اولین کنفرانس بین المللی
مهندسی صنایع،اقتصاد و مدیریت
استانبول-ترکیه
۲۷ خرداد ۱۳۹۹
iemconf

تعیین الگوی بهینه کشت محصولات زراعی در استان گلستان

ابوالفضل دیلمی

دانش آموخته کارشناسی ارشد رشته اقتصاد کشاورزی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
abolfazldeylami13feb1994@gmail.com

ابوالفضل تجری

دانشجوی کارشناسی ارشد رشته اقتصاد کشاورزی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
abolfazltajari.1374.92@gmail.com

چکیده

با افزایش جمعیت و بالارفتن نیاز انسان‌ها به مواد غذایی، کشاورزی به عنوان اصلی‌ترین بخش در تولید مواد غذایی از اهمیت زیادی برخوردار است. با این وجود بهره‌وری عوامل تولید به خصوص در کشورهای در حال توسعه مانند ایران بسیار پایین می‌باشد و نهاده‌های تولید در بخش کشاورزی به طور بهینه تخصیص پیدا نمی‌کنند. لذا در پژوهش حاضر با استفاده از روش برنامه‌ریزی خطی و با هدف حداکثر سازی سود زارعین منطقه مورد مطالعه، به تعیین الگوی بهینه کشت محصولات زراعی در استان گلستان در سال زراعی ۹۶-۱۳۹۵ پرداخته شد. آمار و اطلاعات مورد نیاز در این تحقیق به روش مطالعه میدانی و از طریق تکمیل پرسشنامه و مصاحبه حضوری با کشاورزان منطقه مورد مطالعه بدست آمد. سایر اطلاعات مورد نیاز با مراجعه حضوری به سازمان ها و ادارات مربوطه جمع‌آوری شده است. نتایج مطالعه حاضر نشان می‌دهد که الگوی کشت فعلی در استان گلستان بهینه نمی‌باشد و بکارگیری الگوی بهینه، سود کشاورزان را ۵۸/۵۶ درصد افزایش می‌دهد.

واژگان کلیدی: برنامه‌ریزی خطی، بهینه سازی، الگوی کشت، استان گلستان

مقدمه

امروزه تولیدات کشاورزی با چالش‌های متعددی روبرو است که مجموعه این چالش‌ها را به طور کلی می‌توان به سه دسته اصلی محدودیت منابع، مسائل زیست محیطی و مسائل اقتصادی تقسیم بندی کرد. بنابراین می‌توان بیان کرد که مقابله با این چالش‌ها و توسعه تولیدات کشاورزی مستلزم توجه اقتصاددانان و برنامه‌ریزان بخش کشاورزی جهت تعیین برنامه زراعی محصولات کشاورزی است (شکوهی، ۱۳۹۶). فعالیت‌های کشاورزی از فعالیت‌های مورد نیاز برای توسعه اقتصادی کشورها به شمار می‌رود. یکی از مشکلات اساسی کشاورزی در کشورهای درحال توسعه و از جمله ایران، عدم بهره‌وری مطلوب به دلیل تخصیص نامناسب عوامل تولید است. با توجه به تقاضای در حال افزایش محصولات کشاورزی، افزایش بهره‌وری استفاده از منابع کمیاب، ضرورتی انکار ناپذیراست. بهره-برداری مطلوب از این منابع، افزون بر تامین تقاضای جامعه به عنوان یک هدف کلان، می‌تواند افزایش درآمد بهره برداران را که برای آن‌ها فعالیت کشاورزی علاوه بر یک فعالیت اقتصادی به عنوان شیوه‌ای از زندگی نیز محسوب می‌شود، به دنبال داشته باشد. به همین دلیل در برنامه‌ریزی‌های اقتصادی و کلان کشورهای مختلف، افزایش بهره‌وری استفاده از منابع یکی از مهم ترین شاخص‌های مورد توجه در توسعه کشاورزی بوده است (محمدی و همکاران، ۱۳۹۱). رشد روز افزون جمعیت و محدودیت منابع موجود، بشر را وادار ساخته است تا با مدیریت صحیح و تخصیص بهینه منابع موجود به نیازهای نامحدود بشری به بهترین نحو ممکن پاسخ دهد. به سبب فعالیت جمع کثیری از جمعیت کشورهای در حال توسعه به خصوص ایران در بخش کشاورزی، اقتصاد این کشورها بطور چشمگیری وابسته به کشاورزی است. انتخاب یک الگوی کشت بهینه که در آن علاوه بر داشتن شرط حداکثر درآمد ممکن برای کشاورز به استفاده صحیح و اصولی از منابع نیز توجه شود ضروری است (Oster, 2006). امنیت غذایی در هر کشور از شرایط مهم جهت برقراری امنیت ملی در آن کشور است و نیز از آنجا که دستیابی به امنیت غذایی مستلزم توسعه تولیدات کشاورزی است، لذا توجه به ساختار کشاورزی در جوامع مختلف و بهبود وضعیت کشاورزی و تخصیص بهینه عوامل تولید به منظور تولید بیشتر در واحد سطح از اهمیت بالایی برخوردار است (رفیعی و همکاران، ۱۳۹۰). مسائل برنامه‌ریزی کشاورزی از نقطه نظر اقتصادی و اجتماعی بسیار مهم است. این مسائل دربرگیرنده‌ی تقابل پیچیده بین طبیعت و اقتصاد است. به خاطر افزایش جمعیت، همیشه نیاز به تولید بیشتر برای تأمین تقاضای رو به رشد وجود دارد. یکی از راه‌های افزایش تولید، افزایش سطح زیر کشت محصولات است. افزایش سطح زیر کشت بایستی با استفاده کارا از منابع انجام پذیرد. برنامه‌ریزی تولید محصولات زراعی از تعیین کننده‌ترین برنامه‌ریزی‌ها در کشاورزی است و به منابع زمین، آب، نیروی کار و سرمایه بستگی دارد (حکیم فر، ۱۳۹۳). در این راستا، استفاده مطلوب از منابع به کمک بهینه سازی الگوی کشت محصولات زراعی، راهکاری مناسب برای توسعه کشاورزی است (باولی و همکاران، ۱۳۹۴). بنابراین با توجه به این که تعیین الگوی کشت بهینه، رویکردی جهت استفاده بهینه و مقابله با کمبود منابع است، در مطالعه حاضر از رهیافت برنامه‌ریزی خطی[1] (LP) استفاده شده است. در ادامه به تعدادی از مطالعات مشابه که در داخل و خارج از کشور انجام شده است اشاره می‌شود.

