

روشی نوین در ارزیابی پیش صلاحیت پیمانکاران

رضا عباس نیا، عباس افشار و احسان اشتهاردیان

چکیده: انتخاب پیمانکار یکی از مسایل مهم می باشد که نقش بسزایی در موفقیت و یا عدم موفقیت یک پروژه ساخت دارد. انتخاب پیمانکاران شایسته می تواند تا حد زیادی احتمال عدم موفقیت را کاهش دهد. انتخاب پیمانکاران معمولاً شامل دو بخش پیش صلاحیت پیمانکار و برگزاری مناقصه و انتخاب پیمانکار می باشد. در پیش صلاحیت یکسری معیارها که می توانند در سطوح بعدی خود شامل زیر معیارهایی باشند، تعریف می شوند. این معیارها بیانگر توانمندی و کفایت پیمانکاران برای اجرای پروژه هستند. روند پیش صلاحیت با توجه به این معیارها و میزان اهمیتشان، به دو روش حذفی و یا امتیازی صورت می پذیرد. در این مقاله ابتدا معیارهای تعیین صلاحیت جمع آوری گردیده و سپس به بررسی توأم این دو روش پرداخته شده به طوری که، با تعریف دو حد وتویی و آستانه ای یک همپوشانی بر روی دو روش حذفی و امتیازی صورت گرفته است. بنابراین استفاده از این روش جدید می تواند تا حدی ضعف های موجود در هر کدام از روش های حذفی و امتیازی را برطرف سازد. در ادامه با توجه به روشهای تصمیم گیری چند معیاره مدلی برای پیش صلاحیت پیشنهاد شده است، که به صورت یک برنامه رایانه ای قابل اجراست. با استفاده از این روند قانونمند، کارفرما می تواند تا حدود زیادی مطمئن از انتخاب پیمانکار اصلح باشد.

واژه های کلیدی: پیش صلاحیت، انتخاب پیمانکار، مناقصه

۱. مقدمه

طرحهای عمرانی همواره دارای چهار زمینه اصلی می باشند که شامل مطالعه اولیه، طراحی، اجرا و بهره برداری و نگهداری است. عدم مدیریت صحیح در هر کدام از این مراحل باعث به هدر رفتن سرمایه های عظیم ملی می گردد، ولی آنچه که امروزه بیشتر اتفاق می افتد و با خسارات سنگین همراه است، عدم توجه به مرحله اول و سوم می باشد. بسیاری از پروژه ها با توجه به مطالعات اولیه غلط و تعریف ناصحیح از مساله قادر به برآورده نمودن اهداف طرح نبوده و از بهره‌وری مطلوب برخوردار نمی شوند که به سهم خود سبب اتلاف هزینه و زمان بسیاری می شوند. از سوی دیگر می توان از پروژه های بزرگی نام برد که در مرحله اجرا به علت عدم دقت، مدیریت کارآمد و دیگر مسایل باعث اتلاف هزینه و زمان می شوند.

مقاله در تاریخ ۱۳۸۲/۲/۱۲ دریافت شده و در تاریخ ۱۳۸۳/۱۰/۱۹ به تصویب نهایی رسیده است.

دکتر رضا عباس نیا دانشیار دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه علم و صنعت ایران، Abasnia@iust.ac.ir

دکتر عباس افشار استاد دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه علم و صنعت ایران، A.Afshar@iust.ac.ir

احسان اشتهاردیان دانشجوی دکتری دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه علم و صنعت ایران، eshtehardian@iust.ac.ir

در این مقاله قصد بر آن است تا به قسمتی از مشکلات پروژه هایی پرداخته شود که عدم انتخاب پیمانکار مناسب سبب بروز چنین معضلاتی می شود.

در یک طرح عمرانی بیشترین مقدار سرمایه گذاری در مرحله اجرای طرح انجام می گیرد و همانطور که ذکر شد، اشتباه در این مرحله با اتلاف سهم عمده ای از این سرمایه گذاری همراه است. لذا شاید یکی از مهم ترین مسایل در اجرای طرحهای عمرانی انتخاب پیمانکار اصلح باشد، به طوری که این تضمین به وجود آید که با انتخاب اصلح، ریسک اتلاف منابع چه از لحاظ هزینه و چه از لحاظ زمان به حداقل برسد و همچنین پروژه ها، دارای بالاترین کیفیت اجرا و ایمنی در حین اجرا و یا بعد از اجرا باشند.

برای نیل به این منظور دو راهکار جدید برای حل مشکل ارایه گردیده است. تغییر روند برگزاری مناقصه ها و تعیین صلاحیت پیمانکاران قبل از برگزاری مناقصه دو رویکرد مذکور می باشند. تجربه های سالهای اخیر در این مورد اثبات کننده این مدعا است و از طرف دیگر مقالات بسیار که در این مورد از ابتدای مطرح شدن چنین روندی ارائه شده است، بیانگر احساس نیاز افراد به این راهکارهای جدید می باشد.

اصلی ترین و عمده ترین نظرات و راه کارهای مورد نظر درباره پیش صلاحیت در اواخر دهه ۸۰ و اوایل دهه ۹۰ میلادی ارائه گردید. انواع مدلها و روشهای تبیین شده در این زمان عموماً بر پایه یکسری

باشند فهرست می شوند. این پارامترها می توانند خود دارای زیر پارامترهایی باشند که در سطوح مختلف تعریف می گردند. برای هر کدام از این پارامترها یا زیر پارامترها قواعد یا قوانینی ذکر می شود و معمولاً این پارامترها و قواعد طبق روندی به صورت یک الگوریتم بیان می گردند. سپس با توجه به اطلاعات موجود، مشخصات پیمانکاران با هر کدام از پارامترها و قواعدشان طبق روند الگوریتم قیاس می شوند. اگر پیمانکار توانست اولین پارامتر را با توجه به قواعد بیان شده برای آن ارضا کند پارامتر بعدی مطرح می شود، در غیر این صورت پیمانکار رد صلاحیت شده و روند خاتمه می یابد. پیمانکارانی که بتوانند تمامی شاخص ها را ارضا کنند در خاتمه تأیید صلاحیت می شوند و وارد لیست کوتاه^۴ قبل از برگزاری مناقصه می شوند.

در روش دوم نیز یکسری پارامترها که می توانند خود دارای یکسری زیر پارامتر باشند معرفی می شوند. به هر کدام از این پارامترها یا زیر پارامترها با توجه به مشخصات پیمانکار نمره ای داده می شود. با توجه به وزنها و میزان اهمیت این پارامترها نسبت به یکدیگر، یک نمره نهایی به پیمانکار داده می شود. مناقصه گذار با توجه به این پارامترها حدی را برای پذیرش قرار داده است، پیمانکارانی که نمره ای پایین تر از این حد را کسب کنند رد صلاحیت می شوند. لذا کسانی تأیید صلاحیت می شوند که نمره ای بیشتر از حد را بدست آورند.

شکل ۱ خلاصه ای از مدل ارائه شده توسط پالانسوران و همکارانش را نشان می دهد [7]. این مدل از سری مدلهای حذفی است، که پس از یکسری بررسی مدلهای پیش صلاحیت در برخی نهادهای کشورهای هنگ کنگ، استرالیا و امریکا ارائه شده است. در این مدل سه فیلتر پیشنهاد می شود که عبارت از (PSB)، (RRC) و کارهای جاری میباشد، اگر پیمانکار در هر کدام از این فیلترها رد صلاحیت شود روند خاتمه می یابد. پیمانکارانی می توانند وارد لیست کوتاه قبل از مناقصه شوند که با موفقیت از تمامی این فیلترها عبور کرده باشند.

فیلتر RRC^۵ که معرف پاسخگویی، مسؤولیت پذیری و شایستگی است فیلتر اصلی می باشد که در ابتدا قرار گرفته و توانایی های کلی پیمانکار فارغ از یک پروژه خاص را تعریف میکند. البته تایید و یا رد شدن صلاحیت او منوط به اهداف و ایده هایی است که کار فرما در پروژه به دنبال آنهاست. این فیلتر از سه بخش پاسخگویی، مسؤولیت پذیری و شایستگی تشکیل شده است.

فیلتر PSB^۶ معرف مشخصات خاص پروژه می باشد. لذا پیمانکار اگر تایید صلاحیت کلی شد باید بتواند نیازهای خاص پروژه را نیز برآورده کند. برای مثال استفاده از وسایل و تجهیزات خاص،

تصمیم گیریهای ساده استوار بوده است که با تکیه بر تعریف پاره ای از قوانین و معیارها به امر پیش صلاحیت می پرداختند. تحقیقات و مقاله های آقای راسل با عنوان پیش صلاحیت ۱ و پیش صلاحیت ۲ [1] متشکل از تعریف یکسری معیارها در سطوح مختلف و تعدادی شرط برای این معیارها بودند. این معیارها و شروط الگوریتمی را تشکیل می دادند که پایه طرح یک برنامه رایانه ای برای پیش صلاحیت می گردید. با مرور زمان و ارائه مدلهای تصمیم گیری ریاضی محققان به آن سو پیش رفتند که به جای استفاده از مدلهای معمولی، از مدلهای مطرح تصمیم گیری های چند معیاره بهره گیرند. لذا در روشهای جدید پیش صلاحیت از مدلهای ریاضی مانند AHP, TOPSIS, SAW استفاده فراوانی صورت پذیرفته است. آقای لای و همکارانش (۲۰۰۳) برای پیش صلاحیت از مدل ریاضی SAW بهره گرفته اند [2]. در این روند به هر یک از معیارها ارزشی تعلق گرفته و به معیارهای پیمانکاران امتیازی تخصیص داده شده است که با استفاده از روش SAW پیمانکاران تعیین صلاحیت شده مشخص می شوند. آقای الصبحی و همکارانش (۲۰۰۱) در امر تعیین صلاحیت پیمانکاران از AHP استفاده کرده اند [3]. برای این منظور توانمندی پیمانکاران با توجه به معیارهای تعیین صلاحیت توسط مدل ریاضی AHP که بر اصل مقایسات زوجی استوار است با یکدیگر سنجیده می شود و افراد تعیین صلاحیت شده مشخص می شوند. همچنین تجربه های جدید نهادها و سازمانهای کشورهای مختلف، هر روزه بر تعداد معیارهایی که در امر پیش صلاحیت دخیل هستند، می افزاید. آقای توماس انجی (۲۰۰۰) برای امر پیش صلاحیت به معرفی نزدیک به ۵۰ معیار پرداخته که به صورت سوالاتی در ۸ بخش مطرح شده است [4]. آقای اسکیتامور و همکارانش (۱۹۹۹) به بررسی ۳۶ معیار در امر پیش صلاحیت پرداخته اند. میزان اهمیت این معیارها و معیارهای مرتبط با ۶ زمینه کاری مختلف توسط ارسال ۵۰۰ پرسش نامه مورد ارزیابی قرار گرفته است [5]. آقای هاتوش و همکارانش (۱۹۹۸) ۲۴ معیار را برای پیش صلاحیت و انتخاب پیمانکاران مورد بررسی قرار داده اند [6]. چون هر کدام از روش های ارائه شده مذکور دارای ضعف هایی می باشند، در این مقاله روش جدیدی ارائه گردیده تا بتواند این ضعفها را برطرف سازد. همچنین معیارهای مهم تعیین صلاحیت با توجه به این مقالات و سایر تحقیقات داخلی و بین المللی جمع آوری شده است.

۲. انواع روش های پیش صلاحیت^۱

روش های متداول پیش صلاحیت را می توان به دو روش کلی حذفی^۲ و رتبه ای یا امتیازی^۳ تقسیم بندی کرد. در روش حذفی پارامترهایی که ملاک تصمیم گیری در مورد صلاحیت پیمانکار می

⁴ Short list

⁵ Responsiveness, Responsibility, Competency

⁶ Project Specific Benchmarks

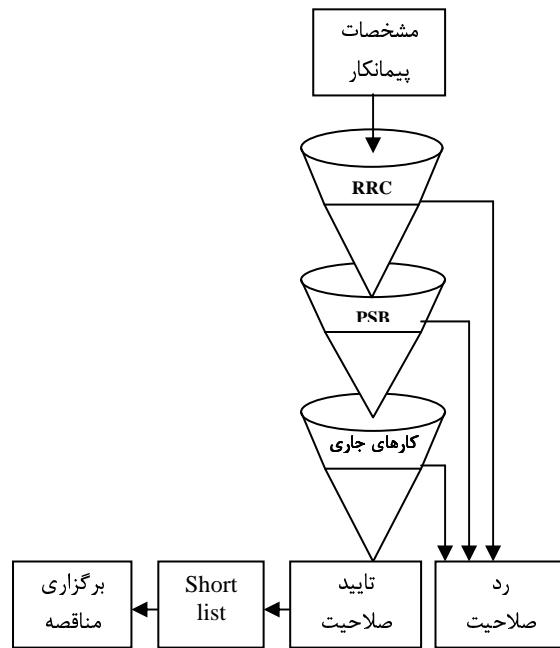
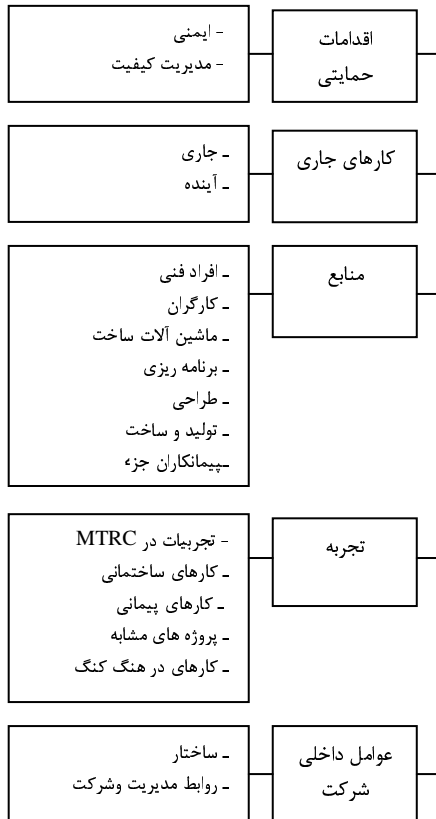
¹ Prequalification Methods

² Filtering Method

³ Ranking Method

شوند. پارامترهای پیش صلاحیت که توسط این اتحادیه بکار گرفته می شود در شکل ۲ آورده شده است.

روشهای خاص اجرایی، تبعیت از استانداردهای خاص و کلیه اموری از این قبیل در این فیلتر دیده می شود.



شکل ۲. معیارهای پیش صلاحیت MTRC

شکل ۱. نمونه ای از مدل پیش صلاحیت حذفی

در فیلتر کارهای جاری^۱ کارهایی که پیمانکار همزمان با این پروژه دارد کنترل می شود، به نحوی که حجم و میزان کارهای جاری پیمانکار به حدی نباشد که کنترل پیمانکار بر پروژه کم شود. به بیان دیگر هدف این است که پیمانکارانی که خطر ایجاد خطا و اشتباه در کارهایشان به دلیل ازدیاد کارهای جاری آنها وجود دارد حذف شوند.

نمونه ای از مدلهای پیش صلاحیت امتیازی، روندی است که در اتحادیه حمل و نقل ریلی هنگ کنگ^۲ حاکم است [8]. به این ترتیب که در ابتدا هیات تصمیم گیرنده تمرکز خاصی بر روی موافقت با پیمانکار بر سر نیازمندیهای کلی دارد. اگر هیات بر اساس پرسش نامه های تکمیل شده توسط پیمانکار به این نتیجه رسید که پیمانکار کلیه شرایط کلی را پذیرفته است وارد مرحله اصلی پیش صلاحیت می شود. در این مرحله یکسری معیارها و زیر معیارهای تعریفی از طرف اتحادیه وجود دارد. هیات ارزیابی با توجه به اطلاعات موجود از هر پیمانکار نمره ای را به هر معیار تخصیص می دهد و با توجه به وزنهایی که هر معیار دارد نمره نهایی پیمانکار معلوم می شود. وزنهایی معیارها نیز در هر پروژه توسط هیات ارزیابی مشخص می شود. در نهایت پیمانکارانی که نمره ای بالاتر از نمره تعریف شده توسط هیات را کسب کرده اند، تایید صلاحیت می

۳. توسعه مدل پیشنهادی پیش صلاحیت

هر کدام از مدلهای حذفی و نمره ای پیش صلاحیت دارای مزایا و معایبی می باشند. مشکل مدل های امتیازی را این گونه می توان بیان کرد که ضعف یک معیار را توان سایر معیارها می توانند جبران کنند. به عبارتی اگر پیمانکاری در یکی از معیارها دارای ضعف زیادی باشد ولی سایر معیارهای او در حد بالایی باشند، امتیازهایی که پیمانکار از سایر معیارها بدست می آورد. کمبود امتیازی آن معیار ضعیف را می پوشاند و بدین ترتیب او تایید صلاحیت می شود. برای مثال امکان دارد برای انجام پروژه ای داشتن یک تجربه مشابه الزامی باشد اما شرکتی با نداشتن چنین تجربه مشابهی و تنها با تکیه بر سوابق کاری، وضعیت مالی و توانمندیهایش در سایر پارامترها نمره تایید صلاحیت را بدست آورد.

مدلهای حذفی ضعف مدلها نمره ای را ندارند ولی این مدلها نیز بدون ضعف نیستند. در مدلهای حذفی همواره یک حد مینیمم برای کلیه معیارهای تعیین صلاحیت پیمانکار دیده می شود ولی به اثرات این معیارها بر یکدیگر توجهی نمی شود. به عبارت دیگر معیارها تنها به صورت مستقل دیده می شوند و دقتی بر شاخص تجمعی این معیارها نمی شود بطوری که در بعضی موارد ضعف معیاری را

¹ Workload

² Mass Transit Railway Corporation (MTRC)

- حد آستانه ای

حد آستانه ای مشابه به همان مدل امتیازی است بدین معنا که تمامی معیارها دارای یک حدی هستند که شاخص تجمعی این حدود نشان دهنده حداقل شرایط توانمندی یک پیمانکار برای انجام پروژه می باشد. این حدود به نام حدود آستانه ای نامگذاری شده است. البته برعکس حدود وتویی برای تمامی معیارها باید حد آستانه ای تعریف شود. بنابراین هر کدام از حدود آستانه ای به تنهایی نمی توانند حذف کننده و یا تعیین کننده وضعیت پیمانکار باشند، ولی مجموع این حدود وضعیت توانمندی پیمانکار را مشخص می کند.

با توجه به تعریف دو حد فوق الذکر پیمانکاری تایید صلاحیت می شود که اولاً بتواند حدود وتویی آن دسته از معیارها را که دارای چنین حدودی هستند ارضا کند و ثانیاً مجموع امتیازهای هر کدام از معیارهای او با توجه به میزان اهمیتشان از مجموع حدود آستانه ای بیشتر باشد.

تعریف این حدود به عهده کمیسیون تشخیص صلاحیت پیمانکاران است، که از طرف کارفرما عهده دار این مسؤولیت شده اند. به این دلیل که ارزش برخی از این معیارها عددی است (تعداد سالهای تجربه کاری ۳ سال) و ارزش برخی کمی می باشد (کیفیتهای کارهای قبلی در حد متوسط)، برای تعیین این حدود بدین صورت عمل می شود که آن دسته از معیارها که دارای ارزش عددی هستند حد وتویی یا آستانه ای آنها عدد ذکر می شود. در مورد معیارهایی که دارای ارزش کمی می باشند برای تعریف حد آستانه ای یا وتویی آن معیارها عددی از ۱ تا ۲۰ اختیار شده است، که دامنه (۴-۱) نشان دهنده ارزش بسیار بد، (۸-۵) بد، (۱۲-۹) متوسط، (۱۶-۱۳) خوب و دامنه (۲۰-۱۷) نشانگر ارزش بسیار خوب می باشد.

۳-۳. الگوریتم ریاضی مدل پیشنهادی

ماهیت کار ارزیابی صلاحیت پیمانکاران و انتخاب پیمانکاران دارای صلاحیت از نوع تصمیم گیری های چند معیاره است. مدل تصمیم گیریهای چند معیاره از مدلهای انتخاب گر بوده و به منظور انتخاب مناسب ترین گزینه از بین m گزینه موجود به کار می رود. تصمیم گیری چند شاخصه معمولاً توسط یک ماتریس $m \times n$ تعریف می شود (ماتریس تصمیم)، که بیانگر تصمیم گیری بین m گزینه است که با n معیار مورد سنجش واقع می شود.

در روشهای این مدل ترجیح معیارها به صورت کمی و مقداری از طرف تصمیم گیرنده بیان می گردد. سپس با استفاده از ترجیحات و منطقی که روش مورد نظر بیان می کند بهترین گزینه انتخاب خواهد شد.

دیگر معیارها می توانند جبران کنند. به عنوان مثال دو شرکت ۳ پروژه در دست اجرا دارند، اگر محدودیت تعداد کارهای جاری ۲ قرار داده شود هر دو شرکت در فیلتر کارهای جاری حذف می شوند. اما امکان دارد یکی از این دو شرکت به دلیل داشتن تجربه زیاد، امکانات بالای مالی، نیروی انسانی کارآمد و تجهیزات کافی، توان اداره کردن پروژه چهارم را هم داشته باشد ولی با این دید حذف شود و دقیقاً مانند شرکت ضعیف محسوب شود.

با توجه به نکات اشاره شده مدلی پیشنهاد شده است که تلفیقی از دو مدل فوق باشد تا بتواند ضعف ها و معایب هر دو مدل حذفی و نمره ای را جبران کند. به این ترتیب که با تعریف دو حد آستانه ای^۱ و وتویی^۲ که در ادامه به توضیح آن پرداخته شده است، هر دو گونه مدل با یکدیگر در نظر گرفته می شوند تا مشکلات مذکور بروز نکنند. همچنین با توجه به تحقیقات، مطالعه ها و بررسی های انجام شده معیارهای مهم پیش صلاحیت فهرست شده است. لذا پیمانکاران با توجه به این معیارها و حدود وتویی و آستانه ای، تعیین صلاحیت می شوند. البته انتخاب روش تصمیم گیری برای تعیین صلاحیت بسیار مهم می باشد. در این مورد از مدلهای ریاضی تصمیم گیری چند معیاره^۳ کمک گرفته شده که می توانند مناسب ترین گزینه را با توجه به معیارهای مختلف انتخاب کنند فلودیاگرام توسعه مدل پیشنهادی ارزیابی پیش صلاحیت در شکل ۳ ارایه شده است.

۳-۱. معیارهای پیش صلاحیت

با توجه به بررسی انواع روشها و مدلهای پیش صلاحیت و استناد به تجربیات ملی و بین المللی [9,10,11,12,13,14] معیارهای پیش صلاحیت به ۸ معیار و ۳۲ زیر معیار تقسیم بندی شده است. (شکل ۴)

۳-۲. حدود وتویی و آستانه ای

همانطور که بیان شد عموم مدلهای پیش صلاحیت بر دو گونه مدلهای حذفی و مدلهای امتیازی می باشند. برای اینکه در تبیین این مدل بتوان از دو نوع مدل مذکور استفاده کرد به تعریف دو حد آستانه ای و وتویی پرداخته شده است.

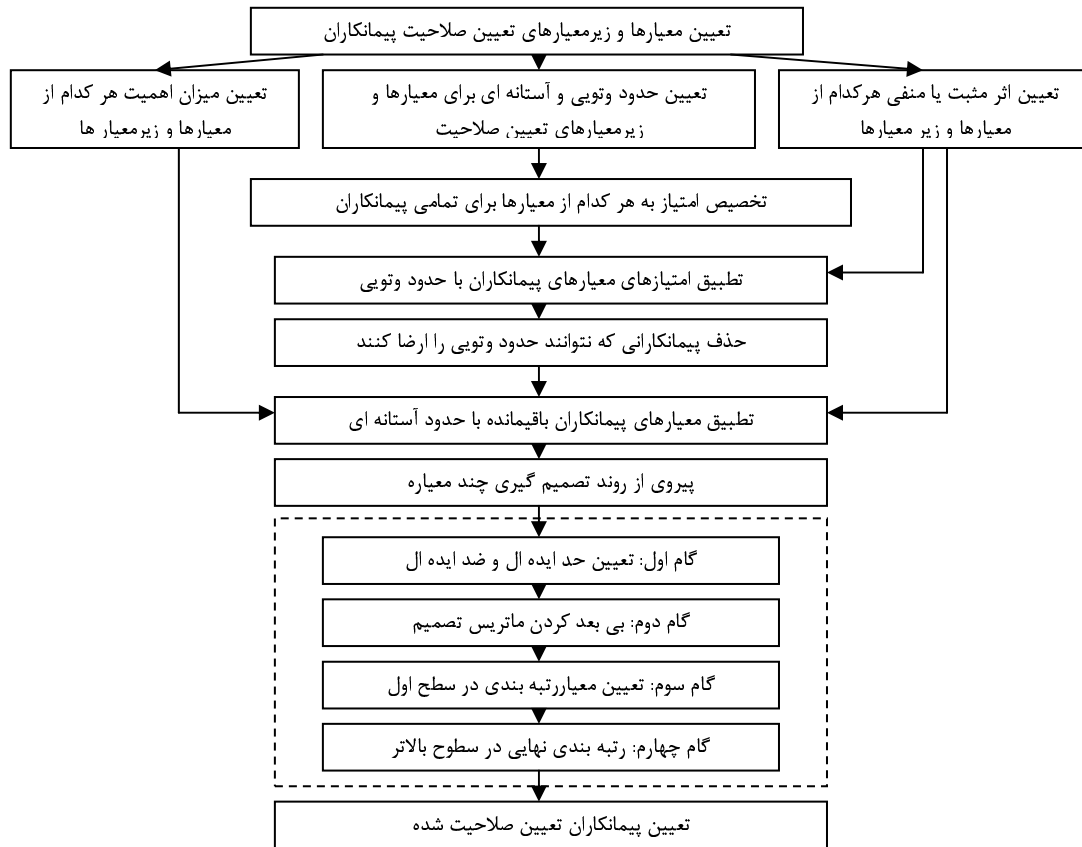
- حد وتویی

حد وتویی مشابه همان مدل حذفی می باشد، بدین معنا که برخی از معیارها دارای حق رد یا "وتو" هستند به طوریکه چنانچه پیمانکار نتواند در یکی از این معیارها حدود وتویی را ارضا کند، هر چند که بقیه فاکتورهایش در حد ایده آل، باشد رد صلاحیت می شود و وارد مرحله برگزاری مناقصه نمی شود. لازم به ذکر است که نیازی نیست که تمامی معیارها دارای حد وتویی باشند.

