Archive of SID

1st International & 3rd National Conference on Management and Humanistic Science Research
3 May 2017- Tehran
اولین همایش بین المللی و سومین همایش ملی پژوهش های مدیریت و علوم انسانی
۱۳ اردیبهشت ۹۶- دانشگاه تهران

رتبه بندی تکنیک های تصمیم گیری چند شاخصه مبتنی بر کیفیت رتبه‌بندی آنها با به کار گیری مدل تخصیص بُردا

عزت اله اصغری زاده
دانشیار گروه مدیریت صنعتی، دانشکده مدیریت، دانشگاه تهران، تهران، ایران
asghari@ut.ac.ir

محمدرضا تقی زاده یزدی
استادیار گروه مدیریت صنعتی، دانشکده مدیریت، دانشگاه تهران، تهران، ایران
mrtaghizadeh@ut.ac.ir

عبدالکریم محمدی بالانی
کارشناسی ارشد مدیریت صنعتی، دانشکده مدیریت، دانشگاه تهران، تهران، ایران
kmohammadi@ut.ac.ir

چکیده

تصمیم‌گیری چندشاخصه (MADM) یکی از زیرشاخه‌های مهم تحقیق در عملیات محسوب می شود که در سالیان اخیر گسترش زیادی پیدا کرده است. علی رغم کاربرد بسیار زیاد این تکنیک ها، پژوهش های بسیار کمی در دنیا به مقایسه آنها پرداخته اند، لذا مقایسه آنها ضروری به نظر می رسد. هدف اصلی این پژوهش رتبه بندی ۱۷ تکنیک تصمیم گیری چندشاخصه SAW، ELECTRE I، TOPSIS، ORESTE، PROMETHEE I، EVAMIX، MAUT، REGIME، MAPPAC، TACTIC، VIKOR، ARGUS، COPRAS، SMART، PACMAN، MOORA و ARAS مبتنی بر مدل تخصیص بردا است. بر این اساس و طبق نظر خبرگان، ۷ شاخص در نظر گرفته شد با توجه به اینکه خبرگان در مورد شاخص ها و وزن آنها توافق داشتند، شرایط برای استفاده از مدل تخصیص بردا فراهم بود. پس از مرتب سازی رتبه بندی های به دست آمده برحسب شاخص و همچنین تلخیص آنها، یک رتبه بندی جامع از گزینه ها به ازای هر شاخص به دست آمد. با استفاده از رتبه بندی جامع، ماتریس توافق موزون گروهی تشکیل شد که درایه های این ماتریس، ضرایب تابع هدف جهت تخصیص گزینه ها (تکنیک های MADM) به رتبه های مختلف هستند. در نهایت با حل مدل تخصیص، رتبه بندی گزینه ها بر اساس مدل تخصیص بردا مشخص می شود.

واژگان کلیدی: تصمیم گیری چند شاخصه، مدل تخصیص بردا، مقایسه

www.SID.ir

مقدمه

تصمیم‌گیری با معیارهای گوناگون و گهگاه متضاد، قدمتی به‌اندازه سابقه حضور بشر بر روی کره خاکی دارد (Gal et al, 1999). به علت ناتوانی ذهن انسان، سخت بودن شرایط و ... در خیلی از مواقع نمی‌توان از بین چند گزینه، گزینه برتر را با توجه به جمیع شاخص‌ها و حالات معین کرد. انسان نمی‌تواند به‌طور کاملاً منطقی تصمیم‌گیری نماید. به‌عنوان‌مثال، طبق نظریه دورنما[1] (که به توصیف فرآیند تصمیم‌گیری افراد در شرایط دارای ریسک می‌پردازد)، ذهن انسان بیشتر نسبت به «از دست دادن» حساسیت نشان می‌دهد تا به «به دست آوردن» (Kahneman & Tversky, 1979). به جهت تصمیم‌گیری در چنین شرایطی، خانواده‌ای از روش‌های گوناگون توسعه داده‌شده‌اند که مدل های تصمیم‌گیری چند معیاره[2] نامیده می‌شوند (Lourenzutti & Krohling, 2014) که زیرمجموعه تحقیق در عملیات محسوب شده و در دو دهه اخیر با سرعت زیادی گسترش یافته است (Behzadian et al., 2010).

از ارائه اولین تکنیک های MADM در دهه ۱۹۵۰ تا کنون سال های زیادی می گذرد و در این سال ها، تکنیک های زیادی توسط نویسندگان مختلف پیشنهاد شده و در زمینه های مختلف در پژوهش های مختلف استفاده شده اند. گسترش این تکنیک ها تا جایی است که طبق محاسبات نگارندگان، حدود یک و نیم درصد از کل مقالات دنیا به نوعی به تصمیم گیری چند شاخصه مربوط می شود.

این مدل ها به دو دسته مدل های تصمیم‌گیری چندهدفه[3] و مدل های تصمیم‌گیری چند شاخصه[4] تقسیم می‌گردند (آذر، فرجی، ۱۳۸۹) که هر دو می‌توانند انتخاب گزینه برتر، رتبه‌بندی گزینه‌ها یا امتیازدهی گزینه‌ها را انجام دهند (Figueira et al., 2005). مهم‌ترین تفاوت آن‌ها این است که MODM معمولاً در فضای تصمیم پیوسته تعریف می‌گردد ولی MADM در فضای تصمیم گسسته تعریف می‌شود (آذر و فرجی، ۱۳۸۹).

همان‌طور که اشاره شد، مقالات، کتب و همایش‌های بسیار زیادی مرتبط با تصمیم‌گیری چند شاخصه هستند که ادبیات آن را بسیار گسترش داده است (Gal et al, 1999) اما تقریباً اکثریت قریب به اتفاق پژوهش‌ها اشاره‌ای به علت انتخاب یک مدل تصمیم‌گیری چند شاخصه خاص از بین تمامی مدل ها ننموده‌اند.

بر خلاف این اهمیت، پژوهش های بسیار کمی به مقایسه بین این تکنیک ها پرداخته است و هنوز نقاط قوت و ضعف این تکنیک ها بر یکدیگر به صورت بین المللی مورد توافق قرار نگرفته است. در همین پژوهش های نادر نیز اکثراً به مقایسه ۳ یا ۴ تکنیک از جنبه های محدود پرداخته شده و تحقیق جامعی در این زمینه صورت نگرفته است.

