

مدیریت پروژه بر اساس فرآیند تصمیم گیری چند معیاره (MCDM)^۱
محمد رضا فیلی زاده دانشجوی دکتری و عضو هیات علمی گروه مهندسی صنایع دانشگاه آزاد
اسلامی شیراز feylizadeh@iaushiraz.ac.ir

حسن صادقی کارشناس مهندسی صنایع Kelk_e_khial83@yahoo.com
- فاطمه معینی کارشناس حسابداری صنعتی

چکیده :

تصمیم گیری یکی از وظایف مهم مدیریت در سطوح مختلف به شمار می رود. این مقاله ، تلاشی است جهت نشان دادن کاربرد فرآیند تصمیم گیری چند معیاره (MCDM) در مراحل مختلف مدیریت پروژه و نشان دادن افزایش کارایی مدیریت ، برنامه ریزی و کنترل پروژه در اثر استفاده از آن . بر این اساس سعی شده است تا با ارائه مثالهای عملی ، کاربرد MCDM ، به عنوان ابزاری جهت بهینه کردن فرآیند مدیریت پروژه مورد بررسی قرار گیرد. در این مقاله به تشریح عملی و کاربردی فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) ، به عنوان یکی از کارآمدترین تکنیک های تصمیم گیری چند معیاره ، پرداخته خواهد شد تا چگونگی تاثیر این روش بر اتخاذ تصمیمات بهینه در مراحل مختلف مدیریت پروژه بطور کامل روشن گردد. بنابراین پس از مقدمه به شرح اصول تصمیم گیری در مدیریت پروژه می پردازیم و پس از آن جایگاه تصمیم گیری گروهی در مدیریت پروژه را مورد بحث قرار می دهیم. در ادامه به توضیح جایگاه MCDM در مدیریت پروژه می پردازیم و اصول و گام های مختلف AHP توضیح داده خواهد شد. در بخش انتهایی نیز با ذکر مثالی عملی، کاربرد MCDM را در مدیریت پروژه از نظر گذراننده و به تشریح جایگاه عملی آن در مدیریت پروژه خواهیم پرداخت. در حل مثال از نرم افزار تخصصی AHP یعنی Expert Choice بهره گرفته شده است تا زمینه های کاربردی این روش در مراحل گوناگون مدیریت پروژه ملموس تر گردد.

واژگان کلیدی : مدیریت پروژه ،تصمیم گیری چند معیاره (MCDM) ، فرآیند تحلیل سلسله
مراتبی (AHP) ، پیش صلاحیت کارفرما ، تصمیم گیری گروهی

۱- مقدمه :

تصمیم‌گیری همواره از مهم‌ترین وظایف مدیران در سطوح مختلف محسوب می‌گردد و بی‌شک موفقیت یا عدم موفقیت‌ها در سایه فرآیند تصمیم‌گیری تعریف می‌شوند. مدیریت پروژه نیز به عنوان دانشی فراگیر از این قاعده مستثنی نبوده و از ابتدا تا انتهای مراحل یک پروژه، مدیر همواره با دغدغه تصمیم‌گیری روبرو است. یک مدیر موفق بی‌شک با تصمیم‌گیری بهینه قادر به پیشبرد موثر پروژه خواهد بود. همواره در پس هر پروژه موفق تصمیماتی موثر و مناسب نهفته است. علم تصمیم‌گیری در حقیقت یک علم چندوجهی بوده که چگونگی اتخاذ تصمیم منطقی و مناسب را طی یک پروسه تصمیم‌گیری پیشنهاد می‌نماید. در واقع برای اتخاذ تصمیمات بهینه نیاز است که شخص تصمیم‌گیرنده به مجموعه گسترده‌ای از تکنیک‌ها و فنون تصمیم‌گیری نظیر علوم اقتصادی، روانشناختی، احتمالات و موارد بسیاری از این دست آشنا باشد. اهمیت تصمیم‌گیری و لزوم اتخاذ تصمیماتی صحیح موضوعی است که اهمیت آن بر کسی پوشیده نمی‌باشد.

تصمیم‌گیری، بی‌گمان شالوده فرآیند مدیریت پروژه را شکل می‌دهد که سایر عوامل و فاکتورها بر آن بنا می‌گردند. بنابراین اگر این گام نخست، مناسب، محکم و بهینه برداشته نشود، مدیر در ادامه با مشکلات بسیاری در امر مدیریت و کنترل پروژه خود روبرو خواهد بود.

در کشور ما متأسفانه واژه‌ای به نام «ضعف مدیریت» در سطوح خرد و کلان، حقیقتی انکارناپذیر است. هر چند که در پدید آمدن این مشکل عوامل بسیاری دخیل هستند اما بی‌شک یکی از مهم‌ترین آنها می‌تواند ضعف در تصمیم‌گیری مدیران باشد. تصمیمات سنتی، کلیشه‌ای و بدور از پایه علمی و مدون نقش مهمی را در ضعف مدیریت و عدم به‌ثمر رسیدن مناسب یک پروژه ایفا می‌نماید.

در مدیریت مدرن، دیدگاه سنتی نسبت به تصمیم‌گیری رفته رفته جای خود را به تکنیک‌ها و روشهایی مدون و ساختارگرا می‌دهد. البته ساختمانند کردن فرآیند تصمیم‌گیری که همواره تحت تاثیر عوامل و فاکتورهای متعدد قرار دارد و اغلب نیز رابطه‌ای غیر خطی بین آنها برقرار است، همواره کاری دشوار و بعضاً غیرممکن به حساب می‌آید اما امروزه با پیشرفت علوم کامپیوتری و پدید آمدن تکنیک‌های مختلف تصمیم‌گیری امید بسیار زیادی جهت فائق آمدن موانع پدید آمده است.

فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی یک تکنیک موثر در تصمیم‌گیری است که توسط توماس ساعتی^۱ [۱] بوجود آمد. اساس این روش، وزن‌دهی به اولیت‌های نسبی موجود در مجموعه‌ای از آلترناتیوهای مفروض با یک مقیاس نسبی می‌باشد. این روش بر اساس قضاوت شخص تصمیم‌گیرنده (DM)^۲ و تأکید بر اهمیت قضاوت‌های مستقیم و علایق ذاتی تصمیم‌گیرنده استوار می‌باشد. فرآیند این تکنیک تصمیم‌گیری با مقایسه آلترناتیوها با یکدیگر و انتخاب بهینه‌ترین آلترناتیو شکل می‌پذیرد.