¹ Cut-off limit

² Veto limit

³ Multi Attribute Decision Making (MAMD)



شکل ۳. فلودیاگرام توسعه مدل پیشنهادی ارزیابی پیش‌صلاحیت

مناقشه ای شرکت کنند و این پیمانکاران توسط ۳۰ معیار نسبت به یکدیگر سنجیده شوند، باید تعداد $30 \times 20 \times 20 = 12000$ قیاس صورت گیرد. تعداد زیاد مقایسه ها موجب افزایش تعداد افراد تیم تصمیم گیرنده و افزایش زمان تصمیم گیری می شود. افزایش تعداد نفرات تیم تصمیم گیرنده باعث بالا رفتن احتمال بروز خطای انسانی می شود و حتی اگر این خطاها با استفاده از نرم افزارهای موجود در زمینه روش فرایند تحلیل سلسله مراتبی، تشخیص داده شود، اصلاح این خطاها نیز مستلزم زمان گذاری دیگری است. لذا در هر دو حالت، مشکل افزایش زمان بررسی و تصمیم گیری بروز می کند و علاوه بر مشکلات موجود در اعلان با تاخیر لیست افراد تعیین صلاحیت شده، مجدداً احتمال بروز خطا بالا می رود.

انتخاب روش تسلط تقریبی مشکلات مذکور را نخواهد داشت ولی در انتها یک رتبه بندی کامل بدست نمی آید و تنها تعدادی از گزینه ها حذف خواهند شد و در بین سایر گزینه ها رتبه بندی وجود نخواهد داشت. لذا با توجه به فرضیات مساله برای حل مدل پیش صلاحیت پیشنهادی از روش شباهت به گزینه ایده آل استفاده می شود.

در این روش فاصله یک گزینه از نقطه ایده آل و از نقطه ضد ایده آل در نظر گرفته می شود. بدان معنی که گزینه انتخابی باید دارای کمترین فاصله از حد ایده آل بوده و درعین حال دارای دورترین

شاخص گزینه	Γ_1	Γ_2	...	Γ_n
A_1	x_{11}	x_{12}	...	x_{1n}
.
A_m	x_{m1}	x_{m2}	...	x_{mn}

در این ماتریس A_i نشان دهنده گزینه i ام، ($i=1,2,\dots,m$)

Γ_j نشان دهنده شاخص j ام، ($j=1,2,\dots,n$)

x_{ij} نشان دهنده ارزش شاخص j ام برای گزینه i ام می باشد.

برای حل مدل پیش صلاحیت ارائه شده می توان از مدل‌های مختلف تصمیم گیری همچون فرایند تحلیل سلسله مراتبی^۱، روش شباهت به گزینه ایده آل^۲، روش وزن دهی ساده^۳، روش تسلط تقریبی^۴ و ... استفاده کرد [۱۵، ۱۶، ۱۷]. با در نظر گرفتن فرضیات مساله در روش فرایند تحلیل سلسله مراتبی با توجه به تعداد زیاد معیارها و گزینه ها تعداد مقایسه هایی که باید صورت گیرد بسیار زیاد خواهد شد و امکان بروز خطا افزایش می یابد. برای مثال اگر ۲۰ پیمانکار در

¹ Analytical Hierarchy Process (AHP)

² Technique for Order Preference by Asimilarity to Ideal Solution (TOPSIS)

³ Simple Additive Weighting (SAW)

⁴ Elimination et Choice Translation Reality (ELECTRE)

$$z_i^- = \{(\min x_{ij} | j \in J), (\min x_{ij} | j \in \bar{J})\} \quad (2)$$

\bar{J}, J مجموعه معیارهای با ارزش مثبت و معیارهای با ارزش منفی

x_{ij} نشان دهنده ارزش معیار j ام برای گزینه i ام

همانطور که از فرمولها معلوم است برای یافتن حد ایده ال باید بهترین عملکرد در نظر گرفته شود. لذا اگر اثر معیاری منفی بود و در گروه معیارهای منفی (\bar{J}) قرار داشت ارزش گزینه ای که دارای کمترین ارزش در این معیار است در نظر گرفته می شود و اگر اثر معیاری مثبت بود و در گروه معیارهای مثبت (J) قرار داشت ارزش گزینه ای که دارای بیشترین ارزش در این معیار است در نظر گرفته می شود. برای یافتن حد ضد ایده‌ال به صورت برعکس عمل می شود.

البته در شرایطی می شود که این حدود برای هر معیار از طرف شخص کاربر پیشنهاد گردد، اما باید دقت شود که این حدود تعریفی از دو حد ایده ال و ضد ایده ال فوق به ترتیب مطلوب تر و نامطلوب تر باشند.

گام دوم: بی بعد کردن ماتریس تصمیم

در این گام برای بی بعد کردن ماتریس تصمیم از فرمولی استفاده می شود که ضمن نرمال سازی، فاصله تمامی معیارهای گزینه ها را از حد ایده ال و یا ضد ایده ال بدست آورد. لذا از یکی از دو فرمول زیر استفاده می شود.

$$z_{ij} = \frac{z_i^+ - x_{ij}}{z_i^+ - z_i^-} \quad (3)$$

$$z_{ij} = \frac{x_{ij} - z_i^-}{z_i^+ - z_i^-} \quad (4)$$

گام سوم: تعیین معیار رتبه بندی در سطح اول

در این گام با توجه به گام قبلی فاصله از دو حد ایده ال و ضد ایده-ال بدست آمده است لذا با استفاده از فرمول زیر می توان هم اثر وزن معیارها را منظور کرد و هم معیار نهایی رتبه بندی را بدست آورد.

$$L_j = \left[\left(\sum w_i z_{ij}^p \right) \right]^{1/p} \quad (5)$$

چنانچه در نرمال کردن ماتریس از رابطه (۳) استفاده شده باشد هر چه L_j کمتر باشد گزینه به حد ایده‌ال نزدیکتر است و بهتر می باشد. چنانچه از رابطه (۴) استفاده شده باشد هر چه L_j بیشتر باشد گزینه از حد ایده‌ال دورتر است و بهتر می باشد.

