دوم جو بود. بر این اساس پیشنهاد می‌شود با بررسی بیشتر ساختار تولید گروه دوم گندم‌کاران شرایط تطابق بیشتر این دو گروه گندم با هم مهیا شود، تا واکنش به چالش افت منابع آبی در کل زراعین گندم حداقل شود. همچنین توصیه می‌شود این گروه‌ها در اولویت طرح‌های توسعه شیوه‌های نوین آبیاری قرار گیرند.

منابع

۱. آمارنامه وزارت جهادکشاورزی (۱۳۹۴). <http://amar.maj.ir>

۲. بنی اسدی، م. ورمزیاری، ح. (۱۳۹۳). بررسی عوامل موثر بر بهره وری نیروی کار کشاورزی، توزیع درآمد و فقر در مناطق روستایی ایران. *فصلنامه روستا و توسعه، موسسه پژوهش های برنامه ریزی، اقتصاد کشاورزی و توسعه روستایی وزارت جهاد کشاورزی*، جلد ۱۷ (۴)، ۲۳-۱.

۳. جهانگیر پور، د. پیکانی، غ. حسینی، ص. رفیعی، ح. (۱۳۹۴). اثر سیاست حذف یارانه حامل‌های انرژی بر الگوی کشت زراعی؛ کاربرد برنامه‌ریزی ریاضی مثبت (PMP)، مطالعه موردی حوضه آبریز مهرلو-بختگان. *نشریه اقتصاد کشاورزی*. جلد ۹ (۳). ۸۴-۶۳.

۴. حسین‌پور طالبی، س. (۱۳۹۵). بررسی اقتصادی الگوی کشت برنج در استان مازندران با تاکید بر توسعه کشت رتون، کاربرد مدل برنامه‌ریزی ریاضی مثبت (مطالعه موردی شهرستان آمل). *پایان نامه کارشناسی ارشد اقتصاد کشاورزی. پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران.*

۵. سیمای آب استان تهران (۱۳۹۳). <http://www.thrw.ir >
۶. شیرماهی، س. پیکانی، غ. مرتضوی، ا. زمانی، ا. (۱۳۹۳). بررسی اثر حذف یارانه کود های شیمیایی بر الگوی کشت زراعتی شهرستان ری. *نشریه تحقیقات اقتصاد کشاورزی*. جلد ۶ (۱). ۱۷۶-۱۵۵.
۷. مظفری، م. (۱۳۹۴). تعیین برنامه سیاستی مناسب برای حفاظت منابع آب در دشت قزوین. *نشریه علمی-پژوهشی حفظت منابع آب و خاک*. جلد ۵ (۲). ۴۶-۲۹.
۸. نادری مهدیی، ک. معتقد، م. شهبازی گیگاسری، ح. عبدی، ا. (۱۳۹۳). بررسی الگوی کشت بهینه در شهرستان بهار. *نشریه مطالعات اقتصادی کاربردی*. جلد ۱۲ (۳). ۱۸۲-۱۶۵.
9. Cortignani, R. and Severini, S. (2009). Modeling farm-level adoption of deficit irrigation using Positive Mathematical Programming. Agricultural Water Management, 96(12): pp.1785-1791.
10. Fragoso, R., Marques, C., Lucas, M.R., Martins, M.D.B. and Jorge, R., (2011) The economic effects of common agricultural policy on Mediterranean montado/dehesa ecosystem. Journal of Policy Modeling, 33(2): pp.311-327.
11. Qureshi, M.E., 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: pp.293-304

Modification of cropping pattern of agriculture in Damavand and investigating the impact of water resources reduction on it using the mathematical programming model of econometric approach (POLS)

Abstract

Considering the importance of designing and explaining the cropping pattern based on the optimal amount of yield and input in the sixth development plan, this study attempts to optimize the yield and consumption of water inputs, machine labor, worker, fertilizers and chemical pesticides under the agriculture sector The city of Damavand has been used by non-linear mathematical programming based on econometric analysis (POLS). Based on this, firstly, the farmers based on the concessional third-order performance function based on the lower yields rule of inputs, the estimation was homogeneous with POLS method, then the third-ranking nonlinear yield function of the different groups were created and optimizations were performed.

