فصلنامه مدیریت صنعتی دانشکده علوم انسانی، دانشگاه آزاد اسلامی
واحد سنندج – سال هشتم / شماره ۲۵ / پاییز ۱۳۹۲

استفاده از مدل تحلیل پوششی داده ها برای ارزیابی عملکرد زنجیره تأمین سه سطحی

ساویز ساعی(نویسنده مسؤول)
دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، دپارتمان مهندسی صنایع، تهران، ایران
Email: sz_saei@yahoo.com
اسماعیل نجفی
استادیار دانشکده مهندسی صنایع سیستم دانشگاه علوم تحقیقات تهران

تاریخ دریافت: ۹۱/۹/۶ * تاریخ پذیرش: ۹۲/۷/۲۲

چکیده
تحلیل پوششی داده ها ابزاری برای محاسبه کارایی در واحدهای تصمیم گیری از جمله زنجیره تأمین است. از آنجا که اخیراً مدل تحلیل پوششی دو مرحله ای تمرکز بیشتری روی فرآیندهای زنجیره تأمین در دو سطح داشته است؛ بدین منظور ضرورت ارزیابی زنجیره تأمین در سطوح بالاتر برای دستیابی به کارایی دقیق تر محسوس است. در این مقاله مدل وانگ(۲۰۱۰) را در سه سطح جهت ارزیابی یک زنجیره تأمین، گسترش داده ایم تا اهمیت یکپارچگی در کل زنجیره تأمین را نشان دهیم. در این مدل، تحلیل پوششی داده های دو مرحله ای کو و هوانگ(۲۰۱۰) با فرض بازده به مقیاس متغیر و کارایی مدل چن(۲۰۰۹) با در نظر گرفتن اهمیت نسبی وزن ها در هر مرحله به طور مجزا لحاظ شده است. مدل ارائه شده در یک مثال عددی اجرا گردیده و نتایج در قالب جداولی تحلیل گردیده است.

کلمات کلیدی: تحلیل پوششی داده ها(DEA)، تحلیل پوششی دو مرحله ای، مدیریت زنجیره تأمین.

۱- مقدمه

در عصر جهانی سازی، زنجیره های تأمین در توسعه شرکتها برای کسب سود نقش ایفا می کند. در شرایط جدید رقابتی، شرکتها و سازمانها نیازمند روشهای نظام یافته جهت مدیریت سیستمی فرایندهایشان می باشند. علت این امر در واقع دستیابی به مزایای رقابتی با هدف کسب سهم بیشتری از بازار است. بر این اساس فعالیتهایی نظیر برنامه‌ریزی عرضه و تقاضا، تهیه مواد، تولید و برنامه‌ریزی محصول، کنترل موجودی، توزیع، تحویل و خدمت به مشتری همگی در سطح شرکت به سطح زنجیره عرضه انتقال پیدا کرده است. مساله کلیدی در یک زنجیره تامین، مدیریت و کنترل و هماهنگی تمامی این فعالیتهاست. مدیریت زنجیره تامین (SCM) این کار را به طریقی انجام می‌دهد که مشتریان بتوانند خدمت قابل اطمینان و سریع را با محصولات با کیفیت با حداقل هزینه دریافت کنند. فعالیت های زنجیره تأمین با سفارش مشتری شروع می شود تا زمانیکه مشتری پول خرید کالا و خدمات دریافتی خود را پرداخت کند، ادامه دارد. مدیریت زنجیره تأمین مستلزم مدیریت جریان های بین مراحل و درون هر یک از مراحل زنجیره برای بیشینه کردن کل سوددهی آن است.

در تحلیل پوششی داده ها کلاسیک زنجیره تأمین به عنوان جعبه سیاه تلقی می شد که در آن تنها ورودی ها و خروجی های آن در کارایی ارزیابی می شد. از این رو، محصولات میانی نادیده گرفته می شد. ارزیابی کارایی نقش مهم و حیاتی در رسیدن به هر دو هدف کاهش هزینه و افزایش سود در مدیریت زنجیره تأمین دارد. از آنجا که یک تصمیم گیرنده مستقل در هر عضو زنجیره تأمین تنها سعی در بیشینه کردن کارایی تکنیکی خود است و اعضای دیگر و کل زنجیره را نادیده می گیرد، بر این رو ضروری است جهت توجه به کل زنجیره تأمین و یا به عبارت ساده تر توجه به داخل جعبه سیاه از مدلهای شبکه ای استفاده نماییم. در مدلهای شبکه ای زنجیره تأمین که شامل تأمین کننده، تولید کننده و توزیع کننده می باشد، ارتباط طوری است که خروجی های تأمین کننده ورودی های تولید کننده محسوب می شود و از سوی دیگر خروجی های تولید کننده ورودی های توزیع کننده محسوب می شود. آنجا که تأمین کننده قصد دارد کارایی را با افزایش خروجی ها و قیمت ها ماکسیمم کند منجر به افزایش ورودی و به دنبال آن کاهش کارایی تولید کننده می گردد، لذا ضروری است که یکپارچگی مدل لحاظ شود.

تکنیک تحلیل پوششی داده ها اولین بار برای تخمین کارایی با روشهای ناپارامتریک مطرح شد که در آن اندازه کارایی برای یک ورودی و یک خروجی بررسی گردیده است(Farrel, 1957) . سپس مدل CCR را ارائه کردند که توانایی اندازه گیری کارایی با چندین ورودی و چندین خروجی داشت(Charnes et al., 1978) و در ادامه مدل جدید BCC را عرضه کردند (Banker.R,et al.,1987). یک مدل دو مرحله ای شامل ۵۵ بانک تجاری از نیروی کار و دارایی برای تولید سود و درآمد و سپس ارزش بازار، بازده و بهره هر سهام ایجاد کردند تا با یک مدل استاندارد DEA، کارایی را در هر مرحله بطور جداگانه اندازه گیری می کند، اما راهی برای ارتباط سری بین دو مرحله وجود نداشت (Seiford & Zhu, 1999).

