



نشریه تصمیم‌گیری و تحقیق در عملیات

شناسایی و اولویت بندی عوامل مهم در تعیین زمان پروژه های ساختمانی با استفاده از روش های تصمیم‌گیری چند معیاره؛ یک مطالعه‌ی موردی

محمد رضا کلینی^{۱*}، نگین برجیس^۱، احمد رضا نعمت‌الهی^۱

۱- گروه مهندسی صنایع، دانشکده فنی و مهندسی، واحد نجف‌آباد، دانشگاه آزاد اسلامی، نجف‌آباد، ایران

چکیده:

در مدیریت پروژه‌های ساختمانی، پروژه‌ی موفق، پروژه‌ای است که در بازه زمانی تعیین شده و در چارچوب بودجه‌ی مصوب، بدون حادثه و با ویژگی‌های کیفی معین، انجام شود و منجر به حصول رضایت مشتری می‌گردد. مسئله‌ی زمان، در این پروژه‌ها از ابعاد گوناگونی حائز اهمیت است. از این رو در پژوهش پیش رو، عوامل موثر بر برآورد زمان پروژه‌های ساختمانی شناسایی شده و با استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره اولویت بندی شده است. به این منظور، ابتدا ادبیات پژوهش مورد مطالعه قرار گرفت و با استفاده از نظر خبرگان، از بین مجموعه عوامل موثر بر زمان پروژه‌های ساختمانی، ۲۷ عامل شناسایی شده و با تنظیم پرسشنامه، توسط خبرگان، ارزیابی شد. داده‌های مزبور، از چهار شرکت ساختمانی، دسته‌بندی، وزن‌دهی و با استفاده از روش‌های تاپسیس، وزن دهی ساده و ویکور، اولویت‌بندی شد و در نهایت با روش تلفیقی کپ لند رتبه بندی نهایی ارائه شد. طبق نتایج حاصل، مهم‌ترین عامل کارایی تیم اجرایی پروژه می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: مدیریت پروژه، برآورد زمان، اولویت بندی، تصمیم‌گیری با معیارهای چندگانه

* نویسنده مسئول: تلفن: ۰۹۱۳۱۰۰۴۹۹۸

۱- مقدمه

یکی از مشکلات رایج در مدیریت پروژه، ایجاد اختلال در زمان‌بندی‌ها در اثر عوامل کنترل‌نشده در حین اجرای پروژه است. در نتیجه مدیران پروژه اغلب در پای‌بندی به تعهداتشان دچار مشکل می‌شوند. بنابراین زمان‌بندی پروژه علاوه بر کوتاه بودن زمان آن، باید صحیح بوده و در حین اجرا دچار اختلال نشود. چرا که مسئله زمان در پروژه، از موارد حائز اهمیت برای برنامه‌ریزی است (دیمولمیستر و هرولین، ۲۰۰۲)^۱. لذا تعیین زمان تکمیل و تحویل پروژه و جلوگیری از تغییر آن یکی از مهمترین چالش‌های حوزه مدیریت پروژه است. اهمیت مبحث زمان واقعی انجام پروژه، به عنوان یک مقیاس و استاندارد برای ارزیابی عملکرد پروژه‌های ساختمانی و ارزیابی میزان کارایی سازمان مجری پروژه، هر روز فزونی می‌یابد (چان و کومارسامی، ۲۰۰۲)^۲.

بنابراین سازمان‌ها، برای ادامه بقا و افزایش سودآوری لازم است زمان پروژه را کنترل نموده و با حداقل تاخیر مواجه شوند. با توجه به ادبیات موضوع یکی از علل ایجاد تاخیر در پروژه برآورد و تخمین نادرست از مدت اجرای پروژه است (سبزه پرور، ۱۳۸۸). متأسفانه اغلب شرکت‌ها به دلیل فقدان اولویت‌بندی مناسب در شاخص‌ها و معیارها، قادر به تکمیل پروژه در مدت زمان مشخص شده نمی‌باشند. این پروژه‌ها علی‌رغم داشتن مشاور، پیمانکار و نظارت کارفرما، با تنگناها و نارسایی‌هایی از قبیل افزایش هزینه، تاخیر در اجرا و دیگر مسائل جانبی مواجه می‌شوند که این امر موجبات سنگین شدن گردش کار را فراهم می‌آورد و در برخی موارد منجر به توقف پروژه می‌گردد. در واقع زمان پروژه موضوع مهمی است که بررسی شاخص‌ها و علل موثر بر آن از دیدگاه مدیریتی ضروری به نظر می‌رسد. معمولاً مسائل مورد تصمیم‌گیری توسط مدیران دارای ابعاد متنوعی است و معیارهای متعددی آن را تحت تاثیر قرار می‌دهد (شاه‌قلی و شیرویه‌زاد، ۱۳۹۱). بنابراین، تصمیم‌گیری با معیارهای چندگانه روشی مناسب برای اولویت‌بندی این شاخص‌هاست (توکلی و شیرویه‌زاد، ۲۰۱۳).

آن‌چه از مرور ادبیات و مطالعات پیشین می‌توان دریافت، زمان پروژه، عوامل موثر بر زمان و یا حتی عوامل ایجاد تاخیر در پروژه‌ها از موضوعات حائز اهمیت در مبحث مدیریت پروژه و به طور ویژه در مباحث مربوط به پروژه‌های ساختمانی است.

