ارزیابی عملکرد زنجیره تامین صنعت سیمان با استفاده از تحلیل پوششی داده ها

سید محمد سید حسینی [۱]

محمد حسین درویش متولی [۲]

چکیده

در جهان رقابتی امروزی، تغییرات سریع در عرصه ی فعالیت های صنعتی، اقتصادی و تجاری و پیچیده تر شدن فضای رقابتی بین بنگاه ها و شرکت های دولتی و خصوصی، آن ها را بر آن داشته تا از ابزارها و رویکردهای نوینی جهت بهبود عملکرد و کارایی زنجیره های تامین استفاده کنند. از طرفی با توجه به وضعیت تولید سیمان در کشور و امکان توسعه و ظرفیت تبدیل شدن به قطب این صنعت در آسیا، بررسی عملکرد در بحث زنجیره تامین وجود دارد و می تواند در راستای تدوین سیاست های

۱ استاد دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، گروه مدیریت صنعتی، تهران، ایران
seyedhoseini@yahoo.com
۲ مربی دانشگاه آزاد اسلامی، واحد فیروزکوه، گروه مدیریت صنعتی، فیروزکوه، ایران*Mhd.darvish@gmail.com*

آینده این صنعت نقش بسزایی ایفا کند. با توجه به اهمیت ارزیابی عملکرد در رابطه با تصمیم گیری های مدیریتی، در این مقاله با استفاده از روش تحلیل پوششی داده ها (DEA) کارایی کل زنجیره تامین را به صورت مجموع وزن دار شده اعضایش بدست می آوریم، و از کارایی کل در جهت محاسبه ی کارایی اعضای زنجیره استفاده می کنیم. در نهایت هر زنجیره تامین با توجه به ماهیت و عملکردش می تواند بازده به مقیاس افزایشی، کاهشی یا ثابت داشته باشد.

واژه‌های کلیدی

زنجیره تامین- صنعت سیمان - تحلیل پوششی داده ها .

مقدمه

پیشرفت و توسعه ی سریع در عصر رقابتی امروزه، و تغییرات پر شتاب محیطی، آگاهی از تحولات و رویکردهای نوین در جهت دستیابی به کارایی و اثربخشی بیشتر در سازمان ها را ضروری ساخته است. همچنین کسب توانمندی های رقابتی در جهان امروز به یکی از چالشهای اساسی کشورهای مختلف در سطح بین المللی تبدیل شده است، به طوری که حساسیت نسبت به نیاز مشتریان و بررسی مداوم سلائق آنان، پاسخگویی و نو آوری، کیفیت بالا محصولات تولیدی و همچنین خدمات رسانی را از توان شرکت خارج کرده است، بنابراین نیاز شدید به همکاری شرکت ها و سازمان های مرتبط با تولید محصول خاص و مدیریت یکپارچه سازی و هماهنگی بین آن ها بیشتر از پیش در عرصه ی رقابتی بازار احساس می شود. زنجیره تامین[۱] یکی از گزینه های موفق در پاسخگویی به این نیاز می باشد، به طوری که زنجیره تامین همه ی فعالیت های مرتبط با جریان و انتقال کالاها را از مرحله مواد خام تا مصرف محصول توسط مصرف کننده را شامل می شود و مدیریت زنجیره تامین در برگیرنده این فعالیت ها به صورت یکپارچه است که از طریق آن ها، محصولات، خدمات و اطلاعاتی که برای

۱-Supply Chain

مشتریان ارزش افزوده ایجاد می کند را تامین می نماید(منتزر، ۲۰۱۰). همچنین مدیریت زنجیره تامین بر منافع و مزیت های کلی و بلند مدت برای تمامی اعضای زنجیره از طریق همکاری و تسهیم اطلاعات تاکید دارد. در سال های اخیر، مدیریت و ارزیابی عملکرد زنجیره تامین بیشتر از پیش در اداره ی کسب وکار سازمان ها مورد توجه قرار گرفته است. علت آن است که اولاً اگر بعد از طراحی، زنجیره مورد توجه و بازنگری و کنترل قرار نگیرد ممکن است باعث از بین رفتن زنجیر تامین شود، ثانیاً ارزیابی عملکرد زنجیره تامین در جهت گیری تصمیمات آتی مدیریت آن نقش اساسی خواهد داشت. بنابراین اندازه گیری کارایی و بهره وری یک ابزار استاندارد برای تحلیل ها در زنجیره تامین می باشد.

تحلیل پوششی داده ها[۱] روشی برای محاسبه کارایی عملکرد مجموعه واحد های تصمیم گیرنده می باشد (چارنز و همکاران، ۱۹۷۸) ، که می توان به موضوعاتی مانند: بهره وری و ارزیابی کارایی در تجارت، مهندسی و مدیریت بسط و گسترش داد. لذا روش بسیار مناسب و کارآمد در تصمیم گیری های کارساز مدیران سازمان ها محسوب می شود. DEA در سال های اخیر در بخش های خریدار-فروشنده (لینگ، ۲۰۰۶)، تولید-توزیع (روس، ۲۰۰۲) و ارزیابی عملکرد خرید (استون، ۲۰۱۲) زنجیره های تامین مورد استفاده قرار گرفته است. با توجه به اینکه علت به وجود آمدن مدیریت زنجیره تامین افزایش رقابت پذیری و تلاش برای بقای سازمان هاست، که سازمان ها این را در تامین نیاز مشتری می دانند، لذا بحث بازده به مقیاس می تواند در جهت بکارگیری بهترین سیاست در روند امکان توسعه و ارزیابی عملکرد زنجیره های تامین در بحث مدیریتی آن نقش بسزایی ایفا کند که در آن هر زنجیره تامین با توجه به ماهیت و عملکردش می تواند بازده به مقیاس ثابت یا متغیر داشته باشد. همچنین ایران، از لحاظ موقعیت جغرافیای اقتصادی ممتاز، بازار وسیع داخلی و منطقه ای، جمعیت جوان و نیروی کار ارزان، برخورداری نسبی از کادرهای متخصص و ماهر، پایه منابع طبیعی غنی و گسترده و ...، می تواند از همه برتری ها و امتیازات برشمرده و شرایط نوین اقتصاد جهانی در جهت گسترش و تعمیق فرایند زنجیره تامین صنعت سیمان، استفاده کرده و این استعداد را دارد که به پایگاهی مهم در زنجیره های منطقه ای و بین المللی تبدیل شود. از این رو مطالعات در زمینه زنجیره تامین این صنعت بسیار حائز اهمیت است.