AHP روشی است که تصمیم‌گیری را بر اساس دو فاکتور مهم دانش و تجربه فراهم می‌آورد. ویژگی منحصر به فرد این روش در آن است که می‌تواند عوامل هدف‌مند و بی‌هدف را به شیوه‌ای سیستماتیک سازماندهی نموده و ضمن ساختمان‌سازی فرآیند تصمیم‌گیری، این امر را برای مدیران تسهیل بخشد. از آن گذشته در این روش، مسائل بزرگ به ریز ساختارهای منطقی تجزیه می‌گردند که این کار موجبات تصمیم‌گیری راحت‌تر را فراهم نموده و تصمیم‌گیرنده را قادر می‌سازد از طریق مسائل جزئی و انجام مقایسه‌های دوتائی راه حل بهینه را بیابد.

این مقاله سعی دارد تا خوانندگان محترم را با چگونگی تصمیم گیری مدون و ساختار گرا در مراحل مختلف مدیریت پروژه آشنا سازد و در این راستا با بکار گیری روش AHP به عنوان یک تکنیک موفق، ضمن ارائه یک مثال عملی، چگونگی کاربرد این روش را در مدیریت پروژه مورد بحث قرار می دهد. امید آنکه با رعایت اصول پایه و علمی در فرآیند تصمیم گیری شاهد پیشرفت روز افزون دانش مدیریت پروژه در میهن عزیزمان باشیم.

۲- مدیریت پروژه و تصمیم گیری چند معیاره (MCDM)^۱

مدیران پروژه اغلب با مسائل و محیط هایی پیچیده در پروژه روبرو هستند که تصمیم گیری در آنها تحت تاثیر عوامل متعدد و گوناگونی قرار دارد. این مسائل دارای عناصر متعدد و تحت معیارهای گوناگونی قرار دارد که با یکدیگر مرتبط بوده و هر یک از آنها بر دیگری تاثیر گذار است. این موضوع باعث می گردد که هرگونه تغییر در عناصر مسئله را نتوان به راحتی و با ایجاد یک تناسب ساده با یکدیگر مرتبط ساخت. علاوه بر این در فرآیند مدیریت پروژه فاکتورهای عوامل انسانی و سیستمهای مختلف قضاوت از معیارهای اصلی و جداناپذیر به حساب می آند. از این رو توانایی اخذ تصمیمات صحیح در چنین محیطی چند معیاره، اهمیت بسیار زیادی در کارائی و اثر بخشی تصمیمات خواهد داشت. فرآیند تصمیم گیری چند معیاره (MCDM) معمولاً به مسائلی می پردازد که تحت تاثیر چندین معیار قرار دارد. در این گونه مسائل، تصمیم گیرنده سعی دارد بصورت همزمان چندین هدف را بهینه کند. دیدگاه MCDM، بخش اصلی مباحث تئوری تصمیم به شمار می آید. [۱۱]

در فرآیند پیشبرد یک پروژه، عملاً مسائل بسیاری را می توان یافت که تحت تاثیر چندین معیار بصورت همزمان قرار دارد که هر یک از آن معیارها نیز در جای خود از اهمیتی بسیار برخوردار است که صرف نظر از آن آنها نیز مقدور نمی باشد. هدف روش های MCDM کمک به تصمیم گیرنده در این گونه مسائل است. MCDM به افراد در فراگیری اهداف و ارزشهای سازمانی، سیستمهای ارزش عوامل انسانی و بکارگیری چنین جنبه هایی در فرآیند تصمیم گیری یاری می رساند تا حداکثر کارائی در اخذ بهینه ترین تصمیم حاصل گردد. به عبارت بهتر MCDM به تجزیه و تحلیل محیطی می پردازد که در آن ناگزیر به در نظر گرفتن معیارهایی متفاوت هستیم که نمی توان آنها را از طریق ارزیابی ساده و تک بعدی مورد سنجش قرار داد.

در فرآیند مدیریت پروژه با دو نوع رایج از مسائلی روبرو هستیم که به خوبی در قالب مدل های MCDM می گنجد. مسائل مذکور عبارتند از: مسائل ارزیابی و مسائل طراحی. [۶]

منظور از مسائل ارزیابی آن دسته از مسائلی است که به ارزیابی، سنجش و امکان انتخاب از میان آترناتیوهای گسسته^۲ می پردازد. مسائل طراحی نیز آن دسته از مسائلی را شامل می گردد که با شناسائی آترناتیو مناسب از میان یک مجموعه نامحدود از آترناتیوها - که با مجموعه ای از محدودیت ها تعریف می شوند - سروکار دارد. [۶]

۳- فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP)^۳

^۱ Multiple Criteria Decision Making

^۲ مسائل MCDM به دو دسته گسسته و پیوسته تقسیم بندی می گردند. آن دسته از مسائلی که در آن مجموعه آترناتیوها شمارش پذیر باشند، گسسته (مانند انتخاب یک تکنولوژی از میان آترناتیوهای موجود) و مسائلی که مجموعه آترناتیوها در آن غیر قابل شمارش هستند (مانند تعیین زمان بهینه تعویض قطعات یدکی با توجه به معیار حداقل هزینه و حداکثر قابلیت اطمینان) پیوسته، نامیده می شوند.

^۳ Analytical Hierarchy Process

فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP)، یک ابزار تحلیلی مفید در تصمیم‌گیری چند معیاره (MCDM) به حساب می‌آید. که بصورت وسیعی در محیط‌های مختلف مورد استفاده قرار می‌گیرد. AHP تکنیکی است که به اشخاص در ساختمان کردن مسائل تصمیم با حداقل خطا کمک شایانی می‌نماید [۱۱]. البته ناگفته نماند که این روش از سوی محققان تاکنون بسیار مورد نقد قرار گرفته است. در سال ۱۹۹۲ «شنکرمن»^۱ در مقاله معروف خود^۲، استفاده از رتبه بندی معکوس در AHP را نمی‌پذیرد [۳]. یک سال بعد، «لوئیس جی وارگیس»^۳ در پاسخ به شنکرمن مقاله‌ای ارائه کرد^۴ که در آن ضمن دفاع از AHP به ایرادات مطرح شده از سوی شنکرمن نیز پاسخ داد [۲]. علاوه بر این تاکنون مقالات و تالیفات مختلفی نیز در بهبود فرآیند AHP به رشته تحریر درآمده است. دکتر محمد جواد اصغرپور، به منظور بهبود AHP، روش تصمیم‌گیری گروهی با استفاده از مقایسات زوجی را مطرح می‌نماید [۱۰].

صرف نظر از انتقادات و حمایتی که از این روش صورت می‌پذیرد، شکی نیست که AHP، ابزاری مفید، موثر و کاربردی در تصمیم‌گیری و ساختمان کردن تصمیمات چند معیاره به شمار می‌آید. با ذکر این مقدمه کوتاه، در ادامه به شرح گام‌های اجرائی AHP پرداخته خواهد شد.

«ساعتی»، گام‌های AHP را بدین صورت تعریف کرده است [۹-۸]:

- ۱- تعریف مسئله و مشخص نمودن اهداف آن
- ۲- ایجاد ساختار سلسله مراتبی از بالا (اهداف مورد نظر تصمیم‌گیرنده) به سطوح میانی (معیارهای تصمیم‌گیری) و به پائین‌ترین سطح مسئله که معمولاً مجموعه آترناتیوها می‌باشند.
- ۳- تشکیل ماتریس‌های مقایسه دوتائی (در اندازه $n \times n$) برای هر کدام از سطوح پائین مسئله به همراه یک ماتریس برای هر کدام از عناصر سطح بالائی آن به کمک مقیاس‌های سنجش نسبی که در جدول شماره ۱ ملاحظه می‌شود. مقایسه‌های دوتائی به کمک روش تسلط^۵ صورت می‌پذیرد.
- ۴- جهت بهبود مجموعه ماتریس‌های گام ۳، به $n(n-1)$ قضاوت احتیاج است که متقابلاً بصورت خودکار در هر یک از مقایسه‌های دوتائی حاصل می‌گردد.
- ۵- در این گام، از ترکیب سلسله مراتبی جهت وزن دهی به بردارهای ویژه استفاده می‌شود. برای این منظور به کمک اوزان معیار و مجموع حاصل از تمامی اوزان بردارهای ویژه که در سطح بعدی سلسله مراتب وارد می‌شوند، عملیات وزن دهی صورت می‌پذیرد.
- ۶- انجام کلیه مقایسه‌های دوتائی. به منظور تعیین سازگاری، به کمک عنصر ویژه λ_{Max} ، شاخص سازگاری (CI) را بصورت روبرو حساب می‌نمایند: $CI = \frac{(\lambda_{Max} - n)}{(n - 1)}$ که منظور از n در آن، اندازه ماتریس می‌باشد. سازگاری قضاوت را نیز می‌توان با بدست آوردن نسبت سازگاری (CR)، از (CI) با اختصاص ارقام سازگاری تصادفی موجود در جدول ۲ (RI)، بررسی نمود. $CR = CI/RI$. در صورتی که مقدار CR از

^۱ Schenkerman

^۲ Avoiding rank-reversal in AHP decision support models

^۳ Luis G. Vargas

^۴ Reply to Schenkerman's avoiding rank reversal in AHP decision support models

^۵ در روش تسلط، دو آترناتیو با یکدیگر مقایسه می‌گردند و هر کدام که بر دیگری برتری (تسلط) داشته باشد انتخاب می‌شود.

۰/۱۰ کمتر باشد ، قابل قبول و در صورت بیشتر بودن مقدار آن ، ماتریس قضاوت ناسازگار خواهد بود . جهت بدست آوردن یک ماتریس سازگار بایستی قضاوتها را مورد بازبینی و بهبود مجدد قرار داد.
۷- گام های ۳ تا ۶ را بایستی برای تمامی سطوح موجود در سلسله مراتب مسئله انجام داد.

جدول ۱ - مقیاس انجام مقایسه های دوتائی در اولویت های AHP

تخصیص رقم	قضاوت شفاهی راجع به اولویت
۹	برتری شدید
۸	بسیار قوی و تا حدی شدید
۷	برتری بسیار قوی
۶	قوی تا بسیار قوی
۵	برتری قوی
۴	متوسط تا قوی
۳	برتری متوسط
۲	مساوی تا متوسط
۱	برتری مساوی

محاسبات روش AHP ممکن است گسترده شود و این موضوع مقدمات خستگی و انجام خطا را در شخص پدید آورد. بنابراین پیشنهاد می گردد که جهت به حداقل رساندن خطا و خستگی از انجام محاسبات طولانی از نرم افزارهای حرفه ای در این زمینه استفاده نمائید. نرم افزار تخصصی AHP ، Expert Choice می باشد که بکارگیری گامهای اشاره شده در آن میسر بوده و اکثر محاسبات را خود بصورت اتوماتیک انجام می دهد[۴]. البته در این رابطه نرم افزارهای متعددی وجود دارد که جهت آشنائی با آنها می توان به کتاب "تصمیم گیری گروهی و نظریه بازیها" [۱۰] تالیف دکتر محمد جواد اصغریور (قسمت پیوست) مراجعه نمود.

جدول ۲- ارقام تصادفی سازگاری (RI)

اندازه ماتریس	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰
تخصیص رقم سازگاری	۰	۰	۰/۵۸	۰/۹	۱۲/۱	۱/۲۴	۳۲/۱	۴۱/۱	۴۵/۱	۴۹/۱

۴- تصمیم گیری گروهی در مدیریت پروژه

AHP ، در راستای فراهم آوردن قابلیت استفاده از تجارب، ارزشها و خرد جمعی از فرآیند تصمیم گیری گروهی در مدیریت پروژه پشتیبانی می نماید. با تفکر گروهی می توان یک مسئله تصمیم را مورد تجزیه و تحلیل قرار داده و آن را

در قالب سلسله مراتب AHP گنجانند. وزن دهی معیارها در AHP حتماً بایستی توسط گروه مدیران و کارشناسان پروژه صورت پذیرد. در چنین جمعی راجع به اهمیت هر معیار بحث شده و با مشخص شدن اهمیت هر یک از آنها در فرایند پروژه، وزن دهی مناسب آن معیار با توجه به نظر اکثریت جمع صورت می پذیرد. تصمیمات گروهی شامل مشارکت تمامی افراد درگیر در مسئله اتم از مدیر، کارفرما و پرسنل اجرایی می باشد که عموماً تصمیمات سازمانی فراوانی را در بر می گیرد [6]. یک گروه با علائق مشترک از افرادی تشکیل شده است که هر یک از آنها علایق و انگیزه های شخصی خویش را دارند. توجه افراد گروه به علائق شخصی ممکن است رسیدن به تفاهمات مشترک را دشوار ساخته. اگر افراد گروه بیش از آنکه اهداف مشترک را مد نظر قرار دهند به انگیزه های شخصی خود توجه کنند، تضاد و کشمکش بسیاری در فرآیند تصمیم گیری بین آنها رخ خواهد داد و اتخاذ یک تصمیم مناسب و بهینه را در هاله ای از ابهام فرو خواهند برد. اما تا زمانی که احساس شود اعضای گروه تصمیم گیری، اهداف سازمانی مشترک را بر علائق شخصی خود ترجیح می دهند می توان به وفاق جمعی امیدوار بود. در این حالت به دلیل نقش تاثیرگذاری که هر یک از اعضای درگیر در پروژه در تصمیمات اتخاذ شده دارند، ارتباط آنها با یکدیگر بیشتر و تاثیرگذاری تصمیمات اتخاذ شده نیز بیشتر می گردد [10].

در انجام گامهای مختلف AHP، استفاده از خرد جمعی مفید است. در صورتی که مجموعه ای از افراد درگیر در پروژه به تبیین اهداف و سطوح مختلف سلسله مراتب بپردازند، خطای تصمیم گیری به حداقل رسیده و شانس اتخاذ بهینه ترین تصمیم افزایش می یابد. بنابراین مناسب است که با فرهنگ سازی مناسب، دیدگاه تفکر و تصمیم گیری گروهی در بین مدیران پروژه ترویج بیابد. تک روی و تصمیم گیری انفرادی از سوی مدیر ریسک بزرگی محسوب می شود که مستقیماً بازده پروژه را هدف قرار داده و از درصد موفقیت آن می کاهد. از سوی دیگر اگر مدیری به تنهایی اقدام به تصمیم گیری نماید، تمام مسئولیت های آن تصمیم نیز بر دوش شخص وی خواهد بود که این موضوع در صورت شکست تصمیم به ضرر وی تمام خواهد شد. تصمیم گیری گروهی علاوه بر آنکه به کشف خطا در فرآیند تصمیم گیری کمک می نماید، مسئولیت و عواقب تصمیم را نیز در بین افراد گروه تقسیم می نماید. بنابراین باتوجه به تمامی این امور شایسته است که تصمیمات مهم پروژه، بصورت مشاوره ای و در قالب تشکیل گروههای کاری تخصصی اتخاذ گردد.

۵- کاربرد AHP در مدیریت پروژه

در این بخش قصد داریم که در چهارچوب یک مثال به توضیح نقش AHP به عنوان یک مدل تصمیم گیری چند معیاره در مدیریت پروژه بپردازیم. در مثال مورد بحث، اعضای هیئت مدیره یک پروژه بزرگ ساختمانی قصد دارند تا صلاحیت چندین کارفرما را جهت شرکت در مناقصه پروژه خود ارزیابی نموده و از لیاقت و توانائی آنها در انجام پروژه، اطمینان حاصل کنند. در واقع مدیر پروژه در اینجا تصمیم دارد تا با توجه به مجموعه ای از معیارهایی که جهت اجرای موفقیت آمیز پروژه ضروری می باشد، پیش صلاحیت افراد را برای انجام پروژه مورد ارزیابی قرار داده و در صورت لایق شناخته نشدن وی از شرکت او در مناقصه جلوگیری نماید. به عبارت بهتر مدیر در پی ارزیابی کاندیداهای حضور در مناقصه شرکت جهت بررسی صلاحیت آنها است. این کار به منظور حذف پیمانکار فاقد صلاحیت در مرحله مزایده صورت می پذیرد [7].

۵،۱- اهمیت بررسی پیش صلاحیت کارفرما

بررسی پیش صلاحیت کارفرما و پیمانکار ، برای مدیران بخش خصوصی و دولتی امکان استفاده موثر از سرمایه را فراهم آورده و باعث افزایش درصد موفقیت پروژه می شود. این کار به مدیر اطمینان می بخشد که رقابت در مزایده بین افرادی شکل می گیرد که تمامی آنها صلاحیت لازم برای اجرای مناسب پروژه را دارا می باشند. علاوه بر این از آنجا که مهارت ، توانائی و لیاقت کارفرما در تکمیل پروژه با زمان و هزینه از پیش تخمین زده شده ، نقشی بسیار مهم ایفا می نماید ، بررسی پیش صلاحیت افراد در این رابطه اهمیت فزاینده ای می یابد. تا کنون در رابطه با اهمیت بررسی پیش صلاحیت کارفرما جهت شرکت در مناقصات ، مطالعات مختلفی صورت پذیرفته است که از آن جمله می توان به خطوط راهنمایی که «لور»^۱ ارائه کرده است اشاره نمود[۵]. وی همچنین تاثیر بررسی پیش صلاحیت کارفرما را در تخصیص تسهیلات مورد نیاز و هزینه یابی موثر پروژه ، مورد بحث قرار داده است[۵]. فرآیند ارزیابی پیش صلاحیت ، در واقع هنری است در رابطه به قضاوت هدفمند و هوشمند بر پایه تجربه و تخصص مدیر.

جهت ارزیابی پیش صلاحیت کارفرما ، ۵ روش عمده وجود دارد : روش وزن دهی مقیاسی ، روش دو مرحله ای ، روش استراتژی نامحدود ، روش فرمول سازی و روش قضاوت مشاهده ای[۷].

در روش وزن دهی مقیاسی [۷]، معیارهای انتخاب و اوزان آنها به شخص مدیر تصمیم گیرنده بستگی داشته و تمامی کارفرمایان بر اساس آن معیارها مورد ارزیابی قرار گرفته و نمره آنها محاسبه می گردد. مجموع نمراتی که کارفرما در هر معیار بدست می آورد محاسبه و در وزن معیار مربوطه ضرب می گردد. عدد حاصل نمره کل وی می باشد. کارفرماها بر اساس این نمره کل رتبه بندی می گردند و شخص یا اشخاصی که نمرات آنها به حد نصاب می رسد ، صلاحیتشان مورد تأیید قرار می گیرد. مشکل اساسی این روش ، تصمیم گیری در رابطه با وزن معیار مربوطه می باشد. یعنی همان موضوعی که AHP راهکارهای لازم برای رفع آن را دارا می باشد.

روش دو مرحله ای[۷] ، اصلاح روش وزن دهی مقیاسی می باشد. در مرحله نخست این روش ، بررسی کارفرما بر اساس فاکتورهای عمده و مقدماتی صورت می گیرد و در صورت مورد تأیید واقع شدن ، در گام بعد ، روش وزن دهی ابعادی جهت معیارهای تخصصی تر به اجرا گذاشته می شود. این روش جهت حذف سریع نامزدهای فاقد شرایط مفید می باشد.

در روش استراتژی نامحدود[۷] ، لیستی از مهم ترین معیارهای لازم جهت تأیید پیش صلاحیت بصورت نزولی (به ترتیب اهمیت معیار از کم اهمیت به پر اهمیت) تهیه می گردد. سپس کارفرما بر اساس این معیارها مورد ارزیابی قرار می گیرد. در صورتی که نامزدی ، هر یک از شرایط معیارهای مذکور را احراز ننماید ، از لیست حذف می گردد. این روش تا زمانی که کارفرماها تمامی معیارها را احراز نمایند ادامه می یابد.

در روش فرمولساز[۷] ، پیش صلاحیت کارفرما ، بر اساس فرمولی که حداکثر قابلیت وی را محاسبه می نماید تعیین می گردد. منظور از حداکثر قابلیت ، حداکثر مقدار کار ناتمامی است که کارفرما در یک محدوده زمانی مشخص از خود بر جای می گذارد. در این روش ، صلاحیت کارفرما به حداکثر قابلیت وی ، مقدار کار ناتمام جاری و حجم پروژه در دست احداث بستگی خواهد داشت. در صورتی که اختلاف میان قابلیت کارفرما و کار ناتمام جاری وی کمتر از کارهای صورت پذیرفته پروژه باشد ، وی از فرآیند مزایده خارج خواهد شد.

در برخی از روشهای مشابه ، مدیران تصمیم گیرنده ممکن است انتخاب کارفرمایان را بر اساس قضاوت مشاهده ای و خارج از دیدگاه ساخت گرا انجام دهند. این نوع تصمیم گیری می تواند تحت تاثیر عقاید شخصی مدیر ، تجارب قبلی پیمانکار و یا عملکرد تیم اجرائی وی صورت پذیرد.

۵،۲- مثال

با روشن شدن مسئله ، در ادامه به شرح مثال مقاله پرداخته خواهد شد. در این مثال هدف تعیین کارفرمایان واجد شرایط جهت شرکت در مزایده یک شرکت دولتی ساختمانی ، با استفاده از فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) است. جهت سادگی محاسبات ، تعداد عوامل و معیارهای موثر در تصمیم گیری ، معدود انتخاب می گردد. معیارهای تصمیم عبارتند از : تجربه (Exp.) ، سرمایه مالی (F.S.) ، کیفیت کار اجرائی (Q.P.) ، منابع نیروی انسانی (M.P.R.) ، تجهیزات (E.R.) و مقدار کار در حال اجرای پیمانکار در سایر پروژه ها (C.W.L.) . در صورت نیاز و تشخیص مدیران پروژه ، می توان به این مجموعه معیارهای دیگری را نیز اضافه نمود. همانگونه که قبلاً نیز اشاره گردید ، می توان محاسبات و مدل سازی مسئله را به کمک نرم افزار تخصصی AHP ، یعنی نرم افزار Expert Choice انجام داد و ضمن کاهش خطاهای محاسباتی ، در وقت و هزینه محاسبات نیز صرفه جوئی نمود. هم اکنون ورژن ۱۱ این نرم افزار که مخصوص نصب بر روی ویندوز می باشد در بازار موجود است . نسخه آزمایشی آن را نیز می توانید از سایت اینترنتی <http://www.bluestallion.co.za/expertchoice.htm> دانلود کنید. شرح مثال به طور کامل در جدول ۳ آورده شده است . در این مثال ۵ پیمانکار A,B,C,D,E قصد شرکت در مزایده شرکت ساختمانی مذکور را دارند. با اجرای گامهای ۷ گانه مورد بحث در بخش ۵ ، سلسله مراتب مسئله ، تعیین می گردد. (شکل ۱)

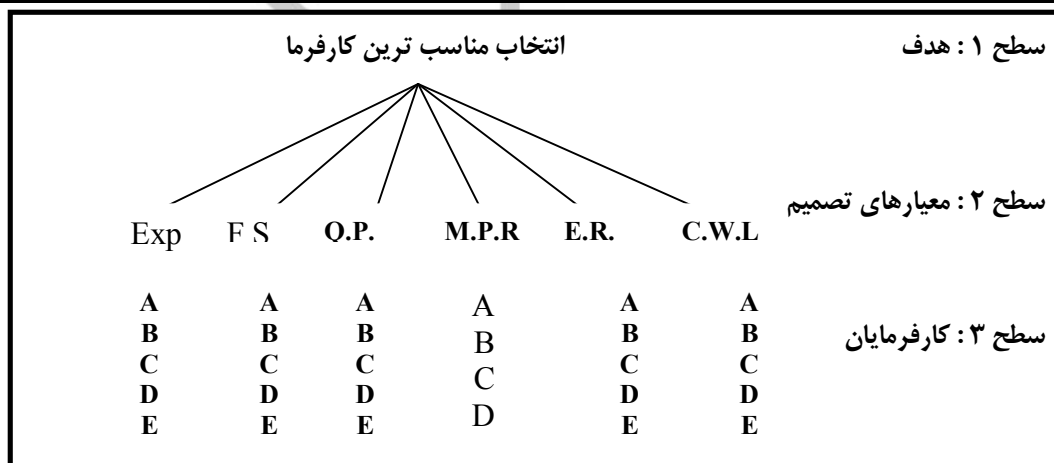
جهت انجام گام ۳ ، تصمیم گیرنده (ها) بایستی آترناتیوهای تصمیم را نسبت به تمامی معیارهای مورد نظر اولویت بندی و به عبارتی

وزن دهی کند. نتایج این وزن دهی برای معیار تجربه (Exp.) در جدول ۴ آورده شده است.

جدول ۳ - شرح مثال

کارفرمای E	کارفرمای D	کارفرمای C	کارفرمای B	کارفرمای A	آترناتیوها معیارها
۱۵ سال تجربه انجام هیچ پروژه مشابه	۱۰ سال انجام دو پروژه مشابه	۸ سال انجام هیچ پروژه مشابه ۱ پروژه بین المللی	۷ سال انجام ۱ پروژه مشابه دارای تجارب خاص	۵ سال انجام دو پروژه مشابه	Exp.
۶ میلیون دلار ۱/۵ میلیون دلار بدهی	۱۱ میلیون دلار ۴ میلیون دلار بدهی دارای رابطه خوب با بانک	۱۴ میلیون دلار ۶ میلیون دلار بدهی	۱۰ میلیون دلار ۵/۵ میلیون دلار بدهی	۷ میلیون دلار بدون بدهکاری	F.S

عدم تعهد اخلاقی دارای یک قرارداد فسخ شده کیفیت کاری متوسط	اعتبار خوب شهرت مناسب مواجهه با افزایش هزینه در برخی از پروژه ها	دارای تیم متخصص برنده جوایز دولتی اعتبار خوب اجرای برنامه های QA و QC	پرسنل متخصص تحويل دو پروژه با تاخیر برنامه های کاری ایمن	سازمان خوب پرسنل مناسب شهرت خوب اعتبار بالا	Q.P.
۴۰ کارگر رسمی ۲۶۰ کارگر قراردادی	۹۰ کارگر رسمی ۱۳۰ کارگر قراردادی	۱۲۰ کارگر دارای کارگرانی با مهارت مناسب ۲۵ کارگر متخصص و خبره	۱۰۰ کارگر رسمی ۲۰۰ کارگر قراردادی	۱۵۰ کارگر رسمی ۱۰ کارگر متخصص و خبره	M.P.R.
۲ میکسر ۱۰ عدد سایر تجهیزات ۲۰۰۰ قالب Sf فولادی ۶۰۰۰ قالب Sf چوبی	۴ میکسر ۱ دستگاه حفار ۹ عدد سایر تجهیزات	۲ واگن حمل بتن ۲ میکسر ۱ دستگاه حفار ۱ بولدزر ۱۶ عدد سایر تجهیزات ۱۷۰۰۰ قالب فولادی Sf	۶ عدد میکسر ۱۰ بولدوزر ۲۰ عدد سایر تجهیزات ۱۵۰۰۰ عدد قالب فولادی Sf	۴ عدد میکسر ۱ دستگاه حفار ۱۵ عدد سایر تجهیزات	E.R.
شروع ۲ پروژه کوچک اتمام ۳ پروژه (۲ کوچک + ۱ متوسط)	اتمام ۲ پروژه بزرگ ۱ پروژه متوسط در میان راه	شروع یک پروژه متوسط اتمام دو پروژه (۱ بزرگ + ۱ متوسط)	اتمام ۲ پروژه (۱ بزرگ + ۱ متوسط)	اتمام یک پروژه بزرگ ۲ پروژه در میان راه (۱ متوسط + ۱ کوچک)	C.W.L



شکل ۱ - سلسله مراتب مسئله

حال می توان گام های AHP را به ترتیبی که در زیر مشاهده می نمائید به کمک نرم افزار Expert Choice و یا بصورت دستی به انجام رساند [۱۱]:

- ۱- تشکیل ماتریس ترکیبی مقایسات دوتائی (جدول ۵)
- ۲- محاسبه بردار اولویت برای تمامی معیارها (به عنوان مثال محاسبه بردار اولویت معیار تجربه در جدول ۵ آورده شده است)
- ۳- محاسبه نسبت سازگاری (CR)
- ۴- محاسبه λ_{max}
- ۵- محاسبه شاخص سازگاری (CI)
- ۶- انتخاب مقدار مناسب نسبت سازگاری تصادفی (RI) از جدول ۲ و
- ۷- بررسی سازگاری ماتریس مقایسات دوتائی جهت اطمینان از سازگاری یا عدم سازگاری قضاوت های تصمیم گیرنده.

محاسبات لازم در ادامه آورده شده است. به عنوان نمونه کل محاسبات مربوط به معیار تجربه را شرح می دهیم و به جهت تشابه محاسبات برای سایر معیارها تنها به ذکر نتایج محاسبات اشاره می گردد. ماتریس ترکیبی مقایسه دوتائی از تقسیم هر عضو ماتریس بر مجموع ستون مربوط به آن بدست می آید. به عنوان مثال عدد 0.08 در جدول از تقسیم عدد ۱ (عضو اول از ستون اول جدول ۴) بر 12.5 (مجموع اعداد ستون اول جدول ۴) بدست آمده است :

$$1 + 3 + 2 + 6 + 1.2 = 12.5, \quad \frac{1}{12.5} = 0.08$$

بردار اولویت معیارها در واقع میانگین ردیف های ماتریس ترکیبی آن معیار است. برای بدست آوردن بردار اولویت هر یک از معیارها، بایستی مجموع هر یک از ردیف های ماتریس ترکیبی - که از ماتریس مقایسه دوتائی بدست می آید- را بر تعداد آلترناتیو ها (در این مثال عدد ۵) تقسیم نمود. به عنوان مثال برای معیار تجربه (Exp.) با نگاهی به جدول ۵ ملاحظه می گردد عدد مربوط به بردار اولویت برای آلترناتیو A عدد 0.086 می باشد. این عدد اینچنین بدست آمده است :

$$\frac{0.08 + 0.082 + 0.073 + 0.078 + 0.118}{5} = \frac{0.431}{5} = 0.086$$

با بدست آوردن سایر اعداد از این طریق، بردار اولویت معیار تجربه چنین حاصل می گردد :

0.086
0.249
0.152
0.457
0.055

(1)

جدول ۴- ماتریس مقایسه دوتائی معیار تجربه (Exp.)

Exp.	A	B	C	D	E
A	1	1/3	1/2	1/6	2
B	3	1	2	1/2	4

C	2	1/2	1	1/3	3
D	6	2	3	1	7
E	1/2	1/4	1/3	1/7	1

در ادامه به شرح چگونگی محاسبه λ_{Max} ، شاخص سازگاری (CI) و نسبت سازگاری (CR) خواهیم پرداخت و شرط سازگاری ماتریس های مقایسه معیارها را نیز بررسی می نمائیم. به دلیل مشابهت محاسبات و پرهیز از ذکر محاسبات تکراری، موارد مذکور را به عنوان نمونه برای معیار تجربه انجام داده و برای سایر معیارها، نتایج نهائی محاسبات، در زیر ماتریس مقایسه مربوطه (جداول ۵ تا ۱۰) ذکر خواهد شد.

جدول ۵- ماتریس مقایسه دوتائی معیار تجربه (Exp.)*

Exp.	A	B	C	D	E	بردار اولویت
A	0.08	0.082	0.073	0.078	0.118	0.086
B	0.24	0.245	0.293	0.293	0.235	0.249
C	0.16	0.122	0.146	0.146	0.176	0.152
D	0.48	0.489	0.439	0.439	0.412	0.457
E	0.04	0.016	0.049	0.049	0.059	0.055
						$\sum = 0.999$

* $\lambda_{Max} = 5.037$, $CI = 0.00925$, $RI = 1.12$, $CR = 0.0082 < 0.1$ ok

برای بدست آوردن λ_{Max} ابتدا بایستی ماتریس مجموع وزن دهی شده را به ترتیب زیر حساب نموده و سپس آن را بر ماتریس بردار اولویت معیار تقسیم نمائیم. میانگین اعداد حاصل از این عملیات، λ_{Max} می باشد. برای بدست آوردن ماتریس مجموع وزن دهی شده، ماتریس بردار اولویت را در ماتریس مقایسه دوتائی معیار مربوطه (برای معیار تجربه، جدول ۴) ضرب می نمائیم:

$$0.086 \begin{bmatrix} 1 \\ 3 \\ 2 \\ 1/2 \end{bmatrix} + 0.249 \begin{bmatrix} 1/3 \\ 1 \\ 1/2 \\ 2 \\ 1/4 \end{bmatrix} + 0.152 \begin{bmatrix} 1/2 \\ 1 \\ 3 \\ 1/3 \end{bmatrix} + 0.457 \begin{bmatrix} 1/6 \\ 1/2 \\ 1/3 \\ 1 \\ 1/7 \end{bmatrix} + 0.055 \begin{bmatrix} 2 \\ 4 \\ 3 \\ 7 \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.431 \\ 1.259 \\ 0.766 \\ 2.312 \\ 0.276 \end{bmatrix} \quad (2)$$

ماتریس مجموع وزن دهی شده

$$\frac{0.431}{0.086} = 5.012, \quad \frac{1.259}{0.249} = 5.056, \quad \frac{0.766}{0.152} = 5.039$$

$$, \quad \frac{2.312}{0.457} = 5.059, \quad \frac{0.276}{0.055} = 5.018 \quad (3)$$

$$\lambda_{Max} = \frac{5.012 + 5.056 + 5.039 + 5.059 + 5.018}{5} = 5.037 \quad (4)$$

حال شاخص سازگاری را بدست می آوریم :

$$CI = \frac{\lambda_{Max} - n}{n - 1} = \frac{5.037 - 5}{5 - 1} = 0.00925 \quad (5)$$

با انتخاب عدد تصادفی مناسب از جدول ۲، نسبت سازگاری CR، محاسبه می گردد. با توجه به جدول ۲، برای ماتریسی با اندازه n=5، RI=1.12 انتخاب می گردد پس :

$$CR = \frac{CI}{RI} = \frac{0.00925}{1.12} = 0.0082 \quad (6)$$

و چون مقدار نسبت سازگاری (۰/۰۰۸۲) از ۰/۱ کوچکتر است بنابراین ماتریس قضاوت سازگار خواهد بود. بصورت مشابه، ماتریس های مقایسه دوتائی و بردارهای اولویت برای سایر معیارها نیز بدست می آید. این ماتریس ها در جداول ۶ تا ۱۰، آورده شده است.

جدول ۶- ماتریس مقایسه دوتائی معیار سرمایه مالی (F.S.)*

F.S.	A	B	C	D	E	بردار اولویت
A	1	6	3	2	7	0.425
B	1/6	1	1/4	1/2	3	0.088
C	1/3	4	1	1/3	5	0.178
D	1/2	2	3	1	7	0.268
E	1/7	1/3	1/5	1/7	1	0.039
						$\sum = 0.998$

* $\lambda_{Max} = 5.32, CI = 0.08, RI = 1.12, CR = 0.071 < 0.1 ok$

جدول ۷- ماتریس مقایسه دوتائی معیار کیفیت کار اجرائی (Q.P.)*

Q.P.	A	B	C	D	E	بردار اولویت
A	1	7	1/3	2	8	0.269
B	1/7	1	1/5	1/4	4	0.074
C	3	5	1	4	9	0.461
D	1/2	4	1/4	1	6	0.163
E	1/8	1/4	1/9	1/6	1	0.031
						$\sum = 0.998$

* $\lambda_{Max} = 5.38, CI = 0.095, RI = 1.12, CR = 0.085 < 0.1 ok$

جدول ۸- ماتریس مقایسه دوتائی معیار منابع نیروی انسانی (M.P.R.)*

Exp.	A	B	C	D	E	بردار اولویت
A	1	1/2	1/4	2	5	0.151
B	2	1	1/3	5	7	0.273
C	4	3	1	4	6	0.449

D	1/2	1/5	1/4	1	2	0.081
E	1/5	1/7	1/6	1/2	1	0.045
						$\sum = 0.999$

* $\lambda_{Max} = 5.24$, $CI = 0.059$, $RI = 1.12$, $CR = 0.053 < 0.1 ok$

جدول ۹- ماتریس مقایسه دوتائی معیار تجهیزات (E.R.)*

Exp.	A	B	C	D	E	بردار اولویت
A	1	1/6	1/8	2	3	0.084
B	6	1	1/4	5	7	0.264
C	8	4	1	9	9	0.556
D	1/2	1/5	1/9	1	2	0.074
E	1/3	1/7	1/9	1/2	1	0.038
						$\sum = 0.999$

* $\lambda_{Max} = 5.28$, $CI = 0.071$, $RI = 1.12$, $CR = 0.063 < 0.1 ok$

جدول ۱۰- ماتریس مقایسه دوتائی معیار کار جاری (C.W.L.)*

Exp.	A	B	C	D	E	بردار اولویت
A	1	1/5	1/3	3	3	0.144
B	5	1	1/5	6	6	0.537
C	3	1/5	1	2	2	0.173
D	1/3	1/6	1/2	1	2	0.084
E	1/3	1/6	1/2	1/2	1	0.062
						$\sum = 0.999$

* $\lambda_{Max} = 5.40$, $CI = 0.10$, $RI = 1.12$, $CR = 0.089 < 0.1 ok$

علاوه بر انجام مقایسات دوتائی ، بایستی اهمیت معیارهای تصمیم را نیز نسبت به یکدیگر مشخص کنیم. به عبارت دیگر بایستی اولویت معیار های موجود را نیز نسبت به یکدیگر مقایسه کنیم تا اهمیت هر معیار در هدف مسئله تعیین گردد. جدول ۱۱ ، ماتریس مقایسه دوتائی و بردار اولویت معیارهای مسئله را نشان می دهد.

جدول ۱۱ - ماتریس مقایسه های دوتائی معیارهای تصمیم گیری

	Exp.	F.S.	Q.P.	M.P.R.	E.R.	C.W.L	بردار اولویت
Exp.	1	2	3	6	6	5	0.372
F.S.	1/2	1	3	6	6	5	0.293

Q.P.	1/3	1/3	1	4	4	3	0.156
M.P.R.	1/6	1/6	1/4	2	2	1/2	0.53
E.R.	1/6	1/6	1/4	1	1	1/4	0.39
C.W.L.	1/5	1/5	1/3	4	4	1	0.087
							$\sum = 1$

* $\lambda_{Max} = 6.31$, $CI = 0.062$, $RI = 1.24$, $CR = 0.05 < 0.1$ ok

به همین ترتیب بایستی ماتریس اولویت آترناتیو ها را نیز نسبت به هر معیار تشکیل داده و از آنجا بردار اولویت کل را محاسبه نمائیم و سپس به رتبه بندی نهائی آترناتیوها پردازیم. در جدول ۱۲ ، ماتریس اولویت آترناتیوها به همراه بردار اولویت کل برای هر آترناتیو آورده شده است.

جدول ۱۲ - ماتریس اولویت آترناتیوها نسبت به معیارهای مسئله

	Exp.(0.372)	F.S(0.293)	Q.P.(0.156)	M.P.R.(0.053)	E.R.(0.039)	C.W.L(0.087)	بردار اولویت نهائی
A	0.086	0.425	0.269	0.151	0.084	0.144	0.222
B	0.249	0.088	0.074	0.273	0.264	0.537	0.201
C	0.152	0.178	0.461	0.449	0.556	0.173	0.241
D	0.457	0.268	0.163	0.081	0.057	0.084	0.288
E	0.055	0.039	0.031	0.045	0.038	0.06	0.046

بردار اولویت نهائی برای هر آترناتیو ، از ضرب بردار اولویت معیارها (ستون آخر جدول ۱۱) در ردیف مربوط به آن آترناتیو در ماتریس اولویت آترناتیوها (جدول ۱۲) و جمع اعداد حاصل ، بدست می آید در زیر محاسبات مذکور را برای ۵ آترناتیو موجود در مسئله انجام می دهیم :

نمره اولویت نهائی کارفرمای A :

$$0.372(0.086) + 0.293(0.425) + 0.156(0.296) + (0.151) + 0.039(0.084) + 0.087(0.144) = 0.222 \quad (7)$$

نمره اولویت نهائی کارفرمای B :

$$0.372(0.249) + 0.293(0.088) + 0.156(0.074) + 0.053(0.273) + 0.039(0.264) + 0.087(0.537) = 0.201 \quad (8)$$

نمره اولویت نهائی کارفرمای C :

$$0.372(0.152) + 0.293(0.178) + 0.156(0.461) + 0.053(0.449) + 0.039(0.556) + 0.087(0.173) = 0.241 \quad (9)$$

نمره اولویت نهائی کارفرمای D :

$$0.372(0.457) + 0.293(0.268) + 0.156(0.163) + 0.053(0.081) + 0.039(0.057) + 0.087(0.084) = 0.288 \quad (10)$$

نمره اولویت نهائی کارفرمای E :

$$0.372(0.055) + 0.293(0.039) + 0.156(0.031) + 0.053(0.045) + 0.039(0.038) + 0.087(0.062) = 0.046 \quad (11)$$

A	0.222
B	0.201
C	0.241
D	0.288
E	0.046

بردار اولویت نهائی آلترناتیوها

حال با توجه به بردار اولویت نهائی آلترناتیوها ، می توان پیمانکار مناسب را انتخاب نمود. با توجه به اعداد بدست آمده ملاحظه می گردد که نمره کارفرمای D از سایرین بیشتر است. بنابراین وی بهترین گزینه برای انجام پروژه می باشد. در جدول ۱۳ اولویت بندی کارفرمایان را می توان ملاحظه نمود :

جدول ۱۳ - رتبه بندی پیش صلاحیت کارفرمایان

کارفرما	A	B	C	D	E
امتیاز دریافتی	0.222	0.201	0.241	0.288	0.046
اولویت	3	4	2	1	5

ملاحظه می گردد که انتخاب کارفرمای D بهینه ترین تصمیم می باشد. با استفاده از نرم افزار Expert Choice امکان تحلیل حساسیت نیز مهیا می باشد. بدین ترتیب تصمیم گیرنده با اعمال مقادیر مختلف می تواند میزان حساسیت قضاوت ها را مورد سنجش قرار دهد.

۶- نتیجه گیری

مدیریت پروژه ، شامل حالت های تصمیم پیچیده ایست که بکارگیری روشهای مدون تصمیم گیری در آن امری ضروری است. هدف از نگارش این مقاله ، بررسی فرآیند تصمیم گیری و اهمیت آن در مدیریت پروژه بود. هدف از نگارش این مقاله آشنائی مدیران و پژوهشگران محترم با روشهای تصمیم گیری ساختمان در فرآیند مدیریت پروژه می باشد. برای این منظور ضمن معرفی تکنیک فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) و شرح اصول تئوری آن ، به بررسی مثالی در زمینه با تصمیم گیری مدیران پروژه در رابطه تشخیص صلاحیت افراد برای شرکت در مناقصه یک پروژه ساختمانی ، پرداخته شد.

تصمیم گیری در مدیریت پروژه ، تحت تاثیر عوامل و فاکتورهای بسیار و مرتبط با یکدیگر صورت می پذیرد که استفاده از فرآیند تصمیم گیری چند معیاره و تصمیم گیری گروهی در آن ضروری است. AHP ، یک روش موثر در تصمیم گیری چند معیاره (MCDM) می باشد که استفاده از آن در مراحل مختلف مدیریت پروژه یاری رسان مدیران در تصمیم گیری هدفمند خواهد بود.

استفاده از نرم افزارهای تخصصی AHP ، نظیر نرم افزار Expert Choice ، کاربرد گامهای AHP را تسهیل نموده و بدون انجام خطاهای محاسباتی ، بهینه ترین تصمیم را آشکار می سازد. در این مقاله برای حل مثال ذکر شده در بخش ۵،۲ ، از این نرم افزار استفاده گردید که نتایج آن را نیز در متن مثال ملاحظه نمودید. بنابراین با توجه به سادگی کاربرد و همخوانی این نرم افزار با گام های مختلف AHP ، استفاده از آن توصیه می گردد.

منابع :

- 1- Ido Millet and Thomas L. Saaty , " On the relativity of relative measure – accommodating both rank preservation and rank reversals in the AHP " , European Journal of Operation Research , (2000) 305-318
- 2- Luis G. Vargas , " Reply to Schenkerman's avoiding rank reversal in AHP decision support models" , European Journal of Operation Research , 74 (1994) 420-425
- 3- Stan Schenkerman , " Avoiding rank-reversal in AHP decision support models" , European Journal of Operation Research 74(1994) 407- 419
- 4- P Ji & R Jiang , " Scale transitivity in the AHP " , Journal of the Operation Research Society , 54 ,(2003), 896 – 905
- 5- Lower J. Prequalifying construction contractors. American Water Works Association Journal 1982;74:220
- 6- Stephen K. Parker, Martin Skitmore , Project management turnover , International Journal of Project Management 23 (2005) , 205-207

- 7- Russell JS, Skibniewski M. A structured approach to the contractor prequalification process in the USA. CIB-SBI Fourth Int. Sym. on Building Economics, Session D:240-245
- 8- Saaty TL. The analytic hierarchy process. New York: McGraw-Hill, 1980.
- 9- Saaty TL. Decision making for leaders. Belmont, California: Life Time Learning Publications, 1985.

۱۰- اصغر پور ، محمد جواد ، تصمیم گیری گروهی و نظریه بازیها با نگرش تحقیق در عملیات ، چاپ اول ، تهران ، انتشارات دانشگاه تهران ، ۱۳۸۲

۱۱- قدسی پور ، سید حسن ، فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) ، چاپ دوم، تهران ، انتشارات دانشگاه صنعتی امیر کبیر ، ۱۳۷۹

