

طراحی مدل نوآورانه ارزیابی عملکرد تأمین کنندگان / پیمانکاران در زنجیره تأمین پروژه‌های ساخت‌وساز

یاسر رحیمی^۱، جعفر رزمی^{۲*}، اسماعیل چراغی^۳، سیروس شجاعی^۴

۱. کارشناس ارشد مهندسی صنایع دانشگاه تهران

۲. عضو هیئت‌علمی دانشکده مهندسی صنایع دانشگاه تهران

۳. دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی صنایع دانشگاه تهران

۴. دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی صنایع دانشگاه علم و صنعت

(تاریخ دریافت ۹۳/۱۰/۲۸ - تاریخ دریافت روایت اصلاح‌شده ۹۳/۱۲/۱۹ - تاریخ تصویب ۹۴/۰۳/۱۷)

چکیده

مدیریت ارزیابی و انتخاب پیمانکاران و تأمین کنندگان، بخشی اساسی از فرایند ساخت‌وساز است؛ زیرا پیمانکاران، از ارکان اساسی پروژه‌های ساخت‌وساز و عامل اصلی تبدیل منابع به محصول نهایی به‌شمار می‌آیند. انتخاب پیمانکار پروژه‌های ساخت‌وساز، براساس پایین‌ترین قیمت پیشنهادی صورت می‌گیرد، اما شاخص‌های کمی و کیفی متعدد، با درجات متفاوت اهمیت، در انتخاب پیمانکار یا تأمین‌کننده مطرح‌اند. هدف از این مقاله، ارائه مدل چابک زنجیره تأمین در شرکت‌های عمرانی و ارزیابی عملکرد تأمین کنندگان و پیمانکاران است. در این مقاله از رویکرد ترکیبی^۱ DEA/AHP/FDEMATEL استفاده شده است. در مدل ارائه‌شده، ابتدا با رویکرد FDEMATEL تأثیرگذارترین و مهم‌ترین شاخص‌های مطلوب ارزیابی عملکرد تأمین کنندگان و پیمانکاران شرکت انتخاب می‌شوند. سپس به‌روش ترکیبی DEA/AHP ارزیابی و رتبه‌بندی و در شبکه زنجیره تأمین گنجانده می‌شوند. در این شبکه، مفهوم چابکی نیز در نظر گرفته شده است. همچنین در این پژوهش، برای نخستین‌بار در ایران مدل زنجیره تأمین در شرکت‌های عمرانی، بررسی و طراحی شدند.

واژه‌های کلیدی: ارزیابی عملکرد تأمین کنندگان، پروژه‌های ساخت‌وساز، زنجیره تأمین چابک، مدیریت زنجیره تأمین.

مقدمه

برآورده کردن نیازهای مشتریان گام برمی‌دارند [۲]. هدف کلی مدیریت زنجیره تأمین، یکپارچگی واحدهای سازمانی و هماهنگی جریان مواد، اطلاعات و پول به گونه‌ای است که رقابت‌پذیری زنجیره بهبود یابد [۳-۵]. مدیریت زنجیره تأمین، در پروژه‌های عمرانی^۲ بدین‌صورت تعریف می‌شود: مدیریت راهبرد جریان اطلاعات، فعالیت‌ها، وظایف و فرایندها شامل شبکه‌های متنوعی از سازمان‌های مستقل و مسیرهای ارتباطی (رو به بالا و رو به پایین) که ارزشی را ایجاد می‌کند که به‌شکل پروژه تکمیل‌شده به مالک آن برسد [۶]. گروه فعالیت‌های رو به بالای (بالادستی) مدیریت

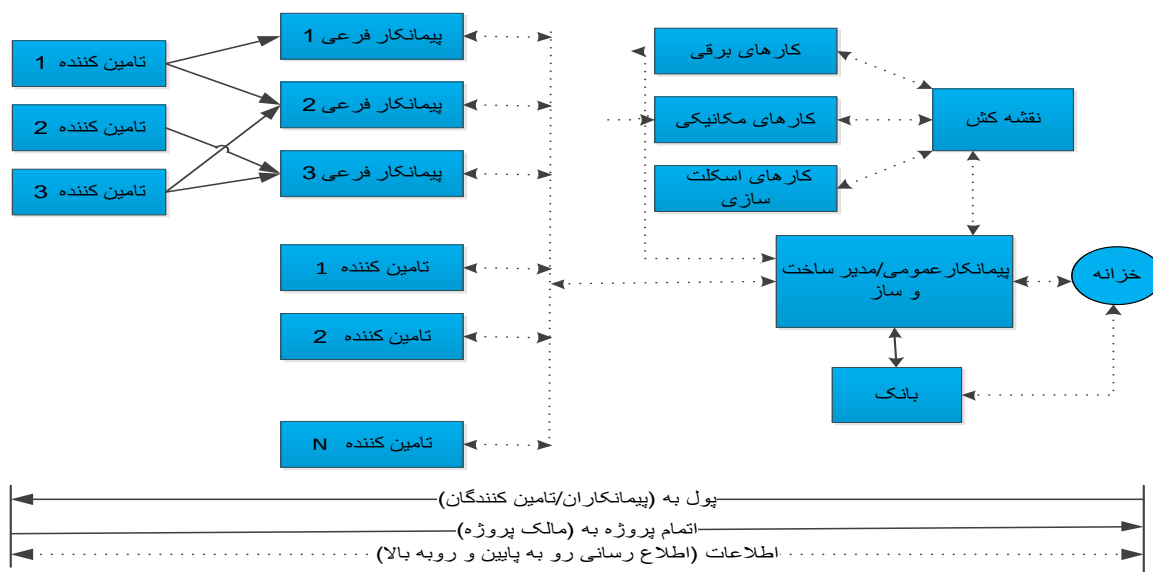
کارایی و اثربخشی هر سازمان، حاصل عملکرد مدیریت و ساختار زنجیره تأمین آن است. این امر از طریق بهبود در ساماندهی زنجیره تأمین میسر می‌شود. مدیریت زنجیره تأمین، مجموعه‌ای از رویکردهاست که به‌منظور هماهنگی بین تأمین کنندگان، تولیدکنندگان، انبارها و خرده‌فروشان انجام می‌شود؛ به طوری که کالا به‌مقدار مناسب و در زمان و مکان مناسب تولید و توزیع شود و با ارضای سطح خدمت مشخصی از مشتریان، هزینه‌های کلی سیستم را کمینه کند [۱]. درواقع، مدیریت زنجیره تأمین، مربوط به شبکه‌ای از کارهاست که به صورت داخلی به هم مرتبط‌اند و در جهت

[۶]. در شکل‌های ۱ و ۲، دو مدل عمودی و افقی برای مدیریت زنجیره تأمین در پروژه‌های ساخت‌وساز ارائه شده است که در اینجا برای طراحی شبکه زنجیره تأمین، از مدل اول استفاده می‌شود [۶].