سابقه تحقیق

[1]- Linear Programming

دیزج چراغی و همکاران (۱۳۹۳)، با استفاده از مدل برنامه‌ریزی خطی به تعیین الگوی کشت بهینه محصولات زراعی شهرستان ساری پرداختند و نتایج نشان داد که امکانات بالفعل و بالقوه برای بهبود دسترسی به اهداف مدیریت بخش کشاورزی در منطقه مورد مطالعه وجود دارد، بطوری که مقادیر بهینه الگوی کشت برای محصولات زراعی می‌تواند درآمد ناخالص مزرعه را نیز افزایش دهد و در واقع کشاورزان از منابع موجود به نحو بهینه استفاده نمی‌کنند، به گونه‌ای که اختلاف سود در اجرای دو حالت فعلی و بهینه ۱۲/۱۵ درصد می‌باشد. مهسافر و همکاران (۱۳۹۴)، در تحقیقی به بهینه‌سازی الگوی کشت دشت قزوین با استفاده از برنامه‌ریزی خطی پرداختند. نتایج نشان داد که بهینه‌سازی الگوی زراعی دشت قزوین همراه با تخصیص بهینه آب کشاورزی، به طور کلی مقدار قابل توجهی پتانسیل افزایش سود خالص ارزش اقتصادی آب کشاورزی در منطقه را دارد. در این تحقیق الگوی کشت بهینه با توجه به حداکثر سود اقتصادی خالص و ارزش اقتصادی آب کشاورزی از سناریوی ۳۰ درصد کم آبی به دست آمد. این موضوع نشان می‌دهد که مدیریت تخصیص آب بر اساس مدل‌های بهینه و قیمت آب نزدیک به ارزش اقتصادی واقعی خود، باعث ایجاد انگیزه برای کشاورزان به صرفه جویی و استفاده از آب کشاورزی می‌شود. اسدی و همکاران(۱۳۹۶)، در مطالعه‌ای با استفاده از روش برنامه‌ریزی خطی الگوی کشت بهینه گرگان را برآورد کردند. نتایج نشان داد که با کاهش ۱۴درصد سطح زیرکشت، بازده برنامه ای ۵۲ درصد افزایش پیدا خواهد کرد. اسعدی مهربانی و همکاران (۱۳۹۷)، با به کار گیری از مدل برنامه‌ریزی خطی فازی الگوی کشت بهینه را در حوضه‌ی زرینه رود تخمین زدند و نتایج حاکی از افزایش سود خالص به میزان ۲/۵۳ درصد نسبت به بهینه سازی قطعی و افزایشی معادل ۳۶/۳۴ در صد نسبت به الگوی کشت فعلی از طریق کاهش سطوح زیرکشت محصولاتِ با سود خالص کم و افزایش سطح زیرکشت محصولاتِ با درآمد بالا می‌باشد. عبدی رکنی و همکاران (۱۳۹۶)، اثر بهینه سازی مصرف کودهای شیمیایی بر الگوی کشت گهرباران ساری را به کار گیری برنامه‌ریزی ریاضی اثباتی بررسی کردند و نتایج نشان داد که مصرف کود برای محصولات در بین کشاورزان نماینده، بهینه نبوده به گونه‌ای که مصرف کود در شرایط کنونی به طور میانگین بیشتر از حد بهینه می‌باشد. برمبنای نتایج الگوی برنامه‌ریزی ریاضی اثباتی، با وجود ثابت بودن سطح کشت کل، سود در حالت مصرف کود بهینه نسبت به مصرف کنونی، ۳ درصد افزایش یافته است. Singh and Panda (2012)، در مطالعه‌ای مدل برنامه‌ریزی خطی را برای تخصیص مطلوب زمین و منابع آب به منظور به حداکثر رساندن بازده خالص سالانه در یک منطقه آبی واقع در ایالت هاریانا در هند مورد استفاده قرار دادند. نتایج نشان می‌دهد در الگوی بهینه کشت سطح زیر کشت برنج، خردل و جو کاهش و در منطقه گرم سطح زیر کشت پنبه، نیشکر، گندم، ارزن و سورگم افزایش می‌یابد. براساس تخصیص بهینه زمین و آب، استفاده از آب‌های زیر زمینی افزایش می‌یابد، که به نوبه خود سبب کاهش مشکلات شوری و غرقابی در منطقه مورد مطالعه می‌شود. همچنین بازده خالص سالانه نزدیک به ۲۶ درصد افزایش می‌یابد. تحلیل حساسیت پارامترهای مدل نشان می‌دهد که قیمت بازار محصولات حساس‌ترین پارامتر است و بعد از آن سطح زیر کشت محصول و هزینه‌های کشت قرار دارند. Majeke et al (2013)، برنامه‌ریزی خطی را در ترکیب بهینه محصولات زراعی منطقه‌ای در زیمباوه استفاده کرد. نتایج نشان داد این مدل درآمد بالاتری برای کشاورزان به دست آورد که اختلافشان با درآمد کشت فعلی ۹۲ /۷۲ درصد بوده است. Shreedhar et al (2015)، با استفاده از برنامه‌ریزی خطی و محدودیت منبع آب در منطقه مارکاندانیا کشور هند به تعیین الگوی کشت پرداختند. نتایج نشان داد در الگوی کشت بهینه با مصرف بهینه ۵۰۰۰ لیتر آب، مقدار سطح زیر کشت از ۶۲ / ۱۵۴۸۵ هکتار به ۸۲ /۲۱۱۷۳ هکتار افزایش یافته است. Daghighi et al (2017)، در تحقیقی با استفاده از مدل برنامه‌ریزی ریاضی خطی، الگوی بهینه کشت برای افزایش درآمد و کاهش مصرف آب را در دشت ارجان استان فارس تخمین زدند و نتایج نشان می‌دهد که تراز منفی آب می‌تواند به تدریج به عنوان مثبت بهبود یابد، و همچنین تا سال ۲۰۴۰، کسری ۲۳۶

