

مهندسی سازه

شماره شاپا : ۲۵۷۸-۲۵۳۸

- تاثیر رویکردهای نوآورانه و سرمایه انسانی بر توان رقابت پذیری و عملکرد سازمان، با نقش میانجی یکپارچگی زنجیره تأمین در صنعت ساختمان
جاوید بخشی پور لیلی، مهرداد حسینی شکیب
- ارزیابی ریسک های به کارگیری BIM در پروژه های ساخت و ساز
فرزاد فانی، فائزه طاهرخانی
- خواص رئولوژیک ملات خودتراکم ساخته شده با آب مغناطیسی
امید بامشاد، مهدی مهدی خانی
- بررسی و مقایسه تاثیر طول لوله های شیشه ای محتوی چسب پلی اورتان در عملکرد ترمیم در بتن های خودترمیمی
محدثه انبارلویی
- مقایسه قراردادهای EPC و BOT در پروژه های عمرانی
امید جباری
- بررسی فنی و اقتصادی روش های اجرای عبور پر و خالی در توالی اجرای ایستگاه و تونل در خط هفت متروی تهران
سید امیرحسین قریشیان، امین جعفرنیا، محمد فیاض، سعید محمد

Journal of Engineering & Construction Management



Volume 5 , Number 3
Autumn 2020

ISSN : 2538-2578

- **Investigating the Effect of Innovation Orientation and Human Capital on Organizational Competitiveness and Performance with the Mediating Role of Supply Chain Integration in the Construction Industry**
Javid Bakhshipour Leili, Mehrdad Hosseini Shakib
- **Assessing the risks of using Building Information Modeling (BIM) in construction projects**
Farzad Fani, Faezeh Taherkhani
- **Rheological properties of self-compacting mortar made with magnetic water**
Omid Bamshad, Mahdi Mahdikhani
- **Investigating and comparing the effect of length of glass tubes containing polyurethane adhesive on repair performance in self-healing concrete**
Mohadeseh Anbarlouie
- **Comparison of EPC and BOT contracts in construction projects**
Omid Jabbari
- **Technical and economic analysis of full and empty crossing methods in the sequence of station and tunnel construction in Tehran metro line seven**
Seyed Amirhossein Ghoreishian, Amin Jafarniya, Mohammad Fayaz, Saeed Mohammad

اللَّهُ الرَّحْمَنُ الرَّحِيمُ

فصلنامه پژوهشی مهندسی و مدیریت ساخت

شماره شاپا : ۲۵۷۸-۲۵۳۸

مهندسی و مدیریت ساخت

صاحب امتیاز و مدیر مسئول : دکتر روح اله طاهرخانی
سر دبیر : دکتر محمدعلی نکوئی
دبیر تخصصی : دکتر مرتضی فیروزی
مدیر اجرایی : مهندس فائزه طاهرخانی

اعضای هیئت تحریریه :

دکتر رضا ضیائی موید	استاد دانشگاه بین المللی امام خمینی (ره) قزوین
دکتر عباس رصافی	استاد دانشگاه بین المللی امام خمینی (ره) قزوین
دکتر علی عبدی کردانی	دانشیار دانشگاه بین المللی امام خمینی (ره) قزوین
دکتر مهدی روانشادنیا	دانشیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم تحقیقات تهران
دکتر روح اله طاهرخانی	استادیار دانشگاه بین المللی امام خمینی (ره) قزوین
دکتر مهدی مهدی خانی	استادیار دانشگاه بین المللی امام خمینی (ره) قزوین
دکتر رامین انصاری	استادیار دانشگاه بین المللی امام خمینی (ره) قزوین
دکتر محمد علی نکوئی	استادیار دانشگاه صنعتی مالک اشتر تهران
دکتر حمیدرضا عباسیان جهرمی	استادیار دانشگاه صنعتی خواجه نصیر الدین طوسی
دکتر سعید بنی هاشمی	استادیار دانشگاه کانبرا استرالیا
دکتر علی کیوانفر	استادیار دانشگاه ایالتی کنزائو
دکتر مرتضی فیروزی	استادیار دانشگاه البرز

همکاران اجرایی : نجمه هاشم پور، امیرحسین حاجی بابایی، شادی معتمدی، کیمیا آرام
صفحه آرائی و طراحی : مریم حدادی
ویراستار فارسی : زهرا شعر بافچی زاده
ویراستار انگلیسی : سمیه میرزا بابایی

نشانی : تهران، خیابان دماوند، میدان امامت، خیابان شهید تیموری فر، پلاک ۱۹۳، واحد ۳، کدپستی ۱۷۴۳۶۹۵۳۸۱
تلفن و نمابر : ۰۲۱۷۷۴۲۸۰۰۶
وبگاه : www.jecm.ir
رایانامه : info@jecm.ir

Journal of Engineering & Construction Management

ISSN : 2538-2578

Director-in-Charge : Dr. Roohollah Taherkhani
Editor-in-Chief : Dr. Mohammad Ali Nekooie
Associate Editor : Dr. Morteza Firouzi
Administration Manager : Faezeh Taherkhani



Editorial Board :

Dr. Reza Ziyae Moayed	Prof. at Imam Khomeini International University (IKIU)
Dr. Abbas Rassafi	Prof. at Imam Khomeini International University (IKIU)
Dr. Ali Abdi Kordani	Assoc. Prof. at Imam Khomeini International University (IKIU)
Dr. Mehdi Ravanshadnia	Assoc. Prof. at Islamic Azad University (Tehran Branch)
Dr. Roohollah Taherkhani	Assist. Prof. at Imam Khomeini International University (IKIU)
Dr. Mahdi Mahdikhani	Assist. Prof. at Imam Khomeini International University (IKIU)
Dr. Ramin Ansari	Assist. Prof. at Imam Khomeini International University (IKIU)
Dr. Mohammad Ali Nekooie	Assist. Prof. at Malek Ashtar University of Technology
Dr. Hamidreza Abbasianjahromi	Assist. Prof. at K. N. Toosi University of Technology (KNTU)
Dr. Saeed Banihashemi	Assist. Prof. at University of Canberra
Dr. Ali Keyvanfar	Assist. Prof. at Kennesaw State University
Dr. Morteza Firouzi	Assist. Prof. at Alborz University

Journal Colleagues : Najmeh Hashempour, Amirhossein Hajibabaei, Shadi Motamedi, Kimiya Aram
Layout and design : Maryam Haddadi
Persian editor : Zahra Sharbafchizadeh
English editor : Somayeh Mirzababayi

Address : Unit. 3, No. 193, Teymurifar St., Emamat Sq., Damavand St., Tehran, Iran, 1743695381
Tel & Fax : +9821-77428006
Site : www.jecm.ir
Email : info@jecm.ir

فهرست

۱-۱۱	تاثیر رویکردهای نوآورانه و سرمایه انسانی بر توان رقابت پذیری و عملکرد سازمان، با نقش میانجی یکپارچگی زنجیره تأمین در صنعت ساختمان جاوید بخشی پور لیلی، مهرداد حسینی شکیب
۱۲-۱۸	ارزیابی ریسک های به کارگیری BIM در پروژه های ساخت و ساز فرزاد فانی، فائزه طاهرخانی
۱۹-۲۲	خواص رئولوژیک ملات خودتراکم ساخته شده با آب مغناطیسی امید بامشاد، مهدی مهدی خانی
۲۳-۳۲	بررسی و مقایسه تاثیر طول لوله های شیشه ای محتوی چسب پلی اورتان در عملکرد ترمیم در بتن های خودترمیمی محدثه انبارلویی
۳۳-۳۸	مقایسه قراردادهای EPC و BOT در پروژه های عمرانی امید جباری
۳۹-۴۶	بررسی فنی و اقتصادی روش های اجرای عبور پر و خالی در توالی اجرای ایستگاه و تونل در خط هفت متروی تهران سید امیرحسین قریشیان، امین جعفرنیا، محمد فیاض، سعید محمد



Content

Investigating the Effect of Innovation Orientation and Human Capital on Organizational Competitiveness and Performance with the Mediating Role of Supply Chain Integration in the Construction Industry	1-11
Javid Bakhshipour Leili, Mehrdad Hosseini Shakib	

Assessing the risks of using Building Information Modeling (BIM) in construction projects	12-18
Farzad Fani, Faezeh Taherkhani	

Rheological properties of self-compacting mortar made with magnetic water	19-22
Omid Bamshad, Mahdi Mahdikhani	

Investigating and comparing the effect of length of glass tubes containing polyurethane adhesive on repair performance in self-healing concrete	23-32
Mohadeseh Anbarlouie	

Comparison of EPC and BOT contracts in construction projects	33-38
Omid Jabbari	

Technical and economic analysis of full and empty crossing methods in the sequence of station and tunnel construction in Tehran metro line seven	39-46
Seyed Amirhossein Ghoreishian, Amin Jafarniya, Mohammad Fayaz, Saeed Mohammad	

Investigating the Effect of Innovation Orientation and Human Capital on Organizational Competitiveness and Performance with the Mediating Role of Supply Chain Integration in the Construction Industry

Javid Bakhshipour Leili

M.Sc. of Industrial Management, Faculty of Management and Accounting, Islamic Azad University (Karaj Branch), Karaj, Iran.

Mehrdad Hosseini Shakib*

Assistant Prof, Department Of Industrial Management, Faculty of Management and Accounting, Islamic Azad University (Karaj Branch), Karaj, Iran.

تأثیر رویکردهای نوآورانه و سرمایه انسانی بر توان رقابت پذیری و عملکرد سازمان، با نقش میانجی یکپارچگی زنجیره تأمین در صنعت ساختمان

جاوید بخشی پور لیلی

کارشناسی ارشد مدیریت صنعتی، گرایش تولید و عملیات، دانشکده مدیریت و حسابداری، دانشگاه آزاد اسلامی (واحد کرج)، کرج، ایران

مehrdad Hosseini Shakib*

استادیار، گروه مدیریت صنعتی، دانشکده مدیریت و حسابداری، دانشگاه آزاد اسلامی (واحد کرج)، کرج، ایران

*Corresponding author's email address:

mehrdad.shakib@kiauo.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۲/۱۸، تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۳/۲۰

Abstract

Today, given the complex expectations of customers, organizations find themselves facing customers who want to increase product diversity and better quality; therefore, competition among companies has replaced competition among supply chains. This paper examines the impact of innovation orientation and human capital on competitiveness and performance of organizations, with the mediating role of supply chain integration. A researcher-made questionnaire based on extracted index table is used to collect the required data, content validity ratio and content validity index and Cronbach's alpha are used to determine the validity and reliability of the questionnaire. Data are collected from a survey of 225 employees, managers and suppliers with at least bachelor degree in SET construction co. Given the limited size of the statistical population, the sampling method is the total number method. In this study, partial least squares method using PLS software is used to evaluate structural and measurement models. The results showed that innovative approaches and human capital have positive effects on different aspects of supply chain integration, leading to improved competitive capabilities and firm performance. Organizations that pay particular attention to the position of human capital and innovation are at the forefront of competition.

