

توسعه ابزار ارزیابی بلوغ سیستم مدیریت HSE: مطالعه موردی در پروژه‌های ساخت متروی تهران

محمد حسین وزیری^۱، رضا غلام‌نیا^۱، غزاله منظمی تهرانی^{۱*}، محمد خدایی^۱

^۱ گروه سلامت، ایمنی و محیط زیست، دانشکده بهداشت و ایمنی، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، تهران، ایران.

مقاله پژوهشی

چکیده

زمینه و اهداف: پروژه‌های ساخت مترو به دلیل پیچیدگی فنی و ریسک‌های متعدد، نیازمند استقرار سیستم‌های مدیریت بهداشت، ایمنی و محیط‌زیست (HSE) در سطحی بالغ و نظام‌مند هستند. هدف این پژوهش، توسعه ابزاری بومی جهت ارزیابی سطح بلوغ سیستم مدیریت HSE در پروژه‌های ساخت مترو بود.

مواد و روش‌ها: این مطالعه توصیفی-مقطعی در سال ۱۴۰۲ انجام شد. ابتدا با مرور متون علمی و اخذ نظر خبرگان، مؤلفه‌ها و شاخص‌های مرتبط استخراج و ابزار اولیه طراحی گردید. روایی محتوایی ابزار تأیید و پایایی آن با استفاده از ضریب آلفای کرونباخ (۰/۸۵) ارزیابی شد. به منظور تعیین وزن شاخص‌ها از روش تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP) استفاده شد. ابزار نهایی در پروژه‌های ساخت متروی تهران اجرا و داده‌ها تحلیل گردید. این پژوهش با پایبندی کامل به اصول اخلاقی انجام شد.

یافته‌ها: ابزار طراحی شده شامل ۶ مؤلفه و ۱۲ شاخص اصلی بود. نتایج نشان داد بیشترین وزن مربوط به مؤلفه "آمادگی و پاسخگویی در شرایط اضطراری" و کمترین وزن مربوط به "آموزش‌های تخصصی" است. میانگین امتیاز بلوغ HSE در پروژه‌های مورد بررسی در سطح "مدیریت شده" (۳/۱۶ از ۵) قرار داشت.

نتیجه‌گیری: ابزار توسعه‌یافته از روایی و پایایی مناسب برخوردار بوده و چارچوبی کاربردی برای سنجش و بهبود سطح بلوغ HSE در پروژه‌های زیرساختی فراهم می‌کند. با توجه به وزن بالای آمادگی در شرایط اضطراری، اولویت‌دهی به برنامه‌ریزی مدیریت بحران، ارتقای ساختارهای مدیریتی و کنترل مخاطرات در محیط‌های زیرزمینی پیچیده، نقشی کلیدی و مستقیم در ارتقای سطح بلوغ سیستم مدیریت HSE در این پروژه‌ها دارد.

کلید واژه‌ها: بلوغ سیستم مدیریت HSE؛ پروژه‌های ساخت مترو؛ ارزیابی ریسک؛ تحلیل سلسله مراتب (AHP).

Please cite this article as: Vaziri MH, Gholamnia R, Monazami Tehrani Gh, Khodaei M. Development of an HSE management system maturity assessment tool: A case study in Tehran subway construction projects. Journal of Health in the Field 2025; 13(4):23-30. **Doi:** <https://doi.org/10.22037/jhf.v13i4.47288>.

*نویسنده مسئول: گروه سلامت، ایمنی و محیط زیست، دانشکده بهداشت و ایمنی، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، تهران، ایران.

Email: ghazaleh.monazami@sbmu.ac.ir

تاریخ دریافت مقاله: ۱۴۰۳/۱۰/۲۴

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۴۰۵/۰۴/۲۰

مقدمه

سیستم‌های مترو از چندین مسیر بر توسعه شهری اثرگذارند؛ از جمله افزایش تحرک نیروی کار، ارتقای بهره‌وری شهری و ترویج استفاده از حمل و نقل عمومی. علاوه بر این، مترو با کاهش آلودگی هوا و انتشار گازهای گلخانه‌ای و نیز تسهیل رشد تجاری و توسعه کاربری‌های شهری، نقشی مهم در بهبود کیفیت زندگی ایفا می‌کند [۱].

طبق آمارهای سازمان مترو، روزانه حدود پنج میلیون نفر از خطوط مترو شهر تهران استفاده می‌کنند. کلان شهر تهران به عنوان پایتخت ایران، با گسترش روزافزون جمعیت و ترافیک فزاینده، توسعه شبکه حمل و نقل ریلی (مترو) را به یکی از اولویت‌های حیاتی مدیریت شهری تبدیل کرده است [۲]. این شبکه با ایجاد کریدورهای زیرزمینی در راستای محورهای شمال- جنوب و شرق- غرب، ارتباطات شهری را تسهیل کرده و پاسخ‌گویی به جابه‌جایی انبوه جمعیت را ممکن ساخته است [۲]. از سوی دیگر، صنعت ساخت و ساز به دلیل گستردگی و پیچیدگی، یکی از حیاتی‌ترین بخش‌های اقتصادی و شاخص‌های اصلی عملکرد اقتصادی، به ویژه در کشورهای در حال توسعه محسوب می‌شود [۳، ۱۶].

با این حال، کارگاه‌های عمرانی از خطرناک‌ترین محیط‌های کاری به شمار می‌روند و بی‌توجهی به اصول ایمنی می‌تواند پیامدهای جبران‌ناپذیر جانی و مالی به دنبال داشته باشد [۳، ۴، ۱۰، ۱۲، ۱۵]. در بسیاری از کشورهای در حال توسعه، قوانین ایمنی یا وجود ندارند یا به طور مناسب اجرا نمی‌شوند و ریسک‌های موجود معمولاً با ارزیابی نشده و یا کمتر از مقدار واقعی برآورد می‌شوند [۵]. ایمنی در خطوط مترو تنها در صورت توجه به مجموعه‌ای از عوامل ساختاری، مدیریتی و فرهنگی محقق می‌شود [۷-۵]. پژوهش‌های مختلف نشان داده‌اند که عوامل مربوط به رهبری، خط‌مشی، فرآیندها و منابع انسانی از مؤلفه‌های کلیدی در بلوغ ایمنی پروژه‌ها هستند [۲۰-۱۷].

مفهوم بلوغ ایمنی در سامانه‌های حمل و نقل نشان‌دهنده میزان شناسایی خطرات و نحوه ارائه دستورالعمل‌های کنترل آن‌هاست که هدف آن، حداقل‌سازی نقص‌های سیستم و افزایش سطح ایمنی است [۸]. هنگامی که سیستم مدیریت HSE به‌درستی اجرا شود، رفتارهای ایمن در تمام سطوح سازمان نهادینه شده و فرهنگ HSE شکل می‌گیرد که علاوه بر کاهش خسارات، منجر به افزایش بهره‌وری نیز می‌گردد [۹-۱۲، ۱۷]. با این وجود، مطالعات بین‌المللی نشان می‌دهند که سطح بلوغ مدیریت پروژه یا فرهنگ ایمنی در بسیاری از صنایع ساخت و ساز، به ویژه در کشورهای در حال توسعه، هنوز در سطح مطلوب قرار ندارد [۲۱، ۱۴]. در این میان، پروژه‌های ساخت مترو در تهران به دلیل ویژگی‌های خاصی نظیر تراکم بالای بافت شهری، مجاورت با تأسیسات حساس زیربنایی، پیچیدگی‌های زمین‌شناختی و تنوع بالای مخاطرات زیست محیطی و ایمنی، از حساسیت بسیار

بالایی برخوردارند [۱۳]. وقوع حوادث ناگوار در سال‌های اخیر در برخی کارگاه‌های ساخت مترو، نشان‌دهنده این واقعیت است که روش‌های سنتی مدیریت ایمنی دیگر پاسخگوی پیچیدگی‌های این پروژه‌ها نیستند. در چنین شرایطی، ارزیابی صرف وجود یک سیستم مدیریت HSE کافی نبوده و سنجش میزان بلوغ و کارآمدی واقعی این سیستم‌ها برای شناسایی شکاف‌های عملکردی ضرورت می‌یابد.

در این میان، پروژه‌های ساخت مترو در تهران به دلیل ویژگی‌های خاصی نظیر تراکم بالای بافت شهری، مجاورت با تأسیسات حساس زیربنایی، پیچیدگی‌های زمین‌شناختی و تنوع بالای مخاطرات زیست محیطی و ایمنی، از حساسیت بسیار بالایی برخوردارند [۱۳].

وقوع حوادث ناگوار در سال‌های اخیر در برخی کارگاه‌های ساخت مترو، نشان‌دهنده این واقعیت است که روش‌های سنتی مدیریت ایمنی دیگر پاسخگوی پیچیدگی‌های این پروژه‌ها نیستند. در چنین شرایطی، ارزیابی صرف وجود یک سیستم مدیریت HSE کافی نبوده و سنجش میزان بلوغ و کارآمدی واقعی این سیستم‌ها برای شناسایی شکاف‌های عملکردی ضرورت می‌یابد [۱۳].

مواد و روش‌ها

پژوهش حاضر از نظر هدف، یک مطالعه توسعه‌ای و از نظر نحوه گردآوری داده‌ها، یک مطالعه توصیفی- تحلیلی است که در سال ۱۴۰۲ انجام شد. در گام نخست، با مرور متون علمی و اخذ نظر خبرگان، مؤلفه‌ها و شاخص‌های مرتبط شناسایی و ابزار اولیه طراحی شد.

روایی محتوایی ابزار تأیید و پایایی آن با استفاده از آلفای کرونباخ بررسی شد. سپس برای تعیین وزن شاخص‌ها از روش تحلیل سلسله مراتبی (AHP) استفاده گردید. در نهایت، ابزار نهایی در پروژه‌های ساخت متروی تهران اجرا و داده‌ها تحلیل شد.

جامعه پژوهش و نمونه‌گیری

پژوهش در دو مرحله انجام شد: مرحله اول: توسعه و اعتبارسنجی ابزار. جامعه این مرحله شامل خبرگان و مدیران خطوط اجرایی مترو بود که به صورت هدفمند انتخاب شدند.

معیارهای ورود به مطالعه در دو بخش تفکیک گردید: (۱) معیار ورود برای متخصصان اجرایی شامل سرپرستان و مدیران اصلی کارگاه‌های فعال اجرای خطوط مترو با بیش از ۱۵ سال سابقه کاری، و همچنین مسئولین بهداشت، ایمنی و محیط زیست (HSE) پروژه‌های مترو با حداقل ۵ سال سابقه بود. (۲) معیار ورود برای خبرگان علمی شامل اساتید دانشگاهی متخصص در حوزه HSE، داشتن تحصیلات مرتبط، سابقه کار اجرایی یا آموزشی در پروژه‌های زیرساختی و تمایل به همکاری در پژوهش بود.

تعیین وزن شاخص‌ها

به منظور تعیین اهمیت نسبی شاخص‌ها، از روش تحلیل سلسله مراتبی (AHP) به عنوان یکی از روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره استفاده شد. مقایسات زوجی توسط خبرگان انجام و تحلیل‌ها با استفاده از نرم‌افزار Expert Choice نسخه ۱۱ صورت گرفت. همچنین نرخ ناسازگاری (Consistency Ratio) بررسی شد و مقادیر کمتر از ۰/۱ مورد تأیید قرار گرفتند.

محاسبه سطح بلوغ HSE

محاسبه سطح هر شاخص

میانگین امتیازات هر شاخص از رابطه (۱) محاسبه شد:

$$(۱) \quad \text{مجموع نمرات هر شاخص} / \text{تعداد کل پاسخ دهندگان} = \text{نمره یا سطح کلی شاخص}$$

محاسبه سطح کلی بلوغ HSE

سطح کلی بلوغ HSE از میانگین وزنی شاخص‌ها طبق رابطه (۲) محاسبه شد:

$$(۲) \quad \frac{(\text{سطح شاخص آخر} * \text{وزن شاخص آخر} + \dots + \text{سطح شاخص اول} * \text{وزن شاخص اول})}{\text{تعداد شاخص‌های منتخب}} = \text{سطح بلوغ HSE}$$

طبقه‌بندی سطوح بلوغ

سطوح بلوغ HSE در پنج سطح بر اساس مطالعات پیشین [۲۲] ارایه شد (جدول شماره ۱).

یافته‌ها

نتایج اعتبارسنجی ابزار

نتایج بررسی روایی محتوایی نشان داد که تمامی گویه‌ها دارای مقادیر قابل قبول CVI و CVR بود (جدول شماره ۲). پایایی ابزار با استفاده از ضریب آلفای کرونباخ محاسبه شد که مقدار آن برابر با ۰/۸۵ به دست آمد و نشان‌دهنده همسانی درونی مطلوب پرسشنامه بود. در نهایت پرسشنامه ای با ۱۲ سوال تهیه و با آلفای کرونباخ ۰/۸۵ به عنوان ابزار نهایی در اختیار کارکنان صنعت قرار گرفت.

استخراج مؤلفه‌ها و شاخص‌های بلوغ HSE

در فرآیند طراحی ابزار، تعداد ۶ مؤلفه اصلی و ۱۲ شاخص فرعی برای ارزیابی بلوغ سیستم مدیریت HSE در پروژه‌های ساخت مترو شناسایی و نهایی شد. مؤلفه‌های اصلی عبارت از تعهد و رهبری مدیریت، شناسایی و ارزیابی ریسک، ارتباطات و گزارش‌دهی، مشارکت و مشاوره کارکنان، مسئولیت‌پذیری و آمادگی در شرایط اضطراری، آموزش و توانمندسازی بودند.

مرحله دوم: اجرای ابزار و تعیین سطح بلوغ. جامعه پژوهشی در این مرحله شامل کارکنان یکی از پروژه‌های ساخت خط متروی تهران به تعداد ۴۰۰ نفر بود. به دلیل ملاحظات قراردادی و الزامات محرمانگی پروژه، از ذکر نام و شماره خط مترو مورد مطالعه خودداری شده است.

با این حال، پروژه مورد بررسی یکی از خطوط در حال احداث متروی شهر تهران است که به عنوان یکی از پروژه‌های بزرگ زیرساختی شهری شناخته می‌شود. این پروژه به دلیل عبور از مناطق با تراکم بالایی جمعیتی، فعالیت همزمان چندین جبهه کاری، پیچیدگی‌های ژئوتکنیکی مسیر و حضور پیمانکاران متعدد، با طیف متنوعی از مخاطرات ایمنی، بهداشتی و زیست محیطی همراه است.

وجود این شرایط پیچیده اجرایی، این پروژه را به نمونه‌ای مناسب برای به کارگیری و ارزیابی ابزار توسعه یافته جهت سنجش سطح بلوغ سیستم مدیریت HSE تبدیل کرده است. جهت تعیین حجم نمونه، با در نظر گرفتن حجم جامعه آماری (۴۰۰ نفر)، سطح اطمینان ۹۵ درصد و حاشیه خطای ۵ درصد، بر اساس جدول مورگان تعداد ۱۹۶ نفر به عنوان نمونه برآورد گردید.

نمونه‌گیری به صورت تصادفی ساده انجام شد. شایان ذکر است مشارکت افراد به صورت داوطلبانه انجام شد، اطلاعات به صورت محرمانه نگهداری گردید و نتایج فقط در چارچوب اهداف پژوهش استفاده شد.

مراحل توسعه ابزار

شناسایی مؤلفه‌ها

در گام نخست، با مرور نظام‌مند مطالعات داخلی و خارجی مرتبط با مدل‌های بلوغ HSE، مؤلفه‌ها و شاخص‌های اولیه استخراج گردید.

توسعه پرسشنامه

بر اساس مؤلفه‌های استخراج شده، پرسشنامه‌ای شامل ابعاد اصلی و زیر معیارهای مربوطه طراحی شد. طیف پاسخ‌دهی بر اساس مقیاس پنج درجه‌ای لیکرت (از ۱ تا ۵) تنظیم گردید.

روایی و پایایی ابزار

روایی محتوا

روایی صوری و محتوایی پرسشنامه توسط پانل خبرگان بررسی شد. برای این منظور از شاخص‌های نسبت روایی محتوا (Content Validity Ratio: CVR) و شاخص روایی محتوا (Content Validity Index: CVI) زیر استفاده گردید. سؤالاتی که حداقل معیارهای قابل قبول را کسب نکردند، اصلاح یا حذف شدند.

پایایی ابزار

پایایی پرسشنامه با استفاده از ضریب آلفای کرونباخ محاسبه شد که مقدار آن برابر با ۰/۸۵ به دست آمد که نشان‌دهنده پایایی مناسب ابزار است.

جدول ۱- تعریف، ویژگی‌ها و چالش‌های سطوح پنج‌گانه بلوغ سیستم مدیریت HSE [۲۲]

Table 1- Definitions, characteristics, and challenges of the five HSE maturity levels [22]

سطح بلوغ HSE	امتیاز	ویژگی‌ها
آغازین	۱-۰	در این سطح، سازمان‌ها به صورت غیر سیستماتیک و پراکنده به مسائل HSE می‌پردازند. ممکن است برخی از اقدامات ایمنی وجود داشته باشد، اما این اقدامات بیشتر واکنشی هستند تا پیشگیرانه چالش‌ها: عدم وجود سیاست‌ها و رویه‌های مشخص، کمبود آموزش و آگاهی کارکنان
توسعه یافته	۲-۱	در این مرحله سازمان‌ها شروع به ایجاد سیاست‌ها و رویه‌های HSE می‌کنند. آموزش‌هایی برای کارکنان فراهم می‌شود و برخی از ابزارهای مدیریتی به کار گرفته می‌شود. چالش‌ها: هنوز هم مشکلاتی در هماهنگی و اجرای موثر رویه‌ها وجود دارد و ممکن است ارزیابی‌های منظم انجام نشود.
تعریف شده	۳-۲	در این سطح سازمان‌ها دارای سیستم‌های HSE تعریف شده و مستند هستند. ارزیابی‌های منظم و بهبود مستمر در فرآیندها وجود دارد. چالش‌ها: ممکن است هنوز هم برخی از کارکنان نسبت به اهمیت HSE آگاه نباشند و نیاز به تقویت فرهنگ ایمنی وجود داشته باشد
مدیریت شده	۴-۳	در این مرحله، سازمان‌ها به طور فعال به مدیریت ریسک‌های HSE می‌پردازند و از داده‌ها و اطلاعات برای بهبود عملکرد استفاده می‌کنند. و فرهنگ ایمنی در سازمان ریشه دار شده است چالش‌ها: ممکن است هنوز هم نیاز به بهبود در برخی از بخش‌ها وجود داشته باشد و ارزیابی‌های بیرونی برای بهبود عملکرد انجام نشود.
بهینه‌سازی شده	۵-۴	در بالاترین سطح سازمان‌ها به طور مداوم به دنبال بهبود عملکرد HSE هستند و از نوآوری‌ها و بهترین شیوه‌ها بهره می‌برند چالش‌ها: حفظ این سطح از بلوغ و پیشرفت مداوم می‌تواند چالش برانگیز باشد

جدول ۲- نتایج بررسی پایایی (ضریب آلفای کرونباخ) و روایی سازه برای مؤلفه‌های پرسشنامه ارزیابی بلوغ HSE

Table 2- Results of the reliability (Cronbach's alpha coefficient) and construct validity for the components of the HSE maturity assessment questionnaire

نام متغیر	آلفای کرونباخ (پایایی)	روایی سازه
تعهد و رهبری مدیریت	۰/۸۲	۰/۹۲
ارزیابی و مدیریت ریسک	۰/۷۸	۰/۸۹
ارتباطات و گزارش‌دهی	۰/۸۰	۰/۹۱
مشارکت و مشاوره کارکنان	۰/۸۵	۰/۸۹
پاسخگویی و آمادگی در شرایط اضطراری	۰/۷۶	۰/۸۷
آموزش و توانمندسازی	۰/۸۳	۰/۹۲

تعیین سطح بلوغ HSE در پروژه مورد مطالعه

پس از توزیع پرسشنامه در میان ۱۹۶ نفر از کارکنان پروژه و محاسبه میانگین امتیازات شاخص‌ها، سطح هر مؤلفه تعیین گردید (جدول شماره ۴). سطح کلی بلوغ HSE در پروژه خط مترو تهران برابر با ۳/۱۶ محاسبه گردید. نتایج نشان داد مؤلفه «آمادگی و پاسخگویی در شرایط اضطراری» بیشترین وزن را به خود اختصاص داده و مؤلفه «آموزش تخصصی» کمترین وزن را داشته است. میانگین امتیاز بلوغ HSE در پروژه‌های مورد بررسی ۳/۱۶ از ۵ بود که نشان‌دهنده سطح «مدیریت شده» است.

نتایج وزن‌دهی شاخص‌ها (AHP)

نتایج تحلیل سلسله مراتبی نشان داد که بین مؤلفه‌ها از نظر اهمیت نسبی تفاوت وجود دارد (جدول شماره ۳). بیشترین وزن اختصاص یافته مربوط به مؤلفه مسئولیت‌پذیری و آمادگی در شرایط اضطراری بود که نشان‌دهنده اهمیت بالای برنامه‌ریزی و آمادگی برای مواجهه با بحران‌ها در پروژه‌های ساخت مترو است. کمترین وزن به مؤلفه آموزش تخصصی اختصاص یافت که بیانگر نیاز به تقویت برنامه‌های آموزشی هدفمند در این پروژه‌ها است. نرخ ناسازگاری مقایسات زوجی کمتر از ۰/۱ بود که نشان‌دهنده قابل قبول بودن قضاوت‌های خبرگان است.

جدول ۳- وزن نهایی مؤلفه‌های اصلی و شاخص‌های برتر بلوغ سیستم مدیریت HSE بر اساس روش تحلیل سلسله مراتبی (AHP)

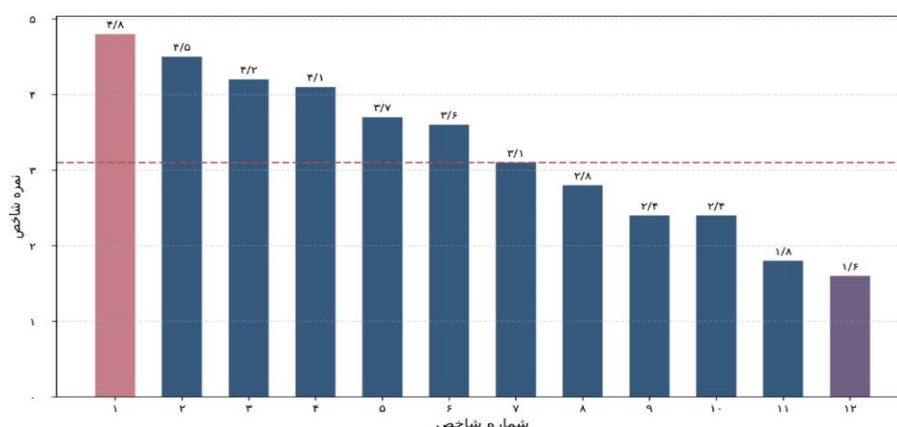
Table 3- Final weights of the main components and top indicators of the HSE management system maturity based on the Analytic Hierarchy Process (AHP)

نام مؤلفه	شاخص‌های برتر	وزن مؤلفه	نام مؤلفه	شاخص‌های برتر	وزن مؤلفه
تعهد و رهبری	داشتن تعهد قوی	۰/۳۸۳	ارزیابی و مدیریت ریسک	شناسایی ریسک‌ها در تمامی مراحل پروژه	۰/۳۹۶
مشارکت و مشاوره	تخصیص منابع مناسب	۰/۲۴۶	آموزش و توانمند سازی	کنترل ریسک‌ها در تمامی مراحل پروژه	۰/۳۰۳
ارتباطات و گزارش‌دهی	فراهم آوردن محیطی برای مشارکت کارکنان در تصمیم‌گیری‌ها	۰/۳۷۴	پاسخگویی و آمادگی در شرایط اضطراری	کارگاه‌های عملی آموزش‌های تخصصی	۰/۲۸۶
	دریافت بازخورد	۰/۲۷۱			۰/۲۳۳
	توسعه سیستم‌های موثر برای تسهیل ارتباطات	۰/۴۱۳			۰/۵۵۰
	گزارش‌دهی مسائل HSE، جهت پیگیری	۰/۲۶۲			۰/۲۴۰

جدول ۴- نتایج ارزیابی نمرات و سطح بلوغ مؤلفه‌ها و شاخص‌های سیستم مدیریت HSE در پروژه ساخت خط متروی تهران

Table 4- Results of evaluating the scores and maturity level of HSE management system components and indicators in the Tehran metro line construction project

نام مؤلفه	شاخص‌های برتر	نمره یا سطح شاخص	نام مؤلفه	شاخص‌های برتر	نمره یا سطح شاخص
تعهد و رهبری	داشتن تعهد قوی	۰/۳۸۳	ارزیابی و مدیریت ریسک	شناسایی ریسک‌ها در تمامی مراحل پروژه	۰/۳۹۶
مشارکت و مشاوره	تخصیص منابع مناسب	۰/۲۴۶	کنترل ریسک‌ها در تمامی مراحل پروژه		۰/۳۰۳
ارتباطات و گزارش‌دهی	فراهم آوردن محیطی برای مشارکت کارکنان در تصمیم‌گیری‌ها	۰/۳۷۴	کارگاه‌های عملی آموزش‌های تخصصی		۰/۲۸۶
	دریافت بازخورد	۰/۲۷۱			۰/۲۳۳
	توسعه سیستم‌های موثر برای تسهیل ارتباطات	۰/۴۱۳	پاسخگویی و آمادگی در شرایط اضطراری	ایجاد برنامه برای مواقع اضطراری	۰/۵۵۰
	گزارش‌دهی مسائل HSE، جهت پیگیری	۰/۲۶۲	آمادگی برای مواقع اضطراری		۰/۲۴۰



شکل ۱- مقایسه نمرات ارزیابی شاخص‌های دوازده‌گانه بلوغ سیستم مدیریت HSE در پروژه ساخت خط متروی تهران

Figure 1- Comparison of evaluation scores of the twelve HSE management system maturity indicators in the Tehran metro line construction project

بحث

نتایج این پژوهش نشان داد که مؤلفه‌های مختلف سیستم مدیریت بهداشت، ایمنی و محیط زیست (HSE) نقش متفاوتی در تعیین سطح بلوغ این سیستم در پروژه‌های ساخت مترو دارند. در میان مؤلفه‌های شناسایی‌شده، مؤلفه «آمادگی و پاسخگویی در شرایط اضطراری» بیشترین وزن را به خود اختصاص داد. این یافته نشان می‌دهد که در پروژه‌های زیر ساختی پیچیده مانند ساخت خطوط مترو، توانایی سازمان در مواجهه مؤثر با شرایط اضطراری و مدیریت بحران از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. شرایط خاص پروژه‌های مترو، از جمله فعالیت‌های زیرزمینی، استفاده از تجهیزات سنگین و حضور هم‌زمان نیروهای متعدد اجرایی، احتمال بروز حوادث را افزایش داده و لزوم وجود سیستم‌های پاسخگویی مؤثر را برجسته می‌کند. در مقابل، مؤلفه «آموزش‌های تخصصی» کمترین وزن را در میان مؤلفه‌های بررسی شده به خود اختصاص داد. این موضوع می‌تواند نشان‌دهنده آن باشد که اگرچه آموزش در سیستم‌های مدیریت ایمنی از اهمیت بالایی برخوردار است، اما در محیط‌های اجرایی پیچیده، عواملی مانند مدیریت ریسک، ساختارهای مدیریتی و آمادگی سازمان برای مواجهه با شرایط اضطراری نقش مستقیم‌تری در ارتقای سطح بلوغ HSE ایفا می‌کنند. نتایج این پژوهش از نظر تعداد مؤلفه‌های شناسایی شده با مطالعه بنار و همکاران [۱۷] همخوانی دارد. در مطالعه مذکور نیز مؤلفه‌های اصلی مشابهی برای ارزیابی بلوغ ایمنی در پروژه‌های ساختمانی مطرح شده است، هرچند دسته‌بندی شاخص‌ها در برخی موارد متفاوت گزارش شده است. این تفاوت می‌تواند ناشی از تفاوت در نوع پروژه‌ها و همچنین تمرکز این مطالعه بر پروژه‌های ساخت خطوط مترو باشد. همچنین نتایج این پژوهش با یافته‌های مطالعه سهرابی و همکاران [۱۹] نیز قابل مقایسه است. در آن پژوهش، شاخص‌های بلوغ HSE در شرکت پالایش گاز سرخون و قشم مورد بررسی قرار گرفت و مؤلفه‌های مختلفی برای ارزیابی سطح بلوغ سیستم مدیریت HSE معرفی شد. هر چند محیط اجرایی صنایع نفت و گاز با پروژه‌های عمرانی شهری تفاوت دارد، اما شباهت در ساختار مؤلفه‌های شناسایی‌شده نشان می‌دهد که بسیاری از عوامل مؤثر بر بلوغ سیستم‌های HSE ماهیتی مشترک در صنایع مختلف دارند. مطالعات دیگر نیز اهمیت نقش تعهد و رهبری مدیریت در توسعه و استقرار سیستم‌های مدیریت HSE را تأیید کرده‌اند [۲۲، ۲۳]. در واقع، بدون حمایت و تعهد مدیریت ارشد، اجرای مؤثر سیاست‌ها و برنامه‌های ایمنی با چالش‌های جدی مواجه خواهد شد. همچنین یان و همکاران [۲۴] در مطالعه خود شاخص‌های عملکرد HSE را در قالب شش مؤلفه اصلی طبقه‌بندی کرده‌اند که در پنج مورد از این مؤلفه‌ها با نتایج مطالعه حاضر همپوشانی مشاهده می‌شود. از این رو، توجه به نقش مدیریت در ایجاد فرهنگ ایمنی و تخصیص منابع لازم برای اجرای برنامه‌های HSE از عوامل کلیدی در ارتقای بلوغ

این سیستم‌ها محسوب می‌شود. مطالعات پیشین نیز بر ضرورت استفاده از تکنیک‌های تحلیلی برای مدیریت بهتر ریسک‌های HSE تأکید دارند. همچنین یان و همکاران [۲۴] در مطالعه خود شاخص‌های عملکرد HSE را در قالب شش مؤلفه اصلی طبقه‌بندی کرده‌اند که در پنج مورد از این مؤلفه‌ها با نتایج مطالعه حاضر همپوشانی مشاهده می‌شود. از این رو، توجه به نقش مدیریت در ایجاد فرهنگ ایمنی و تخصیص منابع لازم برای اجرای برنامه‌های HSE از عوامل کلیدی در ارتقای بلوغ این سیستم‌ها محسوب می‌شود. مطالعات پیشین نیز بر ضرورت استفاده از تکنیک‌های تحلیلی برای مدیریت بهتر ریسک‌های HSE تأکید دارند و بر اهمیت رویکردهای نظام‌مند و چند معیاره در تحلیل و بهبود عملکرد HSE در آنها تأکید شده است [۲۵-۲۶]. با وجود نتایج قابل توجه این پژوهش، برخی محدودیت‌ها نیز در فرایند اجرا و تحلیل داده‌ها وجود داشت که در ادامه به آنها اشاره می‌شود. این پژوهش نیز همانند سایر مطالعات با محدودیت‌هایی همراه بود. نخست آنکه داده‌های پژوهش بر اساس نظرات خبرگان و کارشناسان فعال در پروژه‌های ساخت متروی تهران جمع‌آوری شد؛ بنابراین ممکن است نتایج تا حدی تحت تأثیر دیدگاه‌های فردی پاسخ‌دهندگان قرار گرفته باشد. همچنین، اجرای ابزار توسعه یافته تنها در یک پروژه ساخت مترو انجام شد و تعمیم نتایج به سایر پروژه‌های عمرانی یا زیر ساختی باید با احتیاط صورت گیرد. از سوی دیگر، به دلیل محدودیت زمانی و اجرایی، امکان بررسی طولی تغییرات سطح بلوغ سیستم مدیریت HSE در طول زمان فراهم نشد. بر این اساس، پیشنهاد می‌شود در مطالعات آینده، این ابزار در پروژه‌ها و صنایع مختلف و در بازه‌های زمانی طولانی‌تر مورد ارزیابی قرار گیرد.

نتیجه‌گیری

در مجموع، نتایج این پژوهش نشان داد که توسعه ابزار ارزیابی بلوغ سیستم مدیریت بهداشت، ایمنی و محیط زیست (HSE) در پروژه‌های ساخت خطوط مترو، می‌تواند نقش مؤثری در شناسایی وضعیت موجود و بهبود عملکرد سیستم‌های HSE ایفا کند. ابزار ارائه شده در این مطالعه با شناسایی ۱۲ شاخص در قالب ۶ مؤلفه اصلی، امکان ارزیابی نظام‌مند سطح بلوغ HSE را فراهم می‌کند. به‌کارگیری این ابزار به مدیران پروژه کمک می‌کند تا نقاط قوت و ضعف نظام مدیریت HSE را شناسایی کرده و بر اساس آن، برنامه‌های اصلاحی و بهبود مستمر را طراحی و اجرا کنند. همچنین، توجه به مؤلفه‌هایی مانند آمادگی در شرایط اضطراری، تعهد مدیریتی، مشارکت کارکنان و مدیریت مؤثر ریسک‌ها می‌تواند در ارتقای سطح بلوغ HSE و کاهش حوادث در پروژه‌های زیرساختی مؤثر باشد. از سوی دیگر، با توجه به ماهیت شاخص‌ها و ساختار مفهومی ابزار، این چارچوب می‌تواند با انجام تعدیلات و بومی‌سازی لازم، در سایر پروژه‌های بزرگ عمرانی و

تامین مالی مقاله

این مقاله برآمده از پایان‌نامه است و فاقد منبع تامین مالی بیرونی می‌باشد.

ملاحظات اخلاقی

این پژوهش با کد پایان‌نامه ۴۳۰۱۲۷۳۶ و کد اخلاق IR.SBMU.PHNS.REC.1403.119 در دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی به تأیید رسیده است. در اجرای پژوهش، اصول اخلاق در پژوهش شامل رضایت آگاهانه مشارکت‌کنندگان و محرمانگی داده‌ها رعایت شده است.

مشارکت مولفین

کلیه نویسندگان در تمامی مراحل پژوهش، شامل طراحی مطالعه، گردآوری و تحلیل داده‌ها، نگارش پیش‌نویس و بازبینی نهایی مقاله مشارکت فعال داشته‌اند.

استفاده از هوش مصنوعی

بدین وسیله اعلام می‌شود در تدوین این مقاله از هوش مصنوعی استفاده نشده است.

References

- 1- Lin D, Broere W, Cui J. Metro systems and urban development: Impacts and implications. *Tunnelling and Underground Space Technology* 2022; 125:104509. Doi: 10.1016/j.tust.2022.104509.
- 2- Nazari A. The impact of HSE program implementation on the incidence of accidents in urban rail transport (Case study: Tehran Metro). In: *Proceedings of the National Conference on Crisis Management and HSE in Vital Arteries, Industries and Urban Management*; 2013; Tehran, Iran. (In Persian).
- 3- Ng ST, Cheng KP, Skitmore RM. A framework for evaluating the safety performance of construction contractors. *Building and Environment* 2015; 40(10):1347-55.
- 4- Yarahmadi R, Shahkahi F, Taheri F, Moridi P. Priority of occupational safety and health indexes based on multi-criteria decision making in construction industries. *Iranian Occupational Health Journal* 2016; 12(6):39-47 (In Persian).
- 5- Ardeshtir A, Maknoon R, Rekab Eslami Zadeh M, Jahantab Z. Safety risk management effective on occupational health in high-rise building construction projects using fuzzy approach. *Iranian Occupational Health Journal* 2018; 11(3):82-95 (In Persian).

زیرساختی نیز برای ارزیابی و بهبود سیستم‌های مدیریت HSE مورد استفاده قرار گیرد.

تشکر و قدردانی

این مقاله برگرفته از پایان‌نامه کارشناسی ارشد مصوب در گروه سلامت، ایمنی و محیط زیست، دانشکده بهداشت و ایمنی، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، تهران، ایران است (کد پایان‌نامه در سامانه پژوهان: ۴۳۰۱۲۷۳۶). بدین وسیله از کلیه متخصصان، مدیران و کارشناسان حوزه بهداشت، ایمنی و محیط زیست که با ارائه دیدگاه‌ها و تجربیات ارزشمند خود در مراحل طراحی ابزار و تکمیل پرسشنامه‌ها در انجام این پژوهش همکاری نمودند، صمیمانه قدردانی می‌شود. همچنین از مسئولان و کارکنان پروژه‌های ساخت متروی تهران که امکان جمع‌آوری داده‌ها و اجرای این پژوهش را فراهم کردند، تشکر و قدردانی به عمل می‌آید.

تضاد منافع

نویسندگان اعلام می‌دارند هیچگونه تضاد یا تعارض منافی ندارند.

- 6- Reason J. Achieving a safe culture: theory and practice. *Work & Stress*. 1998; 12(3): 293-306. Available from: <https://doi.org/10.1080/02678379808256868>.
- 7- Kyriakidis M, Hirsch R, Majumdar A. Metro railway safety: An analysis of accident precursors. *Safety Science* 2017; 50(7):1535-48.
- 8- Yoon MG, Kim JK. Evaluation methodology for safety maturity in air navigation safety. *Journal of Air Transport Management* 2022; 98:102159. Doi: 10.1016/j.jairtraman.2021.102159.
- 9- Wong KW, Chan PC, Lo KK. Factors affecting the safety performance of contractors and construction sites. In: *Proceedings of the 2nd International Conference CIB W99 Implementation of Safety and Health on Construction Sites*; 1999 Mar 24-27; Honolulu, Hawaii. P:9-23.
- 10- Andersen ES, Jessen SA. Project maturity in organisations. *International Journal of Project Management* 2003; 21:457-61.
- 11- Mirzaei H. Guide to health, safety and working environment conditions (HSE) in workplaces. 2nd ed. Tehran: Industrial Research and Training Center of Iran; 2016 (In Persian).

- 12- Sherif M. Safety climate in construction site environments. *Journal of Construction Engineering and Management* 2012; 128(5):375-84.
- 13- British Standards Institution (BSI). Occupational health and safety management systems—general guidelines for the application of ISO 45001. Part 1: Guidance on managing occupational health. London: BSI Standards Limited; 2018. BS 45002-1:2018.
- 14- Williams J, Fugar F, Adinyira E. Assessment of health and safety culture maturity in the construction industry in developing economies: A case of Ghana. *Journal of Engineering, Design and Technology* 2020; 18(4):865-81.
- 15- Cooke-Davies TJ, Arzymanow A. The maturity of project management in different industries: An investigation into variations between project management models. *International Journal of Project Management* 2013; 21:471-78.
- 16- Subramani T, Lordsonmillar R. Safety management analysis in construction projects. *International Journal of Engineering Research and Applications* 2014; 4(1):52-60.
- 17- Banar M, Ansari R, Mehdikhani M. Analysis of factors affecting the development of contractors' safety maturity model in construction projects using a combined multi-criteria decision-making approach. *Amirkabir Civil Engineering Journal* 2022; 54(7):2759-78 (In Persian). Doi: 10. 22060/ ceej. 2022.19264.7118.
- 18- Gholamnia R, Sharif Mohseni SM, Rouhani SR, Emamjomeh SM, Saeedi R. Survey of safety culture and its relation to accidents and presentation of safety culture promotion strategies in Line 3 of Tehran Urban and Suburban Railway. *Journal of Health Field* 2022; 10(2):1-8 (In Persian).
- 19- Sohrabi O, Ghafournia M, Behbodhi MR, Tavakoli H. Prioritization of HSE maturity indicators (Case study: Sarkhun and Qeshm Gas refining company). *Industrial Management Perspective* 2018; 9(1):169-191 (In Persian). Doi: 10. 52547/jimp.9.1.169.
- 20- Forsatkar E, Seyedabadi S. Development of the maturity model of safety management in construction projects (Case study: Construction projects). *Journal of Construction Sciences and Management* 2018; 5(2):125-50 (In Persian).
- 21- Htoo TT, Dodanwala TC, Santoso DS. Project management maturity and performance of building construction projects in Myanmar. *Practice Periodical on Structural Design and Construction* 2023; 28(1):04022070. Doi: 10. 1061/ PPSCFX. SCENG- 11.
- 22- Knode T, Cook P. Evaluation of contractors' HSE performance based on lagging indicators: Is there a better way? In: SPE International Conference on Health, Safety, and Environment in Oil and Gas Exploration and Production; 2004 Mar 29-31; Calgary, Canada. Society of Petroleum Engineers; 2004. Doi:10.2118/86684-MS.
- 23- Vosoughi S, Dana T, Serajzadeh N. Presenting an audit model of the HSE-MS management system for the printing industry using ANP and Dimetal model. *Journal of Health* 2016; 12(3):205-18 (In Persian).
- 24- Yan L, Zhang L, Liang W, Li W, Du M. Key factors identification and dynamic fuzzy assessment of health, safety and environment performance in petroleum enterprises. *Safety Science* 2017; 94:155-65.
- 25- Rezapour M, Yarahmadi R, Soltanzadeh A. Identification and prioritization of factors and components affecting health, safety, and environment (HSE) motivation in the construction industry using fuzzy Delphi and analytical Network process (ANP). *Journal of Health Field* 2022; 10(2):20-29 (In Persian).
- 26- Rastegari P, Vaziri MH, Khaloo ShS, Mohsenzadeh FM, Ramezanifar S, Saeedi R. Risk assessment of health, safety and environmental (HSE) hazards based on system life cycle in an aquaculture industry, Hormozgan province. *Journal of Health Field* 2022; 10(4):25-38 (In Persian).



Journal homepage: <https://journals.sbmu.ac.ir/jhf>



Shahid Beheshti University of Medical Sciences
School of Public Health and Safety

Development of an HSE management system maturity assessment tool: A case study in Tehran subway construction projects

**Mohammad Hossein Vaziri¹ , Reza Gholamnia¹ , Ghazaleh Monazami Tehrani*¹ ,
Mohammad Khodaei¹ **

¹ Department of Health, Safety and Environment (HSE), School of Public Health and Safety, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, Iran.

Abstract

Background and Aims: Metro construction projects, due to their technical complexity and numerous risks, require the implementation of Health, Safety, and Environment (HSE) management systems at a mature and systematic level. This study aimed to develop a localized tool for assessing the maturity level of HSE management systems in metro construction projects.

Materials and Methods: This descriptive cross-sectional study was conducted in 2023. First, the relevant components and indicators were identified through a review of the scientific literature and consultation with experts, and a preliminary assessment tool was developed. The content validity of the tool was confirmed, and its reliability was assessed using Cronbach's alpha coefficient, which was 0.85. The Analytic Hierarchy Process (AHP) was employed to determine the weights assigned to the indicators. The final version of the tool was administered in Tehran Metro construction projects, and the collected data were subsequently analyzed. This study was conducted in full accordance with ethical principles.

Results: The designed tool consisted of 6 components and 12 main indicators. The results showed that the highest weight belonged to "Emergency Preparedness and Response," while the lowest weight was assigned to "Specialized Training." The average HSE maturity score in the studied projects was at the "Managed" level (3.16 out of 5).

Conclusion: The developed tool demonstrated acceptable validity and reliability, providing a practical framework for assessing and enhancing HSE maturity levels in infrastructure projects. Given the substantial weight assigned to emergency preparedness, prioritizing crisis management planning, strengthening managerial frameworks, and controlling hazards in complex underground environments play a direct and pivotal role in advancing the maturity level of HSE management systems in such projects.

Keywords: HSE Management system maturity; Subway construction projects; Risk assessment; Analytical hierarchy process (AHP).

Please cite this article as: Vaziri MH, Gholamnia R, Monazami Tehrani Gh, Khodaei M. Development of an HSE management system maturity assessment tool: A case study in Tehran subway construction projects. Journal of Health in the Field 2025; 13(4):23-30. **Doi:** <https://doi.org/10.22037/jhf.v13i4.47288>.

Corresponding Author: Department of Health, Safety and Environment (HSE), School of Public Health and Safety, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, Iran.

Corresponding Author: Department of Health, Safety and Environment (HSE), School of Public Health and Safety, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, Iran.

Email: ghazaleh.monazami@sbmu.ac.ir

Received: 13 January 2025

Accepted: 11 July 2026