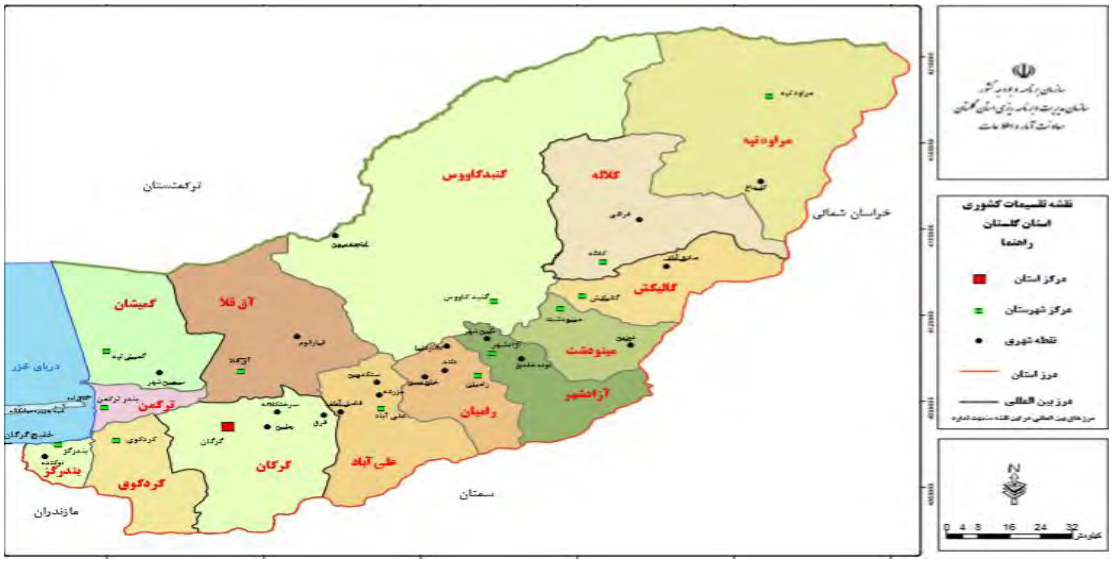
میلیون متر مکعب فعلی با ۸ درصد سود خالص جبران می‌شود. Osama et al (2017)، با استفاده از برنامه‌ریزی خطی به بهینه‌سازی الگوی کشت در کشور مصر پرداختند. نتایج نشان داد که بازده خالص ۶/۱۸ درصد افزایش یافته است و سطح زیر کشت محصولات ذرت، برنج، سیب زمینی، و روغن خوراکی کاهش یافته و سطح زیر کشت گوجه افزایش می‌یابد. و سطح زیر کشت محصولات پنبه، سورگم، لوبیا نیز بدون تغییر باقی می‌ماند. Mardani Najafabadi et al(2019)، با استفاده از مدل برنامه‌ریزی چند هدفی الگوی کشت بهینه را در نواحی مختلف استان اصفهان برآورد کردند. نتایج نشان داد که در محصولات دانه ای و علوفه ای، در منطقه مطلوب سطح زیر کشت به ترتیب کاهش ۲۶ و ۵ درصدی داشته است. و از طرفی در الگوی مطلوب مدل چند هدفه افزایش سطح زیرکشت محصولات باغبانی با ۱۰ درصد یکی دیگر از عوامل مهم در تجزیه و تحلیل نتایج بود. Gholipour et al (2019)، در مطالعه‌ای با استفاده از مدل برنامه‌ریزی ریاضی آرمانی به تعیین الگوی بهینه کشت برای افزایش بهره‌وری انرژی و کاهش آلاینده‌های زیست محیطی منطقه گوهرباران، ساری پرداخت و نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که الگوی کشت فعلی در منطقه با الگوهای بهینه از نظر ارقام، استفاده از سموم دفع آفات و کودهای شیمیایی و میزان استفاده از آب کشاورزی متفاوت است. کاهش سطح زیر کشت برنج از ۱/۷ به ۰/۲۱۴ هکتار برای پایداری تولید در مدل زیست‌محیطی و همچنین با کاهش ۳۰ درصد از شرایط فعلی آب موجود برای کشاورزی، الگوی کشت کلزا و سیر به ترتیب ۴/۵ درصد و ۲۶/۴ درصد کاهش می‌یابد.

