2ND. INTERNATIONAL CONFERENCE ON
MANAGEMENT & INDUSTRIAL ENGINEERING
ISTANBUL - TURKEY 18 March 2016
دومین کنفرانس بین المللی
مدیریت و مهندسی صنایع
استانبول - ترکیه ۲۸ اسفند ماه ۱۳۹۴

کاربرد فرآیند یکپارچه سازی AHP و TOPSIS درتحلیل چندمعیاری روند انتخاب جرثقیل ها

حسین اقبالی
عضو هیئت علمی دانشگاه ایوانکی
h.eghbali@eyc.ac.ir

مجید موذنی
دانشجوی کارشناسی ارشد عمران گرایش مدیریت ساخت ، دانشگاه ایوانکی
vahidmoazeny@yahoo.com

مسعود احمدوند
عضو هیئت علمی دانشگاه ایوانکی
m.ahmadvand@eyc.ac.ir

امید سالارکیا
دانشجوی کارشناسی ارشد مدیریت گرایش مدیریت اجرایی ، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شمال
o_salarkia@yahoo.com

Archive of SID

چکیده

به دلیل نقش مهم و اساسی جرثقیل ها در ساخت و ساز ، متخصصان در حوزه ی مدیریت ساخت در راستای ارتقاء روش های ساخت و نرم افزاری همکاری کرده اند تا به انتخاب بهترین جرثقیل در محل های ساخت و ساز کمک کنند. انتخاب جرثقیل فرآیندی زمان بر است که نیازمند استخراج اطلاعات به صورت گسترده است. تعداد معدودی سیستم برای کمک به انتخاب جرثقیل و تنظیم بالابر آن ساخته شده است اگرچه این سیستم ها ممکن است پایگاه های داده ی قوی داشته باشند اما فاقد ویژگی تصمیم گیری علمی و بر پایه ی دانش هستند. فرآیند انتخاب جرثقیل یک تصمیم گیری مشکل چند معیاری با اهداف مختلف و گاها متضاد می باشد. در این مقاله، یک روش ترکیبی، با توجه به عوامل و اهدافی که در فرآیند ساخت مهم تلقی شده اند، ارائه شده است. این مدل یک ساختار تحلیلی و سلسله مراتبی همراه با نموداری از معیارها بر اساس سلسله مراتب و روشهای جایگزین را شامل می شود که روند انتخاب و تصمیم گیری را آسان تر می کند. سه نوع از انواع جرثقیل ها به ترتیب

www.SID.ir

جرثقیل های برج سازی (Tower)، جرثقیل های ستون ثابت (Derrick)، و جرثقیل های متحرک (Mobile) می باشند. برای ساختن این مدل و کمک به تصمیم گیری یک روند تحلیلی سلسله مراتبی (AHP) و همچنین سیستم ارزیابی TOPSIS استفاده شده است. در حالیکه اهداف گزینش جرثقیل را به شاخه های طبقه بندی شده گسترش می دهیم، - می توان نتایجی بر اساس ارزیابی و تخمین در ارتباط با نوع جرثقیلی که در ساخت و ساز استفاده می شود بدست آورد. از نرم افزار Expert Choice™برای انجام تحلیل داده ها استفاده شده است .داوری ها نامتناقض، دقیق، قابل توجیح و با کمتریت مقادیر بی ثباتی می باشند. همچنین این مقاله یک تحلیل دقیق حساسیت برای اثبات درستی نتایج ارائه می دهد.

واژگان کلیدی: یکپارچه سازی ، انتخاب ، جرثقیل ، AHP ، TOPSIS

Archive of SID

مقدمه

با توجه به نقش مهم جرثقیل ها در انجام عملیات بالابری در کلیه ی محل های ساخت و ساز ، جرثقیل ها یکی از مهمترین تجهیزات مورد نیاز در ساخت و ساز به شمار می آیند. مقیاس سرمایه گزاری در انتخاب جرثقیل، بر اهمیت این انتخاب تاکید می کند. در نتیجه به علت خسارات سنگین وارد شده در موارد انتخاب اشتباه، باید در انتخاب جرثقیل مناسب توجه دقیقی صورت گیرد. هنگام تصمیم گیری در مورد انتخاب بهترین جرثقیل مورد نیاز در یک عملیات ساخت، عوامل زیادی مانند عواملی که بر استحکام تاثیر می گزارند، گنجایش (ظرفیت) و نصب و راه اندازی مناسب در نظر گرفته می شوند. همچنین سنگینی، ابعاد، شعاع بالابر، نوع عملیات بالابری، قابلیت کارایی و شرایط محل ساخت و ساز ، در انجام عملیات توسط جرثقیل مهم به شمار می آیند، که ممکن است بر داوری تاثیر گذاشته و آن را پیچیده کنند. متخصصان توصیه می کنند که توانایی انجام کلیه عملیات بالابری را با تنظیمات استاندارد داشته باشیم، زیرا با توجه به زمانی که برای نصب لازم است تنظیمات دلخواه توصیه نمی شود . همچنین باید به محل عملیات، برپاکردن جرثقیل، سطوح کاربردی، شرایط خاک، دسترسی، پایداری(در زمان جابه جایی جرثقیل)، مساحت و همینطور خطرهای راه اندازی جرثقیل که ممکن است به از هم پاشیده شدن و ناتراز شدن جرثقیل بیانجامد، توجه کرد.