کو و هوانگ یک فرآیند دو مرحله ای برای ۲۴ شرکت بیمه عمر در تایوان شامل تولید سود و حق بیمه در نظر گرفتند. در اولین مرحله، مشتریان مشتاق به پرداخت حق بیمه مستقیم و دریافت حق بیمه از دیگر شرکتهای بیمه لحاظ کردند؛ در مرحله دوم، حق بیمه در موجودی اوراق بهادار برای کسب سود سرمایه گذاری در نظر گرفتند. در ادامه مدل استاندارد DEA را با در نظر گرفتن ارتباط سری بین فرآیند دومرحله ای تعدیل کردند و کارایی کل فرآیند دومرحله ای به عنوان حاصل کارایی های دو مرحله مجزا مدلسازی نمودند (Koa & Hwang, 2008). از آنجا که مدل دومرحله ای DEA بازده به مقیاس ثابت (CRS) فرض می شود و متناسب با فرض بازده به مقیاس متغیر نیست. لذا کارایی کل فرایند دومرحله ای با روش مجموع موزون معرفی کردند و کارایی کل فرایند دومرحله ای را با یک مجموع وزنی از کارایی دو مرحله مجزا مدلسازی کردند. (Chen. et al., 2009) کارایی کل فرایند دو مرحله ای به صورت میانگین وزنی موزون کارایی دو مرحله ای مجزا مدلسازی کردند و مدل دومرحله ای DEA با فرض بازده به مقیاس متغیر توسعه دادند و همچنین مدل ترکیبی کارایی تجمعی را به وزنهای نسبی از دو مرحله مجزا تعمیم دادند (Chin & Wang 2010).

در مدیریت و ارزیابی زنجیره تأمین(SCM) کارهای فراوانی انجام شده است. اما استفاده از DEA در مدیریت زنجیره تأمین اخیرا مورد توجه قرار گرفته است (Troutt, et al., 2004,2001) (Chen, et al., 2006). بر اساس تعریف زنجیره

عرضه شامل همه فعالیتهای مرتبط با جریان و تبدیل کالا از مرحله استخراج به محصول نهایی و نیز جریانها اطلاعاتی مرتبط با آنها می شود. مدیریت زنجیره به یکپارچه سازی این فعالیتها از طریق بهبود روابط حلقه های زنجیره برای دستیابی به مزیت رقابتی قابل اتکا و مستدام اطلاق می شود(Handfield & Nicholas, 1999). با این تعریف می توان گفت مدیریت زنجیره تأمین مجموعه ای است از راهکارها جهت یکپارچه سازی اعضای زنجیره (تأمین کنندگان، تولید کنندگان، توزیع کنندگان، خرده فروشی ها و مشتری نهایی) که هدف آن کاهش هزینه های سیستم و نیز افزایش سطح خدمت دهی به مشتریان است. تعاریف دیگر زنجیره تأمین درسیمچی و کوپرا آمده است.(Simchi-Levi et al., 2000) (Chopra & Meindl, 2004)
در جدول شماره (۱) مروری بر ادبیات مدیریت زنجیره تأمین و زنجیره تأمین پرداخته شده است.

جدول شماره (۱): مروری بر ادبیات کاربرد DEA در SCM

نام محقق (سال)	کار انجام شده
Easton et al.(2002)	تکنیک DEA در مدیریت زنجیره تأمین بکار بردند و یک مدل DEA برای مقایسه کارایی تدارکات شرکتها در صنعت نفت پیشنهاد کردند. این مدل اطلاعات به مدیران می داد که فرایند تصمیم گیری را ارزیابی کنند.
Talluri and Baker(2002)	در سه فاز یک چارچوب DEA برای کمک به فرایند تصمیم گیری در انتخاب یکسری شریک توانا و کارا در طراحی زنجیره تأمین پیشنهاد کردند.
Troutt et al.(2001,2004)	تکنیک DEA در یک فرایند چند مرحله ای (سری) اعمال گردید و به کمک مدلسازی های انجام شده که ارتباط بین طبقات لحاظ گردید، کارایی طبقات مختلف محاسبه کردند.
Ross and Drog(2002,2004)	متدولوژی DEA را برای ارزیابی کارایی مراکز توزیع همگن با یک شبکه مقیاس بزرگ بکار بردند و مراکز توزیعی که امکان افزایش کارایی در آنها وجود داشت مشخص کردند.
Narasimhan et al.(2004)	با استفاده از یک مدل تحلیل پوششی داده چند مرحله ای یک روش ارزیابی کارایی انعطاف پذیر را در یک مدل زنجیره تأمین ارائه کردند.
Casteli et al.(2004)	در یک ساختار دو مرحله ای سلسله مراتبی متشکل از یک سری واحدهای موازی، مدلسازی کرده و مقادیر کارایی محاسبه کردند.
Chen et al.(2006)	یک مدل پیشنهاد کردند که فرایندهای تصمیم گیری اعضای زنجیره تأمین تحلیل کند و بهترین استراتژی کارایی را ارائه دهد. آنها ارتباط بین عملکرد اعضای زنجیره تأمین را با یک مدل Supply-Chain-DEA-Game تحلیل کردند.
Mu-Chen et al.(2007)	در یک مدل شبکه ای که دارای شاخص های مشترک بودند با بکارگیری DEA عملکرد زنجیره تأمین محاسبه و تحلیل کردند.
Feng Yang et al. (2011)	با دو تعریف معادل برای مجموعه امکان زنجیره تأمین، کارایی تکنیکی کل زنجیره تأمین را با یک مدل DEA ارزیابی کردند. مدل پیشنهادی به عنوان واحدهای الگو با هدف بهبود عملکرد برای زنجیره های تأمین ناکارا ارائه کردند.
Yuh-Jen Chen(2011)	یک متدولوژی ساختاریافته برای انتخاب و ارزیابی تأمین کننده با استفاده از DEA و TOPSIS در زنجیره تأمین ارائه گردید.

با توجه به جدول فوق مشاهده می گردد که بیشتر فرآیندهای زنجیره تأمین با مدل تحلیل پوششی داده ای دو مرحله مدلسازی شده است که به ارزیابی فرآیند پی در پی آن بپردازد. اما بررسی یک زنجیره تأمین سه قسمتی با لحاظ نمودن سه حوزه تأمین کننده، تولید کننده و توزیع کننده با مدل تحلیل پوششی دو مرحله ای ارزیابی نشده است تا مشخص شود آیا کل زنجیره تأمین در راستای یک استراتژی واحد که منافع همه حوزه ها تأمین گردد، حرکت می کند یا خیر؟ از این رو در این مقاله سعی شده است زنجیره تأمین سه سطح مورد ارزیابی و تحلیل قرار بگیرد.

