چشم انداز مدیریت صنعتی
شماره ۲- تابستان ۱۳۹۰
ص‌ص ۶۰- ۴۳

ارائه یک مدل ترکیبی با استفاده از PROMETHEE فازی و برنامه‌ریزی خطی چندهدفه برای برون‌سپاری خدمات گارانتی

عزت اله اصغری‌زاده* ، احمد بیطرف ، مهدی اجلی*****

چکیده

در این مقاله به ارائه یک مدل ترکیبی برای برون‌سپاری خدمات گارانتی خواهیم پرداخت. مدل از دو مرحله تشکیل شده است. هنگامی‌که محصولی معیوب برای تعمیر فرستاده می‌شود، در فاز اول با استفاده از PROMETHEE فازی شروع به رتبه‌بندی پیمانکاران طرف قرارداد می‌نماییم و در فاز بعدی با استفاده از برنامه‌ریزی چندهدفه، اقدام به تخصیص و ارسال محصول برای انجام تعمیرات مورد نیاز می‌کنیم. هدف اصلی در این مدل، کمینه کردن هزینه‌های تحمیل شده به شرکت‌ها و بیشینه کردن رضایت مشتریان است که این امر با استفاده از برنامه‌ریزی خطی صفر و یک دوهدفه و با تکیه بر اولویت‌های تعیین شده در گام اول مدل محقق می‌شود. هرچه بتوانیم زمان انتظار مشتری در صف و مسافت طی شده برای رسیدن محصول به تعمیرگاه طرف قرارداد را کمتر نماییم، رضایت مشتری بیشتری را به دست آورده‌ایم که البته این هدف با در نظر گرفتن مسافت بررسی می‌شود. لازم به ذکر است که مدل ما پویاست و می‌توان از آن در بسیاری از شرکت‌ها استفاده نمود.

کلید واژه‌ها: برون‌سپاری، خدمات گارانتی، PROMETHEE فازی، برنامه‌ریزی خطی چندهدفه.

تاریخ دریافت مقاله۸۹/۱۲/۱، تاریخ پذیرش مقاله: ۹۰/۲/۲۰.

* دانشیار دانشکده مدیریت دانشگاه تهران. (نویسنده مسئول). E-mail: Asghari@ut.ac.ir
** کارشناس ارشد مدیریت صنعتی دانشگاه تهران.
*** عضو هیات علمی موسسه آموزش عالی عبدالرحمن صوفی رازی زنجان.

مقدمه

در دنیای رقابتی امروزی، بازارها از مرزهای جغرافیایی و حالت سنتی خود خارج شده‌اند و تولیدکنندگان در تلاشند تا محصولات خود را در تمام مناطق جهانی و با کمترین هزینه ممکن ارائه نمایند[۱]. در سال‌های اخیر، ارائه خدمات پس از فروش[1]، یکی از مهمترین عوامل مؤثر در کسب رضایت مشتریان بوده است[۲]. این موضوع، یکی از مواردی است که هزینه‌های زیادی را به تولیدکننده تحمیل می‌نماید و اعمال سیاستهای مناسب در این خصوص می‌تواند از هزینه‌های بی‌مورد جلوگیری نماید[۳،۴،۵]. برای قطعات کوچک یا ارزان قیمت، تولید کننده ممکن است کلیه قطعات معیوب را با قطعات سالم جایگزین کند و از این طریق، نیاز خود به تسهیلات و تجهیزات متنوع برای تعمیر و هزینه‌های ناشی از آن را مرتفع نماید[۶].

ولی در مقابل، قطعاتی هستند که از ارزش بالایی برخوردارند و تعویض آنها به صرفه نمی‌باشد و لذا آنها را باید تعمیر نمود. در چنین مواردی، تولیدکننده دو راه دارد. یکی اینکه خودش با ایجاد تسهیلات و امکاناتی تعمیر قطعات معیوب را به عهده گیرد و یا اینکه پیمانکارانی را برای این تعمیرات تحت پیمان گیرد. البته در برخی مواقع و در صورت زیاد بودن حجم تعمیرات، چندین پیمانکار مورد نیاز می‌باشد. از این رو، در این مقاله به بررسی مواردی می‌پردازیم که از طریق آنها بتوانیم هزینه‌های برونسپاری گارانتی را به حداقل ممکن برسانیم. از این رو، کالاهای مورد نظر جهت ارائه خدمات گارانتی را به صورتی به پیمانکاران تخصیص می‌دهیم که تولید کننده بتواند خدمات گارانتی را توسط پیمانکاران با حداقل هزینه ممکن به انجام رساند. لازم به توضیح است که خود تولیدکننده نیز می‌تواند به‌عنوان یکی از این پیمانکاران در مدل وارد شود و تعدادی کالا جهت ارائه خدمات گارانتی به او تخصیص یابد[۶].

برون‌سپاری خدمات گارانتی، مزایای فراوانی برای تولیدکننده دارد که برخی از آنها عبارتند از: تمرکز بر فعالیت‌های اصلی که از ارزش افزوده بالاتری برخوردارند، به‌کارگیری مطلوب دارایی‌ها و در نهایت، افزایش رضایت مشتریان. از سوی دیگر، این امر با خطراتی مواجه است که یکی از آنها احتمال کاهش رضایت مشتریان می‌باشد. در صورتی که پیمانکاران از تجربه ناکافی برخوردار باشند یا رفتار مطلوبی با مشتریان نداشته باشند، این‌موضوع می‌تواند باعث کاهش خریدهای آینده مشتریان از تولیدکننده گردد[۷].

لذا در چنین مواردی، ضروری است که تولیدکننده فقط به فکر کاهش هزینه نباشد و مواردی از قبیل توان پیمانکاران، کیفیت کاری آنها و دیگر موارد مورد نظر خود را در برون‌سپاری خدمات گارانتی جستجو نماید، زیرا در غیر این صورت، در بلندمدت با مشکلاتی روبرو خواهد شد.

1.Warranty

امروزه در برون‌سپاری خدمات گارانتی با مباحث مهمی روبرو هستیم که یکی از آنها تخصیص است. این مسأله هنگامی به وجود می‌آید که تولیدکننده با چند پیمانکار قرارداد دارد و می‌خواهد کالای نیازمند به خدمات گارانتی را به‌گونه‌ای به آنها ارائه دهد که کمترین هزینه را در پی داشته باشد و دیگر اهداف مورد نظرش را تامین نماید.

توجه به برنامه‌ریزی برای خدمات گارانتی و مدل‌های آن از دو دهه پیش شروع شده است و «بلیشک و مورتی[1]» مطالعات عمیقی را در این باره انجام داده‌اند. آنها مدل‌های متفاوتی از خدمات گارانتی مثل تعویض رایگان و... و نیز گارانتی‌های یک بعدی و دو بعدی را مورد مطالعه و بررسی قرار دادند[۲].

در چنین مدل‌هایی، هدف اصلی همواره تعیین هزینه‌های تولیدکننده ـ که در خدمات گارانتی متحمل می‌گردد ـ بوده است. این هزینه‌ها شامل هزینه تعویض، هزینه تعمیر و ... در طول عمر یک محصول هستند. تئوری تعویض در مطالعات بسیاری برای مدل‌سازی قطعات معیوب مورد استفاده قرار گرفته است.

Ja و دیگران نیز تحقیقاتی را در این زمینه به عمل آوردند. آنها با استفاده از تقریب نرمال، هزینه‌های گارانتی در مواردی را تعیین نمودند که تولیدکننده می‌خواهد میزان سرمایه‌گذاری در خدمات گارانتی را مشخص نماید. آنها همچنین تحقیقاتی را در زمینه خدمات گارانتی و هزینه‌های مرتبط، با توجه به زمان تعمیر، به انجام رسانیدند[۸].

موضوع مورد بحث ما در اینجا کاهش هزینه‌ها و نیز کاهش زمان انتظار سرویس گیرندگان (خریداران) در صف در هنگامی است که تصمیم به برون‌سپاری خدمات گارانتی گرفته می‌شود. گرچه تحقیقات فراوانی در مورد برون‌سپاری و یا خدمات گارانتی انجام شده است و مدل‌های فراوانی برای هر یک وجود دارد، ولی تا کنون هیچ تحقیقی که این دو موضوع را به صورت ترکیبی با هم در نظر بگیرد، انجام نشده است.

امروزه کاربرد مدل‌های تخصیص ـ که فروشنده از آغاز، خدمات پس از فروش را به عهده پیمانکار می‌گذارد ـ در برون‌سپاری خدمات گارانتی گسترش یافته است. نخستین مدل در این زمینه را «رولف[2]» [۹] ، «پرول و دایر[3]» [۱۰] و «شانتیکومار[4]» [۱۲و۱۱] ارائه کردند. این مدل خود به چند مدل دیگر تقسیم می‌شود که شامل مدل‌های احتمالی و... هستند.

اختصاص خدمات پس از فروش به یک پیمانکار خاص از همان ابتدا، علی‌رغم مزایایی که دارد، نمی‌تواند زیاد جالب باشد. لذا مدلی که در اینجا پیشنهاد می‌کنیم این است که خریدار در

1. Blischke & Murthy
2. Rolfe
3. Proll& Dyer
4. Shanthikumar

صورت بروز مشکل با فروشنده تماس بگیرد و فروشنده با توجه به ظرفیت هر پیمانکار، مشتری را به سمت پیمانکاری گسیل نماید که ظرفیت خالی دارد، به‌طوری که مشتری با کمترین هزینه و در کوتاه‌ترین زمان ممکن، خدمت مورد نظر را دریافت نماید.

در این مقاله ابتدا به تعریف مسأله پرداخته می‌شود. سپس روش‌شناسی و گام‌های حل مسأله بررسی خواهد شد و در پایان، یک مثال عددی و نتایج و پیشنهادها ارائه گردید.

تعریف مسأله

تولیدکننده‌ای را در نظر بگیرید که قصد دارد خدمات گارانتی محصولات خود را به چند پیمانکار واگذار نماید. در اینجا چند پیمانکار وجود دارند که هر کدام با نرخ تعمیری که دارند، ظرفیت مشخصی برای پذیرش محصولات معیوب دارند. فرض کنید که محصول خریداری شده دچار شکست شود. مشتری در اولین فرصت با تولیدکننده تماس می‌گیرد و خواستار رفع عیب از محصول می‌شود. در اینجا این پرسش مطرح می‌شود که محصول معیوب به کدام پیمانکار ارجاع داده شود تا علاوه بر کمینه کردن هزینه‌ها، رضایت مشتری نیز بیشینه گردد.

تصمیم‌گیری در این مورد، دشوار است، زیرا ابتدا می‌بایست مشخص کنیم که اولویت پیمانکاران برای دریافت محصولات معیوب چگونه است. همچنین با در نظر گرفتن ظرفیت در دسترس هر پیمانکار، محصولات معیوب را باید به گونه‌ای تخصیص دهیم که علیرغم ارسال محصول معیوب به پیمانکاری که دارای بیشترین امتیاز است، هزینه‌های تولیدکننده ـ شامل هزینه تعمیر هر واحد و هزینه تاخیر در تحویل ـ و هزینه‌های خریدار ـ شامل کمترین مسافت رفت و آمد در کمترین زمان انتظار ـ کمینه شود. مشخص است که در برخی موارد، برای جلب رضایت مشتریان، تحمل هزینه‌های اضافی برای تولیدکننده، اجتناب‌ناپذیر است.

در این مقاله، از اولویت‌ها به عنوان شاخصی برای بیشینه کردن رضایت مشتریان استفاده شده است؛ یعنی هدف، اختصاص محصولات معیوب به پیمانکاریست که علاوه بر داشتن بالاترین امتیاز، کمترین هزینه ممکن را داشته و تا حد امکان به خریدار نزدیک باشد برای این منظور، یک مدل ترکیبی طراحی شده است که در قسمت بعدی توضیح داده می‌شود.

روش‌شناسی

برای حل این مسأله، از ترکیب روش PROMETHEE فازی و برنامه‌ریزی خطی صفر و یک دوهدفه استفاده شده است. این مدل، شامل واژه‌های زبانی، مجموعه‌ها، متغیرهای تصمیم‌گیری، پارامترها و داده‌های مساله، محدودیت‌ها و توابع هدف می‌باشد که در ادامه، هر

یک از آنها به تفصیل تشریح خواهد شد. در ابتـدا مـروری بـر روش PROMETHEE خـواهیم داشت:

روش PROMETHEE

در مقاله حاضر از روش PROMETHEE برای اولویت‌بندی پیمانکاران استفاده شـده اسـت. روش پشتیبانی تصمیم‌گیری PROMETHEE را دو بلژیکی به نام‌هـای «ژان پـی‌یـر برنـر» و «برترانـد مارسـکال» در دهـه ۱۹۸۰ ارائـه دادنـد. ایـن روش در زمـره تکنیـک‌هـای پشـتیبانی تصمیم‌گیری چند شاخصه[1] می‌باشد که باعث تحول در روش‌های رتبه‌بندی شده است[۱۳].
روش‌های PROMETHEE به صورت چند تصمیم‌گیرنده عمل می‌کنند. ترکیب این روش‌ها بـا روش‌هایی مانند GAIA، ابزار مفیدی را برای تحلیل ارتباط میان شاخص‌ها و تصـمیم‌گیرنـدگان ایجاد می‌کند و شکاف زمانی تا هنگام توافق بر سه تصمیم را از بین می‌برد[۱۴].
روش‌های PROMETHEE، به صورت کلی، شامل ۳ مرحله زیر می‌باشند:

مرحله اول : تقویت ساختار برتری(معیار تعمیم یافته)

در این مرحله برای ارزیابی دقیق گزینه‌ها نیاز به تعریف معیارهـای مختلـف مـی‌باشـد. ایـن معیارهای تعمیم‌یافته تلاش می‌کنند دامنه انحراف بین ارزیابی گزینه‌ها را محاسبه کنند. ارزیـابی در این روش، قطعی است و حالت احتمالی نـدارد. همچنـین درک پارامترهـای ایـن روش بـرای تصمیم گیرنده ساده است، زیرا تمامی پارامترهای اضافی تعریف‌شده، ماهیت اقتصادی دارند.
مقایسات زوجی گزینه‌های امکانپذیر مجموعه A، ساختار اجرایی و طبیعی زیر را نشان می‌دهد:

a1,a2ϵA	f(a1)>f(a2)	a1Pa2
a1,a2ϵA	f(a1)=f(a2)	a1Ia2

در این روش برای محاسبه و ارزیابی انحرافات گزینه‌ها نسبت به شاخص‌های مختلف، یک معیار تعمیم‌یافته برای هر شاخص در نظر گرفته می‌شود. به این منظور، تابع برتری گزینه a بر گزینه b نسبت به شاخص f را به صورت P(a1,a2) تعریف می‌کنیم. در بیشتر حالات می‌تـوانیم فـرض کنیم که P(a1,a2) یک تابع انحراف(d) است:

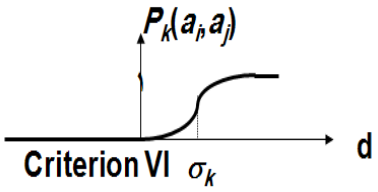
d=F(a1)- F(a2)

1. MADAM or MADA

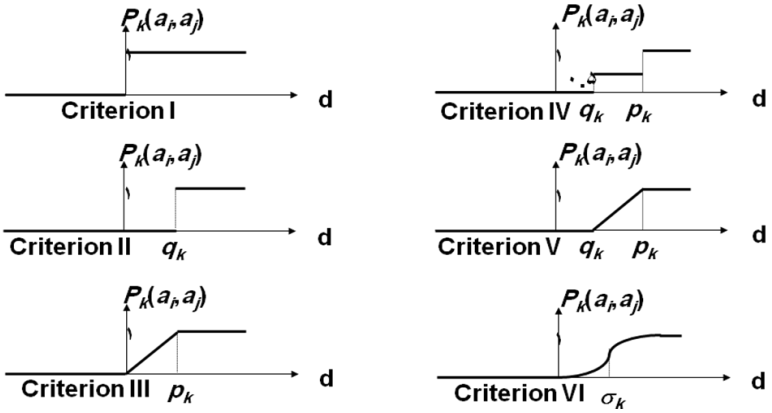
در این حالت اگر فرض کنیم که تابع انحراف مذکور نرمالیزه شود، داریم:

P(a1,a2)=0	if	0≤d	بدون وجود برتری یا اختلاف
P(a1,a2)≈0	if	d>0	برتری ضعیف
P(a1,a2)≈1	if	d>>0	برتری قوی
P(a1,a2)=1	if	d>>>0	برتری خیلی قوی

بدیهی است که P یک تابع غیر کاهشی از d با یک ترکیب ویژه بـه صـورت شـکل زیـر اسـت. بنابراین، شکل تعمیم‌یافته ارتباط F(0) با سایر گزینه‌ها با استفاده از زوج مرتـب ((F(0),P(0,0)) تعریف شده است.



روش PROMETHEE ایجـاب مـی‌کنـد کـه یـک معیـار تعمـیم‌یافتـه بـه هـر شـاخص fj (j=1,2,3,…,k) مرتبط شود[۱۴]. برای تسهیل این امر، مجموعه‌ای شامل شـش نمونـه معیـار تعمیم‌یافته به تصمیم‌گیرنده ارائه شده است که از I تا VI شماره‌گذاری شده‌اند. بنابراین انتخـاب مؤثر با تعامل میان تصمیم گیرنده و توافق تحلیل گـر نسـبت بـه درک از درجـه برتـری ایجـاد می‌شود.



نوع داده‌ها و نظر تصمیم‌گیرنده، تعیین‌کننده نوع معیار تعمیم‌یافته است. میزان P در هر تابع، توسط یک رابطه ریاضی محاسبه می‌شود. روابط زیر، نشاندهنده هر یک از توابع برتری است.

- معیار عادی

$$P_k(a_i,a_j) = \begin{cases} ۰ & \forall d \le ۰ \\ ۱ & \forall d > ۰ \end{cases}$$

- معیار بخشی

$$P_k(a_i,a_j) = \begin{cases} ۰ & \forall d \le q_k \\ ۱ & \forall d > q_k \end{cases}$$

- معیار خطی

$$P_k(a_i,a_j) = \begin{cases} ۰ & d \le ۰ \\ d / p_k & ۰ \le d \le p_k \\ ۱ & d \ge p_k \end{cases}$$

- معیار همسطح

$$P_k(a_i,a_j) = \begin{cases} ۰ & d \le q_k \\ ۰.۵ & q_k < d \le p_k \\ ۱ & d > p_k \end{cases}$$

- معیار شکل‌با ناحیه بی تفاوتی

$$P_k(a_i,a_j) = \begin{cases} ۰ & d \le q_k \\ \dfrac{d-q_k}{p_k-q_k} & q_k \le d \le p_k \\ ۱ & d \ge p_k \end{cases}$$

- معیار گوسی

$$P_k(a_i,a_j) = \begin{cases} ۰ & d \le ۰ \\ ۱-\exp(-d^۲/۲\sigma_k^۲) & d \ge ۰ \end{cases}$$

مرحله دوم: توسعه ارتباط مسلط(ارتباط رتبه‌بندی بیرونی)

ارتباط اولویت‌بندی محاسبه شده، ارزیابی تمام شاخص‌ها را ایجاد کرده است. لذا برای هر جفت از گزینه‌ها، میزان کلی برتری یک گزینه بر دیگر گزینه‌ها به‌دست می‌آید.

فرض می‌کنیم که یک معیار تعمیم‌یافته ((f(0),f(0,0)) به هر شاخص(f(0)) از مساله مورد نظر ارتباط یافته است. بنابراین، یک شاخص برتری چندمعیاره π(a1,a2) از a1 بر روی a2 برای محاسبه تمامی شاخص‌ها تعریف می‌شود:

$$\Pi(a_۱, a_۲) = \Sigma w_i \cdot P_i(a_۱, a_۲)$$

برای وزنهای متفاوت

$$\Pi(a_۱, a_۲) = (۱/m) \cdot \Sigma P_i(a_۱, a_۲)$$

برای وزنهای یکسان

که در آن $w_j>0(j=1,2,\ldots,k)$ وزن‌های مرتبط با هر شاخص است. این وزن‌ها اعداد حقیقی مثبت هستند که به اندازه شاخص بستگی ندارند.

یکی از روش‌های رایج در مدل‌سازی برای ایجاد یک تفسیر شهودی کامل از وزن‌های مرتبط با شاخص‌ها، روش GAIA است. در برخی حالت‌ها، ابتدا وزن‌ها در نظر گرفته می‌شوند و شاخص برتری چندمعیاره $\pi(a1,a2)$ به سادگی به صورت میانگین تمام $p(a1,a2)$ها به دست می‌آید.

$$\pi(a1,a2)=(1/k)\sum pj(a1,a2)$$

به طور ضمنی، یک برتری عمومی ضعیف از a1 بر a2 را نشان می‌دهد: $\Pi(a1,a2) \approx 0$

به طور ضمنی، یک برتری عمومی قوی از a1 بر a2 را نشان می‌دهد: $\Pi(a1,a2) \approx 1$

$\pi(a1,a2)$ نشان می‌دهد که چگونه و با چه درجه‌ای گزینه a بر گزینه b برتری دارد و در مقابل، $\pi(a2,a1)$ نشان می‌دهد که گزینه a2 چگونه و با چه درجه‌ای بر گزینه a1 برتری دارد. لذا برای هر جفت از گزینه‌های $a1,a2 \epsilon A$، میزان $\pi(a1,a2)$ و $\pi(a2,a1)$ محاسبه می‌شود. با این کار، ارتباط اولویت‌بندی کامل گزینه‌های امکانپذیر مجموعه A تنظیم می‌شود.

مرحله سوم: استفاده برای پشتیبانی تصمیم

برای انتخاب گزینه مطلوب، لازم است 1- گزینه دیگر متعلق به مجموعه A رد شوند. بنابراین، دو جریان اولویت‌بندی بیرونی را تعریف می‌کنیم.

جریان طبقه‌بندی بیرونی مثبت: $$\Phi^{+}(a)=1/(n-1)\sum_{x\in A}\pi(a,x)$$

جریان طبقه‌بندی بیرونی منفی: $$\Phi^{-}(a)=1/(n-1)\sum_{x\in A}\pi(x,a)$$

جریان اولویت‌بندی بیرونی مثبت نشان می‌دهد که هر گزینه چه میزان اولویت نسبت به سایر گزینه‌ها دارد و لذا بزرگترین $\Phi^{+}(a)$ گزینه برتر می‌باشد. به عبارت دیگر، $\Phi^{+}(a)$ نشاندهنده قوت و قدرت گزینه a است.

جریان اولویت‌بندی بیرونی منفی نیز نشان می‌دهد که دیگر گزینه‌ها چه مقدار بر هر گزینه اولویت دارند و لذا کمترین $\Phi^{-}(a)$ گزینه بهتری است. به عبارت دیگر، $\Phi^{-}(a)$ نشاندهنده ضعف گزینه a است.

اولویت‌بندی جزئی PROMETHEE I

با توجه به توضیحات مذکور، دو نوع طبقه‌بندی را می‌توانیم به‌طور طبیعی از جریان اولویت‌بندی بیرونی مثبت و منفی استنباط کنیم. در اینجا آنها را به ترتیب با (P+,I+) و (P-,I-) نشان می‌دهیم.

if Φ+(a1) > Φ+(a2) a1 P+ a2
if Φ+(a1) = Φ+(a2) a1 I+ a2
if Φ-(a2) > Φ-(a1) a1 P- a2
if Φ-(a2) = Φ-(a1) a1 I- a2

اولویت‌بندی جزئی که در روش PROMETHEE I ایجاد می‌شود، ناشی از اشتراک این دو نوع طبقه‌بندی است و در نتیجه داریم:

a1 P a2 if: a1 P+ a2 and a1 P- a2
a1 P+ a2 and a1 I- a2

a1 I a2 if: a1 I+ a2 and a1 I- a2
a1 R a2 if: a1 I+ a2 and a1 P- a2

بنابراین، نتایج مقایسه‌های دوگانه PROMETHEE I به صورت زیر جمع‌بندی می‌شود:

۱- a1PI a2 : در این حالت، گزینه a1 بر گزینه a2 ترجیح داده می‌شود. بیشترین قدرت a1 با کمترین ضعف a1 مرتبط می‌شود و اطلاعات مربوط به هر دو جریان اولویت‌بندی بیرونی، یکپارچه و منسجم می‌شود. بنابراین، گزینه a1 با قاطعیت ترجیح داده می‌شود.

۲- a1II a2 : در این حالت، گزینه a1 و a2 اختلاف چندانی ندارند و هر دو جریان طبقه‌بندی بیرونی مثبت و منفی، یکسان است.

۳- a1RI a2 : در این حالت، گزینه‌های a1 و a2 غیر قابل مقایسه‌اند. بیشترین قدرت یک گزینه (a1) با کمترین ضعف گزینه دیگر (a2) مرتبط شده است. این حالت معمولا وقتی اتفاق می‌افتد که گزینه a1 بر روی مجموعه‌ای از شاخص‌هایی که گزینه a2 نامطلوب بوده، مطلوب است؛ و به طور متقابل گزینه a2 بر روی گروه دیگری از شاخص‌ها که گزینه a1 نامطلوب بوده است، مطلوب می‌باشد. همانگونه که اطلاعات متقابل به دست آمده، یکدیگر را تایید نمی‌کنند، طبیعی به نظر می‌رسد که در این حالت بهتر است در مورد ترجیح گزینه‌ها تصمیمی گرفته نشود[۲۰]. این ویژگی، یکی از مهمترین نقاط ضعف روش PROMETHEE I بود که در مراحل بعدی سیر تکاملی روش حل شد.

اولویت‌بندی کامل PROMETHEE II

برای ایجاد یک اولویت‌بندی کامل توسط تصمیم‌گیرنده، جریان خالص اولویت‌بندی بیرونی را می‌توان به صورت زیر محاسبه کرد:

$$\Phi(a) = \Phi^{+}(a) - \Phi^{-}(a)$$

در این روش، بین جریان‌های طبقه‌بندی بیرونی مثبت و منفی، تعادل ایجاد می‌شود. جریان خالص بیانگر گزینه بهتر است.

بنابراین، اولویت‌بندی کامل PROMETHEE II به صورت زیر تعریف می‌شود:

if $\Phi(a1) > \Phi(a2)$ a1 PII a2

if $\Phi(a1) = \Phi(a2)$ a1 III a2

با توجه به تعادل ایجاد شده، همه گزینه‌ها، در این حالت، قابل مقایسه هستند. بنابراین، گزینه‌های باقیمانده، غیرقابل مقایسه نیستند ولی نتیجه به‌دست آمده جای بحث بیشتری دارد، زیرا یک بخش قابل بررسی از اطلاعات گم شده است [۱۵].

اگر برخی داده‌ها فازی باشند، مراحل ذکر شده برای روش PROMETHEE II دنبال می‌شوند و فقط می‌بایست توضیحات زیر در نظر گرفته شوند[۱۶].

$M\sim - N\sim = (m, a, b) - (n, c, d) = (m-n, a+d, b+c)$

$M\sim + N\sim = (m , a, b) + (n, c, d) = (m+n, a+c, b+d)$

$M\sim * N\sim = (m, a, b) * (n, c, d) = (mn, mc+na-ac, md+nb+bd)$

$-(m,a,b)= (-m, b,a)$

- معیارهای ترجیح ۱ و ۶ قابل استفاده نیستند.
- کلیه مراحل، طبق روش گفته شده، اجرا می‌شود.
- در تصمیم‌گیری گروهی، از روش زیر استفاده می‌کنیم:

$$X'_{ij}=\{\Pi_{kl=1} X_{ijl}^{wl}\}^{1/\Sigma w_l}$$

در نهایت، رتبه‌های به‌دست آمده از PROMETHEE II را می‌توان به‌عنوان یکی از ورودی‌های مدل برنامه‌ریزی خطی در نظر گرفت. این ورودی‌ها در تابع هدفی به‌کار می‌روند که باید بیشینه گردد.

مراحل حل مسأله

مدل ترکیبی ارائه شده در این مقاله، از دو فاز اولویت‌بندی و تخصیص بر اساس اولویت‌بندی تشکیل شده است. در ادامه به تشریح هر یک از این فازها می‌پردازیم:

فاز اول

همانطور که در توضیح روش PROMETHEE بیان شد، ابتدا باید شاخص‌ها و پیمانکاران مهم را شناسایی کنیم و ماتریس مربوطه را تشکیل دهیم. برای مثال، در فرایند برون‌سپاری، وجود برخی موارد در پیمانکاران متفاوت (برخی امکانات، قابلیت‌ها و...) از دید تولیدکنندگان متفاوت اهمیت دارد. بعد از شناسایی شاخص‌ها و پیمانکاران(گزینه‌ها)، محاسبات لازم صورت می‌گیرد و نتایج در مدل برنامه‌ریزی خطی وارد می‌گردند.

همه محصولات معیوب فرستاده شده برای تعمیر، دارای مشخصاتی هستند که از آنها می‌توان برای محاسبات استفاده نمود. برای مثال، اطلاعات مربوط به نوع محصول، هزینه تعمیر هر پیمانکار برای هر محصول، مدت زمان انتظار، هزینه تأخیر و ... برای تک‌تک محصولات موجود در هر دوره و برای هر پیمانکار، در دسترس است. حال با استفاده از اولویت‌های به دست آمده برای هر پیمانکار، محصولات معیوب را می‌توان با توجه به اهداف مورد نظر، برای تخصیص مشخص نمود. در این مرحله که پای‌ان فاز اول مدل ترکیبی است، با استفاده از روش PROMETHEE فازی، همه پیمانکاران برای دری‌افت محصولات معیوب اولویت‌بندی می‌شوند.

فاز دوم

قبل از تشریح فاز دوم، مفروضات مدل برنامه‌ریزی خطی چندهدفه باید معرفی شود. لذا در ابتدا می‌بایست اطلاعات مربوط به داده‌های ورودی مسأله را جمع‌آوری کنیم:

داده‌ها

برای حل مدل برنامه‌ریزی خطی چندهدفه، داده‌های مورد نیاز را باید وارد کنیم که عبارتند از:

۱. ظرفیت پیمانکاران: باید مشخص شود که ظرفیت هر یک از پیمانکاران در هر دوره و برای هر کالا چقدر است.

ظرفیت پیمانکار j در دوره i برای کالای k: $Capacity_{ijk}$

۲. هزینه تعمیر هر واحد کالا: هزینه تعمیر هر واحد کالای k توسط پیمانکار j باید مشخص و در مدل وارد گردد. در اینجا فرض بر این است که هزینه تعمیر در طول دوره‌های برنامه‌ریزی، ثابت است.

هزینه تعمیر کالای k توسط پیمانکار j: C_{jk}

۳. مسافت: طبیعی است که هر یک از خریداران در هنگام تماس با فروشنده، در فاصله معینی تا نزدیکترین پیمانکار قرار دارد. این مسافت‌ها در محاسبه تابع هدف به‌کار می‌روند. این مسافت را با d_j نمایش می‌دهند که نشاندهنده مسافت تماس گیرنده تا اولین محل تعمیر است.

۴. جریمه تأخیر در تعمیر: هزینه تأخیر در تحویل هر واحد کالای k که توسط تولیدکننده مشخص و در مدل وارد شده است. در اینجا فرض بر این است که هزینه تاخیر در طول دوره‌های برنامه‌ریزی و برای هر پیمانکار، ثابت است.

هزینه تاخیر در تحویل هر واحد کالای k: CH_k

مدل ریاضی چندهدفه

با توجه به داده‌های تعریف شده در بخش‌های قبلی، مدل برنامه‌ریزی خطی این مسأله به صورت زیر می‌باشد:

$$Max Z_1 = \sum_j R_{jk} \times X_{jk} + \sum_i \sum_j R_{jk} \times Y_{ijk}$$

$$Min Z_2 = \sum_i \sum_j C_{jk} \times (X_{jk} + Y_{ijk}) + \sum_i \sum_j CH_k \times Y_{ijk} \times (i-1)$$

$$Min Z_3 = \sum_j d_j \times (X_{jk} + \sum_i Y_{ijk})$$

$$S.t$$

$$\sum_j (X_{jk} + \sum_i \sum_j Y_{ijk}) = 1 \qquad \forall i=1$$

$$\forall i>1$$

$$X_{jk} \le Capacity_{ijk}$$

$$Y_{ijk} \le Capacity_{ijk} \qquad \forall i \epsilon R$$

$$X_{jk} \ge \sum_i Capacity_{ijk} \times Y_{ijk}$$

$$X_{jk} \in \{0,1\}$$

$$Y_{ijk} \in \{0,1\}$$

در مدل بالا مجموعه‌ها به صورت زیر تعریف شده‌اند:

۱- دوره‌های برنامه‌ریزی : $i = 1, 2, \dots, I$

۲- پیمانکاران : $j = 1, 2, \dots, J$

۳- نوع محصول معیوب : $k = 1, 2, \dots, K$

همچنین متغیرهای تصمیم‌گیری به صورت زیر هستند:

X_{jk} محصول k اختصاص یافته به پیمانکار j در دوره اول

که اگر تعمیر محصول k در دوره اول به پیمانکار j سپرده شود، $X_{jk}=1$ و گرنه $X_{jk} = 0$ خواهد بود.

Y_{ijk} تعمیر محصول k در دوره i ام توسط پیمانکار j ام

که اگر تعمیر محصول k به دوره i منتقل شود، $Y_{ijk}=1$ و گرنه $Y_{ijk} = 0$ خواهد بود.

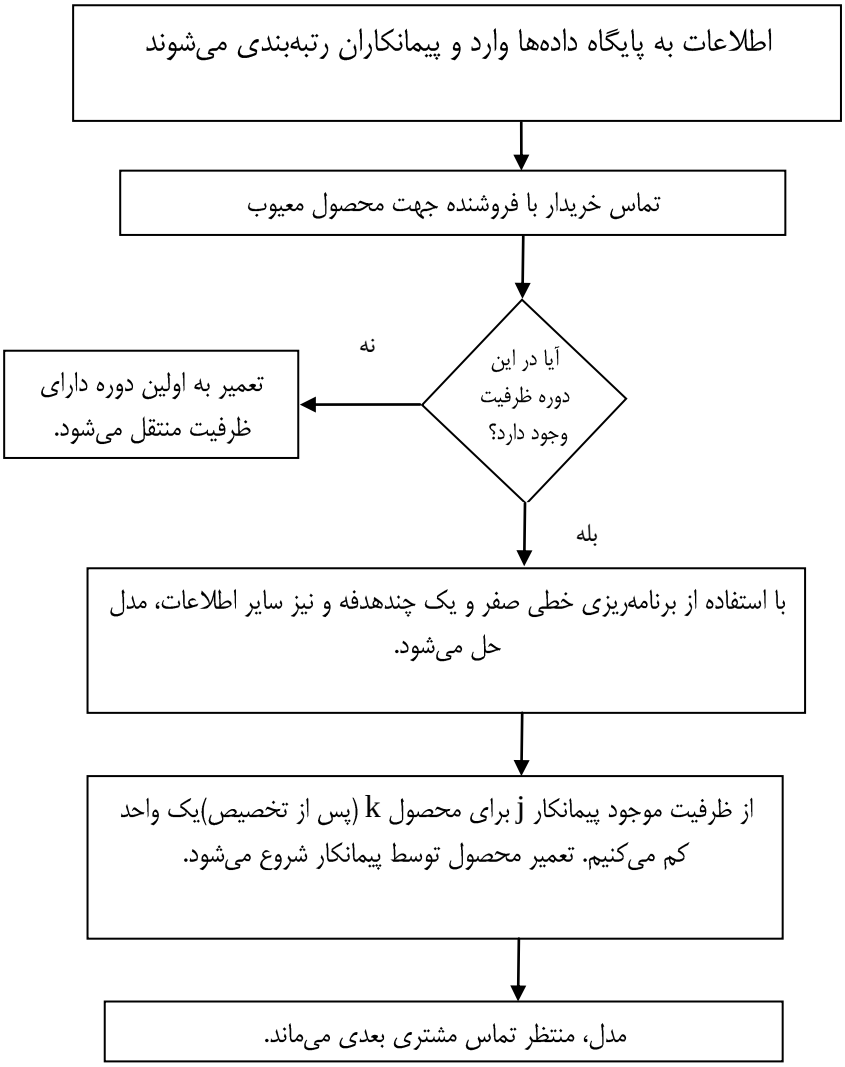
محدودیت‌های مدل

- محدودیت اول: هر محصول ورودی برای تعمیر باید فقط به یک پیمانکار در یک دوره مشخص اختصاص یابد.
- محدودیت دوم: هر محصول ورودی می‌بایست در صورتی در دوره اول به یک پیمانکار اختصاص یابد که آن پیمانکار، دارای ظرفیت خالی باشد(به ازای $i=1$). این محدودیت، حداکثر ظرفیت هر پیمانکار را برای تخصیص در دوره برنامه‌ریزی مشخص می‌کند و محصول معیوب در صورتی تخصیص می‌یابد که این ظرفیت، بزرگتر یا مساوی یک باشد.
- محدودیت سوم: هر محصول ورودی می‌بایست در صورتی در دوره‌های بعدی به یک پیمانکار اختصاص یابد که آن پیمانکار، دارای ظرفیت خالی در آن دوره‌ها باشد (به ازای $i>1$). این محدودیت، حداکثر ظرفیت هر پیمانکار را برای تخصیص در دوره‌های بعد مشخص می‌کند و محصول معیوب در صورتی تخصیص می‌یابد که این ظرفیت، بزرگتر یا مساوی یک باشد.
- محدودیت چهارم: اگر ظرفیت تعمیر محصول در هر دوره وجود داشته باشد (بدون توجه به محل تعمیر و در نتیجه رضایت مشتری)، کالای معیوب باید به تعمیرگاه فرستاده شود و هزینه جریمه به تولیدکننده تعلق نمی‌گیرد. ولی اگر تعمیر محصول ورودی، به‌علت نبود ظرفیت، به دوره‌های بعدی منتقل شود، جریمه تاخیر به ازای هر دوره تعلق می‌گیرد. در مجموع، این محدودیت باعث می‌شود که در صورت وجود ظرفیت خالی در هر دوره برنامه‌ریزی، تعمیر محصول به دوره‌های بعدی منتقل نشود.
- محدودیت‌های پنجم و ششم: نشاندهنده صفر و یک بودن متغیرهای تصمیم می‌باشند.

ممکن است در واقعیت مسائلی وجود داشته باشد که نیاز به اندکی تغییر در مدل ریاضی ارائه شده در فاز دوم را گریزناپذیر کند. برای مثال، ممکن است در بعضی موارد، به دلیل محدودیت در مسافت پیموده شده، جوابی وجود نداشته باشد. در این صورت، این امکان وجود دارد که با توافق مشتری و مدیریت، مقدار d_j افزایش یابد تا مسأله به یک جواب قابل قبول برسد. در غیر این صورت، باید منتظر خالی شدن ظرفیت

تعمیرگاه‌های دیگر بود. همچنین می‌توان در محدودیت‌های دوم و سوم، حد پایین را در نظر گرفت.

خلاصه مطالب گفته شده در این مقاله در شکل ۱ نشان داده شده است.



شکل ۱. دیاگرام مدل ترکیبی

نتیجه‌گیری

امروزه داشتن یک سیستم خدمات پس از فروش مناسب، عاملی برای افزایش فروش است که می‌تواند با توجه به هزینه‌ها، کیفیت خدمات و... در راستای جلب رضایت مشتریان عمل نماید. از سوی دیگر، امروزه شرکت‌ها به سمتی پیش می‌روند که فعالیت‌های غیر اصلی و حتی در برخی موارد، فعالیت‌های اصلی خود را به شرکت‌های دیگری ـ که دارای تخصص و توانایی هستند ـ واگذار می‌نمایند تا بتوانند تجهیزات، منابع و به‌طور کلی، ظرفیت‌های آزادشده را در امور دیگری ـ که از ارزش افزوده بالاتری برخوردار است ـ درگیر نمایند. یکی از بخش‌هایی که می‌توان آن را برون‌سپاری کرد، خدمات پس از فروش به مشتریان در زمان گارانتی است که البته مدیریت این موضوع باید با شرکت برون‌سپارنده باشد.

بنابراین، در این مقاله، یک مسأله واقعی که اکثر شرکت‌های تولیدی با آن مواجه هستند، مورد بررسی قرار گرفت. هدف اصلی، یافتن راه حلی برای برنامه‌ریزی در مورد تعمیر محصولات معیوب در زمان گارانتی بود. در نهایت، یک مدل ترکیبی با استفاده از روش PROMETHEE فازی و برنامه‌ریزی خطی صفر و یک با سه تابع هدف برای حل مسأله ارایه گردید که با استفاده از آن، برترین پیمانکاران انتخاب می‌شوند، هزینه‌های تعمیر کمینه می‌شود، و رضایت مشتریان بیشینه می‌شود.

با توجه به این مدل و با رویکرد مورد استفاده، می‌توان با تهیه یک نرم افزار مناسب، در انجام تصمیم گیری در مورد ارسال محصولات معیوب مورد نظر و اولویت‌بندی ارسال آنها تسریع لازم را بعمل آورد بطوریکه به طور مداوم و پویا و با ورود اطلاعات جدید، بروز گردد.

در این مقاله سعی شده است مدلی ارائه شود که علاوه بر استفاده در مورد مذکور، با اندک تغییراتی در برخی محدودیت‌های مدل، قابل استفاده در بسیاری از مسائل دنیای واقعی باشد.

منابع

1. William T. Ross Jr., Fre´de´ric Dalsace, Erin Anderson. (2005), "Should you set up your own sales force or should you outsource it? Pitfalls in the standard analysis". *Business Horizons*, 48, 23—36
2. Murthy, D.N.P. and Djamaludin, I. "New product warranty: a literature review". *International Journal of Production Economics*, 79, (2002), 231-260.
3. Huang, Y.S. and Zhuo, Y.F. (2004), "Estimation of future breakdowns to determine optimal warranty policies for products with deterioration". *Reliability Engineering and System Safety*, 84, 163-168.
4. Huang, H.Z., Zuo, M.J. and Sun, Z.Q. (2006), "Bayesian reliability analysis for fuzzy lifetime data". *Fuzzy Sets and Systems*, 157, 1674-1686.
5. Iskandar, B.P., Murthy, D.N.P. and Jack, N. (2005), "A new repair-replace strategy for items sold with a two-dimensional warranty". *Computers and Operations Research*, 32, 669-682
6. P.S.Buczkowski. "Determining policies for managing warranty costs". Doctoral dissertation proposal, Dept. of Operational Research, UNC-Chapel Hill. March ,25,2003.
7. Kurt Sartoriusa, Johann Kirstenb. (2005), "The boundaries of the firm: why do sugar producers outsource sugarcane production?". *Management Accounting Research* ,16, 81–99
8. S.S.Ja,V.G.Kulkarni,A.Mitra,&J.G.Patankar. (2002), "warranty reserves for nonstationary sales process". Naval Research Logistics,49, 499-513
9. A.J.Rolfe. (1971), "Anote on marginal allocation in multiple-server service systems". *Management Science*,17, 656-658
10. M.E.Dyer & L.G.Proll. (1977), " On the validity of marginal analaysis for allocating servers in M/M/c queues". *Management Science*,23, 1019-1022
11. J.G.Shanthikumar & D.D.Yao. (1987), "Optimal server allocation in a system of multi-server station". *Management Science*,33, 1173-1180
12. J.G.Shanthikumar & D.D.Yao. (1988), "On server allocation in multi center manufacturing systems". *Operational Research*,36, 333-342
13. Brans JP, Vincke Ph, Mareschal B. (1986), "How to select and how to rank projects: The PROMETHEE method". *European Journal of OperationalResearch*, 24, 228–238.
14. Brans, J.P. and Mareschal, B. (2005), "PROMETHEE methods", in Figueira, J., Greco, S. and Ehrgott, M. (Eds), Multiple Criteria Decision Analysis: State of the Art Surveys, *Springer*, New York, NY, pp. 163-198, Ch. 5.
15. Cathy Macharis,Johan Springael,Klaas De Brucker,Alain Verbeke. (2004), "PROMETHEE and AHP: The design of perational synergies in multicriteria analysis:Strengthening PROMETHEE with ideas of AHP". *European Journal of Operational esearch*, 153, 307–317
16. Goumas M, Lygerou V. (2000), "An extension of the PROMETHEE method for decision making in fuzzy environment: ranking of alternative energy exploitation". *European Journal of Operational Research* ,123, 606–613

17. Paul Liston, James Byrne, P.J. Byrne, Cathal Heavey. (2007), "Contract costing in outsourcing enterprises: Exploring the benefits of discrete-event simulation". *Int. J. Production Economics*, 110, 97–114
18. Homburg, C.,. (2005), "Using relative profits as an alternative to activity-based costing". *International Journal of ProductionEconomics*, 95 , 387–397
19. Hemanta Kumar Doloi. (2007), "Developing an integrated management system for optimising project options". *Journal of Enterprise Information Management* ,20, 465-486