فصلنامه دانش پیشگیری و مدیریت بحران/ دورهٔ هشتم، شمارهٔ چهارم، زمستان ۱۳۹۷
Disaster Prevention and Management Knowledge (DPMK) Quarterly, Vol. 8, No.4, Serial 30 (Winter 2019)

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۳/۱۶
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۴/۲۰

ارزیابی، اولویت بندی و مدیریت ریسک در پروژه‌های گودبرداری

بهنود برمایه ور[1] و محمد عبادتی[2]

۱. استادیار و عضو هیئت علمی دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه هنر، تهران، ایران b.barmayehvar@art.ac.ir

۲. دانشجوی دکتری گروه مهندسی عمران و عضو باشگاه پژوهشگران جوان و نخبگان دانشگاه آزاد اسلامی واحد رودهن، ایران mohamad.ebadati70@gmail.com

چکیده

زمینه و هدف: پروژه‌های گودبرداری با توجه به اهمیت و پیچیدگی‌های اجرایی و نبود ساختارهای قانونی مناسب برای کنترل این گونه پروژه‌ها تبعات اقتصادی، اجتماعی و محیط زیستی فراوانی را با خود به همراه دارد. عدم اجرای صحیح در این گونه پروژه‌ها موجب شده است سالانه خسارت‌های فراوان جانی و مالی ناشی از فروریزش گودها بوجود بیاد. با بررسی حوادث ساختمانی رخ‌داده در طی دهه گذشته، مرحله گودبرداری بیشترین خسارت را به پروژه تحمیل کرده است. همین امر موجب شده تا بررسی ریسک‌های ایمنی، فنی و اجرایی این پروژه‌ها بسیار مهم و حیاتی باشد.

روش: در این پژوهش سعی شده است با مروری بر روش‌های مورد استفاده در گودبرداری و با شناسایی و بررسی مناسب خطرهای موجود و استفاده از نظرات خبرگان به تجزیه و تحلیل ریسک‌ها پرداخته و با استفاده از روش تصمیم‌گیری چند معیاره به بهینه کردن و الویت بخشی ریسک‌ها پرداخته شود.

یافته ها: عمده‌ترین ریسک‌های موجود در پروژه‌های گودبرداری مربوط به وضعیت خاک، بارهای دینامیکی در مجاورت گود و ایستایی ذاتی همجواری‌ها است. مطالعات متعددی نشان می‌دهد که بی‌توجهی به وضعیت خاک و شرایط محیطی اطراف تاثیر بسزایی در بروز حوادث و کاهش ایمنی در پروژه‌های گودبرداری دارند که منجر به خسارات مالی و جانی زیادی می‌گردد.

نتیجه گیری: با توجه به ریسک‌های مورد بررسی که هر یک به نحوی باعث تحمیل هزینه هایی ناخواسته به متولیان پروژه‌ها می‌شود، برای تمامی ریسک‌های مختلف وزن‌هایی بدست آمده است که بزرگی هر وزن و یا سنگینی آن نشان دهنده اهمیت بالای آن می‌باشد. هرچقدر ارقام مربوط به وزن هر ریسک بزرگتر باشد تبعات ناشی از آن حادثه بیشتر و هزینه‌های بالاتری را به متولیان پروژه تحمیل می‌کند. بنابراین می‌توان اولویت‌بندی مناسبی برای تخصیص بودجه در جهت ایمنی پروژه‌ها با توجه به هزینه‌بر بودن آن‌ها اعمال کرد.

واژه‌های کلیدی: ارزیابی ریسک، مدیریت ریسک، گودبرداری

◀ **استناد فارسی (شیوه APA، ویرایش ششم ۲۰۱۰):** برمایه‌پور، بهنود؛ عبادتی، محمد (زمستان، ۱۳۹۷)، ارزیابی، اولویت بندی و مدیریت ریسک در پروژه‌های گودبرداری. *فصلنامه دانش پیشگیری و مدیریت بحران، ۸* (۴)، ۳۶۵-۳۷۲.

Evaluation, prioritization and risk management in Excavation projects

Behnoud Barmayeh[1] & Mohammad Ebadati[2]

1. Assistant Professor and Faculty member, Faculty of Architecture and Urban Planning, Honar University, Tehran, Iran. b.barmayehvar@art.ac.ir
2. Department of Civil Engineering, Rodehen Branch of Islamic Azad University, Iran. mohamad.ebadati70@gmail.com

Abstract

Background and objective: Excavation projects have many economic, social and environmental consequences due to the importance and complexity of the operation and the lack of suitable legal structures for controlling such projects. The lack of proper implementation of such projects annually has resulted in many human and financial damages due to the collapse of the projects. By investigating the occurrence of constructional incidents over the past decade, the excavation phase has caused the most damages to the project. This has made it very important to consider the safety, technical, and operational risks of these projects.

Method: This study tries to optimize and prioritize the risk considering the applied methods in excavation and identifying and studying the risks and analyze them using experts' point of views and multi-criteria decision making method.

Findings: The main risks involved in excavation projects related to the soil condition, dynamic loads around the excavation and the inherent stability of the neighborhoods. Several studies have shown that neglecting condition of soil and surrounding environments have a significant impact on incidents and reduce safety in excavation projects, which leads to significant human and financial losses.

Results: Considering the involved risks that each of them may cause unwanted costs to project managers, there are different weights for all various risks which magnitude of each weight indicates its high importance. The higher the weight of each risk is the greater the consequences of the incident and the higher costs to the project managers. Therefore, an appropriate prioritization can be made for allocating budget for the safety of projects, taking into account their cost-effectiveness.

Keywords: Risk assessment, risk management, excavation

▶**Citation (APA 6th ed.):** Barmayeh B, Ebadati M. (2019, Winter). Evaluation, prioritization and risk management in Excavation projects. *Disaster Prevention and Management Knowledge Quarterly (DPMK), 8*(4), 365-372.

مقدمه

صنعت ساختمان سازی صنعتی اساسی و رو به رشد در کشور محسوب می‌شود که نقش مهمی در پیشرفت اقتصادی دارد و از آنجایی که این صنعت دارای پیچیدگی‌های زیادی می‌باشد همواره جزء مخاطره آمیزترین صنعت‌ها از نظر تلفات مربوط به کار، نرخ آسیب دیدگی و پرداخت غرامت به کارگران شناخته شده است. صدمات در این صنعت مجنر به فوت و یا آسیب دیدگی‌های جدی شده است که از علل آن می‌توان به تغییرات مستمر محیط کار، چرخش مکرر تیم کار که به نوبه خود تا حدودی باعث سلب مسئولیت می‌شود و همچنین شرایط کاری نامناسب و تعداد بالا نیروی غیر ماهر و موقت اشاره کرد. نیاز به یک روش ارزیابی ریسک برای کارشناسان ایمنی در این جایگاه بسیار احساس می‌شود. (روانشادنیا، ۱۳۹۳)

خطر در هر پروژه در دو سطح وجود دارد، هر پروژه شامل خطرات فردی است که می‌تواند بر دستیابی به اهداف پروژه تاثیر بگذارد و همچنین اهمیت دادن به خطرناک بودن خود پروژه که از ترکیبی از خطرات پروژه‌های فردی و سایر منابع ناایمن ایجاد می‌شود. فرآیندهای مدیریت ریسک پروژه هر دو سطح ریسک را در پروژه‌ها بیان می‌کنند. (استاندارد پی ام باک[1]، ۲۰۱۷)

مدیریت ریسک پروژه شامل فرایندهای برنامه ریزی مدیریت ریسک، شناسایی، تجزیه و تحلیل، پیاده‌سازی و نظارت بر ریسک در یک پروژه می‌باشد. اهداف مدیریت ریسک پروژه عبارتند از: افزایش احتمال و تاثیر خطرات مثبت و کاهش احتمال و تاثیر خطرات منفی برای بهینه سازی شانس موفقیت پروژه. (استاندارد پی ام باک. ۲۰۱۷)

پیشینه

(پوریا عبدالهی سوینی، ۱۳۹۵) در پژوهش خود اطلاعات مربوط به ۹۲ گودبرداری که دچار ریزش شده‌اند در بین سال‌های ۱۳۹۱-۱۳۹۵ را از سازمان‌های مربوطه جمع آوری کرده است. مهمترین این ریزش‌ها مربوط به ریزش ساختمان مجاور و ریزش دیوار خاکی گودبرداری می‌باشد و از میان روشهای مختلف، روش سازه نگهبان خرپایی با توجه به وضعیت کلی اجرا در تهران عملکرد مناسب‌تری برای پایدارسازی ساختمان مجاور گودبرداری دارا بود . پس از ارزیابی ریسک، تحلیل‌های آماری مختلفی روی داده‌ها صورت گرفته شد که دارای نتایج مختلفی بودند. از جمله نتایج تحلیل‌های آماری این بود که ۹۱ درصد پروژه‌هایی که دچار ریزش شده بودند، عمقی کمتر از دو طبقه زیرزمین داشته‌اند. بر اساس این آمار ۵۶ درصد حادثه‌های ریزش در حالتی رخ داده که سازه نگهبان وجود نداشته است. آمار قابل توجه دیگر این بود که در ۷۶ درصد پروژه‌ها (۴۲ مورد) دیواره‌های خاکی پایدارسازی نشده بودند که از این تعداد، ۲۸ مورد از دیواره‌های خاکی گودبرداری‌ها دچار ریزش شده بودند که نشان از اهمیت این دیواره‌های خاکی هر چند کم عمق باشند دارد.

دکتر علی فاخر در مطالعه خود انواع روشهای مرسوم پایداری گودبرداری‌ها را مورد مطالعه قرار داده است و به بررسی اثرات نامطلوب اقتصادی و جانی آن در بروز مسائل اجتماعی پرداخت. نتایج اصلی کارشان و همچنین تحلیل‌های عددی نشان می‌دهد بخشی از بار ساختمان همسایه از طریق تیرک مایل، به کف گود منتقل و مقدار نشست قایم زیر پی کم شده و تیرک مایل به دلیل ایجاد قید جانبی موجب کاهش تغییر مکان‌های افقی گود و دیوار ساختمان همسایه می‌شود. (فاخر، ۱۳۹۲)

(پن[2]، ۲۰۰۹) در مطالعه خود به ارزیابی ریسک پروژه‌های گودبرداری در منطقه کائوجونگ تایوان پرداخته است. وی با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی فازی به شناسایی و رتبه‌بندی ریسک‌های موجود در پروژه‌های گودبرداری پرداخت که از نتایج کار ایشان می‌توان به تاثیر (شرایط خاک، وضعیت آب زیر زمینی، عمق گودبرداری و وضعیت ساختمان‌های مجاور) اشاره کرد.

در مقاله‌ای توسط (چن کو[3] و شیطونگ لو[4]، ۲۰۱۳) با عنوان کاربرد روش تصمیم‌گیری چند معیاره فازی به منظور افزایش ارزیابی ریسک در پروژه‌های مترو و حفاری، به تجزیه و تحلیل ریسک‌های پروژه‌های حفاری پرداخته‌اند و با مطالعه بر حوادث گذشته به این نتیجه رسیده‌اند که ایجاد یک خط مشی مناسب برای تصمیم‌گیری‌های به موقع و استفاده از اصول استاندارد ایمنی باعث

1. Pmbok

2. Pan
3. Yao-Chen Kuo
4. Shih-Tong Lu

کنترل و پیشگیری ریسک‌ها می‌شود. علاوه بر آن سطح ریسک کلی پروژه ایجاد شده با عوامل شخصی و احتمال‌های دیگر بررسی می‌شود که این روش باعث بهبود اعتماد در پروژه خواهد شد و رویکرد پیشنهادی، قادر به اعمال در ریسک نهایی پروژه بوده و می‌تواند در شناسایی ریسک‌های مهم مفید واقع شود.

(گودرزی و دادو، ۱۳۹۳) در تحقیق خود هدف اصلی از ارزیابی روش بهینه گودبرداری و اجرای ایمن این پروژه‌ها را حفظ جان و مال انسان‌های داخل و خارج از گود و جلوگیری از بروز حوادث معرفی کرده اند و این امر مهم میسر نمی‌شود مگر اینکه همه افراد دست‌اندرکار پروژه‌های گودبرداری ساختمانی و سازمان‌های ذیربط به وظایف و مسئولیت‌های خود در این زمینه آگاه بوده و به آن عمل کنند. بنابراین ارزیابی ریسک‌های یک پروژه مانند ایمنی، هزینه، امکانات و ... و همچنین انتخاب روشی مناسب برای گودبرداری بسیار مهم می‌باشد. در این مقاله سعی شده است تا پس از مرور تحقیقات انجام یافته در زمینه گودبرداری و مباحث مربوط به ریسک در پروژه، متداول‌ترین روش‌های گودبرداری در کشور معرفی و سپس با انجام یک مطالعه موردی مناسب‌ترین روش از دیدگاه مدیریتی و کاهش ریسک ارائه شود. با توجه به نتایج حاصل به این نتیجه رسیدند که روش گودبرداری شمع کوبی از نظر فنی و مدیریتی مناسب‌تر می‌باشد.

هدف

هدف از انجام این تحقیق شناسایی و ارزیابی ریسک‌های موجود در پروژه‌های گودبرداری و رتبه‌بندی آن‌ها با توجه به عمق حفاری و نیز ارائه راهکارهایی برای تامین ایمنی می‌باشد.

روش

در این پژوهش ابتدا با مطالعه کتابخانه‌ای و آیین نامه‌های مربوطه (مقررات ملی ساختمان، دستورالعمل‌های حفاظتی و ایمنی، آیین نامه‌های نظارتی و ...) و نیز با مرور بر روش‌های مورد استفاده در گودبرداری اقدام به شناسایی و بررسی مناسب خطرهای موجود و سپس با بکارگیری از نظرات خبرگان در این حوزه به وسیله پرسشنامه به تجزیه و تحلیل ریسک‌ها پرداخته شده است؛ و با استفاده از روش تصمیم‌گیری چند معیاره به بهینه‌کردن و الویت بخشی ریسک‌ها اقدام می‌گردد.

روش‌های مرسوم مورد استفاده در گودبرداری

روش مهار متقابل: در این روش ابتدا در دو طرف گود، در فواصلی معین از یکدیگر چاهک‌هایی حفر می‌شود. چاهک‌های دو طرف باید دو به دو روبروی هم قرار گیرند. قسمت انتهایی چاهک را قفس آرماتور گذاشته و پروفیل قرار داده می‌شود و بتن‌ریزی صورت می‌گیرد تا انتهای تیر گیردار شود. با اجرای عملیات خاکبرداری تیرهای افقی نصب می‌شود. در مواردی که فاصله دیواره‌های روبرو زیاد باشد از تیرهای خرپایی هم استفاده می‌شود. از مزایای آن می‌توان به سرعت اجرای بالا و هزینه کمتر و از معایب آن استفاده برای گودبرداری‌هایی با عرض‌های کم و حداکثر تا ۱۰ متر نام برد. (محمد حسین اجرایی، ۱۳۹۲)

روش شمع کوبی: یکی از روش‌های متداول در پایداری و حفاظت جداره‌ها با شرایط متنوع اعم از زمین سخت، سست و نرم استفاده از شمع‌های درجاریز می‌باشد. در برخی موارد علاوه بر ایفای نقش حفاظت جانبی، نقش آب‌بندی را نیز انجام می‌دهد و همواره در صورت نیاز بار قائم را نیز تحمل می‌کند. در این روش در پیرامون زمینی که قرار است گودبرداری شود، شمع‌های بتنی در جا در فواصل معینی نسبت به یکدیگر اجرا می‌شود. این شمع‌ها فشار جانبی خاک را به صورت تیر یکسر گیردار تحمل می‌کنند. طول گیرداری لازم برای شمع‌ها را می‌توان ۰٫۳ H در نظر گرفت (H ارتفاع گودبرداری است). از مزیت‌های این روش می‌توان به سرعت بالای عملیات اجرایی، پایین بودن هزینه عملیات در پروژه‌های بزرگ و دست و پا گیر نبودن اشاره کرد. از معایب آن، در صورتی که ارتفاع گودبرداری زیاد باشد فواصل شمع‌ها کوچک شده قطر لازم برای شمع‌ها زیاد خواهد بود. با توجه به مطالعات اولیه انجام گرفته، از این روش می‌توان برای گودبرداری تا ۵ متر به خوبی بهره گرفت. (محمد حسین اجرایی، ۱۳۹۲)

روش سازه‌های خرپایی: از خرپا، مواقعی که عمق خاکبرداری کم باشد و عمدتاً در صورت استفاده از پی‌های منفرد برای سازه اصلی استفاده می‌گردد. در شرایطی که عمق خاکبرداری زیاد باشد ابعاد خرپا بزرگ می‌گردد و علاوه بر وزن سنگین و غیر اقتصادی بودن، حجم زیادی از فضای داخل گود را اشغال و روند عملیات اجرایی را در کف گود کند می‌کند. هزینه اجرای سیستم خرپا بستگی به

عمق و طول دیواره‌های گود دارد که در گودبرداری‌های عمیق استفاده از سیستم خرپا از نظر فنی و اقتصادی قابل توجیه نمی باشد. از مزایای آن قابل استفاده بودن در بیشتر مناطق شهری و عدم نیاز به تخصص و تجهیزات خاص و نیز از نظر اجرا در شرایط مختلف انعطاف‌پذیری مناسبی دارد. معایب آن سرعت اجرا پایین‌تر نسبت به سایر روش‌ها و همچنین فضای قابل توجهی از کارگاه را به خود اختصاص می‌دهد. (محمد حسین اجرایی، ۱۳۹۲)

روش سپر کوبی: یکی از روش‌های گودبرداری جداکردن ناحیه گودبرداری از محیط اطراف با کوبش سپر می‌باشد. از این روش در حفاظت از ساحل در مقابل فرسایش و دیگر کارهای آبی نیز استفاده می‌شود. در سپرکوبی ابتدا سپر تا عمق معلوم کوبیده و سپس خاک جلوی آن برداشته می‌شود. سپرها المان‌های انعطاف‌پذیری هستند و می‌توانند چوبی، بتنی و یا فلزی باشند. هنگامی که ارتفاع دیوار از مقدار حدود ۳ تا ۴ متر بالاتر باشد، برای تامین نیروی مقاوم نیاز به اجرای سپرکوبی با استفاده از میل مهار می‌باشد. (محمد حسین اجرایی، ۱۳۹۲)

روش دیواره دیافراگمی: در این روش به کمک دستگاه‌های حفاری ویژه ای مانند هیدروفرز ابتدا زمین در امتداد دیواره نگهبان حفاری می‌شود و در شرایط خاک‌های ریزشی بطور همزمان برای جلوگیری از ریزش خاک، درون آن با گل بنتونیت پر می‌شود. بعد از پایان خاکبرداری قفسه آرماتور داخل شیار قرار داده شده و درون آن با بتن پر می‌شود. دیواره حاصل باربر بوده و می‌توان از آن به عنوان سیستم حفاظت از دیواره موقت و یا بخشی از سیستم حفاظت دائمی استفاده کرد. از کاربردهای این سیستم می‌توان به سیستم حفاظت از دیواره‌های گودهای عمیق و تونل، المان‌های پرمقاومت عمودی فونداسیون و دیواره‌های با قابلیت کنترل جریانات آب اشاره نمود. مزایای آن کنترل آب و تراوش در گودهای عمیق و همچنین دیوار دیافراگمی به عنوان سازه نگهبان گود رفتار می‌کند و هم در حین بهره برداری از آن به عنوان دیوار حائل استفاده می‌شود. از معایب آن هزینه بالا ، نیاز به فضای کاری زیاد برای دستگاه‌ها و نیاز به استفاده از ماشین آلات خاص و نیروهای با تخصص بالا اشاره کرد. (محمد حسین اجرایی، ۱۳۹۲)

روش شیب پایدار: مواقعی که در اطراف پروژه فضای کافی وجود داشته باشد، می‌توان گودبرداری را با شیب پایدار خاک و یا به همراه برم هایی انجام داد و از صرف هزینه‌های اجرای طرح حفاظت جلوگیری نمود. پس از اجرای سازه نیز، محدوده خاکبرداری شده تا حریم سازه با خاک مناسب و با تراکم مورد نیاز به صورت مسلح شده و یا غیر مسلح پر خواهد شد. استفاده از گودبرداری با شیب پایدار اگرچه به پرسنل مجرب و ماشین آلات خاص جهت اجرا نیازی ندارد، اما موجب افزایش تغییر شکل‌های جانبی در سطح می‌گردد. از طرفی اجرای این روش نیازمند فراهم بودن فضای زیادی است و به همین دلیل معمولاً در محیط شهری امکان استفاده از آن وجود ندارد. (محمد حسین اجرایی، ۱۳۹۲)

روش نیلینگ: در این روش، پس از خاکبرداری تا عمق پایدار، یک رویه بتن مسلح به صورت درجاریز و یا بتن پاشی اجرا می‌شود. مرحله بعد حفاری چال‌ها و کارگذاشتن میل‌گردها در محل‌های از پیش تعیین شده و پر کردن فضای چال با دوغاب می‌باشد. میل‌گردها در این روش به عنوان عوامل مسلح کننده برای مقابله با تغییر شکل‌های خاک بکار می‌روند. به این صورت همزمان با تغییر شکل خاک، سیستم نیلینگ بکار رفته سبب پخش نیرو در خاک شده و با تحمل نیروی کششی، سبب ایجاد حالت مقاوم می‌شود. دیواره‌های نیلینگ شده با استفاده از فشار محرک خاک، وارد عمل می‌شوند. به این ترتیب نیاز به تغییر مکان جانبی برای بسیج شدن نیروی محرک را دارند. از مزیت‌های آن قابل استفاده بودن در اکثر خاک ها، قابل استفاده در مناطق شهری و عدم ایجاد اختلال در ترافیک محل گودبرداری نام برد. معایب آن نیز، در مواردی که سازه‌های اطراف نسبت به تغییرشکل حساس هستند حتماً باید با سیستم هایی مانند انکراژ ترکیب شود. (محمد حسین اجرایی، ۱۳۹۲)

روش انکراژ: مکانیزم کلی سیستم انکراژ مشابه سیستم نیلینگ می‌باشد. مشخصه ویژه این روش پس تنیدگی المان‌های آن می‌باشد که باعث می‌شود که جهت بسیج نیروها در المان مسلح کننده نیاز به تغییر شکل خاک نباشد. این سیستم همچون سیستم نیلینگ شامل یک مسلح کننده و تزریق در اطراف آن می‌باشد که بخش ابتدایی (طول آزاد) آن بدون تزریق می‌ماند و نیروی پس تنیدگی در طول تزریق شده انتهایی (طول باند) تامین می‌شود. در مقایسه با سیستم نیلینگ این سیستم نیازمند هزینه و زمان اجرای بیشتری می‌باشد. مزایای آن علاوه بر مزایای نیلینگ به کنترل مناسب در تغییر شکل‌ها نیز می‌توان اشاره کرد. از معایب این سیستم، در خاک‌های سست

ممکن است قابل اجرا نباشد. (محمد حسین اجرایی، ۱۳۹۲)

مروری بر عوامل تاثیر گذار در گودبرداری ها

عوامل موثر بر تغییر شکل زیاد در گودبرداری‌ها با توجه به اهمیت آن ها:

- طره بودن اولیه، انعطاف دیوار، خزش مهاری، خرابی سازه، هجوم آب، شمع کوبی و ناشناخته. (حسن بازیار، ۱۳۹۲)

عوامل موثر بر تغییر شکل خاک در گودبرداری:

- تغییرات تنش در توده خاک (تغییرات فشار منفذی در طول زمان)،
- ابعاد گودبرداری،
- خصوصیات ژئوتکنیکی خاک (مقاومت فشاری، مدول الاستیسیته ...)،
- تنش‌های افقی اولیه در خاک (رس‌های پیش تحکیمی)،
- شرایط آب زیر زمینی و تغییرات آن (پائین آوردن سطح آب، حرکت آب به داخل گود ...)،
- سختی دیوارها و حایل‌ها (مهاری، عنصرهای فشاری ...)،
- پیش تنیدگی در مهاری و عناصر فشاری روش اجرا (در نصب دیوارها، روش حفاری مهاری ...)،
- مهارت نیروی اجرایی. (حسن بازیار، ۱۳۹۲)

تاثیر دائمی و موقتی بودن گودها:

یکی از جنبه‌های مهم طراحی گودبرداری‌ها، دائمی یا موقتی بودن آن‌هاست. در گودبرداری‌ها، گاه هدف فقط رسیدن به کف گود و اجرای پی است که در این صورت طراحی با ضریب اطمینان پائین‌تر و عدم نیاز به جلوگیری از خوردگی انجام می‌گیرد. لیکن در گودبرداری‌ها و حفاظت شیب‌های دائمی اطمینان از احراز ضریب اطمینان کافی (در هر دو حالت بارگزاری استاتیکی و دینامیکی) ضروری است و همچنین اجرای تمهیدات ویژه برای دوام و جلوگیری از خوردگی المان‌های بکار رفته اجتناب‌ناپذیر است. در تمام این زمینه‌ها هماهنگی مهندس ژئوتکنیک و مهندس سازه برای طراحی صحیح و بهینه الزامی است (حسن بازیار، ۱۳۹۲).

عوامل موثر بر ارزیابی ریسک در عملیات گودبرداری (ریسک‌های مورد بررسی در این تحقیق)

- وضعیت خاک،
- ایستایی ذاتی همجواری‌ها،
- بارهای دینامیکی در مجاورت گود (بزرگراه، مترو ...)،
- سطح عمق گودبرداری (اختلاف سطح نسبت به پی همسایگان)،
- نوع و نحوه اجرای سازه نگهبان،
- تناسب روش اجرا گودبرداری و پایدارسازی با وضعیت پروژه
- شرایط آب زیر سطحی و تغییرات آن. (راهنمای عمومی مهندسین ناظر ، ۱۳۹۳)

ارزیابی ریسک ایمنی در روش پایدارسازی گودها

وجود انواع مختلفی از ریسک‌های ایمنی همزمان در یک پروژه عمرانی و تجزیه و تحلیل چگونگی ریسک‌های مختلف در روش‌های گودبرداری منجر به پدید آمدن زمینه ای مناسب در رویکرد ایمنی پروژه‌ها شده است. براین اساس در این مقاله با هدف مدیریت ایمنی در کارگاه‌های گودبرداری، پس از شناسایی ریسک‌های موجود در پروژه‌ها و اهمیت سنجی آنها، در نهایت به اقدامات ایمنی لازم پرداخته شده است. ارزیابی و تحلیل ریسک با استفاده از تکنیک فرآیند تحلیل سلسله مراتبی انجام شده است.

تعیین ضریب اهمیت معیارها و زیرمعیارها

برای تعیین ضریب اهمیت (وزن) معیارها و زیرمعیارها، دو به دو آنها را با هم مقایسه می‌کنیم. به عنوان مثال، معیار « نحوه اجرا سازه نگهبان » دارای اهمیت بیشتری است یا « وضعیت همجواری‌ها »؟ مبنای قضاوت در این امر مقایسه ای، جدول ۹ کمیتی زیر (جدول ۱) است که بر اساس آن و با توجه به هدف بررسی، شدت برتری معیار i نسبت به معیار aij ، j، تعیین می‌شود. تمامی معیارها دو به دو باهم مقایسه می‌شوند.

جدول ۱. مقیاس ۹ کمیتی ساعتی برای مقایسه دو دویی معیارها

امتیاز	تعریف	توضیح
۱	اهمیت مساوی	در تحقق هدف، دو معیار اهمیت مساوی دارند.
۳	اهمیت اندکی بیشتر	تجربه نشان می دهد که برای تحقق هدف، اهمیت i بیشتر از j است.
۵	اهمیت بیشتر	تجربه نشان می دهد که اهمیت i خیلی بیشتر از j است.
۷	اهمیت خیلی بیشتر	تجربه نشان می دهد که اهمیت i خیلی بیشتر از j است.
۹	اهمیت مطلق	اهمیت خیلی بیشتر i نسبت به j به طور قطعی به اثبات رسیده است.
۲، ۴، ۶، ۸	مقادیر بینابین	هنگامی که حالت‌های میانه وجود دارد.

جدول ۲. مقایسات دودوئی انجام شده برای معیارها با توجه به عمق گودبرداری

عمق	معیار	تناسب روش اجرای گودبرداری و پایدارسازی با وضعیت پروژه	بارهای دینامیکی در مجاورت گود (بزرگراه،مترو...)	ایستایی ذاتی همجواری ها	عمق گودبرداری (اختلاف سطح نسبت به پی همسایگان)	نحوه اجرا سازه نگهبان	وضعیت خاک	شرایط آب زیر سطحی و تغییرات آن
۸ به بالا	شرایط آب زیر سطحی و تغییرات آن	۱/۳	۴	۱/۶	۱/۶	۱/۴	۱	۱
	وضعیت خاک	۱/۳	۴	۱/۶	۱/۶	۱/۴	۱	۱
	نحوه اجرا سازه نگهبان	۳	۶	۱/۴	۱/۴	۱	۴	۴
	عمق گودبرداری(اختلاف سطح نسبت به پی همسایگان)	۵	۸	۱	۱	۴	۶	۶
	ایستایی ذاتی همجواری ها	۵	۸	۱	۱	۴	۶	۶
	بارهای دینامیکی در مجاورت گود (بزرگراه، مترو ...)	۱/۵	۱	۱/۸	۱/۸	۱/۶	۱/۳	۱/۴
	تناسب روش اجرا گودبرداری و پایدارسازی با وضعیت پروژه	۱	۴	۱/۵	۱/۵	۱/۳	۳	۳
۴,۲ تا ۸ متر	شرایط آب زیر سطحی و تغییرات آن	۱	۶	۱/۴	۱/۴	۳	۵	۱
	وضعیت خاک	۱/۵	۳	۱/۳	۱/۳	۱/۴	۱	۱/۵
	نحوه اجرا سازه نگهبان	۱/۳	۵	۳	۳	۱	۴	۱/۳
	عمق گودبرداری(اختلاف سطح نسبت به پی همسایگان)	۱/۴	۴	۱	۱	۱/۳	۳	۱/۴
	ایستایی ذاتی همجواری ها	۱/۴	۴	۱	۱	۱/۳	۳	۱/۴
	بارهای دینامیکی در مجاورت گود (بزرگراه، مترو ...)	۱/۶	۱	۱/۴	۱/۴	۱/۵	۱/۳	۱/۶
	تناسب روش اجرا گودبرداری و پایدارسازی با وضعیت پروژه	۱	۶	۳	۴	۳	۵	۱
۱,۲ تا ۴,۲ متر	شرایط آب زیر سطحی و تغییرات آن	۱/۴	۱	۳	۱/۲	۱/۳	۵	۱
	وضعیت خاک	۱/۸	۱/۶	۱/۳	۱/۶	۱/۷	۱	۱/۵
	نحوه اجرا سازه نگهبان	۱/۳	۳	۵	۱	۱	۷	۳
	عمق گودبرداری(اختلاف سطح نسبت به پی همسایگان)	۱/۴	۳	۴	۱	۱	۶	۲
	ایستایی ذاتی همجواری ها	۱/۶	۱	۱	۱/۴	۱/۵	۳	۱/۳
	بارهای دینامیکی در مجاورت گود (بزرگراه، مترو ...)	۱/۶	۱	۱	۱/۴	۱/۵	۳	۱/۳
	تناسب روش اجرا گودبرداری و پایدارسازی با وضعیت پروژه	۱	۵	۶	۳	۵	۸	۴
عمق تا ۱,۲ متر	شرایط آب زیر سطحی و تغییرات آن	۱/۴	۳	۳	۱/۲	۱/۶	۵	۱
	وضعیت خاک	۱/۸	۱/۵	۱/۳	۱/۶	۱/۹	۱	۱/۵
	نحوه اجرا سازه نگهبان	۳	۷	۸	۵	۱	۹	۶
	عمق گودبرداری(اختلاف سطح نسبت به پی همسایگان)	۱/۳	۴	۴	۱	۱/۵	۶	۲
	ایستایی ذاتی همجواری ها	۱/۷	۱/۳	۱	۱/۵	۱/۸	۳	۱/۴
	بارهای دینامیکی در مجاورت گود (بزرگراه، مترو ...)	۱/۶	۱	۳	۱/۴	۱/۷	۵	۱/۳
	تناسب روش اجرا گودبرداری و پایدارسازی با وضعیت پروژه	۱	۶	۶	۳	۱/۳	۸	۴

مقایسه‌های دو به دو در یک ماتریس n × n ثبت می شوند و این ماتریس، (ماتریس مقایسه دودویی معیارها)، A = aij نامیده می‌شود. عناصر این ماتریس همگی مثبت بوده و با توجه به اصل (شروط معکوس) در فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (اگر اهمیت i نسبت به j برابر k باشد اهمیت عنصر دو مقدار عددی aij و aij/۱ را خواهیم داشت. در جدول شماره (۲) ماتریس مقایسه دودویی معیارها با استفاده از نظرات تعدادی از اساتید رشته مهندسی عمران در تعدادی از دانشگاه‌ها ارائه شده است، شرایط حاکم بر این پرسشنامه از قبیل (نوع خاک و مقدار تقریبی آب زیر سطحی) همانند شهر تهران فرض شده است.

جدول ۳. ترتیب اهمیت معیارها بر اساس وزن به دست آمده

معیار	وزن	عمق(متر)	رتبه
وضعیت خاک	۰,۲۷۵	تا ۱/۲	۱
وضعیت خاک	۰,۲۷۵	۱/۲ تا ۴/۲	
بارهای دینامیکی (بزرگراه، مترو...)	۰,۲۷۰	۴/۲ تا ۸	
بارهای دینامیکی (بزرگراه، مترو...)	۰,۲۷۷	۸ به بالا	
ایستایی ذاتی همجواری ها	۰,۲۲۰	تا ۱/۲	۲
ایستایی ذاتی همجواری ها بارهای دینامیکی (بزرگراه، مترو...)	۰,۲۲۴	۱/۲ تا ۴/۲	
وضعیت خاک	۰,۲۳۰	۴/۲ تا ۸	
وضعیت خاک شرایط آب زیر سطحی	۰,۲۱۵	۸ به بالا	
بارهای دینامیکی (بزرگراه، مترو...)	۰,۲۰۴	تا ۱/۲	۳
شرایط آب زیر سطحی	۰,۱۹۳	۱/۲ تا ۴/۲	
ایستایی ذاتی همجواری ها	۰,۱۹۷	۴/۲ تا ۸	
تناسب روش اجرا گودبرداری	۰,۱۸۰	۸ به بالا	

در این ماتریس مقدار عددی عنصر a۳۶ (ردیف ۳ و ستون ۶) که ۱/۳ می باشد، نشان می دهد که معیار «ایستایی ذاتی همجواری‌ها» درارتباط با هدف مورد مطالعه، در مقایسه با «وضعیت خاک» دارای اهمیت اندکی کمتر بوده و با توجه به شرط معکوس، بنابراین مقدار عددی عنصر a۶۳ برابر۳ خواهد بود. عناصر قطر این ماتریس با توجه به اهمیت برابر هر معیار نسبت به خود در دستیابی به هدف، برابر ۱ است. در ادامه به منظور محاسبه وزن هر یک از این معیارها، این ماتریس‌های زوجی در نرم افزار اکسپرت چویس[1] تشکیل شد. این نرم افزار جهت تحلیل مسائل تصمیم گیری چند معیاره با استفاده از تکنیک فرآیند تحلیل سلسله مراتبی طراحی شده و قابل اجرا بر روی کامپیوترهای شخصی می باشد. این نرم افزار دارای توانایی‌های زیادی بوده و علاوه بر امکان طراحی نمودار سلسله مراتبی تصمیم گیری و طراحی سوالات ترجیحات و اولویتها و محاسبه وزن نهایی، قابلیت تحلیل حساسیت تصمیم گیری نسبت به تغییرات در پارامترهای مساله را نیز داراست. این نرم افزار مورد حمایت پروفسور ساعتی بنیانگذار روش تحلیل سلسله مراتبی می باشد. وزن‌های هر یک از این معیارها در جدول شماره (۳) آمده است.

یافته ها

برای تعیین ضریب اهمیت (وزن) ریسک‌های موجود، دو به دو مقایسه شده‌اند، بزرگی هر وزن و یا سنگینی آن نشان دهنده اهمیت بالای آن می‌باشد. به عبارت دیگر هرچقدر ارقام مربوط به وزن ریسک، بزرگتر باشد تبعات ناشی از آن حادثه بیشتر است. با مقایسه انجام شده عمده‌ترین ریسک‌های موجود در پروژه‌های گودبرداری با توجه به عمق حفاری مربوط به وضعیت خاک، بارهای دینامیکی در مجاورت گود و ایستایی ذاتی همجواری‌ها می‌باشد. (یادآور می‌شود در این پژوهش ریسک هایی که از سهل انگاری فردی به وجود می‌آید از قبیل سقوط افراد در گود، سقوط اشیاء و ... صرف نظر شده است).

نتیجه گیری

با توجه به مقایسه انجام شده در عمق‌های پایین، وضعیت خاک بسیار مهم است و چون معمولاً در چنین عمق‌هایی از روش‌های پایدارسازی کمتر استفاده می‌شود از فرد مسئول همواره انتظار می‌رود که بتواند نوع خاک را تشخیص دهد و ساز و کار ایمنی متناسب با آن را انتخاب کند.

از دیگر پارامترهای مهم در این مقایسه بارهای دینامیکی در

1. Expert Choice

مجاورت گود است که با شناسایی و مکان‌یابی صحیح بارهای دینامیکی می‌توان از بروز حادثه‌هایی خطرناک جلوگیری کرد. مسیر عبور کلیه شریان‌های حیاتی از قبیل خط گاز، آب ، برق فشارقوی یا ضعیف، تلفن، فیبر نوری و اینترنت و نیز مسیر عبور آن در معابر مجاور گودبرداری، با استعلام از مراجع ذیربط، شناسایی و چنانچه از مجاور مرز گودبرداری عبور می‌کنند، احتیاط‌های ایمنی مضاعفی را پیش بینی کرد.

ایستایی ذاتی همجواری‌ها در ابتدای فرآیند گودبرداری باید مورد بررسی قرار گیرد بررسی همجواری‌ها از نقطه نظر: کاربری، قدمت بنا، تراز پی، نوع سیستم باربر، تعداد ساکنین، تعداد طبقات، امکان یا عدم امکان تخلیه سریع در هنگام بروز حادثه، فاصله نزدیکترین مراکز درمانی و آتش نشانی از محل و کنترل ایستایی ذاتی آنها باید مورد توجه قرار گیرد.

با توجه به ریسک‌های عنوان شده که هر یک به نحوی باعث تحمیل هزینه‌هایی ناخواسته به متولیان پروژه‌ها می‌گردد، می‌توان با توجه به اهمیت ریسک‌ها، اولویت‌بندی مناسبی برای تخصیص بودجه در جهت ایمنی پروژه‌ها با توجه به هزینه‌بر بودن آن‌ها اعمال کرد. برای اقدامات ایمنی، بهترین روش شناسایی به موقع ریسک‌ها با حضور پیمانکار یا مسئول فنی خاک‌برداری و مسئول اجرایی سازه نگهبان و در نظر گرفتن شرایط کامل ایمنی جهت جلوگیری از هرگونه حادثه‌ای که منجر به خسارت‌هایی که در بعضی مواقع غیر قابل جبران است، می‌باشد.

منابع

۱. مرجع مدیریت ایمنی در پروژه‌های عمرانی، دکتر مهدی روانشادنیا، انتشارات سیمای دانش، چاپ دوم، صفحه ۱۹-۲۱، ۱۳۹۳.

۲. عبدالهی سوینی، پوریا. آسیب شناسی وقوع ریزش گودبرداریهای شهری در تهران و مدیریت ریسک، پایانامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تهران، دانشکده مهندسی عمران. ۱۳۹۵.

۳. فاخر، علی. بررسی عملکرد تیرک مایل با استفاده از ابزاربندی گود در مجاور ساختمان همسایه، مجله عمران مدرس، دوره سیزدهم، پاییز ۱۳۹۲. بازیابی از:
http://iem.modares.ac.ir/article-16-6098-fa.pdf

۴. گودرزی, محمدرضا و ایمان دادو، ارزیابی فنی و اجرایی ریسک در پروژه‌های گودبرداری با مقایسه روشهای مرسوم، اولین کنفرانس ملی مکانیک خاک و مهندسی پی، تهران، دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی۱۳۹۳. بازیابی از:
https://www.civilica.com/Paper-SMFE01-SMFE01_535.html

۵. اصول گودبرداری و ایمنی گود، محمد حسین اجرایی، بازرس کار اداره تعاون ،کار و رفاه اجتماعی شهرستان شیراز، صفحه ۱۴-۳۰ ، شهریور۱۳۹۲.

۶. بازیار، حسن. سلسله همایش‌های ایمنی در کارگاه‌های ساختمانی، رویکرد ایمنی در گودبرداری، مرکز همایش‌های بین‌المللی دانشگاه شهید بهشتی تهران، ۱۳۹۲. بازیابی از:
http://safesite.ir/fa/wp-content/uploads/4.-Dr.-Bazyar.pdf

۷. راهنمای عمومی مهندسین ناظر "آشنایی با گام‌های عملیاتی در نظارت موثر پروژه ها" معاونت خدمات مهندسی سازمان نظام مهندسی استان تهران، صفحه ۵-۶ ،آذر ماه ۱۳۹۳. بازیابی از:
http://82.99.242.34/Portal/file/?267500/nazeran960216-1.pdf

۸. شریه شماره ۵۵ "مشخصات فنی عمومی کارهای ساختمانی، فصل بیست و ششم « دستورالعملهای حفاظتی و ایمنی کارگاههای ساختمان" ، صفحه ۷۸۸-۷۸۹ ، ۱۳۸۸.

9. PMBOK, 6th Edition, pp 263-266, 2017.

10. N.F. Pan" Selecting an appropriate excavation construction method based on qualitative assessments" journal of Expert Systems with Applications, Volume 36 Issue 3, Pages 5481-5490, April, 2009. http://dx.doi.org/10.1016/j.eswa.2008.06.097

11. Yao-Chen Kuo, Shih-Tong Lu" Using fuzzy multiple criteria decision making approach to enhance risk assessment for metropolitan construction projects"Volume 31, Issue 4, May 20, 2013. DOI: 10.1016/j.ijproman.2012.10.003