Keywords

Competitiveness, Human Capitals, Innovation Orientation, Performance, Supply Chain Integration

چکیده

امروزه، با توجه به انتظارات پیچیده مشتریان، سازمان‌ها خود را با مشتریانی روبرو می‌بینند که خواستار افزایش تنوع محصول و کیفیت بهتر هستند، بنابراین رقابت بین شرکت‌ها، جای خود را به رقابت بین زنجیره‌های تأمین داده است. این مقاله تأثیر رویکردهای نوآورانه و سرمایه انسانی را بر توان رقابت‌پذیری و عملکرد سازمان، با نقش میانجی یکپارچگی زنجیره تأمین مورد بررسی قرار داده است. به منظور جمع‌آوری داده‌های مورد نیاز از پرسشنامه محقق ساخته، مبتنی بر جدول شاخص‌های استخراج شده استفاده شد، جهت بررسی روایی پرسشنامه، ضریب نسبی روایی محتوا و شاخص روایی محتوا و جهت تعیین پایایی پرسشنامه، آلفای کرونباخ مورد استفاده قرار گرفت. داده‌ها از ۲۲۵ نفر از کارکنان، مدیران و تأمین‌کنندگان دارای حداقل مدرک تحصیلی لیسانس شرکت ساختمانی ست به روش پیمایشی جمع‌آوری شده است. به دلیل محدود بودن حجم جامعه آماری، از روش کل شماری استفاده شد. در این پژوهش از روش حداقل مربعات جزئی توسط نرم‌افزار PLS به منظور بررسی مدل‌های اندازه‌گیری و ساختاری استفاده شد. نتایج نشان داد نوآوری و سرمایه‌های انسانی با تأثیر مثبت بر ابعاد مختلف یکپارچگی زنجیره تأمین، منجر به بهبود توانمندی‌های رقابتی و عملکرد شرکت می‌شوند. سازمان‌هایی که به جایگاه سرمایه‌های انسانی و نوآوری توجه ویژه‌ای دارند، در عرصه رقابت پیشرو هستند.

کلمات کلیدی

توان رقابت‌پذیری، رویکردهای نوآورانه، سرمایه‌های انسانی، عملکرد، یکپارچگی زنجیره تأمین

۱- مقدمه

در دهه های گذشته، سازمان ها جهت دستیابی به مزیت رقابتی پایدار، بیشتر روی سیستم هایی مانند تولید به هنگام، مدیریت کیفیت جامع و... تمرکز داشتند. اما به دلیل آن که این مزایای رقابتی

به وسیله رقبا تقلید می شدند، از پایداری لازم برخوردار نبودند. تلاش برای بهینه سازی فرآیندهای سازمانی بدون در نظر گرفتن شرکت های بیرونی، به خصوص تأمین کنندگان و مشتریان امری بی فایده به نظر می رسید و سازمان هایی که با همکاری یکدیگر در جهت اهداف مشترکی گام بر می داشتند، عملکرد بهتری داشتند [۱]. یکی



5 (3), 2020

دوره ۵، شماره ۳

پاییز ۱۳۹۹

فصلنامه پژوهشی



تأثیر رویکردهای نوآورانه و سرمایه انسانی بر توان رقابت‌پذیری و عملکرد سازمان، با نقش میانجی یکپارچگی زنجیره تأمین در صنعت ساختمان

از دغدغه های اصلی شرکت ها، رسیدن به سهم بازار بیشتر می باشد که با توجه به مطالعات موجود، این امر با داشتن هماهنگی و تشریک مساعی در کل زنجیره تأمین و در نتیجه رسیدن به توانمندی های رقابتی از جمله داشتن نوآوری، تحویل به موقع، کیفیت خدمات، هزینه کمتر و... قابل دستیابی می باشد [۲]. در بازارهای رقابتی موجود، بنگاه های اقتصادی و تولیدی علاوه بر توجه به شرکت و منابع داخلی، خود را ملزم به مدیریت و نظارت بر منابع و عناصر مرتبط در خارج از شرکت نموده اند. بر این اساس، فعالیت هایی نظیر تهیه مواد، تولید، نگهداری و انبارداری کالا، کنترل موجودی، توزیع، تحویل و خدمت به مشتریان که پیش از این در سطح شرکت انجام می-پذیرفت، در حال حاضر به سطح زنجیره تأمین منتقل شده است. در این میان، یکپارچگی زنجیره تأمین، به عنوان عامل مهم ایجاد هماهنگی و همکاری میان عناصر مختلف زنجیره تأمین، نقشی حیاتی در بهبود عملکرد شرکت های موجود در زنجیره تأمین یافته است [۳].

امروزه رقابت بین شرکت های منفرد، جای خود را به رقابت بین زنجیره های تأمین داده است. با توجه به انتظارات پیچیده مشتریان، سازمان ها خود را با مشتریانی روبرو می بینند که خواستار افزایش در تنوع محصول، هزینه پایین، کیفیت بهتر و دسترسی سریع تر به آن محصول هستند. سازمان ها برای موفقیت خود به مدیریت زنجیره های تأمین روی می آورند، زیرا این رویکرد در فعالیت هایی متمرکز است که در یک زنجیره ی ارزش وجود دارد [۴]. با توجه به تحریم های اقتصادی و رقابت و پویایی در عرصه و فضای کسب و کار، اجرای به موقع، با کیفیت و اقتصادی پروژه ها از اهمیت بسیار زیادی برخوردار است که دستیابی به این مهم از طریق مدیریت و کنترل سرمایه انسانی و رویکردهای نوآورانه در سایه یکپارچگی زنجیره تأمین با هدف بهبود توان رقابت-پذیری و عملکرد شرکت حاصل می گردد. در همین راستا و باتوجه به مطالب فوق، این پژوهش به دنبال پاسخگویی به این سوال اصلی است که رویکردهای نوآورانه و سرمایه انسانی بر توان رقابت پذیری و عملکرد سازمان با نقش میانجی یکپارچگی زنجیره تأمین چه تاثیری دارد؟

۲- تعاریف نظری

۲-۱- پیشینه نظری

اصطلاح سرمایه انسانی اولین بار توسط پیکو در سال ۱۹۲۸ مطرح شد، اما در ادبیات مدرن توسط ژاکوب مینسر در سال ۱۹۵۸ به کار گرفته شد و مورد بررسی قرار گرفت. سپس در دهه ۱۹۶۰ افرادی همچون مینسر، شولتز، دنیسون، بکر، میلر در سطح خرد و کلان به بحث سرمایه گذاری در سرمایه انسانی (آموزش) و دریافتی افراد پرداختند. اولین کاربرد جدی مفهوم سرمایه انسانی به ویلیام پتی، نخستین آمارگیر و حسابدار ملی نسبت داده می شود، زمانی که وی زبان های جنگ ناشی از خسارت های تجهیزات و ماشین آلات نظامی را با خسارت های انسانی مقایسه نمود [۵]. شواهد نشان داده که افزایش توانایی ها و قابلیت های کارکنان سازمان، اثرات مستقیمی بر روی نتایج مالی و در نتیجه بر عملکرد شرکت دارد [۶]. در صورتی که مدیران، اهمیت و ارزش نیروهای انسانی خود را درک کرده باشند

و آن ها را به-عنوان سرمایه های اصلی سازمان بشناسند و به آن ها اعتماد کنند، با تلاش در جهت ارتقای جایگاه علمی و تخصصی سرمایه های انسانی، خواهند توانست به عملکرد برتر و در نتیجه مزیت رقابتی دست یابند و فشارهای درونی و بیرونی تحمیل شده بر خود و سازمان را بکاهند [۷]. یادگیری و آموزش به نیروی انسانی یکی از با ارزش ترین دارایی ها است که مزیت رقابتی پایدار فراهم می کند و یادگیری فعال، رابطه بسیار نزدیکی با نوآوری دارد. قابلیت های تحقیق و توسعه، توانایی شرکت را در مشارکت و انجام موفق پروژه ها افزایش می دهد [۸، ۹، ۱۰].

مفهوم زنجیره تأمین، ابتدا در سال ۱۹۸۵ به وسیله هولی هان مطرح شد و شامل مدیریت "همه فرآیندها و فعالیت های مختلفی که برای مشتری نهایی ارزش ایجاد می کنند و به ایجاد پیوندهای کسب و کار بالادستی و پایین دستی قوی تر و بهبود یافته" کمک می کنند، می شود [۱۱]. یک هدف مهم مدیریت زنجیره تأمین، هماهنگ کردن همه فعالیت ها یا محدودیت های مختلف زنجیره است، به صورتی که بتوان کالاهای را هنگامی که موجودی نگهداری شده کم و هزینه ها پائین است در زمان مورد نیاز در اختیار مشتریان قرار داد. متأسفانه شرکای مختلف در زنجیره تأمین، برای تولید یک محصول یا خدمت، همیشه با یکدیگر مشارکت نمی کنند و این وضعیت دشواری را برای مدیریت زنجیره تأمین به-وجود می آورد [۱۲].