هر تکنیک جهت استخراج روابط نهایی بین گزینه ها، از منطق و محاسبات مخصوص به خود استفاده می کند، بنابراین اگر مسئله ای معین با تکنیک های مختلف حل شود، احتمالاً بین جواب های به دست آمده تفاوت وجود خواهد داشت. همچنین به علت سادگی در مفهوم و محاسبات، بعضی از آن‌ها به سایر تکنیک ها ترجیح داده می‌شوند (هایکوویچ و هیگینز، ۲۰۰۸). از آنجا که تکنیک های MADM در تمامی علوم به‌خصوص مدیریت، کامپیوتر، لجستیک، حوزه سلامت و ... از سطح خرد (بنگاه) تا کلان (کشور یا منطقه) کاربرد دارند، تأثیر بسیار زیادی در توسعه اقتصاد سطوح مختلف جامعه دارند. اشتباه در تصمیم‌گیری و اولویت‌بندی راهکارهای مختلف برای حل یک مسئله، صدمات جبران‌ناپذیری به تصمیم‌گیرنده و افراد و گروه‌های متأثر از تصمیم

[1] Prospect theory
[2] Multiple Criteria Decision Making
[3] Multiple Objective Decision Making
[4] Multiple Attribute Decision Making

www.SID.ir

Archive of SID

وارد خواهد نمود. لذا تعیین تکنیک های کارا (چه ازنظر محاسبات و چه ازنظر منطق) تا حد زیادی از تحمیل هزینه‌های فرصت ازدست‌رفته[۵] می‌کاهد.

هر تکنیک بنا به رویکردها، مفروضات و اصولی که بر آن بنا نهاده شده است، دارای ورودی ها و محاسبات متفاوتی است که ممکن است منجر به تفاوت در نتایج آنها بشود. بررسی نظری و تجربی آشکار کرده است که نتایج و رتبه بندی ارائه شده توسط تکنیک های مختلف حتی در یک مسئله معین نیز می تواند یکسان نباشد. یکی از اساسی ترین سؤال هایی که در تصمیم گیری چندشاخصه مطرح است، این است که با توجه به اینکه پیاده سازی هر تکنیک ممکن است به رتبه بندی متفاوتی ختم شود، در نهایت رتبه بندی کدام تکنیک یا تکنیک ها به واقعیت نزدیک تر بوده و قابل اتکا تر هستند؟

روشن است که به علت تعدد تکنیک های موجود، پژوهشگران هنگام انتخاب تکنیک تصمیم‌گیری چند شاخصه سردرگم خواهند شد. محک زدن تکنیک ها در یک پژوهش، ضمن اینکه محققان را برای انتخاب تکنیک جهت پژوهش‌های کاربردی آتی رهنمون می‌سازد، محققان حیطه تصمیم‌گیری چند شاخصه که زمینه تخصصی‌شان توسعه روش‌های تصمیم‌گیری چند شاخصه است را نیز در جهت کمک به انتخاب تکنیک پایه جهت توسعه یا استفاده از منطق تصمیم‌گیری آن تکنیک یاری می‌رساند.

پیامد های احتمالی تفاوت در رتبه بندی تکنیک های MADM به شرح زیر است.

- ممکن است به علت عدم وجود پژوهش های دقیق، تکنیک های قوی به عنوان تکنیک های ضعیف مطرح شوند.
- رتبه بندی های ارائه شده توسط تکنیک های ضیف، گمراه کننده است و ممکن است به بهترین گزینه اشاره نداشته باشد.
- اشتباه و ضعف در نتایج تکنیک ها، استفاده کنندگان دانشگاهی و صنعتی را دلسرد می کند
- اولویت بندی اشتباه گزینه ها منجر به استفاده ناکارا از زمان و پول (هزینه فرصت از دست رفته) می شود (تکل،۱۹۹۲).

ادبیات موضوع

تریانتافیلو (۲۰۰۰) چند فصل از کتاب خود با موضوع «بررسی مقایسه ای تکنیک های تصمیم گیری چندشاخصه» را به بررسی و مقایسه تکنیک های تصمیم گیری چندشاخصه مانند SAW، WPM، AHP، AHP تجدید نظر شده، ELECTRE و TOPSIS اختصاص داده است و به تحلیل حساسیت، تحلیل تفاوت در رتبه ها و ارزیابی های مربوط به کارایی محاسباتی تکنیک ها پرداخته است.

اوپریکوویچ و تزنگ (۲۰۰۴) تکنیک های VIKOR و TOPSIS را به صورت کیفی با یکدیگر مقایسه کردند. هدف از این تحقیق، یافتن برتری یک تکنیک بر دیگران نبود بلکه به تبیین تشابهات و تفاوت های این دو تکنیک سازشی[۶] پرداخته بود.

اولسن (۲۰۰۱) از تکنیک های SMART، PROMETHEE I و PROMETHEE II جهت پیش بینی نتایج لیگ بیسبال ایالات متحده حدفاصل سال های ۱۹۰۱ تا ۱۹۹۱ استفاده کرده است. نتایج تحقیق او نشان می دهد که در تکنیک PROMETHEE تابع ترجیح نوع ۶ نتایج دقیق ترین نسبت به تابع ترجیح نوع ۱ می دهد.

مصدقی و همکاران (۲۰۱۵) تکنیک های AHP کلاسیک و AHP فازی را در زمینه برنامه ریزی شهری مقایسه کردند. نتایج این تحقیق نشان داد که در مسائل کلان برنامه ریزی شهری بهتر است از AHP فازی استفاده شود در حالی که AHP کلاسیک

۵. Opportunity cost
۶. Compromise

www.SID.ir

Archive of SID

برای برنامه ریزی های خرد بهتر است. همچنین AHP کلاسیک نسبت به AHP فازی حساسیت بیشتری نسبت به داده های غیرقطعی از خود نشان می دهد.