بررسی مطالعات انجام شده نشان دهنده این موضوع می‌باشد که نهاده‌های کشاورزی در الگوی کشت فعلی به شکل بهینه تخصیص نمی‌یابد. این امر موجب می‌شود که پتانسیل سود بالقوه واحدهای کشاورزی بالفعل نشود. به همین دلیل در این پژوهش با استفاده از روش برنامه‌ریزی خطی به تعیین الگوی بهینه کشت محصولات زراعی در استان گلستان پرداخته خواهد شد.

روش تحقیق

معرفی منطقه مورد مطالعه

استان گلستان در بخش شمالی کشور واقع شده که از شمال به کشور ترکمنستان " دارای ۴۳۸ کیلومتر مرز خشکی و ۹۰ کیلومتر مرز آبی" از جنوب به استان سمنان، از شرق به استان خراسان شمالی و از غرب به استان مازندران و دریای خزر محدود می‌شود



(شکل ۱). متوسط بارندگی سالیانه ۴۷۰ میلیمتر و پتانسیل آب سطحی و زیرزمینی میزان ۲۴۸۵ میلیون مترمکعب است. این استان دارای ۱۴ شهرستان، ۲۷ بخش، ۳۳ شهر، ۶۰ دهستان و ۱۰۴۹ آبادی می‌باشد. جمعیت استان گلستان براساس نتایج سرشماری عمومی نفوس و مسکن سال ۱۳۹۵، یک میلیون و ۸۶۸ هزار و ۸۱۹ نفر است که از این تعداد ۹۹۵ هزار و ۶۱۵ نفر شهرنشین و ۸۷۱ هزار و ۵۴۶ نفر روستایی و یک هزار و ۶۵۸ نفر غیرساکن می‌باشند.

شکل ۱. منطقه مورد مطالعه

استان گلستان با دارا بودن ۶۴۶۴۵۵/۴ هکتار اراضی زراعی یکی از مهمترین مراکز تولیدات کشاورزی در کشور می‌باشد. جلگه وسیع، تنوع آب و هوائی و خاک مناسب باعث شده تا حدود ۵۶ درصد از جمعیت استان به کشت و کار با ترکیب ۸۹ محصول زراعی و باغی مشغول باشند. جدول (۱) نشان‌دهنده جایگاه تولیدات مهم بخش کشاورزی استان درکشور می‌باشد. از کل سطح زیرکشت محصولات زراعی این شهرستان بیش از ۵۴ درصد به محصولات آبی و ۴۶ درصد به محصولات دیم اختصاص دارد. بیشترین سطح زیر کشت محصولات زراعی به ترتیب مربوط گندم، شلتوک، جو، کلزا، پنبه، ذرت، گوجه‌فرنگی، سیب‌زمینی، توتو و تنباکو، آفتابگردان و شبدر می‌باشد که بیش از ۹۲ درصد از سطح زیر کشت استان را به خود اختصاص داده‌اند (آمارنامه استان گلستان، ۱۳۹۵).

جدول ۱. جایگاه تولیدات بخش کشاورزی استان گلستان درکشور

محصول	رتبه درکشور	سهم از میزان تولید درکشور(٪)
سویا	اول	۴۶
کلزا	اول	۸۲
خاویار	اول	۵۶
پنبه	دوم	۱۷
توتون	سوم	۱۷
برنج	چهارم	۱۸
گندم	چهارم	۷

ماخذ: سازمان جهاد کشاورزی استان گلستان، ۱۳۹۶

مدل سازی شرایط بهینه استفاده از اراضی

در این مطالعه برای بهینه سازی استفاده از اراضی، از برنامه ریزی خطی)LP(استفاده شده، LP عبارت است از بهینه کردن (حداکثر یا حداقل کردن) متغیر وابسته‌ای که به صورت خطی با مجموعه ای از متغیرهای مستقل درارتباط است. اجزای هر مدل LP، شامل متغیرهای تصمیم، تابع هدف و محدودیت های مدل هستند. معادله های زیر فرم کلی مدل برنامه ریزی خطی را نشان می دهد:

$$Maximize\ Z = \sum_{i=1}^{n} ((yb_i \times pr_i) - Co_i)\, X_i \qquad (۱)$$

که در آن:

Z : ارزش تابع هدف؛

X: متغیر تصمیم و یا فعالیت‌های تولیدی کشاورزان؛

i: متغیر مربوط به محصولات تولیدی؛

yb_i: مقادیر عملکرد محصولات تولیدی در منطقه (تن در هکتار)؛

pr_i: قیمت برای محصول i ام (ریال در هکتار)؛

Co_i: هزینه هر نهاده تولیدی برای محصول i ام (ریال در هکتار) می‌باشد.

محدودیت‌های منابع

این محدودیت ها شامل منابع زمین زراعی، آب آبیاری، نیروی کار موردنیاز، ماشین آلات، سرمایه، کود، سم، تناوب‌های زراعی، مثبت بودن سطح زیر کشت زراعی و می باشد. ساختار کلی این محدودیت ها به صورت رابطه (۲) است. که به هرکدام از محدودیت های مدل به صورت جداگانه اشاره خواهد شد.

$$\sum a_{ij} X_i \le b_i \qquad (۲)$$

که در این رابطه:

a_{ij}: ضریب فنی نهاده به ازای یک واحد سطح زیر کشت (هر فعالیت چه مقدار از نهاده ها را استفاده می‌کند)؛

b_i: میزان نهاده در دسترس کشاورز است.

