مهندسی صنایع و مدیریت شریف
دوره‌ی ۱ - ۲۷، شماره‌ی ۱، ص. ۳۹-۴۵

ارزیابی صلاحیت سازندگان تجهیزات صنعت نفت مبتنی بر PROMSORT

عزت‌الله اصغری‌زاده (دانشیار)
مریم شوکت‌پور (کارشناس ارشد)
دانشکده‌ی مدیریت، دانشگاه تهران

پژوهش حاضر مطالعه‌یی کاربردی درمورد ارزیابی صلاحیت سازندگان تجهیزات صنعت نفت است. با توجه به پیچیده‌ترشدن شرایط رقابت جهانی، امروزه به‌مرور ارزیابی‌های سنتی جای خود را به فرایندهای ارزیابی علمی و تخصصی داده است. افزون براین، به‌دلیل اهمیت فراوان صنعت نفت درکشور ما، پرداختن به ارزیابی همه‌ی سازندگان تجهیزات بسیار ضروری به نظر می‌رسد. دراین تحقیق ۹ شاخص برای ارزیابی سازندگان تجهیزات صنعت نفت تشخیص داده شده، و با استفاده از روش PROMSORT [۱] شرکت‌ها به چهارگروه شرکت‌های عالی، خوب، متوسط و ضعیف طبقه‌بندی شده‌اند.

واژگان کلیدی: PROMETHEE، PROMSORT، ارزیابی، سازندگان تجهیزات صنعتی.

asghari@ut.ac.ir
m_shokatpour@yahoo.com

۱. مقدمه

هدف اصلی از انجام این پژوهش به دست آوردن ابزاری برای شناخت و معرفی شرکت‌های توان‌مند در زمینه‌ی صنعت نفت است. این مدل ارزیابی به کارفرمایان در ارجاع کار به شرکت‌های توان‌مند یاری می‌رساند و برون‌داد آن، فهرست گویایی از میزان قابلیت‌ها، پتانسیل‌ها و نقاط قابل بهبودِ سازندگانی است که مورد ارزیابی قرار گرفته‌اند. تحلیل داده‌های گردآوری شده از منابع داخلی و خارجی حاکی از وجود تفاوت‌هایی در روش‌ها و معیارهای ارزیابی است. دراین زمینه تحقیقات گسترده‌یی انجام شده است که به‌اختصار به برخی از آنها اشاره می‌شود.

در سال ۲۰۰۵ به‌منظور انتخاب پیمانکاران در سنگاپور مطالعاتی انجام شد.[۱] در سال ۲۰۰۴ نیز، پیمانکارانِ ساخت در ترکیه با استفاده از روش AHP ارزیابی شدند؛[۲] درکشورهایی نظیر هنگ‌کنگ، استرالیا و... نیز مطالعاتی دراین زمینه انجام پذیرفته است.

محققین در سال ۲۰۰۰ مدلی برای ارزیابی مقدماتی سازندگان و طراحان ارائه،[۳] و در سال ۲۰۰۱ آن را توسعه دادند.[۴]

در سال ۱۹۹۷ شاخص‌هایی برای انتخاب پیمانکار معرفی شد[۵و۶] و بدین‌ترتیب نخستین گام‌ها برای استفاده از روش‌های تحلیل تصمیم‌گیری چندشاخصه‌ی سامان‌مند برای انتخاب و ارزیابی پیمانکاران براساس مدل تابع مطلوبیت چندشاخصه برداشته شد. در سال ۱۹۹۸ روش‌های انتخاب پیمانکاران بررسی شد[۷] و درادامه، با همکاری محققین دیگر، مقوله‌ی ارزیابی مقدماتی مورد مطالعه قرارگرفت.[۸]

در سال ۲۰۰۲ یک سیستم پشتیبانی تصمیم چندشاخصه با استفاده از روش تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP) برای انتخاب مناسب‌ترین پیمانکار ارائه شد.[۹]

در سال ۲۰۰۴ محققین با استفاده از روش ANP به انتخاب پیمانکاران پرداختند[۱۰] و بالاخره در سال ۲۰۰۰ در یک جست‌وجوی ساده، یازده مدل ارزیابی مقدماتی و چهار مدل انتخاب نهایی پیمانکار مورد مطالعه قرارگرفت، و از روش AHP برای انتخاب پیمانکار نهایی استفاده شد.[۱۱]

علاوه بر موارد فوق، مطالعاتی نیز در داخل کشور صورت گرفته است. معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی ریاست جمهوری با استفاده از آیین‌نامه‌های خاص پیمانکاران، طرح و ساخت و... صلاحیت شرکت‌ها را ارزیابی کرده‌اند و کارفرمایان (شرکت ملی نفت، شرکت ملی گاز و...) نیز به‌نوبه‌ی خود برای ارجاع کار از فرایندهای ارزیابی صلاحیت استفاده می‌کنند.