ساختار مقاله طوری است که ابتدا در قسمت دوم مدل تحلیل پوششی دو مرحله ای مورد بررسی قرار گرفته شده و در قسمت سوم مدل پیشنهادی سه مرحله ای همراه با معادلات ارزیابی آورده شده است و سپس مدل ارائه شده در قالب یک مثال مورد بررسی قرار گرفته شده است. در نهایت، مثالی موردبررسی و تجزیه تحلیل قرار گرفته و نتیجه گیری از مدل پیشنهادی آورده شده است.

فرض کنیم که n واحد تصمیم گیرنده داریم که هر یک از واحد ها از m ورودی برای تولید s خروجی استفاده می کنند. همچنین متغیره$(r = 1,2, \dots, s)$ u_r و $(i = 1,2, \dots, m)$ v_i به ترتیب وزنهای شاخص های خروجی و ورودی هستند. کارایی واحد تصمیم گیرنده مدل CCR ورودی محور معادله (۱) بدین شکل است:

$$Z_0 = \max \sum_{r=1}^{s} u_r y_{r0}$$

$$St:$$

$$\sum_{i=1}^{m} v_i x_{i0} \le 1 \qquad \text{معادله (۱)}$$

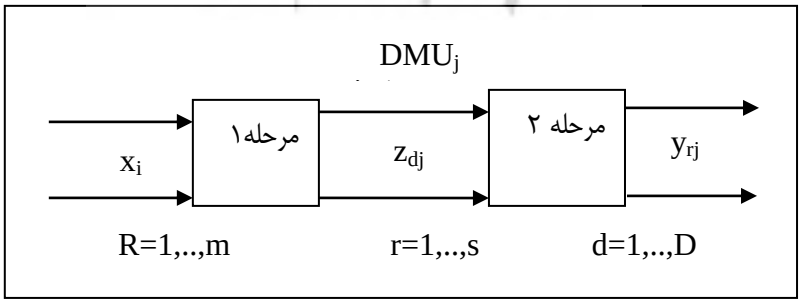
$$\sum_{r=1}^{s} u_r y_{rj} - \sum_{i=1}^{m} v_i x_{ij} \le 0 \quad ; \ j=1,...,n$$

$$v_i, u_r \ge 0 \quad ; i = 1,..., m \ ; r=1,...,s \ ; \ j=1,...,n$$

در مدلهای کلاسیک کل سیستم بصورت یک جعبه سیاه در نظر گرفته می شود ولیکن در بسیاری از مثالهای عملی واحدهای تصمیم گیرنده و یا فرایندهای تولید خود شامل زیر واحدهایی می باشند که زیر واحدها به طور شبکه ای با همدیگر در ارتباط می باشند. به عبارت دیگر خروجی یک زیر واحد ممکن است ورودی زیر واحد دیگر باشد که نهایتاً این فعل و انفعالات ایجاد تولید خروجی نهایی سیستم می کند. لذا در بسیاری موارد ممکن است نیاز باشد که عدم کارایی یک تصمیم گیرنده را در زیر واحدهای آن بررسی نمود که در این صورت مدلهای سری، موازی و یا شبکه ای خواهیم داشت. اساس کار مدلهای شبکه ای در سه مدل ارائه شده است که برای ارزیابی به داخل جعبه سیاه نگاه می کند (Fare & Grosskopt, 2000). اولین مدل به بررسی تخصیص محصولات گوناگون به کشتزارها می پردازد و از این ساختار عمومی می توان در تخصیص بودجه یا تخصیص منابع در سراسر واحدها استفاده کرد. مدل دوم برای محصولات میانی یک مدل صریح می باشد. در حقیقت این مدل برای محصولات درون تکنولوژی یا صنعت موجود هم استفاده می شود. فرمول بندی شبکه ای مدل سوم، یک مدل DEA پویا می باشد که در آن بعضی از خروجی ها با دوره تناوب t، ورودی های دوره تناوب بعدی t+1 می باشد.

واحدهای تصمیم گیرنده می تواند یک ساختار دو مرحله ای نیز داشته باشد، بدین صورت که یک واحد تصمیم گیرنده یک فرآیند دو مرحله ای دارد و مقادیر میانی در بین دو مرحله قرار دارند. مرحله اول با استفاده از ورودی، خروجی بدست می آید که خروجی های مرحله اول مقادیر میانی می نامند. سپس در مرحله دوم مقادیر میانی بکار برده می شود تا خروجی ها حاصل گردد.

ویژگی اصلی این ساختار آن است که خروجی های مرحله اول تنها ورودی های مرحله دوم هستند و الی آخر. شکل (۱) تحلیل پوششی دومرحله ای و تبدیل آن به یک مرحله ای را نشان می دهد.



شکل شماره (۱): مدل تحلیل پوششی دومرحله ای

همانطور که در شکل (۱) ملاحظه می شود، در مرحله اول فرض شده است n تا DMU مورد ارزیابی قرار می گیرد، بدین صورت که هر DMU_j (j=1,...,n) از m واحد ورودی x_{ij} (i=1,...,m) و D واحد خروجی z_{dj} (d=1,...,D) تشکیل می شود. سپس D واحد خروجی، ورودی های مرحله دوم می شود که بدان واحدهای میانی اطلاق می شود. خروجی های مرحله دوم با y_{rj} (r=1,...,s) مشخص می شود. کارایی DMU_j در مرحله اول و دوم به ترتیب $\theta_j^{1*} = \sum_{d=1}^{D} \eta_d^1 z_{dj} \Big/ \sum_{i=1}^{m} v_i x_{ij}$ و $\theta_j^{2*} = \sum_{r=1}^{s} u_r y_{rj} \Big/ \sum_{d=1}^{D} \eta_d^2 z_{dj}$ می باشد که $v_i (i=1,...,m)$ و $\eta_d^1 (d=1,...,D)$ ضرایب ورودی و خروجی در مرحله اول و همچنین $\eta_d^2 (d=1,...,D)$ و $u_r (r=1,...,s)$ ضرایب ورودی و خروجی مرحله دوم می باشند. کائو و هوانگ به دلیل وجود رابطه سری بین دو مرحله، کارایی کل DMU_j را به صورت حاصلضرب کارایی مرحله اول و دوم $(\theta_0^* = \theta_0^{1*} \times \theta_0^{2*})$ با فرض $\eta_d^{\,1} = \eta_d^{\,2}$ برای $(d=1,...,D)$ تعریف نمودند. با این توصیف مدل کائو و هوانگ پس از خطی سازی به صورت معادله (۲) می باشد. (Koa, C., & Hwang, S. 2008)