۱- محدودیت زمین زراعی

این محدودیت بیانگر آن است که کل اراضی تخصیص یافته بین فعالیت‌های تولیدی نمی‌تواند بیش از کل اراضی زراعی موجود باشد. محدودیت مذکور به صورت بهاره و پاییزه (j=۱, ۲) برای محصولات زراعی کشت شده در منطقه مورد مطالعه وارد شده و به صورت رابطه زیر بیان می‌شود.

$$\sum_{i=1}^{n} x_i \leq land_{i.j} \qquad (۳)$$

که در آن:

x_i: سطح زیر کشت محصول i ام (هکتار)؛

$land_{i.j}$: کل اراضی موجود زراعی (هکتار) می‌باشد.

از آن‌جا که این محدودیت در دوره‌های مختلف منظور شده است، امکان انتخاب فعالیت‌ها به صورت کشت مجدد در مدل وجود دارد.

۲- محدودیت آب

با توجه به اینکه آب یکی از حیاتی‌ترین نهاده‌های مورد نیاز در بخش کشاورزی است، به عنوان یک محدودیت ماهیانه (m=۱۲) به شکل زیر وارد می‌گردد.

$$\sum_{i=1}^{n} w_i x_i \leq water_m \qquad (۴)$$

که در این روابط:

w_i: مقدار آب مورد نیاز محصول نام در هر ماه (متر مکعب)؛

$water_m$: کل آب موجود در هر ماه (متر مکعب) می باشد.

۳- محدودیت نیروی کار

محدودیت مربوط به نیروی کار در سه دوره کاشت، داشت و برداشت (p =۱ , ۲ ,۳) برای محصولات بهاره و پاییزه (t =۱ , ۲) به صورت رابطه (۵) نوشته می شود و بیانگر این است که مجموع نیاز فعالیت ها به نیروی کار در هر دوره کشت نمی‌تواند از کل نیروی کار موجود در منطقه بیشتر باشد.

$$\sum_{i=1}^{n} l_i x_i \leq labor_{p.t} \qquad (۵)$$

که در آن:

l_iمقدار کارگر مورد نیاز فعالیت i ام (نفر روز در هکتار)؛

$labor_{p.t}$: کل نیروی کار موجود در منطقه (نفر روز در هکتار) می باشد.

۴- محدودیت ماشین آلات

این محدودیت نیز همانند در در سه دوره کاشت، داشت و برداشت (p= ۱ , ۲ ,۳) برای محصولات بهاره و پاییزه (t=۱ , ۲) در رابطه (۶) ارائه شده است. به این معنا که کل ساعت کار با ماشین آلات برای محصولات از کل ساعات ماشین در دسترس موجود کمتر یا مساوی باشد. برای این کار کل تعداد ماشین مرتبط با هر دوره کشت را در متوسط ساعت کار در روز آن ضرب نموده و ساعت آن را برای کل دوره محاسبه شده است.

$$\sum_{i=1}^{n} m_i x_i \leq machinery_{\mathrm{p.t}} \qquad (۶)$$

که در آن:

m_i: مقدار ماشین آلات مورد نیاز فعالیت i ام (ساعت در هکتار)؛

$machinery_{\mathrm{p.t}}$: کل ماشین آلات موجود در منطقه (ساعت در هکتار) می باشد.

۵- محدودیت سرمایه

کشاورزان برای انجام بسیاری از امور کشاورزی مانند خرید بذر، کود، سم، نیروی کار و ... نیاز به سرمایه دارند. محدودیت سرمایه بیانگر این است که کل نیاز تولیدات به سرمایه نمی‌تواند از کل سرمایه موجود برای تولید بیشتر باشد. سرمایه مورد نیاز برای هر محصول را می توان هزینه تولیدی آن در هر هکتار در نظر گرفت. این محدودیت در رابطه زیر نشان داده می شود.

$$\sum_{i=1}^{n} k_i x_i \leq capital_{\mathrm{total}} \qquad (۷)$$

که در آن:

k_i: مقدار سرمایه مورد نیاز فعالیت i ام (ریال در هکتار)؛

$capital_{\mathrm{total}}$: کل سرمایه موجود در منطقه (ریال در هکتار) می باشد.

۶- محدودیت کود شیمیایی

محدودیت کود شیمیایی مصرفی (ازت، فسفات، پتاس) برای گیاهان مختلف به صورت زیر در مدل اعمال گردید:

$$\sum_{i=1}^{n} f_i x_i \leq T_{fertilizer} \qquad (۸)$$

که در آن:

f_i: میزان استفاده از کود شیمیایی (کیلو گرم در هکتار)؛

$T_{fertilizer}$: کل منابع کود شیمیایی در منطقه (کیلو گرم).

۷- محدودیت سم

محدودیت سم مصرفی (علف کش، حشره کش، قارچ کش) برای گیاهان مختلف به صورت زیر در مدل اعمال گردید:

$$\sum_{i=1}^{n} p_i x_i \leq T_{poison} \quad (۹)$$

که در آن:

p_i: میزان استفاده از سم (لیتر در هکتار)؛

T_{poison}: کل منابع سم در منطقه (لیتر).

۸- محدودیت تناوب زراعی

تناوب زراعی، بعد زمانی الگوی کشت یک منطقه همراه با توالی کاشت محصولات مختلف را در یک قطعه زمین مشخص می کند و دارای اهمیت خاص و تأثیر تعیین کننده در عملکرد محصولات مختلف کشاورزی است. یک تناوب زراعی مناسب می تواند امکان برنامه‌ریزی صحیح را فراهم آورد و شرایط استفاده بهینه از آب و خاک را ایجاد کند (بخشی، ۱۳۸۸).

