کاربرد برنامه‌ریزی ایجاد گزینه‌ها در تعیین الگوی بهینه کشت (مطالعه موردی: چناران)

مسعود حسین زاده، آرش دوراندیش، فرزانه کمالی حسین زاده

چکیده

برنامه‌ریزی و مدیریت منابع در بخش کشاورزی، کاربرد اقتصادی و بهینه منابع را تعیین نموده و مشخص می‌کند که کدام شیوه بهره‌برداری از منابع و الگوهای کاربردی، کاربرد موثرتری از منابع و شرایط موجود را سبب می‌گردد و برای کشاورزان (و جامعه روستایی) سودمندتر است. لذا تعیین الگوی بهینه کشت و بدست آوردن ترکیب مناسبی از محصولات که بتواند با صرف کمترین هزینه، بالاترین میزان تولید و درآمد را برای زارع داشته باشد، از جمله مسائل اساسی در زمینه برنامه‌ریزی تولید محصولات کشاورزی است. لذا هدف از این مطالعه تعیین الگوی کشت بهینه با استفاده از الگوی برنامه-ریزی ایجاد گزینه‌ها (MGA) در شهرستان چناران می‌باشد. به منظور تعیین تعداد نمونه‌های مورد نیاز، از روش نمونه‌گیری تصادفی ساده استفاده گردید و داده‌های مورد نیاز این مطالعه از طریق تکمیل پرسشنامه از ۷۴ کشاورز جمع‌آوری گردید. نتایج حاصل از تعیین الگوی بهینه نشان داد که الگوی به نسبت بهینه مرحله اول (MGA_1)، محصولات ذرت علوفه‌ای، لوبیا قرمز، پیاز و گندم و الگوی به نسبت بهینه مرحله دوم (MGA_2)، محصولات ذرت علوفه‌ای، یونجه آبی و جو را جهت کشت پیشنهاد می‌دهند. در مجموع این نتایج نشان داد که بایستی الگوی کشت در این شهرستان تخصصی‌تر گردد.

کلمات کلیدی: الگوی کشت بهینه، برنامه‌ریزی ایجاد گزینه‌ها، چناران.

مقدمه

افزایش تولید، رشد درآمد کشاورزان و افزایش سطح رفاه خانوارهای روستایی از مهم ترین اهداف توسعه در بخش کشاورزی است. همچنین آب و خاک، اساسی‌ترین منابع تولید کشاورزی و ثروت حقیقی کشور به شمار آمده و شیوه بهره‌برداری از آن‌ها می‌تواند به افزایش یا کاهش این ثروت بینجامد. برنامه‌ریزی تولید و مدیریت منابع در بخش کشاورزی، کاربرد منطقی و اقتصادی (بهینه) این منابع را به درستی تعیین نموده و مشخص می‌کند که کدام شیوه بهره‌برداری از منابع موجود و الگوهای کاربردی، کاربرد موثرتری از منابع و شرایط موجود را سبب می‌گردد تا به حال کشاورزان (و جامعه روستایی) سودمندتر باشد. بنابراین تعیین الگوی بهینه کشت و بدست آوردن ترکیب مناسبی از محصولات که بتواند با صرف کمترین هزینه، بالاترین میزان و بیشترین درآمد را برای زارع داشته باشد، از جمله مسائل اساسی در زمینه برنامه‌ریزی تولید محصولات کشاورزی است. چنین الگویی قادر است تا بالاترین میزان بازده را با توجه به محدودیت‌ها و شرایط موجود در هر منطقه، عاید بهره‌بردار و کشاورز نماید. در واقع بهینه‌سازی الگوی کشت و عملیاتی سازی آن به منظور کنترل هر چه بیشتر عوامل محدود کننده و بهره‌برداری بهینه از امکانات موجود غیر قابل اجتناب است (امینی‌فسخودی و همکاران، ۱۳۸۷). همچنین بهینه‌سازی الگوی کشت، بسترساز بهره‌وری بیشتر است و بسیاری از کشورهای جهان با طراحی و اجرای الگوی بهینه کشت 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 و دانش بومی کشاورزان در سال‌های متوالی بسیاری از مشکلات تولید محصولات زراعی و باغی را مرتفع ساخته‌اند. لذا موارد فوق نشان از اهمیت بهینه‌سازی الگوی کشت دارد و به همین دلیل انجام پژوهش‌های علمی در راستای تعیین الگوی بهینه کشت و بهره‌گیری بهینه از منابع موجود ضروری می‌نماید. در این زمینه، محمدی و بوستانی (۱۳۸۸) با استفاده از برنامه-ریزی ریاضی چند هدفه به تدوین الگوی بهینه کشت در شرایط ریسکی با در نظر گرفتن کاهش مصرف آب در شهرستان مرودشت استان فارس پرداختند که الگوهای ریسکی شامل تارگت- موتاد و واریانس درآمد بود. نتایج مطالعه نشان داد که در الگوهای منتخب سطح زیر کشت گندم با افزایش ریسک دارای روند افزایشی بود. همچنین در این الگوها سطح زیر کشت ذرت و سبزی بیشتر از مقدار الگوی فعلی بدست آمد و با افزایش ریسک فاصله میان الگوی فعلی با الگوهای بهینه افزایش می‌یابد. باقری و معززی (۱۳۸۹) به تعیین الگوی بهینه کشت با استفاده از روش برنامه‌ریزی امکان در استان کهگلویه و بویراحمد پرداخته و افزایش بازده ناخالص و کاهش ریسک به عنوان هدف در نظر گرفته شد. همچنین به منظور انتخاب از میان الگوهای گوناگون از منطق فازی استفاده شد. نتایج مطالعه آن‌ها نشان داد که ریسک بازده ناخالص در تدوین الگوی بهینه از وزنی بالا برخوردار است و محصولات پیشنهادی الگوهای بهینه شامل گندم، هندوانه، خربزه و برنج می‌باشد. امینی‌فسخودی و همکاران (۱۳۸۷) به تعیین الگوی بهینه بهره‌برداری در اراضی زراعی شرق اصفهان با استفاده از برنامه‌ریزی آرمانی پرداختند. نتایج مطالعه آن‌ها نشان داد که در الگوی کشت بدست آمده محصولاتی مانند برنج، یونجه و