$$\theta_0^* = \max \sum_{r=1}^{s} u_r y_{r0}$$

$$St:$$

$$\sum_{i=1}^{m} v_i x_{i0} = 1$$

$$\sum_{d=1}^{D} \eta_d z_{dj} - \sum_{i=1}^{m} v_i x_{ij} \le 0 \quad ; \text{ j=1,...,n}$$

$$\sum_{r=1}^{s} u_r y_{rj} - \sum_{d=1}^{D} \eta_d z_j \le 0 \quad ; \text{ j=1,...,n}$$

$$\eta_d, v_i, u_r \ge 0 \quad ; \ d=1,...,D \ ; \ i=1,...,m \ ; \ r=1,...,s$$

معادله (۲)

زمانی که کارایی کل θ_0^* بدست می آید، کارایی جزئی مرحله اول و دوم $(\theta_0^{1*}, \theta_0^{2*})$ با مدلهای LP محاسبه می شود. لازم به ذکر است که می توانیم با داشتن کارایی کل و کارایی جزئی به کمک روابط $\theta_0^1 = \theta_0^* / \theta_0^{2*}$ و $\theta_0^2 = \theta_0^* / \theta_0^{1*}$ ،کارایی جزئی مرحله دیگر را محاسبه نماییم. معادلات (۳) و (۴) برای کارایی جزئی مراحل اول و دوم را در جدول (۲) نشان می دهد.

جدول شماره (۲): معادلات محاسبه کارایی جزئی مرحله اول و دوم

$\theta_0^{2*} = \max \sum_{r=1}^{s} u_r y_{r0}$	$\theta_0^{1*} = \max \sum_{d=1}^{D} \eta_d z_{dj}$
$St:$	$St:$
$\sum_{d=1}^{D} \eta_d z_{dj} = 1$	$\theta_0^* = \sum_{r=1}^{s} u_r y_{r0}$
معادله $\sum_{r=1}^{s} u_r y_{r0} - \theta_0^* \sum_{i=1}^{m} v_i x_{i0} = 0$	$\sum_{i=1}^{m} v_i x_{i0} = 1$ معادله
$\sum_{d=1}^{D} \eta_d z_{dj} - \sum_{i=1}^{m} v_i x_{ij} \le 0$; j=1,...,n	$\sum_{d=1}^{D} \eta_d z_{dj} - \sum_{i=1}^{m} v_i x_{ij} \le 0$; j=1,...,n
$\sum_{r=1}^{s} u_r y_{rj} - \sum_{d=1}^{D} \eta_d z_{dj} \le 0$; j=1,...,n	$\sum_{r=1}^{s} u_r y_{rj} - \sum_{d=1}^{D} \eta_d z_{dj} \le 0$; j=1,...,n
$\eta_d, v_i, u_r \ge 0$; $d=1,...,D$; $i=1,...,m$; $r=1,...,s$ (۴)	$\eta_d, v_i, u_r \ge 0$; $d=1,...,D$; $i=1,...,m$; $r=1,...,s$ (۳)

در ادامه چن و همکارانش با تخصیص وزنهایی به هر مرحله از مدل، اهمیت نسبی کل فرایند را منعکس کردند. آنها با بکارگیری داده های مقاله کائو و هوانگ، کارایی کل را از طریق مجموع موزون محاسبه کردند و سپس با استفاده از آزمون ضریب همبستگی اسپیرمن نشان دادند که مقادیر کارایی بدست آمده از دو روش کائو و چن تفاوت معنی داری با یکدیگر ندارند. بنابراین روش مجموع موزون را روشی معتبر معرفی کردند. چن و همکاران نیز در مقاله خود نشان دادند که با فرض CRS، این دو روش با یکدیگر هم ارزند. مزیتی که مدل چن نسبت به مدل کائو دارد این است که اگر θ_0^{*c} را کارایی روش چن و θ_0^{*k} را کارایی روش کائو تعریف کنیم، $\theta_0^{*c} \geq \theta_0^{*k}$ است. همچنین مدل کائو را نمی توان با فرض بازده به مقیاس متغیر مورد استفاده قرار داد. زیرا در این صورت مدل غیرخطی خواهد شد، اما در مدل چن چنین نیست؛ حال اگر این مدل را به فرض بازده به مقیاس متغیر توسعه دهیم، می توان مدل را خطی کرد. روش کائو و هوانگ دارای این مزیت نسبت به روش چن است که می تواند تجزیه کارایی را ارائه دهد درصورتیکه روش چن دارای چنین قابلیتی نیست.(Chen. et al, 2009)

از این رو مدل وانگ برای هر مرحله مدل کائو وزنهای نسبی $\lambda_2 \geq 0, \lambda_1 \geq 0$ لحاظ نمودند و کارایی کل به صورت $\theta^*_0 = \lambda_1 \theta_0^{2*} + \lambda_2 \theta_0^{1*}$ که در آن $\lambda_1 + \lambda_2 = 1$ تعریف نمودند. معادله (۵) برای محاسبه کارایی کل فرایند دو مرحله ای و معادلات (۶) و (۷) برای کارایی جزئی مراحل اول و دوم را در جدول (۳) نشان می دهد. (Wang. et al, 2010)