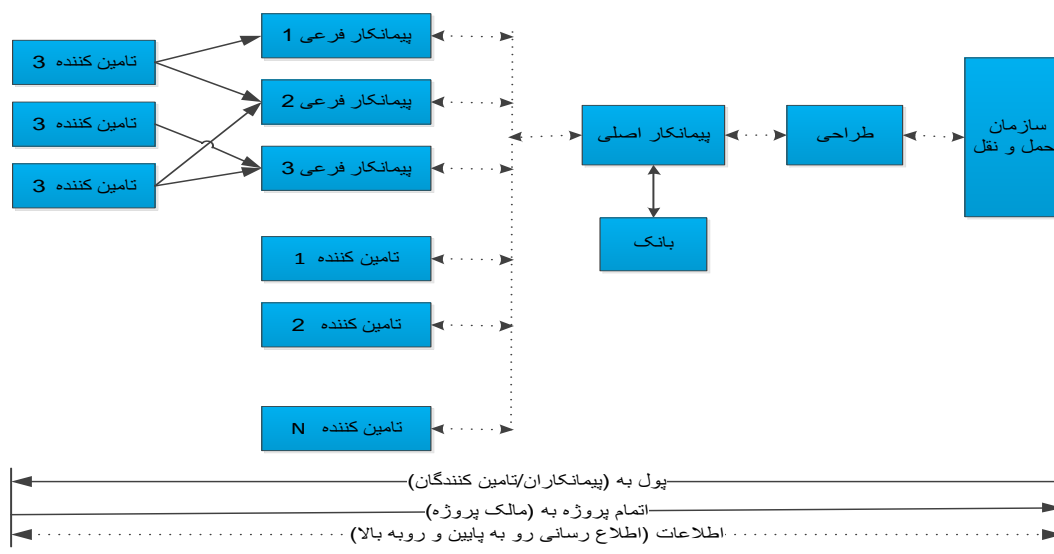
تصمیم‌گیری و انتخاب تأمین‌کنندگان و پیمانکاران، اساساً مسئله‌ای چندمعیاره است. ماهیت چنین تصمیم‌گیری‌هایی، معمولاً پیچیده و ساختارنیافته است که با به‌کارگیری ابزارهای فنون علم مدیریت، از جمله روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره^۳ می‌توان در زمینه تصمیم‌گیری برای این مسائل کمک کرد؛ بنابراین، با توجه به مسائل و ادبیات موضوع این مقاله، ارزیابی تأمین‌کنندگان و پیمانکاران همراه با طراحی شبکه مدیریت زنجیره تأمین در پروژه‌های ساخت‌وساز، به‌عنوان مدلی جدید ارائه شده است. در مقاله‌های [۸] و [۹]، به‌ترتیب از روش‌های فرایند تحلیل شبکه‌ای فازی و روش تاپسیس فازی برای انتخاب تأمین‌کنندگان استفاده شده است.

در ادبیات موضوع، روش‌های زیادی برای ارزیابی تأمین‌کنندگان وجود دارد که یکی از بهترین آن‌ها، روش ترکیبی DEA/AHP است. روش ترکیبی DEA/AHP در زمینه‌های ارزیابی عملکرد بسیار کاراست که در بیشتر مقاله‌ها برای ارزیابی واحدهای تصمیم‌گیری یا ارزیابی عملکرد سازمان‌های دولتی به‌کار رفته است [۱۰-۱۷].

زنجیره تأمین در پروژه‌های ساخت‌وساز، از منظر پیمانکار اصلی، شامل مالک پروژه و گروه طراحی/مهندسی شامل آماده‌سازی فرایند ساخت‌وساز می‌شود. گروه فعالیت‌های رو به پایین (پایین‌دستی)، شامل تأمین‌کنندگان مواد و پیمانکاران فرعی است که با پیمانکار اصلی برای انجام کارهای ساخت‌وساز پروژه در تعامل‌اند. انجام این فعالیت‌ها، مستلزم هماهنگی بسیار زیاد طرف‌های پروژه است. شرکت‌های عمرانی برای باقی‌ماندن در عرصه رقابت بازار به‌شدت رقابتی امروز، باید روابط را با بهترین تأمین‌کنندگان و بهترین پیمانکاران فرعی حفظ کنند. سازمان‌های عمرانی، در شناسایی توانایی‌های تأمین‌کنندگانشان متخصص نیستند و اغلب تصمیم‌هایی براساس برداشت ذهنی برای انتخاب تأمین‌کنندگان مواد اتخاذ می‌کنند. این وظیفه یکپارچه (فرایند انتخاب تأمین‌کننده مواد) باید با محیط مدیریت زنجیره تأمین به‌گونه‌ای هماهنگ شود که قابلیت دسترسی به مواد را تضمین کند. پیمانکاران اصلی باید قابلیت‌ها و صلاحیت‌های تأمین‌کنندگان را ارزیابی کنند و در صورت لزوم، آن‌ها را جایگزین کنند. از آنجاکه شرکت‌ها به‌دلایل مختلف از بازار خارج می‌شوند، پیمانکاران اصلی باید جایگزین‌هایی داشته باشند و در آخر، پیمانکار اصلی باید اطلاعات را با تأمین‌کنندگان راهبردی به اشتراک بگذارد



شکل ۱. الگوی زنجیره تأمین در پروژه‌های عمودی‌ساز در بخش خصوصی و دولتی



شکل ۲. الگوی زنجیره تأمین افقی و پروژه‌های بزرگ عمرانی در بخش عمومی

مطلوب تأثیرگذار بر انتخاب تأمین‌کنندگان و پیمانکاران را انتخاب و با رویکرد ترکیبی AHP/DEA رتبه‌بندی می‌کند. سپس با تشکیل شبکه مدیریت زنجیره تأمین در شرکت‌های عمرانی، با الگوگرفتن از شکل ۱ و قراردادن بهترین تأمین‌کنندگان و پیمانکاران در شبکه، مدل پیشنهادی ارائه می‌شود. این پژوهش در شرکت عمرانی صنعتی پارس گرما انجام شده است.

شرکت عمرانی و صنعتی پارس گرما با تکیه بر تجارب ارزنده‌اش در زمینه‌های مهندسی عمران شامل سدسازی و اجرای شبکه‌های آبیاری و زهکشی، راه‌سازی، حفاری تونل، ساخت بناهای سنگین بتنی و فلزی، سازه‌های دریایی، انبوه‌سازی مسکن و طراحی و ساخت کارخانه‌های تولیدی فعالیت دارد.