در طول دهه های گذشته یکی از موضوعات اصلی در ادبیات مدیریت زنجیره تأمین، نقش یکپارچگی به عنوان یک عامل مهم در رسیدن به موفقیت می باشد [۱۳، ۱۴، ۱۵]. یکپارچگی زنجیره تأمین دارای ابعاد یکپارچگی مشتری، یکپارچگی تأمین کننده، یکپارچگی داخلی می باشد و به عنوان یکی از مزایای رقابتی در بازار جهانی شناخته شده است، بنابراین ضروری است تا عواملی که در یکپارچگی زنجیره تأمین نقش دارند، بررسی شوند. زنجیره تأمینی که به درستی یکپارچه شده است، هزینه ها را کاهش می دهد، همچنین این یکپارچگی برای شرکت، شرکای زنجیره تأمین و ذی نفعان ارزش ایجاد می کند [۱۶]. راسنزینک و همکاران (۲۰۰۳) دریافتند چنانچه میزان یکپارچگی در زنجیره تأمین بیشتر باشد، کیفیت محصول، تحویل، انعطاف پذیری فرآیند و رهبری هزینه نسبت به گذشته بهتر خواهند شد [۱۷]. گریفین (۱۹۹۷) بیان کرد که مکانیزم های یکپارچگی داخلی مثل تیم های چند وظیفه ای زمان تحویل محصولات جدید را کاهش می دهد [۱۸]. اسمیت و راسنزویک (۱۹۹۸)؛ بارگلمن و همکاران (۲۰۰۱)؛ تید و همکاران (۲۰۰۱) نشان دادند که یکپارچگی داخلی به طور معناداری نوآوری های محصول را بهبود می بخشد [۱۹، ۲۰، ۲۱]. شرکت ها ابتدا به طور داخلی یکپارچه می شوند و سپس یکپارچگی را به دیگر اعضای زنجیره تأمین گسترش می دهند. شرکت ها معمولاً یک فرآیند یکپارچه را که از طریق سه مرحله به وجود می آید، دنبال می کنند. در مرحله اول، هیچ یکپارچگی وجود ندارد. در مرحله دوم، شرکت ها به طور داخلی یکپارچه می شوند، فعالیت های لجستیک آن ها با فعالیت های واحدهای وظیفه ای مثل خرید، تولید و بازاریابی یکپارچه می شود و در مرحله سوم، یکپارچگی به دست آمده در مرحله دوم، به دیگر اعضای زنجیره تأمین مثل تأمین کنندگان و مشتریان گسترش می-یابد [۲۲]. بنابراین یکپارچگی زنجیره تأمین



5 (3), 2020

دوره ۵، شماره ۳

پاییز ۱۳۹۹

فصلنامه پژوهشی



بر روی ابعاد مختلف توان رقابت پذیری و عملکرد سازمان تاثیر معناداری دارد و رقابت در بازار محصول تاثیر مثبت و معناداری بر عملکرد می گذارد و این تاثیر با توجه به سطوح مختلف اهرم مالی تغییر می کند [۲۳]. مبتنی بر این مطالعات، متغیرهای پژوهش بر اساس منابع پژوهشی به صورت زیر تعریف می شود:

رقابت پذیری:

به معنای توانایی و عملکرد یک شرکت، یک بخش اقتصادی یا یک کشور در فروش و عرضه کالا و خدمات در یک بازار در مقایسه با دیگر شرکت ها، زیر بخش ها و کشورهای حاضر در همان بازار است. توانایی رقابتی ترکیبی در طول زمان می تواند به یک منبع منحصر به فرد برای مزایای رقابتی شرکت ها توسعه یابد [۲۴، ۲۵].

رویکردهای نوآورانه:

تصویب مهارت های جدید، منابع و تکنیک ها است که راه یک سازمان را برای قرار گرفتن در مسیر جدیدی از خلاقیت، تمایل به تغییر و... فراهم می کند. در رویکرد نوآوری اصل بر بهره برداری از ایده ها چه در داخل سازمان و چه در خارج از آن است و نوآوری محدود به واحد تحقیق و توسعه درون سازمان نیست. وجود این اصل باعث ایجاد تعداد بالای ایده و طرح نوآورانه نسبت به رویکرد سنتی می شود. این رویکرد شامل سه مرحله خلق، غریبال سازی و پیاده سازی ایده است [۲۵].

سرمایه انسانی:

بر اساس دیدگاه مبتنی بر منابع موجود در مقاله هو و همکاران، منابع ارزشمند، نادر، بی نظیر و منحصر به فرد می تواند به مزایای رقابتی تبدیل شود. سرمایه انسانی به دلیل اینکه مجموعه ای از دانش و روابط بین فردی برای شرکت هاست، ارزشمند است. توسعه سرمایه انسانی شامل فرآیندهای منحصر به فردی است که مربوط به استراتژی های شرکت ها، فرهنگ ها و تجارب فردی می باشد. بنابراین، بنگاه هایی که دارای سرمایه انسانی برتر هستند نسبت به رقبای دارای برتری هستند [۲۴].

عملکرد سازمان:

به میزانی اطلاق می گردد که سازمان به اهداف خود با توجه به منابع مالی و انسانی تخصیص یافته شده دست می یابد [۲۵].

یکپارچگی زنجیره تأمین:

عبارت است از درجه ای که یک شرکت به طور استراتژیک با شرکای زنجیره ای، فرآیندهای داخلی و بین سازمانی برای دستیابی موثر به اهداف و جریان کارآمد محصولات، خدمات، اطلاعات، پول و تصمیمات، با هدف ارائه حداکثر ارزش به مشتری با هزینه کم و سرعت بالا همکاری می کند [۲۴، ۲۵].

۲-۲- پیشینه تجربی

دایونگ و همکاران (۲۰۱۹) در مقاله ی "نوآوری سبز و عملکرد شرکت، شواهدی از شرکت های پذیرفته شده در چین" دریافتند که

بین نوآوری و عملکرد شرکت رابطه مثبت و معناداری وجود دارد و از نظر آماری یافتند که نوآوری می تواند عملکرد آینده بنگاه ها را بهبود ببخشد و رویکردهای نوآورانه شرکت های تولید کننده می تواند مزایای بلند مدتی برای عملکرد اقتصادی پایدار داشته باشد [۲۶]. سیتیادی (۲۰۱۹) در مقاله ای با عنوان "آیا ادغام زنجیره تأمین سبز به عملکرد پایدار کمک می-کند؟" نشان داد که یکپارچگی تأمین کننده تاثیر مثبتی بر قابلیت های عملیاتی زنجیره تأمین دارد، همچنین فعالیت های زنجیره تأمین سبز با کمک زنجیره تأمین قابلیت های عملیاتی، تاثیر مثبت و معناداری بر عملکرد پایدار شرکت دارد [۲۷]. ژانگ و همکاران (۲۰۱۸) در مقاله ی "پیوند یکپارچه سازی کیفیت زنجیره تأمین با سفارشی سازی انبوه و مدولار بودن محصول" دریافتند که یکپارچه سازی کیفیت زنجیره تأمین به طور مستقیم، مزیت رقابتی و یکپارچگی کیفیت داخلی و به طور غیرمستقیم، یکپارچگی کیفیت تأمین کنندگان را افزایش می دهد [۲۸]. کومار و همکاران (۲۰۱۷) در مقاله ی "تاثیر یکپارچگی زنجیره تأمین بر عملکرد شرکت" بیان داشتند که یکپارچگی مشتری، یکپارچگی تأمین کننده و یکپارچگی درونی باعث بهبود ابعاد عملکرد شرکت (افزایش انعطاف پذیری، بهبود عملکرد تولیدی، گردش موجودی و کاهش هزینه ها) می گردد [۲۹]. ون و همکاران (۲۰۱۶) در مقاله ی "نقش مدیریت زنجیره تأمین یکپارچه در کسب مزیت رقابتی" بیان داشتند که یکپارچگی مشتری، یکپارچگی تأمین کننده و یکپارچگی درونی باعث افزایش مزیت رقابتی در سازمان شده و نقش مهمی در بهبود عملکرد سازمان دارد [۳۰]. هو و همکاران (۲۰۱۶) در مقاله ی "تاثیر سرمایه انسانی بر یکپارچگی زنجیره تأمین و عملکرد رقابتی" بیان داشتند تعهد سازمانی، مهارت های چندگانه مدیریتی و مهارت های چندگانه کارکنان تاثیر مثبتی بر روی ابعاد یکپارچگی زنجیره تأمین (یکپارچگی تأمین کننده، یکپارچگی مشتری و یکپارچگی درونی) دارد و یکپارچگی درونی و مشتری بر عملکرد رقابتی تاثیر دارد [۳۱]. کائو و لی (۲۰۱۶) در مقاله ی "رویکرد نوآوری یکپارچه سازی زنجیره تأمین برای توان رقابت پذیری و عملکرد شرکت" بیان داشتند که رویکردهای نوآورانه بر توان رقابت پذیری و عملکرد سازمان با نقش میانجی یکپارچه سازی زنجیره تأمین تاثیر مثبتی دارند [۳۲]. رمضانیان و همکارانش (۱۳۹۸) در مقاله ی "تاثیر نوآوری محوری بر عملکرد مالی از طریق یکپارچگی زنجیره تأمین و قابلیت های رقابتی" دریافتند که نوآوری محوری تاثیر مثبتی بر روی یکپارچگی زنجیره تأمین دارد. در نتیجه یکپارچگی زنجیره تأمین بر قابلیت های رقابت-پذیری سازمان اثر مثبتی خواهد داشت [۳۱]. کدخدایی و همکارانش (۱۳۹۸) در پژوهشی تحت عنوان "ارزیابی تاثیر نوآوری ارزش مشارکت زنجیره تأمین، قابلیت زنجیره تأمین و مزیت رقابتی در مخابرات لرستان" دریافتند که روابط میان نوآوری ارزش مشارکتی زنجیره تأمین، قابلیت زنجیره تأمین و مزیت رقابتی می تواند مثبت باشد. همچنین اصول زنجیره تأمین (بالادستی، میان دستی و پایین دستی) دارای برخی تاثیرات اصلاحی در این روابط است [۳۲].

رنجبر ضرابی (۱۳۹۸) در مقاله ی "تحلیل تاثیر مدیریت منابع انسانی بر عملکرد زنجیره تأمین در اداره تعاون روستایی شهر همدان" با بررسی مطالعات گذشته دریافت که سازمان ها برای افزایش توان



5 (3), 2020

دوره ۵، شماره ۳

پاییز ۱۳۹۹

فصلنامه پژوهشی



رقابتي خود تلاش مي کردند تا با استانداردسازي و بهبود فرايندهاي داخلي خود محصولي با كيفيت بهتر و هزينه کمتر توليد کنند [۳۳]. مطبوع و استخريان (۱۳۹۶) در مقاله ي "بررسي تأثير مستقيم و غيرمستقيم يکپارچه سازي مديريت زنجيره تأمين بر عملکرد سازمان ها" بيان داشتند که با توجه به رقابت کنوني، مديريت کردن و پياده سازي زنجيره تأمين به يک اصل مهم در سازمان ها تبديل شده است. سازمان ها به منظور کسب مزيت رقابتي و ارتقاي موقعيت بازارشان، بايستي بر قابليت ها و منابع کليدي خود تمرکز نمايند و آن ها را پرورش دهند تا به يک جاياگاه رقابتي بالقوه بين رقبا دست يابند [۳۴]. بيگلري (۱۳۹۶) در مقاله اي تحت عنوان "بررسي ميزان يکپارچگي زنجيره تأمين در صنعت ساختمان و تأثير آن بر عملکرد سازمان" بيان داشت که مديريت زنجيره تأمين يک رويکرد يکپارچه سازي براي برنامه ريزي و کنترل مواد و اطلاعات مي باشد، که از تأمين کنندگان تا مشتريان جريان دارد. يکپارچه سازي و بهبود روابط در بين اعضاي زنجيره تأمين باعث بهبود کارايي زنجيره تأمين مي گردد [۳۵].

۳-۲- مدل مفهومي پژوهش:

مدل مفهومي اوليه پژوهش مطابق شکل ۱ مي باشد که از مرور ادبيات مقالات استخراج شده است که نشان دهنده روابط بين متغيرها مي باشد. سرمايه انساني (مهارت هاي چندگانه کارکنان، تعهد سازماني و مهارت هاي چندگانه مديران) و رويکرد نوآوري به عنوان متغير مستقل، يکپارچگي زنجيره تأمين (يکپارچگي مشتري، يکپارچگي تأمين کنندگان و يکپارچگي دروني) به عنوان متغير ميانجي و رقابت پذيري و عملکرد شرکت به عنوان متغير وابسته نهايي است. بر اساس مقالات بررسي شده که در جدول ۱ آمده است، روابط متغيرها در مدل مفهومي از نظر ثنوريک توجيه شده است. بر اساس مدل مفهومي پيشنهادهي فرضيه هاي پژوهش در جدول ۲ آمده است.

جدول ۱ توجيه ثنوريک مدل مفهومي پيشنهادهي بر اساس مقالات

ارتياب بين متغيرهاي مدل مفهومي	منابع
پيشنهادهي	
سرمايه انساني → يکپارچگي زنجيره تأمين	[۲۴], [۳۶], [۳۷], [۳۸], [۳۹]
رويکرد نوآوري → يکپارچگي زنجيره تأمين	[۲۵], [۳۱], [۴۰], [۴۱]
رويکرد نوآوري → عملکرد شرکت	[۲۵], [۳۱], [۴۲], [۴۳], [۴۴]
يکپارچگي زنجيره تأمين → رقابت پذيري	[۱۲], [۱۴], [۲۴], [۲۵], [۳۱], [۴۵]
يکپارچگي زنجيره تأمين → عملکرد شرکت	[۲۵], [۲۸], [۳۱], [۴۶], [۴۷], [۴۸], [۴۹]
رقابت پذيري → عملکرد شرکت	[۲۵], [۳۱], [۵۰], [۵۱], [۵۲]

جدول ۲ فرضيات پژوهش

فرضيات
۱- سرمايه انساني بر يکپارچگي زنجيره تأمين تأثير معنادار دارد.
۲- سرمايه انساني بر رقابت پذيري با نقش ميانجي يکپارچگي زنجيره تأمين تأثير معنادار دارد.
۳- سرمايه انساني بر عملکرد شرکت با نقش ميانجي يکپارچگي زنجيره تأمين تأثير معنادار دارد.
۴- رويکرد نوآوري بر يکپارچگي زنجيره تأمين تأثير معنادار دارد.
۵- رويکرد نوآوري بر عملکرد شرکت تأثير معنادار دارد.
۶- رويکرد نوآوري بر رقابت پذيري با نقش ميانجي يکپارچگي زنجيره تأمين تأثير معنادار دارد.
۷- رويکرد نوآوري بر عملکرد شرکت با نقش ميانجي يکپارچگي زنجيره تأمين تأثير معنادار دارد.
۸- يکپارچگي زنجيره تأمين بر رقابت پذيري تأثير معنادار دارد.
۹- يکپارچگي زنجيره تأمين بر عملکرد شرکت تأثير معنادار دارد.
۱۰- رقابت پذيري بر عملکرد شرکت تأثير معنادار دارد.

۳- روش شناسي پژوهش

شرکت ساختماني ست در حال حاضر در زمينه اجرائي پروژه هاي عمراني، صنعتي و ساختماني، تاسيساتي، راه سازي، تصفيه آب و فاضلاب صنعتي و شهري و... فعال بوده و حسب نظر کارفرمايان آمادگي تجهيز کارگاه در اقصى نقاط کشور را دارد. جامعه آماري پژوهش شامل تمامی کارکنان و مديران بخش هاي مختلف شرکت و مديران شرکت هاي تأمين کننده شرکت ساختماني ست داراي حداقل مدرک تحصيلي ليسانس به تعداد ۲۲۵ نفر بود. براي نمونه گيري با توجه به محدود بودن حجم جامعه آماري با هدف افزايش دقت در نتايج، از روش سرشماري کل استفاده شد. داده هاي مربوط به پژوهش حاضر از اسفند ماه ۱۳۹۷ تا تير ماه ۱۳۹۸ جمع آوري و تجزيه و تحليل شدند.

هدف اين پژوهش کاربردي و روش حل مسئله پژوهش و گردآوري داده ها توصيفي و پيمائشي از نوع همبستگي مي باشد. جمع آوري داده ها از روش ميداني و جمع آوري اطلاعات مورد نياز فرضيات و اهداف پژوهش با مراجعه به جامعه آماري انجام شد. براي جمع آوري اطلاعات مربوط به مباني نظري، ادبيات و پيشينه تحقيق روش کتابخانه اي مورد استفاده قرار گرفت. به منظور جمع آوري داده هاي مورد نياز، از پرسشنامه محقق ساخته بر اساس جدول شاخص هاي زير که از مرور و مطالعه پژوهش هاي قبلي استخراج شده است استفاده گرديد. نحوه اندازه گيري متغيرها به صورت طيف ليکرت است که به صورت (کاملاً مخالفم (۱)، مخالفم (۲)، تا حدودي موافقم (۳)، موافقم (۴) و کاملاً موافقم (۵)) بوده است.



5 (3), 2020

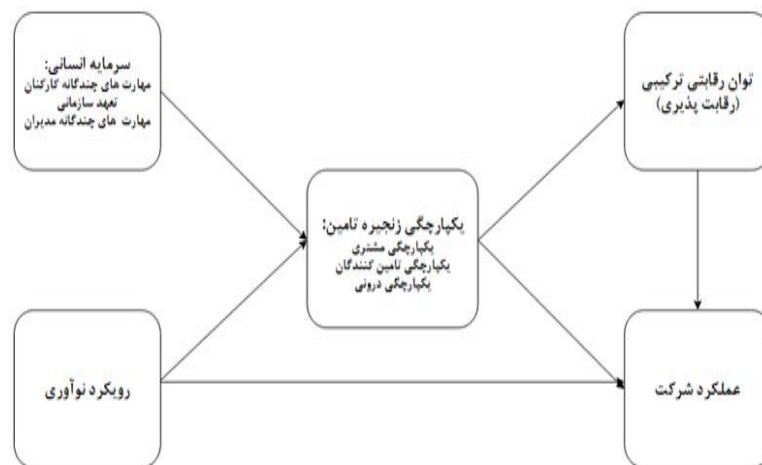
دوره ۵، شماره ۳

پايز ۱۳۹۹

فصلنامه پژوهشي



تأثير رويکردهاي نوآورانه و سرمايه انساني بر توان رقابت پذيري و عملکرد سازمان. با نقش ميانجي يکپارچگي زنجيره تأمين در صنعت ساختمان



شکل ۱ مدل مفهومی پژوهش

جدول ۳ شاخص های شناسایی شده

عامل	متغیرهای شناسایی شده	تعریف عملیاتی متغیرها	منابع
سرمایه انسانی	مهارت های چندگانه کارکنان	- آموزش متقابل کارکنان	[۵], [۶], [۷], [۸], [۹], [۱۰], [۲۴], [۲۳], [۵۳], [۵۴], [۵۵], [۵۶], [۵۷], [۵۸], [۵۹], [۶۰]
	تعهد سازمانی	- تخصص کارکنان - تعهد مستمر، عاطفی و هنجاری ارتباطات - اشتراک ارزش های مورد نظر افراد و سازمان	- گردش شغلی مدیران - انجام فعالیت های جانبی خارج از حیطه شغلی توسط مدیران
یکپارچگی زنجیره تامین	یکپارچگی مشتری	- تبادل اطلاعات با مشتریان از طریق شبکه های اطلاعاتی	[۱۲], [۱۴], [۱۶], [۱۷], [۱۸], [۱۹], [۲۰], [۲۱], [۲۲], [۲۳], [۲۴], [۲۵], [۲۸], [۲۹], [۳۰], [۳۱], [۳۲], [۳۳], [۳۴], [۳۵], [۳۶], [۳۷], [۳۸], [۳۹], [۴۰], [۴۱], [۴۲], [۴۳], [۴۴], [۴۵], [۴۶], [۴۷], [۴۸], [۴۹], [۵۰], [۵۱], [۵۲], [۵۳], [۵۴], [۵۵], [۵۶], [۵۷], [۵۸], [۵۹], [۶۰]
	یکپارچگی تامین کنندگان	- ارتباط نزدیک سازمان با مشتریان - نظرسنجی و مشارکت مشتریان در فرایند طراحی محصولات جدید - بازخوردگیری از مشتریان - وفاداری مشتریان - تبادل اطلاعات با تامین کنندگان از طریق شبکه های اطلاعاتی	- نظرخواهی و مشارکت تامین کنندگان در فرایند تغییرات طراحی محصولات جدید - برون سپاری فعالیت های غیرمحموری - هماهنگی و ارتباط مکرر بین بخش های مختلف سازمان - یکپارچگی اهداف بخش های مختلف سازمان با هدف اصلی سازمان - ادغام برنامه سازمانی بخش های مختلف سازمان با یکدیگر
رویکرد نوآوری	مشارکت توانمندسازی دانش	- فرایند همکاری - پذیرش ایده های جدید - شیوه گام به گام برای حل مساله - خلاقیت فردی - ظرفیت سازی	[۲۵], [۲۶], [۳۱], [۳۲], [۳۳], [۳۴], [۳۵], [۳۶], [۳۷], [۳۸], [۳۹], [۴۰], [۴۱], [۴۲], [۴۳], [۴۴], [۴۵], [۴۶], [۴۷], [۴۸], [۴۹], [۵۰], [۵۱], [۵۲], [۵۳], [۵۴], [۵۵], [۵۶], [۵۷], [۵۸], [۵۹], [۶۰]
توان رقابتی ترکیبی (رقابت پذیری)	رقابت پذیری بازار	- کیفیت عملکرد محصولات - کیفیت مطابقت محصولات - قابلیت اطمینان محصولات - دوام محصولات - تحویل به موقع محصولات - عرضه به موقع محصولات	[۷], [۸], [۹], [۱۰], [۱۱], [۱۲], [۱۳], [۱۴], [۱۵], [۱۶], [۱۷], [۱۸], [۱۹], [۲۰], [۲۱], [۲۲], [۲۳], [۲۴], [۲۵], [۲۶], [۲۷], [۲۸], [۲۹], [۳۰], [۳۱], [۳۲], [۳۳], [۳۴], [۳۵], [۳۶], [۳۷], [۳۸], [۳۹], [۴۰], [۴۱], [۴۲], [۴۳], [۴۴], [۴۵], [۴۶], [۴۷], [۴۸], [۴۹], [۵۰], [۵۱], [۵۲], [۵۳], [۵۴], [۵۵], [۵۶], [۵۷], [۵۸], [۵۹], [۶۰]
	انعطاف پذیری سازمانی	- میزان سرمایه گذاری اولیه - نرخ بازگشت سرمایه - حقوق صاحبان سهام - سودآوری شرکت - فروش شرکت	[۶], [۲۳], [۲۵], [۲۶], [۲۷], [۲۹], [۳۰], [۳۱], [۳۲], [۳۳], [۳۴], [۳۵], [۳۶], [۳۷], [۳۸], [۳۹], [۴۰], [۴۱], [۴۲], [۴۳], [۴۴], [۴۵], [۴۶], [۴۷], [۴۸], [۴۹], [۵۰], [۵۱], [۵۲], [۵۳], [۵۴], [۵۵], [۵۶], [۵۷], [۵۸], [۵۹], [۶۰]

