نشریه ماشین‌های کشاورزی
جلد۴، شماره ۱، نیمسال اول ۱۳۹۳، ص ۱۲۴- ۱۱۶

Journal of Agricultural Machinery
Vol. 4, No. 1, Spring - Summer 2014, p. 116-124

اولویت‌بندی کشت محصولات استراتژیک زراعی استان البرز با استفاده از روش دلفی فازی و فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP)

محمد شریفی[۱]- اسداله اکرم[۲*]- شاهین رفیعی[۳]- مجید سبزه پرور[۴]

تاریخ دریافت: ۹۱/۶/۲۱
تاریخ پذیرش: ۹۲/۲/۲۳

چکیده

استان البرز با وسعتی حدود ۵۱۲۱/۷ کیلومترمربع معادل ۰/۳۱ درصد مساحت کل کشور است. کل اراضی قابل کشت استان ۴۸۹۵۴ هکتار می‌باشد. آب، زمین و سرمایه مهم‌ترین عوامل تولید بخش کشاورزی محسوب می‌شوند. لازم است با شناخت از باورهای ذهنی کشاورزان منطقه، معیارهای تصمیم‌گیری و انگیزه‌های اقتصادی آنان، اولویت کشت محصولات به‌گونه‌ای تنظیم شود که ضمن تأمین منافع مادی کشاورزان، کمترین آسیب را به منابع اصلی کشت (آب و زمین) وارد سازد. تلفیق دو روش دلفی فازی (بارش فکری) و فرآیند تحلیل سلسله مراتبی یکی از ابزارهای مناسب برای دستیابی به این هدف می‌باشد. نتایج به‌دست آمده از به‌کارگیری تکنیک‌های فوق، اولویت کشت محصولات استراتژیک زراعی استان البرز را به‌ترتیب گندم، جو، ذرت علوفه‌ای، یونجه، پنبه و کلزا با وزن نهایی ۰/۴۹۶، ۰/۴۰۳، ۰/۳۵۴، ۰/۳۲۰، ۰/۱۸۳ و ۰/۰۹۰ تعیین می‌کند. در مقایسه معیارهای تصمیم با یکدیگر مشخص گردید که کشاورزان به‌ترتیب سطح زیرکشت، درآمد خالص، هزینه‌های تولید و نیازهای دامداری را با میزان اهمیت نسبی ۰/۴۸۷، ۰/۴۱۰، ۰/۳۴۶ و ۰/۱۸۸ ترجیح می‌دهند. سطح زیرکشت، از بین معیارهای اولویت‌بندی از بالاترین اولویت برخوردار است. مشکل کمبود آب، هزینه کارگری بالا، فقدان سرمایه کافی و خرید تضمینی گندم توسط دولت، موجب گردیده است که بیشترین سطح زیر کشت در استان مربوط به گندم با ۱۴۳۵۰ هکتار باشد.

واژه‌های کلیدی: استان البرز، روش دلفی فازی، فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP)، محصولات استراتژیک زراعی

مقدمه

استان البرز با وسعتی حدود ۵۱۲۱/۷ کیلومترمربع معادل ۰/۳۱ درصد مساحت کل کشور است. این استان در محدوده بین °۳۱ ´۳۵ تا °۳۶ ´۱۲ عرض شمالی و °۵۰ ´۱۱ تا °۵۱ ´۲۹ طول شرقی قرار گرفته است. ارتفاع مستعد کشت آن بین ۹۰۰ تا ۱۹۶۰ متر از سطح دریا می‌باشد. استان البرز دارای ۴ شهرستان، ۱۶ شهر، ۹ بخش، ۲۱ دهستان و ۴۶۸ روستا می‌باشد. شهرستان‌های استان البرز شامل نظرآباد، ساوجبلاغ، کرج و طالقان می‌باشند. جمعیت عشایری این استان بیش از ۳ هزار نفر و بیش از ۳۱ هزار بهره‌بردار در بخش کشاورزی این استان مشغول فعالیت هستند (Anonymous, 2011). جمعیت استان طبق سرشماری نفوس و مسکن سال ۱۳۹۰، ۲۴۱۲۵۱۳ نفر بوده است که نسبت جمعیت روستایی به کل جمعیت استان ۹/۵ درصد است (PHC, 2012).

کل اراضی قابل کشت این استان ۴۸۹۵۴ هکتار بوده که سطح زیر کشت زراعت آبی و دیم به‌ترتیب برابر ۴۸۱۲۰ و ۸۳۴ هکتار و میزان تولید آن به‌ترتیب برابر ۷۵۶۸۹۰ و ۲۱۳۰ تن می‌باشد (ASB, 2011). با توجه به محدودیت‌های عوامل تولید بخش کشاورزی در استان که شامل آب، زمین و سرمایه می‌باشد و از آنجا که کشاورزان به‌دنبال حداکثر کردن سود خود هستند، لازم است ضمن توجه به تضمین درآمد کشاورزان، اولویت کشت محصولات زراعی در این استان به نحوی تغییر یابد که محدودیت منابع در آن دیده شده باشد. از این رو لازم است با شناخت از باورهای ذهنی، معیارهای تصمیم‌گیری و انگیزه‌های اقتصادی کشاورزان منطقه، اولویت کشت محصولات به گونه‌ای تنظیم شود که ضمن تأمین منافع مادی

۱، ۲ و ۳- به‌ترتیب استادیار، دانشیار و استاد گروه مهندسی ماشین‌های کشاورزی دانشکده مهندسی و فناوری کشاورزی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران
۴- دانش‌آموخته دکتری رشته مهندسی صنایع، دانشگاه علم و صنعت ایران
(*- نویسنده مسئول: Email: aakram@ut.ac.ir)

Archive of SID
www.SID.ir

کشاورزان، کمترین آسیب را به منابع اصلی کشت (آب و زمین) وارد سازد. روش فرآیند تجزیه و تحلیل سلسله مراتبی یکی از ابزارهای مناسب برای دستیابی به این هدف می‌باشد.