برای تصمیم‌گیری در ارزیابی یا ارزیابی مقدماتی مدل‌های متفاوتی ارائه شده، که پیش‌تر به برخی از آنها اشاره شد. تکنیک‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره به دو مجموعه‌ی MADM [۲] و MODM [۳] تقسیم می‌شوند. از تکنیک MADM برای دسته‌بندی کردن [۴] گزینه‌ها با استفاده از ماتریس تصمیم برحسب چندین شاخص استفاده می‌شود، و تکنیک MODM نیز به‌منظور طراحی به کار گرفته می‌شود. روش‌های متفاوتی برای تقسیم‌بندی تکنیک‌های MADM پیشنهاد شده است. یکی از این روش‌ها طبقه‌بندی تکنیک‌ها براساس نوع اطلاعات است که در سال ۲۰۰۰ پیشنهاد شد.[۱۲] تمام روش‌های ذکرشده در این پژوهش برای انتخاب پیمانکار در یک بستر رقابتی به نتیجه می‌رسند. در واقع هر تصمیم همیشه

تاریخ: دریافت ۱۳۸۷/۱۲/۱۷، اصلاحیه ۱۳۸۸/۱۲/۲۵، پذیرش ۱۳۸۹/۴/۲۹.

براساس یک منطق اخذ می‌شود و لذا باید تنها یکی از روش‌ها مورد استفاده قرار گیرد.

در سال ۲۰۰۷ پس از بررسی بسیاری از روش‌های مطرح‌شده در ادبیات تصمیم‌گیری چندشاخصه، معلوم شد که روش PROMSORT برای ارزیابی تأمین‌کنندگان بسیار منعطف و پاسخ‌گو است.[۱۳] محققین از این روش به‌منظور ارزیابی تأمین‌کنندگان یک شرکت فرضی در صنعت الکترونیک بهره برده‌اند. با توجه به این نتایج و درنظرگرفتن این نکته که تاکنون در ایران براساس PROMSORT ارزیابی صلاحیت صورت نگرفته است، در این پژوهش با استفاده از این روش به ارزیابی و طبقه‌بندی شرکت‌های سازنده‌ی تجهیزات صنعت نفت پرداخته‌ایم.

۲. روش PROMSORT

روش PROMSORT یکی از روش‌های گروه‌بندی چندمعیاره[۵] برمبنای روش PROMETHEE [۶] است که گزینه‌ها را به گروه‌های از پیش تعیین‌شده تخصیص می‌دهد. تخصیص گزینه‌ی a به گروهی معین با استفاده از تعریف محدودیت‌های برش گروه‌ها، و در برخی موارد باکمک گزینه‌های مرجع، در مراحل مختلف انجام می‌شود.

چون روش PROMETHEE تاکنون در تعدادی از مطالعات کاربردی ارائه شده، در اینجا بدون آن که به توضیح روش PROMETHEE بپردازیم، صرفاً روش PROMSORT را مورد بررسی قرار می‌دهیم. در این روش G مجموعه‌یی از شاخص‌هاست، $g_1, g_2, ..., g_j$ و $B : \{b_1, b_2, ..., b_k\}$ مجموعه‌یی از قیود است، که ضمن طبقه‌بندی این مجموعه‌ها، آنها را «محدودیت‌های برش» می‌نامیم. k محدودیت $k+1$ گروه را مشخص می‌کند؛ b_h حد بالای گروه C_h و حد پایین گروه C_{h+1} $(h = 1, 2, ..., k)$است.

عبارت $C_2 > C_1$ به این مفهوم است که گروه ۲ برتر از گروه ۱ است. همچنین مجموعه برش‌های $B = \{b_3, b_2, ..., b_k\}$ باید خصوصیات زیر را داشته باشند (نماد P بیان‌گر ارجحیت است):

$$[b_k \ P \ b_{k-1}], \ [b_{k-1} \ P \ b_{k-2}], ..., [b_2 \ P \ b_1] \qquad (1)$$

این خصوصیت بدان‌معناست که گروه‌ها باید منظم و قابل تشخیص باشند. فرض ارجحیت بیشتر به کم‌تر، به نظم و قابلیت تشخیص این گروه‌ها کمک می‌کند. مقایسه بین دو محدودیت برش b_{h-1} و b_h، مشخص‌کننده‌ی گروه‌های C_h, C_{h-1}, C_{h+1} است که با استفاده از روابط موجود در PROMETHEE تعریف می‌شوند. PROMSORT تخصیص گزینه به گروه‌های موجود را طی مراحلی انجام می‌دهد که در ادامه به شرح آن خواهیم پرداخت.

۱.۲. ایجاد یک رجحان با استفاده از PROMETHEE I

روش‌های PROMETHEE عموماً شامل سه مرحله‌اند که در مرحله‌ی سوم (استفاده برای پشتیبانی تصمیم) روش PROMETHEE I یک طبقه‌بندی جزئی و محدود را ارائه می‌دهد.

در تکنیک PROMSORT، گروه‌بندی‌ها با استفاده از حدهای بالا و پایین تعریف می‌شوند؛ از این محدودیت‌های برش و گزینه‌های مرجع برای تخصیص یک گزینه به یک گروه استفاده می‌شود. به‌منظور تعیین گزینه‌های مرجع، ابتدا تمام گزینه‌ها با محدودیت‌های برش مقایسه می‌شوند. مقایسه‌ی گزینه‌ی a با محدودیت برش b_h:

a نسبت به b_h ارجح (P) است:

$$\varphi^+(a) > \varphi^+(b_h) \& \varphi^-(a) < \varphi^-(b_h) or$$
$$\varphi^+(a) = \varphi^+(b_h) \& \varphi^-(a) < \varphi^-(b_h) or \quad (a \ P \ b_h) \text{ اگر و فقط اگر}$$
$$\varphi^+(a) > \varphi^+(b_h) \& \varphi^-(a) = \varphi^-(b_h) \qquad (2)$$

a نسبت به b_h بی‌تفاوت (I) است:

$$\varphi^+(a) = \varphi^+(b_h) \& \varphi^-(a) = \varphi^-(b_h) \quad \text{اگر و فقط اگر} \quad (a \ I \ b_h) \qquad (3)$$

a قابل مقایسه (R) با b_h نیست:

$$\varphi^+(a) > \varphi^+(b_h) \& \varphi^-(a) > \varphi^-(b_h) or$$
$$\varphi^+(a) < \varphi^+(b_h) \& \varphi^-(a) < \varphi^-(b_h) \quad \text{اگر و فقط اگر} \quad (a \ R \ b_h) \qquad (4)$$

$\varphi(a)$ جریان خالص گزینه‌ی a است که آن را، بسته به جریان ورودی یا خروجی، با علامت + و - نشان می‌دهیم.