محتوا استفاده شد. کلیه محاسبات ضریب نسبی روایی محتوا بالای ۰/۹۹ بوده، لذا روایی محتوای پرسشنامه مورد تایید قرار گرفت و مقادیر شاخص روایی محتوا بیشتر از ۰/۷۹ بوده، لذا شاخص روایی

پرسشنامه جهت تعیین روایی در اختیار ۷ خبره مدیریت زنجیره تامین و منابع انسانی و سازمانی قرار گرفت، برای بررسی روایی محتوایی به شکل کمی، از ضریب نسبی روایی محتوا و شاخص روایی



5 (3), 2020

دوره ۵، شماره ۳

پاییز ۱۳۹۹

فصلنامه پژوهشی



تأثیر رویکردهای نوآورانه و سرمایه انسانی بر توان رقابت پذیری و عملکرد سازمان. با نقش میانجی یکپارچگی زنجیره تامین در صنعت ساختمان

آن نیز مورد تایید می‌باشد. جهت تعیین پایایی، پرسشنامه نهایی در اختیار ۳۰ نفر از جامعه آماری مورد نظر قرار گرفت و با استفاده از آلفای کرونباخ مقدار پایایی تعیین و نتایج در جدول ۴ آورده شده است. نتیجه آزمون نشان داد که مقدار آلفای محاسبه شده کل و برای هر یک از متغیرها بزرگتر از ۰/۷ می‌باشد، لذا قابلیت اعتماد (پایایی) و سازگاری درونی سوالات پرسشنامه در حد قابل قبول است.

۴- تجزیه و تحلیل داده های تحقیق

اطلاعات جامعه آماری مورد بررسی، در قالب جدول ۵ ارائه شده است

جدول ۴ پایایی پرسشنامه مبتنی بر آلفای کرونباخ	
متغیرها	آلفای کرونباخ
سرمایه انسانی	۰/۸۷۱
رویکرد نوآوری	۰/۷۹۱
یکپارچگی زنجیره تأمین	۰/۸۱۲
رقابت پذیری	۰/۸۳۶
عملکرد شرکت	۰/۷۶۶
پایایی کل	۰/۸۷۶

جدول ۵ سیمای کلی جامعه آماری مورد بررسی		
جنسیت	تعداد فراوانی	درصد فراوانی
زن	۶۰	۲۷٪
مرد	۱۶۵	۷۳٪
تحصیلات	تعداد فراوانی	درصد فراوانی
لیسانس	۱۵۵	۶۹٪
فوق لیسانس	۶۴	۲۸٪
دکتری	۶	۳٪
سن	تعداد فراوانی	درصد فراوانی
۲۳-۳۲	۸۷	۳۹٪
۳۳-۴۲	۹۹	۴۴٪
۴۳-۵۲	۲۷	۱۲٪
بالتر از ۵۲	۱۲	۵٪
سابقه کار (سال)	تعداد فراوانی	درصد فراوانی
۱-۵	۷۶	۳۴٪
۶-۱۰	۸۲	۳۶٪
۱۱-۱۵	۲۱	۹٪
۱۶-۲۰	۲۸	۱۳٪
بالتر از ۲۰	۱۸	۸٪

۴-۱- بررسی مدل پژوهش

با استفاده از آزمون کلموگراف اسمیرونوف-شاپیروویلیک، نرمال بودن داده‌های پرسشنامه بررسی شد. با توجه به سطح آزمون که برابر ۰/۰۵، بزرگتر از سطح معناداری برابر ۰/۰۴۳ و ۰/۰۲۱ است، داده‌ها از توزیع نرمال پیروی نمی‌کنند و از آزمون‌های ناپارامتریک جهت بررسی فرضیات استفاده می‌شود.

جدول ۶: آزمون نرمال بودن داده‌ها

مشاهدات	آماره	تعداد	سطح معناداری
کلموگراف-اسمیرونوف	۰/۴۵۰	۲۲۵	۰/۰۲۱
شاپیروویلیک	۰/۹۰۰	۲۲۵	۰/۰۴۳

در معادلات ساختاری حداقل حجم نمونه نباید کمتر از ۵۰ باشد. در صورتی که مقدار کایسر، میر، اولکین (KMO) کمتر از ۰/۵ باشد، داده‌ها برای معادلات ساختاری مناسب نخواهند بود و اگر مقدار آن بین ۰/۵ تا ۰/۶۹ باشد می‌توان با احتیاط بیشتر به معادلات ساختاری پرداخت. اما در صورتی که مقدار آن بزرگتر از ۰/۷ باشد، همبستگی‌های موجود در بین داده‌ها برای تحلیل فرضیات مناسب خواهد بود. از آنجا که مقدار شاخص کایسر، میر، اولکین (KMO) برابر ۰/۸۳۵ است، تعداد نمونه برای تحلیل عاملی کافی است. همچنین مقدار معناداری آزمون بارتلت، کوچک‌تر از ۰/۰۵ است که نشان می‌دهد تحلیل عاملی برای شناسایی ساختار مدل عاملی مناسب است.

جدول ۷ اندازه‌گیری کفایت نمونه

آزمون	آماره
کایسر، میر، اولکین (KMO)	اندازه‌گیری کفایت نمونه ۰/۸۳۵
کرویت بارتلت	تقریب کای دو ۱۰۳۹۰/۳۴
	درجه آزادی ۲۵۴
	معناداری ۰/۰۰۰

برای بررسی ابعاد مدل تحقیق از آزمون فورنل لاکر استفاده شد. اگر همبستگی بین نمرات آزمون‌هایی که خصیصه‌ی واحدی را اندازه‌گیری می‌کند بالا باشد، پرسشنامه دارای اعتبار همگرا می‌باشد. جدول ذیل نشان می‌دهد که سازه‌ها کاملاً از هم جدا می‌باشند، یعنی مقادیر قطر اصلی برای هر متغیر پنهان از همبستگی آن متغیر با سایر متغیرهای پنهان انعکاسی موجود در مدل بیشتر است. جهت برازش مدل از شاخص‌های نیکویی برازش مطابق جدول زیر استفاده شده است. براساس برآوردهای ارائه شده می‌توان نتیجه گرفت که مدل تست شده در جامعه مورد نظر از برازش نسبتاً خوب و قابل قبولی برخوردار بوده است.

در مدل‌هایی که دارای گویه‌های انعکاسی هستند، ابتدا بار عاملی گویه‌ها، سپس شاخص متوسط میانگین واریانس استخراج شده و پایایی ترکیبی محاسبه می‌گردد که به ترتیب برای اندازه‌گیری روایی (اعتبار) و پایایی (اعتماد) متغیرهای تحقیق بکار برده می‌شود. اگر بار عاملی کمتر از ۰/۳ باشد رابطه ضعیف در نظر گرفته شده و از آن صرف نظر می‌شود، بار عاملی بین ۰/۳ تا ۰/۶ قابل قبول است و اگر بزرگتر از ۰/۶ باشد، خیلی مطلوب است. نتایج نشان داد که گویه‌ها جهت اندازه‌گیری متغیرهای مدل از دقت لازم برخوردار بوده‌اند. مقدار شاخص متوسط میانگین واریانس‌های استخراج شده برای کلیه متغیرها بیشتر از ۰/۵، یعنی متغیرها، دارای روایی همگرا می‌باشند. شاخص پایایی ترکیبی نیز از ۰/۷ بیشتر است که نشان از سازگاری درونی مدل‌های اندازه‌گیری انعکاسی تحقیق دارد.