فرآیند تجزیه و تحلیل سلسله مراتبی (AHP[1]) روشی منعطف، قوی و ساده است و برای تصمیم‌گیری در شرایطی مورد استفاده قرار می‌گیرد که معیارهای تصمیم‌گیری چندگانه، انتخاب بین گزینه‌ها را با مشکل مواجه می‌سازند. روش تحلیل سلسله مراتبی یکی از جامع‌ترین سامانه‌های طراحی شده برای تصمیم‌گیری با معیارهای چندگانه است. زیرا این تکنیک امکان فرموله کردن مسئله را به‌صورت سلسله مراتبی فراهم کرده و همچنین امکان در نظر گرفتن معیارهای مختلف کمی و کیفی در مسئله را دارد. این فرآیند گزینه‌های مختلف را در تصمیم‌گیری دخالت می‌دهد و امکان تحلیل حساسیت روی معیارها و زیرمعیارها را فراهم می‌آورد. علاوه بر این، بر مبنای مقایسه زوجی بنا نهاده شده است و قضاوت و محاسبه‌ها را تسهیل می‌کند. همچنین میزان سازگاری و ناسازگاری تصمیم را نشان می‌دهد که از مزایای ممتاز این تکنیک است. همچنین دارای یک مبنای تئوری قوی و بر اساس اصول بدیهی بنا نهاده شده است (Ghodsi pour, 2000).

توماس ال- ساعتی (۲۰۰۹) این روش را بر اساس تحلیل فکری انسان برای مسائل پیچیده، ارائه نموده است. در یک مسئله تحلیل سلسله مراتبی در بالاترین سطح، هدف قرار دارد. در سطوح میانی معیارهای اصلی و فرعی قرار می‌گیرند.

دلفی فازی روشی است که در آن داده‌های ذهنی افراد خبره با استفاده از تحلیل‌های آماری به داده‌های تقریباً عینی تبدیل می‌شوند و این روش منجر به اجماع در تصمیم‌گیری (رسیدن به یک نقطه با ثبات) می‌گردد (Azar and Faraji, 2010).

در زمینه استفاده از روش AHP و دلفی فازی در بخش‌های مختلف علوم در داخل و خارج کشور، مطالعات مختلفی انجام شده است که از جمله آن‌ها می‌توان به مکان‌یابی و اولویت‌بندی مکان دفن بهداشتی مواد زائد جامد (Ma *et al.*, 2005; Hill and Braaten, 2005)، تصمیم‌سازی برای انتخاب ابزار ماشینی (Yurdakul, 2004)، رتبه‌بندی تولیدات صنعتی کشور (Masoumzadeh and Torabzadeh, 2003)، تعیین اولویت‌های توسعه بخش صنعت استان اصفهان (Sameti *et al.*, 2003)، انتخاب مناسب‌ترین شیوه‌ی آبیاری (Karami, 2003) اشاره نمود.

