

رتبه بندی پیمانکاران پروژه های عمرانی با استفاده از تکنیک های تصمیم گیری تحلیل سلسه مراتبی

مجتبی ابراهیم بای سلامی

دانشجوی دکترای مهندسی عمران گرایش مدیریت ساخت، شرکت صنایع معدنی فولاد سنگان

چکیده

امروزه برونسپاری در تولید، به امری جهانی تبدیل شده و در زمینه تحقیق و توسعه و مشاغلی با سطح فنی بالا، در حال افزایش است. در سال های اخیر کاربرد برون سپاری برای دستیابی به پاسخ مؤثر در پروژه های مختلف سازمان ها به طور چشمگیری افزایش یافته است. سازمان ها می کوشند که با انتخاب و هدایت پیمانکاران، پروژه های خود را در چارچوب هزینه، زمان و کیفیت تعریف شده به پایان برسانند. انجام موفقیت آمیز پروژه های برون سپاری شده، چالشی مهم برای سازمان های کارفرما محسوب می شود. مدیران به منظور ایجاد مزیت و توانمندی های کسب و کار اقدام به برون سپاری بخشی از فعالیت های سازمان به پیمانکاران واجد شرایط می نمایند. انتخاب پیمانکار اصلح از میان پیمانکاران تایید صلاحیت شده می تواند از هدر رفت منابع جلوگیری نموده و سبب حفظ منابع سازمان گردد. صنعت پیمانکار از عوامل مهم توسعه کشورها به حساب می آید و توسعه پیمانکار شاخصی برای توسعه کشورها تلقی می شود. از طرفی رتبه بندی اعتباری پیمانکاران با مقایسه ریسک اعتباری آنها با یکدیگر، تصمیم گیری سرمایه گذاران را تسهیل می کند. در این تحقیق به رتبه بندی پیمانکاران پروژه های عمرانی پرداخته می شود. هدف پژوهش حاضر شناسایی و اولویت بندی ریسک های مؤثر بر رتبه بندی اعتباری پیمانکاران است. ابتدا با استفاده از مطالعات پیشین و مصاحبه با خبرگان و کارشناسان این حوزه، مهم ترین ریسک های مؤثر بر رتبه بندی اعتباری پیمانکاران یک پیمانکار همانند وضعیت و ثبات مالی، ارزش اعتباری و آسیب پذیری پیمانکاران در قبال شرایط نامساعد شناسایی و تعیین گردیدند. و در نهایت رتبه بندی پیمانکاران استان با استفاده از روش تصمیم گیری چند معیاره فازی تاپسیس بر اساس شاخص های مذکور انجام گرفت.

واژه های کلیدی: برنامه ریزی پروژه، پیمانکاران، ریسک، پروژه های عمرانی.



مقدمه

ادامه مسیر رشد اقتصادی در هر جامعه ای نیازمند احداث واحدهای صنعتی و تولیدی و همچنین توسعه این گونه واحدها می باشد. یکی از مهمترین اقداماتی که قبل از شروع هر پروژه باید انجام داد تحلیل و بررسی ریسک های پروژه می باشد تا با کمترین ریسک پروژه را به اتمام برسد. پروژه های احداث واحدهای صنعتی با ریسک های فراوانی مواجه هستند [1]. که عدم شناسایی و مدیریت این ریسک ها می تواند باعث به وجود آمدن خسارات جبران ناپذیری گردد و روند پیشرفت پروژه را با مشکل روبرو کند هدف از این پروژه شناسایی این ریسک ها و اولویت بندی آنها جهت مدیریت بهینه می باشد. ارزیابی وضعیت و رتبه بندی پیمانکاران فعال در صنعت پیمانکار همواره به عنوان یکی از دغدغه های مهم در توسعه خدمات پیمانکار و در نتیجه افزایش ضریب نفوذ پیمانکار در کشورها محسوب می شود [18]. از سوی دیگر تعدد اجزا و عوامل موثر بر موفقیت پیمانکاران موجب می شود عوامل و شاخص های ارزیابی و مدل های رتبه بندی مربوطه از پیچیدگی خاصی برخوردار شوند. از همین رو دستیابی به مدلی جهت رتبه بندی پیمانکاران کشور از جمله مقولاتی است که تحقق آن می تواند کمک قابل توجهی در جهت توسعه این صنعت ایفا نموده و مبنایی برای تعیین پیمانکاران نمونه و اعمال نظارت و اعطای امتیازات لازم به آنها مورد استفاده قرار گیرد. در صورتی که فقدان چنین سازوکاری موجب خواهد شد تا رویکردهای قضای و عامل انسانی در ارزیابی پیمانکار ها مد نظر قرار گرفته و از کارایی و اثربخشی استراتژی های توسعه بکاهد [3].

تعریف واژگان

ارزیابی: فرآیند امتیازدهی به اجزای بالقوه خاص با استفاده از شاخص های کلیدی و معیارهای وزنی مربوطه برای مقاصد مقایسه ای جهت تصمیم گیری بعدی (ذکایی آشتیانی، ۱۳۸۷؛ ۶۶).

ریسک: اثری که از یک انحراف انتظار می رود بطوری که آن می تواند مثبت (گاهی اوقات می تواند فرصت تلقی شود)، منفی (گاهی به عنوان تهدید تلقی می شود) و یا هر دو باشد (ایزو، ۲۰۱۷).

مدیریت ریسک: مدیریت ریسک عبارتست از فرآیند شناسایی، ارزیابی و کنترل ریسک های اتفاقی و بالقوه ای که پیامدهای ممکن آن به طور مشخص خسارت، عدم تغییر و بهبود در وضع موجود می باشد (مرادی پور و همکاران، ۱۳۹۰). واژه ریسک از کلمه ایتالیایی ریسکار^۱ به معنای مبادرت به کار دلیرانه گرفته شده است. ریسک، احتمال محقق نشدن پیشبینی های آینده تعریف می شود. به عبارت دیگر ریسک به معنی امکان وقوع یک خسارت و زیان اعم از مالی یا غیرمالی در نتیجه انجام یک فعالیت است (نیک پی، ۱۳۸۹). مهمترین ریسک هایی که مؤسسات مالی از جمله پیمانکار ها با آن ها مواجه اند، به شش دسته تقسیم بندی می شوند که در شکل (۱) مشخص هستند.

