

چارچوب یکپارچه‌ی ارزیابی عملکرد پروژه از دیدگاه پیمانکاران صنعت ساخت

محمدحسن سیط (دانشیار)

عاطفه عدلی* (کارشناس ارشد)

دانشکده‌ی مهندسی عمران و محیط‌زیست، دانشگاه صنعتی امیرکبیر

حسین نقاش طوسی (استادیار)

دانشکده‌ی معماری، دانشگاه تهران

مهندسی عمران شریف، زمستان ۱۳۹۶ (دوره ۲ - ۳، شماره ۱/۴، ص. ۸۳-۹۵)، (پاداشت نفی)

مدیریت پروژه در محیط‌های متغیر دنیای امروز نیازمند تسلط بر نوع و میزان تغییرات عوامل مختلف مؤثر در پروژه است. از این رو، هدف پژوهش حاضر، جمع‌آوری مجموعه‌ی از شاخص‌های اطلاعاتی مناسب برای تدوین چارچوب داشبورد جامع مدیریت پروژه است؛ به طوری که شاخص‌های منتخب، توانایی نمایش همه‌جانبه‌ی وضعیت عملکردی پروژه را داشته باشند. برای این منظور، پس از مطالعه‌ی شاخص‌های پیشنهادی در مطالعات اخیر، تعداد ۶۰ شاخص مهم ارزیابی عملکرد پروژه‌ها جمع‌آوری شدند. سپس، در قالب یک مطالعه‌ی میدانی در مجموعه‌ی از پروژه‌های عمرانی بزرگ کشور، شاخص‌های کاربردی در سیستم‌های پیمانکاری آنها شناسایی و به فهرست قبل اضافه شدند. براساس مطالعات انجام شده، پرسش‌نامه‌ی بر مبنای مقیاس لیکرت طراحی شد که به وسیله‌ی آن متخصصان مدیریت پروژه‌های عمرانی، شاخص‌ها را به تفکیک ۱۰ حوزه‌ی مدیریت پروژه اولویت‌بندی کردند. یافته‌های پژوهش، فهرستی از پرکاربردترین شاخص‌های ارزیابی عملکرد برای مدیریت ابعاد مختلف پروژه‌های صنعت ساخت از جمله مدیریت هزینه و تأمین مالی، دعاوی، محیط‌زیست و سایر حوزه‌های مدیریت پروژه‌های عمرانی را منطبق بر مطالعات پژوهشگران بین‌المللی و شرایط پروژه‌های داخلی ارائه می‌دهد. داشبورد مدیریت پروژه‌ی، که با شاخص‌های ذکر شده طراحی می‌شود، این قابلیت را برای مدیران پروژه‌ی صنعت ساخت فراهم می‌کند که مهم‌ترین موضوعات تعیین‌کننده‌ی عملکرد پروژه را شناسایی و تحت مدیریت قرار دهند.

واژگان کلیدی: شاخص اطلاعاتی، ارزیابی عملکرد، مدیریت پروژه، تصمیم‌گیری، سیستم پیمانکاری.

۱. مقدمه

در روش‌های سنتی، عملکرد پروژه معمولاً بر مبنای سه حوزه‌ی زمان، هزینه و کیفیت سنجیده می‌شود. اما با مرور نتایج مطالعات اخیر می‌توان دریافت که مثلث آهنین^۱ مدیریت پروژه، دیگر به تنهایی پاسخگوی تمامی نیازهای مدیر پروژه در زمینه‌ی کنترل همه‌جانبه‌ی عملکرد پروژه نیست؛^۱ زیرا در پروژه‌های پیچیده‌ی امروزی لازم است تا ابعاد دیگر عملکرد مانند: ایمنی، محیط‌زیست و ذی‌نفعان نیز توسط مدیر پروژه ارزیابی شوند. در چنین شرایطی مدیر پروژه برای انجام تمامی وظایف خود، نیازمند اطلاعاتی مناسب و اغلب کلان، در زمینه‌های گوناگون مانند: ارزش کسب شده، وضعیت فعالیت پرسنل و ماشین‌آلات، خلاصه‌ی گزارش‌های مالی و غیره است.

یکی از مؤثرترین راهکارهایی که اخیراً در پروژه‌های عمرانی استفاده می‌شود، استفاده از مفهومی به نام داشبورد مدیریت پروژه^۲ است. داشبورد مدیریت پروژه عبارت از گزارش یک صفحه‌ی است که وضعیت پروژه را به صورت شفاف در یک نمای کلی نشان می‌دهد.^۱ این گزارش حاوی مجموعه‌ی از شاخص‌های کلیدی عملکرد (KPIs)^۳ است که استفاده از آنها روند تجمیع و ارائه‌ی اطلاعات لازم برای پشتیبانی از تصمیم‌گیری مدیر پروژه را بهبود می‌بخشد. اما نکته‌ی حائز اهمیت در طراحی داشبورد مدیریت پروژه، انتخاب شاخص‌های مناسب و جامعی است که هم توانایی نمایش وضعیت کلی پروژه را داشته باشد و هم از ارائه‌ی بیش از حد نیاز اطلاعات (در اصطلاح بمباران اطلاعاتی مدیر پروژه) جلوگیری کند.

هدف در نوشتار حاضر، ارائه‌ی چارچوبی واحد برای ارزیابی عملکرد پروژه در سیستم‌های پیمانکاری است که برای تحقق آن، فرایندهای ارزیابی عملکرد با

* نویسنده مسئول

تاریخ: دریافت ۱۳۹۴/۱/۲۵، اصلاحیه ۱۳۹۴/۱۰/۸، پذیرش ۱۳۹۵/۲/۷

sebt@aut.ac.ir
atefeh.adli@aut.ac.ir
toosi@ut.ac.ir

استفاده از تعداد محدودی شاخص اطلاعاتی مدون شده است. براساس ویرایش پنجم استاندارد (۲۰۱۲) PMBOK، شاخص‌ها در ۱۰ حوزه‌ی مدیریت پروژه از جمله شامل: مدیریت تدارکات، مدیریت منابع انسانی، مدیریت ذی‌نفعان، مدیریت دعاوی، مدیریت ایمنی و مدیریت محیط‌زیست شناسایی شده است. اطلاعات مداوم و سازمان‌دهی شده که با استفاده از شاخص‌های مذکور در اختیار مدیر پروژه قرار می‌گیرد، ایشان را هم از ابعاد مختلف عملکرد پروژه آگاه می‌سازد و هم به او توانایی اتخاذ تصمیمات لازم را در حوزه‌های گوناگون مدیریت پروژه می‌دهد.

۱.۱. پیشینه‌ی پژوهش

وقتی صحبت از ارزیابی عملکرد پروژه‌های صنعت ساخت به عمل می‌آید، بیشتر پژوهشگران در مطالعات خود بر اهمیت زمان، هزینه و کیفیت تأکید می‌کنند و شاخص‌های ارزیابی خود را در ۳ حوزه‌ی مذکور ارائه می‌دهند.^[۳-۵] اگرچه شاخص‌های معرفی شده در سه حوزه‌ی ذکر شده، مبنایی برای ارزیابی موفقیت کلی پروژه هستند و در حین اجرای پروژه به‌سادگی قابل اندازه‌گیری، ارائه و درک هستند؛ ولی، در عین حال توانایی پوشش همه‌ی جنبه‌های عملکردی پروژه را ندارند، به یکدیگر وابسته هستند و انعطاف‌پذیری لازم را در ارزیابی عملکرد ندارند.^[۶] از این رو پژوهشگران دانش مدیریت پروژه بر آن شدند تا مجموعه‌ی کاملی از شاخص‌های لازم برای ارزیابی همه‌جانبه‌ی عملکرد پروژه‌های عمرانی فراهم آورند که از طریق آن، هم نقایص موجود را برطرف کنند و هم اطلاعات لازم را در اختیار مدیران پروژه قرار دهند. در این راستا، در سال ۲۰۰۳ نوشتاری حاوی فهرستی از شاخص‌های کتبی و کیفی ارزیابی عملکرد پروژه منتشر شده است که در آن ۶ شاخص در ۶ حوزه‌ی: مدیریت زمان، هزینه، کیفیت، نیروی انسانی، منابع و ایمنی ارائه شده است.^[۷] پس از آن در پژوهشی در زمینه‌ی صنعت ساخت در کشور تايلند (۲۰۱۰)، مجموعه‌ی ۹ شاخص در ۸ حوزه‌ی: مدیریت زمان، هزینه، کیفیت، نیروی انسانی، تعارضات، منابع، ذی‌نفعان و ایمنی معرفی شده است.^[۱] در پروژه‌های احداث ساختمان‌های مسکونی کره‌ی جنوبی (۲۰۱۱)، ۱۸ شاخص در ۶ حوزه‌ی: مدیریت زمان، هزینه، کیفیت، نیروی انسانی، ایمنی و محیط‌زیست به‌عنوان مهم‌ترین شاخص‌های ارزیابی عملکرد پروژه‌ها به‌دست آمده است.^[۸] همچنین بررسی‌های گسترده‌ی در فاصله‌ی سال‌های ۲۰۰۳ تا ۲۰۱۱ در کشور کنیا انجام شده است که نهایتاً نتایج آن منجر به ارائه‌ی مجموعه‌ی کاملی از ۲۷ شاخص در حوزه‌های: مدیریت زمان، هزینه، کیفیت، تعارضات، ایمنی و محیط‌زیست در سال ۲۰۱۳ شده است.^[۶] اخیراً هم در دو نوشتار منتشر شده در سال ۲۰۱۴،^[۹،۱۰] هر کدام به ترتیب ۱۰ شاخص در ۶ حوزه‌ی: مدیریت زمان، هزینه، کیفیت، ایمنی و محیط‌زیست و ۸ شاخص در ۵ حوزه‌ی: مدیریت زمان، هزینه، کیفیت، ذی‌نفعان و ایمنی معرفی شده است. مطالعات گسترده‌ی دیگری نیز بر روی چگونگی ارزیابی عملکرد پروژه‌های صنعت ساخت و شاخص‌های کاربردی در آن انجام شده است که در ادامه به تعدادی از آنها اشاره شده است. در نتایج پژوهشی در سال ۲۰۰۶، از ارزیابی عملکرد پروژه بر مبنای مثلث آهین مدیریت پروژه با فراتر گذاشته و دو حوزه‌ی مدیریت ذی‌نفعان و تعارضات به‌عنوان حوزه‌های تأثیرگذار در بهبود عملکرد پروژه‌ها معرفی شد.^[۱۱] در مطالعات دیگری در مورد ارزیابی عملکرد پروژه (۲۰۰۹)، نیز علاوه بر سه حوزه‌ی اصلی، شاخص‌هایی در حوزه‌های مدیریت منابع انسانی، ریسک، ایمنی و محیط‌زیست ارائه شده است.^[۱۲] در نوشتار دیگری در همان سال، ابتدا حوزه‌های مدیریت ایمنی، ذی‌نفعان و ارتباطات به‌عنوان سه حوزه‌ی تأثیرگذار در عملکرد پروژه معرفی و سپس در سال ۲۰۱۳، با تکمیل مطالعات انجام شده‌ی پیشین، مدیریت

محیط‌زیست و بهره‌وری منابع به فهرست اخیرشان اضافه شده است.^[۱۳،۱۴] بنابراین، براساس یافته‌های ذکر شده‌ی اخیر اگر لازم باشد ارزیابی جامعی از عملکرد پروژه صورت گیرد، باید معیارهای مذکور در ۸ حوزه‌ی: مدیریت زمان، هزینه، کیفیت، ذی‌نفعان، ارتباطات، منابع، ایمنی و محیط‌زیست تعریف شود. همچنین در سال ۲۰۱۰، حوزه‌های مدیریت منابع انسانی، ریسک و تدارکات به‌عنوان مکمل حوزه‌های سه‌گانه شناخته شده است.^[۱۵] در نهایت در سال ۲۰۱۳، شاخص‌های به کار رفته در پروژه‌های ساختمانی کشور عربستان جمع‌آوری شده و فهرست به‌دست آمده علاوه بر سه حوزه‌ی اصلی، حوزه‌های مدیریت ذی‌نفعان و ایمنی را هم پوشش داده است.^[۱۶]

همان‌طور که مشاهده می‌شود، هر کدام از مطالعات بررسی شده فقط بخشی از شاخص‌های لازم برای ارزیابی عملکرد پروژه را پوشش می‌دهند؛ در حالی که مدیر پروژه برای تصمیم‌گیری و انجام وظایف مدیریتی خود نیازمند اطلاعاتی جامع در کلیه‌ی حوزه‌های عملکردی پروژه است. برای برطرف کردن خلأ موجود در پژوهش‌های حوزه‌ی مدیریت پروژه، پژوهش حاضر با هدف معرفی فهرست کاملی از کلیه‌ی شاخص‌های مورد نیاز برای ارزیابی یکپارچه‌ی عملکرد پروژه و ارائه‌ی اطلاعات مذکور در قالب داشبورد مدیریت پروژه انجام شده است. در پژوهش حاضر برخلاف موارد مشابه، فقط به معرفی شاخص‌های هر حوزه بسنده نشده و با استفاده از آزمون اولویت‌بندی فریدمن، میزان کارایی هر یک از آنها ارزیابی شده است. تمرکز پژوهش نیز فقط بر یافتن راهکاری جهت تأمین نیازهای اطلاعاتی مدیران پروژه‌ی پیمانکاران فعال در صنعت ساخت کشور بوده است.

۲.۱. سیستم‌های پیمانکاری

تا قبل از قرن بیستم میلادی، پروژه‌ها عموماً به‌صورت دو عاملی اجرا می‌شد و معماران و صنعتگران با عنوان یک‌تازان عرصه‌های مهندسی، وظیفه‌ی طرح و اجرای پروژه‌ها را بر عهده داشتند؛ ولی با تخصصی شدن پروژه‌ها پس از جنگ جهانی دوم، اجرای آنها به‌صورت ۳ عامل (کارفرما، مشاور و پیمانکار) به شدت گسترش یافت. از آنجایی که پیمانکار، مسئولیت اجرای عملیات پروژه را بر عهده دارد، همواره به‌عنوان رکن اصلی این مثلث مطرح بوده است؛ حتی در برخی از شکل‌های جدید قراردادی، نقش طراحی، مشاوره، نظارت و همچنین تأمین کالا و سرمایه نیز به پیمانکار واگذار شده است که در این حالت مثلث مذکور به نقطه‌ی پیمانکاری تبدیل می‌شود. اما فارغ از نقشی که پیمانکار در پروژه ایفا می‌کند، برای ارتقاء عملکرد، پروژه نیاز به یک سیستم مدیریت پروژه‌ی یکپارچه دارد. سیستمی که توانایی انجام وظایف مدیر پروژه در همه‌ی ابعاد زمان، هزینه، منابع، ریسک، دعاوی و غیره را به طور هم‌ارز داشته باشد.

در یک دید جامع، وظایف مدیر پروژه در سیستم‌های پیمانکاری عمدتاً به ۵ بخش: برنامه‌ریزی^۴، سازمان‌دهی^۵، تأمین نیروی انسانی^۶، هدایت و رهبری^۷ و نظارت و کنترل^۸ تقسیم می‌شود. از آنجایی که پیمانکار در پروژه‌های عمرانی به دنبال تأمین اهداف خود از جمله: جلب رضایت کارفرما، تکمیل به موقع پروژه، تأمین حاشیه‌ی سود، استفاده‌ی بهینه از منابع (مصالح، ماشین‌آلات و نیروی انسانی)، جلوگیری از بروز دعاوی، برقراری ایمنی در کارگاه، رعایت استانداردهای زیست‌محیطی است.^[۱۷] مدیر پروژه‌ی وی نیز سعی بر انجام وظایف پنج‌گانه در چارچوب تأمین اهداف موردنظر دارد. واضح است که این حجم از وظایف، مسئولیت سنگینی بر عهده‌ی مدیر پروژه قرار داده است؛ به طوری که او به تنهایی و بدون استفاده از سیستم‌های پشتیبان، قادر به انجام آنها نخواهد بود.

۲. روش تحقیق

با توجه به هدف پژوهشگر برای استخراج شاخص های اطلاعاتی لازم در سیستم های پیمانکاری و استفاده از آنها برای برقراری ارتباطات مؤثر در پروژه ها، گردآوری اطلاعات به روش پیمایشی، کتابخانه ای و مصاحبه ای با صاحب نظران صورت گرفته است. در این راستا، ابتدا از طریق مطالعات کتابخانه ای و بررسی کتب، مقالات علمی و مطالعات پیشین به جمع آوری اطلاعات درباره شاخص های اطلاعاتی ارزیابی عملکرد پروژه پرداخته شده است.

سیس از طریق انجام مصاحبه ای با صاحب نظران و مدیران پروژه ای فعال در پروژه های عمرانی کشور، به استخراج شاخص های عملیاتی اولویت دار در شرایط موجود پروژه ها پرداخته شده است؛ ابزار مصاحبه به صورت باز و ساختار نیافته به دلیل امکان ایجاد بحث و تبادل نظر درباره مفهوم و نحوه استفاده از شاخص های پیشنهادی در فضای پروژه انتخاب شده است. انتخاب مصاحبه ای با به عنوان روش گردآوری داده های توصیفی به ویژه برای شاخص های کیفی، توانست شاخص های موازی و با هم پوشانی مفهومی را از فرایند پژوهش حذف کند. فرایند پژوهش به طور خلاصه در شکل ۱ نشان داده شده است.

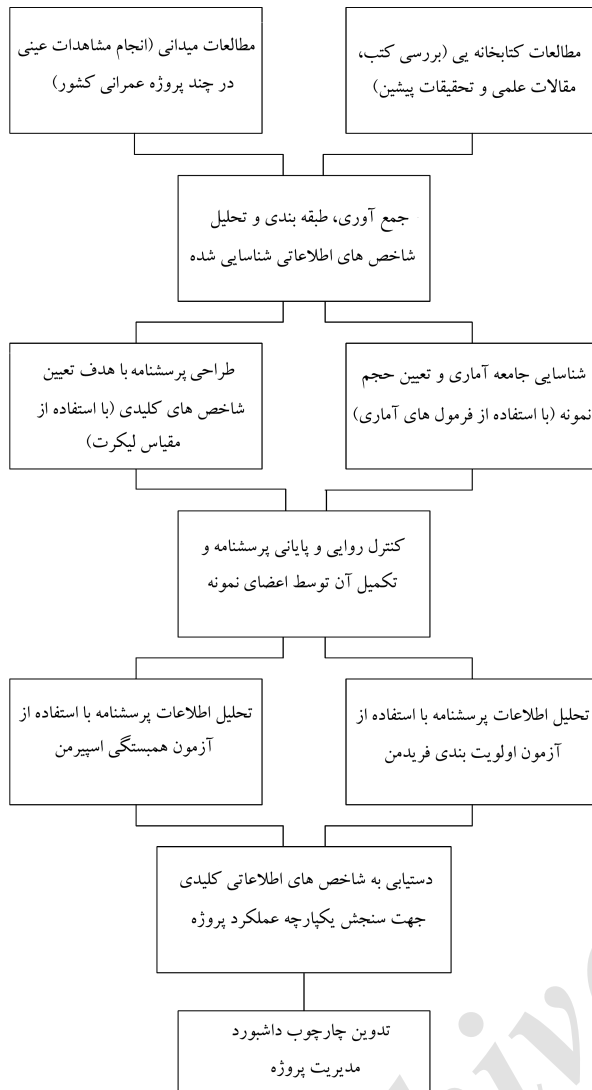
پس از جمع آوری کامل اطلاعات به دو روش مطالعات کتابخانه ای و مطالعات میدانی، نسبت به طبقه بندی و تحلیل اطلاعات گردآوری شده اقدام و در مرحله بعد برای کنترل صحت اطلاعات، پس از جمع آوری کامل اطلاعات به دو روش مطالعات کتابخانه ای و مطالعات میدانی، نسبت به طبقه بندی و تحلیل اطلاعات گردآوری شده اقدام و در مرحله بعد برای کنترل صحت اطلاعات، پرسش نامه ای تهیه و توزیع شده است. پرسش نامه ای طراحی شده، شاخص های اطلاعاتی را از نظر میزان کارایی، درجه اهمیت و ارتباط آنها با یکدیگر بررسی می کند و خروجی حاصل از آن، فهرستی از شاخص ها را ارائه می دهد که در ارزیابی یکپارچه ای عملکرد پروژه و طراحی داشبورد اطلاعاتی استفاده می شوند.

در پرسش نامه برای اندازه گیری نظرات از رایج ترین شکل مقیاس ترتیبی یعنی مقیاس لیکرت استفاده می شود،^[۱۸] به گونه ای که پاسخ دهنده میزان موافقت خود را با هر عبارت در یک مقیاس درجه بندی شده از ۱ تا ۱۰ اعلام می کند. پس از تنظیم پرسش نامه و قبل از توزیع، برای صحت روایی پرسش نامه، یک آزمایش مقدماتی روی آن انجام می شود. در این بررسی یک متخصص آمار، پرسش نامه را از نظر شکل ظاهری و تناسب آن با روش های تحلیل آماری بررسی کرده و ۵ متخصص در حوزه پیمانکاری صنعت ساخت، پرسش نامه را از نظر محتوایی مورد تأیید قرار داده اند. برای سنجش پایایی پرسش نامه نیز از معروف ترین ابزار در حوزه پیمانکاری یعنی ضریب آلفای کرونباخ استفاده شده است؛ که مقدار آن در پژوهش حاضر معادل ۰/۹۴۷ به دست آمده است که نشان دهنده پایایی بسیار بالای پرسش نامه است.

۱.۲. شاخص های اطلاعاتی ارزیابی عملکرد

۱.۱.۲. شاخص های حوزه مدیریت زمان

مدیریت زمان پروژه، شامل فرایندهای لازم برای مدیریت تکمیل به موقع پروژه است.^[۱۹] تلاش مدیر پروژه در این حوزه، معطوف به انجام پروژه در چارچوب برنامه ای زمان بندی تعریف شده برای آن است؛ بنابراین باید اطلاعاتی در اختیار مدیر پروژه قرار گیرد که بتواند به کمک آنها عملکرد زمانی پروژه خود را در هر لحظه مورد سنجش قرار دهد. در این حوزه شاخص های متعددی ارائه شده اند که تعدادی از آنها



شکل ۱. مراحل انجام پژوهش.

از نظر مفهومی هم پوشانی دارند و قابل تفکیک نیستند. در جدول ۱، چهار مورد از شاخص های معرفی شده در نوشتارها به عنوان شاخص های برگزیده ارائه شده اند.

۲.۱.۲. شاخص های حوزه مدیریت مالی و هزینه

مدیریت هزینه پروژه، شامل فرایندهای مرتبط با برآورد، بودجه بندی و کنترل هزینه هاست، تا پروژه بتواند با بودجه ای مصوب تکمیل شود.^[۱۹] در این حوزه نیز مدیر پروژه به دنبال اتمام پروژه در چارچوب بودجه ای تعیین شده است؛ در این راستا، باید اطلاعاتی در اختیار وی قرار داد که امکان کنترل هزینه های پروژه را برای او فراهم سازد. متداول ترین شاخص ها در این حوزه، همان شاخص های ارزش کسب شده^۹ هستند که کارایی آنها در عمل اثبات شده است.^[۱۹] علاوه بر شاخص های مدیریت هزینه، تأمین به موقع منابع مالی در پروژه ها که در حوزه مدیریت مالی تعریف می شود، اهمیت به سزایی دارد. پس از بررسی شاخص های مختلف در این زمینه، میزان درآمد حاصل از پروژه به عنوان مهم ترین شاخص استقلال مالی پروژه در این بخش معرفی شده است. در جدول ۱، گزیده ای هر ۲

جدول ۱. شاخص‌های اطلاعاتی ارزیابی عملکرد پروژه در سیستم‌های پیمانکاری.

ردیف	حوزه مدیریت پروژه	ابعاد عملکرد مدیریت پروژه	شماره	شاخص اطلاعاتی	تعریف شاخص اطلاعاتی
۱	مدیریت زمان پروژه	عملکرد زمان‌بندی ارزیابی	۱-۱	اثر بخشی زمان‌بندی	مقایسه‌ی زمان‌بندی پروژه با متوسط زمان‌بندی پروژه‌های مشابه
			۲-۱	نرخ اضافه‌کاری	نسبت روزهای اضافه‌کاری به زمان‌بندی انجام شده
			۳-۱	کارایی زمان‌بندی	نسبت پیشرفت کسب شده به پیشرفت برنامه‌ریزی شده
			۴-۱	قابلیت پیش‌بینی زمان‌بندی	مقایسه‌ی زمان صرف شده برای انجام کار با زمان برنامه‌ریزی شده برای آن
۲	مدیریت هزینه و تامین مالی پروژه	ارزیابی عملکرد هزینه و تامین مالی	۱-۲	اثر بخشی هزینه	مقایسه‌ی هزینه‌ی پروژه با هزینه‌ی متوسط پروژه‌های مشابه
			۲-۲	نرخ هزینه	نسبت هزینه به درآمد
			۳-۲	کارایی هزینه	نسبت هزینه‌ی بودجه‌بندی شده برای کار به هزینه‌ی واقعی انجام کار
			۴-۲	عملکرد سودآوری	نسبت درآمد کسب شده از کار به هزینه‌ی واقعی انجام کار
۳	مدیریت کیفیت پروژه	ارزیابی عملکرد کیفی	۱-۳	فراوانی نقص	تعداد عدم انطباق ثبت شده (اعم از جزئی و یا قابل توجه)
			۲-۳	نرخ دوباره‌کاری	تعداد موارد دوباره‌کاری (عدم انطباق‌های قابل توجه)
			۳-۳	هزینه‌ی دوباره‌کاری	هزینه‌ی مربوط به دوباره‌کاری‌ها
			۴-۳	زمان دوباره‌کاری	زمان صرف شده برای دوباره‌کاری‌ها
۴	مدیریت منابع انسانی	ارزیابی بهره‌وری نیروی انسانی	۱-۴	انحراف زمان	تعداد ساعات کاری نیروی انسانی و مقایسه‌ی آن با ساعات کاری تخمینی
			۲-۴	کارکرد نیروی انسانی	میزان کار انجام شده توسط نیروی انسانی در واحد زمان
			۳-۴	انحراف هزینه	میزان هزینه‌ی نیروی انسانی و مقایسه‌ی آن با برآورد اولیه‌ی هزینه
			۴-۴	راندمان کاری نیروی انسانی	میزان کار مفید انجام شده توسط نیروی انسانی
۵	مدیریت تدارکات پروژه	ارزیابی عملکرد (بهره‌وری) ماشین‌آلات	۱-۵	انحراف زمان	تعداد ساعات کاری ماشین و مقایسه‌ی آن با ساعات کاری تخمینی
			۲-۵	کارکرد ماشین‌آلات	میزان کار انجام شده توسط ماشین‌آلات در واحد زمان
			۳-۵	انحراف هزینه	میزان هزینه‌ی ماشین و مقایسه‌ی آن با برآورد اولیه‌ی هزینه
			۴-۵	راندمان کاری ماشین‌آلات	میزان کار مفید انجام شده توسط ماشین‌آلات
			۵-۵	درصد پرت مصالح	میزان مصالح مصرف شده نسبت به میزان مصالح محاسبه شده
۶	مدیریت ریسک پروژه	ارزیابی عملکرد مدیریت ریسک	۱-۶	نرخ رویدادهای پیش‌بینی نشده	نرخ رویدادهای پیش‌بینی نشده
			۲-۶	انحراف هزینه	انحراف هزینه‌ی ناشی از رویدادهای پیش‌بینی نشده
			۳-۶	انحراف زمان	انحراف زمان ناشی از رویدادهای پیش‌بینی نشده
۷	مدیریت ذی‌نفعان پروژه	سطح رضایت‌مندی اعضا تیم پروژه	۱-۷		میزان مشارکت در پروژه
			۲-۷	ارزیابی	میزان پاسخ‌دهی مدیر پروژه به نیازهای اعضای تیم پروژه
			۳-۷	سطح رضایت‌مندی اعضا تیم پروژه	میزان علاقه‌مندی به ماهیت کار
			۴-۷	اعضا تیم پروژه	میزان شفافیت مسئولیت‌های شغلی
			۵-۷		کفایت تجهیزات برای انجام کار

ادامه‌ی جدول ۱.

آموزش‌های دریافت شده برای انجام کار	۶-۷			
کیفیت نظارت	۷-۷			
هماهنگی با سایر دبسیپالین‌ها	۸-۷			
جبران خسارت‌های مالی	۹-۷			
درک نیازمندی‌های پروژه	۱۰-۷			
پاسخ به نیازها و درخواست‌های کارفرما	۱۱-۷			
انعطاف‌پذیری و سازگاری با تغییرات	۱۲-۷	سطح رضایت‌مندی کارفرما	ارزیابی سطح	
توانایی کلی تیم پروژه پیمانکار	۱۳-۷		رضایت‌مندی کارفرما	
ارتباطات موثر	۱۴-۷			
نوآوری در حل مشکلات	۱۵-۷			
عملکرد در رابطه با هزینه	۱۶-۷			
عملکرد در رابطه با زمان‌بندی	۱۷-۷		ارزیابی سطح	
عملکرد در رابطه با کیفیت خدمات	۱۸-۷	سطح رضایت‌مندی کارفرما	اهمیت حوزه	
عملکرد در رابطه با کیفیت محصول	۱۹-۷		عملکردی پروژه	
عملکرد در رابطه با روش‌های ایمنی	۲۰-۷		از نظر کارفرما	
دعاوی بروز کرده به علت عدم تبعیت از مشخصات فنی	۱-۸			
دعاوی به‌وجود آمده به علت تغییرات مکرر در پروژه	۲-۸	نرخ دعاوی پروژه	ارزیابی تعداد	۸ مدیریت
تعداد جلسات رسمی برگزار شده برای حل دعاوی	۳-۸		دعاوی در پروژه	دعاوی پروژه
تحریرکات صورت گرفته توسط اتحادیه‌های کارگری	۴-۸			
تعداد کل حوادث	۱-۹	نرخ حوادث		
هزینه‌های ناشی از بروز حوادث	۲-۹	هزینه‌ی حوادث		
تعداد حوادث زمان از دست داده	۳-۹	نرخ حوادث زمان از دست داده	ارزیابی	۹ مدیریت
زمان تلف شده بابت جبران حادثه	۴-۹	زمان حوادث	عملکرد ایمنی	ایمنی پروژه
تعداد آموزش ایمنی در کارگاه	۵-۹	آموزش ایمنی		
میزان ضایعات تولید شده	۱-۱۰	نرخ تولید ضایعات		
میزان زباله‌ی بازیافت شده	۲-۱۰	نرخ بازیافت	ارزیابی عملکرد	۱۰ مدیریت
میزان استفاده از مصالح سریع تجدیدشدنی	۳-۱۰	نرخ مصالح تجدیدشدنی	زیست‌محیطی	محیط‌زیست
میزان استفاده از مصالح بازیافتی	۴-۱۰	نرخ مصالح بازیافتی		پروژه

۴.۱.۲. شاخص‌های حوزه‌ی مدیریت منابع انسانی

مدیریت منابع انسانی پروژه، شامل فرایندهای سازمان‌دهی، مدیریت و رهبری تیم پروژه است.^[۱۹] از آنجایی که نیروی انسانی فعال در هر پروژه‌ی عمرانی، تأثیرگذارترین منبع موجود در آن پروژه است؛ مدیریت آن اهمیت به‌سزایی در راستای دستیابی به اهداف پروژه خواهد داشت. به همین دلیل، مدیر پروژه جهت انجام وظایف خود در این حوزه به اطلاعات بسیاری درباره‌ی چگونگی شناسایی نیروی انسانی، روش‌های ارزیابی میزان بهره‌وری آنها و راهکارهای ایجاد انگیزش در آنها نیازمند است. در این راستا، در جدول ۱، شاخص‌های شناسایی شده در چارچوب مهم‌ترین نیاز اطلاعاتی مدیر پروژه در این حوزه، یعنی شاخص‌های اندازه‌گیری میزان بهره‌وری نیروی انسانی ارائه شده است.

۵.۱.۲. شاخص‌های حوزه‌ی مدیریت تدارکات

مدیریت تدارکات پروژه، شامل فرایندهای ضروری برای خرید یا دریافت محصولات، خدمات یا نتایج موردنیاز از خارج از تیم پروژه است.^[۱۹] تصمیمات مدیر پروژه در این حوزه، اهمیت ویژه‌ی دارد؛ چرا که در موارد بسیاری می‌تواند منجر به استفاده‌ی بهینه

دسته شاخص، به‌عنوان شاخص‌های حوزه‌ی مدیریت مالی و هزینه فهرست شده است.

