



جایگاه نقاط بی تفاوتی در مسائل تصمیم گیری چند معیاره (مطالعه موردی ارزیابی تامین کنندگان شرکت آب و فاضلاب شهری استان زنجان)

ارشد فرهنگیان

دانشجوی دکتری، گروه مدیریت صنعتی، واحد علوم و تحقیقات تهران، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

رضا رادفر (نویسنده مسؤل)

استاد، گروه مدیریت صنعتی، واحد علوم و تحقیقات تهران، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

Email: radfar@gmail.com

محمدعلی افشار کاظمی

دانشیار، گروه مدیریت صنعتی، واحد علوم و تحقیقات تهران، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۹۷/۱۰/۰۹ * تاریخ پذیرش ۹۸/۰۳/۱۲

چکیده

تصمیمات مربوط به فرایند ارزیابی و انتخاب تامین کنندگان باید با بررسی همه گزینه‌های ممکن انجام گیرد، در غیر اینصورت در مرحله پیاده سازی و اجرا، سازمان با مشکلات عدیده‌ای روبرو خواهد شد. هدف مطالعه حاضر تعیین نقاط بی تفاوتی ارزیابی تامین کنندگان شرکت آب و فاضلاب شهری استان زنجان می‌باشد. مطالعه حاضر از نوع توصیفی می‌باشد. داده‌های این مطالعه مربوط به ارزیابی تامین کنندگان یکی از پروژه‌های شرکت آب و فاضلاب شهری استان زنجان می‌باشد. داده‌ها بر اساس نظرات ۱۰ نفر از خبرگان که دارای حداقل مدرک کارشناسی و همچنین حداقل ۵ سال سابقه کار در شرکت را داشتند بر اساس «فرم ارزیابی تامین کنندگان» جمع آوری شد. داده‌ها با استفاده از نرم افزار Matlab نسخه ۲۰۱۴ تحلیل شده اند. تعداد ۱۰ مورد ماتریس هم ارز با ماتریس اولیه تصمیم گیری به تفکیک برای هر روش شناسایی و تولید شده است. روش $TOPSIS-GA=2$ ، $TOPSIS-PSO=3$ ، $AHP-GA=2$ و روش $HP-PSO=3$ از بین ماتریس‌های هم ارز شناسایی شده ماتریس مربوط به خروجی دوم $TOPSIS-GA$ براساس نظر خبرگان شرکت به عنوان گزینه مطلوب انتخاب به عنوان نسخه نهایی جهت تطبیق در اختیار پیمانکار مربوطه قرار گرفته شده است.

کلمات کلیدی: منحنی‌های بی تفاوتی، الگوریتم‌های فراابتکاری، ماتریس‌های هم ارز، نرخ نهایی جانشینی.

۱- مقدمه

درجهان رقابتی کنونی که بهره‌وری در تمامی زمینه‌ها افزایش یافته است، تنها سازمانهایی می‌توانند باقی بمانند که به بهترین وجه از منابع خود استفاده کرده و بیشترین بهره‌وری را داشته باشند (Radfar, 2015). با توجه به رقابت تنگاتنگ سازمان‌ها در جوامع امروزی، مدیریت صحیح هزینه‌ها به منظور افزایش سودآوری و جلب رضایت مشتریان توجه بسیاری را به خود جلب نموده است. مدیران و تصمیم‌گیرندگان ممکن است برای بقای خود در این فضا از سیاست‌هایی بهره بگیرند، اما نتیجه نهایی مطلوب تنها زمانی رقم خواهد خورد که از یک برنامه دقیق و جامع استفاده شده باشد (Shahbazi, 2016). تصمیم‌گیری بخش مهمی از زندگی ما را تشکیل می‌دهد، ما هر روزه خود بارها مجبور به تصمیم‌گیری‌های کوچک و بزرگ هستیم. تصمیمات، زندگی ما را شکل می‌دهد ما از طریق انتخاب‌ها و تصمیم‌هایمان قدرت می‌گیریم. تاکنون تعاریف زیادی از تصمیم‌گیری ارائه شده است که همگی بر این مفهوم تاکید دارند که تصمیم‌گیری بر انتخاب افراد دلالت دارد و افراد این انتخاب را از بین گزینه‌های مختلف که ممکن است محدود یا نامحدود باشند، انجام می‌دهد (Intriligator, 1971). در خوشبینانه‌ترین حالت تعداد معدودی از تصمیمات ما به طور کامل اجرا می‌گردد. یکی از دلایل اجرا نشدن این تصمیمات عدم انعطاف پذیری در منابع و امکانات سازمان‌ها می‌باشد. همانطوریکه در تعاریف مربوط به تصمیم‌گیری آمده است، تصمیم‌گیری عبارت از فراگردی است که از طریق آن، راه حل مسئله معینی انتخاب می‌گردد (Ali, 2017). و در تعریف دیگری فراگردی که طی آن شیوه عمل خاصی برای حل مسئله یا مشکل ویژه برگزیده می‌شود (Leili, 2017). در همه این تعاریف، انتخاب یک گزینه از بین گزینه‌های موجود مد نظر می‌باشد. امروزه هزاران مقاله و کتاب در رابطه با تصمیم‌گیری به ویژه تصمیم‌گیری چند معیاره MCDM وجود دارد و هر روز نیز به تعداد آن افزوده می‌شود. تنها بین سالهای ۱۹۸۷ تا ۱۹۹۲ در زمینه تصمیم‌گیری چند معیاره حدود ۱۲۱۶ مقاله، ۲۰۸ کتاب، ۳۱ مجله علمی مرتبط و ۱۴۳ کنفرانس ثبت شده است (Taboli, 2012). برای تصمیم‌گیری، قبل از هرچیز به "اطلاعات" نیاز است. البته در تصمیم‌گیری، نه تنها کیفیت اطلاعات، بلکه مقدار اطلاعاتی که گردآوری و تحلیل می‌شود نیز اهمیت دارد. اطلاعات بیش از اندازه استفاده غیر کارآمد از منابع محسوب می‌شود. اطلاعات کمتر از حد مورد نیاز نیز احتمال تصمیم‌گیری‌های ضعیف را افزایش می‌دهد. البته در برخی موارد مدیریت ناگزیر به تصمیم‌گیری با اطلاعات کمتر است زیرا زمان کافی برای گردآوری و تحلیل بیشتر را ندارد. تصمیم‌گیری علاوه بر اندیشیدن و تجزیه و تحلیل کردن، گاهی به ابزار مناسب نیاز دارد که از جمله این ابزارها، تکنیک‌های مختلف تصمیم‌گیری‌های چند معیاره^۱ MCDM می‌باشد. در این مطالعه به دنبال شناسایی ماتریس‌های هم‌ارز با ماتریس تصمیم‌گیری اولیه که یک رتبه‌بندی بین گزینه‌ها را در اختیار تصمیم‌گیرنده با میزان مطلوبیت مشخص قرار می‌دهد هستیم. سپس با استفاده از مفهوم منحنی‌های بی‌تفاوتی در اقتصاد خرد میزان جانشینی بین معیارها را علاوه بر حفظ مطلوبیت مشخص بررسی خواهیم نمود. امروزه هزاران مقاله و کتاب در رابطه با تصمیم‌گیری به ویژه تصمیم‌گیری چند معیاره MCDM وجود دارد و هر روز نیز به تعداد آن افزوده می‌شود. تنها بین سالهای ۱۹۸۷ تا ۱۹۹۲ در زمینه تصمیم‌گیری چند معیاره حدود ۱۲۱۶ مقاله، ۲۰۸ کتاب، ۳۱ مجله علمی مرتبط و ۱۴۳ کنفرانس ثبت شده است (Taboli, 2012).