اوپریکوویچ و تزنگ (۲۰۰۷) تکنیک VIKOR گسترش یافته را با تکنیک های TOPSIS، PROMETHEE و ELECTRE مقایسه کردند. آنها در این پژوهش نیز به مقایسه تفاوت ها و شباهت ها در مفروضات و محاسبات تکنیک ها پرداختند و تکنیکی به عنوان تکنیک برتر انتخاب نشد.

دمونتیس و همکاران (۲۰۰۷) تکنیک های MAUT، AHP، EVAMIX، ELECTRE III، REGIME، NAIADE و برنامه ریزی آرمانی را با تأکید بر شاخص های کیفی و مبتنی بر توسعه پایدار با یکدیگر مقایسه کردند و در نهایت، شرایط استفاده از هر تکنیک و نوع داده های در دسترس را توضیح دادند.

سلمینن و همکاران (۱۹۹۸) تکنیک های ELECTRE III، PROMETHE II و SMART را در بستر چهار مسئله زیست محیطی رد فنلاند با یکدیگر مقایسه کردند. نتایج این تحقیق نشان می داد که بین نتایج SMART و PROMETHEE II تفاوتی وجود ندارد اما نتایج ELECTRE III کمی اختلاف دارند. همچنین علت تفاوت نتایج ELECTRE III را در وجود آستانه رد[۷] یافتند.

هایکوویچ و هیگینز (۲۰۰۸) تکنیک های SAW، بازه ارزش، PROMETHEE II، EVAMIX و یک تکنیک سازشی را با یکدیگر مقایسه کرده و به ارزیابی شباهت رتبه بندی آنها پرداختند و در نتیجه تکنیکی به عنوان برتر انتخاب نشد. خلاصه ای از مطالعات صورت گرفته در زمینه مقایسه تکنیک های تصمیم گیری چندشاخصه در جدول ۱ آمده است.

جدول ۱. مروری بر مطالعات صورت گرفته در زمینه مقایسه تکنیک‌های تصمیم گیری چندشاخصه

ردیف	سال	محقق	تکنیک های موردبررسی	ابزارهای مقایسه	تکنیک های برتر
۱	۱۳۸۶	وفایی	SAW Composite Prog. PRMTH I PRMTH II TOPSIS FTOPSIS YAGER LINMAP ELECTRE I AHP FAHP MRS WPM	ELECTRE Composite Prog. TOPSIS SAW DEA	AHP FAHP FTOPSIS
۲	۱۳۹۲	محمدی زنجیرانی و همکاران	AHP TOPSIS SAW ELECTRE	۱. شباهت جواب تکنیک ها به جواب ایدئال که توسط DEA/AHP به دست آمده است. ۲. آزمون فریدمن	AHP
۳	۱۹۹۸	سلمینن و همکاران	PRMTH I PRMTH II ELECTRE III SMART		ELECTRE III

۷. Veto threshold

www.SID.ir

Archive of SID

۴	۲۰۰۱	اولسن	SMART PRMTH I PRMTH II	نتایج از پیش تعیین‌شده	نتایج به دست آمده توسط هر سه تکنیک تقریباً مشابه است.
۵	۲۰۰۵	گیلیامز و همکاران	PRMTH II type 1 PRMTH II type 5 PRMTH II type 6 AHP ELECTRE III	ادبیات (روش‌شناسی) تکنیک ها	PRMTH type 5
۶	۲۰۰۷	اُپریکوویچ و تزنگ	Extended VIKOR PROMETHEE ELECTRE TOPSIS	نتایج تکنیک ها	تکنیکی به‌عنوان تکنیک برتر ارائه نشد. صرفاً به بررسی یکسان بودن نتایج تکنیک ها بسنده شد.
۷	۲۰۰۸	هایکوویچ و هیگینز	SAW Range of Value PRMTH II EVAMIX Compromise Prog.	همبستگی رتبه‌ای	EVAMIX
۸	۲۰۱۵	مصدقی و همکاران	AHP Fuzzy AHP	-	هر تکنیک برای شرایط خاصی پیشنهاد شد.

روش تحقیق

این پژوهش از نظر روش، توصیفی و پیمایشی بوده و از نظر هدف، کاربردی است. با توجه به اینکه در این پژوهش هیچ فرضیه آماری آزمون نمی شود، لذا نیازی به استفاده از فرمول کوکران یا جدول مورگان جهت تعیین حجم نمونه نیست. با این حال سعی شده است که از تمامی خبرگان در دسترس استفاده شود. خبرگان داخل کشور به وسیله پرسشنامه کاغذی و خبرگان خارج از کشور به وسیله پرسشنامه آنلاین که ترجمه پرسشنامه فارسی بود.

لازم به ذکر است که ۲ نوع مدل بردا جهت جمع بندی نظر خبرگان موجود می باشد. نوع اول (که به طور دقیق تر، مدل ادغام بردا نام دارد) محاسبات ساده ای دارد و مستقیماً به شمارش تعداد آراء خبرگان در مقایسه هر زوج از گزینه ها با توجه به رتبه بندی ارائه شده توسط آنها می پردازد. نوع دوم (یا به طور دقیق تر، مدل تخصیص بردا) دارای فرآیندی پیچیده تر می باشد که در نهایت به مدل تخصیص منتهی می شود. این دو مدل به ترتیب در بخش های ۳-۱ و ۳-۲ تشریح خواهند شد. شاخص های که جهت مقایسه تکنیک ها در نظر گرفته شده است، به شرح جدول ۲ می باشد.