(Srdjevic and Jandric, 2010)، به انتخاب بهترین روش آبیاری از بین چهار روش آبیاری پشته‌ای، شیاری، آبپاشی و آبیاری قطره‌ای با استفاده از تکنیک AHP پرداختند. معیارهایی که در انتخاب بهترین سامانه در نظر گرفتند عبارتند از: چگالی محصول، شرایط رشد محصول، کیفیت آب، توپوگرافی زمین، میزان حساسیت به بیماری محصول، شیب زمین، نسبت نفوذ آب در خاک، مهارت کارگر آبیاری. پس از ساخت سلسله مراتب و تشکیل ماتریس‌های مقایسه‌ی زوجی گزینه‌ها و معیارها نسبت به هم بر اساس نظر تصمیم گیرنده و محاسبه‌ی وزن نهایی، به ترتیب سامانه‌های آبیاری قطره‌ای، آبپاشی، شیاری و پشته‌ای مناسب شناخته شدند. (Sueyoshi *et al.*, 2009)، برای ایجاد یک ساختار سامانه تصمیم‌یار جهت بازبینی داخلی اولویت‌ها در شرکت‌های کرایه اتومبیل به کمک تلفیقی از تحلیل سلسله مراتبی و تحلیل پوششی داده‌ها کوشیدند و موفق به ارائه مدلی برای تعیین اولویت‌ها شدند. (Mohammadian *et al.*, 2009)، برای انتخاب الگوی کشت بالقوه محصولات زراعی شهرستان تربت جام، از روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی استفاده نموده‌اند. ایشان الگوی کشت برتر شهرستان را به‌صورت گندم، خربزه، جو، چغندرقند، کلزا، گوجه‌فرنگی، زیره، هندوانه، یونجه و سیب‌زمینی با درصد مساحت مشخص، تعیین نمودند. (Rezaei moghaddam and Karami, 2008)، به ارزیابی سامانه‌های چند معیاره در مدل‌های توسعه کشاورزی پایدار (دو مدل کشاورزی سنتی[2] و کشاورزی فوق مدرن[3]) با استفاده از تکنیک فرآیند تحلیل سلسله مراتبی پرداختند. معیارها و زیرمعیارهای مورد بررسی در ساخت سلسله مراتب عبارت بودند از: ۱- اقتصادی شامل بهره‌وری (بازدهی)، سودآوری و استخدامی؛ ۲- اجتماعی شامل کیفیت زندگی (مباحث مربوط به سلامت، بهداشت و ...)، عدالت و نبود فقر و شراکت؛ ۳- بوم‌شناختی (حفظ محیط زیست) شامل استفاده عاقلانه از منابع و کیفیت محصول. محققین چند گروه را مورد بررسی قرار داده و با ساخت سلسله مراتبی در نرم‌افزار Expert Choice بر اساس معیارهای موجود، سامانه کشاورزی فوق مدرن مناسب شناخته شد. (Roshanzamir *et al.*, 2005)، در تحقیقی به تعیین اولویت‌های انرژی در ایران برای ۹ حالت مصرف انرژی شامل اکتشاف و استخراج، منابع، تغییر شکل، فرآوری، بازفرآوری، ذخیره‌سازی، حمل و نقل، توزیع و مصرف با به‌کارگیری تکنیک فرآیند تحلیل سلسله مراتبی پرداختند. معیارهایی که در این تحقیق مورد بررسی قرار گرفت عبارت بودند از: بقاء انرژی، رشد اقتصادی، حفظ محیط زیست، ایمنی و سلامت و کیفیت بیمه. نتیجه حاصل از این تحقیق اولویت‌ها را به‌صورت مصرف ۲۶٪، بازفرآوری ۱۳٪، فرآوری ۱۲٪، تغییر شکل ۱۲٪، توزیع ۹٪، حمل و نقل ۹٪، ذخیره‌سازی ۷٪، منابع ۶٪، استخراج و اکتشاف ۶٪ تعیین نمود. (Nouralsana *et al.*, 2004)، با استفاده از AHP به اولویت‌بندی

1- Analytical Hierarchy Process

2- Traditional agriculture

3- Hypermodern agriculture

Archive of SID

www.SID.ir

خواسته‌های مشتریان پرداختند. (Ram *et al.*, 2004)، در پژوهشی به بررسی پتانسیل ناحیه مرتعی- جنگلی در جنوب مرکز فلوریدا به کمک تحلیل تلفیقی سلسله مراتبی و SWOT[1] پرداخته و توانستند محل‌های مناسب از این نظر را شناسایی کنند. (Alho *et al.*, 1996)، تحلیل سلسله مراتبی را به همراه روش دلفی فازی به‌صورت یکپارچه در سامانه‌های خبره و تحلیل تصمیم به‌کار گرفتند.

موارد مذکور مؤید کارایی دو تکنیک دلفی فازی و AHP در تصمیم‌گیری با معیارهای چندگانه می‌باشند. هدف از انجام پژوهش حاضر این است که با استفاده از معیارهای تصمیم‌گیری مناسب، اولویت‌بندی محصولات زراعی استان البرز با استفاده از تلفیق دو روش دلفی فازی و فرآیند تحلیل سلسله مراتبی انجام شود.

مواد و روش‌ها

تصمیم‌گیری در انتخاب محصول برای کشت، بدون در نظر گرفتن معیارهای مناسب کار علمی نبوده و نهایتاً منجر به حداکثر بهره‌وری برای کشاورز نمی‌گردد. در این تحقیق با استفاده از نظر خبرگان و کارشناسان با تجربه در عرصه کشاورزی معیارهای مهم کاشت محصولات زراعی در استان البرز تعیین گردید و با استفاده از این معیارها اولویت‌بندی محصولات استراتژیک زراعی استان با استفاده از روش دلفی فازی و AHP در نرم‌افزار MATLAB مشخص گردید.

روش AHP بر مبنای سه اصل تجزیه، مقایسه جفتی و جمع‌بندی و اولویت‌بندی گزینه‌ها استوار است. بر مبنای اصل تجزیه یک مسئله پیچیده با در نظر گرفتن معیارهای مورد نظر به‌منظور حل مسئله به‌طور متوالی به زیرشاخه‌هایی تقسیم شده و به این ترتیب ساختار درخت تصمیم‌گیری شکل می‌گیرد. در این روش معیارهایی که دارای اهمیت بیشتری باشند در ردیف‌های بالاتر ساختارهای شاخه‌ای قرار می‌گیرند که خود این معیارهای اصلی به معیارهای فرعی دیگری تقسیم می‌شوند. در نهایت این معیارهای فرعی به وسیله شاخص‌هایی که در پایین‌ترین قسمت ساختار قرار دارند، نسبت به یکدیگر سنجیده می‌شوند. بر مبنای اصل دوم، معیارها با استفاده از جدول وزن‌دهی دو به دو با هم مقایسه می‌شوند و وزن آن‌ها مشخص می‌گردد در مرحله نهایی، اولویت‌بندی گزینه‌ها بر مبنای معیارها و وزن آن‌ها انجام می‌گیرد. به‌طور کلی فرآیند تحلیل سلسله مراتبی را می‌توان در شش مرحله اصلی شامل تشکیل درخت سلسله مراتبی، تعیین معیارها، زیرمعیارها و جایگزین‌ها، گردآوری داده‌ها، عملیات محاسبات داده‌ها، تحلیل حساسیت و نرخ ناسازگاری ترسیم و اجرا نمود (Ghodsi pour, 2000).