۲- روش شناسی پژوهش

در دهه‌های اخیر توجه محققین معطوف به مدل‌های چند معیاره^۲ برای تصمیم‌گیری‌های پیچیده گردیده است. در این تصمیم‌گیری‌ها به جای استفاده از یک معیار سنجش بهینگی، ممکن است از چندین معیار سنجش استفاده گردد.

^۱ Multi Criteria Decision Making

^۲ (MCDM) Criteria Decision Making Multiple

گیربهای چند معیاره به دو دسته مدل های غیر جبرانی^۵ و مدل جبرانی طبقه بندی می شوند (Asgharpour, 2017). مدل جبرانی مشتمل بر روشهایی هستند که اجازه مبادله در بین شاخص ها در آنها مجاز است، یعنی برای مثال تغییری (احتمالاً کوچک) در یک شاخص می تواند توسط تغییری مخالف در شاخص (یا شاخص های) دیگر جبران شود. با عنایت به تنوع موجود در معیار ها و موضوعات تصمیم گیری روش مشخصی برای این موضوع ارائه نشده است (Mulliner et al., 2016). همچنین تکنیکی که بتواند بصورت علمی گزینه های مختلفی را با الگوگیری از ماتریس اولیه تصمیم گیری جهت آزادی عمل بیشتر سازمان تولید کند، وجود ندارد. از مطالعات صورت گرفته در خصوص توسعه مدل های تصمیم گیری چندگانه و منحنی های بی تفاوتی و نرخ نهایی جانشینی می توان به مطالعات (Hwang and Wang, 2016) و (Mulliner et al., 2016) و (Yang, 2011) و (Salati, 2014) و (Taboli, 2012) و (Schiffels, Fliedner, Kolisch, 2018) و (Subramanian; Ramakrishnan, 2019) اشاره نمود. نو آوری و تفاوت بین روش پیشنهادی محقق با دو روش تابع مطلوبیت و نرخ نهایی جانشینی، تابع مطلوبیت به عنوان وسیله ای برای سنجش ارزش نتیجه یک تصمیم، توسط نیومن و مورگن اشترن پیشنهاد شد. ایده اصلی این روش، بیشینه سازی مطلوبیت ناشی از انتخاب یک گزینه تصمیم گیری می باشد. علارغم مشکلات موجود در تعیین تابع مطلوبیت حتی در مسایل ساده ولی از این مزیت برخوردار است که اگر به درستی مشخص شود با حل مدل می توان مطمئن بود که حداکثر رضایت و مطلوبیت برای تصمیم گیرنده حاصل شده است. همچنین ایده اصلی تکنیک نرخ نهایی جانشینی شناسایی میزان تغییرات مصرف یک کالا در مقابل میزان از دست دادن کالای جانشین می باشد در شرایطی که میزان مطلوبیت نهایی تغییر نکند. در روش پیشنهادی محقق امکان شناسایی ماتریس های تصمیم گیری هم ارز به تفکیک برای هر یک از شاخص های تصمیم گیری و گزینه های تصمیم گیری وجود دارد که تا کنون وجود نداشته است و می تواند اثر بخشی تصمیمات مربوط به انتخاب تامین کننده را ارتقا بخشد. نقاط روی یک منحنی بی تفاوتی ترکیباتی از مصرف دو کالا (یا آلترناتیوها) را نشان می دهند که دارای مطلوبیت یکسانی هستند (Yang, 2011). یکی از روشهایی که جانشینی در بین شاخص های موجود از یک مساله MADM را به طور عینی رعایت می کند معروف به روش MRS^V می باشد. نرخ تبادل یا جانشینی از فرض های زیربنایی برای این روش می باشد و آن عبارتست از مقدار تغییر لازم در ارزش موجود از یک شاخص در مقابل یک واحد تغییر از شاخصی دیگر به ازای وجود شرایطی معین. مثلاً اگر دو شاخص عمده X_1 و X_2 در خرید یک اتومبیل نظر شما را جلب کرده است (در حالیکه اثر بقیه شاخص ها برای شما یکسان است)، از شما سوال می شود چنانچه مثلاً X_2 به اندازه Δ افزایش پیدا کند تا چه اندازه باید X_1 کاهش پیدا کند تا تصمیم گیرنده در تصمیم گیری از نظر مطلوبیت بی تفاوت باقی بماند؟ در اکثر موارد پاسخ به این سوال بستگی به تعداد موجود از X_1 و X_2 خواهد داشت، چنانچه در یک سطح موجود از (X_1 و X_2) مایل به کاهش Δ واحد از X_1 به ازای Δ واحد افزایش از X_2 باشد آنگاه نرخ نهایی جانشینی (MRS) شما از X_1 در مقابل X_2 برابر با λ است. به بیان دیگر، λ برابر با مقداری از X_1 است که مایل به از دست دادن (یا پرداختن جریمه) در مقابل کسب یک واحد بیشتر از X_2 هستیم (Yu et al., 2018). معمولاً مسائل تصمیم گیری چندشاخصه MADM با توجه به امتیاز خبرگان به معیارهای شناسایی شده و روش مورد استفاده به یک رتبه بندی بین گزینه ها منجر می شود (Mohamadi, 2015). در این مقاله ضمن توجه به قضاوت (رتبه بندی) خبرگان سعی می شود. شرایط مختلفی که ما را به این رتبه بندی می رساند شناسایی گردد. زیرا با توجه به شرایط و منابع سازمان ممکن است شرایط مناسب تری برای دستیابی به این رتبه بندی وجود داشته باشد. این مقاله به دنبال شناسایی ماتریس های هم ارز با ماتریس اولیه تصمیمگیری است که همان مطلوبیت برای تصمیم گیرندگان را داشته باشد (نقاط بی تفاوتی) هستیم (Faghih & Montazeri, 2008).

الف) منحنی بی تفاوتی

نقاط روی یک منحنی بی تفاوتی ترکیباتی از مصرف دو کالا (یا انتخاب گزینه تصمیم گیری) را نشان می دهند که دارای مطلوبیت یکسانند (Yang, 2011). این منحنی ها دارای شیب منفی و محدب هستند؛ یکدیگر را قطع نمی کنند و هر چه از مبدأ مختصات

⁵Non- compensatory model

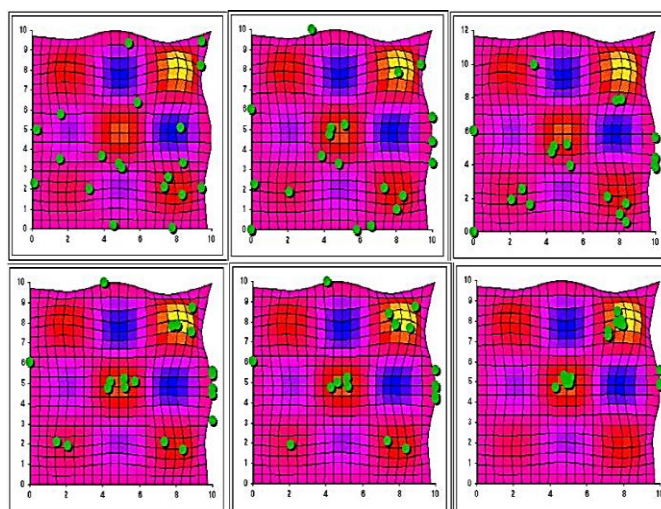
⁶Compensatory

⁷Marginal rate of substitution of attributes

دور می شوند، سطح مطلوبیت بالاتری را نشان می دهند (Serrai et al., 2017). بر روی یک منحنی بی تفاوتی مطلوبیت برای مصرف کالاهای مختلف (انتخاب گزینه های تصمیم گیری) یکسان می باشد. به عبارت دیگر منحنی بی تفاوتی عبارتست از مکان هندسی ترکیبات مختلف دو یا چند کالا (و یا چند گزینه و یا معیارهای تصمیم گیری) که مطلوبیت یکسانی را برای فرد ایجاد می کند. این منحنی ها، پیوسته هستند. بنابراین امکان وضعیت ارجحیت های لکسیکوگراف حاصل نمی شود (Chen et al., 2008).

ب) الگوریتم فراابتکاری

در سی سال گذشته، نوع جدیدی از الگوریتم های تقریب ظهور یافته اند که اساساً هدف از آنها ترکیب روش های ابتکاری در چارچوبهای کلان تر به منظور کاوش کارا و اثربخش فضای جستجو می باشد. امروزه از این روش ها با عنوان روش های فرا ابتکاری (متهیوریستیک) نام برده می شود (Mulliner et al., 2016). تاکنون الگوریتم های فرا ابتکاری متعددی ارائه شده است. این الگوریتم ها کارایی بالاتری برای برخی مسائل دارند و در برخی مسائل با مشکلاتی در زمینه نزدیک شدن به جواب بهینه مواجه می شوند (Mohamadi, 2015). بسیاری از روش های فرا ابتکاری ها برگرفته از فرایندهای طبیعی یا فیزیکی هستند. بهینه یابی الگوریتم بهینه سازی ازدحام ذرات^۸، الگوریتم ژنتیک^۹ کلونی مورچه^{۱۰}، الگوریتم های تکاملی^{۱۱} و شبیه سازی تبرید^{۱۲}، مثالهایی از چنین الگوریتم هایی هستند (Faghih & Montazeri, 2008). روش PSO یک روش سراسری بهینه یابی است که با استفاده از آن میتوان با مسائلی که یک جواب آنها یک نقطه یا سطح در فضای n بعدی می باشد، برخورد نمود. در این چنین فضایی، هر ذره دارای یک موقعیت است که مشخص می نماید مختصات ذره در فضای جستجوی چند بعدی چه می باشد با حرکت ذره در طول زمان موقعیت ذره تغییر می نماید. $X_i(t)$ موقعیت ذره i ام در زمان t ام را مشخص می نماید (Salati, 2014). همچنین هر ذره برای حرکت در فضا نیاز به یک سرعت دارد $V_i(t)$ سرعت ذره i ام در زمان t ام را مشخص می نماید. با افزودن سرعت به موقعیت هر ذره، می توان موقعیت جدیدی برای ذره در نظر گرفت. موقعیت به روز نمودن معادله ذره در رابطه زیر آورده شده است (Alborzi, 2008).



شکل شماره (۲): روند حرکت ذرات در یک گروه

⁸Particle Swarm Optimization (PSO)

⁹Genetic Algorithm (GA)

¹⁰Ant Colony Optimization (ACO)

¹¹Evolutionary Algorithms (EAs)

¹²Simulated Annealing (SA)

به بهترین تجربه فردی یک ذره یا بهترین موقعیت ملاقات شده توسط ذره y_i (pbest) گفته می‌شود. ذرات می‌توانند از بهترین موقعیت ملاقات شده توسط کل گروه نیز آگاهی داشته باشند. که این موقعیت y_i (gbest) نامیده می‌شود (Hwang & Wang, 2016).