The results of this optimization indicated the need to reduce the consumption of labor and workforce inputs for all groups of wheat and barley products. Therefore, changing the technology of harvesting these products and using combine was recommended. Rapeseed products also had the least difference between the optimal and current inputs. In the next step, a 25 percent reduction in water resources based on the water information of Tehran province was applied to the model. Due to the 18, 13, 10, 6, and 11 percent decline in the yields of group-products of wheat, canola, beans and groups one and two of barley respectively, thus developing new methods of irrigation in these fields are recommended.

JEL Classification: L23, M11, C61.
Keywords: Cropping pattern, Optimal consumption of inputs, Positive mathematical programming, POLS, Damavand

پیوست

نتایج برآورد ضرایب توابع درجه سوم برای سایر گروه‌ها (گندم دو، جو یک، جو دو، سیب‌زمینی، خیار، لوبیا و کلزا) با روش POLS به شرح زیر است.

جدول ۱. نتایج برآورد تابع درجه سوم برای گروه دوم گندم

متغیر	نماد	$+\beta X$	$+\beta X^{2}$	$-\beta X^{3}$
آب	W	۰/۱۷۶	۰/۲۲۸	۰/۰۴۳۱
نیروی کار	L	۰/۰۰۱۲	۱۶/۷۲۸	۰/۰۰۱۴
نیروی کار ماشینی	M	۰/۰۱	۰/۰۰۱۰۴	۱۲۲/۵۳۷
کود شیمیایی ازت	N	۰/۰۰۱۲	۱۷۵/۸۳۲	۱۱۶۴/۴۴
کود شیمیایی فسفات	PH	۱۵/۵۷۴	۰/۰۰۱۰۳	۹۲۱/۴۷۸
کود شیمیایی سرک	S	۰/۱۱	۰/۰۱۰۵	۶۹/۳۵۵
کود دامی	MA	۰/۰۱۰۱	۰/۰۱۵۲	۰/۰۰۱۰۳
اثر متقابل نیروی کار و ماشین	LM	۰/۰۰۱	-	-
اثر متقابل سایر نهده ها	Interaction	۱۶/۸۳۱	-	-
ضریب تعیین	R^{2}		۰/۹۹۹	
جز پسماند	SSE		۰/۰۹۱۱	

منبع: یافته‌های تحقیق

جدول ۲. نتایج برآورد تابع درجه سوم برای گروه اول جو

متغیر	نماد	$+\beta X$	$+\beta X^{2}$	$-\beta X^{3}$
آب	W	۰/۳۷۱	۰/۰۶۹	۰/۰۱۲۶
نیروی کار	L	۲/۶۵۸	۰/۰۱۰۲	۷۷/۲۷۲
نیروی کار ماشینی	M	۵/۰۲	۰/۰۳۶۵	۷۴/۶۲۵
کود شیمیایی ازت	N	۰/۰۰۱۲	۰/۰۱۰۳	۴/۷۳۱
کود شیمیایی فسفات	PH	۴/۵۵۸	۲/۲۵۰	۲/۳۴۱
کود شیمیایی سرک	S	۰/۵۷۶	۴/۷۸۵	۰/۰۱۰۹
اثر متقابل نیروی کار و ماشین	LM	۰/۰۱	-	-
اثر متقابل سایر نهده ها	Interaction	۱/۰۳۷۹	-	-
ضریب تعیین	R^{2}		۰/۹۹۹	
جز پسماند	SSE		۰/۰۰۰۶	

