



## ارائهی الگوی انتخاب پیمانکاران با استفاده از روش ترکیبی GDEMATEL-ANP و تحلیل رابطه خاکستری با رویکرد ایمنی: مطالعه موردی در صنعت نفت

غلامرضا قره داغی<sup>۱</sup>، منوچهر امیدواری<sup>۲\*</sup>

تاریخ پذیرش: ۹۶/۰۹/۱۵

تاریخ ویرایش: ۹۶/۰۸/۰۳

تاریخ دریافت: ۹۵/۰۹/۲۹

### چکیده

**زمینه و هدف:** مدیران به منظور ایجاد مزیت و توانمندی‌های کسب و کار اقدام به برون‌سپاری بخشی از فعالیت‌های سازمان به پیمانکاران واجد شرایط می‌نمایند. انتخاب پیمانکار اصلح از میان پیمانکاران تأیید صلاحیت شده می‌تواند از هدر رفت منابع جلوگیری نموده و سبب حفظ منابع سازمان گردد. با توجه به پیچیدگی، خطرات و شرایط صنعت نفت، یکی از معیارهای مهم در انتخاب پیمانکاران در این صنعت معیار ایمنی است، پیمانکاران می‌بایست علاوه برداشتن معیارهایی نظیر توان مالی، تجربه، منابع انسانی متخصص و ... دارای سازمان بهداشت، ایمنی و محیط زیست (HSE) قابل قبول و عملکرد مناسب باشند. هدف از این مطالعه تعیین الگوی انتخاب پیمانکاران با استفاده از روش تلفیقی GDEMATEL-ANP و تحلیل خاکستری با رویکرد ایمنی است.

**روش بررسی:** در این مطالعه در نظر داریم با استفاده از روش ترکیبی GDANP و روش تحلیل رابطه خاکستری نسبت به رتبه‌بندی معیارها و انتخاب پیمانکار برتر (مطالعه موردی در صنعت نفت) پردازیم تا با ایجاد یک ساختار مفهومی بتوان کیفی بودن و تاثیر قضاوت‌های شخصی ارزیاب را در فرایند ارزیابی و انتخاب پیمانکاران به حداقل برسانیم.

**یافته‌ها:** نتایج بخش GDEMATEL-ANP تحقیق نشان داد که بین معیارهای فاز آنالیز ایمنی فنی و ارزیابی ایمنی فنی ارتباط درونی وجود دارد. همچنین نتایج نهایی حل ANP این تحقیق نشان داد که مهم‌ترین شاخص ایمنی در انتخاب پیمانکاران در صنعت نفت عبارت است از سوابق ایمنی و سرمایه‌گذاری انجام شده در بخش ایمنی.

**نتیجه‌گیری:** نتایج نشان داده است که بین شاخص‌های ارزیابی ارتباط درونی وجود دارد و هر کدام از شاخص‌های ارزیابی می‌تواند از سایر شاخص‌ها تاثیر بگیرد که لازم است در ارزیابی شاخص‌ها، این مسئله مدنظر قرار گیرد. نتایج این تحقیق بیان‌کننده خطرات این صنعت و تاثیر آموزش ایمنی و سرمایه‌گذاری انجام شده در بخش ایمنی در عملکرد سایر بخش‌ها و کل سازمان است.

**کلیدواژه‌ها:** ایمنی، برون‌سپاری، GANP، GDEMATEL، تحلیل رابطه‌ای خاکستری.

### مقدمه

شد. عدم انتخاب پیمانکار اصلح، در نهایت سبب از بین رفتن منابع سازمان خواهد شد [۱]. فرایند انتخاب پیمانکار به دلیل وجود معیارهایی که امکان تناقض آن‌ها وجود دارد، پیچیده است. محققان زیادی سعی کرده‌اند تا با مشخص کردن معیارهای مهم برای انتخاب پیمانکار مناسب، مدیران را در اتخاذ تصمیم‌های مربوط به برون‌سپاری یاری کنند. یکی از مهم‌ترین مشکلاتی که در انتخاب پیمانکاران ناکارآمد می‌توان به آن اشاره نمود مشکلات ایمنی و بروز حوادثی است که در سازمان در اثر ناکارآمدی پیمانکاران به سازمان تحمیل می‌شود که هزینه زیادی را به دوش سازمان می‌گذارد [۲].

انتخاب پیمانکار اصلح نقش مهمی در موفقیت و یا عدم موفقیت یک پروژه ایفا می‌نماید و یکی از مهم‌ترین تصمیم‌گیری‌های مدیران می‌باشد. تخصصی شدن فعالیت‌های بخش‌های مختلف صنعت از شاخصه‌های بازار کسب و کار کنونی بوده و برون‌سپاری بخشی از فعالیت‌های مورد نظر سازمان به‌عنوان یک پروژه و انتخاب پیمانکار، یکی از دغدغه‌های مدیران جهت رقابت در بازار کسب و کار می‌باشد، چراکه ارزیابی پیمانکاران بر اساس معیارهای تعریف شده و در نهایت انتخاب پیمانکار واجد شرایط سبب حذف پیمانکاران ناکارآمد از فرایند مناقصه خواهد

۱- کارشناس ارشد، گروه مهندسی صنایع، دانشکده صنایع و مکانیک، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد قزوین، قزوین، ایران.

۲- (نویسنده مسئول) دانشیار، گروه مهندسی صنایع - ایمنی، دانشکده صنایع و مکانیک، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد قزوین، قزوین، ایران. omidvari88@yahoo.com

مسایل ایمنی در معیارهای اصلی مد نظر قرار نگرفته است و از طرفی به رابطه درونی معیارها و زیر معیارها که می‌توانند بر اهمیت آنها تاثیرگذار بوده و رتبه معیار را تغییر دهد و اثر بگذارند توجه نشده است [۴]. مانی و همکاران در سال ۲۰۱۴ در پژوهشی علاوه بر شناسایی شاخص‌های موثر بر انتخاب پیمانکار، میزان اهمیت اولویت‌بندی شاخص‌های مزبور را با استفاده از مدل AHP در تصمیم‌گیری گروهی تعیین نموده و نحوه استفاده از مدل FAHP جهت انتخاب مناسب‌ترین پیمانکار در صنعت خوردو سازی را توصیف کرده است. اگرچه در این پژوهش اهمیت شاخص‌ها مورد ارزیابی قرار گرفته اما ضمن محدود کردن شاخص‌ها، معیارهای زیست محیطی را در انتخاب لحاظ نموده ولی فاکتور ایمنی در این شاخص‌ها لحاظ نشده است [۵]. وی و زوانگ زی در سال ۲۰۰۷ به کیفی بودن شاخص‌های ارزیابی عملکرد پیمانکاران پرداخته و جهت حذف اثرات آن مدل‌های خاکستری را پیشنهاد داده‌اند [۶]. عوامل مختلفی در انتخاب یک پیمانکار تاثیر دارد که این عوامل روی هم بصورت مستقیم و غیر مستقیم تاثیر می‌گذارد که این مسئله می‌تواند فرایند انتخاب پیمانکاران را سخت نماید. با استفاده از نظریه مطلوبیت و مدل‌های تصمیم‌گیری می‌توان ضمن لحاظ نمودن روابط بین شاخص‌های تصمیم، فرایند انتخاب پیمانکار را بهینه نمود [۷-۱۱]. در مطالعه‌ی دیگری که توسط وات و همکاران در سال ۲۰۱۰ انجام گرفت مشخص کرد که مهمترین معیارهای انتخاب پیمانکاران، تخصص فنی و هزینه (قیمت) بوده است. همچنین در این مطالعه اشاره شده است که تجربه سازمانی، نیروی کار و شهرت (اعتبار) کمترین اهمیت را بین مدیران دارا می‌باشند [۱۲].

در سال ۲۰۱۵، طاهری و ایران‌بان نسبت به ارزیابی پیمانکاران در پالایشگاه گاز پارسیان اقدام نمودند. در این پژوهش از روش ترکیبی DEMATEL و ANP استفاده نموده و ۵ شاخص شامل: تجهیزات، تکنولوژی و برنامه‌ریزی، سابقه کاری، تجربه و ضمانت‌های اجرایی (نظیر مالیات سالانه پرداخت شده، درآمد سالانه،

در هر صنعت، از جمله ساخت‌وساز، بسیاری از شرکت‌های پیمانکاری با ادعای عرضه خدمات با قیمت پایین‌تر، کیفیت بهتر و مناسب‌تر نسبت به رقبا وجود دارند و از طرفی شرکت‌ها سعی در پیدا کردن پیمانکارانی دارند که بیشترین مزیت (مزایایی از قبیل معیارهایی از هزینه، کیفیت، انعطاف‌پذیری و ...) را نسبت به سایر پیمانکاران داشته باشند. صحبت کردن در مورد تمامی فاکتورها و معیارها به‌طور هم‌زمان برای تصمیم‌گیران مشکل می‌باشد؛ بنابراین مدیران ترجیح می‌دهند که بر روی یک یا دو عامل مهم از بین تمامی فاکتورهای مهم جهت انتخاب پیمانکار برتر توجه نمایند [۳].

در انتخاب پیمانکار معیارهای مختلفی در نظر گرفته خواهد شد؛ بنابراین استفاده از مدل‌های تصمیم‌گیری چند معیاره از ابزارهای مهم برای استفاده تصمیم‌گیران خواهد بود. لذا این تحقیق با هدف تعیین الگوی انتخاب پیمانکاران با استفاده از روش تلفیقی GDEMATEL-ANP و تحلیل خاکستری با رویکرد ایمنی است.

از آنجایی که بسیاری از فعالیت‌های صنعت نفت به دلیل ماهیت پیچیده و خطرناکی که دارد و همچنین به دلایل مختلفی نظیر کاهش هزینه‌های سازمان، تخصصی شدن برخی فعالیت‌ها، به پیمانکاران واگذار می‌گردد و چون صنعت نفت دارای ماهیت خطرناک می‌باشد عدم توانایی و دانش پیمانکار در خصوص خطرات و ایمنی این صنعت سبب بروز حوادثی در این صنعت می‌شود.

در سال ۲۰۰۴، تاپ‌کو مدلی جهت انتخاب پیمانکاران ارائه نمود. در مدل پیشنهادی، انتخاب پیمانکار در ۲ مرحله انجام می‌گردد که شامل مرحله صلاحیت اولیه و مرحله انتخاب پیمانکار می‌باشد. در مرحله اول، ۲ معیار مطالعه شده عبارتند از: ۱- توانایی تکمیل پروژه در زمان مقرر، ۲- تجربیات مدیریت. هر یک از معیارهای فوق شامل چندین زیرمعیارهایی می‌باشد که توسط AHP رتبه‌بندی می‌گردد، پیمانکاری که بالاترین امتیاز را دارا باشد پیمانکار منتخب می‌باشد. در این تحقیق

در سال ۲۰۱۴، قلی‌پور و همکاران اولویت‌بندی معیارهای انتخاب پیمانکاران را مورد مطالعه قرار دادند. در مطالعه انجام شده ۶ فاکتور تکنولوژی، مهارت و توانایی، قدرت مالی، دانش مدیریت، امکانات و سوابق اجرایی با استفاده از روش FAHP مورد بررسی قرار گرفته است. آنها روش FAHP را بعنوان یک روش مناسب جهت رتبه‌بندی پیمانکاران معرفی نمود [۳]. در همین سال پوری و تی‌واری با مطالعه بر روی تعدادی از پیمانکاران برخی از معیارهای مناسب برای ارزیابی پیمانکاران را پیشنهاد می‌دهند. بر اساس این مطالعه معیارهایی نظیر شفافیت‌های مالی، توانایی تکنولوژیکی، قابلیت‌های مدیریتی، ایمنی و سابقه (خوشنامی)، به‌عنوان معیارهای لازم برای انتخاب پیمانکار ذکر می‌گردد [۱۷].

تکنیک دیمتال (DEMATEL): روش DEMATEL بین ۱۹۷۲-۱۹۷۹ توسط موسسه باتل مموریال<sup>۱</sup> با هدف مطالعه گروه پیچیده و در هم تنیده توسعه داده شد و به‌عنوان یکی از بهترین ابزارها برای حل رابطه علت و معلولی میان معیارهای ارزیابی پذیرفته شد. این روش برای تجزیه و تحلیل رابطه علت و معلولی میان شاخص‌ها بکار گرفته می‌شود [۱۸]. محصول نهایی DEMATEL یک نمایش تصویری، نقشه منحصر به فرد ذهنی، از اثر متقابل علت و معلول بر یکدیگر است [۱۹، ۲۰].

فرایند تحلیل شبکه (ANP): فرایند تحلیل شبکه‌ای ANP تعمیم یافته‌ی روند تحلیل سلسله مراتبی AHP است که توسط ساعتی معرفی شده و یکی از روش‌های MCDM است که برای حل مشکل وابستگی و بازخورد در میان معیارها و گزینه‌ها به وجود آمد که توانسته بسیاری از مسائل تصمیم‌گیری را با موفقیت انجام دهد [۲۱].

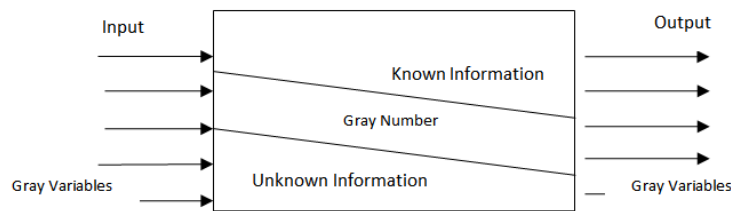
در فرایند تحلیل شبکه‌ای چون حالت عمومی AHP و شکل گسترده‌تر آن است، بنابراین تمامی ویژگی‌های مثبت آن از جمله سادگی، انعطاف‌پذیری، به‌کارگیری

تجهیزاتی که در مالکیت پیمانکار می‌باشد، بیمه‌های مالی و ... را در مورد پیمانکاران شرکت کننده در مناقصه مورد ارزیابی قرار دادند. در این تحقیق پایبندی به مسایل زیست محیطی و ایمنی را در نظر گرفته شده و محقق بعنوان مطالعات آتی پیشنهاد نموده است [۱۳].

در سال ۲۰۱۳، بخشی و علی‌حیدری، با استفاده از مدل ترکیبی AHP-ANN الگویی را برای انتخاب پیمانکار ارائه نمودند. در این مطالعه شاخص ایمنی بعنوان یک معیار در انتخاب پیمانکاران استفاده گردید. در این مطالعه شاخص ایمنی بکار رفته فقط تعداد حوادث اتفاق افتاده در پروژه‌های قبلی یک پیمانکار ملاک قرار گرفته است [۲]. در همین سال گل‌بهارزاده و همکاران، با استفاده از تاپسیس فازی، الگویی را جهت ارزیابی پیمانکاران در صنایع نفت نمودند که در آن معیارهایی از قبیل دقت در اجرا، تجربه‌های قبلی، ماشین آلات، موقعیت جغرافیایی، قدرت مالی، مطلوبیت دستورالعمل‌های ایمنی، مدیریت و سازمان و در نهایت نیروی انسانی متخصص در نظر گرفته شد. در این مطالعه فقط وجود دستورالعمل‌های ایمنی را بعنوان یک معیار تصمیم‌گیری در انتخاب پیمانکاران در نظر گرفته شد [۱۴].

در سال ۲۰۱۳، هسو و همکاران برای انتخاب پیمانکار جهت برون‌سپاری فعالیت‌ها و بهبود روش‌های پیشنهادی قبلی، با استفاده از تلفیق روش‌های DEMATEL و ANP اقدام نمودند و به‌طور کلی ۴ معیار را مورد ارزیابی قرار داده و از روش خاکستری، جهت انتخاب بهترین گزینه استفاده نمودند. در این پژوهش معیارهای سازگاری، کیفیت، هزینه و ریسک ایمنی مورد توجه قرار گرفته است [۱۵]. در همان سال ۲۰۱۳، آشوری و مظفری با استفاده از روش DEA و AHP، ارزیابی پیمانکاران را در شرکت خطوط لوله و مخابرات شرکت نفت را مورد مطالعه قرار دادند. در این مطالعه، ۶ معیار (منابع انسانی، تجهیزات، قیمت، کیفیت، حسن سابقه و قدرت مالی پیمانکار) مورد ارزیابی قرار گرفته است [۱۶].

<sup>۱</sup> Battelle Memorial



شکل ۱- مفهوم خاکستری [۲۷]

### روش بررسی

این تحقیق از نوع توصیفی حل مدل است. که در آن شاخص‌های انتخاب پیمانکاران تعریف شده و سپس به تعیین وزن آنها و رتبه‌بندی آنها اقدام گردید. مراحل انجام این تحقیق در شکل ۲ نشان داده شده است. همانطور که در شکل ۲ مشخص است در این مطالعه برای رتبه‌بندی معیارها و زیرمعیارها، از مدل‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره، مدل ANP با رویکرد خاکستری استفاده شده است. برای تعیین روابط میان متغیرهای اصلی از تکنیک دیمتل خاکستری استفاده شده است. در پایان هر مرحله به تبع اوزان عناصر، پیمانکاران به روش تحلیل رابطه خاکستری (GRA) رتبه‌بندی شده‌اند. برای تجزیه و تحلیل داده‌های بدست آمده از محیط نرم‌افزار اکسل و نرم‌افزار سوپردسیژن استفاده شده است.

