

تعیین برنامه زراعی با استفاده از مدل برنامه‌ریزی ریاضی (مطالعه موردی شهرستان بروجرد)

حدیث کاوند^{۱*}، علیرضا سرگزی^۲، سیده صدیقه احمدزاده^۳، محمود صبوحی^۴

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد دانشگاه زابل، گروه اقتصاد کشاورزی

۲- مربی دانشگاه زابل، گروه اقتصاد کشاورزی

۳- دانشیار دانشگاه زابل، گروه اقتصاد کشاورزی

رسید مقاله: ۸ مهر ۱۳۹۱

پذیرش مقاله: ۲۸ بهمن ۱۳۹۱

چکیده

هدف از این مطالعه، کاربرد برنامه‌ریزی کسری در تعیین الگوی بهینه کشت شهرستان بروجرد با اهداف کشاورزی پایدار بود. اطلاعات مورد نیاز این پژوهش، از طریق تکمیل پرسشنامه و آمار و اطلاعات جهاد کشاورزی شهرستان در سال ۹۰-۸۹ جمع‌آوری گردید. نتایج نشان داد که الگوی کشت فعلی با الگوی کشت با استفاده از برنامه‌ریزی کسری اختلاف چشمگیری دارد. هم‌چنین با توجه به یافته‌ها، سطح زیر کشت گندم، ذرت، یونجه و جو افزایش و سطح زیر کشت چغندر قند و باقلا کاهش یابد. لذا توصیه می‌شود سیاست‌گذاران به گونه‌ای برنامه‌ریزی نمایند که ضمن در نظر داشتن نیازهای برنامه‌ای، توجه خاصی به حفظ و ارتقاء شاخص پایداری داشته باشند.

کلمات کلیدی: برنامه‌ریزی کسری، کشاورزی پایدار، الگوی کشت، شهرستان بروجرد.

۱ مقدمه

کشاورزی به مفهوم راه‌ها و روش‌های بهره‌برداری از منابع آب و خاک و انرژی و ... در جهت تامین نیازهای غذایی و پوشاک انسان‌ها همواره در طول تاریخ پایه و اساس بسیاری از تحولات اقتصادی، اجتماعی، سیاسی و فرهنگی در سرتاسر جهان بوده و هست. امروزه با مطرح شدن مقوله پایداری در تمامی موضوعات مربوط به انسان‌ها، پایداری در بخش کشاورزی نیز مورد توجه بسیاری از اندیشمندان، سیاست‌گذاران و کشاورزان قرار گرفته است. کشاورزی پایدار در واقع سیستمی است که به سطح دانش بالا و مدیریت تخصصی نیاز دارد و رهیافتی است که در بلند مدت به کشاورزان کمک می‌کند تا تولید و سودمندی خود را حفظ و یا افزایش دهند. هم‌چنین کشاورزی پایدار نوعی کشاورزی است که در جهت منافع انسان بوده، کارایی بیشتری در استفاده از منابع دارد و با محیط در توازن است. به عبارتی کشاورزی پایدار باید از نظر اکولوژیکی مناسب، از نظر اقتصادی توجیه‌پذیر و

* عهده‌دار مکاتبات

آدرس الکترونیک: h.kavand67@gmail.com

از نظر اجتماعی مطلوب باشد [۱]. امکانات بهره‌برداری محدود برای افزایش درآمد خرده مالکان در کنار افزایش روز افزون جمعیت جهان، لزوم استفاده بهتر و بهینه از منبع محدود در دسترس را بیش از پیش آشکار می‌کند. به دنبال ضرورت‌های ذکر شده ارایه راهکارهایی برای بهبود نحوه بهره‌برداری از منابع از دیرباز مورد توجه تحلیل-گران قرار گرفته است. با توجه به عوامل و متغیرهایی نظیر ویژگی‌های خاص الگوی زراعی، تناوب زراعی، تقویم عملیات‌های زراعی، تقویم آبیاری محصولات مختلف رایج، طیف وسیع ترکیبات کشت نباتات زراعی، محدودیت زمین‌های قابل کشت و رقابت جدی محصولات در کسب آب مورد نیاز، بهترین روشی که دربر-گیرنده اطلاعات فوق برای بررسی رفتارهای زارعین و ارایه راه‌های بهینه‌سازی این فعالیت‌ها باشد، الگوهای برنامه‌ریزی ریاضی است [۲]. در کشورهایی نظیر ایران با توجه به کمبود منابع تولید کشاورزی به خصوص زمین-های حاصل خیز و آب تهیه الگوی کشت برای انجام عملیات زراعی در مناطق مختلف ضروری به نظر می‌رسد.