این محدودیت بیانگر این است که سطح زیر کشت محصولات در تناوب نمی تواند از سطح محصول اول کشت شده در همان زمین بیشتر باشد و به صورت رابطه (۱۰) بیان می شود:

$$x_{t1} - x_{t2} \leq 0 \quad (۱۰)$$

که در آن x_{t1} و x_{t2}: محصولات تولیدی در تناوب با یکدیگر (هکتار) هستند.

۹- محدودیت غیر منفی بودن

در الگوی برنامه ریزی مورد نظر، متغیرهای تصمیم همان سطح زیر کشت محصولات بر حسب هکتار می باشند. بنابراین ممکن نیست که مقادیر منفی اتخاذ کنند بنابراین این موضوع با اعمال محدودیت (۱۱) در الگو وارد می‌شود.

$$x_i \geq 0 \quad (۱۱)$$

جامعه آماری در این تحقیق کل کشاورزان استان گلستان می‌باشد. با توجه به ویژگی‌های جامعه آماری مورد بررسی و نیاز تحقیق، روش نمونه گیری طبقه‌ای تصادفی برای انتخاب نمونه استفاده شد. در این بررسی شهرستان‌های استان گلستان به عنوان طبقات در نظر گرفته شده‌اند. حجم نمونه در این روش با استفاده از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$n = \frac{\sum_{i=1}^{L} N_i^2 s_i^2 / w_i}{N^2 D + \sum_{i=1}^{L} N_i \sigma_i^2} \quad (۱۲)$$

$$D = \frac{B^2}{4} \quad (۱۳)$$

$$B = 2\sigma \quad (۱۴)$$

در روابط فوق L تعداد طبقات (شهرستان‌های استان گلستان)، N_i حجم جامعه در طبقه i ام، N حجم کل جامعه، σ_i انحراف معیار سطح زیر کشت در هر طبقه، w_i سهم طبقات، s انحراف معیار نمونه، B کران خطای برآورد، n حجم نمونه و D دامنه تغییرات می‌باشند. درصد خطای برآورد لحاظ شده ۷/۵ درصد می باشد. آمار و اطلاعات لازم در سال زراعی ۹۶-۱۳۹۵ با استفاده از روش نمونه‌گیری طبقه‌ای تصادفی، متشکل از ۲۷۹ کشاورز جمع‌آوری شده است و همچنین سایر اطلاعات مورد نیاز با مراجعه با سازمان‌های مربوطه مانند سازمان جهاد کشاورزی و اداره آب منطقه ای استان گلستان بدست آمده است. در مرحله‌ی آخر به منظور تجزیه و تحلیل اطلاعات از بسته‌ی نرم افزاری GAMS استفاده شد.

یافته‌ها

در این بخش ابتدا الگوی کشت زراعی فعلی استان گلستان در سال زراعی ۹۶-۱۳۹۵ مورد بررسی قرار گرفت و نتایج در جدول شماره (۲) گزارش شده است.

جدول ۲. الگوی کشت فعلی استان گلستان

محصولات	الگوی فعلی (ha)	سهم محصول (٪)
گندم دیم	۲۰۱۹۶۷/۴	۳۱/۲۴
گندم آبی	۱۶۸۳۱۵/۵	۲۶/۰۴
جو دیم	۴۶۳۵۷/۷	۷/۱۷
برنج دانه بلند پر محصول	۲۸۳۰۷/۴	۴/۳۸
سویا بهاره آبی	۲۶۴۳۶/۴	۴/۰۹
جو آبی	۱۹۶۸۵/۷	۳/۰۵
برنج دانه بلند مرغوب	۱۸۸۷۱/۶	۲/۹۲
سویا تابستانه آبی	۱۷۶۲۴/۳	۲/۷۳
کلزا دیم	۱۴۱۹۷	۲/۲۰
پنبه آبی	۱۱۱۹۹/۳	۱/۷۳
ذرت علوفه ای آبی	۸۰۷۴/۱	۱/۲۵
کلزا آبی	۷۶۶۹/۴	۱/۱۹
گوجه فرنگی آبی	۷۱۳۶/۱	۱/۱۰
سیب زمینی آبی	۵۳۱۶/۲	۰/۸۲
توتون و تنباکو	۳۲۱۵	۰/۵۰
ادامه جدول ۲. الگوی کشت فعلی استان گلستان		
آفتابگردان آبی	۲۸۰۰	۰/۴۳
شبدرآبی	۲۴۲۲/۲	۰/۳۷
سویا بهاره دیم	۱۷۵۹/۱	۰/۲۷
سویا تابستانه دیم	۱۱۷۲/۸	۰/۱۸

سود ناخالص (میلیون ریال)	۱۴۶۱۵۰/۹
ماخذ: سازمان جهاد کشاورزی استان گلستان، ۱۳۹۶	

با توجه به جدول شماره (۲) که وضعیت فعلی سطح زیر کشت محصولات زراعی در منطقه مورد مطالعه را نشان می‌دهد، محصولات گندم دیم و آبی بیش از ۵۰ درصد از سطح زیر کشت منطقه را به خود اختصاص داده‌اند. همچنین سهم محصولات آفتابگردان آبی، شبدر آبی، سویا بهاره دیم و سویا تابستانه دیم در الگوی کشت فعلی منطقه کمتر از ۰/۵ درصد می‌باشد. سود ناخالص کشاورزان در این حالت نیز ۱۴۶۱۵۰/۹ میلیون ریال می‌باشد.

در ادامه با استفاده از برنامه ریزی‌ریاضی خطی به تعیین الگوی بهینه کشت در استان گلستان پرداخته شد و نتایج در جدول شماره (۳) قابل مشاهده می‌باشد.

