نشریه اقتصاد و توسعه کشاورزی
جلد ۳۰، شماره ۱، بهار ۱۳۹۵، ص. ۴۹-۳۷

Journal of Agricultural Economics and Development
Vol. 30, No. 1, Spring 2016, p. 37-49

الگوی بهینه‌ی کشت مبتنی بر معیارهای چندگانه‌ی اقتصادی، منطقه‌ای و پایداری کشاورزی در شهرستان ساری؛ کاربرد الگوی تلفیقی AHP و برنامه‌ریزی خطی

اسماعیل فلاحی[1*]- سپیده قلی نژاد[2]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۰۳/۱۷
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۰۱/۱۷

چکیده

تدوین الگوی مناسب کشت محصولات به عنوان یکی از مهم‌ترین رسالت‌های برنامه‌ریزان، مستلزم تصمیم‌سازی دقیق و واقع‌بینانه بر اساس اهداف و معیارهای مختلف در راستای تأمین منافع کل مجموعه‌ی ذی نفع کشاورزی در بلندمدت است. مطالعه‌ی حاضر با هدف بازنگری در الگوی رایج بهره‌برداران شهرستان ساری و تدوین الگوی کشتی که معیارهای چندگانه‌ی منطقه‌ای و پایداری کشاورزی را در کنار ملاحظات اقتصادی مداخله داده، الگوی تلفیقی AHP و مدل برنامه‌ریزی خطی را به کار بست. بدین منظور، پس از طراحی مدل سه سطحی AHP، بردار وزن نهایی خروجی مدل AHP برای محصولات مختلف به عنوان ورودی ضرایب تابع هدف در الگوی برنامه‌ریزی خطی وارد شده و مدل مورد نظر در فضای محدودیت‌های حاکم حل گردید. نتایج حاصل از الگوی بهینه‌ی کشت در مدل تلفیقی، ضمن توصیه‌ی تغییراتی در شیوه‌ی توزیع سطح زیرکشت بین محصولات، میزان سود را نیز به میزان ۳/۶۳ درصد نسبت به الگوی رایج منطقه افزایش داد. مقایسه‌ی نتایج الگوی تلفیقی با سناریویی که تنها هدف بیشینه‌سازی منافع اقتصادی را دنبال می‌کند، نشان داد که چشم‌پوشی از مقدار مشخصی سود (به میزانی کم‌تر از ۸ درصد) در الگوی بهینه، امکان توجه و دخالت دادن معیارهای مهم دیگری را از جمله سازگاری محصول با شرایط اقلیمی منطقه‌ای، میزان مصرف آب، تأثیرات زیست‌محیطی کشت محصول، اشتغال‌زایی، مهارت و تخصص مورد نیاز برای عمل‌آوری محصول و میزان ریسک کشت محصول که در وضعیت فعلی کشاورزی بسیار حیاتی بوده و دارای اثرات قابل توجه در بلندمدت است، فراهم می‌آورد. بر این اساس، پیشنهاد می‌شود الگوی بهینه‌ی کشت مورد نظر در سطح منطقه یا دست‌کم به‌صورت پایلوت در بخش‌هایی از شهرستان اجرا شود.

واژه‌های کلیدی: الگوی بهینه‌ی کشت، برنامه‌ریزی خطی، پایداری کشاورزی، فرایند تحلیل سلسله‌ی مراتبی (AHP)، مزیت‌های منطقه‌ای، ملاحظات اقتصادی

مقدمه

افزایش جمعیت منجر به زیاد شدن تقاضا برای محصولات کشاورزی شده و کمبود منابع تولید باعث شده است تا بهینه‌سازی مصرف منابع اهمیت زیادی پیدا کند. از این رو برنامه‌ریزان سعی بر آن دارند تا در مورد تخصیص منابع موجود برای یک دوره‌ی معین به طور عقلایی تصمیم گیرند و از این رهگذر مانع اتلاف منابع شده و تخصیص به نحو مطلوب صورت پذیرد (۷).

آب و خاک، اساسی‌ترین منابع تولید کشاورزی و ثروت حقیقی کشور به شمار آمده و شیوه‌ی 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 شیوه‌ی بهره‌برداری از منابع موجود و الگوهای به کار رفته، کاربرد مؤثرتری از منابع و شرایط موجود را سبب می‌گردد تا برای کشاورزان و جامعه‌ی روستایی سودمندتر باشد. بنابراین تعیین الگوی بهینه‌ی کشت و به دست آوردن ترکیب مناسبی از محصولات با توجه به اهداف مورد نظر، از جمله مسائل اساسی در زمینه‌ی برنامه‌ریزی تولید محصولات کشاورزی است (۱۷).

وجود موانع و مشکلات متعدد در بخش کشاورزی، لزوم کاربرد

۱- استادیار گروه اقتصاد کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز
(*- نویسنده مسئول: Email: esmaeilfallahi@yahoo.com)
۲- عضو باشگاه پژوهشگران جوان و نخبگان، واحد قائمشهر، دانشگاه آزاد اسلامی، قائمشهر

برنامه‌ریزی صحیح در جهت بهبود پویایی عملکرد این بخش را فراهم می‌کند. تعیین الگوی بهینه‌ی کشت محصولات زراعی به عنوان یکی از مهم‌ترین رسالت‌های برنامه‌ریزان به ویژه در مقطع کنونی نیز نیازمند برنامه‌ریزی دقیق و واقع‌بینانه بر اساس اهداف مختلف در راستای تأمین منافع کل مجموعه‌ی ذینفع کشاورزی در بلندمدت می‌باشد. از طرف دیگر، با توجه به شرایط موجود، اهداف چندگانه در برنامه‌ریزی زراعی مد نظر می‌باشد. این اهداف در بعضی مواقع با هم غیر همسو و حتی متناقض می‌باشند. تخصیص منابع در بین فعالیت‌های زراعی با توجه به چنین اهدافی، یکی از وظایف برنامه‌ریزان زراعی است.

در بسیاری از پژوهش‌هایی که در زمینه‌ی تخصیص منابع کمیاب تولید به فعالیت‌های کشاورزی انجام می‌پذیرد، تابع هدف مورد نظر کشاورزان بر اساس بیشینه کردن سود فرموله می‌گردد. هر چند سودآوری عامل مهمی در تعیین ترکیب بهینه‌ی تولید یک بنگاه اقتصادی می‌باشد، اما باید توجه داشت که این هدف به تنهایی نمی‌تواند منافع یک بنگاه را در درازمدت و از دید اقتصادی به گونه‌ی کامل در بر گیرد (۲). بلکه در مدیریت پایدار نه تنها اهداف اقتصادی مد نظر است، بلکه به مؤلفه‌های دیگری مانند ابعاد اجتماعی و زیست‌محیطی نیز بایستی توجه گردد. لحاظ نمودن این اهداف در برگیرنده‌ی تقابل پیچیده بین طبیعت و اقتصاد است و تا حدود زیادی بستگی به میزان آگاهی برنامه‌ریزان و کشاورزان و تعامل بین آن‌ها دارد. از سوی دیگر، به دلیل این‌که کارایی و تأثیر برنامه‌های کشاورزی در آینده مشخص می‌گردد و اطمینان کامل از آینده وجود ندارد، لذا برنامه‌های سیستم‌های زراعی با عنوان جزئی مهم در بخش کشاورزی، با عدم حتمیت و ریسک همراه می‌باشد. کسب سود از سوی زارعان و کشاورزان منوط بر پذیرش این ریسک و قبول استراتژی‌های مدیریتی است. به این معنا که کشاورزان باید بین زیان‌های ناشی از شرایط آب و هوایی و بازاری و سودهای بالقوه با استفاده از استراتژی‌های مدیریتی توازن برقرار نمایند (۶).

در تنظیم یک الگوی کشت مناسب محصول، لازم است افزون بر ملاک‌هایی مانند سودآوری، شاخص‌های تعیین‌کننده‌ی دیگری مانند مزیت‌های طبیعی منطقه، مدیریت، میزان تخصص و مهارت کشاورز در کشت برخی محصولات، تجربه، میزان تأثیر محصولات بر محیط زیست، میزان مصرف آب، ریسک، تضمین‌های خرید و در بسیاری موارد دیگر از شاخص‌های کیفی و یا قضاوت‌های شخصی تصمیم‌گیرندگان که فرموله کردن آن‌ها بسیار دشوار است، نیز مورد توجه واقع شود (۱، ۳، ۱۲، ۱۴ و ۱۶).