۲ بیان مساله و اهمیت آن

استان لرستان با وسعتی در حدود ۲۸۰۶۴ کیلومترمربع در غرب ایران قرار دارد. این استان با داشتن ۷۷۹۹۵۰ هکتار اراضی کشاورزی ۴/۹۱ درصد اراضی کشاورزی را به خود اختصاص داده است که از این نظر هفتمین استان کشور است که ۱۹۷۰۰۰ هکتار آن به محصولات آبی و ۶۳۰۰۰۰ هکتار به محصولات دیم اختصاص یافته است. سطح زیر کشت محصولات باغی استان ۳۰۶۵۷ هکتار و میزان تولید آن ۱۱۰۰۰۰ تن می‌باشد [۳]. استان لرستان از نظر بارندگی، خاک حاصل خیز، دشت‌های مناسب و فراوانی آب‌های سطحی موقعیت ویژه‌ای داشته و یکی از قطب‌های مهم تولیدات کشور به شمار می‌رود [۳]، اما به دلایلی مانند نسبت بالای اراضی دیم و عملکرد پایین آن‌ها، نظام بهره‌برداری نامطلوب و عدم سرمایه‌گذاری مناسب، متأسفانه کشاورزی استان از بهره‌وری مناسبی نسبت به امکانات موجود برخوردار نیست. به همین دلیل طراحی الگوی کشت به معنای تعیین سطوح بهینه زیرکشت محصولات در استان، از اهمیت خاصی برخوردار بوده و بایستی به نحوی انجام پذیرد که علاوه بر استفاده بهینه از ظرفیت‌های موجود و قابل دسترس، بخشی از نیازهای منطقه‌ای و ملی را نیز پاسخ‌گو باشد [۴]. لذا، در مطالعه حاضر به تعیین برنامه زراعی با هدف حداکثر کردن بازده برنامه‌ای کشاورز و با در نظر گرفتن حداقل استفاده از کود شیمیایی در شهرستان بروجرد پرداخته شده است.

۳ مروری بر پیشینه تحقیق

به منظور بهینه‌سازی تخصیص زمین‌های قابل کشت در مناطق مختلف دنیا مطالعات فراوانی صورت پذیرفته است. مردانی و همکاران [۵] به تعیین الگوی بهینه کشت با استفاده از رهیافت برنامه‌ریزی چند منظوره در شرایط عدم حتمیت در شهرستان مشهد پرداختند. نتایج نشان داد که با کاهش میزان عدم حتمیت، سطح زیرکشت کل و درآمد ناخالص کشاورزان افزایش می‌یابد. با توجه به یافته‌ها، سیاست‌های بیمه‌ای در جهت کاهش ریسک قیمتی یا تولیدی و سیاست قیمت تضمینی برای محصولاتی که با افزایش میزان عدم حتمیت در مدل الگوهای بهینه کشت را تحت تأثیر قرار می‌دهند، توصیه شده است. زمانی و همکاران [۶] الگوی زراعی را در جهت کشاورزی