در روش دلفی فازی ابتدا از افراد خبره واجد شرایط خواسته می‌شود تا نظر و عقیده خود را به‌طور جداگانه ارائه نمایند. سپس یک تحلیل آماری از این داده‌های ذهنی به عمل می‌آید. آنگاه این اطلاعات آماری به افراد خبره منتخب منتقل می‌شود تا نتایج را مرور نموده و تخمین جدیدی ارائه نمایند. این تخمین جدید مورد تحلیل قرار گرفته و مورد محاسبه مجدد قرار می‌گیرد. در این روش، اطلاعات جدید برای افراد خبره منتخب فرستاده می‌شود و فرآیند تخمین مجدد تا رسیدن به یک جواب با ثبات قابل قبول ادامه می‌یابد. روش دلفی اساساً روشی است که در آن داده‌های ذهنی افراد خبره با استفاده از تحلیل‌های آماری به داده‌های تقریباً عینی تبدیل می‌شوند و این روش منجر به اجماع در تصمیم‌گیری (رسیدن به یک نقطه با ثبات) می‌گردد (Azar and Faraji, 2010).

معیارهای اصلی در نظر گرفته شده در این تحقیق بر اساس نظر خبرگان عبارت بودند از: سطح زیر کشت، درآمد خالص (سود)، هزینه‌های تولید و نیازهای دامداری استان. اولویت‌بندی و وزن‌دهی این معیارها با استفاده از پرسش‌نامه‌های توزیع شده در بین کشاورزان خبره، مهندسان و کارشناسان با تجربه در ۴ شهرستان استان البرز صورت گرفت.

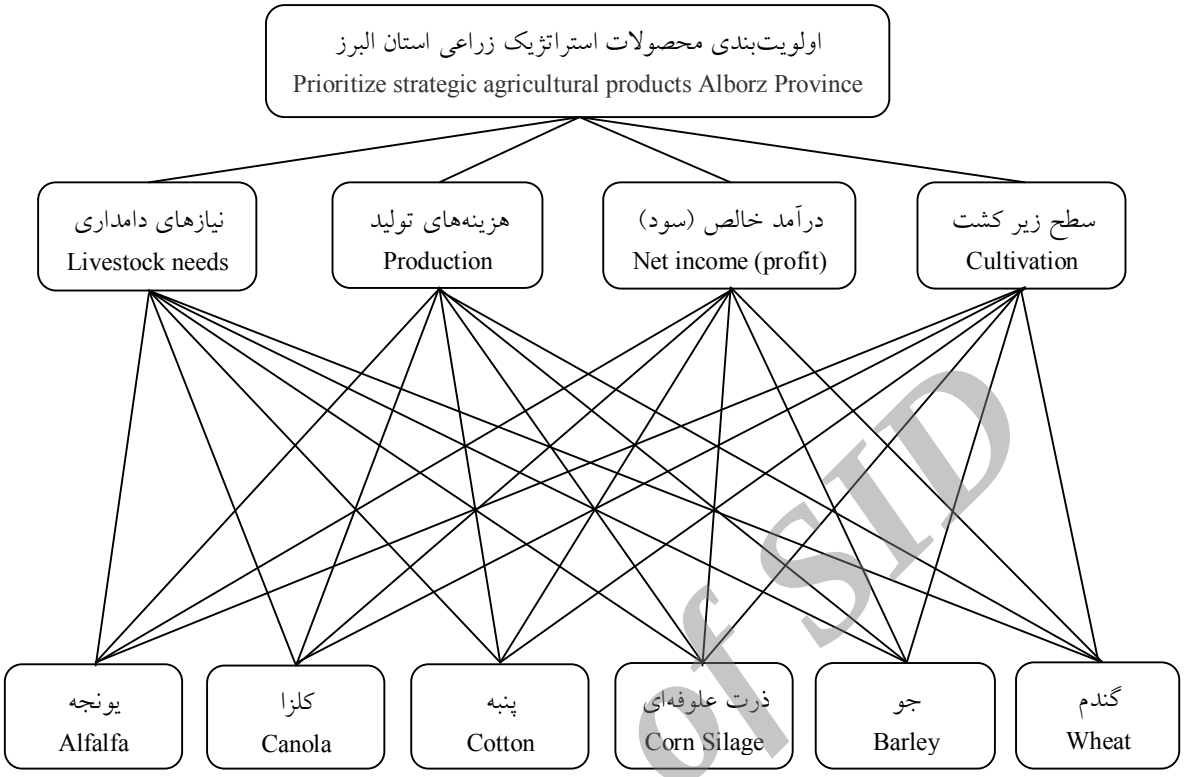
پرسش‌نامه با استفاده از معیارهای استاندارد شده طراحی گردید. در این پرسش‌نامه تعداد پرسش‌ها متناسب با تعداد معیارهاست. پرسش‌ها به‌صورت مقایسه زوجی معیارها طراحی شد. انتخاب افراد پرسش شونده به‌صورت تعمدی، طبقه‌ای و سهمیه‌ای صورت گرفت. در این پژوهش مجموعاً تعداد ۱۵ کشاورز، کارشناس و مهندس کشاورزی خبره منطقه به عنوان نمونه مورد پرسش قرار گرفته‌اند که از این تعداد ۴ نفر مربوط به شهرستان نظرآباد، ۴ نفر از شهرستان ساوجبلاغ، ۴ نفر از شهرستان طالقان و ۳ نفر از شهرستان کرج بوده‌اند. در بین شهرستان‌های استان، نظرآباد، ساوجبلاغ، کرج و طالقان به ترتیب بیشترین پتانسیل کشت محصولات زراعی را دارا می‌باشند. در شکل ۱ نمودار درختی معیارها و گزینه‌ها جهت اولویت‌بندی نشان داده شده‌اند. بر اساس پرسش‌نامه تکمیل شده ابتدا معیارها دو به دو با هم مقایسه شده و ماتریس زوجی آن‌ها تشکیل می‌شود، سپس ماتریس زوجی هر یک از گزینه‌ها نسبت به معیارها تشکیل می‌گردد. در ابتدا مقایسه‌ها به‌صورت توصیفی و در مرحله بعد به شکل کمی در مقیاس جدول تعیین ارزش از ۱ تا ۹ (جدول ۱) انجام می‌شود.