منبع: یافته‌های تحقیق

جدول ۳. نتایج برآورد تابع درجه سوم برای گروه دوم جو

متغیر	نماد	$+\beta X$	$+\beta X^{2}$	$-\beta X^{3}$

آب	W	۰/۵۱۱	۰/۰۶۲۰	۰/۰۱۳۳
نیروی کار	L	۰/۰۰۱۰۲	۰/۰۰۱۰۳	۱/۳۴۴
نیروی کار ماشینی	M	۰/۵۲۸	۱/۳۸۸	۰/۲۴۴
کود شیمیایی ازت	N	۲/۳۳۳	۳/۵۰۳	۱/۱۸۹
کود شیمیایی فسفات	PH	۰/۰۰۱	۱/۰۰۳	۰/۰۰۰۶۷
کود شیمیایی سرک	S	۰/۸۵۷	۰/۵۲۲	۱/۶۵۹
اثر متقابل نیروی کار و ماشین	LM	۰/۷۱۷	-	-
اثر متقابل سایر نهده ها	Interaction	۴/۴۳۹	-	-
ضریب تعیین	R^2		۰/۹۹۹	
جز پسماند	SSE		۰/۰۳۹۹	

منبع: یافته‌های تحقیق

جدول ۴. نتایج برآورد تابع درجه سوم برای گروه سیب‌زمینی

متغیر	نماد	$+\beta X$	$+\beta X^2$	$-\beta X^3$
آب	W	۰/۰۱۰۱	۰/۰۲۶۶	۰/۰۰۱۰۳
نیروی کار	L	۲۷/۹۰۷	۰/۰۱۰۳	۳۰/۷۶۱
نیروی کار ماشینی	M	۰/۰۰۱۰۲	۳۵/۲۳۴	۰/۰۰۱۰۵
کود شیمیایی ازت	N	۰/۰۱۰۲	۴۳/۵۴۹	۰/۰۰۱۰۴
کود شیمیایی فسفات	PH	۳۴/۸۱۴	۰/۰۱۰۲	۶۵۰/۳۴۵
کود شیمیایی پتاس	K	۴۷/۵۵۶	۰/۰۰۱	۱۶۹۴/۸۹
کود شیمیایی سرک	S	۷/۹۱۷	۳۴۴/۸۰۴	۱۲۶۲/۷۷
کود دامی	MA	۰/۰۱۰۱	۰/۰۱۵۹	۰/۰۰۱۰۴
کود معدنی ریز مغذی	MF	۰/۰۱	۱۲۲۴۱۸/۱	۰/۰۰۰۱
سم حشره کش	IP	۰/۰۱	۰/۰۰۱	۸۲۰۰/۲۹۷
سم قارچ کش	FP	۰/۰۱	۰/۰۰۱	۴۱۱۵۴/۰۳
سم علف کش	HP	۰/۰۱	۱۸۲۸/۴۷۴	۰/۰۰۰۱
اثر متقابل نیروی کار و ماشین	LM	۰/۰۰۱	-	-
اثر متقابل سایر نهده ها	Interaction	۲۱۰۶۳۵۲	-	-
ضریب تعیین	R^2		۰/۹۹۹	
جز پسماند	SSE		۱۰/۷۱۱	