عوامل پیش‌گفته در تعیین الگوی مطلوب کشت در شهرستان ساری نیز که به عنوان منطقه‌ی مورد مطالعه‌ی این پژوهش انتخاب گردیده حائز اهمیت بوده اما این عوامل تاکنون مورد توجه برنامه‌ریزان واقع نشده است.

به عنوان یکی از روش‌های معمول، در برنامه‌ریزی کشاورزی و تعیین الگوی کشت بهینه‌ی اقتصادی محصولات زراعی در یک واحد کشاورزی یا در یک منطقه‌ی خاص از برنامه‌ریزی ریاضی استفاده می‌شود. برنامه‌ریزی خطی[1] روشی است مبتنی بر اصول مدل ریاضی که به منظور تجزیه و تحلیل تصمیم‌گیری‌های نهایی و مطلوب مدیران واحدهای کشاورزی به شکل نابرابری‌های خطی ظاهر می‌شود. هدف برنامه‌ریزی خطی به حداکثر یا به حداقل رساندن تابع هدف مدیر مزرعه با در نظر گرفتن تعدادی از محدودیت‌ها (منابع در دسترس) و متغیرهای تصمیم (فعالیت‌ها) به طور هم‌زمان می‌باشد (۱۱). با این حال، بحث برنامه‌ریزی زراعی و الگوی کشت به ویژه در چارچوب کشاورزی پایدار، مستلزم تأمین اهداف چندگانه‌ای است که هر یک از اهداف مورد نظر بایستی با بهره‌گیری از شیوه‌ها و ملاک‌های مناسبی مورد سنجش و نظارت قرار گیرد. از این‌رو، کاربرد مدل‌های برنامه‌ریزی چندهدفه به طور گسترده‌ای مورد توجه واقع شده است. روش‌های متعدد برنامه‌ریزی چندهدفه در پژوهش‌هایی مانند مطالعات میائو و همکاران (۲۰) و یو و ژانگ (۲۹) ارائه شده است. زمانی که اهداف مختلف مد نظر باشد و به ویژه هنگامی که مسأله با اهداف کیفی تعیین‌کننده مواجه است، در ابتدا نیاز است که به گونه‌ای وزن مناسبی برای اهداف مسأله تعیین نمود. بدین منظور، یکی از روش‌های کارآمد که در پژوهش‌های اخیر نیز به گونه‌ای فزاینده مورد استفاده‌ی محققان واقع شده است، استفاده از تکنیک فرایند تحلیل سلسله مراتبی[2] است. در مطالعه‌ی حاضر نیز در ابتدا پس از تعیین اهداف و شاخص‌های موثر جهت تعیین الگوی مناسب کشت در شهرستان ساری، از تکنیک تحلیل سلسله مراتبی به منظور تعیین وزن اهداف مورد نظر استفاده گردید و در مرحله‌ی بعد، وزن‌های تعیین شده اهداف وارد الگوی برنامه‌ریزی خطی گردید.

به طور کلی، تاکنون در داخل و خارج کشور، مطالعات متعددی در ارتباط با تعیین الگوی کشت بهینه‌ی اقتصادی صورت پذیرفته است. رامانتان و گانیش (۲۶) با بهره گیری از ترکیب تحلیل سلسله مراتبی و برنامه‌ریزی خطیبه تخصیص بهینه‌ی منابع پرداختند. برادران سیرجانی و همکاران (۱۰)، کانگ و همکاران (۱۹)، محمدی و همکاران (۲۲)، اولیوریا و هنگلر (۲۴)، پاکدامن و نجفی (۲۵) و رگولوار و گوراو (۲۷) به منظور لحاظ نمودن اهداف مختلف در الگوی بهینه‌ی کشت، در مطالعات خود از مدل‌های برنامه‌ریزی خطی چندهدفه در شکل قطعی و فازی بهره گرفته‌اند. همچنین مطالعاتی مانند امینی فسخودی و همکاران (۵) و وایویکانانداں و همکاران (۲۸) رهیافت برنامه‌ریزی آرمانی را بدین منظور مورد استفاده قرار داده‌اند. اخیراً نیز استفاده از الگوهای تصمیم‌گیری چند معیاره مورد توجه پژوهش‌های

1-linear programming
2-Analytical Hierarchy Process (AHP)

انجام شده در زمینه‌ی تعیین الگوی کشت قرار گرفته است که از این بین می‌توان به مطالعات الوانچی و صبوحی (۴) و دودانگه و همکاران (۱۳) اشاره نمود. همچنین، به لحاظ محتوایی، مطالعات مختلفی به اهمیت و ارتباط الگوی کشت در زمینه‌های مختلف مانند فقر (۹)، میزان برداشت بهینه‌ی منابع آب زیرزمینی (۳۰) و غیره پرداخته‌اند.

در مجموع، مسأله‌ی تعیین الگوی کشت یکی از مباحث مهم پیشروی سیاستگذاران بخش کشاورزی بوده که توسط مطالعات متعدد و با به‌کارگیری تکنیک‌های متنوعی مورد توجه قرار گرفته است. اگرچه برخی مطالعات (مانند محمدیان و همکاران (۲۱) و فیض‌آبادی و همکاران (۱۵) با استفاده از فرایند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) و برنامه‌ریزی خطی و یا ترکیب چنین روش‌هایی به تعیین الگوی کشت در مناطقی از کشور پرداخته‌اند، با این حال، در منطقه‌ی مورد بررسی تاکنون مطالعه‌ای که به طور خاص با تلفیق روش‌های AHP و برنامه‌ریزی خطی، الگوی بهینه‌ی کشت را با توجه به شاخص‌های مهم کمی و کیفی در زراعت محصولات کشاورزی تعیین نموده باشد، صورت نپذیرفته است. بر این اساس، پژوهش حاضر در نظر دارد با لحاظ نمودن یک رویکرد کل‌نگر و واقع‌بینانه، اهداف و شاخص‌های مؤثر مورد نظر را تعیین و اولویت‌بندی نموده و بر این اساس الگوی بهینه‌ی کشت را برای منطقه‌ی مورد مطالعه تدوین نماید.

مواد و روش‌ها

در الگوی تلفیقی به کار گرفته شده در این پژوهش، با قرار دادن وزن‌های نهایی محاسبه شده برای هر یک از محصولات با استفاده از فرایند تحلیل سلسله مراتبی AHP- به عنوان یکی از کاراترین فنون تصمیم‌گیری چند شاخصه- در تابع هدف مدل برنامه‌ریزی خطی، الگوی کشت بهینه‌ی محصولات زراعی به دست می‌آید.

مدل برنامه‌ریزی خطی استاندارد برای یک مسأله‌ی بیشینه‌سازی به صورت زیر می‌باشد:

$$\textbf{Max Z}= \sum_{j=1}^{n} C_j . X_j \quad i = 1,2,3,...,m \qquad (۱)$$

S.t.:

$$\sum_{j=1}^{n} a_{ij} . X_j \le b_i$$

$$X_j \ge 0$$

که در آن Z تابع هدف، X_j فعالیت‌های مربوط به تولید محصولات مختلف زراعی، C_j بردار ضرایب تابع هدف، a_{ij} ماتریس ضرایب فنی عوامل تولید، b_i مقادیر محدودیت‌ها و $X_j \ge 0$ بیانگر مثبت بودن مقادیر متغیرهاست.