۲.۲. تخصیص گزینه‌ها

تخصیص گزینه‌ها به گروه‌ها مستقیماً از نسبت برتری منتج می‌شود $(C_2 > C_1$ به این معناست که گروه ۲ بر طبقه‌ی ۱ ارجح است).

- مقایسه‌ی گزینه‌ی a با b_iهای متوالی: $(i = k, k-1, ..., 1)$؛
- b_h اولین برش است چنانچه $a \ P \ b_h$؛
- b_t اولین برش است چنانچه $a \ R \ b_t$ یا $a \ I \ b_t$؛
- اگر $h > t$ باشد، a به گروه C_{h+1} تخصیص داده می‌شود.

در غیر این صورت a به هیچ گروهی تعلق نمی‌گیرد؛ یعنی مشخص نیست که a باید به گروه t تخصیص یابد یا به $t+1$.

پس از این مرحله ممکن است بعضی از گزینه‌ها به گروهی تخصیص نیابند، یعنی برتری نشان دهد که گزینه‌ها نسبت به محدودیت برش بی‌تفاوت یا غیرقابل مقایسه‌اند و نمی‌توان مستقیماً آنها را به گروهی خاص تخصیص داد. از برخی گزینه‌ها که تخصیص یافته‌اند، به‌عنوان مرجع طبقه استفاده می‌شود تا بتوانیم گزینه‌یی را که تاکنون تخصیص نداده‌ایم، تخصیص دهیم. خصوصیات گزینه‌های مرجع عبارت‌اند از:

- هر محدودیت برش b_h بر تمام گزینه‌های مرجع در گروه C_h ارجح است؛
- هر گزینه‌ی مرجع در C_h به حد پایین محدودیت‌های برش طبقه‌های پایین‌تر، ارجح است؛
- هر گزینه‌ی مرجع در C_h به تمام گزینه‌های مرجع در $C_{h-1}, C_{h-2}, ...$ برتری دارد؛
- رابطه‌ی ارجحیت، غیرقابل مقایسه، یا بی‌تفاوت بین تمام گزینه‌ها در یک گروه می‌تواند وجود داشته باشد.

۳.۲. تخصیص نهایی گزینه‌ها

در فاز قبل، برخی گزینه‌ها به $h+1$ گروه تخصیص یافتند. اکنون این گزینه‌ها، گزینه‌های مرجع برای گروه‌ها هستند.

- مجموعه‌ی مرجع شامل m گزینه برای گروه h است: $X = \{x_1, x_2, ..x_m\}$.

برای گزینه‌ی a که هنوز به گروهی تخصیص داده نشده، فاصله را تعیین می‌کنیم:

$$d_k = \frac{1}{n_t} d_k^+ - \frac{1}{n_{t+1}} d_k^- \quad (5)$$

$$d_k^+ = \sum_{x \in X_t} (\varphi(a) - \varphi(x))$$

$$d_k^- = \sum_{x \in X_{t+1}} (\varphi(x) - \varphi(a)) \quad (6)$$

در رابطه‌ی ۶ d_k^+ برتری a به تمام گزینه‌های تخصیص داده شده در گروه C_t را اندازه‌گیری می کند، و d_k^- برتری تمام گزینه‌های تخصیص داده‌شده در گروه C_{t+1} را بر a می‌سنجد. n_t تعداد گزینه‌های مرجع گروه C_i است، و $\varphi(a)$ جریان خالص گزینه a است.

- اگر فاصله‌ی فوق بزرگ‌تر از B' باشد گزینه‌ی a به گروه C_{t+1} تخصیص درغیر این‌صورت به C_t تخصیص می‌یابد. ممکن است B' مجموعه‌یی باشد که توسط تصمیم‌گیرنده تعیین می‌شود و بازتاب‌دهنده‌ی خوش‌بینی یا بدبینی نظر تصمیم‌ساز باشد. برای مثال B' می‌تواند در قالب مجموعه‌یی از (۱-و۰و۱) باشد. اگر B' برابر صفر شد، گزینه‌های تخصیص‌نیافته براساس تابع فاصله تخصیص می‌یابند؛ اگر $B' = 1$ باشد، تمام گزینه‌های تخصیص‌نیافته به گروه بدتر تخصیص داده می‌شوند؛ و اگر $B' = -1$ باشد، گزینه‌های تخصیص‌نیافته به بهترین گروه تخصیص می‌یابند.

$$If\ d_k > B'\ a \in C_{t+1}$$
$$If\ d_k < B'\ a \in C_t \quad (7)$$

در این مرحله یک تابع فاصله برای تمام گزینه‌هایی که تخصیص نیافته‌اند محاسبه می‌شود. به‌جای ارجحیت شاخص‌ها، ما از جمع تفاوت بین ارزش‌های خالص گزینه‌ها به‌منظور اندازه‌گیری برتریِ صفت ممتاز a بر گزینه‌های مرجع که متعلق به طبقه‌ی C_t هستند استفاده می‌کنیم، برتری صفت ممتاز تمام گزینه‌های مرجعِ متعلق به C_{t+1} بر a را نیز براساس رابطه‌ی ۵ محاسبه می‌کنیم.

مشاهده می‌شود که دو گزینه‌ی مساوی نمی‌توانند در گروه‌های متفاوت جای بگیرند. به‌علاوه، به‌راحتی می‌توان مشاهده کرد که در مورد دو گزینه‌ی a_1 و a_2 وقتی $a_1\ P\ a_2$ است، a_2 نمی‌تواند در گروه بهتری از a_1 قرار گیرد.

۳. تعیین شاخص‌های ارزیابی

مراحلی که برای انتخاب نهایی شاخص‌های ارزیابی سازندگان صورت پذیرفته عبارت است از:

۱. تعیین مجموعه‌یی از شاخص‌ها، با مرور ادبیات موضوع و کسب نظرات ۱۰ نفر از خبرگان.

۲. توزیع پرسش‌نامه برای غربال‌سازی شاخص‌ها در بین خبرگان. پس از تکمیل، ۱۰ پرسش‌نامه به‌منظور تجزیه تحلیل و نهایی‌کردن شاخص‌ها، قابل قبول تشخیص داده شده‌اند. به‌منظور تجزیه‌وتحلیل و نهایی‌کردن شاخص‌ها، از مفهوم اعداد فازی با پیوستارِ هفت‌گزینه‌یی استفاده شد: فوق‌العاده مهم، خیلی مهم، مهم، اهمیت متوسط، کم‌اهمیت، خیلی کم‌اهمیت، بی‌اهمیت. آنگاه با استفاده از مفاهیم منطق فازی و روابط اعداد مثلثی، اعداد فازی به اعداد قطعی تبدیل شده‌اند.

۳. محاسبه‌ی فراوانی هر شاخص در کل پرسش‌نامه‌های قابل استفاده.

۴. محاسبه‌ی جمع وزنی (امید ریاضی) درجه اهمیت در تمام شاخص‌ها. بدین‌منظور با استفاده از اطلاعات به دست آمده در پرسش‌نامه، ارزش‌های حاصله در فراوانی آنها ضرب شده است.

۵. محاسبه‌ی میانگین درجه اهمیت هریک از شاخص‌ها پس از محاسبه‌ی امید ریاضی برای هر یک از آنها، با تقسیم مقدار امید ریاضی بر فراوانی انتخاب هر شاخص.

۶. برای محدودکردن تعداد شاخص‌ها، شاخص‌های با امتیاز ۰/۶ به بالا (از میانگین بیشتر) به‌عنوان «شاخص‌های پژوهش» انتخاب شد.

در نتیجه به‌منظور ارزیابی صلاحیت سازندگان از شاخص‌های ذیل استفاده شد:

وضعیت مالی شرکت (Y_1)، وضعیت تجهیزات و ماشین‌آلات تولیدی (Y_2)، سابقه‌ی ساخت تجهیزات در پروژه‌های مشابه (Y_3)، وضعیت رتبه‌ی شرکت در سازمان‌های ذی‌ربط (Y_4)، دریافت گواهی‌نامه‌های سیستم‌های مدیریت کیفیت (Y_5)، زمان‌بندی پروژه‌ها (Y_6)، میزان اقلام سالم (Y_7)، دانش و مهارت‌های کارکنان (Y_8)، نحوه‌ی ارائه‌ی خدمات پس از فروش (Y_9).

۴. تعیین وزن شاخص‌های ارزیابی

به‌منظور تعیین وزن شاخص‌ها، پرسش‌نامه‌ها پس از طراحی بین ۱۰ نفر از خبرگان توزیع، و با استفاده از روش AHP گروهی وزن‌دهی شد و نرخ ناسازگاری ماتریس‌های مقایسات زوجی همگی کم‌تر از ۰/۱ محاسبه شد؛ لذا قضاوت‌ها سازگار و قابل اتکاء است.

۵. روش PROMSORT

برای جمع‌آوری داده‌های مربوط به ارزیابی، فرم‌های ارزیابی برای سیزده شرکتِ فعال در زمینه‌ی نفت‌وگاز در ایران ارسال شد. از هشت پرسش‌نامه‌ی تکمیل‌شده‌ی دریافتی، پنج مورد قابل استفاده تشخیص داده شد. برای اجرای ارزیابی، ابتدا هماهنگی‌های لازم با شرکت‌ها صورت گرفت و پس از تکمیل پرسش‌نامه‌ها شرکت‌ها مورد ارزیابی قرار گرفتند.

در جدول ۱ امتیازات شرکت‌ها در هر شاخص، محدودیت‌های برش برای گروه‌بندی شرکت‌ها (b)، آستانه‌ها و توابع ترجیح هر شاخص به‌همراه وزن شاخص‌ها آورده شده است. ابتدا با استفاده از PROMETHEE هر گزینه (شرکت سازنده) با محدودیت‌های برش مقایسه می‌شود. گزینه‌هایی که تخصیص می‌یابند گزینه‌ی مرجع‌اند.

با توجه به اطلاعات به دست آمده، هر شرکت با محدودیت‌های برش مقایسه می‌شود و در گروهی قرار می‌گیرد که بر محدودیت برش آن ارجح باشد. برای مثال در شرکت ۱ داریم.(جدول ۲)

با توجه به داده‌های جدول ۲، شرکت ۱ بر محدودیت برش b_2 ارجح است و در طبقه‌ی شرکت‌های خوب قرار می‌گیرد. به‌همین ترتیب شرکت‌های ۳ و ۵ به طبقه‌ی

جدول ۱. امتیازات شرکت‌ها در هر شاخص، محدودیت‌های برش برای طبقه‌بندی شرکت‌ها (b)، آستانه‌ها و توابع ترجیح هر شاخص به‌همراه وزن شاخص‌ها.

معیار	Y_1	Y_2	Y_3	Y_4	Y_5	Y_6	Y_7	Y_8	Y_9
بیشینه یا کمینه	بیشینه	بیشینه	بیشینه	بیشینه	بیشینه	بیشینه	بیشینه	بیشینه	بیشینه
وزن	۰٫۰۳۹۳۸۲۹	۰٫۱۸۵۸۷۸۲۲	۰٫۱۲۴۹۳۸۵۹	۰٫۱۱۸۱۸۵۴۳	۰٫۱۱۶۸۴۸۵۱	۰٫۲۶۸۳۸۹	۰٫۰۵۵۸۳۳۷۶	۰٫۰۵۰۶۹۰۸۷	۰٫۰۳۹۸۵۲۲۵
توابع	شاخص هم سطح	شاخص vشکل	شاخص v شکل	شاخص هم سطح	شاخص هم سطح	شاخص هم سطح	شاخص vشکل	شاخص v شکل	شاخص v شکل
	(IV)	(III)	(III)	(IV)	(IV)	(I)	(III)	(III)	(III)
p	۷	۷	۷	۷	۷	–	۷	۴	۴
q	۴	–	–	۴	۴	–	–	–	–
b_3	۸	۷	۸	۸	۷	۷	۷	۷	۷
b_2	۵	۴	۵	۵	۴	۴	۴	۴	۴
b_1	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲
شرکت ۱	۸	۸	۸	۸	۶	۳	۷	۷	۶
شرکت ۲	۷	۷	۹	۸	۸	۷	۷	۹	۷
شرکت ۳	۴	۵	۹	۸	۷	۵	۴	۷	۵
شرکت ۴	۷	۵	۵	۵	۸	۹	۹	۹	۹
شرکت ۵	۵	۶	۹	۷	۶	۵	۴	۷	۵

مأخذ: محاسبات تحقیق.

جدول ۲. جریان‌های ورودی و خروجی شرکت ۱.

φ^+	b_1	b_2	b_3	شرکت ۱	
۰٫۳۳۷۴	۰٫۷۴۴۰۱۲	۰٫۲۴۱۶۳۴	۰٫۰۲۶۵۵۴		شرکت ۱
۰٫۵۲۴۰۹۴	۰٫۷۸۷۸۵۷	۰٫۵۰۶۰۷۱		۰٫۲۷۸۳۵۳	b_3
۰٫۲۳۹۲۲۵	۰٫۴۴۹۲۸۶		۰	۰٫۲۶۸۳۸۹	b_2
۰		۰	۰	۰	b_1
φ^-	۰٫۶۶۰۳۸۵	۰٫۲۴۹۲۳۵	۰٫۰۰۸۸۵۱	۰٫۱۸۲۲۴۷	

مأخذ: محاسبات تحقیق.

C_3 (شرکت‌های خوب)، و شرکت ۲ به C_2 (بهترین شرکت‌ها) تخصیص می‌یابد. شرکت ۴ در این مرحله نمی‌تواند تخصیص یابد چون مشخص نیست که این شرکت به طبقه‌ی C_4 تخصیص یابد یا به C_3. در اینجا از گزینه‌هایی که تخصیص یافته‌اند به‌عنوان گزینه‌ی مرجع استفاده می‌کنیم تا شرکت ۴ را به طبقه‌ی مناسب تخصیص دهیم.

در طبقه‌ی C_4 یک گزینه‌ی مرجع، و در طبقه‌ی C_3 سه گزینه‌ی مرجع وجود دارد. برای شرکت ۴ که هنوز به طبقه‌یی تخصیص داده نشده، فاصله را تعیین می‌کنیم. فاصله‌ی به دست آمده برابر است با ۰٫۲؛ با در نظر گرفتن گرایشات ذهنی می‌توان با خوش‌بینی یا بدبینی نیز این شرکت را به طبقه‌ی مربوطه تخصیص داد. چنانچه تصمیم‌گیرنده B' را مساوی ۱ در نظر بگیرد، شرکت همیشه به طبقه‌ی بدتر ــ در اینجا C_3 ــ تخصیص می‌یابد؛ و اگر B' مساوی ۱- باشد همیشه گزینه‌ی تخصیص‌نیافته به طبقه‌ی بهتر تخصیص می‌یابد. در اینجا B' را مساوی صفر در نظر می‌گیریم و شرکت مورد نظر را به طبقه‌ی C_2 تخصیص می‌دهیم.

۶. تعیین تفاوت عملکرد شرکت مورد ارزیابی برای ارتقاء به سطوح بالاتر

به‌منظور تعیین این تفاوت، می‌توان از جریان خالص هر شاخص در روش PROMETHEE استفاده کرد. برای هر گزینه (شرکت) می‌توان جریان خالص هر شاخص را به‌طور جداگانه، با استفاده از رابطه‌ی ۸ محاسبه کرد:[۱۴]

$$\varphi_j(a) = \frac{1}{n-1}\sum_{x\in A}(F_j(a,x) - F_j(x,a)) \qquad (۸)$$

$\varphi_j(a)$ نشان‌گر قدرت گزینه‌ی a بر دیگر گزینه‌ها در شاخص j است. $F_j(a,x)$ مقدار تابع ارجحیت است، هنگامی که گزینه‌ی a بر دیگر گزینه‌ها ارجح باشد. $F_j(x,a)$ مقدار تابع ارجحیت است، هنگامی که گزینه‌های دیگر بر گزینه‌ی a ارجح باشند. جدول ۳ جریان‌های خالص هر گزینه و محدودیت‌های برش را نشان می‌دهد.

با توجه به اعداد به دست آمده در جدول ۳، نمودار حاصل از محدودیت‌های برش در نمودار ۱ آمده است. این نمودار، نمودار مرجع است و شرکت‌های مورد ارزیابی

جدول ۳. جریان‌های خالص هر گزینه و محدودیت‌های برش.

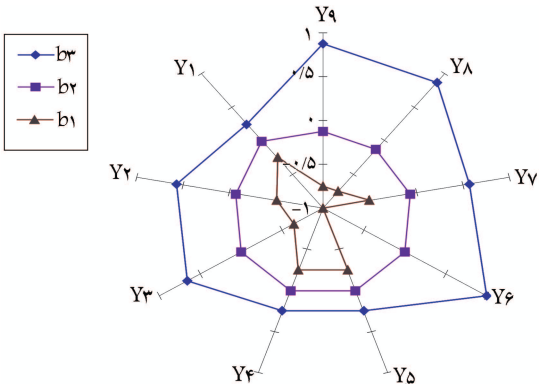
شاخص	Y_1	Y_2	Y_3	Y_4	Y_5	Y_6	Y_7	Y_8	Y_9
شرکت ۱	۰٫۱۶۶۶۶۷	۰٫۵۲۳۸۱	۰٫۴۲۸۵۷۱	۰٫۱۶۶۶۶۷	۰	−۰٫۳۳۳۳۳	۰٫۳۸۰۹۵۲	۰٫۵۸۳۳۳۳	۰٫۴۱۶۶۶۷
شرکت ۲	۰٫۱۶۶۶۶۷	۰٫۳۸۰۹۵۲	۰٫۵۷۱۴۲۹	۰٫۱۶۶۶۶۷	۰٫۱۶۶۶۶۷	۰٫۶۶۶۶۶۷	۰٫۳۸۰۹۵۲	۰٫۸۳۳۳۳۳	۰٫۵۸۳۳۳۳
شرکت ۳	۰	۰٫۰۹۵۲۳۸	۰٫۵۷۱۴۲۹	۰٫۱۶۶۶۶۷	۰	۰٫۳۳۳۳۳۳	−۰٫۰۴۷۶۲	۰٫۵۸۳۳۳۳	۰٫۱۶۶۶۶۷
شرکت ۴	۰٫۱۶۶۶۶۷	۰٫۰۹۵۲۳۸	۰	۰	۰٫۱۶۶۶۶۷	۱	۰٫۶۶۶۶۶۷	۰٫۸۳۳۳۳۳	۰٫۸۳۳۳۳۳
شرکت ۵	۰	۰٫۲۳۸۰۹۵	۰٫۵۷۱۴۲۹	۰٫۱۶۶۶۶۷	۰	۰٫۳۳۳۳۳۳	−۰٫۰۴۷۶۲	۰٫۵۸۳۳۳۳	۰٫۱۶۶۶۶۷
b_3	۰٫۲۵	۰٫۵۷۱۴۲۹	۰٫۶۴۲۸۵۷	۰٫۲۵	۰٫۲۵	۱	۰٫۵۷۱۴۲۹	۰٫۸۷۵	۰٫۸۷۵
b_2	۰	−۰٫۰۷۱۴۳	۰	۰	۰	۰	−۰٫۰۷۱۴۳	−۰٫۱۲۵	−۰٫۱۲۵
b_1	−۰٫۲۵	−۰٫۵	−۰٫۶۴۲۸۶	−۰٫۲۵	−۰٫۲۵	−۱	−۰٫۵	−۰٫۷۵	−۰٫۷۵

مأخذ: محاسبات تحقیق.

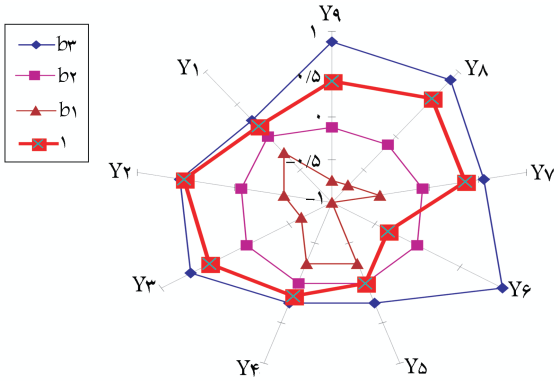
با آن مقایسه می‌شوند. شرکت‌هایی که در محدوده‌ی بین b_2 و b_3 قرار می‌گیرند جزو شرکت‌های خوب، شرکت‌هایی که بین b_1 و b_2 قرار دارند جزو شرکت‌های متوسط، و شرکت‌های کم‌تر از b_1 جزو شرکت‌های ضعیف دسته‌بندی می‌شوند. همچنین بهترین شرکت‌ها از محدودیت b_3 فراتر می‌روند.

در نمودارهای ۲ تا ۶ وضعیت شرکت‌های مورد ارزیابی در مقایسه با نمودار مرجع نشان داده شده است.

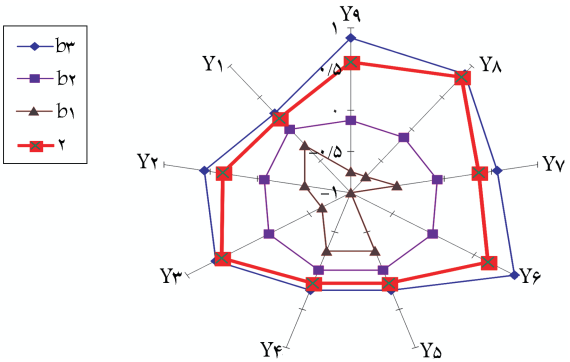
با توجه به نمودارهای حاصل از مقایسه‌ی جریان خالص هر شاخص با محدودیت برش می‌توان به نقاط ضعف شرکت‌ها پی برد.



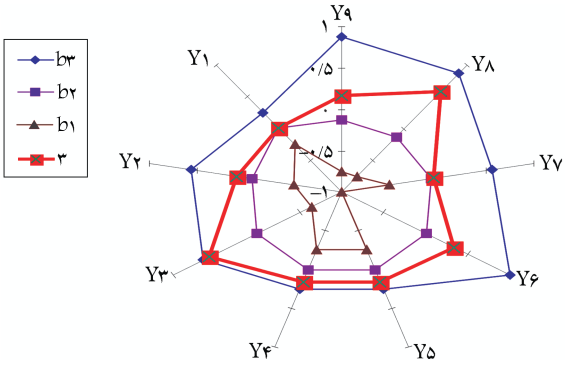
نمودار ۱. میانگین جریان خالص محدودیت‌های برش.



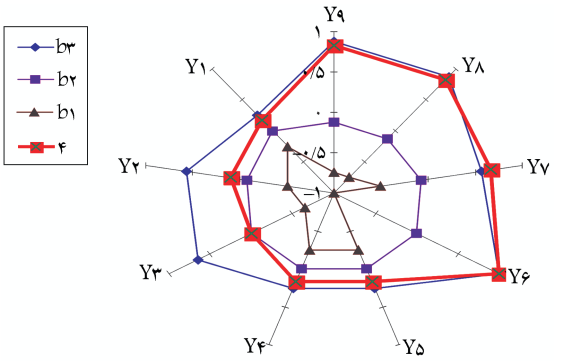
نمودار ۲. مقایسه‌ی شرکت ۱ با محدودیت‌های برش.



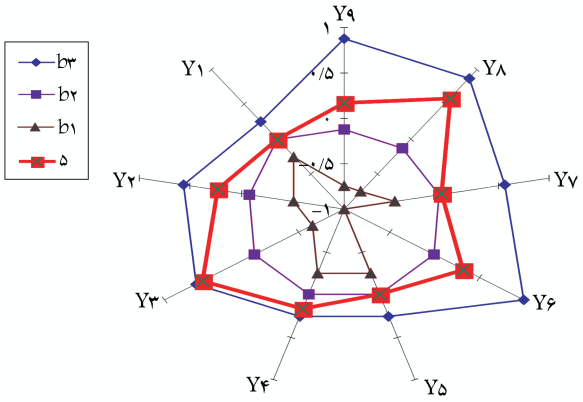
نمودار ۳. مقایسه‌ی شرکت ۲ با محدودیت‌های برش.



نمودار ۴. مقایسه‌ی شرکت ۳ با محدودیت‌های برش.



نمودار ۵. مقایسه‌ی شرکت ۴ با محدودیت‌های برش.



نمودار ۶. مقایسه‌ی شرکت ۵ با محدودیت‌های برش.

- شرکت ۱ به‌جز در معیار $Y_۶$ (برنامه‌ی زمان‌بندی پروژه‌ها) در معیارهای دیگر، در ردیف شرکت‌های خوب قرار دارد. این شرکت باید ابتدا این معیار را به سطح بالاتر برساند و سپس با بهبود همه‌ی معیارها در سطح بهترین شرکت‌ها قرارگیرد. برای بهبود معیار $Y_۶$ (برنامه‌ی زمان‌بندی پروژه‌ها)، این شرکت می‌تواند با توجه بیشتر به تصویب برنامه‌ی زمان‌بندی پروژه‌ها و ابلاغ آن به واحدهای ذی‌ربط (ازجمله بازرگانی داخلی و خارجی، طراحی و ساخت و...)، اعمال کنترل‌های لازم بر فرایندها، تعیین و اعلام به‌موقع انحرافات از برنامه و تحلیل علل بروز آن اقدام کند.
- شرکت ۲ هم‌اکنون در رده‌ی بهترین شرکت‌هاست. این شرکت با بهبود مستمر باید جایگاه خود را حفظ کند.
- شرکت ۳ باید به معیارهای اول و هفتم توجه بیشتری کند. برای بهبود معیار هفتم (میزان اقلام سالم) رعایت دو نکته الزامی به‌نظر می‌رسد:

۱. انجام دقیق بازرسی و آزمون اقلام ورودی در حین فرایند و محصول نهایی، مطابق الزامات سیستم‌های مدون شرکت.