پایدار، با استفاده از برنامه‌ریزی کسری فازی با اهداف چندگانه در شهرستان پیرانشهر مورد بررسی قرار دادند. نتایج حاکی از آن بود که الگوی بهینه کشت با استفاده از برنامه‌ریزی کسری چندهدفه فازی برای دستیابی به پایداری با الگوی فعلی کشت اختلاف زیادی دارد. با توجه به یافته‌ها، اهمیت حذف و یا حداقل کردن نهاده قارچکش بیشتر از سایر نهاده‌ها بود. قرقانی و همکاران [۷] اثر کاهش آب آبیاری و افزایش قیمت آب بر الگوی کشت را با روش برنامه‌ریزی ریاضی مثبت در شهرستان فارس مورد مطالعه قرار دادند. برطبق نتایج مطالعه، با استفاده از الگوی برنامه‌ریزی ریاضی مثبت و تابع تولید با کاهش جانشینی ثابت، با اتخاذ سیاست کاهش در موجودی آب مصرفی، الگوی کشت بهینه در سطح ۱۰٪ نسبت به حالت مبنا تغییر چندانی نکرد و هم‌چنین در برابر نمودن حتمیت هر متر مکعب آب مصرفی در میزان آن تأثیری نداشت و الگوی بهینه بار دیگر همان مقادیر سال مبنا را تولید خواهد کرد. کهنسال و فیروز زارع [۱] الگوی کشت هم‌سو با کشاورزی پایدار را با استفاده از برنامه‌ریزی فازی کسری برای استان خراسان شمالی تعیین کردند. یافته‌های این بررسی در سطح بهره‌برداری‌های بزرگ نشان داد که الگوی حاصل از برنامه‌ریزی خطی ساده بسیار به الگوی کشت فعلی منطقه نزدیک است، در حالی که الگوی حاصل از برنامه‌ریزی فازی کسری برای دستیابی به پایداری با الگوی حاصل از برنامه‌ریزی ساده و الگوی کشت فعلی منطقه اختلاف چشمگیری داشت. روحانی [۸] الگوی زراعی بهینه را در دشت همدان-بهار، با تأکید بر پایداری منابع آب تعیین نمود. این الگو با رویکرد برنامه‌ریزی ریاضی خطی راهکارهای مختلف را جهت حفظ منابع آب منطقه با توجه به هدف دستیابی به بیلان صفر در مصرف آب از منابع آب زیرزمینی، مورد بررسی قرار داد. نتایج تحقیق نشان داد بالاترین ارزش اقتصادی نهاده آب در شرایط نرمال و خشکسالی در مدل برنامه‌ریزی ریاضی هنجاری (NMP) به ترتیب معادل با ۷۱۱ و ۳۳۰۳ ریال به ازای هر مترمکعب می‌باشد. قیمت تعادلی نهاده آب در بازار آب بین منطقه‌ای در مدل برنامه‌ریزی ریاضی مثبت در شرایط نرمال و خشکسالی به ترتیب معادل ۴۱۶ تا ۵۷۱ ریال به ازای هر متر مکعب برآورد شد. هم‌چنین، ایجاد بازار آب بین منطقه‌ای رفاه کل مناطق افزایش داده و بر اساس شاخص‌های پایداری، باعث کاهش مصرف نهاده‌های شیمیایی در کل اراضی منطقه مورد مطالعه شد. دانشور و همکاران [۹] الگوی کشت بهینه با هدف کاهش مخاطرات محیطی را برای کشاورزی ایران تعیین کردند. در این مطالعه از برنامه‌ریزی فازی کسری با اهداف چندگانه استفاده کردند و نتیجه گرفتند نسبت خالص بازدهی درون مصرفی و نسبت مصرف نهاده‌ها در مزرعه با استفاده از الگوی خروجی برنامه‌ریزی فازی کسری با اهداف چندگانه بهبود می‌یابد. شارما و همکاران [۱۰] نیز با استفاده از رهیافت برنامه‌ریزی چند هدفه سعی در بهینه کردن الگوی کشت در منطقه قاضی آباد هند نمودند. بیسواس و پال [۱۱] با روش برنامه‌ریزی آرمانی فازی به تعیین الگوی بهینه‌ی کشت و برنامه‌ریزی استفاده از زمین در کشاورزی پرداختند. آن‌ها بر این باور بودند که تصمیم‌گیری تخصیص مناسب زمین برای تولید محصولات می‌بایستی براساس نیازهای جامعه صورت گیرد. هم‌چنین، مدل این قابلیت را دارد که تصمیم‌گیرنده می‌تواند براساس آن درجه‌ی اهمیت و اولویت هر یک از هدف‌ها را در نتایج به دست آمده دخالت دهد.

۴ پرسش‌های تحقیق

۱. آیا الگوی کشت فعلی با الگوی کشت به دست آمده با استفاده از برنامه‌ریزی کسری اختلاف دارد؟
۲. آیا طراحی الگوی کشت پایدار کاهشی در حداکثر درآمد خالص کشاورزان ایجاد کرده است؟

۵ فرضیه‌های تحقیق

۱. الگوی کشت فعلی با الگوی کشت به دست آمده با استفاده از برنامه‌ریزی کسری اختلاف چشم‌گیر دارد.
۲. طراحی الگوی کشت پایدار کاهشی در حداکثر درآمد خالص کشاورزان ایجاد نکرده است.