بنابراین اگر معیارها دارای زیر معیار نباشند و به عبارتی در یک سطح مطرح شده باشند حل مدل به اتمام میرسد. در این حالت هر گزینه ای که دارای فاصله کمتری نسبت به حد ایده ال باشد و یا دارای فاصله بیشتری نسبت به حد ضدایده ال باشد مطلوبتر

فاصله از حد ضد ایده ال باشد. حد ایده ال چنانچه از اسم آن پیداست، حدی است که از هر جهت بهترین باشد که عموماً در عمل وجود نداشته و سعی می شود به آن نزدیک شد. حد ایده ال آن گزینه‌ای است که روی هر معیار بهترین عملکرد را داشته باشد و برعکس آن حد ضد ایده ال است. به طور مثال اگر n معیار و m گزینه وجود داشته باشد، یک فضای n بعدی تصور می شود که در آن $m+2$ نقطه وجود دارد که شامل m گزینه و دو نقطه ایده ال و ضد ایده ال می باشد. در این روش فاصله این m نقطه با این دو نقطه سنجیده می شود. مطابق شکل (۳) مراحل اجرایی الگوریتم استفاده شده در مدل دارای ۴ گام به شرح زیر است [18, 17, 15].



شکل ۴. معیارهای پیش صلاحیت پیشنهادی

گام اول: حد ایده ال و ضد ایده ال

ابتدا دو نقطه حد ایده ال و ضد ایده ال مانند آنچه گفته شد مشخص می شود. به طوریکه حد ایده ال و ضد ایده ال معیار i ام به ترتیب با z_i^+, z_i^- نشان داده می شود

$$z_i^+ = \{(\max x_{ij} | j \in J), (\min x_{ij} | j \in \bar{J})\} \quad (1)$$

۴. کاربرد مدل ارائه شده در ارزیابی پیش صلاحیت پیمانکاران
مدل پیشنهادی با توجه به روش شباهت به گزینه ایده آل ابداع و ارائه شده است. این مدل برای راحتی کار کاربر در محیط EXCEL نوشته شده است که در صفحه اول اطلاعات ورودی کاربر پردازش و جواب نهایی او داده می شود. برنامه اصلی مدل در سایر صفحات نوشته شده است.

در قسمت اول که اطلاعات ورودی است در ابتدا معیارها و زیر معیارهای پیش صلاحیت و میزان اهمیت هر کدام و در ادامه حد وتویی و اثر مثبت یا منفی هر معیار درخواست می گردد. برنامه قابلیت گرفتن ۹ معیار و ۷ زیر معیار برای هر معیار را دارد. در مرحله بعد مشخصات پیمانکار مینا خواسته می شود که همان حدود آستانه ای هر معیار است. شاخص تجمیعی این حدود نشانگر آستانه پذیرش پیمانکار است. در مرحله آخر مشخصات پیمانکاران با توجه به هر معیار خواسته می شود که قابلیت گرفتن مشخصات ۱۹ پیمانکار را دارد که البته به راحتی قابل افزایش است. پس از کسب اطلاعات ورودی در انتهای برنامه لیست پیمانکاران تایید صلاحیت شده اعلام می شود. اگر مشخصات پیمانکار مینا با حدود وتویی مغایرت داشته باشد، برنامه این تضاد را بیان می کند.

مدل پیشنهادی برای تعیین صلاحیت پیمانکاران شرکت کننده در مناقصه پروژه ساخت برجی ۲۱ طبقه به ارزش ۱۸۶ میلیارد ریال اجرا شده است. معیارهای اصلی تعیین صلاحیت همراه با میزان اهمیت آنها نسبت به یکدیگر در جدول (۱) آمده است. زیر معیارهای معیارهای اصلی تعیین صلاحیت، میزان اهمیت این معیارها نسبت به یکدیگر، همچنین اثر مثبت و منفی، حدود وتویی و آستانه ای معیارها در جدول (۲) تا جدول (۹) آمده است. تعیین اعداد حدود وتویی و آستانه ای و اهمیت معیارها نسبت به یکدیگر توسط تیم تصمیم گیرنده تعیین شده است. در جدول (۱۰) امتیاز تخصیص داده شده به هر معیار برای ۷ پیمانکار شرکت کننده لحاظ گردیده است.

است. البته اگر معیارها دارای زیر معیارهایی باشند و به عبارتی مساله در چندین سطح مطرح شده باشد باید از گامهای بعدی پیروی کرد.

گام چهارم: رتبه بندی نهایی در سطوح بالاتر

چنانچه مساله دارای یکسری معیار و زیر معیار باشد می توان با استفاده از روابطی مشابه گام قبلی، جوابهای سطوح پایینی را به سطوح بالایی تبدیل کرد. به عبارتی پاسخ زیر معیارهای هر معیار را که سطح پایین آن معیار است به معیار مربوطه که سطح بالایی است انتقال داد. لذا برای سطح دوم، که سطح بالاتر از سطح اول است، از رابطه زیر استفاده می شود.

$$S_j = \left[\left(\sum a_k L_{kj}^p \right) \right]^{1/p} \quad k=1,2,\dots,q \quad (6)$$

S_j = معیار رتبه بندی در سطح دوم که مانند L_j در سطح اول اگر از فرمول (۳) استفاده شده باشد هر چه S_j کمتر باشد گزینه به حد ایده ال نزدیکتر است و بهتر می باشد و برعکس.

K = تعداد معیارهای سطح دوم.

A_k = وزن معیارهای سطح دوم

q = تعداد کل معیارهای سطح دوم.

پارامتر P نیز اهمیت حداکثر انحراف L_{kj} را نشان می دهد، هر چه P بزرگتر شود انحرافات بزرگتر اهمیت بیشتر و نقش مهم تری در اندازه S_j پیدا می کنند تا جایی که اگر P بینهایت شود آنگاه

$$S_j = \text{Max } L_{kj}$$

چنانچه سطح سومی نیز وجود داشته باشد، یعنی معیارهای سطح دوم خود زیر معیارهایی باشند برای یکسری معیار که در سطحی بالاتر یعنی سطح سوم تعریف شده اند، شبیه چنین فرمولی برای آن سطح نیز نوشته می شود

$$F_j = \left[\left(\sum b_r S_{rj}^p \right) \right]^{1/p} \quad r=1,2,\dots,y \quad (7)$$

این فرایند می تواند تا رسیدن به بالاترین سطح ادامه یابد. در این حالت نمره نهایی و یا فاصله نهایی، به عنوان شاخص نهایی رتبه بندی محاسبه می شود.