اکنون در این پژوهش پس از آن‌که ادبیات پژوهش مورد مطالعه قرار گرفت، با استفاده از نظر خبرگان و پیشینه‌ی پژوهش عوامل موثر بر زمان پروژه‌های ساختمانی شناسایی شده و پس از جمع‌آوری داده‌ها و اطلاعات توسط پرسشنامه و مصاحبه، به وزن‌دهی به این عوامل پرداخته و پس از آن با استفاده از روش‌های تاپسیس، ویکور و وزن‌دهی ساده از مجموعه روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره به اولویت‌بندی شاخص‌ها در هر روش

¹ Demeulemeester & Herroelen

² Chan & Kumaraswamy

پرداخته شد، سپس با استفاده از روش کپ لند از مجموعه روش‌های تلفیقی در تصمیم‌گیری چند معیاره اولویت‌بندی نهایی این عوامل انجام می‌شود و در نهایت در بخش نتیجه‌گیری نتایج رتبه‌بندی بیان می‌شود.

۲- پیشینه‌ی پژوهش

با مرور ادبیات تحقیق می‌توان به اهمیت برآورد زمان در پروژه‌ها به خصوص پروژه‌های ساختمانی، پی‌برد. تحقیقات مختلفی در مورد زمان‌بندی و شناسایی عوامل موثر بر زمان پروژه‌ها، به جهت بقاء، افزایش سودآوری و کاهش خسارت ناشی از طولانی شدن و یا تخمین نادرست زمان پروژه‌ها شده است.

خانزادی و همکاران (۱۳۸۸)، در پژوهشی، عوامل موثر بر زمان، هزینه و کیفیت پروژه را شناسایی نموده و در سه دسته‌ی ناشی از سازمان مجری، عوامل ناشی از مشخصات پروژه و عوامل محیطی طبقه‌بندی نمودند. سپس مجموعه عوامل شناسایی شده با استفاده از فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP) بر اساس سه معیار زمان، هزینه و کیفیت ارزیابی شده است. بدین منظور ابتدا با استفاده از ماتریس مقایسات زوجی وزن هر یک از معیارها، دسته‌ی عوامل و وزن هر عامل، مشخص شده است. نتایج تحلیل انجام گرفته، نشان می‌دهد که معیار هزینه با وزن (۰.۵۷۱) بیشترین اهمیت را داراست و معیار کیفیت و زمان در رتبه‌های بعدی قرار دارند. در عین حال در نتایج محاسبه‌ی وزن دسته‌ی عوامل بر اساس معیارها، مشخصات پروژه، در صدر اهمیت و سازمان مجری پروژه و شرایط محیطی، به ترتیب وزن کمتری را دارا هستند. هم‌چنین از بین ۱۹ عامل شناخته شده ۵ عامل موثر برتر به ترتیب، روند تامین مالی پروژه، طراحی و مشخصات پروژه، توان مالی سازمان مجری پروژه، اندازه و بزرگی پروژه و کارایی تیم مجری پروژه، می‌باشند. بر اساس نتایج حاصل از آن‌جا که شاخص توان مالی پروژه دارای حداکثر اهمیت برای موفقیت در پروژه است، مدیران پروژه‌های انبوه‌سازی مسکن باید حداکثر تمرکز خود را بر برقراری موفق این شاخص قرار دهند. شاخص طراحی و مشخصات پروژه نیز، باید مورد توجه قرار گیرد چرا که یک طرح بهینه با قابلیت اجرای بالا در شاخص هزینه، کیفیت و زمان تاثیرگذار است.

صفوی و همکاران (۱۳۸۹) در پژوهشی به بررسی علل افزایش زمان پروژه‌ها پرداختند. علل افزایش زمان در سه دسته‌ی کلی علل ناشی از نقش کارفرما، علل ناشی از نقش مهندسان مشاور و علل ناشی از نقش پیمان‌کاران، طبقه‌بندی شده است. در این پژوهش پس از مطالعه و جمع‌بندی پژوهش‌های انجام گرفته در این زمینه، نقش عوامل اصلی پروژه (کارفرما، مشاور، پیمان‌کار)، در روند انجام پروژه بسیار موثر شناخته شده است که با نظام مند کردن مدیریت پروژه‌ها و با ایجاد نگرش فرآیندی به علم مدیریت پروژه در سطح کلان، در زمان‌بندی پروژه‌ها، بهبود حاصل گردد.

شاه قلی و شیرویه زاد (۱۳۹۱) در تحقیق خود به شناسایی و اولویت‌بندی عوامل موثر بر صحت زمان‌بندی پروژه پرداختند و در ادامه با استفاده از تصمیم‌گیری با معیارهای چندگانه شاخص‌های مزبور اولویت‌بندی شده است. بدین منظور ابتدا با استفاده از مصاحبه و پرسش‌نامه شاخص‌های موثر بر صحت زمان‌بندی پروژه تعیین

شده سپس بوسیله‌ی تصمیم‌گیری با معیارهای چندگانه، گزینه‌ها اولویت‌بندی شده است. نتایج نشان می‌دهد که در این میان مسایل مالی در درجه‌ی اول اهمیت و تهیه‌ی به موقع مواد اولیه و تجهیزات و نیروی انسانی در رده‌های بعدی اهمیت قرار دارند.

چان و کوماراسوامی (۲۰۰۲) به بررسی عوامل اصلی تاخیر در پروژه‌ها و چگونگی تسریع در زمان آن‌ها پرداخته‌اند و در پژوهشی به شرح و توصیف الگوهای علی و پیشنهاداتی استراتژیک برای کاهش زمان انواع پروژه‌های ساختمانی بر اساس نتایج تحقیقات انجام گرفته در کشور هنگ کنگ، پرداختند. ابتدا با مرور ادبیات پژوهش عوامل تاثیر گذار بر زمان پروژه‌ها بر پایه‌ی مدل، عوامل ایجادکننده‌ی تاخیر و مدل آماری موجود برای پیش‌بینی طول مدت زمان پروژه‌ها مورد بررسی قرار گرفت. در تحقیقی که در کشور غنا توسط پونگ و همکاران (۲۰۰۳) شد، مشکلات طراحی، مشکلات مالی، ساختار و قوانین، کمبود نیروی انسانی و مصالح و تجهیزات از عوامل اصلی تاخیر شناخته شد.

دوی لانگ و همکاران (۲۰۰۴) ناشایستگی طراحان و پیمانکاران تغییر مدیران و پیش‌بینی‌های ضعیف، مسائل اجتماعی و فنی، مسائل مربوط به زمین و یا ساختمان، تکنیک‌ها و ابزارهای نامناسب از عمده‌ترین عوامل ایجادکننده تاخیر در کشور ویتنام شناخته‌اند.

سویس و سویس^۱ (۲۰۰۸) در مطالعه‌ی خود تاخیرات در پروژه‌های ساختمانی را در کشور اردن مورد بررسی قرار دادند. پس از ترسیم فرآیند انجام پروژه عوامل تاخیر در زمان در این پژوهش به سه دسته‌ی عوامل تقسیم شدند.

- عوامل ورودی: نیروی کار، مصالح، تجهیزات
- عوامل محیطی: پیمان کار، مشاور، مالک
- عوامل خارجی: آب و هوا و ساختار سیاسی

عوامل شناسایی شده در این تحقیق توسط دو دسته مورد ارزیابی قرار گرفت دسته‌ی اول مهندسان، پیمان‌کاران و مالکان و دسته دوم خبرگان صنعت ساخت و ساز می‌باشد. به اتفاق آرا مشکلات اقتصادی و تغییرات در نظر گرفته شده از طرف مالکان، مهمترین عوامل ایجاد تاخیر در روند پروژه‌های ساختمانی هستند. این در حالی است که از دیدگاه پاسخ‌گویان عواملی نظیر شرایط آب و هوایی، تغییرات سیاسی و قوانین اهمیت چندانی در ایجاد تاخیر در زمان پروژه‌های ساختمانی ندارد.

دورسان و ستوی^۲ (۲۰۱۲)، در پژوهش خود، پس از مرور ادبیات مرتبط، شاخص‌های موثر بر زمان پروژه‌های ساختمانی را گردآوری نموده‌اند و بر اساس مطالعات انجام گرفته عوامل موثر بر زمان پروژه را در نمونه‌ی

¹ Swies & Swies

² Dursun. & Stoy

مورد مطالعه‌ی خود تعریف کرده اند، نتایج این پژوهش نشان می‌دهد متراژ خالص محوطه خارجی و هزینه‌ی کارهای ساختمانی مهم ترین متغیرهای موثر بر زمان ساخت پروژه است. از طرفی دسته بندی شاخص‌ها بر اساس نوع تجهیزات، میزان دسترسی منطقه‌ی ساخت و ساز و شرایط بازار نیز از نظر آماری نتایج مهمی را در بر خواهد داشت این تحقیق در مورد پروژه‌های ساختمانی کشور آلمان انجام گرفته است.

۳- مدیریت پروژه

پروژه تلاشی موقت برای دست یابی به یک محصول، خدمت و یا نتیجه‌ای منحصر به فرد است، ماهیت موقت بودن پروژه‌ها نمایانگر وجود آغاز و پایان معین است. پیدایش مدیریت پروژه به عنوان یک علم یا مجموعه‌ای از تکنیک‌ها از جنگ جهانی اول آغاز شد، بطوریکه در سال ۱۹۱۷ هنری ال. گانت نمودار معروف گانت را ابداع کرد. مدیریت پروژه فرایندی است، در جهت حفظ مسیر پروژه، برای دستیابی به تعادلی اقتصادی و موجه، بین سه عامل هزینه، زمان و کیفیت، در حین اجرای پروژه، که از ابزار و تکنیک‌های خاص خود، در انجام این مهم کمک می‌گیرد. فرآیند تهیه و اجرای درست برنامه پروژه و ملاحظات مربوط به آن را مدیریت پروژه می‌نامند (سبزه پرور، ۱۳۸۸).

۳-۱- زمان بندی پروژه^۱

منظور از زمانبندی یک پروژه، تعیین زمانهای انجام فعالیت‌های مختلف پروژه در طول اجرای آن می‌باشد و به یک فرآیند تصمیم‌گیری که در آن بهینه‌سازی یک یا چند هدف مطرح است، مربوط می‌شود. یکی از هدف‌های ممکن می‌تواند در قالب کمینه کردن مدت زمان اجرای پروژه باشد و دیگری به هزینه‌های انجام پروژه مربوط شود. از معیارهای اساسی ارزیابی عملکرد پروژه و کارایی سازمان‌های پروژه محور است (چان و کومارسامی، ۱۹۹۶). مهم ترین رسالت مدیریت پروژه ایجاد تعهد در قبال برنامه زمانبندی است که مانع از به تاخیر افتادن پروژه و افزایش هزینه‌های مرتبط می‌گردد (سبزه پرور، ۱۳۸۸).

۴- تکنیک آنتروپی شانون^۲

آنتروپی شانون (شانون^۲، ۱۹۴۸). از مفاهیم بسیار مهم در تئوری اطلاعات می‌باشد و در بسیاری از شاخه‌های علوم نظیر فیزیک، علوم اجتماعی و غیره کاربرد دارد. این فرمول برای تعیین میزان اهمیت معیارهای ارزیابی به کار می‌رود و شامل چهار مرحله است که در ادامه شرح داده خواهد شد (سلیمانی‌دامنه و همکاران، ۲۰۱۱).

¹ Project Scheduling

² Shannon Entropy

³ Shannon

مرحله‌ی اول: نرمالیزه کردن

$$P_{ij} = I_{ij} / \sum_{i=1}^m I_{ij} \quad i = 1, 2, \dots, m ; \quad j = 1, 2, \dots, n$$

در این رابطه C_1, C_2, \dots, C_m معیارها، A_1, A_2, \dots, A_n جایگزین‌ها و a_{ij} نسبت تخصیص داده شده برای معیار i ام و جایگزین j ام است.

مرحله‌ی دوم: محاسبه‌ی آنتروپی

$$e_j = -e_0 \sum_{i=1}^m P_{ij} \ln P_{ij} \quad j = 1, 2, \dots, n$$

در رابطه‌ی فوق e_0 آنتروپی ثابت می‌باشد و از رابطه‌ی ذیل بدست می‌آید:

$$e_0 = (\ln m)^{-1}$$

مرحله‌ی سوم: مجموعه‌ی درجه‌ی انحراف

$$d_j = 1 - e_0 \quad j = 1, 2, \dots, n$$

مرحله‌ی چهارم: محاسبه‌ی وزن نسبی معیارها

$$W_j = d_j / \sum_{j=1}^n d_j \quad j = 1, 2, \dots, n$$

درجه‌ی اهمیت جایگزین A_j با استفاده از رابطه‌ی (۵) تعیین می‌شود.

۵- تصمیم‌گیری چندمعیاره^۱

به ایجاد تصمیم با وجود معیارهای متعدد و عموماً متناقض اطلاق می‌گردد، که راه حل چنین مسایلی MCDM و یا طراحی بهترین گزینه از بین گزینه‌های عددی است که از قبل مشخص شده‌اند. چگونگی یافتن بهترین راه حل موضوع بحث روش‌های تصمیم‌گیری با معیارهای چندگانه است. این روش‌ها به دو دسته تقسیم می‌شود: مدل تصمیم‌گیری چندهدفه^۲ و مدل تصمیم‌گیری چندشاخصه^۳. مراحل آن شامل طراحی و یا جستجو برای گزینه‌ای می‌باشد که با در نظر گرفتن همه معیارهای موجود جذاب‌ترین و جالب‌ترین گزینه خواهد بود (اصغرپور، ۱۳۷۷).

مسائل دنیای بیرون لزوماً همیشه یک راه حل قاطع یا منحصر به فرد ندارد. یکی از ساده‌ترین روش‌های

¹ Multi Criteria Decision Making (MCDM)

² Multi Objective Decision Making (MODM)

³ Multi Attribute Decision Making (MADM)

تصمیم‌گیری چند شاخصه روش وزن دهی ساده^۱ می‌باشد، در این روش تنها به ماتریس تصمیم‌گیری و بردار وزن شاخص‌های ارزیابی نیاز می‌باشد (شیرویه‌زاد و توکلی، ۱۳۹۳).

از دیگر الگوریتم‌های مدل تصمیم‌گیری چند شاخصه می‌توان به الگوریتم تاپسیس اشاره نمود. منطق این روش بدین گونه است که معیارهای حداکثری، معیارهای سود و معیارهای حداقلی، معیار هزینه هستند. بنابراین راه حل ایده آل معیارهای سود را ماکسیمم و معیارهای هزینه را مینیمم می‌کند (توکلی و شیرویه‌زاد، ۲۰۱۳).

در مواردی که شاخص‌های ارزیابی ناسازگار می‌باشند و با یکدیگر در تضاد هستند، می‌توان از یکی دیگر از روش‌های تصمیم‌گیری چند شاخصه به نام ویکور^۲ استفاده کرد. منطق این روش بر مبنای فاصله از گزینه‌ی ایدآل می‌باشد و در هنگامی که تصمیم‌گیرنده نتواند در ابتدای طرح مسئله به بیان برتری‌های گزینه‌ها بپردازد از این روش استفاده می‌شود (شیرویه‌زاد و توکلی، ۱۳۹۳) و (عطایی، ۱۳۸۹).

روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره در رتبه‌بندی غالباً نتایج متفاوتی را بدست می‌دهند. در بیشتر مسائل، تصمیم‌گیرندگان از روش‌های مختلفی برای رتبه‌بندی گزینه‌ها استفاده می‌کنند و سپس با استفاده از روش‌های تلفیق به تصمیم‌گیری نهایی خود می‌پردازند. از جمله روش‌های تلفیق در تصمیم‌گیری چندمعیاره می‌توان به روش کپلند^۳ اشاره کرد. به طور کلی می‌توان گفت که در این روش نتایج روش‌های دیگر جمع‌بندی می‌شوند و پس از محاسبات مربوطه نتیجه نهایی و تلفیقی تصمیم‌گیری مسئله مشخص می‌شود (شیرویه‌زاد و توکلی، ۱۳۹۳).

۶- روش تحقیق

این پژوهش از نظر هدف توصیفی کاربردی است و از نظر ماهیت داده‌ها، کیفی است زیرا بخشی از داده‌های مربوطه با استفاده از پرسشنامه، بدست می‌آید و در مواقع لازم به مقادیر کمی تبدیل شده است. از نظر زمان گردآوری داده‌ها مقطعی است و بالاخره از نظر نوع تحقیق مقایسه‌ای است. مراحل روش تحقیق به تفصیل در ذیل آمده است.

مرحله ۱: مرور ادبیات پژوهش و تعیین عوامل موثر بر زمان پروژه‌های ساختمانی

ابتدا ادبیات پژوهش مورد مطالعه قرار گرفت. سپس با نظر خبرگان و بررسی پیشینه‌ی پژوهش، تعداد ۲۷ عامل (شاخص) موثر بر زمان پروژه‌های ساختمانی شناسایی شد که در جدول (۱) آورده شده است.

مرحله ۲: تنظیم و توزیع پرسش‌نامه ارزیابی شاخص‌های موثر بر تعیین زمان پروژه‌های ساختمانی

پس از تعیین شاخص‌های موثر بر زمان پروژه‌های ساختمانی، پرسش‌نامه‌های عوامل موثر بر برآورد زمان

¹ SAW

² Vikor

³ Copeland Method

پروژه‌های ساختمانی، تنظیم و توزیع شد. جامعه آماری این پژوهش، کارشناسان، خبرگان و مدیران شرکت‌های عمران مسکن، فرا طرح، عمران آبشار و توسعه مسکن اصفهان می‌باشند که اطلاعات لازم و کافی را در این خصوص داشته‌اند. در مجموع تعداد ۳۶ پرسشنامه بین شرکت‌های نام برده تقسیم گردید.

لازم به ذکر است پرسشنامه مذکور جهت تعیین روایی در اختیار چند نفر از متخصصین و اساتید مربوطه قرار گرفته که روایی محتوای آن مورد تایید واقع شد. سپس با استفاده از نرم افزار SPSS پایایی آن به روش آلفای کرونباخ در سطح قابل قبولی قرار گرفت که ضریب آلفا ۰/۸۸۱۰ بدست آمد.

مرحله ۳: تشکیل ماتریس تصمیم‌گیری و بی‌مقیاس‌سازی

برای هر شرکت، هر شاخص از پرسشنامه‌ها، با استفاده از فرمول میانگین هندسی به یک گزینه تبدیل شد. پس از آن به تشکیل ماتریس تصمیم‌گیری و بعد از آن، ماتریس تصمیم‌گیری نرمال اقدام شده و با استفاده از روش نرم بی‌مقیاس شد.

مرحله ۴: وزن‌دهی به روش آنتروپی شانون و تشکیل ماتریس بی‌مقیاس موزون

در این گام، به روش آنتروپی شانون وزن هر گزینه (هر شرکت) را تعیین کرده که در جدول (۲) آمده است.

مرحله ۵: اولویت‌بندی شاخص‌های موثر بر برآورد زمان پروژه‌های ساختمانی با استفاده از روش تاپسیس

ابتدا با استفاده از روش نرم ماتریس تصمیم‌گیری را بی‌مقیاس کرده و بعد از آن ماتریس تصمیم‌گیری بی‌مقیاس موزون تشکیل می‌شود در ادامه به محاسبه ی گزینه‌های ایده آل و ضد ایده آل پرداخته و پس از آن فاصله ی هر گزینه را از گزینه ایدآل و ضد ایده آل محاسبه می‌شود سپس شاخص نزدیکی هر گزینه با گزینه ایده آل را محاسبه می‌شود، مطابق جدول (۴). نتایج بدست آمده در جدول (۶) آورده شده است.

مرحله ۶: اولویت‌بندی شاخص‌های موثر بر برآورد زمان پروژه‌های ساختمانی با استفاده از روش وزن‌دهی

ساده

ابتدا ماتریس تصمیم‌گیری را با روش خطی بی‌مقیاس کرده و در ماتریس ستونی وزن‌ها ضرب می‌کنیم تا ضریب اهمیت هر شاخص مطابق جدول (۵) بدست آید و در نهایت مقادیر بدست آمده مرتب می‌شود که می‌توان در جدول (۶) مشاهده کرد.

مرحله ۷: اولویت‌بندی شاخص‌های موثر بر برآورد زمان پروژه‌های ساختمانی با استفاده از روش ویکور

شاخص‌های مذکور با استفاده از روش ویکور اولویت بندی شد و مقدارهای S ، R و Q محاسبه گردید، مطابق جدول (۳). سپس با مقایسه ی دو به دوی Q ها و مقایسه ی S و R ها نتیجه‌گیری کرده که در جدول (۶) آمده است.

مرحله ۸: تلفیق روش‌های تاپسیس، ویکور و وزن‌دهی ساده با استفاده از روش کپ‌لند و اولویت بندی نهایی.

در این مرحله نتایج بدست آمده از سه روش تاپسیس، ویکور و وزن دهی ساده با استفاده از روش کپ لند تلفیق شد و نتیجه ی نهایی در جدول (۶) آورده شده است.

لازم به ذکر است رتبه بندی های هر روش به تفکیک در ستونی مجزا در جدول (۶) قرار داده شده است. در این جدول ستون اول و دوم به ترتیب نشان دهنده ی ردیف و عنوان عوامل موثر بر زمان پروژه های ساختمانی است، در ستون سوم رتبه بندی روش تاپسیس، در ستون چهارم رتبه بندی روش وزن دهی ساده و در ستون پنجم رتبه بندی روش ویکور آورده شده است، که در رتبه بندی با روش ویکور تعدادی از شاخص ها هم رتبه شدند. در ستون آخر که نشان دهنده ی نتیجه ی کلی این پژوهش است رتبه بندی تلفیق شده ی روش های ذکر شده با روش کپ لند آورده شده است.