۶ ادبیات و چارچوب نظری

در این مطالعه همان‌گونه که عنوان شد، تلاش شده است با استفاده از داده‌های مقطعی سال زراعی ۹۰-۸۹ شهرستان بروجرد و برنامه‌ریزی کسری، الگوی کشت همسو با کشاورزی پایدار تعیین و با الگوی بهینه برنامه‌ریزی خطی ساده و الگوی کشت فعلی منطقه مقایسه شود. به طور معمول در برنامه‌ریزی خطی ساده برای بهینه‌یابی، تابع هدف را نسبت به محدودیت‌های موجود حداقل یا حداکثر می‌شود. اما در این حالت نقش نهاده‌های مورد استفاده در تولید همگن فرض می‌گردد. به بیانی دیگر محدودیت‌های مربوط به کشاورزی پایدار وارد مدل نمی‌شوند. اما راهکار برنامه‌ریزی کسری می‌تواند به منظور حداقل کردن استفاده از نهاده‌های مغایر با کشاورزی پایدار محدودیت‌های کشاورزی پایدار را در تابع هدف وارد کند. برنامه‌ریزی کسری یکی از مدل‌های برنامه‌ریزی می‌باشد. در بسیاری از کارهای عملی، بهینه کردن نسبت معیارها از بهینه نمودن هر معیار به تنهایی دید و بینش بهتری ارائه می‌کند.

۶-۱ برنامه‌ریزی کسری خطی

برنامه‌ریزی کسری عمومی‌ترین روش در برنامه‌ریزی ریاضی و ادبیات تحقیق در عملیات با اهداف نسبی می‌باشد. به منظور کارایی نسبی در زمینه پایداری کشاورزی، برنامه‌ریزی کسری بسیار کارا تر از سایر روش‌ها عمل می‌کند. هم‌چنین برخی مواقع تصمیم‌گیران در شرایط واقعی با تصمیم بهینه کردن دارایی به فروش، هزینه واقعی به هزینه استاندارد، میزان تولید به استخدام نیروی کار مواجه‌اند که در این موارد نیز استفاده از برنامه‌ریزی کسری روشی مناسب خواهد بود [۱].

شکل کلی برنامه‌ریزی کسری (LFP) به صورت رابطه (۱) است:

$$\begin{aligned}
 & \text{Max} \quad \varphi(x) = \frac{\mathbf{c}^T \mathbf{x} + \alpha}{\mathbf{d}^T \mathbf{x} + \beta} \\
 & \text{s.t.} \\
 & \mathbf{A} \mathbf{x} = \mathbf{b} \\
 & \mathbf{x} \geq \mathbf{0}; \quad \mathbf{x}, \mathbf{c}^T, \mathbf{d}^T \in R^n; \quad A \in R^{m \times n} \text{ and } \alpha, \beta \in R.
 \end{aligned}
 \tag{1}$$

در رابطه فوق امکان دارد، برای هر مقدار x ، مقدار $d_x^T + \beta$ برابر صفر شود، برای جلوگیری از این مورد، فرض می‌کنیم $\mathbf{x} \geq \mathbf{0}$ ، $A\mathbf{x} = \mathbf{b}$ ، بنابراین $d_x^T + \beta > 0$ یا $d_x^T + \beta < 0$ می‌باشد.

۲-۶ برنامه‌ریزی کسری خطی چندهدفی

در حالت کلی یک مدل برنامه‌ریزی کسری خطی با اهداف چندگانه (MOLFP) به صورت رابطه (۲) تعریف می‌شود:

(۲)

$$\text{Max } Z(\mathbf{x}) = \{Z_1(x), \dots, Z_n(x) \mid A\mathbf{x} \leq \mathbf{b}_i\}$$

s.t.