بر اساس روش دلفی فازی ابتدا از افراد خبره خواسته شد تا پیش‌بینی خود را (با توجه به اعداد فازی مثلثی) در قالب حداقل، ممکن‌ترین و حداکثر اهمیتی که مد نظر دارند در پرسش‌نامه وارد نمایند. آنگاه مطابق رابطه (۱) دسته اعداد فازی تشکیل شد و میانگین آن محاسبه گردید (رابطه ۲)؛ سپس برای هر فرد خبره، میزان اختلاف از میانگین دسته با توجه به رابطه (۳) محاسبه شد.

1- Strengths, Weaknesses, Opportunities and Threats

Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۱- ساختار سلسله مراتبی (درختی) تعیین اولویت محصولات استراتژیک زراعی استان البرز

Fig.1. Hierarchical structure (tree) crop strategic priority products Alborz Province

جدول ۱- مقادیر ترجیحات برای مقایسه‌های زوجی

Table1- Preference values for paired comparisons

مقدار عددی Value	ترجیحات (قضاوت شفاهی) Preferences (Oral Assessment)
9	کاملاً مرجح یا کاملاً مهم‌تر یا کاملاً مطلوب‌تر Very important or quite more favorable
7	ترجیح با اهمیت یا مطلوبیت خیلی قوی The importance of a strong preference or utility
5	ترجیح یا اهمیت یا مطلوبیت قوی Preference or importance or desirability of a strong
3	کمی مرجح یا کمی مهم تر یا کمی مطلوب‌تر A little more or a little more favorable
1	ترجیح یا اهمیت یا مطلوبیت یکسان Preference or importance or utility uniform
2,4,6,8	ترجیحات بین فواصل قوی Strong preferences distances

Archive of SID

www.SID.ir

$$\left(A_1^{(i)}, B_1^{(i)}, C_1^{(i)}\right), \qquad i = 1,2,3,\dots,15 \tag{۱}$$

$$\left(A_1^{(m)}, B_1^{(m)}, C_1^{(m)}\right) \tag{۲}$$

$$\left(A_1^{(m)} - A_1^{(i)}, B_1^{(m)} - B_1^{(i)}, C_1^{(m)} - C_1^{(i)}\right) \tag{۳}$$

آنگاه این اطلاعات برای اخذ نظرات جدید از افراد خبره منتخب، برای آن‌ها فرستاده شد. در این مرحله هر فرد خبره بر اساس اطلاعات به‌دست آمده از مرحله قبل، یک پیش‌بینی جدید ارائه داد و بدین‌ترتیب در صورت صلاحدید، نظر قبلی خود را اصلاح نمود (رابطه ۴).

$$\left(A_2^{(i)}, B_2^{(i)}, C_2^{(i)}\right), \qquad i = 1,2,3,\dots,15 \tag{۴}$$

پس از پایان این مرحله، مجدد به مرحله قبل برگشته و فرآیند تکرار می‌گردد. این تکرار تا وقتی انجام می‌شود که دسته اعداد فازی به اندازه کافی با ثبات گردد و نظرات افراد خبره به هم نزدیک شود. با محاسبه فاصله نرمال هر فرد خبره از دیگران با استفاده از رابطه (۵)، زیرگروه‌های همگن از گروه مورد مطالعه مشخص گردید. اعداد به‌دست آمده از روش دلفی فازی به‌عنوان ورودی در فرآیند تجزیه و تحلیل سلسله مراتبی استفاده می‌شوند. به‌کارگیری روش دلفی فازی باعث می‌گردد به پیش‌بینی‌های بلند مدت و تصمیم‌گیری در دنیای واقعی پرداخته شود.

$$\widetilde{N_i}, \widetilde{N_j}) = \frac{(a_1 + 2a_2 + a_3) - (b_1 + 2b_2 + b_3)}{4(B_2 \quad B_1)} \tag{۵}$$

آنگاه داده‌ها وارد نرم‌افزار MATLAB گردید و با استفاده از کد محاسبه AHP اولویت محصولات استراتژیک زراعی استان تعیین شد. در مقایسه دو به دو معیارها با هم، از افراد خواسته شد که میزان بیشترین، متوسط و کمترین اهمیتی را که مد نظر داشتند در جدول‌ها وارد نمایند.

در این تحقیق برای محاسبه وزن‌های نسبی و مطلق از روش حداقل مربعات استفاده شد به‌طوری که مجموع مربعات اختلافات W_i , W_j و a_{ij} حداقل گردد. به‌عبارت دیگر سعی شد که اختلاف W_i/W_j با a_{ij} حداقل شده و سامانه به حالت سازگاری نزدیک‌تر شود. برای این منظور از برنامه‌ریزی غیرخطی رابطه (۶) استفاده شد:

$$\min(z) = \sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{n}\left(a_{i,j}w_j - w_i\right)^2$$
$$st: \sum_{i=1}^{n} w_i = 1 \tag{۶}$$

برای حل رابطه (۶)، معادله لاگرانژ آن به‌صورت رابطه (۷) در نظر گرفته شد:

$$L = \sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{n}\left(a_{ij}W_j - W_i\right)^2 + 2\lambda\left(\sum_{i=1}^{n} W_i - 1\right) \tag{۷}$$

اگر از رابطه (۷) مشتق گرفته شود خواهیم داشت:

$$\sum_{i=1}^{n}\left(a_{il}W_l - W_i\right)a_{il} - \sum_{j=1}^{n}\left(a_{lj}W_j - W_l\right) + \lambda = 0 \tag{۸}$$

از روابط فوق به تعداد n+1 معادله و n+1 مجهول به‌دست می‌آید که با حل آن‌ها به وزن‌های مورد انتظار دست خواهیم یافت. پس از جمع‌آوری داده‌ها و قالب‌بندی آن‌ها در ماتریس‌های مقایسه‌ای مطابق روش تحلیل سلسله مراتبی، داده‌ها در نرم‌افزار MATLAB وارد گردید و نتایج به‌دست آمد.

نرخ ناسازگاری[1] تمامی قضاوت‌ها با توجه به رابطه (۹) محاسبه می‌گردد (Saaty, 2009).

$$I.R. = \frac{I.I.}{I.I.R.}$$
$$I.I. = \frac{\lambda_{max} - n}{n-1} \tag{۹}$$

که در رابطه (۹)، I.I.: شاخص ناسازگاری[2]، λ_{max}: بزرگترین مقدار ویژه ماتریس، I.I.R.: شاخص ناسازگاری ماتریس تصادفی[3] (جدول ۲) می‌باشد.

نتایج و بحث

در جدول‌های ۳ تا ۷، میانگین اعداد در ماتریس مقایسه زوجی معیارها با هم و گزینه‌ها با هم بر اساس یک معیار مشخص آورده شده است. این جدول‌ها خروجی نظرات خبرگان می‌باشند.

نتایج به‌دست آمده از تحلیل در نرم‌افزار MATLAB شامل موارد ذیل می‌باشد:

در شکل ۲ ارزش نهایی هر یک از گزینه‌ها همراه با نمایش گرافیکی آن مشاهده می‌شود. ارزش مطلق با معیارهای در نظر گرفته شده برای گندم ۰/۴۹۶ است. برای جو، ذرت علوفه‌ای، کلزا، پنبه و یونجه به‌ترتیب ۰/۴۰۳، ۰/۳۵۴، ۰/۰۹۰، ۰/۱۸۳ و ۰/۳۲۰ است. همچنین نرخ ناسازگاری[4] تمامی قضاوت‌ها با توجه به رابطه (۹) محاسبه گردید و مقدار ۰/۱ به‌دست آمد که در حد قابل قبولی است.

در مقایسه معیارهای تصمیم با یکدیگر در پژوهش میدانی مشخص گردید که کشاورزان و کارشناسان به‌ترتیب سطح زیر کشت، درآمد خالص، هزینه‌های تولید و نیازهای دامداری منطقه را با میزان اهمیت نسبی ۰/۴۸۷، ۰/۴۱۰، ۰/۳۴۶ و ۰/۱۸۸ ترجیح می‌دهند.

1- Inconsistency Ratio (I.R.)
2- Inconsistency Index (I.I.)
3- Inconsistency Index of Random Matrix
1- Inconsistency Ratio (I.R.)

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۲- شاخص ناسازگاری ماتریس تصادفی

Table2- Inconsistency Index of Random Matrix

N	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
I.I.R	0	0	0.58	0.90	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49

منبع: (Ghodsi pour, 2000)

جدول ۳- ماتریس مقایسه دو به دو معیارهای اولویت‌بندی کشت محصولات استراتژیک زراعی استان البرز

Table3- Matrix of pair wise comparison of criteria to prioritize strategic agricultural crops Alborz Province

	سطح زیر کشت Cultivation	**درآمد خالص (سود) Net income (profit)**	**هزینه‌های تولید Production costs**	**نیازهای دامداری Livestock needs**
سطح زیر کشت Cultivation	1	4	4	5
درآمد خالص (سود) Net income (profit)	0.25	1	5	6
هزینه‌های تولید Production costs	0.25	0.20	1	6
نیازهای دامداری Livestock needs	0.20	0.16	0.16	1

جدول ٤- ماتریس مقایسه دو به دو محصولات زراعی بر اساس معیار سطح زیر کشت

Table4- Pair wise comparison matrix, criteria-based crops under cultivation

	گندم Wheat	**جو Barley**	**ذرت علوفه‌ای Corn silage**	**کلزا Canola**	**پنبه Cotton**	**یونجه Alfalfa**
گندم Wheat	1	2	7	7	8	4
جو Barley	0.5	1	7	7	7	4
ذرت علوفه‌ای Corn silage	0.14	0.14	1	6	7	3
کلزا Canola	0.14	0.14	0.16	1	1	0.25
پنبه Cotton	0.12	0.14	0.14	1	1	0.33
یونجه Alfalfa	0.25	0.25	0.33	4	3	1

