Civil and Project Journal, 2025, 5(3), 26-46
https://doi.org/10.22034/cpj.2025.519963.1361

Civil and Project Journal
http://www.cpjournals.com/

Research Article

Improving Risk Management in Excavation Projects with a Gap Analysis Approach (Case study of Shiraz city)

Saber Sharifi [1]*, Seyed Ahmad Janabali Jahromi [2], Esmaeil Salami Shahid[3], Ardalan Feili[4]

1- Master's student, Department of Civil Engineering, Construction Management, Apadana Institute of Higher Education, Shiraz, Iran
2- Full Professor, Department of Civil Engineering, Apadana Institute of Higher Education, Shiraz, Iran
3- Visiting Lecturer, Department of Civil Engineering, Apadana Institute of Higher Education, Shiraz, Iran
4- Assistant Professor, Department of Management, Apadana Institute of Higher Education, Shiraz, Iran

Received: 07 March 2025; Revised14 April 2025; Accepted: 15 April 2025; Published: 22 May 2025

Abstract

In recent years, deep excavations have developed in Shiraz due to the scarcity and high cost of land. Every year, numerous incidents occur during foundational excavations in Shiraz, resulting in significant human and financial losses. This study aims to identify the current and desired status of risk management in excavation projects in the city of Shiraz. To conduct this research, a questionnaire was designed based on the regulations related to the safety of excavation projects, and the validity of the questionnaire was assessed through consultations with five experts in the field of civil engineering. The statistical population consisted of experts and specialists in safety management for construction projects in Shiraz, with a sample size of 92 individuals. According to the results of this research, the gap between the current and desired status of risk management in excavation projects related to the indicators assessing the seismicity of the area, attention to underground facilities, and the location of material disposal was greater than 2. These indicators are in an unfavorable condition, and managing them requires immediate and short-term planning. The gap between the current and desired status of risk management in excavation projects concerning the indicators of safety for adjacent workers, appropriate entry and exit points, supervision by qualified personnel, retaining structures, assessment of weather conditions, appropriate shoring based on depth, site enclosure, topographic maps of the area, distance between workers, the experience of individuals, wall inspections after hazardous events, soil testing, storage locations for construction materials, lifting equipment foundations, and inspection of adjacent buildings was between 1 and 2. These indicators are in a relatively unfavorable condition, and managing them also requires immediate and short-term planning. The gap between the current and desired state of risk management of excavation projects was related to the indicators of machinery monitoring, situation-appropriate restraint, and lighting, respectively, and these indicators are in a suitable state.

Keywords: *Risk Management, Excavation, Gap Analysis, Safety, Construction Project*

Cite this article as: Iran pour mobarakeh, M. , MIRZAKHANI, H. and Shaddel, S. A. (2025). Providing suggest relation for optimizing base shear in fluid storage tanks using proposed Hs functions. Civil and Project, 7(3), -.https://doi.org/10.22034/cpj.2025.519963.1361

ISSN: 2676-511X / **Copyright:** © 2025 by the authors.

Open Access: This article is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License, which permits use, sharing, adaptation, distribution and reproduction in any medium or format, as long as you give appropriate credit to the original author(s) and the source, provide a link to the Creative Commons licence, and indicate if changes were made. The images or other third party material in this article are included in the article's Creative Commons licence, unless indicated otherwise in a credit line to the material. If material is not included in the article's Creative Commons licence and your intended use is not permitted by statutory regulation or exceeds the permitted use, you will need to obtain permission directly from the copyright holder. To view a copy of this licence, visit https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/

Journal's Note: CPJ remains neutral with regard to jurisdictional claims in published maps and institutional affiliations.

Corresponding author E-mail address: Sabersha2557@gmail.com*

نشریه عمران و پروژه، ۱۴۰۴، ۷(۳)، ۲۶-۴۶
https://doi.org/10.22034/cpj.2025.519963.1361

نشریه عمران و پروژه
http://www.cpjournals.com/

بهبود مدیریت ریسک در پروژه های گودبرداری با رویکرد تحلیل شکاف (مطالعه موردی شهر شیراز)

صابر شریفی[۱]، سیداحمد جنابعلی جهرمی[۲]، اسماعیل سلامی شهید[۳]، اردلان فیلی[۴]

*۱- دانشجوی کارشناسی ارشد گروه عمران گرایش مدیریت ساخت ، موسسه آموزش عالی آپادانا، شیراز، ایران
۲- استاد تمام گروه عمران،موسسه آموزش عالی آپادانا، شیراز، ایران
۳- مدرس مدعو گروه عمران، موسسه آموزش عالی آپادانا، شیراز، ایران
۴- استادیار گروه مدیریت ، موسسه آموزش عالی آپادانا، شیراز، ایران

تاریخ دریافت ۱۷ اسفند ۱۴۰۳؛ تاریخ بازنگری: ۲۵ فروردین ۱۴۰۴؛ تاریخ پذیرش: ۲۶ فروردین ۱۴۰۴؛ تاریخ انتشار آنلاین: ۰۱ خرداد ۱۴۰۴

چکیده:

در سال‌های اخیر گودبرداری‌های عمیق به دلیل کمبود و گرانی زمین در شیراز توسعه یافته است. هر ساله حوادث زیادی در حفاری‌های بنیادی در شیراز رخ می‌دهد که منجر به تلفات جانی و مالی می‌شود. پژوهش حاضر با هدف شناسایی وضعیت موجود و مطلوب مدیریت ریسک در پروژه¬های گودبرداری شهر شیراز صورت گرفته است. جهت انجام پژوهش حاضر پرسشنامه‌ای بر مبنای قوانین مربوط به ایمنی پروژه‌های گودبرداری طراحی شد و روایی پرسشنامه به‌وسیله مشورت با ۵ نفر از کارشناسان حوزه عمران مورد بررسی قرار گرفت. جامعه آماری مورد بررسی خبرگان و متخصصان مدیریت ایمنی در پروژه¬های عمرانی شهر شیراز و نمونه آماری ۹۲ نفر از آنان بود. مطابق نتایج این پژوهش، شکاف میان وضعیت موجود و مطلوب مدیریت ریسک پروژه‌های گودبرداری مربوط به شاخص‌های بررسی وضعیت زلزله‌خیزی منطقه، توجه به تأسیسات زیرزمینی و محل ریختن مصالح بیشتر از ۲ بود، این شاخص‌ها در وضعیت نامناسب قرار داشته و مدیریت این شاخص‌ها نیازمند برنامه‌ریزی فوری و کوتاه‌مدت می‌باشد. شکاف میان وضعیت موجود و مطلوب مدیریت ریسک پروژه‌های گودبرداری مربوط به شاخص‌های ایمنی کارگران مجاور، ورودی و خروجی مناسب، نظارت افراد ذی‌صلاح، سازه‌های نگهبان، بررسی موقعیت جوی، مهار متناسب با عمق، محصورکردن محوطه، نقشه‌های توپوگرافی منطقه، فاصله کارگران، با تجربه بودن افراد، بررسی دیواره‌ها بعد از موارد ایجاد خطر، آزمایشات جنس خاک، محل انباشتن مصالح ساختمانی، پایه‌های وسایل بالابر و بررسی ساختمان‌های مجاور بین ۱ و ۲ بود و این شاخص‌ها در وضعیت نسبتامناسب قرار داشته و مدیریت این شاخص‌ها نیازمند برنامه‌ریزی فوری و کوتاه‌مدت می‌باشد. شکاف میان وضعیت موجود و مطلوب مدیریت ریسک پروژه‌های گودبرداری به ترتیب مربوط به شاخص‌های نظارت بر ماشین‌آلات، مهار متناسب با موقعیت و روشنایی بود که این شاخص‌ها در وضعیت مناسب قرار دارند.

کلمات کلیدی:

مدیریت ریسک، گودبرداری، تحلیل شکاف، ایمنی، پروژه عمرانی

* پست الکترونیک نویسنده مسئول: *Sabersha2557@gmail.com*

۱- مقدمه

گودبرداری یا حفاری فرآیند حذف زمین یا سنگ برای ایجاد یا تعمیر یک سازه است. فرآیند گودبرداری به‌طور گسترده در فعالیت مربوط به معدن، ساخت‌وساز و بسیاری از صنایع دیگر استفاده می‌شود. گودبرداری در بخش ساختمان‌سازی به منظور استخراج یا جابجایی خاک، سنگ یا لایه‌های معدنی برای اهداف سازه‌ای انجام می‌شود. در این نوع گودبرداری از روش‌های مختلفی مانند انفجار، گودبرداری مکانیزه و گودبرداری دستی استفاده می‌شود. بسته به منطقه مورد مطالعه یا ماهیت کار انجام شده، انواع مختلفی از گودبرداری وجود دارد. گودبرداری در فضای باز، گودبرداری زیرزمینی، گودبرداری سد و نیروگاه برق آبی، گودبرداری جاده، حفاری تونل و حفاری کانال تنها برخی از انواع گودبرداری هستند [۱].

پروژه‌های ساخت‌وساز مانند فونداسیون ساختمان، خطوط تأسیساتی، تونل‌سازی و زیرگذر نیاز به گودبرداری به اشکال مختلف به‌عنوان مثال، گودبرداری روباز، حفر چاله، ترانشه و درایو شفت دارند. طبق بیانیه آژانس ایمنی و بهداشت در ایالات متحده (اداره ایمنی و بهداشت شغلی (OSHA))، گودبرداری معمولاً به هر عمل بریدگی، ترانشه، حفره یا فرورفتگی ساخته‌شده توسط انسان با برداشتن زمین اطلاق می‌شود [۲].

گودبرداری می‌تواند خطرات جدی برای کارگران ایجاد کند. این خطرات می‌تواند ناشی از عوامل مختلفی از جمله فرورفتگی، شوک الکتریکی، تصادفات رانندگی، مسمومیت و جراحت باشد. عملیات گودبرداری یکی از فعالیت‌هایی است که بیشترین آمار حوادث کار منجر به فوت را در بخش ساخت‌وساز دارد. به همین دلیل اقدامات ایمنی شغلی در پروژه‌های گودبرداری از اهمیت بسیار زیادی برخوردار است. از آنجایی که اغلب در گودبرداری می‌توان با موقعیت‌های خطرناک و پرخطر مواجه شد، در صورت عدم اتخاذ تدابیر مناسب، ممکن است عواقب جدی رخ دهد. اقدامات ایمنی و بهداشت شغلی در پروژه‌های گودبرداری برای حفاظت از سلامت و ایمنی کارگران، به حداقل رساندن حوادث شغلی و ایجاد یک محیط امن در محل کار از اهمیت حیاتی برخوردار است [۳].

مطالعات اخیر نشان داده است که فعالیت‌های ژئوتکنیکی مانند کارهای گودبرداری، به‌طور مداوم کارگران را در معرض خطر قرار می‌دهد [۴]. با توجه به این خطرات، افزایش قابل توجهی در حوادث مربوط به گودبرداری مشاهده است. این حوادث با اقدامات تکمیلی قابل پیشگیری بودند. پروژه‌های گودبرداری به‌عنوان یکی از خطرناک‌ترین و چالش‌برانگیزترین فعالیت‌های این صنعت شناخته شده است [۵].

قبل از شروع عملیات گودبرداری باید ارزیابی ریسک انجام شود. خطرات بالقوه باید شناسایی و اقدامات مناسب برای جلوگیری از این خطرات اتخاذ شود [۶].

گودبرداری در پروژه‌های ساخت‌وساز یک فرآیند مهندسی پویا با ویژگی‌های معمولی مانند اثرات زمان-فضا و محیطی، پیچیدگی تکنولوژیکی و تغییرات مهم بسته به شرایط محیط است. این ویژگی‌ها منجر به افزایش خطرات ایمنی، عدم اطمینان و وجود ریسک‌های بسیاری در طول چرخه عمر پروژه شده که پروژه را مستعد تلفات، تأخیرهای برنامه‌ریزی و هزینه‌های بیش از حد می‌کند [۷, ۸]. وضعیت خطر ایمنی درگیر در فرآیند ساخت‌وساز قابل تغییر است؛ زیرا کل چرخه عمر یک پروژه گودبرداری عمیق طولانی بوده و تحت تأثیر عوامل دینامیکی مختلف قرار دارد. بنابراین، شناسایی به موقع ریسک‌های موجود در مراحل پیش‌ساخت و ساخت‌وساز برای صدور هشدارهای اولیه و اتخاذ اقدامات پیشگیرانه برای کاهش رویدادهای خطر ایمنی بسیار مهم است [۹].

به‌طور سنتی، شناسایی ریسک با تکیه بر تخصص و تجربه در صنعت ساخت‌وساز، همراه با منابع عظیم انسانی، مواد و زمان انجام می‌شود. با توجه به نتایج شناسایی ریسک (به‌عنوان مثال، رویدادها و عوامل خطر بالقوه گزارش‌شده)، می‌توان هشدارهای خطر و دستورالعمل‌های اصلاحی را برای هدایت فعالیت‌های بعدی پروژه ساخت‌وساز ارائه کرد [۱۰]. در این روش، اطلاعات ساخت‌وساز، که در حجم زیادی از اسناد مرتبط به هم پراکنده است، باید به صورت دستی بازیابی و استخراج شوند [۱۱].

صنعت ساخت‌وساز و مشتریان آن به‌طور گسترده با درجه بالایی از خطرات به دلیل ماهیت محیط‌های خرد، میانی و کلان خاص برای ساخت‌وساز همراه هستند [۱۲]. با این حال، صنعت ساخت‌وساز در مقابله با خطرات عملکرد ضعیفی دارد؛ زیرا

بسیاری از پروژه‌ها در رسیدن به زمان‌بندی و اهداف هزینه شکست خورده و در نتیجه مشتریان، پیمانکاران، مردم و دیگران متضرر شده‌اند [۴]. بنابراین، کسب‌وکار ساخت‌وساز با ریسک بالا مرتبط است که بر هر یک از افراد مرتبط با آن تأثیر می‌گذارد. تجزیه و تحلیل و مدیریت مؤثر خطرات مرتبط با ساخت‌وساز یک چالش بزرگ برای دست‌اندرکاران این صنعت است [۱۳]. در تجزیه و تحلیل و مدیریت مؤثر، موارد مهمی از جمله اهمیت ریسک‌ها، تکنیک‌های مدیریت فعلی آن‌ها، وضعیت موجود سیستم‌های مدیریت ریسک در سازمان‌ها و موانع مدیریت ریسک مؤثر از دیدگاه ذینفعان باید در نظر گرفته شود. گزارش شده است که عوامل مالی و اقتصادی و به دنبال آن کیفیت، از جمله مهم‌ترین ریسک‌ها هستند و صنعت ساخت‌وساز به‌طورکلی سعی دارد از این خطرات اجتناب کند [۱۴].

رویکرد تحلیل شکاف، فرآیندی است که در هر صنعت و یا حتی کسب و کارهای کوچکتر به منظور مقایسه عملکرد فعلی با عملکرد مورد انتظار، استفاده می‌شود. این روش تحلیل، مشخص می‌کند که یک صنعت تا چه اندازه انتظارات مورد نیاز را برآورده کرده و تا چه میزان از منابع انسانی و تجهیزات مورد استفاده، به صورت موثر بهره‌برداری کرده است. شکاف، در فرآیند تحلیل شکاف، به فضای بین «شرایطی که صنعت در آن قرار دارد»، یعنی وضعیت فعلی و « شرایطی که باید صنعت در آن قرار داشته باشد»، یعنی وضعیت هدف یا وضعیت مطلوب، اشاره می‌کند.مطابق بررسی در پایگاه‌های اطلاعاتی معتبر، مشاهده شد که تاکنون در هیچ پژوهشی به بررسی و تحلیل شکاف میان وضعیت موجود و مطلوب مدیریت ریسک ایمنی در پروژه‌های گودبرداری در ایران صورت نگرفته، لذا پژوهش حاضر به منظور پر کردن این شکاف تحقیقاتی صورت گرفته است.

۱-۱-گودبرداری

گودبرداری یکی از مهم‌ترین مراحل در صنعت ساختمان و معدن است. بسته به ماهیت کاری که باید انجام شود، می‌توان انواع مختلفی از گودبرداری‌ها را انجام داد. به‌طورکلی عملیات گودبرداری را می‌توان به‌عنوان گودبرداری در مناطق باز و گودبرداری زیرزمینی طبقه‌بندی کرد. گودبرداری‌های منطقه باز شامل عملیات لایه‌برداری (لایه پوشش)، حفاری سنگ معدن در معادن و معادن روباز، گودبرداری سد و نیروگاه برق آبی، گودبرداری جاده، حفاری کانال، حفاری‌های تمیزکاری و شکل‌دهی می‌شود. عملیات گودبرداری را می‌توان با استفاده از عملیات حفاری دستی، عملیات حفاری مکانیزه و عملیات حفاری انفجاری انجام داد. در عملیات گودبرداری دستی، از قدرت بدنی انسان استفاده می‌شود که یکی از ابتدایی‌ترین روش‌های گودبرداری است. امروزه در گودبرداری‌های کوچک در مناطقی که توپوگرافی اجازه استفاده از روش‌های دیگر را نمی‌دهد از آن استفاده می‌شود [۴].

گودبرداری مکانیزه رایج‌ترین روش گودبرداری است. در این روش گودبرداری، عملیات گودبرداری با ماشین‌آلات و تجهیزات مناسب طرح انجام می‌شود. بسته به آخرین پیشرفت‌های تکنولوژیکی به‌طور مداوم به‌روز شده و باعث صرفه‌جویی در زمان می‌شود. در عین حال، امکان انجام مناسب‌ترین عملیات را با توجه به طراحی برنامه‌ریزی‌شده فراهم می‌کند [۴].

گودبرداری با استفاده از مواد منفجره به‌عنوان مقرون به صرفه‌ترین روش گودبرداری شناخته شده است. تقریباً می‌توان از آن در تمام فرآیندهای طراحی در معدن و کارهای ساختمانی استفاده کرد. هدف از این روش، شل‌کردن بخش طراحی بدون آسیب‌رساندن به سنگ اصلی و تسهیل عملیات بارگیری و حمل است. با این حال، همواره خطرات و مخاطراتی در کارهای گودبرداری در ارتباط با هر یک از روش‌های گودبرداری ذکر شده در بالا وجود دارد. مدیریت ریسک‌های موجود و رعایت ایمنی شغلی عناصر بسیار مهمی برای شناخت و پیشگیری از این خطرات می‌باشند [۱۵].

به‌طورکلی عملیات گودبرداری فرآیند اساسی پروژه‌هایی مانند ساخت‌وساز است. بسته به ویژگی‌ها و موقعیت سازه‌ها، هر یک از روش‌های گودبرداری انتخاب‌شده دارای خطرات خاص خود می‌باشند. شناخت و رفع این خطرات از بروز حوادث در محیط کار جلوگیری می‌کند. بنابراین، دانستن اینکه چه حوادث شغلی ممکن است در حین پروژه گودبرداری رخ دهد و اقدامات احتیاطی که باید انجام شود، حائز اهمیت است [۱].

پروژه‌های گودبرداری از جمله فعالیت‌های بسیار مهمی هستند که هم از نظر پیشرفت صحیح و هم از نظر بهداشت و ایمنی شغلی نیاز به مدیریت و نظارت دارند. منطقه گودبرداری چه در گودبرداری‌های روی سطح زمین و چه در موارد زیرزمینی، به شدت تحت تأثیر بافت زمین‌شناسی هستند. در نتیجه، شکل‌گیری زمین‌شناسی منطقه مورد نظر باید عمیقاً بررسی شده و روش کاوشی که انتخاب می‌شود باید متناسب با بافت زمین‌شناسی منطقه باشد. در حالی که روش‌های گودبرداری مرسوم را می‌توان

در واحدهای سنگی قابل حفاری استفاده کرد، استفاده از روش انفجار در سازه‌های سخت کارآمدتر است. به‌طورکلی، خطرات متعددی می‌تواند ناشی از عملیات گودبرداری با توجه به نوع بافت زمین‌شناسی منطقه مورد نظر ایجاد شود که شامل فرو ریختن، لغزش و سقوط افراد و دستگاه‌ها در منطقه گودبرداری [۱۶]، خطرات ناشی از انفجار[۱]، خطرات ناشی از فعالیت انجام شده در حجم محدود[۱۷]، خسارات مربوط به وسایل نقلیه، تجهیزات سنگین و متحرک [۱۸]، وضعیت آب‌های زیرزمینی [۱۹]، گرد و غبار [۲۰] و... می‌باشد [۲۱].

فعالیت‌های گودبرداری یکی از اساسی‌ترین عملیات در صنعت ساختمان است. بنابراین، حوادثی که در حین عملیات گودبرداری رخ می‌دهد، جدا از حوادث کاری که در بخش ساخت‌وساز رخ می‌دهد، ارزیابی نمی‌شوند. کاهش حوادث شغلی با رعایت اقدامات لازم در این بخش ضروری می‌باشد. این اقدامات شامل استفاده از تجهیزات و ابزار مناسب، آموزش مناسب کارکنان، علامت‌گذاری مناطق خطرناک، نظارت و کنترل امنیتی، حفظ محیط زیست و ایمنی جامعه، طرح‌های اضطراری و ارزیابی ریسک می‌باشد [۱].

۱-۲-ارزیابی و مدیریت ریسک

قبل از شروع عملیات گودبرداری باید ارزیابی ریسک انجام شود. خطرات بالقوه باید شناسایی و اقدامات مناسب برای جلوگیری از این خطرات اتخاذ شود. به‌طور سنتی، شناسایی ریسک با تکیه بر تخصص و تجربه در صنعت ساخت‌وساز، همراه با منابع عظیم انسانی، مواد و زمان انجام می‌شود. با توجه به نتایج شناسایی ریسک (به‌عنوان مثال، رویدادها و عوامل خطر بالقوه گزارش‌شده)، می‌توان هشدارهای خطر و دستورالعمل‌های اصلاحی را برای هدایت فعالیت‌های بعدی پروژه ساخت‌وساز ارائه کرد. در این روش، اطلاعات ساخت‌وساز، که در حجم زیادی از اسناد مرتبط به هم پراکنده است، باید به صورت دستی بازیابی و استخراج شوند [۲۲].

مدیریت ریسک یکی از رشته‌های مهم صنعت ساختمان است و با توجه به آخرین تحقیقات انجام شده در سطح وسیع، اهمیت بیشتری در سطح بین‌المللی پیدا کرده است. تجزیه و تحلیل و مدیریت ریسک بخش مهمی از فرآیند تصمیم‌گیری در صنعت ساخت‌وساز است [۲۳]. صنعت ساخت‌وساز و مشتریان آن به‌طور گسترده با درجه بالایی از خطرات به دلیل ماهیت محیط‌های خرد، میانی و کلان خاص برای ساخت‌وساز همراه هستند. با این حال، صنعت ساخت‌وساز در مقابله با خطرات عملکرد ضعیفی دارد؛ زیرا بسیاری از پروژه‌ها در رسیدن به زمان‌بندی و اهداف هزینه شکست خورده و در نتیجه مشتریان، پیمانکاران، مردم و دیگران متضرر شده‌اند. بنابراین، کسب‌وکار ساخت‌وساز با ریسک بالا مرتبط است که بر هر یک از افراد مرتبط با آن تأثیر می‌گذارد. تجزیه و تحلیل و مدیریت مؤثر خطرات مرتبط با ساخت‌وساز یک چالش بزرگ برای دست‌اندرکاران این صنعت است [۱۳]. در تجزیه و تحلیل و مدیریت مؤثر، موارد مهمی از جمله اهمیت ریسک‌ها، تکنیک‌های مدیریت فعلی آن‌ها، وضعیت موجود سیستم‌های مدیریت ریسک در سازمان‌ها و موانع مدیریت ریسک مؤثر از دیدگاه ذینفعان باید در نظر گرفته شود. گزارش شده است که عوامل مالی و اقتصادی و به دنبال آن کیفیت، از جمله مهم‌ترین ریسک‌ها هستند و صنعت ساخت‌وساز به‌طورکلی سعی دارد از این خطرات اجتناب کند [۱۴]. از آنجایی که درک ریسک جنبه مهمی از مدیریت ریسک است، نگرش و موانع مدیریت ریسک و مزایای درک‌شده پیش‌نیاز تحلیل و مدیریت ریسک می‌باشد. جهت مدیریت کارآمد ریسک، توجه به مواردی نظیر منشأ زمینه ریسک، شناسایی و تخصیص فرآیندها، تجزیه و تحلیل اطلاعات، تجزیه و تحلیل انعطاف‌پذیری نتایج، ارزیابی و پیش‌بینی ریسک، پیشنهاد راه حل، بررسی عملکرد یا فرآیند ریسک و نظارت و بررسی ارتباط خطرات مرتبط با هر فعالیت لازم و ضروری می‌باشد. تمام فعالیت‌های ذکر شده با هدف به حداقل رساندن زیان‌ها و به حداکثر رساندن فرصت‌ها انجام می‌شود [۲۴].

۲-پیشینه پژوهش

لی[1] و همکاران در پژوهشی در سال ۲۰۲۴ به ارزیابی ریسک پیشرفته برای حفاری عمیق در مناطق کارستی با استفاده از شبکه‌های دمپستر-شفر و پویا بیزی بهبودیافته پرداختند. آن پژوهش با هدف ارائه یک روش جدید ارزیابی ریسک را برای

[1] Lei

پروژه‌های گودال فونداسیون عمیق در مناطق کارستی با هدف افزایش ایمنی پروژه و فرآیندهای تصمیم‌گیری صورت گرفت. این رویکرد شبکه‌های بیزی پویا فازی را با تئوری شواهد Dempster-Shafer (DS) برای مقابله با عدم قطعیت‌های پیچیده موجود در چنین زمینه‌هایی ترکیب کرد. این مدل از داده‌های پایش بلادرنگ برای ارزیابی پویا و تنظیم سطوح ریسک در طول فرآیند ساخت‌وساز استفاده می‌کند. اعتبار روش پیشنهادی از طریق یک مطالعه موردی دقیق گودال فونداسیون عمیق نشان داده شده است؛ که به‌طور مؤثر عوامل خطر حیاتی را شناسایی کرده و تنظیمات استراتژی ساخت‌وساز فعال را تسهیل می‌کند. برای ارزیابی بیشتر قابلیت اطمینان روش، مقایسه‌ها با سه روش جایگزین انجام شد و برنامه‌های کاربردی بر روی سه پروژه گودال فونداسیون عمیق اضافی انجام شد. این تحلیل‌های مقایسه‌ای، قابلیت اطمینان و کاربرد برتر روش پیشنهادی را در سناریوهای مختلف تأیید کرد [۱۳].

آداک[2] و همکاران در پژوهشی در سال ۲۰۲۴ به ارائه یک چارچوب مدیریت ریسک کامل جهت ارتقاء ارزیابی خطر حفاری زیرزمینی بزرگ پرداختند. در آن پژوهش با استفاده از داده‌های تجربی ارزیابی ریسک با استفاده از یک مدل درخت تصمیم مبتنی بر آنتروپی بررسی شد. این مدل ارزیابی ریسک عوامل مختلفی را در مورد شرایط زمین‌شناسی مانند طبقه‌بندی توده سنگ، مقدار Q، جهت‌گیری مجموعه اتصالات، و مناطق برشی، که با منابع مختلف شکست مرتبط هستند، ادغام می‌کند. نتایج آن مدل بر اهمیت اولویت‌بندی تخصیص منابع و هزینه‌ها بر اساس اهمیت ویژگی‌های اصلی و سطوح مرتبط با ویژگی‌های فرعی تأکید می‌کند [۲۰].

ککچ[3] و همکاران در پژوهشی در سال ۲۰۲۳ به بررسی ایمنی و بهداشت شغلی در کارهای گودبرداری پرداختند. در آن پژوهش خطرات احتمالی که ممکن است در حفاری با آن مواجه شود، آمار حوادث شغلی و اقدامات احتیاطی ارائه شده است. مطابق نتایج آن پژوهش فراهم‌کردن مناطق کار ایمن در محل‌های حفاری و نظارت بر استفاده از تجهیزات حفاظت فردی برای کارگران بسیار مهم است. آموزش کارگران در مورد ایمنی و بهداشت شغلی قبل و در حین کار گودبرداری، آن‌ها را قادر می‌سازد تا خطرات احتمالی را تشخیص دهند. همچنین ضروری است که کارفرمایان اقدامات لازم را در زمینه بهداشت و ایمنی شغلی انجام دهند. کارفرمایان باید استفاده از تجهیزات ایمنی شغلی مناسب در محل‌های حفاری را ترویج کنند و اطمینان حاصل کنند که این تجهیزات در اختیار کارگران قرار می‌گیرد [۱].

انجم‌الشعاع و همکار در پژوهشی در سال ۱۴۰۲ به بررسی میزان ایمنی پروژه‌های گودبرداری عمیق شهری پایدارشده به روش مهار متقابل با استفاده از روش‌های مبتنی بر ارزیابی ریسک و تحلیل خرابی پرداختند. نتایج آن پژوهش نشان داد که ریسک‌های «عدم امکان یا سختی زیاد در اجرا برای گودهای با عرض زیاد»، «محدودیت اجرایی در پروژه‌های با هندسه یا ژئومتری نامنظم»، «عدم امکان استفاده برای افزایش عمق گود در زمان اجرا یا پس از اتمام گودبرداری»، «جاگیری زیاد در گود و ایجاد مزاحمت برای اجرای فونداسیون و سازه»، «امکان برخورد تجهیزات و ماشین‌آلات با المان‌ها و به مخاطره انداختن آن‌ها»، «ریزش دیواره‌ها و سقوط المان‌ها»، «افزایش زمان و هزینه اجرا در گودهای عمیق و زمین‌های بزرگ نسبت به روش‌های معمول»، «سقوط از ارتفاع در هنگان کار بر روی اتصالات»، «نیاز به کنترل کیفی دقیق جهت اجرای مهارها به ویژه اتصالات» به ترتیب دارای بالاترین میزان تأثیر می‌باشند [۲۵].

هادی و همکار در پژوهشی در سال ۱۴۰۲ به تحقیق درمورد مسائل پایداری و ریزش گودبرداری‌های ساختمانی درمناطق شهری پرداختند. در آن پژوهش با استفاده از نرم افزار Slide به بررسی پایداری دیواره گود در یکی از نقاط حاشیه‌ای شهر قائن پرداخته شد و سپس بررسی و تحلیل نگهداری دیواره گود با استفاده از روش میخ‌گذاری خاک در شرایط مختلف انجام شد. آن پژوهش یک بررسی تقریباً کامل گودبرداری بود که با استفاده از تحلیل برگشتی، تحلیل حساسیت و تحلیل احتمالی در شرایط قطعی و احتمالاتی انجام شد. مطابق نتایج آن پژوهش، خاک منطقه مورد نظر برای گودبرداری ناپایدار بوده و به‌کارگیری روش میخ‌گذاری تا عمق مورد مطالعه ۱۰متر و شیب‌دارکردن دیواره‌های گود، راهکارهای مناسب برای رسیدن به ضریب ایمنی

[2] Adak
[3] Kekeç

قابل قبول بودند. در انتها چند روش مختلف که دارای ضریب ایمنی قابل قبول بودند نیز برای اجرای گودبرداری پیشنهاد شد [۲۶].

قریشی‌نیا در پژوهشی در سال ۱۴۰۰ به بررسی مدیریت ریسک در پروژه‌های نوسازی شهری پرداخت. در آن پژوهش، ابتدا انواع ریسک پروژه‌های نوسازی شهری و راهکارهای مدیریت ریسک آن‌ها معرفی شده و سپس به تجزیه و تحلیل راهکارهای موجود جهت مدیریت این ریسک‌ها پرداخته شد. همچنین در آن پژوهش سعی شد که راهکارهای جدید و کارایی به منظور مدیریت ریسک این دسته از پروژه‌ها ارائه شود [۲۷].

۳- روش انجام پژوهش

پژوهش حاضر از نظر هدف، کاربردی، به لحاظ ماهیت و روش گردآوری داده‌ها، توصیفی تحلیلی و از حیث ارتباط بین متغیرهای تحقیق از نوع پژوهش‌های توصیفی پیمایشی می‌باشداز نظر نوع داده‌ها، کمی بوده و از نظر بعد زمانی، پژوهش حاضر مقطعی و در سال ۱۴۰۳ انجام شده است.

جهت انجام پژوهش حاضر ابتدا قوانین مربوط به ایمنی پروژه‌های گودبرداری بررسی شده و با توجه به قوانین، پرسشنامه مورد نظر طراحی شد و روایی پرسشنامه به‌وسیله مشورت با ۵ نفر از کارشناسان حوزه عمران مورد بررسی قرار گرفت و پس از اصلاحات لازم، پرسشنامه نهایی تدوین و در اختیار خبرگان این حوزه قرار داده شد. روایی پرسشنامه توسط آلفای کرونباخ مورد بررسی قرار گرفت.

جامعه آماری مورد بررسی خبرگان و متخصصان مدیریت ایمنی در پروژه‌های عمرانی شهر شیراز می‌باشند. با مراجعه به سازمان نظام مهندسی مشخص شد که تعداد ۷۳۸۰ نفر مهندس عمران عضو نظام مهندسی شیراز می‌باشند. با بررسی اجمالی مشخص شد که تعداد حدود ۲۳۵۰ نفر از آنان بیشتر از ۱۰ سال سابقه فعالیت اجرایی داشته و همچنان در حال انجام کار می‌باشند. حجم نمونه مورد بررسی با استفاده از مدل کوکران با ۹۰٪ اطمینان معادل ۹۲ محاسبه شد. معیار انتخاب نمونه، داشتن شرایط زیر بود:

۱)عضویت در سازمان نظام مهندسی

۲)حداقل سابقه ۱۰ سال کار اجرایی

پرسشنامه نهایی پس از تأیید روایی از سوی ۵ نفر از کارشناسان حوزه عمران که از اساتید باتجربه دانشگاه می‌باشند، تدوین شد. پایایی پرسشنامه به وسیله آلفای کرونباخ مورد بررسی قرار گرفت. مطابق نتایج آلفای کرونباخ کل ۰/۷۵۳ بوده که با توجه به محدودیت پاسخ‌ها، به‌طور کلی پایایی پرسشنامه در دسته قابل قبول ارزیابی شد.

جهت امتیازدهی به پرسشنامه از مقیاس ۵درجه‌ای لیکرت(۵ معادل خیلی خوب و ۱ معادل خیلی بد) استفاده شده است.

جدول ۱: بخش مشخصات فردی پرسشنامه

جنسیت	مرد	زن	
محدوده سنی	۳۰ الی ۴۰ سال	۴۰ الی ۵۰ سال	بالاتر از ۵۰ سال
محدوده سابقه کار	۱۰ الی ۱۵ سال	۱۵ الی ۲۰ سال	بیشتر از ۲۰ سال
مدرک تحصیلی	کارشناسی	کارشناسی ارشد	دکتری

جدول ۲: معرفی شاخص‌های مربوط به هر معیار

ردیف	معیارها	شاخص‌ها	مدیریت
۱	ریزش	آزمایشات جنس خاک	بررسی دقیق جنس خاک در زمین مورد نظر از لحاظ استحکام قبل از شروع پروژه گودبرداری
۲		مهار متناسب با عمق	نصب شمع، سپر و مهارهای مناسب در شرایطی که دیواره‌های گودبرداری که عمق آن بیش از ۱۲۰ سانتی‌متر باشد.
۳		مهار متناسب با موقعیت	نصب شمع، سپر و مهارهای مناسب در شرایطی که عملیات گودبرداری و حفاری در مجاورت خطوط راه‌آهن، بزرگراه‌ها و یا مراکز و تأسیساتی که تولید ارتعاش می‌نمایند، انجام شود.
۴		بررسی دیواره‌ها بعد از موارد ایجاد خطر	بررسی دقیق و در صورت نیاز ترمیم دیواره‌ها بعد از موارد مختلف ایجاد خطر از جمله: هرگونه عملیات انفجاری، ریزش‌های ناگهانی، باران‌های شدید و...
۵		بررسی وضعیت زلزله‌خیزی	بررسی وضعیت زلزله‌خیزی منطقه
۶		نقشه‌های توپوگرافی منطقه	بررسی کامل توپوگرافی منطقه و زاویه رسوب لایه‌های خاک
۷	خسارت به اطراف	توجه به تأسیسات زیرزمینی	شناسایی موقعیت تأسیسات زیرزمینی از قبیل کانال‌های فاضلاب، لوله‌کشی آب، گاز، کابل‌های برق، تلفن و... و تغییر مسیر دائم یا موقت آن‌ها در صورت لزوم
۸		بررسی ساختمان‌های مجاور	بررسی ارتفاع، وزن و استحکام ساختمان‌های مجاور
۹		سازه‌های نگهبان	اجرای سازه‌های نگهبان برای ساختمان‌های مجاور قبل از شروع عملیات(در صورت لزوم)
۱۰	فاصله	محل ریختن مصالح	ریختن مصالح حاصل از گودبرداری و حفاری فاصله بیشتر از نیم متر از لبه گود
۱۱		فاصله کارگران	حفظ فاصله کافی کارگران از یکدیگر درحفاری با بیل و کلنگ
۱۲		محل انباشتن مصالح ساختمانی	جلوگیری از انبارکردن و انباشتن مصالح ساختمانی در نزدیکی لبه‌های گودبرداری، دهانه چاه‌ها، گودال‌ها، پرتگاه‌ها و نظایر آن
۱۳		ایمنی کارگران مجاور	حفظ ایمنی کارگرانی که مجاورت محل گودبرداری در حال انجام فعالیت دیگری هستند.
۱۴	سقوط	محصورکردن محوطه	انجام اقدامات احتیاطی از قبیل محصورکردن محوطه گودبرداری، نصب نرده‌ها، موانع، وسایل کنترل مسیر، علائم هشداردهنده و...
۱۵		روشنایی	تأمین روشنایی کافی شب‌ها در کلیه معابر و پیاده‌روهای اطراف محوطه گودبرداری و حفاری و نصب علائم هشداردهنده شبانه از قبیل چراغ‌های احتیاط، تابلوهای شبرنگ و... در اطراف منطقه محصورشده
۱۶		ورودی و خروجی مناسب	در نظر گرفتن راه‌های ورودی و خروجی مناسب برای رفت‌وآمد کارگران به محل گودبرداری
۱۷		پایه‌های وسایل بالابر	نصب پایه‌های وسایل بالابر به‌طور محکم و مطمئن و بالا آوردن خاک و مصالح به وسیله محفظه‌های ایمن
۱۸	برنامه‌ریزی	نظارت بر ماشین‌آلات	وجود یک نفر نگهبان مسئول نظارت بر ورود و خروج کامیون‌ها و ماشین‌آلات در محل گودبرداری
۱۹		با تجربه بودن افراد	با تجربه بودن افرادی که در عملیات گودبرداری و حفاری به‌کار گرفته می‌شوند.
۲۰		نظارت افراد ذی‌صلاح	نظارت دائم افراد ذی‌صلاح بر کار کارگران
۲۱		بررسی موقعیت جوی	بررسی دائم موقعیت جوی و پیش‌بینی برنامه مناسب در صورت وقوع بارش‌های سیل‌آسا یا زلزله و...

شاخص‌های ذکر شده به‌منظور بررسی نظر خبرگان و کارشناسان فعال در حوزه ساخت و ساز در مورد میزان اهمیت و دقتی که در پروژه‌های گودبرداری شهر شیراز به بررسی هر شاخص اختصاص داده می‌شود(وضعیت موجود) و میزان اهمیت و دقتی

که باید به بررسی هر شاخص اختصاص داده شود تا از ایجاد خسارات احتمالی دارد جلوگیری گردد(وضعیت مطلوب)، در نظر گرفته شده است.

در بررسی معیار ریزش، شاخص آزمایشات جنس خاک، مطابق ماده ۲۳۸ آیین‌نامه حفاظتی کارگاه‌های ساختمانی به منظور ایجاد حفره با مساحت سطح کم قبل از شروع پروژه گودبرداری و بررسی جنس خاک منطقه توسط مهندسین مربوط و انجام آزمایشات خاک‌شناسی و در نهایت بررسی دقت آزمایشات می‌باشد.

در بررسی معیار ریزش، شاخص مهار متناسب با عمق، مطابق ماده ۲۴۰ و ۲۴۸ آیین‌نامه حفاظتی کارگاه‌های ساختمانی اگر عمف دیواره‌های گودبرداری بیش از ۱۲۰ سانتی‌متر بوده و احتمال خطر ریزش وجود داشته باشد، باید به وسیله نصب شمع، سپر و مهارهای محکم و مناسب حفاظت گردد، همچنین هرگاه دیواری جهت حفاظت یکی از دیواره‌های گودبرداری مورد استفاده قرار گیرد، باید به وسیله مهارهای لازم پایداری آن تأمین شود.

در بررسی معیار ریزش، شاخص مهار متناسب با موقعیت، مطابق ماده ۲۴۱ و ۲۴۶ آیین‌نامه حفاظتی کارگاه‌های ساختمانی اگر عملیات گودبرداری و حفاری در مجاورت خطوط راه‌آهن، بزرگراه‌ها و یا مراکز و تأسیساتی که تولید ارتعاش می‌نمایند انجام شود، باید تدابیر احتیاطی از قبیل نصب شمع، سپر و مهارهای مناسب برای جلوگیری از خطر ریزش اتخاذ گردد، همچنین قبل از قراردادن ماشین‌آلات و وسایل مکانیکی از قبیل جرثقیل، بیل مکانیکی، کامیون و... و یا انباشتن خاک‌های حاصل از گودبرداری و حفاری و مصالح ساختمانی در نزدیکی لبه‌های گود، باید شمع، سپر و مهارهای لازم جهت افزایش مقاومت در مقابل بارهای اضافی در دیواره گود نصب گردد.

در بررسی معیار ریزش، شاخص بررسی دیواره‌ها بعد از موارد ایجاد خطر، مطابق ماده ۲۴۳ آیین‌نامه حفاظتی کارگاه‌های ساختمانی مربوط به مواردی است که دیواره‌های محل گودبرداری و حفاری بعد از یک وقفه ۲۴ ساعته یا بیشتر در کار، بعد از هرگونه عملیات انفجاری، بعد از ریزش‌های ناگهانی، بعد از باران‌های شدید و سایر عوامل خطرآفرین باید دقیقاً مورد بررسی و بازدید قرار گرفته و در نقاطی که خطر ریزش به‌وجود آمده است، وسایل ایمنی نصب و یا نسبت به تقویت آن‌ها اقدام گردد.

در بررسی معیار ریزش، شاخص بررسی وضعیت زلزله‌خیزی، مطابق ماده ۲۴۱ آیین‌نامه حفاظتی کارگاه‌های ساختمانی عملیات گودبرداری و حفاری در مکان‌هایی انجام شود که امکان تولید ارتعاش و زلزله وجود دارد، باید تدابیر احتیاطی از قبیل نصب شمع، سپر و مهارهای مناسب برای جلوگیری از خطر ریزش اتخاذ گردد.

در بررسی معیار ریزش، در شاخص نقشه‌های توپوگرافی منطقه، مطابق ماده ۲۳۸ آیین‌نامه حفاظتی کارگاه‌های ساختمانی قبل از عملیات حفاری و گودبرداری زمین مورد نظر از لحاظ استحکام و پستی و بلندی باید دقیقاً مورد بررسی قرار گیرد.

در بررسی معیار خسارت به اطراف، شاخص توجه به تأسیسات زیرزمینی، مطابق ماده ۲۳۸ آیین‌نامه حفاظتی کارگاه‌های ساختمانی موقعیت تأسیسات زیرزمینی از قبیل کانال‌های فاضلاب، لوله‌کشی آب، گاز، کابل‌های برق، تلفن و... که ممکن است در حین انجام عملیات گودبرداری موجب بروز خطر حادثه گردند و یا خود دچار خسارت شوند، باید قبل از شروع پروژه مورد شناسایی قرار گرفته و در صورت لزوم نسبت به تغییر مسیر دائم یا موقت و یا قطع جریان آن‌ها اقدام گردد. در صورتیکه تغییر مسیر یا قطع جریان تأسیسات امکان‌پذیر نباشد، باید به طرق مقتضی از قبیل نگه‌داشتن به‌طور معلق و یا محصورکردن و غیره، نسبت به حفاظت آن‌ها اقدام شود.

در بررسی معیار خسارت به اطراف، دو شاخص بررسی ساختمان‌های مجاور و سازه‌های نگهبان، مطابق ماده ۲۳۸ آیین‌نامه حفاظتی کارگاه‌های ساختمانی مربوط به مواردی است که عملیات گودبرداری و حفاری احتمال خطری برای پایداری دیوارها و ساختمان‌های مجاور دربر داشته باشد، باید از طریق نصب شمع، سپر و مهارهای مناسب و رعایت فاصله مناسب و ایمن گودبرداری و در صورت لزوم با اجرای سازه‌های نگهبان قبل از شروع عملیات، ایمنی و پایداری آن‌ها تأمین گردد.

در بررسی معیار فاصله، دو شاخص محل ریختن مصالح و محل انباشتن مصالح ساختمانی، مطابق ماده ۲۴۲ آیین‌نامه حفاظتی کارگاه‌های ساختمانی محل ریختن و انباشتن مصالح حاصل از گودبرداری و حفاری نباید به فاصله کمتر از نیم متر از لبه گود ریخته شود. همچنین این مصالح نباید در پیاده‌روها و معابر عمومی به نحوی انباشته شود که مانع عبور و مرور گردد.

در بررسی معیار فاصله، شاخص فاصله کارگران، مطابق ماده ۲۵۴ و ۲۵۳ آیین‌نامه حفاظتی کارگاه‌های ساختمانی مربوط به حفاری با بیل و کلنگ است که باید کارگران به فاصله کافی از یکدیگر به کار گمارده شوند، همچنین در گودها و شیارهایی که عمق آن‌ها از یک متر بیشتر باشد، نباید کارگران را به تنهایی به کار گمارد.

در بررسی معیار فاصله، شاخص ایمنی کارگران مجاور، مطابق ماده ۲۳۹ آیین‌نامه حفاظتی کارگاه‌های ساختمانی مربوط به مواردی است که در مجاورت محل گودبرداری و حفاری کارگرانی مشغول به کار دیگری باشند، در این حالت باید اقدامات احتیاطی برای ایمنی آنان به عمل آید.

در بررسی معیار سقوط، شاخص محصور کردن محوطه، مطابق ماده ۲۴۴ و ۲۵۲ آیین‌نامه حفاظتی کارگاه‌های ساختمانی در محل‌هایی که احتمال سقوط اشیاء به محل گودبرداری و حفاری وجود دارد، باید موانع حفاظتی برای جلوگیری از واردشدن آسیب به کارگران پیش‌بینی گردد. همچنین برای پیشگیری از سقوط کارگران و افراد عابر به داخل محل گودبرداری و حفاری نیز باید اقدامات احتیاطی از قبیل محصورکردن محوطه گودبرداری، نصب نرده‌ها، موانع، وسایل کنترل مسیر، علائم هشداردهنده و غیره انجام شود. همچنین در مواردی که حفاری در زیر پیاده‌روها ضروری باشد، باید جهت پیشگیری از خطر ریزش، اقدامات احتیاطی از قبیل نصب مهارهای مناسب با استقامت کافی انجام و با نصب موانع، نرده‌ها و علائم هشداردهنده، منطقه خطر به‌طور کلی محصور و از عبور و مرور افراد جلوگیری به عمل آید.

در بررسی معیار سقوط، شاخص روشنایی، مطابق ماده ۲۴۵ و ۲۵۰ آیین‌نامه حفاظتی کارگاه‌های ساختمانی اگر وضعیت گود یا شیار به نحوی باید که روشنایی کافی با نور طبیعی تأمین نمی‌شود، باید جهت جلوگیری از حوادث ناشی از فقدان روشنایی، از منابع نور مصنوعی استفاده شود. همچنین شب‌ها در کلیه معابر و پیاده‌روهای اطراف محوطه گودبرداری و حفاری باید روشنایی کافی تأمین شود و همچنین علائم هشداردهنده شبانه از قبیل چراغ‌های احتیاط، تابلوهای شبرنگ و... در اطراف منطقه محصورشده نصب گردد، به‌طوری‌که کلیه عابران و رانندگان وسایل نقلیه از فاصله کافی و به‌موقع متوجه خطر گردند.

در بررسی معیار سقوط، شاخص ورودی و خروجی مناسب، مطابق ماده ۲۵۵، ۲۵۶، ۲۵۷ و ۲۵۹ آیین‌نامه حفاظتی کارگاه‌های ساختمانی در شیارهای عمیق و طولانی که عمق آنها بیش از یک متر باشد، باید به ازای حداکثر هر سی متر طول، یک نردبان کار گذارده شود. لبه بالایی نردبان باید تا حدود یک متر بالاتر از لبه شیار ادامه داشته باشد. همچنین برای رفت‌وآمد کارگران به محل گودبرداری باید راه‌های ورودی و خروجی مناسب و ایمن در نظر گرفته شود. در محل گودهایی که عمق آن بیش از ۶ متر باشد، باید برای هر شش متر یک سکو یا پاگرد برای نردبان‌ها، پله‌ها و راه‌های شیب‌دار پیش‌بینی گردد. این سکو یا پاگردها و همچنین راه‌های شیب‌دار و پلکان‌ها باید به وسیله نرده‌های مناسب محافظت شوند. عرض معابر و راه‌های شیب‌دار ویژه وسایل نقلیه نباید کمتر از چهار متر باشد و در طرفین آن باید موانع محکم و مناسبی نصب گردد. در صورتیکه این حفاظ از چوب ساخته شود قطر آن نباید از بیست سانتی‌متر کمتر باشد. راه‌های شیب‌دار و معابری که در زمین‌های سخت (بدون استفاده از تخته چوبی) ساخته می‌شود باید بدون پستی و بلندی و ناهمواری باشد.

در بررسی معیار سقوط، شاخص پایه‌های وسایل بالابر، مطابق ماده ۲۴۷ آیین‌نامه حفاظتی کارگاه‌های ساختمانی مربوط به مواردی است که از وسایل بالابر برای حمل خاک و مواد حاصل از گودبرداری و حفاری استفاده شود، باید پایه‌های این وسایل به‌طور محکم و مطمئن نصب گردیده و خاک و مواد مذکور نیز باید با محفظه‌های ایمن و مطمئن بالا آورده شوند.

در بررسی معیار برنامه‌ریزی، شاخص نظارت بر ماشین‌آلات، مطابق ماده ۲۵۸ آیین‌نامه حفاظتی کارگاه‌های ساختمانی در محل گودبرداری باید یک نفر نگهبان مسئول نظارت بر ورود و خروج کامیون‌ها و ماشین‌آلات باشد و نیز برای آگاهی کارگران و سایر افراد علائم هشداردهنده در معبر ورود و خروج کامیون‌ها و ماشین‌آلات مذکور نصب گردد.

در بررسی معیار برنامه‌ریزی، دو شاخص با تجربه بودن افراد و نظارت افراد ذی‌صلاح، مطابق ماده ۲۶۰ آیین‌نامه حفاظتی کارگاه‌های ساختمانی افرادی که در عملیات گودبرداری و حفاری به‌کار گرفته میشوند باید دارای تجربه کافی بوده و همچنین افراد ذی‌صلاح بر کار آنان نظارت نمایند.

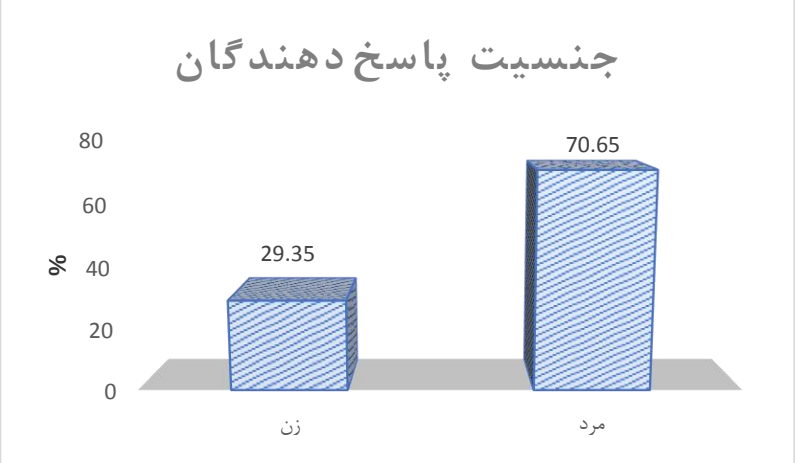
در بررسی معیار برنامه‌ریزی، شاخص بررسی موقعیت جوی، مطابق نظر کارشناسان و خبرگان حوزه ساخت و ساز که به منظور بررسی روایی پرسشنامه با آنان مشورت شد، با توجه به موقعیت آب و هوایی شهر شیراز قبل و حین عملیات گودبرداری بررسی دائم موقعیت جوی و پیش‌بینی برنامه مناسب در صورت وقوع بارش‌های سیل‌آسا یا زلزله و... لازم و ضروری می‌باشد.

داده‌های گردآوری شده در دو سطح آمار توصیفی و آمار استنباطی از طریق نرم‌افزار SPSS مورد تحلیل قرار گرفتند. جهت بررسی نرمال بودن توزیع داده‌ها از دو آزمون کولموگروف اسمیرنوف و شاپیروویلک استفاده شد. پس از بررسی توزیع داده‌ها، مشاهده شد که داده‌ها دارای توزیع غیرنرمال بوده و محاسبه معنی‌داری اختلاف دو شرایط مطلوب و موجود(در نتیجه تایید وجود شکاف) در هر شاخص نیازمند استفاده از آزمون‌های ناپارامتریک بوده و از آزمون ناپارامتریک ویلکاکسون که معادل آزمون پارامتریک تی جفت است، استفاده شد.

۴- بررسی نتایج پژوهش

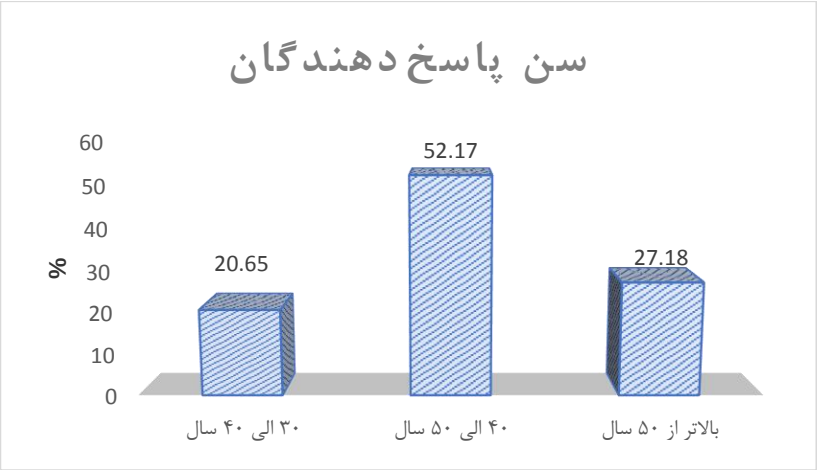
۴-۱- بررسی داده‌های توصیفی

در بررسی اطلاعات توصیفی افراد شرکت کننده در پژوهش، فاکتورهای مختلف شامل جنسیت، سن، سابقه کار و مدرک تحصیلی مورد بررسی قرار گرفتند. مطابق نتایج شکل۱، جنسیت ۲۹/۳۵ درصد از پاسخ‌دهندگان زن و جنسیت ۷۰/۶۵ درصد از پاسخ‌دهندگان مرد بود.



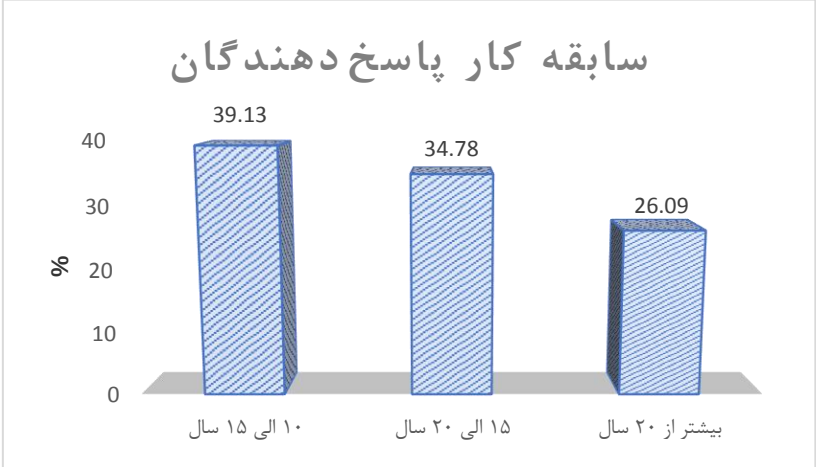
شکل ۱: درصد فراوانی مربوط به جنسیت پاسخ‌دهندگان

مطابق نتایج شکل ۲، سن ۲۰/۶۵ درصد از پاسخ‌دهندگان در بازه ۳۰ الی ۴۰ سال، سن ۵۲/۱۷ درصد از پاسخ‌دهندگان در بازه ۴۰ الی ۵۰ سال و سن ۲۷/۱۸ درصد از پاسخ‌دهندگان بالاتر از ۵۰ سال بود.



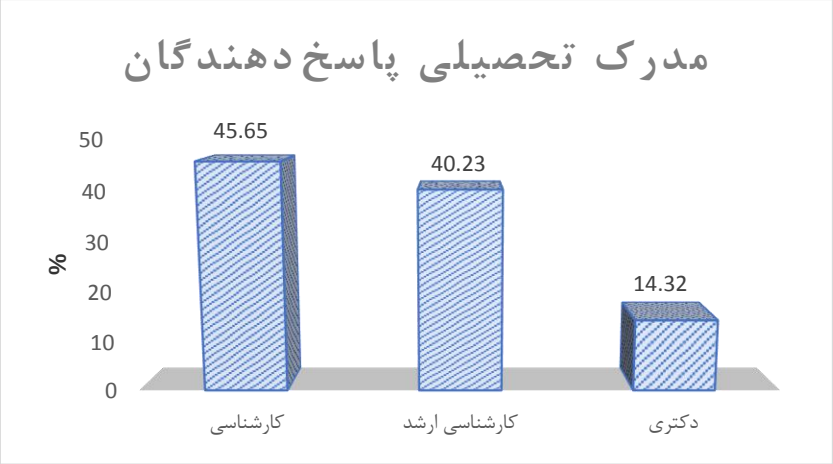
شکل ۲: درصد فراوانی مربوط به سن پاسخ‌دهندگان

مطابق نتایج شکل ۳، سابقه کاری ۳۹/۱۳ درصد از پاسخ‌دهندگان در بازه ۱۰ الی ۱۵ سال، سابقه کاری ۳۴/۷۸ درصد از پاسخ‌دهندگان در بازه سنی ۱۵ الی ۲۰ سال و سابقه کاری ۲۶/۰۹ درصد از پاسخ‌دهندگان بیشتر از ۲۰ سال بود.



شکل ۳: درصد فراوانی مربوط به سابقه کار پاسخ‌دهندگان

مطابق نتایج شکل ۴، مدرک تحصیلی ۴۵/۶۵ درصد از پاسخ‌دهندگان کارشناسی، مدرک تحصیلی ۴۰/۲۳ درصد از پاسخ‌دهندگان کارشناسی ارشد و مدرک تحصیلی ۱۴/۳۲ درصد از پاسخ‌دهندگان دکتری بود.



شکل ٤: درصد فراوانی مربوط به مدرک تحصیلی پاسخ‌دهندگان

۲-۴- بررسی داده‌های استنباطی

داده‌های استنباطی پژوهش شامل امتیاز مربوط به پاسخ هر شاخص به وسیله میانگین، انحراف معیار و واریانس مورد بررسی قرار گرفتند. نتایج بررسی داده‌های استنباطی در جدول ۸ نشان داده شده است. مطابق نتایج پژوهش، بیشترین امتیاز مدیریت ریسک در بخش ادراکات پاسخ‌دهندگان مربوط به معیار ریزش شاخص مهار متناسب با موقعیت و همچنین معیار برنامه‌ریزی شاخص نظارت بر ماشین‌آلات بوده که هر دو میانگین امتیاز بیشتر از ۴ کسب نمودند. کمترین امتیاز مدیریت ریسک در بخش ادراکات پاسخ‌دهندگان به ترتیب مربوط به معیار ریزش شاخص وضعیت زلزله‌خیزی، معیار سقوط شاخص ورودی و خروجی مناسب و معیار برنامه‌ریزی شاخص بررسی موقعیت جوی می‌باشد که هر سه شاخص میانگین امتیاز کمتر از ۲ کسب کردند. در بررسی انتظارات پاسخ‌دهندگان معیار فاصله شاخص فاصله کارگران، معیار برنامه‌ریزی شاخص بررسی موقعیت جوی و معیار سقوط شاخص ورودی و خروجی مناسب به ترتیب کمترین میانگین امتیاز را به خود اختصاص دادند و مابقی شاخص‌ها میانگین امتیاز بیشتر از ۴ را به خود اختصاص دادند.

جدول ۳: نتایج حاصل از پرسشنامه به‌صورت میانگین‌گیری از پاسخ‌های هر شاخص

معیار	شاخص	ادراکات پاسخ‌دهنگان			انتظارات پاسخ‌دهنگان		
		میانگین	انحراف معیار	واریانس	میانگین	انحراف معیار	واریانس
ریزش	آزمایشات جنس خاک	۳/۳۷	۰/۷۵	۰/۵۶	۴/۷۰	۰/۵۵	۰/۳۰
	مهار متناسب با عمق	۳/۰۲	۰/۷۱	۰/۵۰	۴/۷۵	۰/۵۰	۰/۲۵
	مهار متناسب با موقعیت	۴/۴۵	۰/۷۳	۰/۵۳	۴/۷۹	۰/۴۳	۰/۱۹
	بررسی دیواره‌ها بعد از موارد ایجاد خطر	۳/۴۵	۰/۷۷	۰/۵۹	۴/۸۴	۰/۴۰	۰/۱۶
	بررسی وضعیت زلزله‌خیزی	۱/۷۰	۰/۸۲	۰/۶۷	۴/۶۲	۰/۶۱	۰/۳۷
	نقشه‌های توپوگرافی منطقه	۳/۷۳	۰/۸۰	۰/۶۳	۴/۸۸	۰/۳۶	۰/۱۳
خسارت به اطراف	توجه به تأسیسات زیرزمینی	۲/۳۵	۰/۷۳	۰/۵۳	۴/۸۳	۰/۴۳	۰/۱۹
	بررسی ساختمان‌های مجاور	۳/۵۴	۰/۷۶	۰/۵۷	۴/۶۸	۰/۴۶	۰/۲۲
	سازه‌های نگهبان	۲/۸۷	۰/۷۸	۰/۶۱	۴/۶۶	۰/۵۶	۰/۳۱

فاصله	محل ریختن مصالح	۲/۵۱	۰/۶۸	۰/۴۷	۴/۶۴	۰/۵۷	۰/۳۲
	فاصله کارگران	۲/۰۳	۰/۸۸	۰/۷۷	۳/۵۳	۰/۶۳	۰/۴۰
	محل انباشتن مصالح ساختمانی	۳/۶۵	۰/۷۳	۰/۵۳	۴/۸۷	۰/۳۴	۰/۱۱
	ایمنی کارگران مجاور	۲/۰۴	۰/۸۸	۰/۷۷	۴/۰۳	۰/۷۰	۰/۴۹
سقوط	محصورکردن محوطه	۳/۳۴	۰/۹۰	۰/۸۱	۴/۹۷	۰/۱۸	۰/۰۳
	روشنایی	۲/۰۴	۰/۷۴	۰/۵۴	۴/۹۸	۰/۱۵	۰/۰۲
	ورودی و خروجی مناسب	۱/۸۷	۰/۸۷	۰/۷۷	۳/۸۴	۰/۴۵	۰/۲۰
	پایه‌های وسایل بالابر	۳/۶۵	۰/۷۶	۰/۵۷	۴/۸۴	۰/۳۷	۰/۱۴
برنامه‌ریزی	نظارت بر ماشین‌آلات	۴/۱۳	۰/۷۵	۰/۵۷	۴/۳۸	۰/۶۱	۰/۳۷
	با تجربه بودن افراد	۳/۳۶	۰/۷۵	۰/۵۶	۴/۸۵	۰/۳۶	۰/۱۳
	نظارت افراد ذی‌صلاح	۲/۶۴	۰/۷۹	۰/۶۲	۴/۶۰	۰/۴۹	۰/۲۴
	بررسی موقعیت جوی	۱/۹۶	۰/۷۵	۰/۵۶	۳/۷۵	۰/۴۳	۰/۱۹

در بررسی وضعیت موجود معیار ریزش، کمترین امتیاز مربوط به شاخص وضعیت زلزله‌خیزی منطقه بوده و بیشترین امتیاز مربوط به شاخص مهار متناسب با موقعیت می‌باشد. نتایج نشان‌دهنده این امر است که از نظر خبرگان این حوزه در معیار ریزش کمترین میزان توجه به شاخص وضعیت زلزله‌خیزی منطقه شده و بیشترین میزان توجه به شاخص مهار متناسب با موقعیت می‌گردد. در بررسی وضعیت مطلوب معیار ریزش، از نظر خبرگان این حوزه همه شاخص‌ها تقریبا از اهمیت مشابه برخوردار می‌باشند.

در بررسی وضعیت موجود معیار خسارت به اطراف، کمترین امتیاز مربوط به شاخص توجه به تأسیسات زیرزمینی بوده و بیشترین امتیاز مربوط به شاخص بررسی ساختمان‌های مجاور می‌باشد. نتایج نشان‌دهنده این امر است که از نظر خبرگان این حوزه در معیار خسارت به اطراف کمترین میزان توجه به شاخص توجه به تأسیسات زیرزمینی شده و بیشترین میزان توجه به شاخص بررسی ساختمان‌های مجاور می‌گردد. در بررسی وضعیت مطلوب معیار خسارت به اطراف، از نظر خبرگان این حوزه همه شاخص‌ها تقریبا از اهمیت مشابه برخوردار می‌باشند.

در بررسی وضعیت موجود معیار فاصله، کمترین امتیاز مربوط به شاخص‌های ایمنی کارگران مجاور و فاصله کارگران بوده و بیشترین امتیاز مربوط به شاخص محل انباشتن مصالح ساختمانی می‌باشد. نتایج نشان‌دهنده این امر است که از نظر خبرگان این حوزه در معیار فاصله کمترین میزان توجه به شاخص‌های ایمنی کارگران مجاور و فاصله کارگران شده و بیشترین میزان توجه به شاخص محل انباشتن مصالح ساختمانی می‌گردد. در بررسی وضعیت مطلوب معیار فاصله، از نظر خبرگان این حوزه دو شاخص محل ریختن مصالح و انباشتن مصالح ساختمانی دارای بیشترین اهمیت و دو شاخص ایمنی کارگران مجاور و فاصله کارگران دارای اهمیت کمتر می‌باشند.

در بررسی وضعیت موجود معیار سقوط، کمترین امتیاز مربوط به شاخص‌های ورودی و خروجی مناسب و روشنایی بوده و بیشترین امتیاز مربوط به شاخص پایه‌های وسایل بالابر می‌باشد. نتایج نشان‌دهنده این امر است که از نظر خبرگان این حوزه در معیار سقوط کمترین میزان توجه به شاخص‌های ورودی و خروجی مناسب و روشنایی شده و بیشترین میزان توجه به شاخص پایه‌های وسایل بالابر می‌گردد. در بررسی وضعیت مطلوب معیار سقوط، از نظر خبرگان این حوزه شاخص ورودی و خروجی مناسب دارای اهمیت کمتری در مقایسه با سه شاخص دیگر می‌باشد.

در بررسی وضعیت موجود معیار برنامه‌ریزی، کمترین امتیاز مربوط به شاخص بررسی موقعیت جوی بوده و بیشترین امتیاز مربوط به شاخص نظارت بر ماشین‌آلات می‌باشد. نتایج نشان‌دهنده این امر است که از نظر خبرگان این حوزه در معیار برنامه‌ریزی کمترین میزان توجه به شاخص بررسی موقعیت جوی شده و بیشترین میزان توجه به شاخص نظارت بر ماشین‌آلات می‌گردد. در بررسی وضعیت مطلوب معیار برنامه‌ریزی، از نظر خبرگان این حوزه شاخص بررسی موقعیت جوی دارای اهمیت کمتری در مقایسه با سه شاخص دیگر می‌باشد.

۳-۴- بررسی شکاف مدیریت ریسک پروژه‌های گودبرداری

جهت محاسبه شکاف میان مدیریت ریسک پروژه‌های گودبرداری، در هر شاخص میزان شکاف محاسبه و به وسیله آزمون ویلکاکسون وجود شکاف تأیید شد.

جدول ٤: بررسی شکاف میان وضعیت موجود و مطلوب مدیریت ریسک پروژه‌های گودبرداری

معیار	شاخص	شکاف	میانگین		خطای استاندارد		آماره Z	معنی‌داری
			موجود	مطلوب	موجود	مطلوب		
ریزش	آزمایشات جنس خاک	۱/۳۳	۳/۳۷	۴/۷۰	۰/۷۵۲	۰/۵۵۰	۸/۲۴۷	۰/۰۰
	مهار متناسب با عمق	۱/۷۲۸	۳/۰۲۲	۴/۷۵۰	۰/۷۱۱	۰/۵۰۶	۸/۲۲۲	۰/۰۰
	مهار متناسب با موقعیت	۰/۳۴۹	۴/۴۴۵	۴/۷۹۴	۰/۷۳۲	۰/۴۳۳	۳/۵۸۱	۰/۰۰
	بررسی دیواره‌ها بعد از موارد ایجاد خطر	۱/۳۹۱	۳/۴۴۶	۴/۸۳۷	۰/۷۷۵	۰/۴۰۰	۷/۶۵۳	۰/۰۰۰
	بررسی وضعیت زلزله‌خیزی	۲/۹۲۴	۱/۶۹۶	۴/۶۲۰	۰/۸۲۲	۰/۶۰۸	۸/۳۸۱	۰/۰۰۰
	نقشه‌های توپوگرافی منطقه	۱/۱۵۲	۳/۷۲۸	۴/۸۸۰	۰/۸۰۰	۰/۳۵۸	۷/۳۲۹	۰/۰۰۰
خسارت به اطراف	توجه به تأسیسات زیرزمینی	۲/۴۷۸	۲/۳۴۸	۴/۸۲۶	۰/۷۳۳	۰/۴۳۵	۸/۴۳۹	۰/۰۰۰
	بررسی ساختمان‌های مجاور	۱/۱۴۱	۳/۵۴۴	۴/۶۸۵	۰/۷۶۲	۰/۴۶۷	۷/۷۱۷	۰/۰۰۰
	سازه‌های نگهبان	۱/۷۹۳	۲/۸۷۰	۴/۶۶۳	۰/۷۸۸	۰/۵۶۰	۷/۹۵۹	۰/۰۰۰
معیار فاصله	محل ریختن مصالح	۲/۱۳	۲/۵۱۱	۴/۶۴۱	۰/۶۸۷	۰/۵۶۶	۸/۳۱۵	۰/۰۰۰
	فاصله کارگران	۱/۵	۲/۰۳۳	۳/۵۳۳	۰/۸۸۳	۰/۶۳۷	۷/۴۳۱	۰/۰۰۰
	محل انباشتن مصالح ساختمانی	۱/۲۱۸	۳/۶۵۲	۴/۸۷۰	۰/۷۳۳	۰/۳۳۹	۷/۷۱۳	۰/۰۰۰
	ایمنی کارگران مجاور	۱/۹۸۹	۲/۰۴۴	۴/۰۳۳	۰/۷۴۰	۰/۷۰۳	۸/۰۱۹	۰/۰۰۰
سقوط	محصورکردن محوطه	۱/۶۳	۳/۳۳۷	۴/۹۶۷	۰/۹۰۵	۰/۱۷۹	۷/۹۲۲	۰/۰۰۰
	روشنایی	۰/۸۸۲	۴/۰۹۸	۴/۹۸	۰/۷۴۲	۰/۱۴۷	۶/۹۸۴	۰/۰۰۰
	ورودی و خروجی مناسب	۱/۹۶۷	۱/۸۷۰	۳/۸۳۷	۰/۸۸۰	۰/۴۵۲	۷/۷۰۶	۰/۰۰۰
	پایه‌های وسایل بالابر	۱/۱۸۵	۳/۶۵۲	۴/۸۳۷	۰/۷۶۲	۰/۳۷۱	۷/۶۴۶	۰/۰۰۰
برنامه‌ریزی	نظارت بر ماشین‌آلات	۰/۲۵	۴/۱۳۰	۴/۳۸۰	۰/۷۵۹	۰/۶۰۸	۳/۶۲۵	۰/۰۰۰
	با تجربه بودن افراد	۱/۴۸۹	۳/۳۵۹	۴/۸۴۸	۰/۷۵۰	۰/۳۶۱	۸/۲۶۵	۰/۰۰۰
	نظارت افراد ذی‌صلاح	۱/۹۵۷	۲/۶۴۱	۴/۵۹۸	۰/۷۹۳	۰/۴۹۳	۸/۳۴۶	۰/۰۰۰
	بررسی موقعیت جوی	۱/۷۳۹	۱/۹۵۷	۳/۷۵۰	۰/۷۵۵	۰/۴۳۵	۸/۲۴۵	۰/۰۰۰

مطابق نظرات خبرگان و کارشناسان عمران فعال در زمینه پروژه‌های گودبرداری، بیشترین شکاف میان وضعیت موجود و مطلوب مدیریت ریسک پروژه‌های گودبرداری به ترتیب مربوط به معیار ریزش شاخص وضعیت زلزله‌خیزی منطقه با اندازه شکاف ۲/۹۲۴، معیار خسارت به اطراف شاخص توجه به تأسیسات زیرزمینی با اندازه شکاف ۲/۴۷۸ و معیار فاصله شاخص محل ریختن مصالح با اندازه شکاف ۲/۱۳ می‌باشد. شاخص‌های نام‌برده در وضعیت نامناسب قرار داشته و مدیریت این شاخص‌ها نیازمند برنامه‌ریزی خیلی فوری می‌باشند.

پس از آن بیشترین شکاف میان وضعیت موجود و مطلوب مدیریت ریسک پروژه‌های گودبرداری به ترتیب مربوط به معیار فاصله شاخص ایمنی کارگران مجاور با اندازه شکاف ۱/۹۸۹، معیار سقوط شاخص ورودی و خروجی مناسب با اندازه شکاف ۱/۹۶۷، معیار برنامه‌ریزی شاخص نظارت افراد ذی‌صلاح با اندازه شکاف ۱/۹۵۷، معیار خسارت به اطراف شاخص سازه‌های نگهبان با اندازه شکاف ۱/۷۹۳ ، معیار برنامه‌ریزی شاخص بررسی موقعیت جوی با اندازه شکاف ۱/۷۳۹ ، معیار ریزش شاخص مهار متناسب با عمق با اندازه شکاف ۱/۷۲۹ ، معیار سقوط شاخص محصورکردن محوطه با اندازه شکاف ۱/۶۳ ، معیار ریزش شاخص نقشه‌های توپوگرافی منطقه با اندازه شکاف ۱/۱۵۲ ، معیار فاصله شاخص فاصله کارگران با اندازه شکاف ۱/۵ ، معیار برنامه‌ریزی شاخص با تجربه بودن افراد با اندازه شکاف ۱/۴۸۹ ، معیار ریزش شاخص بررسی دیواره‌ها بعد از موارد ایجاد خطر با اندازه شکاف ۱/۳۹۱ ، معیار ریزش شاخص آزمایشات جنس خاک با اندازه شکاف ۱/۳۳ ، معیار فاصله شاخص محل انباشتن مصالح ساختمانی با اندازه شکاف ۱/۲۱۸ ، معیار سقوط شاخص پایه‌های وسایل بالابر با اندازه شکاف ۱/۱۸۵ و معیار خسارت به اطراف شاخص بررسی ساختمان‌های مجاور با اندازه شکاف ۱/۱۴۱ می‌باشد. شاخص‌های نام‌برده در وضعیت نسبتا مناسب قرار داشته و مدیریت این شاخص‌ها نیازمند برنامه‌ریزی فوری و کوتاه‌مدت می‌باشند.

مطابق نظرات خبرگان و کارشناسان عمران فعال در زمینه پروژه‌های گودبرداری، کمترین شکاف میان وضعیت موجود و مطلوب مدیریت ریسک پروژه‌های گودبرداری به ترتیب مربوط به معیار معیار برنامه‌ریزی شاخص نظارت بر ماشین‌آلات با اندازه شکاف ۰/۲۵ ، معیار ریزش شاخص مهار متناسب با موقعیت با اندازه شکاف ۰/۳۴۹ و معیار سقوط شاخص روشنایی با اندازه شکاف ۰/۸۸۲ می‌باشد. شاخص‌های نام‌برده در وضعیت مناسب قرار داشته و مدیریت این شاخص‌ها نیازمند برنامه‌ریزی بلند مدت می‌باشد.

۴-نتیجه‌گیری

مطابق نتایج مشاهده شد که جنسیت ۲۹/۳۵ درصد از پاسخ‌دهندگان زن و جنسیت ۷۰/۶۵ درصد از پاسخ‌دهندگان مرد، سن ۲۰/۶۵ درصد از پاسخ‌دهندگان در بازه ۳۰ الی ۴۰ سال، سن ۵۲/۱۷ درصد از پاسخ‌دهندگان در بازه ۴۰ الی ۵۰ سال و سن ۲۷/۱۸ درصد از پاسخ‌دهندگان بالاتر از ۵۰ سال، سابقه کاری ۳۹/۱۳ درصد از پاسخ‌دهندگان در بازه ۱۰ الی ۱۵ سال، سابقه کاری ۳۴/۷۸ درصد از پاسخ‌دهندگان در بازه سنی ۱۵ الی ۲۰ سال و سابقه کاری ۲۶/۰۹ درصد از پاسخ‌دهندگان بیشتر از ۲۰ سال و مدرک تحصیلی ۴۵/۶۵ درصد از پاسخ‌دهندگان کارشناسی، مدرک تحصیلی ۴۰/۲۳ درصد از پاسخ‌دهندگان کارشناسی ارشد و مدرک تحصیلی ۱۴/۳۲ درصد از پاسخ‌دهندگان دکتری بود.

مطابق نظرات خبرگان و کارشناسان عمران فعال در زمینه پروژه‌های گودبرداری، بیشترین شکاف میان وضعیت موجود و مطلوب مدیریت ریسک پروژه‌های گودبرداری به ترتیب مربوط به معیار ریزش شاخص وضعیت زلزله‌خیزی منطقه با اندازه شکاف ۲/۹۲۴، معیار خسارت به اطراف شاخص توجه به تأسیسات زیرزمینی با اندازه شکاف ۲/۴۷۸ و معیار فاصله شاخص محل ریختن مصالح با اندازه شکاف ۲/۱۳ می‌باشد. شاخص‌های نام‌برده در وضعیت نامناسب قرار داشته و مدیریت این شاخص‌ها نیازمند برنامه‌ریزی خیلی فوری می‌باشند.

پس از آن بیشترین شکاف میان وضعیت موجود و مطلوب مدیریت ریسک پروژه‌های گودبرداری به ترتیب مربوط به معیار فاصله شاخص ایمنی کارگران مجاور با اندازه شکاف ۱/۹۸۹، معیار سقوط شاخص ورودی و خروجی مناسب با اندازه شکاف ۱/۹۶۷، معیار برنامه‌ریزی شاخص نظارت افراد ذی‌صلاح با اندازه شکاف ۱/۹۵۷، معیار خسارت به اطراف شاخص سازه‌های نگهبان با اندازه شکاف ۱/۷۹۳ ، معیار برنامه‌ریزی شاخص بررسی موقعیت جوی با اندازه شکاف ۱/۷۳۹ ، معیار ریزش شاخص مهار متناسب با عمق با اندازه شکاف ۱/۷۲۹ ، معیار سقوط شاخص محصورکردن محوطه با اندازه شکاف ۱/۶۳ ، معیار ریزش شاخص

نقشه‌های توپوگرافی منطقه با اندازه شکاف ۱/۱۵۲ ، معیار فاصله شاخص فاصله کارگران با اندازه شکاف ۱/۵ ، معیار برنامه‌ریزی شاخص با تجربه بودن افراد با اندازه شکاف ۱/۴۸۹ ، معیار ریزش شاخص بررسی دیواره‌ها بعد از موارد ایجاد خطر با اندازه شکاف ۱/۳۹۱ ، معیار ریزش شاخص آزمایشات جنس خاک با اندازه شکاف ۱/۳۳ ، معیار فاصله شاخص محل انباشتن مصالح ساختمانی با اندازه شکاف ۱/۲۱۸ ، معیار سقوط شاخص پایه‌های وسایل بالابر با اندازه شکاف ۱/۱۸۵ و معیار خسارت به اطراف شاخص بررسی ساختمان‌های مجاور با اندازه شکاف ۱/۱۴۱ می‌باشد. شاخص‌های نام‌برده در وضعیت نسبتا مناسب قرار داشته و مدیریت این شاخص‌ها نیازمند برنامه‌ریزی فوری و کوتاه‌مدت می‌باشند.

مطابق نظرات خبرگان و کارشناسان عمران فعال در زمینه پروژه‌های گودبرداری، کمترین شکاف میان وضعیت موجود و مطلوب مدیریت ریسک پروژه‌های گودبرداری به ترتیب مربوط به معیار معیار برنامه‌ریزی شاخص نظارت بر ماشین‌آلات با اندازه شکاف ۰/۲۵ ، معیار ریزش شاخص مهار متناسب با موقعیت با اندازه شکاف ۰/۳۴۹ و معیار سقوط شاخص روشنایی با اندازه شکاف ۰/۸۸۲ می‌باشد. شاخص‌های نام‌برده در وضعیت مناسب قرار داشته و مدیریت این شاخص‌ها نیازمند برنامه‌ریزی بلند مدت می‌باشد.

مالابیکا آداک[4] و همکاران در پژوهشی در سال ۲۰۲۴ به ارائه یک چارچوب مدیریت ریسک کامل جهت ارتقاء ارزیابی خطر حفاری زیرزمینی بزرگ پرداختند. در این پژوهش با استفاده از داده‌های تجربی ارزیابی ریسک انجام شد. نتایج این پژوهش بر اهمیت اولویت‌بندی تخصیص منابع و هزینه‌ها بر اساس اهمیت ویژگی‌های اصلی و سطوح مرتبط با ویژگی‌های فرعی تأکید می‌کند. نتایج این پژوهش با پژوهش حاضر همخوانی دارد. در پژوهش حاضر نیز ریسک‌ها به ترتیب اهمیت و اولویت‌بندی مشخص شدند [۲۰].

بیلگهان ککچ[5] و همکاران در پژوهشی در سال ۲۰۲۳ به بررسی ایمنی و بهداشت شغلی در کارهای گودبرداری پرداختند. در این پژوهش خطرات احتمالی که ممکن است در حفاری با آن مواجه شود ارائه شده است. مطابق نتایج این پژوهش فراهم‌کردن مناطق کار ایمن در محل‌های حفاری و نظارت بر استفاده از تجهیزات حفاظت فردی برای کارگران بسیار مهم است. آموزش کارگران در مورد ایمنی و بهداشت شغلی قبل و در حین کار گودبرداری، آن‌ها را قادر می‌سازد تا خطرات احتمالی را تشخیص دهند. همچنین ضروری است که کارفرمایان اقدامات لازم را در زمینه بهداشت و ایمنی شغلی انجام دهند. کارفرمایان باید استفاده از تجهیزات ایمنی شغلی مناسب در محل‌های حفاری را ترویج کنند و اطمینان حاصل کنند که این تجهیزات در اختیار کارگران قرار می‌گیرد. نتایج این پژوهش با پژوهش حاضر همخوانی دارد. در پژوهش حاضر نیز مشخص شد استفاده از افراد با تجربه و آموزش دیده و همچنین رعایت ایمنی کارگران بسیار مهم و ضروری می‌باشد [۱].

ولیپور و همکاران در در پژوهشی در سال ۲۰۱۷ به ایجاد چارچوبی برای برای ارزیابی ریسک در پروژه حفاری پی عمیق پرداختند. در این پژوهش داده‌ها از طریق مصاحبه، مرور ادبیات و بررسی پرسشنامه که بین کارشناسان پروژه حفاری توزیع شد، جمع‌آوری شد. نتایج این پژوهش نشان داد که خطرات مربوط به ایمنی ساخت‌وساز، شرایط نامساعد زمین‌شناسی، کمبود تجربه مدیریتی و ناقص‌بودن برنامه‌ریزی از مهم‌ترین مخاطرات پروژه‌های حفاری هستند. نتایج این پژوهش با پژوهش حاضر همخوانی دارد. در پژوهش حاضر نیز عوامل مختلف ریسک از جمله رعایت ایمنی در تمام جنبه‌های گوبرداری، وضعیت خاک منطقه و برنامه‌ریزی کامل و جامع به عنوان عوامل خطرآفرین این نوع پروژه‌ها در نظر گرفته شده است [۲۳].

انجم‌الشعاع و همکار در پژوهشی در سال ۱۴۰۲ به بررسی میزان ایمنی پروژه‌های گودبرداری عمیق شهری پایدارشده به روش مهار متقابل با استفاده از روش‌های مبتنی بر ارزیابی ریسک پرداختند. نتایج این پژوهش نشان داد که ریسک‌های «امکان برخورد تجهیزات و ماشین‌آلات با المان‌ها و به مخاطره انداختن آن‌ها»، «ریزش دیواره‌ها و سقوط المان‌ها»، «سقوط از ارتفاع در هنگان کار بر روی اتصالات»، «نیاز به کنترل کیفی دقیق جهت اجرای مهارها به ویژه اتصالات» به ترتیب دارای بالاترین میزان تأثیر می‌باشند. نتایج این پژوهش با پژوهش حاضر همخوانی دارد. در پژوهش حاضر نیز مشاهده شد که عواملی مانند محصور کردن

[4] Malabika ADAK
[5] Bilgehan Kekeç

محوطه، نصب مهار متناسب با شرایط سایت، نظارت دقیق و دائم بر ماشین‌آلات و ایمن بودن ابزارهای مورد استفاده از اهمیت بسیار بالایی برخوردار هستند [۲۵].

۵-محدودیت‌ها و پیشنهادات

محدودیت‌ها:

- پژوهش حاضر در شهر شیراز و در سال ۱۴۰۳ انجام شده است و دارای محدودیت مکانی و زمانی می‌باشد.
- در این پژوهش از داده‌های کیفی استفاده شده است و داده‌های کیفی دارای عدم قطعیت زبانی می‌باشند.
- در این پژوهش از اعداد قطعی استفاده شد، که بهتر است از اعداد فازی استفاده گردد.

پیشنهادات:

با توجه به نتایج پژوهش حاضر به مهندسین فعال در حوزه ساخت‌ساز که به‌طور دائم به انجام پروژه‌های گودبرداری می‌پردازند، پیشنهاد می‌شود ضمن توجه به ریسک‌های مختلف، تمهیدات لازم اندیشیده شده و از ایجاد خطرات جبران‌ناپذیر جلوگیری نمایند.

همچنین با توجه به نتایج پژوهش حاضر به پژوهشگران حوزه ساخت و ساز پیشنهاد می‌شود:

- به ارزیابی ریسک‌ها و شکاف موجود میان وضعیت موجود و وضعیت مطلوب پروژه‌های گودبرداری در شرایط آب و هوایی مختلف از جمله شرایط ساحلی پرداخته شود.
- با استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره وزن این معیارها در نظر گرفته شود.
- با استفاده از روش‌های فازی به توسعه تحلیل شکاف معیارهای ذکر شده پرداخته شود، که بتوان داده‌های زبانی را با اعداد فازی گردآوری و محاسبه کرد.

مراجع

[1] Kekeç, B., N. Bilim, and A. Bilim. *Occupational health and safety in excavation works*. in *Proceedings of 3rd International Civil Engineering and Architecture Congress (ICEARC'23)*. 2023.

[2] OSHA, *Occupational Safety and Health Administration.* 2018.

[3] Boulaid, G., L. Bahi, and L. Ouadif, *Risk assessment of excavation work of different types of construction projects using AHP.* International Journal of Civil Engineering and Technology, 2018. **9**(12): p. 861-870.

[4] Liu, R., et al., *An improved alternative queuing method for occupational health and safety risk assessment and its application to construction excavation.* Automation in Construction, 2021. **126**: p. 103672.

[5] Wang, J., S. Zhang, and J. Teizer, *Geotechnical and safety protective equipment planning using range point cloud data and rule checking in building information modeling.* Automation in Construction, 2015. **49**: p. 250-261.

[6] Zhang, Y., X. Xing, and M.F. Antwi-Afari, *Semantic IFC data model for automatic safety risk identification in deep excavation projects.* Applied Sciences, 2021. **11**(21): p. 9958.

[7] Zhang, Y., L. Ding, and P.E. Love, *Planning of deep foundation construction technical specifications using improved case-based reasoning with weighted k-nearest neighbors.* Journal of Computing in Civil Engineering, 2017. **31**(5): p. 04017029.

[8] Ding, L. and J. Xu, *A review of metro construction in China: Organization, market, cost, safety and schedule.* Frontiers of Engineering Management, 2017. **4**(1): p. 4-19.

[9] TingTing, N. and X. HuiGe, *Risk control analysis of metro construction based on complex system brittleness theory.* Electronic Journal of Geotechnical Engineering, 2016. **21**: p. 9797-9806.

[10] Ding, L., et al., *Construction risk knowledge management in BIM using ontology and semantic web technology.* Safety science, 2016. **87**: p. 202-213.

[11] Li Meng, L.M., et al., *Methodologies of safety risk control for China's metro construction based on BIM.* 2018.

[12] Wang, Y., et al., *Risk Management Technologies for Deep Excavations in Water-Rich Areas*. 2024, Multidisciplinary Digital Publishing Institute. p. 323.

[13] Lei, Z., et al., *Advanced Risk Assessment for Deep Excavation in Karst Regions Using Improved Dempster–Shafer and Dynamic Bayesian Networks.* Buildings, 2024. **14**(9): p. 3022.

[14] Lin, S.-S., et al., *Ensemble model for risk status evaluation of excavation.* Automation in Construction, 2021. **132**: p. 103943.

[15] Hedmond, S., *Trench Collapse Deaths Have More an Doubled in 2016.* Construction Junkie, Manhattan, NY, USA, 2017.

[16] Thwala, W.D., Z. Mustapha, and C. Aigbavboa. *Management of health and safety risk associated with excavation cave-in*. in *Proceedings of the International Conference on Industrial Engineering and Operations Management Washington DC, USA, September*. 2018.

[17] Guo, P., et al., *Analysis of observed performance of a deep excavation straddled by shallowly buried pressurized pipelines and underneath traversed by planned tunnels.* Tunnelling and underground space technology, 2023. **132**: p. 104946.

[18] Yi, F., et al., *Overturning progressive collapse mechanism and control methods of excavations retained by cantilever piles.* Engineering Failure Analysis, 2022. **140**: p. 106591.

[19] Wang, J., et al., *Numerical study on the influence of aquitard layer distribution and permeability parameters on foundation pit dewatering.* Water, 2023. **15**(21): p. 3722.

[20] ADAK, M., A. USMANI, and A. MANDAL, *ENHANCING LARGE UNDERGROUND EXCAVATION RISK ASSESSMENT: OPTIMIZATION THROUGH INFORMATION SYSTEMS.* Journal of Theoretical and Applied Information Technology, 2024. **102**(8).

[21] Lin, S.-S., et al., *Risk assessment and management of excavation system based on fuzzy set theory and machine learning methods.* Automation in Construction, 2021. **122**: p. 103490.

[22] Zhang, S., et al., *Building information modeling (BIM) and safety: Automatic safety checking of construction models and schedules.* Automation in construction, 2013. **29**: p. 183-195.

[23] Valipour, A., et al., *Hybrid SWARA-COPRAS method for risk assessment in deep foundation excavation project: An Iranian case study.* Journal of civil engineering and management, 2017. **23**(4): p. 524-532.

[24] Pan, H., et al., *Research on safety risk factors of metro shield tunnel construction in China based on social network analysis.* Engineering, Construction and Architectural Management, 2024.

[۲۵] انجم‌الشعاع، عرفان و کاربخش، علی. (۱۴۰۲). "بررسی میزان ایمنی پروژه‌های گودبرداری عمیق شهری پایدارشده به روش مهار متقابل با استفاده از روش‌های مبتنی بر ارزیابی ریسک و تحلیل خرابی." نشریه علمی مهندسی سازه.

[۲۶] هادی، جلیل و کشاورزبخشایش، محمد. (۱۴۰۲). "تحقیق درمورد مسائل پایداری و ریزش گودبرداری‌های ساختمانی در مناطق شهری." نشریه علمی نخبگان علوم و مهندسی.
[۲۷] قریشی‌نیا، رضا. (۱۴۰۰). "مدیریت ریسک در پروژه های نوسازی شهری." همایش علمی مطالعات حقوقی، علوم قضایی و پژوهش های اجتماعی.

آیین‌نامه حفاظتی کارگاه‌های ساختمانی مصوب شورای عالی حفاظت فنی وزارت تعاون، کار و رفاه اجتماعی

ماده ۲۳۸: قبل از اینکه عملیات گودبرداری و حفاری شروع شود، اقدامات زیر باید انجام شود:

الف) زمین مورد نظر از لحاظ استحکام دقیقاً مورد بررسی قرار گیرد. ب) موقعیت تأسیسات زیرزمینی از قبیل کانال‌های فاضلاب، لوله‌کشی آب، گاز، کابل‌های برق، تلفن و... که ممکن است در حین انجام عملیات گودبرداری موجب بروز خطر حادثه گردند و یا خود دچار خسارت شوند، باید مورد شناسایی قرار گرفته و در صورت لزوم نسبت به تغییر مسیر دائم یا موقت و یا قطع جریان آنها اقدام گردد.

ج) در صورتیکه تغییر مسیر یا قطع جریان تأسیسات مندرج در بند ب امکان‌پذیر نباشد، باید به طرق مقتضی از قبیل نگه‌داشتن به‌طور معلق و یا محصورکردن و غیره، نسبت به حفاظت آنها اقدام شود. د) موانعی از قبیل درخت، تخته‌سنگ و غیره از زمین مورد نظر خارج گردند.

ه) در صورتیکه عملیات گودبرداری و حفاری احتمال خطری برای پایداری دیوارها و ساختمان‌های مجاور دربر داشته باشد، باید از طریق نصب شمع، سپر و مهارهای مناسب و رعایت فاصله مناسب و ایمن گودبرداری و در صورت لزوم با اجرای سازه‌های نگهبان قبل از شروع عملیات، ایمنی و پایداری آنها تأمین گردد.

ماده ۲۳۹: اگر در مجاورت محل گودبرداری و حفاری کارگرانی مشغول به کار دیگری باشند، باید اقدامات احتیاطی برای ایمنی آنان به عمل آید.

ماده ۲۴۰: دیواره‌های هر گودبرداری که عمق آن بیش از ۱۲۰ سانتی‌متر بوده و احتمال خطر ریزش وجود داشته باشد، باید به وسیله نصب شمع، سپر و مهارهای محکم و مناسب حفاظت گردد؛ مگر آنکه دیواره‌های دارای شیب مناسب (کمتر از زاویه پایدار شیب خاکریزی) باشند.

ماده ۲۴۱: در مواردی که عملیات گودبرداری و حفاری در مجاورت خطوط راه‌آهن، بزرگراه‌ها و یا مراکز و تأسیساتی که تولید ارتعاش می‌نمایند انجام شود، باید تدابیر احتیاطی از قبیل نصب شمع، سپر و مهارهای مناسب برای جلوگیری از خطر ریزش اتخاذ گردد.

ماده ۲۴۲: مصالح حاصل از گودبرداری و حفاری نباید به فاصله کمتر از نیم متر از لبه گود ریخته شود. همچنین این مصالح نباید در پیاده‌روها و معابر عمومی به نحوی انباشته شود که مانع عبور و مرور گردد.

ماده ۲۴۳: دیواره‌های محل گودبرداری و حفاری در موارد ذیل باید دقیقاً مورد بررسی و بازدید قرار گرفته و در نقاطی که خطر ریزش به‌وجود آمده است، وسایل ایمنی نصب و یا نسبت به تقویت آنها اقدام گردد.

الف) بعد از یک وقفه ۲۴ ساعته یا بیشتر در کار ، ب) بعد از هرگونه عملیات انفجاری

ج) بعد از ریزش‌های ناگهانی ، د) بعد از صدمات اساسی به مهارها ه) بعد از یخبندان‌های شدید ، و) بعد از باران‌های شدید

ماده ۲۴۴: در محل‌هایی که احتمال سقوط اشیاء به محل گودبرداری و حفاری وجود دارد، باید موانع حفاظتی برای جلوگیری از واردشدن آسیب به کارگران پیش‌بینی گردد. همچنین برای پیشگیری از سقوط کارگران و افراد عابر به داخل محل گودبرداری و حفاری نیز باید اقدامات احتیاطی از قبیل محصورکردن محوطه گودبرداری، نصب نرده‌ها، موانع، وسایل کنترل مسیر، علائم هشداردهنده و غیره انجام شود.

ماده ۲۴۵: شب‌ها در کلیه معابر و پیاده‌روهای اطراف محوطه گودبرداری و حفاری باید روشنایی کافی تأمین شود و همچنین علائم هشداردهنده شبانه از قبیل چراغ‌های احتیاط، تابلوهای شبرنگ و... در اطراف منطقه محصورشده نصب گردد، به‌طوری‌که کلیه عابران و رانندگان وسایل نقلیه از فاصله کافی و به‌موقع متوجه خطر گردند.

ماده ۲۴۶: قبل از قراردادن ماشین‌آلات و وسایل مکانیکی از قبیل جرثقیل، بیل مکانیکی، کامیون و... و یا انباشتن خاک‌های حاصل از گودبرداری و حفاری و مصالح ساختمانی در نزدیکی لبه‌های گود، باید شمع، سپر و مهارهای لازم جهت افزایش مقاومت در مقابل بارهای اضافی در دیواره گود نصب گردد.

ماده ۲۴۷: درصورتیکه از وسایل بالابر برای حمل خاک و مواد حاصل از گودبرداری و حفاری استفاده شود، باید پایه‌های این وسایل به‌طور محکم و مطمئن نصب گردیده و خاک و مواد مذکور نیز باید با محفظه‌های ایمن و مطمئن بالا آورده شوند.

ماده ۲۴۸: هرگاه دیواری جهت حفاظت یکی از دیواره‌های گودبرداری مورد استفاده قرار گیرد، باید به وسیله مهارهای لازم پایداری آن تأمین شود.

ماده ۲۵۰: چنانچه وضعیت گود یا شیار به نحوی است که روشنایی کافی با نور طبیعی تأمین نمی‌شود، باید جهت جلوگیری از حوادث ناشی از فقدان روشنایی، از منابع نور مصنوعی استفاده شود.

ماده ۲۵۲: در مواردی که حفاری در زیر پیاده‌روها ضروری باشد، باید جهت پیشگیری از خطر ریزش، اقدامات احتیاطی از قبیل نصب مهارهای مناسب با استقامت کافی انجام و با نصب موانع، نرده‌ها و علائم هشداردهنده، منطقه خطر به‌طور کلی محصور و از عبور و مرور افراد جلوگیری به عمل آید.

ماده ۲۵۳: در گودها و شیارهایی که عمق آنها از یک متر بیشتر باشد، نباید کارگران را به تنهایی به کار گمارد.

ماده ۲۵۴: درحفاری با بیل و کلنگ باید کارگران به فاصله کافی از یکدیگر به کار گمارده شوند.

ماده ۲۵۵: در شیارهای عمیق و طولانی که عمق آنها بیش از یک متر باشد، باید به ازای حداکثر هر سی متر طول، یک نردبان کار گذارده شود. لبه بالایی نردبان باید تا حدود یک متر بالاتر از لبه شیار ادامه داشته باشد.

ماده ۲۵۶: برای رفت‌وآمد کارگران به محل گودبرداری باید راه‌های ورودی و خروجی مناسب و ایمن در نظر گرفته شود. در محل گودهایی که عمق آن بیش از ۶ متر باشد، باید برای هر شش متر یک سکو یا پاگرد برای نردبان‌ها، پله‌ها و راه‌های شیب‌دار پیش‌بینی گردد. این سکو یا پاگردها و همچنین راه‌های شیب‌دار و پلکان‌ها باید به وسیله نرده‌های مناسب محافظت شوند.

ماده ۲۵۷: عرض معابر و راه‌های شیب‌دار ویژه وسایل نقلیه نباید کمتر از چهار متر باشد و در طرفین آن باید موانع محکم و مناسبی نصب گردد. در صورتیکه این حفاظ از چوب ساخته شود قطر آن نباید از بیست سانتی‌متر کمتر باشد.

ماده ۲۵۸: در محل گودبرداری باید یک نفر نگهبان مسئول نظارت بر ورود و خروج کامیون‌ها و ماشین‌آلات باشد و نیز برای آگاهی کارگران و سایر افراد علائم هشداردهنده در معبر ورود و خروج کامیون‌ها و ماشین‌آلات مذکور نصب گردد.

ماده ۲۵۹: راه‌های شیب‌دار و معابری که در زمین‌های سخت (بدون استفاده از تخته چوبی) ساخته می‌شود باید بدون پستی و بلندی و ناهمواری باشد.

ماده ۲۶۰: افرادی که در عملیات گودبرداری و حفاری به‌کار گرفته میشوند باید دارای تجربه کافی بوده و همچنین افراد ذی‌صلاح بر کار آنان نظارت نمایند.