

رتبه‌بندی فنون تصمیم‌گیری چندشاخصه MADM با استفاده از برخی روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره در محیط فازی و مقایسه آن با رتبه‌بندی به روش DEA

نویسندگان: دکتر عادل آذر^۱ و دکتر فرهاد وفايي^{۲*}

۱. دانشیار دانشگاه تربیت مدرس

۲. استادیار دانشگاه کردستان

E-mail: vafa408@yahoo.com

چکیده

اساس تحقیق در عملیات بر توسعه رویکردهایی برای تصمیم‌گیری بهینه استوار است [۱]. تصمیم‌گیری چند معیاره MCDM (Multi Criteria Decision Making) بیانگر شرایطی است که معیارهای چندگانه اما غالباً متعارض در تصمیم‌گیری وجود دارند [۲]. تصمیم‌گیری چند معیاره در طول دو دهه اخیر به سرعت در حال رشد و بکارگیری بوده است، یک دلیل برای این امر نیاز محیط‌های کسب و کار به چنین متدهایی می‌باشد. MCDM در برگرفته دو زیر گروه اصلی است: تصمیم‌گیری چند شاخصه (Multi Attribute Decision Making) که در آن فضای تصمیم گسسته می‌باشد و گزینه‌های محدودی برای انتخاب وجود دارد و تصمیم‌گیری با اهداف چندگانه (MODM) (Multi Objective Decision Making) که در آن فضای تصمیم پیوسته بوده و گزینه‌های از پیش تعیین شده‌ای برای انتخاب وجود ندارد. مدل‌های MADM شناخته شده‌ترین شاخه تصمیم‌گیری‌هاست. این مدل‌ها دارای تنوع تکنیکی بسیار گسترده‌ای هستند و این امر به هنگام کاربرد ممکن است سردرگمی تحلیلی را کاربر را باعث شود. در این مقاله ۱۳ شاخص به عنوان شاخص‌های مؤثر در انتخاب مدل مناسب MADM در نظر گرفته شده است. در اندازه‌گیری میزان کارایی این مدل‌ها به کمک تحلیل پوششی داده‌ها (DEA) (Data envelopment analysis) از این شاخص‌ها به عنوان ستانده‌های مدل‌های کمی تصمیم‌گیری استفاده شده است. این شاخص‌ها در ارزیابی و تعیین کارایی ۲۰ متد از متدهای جبرانی MADM مورد استفاده واقع شده است. در این روش (Technique For Order Preference By Similarity To Ideal TOPSIS (Simple Additive Method) SAW, Solution) و Composite programming، ELECTRE و (Elimination et Choice Translating Reality) در بررسی و رتبه‌بندی متدها و از روش DEA به منظور اندازه‌گیری میزان کارایی این مدل‌ها استفاده شده است. بر این اساس روش AHP (Analytical Hierarchy Process) به عنوان مناسب‌ترین و کاراترین، و روش‌های Permutation، Median ranking method و MRS به عنوان نامناسب‌ترین روش‌ها و در نهایت روش‌های MRS و Median ranking method به عنوان کاراترین روش معرفی شده است.

کلید واژه‌ها: تصمیم‌گیری چند شاخصه، تحلیل پوششی داده‌ها، متدهای جبرانی، مدل مناسب، رتبه‌بندی، کارایی

مقدمه

احتمالاً مهم‌ترین چالش در علوم و مهندسی اتخاذ تصمیم در موقعیت‌های مختلف است. و این مسئله‌ای است به قدمت نوع بشر. در مصر باستان اعتقاد وجود داشت که فقط پادشاهان و روحانیون می‌توانند جواب‌های برتر را برای حل مسایل ارایه کنند، در یونان قدیم نیز پیشگویان چنین نقشی را بر عهده داشتند. [۳] MADM که یکی از شناخته شده‌ترین شاخه‌های تصمیم‌گیری است دارای تنوع تکنیکی بسیار گسترده‌ای است. و این امر سردرگمی کاربران و تحلیلگران را در انتخاب و به کارگیری مدل مناسب به هنگام مواجهه با مسایل دنیای واقعی سبب شده است.

متدهای مختلف MADM برای یک مسئله خاص جواب‌های گوناگون و متفاوتی ارایه می‌کنند، سردرگمی کاربران از این نقطه آغاز می‌شود که جواب کدامین متد را به عنوان جواب برتر بپذیرند. به عبارتی متفاوت بودن جواب‌های پیشنهادی توسط این متدها یکی از جدی‌ترین انتقاداتی است که بر مجموعه این متدها مطرح می‌شود. متفاوت بودن جواب در متدهای مختلف از بکارگیری وزن‌های متفاوت، تفاوت در الگوریتم‌ها، کمی کردن شاخص‌های کیفی و در نهایت بکارگیری پارمترهایی توسط برخی از متدها ناشی می‌شود. [۴] به نظر می‌رسد برای تصمیم‌گیرندگان حیاتی باشد که آگاهانه نقاط ضعف و قوت هر یک از متدهای تصمیم‌گیری را بدانند و بر این اساس به هنگام مواجهه با مسایل دنیای واقعی مناسب‌ترین متد را انتخاب کنند. [۵]

در این مقاله ۱۳ شاخص به عنوان شاخص‌های مؤثر در انتخاب مدل مناسب MADM در نظر گرفته شده است. (در این مطالعه شاخص مترادف با ستانده‌های مدل‌های جبرانی MADM می‌باشد). این شاخص‌ها عبارتند از: توانایی حل مسائل دنیای واقعی، توانایی مواجهه با مسائلی که داده‌های غیر کمی دارند، قابلیت اعتماد نتایج، مفید بودن نتایج برای تصمیم‌گیرنده، رتبه‌بندی کامل گزینه‌ها، توانایی بکارگیری در

تصمیم‌گیری گروهی، رتبه‌بندی و تعیین وزن معیارهای مسئله، توانایی حل مسایل چند سطحی، توانایی حل مسائل با سائز بزرگ، توانایی پیش‌بینی گزینه برتر، سهولت استفاده، امکان تحلیل حساسیت برای مدل و توانایی مقایسه گزینه‌ها با گزینه برتر. [۶،۵]

این شاخص‌ها در ارزیابی و مقایسه ۲۰ متد از مجموعه متدهای جبرانی MADM مورد استفاده واقع شده‌اند. در انتخاب این متدها سعی شده است که ترکیبی از متدهای فازی و قطعی - ساده و پیچیده (از نظر الگوریتم) انتخاب شود. در این ارزیابی از روش‌های Composite programming، SAW، TOPSIS و ELECTRE در بررسی و رتبه‌بندی متدهای مورد مطالعه استفاده شده است. هرچند این متدها رتبه‌بندی‌های متفاوتی را ارایه نموده‌اند، با این حال میزان همبستگی بسیار زیادی در بین رتبه‌بندی‌های ارایه شده توسط این روش‌ها وجود دارد. در نهایت با بهره‌گیری از روش‌های Average، Borda و Copeland رتبه‌بندی‌های حاصل از روش‌های چهارگانه ادغام شده است. در این مقاله هم چنین از روش تحلیل پوششی داده‌ها در اندازه‌گیری میزان کارایی متدهای مورد بررسی استفاده شده است. نتایج نشان‌دهنده آن است که روش fuzzy AHP، AHP و fuzzy TOPSIS به عنوان مناسب‌ترین و کاراترین، و روش‌های Median ranking method، Permutation و MRS به عنوان نامناسب‌ترین روش‌ها و در نهایت MRS و Median ranking method به عنوان ناکاراترین روش معرفی شده است.

ادبیات تحقیق

تصمیم‌گیری چند شاخصه

تصمیم‌گیری چند معیاره به عنوان یک علم دارای مفاهیم، رویکردها و متدهای خاص خود است و به تصمیم‌گیرنده در شناسایی، توصیف و ارزیابی گزینه‌ها کمک می‌کند و گزینه‌ها را رتبه‌بندی، گروه‌بندی و یا انتخاب می‌نماید [۷]. تصمیم‌گیری چند معیاره در بسیاری از مسایل دنیای واقعی نقشی حیاتی را بر عهده دارد.

الف) تصمیمات انتخاب (Selection Decisions): که از بین گزینه‌های مختلف باید گزینه‌ای انتخاب شود. این تصمیمات قابل ارزیابی به وسیله متدهای MADM هستند.