جدول ۲. شاخص های مقایسه

نماد	عنوان	شرح
X_1	سادگی پیاده سازی	میزان سادگی و سهولت تکنیک ها از نظر پیاده سازی نرم افزاری. این شاخص، دارای ماهیت مثبت است یعنی هرچه یک تکنیک ساده تر باشد، خبرگان رتبه بهتری به آن اختصاص می دهند.
X_2	سرعت	زمان تقریبی مورد نیاز جهت رسیدن به جواب (رتبه بندی). این شاخص، دارای ماهیت منفی است زیرا هرچه زمان مورد نیاز کمتر باشد، آن تکنیک رتبه بهتری کسب می کند.
X_3	حجم محاسبات	میزان محاسبات مورد نیاز جهت رسیدن به جواب. این شاخص نیز یک شاخص منفی می باشد زیرا هرچه محاسبات کمتری نیاز باشد، تکنیک مطلوب تر است.
X_4	سادگی مفاهیم	میزان سادگی و سهولت تکنیک ها در زمینه یادگیری و آموزش. این شاخص، ماهیت مثبت دارد زیرا هرچه یک تکنیک سادگی بیشتری داشته باشد، رتبه بهتری کسب می کند.
X_5	منطق	میزان منطقی و معقول بودن فرآیند هر تکنیک در تبدیل اطلاعات ورودی به خروجی ها (رتبه بندی)

www.SID.ir

$X_۶$	کیفیت خروجی	مناسب بودن رتبه بندی ارائه شده. به عبارت دیگر هرچه رتبه بندی هایی که یک تکنیک ارائه می کند، به حالت بهینه نزدیک باشد، رتبه بهتری کسب می کند بنابراین این شاخص، دارای ماهیت مثبت می باشد.
$X_۷$	نرخ رشد محاسبات	برخی تکنیک ها هم مسائل کوچک و هم مسائل بزرگ را به راحتی حل می کنند. اما بعضی تکنیک ها به محض افزایش ابعاد مسئله، حجم محاسباتشان بسیار بیشتر از افزایش ابعاد مسئله افزایش می یابد. هرچه نرخ رشد محاسبات در مسائل بزرگ، کمتر باشد، مطلوب تر است بنابراین این شاخص، یک شاخص منفی است.

۳-۱. مدل ادغام بردا

این مدل هنگامی کاربرد دارد که شاخص های مقایسه یا وزن آنها در ذهن هر خبره با خبره دیگر متفاوت باشد. به همین علت هر خبره فقط یک رتبه بندی کلی از گزینه ها ارائه می دهد.

این مدل بر قاعده اکثریت[۸] بنانهاده شده است. برای به کار بردن این مدل، روابط بین هر زوج گزینه (به‌عنوان‌مثال گزینه‌های A_r و A_s) به‌صورت جداگانه در نظر گرفته می‌شود. اگر اکثر مدل ها یا خبرگان نظر بر برتری A_r بر A_s داده باشند، رابطه $A_r \succ A_s$ اعلام می‌شود. در این مدل نیازی به بررسی تمام روابط زوجی نیست بلکه به تعداد ترکیب‌های ۲ تایی از m گزینه بررسی می‌شود که برابر است با $\binom{m}{۲} = \frac{m(m-۱)}{۲}$ (Hwang & Yoon, 1981).

۳-۲. مدل تخصیص بردا

هنگامی که خبرگان هم بر سر شاخص ها و هم بر سر وزن آنها با یکدیگر توافق داشته باشند، از مدل تخصیص بردا استفاده می شود. برای پیاده سازی این مدل، هر خبره به ازای هر شاخص، یک رتبه بندی جداگانه از گزینه ها ارائه می دهد. با تلخیص این رتبه بندی و همچنین لحاظ کردن وزن شاخص ها (که وزن شاخص ها از نظر خبرگان یکسان است) به مدل تخصیص می رسیم که با حل این مدل، رتبه بندی گزینه ها مشخص می شود.

درایه a_{ij} این ماتریس برابر است با مجموع وزن شاخص‌هایی که در آن‌ها، گزینه i حائز رتبه j است. در مورد گره‌ها نیز وزن شاخص بین گزینه‌هایی که حائز آن رتبه هستند به‌طور مساوی تقسیم می‌گردد. درنهایت رتبه ها به گزینه‌ها تخصیص می‌یابند (Zeleny, 1975).

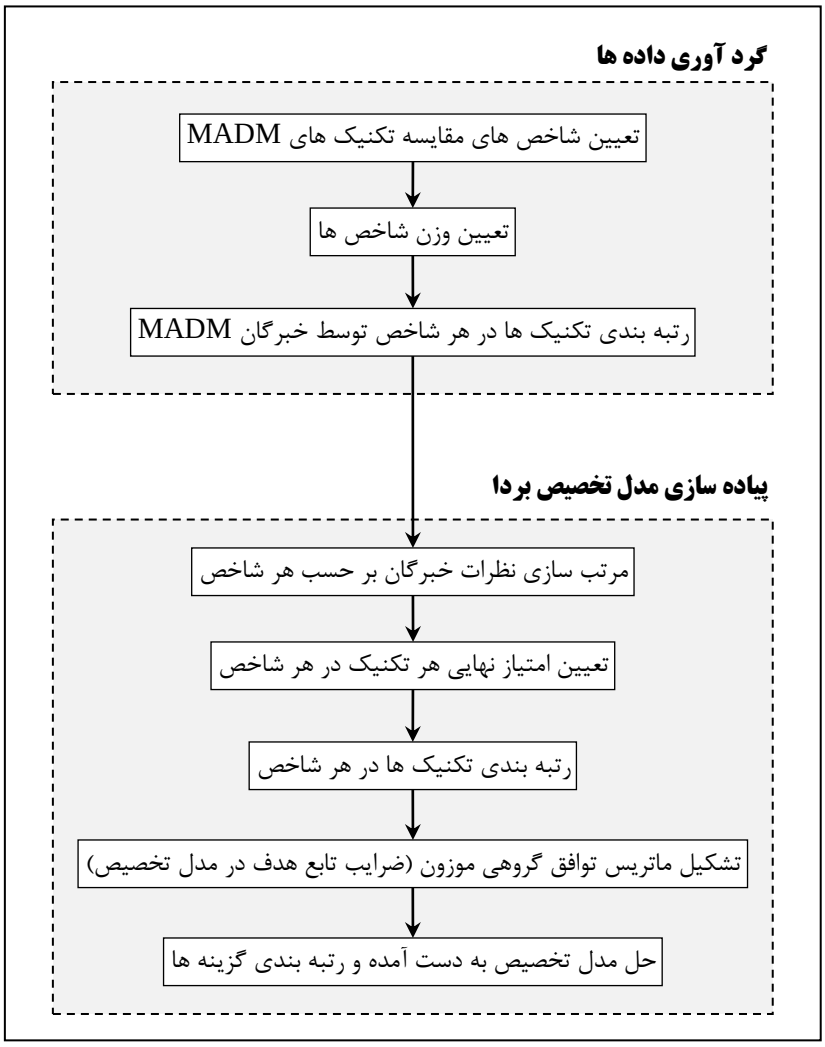
لازم به ذکر است که تمام گزینه‌ها در تمام شاخص‌ها باید به‌صورت رتبه‌بندی شده حضور داشته باشند. ممکن است در مواقعی، دو گزینه در یک رتبه طبقه‌بندی شوند، که در این موارد گفته می‌شود که گره[۹] به وجود آمده است. نحوه برخورد با گره بدین‌صورت است که رتبه ها به ترتیب و بدون جای دادن چند گزینه در یک رتبه مرتب می شوند و رتبه تمام گزینه‌های گره برابر با میانگین حسابی رتبه آن‌ها قرار داده می شوند. به عنوان مثال اگر ۳ گزینه داشته باشیم که به دوتای آن‌ها رتبه یک تعلق گیرد و دیگری رتبه ۲ باشد، رتبه دو گزینه اول برابر با ۱/۵ و رتبه گزینه آخر برابر با ۳ خواهد بود. همانطور که پیش تر نیز اشاره شد، پژوهش حاضر از مدل تخصیص بردا استفاده می کند.