امروزه شرکت ها با همراهی استراتژی های سنتی همکاری، کمتر نتیجه مطلوب بدست می آورند و چرخه کوتاه عمر محصولات، عدم وفاداری مشتریان، هزینه های جایگزینی محصول و سایر تهدیدات ایجاب می کند تا مدل های جدیدی در قالب ارزیابی کارایی زنجیره های تامین ایجاد شود. اینک در

۲-Data Envelopment Analaysis
3- Decision making units

این مقاله به بررسی ارزیابی عملکرد زنجیره های تامین کارخانجات تولید کننده سیمان با استفاده از راهکار تحلیل پوششی داده ها می پردازیم. اساس کار به گونه ای است که کارایی کل زنجیره تامین از مجموع کارایی وزن دار شده اعضاء زنجیره بدست می آید.

ساختار این مقاله به این صورت است که در بخش ۲ ادبیات و پیشینه موضوع ارائه می شود و در بخش ۳ متدولوژی، در بخش ۴ یافته ها و در بخش ۵ نتایج بیان می گردد.

ادبیات و پیشینه تحقیق

- مدیریت زنجیره تامین

زنجیره تأمین سیستمی است که در آن سازندگان محصول یعنی تأمین‌کنندگان مواد اولیه، فرایندهای تولید، توزیع کنندگان محصول و مشتریان، توسط یک جریان مواد از یک سو و یک جریان اطلاعات از سوی دیگر با هم در ارتباط هستند. مدیریت زنجیره تامین یک رویکرد یکپارچه سازی برای برنامه ریزی و کنترل مواد و اطلاعات می‌باشد که از تامین کنندگان تا مشتریان جریان دارد. در واقع مدیریت زنجیره تامین، مدیریت موجودی با تمرکز بر مدیریت عملیات را با آنالیز ارتباطات و دانش در سازمانهای صنعتی ارتباط می‌دهد (رئیس صفری، ۱۳۸۶).

وظیفه مدیریت زنجیره تأمین، مدیریت و هماهنگ‌سازی جریان‌های مختلف درون آن می‌باشد. یکی از چالش‌های مهم مدیریتی در این زمینه، در رابطه با هماهنگ‌سازی جریان اطلاعات بین چندین سازمان و در درون هر سازمان است. به منظور نیل به این مهم، نیازمند استفاده از تکنولوژی‌ها و ابزارهایی جهت ردگیری داده ها در مسیر طی شده از مبداء به مقصد و ثبت اطلاعات در هر مرحله می‌باشد. با پیشرفت صنایع، وابستگی آن ها به صورت شبکه های متصل در زنجیره تامین در جریان هستند و دوام و طول عمر شبکه تامین نقش مهم و موثری در دستیابی به اهداف زنجیره ایفا می کند.

به طور کلی زنجیره تامین به کلیه فعالیتهایی گفته می شود که باعث خلق ارزش افزوده خواهد شد. حلقه های این زنجیره آنچنان به هم وابستگی دارند که با معیوب بودن یکی از آنها خلق ارزش افزوده در اقتصاد کلان با مشکل مواجه خواهد شد.

- زنجیره تامین بالادست:

این بخش شامل تامین کنندگان اولیه (که خودشان می توانند مونتاژکننده و یا سازنده باشند) و تامین کنندگانشان هستندکه همه این مسیرها از مواد سرچشمه می گیرد. فعالیتهای اصلی این قسمت خرید و حمل است.

- **زنجیره تامین داخلی:**

این بخش شامل همه پردازشهای استفاده شده به وسیله یک سازمان در تبدیل داده های حمل شـــــده به سازمان به وسیله تامین کنندگان به خروجی هاست، از زمانی که مواد وارد سازمان می شود تا زمانی که محصول نهایی برای توزیع به خارج سازمان حرکت می کند. فعالیتها اینجا شامل حمل مواد، مدیریت موجودی، ساخت وکنترل کیفیت است.

- **زنجیره تامین پایین دست:**

این بخش شامل همه فرایندهای درگیر در توزیع و تحویل محصولات به مشتریان نهایی است. خیلی زیاد مشاهده می شود که زنجیره تامین وقتی محصـــول واگذار یا مصرف می گردد، پایان می پذیرد. اینجا فعالیتها شامل بسته بندی، انبار و حمل است. این فعالیتها ممکن است با استفاده از چندین توزیع کننده انجام شود مثل کل فروشان و خرده فروشان. ایـــن قسمت می تواند به سمت راست به همین ترتیب گسترش یابد.

هدف اصلی مدیریت زنجیره تامین ایجاد یک جریان قابل اطمینان در انتقال مواد و خدمات از ابتدا تا انتهای زنجیره تامین می باشد. این قابلیت اطمینان مربوط به عواملی نظیر کیفیت، کمیت، قیمت و زمان تحویل می باشد. توجه به این عوامل چه در سمت ورودی و چه در سمت خروجی کارخانه از مسئولیت های اصلی مدیریت زنجیره تامین می باشد و به منظور کنترل کردن این عوامل ضروری است که مدیریت زنجیره تامین با مفاهیم و سیستم هایی همچون مدیریت عملیات و تولید، نظیر برنامه ریزی و کنترل تولید و موجودی ها، مدیریت کیفیت فراگیر، مدیریت تدارکات و بازاریابی آشنا باشد.

شایان ذکر است که شرکت های موفق در امر زنجیره تامین همواره سعی دارند که بیشترین اطلاعات را از سطوح بالاتر تامین کنندگان و دریافت کنندگان داشته باشند. با استفاده از این اطلاعات و با برقراری ارتباطات منظم با سطوح مختلف زنجیره تامین، مدیران و برنامه ریزان می توانند هماهنگی لازم را در جهت دستیابی به اهداف مدیریت زنجیره تامین ایجاد نمایند.

- **صنعت سیمان**

سیمان به عنوان یکی از اصلی ترین منابع توسعه زیرساخت محسوب می شود. وجود یک شبکه اطلاعاتی پایدار برای زنجیره تأمین، که مواد خام را به محصول تبدیل کند، با توجه به حجم بالای سرمایه گذاری تجهیزات در این صنعت و همچنین طول عمر بالای این شبکه، ضروری به نظر می رسد.

سیمان یکی ازستونهای اصلی صنعت ساختمان سازی درگوشه و کناردنیا به شمار می اید این محصول صنعتی ازآنچنان اهمیتی برخوردار است که دربازارهای جهانی سهم قابل توجهی ازمبادلات تجاری را به خود اختصاص داده است اما همین اهمیت استراتژیک موجب شده تا کشورهایی که ظرفیت قابل توجهی درتولید آن دارند به تولید گسترده این محصول پایه ای روی آورند (کرباسی، ۱۳۹۱).

در زنجیره تامین سیمان علاوه برمواد معدنی نظیر خاک رس، آهک، ... و بهره گیری از انرژی ۲ نوع محصول به نام های کلینکر (سیمان اولیه) و سیمان سیاه تولید می گردد. برای دستیابی به یک زنجیره تأمین پایدار، بهبود عملکرد یکی از بهترین مراحل برای در نظر گرفتن معیارهای پایداری است که در این به مقاله به ان می پردازیم.

- **تحلیل پوششی داده ها**

برای سنجش عملکرد هر واحد ، خوشه، و ... و به طور کلّی هر مجموعه ای که در آن فعالیتی انجام می شود از معیاری به نام کارآئی استفاده می شود. در حقیقت سنجش کارآئی هر مجموعه به این معنی است که مجموعهٔ مورد نظر به چه میزان «خوب» کار می کند در حالیکه در مفهوم بهره مندی به کیفیت کار توجّه بیشتری داریم ودر سنجش بهره وری به دنبال این هستیم که مجموعه به چه میزان «کار خوب» می کند. گرچه این مطلب به آن معنی نیست که در سنجش عملکرد با معیار کارآئی به کیفیت کار توجهی نداریم (جهانشاهلو، ۱۳۸۷).

فرض کنید سیستم تحت ارزیابی شامل n «واحد تصمیم گیری» $DMU_1, DMU_2, ..., DMU_n$ باشد که هر DMU_j ,mورودی[1] $X = (x_{1j}, x_{2j}, ..., x_{mj})$ را برای تولید s خروجی[2] $Y = (y_{1j}, y_{2j}, ..., y_{sj})$ مصرف می نماید، باشد ورودی ها و خروجی های هر DMU همگی نامنفی و هر DMU حداقل یک ورودی مثبت و یک خروجی مثبت دارد. یعنی $Y \neq 0$ $Y \geq 0$ و $X \neq 0$ $X \geq 0$ ، در این صورت

کارایی اقتصادی DMU_p به صورت زیر تعریف می شود(حسین زاده، ۱۳۸۷) :

1 -Input
2 -Output

$$\frac{\text{مجموع وزن دار خروجی های } DMU_{\rho}}{\text{مجموع وزن دار ورودی های } DMU_{\rho}} = \frac{\sum_{r=1}^{s} u_r y_{r\rho}}{\sum_{i=1}^{m} v_i x_i} = \quad (۱)$$

کارایی در این حالت «واحدهای تصمیم گیری» به راحتی با هم مقایسه می شوند. اما از آنجا که همیشه هزینه ورودی ها و قیمت خروجی ها به صورت دقیق و کامل در اختیار نمی باشند لذا در حالت کلی از مدل های DEA استفاده می نماییم.

پس از ارائه مدل CCR توسط چارنز، کوپر، ورودز، این مدل پایه و اساس شاخه ای در «تحقیق در عملیات» به نام تحلیل پوششی داده ها (DEA) ۱ گردید(جعفر نژاد، ۱۳۸۶) . پس از معرفی مدل CCR مدلهای دیگری نظیر مدل BCC ، RAM ، SBM مدل جمعی۲، FDH و ... جهت قوت بخشیدن به DEA معرفی شدند. در این مقاله برخی از این مدلها به طور مختصر معرفی می شود.

مدل پیشنهادی اول یک مدل غیر خطی می باشد که با استفاده از تبدیلات چارنز کوپر می توان این مدل را به فرم معادل خطی زیر تبدیل کرد. (جعفر نژاد، ۱۳۸۶)

$$\begin{aligned} E_{\rho} &= \max \sum_{r=1}^{s} u_r y_{r\rho} \\ &\quad \sum_{i=1}^{m} v_i x_{i\rho} \\ s.t. \quad &\sum_{r=1}^{s} u_r y_{rj} - \sum_{i=1}^{m} v_i x_{ij} \le 0 \quad ; \quad j = 1,2,...,n \\ &u_r, v_i \ge 0 \quad ; \quad r = 1,2,...,s; \quad i = 1,2,...,m \end{aligned} \qquad \textbf{(۲)}$$

1 -Data Envelopment Analysis
2 -Additive

مدل بدست آمده را فرم مضربی۱مدل CCR می نامند. دوآل این مدل که فرم پوششی۲مدل CCR نامیده می شود به صورت زیر است:(جهانشاهلو، ۱۳۸۳)

(۳)

$$
\begin{aligned}
& Min\theta \\
s.t. \quad & \sum_{j=1}^{n} \lambda_j x_{ij} \le \theta x_{i\rho} && i = 1,2,...,m \\
& \sum_{j=1}^{n} \lambda_j y_{ij} \ge y_{r\rho} && r = 1,2,...,s \\
& \lambda_j \ge 0 && j = 1,2,...,n
\end{aligned}
$$

قضیه۱: DMU_o کارای پارتوکوپمن است اگر و فقط اگر در مدل (۷) داشته باشیم:

الف: $\theta^* = 1$ و ب: در هر جواب مدل مربوطه $s^{-*} = 0$ و $s^{+*} = 0$ که در آن s^{+*} و s^{-*} به ترتیب نشان دهنده مقادیر بهینهٔ متغیرهای کمکی متناظر با محدودیت های خروجی و ورودی می باشند.

- **پیشینه تحقیق**

تاکنون روشهای بسیارمتنوعی به منظور ارزیابی عملکرد زنجیره تامین ارائه شده است که به برخی از تحقیقات اشاره می شود:

کاربرد DEA در محاسبه کارائی واحد های صنعتی که توسط پروفسور van de pane از گروه اقتصادی دانشگاه Calgary کانادا ارائه شد. ایشان از روش DEA برای تعیین میزان کارایی زنجیره واحد های صنعتی استفاده نمودند که در زیر به شرح مختصری از کارهایشان می پردازیم :

در این تحقیق ۳۶ گروه صنعتی وجود دارند که با مدل CCR مورد ارزیابی قرار گرفته اند .

تعداد ورودی و خروجی ها برای هر واحد زیاد بود و از طرفی از اهمیت زیادی نیز برخوردار بودند .

1-Multiplier form
2 -Envelopment form

سایر تحقیقات انجام شده:

جهانشاهلو، غلامرضا و محمد کاشلنی پور (۱۳۸۳). در تحقیق خود به مقایسه و ارزیابی روش های بخش کارایی صنایع و ارائه الگوی مناسب پرداخته اند.

جعفر نژاد، احمد (۱۳۸۶). در تحقیق خود از به کارگیری تحلیل پوششی داده ها و روش کارایی متقاطع برای ارزیابی و انتخاب تامین کنندگان شرکت مهندسین اندیشه فرافن، استفاده نموده است.

رزمی، جعفر و شهروز بامداد (۱۳۸۶). در تحقیق خود از کاربرد روش تحلیل پوششی داده ها در ارزیابی تامین کنندگان صنایع آهن و فلزات استفاده نموده اند.

علی عباسی رائی (۱۳۹۲). در مقاله خود به تعیین مدلی برای قابلیت ردیابی و شناسایی اقلام در زنجیره تأمین و بررسی عملکرد زنجیره پرداخت.

احمد جعفر نژاد (۱۳۸۴) در مقاله خود به ارایه یک چارچوب مفهومی برای ارزیابی عملکرد زنجیره تامین با تاکید بر یک پارچگی پرداخت.

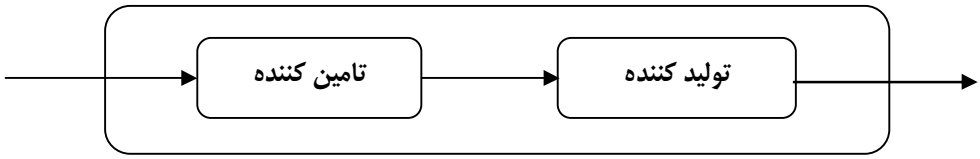
حسنعلی آقاجانی و مهدی ملکی (۱۳۹۱) . در مقاله خود به ارایه چهارچوبی برای ارزیابی عملکرد زنجیره تأمین با استفاده ترکیبی از رویکرد کارت امتیازی متوازن و فرآیند سلسله مراتبی تحلیلی پرداختند.

مجتبی رئیس صفری (۱۳۸۶) در تحقیق خود به ارزیابی عملکرد زنجیره تامین با استفاده از مدل SCORپرداخت و معیارهای برتر را شناسایی نمود.

متدولوژی

ساختار درونی واحدهای تصمیم گیرنده۱ می تواند دو مرحله ای باشد، به طوری که مرحله ی اول با مصرف ورودی هایش، خروجی تولید کند و خروجی هایش به عنوان تولیدات میانی DMU، ورودی های عضو بعدی قرار می گیرد و در نهایت عضو دوم خروجی DMU را تولید میکند.(سیفورد، ۱۹۹۹). روشی که (کاوو، ۲۰۰۸)تحت فرضیات بازده به مقیاس ثابت و یکسان بودن وزن تولیدات میانی برای هردو عضو ارائه کردند، قادر به بررسی عملکرد واحد های تصمیم گیرنده درحالت بازده به مقیاس متغیر نبود، که (چن، ۲۰۰۹) این مشکل را برطرف کردند. حال در این بخش با توجه به مطالعات پیشین، فرض کنید N زنجیره تامین دوعضوی که شامل تامین کننده و تولید کننده می باشد تحت ارزیابی قرار گرفته باشد، شکل(۱). برای سادگی در محاسبات، زنجیره های تامین دو عضوی (مولفه ای) را در

نظر گرفتیم.



شکل(۱). زنجیره تامین دو عضوی

اندیس های مدل:

j : علامت زنجیره تامین ($j=1,2,\ldots,N$)،

d : علامت زنجیره تامین تحت بررسی ($d=1,2,\ldots,N$)،

p: علامت ورودی تامین کننده ($p=1,2,\ldots,P$)،

k : علامت خروجی تامین کننده و ورودی تولید کننده، تولیدات میانی زنجیره تامین ($k=1,2,\ldots,K$)،

q :علامت خروجی تولید کننده ($q=1,2,\ldots,Q$)،

پارامترهای مدل:

X_{pj} : مقدار p امین ورودی تامین کننده در j امین زنجیره تامین،

I_{kj} : مقدار k امین خروجی تامین کننده (همچنین k امین ورودی تولید کننده) در j امین زنجیره تامین،

Y_{qj}: مقدار q امین خروجی تولید کننده در j امین زنجیره تامین،

متغیر های مدل :

V_p : وزن p امین ورودی تامین کننده،

Z_k : وزن k امین خروجی تامین کننده (همچنین k امین ورودی تولید کننده)، وزن تولیدات میانی در هر دو عضو زنجیره تامین یکسان در نظر گرفته شده است،

U_q : وزن q امین خروجی تولید کننده،

z_d : علامت این متغیر(مثبت، منفی، صفر)، نشان دهنده ی نوع بازده به مقیاس تامین کننده در d امین زنجیره تامین تحت بررسی است،

u_d : علامت این متغیر(مثبت، منفی، صفر)، نشان دهنده ی نوع بازده به مقیاس تولید کننده در d امین زنجیره تامین تحت بررسی است،

تابع هدف :

$$\text{Max} w_1 . \frac{\sum_{k=1}^{K} Z_k^T I_{kd} + z_d}{\sum_{p=1}^{P} V_p^T X_{pd}} + w_2 . \frac{\sum_{q=1}^{Q} U_q^T Y_{qd} + u_d}{\sum_{k=1}^{K} Z_k^T I_{kd}}$$

که در آن w1 و w2 سهم یا اهمیت نسبی عملکرد تامین کننده و تولید کننده می باشد، که w1 را میزان منابع مصرفی تامین کننده به میزان منابع کل زنجیره تامین و w2 میزان منابع مصرفی تولید کننده به میزان منابع کل زنجیره تامین تعریف می کنیم، به عبارت دیگر (چن، ۲۰۰۹) :

$$w_2 = \frac{\sum_{k=1}^{K} Z_k^T I_{kd}}{\sum_{p=1}^{P} V_p^T X_{pd} + \sum_{k=1}^{K} Z_k^T I_{kd}} \quad \text{و} \quad w_1 = \frac{\sum_{p=1}^{P} V_p^T X_{pd}}{\sum_{p=1}^{P} V_p^T X_{pd} + \sum_{k=1}^{K} Z_k^T I_{kd}}$$

در واقع تابع هدف به صورت مجموع وزن دار شده ی کارایی اعضایش می باشد. همچنین zd و ud متغیر های آزاد هستند که علامت مقدارشان به ترتیب نشان دهنده ی نوع بازده به مقیاس تامین کننده و تولید کننده است، بطوریکه اگر $zd > 0$ باشد آنگاه نوع بازده به مقیاس تامین کننده افزایشی (صعودی) خواهد بود، همچنین اگر $zd < 0$ باشد بازده به مقیاس کاهشی (نزولی) است و در غیر این صورت بازده به مقیاس ثابت خواهد بود. حال مدل ارزیابی عملکرد زنجیره تامین که از مجموع کارایی وزن دار شده اعضایش بدست می آید به صورت زیر بیان می کنیم:

$$Max\theta_d = \sum_{q=1}^{Q} \mu_q Y_{qd} + u + \sum_{k=1}^{K} \varphi_k I_{kd} + z$$

$$s.t.$$

$$\sum_{p=1}^{P} \delta_p X_{pd} + \sum_{k=1}^{K} \varphi_k I_{kd} = 1,$$

$$\sum_{k=1}^{K} \varphi_k I_{kj} - \sum_{p=1}^{P} \delta_p X_{pj} + z \le 0, j = 1,2,...,N,$$

$$\sum_{q=1}^{Q} \mu_q Y_{qj} - \sum_{k=1}^{K} \varphi_k I_{kj} + u \le 0, j = 1,2,...,N,$$

$$\alpha(\sum_{p=1}^{P} \delta_p X_{pd} + \sum_{k=1}^{K} \varphi_k I_{kd}) \le \sum_{p=1}^{P} \delta_p X_{pd},$$

$$\alpha(\sum_{p=1}^{P} \delta_p X_{pd} + \sum_{k=1}^{K} \varphi_k I_{kd}) \le \sum_{k=1}^{K} \varphi_k I_{kd}, \qquad (۴)$$

$$\varphi_k \ge 0, \mu_q \ge 0, \delta_p \ge 0, \forall k, q, p, u, zfreeinsign.$$

مدل فوق محاسبه ی کارایی کل زنجیره تامین است که به فرم برنامه ریزی خطی می باشد، همچنین علامت $u + z$ نشان دهنده ی نوع بازده به مقیاس زنجیره تامین می باشد، که اگر مثبت باشد بازده به مقیاس افزایشی است و اگر منفی باشد آنگاه بازده به مقیاس کاهشی است و در غیر این صورت ثابت خواهد بود. حال برای بدست آوردن کارایی اعضاء زنجیره آن را به عنوان یک محدودیت و هدف را ماکسیمم کردن یکی از اعضاء زنجیره تامین قرار داد (θ_d^* کارایی کل زنجیره تامین که از مدل (۴) بدست آمده است) (چن، ۲۰۰۹)، بنابراین برای محاسبه کارایی تامین کننده خواهیم داشت:

$$Max\theta_{sd} = \sum_{k=1}^{K} \varphi_k I_{kd} + z$$

$$s.t.$$

$$\sum_{p=1}^{P} \delta_p X_{pd} = 1,$$

$$(1-\theta_d^*)\sum_{k=1}^{K} \varphi_k I_{kd} + \sum_{q=1}^{Q} \mu_q Y_{qd} + z + u = \theta_d^*,$$

$$\sum_{k=1}^{K} \varphi_k I_{kj} - \sum_{p=1}^{P} \delta_p X_{pj} + z \le 0, j = 1,2,...,N, \qquad (۵)$$

$$\sum_{q=1}^{Q} \mu_q Y_{qj} - \sum_{k=1}^{K} \varphi_k I_{kj} + u \le 0, j = 1,2,...,N,$$

$$\alpha(\sum_{p=1}^{P} \delta_p X_{pd} + \sum_{k=1}^{K} \varphi_k I_{kd}) \le \sum_{p=1}^{P} \delta_p X_{pd},$$

$$\alpha(\sum_{p=1}^{P} \delta_p X_{pd} + \sum_{k=1}^{K} \varphi_k I_{kd}) \le \sum_{k=1}^{K} \varphi_k I_{kd},$$

$$\varphi_k \ge 0, \mu_q \ge 0, \delta_p \ge 0, \forall k, q, p, u, zfreeinsign$$

و برای محاسبه کارایی تولید کننده خواهیم داشت: $\theta_d^* = w_1^* \theta_{sd}^* + w_2^* \theta_{md}$ که در آن θ_d^* کارایی کل زنجیره تامین است که از مدل (۴) بدست آمده است و w_2^*, w_1^* وزن های بهینه که از مدل(۳) بوسیله تعاریف شان بدست آمده است،(چن، ۲۰۰۹). بالعکس می توان کارایی تولید کننده را از مدل زیر بدست اورد و کارایی تامین کننده را از معادله فوق(مجموع کارایی وزن دار شده اعضاء) بدست آورد:

$$\mathrm{Max}\theta_{md} = \sum_{q=1}^{Q} \mu_q Y_{qd} + u$$

s.t.

$$\sum_{k=1}^{K} \varphi_k I_{kd} = 1,$$

$$\sum_{k=1}^{K} \varphi_k I_{kd} + \sum_{q=1}^{Q} \mu_q Y_{qd} + z + u - \theta_d^* (1 + \sum_{p=1}^{P} \delta_p X_{pd}) = 0,$$

$$\sum_{k=1}^{K} \varphi_k I_{kj} - \sum_{p=1}^{P} \delta_p X_{pj} + z \le 0, j = 1,2,...,N,$$

$$\sum_{q=1}^{Q} \mu_q Y_{qj} - \sum_{k=1}^{K} \varphi_k I_{kj} + u \le 0, j = 1,2,...,N,$$

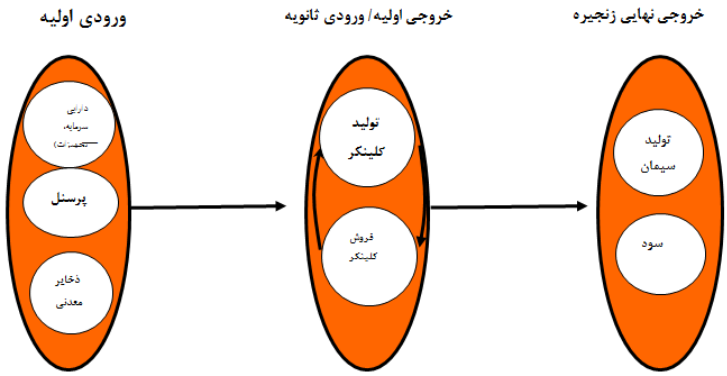
$$\alpha(\sum_{p=1}^{P} \delta_p X_{pd} + \sum_{k=1}^{K} \varphi_k I_{kd}) \le \sum_{p=1}^{P} \delta_p X_{pd},$$

$$\alpha(\sum_{p=1}^{P} \delta_p X_{pd} + \sum_{k=1}^{K} \varphi_k I_{kd}) \le \sum_{k=1}^{K} \varphi_k I_{kd},$$

$$\varphi_k \ge 0, \mu_q \ge 0, \delta_p \ge 0, \forall k, q, p, u, \mathrm{zfreeinsign}.$$

(۶)

به منظور پیاده سازی مدل های مطرح شده در صنعت سیمان، تعداد ۲۰ کارخانه تولید کننده سیمان مورد سنجش قرار گرفته اند و برای این منظور هفت متغیر در سه حوزه از زنجیره تامین (ورودی، میانی و نهایی) مورد بررسی قرار گرفته اند. مدل مفهومی ابن متغیرها در زنجیره مذکور به شرح شکل زیر قابل تبیین است.



شکل ۲. مدل مفهومی تحقیق

یافته های تحقیق

در اینجا ما عملکرد ۲۰ کارخانه های تولید کننده سیمان در ایران را مورد بررسی قرار می دهیم. اطلاعات مربوط به سال ۱۳۹۳ میباشد. زنجیره تامین هر کارخانه شامل سه ورودی: میزان دارایی (سرمایه و تجهیزات)، تعداد پرسنل و ذخایر معدنی می باشد که در مرحله اول زنجیره مصرف می شود و خروجی های کلینکر و فروش کلینکر تولید می کند و در مرحله بعد با گرفتن این تولیدات میانی خروجی های تولید سیمان و سود را تولید می کند که مقادیر در جدول زیر نشان داده شده است.

در جدول شماره ۱، منظور از دارایی مجموع سرمایه کارخانه ها، تجهیزات، ساختمان و ماشین آلات را در بر می گیرد. و منظور از ذخایر معدنی، میزان ذخایر قابل بهره برداری است که در تملک کارخانه قرار دارد. در ضمن منظور از کلینکر ماده اولیه سیمان است که قبل از ورود به آسیاب تولید می شود و بنا به کاربری هایی که دارد قابلیت فروش و صادرات دارد و مواد اولیه پودر سیمان به شمار می آید.

جدول۱. داده های ۲۰ زنجیره تامین کارخانجات تولید کننده سیمان

		ورودی اولیه			خروجی اولیه/ ورودی ثانویه		خروجی نهایی زنجیره	
شماره	نام شعبه	دارایی(۱۰^۸)	پرسنل (نفر) (۱۰^۳)	ذخایر معدنی (تن)(۱۰^۸)	کلینکر (تن)(۱۰^۸)	فروش کلینکر(۱۰^۸)	تولید سیمان (تن) (۱۰^۸)	سود(۱۰^۸)
SC1	سیمان تهران	1.0148	1.231	1.2215	176.9755	8.3088	122.1954	3.7569
Sc2	سیمان ایلام	0.5915	0.611	0.4758	50.1164	1.7634	19.4829	0.6600
Sc3	صنایع سیمان غرب	0.7237	0.645	0.6061	48.2831	3.4098	34.4120	0.7713
Sc4	سیمان مازندران	0.5150	0.486	0.3763	35.0704	2.3480	15.2804	0.3203
Sc5	سیمان شمال	0.4775	0.526	0.3848	49.9174	5.4613	34.9897	0.8430
Sc6	سیمان فیروزکوه	0.6125	0.407	0.3407	23.1052	1.2413	32.5778	0.4616
Sc7	سیمان بجنورد	0.7911	0.708	0.4407	39.4590	1.1485	30.2331	0.6732
Sc8	سیمان هگمتان	1.2363	0.713	0.5547	37.4954	4.0825	20.6013	0.4864
Sc9	سیمان شاهرود	0.4460	0.443	0.3419	20.9846	0.6897	8.6332	0.1288
Sc10	سیمان اردستان	1.2481	0.638	0.4574	45.0508	1.7237	9.2354	0.3019
Sc11	سیمان اصفهان	0.7050	0.575	0.4036	38.1625	2.2492	12.0171	0.3138
Sc12	سیمان فارس نو	0.6446	0.432	0.4012	30.1676	2.3354	13.8130	0.3772
Sc13	سیمان هرمزگان	0.7239	0.510	0.3709	26.5391	1.3416	5.0961	0.1453
Sc14	سیمان فراز فیروزکوه	0.5538	0.442	0.3555	22.2093	0.9886	13.6085	0.3614
Sc15	سیمان سپاهان	0.3363	0.322	0.2334	16.1235	0.4889	5.9803	0.0928
Sc16	سیمان قائن	0.6678	0.423	0.3471	22.1848	1.1767	9.2348	0.2002
Sc17	سیمان آبیک	0.3418	0.256	0.1594	13.4364	0.4064	2.5326	0.0157
۸Sc1	ممتازان کرمان	0.3411	0.253	0.1497	12.4364	0.3864	2.5026	0.0107
Sc19	سیمان اردستان	0.3019	0.236	0.1391	11.4364	0.2070	2.4326	0.0098
Sc20	سیمان کیاسر	0.2918	0.211	0.1295	10.4364	0.1064	2.1326	0.0092

- **اجرای مدل**

با عنایت به داده های اولیه ۲۰ کارخانه تولید کننده سیمان و بهره گیری از مدل های ۴ و ۵ و ۶ مطرح شده در بخش قبل، ابتدا مدلسازی ریاضی صورت گرفت و در نهایت با بهره گیری از نرم افزار تخصصی اقدام به حل مدل ها نموده ایم که نتایج در جدول شماره ۲ ارائه شده است.

همانطور که مشاهده می شود تنها زنجیره تامین ۳ کارخانه سیمان تهران، سیمان سپاهان و سیمان آبیک به مرز کارایی رسیده اند. در حقیقت این ۳ کارخانه توانسته اند با مصرف ورودی ها بهترین خروجی ها را تولید نمایند. و به عنوان کارخانه های الگو مطرح شوند. سایر کارخانه ها از لحاظ عملکرد زنجیره تامین در مرز کارایی قرار ندارند. هرچند کارخانه سیمان شمال و سیمان فیروزکوه نسبت به سایر کارخانه های ناکارا در وضعیت بهتری هستند و می توانند با الگو برداری از کارخانه های مرجع و کارا و برطرف ساختن مشکلات در حوزه تولید و فروش، خود را به مرز کارایی برسانند. سایر کارخانه ها نیاز به بازنگری جدی در فرایند زنچیره تامین خود دارند و لازم است با تغییر استراتژی و شناختن نقاط ضعف و قوت اقدامات جدید و اساسی اتخاذ نمایند.

در میان این ۲۰ کارخانه تحت بررسی، وضعیت سیمان کیاسر بسیار نامطلوب است و کارایی آن پایین تر از میانگین قرار دارد. پیشنهاد می شود این کارخانه با تقویت بنیه مالی و اقدامات بازاریابی، زنجیره تامین خود را تقویت کند تا از شرایط بحرانی خارج گردد.

جدا از تعیین کارایی کل زنجیره، در این مقاله با بهره گیری از مدل های مطرح شده میزان کارایی کارخانه ها در بخش های اول و دوم زنجیره نیز قابل محاسبه بوده است و همانطور که در جدول شماره ۲ مشاهده می شود کارایی بخش اول و کارایی بخش دوم زنجیره نیز ارائه شده است. به عنوان مثال در بخش اول زنجیره علاوه بر کارخانه های تهران، سپاهان و آبیک کارخانه سیمان شمال نیز به مرز کارایی رسیده است و توانسته است با مصرف بهینه ورودی ها، خروجی مطلوبی تولید نماید.

در بخش دوم زنجیره نیز میزان کارایی کارخانه ها تعیین شده است. در این بخش تعداد کارخانه هایی که توانسته اندبه مرز کارایی برسند بیشتر است. حتی وضعیت سیمان کیاسر که در کل زنجیره نامطلوب بوده است در بخش دوم زنجیره عملکرد خوبی داشته است و به مرز کارایی رسیده است. این نشان می دهد که این کارخانه در بخش اول زنجیره عملکرد مناسبی نداشته است و این امر سبب شده تا در نهایت عملکرد کل زنجیره آن افت نماید و کارایی آن پایین تر از میانگین قرار گیرد.

وزن شاخص های هر کارخانه در بخش های اول و دوم زنجیره و همچنین کارایی اعضا در طول زنجیره نیز در جدول ۲ ارائه شده است.

همچنین درجدول شماره ۲، نوع بازده به مقیاس زنجیره های تامین کارخانه ها را تعیین نموده ایم. کارخانه ها در زنجیره تامین به فرض ثابت ماندن دیگر عوامل، عموماً مایلند محل فعالیت خود را به پایگاه های مصرف و مشتریان خود نزدیک سازند. در شرایط بازده به مقیاس ثابت وضعیتی که دو یا چند برابر کردن تولید درست به دو یا چند برابر شدن هزینه منجر می شود، گرایشی نیرومند در جهت کوچک سازی مقیاس تولید و نزدیکی به مراکز مصرف به وجود می آورد، اما در برخی از زنجیره های تامین فراهم بودن شرایط بازده به مقیاس افزایشی مانع وقوع چنین پدیده ای می شود. وجود شرایط بازده به مقیاس افزایشی در بخش عمده ای از فعالیت های زنجیره به نظامی شکل می دهد که در آن، بنگاه ها می توانند با هدف بیشینه کردن سود، مقیاس تولید خود را انتخاب کنند.

همانطور که مشاهده می شود کارخانه های سیمان تهران، فیروزکوه، سپاهان، اردستان و ممتاز کرمان در وضعیت بازده به مقیاس کاهشی قرار دارند و سایر کارخانه های دارای بازده به مقیاس افزایشی هستند.

جدول ۲. کارایی زنجیره تامین و اعضایش تحت بازده به مقیاس متغیر

شماره	نام کارخانه	کارایی کل زنجیره تامین	کارایی بخش اول	کارایی اعضا بخش اول	کارایی بخش دوم	کارایی اعضا در بخش دوم	وزن بخش اول	وزن بخش دوم	بازده به مقیاس
		θ_d^*	θ_{sd}^*	θ_{sd}	θ_{md}^*	θ_{md}	w_1^*	w_2^*	
Sc1	سیمان تهران	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0.0499	0.9501	کاهشی
Sc2	سیمان ایلام	0.7770	0.8296	0.8298	0.6339	0.6345	0.6997	0.3003	افزایشی
Sc3	صنایع سیمان غرب	0.7508	0.7605	0.7606	0.7309	0.7311	0.6704	0.3296	افزایشی
Sc4	سیمان مازندران	0.7667	0.8287	0.8285	0.5734	0.5727	0.7578	0.2422	افزایشی
Sc5	سیمان شمال	0.9381	1.0000	1.0000	0.7965	0.7966	0.6957	0.3043	افزایشی
Sc6	سیمان فیروزکوه	0.8446	0.7889	0.7888	1.0000	0.9996	0.7357	0.2643	کاهشی
Sc7	سیمان بجنورد	0.7597	0.7265	0.7266	0.8197	0.8199	0.6445	0.3555	افزایشی
Sc8	سیمان هگمتان	0.6055	0.6149	0.6150	0.5799	0.5802	0.7294	0.2706	افزایشی
Sc9	سیمان شاهرود	0.7938	0.7996	0.7995	0.7647	0.7642	0.8362	0.1638	افزایشی
Sc10	سیمان اردستان	0.6509	0.7719	0.7713	0.4377	0.4367	0.6390	0.3610	افزایشی
Sc11	سیمان اصفهان	0.6827	0.7686	0.7688	0.5233	0.5237	0.6492	0.3508	افزایشی
Sc12	سیمان فارس نو	0.8053	0.8677	0.8676	0.6704	0.6702	0.6841	0.3159	افزایشی
Sc13	سیمان هرمزگان	0.6540	0.6690	0.6691	0.6178	0.6180	0.7058	0.2942	افزایشی
Sc14	سیمان فراز فیروزکوه	0.7661	0.7077	0.7077	0.9562	0.9563	0.7627	0.2373	افزایشی
Sc15	سیمان سپاهان	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0.9298	0.0702	کاهشی
Sc16	سیمان قائن	0.7526	0.7449	0.7448	0.7761	0.7759	0.7514	0.2486	افزایشی
Sc17	سیمان آبیک	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0.9495	0.0505	افزایشی
ʌSc1	ممتازان کرمان	0.7446	0.7089	0.6853	1.0000	0.9886	0.7124	0.2123	کاهشی
Sc19	سیمان اردستان	0.6598	0.6889	0.5896	1.0000	0.8896	0.6974	0.2044	کاهشی
Sc20	سیمان کیاسر	0.4532	0.5889	0.4532	1.0000	0.7524	0.5326	0.1643	افزایشی

با بهره گیری از تکنیک DEA می توانیم عملکرد زنجیره تامین در کارخانجات تحت بررسی را رتبه بندی نماییم. همانطور که در جدول شماره ۳، مشاهده می شود ۲۰ کارخانه تولید کننده سیمان رتبه بندی شده اند. بر این مبنا ۳ کارخانه ای که در مرز کارایی قرار داشته اند نیز رتبه بندی می شوند. وضعیت رتبه هر کارخانه بر اساس نمره کارایی تعیین شده است.

جدول۳. رتبه بندی عملکرد کارخانه ها از نظر کارایی زنجیره تامین

نام کارخانه	رتبه	نام کارخانه	رتبه
سیمان تهران	اول	سیمان فراز فیروزکوه	یازدهم
سیمان سپاهان	دوم	سیمان قائن	دوازدهم
سیمان آبیک	سوم	سیمان بجنورد	سیزدهم
سیمان شمال	چهارم	سیمان غرب	چهاردهم
سیمان فیروزکوه	پنجم	ممتازان کرمان	پانزدهم
سیمان فارس نو	ششم	سیمان اصفهان	شانزدهم
سیمان شاهرود	هفتم	سیمان اردستان	هفدهم
سیمان زنجان	هشتم	سیمان هرمزگان	هیجدهم
سیمان ایلام	نهم	سیمان هگمتان	نوزدهم
سیمان مازندران	دهم	سیمان کیاسر	بیستم

نتیجه گیری

امروزه در شرایط جدید رقابتی ، شرکتها وسازمانها نیازمند روشهای نظام یافته جهت مدیریت سیستمی فرایندهایشان می باشند. مدیریت زنجیره تامین در دهه نود به عنوان یک رویکرد سیستمی جهت کمک به مدیران تجاری پیشنهاد گردید که مورد استقبال فراوانی قرار گرفت . در مباحث مرتبط با مدیریت زنجیره تامین ، بحث خرید ومنبع یابی بویژه مسئله ارزیابی وانتخاب تامین کنندگان، جنبه

بالقوه ای جهت افزایش کارائی در سازمانهای دولتی و خصوصی داشته و به عنوان یک استراتژی بالقوه رقابتی می باشد.

زمانی که نیاز به تصمیم گیری در مورد انتخاب یک تامین کننده ضروری شود، سازمانها عموما به تدوین وتهیه یک مجموعه از معیار های ارزیابی می پردازند. مدیران خرید در هر سازمان ، از تمام ویژگیهای قابل دسترسی برای ارزیابی عملکرد تامین کنندگان استفاده می کنند. همچنین جهت انجام انتخاب درست و کارامد ، مدیران خرید بایستی بین سطوح مختلف ویژگیهای متضاد و چند گانه و بین عوامل ملموس وناملموس مربوط به عملکرد تامین کنندگان بطور همزمان توازن برقرارکنند و امکان مقایسه با بهترین تامین کنندگان را فراهم کنند. در این راستا ، در این مقاله از یک تئوری مطلوبیت با ویژگیهای چند گانه بر اساس استفاده از تحلیل پوششی داده ها استفاده شده است که هدف از آن کمک کردن به مدیران و مسئولین صنایع تولید کننده سیمان به منظور فرمول بندی استراتژی های پایدار و با ثبات در شرایط بسیار متغیر و نا پایدار بازارهای فعلی است.

کارایی و اثربخشی هر سازمان، حاصل عملکرد مدیریت و ساختار زنجیره تامین آن سازمان است. علیرغم اهمیت زنجیره تامین برای سازمان، در مورد ارزیابی عملکرد زنجیره های تامین نسبت به یکدیگر مطالعات کمی انجام شده است. از آنجا که در زنجیره تامین امکان موجودی اضافی، سود، دارایی، تولید اضافی، تولیدات میانی، زمان بیکاری عوامل انسانی، تاخیر در حمل و نقل، نوسان قیمت و سایر عوامل وجود دارد لذا ارزیابی عملکرد زنجیره های تامین می تواند در تجزیه و تحلیل عملکرد سازمان ها مفید باشد. یکی از تکنیک های برتر در این راستا تحلیل پوششی داده هاست که می تواند همزمان چندین واحد تصمیم گیری را مورد توجه و ارزیابی قرار دهد و کارایی یا ناکارایی آنها را تعیین نماید. زنجیره تامین می تواند شرایط متفاوتی را نسبت به شرایط بازده به مقیاس اتخاذ نماید به گونه ای که تحت شرایط بازده به مقیاس متغیرها کاربردی تر خواهند بود. در این مقاله سعی بر آن بوده است که عملکرد زنجیره های تامین را تحت شرایط بازده به مقیاس متغیر با استفاده از تحلیل پوششی داده ها ارزیابی کنیم، به طوری که می توان در هنگام طراحی زنجیره و مدیریت آن، شانس توسعه عملیات را با بازده به مقیاس بررسی کرد، و با ایجاد تناسب کافی در زنجیره به شرکت کمک کرد تا در دستیابی به سطوح پاسخگویی مختلف و کاهش هزینه های کلی موفق تر باشد.

مدل های مورد استفاده در این مقاله توانایی ارزیابی عملکرد زنجیره تامین در ۳ بخش اولیه، ثانویه و عملکرد کل را دارا بوده اند. مدیریت این کارخانه ها می توانند با توجه به نتایج به دست آمده، برنامه استراتژیک صنعت خود را مورد تحلیل قرار دهند تا در راستای دستیابی به اهداف مد نظر

عملکرد موثر تری را تجربه نمایند. بنابراین مدل های مطرح شده توانایی تهیین نمره کارایی زنجیره تامین صنعت سیمان را داشته اند. همچنین رتبه هر یک از کارخانه های فعال در این صنعت نیز بر مبنای نمره کارایی تعیین گردیده است.

پیشنهاد می شود در تحقیقات آتی زنجیره تامین چند مرحله ای و مواردی که ممکن است داده ها به صورت غیر دقیق باشند مورد سنجش قرار گیرد .

منابع:

۱. جعفر نژاد، احمد و همکاران ، به کارگیری تحلیل پوششی داده ها و روش کارایی متقاطع برای ارزیابی و انتخاب تامین کنندگان شرکت مهندسین اندیشه فرافن، کنفرانس لجستیک تهران، (۱۳۸۶).

۲. جهانشاهلو، غلامرضا،و همکاران، ارائه مدلی جدید برای بر طرف کردن مشکلات مدل MAJ ، کنفرانس ریاضی، (۱۳۸۳).

۳. سید حسینی، سید محمد و محمد سعید صفاکیش ، مبانی جامع و پیشرفته مدیریت تولید و عملیات در سازمانهای تولیدی و خدماتیناشر: سازمان مدیریت صنعتی (۱۳۸۶).

۴. حسنعلی آقاجانی ، مهدی ملکی . ارایه چهارچوبی برای ارزیابی عملکرد زنجیره تأمین با استفاده ترکیبی از رویکرد کارت امتیازی متوازن و فرآیند سلسله مراتبی تحلیلی، (۱۳۹۱).

۵. رئیس صفری، مجتبی (۱۳۸۶) ، ارزیابی عملکرد زنجیره تامین با استفاده از مدلSCOR ، نخستین کنفرانس بین المللی مدیریت زنجیره ی تامین و سیستم های اطلاعات.

۶. کرباسی ، عبدالرضا، حمیدرضا خادم بروجردی و رضا صمدی، (۱۳۹۱). اثرات زیست محیطی کارخانه سیمان آبیک، اولین کنفرانس بین المللی صنعت سیمان، انرژی و محیط زیست.

7. Charnes, A., Cooper, W.W. Programming with linear fractional functiona ls. Naval Research Logistics Quarteriy 9, (1962), pp.181-185.

8. Charnes, A., Cooper, W. W., Rhodes, E. Measuring the efficiency of deci sion making units. European Journal of Operational Research, 2(6), (1978), pp.429-444.

9. Chen, Y.,Cook, W.D.,Li, N., Zhu, J.Additive efficiency decomposition in two-stage DEA. European Journal of Operational Research, 196(1), (2009), pp.1170-1176.

10. Easton, L.,Murphy, D. J., Pearson, J. N.Purchasing performance

evaluation: with data envelopment analysis. European Journal of Purchasing & Supply Management, 8, (٢٠١٢), pp.123–134.
11. Kao, C.,Hwang, S. N."Efficiency decomposition in two-stage data envelopment analysis: An application to non-life insurance companies in Taiwan," European Journal of Operational Research 185, (2008), pp.418-429.
12. Liang, L.,Yang, F., Cook, W. D.,Zhu, J. DEA models for supply chain efficiency evaluation. Annals of operation research, 1451, (2006), pp. 35–49.
13. Mentzer, J.T. et al. Defining Supply Chain Management, in: Journal of Business Logistics, Vol. 22, No. 2, (٢٠٠٧), pp. 1-25.
14. Ross, A., Droge, C. An integrated benchmarking approach to distribution center performance using DEA modeling. Journal of Operations Management, 20, (2002), pp.19–32.
15. Seiford, L.M, J. Zhu profitability and marketability of the top 55 US commercial banks. Management sicience4 45(9), (1999), pp. 1270-1288.
Yang, F.Wu, D.Liang, L.Bi, G.,Wu, D,D. Supply chain DEA: production po ssibility set and performance evaluation model. Annals of operation res earch,DOI 10.1007/s10479-008-0511-2.(2010).