

معرفی و بکارگیری روش تصمیم‌گیری چندشاخصه «آرسته» جهت رتبه‌بندی پژوهشکده‌های تحقیقاتی

نویسندگان: مریم محامدپور^{۱*} و عزت‌ا... اصغری‌زاده^۲

۱. کارشناس ارشد مدیریت صنعتی دانشگاه تهران

۲. عضو هیات علمی دانشگاه تهران

*Email: mamohamedpour@gmail.com

چکیده

این مقاله با هدف معرفی و بکارگیری روش تصمیم‌گیری چندشاخصه «آرسته» با رویکردی اروپایی و مبتنی بر ساختار ترجیحی و روابط برتری بوده و به رتبه‌بندی پژوهشکده‌های مرکز تحقیقات مخابرات ایران می‌پردازد. بدین منظور ابتدا با کسب نظر از مدیران و خبرگان مرکز شاخص‌های ارزیابی‌کننده مناسبی استخراج می‌شود. سپس با گردآوری داده‌ها از ۵ پژوهشکده این مرکز، ماتریس تصمیم‌گیری تشکیل و برآن اساس از روش آنتروپی شانون برای محاسبه اوزان استفاده می‌شود. با به‌دست‌آمدن وزن شاخص‌ها و ماتریس تصمیم‌گیری، با روش چندشاخصه آرسته رتبه‌بندی پژوهشکده‌های تحقیقاتی انجام می‌شود. در این روش شاخص‌ها و گزینه‌ها پس از تشکیل ساختارهای ترجیحی خود، توسط یکی از حالت‌های برآورد فاصله، از مبدا فرضی تعیین فاصله شده و فواصل مشخص شده با کمک روش میانگین رتبه‌های بس‌سون رتبه‌بندی مطلق می‌شوند. در پایان نیز جمع‌بندی و نتیجه‌گیری در مورد رتبه نهایی پژوهشکده‌ها انجام شده و نتایج رتبه‌بندی پژوهشکده‌ها توسط یک روش تصمیم‌گیری چندشاخصه دیگر برای مقایسه با نتایج به‌دست‌آمده از روش آرسته ارائه می‌شود.

کلید واژه‌ها: تصمیم‌گیری با شاخص‌های چندگانه، روش آرسته، رتبه‌بندی، روش آنتروپی شانون

دانشور

رئیس

مدیریت و پیشرفت

Management and Achievement

• دریافت مقاله: ۸۶/۲/۱۷

• پذیرش مقاله: ۸۷/۶/۳

Scientific-Research Journal
of Shahed University
Seventeenth Year No.44
Dec. Jan 2010-11

دوماهنامه علمی-پژوهشی
دانشگاه شاهد
سال هفدهم - دوره جدید
شماره ۴۴
دی ۱۳۸۹

مقدمه

به طور کلی مسایل تصمیم‌گیری با شاخص‌های چندگانه متشکل از مجموعه‌ای از گزینه‌ها (مجموعه الف) و مجموعه‌ای از شاخص‌ها (مجموعه ب) می‌باشند، تا انواع مختلف حالت‌های زیر را مورد بررسی قرار دهند:

۱- معرفی زیرمجموعه‌ای از الف که با توجه به ب

بهترین باشد (مساله انتخاب):

۲- تقسیم مجموعه الف به چند زیر مجموعه بر اساس یک قانون مشخص (مساله مرتب کردن)؛

۳- رتبه‌بندی مجموعه الف از بهترین تا بدترین گزینه (مساله رتبه‌بندی).

با بررسی سابقه رتبه‌بندی در جهان، با موسسات

روش‌شناسی تحقیق

به منظور دستیابی به مدلی برای ارزیابی و رتبه‌بندی پژوهشکده‌های مرکز تحقیقات مخابرات ایران و با توجه به وجود تفاوت میان این پژوهشکده‌ها در برخی موارد، به شاخص‌ها و ابزارهای مناسبی نیاز است. در این راستا پاسخگویی به سؤالاتی از قبیل "شاخص‌های مناسب برای رتبه‌بندی پژوهشکده‌های مرکز تحقیقات مخابرات کدامند؟"، "اولویت‌بندی این شاخص‌ها چگونه است؟" و "رتبه‌بندی پژوهشکده‌های مرکز تحقیقات مخابرات ایران چگونه است؟" در جهت تحقق اهداف تحقیق ضروری است. بدین منظور از ۱۳ شاخص ارزیابی عملکرد متناسب با این مرکز تحقیقاتی استفاده شده است. این شاخص‌ها پس طی غربال‌گری‌های اولیه با استفاده از نظرسنجی و ارسال و توزیع پرسشنامه میان ۳۵ نفر از خبرگان و مدیران ارشد مرکز تحقیقات نهایی شدند که به شرح زیر است [۲]:

۱. درصد پروژه‌های خاتمه‌یافته در چارچوب بودجه و زمان به کل پروژه‌های پژوهشکده؛
۲. درصد پروژه‌هایی که به بهره‌برداری رسیده به کل پروژه‌های خاتمه‌یافته پژوهشکده؛
۳. درصد پروژه‌های مرتبط با ماموریت پژوهشکده به کل پروژه‌های آن؛
۴. درصد هزینه‌های انجام تحقیقات به کل بودجه مصوب پژوهشکده؛
۵. درصد بودجه پروژه‌های کاربردی به کل بودجه پروژه‌ها؛
۶. متوسط زمان تاخیر در تحویل پروژه‌ها؛
۷. درصد رشد سالانه انجام تایید نمونه یا ارائه استاندارد؛
۸. متوسط زمان بررسی یک طرح پیشنهادی ارجاعی در پژوهشکده؛
۹. درصد تعداد مقالات حاصل از پروژه‌های انجام شده به تعداد پرسنل پژوهشکده؛
۱۰. درصد پژوهشگران دارای تحصیلات فوق لیسانس و دکتری به کل پژوهشگران در پژوهشکده؛

معتبر رتبه‌بندی‌کننده‌ای مواجه می‌شویم که دارای شاخص‌های مختلفی بوده و به گونه‌ای خاص رتبه‌بندی می‌کنند. این موسسات با در نظر گرفتن حوزه‌های مشخص برای ارزیابی، شاخص‌های مربوطه را استخراج و بر آن اساس با استفاده از ابزارهای موجود رتبه‌بندی انجام می‌دهند. از طرفی در ادبیات موضوع روش‌های تصمیم‌گیری با شاخص‌های چندگانه، به دو دسته کلی رویکرد اروپایی (فرانسوی) و رویکرد آمریکایی تقسیم می‌شوند. رویکردهای اروپایی مبتنی بر روابط برتری بر روی شاخص‌ها و گزینه‌ها بوده که برخی از آنها عبارتند از الکتیره (Elimination Et Choice Translating (ELECTRE))، پرومته (Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluation (PROMETHEE)) و آرسته؛ در حالی که در رویکرد آمریکایی، توابع مطلوبیت وزن‌دهی شده و بر آن اساس مسایل تصمیم‌گیری با شاخص‌های چندگانه حل می‌شوند که تعدادی از آنها عبارتند از: فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی (Analytical Hierarchy Process (AHP))، مجموع وزین ساده (Simple Additive Weighting Method (SAW)) و روش مطلوبیت چندشاخصه (Multi Attribute Utility Theory (MAUT)) [۱].