$$A\mathbf{x} = \mathbf{b}$$

$$\mathbf{x} \in R^n; A \in R^{m \times n} \text{ and } \alpha, \beta \in R$$

$$\text{and } z_i = \frac{\mathbf{c}^T \mathbf{x} + \alpha_i}{\mathbf{d}^T \mathbf{x} + \beta_i}, \quad \mathbf{c}^T, \mathbf{d}^T \in R^{n+1} \text{ and } \alpha_i, \beta_i \in R$$

در این رابطه، z_i عبارت است از بازده برنامه‌ای کل یا بازده عوامل ثابت تولید که در حقیقت از کسر هزینه‌های متغیر از درآمد ناخالص برنامه‌ی پیشنهادی به دست می‌آید. A ماتریس ضرایب محدودیت‌ها، x بردار فعالیت‌ها و b بردار منابع است.

چارنز و کوپر [۱۲] و کروان و موند [۱۳] با بکارگیری روشی، برنامه‌ریزی کسری خطی را به برنامه‌ریزی خطی ساده تبدیل کردند، روش کار آن‌ها به صورت زیر می‌باشد.
مرحله اول:

$$z_i = \frac{\mathbf{c}^T x + \alpha_i}{\mathbf{d}^T x + \beta_i} = \frac{N_i(x)}{D_i(x)} \quad (۳)$$

فرض می‌شود که به ازای هر مقدار \mathbf{x} ، شاخص I برابر است با $I = \{i \mid N_i(\mathbf{x}) \geq 0\}$ ، هم‌چنین I^c برای هر مقدار x برابر است با $I^c = \{i \mid N_i(\mathbf{x}) \geq 0\}$.

$$\begin{aligned}
 & \text{Max } \left\{ (tN_i(\frac{\mathbf{y}}{t})) \quad i \in I, (tD_i(\frac{\mathbf{y}}{t})) \quad i \in I^c \right\} \\
 & \text{s.t.} \\
 & tD_i(\frac{\mathbf{y}}{t}) \leq 1, i \in I, \\
 & -tN_i(\frac{\mathbf{y}}{t}) \leq 1, i \in I^c, \\
 & A(\frac{\mathbf{y}}{t}) - b \leq \mathbf{0}, \\
 & t \geq 0, \mathbf{y} \geq \mathbf{0}.
 \end{aligned} \tag{4}$$

فرض می کنیم $\mathbf{y} = t\mathbf{x}$ با فرض این که $t \geq 0$ ، بنابراین رویه به این صورت دنبال می شود [۱۴]. زیمرمن و زیستو [۱۵] با استفاده از عملگر کمینه، حل مسائل برنامه ریزی چندهدفه خطی را به صورت رابطه بالا بیان کرد.

۷ نتایج و بحث

با توجه به مدل ذکر شده، الگوی کشت منطقه مورد بررسی به صورت زیر ارائه شده است. کل زمین های زیر- کشت منطقه ۱۳۰۵۱ هکتار آبی می باشد، که از این مقدار ۶۶/۵ درصد به کشت گندم، ۱۶/۲۴ درصد به کشت جو، ۵/۳ درصد به کشت چغندر قند و ۳/۵، ۶/۴۸ و ۲/۴ درصد به ترتیب به کشت ذرت علوفه ای، باقلا و یونجه اختصاص یافته است. همان طور که ملاحظه می شود بیشترین سطح زیر کشت به گندم و جو اختصاص یافته است. جدول ۱ داده های مربوط به بازده ناخالص (بر حسب ریال) و نهاده های مصرفی برای کشت این محصولات در ۱ هکتار را نشان می دهد. بازده برنامه ای محصولات مختلف در هر هکتار از ضرب عملکرد در قیمت بازاری و کسر هزینه های جاری تولید از آن به دست آمد.

جدول ۱. داده های مربوط به بازده ناخالص و نهاده های مصرفی (در هکتار)

نهاده های مصرفی					نام محصول	بازده ناخالص
سم	کود شیمیایی (کیلوگرم)	آب (متر مکعب)	نیروی کار (نفر روز کار)	زمین (هکتار)		
۱/۵	۲۵۰	۵۵۰۰	۱۷	۱	۱۷/۲۶۶	گندم
۱/۵	۲۰۰	۵۰۰۰	۱۸	۱	۱۳/۴۴۲	جو
۵/۰	۳۵۰	۱۸۰۰۰	۷۸	۱	۲۹/۷۵۵	چغندر قند
۱/۵	۵۰۰	۲۵۰۰۰	۲۵	۱	۱۶/۲۵۵	ذرت علوفه ای
۵/۰	۱۵۰	۵۰۰۰	۳۷	۱	۱۳/۶۷۰	باقلا
۳/۰	۱۵۰	۱۲۰۰۰	۴۵	۱	۱۶/۵۵۰	یونجه