5 (3), 2020

دوره ۵، شماره ۳

پاییز ۱۳۹۹

فصلنامه پژوهشی



تأثیر رویکردهای نوآورانه و سرمایه انسانی بر توان رقابت‌پذیری و عملکرد سازمان. با نقش میانجی یکپارچگی زنجیره تأمین در صنعت ساختمان

جدول ۸ شاخص فورنل لاکر جهت بررسی شاخص روایی تشخیصی یا واگرا

ردیف	متغیرها	۱	۲	۳	۴	۵
۱	سرمایه انسانی	۱				
۲	یکپارچگی زنجیره تأمین	۰/۷۶۹	۱			
۳	رویکرد نوآوری	۰/۶۱۷	۰/۶۷۷	۱		
۴	رقابت پذیری	۰/۴۹۹	۰/۵۳۶	۰/۵۰۹	۱	
۵	عملکرد شرکت	۰/۵۱۰	۰/۵۹۰	۰/۴۱۱	۰/۷۶۶	۱

جدول ۹ آماره‌های مربوط به مدل نیکویی برازش

شاخص‌های برازش	نماد	ملاک	مقادیر پژوهش	نتیجه برازش
تقسیم کای-مربع بر درجه آزادی	X2/df	≤ 3	۲/۵۴	برازش خوب
ریشه میانگین مربعات خطای برآورد	RMSEA	$\leq 0/08$	۰/۰۳	برازش خوب
شاخص نیکویی برازش	GFI	$\geq 0/9$	۰/۹۴	برازش خوب
شاخص نیکویی برازش تعدیل شده	AGFI	$\geq 0/9$	۰/۹۱	برازش خوب
شاخص برازش مقایسه‌ای	CFI	$\geq 0/9$	۰/۹۵	برازش خوب
شاخص برازش افزایشی	IFI	$\geq 0/9$	۰/۹۳	برازش خوب
شاخص برازش نرم	NFI	$\geq 0/9$	۰/۹۲	برازش خوب
شاخص برازش غیرنرم	NNFI	$\geq 0/9$	۰/۹۶	برازش خوب
ضریب تعیین	R ²	$\geq 0/67$	۰/۷۶	برازش خوب

اینکه سه مقدار ۰/۰۱، ۰/۲۵ و ۰/۳۶ که به عنوان مقادیر ضعیف، متوسط و قوی برای GOF معرفی شده است. حاصل شدن مقدار ۰/۶۵ برای GOF نشان از برازش قوی کلی مدل پژوهش دارد. آزمون فرضیه‌های پژوهش:

به‌منظور بررسی روابط بین متغیرها یا همان فرضیات پژوهشی از رویکرد معادلات ساختاری استفاده شد که در این خصوص می‌توان بیان داشت که مدل معادلات ساختاری از روش‌های جدید آماری و یکی از قوی‌ترین روش‌های تجزیه و تحلیل چند متغیره است که برخی هم به آن تحلیل ساختاری کواریانس و الگوسازی علی اطلاق می‌کنند. در پژوهش حاضر با استفاده از تکنیک حداقل مربعات جزئی و بوت استرپینگ به مدل سازی روابط بین متغیرها پرداخته شد. برای شناسایی قدرت و جهت روابط میان عناصر از تخمین استاندارد استفاده می‌شود که باید بالای ۰/۵ باشند [۴۷]. هرچه میزان بارعاملی بیشتر باشد قدرت روابط بیشتر است. برای بررسی معناداری باید آماره t برآورد شود. به این منظور، از خودگردان سازی (بوت استرپینگ) یا برش جک نایف استفاده شد. اگر مقادیر آماره t بالای ۱/۹۶ باشد رابطه معنادار است. نتایج نشان می‌دهند کلیه ضرایب به‌دست آمده در روابط بین متغیرها مثبت بوده است، بنابراین مدل در حالت استاندارد و معنادار است. نتایج در جدول ۱۱ قابل مشاهده است.

جدول ۱۰ مقادیر شاخص‌های روایی و پایایی متغیرها

متغیرها	پایایی ترکیبی (CR)	متوسط واریانس استخراج شده (AVE)
سرمایه انسانی	۰/۸۷۴	۰/۷۰۰
رویکردهای نوآوری	۰/۹۰۵	۰/۶۴۳
یکپارچگی زنجیره تأمین	۰/۸۷۳	۰/۶۲۰
رقابت‌پذیری	۰/۷۶۶	۰/۵۹۴
عملکرد شرکت	۰/۹۴۳	۰/۶۵۵

پس از بررسی برازش بخش اندازه‌گیری و بخش ساختاری مدل، برازش کلی مدل از طریق معیار GOF که شاخصی برای بررسی برازش مدل جهت پیش‌بینی متغیرهای درون‌زا می‌باشد، استفاده شد که مقدار آن بین صفر تا یک قرار دارد. این معیار از طریق رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$Gof = \sqrt{\text{Communalities} \times R^2}$$

به طوری که Communalities نشانه میانگین مقادیر اشتراکی هر سازه و R² مقدار میانگین مقادیر Squares R سازه‌های درون-زای مدل است. بر اساس جدول ۹ مقادیر ضریب تعیین R² به‌دست آمده است. همچنین مقدار اشتراکی برابر است با ۰/۷۶ و با توجه به

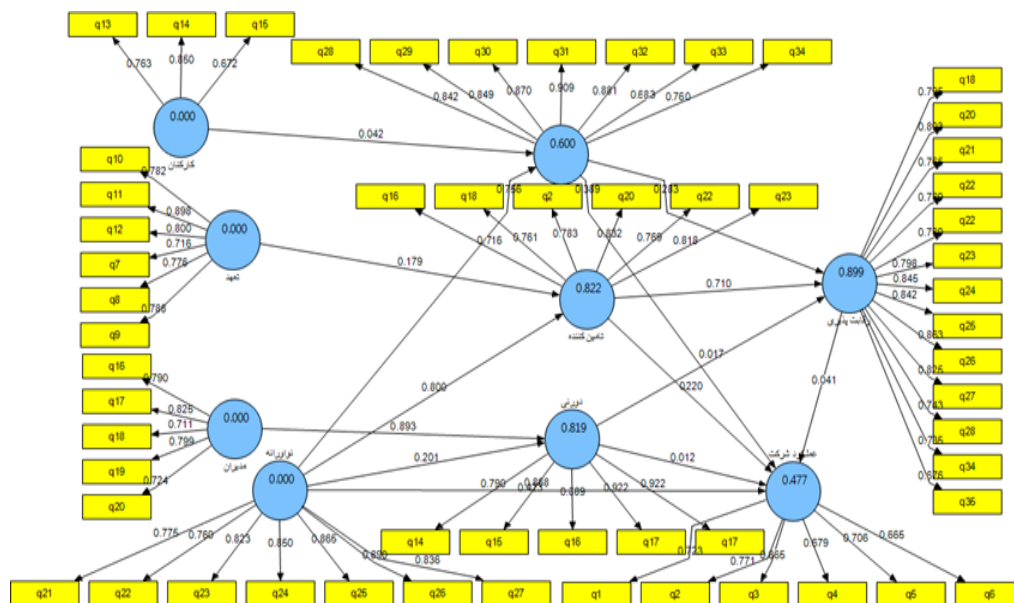


دوره ۵، شماره ۳

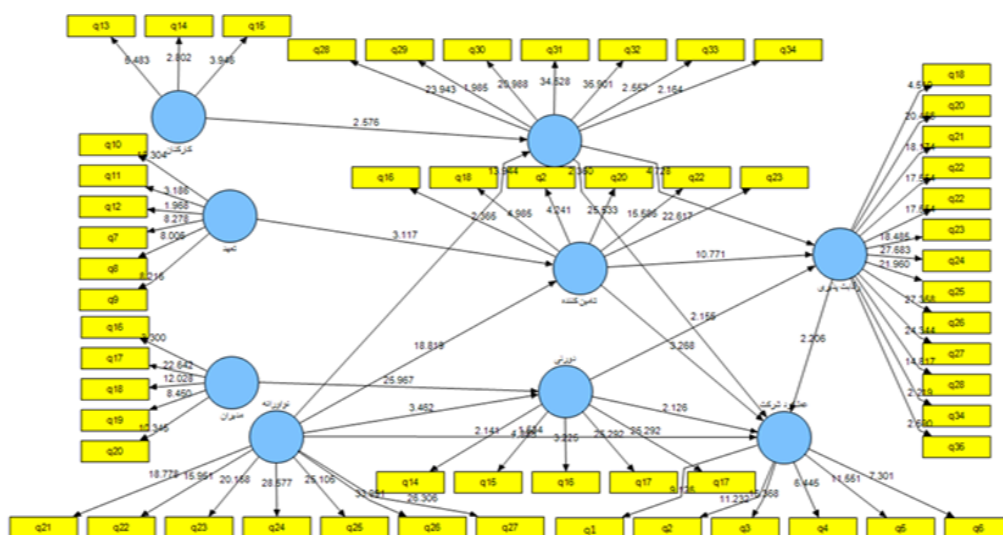
پاییز ۱۳۹۹

فصلنامه پژوهشی





شکل ۲: مدل پژوهش در حالت استاندارد



شکل ۳ مدل پژوهش در حالت معنادار

جدول ۱۱ بررسی فرضیات پژوهش

شماره فرضیه	متغیر	ضریب مسیر β	مقدار آماره t	سطح معناداری	وضعیت فرضیه
۱	سرمایه انسانی	۰/۷۷۱	۲۳/۵۵۳	۰/۰۰۰	تایید
۲	سرمایه انسانی	۰/۳۶۴	۳/۸۲۸	۰/۰۰۱	تایید
۳	سرمایه انسانی	۰/۴۱۱	۴/۷۰۵	۰/۰۰۱	تایید
۴	رویکرد نوآوری	۰/۲۱۱	۳/۱۲۰	۰/۰۰۰	تایید
۵	رویکرد نوآوری	۰/۴۲۳	۴/۸۸۳	۰/۰۰۰	تایید
۶	رویکرد نوآوری	۰/۳۵۸	۳/۵۵۱	۰/۰۰۱	تایید
۷	رویکرد نوآوری	۰/۵۵۴	۱۰/۲۲۲	۰/۰۰۱	تایید
۸	یکپارچگی زنجیره تأمین	۰/۱۸۲	۲/۹۸۵	۰/۰۰۰	تایید
۹	یکپارچگی زنجیره تأمین	۰/۲۳۱	۳/۳۶۹	۰/۰۰۰	تایید
۱۰	رقابت پذیری	۰/۰۴۱	۲/۲۰۶	۰/۰۰۳	تایید

۵- نتیجه‌گیری و پیشنهادات

فرضیه ۱ تایید می‌گردد. در خصوص این فرضیه می‌توان بیان داشت کارکنانی که از مهارت‌های مختلفی در انجام امور شغلی خود برخوردار هستند، سعی می‌نمایند که امور محوله را به نحو درستی انجام دهند، همچنین کارکنان متعهد به سازمان، سعی دارند همواره حس تعلق سازمانی خود را از طریق انجام کار به شکل مطلوب نشان دهند. علاوه بر این مدیرانی که از مهارت‌های فنی، ادراکی و انسانی که از مهارت‌های مهم مدیران است برخوردار باشند، سعی دارند یک محیط کاری مناسب برای کارکنان خود فراهم آورده و از این طریق به ایجاد اتحاد سازمانی و انسجام درونی سازمان کمک می‌نمایند و در نهایت ابعاد یکپارچگی زنجیره تأمین را گسترش خواهند داد. نتیجه فوق همسو با نتیجه مقاله (هو و همکاران، ۲۰۱۶) می‌باشد.

فرضیه‌های ۲ و ۳ تایید می‌گردد. این نتایج با نتایج مقالات (بکر و همکاران، ۲۰۰۱؛ بیگی و فطرس، ۱۳۸۹) مطابقت دارد. کارکنان یکی از منابع مهم مزیت رقابتی هستند و کلیه مهارت‌های کاری آن‌ها در سایه یکپارچگی زنجیره تأمین می‌تواند باعث بهبود عملکرد سازمان و افزایش توان رقابتی سازمان گردد، پس این سرمایه انسانی است که در نهایت تعیین کننده میزان تمایز یک سازمان با سازمان‌های دیگر است.

فرضیه‌های ۴ و ۵ تایید می‌گردد. نوآوری باعث ایجاد رویکردهای جدید سازمانی در قالب نحوه انجام امور و یا ایجاد فعالیت‌های جدیدی خواهد شد. در نهایت این رویکردها باعث ایجاد یکپارچگی زنجیره تأمین در سازمان می‌گردد که در نهایت باعث بهبود عملکرد سازمان می‌شود.

نتایج فوق همسو با نتایج مقاله (کائو و لی، ۲۰۱۶) می‌باشد. فرضیه‌های ۶ و ۷ تایید می‌گردد. هدف اصلی هر سازمانی ایجاد یک زنجیره تأمین یکپارچه و همسو با اهداف سازمان است که این امر می‌تواند متاثر از توجه به میزان خلاقیت و نوآوری در سازمان‌ها باشد که تا چه اندازه سازمان به نیازهای مشتریان و بازار توجه دارد. توجه به این موضوع از جانب سازمان باعث افزایش توان رقابت‌پذیری و بهبود عملکرد سازمان می‌گردد. نتایج مقالات (کائو و لی، ۲۰۱۶؛ گوان، ۲۰۰۲؛ پینو و همکاران، ۲۰۱۶؛ یام و همکاران، ۲۰۰۴) با نتایج فوق مطابقت دارد.

فرضیه‌های ۸ و ۹ تایید می‌گردد. یک سازمان هر چقدر دارای مشتریان وفادار بیشتری باشد می‌تواند به سودآوری بیشتری دست یابد و این امر باعث بهبود عملکرد مالی و غیرمالی سازمان می‌گردد. زمانی سازمان به رقابت‌پذیری بالایی دست خواهد یافت که تأمین کنندگانی همسو با اهداف سازمان داشته باشد و عملکرد آن‌ها را ارزیابی نموده و به عنوان تأمین کننده مناسب انتخاب شوند. سازمان باید با ایجاد فرهنگ انسجام بین کارکنان از طریق ایجاد تیم‌های کاری به بهبود یکپارچگی سازمان توجه داشته باشد که این انسجام باعث بهبود توان رقابت‌پذیری در بازار خواهد شد و با بهبود رقابت‌پذیری عملکرد سازمان نیز بهبود خواهد یافت. نتایج مقالات (لی، ۲۰۰۰؛ راستزویک و همکاران، ۲۰۰۳؛ گرین، ۱۹۹۷؛ اسمیت و رینرسن، ۱۹۹۸؛ تید و همکاران، ۲۰۰۱؛ بارگلمن و همکاران، ۲۰۰۱؛ فلین و همکاران، ۲۰۱۰) تاییدکننده نتایج فوق است.

فرضیه ۱۰ تایید می‌گردد. در تبیین این یافته می‌توان بیان داشت که رقابت‌پذیری یک اصل مهم در سازمان‌های کنونی است و بدون رقابت‌پذیری نمی‌توان انتظار داشت که سازمان‌ها بتوانند در محیط متغیر امروزی فعالیت نموده و به سود دست یابند که این مسئله در نهایت باعث بهبود عملکرد مالی و غیرمالی سازمان خواهد شد. این نتیجه با نتیجه مقالات (قاسمیه و همکاران، ۱۳۹۳؛ کائو و لی، ۲۰۱۶) همسو است.

پیشنهادهای کاربردی

یکی از اساسی‌ترین مشکلات سازمان‌ها در زمان غیبت یا ترک خدمت کارکنان و مدیران بروز می‌کند که این امر با اثرگذاری بر روی یکپارچگی درونی، یکپارچگی زنجیره تأمین را با چالش مواجه می‌کند، بنابراین مدیران سازمانی باید در وظایف مختلف حیطه کاری-شان چرخانده شوند، همچنین مهارت‌های گوناگون شغلی به کارکنان آموزش داده شود و از گردش شغلی استفاده گردد. این امر باعث می‌گردد تا پرسنل با انجام فعالیت‌های جانبی خارج از حیطه شغلی خود از توانایی ادغام برنامه‌های بخش‌های مختلف سازمان برخوردار شوند (با استناد به فرضیه ۱، ضریب ۰/۷۷۱، مقدار $t=22/553$).

سازمان با استفاده از شیوه گام‌به‌گام و مشارکتی برای حل مسائل و تولید محصول جدید، زمان چرخه تولید محصولات را کاهش دهد، بدین منظور سازمان می‌تواند از تکنیک مهندسی مجدد فرایندهای کسب‌وکار و شیوه‌هایی در خلاف جهت فعالیت‌های مهندسی معکوس بهره ببرد. با این تکنیک سازمان می‌تواند تا حدود زیادی به باقی ماندن خود در عرصه رقابت امیدوار باشد (با استناد به فرضیه ۵، ضریب ۰/۴۲۳، مقدار $t=4/883$).

یکی از مهم‌ترین عوامل دستیابی به یکپارچگی زنجیره تأمین شناخت تأمین کنندگان توانمند است، به همین دلیل سازمان بایستی با ایجاد شبکه تبادل اطلاعات با تأمین کنندگان اصلی و توانمند، ارتباط تنگاتنگی برقرار نماید. نظرخواهی و مشارکت تأمین کنندگان در فرایند تغییرات طراحی محصولات جدید سبب روابط طولانی مدت با تأمین کنندگان توانمند و بهبود عملکرد سازمان می‌گردد (با استناد به فرضیه ۹، ضریب ۰/۲۳۱، مقدار $t=3/369$).

سازمان تیم‌هایی با اعضای مختلفی از بخش‌های مختلف تشکیل دهد و این افراد به معرفی محصولات و خدمات جدید سازمان در بازار بپردازند. تشکیل تیم باعث گسترش هماهنگی و ارتباط بین بخش‌های مختلف سازمان، ادغام برنامه سازمانی بخش‌های مختلف و یکپارچگی اهداف بخش‌های مختلف سازمان با هدف اصلی سازمان می‌گردد، در نتیجه افراد تیم هنگام معرفی محصولات و خدمات، می‌دانند بر چه ویژگی‌هایی باید متمرکز باشند (با استناد به فرضیه ۸، ضریب ۰/۱۸۲، مقدار $t=2/985$).

پیشنهادهای آکادمیک

تأثیر سایر ابعاد سرمایه انسانی به طور همزمان بر روی یکپارچگی زنجیره تأمین مورد بررسی قرار گیرد مانند: رضایت شغلی، استرس کارکنان، تجربه و... . موضوع مورد مطالعه در سیستم‌های تولیدی مختلف از جمله سیستم تولید سفارشی، ناب، چابک و... . مورد بررسی قرار گیرد و با نتایج به‌دست آمده مقایسه گردد. عواملی که سبب



5 (3), 2020

دوره ۵، شماره ۳

پاییز ۱۳۹۹

فصلنامه پژوهشی

مجله مدیریت

تأثیر رویکردهای نوآورانه و سرمایه انسانی بر توان رقابت‌پذیری و عملکرد سازمان. با نقش میانجی یکپارچگی زنجیره تأمین در صنعت ساختمان

تقویت نوآوری سازمانی و خلاقیت فردی در سازمان می‌گردد
شناسایی و در موضوع مورد مطالعه مورد بررسی قرار گیرد.