مرکز تحقیقات مخابرات ایران به عنوان یک سازمان پژوهش‌محور به مدلی برای رتبه‌بندی پژوهشکده‌های خود نیاز دارد تا از یک طرف آنها را بهتر ارزیابی کرده و از طرف دیگر فضایی رقابتی برای واحدهای زیر مجموعه فراهم آورد. در این مقاله با معرفی یکی از روش‌های تصمیم‌گیری با شاخص‌های چندگانه، آرسته، و بکارگیری آن برای رتبه‌بندی پژوهشکده‌های مرکز تحقیقات مخابرات ایران، توانایی آن را به عنوان یک روش مناسب برای رتبه‌بندی به معرض نمایش قرار می‌دهیم. بدین منظور پس از ذکر مقدمه، در بخش دوم، روش تحقیق بیان شده و مبانی روش تصمیم‌گیری با شاخص‌های چندگانه آرسته در بخش سوم ارائه می‌شود. در ادامه به منظور پیاده‌سازی این روش برای مرکز، در بخش چهارم روش وزن‌دهی تشریح و رتبه‌بندی پژوهشکده‌ها با آرسته در بخش پنجم انجام می‌گردد.

می شود [۲].

رویکرد تصمیم گیری چند شاخصه آرسته

اگر در یک مساله تصمیم گیری چندشاخصه که هدف رتبه بندی m گزینه براساس k شاخص باشد، برای هر یک از شاخص ها یک ترتیب ضعیف (Weak Order) روی مجموعه گزینه ها تعریف نموده و اهمیت نسبی (وزن) هر شاخص نیز با یک ترتیب ضعیف دیگر بیان گردد؛ مبانی اولیه یکی از روش های فرارتابه ای (Outranking) تصمیم گیری با شاخص های چندگانه، آرسته، پیاده سازی شده است. این روش ابزاری را فراهم می کند که قادر است در نهایت گزینه های تصمیم را به طور کامل رتبه بندی نموده و تعارضات میان گزینه ها را بیان نماید [۳].

در سال ۱۹۷۹ میلادی و در کنفرانسی که در زمینه مباحث تصمیم گیری های چند شاخصه صورت گرفت؛ پروفیسور روبنز (Marc Robbins) استاد دانشگاه پلی تکنیک بلژیک برای نخستین بار ایده خود را در زمینه "روش رتبه بندی مجموع برای مقایسه ارزیابی های ترتیبی گزینه ها بر اساس شاخص ها" به عنوان یک روش تصمیم گیری چندشاخصه جدید که اختصاراً آرسته نام گرفت، ارائه داد. او سعی داشت با کمک آرسته از الزام عملی موجود در روش الکتراه برای تعیین وزن شاخص ها جلوگیری نماید. روبنز بعدها را نیز، ایده خود را در دو مقاله دیگر تشریح نمود. در سال ۱۹۸۰ در اولین مقاله که به طور محدود انتشار یافت، به طور خلاصه به معرفی و توضیح مراحل کلی این روش

y_{11} . درصد اعضای هیات علمی پژوهشکده به کل پرسنل آن؛

y_{12} . میانگین تحصیلات پرسنل پژوهشکده؛

y_{13} . درصد نیروهای پژوهشی با تخصص مرتبط در پژوهشکده به کل.

گزینه های تصمیم در این تحقیق پژوهشکده ها می- باشند که داده های مربوط به شاخص های ۱۳ گانه در هر یک از پژوهشکده های زیر به منظور تشکیل ماتریس تصمیم گردآوری شدند:

(a) - پژوهشکده امنیت فناوری اطلاعات و ارتباطات، (b) - پژوهشکده فناوری اطلاعات، (c) - مرکز نخبگان فناوری اطلاعات و ارتباطات، (d) - پژوهشکده فناوری ارتباطات (e) - پژوهشکده پست سپس مقدار هر یک از شاخص ها در گزینه ها از طریق پرسشنامه گردآوری شده و ماتریس تصمیم گیری تشکیل شد (جدول ۱).

شایان ذکر است بدلیل اینکه در این مقاله از تحلیل های آماری استفاده نمی شود، نیازی به تعیین جامعه و نمونه آماری به معنای خاص آماری آن وجود نداشته اما در جمع آوری داده های مربوط به شاخص ها و گزینه ها از قضاوت تعدادی از خبرگان و کارشناسان و مدیران مرکز تحقیقات مخابرات ایران (به میزان محدود) استفاده شده که از آنها می توان به عنوان جامعه آماری به معنای عام یاد کرد. سپس از داده های ماتریس تصمیم گیری، برای دستیابی به وزن شاخص ها با روش وزن دهی آنتروپی شانون و برای رتبه بندی پژوهشکده ها توسط روش تصمیم گیری چندشاخصه "آرسته" استفاده

جدول ۱. ماتریس تصمیم گیری

شاخص -	y_1	y_2	y_3	y_4	y_5	y_6	y_7	y_8	y_9	y_{10}	y_{11}	y_{12}	y_{13}
گزینه	درصد	درصد	درصد	درصد	درصد	ماه	درصد	ماه	درصد	درصد	درصد	تحصیلات	درصد
گزینه	۳۵	۳۰	۱۰۰	۳۰	۷۷	۴	۵۰	۱/۵	۲۵	۸۵	۱۰	۴	۸۰
b	۲۰	۹۰	۱۰۰	۷۰	۷۰	۲	۱۰۰	۱	۵۰	۵۶	۱۵	۴	۷۵
c	۳۵	۸۰	۱۰۰	۴۸	۲۳	۱/۵	۰	۱	۳۱	۴۰	۸	۳	۹۰
d	۴۰	۳۰	۱۰۰	۸۰	۹۰	۳	۱۰۰	۲	۹۰	۶۵	۳۶	۴	۹۰
e	۳۷	۳۰	۱۰۰	۶۰	۵۵	۲	۰	۱	۳۵	۵۰	۵	۳	۵۶

پرداخت و سپس در سال ۱۹۸۲ در مقاله دیگری که آن را در مجله معتبری (European Journal of Operational Research) به چاپ رساند، به‌طور کامل اقدام به تشریح آرسته نموده و در قالب یک مطالعه موردی، مساله‌ای واقعی را حل کرد. وی در معرفی روش ابداعی خود چنین می‌گوید: "A" را مجموعه‌ای محدود از گزینه‌های ممکن برای ارزیابی توسط تعدادی شاخص در نظر می‌گیریم. این روش فرارته‌ای با در نظر گرفتن ترجیحات تصمیم‌گیرنده توسط هر شاخص یک ترتیب ضعیف بر روی A به‌وجود آورده و در بین شاخص‌ها نیز رابطه‌ای شبه ترتیب (Semi-order) حاصل می‌کند. علی‌رغم وجود روش‌های مختلفی برای ساختن روابط فرارته‌ای مبتنی بر وزن شاخص‌ها مانند الکتراه؛ تفاوت روش ما به جایگزین شدن اطلاعات مربوط به وزن‌ها با روابط شبه‌ترتیب است [۴].

اگر مجموعه "الف" را یک مجموعه محدود از m گزینه در نظر بگیریم؛ این گزینه‌ها توسط مجموعه "ب" حاوی k شاخص تحلیل می‌گردند. بر مبنای روش "آرسته" مراحل زیر جهت تحلیل مجموعه "الف" و دستیابی به رتبه‌بندی گزینه‌ها بر اساس مجموعه "ب" انجام می‌شود [۳، ۴، ۵]:

ایجاد ساختارهای ترجیحی مجزا بر روی مجموعه شاخص‌ها و گزینه‌ها؛ در آرسته اهمیت نسبی هر شاخص با اوزان آنها داده نشده، بلکه با ایجاد ساختاری ترجیحی بر روی مجموعه شاخص‌های "ب" که با عنوان ترتیب ضعیف تعریف می‌شوند، ارائه می‌گردد. این ساختار ترجیح به صورت رابطه‌های کامل و انتقالی و مجموعه روابط P و I بیان شده‌است. رابطه P ترجیح و رابطه I بی تفاوتی میان شاخص‌ها را نشان می‌دهد. همچنین ساختارهای ترجیحی مجزایی با مشخصات ساختار ترجیحی فوق، بر روی مجموعه "الف" و بر اساس هریک از شاخص‌های $j=1, \dots, k$ تعریف می‌شود. بدین ترتیب ساختار ترجیحی اول بر اساس اهمیت نسبی شاخص‌ها نسبت به هم به‌وجود آمده و ساختارهای ترجیحی دوم نیز بر روی مجموعه گزینه‌ها از نظر

تک تک شاخص‌ها حاصل می‌شوند [۳، ۴، ۵].

تعیین رتبه‌بندی اولیه بر روی مجموعه شاخص‌ها و گزینه‌ها با روش میانگین رتبه‌های بس سون (Besson): پس از تشکیل دو نوع ساختار ترجیحی، رتبه‌بندی اولیه بر اساس این ساختارها و با روش میانگین رتبه‌های بس سون می‌باشد. بدین منظور با مراجعه به ساختار ترجیحی و ترتیب اعضای آن، به تمام شاخص‌ها یا گزینه‌ها اعداد ۱ تا k برابر با تعداد شاخص‌ها و یا ۱ تا m برابر با تعداد گزینه‌ها، اختصاص می‌یابد. سپس از بیشترین و کمترین عدد اختصاص یافته که دارای رابطه I هستند، میانگین‌گیری بعمل می‌آید. به عنوان مثال اگر ترتیب شاخص n ام، ۱ و ترتیب شاخص k ام، ۲ و هر دو در سطح ترجیحی یکسانی باشند، رتبه میانگین برای هریک از آنها به قرار زیر محاسبه می‌گردد:

$$\frac{1+2}{2} = 1.5$$

این بدان معناست که به جای اختصاص رتبه‌های ۱ و ۲ به دو شاخص مذکور، به هر دو رتبه ۱/۵ داده شده و بنابراین با این روش اولویت‌ها به رتبه‌ها تبدیل می‌شوند. برای اختصار رتبه به‌دست آمده برای شاخص‌ها را با r_k و رتبه به‌دست آمده برای هر گزینه در هر شاخص را با $r_k(m)$ نمایش می‌دهیم [۳، ۴، ۵].

برآورد (Projection) فواصل $d(0, m_k)$ بر روی مجموعه شاخص‌ها و گزینه‌ها با کمک یکی از حالت‌های برآورد فواصل؛ در روش آرسته، انجام برآورد بر بکارگیری ماتریسی فرضی با نام ماتریس موقعیت (Position-matrix) استوار است که در هر ستون این ماتریس، بر اساس شاخص‌ها گزینه‌های تصمیم از بهترین به بدترین رتبه‌بندی و ستون‌ها نیز خود بر مبنای رتبه شاخص‌ها مرتب شده‌اند. شکل ۱ نمونه‌ای از ماتریس موقعیت را نشان می‌دهد.

با تصویر کردن اعضای ماتریس حاصل بر قطر اصلی آن، موقعیت‌های بهتر در سمت چپ این خط (قطر اصلی) و موقعیت‌های بدتر در سمت راست آن تصویر می‌گردند. سپس یک مبداء صفر در منتهی الیه سمت چپ این خط و تمامی تصاویر ایجاد شده در نظر گرفته و

برای دستیابی به شرایط عمومی تر رابطه ۵ به شکل زیر تغییر می یابد:

$$d^n(0, m_k) = \sqrt[n]{r_k^R + r_k(m)^R} \quad (6)$$

که در نهایت اگر اوزان نرمال شده α و $(1-\alpha)$ اضافه شود، رابطه ۷ حاصل می شود:

$$d^n(0, m_k) = \sqrt[n]{\alpha \cdot r_k^R + (1-\alpha) \cdot r_k(m)^R} \quad (7)$$

در این راستا با توجه به برخی از مقادیر R، فاصله dB صورت زیر تعریف می شود [۴].

$R = 1 \rightarrow d^n$: میانگین حسابی موزون

$R = -1 \rightarrow d^n$: میانگین هندسی

$R = 2 \rightarrow d^n$: میانگین مربعات

$R = -\infty \rightarrow d^n$: $\min(r_k, r_k(m))$

$R = +\infty \rightarrow d^n$: $\max(r_k, r_k(m))$

انجام رتبه بندی مطلق $R(m_k)$ بر روی فواصل برآورد شده با کمک روش میانگین رتبه های بس سون؛ با تعیین فاصله تصاویر تک تک اعضای ماتریس موقعیت از مبدا از طریق یکی از حالت های فوق، رتبه بندی مطلق فواصل انجام می شود. به طور کلی انتخاب هریک از حالت های فوق و یا مقادیر مختلف R برای تصویر کردن و تعیین فواصل $d(0, m_k)$ تنها با هدف تأثیر گذاری بر موقعیت آنها نسبت به هم بوده و از آنجاکه مقدار دقیق $d(0, m_k)$ در روش "ارسته" اهمیت ندارد؛ در ادامه کار فواصل با کمک روش میانگین رتبه های بس سون رتبه بندی شده و بدین ترتیب مساله دوباره به ماهیت ترتیبی آن بازگشت داده می شود.

نتیجه این رتبه بندی برابر با اختصاص رتبه حاصل شده از روش بس سون به فواصل $d(0, m_k)$ به صورت $R(m_k)$ است به نحوی که به عنوان مثال داشته باشیم:

$$R(a_1) \leq R(a_2) \quad \text{if} \quad d(0, a_1) \leq d(0, a_2) \quad (8)$$

رتبه های به دست آمده، رتبه های مطلق نامیده شده و همگی در محدوده زیر واقع می شوند:

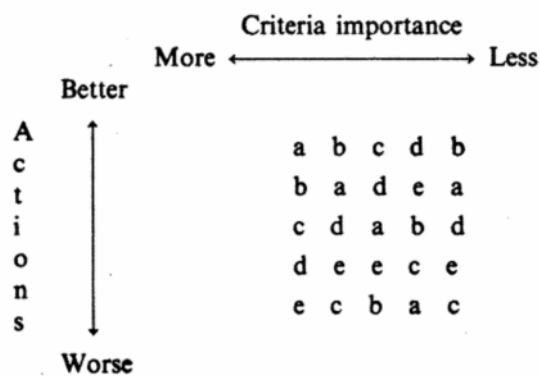
$$1 \leq R(m_k) \leq m \quad (9)$$

m تعداد گزینه ها و k تعداد شاخص ها و $R(m_k)$ رتبه های مطلق هستند.

فواصل این تصاویر از مبدا صفر که با $d(0, m_k)$ نشان داده شده، تعیین می شوند به طوریکه داریم:

$$(1) \quad \text{if} \quad a P_k b \quad \text{then} \quad d(0, a_k) < d(0, b_k)$$

$$(2) \quad \text{if} \quad r_1(a) = r_2(b) \quad \text{and} \quad 1P2 \quad \text{then} \quad d(0, a) < d(0, b)$$



شکل ۱. نمونه ای از ماتریس موقعیت [۳]

عمل برآورد فواصل $d(0, m_k)$ که مفهوم آن در فوق بیان گردید؛ به حالت های مختلفی انجام می شود که عبارتند از: مستقیم خطی، غیرمستقیم خطی، غیرخطی؛ در ادامه به معرفی این حالت ها می پردازیم [۴]:

الف) مستقیم خطی: در این حالت به منظور انجام برآورد فاصله $d(0, m_k)$ از $r_k(m)$ و r_k برای گزینه m در شاخص k از رابطه زیر پیروی می کنیم:

$$d(0, m_k) = \frac{1}{2} [r_k + r_k(m)] \quad (3)$$

$d(0, m_k)$ برآورد فاصله، r_k رتبه به دست آمده برای شاخص ها و $r_k(m)$ رتبه به دست آمده برای هر گزینه در هر شاخص را نشان می دهد.

ب) برآورد غیر مستقیم خطی: در این حالت فواصل تصاویر از نقطه مبدا به صورت زیر محاسبه می شوند:

$$d'(0, m_k) = \alpha r_k + (1-\alpha) r_k(m) \quad (4)$$

در رابطه فوق α به عنوان ضریب اضافه می شود.

ج) برآورد غیرخطی: در حالت تصویر کردن غیرخطی جهت تعیین فاصله تصاویر از مبدا مورد نظر از رابطه زیر استفاده می شود:

$$d''(0, m_k) = \sqrt[n]{r_k^2 + r_k(m)^2} \quad (5)$$

روش آرسته به طور مستقل صورت می‌پذیرد. روش آنتروپی در نظریه‌ی اطلاعات، یک معیار عدم اطمینان است که قابل بکارگیری برای دو تا n گزینه رقیب بوده و تعداد گزینه‌ها عامل تأثیرگذاری بر قابلیت اطمینان آن نخواهد بود.

آنتروپی در تئوری اطلاعات معیاری برای مقدار عدم اطمینان بیان شده توسط توزیع احتمال گسسته P_i بوده که این عدم اطمینان در صورت پخش بودن (broad) توزیع بیشتر از موردی است که توزیع فراوانی تیزتر باشد. در این راستا، ابتدا P_{ij} برای تمامی شاخص‌ها حاصل می‌شود [۶، ۷]:

$$P_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sum_{i=1}^m a_{ij}} \quad (11)$$

a_{ij} عناصر ماتریس تصمیم‌گیری بوده و بدین ترتیب نرمال می‌شوند. به عنوان مثال خواهیم داشت:

$$p_{11} = \frac{35}{167} = 0.21$$

آنتروپی شاخص j ام (E_j) برای تمام شاخص‌ها از رابطه (۱۲) و با دانستن $k = \frac{1}{\ln(5)} = 0.621$ ، محاسبه می‌شود:

$$E_j = -k \sum_{i=1}^m [p_{ij} \ln p_{ij}] \quad (12)$$

k مقداری ثابت است و به منظور این که E_i بین صفر و یک باشد، اعمال می‌شود. برای نمونه در شاخص اول داریم:

$$E_1 = -0.621 \left[0.21 \cdot \ln(0.21) + 0.12 \cdot \ln(0.12) + 0.21 \cdot \ln(0.21) + 0.24 \cdot \ln(0.24) + 0.22 \cdot \ln(0.22) \right] = 0.986$$

سپس مقدار (d_j) یا عدم اطمینان و نیز مقدار وزن (w_j) برای شاخص‌ها مطابق با روابط ۱۳ و ۱۴ به دست می‌آید؛

$$d_j = 1 - E_j \quad (13)$$

$$w_j = \frac{d_j}{\sum_{j=1}^n d_j} \quad (14)$$

جمع‌بندی رتبه‌بندی‌های مطلق حاصل شده برای هر یک از گزینه‌ها نسبت به تمام شاخص‌ها؛ پس از محاسبه و تعیین کلیه رتبه‌های مطلق، مجموع رتبه‌های مطلق برای تمام گزینه‌ها نسبت به هر یک از شاخص‌ها به طور جداگانه به دست آورده می‌شود؛ یعنی برای هر گزینه‌ای مانند m ، رابطه زیر جمع‌بندی نهایی را ارائه می‌دهد:

$$R(m) = \sum_{k=1}^k R(m_k) \quad (10)$$

تعیین گزینه برتر با توجه به مجموع رتبه‌ها برای هر گزینه؛ بدین ترتیب یک ساختار ترتیبی افزایشی بر اساس $R(m)$ و با در نظر گرفتن روابط زیر تعریف - شود:

$$\begin{aligned} \text{if } R(a) < R(b) & \text{ then } a P b \\ \text{if } R(a) = R(b) & \text{ then } a I b \end{aligned}$$

به نحوی که گزینه‌ای که $R(m)$ مربوطه آن کوچکتر باشد، مناسب‌تر بوده و رتبه بهتری بدان اختصاص می‌یابد؛ یعنی گزینه‌ای گزینه برتر است که مجموع رتبه‌های مطلق آن در همه شاخص‌ها، از سایر گزینه‌ها کمتر باشد [۳، ۴، ۵].

وزن‌دهی شاخص‌ها به روش آنتروپی شانون

برای بکارگیری روش آرسته به وزن شاخص‌های ارزیابی‌کننده نیاز بوده و بنابراین استفاده از یکی از روش‌های وزن‌دهی ضروری به نظر می‌رسد. با توجه به اینکه برای رتبه‌بندی پژوهشکده‌های مرکز تحقیقات به تشکیل ماتریس تصمیم‌گیری و گردآوری داده از ۵ گزینه (پژوهشکده) موجود در میان ۱۳ شاخص ارزیابی‌کننده پرداختیم؛ لذا وقتی که داده‌های یک ماتریس تصمیم‌گیری به طور کامل مشخص شده باشد، می‌توان از روش آنتروپی شانون برای ارزیابی وزن‌ها استفاده کرد. در واقع فلسفه بکارگیری روش آنتروپی - شانون در این مرحله تعیین وزن برای ۱۳ شاخص با کمک داده‌های حاضر در ماتریس تصمیم‌گیری می‌باشد و تعداد گزینه‌های تصمیم تأثیری بر روی نتایج نهایی نخواهد گذاشت؛ زیرا رتبه‌بندی پژوهشکده‌ها بر اساس

شاخص‌ها و گزینه‌ها؛ همانگونه که پیشتر بیان شد، به منظور رتبه‌بندی با روش اُرسنه، نخست باید دو نوع ساختار ترجیحی از مجموعه شاخص‌ها و گزینه‌ها تشکیل گردد. جهت ایجاد ساختار ترجیحی برای شاخص‌ها از اوزان به‌دست آمده استفاده و با توضیحات بخش ۱-۳ ساختار ترجیحی به‌دست می‌آید؛ با توجه به اینکه وزن شاخص ۱۱ از سایر شاخص‌ها بیشتر است در صدر ساختار ترجیحی قرار گرفته و سایر شاخص‌ها با کاهش وزن مرتب می‌شوند. در مواردی که وزن شاخص‌ها با یکدیگر برابر است مثل شاخص‌های ۲ و ۵، رابطه I برقرار می‌شود. ساختار ترجیحی بر روی شاخص‌ها به شرح زیر است:

$$y_{11} P y_7 P y_2 I y_5 P y_4 I y_6 I y_{10} P y_9 P y_1 I y_8 I y_{12} I y_{13} P y_3$$

به طریق مشابه، برای مجموعه گزینه‌ها و براساس تک تک شاخص‌ها و با بهره‌گیری از داده‌های ماتریس تصمیم‌گیری ساختار ترجیحی ایجاد می‌شود. به عنوان مثال براساس شاخص اول، گزینه d از بالاترین مقدار و ترجیح برخوردار بوده و بین گزینه‌های c و a بی‌تفاوتی یا ترجیح یکسان وجود دارد که این امر به دلیل یکسان بودن مقادیر آنها در ماتریس تصمیم‌گیری است. ساختارهای زیر بر روی مجموعه گزینه‌ها تشکیل می‌شود:

(d_j) میزان انحراف از اطلاعات به‌دست آمده بوده و مقدار آن متمم E_j یا میزان آنتروپی می‌باشد. نتایج در شاخص اول بدین صورت است:

$$d_1 = 1 - 0.986 = 0.014$$

$$w_1 = \frac{0.014}{0.84} = 0.017$$

در نهایت وزن‌های اصلاح شده w'_j ، از میانگین موزون مقادیر w_j محاسبه گردیده که در آن بردار (λ) ، اوزان اختصاص یافته به شاخص‌ها از طرف مدیران است [۶، ۷].

$$w'_j = \frac{\lambda_j w_j}{\sum_{j=1}^n \lambda_j w_j} \rightarrow w'_1 = \frac{0.001}{0.063} = 0.016$$

سایر نتایج در جدول ۲ خلاصه شده است.

بکارگیری روش اُرسنه برای رتبه‌بندی پژوهشکده‌های تحقیقاتی

در این بخش، پس از گردآوری داده‌ها از پژوهشکده‌های تحقیقاتی به عنوان گزینه‌های تصمیم مدل و نیز پس از به‌دست آمدن وزن شاخص‌های وزندهی به روش آنتروپی شانون، می‌توان از روش اُرسنه برای رتبه‌بندی پژوهشکده‌ها استفاده کرد که مراحل ذکر شده در بخش سه به شرح زیر اجرا می‌شوند:

ایجاد ساختارهای ترجیحی مجزا بر روی مجموعه

جدول ۲. وزن شاخص‌های تصمیم‌گیری با استفاده از روش آنتروپی و قضاوت مدیران

y_{13}	y_{12}	y_{11}	y_{10}	y_9	y_8	y_7	y_6	y_5	y_4	y_3	y_2	y_1	
۰,۹۹۲	۰,۹۹۴	۰,۸۵	۰,۹۸	۰,۹۲۹	۰,۹۷۳	۰,۶۵۵	۰,۹۶۲	۰,۹۵۲	۰,۹۷	۱	۰,۹۱۷	۰,۹۸۶	E_j
۰,۰۰۸	۰,۰۰۶	۰,۱۵	۰,۰۲	۰,۰۷۱	۰,۰۲۷	۰,۳۴۵	۰,۰۳۸	۰,۰۴۸	۰,۰۳	۰	۰,۰۸۳	۰,۰۱۴	d_j
۰,۰۱	۰,۰۰۷	۰,۱۷۹	۰,۰۲۴	۰,۰۸۵	۰,۰۳۲	۰,۴۱	۰,۰۴۵	۰,۰۵۷	۰,۰۳۶	۰	۰,۰۹۹	۰,۰۱۷	w_j
۰,۰۰۱	۰,۰۰۱	۰,۰۲۸	۰,۰۰۳	۰,۰۰۲	۰,۰۰۱	۰,۰۱۲	۰,۰۰۳	۰,۰۰۴	۰,۰۰۳	۰	۰,۰۰۴	۰,۰۰۱	$\lambda_j w_j$
۰,۰۱۶	۰,۰۱۶	۰,۴۴۴	۰,۰۴۸	۰,۰۳۲	۰,۰۱۶	۰,۱۹	۰,۰۴۸	۰,۰۶۳	۰,۰۴۸	۰	۰,۰۶۳	۰,۰۱۶	w'_j

$$y_4 \Rightarrow d P b P e P c P a$$

$$y_5 \Rightarrow d P a P b P e P c$$

$$y_1 \Rightarrow d P e P a I c P b$$

$$y_2 \Rightarrow b P c P a I d I e$$

$$y_3 \Rightarrow a I b I c I d I e$$

اولیه شاخص‌ها (r_k)، به ساختار ترجیحی مراجعه و به شاخص ۱۱ با بیشترین ترجیح رتبه یک و به همین ترتیب به شاخص‌هایی با ترجیح پایینتر رتبه‌های بعدی اختصاص می‌یابد. در مورد شاخص‌هایی که ترجیح یکسان دارند مانند شاخص‌های ۲ و ۵ رتبه اختصاص یافته با روش بس‌سون یکسان می‌شود. بنابراین برای شاخص‌ها، رتبه‌های اولیه به شرح زیر به دست می‌آید. عملیات فوق برای گزینه‌ها نیز انجام می‌شود، مثلاً بر اساس شاخص اول، چون گزینه d نسبت به سایر گزینه‌ها ترجیح دارد، رتبه یک گرفته و سایر گزینه‌ها به تناسب موقعیتشان در ساختار ترجیحی رتبه‌بندی می‌شوند. خلاصه محاسبات در جدول (۳) نشان داده شده است.

$$y_6 \Rightarrow c P b I e P d P a$$

$$y_7 \Rightarrow b I d P a P c I e$$

$$y_8 \Rightarrow b I c I e P a P d$$

$$y_9 \Rightarrow d P b P e P c P a$$

$$y_{10} \Rightarrow a P d P b P e P c$$

$$y_{11} \Rightarrow d P b P a P c P e$$

$$y_{12} \Rightarrow a I b I d P c I e$$

$$y_{13} \Rightarrow c I d P a P b P e$$

تعیین رتبه‌بندی اولیه بر روی مجموعه شاخص‌ها و گزینه‌ها با روش میانگین رتبه‌های بس‌سون؛ با داشتن روابط و ساختارهای فوق و از طریق روش میانگین رتبه‌های بس‌سون، رتبه‌بندی اولیه مجموعه شاخص‌ها و گزینه‌ها محاسبه می‌گردد. برای به دست آوردن رتبه‌بندی

جدول ۳. رتبه‌بندی اولیه گزینه‌ها بر مبنای تک‌تک شاخص‌ها $r_k(m)$

y_{13}	y_{12}	y_{11}	y_{10}	y_9	y_8	y_7	y_6	y_5	y_4	y_3	y_2	y_1	
۳	۲	۳	۱	۵	۴	۳	۵	۲	۵	۳	۴	۳,۵	a
۴	۲	۲	۳	۲	۲	۱,۵	۲,۵	۳	۲	۳	۱	۵	b
۱,۵	۴,۵	۴	۵	۴	۲	۴,۵	۱	۵	۴	۳	۲	۳,۵	c
۱,۵	۲	۱	۲	۱	۵	۱,۵	۴	۱	۱	۳	۴	۱	d
۵	۴,۵	۵	۴	۳	۲	۴,۵	۲,۵	۴	۳	۳	۴	۲	e

رتبه شاخص‌ها r_k و رتبه گزینه‌ها در هر شاخص $r_k(m)$ محاسبه و حاصل به عنوان مقدار فاصله از نقطه مبدا برای هر یک از گزینه‌ها نسبت به هر یک از شاخص‌ها نشان داده می‌شود. به عنوان مثال فواصل گزینه‌ها در شاخص اول از مبدا به صورت زیر برآورد می‌شوند:

$$d(0, a_1) = \frac{[r_1 + r_1(a)]}{2} = \frac{10.5 + 3.5}{2} = 7$$

$$d(0, c_1) = \frac{[r_1 + r_1(c)]}{2} = \frac{10.5 + 3.5}{2} = 7$$

$$d(0, e_1) = \frac{[r_1 + r_1(e)]}{2} = \frac{10.5 + 2}{2} = 6.25$$

$$d(0, b_1) = \frac{[r_1 + r_1(b)]}{2} = \frac{10.5 + 5}{2} = 7.75$$

$$d(0, d_1) = \frac{[r_1 + r_1(d)]}{2} = \frac{10.5 + 1}{2} = 5.75$$

$$r_9 = 8$$

$$r_1 = \frac{9 + 12}{2} = 10.5$$

$$r_8 = \frac{9 + 12}{2} = 10.5$$

$$r_{12} = \frac{9 + 12}{2} = 10.5$$

$$r_{13} = \frac{9 + 12}{2} = 10.5$$

$$r_3 = 13$$

$$r_{11} = 1$$

$$r_7 = 2$$

$$r_2 = \frac{3 + 4}{2} = 3.5$$

$$r_5 = \frac{3 + 4}{2} = 3.5$$

$$r_4 = \frac{5 + 7}{2} = 6$$

$$r_6 = \frac{5 + 7}{2} = 6$$

$$r_{10} = \frac{5 + 7}{2} = 6$$

برآورد فواصل $d(0, m_k)$ بر روی مجموعه شاخص‌ها و گزینه‌ها با کمک برآورد مستقیم خطی فاصله؛ در این بخش از روش برآورد مستقیم خطی برای به دست آوردن برآورد فواصل $d(0, m_k)$ استفاده می‌شود. بدین منظور رابطه (۳) بکار گرفته شده که در آن میانگین حسابی میان

جدول ۴. برآورد فواصل $d(0, m_k)$ برای تمام گزینه‌ها نسبت به همه شاخص‌ها

y_{13}	y_{12}	y_{11}	y_{10}	y_9	y_8	y_7	y_6	y_5	y_4	y_3	y_2	y_1	
۶,۷۵	۶,۲۵	۲	۳,۵	۶,۵	۷,۲۵	۲,۵	۵,۵	۲,۷۵	۵,۵	۸	۳,۷۵	۷	a
۷,۲۵	۶,۲۵	۱,۵	۴,۵	۵	۶,۲۵	۱,۷۵	۴,۲۵	۳,۲۵	۴	۸	۲,۲۵	۷,۷۵	b
۶	۷,۵	۲,۵	۵,۵	۶	۶,۲۵	۳,۲۵	۳,۵	۴,۲۵	۵	۸	۲,۷۵	۷	c
۶	۶,۲۵	۱	۴	۴,۵	۷,۷۵	۱,۷۵	۵	۲,۲۵	۳,۵	۸	۳,۷۵	۵,۷۵	d
۷,۷۵	۷,۵	۳	۵	۵,۵	۶,۲۵	۳,۲۵	۴,۲۵	۳,۷۵	۴,۵	۸	۳,۷۵	۶,۲۵	e

جدول ۵. رتبه‌بندی مطلق فواصل $R(m_k)$ با روش میانگین رتبه‌های بس سون

y_{13}	y_{12}	y_{11}	y_{10}	y_9	y_8	y_7	y_6	y_5	y_4	y_3	y_2	y_1	
۵۱	۴۶	۵	۱۷	۵۰	۵۴,۵	۸,۵	۳۶,۵	۱۰,۵	۳۶,۵	۶۳	۲۰,۵	۵۲,۵	a
۵۴,۵	۴۶	۲	۲۹	۳۲,۵	۴۶	۳,۵	۲۶	۱۴	۲۳,۵	۶۳	۶,۵	۵۹	b
۴۱	۵۶,۵	۸,۵	۳۶,۵	۴۱	۴۶	۱۴	۱۷	۲۶	۳۲,۵	۶۳	۱۰,۵	۵۲,۵	c
۴۱	۴۶	۱	۲۳,۵	۲۹	۵۹	۳,۵	۳۲,۵	۶,۵	۱۷	۶۳	۲۰,۵	۳۹	d
۵۹	۵۶,۵	۱۲	۳۲,۵	۳۶,۵	۴۶	۱۴	۲۶	۲۰,۵	۲۹	۶۳	۲۰,۵	۴۶	e

جدول ۶. نتایج $R(m)$ برای تمام گزینه‌ها

e	d	c	b	a	گزینه‌ها
۴۶۱/۵	۳۸۱/۵	۴۴۵	۴۰۵/۵	۴۵۱/۵	$R(m)$ نتایج

بدین ترتیب سایر نتایج در جدول (۴) نشان داده می‌شود:

انجام رتبه‌بندی مطلق $R(m_k)$ بر روی فواصل برآورد شده با کمک روش میانگین رتبه‌های بس سون؛ در این مرحله نتایج به دست آمده از بخش قبل را با روش میانگین رتبه‌های بس سون رتبه‌بندی می‌کنیم تا رتبه‌های مطلق $R(m_k)$ با توجه به رابطه (۸) در محدوده زیر به دست آیند:

$$1 \leq R(m_k) \leq 65$$

که حد بالایی ۶۵ برابر با حاصل ضرب تعداد گزینه‌ها در تعداد شاخص‌هاست:

$$5 * 13 = 65$$

برای نمونه محاسبات رتبه‌های نخست به شکل زیر انجام و سایر نتایج در جدول ۵ ارائه می‌شود:

$$d(0, d_{11}) = 1 < d(0, b_{11}) = 1.5 \rightarrow R(d_{11}) = 1 < R(b_{11}) = 2$$

$$d(0, d_7) = d(0, b_7) = 1.75 \rightarrow R(d_7) = R(b_7) = \frac{3+4}{2} = 3.5$$

۵-۵ جمع‌بندی رتبه‌بندی‌های مطلق حاصل شده برای هر یک از گزینه‌ها نسبت به تمام شاخص‌ها؛ با به دست آمدن $R(m_k)$ برای تمام گزینه‌ها نسبت به شاخص‌ها، مجموع رتبه‌های مطلق به طور جداگانه برای تمام گزینه‌ها و با کمک رابطه (۱۰) محاسبه می‌شود؛ برای نمونه محاسبات گزینه a به شرح زیر بوده و سایر نتایج در جدول ۶ نشان داده می‌شود:

$$R(a) = \sum_{k=1}^{13} R(a_k) = 52.5 + 20.5 + 63 + 36.5 + 10.5 + 36.5 + 8.5 + 54.5 + 50 + 17 + 5 + 46 + 51$$

$$R(a) = 451.5$$

تعیین گزینه برتر با توجه به مجموع رتبه‌ها برای هر گزینه؛ در نهایت نیز به منظور تعیین گزینه برتر نتایج حاصل از مرحله جمع‌بندی را مورد مقایسه قرار می‌دهیم. در این بخش هرچه مقدار مجموع کمتر باشد،

گزینه رتبه بالاتری خواهد داشت. بنابراین رتبه‌بندی نهایی توسط رویکرد چندشاخصه آرسته برای گزینه‌های تصمیم موجود به صورت زیر است:

$$d \gg b \gg c \gg a \gg e$$

نتیجه‌گیری و پیشنهادات

پس از گردآوری داده‌ها و تشکیل ماتریس تصمیم‌گیری، اوزان شاخص‌ها با روش آنتروپی شانون محاسبه و سپس طی شش گام پژوهشکده‌های تحقیقاتی توسط روش آرسته رتبه‌بندی شدند. همانگونه که بیان شد، برای رتبه‌بندی پژوهشکده‌های مرکز تحقیقاتی از رویکرد چندشاخصه اروپایی آرسته استفاده گردید؛ در این رابطه به منظور مقایسه نتایج، می‌توان از یکی از روش‌های موجود در رویکرد چندشاخصه تصمیم‌گیری آمریکایی مانند تئوری مطلوبیت چندشاخصه (Multi Attribute Utility theory (MAUT)) استفاده نموده و حاصل را با نتایج این رتبه‌بندی مورد مقایسه قرار دهیم.

در روش تئوری مطلوبیت چندشاخصه، مطلوبیت از یک هدف و یا از یک شاخص، مشخص‌کننده بیشترین درجه رضایت بخشی ممکن از آن هدف (شاخص) برای تصمیم‌گیرنده می‌باشد. با حل مساله به روش تابع مطلوبیت راه‌حلی با حداکثر رضایت بخشی برای تصمیم‌گیرنده حاصل خواهد شد. بر مبنای این روش ابتدا با کمک نظر خبرگان حدود بالا و پایین کلیه شاخص‌های تصمیم‌گیری تعیین و سپس معادله مطلوبیت تک شاخصه برای همه شاخص‌ها تشکیل می‌شود. سپس با استفاده از معادله مطلوبیت تک شاخصه، مقدار مطلوبیت برای همه شاخص‌ها در گزینه‌ها محاسبه و با کمک اوزان شاخص‌ها تابع مطلوبیت چندشاخصه برای هر گزینه تشکیل و نهایتاً گزینه برتر با توجه به مقدار تابع مشخص می‌شود. با این توضیح بار دیگر و با کمک داده‌های گردآوری شده پژوهشکده‌های تحقیقاتی مورد

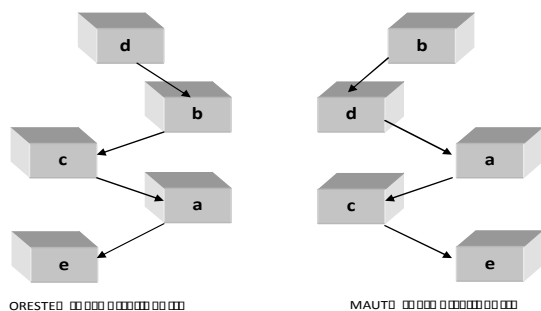
ارزیابی و تحلیل قرار گرفته و رتبه‌بندی جدیدی ایجاد می‌شود [۲، ۶، ۸].

همانگونه که شکل ۲ نشان می‌دهد، بر مبنای نتایج حاصل از بکارگیری روش مطلوبیت چندشاخصه، پژوهشکده‌های d و b در صدر و پس از آنها، پژوهشکده‌های a و c قرار گرفته و پژوهشکده e در پایین‌ترین رتبه قرار می‌گیرد؛ به طور مشابه، بر اساس بکارگیری داده‌ها در روش آرسته، پژوهشکده‌های b و d بالاترین رتبه و پس از آنها، پژوهشکده‌های c و a و نهایتاً پژوهشکده e در رتبه قرار می‌گیرد. بدین ترتیب می‌توان نتیجه گرفت، که رتبه‌بندی انجام شده توسط دو روش، پژوهشکده‌ها را در سه طبقه تقسیم‌بندی کرده و این سه طبقه وضعیت پژوهشکده‌ها را نسبت به هم نشان می‌دهند. تنها تفاوت میان دو روش جابه‌جایی پژوهشکده‌ها در هریک از طبقات مشخص شده است که این به جزئیات مربوط به انجام رتبه‌بندی توسط دو روش مختلف برمی‌گردد و در نتیجه خللی وارد نمی‌کند [۲].

مزیت بکارگیری روش آرسته دستیابی به رتبه‌بندی‌ها از طریق برقراری روابط برتری و ترجیحی میان داده‌های گردآوری شده از پژوهشکده‌ها و ماتریس تصمیم‌گیرنده است. با اختیار داشتن اطلاعات ماتریس تصمیم‌گیری می‌تواند با طی مراحل روش به رتبه‌بندی گزینه‌ها دست یابد. در واقع روش آرسته تصمیم‌گیرنده را از هرگونه اطلاعاتی مجزا از ماتریس تصمیم‌گیری بی‌نیاز می‌سازد و امکان سهولت هر چه بیشتر فرآیند را فراهم می‌آورد.

به منظور انجام مطالعات و پژوهش‌های آتی و با توجه به بکارگیری روش آنتروپی شانون برای تعیین وزن در این مقاله، می‌توان از سایر روش‌های وزن‌دهی مانند وزن‌دهی فازی استفاده و نتایج آن را با نتایج حاصل از این تحقیق مورد مقایسه قرار داد. همچنین روش آرسته برای انجام مرحله برآورد فاصله‌ای خود از

پرداخته تا نقاط قوت و ضعف هر یک از این ابزارها شناسایی و ضرورت بکارگیری روش اُرسته مشخص شود.



شکل ۲. مقایسه نتایج رتبه‌بندی پژوهشکده توسط دو روش

سه روش استفاده می‌کند که در این مقاله برای روش برآورد مستقیم خطی استفاده شد؛ بکارگیری دو روش برآورد دیگر نتایج مختلفی را ارائه می‌دهد که مقایسه نتایج محاسبه با این سه روش با یکدیگر می‌تواند مبنایی برای انجام مطالعات و پژوهش‌های بعدی باشد.

با توجه به اینکه این مقاله در حاشیه اهداف اصلی خود، سعی در معرفی و بکارگیری روش اُرسته برای رتبه‌بندی پژوهشکده‌های مرکز تحقیقات مخابرات داشت، پیشنهاد می‌شود به‌عنوان پژوهش آتی و در نسخه پیشرفته‌تر بعدی به مقایسه تطبیقی روش‌های مشابه نظیر الکترو، پرومته، اُرسته، فرآیند تحلیل سلسله مراتبی، مجموع وزین ساده و روش مطلوبیت چندشاخصه

4. Roubens. M, (1982) Preference relations on actions and criteria in multicriteria decision making, European Journal of Operations Research, Vol 10, PP51-55.
5. Isabelle. D.L, Pastijn. H (2002) Selecting land mine detection strategies by means of outranking MCDM techniques, European Journal of Operations Research, Vol 139, and PP.327-338.
6. اصغرپور، محمدجواد (۱۳۷۷)، تصمیم‌گیری‌های چندمعیاره، تهران: انتشارات دانشگاه تهران.
7. مومنی، منصور (۱۳۸۵)، مباحث نوین تحقیق در عملیات، تهران: انتشارات دانشکده مدیریت دانشگاه تهران.
8. Zak. Jacek, (2005) The Comparison of multiobjective ranking methods applied to solve the mass transit systems' decision problems, proceeding of 16th Mimi Euro conference and 10th meeting of the Euro working group of transportation.
1. Geldermann. J, Rentz. O, (2000) Bridging the Gap between American and European MADM-approaches?, proceeding of 51st meeting of the European working group "multi-criteria aid for decisions".
2. محامدپور، مریم (۱۳۸۵)، ارائه چارچوبی جهت رتبه‌بندی پژوهشکده‌های مرکز تحقیقات مخابرات ایران با دو رویکرد چندشاخه ORESTE و MAUT، پایان‌نامه کارشناسی ارشد رشته مدیریت صنعتی دانشگاه تهران، استاد راهنما دکتر عزت‌ا... اصغری‌زاده.
3. Pastijn.H, Leysen. J, (1989), Construction an outranking relation with ORESTE, Mathematical Computing Modelling, Vol 12, No 10/11, PP. 1255-1268.