الگوی تجربی به کار گرفته شده در مطالعه‌ی حاضر به فرم زیر است:

$$\textbf{Max Z}= \sum_{j=1}^{7} W_j . X_j$$

s.t:

$$\sum_{j=1}^{7} X_j \le L$$

$$\sum_{j=1}^{7} aWR_j . X_j \le WR$$

$$\sum_{j=1}^{7} aK_j . X_j \le K \qquad (۲)$$

$$\sum_{j=1}^{7} aL_j . X_j \le La$$

$$\sum_{j=1}^{7} aF_j . X_j \le F$$

$$\sum_{j=1}^{7} aT_j . X_j \le T$$

$$\sum_{j=1}^{7} aP_j . X_j \le P$$

$$X_1, X_2, X_3, X_4, X_5, X_6, X_7 \ge 0$$

که در آن، Z تابع هدف، W_j وزن نهایی گزینه‌ی jام، X_j سطح تولید j امین محصول زراعی شهرستان ساری (متغیر تصمیم بر حسب هکتار)، L میزان کل زمین‌های زراعی منطقه، aWR_j متوسط آب مورد نیاز برای هر هکتار از محصول jام، WR میزان کل آب در دسترس زارعان بر حسب متر مکعب، aK_j متوسط سرمایه‌ی مورد نیاز برای یک هکتار از محصول jام، K میزان کل سرمایه در دسترس زارعان بر حسب میلیون ریال، aL_j متوسط نیروی کار مورد نیاز برای هر هکتار از محصول jام، La میزان کل نیروی کار شاغل در بخش زراعت بر حسب نفر روز، aF_j متوسط کود (ازت، فسفات، پتاس) مورد نیاز برای هر هکتار از محصول jام، F میزان کل کود شیمیایی در دسترس زارعان بر حسب کیلوگرم، aT_j متوسط مدت زمان تراکتور مورد نیاز برای هر هکتار از محصول jام، T میزان کل تراکتور ساعتی در دسترس زارعان بر حسب ساعت، aP_j متوسط سموم (علف‌کش و حشره‌کش) مورد نیاز برای هر هکتار از محصول jام و P میزان کل سموم آفات دفع نباتی در دسترس زارعان بر حسب لیتر است. سطر آخر محدودیت‌ها نشان‌دهنده‌ی غیر منفی بودن سطح زیرکشت و j معرف محصول مورد نظر بوده که به ترتیب عبارت از ۱- برنج، ۲- گندم، ۳- کلزا، ۴- جو، ۵- سویا، ۶- شبدر و۷- سبزی‌جات می‌باشد.

همان‌گونه که اشاره شد، در الگوی (۲)، اهمیت و درجه‌ی اولویت هر یک از گزینه‌ها (وزن مربوط به هر یک از محصولات در تابع هدف) با توجه به تمامی شاخص‌های مهم کمی و کیفی به کمک فرایند تحلیل سلسله مراتبی AHP تعیین شد. چنان‌که گفته شد این شاخص‌ها، علاوه بر معیار اقتصادی سودآوری، شامل سایر مؤلفه‌های پایداری کشاورزی (شاخص‌های اجتماعی و زیست‌محیطی) و نیز معیارهای مهم و تعیین‌کننده‌ی فنی مؤثر بر الگوی کشت در منطقه می‌باشد. شاخص‌های کمی و کیفی مورد نظر در مطالعه‌ی حاضر شامل میزان سوددهی محصول در واحد سطح، سازگاری محصول با شرایط اقلیمی منطقه‌ای، میزان مصرف آب، تأثیرات زیست‌محیطی کشت محصول، میزان اشتغال‌زایی، میزان مهارت و تخصص مورد نیاز برای عمل‌آوری محصول و میزان ریسک کشت محصول و وجود تضمین خرید محصول از سوی دولت بوده است. بدین منظور، پس از تکمیل پرسش نامه‌های مربوط به تکنیک AHP و انجام مراحل و محاسبات مربوطه، وزن نهایی مربوط به هر یک از محصولات زراعی با استفاده از نرم‌افزار Expert Choice محاسبه گردید.

اولین گام در تکنیک AHP، توسعه‌ی درخت تصمیم (ساختار سلسله مراتبی) است. در این ساختار، سطوح هدف‌ها، معیارها و گزینه‌ها مورد توجه است. در مرحله‌ی بعد، محاسبه‌ی اوزان شاخص‌ها بر اساس مقایسات زوجی و قضاوت‌های تصمیم‌گیرنده انجام می‌گیرد. برای استفاده از این روش‌ها، ابتدا ماتریس مقایسات زوجی[1] شاخص‌ها همانند رابطه‌ی ۳ تشکیل می‌گردد.

$$A=\begin{bmatrix} a_{11} & . & . & a_{1n} \\ . & . & . & . \\ . & . & . & . \\ a_{n1} & . & . & a_{nn} \end{bmatrix}=\begin{bmatrix} \frac{w_1}{w_1} & . & . & \frac{w_1}{w_n} \\ . & . & . & . \\ . & . & . & . \\ \frac{w_n}{w_1} & . & . & \frac{w_n}{w_n} \end{bmatrix} \qquad (۳)$$

در این ماتریس، $a_{ij}\ (\forall i.j = ۱,۲,...,n)$ معرف قضاوت شخصی تصمیم‌گیرنده در مورد مقایسه‌ی زوجی مابین شاخص iام نسبت به شاخص jام می‌باشد. ترجیحات مورد نظر به کمک مقیاس ساعتی[2] و با استفاده از اعداد یک تا نه کمی می‌گردد. پس از این‌که ماتریس مقایسات زوجی انفرادی از تک تک افراد به‌دست آمد، ماتریس زوجی گروهی با استفاده از میانگین هندسی ایجاد می‌گردد. اگر فرض شود a_{ij_k} مؤلفه‌ی مربوط به شخص kام برای مقایسه‌ی شاخص iبه شاخص j است، میانگین هندسی برای تمامی مؤلفه‌های متناظر به‌صورت زیر محاسبه می‌گردد (۸):

$$\bar{a}_{ij}=(\prod_{k=1}^{N} a_{ijk})^{\frac{1}{N}} \qquad (۴)$$

رابطه‌ی ۴، زمانی استفاده می‌شود که نظرات اعضای گروه از درجه‌ی اهمیت یکسانی برخوردار باشد. اما در صورتی که نظر اعضای گروه دارای اهمیت متفاوتی باشد می‌توان با توجه به میزان اهمیت این نظرات، برای آن‌ها وزن قائل شد. در چنین مواردی مؤلفه‌های ماتریس گروه به‌صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$\bar{a}_{ij}=(\prod_{k=1}^{L} a_{ijk}^{w_k})^{\frac{1}{N}} \qquad (۵)$$

$$\sum_{k=1}^{L} w_k = N$$

اگر نتوان اهمیت آرای اعضا را به شکل برون‌زا و از قبل تعیین نمود، می‌توان از یک AHP برای تعیین اهمیت هر عضو استفاده کرد. در چنین مواردی چون $\sum_{k=1}^{L} w_k$ برابر یک خواهد شد، نیاز به ریشه‌ی $\frac{۱}{N}$ نخواهد بود و بنابراین رابطه‌ی (۵)، به‌صورت زیر در خواهد آمد:

$$\bar{a}_{ij}=(\prod_{k=1}^{L} a_{ijk}^{w_k}) \qquad (۶)$$

در مرحله‌ی بعد و پس از دست‌یابی به ماتریس مقایسات زوجی گروهی، باید این ماتریس را بی‌مقیاس، نرمالایز یا بهنجار نمود. برای بی‌مقیاس‌سازی به‌صورت زیر عمل می‌شود:

$$r_{ij}=\frac{\bar{a}_{ij}}{\sum_{i=1}^{n} \bar{a}_{ij}},(j=1,2,...,m) \qquad (۷)$$

در این رابطه، r_{ij} معرف ارزش نرمال شده‌ی گزینه‌ی شاخص iام نسبت به شاخص jام است.

پس از نرمال کردن و تشکیل ماتریس بهنجار شده، میانگین هر سطر این جدول نشان‌دهنده‌ی اولویت هر معیار یا گزینه‌ی رقیب می‌باشد.

یکی از مزیت‌های فرایند تحلیل سلسله مراتبی امکان بررسی سازگاری در قضاوت‌های انجام شده است.

مکانیزمی که ساعتی برای ناسازگاری در قضاوت‌ها در نظر گرفته است، محاسبه‌ی ضریبی به نام نرخ ناسازگاری[3] (I.R.) است. بدین منظور، بردار مجموع وزنی[4] (WSV) با توجه به رابطه‌ی ۶ برای هر ماتریس مقایسه‌ی زوجی (A) محاسبه می‌شود.