امروزه کاربرد الگوریتم‌های ژنتیکی حوزه وسیعی از مسایل بهینه سازی در زمینه های مختلف مهندسی، علوم اجتماعی را دربر می‌گیرد. الگوریتم ژنتیک را می‌توان هم برای مسایل محدود شده و هم برای مسایل محدود نشده بکاربرد (Intriligator, 1971). برای مسایل بهینه سازی استاندارد، صرفاً روشی برای به بدست آوردن یک جواب می‌باشد. همچنین می‌توان آن را برای مسایل خطی، غیرخطی و برنامه ریزی احتمالی که دارای متغیرهای تصادفی و درجه ای از عدم قطعیت است استفاده نمود (Faghih & Montazeri, 2008). در ضمن مسائلی بهینه سازی ترکیبی که شامل مسائل مختلف علوم کامپیوتری می‌باشد مورد استفاده قرار می‌گیرد (Salati, 2014). الگوریتم‌های ژنتیک روش قدرتمندی را برای توسعه اکتشافی مسائل بهینه سازی ترکیبی مقیاس بزرگ فراهم آورده است. معمولی ترین شیوه نمایش کروموزوم‌ها در الگوریتم ژنتیک به شکل رشته های دودویی است (Mulliner et al., 2016).

بکارگیری روش علمی در تحقیق، تنها راه دستیابی به دستاوردهای قابل قبول و علمی می‌باشد. چون هدف پژوهش حاضر شناسایی ماتریس های هم ارز با ماتریس اولیه تصمیم گیری می‌باشد. برای دستیابی به هدف مورد نظر که به صورت مطالعه موردی در خصوص ارزیابی پیمانکاران شرکت آب و فاضلاب شهری استان زنجان انجام شده است. شرکت آب و فاضلاب شهری استان زنجان در حال حاضر با تحت پوشش

قراردادن ۹۹/۹۵ درصد جمعیت شهری استان با ۱۶۳۸ کیلومتر تاسیسات شبکه آب و جمع آوری فاضلاب ۳۷/۵ درصد جمعیت شهری استان با ۵۰۱ کیلومتر شبکه فاضلاب یکی از پنج شرکت پیشرو در حوزه آب و فاضلاب شهری کشور محسوب می‌گردد. ابتدا یک ماتریس اولیه تصمیم گیری توسط ۱۰ نفر از خبرگان شرکت با توجه به هفت معیار (C₁-نظام تضمین کیفیت خدمات C₂- توانایی فنی C₃- توان مالی C₄- ارزیابی مشتریان قبلی و حسن سابقه C₅- نیروی انسانی C₆- داشتن تجربه C₇- استانداردها) تهیه و با استفاده از دو روش AHP و TOPSIS به صورت جداگانه رتبه بندی شده اند. برای شناسایی ماتریس های هم ارز با استفاده از دو تکنیک PSO و GA استفاده شده است. با عنایت به اینکه تعداد دفعات اجرای برنامه RUN=5 بوده و هر اجرا خود به دو روش و دو تکنیک مختلف انجام می‌شد. در مجموع ۲۰ ماتریس مختلف تولید گردید که از بین آنها با توجه به تابع برازندگی fitness function=0 ماتریس های هم ارز با ماتریس اولیه شناسایی می‌گردد. در مرحله نهایی با مقایسه و تطبیق ماتریس های هم ارز و امکانات سازمان گزینه مناسب که تطبیق بیشتری با منابع سازمان دارد انتخاب می‌گردد. ماتریس اولیه تصمیم گیری ارزیابی پیمانکاران شرکت بر اساس معیارهای شرکت و با حضور خبرگان به صورت زیر ارائه گردیده است که با استفاده از دو روش AHP و TOPSIS در نرم افزار MATLAB رتبه بندی شده اند.

| استانداردها تجربه | داشته تن | نیروی انسانی | ارزیابی مشتریان | توانایی مالی | توانایی فنی | تضمین کیفیت | وزن |
|----------------------|----------|--------------|-----------------|--------------|-------------|-------------|-----|
| ۰/۱۴ | ۰/۱۱ | ۰/۱۵ | ۰/۲ | ۰/۱۵ | ۰/۱ | ۰/۱۵ | |
| c7 | c6 | c5 | c4 | c3 | c2 | c1 | |
| alter1 | ۴۷/۷۰ | ۶۱/۱۰ | ۶۷/۱۰ | ۵۴/۴۰ | ۶۰ | ۵۶/۸۰ | |
| alter2 | ۴۷/۹۰ | ۵۸/۳۰ | ۶۸/۳۰ | ۲۵/۷۰ | ۵۷/۷۰ | ۵۱/۹۰ | |
| alter3 | ۶۱/۸۰ | ۶۹/۹۰ | ۴۷/۸۰ | ۶۸/۶۰ | ۶۲ | ۶۷/۸۰ | |
| alter4 | ۵۳/۱۰ | ۵۹/۱۰ | ۵۳/۳۰ | ۶۲/۶۰ | ۵۱/۹۰ | ۳۷/۷۰ | |
| alter5 | ۴۹/۷۰ | ۶۰/۳۰ | ۶۴/۷۰ | ۶۸/۵۰ | ۷۰/۹۰ | ۷۴/۹۰ | |