مأخذ: آمار و اطلاعات جهاد کشاورزی شهرستان بروجرد

با توجه به جدول ۲ ملاحظه می شود که در الگوی کشت فعلی، چغندر قند و ذرت علوفه ای به ترتیب با ۷۰۱ و ۳۹۲ هکتار سطح زیر کشت کمی را به خود اختصاص داده اند، اما در الگوی بهینه برنامه ریزی خطی ساده از سطح

زیر کشت بالایی برخوردارند. سطح زیر کشت محصول جو نیز در الگوی بهینه برنامه ریزی بر خلاف الگوی فعلی کشت از سطح بالایی برخوردار نمی باشد که علت آن را می توان استفاده بیش از حد از نیروی کار و کودهای شیمیایی و درآمد تقریباً برابر با گندم بیان کرد.

جدول ۲. نتایج حل مساله برنامه ریزی در حالت الگوی کشت فعلی و برنامه ریزی خطی ساده

محصول	گندم	جو	چغندر قند	ذرت علوفه ای	باقلا	یونجه
الگوی کشت فعلی	۸۶۷۸	۲۱۲۰	۷۰۱	۳۹۲	۸۴۶	۳۱۴
الگوی کشت حاصل از برنامه ریزی ساده	۹۲۵۰/۰۴۳	۵۳۴/۷۶۷	۱۰۵۴/۹۷	۱۷۱۱/۲۱	۸۳۰	۳۱۴

نتایج حاصل از مدل برنامه ریزی کسری با اهداف پایداری در جدول ۳ آورده شده است. اساس این روش این است که ابتدا مقادیر t و λ به عنوان جواب های بهینه مساله تغییر یافته به دست خواهد آمد آنگاه، مقادیر $x = \frac{\lambda}{t}$ یک جواب بهینه مساله اولیه کسری خواهد بود. همان گونه که ملاحظه می شود محصول جو بیشترین و محصول باقلا کمترین سطح زیر کشت را به خود اختصاص دادند. هم چنین یونجه و گندم با ترتیب با ۱۷۵۰/۵۰۸ و ۱۹۶/۰۰۵ هکتار بیشترین سطح زیر کشت را در مدل بهینه دارا شدند. یافته های این بررسی نشان می دهد که نتایج ارائه شده توسط الگوی برنامه ریزی خطی ساده با الگوی برنامه ریزی کسری اختلاف قابل ملاحظه ای دارد. تحلیل حساسیت این مدل نیز نشان می دهد که از نهاده ی زمین و کود به طور کامل استفاده شده است. با توجه به شاخص های پایداری (مصرف کمتر کود) می توان نتیجه گرفت که حذف و یا حداقل کردن مصرف کود شیمیایی حایز اهمیت می باشد.

جدول ۳. نتایج حل مساله برنامه ریزی کسری

محصول	گندم	جو	چغندر قند	ذرت علوفه ای	باقلا	یونجه
الگوی کشت حاصل از برنامه ریزی کسری	۱۱۹۶/۰۰۵	۸۷۵۲/۵۳۸	۴۹۵/۹۷۷	۸۷۵/۲۵۳	۹/۷۱۸	۱۷۵۰/۵۰۸

۸ نتیجه گیری و پیشنهادات

با توجه به این که تکنیک برنامه ریزی کسری با اهداف کشاورزی پایدار هیچ گونه کاهشی در درآمد ناخالص کشاورزان ایجاد نکرده است، یک دیدگاه جدید را برای آنالیز کردن فعالیت های کشاورزی فراهم می آورد. کشاورزان معمولاً به دنبال حداکثر سازی بازده برنامه ای هستند در حالی که مسئولان کشاورزی علاوه بر در نظر گرفتن این مهم، در پی اهداف دیگری از جمله افزایش سطح اشتغال، توسعه پایدار کشاورزی، کاهش مصرف کود و سموم کشاورزی می باشند. لذا پیشنهاد می شود که با استفاده از راهکارهای ترویجی، سیاست تامین این هدف را به کشاورزان منتقل کرد.