جدول ٥- ماتریس مقایسه دو به دو محصولات زراعی بر اساس معیار درآمد خالص (سود)

Table5- Pair wise comparison matrix, criteria-based crop net income (profit)

	گندم Wheat	**جو Barley**	**ذرت علوفه‌ای Corn silage**	**کلزا Canola**	**پنبه Cotton**	**یونجه Alfalfa**
گندم Wheat	1	2	4	4	5	3
جو Barley	0.50	1	4	4	5	3
ذرت علوفه‌ای Corn silage	0.25	0.25	1	4	5	3
کلزا Canola	0.25	0.25	0.25	1	1	0.25
پنبه Cotton	0.20	0.20	0.20	1	1	0.25
یونجه Alfalfa	0.33	0.33	0.33	4	4	1

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ٦- ماتریس مقایسه دو به دو محصولات زراعی بر اساس معیار هزینه‌های تولید

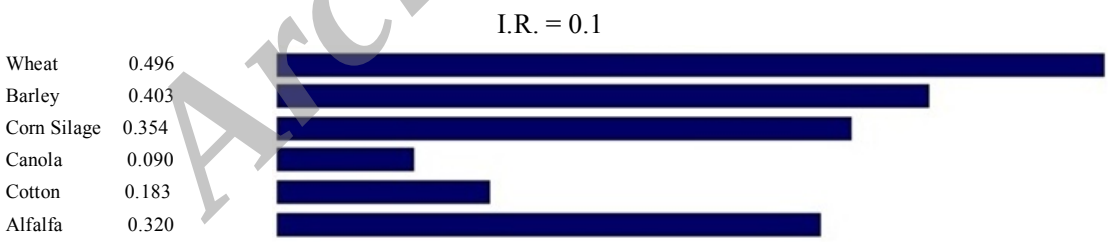
Table6- Pair wise comparison matrix, criteria-based crop production costs

	گندم Wheat	جو Barley	ذرت علوفه‌ای Corn silage	کلزا Canola	پنبه Cotton	یونجه Alfalfa
گندم Wheat	1	1	3	3	5	2
جو Barley	1	1	3	4	5	2
ذرت علوفه‌ای Corn silage	0.33	0.33	1	4	5	1
کلزا Canola	0.33	0.25	0.25	1	1	1
پنبه Cotton	0.20	0.20	0.20	1	1	1
یونجه Alfalfa	0.50	0.50	1	1	1	1

جدول ۷- ماتریس مقایسه دو به دو محصولات زراعی بر اساس معیار نیازهای دامداری

Table7- Pair wise comparison matrix of criteria based on the needs of crops, livestock

	گندم Wheat	جو Barley	ذرت علوفه‌ای Corn silage	کلزا Canola	پنبه Cotton	یونجه Alfalfa
گندم Wheat	1	1	3	4	5	1
جو Barley	1	1	4	5	6	1
ذرت علوفه‌ای Corn silage	0.33	0.25	1	5	6	1
کلزا Canola	0.25	0.20	0.20	1	1	0.25
پنبه Cotton	0.20	0.16	0.16	1	1	0.25
یونجه Alfalfa	1	1	1	4	4	1



شکل ۲- نمایش گرافیکی و مقادیر ارزش‌های مطلق گزینه‌ها

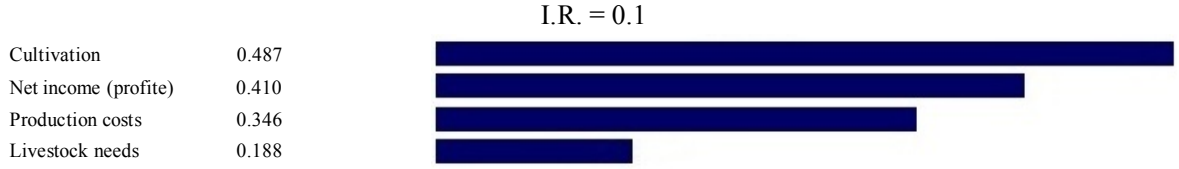
Fig.2. Graphical representation of the absolute values and the values of the options

همچنین در این مرحله نیز میزان ناسازگاری قضاوت‌ها ۰/۱ می‌باشد. نمایش گرافیکی ارزش نسبی معیارها در مقایسه با یکدیگر در شکل ۳ نشان داده شده است.

Archive of SID

www.SID.ir

بر اساس نتایج به‌دست آمده از پژوهش حاضر، اولویت کشت محصولات استراتژیک زراعی استان البرز به‌ترتیب گندم، جو، ذرت علوفه‌ای، یونجه، پنبه و کلزا با وزن نهایی ۰/۴۹۶، ۰/۴۰۳، ۰/۳۵۴، ۰/۳۲۰، ۰/۱۸۳ و ۰/۰۹۰ تعیین گردید.