1 Rischiare



شکل ۱-۱- انواع ریسک‌ها موسسات مالی (شایان آرانی، ۱۳۸۰)

رتبه بندی اعتباری نقش مهمی را در ارزیابی اطلاعات مالی و حسابداری بازی می کند و رتبه بندی به مجموعه اطلاعات در دسترس می افزاید. رتبه اعتباری که از اطلاعات صورت‌های مالی ناشی شده است، توانایی سرمایه گذاران را برای تصمیمات سودمند افزایش می دهد. صورت‌های مالی و سایر صورت ها دیگر برای برآورده کردن نیاز استفاده کنندگان کافی نیستند. امیری و بیگلری کامی، ۲۰۱۳ به رتبه بندی اعتباری به بهبود کارایی صورت‌های مالی به طور خاص و حسابداری به طور کلی کمک می کند. رتبه بندی اعتباری را می توان به رتبه بندی داخلی^۲ و رتبه بندی خارجی^۳ تقسیم کرد. رتبه بندی داخلی مربوط به بازار پول و رتبه بندی خارجی از منظر بازار سرمایه می باشد. در تحقیق حاضر با روش برنامه ریزی عدد صحیح مختلط رتبه بندی پیمانکارها می پردازیم.

بیان مسئله

مدیریت ریسک یکی از موضوعات عمده پروژه است در بیشتر سازمان های درگیر در پروژه به عنوان رشته کلیدی در نظر گرفته می شود. مدیریت ریسک، فرآیند سیستماتیک شناسایی، تجزیه و تحلیل و پاسخگویی به مدیریت پروژه می باشد که شامل حداکثر نمودن احتمال رخداد حوادث مثبت و نتایج آن و حداقل کردن احتمال رخداد حوادث مضر و نتایج آن است.

با توجه به اینکه اخذ رضایت‌مندی مشتریان و کارفرمایان در ارائه یک برنامه کاری و زمانی منظم یکی از اهداف کاری هر سازمانی به شمار می‌رود و بدیهی است که اجرای یک پروژه باکیفیت قابل‌پذیرش در زمان مشخص یکی از دغدغه‌های اصلی مدیران یک از صنایع بالادستی (صنعت فولاد) به شمار می‌رود. باوجود چنین شرایطی مدیریت باید قادر باشد بهترین سبد پروژه را از میان تمامی گزینه‌های موجود انتخاب کند و برای آن برنامه‌ریزی کند. در این میان همواره ملاحظات اقتصادی و محدودیت‌های منابع و زمانی وجود دارد که باید ضمن برآوردن اهداف که معمولاً کاهش هزینه‌هاست برقرار باشند؛ بنابراین به طور کلی یکی از مهم‌ترین مشکلات سازمان‌ها بهینه‌سازی سهام است. در ابعاد بزرگ آن‌ها اغلب با پروژه‌های چند فازي که در سه مسئله اصلی به وجود می‌آیند، درگیر هستند: انتخاب بهترین پروژه، انتخاب پیمانکاران واجد شرایط، بودجه بندی و برنامه‌ریزی پروژه‌ها با توجه به محدودیت‌های موجود در این پژوهش قصد داریم ابتدا پیمانکارانی که حداقل شرایط را دارند حذف کنیم سپس با مشورت با خبرگان ضریب نزدیکی پیمانکاران به هر فاز از پروژه را با توجه به توانایی‌های پیمانکاران تعیین نماییم. سرانجام این ضرایب به‌عنوان شاخص موفقیت به یک مدل

2 Internal Ranking
 3 External Ranking



برنامه ریزی خطی برای انتخاب پروژه های سودآورتر، پیمانکاران مرتبط، بودجه بندی و برنامه ریزی پروژه ها با توجه به محدودیت ها برای هر پیمانکار منجر می شود.

مبانی نظری و مروری بر پیشینه پژوهش

هر روزه پروژه های متعددی در سراسر دنیا با شکست مواجه می شوند که با توجه به حجم سرمایه گذاری در اینگونه پروژه ها موجبات دور ریز هزینه های گزافی در سازمان ها را فراهم می آورد. این چالش پایدار بسیاری از متخصصان مدیریت پروژه را بر آن داشته تا به شناسایی مشکلات و ریسک هایی که سبب شکست پروژه ها می شوند و آن دسته از عواملی که باید برای دستیابی به خروجی موفقیت آمیز مدیریت پروژه تحت کنترل باشند، بپردازند. پسی لاکي و مارگاریتیس⁴ (۲۰۱۰) در مقاله ی خود تحت عنوان "ارزیابی ریسک اعتباری بر اساس عملکرد شرکت" با استفاده از مدل تحلیل پوششی داده ها به بررسی نقش فاکتورهای غیرمالی در ارزیابی ریسک اعتباری پرداختند، نتایج تحقیق آنها نشان داد که شاخص های غیرمالی در تعیین ورشکستگی های تجاری بسیار مفید می باشند. اش شو (۲۰۱۳) رابطه بین رتبه اعتباری و ویژگی های پیمانکاران ی اردنی را از طریق رگرسیون لجستیک ترتیبی و متغیرهای اهرم، سودآوری، شدت سرمایه⁵، تمایل به زیان⁶، اندازه شرکت، فرصت های رشد، نوع صنعت و کیفیت حسابرس بررسی کرد. نتایج تحقیق نشان داد بیشتر ویژگی های پیمانکار بر رتبه اعتباری اثر قابل ملاحظه ای دارند. سودآوری دارای رابطه مثبت اما اهرم و تمایل به زیان رابطه منفی با رتبه اعتباری دارند و شدت سرمایه حائز اهمیت نبود. فقط اندازه پیمانکار و فرصت های رشد رابطه مثبت بسیار بالایی با رتبه اعتباری داشته و در مقابل، ارتباطی بین نوع صنعت و کیفیت حسابرسی با رتبه اعتباری دیده نشد. ارسنیگو و ورسلایز⁷ (۲۰۱۳) از تکنیک های خطی و غیرخطی برای اعتبار سنجی بانک ها استفاده کردند. آن ها تحلیل های اصولی مؤلفه ای را برای ارزیابی بانک های آسیایی، اتحادیه اروپا و آمریکا استفاده کردند و سپس آنها را بر پایه شاخصهای مالی و غیرمالی تقسیم بندی کردند. دومپس⁸ و همکاران (۲۰۱۹) به امتیاز دهی و رتبه بندی اعتبار پرداختند. آن ها خصوصیات اساسی امتیاز دهی و رتبه بندی اعتبار را بررسی کردند و سپس در مورد زمینه های مختلف امتیاز دهی و رتبه بندی پیشنهادات مختلفی را ارائه دادند. دهدشت و همکاران در سال 2017 به ارزیابی ریسک های موجود در پروژه های ساخت با استفاده از روش دیمتل- فرآیند تحلیل شبکه ای پرداختند. آنها معیارهای مهم ریسک پروژه های ساخت و ساز در صنعت نفت گاز را با استفاده از داده های جمع آوری شده توسط مصاحبه با خبرگان شناسایی کردند [10]. حصین و همکاران در سال 2019 در مقاله ای به رتبه بندی متغیر ریسک بر اساس فراوانی وقوع آن با تلفیق همزمان زمان، هزینه و معیارهای کیفیت و همزمان با انتخاب متغیرهای برتر با ترتیب مهمترین تأثیر پرداختند. آنها از روش تاپسیس فازی برای رتبه بندی ریسک های احتمالی پروژه استفاده کردند [11]. شیخ ابومسعودی و بهوندی در سال 2019 به شناسایی و رتبه بندی ریسک های ناشی از پروژه های حفاری نفت و گاز