جدول ۱. عوامل موثر بر زمان پروژه های ساختمانی

ردیف	عوامل موثر بر زمان پروژه های ساختمانی	ردیف	عوامل موثر بر زمان پروژه های ساختمانی
۱	مترائز زیربنای پروژه	۱۵	شرایط آب و هوایی
۲	تعداد طبقات ساختمان	۱۶	طراحی و مشخصات فنی
۳	کاربری ساختمان (تجاری، مسکونی، سایر)	۱۷	کیفیت نقشه ها و مدارک فنی
۴	مشخصات معماری (ساختمان لوکس، متوسط معمولی)	۱۸	سبک مدیریت ساخت و ساز (فرهنگ سازمانی مجری)
۵	نوع سازه	۱۹	مدیریت کیفیت (در اجرا، مصالح و غیره)
۶	نوع یا سطح تاسیسات مکانیکی	۲۰	سیستم تامین مالی پروژه
۷	نوع یا سطح تاسیسات الکتریکی	۲۱	روش انتخاب پیمان کار (کلید در دست، آیتمی)
۸	مجموعه سازی (تعداد بلوک و تیپ اجرایی)	۲۲	مدیریت ارتباطات برای تصمیم گیری
۹	اجرای سازه ی نگهدارنده	۲۳	رتبه و صلاحیت
۱۰	تغییرات (تغییر در طرح، تغییر در مواد، مصالح و غیره)	۲۴	قوانین حاکم بر ساخت و ساز
۱۱	کارایی تیم اجرایی پروژه	۲۵	شرایط حاکم بر بازار محصولات ساختمانی
۱۲	دسترسی به نیروی انسانی متخصص	۲۶	اخذ مجوزهای لازم
۱۳	دسترسی به تجهیزات و مصالح لازم	۲۷	مسائل حقوقی
۱۴	شرایط/دسترسی/موقعیت جغرافیایی کارگاه		

جدول ۲. وزن هر گزینه (هر شرکت)

W4	W3	W2	W1
۰.۲۶۴	۰.۲۴۴	۰.۲۴۳	۰.۲۴۹

جدول ۳. مقدارهای S ، R و Q روش ویکور

شماره شاخص	Si	Ri	Qi	شماره شاخص	Si	Ri	Qi
۱	۰.۳۱۱	۰.۱۶۹	۰.۵۰۰	۱۵	۰.۶۹۱	۰.۲۱۷	۰.۸۱۳
۲	۰.۴۶۷	۰.۱۸۵	۰.۶۲۲	۱۶	۰.۶۴۶	۰.۲۰۲	۰.۷۵۹
۳	۰.۷۲۶	۰.۲۴۱	۰.۸۷۹	۱۷	۰.۵۱۱	۰.۲۳۵	۰.۷۴۳
۴	۰.۶۰۱	۰.۲۰۲	۰.۷۳۳	۱۸	۰.۴۶۰	۰.۱۸۰	۰.۶۰۸
۵	۰.۶۷۹	۰.۲۲۸	۰.۸۲۷	۱۹	۰.۳۶۱	۰.۱۴۶	۰.۴۸۶
۶	۰.۸۵۷	۰.۲۴۴	۰.۹۶۱	۲۰	۰.۲۶۶	۰.۱۵۳	۰.۴۴۳
۷	۰.۸۳۳	۰.۲۲۸	۰.۹۱۶	۲۱	۰.۵۷۶	۰.۲۴۹	۰.۸۰۷
۸	۰.۴۲۱	۰.۱۶۴	۰.۵۵۶	۲۲	۰.۶۱۰	۰.۱۸۵	۰.۷۰۶
۹	۰.۶۹۶	۰.۲۲۱	۰.۸۲۴	۲۳	۰.۷۳۰	۰.۲۴۵	۰.۸۸۸
۱۰	۰.۵۲۷	۰.۱۸۱	۰.۶۵۱	۲۴	۰.۷۰۱	۰.۲۴۱	۰.۸۶۵
۱۱	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	۲۵	۰.۷۰۲	۰.۲۴۴	۰.۸۷۰
۱۲	۰.۲۷۹	۰.۱۱۰	۰.۳۷۱	۲۶	۰.۴۹۹	۰.۲۴۴	۰.۷۵۲
۱۳	۰.۳۶۳	۰.۱۱۰	۰.۴۲۰	۲۷	۰.۷۴۸	۰.۲۶۴	۰.۹۳۶
۱۴	۰.۶۳۹	۰.۱۷۹	۰.۷۱۲				

جدول ۴. شاخص نزدیکی تاپسیس

شماره شاخص	Cl_i^+	شماره شاخص	Cl_i^+	شماره شاخص	Cl_i^+
۱	۰.۴۰۴۵	۱۰	۰.۴۰۳۸	۱۹	۰.۴۰۴۴
۲	۰.۴۰۲۵	۱۱	۰.۴۰۵۶	۲۰	۰.۴۰۴۵
۳	۰.۳۹۹۰	۱۲	۰.۴۰۴۲	۲۱	۰.۴۰۱۶
۴	۰.۴۰۱۹	۱۳	۰.۴۰۳۲	۲۲	۰.۴۰۱۵
۵	۰.۴۰۲۳	۱۴	۰.۴۰۲۰	۲۳	۰.۳۹۸۹
۶	۰.۴۰۱۲	۱۵	۰.۳۹۹۶	۲۴	۰.۳۹۹۰
۷	۰.۴۰۰۲	۱۶	۰.۴۰۰۹	۲۵	۰.۳۹۹۳
۸	۰.۴۰۳۵	۱۷	۰.۴۰۳۱	۲۶	۰.۴۰۱۵
۹	۰.۴۰۰۲	۱۸	۰.۴۰۲۵	۲۷	۰.۳۹۸۵