ب) تصمیمات سازشی (Compromise Decisions): که در این نوع تصمیمات مسئله، انتخاب نیست بلکه بحث طراحی جواب است. این نوع از مسائل قابل ارزیابی به وسیله متدهای MODM هستند. [۸] (شکل ۱)

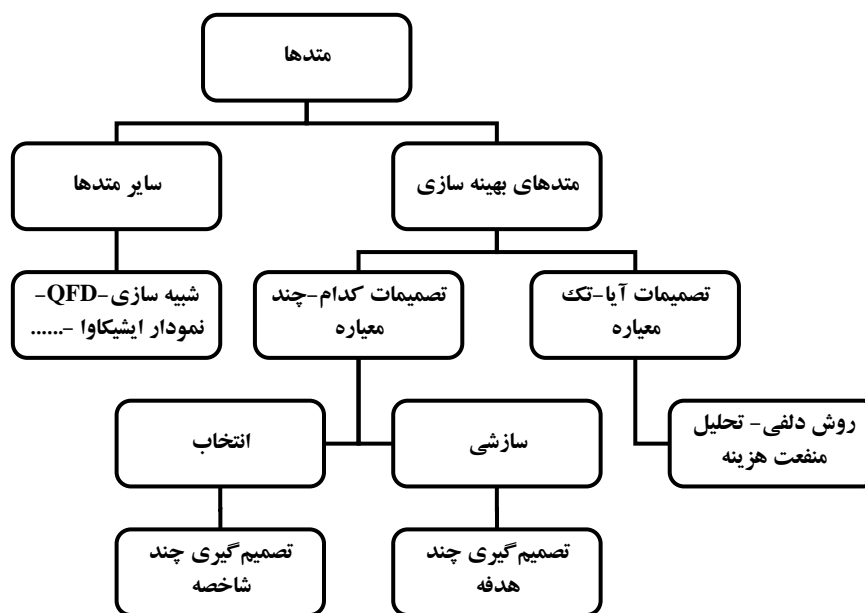
تصمیم‌گیری چند شاخصه را می‌توان ارزیابی چند معیاره نامید. این دسته از متدها فضای تصمیم را گسسته تصور می‌کنند. هر چند که برای این مسایل جواب بهینه وجود ندارد اما با وجود گزینه‌های محدود از پیش تعیین شده، هدف مسئله انتخاب گزینه برتر بر مبنای شاخص‌های چندگانه است [۷].

مدل‌های MADM به شکل‌های مختلفی طبقه‌بندی می‌شوند. یکی از این گروه‌بندی‌ها به صورت مدل‌های جبرانی (Compensatory) و غیر جبرانی (Non compensatory) است. مدل‌های جبرانی مدل‌های هستند که امکان بده-بستان در بین شاخص‌های مسئله را فراهم می‌آورند. مدل‌های غیر جبرانی مدل‌های هستند که به متدها اجازه بده-بستان در بین شاخص‌های یک مسئله را نمی‌دهند.

مبالغه نیست اگر بگوئیم که بیشتر تصمیم‌گیری‌های دولت‌های فدرال و محلی، صنایع و فعالیت‌های تجاری، شامل ارزیابی مجموعه‌ای از گزینه‌ها بر اساس مجموعه‌ای از شاخص‌ها است.

MADM در ابتدا در سال ۱۹۵۷ توسط چرچمن (Churchman)، اکاف (Ackoff) و آرنوف (Arnoff) مطرح شد [۷]. هدف تصمیم‌گیری چند شاخصه ارایه کمک و راهنمایی به تصمیم‌گیرندگان در دسترسی به مطلوب‌ترین جواب برای مسایل است.

بیشتر تصمیمات عالم واقعی شامل تصمیمات «آیا» (Whether Decision) و «یا تصمیمات» (Which Decision) می‌باشد. تصمیمات «آیا» شامل تصمیماتی است که جواب آن دو جمله‌ای است. بله-خیر یا قبول-رد این تصمیمات را می‌توان تصمیمات غیر مقایسه‌ای (non-Comparative Decision) نیز نامید چون تصمیم اخذ شده با موقعیت یا زمینه مشابهی مقایسه نخواهد شد. تصمیمات «کدام» دارای پیامدهایی بیش از ۲ حالت است. به دلیل مقایسه هر پیامد با سایر پیامدها، نام دیگر این تصمیمات، تصمیمات مقایسه‌ای (Comparative Decision) است. تصمیمات «کدام» به دو گروه تقسیم می‌شود:



شکل ۱. درخت متدها و ابزارها [۸]

بیان مسئله، شناسایی گزینه‌ها، شناسایی معیارها، تشکیل ماتریس تصمیم، بی‌مقیاس‌سازی ماتریس تصمیم، تعیین وزن معیارها، تشکیل ماتریس تصمیم بی‌مقیاس شده موزون، رتبه‌بندی گزینه‌ها، تحلیل حساسیت و ارایه راهکارها [۹].

به عبارتی می‌توان گفت تمام تکنیک‌های تصمیم‌گیری که به دنبال تحلیل کمی گزینه‌ها هستند نسبت به تعیین معیارها و گزینه‌ها، تعیین وزن معیارها، ارزیابی کمی گزینه‌ها بر اساس معیارها، پردازش ارزیابی‌های کمی و رتبه‌بندی گزینه‌ها اقدام می‌کنند. [۱]

تحلیل پوششی داده‌ها

DEA یک روش ناپارامتریک و مبتنی بر برنامه‌ریزی ریاضی می‌باشد که برای ارزیابی کارایی مجموعه‌ای از واحدهای تصمیم‌گیری مشابه که دارای نهاده‌ها و ستانده‌های چندگانه می‌باشند بکار می‌رود. DEA اولین بار در سال ۱۹۷۸ توسط چارلز، کوپر و رودز به ادبیات تحقیق در عملیات معرفی شد.

در DEA مفهوم کارایی همان نسبت ستانده‌ها به نهاده‌ها می‌باشد. بر این اساس چنانچه پاره‌ای از سازمان‌ها فقط یک نهاده و یک ستانده داشته باشند آنگاه می‌توان کارایی واحدی مانند واحد p را به شکل زیر محاسبه نمود:

$$\max Z_p = \left(\frac{y_p \cdot u}{x_p \cdot v} \right)$$

s.t :

$$\frac{y_j \cdot u}{x_j \cdot v} \leq 1$$

$$u, v \geq 0$$

$$j = 1, 2, 3, \dots, n$$

y_p میزان ستانده حاصل شده و x_p میزان نهاده بکار رفته توسط واحد p می‌باشد. y_j میزان ستانده ایجاد شده و x_j میزان نهاده مصرف شده توسط واحد j می‌باشد. u وزن ستانده ایجاد شده و v وزن نهاده مصرف شده می‌باشد.

اگرچه متدهای MADM دارای تنوع تکنیکی گسترده‌ای هستند با این حال این تکنیک‌ها دارای جنبه‌های مشترک خاصی هستند مانند وجود گزینه‌ها، شاخص‌های چندگانه، تعارض در بین شاخص‌ها، واحدهای اندازه‌گیری ناهمگون (Incommensurable units)، وزن معیارهای تصمیم و ماتریس تصمیم. [۱]

آرگای تکلّه بیش از ۷۰ تکنیک چند معیاره را شناسایی نموده است. [۶] بدون شک امروزه تعداد این متدها به مراتب بیش از این تعداد می‌باشد. با این حال متدهای تصمیم‌گیری چند شاخصه عموماً ۳ نوع از جواب‌ها را ارایه می‌کنند: [۹]

انتخاب: از بین مجموعه گزینه‌ها، گزینه‌ای انتخاب می‌شود که بیشترین میزان رضایتمندی را برای تصمیم‌گیرنده ایجاد می‌کند.

گروه‌بندی (Sorting): قرار دادن تمام گزینه‌ها در گروه‌های محدودی

رتبه‌بندی (Ranking): رتبه‌بندی و اولویت‌بندی تمام گزینه‌ها

تصور کنید تصمیم‌گیرنده‌ای به دنبال انتخاب یا رتبه‌بندی n گزینه $x_j = (j=1, 2, \dots, n)$ بر اساس m شاخص $f_j = (j=1, 2, \dots, m)$ می‌باشد. به‌طور کلی شاخص‌ها از نظر ماهیت دو نوعند: شاخص‌های با ماهیت سود و شاخص‌های با ماهیت هزینه. بر این اساس مجموعه شاخص‌ها F می‌تواند به دو زیر مجموعه F^1 و F^2 تقسیم شود که F^1 بیانگر شاخص‌های با ماهیت سود و F^2 بیانگر شاخص‌های با ماهیت هزینه هستند. بر این اساس یک مدل MADM قابل بیان به شکل زیر است: [۱۰]

$$\max \{f_i(x_j) \mid i \in F^1\}$$

و

$$\min \{f_i(x_j) \mid i \in F^2\}$$

$$s.t: x \in X$$

متدهای MADM در دست‌یابی و ارایه جواب برتر دارای گام‌های است که عبارتند از:

مدل مضربی ستانده گرا:

$$\begin{aligned} \min Z_P &= \sum_{i=1}^m x_{ip} \cdot v_i \\ \text{s.t:} \\ \sum_{r=1}^s y_{rp} \cdot u_r &= 1 \\ \sum_{r=1}^s y_{rj} \cdot u_r - \sum_{i=1}^m x_{ij} \cdot v_i &\leq 0 \\ u_r, v_i &\geq 0 \end{aligned}$$

لازم به ذکر است که مدل‌های فوق مدل‌های پایه‌ای DEA بوده و امروزه این مدل‌ها بسط فراوانی یافته‌اند.

مطالعات انجام شده

عمده‌ترین انتقاد بر روش‌های MADM این است که به هنگام بکارگیری متدهای مختلف برای یک مسئله خاص، این متدها جواب‌های مختلف و گوناگونی ارائه خواهند کرد. [۱۱، ۱۲] هر تکنیک MADM حداقل در ۴۰٪ مواقع رتبه‌بندی و نتیجه‌ای متفاوت از سایر روش‌ها را ارائه می‌کند. [۱۳]

طبق نظر داسون فرآیند انتخاب متد مناسب MCDM عبارت است از: تعریف اهداف و مقاصدی برای بکارگیری متدهای MCDM، انتخاب شاخص‌هایی برای ارزیابی قابلیت تکنیک‌ها، فهرست نمودن متدها به عنوان گزینه‌های قابل بررسی، تعیین قابلیت و عملکرد تکنیک‌ها، تشکیل ماتریس تصمیم که بر این اساس متدها بر اساس شاخص‌ها مورد بررسی واقع می‌شوند، حل مسئله و انتخاب تکنیک برتر. [۱۴]

مک کریمون (Mac Crimmon) اولین کسی بود که به مقایسه روش‌های MADM و نیز به بیان اهمیت انتخاب مدل پرداخت. پاره‌ای از محققان متدها را در مسایل دنیای واقعی و با بهره‌گیری از نظرات کاربران واقعی مورد مقایسه و ارزیابی قرار داده‌اند. غالب بررسی‌های انجام شده در زمینه مقایسه و انتخاب متد مناسب MCDM بیان می‌کنند که به سختی می‌توان نتیجه گرفت که متد برتر کدام است. [۴]

مدل فوق به دنبال آن است که وزن نهاده و ستانده واحد p به گونه‌ای تعریف شود که کارایی تکنیکی این واحد حداکثر شود. در این مدل فرض شده است که بیشترین مقدار کارایی هر واحد برابر ۱ می‌باشد. تعمیم یک نهاده و یک ستانده مدل فوق به مدلی با m نهاده و s ستانده برای $j=1,2,\dots,n$ واحد تصمیم‌گیرنده به صورت زیر خواهد بود:

$$\begin{aligned} \max Z_P &= \left(\frac{\sum_{r=1}^s y_{rp} \cdot u_r}{\sum_{i=1}^m x_{ip} \cdot v_i} \right) \\ \text{s.t:} \\ \sum_{r=1}^s y_{rj} \cdot u_r &\leq 1 \\ \sum_{i=1}^m x_{ij} \cdot v_i &\leq 1 \\ u, v &\geq 0 \end{aligned}$$

$$\sum_{r=1}^s y_{rj} \cdot u_r \leq 1$$

$$\sum_{i=1}^m x_{ij} \cdot v_i \leq 1$$

$$u, v \geq 0$$

$$j = 1, 2, 3, \dots, n$$

مدل فوق را با نام مدل (Charnes-Cooper – CCR مدل Rhodes) می‌شناسیم. CCR ابتدای نام چارنر، کوپر و رودز است که برای اولین بار DEA را مطرح نمودند. این مدل دارای فرض بازده به مقیاس ثابت است و در مقابل مدل BCC (Banker – Charnes – Cooper) وجود دارد که دارای فرض بازده به مقیاس متغیر است. BCC ابتدای نام بنکر، چارنر و کوپر است، می‌توان مدل‌های زیر را جایگزین مدل کسری فوق نمود.

مدل مضربی نهاده گرا:

$$\begin{aligned} \max Z_P &= \sum_{r=1}^s y_{rp} \cdot u_r \\ \text{s.t:} \\ \sum_{i=1}^m x_{ip} \cdot v_i &= 1 \\ \sum_{r=1}^s y_{rj} \cdot u_r - \sum_{i=1}^m x_{ij} \cdot v_i &\leq 0 \\ u_r, v_i &\geq 0 \end{aligned}$$

زاناکیس و همکارانش به کمک شبیه‌سازی به بررسی ۸ متد MADM پرداخته‌اند. آنها در بررسی‌هایشان روش SAW (Simple Additive Weighting) را به عنوان الگو (Benchmark) در نظر گرفته و سایر روش‌ها را با آن مقایسه کرده‌اند و بر این اساس سایر متدها را رتبه‌بندی نموده‌اند. آنها دلیل انتخاب SAW را به عنوان الگو، سهولت استفاده و بکارگیری بیش از حد آن در عالم واقع ذکر کرده‌اند. [۴]

یکی از جدی‌ترین مطالعات انجام شده در زمینه انتخاب مدل مناسب و تعریف شاخص‌های مرتبط با یک مدل مناسب توسط تکل (Aregai Tecle) انجام شده است. در این بررسی برای انتخاب مدل مناسب ۴۹ معیار که در ۴ گروه قرار می‌گیرند شناسایی شده است. این گروه‌ها عبارتند از: شاخص‌های توصیفگر تصمیم‌گیرنده یا تحلیلگر (Analyst- related criteria)، شاخص‌های توصیفگر مسئله (Problem- related criteria)، شاخص‌های توصیفگر تکنیک‌ها (Technique- related criteria) و شاخص‌های توصیفگر جواب به دست آمده (Solution- related criteria)

شاخص‌های توصیفگر تحلیلگر شاخص‌هایی مانند سطح دانش و مهارت مورد نیاز تحلیلگر را شامل می‌شود. شاخص‌های توصیفگر مسئله شاخص‌هایی همچون امکان حل مسأله کیفی، امکان حل مسائل با سایز بزرگ و امکان حل مسایل پویا را در بر می‌گیرد. شاخص‌های توصیفگر تکنیک شاخص‌هایی همچون سهولت استفاده، تعداد پارامترهای مورد نیاز و زمان مورد نیاز جهت پردازش را در بر می‌گیرد. شاخص‌های توصیفگر جواب به دست‌آمده شاخص‌هایی مانند سازگاری نتایج، قابلیت اعتماد نتایج و مفید بودن نتایج برای تصمیم‌گیرنده را شامل می‌شود. وی در این مطالعه بر اساس شاخص‌های فوق ۱۵ تکنیک MADM را با بهره‌گیری از روش Composite Programming مورد مقایسه و رتبه‌بندی قرار داده است. [۶]

هوانگ و یون (Hwang & Yoon) یک تاکسونومی از رویه انتخاب متدهای MCDM را پیشنهاد و ارائه کردند. [۱۵]

اوانز (Evans)، هوبز (Hobbs) و اوزرنوی (Ozernoy) در زمینه شناسایی شاخص‌های مؤثر بر انتخاب مدل مناسب مطالعاتی داشته‌اند [۱۶و۵].

داسون (Dason) «پارادایم انتخاب مدل» (Model selection paradigm) را ارائه کرده است که بر این اساس ۱۵ توصیفگر را در ارزیابی و انتخاب مدل‌های MCDM مدنظر قرار داده است. بر اساس توصیفگرهای اولیه و نیز شاخص‌های اضافی، تکنیک PROMETHEE مناسب‌ترین متد در پروژه‌های توسعه منابع آب شناسایی شده است. [۱۴]

گرشن (Gershon) «الگوریتم انتخاب مدل» را توسعه داد که بر این اساس ۲۷ معیار را در انتخاب مدل مناسب MCDM شناسایی نمود. وی این معیارها را در ۴ زیر گروه معیارهای الزام آور (Mandatory binary criteria) با مقادیر ۰ و ۱ (تکنیک‌ها زمانی به بررسی بیشتر نیاز دارند که این معیارها را دارا باشند)، معیارهای غیر الزام‌آور (non- Mandatory binary criteria)، معیارهای مرتبط با تکنیک و معیارهای مرتبط با کاربرد آورده است.

وی نیز جواب حاصل از روش PROMETHEE را نزدیکترین جواب به جواب ایده‌آل تشخیص داده است. [۱۷]

پنی واتی (Peniwati) معیارهای افزایش اثربخشی رهبری، افزایش یادگیری گروهی، افزایش حیطه تصمیم، تشریح و موشکافی کامل مسئله، وسعت ساختار بکارگرفته شده در مسئله تصمیم (از نظر معیارها)، عمق ساختار بکار گرفته شده در مسئله تصمیم (از نظر تجزیه به زیر بخش‌ها)، مقیاس و متد مورد استفاده، مهیا نمودن ابزارهایی برای تحلیل، بازنگری و تفکر دقیق در باب مسئله تصمیم، منصفانه بودن و صحت در تبدیل و ادغام قضاوت‌های فردی به قضاوت‌های گروهی، منصفانه بودن وزندهی به اعضای گروه تصمیم‌گیرنده، سهیم کردن سایر گروه‌های ذینفع در مسئله تصمیم، تعمیم

مدل‌سازی: بیان شاخص‌ها و گزینه‌ها

در این مطالعه از روش‌های SAW، TOPSIS، Composite programming و ELECTRE به منظور رتبه‌بندی، و هم‌چنین از روش DEA به منظور اندازه‌گیری میزان کارایی مدل‌های جبرانی MADM استفاده شده است. یکی از جنبه‌های مشترک متدهای MADM نیاز به ماتریس تصمیم می‌باشد. ماتریس تصمیم با تعریف شاخص‌ها و گزینه‌های تصمیم تشکیل خواهد شد. در این مقاله شاخص‌ها مترادف با ستانده‌ها و گزینه‌ها نیز مترادف با واحدهای تصمیم‌گیرنده در روش DEA می‌باشد.

با مرور ادبیات تحقیق تعداد ۲۵ شاخص در انتخاب و ارزیابی مدل‌های جبرانی MADM شناسایی و انتخاب گردید. سپس با طراحی پرسشنامه از نظرات متخصصین که در زمینه تصمیم‌گیری چند معیاره دارای مقالات، تالیفات و پروژه‌های تحقیقاتی بودند در انتخاب مهم‌ترین شاخص‌ها استفاده شد. (امتیازات بین ۱۰-۱ بوده، ۱ بیانگر کمترین اهمیت و ۱۰ بیانگر بیشترین اهمیت). بر این اساس سیزده شاخص به عنوان مهم‌ترین شاخص‌ها در ارزیابی مدل‌های جبرانی MADM انتخاب گردیده است (جدول ۱).

جدول ۱ به خوبی بیان می‌کند که متخصصین تحقیق در عملیات بر این باورند که توانایی حل مسایل دنیای واقعی و نیز توانایی حل مسایلی با داده‌های غیر کمی مهم‌ترین شاخص‌های انتخاب یک مدل کمی تصمیم‌گیری است. دلیل این امر آن است که مسایل دنیای واقعی از نظر میزان پیچیدگی، اندازه و نوع داده‌های مرتبط به گونه‌ای است که فقط پاره‌ای از روش‌های با قابلیت‌های منحصر به فرد توانایی مواجهه با آن را دارا هستند.

از میان متدهای جبرانی MADM، ۲۰ متد انتخاب شده است (این متدها به عنوان گزینه‌های تصمیم‌مورد استفاده واقع می‌شوند). در انتخاب این متدها سعی شده است مهم‌ترین، کاربردی‌ترین و نیز ترکیبی از متدهای قطعی و فازی انتخاب شود. آشنایی و شناخت محققین

ریاضی و علمی متد، قابلیت کاربرد در مسائل با جنبه‌های کمی و غیرکمی، قابلیت بکارگیری از نظر جنبه‌های روانی- فیزیکی، قابلیت کاربرد با وجود دیدگاه‌های متعارض و اعتبار در پیش بینی را در انتخاب مدل مناسب دخیل دانسته است. [۱۸]

تریانتافیلو (Triantaphyllou) در بررسی متدهای MCDM عنوان می‌کند که متد مناسب بایستی به گونه‌ای باشد که با حذف یک گزینه غیر بهینه از مجموعه گزینه‌ها، جواب بهینه بدون تغییر بماند و هم چنین متد مناسب باید قابلیت بکارگیری در مسایل ناهمگون (از نظر شاخص‌ها) را داشته باشد. [۳]

با بررسی مقالات و کارهای انجام شده در زمینه مقایسه، ارزیابی و سنجش میزان کارایی مدل‌های MADM مشخص می‌شود که به طور عام مطالعات بسیار محدودی انجام شده است و به شکل خاص در کشورمان هیچ گونه مطالعه گزارش شده‌ای وجود ندارد. با این حال مطالعات انجام شده نیز دارای نواقصی هستند که می‌توان به مهم‌ترین آنها اشاره کرد:

متدهای مورد مطالعه بر اساس زمینه تصمیم‌گیری خاصی مورد ارزیابی واقع شده‌اند و نتیجه‌گیری‌ها بر اساس ویژگی ذاتی و وجودی متدها نیست.

در هر یک از این بررسی‌ها غالباً تعداد محدودی از متدها مورد مطالعه قرار گرفته است.

در ارزیابی متدها بر اساس شاخص‌های در نظر گرفته شده عمدتاً از امتیازدهی کمی استفاده شده است در حالی که شاخص‌های در نظر گرفته شده کیفی هستند. در بررسی متدها کمتر از نظر خبرگان و متخصصین تحقیق در عملیات استفاده شده است.

و در نهایت اینکه متد مورد استفاده در شناسایی تکنیک برتر از میان متدهای MCDM انتخاب شده است. همانطوری که ذکر شد متدهای کمی تصمیم‌گیری برای یک مسئله خاص عموماً جواب‌هایی متفاوت ارائه می‌کنند. چنانچه از متد یا متدهای دیگری در شناسایی تکنیک برتر استفاده شود لزوماً جواب مشابهی حاصل نخواهد شد.

جدول ۱. شاخص‌های منتخب در ارزیابی مدل‌ها

ردیف	شاخص	امتیاز	اختصار
۱	توانایی حل مسائل دنیای واقعی	۹/۵	A۱
۲	توانایی مواجهه با مسائلی که داده‌های غیر کمی دارند	۹/۳	A۲
۳	قابلیت اعتماد نتایج	۹/۲	A۳
۴	مفید بودن نتایج برای تصمیم‌گیرنده	۹/۱	A۴
۵	رتبه‌بندی کامل گزینه‌ها	۸/۶	A۵
۶	توانایی بکارگیری در تصمیم‌گیری گروهی	۸/۳	A۶
۷	رتبه‌بندی و تعیین وزن معیارهای مسئله	۸/۲	A۷
۸	توانایی حل مسایل چند سطحی	۸/۱	A۸
۹	توانایی حل مسائل با سایز بزرگ	۸/۱	A۹
۱۰	توانایی پیش‌بینی گزینه برتر	۸	A۱۰
۱۱	سهولت استفاده user friendly	۷/۷	A۱۱
۱۲	امکان تحلیل حساسیت برای مدل	۷/۵	A۱۲
۱۳	توانایی مقایسه گزینه‌ها با گزینه برتر	۷/۴	A۱۳

جدول ۳: اعداد فازی و متغیرهای کلامی منتخب

متد
Saw [۱۹]
روش مجموع وزنی رده‌بندی شده (Hierarchical additive weighting method) [۱۹]
Permutation [۱۹]
LINMAP (Linear programming for multidimensional analysis of preference) [۱۹]
TOPSIS [۱۹]
MRS (Marginal rate of substitution of attributes) [۱۹]
ELECTRE [۱۵]
LAM (Linear assignment method) [۱۵]
MEDIAN Ranking method [۱۹]
WPM (Weighted product method) [۱]
Composite Programming [۱]
Fuzzy TOPSIS [۲۰]
PROMETHEE I [۲۱]
PROMETHEE II [۲۱]
Yager model [۲۲]
Bonisson Method [۲۲]
AHP
Fuzzy AHP [۲۳]
Fuzzy LINMAP [۲۴ و ۱۰]
Fuzzy based Method [۲۵]

جدول ۲. متدهای جبرانی منتخب

اختصار	متغیر کلامی	عدد فازی
VL	خیلی پایین	(۰/۱ و ۰/۰)
L	پایین	(۰/۳ و ۱/۰)
ML	متوسط پایین	(۰/۵ و ۳/۱)
M	متوسط	(۰/۷ و ۵/۳)
MH	متوسط بالا	(۰/۹ و ۷/۵)
H	بالا	(۰/۹ و ۱/۷)
VH	خیلی بالا	(۱ و ۹/۱)

با این تکنیک‌ها نیز در انتخاب متدهای مورد نظر مؤثر بوده است. (جدول ۲)

با تعریف شاخص‌ها و گزینه‌های تصمیم و سپس تشکیل ماتریس تصمیم، از خبرگان و متخصصین تحقیق در عملیات به منظور ارزیابی متدها بر اساس شاخص‌های منتخب استفاده شده است. به دلیل کیفی بودن شاخص‌های سیزده گانه از متغیرهای کلامی در مقایسه و ارزیابی متدها استفاده شده است [۲۰] (جدول ۳).

تجزیه و تحلیل

مورد استفاده واقع نشد. در ارزیابی متدهای مورد بررسی از متغیرهای کلامی و به تبع آن از اعداد فازی (مثالی) استفاده شده است. پس از جمع‌آوری داده‌ها نسبت به قطعی‌سازی این داده‌ها اقدام گردید. (جدول ۴ و ۵)

با توجه به این که هدف اصلی تحقیق حاضر رتبه‌بندی و مقایسه متدهای تصمیم‌گیری چند شاخصه می‌باشد، به منظور تجزیه و تحلیل داده‌ها ابتدا از روش آنتروپی شانون برای تعیین وزن شاخص‌ها و سپس جهت رتبه‌بندی متدها از روش‌های SAW، TOPSIS، Composite programming و ELECTRE که از روش‌های جبرانی تصمیم‌گیری چند شاخصه می‌باشند استفاده گردیده است.

در این بررسی با تهیه پرسشنامه‌ای تلاش شد که متخصصین تحقیق در عملیات ۲۰ روش در نظر گرفته شده را بر اساس شاخص‌های مشخص شده مورد ارزیابی قرار دهند. به منظور در دسترس بودن مجموعه‌ای جامع از روش‌های مورد مطالعه و با هدف ارتقاء کیفیت پاسخگویی، بسته‌ای حاوی الگوریتم و مثال‌هایی از بکارگیری روش‌های مورد مطالعه تهیه و به پاسخ‌دهندگان ارایه شد. از میان ۲۱ پرسشنامه توزیع شده تعداد ۱۳ پرسشنامه گردآوری و مورد بررسی واقع شد. از آنجا که ۲ پرسشنامه گردآوری شده فاقد دقت لازم بودند این پرسشنامه‌ها در تجزیه و تحلیل‌های نهایی

جدول ۴. داده‌های قطعی‌سازی شده حاصل از پاسخ خیرگان

متدها	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	A13
۱	۰/۶۶۷	۰/۳۹۴	۰/۵۹	۰/۵۳	۰/۶۶	۰/۵۴	۰/۱۷	۰/۲۱	۰/۶۲	۰/۶۶	۰/۹۷	۰/۳۲	۰/۷۳
۲	۰/۶۶۷	۰/۳۹۴	۰/۵۶	۰/۴۹	۰/۶۷	۰/۴۸	۰/۲۳	۰/۳۲	۰/۵	۰/۶۴	۰/۸۹	۰/۳۵	۰/۵۱
۳	۰/۵	۰/۸۱۱	۰/۶۹	۰/۶۹	۰/۶۹	۰/۳۵	۰/۲۴	۰/۲۷	۰/۳۳	۰/۶۹	۰/۴۳	۰/۰۸	۰/۵
۴	۰/۵۳۳	۰/۶۸۹	۰/۸۲	۰/۷۲	۰/۵۸	۰/۳۹	۰/۸۴	۰/۲۲	۰/۴۲	۰/۶۷	۰/۳۳	۰/۲۷	۰/۵۱
۵	۰/۷۶۷	۰/۵۸۹	۰/۸۶	۰/۸۱	۰/۷۸	۰/۵۹	۰/۵۱	۰/۳۹	۰/۶۳	۰/۷۴	۰/۶۱	۰/۳۳	۰/۷۸
۶	۰/۶۲۲	۰/۵۲۸	۰/۶۹	۰/۷۵	۰/۵۶	۰/۴۱	۰/۳۶	۰/۳	۰/۴۴	۰/۶۴	۰/۳۹	۰/۱۷	۰/۵۷
۷	۰/۵۷۸	۰/۷۰۶	۰/۷۵	۰/۷۲	۰/۶۳	۰/۵	۰/۵۵	۰/۳۳	۰/۵۳	۰/۴۷	۰/۳۶	۰/۲۳	۰/۴۷
۸	۰/۶۸۳	۰/۷۱۷	۰/۴۷	۰/۵۹	۰/۶	۰/۴۴	۰/۳۹	۰/۳	۰/۵۷	۰/۶۲	۰/۵۷	۰/۴۱	۰/۳۸
۹	۰/۶۲۲	۰/۶۲۲	۰/۴۴	۰/۴۷	۰/۵۸	۰/۳۳	۰/۳	۰/۲۷	۰/۳۹	۰/۶۲	۰/۶۴	۰/۳۶	۰/۳۱
۱۰	۰/۵۹۴	۰/۳۶۱	۰/۴۹	۰/۵۱	۰/۵۱	۰/۳۸	۰/۴۱	۰/۳	۰/۴۸	۰/۵۶	۰/۷۷	۰/۲۵	۰/۴۴
۱۱	۰/۶۷۲	۰/۴۳۹	۰/۷۲	۰/۷۲	۰/۷۲	۰/۳۲	۰/۳۲	۰/۳	۰/۶۶	۰/۶۱	۰/۵۷	۰/۳	۰/۶۹
۱۲	۰/۸۴۴	۰/۹۱۷	۰/۸	۰/۸۴	۰/۹۲	۰/۷۱	۰/۴۴	۰/۵۲	۰/۶	۰/۷۸	۰/۵۶	۰/۱۹	۰/۷۲
۱۳	۰/۶۸۹	۰/۵۶۱	۰/۶	۰/۵	۰/۷۲	۰/۵۴	۰/۳۹	۰/۳۷	۰/۵۶	۰/۷۴	۰/۵۵	۰/۳۳	۰/۴۷
۱۴	۰/۶۸۹	۰/۵۹۴	۰/۶	۰/۵	۰/۷۲	۰/۵۴	۰/۴۳	۰/۴۱	۰/۵۶	۰/۷۴	۰/۵۵	۰/۳۶	۰/۵۱
۱۵	۰/۶۷۲	۰/۸۱۷	۰/۶۹	۰/۶۴	۰/۷۸	۰/۷۹	۰/۴۶	۰/۴۵	۰/۴۵	۰/۶۲	۰/۶۴	۰/۲۷	۰/۷۹
۱۶	۰/۷۳۳	۰/۸۱۱	۰/۴۷	۰/۵۱	۰/۶۲	۰/۵۴	۰/۴۶	۰/۲۷	۰/۳۶	۰/۵۶	۰/۶۱	۰/۲	۰/۵۳
۱۷	۰/۹۳۳	۰/۹۵	۰/۸۶	۰/۹۲	۰/۸۶	۰/۹۱	۰/۷۹	۰/۹۳	۰/۵۲	۰/۷۲	۰/۶۸	۰/۴۹	۰/۸۱
۱۸	۰/۹۶۷	۰/۹۶۷	۰/۸۴	۰/۸۴	۰/۹۲	۰/۸۶	۰/۷۸	۰/۹۳	۰/۴۶	۰/۷۲	۰/۴۹	۰/۴۳	۰/۸۴
۱۹	۰/۶۸۹	۰/۸۳۹	۰/۸	۰/۸۹	۰/۷۹	۰/۵۹	۰/۶۲	۰/۳۳	۰/۳۹	۰/۵۹	۰/۲۳	۰/۳	۰/۷۶
۲۰	۰/۸۶۱	۰/۹۱۷	۰/۷۴	۰/۷۵	۰/۸۳	۰/۵۲	۰/۴۷	۰/۴۳	۰/۴۲	۰/۶۶	۰/۵۶	۰/۳۷	۰/۶۱

جدول ۵. تحلیل شاخص‌ها

نام	کمینه	بیشینه	میانگین	انحراف استاندارد
a1	۰/۵	۰/۹۶۶۷	۰/۶۹۹۲	۰/۱۲۰۱
a2	۰/۳۶۱۱	۰/۹۶۶۷	۰/۶۸۱۱	۰/۱۹۰۶
a3	۰/۴۳۸۹	۰/۸۵۵۶	۰/۶۷۳۳	۰/۱۳۵
a4	۰/۴۷۲۲	۰/۹۱۶۷	۰/۶۶۹۷	۰/۱۴۴۴
a5	۰/۵۰۵۶	۰/۹۱۶۷	۰/۷۰۵	۰/۱۱۵۶
a6	۰/۳۱۶۷	۰/۹۰۵۶	۰/۵۳۷۲	۰/۱۶۴۶
a7	۰/۱۷۲۲	۰/۸۳۸۹	۰/۴۵۸۳	۰/۱۷۹۵
a8	۰/۲۰۵۶	۰/۹۳۳۳	۰/۳۹۲۲	۰/۱۹۵۸
a9	۰/۳۳۳۳	۰/۶۵۵۶	۰/۴۹۵	۰/۰۹۲۴
a10	۰/۴۷۲۲	۰/۷۷۷۸	۰/۶۵۲۲	۰/۰۷۳۶
a11	۰/۲۳۳۳	۰/۹۶۶۷	۰/۵۶۹۴	۰/۱۷۳۴
a12	۰/۰۸۳۳	۰/۴۹۴۴	۰/۳۰۰۸	۰/۰۹۴۵
a13	۰/۳۱۱۱	۰/۸۴۴۴	۰/۵۹۶۹	۰/۱۵۳۴

شاخص‌ها

جدول ۴ نشان دهنده موارد زیر است که:

- متد ELECTRE از نظر قابلیت اعتماد نتایج ایده‌آل بوده اما به لحاظ تحلیل حساسیت مدل دارای ضعف است.

- متد SAW از نظر سهولت استفاده ایده‌آل بوده اما در رتبه‌بندی و تعیین وزن معیارهای مسئله دارای ضعف است.

- متد LAM از نظر توانایی حل مسائل با داده‌های غیر کمی ایده‌آل بوده اما در حل مسائل چند سطحی دارای ضعف است.

- متد مجموع وزنی رده‌بندی شده از نظر سهولت استفاده ایده‌آل بوده اما در رتبه‌بندی و تعیین وزن معیارهای مسئله دارای ضعف است.

- متد Median ranking method از نظر سهولت استفاده ایده‌آل بوده اما در حل مسائل چند سطحی دارای ضعف است.

- متد permutation از نظر توانایی حل مسائل با داده‌های غیر کمی ایده‌آل بوده اما به لحاظ تحلیل حساسیت مدل دارای ضعف است.

- متد WPM از نظر سهولت استفاده ایده‌آل بوده اما به لحاظ تحلیل حساسیت مدل دارای ضعف است.

- متد LINMAP از نظر رتبه‌بندی و تعیین وزن معیارهای مسئله ایده‌آل بوده اما در حل مسائل چند سطحی دارای ضعف است.

- متد composite programming از نظر قابلیت اعتماد نتایج، مفید بودن نتایج و رتبه‌بندی کامل گزینه‌ها ایده‌آل بوده اما به لحاظ تحلیل حساسیت مدل و حل مسائل چند سطحی دارای ضعف است.

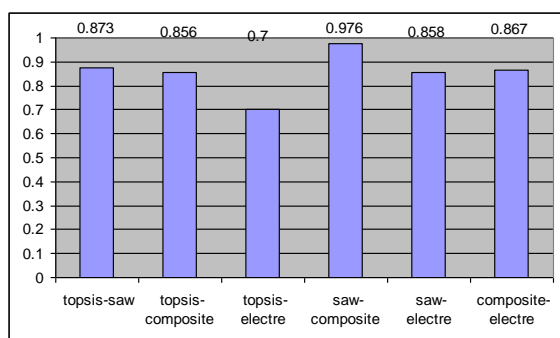
- متد TOPSIS از نظر قابلیت اعتماد نتایج ایده‌آل بوده اما به لحاظ تحلیل حساسیت مدل دارای ضعف است.

- متد fuzzy TOPSIS از نظر حل مسائلی با داده‌های غیرکمی و رتبه‌بندی کامل گزینه‌ها ایده‌آل بوده اما به لحاظ تحلیل حساسیت مدل دارای ضعف است.

- متد MRS از نظر مفید بودن نتایج ایده‌آل بوده اما به لحاظ تحلیل حساسیت مدل دارای ضعف است.

با گردآوری داده‌ها و تعیین وزن شاخص‌های تصمیم، بر اساس روش‌های SAW، TOPSIS، Composite programming و ELECTRE نسبت به تحلیل داده‌ها و رتبه‌بندی گزینه‌های تصمیم اقدام شد. بر این اساس روش‌های AHP، Fuzzy AHP، Fuzzy TOPSIS، به ترتیب به عنوان بهترین و روش‌های Permutation، Median Ranking، Method و MRS به عنوان ضعیف‌ترین روش‌ها به شمار می‌آیند. (جدول ۷)

با بررسی نتایج و رتبه‌بندی‌های ارائه شده توسط روش‌های SAW، TOPSIS، Composite programming، و ELECTRE مشخص می‌شود که این نتایج به میزان بسیار زیادی با یکدیگر همگرایی دارند. برای اندازه‌گیری میزان مشابهت و همگونی رتبه‌بندی‌های حاصل روش‌های فوق و به دلیل ترتیبی بودن داده‌های جدول فوق از ضریب همبستگی رتبه‌ای اسپیرمن استفاده شده است. بر این اساس میزان همبستگی در بین نتایج حاصل از روش‌های TOPSIS – SAW و TOPSIS – Composite Programming و SAW – ELECTRE و Composite Programming – ELECTRE و Composite Programming و ELECTRE به ترتیب برابر ۸۷۳٪ - ۸۵۶٪ - ۷۰٪ - ۹۷۶٪ - ۸۵۸٪ - ۸۶۷٪ می‌باشد. (شکل ۲).



شکل ۲. میزان همبستگی (اسپیرمن) بین نتایج روش‌های ارزیابی کننده

جدول ۶: وزن شاخص‌های تصمیم

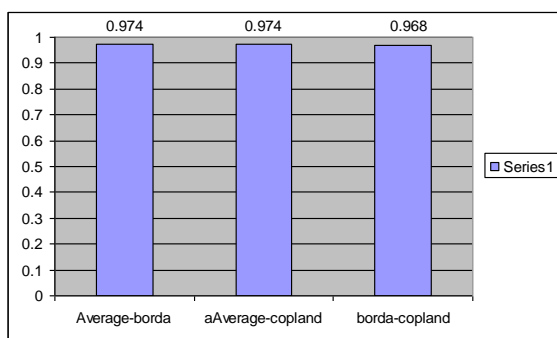
متدها	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	A13
wj	۰/۰۲۹	۰/۰۸۵	۰/۰۴۴	۰/۰۴۹	۰/۰۲۸	۰/۰۹۲	۰/۱۵۶	۰/۲۱۱	۰/۰۳۷	۰/۰۱۴	۰/۰۹۹	۰/۱۱۲	۰/۰۷۰۷

- متد PROMETHEE1 از نظر توانایی پیش بینی گزینه برتر ایده‌آل بوده اما به لحاظ تحلیل حساسیت مدل دارای ضعف است.
 - متد PROMETHEE2 از نظر توانایی پیش بینی گزینه برتر ایده‌آل بوده اما به لحاظ تحلیل حساسیت مدل دارای ضعف است.
 - متد Yager از نظر توانایی حل مسائل با داده‌های غیر کمی ایده‌آل بوده اما به لحاظ تحلیل حساسیت مدل دارای ضعف است.
 - متد Bonisson از نظر توانایی حل مسائل با داده‌های غیر کمی ایده‌آل بوده اما به لحاظ تحلیل حساسیت مدل دارای ضعف است.
 - متد AHP از نظر توانایی حل مسائل با داده‌های غیر کمی ایده‌آل بوده اما به لحاظ تحلیل حساسیت مدل دارای ضعف است.
 - متد fuzzy AHP از نظر توانایی حل مسائل با داده‌های غیر کمی و حل مسائل دنیای واقعی ایده‌آل بوده اما به لحاظ تحلیل حساسیت مدل دارای ضعف است.
 - متد fuzzy LINMAP از نظر مفید بودن نتایج ایده‌آل بوده اما به لحاظ سهولت استفاده دارای ضعف است.
 - متد fuzzy based از نظر توانایی حل مسائل با داده‌های غیر کمی ایده‌آل بوده اما به لحاظ تحلیل حساسیت مدل دارای ضعف است.

بدیهی است که شاخص‌های تصمیم مسئله حاضر لزوماً از درجه اهمیت یکسانی برخوردار نیستند. لذا از روش آنترپی شانون برای وزن دهی شاخص‌های سیزده گانه استفاده شده است. که حاصل آن در جدول (۶) آمده است. از میان شاخص‌های منتخب توانایی حل مسایل چند سطحی، رتبه‌بندی و تعیین وزن معیارهای مسئله دارای بیشترین وزن و میزان اهمیت هستند (جدول ۶).

جدول ۷. رتبه‌بندی روش‌های جبرانی تصمیم‌گیری چند شاخه

Copeland	Borda	Averag	ELECTRE	Composite programming	SAW	TOPSIS	متد
۱۳	۱۱	۱۴	۱۵	۱۴	۱۵	۹	saw
۱۴	۱۲	۱۵	۱۷	۱۵	۱۴	۱۰	رده‌بندی شده
۱۸	۱۶	۲۰	۱۶	۲۰	۲۰	۱۹	permutation
۸	۷	۸	۱۰	۹	۹	۴	LINMAP
۵	۵	۶	۶	۴	۵	۸	TOPSIS
۱۶	۱۴	۱۸	۱۱	۱۷	۱۸	۲۰	MRS
۹	۸	۱۰	۱۲	۱۰	۱۰	۱۲	ELECTRE
۱۲	۱۰	۱۲	۱۰	۱۲	۱۳	۱۵	LAM
۱۷	۱۵	۱۹	۱۵	۱۹	۱۹	۱۸	Ranking method Median
۱۵	۱۳	۱۷	۱۳	۱۸	۱۷	۱۴	WPM
۱۴	۱۲	۱۶	۱۱	۱۳	۱۶	۱۷	Composite Prog.
۳	۳	۳	۳	۳	۳	۳	F.TOPSIS
۱۰	۸	۱۱	۱۰	۱۱	۱۱	۱۶	PROMETHEE1
۷	۷	۹	۸	۸	۸	۱۱	PROMETHEE2
۴	۴	۴	۷	۵	۴	۵	YAGER
۱۱	۹	۱۳	۱۰	۱۶	۱۲	۱۳	Bonissone
۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	AHP
۲	۲	۲	۱	۲	۲	۲	F.AHP
۶	۶	۷	۸	۷	۷	۶	F.LINMAP
۵	۵	۵	۲	۶	۶	۷	F.based.m



شکل ۳. میزان همبستگی (اسپیرمن) بین روش‌های ترکیبی

هم‌چنین روش‌های SAW، روش مجموع وزنی رده‌بندی شده، Composite Programming، WPM، MRS، Median Ranking Method و Permutation دارای رتبه‌های ۱۴ تا ۲۰ هستند.

وجود تفاوت در رتبه‌بندی روش‌های مورد مطالعه باعث می‌شود که به سادگی نتوان نتیجه‌گیری و رتبه‌بندی جامع و کاملی را از چهار روش بکار گرفته شده به دست آورد. بدین منظور از روش‌های Average، Copeland و Borda با هدف ترکیب و ادغام نتایج حاصل از روش‌های به کار گرفته شده استفاده شده است [۲۶].

این سه روش در ادغام و ترکیب نتایج به دست آمده به میزان بسیار زیادی نتایج مشابهی را ارائه کرده‌اند. در شکل ۳ میزان همبستگی در بین نتایج این روش‌ها آورده شده است.

بر اساس جواب‌های ارایه شده توسط روش‌های ترکیبی، روش‌های Yager، Fuzzy TOPSIS، Fuzzy AHP، Fuzzy LINMAP، TOPSIS، Fuzzy based Method AHP رتبه‌های اول تا هفتم را دارا هستند.

روش DEA و دیدگاه خبرگان دو حد بالا برابر با ۰/۳ و ۰/۲ و نیز حد پایین برابر با ۰/۰۵ تعریف و سپس مدل یک بار دیگر حل گردید. جدول‌های ۹ و ۱۰ نتایج حل مدل تعدیل شده را نشان می‌دهند.

جدول ۸: کارایی متدها بدون قید حد بالا و پایین برای وزن شاخص‌ها

Efficiency	نام
٪۱۰۰	SAW
٪۹۸/۳۲	رده‌بندی شده
٪۸۸/۵۷	permutation
٪۱۰۰	LINMAP
٪۱۰۰	TOPSIS
٪۸۵/۳۴	MRS
٪۹۱/۱۹	ELECTRE
٪۹۸/۹۱	LAM
٪۸۷/۴۸	Median Ranking
٪۹۱/۲۷	WPM
٪۱۰۰	Composite Prog.
٪۱۰۰	Fuzzy TOPSIS
٪۹۸/۷۱	PROMETHEE1
٪۹۹/۵۶	PROMETHEE2
٪۹۷/۴۷	yager
٪۸۷/۲۷	bonisson
٪۱۰۰	AHP
٪۱۰۰	Fuzzy AHP
٪۹۶/۹۷	Fuzzy LINMAP
٪۹۵/۶۳	Fuzzy based

با مقایسه نتایج ارزیابی شده در جدول‌های ۹ و ۱۰ مشخص است که میزان همبستگی بسیار زیادی در بین رتبه‌بندی‌های به‌دست آمده وجود دارد و ضریب همبستگی به دست آمده با کمک نرم‌افزار SPSS در بین این دو رتبه‌بندی بیش از ۹۷ درصد می‌باشد.

به‌منظور تعیین کارایی متدهای مورد بررسی، داده‌های قطعی‌سازی شده بر اساس روش تحلیل پوششی داده‌ها مورد بررسی قرار گرفت. در بررسی حاضر ۲۰ DMU و ۱۳ ستانده وجود دارد. به عبارتی قصد داریم کارایی واحدهای تصمیم‌گیرنده را صرفاً بر اساس ستانده‌های آنها مورد تحلیل قرار دهیم.

در این تحقیق با در نظر گرفتن شاخص‌های فوق به عنوان ستانده و بدون در نظر گرفتن نهاده‌ای سعی در اندازه‌گیری کارایی مدل‌های جبرانی MADM داریم. در نظر گرفتن مدل CCR برای مسائلی که فاقد ستانده و یا فاقد نهاده باشند بدون معنی خواهد بود. مدل BCC برای مسائلی که فاقد ستانده یا فاقد نهاده هستند دارای خروجی مشابهی با مدل BCC همان مسئله است، اگر یک ستانده یا نهاده ثابت برای مسئله فرض شود و خروجی مدل BCC با یک ستانده و یا نهاده ثابت با مدل CCR با یک ستانده و نهاده ثابت مشابه خواهد بود. [۲۷] به عبارتی می‌توان بیان کرد که در بررسی حاضر نتایج حاصل از بکارگیری مدل BCC، بدون در نظر گرفتن نهاده و بکارگیری مدل BCC، با در نظر گرفتن یک نهاده ثابت و بکارگیری مدل CCR با در نظر گرفتن یک نهاده ثابت نتایج مشابهی به دنبال خواهد داشت. بر این اساس میزان کارایی متدهای جبرانی مورد مطالعه بر اساس مدل‌های BCC بدون نهاده، BCC با یک نهاده ثابت و CCR با یک نهاده ثابت در جدول ۸ آورده شده است.

نتایج حاصل از جدول ۸ نتوانسته است رتبه‌بندی کاملی از متدهای مورد مطالعه ارائه کند. در ضمن به دلیل وجود حد پایین برابر با صفر برای وزن شاخص‌های مسئله، حل مدل DEA باعث تخصیص وزنی برابر با صفر برای غالب ستانده‌های مسئله گردید. و پذیرش و اعتبار نتیجه حاصله را خدشه‌دار می‌نماید در جدول‌های ۱ و ۶ مشاهده گردید که این شاخص‌ها به عنوان مهم‌ترین شاخص‌های انتخاب شده توسط خبرگان دارای وزن و درجه اهمیت می‌باشند. لذا به منظور جلوگیری از ایجاد تناقض در بین وزن‌دهی حاصل از

جدول ۱۰. نتایج مدل تعدیل شده (حد بالای ۰/۳ و حد پایین ۰/۰۵)

Rank	Efficiency	نام
۴	٪۹۱/۴	SAW
۹	٪۸۳/۳۳	رده‌بندی شده
۱۵	٪۷۵/۶۴	permutation
۸	٪۸۳/۹	LINMAP
۳	٪۹۳/۹۸	TOPSIS
۱۷	٪۷۴/۶	MRS
۱۴	٪۷۶/۷۹	ELECTRE
۱۳	٪۷۸/۱۴	LAM
۱۹	٪۷۰/۵۳	Median Ranking
۱۸	٪۷۱/۷۶	WPM
۱۱	٪۸۱/۹۳	Composite Prog.
۲	٪۹۷/۴۹	Fuzzy TOPSIS
۱۲	٪۸۱/۹۱	PROMETHEE1
۱۰	٪۸۲/۶۷	PROMETHEE2
۶	٪۸۶/۶۸	yager
۱۶	٪۷۵/۴۹	bonisson
۱	٪۱۰۰	AHP
۱	٪۱۰۰	Fuzzy AHP
۷	٪۸۶/۲۵	Fuzzy LINMAP
۵	٪۸۷/۴۴	Fuzzy based

نتیجه‌گیری

متمدهای ترکیبی بکار گرفته شده نشان می‌دهد که در میان روش‌هایی مورد بررسی، روش‌های AHP، Fuzzy AHP، Fuzzy TOPSIS، مدل یاگر و Fuzzy based method بهترین و روش‌های Permutation، Median Ranking، Method و MRS ضعیف‌ترین روش‌ها به شمار می‌آیند. بر اساس روش DEA نیز روش‌های fuzzy TOPSIS، fuzzy AHP، AHP، TOPSIS کاراترین روش و MRS و Median ranking method ناکاراترین روش شناخته شده است. با مطالعه روش‌های برتر می‌توان نتیجه گرفت که غالب آن‌ها روش‌هایی هستند که دارای مبنائی مبتنی بر رویکرد

جدول ۹. نتایج مدل تعدیل شده (حد بالای ۰/۲ و حد پایین ۰/۰۵)

Rank	Efficiency	نام
۷	٪۸۳/۲۶	SAW
۱۲	٪۷۶/۰۷	رده‌بندی شده
۱۶	٪۷۱/۲۶	permutation
۹	٪۷۸/۷۷	LINMAP
۳	٪۹۱/۲۶	TOPSIS
۱۷	٪۷۰/۰۸	MRS
۱۴	٪۷۳/۱۹	ELECTRE
۱۳	٪۷۴/۱۹	LAM
۱۸	٪۶۴/۹۹	Median Ranking
۱۹	٪۶۴/۵۷	WPM
۸	٪۷۹/۷	Composite Prog.
۲	٪۹۴/۷۴	Fuzzy TOPSIS
۱۱	٪۷۶/۲۳	PROMETHEE1
۱۰	٪۷۷/۵۷	PROMETHEE2
۶	٪۸۵/۲۷	yager
۱۵	٪۷۱/۸۴	bonisson
۱	٪۱۰۰	AHP
۱	٪۱۰۰	Fuzzy AHP
۵	٪۸۵/۳۵	Fuzzy LINMAP
۴	٪۸۶/۳۹	Fuzzy based

بر اساس روش DEA روش‌های fuzzy TOPSIS، fuzzy AHP، AHP، TOPSIS در رتبه‌های اول تا چهارم قرار گرفته و دارای بیشترین میزان کارایی هستند (یک دلیل برای رجحان AHP بر fuzzy AHP آن است که AHP برای ۱۹ واحد تصمیم‌گیرنده مرجع بوده اما fuzzy AHP تنها ۳ بار مرجع بوده است). هم‌چنین روش‌های WPM، MRS، median ranking، در رتبه‌های پایانی جای گرفته و دارای کمترین میزان کارایی هستند.

3. Triantaphyllou.E. (2000) Multi-Criteria Decision Making:A Comparative Study” KLUWER Academic Publishers.
4. Zanakis,S.H, Solomon,A., Wishart,N., Dublsh,S. (1998), Multi-Attribute Decision Making:A Simulation Comparison of Selected Methods, European Journal Of Operational Research, Vol.107, 507-529.
5. Al-Shemmeri. T, Al-Kloub. Bashar, Pearman.A, (1997) Model Choice in Multicriteria Decision Aid. European Journal Of Operational Research, Vol.97, 550-560.
6. Teclé.A, (1988) Choice of Multicriteria Decision Making Techniques For Watershed Management, Ph.D. Dissertation, the University Of Arizona.
7. De Montis.A,De Toro.P, Frank.B.D, Omann.I,Stagl.S (2000) Criteria For quality assessment of MCDA Methods. Biennial Conference of the European Society for Ecological Economics,Vienna.
8. Rolander.N, Ceci.A, Matthieu.B. (2004) A Framework for MCDM Method Selection. Georgia Institute of Technology.
9. <http://www.library.unsw.edu.au/~thesis/adt-NUN/uploads/approved/adt-NUN20040818.094936/public/04chapter3.pdf>. MULTI CRITERIA DECISION MAKING.
10. Xia.H.C, Li.D.F,Zhou.J.Y. (2006) Fuzzy LINMAP method for multiattribute decision making under Fuzzy environments” Journal Of Computer and System Science ,Vol.72, 741-759.
11. Hobbs.B.F,Horn.G.T.F. (1997) Building Public Confidence in Energy Planning:a multimethod MCDM approach to demand –side planning at BC gas, Energy.Policy,Vol. 357-375.
12. Gershon.M.E,Duckstein.L. (1983) Multiobjective Approach To River Basin Planning. Journal Of Water Resource Planning,Vol.109, 89-102.
13. Voogd,H. (1983) Multicriteria Evaluation For Urban and Regional Planning. Pion,London.
14. Deason.J. (1984) A Multi-Objective Decision Support System For Water Project Portfolio Selection. Ph.D. Dissertation,University Of Virginia.
15. Hwang.C and Yoon.K. (1981) Multiple Attribute Decision Making Methods And Applications: A state Of the Art Survey, Verlag,New York.
16. Evans.G. (1984), An Overview Of Techniques For Solving Multi –Objective Mathematical Problems. Management Science,Vol.30,No.6, 1268-1282.

فازی هستند. این متدها به مقدار کمی از مبنای ریاضی محض و محاسباتی گام به گام برخوردار هستند. این امر بیانگر آن است که به دلیل حاکمیت ابهام، عدم قطعیت و عدم اطمینان در فضای تصمیم‌گیری‌های واقعی، روش‌های فازی به خوبی قابلیت و توانایی تحلیل و بررسی چنین محیط‌های نادقیق و پرابهامی را دارا هستند. فضاهای واقعی تصمیم‌عمدتاً فضائی کیفی است بنابراین متدهایی از بیشترین جذابیت برخوردار است که در تبدیل ارزیابی‌های نا دقیق و ذهنی به تحلیل‌های کمی تصمیم‌گیرندگان را یاری دهد. از طرف دیگر می‌توان بیان کرد که روش‌هایی که به میزان بیشتری مستلزم تعامل و مشارکت تصمیم‌گیرندگان هستند دارای جایگاه و رتبه بالاتری در میان سایر روش‌ها هستند. به نظر می‌رسد مشارکت و تعامل بیشتر تصمیم‌گیرندگان در مقبولیت و امکان پیاده‌سازی روش‌های کمی تصمیم‌گیری حائز اهمیت است. در نهایت اینکه این روش‌ها نه تنها مستلزم تعامل و مداخله فعالانه تصمیم‌گیرندگان می‌باشد بلکه به میزان بسیار زیادی کاربران و متخصصین بکار گیرنده روش را نیز به مداخله و تعامل فعالانه وادار خواهند کرد. در مقابل روش‌هایی که در این ارزیابی دارای عملکردی ضعیف می‌باشند، عمدتاً دارای فرم سخت (Hard) بوده و کمترین نیاز به تعامل با تصمیم‌گیرندگان را دارا هستند و نیز کاربران به این روش‌ها بیشتر به عنوان یک جعبه سیاه (Black box) می‌نگرند، روش‌هایی که به وضوح مشخص نیست که در درون آن طی چه مراحل و اتفاقاتی برای مسائل، جواب‌هایی ارائه می‌شود.

منابع

1. Triantaphylloy. E, Shu.B, Sanchez.S.N, Ray.T. (1998) Multi-Criteria Decision Making:An Operations Research Approach. Encyclopedia Of Electrical and Electronics Engineering, John Wiley & Sons, New York ,Vol.15, 175-18.
2. Cho.K.T. (2003) Multicriteria Decision Method:An Attempt To Evaluate and unify. Matematical and Computer Modeling ,Vol.37, 1099-1119.

23. Chang.D.Y (1996) Fuzzy Analatic Hierarchy Process; Extend Analysis Method. Fuzzy Sets and System, Vol.12, 43-51.
24. Li.D.F, Yang.J.B (2004) Fuzzy Linear Programming Technique For Multiattribute group decisionmaking in fuzzy environments. Information Science, Vol.158, 263-275.
25. Yang.T, Chen.M.C, Hung.C.C. (2006) Multiple Attribute decision making Methods for the dynamic operator allocation problem. Mathematics and Computers in Simulation, In Press, Corrected Proof, Available online 23 May.
۲۶. مؤمنی. منصور (۱۳۸۵) مباحث نوین در تحقیق در عملیات. انتشارات دانشکده مدیریت دانشگاه تهران.
27. Lovell.C.A ,Pastor.J.T. (1999) Radial DEA models without inputs or without outputs. European journal of operational research ,Vol.118, 46-51.
17. Gershon.M. (1981) Model Choice in Multi-Objective Decision Making in Natural Resource System. Ph.D. Dissertation, University Of Arizona.
18. Peniwati.K (1999) The Possibility Theorem For Group Decision Making: The Analytic Hierarchy Process, P.h.D. Thesis, University Of Pittsburgh , Pa.
۱۹. اصغرپور.محمد جواد (۱۳۸۳) تصمیم‌گیری چند معیاره، انتشارات دانشگاه تهران، چاپ سوم.
20. Chen.C.T. (2000) Extensions Of The TOPSIS For group decision –making under fuzzy environment. Fuzzy Sets and Systems,Vol.114, 1-9.
21. Olson.D.L. (2001) Compromison Of Three Multicriteria Methods To Predict Known Outcomes. European Journal Of Operational Research,Vol.130, 576-587.
۲۲. آذر، عادل، فرجی، حجت (۱۳۸۰) علم مدیریت فازی. تهران: نشر اجتماع.