چغندرقند حذف و سطح زیر کشت سیب‌زمینی و ذرت دانه‌ای با افزایش همراه بود. گندم، جو و ذرت علوفه‌ای در دو الگو از وضعیت تقریباً مشابهی برخوردار بود و سطح زیر کشت پیاز نیز کاهش یافت. کایر و همکاران (۲۰۱۰) به منظور حداکثر کردن درآمد خالص و صرفه‌جویی در مصرف آب، به تعیین الگوی بهینه کشت با استفاده از الگوی برنامه‌ریزی خطی در پنجاب پرداخته و به این نتیجه رسیدند که استفاده از محصولات جدید مانند پنبه در الگوی کشت، درآمد را حدود ۴ درصد افزایش می‌دهد و ۲۶/۵۵ درصد باعث صرفه‌جویی در مصرف آب می‌شود. سینق و همکاران (۲۰۰۱) با هدف حداکثر کردن درآمد خالص در منطقه‌ای از پاکستان، به تعیین الگوی بهینه کشت با استفاده از الگوی برنامه‌ریزی خطی پرداختند، که در این مدل، میزان زمین و حداقل کشت گندم و برنج برای نیازهای غذایی کشاورزان به عنوان محدودیت‌های مدل در نظر گرفته شد و بر اساس نتایج حاصله سودآورترین کشت منطقه، کشت محصول گندم تعیین گردید. داپلر و همکاران (۲۰۰۲) با استفاده از رهیافت برنامه‌ریزی ریسکی موتاد، به ارائه الگوی بهینه توام با تخصیص آب و کشت برای دره اردن پرداختند. بر اساس نتایج، مشخص شد اگر ملاحظات ریسکی نیز وارد مدل شود، به دلیل عدم نوسانات قیمت غلات در الگوی ریسکی، سهم غلات افزایش می‌یابد.

از جمله مناطقی که می‌توان در آن به بهینه‌سازی الگوی کشت پرداخت، شهرستان چناران می‌باشد. تنوع اقلیم، مساعد بودن شرایط آب و هوایی و خاک حاصلخیز باعث شده است که اقتصاد این شهرستان بر مبنای کشاورزی پایه‌گذاری شود و بسیاری از محصولات کشاورزی و باغی در این شهرستان به عمل آید. از مهم‌ترین محصولات قابل کشت در چناران می‌توان به گندم، جو، خیار، پیاز و گوجه‌فرنگی اشاره کرد. سطح زیر کشت و میزان تولید محصولات زراعی در این شهرستان به ترتیب برابر ۳۲ هزار هکتار و ۳۳۳ هزار تن می‌باشد و حدود ۱۱ هزار بهره‌بردار در بخش کشاورزی این شهرستان فعالیت می‌کنند (جهاد کشاورزی خراسان رضوی،۱۳۹۰). اما متاسفانه با وجود ظرفیت‌های فراوان و زمین‌های حاصلخیز در این منطقه، بهره‌برداران این شهرستان به دلیل عدم استفاده از شیوه‌های نوین کشاورزی و استفاده از الگوی کشتی که بر اساس تجربه در آن منطقه حکم‌فرما بوده، همواره از لحاظ عملکردی در سطح پایینی قرار داشته و میزان تولید این شهرستان به نسبت زمین‌های زراعی مورد استفاده، ناامیدکننده بوده است. از طرف دیگر میزان پایین تولید بر وضعیت درآمدی کشاورزان اثر گذار بوده و باعث شده که اکثر کشاورزان در سطح پایینی از لحاظ رفاهی قرار گیرند. بنابراین با توجه به شرایط موجود، برنامه‌ریزی در خصوص تعیین الگوی بهینه کشت و افزایش تولید و عملکرد در این شهرستان از اولویت خاصی برخوردار است. در این زمینه می‌توان از روش‌های برنامه‌ریزی ریاضی استفاده کرد (حمدی، ۱۳۷۷). بنابراین با توجه به موارد بیان شده، هدف این مطالعه تعیین الگوی بهینه کشت با استفاده از الگوی برنامه‌ریزی ایجاد گزینه‌ها در شهرستان چناران می‌باشد.

مواد و روش‌ها

در برنامه‌ریزی ایجاد گزینه‌ها (MGA[1]) یا جواب‌های تقریباً بهینه (NOS[2]) که در مورد مدل‌های ریاضی و برای برنامه‌ریزی خطی ارائه می‌شود اعتقاد بر این است که مدل‌های ریاضی در انعکاس پدیده‌های واقعی جهان دارای معایب ذیل می‌باشند:

- ممکن است تمام ویژگی‌های پدیده موجود بطور کامل شناخته شده نباشند.
- ممکن است تمام گزینه‌های ممکن بطور کامل شناخته شده نباشند.
- ممکن است رابطه میان تصمیمات و نتایج بطور کامل درک نشده باشند.

