Journal of Structural and Construction Engineering, 10(9), 2023, pp. 73-92

Journal of Structural and Construction Engineering

www.jsce.ir

Design of guard structure system for urban Ditches value engineering approach

Javad Vafi Shahri [1], Towhid Pourrostam[2]*,Soheil Ghareh[3], Ali Mazroei[4]

1- PhD Student in Civil Engineering, dept. Civil Engineering, Faculty of Civil Engineering and Land Resources, Central Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran
2- Assistant Professor, dept. Civil Engineering, Faculty of Civil Engineering and Land Resources, Central Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran
3- Associate Professor, dept. Faculty of Engineering, Payame Noor University, Tehran, Iran
4- Assistant Professor, dept. Civil Engineering, Faculty of Civil Engineering and Land Resources, Central Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran

ABSTRACT

Today, the use of pits in construction projects is increasing due to the maximum use of land and also the high price of land. The use of methods to maintain stability, security, time and cost has always been a concern of employers and those involved in excavation projects. Value engineering is a way to achieve the optimal state in carrying out construction projects, which is effective in reducing project time by eliminating additional costs as well as ineffective activities without affecting the process and operation of the project. Due to the importance of two issues in this research, an attempt has been made to investigate the factors affecting excavation projects by adopting a value engineering approach. In this research, the staticity of the pits based on truss, concrete pile, nailing and anchor methods as well as the use of soil rupture wedge as an innovative method for stabilizing shallow, semi-deep and deep pits have been investigated. The results are evaluated in terms of cost, time, pit security and occupied space and are evaluated and weighted using Analytic Hierarchy Process (AHP). The results show that the use of wedge rupture method in shallow excavations can be a good option in terms of value engineering. Also, using concrete pile method for semi-deep pits and using anchorage method for deep pits according to the results are considered suitable options.

ARTICLE INFO

Receive Date: 16 October 2022
Revise Date: 04 March 2023
Accept Date: 09 March 2023

Keywords:
Engineering value
Ditches depth
Stabilization
Time
cost
AHP

All rights reserved to Iranian Society of Structural Engineering.

doi: https://doi.org/10.22065/jsce.2023.346273.2888

*Corresponding author: Towhid Pourrostam.
Email address: t.pourrostam@iauctb.ac.ir

نشریه مهندسی سازه و ساخت
(علمی - پژوهشی)
www.jsce.ir

طراحی سیستم سازه نگهبان برای گودهای شهری با رویکرد مهندسی ارزش

جواد وافی شهری [۱]، توحید پوررستم [۲*]، سهیل قره [۳]، علی مزروعی [۴]

۱- دانشجوی دکتری عمران- مدیریت ساخت، گروه عمران، دانشکده مهندسی عمران و منابع زمین، واحد تهران مرکزی، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

۲- استادیار، گروه عمران، دانشکده مهندسی عمران و منابع زمین، واحد تهران مرکزی، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

۳- دانشیار، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران

۴- استادیار، گروه عمران، دانشکده مهندسی عمران و منابع زمین، واحد تهران مرکزی، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

چکیده

امروزه استفاده از گود در پروژه‌های عمرانی به علت استفاده حداکثری از زمین و همچنین قیمت بالای زمین رو به افزایش است. استفاده از روش‌هایی برای حفظ ایستایی، امنیت، زمان و هزینه همیشه مورد دغدغه کارفرمایان و دست اندرکان در پروژه‌های گودبرداری بوده است. مهندسی ارزش راهی جهت رسیدن به بهینه ترین حالت در انجام پروژه‌های عمرانی می‌باشد که با حذف هزینه‌های اضافی و همچنین فعالیت‌های غیر موثر بدون آنکه در روند و کارکرد پروژه تاثیر بگذارد در کاهش زمان پروژه موثر می‌باشد. با توجه به اهمیت دو موضوع در این پژوهش سعی شده است به بررسی عوامل موثر در انجام پروژه‌های گودبرداری با اتخاذ رویکرد مهندسی ارزش پرداخته‌شود. در این تحقیق ایستایی گودها بر اساس روش‌های خرپا، شمع بتنی، نیلینگ و انکر و همچنین استفاده از گوه گسیختگی خاک به عنوان روشی نوآورانه برای پایدارسازی گودهای کم عمق، نیمه عمیق و عمیق مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج بدست آمده به لحاظ هزینه، زمان، امنیت گود و فضای اشغال شده بررسی و با استفاده از تحلیل سلسله مراتبی (AHP) مورد ارزیابی و وزن دهی قرار می‌گیرند. نتایج نشان می‌دهد استفاده از روش گوه گسیختگی در گودهای کم عمق می تواندگزینه مناسبی به لحاظ مهندسی ارزش باشد. همچنین استفاده از روش شمع بتنی برای گودهای نیمه عمیق و استفاده از روش انکراژ برای گودهای عمیق با توجه به نتایج گزینه‌های مناسبی تلقی می گردند.

کلمات کلیدی: مهندسی ارزش، عمق گود، پایدار سازی، زمان و هزینه، روش AHP، Geoslop

سابقه مقاله:					شناسه دیجیتال:	
دریافت	بازنگری	پذیرش	انتشار آنلاین	چاپ	https://doi.org/10.22065/jsce.2023.346273.2888	doi:
۱۴۰۱/۰۷/۲۴	۱۴۰۱/۱۲/۱۳	۱۴۰۱/۱۲/۱۸	۱۴۰۱/۱۲/۱۸	۱۴۰۲/۰۹/۳۰	10.22065/jsce.2023.346273.2888	

*نویسنده مسئول: توحید پوررستم

پست الکترونیکی: t.pourrostam@iauctb.ac.ir

۱- مقدمه

با توجه به اینکه سال‌ها از اجرای مهندسی ارزش در دنیا می گذرد اما اغلب در ایران از تیم مهندسی ارزش در پروژه‌های عمرانی استفاده نمی‌شود، که علت آن را می‌توان درک سطحی مدیران پروژه از تکنیک‌ها و عوامل تاثیر گذار در پروژه‌های عمرانی دانست. که خود باعث صرف هزینه و زمان اضافی در اجرای پروژه‌ها می‌شود. همچنین گاهی زمان بر بودن پروژه‌ها باعث تنش میان کارفرمایان، پیمانکاران و نیروهای دخیل در پروژه می‌گردد. گاهی به علت فقدان تیم مهندسی ارزش پروژه‌ها آنقدر زمان بر و پر هزینه می‌شوند که در انتها کارفرمایان متوجه عدم توجیه اقتصادی پروژها و زیان ده بودن آن می‌شوند، با اینکه مهندسی ارزش ابزار بی چون و چرا در کنترل هزینه‌ها و زمان می‌باشد. امروزه با افزایش بهای مصالح مصرفی، نیروی انسانی و ابزار و ماشین آلات ساختمانی، اثر اقتصادی و زمانی اجرای پروژه-های ساختمانی از اهمیت قابل توجهی برخوردار هستند، اما تسریع در زمان اجرای طرح می‌تواند سبب کاهش زمان و هزینه‌های ساخت و ساز (مستقیم و غیر مستقیم) گردد. همچنین در جوامع امروزی مسائلی مانند توسعه پایدار و مهندسی ارزش مطرح شده و بصورت گسترده در حال ترویج می‌باشد که هدف از این دو مسأله ساخت ابنیه در کوتاه ترین زمان با کمترین هزینه و حفظ کیفیت ممکن می‌باشد[۱]. مهندسی ارزش فرآیندی نظام مند برای تولید ایده‌ها و گزینه‌های طراحی و همچنین مقایسه این گزینه‌ها بر مبنای عقل جمعی و قضاوت گروهی است و می‌تواند روشی مطمئن و به دور از اعمال نظرهای شخصی برای حصول به گزینه‌های طراحی ارزشمندتر باشد[۲]. با توجه به افزایش روز افزون استفاده از گود در پروژه‌های عمرانی و همچنین صرف هزینه زیاد جهت پایدار سازی گودها و یا در برخی موارد اتخاذ روش نامناسب در پایدارسازی که علاوه به هدر رفتن منابع مالی باعث صرف زمان زیاد در پروژه‌ها می‌شود، سعی بر آن شده است در این پژوهش نتایج استفاده از مهندسی ارزش در پروژه‌های گودبرداری مورد بررسی قرار گیرد.

اهداف مورد مطالعه در این تحقیق استفاده از تکنیک مهندسی ارزش در پایدارسازی گودها با روش‌های شمع بتنی، خرپا، نیلینگ و انکراژ می‌باشد، همچنین استفاده از گوه گسیختگی خاک به عنوان روشی نوآورانه جهت پایداری خاک مورد نظر می‌باشد. روش‌های ذکر شده، مورد مطالعه قرار گرفته و بهترین و مناسب ترین روش با توجه به عمق گود مورد انتخاب قرار خواهد گرفت.

۲- پیشینه پژوهش

با توجه به پیشینه مهندسی ارزش در اجرای پروژه‌های عمرانی و همچنین استفاده از سازه‌های نگهبان در پایدارسازی جداره گودها، در ادامه به مروری از تحقیقات گذشته در این زمینه پرداخته می‌شود.

۲-۱- مهندسی ارزش

تنیبت[1] و همکاران به بررسی توسعه یک مدل مبتنی بر درک عوامل مدیریت ارزش در پروژه‌های عمرانی پرداخته که نشان می‌دهد رسانه‌های جمعی و مشوق‌ها باعث افزایش جذب مهندسی ارزش (VM) می‌شوند[۳]. الامری[2] و همکاران در پژوهش خود به بررسی مهندسی ارزش برای پایداری ساخت و ساز عمان پرداخته که نشان می‌دهد مهندسی ارزش به منظور کاهش هزینه و ضایعات روش موثری می‌باشد و همچنین استخدام متخصصین مناسب با داشتن مهارت‌های مناسب در زمینه‌های مربوطه را باید گسترش دهند[۴]. ساندوپاما[3] و همکاران تحقیقات خود را به بررسی ارتقاء برنامه مهندسی ارزش صنعت ساختمان سازی در سریلانکا اختصاص داده، نتایج بدست آمده نشان دهنده ارزش عوامل هزینه و زمان به عنوان معیارهای اصلی ایجاد انگیزه در برنامه مهندسی ارزش (VE) می‌باشد[۵]. ماسنگشو[4] و همکاران در مطالعات خود به بررسی ابزارهای مدیریت ریسک (RM) و ابزارهای مهندسی ارزش (VE) برای تحویل موفق پروژه پرداخته که نشان می‌دهد در مدیریت پروژه ساختمانی، مهندسی ارزش و مدیریت ریسک به دلیل افزایش ارزش و کیفیت پروژه دارای مشترکات هستند که ادغام ترکیب (RM) و (VE) در یک مطالعه واحد از تکرار کار جلوگیری می‌کند و ارزش پول بهتری را به دنبال دارد و در نتیجه

1- Thneibat
2- Al Amri
3- Sandupama
4- Masengesho

منجر به نتایج بهتر پروژه می‌شود[۶]. سمیر عبدالفتاح[۵] و همکاران از تکنیک مهندسی ارزش با استفاده از مدل سازی اطلاعات ساختمان در ایستگاه‌های مترو پرداخته که نشان می‌دهد مهندسی ارزش با کاهش هزینه پروژه عمرانی، محصول را بهبود می بخشد[۷]. یونس[۶] مطالعاتی در مورد شیوه‌های مهندسی ارزش در صنعت ساختمان لیبی پرداخته که نشان دهنده عوامل موثر بر مهندسی ارزش می‌باشد[۸]. پاتل[۷] و همکاران در پژوهشی به نقش بالقوه مدیریت ارزش در صنعت ساخت و ساز پرداخته و نتایج نشان می‌دهد، مدیریت ارزش یک فرایند ساختاری و تحلیلی است که به دنبال دستیابی به ارزش پول با تأمین هزینه‌های کل است[۹]. عبدا... الشهری[۸] به بررسی شیوه‌های مدیریت ارزش در صنعت ساختمان پرداخته که نشان می‌دهد سطح آگاهی و اجرای مدیریت ارزش از منطقه ای به منطقه ای دیگر و کشوری به کشور دیگر متفاوت است. همچنین باید تدابیری را اتخاذ کرد که باعث استفاده بیشتر از مهندسی ارزش (VM) شود[۱۰]. گارومسا[۹] و همکاران تحقیقات خود را در زمینه مفهوم مهندسی ارزش در پروژه‌های ساختمانی اتیوپی پرداخته و نشان داده‌اند استفاده از مهندسی ارزش باعث بهبود صنعت ساخت و ساز شده است[۱۱]. اقیمیان[۱۰] و همکاران موانع پذیرش مدیریت ارزش در کشورهای در حال توسعه را مورد بررسی قرار داده و دریافتن در مهندسی ارزش مشکل آگاهی نیست بلکه موانعی برای اتخاذ سیستم مهندسی ارزش می‌باشد[۱۲]. لطیف[۱۱] و همکاران با مطالعه موردی به برنامه مدیریت ارزش / مهندسی ارزش (VM / VE) در پروژه‌های ساختمانی عمومی مالزی پرداخته و متوجه رابطه مستقیم بین مهندسی ارزش و مدیریت ارزش شدند[۱۳]. پریرا[۱۲] و همکاران در مقاله خود به بررسی مدیریت زنجیره ارزش در صنعت ساختمان سریلانکا از دیدگاه پیمانکار پرداخته‌اند تا به کاهش ناکارآمدی سازمانی کمک کند[۱۴].

۲-۲- گودبرداری

ژگورز دموکوفسکی[۱۳] و همکاران به مشکلات فنی و ساختاری مربوط بین یک گودبرداری عمیق و ساختمان‌های مجاور گود موجود پرداخته و نتایج بدست آمده نشان می‌دهد اندازه گیری و مطالعات ژئوتکنیکی نقش بسیار مهمی در این رابطه داراست[۱۵]. منصور[۱۴] و همکاران در تحقیقات خود به اتخاذ مدل‌های عددی برای پیش بینی حرکت‌های زمینی ناشی از گودبرداری‌های عمیق پرداخته که نشان می‌دهد ویژگی‌های مهندسی خاک شامل مدول الاستیسیته (E)، زاویه اصطکاک داخلی (¢) و چسبندگی (C) می‌تواند تاثیر خوبی بر عملکرد خاک بگذارد[۱۶]. حمزه[۱۵] و همکاران در پژوهشی به بررسی تأثیر شارژ و آبگیری شدید آب زیرزمینی بر روی کارآیی یک دیوار لنگر دار عمیق پرداخته و نشان داده‌اند دیوار با سختی بزرگ منجر به انحراف کوچکتر از ساختار مورد نظر می‌شود[۱۷]. سهیل قره به بررسی تأثیر شارژ و آبگیری شدید آب زیرزمینی بر روی کارآیی یک دیوار لنگر دار عمیق در یک پروژه موردی پرداخته و نشان داده‌اند می‌توان برای جلوگیری از تغییر مکان بیش از حد در پروژه مذکور از انکر اضافه و تزریق بتن در دیواره‌ها و کف گود استفاده کرد[۱۸]. ریباک[۱۶] و همکاران در مقاله خود به بررسی گودبرداری عمیق در مناطق شهری و نقص ساختمان‌های اطراف در موارد مختلف مراحل ساخت پرداخته و نشان داده‌اند استحکام خاک بستگی به زاویه اصطکاک داخلی، انسجام، چگالی حجم خاک و همچنین سطح آب و فشارهای زمین نیز بستگی به مقدار و نحوه بارگیری اعمال شده در سطح زمین دارد[۱۹].

خلا ایجاد شده در تحقیقات گذشته در مورد نقش مهندسی ارزش و تاثیر آن بر گودبرداری و روش‌های رایج گودبرداری در پایدارسازی گود، زمان و هزینه در عملیات گودبرداری، مشخصات مکانیکی خاک و اتخاذ روش‌های مناسب در طراحی و اجرای سازه‌های نگهبان جهت پایدارسازی در گودهای کم عمق، نیمه عمیق و عمیق می‌باشد. لذا در این پژوهش بر آن شده است تا با استفاده ار رویکرد مهندسی ارزش در گودهای شهری خلا گذشته را پوشش داده و راه را برای تحقیقات آیندگان هموارتر نمایید.

5- Samir Abdelfatah
6- Yunus
7- Patel
8- Abdullah Alshehri
9- Garomsa
10- Aghimien
11- Latif
12- Perera
13- Grzegorz Dmochowski
14- Mansour
15- Hamzah
16- Jarosław Rybak

۳- روش انجام تحقیق

این پژوهش برای خاک‌های درشت دانه و ریز دانه مورد بررسی قرار خواهد گرفت. از بین انواع مشخصات خاک، در این پژوهش از دو نوع نمونه خاک با مشخصات مختلف که یک نمونه خاک با مشخصات $C=1\ kg/cm^2$، ¢=30 و نمونه دیگر با مشخصات C=0، ¢=33 است به صورت موردی، مورد مطالعه قرار می‌گیرند. در خاک‌های دانه‌ای (شامل شن، ماسه و لای) و همچنین در خاک رس عادی تحکیم یافته (NC) چسبندگی ناچیز و تقریبا برابر صفر (C=0) و تنها زاویه اصطکاک بین دانه‌ها در مقاومت برشی خاک نقش دارد. عواملی چون دانه بندی مناسب، تراکم بالا و تیز گوشه بودن دانه‌ها باعث افزایش ¢ خواهند شد. در خاک‌های رسی اشباع در شرایط زهکشی نشده ¢=0 است و مقاومت برشی صرفا بر اساس چسبندگی به دست می آید. وزن مخصوص خاک در تمام نمونه‌ها $9.81\ kg/cm^2$ لحاظ شده است. عمق گودهای مورد بررسی در این پژوهش ۴، ۷، ۹، ۱۲ و ۲۰ متر در نظر گرفته شده است. پایدارسازی جداره گودها با استفاده از روش‌های خرپا، شمع بتنی، نیلینگ و انکر مورد بررسی قرار می‌گیرند. علت استفاده از این اعماق‌ها به این علت است که اکثر گودهایی که در شهرها ایجاد می‌شود برای یک طبقه، دو طبقه، سه طبقه، چهار طبقه می‌باشد و درصد بیشتری از گودها را شامل می‌شود. در این پژوهش سعی بر آن شده است تا از گوه گسختگی به عنوان روشی نوآورانه برای حفظ و پایدارسازی جداره گود استفاده شود. روش انجام پژوهش به این صورت است ابتدا پایدارسازی جداره گود را با استفاده از نرم افزار GeoSlop مورد بررسی قرار داده و سپس با استفاده از فهرست بهای مربوطه سازمان برنامه و بودجه هزینه‌ها محاسبه می‌شود. در این بررسی از هزینه‌های مشترک از قبیل خاک‌برداری، راه‌های دسترسی در گود، حمل خاک، اضافه بها برای آیتم‌های مذکور و..... چشم پوشی شده است و فقط صرف هزینه‌های مختص به روش‌های ذکر شده لحاظ گردیده است. سپس با استفاده از نظر خبرگان و دست اندرکاران در پروژه‌های گودبرداری، مدت زمان انجام پروژه‌ها با احتساب هم‌پوشانی در ساخت و اجرای سازه‌های نگهبان مورد بررسی قرار می‌گیرند. آنالیز روش‌ها را در شکل‌هایی به لحاظ هزینه، زمان، امنیت و فضای سازه نگهبان مقایسه و سپس با استفاده از تحلیل سلسله مراتبی (AHP) مورد وزن دهی قرار می‌گیرند. همچنین تیم مهندسی ارزش می‌تواند با توجه بر نیازها و اهداف پروژه، بهترین روش به لحاظ هزینه، زمان، امنیت و فضای اشغال شده توسط سازه نگهبان را انتخاب نماید. در طراحی تمامی موارد فرضیات زیر در نظر گرفته شده است:

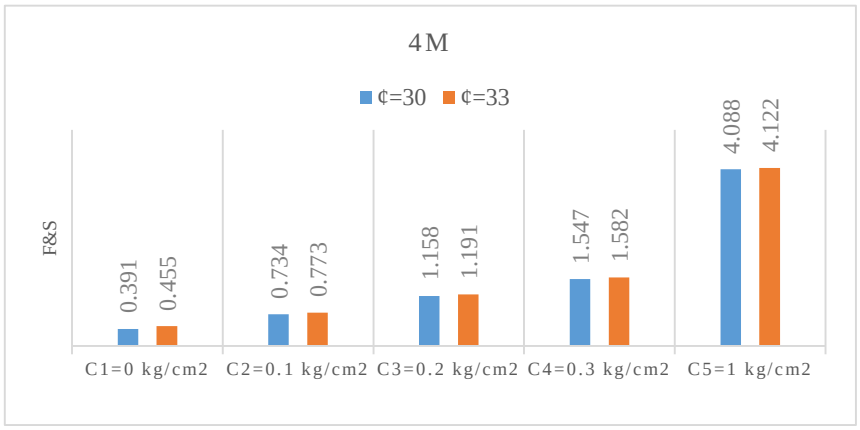
۱- خاک را همگن در نظر گرفته و از اثر آب در گود صرف نظر می‌شود.
۲- جابجایی‌های افقی گود در محدوده مجاز می‌باشد.
۳- نشست‌های ناشی از حرکت دیواره گود در محدوده مجاز می‌باشد.

۴- یافته‌ها

۴-۱- تحلیل و طراحی گود ۴ متری

۴-۱-۱- تاثیر چسبندگی بر ضریب اطمینان در گود ۴ متری با ¢=30 , ¢=33

از جمله عوامل تاثیر گذار در پایداری گودها می‌توان به چسبندگی و زاویه اصطکاک داخلی خاک اشاره کرد و تغییر هر یک از این پارامترها باعث تغییر ضریب اطمینان در گودها می‌شود. با توجه به اینکه این تحقیق برای دو زاویه اصطکاک داخلی ۳۰ و ۳۳ درجه انجام می‌پذیرد پس مقدار چسبندگی خاک را تغییر داده و ضرایب اطمینان را مورد بررسی قرار می‌گیرند. در ادامه شکل ۱ به بررسی تاثیر چسبندگی در گودهای ۴ متری با زوایای اصطکاک داخلی ۳۰ و ۳۳ درجه پرداخته می‌شود.

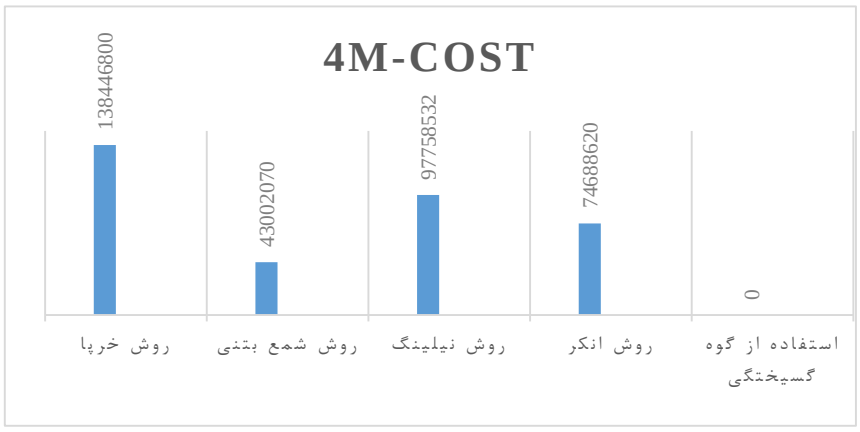


شکل۱ : تفاوت ضریب چسبندگی در زاویه اصطکاک داخلی ¢=30 و ¢=33 بر ضریب اطمینان در گود ۴ متری.

با توجه به شکل ۱ نتایج بدست آمده نشان می‌دهد در گودهای به عمق ۴ متر با چسبندگی $C=0.3\ Kg/cm^2$ با زوایای اصطکاک داخلی خاک ۳۰ و ۳۳ درجه گودها می‌توانند با توجه به فرضیات مسئله که بیان شد ایستایی خود را بدون استفاده از سازه نگهبان حفظ نمایند. ولی نمونه مورد آزمایش در پژوهش با مشخصات C=0 ، ¢=33 نمی‌تواند بدون استفاده از سازه نگهبان ایستایی جداره گود را حفظ نماید.

۲-۱-۴- مقایسه هزینه روش‌های مختلف گودبرداری برای عمق ۴ متری

یکی از ارکان مهم در پیشبرد پروژه‌ها با توجه به مهندسی ارزش، هزینه می‌باشد. مهندسی ارزش سعی دارد بتواند با ارائه روشی ضمن حفظ کارایی پروژه و کارکرد مناسب آن، روشی را در اختیار تیم مهندسی ارزش قرار دهد که کمترین هزینه را به پروژه تحمیل نماید. در ادامه ابتدا ایستایی گودها را با استفاده از نرم افزار GeoSlop بررسی و سپس با استفاده از فهرست بهای مربوطه ۱۴۰۰ به آنالیز قیمتی پرداخته می‌شود. در شکل ۲ قیمت‌های تمام شده هر یک از روش‌های ذکر شده این رساله را مورد بررسی قرار می‌دهد.

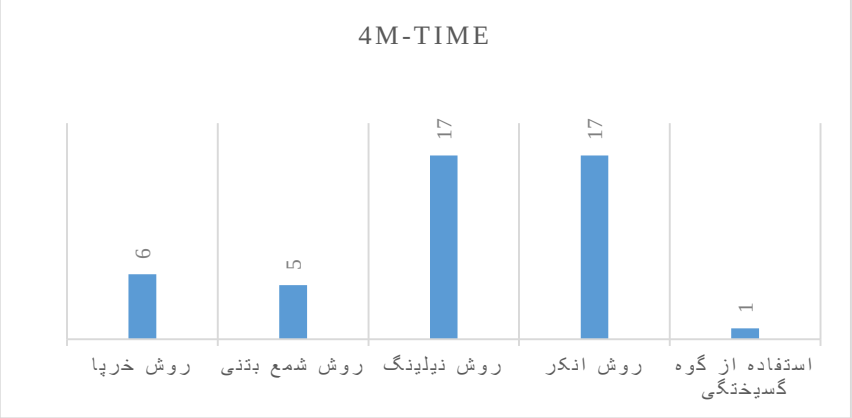


شکل۲ : مقایسه هزینه روش‌های مختلف گودبرداری برای عمق ۴ متری.

نتایج بدست آمده از شکل ۲ نشان می‌دهد در گودهای به عمق ۴ متر استفاده از گوه گسیختگی به لحاظ هزینه دارای کمترین هزینه می‌باشد و برای این عمق می‌تواند گزینه مناسبی تلقی شود.

۳-۱-۴- مقایسه زمان روش‌های مختلف گودبرداری برای عمق ۴ متری

پس از آنالیز قیمتی سپس به بررسی زمان اجرای روش‌های مختلف سازه نگهبان پرداخته می‌شود و نتایج در شکل ۳ نشان داده می‌شود. در بررسی زمان اجرای پروژه‌ها سعی بر آن شده از نظر خبرگان و دست اندرکاران در کار گود کمک گرفته شود و از هم‌پوشانی مراحل مختلف جهت سرعت بخشیدن به پروژه‌ها استفاده شود.

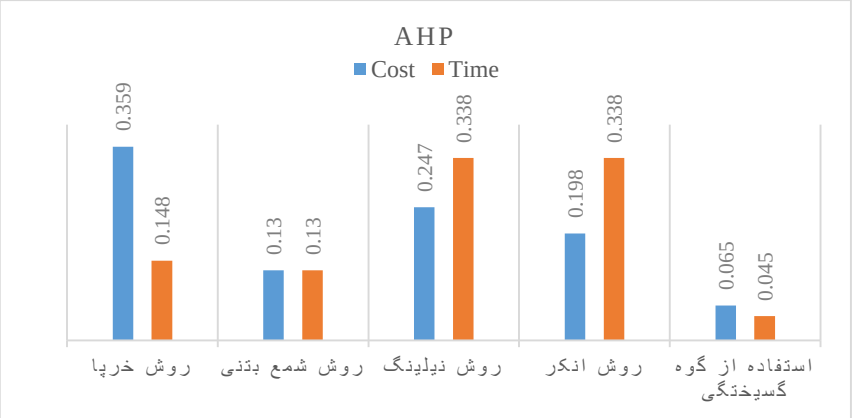


شکل ۳ : مقایسه زمان‌های اجرا برای روش‌های مختلف گودبرداری برای عمق ۴ متری.

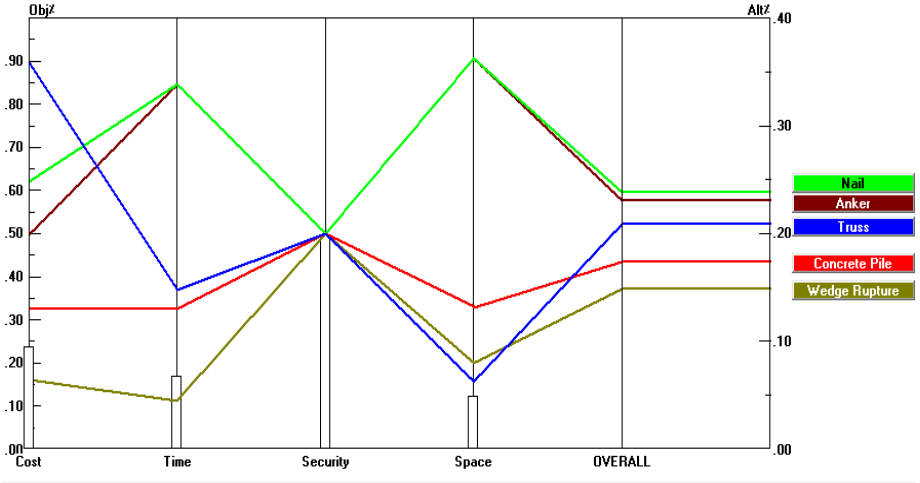
نتایج بدست آمده از شکل ۳ نشان می‌دهد استفاده از گوه گسیختگی خاک به لحاظ زمانی می‌تواند گزینه مناسبی برای گودهای به عمق ۴ متر باشد و استفاده از روش‌های شمع بتنی و روش خرپا برای پایدارسازی جداره گود در رده‌های بعدی قرار دارد.

۴-۱-۴- تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از تحلیل سلسله مراتبی AHP

در ادامه با استفاده از تحلیل سلسله مراتبی به بررسی و مقایسه زوجی بین هر یک از روش‌های مذکور پرداخته شده و نتایج به صورت عددی در شکل ۴ آورده می‌شود. سپس در شکل ۵ آیتم‌های تاثیرگذار در گود به صورت نمودار نمایش داده شده است تا تصمیم گیران در پروژه بتوانند نسبت به مواردی که برایشان ارجح‌تر است بهترین تصمیم را اتخاذ نمایند.



شکل ۴ : مقایسه هزینه - زمان اجرا برای روش‌های مختلف گودبرداری برای عمق ۴ متری با استفاده از تحلیل سلسله مراتبی AHP.

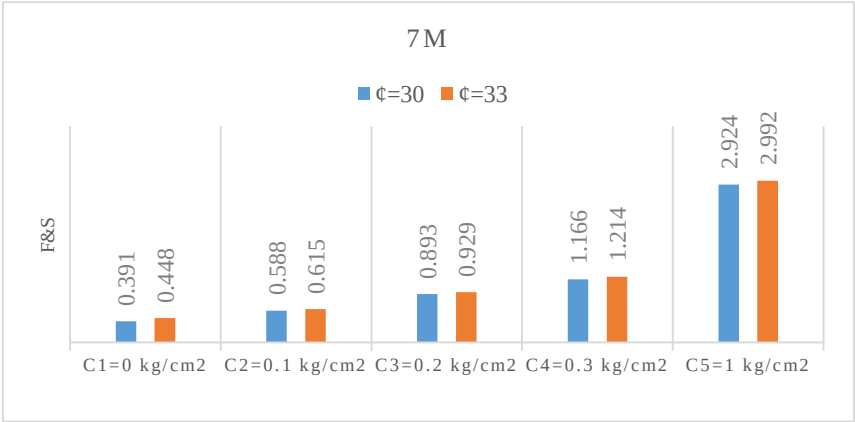


شکل۵ : مقایسه کلی آیتم‌های تاثیر گذار درگودبرداری برای عمق ۴ متری با استفاده از تحلیل سلسله مراتبی AHP.

نتایج بدست آمده از شکل ۴ نشان می‌دهد استفاده از گوه گسیختگی می‌تواند گزینه مناسبی به لحاظ مهندسی ارزش در گودهای به عمق ۴ متر تلقی می‌شود زیرا به لحاظ آیتم‌های تاثیرگذار در مهندسی ارزش از دیگر روش‌ها ذکر شده مناسب‌تر می‌باشد. همچنین شکل ۵ نتایج به صورت نموداری برای تیم مهندسی ارزش نمایش داده شده است و برای هر روش ذکر شده می‌توان زمان، هزینه، امنیت و فضای اشغال شده در گود را بررسی و گزینه مناسب را انتخاب نمایند.

۱-۲-۴- تاثیر چسبندگی بر ضریب اطمینان در گود ۷ متری با ¢=30 , ¢=33

در ادامه به بررسی عوامل تاثیرگذار در پایدارسازی گودها از جمله چسبندگی خاک (C) و زاویه اصطکاک داخلی(¢) با توجه به مفروضات تحقیق برای گودهای به عمق ۷ متر پرداخته شده است. نتایج تاثیر این عوامل در شکل ۶ نمایش داده می‌شود.

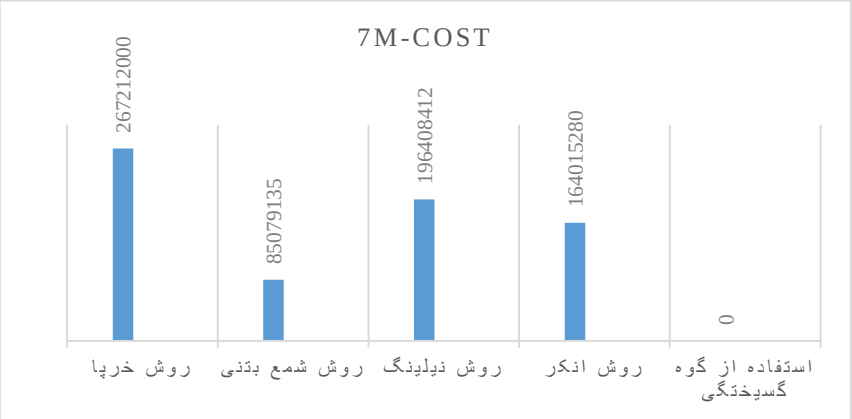


شکل۶ : تفاوت ضریب چسبندگی در زاویه اصطکاک داخلی ¢=30 و ¢=33 بر ضریب اطمینان در گود ۷ متری.

با توجه به شکل ۶ نتایج بدست آمده نشان می‌دهد در گودهای به عمق ۷ متر با چسبندگی $C=0\ Kg/cm^2$ با زوایای اصطکاک داخلی خاک ۳۰ و ۳۳ درجه جداره گودها نمی‌توانند ایستایی خود را بدون استفاده از سازه نگهبان حفظ نمایند و نیاز به استفاده از سازه نگهبان می‌باشد. ولی در گودهای به عمق ۷ متر با چسبندگی $C=1\ Kg/cm^2$ و زوایای اصطکاک داخلی خاک ۳۰ و ۳۳ درجه جداره گودها می‌توانند ایستایی خود را بدون استفاده از سازه نگهبان حفظ نماید.

۴-۲-۲- مقایسه هزینه روش‌های مختلف گودبرداری برای عمق ۷ متری

با توجه به آیتم تاثیرگذار هزینه در انتخاب روشی برای پایدارسازی جدار گود ابتدا ایستایی گودهای به عمق ۷ متر را با استفاده از نرم افزار GeoSlop بررسی کرده و سپس با استفاده از فهرست بهای ۱۴۰۰ به آنالیز قیمتی پرداخته و نتایج در شکل ۷ نشان داده می‌شود.

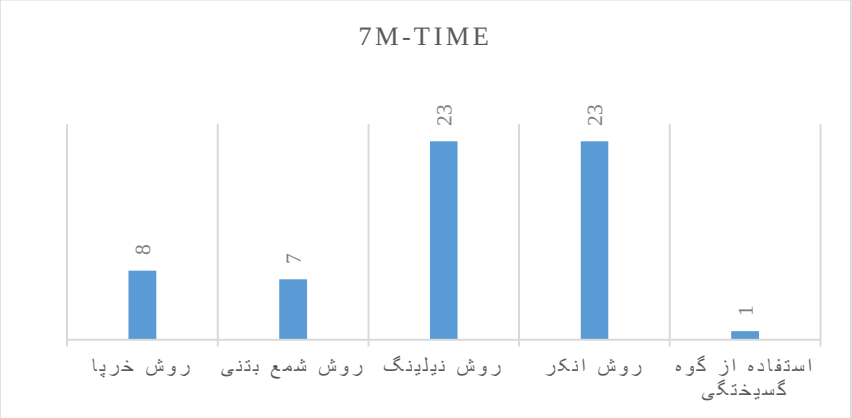


شکل۷ : مقایسه هزینه روش‌های مختلف گودبرداری برای عمق ۷ متری.

نتایج بدست آمده از شکل ۷ نشان می‌دهد در گودهای به عمق ۷ متر استفاده از گوه گسیختگی به لحاظ هزینه مناسب ترین گزینه می‌باشد. همچنین استفاده از روش‌های شمع بتنی و روش خرپا دیگر گزینه‌های مناسب برای این عمق می‌تواند محسوب شود.

۴-۲-۳- مقایسه زمان روش‌های مختلف گودبرداری برای عمق ۷ متری

یکی دیگر از مواردی که در بحث مهندسی ارزش موثر می‌باشد زمان است. در ادامه به بررسی زمان اجرای سازه‌های نگهبان با استفاده از نظر خبرگان و دست اندرکاران در کار گود برای عمق ۷ متر پرداخته می‌شود. هم‌پوشانی مراحل مختلف اجرای سازه نگهبان جهت سرعت بخشیدن به پروژه‌ها و اجرا سازه نگهبان در نظر گرفته و نتایج در شکل ۸ آورده شده است.

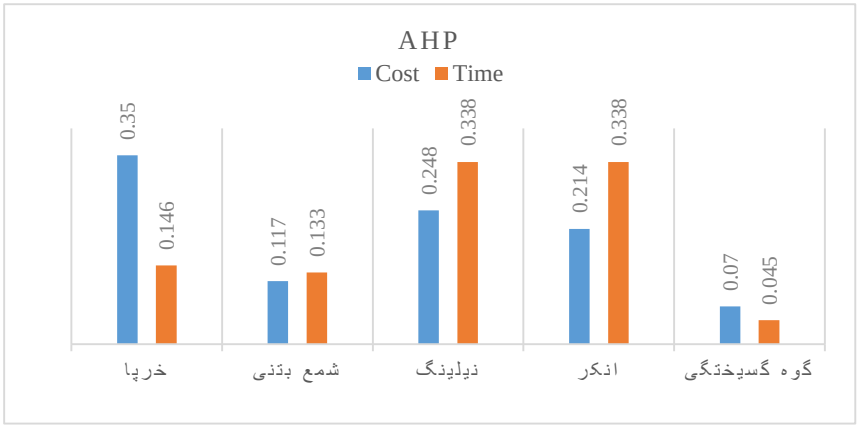


شکل۸ : مقایسه زمان‌های اجرا برای روش‌های مختلف گودبرداری برای عمق ۷ متری.

نتایج بدست آمده از شکل ۸ نشان می‌دهد استفاده از گوه گسیختگی خاک می‌تواند گزینه مناسبی برای گودهای به عمق ۷ متر باشد و استفاده از روش‌های شمع بتنی و روش خرپا در رده‌های بعدی قرار دارد.

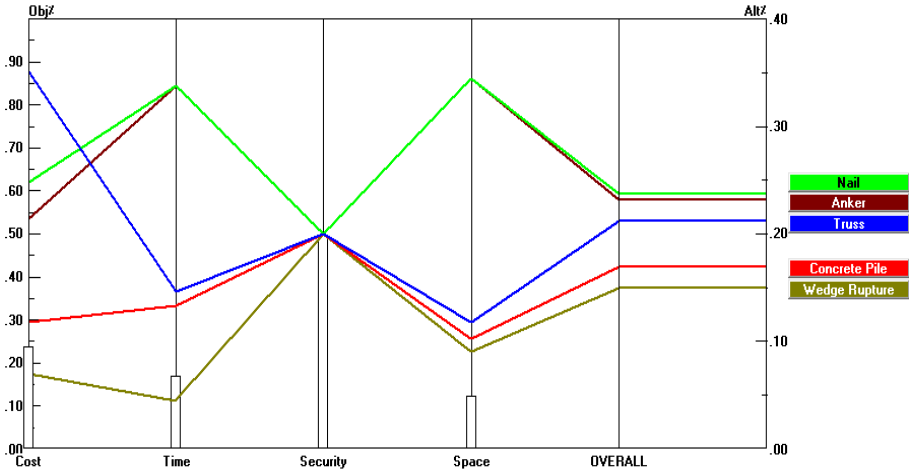
۴-۲-۴- تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از تحلیل سلسله مراتبی AHP

پس از مورد مطالعه قرار دادن هر یک از پارامترهای موثر در حفظ ایستایی جداره گود و اجرای سازه نگهبان در ادامه با استفاده از تحلیل سلسله مراتبی به بررسی و مقایسه زوجی بین هر یک از روش‌های مذکور پرداخته و نتایج در شکل ۹ به صورت عددی و همچنین در شکل ۱۰ به صورت نموداری نمایش داده می‌شود تا تصمیم گیران در پروژه بتوانند نسبت به مواردی که برایشان ارجح‌تر است بهترین تصمیم را اتخاذ نمایند.



شکل۹ : مقایسه هزینه - زمان اجرا برای روش‌های مختلف گودبرداری برای عمق ۷ متری با استفاده از تحلیل سلسله مراتبی AHP.

نتایج بدست آمده از شکل ۹ نشان می‌دهد با استفاده از تحلیل سلسله مراتبی و مقایسه زوجی بین هر یک از روش‌های ذکر شده در این تحقیق استفاده از گوه گسیختگی در گودهای به عمق ۷ متر می‌تواند گزینه مناسبی تلقی شود. البته باید محدودیت‌هایی که استفاده از توده خاک جهت حفظ ایستایی جداره گود ایجاد می‌کند را در نظر گرفت به این صورت که هر چه پارامترهای موثر خاک (Cو ϕ) شرایط بهتر داشته باشند به توده خاک کمتری نیاز است.

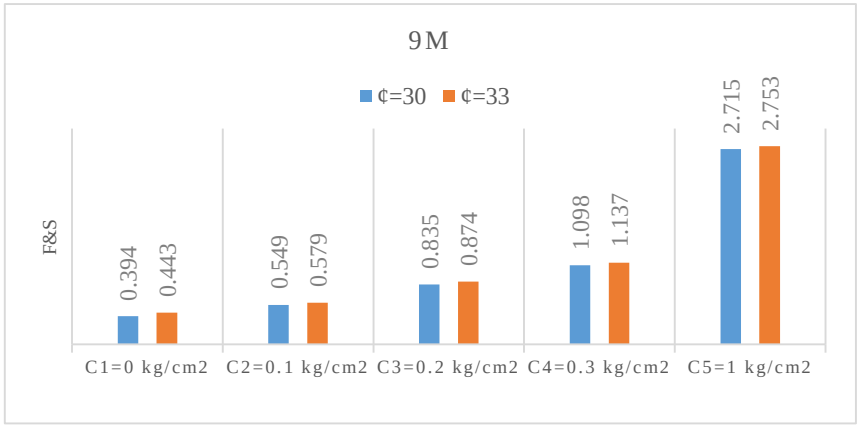


شکل۱۰ : مقایسه کلی آیتم‌های تاثیر گذار درگودبرداری برای عمق ۷ متری با استفاده از تحلیل سلسله مراتبی AHP.

شکل ۱۰ به عنوان میز کار برای تیم مهندسی ارزش می‌باشد زیرا برای هر روش ذکر شده در این پژوهش می‌توان زمان، هزینه، امنیت و فضای اشغال شده در گود را بررسی و با توجه به نیاز پروژه گزینه مناسب را انتخاب نمود. با توجه به داده‌های به دست آمده از شکل‌های ۹ و ۱۰ استفاده از روش‌های توده طبیعی خاک و روش شمع بتنی برای این عمق می‌تواند گزینه مناسبی تلقی گردد.

۱-۳-۴- تاثیر چسبندگی بر ضریب اطمینان در گود ۹ متری با ¢=30 , ¢=33

در شکل ۱۱ به بررسی عوامل تاثیرگذار در گود از جمله چسبندگی خاک و زاویه اصطکاک داخلی خاک پرداخته و نتایج به صورت عددی نمایش داده می‌شود. در این پژوهش زوایای اصطکاک داخلی ۳۰ و ۳۳ درجه مورد مطالعه قرار گرفته و چسبندگی خاک متغیر در نظر گرفته شده است.

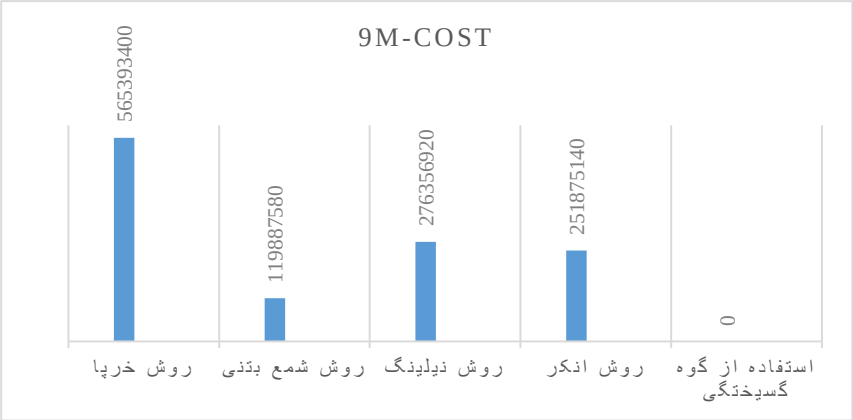


شکل۱۱ : تفاوت ضریب چسبندگی در زاویه اصطکاک داخلی ¢=30 و ¢=33 بر ضریب اطمینان در گود ۹ متری.

با توجه به شکل ۱۱ نتایج بدست آمده نشان می‌دهد با افزایش ضریب چسبندگی در خاک، ضریب اطمینان در گودها افزایش می‌یابد. در گودهای به عمق ۹ متر با چسبندگی C=0 Kg/cm^2 و زوایای اصطکاک داخلی خاک ۳۰ و ۳۳ درجه گودها نمی‌توانند ایستایی خود را بدون استفاده از سازه نگهبان حفظ نمایند و نیاز با استفاده از سازه نگهبان می‌باشد. ولی در گودهای با چسبندگی خاک C=1 Kg/cm^2 و زوایای اصطکاک داخلی ۳۰ و ۳۳ درجه با شرایط عنوان شده در پیش فرض قادر هستند ایستایی خود را بدون استفاده از سازه نگهبان حفظ نماید.

۲-۳-۴- مقایسه هزینه روش‌های مختلف گودبرداری برای عمق ۹ متری

هزینه یکی از عوامل تاثیرگذار در انتخاب سازه نگهبان به حساب می‌آید. برای آنالیز هزینه ابتدا ایستایی گودهای به عمق ۹ متر را با استفاده از نرم افزار GeoSlop بررسی کرده و سپس با استفاده از فهرست بهای ۱۴۰۰ به آنالیز قیمتی پرداخته و نتایج در شکل (۱۲) به صورت عددی نمایش داده می‌شود.

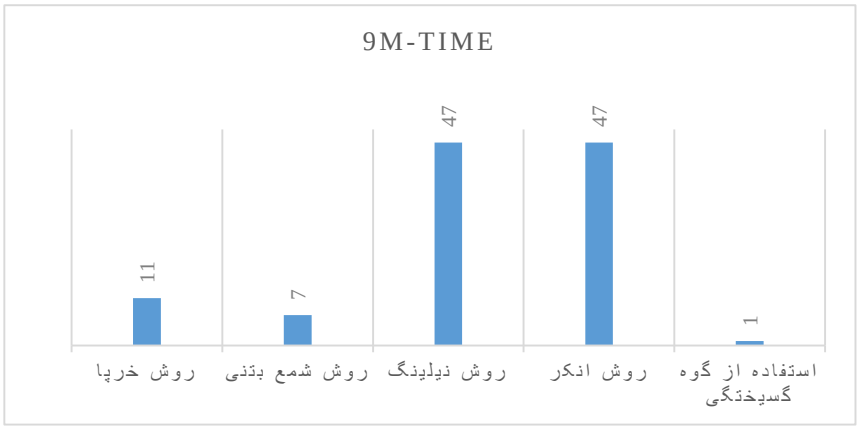


شکل۱۲: مقایسه هزینه روش‌های مختلف گودبرداری برای عمق ۹ متری.

نتایج بدست آمده از شکل ۱۲ نشان می‌دهد در گودهای به عمق ۹ متر استفاده از گوه گسیختگی به لحاظ هزینه گزینه مناسبی محسوب می‌شود. ولی نکته حائز اهمیت، فضایی از گود است که توسط گوه گسیختگی اشغال می‌شود.

۳-۳-۴- مقایسه زمان روش‌های مختلف گودبرداری برای عمق ۹ متری

در شکل ۱۳ به بررسی زمان اجرای سازه نگهبان برای گودهای به عمق ۹ متر پرداخته شده است. در بررسی زمان‌های اجرای سازه نگهبان از نظر خبرگان و دست اندرکاران در کار گود کمک گرفته، و از هم‌پوشانی مراحل مختلف جهت سرعت بخشیدن به پروژه‌ها استفاده شده است.

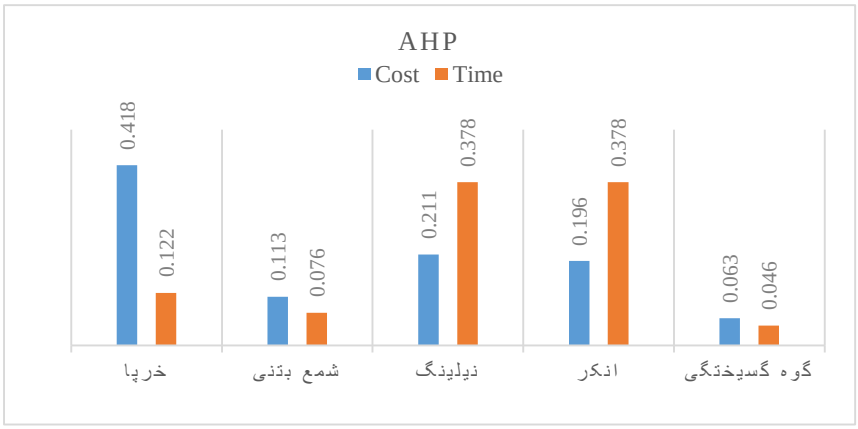


شکل۱۳: مقایسه زمان‌های اجرا برای روش‌های مختلف گودبرداری برای عمق ۹ متری.

نتایج بدست آمده از شکل (۱۳) نشان می‌دهد استفاده از روش گوه گسیختگی مناسب ترین گزینه به لحاظ زمان برای گودهای به عمق ۹ متر محسوب می‌شود. و پس از آن روش‌های شمع بتنی و روش خرپا در رده‌های بعدی قرار می‌گیرند.

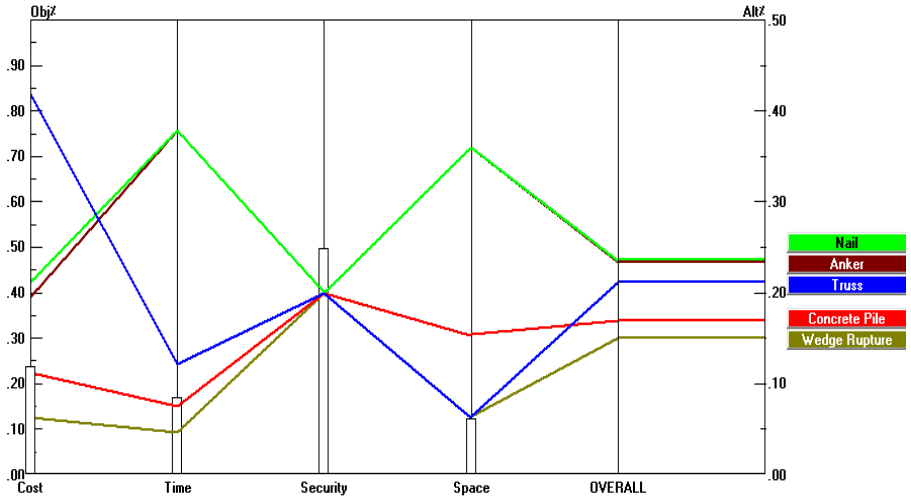
۴-۳-۴- تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از تحلیل سلسله مراتبی AHP

در شکل‌های ۱۴ و ۱۵ با استفاده از تحلیل سلسله مراتبی به بررسی و مقایسه زوجی بین هر یک از روش‌های مذکور پرداخته می‌شود تا تصمیم گیران در پروژه بتوانند نسبت به مواردی که برایشان ارجح‌تر است بهترین تصمیم را اتخاذ نمایند.



شکل۱۴ : مقایسه هزینه – زمان اجرا برای روش‌های مختلف گودبرداری برای عمق ۹ متری با استفاده از تحلیل سلسله مراتبی AHP.

نتایج بدست آمده از شکل‌های ۱۴ نشان می‌دهد استفاده از گوه گسیختگی خاک به لحاظ آیتم‌های موثر در مهندسی ارزش یعنی هزینه و زمان می‌تواند گزینه مناسبی باشد. ولی موردی که می‌تواند برای اعضای تیم مهندسی ارزش دغدغه ایجاد کند فضای اشغال شده از گود می‌باشد. گزینه دیگری که برای گودهای نیمه عمیق می‌تواند مناسب باشد استفاده از شمع در دیواره گود باشد.

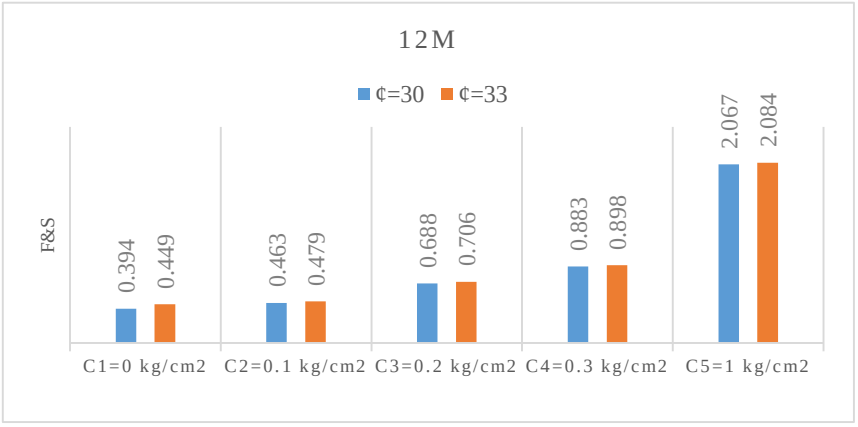


شکل۱۵ : مقایسه کلی آیتم‌های تاثیر گذار درگودبرداری برای عمق ۹ متری با استفاده از تحلیل سلسله مراتبی AHP.

با استفاده از شکل ۱۵ طراحان و اعضای تیم مهندسی ارزش می‌توانند با توجه به نیاز پروژه در خصوص روش پایدارسازی جداره گود تصمیم گیری نمایند. همچنین شکل ۱۵ نشان می‌دهد استفاده از روش خرپا و گوه گسیختگی خاک فضای زیادی از گود را نسبت به سایر روش‌ها اشغال می نماید و علاوه بر آن روش خرپا بیشترین هزینه را نسبت به سایر روش‌ها جهت پایدارسازی جداره گود دارا می‌باشد.

۱-۴-۴- تاثیر چسبندگی بر ضریب اطمینان در گود ۱۲ متری با ¢=30 , ¢=33

با استفاده از نرم افزار GeoSlop، به بررسی عوامل تاثیرگذار در گود از جمله چسبندگی خاک (C) و همچنین زاویه اصطکاک داخلی خاک (¢) با توجه به فرضیات موجود در این پژوهش پرداخته می‌شود و نتایج در شکل (۱۶) نشان داده می‌شود.

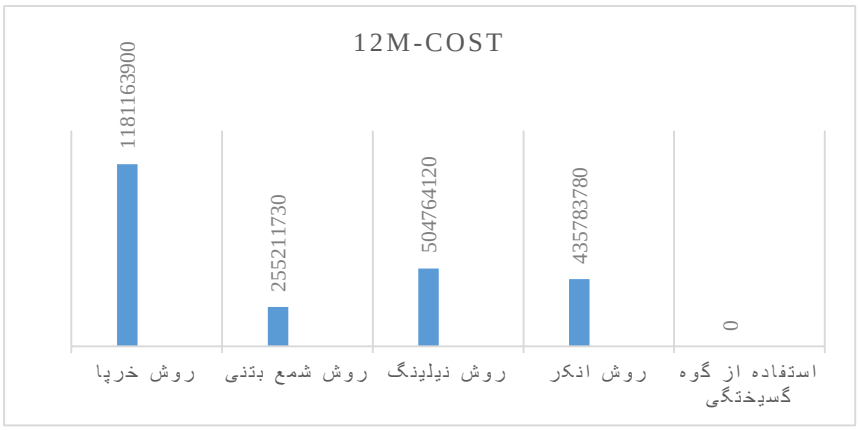


شکل۱۶ : تفاوت ضریب چسبندگی در زاویه اصطکاک داخلی ¢=30 و ¢=33 بر ضریب اطمینان در گود ۱۲ متری.

نتایج بدست آمده از شکل ۱۶ نشان می‌دهد ضریب اطمینان در گودها با افزایش ضریب چسبندگی و زاویه اصطکاک داخلی در خاک‌ها افزایش می یابد. همچنین نتایج بدست آمده از شکل ۱۶ نشان می‌دهد نمونه مورد مطالعه در این تحقیق با مشخصات (C=0، ¢=33) قادر نیست بدون استفاده از سازه نگهبان ایستایی خود را حفظ نماید و برای جلوگیری از ریزش جداره گود برای عمق ۱۲ متری باید از سازه نگهبان استفاده شود. در ادامه به بررسی سازه‌های نگهبان مورد استفاده در این عمق گود پرداخته می‌شود.

۲-۴-۴- مقایسه هزینه روش‌های مختلف گودبرداری برای عمق ۱۲ متری

یکی از هرم‌های تاثیرگذار در مهندسی ارزش هزینه می‌باشد. برای آنالیز هزینه‌ها ابتدا ایستایی گودهای ۱۲ متری را با مدل کردن سازه‌های نگهبان مطرح شده در این تحقیق به وسیله نرم افزار GeoSlop مورد تجزیه و تحلیل قرار داده و سپس با استفاده از فهرست بهای ۱۴۰۰ به آنالیز قیمتی پرداخته و نتایج در شکل ۱۷ به صورت عددی نشان داده می‌شود.

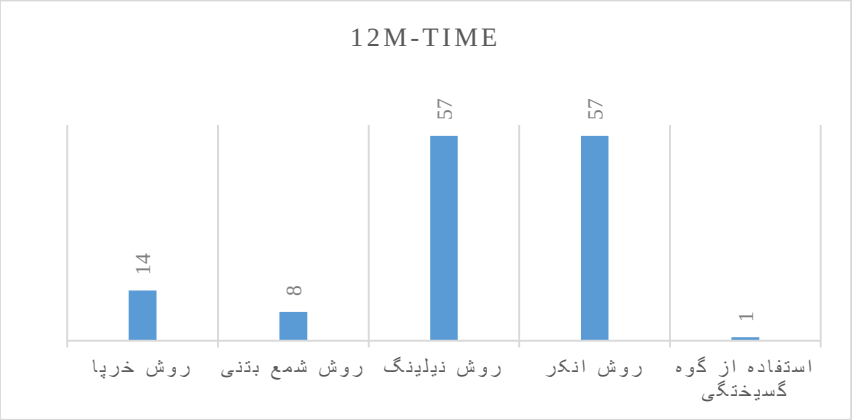


شکل۱۷ : مقایسه هزینه روش‌های مختلف گودبرداری برای عمق ۱۲ متری.

نتایج بدست آمده از شکل ۱۷ نشان می‌دهد در گودهای به عمق ۱۲ متر استفاده از گوه گسیختگی به لحاظ هزینه برای این عمق می‌تواند گزینه مناسبی تلقی شود. ولی نکته ایی که حائز اهمیت است فضای اشغال توسط گوه گسیختگی می‌باشد که باعث کاهش سرعت در اجرای پروژه و یا گاهی به دلیل فضای اشغال شده زیاد عملا کار کردن در گود را غیر ممکن می‌سازد.

۳-۴-۴- مقایسه زمان روش‌های مختلف گودبرداری برای عمق ۱۲ متری

در شکل ۱۸ به بررسی یکی دیگر از عوامل موثر در مهندسی ارزش یعنی زمان پرداخته شده است. جهت بررسی اجرای سازه نگهبان از نظر خبرگان و دست اندرکاران در پروژه‌های گودبردای استفاده شده است. همچنین هم‌پوشانی مراحل مختلف اجرای سازه نگهبان جهت سرعت بخشیدن به ساخت و نصب سازه نگهبان در گودها مورد توجه قرار گرفته شده است.

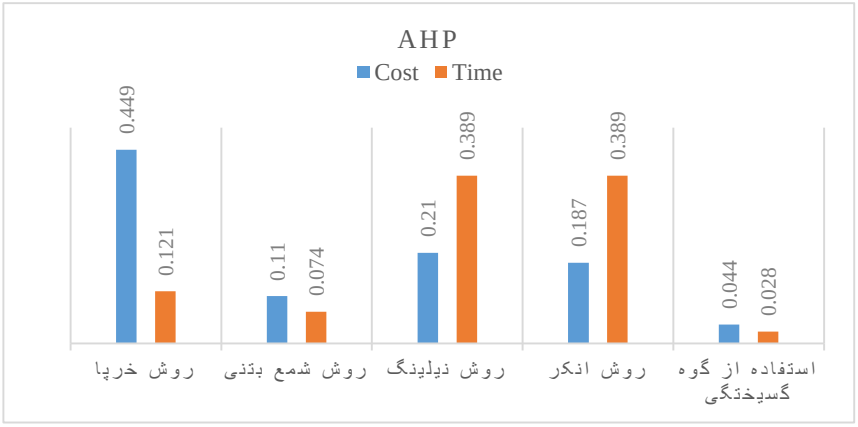


شکل۱۸ : مقایسه زمان‌های اجرا برای روش‌های مختلف گودبرداری برای عمق ۱۲ متری.

نتایج بدست آمده از شکل ۱۸ نشان می‌دهد استفاده از گوه گسیختگی خاک دارای کمترین زمان در بین گزینه‌ها برای عمق ۱۲ متری می‌باشد. ولی با توجه به محدودیت‌های ذکر شده استفاده از توده طبیعی خاک در این اعماق نمی‌تواند گزینه مناسبی به حساب آید. و اگر از فضای اشغال شده توسط شمع بتنی بتوان چشم پوشی کرد استفاده از روش شمع بتنی می‌تواند گزینه مناسبی باشد. و اگر استفاده از تمام فضای گود مورد نظر کارفرمایان یا مهندسین دخیل در پروژه باشد استفاده از روش‌های نیلینگ و انکراژ می‌تواند مورد نظر قرار گیرد.

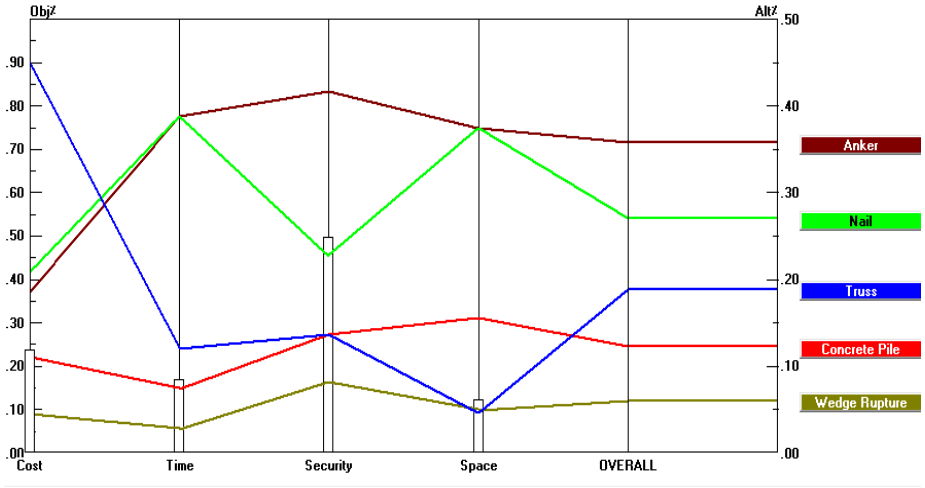
۴-۴-۴- تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از تحیلیل سلسله مراتبی AHP

در شکل‌های ۱۹ و ۲۰ با استفاده از تحلیل سلسله مراتبی به بررسی و مقایسه زوجی بین هر یک از روش‌های مذکور مطرح شده در این پژوهش پرداخته می‌شود تا ضمن وزن دهی به گزینه‌ها، تصمیم گیران و دست اندرکارن در پروژه بتوانند نسبت به مواردی که برایشان ارجح‌تر است تصمیم بهتری را اتخاذ نمایند.



شکل۱۹ : مقایسه هزینه - زمان اجرا برای روش‌های مختلف گودبرداری برای عمق ۱۲ متری با استفاده از تحلیل سلسله مراتبی AHP.

نتایج بدست آمده در شکل ۱۹ از مقایسه زوجی بین هر یک از گزینه‌ها بدست آمده است که نشان می‌دهد استفاده از توده طبیعی خاک به لحاظ هزینه و زمان نسبت به دیگر موارد از شرایط بهتری برخوردار است و پس از آن به لحاظ هزینه روش شمع بتنی و روش انکر می‌تواند گزینه‌های مناسبی به حساب آید. به لحاظ زمان هر چند که روش‌های نیلینگ و انکراژ زمان بیشتری را نسبت به دیگر گزینه‌ها دارند ولی با استفاده از این گزینه‌ها می‌توان از تمام فضای گود استفاده کرد، که این می‌تواند گزینه مناسبی برای این عمق از گود به حساب آید.

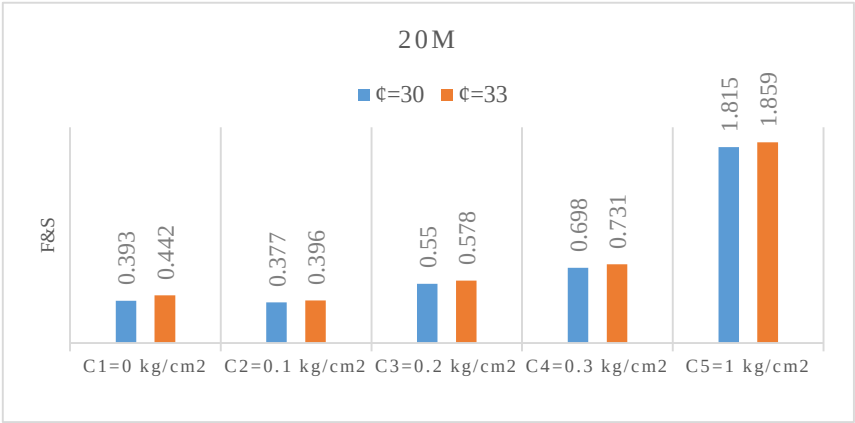


شکل۲۰ : مقایسه کلی آیتم‌های تاثیر گذار درگودبرداری برای عمق ۱۲ متری با استفاده از تحلیل سلسله مراتبی AHP.

شکل ۲۰ نشان می‌دهد در گودهای به عمق ۱۲ متر استفاده از روش انکراژ می‌تواند گزینه مناسبی نسبت به دیگر روش‌ها به حساب آید. زیرا هم می‌توان از تمام فضای گود استفاده کرد و هم از امنیت بیشتری نسبت به دیگر گزینه‌ها برخوردار است. همچنین از دیگر روش‌ها زمان بیشتری را در اجرای سازه نگهبان به خود اختصاص می‌دهد.

۱-۵-۴- تاثیر چسبندگی بر ضریب اطمینان در گود ۲۰ متری با ¢=30 , ¢=33

در شکل ۲۱ به تجزیه و تحلیل عوامل تاثیرگذار در خاک با توجه به فرضیات مطرح شده در این پژوهش پرداخته می‌شود، تا ضمن بررسی تاثیر چسبندگی خاک (C) و زاویه اصطکاک داخلی خاک (¢) در پایدارسازی جداره گودهای ۲۰ متری نتایج بدست آمده مورد آنالیز قرار گیرد.

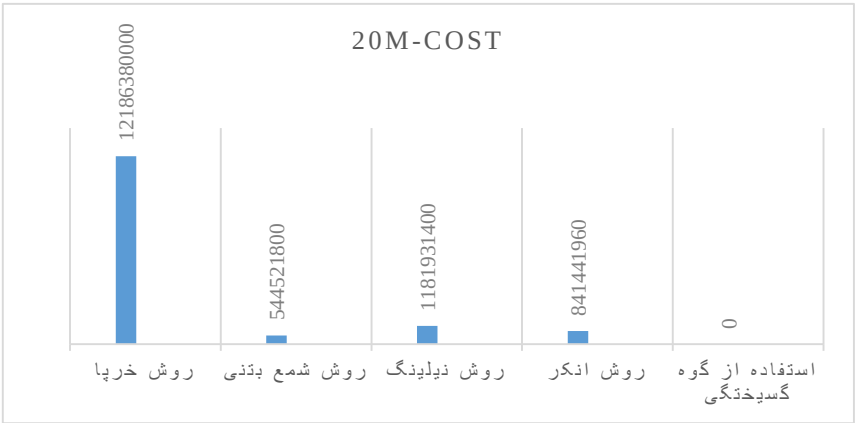


شکل۲۱ : تفاوت ضریب چسبندگی در زاویه اصطکاک داخلی ¢=30 و ¢=33 بر ضریب اطمینان در گود ۲۰ متری.

نتایج بدست آمده از شکل ۲۱ نشان می‌دهد با بهبود مشخصات خاک ضریب اطمینان در گودها افزایش می‌یابد. خاک با مشخصات (C=0، ¢=33) قادر نیست ایستایی خود را بدون استفاده از سازه نگهبان در عمق ۲۰ متری حفظ نماید و برای این منظور نیاز به تمهیداتی از جمله استفاده از سازه نگهبان می‌باشد. همچنین نتایج بدست آمده از مراحل قبل نشان می‌دهد با افزایش عمق گود ضریب اطمینان در گودها کاهش می‌یابد.

۲-۵-۴- مقایسه هزینه روش‌های مختلف گودبرداری برای عمق ۲۰ متری

برای آنالیز هزینه‌ها ابتدا ایستایی گودها را با استفاده از نرم افزار GeoSlop بررسی کرده و سپس با استفاده از فهرست بهای ۱۴۰۰ به آنالیز قیمتی پرداخته می‌شود و نتایج به صورت عددی در شکل ۲۲ نشان داده می‌شود.



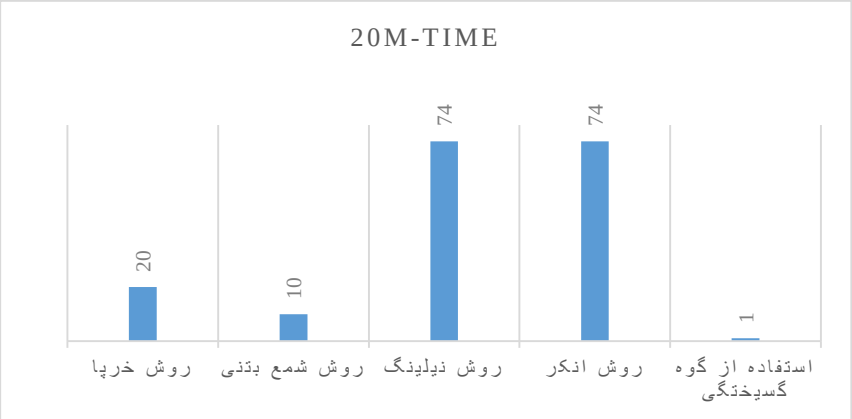
شکل۲۲ : مقایسه هزینه روش‌های مختلف گودبرداری برای عمق ۲۰ متری.

نتایج بدست آمده از شکل ۲۲ نشان می‌دهد در گودهای به عمق ۲۰ متر استفاده از گوه گسیختگی به لحاظ هزینه نسبت به دیگر روش‌ها توجیح پذیر است. ولی به دلایل مختلف از جمله فضای اشغال شده از گود که باعث اخلال در اجرای پروژه می‌شود و همچنین

ایمنی کمتری که نسبت به سایر روش‌ها دارد نمی‌تواند گزینه مناسبی به حساب آید. برای این عمق استفاده از روش انکراژ یا استفاده از روش‌های ترکیبی می‌تواند گزینه مناسبی تلقی گردد.

۳-۵-۴- مقایسه زمان روش‌های مختلف گودبرداری برای عمق ۲۰ متری

از دیگر عوامل تاثیرگذار در انتخاب روش، جهت پایدارسازی جداره گود زمان می‌باشد. در بررسی زمان اجرای سازه‌های نگهبان از نظر خبرگان و دست اندرکاران در پروژه‌های گودبرداری استفاده شده است. همچنین جهت سرعت بخشیدن در ساخت و اجرای سازه‌های نگهبان هم‌پوشانی مراحل مختلف کار مد نظر قرار گرفته شده است و نتایج در شکل ۲۳ نشان داده می‌شود.

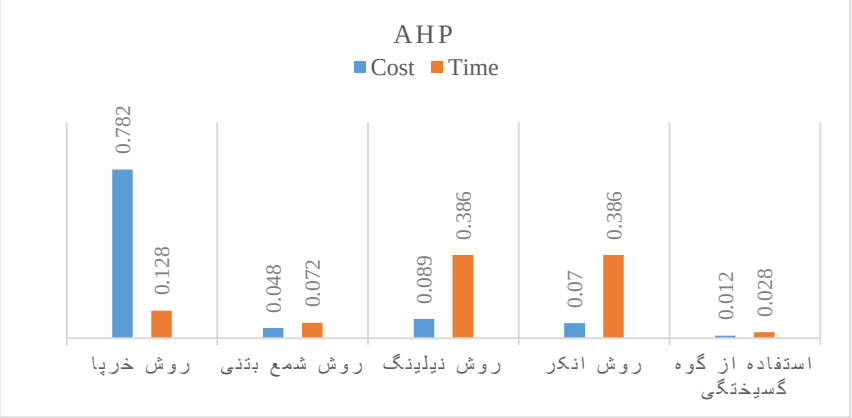


شکل۲۳ : مقایسه زمان‌های اجرا برای روش‌های مختلف گودبرداری برای عمق ۲۰ متری.

نتایج بدست آمده از شکل ۲۳ نشان می‌دهد استفاده از گوه گسیختگی خاک دارای کمترین زمان در بین گزینه‌ها برای عمق ۲۰ متری می‌باشد. ولی به دلیل محدودیت‌هایی که گفته شد استفاده از آن برای عمق ۲۰ متری مناسب نمی‌باشد و باید از روش‌های دیگری از جمله انکراژ و یا روش‌های ترکیبی استفاده نمود.

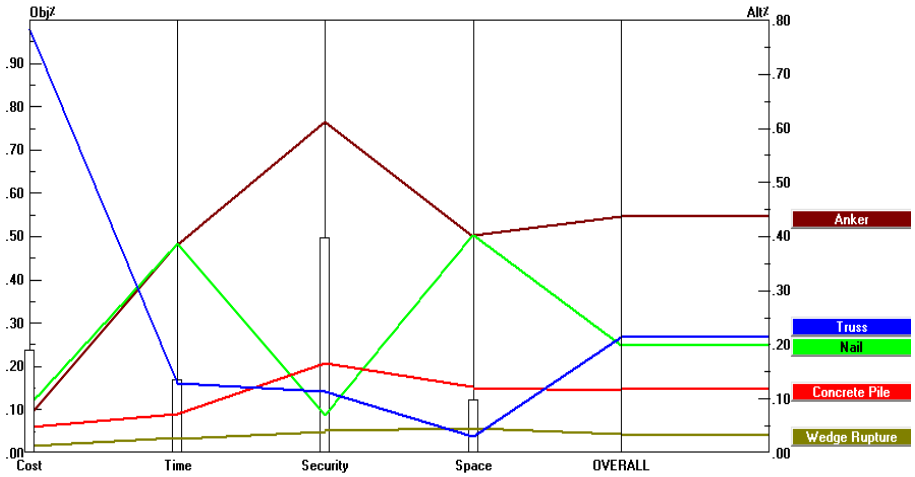
۴-۵-۴- تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از تحلیل سلسله مراتبی AHP

جهت اتخاذ تصمیم مناسب در استفاده از بین روش‌های مذکور در پایدار سازی جداره گودها در شکل‌های ۲۴ و ۲۵ با استفاده از تحلیل سلسله مراتبی به بررسی و مقایسه زوجی بین هر یک از روش‌ها پرداخته می‌شود.



شکل۲۴ : مقایسه هزینه-زمان اجرا برای روش‌های مختلف گودبرداری برای عمق ۲۰ متری با استفاده از تحلیل سلسله مراتبی AHP.

نتایج بدست آمده از شکل ۲۴ نشان می‌دهد استفاده از توده طبیعی خاک به لحاظ هزینه کمترین مقدار را دارد و پس از آن استفاده از روش شمع بتنی می‌تواند گزینه مناسبی باشد. استفاده از روش انکراژ به دلیل اینکه می‌توان از تمام فضای گود استفاده کرد بیشتر مورد نظر مهندسین دخیل در پروژه قرار دارد. به لحاظ زمان روش‌های نیلینگ و انکراژ دارای بیشترین زمان در اجرا می‌باشند ولی با توجه به مزایای ذکر شده برای گودهای عمیق بیشتر مورد استفاده قرار می‌گیرند.



شکل۲۵ : مقایسه کلی آیتم‌های تاثیر گذار درگودبرداری برای عمق ۲۰ متری با استفاده از تحلیل سلسله مراتبی AHP.

شکل ۲۵ نشان می‌دهد در گودهای عمیق استفاده از روش انکراژ می‌توانند گزینه مناسبی باشد زیرا اولا از تمام فضای موجود در گود می‌توان استفاده نمود، ثانیا از امنیت بالاتری نسبت به سایر روش‌ها برخوردار است.

۵- نتیجه گیری

با توجه به یافته‌های بدست آمده از این پژوهش نتایج نشان می‌دهد:

۱- استفاده از گوه گسیختگی که در این پژوهش به عنوان روش نوآورانه مورد مطالعه قرار گرفته است می‌تواند در بحث مهندسی ارزش مورد استفاده قرار گیرد و هزینه و زمان بسیاری از پروژه‌های گودبرداری را کاهش دهد.

۲- استفاده از گوه گسیختگی در گودهای کم عمق با مشخصات عنوان شده در این پژوهش، گزینه مناسبی برای حفظ و ایستایی گود به حساب می آید زیرا به لحاظ هزینه و زمان و همچنین فضای اشغال شده در گود نسبت به سایر روش‌ها ارجح‌تر می‌باشد.

۳- در گودهای نیمه عمیق با مشخصات عنوان شده در این پژوهش، استفاده از روش شمع بتنی گزینه مناسبی می‌باشد زیرا فضای کمتری از گود را اشغال می‌کند و همچنین تجهیز کارگاه کمتری را نسبت به سایر روش‌ها دارد. استفاده از گوه گسیختگی در گودهای نیمه عمیق به لحاظ اینکه فضای زیادی از گود را اشغال می‌کند و روند پروژه را کند می‌کند نمی‌تواند گزینه مناسبی تلقی شود.

۴- استفاده از روش انکراژ در گودهای عمیق با مشخصات عنوان شده در این پژوهش می‌تواند گزینه مناسبی به لحاظ ایمنی و فضای اشغال شده تلقی شود.

۵- در گودهای عمیق می‌توان از روش‌های ترکیبی جهت کوچک شدن ابعاد شمع‌ها و همچنین افزایش فاصله بین انکرها استفاده نمود.

مراجع

[1] Bag Verdi. and Hoseini Javid, Hamid Reza. and Hoseini Javid, Javad. (2020). Reasons for delays in opening and operation of construction projects and elimination of these causes due to value engineering indicators and sustainable development. Tehran.

[2] Nazari, Ahmad. and Jamali Hercini, Naser. and Goldust, Yaser. Application of value engineering in improving the design of construction projects.

[3] Thneibat, Mujahed. and Thneibat, Motasem. and Al-Shattarat, Basiem. and Al-kroom, Hussein. (2022). Development of an agent-based model to understand the diffusion of value management in construction projects as a sustainability tool. Alexandria Engineering Journal.

[4] Al Amri ,Tariq. and Marey-Pérez, Manuel. (2021). Value Engineering: a promising tool to Oman Construction Sustainability. Technium Social Sciences Journal.

[5] Sandupama, A.V.P.U. and T. Ramachandra, U.G.D. and Madushika. (2021). ENHANCING VALUE ENGINEERING APPLICATION IN THE SRI LANKAN BUILDING CONSTRUCTION INDUSTRY: A FRAMEWORK.

[6] Masengesho, Elysé. and Ji Wei. and Umubyeyi, Nadine. and Niyirora, Rosette. (2021). A Review on the Role of Risk Management (RM) and Value Engineering (VE) Tools for Project Successful Delivery. World Journal of Engineering and Technology.

[7] Abdelfatah, Samir. and Abdel-Hamid, Mohamed. And Abdel-Aziz, Ahmed. (2020). Applying Value Engineering Technique Using Building Information Modeling at Underground Metro Station. International Journal of Engineering Research and Technology.

[8] M M Elsonoki. And R Yunus. (2020). Value Engineering Practices in The Libyan Construction Industry: A Preliminary Study. IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 498.

[9] V. Patel, Akshay. and Prof: S. Patel, Ankit. (2020). POTENTIAL ROLE OF VALUE MANAGEMENT IN CONSTRUCTION INDUSTRY. International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET).

[10] Alshehri, Abdullah. (2020). Value Management Practices in Construction Industry: An Analytical Review. The Open Civil Engineering Journal.

[11] Garomsa, Tsigereda. and De Castro Agon, Elmer. and Assefa, Sintayehu. (2019). Concept of Value Engineering and Current Project Management Practice in Ethiopian Building Construction Projects. American Journal of Civil Engineering . February 27.

[12] Aghimien, D.O. and Oke, A.E. and Aigbavboa, C.O. (2018). Barriers to the adoption of value management in developing countries. Engineering, Construction and Architectural Management 25 No. (7), pp. 818-834.

[13] Mukhzani, Abd Latif. And Ghazali, Zawidatul Asma. (2019). Value management / value engineering (VM/VE) application in Malaysian public construction projects: application of VM/VE study improved roads project sustainability.

[14] Perera, C. S. R. and S. Gunatilake. (2020). Value chain management in Sri Lankan construction industry:contractor's perspective. International Journal of Construction Management.

[15] Dmochowski, Grzegorz. and Szolomicki, Jerzy. (2021). Technical and Structural Problems Related to the Interaction between a Deep Excavation and Adjacent Existing Buildings.

[16] A. Mansour, Mona. and S. Rashed, Ahmed. and A. Farag, Ahmed. (2020). Adopting Numerical Models for Prediction of Ground Movements Induced by Deep Excavation. International Journal of Recent Technology and Engineering (IJRTE).

[17] Hafizuddin Hamzah, Muhammad. and Mohd Taib, Aizat. And Sharil, Suraya. and Bukhari Ramli, Ahmad. and Abang Hasbollah, Dayang Zulaika. (2019). The Stability of Diaphragm Wall for Deep Excavation. International Journal of Advanced Trends in Computer Science and Engineering.

[18] Ghareh, Soheil. (2019). THE IMPACT OF EXTREME GROUNDWATER RECHARGE AND DEWATERING EVENTS ON THE EFFICIENCY OF A DEEP ANCHORED WALL.

[19] Rybak, Jarosław. and Ivannikov. Alexander. and Kulikova, Elena. and Żyrek, Tomasz. (2018). Deep excavation in urban areas – defects of surrounding buildings at various stages of construction.