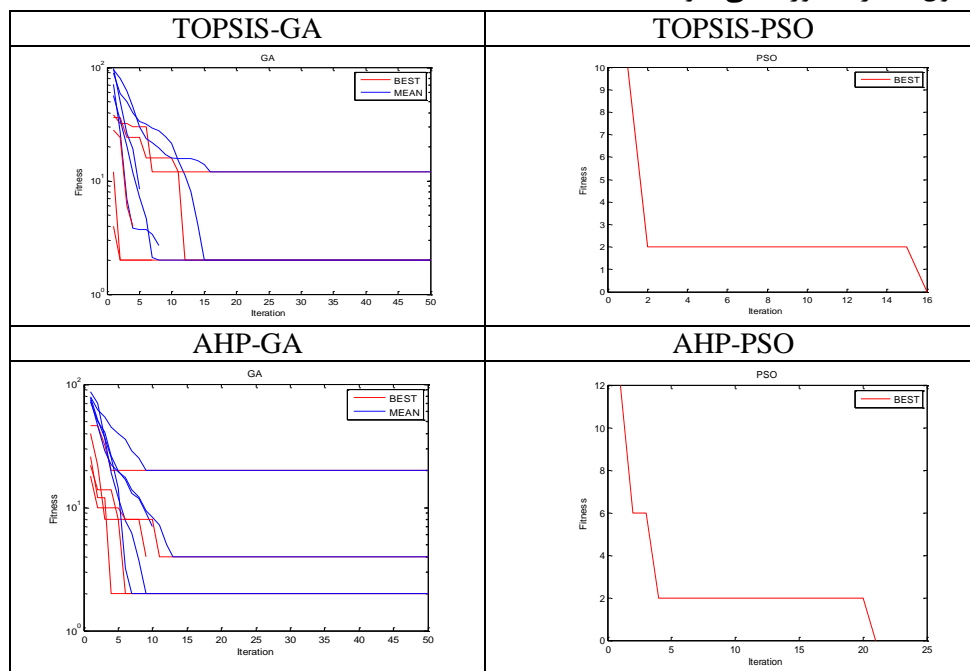
| | | | | | | | |
|---------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| alter6 | ۴۹/۹۰ | ۵۸/۳۰ | ۶۱/۷۰ | ۵۵/۳۰ | ۴۸/۱۰ | ۵۰ | ۶۱/۴۰ |
| alter7 | ۵۶/۷۰ | ۷۰/۴۰ | ۴۶/۷۰ | ۴۷/۶۰ | ۵۸/۲۰ | ۵۰/۴۰ | ۶۲/۹۰ |
| alter8 | ۳۹/۷۰ | ۶۵/۳۰ | ۴۸/۷۰ | ۴۰/۳۰ | ۶۱/۶۰ | ۵۳/۲۰ | ۶۱/۴۰ |
| alter9 | ۲۷/۴۰ | ۵۳/۷۰ | ۵۰/۶۰ | ۴۰/۲۰ | ۴۵/۲۰ | ۴۸/۵۰ | ۴۵ |
| alter10 | ۷۳/۸۰ | ۵۰/۷۰ | ۵۸/۷۰ | ۴۸/۹۰ | ۶۴/۵۰ | ۴۹ | ۵۸/۶۰ |

جدول شماره (۱): ماتریس اولیه تصمیم گیری و رتبه بندی آنها با روش های AHP و TOPSIS

| رتبه بندی ماتریس تصمیم گیری اولیه با روش TOPSIS | رتبه بندی ماتریس تصمیم گیری اولیه با روش AHP |
|---|--|
| Rank = 1 Alter = 5 Score = 0.13017 | Rank = 1 Alter = 5 Score = 0.20002 |
| Rank = 2 Alter = 1 Score = 0.11923 | Rank = 2 Alter = 1 Score = 0.13331 |
| Rank = 3 Alter = 3 Score = 0.11333 | Rank = 3 Alter = 8 Score = 0.10078 |
| Rank = 4 Alter = 4 Score = 0.10837 | Rank = 4 Alter = 9 Score = 0.097971 |
| Rank = 5 Alter = 2 Score = 0.10459 | Rank = 5 Alter = 2 Score = 0.087774 |
| Rank = 6 Alter = 10 Score = 0.101 | Rank = 6 Alter = 3 Score = 0.086406 |
| Rank = 7 Alter = 6 Score = 0.093 | Rank = 7 Alter = 4 Score = 0.083543 |
| Rank = 8 Alter = 8 Score = 0.0928 | Rank = 8 Alter = 7 Score = 0.074716 |
| Rank = 9 Alter = 7 Score = 0.0822 | Rank = 9 Alter = 10 Score = 0.0722 |
| Rank = 10 Alter = 9 Score = 0.0551 | Rank = 10 Alter = 6 Score = 0.0632 |

جدول شماره (۲): نمودار خروجی ماتریسهای تولید شده با تکنیک GA و PSO

در این بخش از تحقیق با توجه به توانایی الگوریتم های فراابتکاری از جمله الگوریتم ازدحام ذرات PSO و الگوریتم ژنتیک GA برای هر یک از روش های AHP و TOPSIS برنامه، در نرم افزار MATLAB برای تولید پنج ماتریس هم ارز $RUN=5$ اجرا شده است که نتایج آن در جدول شماره ۲ و جدول شماره ۳ آورده شده است. مطابق جدول شماره ۳ مواردی که در آنها $Best\ Fitness = 0$ باشد به منزله هم ارز بودن آن ماتریس با ماتریس تصمیم گیری اولیه می باشد. تعداد ماتریس های هم ارز شناسایی شده در این اجرا ۱۰ مورد می باشد که بصورت نمونه یک مورد از خروجی هر کدام در جدول شماره ۴ آورده می شود.



