مجله دستاوردهای نوین در مطالعات علوم انسانی
سال چهارم، شماره ۳۷، خرداد ۱۴۰۰
ISSN: ۲۵۸۸-۶۹۶۷
www. jonahs.ir

شناسایی و رتبه‌بندی عوامل انسانی مؤثر بر افزایش هزینه و زمان پروژه‌های عمرانی کشورهای در حال توسعه و ایران با استفاده از تکنیک‌های AHP و تاپسیس

احمد عالی[۱]، اکرم هادیزاده مقدم[۲]

[۱] کارشناسی‌ارشد، مدیریت دولتی، سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی استان آذربایجان‌شرقی، تبریز، ایران (نویسنده مسئول)
[۲] دانشیار، گروه مدیریت دولتی، دانشکده مدیریت و حسابداری، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران

چکیده

امروزه مدیریت پروژه های عمرانی با پیچیدگی و تغییراتی شدید روبرو شده است. به‌کارگیری الگوهای گذشته و فقدان توجه ویژه به تغییرات صورت گرفته باعث افزایش هزینه‌ها شده و ممکن است پروژه از توجیه‌پذیری فنی و اقتصادی خارج شود. در این مقاله پس از مطالعه‌ی جامع ادبیات تحقیق در دو مرحله عوامل انسانی افزایش هزینه‌ی پروژه‌های عمرانی در چهار دسته (کارفرما، مشاور، پیمانکار و قوانین و مقررات) و راهکارهای غلبه بر آن‌ها (۲۱ مورد) استخراج گردید. عوامل انسانی افزایش هزینه به وسیله‌ی فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی فازی شناسایی‌شده و به وسیله الگوریتم تاپسیس فازی رتبه‌بندی شدند. در مرحله‌ی بعد با توجه به معیارهای شناسایی‌شده، ادبیات تحقیق مجدداً مورد مطالعه قرار گرفت تا راه‌کارهای غلبه بر این عوامل نیز شناسایی گردد. این راهکارها نیز در اختیار ۲۵ نفر از خبرگان قرار گرفت تا با انجام مقایسات زوجی، مؤثرترین این راهکارها را شناسایی نمایند. نتایج پژوهش فعلی نشان می‌دهد که انجام مطالعات امکان‌سنجی به طور کامل، برنامه‌ریزی و نظارت بر فعالیت‌ها و وجود برنامه‌ی تغییر در صورت نیاز و کنترل و نظارت بر مطالعات انجام شده توسط مشاور از جمله مهمترین راهکارهای شناسایی‌شده می‌باشند.

واژه‌های کلیدی: کشورهای در حال توسعه، هزینه، زمان، پروژه‌های عمرانی و عوامل انسانی

۱. مقدمه

صنعت ساخت‌وساز در هر کشوری، بخش قابل‌توجهی از تولید ناخالص ملی را دربرگرفته و پیشرفت اقتصادی را تا حد زیادی به خود معطوف می‌نماید. حجم عظیم بودجه‌ی دخیل در پروژه‌های عمرانی، لزوم به‌کارگیری روش‌های کاهش هزینه و هرچه کمتر کردن انحراف زمانی پروژه‌ها را بالاخص در کشورهای در حال توسعه، ضروری می‌سازد [۶]. در کشور ما نیز در موارد متعددی مشاهده شده‌است که بخش زیادی از بودجه‌ی کشور برای سالیان متمادی درگیر پروژه‌های ناتمام عمرانی بوده و دائماً بر هزینه‌ی آن‌ها افزوده می‌گردد؛ این در حالی است که توفیق و موفقیت حقیقی، نه در تصویب و اجرای پروژه‌های عمرانی، بلکه در پایان رساندن موفقیت‌آمیز آن‌ها با کمترین هزینه و بیشترین سود است [۲]. از سوی دیگر، شرکت‌های عمرانی به طور معمول برای برنده‌شدن در مناقصات، کمترین قیمت‌ها را پیشنهاد می‌دهند که در نتیجه بدون کنترل عوامل انسانی کلیدی مؤثر بر هزینه، قادر به انجام پروژه با قیمت پیشنهادی نیستند و با هزینه‌هایی بیش از برآورد اولیه، پروژه را به پایان می‌رسانند. افزایش هزینه، در حقیقت یکی از مشکلات و موانع جدی پیش روی شرکت‌های عمرانی تلقی می‌شود [۱۱]. در واقع، اتمام به‌موقع توأم با هزینه‌های پیش‌بینی‌شده، از جمله معیارهای اصلی موفقیت پروژه محسوب می‌شود و عدم اتمام به موقع پروژه علی‌رغم هزینه‌ی پیش‌بینی‌شده، باعث برآورده نشدن خواسته‌های کارفرما و اهداف پروژه می‌گردد [۴]. موردکاوی پروژه‌های مختلف عمرانی نشان می‌دهد که تأمین مالی پروژه‌های عمرانی در کشورهای در حال توسعه، به طور معمول با تأخیرات پیش‌بینی‌نشده‌ی خود، باعث کندی و در برخی اوقات موجب توقف‌های بلندمدت پروژه‌ها می‌گردد که در نتیجه با افزایش قیمت تمام‌شده، توجیه‌پذیری اقتصادی پروژه‌ها را با مشکل مواجه ساخته است [۱۸]. در کشور ایران نیز علی‌رغم تلاش‌های فراوان صورت پذیرفته، هنوز پروژه‌های عمرانی چه در بخش خصوصی و چه در بخش دولتی در موعد مقرر به پایان نمی‌رسند [۱]. بعلاوه تجربه نشان می‌دهد که تأخیر در اتمام پروژه‌های عمرانی همواره با تحمیل خواسته و یا ناخواسته‌ی افزایش هزینه‌ها همراه بوده است که همین مسئله نیز خسارت‌های فراوانی را به بخش دولتی و خصوصی وارد آورده است. بنابراین، هدف اصلی پژوهش حاضر در گام اول، شناسایی عوامل انسانی مؤثر بر افزایش هزینه در پروژه‌های عمرانی، اولویت‌بندی این عوامل، تعیین درجه‌ی اهمیت هر یک از آن‌ها و در گام دوم با عنایت به نتایج به‌دست‌آمده، ارائه‌ی راهکارهای مناسب در جهت بهبود و رفع موانع شناسایی شده با توجه به شرایط خاص کشور ایران خواهد بود.

۲. مبانی نظری و ادبیات پژوهش

پیچیده‌شدن شرایط کسب‌وکار، صنعت‌گران حوزه‌های مختلف را وادار به پیش‌بینی و ارائه‌ی برآوردهای دقیق از صنعت مورد فعالیت خویش نموده است تا به این ترتیب هم بتوانند سرمایه‌ی لازم را جذب نمایند و هم خواست مشتریان را در زمان مناسب و با بهترین هزینه تأمین کنند [۲۱]. پیش‌بینی‌پذیری در صنعت ساختمان به دلیل تنوع ورودی‌های مورد استفاده و سرعت بالای تأثیرپذیری از رویدادهای جامعه، اهمیت دوچندانی دارد. به این ترتیب، در سال‌های اخیر، برای کاستن از هزینه‌های مازاد و تحویل پروژه‌های عمرانی در کم‌ترین زمان ممکن، مدیریت هزینه و تلاش برای کنترل هزینه‌ها، مورد توجه بسیاری از صنعت‌گران و پژوهش‌گران بوده است [۳۳].

در یک تعریف ساده و اجمالی، مدیریت هزینه عبارت است از مجموعه اقداماتی که مدیریت برای تأمین رضایت‌مندی مشتریان، همراه با کنترل و کاهش مستمر هزینه انجام می‌دهد [۳۶]. به عبارت دیگر، مدیریت هزینه "مجموعه‌ای از تکنیک‌ها و شیوه‌ها برای کنترل و توسعه‌ی فعالیت‌ها، فرآیندها، تولیدات و خدمات" می‌باشد. [۲۸]. مدیریت هزینه به صورت دقیق مجموعه‌ای از راهکارها و روش‌ها برای مدیریت کارآمد و اتخاذ تصمیمات اثربخش است که در چشم‌اندازی گسترده‌تر، به صورت یک حلقه و نگرش با مجموعه‌ای از سازوکارها، جهت ایجاد ارزش بیش‌تر و هزینه‌ی کم‌تر نمود می‌یابد [۲۰]. براساس استاندارد مدیریت پروژه PMBOK، کنترل هزینه فرآیند و تحت کنترل نگه‌داشتن عوامل ایجادکننده‌ی انحرافات و تغییرات از جمله مواردی هستند که در چارچوب بودجه‌ای پروژه جای می‌گیرند. هر سیستم کنترل هزینه، زمانی می‌تواند خوب عمل کند که

برنامه‌ریزی شده باشد؛ در واقع عملکرد خوب یا بد هر سیستم کنترل هزینه، به قوت و یا ضعف برنامه‌ای بستگی دارد که قرار است براساس آن کنترل هزینه صورت پذیرد. این برنامه که لازمه‌ی شروع فرآیند کنترل پروژه هست را بودجه مرجع[۱]می‌نامند و در هنگام برآورد هزینه تهیه می‌شود. این بودجه باید واقع‌بینانه، قابل حصول و براساس مذاکرات قراردادی و شرح کار باشد. به طور کلی، اساس هر بودجه با توجه به هزینه‌هایی که در پروژه‌های قبلی ایجاد شده است و بر اساس بهترین برآورد ممکن و یا براساس استانداردهای مهندسی تهیه می‌شود [۳۴].

پژوهش‌های متعددی، چه در سطح ملی و چه در سطح بین‌المللی، در مورد عوامل انسانی مؤثر بر افزایش زمان و هزینه‌ی پروژه‌های عمرانی، صورت پذیرفته است. یکی از همین پژوهش‌ها نشان می‌دهد که هزینه‌های نهایی پروژه عمدتاً با هزینه‌های برآورد شده در ابتدای پروژه متفاوت است و آن‌چه در سال‌های اخیر در پروژه‌های عمرانی کشورهای در حال توسعه رخ داده است، افزایش این پیش‌بینی‌ناپذیری و افزایش چشم‌گیر هزینه‌ها در هنگام انجام پروژه‌ها بوده است. این افزایش هزینه به نارضایتی ذی‌نفعان کلیدی و وقوع تأخیر در پروژه‌های عمرانی منجر گردیده است [۱۳]. مطالعه‌ای دیگر در میان کشورهای در حال توسعه قاره‌های آسیا و آمریکای جنوبی، افزایش هزینه در ۲۷۶ پروژه عمرانی- مهندسی را نشان می‌دهد. نتایج حاکی از آن بود که به طور متوسط و در طول یک بازه چهار ساله، ۱۲/۲۲ درصد به هزینه‌های پیش‌بینی‌شده‌ی پروژه‌های عمرانی افزوده شده است. از نظر پژوهشگران این مطالعه، تفاوت در حجم قرارداد، نوع پروژه و شیوه‌های پشتیبانی و تدارکات، تأثیر محسوس و قابل توجهی بر روی افزایش هزینه‌ها ندارد [۲۵].

در یک مطالعه بین‌المللی دیگر، علل افزایش زمان و هزینه در پروژه‌های عمرانی کشورهای آسیایی و آفریقایی مورد بررسی قرار گرفت. این پژوهش بین‌المللی در نهایت هشت عامل اصلی را به عنوان عوامل انسانی مؤثر در افزایش زمان و هزینه پروژه‌های عمرانی این کشورها معرفی نموده است. کندی در اجرا، فقدان اجبار، فقدان رقابت، ضعف طراحی، بازار اقتصادی کم‌توان، ظرفیت پایین مالی و نقش دولت، هشت عامل اصلی معرفی‌شده هستند [۲۴]. پنج سال بعد در یک پژوهش مشابه نیز به شناسایی علل افزایش زمان در پروژه‌های عمرانی چندین کشور در حال توسعه پرداخته شد و در نهایت ۱۵ دلیل مهم برای علت تأخیر در پروژه‌های عمرانی شناسایی شد که از آن جمله می‌توان به تغییر در نیازمندی‌های مشتریان و برآورد غیرواقعی قیمت‌ها در آغاز پروژه اشاره کرد [۳۲]. پژوهش‌هایی از این دست نه‌تنها در سطح بین‌المللی، بلکه در میان کشورهای بزرگ و کوچک نیز ادامه یافتند که از آن میان، تلاش‌های پژوهشگران در کشور مالزی جهت شناخت عوامل انسانی موثر بر افزایش تأخیر پروژه‌های عمرانیِ بزرگ نهادهای دولتی، با جمع‌آوری پرسش‌نامه از کارشناسان عمرانی و تجزیه و تحلیل‌های آماری نشان داد که مهم‌ترین عوامل چنین تأخیرهایی شامل مشکلات مالی، مدیریت (نظارت) ضعیف، بی‌تجربگی، کمبود نیروی انسانی متخصص و برنامه‌ریزی نادرست پیمانکاران می‌باشد [۲۷].

در کوششی دیگر برای پی‌بردن به عوامل انسانی تأخیر در پروژه‌های عمرانی، این بار در کشور ترکیه، پژوهشگران بر اساس مصاحبه با کارشناسان عمرانی این کشور، مهم‌ترین عامل افزایش تاخیر در پروژه‌های ساخت و ساز را عملکرد و منابع پیمانکاران معرفی نمودند [۲۲]. در کشور غنا نیز پژوهشی مشابه بر روی علل تأخیر در پروژه‌های عمرانی صورت پذیرفت که عوامل انسانی مهم تأخیر در پروژه‌های عمرانی عبارت بودند از: برآوردهای اولیه غیرواقعی و پایین از هزینه‌ها، زمان اتمام پروژه در برنامه‌ریزی‌های انجام گرفته قبل از شروع پروژه، مشکلات موجود در دسترسی به اعتبارات بانکی، نظارت ضعیف، کمبود مواد، فقدان مدیریت حرفه‌ای، نوسانات قیمت‌ها و افزایش هزینه‌ی مواد اولیه [۱۵]. در مورد علل تأخیر پروژه‌های عمرانی در کشور کویت هم پس از مصاحبه با ۳۰ کارشناس عمرانی، تأمین مالی و برنامه‌ریزی ضعیف، مهم‌ترین عوامل انسانی تاخیر در پروژه‌های عمرانی محسوب شدند [۳۵]. در کشور پاکستان نیز بلایای طبیعی (از جمله سیل و زلزله)، مشکلات مالی، عدم پرداخت به موقع به پیمانکاران، برنامه‌ریزی‌های نادرست در برآورد زمان و هزینه‌ها، مدیریت ضعیف، تجربه‌ی ناکافی عوامل انجام دهنده‌ی پروژه و کمبود مواد و تجهیزات از جمله عوامل تأخیر در پروژه‌های عمرانی شناخته شده‌اند [۱۹].

---

[۱] Reference Budget

۲-۱. توسعه فرضیه‌ها و مدل مفهومی

پس از بررسی مفصل ادبیات پژوهش و سایر مقالات موجود در این حوزه، علل افزایش هزینه‌های پروژه‌های عمرانی حول چهار محور کارفرما، مشاور، پیمانکار و قوانین دسته‌بندی شد که نتایج آن در جدول (۱) قابل مشاهده است.

جدول۱. عوامل شناسایی شده مؤثر در ادبیات پژوهش

محور	علل افزایش هزینه های پروژه های عمرانی
کارفرما E	فقدان مطالعات کافی و تعجیل در بستن قراداد مناقصه‌ها
	تخمین هزینه‌های غیرواقع‌بینانه در قرارداد
	ضعف کارفرما در نظارت و کنترل مطالعات انجام شده‌ی مشاور
	ضعف فنی نماینده کارفرما در هماهنگی بین مشاور و پیمانکار و رفع به موقع مشکلات فنی و اجرایی پروژه
	تغییر عمده در سیمای طرح (تغییر در محل، تغییر طراحی فونداسیون و تغییر در ظرفیت‌های موجود) توسط کارفرما در حین اجرا
	تصمیم‌گیری‌های کند و آهسته
	تغییر در سطوح مختلف مدیریتی کارفرما حین اجرای پروژه
	دخالت‌های کارفرما در حین اجرا
	کمبود بخشی از تجهیزات و ابزارآلات ساخت
	فقدان تأمین یا کمبود مواد اولیه
	فقدان تجربه کافی در پروژه‌های ساخت و ساز
	فقدان پیگیری کاستی‌های پروژه
	فقدان انجام تعهدات مالی پیمانکار
مشاور A	مطالعات اولیه اشتباه یا ناقص در برآورد هزینه‌های پروژه
	دقت پایین در برآورد حجم پروژه
	فقدان اشراف دستگاه نظارت به مسائل فنی، قراردادی و اجرایی
	فقدان نظارت و رفع به موقع مشکلات فنی و اجرایی کارگاه
	ضعف در انجام مطالعات امکان‌سنجی مناسب
	ضعف در کنترل به موقع برنامه زمان‌بندی
	فقدان توجه به نوسانات اقتصادی در برنامه‌ی زمان‌بندی
	تأخیر در تهیه نقشه‌هایی که در طول اجرا نیاز می‌باشد
	تأخیر تصمیم‌گیری در مقاطع حساس و موارد ضروری
	ضعف فنی و مدیریتی سر ناظر در هماهنگی بین دستگاه نظارت مقیم و نظارت عالیه
	تجربه ناکافی مهندسین مشاور در ارتباط با شرایط پروژه
	تأخیر در رسیدگی به اسناد پیمانکاران اعم از دستور کار، صورت جلسات و صورت وضعیت
	کمبود نیروی انسانی مجرب در زمینه اجرا که منجر به واقعی نبودن هزینه‌های اجرا می‌گردد
	دید کوتاه‌مدت به پروژه
پیمانکار C	فقدان تجربه و کارآیی مؤثر پیمانکاران جُز
	فقدان قیمت‌دهی مناسب پیمانکاران جهت برنده شدن در مناقصه که منجر به مشکلات مالی و افزایش مدت اجرا

	می‌گردد
	فقدان توجه به سهم نگهداری و تعمیر ماشین‌آلات در پروژه (بی‌توجهی در مراقبت، نبود سرویس‌دهی به موقع، ضعف پشتیبانی)
	مدیریت و نظارت ضعیف کارگاهی و کارگری
	بهره‌وری اندک و یا استفاده از نیروهای انسانی آموزش ندیده
	استفاده از تکنیک‌های و ابزارهای نامناسب در اجرای پروژه
	ضعف در برنامه‌ریزی و کنترل پروژه جهت اتمام پروژه در تاریخ مورد نظر
	فقدان اطلاع‌رسانی مناسب و سریع به کارفرما و مشاور جهت رفع مشکل
	دوباره‌کاری به دلیل خطا در رعایت موارد فنی و استفاده از مصالح نامناسب
قوانین و مقررات R	نبود توجه کافی به قوانین، مقررات، آیین‌نامه‌ها و بخشنامه‌ها
	ضعف در قوانین و مقررات مربوط به ارجاع کار به پیمانکار
	پایین‌بودن شاخص‌های تعدیل نسبت به افزایش هزینه‌ها در طول اجرای پروژه
	فقدان توجه و انعکاس تغییرات نرخ ارزی و تحریم‌ها و تغییر تعرفه‌های گمرکی و ... در طرح حین اجرای پروژه
منابع	[۵]، [۷]، [۸]، [۱۰]، [۱۲]، [۱۴]، [۱۶]، [۱۷]، [۲۳]، [۲۶]، [۲۹]، [۳۰]، [۳۱]، [۳۷]، [۳۸]

پس از شناسایی عوامل انسانی افزایش هزینه در پروژه‌های عمرانی، راهکارهای غلبه بر این موانع نیز از ادبیات پژوهش استخراج گردید. راهکارهای ارائه‌شده، دستاورد پژوهش‌های معتبر و روزآمد این حوزه است که در جدول (۲) قابل مشاهده است.

جدول۱. عوامل شناسایی شده مؤثر در ادبیات پژوهش

شماره	راهکار	مانع
۱	به‌کارگیری پیمانکاران با تجربه و توانمند و دارای بنیه‌ی مالی کافی و حسن شهرت	فقدان مطالعات کافی و تعجیل در بستن قرارداد در مناقصه‌ها
۲	انجام مطالعات کافی قبل از قرارداد	تخمین هزینه‌های غیرواقع‌بینانه در قرارداد
		مطالعات اولیه اشتباه یا ناقص در برآورد هزینه‌های پروژه
		دقت پایین در برآورد حجم پروژه
۳	کنترل و نظارت بر مطالعات انجام شده توسط مشاور	ضعف کارفرما در نظارت و کنترل مطالعات انجام شده توسط مشاور
۴	ارتباطات مؤثر و هماهنگی بین کانال‌های مربوطه در هر مرحله از ساخت و ساز	ضعف فنی نماینده کارفرما در هماهنگی بین مشاور و پیمانکار و رفع به موقع مشکلات فنی و اجرایی پروژه
		ضعف فنی و مدیریتی سر ناظر در هماهنگی بین دستگاه نظارت مقیم و نظارت عالیه
		فقدان اطلاع‌رسانی مناسب به کارفرما و مشاور جهت رفع مشکل
۵	پرهیز از اعمال تغییرات بنیادین	تغییرعمده در سیمای طرح (تغییر در محل، تغییر طراحی فونداسیون، تغییر در ظرفیت‌های موجود) توسط کارفرما در حین اجرا
		تغییر در سطوح مختلف مدیریتی کارفرما در طول مدت اجرای پروژه
		دخالت‌های کارفرما در حین اجرا

۶	تصمیم‌گیری سریع و به موقع	تصمیم‌گیری‌های کند و آهسته
		تأخیر در تصمیم‌گیری در مقاطع حساس و موارد ضروری
۷	تأمین تجهیزات و مواد اولیه در زمان مقرر	کمبود بخشی از تجهیزات و ابزارآلات ساخت
		فقدان تأمین یا کمبود مواد اولیه
		فقدان پیگیری کاستی‌های پروژه
۸	کسب تجربه لازم قبل از اجرایی نمودن پروژه	نبود تجربه کافی در پروژه‌های ساخت‌وساز
۹	پرداخت تعهدات مالی کارفرما به پیمانکار درزمان مقرر	فقدان انجام تعهدات مالی پیمانکار
۱۰	نظارت و کنترل بر مسائل فنی	فقدان اشراف دستگاه نظارت به مسائل فنی، قراردادی و اجرایی
		فقدان نظارت و رفع به موقع مشکلات فنی و اجرایی کارگاه
۱۱	انجام مطالعات امکان‌سنجی به طور کامل	ضعف در انجام مطالعات امکان‌سنجی مناسب
۱۲	کنترل مناسب زمان و کیفیت در طول پروژه	ضعف در کنترل به موقع برنامه زمان‌بندی
		فقدان توجه به نوسانات اقتصادی در برنامه‌ی زمان‌بندی
		دید کوتاه مدت به پروژه
		تأخیر در تهیه نقشه‌هایی که در طول اجرا نیاز می‌باشد
		ضعف در برنامه‌ریزی و کنترل پروژه جهت اتمام پروژه در تاریخ مورد نظر
۱۳	بکارگیری مهندسین مشاور با تجربه کافی و موثر	تجربه ناکافی مهندسین مشاور در ارتباط با شرایط پروژه
۱۴	پاسخ‌دهی بدون تأخیر به سؤالات و ابهامات پیمانکار و کارفرما و تصمیم‌سازی برای ایشان	تأخیر در رسیدگی به اسناد پیمانکاران اعم از دستور کار، صورت جلسات و صورت وضعیت
۱۵	انتخاب نیروی انسانی مجرب و موثر	کمبود نیروی انسانی مجرب در زمینه اجرا که منجر به واقعی نبودن هزینه های اجرا می‌گردد
۱۶	انتخاب پیمانکاران جزء دارای تجربه کافی.	فقدان تجربه و کارآیی مؤثر پیمانکاران جُز
۱۷	وجود طرح جامع و کامل جریان وجوه نقدی	فقدان قیمت‌دهی مناسب پیمانکاران جهت برنده شدن در مناقصه که منجر به مشکلات مالی و افزایش مدت اجرا می‌گردد
۱۸	توجه به نگهداری و تعمیرات ماشین‌آلات و استفاده از ابزارآلات مناسب	فقدان توجه به سهم تعمیر و نگهداری ماشین‌آلات در پروژه (بی‌توجهی در مراقبت، عدم سرویس‌دهی به موقع و ضعف پشتیبانی)
		استفاده از تکنیک‌های و ابزارهای نامناسب حین اجرای پروژه
۱۹	برنامه‌ریزی و نظارت بر فعالیت‌ها و وجود برنامه‌ی تغییر در صورت نیاز	مدیریت و نظارت ضعیف کارگاهی و کارگری
		دوباره‌کاری به دلیل خطا در رعایت موارد فنی و استفاده از مصالح نامناسب
۲۰	توجه به قوانین و مقررات	فقدان توجه به قوانین و مقررات در آیین‌نامه‌ها

		ضعف در قوانین و مقررات مربوط به ارجاع کار به پیمانکار
۲۱	نظارت بر تورم و گران‌شدن مصالح توسط دولت در کنار پر کردن خلأهای قانونی	پایین بودن شاخص‌های تعدیل نسبت به افزایش هزینه‌ها در طول اجرای پروژه
		فقدان توجه و انعکاس تغییرات نرخ ارزی و تحریم‌ها و تغییر تعرفه‌های گمرکی و غیره در طرح حین اجرای پروژه
منابع	[۵]، [۷]، [۸]، [۱۰]، [۱۲]، [۱۴]، [۱۶]، [۱۷]، [۲۳]، [۲۶]، [۲۹]، [۳۰]، [۳۱]، [۳۷]، [۳۸]	

۳- روش‌شناسی

اکثر تصمیمات سازمان‌های کنونی را تصمیم‌گیری در محیط‌های مبهم و فاقد اطمینان تشکیل داده‌است. این ابهام و نبود اطمینان را می‌توان توسط بهره‌گیری از نظریه‌ی مجموعه‌های فازی الگوسازی کرد. بر این اساس پژوهش فعلی، در دو بخش اقدام به تحلیل و بررسی داده‌ها نموده است. در بخش اول، موانع مؤثر در راستای افزایش زمان و هزینه پروژه‌های عمرانی که از ادبیات پژوهش استخراج گردیده بود، در اختیار خبرگان قرار داده شد و خبرگان به موانع موجود بر اساس اعداد فازی ۱، ۳، ۵، ۷ و ۹ امتیاز دادند. این امتیازها پس از گردآوری، بر اساس جدول (۳)، جهت انجام محاسبات به اعداد مثلثی تبدیل شدند. در ادامه، بر اساس تکنیک تحلیل سلسله مراتبی (AHP)، موانع اصلی شناسایی و طبقه‌بندی شدند. در بخش دوم نیز با استفاده از تکنیک تاپسیس (Topsis)، راهکارهای مؤثر برای غلبه بر این موانع شناسایی و دسته‌بندی شدند. به این ترتیب که راهکارهای مؤثر برای غلبه بر موانع که از مبانی نظری استخراج شده بود نیز در اختیار خبرگان قرار داده شد تا آنها امتیاز خود به راهکارها را این بار بر اساس گزاره‌های زبانی طبق جدول (۵) اختصاص دهند. این پنج گزاره زبانی از خیلی ضعیف تا خیلی خوب را شامل می‌شوند که پس از گردآوری نظرات، این گزاره‌ها به اعداد فازی مثلثی تبدیل شدند. در نهایت نیز بر روی این داده‌ها محاسبات مورد نظر انجام گرفت تا راهکارهای اصلی شناسایی و دسته‌بندی شوند.

نظریه‌ای که در سال ۱۹۶۵ توسط پروفسور عسگرزاده معرفی شد و با تغییر منطق ارسطویی، اعداد و مجموعه‌های فازی را معرفی نمود. مطابق این نظریه، مجموعه‌ی فازی $\tilde{A}$ زیرمجموعه‌ای از مجموعه‌ی جهانی و دارای تابع عضویت $\mu_{\tilde{A}}(x)$ می‌باشد که این تابع عضویت بین صفر و یک تعریف می‌گردد، تابع عضویت صفر، نشان‌دهنده‌ی عدم تعلق قطعی x به مجموعه‌ی A و تابع عضویت یک، نشان‌دهنده‌ی تعلق قطعی x به مجموعه‌ی A است.

$$\tilde{A} = \{(x.\mu_{\tilde{A}}(x))\} \quad (۱)$$

هر مجموعه‌ی فازی را می‌توان با برش آلفا و توسط فرمول (۲)، به مجموعه‌ی قطعی تبدیل کرد.

$$A_x = \{x \epsilon X \parallel \mu_{\tilde{A}}(x) \geq \alpha\} \quad where\ \alpha \in [0,1] \quad (۲)$$

۳-۲- فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی

روش AHP توسط مقایسات زوجی، تأمین‌کننده‌های مختلف را رتبه‌بندی کرده و با ارائه مسأله‌ی انتخاب تأمین‌کننده به صورت سلسله‌مراتبی، الگوسازی مسائل پیچیده را ممکن می‌سازد. روش AHP در دهه‌ی ۱۹۷۰ توسط فردی عراقی به نام ساعتی پیشنهاد شد و چنان که مؤمنی اشاره می‌کند [۳]، روش AHP بر سه اصل زیر استوار است:

* اصل ترسیم سلسله‌مراتبی: تجزیه‌ی یک مسأله‌ی کلی به چندین مسأله‌ی جزئی‌تر در درک آن بسیار مؤثر است. در درخت سلسله‌مراتبی، در سطح اول هدف قرار می‌گیرد و در سطح دوم معیارها و سطح سوم زیرمعیارها قرار می‌گیرد. در پایین‌ترین سطح نیز گزینه‌ها ذکر می‌شود.
* اصل تدوین و تعیین اولویت‌ها: مقایسات زوجی بین گزینه‌ها می‌تواند برتری آن‌ها نسبت به یکدیگر را نشان دهد.

* اصل سازگاری منطقی قضاوت‌ها: ذهن انسان می‌تواند به نحوی بین اجزا، ارتباط برقرار کند که بین آن‌ها سازگاری و ثبات منطقی وجود داشته‌باشد.

ایراد اساسی AHP این است که وابستگی بین عناصر را نمی‌تواند مد نظر قرار دهد و این در حالی است که این نقیصه در ANP مرتفع شده‌است. البته هر دوی این روش‌ها، دست‌یابی به اهداف چندگانه را ممکن و قطعی می‌سازند. برای دخیل‌سازی نبود قطعیت در مسأله، روشAHP را به شکل فازی درآورده و مطابق با الگوریتم ذیل، سعی به حل مسئله شده است. الگوریتم پیشنهادی برای حل قسمت نخست پژوهش و رتبه‌بندی عوامل انسانی افزایش هزینه در پروژه‌های عمرانی به شرح ذیل است:

تعیین درجه‌ی اهمیت نسبی ماتریس مقایسات زوجی. در نخستین گام، برای امتیازدهی به گزاره‌های زبانی، قراردادی تعیین می‌شود که از امتیازات ۱ تا ۹ تشکیل شده‌است و در جدول (۳) ارائه گردیده است.

جدول ۳. قرارهای تعیین‌شده برای امتیازدهی گزاره‌های زبانی

عدد قطعی	عدد فازی	واژه‌های زبانی	عدد فازی مثلثی
۱	$\tilde{1}$	تفاوتی ندارد (VP)	(۱و۱و۳)
۳	$\tilde{3}$	ترجیح کم (P)	(۱و۳و۵)
۵	$\tilde{5}$	ترجیح متوسط (M)	(۳و۵و۷)
۷	$\tilde{7}$	ترجیح زیاد (G)	(۵و۷و۹)
۹	$\tilde{9}$	ترجیح بسیار زیاد (VG)	(۷و۹و۱۱)

ایجاد ماتریس مقایسه‌ی فازی. در این گام، از خبرگان خواسته می‌شود بین معیارها و زیرمعیارهای یافته شده در بخش قبل، مقایسات زوجی انجام داده و ماتریس مقایسات زوجی را شکل دهند.

تبدیل ماتریس مقایسات زوجی فازی به قطعی. در این‌جا برای رتبه‌بندی اعداد فازی از برش α استفاده می‌شود.

$$\tilde{a}_{ij}^{\alpha} = \mu a_{iju}^{\alpha} + (1-\mu) a_{iju}^{\alpha} \quad where\ 0 < \mu \leq 1 \qquad (۳)$$

بررسی پایداری. در این مرحله، نرخ سازگاری هر ماتریس محاسبه می‌شود و برای این کار گام‌های ذیل طی می‌شوند.

محاسبه‌ی بیشترین مقدار ویژه‌ی ماتریس

$$Aw = \lambda_{max} W \qquad (۴)$$

محاسبه‌ی نرخ سازگاری با استفاده از فرمول‌های زیر

$$CR = \frac{CI}{RI} \qquad (۵)$$

$$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n-1} \qquad (۶)$$

(a CI

شاخص پایداری و n اندازه‌ی ماتریس هستند. همچنین RI یک شاخص تصادفی است که از جدول (۴) به دست می‌آید. حال چنان‌چه نرخ ناسازگاری کمتر از ۰/۱ باشد، ماتریس مقایسات زوجی مورد تأیید و در غیر این صورت مورد تأیید نیست و باید مجدداً مقایسات زوجی صورت گیرد.

جدول۴. مقادیر تصادفی برای شاخص RI

اندازه	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸
شاخص تصادفی	۰	۰	۰/۵۲	۰/۸۹	۱/۱۱	۱/۲۵	۱/۳۵	۱/۴۰

(b در

آخرین مرحله از این بخش، وزن هر معیار با استانداردسازی هر سطر یا ستون ماتریس A به دست می‌آید.

۳-۳- روش تاپسیس

روش تاپسیس در سال ۱۹۸۱ توسط هوانگ و یونگ پیشنهاد شد. این روش m گزینه را به وسیله‌ی n شاخص مورد ارزیابی قرار می‌دهد. اساس این تکنیک بر این مفهوم استوار است که گزینه‌ی انتخابی باید دارای کم‌ترین فاصله با راه‌حل ایده‌آل مثبت و بیشترین فاصله با راه‌حل ایده‌آل منفی باشد [۳]. چن و همکاران (۲۰۰۶) یک الگوی تاپسیس برای انتخاب تأمین‌کننده با توجه به کیفیت، قیمت، عملکرد انعطاف‌پذیرانه و زمان تحویل ارائه دادند و با انتقال الگوی تاپسیس خود به فضای فازی، ارزش‌های کیفی را نیز وارد الگوی خود نموده و به ارزش‌های کمی بدل ساختند. الگوریتم پیشنهادی برای حل قسمت دوم پژوهش و رتبه‌بندی راهکارهای غلبه بر عوامل انسانی افزایش هزینه در پروژه‌های عمرانی به شرح ذیل است:

نظرسنجی از خبرگان. ابتدا فرض می‌کنیم که $A = \{A_1, A_2 \dots A_m\}$ راهکارهای ممکن شناسایی‌شده از ادبیات تحقیق است که بایستی برای رفع موانع $C = \{C_1, C_2 \dots C_n\}$ سنجیده شوند. ارزش این موانع نیز $(j = 1,2, \dots n)$ می‌باشد. در این مرحله، عملکرد هر راهکار $A_i(i = 1,2, \dots m)$ با توجه به توان آن‌ها برای غلبه بر موانع $C_j(j = 1,2, \dots n)$ بر اساس نظر هر یک از خبرگان $D_k(k = 1,2, \dots K)$ تعیین می‌شود. گزاره‌های زبانی خبرگان را با استفاده از جدول (۵)، به صورت کمی تبدیل می‌شود.

جدول ۵. گزاره‌های زبانی خبرگان به صورت اعداد فازی مثلثی

گزاره‌ی زبانی	نماد	عدد فازی مثلثی
خیلی ضعیف	VP	(۱و۱و۳)
ضعیف	P	(۱و۳و۵)
متوسط	M	(۳و۵و۷)
خوب	G	(۵و۷و۹)
خیلی خوب	VG	(۷و۹و۱۱)

محاسبه‌ی نرخ فازی تجمعی برای هر یک از راهکارها. در این مرحله، نرخ فازی تجمعی هر یک از راهکارها از طریق فرمول زیر محاسبه می‌شود.

$$a_{ij} = min_k\{a_{ijk}\} \ , \ b = \frac{1}{k}\sum_{k=1}^{K} b_{ijk} \ , \ c = max_k\{c_{ijk}\} \quad (۷)$$

ایجاد ماتریس تصمیم فازی. در این گام، ماتریس تصمیم فازی از فرمول زیر به دست می‌آید.

$$\tilde{D} = \begin{matrix} \\ \tilde{x}_{11} \\ \vdots \\ \tilde{x}_{m1} \end{matrix} \begin{matrix} C_1 C_2 C_n \\ \cdots \\ \ddots \\ \cdots \end{matrix} \begin{matrix} \\ \tilde{x}_{1n} \\ \vdots \\ \tilde{x}_{mn} \end{matrix} \quad i = 1,2, \dots, m; \quad j = 1,2, \dots n \quad (۸)$$

استانداردسازی ماتریس تصمیم فازی. در این مرحله، بایستی ماتریس به‌دست‌آمده از مرحله‌ی پیشین را استاندارد نمود تا بتوان این داده‌ها را با هم قیاس کرد.

$$\tilde{R} = [r_{ij}]_{m*n}, \quad i = 1,2,\dots,m; \quad j = 1,2,\dots,n$$
$$\tilde{r}_{ij} = \left(\frac{a_{ij}}{c_j^*}, \frac{b_{ij}}{c_j^*}, \frac{c_{ij}}{c_j^*}\right) \;\&\; C_j^* = max_i\, C_{ij} \quad (۹)$$
$$\tilde{r}_{ij} = \left(\frac{a_j^-}{c_{ij}}, \frac{a_j^-}{b_{ij}}, \frac{a_j^-}{a_{ij}}\right) \;\&\; a_j^- = min_i\, a_{ij} \quad (۱۰)$$

وزن دادن به ماتریس تصمیم فازی استاندارد شده. در این مرحله با ضرب‌کردن وزن مشکلات در ماتریس استاندارد شده، ماتریس تصمیم وزنی به دست می‌آید.

$$\tilde{V} = [\tilde{v}_{ij}]_{m*n} \quad i = 1,2,\dots,m; j = 1,2,\dots,n \quad where\ \tilde{v}_{ij} = \tilde{r}_{ij}(.)W_j \quad (۱۱)$$

تعیین راهکار فازی ایده‌آل مثبت و منفی. در این مرحله، راه‌حل ایده‌آل فازی مثبت و منفی محاسبه می‌شود.

$$A^* = (\tilde{v}_1^*, \tilde{v}_2^*, \dots \tilde{v}_n^*) \;\; where\ \tilde{v}_j^* = (C_j^*, C_j^*, C_j^*) \;\&\; C_j^* = \max_i\{C_{ij}\} \quad (۱۲)$$
$$A^- = (\tilde{v}_1^-, \tilde{v}_2^-, \dots \tilde{v}_n^-) \;\; where\ \tilde{v}_j^- = (\tilde{a}_j^-, \tilde{a}_j^-, \tilde{a}_j^-) \;\&\; \tilde{a}_j^- = \min_i\{\tilde{a}_{ij}\} \quad (۱۳)$$
$$\forall i = 1,2,\dots m; \quad j = 1,2,\dots n$$

محاسبه‌ی فاصله‌ی هر راهکار از راه‌حل فازی ایده‌آل مثبت و منفی. در این مرحله، فاصله‌ی هر راهکار به‌وسیله‌ی فرمول‌های زیر از راهکار فازی ایده‌آل مثبت و منفی پیدا می‌شود.

$$d_i^+ = \sum_{j=1}^n d_\vartheta(\tilde{v}_{ij}, \tilde{v}_j^*), \quad i = 1,2,\dots m \quad (۱۴)$$
$$d_i^- = \sum_{j=1}^n d_\vartheta(\tilde{v}_{ij}, \tilde{v}_j^-), \quad i = 1,2,\dots m \quad (۱۵)$$

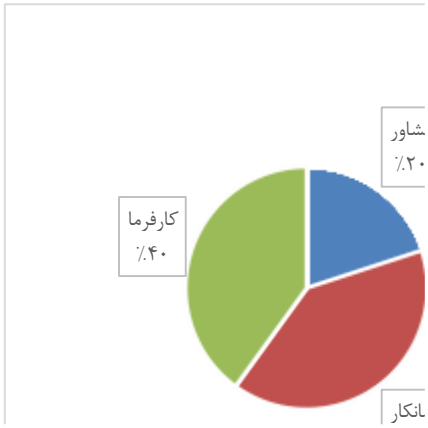
محاسبه‌ی ضریب نزدیکی هر راهکار. در این مرحله، ضریب نزدیکی هر راهکار را محاسبه می‌شود.

$$CC_i = \frac{d_i^-}{d_i^- + d_i^+} \quad (۱۶)$$

رتبه‌بندی راهکارها. در آخرین مرحله، راهکارها بر حسب ضریب نزدیکی از زیاد به کم، رتبه‌بندی می‌شوند.

۴- تحلیل داده‌ها

چنانکه در ادبیات پژوهش ذکر گردید، چارچوبی از معیارهای افزایش هزینه‌های پروژه‌های عمرانی و راه‌کارهای غلبه بر این موانع ارائه شدند. در بخش تحلیل داده‌ها، با استفاده از این چارچوب، به رتبه‌بندی عوامل انسانی افزایش هزینه پرداخته و مناسب‌ترین راه‌کارهای غلبه بر آن‌ها مشخص می‌شود. در نخستین گام، عوامل شناسایی شده در اختیار خبرگان قرار داده شد تا با انجام مقایسات زوجی بین معیارها و زیرمعیارهای هریک از آن‌ها، به پژوهشگران در اولویت‌بندی موانع یاری نمایند. کلیه‌ی این خبرگان، دارای تجربه‌ی فعالیت در شرکت‌های عمرانی و دارای سوابق قابل قبولی بوده و تحصیلات مرتبطی دارند. فرآیند اخذ نظر و امتیازدهی از ۲۵ فرد خبره در زمینه مدیریت پروژه‌های عمرانی صورت پذیرفت. خبرگان دارای پیش‌زمینه دانشگاهی با میانگین سابقه کاری ۱۵ سال در حوزه‌های عمرانی بودند که ۲۰٪ از آنها دارای مدرک دکتری، ۴۰٪ دارای مدرک کارشناسی‌ارشد و ۴۰٪ باقی‌مانده نیز دارای مدرک کارشناسی بودند. معیارها و زیرمعیارهای استخراج شده از ادبیات و مبانی نظری به صورت مکتوب به خبرگان ارائه گردید و خبرگان در این مرحله، ۵ مورد مقایسات زوجی (یکی برای عوامل اصلی و چهار تا برای زیرعوامل) انجام دادند، که از این بین، مورد نخست، مقایسات زوجی بین معیارها و مورد دوم، مقایسات زوجی بین زیرمعیارهای معیار اول، در جداول (۶) و (۷) آمده‌است. در جدول (۷)، E1 تا E13 موانعی هستند که در جدول شماره‌ی (۱)، تحت عنوان موانع کارفرما ذکر شده بود.



شکل۱. مشخصات دموگرافیک حوزه کاری خبرگان

جدول۶. مقایسه زوجی عوامل انسانی افزایش هزینه‌ی پروژه‌های عمرانی

	کارفرما	مشاور	پیمانکار	قوانین و مقررات
کارفرما	۱	۶	۳	۶
مشاور	۶-۱	۱	۹-۱	۳-۱
پیمانکار	۳-۱	۹	۱	۵
قوانین و مقررات	۶-۱	۳	۵-۱	۱

جدول۷. مقایسه‌ی زوجی زیرمعیارهای عامل «کارفرما» در مطالعه‌ی موردی

	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13
E1	۱	۶-۱	۶-۱	۶	۵-۱	۶	۵	۶	۶	۶	۵	۵-۱	۵
E2	۶	۱	۵	۶	۶	۶	۶	۶	۵	۵	۳	۹-۱	۹
E3	۶-۱	۵-۱	۱	۵-۱	۵-۱	۵-۱	۹-۱	۶-۱	۶-۱	۵-۱	۵-۱	۵-۱	۵-۱
E4	۶-۱	۶-۱	۵	۱	۵	۶	۶	۵-۱	۶	۶	۶	۵	۶
E5	۵	۶-۱	۵	۵-۱	۱	۶	۵	۵	۳-۱	۵-۱	۶	۶	۶
E6	۶-۱	۶-۱	۵	۶-۱	۶-۱	۱	۶-۱	۵-۱	۶-۱	۶-۱	۶	۵	۶-۱
E7	۵-۱	۶-۱	۵	۶-۱	۵-۱	۶	۱	۶	۵-۱	۵-۱	۶	۹	۶-۱
E8	۶	۶-۱	۵	۵	۶-۱	۵	۶-۱	۱	۶	۶	۶	۵	۶-۱
E9	۵-۱	۵-۱	۶-۱	۶	۳	۶	۵	۶-۱	۱	۶-۱	۵	۶	۵-۱
E10	۶-۱	۶-۱	۵	۵	۵-۱	۶	۵	۶-۱	۶-۱	۱	۳	۵	۵-۱
E11	۳-۱	۶-۱	۵	۶-۱	۶-۱	۵-۱	۶-۱	۶-۱	۵-۱	۳	۱	۵	۶-۱
E12	۵-۱	۶-۱	۵-۱	۵-۱	۶-۱	۵-۱	۹-۱	۵-۱	۶-۱	۵-۱	۵	۱	۹-۱
E13	۵	۹	۵	۶	۶-۱	۶	۶	۶	۵	۵	۶	۹	۱

اکنون مطابق الگوریتم روش فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی که در قسمت پیشین توضیح داده شد، به سراغ رتبه‌بندی معیارها می‌رویم. رتبه‌بندی معیارهای اصلی به شرح جدول (۸) است. مفهوم جدول (۸) این است که بیشترین عامل افزایش هزینه در پروژه‌های عمرانی، کارفرما و پس از آن قوانین و مقررات بوده و حدود نیمی از افزایش هزینه‌ها به کافرما برمی‌گردد. در ادامه،

به رتبه‌بندی زیرمعیارها پرداخته می‌شود، البته برای پرهیز از طولانی‌تر شدن پژوهش، تنها اوزان و رتبه‌های زیرمعیارهای معیار اول (کارفرما) را در این جا ذکر نموده و محاسبات وزن نهایی مرتبط با آن در جدول (۹) آورده شده است. شایان ذکر است که رتبه‌ی نهایی، رتبه‌ی زیرمعیار بین کلیه‌ی زیرمعیارهاست.

جدول ۸. رتبه‌بندی معیارهای اصلی افزایش هزینه‌ها در مطالعه‌ی موردی

ردیف	معیار	وزن نسبی	رتبه
۱	کارفرما	۰/۵۱	۱
۲	مشاور	۰/۰۶	۴
۳	پیمانکار	۰/۲۰	۳
۴	قوانین و مقررات	۰/۲۳	۲

جدول۹. رتبه‌بندی نهایی زیرمعیارهای افزایش هزینه‌ها در مطالعه‌ی موردی

ردیف	زیرمعیار	وزن نسبی	رتبه در معیار	وزن نهایی	رتبه نهایی
۱	فقدان مطالعات کافی و تعجیل در بستن قرارداد در مناقصه‌ها	۰/۸۸	۶	۰/۰۵۹	۱۰
۲	تخمین هزینه‌های غیرواقع‌بینانه در قرارداد	۰/۱۶۴	۲	۰/۱۱	۳
۳	ضعف کارفرما در نظارت و کنترل مطالعات انجام شده توسط مشاور	۰/۰۱۲	۱۲	۰/۰۰۸	۳۴
۴	ضعف فنی نماینده کارفرما در هماهنگی بین مشاور و پیمانکار و رفع به موقع مشکلات فنی و اجرایی پروژه	۰/۱۲۴	۳	۰/۰۸	۶
۵	تغییرعمده در سیمای طرح (تغییر در محل، تغییر طراحی فونداسیون و تغییر در ظرفیت‌های موجود) توسط کارفرما حین اجرا	۰/۱۱۱	۴	۰/۰۷	۷
۶	تصمیم‌گیری‌های کند و آهسته	۰/۰۲۵	۱۱	۰/۰۱	۳۳
۷	تغییر در سطوح مختلف مدیریتی کارفرما در طول مدت اجرای پروژه	۰/۰۴۲	۹	۰/۰۳	۲۱
۸	دخالت‌های کارفرما حین اجرا	۰/۰۹۳	۵	۰/۰۶	۹
۹	کمبود بخشی از تجهیزات و ابزارآلات ساخت	۰/۰۵۷	۸	۰/۰۳	۱۹
۱۰	فقدان تأمین یا کمبود مواد اولیه	۰/۰۷۱	۷	۰/۰۵	۱۳
۱۱	فقدان تجربه کافی در پروژه‌های ساخت و ساز	۰/۰۳۱	۱۰	۰/۰۲	۲۶
۱۲	فقدان پیگیری کاستی‌های پروژه	۰/۰۰۷	۱۳	۰/۰۰۵	۳۷
۱۳	فقدان انجام تعهدات مالی پیمانکار	۰/۱۷۱	۱	۰/۱۱	۲

بدین ترتیب مهم‌ترین عوامل انسانی افزایش هزینه در پروژه‌های عمرانی ایران که در اکثر قریب به اتفاق کشورهای در حال توسعه نیز مشاهده می‌شود عبارت‌اند از:

فقدان قیمت‌دهی مناسب پیمانکاران جهت برنده شدن در مناقصه که منجر به مشکلات مالی و افزایش مدت اجرا می‌گردد.

فقدان انجام تعهدات مالی پیمانکار

تخمین هزینه‌های غیرواقع‌بینانه در قرارداد

پایین‌بودن شاخص‌های تعدیل نسبت به افزایش هزینه‌ها در طول اجرای پروژه
فقدان توجه و انعکاس تغییرات نرخ ارزی، تحریم‌ها، تغییر تعرفه‌های گمرکی و ... درطرح حین اجرای پروژه

حال که عوامل انسانی افزایش هزینه در پروژه‌های عمرانی از ادبیات پژوهش استخراج و با استفاده از روش AHP رتبه‌بندی شدند، به سراغ راه‌حل‌ها می‌رویم. در این مرحله به راهکارهای غلبه بر این موانع در مرور ادبیات مراجعه نموده و پس از قرار دادن آن‌ها در اختیار خبرگان، از ایشان خواسته شد که تعیین کنند برای غلبه بر هریک از این موانع، کدام راه را ترجیح می‌دهند. برای تبدیل واژگان زبانی به اعداد فازی مراحلی که در ادامه اشاره می‌شوند طی شده است. در گام اول، مطابق با جدول (۱۰)، ترجیح راهکارها برای غلبه بر هر یک از موانع توسط خبرگان مشخص گردید. شایان ذکر است که از مبانی نظری، ۲۱ راهکار استخراج شده بود؛ بنابراین لازم است که تأثیر هرکدام از این راهکارها بر روی تک‌تک موانع سنجیده شوند. علت این کار در آن است که هرکدام از این ۲۱ راهکارها ممکن است با بیش از یک مانع در ارتباط باشد. در نتیجه، خبرگان در این پژوهش به تأثیر ۲۱ مانع بر روی هر ۴۰ مانع، بر اساس جدول (۵) امتیاز داده‌اند. از این ۴۰ مانع که در مبانی نظری اشاره شد، ۱۳ مانع مربوط به کارفرما (E)، ۱۴ مانع مربوط به مشاور (A)، ۹ مانع مربوط به پیمانکار (C) و ۴ مانع نیز مربوط به قوانین و مقررات هستند. پس از اخذ امتیازها از خبرگان، نتایج مطابق با جدول (۱۰) گردآوری شدند. راهکارها در سطرهای افقی جدول و موانع در ستون‌های جدول قرار گرفته‌اند. از آنجایی که تعداد راهکارها ۲۱ عدد و تعداد ستون‌ها ۴۰ عدد بود، طراحی چنین جدولی بسیار سخت و دشوار بود، بنابراین برای جداول ۱۰ تا ۱۴، برشی از جداول اصلی ارائه شده است. در ستون‌های جداول مذکور، E1 تا E13 موانع مرتبط با کارفرما، A1 تا A14 موانع مرتبط با مشاور، C1 تا C9 موانع مرتبط با پیمانکار و R1 تا R4 موانع مرتبط با قوانین و مقررات هستند که به عنوان نمونه در برش‌های فعلی، E1، E2، E3، R3 و R4 قابل مشاهده هستند.

جدول ۱۰. ترجیح راهکارهای غلبه بر موانع در مطالعه‌ی موردی مطابق نظر خبرگان

راهکار	E1	E2	E3	...	R3	R4
۱	M	P	VP		VP	P
۲	VG	G	P		G	G
۳	M	M	VG		P	VG
...						
۲۰	VP	VP	VP		G	VP
۲۱	VP	VP	VP		VP	VP

در گام دوم با استفاده از ترجیح راهکارها برای غلبه بر هر یک از موانع، به رتبه‌بندی این راهکارها با استفاده از الگوریتم مذکور در بخش قبل، پرداخته شد. در همین راستا، نخست به تبدیل گزاره‌های زبانی نظرات خبرگان به اعداد فازی اقدام گردید که نتایج آن در جدول ۱۱ قابل مشاهده است.

جدول ۱۱. راهکارهای غلبه بر موانع در مطالعه‌ی موردی به شکل فازی

راهکار	A1	A2	A3	...	R3	R4
۱	(۳و۵و۷)	(۱و۳و۵)	(۱و۱و۳)		(۱و۱و۳)	(۱و۳و۵)
۲	(۷و۹و۱۱)	(۵و۷و۹)	(۱و۳و۵)		(۵و۷و۹)	(۵و۷و۹)
۳	(۳و۵و۷)	(۳و۵و۷)	(۷و۹و۱۱)		(۱و۳و۵)	(۷و۹و۱۱)

...						
۲۰	(۳و۱و۱)	(۳و۱و۱)	(۳و۱و۱)		(۹و۷و۵)	(۳و۱و۱)
۲۱	(۳، ۱، ۱)	(۳، ۱، ۱)	(۳، ۱، ۱)		(۳، ۱، ۱)	(۳، ۱، ۱)

حال‌که اعدا فازی به دست آمد، این مقایسات را در جدول ۱۲، به صورت تجمعی درمی‌آوریم. فرمول‌های این تجمیع در قسمت قبل ذکر شده است.

جدول ۱۲. راهکارهای غلبه بر موانع در مطالعه‌ی موردی به شکل فازی تجمعی

راهکار	A1	A2	A3	...	R3	R4
۱	(۷و۸و۵و۱)	(۷و۸و۳و۱)	(۵و۸و۱و۱)		(۵و۸و۱و۱)	(۵و۴و۳و۱)
۲	(۱۱و۲و۸و۵)	(۹و۶و۶و۳)	(۵و۸و۲و۱)		(۱۱و۸و۷و۵)	(۹و۲و۶و۳)
۳	(۷و۲و۴و۱)	(۷و۴و۵و۳)	(۱۱و۶و۸و۷)		(۷و۶و۲و۱)	(۱۱و۸و۷و۵)
...						
۲۰	(۳و۴و۱و۱)	(۵و۸و۱و۱)	(۳و۴و۱و۱)		(۹و۲و۶و۳)	(۳و۱و۱و۱)
۲۱	(۵و۴و۱و۱)	(۵و۸و۱و۱)	(۳و۴و۱و۱)		(۵و۸و۱و۱)	(۳و۴و۱و۱)

ماتریس به دست آمده را استاندارد یا نرمال‌سازی می‌نماییم. جدول (۱۳)، راهکارهای غلبه بر موانع در مطالعه‌ی موردی به شکل فازی استاندارد را نشان می‌دهد.

جدول ۱۳. راهکارهای غلبه بر موانع در مطالعه‌ی موردی به شکل فازی استاندارد

راهکار	A1	A2	A3	...	R3	R4
۱	(۱و۰/۱۷و۰/۱۴)	(۱و۰/۲۶و۰/۱۴)	(۱و۰/۵۶و۰/۲)		(۱و۰/۵۶و۰/۲)	(۱و۰/۲۹و۰/۲)
۲	(۰/۲و۰/۱۲و۰/۰۹)	(۰/۳۳و۰/۱۵و۰/۱۱)	(۱و۰/۳۶و۰/۲)		(۰/۲و۰/۱۲و۰/۰۹)	(۰/۳۳و۰/۱۶و۰/۰۹)
۳	(۱و۰/۲۳و۰/۱۴)	(۰/۳۳و۰/۱۹و۰/۱۴)	(۰/۱۴و۰/۱۲و۰/۰۹)		(۱و۰/۳۸و۰/۱۴)	(۰/۰۲و۰/۱۳و۰/۰۹)
...						
۲۰	(۱و۰/۷۱و۰/۳۳)	(۱و۰/۵۶و۰/۲)	(۱و۰/۷۱و۰/۳۳)		(۰/۳۳و۰/۱۶و۰/۱۱)	(۱و۱و۰/۳۳)
۲۱	(۱و۰/۷۱و۰/۲)	(۱و۰/۵۶و۰/۲)	(۱و۰/۷۱و۰/۳۳)		(۱و۰/۵۶و۰/۲)	(۱و۰/۷۱و۰/۳۳)

جدول ۱۴. راهکارهای غلبه بر موانع در مطالعه‌ی موردی به شکل وزن‌دهی‌شده

راهکار	A1	A2	A3	...	R3	R4
۱	(۰/۰۶و۰/۰۱و۰/۰۰۸)	(۰/۱۱و۰/۳و۰/۰۲)	(۰/۰۱و۰/۰۰۶و۰/۰۰۲)		(۰/۰۳و۰/۰۲و۰/۰۰۶)	(۰/۰۵و۰/۰۱و۰/۰۱)
۲	(۰/۰۰۵و۰/۰۱۲و۰/۰۰۷)	(۰/۰۴و۰/۰۲و۰/۰۱)	(۰/۰۱و۰/۰۰۴و۰/۰۰۲)		(۰/۰۰۳و۰/۰۰۶و۰/۰۰۴)	(۰/۰۲و۰/۰۱و۰/۰۰۴)
۳	(۰/۰۶و۰/۰۱و۰/۰۰۸)	(۰/۰۴و۰/۰۲و۰/۰۲)	(۰/۰۰۱و۰/۰۰۱و۰/۰۰۱)		(۰/۰۳و۰/۰۱و۰/۰۰۳)	(۰/۰۱و۰/۰۰۶و۰/۰۰۴)
...						
۲۰	(۰/۰۶و۰/۰۴و۰/۰۲)	(۰/۱۱و۰/۰۶و۰/۰۲)	(۰/۰۱و۰/۰۰۷و۰/۰۰۳)		(۰/۰۱و۰/۰۰۵و۰/۰۰۳)	(۰/۰۵و۰/۰۵و۰/۰۲)
۲۱	(۰/۰۶و۰/۰۴و۰/۰۱)	(۰/۱۱و۰/۰۶و۰/۰۲)	(۰/۰۱و۰/۰۰۷و۰/۰۰۳)		(۰/۰۳و۰/۰۲و۰/۰۰۶)	(۰/۰۵و۰/۰۴و۰/۰۲)

حال در جدول (۱۵)، به رتبه‌بندی راهکارهای غلبه بر موانع با استفاده از روش تاپسیس پرداخته می‌شود.

جدول۱۵. رتبه‌بندی نهایی راهکارهای غلبه بر عوامل انسانی افزایش هزینه در مطالعه‌ی موردی

راهکار	شرح	d_i^+	d_i^-	CC_i	Rank
۱	به‌کارگیری پیمانکاران با تجربه و توانمند و دارای بنیه‌ی مالی کافی و حسن شهرت	۰/۱۳۹	۲۷/۸۵۸	۰/۹۹۵	۴
۲	انجام مطالعات کافی قبل از قرارداد	۰/۱۲۹	۲۷/۶۳۷	۰/۹۹۵	۵
۳	کنترل و نظارت بر مطالعات انجام شده توسط مشاور	۰/۱۳۴	۲۷/۶۳۸	۰/۹۹۵	۳
۴	ارتباطات مؤثر و هماهنگی بین کانال‌های مربوطه در هر مرحله از ساخت و ساز	۰/۴۷	۲۷/۸	۰/۹۸	۲۱
۵	پرهیز از اعمال تغییرات بنیادین	۰/۴۰۵	۲۷/۷۲۷	۰/۹۸۶	۱۹
۶	تصمیم‌گیری سریع و به موقع	۰/۴۱۹	۲۷/۸۴۲	۰/۹۸۵	۲۰
۷	تأمین تجهیزات و مواد اولیه در زمان مقرر	۰/۲۹۳	۲۷/۶۵۵	۰/۹۹	۱۴
۸	کسب تجربه لازم قبل از اجرایی نمودن پروژه	۰/۳۰۱	۲۷/۶۷۷	۰/۹۸۹	۱۶
۹	پرداخت تعهدات مالی کارفرما به پیمانکار درزمان مقرر	۰/۲۶۴	۲۷/۶۶۷	۰/۹۹۱	۱۲
۱۰	نظارت و کنترل بر مسائل فنی	۰/۱۸۳	۲۷/۸۵۴	۰/۹۹۳	۸
۱۱	انجام مطالعات امکان‌سنجی به طول کامل	۰/۱۰۸	۲۷/۷۶۷	۰/۹۹۷	۱
۱۲	کنترل مناسب زمان و کیفیت در طول پروژه	۰/۲۰۹	۲۷/۷۲۳	۰/۹۹۳	۷
۱۳	بکارگیری مهندسین مشاور با تجربه کافی و موثر	۰/۱۶۷	۲۷/۷۶۶	۰/۹۹۴	۶
۱۴	پاسخ‌دهی بدون تأخیر به سؤالات و ابهامات پیمانکار و کارفرما و تصمیم‌سازی برای ایشان	۰/۲۱۶	۲۷/۶۸۹	۰/۹۹۲	۱۰
۱۵	انتخاب نیروی انسانی مجرب و موثر	۰/۳۴۱	۲۷/۷۳۳	۰/۹۸۸	۱۷
۱۶	انتخاب پیمانکاران جُز دارای تجربه کافی.	۰/۲۳۸	۲۷/۸۳۶	۰/۹۹۲	۱۱
۱۷	وجود طرح جامع و کامل جریان وجوه نقدی	۰/۲۵۱	۲۷/۸۳۴	۰/۹۹۱	۱۳
۱۸	توجه به نگهداری و تعمیرات ماشین‌آلات و استفاده از ابزارآلات مناسب	۰/۱۹۵	۲۷/۸۵۰	۰/۹۹۳	۹
۱۹	برنامه‌ریزی و نظارت بر فعالیت‌ها و وجود برنامه‌ی تغییر در صورت نیاز	۰/۱۲۴	۲۷/۸۶۶	۰/۹۹۶	۲
۲۰	توجه به قوانین و مقررات	۰/۳۱۶	۲۷/۶۰۱	۰/۹۸۹	۱۵
۲۱	نظارت بر تورم و گران‌شدن مصالح توسط دولت و پر کردن خلأهای قانونی	۰/۳۲۷	۲۷/۸۹۷	۰/۹۸۸	۱۸

۵- بحث و نتیجه‌گیری

پژوهش‌گران پس از استخراج عوامل انسانی افزایش هزینه‌ی پروژه‌های عمرانی و راهکارهای غلبه بر آن‌ها از ادبیات تحقیق، در دو مرحله به انتخاب و رتبه‌بندی مؤثرترین عوامل و راهکارهای غلبه بر آن‌ها پرداختند. عوامل انسانی افزایش هزینه در قدم نخست از مرور پیشینه‌ی ادبیات تحقیق به دست آمد و پس از انجام مقایسات زوجی توسط خبرگان، به وسیله‌ی روش فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP)، کلیه‌ی عوامل شناسایی‌شده رتبه‌بندی شدند. مهم‌ترین این عوامل به ترتیب عبارت‌اند از:

عدم قیمت‌دهی مناسب پیمانکاران.

عدم انجام تعهدات مالی پیمانکار.
تخمین هزینه‌های غیرواقع‌بینانه در قرارداد.
پایین‌بودن شاخص‌های تعدیل نسبت به افزایش هزینه‌ها در طول اجرای پروژه.
عدم توجه و انعکاس تغییرات نرخ ارزی و تحریمات و غیره.

پژوهش‌گران برای پرهیز از تطویل نگارش نهایی پژوهش، تنها به ذکر رتبه‌های برتر بسنده کرده‌اند. در مرحله‌ی بعد با توجه به معیارهای شناسایی‌شده، ادبیات تحقیق مجدداً مورد مطالعه قرار گرفت تا راه‌کارهای غلبه بر این عوامل شناسایی گردد. این راهکارها نیز در اختیار خبرگان قرار گرفت تا با انجام مقایسات زوجی، مؤثرترین این راهکارها را شناسایی کنند. پژوهش‌گران با استفاده از الگوریتم تاپسیس، مؤثرترین معیارها را موارد ذیل تشخیص دادند:

انجام مطالعات امکان‌سنجی به طور کامل
برنامه‌ریزی و نظارت بر فعالیت‌ها و وجود برنامه‌ی تغییر در صورت نیاز
کنترل و نظارت بر مطالعات انجام شده توسط مشاور
به‌کارگیری پیمانکاران با تجربه و توانمند و دارای بنیه‌ی مالی کافی و حسن شهرت
انجام مطالعات کافی قبل از قرارداد

به این ترتیب عمل به راهکارهای فوق، تا حد قابل توجهی می‌تواند افزایش هزینه در پروژه‌های عمرانی را از بین برده و منجر به اتمام این پروژه‌ها در زمان و هزینه‌ی پیش‌بینی‌شده گردد. نکته‌ی شایان ذکر این است که کلیه‌ی موانع و راهکارهای شناسایی‌شده در ابتدا از ادبیات تحقیق یافته شده و در مرحله‌ی بعد توسط پرسش‌نامه‌های نیمه‌باز در اختیار خبرگان قرار گرفته‌است و همین امر، پاسخ‌ها را مناسب با شرایط کشور ما نموده‌است. پیشنهاد پژوهش‌گران برای پژوهش‌های آتی این است که چنین کاوشی را در کشورهای دیگر انجام داده و به مقایسه‌ی نتایج بپردازند. از طرف دیگر می‌توان با انجام مجدد پژوهش پیش‌رو در شرایط رفع تحریم‌ها و رونق اقتصادی، به مقایسه‌ی نتایج پرداخت. با توجه به این‌که اکثر پروژه‌های کلان و ملی با توجه به استاندارد PMBOK مدیریت می‌شوند و پروژه‌های عمرانی نیز از این قاعده مستثنی نیستند، پیشنهاد پژوهش‌گران این است که عوامل انسانی افزایش هزینه‌های پروژه‌های عمرانی و راهکارهای غلبه بر آن‌ها، از دید مدیریت پروژه و با توجه به این استاندارد مورد پژوهش قرار گیرد. این کار می‌تواند به ارائه‌ی راهکارهای عملی و متناسب با فرآیندهای مدیریت پروژه منتج گردد [۹].