جدول ۵. ضریب اهمیت SAW

شماره شاخص	ضریب اهمیت	شماره شاخص	ضریب اهمیت	شماره شاخص	ضریب اهمیت
۱	۰.۸۸۰۲	۱۰	۰.۸۱۱۳	۱۹	۰.۸۸۱۰
۲	۰.۸۲۸۱	۱۱	۱.۰۰۰۰	۲۰	۰.۹۱۲۲
۳	۰.۷۴۳۹	۱۲	۰.۹۰۶۱	۲۱	۰.۸۰۱۵
۴	۰.۷۹۱۳	۱۳	۰.۸۷۵۰	۲۲	۰.۷۸۴۹
۵	۰.۷۶۳۷	۱۴	۰.۷۷۶۳	۲۳	۰.۷۴۱۷
۶	۰.۶۹۸۱	۱۵	۰.۷۵۹۷	۲۴	۰.۷۵۵۹
۷	۰.۷۰۷۶	۱۶	۰.۷۷۹۵	۲۵	۰.۷۵۷۸
۸	۰.۸۴۵۱	۱۷	۰.۸۲۵۰	۲۶	۰.۸۳۲۸
۹	۰.۷۵۳۵	۱۸	۰.۸۴۶۱	۲۷	۰.۷۴۶۴

جدول ۶. نتایج رتبه بندی به تفکیک روش‌ها

ردیف	عنوان عوامل موثر بر زمان پروژه های ساختمانی	رتبه‌بندی Copeland	رتبه‌بندی VIKOR	رتبه بندی SAW	رتبه بندی TOPSIS
۱	مترآژ زیربنای پروژه	۶	۴	۵	۶
۲	تعداد طبقات ساختمان	۱۰	۶	۱۰	۱۱
۳	کاربری ساختمان (تجاری، مسکونی، سایر)	۲۴	۱۱	۲۴	۲۴
۴	مشخصات معماری (ساختمان لوکس، متوسط معمولی)	۱۳	۸	۱۴	۱۴
۵	نوع سازه	۱۸	۱۰	۱۸	۱۹
۶	نوع یا سطح تاسیسات مکانیکی	۲۷	۱۳	۲۷	۲۶
۷	نوع یا سطح تاسیسات الکتریکی	۲۶	۱۲	۲۶	۲۷
۸	مجموعه سازی (تعداد بلوک و تیپ اجرایی)	۸	۵	۸	۹
۹	اجرای سازه ی نگهدارنده	۲۳	۱۰	۲۲	۲۳
۱۰	تغییرات (تغییر در طرح، تغییر در مواد، مصالح و غیره)	۱۲	۷	۱۲	۱۲
۱۱	کارایی تیم اجرایی پروژه	۱	۱	۱	۱
۱۲	دسترسی به نیروی انسانی متخصص	۲	۲	۳	۲
۱۳	دسترسی به تجهیزات و مصالح لازم	۵	۳	۶	۵

جدول ۶. نتایج رتبه بندی به تفکیک روش ها

ردیف	عنوان عوامل موثر بر زمان پروژه های ساختمانی	رتبه‌بندی Copeland	رتبه‌بندی VIKOR	رتبه بندی SAW	رتبه بندی TOPSIS
۱۴	شرایط/دسترسی/موقعیت جغرافیایی کارگاه	۱۷	۸	۱۷	۱۸
۱۵	شرایط آب و هوایی	۱۹	۱۰	۱۹	۲۱
۱۶	طراحی و مشخصات فنی	۱۶	۹	۱۶	۱۵
۱۷	کیفیت نقشه ها و مدارک فنی	۱۱	۸	۱۱	۱۰
۱۸	سبک مدیریت ساخت و ساز (فرهنگ سازمانی مجری)	۷	۶	۷	۷
۱۹	مدیریت کیفیت (در اجرا، مصالح و غیره)	۴	۴	۴	۴
۲۰	سیستم تامین مالی پروژه	۳	۳	۲	۳
۲۱	روش انتخاب پیمان کار (کلید در دست، آتیمی)	۱۴	۱۰	۱۳	۱۳
۲۲	مدیریت ارتباطات برای تصمیم گیری	۱۵	۷	۱۵	۱۶
۲۳	رتبه و صلاحیت	۲۵	۱۱	۲۵	۲۵
۲۴	قوانین حاکم بر ساخت و ساز	۲۲	۱۱	۲۱	۲۲
۲۵	شرایط حاکم بر بازار محصولات ساختمانی	۲۰	۱۱	۲۰	۲۰
۲۶	اخذ مجوزهای لازم	۹	۹	۹	۸
۲۷	مسائل حقوقی	۲۱	۱۲	۲۳	۱۷

۷- نتیجه و جمع‌بندی

در این پژوهش با استفاده از ادبیات پژوهش و مصاحبه با خبرگان عوامل موثر بر برآورد زمان پروژه های ساختمانی شناخته شد و در مجموع تعداد ۲۷ عامل انتخاب شد و با تنظیم پرسش‌نامه ای این ۲۷ عامل مورد ارزیابی توسط خبرگان قرار گرفت، داده های جمع آوری شده از چهار شرکت ساختمانی دسته بندی و پس از محاسبه ی اوزان، ماتریس تصمیم گیری موزن تشکیل شد و با روش های تاپسیس، وزن‌دهی ساده و ویکور، اولویت‌بندی شد و در نهایت با روش تلفیقی کپ لند، ۲۷ شاخص رتبه بندی شدند. رتبه‌بندی نشان می دهد که کارایی تیم اجرایی پروژه گزینه ی برتر این اولویت بندی بوده و در مراتب بعدی دسترسی به نیروی انسانی متخصص و بعد از آن سیستم تامین مالی پروژه قرار گرفتند و به همین نحو بقیه ی عوامل همان طور که در جدول (۶) آمده است، رتبه بندی شدند.