شرکت، در رشته‌های زیر از معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی ریاست جمهوری و وزارت مسکن و شهرسازی، رتبه‌هایی به این شرح دریافت کرده است: پایه یک رشته آب، پایه یک رشته صنعت و معدن، پایه یک رشته راه و ترابری، پایه یک رشته ساختمان و ابنیه، پایه یک رشته تأسیسات و تجهیزات، پایه دو رشته نفت و گاز، پایه سه رشته نیرو، پایه دو طرح و ساخت رشته ساختمان و ابنیه و پایه یک مدیریت انبوه‌سازی. شرکت عمرانی و صنعتی پارس گرما، از سال ۱۳۸۲ موفق به دریافت

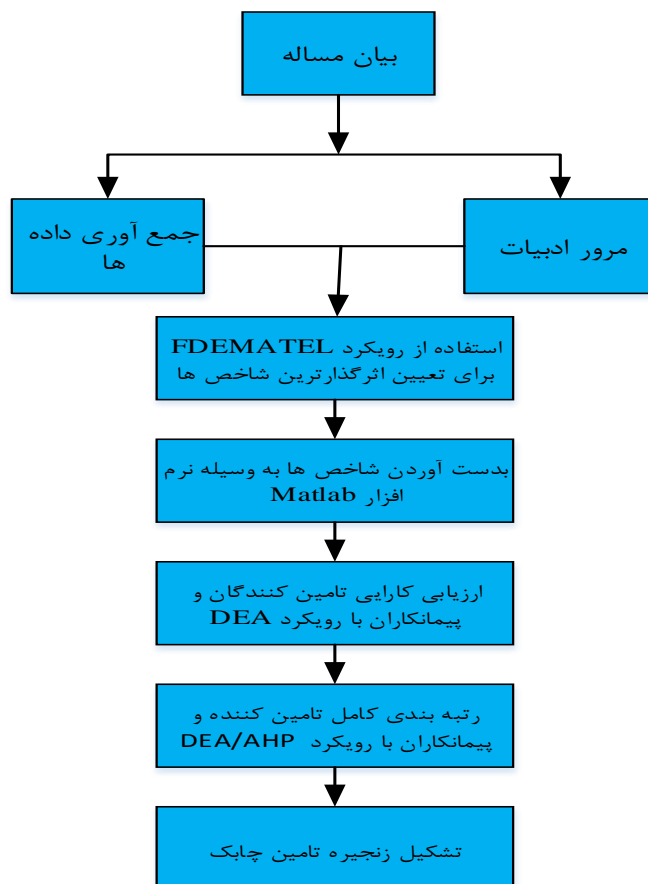
زیلا و همکاران [۱۸] رویکرد ترکیبی AHP/DEA را ارائه کردند. در این پژوهش، برتری این روش در مقایسه با روش‌های DEA و AHP برای ارزیابی عملکرد واحدهای تصمیم‌گیری بررسی شده است. همچنین یوژوو و وین ژیانگ [۱۹] برای ارزیابی مالی واحدهای تصمیم‌گیری، از روش ترکیبی AHP/DEA استفاده کردند.

چارچوب رویکرد ترکیبی ارزیابی در شرکت پارس گرما

زنجیره تأمین در کارخانه‌های تولیدی به صورت چندسطحی و زنجیره‌ای شامل تأمین‌کننده، کارخانه، عمده‌فروش، خرده‌فروش و انبار است که کارخانه یا انبار در شبکه زنجیره تأمین تولیدی ثابت در نظر گرفته می‌شود، اما در پروژه‌های ساخت‌وساز، انبار به صورت ثابت وجود ندارد؛ بلکه با تمام شدن هر پروژه، کارگاه (انبار مجازی) برپیده می‌شود؛ بنابراین، می‌توان انبارها را در شبکه زنجیره تأمین عمرانی، به صورت مجازی تعریف کرد. مدل پیشنهادی زنجیره تأمین در این پژوهش، به صورت چابک و مجازی در نظر گرفته شده است؛ یعنی این شبکه با تمام شدن پروژه‌های ساخت‌وساز کاربرد دارد. در شبکه از یک مدل چندمعیاره ترکیبی استفاده شده است. این مدل، ابتدا براساس تکنیک FDEMATEL، مؤثرترین معیارهای

گواهینامه‌های سیستم مدیریت یکپارچه (IMS) از شرکت DQS آلمان و شبکه جهانی کیفیت IQNet به شرح زیر شده است: سیستم مدیریت زیست‌محیطی (ISO 14001:2004)، سیستم مدیریت کیفیت (ISO 9001:2008)، سیستم مدیریت ایمنی و بهداشت (OHSAS 18001:2007)، سیستم مدیریت ریسک (ISO 31000-2009)، سیستم مدیریت ارتباط و رسیدگی به شکایت‌های مشتریان (DIN ISO 10002:2005) و تقدیرنامه پنج‌ستاره‌ی تعالی EFQM مدل تعالی سازمانی.

گواهینامه‌های سیستم مدیریت یکپارچه (IMS) از شرکت DQS آلمان و شبکه جهانی کیفیت IQNet به شرح زیر شده است: سیستم مدیریت زیست‌محیطی (ISO 14001:2004)، سیستم مدیریت کیفیت (ISO 9001:2008)، سیستم مدیریت ایمنی و بهداشت (OHSAS



شکل ۳. چارچوب مدل ارائه شده

مقایسه‌های زوجی است- با بهره‌مندی از قضاوت خبرگان در استخراج عوامل یک سیستم و ساختاردهی نظام‌مند به آن‌ها و با به‌کارگیری اصول نظریهٔ گراف‌ها، ساختاری سلسله‌مراتبی از عوامل موجود در سیستم همراه با روابط تأثیر و تأثر متقابل ارائه می‌دهد؛ به‌گونه‌ای که شدت اثر روابط مذکور را به‌صورت امتیاز عددی معین می‌کند. از مزیت‌های این روش، در نظر گرفتن ارتباط‌های متقابل و ساختاردهی به عوامل پیچیده در قالب گروه‌های علی و معلولی است. یکی از مزیت‌های این روش، در نظر گرفتن ارتباط‌های متقابل است. مزیت این روش در مقایسه با

تعیین شاخص‌های ارزیابی کارایی عملکرد با روش فازی دیمتل

برای ارزیابی کارایی واحدهای تصمیم‌گیری، ابتدا نیاز است که شاخص‌های آن بررسی و تعیین شوند. در این پژوهش، برای به‌دست‌آوردن مهم‌ترین شاخص‌ها برای ارزیابی عملکرد تأمین‌کنندگان و پیمانکاران، از روش FDEMATEL استفاده شد. در نهایت، با توجه به ویژگی‌های خاص شرکت‌های عمرانی، مهم‌ترین شاخص‌ها، هم برای تأمین‌کنندگان و هم برای پیمانکاران به‌دست آمدند. روش دیمتل- که از روش‌های تصمیم‌گیری براساس

$$T = X \times (1 - X)^{-1} \quad (۳)$$

ایجاد نمودار علت و معلول

مجموع ردیف‌ها D و مجموع ستون‌ها R از ماتریس T با استفاده از رابطه‌های ۴-۶ محاسبه می‌شود.

$$T = [t_{ij}]_{n \times n} \quad i, j = 1, 2, \dots, n \quad (۴)$$

$$(۵)$$

$$R = \left[\sum_{i=1}^n t_{ij} \right]_{1 \times n} = [t_j]_{1 \times n} \quad i, j = 1, 2, \dots, n \quad (۶)$$

$$D = \left[\sum_{i=1}^n t_{ij} \right]_{n \times 1} = [t_i]_{n \times 1} \quad i, j = 1, 2, \dots, n$$

بردار محور افقی نمودار علت و معلول (D+R) بردار برتری نامیده می‌شود که نشان‌دهنده اهمیت نسبی هر معیار است. محور عمودی (D-R)، بردار رابطه نام دارد که به‌طور کلی، اگر مقدار آن مثبت باشد، معیار متناظر آن متعلق به گروه علت است و در صورت منفی بودن، معیار متناظر عضوی از گروه معلول است.

به‌دست آوردن ماتریس وابستگی داخلی

در این گام، مجموع هر ستون در ماتریس رابطه کلی، از طریق روش نرمال‌سازی برابر یک می‌شود و سپس ماتریس وابستگی داخلی به‌دست می‌آید. برای استفاده از روش Fuzzy DEMATEL از مقاله‌های [۲۱] و [۲۰] استفاده شده است. گروه خبرگان، شامل ۲۰ نفر از متخصصان و خبرگان (مدیران پروژه و مدیرعامل) دارای تجربه کافی در زمینه ارزیابی تأمین کنندگان در پروژه‌های مختلف‌اند که از آن‌ها خواسته شد نظر خود را با پرکردن پرسشنامه‌ها اعلام کنند. با توجه به نتایج روش FDEMATEL، بااهمیت‌ترین و اثرگذارترین شاخص‌ها را برای تأمین کنندگان و پیمانکاران در شرکت انتخاب می‌کنیم. با توجه به جدول‌های ۲ و ۳، شاخص‌هایی که هم‌زمان مقدار اهمیت نسبی بالا (بردار برتری) و سهم مساوی در هر دو گروه علت و معلول (بردار رابطه) داشته باشند، انتخاب شده‌اند.

تکنیک تحلیل شبکه‌ای، روشنی و شفافیت آن در انعکاس ارتباط‌های متقابل میان مجموعه‌های وسیعی از اجزاست؛ به‌طوری که متخصصان قادرند با تسلط بیشتری به بیان دیدگاه‌های خود درباره تأثیرهای متقابل (جهت و شدت تأثیر) عوامل بپردازند. شایان ذکر است که ماتریس تکنیک دیمتل (ماتریس ارتباط‌های داخلی)، در واقع تشکیل‌دهنده بخشی از سوپرماتریس است. به‌عبارتی، تکنیک دیمتل به‌طور مستقل عمل نمی‌کند؛ بلکه زیرسیستمی از سیستم بزرگ‌تری مانند تکنیک تحلیل شبکه‌ای است. مزیت دوم، ساختاردهی به عوامل پیچیده در قالب گروه‌های علی و معلولی است. این مورد، یکی از مهم‌ترین کارکردها و یکی از مهم‌ترین دلایل کاربرد فراوان آن در فرایندهای حل مسئله است؛ بدین‌صورت که تقسیم‌بندی مجموعه وسیعی از عوامل پیچیده در قالب گروه‌های علی و معلولی، تصمیم‌گیرنده را در شرایط مناسب‌تری از درک روابط قرار می‌دهد. این موضوع سبب شناخت بیشتر از جایگاه عوامل و نقششان در جریان تأثیرگذاری متقابل می‌شود.

گام‌های روش دیمتل

ایجاد ماتریس رابطه مستقیم

گروه متخصصان، مقایسه‌های زوجی معیارها را انجام می‌دهند. در نتیجه، ماتریس رابطه مستقیم A- که ماتریسی $n \times n$ (تعداد معیارها) است- ایجاد می‌شود و a_{ij} (هر عنصر ماتریس A) عددی است که مقدار اثر معیار i بر معیار j را نشان می‌دهد.

نرمال کردن ماتریس رابطه مستقیم

ماتریس نرمال، رابطه اولیه را می‌توان از طریق رابطه‌های ۱ و ۲ محاسبه کرد.

$$X = k \times A \quad (۱)$$

$$k = 1 / \max \sum_{j=1}^n a_{ij} \quad 1 \leq i \leq n \quad (۲)$$

به‌دست آوردن ماتریس رابطه کلی

ماتریس رابطه کلی (T) را می‌توان از طریق رابطه ۳ محاسبه کرد. I نیز یک ماتریس یکه است.

جدول ۱. بردار رابطه و برتری (اهمیت نسبی) گروه علی و معلولی برای تأمین کنندگان

R+D	R-D	D	R	معیار
۵۰/۳۳۲۵	-۰/۶۶	۲۵/۴۹۶۲۵	۲۴/۸۳۶۲۵	۲۰CR
۴۳/۹۹۶۵	۱۱/۹۱۳	۱۶/۰۴۱۷۵	۲۷/۹۵۴۷۵	۱۴CR
۴۱/۱۶۹۵	۲/۴۸۷-	۲۱/۸۲۸۲۵	۱۹/۳۴۱۲۵	۱۳CR
۴۰/۹۶۱۲۵	۲/۰۰۷۲۵-	۲۱/۴۸۴۲۵	۱۹/۴۷۷	۱۹CR
۴۱/۴۴۲۵	۱/۹۰۳	۱۹/۷۶۹۷۵	۲۱/۶۷۲۷۵	۱۶CR
۴۲/۳۶۰۷۵	۲/۰۵۴۷۵	۲۰/۱۵۳	۲۲/۲۰۷۷۵	۱۷CR
۴۲/۲۳۴	۵/۸۵۳	۱۸/۱۹۰۵	۲۴/۰۴۳۵	۲CR
۳۹/۰۰۴۵	۷/۵۸۸۵	۱۵/۷۰۸	۲۳/۲۹۶۵	۱۰CR
۳۷/۲۳۳۷۵	-۰/۲۳۰۲۵	۱۸/۷۳۲	۱۸/۵۰۱۷۵	۱۸CR
۳۶/۹۸۰۲۵	۳/۵۹۹۲۵-	۲۰/۲۸۹۷۵	۱۶/۶۹۰۵	۱CR
۳۶/۴۶۴۲۵	-۰/۹۶۰۷۵	۱۸/۷۱۲۵	۱۷/۷۵۱۷۵	۳CR
۳۵/۸۳۹۵	۵/۳۸۲-	۲۰/۶۱۰۷۵	۱۵/۲۲۸۷۵	۴CR
۳۵/۶۹۷	۲/۲-	۱۹/۰۲۸۲۵	۱۶/۶۶۸۷۵	۱۲CR
۳۳/۵۷۹	۹۶۳۵/۷	۱۲/۸۰۷۷۵	۲۰/۷۷۱۲۵	۱۵CR
۳۲/۸۱۷	۱۱/۱۱-	۱۲/۹۱۲۷۵	۱۰/۹۰۴۲۵	۹CR
۳۰/۷۴۱۷۵	۶/۶	۱۲/۳۴۸	۱۸/۳۹۳۷۵	۸CR
۲۷/۶۶۳۷۵	-۰/۸۶۷۷۵	۱۳/۳۹۸	۱۴/۲۶۵۷۵	۶CR
۲۷/۲۹۴	۵۱۵/۱-	۱۴/۴۰۴۵	۱۲/۸۸۹۵	۷CR
۲۲/۸۹	۰/۰	۱۱/۷۲۵	۱۱/۷۷۲۷۵	۱۱CR
۲۲/۰۲۶۷۵	۳/۸۶۰۲۸	۹/۰۸۳۲۵	۱۲/۹۴۳۵	۵CR