بدین ترتیب ممکن است جواب بهینه بدست آمده از الگوی برنامه‌ریزی خطی همیشه مطلوب‌ترین جواب برای تصمیم‌گیرنده نبوده و جواب‌های نزدیک به جواب بهینه نسبت به جواب بهینه ارجح باشند (نقشینه‌فرد و همکاران، ۱۳۸۶). برای رفع این مشکل عده‌ای مدل‌های گسترده و دارای متغیرهای زیاد را پیشنهاد نمودند که این پیشنهاد به واسطه افزایش امکان خطا و عدم‌انعطاف‌پذیری لازم، در مسائل دنیای واقعی کاربرد چندانی نیافت. یکی از بهترین پیشنهادات در این زمینه استفاده از جواب‌های نزدیک به جواب بهینه و انعطاف بخشیدن به متغیرهای تصمیم از طریق پذیرش انحراف اندک از جواب بهینه بود که منجر به خلق تکنیک ایجاد گزینه‌ها یا جواب‌های تقریباً بهینه شد. توسعه این تکنیک امکان سازگاری بیشتر و عملی‌تر شدن متغیرهای تصمیم را با اهداف تصمیم‌گیرنده فراهم آورد. بطور کلی در این رهیافت (MGA) اعتقاد بر این است که مدل‌سازی باید ابزار تصمیم‌گیری بوده و دامنه‌ای از جواب‌های ممکن را ایجاد کند نه اینکه فقط در بر گیرنده یک پاسخ جزئی و یگانه باشد. رهیافت MGA با روش‌های متعددی قابل اجرا می‌باشد اما متداول‌ترین تکنیک آن روش HSJ[3] است (محمدی و بوستانی، ۱۳۸۸).

نخستین گام در روش MGA، حل مسئله اصلی برای تعیین جواب بهینه و مقدار تابع هدف می‌باشد. برای مثال، فرض کنید مسئله اصلی مدل برنامه‌ریزی خطی به صورت زیر تنظیم شده باشد:

$$\text{Max } Z = C\,X \qquad (۱)$$

S.t:

$$A\,x \leq b$$

$$x \geq 0$$

که در آن z تابع هدف، c بردار ضرایب تابع هدف، x بردار فعالیت‌ها، A ماتریس ضرایب محدودیت‌ها

[1]. Modeling to Generate Alternatives
[2]. Nearly Optimal Solution
[3]. Hop- Skip- Jump

و b بردار منابع می‌باشد. پس از حل همزمان نامعادلات فوق جواب بهینه بدست خواهد آمد. همان‌طور که گفته شد این شیوه مبتنی بر پذیرش انحراف اندک جواب بهینه توسط تصمیم‌گیرنده است. بنابراین در مرحله بعد انحراف مورد نظر در جواب بهینه (که عموماً ۱۰٪ است) را بصورت محدودیت جدید و به شکل ذیل وارد معادله می‌کنیم، در این صورت محدودیت‌ها را به شکل زیر خواهیم داشت (سلطانی و همکاران، ۱۳۸۷).

برای حالت Max، این محدودیت جدید به شکل ذیل وارد مدل می‌شود:

$$\text{Max} \rightarrow C X \geq (1-j) Z^* \qquad (۲)$$

و برای حالت Min، این محدودیت جدید به شکل ذیل وارد مدل می‌گردد:

$$\text{Min} \rightarrow C X \leq (1+j) Z^* \qquad (۳)$$

که در آن Z^* مقدار جواب بهینه حاصل از مرحله اول است. j نیز میزان انحراف قابل اغماض از مقدار بهینه تابع هدف است. همان‌طور که می‌دانیم این روش به دنبال افزایش انعطاف‌پذیری مساله تصمیم‌گیری از طریق مهیا کردن گزینه‌های تصمیم جدید است، لذا این روش بدنبال آن است تا در مرحله دوم مجموع متغیرهای تصمیم که در مساله اصلی غیر اساسی بودند را به دو شکل زیر وارد تابع هدف جدید نماید (مهدی‌پور و همکاران، ۱۳۸۵).

۱- حداقل کردن مجموع متغیرهای تصمیم که در حل مساله اصلی غیر صفرند، نسبت به محدودیت‌هایی که در رابطه فوق ذکر شدند. نتیجه این عمل بدست آوردن جواب‌های متفاوت با جواب اصلی خواهد بود. در این حالت مدل MGA بصورت ذیل خواهد بود:

$$\text{Min } x_i \ (x_i \neq 0) \qquad (۴)$$

S.t:

$$A x \leq b$$

$$C X \leq (1+j) Z^*$$

$$x \geq 0$$

در این حالت، تابع هدف رهیافت MGA از متغیرهایی که در مدل اولیه دارای مقادیر غیرصفر هستند تشکیل می‌شود که دارای ضریب یک در تابع هدف MGA می‌باشند و بقیه متغیرها که دارای مقادیر صفر در تابع اصلی هستند دارای ضریب صفر در تابع هدف MGA می‌باشند.

۲- حداکثر کردن مجموع متغیرهای تصمیم که در حل مساله اصلی صفر یا به عبارتی غیر اساسی

شده‌اند. در این حالت مدل MGA بصورت زیر خواهد بود:

$$\text{Max } x_i \ (x_i = 0) \qquad (۵)$$

S.t:

$$A\,x \leq b$$

$$C\,X \geq (1-j)\,Z^*$$

$$x \geq 0$$

در این حالت، تابع هدف رهیافت MGA از متغیرهایی که در مدل اولیه دارای مقادیر صفر هستند تشکیل می‌شود که دارای ضریب یک در تابع هدف MGA می‌باشند و بقیه متغیرها که دارای مقادیر غیرصفر در تابع اصلی هستند دارای ضریب صفر در تابع هدف MGA می‌باشند.

در واقع مدل MGA بر اساس دو روش بالا جواب‌هایی بوجود می‌آورد که در عین حالی که کاملاً با جواب بهینه اصلی متفاوتند، اما باز هم به مقادیر جهت داده شده تابع هدف جواب مساعد می‌دهند. همچنین مدل MGA بر اساس این دو روش تا جایی ادامه پیدا می‌کند که جواب‌های MGA تثبیت شده باشند (یعنی مجموع متغیرهای تصمیم غیر صفر، تغییر نکند) و یا تعداد جواب‌های گزینه‌ای کافی به وجود آمده باشند (امیرتیموری و چیذری، ۱۳۸۶).