جدول شماره (۳): خروجی وضعیت ماتریس های تولید شده با تکنیک GA و PSO

| خروجی اول- AHP-PSO | | | | | | | |
|------------------------|------|-----|------|-----|------|------|------|
| وزن | ۰/۰۵ | ۰/۱ | ۰/۱۵ | ۰/۲ | ۰/۲۵ | ۰/۱۱ | ۰/۱۴ |
| | c1 | c2 | c3 | c4 | c5 | c6 | c7 |
| Ater1 | ۹۵ | ۱۰۸ | ۵۰ | ۱۴۰ | ۰ | ۱۲ | ۸۴ |
| Ater2 | ۶۱ | ۱۱۸ | ۲ | ۷۹ | ۲۴ | ۲۰ | ۱۶۵ |
| Ater3 | ۱۶۱ | ۷۹ | ۲ | ۴۳ | ۴۰ | ۱۳۱ | ۱۵ |
| Ater4 | ۳۲ | ۲۶ | ۱۹۲ | ۵ | ۱۳۸ | ۹ | ۳ |
| Ater5 | ۱۱۰ | ۱۸۲ | ۱۷ | ۲۴ | ۱۹۸ | ۲۲ | ۹۰ |
| Ater6 | ۴۴ | ۲۳ | ۶ | ۰ | ۹ | ۶۴ | ۱۵۵ |
| Ater7 | ۱۰ | ۴۰ | ۲۷ | ۷ | ۵۰ | ۲۲ | ۹۱ |
| Ater8 | ۴۹ | ۲ | ۳۵ | ۳ | ۱۴۷ | ۰ | ۳ |
| Ater9 | ۶ | ۱۳۳ | ۹۹ | ۱۱ | ۱۱ | ۰ | ۲ |
| Ater10 | ۰ | ۱۵ | ۸۹ | ۴۱ | ۱۱۴ | ۲ | ۹۷ |
| خروجی دوم- TOPSIS-GA | | | | | | | |
| وزن | ۰/۰۵ | ۰/۱ | ۰/۱۵ | ۰/۲ | ۰/۲۵ | ۰/۱۱ | ۰/۱۴ |
| | c1 | c2 | c3 | c4 | c5 | c6 | c7 |
| Ater1 | ۳۰ | ۵۵ | ۴۷ | ۶۶ | ۵۷ | ۱۲۸ | ۱۸ |
| Ater2 | ۲۳ | ۱۱۷ | ۵ | ۴۸ | ۷۴ | ۱۸ | ۱۳۸ |
| Ater3 | ۱۱۶ | ۸۲ | ۵۴ | ۵۱ | ۹۰ | ۴۸ | ۱۰ |
| Ater4 | ۱۹ | ۲۷ | ۶۶ | ۳۶ | ۱۱۳ | ۲۴ | ۳۲ |
| Ater5 | ۹۱ | ۱۰۶ | ۵۰ | ۹۳ | ۸۱ | ۲۰ | ۵۸ |
| Ater6 | ۷۳ | ۴۵ | ۸۷ | ۱۸ | ۳ | ۵۰ | ۹۰ |
| Ater7 | ۵۵ | ۱۱۵ | ۲۲ | ۳ | ۴۴ | ۲۳ | ۱۰۸ |
| Ater8 | ۱۶ | ۱۳۳ | ۴۲ | ۲ | ۴۲ | ۳۷ | ۹۰ |
| Ater9 | ۴ | ۵۶ | ۵۶ | ۸ | ۲۴ | ۵۰ | ۶ |
| Ater10 | ۱۲۳ | ۵ | ۴۴ | ۲۳ | ۹۱ | ۳۹ | ۵۸ |
| خروجی دوم- AHP-GA | | | | | | | |
| وزن | ۰/۰۵ | ۰/۱ | ۰/۱۵ | ۰/۲ | ۰/۲۵ | ۰/۱۱ | ۰/۱۴ |
| | c1 | c2 | c3 | c4 | c5 | c6 | c7 |
| Ater1 | ۴۱ | ۳۳ | ۴۱ | ۱۲۸ | ۲۲ | ۱۰۵ | ۵۴ |
| Ater2 | ۲۸ | ۷۹ | ۲ | ۸۱ | ۷۴ | ۱۶ | ۳۷ |
| Ater3 | ۱۱۲ | ۵۹ | ۴۱ | ۲۵ | ۱۰۷ | ۷۱ | ۴ |
| Ater4 | ۴۲ | ۳۹ | ۵۳ | ۵۰ | ۸۰ | ۲۲ | ۳۳ |
| Ater5 | ۶۰ | ۱۶۸ | ۱۱۶ | ۶۷ | ۵۷ | ۱۳ | ۶۲ |
| Ater6 | ۲۸ | ۱۴ | ۶۳ | ۴۸ | ۳ | ۲۳ | ۱۳۴ |
| Ater7 | ۳۵ | ۱۰۳ | ۵ | ۱۲ | ۴۷ | ۴۲ | ۱۰۱ |
| Ater8 | ۳۵ | ۱۲۰ | ۴۸ | ۲ | ۲۱ | ۴۸ | ۱۰۵ |
| Ater9 | ۵ | ۱۱۴ | ۷۳ | ۱۱ | ۹ | ۳۵ | ۵ |
| Ater10 | ۸۴ | ۱۴ | ۲۷ | ۲۶ | ۶۲ | ۲۷ | ۱۰۵ |
| خروجی پنجم- TOPSIS-PSO | | | | | | | |
| وزن | ۰/۰۵ | ۰/۱ | ۰/۱۵ | ۰/۲ | ۰/۲۵ | ۰/۱۱ | ۰/۱۴ |
| | c1 | c2 | c3 | c4 | c5 | c6 | c7 |
| Ater1 | ۱۰۸ | ۵۳ | ۲۰ | ۱۵۶ | ۹۰ | ۲۲ | ۱۴۴ |

| | | | | | | | |
|--------|-----|-----|----|-----|-----|----|-----|
| Ater2 | . | . | ۱ | ۶۷ | ۱۰۶ | ۱۳ | ۱۹۰ |
| Ater3 | ۱۶۹ | ۱۱۳ | ۴۸ | ۵۳ | ۱۳۵ | ۵ | ۱۸ |
| Ater4 | ۵۴ | ۱۳۱ | ۳۴ | . | ۱۴۴ | ۲۰ | . |
| Ater5 | ۱۸۸ | . | . | ۱۳۶ | ۱۹۸ | ۲۲ | ۱۲۰ |
| Ater6 | . | ۱۳۸ | . | . | . | ۶۴ | ۱۶۶ |
| Ater7 | . | ۵۹ | . | ۲۷ | ۱۲۰ | ۱۲ | ۲۲ |
| Ater8 | ۵۶ | ۱۴۲ | ۳۸ | ۱ | ۴۸ | . | . |
| Ater9 | ۶ | ۱۵۲ | . | ۲۶ | ۵۴ | ۳۰ | ۱ |
| Ater10 | ۱۹۰ | ۲۵ | . | ۴۶ | ۱۳۴ | ۱۳ | ۱۳۳ |