معادله (۵)

$$\theta_0^* = \max \lambda_1 \sum_{d=1}^{D} \eta_d z_{d0} + \lambda_2 \sum_{r=1}^{s} u_r y_{r0}$$

$$St:$$

$$\lambda_1 \sum_{i=1}^{m} v_{ij} x_{i0} + \lambda_2 \sum_{d=1}^{D} \eta_d z_{d0} = 1$$

$$\sum_{d=1}^{D} \eta_d z_{dj} + \sum_{i=1}^{m} v_i x_{ij} \leq 0 \quad ; \ j = 1, \ldots, n$$

$$\sum_{r=1}^{s} u_r y_{rj} + \sum_{d=1}^{D} \eta_d z_{dj} \leq 0 \quad ; \ j = 1, \ldots, n$$

$$\eta_d, v_i, u_r \geq 0 \quad ; d = 1, \ldots, D \ ; \ i = 1, \ldots, m \ ; \ r = 1, \ldots, s$$

جدول شماره (۳): معادلات محاسبه کارایی جزئی مرحله اول و دوم

معادله (۶)

$$\theta_0^{1*} = \max \sum_{d=1}^{D} \eta_d z_{d0}$$

$$St:$$

$$\sum_{i=1}^{m} v_{ij} x_{i0} = 1$$

$$St:$$

$$(\lambda_1 - \lambda_2 \theta_0^*) \sum_{d=1}^{D} \eta_d z_{d0} + \lambda_2 \sum_{r=1}^{s} u_r y_{r0} = \lambda_1 \theta_0^*$$

$$\sum_{d=1}^{D} \eta_d z_{dj} - \sum_{i=1}^{m} v_{ij} x_{i0} \leq 0 \quad ; \ j = 1, \ldots, n$$

$$\sum_{r=1}^{s} u_r y_{rj} - \sum_{d=1}^{D} \eta_d z_{dj} \leq 0 \quad ; \ j = 1, \ldots, n$$

$$\eta_d, v_i, u_r \geq 0 \quad ; d = 1, \ldots, D \ ; \ i = 1, \ldots, m \ ; \ r = 1, \ldots, s$$

معادله (۷)

$$\theta_0^{2*} = \max \sum_{r=1}^{S} u_r y_{r0}$$

$$St:$$

$$\sum_{d=1}^{D} \eta_d z_{d0} = 1$$

$$\lambda_2 \sum_{r=1}^{s} u_r y_{r0} - \lambda_1 \theta_0^* \sum_{i=1}^{m} v_{i0} x_{i0} = \lambda_2 \theta_0^* - \lambda_1$$

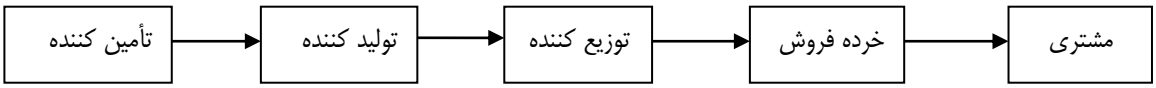
$$\sum_{d=1}^{D} \eta_d z_{dj} - \sum_{i=1}^{m} v_{ij} x_{i0} \leq 0 \quad ; \ j = 1, \ldots, n$$

$$\sum_{r=1}^{s} u_r y_{rj} - \sum_{d=1}^{D} \eta_d z_{dj} \leq 0 \quad ; \ j = 1, \ldots, n$$

$$\eta_d, v_i, u_r \geq 0 \quad ; d = 1, \ldots, D \ ; \ i = 1, \ldots, m \ ; \ r = 1, \ldots, s$$

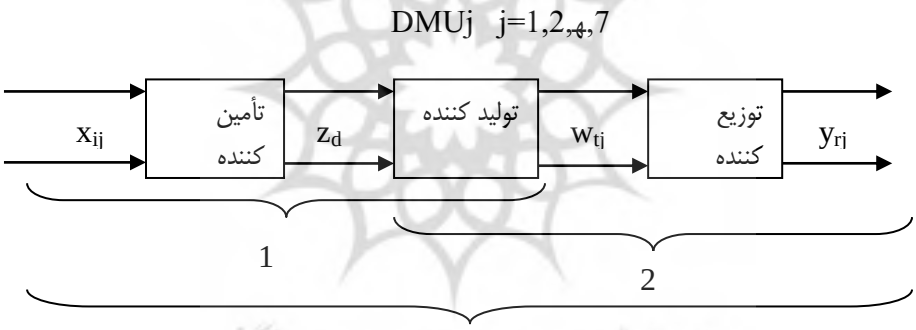
۲- مواد و روشها

در یک زنجیره تأمین معمولی، مواد خام از تأمین کنندگان به کارخانه ها ارسال می شوند، سپس محصولات تولید شده در کارخانه ها به انبارهای میانی و انبارهای توزیع کننده ها ارسال می شوند و از انجا نیز به سمت خرده فروش ها و در نهایت به دست مشتری نهایی یا همان مصرف کننده می رسند اعضای یک زنجیره تأمین معمولی عبارتند از: تأمین کنندگان، انبارهای مواد اولیه، مراکز تولید، توزیع کنندگان، خرده فروشی ها و مشتری نهایی شکل (۲).



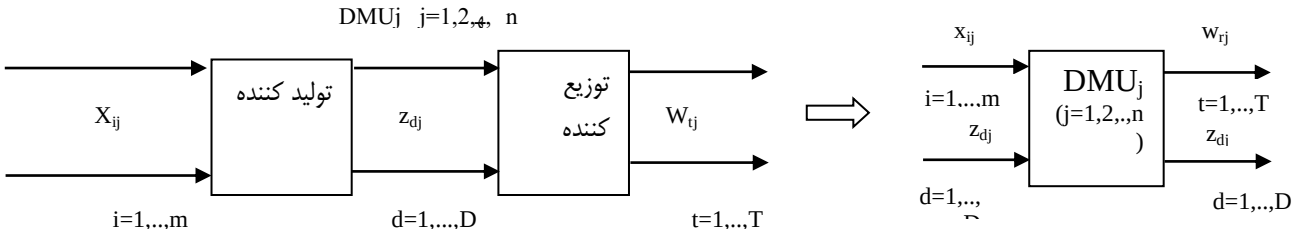
شکل شماره (۲): مدل زنجیره تأمین

مدل مورد بررسی ما سه قسمت اول زنجیره شکل (۲) است که شامل تأمین کننده، تولید کننده و توزیع کننده می شود. در این مدل، ابتدا مدل را به سه قسمت تقسیم می کنیم و در هر قسمت کارایی را از روی مدل دو مرحله ای تحلیل پوششی مدل (۷) حساب می کنیم. برای رسیدن به هدف که هماهنگی در کل زنجیره است کارایی تجمعی در قسمت (۳) به صورت دومرحله ای طبق مدل وانگ و چین بررسی می گردد. شکل (۳)