منابع

[۱] رهنمای رودپشتی، فریدون؛ شیخ، ابراهیم و امیر حسینی، زهرا. (۱۳۸۷). نقش منابع انسانی و توسعه آن در چابک‌سازی سازمان. *چهارمین کنفرانس توسعه منابع انسانی*، سازمان گسترش و نوسازی صنایع ایران، موسسه مطالعات بهره وری و منابع انسانی، تهران: ایران.

[۲] شاکری، اقبال و قربانی، علی. (۱۳۸۴). مدیریت پروژه و شناخت علل عمده ادعاهای پیمانکاران پروژه‌های عمرانی. *دومین کنفرانس بین‌المللی مدیریت پروژه*، گروه پژوهش آریانا، تهران: ایران.

[۳] مؤمنی، منصور. (۱۳۸۹). *مباحث نوین تحقیق در عملیات*. تهران: آینده.

[۴] نوری، سیامک و فرجی، حمیدرضا. (۱۳۸۸). بررسی عوامل تأخیر در پروژه‌های عمرانی و ارائه الگویی جهت کاهش زمان تأخیر، *پنجمین کنفرانس بین‌المللی مدیریت پروژه*، گروه پژوهش آریانا، تهران: ایران.

[5] Ahmad, Z., Thaheem, M. J., & Maqsoom, A. (2018). Building information modeling as a risk transformer: An evolutionary insight into the project uncertainty. *Automation in Construction*, Vol. 92, pp. 103-119.

[6] Aibinu, A., Yean Yng Ling, Florence., & Ofori, George. (2011). Structural equation modelling of organizational justice and cooperative behaviour in the construction project claims process: contractors' perspectives. *Construction Management and Economics*, Vol. 11(5), pp. 463-481.

[7] Al-Keim, A. (2017). Strategies to Reduce Cost Overruns and Schedule Delays in Construction Projects. *Web Online: https://scholarworks.waldenu.edu/dissertations/4586/*

[8] Aziz, R. F., & Abdel-Hakam, A. A. (2016). Exploring delay causes of road construction projects in Egypt. *Alexandria Engineering Journal*, Vol. 55(2), pp. 1515-1539.

[9] Chen, C-T., Lin, C-T., & Huang, S-F. (2006). A fuzzy approach for supplier evaluation and selection in supply chain management. *International Journal of Production Economics*, Vol. 102, pp. ۲۸۹-۳۰۱.

[10] Doloi, H., Sawhney, A., Lyer, K.C. & Rentala. S. (2012). Analyzing factors affecting delays in Indian construction projects, *International Journal of Project management*, Vol. 30, pp. 479-489.

[11] Enshassi, A., Choudhry, R., & El-ghandour, S. (2009). Contractors' Perception towards Causes of Claims in Construction Projects. *International Journal of Construction Management*, Vol 9(1), pp. 79-92.

[12] Fayke Aziz, R. (2013) .Ranking of delay factors in construction projects. *Alexandria Engineering Journal*, Vol. 52, pp. 387–406.

[13] Forsythe, P., Davidson, W., & Phua, F. (2010). *Predictors of construction time in detached housing projects*. Proc. Annual Meeting of the AUBEA, Melbourne: Australia.

[14] França, A., & Naked Haddad, A. (2018). Causes of Construction Projects Cost Overrun in Brazil. *International Journal of Sustainable Construction Engineering & Technology*, Vol. 9(1), pp. 69-83.

[15] Fugar, F. & Agyakwah-Baah, A. (2010) Delays in building construction projects in Ghana. *Australasian Journal of Construction Economics and Building*. Vol. 10 (1/2), pp. 103–116.

[16] Gabrehiwet, T., & Luo, H. (2017). Analysis of Delay Impact on Construction Project Based on RII and Correlation Coefficient: Empirical Study. *Procedia Engineering*, Vol. 196, pp. 366-374.

[17] Gudiene, N., Banaitis, A., & Podvezko, V., & Banaitiene, N. (2014). Identification and evaluation of the critical success factors for construction projects in Lithuania: AHP approach. *Journal of Civil Engineering and Management*, Vol. 20(3), pp. 350-359.

[18] Haidar, A. (2011). *Global Claims in Construction*. Springer: London.

[19] Haseeb, M., Lu, X., Bibi, A., Dyian, M., & Rabbani, W. (2011). Problems of projects and effects of delays in the construction industry of Pakistan. *Australian Journal of Business and Management Research*. Vol. 1(5), pp. 41–50.

[20] Hansen, D., Mowen, M., & Heitger, D. (2021). *Cost Management*. Cengage Learning: New York.

[21] Kaming, P.F., Olomolaiye, P.O., Holt, G.D., & Harris, F.C. (1997). Factors influencing construction time and cost overruns on high-rise projects in Indonesia. *Construction Management & Economic*. Vol. 15, pp. 83–94.

[22] Kazaz, A., Ulubeyli, S., & Avcioglu Tuncbilekli, N. (2012). Causes of Delays in Construction Projects in Turkey. *Journal of Civil Engineering and Management*, Vol. 18(3), pp. 426-435.

[23] Larsen, J. K., Shen, G. Q., Lindhard, S. M., & Brunoe, T. D. (2016). Factors Affecting Schedule Delay, Cost Overrun, and Quality Level in Public Construction Projects. *Journal of Management in Engineering*, Vol. 32(1), pp. 04015032 (1-10).

[24] Le-Hoai, L., Lee, Y.D., & Lee, J.Y. (2009). Delay and cost overruns in Vietnam. *KSCE Journal of Civil Engineering*, Vol. 12, pp. 367-377.

[25] Love, P.E.D., Wang, X., Sing, C.P., & Tiong, R.L.K. (2013). Determining the probability of project cost overruns. *Journal of Construction Engineering and Management*, Vol. 139(3), pp. 321–۳۳۰.

[26] Marzouk, M. M., & El-Rasas, T. I. (2014). Analyzing delay causes in Egyptian construction projects. *Journal of Advanced Research*, Vol. 5, pp. 49-55.

[27] Memon, A.H., Abdul Rahman, I., Abdullah, M.R., & AbduAzis, A.A. (2010). Factors Affecting Construction Cost in Mara Large Construction Project: Perspective of Project Management Consultant. *International Journal of Sustainable Construction Engineering & Technology*, Vol. 1(2), pp. 41-54.

[28] Mishra, A., Sudarsan, J., & Nithiyanantham, S. (2017). Assessment of time–cost model of public health buildings in Nepal. *Asian Journal of Civil Engineering*, Vol. 22, pp. 13-22.

[29] Olawale, Y., & Sun, M. (2015). Construction project control in the UK: Current practice, existing problems and recommendations for future improvement. *International Journal of Project Management*, Vol. 33(3), pp. 623-637.

[30] Polat, G., Okay, F., & Eray, E. (2014). Factors Affecting Cost Overruns in Micro-scaled Construction Companies. *Procedia Engineering*, Vol. 85, pp. 428-435.

[31] Pooworakulchai C., Kongsong W., & Kongbenjapuch K. (2017). Affecting on Contract Administration in Government Construction Projects. *International Journal of Applied Engineering Research*, Vol. 12(9), pp. 2079-2086.

[32] Rosenfeld, Y. (2014). Root-cause analysis of construction-cost overruns. *Journal of Construction Engineering and Management*, Vol. 140(1), pp. (04013039) 1-10.

[33] Shen, W., Tang, W., Yu, W., Duffield, C., Kin Peng Hui, F., Wei, Y., & Fang, J. (2017). Causes of contractors' claims in international engineering-procurement-construction projects. *Journal of Civil Engineering and Management*, Vol. 23(6), pp. 727-739.

[34] Singh, H. (2020). *A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK® Guide)*. PS Williams: New York.

[35] Soliman, E. (2010). Delay causes in Kuwait construction projects, in: *Proceedings of the 7th Alexandria International Conference on Structural and Geotechnical Engineering*, AICSGE 7 (MG), pp. 57–67.

[36] Ten Brink, P. (2017). *Voluntary Environmental Agreements. Process, practice and Future Use*. London: Routledge.

[37] Yap, J. B. H., & Skitmore, M. (2018). Investigating design changes in Malaysian building projects. *Architectural Engineering and Design Management*, Vol. 14(3), pp. 218-238.

[38] Zidane, Y. J. T., & Andersen, B. (2018). The top 10 universal delay factors in construction projects. *International Journal of Managing Projects in Business*, Vol. 11(3), pp. 650-672.