1- Matrix of paired comparisons
2- Saaty
3-Inconsistency ratio
4- Weighted sum vector

جدول ۱- شاخص ناسازگاری ماتریس‌های تصادفی

Table 1- Inconsistency index of random matrices

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
I.I.R.M	0	0	0.58	0.9	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49	1.51	1.48	1.56	1.57	1.59

مأخذ: (۲۳)

Source: (23)

$$WSV = A.W \qquad (۸)$$

که در آن، W همان بردار اولویت (وزن) مربوط به معیارها یا گزینه‌های مورد نظر است که در مرحله‌ی قبل، برای ماتریس مقایسه‌ی زوجی مورد نظر به دست آمده بود. سپس، بردار سازگاری[1] ($C.V.$) از طریق رابطه‌ی ۹ محاسبه می‌گردد.

$$C.V. = \frac{WSV}{W} \qquad (۹)$$

در مرحله‌ی بعد، میانگین عناصر $C.V.$ را به دست آورده و a_{max} می‌نامیم. شاخص ناسازگاری[2] ($I.I.$) برای مقایسات گروهی بر اساس رابطه‌ی ۱۰ تعریف می‌شود.

$$I.I. = \frac{a_{max} - n}{n} \qquad (۱۰)$$

مقادیر شاخص ناسازگاری را برای ماتریس‌هایی که اعداد آن‌ها کاملاً تصادفی اختیار شده باشد، محاسبه کرده‌اند و آنرا شاخص ناسازگاری ماتریس تصادفی[3] (I.I.R.M.) نامیده‌اند که مقادیر آن برای ماتریس n بعدی در جدول ۱ ارائه شده است.

در نهایت، نرخ ناسازگاری ($I.R.$) از فرمول زیر به‌دست می‌آید.

$$I.R. = \frac{I.I.}{I.I.R.M} \qquad (۱۱)$$

چنان‌چه این ضریب کوچک‌تر یا مساوی ۰/۱ باشد، سازگاری در قضاوت‌ها مورد قبول است وگرنه باید در قضاوت‌ها تجدید نظر شود. به‌عبارت دیگر، ماتریس مقایسه‌ی دودویی معیارها یا گزینه‌ها باید مجدداً تشکیل شود.

گام آخر، ترکیب وزن‌ها و رتبه‌بندی نهایی گزینه‌ها است. بدین منظور، از "اصل ترکیب سلسله مراتبی" ساعتی که منجر به یک "بردار اولویت"[4] با در نظرگرفتن همه‌ی قضاوت‌ها در تمامی سطوح سلسله مراتبی می‌شود، استفاده می‌گردد. در این‌جا رابطه‌ی ۱۲ بکار گرفته می‌شود.

$$\text{امتیاز نهایی (اولویت) گزینه‌ی j} = \sum_{k=1}^{n}\sum_{i=1}^{m} W_k W_i (g_{ij}) \qquad (۱۲)$$

که در آن، W_k ضریب اهمیت معیارk، W_i ضریب اهمیت زیرمعیار i و g_{ij} امتیاز گزینه‌ی j در ارتباط با زیرمعیار i است.

لازم به ذکر است که داده‌های مربوط به این مطالعه از طریق دو نوع پرسشنامه جمع‌آوری گردید. پرسشنامه‌ی نوع اول مربوط به فرایند تحلیل سلسله مراتبی بوده که در میان ۸ نفر از کارشناسان خبره‌ی جهاد کشاورزی شهرستان ساری و صاحب‌نظران دانشگاهی توزیع گردید. همان‌گونه که گفته شد، داده‌های حاصل از پرسشنامه‌ی نوع اول با استفاده از میانگین هندسی، در قالب ماتریس‌های گروهی تجمیع و جهت محاسبه‌ی وزن نهایی هر محصول در تابع هدف مدل برنامه‌ریزی خطی مورد استفاده واقع شد. پرسشنامه‌ی نوع دوم از طریق مصاحبه و مشورت با کارشناسان تولیدات زراعی، آبیاری، سموم دفع آفات نباتی و فنی جهاد کشاورزی شهرستان ساری برای سال زراعی ۹۳-۱۳۹۲ تنظیم و تکمیل گردید. داده‌های به دست آمده از ۱۷ پرسشنامه‌ی تکمیل شده از نوع دوم، عمدتاً به منظور براورد مقادیر موجود هر یک از محدودیت‌های الگو و نیز ضرایب فنی مدل که شامل متوسط مقدار مورد نیاز محدودیت‌های موجود برای هر یک از محصولات مورد نظر می‌باشد، استفاده شد.[5] تجزیه و تحلیل داده‌ها و اجرای الگوهای مورد نظر پژوهش نیز با به‌کارگیری بسته‌های نرم‌افزاری Expert Choice و LINGO صورت پذیرفت.

نتایج و بحث

به منظور اجرای الگوی (۲)، نیاز به اطلاعاتی در خصوص مقدار مورد نیاز از هر یک از منابع برای کشت هر هکتار از محصولات مورد نظر است. این اطلاعات در قالب ماتریس ضرایب فنی در جدول ۲ ارائه شده است.

1- Consistency vector
2- Inconsistency index
3- Inconsistency index of random matrix
4- Priority vector

۵- شایان ذکر است که عمده‌ی اطلاعات به دست آمده از پرسشنامه‌های نوع دوم (به ویژه در خصوص مقادیر سمت راست محدودیت‌ها و ضرایب فنی)، بر اساس مطالعات فنی و میدانی انجام شده در منطقه توسط بخش‌های مربوطه در سازمان‌های ذیربط بوده است.

جدول ۲- ماتریس ضرایب فنی

Table 2- Technical coefficient matrix

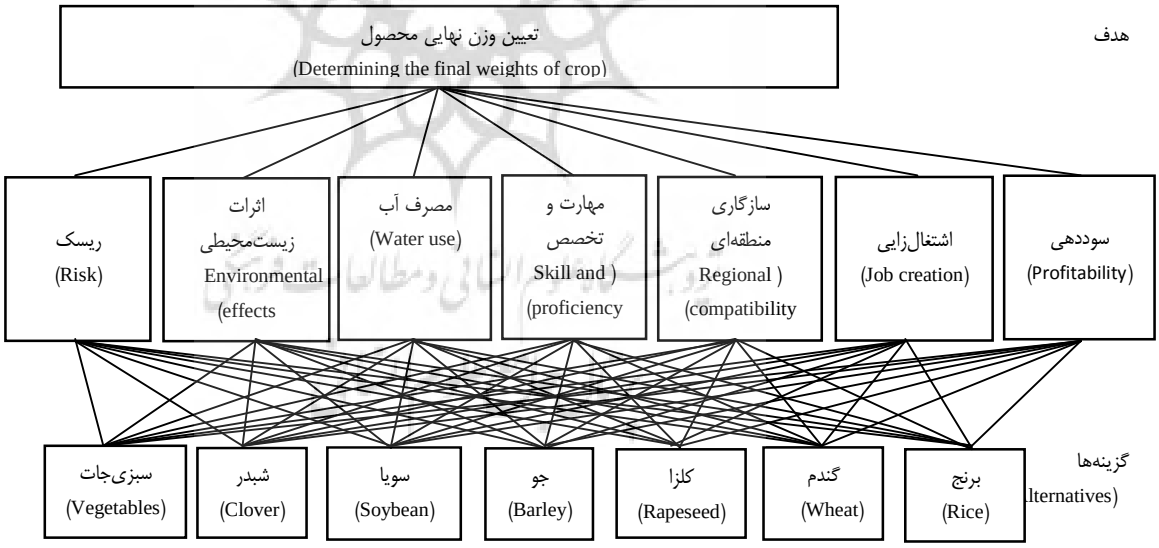
منابع(Resources)	مقدار مورد نیاز در هکتار (Resource requirements per hectare)						
	برنج (Rice)	گندم (Wheat)	کلزا (Canola)	جو (Barley)	سویا (Soybean)	شبدر (Clover)	سبزی‌جات (Vegetables)
آب (متر مکعب) (Water (m^3))	12034	6198	6198	5024	4012	7420	8323
سرمایه (میلیون ریال) (Capital (million Rials))	35	15	10	7	10	7	21
نیروی کار (نفر روز) (Labor (Person-days))	35	12	10	10	20	4	30
کود شیمیایی (کیلوگرم) (Fertilizer (Kg))	377	271	225	154	225	232	386
تراکتور (ساعت) (Machinery (hours))	21.5	15	12.5	20	12.5	14	12
سموم (لیتر) (Pesticides (Liter))	20	7	3	2	7	2	0
سطح زیرکشت (هکتار) (Cropping area (ha))	1	1	1	1	1	1	1

مأخذ: (۱۸) و یافته‌های پژوهش

Source: (18) and Research findings

همچنین، مقادیر سمت راست محدودیت‌ها در خصوص هر یک از منابع عمدتاً از مجموع حاصلضرب مقدار مورد نیاز محصولات مختلف از منبع مورد نظر (در واحد سطح) در میزان سطح زیر کشت محصولات برآورد گردید.