حال بعد از مشخص شدن و انتخاب الگوی مناسب، به بررسی تابع هدف و محدودیت‌های مدل برنامه‌ریزی خطی اولیه پرداخته می‌شود. هدف این مطالعه عبارتست از حداکثر کردن بازده برنامه‌ای کل بهره‌بردار نماینده که از کشت محصولات مختلف بدست می‌آید.

تابع هدف

$$MAX \rightarrow Z = \sum_{j=1}^{n} C_j X_j \qquad (۶)$$

محدودیت‌های الگو

اختصاص زمین‌های کشاورزی به محصولات مختلف در یک منطقه به عوامل مختلفی همچون شرایط آب و هوایی و مقدار و چگونگی منابع آب وخاک وابسته است. در واقع این عوامل و محدودیت‌ها می‌باشند که الگوی کشت و نوع محصولات زراعی و باغی را در یک منطقه تعیین می‌کنند. لذا با توجه به شرایط منطقه، مهم‌ترین محدودیت‌های تولید که به نظر می‌رسد در منطقه مورد مطالعه وجود دارند و می‌توان آن‌ها را وارد الگو کرد، به شرح زیر می‌باشد (عمادزاده و همکاران، ۱۳۸۸):

محدودیت زمین زراعی

$$\sum_{j=1}^{n} X_j \le L_T \qquad (۷)$$

که در آن X_j سطح زیر کشت محصول j (هکتار) و L_T کل اراضی موجود در مزرعه نماینده (هکتار) می‌باشد. محدودیت زمین بیانگر آن است که مجموع اراضی اختصاص یافته به فعالیت‌های زراعی نمی‌تواند بیشتر از کل اراضی زراعی موجود باشد. لحاظ نمودن محدودیت زمین در دوره‌های مختلف باعث می‌گردد تا مدل بتواند روابط رقابتی و تکمیلی بین محصولات را در الگوی بهینه منظور نماید. از آنجا که این محدودیت در دوره‌های مختلف منظور شده است، امکان انتخاب فعالیت‌ها به صورت کشت مجدد در مدل وجود دارد.

محدودیت آب

این محدودیت به صورت زیر در الگو لحاظ می‌شود:

$$\sum_{j=1}^{n} W_{ij} X_j \le W_T \qquad (۸)$$

در این رابطه W_T معرف آب در دسترس مزرعه نماینده (بر حسب متر مکعب) و W_{ij} معرف میزان متوسط آب مورد نیاز (متر مکعب) در کل دوره کشت یک هکتار از محصول j‌ام است.

محدودیت نیروی کار

این محدودیت نشان‌دهنده این است که مجموع نیاز فعالیت‌های تولیدی به نیروی کار در طی یک سال زراعی نمی‌تواند از کل نیروی کار موجود فراتر برود:

$$\sum_{j=1}^{n} a_{ij} X_j \le TL \qquad (۹)$$

در این رابطه TL معرف کل نیروی کار در دسترس مزرعه نماینده در یک سال زراعی بر حسب نفر روز می‌باشد. a_{ij} نیز معرف میزان متوسط نیروی کار مورد نیاز (نفر روز) در کل دوره کشت (کاشت، داشت و برداشت) برای یک هکتار از محصول j‌ام است.

محدودیت ماشین‌آلات

محدودیت مذکور نشان‌دهنده این است که مجموع نیاز فعالیت‌های تولیدی به ماشین‌آلات در طی یک سال زراعی نمی‌تواند از کل ماشین آلات موجود فراتر برود (بر حسب ساعت):

$$\sum_{j=1}^{n} a_{ij} X_j \le M_T \qquad (۱۰)$$

در این رابطه M_T معرف کل ماشین‌آلاتی است که در دسترس کشاورز نماینده قرار دارد و a_{ij} معرف مدت زمان ماشین‌آلات مورد نیاز برای عملیات (کاشت، داشت و برداشت) یک هکتار از محصول j‌ام بر حسب

ساعت است.

محدودیت سرمایه

برای انجام دادن بسیاری از امور کشاورزی (خرید بذر، کود و سم، استخدام نیروی کار، اجاره دستگاه‌های مورد نیاز برای کشاورزی) کشاورزان نیاز به سرمایه دارند. فرم جبری این محدودیت چنین است:

$$\sum_{j=1}^{n} a_{ij} X_j \leq K_T \qquad (۱۱)$$

در این رابطه K_T معرف سرمایه در دسترس کشاورزان (به استثناء زمین‌های زراعی، ساختمان‌ها و تأسیسات زیربنایی مزرعه) برحسب میلیون تومان، a_{ij} نیز معرف میزان متوسط سرمایه مورد نیاز (میلیون تومان) در کل دوره کشت (کاشت، داشت و برداشت) برای یک هکتار از محصول jام است.

محدودیت تناوب زراعی

تناوب می‌تواند نقش مهمی در کنترل آفات، بیماری‌ها و همچنین جلوگیری از پایین آمدن راندمان محصول داشته باشد (مجیدی و همکاران، ۱۳۹۰). یک راه برای وارد کردن تناوب به این گونه است که:

$$\sum_{j=1}^{n} (-1)^j X_j \leq 0 \qquad (۱۲)$$

محدودیت کود شیمیایی

فرم جبری این محدودیت به صورت زیر است:

$$\sum_{j=1}^{n} a_{ij} X_j \leq F_T \qquad (۱۳)$$

در این رابطه، a_{ij} معرف میزان متوسط کود (ازت، فسفات و پتاس) مورد نیاز (برحسب کیلوگرم در هکتار) برای یک هکتار از j امین محصول، F_T نیز معرف کل کود شیمیایی در دسترس کشاورز مزرعه نماینده برای انجام عملیات زراعی (برحسب کیلوگرم) است.