جدول ۲. بردار رابطه و برتری (اهمیت نسبی) گروه علی و معلولی برای تأمین کنندگان

R+D	R-D	D	R	معیار
۴۲/۳۵۶۸۷	۵/۵۷۱۷۸۷-	۲۴/۰۸۷۳۷	۱۸/۲۶۹۵	CR ۹
۳۰/۱۵۵۵	۲/۹۵۹۵	۱۳/۵۹۸	۱۶/۵۵۷۵	CR ۲۰
۳۳/۲۶۱۵۵	۴/۰۱۱۴۵	۱۴/۶۲۵۰۵	۱۸/۶۳۶۵	CR ۱۴
۲۸/۵۲۴۴۵	-۰/۰۶۹۴۵	۱۴/۲۹۶۹۵	۱۴/۲۲۷۵	CR ۱۳
۲۸/۳۰۹۶	۳/۶۷۳۶-	۱۵/۹۹۱۶	۱۲/۳۱۸	CR ۱۹
۲۳/۹۲۵۷	۴/۹۷۱۳	۹/۴۷۷۲	۱۴/۴۴۸۵	CR ۱۶
۲۳/۱۴۰۵۸	۷/۹۲۱۴۱۶	۷/۶۰۹۵۸۴	۱۵/۵۳۱	CR ۱۰
۲۳/۰۲۰۱	۲/۷۴۳۱-	۱۲/۸۸۱۶	۱۰/۱۳۸۵	CR ۱۷
۲۲/۵۲۹۴۵	-۰/۳۰۴۴۵	۱۱/۴۱۶۹۵	۱۱/۱۱۲۵	CR ۱۲
۲۲/۳۲۴۹	۲/۳۴۴۱	۹/۹۹۰۴	۱۲/۳۳۴۵	CR ۱۸
۲۲/۱۰۵۲	۹/۹۵۲۸	۶/۰۷۶۲	۱۶/۰۲۹	CR ۲
۲۱/۵۳۲۱۵	۶/۱۶۲۸۵	۷/۶۸۴۶۵	۱۳/۸۴۷۵	CR ۱۵
۱۹/۳۱۹۵	۴/۳۴۹۵	۷/۴۸۵	۱۱/۸۳۴۵	CR ۳
۱۹/۲۴۲۹	۳/۰۱۱۱	۸/۱۱۵۹	۱۱/۱۲۷	CR ۱
۱۸/۳۹۶۸	۱/۹۰۸۲	۸/۲۴۴۳	۱۰/۱۵۲۵	CR ۴
۱۷/۲۰۱۷	۷/۳۲۳۳	۴/۹۳۹۲	۱۲/۲۶۲۵	CR ۸
۱۷/۸۶۹۷	۴/۱۵۱۳	۵/۳۵۹۲	۹/۵۱۰۵	CR ۶
۱۴/۵۱۸۸۵	۱/۱۷۸۱۵	۶/۶۷۰۳۵	۷/۸۴۸۵	CR ۱۱
۱۴/۳۵۴۸	۲/۸۳۱۲	۵/۷۶۱۸	۸/۵۹۳	CR ۷
۱۲/۲۶۲۳	۴/۹۹۵۷	۳/۶۳۳۳	۸/۶۲۹	CR ۵

ترکیبی DEA/AHP را برای رتبه‌بندی واحدهای تصمیم‌گیری ارائه دادند. در این روش، ابتدا مدل تحلیل پوششی داده‌ها برای هر زوج از واحدها بدون در نظر گرفتن سایر واحدها حل می‌شود. سپس با استفاده از نتایج حل مدل‌های DEA، ماتریس مقایسه‌های زوجی تشکیل و با حل مدل فرایند سلسله‌مراتبی تحلیل یک‌سطحی، رتبه‌بندی کامل انجام می‌شود [۶-۱۵].

روش ترکیبی DEA/AHP با توجه به جدول‌های ۶ و ۷ پیوست اجرا شد که نتایج آن در جدول‌های ۴ و ۵ مشاهده می‌شود. برای اطلاعات بیشتر درباره اجرای این روش به مقاله [۱۰] مراجعه شود.

طراحی شبکه زنجیره تأمین در پروژه‌های ساخت‌وساز (شرکت پارس گرما)

در این پژوهش، با توجه به ادبیات موضوع و بررسی زنجیره تأمین در شرکت‌های عمرانی، یک مدل ابتکاری پویای زنجیره تأمین خاص پروژه‌های ساخت‌وساز به دست آمد. در این مدل، ابتدا برای انتخاب تأمین‌کنندگان و پیمانکاران، از رویکرد ترکیبی FDEMATEL/AHP/DEA استفاده شد و بهترین‌ها برای انجام پروژه انتخاب شدند. در حین اجرای پروژه، واحد دفتر مدیریت پروژه و واحد تضمین کیفیت، با پیمانکار پروژه در ارتباط‌اند، پیوسته پروژه را ارزیابی می‌کنند و به محض اخلاص یا کوتاهی پیمانکار در اجرای پروژه، موضوع را به پیمانکار اصلی ارجاع می‌دهند. در مرحله سوم، پس از اتمام پروژه برای ارزیابی تأمین‌کنندگان و پیمانکاران، مدیران پروژه شاخص‌های بعد از اتمام پروژه را با شاخص‌های قبلی تلفیق می‌سازند و دوباره تأمین‌کنندگان و پیمانکاران را براساس رویکرد ترکیبی DEA/AHP ارزیابی و بهترین‌ها را انتخاب می‌کنند. سپس به‌عنوان پایگاه داده‌ای، از بهترین‌ها برای پروژه بعدی استفاده می‌شود. در واقع، ارزیابی در حین اجرا، در پایان پروژه و پس از اتمام پروژه، یک رویکرد چابکی برای ارزیابی تأمین‌کنندگان و پیمانکاران در مدل زنجیره تأمین پروژه‌های ساخت‌وساز است.

شاخص‌های منتخب، برای تأمین‌کنندگان به ترتیب، معیارهای تحویل کالا (CR 20)، تجهیزات (CR 14)، ضایعات (CR 13)، تضمین و گارانتی (CR 19) و هزینه‌های کیفیت (CR 6) است و برای پیمانکاران، معیارهای تجربه (CR 9)، سابقه (CR 20)، قابلیت اطمینان (CR 14)، توان مالی (CR 13)، هزینه‌های دوباره‌کاری (CR 19)، بومی بودن (CR 16) و توان فنی و برنامه‌ریزی (CR 10) انتخاب می‌شوند. پس از انتخاب شاخص‌ها، به‌ازای هر شاخص و براساس جدول ۳ به هر پیمانکار/ تأمین‌کننده از سوی خبرگان و مدیران پروژه امتیازهایی داده می‌شود. نتیجه نهایی بعد از دیفازی کردن و نرمال‌سازی داده‌ها، در جدول‌های ۶ و ۷ در پیوست مشخص است. شایان ذکر است این پژوهش در یکی از پروژه‌های شرکت پارس گرما انجام شده است. تعداد تأمین‌کنندگان، ۳۹ شرکت و تعداد پیمانکاران این پروژه ۵۰ شرکت است. همچنین برای بررسی اعتبار پرسشنامه، با استفاده از نرم‌افزار SPSS 21 روش مقدار آلفای کرونباخ استفاده شد که مقدار آن برای این پرسشنامه ۰/۷۶ است و معتبر بودن پرسشنامه را نشان می‌دهد. در پیوست، شاخص‌های ورودی و خروجی هر یک از تأمین‌کنندگان و پیمانکاران - که با نرمالیزه کردن بی‌مقیاس شده‌اند - آمده است.

جدول ۳. مقیاس‌های زبانی برای اهمیت وزنی معیارها

اعداد فازی مثلثی	متغیرهای زبانی
(۰, ۰/۱, ۰/۳)	تأثیر ندارد
(۰/۱, ۰/۳, ۰/۴)	تأثیر بسیار کم
(۰/۳, ۰/۵, ۰/۷)	تأثیر کم
(۰/۵, ۰/۷, ۰/۹)	تأثیر زیاد
(۰/۷, ۰/۹, ۱)	تأثیر بسیار زیاد

روش AHP/DEA

تحلیل پوششی داده‌ها، واحدهای مورد بررسی را به دو گروه کارا و غیرکارا تقسیم می‌کند. واحدهایی با امتیاز یک، کارا و با امتیاز زیر یک غیرکارا هستند. در اینجا مسئله اصلی، رتبه‌بندی واحدهای کارا است و واحدهای ناکارا به‌خودی‌خود مرتب شده‌اند. استرن و همکاران روش

جدول ۴. رتبه‌بندی تأمین‌کنندگان براساس روش ترکیبی DEA/AHP

رتبه	تأمین‌کننده	وزن	رتبه	تأمین‌کننده	وزن
۱	DMU ₅	۰/۰۴۶۱۹	۲۱	DMU ₂₃	۰/۰۲۲۷۴
۲	DMU ₆	۰/۰۴۵۳۲	۲۲	DMU ₃₁	۰/۰۲۲۱۵
۳	DMU ₁₉	۰/۰۴۴۹۹	۲۳	DMU ₃₉	۰/۰۲۱۸۵
۴	DMU ₂₁	۰/۰۴۴۴۲	۲۴	DMU ₁₃	۰/۰۲۱۴۸
۵	DMU ₂₄	۰/۰۴۳۴۲	۲۵	DMU ₁	۰/۰۲۱۴۲
۶	DMU ₂₉	۰/۰۴۲۹۴	۲۶	DMU ₄	۰/۰۲۰۸۷
۷	DMU ₃₃	۰/۰۴۲۰۶	۲۷	DMU ₁₀	۰/۰۱۹۳۵
۸	DMU ₂	۰/۰۴۱۱۴	۲۸	DMU ₂₂	۰/۰۱۹۱۷
۹	DMU ₁₅	۰/۰۳۹۱۰	۲۹	DMU ₃₂	۰/۰۱۷۸۳
۱۰	DMU ₂₆	۰/۰۳۵۵۷	۳۰	DMU ₃₈	۰/۰۱۷۵۵
۱۱	DMU ₃₇	۰/۰۳۴۳۶	۳۱	DMU ₂₀	۰/۰۱۳۶۷
۱۲	DMU ₂₇	۰/۰۳۱۹۸	۳۲	DMU ₂₅	۰/۰۱۲۶۴
۱۳	DMU ₃₀	۰/۰۳۱۷۸	۳۳	DMU ₁₈	۰/۰۱۲۳۸
۱۴	DMU ₃₆	۰/۰۳۰۵۲	۳۴	DMU ₂₈	۰/۰۱۱۳۳
۱۵	DMU ₃	۰/۰۲۹۶۳	۳۵	DMU ₇	۰/۰۱۰۳۷
۱۶	DMU ₉	۰/۰۲۹۴۳	۳۶	DMU ₈	۰/۰۰۹۸۶
۱۷	DMU ₁₁	۰/۰۲۵۳۷	۳۷	DMU ₁₆	۰/۰۰۷۰۳
۱۸	DMU ₁₂	۰/۰۲۴۷۴	۳۸	DMU ₃₄	۰/۰۰۵۳۵
۱۹	DMU ₁₄	۰/۰۲۳۵۱	۳۹	DMU ₃₅	۰/۰۰۳۵۳
۲۰	DMU ₁₇	۰/۰۲۳۹۷			