در مطالعه‌ی حاضر، به منظور تعیین الگوی بهینه‌ی کشت محصولات زراعی در شهرستان ساری که معیارهای چندگانه‌ی مورد نظر را در الگو لحاظ می‌نماید، مدل فرایند تحلیل سلسله مراتبی AHP طراحی و تبیین شد. نمای کلی فرایند تحلیل سلسله مراتبی در این پژوهش به صورت شکل ۱ می‌باشد.



شکل ۱- ساختار سلسله‌مراتب AHP

مأخذ: یافته‌های تحقیق

Figure 1- AHP structure

Source: Research findings

همانطور که مشاهده می‌شود، درخت سلسله مراتبی این تحقیق در شکل ۱ شامل سه سطح می‌باشد. سطح اول در برگیرنده‌ی هدف اصلی یا همان تعیین وزن محصولات زراعی شهرستان ساری، سطح دوم شامل معیارهای اساسی تأثیرگذار بر الگوی کشت از جمله سوددهی، اشتغال‌زایی، سازگاری منطقه‌ای، مهارت و تخصص، مصرف آب، اثرات زیست‌محیطی و ریسک و سطح آخر در برگیرنده‌ی گزینه‌ها یا محصولات مورد نظر شامل برنج، گندم، کلزا، جو، سویا، شبدر و سبزی‌جات است.

به منظور تعیین ضریب اهمیت معیارها، در ابتدا ماتریس مقایسات زوجی گروهی برای معیارهای مورد نظر تشکیل می‌شود. بدین منظور، هر یک از عناصر این ماتریس، از میانگین هندسی عناصر متناظر ماتریس انفرادی تمامی پرسش‌شونده‌ها به دست آمد. در مرحله‌ی بعد، به منظور تشکیل ماتریس بهنجار (نرمالایز) شده‌ی معیارها، هر درایه‌ی متناظر در ماتریس مقایسات زوجی گروهی را بر مجموع درایه‌های ستون مربوط به آن درایه تقسیم نموده، که نتایج در جدول ۳ ارائه شده است.

بر اساس جدول ۳، به منظور تعیین اولویت معیارها، میانگین هر ردیف این جدول (ماتریس نرمالایز شده) محاسبه شده و به عنوان وزن تعیین شده برای هر معیار، در آخرین ستون سمت راست جدول آورده شده است. همان‌گونه که در جدول ۳ دیده می‌شود، با توجه به نظر خبرگان، معیار سوددهی با وزن ۰/۳۳، بیش‌ترین وزن و در اولویت اول و بعد از آن سازگاری منطقه‌ای با وزنی برابر ۰/۲۲، مصرف آب با وزنی معادل ۰/۱۶، اثرات زیست‌محیطی با وزن ۰/۱۱، اشتغال‌زایی با وزن ۰/۰۸، مهارت و تخصص با وزنی برابر ۰/۰۶ و ریسک با وزنی معادل ۰/۰۴ در اولویت‌های بعدی قرار گرفته‌اند.

به منظور بررسی سازگاری در قضاوت‌های خبرگان و اطمینان یافتن از این‌که مقایسه‌های زوجی بین معیارها توسط این افراد به طور معقول صورت گرفته، اقدام به محاسبه‌ی نرخ ناسازگاری گردید که نتایج مربوط به محاسبه‌ی این نرخ در جدول ۴ قابل مشاهده است.

جدول ۳- ماتریس بهنجار (نرمالایز) شده‌ی معیارها

Table 3- Normalized matrix for criteria

	سوددهی (Profitability)	اشتغال‌زایی (Job creation)	سازگاری منطقه‌ای (Regional compatibility)	مهارت و تخصص (Skill and proficiency)	مصرف آب (Water use)	اثرات زیست‌محیطی (Environmental effects)	ریسک (Risk)	بردار اولویت (Priority vector)
سوددهی (Profitability)	0.38	0.27	0.53	0.22	0.43	0.31	0.19	0.33
اشتغال‌زایی (Job creation)	0.1	0.07	0.06	0.13	0.04	0.04	0.14	0.08
سازگاری منطقه‌ای (Regional compatibility)	0.13	0.23	0.18	0.21	0.31	0.26	0.18	0.22
مهارت و تخصص (Skill and proficiency)	0.09	0.03	0.05	0.05	0.03	0.03	0.1	0.06
مصرف آب (Water use)	0.11	0.23	0.07	0.2	0.12	0.24	0.18	0.16
اثرات زیست‌محیطی (Environmental effects)	0.1	0.15	0.06	0.17	0.04	0.09	0.16	0.11
ریسک (Risk)	0.09	0.02	0.05	0.02	0.03	0.03	0.05	0.04

مأخذ:یافته‌های تحقیق

Source: Research findings

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

جدول ٤- نتایج محاسبات مربوط به براورد نرخ سازگاری ماتریس مقایسات زوجی معیارها

Table 4- The results of calculating consistency ratio of paired comparisonsmatrix for criteria

a_{max}	$C.V.$	WSV
7.57	8.07	2.66
	7.5	0.6
$I.I.$	7.82	1.72
0.081	6.62	0.4
	7.92	1.27
$I.R.$	7.46	0.82
0.062	7.62	0.3

مأخذ:یافته‌های تحقیق

Source: Research findings

چنان‌چه از جدول ۴ مشخص است، نرخ ناسازگاری ۰/۰۶۲ بوده که نظر به این‌که کم‌تر از ۰/۱ است، نرخ قابل قبولی بوده و از این‌رو سازگاری قضاوت‌ها تأیید می‌گردد.

به منظور تعیین وزن یا اهمیت گزینه‌ها در رابطه با هر یک از معیارها نیز ماتریس مقایسات زوجی ادغام شده (گروهی) گزینه‌ها (محصولات زراعی) نسبت به هر یک از معیارها را به دست آورده و بعد از به دست آوردن ماتریس بهنجار (نرمالایز) برای هر یک از آن‌ها، وزن هر یک از محصولات را نسبت به معیار مورد نظر محاسبه کرده که نتایج نهایی در هفت ستون سمت چپ جدول ۵ ارائه گردیده است. سرانجام، وزن نهایی مربوط به هر یک از محصولات، از تلفیق اوزان ارائه شده در جداول ۳ و ۵ به دست می‌آید. بدین منظور، بایستی وزن هر محصول را در ارتباط با هر معیار (از جدول ۵) در وزن آن معیار در ارتباط با هدف (از جدول ۳) ضرب کرد (این عمل بایستی در خصوص آن محصول خاص برای همه‌ی معیارها صورت پذیرد). مجموع تمام حاصلضرب‌های به دست آمده، به عنوان وزن نهایی آن محصول (گزینه) در نظر گرفته می‌شود که نتایج نهایی در ستون سمت راست جدول ۵ ارائه شده است.

جدول ٥- بردار اولویت (وزن) محصولات مختلف (گزینه‌ها) نسبت به هر یک از معیارها و وزن نهایی هر یک از محصولات

Table 5- Priority (weight) vector of crops (alternatives) with regard to each of criteria and final weight of each crop

محصول (Crop)	سوددهی (Profitability)	اشتغال‌زایی (Job creation)	سازگاری منطقه‌ای (Regional compatibility)	مهارت و تخصص (Skill and proficiency)	مصرف آب (Water use)	اثرات زیست‌محیطی (Environmental effects)	ریسک (Risk)	وزن نهایی (Final weights)
برنج (Rice)	0.32	0.33	0.28	0.20	0.04	0.06	0.21	0.23
گندم (Wheat)	0.21	0.14	0.18	0.16	0.12	0.11	0.24	0.17
کلزا (Canola)	0.05	0.05	0.07	0.14	0.18	0.2	0.16	0.1
جو (Barley)	0.08	0.07	0.09	0.12	0.14	0.17	0.18	0.11
سویا (Soybean)	0.1	0.11	0.03	0.09	0.1	0.15	0.07	0.09
شبدر (Clover)	0.13	0.09	0.12	0.1	0.2	0.23	0.09	0.14
سبزی‌جات (Vegetables)	0.11	0.21	0.23	0.19	0.22	0.08	0.05	0.16

