رتبه‌بندی تولید محصولات کشاورزی با رویکرد تصمیم‌گیری چندشاخصه فازی (مطالعه موردی: منطقه آذربایجان‌غربی)

جلال کاظمی[۱] کاظم دهقان سانج[۱*] و محمد خلیل‌زاده[۲]

تاریخ دریافت: ۹۴/۶/۱۰ تاریخ پذیرش: ۹۴/۷/۱۰

چکیده

کشاورزی به معنی راه و روش استفاده از منابع آب‌وخاک، نیروی انسانی، فناوری، انرژی و غیره برای برطرف کردن نیازهای انسان همواره در همه زمان‌ها پایه و اساس بسیاری از تغییرات اقتصادی، اجتماعی، سیاسی و فرهنگی در سرتاسر جهان بوده و هست. در کشور ایران، استان آذربایجان‌غربی به قطب برتر کشاورزی کشور در دهه ۹۰ تبدیل شده و با تولید نزدیک به شش درصد از تولیدات کشاورزی در زمینه تولید بسیاری از محصولات کشاورزی، رتبه نخست را به خود اختصاص داده است. هدف از این پژوهش، تدوین چارچوبی برای ارزیابی و رتبه‌بندی محصولات کشاورزی با توجه به شاخص‌های ممکن برای کشت هر محصول و با بهره‌گیری از روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره با رویکرد فازی و آزمودن آن در چارچوب اجرای یک مطالعه موردی برای تولید بهینه محصولات کشاورزی است. به این منظور دو منطقه کشاورزی شهرستان‌های مهاباد و میاندوآب واقع در جنوب استان آذر بایجان‌غربی را جهت بررسی انتخاب شده است. روش رتبه‌بندی بر اساس تشابه‌راه‌حل ایده‌آل (تاپسیس) با رویکرد فازی به عنوان یکی از بهترین روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره فازی شناخته شده است که در این مقاله جهت اولویت‌بندی تولید محصولات کشاورزی استفاده شده است. نتایج این پژوهش نشان می‌دهدکه این روش یکی از مفیدترین روش‌ها در راستای رتبه‌بندی محصولات کشاورزی بر حسب اولویت است.

طبقه‌بندی JEL: Q16, D70, C30

واژه‌های کلیدی: محصولات کشاورزی، اولویت‌بندی، تصمیم‌گیری چندشاخصه، تاپسیس فازی.

[۱] - فارغ‌التحصیل کارشناسی‌ارشد، دانشکده فنی‌و مهندسی، گروه مهندسی صنایع، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم‌وتحقیقات، تهران.

[۲] - عضو هیئت علمی، دانشکده فنی‌و مهندسی، گروه مهندسی صنایع، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم‌وتحقیقات، تهران.

* - نویسنده مسئول مقاله: kazem.dehghan@srbiau.ac.ir

پیشگفتار

از میان مناطق گوناگون با پتانسیل قوی و خوب کشاورزی ایران، استان آذربایجان‌غربی دارای ویژگی‌هایی عالی و منحصر بفرد است که آن را از سایر استان‌های کشور متمایز می‌سازد. این استان به لحاظ عملکرد و تولید برخی از محصولات زراعی و باغی جزء استان‌های پیشگام و پیشرو بوده و با سه کشور خارجی، جمهوری‌آذربایجان، ترکیه و عراق همسایه است. گسترش صنایع تبدیل و صادرات برخی از محصولات کشاورزی به کشورهای اروپایی و آسیای‌میانه دورنمای روشنی را از بخش کشاورزی استان به نمایش می‌گذارد.

الویت‌بندی محصولات کشاورزی و تصمیم‌گیری در مورد کشت محصولات کشاورزی یکی از مسایل واقعی چند هدفه در دنیای کنونی است که فاکتورهای زیادی را شامل می‌شود، از جمله در دسترس بودن زمین، منابع آبی، نیروی انسانی، فناوری، شرایط آب و هوای و غیره در واقع یکی از مسایلی که امروزه به علت افزایش هزینه‌ها و هم‌چنین، کمبود منابع، باید مورد توجه کشاورزان قرار بگیرد، تصمیم‌گیری در مورد انتخاب بهترین محصول برای کاشت می‌باشد و از آن‌جایی که در این تصمیم‌گیری عوامل زیادی دخیل هستند، نمی‌توان به آسانی تصمیم‌گیری کرد. متاسفانه در بیش‌تر مواقع همه فاکتورهای بیان شده مورد توجه قرار نمی‌گیرند و این امر باعث گرفتن تصمیم‌های سلیقه‌ای و ناآگاهانه در کاشت محصولات می‌شود.

یکی از روش‌های خوب برای جلوگیری از هر نوع تصمیمات سلیقه‌ای و ناآگاهانه روش تصمیم‌گیری چندمعیاره[1]می‌باشد این روش در دهه ۱۹۶۰ ارائه شده و گزینه‌های گوناگون را برای بدست آوردن یک هدف مورد بررسی قرار می‌دهد که در بخش‌های بعد بیش‌تر توضیح داده می‌شود. روش‌هایی متفاوت برای حل مسایل تصمیم‌گیری چند معیاره فازی وجود دارد. در این راستا روش تشابه‌راه‌حل‌ایده‌آل(تاپسیس) به عنوان یک روش تصمیم‌گیری چند شاخصه، روشی ساده، ولی کارآمد در اولویت‌بندی بشمار می‌رود. این روش در سال ۱۹۹۲ به وسیله چن و هوانگ ابداع شد(چن و هوانگ، ۱۹۹۲).

در این پژوهش با توجه به این‌که داده‌های بکار گرفته شده نادقیق و غیرقطعی هستند، از روش تاپسیس فازی[2]برای حل مساله مورد مطالعه استفاده شده است که جزئیات آن در بخش‌های بعد توضیح داده خواهد شد.

هدف از انجام این پژوهش را می‌توان به موارد زیر خلاصه کرد:

---

[1]- Multi Criteria Decision Making

[2] -Fuzzy TOPSIS (Fuzzy Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution)

۱) بررسی کارایی روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره در ارزیابی و رتبه‌بندی محصولات کشاورزی،
۲) استفاده بهینه از زمین‌های کشاورزی با توجه به شرایط اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی منطقه در بخش کشاورزی،
۳) تعیین یک سری شاخص‌ها جهت بررسی کشت محصولات کشاورزی.

برای دست‌یابی به اهداف بالا، کار های زیر باید انجام پذیرد:

۱) استخراج معیارهای گوناگون تصمیم‌گیری جهت رتبه‌بندی محصولات کشاورزی،
۲) استفاده از روش‌های گوناگون تصمیم‌گیری چندمعیاره جهت مدیریت بهینه زمین کشاورزی،
۳) انتخاب گزینه برتر در منطقه مورد مطالعه بر اساس معیار های استخراج شده،
۴) استفاده از نظرات کارشناسان خبره و کشاورزان نمونه در رتبه‌دهی و ارزش‌گذاری هر کدام از معیارها برای طرح پیشنهادی،
۵) بکار بردن روش‌های ریاضی در کنار تجربیات مهندسی برای رتبه‌بندی محصولات کشاورزی.