4 Psillaki, Margaritis

5 Capital intensity

6 Loss Propensity

7 Orsenigo & Vercellis

8 Doumpou



پرداخته اند. آنها با استفاده از روش های تصمیم گیری چندمعیاره ریسک های ناشی از حفاری نفت و گاز در منطقه گچساران مورد مطالعه قرار دادند. آنها برای این منظور از روش تحلیل شبکه ای فرآیند فازی استفاده کرده اند [12]. (برقی و سیکاری، 2020) به ارزیابی ریسک های کمی و کیفی پروژه با استفاده از یک مدل ترکیبی توسعه داده شده تحت شرایط عدم قطعیت پرداختند. آنها داده های خود را با جمع آوری اطلاعات از 15 نفر از کارکنان با تجربه انجام دادند. نتایج تحلیل عاملی تأیید کننده نشان داد که کلیه ریسک ها توسط اعضای نمونه تحقیق تأیید شده است. سپس ریسک های شناسایی شده با استفاده از تکنیک های فازی دیمتل و تحلیل شبکه فرآیند فازی طبقه بندی و رتبه بندی شدند. نتایج نهایی مطالعه نشان داد که تحریم های سیاسی و اقتصادی بالاترین وزن متعاقب آن جذب سرمایه گذاران خارجی و عدم وجود زیرساخت های منطقه ای داشته است [13]. (کریمی و سلامی، 1396) در تحقیق خود با نام معیارهای ارزیابی پیمانکاران در مناقصات پروژه های عمرانی با رویکرد استفاده از روش سلسله مراتبی؛ دریافتند که مهم ترین معیارهای ارزیابی پیمانکاران به ترتیب اهمیت و اولویت عبارتند از: مهارت های فنی، داشتن کارکنان کلیدی و آشنایی با قوانین، عملکرد در پروژه های گذشته و تجربه سازمانی، وضعیت مالی، مهارت در مدیریت پروژه، روش ها و راه حل های فنی و ابتکاری، حسن شهرت و کنترل کیفیت با توجه به مشخصه هر پروژه در نظر گرفت. (جهانگیری و دهدار، 1395) در مقاله خود با عنوان ارزیابی کیفی و انتخاب بهینه ی پیمانکاران EPC در مناقصات با استفاده از تکنیک تحلیل سلسله مراتبی فازی؛ به ارزیابی کیفی و انتخاب بهینه پیمانکاران EPC در مناقصات با استفاده از تکنیک تحلیل سلسله مراتبی فازی پرداختند که شامل سه بخش کلی 1- جمع آوری اطلاعات پیمانکاران 2- مقایسه ویژگی های پیمانکاران 3- رتبه بندی پیمانکاران تشکیل شده است. در جمع آوری داده ها و ارزیابی آن ها اعمال نظر از خبرگان و کارشناسان صاحب نظر در زمینه ی انتخاب پیمانکاران و مناقصات انتخاب پیمانکاران EPC شده است و جهت اولویت بندی عوامل از روش تحلیل سلسله مراتبی فازی استفاده نمودند. (مسرو و همکاران، 1397) در پژوهش خود با نام طراحی الگوی تصمیم گیری برون سپاری فعالیت های اجرایی پروژه های تحقیق و توسعه و انتخاب پیمانکار برون سپاری؛ با هدف طراحی الگوی تصمیم گیری برون سپاری فعالیت های اجرایی پروژه های تحقیق و توسعه دفاعی انجام شده که بر اساس مطالعه های علمی، معیارها و گزینه های تصمیم گیری برون سپاری فعالیت های تحقیق و توسعه دفاعی شناسایی کردند و نسبت به تعیین اجزای اصلی تصمیم گیری اقدام کردند. پس از این مرحله با به کارگیری روش تحلیل سلسله مراتبی و با استفاده از نظرهای خبرگان، ضریب های موردنیاز مورد محاسبه قرار گرفت و با الگوسازی محاسباتی و ترکیب آن با روش امتیازدهی، الگوی تصمیم گیری برون سپاری فعالیت های اجرایی پروژه های تحقیق و توسعه دفاعی طراحی شد و گزاره های کاربردی مهمی در جهت مدیریت برون سپاری فعالیت های اجرایی این پروژه ها پیشنهاد دادند. در پایان فعالیت های قابل برونسپاری یکی از پروژه های تحقیق و توسعه به طور جداگانه مراحل اجرایی و در سطح کل پروژه، اولویت بندی شده و پیمانکاران برون سپاری فعالیت ها انتخاب نمودند. (اسد پناه، 1400) در تحقیق خود با نام بررسی و تحلیل میزان تاخیرات در پروژه های EPC و ارائه راهکار جهت کاهش آن؛ به بزرگ ترین معضل پروژه های EPC یعنی تاخیر در فازهای مهندسی، تدارکات و ساخت پرداخت و نیز دریافت که در بسیاری مواقع میزان تاخیر به حدی است که با لحاظ نمودن میزان تورم، توجیه اقتصادی پروژه را زیر سوال می برد؛ این موضوع زمانی مهم تر جلوه می کند که وابستگی شدید اقتصاد کشور را به صنعت نفت و گاز و اثر این صنعت در رشد و توسعه کشور در نظر گرفته شود. او در