| RUN | TOPSIS | | AHP | |
|-------|---|---|---|---|
| | GA | PSO | GA | PSO |
| اول | Iter = 49 BEST = 2 Iter = 50 BEST = 2 Best Fitness = 2 | Iter = 49 BEST = 2 MEAN = 3.04 Iter = 50 BEST = 2 MEAN = 3.04 Best Fitness = 2 | Iter = 49 BEST = 2 Iter = 50 BEST = 2 Best Fitness = 2 | Iter = 49 BEST = 2 MEAN = 3.04 Iter = 50 BEST = 2 MEAN = 3.04 Best Fitness = 2 |
| دوم | Iter = 7 BEST = 2 Iter = 8 BEST = 0 Best Fitness = 0 | Iter = 32 BEST = 2 MEAN = 5.12 Iter = 33 BEST = 0 MEAN = 4.52 Best Fitness = 0 | Iter = 7 BEST = 2 Iter = 8 BEST = 0 Best Fitness = 0 | Iter = 32 BEST = 2 MEAN = 5.12 Iter = 33 BEST = 0 MEAN = 4.52 Best Fitness = 0 |
| سوم | Iter = 49 BEST = 12 Iter = 50 BEST = 12 Best Fitness = 12 | Iter = 37 BEST = 2 MEAN = 4.16 Iter = 38 BEST = 2 MEAN = 4 Iter = 39 BEST = 0 MEAN = 3.44 Best Fitness = 0 | Iter = 49 BEST = 12 Iter = 50 BEST = 12 Best Fitness = 12 | Iter = 38 BEST = 2 MEAN = 4 Iter = 39 BEST = 0 MEAN = 3.44 Best Fitness = 0 |
| چهارم | Iter = 49 BEST = 2 Iter = 50 BEST = 2 Best Fitness = 2 | Iter = 49 BEST = 4 MEAN = 5.16 Iter = 50 BEST = 4 MEAN = 5.16 Best Fitness = 4 | Iter = 49 BEST = 2 Iter = 50 BEST = 2 Best Fitness = 2 | Iter = 49 BEST = 4 MEAN = 5.16 Iter = 50 BEST = 4 MEAN = 5.16 Best Fitness = 4 |
| پنجم | Iter = 4 BEST = 4 Iter = 5 BEST = 0 Best Fitness = 0 | Iter = 15 BEST = 2 MEAN = 11.12 Iter = 16 BEST = 0 MEAN = 10.8 Best Fitness = 0 | Iter = 4 BEST = 4 Iter = 5 BEST = 0 Best Fitness = 0 | Iter = 15 BEST = 2 MEAN = 11.12 Iter = 16 BEST = 0 MEAN = 10.8 Best Fitness = 0 |

جدول شماره (۴): نمونه ماتریس های هم ارز تولید شده با تکنیک های PSO و AHP

| معیارها | تضمین | توانایی | توانایی | ارزیابی | نیروی | داشته تن | استانداردها: c7 |
|---------------------|-----------|---------|----------|-------------|------------|-----------|-----------------|
| | c1: کیفیت | c2: فنی | c3: مالی | c4: مشتریان | c5: انسانی | c6: تجربه | |
| وزن | ۰/۰۵ | ۰/۱ | ۰/۱۵ | ۰/۲ | ۰/۲۵ | ۰/۱۱ | ۰/۱۴ |
| out put2 AHP-PSO | ۸۱ | ۱۸۸ | ۱۴۶ | ۶۱ | ۱۷۵ | ۱۱ | ۱۲۰ |
| out put3 AHP-PSO | ۱۸۸ | ۱۴۹ | ۱۱۲ | ۱۲۲ | ۱۹۸ | . | ۵۷ |
| out put5 AHP-PSO | ۱ | ۱۹۸ | ۱۴۴ | ۱۲۷ | ۱۹۸ | . | ۱۲۰ |
| out put2 AHP-GA | ۶۰ | ۱۶۸ | ۱۱۶ | ۶۷ | ۵۷ | ۱۳ | ۶۲ |
| Out put 5 AHP-GA | ۱۲۸ | ۹۴ | ۱۰۰ | ۵۱ | ۱۵۳ | ۳ | ۸۰ |
| out put2 TOPSIS-PSO | ۶۳ | ۱۹۸ | ۱۴۶ | ۱۰۲ | ۷۵ | ۳ | ۶۶ |
| out put3 TOPSIS-PSO | ۳ | ۱۹۸ | ۱۴۶ | ۱۳۶ | ۵۰ | ۱۱ | ۱۲۰ |
| out put5 TOPSIS-PSO | ۱۸۸ | . | . | ۱۳۶ | ۱۹۸ | ۲۲ | ۱۲۰ |
| out put2 TOPSIS-GA | ۹۱ | ۱۰۶ | ۵۰ | ۹۳ | ۸۱ | ۲۰ | ۶۸ |
| out put5 | ۸۹ | ۸۶ | ۱۰۶ | ۳۷ | ۹۸ | ۱۵ | ۹۸ |

۳- نتایج و بحث

هر کدام از ماتریس های جدول شماره ۳ همانند ماتریس اولیه تصمیم گیری، خروجی (رتبه بندی) یکسانی را ولی با ترکیبات متفاوتی از توانمندیهای پیمانکاران براساس معیارهای هفت گانه شرکت ارائه می کند. از آنجائیکه در منحنی های بی تفاوتی تمام نقاط واقع بر روی هر منحنی مطلوبیت یکسانی را با ترکیبات متفاوت ارائه می کند در این مقاله هر یک از ماتریس های هم ارز بیان کننده نقاط واقع بر روی منحنی بی تفاوتی شرکت می باشد که مطلوبیت یکسانی دارند. با عنایت به اینکه اکثر تصمیمات و استراتژی های اتخاذ شده در مرحله اجرا با مشکل مواجهه می شوند شناسایی گزینه های مختلف برای تصمیم گیری قدرت انعطاف پذیری سازمان را در مرحله انتخاب پیمانکاران مناقصات و اجرای موفق پروژهها افزایش داده و شانس تحقق تصمیمات و استراتژی ها را افزایش می دهد. با توجه به نتایج حاصل از رتبه بندی گزینه ها، پیمانکار پنجم که رتبه اول را نسبت به سایر گزینه ها کسب نموده است.