مرور ادبیات

آن‌چه در تصمیم‌گیری مهم است، این است که چگونه باید معیارها و شاخص‌های رتبه‌بندی محصولات کشاورزی انتخاب و برای ارزیابی، امتیاز و وزن‌دهی شوند به گونه‌ای که مورد توافق همه کارشناسان بوده و بتوان تصویری دقیق و گویا از وضعیت رتبه‌بندی محصولات کشاورزی را نشان داد. روش تصمیم‌گیری چندمعیاره شامل یک سری از روش‌هایی نظیر جمع وزن‌دهی با تحلیل‌های همگرای است که اجازه می‌دهد طیفی از معیارهای وابسته به یک مبحث، امتیازدهی و سپس به وسیله کارشناسان و گروههای ذینفع رتبه‌بندی شوند (هیگز، ۲۰۰۶). روش تصمیم‌گیری چندمعیاره بریک فرآیند ارزش‌دهی به گزینه‌هایی که به وسیله چند معیار ارزیابی شده‌اند، دلالت دارد. تصمیم‌گیری چند معیاره می‌تواند به دو طبقه وسیع زیر تقسیم شود: تصمیم‌گیری چندشاخصه[1]و تصمیم‌گیری چندهدفه[2]اگر مسئله مورد ارزیابی، یک مجموعه محدود از گزینه‌ها بمنظور انتخاب بهترین آن‌ها بر اساس وزن‌های مربوط به ویژگی‌های آن گزینه‌ها باشد، این مسئله، یک روش تصمیم‌گیری چندشاخصه[3] است. روش تصمیم‌گیری چند هدفه[4] به انتخاب بهترین گزینه‌ها بر مبنای یک سری اهداف کم و بیش ناسازگار سروکار دارد (فوا و مینوا، ۲۰۰۵). روش‌های تصمیم‌گیری چندشاخصه زیادی بمنظور ارزیابی اوزان برای شاخص‌های موجود در یک تصمیم و

[1] -Multi Attributes
[2] -Multi Objectives
[3]- Multiple Attribute Decision Making
[4] -Multiple Objectives Decision Making

انتخاب گزینه برتر توسعه یافته‌اند که از این میان می‌توان به روش‌های نظیر روش آنتروپی‌شانون، روش کم‌ترین مجذورات موزون و فرایند تحلیل سلسله مراتبی[1] اشاره کرد (اصغرپور، ۱۳۸۵). در یک تصمیم‌گیری چندشاخصه می‌توان از روش‌هایی مانند روش دلفی برای گزینش معیارهای مناسب استفاده کرد و از روش‌هایی مانند فرآیند تحلیل سلسله مراتبی یا تشابه‌راه‌حل‌ایده‌آل (تاپسیس) برای وزن‌دهی به این معیارها و در نهایت، تعین درجه اهمیت گزینه‌های مورد تصمیم‌گیری در مسئله مورد مطالعه بهره گرفت. روی هم رفته، روش‌های تصمیم‌گیری چندشاخصه با دو روش به حل مسایل تصمیم‌گیری می‌پردازد یک روش مبتنی بر رتبه‌بندی گزینه‌هاست و به روش‌های رتبه‌بندی معروف‌اند مانند فرآیند سلسله مراتبی و تاپسیس و روش‌های که لزوما به رتبه‌بندی گزینه‌ها منتهی نمی‌شود و بر اساس روابط رتبه-برتری است و به روش غیر رتبه‌ای معروف‌اند و از آن جمله می‌توان به انواع روش‌های الکتره[2]و پراموته[3]اشاره نمود. اما مسئله قابل توجه، عدم اطمینان در اولویت‌بندی شاخص‌ها و معیارها و تردید درتصمیم‌گیری‌ها است. در چنین شرایطی می‌توان از تئوری فازی استفاده کرد. این روش به ما کمک می‌کند تا با انتخاب و طبقه‌بندی شاخص‌ها در شرایطی که با داده‌هایی گنگ و غیر دقیق روبه رو هستیم، همواره با ترکیب روش‌های تصمیم‌گیری به راه حل بهینه دست یابیم(اختصاصی و سپهر، ۱۳۹۰).

کالگویرو (۲۰۰۲) با مدل طبقه‌بندی محصولات زراعی به روش فائو و داده‌های مربوط به خاک و شرایط محیطی، تناسب اراضی را برای ۵ محصول زراعی شامل گندم، جو، ذرت، پنبه و چغندرقند در محیط سامانه داده‌ای جغرافیایی مدل‌سازی کرده و مناطق مستعد و غیرمستعد را مشخص نمود (کالگویرو، ۲۰۰۲). غفاری و همکاران در سال (۲۰۰۲) در راستای کشاورزی پایدار و برای استفاده بهینه از عوامل اقلیمی و محیطی، پتانسیل تولید و استعداد اراضی حوضه آبریز استور در ایالت کنت واقع در جنوب‌شرقی انگلستان، با استفاده از سامانه داده‌ای جغرافیایی و روش محدودیت ساده (SLA[4]) مطالعه کردند (غفاری و همکاران، ۲۰۰۲). در کشور آرژانتین بمنظور تولید سیب‌زمینی مطالعاتی توسط کالدیز و همکاران (۲۰۰۱و۲۰۰۲) انجام شد. نتایج این بررسی‌ها نشان داد کاهش دما یک عامل محدودکننده کشت این محصول است و اثرات منفی این کاهش دما به صورت اثر بر تخصیص ماده خشک نمایان می‌شود (کالدیز و همکاران، ۲۰۰۱). مهدی طاهرخانی (۱۳۸۶) در مقاله‌ای با عنوان کاربرد روش تاپسیس در اولویت‌بندی مکان استقرار صنایع تبدیل کشاورزی در مناطق روستای به این نتیجه رسید که الگوریتم تاپسیس، یک روش تصمیم‌گیری بسیار قوی برای

[1] -Analytical Hierarchy Process
[2]- ELECTRE
[3] -PRMOTHEE
[4] -Simple Limitation Approach