پژوهش خود به شناسایی 151 عامل در به تاخیر افتادن پروژه های EPC پرداخت. که با اعمال نظر خبرگان، این تعداد به 94 عامل تقلیل یافت و شامل: 11 عامل تاخیر جهت فاز مهندسی، 11 عامل تدارکات و 32 عامل ساخت گردید. در ادامه پس از دریافت نظر مسئولین پروژه ها و تحلیل نظر آن ها با بهره گیری از دانش خبرگی آنان، اهمیت موثرترین عوامل معرفی شده و عوامل به ترتیب درجه، اثرگذاری معرفی گردید و در نهایت با ارائه راهکارهای پیشنهادی، سعی در کاهش تاخیرات با درجه اهمیت بالا گردید. (میرسلیمانی و مهرنو، ۱۳۹۸) در پژوهش خود با نام کاربرد تکنیک ترکیبی دیمتل و فرایند تحلیل شبکه و ویکور در محیط فازی جهت ارزیابی و رتبه بندی پیمانکاران؛ به موضوع انتخاب صحیح پیمانکار پرداخت و دریافت که انتخاب صحیح پیمانکاران شایسته میتواند باعث جلوگیری از هدر رفتن منابع، کاهش هزینه ها و اجرایی شدن پروژه ها در زمان معین و به صورت مطلوب گردد. او در پژوهش خود با استفاده از معیارهای مناسب انتخاب پیمانکاران بر اساس رویکرد تحلیلی فازی، از روش دیمتل فازی برای تعیین روابط و چگونگی تاثیر معیارها بر یکدیگر و از روش تحلیل شبکه فازی با در نظر گرفتن ارتباط درونی مشخص شده میان معیارها، برای اولویت بندی و وزن دهی معیارها استفاده کرد و در نهایت از روش ویکور فازی برای رتبه بندی پیمانکاران استفاده نمود. تا از این طریق بتوان به سازمان ها جهت انتخاب صحیح پیمانکاران برتر کمک کند. بر اساس نتایج تحقیق (آداب و همکاران، 1399) با موضوع واکاوی زنجیره ارزش صنعت فولاد ایران با استفاده از تحلیل اقتصادی زنجیره ارزش و جریان مواد؛ نویسندگان دریافتند که عدم توازن و عدم بهره‌وری در طول زنجیره مشهود است و در هر سه سال 93-95 کمبود ظرفیت گندله سازی، گلوگاه توازن زنجیره بوده است. علاوه بر این تنها بدلیل تفاوت ظرفیت اسمی و تولید واقعی در تولید گندله در سال 1393 حدود چهارصد میلیارد ریال، در سال 1394 حدود هزار میلیارد ریال و در سال 1395 حدود هشت هزار میلیارد ریال از ارزش افزوده‌ای که می‌توانست در طول زنجیره تولید شود، کاسته شده است. و در نهایت به این نتیجه رسیدند که بر اساس طرح جامع فولاد ایران، کلیه حلقه های زنجیره ارزش این صنعت می بایست به صورت متوازن توسعه یابند تا کشور از حیث تامین مواد اولیه و میانی زنجیره خود کفا باشد. لذا انتخاب پیمانکاران در تهیه مواد اولیه امری ضروری و بسیار مهم است که باید بیش از پیش به طور ویژه به آن نگاهی ویژه انداخت و خلل موجود را برطرف نمود.

روش تحقیق

در این تحقیق یک روش با بهره‌گیری از هر دو داده‌های کمی و کیفی برای انتخاب پروژه‌های چند فازی، پیمانکاران مرتبط و زمان‌بندی پروژه‌های انتخاب‌شده پیشنهاد شده است. معیارهای وابسته به پیمانکار مانند تجربه‌های پیمانکار در آن زمینه، داشتن کارشناسان مرتبط و تجهیزات ضروری، میزان موفقیت پیمانکار در پروژه‌های مشابه، زمان اتمام پروژه‌های مشابه برای محاسبه ضریب نزدیکی هر پیمانکار به هر فاز تحت هر معیار مورد استفاده قرار می‌گیرند. همچنین معیارهای مستقل از پیمانکار در انتخاب پروژه مانند ارزش خالص فعلی⁹ در مدل برنامه‌ریزی خطی برای انتخاب بهترین پروژه سودآور با توجه به محدودیت‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرند. این مدل خطی علاوه بر اختصاص دادن هر فاز به بهترین پیمانکار، زمان‌بندی هر پروژه را طبق محدودیت‌هایی مانند بودجه در دسترس و تجهیزات و

⁹ Net Present Value



حجم کار هر پیمانکار انتخاب شده تعیین خواهد کرد. در این تحقیق ابتدا پیمانکارانی که حداقل صلاحیت را ندارند حذف می شوند. برای مثال تقاضاکنندگانی که اعتبار پول نقد کمتری از مقدار مورد انتظار دارند حذف می شوند. در نتیجه یک لیست از پروژه های قول داده شده و پیمانکاران واجد شرایط در دسترس قرار می گیرد. برای ارزیابی توانایی های هر پیمانکار در هر فاز از پروژه، روش تاپسیس فازی مورد استفاده قرار می گیرد. ورودی های این مرحله، اهمیت معیار و امتیاز پیمانکاران در هر فاز از پروژه تحت هر معیار است. گام های تاپسیس فازی برای پیدا کردن ضریب نزدیکی هر پیمانکار - فاز از هر پروژه دنبال می شود. این ضرایب نزدیکی می توانند به عنوان شاخص هایی برای نشان دادن احتمال موفقیت پیمانکاران در هر فاز پروژه در نظر گرفته شوند. سرانجام این ضرایب در برنامه ریزی خطی برای انتخاب سود آورترین پروژه و پیمانکاران مرتبط با توجه به محدودیت ها بکار برده می شوند. روش پیشنهاد شده تلاش می کند به انتخاب پروژه و پیمانکاران مرتبط در سه مرحله:

مرحله 1 ارزیابی پیمانکاران

- گام 1 ایجاد یک لیست از پروژه های وعده داده شده و پروژه های ترک شده برای همه مراحل
- گام 2 ارزیابی مدت هر فاز
- گام 3 ایجاد یک لیست از پیمانکاران تقاضاکننده
- گام 4 پیمانکاران واجد شرایط برخی از پیمانکاران که حداقل شرایط را ندارند حذف می شوند.

مرحله 2 محاسبه ضریب نزدیکی (CC) هر پیمانکار - فاز از هر پروژه

- گام 1 تعیین گروه تصمیم گیرنده برای هر استراتژی.
- گام 2 تعیین معیار انتخاب پروژه و پیمانکار.
- گام 3 تعیین پاسخ مثبت ایده آل فازی (FPIS) و پاسخ منفی ایده آل فازی (FNIS) برای هر معیار.
- گام 4 انتخاب متغیرهای زبانی مناسب برای اهمیت وزن معیار و رتبه زبانی برای جایگزینی با توجه به معیار.
- گام 5 ارزیابی اهمیت W_j معیار Z_c توسط تصمیم گیرندگان، متغیرهای زبانی مورد استفاده
- گام 6 ارزیابی امتیاز هر پیمانکار در هر فاز از پروژه تحت هر معیار توسط تصمیم گیرندگان، متغیرهای زبانی مورد استفاده.
- گام 7 ساخت ماتریس تصمیم گیری نرمال شده وزنی.
- گام 8 ارزیابی ضریب نزدیکی هر پیمانکار - فاز از پروژه در هر معیار.

$$CC_i = \frac{d_i^*}{d_i^- + d_i^+} \quad i = 1, 2, 3, \dots, m$$

مرحله 3 انتخاب بهترین پروژه ها و پیمانکاران مرتبط

- گام 1 تعیین محدودیت های انتخاب
- گام 2 تعیین معیار کمی برای انتخاب پروژه



- گام 3 مدل برنامه ریزی ریاضی

مدل ریاضی

مجموعه ها

- $i=1, 2, \dots, P$ شاخص برای پروژه، برای همه
- $j=1, 2, \dots, N$ شاخص برای فاز، برای همه
- $t=1, 2, \dots, N_{per}$ شاخص برای فاز، برای همه
- $k=1, 2, \dots, N_c$ شاخص برای فاز، برای همه

تابع هدف

- Z حداکثر کردن ارزش خالص فعلی

پارامترها

- CF_{ij}^+ جریان نقدی منفی فاز j پروژه i (هزینه)
- CF_{ij}^- جریان نقدی مثبت فاز j پروژه i (سود)
- M_{ij} حداقل اعتبار پول نقد مورد انتظار برای فاز j پروژه i
- D_{ij} مدت زمان فاز j پروژه i
- C_k اعتبار پول نقد پیمانکار k
- CC_{ijk} ضریب نزدیکی پیمانکار k برای فاز j از پروژه i
- $Comp_{ijk}$ اگر پیمانکار k به فاز j از پروژه i اختصاص داده شود، در غیر این صورت 0
- N_i تعداد فاز پروژه i
- N_{per} تعداد دوره ها (افق برنامه ریزی)
- N_c تعداد پیمانکاران

متغیرها

- X_{ijkt} متغیر باینری، 1 اگر پیمانکار k به فاز j از پروژه i در مدت دوره t اختصاص داده شود، در غیر این صورت.
- W_{ijkt} متغیر باینری، 1 اگر پیمانکار k فاز j از پروژه i را در دوره t شروع کند، در غیر این صورت 0
- Z_i متغیر باینری، 1 اگر پروژه i انتخاب شود، در غیر این صورت 0



• cm_{ij} زمان اتمام فاز j از پروژه i

مدل سازی ریاضی

1. Maximize $z = \sum_{i=1}^P F C_i Z_i - \sum_h Pr^h \left(\frac{P}{F}, r\%, t \right) \left[\sum_{k=1}^K \sum_{i=1}^P \sum_{j=1}^J R C_{ijk} CF_{ij} \left(\frac{F}{P}, r\%, t \right) w_{ijkt}^h \right]$
- S.to:
2. $x_{ijkt}^h \leq comp_{ijk} \quad \forall i = 1 \dots P; \quad \forall j = 1 \dots J \quad \forall k = 1 \dots K; \quad \forall t = 1 \dots T$
3. $\sum_{i=1}^P \sum_{j=1}^J M_{ij} x_{ijkt}^h \leq C_k; \quad \forall k = 1 \dots K; \quad \forall t = 1 \dots T$
4. $w_{ijkt}^h \geq x_{ijkt}^h - x_{ijk(t-1)}^h \quad \forall i = 1 \dots P; \quad \forall j = 1 \dots J \quad \forall k = 1 \dots K; \quad \forall t = 1 \dots T$
5. $w_{ijkt}^h \leq x_{ijkt}^h$
6. $w_{ijkt}^h \leq 3 - (x_{ijkt}^h + 2x_{ijk(t-1)}^h)$
7. $\sum_{j=1}^J \sum_{k=1}^K x_{ijkt}^h \leq 1 \quad \forall i = 1 \dots p; \quad \forall t = 1 \dots T$
8. $cm_{ij}^h \geq cm_{i(j-1)}^h + D_{ij} \sum_{k=1}^K \sum_{t=1}^T x_{ijkt}^h \leq 1; \quad \forall i = 1 \dots p; \quad \forall j = 1 \dots J$
9. $\sum_{k=1}^K \sum_{t=1}^T x_{ijkt}^h = Z_i D_{ij} \quad \forall i = 1 \dots p; \quad \forall j = 1 \dots J$
10. $cm_{ij}^h = \sum_{k=1}^K \sum_{t=1}^T w_{ijkt}^h (t + D_{ij} - 1) \quad \forall i = 1 \dots p; \quad \forall j = 1 \dots J$
11. $\sum_{k=1}^K \sum_{t=1}^T w_{ijkt}^h \leq 1 \quad \forall i = 1 \dots p; \quad \forall j = 1 \dots J$

تفسیر روابط

معادله (1) تابع هدف ماکزیم سازی NPV را نشان می دهد. ضرایب نزدیکی پیمانکار - فاز برای در نظر گرفتن قابلیت پیمانکار، در تابع هدف به کار گرفته شده است. جریان های نقدی فازهای پروژه ها باید طبق شرایط کنونی محاسبه شود، بنابراین با در نظر گرفتن نرخ تورم به ارزش آینده تبدیل می شوند. همچنین مفروض است که جریان های نقدی هر فاز به اولین دوره شروع فاز مربوط است. محدودیت (2) نشان می دهد که تنها یک پیمانکار واجد شرایط می تواند به یک فاز اختصاص داده شود. محدودیت (3) تضمین می کند که پروژه ها به پیمانکارانی که اعتبار پول نقدی آن ها از کل حداقل اعتبار پول نقدی لازم برای پروژه کمتر باشد، اختصاص داده نمی شود. محدودیت (4) و (5) و (6) مربوط به تعیین زمان شروع فازها است. محدودیت (4) تضمین می کند که در هر دوره زمانی تنها یک پیمانکار به یک فاز از یک پروژه اختصاص داده می شود. محدودیت (8) مربوط به توالی فازها است و محدودیت (9) مدت زمان هر فاز را مشخص می کند. زمان اتمام هر فاز توسط محدودیت (10) محاسبه می شود. محدودیت (11) تضمین می کند که هر فاز از پروژه ها تنها یک بار شروع می شود. مدل فرض شده، یک مدل خطی عدد صحیح مختلط تک هدفه با پارامترهای قطعی است. با استفاده از این مدل، مدیران قادر خواهند بود پروژه هایی با بیشترین سود را انتخاب و واجد شرایطی ترین



پیمانکاران را به هر پروژه اختصاص دهند، در استراتژی های مالی و بودجه بندی و زمان بندی پروژه ها طبق محدودیت ها و اهداف سازمانی تصمیم گیری کنند.

مزایای روش پیشنهادی

انتخاب پروژه ها با توجه به قابلیت ها و تجهیزات پیمانکاران

1. در نظر گرفتن هر دو شاخص های کمی و کیفی
 2. در نظر گرفتن ضریب نزدیکی پیمانکار - فاز به عنوان یک شاخص برای کاهش نرخ ریسک شکست هر پروژه
 3. در نظر گرفتن بودجه و زمان بندی پروژه ها در مدت فرآیند انتخاب
 4. تصمیم گیری یکپارچه یکی از مهم ترین ویژگی ها
- ✓ پیاده سازی مدل در این قسمت، بر اساس مراحل مذکور در بخش 5، مدل پیشنهادی به علت اقرار محرمانگی اطلاعات از ذکر نام مجموعه هلدینگ و سازمان معذور اما حیطه کاری آن تأسیسات ساختمانی است.

یافته ها

فاز بندی پیشنهادی به منظور اجرای کل یک پروژه در جدول 5-1 نشان داده شده است؛ اما با توجه به اینکه تعیین کننده ترین فاز اجرای یک پروژه فاز سوم، یا عقد قرارداد با پیمانکار و اجرای فیزیکی است، فاز های در نظر گرفته شده در مدل پیشنهادی صرفاً محدود به 4 گام اجرای فاز سوم یعنی گودبرداری، جایگذاری و اجرای فونداسیون، سفت کاری و تسطیح و پوشاندن است.

جدول (1) فاز بندی کلی اجرای صفرتا صد یک پروژه

فاز	فعالیت	مجری
فاز 0	انجام بررسی های لازم و توجیهی طرح	کارفرما و مشاور
	تصویب پروژه	
فاز 1	تهیه نقشه های اولیه و کلی طرح فاز یک	کارفرما و مشاور



کارفرما و مشاور	تهیه نقشه های تفصیلی فاز دو	فاز 2
	برگزاری تشریفات مناقصه	
کارفرما / مشاور / پیمانکار	انعقاد پیمان با پیمانکار	فاز 3
	اجرای موضوع پیمان	
	تحویل موقت و قطعی	
بهره بردار	بهره برداری	فاز 4

در ابتدا نیاز است که فهرستی از پروژه ها و پیمانکاران در دسترس به همراه اطلاعات زمانی و هزینه مربوطه جمع آوری گردد. جداول 2-5 اطلاعات مربوط به فازها و زمان بندی و هزینه های مورد نیاز هر فاز از اجرای پروژه هایی که قرارداد مربوطه منعقد گردیده است، نشان می دهد و در جدول (2) نیز فهرستی از پیمانکاران بالقوه که به منظور اجرای فازهای پروژه باید انتخاب گردند ارائه شده است.

جدول (2) اطلاعات مربوط به فازها و زمان بندی

ردیف	پروژه	فاز هر پروژه (Ni)	مدت زمان هر فاز از پروژه (ماه)	حداقل اعتبار پول نقد مورد انتظار برای هر فاز از هر پروژه (تومان)
1	A	گودبرداری	0.5	2000000
		جایگذاری لوله ها	1	50000000
		سفت کاری	3	300000000
		تسطیح و پوشاندن	8	700000000
2	B	گودبرداری	1.5	20000000
		جایگذاری لوله ها	2	500000000
		سفت کاری	5	10799000000



ردیف	پروژه	فاز هر پروژه (Ni)	مدت زمان هر فاز از پروژه (ماه)	حداقل اعتبار پول نقد مورد انتظار برای هر فاز از هر پروژه (تومان)
		تسطیح و پوشاندن	11.5	25151000000
3	C	گودبرداری	1	10000000
		جایگذاری لوله ها	1.5	30000000
		سفت کاری	6	4488000000
		تسطیح و پوشاندن	8	10472000000
4	D	گودبرداری	1	5000000
		جایگذاری لوله ها	1.5	20000000
		سفت کاری	4	4792500000
		تسطیح و پوشاندن	12	11182500000
5	E	گودبرداری	2	30000000
		جایگذاری لوله ها	3	80000000
		سفت کاری	8	13467000000
		تسطیح و پوشاندن	18	31423000000

پیمانکارانی که واجد شرایط نیستند در ابتدا حذف شده و آن دسته از پیمانکارانی که امکان انعقاد قرارداد با توجه به 5 پروژه در دست برای آن ها وجود دارند انتخاب می شوند تا بر اساس معیارهایی که با نظر خبرگان تعیین گردیده اند برای تخصیص مناسب به پروژه ها و فازهای موجود در جدول 5-2 ارزیابی گردند. به این ترتیب که با کمک روش تاپسیس در ابتدا ضریب نزدیکی هر یک از پیمانکاران برای محاسبه در تابع هدف مدل، تعیین می گردند. به منظور پیاده سازی روش تاپسیس و محاسبه ضریب نزدیکی هر پیمانکار لازم است در ابتدا متغیرهای زبانی به متغیرهای عددی نرمال تبدیل شده و دیگر متغیرهای عددی نیز نرمال گردند. در جدول 5-4، مقادیر نرمال برای جدول 5-3 محاسبه گردیده است (روش اقلیدسی). بر این اساس معیار درصد قیمت، منفی و معیارهای تجربه کاری و نیروی کار و ادوات و میزان اعتبار، معیارهای مثبت به حساب می آیند.



جدول (3) لیست پیمانکاران و معیارهای عملکردی

معیارهای انتخاب پیمانکار				پیمانکاران (Nc)
میزان اعتبار	نیروی کار و ادوات	تجربه کاری	درصد قیمت	
0.3	0.2	0.2	0.3	وزن
15000000000	درجه C	متوسط	7٪	1
10000000000	درجه A	ضعیف	7٪	2
30000000000	درجه B	ضعیف	8٪	3
50000000000	درجه B	متوسط	8٪	4
25000000000	درجه C	متوسط	10٪	5
50000000000	درجه B	ضعیف	10٪	6
10000000000	درجه B	متوسط	10٪	7
25000000000	درجه C	خوب	11٪	8
10000000000	درجه B	خوب	11٪	9
20000000000	درجه A	متوسط	12٪	10
50000000000	درجه A	خوب	12٪	11
15000000000	درجه B	خوب	13٪	12

جدول (4) نرمال سازی داده ها

معیارهای انتخاب پیمانکار	
--------------------------	--



پیمانکاران (Nc)	درصد قیمت	تجربه کاری	نیروی کار و ادوات	میزان اعتبار
وزن	0.3	0.2	0.2	0.3
1	0.20207	0.6667	0.3333	0.23570226
2	0.28868	0.6667	0.3333	0.392837101
3	0.23094	0.3333	0.6667	0.15713484
4	0.34641	0.6667	1	0.314269681
5	0.28868	0.3333	0.6667	0.07856742
6	0.34641	1	1	0.15713484
7	0.28868	0.6667	0.6667	0.392837101
8	0.31754	1	1	0.392837101
9	0.34641	1	0.6667	0.23570226
10	0.23094	0.6667	0.6667	0.471404521
11	0.31754	1	0.6667	0.15713484
12	0.20207	0.3333	1	0.15713484

پس از نرمال سازی معیارها، با کمک روش تاپسیس و شناسایی پاسخ ایده آل (+) و (-) برای هر معیار، فاصله اقلیدسی هر گزینه از پاسخ ایده آل محاسبه شده و در نهایت مقدار ضریب نزدیکی محاسبه گردید. به ترتیب کاهش ضریب نزدیکی در جدول (5) نشان داده شده است.

جدول (5) رتبه بندی و ضرایب نزدیکی هر پیمانکار

پیمانکار	ضریب نزدیکی
A ₆	2.74096
A ₉	2.3711054
A ₁₁	1.96922



1.920892	A ₄
1.788298	A ₈
1.535987	A ₁₀
1.421941	A ₇
0.954758	A ₂
0.764541	A ₁₂
0.681072	A ₁
0.389607	A ₃
0.378979	A ₅

حال با در دست داشتن مقادیر مناسب برای پارامترهای مدل و تعیین متغیرهای تصمیم مدل پیشنهادی در نرم افزار Gams کد نویسی گردید. لازم به ذکر است افق برنامه ریزی برای این مدل، دوساله (24 ماه) فرض شده است.

بحث و نتیجه گیری

هدف از اجرای این مدل آن بود که بهترین ترکیب پروژه و پیمانکار انتخاب گردد. با توجه به اطلاعات در دست شامل 5 پروژه و 12 پیمانکار واجد شرایط، ضمن برآورد هزینه و مدت زمان لازم، خروجی نرم افزار به صورت خلاصه در جدول (6) ارائه گردیده است. به این ترتیب که با توجه به افق برنامه ریزی مورد نظر، بهترین حالت این است که تنها پروژه 1 برای انعقاد قرارداد با پیمانکار انتخاب گردد و پیمانکار مناسب برای اجرای 4 فاز آن، پیمانکار پنجم به دست آمده است.

جدول (6) پاسخ بهینه مدل ریاضی برای انتخاب پروژه و پیمانکار

پروژه	1	2	3	4
1	پیمانکار 5	پیمانکار 5	پیمانکار 5	پیمانکار 5
2	-	-	-	-
3	-	-	-	-
4	-	-	-	-
5	-	-	-	-



جدول (7) زمان بندی پروژه های انتخابی

دوره زمانی	1	2	3	17	24
پروژه 1	فاز 1	فاز 2	فاز 3	فاز 4	

نتیجه گیری پژوهش

پیمانکار عامل مهمی در توسعه کشورها است زیرا با پوشش خسارت فعالیت های اقتصادی به عنوان سیستم جبران کننده و محافظتی در اقتصاد عمل کرده و می تواند انگیزه و محرکی برای سرمایه گذاری و توسعه اقتصادی باشد. از سوی دیگر با وجود اینکه صنعت پیمانکار در ایران بیش از یک قرن شروع به فعالیت نموده اما همچنان در مقایسه با کشورهای توسعه یافته دارای کمبودهایی است و لازم است مشکلات و مخاطرات این صنعت برای ایجاد و ادامه رشد اقتصادی بلند مدت کشور مورد بررسی قرار گیرد. هدف از رتبه بندی پیمانکاران، ارزیابی قابلیت اعتماد آن ها است. معمولاً رتبه بندی ها وضعیت و ثبات مالی، ارزش اعتباری و آسیب پذیری پیمانکاران در قبال شرایط نامساعد را بررسی و تعیین می کند. در این تحقیق به رتبه بندی پیمانکاران فعال در استان خراسان رضوی پرداخته می شود. برای این منظور از ابتدا پنج شاخص عملکردی ترس از دسترسی رقبا به اطلاعات، ساختار سازمانی سخت و غیرقابل انعطاف، عدم آشنایی مدیران با سیستم، هزینه های بالا انجام رتبه بندی و کاهش ارتباطات اجتماعی بر اساس مرور مطالعات قبلی و نظرسنجی از کارشناسان و مدیران پیمانکار استان در نظر گرفته شد. در گام بعدی تعیین وزن و ارجحیت هر یک از شاخص های فوق به روش تحلیل سلسله مراتبی فازی تعیین گردیده و در نهایت رتبه بندی پیمانکاران استان با استفاده از روش تصمیم گیری چند معیاره فازی تاپسیس بر اساس شاخص های مذکور انجام گرفت.