مأخذ:یافته‌های تحقیق

Source: Research findings

با توجه به نتایج به دست آمده در جدول ۵، ملاحظه می‌شود که از دیدگاه خبرگان، محصول برنج با دارا بودن وزن ۰/۳۲ به لحاظ سوددهی از مناسب‌ترین جایگاه در بین محصولات مورد بررسی در شهرستان ساری برخوردار بوده و برعکس دو محصول کلزا و جو وضعیت مناسبی ندارند. همچنین محصول برنج با وزن ۰/۳۳، بالاترین رتبه را از لحاظ اشتغال‌زایی به خود اختصاص داده است و در مقابل، محصولات کلزا، جو و شبدر به ترتیب با وزن‌های ۰/۰۵، ۰/۰۷ و ۰/۰۹ جایگاه مناسبی را از این نظر در شهرستان ساری ندارند. بر اساس جدول ۵، نتایج مقایسه‌ی گزینه‌های مورد بررسی در خصوص معیار سازگاری منطقه‌ای نشان می‌دهد که محصول برنج با وزن ۰/۲۸، به همراه محصولات سبزی‌جات، گندم و شبدر سازگاری نسبی بالا با منطقه داشته، درحالی که سه محصول سویا، کلزا و جو با شرایط منطقه‌ای شهرستان ساری سازگاری نسبی بسیار کم‌تری دارند. نتایج مقایسه‌ی محصولات زراعی شهرستان ساری از لحاظ مهارت و تخصص نیز حاکی از این است که محصولات برنج، سبزی‌جات، گندم، کلزا، جو، شبدر و سویا به ترتیب بیش‌ترین وزن را به خود اختصاص داده‌اند. از لحاظ مصرف آب نیز، سبزی‌جات به دلیل نیاز به مصرف مقدار کم‌تری آب در مقایسه با سایر محصولات مورد نظر در اولویت می‌باشد. در مقابل، محصول برنج به دلیل نیاز به بیش‌ترین مقدار مصرف آب، کم‌ترین وزن را به خود اختصاص داده است. همچنین از نقطه نظر اثرات زیست‌محیطی، شبدر، کلزا، جو، سویا و گندم به دلیل وارد نمودن آسیب‌های کم‌تری به محیط زیست به دلایلی مانند میزان مصرف کم‌تر کود شیمیایی، به ترتیب بیش‌ترین وزن را به خود اختصاص داده‌اند و در مقابل، برنج و سبزی‌جات از این لحاظ در جایگاه مناسبی قرار ندارند. در نهایت از لحاظ شاخص ریسک نیز محصولات گندم، برنج، جو و کلزا به دلایلی مانند تضمین خرید محصولات از سوی دولت و دارا بودن بازارهای با ثبات‌تر، وزن بیش‌تری را نسبت به دیگر محصولات زراعی مورد نظر به خود اختصاص داده‌اند.

شایان ذکر است که نرخ ناسازگاری قضاوت‌های خبرگان در خصوص هر یک از ماتریس‌های مقایسات زوجی گزینه‌ها نسبت به هر یک از معیارها نیز محاسبه شد که در برخی موارد نرخ ناسازگاری بیش از ۰/۱ براورد گردیده که پس از اصلاح قضاوت‌ها، نرخ مورد نظر در این موارد نیز به کم‌تر از حداکثر میزان قابل قبول (۰/۱) رسید.[1]

در نهایت، وزن نهایی مربوط به هر یک از محصولات در ستون سمت راست جدول ۵ ارائه شده است. همان‌گونه که از نتایج به دست آمده قابل مشاهده است، برنج با وزن نسبی ۰/۲۳ بالاترین اولویت را به خود اختصاص داده است. محصولات گندم، سبزی‌جات، شبدر، جو، کلزا و سویا نیز به ترتیب با وزن‌های ۰/۱۷، ۰/۱۶، ۰/۱۴، ۰/۱۱، ۰/۱ و ۰/۰۹ در اولویت‌های بعدی قرار گرفته‌اند.

اکنون می‌توان به منظور تدوین الگوی کشت بهینه بر اساس معیارهای چندگانه‌ی مورد نظر، وزن‌های به دست آمده‌ی خروجی تکنیک AHP را وارد الگوی برنامه‌ریزی خطی نمود. نتایج حاصل از الگوی بهینه‌ی کشت بر اساس معیارهای چندگانه، الگوی کشت فعلی و الگوی کشتی که تنها هدف حداکثرسازی سود را دنبال می‌کند ارائه و مقایسه شده است.

جدول ۶، سطح زیرکشت و سهم هر محصول را از کل سطح زیرکشت در الگوی کشت فعلی کشاورزان شهرستان ساری (در سال زراعی ۹۳-۱۳۹۲) نشان می‌دهد. همچنین، جهت تعیین الگوی بهینه‌ی کشت، نتایج دو سناریو در این جدول ارائه شده است. در سناریوی نخست، الگوی بهینه‌ی کشت با هدف حداکثرسازی سودمند نظر قرار گرفته و در سناریوی دوم - با ترکیب تکنیک فرایند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) و برنامه‌ریزی خطی (LP)- الگوی بهینه‌ی کشت با توجه به معیارهای مهم کمی و کیفی مورد نظر در زراعت محصولات کشاورزی در منطقه‌ی مورد مطالعه تعیین شده است.

چنان‌که از جدول ۶ ملاحظه می‌گردد، مجموع سطح زیرکشت شهرستان ساری در الگوی فعلی کشت در سال زراعی مورد نظر، ۲۴۱۹۵ هکتار بوده است. بیش‌ترین سطح زیرکشت در الگوی فعلی کشت به محصول برنج (با ۶۰/۲۶ درصد از کل سطح زیرکشت منطقه) تعلق گرفته و محصولات شبدر با ۱۴/۶۹ درصد، سبزی‌جات با ۱۰/۰۵ درصد، سویا با ۸/۵۶ درصد، گندم با ۴/۰۲ درصد، کلزا با ۲/۰۱ درصد و جو با ۰/۴۱ درصد از کل سطح زیرکشت منطقه در رتبه‌های بعدی قرار گرفته‌اند. سود کل الگوی کشت فعلی بهره‌بردارن منطقه حدود ۱۱۱۲ میلیارد ریال براورد گردیده است.

۱-در این‌جا بحث ناسازگاری بین مقایسات زوجی مد نظر بوده است. بعضاً در فرایند AHP این اتفاق رایج است که پاسخ‌دهندگان در بیان ترجیحات خود در مقایسات زوجی منطقی عمل نمی‌کنند. به عنوان مثال، اگر پاسخ‌دهنده‌ای گزینه‌ی اول را به گزینه‌ی دوم و گزینه‌ی دوم را به گزینه‌ی سوم ترجیح دهد، بایستی با درنظر گرفتن نسبتی منطقی، گزینه‌ی اول را نیز به گزینه‌ی سوم ترجیح دهد و این فلسفه را برای تمام ترکیبات ممکن رعایت کند که در عمل ممکن است این منطق کاملاً رعایت نگردد. چنان‌چه میزان چنین خطاهایی از حد قابل قبولی (نرخ ۰/۱) تجاوز کند، قضاوت‌ها دیگر سازگار نبوده و بایستی در آن‌ها تجدید نظر شود. یک روش برای انجام این کار این است که چنین افرادی شناسایی شده و از آن‌ها خواسته شود با رعایت این منطق، مجدداً مقایسات را انجام داده تا سازگاری حاصل شود.

جدول ٦- الگوهای کشت فعلی، حداکثرکننده‌ی سود و بهینه‌ی حاصل از مدل تلفیقی AHP و LP

Table 6- Current, profit maximizing, and optimal (using the consolidate model of AHP and LP) cropping patterns

محصول (Crop)	الگوی کشت فعلی (Current cropping pattern)		الگوی کشت حداکثرکننده‌ی سود (Profit maximizing cropping pattern)			الگوی بهینه‌ی کشت حاصل از مدل تلفیقی AHP و LP (Optimal cropping pattern using the consolidate model of AHP and LP)		
	مقدار (هکتار) (Amount (ha))	سهم از کل الگو (درصد) (Share in the pattern (percents))	مقدار (هکتار) (Amount (ha))	سهم از کل الگو (درصد) (Share in the pattern (percents))	تغییر نسبت به الگوی کشت فعلی (درصد) (Changes to the current cropping pattern (percents))	مقدار (هکتار) (Amount (ha))	سهم از کل الگو (درصد) (Share in the pattern (percents))	تغییر نسبت به الگوی کشت فعلی (درصد) (Changes to the current cropping pattern (percents))
برنج (Rice)	14581	60.26	15281	63.16	+4.81	15126	62.52	+3.74
گندم (Wheat)	972	4.02	2814	11.63	+189.51	2574	10.64	+164.81
کلزا (Canola)	486	2.01	0	0	-100	121	0.50	-75.10
جو (Barley)	99	0.41	0	0	-100	103	0.43	+4.04
سویا (Soybean)	2071	8.56	203	0.84	-90.2	92	0.38	-95.56
شبدر (Clover)	3554	14.69	3620	14.96	+1.86	3313	13.68	-6.84
سبزی‌جات (Vegetables)	2432	10.05	2277	9.41	-6.37	2868	11.85	+17.93
جمع (Total)	24195	100	24195	100	0	24195	100	0
سود الگو (۱۰ ریال) Pattern profit (10 Rials)	111205498786		123841714200		11.36	115246987421		3.63

مأخذ: (۱۸) و یافته‌های تحقیق

Source: (18) and Research findings

همچنین، همان‌طور که از جدول ۶ قابل مشاهده است، در سناریوی اول– که تنها هدف حداکثر کردن سود از طریق تغییر در الگوی فعلی کشت مد نظر بوده– خروجی مدل شامل سطح زیرکشت محصولات زراعی منتخب، سهم هر محصول از کل سطح زیرکشت الگو و همچنین تغییرات سطح زیرکشت هر محصول نسبت به الگوی کشت فعلی به همراه سود کل حاصل از الگو ارائه شده است.

براساس نتایج به دست آمده در جدول ۶، به منظور دست‌یابی به حداکثر سود بایستی تغییراتی در الگوی کشت فعلی صورت پذیرد. در این بین، افزایش قابل ملاحظه‌ی کشت گندم در الگوی حداکثر کننده‌ی سود (به میزان حدود ۱۹۰+ درصد نسبت به الگوی فعلی) قابل توصیه است. همچنین محصولات کلزا و جو از الگوی حداکثرکننده‌ی سود حذف شده که دلیل حذف این محصولات را در الگوی حداکثرسازی سود بایستی به سودآوری کم این محصولات در سال مورد نظر منتسب دانست. همان‌طور که از نتایج جدول برمی‌آید، الگوی حداکثرسازی سود، امکان حصول سود بیش‌تر به میزان ۱۱/۳۶ درصد را نسبت به الگوی فعلی کشت برای کشاورزان فراهم خواهد

ساخت.

چنان‌که گفته شد تدوین الگوی کشت مناسب در سامانه‌های امروزی کشاورزی مستلزم لحاظ نمودن عوامل مهم دیگری در کنار معیار سوددهی است. بر این اساس، در سناریوی دوم، هفت معیار میزان سوددهی محصول در واحد سطح، سازگاری محصول با شرایط اقلیمی منطقه‌ای، میزان مصرف آب، تأثیرات زیست‌محیطی کشت محصول، میزان اشتغال‌زایی، میزان مهارت و تخصص مورد نیاز برای عمل‌آوری محصول و میزان ریسک کشت محصول در تدوین الگوی کشت مناسب منطقه‌ی مورد مطالعه در نظر گرفته شد. در این سناریو، اوزان نهایی محاسبه شده‌ی خروجی فرایند تحلیل سلسله مراتبی مربوط به هفت محصول عمده‌ی زراعی مورد نظر شهرستان ساری را به عنوان ضرایب تابع هدف در مدل برنامه‌ریزی خطی وارد و الگوی بهینه‌ی کشت را در منطقه‌ی مورد مطالعه با توجه به معیارهای مهم کمی و کیفی پیش‌گفته تعیین نموده که نتایج در جدول ۶ قابل مشاهده است.

ترکیب مدل برنامه‌ریزی خطی و تکنیک AHP به منظور دخالت دادن معیارهای مورد نظر در تدوین الگوی بهینه‌ی کشت منطقه، مجموع اراضی شهرستان را مطابق جدول ۶ به محصولات مختلف تخصیص داده است. براساس نتایج این الگو، کشت محصول برنج به میزان ۱۵۱۲۶ هکتار به عنوان بیش‌ترین سطح زیرکشت (با سهم ۶۲/۵۲ درصد از مجموع کل سطح زیر کشت منطقه) تعیین شده است. همچنین کشت شبدر، سبزی‌جات، گندم، کلزا، جو و سویا از نظر سهم از کل سطح زیرکشت منطقه در رتبه‌های بعدی قرار گرفته‌اند.

مقایسه‌ی الگوی بهینه‌ی کشت بر اساس معیارهای چندگانه‌ی مورد نظر با الگوی کشت فعلی حاکی از این است که محسوس‌ترین تغییرات بین دو الگو مربوط به سه محصول گندم، سویا و کلزا بوده به گونه‌ای که سطح زیرکشت توصیه شده برای محصول گندم در الگوی بهینه به میزان حدود ۱۶۵ درصد نسبت به الگوی کشت فعلی کشاورزان منطقه افزایش یافته و در مقابل از سطح زیرکشت محصولات سویا و کلزا به ترتیب به میزان حدود ۹۶ و ۷۵ درصد کاسته شده است.

مطابق جدول ۶، میزان کل سود حاصل از الگوی بهینه حدود ۱۱۵۲ میلیارد ریال بوده که نشان می‌دهد الگوی بهینه توانسته به میزان ۳/۶۳ درصد میزان سود را نسبت به الگوی رایج منطقه افزایش دهد. اگرچه الگوی بهینه‌ی کشت به دست آمده از سناریوی دوم دارای سوددهی کم‌تری نسبت به الگوی کشت حداکثرکننده‌ی سود در سناریوی اول بوده، با این حال، با صرف نظر کردن از مقداری سود (کم‌تر از ۸ درصد) در الگوی بهینه، می‌توان معیارهای مهم دیگری را از جمله سازگاری محصول با شرایط اقلیمی منطقه‌ای، میزان مصرف آب، تأثیرات زیست‌محیطی کشت محصول، اشتغال‌زایی، مهارت و تخصص مورد نیاز برای عمل‌آوری محصول و میزان ریسک کشت محصول در تدوین الگوی کشتی که مناسب منطقه‌ی مورد مطالعه بوده لحاظ نمود.

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

در تنظیم یک الگوی کشت مناسب، لازم است افزون بر ملاک‌هایی مانند سودآوری، شاخص‌های تعیین‌کننده‌ی دیگری مانند مزیت‌ها و پتانسیل‌های منطقه‌ای، تجربه، مدیریت، و میزان تخصص و مهارت کشاورز در کشت محصولات، تأثیر کشت محصولات بر محیط زیست، میزان مصرف آب، اشتغال‌زایی و ریسک کشت محصولات در برنامه‌ریزی‌ها جهت تصمیم‌سازی نیز مورد توجه واقع شود.

مطالعه‌ی حاضر با هدف بازنگری در الگوی رایج بهره‌برداران شهرستان ساری و تدوین الگوی کشتی که معیارهای پیش‌گفته را مداخله داده، صورت پذیرفت. بدین منظور، این پژوهش یک الگوی تلفیقی شامل تکنیک فرایند تحلیل سلسله مراتبی و مدل برنامه‌ریزی خطی را به کار بست.

تحلیل‌های مورد نظر به منظور تعیین الگوی کشت طی دو سناریو صورت پذیرفت. در سناریوی نخست، تنها هدف حداکثرسازی سود تعقیب شد. در سناریوی دوم، به منظور لحاظ نمودن معیارهای مهم پیش‌گفته، ابتدا مدل کلی AHP طراحی و ضمن تعیین بردارهای اولویت وزنی برای هر یک از معیارها نسبت به هدف الگو و نیز تعیین بردار وزنی هر یک از محصولات نسبت به هر معیار، به تعیین وزن نهایی هر یک از محصولات مورد نظر در منطقه پرداخته شد. در مرحله‌ی بعد، بردار وزن نهایی خروجی مدل AHP به عنوان ورودی ضرایب تابع هدف در الگوی برنامه‌ریزی خطی وارد شده و مدل مورد نظر در فضای محدودیت‌های حاکم حل گردید.

نتایج الگو در سناریوی نخست نشان داد که الگوی حداکثرکننده‌ی سود با ایجاد تغییراتی در سطح زیرکشت محصولات مختلف، امکان حصول سود بیش‌تر به میزان ۱۱/۳۶ درصد را نسبت به الگوی فعلی کشت برای کشاورزان منطقه فراهم خواهد ساخت.