اولویت‌بندی گزینه‌ها از راه شبیه‌نمودن به پاسخ ایده‌آل می‌باشد. دلاروزا و همکاران (۲۰۰۹) با کاربرد راهکارهای بوم‌شناختی ویژه خاک، برای استفاده پایدار از سرزمین در استان سویلا در جنوب اسپانیا به این نتیجه رسیدند که از مجموع ۱۲محصول زراعی رایج در منطقه، آفتاب‌گردان، گندم، سویا، چغندرقند و یونجه محصولات مناسب برای این مکان بوده و مقدار کربنات بالا در خاک عامل محدودکننده کشت گیاهان در آن منطقه می باشد(دلاروزا و همکاران، ۲۰۰۹). چن و همکاران (۲۰۱۰) بررسی جامعی در استان هنان جهت کشت تنباکو بر پایه سامانه داده‌ای جغرافیایی انجام دادند. آن‌ها در این پژوهش از ۱۷ شاخص مرتبط به اقلیم، خاک و شکل زمین استفاده کردند. وزن این شاخص‌ها از پرسش‌نامه‌های فرایندتحلیل‌سلسله مراتبی بدست آمد. نتایج نشان دادند که حدود ۲۲,۵۲درصد از اراضی این استان واقع در قسمت‌های غرب و جنوب دارای تناسب مطلوب برای کشت تنباکو است (چن و همکاران، ۲۰۱۰). سامانتا و همکاران (۲۰۱۱) با استفاده از سامانه داده‌ای جغرافیایی و روش تصمیم‌گیری چند معیاره، استان موروبه در گینهنو را جهت کشت برنج پهنه‌بندی کردند (سامانتا و همکاران، ۲۰۱۱). ایرج علوی و همکاران (۱۳۹۰) گونه‌های گیاهی بر اساس فاکتورهای ثانویه که معیارهای چشم‌انداز منطقه، مقاومت در برابر بیماری‌ها و حشرات، روش رشد، دسترسی به گونه گیاهی بازدهی اقتصادی، حفاظت از خاک و ذخیره آب، جلوگیری از انواع آلودگی‌ها می‌باشد، با روش تاپسیس فازی و فرایند تحلیل سلسله مراتبی فازی اولویت‌بندی کردند و در نهایت، مناسب‌ترین گونه‌های گیاهی برای کاشت در محدوده معدن‌کاری و سد باطله معدن مس‌سرچشمه در هر دو روش تعیین گردید (علوی وهمکاران، ۱۳۹۰). غلام‌رضا روشنی و همکاران (۲۰۱۱) با استفاده از روش تاپسیس عوامل مؤثر در پدیده خشک‌سالی را با توجه به پنج شاخص اتمسفری دما، باد، تعداد روزهای بارشی، بارش سالانه و غلظت رسوب (PCI) در ایستگاه شهر شیراز رتبه‌بندی کرده‌اند (روشنی و همکاران، ۲۰۱۱). گابریل و همکاران (۲۰۱۴) برای انتخاب هواپیمای کشاورزی از دو روش AHP و تاپسیس در محیط فازی استفاده کرده‌اند(گابریل و همکاران، ۲۰۱۴).

مبانی نظری و روش پژوهش

رویکرد مورد استفاده در این مقاله برای اولویت‌بندی تولید بهینه محصولات کشاورزی، مبتنی بر ترکیب مفاهیم تصمیم‌گیری چندمعیاره و تئوری فازی است که در ادامه توضیح داده می‌شود.

تئوری فازی

نظریه مجموعه‌های فازی در سال ۱۹۶۵ برای نخستین بار به وسیله پروفسور لطفی‌زاده مطرح شد (زاده، ۱۹۶۵)، که از آن زمان تاکنون، کاربردهای بسیار مفیدی داشته است به گونه‌ای که دانستن آن برای تمامی رشته‌های مهندسی و ریاضیات کاربردی لازم به نظر می‌رسد. برای آشنایی بیش‌تر با نظریه فازی به منابع (زیممیرممن، ۱۹۹۱) و (آذر و فرجی، ۱۳۸۰) و (آذر و رجب‌زاده، ۱۳۸۱) مراجعه شود.

$$\mu_{\tilde{M}}(x)=\begin{cases}\dfrac{(x-l)}{(m-l)} & , \ l\le x\le m\\ \dfrac{(u-x)}{(u-m)} & , \ m\le x\le u\\ 0 & , \ x>u \text{ or } x<l\end{cases} \qquad (۱)$$

اعداد فازی که یکی از ابزارهای تئوری فازی برای نمایش عدم قطعیت هستند، در رابطه شماره (۱) با توابع عضویت $\mu(x)$ مشخص می‌شوند. عدد فازی با تابع عضویت مثلثی که در این مقاله بمنظور فازی‌کردن اوزان و ارزیابی‌ها استفاده شده است، به صورت شکل ۱ بوده و با $\tilde{M}=(l,m,u)$ نمایش داده می‌شود و تابع عضویت آن به شکل زیر است:

از آن‌جا که برای معیارهای کیفی مقدار عددی وجود ندارد، ارزیابی آن‌ها مبتنی بر مقادیر زبانی تصمیم‌گیران می‌باشد. مقادیر زبانی مورد استفاده در این مقاله برای اوزان معیارها و ارزیابی گزینه‌ها و معادل فازی آن‌ها در جدول ۱ به شرح زیر آمده است:

اگر $\tilde{M}_t=(l_t,m_t,u_t);t=1,2,3,...,k$ عدد فازی ترکیبی(میانگین) به صورت زیر بدست می‌آید (چو، ۲۰۰۲).

$$\frac{\sum_{t=1}^{k}\tilde{S}_t}{k}=\left(\frac{1}{k}\sum_{t=1}^{k}l_t,\frac{1}{k}\sum_{t=1}^{k}m_t,\frac{1}{k}\sum_{t=1}^{k}u_t\right) \qquad (۲)$$

دو عدد فازی مثلثی $\tilde{M}_1=(l_1,m_1,u_1)$ و $\tilde{M}_2=(l_2,m_2,u_2)$ را در نظر بگیرید، آنگاه :

$$\tilde{M}_1+\tilde{M}_2=(l_1+l_2,m_1+m_2,u_1+u_2) \qquad (۳)$$

$$\tilde{M}_1\otimes\tilde{M}_2=(l_1\times l_2,m_1\times m_2,u_1\times u_2) \qquad (۴)$$

$$\tilde{M}_1-\tilde{M}_2=(l_1-u_2,m_1-m_2,u_1-l_2) \qquad (۵)$$

$$-\tilde{M}_1=(-u_1,-m_1,-l_1) \qquad (۶)$$

$$\frac{\tilde{M}_1}{\tilde{M}_2}=\left(\frac{l_1}{u_2},\frac{m_1}{m_2},\frac{u_1}{l_2}\right) \ ; \ \frac{1}{\tilde{M}_1}=\left(\frac{1}{u_1},\frac{1}{m_1},\frac{1}{l_1}\right) \qquad (۷)$$

مرتب کردن اعداد فازی

روی هم رفته، اگر $\widetilde{M_1}$ و$\widetilde{M_2}$ دو عدد فازی مثلثی باشند درجه بزرگی $\widetilde{M_2}$ بر $\widetilde{M_1}$ به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$\begin{cases} T(\widetilde{M_2} \succ \widetilde{M_1}) = 1 & m_2 \succ m_1 \\ T(\widetilde{M_2} \succ \widetilde{M_1}) = \dfrac{(u_2 - l_2)}{(u_1 - l_2) + (m_2 - m_1)} & \text{درغیراین صورت} \end{cases} \quad (۸)$$

مقدار بزرگی یک عدد فازی مثلثی از k عدد فازی مثلثی دیگر نیز از رابطه زیر بدست می‌آید:

$$T(\widetilde{M_1} \succeq \widetilde{M_2}, \widetilde{M_3}, \ldots, \widetilde{M_k}) = T(\widetilde{M_1} \succeq \widetilde{M_2}) \text{ و } \ldots \text{ و } T(\widetilde{M_1} \succeq \widetilde{M_k}) = min\{T(\widetilde{M_1} \succeq \widetilde{M_2}), T(\widetilde{M_1} \succeq \widetilde{M_3}), \ldots, T(\widetilde{M_1} \succeq \widetilde{M_k})\} \quad (۹)$$

آنتروپی‌شانون فازی

آنتروپی‌شانون به وسیله حسین‌زاده، لطفی و فلاح‌نژاد برای مواردی که داده‌ها به صورت فازی یا بازه‌ای هستند، توسعه داده شده است (مومنی، ۲۰۰۶). گام‌های اصلی آنتروپی‌شانون فازی به صورت زیر است:

گام (۱): تبدیل داده‌های فازی به بازه یا مجموعه سطح α توسط برش α که ارزیابی گزینه i با توجه به معیار j به صورت ماتریس $[a_{ij}^{l}, a_{ij}^{u}]$ نشان داده می‌شود و بازه وزن معیاره j نیز به صورت $[w_j^{l}, w_j^{u}]$ می‌باشد که ساختار ماتریس تصمیم زمانی که داده‌های معیارها، بازه‌ای باشند را نشان می‌دهد.

$$a_{ij}^{l} = \min\{a_{ij} \in R | \mu_{a_{ij}}(a_{ij}) \geq \alpha\} \quad 0 < \alpha < 1 \quad (۱۰)$$

$$a_{ij}^{u} = \mathrm{Max}\{a_{ij} \in R | \mu_{a_{ij}}(a_{ij}) \geq \alpha\} \; 0 < \alpha < 1 \quad (۱۱)$$

گام (۲): محاسبه مقادیر نرمال‌شده p_{ij}^{l} و p_{ij}^{u}

$$p_{ij}^{l} = \frac{a_{ij}^{l}}{\sum_{i=1}^{m} a_{ij}^{u}} ; p_{ij}^{u} = \frac{a_{ij}^{u}}{\sum_{i=1}^{m} a_{i}^{l}} ; i = 1, \ldots, m ; j = 1, \ldots, n \quad (۱۲)$$

گام (۳): محاسبه حد بالا u_i و حد پایین l_j آنتروپی :

$$L_i = min\left\{-\beta \sum_{i=1}^{m} p_{ij}^{l} \, lnp_{ij}^{l} - \beta \sum_{i=1}^{m} p_{ij}^{u} \, lnp_{ij}^{u}\right\}, j = 1, \ldots, n \quad (۱۳)$$

$$u_i = Max\left\{-\beta \sum_{i=1}^{m} p_{ij}^{l} \, lnp_{ij}^{l} - \beta \sum_{i=1}^{m} p_{ij}^{u} \, lnp_{ij}^{u}\right\}, j = 1, \ldots, n \quad (۱۴)$$

در دو تعریف فوق $\beta = (\mathrm{Ln\,m})^{-1}$ و $p_{ij}^{l}\ lnp_{ij}^{l}$ و $p_{ij}^{u}\ lnp_{ij}^{u}$ در صورتی صفر خواهد بود که $p_{ij}^{u} = 0$ یا $p_{ij}^{l} = 0$

گام (۴): با تعریف درجه پراکندگی معادل حد بالا d_j^u و حد پایین d_j^l بازه پراکندگی، محاسبه حد بالا و پایین بازه وزن به صورت زیر انجام می‌پذیرد:

$$d_j^l = 1 - U_j\ , d_j^u = 1 - L_j\ , \qquad j = 1, \dots, n \tag{۱۵}$$

$$w_j^l = \frac{d_j^l}{\sum_{i=1}^{m} d_i^u}\ , w_j^u = \frac{d_j^u}{\sum_{i=1}^{m} d_j^l}\ \ , j = 1 \dots . n \quad (2) \tag{۱۶}$$

مدل فازی تاپسیس

همان‌گونه که در مقدمه گفته شد، مدل تاپسیس به وسیله یون و هونگ در سال ۱۹۸۱ پیشنهاد شد. این مدل یکی از بهترین مدل‌های تصمیم‌گیری چندشاخصه است و موردهای استفاده گوناگونی دارد (یون و هونگ، ۱۹۹۵). در این روش نیز مانند دیگر روش‌های تصمیم‌گیری چندشاخصه، m گزینه به وسیله n شاخص مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. اساس این روش بر این مفهوم استوار است که گزینه‌های انتخابی، باید کم‌ترین فاصله را با راه حل ایده آل مثبت (بهترین حالت ممکن) و بیش‌ترین فاصله را با راه حل ایده آل منفی (بدترین حالت ممکن) داشته باشند.

روش تاپسیس فازی نیز مانند تاپسیس کلاسیک است و تنها تفاوت آن در این است که در روش تاپسیس فازی از متغیرهای فازی برای بیان ارجعیت گزینه ها نسبت به معیارها استفاده می‌شود و این امر خود سبب استفاده از روابط محاسبات فازی در طول حل مسئله می‌شود. مراحل این روش به شرح زیر است.

ساختار کلی مدل‌های تصمیم‌گیری چندشاخصه (MADM) به صورت یک جدول تصمیم‌گیری مطابق جدول زیر است.

۱) تشکیل ماتریس تصمیم‌گیری

در این مرحله ابتدا ماتریس تصمیم‌گیری بین معیارها و گزینه‌ها را به شکل زیر تشکیل می‌دهیم.

$$\begin{bmatrix} \tilde{x}_{11} & \tilde{x}_{12} & \cdots & \tilde{x}_{1n} \\ \vdots & \vdots & \cdots & \vdots \\ \tilde{x}_{m1} & \tilde{x}_{m2} & \cdots & \tilde{x}_{mn} \end{bmatrix} \tag{۱۷}$$

همان‌گونه که مشاهده می‌کنیم، داده‌های مورد استفاده در این ماتریس به صورت فازی است. اعدادی که در این پژوهش استفاده می‌کنیم، از نوع اعداد فازی مثلثی است.

۲) یافتن بردار اوزان شاخص‌ها

در این مرحله در صورتی که درجه اهمیت شاخص‌های مسئله متفاوت از یکدیگر باشند، به هریک از شاخص‌ها وزنی مناسب با نظر تصمیم‌گیرنده داده می‌شود. رابطه زیر بردار وزن‌های داده شده به شاخص‌ها را نشان می‌دهد، همان‌گونه که ملاحظه می‌شود، وزن‌های انتخابی نیز می‌توانند به صورت فازی بیان شوند.

$$\widetilde{W} = [\widetilde{w_1}, \widetilde{w_2}, \dots, \widetilde{w_n}] \quad (۱۸)$$

۳) بی‌مقیاس‌کردن داده‌های ماتریس تصمیم‌گیری

بمنظور بی‌مقیاس‌کردن، به‌جای محاسبات پیچیده در روش شباهت به گزینه ایده آل کلاسیک، در این مرحله از تغیر مقیاس خطی برای تبدیل مقیاس معیارهای گوناگون به مقیاس قابل مقایسه استفاده می‌شود. در اعداد فازی مثلثی درایه‌های ماتریس تصمیم بی‌مقیاس برای معیارهای مثبت و منفی به ترتیب از رابطه‌های زیر محاسبه می‌شوند.

$$\tilde{r}_{ij} = \left(\frac{a_{ij}}{c_j^*}, \frac{b_{ij}}{c_j^*}, \frac{c_{ij}}{c_j^*}\right) \quad ; c_j^* = max_i c_{ij} \quad (۱۹)$$

$$\tilde{r}_{ij} = \left(\frac{\overline{a_j}}{c_{ij}}, \frac{\overline{a_j}}{b_{ij}}, \frac{\overline{a_j}}{a_{ij}}\right) \quad ; \overline{a_j} = min_i a_{ij} \quad (۲۰)$$

۴) تشکیل ماتریس وزنی

در این مرحله ماتریس تصمیم‌گیری بی‌مقیاس‌شده فازی در ماتریس $n \times n$ اوزان شاخص‌ها ضرب می‌شوند. ماتریس حاصل به ماتریس وزنی معروف است.

$$\begin{bmatrix} \widetilde{r_{11}} & \widetilde{r_{12}} \dots & \widetilde{r_{1n}} \\ \widetilde{r_{21}} & \widetilde{r_{22}} \dots & \widetilde{r_{2n}} \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ \widetilde{r_{m1}} & \widetilde{r_{m2}} \dots & \widetilde{r_{mn}} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \widetilde{w_1} & 0 \cdots & 0 \\ 0 & \widetilde{w_2} \dots & 0 \\ \vdots & & \\ 0 & 0 & \widetilde{w_n} \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} \widetilde{v_{11}} & \widetilde{v_{12}} \cdots & \widetilde{v_{1n}} \\ \widetilde{v_{21}} & \widetilde{v_{22}} \cdots & \widetilde{v_{2n}} \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ \widetilde{v_{m1}} & \widetilde{v_{m2}} \cdots & \widetilde{v_{mn}} \end{bmatrix} \quad (۲۱)$$

۵) یافتن جواب‌های ایده آل مثبت و منفی

ایده آل‌های مثبت و منفی به ترتیب با توجه به رابطه‌های(۲۲) و (۲۳) به صورت زیر تعریف می‌شوند:

$$A^* = \{\widetilde{v_1^*}, \widetilde{v_2^*}, \dots . \widetilde{v_n^*}\} \quad (۲۲)$$

$$A^- = \{\widetilde{v_1^-}, \widetilde{v_2^-}, \dots . , \widetilde{v_n^-}\} \quad (۲۳)$$

که $\widetilde{v_i^*}$ بهترین مقدار معیار i ام از بین تمام گزینه‌ها و $\widetilde{v_i^-}$ بدترین مقدار معیار i ام از بین تمام گزینه‌ها می‌باشد که این مقادیر به ترتیب از رابطه‌های (۲۴) و (۲۵) به‌صورت زیر بدست می‌آیند:

$$\widetilde{v_j^*} = Max_i\{\widetilde{v_{ij}}\} \quad ; \quad i=1,2,\ldots,m \qquad j=1,2,\ldots,n \qquad (۲۴)$$

$$\widetilde{v_j^-} = min_i\{\widetilde{v_{ij}}\} \quad ; \quad i=1,2,\ldots,m \qquad j=1,2,\ldots,n \qquad (۲۵)$$

گزینه‌های که در A^* و A^- قرار می‌گیرند ، به ترتیب نشان‌دهنده گزینه‌های کاملا بهتر و کاملا بدتر هستند.

۶) محاسبه فاصله از ایده‌آل مثبت و ایده‌آل منفی

فاصله هر گزینه از ایده‌آل مثبت و ایده‌آل منفی فازی به ترتیب از رابطه‌های (۲۶) و (۲۷) زیر قابل محاسبه است:

$$d_i^* = \sum_{j=1}^{n} d(\widetilde{v_{ij}}, \widetilde{v_j^*}) \quad ; \quad i=1,2,\ldots,m \qquad (۲۶)$$

$$d_i^- = \sum_{j=1}^{n} d(\widetilde{v_{ij}}, \widetilde{v_j^-}) \quad ; \quad i=1,2,\ldots,m \qquad (۲۷)$$

که در این رابطه‌ها $d(.,.)$ فاصله بین دو عدد فازی است که به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$\widetilde{M_1} = (a_1, b_1, c_1)$$
$$\widetilde{M_2} = (a_2, b_2, c_2)$$
$$d(\widetilde{M_1}, \widetilde{M_2}) = \sqrt{\frac{1}{3}[(a_1 - a_2)^2 + (b_1 - b_2)^2 + (c_1 - c_2)^2]} \qquad (۲۸)$$

۷) تعیین فاصله نسبی گزینه‌ها

در این مرحله به کمک فاصله‌های مثبت و منفی بدست آمده در مرحله (۶) و با استفاده از رابطه (۲۹) زیر فاصله نسبی هر گزینه محاسبه می‌شود.

$$cc_i = \frac{d_i^-}{d_i^- + d_i^*} \qquad i = 1,2,\ldots,m \qquad (14) \qquad (۲۹)$$

۸) رتبه‌بندی گزینه‌ها

آخرین مرحله در روش تاپسیس فازی، رتبه‌بندی گزینه‌های پیشرو و تعیین بهترین گزینه است. برای این منظور کافی است فاصله نسبی هر گزینه که در مرحله (۷) بدست آمده به ترتیب نزولی مرتب شوند. در این حالت گزینه‌ای که دارای بزرگترین فاصله نسبی نسبت به سایر گزینه‌ها است، بالاترین رتبه را به خود اختصاص می‌دهد.

نتایج و بحث

معیارهای مؤثر در انتخاب محصولات کشاورزی منطقه

پس از مطالعات کتابخانه‌ای و مصاحبه با کارشناسان بخش کشاورزی منطقه مهاباد و میاندوآب و هم‌چنین، کشاورزان محلی، معیارهای مؤثر در رتبه‌بندی محصولات کشاورزی شناسایی گردید که بر این اساس، این معیارها به سه دسته اصلی "زیست محیطی" "اجتماعی" و "اقتصادی " تقسیم‌بندی شده‌اند. نمودار سلسله مراتبی معیارها و زیرمعیارها به صورت زیر می‌باشد که هر یک از این زیر معیارها نیز در دو دسته مطلوب (مثبت) و نامطلوب (منفی) قرار می‌گیرد.

C_1: مقدار سازگاری با انواع خاک، C_5 : درآمد هرمحصول درهکتار، C_6 : سازگاری باشرایط آب و هوای

C_2: بکارگیری ماشین آلات کشاورزی

C_3: مقدار آب مورد نیاز برای آبیاری

C_4: نوع و جنس بذر مورد استفاده

C_7 : تعداد آفت های محصول مورد کشت

C_8 : تعداد نیروی انسانی لازم

در جدول زیر فهرست محصولات مورد ارزیابی و هم‌چنین، رتبه استان آذربایجان‌غربی در تولید آن محصول داده شده است (اداره کل مطالعات و بررسی‌های اقتصادی، ۱۳۹۰).

گردآوری داده‌ها و کنترل کیفیت آماری داده‌های پرسش‌نامه

داده‌های مورد نیاز پژوهش از راه پرسش‌نامه گردآوری شد. پرسش‌نامه یاد شده مبتنی بر ۱۰ بخش و شامل ۸۰ پرسش در مورد موضوع پژوهش در بین ۵۰ نفر از خبرگان، کارشناسان و کشاورزان منطقه مهاباد و میاندوآب توزیع شد که از این بین، ۳۵ پرسش‌نامه به گونه دقیق و کامل دریافت گردید. برای کنترل کیفیت نتایج پرسش‌نامه باید ویژگی‌های عینی مناسبی را آزمون کرد. در بین این ویژگی‌ها، روایی و پایایی از اهمیتی بیش‌تر برخوردار است. منظور از ویژگی روایی پرسش‌نامه این است که پرسش‌نامه مورد نظر تا چه مقدار قادر است متغیرهایی که برای آن طراحی شده، را به گونه دقیق اندازه‌گیری کند. برای آزمون روایی از تجربه و دانش کارشناسان و خبرگان صنعت کشت و برداشت کشاورزی منطقه یاد شده استفاده می‌کنیم. در نمونه آماری گردآوری شده از پرسش‌نامه دست کم ۱۰ نفر از کارشناسان و خبرگان کشاورزی این منطقه روایی پرسش‌نامه تهیه شده پژوهش را مورد تایید قرار دادند. منظور از ویژگی پایایی پرسش‌نامه این است که قابلیت اندازه‌گیری نتایج یکسان در استفاده از پرسش‌نامه‌ها در دیگر شرایط مکانی و زمانی متفاوت چقدر است. یکی از متداول‌ترین روش‌ها برای تعیین پایایی پرسش‌نامه استفاده از آلفای

کرونباخ[1] است که مقدار آلفای‌کرونباخ هر چه به ۱۰۰ درصد نزدیک‌تر باشد، قابلیت اطمینان به ابزار گردآوری داده‌ها بیش‌تر خواهد بود. ضریب پایایی آلفای‌کرونباخ پرسش‌نامه پژوهش یاد شده ۸۱ درصد به کمک نرم‌افزار تحلیل آماری SPSS محاسبه گردید که نشان‌دهنده قابل قبول بودن آزمون پایایی پرسش‌نامه می‌باشد.

تحلیل و ارزیابی داده‌ها و محاسبات عددی

چندین نوع محصول که در مناطق مورد مطالعه توانایی کشت دارند، به عنوان گزینه‌های مورد بررسی مد نظر قرار گرفتند. فرم پرسش‌نامه با توجه به اعمال نظر از اساتید علوم کشاورزی و کارشناسان مدیریت کشاورزی منطقه تکمیل شد که در نتیجه ماتریس تصمیم‌گیری برای روش شباهت به گزینه ایده‌آل فازی مطابق با جدول ۴ می‌باشد.

با استفاده از روش آنتروپی‌شانون که در بالا توضیح داده شد، مقادیر وزنی هریک از شاخص‌ها محاسبه شده و در جدول ۵ آورده شده اند.

وزن‌های معیارها عبارتند از :

(۰,۱۲۹۱۹،۰,۲۱۷۲۶،۰,۱۳۷۶۸،۰,۰۲۳۷۶،۰,۰۲۴۵۲،۰,۰۴۳۱۰،۰,۱۲۴۰۳،۰,۳۰۹۴۵)

در نهایت با محاسبه هر یک از گزینه‌ها از ایده‌آل مثبت و ایده‌آل منفی و هم‌چنین، تعیین فاصله نسبی گزینه‌ها به رتبه‌بندی گزینه‌های می‌پردازیم که این مقادیر محاسبه شده و در جدول ۷ آمده است.

نتیجه گیری و پیشنهادها

با وجود سیاست‌های وزارت جهاد و کشاورزی مبنی بر کنترل واردات و تقویت صادرات محصولات کشاورزی برای حرکت به سمت کاهش تراز منفی تجاری این بخش، گندم همچنان در صدر اقلام عمده وارداتی از نظر وزنی و ارزشی قرار دارد و واردات آن همچنان رو به صعود است. این در حالی است که تولید گندم نسبت به بسیاری از محصولات دیگر کشاورزی نیاز کم‌تری به آب دارد و با توجه به خشک‌سالی‌های اخیر کشور و اهمیت آب در تولید محصولات کشاورزی بهتر است کشاورزان را به تولید محصولات کم آب تشویق کرده و در تولید از آن‌ها حمایت شود. در طرف مقابل ایران با داشتن رتبه پنجم تنوع اقلیمی در جهان، تولیدکننده و صادرکننده انواع سبزی و صیفی از قبیل خربزه، هندوانه، بادمجان، هویج، کلم، فلفل، کاهو، خیار، سیب‌زمینی، انواع سیر و سبزیجات است؛ به گونه‌ای که در تولید خیار و خربزه در رتبه سوم جهان، در تولید هندوانه در رتبه

[1] - Cronbach's Alpha

چهارم قرار داشته و رتبه هفتم تولید گوجه فرنگی در جهان را به خود اختصاص داده است. این در حالی است که تولید محصولاتی مانند هندوانه، خربزه، سیب‌زمینی و نظایر آنها جزء محصولات با مصرف بالای آب می‌باشند و صادرات اینگونه محصولات با توجه به گرانی و با ارزش بودن آب برای تولید محصولات و نیاز روزافزون کشور به آب و لزوم صرفه‌جویی در مصرف آب، صرفه اقتصادی چندانی ندارد.

منابع

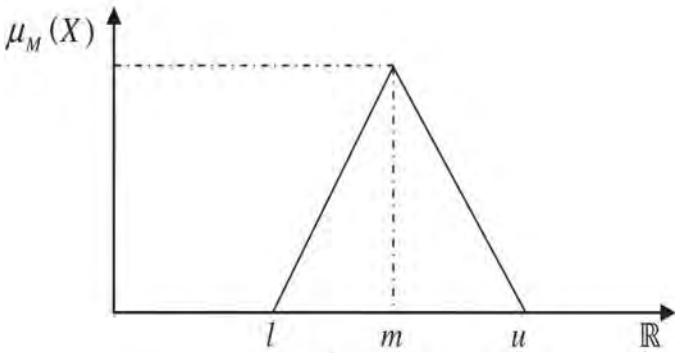
- آذر، ع. و فرجی، ح. (۱۳۸۰). علم مدیریت فازی. تهران، انتشارات اجماع
- آذر، ع. و رجب زاده، ع. (۱۳۸۱). تصمیم‌گیری کاربردی رویکرد(MADM). تهران، انتشارات نگاه دانش
- آذر، ع. و فرجی، ح. (۱۳۸۹). علم مدیریت فازی. تهران. مؤسسه کتاب مهربان نشر
- اصغرپور، م. ج. (۱۳۸۵). تصمیم‌گیری‌های چندمعیاره. انتشارات دانشگاه تهران، چ. ۴: ص. ۲۳۷
- اختصاصی، م.ر. و عادل، س.(۱۳۹۰). مدل‌ها و روش‌های ارزیابی و تهیه نقش بیابان‌زایی. انتشارات دانشگاه یزد. چ. اول: ص.۳۱۲
- علوی، ا. اکبری، ا. عطایی، م. و کیادلیری، ه. (۱۳۹۰). مقایسه روشهای TOPSIS فازی و AHP فازی برای انتخاب کاشت گونه‌های گیاهی بومی (مطالعه موردی:منطقه معدن مس سرچشمه).
- طاهرخانی، م. (۱۳۸۶). کاربرد تکنیک TOPSIS در اولویت‌بندی مکان استقرار صنایع تبدیل کشاورزی در مناطق روستایی. فصل‌نامه پژوهش‌های اقتصادی. سال ششم: ش. سوم.
- اداره کل مطالعات و بررسی‌های اقتصادی. (۱۳۹۰). رتبه‌بندی استان‌های کشور بر حسب تولید و عملکرد محصولات کشاورزی.
- اکبری، ن. و زاهدی، ک. (۱۳۸۷). کاربرد روش‌های رتبه‌بندی و تصمیم‌گیری چند شاخصه. انتشارات سازمان شهرداری‌ها و ده‌یاری‌های کشور. چ. اول: ص.۴۶۳ .

Refrences

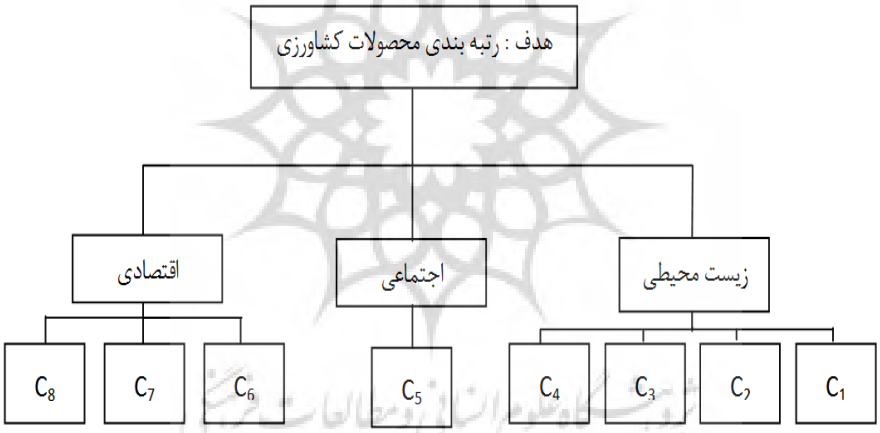
- Zadeh, L. (1965). Fuzzy sets, Information and control, 8:.338-353.
- Zimmermman, H.J. (1991). Fuzzy set theory and its applications (2ndedition), Boston, Kluwer.
- Kahraman, C. & Ates, N.Y. & Cevik, S. & Gulbay, M. & Erdogan, S.A. (2007). Hierrarchical fuzzy TOPSIS model for selection among logistics information technologies, Journal of Enterprise Information Management, 20:143-168.

- Chu, T.C. (2002). Selecting plant Location via a Fuzzy TOPSIS approach, International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 20:.859-864.
- Higgs, G. (2006). Integrating multi-criteria techniques with geographical information systems in waste facility location to enhance public participation. *Waste management & research*, *24*(2), 105-117.
- Phua, M. H., & Minowa, M. (2005). A GIS-based multi-criteria decision making approach to forest conservation planning at a landscape scale: a case study in the Kinabalu Area, Sabah, Malaysia. *Landscape and Urban Planning*, *71*(2), 207-222.
- Chen, S. J. & Hwang, C. L. (1992). *Fuzzy multiple attribute decision making methods*. Springer Berlin Heidelberg. 289-486
- Kalogirou, S. (2001). Expert systems and GIS: an application of land suitability valuation. Comp., Environ. Urban Sys. 26: 89-112.
- Ghafari, A., Cook, H.F., & Lee, H.C. (2002). Land suitability determination for wheat cropping inside sustainable agriculture by GIS. Proceeding of 7th Iranian Agronomy and Plant Breeding Conference. Seed and Plant Improvement Institute. Karaj, 12-14 Sep. (In Persian).
- Caldiz, D.O., Gaspari, F.J., Haverkort, A.J., & Struik, P.C. (2001). Agroecological zoning and potential yield of single or double cropping of potato in Argentina. Agri. Forest Meteorol. 109: 311-320.
- Dela-Rosa, D.L., Anaya-Romero, M., Pereira, E.D., Heredia, N., & Shahbazi, F. (2009). Soil-specific agro-ecological strategies for sustainable land use- A case study by using MicroLEIS DSS in Sevilla province (Spain). Land Use Policy. 26: 1055-1065.
- Chen, H.S., Liu, G.SH. Yang, Y.F., Ye, X.F., & Shi, Zh. (2010). Comprehensive evaluation of tobacco ecological suitability of Henan province based on GIS. Agri. Sci. in China. 9(4):583-592.
- Samanta , S., Pal, B., & Pal, D.K. (2011). Land suitability analysis for rice cultivation based on multi-criteria decision approach through GIS. Intern.J.Sci.and Emerg. Technol. 2(1): 12-21.
- Gholamreza, R., Gafar, M., & Ali, S. (2011). A new approach to technique for order-preference by similarity to ideal solution (TOPSIS) method for determining and ranking drought: A case study of Shiraz station.
- Gabriel, S.S., & Álvaro, M. A. (2014). Selection of Agricultural Aircraft Usingahp Anptopsis Methods in Fuzzy Environment.

پیوست‌ها

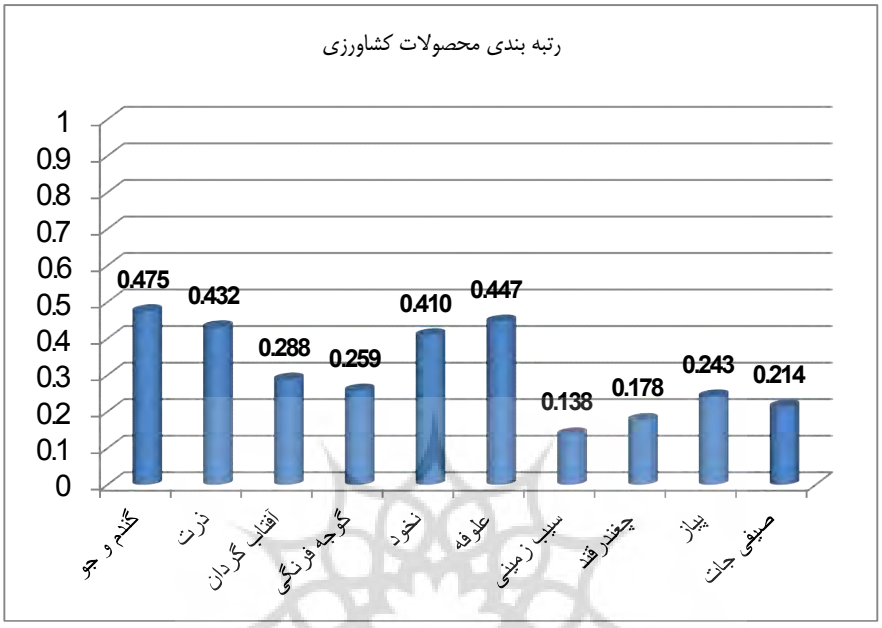


شکل ۱- عدد فازی با تابع عضویت مثلثی.



شکل ۲- ساختار سلسله مراتبی مورد استفاده برای رتبه‌بندی محصولات کشاورزی.

پرتال جامع علوم انسانی



شکل ۳- رتبه‌بندی محصولات کشاورزی.

جدول ۱- مقادیر زبانی متغیرهای امتیازی ارزیابی و درجه اهمیت و معادل فازی آن‌ها.

مقدار زبانی	عدد فازی مثلثی متناظر با متغیر امتیاز ارزیابی	عدد فازی مثلثی متناظر با متغیر وزن
خیلی کم	(۰،۱،۳)	(۰،۰،۱،۰،۳)
کم	(۱،۳،۵)	(۰،۱،۰،۳،۰،۵)
متوسط	(۳،۵،۷)	(۰،۳،۰،۵،۰،۷)
زیاد	(۵،۷،۹)	(۰،۵،۰،۷،۰،۹)
خیلی زیاد	(۷،۹،۱۰)	(۰،۷،۰،۹،۱)

جدول ۲- محصولات انتخابی منطقه.

نوع محصول	رتبه استان در کشور	نوع محصول	رتبه استان در کشور
چغندر	رتبه۱	گندم	رتبه ۷
آفتاب گردان	رتبه ۱	ذرت	رتبه۹
علوفه دامی	رتبه ۱	پیاز	رتبه ۱۱
نخود	رتبه ۲	گوجه و خیار	رتبه۱۳
صیفی جات	رتبه۵	سیب زمینی	رتبه۱۳

جدول ۳- ماتریس تصمیم‌گیری.

معیار / گزینه	C_1	C_2	...	C_n
A_1	R_{11}	R_{12}	...	R_{1n}
A_2	R_{21}	R_{22}	...	R_{2n}
A_3	R_{31}	R_{32}	...	R_{3n}
.	.	.	...	.
.	.	.	...	.
A_m	R_{m1}	R_{m2}	...	R_{mn}

جدول ۴- جدول تصمیم گیری فازی.

		+	-	-	+	+	+	-	-
	معیارها	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8
گزینه ها		نوع خاک	ماشین آلات	مصرف آب	نوع بذر	مقدار درآمد	شرایط آب و هوایی	آفت یا بیماری	نیروی انسانی
A1	گندم	۵،۷،۹	۷،۹،۱۰	۱،۳،۵	۵،۷، ۹	۳،۵،۷	۵،۷،۹	۱،۳،۵	۰،۱،۳
A2	ذرت	۵،۷،۹	۷،۹،۱۰	۵،۷،۹	۵،۷، ۹	۳،۵،۷	۷،۹،۱۰	۱،۳،۵	۰،۱،۳
A3	آفتاب گردان	۵،۷،۹	۳،۵،۷	۳،۵،۷	۵،۷، ۹	۳،۵،۷	۳،۵،۷	۱،۳،۵	۳،۵،۷
A4	گوجه فرنگی	۱،۳،۵	۰،۱،۳	۵،۷،۹	۵،۷، ۹	۳،۵،۷	۳،۵،۷	۵،۷،۹	۷،۹،۱۰
A5	نخود	۵،۷،۹	۱،۳،۵	۰،۱،۳	۳،۵، ۷	۳،۵،۷	۵،۷،۹	۱،۳،۵	۵،۷،۹
A6	علوفه	۷،۹،۱۰	۷،۹،۱۰	۵،۷،۹	۳،۵، ۷	۳،۵،۷	۷،۹،۱۰	۱،۳،۵	۰،۱،۳
A7	سیب زمینی	۱،۳،۵	۵،۷،۹	۵،۷،۹	۵،۷، ۹	۳،۵،۷	۳،۵،۷	۵،۷،۹	۱،۳،۵
A8	چغندر قند	۳،۵،۷	۵،۷،۹	۷،۹،۱۰	۵،۷، ۹	۳،۵،۷	۵،۷،۹	۵،۷،۹	۳،۵،۷
A9	پیاز	۱،۳،۵	۱،۳،۵	۵،۷،۹	۵،۷، ۹	۵،۷،۹	۷،۹،۱۰	۵،۷،۹	۵،۷،۹
A10	صیفی جات	۱،۳،۵	۱،۳،۵	۵،۷،۹	۳،۵، ۷	۳،۵،۷	۵،۷،۹	۵،۷،۹	۷،۹،۱۰

ماخذ یافته‌های پژوهش

جدول ۵- اوزان معیارها بر اساس روش آنتروپی‌شانون فازی.

	Lj	Uj	dj(L)	dj(U)	wj(L)	wj(U)	W
C1	۰,۹۵۹۲۷	۰,۹۶۴۷۹	۰,۰۳۵۲۱	۰,۰۴۰۷۳	۰,۱۱۱۲۴	۰,۱۴۷۱۳۴	۰,۱۲۹۱۹
C2	۰,۹۳۳۵۲	۰,۹۳۸۴۷	۰,۰۶۱۵۳	۰,۰۶۶۴۸	۰,۱۹۴۴۰	۰,۲۴۰۱۱۴	۰,۲۱۷۲۶
C3	۰,۹۵۷۲۱	۰,۹۶۱۷۷	۰,۰۳۸۲۳	۰,۰۴۲۷۹	۰,۱۲۰۷۸	۰,۱۵۴۵۷۷	۰,۱۳۷۶۸
C4	۰,۹۹۰۹۰	۰,۹۹۵۳۷	۰,۰۰۴۶۳	۰,۰۰۹۱۰	۰,۰۱۴۶۳	۰,۰۳۲۸۷۷	۰,۰۲۳۷۶
C5	۰,۹۹۰۲۹	۰,۹۹۵۵۸	۰,۰۰۴۴۲	۰,۰۰۹۷۱	۰,۰۱۳۹۷	۰,۰۳۵۰۷۸	۰,۰۲۴۵۲
C6	۰,۹۸۵۴۶	۰,۹۸۹۳۵	۰,۰۱۰۶۵	۰,۰۱۴۵۴	۰,۰۳۳۶۶	۰,۰۵۲۵۲۶	۰,۰۴۳۱۰
C7	۰,۹۶۰۴۴	۰,۹۶۶۷۱	۰,۰۳۳۲۹	۰,۰۳۹۵۶	۰,۱۰۵۱۷	۰,۱۴۲۸۷۹	۰,۱۲۴۰۳
C8	۰,۹۰۶۴۱	۰,۹۱۱۱۱	۰,۰۸۸۸۹	۰,۰۹۳۵۹	۰,۲۸۰۸۴	۰,۳۳۸۰۶۲	۰,۳۰۹۴۵

ماخذ یافته‌های پژوهش

جدول ۶- وزن معیارها.

نیروی انسانی	آفت یا بیماری	شرایط آب و هوایی	میزان درآمد	نوع بذر	مصرف آب	ماشین آلات	نوع خاک
۰,۳۰۹۴۵	۰,۱۲۴۰۳	۰,۰۴۳۱۰	۰,۰۲۴۵۲	۰,۰۲۳	۰,۱۳۷۶	۰,۲۱۷۲۶	۰,۱۲۹۱۹

ماخذ یافته‌های پژوهش

جدول ۷- رتبه‌بندی گزینه‌ها (محصولات کشاورزی).

گزینه ها	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10
فاصله از راه حل ایده آل	۰,۵۴	۰,۵۷	۰,۶۷۷	۰,۷۱۳	۰,۶۰	۰,۵۵	۰,۷۹۰	۰,۷۵	۰,۷	۰,۷۵
فاصله از راه حل ایده آل منفی	۰,۴۹	۰,۴۳	۰,۲۷۴	۰,۲۴۸	۰,۴۱	۰,۴۵	۰,۱۲۶	۰,۱۶	۰,۲	۰,۲۰
شاخص شباهت	۰,۴۷	۰,۴۳	۰,۲۸۸	۰,۲۵۸	۰,۴۰	۰,۴۴	۰,۱۳۸	۰,۱۷	۰,۲	۰,۲۱
رتبه	۱	۳	۵	۶	۴	۲	۱۰	۹	۷	۸
گزینه ها	گندم	ذرت	آفتاب گردان	گوجه فرنگی	نخود	علوفه	سیب زمینی	چغندر قند	پیاز	صیفی جات

ماخذ یافته‌های پژوهش