از مزیت‌های پژوهش مزبور می‌توان به موارد ذیل اشاره کرد:

- ✓ استفاده از شاخص‌های مناسب و کاربردی.
 - ✓ وجود امکان بررسی مفصل‌تر و کامل‌تر با استفاده از سایر روش‌های تصمیم‌گیری با معیارهای چندگانه.
 - ✓ کاهش و جلوگیری از تاخیر در اتمام پروژه‌های ساختمانی.
 - ✓ وجود امکان بررسی مفصل‌تر و کامل‌تر با استفاده از سایر شاخص‌های موجود برای برآورد زمان پروژه‌ها.
 - ✓ استفاده مدیران از عوامل شناسایی شده بر زمان پروژه‌های ساختمانی.
- آنچه که در تحقیق فوق انجام گرفته است به رغم روش استفاده شده و استفاده از شاخص‌های کاربردی می‌تواند در صورت امکان با برداشتن هر کدام از محدودیت‌های تحقیق بهبود یابد، عدم پاسخ‌گویی بخشی از جامعه‌ی آماری مورد مطالعه از جمله‌ی این محدودیت‌هاست. همچنین می‌توان با استفاده از سایر روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره و مقایسه نتایج حاصل با نتایج موجود به نتایج بهتری دست یابیم، که مجال انجام آن در این پژوهش نبود.

۸- مراجع

۸-۱- مراجع فارسی

- ✓ اصغرپور، م. (۱۳۷۷)، تصمیم‌گیری و تحقیق در عملیات در مدیریت"، جلد اول، تهران، انتشارات دانشگاه تهران.
- ✓ خانزادی، م، دبیریان‌ش، یونس زاده مطلبی، (۱۳۸۸)، "ارزیابی و رتبه‌بندی عوامل موثر بر روی زمان و هزینه و کیفیت پروژه‌های انبوه‌سازی مسکن در ایران با استفاده از فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی AHP"، پنجمین کنفرانس بین‌المللی مدیریت پروژه، ۲۱-۲۰ مرداد، دانشگاه تربیت مدرس، تهران
- ✓ سبزه‌پرور، م، (۱۳۸۸)، "کنترل پروژه به روش گام به گام"، انتشارات ترمه، تهران
- ✓ شاه‌قلی، الف، شیرویه‌زاد، ه، (۱۳۹۱)، "اولویت‌بندی عوامل موثر بر صحت زمان‌بندی پروژه با استفاده از MCDM، مطالعه‌ی موردی شرکت طرح و توسعه‌ی نوید اسپادانا"، ۲۹-۳۰ آذرماه، اولین کنفرانس ملی مهندسی صنایع و سیستم‌ها، دانشگاه آزاد نجف‌آباد، اصفهان.
- ✓ شیرویه‌زاد، ه. و توکلی، م. م، (۱۳۹۳) "مباحثی در تصمیم‌گیری با معیارهای چندگانه"، انتشارات موسسه علمی دانش پژوهان برین، اصفهان
- ✓ صفوی، س.ع، شایانفر، م، نصرآزادانی، س.م، اشتهاردیان، الف، (۱۳۸۹)، "بررسی علل تاخیرزمان اجرای پروژه‌های عمران شهری با توجه به عوامل پروژه"، ششمین کنفرانس بین‌المللی مدیریت پروژه، ۲۷-۲۶ دی، تهران
- ✓ عطایی، م، (۱۳۸۹). "تصمیم‌گیری چند معیاره. چاپ اول. شاهرود. انتشارات دانشگاه صنعتی شاهرود.

۸-۲- مراجع لاتین:

- ✓ Chan. D, Kumaraswamy, (1996), "An Evaluation Of Construction Time Performance In The Building Industry", Building And Environment, Vol.31, No.6, PP:569-578
- ✓ Chan. D, Kumaraswamy,(2002), "Compressing Construction Duration: Lessons Learned From Hong Kong Building Projects", International Journal Of project Management, Vol.20, No.1, PP 23-35
- ✓ Chan. D, Kumaraswamy, (2002), "Compressing Construction Duration: Lessons Learned From Hong Kong Building Projects", International Journal Of project Management, Vol.20, No.1, PP 23-35.
- ✓ Demeulemeester. E, Herroelen. W, (2002), Project Scheduling- A Research Handbook, International Series In Operation Research And Management Science, Kluwer Academic Publisher
- ✓ Dursun. O, Stoy. C, (2012), "Determinates Of Construction Duration For Building Projects In Germany", Engineering Construction And Architectural Management, Vol.19, No.4, PP 444-468
- ✓ Duy Long N, Ogunlana S, Quang T, Lam KC, (2004), "Large construction projects in developing countries: a case study from Vietnam." International Journal of Project Management ,Vol.22, No.7, PP:553-561
- ✓ Shannon.C.E, (1948)," A mathematical theory of communication", Bell System Technical Journal, Vol.27, No.3, PP 379-423.
- ✓ Frimpong, Y., Olywoye, J, Crawford L.(2003), 'Causes of delay and cost overruns in construction of groundwater projects in a developing countries', Ghana as a case study", International Journal of Project Management, Vol.21. No.5; PP: 321-326.
- ✓ Soleimani- Damaneh. J, Hamidi. M, Sajadi. N, (2011), "Evaluating The Performance Of Iranian Football Teams Utilizing Linear Programming", American Journal Of Operation Research,Vol.1, No.2, PP:65-72
- ✓ Swies. G, Swies. R, (2008), "Delays In Construction Projects: The Case Of Jordan", International Journal Of project Management, Vol.26, NO.6, PP 665-674
- ✓ Tavakoli. M.M, Shirouyehzad. H, (2013), "Ranking The Branches Of A Private Bank Through The Service Quality Gap By Using Multi Criteria Decision Making", Int. J. Productivity and Quality Management, Vol. 12, No. 3, PP 327-344