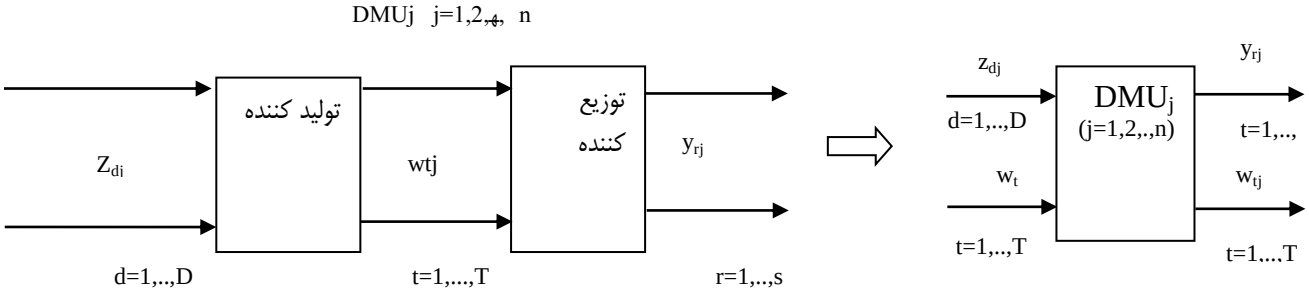
شکل شماره(۳): فرایند تبدیل سه مرحله ای تحلیل پوششی

همانطور که در شکل (۳) ملاحظه می گردد، ابتدا قسمتی از زنجیره تأمین که شامل تأمین کننده و تولید کننده می باشد، در نظر گرفته شده و سپس به کمک معادله (۵) محاسبات کارایی کل دو مرحله انجام می پذیرد.



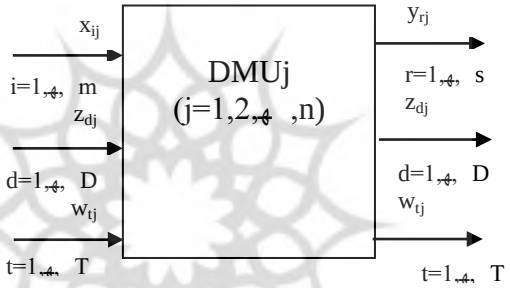
شکل شماره(۴): تبدیل بخش تأمین کننده- تولید کننده زنجیره تأمین دو مرحله ای به یک مرحله ای

مشابه مطلب گفته شده، قسمت دوم زنجیره تأمین که شامل تولید کننده و توزیع کننده می باشد، در نظر گرفته شده و به کمک معادلات یادشده کارایی کل محاسبه می گردد.(شکل ۵)



شکل شماره (۵): تبدیل بخش تولید کننده– توزیع کننده زنجیره تأمین دو مرحله ای به یک مرحله ای

در نهایت، برای رسیدن به هدف یکپاچگی بین تمام اعضای زنجیره تأمین، کارایی کل زنجیره با لحاظ نمودن قسمت (۱) و (۲) در شکل (۶) آورده شده است.



شکل شماره(۶): تبدیل تحلیل پوششی داده های سه مرحله ای به یک مرحله ای

با در نظر گرفتن معادله (۷) و شکل (۶) کارایی کل زنجیره تأمین (سه مرحله ای تأمین کننده، تولید کننده و توزیع کننده) به صورت معادله (۸) در می آید.

$$\theta 01 = \max \lambda_1 (\sum_{t=1}^{T} \alpha_t w_{tj} + \sum_{d=1}^{D} \eta_d z_{d0}) + \lambda_2 (\sum_{r=1}^{s} u_r y_{r0} + \sum_{t=1}^{T} \alpha_t w_{tj})$$

$$St:$$

معادله (۸)

$$\lambda_1 (\sum_{i=1}^{m} v_{ij} x_{i0} + \sum_{d=1}^{D} \eta_d z_{d0}) + \lambda_2 (\sum_{r=1}^{s} u_r y_{r0} + \sum_{t=1}^{T} \alpha_t w_{tj}) = 1$$

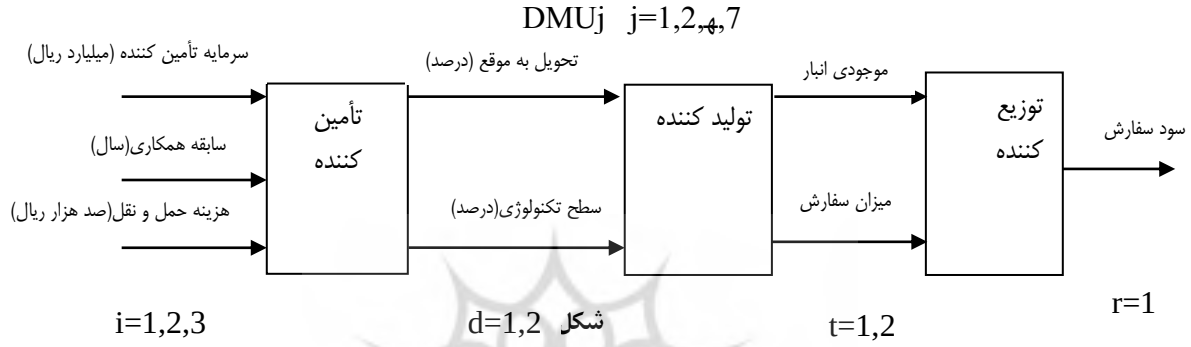
$$(\sum_{t=1}^{T} \alpha_t w_{tj} + \sum_{d=1}^{D} \eta_d z_{d0}) - (\sum_{i=1}^{m} v_{ij} x_{i0} + \sum_{d=1}^{D} \eta_d z_{d0}) \le 0 \quad ; \ j = 1,...,n$$

$$(\sum_{r=1}^{s} u_r y_{r0} + \sum_{t=1}^{T} \alpha_t w_{tj}) - (\sum_{t=1}^{T} \alpha_t w_{tj} + \sum_{d=1}^{D} \eta_d z_{d0}) \le 0 \quad ; \ j = 1,...,n$$