محدودیت غیرمنفی

در مدل برنامه‌ریزی مورد نظر، متغیرهای تصمیم، سطح زیرکشت محصولات برحسب هکتار می‌باشند، بنابراین ممکن نیست مقادیر منفی داشته باشند.

$$X_1, X_2, \ldots, X_j \geq 0 \qquad (۱۴)$$

داده‌های مورد نیاز تحقیق، مربوط به سال زراعی ۱۳۹۱ می‌باشد که از کشاورزان شهرستان چناران تهیّه و

جمع‌آوری شد. در این زمینه از روش مصاحبه و تکمیل پرسشنامه استفاده و برای به دست آوردن حجم نمونه نیز از نمونه‌گیری تصادفی ساده استفاده گردید که بر اساس این روش حجم نمونه مورد نظر برابر ۷۴ به دست آمد.

نتایج و بحث

در این بخش، در ابتدا ویژگی‌های جامعه آماری کشاورزان شهرستان چناران مورد بررسی قرار گرفت. سپس با استفاده از الگوی برنامه‌ریزی ایجاد گزینه‌ها به تخمین الگوی بهینه کشت در شهرستان چناران پرداخته شد.

ویژگی‌های جامعه آماری بهره‌برداران شهرستان چناران

ویژگی‌های جامعه آماری در این گروه از بهره‌برداران در جداول ۱ و ۲ نشان داده شده است. همانطور که در جدول ۱ مشاهده می‌شود در این گروه، گندم با ۸۴ هکتار، بیشترین سطح زیر کشت را به خود اختصاص داده است به گونه‌ای که تعداد ۳۶ نفر با متوسط سطح زیر کشت ۱/۱۴ هکتار را به خود اختصاص داده‌اند. بعد از آن، محصولات جو و چغندرقند به ترتیب با ۷۲ و ۴۳ هکتار بیشترین سطح زیر کشت را در منطقه دارا می‌باشند و محصولات آفتابگردان و خیار نیز با ۲۱ و ۱۶ هکتار کمترین سطح زیر کشت را به خود اختصاص داده‌اند.

جدول ۱– ویژگی‌های جامعه آماری بهره‌برداران

نام محصول	تعداد بهره‌بردار(نفر)	مجموع سطح زیر کشت(هکتار)	متوسط سطح زیر کشت (هکتار)
خیار	۱۲	۱۶	۰/۲۱
ذرت علوفه‌ای	۱۷	۳۲	۰/۴۳
یونجه آبی	۲۳	۳۴	۰/۴۶
آفتابگردان	۹	۲۱	۰/۲۸
گوجه‌فرنگی	۲۱	۲۴	۰/۳۳
لوبیا قرمز	۱۲	۲۲	۰/۳
چغندرقند	۲۴	۴۳	۰/۵۸
پیاز	۱۸	۲۲	۰/۳
گندم	۳۶	۸۴	۱/۱۴
جو	۳۱	۷۲	۰/۹۷
خربزه	۱۱	۲۶	۰/۳۵

در جدول ۲ هزینه، درآمد و سود ناخالص در هکتار برای این گروه نشان داده شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود در این گروه، پیاز بیشترین سود ناخالص را دارا می‌باشد و بعد از آن محصولات گوجه‌فرنگی و یونجه آبی بیشترین سود ناخالص را دارا می‌باشند.

جدول ۲– متوسط هزینه تولید، درآمد و سود ناخالص در هکتار

نام محصول	درآمد (تومان)	هزینه (تومان)	سود ناخالص (تومان)
خیار	۷۶۵۴۱۳۵	۴۷۶۵۴۴۵	۲۸۸۸۶۹۰
ذرت علوفه‌ای	۳۲۲۳۴۵۷	۱۱۰۰۵۴۰	۲۱۲۲۹۱۷
یونجه آبی	۶۲۱۲۳۷۶	۳۲۱۱۶۵۶	۳۰۰۰۷۲۰
آفتابگردان	۲۹۸۷۶۲۳	۱۲۲۸۷۵۴	۱۷۵۸۸۶۹
گوجه‌فرنگی	۷۹۵۶۵۴۵	۴۵۴۵۱۵۴	۳۴۱۱۳۹۱
لوبیا قرمز	۳۴۵۷۷۶۵	۱۴۲۰۷۵۴	۲۰۳۷۰۱۱
چغندرقند	۳۲۷۶۵۲۱	۱۷۷۲۱۳۲	۱۵۰۴۳۸۹
پیاز	۹۸۷۶۵۴۳	۵۷۰۶۲۳۱	۴۱۷۰۳۱۲
گندم	۲۲۲۰۲۸۷	۶۳۴۵۵۷	۱۵۸۵۷۳۰
جو	۲۰۲۴۵۶۵	۵۳۴۷۸۹	۱۴۸۹۷۷۶
خربزه	۴۱۲۰۲۰۰	۱۹۸۷۰۰۰	۲۱۳۳۲۰۰

برنامه‌ریزی خطی اولیه برای گروه بهره‌برداران

مدل برنامه‌ریزی خطی برای این گروه بهره‌برداران به صورت زیر می‌باشد:

جدول ۳– متغیرهای به کار رفته در الگو

متغیر	معرفی متغیر	متغیر	معرفی متغیر
X_1	خیار (هکتار)	X_7	چغندرقند (هکتار)
X_2	ذرت علوفه‌ای (هکتار)	X_8	پیاز (هکتار)
X_3	یونجه آبی (هکتار)	X_9	گندم (هکتار)
X_4	آفتابگردان (هکتار)	X_{10}	جو (هکتار)
X_5	گوجه‌فرنگی (هکتار)	X_{11}	خربزه (هکتار)
X_6	لوبیا قرمز (هکتار)	Z	بازده برنامه‌ای

$$\textbf{Max Z} = 2/89\ x_1 + 2/12\ x_2 + 3\ x_3 + 1/76\ x_4 + 3/41\ x_5 + 2/04\ x_6 + 1/5\ x_7 + 4/17\ x_8 + 1/58\ x_9 + 1/49\ x_{10} + 2/13\ x_{11}$$

در تابع هدف، ضرایب X_1، X_2، X_3، X_4، X_5، X_6، X_7، X_8، X_9، X_{10}، X_{11}، X_{12}، X_{13} و X_{14}، سود ناخالص حاصل از کشت یک هکتار خیار، ذرت علوفه‌ای، یونجه آبی، آفتابگردان، گوجه‌فرنگی، لوبیا قرمز، چغندرقند،

پیاز، گندم، جو و خربزه به میلیون تومان است.

S.T

1- $1x_9 + 1x_{10} <= 5/35$
2- $1x_1 + 1x_3 + 1x_4 + 1x_5 + 1x_6 + 1x_7 + 1x_8 + 1x_9 + 1x_{10} + 1x_{11} <= 5/35$
3- $1x_1 + 1x_2 + 1x_3 + 1x_4 + 1x_5 + 1x_6 + 1x_7 + 1x_8 + 1x_{11} <= 5/35$

ردیف‌های شماره ۱، ۲ و ۳ مربوط به محدودیت زمین است که با توجه به تاریخ کشت محصولات مختلف و به منظور نشان دادن روابط بین آن‌ها به سه دوره تقسیم شده است. دوره اول از ابتدای آبان شروع شده و تا اواخر اسفند ماه ادامه می‌یابد. دوره دوم از اوایل فروردین شروع شده و تا آخر خرداد ماه ادامه می‌یابد و دوره سوم از ابتدای تیر ماه شروع و تا آخر مهر ماه ادامه می‌یابد.

4- $14\ x_1 + 15\ x_5 + 72\ x_8 <= 150$
5- $14\ x_1 + 12\ x_4 + 14\ x_5 + 14\ x_6 + 15\ x_7 + 18\ x_8 + 10\ x_{11} <= 78$
6- $11\ x_5 <= 58$
7- $13\ x_1 <= 21$
8- $18\ x_4 + 14\ x_6 + 24\ x_7 + 21\ x_8 <= 160$

ردیف‌های شماره ۴ و ۵، به ترتیب محدودیت نیروی کار زن در مرحله کاشت و وجین و ردیف‌های شماره ۶ تا ۸ محدودیت مرحله برداشت برای محصولات مختلف می‌باشد.

9- $12\ x_1 + 12\ x_5 + 15\ x_8 <= 110$

ردیف شماره ۹ نشان‌دهنده محدودیت نیروی کار مرد در مرحله کاشت می‌باشد.

10- $7\ x_1 + 6\ x_2 + 7\ x_3 + 6\ x_4 + 8\ x_5 + 7\ x_6 + 7\ x_7 + 6\ x_8 + 8\ x_9 + 8\ x_{10} + 7\ x_{11} <= 70$

ردیف شماره ۱۰، محدودیت تراکتور در مرحله شخم و آماده‌سازی زمین می‌باشد.

11- $400\ x_1 + 350\ x_2 + 100\ x_3 + 300\ x_4 + 400\ x_5 + 350\ x_6 + 300\ x_7 + 400\ x_8 + 300\ x_9 + 300\ x_{10} + 350\ x_{11} <= 2500$

ردیف شماره ۱۱ محدودیت کود شیمیایی (کیلوگرم) می‌باشد.

12- $4/76\ x_1 + 1/1\ x_2 + 3/21\ x_3 + 1/23\ x_4 + 4/54\ x_5 + 1/42\ x_6 + 1/77\ x_7 + 5/7\ x_8 + 0/63\ x_9 + 0/53\ x_{10} + 1/99\ x_{11} <= 9$

ردیف شماره ۱۲ محدودیت سرمایه (میلیون تومان) می‌باشد.

13- $12000\ x_1 + 7000\ x_2 + 13000\ x_3 + 6500\ x_4 + 11500\ x_5 + 5200\ x_6 + 11000\ x_7 + 13000\ x_8 + 5100\ x_9 + 5000\ x_{10} + 8000\ x_{11} <= 78000$

ردیف شماره ۱۳ محدودیت آب (مترمکعب) می‌باشد.

14- $x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6, x_7, x_8, x_9, x_{10}, x_{11}, x_{12}, x_{13}, x_{14} >= 0$

ردیف شماره ۱۴ محدودیت غیرمنفی بودن متغیرهای تصمیم‌گیری می‌باشد.

$$15- x_1 - x_2 + x_3 - x_4 + x_5 - x_6 + x_7 - x_8 + x_9 - x_{10} + x_{11} <= 0$$

ردیف شماره ۱۵ محدودیت تناوب زراعی می‌باشد.

اکنون با مشخص شدن تابع هدف و محدودیت‌ها، به تخمین الگوی برنامه‌ریزی خطی اولیه و الگوی برنامه‌ریزی ایجاد گزینه‌ها (MGA) برای بهره‌برداران زراعی شهرستان چناران پرداخته می‌شود. الگوی فعلی و نتایج حاصل از تخمین الگوهای بهینه و به نسبت بهینه در سطح اغماض ۱۰٪ در جدول ۴ ارائه شده است. همان‌طور که در جدول شماره ۴ مشاهده می‌شود، الگوهای کشت بهینه و به نسبت بهینه نسبت به الگوی کشت فعلی تخصصی‌تر شده‌اند و محصولات کمتری را این الگوها برای کشت پیشنهاد می‌دهند. الگوی کشت بهینه محصولات ذرت علوفه‌ای، یونجه‌آبی، گندم و جو را با توجه محدودیت‌های موجود پیشنهاد می‌دهد و سطح زیر کشت این محصولات نسبت به الگوی کشت فعلی افزایش قابل توجه‌ای داشته است. بازده برنامه‌ای حاصل از الگوی کشت بهینه نیز ۱۶ میلیون بدست آمده که حدود ۵ میلیون تومان بیشتر از بازده برنامه‌ای الگوی کشت فعلی بوده و حدود ۴۳ درصد افزایش داشته است.

جدول ۴– نتایج حل برنامه‌ریزی خطی و ایجاد گزینه‌ها

محصولات	الگوی فعلی	الگوی بهینه	درصد تغییر	MGA_1	درصد تغییر	MGA_2	درصد تغییر
خیار	۰/۲۱	۰	–	۰	–	۰	–
ذرت علوفه‌ای	۰/۴۳	۳/۰۷۹	۶۱۶	۱/۹۵۶۱	۳۵۵	۲/۰۷۴۹	۳۸۲
یونجه آبی	۰/۴۶	۰/۹۱۳۲	۹۸	۰	–	۱/۴۴۸۶	۲۱۵
آفتابگردان	۰/۲۸	۰	–	۰	–	۰	–
گوجه‌فرنگی	۰/۳۳	۰	–	۰	–	۰	–
لوبیا قرمز	۰/۳	۰	–	۳/۲۰۷۸	۹۶۹	۰	–
چغندرقند	۰/۵۸	۰	–	۰	–	۰	–
پیاز	۰/۳	۰	–	۰/۱۸۶۱	–۳۸	۰	–
گندم	۱/۱۴	۳/۳۰۱۳	۱۸۹	۱/۹۵۶۱	۷۲	۰	–
جو	۰/۹۷	۱/۱۳۵۵	۱۷	۰	–	۳/۹۰۱۴	۳۰۲
خربزه	۰/۳۵	۰	–	۰	–	۰	–
بازده برنامه‌ای	۱۱۲۵۲۲۳۰	۱۶۱۷۵۱۰۰	۴۳/۷	۱۴۵۶۴۹۰۳	۲۹/۴	۱۴۵۶۳۸۹۶	۲۹/۴

برنامه‌ریزی ایجاد گزینه‌ها (MGA)

با توجه به جواب‌های بهینه موجود در جدول ۴ که از حل مدل برنامه‌ریزی خطی به دست آمده و با در نظر گرفتن سطح اغماض ۱۰٪ از جواب بهینه، مرحله اول مدل MGA به شرح زیر می‌باشد.

$$\textbf{Max Z} = 2/89\ x_1 + 1/76\ x_4 + 3/41\ x_5 + 2/04\ x_6 + 1/5\ x_7 + 4/17\ x_8 + 2/13\ x_{11}$$

S.T:

$$2/89\ x_1 + 2/12\ x_2 + 3\ x_3 + 1/76\ x_4 + 3/41\ x_5 + 2/04\ x_6 + 1/5\ x_7 + 4/17\ x_8 + 1/58\ x_9 + 1/49\ x_{10} + 2/13\ x_{11} \geq 14557590$$

محدودیت‌های دیگر MGA، همان محدودیت‌های ذکر شده در مدل برنامه‌ریزی خطی اولیه می‌باشد و محدودیت بالا به آن‌ها اضافه می‌شود. اکنون بعد از مشخص شدن محدودیت‌ها و تابع هدف به تخمین الگوی به نسبت بهینه مرحله اول می‌پردازیم. نتایج حاصل از تخمین این الگو در جدول ۴ آورده شده است. همان‌گونه که در جدول ۴ مشاهده می‌شود، این الگو محصولات ذرت علوفه‌ای، لوبیا قرمز، پیاز و گندم را جهت کشت پیشنهاد می‌دهد و بازده برنامه‌ای حاصل از این الگو ۱۴۵۶۴۹۰۳ تومان بدست آمده است.

برای بدست آوردن مرحله دوم مدل MGA، بایستی دوباره تابع هدف را با توجه به نتایج بدست آمده از مرحله اول تغییر داد. مدل زیر این تغییر را نشان می‌دهد:

$$\textbf{Max Z} = 2/89\ x_1 + 3\ x_3 + 1/76\ x_4 + 3/41\ x_5 + 1/5\ x_7 + 1/49\ x_{10} + 2/13\ x_{11}$$

S.T:

$$2/89\ x_1 + 2/12\ x_2 + 3\ x_3 + 1/76\ x_4 + 3/41\ x_5 + 2/04\ x_6 + 1/5\ x_7 + 4/17\ x_8 + 1/58\ x_9 + 1/49\ x_{10} + 2/13\ x_{11} \geq 14557590$$

نتایج حاصل از تخمین الگوی به نسبت بهینه مرحله دوم که در جدول ۴ آورده شده، نشان می‌دهد که بایستی فقط محصولات ذرت علوفه‌ای، یونجه آبی و جو کشت گردد و سایر محصولات از الگوی کشت حذف شوند. بازده برنامه‌ای حاصل از این الگو ۱۴۵۶۳۸۹۶ تومان بدست آمده که نسبت به بازده برنامه‌ای الگوی کشت فعلی، حدود ۲۹ درصد افزایش داشته است.

نتیجه‌گیری کلی و پیشنهادات

به لحاظ اهمیت خاصی که الگوی کشت بر درآمد و رفاه کشاورزان و همچنین تخصیص منابع دارد، با توجه به نتایج بدست آمده از این مطالعه، پیشنهادات زیر در راستای بهبود رفاه کشاورزان و استفاده بهینه از منابع موجود در این منطقه ارائه می‌شود:

۱- با توجه به بررسی‌های صورت گرفته در منطقه بیشتر بهره‌برداران توجه چندانی به استفاده صحیح از منابع و نهاده‌های موجود و در دسترس ندارند، لذا کلاس‌های ترویجی به منظور آگاه ساختن کشاورزان نسبت به محدود بودن منابع به خصوص منابع آبی و نحوه استفاده صحیح از آن‌ها توصیه می‌گردد.

۲- با توجه به بررسی‌های صورت گرفته در مورد الگوهای کشت و همچنین تعیین الگوی بهینه کشت، مشاهده گردید که حتی با توجه به شرایط و محدودیت‌های موجود، بازده برنامه‌ای حاصل از الگوهای بهینه کشت اختلاف قابل توجهی با الگوهای کشت موجود دارد، در نتیجه تعیین الگوی بهینه کشت و پیشنهاد آن به کشاورزان منطقه با توجه به هماهنگی آن با شرایط و محدودیت‌های موجود در منطقه، می‌تواند در مصرف بهینه منابع و بهبود رفاه کشاورزان نقش اساسی ایفا کند.

۳- همچنین با توجه به اطلاعات بدست آمده از منطقه، مشاهده گردید که اکثر کارهای کشاورزی توسط نیروی کار صورت می‌گیرد و میزان استفاده از ماشین‌آلات بسیار اندک است. لذا با توجه به کارایی و سرعت بالاتر و همچنین هزینه پایین‌تر استفاده از ماشین‌آلات نسبت به نیروی کار در بلندمدت، پیشنهاد می‌گردد جهاد کشاورزی استان خراسان رضوی، کشاورزان را با انواع ماشین‌آلات کاشت، داشت و برداشت محصولات زراعی آشنا سازد تا علاوه بر کاهش هزینه‌ها، کارایی کشاورزان نیز افزایش یابد.

منابع

۱. آمارنامه جهاد کشاورزی استان خراسان رضوی. ۱۳۹۰.

۲. امیرتیموری، س. و ا. ح. چیذری. ۱۳۸۶. تعیین الگوی بهینه واحد تلفیقی زراعت-گاوداری. ششمین کنفرانس اقتصاد کشاورزی ایران. مشهد مقدس.

۳. امینی‌فسخودی، ع.، س. ه. ا. نوری و س. ر. حجازی. ۱۳۸۷. تعیین الگوی بهینه بهره‌برداری در اراضی زراعی ناحیه شرق اصفهان به کمک رهیافت برنامه‌ریزی آرمانی. اقتصاد کشاورزی. جلد ۲. شماره ۴: ۱۹۷-۱۷۷.

۴. باقری، م. و ف. معززی. ۱۳۸۹. تعیین الگوی بهینه کشت: کاربرد روش برنامه‌ریزی امکان. مجله تحقیقات اقتصاد کشاورزی. جلد ۲، شماره ۱: ۸۰-۵۳.

۵. حمدی، ط. ۱۳۷۷. آشنایی با تحقیق در عملیات، برنامه‌ریزی خطی، پویا و با اعداد صحیح. جلد اول، ترجمه محمدباقر بازرگان، مرکز نشر دانشگاهی تهران.

۶. سلطانی، غ.، م. زیبایی و ا. ع. کهخا. ۱۳۸۷. کاربرد برنامه‌ریزی ریاضی در کشاورزی. انتشارات سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی.

۷. عمادزاده، م.، م. زاهدی‌کیوان و ک. آقایی. ۱۳۸۸. تعیین الگوی بهینه کشت محصولات زراعی مزرعه در شرایط ریسک و نبود قطعیت با استفاده از برنامه‌ریزی خطی بازه‌ای. اقتصاد کشاورزی و توسعه. سال ۱۷، شماره ۶۷: ۹۲-۷۳.

۸. مجیدی، ن.، ا. علیزاده و م. قربانی. ۱۳۸۸. تعیین الگوی کشت بهینه همسو با مدیریت منابع آب دشت مشهد-چناران. مجموعه مقالات همایش ملی، الگوهای توسعه پایدار در مدیریت آب. ۱۴۴-۱۳۰.

۹. محمدی، ح. و ف. بوستانی. ۱۳۸۸. کاربرد برنامه‌ریزی چندهدفی در تعیین الگوی بهینه کشت در شهرستان مرودشت با تاکید بر محدودیت آب. مجله تحقیقات اقتصاد کشاورزی. جلد ۱. شماره ۳: ۴۵-۲۵.

۱۰. مهدی‌پور، ا.، س. م. صدرالاشرافی و ع. ر. کرباسی. ۱۳۸۵. مقایسه روش‌های برنامه‌ریزی خطی متعارف، تقریباً بهینه و فازی در تعیین جیره غذایی طیور. مجله علمی پژوهشی علوم کشاورزی. سال دوازدهم، شماره ۳: ۴۸۷-۴۷۹.

۱۱. نقشینه‌فرد، م.، ح. محمدی و خ. قادری. ۱۳۸۶. تعیین ترکیب بهینه محصولات زراعی با استفاده از روش برنامه‌ریزی هدف (مطالعه موردی شهرستان جهرم). توسعه و بهره‌وری. سال دوم. شماره ۳ و ۴: ۲۴-۱۸.

12. Doppler, W., A. Z. Salman, E. K. Al-Karablieh, H. P. Wolff. 2002. «The impact of water price strategies on the allocation of irrigation water: the case of Jordan Valley». *Agricultural Water Management. (55): 171-182.*

13. Kaur, B., R. S. Sidhu and K. Vatta. 2010. «Optimal Crop Plans for Sustainable Water Use in Punjab». *Agricultural Economics Research Review. Volume 23: 273-284.*

14. Singh, D. K., C. S. Jaiswal, K. S. Reddy, R. M. Singh and D. M. Bandarkar. 2001. «Optimal cropping pattern in a canal command area». *Agricultural Water Management, No 50: 1-8.*