اولین کنفرانس بین المللی مطالعات بین رشته ای در مدیریت و مهندسی
۲۳ اسفند ۱۳۹۷ - دانشگاه تهران
1st International Conference Interdisciplinary Studies in Management and Engineering
14 March 2019 - University Of Tehran
ISC
کد اختصاصی 97181-23104
با مجوز شماره ۱۶/۷۶۰۷۷
وزارت علوم تحقیقات و فناوری

مطالعه اثرات استفاده از روش‌های مختلف گودبرداری وسازه نگهبان بر زمان، هزینه و ایمنی پروژه ها

محمد اخوان
دانشجوی کارشناسی ارشد رشته مهندسی عمران، گرایش مدیریت ساخت، دانشگاه آزاد اسلامی واحد دهاقان
Eng.m.akhavan@gmail.com

دکتر پیمان داوری دولت آبادی
عضو هیأت علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد دهاقان
pdaavari@gmail.com

چکیده

یکی از تصمیم گیری‌هایی که برای یک مدیر پروژه گودبرداری حیاتی قلمداد می‌شود، انتخاب روش پایدارسازی گود می‌باشد. انتخاب صحیح روش پایدارسازی، باعث افزایش ضریب اطمینان نسبت به عدم تغییر مکان غیرمجاز جداره‌های گود، کاهش زمان پایدارسازی، از بین بردن تلفات احتمالی، کاهش هزینه های پایدارسازی و به صورت کلی کاهش ریسک‌های موثر در هزینه و ایمنی خواهد شد. در این پژوهش به منظور مطالعه اثرات استفاده از روش‌های مختلف گودبرداری و سازه نگهبان بر زمان، هزینه و ایمنی پروژه ها ابتدا روش‌های متداول و موجود در دنیا جهت گودبرداری پروژه های ساختمانی تشریح شد. روند انجام تحقیق به این صورت است که ابتدا در فاز پیش مطالعه، تعداد ۱۵ نفر از کارشناسان و خبرگان عمران، مهندسین ژئوتکنیک، سرپرست کارگاه و پروژه انتخاب شدند. در مرحله اول، پرسشنامه‌ای باز برای شناسایی روش های گودبرداری موجود تدوین و در شروع کارگاه، در اختیار حاضرین قرار داده شد. پرسشنامه توسط خبرگان به صورت کتبی پاسخ داده شد و بعد از تکمیل پرسشنامه ماتریس مربوطه تشکیل و با استفاده از دو تکنیک فرایند تحلیل سلسله مراتبی و تاپسیس داده‌ها آنالیز گردید. نتایج حاکی از آن است که مولفه زمان عملیات گودبرداری بیشترین تأثیر را در نتایج سلسله مراتبی دارد. در مولفه‌های مربوط به هزینه، نیروی انسانی بیشترین تاثیر را دارد و همچنین در ایمنی، ایمنی برش کاری، ایمنی کار با بالابرها بیشترین تأثیر را دارد. در نهایت با تکنیک تاپسیس فازی به انتخاب بهترین روش پرداخته شد. نتایج نشان داد روش مهارسازی به عنوان بهترین روش گودبرداری انتخاب شد زیرا کمترین نزدیکی نسبی هر گزینه به راه حل ایده‌آل را دارد.

واژه‌های کلیدی: گودبرداری، سازه نگهبان، تاپسیس فازی، فرایند تحلیل سلسله مراتبی.

Archive of SID
www.SID.ir

۱- مقدمه

در سال‌های اخیر، با توجه به توسعه و گسترش شهرها، افزایش تراکم جمعیت و بالا رفتن ارزش زمین خصوصاً در کلانشهرها و به دنبال آن احساس نیاز به تامین پارکینگ و فضاهای رفاهی و ورزشی در ساختمان‌ها، عمق گودبرداری‌ها افزایش یافته است. با توجه به این که با افزایش عمق گودبرداری، احتمال ناپایداری و یا ریزش گود، بالا می‌رود، مهندسین ژئوتکنیک برای پایدارسازی جداره گود، با چالش‌های جدیدی رو به رو شده‌اند؛ به طوری که در حال حاضر، یکی از شایع ترین حوادث کارگاهی که متأسفانه با خسارت‌های مالی و جانی بسیار همراه بوده و هر از چند گاه، اخبار تأسف آور آن در رسانه‌های ارتباط جمعی منتشر می‌شود، حوادث ناشی از گودبرداری‌های غیراصولی است.

آن چنان که بررسی‌های آماری نشان می‌دهند، حوادث صنعت ساختمان در بین سایر موارد مشابه کارگاهی، بیشترین درصد تلفات را به خود اختصاص می‌دهد و در این میان، مهمترین و حساس ترین مرحله احداث ساختمان که عامل بروز بیشترین خسارت است، همان مرحله گودبرداری است. در گودبرداری، هدف اصلی ایمن سازی جداره‌های گود با استفاده از سازه نگهبان، تأمین ایمنی افراد و نیروهای ساختمانی، ایمنی ساختمان‌های مجاور گود و نیز فراهم آوردن شرایط امن و مطمئن برای اجرای کار می‌باشد.

متاسفانه در سال‌های اخیر حوادث مشابهی در کشور عزیزمان ایران نیز اتفاق افتاده است. گسترش گودبرداری‌ها و احتمال رخ دادن حوادثی از این دست، اهمیت این موضوع را نشان می‌دهد. تحلیل سازه‌های ژئوتکنیکی مبتنی بر ارزیابی ریسک، موضوعی است که اخیراً مورد توجه محققین قرار گرفته است. دلیل این رویکرد نیز وجود پارامترهای غیر قطعی یا همان عدم قطعیت‌ها در مسائل ژئوتکنیکی می‌باشد که به شدت زمان وهزینه عملیات را نسبت به برآوردهای اولیه تغییر می‌دهد.

به دلیل اینکه وجود عدم قطعیت‌ها طراحی‌های غیر مطمئن را منجر می‌گردد. از این‌رو باید میزان نامطمئن بودن طراحی و ریسک‌های ناشی از این طراحی ارزیابی شوند تا با مدیریت صحیح عملیات، زمان وهزینه‌ها را کاهش داد. مدیریت زمان وهزینه عملیات گودبرداری عبارت است از کاربرد سیستماتیک رویه ها، شیوه‌ها و سیاست‌های مدیریتی، برای شناسایی، آنالیز، ارزیابی، کاهش و نظارت بر زمان وهزینه عملیات، همچنین کاهش ریسک نیز با استفاده از روش‌های مناسب و اصولی پایداری سازی انجام می‌گیرد.

۲-بیان مساله

در یک تعریف کلی گودبرداری در مناطق باز، یعنی پایین رفتن از سطح زمین و در مناطق مسکونی، یعنی پایین رفتن از زیر تراز پی خانه‌های همجوار. یکی از مسائل مهم در ساخت و سازهای شهری، ایجاد پایداری مناسب در هنگام تخریب، گودبرداری و اجرای سازه نگهبان است. عملیات گودبرداری در زمره عملیات خاکی خطرناک قرار دارد. براساس آمارهای موجود همه ساله در پروژه‌های گودبرداری به دلیل عدم رعایت اصول ایمنی، انسان‌های زیادی جان خود را از دست داده‌اند یا صدمات شدیدی می‌بینند. از این رو نحوه گود برداری و پایدارسازی دیوارهای گود در محل احداث جزء ابتدایی ترین و بنیادی ترین مسائل در ساخت سازه‌های بزرگ می‌باشد. یکی از تصمیم گیری‌های که برای یک مدیر پروژه گودبرداری حیاتی قلمداد می‌شود، انتخاب روش پایدارسازی گود می‌باشد که پس از بررسی‌های صورت گرفته و ترتیب جلسات گوناگون مشورتی با مشاوران و طراحان و بررسی شرایط پیرامون گود و همسایگان این تصمیم اتخاذ می‌شود. انتخاب صحیح روش پایدارسازی، باعث افزایش ضریب اطمینان نسبت به عدم تغییر مکان غیرمجاز جداره‌های گود، کاهش زمان پایدارسازی، از بین بردن تلفات احتمالی، کاهش هزینه‌های پایدارسازی و به صورت کلی کاهش ریسک‌های موثر در هزینه و ایمنی خواهد شد؛ بنابراین عدم انتخاب صحیح این

Archive of SID
www.SID.ir

روش نیز می‌تواند کلیه عوامل ذکر شده را کاملاً تغییر داده و به حالت منفی درآورد. لازم به ذکر است که هر یک از روش‌های گودبرداری و محافظت از آن، دارای روند اجرای خاص، مزایا، معایب و ریسک‌هایی می‌باشد.

۳-اهمیت موضوع

با توجه به تنوع بسیار زیادی که در پروژه‌های ساختمانی وگودبرداری‌های آنها از لحاظ عمق گود، وسعت گودبرداری، وضعیت سازه‌های مجاور، نوع خاک محل، وجود آب‌های زیر زمینی، راه‌های دسترسی و... شاهد آن هستیم لازم است تا روش‌های گودبرداری با توجه به شرایط فعلی کشورمان از لحاظ فنی، مالی وزمانی بررسی شده وروش‌های بهینه انتخاب گردد . امروزه شاهد این موضوع هستیم که اغلب پروژه‌های گودبرداری در کشور از ایمنی لازم برخوردار نبوده و پایداری آن‌ها دچار مشکل می‌باشد ودارای ریسک‌های بالا می‌باشند. همچنین اکثر این پروژه‌ها خصوصا در گودبرداریهای عمیق و وسیع به لحاظ زمان و هزینه عملیات نیز وضعیت مناسبی ندارند و هزینه‌ها وزمان آنها از حد معمول ومتعارف کشورهای پیشرفته بیشتر است. به همین جهت این موضوع جهت این پایان نامه انتخاب شده است ودر آن تلاش خواهد شد تا اولا روش‌های متداول و موجود در دنیا جهت گودبرداری پروژه‌های ساختمانی تشریح گردد ثانیا علل اصلی اغلب ناپایداری‌ها وریزش گودها وهمچنین افزایش هزینه وزمان عملیات گودبرداری شناسایی گردد و ثالثاً راه‌کارهایی جهت بهبود وضعیت فعلی عملیات‌های گودبرداری در کشورمان ارائه گردد.

۴-مروری بر ادبیات تحقیق

۴-۱-مروری بر روش‌های گودبرداری و سازه نگهبان

اگر پس از انجام محاسبات مشخص گردید خاک به تنهایی نمی‌تواند در برابر فشارهای جانبی مقاومت نماید باید با احداث سازه‌های نگهبان مناسب دیواره گود پایدار گردد. سازه‌های نگهبان، سازه‌های موقتی هستند که برای مهار ترانشه اجرا می‌شوند. روش‌های پایداری سازی گود همزمان با احساس نیاز بشر برای ساخت و ساز در زیر سطح زمین شکل گرفت که ساده‌ترین آن‌ها ایجاد شیب پایدار در سطح گودبرداری شده است. با گذشت زمان و ایجاد محدودیت‌های اساسی نظیر کمبود فضا برای ایجاد شیب مناسب برای گود، مهندسین به فکر روش‌های مقابله با ریزش سطوح خاکبرداری شده قائم افتادند. روش‌های ابتدایی برای مقابله با ریزش که هنوز هم مورد استفاده قرار می‌گیرند نظیر شمع، نگهدارنده‌های افقی و مایل، دیوار برلنی و خرپا ابداع شده و با نوآوری‌های متفکرانه خاک مسلح و میخ‌کوبی نیز به آن‌ها اضافه گردیدند. اهمیت استفاده از این روش‌ها زمانی بیشتر آشکار می‌شود که به نمونه‌های تخریب شده ساختمان‌ها و بناهای جدید و قدیم در مجاورت گودبرداری‌های غیر اصولی توجه گردد. صدمات جانی و مالی فراوان که به دنبال عدم رعایت اصول مهندسی در گودبرداری و نیز عدم استفاده از روش مناسب محافظت

Archive of SID
www.SID.ir

گود پدیدار شده‌اند هیچ‌گاه قابل جبران نخواهد بود.(اشرفی، ۱۳۸۵) بنابراین بررسی و شناسایی روش‌های متفاوت ایجاد سازه‌های نگهبان و بکارگیری اصولی این روش‌ها غیر قابل اجتناب است. انواع روش‌های پایدارسازی گود عبارتند از:

۱-مهارسازی[1] ۲- دوخت به پشت[2] ۳- دیواره دیافراگمی[3] ۴- مهار متقابل[4] ۵- اجرای شمع[5] ۶- سپرکوبی[6] ۷- اجرای خرپا[7] ۸- روش ریز شمع[8] ۹- روش میخ‌کوبی[9]

۴-۲-مروری بر پیشینه تحقیق

رهنما (۱۳۹۲)، در تحقیقی به بررسی مسائل ایمنی در تخریب، گودبرداری واجرای سازه نگهبان در مناطق شهری پرداخت و نکات مهمی که در پایدار سازی سازه‌های مجاور در زمان عملیات گودبرداری بایستی در نظر گرفته شود را بیان نمود. (رهنما، ۱۳۹۲)

کریمی(۱۳۹۱) در تحقیقی به بررسی ضوابط تخریب وگودبرداری ساختمان‌ها در شهر تهران پرداخت وآن را با تجارب دیگر کشورها مقایسه نمود.(کریمی، ۱۳۹۱)

ژو[10] و همکارانش(۲۰۰۹)، بحث مدل سازی عددی گودبرداریهای عمیق شهری را مورد بررسی قرارداد وی در این تحقیق انواع روش‌های پایدار سازی خصوصا پایدار سازی به روش Nailing را مورد مطالعه عددی قرار داد وراهکارهای اجرایی جهت بهینه سازی زمان و هزینه پایدار سازی گودها را به لحاظ فنی ارائه نمود(Zhou,2009)

بایومی[11] وهمکارانش(۲۰۰۸) موضوع خاک مسلح وپایدار سازی گودهای شهری در شرایط خاک‌های زهکشی شده و وزهکشی نشده را مورد بررسی قرار داد ونکات مهم وراهکارهای اجرایی که در بحث بهینه سازی زمان وهزینه‌های پایداری سازی مهم است را ارائه نمود(Bayoumi,2008)

مکناب وهمکارانش[12](۲۰۰۴) در تحقیقات خود اثر روش پایدار سازی Nailingرا در خاک‌های مختلف ودرگودهای عمیق مورد بررسی قرار دادند. این تحقیقات نشان داد که این روش در خاک های سفتی مانند شیل های پیش تحکیمی، سیلت های متراکم، ماسه و گراول های متراکم تا نیمه متراکم و تیل های سیمانی نتایج بهتری دارد و انجام آن درخاک های نرم چسبنده توصیه نمی شود. همچنین این روش برای پایدار کردن ناپایداری‌های بزرگ کاربرد ندارد، اما برای نگهداری دیواره‌های کم عمق وصفحه ای بسیار مفید می‌باشد ودر مقایسه با شمع‌ها اقتصادی تر است.(Macnab,2004)

۵-روش تحقیق :

نوع تحقیق از نظر روش، توصیفی تحلیلی است و از لحاظ هدف تحقیق، از نوع مطالعات کاربردی می‌باشدبا توجه به نوع تحقیق وپژوهش و نبود خبره و کارشناس در موضوع تحقیق و محدودیت در تعداد جامعه آماری باعث شد که ابتدا در فاز پیش مطالعه، تعداد ۱۵ گروه از کارشناسان و خبرگان عمران، مهندسین ژئوتکنیک، سرپرست کارگاه و پروژه و شرکت‌هایی که در زمینه‌ی

[1] Anchorage
[2] Tie back
[3] DiAHPragm Wall
[4] Reciprocal Support
[5] Piling
[6] Sheet Piling
[7] Truss construction
[8] Micropile
[9] Nailing
[10] Zhou
[11] Bayoumi
[12] Macnab & etal

Archive of SID
www.SID.ir

گودبرداری دارای سابقه کاری بودند(عمران نقش صدرا، سروش دریایی، بسپار پی ایرانیان، زیگورات پایدار پی کاران، تدبیر بام ماندگار، حفار پایدار تهران، ارسا خاک پی، آسیا عمران خاک) انتخاب شدند. در مرحله اول، پرسشنامه‌ای باز را برای شناسایی روش‌های گودبرداری موجود تدوین شد و در شروع کارگاه، در اختیار حاضرین قرار داده شد. پرسشنامه توسط خبرگان به صورت کتبی پاسخ داده شد. پس از جمع آوری پرسشنامه ها، پاسخ‌ها سازماندهی، نظرات مشابه ترکیب، گروه‌بندی و موضوعات تکراری و حاشیه حذف شد و تا حد امکان پاسخ‌ها کوتاه شد. نتیجه این مرحله در واقع مشخص کننده تم‌ها و شناسایی عناوین است که تبدیل به پرسشنامه ای ساختار یافته شد که توسط خبرگان با استفاده از مقیاس لیکرت رتبه بندی ۵ دسته‌ای(کاملاً مرجع، ترجیح خیلی قوی، ترجیح قوی، کمی مرجع، ترجیح یکسان) تنظیم شده است، استفاده شد. در مرحله بعد، از شرکت کنندگان درخواست شد تا پاسخ‌ها را مجدداً مرور نمایند و در صورت نیاز در نظرات و قضاوت های خود تجدیدنظر کرده و دلایل خود را در موارد عدم اجماع ذکر نمایند و با در نظر گرفتن میانگین و میانه‌ی نمرات هر عنوان، اهمیت آن را درجه بندی نمایند. در این مطالعه سطح اجماع نظرات بالاتر از ۷۰ درصد در نظر گرفته می‌شود. پرسشنامه تنظیم شده توسط خبرگان با روش امتیازدهی از مقیاس نه درجه ساعتی استفاده شد. بدین معنی که برای هر شاخص اصلی چند شاخص فرعی در نظر گرفته شده است. افراد با توجه به اولویت شاخص‌ها نسبت به هم امتیازی بین ۱تا ۹ می‌دهند. اگر از نظر فرد پاسخگو، شاخص فرعی اول دارای اولویت باشد امتیاز ۹ در طرف این شاخص تیک می‌خورد. چنانچه فرد پاسخگو به شاخص فرعی دوم بخواهد امتیاز ۹ بدهد یا هر امتیاز دیگری و شاخص دوم نسبت به شاخص فرعی اول دارای اولویت باشد امتیاز ۹ از طرف چپ (امتیاز طرف شاخص فرعی دوم) تیک می‌خورد. به همین صورت تا انتها و بعد از تکمیل پرسشنامه ماتریس مربوطه تشکیل داده می‌شود.

۶-روند اجرا تحقیق

۶-۱-روش AHP:

روش AHP بر مبنای سه اصل تجزیه، مقایسه جفتی، جمع بندی و اولویت بندی گزینه‌ها استوار است. در این روش معیارهایی که دارای اهمیت بیشتری هستند، در ردیف‌های بالاتر این ساختار شاخه ای قرار می‌گیرند. از آنجایی که مبنای تمامی محاسبات در فرایند تحلیل سلسله مراتبی، نظر کارشناسی است، نتایج دارای انعطاف پذیری است و این ویژگی از نقاط قوت این روش محسوب می‌شود. همچنین، استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی این قدرت را به تصمیم گیری می‌دهد که عوامل مهم تری که از نظر کارشناسی مسئله را بیشتر تحت تأثیر قرار می‌دهند با همان اهمیت در مسئله مورد بررسی قرار گیرد. بعلاوه به دلیل اینکه در فرایند تحلیل سلسله مراتبی، وزن دهی به گزینه‌ها با مقایسه زوجی گزینه‌ها نسبت به هدف صورت می‌گیرد و همچنین

Archive of SID

www.SID.ir

گزینه‌ها نسبت به تک تک معیارها مورد مقایسه زوجی، ارزیابی و امتیازدهی قرار می‌گیرند، این روش در این پژوهش از کارایی مناسبی برخوردار است و نتایج نهایی از دقت و اطمینان بالاتری برخوردار است(اوغانی، ۱۳۹۲).

۶-۱-۱-خصوصیات AHP

-تحلیلی بودن: استفاده از اعداد و ارقام در تحلیل های استنباطی

-سلسله مراتبی بودن: تجزیه وضعیت های پیچیده بر اساس اولویت ها، اهداف، معیارها و گزینه ها

-فرایندی بودن: اتخاذ تصمیم نیازمند بررسی همه جانبه توسط افراد مختلف طی جلسات گوناگون و اعمال نظرات آنها تا اخذ نتیجه می باشد.

۶-۲-تکنیک تاپسیس

این روش در سال ۱۹۸۱توسط هوانگ و یون[1] ارائه گردید. در این روش m گزینه بوسیله n شاخص مورد ارزیابی قرار می‌گیرند و هر مساله را می‌توان به عنوان یک سیستم هندسی شامل m نقطه در یک فضای n بعدی در نظر گرفت. این تکنیک بر این مفهوم بنا شده است که گزینه انتخابی باید کمترین فاصله را با راه حل ایده‌ال مثبت(بهترین حالت ممکن، A_i^+) و بیشترین فاصله را با راه حل ایده‌ال منفی(بدترین حالت ممکن، A_i^-) داشته باشد. فرض بر این است که مطلوبیت هر شاخص بطور یکنواخت افزایشی و یا کاهشی است. در این تحقیق روش TOPSIS برای ارزیابی فنی و اقتصادی پیاده سازی مدیریت سبز در پروژه‌های ساختمانی با تمرکز بر انرژی پاک استفاده شده است که به صورت زیر به دست می‌آید:

گام اول: ماتریس تصمیم(D) به صورت زیر نرمال(بی مقیاس) می شود:

$$r_{ij} = \frac{r_{ij}}{\sqrt{\Sigma_{j=1}^{j} r_{ij}^2}} \quad j=1, 2, 3\dots n \quad i=1, 2, 3\dots m \qquad (۱)$$

ماتریس بدست آمده N_D نامیده می‌شود.

گام دوم: وزن های نرمال شده ماتریس تصمیم، به صورت زیر حاصل می شود:

$$V = N_D * W_{n*n} \quad j=1, 2, 3\dots n \quad i=1, 2, 3\dots m \qquad (۲)$$

که در آن Vماتریس بی‌مقیاس موزون و W یک ماتریس قطری از وزن‌های بدست آمده برای شاخص‌ها می‌باشد.

گام سوم: راه حل ایده آل مثبت(A_i^+) و راه حل ایده آل منفی(A_i^-) به صورت زیر تعریف می شوند:

گزینه ایده‌ال مثبت $A^+ = \{(MAX_i V_{ij} \text{ I } j\epsilon J_1),(MIN_i V_{ij} \text{ I } j\epsilon J_2) \text{I } i=1,2,3,\dots,m$

گزینه ایده‌ال منفی $A^- = \{(MIN_i V_{ij} \text{ I } j\epsilon J_1),(MAX_i V_{ij} \text{ I } j\epsilon J_2) \text{I } i=1,2,3,\dots,m\}$

$$A_i^+ = \{v_1^+, v_2^+, \dots, v_n^+\} \qquad (۳)$$

$$A_i^- = \{v_1^-, v_2^-, \dots, v_n^-\} \qquad (۴)$$

بطوری که:

$J_1 = \{$ 1,2,3,…,n Iبه ازاء عناصر مثبت شاخص‌ها$\}$

$J_2 = \{$ 1,2,3,…,n Iبه ازاء عناصر منفی شاخص‌ها$\}$

[1] Huang and Yun

Archive of SID
www.SID.ir

گام چهارم: اندازه فاصله بر اساس نرم اقلیدسی به ازاء راه حل ایده‌ال منفی و گزینه مثبت و همین اندازه را به ازاء راه حل ایده‌ال مثبت و گزینه منفی بصورت زیر بدست می‌آوریم:

$$d_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^{n}(v_{ij} - v_j^+)^2} \quad i=1, 2, 3\dots m \qquad (۵)$$

$$d_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^{n}(v_{ij} - v_j^-)^2} \quad i=1, 2, 3\dots m \qquad (۶)$$

گام پنجم : نزدیکی نسبی A_i به راه حل ایده‌ال بصورت زیر محاسبه می شود:

$$C_i=\frac{d_i^-}{d_i^+ + d_i^-} \quad , (i=1, 2, 3\dots m) \qquad (۷)$$

چنانچه $A_i = A_i^+$ باشد، آنگاه $d_i^+ = 0$ و $C_i = 1$ می‌شود و در صورتیکه $A_i = A_i^-$ باشد، آنگاه $d_i^- = 0$ و $C_i = 0$ خواهد شد، بنابراین هر گزینه A_i به راه حل ایده آل نزدیک تر باشد، مقدار C_i آن به یک نزدیک‌تر خواهد بود.

گام ششم: با توجه به مقایسه حاصل شده C_i برای هر گزینه، ترتیب رتبه‌ها به دست می آید.

۷-روش و ابزار گردآوری اطلاعات

در این مطالعه برای گردآوری اطلاعات از روش کتابخانه‌ای و روش میدانی استفاده شد.

در این پژوهش از روش کتابخانه‌ای برای جمع آوری اطلاعات در زمینه پیشینه‌ی مطالعات داخلی و خارجی استفاده شده است. ابزار گرداوری اطلاعات در روش کتابخانه‌ای یادداشت برداری از کتب، مقالات، ژورنال‌ها ت داخلی و خارجی می‌باشد. در روش میدانی از ابزار پرسشنامه اقدام به گردآوری داده‌ها می‌شود.

۸-تجزیه و تحلیل داده ها

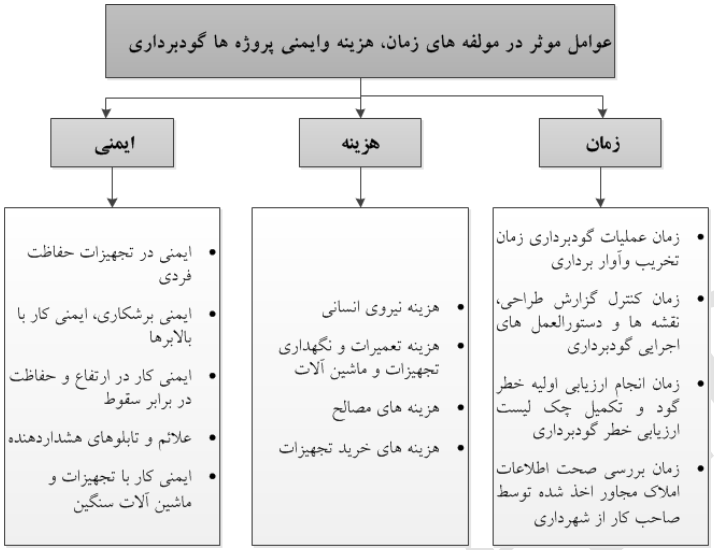
تجزیه و تحلیل اطلاعات با استفاده از نرم افزار متلب انجام شد.

۹-یافته ها

۹-۱-تکنیک تحلیل سلسله مراتبی فازی Fuzzy-AHP

مرحله۱؛ ترسیم درخت سلسله مراتبی: در این مرحله ساختار سلسله مراتب تصمیم را با استفاده از سطوح هدف، معیار و گزینه ترسیم کنید. درخت سلسله مراتب برای زیر مولفه‌های مهم در مولفه‌های زمان، هزینه وایمنی پروژه‌ها گودبرداری در شکل (۱) نشان داده شده است

Archive of SID
www.SID.ir



شکل(۱): عوامل موثر در مولفه‌های زمان، هزینه و ایمنی پروژه‌های گودبرداری

تشکیل ماتریس مقایسات زوجی:

در این تکنیک، کلیه آیتم‌ها به صورت زوجی با یکدیگر مقایسه می‌شوند به عبارت دیگر، عناصر هر سطح نسبت به عنصر مربوطه خود در سطح بالاتر به صورت زوجی مقایسه شده و در وزن آنها محاسبه می گردد. این وزن‌ها را وزن نسبی می نامیم، سپس با تلفیق این وزن‌ها وزن نهایی هر گزینه مشخص می شود.

با استفاده از نظر تصمیم گیرنده، ماتریس مقایسات با بهره‌گیری از اعداد فازی مثلثی $\xi_{ij} = (a_{ij}, b_{ij}, c_{ij})$ را بر اساس نظرات چندین تصمیم‌گیرنده تشکیل دهید.

ماتریس قضاوت فازی

$$\tilde{A} = \begin{bmatrix} (1,1,1) & \begin{Bmatrix} \tilde{a}_{121} \\ \tilde{a}_{122} \\ \vdots \\ \tilde{a}_{12P_{12}} \end{Bmatrix} & \dots & \dots & \begin{Bmatrix} \tilde{a}_{1n1} \\ \tilde{a}_{1n2} \\ \vdots \\ \tilde{a}_{1nP_{1n}} \end{Bmatrix} \\ \begin{Bmatrix} \tilde{a}_{211} \\ \tilde{a}_{212} \\ \vdots \\ \tilde{a}_{21P_{21}} \end{Bmatrix} & (1,1,1) & \dots & \dots & \begin{Bmatrix} \tilde{a}_{2n1} \\ \tilde{a}_{2n2} \\ \vdots \\ \tilde{a}_{2nP_{2n}} \end{Bmatrix} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \begin{Bmatrix} \tilde{a}_{n11} \\ \tilde{a}_{n12} \\ \vdots \\ \tilde{a}_{n1P_{n1}} \end{Bmatrix} & \begin{Bmatrix} \tilde{a}_{n21} \\ \tilde{a}_{n22} \\ \vdots \\ \tilde{a}_{n2P_{n2}} \end{Bmatrix} & \dots & \dots & (1,1,1) \end{bmatrix} \quad (۸)$$

مرحله ۳؛ میانگین حسابی نظرات: میانگین حسابی نظرات تصمیم گیرندگان را به صورت ماتریس زیر محاسبه کنید:

$$\tilde{A} = \begin{bmatrix} (1,1,1) & \tilde{a}_{12} & \tilde{a}_{1n} \\ \tilde{a}_{21} & (1,1,1) & \tilde{a}_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ \tilde{a}_{n1} & \tilde{a}_{n2} & (1,1,1) \end{bmatrix} \quad (۹)$$

مرحله ۴؛ محاسبه مجموع عناصر سطر: مجموع عناصر سطرها را محاسبه کنید:

$$\tilde{s}_i = \sum_{i=1}^{n} \tilde{a}_{ij} \qquad i = 1,2,\dots,n \quad (۱۰)$$

مرحله ۵؛ نرمالایز کردن: مجموع سطرها را به شیوه زیر نرمالایز کنید.

Archive of SID
www.SID.ir

$$\tilde{M}_i = \tilde{s}_i \otimes \left[\sum_{i=1}^{n} \tilde{s}_i\right]^{-1} \quad i = 1,2,\dots,n \qquad (۱۱)$$

مرحله ۶؛ تعیین درجه احتمال بزرگتر بودن: درجه احتمال بزرگتر بودن هر μi را نسبت به سایر μiها محاسبه و آنرا d'(Ai) می‌نامیم.

درجه احتمال بزرگتر بودن عدد مثلثی فازی μ2=(l2,m2,u2) نسبت به عدد مثلثی فازی μ1=(l1,m1,u1) برابر است با:

$$V(M_2 > M_1) = \mathrm{Sub}_{y \geq x}\left[min\left(\mu_{M_1}(x), \mu_{M_2}(y)\right)\right] \qquad (۱۲)$$

مرحله ۷؛ نرمالایز کردن: با نرمالایز کردن بردار وزن‌ها، وزن‌های نرمالایز به دست می‌آیند.

$$w = \left[\frac{d'(A_1)}{\sum_{i=1}^{n} d'(A_i)}, \frac{d'(A_2)}{\sum_{i=1}^{n} d'(A_i)}, \dots, \frac{d'(A_n)}{\sum_{i=1}^{n} d'(A_n)}\right]^T \qquad (۱۳)$$

وزن‌های فوق، وزن قطعی (غیر فازی) هستند. با تکرار این فرایند، اوزان تمامی ماتریس‌ها به دست می‌آید.

مرحله ۸: ترکیب اوزان: با ترکیب وزن‌های گزینه و معیارها، وزن‌های نهایی به دست می‌آید.

$$\tilde{U}_i = \sum_{j=1}^{n} \tilde{w}_i \tilde{r}_{ij} \qquad \forall i \qquad (۱۴)$$

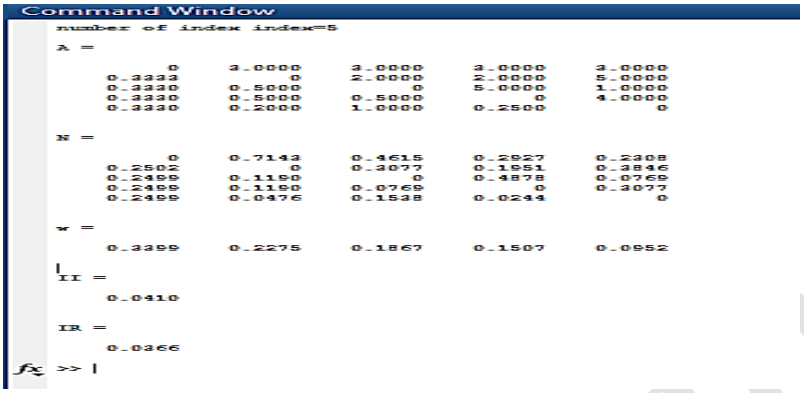
وزن دهی زیر شاخص های زمان که در شکل (۱) ارائه شده است به شرح ذیل می‌باشد :

ابتدا بایستی اعداد فازی به اعداد قطعی تبدیل شده و نرخ ناسازگاری تصمیمی محاسبه شده است. در جدول(۲) ماتریس مقایسات زوجی AHP فازی حاصل از میانگین هندسی نظرات متخصصان در خصوص اولویت بندی عوامل مربوط به آمده است. در این جدول، در خصوص مقادیر پایین قطر اصلی از معکوس مقادیر به دست آمده برای درایه‌ها بالای قطر اصلی استفاده شده است. تمامی مراحل برای به دست اوردن وزن هریک از زیر شاخص‌ها مذکور به صورت جدول(۲) و نتایج خروجی آن در شکل (۲) شده است.

جدول (۲): وزن دهی اولیه هر یک از زیر شاخص‌های شاخص اصلی مولفه زمان

مولفه زمان	زمان عملیات گودبرداری	زمان کنترل گزارش طراحی، نقشه‌ها و دستورالعمل‌های اجرایی گودبرداری	زمان انجام ارزیابی اولیه خطر گود و تکمیل چک لیست ارزیابی خطر گودبرداری	زمان بررسی صحت اطلاعات املاک مجاور اخذ شده توسط صاحب کار از شهرداری	زمان تخریب وآوار برداری
زمان عملیات گودبرداری	۰	۳	۳	۳	۳
زمان کنترل گزارش طراحی، نقشه‌ها و دستورالعمل‌های اجرایی گودبرداری	۰/۳۳۳	۰	۲	۲	۵
زمان انجام ارزیابی اولیه خطر گود و تکمیل چک لیست ارزیابی خطر گودبرداری	۰/۳۳۳	۰/۵	۰	۵	۱
زمان بررسی صحت اطلاعات املاک مجاور اخذ شده توسط صاحب کار از شهرداری	۰/۳۳۳	۰/۵	۰/۵	۰	۴
زمان تخریب وآوار برداری	۰/۳۳۳	۰/۲۰۰	۱	۰/۲۵۰	۰

Archive of SID
www.SID.ir



شکل(۲): خروجی نرم افزار ماتریس مقایسه زوجی شاخص‌ها نسبت به هدف

با تکیه بر خروجی‌های نرم افزاری مشخص گردید که ضریب سازگاری مدل برابر ۰/۰۳۶۶می باشد که چون کمتر از ۰/۱ است پس سازگاری سیستم اثبات می‌گردد.

جدول (۳): ضریب سازگاری در فرآیند تحلیل سلسله مراتبی در نمونه موردی

شاخصه ضریب سازگاری	مقدار	قبول/رد
ضریب سازگاری در تعیین اهمیت نسبی مولفه ها	۰/۰۳۶۶	

جدول(۴): رتبه نهایی زیر شاخص های مولفه زمان

مولفه‌های مورد ارزیابی	وزن کسب شده توسط زیر شاخص	رتبه شاخص‌ها و میزان اثر گذاری شاخص‌ها مورد ارزیابی
زمان عملیات گودبرداری	۰/۳۳۹۹	۱
زمان کنترل گزارش طراحی، نقشه‌ها و دستورالعمل‌های اجرایی گودبرداری	۰/۲۲۷۵	۲
زمان انجام ارزیابی اولیه خطر گود و تکمیل چک لیست ارزیابی خطر گودبرداری	۰/۱۸۶۷	۳
زمان بررسی صحت اطلاعات املاک مجاور اخذ شده توسط صاحب کار از شهرداری	۰/۱۵۰۷	۴
زمان تخریب وآوار برداری	۰/۰۹۵۲	۵

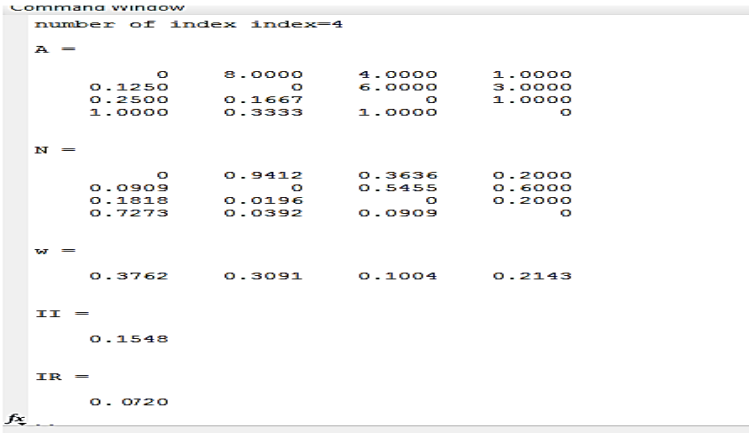
وزن دهی زیر شاخص های هزینه که در شکل (۱) ارائه شده است به شرح ذیل می‌باشد:

ابتدا بایستی اعداد فازی به اعداد قطعی تبدیل شده و نرخ ناسازگاری تصمیمی محاسبه شده است. در جدول(۵) ماتریس مقایسات زوجی AHPفازی حاصل از میانگین هندسی نظرات متخصصان در خصوص اولویت بندی عوامل مربوط به آمده است. در این جدول، در خصوص مقادیر پایین قطر اصلی از معکوس مقادیر به دست امده برای درایه‌ها بالای قطر اصلی استفاده شده است. تمامی مراحل برای به دست آوردن وزن هریک از زیر شاخص‌ها مذکور به صورت جدول(۵) و نتایج خروجی آن در شکل (۳) ارائه شده است.

جدول (۵):وزن دهی اولیه هر یک از زیر شاخص‌های شاخص اصلی مولفه هزینه

www.SID.ir

مولفه هزینه	هزینه نیروی انسانی	هزینه تعمیرات و نگهداری تجهیزات و ماشین آلات	هزینه‌های مصالح	هزینه‌های خرید تجهیزات
هزینه نیروی انسانی	۰	۸	۴	۱
هزینه تعمیرات و نگهداری تجهیزات و ماشین آلات	۰/۱۲۵	۰	۶	۳
هزینه‌های مصالح	۰/۲۵۰	۰/۱۶۷	۰	۱
هزینه‌های خرید تجهیزات	۱	۰/۳۳۳	۱	۰



شکل(۳): خروجی نرم افزار ماتریس مقایسه زوجی شاخص‌ها نسبت به هدف

با تکیه بر خروجی‌های نرم افزاری مشخص گردید که ضریب سازگاری مدل برابر ۰/۰۷۲۰ می‌باشد که چون کمتر از ۰/۱ است پس سازگاری سیستم اثبات می‌گردد.

جدول (۶): ضریب سازگاری در فرآیند تحلیل سلسله مراتبی در نمونه موردی

شاخصه ضریب سازگاری	مقدار	قبول/رد
ضریب سازگاری در تعیین اهمیت نسبی مولفه ها	۰/۰۷۲۰	

جدول(۷):رتبه نهایی زیر شاخص های مولفه هزینه

مولفه‌های مورد ارزیابی	وزن کسب شده زیر شاخص	رتبه زیر شاخص
هزینه نیروی انسانی	۰/۳۷۶۲	۱
هزینه تعمیرات و نگهداری تجهیزات و ماشین آلات	۰/۳۰۹۱	۲
هزینه‌های مصالح	۰/۱۰۰۴	۴
هزینه‌های خرید تجهیزات	۰/۲۱۴۳	۳

وزن دهی زیر شاخص های ایمنی که در شکل (۱) ارائه شده است به شرح ذیل می‌باشد :

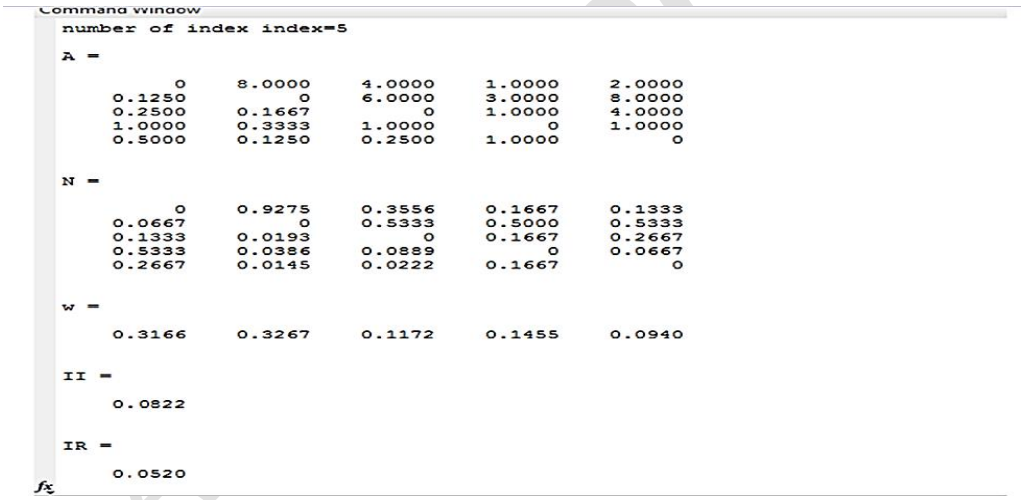
ابتدا بایستی اعداد فازی به اعداد قطعی تبدیل شده و نرخ ناسازگاری تصمیمی محاسبه شده است. در جدول (۸) ماتریس مقایسات زوجی AHPفازی حاصل از میانگین هندسی نظرات متخصصان در خصوص اولویت بندی عوامل مربوط به آمده است. در این جدول، در خصوص مقادیر پایین قطر اصلی از معکوس مقادیر به دست امده برای درایه‌ها بالای قطر اصلی استفاده شده

Archive of SID
www.SID.ir

است. تمامی مراحل برای به دست آوردن وزن هریک از زیر شاخص‌ها مذکور به صورت جدول (۸) و نتایج خروجی آن در شکل (۴) ارائه شده است.

جدول (۸):وزن دهی اولیه هر یک از زیر شاخص‌های شاخص اصلی مولفه ایمنی

مولفه ایمنی	ایمنی در تجهیزات حفاظت فردی	ایمنی برشکاری، ایمنی کار با بالابرها	ایمنی در برابر ترک خوردگی در ساختمانهای مجاور	علائم و تابلوهای هشداردهنده	ایمنی کار با تجهیزات و ماشین آلات سنگین
ایمنی در تجهیزات حفاظت فردی	۰	۸	۴	۱	۲
ایمنی برشکاری، ایمنی کار با بالابرها	۰/۱۲۵	۰	۶	۳	۸
ایمنی در برابر ترک خوردگی در ساختمان‌های مجاور	۰/۲۵۰	۰/۱۶۷	۰	۱	۴
علائم و تابلوهای هشداردهنده	۱	۰/۳۳۳	۱	۰	۱
ایمنی کار با تجهیزات و ماشین آلات سنگین	۰/۵	۰/۱۲۵	۰/۲۵	۱	۰



```
Command Window
number of index index=5

A =

         0    8.0000    4.0000    1.0000    2.0000
    0.1250         0    6.0000    3.0000    8.0000
    0.2500    0.1667         0    1.0000    4.0000
    1.0000    0.3333    1.0000         0    1.0000
    0.5000    0.1250    0.2500    1.0000         0

N =

         0    0.9275    0.3556    0.1667    0.1333
    0.0667         0    0.5333    0.5000    0.5333
    0.1333    0.0193         0    0.1667    0.2667
    0.5333    0.0386    0.0889         0    0.0667
    0.2667    0.0145    0.0222    0.1667         0

w =

    0.3166    0.3267    0.1172    0.1455    0.0940

II =

    0.0822

IR =

    0.0520
```

شکل(۴): خروجی نرم افزار ماتریس مقایسه زوجی شاخص‌ها نسبت به هدف

با تکیه بر خروجی های نرم افزاری مشخص گردید که ضریب سازگاری مدل برابر ۰/۰۵۲۰ می باشد که چون کمتر از ۰/۱ است پس سازگاری سیستم اثبات می گردد.

جدول (۹):ضریب سازگاری در فرآیند تحلیل سلسله مراتبی در نمونه موردی

شاخصه ضریب سازگاری	مقدار	قبول/رد
ضریب سازگاری در تعیین اهمیت نسبی مولفه ها	۰/۰۵۲۰	

جدول(۱۰):رتبه نهایی زیر شاخص‌های مولفه ایمنی

مولفه‌های مورد ارزیابی	وزن کسب شده توسط زیر شاخص	رتبه زیر شاخص
ایمنی برشکاری، ایمنی کار با بالابرها	۰/۳۲۶۷	۱
ایمنی در تجهیزات حفاظت فردی	۰/۳۱۶۶	۲
ایمنی در برابر ترک خوردگی در ساختمان‌های مجاور	۰/۱۱۷۲	۳

www.SID.ir

علائم و تابلوهای هشداردهنده	۰/۱۴۵۵	۴
ایمنی کار با تجهیزات و ماشین آلات سنگین	۰/۰۹۴۰	۵

۹-۲-نتایج حاصل از تکنیک تاپسیس

نتایج حاصل از این مقاله در زمینه تکنیک تاپسیس با رویکرد فازی بر اساس الگوریتم پیشنهادی چن صورت گرفته است.

گام اول - با توجه به جداول رتبه نهایی شاخص های مولفه‌های زمان(جدول۴)، هزینه(جدول۷) و ایمنی(جدول ۱۰)، معیار مربوط به تعیین کننده انتخاب بهترین روش گود برداری وسازه نگهبان بر زمان، هزینه وایمنی پروژه‌ها نسبت که خود زیر مولفه‌های مشخص دسته بندی می‌شوند. تمامی معیارها از نوع مثبت هستند. ابتدا گزینه‌ها نسبت به ۳معیار رتبه بندی انتخاب بهترین روش گود برداری وسازه نگهبان بر زمان، هزینه وایمنی پروژه‌ها با استفاده از عبارات کلامی جدول(۱۱) ارزیابی شده‌اند. ماتریس تصمیم در جدول زیر ارائه می‌گردد.

جدول(۱۱):عبارات کلامی(حبیبی و همکاران، ۱۳۹۳)

	ایمنی برشکاری، ایمنی کار با بالابرها	زمان عملیات گودبرداری	هزینه نیروی انسانی
روش مهارسازی	نسبتا کم	نسبتا زیاد	نسبتا زیاد
روش دوخت به پشت	بسیار زیاد	بسیار زیاد	نسبتا زیاد
روش دیواره دیافراگمی	بسیار زیاد	نسبتا زیاد	زیاد
روش مهار متقابل	زیاد	زیاد	زیاد
روش اجرای شمع	کم	نسبتا کم	نسبتا زیاد
روش سپر کوبی	نسبتا کم	نسبتا زیاد	نسبتا زیاد
روش اجرای خرپایی	بسیار زیاد	بسیار زیاد	نسبتا زیاد
روش ریز شمع	بسیار زیاد	نسبتا زیاد	زیاد
روش میخ کوبی	زیاد	زیاد	زیاد

جدول(۱۲) متغیرهای زبانی و مقادیر فازی(حبیبی و همکاران، ۱۳۹۳)

متغیرهای زبانی	اعداد فازی مثلثی
بسیار کم	(۱و۰و۰)
کم	(۳و۱و۰)
نسبتاً کم	(۵و۳و۱)
متوسط	(۷و۵و۳)
نسبتاً زیاد	(۹و۷و۵)
زیاد	(۱۰و۷و۹)
بسیار زیاد	(۱۰و۱۰و۷)

گام دوم – برای نرمال سازی عناصر مربوط به معیارهای مثبت و منفی از روابط (۱۵)و(۱۶) استفاده می‌گردد.

اگر معیار بار مثبت داشته باشد خواهیم داشت:

$$\tilde{n}_{ij}=\left(\frac{l_{ij}}{u_j^*},\frac{m_{ij}}{u_j^*},\frac{u_{ij}}{u_j^*}\right) \qquad (۱۵)$$

$$u_j^*=\max u_{ij}$$

Archive of SID
www.SID.ir

اگر معیار بار منفی داشته باشد خواهیم داشت:

$$\tilde{n}_{ij} = \left(\frac{l_j^-}{u_{ij}}, \frac{l_j^-}{m_{ij}}, \frac{l_j^-}{l_{ij}}\right) \qquad (۱۶)$$
$$l_j^- = \min l_{ij}$$

بنابراین ماتریس نرمال شده زیر در خروجی برنامه متلب بدست می‌آید.

جدول(۱۳):ماتریس نرمال شده ورودی

	ایمنی برشکاری، ایمنی کار با بالابرها	زمان عملیات گودبرداری	هزینه نیروی انسانی
روش مهارسازی	(۰/۵و۰/۳و۰/۱)	(۰/۹و۰/۷و۰/۵)	(۰/۹و۰/۷و۰/۵)
روش دوخت به پشت	(۱و۱و۰/۹)	(۱و۱و۰/۹)	(۰/۹و۰/۷و۰/۵)
روش دیواره دیافراگمی	(۱و۱و۰/۹)	(۰/۹و۰/۷و۰/۵)	(۱و۰/۹و۰/۷)
روش مهار متقابل	(۱و۰/۹و۰/۷)	(۱و۰/۹و۰/۷)	(۱و۰/۹و۰/۷)
روش اجرای شمع	(۰/۳و۰/۱و۰)	(۰/۵و۰/۳و۰/۱)	(۰/۹و۰/۷و۰/۵)
روش سپر کوبی	(۰/۵و۰/۳و۰/۱)	(۰/۹و۰/۷و۰/۵)	(۰/۹و۰/۷و۰/۵)
روش اجرای خرپایی	(۱و۱و۰/۹)	(۱و۱و۰/۹)	(۰/۹و۰/۷و۰/۵)
روش ریز شمع	(۱و۱و۰/۹)	(۰/۹و۰/۷و۰/۵)	(۱و۰/۹و۰/۷)
روش میخ کوبی	(۱و۰/۹و۰/۷)	(۱و۰/۹و۰/۷)	(۱و۰/۹و۰/۷)

گام سوم- در این مرحله باید ماتریس نرمال شده به ماتریس بی مقیاس موزون V تبدیل شود. وزن هریک از شاخص‌ها قبلا با توجه به میزان اهمیت آنها محاسبه گردیده است. با در دست داشتن اوزان شاخص‌ها که با W نمایش داده می‌شود خواهیم داشت:

جدول(۱۴):ماتریس ماتریس بی مقیاس موزون ورودی

	ایمنی برشکاری، ایمنی کار با بالابرها	زمان عملیات گودبرداری	هزینه نیروی انسانی
روش مهارسازی	(۵و۷و۹)	(۹و۱۰و۱۰)	(۹و۱۰و۱۰)
روش دوخت به پشت	(۰و۱و۳)	(۱و۳و۵)	(۹و۱۰و۱۰)
روش دیواره دیافراگمی	(۹و۱۰و۱۰)	(۷و۹و۱۰)	(۱و۳و۵)
روش مهار متقابل	(۱و۳و۵)	(۰و۱و۳)	(۷و۹و۱۰)
روش اجرای شمع	(۰و۱و۳)	(۱و۳و۵)	(۷و۹و۱۰)
روش سپر کوبی	(۵و۷و۹)	(۹و۱۰و۱۰)	(۹و۱۰و۱۰)
روش اجرای خرپایی	(۰و۱و۳)	(۱و۳و۵)	(۹و۱۰و۱۰)
روش ریز شمع	(۱و۳و۵)	(۰و۱و۳)	(۷و۹و۱۰)
روش میخ کوبی	(۰و۱و۳)	(۱و۳و۵)	(۷و۹و۱۰)

برای محاسبه امتیاز نرمال موزون گزینه‌ها از رابطه (۱۷) استفاده می‌گردد. بر این اساس با استفاده از عملیات ضرب فازی وزن هر معیار در عناصر زیر ستون همان معیار ضرب می‌گردد. نتیجه حاصل در جدول (۱۵) گزارش شده است.

$$\tilde{V} = [\tilde{V}_{ij}]_{m\times x} \; i = 1,2,\dots,m \; j = 1,2,\dots,n$$
$$\tilde{V} = \tilde{n}_{ij}.\tilde{w}_j \qquad (۱۷)$$
$$\tilde{w} = \tilde{w}_1, \tilde{w}_2, \dots, \tilde{w}_n$$

جدول(۱۵):ماتریس امتیاز نرمال موزون

	ایمنی برشکاری، ایمنی کار با بالابرها	زمان عملیات گودبرداری	هزینه نیروی انسانی

Archive of SID
www.SID.ir

روش مهارسازی	(۰/۵و۲/۱و۴/۵)	(۴/۵و۷و۹)	(۴/۵و۷و۹)
روش دوخت به پشت	(۰و۱و۳)	(۰/۹و۳و۵)	(۴/۵و۷و۹)
روش دیواره دیافراگمی	(۸/۱و۱۰و۱۰)	(۳/۵و۶/۳و۹)	(۰/۷و۲/۷و۵)
روش مهار متقابل	(۰/۷و۲/۷و۵)	(۰و۰/۹و۳)	(۴/۹و۸/۱و۱۰)
روش اجرای شمع	(۰و۰/۱و۰/۹)	(۰/۱و۰/۹و۲/۵)	(۳/۵و۶/۳و۹)
روش سپر کوبی	(۰/۵و۲/۱و۴/۵)	(۴/۵و۷و۹)	(۴/۵و۷و۹)
روش اجرای خرپایی	(۰و۱و۳)	(۰/۹و۳و۵)	(۴/۵و۷و۹)
روش ریز شمع	(۸/۱و۱۰و۱۰)	(۳/۵و۶/۳و۹)	(۰/۷و۲/۷و۵)
روش میخ کوبی	(۰/۷و۲/۷و۵)	(۰و۰/۹و۳)	(۴/۹و۸/۱و۱۰)

گام چهارم- در این گام باید ایده آل فازی مثبت و منفی محاسبه شود. در این پژوهش ایده آل فازی مثبت و منفی پیشنهاد شده چن استفاده می‌گردد.

$$V^{+} = (1,1,1)$$
$$V^{-} = (0,0,0) \qquad (۱۸)$$

سپس باید فواصل گزینه‌ها از ایده آل مثبت و منفی محاسبه شود. برای محاسبه آن از رابطه (۱۹) استفاده می‌شود.فاصله گزینه‌ها از ایده آل مثبت و منفی فازی محاسبه شده توسط برنامه متلب به صورت زیر است:

$$\tilde{D}_i = \sum_{j=1}^{n} \tilde{w}_i \tilde{r}_{ij} \qquad \forall i \qquad (۱۹)$$

جدول(۱۶): فاصله از ایده آل فازی مثبت و منفی

فاصله از ایده آل فازی منفی	روش گودبرداری	فاصله از ایده آل فازی مثبت	روش گودبرداری
۱/۹۴۱۰	روش مهارسازی	۴/۷۲۸۵	روش مهارسازی
۱/۶۵۰۷	روش دوخت به پشت	۴/۸۶۶۲	روش دوخت به پشت
۲/۷۹۷۲	روش دیواره دیافراگمی	۵/۷۰۰۲	روش دیواره دیافراگمی
۰/۲۸۹۵	روش مهار متقابل	۵/۷۹۷۲	روش مهار متقابل
۳/۵۸۲۹	روش اجرای شمع	۳/۴۰۰۲	روش اجرای شمع
۱/۱۰۱۳	روش سپر کوبی	۵/۳۱۹۸	روش سپر کوبی
۱/۷۹۱۴	روش اجرای خرپایی	۵/۰۶۴۳	روش اجرای خرپایی
۲/۵۳۰۷	روش ریز شمع	۴/۸۰۷۰	روش ریز شمع
۳/۵۰۶۰	روش میخ کوبی	۲/۲۱۸۴	روش میخ کوبی

گام پنجم- گام نهائی محاسبه نزدیکی نسبی هرگزینه به راه حل ایده آل از رابطه(۵) است. بنابراین داریم:

$$CL_i^{*} = \frac{d_i^{-}}{d_i^{-} + d_i^{+}} \qquad (۲۰)$$

Archive of SID
www.SID.ir

جدول(۱۷):اولویت بندی روش‌ها براساس نتایج بدست آمده

مرتبه اولویت	نام روش	نزدیکی نسبی هر گزینه به راه حل ایده آل
۱	روش مهارسازی(انکراژ)	۰/۰۰۴۵۱
۲	روش دوخت به پشت	۰/۰۴۷۶
۳	روش دیواره دیافراگمی	۰/۱۷۱۵
۴	روش مهار متقابل	۰/۲۵۳۳
۵	روش اجرای شمع	۰/۲۶۱۳
۶	روش سپر کوبی	۰/۲۹۱۰
۷	روش اجرای خرپایی	۰/۳۱۸۴
۸	روش ریز شمع	۰/۳۴۴۹
۹	روش میخ کوبی(نیلینگ)	۰/۳۷۵۲

روش مهارسازی به عنوان بهترین روش گودبرداری انتخاب شد زیرا کمترین نزدیکی نسبی هر گزینه به راه حل ایده آل را دارد. با توجه به نتایج حاصل شده براساس رتبه بندی ملاک اول بودن یک شاخص به منزله بهترین روش نمی‌باشد زیرا ممکن است آن شاخص در برخی از زمینه‌ها دارای محدودیت‌هایی باشد که شاخص پایین تر از آن این محدودیت را نداشته باشند.

۱۰-بحث و نتیجه‌گیری

با توجه به یافته‌های پژوهش نتایج حاکی از آن بود که:

- مولفه زمان عملیات گودبرداری بیشترین تأثیر را در نتایج سلسله مراتبی دارد.
- در مولفه‌های مربوط به هزینه، نیروی انسانی بیشترین تاثیر را دارد.
- در مولفه ایمنی، ایمنی برش کاری، ایمنی کار با بالابرها بیشترین تأثیر را دارد.
- روش مهارسازی به عنوان بهترین روش گودبرداری انتخاب شد.

منابع

اشرفی،حمیدرضا.۱۳۸۵. اصول و مبانی گودبرداری و سازه نگهبان، دفتر تدوین و ترویج مقررات ملی ساختمان.

حبیبی ،آرش.، ایزدیار،صدیقه.، سرافرازی ، کاظم . ۱۳۹۳. تصمیم گیری چند معیاره فازی، انتشارات کتیبه گیل.

رهنما، حسین، ۱۳۹۲، بررسی مسائل ایمنی در تخریب، گودبرداری واجرای سازه نگهبان در مناطق شهری.

مهتابی اوغانی، مرضیه، نجفی، اکبر، یونسی، حبیب اله، مقایسه دو روش فرایند تحلیل سلسله مراتبی و تاپسیس در مکان یابی محل دفن پسماندهای شهری (مطالعه موردی: انتخاب محل دفن پسماند شهری کرج)، مجله سلامت و محیط، فصلنامه علمی پژوهشی انجمن علمی بهداشت محیط ایران، دوره ششم، شماره سوم، ۱۳۹۲،۳۴۱-۳۵۲.

مهرداد کریمی، صمد ناجی، تخریب ساختمان وضوابط مرتبط با آن، مقایسه تطبیقی شهر تهران با تجارب دیگر کشورها، همایش ملی مهندسی تخریب،۱۳۹۱.

Bayoumi, A., Bobet, A., & Lee, J,2008,Pullout capacity of a reinforced soil in drained and undrained conditions. Finite Elements in Analysis and Design, 525-536

Macnab , P.Eng ,2004,"Earth Retention Systems Handbook", MC Grow – Hill , page 524

Zhou, Y., C.,& Tham, L.2009, Numerical modeling of soil nails in loose fill slop under surcharge loading, Computers and Geotechnics, PP 837-850.

Archive of SID
www.SID.ir