انتخاب معیارها و زیر معیارهای انتخاب: در گام نخست معیارها و زیر معیارهای مطالعه شناسائی و انتخاب شد. معیارها بر اساس پژوهش‌های قبل انتخاب شده‌اند. معیارهای اصلی مورد استفاده جهت انتخاب پیمانکاران در این مطالعه شامل: تجربه و سابقه، منابع، کیفیت، توان مالی، قیمت پیشنهادی می‌باشد که با استفاده از روش ترکیبی DEMATEL و ANP و با اعداد خاکستری برای ارزیابی پیمانکاران استفاده می‌شود. در این مطالعه ارزیابی پیمانکار در ۲ فاز انجام می‌گیرد:

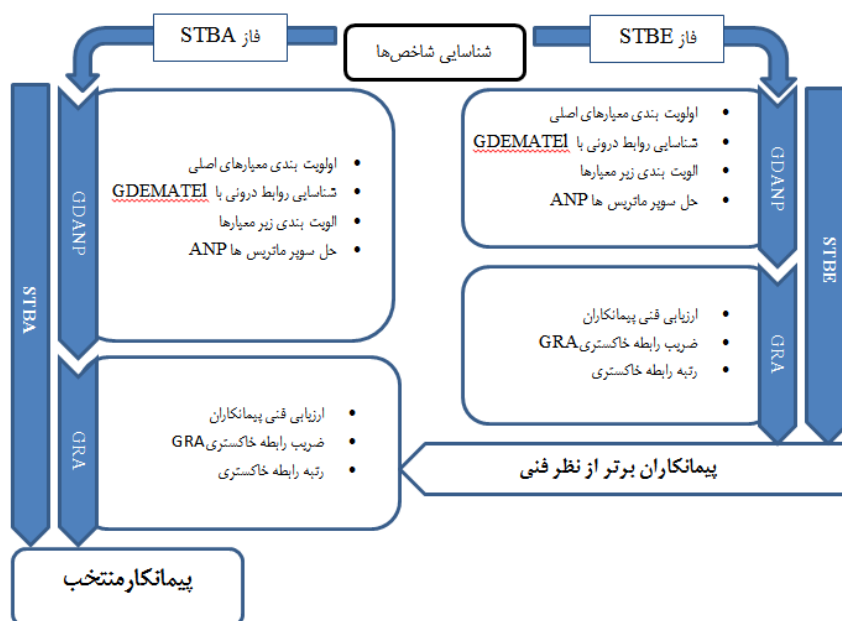
فاز آنالیز ایمنی و فنی (STBA)، فاز ارزیابی ایمنی و فنی (STBE): در فاز STBA پیمانکارانی که در

معیارهای کمی و کیفی به طور هم‌زمان و قابلیت بررسی سازگاری در قضاوت‌ها را دارا بوده و مضافاً می‌تواند ارتباطات پیچیده (وابستگی‌های متقابل و بازخور) بین و میان عناصر تصمیم را با بکارگیری ساختار شبکه‌ای در نظر بگیرد. این روش و فرایند تحلیل بازخورد متقابل و رابطه جایگزینی بین سود و زیان، با استفاده از الگوریتم سوپر ماتریس، برای اهداف سازمانی مشخص شده و اولویت‌بندی آلترناتیوها و انواع مختلف از وابستگی‌ها و بازخورد سیستم تصمیم را فراهم می‌کند [۲۴-۲۲].

تئوری سیستم خاکستری: تئوری خاکستری، نخستین بار توسط دنگ (Deng) پیشنهاد شد و یکی از نظریه‌های ریاضی تازه متولد شده از مفهوم مجموعه‌ای خاکستری است. تئوری خاکستری یک روش موثر برای حل مشکلات عدم قطعیت با داده‌های گسسته و اطلاعات ناقص است [۲۵]. در حالی که تعداد خبرگان و سطح تجربه کم باشد و نتوان توابع عضویت را استخراج کرد، یا تعداد کمی نمونه وجود داشته باشد، تئوری سیستم‌های خاکستری معرفی می‌شود [۲۶]. خاکستری به مفهوم فقر اطلاعات، نقص اطلاعات و عدم اطمینان می‌باشد. اگر سیاه نشان دهنده اطلاعات به طور کامل ناشناخته و سفید نشان دهنده داده به طور کامل روشن، اطلاعات دیگری که تا حدودی روشن و تا حدودی مبهم است، خاکستری است. شکل ۱ مفهوم سیستم خاکستری را نشان می‌دهد [۲۷]. عدد خاکستری به عددی اطلاق می‌شود که مقدار دقیق آن نامشخص است اما بازه‌ای که مقدار آن را در بر می‌گیرد شناخته شده است. عملاً عدد خاکستری با یک بازه و یا یک مجموعه از اعداد بیان می‌شود [۲۸، ۲۹].

<sup>2</sup> Safety & Technical Bid Analysis

<sup>3</sup> Safety & Technical Bid Evaluation



شکل ۲- فرایند انجام پژوهش

خود در رابطه با اثرات (جهت و شدت اثرات) میان عوامل پردازند. لازم به ذکر است که ماتریس حاصله از تکنیک دیماتل (ماتریس ارتباطات داخلی)، هم رابطه علت و معلولی بین عوامل را نشان می‌دهد و هم اثرپذیری و اثرگذاری متغیرها را نمایش می‌دهد [۳۰].

گام نخست: محاسبه ماتریس ارتباط مستقیم که در تکنیک دیمتل گروهی یعنی زمانی که از دیدگاه چند کارشناس استفاده می‌شود از میانگین حسابی ساده نظرات استفاده می‌شود و ماتریس ارتباط مستقیم را تشکیل می‌دهیم.

ماتریس اولیه برای هر خبره به صورت زیر است:

$$Z^k = \begin{matrix} c_1 \\ c_2 \\ \vdots \\ c_n \end{matrix} \begin{bmatrix} [0,0] & \otimes z_{12}^k & \dots & \otimes z_{1n}^k \\ \otimes z_{21}^k & [0,0] & \dots & \otimes z_{2n}^k \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \otimes z_{n1}^k & \otimes z_{n2}^k & \dots & [0,0] \end{bmatrix}$$

در ماتریس فوق  $Z_{ij}^k$  میزان تاثیر عنصر  $i$  بر عنصر  $j$  را

مناقصه شرکت و اعلام آمادگی نموده‌اند مورد ارزیابی ایمنی و فنی قرار می‌گیرند (در صورت واجد شرایط بودن) و بر اساس امتیازی که در این فاز کسب می‌کنند رتبه‌بندی شده و ۳ پیمانکار برتر وارد فاز STBE می‌شوند. در فاز STBE بر اساس شاخص‌های ایمنی و فنی اندازه‌گیری رتبه‌بندی پیمانکاران صورت گرفته و بر اساس رتبه کسب شده پیمانکار واجد شرایط انتخاب می‌گردد. معیارها و زیرمعیارهای در نظر گرفته شده برای فاز STBE و STBA مطابق جدول ۱ و

۲ می‌باشد. معیارها و زیرمعیارهای تحقیق با اندیس عددی نامگذاری شده‌اند تا در جریان تحقیق به سادگی قابل ردیابی و مطالعه باشد.

محاسبه روابط درونی با تکنیک GDEMATEL: براساس مدل تحقیق گام بعدی محاسبه روابط درونی شاخص‌های شناسایی شده می‌باشد. به این ترتیب ماتریس روابط معیارهای اصلی  $W_{22}$  بدست خواهد آمد. جهت انعکاس روابط درونی میان معیارهای اصلی از تکنیک دیمتل خاکستری استفاده شده است. به طوری که متخصصان قادرند با تسلط بیشتری به بیان نظرات



جدول ۱- معیارهای STBA و شاخص‌های اندازه‌گیری

نماد	معیارهای اصلی	نماد	زیرمعیارها	تعریف
C1	تجربه و سابقه	S11	رزومه شرکت	اساسنامه، آگهی ثبت، کد شناسایی ثبت از سازمان اسناد و املاک کشور
C2	منابع	S12	گواهینامه صلاحیت پیمانکاری	رتبه و پایه پیمانکاری
		S13	سوابق اجرایی کارهای مشابه	کپی ابلاغ، برنامه زمانبندی و صورتمجلس تحویل موقت و قطعی قراردادهای قبلی
		S14	سوابق ایمنی	سوابق حوادث در پروژه های قبلی
		S21	منابع انسانی	چارت سازمانی و رزومه و سوابق افراد کلیدی سازمان
C3	کیفیت STBA	S22	منابع رفاهی و حفاظتی	خوابگاه، کارگاه مرکزی، تجهیزات حفاظت فردی و ...
		S23	ماشین آلات	لیست ماشین‌آلات و ابزارآلات تحت مالکیت پیمانکار
		S24	منابع انسانی در زمینه ایمنی	تعداد نفرات واحد ایمنی
		S31	کیفیت کارهای قبلی	رضایت‌نامه‌ها، تقدیرنامه‌ها و گواهی حسن انجام کار از کارفرمایان قبلی
		S32	گواهینامه‌های مدیریت کیفیت	گواهینامه‌هایی نظیر ISO-9001, EFQM, 5S, TRIZ
S33	داشتن گواهینامه سیستم مدیریت ایمنی	گواهینامه‌هایی نظیر HSE-MS, ISO-14001, IMS, OHSAS 18001 و ISO-45001		
C4	توان مالی	S41	مبلغ و تعداد ضمانت‌های اخذ شده طی ۳ سال گذشته	مبلغ و تعداد ضمانت‌های اخذ شده طی ۳ سال گذشته
		S42	سرمایه‌گذاری انجام شده در بخش ایمنی	دوره‌های ایمنی برگزار شده و سرمایه‌گذاری در تجهیزات ایمنی

عناصر کران بالا بر بزرگترین عدد مجموع کران‌های بالا تقسیم می‌شود.

گام سوم- محاسبه ماتریس ارتباط کامل که از رابطه ۴ بدست می‌آید. در این رابطه I ماتریس همانی و N ماتریس نرمال شده است.

$$T = N \times (I - N) \quad (4)$$

گام چهارم- نمایش نقشه روابط شبکه (NRM) که برای تعیین باید ارزش آستانه محاسبه شود. با این روش می‌توان از روابط جزئی صرف‌نظر کرده و شبکه روابط قابل اعتنا را ترسیم کرد. تنها روابطی که مقادیر آنها در ماتریس T از مقدار آستانه بزرگتر باشد در NRM نمایش داده خواهد شد [۳۰]. در این مطالعه ارزش آستانه برابر ۰/۵۳۵ بدست آمده است؛ بنابراین الگوی روابط معنی دار به صورت جدول ۳ و شماتیک آن در شکل ۳ نشان داده شده است. الگوی روابط علی معیارهای اصلی در جدول ۴ ارائه شده است. همانطور که در جدول ۴ مشخص است:

از دیدگاه خبره kام ن امن می‌دهد. برای محاسبه ماتریس ارتباط مستقیم نهایی، باید میانگین دیدگاه خبرگان در هر درایه از ماتریس محاسبه شود:

$$X = \frac{\sum_k z}{k} \quad (2)$$

و با محاسبه میانگین خاکستری دیدگاه خبرگان، ماتریس ارتباط مستقیم (X) محاسبه شده است.

گام دوم: محاسبه ماتریس ارتباط مستقیم نرمال که برای نرمال کردن ماتریس ارتباط مستقیم از رابطه ۳ استفاده می‌شود:

$$\otimes S = \frac{[S, \bar{S}]}{1} = \frac{1}{\max \sum_j^n \otimes X_{ij}} \quad (3)$$

$$N = \otimes S \times X$$

$$N_{ij} = [S \times X_{ij}, \bar{S} \times \bar{X}_{ij}]$$

ابتدا جمع تمامی کران‌های پایین و کران‌های بالای هر سطر به صورت جداگانه محاسبه می‌شود. عناصر کران پایین بر بزرگترین عدد مجموع کران‌های پایین و

4- Network Relationship Map

جدول ۲- معیارهای STBE و شاخص‌های اندازه‌گیری

نماد	معیارهای اصلی	نماد زیر معیارها	زیرمعیارها	تعریف
QTBE	کیفیت	QSTBE1	روش کنترل کیفیت	اسناد QC/QA به همراه فرمت‌های مورد لزوم
		QSTBE2	نتایج ممیزی‌های سیستم مدیریت ایمنی	تعداد خطاهای اصلی و فرعی در ۳ ممیزی اخیر
		QSTBE3	دستورالعمل‌های ایمنی	دستورالعمل‌های استفاده از وسایل حفاظت فردی، مستندات مدیریت پسماند، پایش سلامت کارکنان، مدیریت شرایط اضطراری، تعمیر و نگهداری و کنترل تجهیزات، گواهی ایمنی ماشین‌آلات
		QSTBE4	کیفیت منابع	۱- عمومی، شامل: تعداد متخصص و کارشناس با بیش از ۵ سال سابقه، ۲- ایمنی، شامل: تعداد متخصص ایمنی با بیش از ۵ سال سابقه
P	قیمت	P <sub>1</sub>	قیمت پیشنهادی برای اجرای پیمان	قیمت پیشنهادی برای اجرای پیمان

سوپرماتریس موزون و سوپرماتریس حد، وزن نهایی شاخص‌ها را تعیین می‌نماییم. برای دستیابی به اولویت نهایی شاخص‌های یک سیستم با تاثیرات متقابل، بردارهای اولویت‌های داخلی (همان  $W$  های محاسبه شده) به یک سوپر ماتریس انتقال داده می‌شود [۳۱].

سوپر ماتریس بر ۴ اصل تشکیل می‌گردد [۳۲]:  
 (۱) ارتباط بین اهداف اصلی.  
 (۲) مقایسه معیارها و خوشه‌ها.  
 (۳) مقایسه روابط جایگزین با توجه به عوامل.  
 (۴) یک ماتریس واحد برای همه گزینه‌ها.  
 با توجه به روابط شناسائی شده در بخش دیمتل سوپر ماتریس اولیه این مطالعه به صورت زیر خواهد بود:

$$W = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ W_{21} & W_{22} & 0 \\ 0 & W_{32} & I \end{bmatrix}$$

الگوی معیارها و زیرمعیارهای مدل STBA با استفاده از تکنیک ANP در شکل ۴ ترسیم شده است. در این پژوهش برای تعیین وزن معیارها و شاخص‌های مدل از تکنیک تحلیل شبکه خاکستری (GANP) استفاده شده است. مراحل انجام تحلیل به صورت زیر است:

۱- اولویت‌بندی معیارهای اصلی براساس هدف از

- جمع عناصر هر سطر ( $D$ ) نشانگر میزان تاثیرگذاری آن عامل بر سایر عامل‌های سیستم است. براین اساس  $C_1$  از بیشترین تاثیرگذاری برخوردار است.

- جمع عناصر ستون ( $R$ ) برای هر عامل نشانگر میزان تاثیرپذیری آن عامل از سایر عامل‌های سیستم است. براین اساس معیار  $C_3$  از میزان تاثیرپذیری بسیار زیادی برخوردار است.

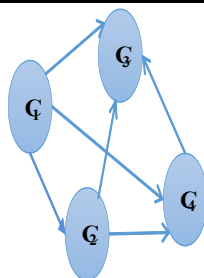
- بردار افقی ( $D+R$ )، میزان تاثیر و اثر عامل مورد نظر در سیستم است؛ به عبارت دیگر هرچه مقدار  $D+R$  عاملی بیشتر باشد، آن عامل تعامل بیشتری با سایر عوامل سیستم دارد. براین اساس معیار  $C_2$  بیشترین تعامل را با سایر معیارهای مورد مطالعه دارند.

- بردار عمودی ( $D-R$ )، قدرت تاثیرگذاری هر عامل را نشان می‌دهد. به‌طور کلی اگر  $D-R$  مثبت باشد، متغیر یک متغیر علی محسوب می‌شود و اگر منفی باشد، معلول محسوب می‌شود. در این مدل متغیرهای  $C_1$  و  $C_2$  متغیر علی بوده و  $C_3$  و  $C_4$  معلول هستند.

تعیین وزن معیارها و اولویت‌بندی شاخص‌های فاز STBA با تکنیک GANP؛ با توجه به نتایج حاصل از حل مدل دیمتل، جهت اولویت‌بندی شاخص‌های مطالعه از تکنیک ANP در محیط خاکستری استفاده گردید. در این مرحله با محاسبه سوپرماتریس ناموزون،

جدول ۳- الگوی روابط معنی دار معیارهای اصلی مدل

C4	C3	C2	C1	T
۷۹۲/۰	۹۸۳/۰	۷۳۸/۰	×	C1
۶۵۳/۰	۹۸۱/۰	×	۶۱۳/۰	C2
×	×	×	×	C3
×	۶۰۲/۰	×	×	C4



شکل ۳- طرح شماتیک روابط علی میان معیارهای اصلی STBA

تجمیع شد. برای تجمیع دیدگاه خبرگان در روش GANP خاکستری از روش میانگین هندسی استفاده شده است. با حل سوپرماتریس های حد و موزون میزان وزن هر شاخص تعیین می شود برای تعیین سازگاری ماتریس ها و میزان اعتماد به اولویت های تعیین شده لازم است در این مرحله نرخ ناسازگاری را محاسبه نماییم [۳۳] که میزان نرخ ناسازگاری ماتریس تشکیل شده برابر ۰/۰۰۷ است که کوچکتر از ۰/۱ می باشد و بنابراین می توان به مقایسه های انجام شده اعتماد کرد.

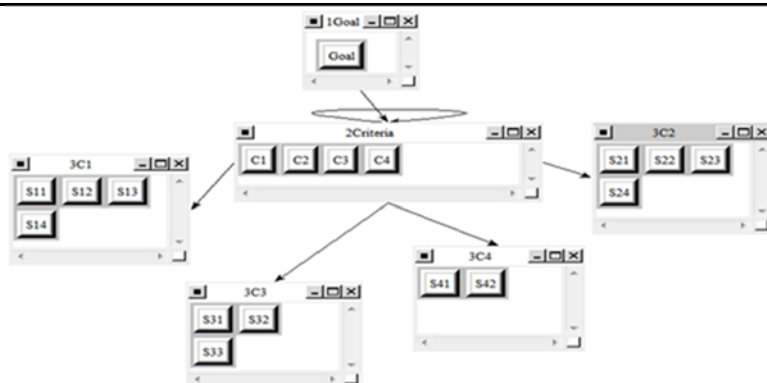
تعیین اولویت عناصر فاز STBE با تکنیک GANP: در قدم اول در این فاز لازم است محاسبه روابط درونی شاخص های STBE با تکنیک GDEMATEL تعیین گردد. با محاسبه روابط درونی، ماتریس روابط درونی معیارهای اصلی W<sub>22</sub> بدست خواهد آمد. جهت انعکاس روابط درونی میان معیارهای اصلی از تکنیک دیمتل خاکستری استفاده شده است. با محاسبه میانگین خاکستری دیدگاه خبرگان، ماتریس ارتباط مستقیم یا X محاسبه شده است. مشخصات دکارتی معیارهای اصلی فاز STBE در شکل ۵ نشان داده شده است. نتایج نشان داد که بین معیارهای کیفیت ارتباط درونی وجود ندارد و فقط به طور مشخص کیفیت

طریق مقایسه زوجی  
۲- شناسایی روابط درونی میان معیارهای اصلی با تکنیک دیمتل  
۳- اولویت بندی هریک از زیرمعیارها در خوشه مربوط به خود از طریق مقایسه زوجی  
۴- محاسبه سوپرماتریس اولیه، سوپرماتریس موزون و سوپرماتریس حد  
به این ترتیب اولویت نهائی شاخص ها مشخص شده است. مقایسه زوجی از دیدگاه گروهی از خبرگان انجام شده است. تعداد خبره ها ۱۰ نفر بوده که تمامی آنها دارای تحصیلات بالای لیسانس و بالاتر بوده و حداقل ۵ سال سابقه کار در صنعت پتروشیمی را داشته اند. دیدگاه خبرگان با استفاده از مقیاس خاکستری، کمی شده است. مقیاس مورد استفاده در روش فرآیند تحلیل شبکه خاکستری در جدول ۵ ارائه شده است.  
در گام دوم از تکنیک GANP زیرمعیارهای مربوط به هر معیار بصورت زوجی مقایسه شده اند. در این مرحله ابتدا محاسبات انجام شده برای خاکستری سازی میانگین دیدگاه کارشناسان جهت تعیین اولویت زیرمعیارها ارائه شده است. ابتدا نظرات خبرگان در مقایسه زوجی هر یک از زیر معیارها گردآوری شده است. سپس این مقادیر با محاسبه میانگین خاکستری



جدول ۴- الگوی روابط علی معیارهای اصلی

D-R	D+R	R	D	ماتریس مختصات دکارتی
۱/۴۵۱	۴/۲۵۳	۱/۴۰۱	۲/۸۵۲	C <sub>1</sub>
۰/۶۶۱	۴/۸۱۶	۲/۰۷۸	۲/۷۳۸	C <sub>2</sub>
-۱/۵۴۰	۴/۲۶۳	۲/۹۰۲	۱/۳۶۲	C <sub>3</sub>
-۰/۵۷۱	۳/۷۹۶	۲/۱۸۴	۱/۶۱۲	C <sub>4</sub>



شکل ۴ - الگوی معیارها و زیرمعیارهای مدل STBA

جدول ۵- طیف خاکستری مقایسه زوجی عناصر [۲۰]

عبارت کلامی وضعیت مقایسه I نسبت به J	معادل خاکستری	معادل خاکستری معکوس
ترجیح یکسان Preferred Equally	[۱،۱]	[۱،۱]
کمی مرجح Preferred moderately	[۱،۳]	[۱/۳، ۱]
خیلی مرجح Preferred Strongly	[۳،۵]	[۱/۵، ۱/۳]
خیلی زیاد مرجح very strongly Preferred	[۵،۷]	[۱/۷، ۱/۵]
کاملاً مرجح Extremely Preferred	[۷،۹]	[۱/۹، ۱/۷]

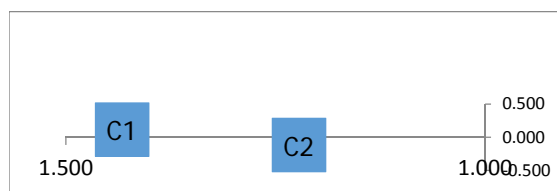
سایر مراحل انجام این بخش پژوهش مشابه روش انجام شده برای فاز STBA می‌باشد. قابل ذکر است که تمام محاسبات این بخش توسط نرم افزار Super decision انجام گردید. در انتها الگوی ارائه شده در یکی از بزرگترین صنایع پتروشیمی بررسی شده و روایی آن توسط خبرگان آن صنعت مورد تایید قرار گرفت.

تاثیر بیشتری بر قیمت دارد اما قیمت بر کیفیت نیز بی‌تاثیر نیست. در این مرحله وزن معیارها و شاخص‌های فاز STBE با استفاده از تکنیک تحلیل شبکه خاکستری (GANP) تعیین می‌گردد. الگوی معیارها و زیرمعیارهای فاز STBE با استفاده از تکنیک ANP در شکل ۶ ترسیم شده است.

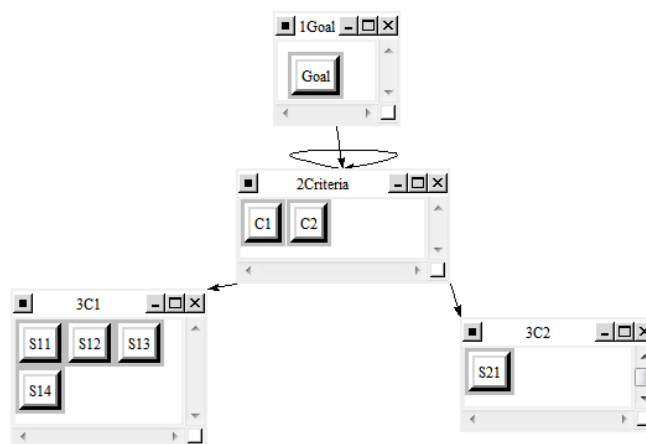
### یافته‌ها

نتایج حل شبکه GANP بخش معیارهای اصلی STBA و میزان وزن آنها در شکل ۷ نشان داده شده است.

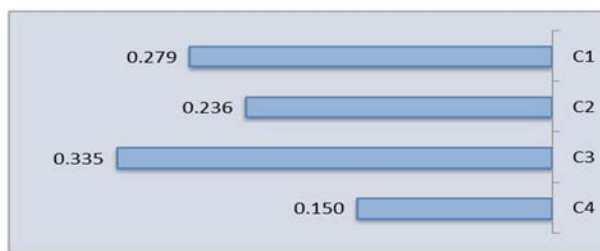
همانطور که مشخص است معیار کیفیت STBA با



شکل ۵- نمودار مختصات دکارتی برونداد DEMATEL برای معیارهای اصلی فاز STBE



شکل ۶- الگوی معیارها و زیرمعیارهای فاز STBE



شکل ۷- نمایش گرافیکی اولویت معیارهای اصلی پژوهش

بالاترین وزن را بخود اختصاص داده است. بر اساس محاسبات صورت گرفته و حل سوپرماتریس اولیه، سوپرماتریس موزون و سوپرماتریس حد، وزن و اولویت نهائی معیارها و زیرمعیارها تعیین می‌گردد که در جدول ۷ نشان داده شده است. همانطور که در جدول ۷ مشخص است در بین زیرمعیارها بالاترین اولویت‌ها مربوط به منابع انسانی، رزومه شرکت، ماشین آلات و ضمانت‌نامه‌های اخذ شده پیمانکار است و همچنین سوابق ایمنی، سرمایه‌گذاری در بخش ایمنی و کیفیت کارهای قبلی و سوابق اجرایی کارهای مشابه از اولویت‌های بعدی بشمار می‌رود. نتایج حاصل از بخش STBE در شکل ۸ نشان داده شده است. همانطور که در شکل ۸ مشخص است معیار کیفیت دارای وزن ۰/۷۶ و بالاتر از توان مالی بدست آمده است.

وزن نرمال ۰/۳۳۵ و از بیشترین اولویت و توان مالی با وزن ۰/۱۵۰ از کمترین اولویت برخوردار است. وزن‌های بدست آمده درنتایج حاصل از حل شبکه GANP جهت زیر معیارهای فاز STBA در جدول ۶ نشان داده شده است. همانطور که در جدول ۶ مشخص است بالاترین وزن درشاخه معیار اصلی تجربه و سابقه رزومه با وزن ۰/۳۵۸ و سپس سوابق ایمنی با وزن ۰/۲۶۲ استو در شاخه منابع زیر معیار منابع انسانی با وزن ۰/۴۲۶ و سپس ماشین آلات با وزن ۰/۲۸۱ و منابع انسانی ایمنی با وزن ۰/۲۱۸ بیشترین وزن‌ها را بخود اختصاص داده است. در خصوص شاخص کیفیت زیر معیار کیفیت کارهای قبلی با وزن ۰/۴۹۷ بالاترین وزن را بخود اختصاص داد. در شاخص توان مالی زیر شاخص ضمانت‌نامه‌های اخذ شده با وزن ۰/۵۷ و بدنبال آن سرمایه‌گذاری در بخش ایمنی با وزن ۰/۴۳

جدول ۶- میزان وزن زیر معیارهای تعریف شده در چهار معیار اصلی STBA

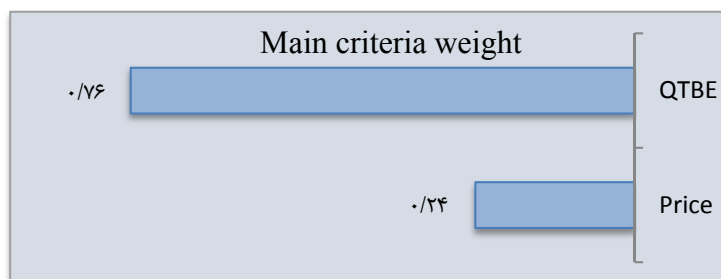
نماد	معیارهای اصلی	زیرمعیارها	نماد	وزن	نرخ ناسازگاری
C <sub>1</sub>	تجربه و سابقه	رزومه شرکت	S <sub>11</sub>	۰/۳۵۸	
		گواهینامه صلاحیت پیمانکاری	S <sub>12</sub>	۰/۱۴۴	۰/۰۴۶
		سوابق اجرایی کارهای مشابه	S <sub>13</sub>	۰/۲۳۵	
C <sub>2</sub>	منابع	سوابق ایمنی	S <sub>14</sub>	۰/۲۶۲	
		منابع انسانی	S <sub>21</sub>	۰/۴۲۶	
		منابع رفاهی	S <sub>22</sub>	۰/۰۷۵	۰/۰۲۶
		ماشین آلات	S <sub>23</sub>	۰/۲۸۱	
C <sub>3</sub>	کیفیت STBA	منابع انسانی در زمینه ایمنی	S <sub>24</sub>	۰/۲۱۸	
		کیفیت کارهای قبلی	S <sub>31</sub>	۰/۴۹۷	
		گواهینامه‌های مدیریت کیفیت	S <sub>32</sub>	۰/۳۲۰	۰/۰۳۴
		داشتن گواهینامه سیستم مدیریت ایمنی	S <sub>33</sub>	۰/۱۸۳	
		مبلغ و تعداد ضمانت‌های اخذ شده طی ۳ سال گذشته	S <sub>41</sub>	۰/۵۷	-
C <sub>4</sub>	توان مالی	سرمایه‌گذاری انجام شده در بخش ایمنی	S <sub>42</sub>	۰/۴۳	

جدول ۷- میزان اولویت زیر معیارهای تعریف شده در چهار معیار اصلی STBA

نماد	معیارهای اصلی	زیرمعیارها	نماد	وزن	اولویت
C <sub>1</sub>	تجربه و سابقه	رزومه شرکت	S <sub>11</sub>	۰/۸۱۲۹۷۱	۲
		گواهینامه صلاحیت پیمانکاری	S <sub>12</sub>	۰/۳۲۷۰۰۵	۱۱
		سوابق اجرایی کارهای مشابه	S <sub>13</sub>	۰/۵۳۳۶۵۴	۸
C <sub>2</sub>	منابع	سوابق ایمنی	S <sub>14</sub>	۰/۵۹۴۹۶۸	۵
		منابع انسانی	S <sub>21</sub>	۱	۱
		منابع رفاهی	S <sub>22</sub>	۰/۱۷۶۰۵۶	۱۳
		ماشین آلات	S <sub>23</sub>	۰/۶۵۹۶۲۴	۴
C <sub>3</sub>	کیفیت STBA	منابع انسانی در زمینه ایمنی	S <sub>24</sub>	۰/۵۱۱۷۳۷	۹
		کیفیت کارهای قبلی	S <sub>31</sub>	۰/۵۸۰۱۵۸	۷
		گواهینامه‌های مدیریت کیفیت	S <sub>32</sub>	۰/۳۷۳۵۴۲	۱۰
		داشتن گواهینامه سیستم مدیریت ایمنی	S <sub>33</sub>	۰/۲۱۳۶۱۹	۱۲
		مبلغ و تعداد ضمانت‌های اخذ شده طی ۳ سال گذشته	S <sub>41</sub>	۰/۷۷۰۴۶۱	۳
C <sub>4</sub>	توان مالی	سرمایه‌گذاری انجام شده در بخش ایمنی	S <sub>42</sub>	۰/۵۸۱۲۲۵	۶

برخوردار است. در مرحله آخر امتیاز ۵ پیمانکار شرکت کننده در مناقصه عملیات فنی یکی از بزرگترین شرکت‌های پتروشیمی با توجه به معیارهای تعریف شده مورد توجه قرار گرفت که نتایج این بخش تحقیق در جدول ۱۰ نشان داده شده است. همانطور که در جدول ۱۰ مشخص است. براساس نتایج مندرج در در مرحله آخر امتیاز ۵ پیمانکار شرکت کننده در مناقصه عملیات فنی یکی از

در خصوص تعیین وزن زیر معیارهای فاز STBE مقادیر بدست آمده در جدول ۸ نشان داده شده است. همانطور که در شکل ۸ مشخص است زیر معیار کیفیت منابع با وزن ۰/۲۸۵ بالاترین وزن را بخود اختصاص داده است. نتایج اولویت‌بندی نهائی عناصر فاز STBE با تکنیک GANP در جدول ۹ نشان داده شده است. همانطور که در جدول ۹ مشخص است شاخص قیمت پیشنهادی برای اجرای پیمانکاری از بیشترین اولویت‌ها



شکل ۸- نمایش گرافیکی اولویت معیارهای اصلی فاز STBE

جدول ۸- میزان وزن زیر معیارهای تعریف شده در دو معیار اصلی STBE

نماد	معیارهای اصلی	زیرمعیارها	نماد	وزن	نرخ ناسازگاری
Q <sub>STBE</sub>	کیفیت	روش کنترل کیفیت	Q <sub>STBE1</sub>	0.255	0.046
		نتایج ممیزی‌های سیستم مدیریت ایمنی	Q <sub>STBE2</sub>	0.216	
		دستورالعمل‌های ایمنی	Q <sub>STBE3</sub>	0.244	
		کیفیت منابع	Q <sub>STBE4</sub>	0.285	
C <sub>1</sub>	مالی	قیمت پیشنهادی برای اجرای پیمان	C <sub>1</sub>	1	-

جدول ۹- اولویت نهایی معیارهای STBE

نماد	معیارهای اصلی	زیرمعیارها	نماد	وزن
Q <sub>STBE</sub>	کیفیت	روش کنترل کیفیت	Q <sub>STBE1</sub>	0.362857
		نتایج ممیزی‌های سیستم مدیریت ایمنی	Q <sub>STBE2</sub>	0.275004
		دستورالعمل‌های ایمنی	Q <sub>STBE3</sub>	0.310652
		کیفیت منابع	Q <sub>STBE4</sub>	0.362852
C <sub>1</sub>	مالی	قیمت پیشنهادی برای اجرای پیمان	C <sub>1</sub>	1

انتخاب شده در مرحله STBE در جدول ۱۱ نشان داده شده است. بنابراین پیمانکار شماره ۲ با وزن ۰/۷۷۹ در اولویت نخست قرار دارد.

### بحث و نتیجه‌گیری

نتایج این تحقیق با نتایج تحقیق جعفری و همکاران در همین زمینه انجام داده‌اند مغایرت دارد بطوریکه آنها تعهد رهبری سازمان و اجرا و پایش را بعنوان مهمترین عوامل تاثیرگذار در انتخاب پیمانکار بیان نموده‌اند که در این تحقیق بالاترین امتیاز مربوط به میزان سرمایه‌گذاری بوده است. این مسئله بدلیل عدم توجه محقق به روابط درونی شاخص‌های تصمیم‌گیری بوده که می‌تواند در روند تصمیم تاثیرگذار باشد [۱]. در تحقیقی که آقای محمد فام و همکاران در همین رابطه

بزرگترین شرکت‌های پتروشیمی با توجه به معیارهای تعریف شده مورد توجه قرار گرفت که نتایج این بخش تحقیق در جدول ۱۰ نشان داده شده است. همانطور که در جدول ۱۰ مشخص است.

۱۱ امتیاز نهائی هر شرکت (پیمانکار) براساس دیدگاه خبرگان محاسبه شده است. بنابراین پیمانکار شماره ۵ با وزن ۰/۷۷۰ در اولویت نخست قرار دارد. پیمانکار شماره ۱ و شماره ۴ که امتیازی کمتر از ۰/۵ بدست آورده‌اند حذف می‌شوند و سه پیمانکار دیگر برای ارزیابی فنی (فاز STBE) انتخاب می‌شوند. پیمانکاران ۵ و ۲ در بین پنج پیمانکار بعنوان برترین پیمانکاران در مرحله STBA انتخاب شدند که این پیمانکاران جهت ورود به مرحله STBE و تعیین امتیاز نهایی آنها انتخاب شدند. نتایج بدست آمده از ۳ پیمانکار

حساسیت زیادی برخوردار نبوده و نمی‌تواند تاثیرگذار باشد [۱۵]. در مطالعه‌ای که شفایی غلامی و همکاران در سال ۲۰۱۴ ارائه نمودند مهم‌ترین شاخص عملکردی HSE پیمانکاران در صنعت پتروشیمی را ساختار، فرهنگ و آموزش ایمنی دانسته که این نتایج به اهمیت آموزش در بین پیمانکاران اشاره می‌کند [۳۴]. نتایج این تحقیق با نتایجی که در تحقیق حاضر گرفته شده است همسو بوده و در هر دو تحقیق به ساختار سیستم HSE و آموزش پرسنل بعنوان یکی از مهم‌ترین شاخص‌های انتخاب و عملکردی پیمانکاران در صنعت پتروشیمی اشاره می‌کند، همخوانی دارد.

یکی از مهم‌ترین چالش‌هایی که در صنعت نفت وجود دارد، حوادث است که در بسیاری از آنها پیمانکاران یا به‌طور مستقیم و یا به‌طور غیر مستقیم دخالت دارند. لذا رعایت ایمنی از سوی پیمانکاران در این صنعت از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است که لازم است در معیارهای انتخاب پیمانکاران عملکرد ایمنی آنها مدنظر قرار گیرد. بطوریکه سوابق ایمنی پیمانکاران بعنوان یکی از مهم‌ترین معیارهای انتخاب مد نظر قرار گرفت. در بین معیارهای اصلی تعریف شده در فاز STBA معیار کیفیت دارای بیشترین اولویت می‌باشد که بدلیل توجه خاص مدیران به شاخص‌های کیفیتی است. با بررسی زیر معیارهای فاز STBA مشخص گردید که در بین ۱۳ زیر معیار، زیر معیار منابع انسانی دارای بالاترین اولویت می‌باشد که این مسئله بدلیل تخصصی بودن و انسان محور بودن فرایند صنعت نفت در فاز ساخت‌وساز است. همچنین در رتبه‌بندی انجام شده مشخص گردید که سوابق ایمنی و سرمایه‌گذاری انجام شده در بخش ایمنی، از زیر معیارهای مهم در انتخاب پیمانکار می‌باشد که در فاز STBE از اهمیت خاصی برخوردار است.

از مهم‌ترین محدودیت‌های این تحقیق می‌توان به کمبود اطلاعات در خصوص شاخص‌های ایمنی پیمانکاران (به تفکیک) اشاره کرد. همچنین خبره‌هایی که با سیستم‌های خاکستری و ایمنی آشنا بوده و بتوانند در تکمیل پرسشنامه‌ها همکاری نمایند محدود بود که

جدول ۱۰- امتیاز و رتبه بدست آمده پیمانکاران مورد تحلیل در مرحله STBA

رتبه	امتیاز	پیمانکار	ردیف
۴	۰/۴۸۳	پیمانکار شماره ۱	A1
۲	۰/۶۸۳	پیمانکار شماره ۲	A2
۳	۰/۶۲	پیمانکار شماره ۳	A3
۵	۰/۴۵۰	پیمانکار شماره ۴	A4
۱	۰/۷۷۰	پیمانکار شماره ۵	A5

جدول ۱۱- رتبه نهایی پیمانکاران انتخاب شده در مرحله STBE

رتبه	امتیاز	پیمانکار	ردیف
۱	۰/۷۷۹	پیمانکار شماره ۲	A2
۳	۰/۵۴۹	پیمانکار شماره ۳	A3
۲	۰/۶۳۶	پیمانکار شماره ۵	A5

ارائه نموده‌اند اشاره به اهمیت تجهیزات ایمنی در اختیار پیمانکار بعنوان یکی از معیارهای موثر بر انتخاب پیمانکاران شده است. این نتایج با نتایج بدست آمده در این تحقیق مشابه بوده ولی با توجه به اینکه در تحقیق محمد فام و همکاران هدف ارائه مدلی برای تعیین رفتارهای ناایمن پیمانکاران بوده لذا نوع شاخص‌ها و تفسیر آنها با تحقیق حاضر متفاوت می‌باشد [۳۵].

یکی از وجوه متمایز این تحقیق با سایر تحقیق‌های مشابه معیارها و شاخص‌های اندازه‌گیری است که در این تحقیق معیارهای ایمنی و کیفیت با یکدیگر بصورت تلفیقی در نظر گرفته شده است در حالی که در تحقیقی که طاهری و ایران‌بان در سال ۲۰۱۵ انجام دادند با استفاده از روش ترکیبی DEMATEL و ANP به حل مسئله انتخاب پیمانکار پرداخته شده است اما در معیارهای تعریف شده، معیار ایمنی لحاظ نشده است [۱۳]. همچنین در مطالعه آشوری و مظفری که در سال ۲۰۱۳ انجام شد، در بین معیارهای انتخاب شده، معیار ایمنی وجود ندارد و فقط بر اساس معیارهای مالی ارائه مدل نموده است [۱۶]. در مطالعه دیگری که توسط هسو و همکاران در سال ۲۰۱۳ انجام شده، معیارهای سازگاری، کیفیت، هزینه و ریسک مورد توجه قرار گرفته است. لذا با توجه به مطالعات قبلی و عدم نظر گرفتن معیار ایمنی، در این مطالعه معیارهای مورد استفاده با رویکرد ایمنی در نظر گرفته شده ولی میزان وزن تعیین شده برای ایمنی آنقدر پایین بوده که از

9. Lambropoulos S. The use of time and cost utility for construction contract award under European Union Legislation. *Build Environ*. 2007; 42: 452-463.

10. Enyinda CI. A decision support model for contractor selection in a government procurement supply chain. *J Manag Policy Pract*. 2011; 12: 9-17.

11. Sidhartha SP, Pratap KJ M. Centralized bid evaluation for awarding of construction projects – A case of India government. *Int J Project Manag*. 2010; 28: 275-284.

12. Watt D J, Kayis B, Willey K. The relative importance of tender evaluation and contractor selection criteria. *Int J Project Manag*. 2010; 28: 51-60.

13. Taheri E, Iranban SJ. The Evaluation and Selection of Contractors by Combined ANP Method and DEMATEL. *Manag Res Report*. 2015; 478-485.

14. Golbaharzadeh M, Shahbazi S, Golbaharzadeh M, Asadinasab H. Contractors ranking in construction projects based on a fuzzy decision-making method A case study in the National Iranian oil company. *Eur On J Natu Soc Sci*. 2013; 3: 1476-1483.

15. Hsu C C, Liou J J, Chuang YC. Integrating DANP and modified grey relation theory for the selection of an outsourcing provider. *Expert Sys Appl*. 2013; 40: 2297-2304.

16. Ashoori NA, Mozaffari MR. Prioritizing contractors selection using DEA-R and AHP in Iranian Oil Pipelines and Telecommunication Company. *Int J Data EnvelopAnal*. 2013; 4: 259-270.

17. Puri D, Tiwari S. Evaluating the criteria for contractors' selection and bid evaluation. *Int J Engineer Sci Invent*. 2014; 3: 44-48.

18. Sumrit D, Anuntavoranich P. Using DEMATEL Method to Analyze the Causal, Relations on Technological Innovation Capability Evaluation Factors in Thai Technology-Based Firms. *Int Transac J Engineer Manag Appl Sci Technolo*. 2013; 4: 81-103.

19. Amiri M, Salehi Sadaghiyani J, Payani N, Shafieezadeh M. Developing a DEMATEL method to prioritize distribution centers in supply chain. *Manag Sci Let*. 2011; 1: 279-288.

20. Bai C, Sarkis J. Integrating sustainability into supplier selection with gray system and rough set methodologies. *Int J Product Econom*. 2010; 124: 252-264.

21. Ou Yang YP, Shieh HM, Tzeng GH. A

سبب شد در این تحقیق زمان زیادی برای آموزش خبره‌ها جهت تکمیل پرسشنامه‌ها و چک لیست‌ها صرف گردد.

بعنوان مطالعات آتی پیشنهاد می‌شود که برای انتخاب پیمانکاران معیار ارزیابی عملکرد که از چندین پارامتر مختلف عملکردی تشکیل شده است بعنوان یک معیار انتخاب وارد الگو شود.

### تقدیر و تشکر

محققان این مطالعه بر خود لازم می‌دانند از دانشگاه آزاد قزوین که در انجام این تحقیق امکانات لازم را فراهم نموده است تقدیر و تشکر گردد.

### منابع

1. Jafari M.J, Mapar M, Mansouri N. A New Method for Contractors HSE Ranking at the Pre-Contract Stage Based on Contract Level. *Iran Occup Health*. 2013; 10(2): 65-78. [Persian]
2. Bakhshi M, Aliheidari BT. The new integrated approach for contractor selection criteria through A2 method. *Reef Resources Assess Manag Technic Paper*. 2013; 38: 582-596.
3. Gholipour R, Jandaghi G, Rajaei R. Contractor selection in MCDM context using fuzzy AHP. *Irani J Manag Stud*. 2014; 7: 151-173.
4. Topcu Y I. A decision model proposal for construction contractor selection in Turkey. *Buildi Environ*. 2004; 39: 469 – 481.
5. Mani V, Agrawal R, Sharma V. Supplier selection using social Sustainability: AHP based approach in India. *Int Strate Manag Rev*. 2014; 2(2): 98-112.
6. Wei W, ZhuangZhi L. Contractors Selection based on the Grey Decision Model, Wireless Communications, Networking and Mobile Computing. *WiCom Int Conf. Sep*. 2007: 21-25, China.
7. Watt D J, Kayis B, Willey K. Identifying key factors in the evaluation of tenders for projects and services. *Int J Project Manag*. 2009; 27:250-260.
8. Darvish, M, Yasaei M, Saedi A. Application of the graph theory and matrix methods to contractor ranking. *Int J Project Manag*. 2008; 27: 610-619.

model for evaluating business process management critical success factors. *Int J Product Econom.* 2013; 146: 281-292.

31. Cheng EWL, Li H. Contractor selection using the analytic network process. *Construct Manag Econom.* 2004; 22: 1021-1032.

32. Dou Y, Zhu Q, Sarkis J. Evaluating green supplier development programs with a grey-analytical network process-based methodology. *Eur J Operat Res.* 2014; 233: 420-431.

33. Park B, Youngchul Kim R. Making a Decision about Importance Analysis and Prioritization of Use Cases through Comparison the Analytic Hierarchy Process (AHP) with Use Case Point (UCP) Technique. *Int J Softwa Engineer Appl.* 2014; 8: 89-96.

34. Shafaei Gholami P, Nassiri P, Yarahmadi R, Hamidi A, Mirkazemi R. Assessment of contractors HSE performance based on key indicators in a petrochemical industrial setting: (a case study). *Iran Occup Health.* 2014; 11(3): 59-70. [Persian]

35. Mohammadfam I, Kiyangfar A, Taheri F. Representation of a Method for Identification of the Best Safe Contractors by Fuzzy Input Efficiency Profiling and AHP. *IOH.* 2011; 8(1): 6-12.

VIKOR technique based on DEMATEL and ANP for information security risk control assessment. *Inform Sci.* 2013; 232: 482-500.

22. Yin HH, Wang CC, Teng LY, Hsing YM. Application of DEMATEL, ISM, and ANP for key success factor (KSF) complexity analysis in R&D alliance. *Sci Res Essay.* 2012; 19:1872-1890.

23. Rashvand P, Abd Majid MZ, Pinto JK. Contractor management performance evaluation model at prequalification stage, *Exp Sys Appl.* 2015; 42: 5087-5101.

24. Abdollahi M, Arvan M, Razmi J. An integrated approach for supplier portfolio selection: Lean or agile? *Exp Sys Appl.* 2015; 42(1): 679-690.

25. Tuzkaya UR, Yolver E. R&D Project selection by integrated gray analytic network process and gray relational analysis: An implementation for home appliances company. *Aeronau Space Technol.* 2015; 8: 35-41.

26. Omidvari M, Lashgary Z. Presenting a model for safety program performance assessment using grey system theory. *Grey Systems: Theory Appl.* 2014; 4(2): 287-296.

27. Kamfiroozi MH, Aliahmadi A, Jafari Eskandari M. Application Application of Three Parameter Interval Grey Numbers in Enterprise Resource Planning Selection. *Int J Inform Secur Sys Manag.* 2012; 1: 72-77.

28. Nabwey H A, Paomy MS. An Integrated Methodology of Rough Set Theory and Grey System for Extracting Decision Rules. *Int J Hybrid Inform Technol.* 2013; 6: 58.

29. Zavadskas KE, Kaklauskas A, Turski Z. Multi-Attribute Decision-Making Model by Applying Grey Numbers. *Informatica.* 2009; 20: 307.

30. Bai C, Sarkis J. A grey-based DEMATEL

## **Presentation of contractor selection model by means of combined DEMATEL and ANP methods and gray relational analysis by safety approach: A case study in oil industry**

Gholamreza Gharedaghi<sup>1</sup>, Manouchehr Omidvari\*<sup>2</sup>

Received: 2016/12/19

Revised: 2017/10/25

Accepted: 2017/12/06

### **Abstract**

**Background and aims:** In today's business world, managers use outsourcing strategy as tool to establish competitive advantage and business capabilities in order to subcontract some activities and tasks to qualified contractors. Selecting the fittest contractor from qualified contractors can prevent waste of resource and keep organizational resource. With regard to complexities, risks and conditions of oil industry, one of the main criteria to select contractor in this industry is safety. In addition to such criteria as affordability, experience, specialized human resource, etc., the contractor should have acceptable health and safety executive (HSE) and appropriate performance. This study aims to determine contractor selection model by means of combined DEMATEL and ANP methods and grey relational analysis by safety approach.

**Methods:** In this study we used combined DEMATEL and ANP methods and grey relational analysis approach in order to rank criteria and to select best contractor (case study in oil industry), while developing conceptual structure, we can minimize qualification and effect of assessor's personal judgment in evaluation process and contractor selection.

**Results:** The results of this study show that main safety indexes to select contractor in oil industry are safety history and investment in safety sections.

**Conclusion:** This matter indicates (a) risks of this industry and (b) effect of safety education and effect of investment (in other sections) on performance of other sections and entire organization.

**Keywords:** Safety, Gray relational analysis, GANP, GDEMATEL, Contractor selection.

---

1. Department of Industrial Engineering, Faculty of Industrial and Mechanical Engineering, Islamic Azad University, Qazvin Branch, Ghazvin, Iran. Gh\_gharedaghi@yahoo.com

2. (**Corresponding author**) Associate Professor, Faculty of Industrial Engineering and Mechanics, Islamic Azad University of Qazvin, Ghazvin, Iran. omidvari88@yahoo.com