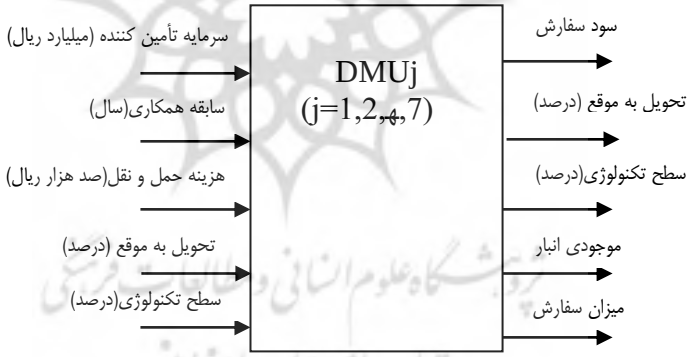
$$\alpha_t, \eta_d, v_i, u_r \ge 0 \quad d = 1,...,D \ ; i = 1,...,m \ ; r = 1,...,s \ ; t = 1,...,T$$

مدل فوق یک مدل جامع برای ارزیابی کل زنجیره تأمین است، که علاوه بر بهینه سازی تک تک اعضای زنجیره تأمین، بیشینه سازی کل زنجیره تأمین را در نظر می گیرد.

فرض کنید عوامل ورودی و خروجی هر یک از اجزای زنجیره تأمین یک شرکت نساجی به صورت شکل (۷) باشد. بدین صورت که عوامل ورودی تأمین کننده شامل میزان سرمایه تأمین کننده(میلیارد)، سابقه همکاری(سال) و هزینه حمل و نقل (صدهزار ریال) است. خروجی های تأمین کننده که منجر به ورودی های تولید کننده می شود، شامل تحویل به موقع(درصد) و سطح تکنولوژی (درصد) می باشد. در نهایت تولیدکننده میزان سفارش و موجودی انبار را به توزیع کننده می دهد تا سود سفارش را حاصل دهد. معادله (۷) که کارایی کل را محاسبه می کند یکبار برای تأمین کننده- تولیدکننده و بار دیگر برای تولیدکننده- توزیع کننده و در پایان معادله (۸) برای ترکیب آنها یعنی تأمین کننده- تولیدکننده و تولیدکننده- توزیع کننده محاسبه می گردد تا بتواند کارایی را برای کل زنجیره مورد ارزیابی قرار داد. شکل (۸)



شکل شماره (۷): نمایی از ورودی و خروجی اجزای زنجیره تأمین



شکل شماره (۸): تبدیل سه مرحله ای تحلیل پوششی داده ای زنجیره تأمین به یک مرحله

جداول (۲) و (۳) داده های شاخص های یاد شده را برای هفت زنجیره تأمین نشان می دهد.

جدول شماره (۴): مقادیر ورودی مدل

ردیف	سرمایه تأمین کننده (میلیارد ریال)	سابقه همکاری (سال)	هزینه حمل و نقل (صدهزار ریال)	تحویل به موقع (درصد)	سطح تکنولوژی (درصد)
۱	۱۴	۳	۹	۹۰	۸۶
۲	۱۲	۲	۱۴	۶۳	۷۵
۳	۱۰	۳	۳۲	۸۶	۷۳
۴	۱/۶	۲	۱۵	۷۵	۸۳
۵	۱۰	۲	۲۵	۶۹	۹۰
۶	۷	۳	۵۲	۷۸	۸۴

۷	۳	۳	۳۷	۸۲	۹۰

جدول شماره (۵): مقادیر خروجی مدل

	سود سفارش (میلیارد ریال)	تحویل به موقع (درصد)	سطح تکنولوژی (درصد)	موجودی انبار	میزان سفارش
۱	۲۰	۹۰	۸۶	۵۳	۷۰
۲	۱۸	۶۳	۷۵	۷۴	۸۰
۳	۱۶	۸۶	۷۳	۸۲	۹۰
۴	۵	۷۵	۸۳	۶۲	۶۷
۵	۱۷	۶۹	۹۰	۷۹	۸۳
۶	۱۴	۷۸	۸۴	۹۰	۱۰۰
۷	۱۰	۸۲	۹۰	۵۵	۶۸

مثال مطرح شده با نرم افزار GAMS حل گردیده و جوابهای آن در جدول(۴) آورده شده است و نظر به کم بودن تعداد DMU ها و همچنین تفاوت اهمیت بین شاخص ها از کنترل وزن نیز در شاخص های ورودی و خروجی استفاده گردیده است.

جدول شماره (۶): نتیجه مدل نهایی

DMU	θ_1^*	θ_2^*	θ
۱	۱	۰/۸۶۹	۰/۸۳۲
۲	۱	۱	۱
۳	۱	۱	۰/۹۶۹
۴	۱	۰/۸۶۱	۰/۸۵۲
۵	۱	۰/۹۶۳	۰/۹۴۳
۶	۰/۹۹۲	۱	۰/۹۷۶
۷	۰/۹۹۲	۰/۸۴۴	۰/۹۵۵

همانطور که در جدول(۶) مشاهده می گردد:

۱- کل زنجیره تأمین زمانی کارا خواهد شد، یک رابطه کارا بین تأمین کننده- تولیدکننده و تولیدکننده- توزیع کننده برقرار باشد که این مسئله در مورد DMU_2 بوضوح قابل رویت است.

۲- از طرفی دلیلی وجود ندارد که وقتی بصورت جداگانه ارتباط بین تأمین کننده- تولیدکننده و تولیدکننده- توزیع کننده خوب است ترکیب آنها نیز کارا باشد. در DMU_3 این مسئله شناسایی شده است.

۳- کارایی کل زنجیره تأمین زمانی که کارایی هر کدام از زنجیره های جزء θ_1^* و θ_2^* زیر یک باشند، بی شک ناکارا می باشد، که این امر در DMU_1، DMU_4 و DMU_5 دیده می شود.

