دسترسی در سایتِ http://jnrm.srbiau.ac.ir
سال هفتم، شماره سی و دوم، مهر و آبان ۱۴۰۰
شماره شاپا: ۲۵۸۸-۵۸۸X

دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات
پژوهش‌های نوین در ریاضی

ارایه یک مدل ریاضی برای انتخاب تامین‌کننده در زنجیره‌تامین براساس محاسبه کارایی سود

هیلدا صالح[*۱]، فرهاد حسین‌زاده لطفی[۲]، محسن رستمی مال‌خلیفه[۳]، مرتضی شفیعی[۴].

(۱) گروه ریاضی، دانشکده علوم پایه، واحد تهران مرکزی، دانشگاه آزاد اسلامی،تهران، ایران
(۲و۳) گروه ریاضی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران
(۴) گروه مدیریت صنعتی، دانشکده اقتصاد و مدیریت، واحد شیراز، دانشگاه آزاد اسلامی، شیراز، ایران

تاریخ ارسال مقاله: ۱۳۹۸/۰۳/۱۰ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۸/۱۰/۱۶

چکیده

یکی از مسایل مهم در تصمیم گیری‌های مدیران انتخاب تامین‌کننده و ارزیابی زنجیره‌های تامین می‌باشد. بنابراین تاکنون مطالعات متعددی در زمینه انتخاب تامین‌کننده و ارزیابی آنها به وسیله تحلیل‌پوششی‌داده‌ها انجام شده‌است. ولی در مطالعاتی که تاکنون انجام گرفته است بر انتخاب تامین‌کننده‌ها و ارزیابی آنها تمرکز شده است. و روشی برای تعیین تعداد تامین‌کننده‌ها در یک زنجیره‌تامین ارایه نشده است. بنابراین در این مقاله در ابتدا مفهوم کارایی سود برای زنجیره‌های تامین را بیان می‌کنیم و با استفاده از مدل پیشنهادی در این مقاله به طور همزمان تعداد و نوع تامین‌کننده‌ها در یک زنجیره‌تامین مشخص می‌گردد. در نهایت ۱۰ زنجیره‌تامین در صنایع غذایی مورد بررسی قرار گرفت و کارایی سود هریک از آنها با استفاده از مدل پیشنهادی در این مقاله مورد محاسبه قرار گرفت و سپس تعداد و نوع تامین‌کننده‌ها در هر زنجیره تعیین شد.

واژه‌های کلیدی: ارزیابی عملکرد، انتخاب تامین‌کننده، تحلیل‌پوششی‌داده‌ها، زنجیره‌تامین، کارایی سود.

*. عهده‌دار مکاتبات: Email:hildasaleh63@gmail.com, h.saleh@iauctb.ac.ir

۱- مقدمه

امروزه مدیران در تمامی سازمان‌ها خواستار استفاده بهینه از امکانات و ظرفیت‌های موجود می‌باشند. بنابراین استفاده از روش‌های علمی برای بهبود عملکرد سازمان‌ها ضروری به نظر می‌رسد. در بازارهای جهانی، امروزه شرکت‌ها واحدهایی با نام تجاری منحصر به فرد نیستند که بتوانند به صورت مستقل فعالیت کنند. پیچیدگی کالاها و خدمات در دنیای امروز به گونه‌ای است که بسیار کم اتفاق می افتد سازمان یا موسسه‌ای به تنهایی و بدون کمک دیگر سازمان‌ها بتوانند محصولی را تولید کنند. در چنین شرایطی مدیریت زنجیره‌تامین، در دنیای کسب و کار از اهمیت به سزایی برخوردار است. همچنین طراحی و ارزیابی صحیح زنجیره‌تأمین یکی از موضوعات مهم برای مدیران و محققان می باشد که به دلیل روابط درونی واحدهای درگیر، پیچیدگی فرایند را دو چندان می‌کند. از این رو، در طراحی سیستم ارزیابی عملکرد بایستی تا حد ممکن تمامی ارتباطات، تعاملات، اولویت‌ها، تأثیرگذاری‌ها و محدودیت‌ها مد نظر قرار گیرد تا نتیجه ارزیابی یک زنجیره‌تأمین بازخورد صحیح‌تری از عملکرد جهت بهبود ارائه دهد.

۲- پیشینه تحقیق

مطالعات گسترده‌ای برای طراحی زنجیره‌تامین و ارزیابی عملکرد یک زنجیره توسط محقیق انجام گرفته است .

با توجه به پتانسیل مدل‌های تحلیل‌پوششی‌داده‌ها برای ارزیابی عملکرد زنجیره‌تامین تحقیقات و پژوهش‌های متعددی در این زمینه استفاده از DEA در انتخاب زنجیره‌های تامین کارا انجام شده‌است. در یکی از اولین مطالعات در این زمینه لیانگ و همکاران در سال ۲۰۰۶ به ارزیابی کارائی زنجیره تأمین با استفاده از DEA پرداختند. این تحقیق نشان می‌دهد که چندین نقطه تعادل NASH در بازی (مجادله) تامین کننده و تولید کننده وجود دارد همچنین نشان داده می‌شود که مدل مجادله می‌تواند برای تعیین یک تعادل نش کامل فرعی یکتا (اگر موجود باشد) مورد استفاده قرار گیرد[۹]. در مطالعه مشابه دیگری که توسط چن و همکاران در سال ۲۰۰۶ صورت گرفت، یک مدل غیر مشارکتی دو سطحی که درآن ابتدا رهبر به اتخاذ تصمیم می پردازد و سپس بر مبنای آن پیرو با در نظر گرفتن فزایندهای مشترک تصمیم خود را بهینه می‌کند، ارائه گردید. این مدل کارائی مقطعی فروشنده و خریدار را حداکثر می‌کند و با اختصاص وزن به اقدام‌ها و فرایندهای مشترک به صورت واقع‌بینانه کارائی را محاسبه می‌کند[۲]. در مطالعه دیگری یو و همکارانش در سال ۲۰۰۹، یک مدل DEA با استفاده از پارامترهای غیر دقیق جهت ارزیابی زنجیره‌تامین ارائه می‌دهد. برای این منظور در فرایند حل مدل از یک α خوشبینانه و یک α بدبینانه جهت تبدیل مدل با داده‌های غیر دقیق به یک مدل برنامه‌ریزی خطی قطعی، استفاده می‌شود[۱۷]. وو و همکارانش در سال ۲۰۰۹ در پژوهشی دیگر با تلفیق نظریه بازی نش و مدل های کارایی متقاطع در DEA به ارزیابی تامین کنندگان پرداختند[۱۵]. شینگو و همکارانش در مطالعه دیگری در سال ۲۰۱۰ کارائی کل زنجیره‌تأمین را هدف قرار می‌دهد، تفاوت در عملکرد DMU ها را ملاک عمل قرار می‌دهد. از نظر آنها بعضی از DMUها در مقایسه با دیگران، دارای برتری و مزیت هستند و این باعث افزایش یا حداقل حفظ کارائی کل می شوند و برخی دیگر در شرایط نا مطلوب عمل می کنند و اثر منفی روی کارائی کل دارند. بنابراین در مدل خود از متغییرهای تعدیلی (برای ورودی‌ها و خروجی‌ها) استفاده می‌کنند [۱۲].در ادامه شفیعی و شمس در سال ۲۰۱۱ با استفاده از مجموعه داده‌های غیردقیق، یک مدل تحلیل‌پوششی‌داده‌ها برای ارزیابی کارایی زنجیره

تأمین ارائه و سپس با استفاده از تئوری ارزش مورد انتظار، یک مدل قطعی استخراج کردند[۱۱]. همچنین وانگ و لی در سال ۲۰۱۴ در مقاله‌ای نشان دادند که استفاده از مدل‌های تحلیل پوششی‌داده‌ها به دلیل چشم پوشی از رقابت بین اعضای زنجیره نمی‌تواند به نتایج دقیقی را ارایه کند بنابراین با استفاده از تلفیق تعادل نش و مدل های سنتی تحلیل پوششی داده ها رویکردی جدید را ارایه نمودند[۱۴].

از سوی دیگر با توجه به این که فرایند تولید را معمولا به صورت زنجیره‌ای از تامین‌کننده، تولیدکننده، عمده‌فروش، خرده‌فروش و مشتری نهایی در نظر می‌گیرند در نتیجه می‌توان فرایند تولید به صورت یک شبکه چند مرحله‌ای که دارای شرایط خاص هستند در نظر گرفت. بنابراین با استفاده از مدل‌های کلاسیک تحلیل‌پوششی‌داده‌ها نمی‌توان روابط میانی در زنجیره‌های تامین را در نظر گرفت. بنابراین چن و همکارانش در سال۲۰۱۱ با استفاده از تحلیل‌پوششی‌داده‌های شبکه‌ای به ارزیابی عملکرد زنجیره‌تامین پرداختند[۳]. همچنین در مطالعه دیگر یانگ و همکارانش در سال ۲۰۱۱ ابتدا مجموعه امکان تولید جدیدی را برای زنجیره‌تامین معرفی نمودند سپس با استفاده از مجموعه امکان تولید جدید به ارزیابی عملکرد زنجیره‌های تامین دو عضوی پرداختند. با توجه به این که مطالعات انجام شده به صورت شعاعی به ارزیابی کارایی زنجیره‌تامین می‌پرداختند[۱۶]، توانا و همکارانش در سال ۲۰۱۳ با استفاده از مدل‌های اپسیلون‌دار در تحلیل‌پوششی‌داده‌ها به معرفی یک مدل شبکه‌ای جدید پرداختند و درنهایت با استفاده مدل معرفی شده به محاسبه کارایی زنجیره‌های تامین به صورت شعاعی وغیرشعاعی پرداختند[۱۳].

معیارهای مالی به طور سنتی مبنای اصلی اندازه گیری عملکرد سیستم‌ها بوده‌اند. ولی در سال های اخیر تغییراتی از معیارهای مالی به معیارهای غیر مالی صورت گرفته است. به عنوان مثال شرکت‌ها بر سر کیفیت محصول، خدمات پس از فروش، رضایت مشتری و... باهم رقابت می‌کنند. که هیچ یک در معیارهای مالی قابل اندازه‌گیری نیستند. بنابراین متولی و همکارانش در سال ۲۰۱۶ با تلفیق تحلیل پوششی‌داده‌های شبکه‌ای و کارت‌های امتیازی متوازن مدلی جدید برای ارزیابی عملکرد زنجیره های تامین پایدار پرداختند[۱۰]. همچنین ایزدی خواه و فرضی پور در سال ۲۰۱۸ با استفاده از تحلیل‌پوششی‌داده‌های شبکه‌ای دو مرحله‌ای به ارزیابی زنجیره‌های تامین پایدار در حضور خروجی های نامطلوب پرداختند[۷]. در مطالعه دیگر فتحی و فرضی پور در سال ۲۰۱۸ با استفاده از تحلیل‌پوششی‌داده‌های شبکه‌ای، زنجیره‌های تامین در شرکت‌های حمل و نقل را ارزیابی نمودند[۶]. همچنین کلانتری و فرضی پور در سال ۲۰۱۹ با استفاده از تلفیق تحلیل‌پوششی‌داده‌های شبکه‌ای و DEA پویا به ارزیابی پایداری در زنجیره‌های تامین پرداختند[۸].

در مطالعاتی که تاکنون انجام گرفته است بر انتخاب تامین‌کننده‌ها و ارزیابی آنها تمرکز شده است. و روشی برای تعیین تعداد تامین کننده‌ها در یک زنجیره‌تامین ارایه نشده است. بنابراین در این مقاله در بخش ۳ ابتدا مروری بر مدل‌های کلاسیک تحلیل‌پوششی‌داده‌ها داریم سپس در بخش۴، مفهوم کارایی سود برای زنجیره‌های تامین را بیان می‌کنیم و با استفاده از مدل پیشنهادی در این بخش به طور همزمان تعداد و نوع تامین‌کننده‌ها در یک زنجیره تامین مشخص می‌گردد. در نهایت در بخش ۵، ۱۰ زنجیره‌تامین در صنایع غذایی مورد بررسی قرار می‌دهیم و کارایی سود هریک از آن‌ها با استفاده از مدل پیشنهادی در این مقاله مورد محاسبه قرار گرفت و سپس تعداد و نوع تامین‌کننده‌ها را در هر زنجیره مشخص می‌کنیم.

۳- تحلیل‌پوششی‌داده‌ها

فرض کنید n واحد تصمیم گیرنده با بردار ورودی $x_j = (x_{1j}, \dots, x_{mj})$ و بردار خروجی $y_j = (y_{1j}, \dots, y_{sj})$ موجودند به طوری که $x_j \geq 0$ ، $x_j \neq 0$ و $y_j \geq 0$، $y_j \neq 0$. چارنز، کوپر و رودز در سال ۱۹۷۸ با گسترش ایده فارل به منظور اندازه‌گیری کارایی واحدهای تصمیم‌گیرنده است با چند ورودی و چند خروجی، مدل زیر را ارایه نمودند که به مدل CCR شهرت یافت[۱]:

$$\begin{aligned} &\text{Min } \theta \\ &\text{s.t. } \sum_{j=1}^{n} \lambda_j x_j \leq \theta x_o, \\ &\quad \sum_{j=1}^{n} \lambda_j y_j \geq y_o, \qquad (۱) \\ &\lambda_j \geq 0, \qquad (j = 1, \dots, n) \end{aligned}$$

بعد از ارایه مدل CCR توسط چارنز و همکاران، تحلیل‌پوششی‌داده‌ها به سرعت گسترش یافت و مدل‌های مختلفی توسط پژوهشگران معرفی شد. ولی در مدل‌های کلاسیک تحلیل‌پوششی‌داده‌ها به منظور محاسبه کارایی هزینه مربوط به ورودی و یا درامد حاصل از هر خروجی در نظر گرفته نمی‌شود. بنابراین به منظور رفع این مشکل کوپر و همکاران در سال ۲۰۰۰ مدل کارایی هزینه و و درامد ارایه نمودند. فرض کنید DMU_o تحت ارزیابی می‌باشد. در این صورت مدل کارایی هزینه به صورت زیر فرمول بندی می‌شود.

$$\begin{aligned} &\min \textstyle\sum_{i=1}^{m} c_i x_i \\ &\text{s.t } \textstyle\sum_{j=1}^{n} x_{ij} \lambda_j \leq x_i, \ i = 1, \dots, m; \qquad (۲) \\ &\quad \textstyle\sum_{j=1}^{n} y_{rj} \lambda_j \geq y_{ro}, \ r = 1, \dots, s; \\ &\quad \lambda_j \geq 0, x_i \geq 0 \quad \forall j, \forall i. \end{aligned}$$

به طوری که c_i هزینه یک واحد ورودی i می‌باشد. فرض کنید (x^*, λ^*) جواب بهینه مدل(۲) می‌باشد. در این حالت کارایی هزینه به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$E_c = \frac{cx^*}{cx_o}$$

همچنین اگر DMU_o واحد تحت ارزیابی باشد. در این صورت مدل کارایی درامد به صورت زیر فرمول بندی می‌شود.

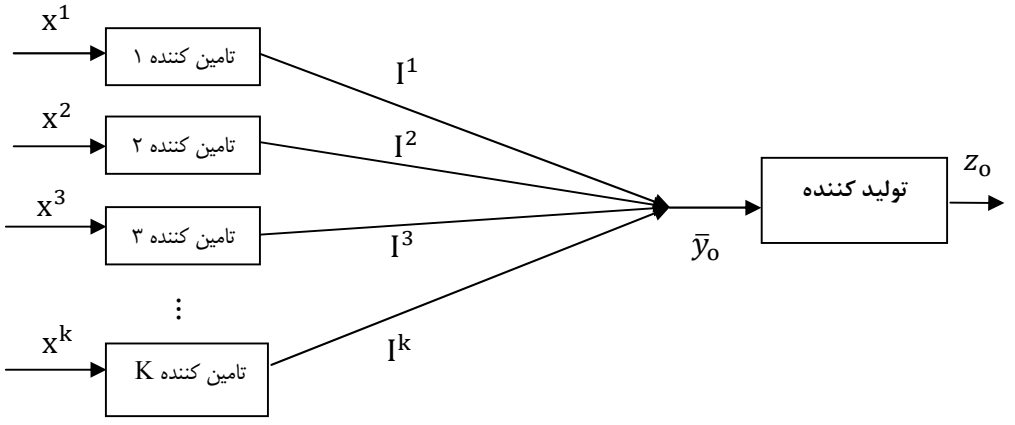
$$\begin{aligned} &\max \textstyle\sum_{r=1}^{s} p_r y_r \\ &\text{s.t } \textstyle\sum_{j=1}^{n} x_{ij} \lambda_j \leq x_{io}, \ i = 1, \dots, m, \\ &\quad \textstyle\sum_{j=1}^{n} y_{rj} \lambda_j \geq y_r, \ r = 1, \dots, s, \qquad (۳) \\ &\quad \lambda_j \geq 0, y_r \geq 0. \quad \forall j, \ \forall r. \end{aligned}$$

به‌طوری که (p_r) درامد حاصل از یک واحد خروجی r ام می‌باشد. اینک فرض کنید (y^*, λ^*) جواب بهینه مدل (۳) می‌باشد. در این حالت کارایی هزینه به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$E_R = \frac{py_o}{py^*}$$

۴- مدل پیشنهادی برای انتخاب تامین‌کننده در زنجیره‌تامین با استفاده از تحلیل پوششی داده‌ها

شبکه زنجیره تامین نمایش داده شده در شکل ۱ را در نظر بگیرید. همان‌طور که ملاحظه می‌کنید مرحله اول شامل تامین کننده‌ها و مرحله دوم شامل تولیدکننده می‌باشد. به‌طوری I^k, x^k به ترتیب بردارهای متناظر با ورودی و خروجی k امین تامین کننده می‌باشند. همچنین تولیدکننده oام، بردار ورودی $\bar{y}_o$ را مصرف می‌کند تا بردار خروجی z_o را تولید کند.



شکل ۱: شبکه زنجیره تامین دو مرحله‌ای (تامین کننده- تولید کننده)

فرض کنید n تولید کننده وجود دارند به طوری که هر تولید کننده برای تامین مواد اولیه مورد نیاز خود با k تامین کننده در ارتباط است. بنابراین انتخاب تامین کننده نقش اساسی را در تامین تقاضای تولید کننده دارا می‌باشد. فرض کنید oامین تولید کننده برای تامین ورودی مورد نیاز خود یا y_o در ارتباط با $s_{i_1}, \ldots, s_{i_2}$ s_{i_k} می‌باشد. و خروجی نهایی z_o را تولید می‌کند. و همچنین بردار $p=(p_1,\ldots,p_k)$ بردار قیمت متناظر با خروجی نهایی سیستم می‌باشد. بنابراین درآمد حاصل از فروش برابر با pz_o است. همچنین فرض کنید تولید کننده هزینه‌ای به اندازه c_i^k برای خرید یک واحد از i امین کالا از تامین کننده k ام، (I_i^k)، پرداخت می‌کند. بنابراین هزینه پرداختی توسط تولید کننده oام برای تامین تقاضای $\bar{y}_o$ برابر با $\bar{c}_o = \sum_k c^k(\mu_k^o I^k)$ می‌باشد به طوری که μ_k^o سهم تولید کننده k ام در تکمیل تقاضای تولید کننده o ام باشد. در چنین شرایطی برای مدیران دو سوال مطرح می‌شود:

- آیا تعداد تامین کننده‌ها در زنجیره تامین بر عملکرد زنجیره تامین و کارایی سود تولید کننده تاثیر گذار است؟
- آیا جایگذاری تامین کننده‌های دیگر در زنجیره بر روی کارایی سود تولید کننده تاثیر گذار است؟

بنابراین در این بخش با طراحی یک مدل تحلیل پوششی داده های جدید به دنبال پاسخ گویی به سوالات فوق هستیم.

اگر μ_k^o سهم تولیدکننده kام در تکمیل تقاضای تولید کننده oام باشد. بنابراین با پذیرش اصل بازده به مقیاس ثابت، تامین‌کننده s_{i_k} ، با مصرف $\mu_k^o x^k$ واحد می‌تواند $\mu_k^o I^k$ واحد تولید کند. حال فرض کنید تقاضای تولید کننده o برابر با $\bar{y}$ در این صورت $\bar{y} = \sum_k \mu_k^o I^k$. واضح است که اگر تامین‌کننده kام در تامین تقاضای تولیدکننده o ام نقشی نداشته باشد $\mu_k^o = 0$ بنابراین براساس مطالب اشاره شده، مدل زیر را برای محاسبه کارایی سود در oامین شرکت به صورت زیر بیان می‌کنیم:

$$
\begin{aligned}
&\max\ pz - \textstyle\sum_k \mu_k c^k I^k \\
&s.t \quad \textstyle\sum_k \mu_k x^k \le \sum_k \mu_k^o x^k \qquad (۴)\\
&\textstyle\sum_k \mu_k I^k = \bar{y}\\
&\textstyle\sum_k \mu_k c^k I^k \le \bar{c}_o\\
&\textstyle\sum_j \lambda_j (y_j) \le \bar{y}\\
&\textstyle\sum_j \lambda_j z_j \ge z\\
&\mu_k \le 1 \qquad k = 1, \ldots, d\\
&\Lambda_j \ge 0, \mu_k \ge 0 \qquad j = 1, \ldots, n,\\
&\qquad\qquad k = 1, \ldots, d\\
&z \ge 0
\end{aligned}
$$

در مدل (۴) قیدهای اول، دوم، سوم و ششم ترکیبات دیگری از تامین کننده‌ها را برای تکمیل تقاضای o امین تولیدکننده جستجو می‌کنند. به طوری که قید دوم تضمین می‌کند که تولیدات میانی توسط تامین‌کننده برابر با تقاضای تولید کننده می‌باشد و نامساوی سوم به دنبال ترکیبات دیگری از تامین کننده‌ها است که هزینه نهایی تولید کننده را کاهش دهد. قیود چهارم و پنجم در ارتباط با کارایی درآمد تولید کننده می‌باشد. با جای‌گذاری مقدار $\bar{y}$ در قید $\sum_j \lambda_j(y_j) \le \bar{y}$ داریم:

$$\begin{aligned} \max\ & pz - \sum_k \mu_k c^k I^k \\ s.t\ & \sum_k \mu_k x^k \le \sum_k \mu_k^o x^k \qquad (۵) \\ & \sum_k \mu_k c^k I^k \le \bar{c}_o \\ & \sum_j \lambda_j(y_j) \le \sum_k \mu_k I^k \\ & \sum_j \lambda_j z_j \ge z \\ & \mu_k \le 1 \qquad k = 1, \dots, d \\ & \lambda_j \ge 0,\ \mu_k \ge 0 \\ & j = 1, \dots, n,\ k = 1, \dots, d \\ & z \ge 0 \end{aligned}$$

بنابراین این مدل به طور هم زمان قادر به تشخیص تعداد تامین‌کننده‌ها و نوع تامین کننده‌های مورد نیاز در یک زنجیره تامین‌کننده برای افزایش کارایی سود تولید کننده oام می‌باشد.

در یک دنیای واقعی براساس برخی از محدودیت-های محیطی، هر یک از تامین کننده‌ها با محدودیت‌هایی مواجه می‌شوند و قادر به تولید در هر سطح دلخواه نمی‌باشند این محدودیت را می‌توان با اضافه کردن قید $\mu_k I^k \le \alpha_k$ به مدل (۵) در نظر گرفت. همچنین حداقل تولید محدودیت دیگری است که یک تامین‌کننده با آن مواجه است. در برخی از موارد براساس سیاست‌های تولیدی یا سیاست‌های اقتصادی تامین‌کننده تمایل ندارد که از یک میزان مشخص کمتر تولید کند. برای در نظر گرفتن چنین محدودیتی می‌توان قید $\beta_k \le \mu_k I^k$ را به مدل (۵) اضافه کرد. توجه داشته باشید که α_k و β_k مقادیر ثابتی هستند که توسط مدیر تامین‌کننده kام معین می‌شوند.

قضیه ۱: اگر (μ^*, λ^*, z^*) جواب بهینه مدل (۵) آنگاه، $\sum_j \lambda_j^* z_{rj} = z_r^*$.

برهان: فرض کنید (μ^*, λ^*, z^*) جواب بهینه مدل (۵) باشد و $\sum_j \lambda_j^* z_{lj} > z_l^*$ بنابراین تعریف می‌کنیم:

$$\hat{z}_r = \begin{cases} \sum_j \lambda_j^* z_{lj} & r = l \\ z_r^* & o.w \end{cases}$$

بدیهی است که $(\mu^*, \lambda^*, \hat{z})$ یک جواب شدنی مدل (۵) می‌باشد و $p\hat{z} > pz^*$ است همچنین مقدار تابع هدف برای این جواب شدنی برابر است با $p\hat{z} - \sum_k \mu_k^* c^k x^k$ و بدیهی است که:

$$p\hat{z} - \sum_k \mu_k^* c^k x^k > pz^* - \sum_k \mu_k^* c^k x^k$$

و این یک تناقض است. بنابراین فرض خلف باطل است و لذا برای هر r، $\sum_j \lambda_j^* z_{rj} = z_r^*$.

بنابراین با استفاده از قضیه۱ مدل (۵) به صورت زیر تبدیل می‌شود:

$$\begin{aligned} \max\ & P(\sum_j \lambda_j z_j) - \sum_k \mu_k c^k I^k \qquad (۶) \\ s.t\ & \sum_k \mu_k x^k \le \sum_k \mu_k^o x^k \\ & \sum_k \mu_k c^k I^k \le \bar{c}_o \\ & \sum_j \lambda_j y_j \le \sum_k \mu_k I^k \\ & \mu_k \le 1 \qquad k = 1, \dots, d \\ & \lambda_j \ge 0,\ \mu_k \ge 0 \qquad j = 1, \dots, n, \\ & \qquad\qquad k = 1, \dots, d \end{aligned}$$

همچنین برای درک بهتر مدل (۶)، شکل گسترده آن به صورت ذیل بیان می‌شود:

$$\begin{aligned} \max\ & \sum_r (P_r(\sum_j \lambda_j z_{rj})) - \sum_k \mu_k (\sum_r c_r^k I_r^k) \\ & \qquad (۷) \\ s.t\ & \sum_k \mu_k x_i^k \le \sum_k \mu_k^o x_i^k, \quad i=1,\dots, m, \\ & \sum_k \mu_k (\sum_r c_t^k I_t^k) \le \bar{c}_{ot}, \quad t=1,\dots, T, \\ & \sum_j \lambda_j y_{tj} \le \sum_k \mu_k I_t^k, \quad t=1,\dots, T, \\ & \mu_k \le 1, \quad k = 1, \dots, d, \\ & \lambda_j \ge 0,\ \mu_k \ge 0, j = 1, \dots, n, k = 1, \dots, d. \end{aligned}$$

در مدل‌های بیان شده تولید کننده به دنبال روابط جدید با تامین کننده‌های جدید به منظور افزایش سود خود می‌باشد قبل از ادامه بحث مثال ساده زیر

را در نظر بگیرید:

فرض کنید مدل(۶) دارای جواب بهینه دگرین باشد. به طوری که در یک جواب بهینه $pz = 11$ و $\sum_k \mu_k c^k I^k = 3$ ولی در جواب بهینه دیگر $pz = 10$ و $\sum_k \mu_k c^k I^k = 2$. بدیهی است که در هر دو حالت سود حاصله برابر ۸ واحد می‌باشد ولی در در جواب بهینه اول تولید کننده باید ۳ واحد یعنی ۱ واحد بیشتر از حالت دوم هزینه کند مطمئنا تولید کننده استراتژی دوم را ترجیح می‌دهد. در یک دنیای واقعی نیز مدیران همواره به دنبال سود بیشتر با هزینه کمتر می‌باشند. برای دست یابی به این هدف مدل زیر را پیشنهاد می‌کنیم.

$$\begin{aligned} &\max \left(P\left(\sum_j \lambda_j z_j\right) - \sum_k \mu_k c^k I^k \right) - \varepsilon \sum_k \mu_k c^k I^k \\ &s.t \ \sum_k \mu_k x^k \le \sum_k \mu_k^o x^k \\ &\quad \sum_k \mu_k c^k I^k \le \bar{c} \\ &\quad \sum_j \lambda_j y_j \le \sum_k \mu_k I^k \\ &\mu_k \le 1, \qquad k = 1, \dots, d \\ &\lambda_j \ge 0, \mu_k \ge 0, \quad j = 1, \dots, n, k = 1, \dots, d. \end{aligned} \tag{۸}$$

در مدل فوق ε یک عدد بسیار کوچک است، بنابراین به منظور بدست آوردن ماکسیمم مقدار تابع هدف در مدل (۸) ابتدا $P\left(\sum_j \lambda_j z_j\right)$ یا همان سود تولید کننده ماکسیمم $\sum_k \mu_k c^k I^k$ می‌شود سپس $\sum_k \mu_k c^k I^k$ یا هزینه تولید کننده کاهش می‌یابد.

در برخی دیگر از موارد براساس شرایط پروژه، سیاست‌های اقتصادی، شرایط بازار و یا موقعیت سایر رقبا اولویت اول برای مدیران درامد بیشتر است و هزینه پروژه در اولویت بعدی قرار دارد. برای رسیدن به این هدف مدل زیر را پیشنهاد می‌کنیم.

$$\begin{aligned} &\max \ P\left(\sum_j \lambda_j z_j\right) - \varepsilon \sum_k \mu_k c^k I^k \\ &s \ \ \sum_k \mu_k x^k \le \sum_k \mu_k^o x^k \\ &\quad \sum_k \mu_k c^k I^k \le \bar{c} \\ &\quad \sum_j \lambda_j y_j \le \sum_k \mu_k I^k \\ &\mu_k \le 1, \qquad k = 1, \dots, d \\ &\lambda_j \ge 0, \mu_k \ge 0, \quad j = 1, \dots, n, k = 1, \dots, d. \end{aligned} \tag{۹}$$

در مدل فوق ε یک عدد بسیار کوچک است بنابراین مدل (۹) در ابتدا به دنبال استراتژی مناسب جهت افزایش درامد تولید کننده سپس در اولویت بعدی به دنبال کاهش هزینه‌های تولید کننده می‌باشد. همچنین چنان چه اولویت مطلق بین هزینه و درآمد وجود نداشته باشد مدل (۹) را به صورت زیر می‌توان بیان کرد:

$$\begin{aligned} &\text{Max} \ \ w_1\left(\sum_j \lambda_j z_j\right) - w_2 \sum_k \mu_k c^k I^k \\ &s.t \ \ \sum_k \mu_k x^k \le \sum_k \mu_k^o x^k \\ &\quad \sum_k \mu_k c^k I^k \le \bar{c} \\ &\quad \sum_j \lambda_j y_j \le \sum_k \mu_k I^k \\ &\mu_k \le 1 \qquad k = 1, \dots, d \\ &\lambda_j \ge 0, \ \mu_k \ge 0 \quad j = 1, \dots, n, k = 1, \dots, d. \end{aligned} \tag{۱۰}$$

w_1و w_2 وزن هایی هستند که توسط مدیر تعیین می‌شوند و نشان دهنده درجه اهمیت هزینه و درامد از دیدگاه مدیر می‌باشند.

۵- انتخاب تامین‌کننده در صنایع لبنی

در این قسمت ۱۰ زنجیره تامین در صنایع لبنی در نظر گرفته شده است. هر زنجیره تامین شامل یک تولید کننده و تعدادی تامین‌کننده می‌باشد. هر تامین‌کننده دارای ۳ ورودی و ۱ خروجی می‌باشد. و هر تولید کننده دارای ۱ ورودی و ۱ خروجی می‌باشد. استراتژی اولیه و سود اولیه هر یک از زنجیره‌های تامین در جدول ۱ نشان داده شده‌است.

جدول ۱: استراتژی اولیه هر یک از زنجیره‌های تامین

DMUs	کارایی سود اولیه تولید کننده	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10
DMU1	8.40E+05	✓		✓		✓					
DMU2	2.20E+07		✓		✓		✓				✓
DMU3	1.30E+06				✓		✓		✓	✓	✓
DMU4	6.80E+06	✓			✓		✓		✓		✓
DMU5	5.40E+06			✓				✓		✓	
DMU6	3.00E+06	✓	✓		✓	✓	✓			✓	
DMU7	3.10E+07				✓		✓	✓	✓	✓	
DMU8	2.90E+06		✓					✓			✓
DMU9	3.40E+06					✓	✓	✓	✓		
DMU10	5.50E+06	✓		✓	✓	✓					

توجه داشته باشید که که منظور از S_i در جدول ۱ در حقیقت تامین‌کننده iام است. به عنوان نمونه سطر اول جدول نشان می‌دهد که تولیدکننده۱ با تامین‌کننده‌های ۱، ۳، ۵ در ارتباط می‌باشد. همچنین سود اولیه تولیدکننده برابر با ۸۴۰۰۰ می‌باشد. همچنین قیمت مربوط به یک واحد از هر یک از تولیدات (p) در جدول ۲ بیان شده است.

حال با استفاده از مدل (۶) کارایی سود هریک از تولیدکننده‌ها را محاسبه می‌کنیم. نتایج بدست آمده در جدول ۳ بیان شده‌است.

جدول۲: قیمت تولیدات

DMU_1	DMU_2	DMU_3	DMU_4	DMU_5	DMU_6	DMU_7	DMU_8	DMU_9	DMU_{10}
250	430	430	310	530	200	450	290	550	330

جدول۳: کارایی سود تولید کننده

	کارایی سود	S_1	S_2	S_3	S_4	S_5	S_6	S_7	S_8	S_9	S_{10}
DMU_1	2.30E+07	0.4269	0	0.4145	0	0	0.0104	0	0	0	0.0632
DMU_2	3.80E+07	0.2172	0	0	0	0	0.3822	0.1578	0	0	0.1033
DMU_3	4.30E+07	0.3733	0	0.1492	0	0	0.1749	0	0	0	0.2068
DMU_4	3.30E+07	0.3559	0	0.1157	0	0	0.1102	0	0	0	0.3784
DMU_5	4.40E+07	0	0	0.6029	0	0	0.0524	0.2178	0	0	0
DMU_6	1.40E+07	0.1932	0	0.155	0	0	0.2407	0	0	0	0.0919
DMU_7	3.70E+07	0.0164	0	0.4263	0	0	0.0447	0.4572	0	0	0
DMU_8	2.20E+07	0.0347	0	0	0	0	0.0728	0.2808	0	0	0.3461
DMU_9	4.70E+07	0.2764	0	0.0786	0	0	0.4134	0	0	0	0.0283
DMU_{10}	2.80E+07	0.1919	0	0.4852	0	0	0.088	0	0	0	0.0562

بدیهی است که استراتژی‌های جدید متفاوت با استراتژی‌های قبلی می‌باشند. به عنوان نمونه در ابتدا تولیدکننده۳ در ارتباط با تامین‌کننده‌های ۴، ۶، ۸، ۹ و ۱۰ می‌باشد و سود اولیه آن برابر با ۱۳۰۰۰۰ واحد است. در حالی در استراتژی جدید به تولیدکننده ۳ پیشنهاد می‌شود با تامین‌کننده ۱، ۳، ۶، ۱۰ همکاری کند و سود حاصل از این همکاری برابر با ۴۳۰۰۰۰۰ می‌باشد.

بار دیگر جدول ۲ را در نظر بگیرید در استراتژی‌های پیشنهادی تامین کنندگان ۲، ۴، ۵، ۸ و ۹ در هیچ یک از زنجیره‌های تامین حضور ندارند. این یک هشدار جدی برای مدیران این تامین‌کننده‌ها می‌باشد. بنابراین آن‌ها باید سیاست‌های اقتصادی خود را به منظور حفظ خود در بازار رقابت با سایر رقبا تغییر دهند.

نتیجه‌گیری

در این مقاله با استفاده از تحلیل‌پوششی‌داده‌های شبکه‌ای مدل جدیدی برای انتخاب تامین‌کننده‌ها در زنجیره‌تامین به منظور افزایش کارایی سود تولیدکننده ارایه شد. بنابراین با استفاده از نتایج مدل پیشنهادی در این مقاله یک مدیر می‌تواند یک استراتژی جدید برای مجموعه تحت رهبری خود ارایه کند. همچنین با در نظر گرفتن شرایط زیر در تحقیقات آینده می‌توان مدل پیشنهادی در این مقاله را برای سایر حالات در گسترش داد.

۱. در این مقاله ما بر روی زنجیره‌های تامین دو عضوی (تامین‌کننده تولیدکننده) تمرکز نمودیم بنابراین می‌توان روش پیشنهادی در این مقاله را برای زنجیره‌های تامین چند عضوی (تامین‌کننده، تولیدکننده، خرده‌فروش و....) گسترش داد.

۲. در مدل پیشنهادی در این مقاله فرض بر این است که همه تامین‌کننده دارای تکنولوژی بازده به مقیاس ثابت می‌باشند. بنابراین در مطالعات آتی می‌توان این اصل صرف نظر کرد.

۳. در مدل پیشنهادی قیمت خرید محصول از تامین kام توسط هریک از تولیدکننده‌ها ثابت در نظر گرفته شده است. در حالتی که در دنیای واقعی این قیمت لزوما ثابت نیست. به عنوان مثال اگر حجم خرید کمتر از ۱۰۰ واحد باشد قیمت هر واحد محصول می‌تواند ۵۰ واحد باشد در حالیکه اگر حجم خرید بیش از ۱۰۰ واحد باشد قیمت هر واح محصول می تواند برابر با ۴۰ واحد باشد. این مثال ساده نشان می‌دهد که در برخی از موارد قیمت می‌تواند تابعی از تولید باشد و بنابراین برای حل چنین مساله‌ای می‌توان از برنامه‌ریزی پارامتریک استفاده کرد.

سپاسگزاری

از انجمن ایرانی تحلیل پوششی داده‌ها جهت حمایت در اجرای این پژوهش تشکر و قدردانی می‌گردد.

فهرست منابع

[1] A. Charnes, W.W. Cooper, E. Rhodes. Measuring the efficiency of decision making units. European Journal of Operational Research 2: 429-444(1978)

[2] Y. Chen, L. Liang, F. Yang. A DEA game model approach to supply chain efficiency, Annals of Operations Research. 145: 5–13(2006)

[3] C. Chen, H. Yan. Network DEA Model for Supply Chain Performance Evaluation. European Journal of Operational Research 213:147-155(2011)

[4] W.W. Cooper, L.M. Seiford, K. Tone. Data envelopment analysis: a comprehensive text with models, applications, references and DEA-solver software, Springer (2000)

[5] M.J. Farrell. The measurement of productive efficiency. Journal of the Royal Statistical Society, Series A, General, 120(Part 3), 253–281(1957)

[6] A.A. Fathi, R. Farzipoor Saen. A novel bidirectional network data envelopment analysis model for evaluating sustainability of distributive supply chains of transport companies, Journal of Cleaner Production. 184: 20, 696-708(2018)

[7] M. Izadikhah, R. FarzipoorSaen. Assessing sustainability of supply chains by chance-constrained two-stage DEA model in the presence of undesirable factors. Computers & Operations Research 100: 343-367(2108)

[8] M. Kalantary, R. FarzipoorSaen. Assessing sustainability of supply chains: An inverse network dynamic DEA model. Computers & Industrial Engineering. In press (2018)

[9] L. Liang, F. Yang, W. D. Cook, J. Zhu. DEA models for supply chain efficiency evaluation. Annals of Operations Research 145: 35-49(2006)

[10] S. Motevali, S. Haghighiab, A. Torabi, R.Ghasemi. An integrated approach for performance evaluation in sustainable supply chain networks (with a case study). Journal of Cleaner Production 20: 579-597(2016)

[11] M. Shafiee, N. Shams-e-alam. Supply Chain Performance Evaluation with Rough Data Envelopment Analysis. International Conference on Business and Economics Research, IACSIT Press, Kuala Lumpur, Malaysia vol.1 (2011)

[12] A. Shingo, N. Akio, G. Ryota. Data envelopment analysis for a supply chain" Art if Life Robotics. 15: 171–175(2010)

[13] M. Tavana, H. Mirzagoltabar, S.M. Mirhedayatian, R. Farzipoor Saen, M. Azadi. A new network epsilon-based DEA model for supply chain performance evaluation. Computers & Industrial Engineering 66: 501-513(2013)

[14] M. Wang, Y. Li. Supplier evaluation based on Nash bargaining game model. Expert Systems with Applications. 41:4181–4185(2014)

[15] J. Wu, L. Liang, Y. Feng, Y. Hong. Bargaining game model in the evaluation of decision making units. Expert Systems with Applications 36: 4357-4362(2009)

[16] F. Yang, D. Wu, L. Liang et al. Supply Chain DEA: Production Possibility Set and Performance Evaluation Model. Annals of Operations Research 185: 195-211(2011)

[17] J. Xu, B. Li, D. Wu. Rough data envelopment analysis and its application to supply chain performance evaluation. Int. J. Production Economics. 122: 628–638(2009)