فرآیند اجرایی این پژوهش به صورت شماتیک در شکل ۱ آورده شده است.

[۸] Majority Rule
[۹] Tie

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۱. فرآیند اجرایی پژوهش

تجزیه و تحلیل داده ها

پس از تعیین شاخص ها توسط خبرگان و همچنین تعیین وزن شاخص ها و توافق بر سر آنها، هر خبره به ازای هر شاخص، یک رتبه بندی از گزینه ها (که در اینجا تکنیک های MADM می باشند) ارائه می کند. باز هم تأکید می شود که اگر خبرگان بر سر شاخص ها یا وزن آنها توافق نداشته باشند، نمی توان از مدل تخصیص بردا استفاده نمود و بنابراین هر خبره فقط می توانست یک رتبه بندی کلی از گزینه ها (با توجه به شاخص ها و وزن هایی که در ذهن دارد) ارائه دهد.

ابتدا در مورد شاخص ها از خبرگان نظرخواهی شد که همگی توافق داشتند که شاخص های مورد نظر، جهت بررسی تکنیک های MADM جامع و مانع هستند. خبرگان، اهمیت موردنظر خود را در قالب طیف ۵ گزینه‌ای لیکرت بیان کردند. همچنین نسخه‌ای الکترونیکی از این پرسشنامه به زبان انگلیسی تهیه شد و به کمک سرویس Google Docs در اختیار خبرگان حوزه

www.SID.ir

MADM در خارج از کشور قرار گرفت. نتایج پرسشنامه‌ها ابتدا موزون شده و سپس بر مجموع به‌دست‌آمده تقسیم شد تا وزن نهایی شاخص‌ها به دست آمد و سپس به تأیید آنها رسید. وزن های محاسبه شده به شرح جدول ۳ می باشند.

جدول ۳. وزن شاخص ها

شاخص	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7
وزن	0/1613	0/1263	0/1129	0/1317	0/1640	0/1667	0/1371

با توجه به توافق خبرگان در مورد شاخص ها و وزن آنها، شرایط برای استفاده از مدل تخصیص بردا فراهم بود. بدین منظور ۲۹ نفر از خبرگان، نظر خود را در مورد رتبه هر یک از تکنیک های هفده گانه مورد نظر این پژوهش در هر یک از شاخص های هفت گانه ارائه کردند. به علت سقف صفحات مقاله، از ارائه آنها در اینجا خودداری می شود.

جهت تعیین رتبه بندی تکنیک های MADM گام های زیر را طی می کنیم.

گام۱. ابتدا رتبه بندی های ارائه شده توسط خبرگان را را برحسب شاخص مرتب می شود.

گام ۲. رتبه های به دست آمده از حداکثر رتبه موجود (که در این مسئله برابر با ۱۷ است) را کم می شوند تا امتیاز هر گزینه در هر شاخص به صورت اعداد بردا محاسبه شود.

گام ۳. جمع سطری امتیازهای هر گزینه در هر شاخص نمایانگر امتیاز نهایی آنهاست.

گام ۴. گزینه ها در هر شاخص (ستون) رتبه بندی می شوند. گزینه هایی که امتیازهای برابر دارند، حائز رتبه برابر خواهند شد.

گام ۵. ماتریس جدیدی تشکیل می شود که سطرهای آن شامل گزینه ها و ستون های آن شامل رتبه های مختلف (به تعداد گزینه ها) باشد. درایه های این ماتریس برابر با مجموع وزن شاخص هایی است که گزینه سطر، رتبه ستون را کسب کرده است. به عنوان مثال اگر گزینه A_2 در شاخص های X_1 و X_5 رتبه ۴ را کسب کرده باشد، سطر سوم (که متعلق به گزینه A_3 است) و ستون چهارم (که مربوط به رتبه چهارم است) برابر با $w_1 + w_5$ است. ضمناً اگر رتبه یک گزینه در گام ۴، اعشاری محاسبه شده باشد، وزن آن شاخص بین رتبه ها تقسیم می شود. مثلاً اگر دارای رتبه $2/5$ باشد، نیمی از وزن آن شاخص به رتبه ۲ اختصاص می یابد و نیم دیگر به رتبه ۳. در نهایت ماتریس توافق موزون گروهی مطابق با جدول ۴ به دست می آید که حاصل عددی آن در جدول ۵ آمده است.