در ادامه با تغییر $(\lambda_1,\lambda_2)=(1/2,1/2)$ به $(\lambda_1,\lambda_2)=(2/5,3/5)$ همین روند را روی DMU ها انجام می دهیم.

جدول شماره (۷): نتیجه مدل نهایی

DMU	θ_1^*	θ_2^*	θ
۱	۱	۰/۸۰	۰/۹۹
۲	۱	۱	۱
۳	۱	۰/۹۵	۰/۹۵
۴	۱	۰/۹	۰/۹۷۵
۵	۱	۱	۰/۹۷۹

۶	۱	۱	۰/۹۵۴
۷	۱	۰/۸۵	۰/۹۶

همانطور که در جدول(۷) مشاهده می گردد، مقدار کارایی DMU_6 و DMU_7 در مرحله اول و دوم افزایش می یابد و لی همچنان DMU_2 کاراست که پایداری مدل در برابر تغییرات نشان می دهد.

۳- نتایج و بحث

در برخی کاربردها امکان وجود ساختار دومرحله ای برای DMU ها غیرقابل انکار است، که در مرحله اول ورودی ها برای تولید خروجی ها و سپس این خروجی ها برای تولید خروجی های خود در مرحله دوم به کار رود.

در این مقاله یک مدل تحلیل پوششی داده ای در سه سطح جهت ارزیابی یک زنجیره تأمین ارائه گردیده است. مدل ارائه شده، گسترش یافته مدل وانگ است که در آن مدل تعمیم یافته دو مرحله ای تحلیل پوششی داده های دو مرحله ای کو و هوانگ با فرض بازده به مقیاس متغیر و مدل تحلیل پوششی داده های دو مرحله ای چن با در نظر گرفتن اهمیت نسبی وزن ها در هر مرحله به طور مجزا لحاظ شده است. نقطه قابل تأمل در این مدل لحاظ نمودن یکپارچگی در کل زنجیره تأمین می باشد و نتایج گرفته شده از یک مثال نشان می دهد که کل زنجیره تأمین زمانی کاراست که عملکرد زنجیره های دو مرحله ای آنها نیز کارا باشد. مدل ارائه شده که در یک زنجیره تأمین در سه سطح آورده شده می تواند در زنجیره تأمین چند مرحله ای نیز پیاده گردد.

۴- منابع

1- Banker, R., Charnes, A., & Cooper, W. (1984). Some models for the estimation of technical and scale inefficiencies in data envelopment analysis. Management Science, 30(9)1078-1092.
2- Castelli, L., Pesenti, R., & Ukovich, W. (2004). DEA-like models for the efficiency evaluation of hierarchically structured units. European Journal of Operation Research, 154,456-476.
3- Charnes, A., Cooper, W., & Rhodes, E. (1978). Measuring the efficiency of decision making units. European Journal of Operation Research, 2(6), 429-444.
4- Chen, M.-C., Yang, T., & Yen, C.-T. (2007). Investing the value of information sharing in multi-echelon supply chains. Qual Quant, 41,497-511.
5- Chen, Y., Cook, W., Li, N., & Zhu, J. (2009). Additive efficiency decomposition in two-stage DEA. European Journal of Operation Research, 196(3), 1170-1176.
6- [Chen, Y., Liang, L., & Yang, F. (2006). A DEA game model approach to supply chain efficiency . Annals of Operation Research, 1451, 5-13.
7- Chen, Y.-J. (2011). Structured methodology for supplier selection and evaluation in a supply chain. Information Science, 181(9), 1651-1670.
8- Chopra, S., & Meindl, P. (2004). Supply chain Management, strategy, planning and operation. Prentice Hall.
9- Easton, L., Murphy, D., & Pearson, J. (2002). Purchasing performance evaluation: with data envelopment analysis. European Journal of Purchasing & Supply Management, 8,123-134.
10- Fare, R., & Grosskopf, S. (2000). Network DEA. Socio-Economic Planning Sciences.
11- Farrel, J. (1957). The Measurement of Productivity Efficiency. The Royal Statistical Society, Series A, 120, 253-290.
12- Feng, Y., Dexiang, W., Liang, L., Gongbing, B., & Desheng, D. (2011). Supply chain DEA: production possibility set and performance evaluation model. Ann Operation Research, 195-211.
13- Handfield, L., & Nicholas, E. (1999). Introduction to supply chain management. Prentice Hall.
14- Koa, C., & Hwang, S. (2008). Efficiency decomposition in two-stage data envelopment analysis: An application to non-life insurance companies in Taiwan. European Journal of Operation Research, 185(1), 418-429.
15- Narasimhan, R., Talluri, S., & Das, A. (2004). Exploring flexibility and execution competencies of manufacturing firms. Journal of Operation Management, 22, 91-106.

16- Ross, A., & Droge, C. (2004). An analysis of operations efficiency in large-scale distribution systems. Journal of Operation Management, 21,673-688.
17- Ross, A., & Droge, C. (2002). An integrated benchmarking approach to distribution center performance using DEA modeling. Journal of Operations Management, 20, 19-32.
18- Seiford, L., & Zhu, J. (1999). Profitability and marketability of the top 55 US commercial banks . Management Science, 45(9), 1270-1288.
19- Simchi-Levi, D., Kaminsky, P., & Simchi-levi, E. (2000). Designing and Managing the supply chain concepts, and Strategies and Case studies. McGraw-Hill.
20- Talluri, S., & Baker, R. (2002). A multi-phase mathematical programming approach for effective supply chain design. European Journal of Operation Research, 141(3), 546-560.
21- Troutt, M., Ambrose, P., & Chan, C. (2004). Multi-stage efficiency tools for goal setting and monitoring in supply chains. Successful strategies in supply chain management Hershey: Idea Group Publishing Co.
22- Troutt, M., Ambrose, P., & Chan, C. (2001). Optimal throughput for multistage input-output processes. International Journal of Operations and Production Management, 21(1), 148-158.
23- Ying-Ming Wang, A., & Kwai-Sang Chin, B. (2010). Some alternative DEA models for two-stage process. Expert System with Applications, 37, 8799-8808.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی