فصلنامه مهندسی مالی و مدیریت اوراق بهادار
شماره سی و هشتم / بهار ۱۳۹۸

ارائه مدلی جدید برای محاسبه کارایی شرکت‌های سیمان حاضر در بورس با ساختار شبکه‌ای (کاربردی از تحلیل پوششی داده)

محمد حسین درویش متولی[۱]
فرهاد حسین‌زاده لطفی[۲]
نقی شجاع[۳]
امیر غلام ابری[۴]

تاریخ دریافت مقاله :۹۶/۱۲/۱۶ تاریخ پذیرش مقاله :۹۷/۰۳/۲۲

چکیده

هدف این مقاله ارائه مدل جدید تحلیل پوششی داده‌ها با ساختار شبکه‌ای جهت ارزیابی کارایی شرکت‌های سیمان حاضر در بورس اوراق بهادار تهران است. بدین منظور، شرکت‌های سیمان حاضر در بورس طی سال‌های ۹۳ - ۹۵ مورد ارزیابی قرار گرفتند. نتایج نشان داد مدل جدید قادر است کارایی این کارخانه‌ها را که از ساختار شبکه‌ای برخوردار بوده و نیز شامل شاخص‌های متعدد هستند ارزیابی نماید و علاوه بر شاخص‌های رایج مالی و فنی، خروجی‌های نامطلوب و معیارهای پایداری را در شبکه تامین مدنظر قرار دهد. در ضمن، دیدگاه ذهنی تصمیم گیرندگان در خصوص اهمیت ترجیحی برخی از شاخص‌ها نسبت به یکدیگر نیز در قالب محدودیت‌های وزنی لحاظ شده است تا میزان کارایی حاصل شده به مقدار واقعی نزدیک‌تر باشد. بر اساس این مدل جدید، از بین ۴۲ شرکت حاضر در بورس فقط ۷ شبکه تامین سیمان توانسته‌اند در سه دوره تحت بررسی ، به مرز کارایی دست یابند.

کلمات کلیدی

تحلیل پوششی داده‌ها، ساختار شبکه، تعیین کارایی، شرکت‌های سیمان حاضر در بورس.

۱ دانشجوی دکتری گروه مدیریت صنعتی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.
mhd.darvish@gmail.com
۲ استاد، گروه ریاضی کاربردی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران. (نویسنده مسئول)،
hosseinzadeh_lotfi@srbiau.ac.ir
۳ دانشیار، گروه ریاضی (تحقیق در عملیات)، واحد فیروزکوه، دانشگاه آزاد اسلامی، فیروزکوه، ایران. nashoja@yahoo.com
۴ دانشیار، گروه ریاضی(تحقیق درعملیات)، واحد فیروزکوه، دانشگاه آزاد اسلامی، فیروزکوه، ایران. amirgholamabri@gmail.com

مقدمه

با توجه به دنیای رقابتی، شرایط اقتصادی و منابع مالی، شرکت‌ها و سازمان‌های تولیدی و خدماتی به منظور دوام پایدار نیازمند سنجش عملکرد در زنجیره‌تامین خود هستند. زنجیره تامین همچون شبکه‌ای است از سلول‌های ارزش‌افزا است که هدف آنها تحویل یک محصول سطح بالا، نه فقط با کمترین هزینه بلکه سریع و با ارزش از تمام جهات ساخت محصول است (۲۷).

در سال‌های اخیر بحث زنجیره تامین پایدار بسیار مورد توجه قرار گرفته است. این زنجیره تامین با ساختاری شبکه‌ای مطرح شده است که بسیاری از شاخص‌ها را دربر می‌گیرد و دارای پیچیدگی خاصی است. در واقع، عواملی نظیر مسئولیت اجتماعی، جو فرهنگی، خروجی‌های نامطلوب (گازهای گلخانه‌ای، نشت مواد سمّی و دیگر آلاینده‌های محیط زیست) نقش زیادی در تغییرات اکوسیستمی ایفا می‌کنند وسهم عظیمی در ناکارا کردن خیلی از شرکت‌ها و کارخانجات دارند (۸).

مدیران سعی می‌کنند با ایجاد شیوه‌های مناسب، عوامل موثر بر عملکرد پایدار را در زنجیره تامین شناسایی کنند و از آنها برای اندازه‌گیری کارایی۱ و برآورد هزینه‌های کاهش آلودگی و عوامل نامطلوب استفاده نمایند و تصمیمات مناسب را در راستای بهبود کارایی (تابعی از شاخص‌های درون سازمانی) و بهبود اثر بخشی۲ (تابعی از شاخص‌های برون سازمانی) اتخاذ کنند. به همین دلیل از تحلیل پوششی داده‌ها که ابزار توانمندی در ارزیابی عملکرد واحدهایی با چند ورودی و چند خروجی است، استفاده می‌شود (۲۹).

بررسی عملکرد زنجیره تامین پایدار در صنایع حاضر در بورس نمونه‌ای از واحدهای تصمیم‌گیری چند مرحله‌ای و شبکه‌ای به شمار می‌آید (۱۸). در مدل‌های سنتی DEA، کارایی نسبی واحد تصمیم گیرنده [۳]با توجه به ورودی‌هایی که برای تولید خروجی‌های نهایی به کار می‌رود ارزیابی می‌شود. یکی از مشکلات این مدل‌ها نادیده گرفتن محصولات میانی و ارتباط فعالیت‌ها بین بخش‌های مختلف درون سیستمی است. به منظور رفع این مشکل و ارتقای مدل‌های کلاسیک مدلی ارائه شد که در آن هر فعالیت باید یا متعلق به ورودی باشد و یا خروجی و نه هر دو، بنابراین ارزیابی در دو مرحله انجام می‌شود؛ یعنی در یک مرحله محصولات میانی به عنوان خروجی و در مرحله دیگر به عنوان ورودی بکار می‌روند که همان مدل شبکه ساده است. مهمترین اشکال این مدل‌ها نادیده گرفتن محصولات چند بخش یا مولفه میانی است و در آن خروجی بخش اول، به طور مستقیم در یک مرحله استفاده می‌شود. همچنین مشکل دیگر این است که معمولاً به انجام فعالیت‌های انتقالی و ارتباط داخلی مولفه‌ها در بین چند دوره متوالی بی‌توجه هستند. در این حالت، تنها مدل بهینه‌سازی

شبکه ساده برای ارزیابی عملکرد مناسب نیست؛ زیرا به ارتباط خصوصی یا مشترک بخش‌های درونی سیستم بی‌توجه است و قابلیت سنجش کارایی و عملکرد را در چند دوره متوالی به هم وابسته ندارد. بسیاری از تحقیقات مشابه در ارزیابی شرکت ها، بر اساس مدل های کلاسیک و شبکه ای ساده انجام گرفته است که به طور دقیق امکان محاسبه کارایی شرکت‌های حاضر در بورس با ساختار پیچیده و شبکه‌ای را میسر نمی‌کنند.

در این مقاله برای سنجش کارایی زنجیره تامین پایدار در صنعت سیمان حاضر در بورس اوراق بهادار به عنوان سیستمی پیچیده به دنبال ارئه مدلی ازتحلیل پوششی داده هستیم که بر مبنای آن، اول، ساختار شبکه با چندین مولفه و فعالیت‌های انتقالی وابسته به آنها سنجیده شود؛ دوم، اندازه‌گیری کارایی زنجیره تامین پایدار چند مرحله‌ای محقق شود و سوم با درنظر گرفتن فعالیت‌ها و ارتباطات داخلی و وزن های متناسب سعی گردیده تا حد امکان نتایج حقیقی و منطبق بر واقعیت باشد. علاوه بر موارد فوق در نظر گرفتن شاخص‌های مالی در کنار شاخص هایی با ماهیت غیر مالی، امکان محاسبه کارایی این شرکت ها را به خوبی فراهم می‌آورد و از ویژگی‌های این مدل به شمار می‌آید.

برای دستیابی به‌این‌هدف، مقاله بدین‌شکل سازماندهی شده‌است؛ در بخش مبانی نظری و پیشینه مربوط ارائه می‌شود. بخش‌سوم به روش‌شناسی اختصاص یافته‌است. در بخش‌چهارم یافته‌ها و مدل جدید ارائه می‌شود و در نهایت در بخش پنجم نتیجه گیری و بحث بیان می‌گردد.

مبانی نظری و پیشینه پژوهش

مدیریت زنجیره‌تامین پایدار

فضای کسب وکار در بورس اوراق بهادار به گونه‌ای است که شرکت‌های تابعه را مجبور ساخته تا برای بقا و توسعه خود، پیوسته به دنبال کسب مزایای رقابتی و کاهش هزینه های خود باشند. از اینرو این شرکت‌ها به سمت مدیریت‌های جدیدی چون مدیریت زنجیره‌تامین روی آورده‌اند (۲۵). مدیریت پایداری در زنجیره های تامین به صورت شبکه‌ای از فعالیت های کسب و کار راهبردی برای کمینه سازی ریسک های پایداری محیطی، اقتصادی و اجتماعی، بیشینه‌سازی ارزش شرکتی از جمله ارزش سهام‌دار تعریف می‌شود. تونه (۲۰۰۱)، معتقد است اولویت‌های رقابتی در زنجیره تامین پایدار[۴] اشاره به اهداف واحد های تولیدی دارد که شرکت‌ها را قادر به رقابت، دستیابی به قابلیت‌های اثبات شده برای فعالیت و تقویت مزیت رقابتی شرکت می کند (۴۱). تسنگ[۵] (2007) بیان کردند

انعطاف‌پذیری دینامیک در عملیات یک لازمه رقابتی برای شرکت‌ها در مدیریت زنجیره‌تامین پایدار است (۴۰). بادیه زاده و فرضی پور[۶] (۲۰۱۷) در مطالعه خود نتیجه گرفتند توسعه پایدار در مدیریت زنجیره‌تامین، نه تنها یک عامل محدود کننده نیست، بلکه یک رویکرد برای بهبود عملکرد است. و بر قدرت رقابتی شرکت و سازمان دهی زنجیره‌تامین اثر دارد (۱۰). ماریدوس[۷] (۲۰۱۷)، یک چارچوب مدیریت زنجیره‌تامین پایدار برای شرکت‌های بورس اوراق بهادار امریکا را ارایه کرد و فرضیاتی را بر اساس نظریه وابستگی منبع، اقتصاد هزینه تراکنش، اکولوژی جمعیت و دیدگاه منبع محور شرکت مطرح نمود که ابعاد کلیدی پشتیبانی عملیات مدیریت زنجیره‌تامین پایدار می‌باشد (۳۳).

تحلیل پوششی داده‌ها

برای سنجش عملکرد هر واحد صنعتی، اقتصادی، بازرگانی و ... از معیاری به نام کارایی استفاده می‌شود. در حقیقت سنجش کارآئی هر مجموعه به این معنی است که مجموعه مورد نظر به چه میزان «خوب» کار می کند (۱۱).

پس از ارائه مدل CCR توسط چارنز، کوپر، ورودز، این مدل پایه و اساس شاخه ای در «تحقیق در عملیات» به نام تحلیل پوششی داده‌ها گردید (۲۲). پس از معرفی مدل CCR مدلهای دیگری نظیر مدل BCC ، SBM[۸]، مدل جمعی[۹]، و ... جهت قوت بخشیدن به DEA معرفی شدند (۲۶).

گروسکوف و فارا در سال(۲۰۰۰) رویکرد تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای را برای مدلسازی فرایندهای چندمرحله‌ای عمومی با ورودی و خروجی‌های میانی ارائه دادند(۱۳). لیندینگ در (۲۰۰۶)، این مدل روابط میانی DMU را پیش بینی می‌کند و به ما اجازه می‌دهد درون یک DMU پیچیده با گره‌های چندگانه را ببینیم. بطور کلی سیستم‌هایی که در آنها بیش از یک مرحله مرتبط با یکدیگر وجود دارد، شبکه نامیده می‌شوند (۵). در این سیستم ها خروجی‌های فرایند یا مرحله اول به عنوان ورودی‌های فرایند یا مرحله بعدی محسوب می‌شوند که به آنها داده‌های میانی گویند (۲۸). بسیاری از شرکت های حاضر در بورس اوراق بهادار که نقش بسیار مهمی در توسعه اقتصادی کشور ایفا می کنند از ساختار شبکه‌ای برخوردارند (۲). برای محاسبه کارایی یک سیستم شبکه، به یک مدل DEA شبکه‌ای نیاز داریم. برخلاف مدل DEA مرسوم، مدل DEA شبکه‌ای استانداردی ندارد؛ بلکه شکل آن بستگی به ساختار شبکه مورد نظر دارد (۱۰).

بطور کلی دو نوع ساختار برای مدل DEA شبکه‌ای وجود دارد: سری و موازی (۱).

مدل ارائه شده در این مقاله بر پایه روش های سری استوار است. تحقیقات مشابه با این پژوهش به صورت جدول زیر ارائه شده است.

جدول ۱. پیشینه تحقیقات مشابه

ردیف	نویسنده	سال	روش پیشنهادی	مورد مطالعه	نتیجه روش پیشنهادی
۱	وفائی و بابائی (۴۳)	۲۰۱۰	ارائه روش ترکیبی تصمیم گیری چند شاخصه به منظور رتبه بندی سازمان ها	صنایع پتروشیمی	در پژوهشی الگوی تصمیم‌گیری چند شاخصه فازی، که ترکیبی از دو روش تاپسیس فازی و روش پایه فازی بود، برای ۲۱ شرکت پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران مورد استفاده قرار داده و آنها را ارزیابی کردند.
۲	آزاده و همکاران (۸)	۲۰۱۱	به منظور ارزیابی کارایی و بهبود عملکرد تامین کنندگان پایدار، یک روش ناپارامتری تحلیل مرز کارایی را پیشنهاد دادند که بر اساس سیستم‌های فازی و الگوریتم ژنتیک عمل می‌نماید.	نیروگاه برق ایران	الگوریتم فوق، نتایج بهتر و دارای انعطاف بیشتری را نسبت به روش‌های کلاسیک به دست می‌دهد.
۳	یالسین و همکاران (۴۵)	۲۰۱۲	ارائه یک الگوی ارزیابی عملکرد سلسله مراتبی بر پایه معیارهای اصلی مالی برای رتبه بندی	شرکتهای تولیدی پذیرفته شده در بورس استانبول	در پژوهشی یک الگوی ارزیابی عملکرد سلسله‌مراتبی بر پایه معیارهای اصلی ارزیابی عملکرد مالی سنتی و نوین پیشنهاد کردند. آنها وزن معیارها را با استفاده از روش تحلیل سلسله‌مراتبی فازی بدست آوردند و سپس از روش ویکور و تاپسیس برای رتبه‌بندی شرکت‌های تولیدی پذیرفته‌شده در بورس استانبول در هر صنعت در سال ۲۰۰۷ میلادی استفاده کردند
۴	جهانی و همکاران (۲۷)	۲۰۱۳	ترکیب روشهای فرایند تحلیل سلسله مراتبی و تحلیل پوششی داده‌ها جهت رتبه بندی صنایع حاضر در بورس	شرکت های حاضر در بورس	در پژوهشی شرکت‌های پذیرفته‌شده در بورس اوراق بهادار تهران را با استفاده از ترکیب روش‌های فرایند تحلیل سلسله مراتبی و تحلیل پوششی داده‌ها رتبه‌بندی کردند.
۵	کانان وهمکاران (۲۸)	۲۰۱۴	انتخاب عرضه کننده مبتنی بر پذیرش عملیات مدیریت زنجیره سبز را پیشنهاد می کنند.	سازمان بنادر و کشتیرانی	با این حال، روابط درونی در مطالعات خاص به طور ویژه بررسی نشده است و سایر مطالعات به بررسی مسائل سلسله مراتبی نپرداخته اند

۶	لیو و همکاران (۳۲)	۲۰۱۵	یک مدل تلفیق قطب و اقمار جدید را برای تلفیق بازاریابی سبز و مدیریت زنجیره‌تامین پایدار پیشنهاد کردند.	صنایع تولید کننده لوازم الکترونیکی	در این تحقیق شش بعد مورد بررسی قرار گرفت که عبارت اند از: محصول، تبلیغ، برنامه ریزی، فرایند، افراد و پروژه.
۷	آزادی و همکاران (۸)	۲۰۱۵	ارائه یک مدل DEA جدید فازی برای ارزیابی کارایی و کارایی تامین کنندگان در زمینه مدیریت زنجیره‌تامین پایدار	صنایع نفت و پتروشیمی حاضر در بورس	در این مقاله مدل اندازه گیری راسل (ERM) در زمینه فازی برای انتخاب بهترین تامین کنندگان پایدار بهبود یافته است.
۸	محمد توسلی و رضا فرضی پور صائن (۴۰)	۲۰۱۵	توسعه مدل تحلیل پوششی داده‌ها برای‌اندازه‌گیری عملکرد زنجیره‌تامین در حضور داده‌های صفر	صنایع بزرگ	در این مقاله مدیریت زنجیره‌تامین به عنوان یک جعبه سیاه در نظر گرفته شده است که تعاملات اجزاء در آن وجود ندارد و با اجزاء ارتباط برقرار نمی کند. وجود داده‌های صفر در زنجیره های عرضه می تواند یک فرض جدید در ارزیابی عملکرد باشد. هدف اصلی این مقاله ارائه یک مدل شبکه جدید DEA (NDEA) در حضور داده‌های صفراست. صرفه جویی در مفاهیم ورودی های مازاد و کمبود در خروجی‌های شبکه‌ای از دستاوردهای این مقاله می‌باشد.
۹	بادیه زاده و همکاران (۱۰)	۲۰۱۷	ارزیابی پایداری زنجیره های عرضه توسط شبکه دو طرف مرزی با داده های بزرگ در تحلیل پوششی داده ها	صنایع پتروشیمی	ارزیابی عملکرد زنجیره‌تامین پایدار در حضور داده‌های بزرگ و محاسبه بهره وری زنجیره به کمک مدلی از تحلیل پوششی داده‌ها ی فرایندی یا چند مرحله ای در این مقاله ارائه شده است. مدل ارائه شده برای محاسبه بازده خوش بینانه و بدبینانه در حضور خروجی های نامطلوب را شامل شود.
۱۰	عادله حاتمی و همکاران (۳۰)	۲۰۱۷	اندازه گیری بازده فازی در تحلیل پوششی داده‌ها با استفاده از رویکرد چند هدفه	صنایع حمل و نقل حاضر در بورس	در این مقاله یک رویکرد کاملا جدید از تحلیل پوششی داده‌ها ارائه می شود که در آن، علاوه بر فازی بودن تمام ورودی و خروجی ها روش برنامه ریزی چند جانبه خطی (MOLP) پیشنهاد شده است.

۱۱	علیرضا فلاح پور و همکاران (۱۵)	۲۰۱۷	مدل پشتیبانی تصمیم برای انتخاب تامین کنندگان پایدار درمدیریت زنجیره‌تامین پایدار	صنایع نساجی	این مطالعه با هدف توسعه معیارهای مهم و کاربردی و مربوط به انتخاب تامین کنندگان پایدار از طریق یک نظرسنجی و ارائه مدلی برای شناسایی تامین کننده پایدار تبیین شده است. مدل ارائه شده بر اساس تکنیک های شبیه سازی استوار است.
۱۲	الهه بوداغی و رضا فرضی پور صائن(۱۲)	۲۰۱۸	ارائه یک مدل جدید از تحلیل پوششی داده‌ها برای پیش بینی عضویت گروهی تامین کنندگان در زنجیره‌تامین پایدار	گروه های تامین کننده	هدف از این مقاله ارائه یک مدل جدید از و تحلیل پوشش ها به منظور پیش بینی زنجیره‌تامین پایدار در گروه های تامین کننده است که متغیرهای متعددی را دز حوزه فروش و توزیع در بر می گیرد. در این مقاله مدل Sueyoshi که در سال ۱۹۹۹ ارائه شده توسعه یافته است.
۱۳	فرناندو ماریزا و همکاران (۱۶)	۲۰۱۸	ارائه مدل تحلیل پوششی داده‌های پویا	صنایع کشاورزی	ارائه مدلی از تحلیل پوششی داده‌ها که ضمن توجه به انتقال در طول زنجیره‌تامین، به مساله زمان نیز می‌پردازد و عملکرد را در طی زمان بررسی می کند.
۱۴	علی پور (۶)	۱۳۹۱	استفاده از روش تحلیل پوششی داده ها (DEA)و شاخص‌مالم‌کوئیست به تخمین و ارزیابی تغییرات بهره‌وری کل و عناصر تعیین کننده آن	صنایع فلزات اساسی کارخانه‌ای ایران حاضر در بورس	این تحقیق نشان می دهد تاثیرگذار ترین عامل در تغییرات بهره‌وری کل در صنایع فلزات اساسی ایران، تغییرات تکنولوژیکی بوده است که آن هم از رشد متوسط سالیانه مثبت برخوردار بوده است.
۱۵	علی محمد لو (۷)	۱۳۹۴	ترکیب روش تحلیل پوششی داده های پنجره‌ای و شاخص مالم‌کوئیست برای اندازه گیری پویای کارایی و رتبه بندی	شرکت‌های دارویی پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران	یافته های تحقیق نشان می‌دهد تغییرات بهره‌وری کل در صنعت دارویی در دوره مورد مطالعه کاهش یافته است وعلت اصلی آن کاهش تغییرات کارایی مدیریتی، مقیاسی و فنآوری بوده است.

جدول ۲. شناسایی شاخص های کاربردی در تحقیقات مشابه

تاثیر عملکرد کارخانه بر اکوسیستم پیرامون	اثرگذاری کارخانه در منطقه فعالیت
مسولیت اجتماعی	مجموع مساحت معادن در اختیار
توجه به اصول استانداردهای قانونی و ضوابط دولتی در طول زنجیره	انعطاف پذیری تامین کنندگان
تامین کنندگان پایدار	ارائه برنامه آموزشی در راستای تولید پایدار و TQM
ایجاد آلودگی و انتشار مواد غیر قابل بازیافت	بهبود روابط در طول زنجیره تامین
تدارکات معکوس	مجموع هزینه تحقیق و توسعه
ایجاد آثار مخرب زیست محیطی	رضایت مندی مشتریان
پاسخگویی اجتماعی	استفاده از فناوری های پیشرفته و مواد اولیه جایگزین
مجموع ارزش ریالی اسیب به محیط زیست	افزایش قابلیت اطمینان در زنجیره تامین
مجموع ذرات غبار تولید شده (کیلوگرم)	مجموع هزینه پرداخت انرژی
میانگین سالانه گازهای گلخانه ای منتشر شده	مجموع هزینه برداشت و استخراج از معادن
آموزش سبز و پایداری در طول زنجیره	مجموع تناژ مواد معدنی استخراج شده
نفوذ فاضلاب در آب های زیر زمینی	مجموع هزینه خرید
هزینه طراحی سازگاری با محیط زیست	مجموع تناژ محصول تولیدی کارخانه
مجموع فضای سبز احداث شده	هزینه رفاه اجتماعی کارکنان
مجموع دارایی ها و سرمایه کارخانه	**مجموع هزینه بازاریابی**
مجموع بدهی های کارخانه	مجموع تعداد کارکنان
مجموع هزینه های مالی	هزینه حقوق و دستمزد و مزایای کارکنان
مجموع درآمد حاصل از فروش	هزینه حمل و نقل پرداختی
مجموع سود (زیان) حاصل شده	ارزش ریالی موجودی انبار (موجودی مواد و کالا)
قیمت تمام شده	دارایی ها و موجودی نگداری شده آماده برای فروش
سود هر سهم EPS	تناژ مواد اولیه معدنی مصرف شده در فرایند تولید
بازده دارایی ها ROA	مواد اولیه شیمیایی و معدنی مصرف شده در فرایند
نسبت قیمت به درآمد هر سهم P/E	مجموع تناژ سیمان و کلینکر فروش رفته
ظرفیت واقعی صنعت	مواد اولیه معدنی دپو شده برای استفاده در فصل سرما
رقابت پذیری و جهانی سازی برند کارخانه	مصرف انرژی
کیفیت زندگی کاری	تناژ مواد اولیه معدنی، شیمیایی و ... خریداری شده
منبع: (۴و ۱۴و ۱۷و ۱۸و ۱۹و ۲۱و ۲۳و ۲۴و ۳۱و ۳۲و ۳۴و ۳۵و ۳۶و ۳۷و ۳۸و ۴۰و ۴۲و ۴۴)	

روش شناسی تحقیق

تحقیق حاضر از نظر جهت گیری از نوع ارزیابی (کاربردی - توسعه ای) می‌باشد و قصد دارد ابتدا مدلی برای تعیین کارایی شرکت‌های سیمان حاضر در بورس و ارزیابی عملکرد زنجیره‌تامین پایدار آن ها در سطوح پایداری، استراتژیک، فرایندی و عملیاتی بر اساس شاخص‌های اثرگذار ارائه دهد و سپس به ارزیابی و تخمین عملکرد بپردازد. از نظر هدف توصیفی، از نظر استراتژی پیمایشی و از نظر زمانی طولی است.

در این تحقیق مطالعه موردی بر شرکت‌های سیمان حاضر در بورس که دارای ساختاری شبکه‌ای هستند صورت می‌پذیرد تا کمک نماید در فضای کسب و کار مالی، نمره کارایی زنجیره تامین خود را شناسایی نمایند. بدون شک در محاسبه کارایی علاوه بر شاخص‌های مالی، شاخص‌های دیگری نیز با ماهیت غیر مالی تاثیر گذار خواهد بود. در این راستا، ابتدا باید شاخص‌های مورد نظر جهت ساخت مدل ریاضی شناسایی شوند. بر همین اساس، با استفاده از مطالعات نظری بر تحقیقات قبلی، و روش دلفی برای خبرگان شاخص‌های برجسته و اثرگذار در زنجیره‌تامین پایدار صنعت سیمان شناسایی و فهرست می‌شوند. سپس با استفاده از روش طرح بلوکی ناکامل متعادل به غربالگری شاخص‌های تعیین شده می‌پردازیم. به منظور تعیین مقادیر وزنی برای شاخص‌های کیفی از تکنیک تصمیم گیری ویکور فازی و نظرسنجی از خبرگان استفاده شده است. [جهت مطالعه به رساله محقق رجوع شود.]

در این مقاله مدل DEA با ساختار شبکه‌ای را در چهارچوب اندازه گیری مبتنی بر مدل SBM و تاکید بر متغیرهای کمکی معرفی می کنیم. تن[10] درسال ۲۰۰۱ مدل SBM رامعرفی نمود. این مدل برمبنای متغیرهای کمکی [11] طراحی شده است ونسبت به تغییرواحد پایدار است. یعنی با هر واحدی ورودی وخروجی‌ها اندازه‌گیری شود کارایی تغییر نمی‌کند. این خاصیت تحت عنوان دیماسیون آزاد[12] نیز نامیده می شود. برخلاف روش شعاعی که فرض تغییرات متناسب در ورودی و خروجی می باشد، این مدل غیر شعاعی است و می تواند ورودی و خروجی را به طور جداگانه بررسی کند و به صورت رابطه (۱) بیان می شود.

اگر تعداد N، DMU داشته باشیم که هر یک از آن‌ها با ماتریس های ورودی وخروجی Y,X در نظر گرفته شوند، به گونه‌ای که که هریک از آن‌ها، m ورودی وs خروجی را شامل شوند، آنگاه می توانیم مجموعه امکان تولید T_c را برای آن‌ها در نظر بگیریم. بر این اساس مدل SBM به صورت زیر خواهد بود:

در این مدل ، فرض بر این است که $X_o > 0$ و $Y_o > 0$. که درآن DMU_o بابردار ورودی وخروجی(x_o, y_o) واحدتحت ارزیابی می باشد و همواره رابطه $0 \leq \rho \leq 1$ برقرار می باشد.

$$\min \quad P_o = \frac{1 - \frac{1}{m}\sum_{i=1}^{m} \frac{S_i^-}{x_{io}}}{1 + \frac{1}{S}\sum_{r=1}^{s} \frac{S_r^+}{y_{ro}}}$$

$$s.t \quad \sum_{j=1}^{n} \lambda_j x_{ij} + S_i^- = x_{io} \quad , \quad i = 1,2,\dots,m \qquad (1)$$

$$\sum_{j=1}^{n} \lambda_j y_{ij} - S_r^+ = y_{ro} \quad , \quad r = 1,2,\dots,s$$

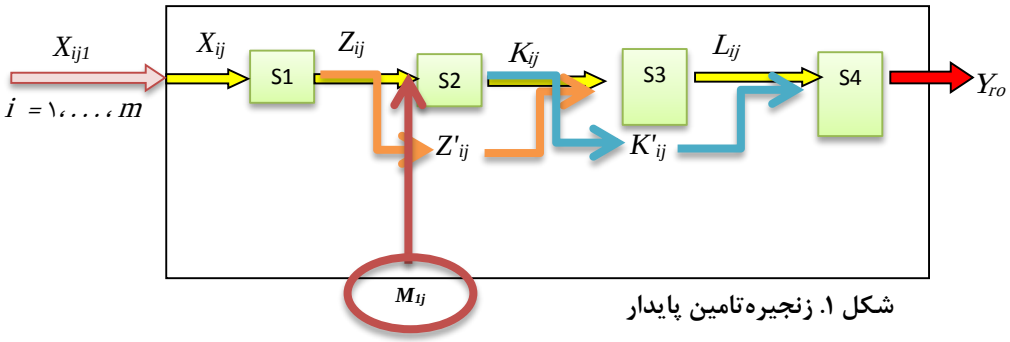
$$\lambda_j \geq 0 \quad , \quad j = 1,2,\dots,n$$

$$S_i^- \geq 0 \quad , \quad i = 1,2,\dots,m$$

$$S_r^+ \geq 0 \quad , \quad r = 1,2,\dots,s$$

ارائه مدل تحلیل پوششی داده‌ها با ساختار شبکه

بطور کلی یک شبکه زنجیره‌تامین پایدار را به صورت شکل زیر در نظر می گیریم.



شکل ۱. زنجیره‌تامین پایدار

به منظور تدوین مدل مناسب، پارامترهای مدل را به صورت زیر تعریف می نماییم:

جدول ۳. تشریح نمادها و پارامترهای مدل ریاضی

متغیرهای تصمیم و پارامترها		اندیس ها	
تعریف	پارامتر	تعریف	پارامتر
این پارامتر نشان دهنده بردار ورودی اصلی به شبکه زنجیره‌تامین است. این بردار وارد Stage اول می‌شود	$\mathbf{X_{ij}}$	مقدار کارایی نسبی DMU تحت ارزیابی	$\mathbf{P_0}$
این پارامتر نشان دهنده بردار خروجی Stage اول است. این متغیر به عنوان ورودی Stage دوم در شبکه زنجیره‌تامین است	$\mathbf{Z_{ij}}$	تعداد واحد تصمیم گیرنده $j = 1,2, \dots, n$	**j**
این پارامتر نشان دهنده بردار خروجی Stage دوم است. این متغیر به عنوان ورودی Stage سوم در شبکه زنجیره‌تامین است	$\mathbf{K_{ij}}$	معرف تعداد ورودی ها $i = 1,2, \dots, m$	**i**
این پارامتر نشان دهنده بردار خروجی Stage سوم است. این متغیر به عنوان ورودی Stage چهارم در شبکه زنجیره‌تامین است	$\mathbf{L_{ij}}$	معرف تعداد خروجی ها $r = 1,2, \dots, s$	**r**
این پارامتر نشان دهنده بردار خروجی Stage اول است. این متغیر به عنوان ورودی Stage دوم در شبکه زنجیره‌تامین است	$\mathbf{Y_{ro}}$	معرف سلول یا بخشی از زنجیره‌تامین پایدار (Stage) $r = 1,2,3,4$	**S**
این پارامتر نشان دهنده بردار خروجی Stage اول است. این متغیر به عنوان ورودی Stage سوم در شبکه زنجیره‌تامین است	$\mathbf{Z'_{ij}}$	وزن داده‌های خروجی r ام	**Ur**
این پارامتر نشان دهنده بردار خروجی Stage دوم است. این متغیر به عنوان ورودی Stage چهارم در شبکه زنجیره‌تامین است	$\mathbf{K'_{ij}}$	وزن داده‌های ورودی i ام	**Vi**
بردارهای Slack ورودی	S^-	مقدارجریمه مربوط به خروجی های نامطلوب که ورودی Stage دوم در نظر گرفته می‌شود.	**Mi**
بردارهای Slack خروجی	S^+	متغیرهای تصمیم در سلول های مختلف زنجیره تامین	$\boldsymbol{\lambda_j}$

تدوین تابع هدف

در تابع هدف مدل تحت بررسی به دنبال تعیین مقدار کارایی نسبی زنجیره های تامین پایدار هستیم. با عنایت به ساختار مدل SBM تابع هدف مدل به صورت زیر ارائه می‌شود. در این مدل جدید، مقدار P_0^* را کارایی کل ماهیت ورودی DMU_0 می‌نامیم . اگر داشته باشیم (P_0^* =۱)، آنگاه DMU_0 را در ماهیت ورودی به طورکلی کارا می نامیم.

$$min\ P_0 = \frac{1 - \frac{1}{m}\sum_{i=1}^{m}\frac{S_i^-}{|x_{ip}|}}{1 + \frac{1}{S}\sum_{r=1}^{s}\frac{S_r^+}{|y_{rp}|}} \qquad (۲)$$

قید های اصلی مساله

با توجه به نوع ارتباط متغیرهای اصلی در مساله و ارتباط بین سلول های شبکه تامین می بایست قید های اصلی مساله را تدوین نماییم به گونه ای که اول ارتباط ذکر شده را پوشش دهد و دوم لینک های برقرار شده توسط قیدها نقض نشود. این دو اصل با عنایت به تعریف چهار λ_j به ازای ۴ مرحله یا سلول تحت بررسی تدوین می گردد. این در حالی است که به ازای این پارامتر روابط (۱۲ و ۱۳) صادق است:

$$\sum_{j=1}^{n}\lambda_j^1 X_j + S_i^- \le X_p \qquad (3)$$

$$\sum_{j=1}^{n}\lambda_j^1 Z_j \ge \sum_{j=1}^{n}\lambda_j^2 Z_j \qquad (4)$$

$$\sum_{j=1}^{n}\lambda_j^1 Z'_j \ge \sum_{j=1}^{n}\lambda_j^3 Z'_j \qquad (5)$$

$$\sum_{j=1}^{n}\lambda_j^2 K_j \ge \sum_{j=1}^{n}\lambda_j^3 K_j \qquad (6)$$

$$\sum_{j=1}^{n}\lambda_j^2 K'_j \ge \sum_{j=1}^{n}\lambda_j^4 K'_j \qquad (7)$$

$$\sum_{j=1}^{n}\lambda_j^3 L_j \ge \sum_{j=1}^{n}\lambda_j^4 L_j \qquad (8)$$

$$\sum_{j=1}^{n}\lambda_j^4 Y_j - S_r^+ \ge Y_p \qquad (9)$$

$$\lambda^1 \ge 0\ ,\lambda^2 \ge 0, \lambda^3 \ge 0\ ,\lambda^4 \ge 0 \qquad (10)$$

$$\sum_{j=1}^{n}\lambda_j^1 = 1\ ,\sum_{j=1}^{n}\lambda_j^2 = 1\ ,\sum_{j=1}^{n}\lambda_j^3 = 1\ ,\sum_{j=1}^{n}\lambda_j^4 = 1 \qquad (11)$$

با عنایت به اینکه در مساله دارای محدودیت های وزنی می باشیم و نیاز به دوآل مدل شبکه ای ارائه شده ضروری می باشد، ابتدا مدل فوق را خطی سازی نموده و فرم کانونی آن را می نویسیم و سپس محدودیت های وزنی (روابط ۶۱) را به آن اضافه می نماییم.

یکی از مباحث ویژه در استفاده از تحلیل پوششی داده ها در ارزیابی واحدهای تصمیم گیری در نظر گرفتن خروجی های نامطلوب است. آنچه در ارزیابی زنجیره تامین پایدار شرکت های سیمان حاضر در بورس نیز بیش از سایر متغیرها نقش دارد همین نوع خروجی ها می باشند که در بسیاری از مدل‌های تحلیل پوششی داده‌ها مد نظر قرار گرفته است. بر اساس اولین تحقیق در این خصوص که توسط لیو و شارپ در سال (۱۹۹۹) انجام گرفت، این عوامل نامطلوب یا خروجی نامطلوب به عنوان ورودی در نظر گرفته شد. طبق این تحقیق، هر DMU سعی می کند کارایی خود را با مینمم نمودن ورودی های مطلوب و خروجی های نامطلوب افزایش دهد. در واقع اگر بتواند خروجی های مطلوب را افزایش دهد و ورودی‌های نامطلوب را کاهش دهد، این هدف محقق می‌شود.

مطالعه موردی

همانطور که اشاره شد به منظور آزمون مدل ارائه شده در این مقاله، از داده‌های واقعی صنعت سیمان کشور که در بورس اوراق بهادار حاضر هستند در طی سه سال متوالی استفاده شده است. مدل ارائه شده قادر است زنجیره‌تامین پایدار این صنعت را ارزیابی کند. بر همین اساس شاخص‌های مد نظر بر اساس جدول ۴ تدوین شده اند و داده‌های مربوطه در نرم افزار GAMS و بر اساس مدل ارائه شده فرموله گردید که نتایج آن به شرح زیر می‌باشد.

با توجه به شاخص‌های مدنظر، که علاوه بر شاخص های مالی، اقتصادی و تولید و عملیات، در بر گیرنده شاخص‌های پایداری، خروجی‌های نامطلوب و مسئولیت اجتماعی می‌باشد، مدل تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای را با عنایت به محدودیت‌های صنعت سیمان به صورت زیر فرموله می‌نماییم. بنابراین خواهیم داشت:

جدول ۴. پارامتر های ورودی و خروجی در مدل شبکه ای

پارامترهای Y_{rp}	پارامترهای L_{ij}	پارامترهای K_{ij}	پارامترهای Z_{ij}	پارامترهای X_{ip}
مجموع دارایی ها	مجموع هزینه بازاریابی	مجموع تناژ تولیدی کلینکرکارخانه	مجموع ذخایر معدنی در اختیار	کیفیت تامین کنندگان به لحاظ پایداری در عرضه مواد معدنی و لوازم مصرفی
رقابت پذیری و جهانی سازی برند کارخانه	مجموع ارزش ریالی دارایی ها و موجودی نگداری شده آماده برای فروش	مجموع تناژ تولیدی سیمان کارخانه	مجموع تناژ مواد اولیه برداشت شده از معادن که باید در فرایند تولید مصرف شود	هزینه آموزش سبز و پایداری جهت رعایت مسائل مربوطه در طول زنجیره
نگرش فرهنگی به احداث فضای سبز	مجموع تناژ فروش سیمان‌پاکتی و فله در بازار داخلی و صادرات	مجموع ذرات غبار تولید شده (mg/m^3)	تناژ مواد شیمیایی و معدنی دیگر که در فرایند تولید مصرف می شود	مجموع سرمایه گذاری اولیه در بهره برداری از معادن و فرایند کارخانه
مجموع درآمد حاصل از فروش محصولات	مجموع تناژ فروش کلینکر	میانگین سالانه گازهای گلخانه ای از نوع NOX منتشر شده	مجموع مواد اولیه معدنی دپو شده برای استفاده در فصل سرما	مجموع بدهی های کارخانه
مجموع سود حاصل شده	تعداد پاکت سیمان مصرف شده در طی یک سال از نوع pp	میانگین سالانه گازهای گلخانه ای از نوع CO منتشر شده	کیفیت ارائه برنامه آموزشی برای تامین کنندگان و کارکنان در راستای تولید پایدار و TQM	مجموع هزینه خرید مواد معدنی ، شیمیایی و لوازم مصرفی دیگر
نرخ رشد سالانه بر اساس عملکرد	بهای تمام شده محصول	میانگین سالانه گازهای گلخانه ای از نوع SO_2 منتشر شده	ایجاد آثار مخرب زیست محیطی در برداشت از معادن	مجموع هزینه پرداختی بابت برداشت از معادن به پیمانکاران

بازده دارایی ها ROA		تاثیر مجموع نفوذ آب مصرفی و فاضلاب در آب‌های زیر زمینی	مجموع هزینه تحقیق و توسعه	مجموع هزینه حمل و نقل پرداختی
بازده حساب صاحبان سهام			مجموع هزینه پرداخت انرژی	مجموع هزینه های مالی
اثرگذاری کارخانه‌درمنطقه-فعالیت			ظرفیت واقعی صنعت	مجموع تعداد کارکنان
رضایت مندی مشتریان			میزان‌برق‌مصرفی‌دریک سال برحسب کیلو وات ساعت	مجموع هزینه حقوق و دستمزد پرداختی
مجموع قابل محاسبه ناشی از وزن ضایعات رها شده در محیط زیست			میزان گاز مصرفی در یک سال بر حسب متر مکعب در تن	
ایجاد آلودگی ناشی از انتشار مواد غیر قابل بازیافت در طبیعت			میزان انرژی سوختی مازوت مصرفی در یک سال بر حسب لیتر به تن	
پیاده سازی اصول کیفیت زندگی کاری و رفاه اجتماعی برای پرسنل				
مسولیت اجتماعی				

پارامترهای K'_{ij}	پارامترهای Z'_{ij}	پارامترهای Mi
تدارکات معکوس	انعطاف پذیری تامین کنندگان	جریمه مجموع ذرات غبار تولید شده (۳mg/m)
تاثیر عملکرد کارخانه بر ایجاد شرایط منفی در اکوسیستم پیرامون	بهبود روابط در طول زنجیره تامین	جریمه میانگین سالانه گازهای گلخانه ای از نوع NOX منتشر شده
هزینه طراحی سازگاری با محیط زیست	مجموع هزینه در راستای افزایش قابلیت اطمینان در زنجیره تامین	جریمه میانگین سالانه گازهای گلخانه ای از نوع CO منتشر شده
پاسخگویی اجتماعی	توجه به اصول استانداردهای قانونی و ضوابط دولتی در طول زنجیره	جریمه میانگین سالانه گازهای گلخانه ای از نوع ۲SO منتشر شده
تلاش در راستای استفاده از فناوری های پیشرفته و مواد اولیه جایگزین	انعطاف پذیری تامین کنندگان	

قید های مربوط به سطح اول زنجیره‌تامین پایدار

با عنایت به بردار ورودی زنجیره‌تامین پایدار و متغیرهای تاثیر گذاردر آن، قید های مرتبط با این شاخص ها در دو دسته مالی و غیر مالی، به صورت زیر تعریف می‌شود. بر همین اساس در این دسته از قیدها تعداد ۸ شاخص اثرگذار و محدودیت های مرتبط با آن بر اساس مطالعات انجام شده استخراج شده است. این نکته نیز قابل تامل است که قیدهای مطرح شده در این بخش بر روی سلول اول تاثیر

گذاشته و به عنوان ورودی بر روی این سلول نقش آفرینی می نمایند. عمده فعالیت این سلول تبدیل ورودی اولیه زنجیره به تولید خروجی میانجی اول می‌باشد.

$$a \le \sum_{j=1}^{n} \lambda_j^1 X_{1j} \le b \quad (12) \qquad \sum_{j=1}^{n} \lambda_j^1 X_{2j} \le (c) \sum_{j=1}^{n} \lambda_j^3 L_{6j} \quad (13)$$

$$\sum_{j=1}^{n} \lambda_j^1 X_{3j} \le (d) \sum_{j=1}^{n} \lambda_j^1 Z_{9j} \quad (14) \qquad (e) \sum_{j=1}^{n} \lambda_j^3 L_{6j} \le \sum_{j=1}^{n} \lambda_j^1 X_{5j} \le (f) \sum_{j=1}^{n} \lambda_j^3 L_{6j} \quad (15)$$

$$(g) \sum_{j=1}^{n} \lambda_j^1 Z_{2j} \le \sum_{j=1}^{n} \lambda_j^1 X_{6j} \le (e) \sum_{j=1}^{n} \lambda_j^1 Z_{2j} \quad (16) \qquad \sum_{j=1}^{n} \lambda_j^1 X_{7j} \le (h) \sum_{j=1}^{n} \lambda_j^3 L_{6j} \quad (17)$$

$$o \le \sum_{j=1}^{n} \lambda_j^1 X_{8j} \le p \quad (18) \qquad \sum_{j=1}^{n} \lambda_j^1 X_{10j} \le (q) \sum_{j=1}^{n} \lambda_j^3 L_{6j} \quad (19)$$

قیدهای مربوط به سطح دوم زنجیره‌تامین پایدار

در این بخش تعداد ۱۱ قید طراحی شده است. این قیدها به عنوان خروجی سلول اول بوده که خود می توانند ورودی سلول دوم را پوشش دهند. با توجه به شاخص‌های مطرح شده این قیدها ارائه شده اند. در این سلول ۲ بخش مهم تولید و عملیات و تحقیق و توسعه در دستور کار قرار دارد. بنابراین سعی شده است محدودیت های مربوط به این دو حوزه به خوبی شناسایی شوند و با درک منطقی از ارتباط آن ها با یکدیگر و تبیین روابط ریاضی، قیدهای مربوطه به صورت مقابل تدوین‌گردد.

$$\sum_{j=1}^{n} \lambda_j^1 Z_{1j} \ge (n) \sum_{j=1}^{n} \lambda_j^1 Z_{9j} \quad (20) \qquad \sum_{j=1}^{n} \lambda_j^1 Z_{2j} \le (ab) \sum_{j=1}^{n} \lambda_j^2 K_{2j} \quad (21)$$

$$\sum_{j=1}^{n} \lambda_j^1 Z_{3j} \le (e) \sum_{j=1}^{n} \lambda_j^2 K_{2j} \quad (22) \qquad \sum_{j=1}^{n} \lambda_j^1 Z_{4j} \le (q) \sum_{j=1}^{n} \lambda_j^1 Z_{9j} \quad (23)$$

$$a \le \sum_{j=1}^{n} \lambda_j^1 Z_{5j} \le b \quad (24) \qquad a \le \sum_{j=1}^{n} \lambda_j^1 Z_{6j} \le b \quad (25)$$

$$\sum_{j=1}^{n} \lambda_j^1 Z_{7j} \le (ac) \sum_{j=1}^{n} \lambda_j^3 L_{6j} \quad (26) \qquad \sum_{j=1}^{n} \lambda_j^1 Z_{8j} \le (ad) \sum_{j=1}^{n} \lambda_j^3 L_{6j} \quad (27)$$

$$\sum_{j=1}^{n} \lambda_j^1 Z_{10j} \le (ac) \sum_{j=1}^{n} \lambda_j^2 K_{2j} \quad (28) \qquad \sum_{j=1}^{n} \lambda_j^1 Z_{11j} \le (af) \sum_{j=1}^{n} \lambda_j^2 K_{2j} \quad (29)$$

$$\sum_{j=1}^{n} \lambda_j^1 Z_{12j} \le (ag) \sum_{j=1}^{n} \lambda_j^2 K_{2j} \quad (30)$$

قیدهای مربوط به سطح دوم زنجیره‌تامین پایدار

قیدهای این سطح از زنجیره‌تامین پایدار مربوط به خروجی سلول دوم می‌باشد که خود نقش ورودی را برای سلول سوم ایفا می‌نمایند. با توجه به شاخص‌های مد نظر در این بخش که عمدتاً خروجی فرایندهای تولید و عملیات را در برمی گیرد (محصولات و خروجی های نامطلوب)، تعداد ۸ محدودیت در نظر گرفته شده است.

با توجه به وجود سطح استاندارد آلایندگی برای خروجی های نامطلوب، در این مقاله برای آن دسته از قیدهایی که از سطح استاندارد فراتر عمل کنند و پایداری زنجیره‌تامین را به مخاطره بیاندازند مقدار جریمه در نظر گرفته می‌شود. این مقدار جریمه به عنوان بردار ورودی بر روی سلول دوم اثر می‌گذارد که با پارامترM معرفی شده است.

$$(\mathbf{ao})\ \sum_{j=1}^{n}\boldsymbol{\lambda_j^1 Z_{9j}} \le \sum_{j=1}^{n}\boldsymbol{\lambda_j^2 K_{1j}} \le \sum_{j=1}^{n}\boldsymbol{\lambda_j^1 Z_{9j}} \quad (\mathbf{31})$$

$$\sum_{j=1}^{n}\boldsymbol{\lambda_j^2 K_{2j}} \le \sum_{j=1}^{n}\boldsymbol{\lambda_j^1 Z_{9j}} \quad (\mathbf{32})$$

$$\sum_{j=1}^{n}\boldsymbol{\lambda_j^2 K_{3j}} \mathbf{Bad} \le \mathbf{ap} \quad (\mathbf{33})$$

$$\sum_{j=1}^{n}\boldsymbol{\lambda_j^2 K_{4j}} \mathbf{Bad} \le \mathbf{aq} \quad (\mathbf{34})$$

$$\sum_{j=1}^{n}\boldsymbol{\lambda_j^2 K_{5j}} \mathbf{Bad} \le \mathbf{ar} \quad (\mathbf{35})$$

$$\sum_{j=1}^{n}\lambda_j^2 K_{6j}\,\mathrm{Bad} \le \mathrm{as} \quad (\mathbf{36})$$

$$\mathrm{a} \le \sum_{j=1}^{n}\lambda_j^2 K_{7j} \le \mathrm{b} \quad (\mathbf{37})$$

$$\mathrm{a} \le \sum_{j=1}^{n}\lambda_j^2 K_{10j} \le \mathrm{b} \quad (\mathbf{38})$$

قیدهای مربوط به سطح دوم و فرعی اول زنجیره‌تامین پایدار

در این زنجیره تعدادی محدودیت وجود دارد که از خروجی سلول اول حاصل شده اند و مستقیماً وارد سلول سوم می شوند و به عنوان ورودی این سلول در نظر گرفته می شوند. (ارتباطی با سلول دوم ندارند). بر همین اساس ۴ قید در این دسته گنجانده شده است.

$$\mathbf{a} \le \sum_{j=1}^{n}\boldsymbol{\lambda_j^1 Z'_{1j}} \le \mathbf{b} \quad (\mathbf{39})$$

$$\mathbf{a} \le \sum_{j=1}^{n}\boldsymbol{\lambda_j^1 Z'_{2j}} \le \mathbf{b} \quad (\mathbf{40})$$

$$\sum_{j=1}^{n}\boldsymbol{\lambda_j^1 Z'_{3j}} \le (\mathbf{ah})\sum_{j=1}^{n}\boldsymbol{\lambda_j^3 L_{6j}} \quad (\mathbf{41})$$

$$\mathrm{a} \le \sum_{j=1}^{n}\lambda_j^1 Z'_{4j} \le \mathrm{b} \quad (\mathbf{42})$$

قیدهای مربوط به سطح سوم و فرعی دوم

زنجیره تامین پایدار تعداد ۵ محدودیت بر اساس شاخص‌های خروجی سلول دوم شناسایی شده‌اند که بدون واسطه به عنوان ورودی سلول چهارم لحاظ می گردند.

$$\mathbf{a} \le \sum_{j=1}^{n} \lambda_j^2 \mathbf{K'_{1j}} \le \mathbf{b} \quad (43)$$

$$\mathbf{a} \le \sum_{j=1}^{n} \lambda_j^2 \mathbf{K'_{2j}} \le \mathbf{b} \quad (44)$$

$$(\mathbf{q}) \sum_{j=1}^{n} \lambda_j^3 \mathbf{L_{6j}} \le \sum_{j=1}^{n} \lambda_j^2 \mathbf{K'_{3j}} \le (\mathbf{ac}) \sum_{j=1}^{n} \lambda_j^3 \mathbf{L_{6j}} \quad (45)$$

$$\mathbf{a} \le \sum_{j=1}^{n} \lambda_j^2 \mathbf{K'_{4j}} \le \mathbf{b} \quad (46)$$

$$a \le \sum_{j=1}^{n} \lambda_j^2 K'_{5j} \le b \quad (47)$$

قیدهای مربوط به سطح سوم زنجیره‌تامین پایدار

در این بخش تعداد ۵ قید میانجی که خروجی سلول سوم بوده و به عنوان ورودی برای سلول چهارم در نظر گرفته شده لحاظ می گردد.

$$\sum_{j=1}^{n} \lambda_j^3 \mathbf{L_{1j}} \le (\mathbf{au}) \sum_{j=1}^{n} \lambda_j^3 \mathbf{L_{6j}} \quad (48)$$

$$\sum_{j=1}^{n} \lambda_j^3 \mathbf{L_{2j}} \le \sum_{j=1}^{n} \lambda_j^4 \mathbf{Y_{1j}} \quad (49)$$

$$\sum_{j=1}^{n} \lambda_j^3 \mathbf{L_{3j}} \le (\mathbf{ab}) \sum_{j=1}^{n} \lambda_j^1 \boldsymbol{k_{1j}} \quad (50)$$

$$\mathbf{o} \le \sum_{j=1}^{n} \lambda_j^3 \mathbf{L_{4j}} \le (\mathbf{an}) \sum_{j=1}^{n} \lambda_j^2 \mathbf{K_{2j}} \quad (51)$$

$$\sum_{j=1}^{n} \lambda_j^3 \mathbf{L_{5j}} \le [(\sum_{j=1}^{n} \lambda_j^1 \boldsymbol{k_{1j}}) \times \mathbf{bc}] \times (\mathbf{be}) \quad (52)$$

قیدهای مربوط به سطح سوم زنجیره‌تامین پایدار

این دسته از قیدها به عنوان خروجی نهایی شبکه زنجیره‌تامین پایدار شناسایی می شوند. با عنایت به شاخص‌های خروجی سیستم، تعداد ۸ محدودیت برای این بخش در نظر گرفته شده است.

$$\mathbf{a} \le \sum_{j=1}^{n} \lambda_j^4 \mathbf{Y_{2j}} \le \mathbf{b} \quad (53)$$

$$\mathbf{a} \le \sum_{j=1}^{n} \lambda_j^4 \mathbf{Y_{3j}} \le \mathbf{b} \quad (54)$$

$$\mathbf{a} \le \sum_{j=1}^{n} \lambda_j^4 \mathbf{Y_{9j}} \le \mathbf{b} \quad (57)$$

$$\mathbf{a} \le \sum_{j=1}^{n} \lambda_j^4 \mathbf{Y_{10j}} \le \mathbf{b} \quad (58)$$

$$\mathbf{bg} \le \sum_{\mathbf{j=1}}^{\mathbf{n}} \boldsymbol{\lambda}_{\mathbf{j}}^{\mathbf{4}} \mathbf{Y_{7j}} \le \mathbf{bh} \quad (\mathbf{55}) \qquad \mathbf{a} \le \sum_{\mathbf{j=1}}^{\mathbf{n}} \boldsymbol{\lambda}_{\mathbf{j}}^{\mathbf{4}} \mathbf{Y_{13j}} \le \mathbf{b} \quad (\mathbf{59})$$

$$\mathbf{bg} \le \sum_{\mathbf{j=1}}^{\mathbf{n}} \boldsymbol{\lambda}_{\mathbf{j}}^{\mathbf{4}} \mathbf{Y_{8j}} \le \mathbf{bh} \quad (\mathbf{56}) \qquad \mathbf{a} \le \sum_{\mathbf{j=1}}^{\mathbf{n}} \boldsymbol{\lambda}_{\mathbf{j}}^{\mathbf{4}} \mathbf{Y_{14j}} \le \mathbf{b} \quad (\mathbf{60})$$

قیدهای مربوط به محدودیت های وزنی

به منظور تامین نظر خبرگان در ارجحیت برخی از شاخص ها نسبت به یکدیگرو تاثیر گذاری این رویکرد ذهنی بر میزان کارایی زنجیره تامن پایدار، با استفاده از تکنیک تصمیم گیری فازی و نظر سنجی از خبرگان، اقدام به تعیین وزن برای شاخص ها نموده ایم. با لحاظ نمودن این اوزان یکسری محدودیت وزنی تبیین شده است که در روابط (۶۱) مشاهده می گردد. بنابراین این ایده نیز به مدل اضافه شد تا در برآورد و تخمین دقیق تر میزان کارایی زنجیره‌تامین پایدار کمک کند.

$$\begin{array}{lll}
\mathbf{X_1} \ge \frac{\mathbf{0.174}}{\mathbf{0.146}} \mathbf{X_2} & \mathbf{X_2} \ge \frac{\mathbf{0.146}}{\mathbf{0.133}} \mathbf{X_5} & \mathbf{X_5} \ge \frac{\mathbf{0.133}}{\mathbf{0.120}} \mathbf{X_7} \\
\mathbf{Z_6} \ge \frac{\mathbf{0.165}}{\mathbf{0.132}} \mathbf{Z_3} & , \ Z_3 \ge \frac{0.132}{0.116} Z_7 & Z_7 \ge \frac{0.116}{0.103} Z_8 \\
\mathbf{L_3} \ge \frac{\mathbf{0.147}}{\mathbf{0.146}} \mathbf{L_2} & L_2 \ge \frac{0.146}{0.140} L_6 & L_6 \ge \frac{0.140}{0.122} L_1 \\
\mathbf{Z_2'} \ge \frac{\mathbf{0.139}}{\mathbf{0.133}} \mathbf{Z_1'} & Z_1' \ge \frac{0.133}{0.103} Z_3' & K_2' \ge \frac{0.181}{0.163} K_1' \\
, \ \mathbf{K_1'} \ge \frac{\mathbf{0.163}}{\mathbf{0.137}} \mathbf{K_3'} & K_3' \ge \frac{0.137}{0.134} K_4' & Y_5 \ge \frac{0.176}{0.158} Y_{14} \\
\mathbf{Y_{14}} \ge \frac{\mathbf{0.158}}{\mathbf{0.149}} \mathbf{Y_4} & Y_4 \ge \frac{0.149}{0.140} Y_6 & Y_6 \ge \frac{0.140}{0.139} Y_9 \\
\mathbf{Y_9} \ge \frac{\mathbf{0.139}}{\mathbf{0.138}} \mathbf{Y_{12}} & Y_{12} \ge \frac{0.138}{0.133} Y_{13} & Y_{13} \ge \frac{0.133}{0.131} Y_1
\end{array} \quad (\mathbf{61})$$

پیاده سازی مدل در صنعت سیمان

داده‌های مربوط به این شاخص ها از سازمان بورس اوراق بهادار، فرم های ارزیابی سازمان محیط زیست، صنف کارفرمایان صنعت سیمان و بررسی های میدانی جمع آوری شده است.

یکی از مهمترین مباحثی که در پیاده سازی مدل تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای به منظور ارزیابی زنجیره‌تامین پایدار وجود دارد تعیین شاخص‌های ورودی و خروجی می‌باشد که معمولا اتفاق نظری در این خصوص وجود ندارد. به طور معمول در تعریف عمومی متغیرهای ورودی گوییم: شاخص

یا متغیری که کاهش آن باعث افزایش میزان کارایی شود و در تعریف عمومی متغیرهای خروجی گوییم: شاخص یا متغیری که افزایش آن باعث افزایش کارایی گردد. این دو نکته به عنوان یک قاعده کلی در این مقاله رعایت گردیده است، اما به دلیل وجود خروجی‌های نامطلوب مانند انتشار غبار، انتشار گاز های گلخانه ای، وجود مواد غیر قابل بازیافت و مواد رها شده در طبیعت که عملاً موجب ناکارایی و عملکرد منفی زنجیره های تامین صنعت سیمان را به همراه خواهند داشت و بر بهره وری اثر نامطلوبی دارند. از اینرو در این مقاله این شاخص ها با ماهیت ورودی و با در نظر گرفتن مقداری جریمه به دلیل عملکرد خارج از سطح استاندارد در نظر گرفته شده است.

با نظر خبرگان برخی از پارامترهای مدل به قرار زیر تعیین شده است و مدل با این ضرائب حل گردیده است.

جدول ۵. ضرائب مربوط به متغیرهای تصمیم

$\boldsymbol{j = 1, 2, 3, \ldots, 42}$	$\boldsymbol{a = 1}$	$\boldsymbol{b = 5}$	$\boldsymbol{c = 0.02}$
$h = 0.25$	$o = 0$	$p = 700000$	$\boldsymbol{q = 0.03}$
$ac = 110$	$af = 99.6$	$ag = 2.6$	$\boldsymbol{ah = 0.8}$
$as = 700$	$au = 0.07$	$an = 1.1$	$\boldsymbol{bc = 20}$
$d = 7.2$	$n = 32$	$ao = 0.6$	$\boldsymbol{be = 1.15}$
$e = 0.05$	$ab = 1.65$	$ap = 130$	$\boldsymbol{bg = -100}$
$f = 0.012$	$ac = 0.1$	$aq = 500$	$\boldsymbol{bh = 100}$
$g = 0.03$	$ad = 0.035$	$ar = 2200$	$\boldsymbol{bo = 70}$

پس از حل مدل نتایج مربوط به وضعیت ۴۲ زنجیره تحت بررسی بر اساس مدل ارائه شده در این مقاله مطابق با جدول (۱۵) ارائه شده است. شرکت‌هایی که دارای نمره کارایی (1. 00) می‌باشند، به عنوان کارخانه‌های کارا تلقی می‌شوند و کارخانه‌های با نمره کارایی پایین تر از (1. 00) ناکارا هستند. وضعیت عملکرد و پایداری زنجیره‌تامین این صنعت طی ۳ سال ارائه شده است. نتایج نشان می‌دهد که در سال ۹۳ تعداد ۲۴ زنجیره‌تامین توانسته‌اند پایداری مناسبی داشته باشند و به مرز کارایی دست پیدا کنند. در سال ۹۴ این تعداد به ۲۱ زنجیره کارا کاهش یافته است. ودر سال ۹۵ تعداد زنجیره های تامین پایدار به ۱۸ زنجیره کارا رسیده است. علی رغم تدوین قوانین و مقررات پیرامون پایداری محیط زیست در حوزه صنعت، معدن و تجارت، روند ارزیابی عملکرد در این ۳ سال به صورت نزولی است. به نظر می رسد در استفاده بهینه از منابع و کنترل تولید و عملیات به لحاظ تولید خروجی های نامطلوب و مضر برای محیط زیست عملکرد مطلوبی در طول زنجیره های تامین مورد بررسی وجود ندارد. علاوه بر این موضوع فرایندهای برنامه ریزی تولید، عرضه و فروش به لحاظ

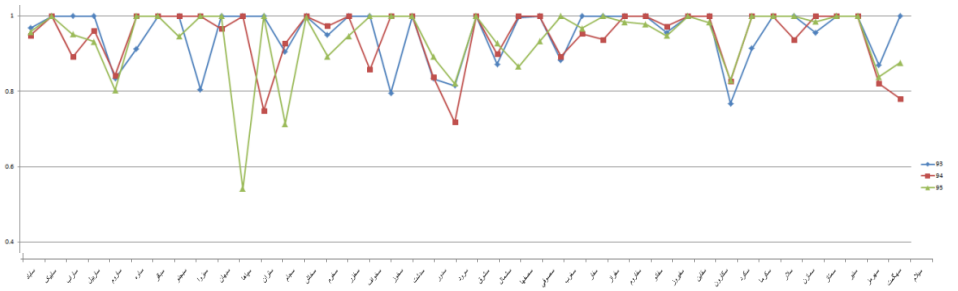
سودآوری و شاخص‌های مالی و غیر مالی وابسته در مسیر رسیدن به حداکثر بهره وری نیز، چندان مناسب نمی‌باشد. البته برخی از این زنجیره ها توانسته اند در مصرف ورودی ها و تولید خروجی ها شایسته عمل کنند ولی در مجموع وضعیت عملکرد به لحاظ پایداری زنجیره‌تامین قابل تامل است.

جدول ۶. نتایج حاصل از پیاده سازی و حل مدل تحلیل پوششی داده‌ها با ساختار شبکه جهت ارزیابی عملکرد زنجیره‌تامین پایدار صنعت سیمان

ردیف	نام زنجیره صنعت	نمرات کارایی در زنجیره‌تامین پایدار بر اساس مدل جدید		
		سال ۱۳۹۳	سال ۱۳۹۴	سال ۱۳۹۵
۱	ساباد	0.96808702	0.94833858	0.95787092
۲	سابیک	1.00000000	1.00000000	1.00000000
۳	ساراب	1.00000000	0.89164298	0.95127508
۴	ساربیل	1.00000000	0.96152938	0.93158862
۵	ساروم	0.83335302	0.84257757	0.80325508
۶	ساوه	0.91334586	1.00000000	1.00000000
۷	سباقر	1.00000000	1.00000000	1.00000000
۸	سبجنو	1.00000000	1.00000000	0.94610200
۹	سبزوا	0.8045362	1.00000000	1.00000000
۱۰	سبهان	1.00000000	0.96621357	1.00000000
۱۱	سپاها	1.00000000	1.00000000	0.54075520
۱۲	ستران	1.00000000	0.74892351	1.00000000
۱۳	سجام	0.90441357	0.92687962	0.71379229
۱۴	سخاش	1.00000000	1.00000000	0.99626018
۱۵	سخرم	0.94933205	0.97332256	0.89296396
۱۶	سخزر	1.00000000	1.00000000	0.94646656
۱۷	سخواف	1.00000000	0.85834538	1.00000000
۱۸	سخوز	0.79548159	1.00000000	1.00000000
۱۹	سدشت	1.00000000	1.00000000	1.00000000
۲۰	سدور	0.83381117	0.83884538	0.84156316
۲۱	سرود	0.81548159	0.81772442	0.82064463
۲۲	سشرق	1.00000000	1.00000000	1.00000000
۲۳	سشمال	0.87240168	0.89891449	0.92696620
۲۴	سصفها	0.99557827	1.00000000	0.86587998

۲۵	صصوفی	1.00000000	1.00000000	0.93297824
۲۶	سغرب	0.88240076	0.89236087	1.00000000
۲۷	سفار	1.00000000	0.95321399	0.96739603
۲۸	سفراز	1.00000000	0.93711571	1.00000000
۲۹	سفاروم	1.00000000	1.00000000	0.98410630
۳۰	سفانو	1.00000000	1.00000000	0.97872263
۳۱	سفیروز	0.95562217	0.97256497	0.94764618
۳۲	سقاین	0.99955412	1.00000000	1.00000000
۳۳	سکارون	1.00000000	1.00000000	0.98252290
۳۴	سکرد	0.76789231	0.82755056	0.82951222
۳۵	سکرما	0.91425022	1.00000000	1.00000000
۳۶	سلار	1.00000000	1.00000000	1.00000000
۳۷	سمازن	1.00000000	0.9368391	1.00000000
۳۸	سمتاز	0.95559003	1.00000000	0.98447870
۳۹	سنیر	1.00000000	1.00000000	1.00000000
۴۰	سهرمز	1.00000000	1.00000000	1.00000000
۴۱	سهگمت	0.86905137	0.82094059	0.83844818
۴۲	سیلام	1.00000000	0.78018391	0.87525838

نمودار مربوط به تغییرات کارایی کارخانه های سیمان حاضر در بورس در طی دوره تحت بررسی به صورت زیر ارائه می شود.



نمودار ۱. نمودار تغییرات کارایی زنجیره‌تامین پایدار صنعت سیمان در طی سال‌های مورد بررسی

نتیجه گیری و بحث

یکی از مهمترین الزامات شرکت‌ها به منظور حفظ تداوم عملکرد مثبت در فضای بورس اوراق بهادار و افزایش ارزش سهام، سنجش کارایی است. در گذشته این سنجش عملکرد عموماً بر پایه شاخص های مالی استوار بوده است و از لحاظ سایر عوامل بررسی دقیقی صورت نمی‌گرفت. با عنایت به فضای رقابتی این شرکت‌ها در حفظ منابع مادی و جلب رضایت سهام داران و مشتریان، توجه به فاکتورهای اجتماعی، فرهنگی و تمرکز بر روی شاخص های پایداری در طول زنجیره تامین حائز اهمیت است. بنابراین شرکت های بورسی را در مسیری قرار داده است تا بتوانند همزمان با افزایش راندمان و ایجاد تراز مثبت مالی در سود و سهام و ... به فاکتورهای پایداری و زیست محیطی زنجیره تامین نیز توجه داشته باشند. چراکه رویکرد پایداری می تواند به عنوان بهترین کاتالیزور برای تحقق اهداف مالی باشد. برای این منظور استفاده از مدل ها و تکنیک های کاربردی ضرورت می‌یابد.

مدل هایی که تا کنون توسط محققین ارائه شده است در ۲ بعد دسته بندی می شوند. بعد کیفی نظیر BSC و EFQM و بعد کمی نظیر مدل های بر گرفته از DEA ، تصمیم گیری و مباحث تحقیق در عملیات می باشند. هرچند این مدل ها تنوانسته اند بسیاری از مشکلات زنجیره تامین را مرتفع سازند، ولی کماکان در زنجیره های تامین با ابعاد بزرگ تر و دارای روابط پیچیده تر، مشکلات ناشناخته ای وجود دارد که کارایی زنجیره را به خطر می اندازد. تفاوت عمده یافته های این پژوهش با مدل ها و پژوهش‌های قبلی به دو بخش عمده تقسیم می شود.

بخش اول شامل شاخص های منتخب در زنجیره تامین می باشد که در تحقیقات قبلی عموماً بر روی زنجیره تامین ساده، زنجیره تامین ناب، زنجیره تامین چابک و زنجیره تامین سبز تمرکز داشته‌اند. و به تبع صرفاً شاخص های این حوزه ها به خصوص شاخص‌های مالی، ملاک سنجش قرار می‌گرفته است. این درحالی است که در این پژوهش زنجیره تامین پایدار ملاک ارزیابی عملکرد می‌باشد و یقیناً ابعاد وسیع تری از شاخص‌های کلیدی را در بر می‌گیرد و همچون چتری شاخص‌های تحقیقات قبلی را پوشش می دهد. بخش دوم تفاوت این پژوهش به مدل تحلیل پوششی داده‌ها مربوط می‌شود. در اکثر تحقیقات قبلی مدل اساسی به کار رفته یا از نوع بازده به مقیاس ثابت مانند مدل CCR و یا از نوع بازده به مقیاس متغیر از نوع مدل BCC استوار بوده‌اند. این در حالی است که پژوهش حاضر و مدل ارائه شده در آن مبتنی بر متغیرهای کمکی و بر اساس مدل SBM طراحی شده است که دارای دیمانسیون بالا نسبت به تغیرات متغیرهای ورودی و خروجی خواهد بود. ضمن آنکه در تحقیقات قبلی عموماً مدل شبکه ساده، ۲ مرحله‌ای و یا حداکثر ۳ مرحله ای در دستور کار

محققین قرار داشته است و در آن ها توجهی به فعالیت های وابسته و لینک های فرعی نشده است. در این پژوهش با در نظر گرفتن یک شبکه ۵ مرحله ای با لینک ها و فعالیت های متعدد در دستور کار قرار گرفته است. و نکته آخر به نوآوری مربوط می شود که در اکثر تحقیقات قبلی از برنامه ریزی آرمانی، داده‌های فازی و شبکه عصبی استفاده شده است که در این تحقیق از شاخص بهره وری مالم کوئیست در فضای شبکه ای به منظور ارزیابی عملکرد دقیق در زنجیره تامین پایدار بهره گرفته شده است و صرفاً داده های مقطعی مد نظر نبوده و به بهینه سازی بلند مدت توجه می کند، تا به وسیله آن پیچیدگی روابط زنجیره تامین پایدار در شرکت‌های سیمان حاضر در بورس ارزیابی گردد. مدل جدید ارائه شده در این مقاله، فعالیت های انتقالی در شبکه تامین صنایع سیمان حاضر در بورس به چهار نوع طبقه بندی می شوند. یعنی مطلوب (خوب)، نامطلوب(بد)، اختیاری (آزاد)، غیر اختیاری (ثابت). بنابراین می توانیم خواسته های محققان و پژوهشگران را به طور صحیح برآورده کنیم.

اخیراً سایر بخش های صنعتی حاضر در بورس همچون پتروشیمی، نفت، الکترونیک و داروسازی نیز تلاش های چشمگیری در تهیه و تدوین شاخص‌های عملکرد توسعه پایدار از طریق همکاری در تدوین روش ها و استانداردهای جهانی به عمل آورده اند. در مقایسه با سایر بخش های صنایع، صنعت سیمان دارای حرکتی آهسته بوده و این صنعت در ایجاد برنامه‌های معتبر اندازه گیری عملکرد توسعه پایدار با چالش های قابل ملاحظه ای روبرو بوده است.

با عنایت به ارزیابی عملکرد شرکت‌های سیمان حاضر در بورس به وسیله مدل ارائه شده در این مقاله، مشاهده شده است که در هر دوره تقریباً نیمی از زنجیره‌های تامین تحت بررسی نتوانسته اند خود را به مرز کارایی برسانند. به طور کلی بر اساس نتایج به دست آمده، می‌توان ازنجیره‌تامین پایدار این صنعت را به سه دسته تقسیم کرد. دسته اول این زنجیره ها هم در بخش پایداری و حفظ محیط زیست ضعیف عمل نموده اند و هم نتوانسته اند به جنبه های استراتژیکی، فرایندی و عملیاتی مناسبی دست پیدا کنند. مصرف نهاده ها و تولید خروجی متناسب با آن ها در این زنجیره ها چندان مطلوب نیست. زیرا علاوه بر تولید خروجی های نامطلوب متغیرهایی نظیر فروش، درآمد و سود نیز متناسب با اهداف به دست نیامده است. پیشنهاد می‌شود این زنجیره ها، از زنجیره های کارا الگو برداری نمایند تا در سنوات آتی بتوانند خود را در شرایط مطلوب قرار دهند.

تعداد ۱۰ شرکت سیمان حاضر در بورس در این دسته قرار می گیرند که عبارت اند از: ساباد، ساروم، سجام، سخرم، سدور، سرود، سشمال، سفیروز، سکرد و سهگمت.

دسته دوم زنجیره‌تامین کارا بوده اند که توانسته اند در طی ۳ دوره تحت بررسی عملکرد مطلوبی از خود به جای بگذارند و شرایط خوب خود را حفظ کنند. تعداد ۷ کارخانه سیمان حاضر در بورس در این دسته قرار می گیرند که عبارت اند از: سابیک، سباقر، سشرق، سنیر، سهرمز، سدشت و سلار.

تعدا ۲۸ کارخانه سیمان دیگر که در دسته سوم قرار می گیرند دارای نوساناتی هستند. به گونه‌ای که در یک سال دارای شرایط کارا بوده و در سنوات دیگر نتوانسته اند شرایط خوب خود را حفظ کنند و با کاهش نمره کارایی در وضعیت ناکارا قرار گرفته اند.

با فرض اینکه بپذیریم شرکت‌های سیمان حاضر در بورس قادر هستند اهدافی مشابه با آنچه که در این مقاله ارائه شد تعیین نمایند در این حالت، آنها با چالش های اجرای اهداف در سراسر عملیات کاری خود روبرو خواهند شد. به منظور حصول پیشرفت در جهت چنین اهدافی لازم است هر شرکت سیمان، شاخص‌های عملکرد، اهداف بهبود و ارتقاء مسئولیت ها و برنامه های خود را تعیین و ارائه نماید. به هر جهت بایستی توجه نمود که اجرای چنین برنامه هایی به تلاش سازمانی چشمگیری در جهت ایجاد بینش و تعهد در میانی نیروی کار شرکت بستگی خواهد داشت. بالاخره با فرض اینکه بپذیریم که شرکت‌های سیمان قادر به اجرای برنامه های اندازه گیری عملکرد توسعه پایدار می‌باشند، نیاز به یک مدل جامع که بتواند شاخص های مالی و غیر مالی را تلفیق کند بیش از پیش احساس می شود. مدل ارائه شده در این مقاله نیز قادر است بازخورد مناسبی را از وضعیت عملکرد زنجیره‌های تامین با رویکرد پایداری ارائه نماید و به ارزیابی عملکرد زنجیره‌تامین پایدار شرکت‌های سیمان حاضر در بورس بپردازد و حتی در سایر صنایع استراتژیک حاضر در بورس نیز به کار گرفته شود. بدون شک برای کارخانه های سیمان حاضر در بورس علاوه بر شاخص های مالی زنجیره تامین، شاخص های پایداری محیط زیست نیز می بایست مد نظر قرار گیرد که مدل شبکه ای ارائه شده قادر است با تلفیق این شاخص ها نمره کارایی نزدیک به واقعیت را ارائه نماید. مدل جدید ارائه شده در این مقاله نسبت به مدل های ارائه شده در تحقیقات پیشین دارای ویژگی هایی است که به مقایسه برخی از آن‌ها می پردازیم.

فهرست منابع

۱) الفت، لعیا، مزروعی نصرآبادی، اسماعیل (۱۳۹۳). مدلی جهت اندازه گیری پایداری زنجیره تأمین. فصلنامه علوم مدیریت ایران، سال ۹، شماره ۳۳: ۴۶-۲۹.

۲) بحرالعلوم، محمد مهدی، قوامی پور، نگار. (۱۳۹۷). اوراق بهادارسازی دریافتنیهای کارتهای اعتباری. جله مهندسی مالی و مدیریت اوراق بهادار، شماره ۳۰: ۱-۱۹.

۳) جهانشاهلو، غلامرضا. حسین زاده، فرهاد و نیکومرام، هاشم (۱۳۸۷)، کتاب مقدمه ای بر تحلیل پوششی داده ها و کاربردهای آن. انتشارات دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات:۴۰-۱.

۴) چهرگانی، حسین (۱۳۹۵). کاهش آلودگی زیست محیطی غبار در صنعت سیمان، فصلنامه صنعت سیمان، شماره ۳۱: ۵۲-۳۸.

۵) شجاع، نقی. فلاح جلودار، مهدی، درویش متولی، محمد حسین.(۱۳۹۰)، تعیین کارایی واحدهای منطقه ۱۲ دانشگاه آزاد اسلامی با استفاده از مدل چند مولفه ای در تحلیل پوششی داده ها. فصلنامه ریاضیات کاربردی ، دوره ۸، شماره ۲: ۱۱-۲۸.

۶) علی پور، محمد صادق. هژبر کیاننی، کامبیز (۱۳۹۱). اندازه‌گیری و تحلیل شاخص مالم‌کوئیست برای صنایع فلزات اساسی ایران. فصلنام اقتصاد مالی، دوره ۶، شماره ۲۰ :146-127 .

۷) علی محمد لو، مسلم. محمدی، سحر. (۱۳۹۴). تحلیل پویای عملکرد شرکت‌های دارویی پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران با استفاده ازروش ترکیبی تحلیل پوششی داده های پنجرهای و شاخص مالمکوئیست. فصلنامه حسابداری سلامت، سال چهارم، شماره ۴، پیاپی ۱۴:. ۴۲ -۶۰

8) Azadi, M. & Jafarian, M. (2015). A new fuzzy DEA model for evaluation of efficiency and effectiveness of suppliers in sustainable supply chain management context. Computers & Operations Research 54, 274 -285.

9) Babazadeh, R., Razmi, J., Rabbani, M. (2017). An integrated data envelopment analysisemathematical programming approach to strategic biodiesel supply chain network design problem. Journal of Cleaner Production 147 , PP: 694-707.

10) Badiezadeh, T., & Farzipoor Saen, R., & Samavati, T. (2017). Assessing sustainability of supply chains by double frontier network DEA: A big data approach. Computers & Operations Research, 7. pp:1-7.

11) Brandenburg, m. (2014). Quantitative models for sustainable supply chain management: Developments and directions. European Journal of Operational Research Volume 233, Issue 2, 1 March 2014, Pages 299-312.

12) Boudaghi,E., Farzipoor Saen, R.(2018). Developing a novel model of data envelopment analysis–discriminant analysis for predicting group membership of suppliers in sustainable supply chain. Computers and Operations Research 89,348–359.

13) Cook, Wade D., & Zhu, Joe. Bi, Gongbing. Yang, Feng. Network DEA: Additive efficiency decomposition, European Journal of Operational Research 207, 1122−1129, (2010).
14) De Camargo Fiorini, P. Charbel José, j. (2017). Information systems and sustainable supply chain management towards a more sustainable society. International Journal of Information Management, Volume 37, Issue 4, Pages 241-249.
15) Fallahpour, A., Udoncy Olugu, E., Nurmaya Musa, S., Yew Wong, K. (2017). A decision support model for sustainable supplier selection in sustainable supply chain management. Journal of Computers and Industrial Engineering Volume 105 Issue C, March pp: 391-410.
16) Fernanda B.A.R. Mariz, Mariana R. Almeida. , Daniel Aloise. (2018). A review of Dynamic Data Envelopment Analysis: state of the art and applications. Intl. Trans. in Op. Res. 25 , 469–505.
17) Gandhi, S.,& Kumar Mangla, S., & Kumar, P. (2015) Evaluating factors in implementation of successful green supply chain management using DEMATEL: A case study. International Strategic Management Review, 3 , 96–109
18) Genovese, A. & Adolf A, A. Alejandro, F. (2017). Sustainable supply chain management and the transition towards a circular economy: Evidence and some applications. O mega, 344- 357.
19) Hatami-Marbini, A., Ebrahimnejad, A., Lozano, S. (2017). Fuzzy efficiency measures in data envelopment analysis using lexicographic multiobjective approach. Computers & Industrial Engineering 105 , 362–376
20) Hosseinzadeh-Lotfi, f., Jahanshahloo, G.R., Mohammadpour, M. (2013). An Extension of Cross Redundancy of Interval Scale Outputs and Inputs in DEA., Hindawi Publishing Corporation Journal of Applied Mathematics ,2013, Article ID 658635, 7.
21) Hosseinzadeh-Lotfi, F., Taeb, Z., Abbasbandy, S. (2017). Determine the Efficiency of Time Depended Units by Using Data Envelopment Analysis. International Journal of Research in Industrial Engineering, Vol. 6, No. 3, 193–201.
22) Hsu, C.W., & Hu. A.H. (2008). Green Supply Chain Management in the Electronic Industry. International Journal of Science and Technology, 5(2), 205-216.
23) Hsu, SH., Kuo, T. (2013). Using DEMATEL to develop a carbon management model of supplier selection in green supply chain management. In Journal of Cleaner Production 56, 164e172.
24) Govindan, K., Kadziński, M., Sivakumar, R. (2016). Application of a novel PROMETHEE-based method for construction of a group compromise ranking to prioritization of green suppliers in food supply chain. In Omega 58, 132–142.

25) Jahan Shohloo. R. and Alirezaee. M.R (2000). Measuring the Efficience of Academic units at the at the Teacher Training University, institute of mathematics, Teacher training university Tehran Iran.
26) Jahani, A., & Soofi, F., & Mennati, R., & H. Rahimi Nezhad (2013). Identifying the Ranking of the Companies Listed on the Tehran Stock Exchange Using Studied متغیرهای and Analytical Hierarchy Process, The National Conference of Accounting and Management, September 5th, Safashahr Kharazmi International Institute for Educational Research.
27) Kannan, D., Sousa Jabbour, AB. (2014). Selecting green suppliers based on GSCM practices: Using fuzzy TOPSIS applied to a Brazilian electronics company. In European Journal of Operational Research 233, 432.
28) Kao, CH. (2013). Dynamic data envelopment analysis: A relational analysis. In European Journal of Operational Research 227, 325–330.
29) Kiani, Fatemeh, Ansari, Rahimi,. (2014)."Economic, social and environmental impacts of Hegmatan cement plant on Shangjarin Village". Quarterly Journal of Rural Space and Rural Development,, 4 (2), 144-133.
30) Liang, L., Cook, W.D., Zhu, J, (2008). DEA models for two-stage processes: Game approach and efficiency decomposition, Naval Research Logistics 55, 643–653.
31) Liou, J.J.H., (2013) .New concepts and trends of MCDM for tomorrow–in honor of Professor. Journal Technological and Economic Development of Economy Volume 19,331-347.
32) Mariadoss, B., TingChi, H., Tansuhaj, P., Pomirleanu, N. Polyakovskiy, S., Varasi, M. (2016). Sustainable supply chain network design: A case of the wine industry in Australia. Omega Volume 66, Part B, January 2017, 236–247.
33) Mathiyazhagan, K., Govindan, K. and Noorul Haq, A. (2014). Pressure analysis for green supply chain management implementation in Indian industries using analytic hierarchy process. International Journal of Production Research, 52,1-6
34) Mollenkopf, D., Stolze, H., Tate, W.L. and Ueltschy, M. (2010) Green, lean, and global supply chains. International Journal of Physical Distribution and Logistics Management, 40(1/2), 14-41
35) Rao, P., and Holt, D.(2005). Do green supply chains lead to competitiveness and economic performance? International Journal of Operations and Production Management, 25(9), 898-916.
36) Shabanpour, H., Yousefi, S., Farzipoor Saen, R.(2017). Forecasting efficiency of green suppliers by dynamic data envelopment analysis and artificial neural networks. Journal of Cleaner Production 142, 1098e1107.

37) Tavana, M., Shabanpour, H. (2016). A hybrid goal programming and dynamic data envelopment analysis framework for sustainable supplier evaluation. In Neural Comput & Applic DOI 10.1007/s00521-016-2274-z.
38) Tavassoli, M., Farzipoor Saen, R., Faramarzi, G.R. (2015). Developing network data envelopment analysis model for supply chain performance measurement in the presence of zero data. Expert Systems, Vol. 32, No. 3
39) Tseng, G. H., Chiang, C. H. and Li, C. W. (2007). Evaluating intertwined effects in e-learning programs: a novel hybrid MCDM model based on factor analysis and DEMATEL. Expert System with Applications, 32, 1028-1044.
40) Tone, K. (2001). A slacks-based measure of efficiency in data envelopment analysis. European Journal of Operational Research, 130, 498–509.
41) Tone, K. (2001). A slacks-based measure of efficiency in data envelopment analysis". European Journal of Operational Research. 130, 498-509.
42) Vafaie, F. and A. Babaie (2010). Designing the Group Fuzzy Multiple Criteria Decision-making Model for Ranking the Stocks on the Tehran Stock Exchange. Journal of Industrial Management, 14 (1), 89- 102. [In Persian]
43) Wolf, C., & Seuring, S. (2010). Environmental impacts as buying criteria for third party logistical services. International Journal of Physical Distribution & Logistics Management, 40(1/2), 84–10.
44) Yalcin, N., & Ali, B., & K. Cengiz (2012). Application of Fuzzy MultiCriteria Decision Making Methods for Financial Performance Evaluation of Turkish Manufacturing Industries. Expert Systems with Applications, 39(1), 350-364.

یادداشت ها:

1 Efficiency
2 Effectiveness
3 Decision Making Unit (DMU)
4 Sustainable Supply Chain Management (SSCM)
5 Tseng
6 Badiezadeh
7 Mariadoss
8 Slacks-Based Measure (SBM)
9Additive
10 Tone
11 Slack Variable
12 Free Dimension