جدول ۳. الگوی کشت بهینه استان گلستان

محصولات	الگوی بهینه (ha)	سهم محصول (٪)	اختلاف (٪)
گندم دیم	۱۳۰۱۹۸/۳	۲۰/۱۴	-۳۵/۵۳
گندم آبی	۰	۰	-۱۰۰
جو دیم	۰	۰	-۱۰۰
برنج دانه بلند پر محصول	۰	۰	-۱۰۰
سویا بهاره آبی	۰	۰	-۱۰۰
جو آبی	۰	۰	-۱۰۰
برنج دانه بلند مرغوب	۰	۰	-۱۰۰
سویا تابستانه آبی	۰	۰	-۱۰۰
کلزا دیم	۹۵۰۸۲	۱۴/۷۱	+۵۶۹/۷۳
پنبه آبی	۰	۰	-۱۰۰
ذرت علوفه ای آبی	۲۰۶۹/۷۶۸	۰/۳۲	-۷۴/۳۷
کلزا آبی	۹۷۳۹۰	۱۵/۰۷	+۱۱۶۹/۸۵
گوجه فرنگی آبی	۰	۰	-۱۰۰
سیب زمینی آبی	۴۳۹۰۰/۰۵	۶/۷۹	+۷۲۵/۷۸
توتون و تنباکو	۶۹۴۹۴/۰۵	۱۰/۷۵	+۲۰۶۱/۵۶
آفتابگردان آبی	۰	۰	-۱۰۰
شبدرآبی	۰	۰	-۱۰۰
ادامه جدول ۳. الگوی کشت بهینه استان گلستان			
سویا بهاره دیم	۱۲۶۰۴۲/۱	۱۹/۵۰	+۷۰۶۴/۹۸

سویا تابستانه دیم	۲۸۳۵۱	۴/۳۹	+۲۳۱۷/۴۶
سود ناخالص (میلیون ریال)	۲۳۱۷۳۸/۵		+۵۸/۵۶
ماخذ: محاسبات تحقیق			

همانطور که در جدول شماره (۳) مشاهده می‌شود در الگوی بهینه محصولات گندم آبی، جو آبی و دیم، برنج دانه بلند پر محصول و مرغوب، سویا بهاره و تابستانه آبی، پنبه آبی، گوجه فرنگی آبی، آفتابگردان آبی و شبدر آبی به طور کامل از الگوی کشت حذف شده‌اند. همچنین سطح زیر کشت محصولات گندم دیم و ذرت علوفه ای آبی با کاهش ۳۵/۵۳ و ۷۴/۳۷ درصدی رو به رو شده است. از طرفی سهم سطح زیر کشت محصولات کلزا آبی و دیم، سیب‌زمینی آبی، توتون و تنباکو، سویا بهاره و تابستانه دیم در الگوی بهینه منطقه مورد مطالعه به طور چشم‌گیری افزایش داشته است. سود ناخالص کشاورزان نیز با افزایش ۵۸/۵۶ درصدی از ۱۴۶۱۵۰/۹ میلیون ریال در حالت فعلی به ۲۳۱۷۳۸/۵ میلیون ریال در الگوی بهینه کشت رسیده است.

بحث و نتیجه گیری

با توجه به مطالب ارائه شده می‌توان نتیجه گرفت که الگوی بهینه با الگوی فعلی تفاوت قابل ملاحظه‌ای دارد، بنابراین در حالت پایه استفاده از منابع و امکانات منطقه مورد مطالعه بهینه نبوده است. که این امر با مطالعه اسدی و همکاران (۱۳۹۶) و دیزج چراغی و همکاران (۱۳۹۳) و Singh and Panda (2012) مطابقت دارد. حذف کامل برخی محصولات از الگوی بهینه ناشی از پایین بودن بازده برنامه‌ای این محصولات و استفاده ناکارا از نهاده‌های تولید می‌باشد و افزایش چشم گیر سهم سطح زیر کشت بعضی از محصولات در الگوی بهینه به این دلیل می باشد که در الگوی بهینه محصولاتی انتخاب می‌شوند که سودآوری نسبتا بالایی متناسب با مقدار استفاده از نهاده های تولیدی دارند. کاربرد الگوی کشت بهینه می‌تواند با کاهش هزینه‌ها و افزایش درآمد، سود ناخالص کشاورزان را با ۵۸/۵۶ درصد افزایش از ۱۴۶۱۵۰/۹ میلیون ریال در حالت فعلی به ۲۳۱۷۳۸/۵ میلیون ریال در الگوی بهینه کشت برساند.

با توجه به این موضوع که کاربرد الگوی بهینه موجب می‌شود که کشاورزان علاوه بر بهره‌برداری بهینه از منابع، سودآوری خود را افزایش دهند، پیشنهاد می شود که زارعین استان گلستان از الگوی بهینه استفاده نمایند.

منابع

اسدی، الناز، کرامت زاده، علی و اشراقی، فرشید، تعیین الگوی کشت بهینه محصولات زراعی مطالعه موردی شهرستان گرگان. چهارمین کنگره بین المللی پژوهشهای نوین در مطالعات مدیریت. حسابداری و اقتصاد، شیراز. موسسه عالی علوم و فناوری خوارزمی۱۳۹۶.

اسعدی مهربانی، مژگان، بنی حبیب، محمد ابراهیم و روزبهانی، عباس، مدل برنامه ریزی خطی فازی برای بهینه سازی الگوی کشت در حوضه‌ی زرینه رود. تحقیقات منابع آب ایران ۱۳۹۷، ۱۴ (۱):۲۴-۱۳

باولی، مصیب، عادلی، کامران، محمدیان، فرشاد و دل انگیزان، سهراب، تعیین الگوی بهینه کشت در راستای توسعه پایدار کشاورزی (مطالعه موردی: دشت ماهیدشت). فصلنامه اقتصاد کشاورزی و توسعه ۱۳۹۴، ۲۴ (۹۰): ۲۱۶-۱۹۱

بخشی، محمدرضا، ۱۳۸۸، تاثیر سیاست‌های حذف یارانه کود و سم و پرداخت مستقیم بر الگوی کشت و مصرف نهاده‌ها با تاکید بر پیامدهای زیست محیطی. پایان‌نامه دوره دکترا. دانشگاه تهران، تهران.

حکیم فر، حمید، ۱۳۹۳، تعیین الگوی بهینه کشت و سطح بهینه نهاده های تولید محصولات زراعی همسو با کشاورزی پایدار مبتنی بر منطق فازی کسری. پایان نامه کارشناسی ارشد در رشته مهندسی اقتصادکشاورزی- سیاست و توسعه کشاورزی. دانشگاه سیستان و بلوچستان.

دیزج چراغی، الهه، جولایی، رامتین و کرامت زاده، علی، تعیین الگوی کشت بهینه محصولات زراعی مطالعه موردی شهرستان ساری، کنفرانس بین المللی و آنلاین اقتصاد سبز، بابلسر، شرکت پژوهشی طرود شمال، ۱۳۹۳

رفیعی، حامد، پیکانی ماچیانی، غلامرضا و دانشور عامری، ژیلا، بررسی رقابت پذیری محصولات عمده زراعی استان مازندران. مجله تحقیقات اقتصاد کشاورزی، ۱۳۹۰، ۳ (۱): ۱۰۸-۸۹

سازمان جهاد کشاورزی گلستان (www.jago.ir).

شکوهی، ام البنین، تعیین الگوی بهینه کشت محصولات عمده زراعی با استفاده از مدل آرمانی(مطالعه موردی: منطقه سیستان). پایان نامه کارشناسی ارشد در رشته مهندسی اقتصادکشاورزی- سیاست و توسعه کشاورزی. دانشگاه سیستان و بلوچستان، ۱۳۹۶.

عبدی رکنی، خدیجه، حسینی یکانی، سید علی، عابدی، سمانه و کشیری کلائی، اثر بهینه سازی مصرف کودهای شیمیایی بر الگوی کشت در چارچوب برنامه ریزی ریاضی اثباتی(مطالعه موردی گهرباران ساری). تحقیقات اقتصاد کشاورزی، ۱۳۹۷، ۱۲ (۲):۲۷۶-۲۶۳.

عبدی رکنی، خدیجه، حسینی یکانی، علی، کشیری، فاطمه و رنجبر ملکشاه، طاهره، تعیین الگوی کشت بهینه پایدار در قالب برنامه ریزی خطی چندهدفه (مطالعه موردی: گهرباران ساری).کنفرانس بین المللی زنجیره تأمین سبز. لاهیجان. ۱۴ اردیبهشت ماه. شرکت پیشگامان سنجش علوم، ۱۳۹۶.

محمدی، حمید، بوستانی، فردین و کفیل‌زاده، فرشید، تعیین الگوی کشت بهینه با استفاده از الگوریتم بهینه‌سازی چندهدفه غیرخطی فازی: مطالعه موردی شهرستان مرودشت استان فارس. فصلنامه علمی- پژوهشی *آب و فاضلاب*، ۱۳۹۱، ۲۳ (۴): ۵۵-۴۳

مهسافر، حمید، نجارچی، محسن، نجفی زاده، محمد مهدی و میرحسینی هزاوه، محمد، بهینه سازی الگو کشت با استفاده از برنامه ریزی خطی (مطالعه موردی: دشت قزوین). دومین همایش ملی معماری. عمران و توسعه نوین شهری. ارومیه، ۱۳۹۴

Daghighi, Amin., Nahvi , Ali. and Kim, Ungtae. (2017). Optimal Cultivation Pattern to Increase Revenue and Reduce Water Use: Application of Linear Programming to Arjan Plain in Fars Province. Journal Agriculture. 7 (9):73; **https://doi.org/10.3390/agriculture7090073**

Gholipour, Hassan., Zraatkish, Yaghob., Borghei, Ali Mohammad. and Bakhdha, Hossein. (2019). EurAsian Journal of BioSciences. Eurasia J Biosci 13, 161-165

Majeke, Felix., Ticharwa Mubvuma, Michael., Makaza,Kasirayi., Mutambara, Jackeline. (2013). Optimum Combination of crop farm activities: Application of a Linear Programming Model. Greener journal of Economics and Accountancy. 2(2): 058-061

Mardani Najafabadi, Mostafa., Ziaee, Saman., Nikouei, Alireza. and Ahmadpour Borazjani, Mahmoud. (2019). Mathematical programming model(MMP) for optimization of regional cropping patterns decisions: A case study. Agricultural systems 2019 v.173 pp. 218-232

Osama, Sara., Elkholy, Mohamed. & Kansoh, Rawya M. (2017). Optimization of the cropping pattern in Egypt. Alexandria Engineering Journal. 56: 557–566

Oster, J.D. Clothier, B.E, Wichelns D. 2006. History of agricultural water management. Agricultural Water Management. 86: 1 - 8 .

Shreedhar, R., Hiremath, Chandrashekarayya. & Shetty, Girish. (2015). Optimization of Cropping pattern using Linear Programming Model for Markandeya Command Area. International Journal of Scientific & Engineering Research. 6(9), 1311-1325.

Singh, Ajay., Panda, Sudhindra. (2012). Development and application of an optimization model for the maximization of net agricultural return. Agricultural water management.115: 267-336