منابع

- آداب، ابوالفضل و قاضی نوری، سید سپهر و قاضی نوری، سید سروش و شاهوردی، حمیدرضا و احمدپور، کیومرث، ۱۳۹۹، واکاوی زنجیره ارزش صنعت فولاد ایران با استفاده از تحلیل اقتصادی زنجیره ارزش و جریان مواد،

<https://civilica.com/doc/1126125>



- اسدپناه، داوود، ۱۴۰۰، بررسی و تحلیل میزان تاخیرات در پروژه های EPC و ارائه راهکار جهت کاهش آن، دوازدهمین کنفرانس ملی شهرسازی، معماری، عمران و محیط زیست، شیروان، <https://civilica.com/doc/1224767>
- جهانگیری، لیلا و دهدار، فرهاد، ۱۳۹۵، ارزیابی کیفی و انتخاب بهینه ی پیمانکاران EPC در مناقصات با استفاده از تکنیک تحلیل سلسله مراتبی فازی، چهارمین کنفرانس بین المللی پژوهشهای کاربردی در مدیریت و حسابداری، تهران، <https://civilica.com/doc/568063>
- جمشیدی، امیر و پورمرادی، ریحانه و مسعود، شیما، ۱۳۹۶، ارزیابی کارایی نسبی شرکتهای پیمانکار عمرانی با استفاده از رویکرد تحلیل پوششی دادهها DEA، دهمین کنفرانس بین المللی اقتصاد و مدیریت، رشت، <https://civilica.com/doc/650234>
- رجبی مسرور، حسن و توفیق، علی اصغر و قاضی زاده فرد، سیدضیاءالدین، ۱۳۹۷، مقاله پژوهشی: طراحی الگوی تصمیم گیری برون سپاری فعالیت های اجرایی پروژه های تحقیق و توسعه و انتخاب پیمانکار برونسپاری، <https://civilica.com/doc/1214365>
- سلیمان نسب، زهره. و خوشسینا، رضا (۱۳۹۴) رتبه بندی عوامل مؤثر بر موفقیت مدیریت ریسک در صنعت بیمه با استفاده از روش پرامتی. کنفرانس بین المللی حسابداری و مدیریت با رویکردهای کاربردی و پژوهشی نوین.
- فضلی، م.، و فلاح، ع.، و خاکباز، ا. (۱۳۹۹). مدیریت ریسک در پروژه های ساختمانی با در نظر گرفتن روابط متقابل ریسک پروژه: بیشینه نمودن مطلوبیت. مطالعات مدیریت صنعتی، ۱۸ (۵۶)، ۳۳۷-۳۷۴. <https://www.sid.ir/fa/journal/ViewPaper.aspx?id=554986>
- کریمی نیستانی، مسعود و سلامی، بهمن، ۱۳۹۶، معیارهای ارزیابی پیمانکاران در مناقصات پروژه های عمرانی با رویکرد استفاده از روش سلسله مراتبی، کنفرانس بین المللی عمران، معماری و شهرسازی ایران معاصر، تهران، <https://civilica.com/doc/708703>
- میرسلیمانی، محمد و مهرنو، حسین، ۱۳۹۸، کاربرد تکنیک ترکیبی دیمتل و فرایند تحلیل شبکه و ویکور در محیط فازی جهت ارزیابی و رتبه بندی پیمانکاران، <https://civilica.com/doc/994920>
- Aboumasoudi, A. S., & Behvandi, O. (2019). Identification and ranking risks of horizontal directional drilling for oil & gas wells by using fuzzy analytic network process: A case study for Gachsaran oil field wells. *Journal of Industrial and Systems Engineering*, 12(2), 46-60.
- Amiri, M and Biglari Kami, M (2013). Credit Rating Companies with Multi-Criteria Decision-Making Models and Artificial Neural Network Model. *Journal of Basic and Applied Scientific Research*, 3(5), 536-546.
- Ash-shu, A. (2013). Determinants and Impacts of Internal Credit Rating. *International Journal of Financial Research*, 4(1), 120-131.
- Barghi, B. (2020). Qualitative and quantitative project risk assessment using a hybrid PMBOK model developed under uncertainty conditions. *Heliyon*, 6(1), e03097.
- De Moor, L., Luitel, P., Sercu, P., & Vanpée, R. (2018). Subjectivity in sovereign credit ratings. *Journal of Banking & Finance*, 88, 366-392.
- Doumpos, M., Lemonakis, C., Niklis, D., & Zopounidis, C. (2019). Credit Scoring and Rating. In *Analytical Techniques in the Assessment of Credit Risk*, 23-41: Springer.



- Husin, S., Fachrurrazi, F., Rizalihadi, M., & Mubarak, M. (2019). Implementing fuzzy topsis on project risk variable ranking. *Advances in Civil Engineering*.
- Marcelino-Sádaba, S., Pérez-Ezcurdia, A., Lazcano, A. M. E., & Villanueva, P. (2014). Project risk management methodology for small firms. *International Journal of Project Management*, 32(2), 327-340.
- Al-Najjar, D., & Al-Najjar, B. (2014). "Developing a multi stage predicting system for corporate credit rating in emerging markets": Jordanian case. *Journal of Enterprise Information Management*, 27(4), 475-487.
- Ozturk, H., Namli, E., & Erdal, H. I. (2016). Modelling sovereign credit ratings: The accuracy of models in a heterogeneous sample. *Economic Modelling*, 54, 469-478.
- Psillaki, M., Tsolas, I. E., & Margaritis, D. (2010). Evaluation of credit risk based on firm performance. *European Journal of Operational Research*, 201(3), 873-881.