منابع

- [۱] کهنسال، م. ر.، فیروززارع، آ.، (۱۳۷۸)، تعیین الگوی بهینه کشت در جهت کشاورزی پایدار با استفاده از برنامه ریزی کسری فازی با اهداف چندگانه، مطالعه موردی: استان خراسان جنوبی. مجله کشاورزی و توسعه اقتصادی. شماره ۶۲، سال ۱۶، ص ۱-۱۳.
- [۲] باقریان، آ.، صالح، آ.، پیکانی، ق.، (۱۳۸۶). بهینه سازی الگوی کشت در ناحیه کازرون با استفاده از برنامه ریزی خطی. ششمین کنفرانس اقتصاد کشاورزی ایران، سال دوم، شماره ۱۴، ص ۶۵-۷۸.
- [۳] سازمان آمار و اطلاعات شهرستان بروجرد.، ۱۳۹۰.
- [۴] سالیانی، ت.، (۱۳۹۰). طراحی الگوی کشت در طرح های توسعه منابع آب. مجله اقتصاد و توسعه کشاورزی، سال چهارم، شماره ۱۵، ص ۹۱-۱۱۵.
- [۵] مردانی، م.، سخدری، ه.، صبوچی، م.، (۱۳۹۰). کاربرد برنامه ریزی چندهدفه و کنترل پارامترهای محافظه کاری در برنامه ریزی کشاورزی، مطالعه موردی: دشت مشهد. مجله تحقیقات و اقتصاد کشاورزی، سال دوم، شماره ۳، ص ۱۸۰-۱۶۳.
- [۶] زمانی، ا.، صبوچی، م.، (۱۳۸۹). تعیین الگوی کشت در جهت کشاورزی پایدار با استفاده از برنامه ریزی فازی چندهدفه، مطالعه موردی: شهرستان پیرانشهر. مجله اقتصاد کشاورزی، سال چهارم، شماره ۲/۲، ۱۱۲-۱۰۱.
- [۷] قرقانی، ف.، بوستانی، ف.، سلطانی، غ.، (۱۳۸۸). بررسی تاثیر کاهش آب آبیاری و افزایش قیمت آب بر الگوی کشت با استفاده از روش برنامه ریزی ریاضی مثبت: مطالعه موردی شهرستان اقلید در استان فارس. مجله تحقیقات اقتصاد کشاورزی، سال اول، شماره ۱، ص ۵۷-۷۴.
- [۸] روحانی، س.، پیکانی، غ.، تقدیری، ب.، (۱۳۸۶). تعیین الگوی زراعی بهینه با تاکید بر پایداری منابع آب: مطالعه موردی دشت بهار-همدان. پژوهش کشاورزی: آب، خاک و گیاه در کشاورزی، سال اول، شماره ۷، ص ۸۵-۹۶.
- [9] Daneshvar, M., Sahnoushi, N., Salehi Reza Abadi, F., (2009). The determination of optimal cropping pattern with aim of reduction in hazards of environmental. American Journal of Agricultural and Biological Sciences 4(4), 305-310.
- [10] Sharma, D.K., Jana, R.K., Gaur, A., (2007). Fuzzy goal programming for agricultural land allocation problems. Journal of Operations Research 17(1), 31-42.
- [11] Biswas, A., Pal, B.B., (2005). Application of fuzzy goal programming technique to land use planning in agricultural system. The International, Journal of Management Science, Omega (33), 391-398.
- [12] Charnes, A., Cooper, W. W., (1962). Programming with linear fractional functions. Naval Research Logistics Quarterly, 9, 181-186.
- [13] Craven, B. D., Mond, B., (1975). On fractional programming and equivalence. Navel Research Logistics Quarterly, 22, 405-410.
- [14] Chakraborty, M., Gupta, S., (2002). Fuzzy mathematical programming for multi-objective linear fractional programming problem. Fuzzy Sets and Systems, 125, 335-342.
- [15] Zimmermann, H. J., Zysno, P., (1980). Latent connectives in human decision making. Fuzzy Sets and Systems, 4, 37-51.