منبع: یافته‌های تحقیق

جدول ۵. نتایج برآورد تابع درجه سوم برای گروه زارعین خیار

متغیر	نماد	$+\beta X$	$+\beta X^{2}$	$-\beta X^{3}$
آب	W	۰/۰۰۱۰۹	۰/۲۶۱	۰/۰۱۰۵
نیروی کار	L	۰/۰۰۱۰۰۳	۰/۰۰۱	۴/۳۷۱
نیروی کار ماشینی	M	۰/۰۰۱	۱۸۵/۲۰۱	۰/۰۰۱
کود شیمیایی ازت	N	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۸۳/۵۰۵
کود شیمیایی فسفات	PH	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۷۲۹/۹۱۸
کود شیمیایی پتاس	K	۰/۰۰۰۱	۱۵۳/۰۷۳	۱۵۹۰/۶۳
کود شیمیایی سرک	S	۰/۰۰۱	۶۰/۷۹۴	۰/۰۰۱
کود دامی	MA	۰/۳۹۳	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۱۱۳
کود معدنی ریز مغذی	MF	۰/۰۰۰۱	۳۲۱۹۲۲/۱	۰/۰۰۰۱
سم حشره کش	IP	۰/۰۰۰۱	۱۹۱۶/۷۸۶	۰/۰۰۰۱
سم قارچ کش	FP	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۱	۱۹۸۸۴۱/۲
سم علف کش	HP	۰/۰۰۰۱	۵۷/۱۶۷	۰/۰۰۰۱
اثر متقابل نیروی کار و ماشین	LM	۰/۰۰۱	-	-
اثر متقابل سایر نهده ها	Interaction	۵۴۰۰۰۰۹۰۰	-	-
ضریب تعیین	R^{2}		۰/۹۹۹	
جز پسماند	SSE		۵/۴۷۶	

منبع: یافته های پژوهش

جدول ۶. نتایج برآورد تابع درجه سوم برای گروه لوبیا چیتی

متغیر	نماد	$+\beta X$	$+\beta X^{2}$	$-\beta X^{3}$
آب	W	۰/۰۰۱	۰/۰۲۳۲	۰/۰۰۱
نیروی کار	L	۰/۰۰۱	۱/۶۳۴	۰/۱۶۳
نیروی کار ماشینی	M	۰/۰۰۱	۲۸/۳۷۹	۴۳/۴۵۰
کود شیمیایی ازت	N	۰/۰۰۱	۱/۱۰۵	۲/۰۱۳۷
کود شیمیایی فسفات	PH	۰/۰۰۱	۶/۵۳۰	۷۲/۵
کود شیمیایی سرک	S	۰/۰۰۱	۰/۴۳۲	۱/۲۷۷
کود دامی	MA	۰/۰۰۱	۰/۰۱۵۹	۰/۰۰۱
کود معدنی ریز مغذی	MF	۱/۷۳۴	۱/۹۳۳	۰/۰۰۱

سم حشره کش	IP	۰/۰۰۱	۲/۸۵۸	۲/۹۲۲
سم علف کش	HP	۱/۲۹۴	۱۵/۶۶۵	۰/۳۳۵
اثر متقابل نیروی کار و ماشین	LM	۲/۹۷۴	-	-
اثر متقابل سایر نهده ها	Interaction	۲۰۰۳۲/۸۵	-	-
ضریب تعیین	R^2		۰/۹۹۹	
جز پسماند	SSE		۰/۰۰۵۲	

منبع: یافته‌های تحقیق

جدول ۸. نتایج برآورد تابع درجه سوم برای گروه کلزا

متغیر	نماد	$+\beta X$	$+\beta X^2$	$-\beta X^3$
آب	W	۰/۰۶۶۹	۰/۱۰۲	۰/۰۱۰۶
نیروی کار	L	۰/۶۷۶	۹۰/۱۴۲	۳۱۵/۵۱۹
نیروی کار ماشینی	M	۲/۳۰۶	۲/۴۳۳	۱۱۸۱/۲۲۲
کود شیمیایی ازت	N	۱/۴۱۰	۰/۰۱۰۳	۰/۰۱۰۸
کود شیمیایی فسفات	PH	۳/۹۶۴	۰/۱۸۶	۰/۰۱۰۷
سم علف کش	HP	۱/۷۹۰	۰/۶۵۵	۰/۰۱۰۵
اثر متقابل نیروی کار و ماشین	LM	۱/۱۰۲	-	-
اثر متقابل سایر نهده ها	Interaction	۰/۰۱۱۴۵	-	-
ضریب تعیین	R^2		۰/۹۹۹	
جز پسماند	SSE		۰/۰۰۰۸	

منبع: یافته‌های تحقیق