براساس نتایج حاصل از الگوی بهینه‌ی کشت در سناریوی دوم نیز الگوی تبیین شده ضمن توصیه‌ی تغییراتی در شیوه‌ی توزیع سطح زیرکشت بین محصولات منطقه، میزان سود را نیز به میزان ۳/۶۳ درصد نسبت به الگوی رایج منطقه افزایش می‌دهد. بیش‌ترین تغییرات پیشنهاد شده توسط الگوی بهینه، افزایش سطح زیرکشت محصول گندم و کاهش سطح زیرکشت محصولات سویا و کلزا در منطقه بوده است. مقایسه‌ی الگوها در دو سناریوی مورد نظر بیانگر این است که اگرچه الگوی بهینه‌ی کشت توصیه شده در سناریوی دوم دارای سوددهی کم‌تری نسبت به الگوی کشت حداکثرکننده‌ی سود در سناریوی اول بوده، با این حال، چشم‌پوشی از مقدار مشخصی

سود (به میزانی کم‌تر از ۸ درصد) در الگوی بهینه، امکان توجه و دخالت دادن معیارهای مهم دیگری را از جمله سازگاری محصول با شرایط اقلیمی منطقه‌ای، میزان مصرف آب، تأثیرات زیست‌محیطی کشت محصول، اشتغال‌زایی، مهارت و تخصص مورد نیاز برای عمل‌آوری محصول و میزان ریسک کشت محصول که در وضعیت فعلی کشاورزی بسیار حیاتی بوده و دارای اثرات قابل توجه در بلند مدت است، فراهم می‌آورد. در نهایت، ذکر این نکته ضروری است که اگر چه در شرایط موجود، الگوی کشت مورد نظر در منطقه قابل ارائه است، در عین حال، بحث الگوی کشت مسأله‌ای دینامیک است که نیازمند مطالعات متعدد در طی زمان بوده و با تغییر شرایط مستلزم تغییر خواهد بود. هرچند در فرایند AHP برخی ملاحظات بلندمدت در نظر گرفته شده، اما به هر حال به نظر می‌رسد چنین الگوهایی نیز نیازمند بازنگری مداوم باشند.

منابع

1- Agha S. R., Nofal L. G., Nassar H. A., and Shehada R. Y. 2012. Multi criteria governmental crop planning problem: an analitic hierarchy approach. Management. 2(4): 96-105.
2- Akbari N., and Zahedi K. 2008. Fuzzy multi attribute decision making and its application in determining optimal cropping pattern in farms. Journal of Agricultural Economics. 2(4): 21-36. (in Persian).
3- Albodvi A., Chaharsooghi K., and Esfahanipour A. 2007. Decision making in stock trading: an application of PROMETHEE. European Journal of Operational Research. 177(1): 673-683.
4- Alvanchi M., and Sabouhi M. 2007. The application of differential multi-criteria decision making in agricultural planning: a case study of Fars Province. MSc thesis, University of Zabol. (inPersian).
5- Amini Faskhoudi A., Nouri H., and Hejazi R. 2008. Determining optimal cropping pattern in Eastern Isfahan's farms using goal programming approach. Journal of Agricultural Economics. 2(4): 177-197. (in Persian).
6- Aras A. 1988. Agricultural accounting.Publication of Aegean University. 486. (in Turkish).
7- Asadi H., and Soltani Gh. 2000.Investigating the safety margin and determining the optimal cropping pattern using linear programming method.Journal of Agricultural Economics and Development. 31: 71-86. (in Persian).
8- Azar A., and Rajabzadeh A. 2009.Applied decision making (M.A.D.M. Approach). Third edition, Negah-e-Danesh Press. Tehran. (in Persian).
9- Baniasadi M., and Zare Mehrjerdi M. R. 2010. Studying the effects of optimal cultivation pattern on rural poverty: Case study of Orzoo'iyeh district in Baft (Kerman- Iran).Journal of Agricultural Economics. 2(4): 183-209. (in Persian).
10- Baradaran Sirjani F., Kohansal M., and Sabouhi M. 2014. Application of two-stage multi-objective fuzzy linear programming model to determine cropping pattern; a case study of central part of Mashhad.Journal of Agricultural Economics and Development. 28(4): 376-368. (in Persian).
11- Biswas A., and Pal B. B. 2004. Application of fuzzy goal programming technique to land use planning in agricultural system, omega. The International Journal of Management Science. 33(5):391-398.
12- Daneshvar Kakhaki M., Sahnoushi N., Salehi F., and Abedi R. 2009. The determiation of optimal crop pattern with aim of reduction in hazards of envirenmental.American Journal of Agricultural and Biological Sciences. 4(4): 305-310.
13- Dodangeh J., Rosnah M.Y., Napsiah I., Yusof I., Beik Zadeh M., and Jassbi J. 2011. Designing fuzzy multi criteria decision making model for best selection of areas for improvement in EFQM (European Foundation for Quality Management) model. African Journal of Business Management. 5(12): 5010-5021.
14- Fallahi E., Khalilian S., and Ahmadian M. 2013.Optimizing cropping pattern with emphasis on water resource restrictions; A case study of Seydan-Farough Plain, Marvdasht, Iran. Journal of Agricultural Economics Research. 5(2): 91-115. (in Persian).
15- Feizabadi Y., Yousefpour F., and Asadpour H. 2012. Application of multi attribute fuzzy linear programming model to determine optimal cropping pattern of rice varieties in Babolsar paddy fields. Journal of Agricultural Economics. 8(1): 31-45. (in Persian).
16- Francisco S. R., and Ali M. 2006. Resource allocation tradeoffs in Manila's peri-urban vegetable production systems: an application of multiple objective programming. Agriculture Systems. 87: 147-168.
17- Itoh T., Shii H. I., and Nanseki T. 2003. Model of cropplanning under uncertainty in agricultural management.International Journal of Production Economics. 81-82: 555-558.
18- Jihad-e-Agriculture Organization of Mazandaran Province. 2014. (in Persian).
19- Kang S., Zeng x., Li F., Zhang L., and Guo P. 2011. Fuzzy multi- objective linear programming applying to crop area planning. Agricultural Water Management. 98: 134-142.
20- Miao C., He B., and Chen X. 2006. Study on the multiple objective linear planning applied in comprehensive control of small watershedla case study from Mimagou Small Watershed in Shizhu County Sichuan Province. Chinese Journal of Economics Agricultural. 14(3): 223-227.

21- Mohammadian F., Shahnoushi N., Ghorbani M., and Aghel H. 2011. Selecting potential cropping pattern based on Analytical Hierarchy Process (AHP); a case study of Torbat-e-Jaam plain.Journal of Sustainable Agriculture and Production Science. 1(1): 171-187. (in Persian).
22- Mohammadi H., Boustani F., and Kafilzadeh F. 2012. Determining optimal cropping pattern using non-fuzzy multi objective optimization algorithm.Journal of Water and Wastewater. 4:43-55. (in Persian).
23- Mo'meni M. 2006. New issues of Operational Research.First edition. Tehran. University of Tehran. Faculty of Management Press. (in Persian).
24- Oliveira C., and Henggeler C. A. 2007. Multiple objective linear programming models with interval coeffients an illustrated over view.European Journal of Operational Research. 181(3): 1434-1463.
25- Pakdaman M. and Najafi B. 2009. The application of deterministic and fuzzy multi-objective programmingin determining the optimal cropping pattern: a case study of Nilab Plain in Isfahan Province. Journal of Agricultural Economics Research. 1(2): 121-139. (in Persian).
26- Ramanthan R., and Ganesh L. S. 2000. Using AHP for resource allocation problems.European Operational Research. 80: 2-9.
27- Regulwar D. G., and Gurave J. B. 2013.Two-phase multi objective fuzzy linear programming approach for sustainable irrigation planning.Journal of Water Resource and Protection. 5: 642-651.
28- Vivekanandan N., Visvanathan K., and Gupta S. 2009. Optimization of cropping pattern using goal programming approach.Operational Research Society of India. 46(3): 259-274.
29- Yu S., and Zhang J. 2006. Multi-objective programming method for land use based on genetic algoritm. China Population Research and Enviorment. 16(5): 62-66.
30- Zhaleh Rajabi M., Salehi F., and Daneshvar KakhkiM. 2011. Determiningthe optimal groundwater withdrawals using game theory and determining the cropping pattern.The 2nd Iranian national conference on Applied research in water resources. (in Persian).

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی