نشریه تحلیل فضایی مخاطرات محیطی، سال نهم، شماره ۲، تابستان ۱۴۰۱
صفحات ۱۶۱ – ۱۷۸

تحلیلی بر کاهش حوادث در فضاهای کارگاهی ساختمانی با بهره‌گیری از اینترنت اشیاء در شهر تهران

پانیذ اشرفی؛ دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، گروه فناوری معماری (مدیریت پروژه و ساخت)، دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه هنر، تهران، ایران.
بهنود برمایه ور[1]؛ استادیار گروه فناوری معماری (مدیریت پروژه و ساخت)، دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه هنر، تهران، ایران.
احسان اله اشتهاردیان؛ دانشیار گروه مدیریت پروژه و ساخت و مدیریت امور هنری، دانشکده هنر، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران.

دریافت مقاله :۱۴۰۱/۰۳/۲۱ پذیرش نهایی:۱۴۰۱/۰۶/۲۱

چکیده

با عنایت‌به افزایش مسکن‌سازی در جوامع درحال توسعه مانند ایران، پرداختن‌به موضوع کاهش حوادث ساختمانی به‌خصوص در کلان‌شهرها و ایمن‌سازی‌های مربوطه با کمک تکنولوژی‌های نوظهور، امری ضروری است. بنابراین، هدف اصلی پژوهش حاضر عبارت‌است از: واکاوی کاربست اینترنت اشیاء جهت نظارت و کنترل‌بر نقاط دارای خطر زیاد به‌منظور کاهش حوادث و ارتقای ایمنی در فضاهای کارگاهی ساختمانی در شهر تهران. در این پژوهش کاربردی، ابتدا مطالعه کتابخانه‌ای درخصوص مفهوم و کاربرد اینترنت اشیاء در حوزه‌ی ایمنی صنعت ساخت و ساز انجام شد. سپس، نقاط و فعالیت‌های دارای خطر زیاد شناسایی شدند. پس از آن، در مرحله مطالعه میدانی، این لیست توسط ۵۲ مشاور ذی‌صلاح ایمنی ساختمان تصحیح و تکمیل شد. بعد از آن، ده مصاحبه نیمه ساختاریافته با کارشناسان خبره ایمنی و آگاه‌به حوزه‌ی اینترنت اشیاء، صورت پذیرفت. براین‌اساس، راهکارهای موثر مبتنی‌بر اینترنت اشیاء برای کنترل و نظارت‌بر نقاط دارای خطر زیاد استخراج گردیدند. همچنین، در این ارتباط، وضعیت موجود و بسترهای مورد نیاز از جنبه‌های تکنولوژی، سازمان، هزینه و برون‌سازمان تبیین شدند. درواقع، یافته‌های اصلی این تحقیق، در قالب مدل مفهومی، نشان می‌دهد که توجه‌به مراحل انتخاب حادثه، انتخاب نقطه و فعالیت مورد نظر، تعیین راهکار مناسب با موقعیت تعیین شده (پایش میزان جابه‌جایی و سلامت سازه، پایش مجاورت مواد اشتعال‌زا با دیگر مواد، پایش مجاورت افراد و ماشین‌آلات و ممانعت از ادامه‌ی حرکت و تعیین محدوده در اطراف بازشوها) و بررسی بسترهای مورد نیاز (زیرساخت، پشتیبانی، اعتباربخشی، فرهنگ، بودجه، کارفرمایان و قانون)، به‌ترتیب، جهت طراحی و پیاده‌سازی سیستم‌های ایمنی اینترنت اشیاء محور در فضاهای کارگاهی ساختمانی حیاتی است.

واژه های کلیدی: کاهش حوادث، خطرات، ایمنی، اینترنت اشیاء، فضاهای کارگاهی ساختمانی، شهر تهران

[1] . نویسنده مسئول: Email: b.barmayehvar@art.ac.ir

[Downloaded from jsaeh.khu.ac.ir on 2024-10-12]

[DOR: 20.1001.1.24237892.1401.9.2.10.8]

مقدمه

مخاطرات در تمامی دوران زندگی بشر، چه در بعد فردی و چه در بعد اجتماعی، در بستر فضاهای زندگی شخصی و سکونتی و نیز کاری و حرفه‌ای همواره ساری و جاری بوده است. این موضوع، با شتاب گرفتن همه جانبه‌ی جوامع در مسیر پیشرفت و توسعه صنعتی پررنگ تر شده است و سبب بروز حوادث ناگوار گوناگونی برای انسان مدرن امروزی شده است. در واقع، در سراسر دنیا، در محیط‌های کاری، حوادث شغلی مختلفی با درجات متنوع (صدمات (جزئی و اساسی) جسمی و روانی، خسارات جانی (فوت)، زیان‌های مالی و...) رخ می‌دهد. این در حالی است که نحوه وقوع این حوادث، بستگی زیادی به سطح مخاطره‌آمیز بودن مکان پیشه مربوطه، بافت فضاهای کاری آن و نیز نوع فعالیت‌های حرفه‌ای مدنظر دارد.

در این راستا، در بین کلیه فضاها و محیط‌های کاری، از گذشته‌ی دور تاکنون، نرخ حوادث در کارگاه‌های ساختمانی عموما زیادتر بوده و همیشه حوادث مرگبار و سهمگین در نقاط مختلف صنعت ساخت مخصوصا ساختمان قابل رویت بوده است. از طرف دیگر با ازدیاد نرخ جمعیت و میزان شهرنشینی و به تبع آن افزایش نیاز به فضای سکونت خصوصا در جوامع در حال توسعه مانند ایران، اهمیت حوزه ساختمان‌سازی همواره سیر صعودی داشته است. براین اساس، مسئله‌ی ایجاد فضاهای کارگاهی ساختمانی ایمن، از طریق کاهش حوادث، امری بسیار مهم است.

برای پرداختن و پاسخ‌دهی به این مسئله یعنی شکل‌گیری فضاهای کارگاهی ساختمانی ایمن، تکنولوژی می‌تواند نقش موثری بازی کند. یکی از این تکنولوژی‌های نسبتا جدید اینترنت اشیاء است. اینترنت اشیاء، شبکه‌ای فراگیر از اشیاء هوشمند است که توانایی سازماندهی خودکار، به اشتراک‌گذاری داده‌ها و ساماندهی کنش‌ها در مواجهه با تغییرات فضاهای محیطی را دارد (Madakam et al., ۲۰۱۵; Nnaji et al., ۲۰۲۰). اما از آنجایی که این تکنولوژی، به‌ویژه در ایران، تقریبا نوپا است، شکاف‌های بسیاری در راستای کاربست آن در این زمینه وجود دارد و بستر و زیرساخت‌های مورد نیاز آن به طور کامل ایجاد نشده‌اند. در این میان، تهران به‌عنوان پایتخت، هم بسترهای بهتری برای به‌کارگیری این نوع از تکنولوژی‌ها دارد و هم به‌دلیل ساخت و ساز زیاد، حوادث مرتبط با فضاهای کارگاهی ساختمانی آن نیز بیشتر می‌باشد. لذا، با انجام این پژوهش در حیطهی فضاهای کارگاهی ساختمانی تهران، امید است تا بتوان شکاف موجود را کمرنگ‌تر و بستری مناسب برای کاربست عملی آن ایجاد کرد. این در حالی است که صنعت ساخت و ساز یکی از پرخطرترین محیط‌های کار در دنیا شناخته شده و با این که تنها هفت درصد نیروی کار در جهان در این صنعت مشغول به‌کار هستند، اما این صنعت حدود سی و پنج درصد تلفات در فضاهای عمرانی را به خود اختصاص داده‌است (Chen et al., ۲۰۱۹).

طبق آمار سازمان بین‌المللی کار سالانه حدود ۲۷۰ میلیون حادثه ناشی از کار در جهان اتفاق می‌افتد و هر سال بیش از دو میلیون نفر در اثر حوادث و بیماری‌های ناشی از کار، علی‌الخصوص کار ساختمانی، جان خود را از دست می‌دهند (مرکز تحقیقات و تعلیمات حفاظت فنی و بهداشت کار، ۱۳۹۴). برمبنای گزارشات اداره‌ی ایمنی و بهداشت شغلی آمریکا نیز به‌ازای هر دوازده نفر کارگر در فضاهای کارگاهی ساختمانی یک نفر دچار آسیب می‌شود و به ازای هر پنج حادثه‌ی منجر به فوت محیط کار یک مورد مربوط به فضاهای کارگاهی ساختمانی می‌باشد (ملکی و زوربخش، ۱۳۹۶). در این رهگذر، با استفاده از اینترنت اشیاء می‌توان سیستم نظارت مستمر و لحظه‌ای در جهت شناسایی خطرات، کنترل بر نقاط پرخطر، پیشگیری از حوادث و در نتیجه افزایش کارایی و بهره‌وری پروژه‌ها را عملیاتی کرد. بنابراین، کندوکاو در این

[Downloaded from jsaeh.khu.ac.ir on 2024-10-12]

[DOR: 20.1001.1.24237892.1401.9.2.10.8]

زمینه در راستای آگاه‌سازی، بسترسازی و ظرفیت‌سازی برای بهره‌گیری از مزایای این تکنولوژی، کاهش حوادث و ارتقای ایمنی در فضاهای کارگاهی ساختمانی تهران امری حیاتی و غیرقابل انکار است. پژوهش حاضر نیز، در مسیر توسعه پایدار، به‌دنبال دستیابی به فضاهای کارگاهی ساختمانی ایمن به کمک اینترنت اشیاء است.

در واقع، این پژوهش با هدف واکاوی کاربست اینترنت اشیاء جهت نظارت و کنترل بر نقاط دارای خطر زیاد به منظور کاهش حوادث و ارتقای ایمنی در فضاهای کارگاهی ساختمانی در شهر تهران. تدوین شده است.

با اینکه در چند دهه‌ی اخیر عملکرد ایمنی بهبود یافته است، اما همچنان فضاهای کارگاهی ساختمانی یکی از پرمخاطره‌ترین فضاهای کاری به‌حساب می‌آیند؛ به‌طور مثال، در آمریکا با اینکه کمتر از هشت درصد نیروی کار را کارکنان ساختمانی تشکیل می‌دهند، اما به طور کلی حوادثی که منجربه مرگ شده‌اند در این صنعت بیشتر از تمامی صنایع دیگر است (US Bureau of Labor Statistics, ۲۰۱۹). در ایران نیز بررسی گزارش‌های آماری سالانه منتشر شده توسط اداره کل بازرسی کار و امور اجتماعی نشان می‌دهد که حدود ۳۵ درصد حوادث ناشی از کار، مربوط به فعالیت در فضاهای کارگاهی ساختمانی و عمرانی بوده که متاسفانه بیشتر آنها منجر به فوت و یا مصدومیت شدید شده‌اند (زندیه و همکاران، ۱۳۹۵). همچنین، براساس آمار موجود از ۸۳۱ مورد آسیب شغلی در پاییز ۱۳۹۸، ۲۳۷ مورد (۲۸.۵۱ درصد) آنها مربوط به فضاهای عمرانی و ۲۲۳ مورد (۲۶.۸۳ درصد) مربوط به فضاهای کارگاهی ساختمانی است (ملک پور و همکاران، ۱۳۹۹). این آمارها نشان می‌دهند که یک نیاز مبرمی به پیشگیری از حوادث جانی و غیرجانی در فضاهای کاری عمرانی و ساختمانی وجود دارد و باید یک تلاش جامع و سازمان‌یافته‌ای برای مدیریت ایمنی و بهداشت کارگران در این فضاها صورت گیرد (Awolusi, ۲۰۱۷).

به‌طورکلی، فضاهای کارگاهی ساختمانی به‌دلیل ویژگی‌های منحصربه فرد فعالیت‌های عمرانی، از جمله طولانی بودن پروژه‌ها، فرآیندهای پیچیده، محیط‌های مبهم، چالش‌های غیرقابل پیش‌بینی، دشواری‌های تامین مالی و ساختارهای سازمانی پویا، بیشتر در معرض خطر است (Taylan et al., ۲۰۱٤). با این‌وجود، درخور ذکر است که افراد مسئول حس تعهد بسیار زیادی نسبت به موضوع ایمنی و بهداشت در فضاهای کارگاهی ساختمانی ندارند و آن‌طور که شایسته و بایسته است به آن نمی‌پردازند؛ برای مثال در یکی از ارزیابی‌های عملی که درجنوب صحرای آفریقا صورت‌گرفته، میزان تعهد و مسئولیت‌پذیری ۳۴ پیمانکار ساختمانی نسبت به مسائل بهداشت، ایمنی و محیط‌زیست بررسی شده است و نتایج نشان می‌دهد که تعهد زیادی نسبت به این مسائل وجود ندارد (Tunji-Olayeni et al., ۲۰۱۸).

به‌طور کلان، حوزه فضاهای کارگاهی ساختمانی عموما سه مشخصه‌ی اصلی دارد که می‌توانند مستقیما بر روی ایمنی ساخت تاثیر بگذارند و عبارتند از: تکه تکه بودن، محیط پویای کاری و فرهنگ ایمنی (Jazayeri & Dadi, ۲۰۱۷). در ایران نیز این حوزه علاوه بر سه مشخصه‌ی مطرح شده، با مسائل دیگری چون استفاده از منابع گوناگون، شرایط کاری نامناسب، نبود کار ثابت، شرایط محیطی دشوار، سطح تحصیلی پایین کارگران و ضعف ارتباطات نیز روبه رو است (Amiri et al., ۲۰۱٤). از طرف دیگر مدیران پروژه هم در یکپارچه‌سازی ریسک‌های ایمنی ناکارآمد هستند و طبق مطالعاتی که انجام شده حدود ۶۹ درصد علل حوادث به دلیل ناکارآمدی در طراحی، برنامه‌ی زمان‌بندی نامناسب و عدم تشخیص عیوب می‌باشند (Balfe et al., ۲۰۱۷). برخی از پژوهشگران دیگر نیز برای بهبود عملکرد ایمنی، روش‌های مختلفی که در فضاهای کارگاهی ساختمانی اجرا شده‌اند را بررسی کرده و با تجزیه و تحلیل آنها به فعالیت‌هایی که بر عملکرد ایمنی تاثیر دارند رسیده‌اند از جمله‌ی این فعالیت‌ها می‌توان به برنامه‌های نظارت بر کارگران، نظرسنجی‌های ایمنی، مشارکت

[Downloaded from jsaeh.khu.ac.ir on 2024-10-12]

[DOR: 20.1001.1.24237892.1401.9.2.10.8]

نظارت‌کننده در سیاست‌گذاری، مشارکت فعال مالک در ایمنی، آموزش ایمنی ویژه‌ی کارگاه برای مدیران و... اشاره کرد (Durdyev et al., ۲۰۱۷).

برخی از محققان در ایران نیز این عوامل را در پنج دسته‌ی کلی رده‌بندی کرده‌اند که عبارتند از: عوامل خط‌مشی، فرآیند، مدیریت، کارکنان و انگیزشی که به جز عوامل فرآیندی که تکنیکی هستند، مابقی عوامل، سازمانی می‌باشند (برمایه ور و کاظمی، ۱۳۹۹؛ بیجاری و همکاران، ۱۳۸۷). در همین راستا، خطرات مرگبار شناسایی شده مربوط به چهار حادثه اصلی در فضاهای کارگاهی ساختمانی (سقوط، برخورد، گرفتار شدن در داخل یا بین وسایل و برق‌گرفتگی) توسط متخصصین (Albert et al., ۲۰۲۰) عبارتند از: سقوط از نردبان، داربست و سطوح، سقوط از کف یا لبه‌ی بازشوها، لغزش و لیز خوردن به خاطر مواد موجود بر روی کف، محبوس شدن در خاک به هنگام حفاری یا گودبرداری، پتانسیل برخورد با نزدیکی به ماشین‌آلات سنگین، پتانسیل برخورد با سقوط اجسام، در ارتباط بودن با سیم‌های برق یا کابل‌های دارای انرژی، شوک الکتریکی از طریق وسایل برقی یا تجهیزات دیگر و پتانسیل ایجاد نقاط پرتراکم هنگام رسیدگی به مواد و مصالح (Perlman et al., ۲۰۱٤).

همچنین، برخی دیگر علاوه بر شناسایی خطرات، فرآیند مدیریت ریسک آنها را نیز طی کرده‌اند و دریافته‌اند که خطر کار در ارتفاع در فعالیت‌های مربوط به سقف، بیشترین ریسک را دارد؛ خطرات کار در ارتفاع برروی داربست و لغزنده بودن سطح آن، اجسام معلق هنگام کار با جرثقیل و واکنش‌های ناایمن افراد نیز از جمله خطرات جدی هستند (Salim et al., ۲۰۱۷). در ایران نیز در کاوش‌های مختلف صورت‌گرفته برای بررسی حوادث مرتبط با فضاهای کاری عمرانی در خصوص میزان ریسک هر یک از حوادث تعیین شده، سقوط و لغزش بیشترین میزان ریسک را داشته‌اند (Amiri et al., ۲۰۱۴) و (رضایی و کاتبی، ۱۳۹۷؛ لاجوردی، ۱۳۹۵). علاوه بر این، در یک پژوهش، ده ریسک اصلی ایمنی در ارتباط با فضاهای کارگاهی درون پروژه‌های انبوه‌سازی ایران شناسایی شده‌اند که عبارتند از: سقوط افراد در جوشکاری و نصب اسکلت و تخریب به عنوان مهمترین ریسک، ریزش ساختمان مجاور و آوار، سقوط افراد از بازشوهای سقف و پرتگاه‌ها، افتادن از داربست، سقوط اشیا، برق‌گرفتگی، برخورد با ابزارآلات و وسایل نقلیه، انفجار یا آتش‌سوزی و گیرکردن و قرارگرفتن بین اشیاء (اردشیر و همکاران، ۱۳۹۲). در پژوهشی دیگر، مخاطرات موجود در فضاهای کارگاهی ساختمانی واقع در منطقه هشت تهران شناسایی شده‌اند که به‌ترتیب عبارتند از: سقوط (سقوط از داربست، سقوط در هنگام نصب اسکلت فلزی، سقوط از سقف یا بازشوهای درون سقف، سقوط از ماشین آلات ثابت مثل جرثقیل، سقوط در گودال‌های درون زمین، سقوط از بالابرها، سقوط از نردبان و سقوط از پله ها)، ریزش و سقوط اشیاء به هنگام تخریب، سقف‌زنی، نماکاری و کار با جرثقیل (برمایه ور و عمید، ۱۳۹۸). درواقع، به‌طورخلاصه، با ارزیابی پژوهش‌های صورت‌گرفته آشکار می‌گردد که در فضاهای کارگاهی ساختمانی، گروه حادثه سقوط افراد بیشترین میزان ریسک را دارند؛ و از جمله خطرات و نقاط اصلی موجود در این گروه که در پژوهش‌های این بخش شناسایی شده‌اند می‌توان به از دست دادن تعادل فرد، استفاده از نردبان، وجود سطح لغزنده یا یخ زده، خطر سقوط افراد در جوشکاری، خطرهنگام نصب داربست، سقوط از کف یا لبه‌ی بازشوها، خطر سقوط از بازشوهای سقف و پرتگاه‌ها، سقوط از ماشین‌آلات ثابت مثل جرثقیل، سقوط از بالابرها و سقوط از پله‌ها اشاره کرد (بابالو و همکاران، ۱۳۹۵؛ بلالی و همکاران، ۱۳۹۶؛ ساقی و همکاران، ۱۳۹۸؛ چالاک و همکاران، ۱۳۹۷؛ مهاجری و امیری، ۱۳۹۳).

[Downloaded from jsaeh.khu.ac.ir on 2024-10-12]

[DOR: 20.1001.1.24237892.1401.9.2.10.8]

اصطلاح اینترنت اشیاء برای نخستین بار در سال ۱۹۹۹ توسط یکی از پیشگامان تکنولوژی به‌نام کوین اشتون مطرح گردید تا سیستمی را توصیف کند که در آن اشیای فیزیکی بتوانند به اینترنت و حسگرها متصل شوند (Rose et al., ۲۰۱۵). اینترنت اشیاء به‌عنوان یک شبکه‌ی به‌هم متصل از اشیای فیزیکی است که قابلیت‌های حس کردن، به‌کار انداختن و ارتباطی دارند، تا در نهایت یک چهارچوبی برای پردازش و یکپارچه‌سازی داده‌ها از طریق دسترسی به خدمات و نرم‌افزارهای خاص فراهم گردد (Ghosh et al., ۲۰۱۹, ۲۰۲۰). به‌عبارت دیگر، تکنولوژی اینترنت اشیاء محل تلاقی انواع مختلفی از گرایشات محاسباتی و ارتباطی است که برای ده‌ها سال درحال تکامل بوده‌اند و مقصود آن، تغییر محصولات مرسوم قدیمی یا دستی به محصولات دیجیتالی یا خودکار است که می‌توانند با استفاده از زیرساخت اینترنت در زمان واقعی به یکدیگر متصل شوند و جابه‌جایی داده‌ها و کنترل و نظارت از راه دور انجام دهند (Lule et al., ۲۰۲۰; Nadikattu, ۲۰۲۰; Tschofenig et al., ۲۰۱۵). این تکنولوژی، به‌حضور فراگیر میلیاردها اشیای ارتباطی هوشمند اشاره دارد که در یک ساختار شبیه اینترنت به‌هم متصل شده‌اند و می‌توانند به‌عنوان بخشی از اینترنت آینده شهرهای هوشمند درنظر گرفته شوند (Lu, ۲۰۱۹; Yang et al., ۲۰۱۳). در خصوص معماری اینترنت اشیاء، اتفاق نظر واحدی وجود ندارد و معماری‌های گوناگونی توسط محققان ارائه گردیده است از جمله معماری با لایه‌هایی همچون ادراک، شبکه، برنامه، انتقال، پردازش و کسب و کار (Reja & Varghese, ۲۰۱۹; Sethi & Sarangi, ۲۰۱۷).

در حقیقت، با ظهور تکنولوژی اینترنت اشیاء و تغییرشیوه‌های ستنی به شیوه‌های هوشمند، سیستم‌های مدیریت ایمنی می‌توانند به‌گونه‌ای طراحی و ساخته شوند که نیازهای متناسب با ویژگی‌های فضاهای کارگاهی هر نوع پروژه ساختمانی را پاسخ دهند (Asadzadeh et al., ۲۰۲۰ ; Ding et al., ۲۰۱۳ ; Zhou et al., ۲۰۱۳). به طور نمونه، با استفاده از تکنولوژی رادیوفرکانسی و سیستم ردیابی لحظه‌ای مسیر واقعی کارگران و مسیر بهینه‌ای که برای آنان وجود دارد مقایسه می‌شوند و پتانسیل‌های خطر در فضاهای کارگاهی ساختمانی شناسایی می‌گردند (Kim et al., ۲۰۱۶). همچنین، برخی از پژوهشگران کفی‌های کفش هوشمندی ارائه کرده‌اند که به طور خودکار الگوهای راه رفتن را آنالیز می‌کنند تا خطرات سقوطی که ناشی از لیز خوردن هستند، شناسایی گردند (Chen et al., ۲۰۲۰a, ۲۰۲۰b). در این ارتباط، توسط گروهی دیگر از پژوهشگران، سیستمی طراحی شده به‌گونه‌ای که در صورت نزدیک شدن کارگران و یا افراد بیرونی به مناطق خطرناک از پیش تعیین شده، به آن‌ها هشدار و اطلاعات مربوط به‌موقعیت کارگر و خطر شناسایی شده را از طریق برنامه‌ی مدیریت ایمنی به مدیر ایمنی انتقال می‌دهد تا اقدامات لازم صورت گیرد (Kanan et al., Kim et al., ۲۰۱۹ ۲۰۱۸). در یک مورد دیگر نیز چهارچوبی برای نظارت خودکار بر ایمنی ساخت با استفاده از حسگرهای ردیابی بلوتوثی کم مصرف و مدلسازی اطلاعات ساختمان طراحی شده است که در صورت قرارگیری افراد در فضاهای خطرناک یک کارگاه ساختمانی، اقدامات پیشگیرانه صورت می‌گیرد (Park et al., ۲۰۱۷). علاوه‌بر این، سیستم دیگری نیز در این زمینه ارائه شده‌است که قابلیت ردیابی موقعیت کارگران و ماشین‌آلات جهت هشدار به کارگران هنگام قرارگیری در مجاورت آن‌ها، هشدار خطر سقوط در لبه‌ها و همچنین موقعیت‌هایی که از قبل توسط متخصصان مشخص و در سیستم تعریف شده اند، را دارد (Chan et al., ۲۰۲۰).

در خصوص ناپایداری وضعیت جسمی، داده‌های فیزیکی همچون میزان استرس (Jebelli et al., ۲۰۱۸) و تعادل و اینرسی (Umer et al., ۲۰۱۸)، ضربان قلب، میزان تنفس و اکسیژن خون، حالات و دمای بدن، سرعت بدن و شتاب بدن می‌توانند به‌صورت خودکار با استفاده از حسگرها و سیستم‌هایی چون سیستم نظارت و کنترل بر وضعیت فیزیکی و

[Downloaded from jsaeh.khu.ac.ir on 2024-10-12]

[DOR: 20.1001.1.24237892.1401.9.2.10.8]

ایمنی و سلامت کارگران و سیستم موقعیت یاب جهانی، ثبت و تحلیل شوند (Arslan et al., ۲۰۱۹; Awolusi et al., ۲۰۱۹; Mehata et al., ۲۰۱۹)؛ این درحالی است که گاهی همین اطلاعات برای حوادث رخ داده نیز مفید هستند و تیم پزشکی با آگاهی بیشتری به محل حادثه می‌آیند (Mozaffari et al., ۲۰۱۹). در ایران نیز ساختار اولیه‌ی سیستم ایمنی برای کار در ارتفاع مبتنی بر اینترنت اشیاء و فناوری پوشیدنی‌های هوشمند ارائه شده‌است که در این سیستم با استفاده از برچسب‌های رادیو فرکانسی، ارتفاع از سطح مبنا و به‌همراه داشتن تجهیزات ضروری توسط کارگران بررسی می‌گردد و در صورت عدم به‌همراه داشتن تجهیزات ضروری به فرد هشدارداده می‌شود (جهرمی و کلاهدوزی‌پور،۱۳۹۸). همچنین، سیستم دیگری که بر روی تجهیزات ایمنی آن حسگرهایی تعبیه شده‌اند (Jeon et al., ۲۰۲۰)، و در صورتی که قسمت انتهایی ابزار، سیگنال مربوط به استفاده از تجهیزات ایمنی مورد نیاز را دریافت نکند، شروع به صدا و لرزش می‌کند و به کاربر، عموما از طریق اپلیکیشن تلفن همراه یا از طریق شبکه‌ی حسگر بیسیم (Dharshini et al., ۲۰۱۸)، هشدار توقف می‌دهد؛ مضاف بر این، به‌صورت همزمان از طریق اینترنت گزارش عدم استفاده از تجهیزات بر روی وبسایت قرار می‌گیرد و در فضای ابری ذخیره می‌شود تا اقدامات و تصمیمات لازم توسط مسئولین صورت گیرد (Yang et al., ۲۰۲۰). در رابطه با مشکل ازدحام با استفاده از سیستم هشدار و تشخیص مجاورت در زمان واقعی می‌توان از میزان و شدت صدمات ناشی از برخورد در فضاهای کارگاهی ساختمانی جلوگیری کرد (Awolusi et al., ۲۰۱۹).

به‌علاوه، پارامترهای محیطی مانند دما، شاخصه ماوراء بنفش، رطوبت نسبی و دی‌اکسیدکربن نیز می‌توانند محرکه‌ای برای حوادث در فضای کاری باشند که در اینجا پوشیدنی‌های هوشمند اینترنت اشیاء بنیان با قابلیت شارژ خورشیدی وجود دارند و می‌توانند بر این پارامترها نظارت کنند (Wu et al., ۲۰۱۸; ۲۰۱۹). در همین خصوص، گروهی از پژوهشگران سیستمی را طراحی کرده‌اند که در آن از فناوری زیگ‌بی و اینترنت اشیاء استفاده شده‌است؛ در این سیستم عوامل محیطی همچون رطوبت و دما برای جلوگیری از گرمازدگی و سرمازدگی کارگران، توسط حسگرها اندازه‌گیری و سپس نظارت می‌شوند (Costin et al., ۲۰۱۹). همچنین، در این نوع سیستم، حسگرهای تشخیص غلظت گاز و سرعت باد و فشار نیز وجود دارند تا با توجه به فشارهوا، ارتفاع مکانی که کارگر در آن قرار دارد را تشخیص دهند (Park et al., ۲۰۱۹). در یک مورد مشابه نیز برخی از پژوهشگران کلاه‌های ایمنی هوشمندی ارائه کرده‌اند که در آن از حسگر شتاب‌سنج برای تشخیص سقوط ناگهانی، حسگر مونواکسیدکربن برای تشخیص آتش یا نشت گاز و حسگر فراصوت برای تشخیص سقوط اجسام استفاده شده‌است (Lee et al., ۲۰۱۹).

افزون بر این موارد، در خصوص سازه‌های موقت مانند داربست‌ها، سیستمی طراحی شده‌است که با به‌کارگیری اینترنت اشیاء موارد غیرطبیعی را پیش از وقوع حادثه شناسایی می‌کند و گزارش می‌دهد؛ آزمایشات اولیه نشان می‌دهند که این سیستم قابلیت سنجش در لحظه را دارد و داده‌های مربوط به میزان بار وارده و شیب و چرخش، به‌صورت فعال نظارت می‌شوند (Cho et al., ۲۰۱۸; Dogan & Akcamete, ۲۰۱۸; Lam et al., ۲۰۱۹). نیز حسگرهای ماشین‌آلات و تجهیزات می‌توانند ریسک تصادفات داخل فضاهای کارگاهی ساختمانی را کاهش دهند و در عین حال نیاز به سرمایه و هزینه‌های ساخت زیاد ندارد (Fang et al., ۲۰۱۸, ۲۰۲۰; Kanan et al., ۲۰۱۸).

[Downloaded from jsaeh.khu.ac.ir on 2024-10-12]

[DOR: 20.1001.1.24237892.1401.9.2.10.8]

داده‌ها و روش کار

در این پژوهش، ابتدا به کمک روش کتابخانه‌ای و با مرور ادبیات موضوع به توصیف وضعیت کنونی و شناسایی نقاط دارای خطر زیاد در فضاهای کارگاهی ساختمانی پرداخته شده و سپس فهرستی از این نقاط تهیه شد. همزمان با این فرآیند، مفهوم و کاربرد اینترنت اشیاء در زمینه‌ی ایمنی صنعت ساخت و ساز و پیاده‌سازی آن، به کمک مرور مبانی نظری و دسته‌بندی پژوهش‌های صورت گرفته، تبیین گردید. در مرحله‌ی بعد، نقاط شناسایی شده و موارد کاربرد اینترنت اشیاء برای تعیین چهارچوب مصاحبه به‌کار گرفته شد و در نهایت نیز با توجه به شرایط حاکم در کشور، مدل مفهومی در راستای نظارت بر نقاط تعیین شده و کاهش حوادث و ارتقای ایمنی در فضاهای کارگاهی ساختمانی تهران، با بهره‌گیری از اینترنت اشیاء ارائه گردید.

درواقع، از آنجایی که تکنولوژی اینترنت اشیاء یک تکنولوژی نوظهور در ایران می‌باشد و دانش زیادی در خصوص کاربست آن در این زمینه وجود ندارد؛ لذا، رویکرد کمی به تنهایی در اینجا نمی‌تواند موثر عمل کند و پژوهش حاضر از رویکرد ترکیبی بهره می‌گیرد. در اینجا، به دلیل نیاز به بررسی دیدگاه‌ها، نظرات و ایده‌های افراد در حوزه‌ی ایمنی و اینترنت اشیاء، استراتژی پیمایشی انتخاب گردیده است. همچنین، جامعه آماری در قسمت پرسشنامه برای اعتباربخشی بیشتر، کلیه مشاوران ذی‌صلاح ایمنی ساختمان که توسط مرکز تحقیقات و تعلیمات حفاظت فنی و بهداشت کار معرفی شده‌اند، تعیین گردیده و حجم نمونه با استفاده از فرمول کوکران، تعداد ۵۲ نفر محاسبه شده است. در پرسشنامه‌ی تهیه شده، سوالات بر مبنای نقاطی که از مرور ادبیات به دست آمده بودند، به صورت دو گزینه ای (بله/ خیر) طراحی شده و در هفت گروه حادثه اصلی قرار گرفته بودند. در آخر هر بخش نیز سوالی با پاسخ کوتاه گنجانده شده بود تا بنابر پاسخ آنها، فهرست در هر بخش و به صورت کلی تکمیل گردد. در انتهای پرسشنامه نیز در خصوص میزان آگاهی کارشناسان در زمینه‌ی ایمنی و اینترنت اشیاء سوالی طرح شده بود تا کارشناسان متخصص در این زمینه برای مصاحبه‌های مرحله‌ی بعد شناسایی گردند.

برای قسمت مصاحبه‌ها نیز روش نمونه‌گیری به‌شکل غیراحتمالی و به‌صورت گلوله برفی و هدفمند طراحی گردید زیرا تعداد افراد آگاه در این زمینه اندک است. کلیت گردآوری داده‌ها بدین صورت است که ابتدا فهرستی از داده‌های به‌دست آمده از بخش مرور ادبیات که توسط خبرگان تصحیح و تکمیل شده‌اند، با استفاده از پرسشنامه، به‌عنوان مبنای بخشی از مصاحبه‌ها قرار گرفتند و تعداد ده مصاحبه به‌شکل نیمه‌ساختار یافته شامل دو بخش اصلی صورت گرفت؛ تا هم نحوه‌ی به‌کارگیری اینترنت اشیاء برای کنترل و نظارت بر موقعیت‌های تعیین شده در فضاهای کارگاهی ساختمانی تهران مشخص شود و هم بسترهای موجود و مورد نیاز برای کاربست این تکنولوژی در این فضاها آشکار گردند. در نهایت، نیز نحوه‌ی تحلیل داده‌ها در چهار مرحله (آماده‌سازی داده‌های گردآوری شده، اضافه نمودن نکات اضافی در صورت وجود، کدگذاری داده‌ها و برقراری ارتباط بین دسته‌های مختلف جهت ارائه‌ی مدل مفهومی) مطرح شد و پس از آن شیوه‌ی اعتبار بخشی صحت یافته‌ها مورد بررسی قرار گرفت.

اجمالا، شایان ذکر است که نظر به نوپا بودن مفهوم و کارکردهای استفاده از اینترنت اشیاء در حوزه ایمنی ساختمان‌سازی در کشور، در این تحقیق سعی شده‌است، در مسیر صحت‌سنجی و به منظور افزایش دقت پژوهش از کلیه‌ی ویژگی‌ها و پتانسیل‌های روش‌شناسی مرتبط و متناسب با پژوهش حاضر بهره‌گیری شود. براین اساس، اعتماد و اطمینان به یافته‌های این پژوهش کاربردی از طریق اقدامات صورت‌گرفته ذیل قابل تبیین هستند: واکاوی موشکافانه

[Downloaded from jsaeh.khu.ac.ir on 2024-10-12]

[DOR: 20.1001.1.24237892.1401.9.2.10.8]

مبانی نظری و مرور سامان‌مند پیشینه تحقیق؛ کاوش نظام‌مند اسناد و مدارک مرتبط با پژوهش؛ تاکید بر فلسفه پراگماتیسم (عملگرایی) و پدیدارشناسی؛ استفاده از رویکرد استقرایی؛ بهره‌مندی از قابلیت‌های راهبرد پیمایش؛ کمک‌گرفتن از ظرفیت‌های روش تحلیل کیفی (محتوایی)؛ بکارگیری روش مثلث‌سازی در تمام طول فرآیند تحقیق؛ بهره‌گیری از شیوه بازنگری همتا در همه مراحل پژوهش و نیز داوری متخصصین در پایان پژوهش؛ کسب نظرات از خبرگان در تمام مراحل تحقیق و سرانجام، تایید یافته‌های نهایی تحقیق، خاصه مدل مفهومی مربوطه، توسط صاحب‌نظران این عرصه.

شرح و تفسیر نتایج

فهرست نهایی موقعیت‌های دارای خطر زیاد در فضاهای کارگاهی ساختمانی تهران در جدول ۱ ارائه شده است. با این توضیح که ابتدا به تصحیح و تکمیل نقاط و فعالیت‌های دارای خطر زیاد در هریک از هفت حادثه‌ی مذکور پرداخته شد؛ سپس، خود هفت حادثه نیز مورد بررسی قرار گرفتند تا اگر حادثه و گروه خطر دیگری نیز وجود دارند که ریسک زیادی را در فضاهای کارگاهی ساختمانی شهر تهران به خود اختصاص می‌دهند، به فهرست اضافه شوند.

جدول ۱: فهرست نهایی موقعیت‌های دارای خطر زیاد در فضاهای کارگاهی ساختمانی تهران

ردیف	حادثه	گروه پرخطر	موقعیت‌های دارای خطر زیاد (نقاط و فعالیت‌ها)
۱	سقوط افراد	کار در ارتفاع	جوشکاری و نصب اسکلت
			نردبان و بالابرها
			جابجایی و انتقال و دسترسی به جایگاه کار
			جایگاه‌های کار
			سقف زنی و نماکاری
			بازشوها، پرتگاه‌ها، لبه‌ها و کنار باز طبقات، چاهک باز آسانسور
			گودال‌های درون زمین
			داربست‌بندی
			وجود سطح لغزنده یا یخ زده
			تخریب
۲	برخورد	مجاورت قطعات و ماشین‌آلات مکانیکی با عوامل کارگاه (افراد، دیگر ماشین‌آلات و..)	اشیاء معلق و آویزان
			بالابر یا آسانسور موقت
			قسمت‌های برنده به هنگام استفاده از ابزارآلات از قبیل دستگاه برش و دریل
			تجهیزات سنگین (وسایل نقلیه، بیل مکانیکی و...)
			موانع (امکان برخورد فلش و کن فلش دستگاه تاورکرین با موانع)
			خطوط انتقال برق
۳	سقوط اشیا	کار با اجسام سبک، سنگین (مصالح، تجهیزات و...) در ارتفاع و جابه‌جایی آن‌ها	سقف زنی، نماکاری
			جرثقیل، بالابر و تاورکرین (پاره شدن سیم بکسل)
			لبه‌ها و طبقات (دپوی نامناسب مصالح در طبقات (بیش از حد باربری سازه))
			وزش باد شدید
			تخریب
			کامیون‌های حمل مصالح
۴	برق گرفتگی	قرار گرفتن در معرض الکتریسیته	مجاورت میلگرد و کابل برق
			تجهیزات آسیب دیده
			استفاده‌ی ناایمن از تجهیزات
			کابل‌کشی کارگاه
			سیستم ارتینگ، کلید محافظ جان، تابلوهای برق
			خطوط هوایی برق
			صاعقه

[Downloaded from jsaeh.khu.ac.ir on 2024-10-12]

[DOR: 20.1001.1.24237892.1401.9.2.10.8]

			رطوبت سطح
۵	آتش سوزی و انفجار	قرار گرفتن در معرض حرارت، مواد قابل اشتعال و انفجار	اتصال برق
			دیزل ژنراتور
			سیلندرهای تحت فشار
			انبارش و چیدمان وسایل و ضایعات
			جوشکاری (مذاب جوشکاری)
			دپو و محل کپسول هوا
			اتاق‌های کارگری و نگهبانی
			مواد داغ و سوزان از قبیل قیر
۶	ریزش	ناپایداری خاک، سازه و مصالح	سازه مجاور
			دیواره
			سقف
			داربست
			چاه در صورت عدم اجرای مناسب و عدم کول‌گذاری در هنگام اجرا
			وسایل انبار شده
۷	گیرکردن در داخل یا بین اشیا	مجاورت به هنگام کار با قطعات و ماشین آلات مکانیکی و عوامل ناایمن محیطی	ماشین‌آلات در ارتفاع و یا هنگام جابه‌جایی
			گودال در حال حفاری
			مصالح انبار شده
۸	موارد عمومی		تجهیزات حفاظت فردی
			تاریکی فضای کار

در این پژوهش، جمع‌بندی هر مصاحبه در جدولی درج شده که کدها و مضامین را در قالب نقاط تعیین شده دسته‌بندی کرده و پس از اتمام این فرآیند، تمامی مفاهیم به‌دست آمده با یکدیگر مقایسه شدند و در صورت مشابهت در یک قسمت قرار گرفتند تا جداول نهایی گردند.

جدول ۲: نحوه‌ی به‌کارگیری تکنولوژی اینترنت اشیاء برای نظارت بر نقاط تعیین شده

گروه حادثه	نقاط تعیین شده	نحوه‌ی به کارگیری اینترنت اشیاء
سقوط افراد	داربست بندی	پایش استفاده از کمربند ایمنی و تعیین وضعیت اتصال قلاب آن
		تعیین میزان باد
		نظارت بر اتصال لنگرگاه و میزان بار وارده به آن
	جایگاه کار	پایش میزان جابه‌جایی و میزان بارگذاری بر روی جایگاه کار
		نظارت بر وجود اتصالات
		کنترل محدوده در صورت قرمز شدن تگ‌های متصل به داربست
		تعیین محدوده‌های ایمن برروی جایگاه کار
	تخریب	پایش استفاده از کمربند ایمنی و اتصال آن به لایف‌لاین و تکیه گاه
	جوشکاری و نصب اسکلت	پایش استفاده از کمربند ایمنی و اتصال آن به لایف‌لاین و بررسی نقطه‌ی اتصال قلاب با توجه به قد فرد در حال کار
		نظارت بر وجود کمربند ایمنی متناسب با کار افراد
		تنظیم عدم کارکرد دستگاه جوشکاری در صورت نبود اتصال قلاب کمربند
	بازشوها، پرتگاه‌ها، لبه‌ها و کنار باز طبقات، چاهک باز آسانسور	تعیین محدوده در اطراف بازشوها، چاهک آسانسور و حفاظ‌ها
		تعیین نقاط دارای بازشو و نظارت بر ورود افراد
	بالابر	کنترل و نظارت بر بسته بودن و قفل بودن درب
		پایش سازه‌ی آسانسور موقت
	گودال های درون زمین	تعیین محدوده در اطراف گودال‌ها

[Downloaded from jsaeh.khu.ac.ir on 2024-10-12]

[DOR: 20.1001.1.24237892.1401.9.2.10.8]

	موارد عمومی	کنترل میزان روشنایی
		پایش لحظه‌ای سلامت کارگران (میزان قند، آب بدن، پتاسیم، تعادل دمایی بدن، میزان اکسیژن، ضربان قلب، فشار خون)
		پایش تجهیزات حفاظت فردی
		کنترل ورود و خروج افراد
برخورد	تجهیزات سنگین (وسایل نقلیه، بیل مکانیکی و...)	پایش مجاورت افراد و ماشین‌آلات و ممانعت از ادامه‌ی حرکت
		پایش مجاورت تاورکرین‌ها
		پایش سرعت ماشین‌آلات
	موانع	پایش مجاورت ماشین‌آلات و موانع و ممانعت از ادامه‌ی حرکت
	خطوط انتقال برق	تعیین محدوده
سقوط اشیاء	لبه‌ها و طبقات	تعیین محدوده در لبه‌ها و تشخیص حضور اشیاء
		پایش پاخورهای نصب شده
		نظارت بر اتصالات
		تعریف مناطق پرخطر
	کامیون‌های حمل مصالح	پایش سرعت با توجه به شیب
	جرثقیل، بالابر و تاورکرین	نظارت بر تناسب بار و تحمل سیم و پایش میزان بار مجاز
		نظارت بر تناسب بین بار، زاویه بوم و ارتفاع در جرثقیل
		پایش و توقف در صورت نزدیکی اشیاء به قرقره‌ی سربوم
	وزش باد شدید	تعیین و کنترل میزان باد
آتش سوزی و انفجار	اتصال برق	نظارت بر اتصال به سیستم ارتینگ
	جوشکاری	پایش موقعیت جوشکاری
		نظارت بر وجود پتوی نسوز
	انبارها	پایش دما، فشار، جریان و تشخیص دود
		عدم اجازه‌ی خروج گاز دی‌اکسیدکربن در صورت حضور افراد به‌هنگام اطفاء حریق
		پایش دمای مورد نیاز برای نگهداری مواد اشتعال‌زا
		پایش مجاورت مواد اشتعال‌زا با دیگر مواد
	دپو و محل کپسول هوا	نظارت بر دمای محل
	موارد عمومی	نظارت بر وجود وسایل اطفاء حریق
برق‌گرفتگی	سیستم ارتینگ، کلید محافظ جان، تابلوهای برق	نظارت بر اتصال به سیستم ارتینگ
		نظارت بر ورودی و خروجی کلید محافظ جان
		قطع برق به هنگام تشخیص کار با تابلوهای برق
	خطوط هوایی برق	تعیین محدوده
	استفاده از تجهیزات	پایش مجاورت کارگران با تجهیزات برقی
	رطوبت سطح	نظارت بر میزان رطوبت و قطع برق در صورت نیاز
ریزش	سازه و دیواره مجاور	ارزیابی میزان فشار وارده به سپرها و جک‌ها
		پایش میزان جابه‌جایی و سلامت سازه
		تعریف منطقه‌ی خطر و کنترل ورود افراد
		پایش میزان فشار و لرزش دیواره، جلورفتگی، رانش و نشست زمین
		نظارت بر زاویه حفاری
		ارزیابی میزان رطوبت دیواره
	داربست	پایش میزان جابه‌جایی و وضعیت سلامت و شاقول بودن داربست
		پایش میزان بارگذاری بر روی داربست
گیرکردن در داخل یا بین اشیاء	ماشین آلات در ارتفاع و یا هنگام جابه‌جایی	پایش مجاورت افراد و ماشین آلات
		تعیین موقعیت افراد پس از وقوع

جدول فوق (جدول ۲)، با ادغام موارد تکراری، ماحصل راهکارهای متمایز و نهایی است که کارشناسان مشارکت کننده درطی مصاحبه‌ها ارائه داده‌اند. اما در این پژوهش به صرف ارائه راهکار بسنده نگردید و در زمینه پیاده‌سازی این تکنولوژی

[Downloaded from jsaeh.khu.ac.ir on 2024-10-12]

[DOR: 20.1001.1.24237892.1401.9.2.10.8]

در پروژه‌های ساختمانی تهران نیز دیدگاه‌های کارشناسان مورد بررسی قرار گرفت و وضعیت کنونی و بسترهای مورد نیاز از چهار جنبه‌ی تکنولوژی، سازمان، هزینه و برون‌سازمان شناسایی شدند (جدول ۳).

جدول۳: بررسی وضعیت‌موجود و بسترهای موردنیاز برای پیاده‌سازی تکنولوژی اینترنت‌اشیاء در فضاهای‌کارگاهی‌ساختمانی‌تهران

تکنولوژی	
وضعیت موجود	
وجود تکنولوژی و زیرساخت	با توجه به نظر کارشناسان، این تکنولوژی در بخش اجرای پروژه‌های ساختمانی وجود ندارد و اگر هم وجود داشته باشد به صورت نصفه و نیمه در شرکت‌های به تکامل رسیده می‌باشد. همچنین، امکان به‌کارگیری این تکنولوژی نیز ضعیف است و در پروژه‌های کوچک و متوسط تقریبا نزدیک به صفر می‌باشد. اگر بخواهیم در بخش اجرا از این تکنولوژی استفاده کنیم، فقط به‌صورت سطحی امکان‌پذیر خواهد بود. علاوه‌بر این بیشتر کارشناسان معتقد بودند که تجهیزات و زیرساخت‌های مورد نیاز این تکنولوژی وجود ندارد و یا اندک هستند (وجود تحریم‌ها در اینجا بی‌تاثیر نیست). اما در کنار تمامی این موارد برخی از کارشناسان اظهار داشتند که احساس نیاز به سیستم‌های این تکنولوژی در برخی از پروژه‌ها وجود دارد و این احساس نیاز نقطه‌ی شروع خوبی است.
اثر بخشی و پشتیبانی	درخصوص اثربخشی و پشتیبانی اغلب کارشناسان معتقد بودند که این تکنولوژی موثر خواهد بود و تعدادی نیز این اثربخشی را تنها برروی پروژه‌های بزرگ ساختمانی و برخی از شرکت‌ها می‌دیدند. راجع‌به پشتیبانی نیز اظهار داشتند که تعداد افراد مشرف‌به این زمینه اندک است.
بسترهای مورد نیاز	
طراحی	بنابه گفته‌ی کارشناسان در ابتدا پیش از طراحی سیستم این نیاز وجوددارد تا اثر این تکنولوژی در بخش بهره‌برداری که وجوددارد، دیده‌شود. پس از آن یکسری نیازهای ساختاری از جمله تامین فضای کافی در کارگاه‌ها جهت به‌کارگیری این تکنولوژی، امنیت داده‌ها و ایجاد مراکز داده‌ای وجود دارد. برای تعریف و طراحی خود این سیستم‌ها نیز پیشنهاد شده‌است که سیستم‌ها با عملکرد پیشگیرانه، معیار قرار دادن الزامات، درنظرگرفتن رفتار ناایمن افراد و کاهش نقش افراد در هدایت سیستم‌ها طراحی شوند و بیشتر تمرکز بر روی نقاط ثابت باشد.
پشتیبانی	در خصوص پشتیبانی نیز نظر کارشناسان به حضور پشتیبانی تدارکاتی و اجرایی در کنار پشتیبانی فنی می‌باشد.
سازمان	
وضعیت موجود	
پذیرش، اعتباربخشی و مزیت رقابتی	باتوجه به دیدگاه‌های کارشناسان در این زمینه این نتیجه به‌دست آمد که این تکنولوژی در حال حاضر به‌عنوان مزیت رقابتی حساب نمی‌شود و اگر هم به حساب آید، در شرکت های بزرگ است. از جنبه‌ی اعتباربخشی نیز اغلب کارشناسان معتقد بودند که این تکنولوژی باعث اعتبار بخشی در سازمان‌ها و به‌ویژه سازمان‌های بزرگ خواهد شد. البته یکی از کارشناسان به عدم اعتبار بخشی در حال حاضر اشاره داشتند. در خصوص پذیرش این تکنولوژی نیز اکثر کارشناسان به امکان پذیرش درسازمان‌های بزرگ اتفاق نظر داشتند.
فرهنگ و وضعیت ایمنی	درخصوص وضعیت ایمنی اغلب کارشناسان براین باور بودند که پیمانکاران بیشتر درپی منافع شخصی خود هستند و به بخش ایمنی و کیفیت، به‌ویژه در پروژه‌های خصوصی توجه نمی‌شود. همچنین نقش حوادث و آموزش‌های ایمنی نیز کمرنگ است. از طرف‌دیگر در بخش فرهنگ ایمنی، کارگران، مدیران ارشد و ارکان پروژه فاقد فرهنگ لازم هستند. حضور چند پیمانکار و عدم یکپارچگی نیز موثر است.
بسترهای مورد نیاز	
فرهنگ ایمنی	در اینجا کارشناسان ایجاد بسترهای فرهنگی برای تمامی ارکان پروژه را ضروری می‌دانستند و برخی از آن‌ها معتقد بودند که این فرهنگ‌سازی حتی از مقاطع دانشگاهی باید صورت گیرد.
پذیرش، اعتباربخشی	در زمینه پذیرش و اعتباربخشی بنا به نظرات کارشناسان، باید در خصوص این تکنولوژی و فواید آن برای تمامی ارکان، آگاه‌سازی صورت گیرد و تاثیر ایمنی بر اعتبار و شهرت پررنگ شود. همچنین بودجه‌بندی و امکان‌سنجی سازمان‌ها نیز باید بهبود یابند و راهکارهایی که ارائه می‌شوند در راستای نیاز مدیران باشند. علاوه‌بر این موارد، برای توجیه‌پذیر ساختن این سیستم‌ها باید تبعات حوادث پررنگ گردند.
هزینه	
وضعیت موجود	
بودجه و هزینه	در این قسمت کارشناسان به مواردی چون عدم تخصیص بودجه به بخش ایمنی و اجرا، بالا بودن هزینه‌ی تجهیزات ایمنی، کم هزینه بودن راهکارهای موجود، پوشش هزینه حوادث با بیمه مسئولیت مدنی و عدم تمایل پیمانکاران به هزینه کردن اشاره داشتند. همچنین به گفته‌ی آن‌ها برخی از راهکارهای این تکنولوژی به صرفه نیستند و در حال حاضر امکان توجیه مالی وجود ندارد.
بسترهای مورد نیاز	
بودجه و هزینه	با بررسی دیدگاه‌های کارشناسان این نتیجه به‌دست آمد که هر سیستمی که در این راستا طراحی می‌شود باید از نظر هزینه- منفعت بررسی گردد و در اینجا می‌توان با پررنگ ساختن هزینه حوادث و تبعات آن‌ها، ترکیب چند کارکرد و ترکیب راهکارها با مباحث کنترل پروژه توجیه مالی ایجاد کرد. از طرف دیگر، پر رنگ ساختن نقش تکنولوژی در اعتبار سازمان‌ها نیز برای توجیه مالی این تکنولوژی موثر خواهد بود.
برون‌سازمان	
وضعیت موجود	
کارفرمایان	برای این بخش کارشناسان معتقد بودند که پذیرش کارفرما در این زمینه وجود خواهد داشت اما با وضع کنونی اقتصادی کارفرمایان در این زمینه حمایت نمی‌کنند.

[Downloaded from jsaeh.khu.ac.ir on 2024-10-12]

[DOR: 20.1001.1.24237892.1401.9.2.10.8]

مباحث قانونی	بنابر نظر کارشناسان متاسفانه ضعف قوانین و نظارت قانونی در زمینه ایمنی وجود دارد و دامنه اجرایی الزامات ضعیف هستند. البته بیمه مسئولیت مدنی نیز نقش موثری را در این تضعیف و کاهش توجه به مسائل ایمنی ایفا می‌کند. در این بین، برخی از کارشناسان به اضافه کردن بخش بهداشت، ایمنی و محیط‌زیست در قراردادهایشان اشاره داشتند که نکته‌ی مثبتی است اما در خصوص این تکنولوژی هیچ الزام قانونی وجود ندارد.
بستر های مورد نیاز	
کارفرمایان	برای این قسمت کارشناسان جلب حمایت کارفرمایان از طریق آموزش به آن‌ها را نیاز می‌دانستند و معتقد بودند که مشوق‌هایی برای پیمانکاران بدون حادثه باید ایجاد گردد.
مباحث قانونی	در خصوص مباحث قانونی، دیدگاه کارشناسان بدین صورت بود که باید سندیکاهای کارگری برای حمایت از آن‌ها در این زمینه ایجاد گردد و سامانه تایید صلاحیت پیمانکاران اهمیت یابد.

نتیجه‌گیری

در جهت دستیابی به هدف فرعی اول تحقیق، مرور ادبیات و آمارهای رسمی در مقیاس جهانی، نشان داد که چهار حادثه‌ی سقوط، برخورد، گیرکردن در داخل یا بین وسایل و برق‌گرفتگی بیشترین شدت را داشته‌اند و قسمت اعظمی از حوادث مرگبار را در حیطه فضاهای عمرانی تشکیل می‌دهند. همچنین، بیشترین میزان حوادث در فضاهای کارگاهی ساختمانی رخ می‌دهند که بیشترین آمار آن مربوط به حادثه‌ی سقوط افراد می‌باشد.

در این راستا، با بررسی عمیق‌تر منابع و گزارش‌های ناشی از حوادث در فضاهای کاری ساختمانی، هفت حادثه‌ای که میزان ریسک آن‌ها بیشتر از موارد دیگر بود و در اغلب پژوهش‌ها مشترک بودند برجسته شد؛ این حوادث عبارتند از: سقوط افراد، برخورد، سقوط اشیاء، آتش‌سوزی و انفجار، برق‌گرفتگی، ریزش و گیرکردن در داخل یا بین اشیاء. پس از آن، جستجو پیرامون خطرات، نقاط و فعالیت‌های دارای خطر زیاد در هریک از این دسته‌های حوادث، مرتبط با فضاهای کارگاهی ساختمانی، صورت گرفت و فهرستی از مشترکات پژوهش‌های مختلف تهیه گردید. این فهرست شامل موارد زیر است: حادثه‌ی سقوط فرد (شامل نه موقعیت: جوشکاری و نصب اسکلت، تخریب، نقاط دارای بازشوها و پرتگاه‌ها، سقف‌زنی و نماکاری، نقاط دارای نردبان و بالابرها، سطوح لغزنده یا یخ زده، پله‌ها، نقاط دارای ماشین‌آلات ثابت مثل جرثقیل و گودال‌های درون زمین)، حادثه برخورد (شامل سه موقعیت: نقاط دارای شی ثابت، تجهیزات سنگین و دو شی در حال حرکت)، حادثه سقوط اشیاء (شامل سه موقعیت: نقاط دربرگیرنده جرثقیل، به هنگام سقف‌زنی و نماکاری و تخریب)، حادثه برق‌گرفتگی (شامل سه موقعیت: سطوح دارای رطوبت، نقاط دربرگیرنده تجهیزات صدمه دیده و استفاده ناایمن از تجهیزات)، حادثه آتش‌سوزی و انفجار (دارای سه موقعیت: جوشکاری، نقاط دربرگیرنده مواد شیمیایی و نقاط دارای پتانسیل اتصال برق)، حادثه ریزش (شامل چهار نقطه: سازه مجاور، دیواره، سقف و داربست) و حادثه گیرکردن در داخل یا بین اشیاء.

بر این اساس و با اتکا به این فهرست، پرسشنامه نیمه باز تهیه گردید و در اختیار مشاورین ذی‌صلاح ایمنی ساختمان در مرکز تحقیقات و تعلیمات فنی و بهداشت کار قرار گرفت تا با تکیه بر پاسخ آن‌ها، فهرست تصحیح و تکمیل گردد. در اینجا بر اساس نظر کارشناسان، قسمتی تحت عنوان موارد عمومی به فهرست اضافه گردیده است که شامل دو مورد به نام‌های تجهیزات حفاظت فردی و تاریکی فضای کار است. تجهیزات حفاظت فردی نقطه یا فعالیت نیستند اما می‌توانند احتمال بروز حوادث را بیشتر کنند، به همین دلیل به فهرست مدنظر اضافه شدند.

جهت دستیابی به هدف فرعی دوم تحقیق، مفهوم و کاربرد اینترنت اشیاء در حوزه‌ی ایمنی صنعت ساخت و ساز با کمک مرور طیف وسیعی از ادبیات و دسته‌بندی پژوهش‌های انجام گرفته تاحدودی تبیین گردید.

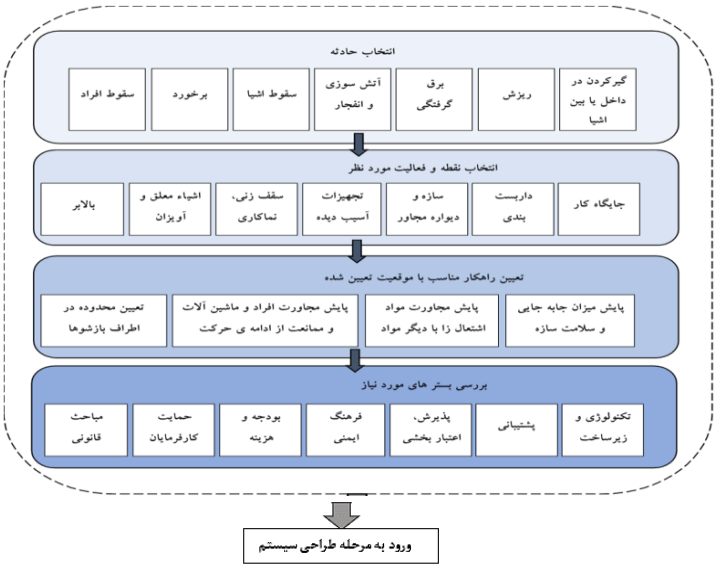
[Downloaded from jsaeh.khu.ac.ir on 2024-10-12]

[DOR: 20.1001.1.24237892.1401.9.2.10.8]

در ادامه و در راستای دستیابی به هدف فرعی سوم تحقیق و تحقق هدف اصلی تحقیق، ابتدا با کمک مرور مبانی و پیشینه پژوهشی مربوطه بررسی وضعیت این تکنولوژی در حوزه ایمنی در فضاهای کارگاهی ساختمانی انجام گرفت؛ و با عنایت به مرور منابع مختلف درخصوص این حوزه در کشور، شواهد گویای این است که پژوهش‌ها در سطح آکادمیک، طراحی ساختارها در حد اولیه و آموزش‌ها مرتبط با جنبه آگاهی‌سازی هستند و هنوز به طورکامل به فضاهای کارگاهی ساختمانی فعال ورود پیدا نکرده‌اند.

براین‌مبنا، با توجه به نقاط دارای خطر زیاد که در قسمت اول پژوهش، از طریق مطالعه کتابخانه‌ای و مطالعه میدانی با استفاده از پرسشنامه، به آن‌ها پرداخته شد، با کارشناسان خبره‌ی ایمنی که در حوزه اینترنت اشیاء نیز آگاهی داشتند، مصاحبه نیمه ساختاریافته‌ای انجام شد تا در خصوص نحوه به‌کارگیری این تکنولوژی برای کنترل و نظارت بر نقاط تعیین شده در فضاهای کارگاهی ساختمانی تهران، راهکار ارائه دهند. هریک از راهکارهای ارائه شده قابلیت تبدیل شدن به یک سیستم را دارند اما آنچه که در این‌جا حائز اهمیت می‌باشد این است که کدام یک از این سیستم‌ها متناسب با شرایط می‌توانند وارد پروژه‌های ساختمانی شوند و موثر واقع گردند. لازم به ذکر است که اساس این تکنولوژی برقراری ارتباط لحظه‌ای بین نقاط مختلف می‌باشد و در هر راهکار پس از تشخیص و تعیین فاکتور تعیین شده می‌توان علاوه بر هشدار، داده‌ها را به مراکز و مسئولین مربوطه گزارش داد تا از وقوع حوادث پیشگیری شود.

نهایتا، برای ارائه مدل مفهومی مناسب در این زمینه نیاز بود تا علاوه بر راهکارها، شرایط پیاده‌سازی این تکنولوژی در فضاهای کارگاهی ساختمانی شهر تهران نیز مورد بررسی قرار گیرند و بسترهایی برای کاربست عملی این تکنولوژی و طراحی سیستم‌ها ایجاد گردند. از این‌رو، در بخش دوم مصاحبه‌ها به دیدگاه‌های کارشناسان از چهار جنبه‌ی تکنولوژی، سازمان، هزینه و برون‌سازمان پرداخته شد و وضعیت موجود و بسترهای مورد نیاز بررسی گردیدند و با توجه به الگوهایی که به‌دست آمد، این نتیجه حاصل شد که در مدل مفهومی، چهار بخش می‌تواند وجود داشته باشد: در قسمت اول و دوم، حادثه و نقطه‌ی پرخطر انتخاب می‌گردند؛ سپس در قسمت سوم راهکار متناسب با موقعیت تعیین شده، مشخص می‌شود و درمرحله آخر بسترها ارزیابی می‌شوند تا مشاهده شود که آیا بسترهای مورد نیاز برای پیاده‌سازی این تکنولوژی وجود دارند یا خیر؛ اگر وجود داشتند می‌توان به طراحی سیستم و کاربست عملی آن ورود کرد (شکل ۱).



شکل ۱: مدل مفهومی کاربست اینترنت اشیاء برای کاهش حوادث و ارتقای ایمنی فضاهای کارگاهی ساختمانی تهران

[Downloaded from jsaeh.khu.ac.ir on 2024-10-12]

[DOR: 20.1001.1.24237892.1401.9.2.10.8]

به‌طور خلاصه می‌توان این‌گونه جمع‌بندی کرد که دستاورد کلان پژوهش کنونی پیرامون مخاطرات محیطی حوزه ساختمان‌سازی به شرح ذیل قابل تبیین است؛ حوادث در فضاهای کارگاهی ساختمانی با کمک تکنولوژی اینترنت اشیاء، غالبا از طریق پایش میزان جابه‌جایی و سلامت سازه، پایش مجاورت مواد اشتعال‌زا با دیگر مواد، پایش مجاورت افراد و ماشین‌آلات و ممانعت از ادامه‌ی حرکت و تعیین محدوده در اطراف بازشوها، می‌توانند به طور قابل ملاحظه‌ای کاهش پیدا کنند. ازاین‌رو، درواقع، انتظار می‌رود که با استفاده از سیستم‌های ایمنی ساختمانی بر پایه‌ی اینترنت اشیاء، بر مبنای مدل مفهومی مطرح شده، حوادث احتمالی در فضاهای کارگاهی ساختمانی و حتی سایر بسترهای کاری عمرانی به طور چشمگیری حذف یا کاهش یابند.

در این خصوص پیشنهاد می‌شود، نظام‌نامه جامع ایمنی کشور تدوین و قوانین فراگیر و یکپارچه مرتبط با ایمنی‌سازی فضاهای کارگاهی ساختمانی به‌هنگام و اینترنت اشیاء محور شوند؛ طوری که تمامی نهادهای ذی‌ربط از جمله سازمان نظام مهندسی ساختمان، سازمان نظام فنی و اجرایی، شهرداری، سازمان آتش‌نشانی و خدمات ایمنی، اداره کار و رفاه اجتماعی و غیره از آن استفاده کنند. در همین ارتباط، در زمان طراحی و پیاده‌سازی سیستم‌های ایمنی اینترنت اشیاء بنیان، الزامات موجود در مباحث به روز شده مقررات ملی ساختمان خاصه مبحث دوازدهم (ایمنی و حفاظت کار در حین اجرا) می‌توانند به‌عنوان معیار قرار گیرند. همچنین، هر یک از حوادث پرخطر شناسایی شده مرتبط با فضاهای کارگاهی ساختمانی را می‌توان در قالب تحقیقی مجزا مورد بررسی عمیق‌تر قرار داد و با تهیه فهرستی از کلیه اقدامات کنترلی موجود بر مبنای مقررات مربوطه، راهکارهای اینترنت اشیاء محور را در هر مورد به طور دقیق ارزیابی کرد. علاوه بر این موارد، موضوعاتی نظیر آموزش و فرهنگ‌سازی در ارتباط با بکارگیری این تکنولوژی در فضاهای کارگاهی درون پروژه‌های ساختمانی کشور و نیز امکان‌سنجی ترکیب راهکارهای تکنولوژی اینترنت اشیاء محور در حوزه ایمنی و کنترل پروژه ساختمانی همچنان قابلیت پژوهش دارند. در آخر، پیشنهاد می‌گردد که با استفاده از راهبرد نمونه موردی، به صورت پایلوت یا آزمایشی، در یک ساختمان واقعی در حال ساخت، سیستم ایمنی اولیه‌ی اینترنت اشیاء محور پیاده شده و ارتباط اینترنت اشیاء با کاهش خطرات اصلی مطرح شده در فضاهای کارگاهی ساختمانی، مجددا به طور روشن مورد سنجش کمی قرار گرفته و سطح و حد آن به طور دقیق بازبینی و حتی با هم مقایسه گردند.

منابع

اردشیر، عبداله؛ مهران امیری و مهدی مهاجری. ۱۳۹۲. ارزیابی ریسک‌های ایمنی در پروژه‌های انبوه‌سازی با استفاده از ترکیب روشهای فازی FMEA ، فازیFTA وDEA-AHP. *ماهنامه سلامت کار ایران*، **۱۰(۶)**: ۷۹-۹۰.

بابالو، مریم؛ مصطفی پویاکیان و محسن مصدقی. ۱۳۹۵. بررسی سقوط از ارتفاع با رویکردهای آماری در پروژه های ساخت و ساز کرج. *کنفرانس پژوهش های نوین در علوم و مهندسی*، موسسه آموزش عالی علامه رفیعی، قزوین.

برمایه ور، بهنود؛ شقایق عمید. ۱۳۹۸. شناسایی مخاطرات و ارزیابی ریسک‌های تهدید کننده سلامت نیروی انسانی و پیشگیری از بروز حوادث و بیماری‌های شغلی در پروژه‌های ساختمانی منطقه هشت شهر تهران. *فصلنامه علمی تخصصی دانشکاو*، **۲**: ۳۰-۳۹.

بلالی، علیرضا؛ سید یاسر بنی هاشمی و جعفر بلوری بزاز. ۱۳۹۶. بررسی عوامل تأثیرگذار بر وقوع حادثه ی سقوط از ارتفاع و لغزیدن در صنعت ساختمان، *دومین کنفرانس ملی پژوهش های کاربردی در مهندسی سازه و مدیریت ساخت*، دانشگاه صنعتی شریف.

بیجاری، مهدی؛ رضا خدادادی و محمد جواد خزاعی. ۱۳۸۷. بررسی عوامل مؤثر بر ایمنی در کارگاه‌های ساختمانی ایران، *چهارمین کنگره ملی مهندسی عمران*، دانشگاه تهران.

[Downloaded from jsaeh.khu.ac.ir on 2024-10-12]

[DOR: 20.1001.1.24237892.1401.9.2.10.8]

برمایه ور، بهنود؛ علیرضا کاظمی. ۱۳۹۹. ارزیابی مدیریت ایمنی در کاهش حوادث کارگاهی در پروژه‌های ساخت و ساز شهری جنوب تهران. *تحلیل فضایی مخاطرات محیطی*، **۷(۴)**: ۲۲۳-۲۳۸.

عباسیان جهرمی، حمیدرضا؛ فرهود کلاهدوزی پور. ۱۳۹۸. استفاده از پوشیدنی‌های هوشمند به منظور ارتقای ایمنی سایت های ساخت و ساز، *سومین کنفرانس بین‌المللی پژوهش‌های کاربردی در مهندسی سازه و مدیریت ساخت*، دانشگاه صنعتی شریف.

چالاک، محمدحسین؛ شهرام وثوقی، سجاد رستم‌زاده و منوچهر جهان‌پناه. ۱۳۹۷. شناسایی و اولویت‌بندی عوامل موثر در بروز حوادث سقوط از ارتفاع در پروژه‌های ساختمانی به روش تحلیل سلسله مراتبی، *یازدهمین همایش دانشجویی تازه‌های علوم بهداشتی کشور*، دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی شهید بهشتی.

رضایی، مزدک؛ علی کاتبی. ۱۳۹۷. بررسی و رتبه‌بندی خطرات و فعالیت‌های عمده پروژه‌های ساختمانی با استفاده از تکنیک ترکیبی تحلیل سلسه مراتبی فازی و تاپسیس فازی. *اولین کنفرانس فرصت‌ها و چالش‌های مهندسی استان البرز*، دانشگاه خوارزمی، کرج.

زندیه، کیوان؛ روح الله طاهرخانی و رضا ضیایی موید. ۱۳۹۵. تاریخچه ایمنی در صنعت ساخت و ساز ایران. *فصلنامه علمی تخصصی مهندسی و مدیریت ساخت*، **۱**: ۱۴-۲۰.

ساقی، محمدحسین؛ فاطمه سلیمی، سجاد رستم‌زاده، فرشته طاهری و محمدحسین چالاک. ۱۳۹۸. تحلیل عوامل موثر در بروز حوادث سقوط از ارتفاع در پروژه‌های ساختمانی با استفاده از تکنیک دیمتل فازی. *یازدهمین همایش سراسری بهداشت و ایمنی کار*، دانشگاه علوم پزشکی تهران.

لاجوردی، زهرا. ۱۳۹۵. بررسی روند حوادث ناشی از کار در سازمان تامین اجتماعی طی سالهای ۹۴-۱۳۸۹، *دفتر آمار و محاسبات اقتصادی و اجتماعی*، سازمان تامین اجتماعی.

مرکز تحقیقات و تعلیمات حفاظت فنی و بهداشت کار. ۱۳۹۴. *ایمنی و بهداشت کار ویژه کارفرمایان پیمانکار*. معاونت روابط کار، وزارت تعاون، کار و رفاه اجتماعی.

ملک‌پور، کیانا؛ نغمه نادمیان و زهرا ابراهیمی. ۱۳۹۹. *وضعیت بهداشت و ایمنی در معادن در حال بهره‌برداری کشور (سال ۱۳۹۷)*. مرکز آمار و اطلاعات راهبردی، وزارت تعاون، کار و رفاه اجتماعی.

ملکی، پوریا؛ مجتبی زوربخش. ۱۳۹۶. شناسایی خطرات محیط کار در کارگاه‌های عمرانی. *دومین همایش ملی مهندسی عمران و توسعهٔ پایدار*، دانشگاه آزاد اسلامی واحد استهبان.

مهاجری، مهدی؛ مهران امیری. ۱۳۹۳. رتبه‌بندی عوامل اصلی خطر سقوط از ارتفاع در پروژه‌های بلند مرتبه‌سازی. *سلامت کار ایران*، **۱۱(۵)**: ۶۴-۵۳.

Albert, A.; B. Pandit, and Y. Patil. ۲۰۲۰. Focus on the fatal-four: Implications for construction hazard recognition. *Safety Science*, **۱۲۸**: ۱۰۴۷۷۴.

Amiri, M.; A. Ardeshir and M. H. Fazel Zarandi. ۲۰۱۴. Risk-based analysis of construction accidents in Iran during ۲۰۰۷-۲۰۱۱- meta analyze study. *Iranian Journal of Public Health*, **۴۳(۴)**: ۵۰۷-۵۲۲.

Arslan, M.; C. Cruz, and D. Ginhac. ۲۰۱۹. Visualizing intrusions in dynamic building environments for worker safety. *Safety Science*, **۱۲۰**: ۴۲۸-۴۴۶.

Asadzadeh, A.; M. Arashpour, H. Li, T. Ngo, A. Bab-Hadiashar, and A. Rashidi. ۲۰۲۰. Sensor-based safety management. *Automation in Construction*, **۱۱۳**: ۱۰۳۱۲۸.

Awolusi, I. G. ۲۰۱۷. Active Construction Safety Leading Indicator Data Collection and Evaluation. *Dissertation*, The University of Alabama.

Awolusi, I.; C. Nnaji, E. Marks, and M. Hallowell. ۲۰۱۹. Enhancing construction safety monitoring through the application of internet of things and wearable sensing devices: A review. *ASCE International*

[Downloaded from jsaeh.khu.ac.ir on 2024-10-12]

[DOR: 20.1001.1.24237892.1401.9.2.10.8]

Conference on Computing in Civil Engineering, ۵۳۸-۵۶۰.

Balfe, N.: M. Leva, C. Ciarapica-Alunni, and S. O'Mahoney. ۲۰۱۷. Total project planning: Integration of task
analysis, safety analysis and optimisation techniques. *Safety Science*, **۱۰۰**: ۲۱۶-۲۲۴.

Chan, K.; J. Louis, and A. Albert. ۲۰۲۰. Incorporating worker awareness in the generation of hazard proximity warnings. *Sensors*, **۲۰(۳)**: ۸۰۶.

Chen, D.; G. Asaeikheybari, H. Chen, W. Xu, and M. C. Huang. ۲۰۲۰a. Ubiquitous Fall Hazard Identification with Smart Insole. *IEEE Journal of Biomedical and Health Informatics*, **۲۵(۷)**: ۲۷۶۸-۲۷۷۶.

Chen, F.; H. Jiao, L. Han, L. Shen, W. Du, Q. Ye, and G. Yu. ۲۰۲۰b. Real-time monitoring of construction quality for gravel piles based on Internet of Things. *Automation in Construction*, **۱۱۶(۲)**: ۱۰۳۲۲۸.

Chen, H.; X. Luo, Z. Zheng, and J. Ke. ۲۰۱۹. A proactive workers' safety risk evaluation framework based on position and posture data fusion. *Automation in Construction*, **۹۸**: ۲۷۵-۲۸۸.

Cho, C.; K. Kim, J. Park, and Y. Cho. ۲۰۱۸. Data-driven monitoring system for preventing the collapse of scaffolding structures. *Journal of Construction Engineering and Management*, **۱۴۴(۸)**: ۲۷۶۸-۲۷۷۶.

Costin, A.; A. Wehle, and A. Adibfar. ۲۰۱۹. Leading indicators—a conceptual IoT-based framework to produce active leading indicators for construction safety. *Safety*, **۵(۴)**: ۱-۲۵.

Dharshini, D.; J. Saisudha, S. Sangeetha, H. Vishnupriya, S.Venkat, and S. Anusuya. ۲۰۱۸. Safety of Construction Workers using IoT based MWSN Network. *International journal of advance research, ideas and innovations in technology*, **۴(۲)**: ۵۰۵–۵۱۱.

Ding, L.; Y. Zhou, C. Deng, X. Q, H. B. Luo, X. Ye, W. Ni, Y. Q, and P. Guo.۲۰۱۳. Real-time safety early warning system for cross passage construction in Yangtze Riverbed Metro Tunnel based on the internet of things. *Automation in Construction*, **۳۶**: ۲۵–۳۷.

Dogan, O. and A. Akcamete. ۲۰۱۸. Detecting Falls-from-Height with Wearable Sensors and Reducing Consequences of Occupational Fall Accidents Leveraging IoT. *Advances in Informatics and Computing in Civil and Construction Engineering*. Springer International Publishing.۲۰۷-۲۱۴.

Durdyev, S.; S. Mohamed, M. L. Lay, and S. Ismail.۲۰۱۷. Key factors affecting construction safety performance in developing countries: Evidence from Cambodia. *Construction Economics and Building*, **۱۷(۴)**: ۴۸–۶۵.

Fang, Q.; H. Li, X. Luo, L. Ding, H. Luo, and C. Li. ۲۰۱۸. Computer vision aided inspection on falling prevention measures for steeplejacks in an aerial environment. *Automation in Construction*, **۹۳** :۱۴۸–۱۶۴.

Fang, W.: L. Ding, P. E. D. Love, H. Luo, H. Li, F. Peña-Mora, B. Zhong, and C. Zhou. ۲۰۲۰. Computer vision applications in construction safety assurance. *Automation in Construction*, **۱۱۰**: ۱۰۳۰۱۳.

Ghosh, A.: D. J. Edwards, and M. Hosseini. ۲۰۲۰. Patterns and trends in Internet of Things (IoT) research: future applications in the construction industry. *Engineering, Construction and Architectural Management*,**۲۸(۲)**: ۴۵۷–۴۸۱.

Ghosh, A.; M. Hosseini, D. Edwards, M. Kassem, and M. Matteo Garcia. ۲۰۱۹. Use cases for Internet of Things (IoT) in the construction sector: Lessons from leading industries. *36th International Conference of CIB W78*. Newcastle, UK.

Jazayeri, E. and G. B. Dadi. ۲۰۱۷. Construction Safety Management Systems and Methods of Safety Performance Measurement: A Review. *Journal of Safety Engineering*, **۲:** ۱۵–۲۸.

Jebelli, H.; S. Hwang, and S. Lee. ۲۰۱۸. EEG-based workers' stress recognition at construction sites. *Automation in Construction*, **۹۳**, ۳۱۵–۳۲۴.

Jeon, S.; S. Kim, S. Kang, and K. Kim. ۲۰۲۰. Smart Safety Hook Monitoring System for Construction Site.

[Downloaded from jsaeh.khu.ac.ir on 2024-10-12]

[DOR: 20.1001.1.24237892.1401.9.2.10.8]

IEEE International Conference on Consumer Electronics-Asia (ICCE-Asia), ۱-۴

Kanan, R.: O. Elhassan, and R. Bensalem. ۲۰۱۸. An IoT-based autonomous system for workers' safety in construction sites with real-time alarming, monitoring, and positioning strategies. *Automation in Construction*, **۸۸**: ۷۳-۸۶.

Kim, S. H.; H. G. Ryu, and C. S. Kang. ۲۰۱۹. Development of an iot-based construction site safety management system. *Lecture Notes in Electrical Engineering*, **۵۱۴**, ۶۱۷–۶۲۴.

Lam, R. C. Y.; L. C. H. Lam, N. X. Li, D. L. M. Chu, and P. K. K. Lee. ۲۰۱۹. IoT enabled falsework monitoring system for construction safety enhancement. *Proceedings - 6th Annual Conference on Computational Science and Computational Intelligence, CSCI*, ۱۲۰۸–۱۲۱۳.

Lee, A.; J. Moon, S. D. Min, N. Sung, and M. Hong. ۲۰۱۹. Safety Analysis System using Smart Helmet. *International Conference on Internet Computing (ICOMP)*, ۱۰۲–۱۰۷.

Lu, Y. ۲۰۱۹. *Acceptance and Adoption of the Internet of Things:a User Perspectives* (Issue October). Newcastle University.

Lule, E.; C. Mikeka, A. Ngenzi, and D. Mukanyiligira.۲۰۲. Design of an IoT-based fuzzy approximation prediction model for early fire detection to aid public safety and control in the local urban markets. *Symmetry*, **۱۲(۱۲)**:۱۳۹۱.

Madakam, S.; R. Ramaswamy, and S. Tripathi. ۲۰۱۵. Internet of Things (IoT): A Literature Review. *Journal of Computer and Communications*, **۳**, ۱۶۴–۱۷۳.

Mehata, K. M.; S. K. Shankar, N. Karthikeyan, K. Nandhinee, and P. Robin Hedwig.۲۰۱۹. IoT Based Safety and Health Monitoring for Construction Workers. *Proceedings of 1st International Conference on Innovations in Information and Communication Technology, ICIICT*, ۱–۷.

Mozaffari, N.; J. Rezazadeh, R. Farahbakhsh, S. Yazdani, and K. Sandrasegaran. ۲۰۱۹. Practical fall detection based on IoT technologies: A survey. *Internet of Things*, **۸**: ۱۰۰۱۲۴.

Nadikattu, R. R. ۲۰۲۰. Data Safety and Integrity Issue in IoT. *International Journal for Research in Applied Science and Engineering Technology*, **۸(۶)**, ۱۲۶۸–۱۲۷۶.

Nnaji, C.; J. Gambatese, A. Karakhan, and R. Osei-Kyei. ۲۰۲۰. Development and Application of Safety Technology Adoption Decision-Making Tool. *Journal of Construction Engineering and Management*, **۱۴۶(۴)**: ۰۴۰۲۰۰۲۸ .

Park, J.; K. Kim, and Y. K. Cho. ۲۰۱۷. Framework of Automated Construction-Safety Monitoring Using Cloud-Enabled BIM and BLE Mobile Tracking Sensors. *Journal of Construction Engineering and Management*, **۱۴۳(۲)**, ۰۵۰۱۶۰۱۹.

Park, M.; S. Park, M. Song, and S. Park. ۲۰۱۹. IoT-based Safety Recognition Service for Construction Site. *International Conference on Ubiquitous and Future Networks, ICUFN*, ۷۳۸–۷۴۱.

Perlman, A.; R. Sacks, and R. Barak. ۲۰۱۴. Hazard recognition and risk perception in construction. *Safety Science*, **۶۴**: ۱۳-۲۱ .

Reja, V. K. and K. Varghese. ۲۰۱۹. Impact of ۵G technology on IoT applications in construction project management. *Proceedings of the 36th International Symposium on Automation and Robotics in Construction, ISARC*, ۲۰۹- ۲۱۷.

Rose, K.; S. Eldridge, and L. Chapin. ۲۰۱۵. Internet of things: An overview. *Internet Society*.

Salim, S. M.; F. I. Romli, J. Besar, and N. O. Aminian. ۲۰۱۷. A study on potential physical hazards at construction sites. *Journal of Mechanical Engineering*, **۴(۱)**: ۲۰۷–۲۲۲.

Sethi, P. and S. Sarangi. ۲۰۱۷. Internet of Things: Architectures, Protocols, and Applications. *Journal of Electrical and Computer Engineering*, ۹۳۲۴۰۳۵.

[Downloaded from jsaeh.khu.ac.ir on 2024-10-12]

[DOR: 20.1001.1.24237892.1401.9.2.10.8]

Taylan, O.; A. O. Bafail, R. M. S. Abdulaal, and M. R. Kabli. ۲۰۱۴. Construction projects selection and risk assessment by fuzzy AHP and fuzzy TOPSIS methodologies. *Applied Soft Computing Journal*, **۱۷**: ۱۰۵–۱۱۶.

Tschofenig, H.; J. Arkko, D. Thaler and D. R. McPherson. ۲۰۱۵. Architectural Considerations in Smart Object Networking. *RFC*, ۱-۲۴.

Tunji-Olayeni, P. F.; A. O. Afolabi, and O. I. Okpalamoka. ۲۰۱۸. Survey dataset on occupational hazards on construction sites. *Data in Brief*, **۱۸**, ۱۳۶۵–۱۳۷۱.

Umer, W.; H. Li, W. Lu, G. P. Szeto, and A. Y. Wong. ۲۰۱۸. Development of a tool to monitor static balance of construction workers for proactive fall safety management. *Automation in Construction*, **۹۴**: ۴۳۸–۴۴۸.

US Bureau of Labor Statistics. ۲۰۱۹. *Economic News Release Census of Fatal Occupational Injuries Summary*, https://www.bls.gov/news.release/cfoi.nr۰.htm#.

Wu, Fan; T. Wu, and M. R. Yuce. ۲۰۱۹. An internet-of-things (IoT) network system for connected safety and health monitoring applications. *Sensors*, **۱۹**.

Yang, L.; S. Yang, and L. Plotnick.۲۰۱۳. How the Internet of Things technology enhances emergency response operations. *Technological Forecasting and Social Change*, **۸۰(۹)**, ۱۸۵۴–۱۸۶۷.

Yang, X.; Y. Yu, S. Shirowzhan, S. Sepasgozer, and H. Li. ۲۰۲۰. Automated PPE-Tool pair check system for construction safety using smart IoT. *Journal of Building Engineering*, **۳۲**, ۱۰۱۷۲۱.

Zhou, Z.; J. Irizarry, and Q. Li. ۲۰۱۳. Applying advanced technology to improve safety management in the construction industry: a literature review. *Construction Management and Economics*, **۳۱(۶)**, ۶۰۶–۶۲۲.

[Downloaded from jsaeh.khu.ac.ir on 2024-10-12]

[DOR: 20.1001.1.24237892.1401.9.2.10.8]