جدول ۴. ماتریس توافق موزون گروهی (پارامترها)

رتبه / گزینه	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
A_1		$w_2 + w_6$			w_7	w_3									w_1		$w_4 + w_5$
A_2	w_4		w_7					w_2		w_5			w_6	w_3			w_1
A_3						w_2	w_4	$\frac{1}{2}w_6$	$w_1 + \frac{1}{2}w_6$	w_7	w_3		w_5				
A_4	w_7	w_4	w_6	w_5			w_2							w_7			

www.SID.ir

Archive of SID

	$+w_{۳}$															
$A_{۵}$	$w_{۲}$ $+w_{۶}$	$w_{۱}$					$w_{۷}$	$\frac{۱}{۲}w_{۵}$	$\frac{۱}{۲}w_{۵}$	$w_{۴}$				$w_{۳}$		
$A_{۶}$				$w_{۱}$ $+w_{۲}$					$w_{۴}$	$w_{۳}$	$w_{۵}$			$w_{۶}$		$w_{۷}$	
$A_{۷}$			$w_{۱}$ $+w_{۳}$		$w_{۲}$	$w_{۵}$ $+\frac{۱}{۲}w_{۶}$	$\frac{۱}{۲}w_{۶}$		$w_{۷}$						$w_{۴}$		
$A_{۸}$			$w_{۵}$			$w_{۷}$		$w_{۳}$ $+\frac{۱}{۲}w_{۶}$	$\frac{۱}{۲}w_{۶}$		$w_{۱}$ $+w_{۴}$		$w_{۲}$				
$A_{۹}$			$w_{۴}$		$w_{۳}$ $+w_{۵}$		$w_{۱}$				$w_{۷}$			$w_{۲}$		$w_{۶}$	
$A_{۱۰}$			$w_{۲}$					$\frac{۱}{۲}w_{۵}$	$\frac{۱}{۲}w_{۵}$	$w_{۱}$ $+w_{۶}$			$w_{۳}$ $+w_{۷}$	$w_{۴}$			
$A_{۱۱}$										$w_{۲}$		$w_{۳}$ $+w_{۴}$ $w_{۶}$ $+w_{۷}$		$w_{۱}$ $+w_{۵}$			
$A_{۱۲}$				$w_{۶}$ $+w_{۷}$		$w_{۴}$	$w_{۵}$		$w_{۳}$		$w_{۲}$	$w_{۱}$					
$A_{۱۳}$	$w_{۷}$	$w_{۳}$										$w_{۲}$	$w_{۴}$			$w_{۱}$ $+w_{۵}$	$w_{۶}$
$A_{۱۴}$		$w_{۵}$			$w_{۴}$								$w_{۱}$		$w_{۶}$	$w_{۲}$ $+w_{۳}$	$w_{۷}$
$A_{۱۵}$						$w_{۱}$ $+\frac{۱}{۲}w_{۶}$	$w_{۳}$ $+\frac{۱}{۲}w_{۶}$	$w_{۴}$ $+w_{۷}$				$w_{۵}$			$w_{۲}$		
$A_{۱۶}$	$w_{۵}$			$w_{۴}$	$w_{۶}$			$w_{۱}$							$w_{۷}$		$w_{۲}$ $+w_{۳}$
$A_{۱۷}$		$w_{۷}$		$w_{۳}$	$w_{۱}$				$w_{۲}$		$w_{۶}$				$w_{۵}$	$w_{۴}$	

جدول ۵. ماتریس توافق موزون گروهی

رتبه / گزینه	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
$A_{۱}$	0	0/293	0	0	0/137	0/113	0	0	0	0	0	0	0	0	0/161	0	0/296
$A_{۲}$	0/132	0	0/137	0	0	0	0	0/126	0	0/164	0	0	0/167	0/113	0	0	0/161
$A_{۳}$	0	0	0	0	0	0/126	0/132	0/083	0/245	0/137	0/113	0	0/164	0	0	0	0

www.SID.ir

$A_{۴}$	0/274	0/132	0/167	0/164	0	0	0/126	0	0	0	0	0	0	0/137	0	0	0
$A_{۵}$	0/293	0/161	0	0	0	0	0/137	0/082	0/082	0/132	0	0	0	0	0/113	0	0
$A_{۶}$	0	0	0	0/288	0	0	0	0	0/132	0/113	0/164	0	0	0/167	0	0/137	0
$A_{۷}$	0	0	0/274	0	0/126	0/247	0/083	0	0/137	0	0	0	0	0	0/132	0	0
$A_{۸}$	0	0	0/164	0	0	0/137	0	0/196	0/083	0	0/293	0	0/126	0	0	0	0
$A_{۹}$	0	0	0/132	0	0/277	0	0/161	0	0	0	0/137	0	0	0/126	0	0/167	0
$A_{۱۰}$	0	0	0/126	0	0	0	0	0/082	0/082	0/328	0	0	0/250	0/132	0	0	0
$A_{۱۱}$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0/126	0	0/548	0	0/325	0	0	0
$A_{۱۲}$	0	0	0	0/304	0	0/132	0/164	0	0/113	0	0/126	0/161	0	0	0	0	0
$A_{۱۳}$	0/137	0/113	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0/126	0/132	0	0	0/325	0/167
$A_{۱۴}$	0	0/164	0	0	0/132	0	0	0	0	0	0	0	0/161	0	0/167	0/239	0/137
$A_{۱۵}$	0	0	0	0	0	0/245	0/196	0/269	0	0	0	0/164	0	0	0/126	0	0
$A_{۱۶}$	0/164	0	0	0/132	0/167	0	0	0/161	0	0	0	0	0	0	0/137	0	0/239
$A_{۱۷}$	0	0/137	0	0/113	0/161	0	0	0	0/126	0	0/167	0	0	0	0/164	0/132	0

ماتریس به دست آمده به عنوان ضرائب تابع هدف در مدل تخصیص که در ادامه تشکیل می شود، کاربرد خواهد داشت. مدل تخصیص حالت خاصی از مدل حمل و نقل است که در آن تعدا عرضه کننده ها و تقاضا کننده ها با هم برابر بوده و عرضه و تقاضای همه واحدها برابر با ۱ است. بنابراین هر مسئله تخصیص شامل m عرضه کننده و m تقاضا کننده دارای $m^{۲}$ متغیر تصمیم، m محدودیت عرضه و m محدودیت تقاضا است. ضمناً متغیر های تصمیم (x_{ij}) تنها مقادیر صفر و یک[۱۰] را می توانند اتخاذ کنند. در این مسئله می توان عرضه کننده ها را معادل با تکنیک ها و تقاضا کننده ها را معادل با رتبه ها در نظر گرفت.

یکی از رایج ترین روش‌های حل مدل تخصیص، روش مجارستانی است اما این روش در مسئله های کوچک قابل پیاده سازی است و در مسئله ای با ۱۷ عرضه کننده و ۱۷ تقاضا کننده، بسیار پیچیده خواهد شد. لذا مسئله تخصیص پژوهش حاضر با استفاده از مدل سازی ریاضی حل می شود. مدل تخصیص این پژوهش دارای ۱۷ عرضه کننده (تکنیک ها) و ۱۷ تقاضا کننده (رتبه) است بنابراین دارای $(۱۷)^{۲} = ۲۸۹$ متغیر تصمیم صفر و یک و $۱۷ \times ۲ = ۳۴$ محدودیت (۱۷ محدودیت عرضه و ۱۷ محدودیت تقاضا) است.

$$Max(Z) = \sum_{i=۱}^{۱۷}\sum_{j=۱}^{۱۷} c_{ij}x_{ij} = ۰/۲۹۳x_{۱,۲} + ۰/۱۳۷x_{۱,۵} + ۰/۱۱۳x_{۱,۶} + \dots$$

$$\dots + ۰/۱۶۷x_{۱۷,۱۱} + ۰/۱۶۴x_{۱۷,۱۵} + ۰/۱۳۲x_{۱۷,۱۶}$$

[۱۰] Binary

www.SID.ir

Archive of SID

$$
\text{s.t.}: \begin{cases}
x_{1,1} + x_{1,2} + x_{1,3} + x_{1,4} \cdots + x_{1,14} + x_{1,15} + x_{1,16} + x_{1,17} = 1 \\
x_{2,1} + x_{2,2} + x_{2,3} + x_{2,4} \cdots + x_{2,14} + x_{2,15} + x_{2,16} + x_{2,17} = 1 \\
x_{3,1} + x_{3,2} + x_{3,3} + x_{3,4} \cdots + x_{3,14} + x_{3,15} + x_{3,16} + x_{3,17} = 1 \\
\vdots \quad \vdots \quad \vdots \quad \vdots \quad \vdots \quad \vdots \quad \vdots \quad \vdots \\
x_{15,1} + x_{15,2} + x_{15,3} + x_{15,4} \cdots + x_{15,14} + x_{15,15} + x_{15,16} + x_{15,17} = 1 \\
x_{16,1} + x_{16,2} + x_{16,3} + x_{16,4} \cdots + x_{16,14} + x_{16,15} + x_{16,16} + x_{16,17} = 1 \\
x_{17,1} + x_{17,2} + x_{17,3} + x_{17,4} \cdots + x_{17,14} + x_{17,15} + x_{17,16} + x_{17,17} = 1
\end{cases}
$$

$$
\begin{cases}
x_{1,1} + x_{2,1} + x_{3,1} + x_{4,1} \cdots + x_{14,1} + x_{15,1} + x_{16,1} + x_{17,1} = 1 \\
x_{1,2} + x_{2,2} + x_{3,2} + x_{4,2} \cdots + x_{14,2} + x_{15,2} + x_{16,2} + x_{17,2} = 1 \\
x_{1,3} + x_{2,3} + x_{3,3} + x_{4,3} \cdots + x_{14,3} + x_{15,3} + x_{16,3} + x_{17,3} = 1 \\
\vdots \quad \vdots \quad \vdots \quad \vdots \quad \vdots \quad \vdots \quad \vdots \quad \vdots \\
x_{1,15} + x_{2,15} + x_{3,15} + x_{4,15} \cdots + x_{14,15} + x_{15,15} + x_{16,15} + x_{17,15} = 1 \\
x_{1,16} + x_{2,16} + x_{3,16} + x_{4,16} \cdots + x_{14,16} + x_{15,16} + x_{16,16} + x_{17,16} = 1 \\
x_{1,17} + x_{2,17} + x_{3,17} + x_{4,17} \cdots + x_{14,17} + x_{15,17} + x_{16,17} + x_{17,17} = 1
\end{cases}
$$

$$x_{ij} \in \{0,1\}$$

از حل مدل فوق، رتبه بندی تکنیک ها به صورت جدول ۶ به دست می آید.

جدول ۶. نتیجه رتبه‌بندی مدل ها طبق مدل بردا

مدل		$x_{ij}=1$	رتبه
SAW	A_1	$x_{1,13}$	13
ELECTRE I	A_2	$x_{2,2}$	2
TOPSIS	A_3	$x_{3,12}$	12
ORESTE	A_4	$x_{4,17}$	17
PROMETHEE I	A_5	$x_{5,5}$	5
EVAMIX	A_6	$x_{6,6}$	6
MAUT	A_7	$x_{7,8}$	8
REGIME	A_8	$x_{8,14}$	14
MAPPAC	A_9	$x_{9,10}$	10
TACTIC	A_{10}	$x_{10,16}$	16
VIKOR	A_{11}	$x_{11,11}$	11
ARGUS	A_{12}	$x_{12,15}$	15
COPRAS	A_{13}	$x_{13,9}$	9

www.SID.ir

SMART	$A_{۱۴}$	$x_{۱۴,۴}$	4
PACMAN	$A_{۱۵}$	$x_{۱۵,۱}$	1
MOORA	$A_{۱۶}$	$x_{۱۶,۷}$	7
ARAS	$A_{۱۷}$	$x_{۱۷,۳}$	3

نتیجه گیری و پیشنهادات

هدف این پژوهش ارزیابی و رتبه بندی تکنیک های تصمیم گیری چندشاخصه از منظر خبرگان MADM بوده است. بدین منظور ۷ شاخص برای مقایسه ۱۷ تکنیک مورد بررسی انتخاب شد و خبرگان MADM تکنیک ها را با توجه به هفت شاخص در نظر گرفته شده رتبه بندی کردند.

طبق نتایج تحقیق، PACMAN به عنوان بهترین تکنیک و ORESTE به عنوان ضعیف ترین تکنیک انتخاب شده است. تکنیک PACMAN در زمره تکنیک های PCCA[۱۱] قرار دارد و جهت تحلیل گزینه ها، هم زوج گزینه ها و هم زوج شاخص ها را در نظر می گیرد به همین علت نقاط ضعف و قوت گزینه ها نسبت به یکدیگر به صورت کاملاً دقیق بررسی می شود بنابراین طبق نظر خبرگان MADM بهترین تکنیک می باشد. تکنیک ARAS تقریباً مشابه با تکنیک SAW است و نوآوری خاصی در منطق و محاسبات آن به چشم نمی خورد. به همین علت پایین ترین رتبه را به خود اختصاص داده است.

تکنیک های MAUT و SMART مشابهت زیادی با یکدیگر دارند و مشاهده می شود که رتبه های آنها به یکدیگر نزدیک است.

از آنجا که تا کنون هیچ پژوهشی به رتبه بندی این تعداد از تکنیک ها نپرداخته است، امکان مقایسه و اعتبارسنجی کامل نتایج پژوهش حاضر وجود ندارد. در پژوهش محمدی زنجیرانی و همکاران رتبه بندی عملکرد تکنیک های مشترک با پژوهش حاضر به ترتیب TOPSIS بهترین عملکرد و سپس تکنیک های SAW و ELECTRE I رتبه های بعدی از نظر شباهت به جواب ایدئال داشتند اما در پژوهش حاضر رتبه ELECTRE I و TOPSIS یکسان بوده و SAW رتبه (عملکرد) پایین تری دارد.

در پژوهش وفایی (۱۳۸۶) تکنیک های حاضر در این پژوهش در میان تکنیک های کارا نبودند. در پژوهش هایکوویچ و هیگینز (۲۰۰۸) تکنیک EVAMIX عملکرد بهتری نسبت به SAW دارد در حالی که در پژوهش حاضر، رتبه این دو تکنیک یکسان است. اولسن (۲۰۰۱) نشان داده است که نتیجه به دست آمده توسط تکنیک های SMART و PROMETHEE I تقریباً یکسان است در حالی که در پژوهش حاضر، تکنیک SMART رتبه ای به مراتب بهتر از PROMETHEE I دارد.

منابع

آذر، ع؛ فرجی، ح. (۱۳۸۹). علم مدیریت فازی. تهران: مرکز مطالعات مدیریت و بهره وری ایران.

اصغر پور، م. (۱۳۸۸). تصمیم گیری های چند معیاره. تهران: دانشگاه تهران.

اصغرپور، م. (۱۳۸۲). تصمیم‌گیری گروهی و نظریه بازی‌ها با نگرش تحقیق در عملیات. تهران: انتشارات دانشگاه تهران.

محمدی زنجیرانی، د؛ سلیمی فرد، خ؛ یوسفی ده بیدی، ش. (۱۳۹۳). بررسی عملکرد متداول ترین تکنیک های تصمیم گیری چند شاخصه با رویکرد بهینه یابی. تحقیق در عملیات در کاربردهای آن (ریاضیات کاربردی). دوره ۱۱.

[۱۱] Pairwise Criteria Comparisons Analysis

www.SID.ir

وفایی، ف. (۱۳۸۶). طراحی یک مدل ریاضی برای اندازه گیری کارایی مدل های جبرانی MADM به کمک روش تحلیل پوششی داده ها در سیستم امتیاز دهی مدل تعالی EFQM. دانشگاه تربیت مدرس.

Behzadian, M., Kazemzadeh, R., Albadvi, A., & Aghdasi, M. (2010). PROMETHEE: A comprehensive literature review on methodologies and applications. European Journal of Operational Research, 198-215.

Figueira, J., Greco, S., & Ehrgott, M. (2005). Multiple Criteria Decision Analysis: State of the art surveys. Boston: Springer Science.

Gal, T., Stewart, T. J., & Hanne, T. (1999). Multicriteria Decision Making: Advances in MCDM Models, Algorithms, Theory, and Applications. Boston: Springer Science.

Hajkowicz, S., & Higgins, A. (2008). A comparison of multiple criteria analysis techniques for water resource management. European Journal of Operational Research, 255-265.

Hwang, C, & Yoon, K. (1981). Multiple Attribute Decision Making: Methods and Applications, A State-of-the-Art Survey. Berlin: Springer.

Kahneman, D., & Tversky, A. (1979). Prospect theory: An analysis of decision under risk. Econometrica, 263-291.

de Montis, A., De Toto, P., Droste-Franke, B., Omann, I., & Stagl, S. (2005). Assessing the quality of different MCDA methods. In M. Getzner, C. L. Spash, & S. Stagl, Alternatives for Environmental Valuation. New York: Routledge.

Lourenzutti, R., & Krohling, R. A. (2014). The Hellinger distance in Multicriteria Decision Making: An illustration to the TOPSIS and TODIM methods. Expert Systems with Applications, 4414-4421.

Mosadeghi, R., Warnken, J., Tomlinson, R., & Mirfenderesk, H. (2015). Comparison of Fuzzy-AHP and AHP in a spatial multi-criteria decision making model for urban land-use planning. Computers, Environment and Urban Systems, 49, 54-65.

Olson, D. L. (2001). Comparison of three multicriteria methods to predict known outcomes. European Journal of Operational Research, 576-587.

Opricovic, S., & Tzeng, G. (2004). Compromise solution by MCDM methods: A comparative analysis of VIKOR and TOPSIS. European Journal of Operational Research, 154, 445–455.

Opricovic, S., & Tzeng, G. (2007). Extended VIKOR method in comparison with outranking methods. European Journal of Operational Research, 178, 514–529.

Salminen, P., Hokkanen, J., & Lahdelma, R. (1998). Comparing multicriteria methods in the context of environmental problems. European Journal of Operational Research, 458-496.

Tecle, A. (1992). Selecting a multicriterion decision making technique for watershed resource management. Water resourced bulltin, 28(1), 129-140.

Triantaphyllou, E. (2000). Multi-Criteria Decision Making Methods: A Comparative Study. Springer Science + Business Media: Dordrecht.

Zeleny, M. (1975). Multiple Criteria Decision Making. New York: Springer.

www.SID.ir