



NEW APPROACHES in CONSTRUCTION and PROJECT MANAGEMENT

Quarterly Journal of the Civil Engineering Department, Faculty of Engineering

<https://cpm.aletaha.ac.ir>



Modeling Workforce Productivity in Improving Safety Performance of Construction Projects Using Structural Equation Modeling

Fatemeh Babaei Aghamaleki^a, Hesam Varaee^{b*}

^a M.Sc. in Construction Management, Ale- Taha Institute of Higher Education, Tehran, Iran.

^b Assistant Professor, Department of Civil Engineering, Ale- Taha Institute of Higher Education, Tehran, Iran;
varaee.hesam@aletaha.ac.ir

Abstract

The present research addresses the improvement of safety performance in construction projects with an emphasis on the role of workforce productivity. For this purpose, the technique of Structural Equation Modeling (SEM) with the Partial Least Squares (PLS) method was employed to present a conceptual framework. In order to achieve the applied objective, 95 researcher-developed questionnaires were distributed among project personnel and members of the Civil Engineering Deputy Organization of Tehran Municipality in Districts 18 and 21 as the sample population. The collected data were analyzed using version 3 of SmartPLS software. Construct validity was assessed through Confirmatory Factor Analysis (CFA), and model reliability was evaluated by Cronbach's Alpha and Composite Reliability (CR), with results indicating that the model possessed acceptable validity and reliability.

The conceptual framework revealed that organizational factors, with a path coefficient of 5.20, had the greatest effect on safety performance; furthermore, project managers and supervisors, with a path coefficient of 3.98, had the highest influence on workforce productivity. The mediating effect of the workforce productivity variable in the relationship between independent and dependent variables in the model was also confirmed. Based on the findings, it is recommended that, to enhance safety performance in projects, greater emphasis be placed on improving organizational factors (such as increasing supervision and guidance and allocating safety priorities based on Friedman test results) as well as on developing the skills and expertise of project managers and supervisors. These actions can lead to increased workforce productivity and improved safety performance in construction projects.

Article history:

Received: 09/10/2024

Revised: 05/12/2024

Accepted: 29/02/2025

Keywords

Workforce productivity, construction project performance, Structural Equation Modeling (SEM), municipality, accidents in construction projects

* Assistant Professor, Department of Civil Engineering, Ale- Taha Institute of Higher Education, Tehran, Iran;
varaee.hesam@aletaha.ac.ir; ORCID: 0000-0001-5967-1077



وزارت علوم، تحقیقات و فناوری
مؤسسه آموزش عالی آل طه

رویکردهای نوین در مدیریت ساخت و پروژه

فصلنامه گروه مهندسی عمران دانشکده فنی و مهندسی

<https://cpm.aletaha.ac.ir>



مدل سازی بهره‌وری نیروی انسانی در بهبود عملکرد ایمنی پروژه‌های عمرانی با استفاده از روش مدل سازی معادلات ساختاری

فاطمه بابایی آقاملکی^۱، حسام ورعی^{۲*}

۱. کارشناسی ارشد مدیریت ساخت، مؤسسه آموزش عالی آل طه، تهران، ایران.

۲. استادیار گروه عمران، مؤسسه آموزش عالی آل طه، تهران، ایران؛ varaee.hesam@aletaha.ac.ir

چکیده فارسی

پژوهش حاضر به بهبود عملکرد ایمنی پروژه‌های عمرانی با تأکید بر نقش بهره‌وری نیروی انسانی می‌پردازد. بدین منظور از تکنیک مدل سازی معادلات ساختاری با روش حداقل مربعات جزئی جهت ارائه چارچوب مفهومی استفاده شده است. جهت دستیابی به هدف کاربردی، ۹۵ پرسشنامه محقق ساخته در میان عوامل پروژه‌ها و اعضای سازمان معاونت عمران شهرداری مناطق ۱۸ و ۲۱ تهران به‌عنوان جامعه نمونه توزیع شد. داده‌ها پس از جمع‌آوری در نسخه سوم نرم‌افزار SmartPLS مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. روایی سازه از طریق آزمون تحلیل عاملی تأییدی و پایایی مدل از طریق آزمون آلفای کرونباخ و پایایی ترکیبی مورد ارزیابی قرار گرفت و نتایج نشان داد مدل از روایی و پایایی مطلوبی برخوردار است. چارچوب مفهومی نشان داد عوامل سازمانی با ضریب مسیر ۵/۲۰، بیشترین تأثیر را بر عملکرد ایمنی داشته است؛ از سوی دیگر مدیران و ناظران پروژه با ضریب مسیر ۳/۹۸، بیشترین تأثیر را بر بهره‌وری نیروی انسانی داشته‌اند. تأثیر میانجی متغیر بهره‌وری نیروی انسانی نیز در ارتباط بین متغیرهای مستقل و وابسته در مدل تأیید شد. با توجه به نتایج توصیه می‌شود برای بهبود عملکرد ایمنی پروژه‌ها، تمرکز بیشتری بر ارتقای عوامل سازمانی (مانند افزایش نظارت و راهنمایی و تخصیص اولویت‌های ایمنی براساس نتایج آزمون فریدمن) و همچنین توسعه مهارت‌ها و تخصص مدیران و ناظران پروژه صورت گیرد. این اقدامات می‌توانند منجر به افزایش بهره‌وری نیروی انسانی و بهبود عملکرد ایمنی پروژه‌های عمرانی شوند.

واژگان کلیدی

بهره‌وری نیروی انسانی، عملکرد پروژه‌های ساختمانی، مدل سازی معادلات ساختاری، شهرداری، حوادث در پروژه‌های عمرانی.

* نویسنده مسئول: استادیار گروه عمران، مؤسسه آموزش عالی آل طه، تهران، ایران؛ varaee.hesam@aletaha.ac.ir

۱. مقدمه

طبق آمار جهانی صنعت ساخت به موجب یکسری ویژگی‌های مختص به خود نظیر پویایی و موقتی بودن فعالیت‌ها، نسبت به دیگر صنایع از حوادث بیشتری برخوردار بوده و از پرخطرترین صنایع به‌شمار می‌رود [۲، ۱]. آماری از دپارتمان ایمنی و بهداشت شغلی نشان می‌دهد نرخ مرگ‌ومیر در صنعت ساخت به‌شدت افزایش پیدا کرده است [۳] و اثرات ادامه پیدا کردن این حوادث، خسارات و آسیب‌های جدی را متوجه نیروی انسانی شاغل در کارگاه می‌کند که مستقیماً در معرض این مخاطرات قرار دارند [۴]. همچنین آمار جهانی نشان می‌دهد از تعداد کل کارگرانی که در تمام صنایع مشغول به‌کار هستند تنها ۲۹ درصد آن‌ها در صنعت ساخت مشغول به‌کارند، اما باین‌حال بیشترین درصد حوادث که معادل ۴۰ درصد تخمین زده شده است؛ به صنعت ساخت اختصاص داده شده است؛ این نشان می‌دهد که اثرات مخرب حوادث در صنعت ساخت نسبت به دیگر صنایع به‌طور چشمگیری بیشتر است [۵]. همچنین، آمار دیگری از کشور آمریکا، نشان می‌دهد، با وجود تعداد کمتر کارگران شاغل در صنعت ساخت نسبت به سایر صنایع (۶ درصد کارگر)، بیشترین درصد حوادث مرتبط با محیط کار که معادل ۲۰ درصد است به این صنعت اختصاص دارد [۶]. از طرفی صنعت ساخت به‌عنوان قطب بزرگ اقتصاد ملی کشورها به‌شمار رفته و تأثیر زیادی در رشد اقتصادی کشورها دارد و از جمله راهکارهای قطعی برای مقابله با مشکل بیکاری است [۷]. با توجه به شرایط اقتصادی حاضر در کشور ایران، به‌عنوان کشوری در حال توسعه، در صورت بروز حوادث در پروژه‌ها خسارات جبران‌ناپذیری را در مقایسه با سایر کشورهای توسعه‌یافته به‌دنبال خواهد داشت؛ به‌عنوان مثال عطرکار روشن و همکاران در سال ۲۰۱۲ در تحقیق خود نشان دادند سرانه هر حادثه شغلی در ایران، خسارتی معادل ۹ میلیون تومان را متوجه کارفرمایان و اقتصاد کشور می‌کند که برآورد مبلغ تجمعی خسارات مالی ناشی از حوادث در یک مدت زمان مشخص (مثلاً یکسال) تأثیر سوئی را بر اقتصاد و کسب‌وکارها وارد می‌کند که به اهمیت وجود استراتژی‌های ایمنی در جهت کاهش این خسارات و هزینه‌ها تأکید می‌کند [۸]. تحقیقات نشان می‌دهد در میان عوامل مختلفی که در صنعت ساخت حادثه ایجاد می‌کنند؛ ۸۰ تا ۹۰ درصد حوادث ایجاد شده در محل کار به‌دلیل رفتارهای نایمن کارگران اتفاق می‌افتد [۹]. از این‌رو، به‌دلیل نقش مهم نیروی انسانی در ایجاد حوادث، تحقیق حاضر در جست‌وجوی آن است تا تأثیر بهره‌وری نیروی انسانی که در تعریف کیفی به معنای استفاده مؤثر و بهینه از نیروی انسانی در طی پروژه است [۱۰، ۱۱] را در بهبود عملکرد ایمنی پروژه‌های عمرانی با استفاده از مدل ساختاری مورد بررسی قرار دهد. بسیاری از عامل‌های مؤثر انسانی به‌صورت ریشه‌ای (در تعامل با یکدیگر) منجر به بهبود عملکرد ایمنی می‌شوند و این در حالی است که بسیاری از پژوهش‌های پیشین به ارتباط عوامل مؤثر توجهی نداشته‌اند. در صورتی که بررسی هماهنگی و تداخلات بین عوامل انسانی در محیط کار، شامل عوامل فردی و سازمانی، بهبود ایمنی را تسهیل می‌کند و اقدامات مناسبی برای بهبود آن را فراهم می‌کند و این یکی از مهم‌ترین شکاف‌های موجود در تحقیقات انجام شده است [۱۲]. این مدل، با توجه به پیچیدگی پروژه‌های ساخت، به‌طور واقع‌بینانه‌تر اثرات و سیاست‌های ایجاد شده را ارزیابی می‌کند و ارتباط بین متغیرهای پنهان و آشکار را برای تصمیم‌گیری مدیران مشخص می‌کند. این پژوهش نیز بر ضرورت اجرای یک مدل بومی‌شده براساس شرایط پروژه‌های عمرانی کشور تأکید دارد و با تحلیل مشکلات و ارتباطات متعدد در بخش‌های مختلف، سعی در ارائه راهکارهای مؤثر دارد.

۲. مطالعات پیشین

در این بخش به بررسی پیشینه پژوهش پیرامون حوزه موضوعی پرداخته شده است. آلبارکانی و شافی در سال ۲۰۲۱، در تحقیق خود مدلی را برای بررسی عوامل مؤثر ایمنی بر عملکرد صنعت ساختمان مالزی ارائه کردند. در این تحقیق مدلی برای بررسی عوامل مؤثر ایمنی بر عملکرد صنعت ساخت‌وساز مالزی ارائه شد. یافته‌های این پژوهش نشان داد متغیرهای مستقل عوامل مؤثر بر ایمنی، از طریق متغیر میانجی آموزش کارکنان بر متغیر وابسته صنعت ساخت‌وساز مالزی، تأثیر می‌گذارند. در این پژوهش از روش مدل‌سازی معادلات ساختاری استفاده شده است [۱۳]. ایکسینوینگ و همکاران در سال ۲۰۲۱، در یک مطالعه موردی، تأثیر فاکتورهای جو ایمنی مثبت و فشار بهره‌وری در سایت‌های ساخت‌وساز بر رفتار استفاده از کلاه ایمنی در کارگاه‌های ساختمانی را مورد بررسی قرار دادند. هدف این تحقیق ارائه ابزاری برای درک سیستماتیک علل رفتارهای عدم استفاده از کلاه ایمنی در کارگاه‌های ساختمانی بود. برای این منظور از روش پویایی سیستم جهت بررسی این عوامل استفاده شد و داده‌ها از توزیع ۹۱ پرسشنامه جمع‌آوری شد [۱۴]. هاشیگوچی و همکاران (۲۰۲۰)، تأثیر عوامل روانشناختی بر بهره‌وری در کارگاه‌های ساختمانی ژاپن را براساس سن کارگران بررسی کردند. نتایج نشان داد که

شاخص‌های سلامتی مانند ضربان قلب و توده بدنی بر توانایی افراد مسن در حفظ ایمنی محیط کار تأثیر منفی داشته و مانع از رفتارهای فعال در اجرای وظایف مختلف آن‌ها می‌شوند. اما در افراد جوان، تغییرات شاخص‌های سلامتی تأثیر معنی‌داری بر ایمنی و رفتارهای فعال در کار نداشته‌اند [۱۵]. داویدسکو و همکاران (۲۰۲۰)، انعطاف‌پذیری کاری، رضایت شغلی و عملکرد شغلی در کارکنان رومانیایی مورد بررسی قرار دادند تا پیامدهای مدیریت منابع انسانی پایدار را برای درک چگونگی طراحی مدیریت منابع انسانی برای سازگاری با چالش‌های کاری آینده مورد تجزیه و تحلیل قرار دهند. نتایج تجزیه و تحلیل نشان داد که سطح متوسطی از انعطاف‌پذیری در کارکنان مورد مصاحبه وجود دارد، تنها یک‌سوم از آن‌ها سطوح بالایی از انعطاف‌پذیری را نشان دادند. تحلیل‌های رگرسیون لجستیک نقش انعطاف‌پذیری عملکردی، زمان کاری و انعطاف‌پذیری فضای کاری را در افزایش سطح رضایت شغلی کارکنان مورد بررسی قرار داده است [۱۶]. تحقیقات دمیرکسن در سال ۲۰۱۹ نشان داد که اجرای ساخت‌وساز ناب می‌تواند بهبود معناداری در عملکرد ایمنی صنعت ساخت‌وساز داشته باشد؛ به‌خصوص در کاهش خطرات و افزایش استانداردهای ایمنی. این نتایج تأکید کردند که شرکت‌هایی که به خوبی از شیوه‌های ناب استفاده کرده‌اند، می‌توانند عملکرد ایمنی بهتری داشته باشند [۱۷]. در مقاله «پیامدهای ناخواسته استراتژی‌های مدیریت برای بهبود بهره‌وری نیروی کار در صنعت ساختمان» در سال ۲۰۱۸، تأثیر استراتژی‌های مدیریت بر بهره‌وری نیروی کار و ایمنی در صنعت ساخت‌وساز بررسی شد. این مقاله توسط قدرتی و همکاران انجام شد و مشخص شد که استراتژی‌های مدیریت مرتبط با منابع انسانی و استراتژی‌های مدیریت عملکرد ایمنی در پروژه‌های ساختمانی تأثیر مثبتی بر بهبود عملکرد ایمنی داشتند. با تحلیل داده‌های جمع‌آوری شده از ۱۱۱ پروژه ساختمانی، مشخص شد که استراتژی‌هایی مانند «مدیریت نیروی کار»، «نظارت و رهبری»، «برنامه‌ریزی» و «مدیریت ساخت‌وساز» موجب بهبود سطح عملکرد ایمنی در پروژه‌ها شدند [۱۸]. محمدی و همکاران (۲۰۱۸)، در تحقیق خود به بررسی تأثیر عوامل مختلف بر عملکرد ایمنی پروژه‌های ساختمانی پرداختند. آن‌ها از روش تحلیل محتوای کیفی برای استخراج عوامل مؤثر استفاده کردند و چارچوب سلسله‌مراتبی‌ای را ارائه کردند که نشان داد چگونه این عوامل بر ایمنی پروژه‌های ساخت‌وساز تأثیر می‌گذارند. این تحقیق براساس مطالعه ۹۰ مقاله انجام شد و نتایج به‌دست آمده براساس معیارهای مختلف دسته‌بندی شد [۱۹]. چودهری (۲۰۱۷)، در تحقیق خود به تجزیه و تحلیل دستیابی به ایمنی و بهره‌وری در پروژه‌های ساختمانی پرداخته است. در این تحقیق بر اهمیت ارتقا سطح ایمنی و بهبود بهره‌وری در صنعت ساخت‌وساز تأکید شده است. با توزیع پرسشنامه به ۱۸۰۰ نفر و تجزیه و تحلیل آماری روی ۲۵ پروژه، این تحقیق نشان داد که اقدامات انجام شده در پروژه‌ها بهبود هم‌زمانی در زمینه‌های ایمنی و بهره‌وری را به‌دنبال داشته است [۲۰]. وو و همکاران (۲۰۱۷)، در تحقیق خود به بررسی ارتباط بین بهبود رهبری و ایمنی در پروژه‌های ساختمانی پرداختند. آن‌ها یک چارچوب تئوری ارائه کردند که نشان داد چگونه رهبری می‌تواند بر ایمنی محیط کار تأثیر بگذارد. این تحقیق عدم رهبری مناسب را یکی از دلایل تکرار مداوم حوادث در پروژه‌های ساختمانی برشمرده و راهکارهایی برای بهبود رهبری و افزایش ایمنی در محیط کار ارائه کرده‌اند [۲۱].

۲-۱. شناسایی متغیرهای مؤثر و دسته‌بندی آن‌ها در قالب چهار متغیر پنهان

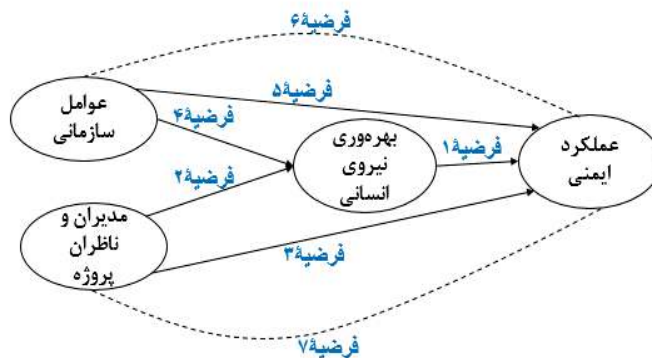
پس از پرداختن به مطالعه پیشینه پژوهش، متغیرهای مؤثر از طریق مبانی نظری و مصاحبه با عوامل پروژه و اعضای سازمان در جامعه نمونه شناسایی و به‌صورت جدول ۱ در قالب چهار متغیر پنهان دسته‌بندی شد.

جدول ۱. استخراج متغیرها و دسته‌بندی آن‌ها.

رفرنس	بهره‌وری نیروی انسانی
[۲۲] [۲۳] [۲۸] [۲۷] [۲۶] [۱۳] [۲۵] [۲۴]	آموزش/ خستگی کارگران، تغییرات مکرر طراحی بعد از اجرا، مدیریت ضعیف نیروی انسانی، کمبود مصالح، انگیزه کارگران، نظارت مناسب، حوادث مکرر/ رفتارهای ناپایمن کارگران در پروژه/ خطاهای کارگران در پروژه، مشارکت کارگران، تأثیرات اکیپ‌های اجرایی شاغل در کارگاه بر یکدیگر، دوباره‌کاری، استراحت‌های مناسب در بین فعالیت‌ها
رفرنس	عملکرد ایمنی
[۳۲] [۳۱] [۳۰] [۲۹]	بازرسی ایمنی، جلسات ایمنی/ اجرای مقررات ایمنی/ ارتباطات ایمنی/ مشوق‌های مالی و غیرمالی/ شرایط آب‌وهوایی و جغرافیایی نامناسب، اجرا و پیاده‌سازی ایمنی
رفرنس	مدیران و ناظران پروژه
[۴۳] [۴۲] [۴۱] [۴۰] [۳۹] [۳۸] [۳۷] [۳۶] [۳۵] [۳۴] [۳۳] [۳۲]	نگرش مدیریت نسبت به ایمنی/ نگرش سرپرستان نسبت به ایمنی/ نظارت مستمر ناظران بر خطاهای انسانی/ شناسایی خطرات توسط مدیران پروژه و انتقال آن‌ها به کارگران/ سیاست‌های مدیران در برابر ایمنی/ آموزش کارگران توسط ناظران پروژه/ شناسایی خطرات توسط مدیران پروژه و انتقال آن‌ها به کارگران، بررسی و تحلیل حوادث قبلی، جریمه برای سهل‌انگاری ایمنی در پروژه، برنامه‌های کاری متوازن، استخدام نیروی انسانی با مهارت و متخصص
رفرنس	عوامل سازمانی
[۴۶] [۴۵] [۴۴] [۱]	فرایندها، سیستم مدیریت ایمنی، نظارت و راهنمایی، ادراک مشترک اعضای سازمان در سیاست‌های ایمنی/ بودجه بیشتر برای مدیریت ایمنی، تجزیه و تحلیل هزینه و فایده مدیریت در بلندمدت

۲-۲. ارائه مدل نظری فرضی پژوهش

شکل ۱ مدل نظری فرضی پژوهش را نشان می‌دهد که نمایانگر متغیرهای پنهان و روابط میان آن‌ها (فرضیات پژوهش) است که از مطالعه مبانی نظری تحقیق حاصل شده است. خط تیره ترسیم شده، اثر غیرمستقیم را نشان می‌دهد.



شکل ۱. مدل نظری پژوهش.

۳-۲. تهیه و تنظیم پرسشنامه محقق ساخته

براساس نیازمندی‌ها و معیارهای مورد نیاز در تحقیق، یک پرسشنامه ساختاریافته برای جمع‌آوری داده‌ها از جامعه نمونه تنظیم شد. ساختار پرسشنامه براساس چهار متغیر پنهان دسته‌بندی و متغیرهای سنجش هر یک از چهار متغیر پنهان، در ذیل هر یک تنظیم شد. به منظور سنجش نگرش خبرگان در مطالعه موردی، از مقیاس لیکرت با سطح سنجش ترتیبی از حد بی‌اثر تا تأثیر خیلی زیاد استفاده

شد. پرسشنامه‌ها در جامعه نمونه توزیع و پاسخگویان از عدد ۱ تا ۵ به سؤالات نمره داده و به این ترتیب داده‌ها برای تجزیه و تحلیل آماری جمع‌آوری گردید.

۳. روش تحقیق

جهت دستیابی به هدف اصلی پژوهش، از روش مدل‌سازی معادلات ساختاری با استفاده از روش حداقل مربعات جزئی استفاده شد. پس از شناسایی متغیرها و روابط آن‌ها از طریق مبانی نظری و مصاحبه در مطالعه موردی و دسته‌بندی آن‌ها در قالب چهار متغیر پنهان، مدل نظری فرضی ارائه شد و پس از جمع‌آوری داده‌ها از مطالعه موردی، در نسخه سوم نرم‌افزار PLS ترسیم و متغیرهای آشکار نیز در قالب مدل‌های اندازه‌گیری ترسیم گردید و داده‌های جمع‌آوری شده از جامعه نمونه بر مدل مسیر برازش داده شد. سپس روایی سازه با استفاده از آزمون تحلیل، عاملی تأییدی به منظور بررسی روایی مدل‌های اندازه‌گیری انعکاسی مورد بررسی شد؛ همچنین از طریق دو آزمون آلفای کرونباخ و پایایی ترکیبی، پایایی مدل‌های اندازه‌گیری انعکاسی مورد بررسی قرار گرفت. پس از تأیید روایی و پایایی مدل‌های اندازه‌گیری انعکاسی، با استفاده از معیارهای مربوط، به بررسی کیفیت برازش مدل ساختاری و سپس مدل مسیر پرداخته شد؛ در این مرحله فرضیات پژوهش بر مبنای ضرایب مسیر و ارزیابی ضرایب معناداری ضرایب مسیر مورد بررسی قرار گرفت. به این ترتیب مدل نظری پژوهش براساس داده‌های جمع‌آوری شده از جامعه نمونه با استفاده از تکنیک مدل‌سازی معادلات ساختاری بر مبنای روش کمترین مربعات جزئی در نرم‌افزار اعتبارسنجی شده و مدل عملیاتی پس از تجزیه و تحلیل داده‌های جمع‌آوری شده از جامعه نمونه ارائه شد.

۳-۳. جامعه و نمونه آماری پژوهش

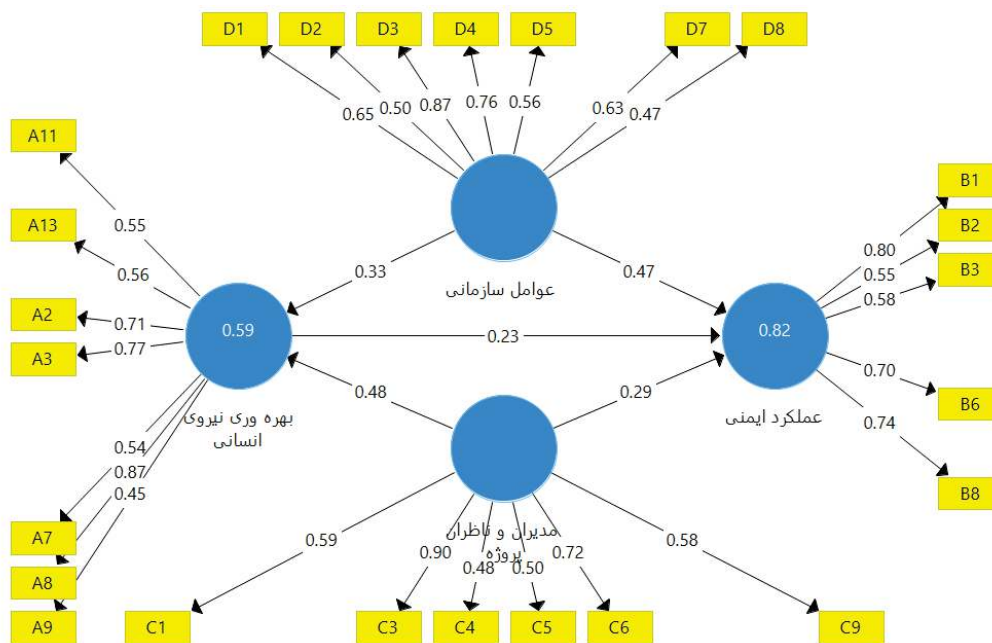
جامعه آماری پژوهش حاضر، عوامل پروژه‌های عمرانی شهرداری تهران می‌باشد. نمونه آماری پژوهش حاضر، شامل شرکت‌های پیمانکاری و مشاوران و کارفرماهای پروژه‌های فعال شهرداری تهران (معاونت عمران شهرداری منطقه ۱۸ و ۲۱) بوده است که به صورت پروژه‌های عمرانی در دسترس و شرکت‌های بزرگ انتخاب شده است. برای تعیین حداقل نمونه لازم برای کار بر روی یک مدل نظری مسیر، باید از قاعده ۱۰ برابر استفاده کرد. در پژوهش حاضر، بیشترین مسیرهای مستقیم و غیرمستقیم یک متغیر پنهان در مدل ساختاری دارای ۵ مسیر اصلی است که با ضرب کردن در عدد ۱۰، حداقل حجم نمونه ۵۰ عدد به دست می‌آید. در این پژوهش، تعداد ۹۵ پرسشنامه توزیع شد.

۴. تجزیه و تحلیل داده‌ها

۴-۱. بررسی معیارهای پایایی و روایی در مدل‌های اندازه‌گیری انعکاسی

۴-۱-۱. روایی همگرا براساس معیار بارهای عاملی

بررسی این نوع روایی با استفاده از آزمون تحلیل عاملی تأییدی انجام می‌پذیرد. مهم‌ترین خروجی این آزمون بار عاملی است. متغیرهای با بار عاملی کمتر از ۰/۴ با متغیرهای پنهان مربوط به خود همبستگی نداشته و از مدل‌های اندازه‌گیری انعکاسی حذف می‌شوند. شکل ۲ مدل نظری تحقیق را پس از حذف معرف‌های با همبستگی پایین‌تر از ۰/۴ نمایش می‌دهد.



شکل ۲. مدل نظری پژوهش بعد از آزمون تحلیل عاملی تأییدی.

۴-۱-۲. روایی همگرا براساس معیار AVE

برای آن که مدل‌های اندازه‌گیری انعکاسی از روایی همگرا با معیار AVE برخوردار باشند، مگنر و همکاران میزان میانگین واریانس به اشتراک گذاشته شده ۰/۴ به بالا را کافی دانستند [۴۷]. مقادیر میانگین واریانس به اشتراک گذاشته شده برای هر یک از متغیرهای پنهان با معرف‌های مربوط به آن‌ها در جدول ۲ نشان داده شده است. مدل‌های اندازه‌گیری انعکاسی از روایی همگرا براساس معیار AVE برخوردارند.

جدول ۲. معیار روایی AVE در مدل‌های اندازه‌گیری انعکاسی پس از حذف گویه‌های نامرتب.

متغیر	میانگین واریانس استخراج شده (AVE)
بهره‌وری نیروی انسانی	۴۳/۰
عملکرد ایمنی	۴۶/۰
مدیران و ناظران پروژه	۴۲/۰
عوامل سازمانی	۴۲/۰

۴-۱-۳. روایی واگرا براساس معیار بارهای متقابل

چنانچه میزان همبستگی متغیرها با متغیر پنهان مربوط به خود بالاتر از همبستگی متغیرها با سایر متغیرهای پنهان باشد، می‌توان از روایی واگرایی مدل‌های اندازه‌گیری انعکاسی براساس معیار کمی بارهای متقابل اطمینان حاصل کرد. جدول ۴ نشان می‌دهد میزان همبستگی بین متغیرها با متغیرهای پنهان مربوط (اعداد رنگی ماتریس)؛ از همبستگی آن‌ها با سایر متغیرهای پنهان بیشتر است که این مطلب گواه مناسب بودن روایی مدل‌های اندازه‌گیری انعکاسی بر مبنای معیار بارهای عاملی متقابل است.

جدول ۳. معیار روایی واگرا به روش بارهای عرضی در مدل‌های اندازه‌گیری انعکاسی.

عوامل سازمانی	مدیران و ناظران پروژه	عملکرد ایمنی	بهره‌وری نیروی انسانی	گویه‌ها
۴۵/۰	۴۶/۰	۴۷/۰	۷۱/۰	۲A
۴۸/۰	۴۲/۰	۵۲/۰	۷۷/۰	۳A
۳۸/۰	۴۰/۰	۴۲/۰	۵۴/۰	۷A
۴۴/۰	۴۵/۰	۴۶/۰	۸۷/۰	۸A
۲۵/۰	۲۰/۰	۳۴/۰	۴۵/۰	۹A
۴۶/۰	۴۷/۰	۴۴/۰	۵۵/۰	۱۱A
۳۷/۰	۴۴/۰	۴۷/۰	۵۶/۰	۱۳A
۴۱/۰	۴۱/۰	۸۰/۰	۴۸/۰	۱B
۴۵/۰	۳۸/۰	۵۵/۰	۴۲/۰	۲B
۴۳/۰	۴۲/۰	۵۸/۰	۴۱/۰	۳B
۴۲/۰	۴۸/۰	۷۰/۰	۴۸/۰	۶B
۶۴/۰	۴۷/۰	۷۴/۰	۴۱/۰	۸B
۴۶/۰	۵۹/۰	۴۱/۰	۳۲/۰	۱C
۴۵/۰	۹۰/۰	۴۴/۰	۴۵/۰	۳C
۳۱/۰	۴۸/۰	۳۴/۰	۳۳/۰	۴C
۴۱/۰	۵۰/۰	۴۰/۰	۳۷/۰	۵C
۴۶/۰	۷۲/۰	۴۸/۰	۴۶/۰	۶C
۴۵/۰	۵۸/۰	۴۶/۰	۴۱/۰	۹C
۶۵/۰	۴۵/۰	۴۷/۰	۴۲/۰	۱D
۵۰/۰	۴۲/۰	۴۱/۰	۴۵/۰	۲D
۸۷/۰	۴۶/۰	۴۶/۰	۴۶/۰	۳D
۷۶/۰	۴۷/۰	۴۲/۰	۴۲/۰	۴D
۵۶/۰	۲۷/۰	۴۷/۰	۲۷/۰	۵D
۶۳/۰	۴۳/۰	۴۹/۰	۴۶/۰	۷D
۴۷/۰	۳۱/۰	۴۱/۰	۲۳/۰	۸D

۴-۱-۴. روایی واگرا براساس معیار فورنل و لارکر

به عقیده فورنل و لارکر چنانچه جذر میانگین همبستگی معرف‌ها یا متغیر پنهان مربوط به خود که بر روی قطر ماتریس جدول ۴ قرار دارند، بیشتر از مقدار میانگین همبستگی سایر متغیرهای پنهان ذیل آن و واقع در سمت راست همان متغیر پنهان باشد؛ می‌توان از روایی مدل‌های اندازه‌گیری انعکاسی بر مبنای معیار فورنل و لارکر اطمینان حاصل کرد [۴۸]. نتایج خروجی روایی واگرا براساس معیار فورنل و لارکر در جدول ۵ نشان می‌دهد مدل‌های اندازه‌گیری انعکاسی هر یک از متغیرهای پنهان؛ از روایی واگرایی مطلوبی بر مبنای معیار فورنل و لارکر برخوردار است.

جدول ۴. معیار فورنل و لارکر در روایی واگرایی مدل‌های اندازه‌گیری انعکاسی.

عوامل سازمانی	مدیران و ناظران پروژه	عملکرد ایمنی	بهره‌وری نیروی انسانی	متغیرهای پنهان
			۶۵/۰	۱ بهره‌وری نیروی انسانی
		۶۸/۰	۴۸/۰	۲ عملکرد ایمنی
	۶۵/۰	۴۴/۰	۴۵/۰	۳ مدیران و ناظران پروژه
۶۵/۰	۴۲/۰	۴۷/۰	۴۲/۰	۴ عوامل سازمانی

۴-۱-۵. پایایی براساس آزمون آلفای کرونباخ و پایایی ترکیبی

ضریب آلفای کرونباخ ۰/۷ نشانگر پایایی قابل قبول است. در صورتی که مقدار پایایی ترکیبی بالاتر از ۰/۷ باشد حاکی از آن است که پایداری درونی مناسب است [۴۹]. جدول ۴ نشان می‌دهد؛ مدل‌های اندازه‌گیری انعکاسی از ضرایب پایایی قابل قبولی برخوردارند.

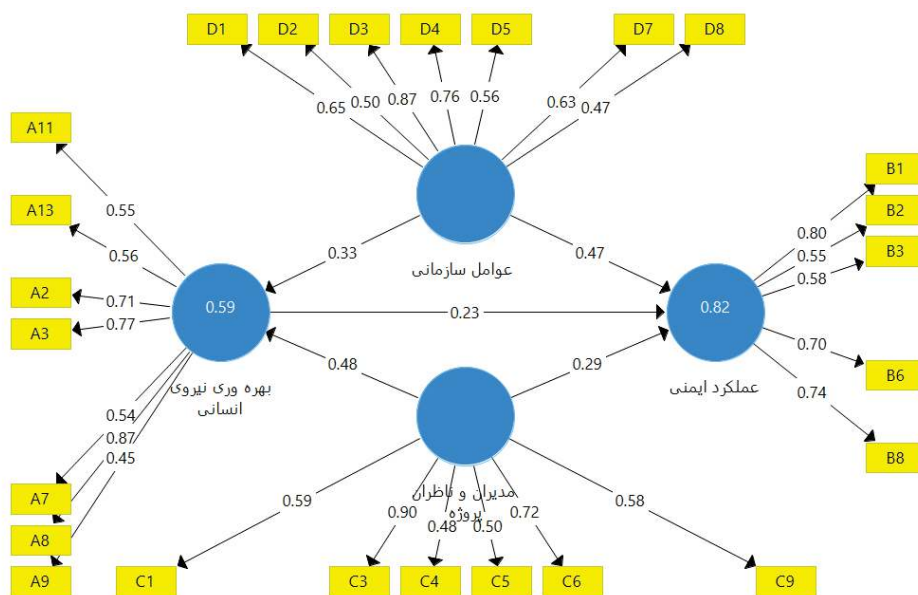
جدول ۴. نتایج آزمون پایایی مدل‌های اندازه‌گیری انعکاسی.

متغیر	ضرایب آلفا کرونباخ	ضرایب پایایی ترکیبی
بهره‌وری نیروی انسانی	۷۶/۰	۸۳/۰
عملکرد ایمنی	۷۱/۰	۸۱/۰
مدیران و ناظران پروژه	۷۱/۰	۸۰/۰
عوامل سازمانی	۷۶/۰	۸۳/۰

۴-۲. بررسی معیارهای کیفیت مدل ساختاری

۴-۲-۱. کیفیت مدل ساختاری براساس معیار R^2

این ضریب تعیین می‌کند چه میزان از تغییرات واریانس یک متغیر پنهان درون‌زا توسط متغیر پنهان برون‌زا در مدل ساختاری تبیین شده است. چین مقدار استاندارد ضریب تعیین را، ۰/۱۹ ضعیف، ۰/۳۳ متوسط و ۰/۶۷ قوی ارزیابی کرده است [۵۰]. شکل ۳ نشان می‌دهد تغییرات واریانس متغیر بهره‌وری نیروی انسانی توسط متغیرهای عوامل سازمانی و مدیران و ناظران پروژه به میزان ۰/۵۹، همچنین متغیرهای بهره‌وری نیروی انسانی، عوامل سازمانی و مدیران و ناظران پروژه به میزان ۰/۸۲ تغییرات واریانس متغیر عملکرد ایمنی را در مدل ساختاری تبیین می‌کنند. از این رو ضرایب تبیین از سطح قوی و مطلوبی برخوردار است.



شکل ۳: ضریب تعیین R^2 در یک مدل ساختاری مدل مسیر.

۴-۲-۲. کیفیت مدل ساختاری براساس معیار F^2

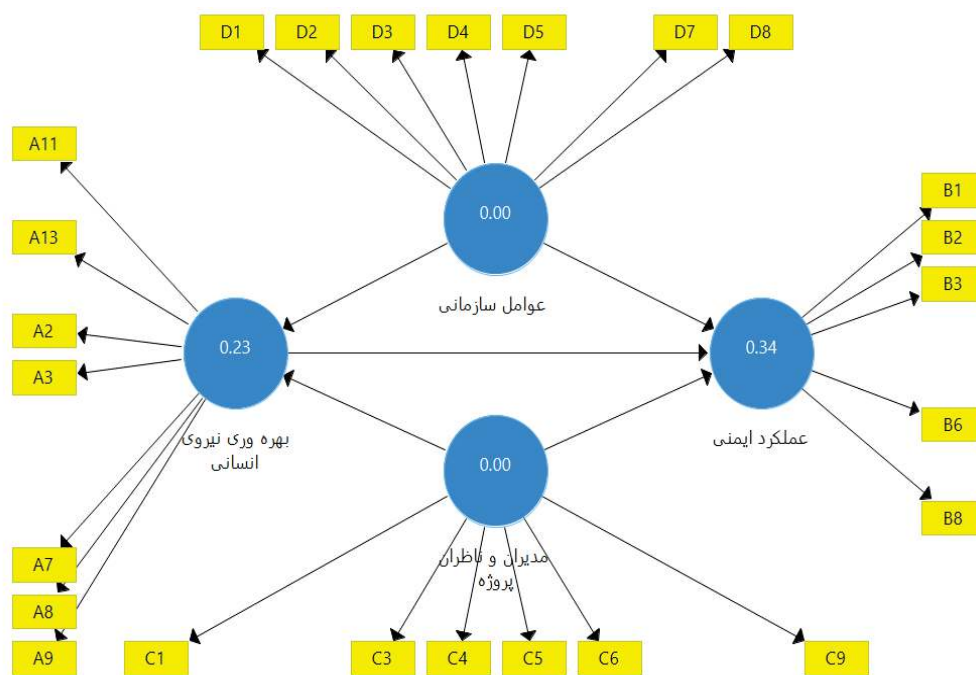
این معیار میزان اندازه اثر یک متغیر برون‌زا را بر روی یک متغیر درون‌زا در مدل ساختاری، اندازه‌گیری می‌کند. کوهن برای این معیار، سه مقدار ۰/۰۲، ۰/۱۵ و ۰/۳۵ را به ترتیب به‌عنوان مقادیر ضعیف، متوسط و قوی بیان کرده است [۵۱]. مقادیر اندازه اثر متغیرها در جدول ۵ گزارش شده است.

جدول ۵. محاسبه معیار اندازه اثر در مدل ساختاری

متغیرهای درون‌زا مدل	F square
عوامل سازمانی بر عملکرد ایمنی	۰/۳۷
مدیران و ناظران پروژه بر بهره‌وری نیروی انسانی	۰/۱۹
مدیران و ناظران پروژه بر عملکرد ایمنی	۰/۱۳
عوامل سازمانی بر بهره‌وری نیروی انسانی	۰/۰۸
بهره‌وری نیروی انسانی بر عملکرد ایمنی	۰/۱۲

۳-۲-۴. کیفیت مدل ساختاری براساس معیار Q²

این معیار که توسط استون و گیزر معرفی شد، تنها برای متغیرهای پنهان درون‌زای مدل که معرف‌های آن‌ها از نوع انعکاسی است، محاسبه می‌شود و قدرت پیش‌بینی مدل را مشخص می‌کند [۵۳،۵۴]. شکل ۴ ضرایب قدرت پیش‌بینی مدل را نشان می‌دهد. هنسلر و همکاران قدرت پیش‌بینی مدل برای متغیرهای پنهان درون‌زا را بر سه مقدار ۰/۰۲، ۰/۱۵ و ۰/۳۵ به ترتیب کم، متوسط و خوب بیان کردند [۵۴].



شکل ۴. ضریب توانایی پیش‌بینی Q² مدل ساختاری.

مقدار آماره Q² در جدول ۶ نشان می‌دهد متغیرهای پنهان درون‌زای بهره‌وری نیروی انسانی و عملکرد ایمنی دارای توانایی بالا و مطلوبی برای پیش‌بینی شاخص‌های خود می‌باشند.

جدول ۶. معیار قدرت پیش‌بینی مدل توسط آماره Q² متغیرهای پنهان درون‌زا.

متغیر	SSO	SSE	-SSE/SSO Q ² =
بهره‌وری نیروی انسانی	۰۰/۶۶۵	۲۳/۵۱۴	۲۳/۰
عملکرد ایمنی	۰۰/۴۷۵	۱۵/۳۱۳	۳۴/۰
مدیران و ناظران پروژه	۰۰/۵۷۰	۰۰/۵۷۰	-
عوامل سازمانی	۰۰/۶۶۵	۰۰/۶۶۵	-

۳-۴. ارزیابی کیفیت برازش مدل مسیر

۱-۳-۴. کیفیت برازش مدل مسیر با معیار GOF

این معیار که توسط تننهاوس و همکاران ابداع شد، برای بررسی کیفیت برازش مدل کلی کاربرد دارد و مطابق فرمول ۱ به صورت حاصلضرب جذر متوسط میانگین واریانس استخراج شده بین هر یک از معرف‌ها با متغیر مربوط در میانگین ضرایب تبیین محاسبه می‌شود [۵۵]. مقادیر میانگین واریانس استخراج شده و ضریب تبیین برای محاسبه معیار نیکویی برازش در جدول ۷ گزارش شده است.

جدول ۷. اطلاعات لازم برای محاسبه نیکویی برازش مدل مسیر.

متغیر	میانگین واریانس استخراج شده	ضریب تبیین	ضریب تعیین اصلاح شده
بهره‌وری نیروی انسانی	۴۳/۰	۵۹/۰	۵۹/۰
عملکرد ایمنی	۴۶/۰	۸۲/۰	۸۲/۰
مدیران و ناظران پروژه	۴۲/۰	-	-
عوامل سازمانی	۴۲/۰	-	-

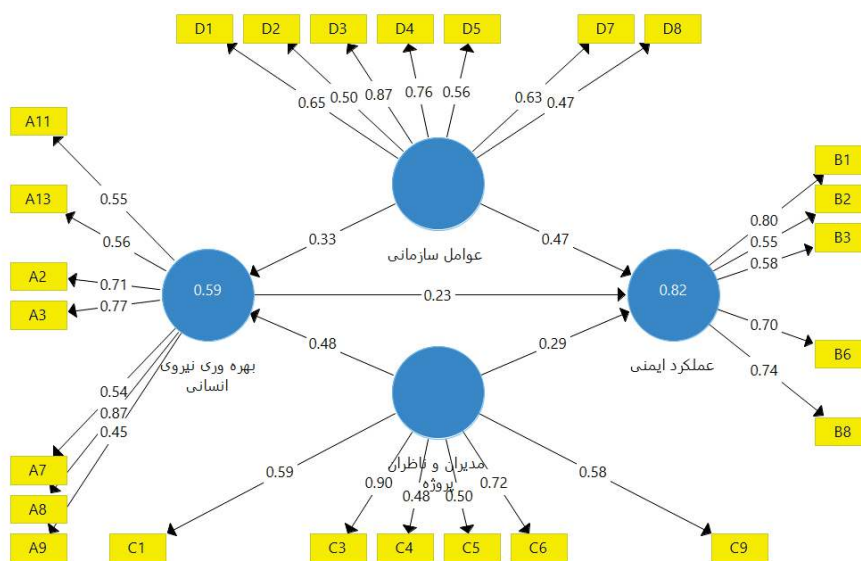
وتزلس و همکاران سه مقدار ۰/۰۱، ۰/۰۲۵، ۰/۳۶ و بیشتر را به عنوان مقادیر ضعیف، متوسط و قوی برای معیار GOF بیان کردند [۵۶]. طبق فرمول ۱ مقدار نیکویی برازش به دست آمده از ضریب مطلوبی برخوردار است که حکایت از مطلوبیت کلی مدل دارد.

$$\text{فرمول (۱)} \quad = \sqrt{0.4325 \times 0.705} = 0.55 \quad \text{GOF} = \sqrt{\text{COMMUNALITY}^1 \times R^2} = \sqrt{\text{AVE} \times R^2}$$

۴-۴. آزمون فرضیات مدل مسیر

۱-۴-۴. بررسی ارتباط بین متغیرهای پنهان با استفاده از ضرایب مسیر در حالت استاندارد

روابط بین متغیرهای پنهان در قالب ضرایب مسیر استاندارد می‌تواند جهت و شدت روابط میان متغیرهای پنهان را مشخص کند. شکل ۵ ضرایب مسیر استاندارد برآورد شده را در مدل ساختاری نمایش می‌دهد.

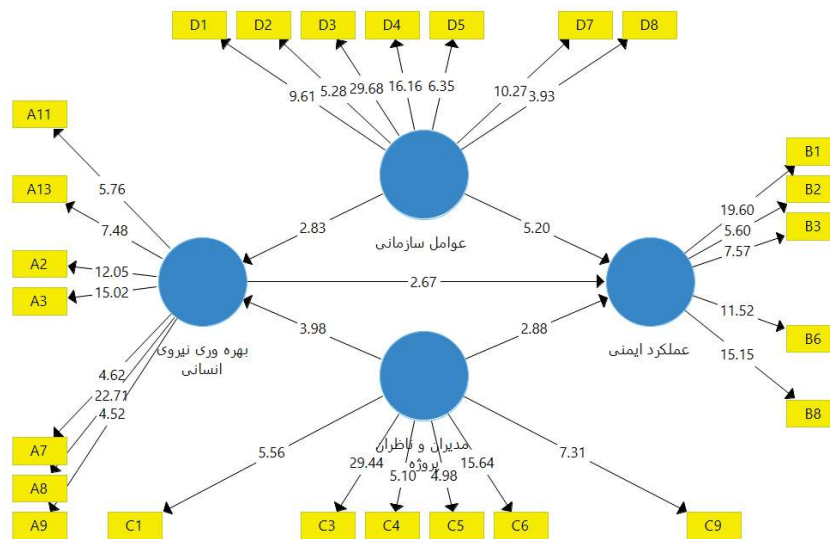


شکل ۵. خروجی ضرایب مسیر در مدل مسیر.

۱. میانگین واریانس استخراج شده.

۴-۴-۲. بررسی ارتباط بین متغیرهای پنهان با استفاده از ضرایب مسیر در حالت معناداری

در بررسی معنی داری ضرایب مسیر، از آماره‌ای به نام T^1 استفاده می‌شود. در سطح ۹۵ درصد اطمینان مقدار t برابر با $1/96$ می‌باشد. در صورتی که مقدار معنی داری ضرایب مسیر کمتر از $1/96$ شود؛ ضرایب مسیر معنادار نبوده، در نتیجه فرضیات پژوهش رد می‌شوند. شکل ۶ مقدار ضرایب مسیر را در حالت معناداری بر روی پیکان‌های مسیری که بین متغیرهای پنهان قرار دارد نمایش می‌دهد که نتایج معنی داری ضرایب مسیر برای فرضیات پژوهش در جدول ۸ گزارش شده است.



شکل ۶: خروجی معناداری ضرایب مسیر در مدل مسیر.

مقادیر ضرایب مسیر استاندارد، آزمون آماره t و معناداری را جهت بررسی رد یا تأیید فرضیات پژوهش در جدول ۸ گردآوری شده است.

جدول ۸. ضرایب مسیر و آماره‌های آزمون t و نتایج فرضیه‌های اول تا پنجم.

نتایج آزمون	فواصل اطمینان بوت		سطح معناداری	اندازه اثر	ضریب تعیین	ضریب معناداری	ضریب مسیر	فرضیه‌ها
	استرپ	استرپ						
	۹۷۵٪	۲۵٪						
تأیید	۳۸/۰	۰۶/۰	۰۱/۰	۰/۱۲	۸۲/۰	۶۷/۲	۲۳/۰	فرضیه اول بهره‌وری نیروی انسانی ← عملکرد ایمنی
تأیید	۷۲/۰	۲۶/۰	۰۰/۰	۰/۱۹	۵۹/۰	۹۸/۳	۴۸/۰	فرضیه دوم مدیران و ناظران پروژه ← بهره‌وری نیروی انسانی
تأیید	۴۶/۰	۰۸/۰	۰۰/۰	۰/۱۳	۰/۸۲	۸۸/۲	۲۹/۰	فرضیه سوم مدیران و ناظران پروژه ← عملکرد ایمنی
تأیید	۵۴/۰	۱۱/۰	۰۰/۰	۰/۰۸	۰/۵۹	۸۳/۲	۳۳/۰	فرضیه چهارم عوامل سازمانی ← بهره‌وری نیروی انسانی
تأیید	۶۳/۰	۳۰/۰	۰۰/۰	۰/۳۷	۰/۸۲	۲۰/۵	۴۷/۰	فرضیه پنجم عوامل سازمانی ← عملکرد ایمنی

در بررسی تأثیر یک متغیر میانجی در رابطه میان دو متغیر مستقل و وابسته، از آزمون سوبل استفاده می‌شود. در صورتی که در سطح خطای ۵ درصد، مقدار آماره t در آزمون سوبل از ۱/۹۶ بیشتر شود، تأثیر متغیر میانجی معنادار است. جدول ۹ وضعیت تأثیر متغیر میانجی، ضرایب مسیر، آماره t حاصل از آزمون سوبل و نتایج معنی‌داری ضرایب مسیر بین متغیرهای پنهان را به منظور تأیید یا رد فرضیات پژوهش نشان می‌دهد.

جدول ۹. ضرایب مسیر و آماره‌های t در آزمون سوبل و نتایج فرضیه‌های ششم و هفتم.

نتایج آزمون	فواصل اطمینان بوت		سطح معناداری	ضریب معناداری سوبل	ضریب غیرمستقیم	فرضیه‌ها	
	استراپ	%۹۷۵					
تأیید	۲۵/۰	۰۲/۰	۰۵/۰	۹۹/۱	۰۷/۰	عوامل سازمانی ← بهره‌وری نیروی انسانی ← عملکرد ایمنی	فرضیه ششم
تأیید	۱۳/۰	۰۱/۰	۰۳/۰	۲۳/۲	۱۱/۰	مدیران و ناظران پروژه ← بهره‌وری نیروی انسانی ← عملکرد ایمنی	فرضیه هفتم

۴-۵. محاسبه ضریب آلفای کرونباخ برای مدل مسیر نهایی

نتایج خروجی آزمون آلفای کرونباخ برای کل پرسشنامه به تعداد ۲۵ سؤال در محدوده ۰/۹ و معیارهای بهره‌وری نیروی انسانی با ۷ گویه، عملکرد ایمنی با ۵ گویه، مدیران و ناظران پروژه با ۶ گویه و عوامل سازمانی با ۷ گویه به ترتیب در محدوده ۰/۷ در جدول ۱۰ گزارش شده است.

جدول ۱۰. خروجی آزمون پایایی کل و معیارها

ضریب آلفای کرونباخ کل	تعداد سؤالات	
۰/۹۱۳	۲۵	
ضریب آلفای کرونباخ	تعداد گویه‌ها	معیارها
۰/۷۶۱	۷	بهره‌وری نیروی انسانی
۰/۷۰۱	۵	عملکرد ایمنی
۰/۷۰۷	۶	مدیران و ناظران پروژه
۰/۷۶۰	۷	عوامل سازمانی

۴-۶. بررسی وضعیت توزیع داده‌ها در جامعه نمونه

در تعیین وضعیت توزیع داده‌ها در جامعه نمونه از آزمون شاپیرو ویلک استفاده شد. مطابق فرض صفر در آزمون شاپیرو ویلک اگر سطح معناداری متغیرهای پژوهش کوچک‌تر از ۰/۰۵ باشد؛ توزیع داده‌ها در جامعه نمونه نرمال بوده و باید از آزمون‌های پارامتریک برای تحلیل داده‌ها استفاده شود. جدول ۱۱ نشان می‌دهد سطح معناداری متغیرهای پژوهش از ۰/۰۵ کوچک‌تر است؛ بنابراین، فرض صفر آزمون شاپیرو ویلک رد شده و فرض خلاف آن ثابت می‌شود. در نتیجه توزیع داده‌ها غیرنرمال بوده و برای تحلیل داده‌ها از آزمون‌های ناپارامتریک استفاده شد.

جدول ۱۱. نتایج آزمون شاپیرو ویلک.

شاپیرو ویلک	بهره‌وری نیروی انسانی	عملکرد ایمنی	مدیران و ناظران پروژه	عوامل سازمانی
تعداد پاسخ‌دهندگان	۹۵	۹۵	۹۵	۹۵
میانگین	۲۳/۹۴۷۴	۱۴/۶۸۴۲	۱۸/۳۵۷۹	۱۹/۴۰۰۰
میانه	۲۴/۰۰۰	۱۵/۰۰۰۰	۱۹/۰۰۰۰	۲۰/۰۰۰۰
واریانس	۱۸/۶۴۶	۱۰/۳۸۹	۹/۶۳۷	۱۱/۹۴۵
انحراف استاندارد	۴/۳۱۸۱۲	۳/۲۲۳۱۳	۳/۱۰۴۲۷	۳/۴۵۶۱۱
سطح معناداری	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰

۴-۶-۱. فرض صفر آزمون ناپارامتریک فریدمن

اولویت‌بندی در آزمون فریدمن بر مبنای میانگین رتبه‌ها صورت می‌پذیرد. مطابق فرض صفر آزمون فریدمن، میانگین رتبه‌ها در بین گروه‌ها یکسان است.

$$\begin{aligned} & P\text{-Value} > H_0: 0/05 \quad \text{میانگین رتبه‌ها در بین گروه‌ها یکسان است.} \\ & P\text{-Value} \leq H_1: 0/05 \quad \text{میانگین رتبه‌ها در بین گروه‌ها یکسان نیست.} \end{aligned}$$

رابطه (۱)

۴-۶-۲. اولویت‌بندی متغیرهای ذیل متغیر پنهان عوامل سازمانی با آزمون فریدمن

جهت پی بردن به معناداری تفاوت مقادیر میانگین رتبه‌های متغیرهای عوامل سازمانی؛ طبق نتایج آزمون فریدمن سطح معناداری p-value برای اولویت‌بندی متغیرهای عوامل سازمانی برابر با ۰/۰۰۰ و کوچک‌تر از ۰/۰۵ نشان داده شد؛ بنابراین مطابق رابطه ۱ بین متغیرهای عوامل سازمانی تفاوت معنی‌داری وجود دارد و متغیرها از نظر خبرگان از اهمیت یکسان برخوردار نیستند. از این رو فرض صفر آزمون فریدمن رد شده و فرض خلاف آن ثابت شد.

جدول ۱۲. معنی‌داری نتایج آزمون فریدمن در اولویت‌بندی متغیر پنهان عوامل سازمانی.

تعداد پاسخ‌دهندگان	۹۵
مجذور کای	۴۳۴/۰۲۰
درجه آزادی	۶
سطح معنی‌داری	۰/۰۰۰

با استفاده از آزمون فریدمن متغیرهای ذیل متغیر پنهان عوامل سازمانی اولویت‌بندی شد. اولویت‌بندی متغیرهای عوامل سازمانی از نظر میزان اهمیت نسبی آن‌ها از نظر خبرگان در جدول ۱۳ گزارش شده است.

جدول ۱۳. نتایج کلی آزمون فریدمن برای اولویت‌بندی متغیر پنهان عوامل سازمانی.

اهمیت نسبی متغیرهای عوامل سازمانی	میانگین رتبه‌ها
۱- نظارت و راهنمایی	۵/۷۷
۲- ارائه اولویت‌های ایمنی در پروژه‌ها	۵/۴۹
۳- بودجه بیشتر برای مدیریت ایمنی	۵/۱۲
۴- فرایندها	۵/۰۶
۵- تجزیه و تحلیل هزینه و فایده مدیریت ایمنی در بلندمدت	۲/۲۶
۶- سیاست‌های ایمنی	۲/۱۸
۷- سیستم مدیریت ایمنی	۲/۱۱

۵. بحث و نتیجه‌گیری

۵-۱. تفسیر فرضیات تحقیق

فرضیه اول: بهره‌وری نیروی انسانی بر بهبود عملکرد ایمنی پروژه‌های عمرانی اثر معناداری (به صورت مستقیم و غیرمستقیم) دارد. یافته‌های این فرضیه نشان می‌دهد که بهبود کیفیت نظارت بر رفتارهای کارگران در پروژه‌های عمرانی، تأثیر مستقیم و غیرمستقیم مثبتی بر بهبود عملکرد ایمنی دارد. این نظارت منجر به اجرای صحیح مقررات، افزایش توجه به جزئیات ایمنی، بهبود برگزاری جلسات ایمنی و هماهنگی با شرایط محیطی می‌شود، که در نهایت منجر به بهبود عملکرد ایمنی پروژه‌ها می‌شود. فرضیه دوم: مدیران و ناظران پروژه بر بهره‌وری نیروی انسانی اثر معناداری دارند. یافته‌های پژوهش برای فرضیه دوم نشان می‌دهد که نقش مدیران و ناظران پروژه در بهره‌وری نیروی انسانی اثر معناداری دارد. با داشتن نگرش مثبت نسبت به ایمنی، اعمال سیاست‌های مؤثر، نظارت مستمر و ارائه

آموزش‌های لازم، می‌توانند خطاها و رفتارهای نایمن کارگران را کاهش دهند و بهبود کیفیت کار و رضایت کارگران را ارتقا دهند. برنامه‌های کاری متوازن می‌توانند فشارهای کاری را کاهش داده و تغییرات مکرر در طراحی را به حداقل برسانند. اجرای سیاست‌ها و تصمیم‌گیری‌های مناسب می‌تواند مدیریت ضعیف نیروی انسانی را بهبود بخشیده و بهره‌وری نیروی انسانی را افزایش دهد. فرضیه سوم: مدیران و ناظران پروژه بر عملکرد ایمنی پروژه‌های عمرانی اثر معناداری دارند. نتایج پژوهش برای فرضیه سوم نشان می‌دهد در صورتی که سیاست‌های مدیران الهام گرفته یا مبتنی بر مقررات ایمنی باشند و اقداماتی در جهت اجرای این مقررات را ترویج کنند؛ این هماهنگی میان سیاست‌های مدیران و مقررات ایمنی می‌تواند بهبود عملکرد ایمنی را در پروژه تسهیل کند. از سوی دیگر سیاست‌های ایمنی مؤثر می‌تواند فرهنگ ایمنی را در سازمان توسعه و ترویج نماید. این سیاست‌ها می‌توانند تعهد به ایمنی را افزایش دهند. ارتباط این سیاست‌ها با مشوق‌های پولی با هدف این که افراد براساس عملکرد ایمنی خود تشویق شوند، می‌تواند بهبود عملکرد ایمنی را تسهیل کند. برنامه‌های کاری متوازن، با در نظر گرفتن چالش‌ها و شرایط خاص، اقدامات مناسبی را برای مدیریت بهتر چالش‌های مربوط به شرایط آب‌وهوا و موقعیت جغرافیایی نامناسب فراهم می‌کنند و به این ترتیب بهبود عملکرد ایمنی را تضمین می‌کنند. همچنین آموزش کارگران توسط ناظران پروژه، دانش ایمنی کارگران را ارتقا داده و در صورت هماهنگی با مشوق‌های پولی با ارائه انگیزه‌های مالی می‌تواند کارگران را به تلاش بیشتر برای رعایت اصول ایمنی تشویق کند. فرضیه چهارم: عوامل سازمانی بر بهره‌وری نیروی انسانی اثر معناداری دارند. فرضیه چهارم نشان می‌دهد، عوامل سازمانی نظیر نظارت و راهنمایی مناسب، ارائه اولویت‌های ایمنی در پروژه‌ها، بودجه‌های کافی برای مدیریت ایمنی، فرایندهای بهینه، تجزیه و تحلیل هزینه و فایده مدیریت ایمنی در بلندمدت، سیاست‌های ایمنی مطلوب و سیستم مدیریت ایمنی می‌تواند باعث افزایش نظارت مناسب، کاهش رفتارهای نایمن کارگران، کاهش خطاهای کارگران، کاهش دوباره‌کاری، بهبود مدیریت نیروی انسانی، رفع کمبود مصالح و کاهش تغییرات مکرر طراحی حین اجرا شود. فرضیه پنجم: عوامل سازمانی بر عملکرد ایمنی اثر معناداری دارد. یافته‌های این فرضیه نشان می‌دهد عوامل سازمانی از جمله نظارت و راهنمایی، ارائه اولویت‌های ایمنی، و بودجه‌های کافی می‌توانند بهبود عملکرد ایمنی را در سازمان‌های عمرانی تسهیل کنند. سیاست‌های ایمنی و استفاده از مشوق‌های مالی برای تشویق به رفتار ایمنی، نیز می‌تواند بهبودی در عملکرد ایمنی ایجاد کنند. اختصاص اولویت‌های مشخص در زمینه ایمنی، افزایش توجه و تلاش کارکنان را برای بهبود عملکرد ایمنی تشویق می‌کند و افزایش بودجه می‌تواند به تجهیزات و منابع لازم برای بهبود نظارت و اجرای ایمنی کمک کند. تجزیه و تحلیل هزینه و فایده مدیریت ایمنی در بلندمدت ممکن است به سازمان کمک کند تا طرح‌های مدیریت ایمنی خود را بازبینی کرده و با تأکید بر بازرسی و نظارت ایمنی، به تدابیری برای بهبود عملکرد ایمنی بپردازد. فرضیه ششم: عوامل سازمانی بر عملکرد ایمنی از طریق متغیر میانجی بهره‌وری نیروی انسانی اثر معناداری دارند. در تبیین یافته‌های فرضیه ششم می‌توان اظهار کرد که عوامل سازمانی از طریق بهره‌وری نیروی انسانی بر عملکرد ایمنی پروژه‌ها تأثیر می‌گذارند. اجرای سیاست‌های ایمنی در پروژه (متغیر مستقل) از طریق کاهش رفتارهای نایمن (متغیر میانجی) منجر به افزایش بازرسی و نظارت و ایمنی، افزایش مشوق‌های پولی برای تشویق رفتارهای ایمن، بهبود شرایط آب‌وهوایی و جغرافیایی نامناسب، اجرای بهتر مقررات ایمنی، و افزایش جلسات ایمنی و اطلاع‌رسانی بهتر در خصوص ایمنی (متغیر وابسته) می‌شود. همچنین، تجزیه و تحلیل هزینه و فایده مدیریت ایمنی در بلندمدت می‌تواند از طریق بهبود مدیریت نیروی انسانی، منجر به بهبود بازرسی و نظارت ایمنی شوند. به عبارت دیگر تجزیه و تحلیل هزینه و فایده مدیریت ایمنی در بلندمدت باعث بهبود مدیریت ضعیف نیروی انسانی می‌شود؛ به این صورت که با تحلیل هزینه‌ها و فواید مدیریت ایمنی، افراد مسئول، بهبودهای لازم برای مدیریت نیروی انسانی را ایجاد کرده و از طریق بهبود مدیریت نیروی انسانی، افراد مسئول ایمنی بهترین نقشه‌ها و فرایندها را بررسی و نظارت ایمنی را اجرا می‌کنند که بهبود کارایی و کیفیت عملکردها را به همراه دارد. از سوی دیگر، اختصاص بودجه بیشتر برای مدیریت ایمنی با فراهم آوردن امکان نظارت مناسب بر روی اجرای ایمنی در پروژه‌ها از طریق آن منجر به افزایش کیفیت و دقت بازرسی و نظارت ایمنی شود. فرضیه هفتم: مدیران و ناظران پروژه بر عملکرد ایمنی از طریق متغیر میانجی بهره‌وری نیروی انسانی اثر معناداری دارند. یافته‌های این فرضیه نشان می‌دهد که مدیران و ناظران پروژه از طریق بهره‌وری نیروی انسانی بر عملکرد ایمنی پروژه‌ها تأثیر می‌گذارند. نگرش مثبت مدیریت نسبت به ایمنی از طریق نظارت مناسب منجر به اجرای بهتر مقررات ایمنی می‌شود. برنامه‌های کاری متوازن با به حداقل رسیدن تغییرات مکرر طراحی باعث ایجاد یک محیط پایدار می‌شود که می‌تواند به اجرای بهتر مقررات ایمنی منجر شود. کاهش تغییرات مکرر طراحی می‌تواند پایداری و قابلیت اجرای مقررات ایمنی را افزایش داده و به بهبود عملکرد ایمنی کمک کند. نظارت مستمر ناظران بر خطاهای کارگران از طریق کاهش خطاهای کارگران به بهبود کار بازرسی و نظارت

ایمنی کمک می‌کند. نظارت مستمر ناظران بر خطاهای کارگران می‌تواند باعث کاهش رفتارهای نایمن شود، به‌طوری‌که کارگران به دلیل نظارت وارد شده، از تجربیات ایمن خود در جلسات ایمنی در سازمان‌های با فرهنگ ایمنی بالا، گزارش دهند و این باعث بهبود فرایند آموزش و ایمنی محیط کار می‌شود. سیاست‌های مدیران در برابر ایمنی از طریق کاهش رفتارهای نایمن، موجب بهبود بازرسی و نظارت ایمنی می‌شود؛ زیرا ترغیب به نظارت دقیق‌تر، شناسایی دقیق‌تر نقاط بهبودپذیر، تسهیل در اجرای تغییرات ایمنی و کاهش حوادث را تسهیل می‌کند.

۵-۲. جمع‌بندی

چارچوب مفهومی تحقیق نشان می‌دهد که عوامل سازمانی با ضریب مسیر ۵/۲۰ رتبه اول و مدیران و ناظران پروژه با ضریب مسیر ۲/۸۸ رتبه دوم به‌عنوان تأثیرگذارترین عوامل در بهبود عملکرد ایمنی پروژه‌های عمرانی هستند. همچنین، مدیران و ناظران پروژه بیشترین تأثیر را بر بهره‌وری نیروی انسانی دارند. از سوی دیگر تأثیر میانجی‌گری متغیر بهره‌وری نیروی در ارتباط بین متغیرهای مستقل مدیران و ناظران پروژه و عوامل سازمانی، با متغیر وابسته عملکرد ایمنی تأیید شد. با استفاده از آزمون فریدمن، متغیرهای افزایش نظارت و راهنمایی و تخصیص اولویت‌های ایمنی از دیدگاه خبرگان، به‌عنوان مهم‌ترین عوامل سازمانی در بهبود عملکرد ایمنی پروژه‌ها مشخص شدند. براساس نتایج توصیه می‌شود که برای بهبود عملکرد ایمنی پروژه‌ها، تمرکز بیشتری بر ارتقا عوامل سازمانی (مانند افزایش نظارت و راهنمایی، و تخصیص اولویت‌های ایمنی) و توسعه مهارت‌ها و تخصص‌های مدیران و ناظران پروژه صورت پذیرد. این اقدامات می‌توانند بهبود بهره‌وری نیروی انسانی و عملکرد ایمنی پروژه‌های عمرانی را به همراه داشته باشند.

مراجع

- [1] Fang, D., and Wu, H. (2013). "Development of a safety culture interaction (SCI) model for construction projects". *Saf. Sci.*, 57, 138–149.
- [2] Mohammadi, A., Tavakolan, M., & Khosravi, Y. (2018). "Factors influencing safety performance on construction projects: A review". *Safety science*, 109, 382-397.
- [3] Mohammad, M. Z., & Hadikusumo, B. H. (2017). "A model of integrated multilevel safety intervention practices in Malaysian construction industry". *Procedia Engineering*, 171, 396-404.
- [4] Fang, D., Wu, C., and Wu, H. (2015). "Impact of the Supervisor on Worker Safety Behavior in Construction Projects". *Journal of management in engineering*, 31(6), 04015001. DOI: 10.1061/(ASCE)ME.1943-5479.0000355.
- [5] Chua, D. K., Goh, Y. M. (2004). "Incident causation model for improving feedback of safety Knowledge". *J. Constr. Eng. Manage.*, 130 (4), 542–551.
- [6] Hallowell, M. R., Gambatese, J. A. (2009). "Construction safety risk mitigation". *J. Constr. Eng. Manage.* 135 (12), 1316–1323.
- [7] Venkataraman, N. (2008). "Safety performance factor". *Int. J. Occup. Saf. Ergon.* 14 (3), 327–331
- [8] Atrkar roushan, S., Alizadeh, S. S. (2012). "Estimation of economic costs of accidents at work in Iran: A case study of occupational accidents in 2012". *Iran Occup Health*, 12(1), 12-19, 2015.
- [9] HSE (Health and Safety Executive). (2002). "Strategies to promote safe behavior as part of a health and safety management system". *Contract Research Rep.* 430/2002, Merseyside, U.K.
- [10] Nasir, H. (2013). "Best Productivity Practices Implementation Index (BPPII) for Infrastructure Projects. Ph.D. thesis, Dept. of Civil and Environmental Engineering", *Univ. of Waterloo*, Canada. Assessed, March I, 2015. <http://hdl.handle.net/10012/7731>.
- [11] Park, H.-S., S. R. Thomas, and R. L. Tucker (2005). "Benchmarking of construction productivity". *J. Constr. Eng. Manage.* 131(7), 772-778. [http://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-9364\(2005\)131:7\(772\)](http://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9364(2005)131:7(772)).
- [12] Hopkins, A. (2006). "What are we to make of safe behaviour programs?" *Saf. Sci.*, 44(7), 583–597.
- [13] Albarkani, Mosab Sultan Saeed., Shafii, Haryati Binti., (2021). "Framework on Safety Influential Factors for the Performance of Malaysian Construction Industry, Proceedings of the 11th Annual International Conference on Industrial Engineering and Operations Management Singapore", *IEOM Society International*, March 7-11.
- [14] Li, X., Li, H., Martin, Skitmore., & Wang, F. (2021). "Understanding the influence of safety climate and productivity pressure on non-helmet use behavior at construction sites: A case study", *Engineering, Construction and Architectural Management*, 29(1), 72-90. <https://doi.org/10.1108/ECAM-08-2020-0626>.
- [15] Hashiguchi, N., Cao, Jianfei., Lim, Y., Kubota, Y., Kitahara, S., Ishida, S., and Kodama, Kota (2020). "The Effects of Psychological Factors on Perceptions of Productivity in Construction Sites in Japan by Worker Age". *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 17, 3517. doi:10.3390/ijerph17103517.

- [16] Davidescu, A. A., Apostu, S. A., Paul, A., Casuneanu, I. (2020). "Work Flexibility, Job Satisfaction, and Job Performance among Romanian Employees Implications for Sustainable Human Resource Management". *Sustainability*, 12, 6086; doi:10.3390/su12156086.
- [17] Demirkesen, Sevilay (2019). "Measuring impact of Lean implementation on construction safety performance: a structural equation model". *Production Planning & Control*, 31(5), 412-433. <https://doi.org/10.1080/09537287.2019.1675914>.
- [18] Ghodrati, N., Yiu, T.W., Wilkinson, S. (2018). "Unintended consequences of management strategies for improving labor productivity in construction industry". *Journal of Safety Research*, 67, 107-116. <https://doi.org/10.1016/j.jsr.2018.09.001>.
- [19] Mohammadi, A., Tavakolan, M., & Khosravi, Y. (2018). "Factors influencing safety performance on construction projects: A review". *Safety science*, 109, 382-397.
- [20] Choudhry, R. M. (2017). "Achieving safety and productivity in construction projects", *Journal of Civil Engineering and Management*, 23(2), 311-318.
- [21] Wu, C., Li, N., Fang, D. (2017). "Leadership improvement and its impact on workplace safety in construction projects: A conceptual model and action research". *International Journal of Project Management*, 35, 1495-1511.
- [22] Bachrach, L. R., & Goodman, S. (2019). "Integrating IUD Provision into Your Practice: Site Preparedness, Staff Training, and Procedural Steps". *Optimizing IUD Delivery for Adolescents and Young Adults: Counseling, Placement, and Management*, (pp. 91-110).
- [23] Soon, N. K., Isah, N., Ali, M. B., & Ahmad, A. R. (2017). "Effects of SMART Tunnel Maintenance Works on Flood Control and Traffic Flow". *Advanced Science Letters*, 23(1), 322-325.
- [24] Spector, A., Revolta, C., & Orrell, M. (2016). "The impact of staff training on staff outcomes in dementia care: a systematic review". *International journal of geriatric psychiatry*, 31(11), 1172-1187.
- [25] Nimmo, G. R., & Clapham, M. C. (2016). "Staff Training and Development". In *Handbook of intensive care: Organization and Management* (pp. 87-105)
- [26] Oehler, S., Banzer, R., Gruenerbl, A., Malischinig, D., Griffiths, M. D., & Haring, C. (2017). "Principles for developing benchmark criteria for staff training in responsible gambling". *Journal of gambling studies*, 33(1), 167-186.
- [27] Soekiman, A., Pribadi, K. S., Soemardi, B.W., Wirahadikusumah, R. D. (2011). "Factors relating to labor productivity affecting the project schedule performance in Indonesia". *Procedia Engineering*, 14, 865-873.
- [28] Cooper, M. D. (2000). "Towards a model of safety culture". *Saf. Sci*, 36(2), 111-136.
- [29] Alarcón, L. F., Acuña, D., Diethelm, S., & Pellicer, E. (2016). "Strategies for improving safety performance in construction firms". *Accident Analysis & Prevention*, 94, 107-118. <http://dx.doi.org/10.1016/j.app.2016.05.021>.
- [30] Lu, M., Cheung, C. M., Li, H., & Hsu, S. C. (2016). "Understanding the relationship between safety investment and safety performance of construction projects through agent-based modelling". *Accident Analysis & Prevention*, 94, 8-17.
- [31] Abas, N. H., Yusuf, N., Suhaini, N. A., Kariya, N., Mohammad, H., & Hasmori, M. F. (2020). "Factors Affecting Safety Performance of Construction Projects: A Literature Review". *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering* (Vol. 713, No. 1, p. 012036).
- [32] Teo, E. A. L., Ling, F. Y. Y., Ong D. S. Y., (2005). "Fostering safe work behavior in workers at construction sites. Engineering". *Construction and Architectural Management*. 12(4), pp. 410-422.
- [33] Jahangiri, M., Zadeh, K. S., Bashar, O. , & Zadeh, H. S. (2017). "Investigating effective factors on risk perception, safety attitude and safety performance of construction workers of Shiraz city, 2012". *Journal of Health in the Field*, 1(4).
- [34] Tam, C.M., Zeng, S. X., Deng, Z. M.. (2004). "Identifying elements of poor construction safety management in China". Vol. 42, Issue 7, Pages 569-586. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2003.09.001>
- [35] Hetherington, C., Flin, R., Mearns, K. (2006). "Safety in shipping: The human element". Vol. 37, Issue 4, Pages 401-411". <https://doi.org/10.1016/j.jsr.2006.04.007>
- [36] Heinrich, H. W., Petersen, D., and Roos, N. (1950). "Industrial Accident Prevention, McGraw-Hill", *New York*.
- [37] Zohar, D., and Luria, G. (2003). "The use of supervisory practices as leverage to improve safety behavior: A cross-level intervention model". *J. Saf. Res*, 34(5), 567-577.
- [38] Conchie, S. M., Moon, S., and Duncan, M. (2013). "Supervisors' engagement in safety leadership: Factors that help and hinder". *Saf. Sci*, 51(1), 109-117.
- [39] Clarke, S. (1999). "Perceptions of organizational safety: Implications for the development of safety culture". *J. Organ. Behav*, 20(2), 185-198.
- [40] Hofmann, D. A., Morgeson, F. P., and Gerras, S. J. (2003). "Climate as a moderator of the relationship between leader-member exchange and content specific citizenship: Safety climate as an exemplar". *J. Appl. Psychol*, 88(1), 170-178.
- [41] Kelloway, E. K., Mullen, J., and Francis, L. (2006). "Divergent effects of transformational and passive leadership on employee safety". *J. Occup. Health Psychol*, 11(1), 76-86.

- [42] Feng, Y., Zhang, S., Wu, P. (2015). "Factors influencing workplace accident costs of building projects". *Saf. Sci*, 72, 97-104.
- [43] Sorenson, J.N. (2002). "Safety culture: a survey of the state-of-art". *Reliability Engineering and System Safety*, 76, 189-204.
- [44] Choudhry, R. M. (2007). "An exploratory analysis on construction safety culture". Ph.D. thesis, Tsinghua Univ., Beijing.
- [45] Cao, Q. (2007). "Study on the cognitive diversities between managers and workers in controlling unsafe behavior". *J. China Saf. Sci*, 17(1), 22-28 (in Chinese).
- [46] Hon, C. K., Chan, A. P., and Wong, F. K. (2010). "An analysis for the causes of accidents of repair, maintenance, alteration and addition works in Hong Kong". *Saf. Sci*, 48(7), 894-901.
- [47] Magner, N., Welker, R. B., & Campbell, T. L. (1996), "Testing a Model of Cognitive Budgetary Participation Processes in a Latent Variable Structural Equations Framework". *Accounting and Business Research*, 27(1), 41-50. <http://doi.org/10.1080/00014788.1996.9729530>
- [48] Fornell, C., & Larcker, D. F. (1981). "Evaluating structural equation models with unobservable variables and measurement error". *Journal of Marketing Research*, 18, 39-50.
- [49] Werts, C. E., Linn, R. L., & Joreskog, K. G. (1974). "Intraclass Reliability Estimates: Testing Structural Assumptions". *Educational and Psychological Measurement*, 34(1), 25-33.
- [50] Chin, W. W. (1998). "Commentary: Issues and Opinion on Structural Equation Modeling". *MIS Quarterly*, 22(1), vii-xvi.
- [51] Cohen, J. E. (1998). "Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences". *Laurence Erlbaum Associates: Hillsdale, NJ, USA, 1987*.
- [52] Stone, M. (1974). "Cross-Validatory Choice and Assessment of Statistical Predictions". *Journal of the Royal Statistical Society*, 36(2), 111-147.
- [53] Geisser, S. (1974). "A predictive approach to the random effects model". *Biometrika*, 61(1), 101-107.
- [54] Henseler, J., Ringle, C. M., R. R., Sinkovics. (2009). "The Use of Partial Least Squares Path Modeling in International Marketing". *New challenges to international Marketing*, 20, 277-319.
- [55] Tenenhaus, M., Amato, S., & Esposito Vinzi, V. (2004). "A global goodness-of-fit index for PLS structural equation modelling". *In Proceeding of the XLII SIS scientific meeting*, 739-742.
- [56] Wetzels, M., Odekkerken, S. G. and Van, P. C. (2009). "Using PLS Path Modeling for Assessing Hierarchical Construct Models: Guidelines and Empirical Illustration". *MIS Quarterly*, 33(1), 168-177.