اگر چه انواع زیادی از جرثقیل ها در طرح و اندازه های مختلف موجود می باشند اما معمولا جرثقیل ها در ۳ گروه اصلی قرار می گیرند:

۱. جرثقیل های ستون ثابت(Derrick)
۲. جرثقیل های متحرک (Mobile)
۳. جرثقیل های برج سازی (Tower)

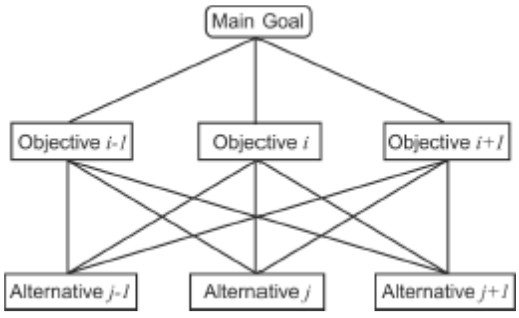
www.SID.ir

تعداد محدودی مقاله در مورد انتخاب جرثقیل وجود دارد که در مقایسه با اهمیت کاربرد آن مشکل بزرگی است. بیشتر این مقالات با استفاده از سیستم های بر اساس داده ، ارائه شده اند . تعداد محدودی نرم افزار که بر اساس دانش طراحی شده اند به بازار آمده اند که به ترتیب CRANES ، LOCRANES و SELECTCRANE نام دارند. (Dalalah et al, 2010).
گری و لیتل Cranes را به عنوان یک سیستم دانش-پایه ارائه داده اند که جرثقیل ها را با توجه به شرایط محل عملیات ساخت و ساز تنظیم می کند، (Gray and Little, 1985). این برنامه ارزانترین و کم خرج ترین گزینه را با کمک تکنیک های بهینه سازی ارزیابی می کند . راه حل CRANES به ساختمان های بزرگ که احتیاج به هماهنگی بیش از یک جرثقیل دارند محدود می شود.
یکی دیگر از برنامه های نوع بالا LOCRANE نام دارد که به مدیر پروژه در انتخاب جرثقیل و جایگزاری آن در محل مناسب کمک می کند. در LOCRANE ابتدا از کاربر خواسته می شود تا تمام اطلاعات موجود مربوط به موقعیت هندسی محل ساخت را به سیستم وارد کند و سپس سیستم مناسب ترین گزینه از گزینه های موجود را به کاربر معرفی می کند.
SELECTCRANE برنامه ی دیگری از همین نوع است که در انتخاب نوع جرثقیل مناسب و سپس تنظیمات بهترین جرثقیل کمک می کند، (Dalalah et al, 2010). کاربر وزن پیشبینی شده ، ابعاد و شعاع سنگین ترین بارها، سرعت باد، هزینه اجاره و بقیه اطلاعات مربوط به پروژه را به سیستم وارد می کند، پس از آن SELECTCRANE جرثقیل مناسب را به کاربر معرفی می کند. بانک های اطلاعاتی هندسی هم برای کمک به این فرایند ساخته شده اند.
منطق فازی و الگوریتم عصبی برای حل چنین مسئله ای استفاده شده اند . (Dalalah et al, 2010). به علاوه برخی تکنیک های بهینه سازی نیز برای طراحی این مسئله مطالعه و بررسی شده اند. (Dalalah et al, 2010). اگر چه بیشتر این تکنیک ها وابسته به قید های هندسی مربوط به شرایط فیزیکی محل اجرا هستند، و بدون در نظر گرفتن اهمیت عوامل مختلفی که قبلا گفته شد.
راجع به نرم افزارCrane تعدادی سیستم کامپیوتر برای فرآیند انتخاب جرثقیل طراحی شده اند. (Warszawski, 1990).
بیشتر این سیستم ها وابسته به سیستم های برگرفته از بانک های اطلاعاتی با هوش کمتری در تصمیم گیری و انتخاب هستند. اخیرا، تمایلات به روش های تصمیم گیری چند معیاری (MCDM) مانند فرآیند تحلیلی سلسله مراتبی (AHP) بیشتر شده است. فرایند AHP به ارزیابی فردی و سلیقه ای و همچنین عینی و شهودی روش های جایگزین، و در نتیجه کاهش سطح تعصب در تصمیم گیری کمک می کند. در تکنیک اولویت بندی بر اساس شباهت به راه حل ایده آل (TOPSIS) که نخستین بار توسط ونگ ویون در سال ۱۹۸۱ معرفی شد، میتوان از روشهای تصمیم گیری چند معیاره مانند AHP برای رتبه بندی و مقایسه گزینه های مختلف و انتخاب بهترین گزینه و تعیین فواصب بین گزینه ها و گروه بندی آنها استفاده کرد. از جمله مزیت های این روش آن است که معیارها یا شاخص های به کار رفته برای مقایسه می توانند دارای واحد های سنجش متفاوت بوده، طبیعت مثبت یا منفی داشته باشند. به بیان دیگر میتوان از شاخص های منفی و مثبت به شکل ترکیبی در این تکنیک استفاده کرد. به طور خلاصه راه حل ایده آل از مجموع مقادیر حداکثر هریک از معیارها به دست می آید، در حالی که راه حل غیر ایده آل از مجموع پایین ترین مقادیر هریک از معیارها حاصل می شود. (Saaty, 1980).

www.SID.ir

روش تحقیق

در این مقاله از ترکیب دو روش TOPSIS و AHP در راستای برگزیدن مناسب ترین جرثقیل در یک پروژه ی ساخت و ساز استفاده شده است. AHP یک روش تصمیم گیری چند معیاری است که به صورت گسترده ای مورد استفاده قرار می گیرد. برخلاف روش های بحث برانگیز، AHP از مقایسه های دو به دو استفاده می کند که زمینه داوری های شفاهی را فراهم آورده و دقت نتیجه گیری را بالا می برد. مقایسه دو به دو برای رسیدن به مقیاس و نسبت دقیق و صحیح استفاده می شود.
AHP طراحی و توسعه داده شده توسط توماس ستی (Saaty, 1980) ، یک روش اثبات شده و تاثیرگزار برای رویارویی با مسائل پیچیده را فراهم آورده است. AHP می تواند به سنجش و شناخت معیارها، آنالیز و تحلیل داده های جمع آوری شده و تسریع فرآیند تصمیم گیری کمک کند. AHP با فراهم آوردن یک مکانیزم کاربردی برای کنترل ناپایداری ارزشیابی ها و در نتیجه کاهش تعصب در تصمیم گیری، در رسیدن به هر دو ارزیابی سلیقه ای و شهودی کمک می کند. (Dalalah et al, 2010).
برای گرفتن تصمیمات سخت و پیچیده اولین قدم تقسیم هدف اصلی به زیر شاخه های طبقه بندی شده است که گاهاً از کلی ترین به جزئی ترین می باشند.
در ساده ترین حالت، این ساختار یک هدف، معیار یا مقصود را در بر دارد. هر مجموعه از معیار ها و ضوابط بعدا به سطح جزئی تری تقسیم می شوند. همانطورکه در شکل ۱. مشاهده می شود، هرچه این معیار ها بیشتر شامل شوند اجزای تقصیم شده از اهمیت کمتری بر خوردار می شوند.



شکل ۱. سلسله مراتب اهداف و شاخص ها و گزینه ها در روش AHP

به طور کلی هدف اصلی در صدر نمودار سلسله مراتبی قرار دارد و همانطور که تصمیمات جایگزین در پایین نمودار هستند در قسمت وسط شاخص های مربوط به مسئله ی تصمیم گیری مانند انتخاب معیارها و اهداف وجود دارند. سپس وزن مربوط به هر گزینه در سطر متناظر، مقرر می شود. هر معیار یک تقدم منطقه ای (سریع) و یک تقدم جهانی دارد. مجموع تمام مقیاس های زیر شاخه ی یک مقیاس والد باید مساوی یک باشد. تقدم جهانی گزینه های مربوط به اهمیت در کل مدل را نشان می دهند. بعد ازینکه عوامل مقیاس ها شناسایی شد، محاسبه هر سطر با توجه به مقیاس والد و توسط یک مبنای نسبی و وابسته با مقایسه ی هر انتخاب با انتخاب دیگر، صورت می گیرد. مقادیر نسبی برای هر انتخاب در یک به یک سطرهای سلسله مراتب محاسبه می شود. سپس مقادیر، با به دست آوردن یک امتیاز مرکب برای هر انتخاب در هر یک از سطور به همراه یک مقدار

www.SID.ir

کلی، در مدل ترکیب می شوند. با این نوع محاسبه نسبی، در هر سطر؛ یک ماتریس مقداری بدست می آوریم. بگوییم $a_{i,j}$. این ماتریس نتیجه ی بدست آمده از مقایسه ی دو به دو را در بر دارد. درحالی که نتایج این مقایسه باید پایدار باشند. بنابراین سنجش ناپایداری برای تائید دانش متخصصانه لازم است. سنجش ناپایداری برای تشخیص اشتباهات ممکن در وارد کردن داده و همچنین ناپایداری های واقعی در خود نتایج بسیار مفید و کاربردی است. سنجش ناپایداری، ناپایداری منطقی در داوری های متخصصانه را می سنجد. مثلا اگر بگوییم A از B مهم تر است و B از C مهم تر است و بعد بگوییم C از A مهمتر است با ناپایداری مواجه هستیم. موقعیت ناپایدارتری به وجود می آید اگر بگوییم: A سه برابر مهم تر از B است و B دو برابر مهمتر ازC و اینکه C هشت برابر مهم تر ازA است. در کل نسبت ناپایداری باید حدودا کم تر از یک دهم یا همان باشد تا بتوان آن را پایدار منطقی فرض کرد. خصوصا گفته شده یک ماتریس $a_{i,j}$ پایدار است اگر همه ی عناصر آن از قواعد رفت و برگشتی (متقابل) و انتقال پذیری که در رابطه ۱ و ۲. نمایش داده شده است پیروی کنند:

$$a_{i,j} = a_{k,j} \cdot a_{i,k}$$ رابطه ۱.

$$a_{i,j} = \frac{1}{a_{j,i}}$$ رابطه ۲.

جاییکه I,j و یا k از گزینه های ماتریس هستند[14]. برای مثال اگر فکر می کنید A سه برابر مهم تر از B است پس B باید یک و نیم برابر مهمتر از A باشد. مقیاس نسبی استفاده شده در این نوع محاسبه در جدول شماره یک نشان داده شده است.

جدول ۱. مقیاس فرایند تحلیلی سلسله مراتبی

مقدار	برای هر کدام از جفت های i,j
1	هدف i و j از اهمیت یکسان برخوردارند.
3	هدف i کمی مهم تر از j است.
5	هدف i خیلی از j مهم تر است.
7	هدف i خیلی خیلی از j مهم تر است.
9	هدف i کاملا از j مهم تر است.

ماتریس مقایسه دو به دو همچنین می تواند به صورت زیر در شکل ۲. نمایش داده شود:

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & \cdots & a_{1n} \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ a_{n1} & \cdots & a_{nn} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} w_1/w_1 & \cdots & w_1/w_n \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ w_n/w_1 & \cdots & w_n/w_n \end{bmatrix}$$

شکل ۲. ماتریس مقایسه دو به دو

www.SID.ir

برای یک ماتریس پایدار می توان گفت که:

$$A = \begin{bmatrix} w_1/w_1 & \cdots & w_1/w_n \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ w_n/w_1 & \cdots & w_n/w_n \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} w_1 \\ \vdots \\ w_n \end{bmatrix} = n \begin{bmatrix} w_1 \\ \vdots \\ w_n \end{bmatrix}$$

شکل۳. ماتریس مقایسه پایدار

یا به صورت فرم ماتریس:

رابطه ۳.

$$A.w = n\,w$$

وقتی A ماتریس مقایسه ای است، w بردار ویژه و n بعد ماتریس است. معادله ی بالا می تواند یک مقادیر ویژه ی مسئله در نظر گرفته شود. برای یک ماتریس تقریبا پایدار مقدار ویژه و بردار ویژه فقط کمی تغییر می کنند. (Dalalah et al, 2010). با اثبات در (Saaty, 1980)، ستی (Saaty)، نشان می دهدکه برای ماتریس پایدار متقابل، بزرگترین مقدار ویژه برابر با تعداد مقایسه ها یا $\lambda max = n$ است. سپس او اندازه ی پایداری را که شاخص پایداری یا انعطاف نامیده می شود را به عنوان یک خطا یا درجه پایداری با استفاده از رابطه ۴. ارائه می دهد:

رابطه ۴.

$$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n-1}$$

با دانستن شاخص انعطاف، سوال بعدی این است که چگونه از این شاخص استفاده کنیم؟ بار دیگر، بررسی ها در (Saaty, 1980) پیشنهاد می کند که شاخص را باید با مقایسه ی با شاخص پایداری تصادفی مناسب از طریق انتخاب ماتریس متقابل تصادفی در مقیاس ۱,۹ ، ۱,۸ ،.... ، ۱، ... ، ۸ ، ۹ تولید شده ، استفاده کرد و بعد شاخص ناپایداری تصادفی را اندازه گیری کرد.

توسط (Saaty, 1980) پیشنهاد شده است که نسبت پایداری، مقایسه ای است بین شاخص پایداری و شاخص پایداری تصادفی یا در رابطه ۵. :

Archive of SID

www.SID.ir

رابطه ۵.

$$CR = \frac{CI}{RI}$$

اگرنسبت پایداری کوچکتر یا مساوی ۱۰ درصد باشد ناپایداری قابل قبول است و اگر بزرگتر از ۱۰ درصد باشد در داوری فردی باید تجدید نظر شود.

یافته ها

انتخاب جرثقیل یک فرآیند زمان بر و وقت گیر است که نیازمند مدیریت داده ها بصورت گسترده ای می باشد. بیشتر سیستم های موجود اگرچه دارای ذخایر اطلاعاتی قوی هستند اما قادر به تصمیم گیری بر پایه ی دانش نیستند. منبع اطلاعاتی جامع اطلاعاتی راجع به تنظیمات جرثقیل، وضع گنجایش و ظرفیت بالابر و تجهیزات طنابی فرآهم می آورد و اما همچنان کار انتخاب، آسیب پذیر و فاقد هوش کافی باقی می ماند.

اگرچه تولیدکنندگان جرثقیل برای جرثقیل هایشان اطلاعاتی در نظر می گیرند، این داده ها همیشه پایدار و با ثبات نیستند و از استاندارد پیروی نمی کنند. این قضیه غالبا زمان بارگیری توسط نمودارها و جداول بارگیری برای استفاده کنندگان از جرثقیل بوجود می آورد. به محض برخورد با چنین مشکلی کاربران مجبورند بر مبنای شرایط کار و انواع جرثقیل ها تصمیم گیری کنند که عموما به اشتباهات زیان باری تبدیل می شود. برنامه ریزی اولیه برای چنین سرمایه گزاری بسیار مهم است. با تصمیم گیری سریع و هوشمندانه زحمت و پول بسیاری اندوخته می شود و هدر نمی رود. در این مقاله روشی منطقی ارائه می شود که می تواند از دانش تخصصی بصورت کیفی استفاده کرده تا با در نظر گرفتن معیارهای چندگانه بهترین جرثقیل را انتخاب کند. شکل جدولی جرثقیل ها بر مبنای دانش به صورت گسترده ای در دسترس است. تعداد زیادی از بانک های اطلاتی که اطلاعات دقیقی در مورد جرثقیل ها در بردارند نیز در دسترس هستند. اگرچه دستکاری چنین مقدار زیادی از داده ها و اطلاعات کم و بی ارزش نیست. AHP کارش را با تبدیل اندازه های کیفی به ارقام کمی ثابت کرده است که می تواند در گرفتن نتایج و تصمیم گیری درست به ما کمک کند. داده ای بر مبنای دانش توسط (Hanna, 1994) ارائه شده است این داده در کل وزن، ابعاد، نوع عملیات بالابری که قرار است انجام شود، قابلیت استفاده از تجهیزات ، شرایط محیط، سطوح قابل استفاده، پایداری و دسترسی ، محل کار و غیره را در نظر می گیرد.

جدول ۲. تفاوت بین عواملی که در انتخاب یک جرثقیل تاثیر می گزارند را نشان می دهد. (Dalalah et al, 2010). برای مثال عامل شرایط محیط شامل موارد فرعی زیر می باشد:

- پایداری خاک و شرایط زمین
- نیازمندی به دسترسی به جاده و دسترسی خود محل ساخت و ساز
- اجازه ی انجام عملیات

www.SID.ir

جدول ۲. انواع جرثقیل ها و عوامل موثر در انتخاب آن ها

	عوامل	جرثقیل های متحرک	جرثقیل های برج سازی	جرثقیل های ستون ثابت
طراحی ساختمان	ارتفاع ساختمان	مناسب برای انواع ساختمان ها (تا ۱۰۷ متر ارتفاع)	ترجیحا برای ساختمان های بلندتر از ۱۰۷ متر	برای ساختمان های بلند و آپارتمان ها
	مدت پروژه	قابل استفاده برای پروژه های کوتاه مدت(کمتر از ۴ ماه)	قابل استفاده برای پروژه های بلند مدت	برای هر دو پروژه های بلند مدت و کوتاه مدت
قدرت	ذخایر انرژی	معمولا با موتورهای دیزلی کار می کند	کار با برق	کار با موتورهای دیزلی
	فرکانس بالابری اجسام	قابل استفاده برای فرکانس های بالا	ترجیحا برای فرکانس بالابری زیاد	زمانی که فرکانس بالابری مهم نیست و جایگزین دیگری وجود ندارد
	میدان دید گرداننده	برای واحد های کوچک مناسب نیست	بهتر	به مکان بستگی دارد
اقتصاد	هزینه ورود. برپایی و خروج	گران نیست	به دلیل نیاز به فوندانسیون و مقاوت در محل ساخت برپایی آن گران است	ارزانتر از دو نوع دیگر
	هزینه اجاره	معمولا برای پروژه های کوتاه مدت ارزانتر است	برای پروژه های بلند مدت	ارزانتر هم برای خرید هم اجاره
	سودمندی	خیلی سودمند نیست	سودمندتر از جرثقیل متحرک	کم ترین سودمندی

Archive of SID

www.SID.ir

ایمنی	طرح اولیه و مهندسی	جزییات مهم نیستند تنها محل کار باید بررسی شود	برای ایجاد فوندانسیون برنامه ریزی گسترده لازم است.	زیاد دقیق نمی باشد
	ایمنی	به دلیل عدم وجود دستگاه های امنیتی و سوییچ های محدود کننده ایمن نمی باشد	به دلیل وجود سوییچ های محدود کننده بسیار ایمن است	ایمن نیست
شرایط محل	پایداری خاک و شرایط زمین	امکان استفاده از ان در محل های گلی وجود دارد اما به زمین خوب احتیاج است	در محل هایی که شرایط زمین خوب نیست	زمانی که شرایط زمین به استغاده از دو نوع دیگر اجازه نمی دهد
	اهمیت دسترسی به جاده ی دسترسی خود محل	نیاز به دسترسی به محل بالابری می باشد	هنگام وجود کمترین دسترسی استفاده می شود زیرا همیشه اجزای آن به صورت مجزا به محل آورده می شود	کمترین دسترسی در محل کافی است زیرا اجزا جداگانه و جز به جز به محل آورده می شود

هدف اصلی مدل سلسله مراتبی معرفی شده انتخاب جرثقیل مناسب است که به صورت بهینه بتوان در ساخت و ساز از آن استفاده کرد. این کار با مطابقت تاثیر سه عدد از اهداف فرعی یا زیرشاخه بر طبق اهمیت وزنشان صورت می گیرد. لازم است معیار های زیر در نظر گرفته شوند

- طراحی ساختمان
- قدرت
- اقتصاد
- امنیت
- شرایط محل

سه جرثقیل متفاوت برای این مطالعه با نام های tower و Derrick و Mobile (ستون ثابت / برج سازی/متحرک) انتخاب شده اند. شکل شماره ۲، ساختار سلسله مراتبی توسعه یافته ی مشکلی را نشان می دهد که در آن هدف اولین سطح،

Archive of SID

www.SID.ir

انتخاب نوع جرثقیل مطلوب است. دومین سطح شامل ۵ موضوع است که هر کدام نیز شامل زیر مجموعه هایی هستند. آخرین سطح این سلسله مرتب نشان دهنده ی سه نوع جرثقیل متفاوت است. (Dalalah et al, 2010).

شکل ۴. سلسله مرتب معیارهای انتخاب جرثقیل

همانطور که قبلا گفته شد مجموعه ای از ماتریس های مقایسه ای دو به دو برای تمام سطوح این سلسله مراتب ایجاد شد. چنین فرض شده است که عنصری که در سطوح بالاتر وجود دارد، عناصر سطوح پایین تر را کنترل می کند. عناصر سطوح پایین تر بر طبق تاثیرشان بر عناصر کنترل کننده ی بالایی با یکدیگر مقایسه می شوند. حاصل این مقایسه یک ماتریس چهاروجهی است. این مقایسه دو به دو بر اساس چگونگی تسلط عاصر بر یکدیگر صورت می گیرد و قضاوت ها بر مقیاس ۱تا ۹ جایگزین می شوند. عنصری که با خود مقایسه می شود همیشه با ارزش ۱ در نظر گرفته می شود. در نتیجه عدد قطر در یک

Archive of SID
www.SID.ir

ماتریس مقایسه ای دو به دو برابر با ۱ است. یک طراح حرفه ای کار خود را با مقایسه ی جفت های عوامل اصلی با توجه به هدف اصلی به وسیله ی اهمیت انتقال شروع می کند. مقایسه به صورت $n(n-1)/2$ خواهد بود. نرم افزار Expert Choice برای احتساب این مقایسه استفاده شده است. ارزیابی کلامی برای کمک به طراح برای درک و خلاصه کردن دانش او مورد استفاده قرار می گیرد. برای مثال فاکتور مقاوت شکل۴. را در نظر می گیریم $n=3$ ، در اینجا ۳ سوال توسط طراح پاسخ داده می شود سوال های کلی اغلب به صورت زیر هستند:

- عامل منبع انرژی نسبت به فرکانس بالابری اجسام از نظر توانایی چقدر مهمتر است؟
- منبع انرژی نسبت به میدان دید گرداننده تز نظر توانایی چقدر مهمتر است؟
- فرکانس بالا بری اجسام نسبت به میدان دید گرداننده از نظر توانایی چقدر مهمتر است؟

در تحقیق بالا مقیاس ارزیابی کلامی برای پاسخگویی به این سوالات به کار گرفته شده است. و پاسخ ها به صورت ، بسیار بسیار قوی، بسیار قوی، متوسط و اهمیت برابر متقابل با یکدیگر است. جدول ۳. ارقام به دست آمده برای فاکتور بالا را نشان می دهد.

جدول ۳. مقایسه زوجی عامل مقاوت

معیار	منبع انرژی	فرکانس بالابری اجسام	میدان دید
منبع انرژی	1	4	5
فرکانس بالابری اجسام	1/4	1	3
میدان دید	1/5	1/3	1

دقت کنید سه سوال بالا لزوما برای پر کردن ماتریس بالا در نتیجه ی دو قاعده ی رفت و برگشتی و انتقال پذیری که در مغادلات ۱ و ۲ گفته شد کافی هستند. حالا اگر ستون های جدول بالا نرمال شوند و از هر ردیف میانگین گرفته شود وزن مطابق هر عامل بدست می اید که به صورت زیر نمایش داده شده است.

$$\text{وزن نسبی قدرت} = \begin{bmatrix} 0.674 \\ 0.226 \\ 0.101 \end{bmatrix}$$

شکل ۵. وزن های نسبی عامل قدرت (شاخص ناپایداری = ۰،۰۸)

Archive of SID

www.SID.ir

بنابراین میانگین ردیف ها (0.10 - 0.23 - 0.67) است. با استفاده از نرم افزار Expert Choice نیز همین اعداد به دست آمده است. (Dalalah et al, 2010). (در شکل ۵) مشاهده می کنید.

بزرگترین مقدار ماتریس در جدول ۳ برابر با 3.0858 است. شاخص پایداری تصادفی در یک ماتریس سه مقداری، برابر با 0.58 است. بنابراین شاخص پایداری یا CI محاسبه شده برابر با 0.08 ~ 0.075 است. با استفاده از مجموعه نرم افزار هایی که معرفی شده برای محاسبه ی این معیار مخصوص نیز همین اعداد به دست آمده است. (شکل ۵). به طور واضح همانطور که قبلا گفته شد نسبت شاخص پایداری که کوچکتر از ۱۰٪ باشد قابل قبول است و داوری ها در این شرایط نا متناقض و پایدار هستند. (ربیعی و علیزاده ، ۱۳۹۳). به علاوه سطح هدف اصلی در جدول شماره ۵ نمایش داده شده است. اینجا بزرگترین مقدار ویژه 5.3038 است که به شاخص پایداری (CI) برابر با 0.09~ می انجامد.این نسبت هنوز قابل قبول است و داوری ها قطعاً نا متناقض و پایدار هستند.

جدول ۵. مقایسه دو به دو معیار های اصلی

	طراحی ساختمان	قدرت	اقتصاد	ایمنی	شرایط محل
طراحی ساختمان	1	4	2	1.4	1.2
قدرت	1.4	1	2	1.4	1.4
اقتصاد	1.2	1.2	1	1.4	1.3
ایمنی	4	4	4	1	4
شرایط محل	2	4	3	1.4	1

شکل شماره ۶ نسبت هر معیار را نشان می دهد. زمانیکه بدیهی است که مهمترین عامل در مدرد در حال بررسی ما با تراکم وزن 0.476 می باشد. بلعکس عامل اقتصاد به عنوان کم اهمیت ترین عامل با وزن 0.070 نشان داده شده است.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۶. جدول بی مقیاس شده

	طراحی ساختمان	قدرت	اقتصاد	ایمنی	شرایط محل	وزن نسبی
طراحی ساختمان	0.202	0.563	0.343	0.471	0.255	0.366
قدرت	0.283	0.140	0.343	0.471	0.297	0.307
اقتصاد	0.243	0.169	0.171	0.471	0.276	0.266
ایمنی	0.811	0.563	0.686	0.336	0.851	0.649
شرایط محل	0.405	0.563	0.514	0.471	0.212	0.433
Σ	4.93	7.10	5.83	2.97	4.7	2.021

شاخص ناپایداری ≤ 0.1

$$\text{ماتریس اوزان} = \begin{bmatrix} 0.156 \\ 0.080 \\ 0.070 \\ 0.476 \\ 0.218 \end{bmatrix}$$

شاخص ناپایداری = 0.09

شکل ۶. ماتریس اوزان معیارهای اصلی

مشاهده می شود که بیشترین وزن متعلق به عامل ایمنی است. معیارهای شرایط محل ، طراحی ساختمان ، قدرت و اقتصاد به ترتیب در رده های بعدی قرار میگیرند.

با محاسبه میانگین وزنی داده های مربوط به زیرمعیارهای هر معیار ، ماتریس بی مقیاس شده نهایی حاصل میشود. گفتنی است، برای زیر معیارهای منفی، می بایست قبل از میانگین گیری عدد مربوط به زیر معیار معکوس شود. زیر معیارهای هزینه ورود ، برپایی و خروج ، و هزینه اجاره ، زیرمعیارهای منفی هستند. (ربیعی و علیزاده ، ۱۳۹۳).

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۷. شاخص های مربوط به هر معیار

معیار	نوع شاخص
طراحی ساختمان	مثبت
قدرت	مثبت
اقتصاد	منفی
ایمنی	مثبت
شرایط محل	مثبت

در مرحله بعد با ضرب کردن ماتریس بی مقیاس شده در اوزان معیارهای اصلی که با استفاده از روش AHP به دست آمده اند، ماتریس بی مقیاس وزین حاصل شد که به منظور تعیین ایده آل های مثبت و منفی در روش Topsis بکار گرفته میشود. (ربیعی و علیزاده ، ۱۳۹۳). ماتریس حاصل در جدول ۸. نشان داده شده است.

جدول ۸ . ماتریس بی مقیاس وزین

V_{ij}	طراحی ساختمان	قدرت	اقتصاد	ایمنی	شرایط محل
جرثقیل متحرک	0.104	0.173	0.229	0.218	0.316
جرثقیل برج سازی	0.636	0.511	0.556	0.547	0.513
جرثقیل ستون ثابت	0.26	0.316	0.216	0.226	0.171

پس از محاسبه ایده آل های مثبت و منفی بر اساس روابط ۶ و ۷ مقادیر فاصله از ایده آل های +d و -d مطابق با جدول شماره ۹ می شود.

رابطه ۶ و ۷.

$$d_{i+} = \sqrt{\sum_{v-1}^{n}(V_i - V_{j+})}$$

$$d_{i-} = \sqrt{\sum_{v-1}^{n}(V_i - V_{j-})}$$

Archive of SID

www.SID.ir

جدول 9. مقادیر d

جرثقیل ها	d+	d-
متحرک	0.737	0.356
برج سازی	0.329	0.789
ستون ثابت	0.631	0.401

در نهایت نزدیکی نسبی به راه حل ایده آل بر اساس رابطه ۸. محاسبه شد که تعیین کننده نتیجه ارزیابی عملکرد دانشگاه ها بر اساس روش یکپارچه سازی AHP و TOPSIS است.

رابطه ۸.

$$C_i = \frac{d_{i-}}{d_{i+} + d_{i-}}$$

جدول ۱۰ . مقادیر C_i

جرثقیل ها	C_i
متحرک	0.325
برج سازی	0.705
ستون ثابت	0.388

مقادیر C_i ها تعیین کننده رتبه جرثقیل ها با استفاده از رویکرد ترکیبی است. در نهایت پس از جمع آوری داده های مورد نیاز ، و انجام محاسبات مربوطه به روش TOPSIS و با استفاده از وزن های معیارها و زیر معیارهای حاصل از مقایسات زوجی و روش AHP ، رتبه بندی نهایی انتخاب بهینه ترین جرثقیل ها با رویکرد ترکیبی AHP و TOPSIS به صورت جدول شد.

Archive of SID

www.SID.ir

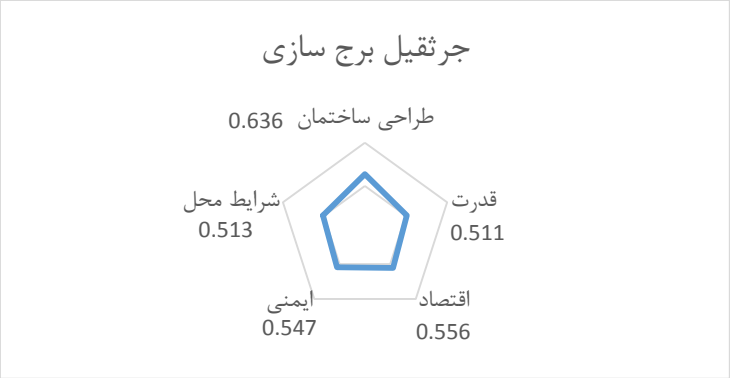
جدول ۱۱. رتبه بندی نهایی جرثقیل ها

جرثقیل ها	رتبه بندی
متحرک	3
برج سازی	1
ستون ثابت	2

نتیجه گیری

مشاهده شده که مدل پیشرفته تحلیلی سلسله مراتبی توسعه یافته در اینجا به درستی عمل کرده و نتایج قابل قبول به همراه تصمیم صحیح برای انتخاب جرثقیل مناسب را در بر دارد. از نتایج نرم افزار Expert Choice برای هر کدام از انواع جرثقیل ها مشخص شد که بیشترین قسمت تقدم در فرایند تحلیلی سلسله مراتبی یا AHP را ایمنی و شرایط محل در بر می گیرند. مدل توسعه یافته به طور حتم ماموریت تصمیم گیری و محاسبات بیشتر را برای تصمیم گیرندگان آسان تر کرده و همچنین استفاده از این مدل، تصمیم گیرندگان را در برابر اشتباهات انسانی، کمتر مستعد می کند. به علاوه در این روش لازم نیست تصمیم گیرندگان دارای هیچ گونه اطلاعات تکنیکی دقیق و عمیق راجع به انواع جرثقیل ها و کارایی آن ها داشته باشند. ارزیابی دو به دو از طریق مقیاس گزاری شفاهی کار منتشر کردن نظرات و در نهایت آشکار کردن اطلاعات و تصمیمات بیشتر را آسان تر کرده است. تئوری AHP گامی بسوی از بین بردن تعصب متخصصان در تصمیم گیری است، زیرا معمولا گام های بسوی داوری صراحتا به صورت نسبی صورت می گیرد. این تئوری همچنین می تواند به آشکار کردن جای خالی مربوط به عوامل کیفی انتخاب جرثقیل در افکار متخصصان که شاید تا به حال به آن توجهی نشده کمک کند. در نهایت با استفاده از تکنیک TOPSIS ، جرثقیل های بهینه رتبه بندی شدند که نتایج آن در جدول ۱۱. نشان داده شده است. با توجه به نتایج بدست آمده مشاهده میشود، جرثقیل های برج سازی از هر نظر در رتبه بهتری از دو جرثقیل دیگر قرار میگیرند.

www.SID.ir



شکل ۷. ارزیابی جرثقیل برج سازی بوسیله پنج بعد معیارها

Archive of SID

منابع

۱. ربیعی, علی و نسیم علیزاده، ۱۳۹۳، ارزیابی عملکرد سازمان های دانش بنیان با رویکرد ترکیب AHP, BSC و TOPSIS در حوزه تجاری سازی فناوری نانو در ایران، *چهارمین کنفرانس بین المللی و هشتمین کنفرانس ملی مدیریت فناوری*، جزیره کیش، انجمن مدیریت فناوری ایران، http://www.civilica.com/Paper-IRAMOT08-IRAMOT08_043.html

2. Gray, C. and Little, J., A systematic approach to the selection of an appropriate crane for a construction site, Construction Management and Economics, Vol. 3, 121–144, 1985.

3. Doraid Dalalah, Faris AL-Oqla, Mohammed Hayajneh, Application of the Analytic Hierarchy Process (AHP) in Multi-
Criteria Analysis of the Selection of Cranes, JJMIE, Vol. 4, Number 5, 567 – 578, November 2010.

4. Warszawski, A., Expert systems for crane selection. Construction Management and Economics, Vol. 8, 179–190, 1990.

5. Saaty, T.L. The Analytical Hierarchy Process, McGraw-Hill, New York, 1980.

6. Hanna,A.S., Selectcrane: An Expert System for Optimum Crane Selection, Proc.1st Congress on Computing in Civil Engineering, Washington, DC, 958–963. 1994.

www.SID.ir