۳.۱.۲. شاخص‌های حوزه‌ی مدیریت کیفیت

مدیریت کیفیت پروژه، شامل فرایندها و فعالیت‌هایی از سازمان اجرایی است که مشخص‌کننده‌ی مسئولیت‌ها، اهداف و سیاست‌های کیفی در جهت تأمین نیازهایی است که پروژه بدان منظور اجرا می‌شود.^[۱۹] مدیر پروژه به منظور مدیریت کیفیت پروژه باید به طور هم‌زمان به مدیریت پروژه و محصول پروژه توجه کند.^[۱۹] همچنین مدیر پروژه برای انجام وظایف خود در این حوزه تلاش می‌کند تا تمامی الزامات فنی رعایت شود و هیچ‌گونه عدم‌انطباقی بین آنچه که انجام شده و آنچه که باید انجام می‌گرفته است، وجود نداشته باشد؛ ولی عملاً به علت خطاهای انسانی و دلایل دیگر این امر ممکن نیست. بنابراین، مدیر پروژه می‌خواهد اطلاعات کاملی از موارد عدم انطباق در اختیار داشته باشد، به طوری که بتواند اثرات آنها را خنثی کند. شاخص‌های ردیف ۳ جدول ۱ که از مرور مطالعات پیشین به‌دست آمده است، می‌تواند این اطلاعات را به بهترین نحو برای وی فراهم سازد.

از منابع استفاده شده در پروژه، از طریق بیشینه ساختن منافع حاصل از به کارگیری آنها و یا کمینه ساختن هزینه‌های به کارگیری آنها شود.^[۱۹] از آنجایی که منابع اجرایی موجود در پروژه‌های عمرانی به ۲ دسته کلی ماشین‌آلات و مصالح تقسیم‌بندی می‌شوند، کاربردی‌ترین روش جهت بهینه‌سازی مصرف این منابع، اندازه‌گیری میزان بهره‌وری آنها در طول مدت اجرای پروژه است. تاکنون تعدادی شاخص کمی برای اندازه‌گیری بهره‌وری این منابع ارائه شده است که در جدول ۱ مهم‌ترین آنها برای هر یک از منابع ذکر شده است.

۶.۱.۲. شاخص‌های حوزه‌ی مدیریت ریسک

مدیریت ریسک پروژه، شامل فرایندهای برنامه‌ریزی، شناسایی، تحلیل، برنامه‌ریزی پاسخ و نظارت و کنترل ریسک پروژه است.^[۱۹] هدف از مدیریت ریسک در پروژه، افزایش احتمال و اثر وقایع مثبت و کاهش احتمال و اثر وقایع منفی در پروژه است.^[۱۹] در نتیجه، مدیر پروژه برای آن که بتواند مدیریت ریسک را در پروژه پیاده‌سازی کند، نیازمند داشتن اطلاعاتی درباره‌ی چگونگی مهار ریسک‌های شناسایی شده است؛ در همین راستا، شاخص‌های یافت شده در حوزه‌ی مهار ریسک در جدول ۱ معرفی شده‌اند.

۷.۱.۲. شاخص‌های حوزه‌ی مدیریت ذی‌نفعان

حوزه‌ی مدیریت ذی‌نفعان پروژه که در ویرایش پنجم استاندارد PMBOK (۲۰۱۲) به‌عنوان یک حوزه‌ی مستقل طبقه‌بندی شده است،^[۱۹] طبق تعریف شامل فرایندهای لازم برای شناسایی افراد، گروه‌ها یا سازمان‌های تأثیرگذار در پروژه و یا تحت تأثیر آن، تحلیل کردن انتظارات ذی‌نفعان و تأثیر آنها در پروژه و توسعه‌ی راهبردهای مدیریتی مناسب برای مشارکت مؤثر ذی‌نفعان در تصمیمات پروژه و اجرای آن است.^[۱۹] فرایند تعامل مدیر پروژه با ذی‌نفعان، فرایندی پیوسته است و در تمام طول پروژه ادامه دارد. مهم‌ترین موضوعی که در جریان این تعاملات مورد توجه مدیر پروژه است، جلب رضایت ذی‌نفعان به ویژه کارفرمای پروژه است. برای این منظور، در جدول ۱، شاخص‌های شناسایی شده برای سنجش سطح رضایت ذی‌نفعان مختلف در جریان پروژه طبقه‌بندی شده است.

۸.۱.۲. شاخص‌های حوزه‌ی مدیریت دعاوی

مدیریت دعاوی پروژه، شامل فرایندهایی به منظور جلوگیری از دعاوی زمان ساخت برای کاهش اثرات رخدادی آن و اداره کردن سریع و مؤثر آن دعاوی است.^[۱۹] از آنجایی که دعاوی در سراسر چرخه‌ی حیات پروژه وجود دارند، مدیر پروژه، وظیفه‌ی مستندسازی، پردازش، نظارت و مدیریت آنها را بر عهده دارد.^[۱۹] بنابراین، مدیر پروژه برای جلوگیری از بروز دعاوی و همچنین مدیریت دعاوی به وجود آمده، نیازمند شناسایی مهم‌ترین منشاها، ایجاد اختلافات و دعاوی در پروژه است. شاخص‌های ارائه شده در جدول ۱ می‌توانند خط مشی مناسبی برای تأمین نیاز مدیر پروژه باشند.

۹.۱.۲. شاخص‌های حوزه‌ی مدیریت ایمنی

مدیریت ایمنی پروژه، شامل فعالیت‌ها و فرایندهایی است که حامیان یا مالکان پروژه یا سازمان جهت تعیین اهداف و سیاست‌های ایمنی انجام می‌دهند، تا مانع ایجاد حادثه، صدمه‌ی شخصی، کشته شدن یا آسیب دیدن اموال در پروژه شوند.^[۱۹] مهم‌ترین وظیفه‌ی مدیر پروژه در این حوزه، پیشگیری از بروز حادثه و افزایش سطح ایمنی کارگاه است که برای انجام آن، مدیر پروژه باید کارگاه خود را از نظر عملکرد ایمنی ارزیابی کند. براساس مطالعات انجام شده، اطلاعات ایمنی پروژه می‌تواند در چارچوب یکی از ۵ شاخص ردیف ۹ جدول ۱، در اختیار مدیر پروژه قرار گیرد.

۱۰.۱.۲. شاخص‌های حوزه‌ی مدیریت محیط زیست

مدیریت محیط زیست پروژه، شامل فعالیت‌ها و فرایندهایی است که حامیان یا مالکان پروژه یا سازمان برای تعیین اهداف و سیاست‌هایی که فعالیت‌های پروژه،

کمترین تأثیر را در محیط‌زیست داشته باشند، انجام می‌دهند.^[۱۹] جلوگیری از تخریب محیط‌زیست، وظیفه‌ی است که اخیراً به وظایف مدیر پروژه افزوده شده است. تخریب محیط‌زیست، وجوه مختلفی از جمله تولید ضایعات جامد، آلودگی صوتی، مصرف بیش از حد انرژی، آلودگی آب و هوا و غیره دارد،^[۲۰] که مدیر پروژه باید تمامی آنها را مورد توجه قرار دهد. اما در جدول ۱، فقط به تخریب زیست‌محیطی متداول در پروژه‌های ساختمانی یعنی تولید ضایعات جامد پرداخته و شاخص‌های اطلاعاتی بر مبنای آنها گردآوری شده‌اند.

۲.۲. روش تجزیه و تحلیل داده‌ها

۱.۲.۲. آمار توصیفی تحقیق

در پژوهش حاضر، جامعه‌ی آماری مورد بررسی، پیمانکاران صنعت ساخت کشور هستند که با توجه به آمار شرکت‌های پیمانکاری تأیید صلاحیت شده توسط معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی ریاست جمهوری، می‌توان تعداد آنها را حدود ۲۰۰۰ شرکت در نظر گرفت. با توجه به وسعت جامعه‌ی آماری، جمع‌آوری اطلاعات از همه‌ی اعضای جامعه عملی نیست؛ بنابراین، به ناچار پرسش‌نامه‌ها در اختیار نمونه‌ی از جامعه‌ی اصلی قرار گرفت. برای انتخاب نمونه، از روش نمونه‌گیری کاملاً تصادفی استفاده شده است. با توجه به اینکه هر چه پروژه بزرگ‌تر و افراد درگیر در آن بیشتر باشد، حجم اطلاعات تولید شده نیز بیشتر و جریان اطلاعات پیچیده‌تر خواهد بود؛ سعی بر آن بوده است تا پیمانکاران فعال در پروژه‌ها، با حجم کاری، مبلغ قرارداد و مدت زمان اجرای قابل توجه و بالاتر از حد متوسط انتخاب شوند. پس از شناسایی تعداد اعضای جامعه (۲۰۰۰ شرکت)، حجم نمونه با استفاده از فرمول کوکران (رابطه‌ی ۱)،^[۱۸] برابر ۴۷ تعیین شده است؛ برای دست‌یابی به این عدد، پرسش‌نامه‌ها در میان ۱۰۰ نفر از مدیران پروژه، سرپرستان کارگاه، اعضای دفتر فنی و متخصصان واحد اجرایی پیمانکاران فعال در ۲۰ پروژه‌ی بزرگ صنعت ساخت قرار گرفت که پس از جمع‌آوری آنها و حذف پرسش‌نامه‌های ناقص، در نهایت تعداد ۵۲ پرسش‌نامه تجزیه و تحلیل شد. تکمیل بیش از نیمی از پرسش‌نامه‌ها (۵۲٪) توسط اعضای نمونه، اعتبار نسبتاً مناسبی را برای نتایج حاصل از پژوهش فراهم می‌سازد.

$$n = \frac{NZ_{\frac{\alpha}{2}}^2 S^2}{(N-1)d^2 + Z_{\frac{\alpha}{2}}^2 S^2} \quad (1)$$

که در آن، n حجم نمونه، N حجم جامعه برابر ۲۰۰۰، α سطح خطای نوع اول برابر ۵/۰، $Z_{\frac{\alpha}{2}}$ برابر ۳/۸۴، S^2 بیشترین مقدار انحراف معیار پاسخ به سوالات پرسش‌نامه برابر ۳/۱۷ و d بیشینه‌ی خطای برآورد متوسط نظرات خبرگان به سوالات مختلف پرسش‌نامه برابر ۰/۹ در نظر گرفته شده است.

۲.۲.۲. آمار استنباطی

برای تحلیل اطلاعات پرسش‌نامه‌ها، روش‌های آمار استنباطی با بهره‌گیری از نرم‌افزار SPSS ۱۹ استفاده شده است. آمار استنباطی^{۱۰} مشخص می‌کند که آیا الگوها و فرایندهای کشف شده در نمونه، در جامعه‌ی آماری هم کاربرد دارد یا خیر.^[۱۸] بنابراین، آمار استنباطی راجع به ویژگی‌ها و پارامترهای مربوط به جامعه‌ی آماری پژوهش و کیفیت ارتباط بین متغیرهاست؛ به این ترتیب می‌توان گفت که از آمار استنباطی در تحلیل مقایسه‌ی بی‌ربطی (علی - همبستگی) استفاده می‌شود.^[۱۸] در آمار استنباطی با توجه به عواملی همچون مقیاس داده‌ها، ماهیت سوالات پژوهش، همگنی نمونه، آزمون‌های آماری متنوعی استفاده می‌شوند.^[۱۸] در پژوهش حاضر با در نظر گرفتن عوامل مذکور، دو آزمون فریدمن و همبستگی برای تحلیل‌های استنباطی داده‌ها استفاده شده است که در ادامه به شرح مختصر هر یک پرداخته شده است.

۳.۲.۲. آزمون اولویت بندی فریدمن

آزمون مقایسه‌ی چند نمونه‌ی وابسته، به روش فریدمن انجام می‌شود. داده‌ها در آزمون مذکور عبارت از مقادیر متغیرها به ازاء مشاهدات مختلف است. فرض شود k متغیر قرار است آزمون شوند و برای هر متغیر، n بار اندازه‌گیری خاصی تکرار شده است. در هر سطر، مقادیر از ۱ تا k رتبه قرار داده می‌شوند $R(X_{ij})$ رتبه‌ی مشاهدات درون سطر i ام است. این رتبه‌دهی در تمام سطرها تکرار می‌شود. مجموع رتبه‌های هر متغیر با رابطه‌ی ۲ به دست آمده است. مقدار R_j مبنای آماری آزمون قرار می‌گیرد.^[۱۸]

$$R_j = \sum_{i=1}^b R(X_{ij}) \quad (j = 1, \dots, k) \quad (2)$$

۴.۲.۲. آزمون همبستگی

یکی از تعاریف اساسی در علم آمار، تعریف همبستگی و رابطه‌ی بین دو متغیر است. به طور کلی شدت وابستگی دو متغیر (شاخص) به یکدیگر همبستگی تعریف می‌شود. ممکن است علاوه بر شدت همبستگی، جهت همبستگی نیز مورد نیاز پژوهشگر باشد. ضرایب همبستگی همواره بین ۱- تا ۱ تغییر می‌کنند و رابطه‌ی بین دو متغیر می‌تواند مثبت یا منفی باشد.^[۱۸] محاسبه‌ی ضرایب همبستگی تا حدود زیادی متأثر از مقیاس اندازه‌گیری متغیرهاست. در صورتی که هر دو متغیر کمی باشند، دو ضریب همبستگی معروف، به نام پیرسون (رابطه‌ی ۳) در حالت پارامتریک (در صورتی که متغیرها توزیع نرمال داشته باشند) و ضریب همبستگی اسپیرمن (رابطه‌ی ۴) در حالت ناپارامتریک (در صورتی که متغیرها توزیع نرمال نداشته باشند) وجود دارند و با توجه به مقدار سطح معنی‌داری، فرض صفر آزمون می‌شود.^[۱۸] با توجه به توزیع غیرنرمال متغیرها در پژوهش حاضر، برای بررسی رابطه‌ی بین آنها از آزمون ناپارامتریک همبستگی اسپیرمن استفاده شده است:

$$\rho = r = \frac{SP_{Dxy}}{\sqrt{SS_x \cdot SS_y}} \quad (3)$$

$$SP = \sum xy - \frac{(\sum x)(\sum y)}{n}, \quad SS_x = \sum_{i=1}^n x_i^2 - \frac{(\sum x_i)^2}{n}$$

$$SS_y = \sum_{i=1}^n y_i^2 - \frac{(\sum y_i)^2}{n}$$

$$r_s = r' = 1 - 6 \frac{\sum d_i^2}{n(n^2 - 1)}, \quad d_i = \text{اختلاف رتبه‌ها} \quad (4)$$

۳. تجزیه و تحلیل نتایج

تحلیل نتایج حاصل از پرسش‌نامه‌ها نشان می‌دهد که افراد مورد پژوهش، در هر حوزه چه شاخص‌هایی را بیشتر مهم و یا کاربردی دانسته‌اند. بر این اساس، در ادامه‌ی نتایج، هر حوزه‌ی مدیریت پروژه به تفکیک ارائه و تحلیل شده است. نتایج ارائه شده در جدول ۲ نشان می‌دهد که در میان شاخص‌های حوزه‌ی مدیریت زمان، شاخص کارایی زمان بندی (نسبت پیشرفت کسب شده به پیشرفت برنامه‌ریزی شده) بزرگ‌ترین مقدار میانگین رتبه را دارد که نمایانگر بیشترین کاربرد شاخص مذکور در بررسی عملکرد زمان بندی انجام شده برای پروژه است. این شاخص برگرفته از روش ارزش کسب شده است و با استفاده از رابطه‌ی ۵ محاسبه می‌شود.^[۱۹] نتایج حاصل

از آن را نیز می‌توان در قالب جدول و یا نمودار در جریان انجام پروژه ارائه کرد.

$$SPI = \frac{BCWP}{BCWS} = \frac{\text{پیشرفت کسب شده}}{\text{پیشرفت برنامه‌ریزی شده}} \quad (5)$$

نتایج ارائه شده در جدول ۳ نشان می‌دهد که در بین شاخص‌ها، حوزه‌ی مدیریت هزینه و تأمین مالی، شاخص کارایی هزینه (نسبت هزینه‌ی بودجه بندی شده برای کار به هزینه‌ی واقعی انجام کار) دارای بزرگ‌ترین مقدار میانگین رتبه و در نتیجه، بیشترین کاربرد در بررسی عملکرد هزینه‌های انجام شده در پروژه است. براساس نتایج آزمون همبستگی اسپیرمن ($r = 0.477$)، در پروژه‌هایی که عمده‌ی هزینه‌های پروژه را هزینه‌ی مواد و مصالح تشکیل می‌دهد، میزان کاربرد این شاخص به مراتب افزایش خواهد یافت.^[۱۹] همانند شاخص برتر حوزه‌ی مدیریت زمان، این شاخص نیز برگرفته از روش ارزش کسب شده است و با استفاده از رابطه‌ی ۶ محاسبه می‌شود،^[۱۹] و امکان ارائه‌ی نتایج آن در قالب جدول و یا نمودار وجود دارد.

نکته‌ی قابل توجه در مورد شاخص‌های هزینه، کسب رتبه‌ی دوم برای شاخص اطلاعاتی عملکرد سودآوری (رابطه‌ی ۷)، است.^[۱۹] این موضوع را می‌توان این طور تعبیر کرد که مدیران پروژه بلافاصله پس از اطلاع از چگونگی عملکرد هزینه‌های پروژه، به دنبال کسب اطمینان از میزان سودآوری مورد انتظار پروژه تا به امروز هستند:

$$CPI = \frac{BCWP}{ACWP} = \frac{\text{هزینه بودجه بندی شده برای کار انجام شده}}{\text{هزینه واقعی کار انجام شده}} \quad (6)$$

$$PPI = \frac{\text{درآمد کسب شده از کار انجام شده}}{\text{هزینه واقعی کار انجام شده}} = \text{شاخص عملکرد سودآوری} \quad (7)$$

نتایج ارائه شده در جدول ۴ نشان می‌دهد که در میان شاخص‌های حوزه‌ی مدیریت کیفیت، شاخص «تعداد عدم انطباق‌های ثبت شده» دارای بزرگ‌ترین میانگین رتبه است که نشان‌دهنده‌ی بیشترین کاربرد شاخص در سنجش سطح کیفی کارهای انجام شده در پروژه است. البته با توجه به تفاوت ناچیز میانگین رتبه‌های اول و دوم، نمی‌توان برتری برای هیچ کدام از آنها نسبت به دیگری قائل شد. بنابراین، هر دو شاخص فراوانی نقص (تعداد عدم انطباق‌های ثبت شده) و نرخ دوباره‌کاری (تعداد موارد دوباره‌کاری) به تنهایی و یا در قالب یکی از ۳ رابطه‌ی ۸ الی ۱۰، می‌توانند برای ارائه‌ی اطلاعات مربوط به ارزیابی کیفیت پروژه استفاده شوند.^[۸]

$$\text{نرخ دوباره‌کاری} = \frac{\text{تعداد موارد دوباره‌کاری}}{\text{تعداد عدم انطباق‌های ثبت شده}} \quad (8)$$

$$\text{فراوانی نقص} = \frac{\text{تعداد عدم انطباق‌های ثبت شده}}{\text{تعداد آزمایش‌ها}} \quad (9)$$

$$\text{نرخ عدم انطباق} = \frac{\text{تعداد عدم انطباق‌های ثبت شده}}{\text{سطح زیربنای کل}} \quad (10)$$

نتایج ارائه شده در جدول ۵ بیانگر آن است که در بین شاخص‌های حوزه‌ی مدیریت منابع انسانی، شاخص کارکرد نیروی انسانی (میزان کار انجام شده توسط نیروی انسانی در واحد زمان) دارای بزرگ‌ترین مقدار میانگین رتبه و در نتیجه بیشترین کاربرد در ارزیابی بهره‌وری نیروی انسانی است. از آنجایی که مدیریت نیروی انسانی به دلیل تقابل مستقیم با افراد، حساسیت بالایی دارد؛ مدیر پروژه برای مدیریت این

جدول ۲. اولویت بندی میزان کاربرد شاخص های اطلاعاتی بررسی عملکرد زمان بندی.

ردیف	شاخص های اطلاعاتی حوزه مدیریت زمان (شاخص های اطلاعاتی بررسی عملکرد زمان بندی)	امتیاز			میانگین رتبه	انحراف معیار
		کمینه	بیشینه	میانگین		
۱	کارایی زمان بندی (نسبت پیشرفت کسب شده به پیشرفت برنامه ریزی شده)	۱	۱۰	۹,۰۷	۱,۱	۳,۵۲
۲	قابلیت پیش بینی زمان بندی (مقایسه ی زمان صرف شده برای کار با زمان برنامه ریزی شده)	۱	۱۰	۷,۶۲	۲	۲,۸۱
۳	اثر بخشی زمان بندی (مقایسه ی زمان بندی پروژه با متوسط زمان بندی پروژه های مشابه)	۱	۱۰	۶,۳۸	۲	۲,۰۹
۴	نرخ اضافه کاری (نسبت روزهای اضافه کاری به زمان بندی انجام شده)	۱	۱۰	۵,۵۵	۲	۱,۵۸

جدول ۳. اولویت بندی میزان کاربرد شاخص های اطلاعاتی بررسی عملکرد مدیریت هزینه و تامین مالی.

ردیف	شاخص های اطلاعاتی حوزه مدیریت هزینه و تامین مالی (شاخص های اطلاعاتی بررسی عملکرد هزینه و تامین مالی)	امتیاز			میانگین رتبه	انحراف معیار
		کمینه	بیشینه	میانگین		
۱	کارایی هزینه (نسبت هزینه بودجه بندی شده برای کار به هزینه واقعی انجام کار)	۱	۱۰	۷,۸۱	۱,۸	۲,۸۹
۲	عملکرد سودآوری (نسبت درآمد کسب شده از کار به هزینه واقعی انجام کار)	۱	۱۰	۷,۶۱	۱,۹	۲,۶۳
۳	نرخ هزینه (نسبت هزینه به درآمد)	۱	۱۰	۷,۰۷	۱,۷	۲,۳۴
۴	اثر بخشی هزینه (مقایسه ی هزینه پروژه با هزینه متوسط پروژه های مشابه)	۱	۱۰	۶,۵۳	۲,۴	۲,۱۳

جدول ۴. اولویت بندی میزان کاربرد شاخص های اطلاعاتی سنجش سطح کیفی کار انجام شده.

ردیف	شاخص های اطلاعاتی حوزه مدیریت کیفیت (شاخص های اطلاعاتی سنجش سطح کیفی کار انجام شده)	امتیاز			میانگین رتبه	انحراف معیار
		کمینه	بیشینه	میانگین		
۱	فراوانی نقص (تعداد عدم انطباق های ثبت شده اعم از جزئی و یا قابل توجه)	۱	۱۰	۷,۹۱	۲,۲	۲,۸۵
۲	نرخ دوباره کاری (تعداد موارد دوباره کاری شامل عدم انطباق های قابل توجه)	۱	۱۰	۷,۶۷	۲	۲,۸۴
۳	هزینه دوباره کاری (هزینه ی مربوط به دوباره کاری ها)	۱	۱۰	۶,۸۹	۲	۲,۲۴
۴	زمان دوباره کاری (زمان صرف شده برای دوباره کاری ها)	۱	۱۰	۶,۵۲	۲,۲	۲,۰۷

جدول ۵. اولویت بندی میزان کاربرد شاخص های اطلاعاتی اندازه گیری بهره وری نیروی انسانی.

ردیف	شاخص های اطلاعاتی حوزه مدیریت منابع انسانی (شاخص های اطلاعاتی اندازه گیری بهره وری نیروی انسانی)	امتیاز			میانگین رتبه	انحراف معیار
		کمینه	بیشینه	میانگین		
۱	کارکرد نیروی انسانی (میزان کار انجام شده توسط نیروی انسانی در واحد زمان)	۱	۱۰	۷,۷۴	۲,۲	۲,۹۴
۲	راندمان کاری نیروی انسانی (میزان کار مفید انجام شده توسط نیروی انسانی)	۱	۱۰	۷,۴۹	۲,۳	۲,۷
۳	انحراف زمان (تعداد ساعات کاری نیروی انسانی و مقایسه ی آن با ساعات کاری تخمینی)	۱	۱۰	۶,۷	۲,۴	۲,۲۹
۴	انحراف هزینه (میزان هزینه ی نیروی انسانی و مقایسه ی آن با برآورد اولیه ی هزینه)	۱	۱۰	۶,۴۷	۲	۲,۰۷

کاربرد حفارهایی مانند لودر و ریدر در پروژه افزایش یابد، کارایی شاخص کارکرد ماشین آلات نیز ارتقاء خواهد یافت.^[۲۸] در این حوزه، شاخص دیگری هم با عنوان «ساعات خواب ماشین آلات» توسط تعدادی از افراد نمونه پیشنهاد شده است که می توان آن را از نظر مفهومی، نقطه ی مقابل شاخص کارکرد دانست. این شاخص در پروژه های بزرگ با تعداد زیاد ماشین می تواند اطلاعات سودمندی درباره ی توجیه اقتصادی حضور ماشین آلات در پروژه در اختیار مدیر پروژه قرار دهد.

ب) در میان شاخص های حوزه مدیریت مصالح، شاخص «درصد پرت مصالح» دارای بزرگ ترین مقدار میانگین رتبه است که نمایانگر بیشترین کاربرد آن در ارزیابی بهره وری مصالح است. نتایج آزمون همبستگی اسپیرمن ($r = 0,342$) نشان می دهد که شاخص درصد پرت مصالح (رابطه ی ۱۱) در عمل مناسب ترین

بخش نیاز به مهارت های بالا و اطلاعات کافی دارد تا بتواند بهترین تصمیم را در برخورد با مسائل مربوط به نیروی انسانی اتخاذ کند. نتایج مطالعات انجام شده نشان می دهد که اطلاعات مربوط به میزان کارکرد نیروی انسانی می تواند نیازمندی های مدیر پروژه در این حوزه را برطرف کند. با توجه به آمار توصیفی ارائه شده در جدول ۶ و براساس نتایج آزمون اولویت بندی فریدمن، شاخص های منتخب در حوزه مدیریت تدارکات پروژه به این شرح است:

الف) در میان شاخص های حوزه مدیریت ماشین آلات، شاخص کارکرد ماشین آلات (میزان کار انجام شده توسط ماشین در واحد زمان) دارای بزرگ ترین مقدار میانگین رتبه و در نتیجه بیشترین کاربرد در ارزیابی بهره وری ماشین آلات است. همچنین، با توجه به نتایج آزمون همبستگی اسپیرمن ($r = 0,28$)، هر چقدر میزان

جدول ۶. اولویت بندی میزان کاربرد شاخص های اطلاعاتی اندازه گیری بهره‌وری ماشین آلات و مصالح پروژه.

ردیف	شاخص های اطلاعاتی حوزه مدیریت تدارکات	امتیاز			میانگین رتبه	انحراف معیار
		کمینه	بیشینه	میانگین		
شاخص های اندازه گیری بهره‌وری ماشین آلات						
الف						
۱	کارکرد ماشین آلات (میزان کار انجام شده توسط ماشین در واحد زمان)	۱	۱۰	۸,۰۹	۲,۱	۳,۱۴
۲	انحراف زمان (تعداد ساعات کاری ماشین آلات و مقایسه آن با ساعات کاری تخمینی)	۱	۱۰	۷,۱۶	۲,۳	۲,۶۸
۳	راندمان کاری ماشین (میزان کار مفید انجام شده توسط ماشین آلات)	۱	۱۰	۶,۴۹	۲,۱	۲,۱۲
۴	انحراف هزینه (میزان هزینه ماشین آلات و مقایسه آن با برآورد اولیه هزینه)	۱	۱۰	۶,۴۴	۲,۱	۲,۰۶
شاخص های اندازه گیری بهره‌وری مصالح						
ب						
۱	درصد پرت مصالح (میزان مصالح مصرف شده نسبت به میزان مصالح محاسبه شده)	۱	۱۰	۸,۱۴	۲,۱	۲,۳
۲	انحراف هزینه (میزان هزینه مصالح و مقایسه آن با برآورد اولیه هزینه)	۱	۱۰	۷,۳۲	۲,۴	۱,۹
۳	میزان استفاده بهینه از مصالح	۱	۱۰	۶,۸۶	۲,۳	۱,۸

جدول ۷. اولویت بندی میزان کاربرد شاخص های اطلاعاتی مهار ریسک های پروژه.

ردیف	شاخص های اطلاعاتی حوزه مدیریت ریسک (شاخص های اطلاعاتی مهار ریسک های پروژه)	امتیاز			میانگین رتبه	انحراف معیار
		کمینه	بیشینه	میانگین		
۱	انحراف هزینه ناشی از رویدادهای پیش بینی نشده	۱	۱۰	۸,۳	۱,۶	۳,۱۲
۲	انحراف زمان ناشی از رویدادهای پیش بینی نشده	۱	۱۰	۸,۲۳	۱,۶	۳,۰۴
۳	هزینه درخواست تغییر	۱	۱۰	۷,۳۳	۱,۵	۲,۲۶
۴	نرخ رویدادهای پیش بینی نشده	۱	۱۰	۶,۰۲	۱,۸	۱,۵۸

الف) برای سنجش سطح رضایت مندی اعضای تیم پروژه، نمی توان فقط یک شاخص را به عنوان شاخص برتر انتخاب کرد و کار ارزیابی را بر پایه آن انجام داد. بلکه، باید ابتدا مجموعه مهم ترین شاخص ها (۹ شاخص ذکر شده در جدول ۸) را شناسایی کرد. سپس با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی، وزن نسبی هر یک از شاخص ها را به دست آورد. در مرحله بعد، باید مقادیر درجه رضایت مندی اعضای تیم پروژه در هر شاخص را براساس عددی بین ۱ تا ۱۰ تعیین کرد. در نهایت، با جای گذاری اعداد به دست آمده در رابطه ۱۳،^[۱۰] معیاری برای اندازه گیری سطح رضایت مندی این دسته از ذی نفعان تعیین می شود. مزیت عمده این روش، فراهم کردن امکان کمی سازی یک مفهوم کیفی است.

$$TSI = \sum_{i=1}^9 W_i R_i = \sum_{i=1}^9 (i \text{ درجه رضایت مندی}) \cdot (i \text{ وزن نسبی}) \quad (13)$$

ب) مشابه بند الف)، برای سنجش سطح رضایت مندی کارفرما نیز نمی توان فقط از یک شاخص برتر استفاده کرد. بلکه باید ابتدا مجموعه مهم ترین شاخص ها (۶ شاخص درجه رضایت مندی و ۵ حوزه عملکردی ذکر شده در جدول ۸) را شناسایی کرد. سپس با استفاده از روش های ذکر شده، مقادیر عددی وزن نسبی و درجه رضایت مندی کارفرما را به دست آورد. در نهایت، با جای گذاری اعداد به دست آمده در رابطه ۱۴،^[۱۰] معیاری برای سنجش سطح رضایت مندی

شاخص برای اندازه گیری بهره‌وری مصالح است؛ به ویژه، در پروژه هایی که مصالح قابل تأمین از بازار داخلی (مانند سیمان و میلگرد) در آنها بیشتر کاربرد دارد.^[۱۱]

$$\text{میزان مصالح مصرف شده در کار} = \frac{\text{میزان مصالح محاسبه شده برای آن کار}}{\text{درصد پرت مصالح}} \quad (11)$$

نتایج ارائه شده در جدول ۷ نشان می دهد که در بین شاخص های حوزه مدیریت ریسک، شاخص «انحراف هزینه ناشی از رویدادهای پیش بینی نشده» دارای بزرگ ترین مقدار میانگین رتبه است که نشان دهنده بیشترین کاربرد این شاخص در بررسی چگونگی مهار ریسک های پروژه است. از آنجایی که ریسک مالی، مهم ترین ریسک موجود در پروژه های عمرانی است،^[۱۲] بنابراین، ارائه اطلاعات این حوزه در قالب شاخص انحراف هزینه، کاملاً منطقی است. برای محاسبه میزان انحراف هزینه ناشی از رویدادهای پیش بینی نشده می توان از رابطه ۱۲، استفاده کرد.^[۱۱]

$$\text{میزان انحراف هزینه} = \frac{\text{هزینه واقعی انجام کار} - \text{هزینه بودجه بندی شده برای انجام کار}}{\text{میزان انحراف هزینه}} \quad (12)$$

با توجه به آمار توصیفی ارائه شده در جدول ۸ و براساس نتایج آزمون اولویت بندی فریدمن، درجه اهمیت شاخص ها برای بررسی سطح رضایت مندی ذی نفعان پروژه شامل اعضای تیم پروژه و کارفرما به این شرح است:

جدول ۸. اولویت بندی میزان کاربرد شاخص های اطلاعاتی بررسی رضایت مندی ذی نفعان پروژه.

ردیف	شاخص های اطلاعاتی حوزه مدیریت ذی نفعان	امتیاز			میانگین رتبه	انحراف معیار
		کمینه	بیشینه	میانگین		
الف شاخص های بررسی سطح رضایت مندی اعضاء تیم پروژه						
۱	میزان پاسخ دهی مدیر پروژه به نیازهای اعضاء تیم پروژه	۱	۱۰	۸,۲۲	۱,۶	۷,۰۳
۲	میزان علاقه مندی به ماهیت کار	۱	۱۰	۷,۵۷	۱,۵	۶,۴۵
۳	میزان شفافیت مسئولیت های شغلی	۱	۱۰	۷,۴۴	۲,۱	۶,۰۸
۴	کفایت تجهیزات برای انجام کار	۱	۱۰	۶,۵	۱,۹	۵,۳۶
۵	میزان مشارکت در پروژه	۱	۱۰	۶,۷۶	۲,۱	۵,۰۳
۶	کیفیت نظارت	۱	۱۰	۵,۶	۳	۴,۵۱
۷	آموزش های دریافت شده برای انجام کار	۱	۱۰	۵,۵۵	۲,۱	۴,۱
۸	جبران خسارات مالی	۱	۱۰	۵,۲۷	۲,۷	۳,۷۶
۹	هماهنگی با سایر دسیسپلین ها	۱	۱۰	۴,۵۵	۲,۳	۲,۶۶
ب شاخص های بررسی سطح رضایت مندی کارفرما						
۱	پاسخ به نیازها و درخواست های کارفرما	۱	۱۰	۸,۳۷	۱,۶	۴,۳
۲	توانایی کلی تیم پروژه پیمانکار	۱	۱۰	۷,۷۷	۱,۹	۳,۹
۳	انعطاف پذیری و سازگاری با تغییرات	۱	۱۰	۷,۶۲	۱,۷	۳,۷۴
۴	ارتباطات موثر	۱	۱۰	۷,۴۲	۲,۱	۳,۴۷
۵	درک نیازمندی های پروژه	۱	۱۰	۷,۳۶	۱,۸	۳,۴۱
۶	نوآوری در حل مشکلات	۱	۱۰	۶,۰۲	۲,۳	۲,۱۷
ج شاخص بررسی سطح اهمیت حوزه عملکردی پروژه از نظر کارفرما						
۱	عملکرد در رابطه با زمان بندی	۱	۱۰	۸,۴۴	۱,۴	۳,۷۹
۲	عملکرد در رابطه با کیفیت خدمات	۱	۱۰	۷,۹	۱,۷	۳,۳۸
۳	عملکرد در رابطه با هزینه	۱	۱۰	۷,۹۱	۲	۳,۳۶
۴	عملکرد در رابطه با کیفیت محصول	۱	۱۰	۷,۳	۱,۹	۲,۹۷
۵	عملکرد در رابطه با روش های اصلی	۱	۱۰	۵,۶۷	۱,۹	۱,۵

جدول ۹. اولویت بندی میزان کاربرد شاخص های اطلاعاتی اندازه گیری تعداد دعاوی در پروژه.

ردیف	شاخص های اطلاعاتی حوزه مدیریت دعاوی (شاخص های اطلاعاتی مهارت های پروژه)	امتیاز			میانگین رتبه	انحراف معیار
		کمینه	بیشینه	میانگین		
۱	دعاوی به وجود آمده به علت تغییرات مکرر در پروژه	۱	۱۰	۸,۱۳	۱,۹	۳,۰۷
۲	دعاوی بروز کرده به دلیل عدم تبعیت از مشخصات فنی	۱	۱۰	۷,۸۹	۲,۱	۳,۰۲
۳	تعداد جلسات رسمی برگزار شده برای حل دعاوی	۱	۱۰	۵,۷۸	۲,۲	۲,۱۲
۴	تحریکات صورت گرفته توسط اتحادیه های کارگری	۱	۱۰	۴,۴۱	۲	۱,۸۶

در اندازه گیری تعداد دعاوی در پروژه است. براساس مطالعات انجام شده، یکی از موفق ترین عوامل ایجاد ادعا در پروژه های صنعت ساخت کشور تغییر در مقدار و مشخصات کارهاست. [۲۱] همچنین از آنجایی که ادعاها در بیشتر موارد به دلیل عدم پذیرش منجر به بروز تنش و اختلاف در پروژه می شوند؛ بنابراین، اگر مدیر پروژه بتواند اختلافات ناشی از تغییرات را مدیریت کند، توانسته است بخش اعظمی از دعاوی پروژه را کنترل کند. البته اختلافات بروز کرده به دلیل عدم تبعیت از مشخصات فنی را نیز که در اولویت دوم قرار دارد، نباید فراموش کرد. از آنجایی که در بیشتر موارد لازم است که این دو دسته اطلاعات به صورت هم ارز در اختیار مدیر پروژه قرار داده شود؛ بنابراین، مفیدترین حالت ارائه اطلاعات مربوط به این حوزه در چارچوب شاخص جامع «تعداد دعاوی طرح شده در پروژه» به مدیر پروژه است.

این دسته از ذی نفعان تعیین می شود:

$$CSI = \sum_{i=1}^{11} W_i R_i = \sum_{i=1}^{11} (i \text{ درجه رضایت مندی}) (i \text{ وزن نسبی}) \quad (14)$$

نتایج ارائه شده در جدول ۹ نشان می دهد که در بین شاخص های حوزه مدیریت دعاوی، شاخص دعاوی به وجود آمده به علت تغییرات مکرر در پروژه دارای بزرگ ترین مقدار میانگین رتبه است که نشان دهنده ی بیشترین کاربرد این شاخص

جدول ۱۰. اولویت بندی میزان کاربرد شاخص های اطلاعاتی ارزیابی عملکرد ایمنی.

ردیف	شاخص های اطلاعاتی حوزه ی مدیریت ایمنی (شاخص های اطلاعاتی ارزیابی عملکرد ایمنی)	امتیاز			میانگین رتبه
		کمینه	بیشینه	میانگین	
۱	نرخ حوادث (تعداد کل حوادث)	۱	۱۰	۸٫۵۴	۴٫۵۵
۲	هزینه ی حوادث (هزینه های ناشی از بروز حوادث)	۱	۱۰	۷٫۲۹	۳٫۲۳
۳	نرخ حوادث زمان از دست داده (تعداد حوادث زمان از دست داده)	۱	۱۰	۶٫۱۹	۲٫۷۱
۴	زمان حوادث (زمان تلف شده بابت جبران حادثه)	۱	۱۰	۶٫۰۷	۲٫۶۹
۵	آموزش ایمنی (تعداد آموزش ایمنی در کارگاه)	۱	۱۰	۴٫۸۹	۱٫۸۳

جدول ۱۱. اولویت بندی میزان کاربرد شاخص های اطلاعاتی ارزیابی عملکرد زیست محیطی.

ردیف	شاخص های اطلاعاتی حوزه ی مدیریت محیط زیست (شاخص های اطلاعاتی ارزیابی عملکرد زیست محیطی)	امتیاز			میانگین رتبه
		کمینه	بیشینه	میانگین	
۱	نرخ تولید ضایعات (میزان ضایعات تولید شده)	۱	۱۰	۶٫۶۴	۳٫۰۵
۲	نرخ مصالح تجدید شدنی (میزان استفاده از مصالح سریع تجدید شدنی)	۱	۱۰	۵٫۸۸	۲٫۵۴
۳	نرخ مصالح بازیافتی (میزان استفاده از مصالح بازیافتی)	۱	۱۰	۵٫۳۸	۲٫۳۵
۴	نرخ بازیافت (میزان زیالهی بازیافت شده)	۱	۱۰	۴٫۹۷	۲٫۰۶

۴. نتیجه گیری

در جریان پروژه های بزرگ عمرانی، حجم عظیمی از اطلاعات به طور مداوم تولید می شود. اما، ارائه ی تمامی این اطلاعات به مدیر پروژه نه فقط سودمند نیست؛ بلکه باعث اتلاف وقت و سردرگمی وی نیز خواهد شد. یکی از مؤثرترین راهکارها برای ارائه ی اطلاعات محدود و مناسب به مدیر پروژه، استفاده از داشبورد مدیریت پروژه است که امکان نمایش وضعیت عملکردی پروژه را در قالب مجموعه یی از شاخص های اطلاعاتی کلیدی فراهم می سازد. هدف از نوشتار حاضر نیز معرفی فهرست کاملی از کلیدی شاخص های لازم برای ارزیابی یکپارچه ی عملکرد پروژه و به کارگیری آنها برای تدوین ساختار داشبورد مدیریت پروژه است. این هدف بر پایه ی مطالعه ی مجموعه ی شاخص های معرفی شده در پژوهش های پژوهشگران بین المللی و نیز تطبیق با شاخص های مورد استفاده ی تعدادی از پروژه های در حال اجرا در یک مطالعه ی میدانی، شناسایی و پس از آن برای تشخیص شاخص های پرکاربرد در سیستم های پیمانکاری پروژه های عمرانی، پرسش نامه یی طراحی شده است. نتایج نهایی به دست آمده (جدول ۱۲) مجموعه یی از شاخص های اطلاعاتی کلیدی را در ۱۰ حوزه ی اصلی مدیریت پروژه فراهم می کند، که برای سنجش یکپارچه ی عملکرد پروژه باید ارزیابی شوند.

شاخص های شناسایی شده را می توان در پروژه اندازه گیری و نتایج آن را به صورت جدول و نمودار در قالب داشبورد مدیریت پروژه (شکل ۲) ارائه کرد. در واقع داشبورد یکپارچه ی ارزیابی عملکرد پروژه، شامل مجموعه ی شاخص های اطلاعاتی مندرج در جدول ۱۲ است که نشان دهنده ی وضعیت عملکرد پروژه در هر یک از ابعاد مختلف عملکردی آن است. نحوه ی اندازه گیری و محاسبه ی هر یک از شاخص های اطلاعاتی منتخب در روابط ۵ الی ۱۶ معرفی شده است. استفاده از این داشبورد یکپارچه ی ارزیابی عملکرد می تواند به تیم مدیریت پروژه اطمینان دهد که عملکرد ابعاد مختلف پروژه به طور جامع و در یک نگاه در حال ارزیابی است و بحران احتمالی در عملکرد یک حوزه ی پروژه، منجر به فراموش شدن وضعیت سایر ابعاد عملکردی

نتایج ارائه شده در جدول ۱۰ نشان می دهد که در میان شاخص ها حوزه ی مدیریت ایمنی، شاخص «نرخ حوادث (تعداد کل حوادث)» دارای بزرگ ترین میانگین رتبه و در نتیجه، بیشترین کاربرد در ارزیابی عملکرد ایمنی کارگاه است. این شاخص که به علت ۲ ویژگی سادگی در اندازه گیری و توانمندی در ارائه ی کلی وضعیت، همواره در پژوهش ها مورد تأکید قرار گرفته است، در اینجا نیز با اختلاف قابل توجه اولویت اول را به خود اختصاص داده است. اطلاعات ثبت شده تعداد حوادث رخ داده را می توان در قالب رابطه ی ۱۵،^[۱۰] جمع بندی کرد و از طریق اطلاعات به دست آمده عملکرد ایمنی کارگاه را تا به امروز تحلیل کرد.

$$SPI = \frac{LTI \times C}{M} = \text{شاخص عملکرد ایمنی} \quad (15)$$

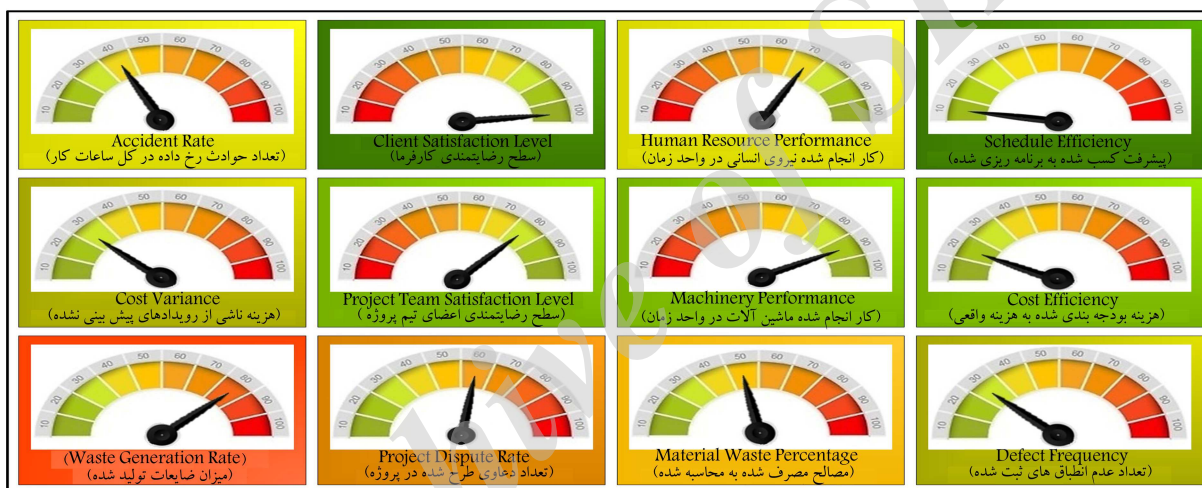
کلی ساعات کار صرف شده تا به امروز

نتایج ارائه شده در جدول ۱۱ نشان می دهد که در میان شاخص های حوزه ی مدیریت محیط زیست، شاخص «نرخ تولید ضایعات (میزان ضایعات تولید شده)» دارای بزرگ ترین مقدار میانگین رتبه است، که نشان دهنده ی بیشترین کاربرد آن در ارزیابی عملکرد زیست محیطی پروژه است. از آنجایی که مهم ترین دلیل وقوع آسیب های زیست محیطی، عدم فرهنگ سازی مناسب است،^[۲۱] اگر مدیران پروژه های عمرانی بتوانند در وهله ی اول با به کارگیری اطلاعات به دست آمده از رابطه ی ۱۶، میزان ضایعات تولید شده در پروژه ی خود را کنترل کنند، به طور حتم گام بزرگی در راستای حفاظت محیط زیست و رعایت آیین نامه ها و دستورالعمل های زیست محیطی برداشته اند.

$$\text{ضایعات ساخت و ساز ناخالص} = \frac{\text{نرخ تولید ضایعات ساخت و ساز}}{\text{سطح زیربنایی کل}} \quad (16)$$

جدول ۱۲. شاخص‌های اطلاعاتی کلیدی برای سنجش یکپارچه‌ی عملکرد پروژه.

ردیف	حوزه‌ی مدیریت پروژه	ابعاد عملکرد مدیریت پروژه	شاخص اطلاعاتی منتخب
۱	مدیریت زمان پروژه	ارزیابی عملکرد زمان‌بندی	کارایی زمان‌بندی (نسبت پیشرفت کسب شده به پیشرفت برنامه‌ریزی شده)
۲	مدیریت هزینه و تامین مالی پروژه	ارزیابی عملکرد هزینه و تامین مالی	کارایی هزینه (نسبت هزینه‌ی بودجه‌بندی شده کار به هزینه‌ی واقعی انجام کار)
۳	مدیریت کیفیت پروژه	سنجش سطح کیفی	فروانی نقص (تعداد عدم انطباق‌های ثبت شده اعم از جزئی و یا قابل توجه)
۴	مدیریت منابع انسانی پروژه	ارزیابی بهره‌وری نیروی انسانی	کارکرد نیروی انسانی (میزان کار انجام شده توسط نیروی انسانی در واحد زمان)
۵	مدیریت تدارکات پروژه	ارزیابی بهره‌وری ماشین‌آلات	کارکرد ماشین‌آلات (میزان کار انجام شده توسط ماشین‌آلات در واحد زمان)
۶	مدیریت ریسک پروژه	ارزیابی بهره‌وری مصالح	درصد پرت مصالح (میزان مصالح مصرف شده نسبت به مصالح محاسبه شده)
۷	مدیریت ذی‌نفعان پروژه	بررسی چگونگی مهار ریسک سنجش سطح رضایت‌مندی اعضاء تیم پروژه	انحراف هزینه‌ی ناشی از رویدادهای پیش‌بینی نشده $TSI = \sum_{i=1}^n W_i R_i = \sum_{i=1}^n (وزن نسبی)_i$ $CSI = \sum_{i=1}^n W_i R_i = \sum_{i=1}^n (وزن نسبی)_i$
۸	مدیریت دعاوی پروژه	ارزیابی میزان دعاوی در پروژه	تعداد دعاوی طرح شده در پروژه
۹	مدیریت ایمنی پروژه	ارزیابی عملکرد ایمنی	نرخ حوادث (تعداد کل حوادث رخ داده در کل ساعات کار صرف شده)
۱۰	مدیریت محیط‌زیست پروژه	ارزیابی عملکرد زیست‌محیطی	نرخ تولید ضایعات (میزان ضایعات تولید شده نسبت به سطح زیربنای کار)



* رابطه‌ی محاسبه‌ی هر یک از شاخص‌ها در بخش ۳ نوشتار معرفی شده است.

شکل ۲. نمای شماتیک داشبورد مدیریت پروژه.

پیمانکاری و برای تأمین نیازهای مدیران پروژه پیمانکار تأیید شده است؛ لذا، پیشنهاد می‌شود میزان کارایی آنها در تأمین نیازهای اطلاعاتی مدیران پروژه کارفرما و مشاور جداگانه ارزیابی شود. همچنین، جهت دستیابی به نتایج دقیق‌تر پیشنهاد می‌شود میزان کارایی شاخص‌های اطلاعاتی در سیستم‌های پیمانکاری فعال در هر یک از حوزه‌های صنعت ساخت مانند راه و ترابری و نفت و گاز به تفکیک ارزیابی شود.

پروژه نخواهد شد. این گزارش که باید دائماً به‌روزرسانی شود، به مدیر پروژه این امکان را می‌دهد که با ارزیابی مهم‌ترین حوزه‌های تأثیرگذار در عملکرد پروژه، در کلیه‌ی حوزه‌های مسئولیتی خود، عملکرد مطلوبی دارد و تصمیمات صحیح و قابل اجرایی اتخاذ کند. لازم به یادآوری است که کارایی شاخص‌های اطلاعاتی مذکور، فقط در سیستم

پانویس‌ها

1. iron triangle

2. project management dashboard
3. key performance indicators (KIPS)
4. planning
5. organizing

6. staffing
7. directing
8. controlling
9. earned value
10. inferential statistics

منابع (References)

1. Toor, S.R. and Ogunlana, S.O. "Beyond the Iron triangle: Stakeholder perception of key performance indicators (KPIs) for large-scale public sector development projects", *International Journal of Project Management*, **28**(3), pp. 228-236 (2010).
2. Kerzner, H.R., *International Institute for Learning, Project Management-Best Practices: Achieving Global Excellence*, Second Edition, Published by John Wiley & Sons: International Institute for Learning, Inc., New York (2010).
3. Ahadzie, D.K., Proverbs, D.G. and Olomolaiye, P.O. "Critical success criteria for mass house building projects in developing countries", *International Journal of Project Management*, **26**(6), pp. 675-687 (2008).
4. Kaliba, C., Muya, M. and Mumba, K. "Cost escalation and schedule delays in road construction projects in zambia", *International Journal of Project Management*, **27**(5), pp. 522-531 (2009).
5. Kamrul, A. and Indra, G. "Analysis of cost and schedule performance of international development projects", *International Journal of Project Management*, **28**(1), pp. 68-78 (2010).
6. Ngacho, C. and Das, D. "A performance evaluation framework of development projects: An empirical study of constituency development fund (CDF) construction projects in Kenya", *International Journal of Project Management*, **32**(3), pp. 492-507 (2013).
7. Cox, R.F., Issa, R.R.A. and Ahrens, D. "Management's perception of key performance indicators for construction", *Journal of Construction Engineering and Management*, **129**(2), pp. 142-151 (2003).
8. Cha, H.S. and Kim, C.K. "Quantitative approach for project performance measurement on building construction in South Korea", *KSCE Journal of Civil Engineering*, **15**(8), pp. 1319-1328 (2011).
9. Zavadskas, E.K., Vilutiene, T., Turskis, Z. and Saporuskas, J. "Multi-criteria analysis of projects' performance in construction", *Archives of Civil and Mechanical Engineering*, **14**(1), pp. 114-121 (2014).
10. Nassar, N. and AbouRizk, S. "Practical application for integrated performance measurement of construction projects", *Journal of Management in Engineering*, **30**(6), pp.04014027-1-11 (Nov 2014).
11. Yu, A.T.W., Shen, Q., Kelly, J. and Hunter, K. "Investigation of critical success factors in construction project briefing by way of content analysis", *Journal of Construction Engineering and Management*, **132**(11), pp. 1178-1186 (2006).
12. Park, S.H. "Whole life performance assessment: Critical success factors", *Journal of Construction Engineering and Management*, **135**(11), pp. 1146-1161 (2009).
13. Yeung, J.F.Y., Chan, A.P.C. and Chan, D.W.M. "Developing a performance index for relationship-based construction projects in Australia: Delphi study", *Journal of Construction Engineering and Management*, **25**(2), pp. 59-68 (2009).
14. Yeung, J.F.Y., Chan, A.P.C., Chan, D.W.M., Chiang, Y.H. and Yang, H. "Developing a benchmarking model for construction projects in Hong Kong", *Journal of Construction Engineering and Management*, **139**(6), pp. 705-716 (2013).
15. Marques, G., Gourc, D. and Lauras, M. "Multi-criteria performance analysis for decision making in project management", *International Journal of Project Management*, **29**(8), pp. 1057-1069 (2010).
16. Elshakour, A.H., Al-Sulaihi, I.A. and Al-Gahtani, K.S. "Indicators for measuring performance of building construction companies in Kingdom of Saudi Arabia", *Journal of King Saud University -Engineering Sciences*, **25**(2), pp. 125-134 (2013).
17. Acharya, N.K., Lee, Y.D. and Choi, D.S. "Key attitude indicators (KAI) for measuring attitude of contractors in construction projects", *KSCE Journal of Civil Engineering*, **10**(3), pp. 151-163 (2006).
18. Habibpour, K. and Safari, R., *A Comprehensive Guide to Using SPSS in Survey Research (Quantitative Data Analysis)*, Motefakeran Publisher, Tehran (2009).
19. *A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK Guide)*, 5th Edition, Project Management Institute (c2012).
20. *Leadership in Energy & Environmental Design (Leed Guide)*, Version 2.2, U.S. Green Building Council (c2009).
21. Adli, A. "Information process design of projects base on call centre", MSc Thesis of Costruction Engineering and Management, Amirkabir University of Technology (Tehran Polytechnic), Tehran (2014).