جدول ۱. میزان اهمیت، اثر مثبت و منفی، حدود وتویی و آستانه ای معیارهای تعیین صلاحیت

معیارهای اصلی	تجربه	پایداری مالی	سوابق شرکت	کیفیت	کارهای جاری	منابع	ساختار شرکت	تکنولوژی شرکت
اهمیت نسبت به معیار اول	۱	۱/۲	۲	۱/۲	۳	۱	۳/۴	۱

جدول ۲. میزان اهمیت، اثر مثبت و منفی، حدود وتویی و آستانه ای زیرمعیارهای معیار تجربه

زیر معیارهای تجربه	تعداد سالها	تجارب باکارفرما	تعداد مناقصه ها	بزرگترین کار	تجربه مشابه	تعداد پروژه ها
اهمیت نسبت به معیار اول	۱	۱/۴	۱/۲	۱/۲	۱/۱۰	۱/۲
اثر معیار	+	+	+	+	+	+
حد وتویی					۲	
حد آستانه ای	۵	۱	۵	۴۰۰۰	۳	۲۰

جدول ۳. میزان اهمیت، اثر مثبت و منفی، حدود وتویی و آستانه ای زیرمعیارهای معیار پایداری مالی

زیر معیارهای پایداری مالی	وضعیت مالی	ارزش اعتباری	رابطه با بانک
اهمیت نسبت به معیار اول	۱	۱	۲
اثر معیار	+	+	+
حد وتویی	۵		
حد آستانه ای	۱۵	۱۰	۱۵

جدول ۴. میزان اهمیت، اثر مثبت و منفی، حدود وتویی و آستانه ای زیرمعیارهای معیار سوابق شرکت

زیر معیارهای ساختار شرکت	خطاهای قبلی	دعاوی	گواهی ها	مؤقتیت اخیر	خلع یدها	تغییر زمانها	تغییر هزینه
اهمیت نسبت به معیار اول	۱	۱	۱/۲	۱	۱	۴	۳
اثر معیار	-	-	+	+	-	-	-
حد وتویی		۳			۲		
حد آستانه ای	۳	۲	۸	۱۵	۲	۷	۴

جدول ۵. میزان اهمیت، اثر مثبت و منفی، حدود وتویی و آستانه ای زیرمعیارهای معیار کیفیت

زیر معیارهای کیفیت	تضمین کیفیت	ایمنی	کیفیتهای پیشین	استاندارد کیفیت
اهمیت نسبت به معیار اول	۱	۱	۲	۲
اثر معیار	+	+	+	+
حد وتویی	۱۰			
حد آستانه ای	۱۰	۱۰	۸	۱۲

جدول ۶. میزان اهمیت، اثر مثبت و منفی، حدود وتویی و آستانه ای زیرمعیارهای معیار کارهای جاری

زیر معیارهای کارهای جاری	تعداد	ارزش ریالی
اهمیت نسبت به معیار اول	۱	۱/۴
اثر معیار	+	+
حد وتویی		
حد آستانه ای	۲	۷۰۰

جدول ۷. میزان اهمیت، اثر مثبت و منفی، حدود وتویی و آستانه ای زیرمعیارهای معیار منابع

زیر معیارهای منابع	افراد متخصص	پیمانکاران جز	ماشین آلات	کارگران
اهمیت نسبت به معیار اول	۱	۲	۱/۲	۳
اثر معیار	+	+	+	+
حد وتویی			۸	
حد آستانه ای	۱۰	۸	۱۰	۲۵

جدول ۸. میزان اهمیت، اثر مثبت و منفی، حدود وتویی و آستانه ای زیرمعیارهای معیار ساختار شرکت

زیر معیارهای ساختار شرکت	قابلیت مدیریت	رابطه با مشاور	صلاحیت مدیران	روابط مدیریت
اهمیت نسبت به معیار اول	۱	۵	۲	۱
اثر معیار	+	+	+	+
حد وتویی			۸	
حد آستانه ای	۷	۱۰	۱۲	۱۰

جدول ۹. میزان اهمیت، اثر مثبت و منفی، حدود وتویی و آستانه ای زیرمعیارهای معیار تکنولوژی شرکت

ظرفیت فنی	مهارت تشکیلات	زیر معیارهای تکنولوژی شرکت
۱/۲	۱	اهمیت نسبت به معیار اول
+	+	اثر معیار
۵		حد وتویی
۱۰	۱۵	حد آستانه ای

جدول ۱۰. امتیاز تخصیص داده شده به هر معیار برای ۷ پیمانکار شرکت کننده

معیارها	پیمانکار ۱	پیمانکار ۲	پیمانکار ۳	پیمانکار ۴	پیمانکار ۵	پیمانکار ۶
تعداد سالها	۱۵	۱۶	۱۷	۱۵	۴	۷
تعداد پروژه ها	۲۰	۲۱	۳۰	۲۵	۱۱	۲۱
تجربه مشابه	۲	۴	۴	۳	۵	۱
بزرگترین کار(میلیون ریال)	۲۱۰۰	۳۲۰۰	۲۰۰۰	۱۵۰۰	۵۰۰۰	۲۵۰۰
تعداد مناقصه ها	۳۰	۱۰	۲۳	۱۲	۳	۹
تجارب باکارفرما	۰	۳	۰	۱	۱	۰
وضعیت مالی	۱۳	۱۳	۱۰	۱۵	۱۷	۱۲
رابطه با بانک	۱۰	۱۰	۱۵	۷	۹	۵
ارزش اعتباری	۵	۶	۶	۱۰	۱۶	۳
خطاهای قبلی	۲	۱	۰	۱	۰	۱
تغییر هزینه ها	۳	۲	۱۰	۳	۵	۳
تغییر زمانها	۱	۰	۲	۲	۳	۳
خلع پدها	۰	۰	۱	۰	۰	۰
موفقیت اخیر	۱۱	۱۰	۱۲	۱۲	۱۴	۱۴
گواهی ها	۱۲	۱۳	۱۲	۱۲	۱۵	۲
دعاوی	۲	۰	۱	۰	۰	۱
تضمین کیفیت	۱۰	۱۵	۱۱	۱۳	۱۱	۱۲
استاندارد کیفیت	۱۵	۱۲	۱۲	۳۱	۱۱	۱۵
کیفیتهای پیشین	۱۲	۱۲	۱۷	۸	۱۰	۱۴
ایمنی	۶	۱۰	۱۲	۱۳	۱۴	۱۵
تعداد کارهای جاری	۱	۱	۲	۰	۳	۱
ارزش ریالی کار جاری	۱۲۰	۲۱۰	۲۳۰	۲۳۳۰	۱۰۰۰	۱۵۰۰
افراد متخصص	۸	۱۰	۱۲	۹	۸	۶
کارگران	۱۹	۱۴	۳۰	۳۰	۲۶	۲۵
ماشین آلات	۱۰	۱۸	۹	۱۵	۱۶	۱۲
پیمانکاران جزء	۱۰	۱۸	۱۲	۱۲	۶	۵
قابلیت مدیریت	۱۰	۹	۱۰	۱۵	۱۳	۱۲
روابط مدیریت	۱۲	۹	۱۰	۱۶	۱۵	۱۴
صلاحیت مدیران	۱۰	۱۴	۱۴	۱۰	۱۶	۱۵
رابطه با مشاور	۱۰	۱۶	۱۴	۱۹	۱۸	۹
مهارت تشکیلات	۱۱	۱۶	۱۰	۱۲	۵	۷
ظرفیت فنی	۱۰	۱۴	۱۴	۱۰	۹	۸

جدول ۱۱. فاصله از حد ایده ال و وضعیت پیش صلاحیت برای پیمانکاران

پیمانکار ۱	پیمانکار ۲	پیمانکار ۳	پیمانکار ۴	پیمانکار ۵	پیمانکار ۶	پیمانکار ۷
۰/۷۵۳۱۵۷	۰/۵۵۷۴۴۴	۰/۶۵۷۸۰۴	۰/۴۸۳۹۶۹	۰/۵۳۳۴۵۹	۰/۷۲۳۷۶۱	۰/۶۸۰۴۹۷
رد صلاحیت	تأییدصلاحیت	تأییدصلاحیت	تأییدصلاحیت	تأییدصلاحیت	رد صلاحیت	تأییدصلاحیت

از حد ایده ال و وضعیت پیش صلاحیت برای پیمانکاران مشخص شده است.

با توجه به اینکه فاصله پیمانکار مینا- که دارای تمامی حدود آستانه ای می باشد- از حد ایده ال برابر با ۰/۶۹۱۱۸۹۱ می باشد، همانطور که ذکر شد. این فاصله از حد ایده ال نشانگر حداقل توانمندی پیمانکاران برای اجرای پروژه می باشد که تابعی از حدود آستانه ای و میزان اهمیت معیارها می باشد. در جدول (۱۱) فاصله

[5] Ng S.T., Skitmore R.M., "Client and consultant perspectives of prequalification criteria", Building and Environment, vol. 34, 1999, pp. 607-621.

[6] Hatush Z., Skitmore M., "Contractor selection using multicriteria utility theory: An additive model", Building and Environment, vol. 33, 1998, pp. 105-115.

[7] Palanceswaran E., Kumaraswamy M., "Recent advance and proposed improvements in contractor prequalification methodologies", Building and Environment, vol. 36, 2001, pp. 73-78.

[8] Kumaraswamy M., "Contractor evaluation and selection a Hong Kong perspective", Building and Environment, vol. 31, 1996, pp. 273-282.

[9] Cagno E., Caron F., Perego A., "Multicriteria assessment of the probability of winning in the competitive bidding process", International Journal of Project Management, vol. 19, 2001, pp. 313-324.

[10] Chua D.K.H., Li D.Z., Chan W.T., "Case-based reasoning approach in bid decision making", Journal of Construction Engineering and Management, vol. 127, 2001, pp. 35-45.

[11] El-Rayes K., "Optimum planning of highway construction under A+B bidding method", Journal of Construction Engineering and Management, vol. 127, 2001, pp. 261-269.

[12] Alsugair A.B., "Framework for evaluating bids of construction contractors", Journal of Management in Engineering, 1999, pp. 72-78.

[13] Herbsman Z.J., Glagola C.R., "Lane rental- Innovative way to reduce road construction time", Journal of Construction Engineering and Management, vol. 124, 1998, pp. 411-417.

[14] Russell J.S., Skibniewski M.J., "Decision criteria in contractor prequalification", Journal of Management in Engineering, 1998, pp. 148-164.

[۱۵] دکتر محمد جواد اصغریور، تصمیم‌گیری‌های چند معیاره، انتشارات دانشگاه تهران، ۱۳۷۷.

[۱۶] دکتر سید حسن قدسی پور، فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی، انتشارات دانشگاه صنعتی امیرکبیر، ۱۳۷۹.

[۱۷] دکتر سید حسن قدسی پور، برنامه‌ریزی چند معیاره، انتشارات دانشگاه صنعتی امیرکبیر، ۱۳۷۹.

[18] Hartmann L., Methodological guidelines for the integrated environmental evaluation of water resources development, UNESCO, 1987.

۵. نتیجه‌گیری

با توجه به مسایل مطرح شده در کلیه بخش‌های قبلی، روند انتخاب پیمانکار به دو بخش پیش‌صلاحیت و تعیین برنده مناقصه تقسیم بندی شد. اهمیت هر کدام از بخش‌های مذکور نیاز به وجود یک روند علمی و قانونمند تصمیم‌گیری را تبیین می‌کند که توجه به معیارهای تصمیم‌گیری در هر کدام از این دو مرحله بسیار حائز اهمیت است. بنابراین یک مدل ریاضی به صورت برنامه‌ای رایانه‌ای برای تعیین صلاحیت ارائه گردیده است که با گرفتن معیارها و وزن معیارهای تصمیم‌گیری و همچنین وزن این معیارها از نظر هیأت برگزارکننده مناقصه و ارزشگذاری هر کدام از این معیارها برای مناقصه‌گران به تعیین صلاحیت می‌پردازد.

آنچه که در درجه اول اهمیت قرار دارد تبیین و جمع‌آوری این معیارها و میزان اهمیت آنها است. معیارها با اقتباس از تحقیقات و مقالات بدست آمد. در مرحله بعد با توجه به دو روش عمومی پیش‌صلاحیت پیمانکاران که به نام روش‌های حذفی و امتیازی نامگذاری شد، دو حد وتویی و آستانه‌ای برای هر کدام از معیارها بیان گردید. معیارها، وزن معیارها و حدود وتویی و آستانه‌ای روند پیش‌صلاحیت پیمانکاران را تشکیل می‌دهند. مدل ارائه گردیده پیمانکارانی را که تایید یا رد صلاحیت می‌شوند، مشخص می‌کند. پس از پیش‌صلاحیت با چنین روندی کارفرما می‌تواند تا حدود زیادی مطمئن از انتخاب اصلح باشد، زیرا وجود یک روند قانونمند احتمال بروز خطاهای انسانی و اعمال نظرات و سلاقی را تا حد بسیاری کاهش خواهد داد. همچنین به این دلیل که تا آخرین مرحله که وضعیت تعیین صلاحیت پیمانکاران توسط برنامه ارائه نشده است لیست پیمانکاران تایید یا رد صلاحیت شده مشخص نمی‌باشد، از بروز برخی از کارشکنی‌ها جلوگیری خواهد شد.

مراجع

[1] Russell J.S., Skibniewski M.J., Cozier D.R., "Qualifier-2: Knowledge-Based system for contractor prequalification", Journal of Construction Engineering and Management, vol. 116, 1990, pp. 157-171.

[2] Lai K.K., Liu S.L., Wang S.Y., "A method used for evaluation bids in the Chinese construction industry", International Journal of Project Management, vol. 22, 2004, pp. 193-201.

[3] Al-Subhi K.M., Al-Harbi, "Application of AHP in project management", International Journal of Project Management, vol. 19, 2001, pp. 19-27.

[4] Ng S.T., "EQUAL: a case-based contractor prequalifier", Automation in Construction, vol. 10, 2001, pp. 443-457.