شکل ۳- مقایسه اهمیت معیارها به صورت دو به دو (ارزش نسبی معیارهای تصمیم)

Fig.3. Two important criteria for comparing two (The relative values of the decision criteria)

نتیجه‌گیری

در مقایسه معیارهای تصمیم با یکدیگر مشخص گردید که کشاورزان به‌ترتیب سطح زیرکشت، درآمد خالص، هزینه‌های تولید و نیازهای دامداری را با میزان اهمیت نسبی ۰/۴۸۷، ۰/۴۱۰، ۰/۳۴۶ و ۰/۱۸۸ ترجیح می‌دهند. سطح زیرکشت، از بین معیارهای اولویت‌بندی از بالاترین اولویت برخوردار است. مشکل کمبود آب، هزینه کارگری بالا، فقدان سرمایه کافی و خرید تضمینی گندم توسط دولت، موجب گردیده است که بیشترین سطح زیر کشت در استان مربوط به گندم با ۱۴۳۵۰ هکتار باشد. نکته قابل تأمل دیگر اینکه هزینه‌های تولید محصولات مذکور تقریباً برابر بوده ولی سود حاصل از فروش محصول گندم از بقیه بیشتر می‌باشد.

پیشنهادات

برای مقبولیت هر چه بیشتر این اولویت‌بندی برای کشاورزان منطقه پیشنهادهای زیر ارائه می‌گردد:

۱- خرید تضمینی توسط دولت برای کاهش ریسک درآمدی کشاورزان

۲- افزایش عملکرد محصولات مختلف که این افزایش عملکرد خود می‌تواند از طریق استفاده از بذرهای اصلاح شده و منطبق با شرایط محیطی منطقه و افزایش راندمان آبیاری و غیره باشد که افزایش راندمان آبیاری خود در کاهش میزان مصرف آب بسیار مؤثر می‌باشد.

منابع

1. Agricultural Statistical Bulletin (ASB). 2011. Vol (1): Crops. Office of statistics and information technology. Department of planning and economic. Ministry of Jihad-e-Agriculture of Iran. (In Farsi).
2. Alho, J. M., J. Kangas, and O. Kolehmainen. 1996. Uncertainty in expert predictions of the ecological consequences of forest plans. Applied Statistics 45: 1-14.
3. Anonymous. 2011. A geographical information. Ministry of Interior. Available from: http://portal2.moi.ir/Portal/Home. (In Farsi).
4. Azar, A., and H. Faraji. 2010. Fuzzy management science. Institute Ketab Meraban publishing. Tehran. (In Farsi).
5. Ghodsi pour, S. 2000. Analytical Hierarchy Process (AHP). Amirkabir University publication center. (In Farsi).
6. Hill, M. J., and R. Braaten. 2005. Multi-criteria decision analysis in spatial decision support: the ASSESS analytic hierarchy process and the role of quantitative methods and spatially explicit analysis, Environmental Modeling and Software 20: 955-976.
7. Karami, E. 2003. Appropriateness of farmer's adoption of irrigation methods: The application of the AHP model. Agricultural Systems 87: 101-119.
8. Ma, J. G., N. R. Scott, S. D. DeGloria, and A. J. Lembo. 2005. Sitting analysis of farm-based centralized anaerobic digester systems for distributed generation using GIS. Biomass and Bioenergy 28: 591-600.
9. Masoumzadeh, S., and A. Torabzadeh. 2003. Ranking of industrial production. Commerce 30: 67-81. (In Farsi).
10. Mohammadian, F., N. Shahnoushi, M. Ghorbani, and H. Aghel. 2009. Choosing a potential crop pattern by using AHP analysis model (Case Study: Torbat-e-Jam Plain). Sustainable Agricultural Science 19

Archive of SID

www.SID.ir

(1): 171-187. (In Farsi).
11. Nouralsana, R., M. Asgharpour, and Zh. Nasiri. 2004. Prioritizing customer requirements in QFD method. International Journal of Engineering 16 (2): 21-27. (In Farsi).
12. Population and Housing Census (PHC). 2012. Statistical center of Iran. Vice president for strategic planning and supervision. (In Farsi).
13. Ram, K. S., R. R. Janaki, and S. K. Robert. 2004. Exploring the potential for silvopasture adoption in south-central Florida: an application of SWOT-AHP method. Agricultural Systems 81(3): 185-199.
14. Rezaei moghaddam, M., and E. Karami. 2008. A multiple criteria evaluation of sustainable agricultural development models using AHP. Environ Dev Sustain 10: 407-426. (In Farsi).
15. Rowshanzamir, S., Sh. Jadid, and M. H. Eikani. 2005. Priorities for Energy Standards in Iran: A Multi-Criteria Decision Aid (MCDA) Technique. In Proceedings of the 5th national congress on energy 53-60. Tehran, Iran. (In Farsi).
16. Saaty, T. L. 2009. Decision making for managers. (Translation). Ali Asghar Tofigh. Industrial management publication. Tehran. (In Farsi).
17. Sameti, M., M. Sameti, and M. Asghari. 2003. Isfahan sector development priorities based on Analytic Hierarchy Process (AHP). Commerce 27: 59-90. (In Farsi).
18. Srdjevic, B., and Z. Jandric. 2010. Analytic hierarchy process in selecting the best irrigation method. Agricultural Systems 103 (6): 350-358.
19. Sueyoshi, T., J. Shang, and W. Chiang. 2009. A decision support framework for internal audit prioritization in a rental car company: A combined use between DEA and AHP. European Journal of Operational Research 199: 219-231.
20. Yurdakul, M. 2004. AHP as a strategic decision-making tool to justify machine tool selection. Materials Processing Technology 146: 365-376.

Archive of SID

www.SID.ir