از پیمانکار پنجم درخواست می گردد با توجه به انتظارات شرکت که با ماتریس هم ارز خروجی (out put 2 TOPSIS-GA) تطابق بیشتری دارد توانمندیهای خود را در معیارهای تضمین کیفیت، توانایی های فنی و تجهیزات و استفاده از نیروی انسانی ماهر تقویت نماید تا ضمن موفقیت در قرارداد منعقد شده شانس خود را برای همکاری های آتی افزایش دهد. با توجه به تحلیل وضعیت پیمانکار انتخابی، در مراحل آتی می توان نسبت به تعیین نرخ نهایی جانشینی (جایگزینی) برخی از معیارهای جبرانی اقدام نمود مثلاً می توان نمره معیار C_2 را با معیارهای C_3 و C_4 و C_6 جبران نمود. همچنین از کاربردهای دیگر این تحقیق می توان با استفاده از مدل تحلیل پوششی داده ها الگوی داده گرا در مسایلی مانند انتخاب استراتژی ها نسبت به بهینه نمودن تخصیص منابع استفاده نمود.

۴- منابع

1. Alborzi, M. (2008). Augmenting System Dynamics with Genetic Algorithm and Topsis Multivariate Ranking Module for Multi-Criteria Optimization. Proceedings of the International Conference of the System Dynamics Society.
2. Ali, R. (2017). Principle of Management. Tehran: Samat Publication.
3. Asgharpour, M. J. 2017. Multiple Criteria Decision Making, Tehran University
4. Chen, D., Zhou, Z. & Pham, D. (2008). Research on the Grey Relational Evaluation Method of Core Competencies of Virtual Enterprise Members. *Kybernetes*, 37, 1250-1256.
5. Faghih, N., Montazeri, M. M. (2008), Genetic Algorithms for Assembly Line Balancing Problem. *Journal of Industrial Management*, 1(1), 107-124.
6. Hwang, Y., A. & Wang, B., S. (2016). A Matrix Approach to the Associated Consistency With Respect to the Equal Allocation of Non-Separable Costs. *Operations Research Letters*, 44, 826-830.
7. Intriligator, M. D. (1971). Mathematical Optimization and Economic Theory. Phi Learning; 1st edition.
8. Leili, M, M. S., Ekradi, E, Parvin, E., Fazeli, H. (2017). Studying the Relationship between Managers' Decision Making Styles with The Level Of Creativity And Participative Management In Guidance Schools. *InnovCreat Hum Sci Journal*, 4, 19.
9. Mohamadi, A, M. S., Dostmohammadi, A., Khaleghi, A. (2015). Management Assessment and Selection of Logistics Providers at the Social Security Hospital of Imam Hossein in Zanjan. International Conference on Management. Istanbul, Turkey.
10. Mulliner, E., Malys, N. & Maliene, V. (2016). Comparative Analysis of Mcdm Methods for the Assessment Of Sustainable Housing Affordability. *Omega*, 59, 146-156.

11. Radfar, R, K. N. (2015). Identify And Ranking The Factors Affecting The Efficiency Of Using By Dematel. *Productivity Management Journal*, 35, 19.
12. Salati F, M. A. (2014). Offer The Value Function (Utility) To Prioritize Research Projects In R & D Centers Using The UtaMethod (Case of Water Resources Company In Iran). *Industrial Management Studies*, 31, 19-33.
13. Serrai, W., Abdelli, A., Mokdad, L. & Hammal, Y. (2017). Towards An Efficient And A More Accurate Web Service Selection Using Mcdm Methods. *Journal of Computational Science*, 22, 253-267.
14. Shahbazi, L. (2016). At The Same Time Optimize The Planning Problem-Labor-Service Equipment Using Particle Swarm Algorithm. Ms. Thesis, Islamic Azad University, Zanjan Branch.
15. Taboli, M.(2012). New Method For Solving Multi-Criteria Decision. *Industrial Management Studies*, 9, 20.
16. Yang, X.S., (2011). Metaheuristic Optimization. *Scholarpedia*, 6, 11472.
17. Yu, X., Zhang, S., Liao, X. & Qi, X. (2018). Electre Methods in Prioritized Mcdm Environment. *Information Sciences*, 424, 301-316.
18. Nath, P., Nachiappan, S., & Ramanathan, R. (2019). A heuristics approach for computing the largest eigenvalue of a pairwise comparison matrix. *International Journal of Operational Research (IJOR)*, Vol. 34, No. 4,
19. Schiffels, S., Fliedner, T., & Kolisch, R. (2018). Human behavior in project portfolio selection: Insights from an experimental study. *Decision Sciences*, 49(6), 1061-1087.

The indifference Points in Multi-criteria Decision Problems (Case study: Evaluation Suppliers in Zanjan Province Water and Wastewater Company)

Arshad Farahmandian

Department of Industrial Management, Science and Research Branch, Islamic Azad University,
Tehran, Iran

Email: afarahmandian110@gmail.com

Reza Radfar (Corresponding author)

Prof., Department of Technology Management, Science and Research Branch, Islamic Azad
University, Tehran, Iran

Email: radfar@gmail.com

MohammadAli Afshar Kazemi

Associate Professor, Department of Industrial Management, Science and Research Branch, Islamic
Azad University, Tehran, Iran.

Email: Dr.mafshar@gmail.com

Abstract

Decisions on the process of assessment and selection of suppliers should be made by examining all possible options, otherwise the organization will encounter many problems during the implementation and implementation phases. The purpose of the present study was to determine the indifference points of assessors of the water and Wastewater Company in Zanjan province. The method of this study was descriptive. The data of this study is related to supplier assessment of one of the projects of the city water and wastewater company Zanjan province. The data was collected based on the views of 10 experts with at least a bachelor's degree and at least 5 years of work experience in the company based on the "supplier assessment form". The data has been analyzed using the 2014 version of MATLAB software. A total of 10 cases of matrix matched with the initial decision matrix are identified and generated separately for each method. TOPSIS-GA = 2 and TOPSIS-PSO = 3 and AHP-GA = 2 and AHP-PSO = 3. A total of 10 cases of matrix matched with the initial decision matrix are identified and generated separately for each method.

Keywords: Indifference Points, Metaheuristic Algorithms, Parallel Matrixes, Marginal Rate of Substitution.