۲. اعمال کنترل‌های مؤثر بر تمامی فرایندها و ریشه‌یابی علل و از بین بردن یا کاهش علل موجود (درمورد پیمانکاران مستقر در کارخانه).

همچنین این شرکت با ایجاد سیستم حسابداری صنعتی مناسب به‌منظور کنترل دقیق‌تر هزینه‌ها، دارایی و درآمدهای خود و برنامه‌ریزی دقیق مالی پروژه‌ها با هدف پیشگیری از انحرافات غیرعادی و زیان‌های احتمالی می‌تواند در معیار $Y_۱$ بهبود ایجاد کند.

- شرکت ۴ در تمامی معیارها در رده‌ی شرکت‌های خوب و عالی قرار دارد. این شرکت باید با پیاده‌سازی سیستم‌های لازم و توجه‌کافی به توان‌مندشدن شرکت، در راستای حفظ این توان‌مندی تلاش کند.
- شرکت ۵ در رده‌ی شرکت‌های خوب قرار دارد. این شرکت باید به معیارهای اول، پنجم و هفتم توجه کافی مبذول دارد. این شرکت با دریافت گواهی‌نامه‌های کیفیت می‌تواند در معیار پنجم بهبود ایجاد کند.

۷. نتیجه‌گیری

با توجه به اهمیت صنعت نفت در کشور ما، ارزیابی صلاحیت سازندگان تجهیزات این صنعت از جایگاه ویژه‌یی برخوردار است. بسیاری از کارفرمایان این صنعت برای ارجاع کار به شناخت سازنده بسنده می‌کنند، یا با توجه به مشخصات فنی و قیمت پیشنهادی سازنده را برمی‌گزینند. روش ارائه‌شده در این مطالعه نه‌تنها به شناخت سازندگان توان‌مند کمک می‌کند بلکه نقاط قابل بهبود سازندگان را نیز به‌منظور ارائه‌ی برنامه‌های اصلاحی مشخص می‌کند. روش یادشده برای تعداد بیشتری از سازندگان (حتی در دیگر صنایع) قابلیت به‌کارگیری و کسب نتایج معتبر را دارد. از آنجا که تصمیم‌گیرنده همیشه نمی‌تواند به‌درستی عدد ثابتی برای پارامترهای روش تصمیم‌گیری در نظر بگیرد، علاوه بر «راه‌حل اصلی»، می‌تواند تحلیل حساسیت را با نیاز به افزایش تعداد بیشتر سازندگان انجام دهد. در تحلیل حساسیت‌ها می‌توان گرایش‌های ذهنی فرد تصمیم‌گیرنده را در نظرگرفت و در دو صورت خوش‌بینی و یا بدبینی، رده‌بندی گزینه‌های تخصیص‌یافته را اعلام کرد.

پانوشت

1. preference ranking organization method sorting
2. multiple attribute decision making
3. multi-objective decision making
4. sorting & ranking
5. multi criteria sorting (MCS)
6. preference ranking organization method for enrichment evaluations

منابع

1. Singh, D. and Tiong, R.L.K. “A fuzzy decision framework for contractor selection”, *Journal of Construction Engineering and Management*, **131**(1), pp. 62-70 (2005).
2. Topcu, Y.İlker “A decision model proposal for construction contractor selection in Turkey”, *Building and Environment*, **39**(4), pp. 469-481 (2004).
3. Palaneeswaran , E. and Kumaraswamy, M. “Contractor selection for design/build projects”, *Journal of Construction Engineering and Management*, **126**(5), pp. 331-339 (2000).
4. Palaneeswaran, E. and Kumaraswamy, M. “Recent advances and proposed improvements in contractor prequalification methodologies”, *Building and Environment*, pp. 73-87 (2001).
5. Hatush, Z. and Skitmore, M. “Evaluating contractor prequalification data: Selection criteria and project success factors”, *Construction Management and Economics*, **15**(2), pp. 129-147 (1997).

6. Hatush, Z. and Skitmore, M. "Criteria for contractor selection", *Construction Management and Economics,* **15**(1), pp. 19-38 (1997).

7. Holt, G.D. "Which contractor selection methodology?" *International Journal of Project Management,* **16**(3), pp. 153-164 (1998).

8. Jennings, E. and Holt, G.D. "Prequalification and multi-criteria selection: A measure of contractor's opinions", *Construction Management and Economics,* **16**, pp. 651-660 (1998).

9. Mahdi, I.M.; Riley, M.J.; Fereig, S.M. and Alex, A.P. "A multi-criteria approach to contractor selection engineering", *Construction and Architectural Management,* **9**(1), pp. 29-37 (2002).

10. Cheng, E.W.L. and Li, H. "Contractor selection using the analytic network process", *Construction Management and Economics,* **22** (10), pp. 1021-1032 (2004).

11. Fong, P.S.W. and Choi, S.K.Y. "Final contractor selection using the analytical hierarchy process", *Construction Management & Economics, Taylor and Francis Journals,* **18**(5), pp. 547-557 (2000).

12. Larichev, O., *Theory and Methods in Decision Making, as Well as Chorography of Events in Magic Countries,* MockBa, pp. 182-183 (2000).

13. Araz , C. and Ozkarahan, I. "Supplier evaluation and management system for strategic sourcing based on a new multi-criteria sorting procedure," *International Journal of Production Economics,* **106**(2), pp. 585-606 (2007).

14. Mareschal, B. and Brans, J.P. "Geometrical representations for MCDA", *European Journal of Operational Research,* **33**, pp. 69-77 (1988).