جدول ۵. رتبه‌بندی پیمانکاران براساس روش ترکیبی DEA/AHP

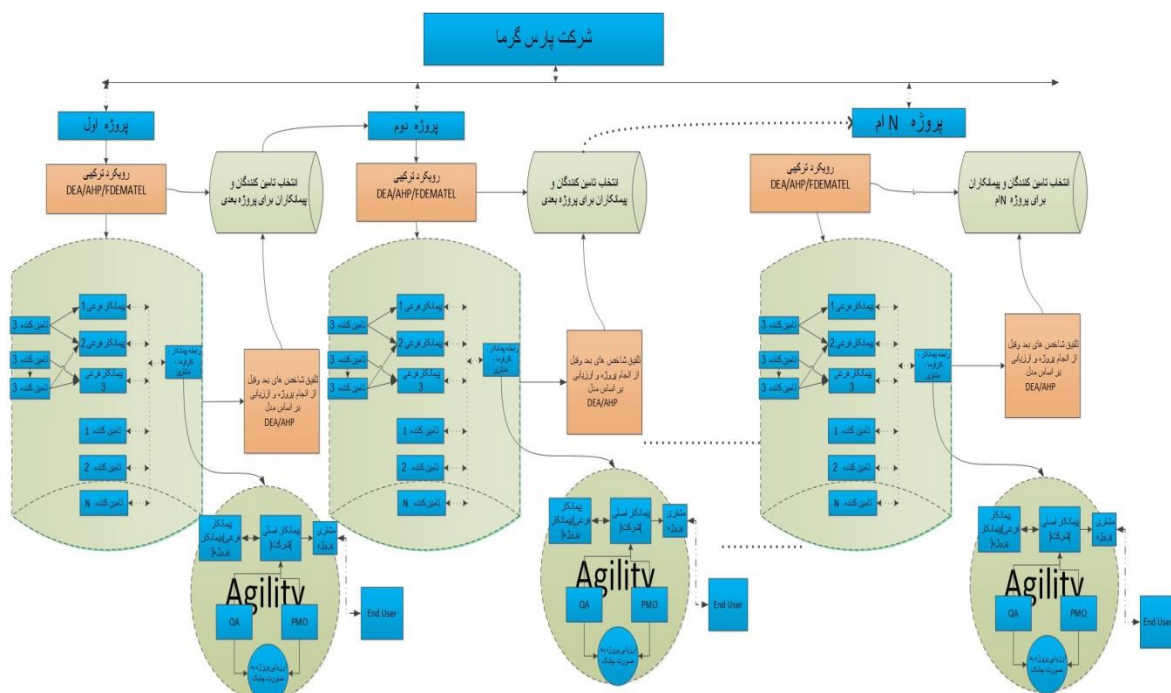
رتبه	پیمانکار	وزن	رتبه	پیمانکار	وزن
۱	DMU3	۰/۰۴۹۶۹۶	۲۷	DMU1	۰/۰۱۷۴۲۴
۲	DMU10	۰/۰۴۸۵۸۹	۲۸	DMU2	۰/۰۱۶۶۸۲
۳	DMU6	۰/۰۴۸۱۸۱	۲۹	DMU5	۰/۰۱۶۵۶۵
۴	DMU7	۰/۰۴۷۷۱۸	۳۰	DMU15	۰/۰۱۶۵۴۶
۵	DMU12	۰/۰۴۶۳۲۷	۳۱	DMU16	۰/۰۱۵۴۹۳
۶	DMU32	۰/۰۴۴۸۲۹	۳۲	DMU17	۰/۰۱۴۳۸۹
۷	DMU48	۰/۰۴۰۹۱۱	۳۳	DMU23	۰/۰۱۳۸۴۳
۸	DMU20	۰/۰۳۰۱۳۹	۳۴	DMU30	۰/۰۱۳۵۳۳
۹	DMU21	۰/۰۲۹۴۱	۳۵	DMU31	۰/۰۱۳۱۵۳
۱۰	DMU27	۰/۰۲۸۵۰۴	۳۶	DMU37	۰/۰۱۰۱۵۱
۱۱	DMU29	۰/۰۲۸۴۹۱	۳۷	DMU41	۰/۰۰۹۹۴
۱۲	DMU35	۰/۰۲۷۷۹۶	۳۸	DMU43	۰/۰۰۹۴۳۹
۱۳	DMU36	۰/۰۲۴۹۹۲	۳۹	DMU47	۰/۰۰۹۳۵۷
۱۴	DMU39	۰/۰۲۴۸۱۸	۴۰	DMU14	۰/۰۰۸۳۸۹
۱۵	DMU42	۰/۰۲۳۰۹۱	۴۱	DMU22	۰/۰۰۸۳
۱۶	DMU50	۰/۰۲۱۹۱۴	۴۲	DMU26	۰/۰۰۸۱۵۱
۱۷	DMU18	۰/۰۲۱۶۲۷	۴۳	DMU28	۰/۰۰۸۰۹۶
۱۸	DMU19	۰/۰۲۰۷۵۷	۴۴	DMU8	۰/۰۰۶۹۴۵
۱۹	DMU25	۰/۰۱۹۹۹۶	۴۵	DMU33	۰/۰۰۶۱۶۷
۲۰	DMU34	۰/۰۱۹۰۸۳	۴۶	DMU9	۰/۰۰۵۳۱
۲۱	DMU38	۰/۰۱۹۰۶	۴۷	DMU11	۰/۰۰۴۴۶۶
۲۲	DMU40	۰/۰۱۸۸۶۷	۴۸	DMU24	۰/۰۰۴۳۷۲
۲۳	DMU44	۰/۰۱۸۶۳۷	۴۹	DMU13	۰/۰۰۳۳۶۵
۲۴	DMU45	۰/۰۱۸۵۶۶	۵۰	DMU4	۰/۰۰۲۱۳۶
۲۵	DMU46	۰/۰۱۸۴۶۲			
۲۶	DMU49	۰/۰۱۷۵۴۹			

تأثیرگذارترین شاخص‌ها برای ارزیابی انتخاب شدند. سپس با رویکرد تحلیل پوششی داده‌ها و شاخص‌های به‌دست آمده، تأمین کنندگان و پیمانکاران ارزیابی شدند، اما با توجه با ناکارآمد بودن بسیاری از واحدها، از رویکرد ترکیبی تحلیل پوششی داده‌ها و فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی استفاده شد. همچنین در این پژوهش، سعی بر چابک‌بودن مدل زنجیره تأمین بود. یکی از مزیت‌های این شبکه، علاوه بر چابکی، پویایی^۵ و مجازی‌بودن^۶ است که با عوض شدن پروژه‌ها می‌توان این رویکرد را به‌کار برد. این پژوهش در یکی بزرگ‌ترین شرکت‌های ساخت‌وساز ایران انجام شد و یکی از بزرگ‌ترین مشکل‌های شرکت در انتخاب تأمین کنندگان و پیمانکاران را حل کرد. همچنین یکی از مزیت‌های کار، استفاده از رویکرد ترکیبی AHP/DEA برای رتبه‌بندی است؛ زیرا یکی از دقیق‌ترین روش‌های ارزیابی عملکرد و رتبه‌بندی DMU_x ها است. در پژوهش‌های آتی پیشنهاد می‌شود که دیدگاه مدیریت سبد پروژه و مدل‌های انتخاب پروژه‌های منتخب به‌کار گرفته شود.

شایان ذکر است که چابک‌بودن از منظر EFQM 2013 و PMBOK Fifth Edition بررسی شده است این مدل در شکل ۴ مشاهده می‌شود. جدول‌های ۶ و ۷ رتبه‌بندی تأمین کنندگان و پیمانکاران را براساس روش DEA/AHP نشان می‌دهد. با توجه به محرمانه بودن اسامی واحدهای تصمیم‌گیری، از اسم برای نشان دادن تأمین کنندگان و پیمانکاران استفاده شد. شایان ذکر است ارزیابی تأمین کنندگان و پیمانکاران شرکت پارس‌گرما برای یک پروژه خاص انجام شده است. محاسبه‌های فرایند سلسله‌مراتبی با VBA Excel و رتبه‌بندی واحدها با روش تحلیل پوششی در نرم‌افزار GAMS 24.1.2 در سیستم Pentium 4 پردازنده 2.3 GHz و حافظه رم 4 GB انجام شده است.

نتیجه‌گیری

با توجه به اینکه اغلب مدل‌های زنجیره تأمین در زمینه تولیدی بوده‌اند، در این پژوهش برای اولین بار در ایران به بررسی و طراحی مدل زنجیره تأمین در شرکت‌های عمرانی پرداخته شد و از رویکرد ترکیبی AHP/DEA/FDEMATEL برای ارزیابی و رتبه‌بندی تأمین کنندگان و پیمانکاران در این شبکه استفاده شد. ابتدا با رویکرد فازی دیمتل،



شکل ۴. مدل زنجیره تأمین چابک در پروژه‌های عمرانی (مطالعه موردی: شرکت عمرانی صنعتی پارس گرما)

مراجع

1. Simchi-Levi, D., Kaminsky, P. and Simchi-Levi, E. (2007). "Designing and managing the supply chain: concepts, strategies and case studies." 3rd Ed., McGraw-Hill/Irwin.
2. Thomas, D.J. and Griffin, P.M. (1996). "Coordinated supply chain management." *European Journal of Operation Research*, 94(1), PP. 1-15.
3. Stadtler, H. and Kilger, C. (2005). "Supply Chain Management and advanced planning: concepts, models, and software and case studies." Springer Verlag.
4. Tabrizi, B.H. and Razmi, J. (2010). "A stochastic programming based approach for supply chain network design under uncertain processing costs." The 11th Asia Pacific Industrial Engineering and Management Systems Conference.
5. Chopra, S. and Meindl, P. (2004). "Supply Chain Management: Strategy, Planning, and Operations." (2nd Ed.) Upper Saddle River: Pearson.
6. Benton, W.C. and McHenry, L.F. (2010). "Construction Purchasing & Supply Chain Management." McGraw Hill, New York Chicago San Francisco.
7. Eskigun, E., Uzsoy, R., Preckel, P.V., Beaujon, G., Krishnan, S. and Tew, J.D. (2005). "Outbound Supply Chain Network Design with Mode Selection, Lead Times and Capacitated Vehicle Distribution Centers." *European Journal of Operational Research*, Vol. 165, No. 1, PP. 182-206.
8. Razmi, J., Rafiei, R. and Hashemi, M. (2009). "Designing a decision support system to evaluate and select suppliers using fuzzy analytic network process." *Computers & Industrial Engineering*, 57, 1282-1290.
9. Arabzad, S.M., Ghorbani, M., Razmi, J. and Shirouyehzad, H. (2014). "Employing fuzzy TOPSIS and SWOT for supplier selection and order allocation problem." *International Journal of Advance Manufacturing Technology*, DOI 10.1007/s00170-014-6288-3.
10. Sinuany-Stern, Z., Mehrez, A. and Hadad, Y. (2000). "An AHP/DEA Methodology for Ranking Decision Making Units." *International Transactions in Operational Research*, 7, 2, PP. 109-124.
11. Shirouyehzad, H. and Zandieh, S. (2011). "Performance Evaluation safety process gas refineries using DEA and AHP." 3th Conference Data Envelopment Analysis.
12. Karimi, T. and Mohaghar, A. (2006). "Priority activities maintenance using DEA and AHP." 3th International Conference Management.
13. Hori, M.S. and Saeidinia, M.A. (2008). "Evaluate the relative efficiency and ranking teaching hospitals of University of Medical Science in diagnostic section using DEA and AHP." *Quarterly Bassirat*, Vol. 40, PP.141-159.
14. Mohaghar, A., Hakkak, M. and Yaghoubi, H. (2014). "Efficiency Evaluation of Foreign Currency Branches of Bank Keshavarzi of Iran Using Integrated BSC, DEA and AHP Approaches." *International Journal of Industrial Engineering & Production Management*, Vol. 25, No. 2, PP. 237-247.
15. Alam Tabriz, A., Saeidi, H. and Deilami moeizi, S. (2011). "Applying integrate approach Data Envelopment Analysis and Analytical Heirarchy Process for Efficiency Evaluation Faculties of University of Shahid Beheshti." *Journal of Management Researches*, Vol. 89.

16. Mohammadi, A. and Mohammadi Hoseinzadeh, S. (2005). "Applying integrate approach DEA/AHP in ranking of insurance agents." *Journal of Economic Researches*, PP. 281-304.
17. Amiri, M. and Jahani, S. (2004). "Applying integrate approach DEA/AHP for assessment and selection suppliers." *Journal of Industrial Management*, Vol 5, PP. 5-18.
18. Sinuany Stern, Z., Abraham, M. and Yossi, H. (2000). "An AHP/DEA Methodology for Ranking Decision Making Units." *International Transactions in Operational Research*, Vol.7, PP.109-124.
19. Cai, Y., and Wu, W. (2001). "Synthetic Financial Evaluation by a Method of Combining DEA with AHP." *International Transactions in Operational Research*, Vol. 8, PP.603-609.
20. Wu, W. W. and Lee, Y. T. (2007). "Developing global manager's competencies using the fuzzy DEMATEL method." *Expert Systems with Applications*, 32, PP.499- 507.
21. Chang, B., Chang, C.W. and Wu, C.H. (2011). "Fuzzy DEMATEL method for developing supplier selection criteria." *Expert Systems with Applications*, 38, PP.1850-1858.

پیوست

جدول ۶. امتیاز شاخص‌های انتخاب بهترین تأمین کنندگان

تأمین کنندگان	تحويل کالا	تجهیزات	ضایعات	تضمین و گارانتی	هزینه‌های کیفیت
۱	۰/۰۲۷۶	۰/۰۲۲۱	۰/۰۳۰۸	۰/۰۲۹۶	۰/۰۲۸۲
۲	۰/۰۲۷۶	۰/۰۲۹۴	۰/۰۳۰۸	۰/۰۲۹۶	۰/۰۲۸۲
۳	۰/۰۲۷۶	۰/۰۲۹۴	۰/۰۳۰۸	۰/۰۲۲۲	۰/۰۲۸۲
۴	۰/۰۲۷۶	۰/۰۲۲۱	۰/۰۳۰۸	۰/۰۲۲۲	۰/۰۲۸۲
....
....
....
۳۷	۰/۰۲۷۶	۰/۰۲۹۴	۰/۰۱۵۴	۰/۰۲۲۲	۰/۰۲۸۲
۳۸	۰/۰۲۷۶	۰/۰۲۲۱	۰/۰۳۰۸	۰/۰۲۲۲	۰/۰۲۸۲
۳۹	۰/۰۲۷۶	۰/۰۲۲۱	۰/۰۱۵۴	۰/۰۲۹۶	۰/۰۲۸۲

جدول ۷. امتیاز شاخص‌های انتخاب بهترین پیمانکاران

پیمانکاران	تجربه	سابقه	قابلیت اطمینان	توان مالی	هزینه‌های دوباره‌کاری	بومی بودن	توان فنی و برنامه‌ریزی
۱	۰/۰۱۸۵	۰/۰۲۴۵	۰/۰۱۹۶	۰/۰۲۳۴	۰/۰۲۱۷	۰/۰۱۲۷	۰/۰۱۸۲
۲	۰/۰۱۸۵	۰/۰۱۸۴	۰/۰۱۹۶	۰/۰۱۵۶	۰/۰۲۱۷	۰/۰۲۵۳	۰/۰۱۸۲
۳	۰/۰۲۴۷	۰/۰۲۴۵	۰/۰۲۶۱	۰/۰۲۳۴	۰/۰۱۰۹	۰/۰۲۵۳	۰/۰۲۴۲
۴	۰/۰۱۸۵	۰/۰۱۸۴	۰/۰۱۹۶	۰/۰۱۵۶	۰/۰۲۱۷	۰/۰۱۲۷	۰/۰۱۲۱
....
....
....
۴۸	۰/۰۱۸۵	۰/۰۱۸۴	۰/۰۱۹۶	۰/۰۲۳۴	۰/۰۱۰۹	۰/۰۱۹۰	۰/۰۲۴۲
۴۹	۰/۰۱۸۵	۰/۰۱۸۴	۰/۰۱۹۶	۰/۰۱۵۶	۰/۰۲۱۷	۰/۰۲۵۳	۰/۰۲۴۲
۵۰	۰/۰۲۴۷	۰/۰۱۸۴	۰/۰۱۹۶	۰/۰۱۵۶	۰/۰۱۰۹	۰/۰۲۵۳	۰/۰۱۸۲

واژه‌های انگلیسی به ترتیب استفاده در متن

1. Data Envelopment Analysis /Analytical Hierarchy Process /Fuzzy DEMATEL
2. Construction Supply Chain Management (CSCM)
3. Multi Criteria Decision Making
4. ANP
5. Dynamism
6. Virtuality