۶- مراجع

- [۱] اسمعیلی گیوی، محمدرضا، (۱۳۸۶)، استراتژی تولید و عملیات مبتنی بر زمان، فصلنامه تدبیر، شماره ۱۸۰، اردیبهشت.
- [2] Calantone, R.J., Cavusgil, S.T., Zhao, Y., (2002), Learning Orientation, Firm Innovation Capability, and Firm Performance, *Industrial Marketing Management*, Vol. 31.
- [۳] شیخی، نرگس، (۱۳۹۰)، تبیین نحوه اثرگذاری یکپارچگی زنجیره تأمین بر عملکرد شرکت، دانشگاه شهید بهشتی، کارشناسی ارشد، مدیریت و حسابداری.
- [4] Abdallah, A.B., Obeidat, B.Y., Aqqad, N.O., (2013), The Impact of Supply Chain Management Practices on Supply Chain Performance in Jordan: The Moderating Effect of Competitive Intensity, *International Business Research*, 7(3).
- [۵] نادری، ابوالقاسم، اقتصاد آموزش، چاپ اول، تهران، نشر یسطرون.
- [6] Becker, B.E., Huselid, M.A., Ulrich, D., (2001), *The HR Scorecard: Linking People, Strategy and Performance*, Boston, MA: Harvard Business School Press.
- [۷] بیگی، تورج، فطرس، محمدحسن، (۱۳۸۹)، اندازه‌گیری میزان تأثیر سرمایه انسانی بر عملکرد سازمانی صنعت باتکداری ایران: از دیدگاه دلاری‌های نامشهود، فصلنامه مدیریت صنعتی دانشکده علوم انسانی دانشگاه آزاد اسلامی واحد سمنجن، سال چهارم ۱۰، ۸۱-۹۰.
- [8] Guan, J., & Ma, N., (2003), Innovation Capability and Export Performance of Chinese Firms, *Technovation*, 23(9), 737-747.
- [9] Pino, C., Felzensztein, C., Zwerg-Villegas, A.M., Arias-Bolzmann, L., (2016), Non-Technological Innovations: Market Performance of Exporting Firms in South America, *Industrial Marketing Management*, 69(10), 4385-4393.
- [10] Yam, R.C.M., Guan, J.C., Pun, K.F., Tang, E.P.Y., (2004), An Audit of Technological Innovation Capabilities in Chinese Firms: Some Empirical Findings in Beijing, China, *Research Policy*, 33, 1123-1140.
- [11] Stevens, G.C., (1989), Integrating the Supply Chain, *International Journal of Physical Distribution and Materials Management*, 19(8).
- [۱۲] ناظمی، شمس‌الدین، خریدار، فاطمه، (۱۳۹۱)، تأثیر ابعاد زنجیره تأمین یکپارچه بر توانمندی‌های رقابتی در صنایع غذایی و آشامیدنی شهر مشهد، فصلنامه علمی-پژوهشی مطالعات مدیریت صنعتی، شماره ۵۲، ۱-۲۶، سال نهم.
- [13] Rodrigues, A.M., Stank, T.P., Lynch, D.F., (2004), Linking Strategy, Structure, Process and Performance in Integrated Logistics, *Business Logistics*, 25.
- [14] Swink, M., Narasimhan, R., Wang, C., (2007), Managing Beyond the Factory Walls: Effects of Four Types of Strategic Integration on Manufacturing Plant Performance, *Operations Management*, 25.
- [15] Trkman, P., & Groznik, A., (2006), Measurement of Supply Chain Integration Benefits, *Information, Knowledge, and Management*, 1.
- [16] Lee, H. L., (2000), Creating Value through Supply Chain Integration, *Supply Chain Management Review*, September-October.
- [17] Romano, P., (2003), Co-Ordination and Integration Mechanisms to Manage Logistics Processes Across Supply Markets, *Purchasing & Supply Management*, 9.
- [18] Gimenez, C., (2004), Supply Chain Management Implementation in the Spanish Grocery Sector: An Exploratory Study, *International Journal of Integrated Supply Management*.
- [19] Boon-itt, S., & Paul, H., (2006), A Study of Supply Chain Integration in Thai Automotive Industry: A Theoretical Framework and Measurement, *Management Research News*, 29.
- [20] Sabath, R., (2004), Using the Customer/Product Action Matrix to Enhance Internal Collaboration, *Business Logistics*, Thursday, January 1.
- [21] Tidd, J., Bessant, J., Pavitt, K., (2001), *Managing Innovation*, 2nd ed. John Wiley & Sons, New York.
- [22] Stank, T.P., Keller, S.B., Closs, D.J., (2001), Performance Benefits of Supply Chain Logistical Integration, *Transportation Journal*, 41.
- [۲۳] قاسمی، رحیم، غیوری مقدم، علی، حاجب، حمیدرضا، (۱۳۹۳)، بررسی تأثیر رقابت بازار محصول بر رابطه بین ساختار سرمایه و عملکرد واحد تجاری، پیشرفت‌های حسابداری، مقاله ۵، دوره ۶، شماره ۲، صفحه ۱۰۷-۱۲۹.
- [24] Huo, B., Ye, Y., Zhao, X., Shou, Y., (2016), The Impact of Human Capital on Supply Chain Integration and Competitive Performance, *Intern Journal of Production Economics*. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijpe.2016.05.009>.
- [25] Kau, F., & Lii, P., (2016), Innovation-Oriented Supply Chain Integration for Combined Competitiveness and Firm

Performance, *Intern Journal of Production Economics*. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijpe.2016.01.018>.

[26] Dayong, Zh., Zhao, R., Qiang, J., (2019), Green Innovation and Firm Performance: Evidence from Listed Companies in China, 144, 48-55. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2019.01.02>.

[27] Setyadi, A., (2019), Does Green Supply Chain Integration Contribute Towards Sustainable Performance?, *Quarterly Publication*, 7(2), 121-132. <https://doi.org/10.5267/j.uscm.2018.10.012>,

[28] Zhang, M., Qin, G.F., Wang, A., Luo, Ch., (2018), Supplier Integration and Firm Performance: The Moderating Effects of Internal Integration and Trustproduction Planning & Control, *Journal of Operations Management*, 29(10), <https://doi.org/10.1080/09537287.2018.1474394>.

[29] Kumar, V., Chibuzo, E., Reyes, J., Kumari, A., Lona, L., Torres, G., (2017), The Impact of Supply Chain Integration on Performance: Evidence from the UK Food Sector, *Procedia Manufacturing*, 11, 814-82.

[30] Van, N., Vikas, K., Archana, K., Arturo, G., Supalak, A., (2016), The Role of Supply Chain Integration in Achieving Competitive Advantage: A Study of UK Automobile Manufacturers, *Proceedings of the 26th International Conference on Flexible Automation and Intelligent Manufacturing (FAIM)*, Seoul, Republic of Korea, June 27-30.

[۳۱] رمضانیان، محمدرحیم، آذر، عادل، صفری، محدثه، (۱۳۹۸)، تأثیر نوآوری محوری بر عملکرد مالی از طریق یکپارچگی زنجیره تأمین و قابلیت‌های رقابتی، فصلنامه علمی تخصصی رویکردهای پژوهشی نوین در مدیریت و حسابداری، دوره ۳، شماره ۱۲، صفحه ۲۱۴-۲۲۲.

[۳۲] کدخدایی، سلمان، وکیلی منفرد، امین، طولایی، شهن، کاظمی منش، شیدا، (۱۳۹۸)، ارزیابی تأثیر نوآوری ارزش مشارکت زنجیره تأمین، قابلیت زنجیره تأمین و مزیت رقابتی در مخابرات لرستان، دومین کنفرانس بین‌المللی مدیریت، مهندسی صنایع، اقتصاد و حسابداری، کد COI مقاله: MIEACONF02_019.

[۳۳] زنجیر ضرابی، رضا، (۱۳۹۸)، تحلیل تأثیر مدیریت منابع انسانی بر عملکرد زنجیره تأمین در اداره تعاون روستایی شهر همدان: کنفرانس ملی پژوهش‌های کاربردی در مدیریت و مهندسی صنایع، کد COI مقاله: MIECONF01_064.

[۳۴] مطبوع، ریحانه، استخریان، امیررضا، (۱۳۹۶)، بررسی تأثیر مستقیم و غیرمستقیم یکپارچه‌سازی مدیریت زنجیره تأمین بر عملکرد سازمان‌ها، اولین کنفرانس ملی کامپیوتر و فناوری اطلاعات، سپیدان، دانشگاه آزاد اسلامی واحد سپیدان.

[۳۵] بیگلری، احمد، (۱۳۹۶)، بررسی میزان یکپارچگی زنجیره تأمین در صنعت ساختمان و تأثیر آن بر عملکرد سازمان، دانشگاه تهران، کارشناسی ارشد، مدیریت.

[36] Zhaojun, B.H., Haozhe, H., Zhao, Ch.X., (2015), The Effect of High-Involvement Human Resource Management Practices on Supply Chain Integration, *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 45(8), 716-746.

[37] Alfalla-Luque, R., Marin-Garcia, J.A., Medina-Lopez, C., (2014), An Analysis of the Direct and Mediated Effects of Employee Commitment and Supply Chain Integration on Organisational Performance, *International Journal of Production Economics*, in press.

[38] Fawcett, A.M., & Fawcett, S., (2013), Awareness Is Not Enough: Commitment and Performance Implications of Supply Chain Integration, *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 43, 205-230.

[39] Prajogo, D., Huo, B., Han, Z., (2012), The Effects of Different Aspects of ISO 9000 Implementation on Key Supply Chain Management Practices and Operational Performance, *Supply Chain Management*, 17, 306-322.

[40] Ngo, L.V., & O'Cass, A., (2011), The Relationship between Business Orientations and Brand Performance, *Asia Pacific Journal of Marketing and Logistics*, 23(5), 684-713.

[41] Battor, M., & Battor, M., (2010), The Impact of Customer Relationship Management Capability on Innovation and Performance Advantages: Testing a Mediated Model, *Journal of Marketing Management*, 26(9-10), 842-857.

[42] Garcia-Morales, V.J., Martin-Rojas, R., Lardon-Lopez, M.E., (2018), Influence of Social Media Technologies on Organizational Performance Through Knowledge and Innovation, *Baltic Journal of Management*, <https://doi.org/10.1108/BJM-04-2017-0123>.

[43] Sutarlan, S., (2018), Innovation and Market Orientation Model in Improving the Performance of BRI, *Journal of Research in Marketing*, 8(3).

[44] Cho, H.J., & Pucik, V., (2005), Relationship between Innovativeness, Quality, Growth, Profitability, and Market Value, *Strategic Management Journal*, 26(6), 555-575.

[45] Wong, C.Y., Boon-itt, S., Wong, C.W.Y., (2011), The Contingency Effects of Environmental Uncertainty on the Relationship between Supply Chain Integration and Operational Performance, *Journal of Operations Management*, 29(6), 604-615.

[46] Huo, B., (2012), The Impact of Supply Chain Integration on Company Performance: An Organizational Capability



5 (3), 2020

دوره ۵، شماره ۳

پاییز ۱۳۹۹

فصلنامه پژوهشی



تأثیر رویکردهای نوآورانه و سرمایه انسانی بر توان رقابت‌پذیری و عملکرد سازمان، با نقش میانجی یکپارچگی زنجیره تأمین در صنعت ساختمان

Capital Perspective in the Learning Management System (Lms) Decision Making Process at Universities, Journal Psikologi Malaysia, 30(2), 102-113.

- [59] Hasani, K., & Sheikhesmaeili, S., (2016), Knowledge Management and Employee Empowerment: A Study of Higher Education Institutions, Kybernetes, 45(2), 337-355.

[۶۰] برهانی نیا، رضا، (۱۳۹۱)، رابطه درگیری شغلی با تمایل به ترک شغل کارکنان با توجه به

نقش تعهد سازمانی و رضایت شغلی (مطالعه موردی: کارکنان اداره امور مالیاتی استان گیلان)،

دانشگاه آزاد اسلامی واحد رشت، کارشناسی ارشد، مدیریت دولتی.

[۶۱] غلامی، سودابه، ناظری، علی، (۱۳۹۷)، مدیریت زنجیره تأمین سبز و عملکرد سازمان؛ نقش

تعدیل گر گواهینامه ایزو، فصلنامه مدیریت استاندارد و کیفیت، شماره ۱، سال هشتم.

[۶۲] میراعلمی، سیده فرنوش، (۱۳۹۵)، یکپارچگی مدیریت زنجیره تأمین، دومین کنفرانس جهانی

مدیران زنجیره تأمین و لجستیک، کد COI مقاله: SCL002_023.

- [63] Jorgensen, H.B., & Andersen, K.K., Elizabeth J. Wilson, (2018), Accelerating The Clean Energy Revolution - Perspectives on Innovation Challenges: DTU International Energy Report.

[64] Forgeard, M.J.C., & Kaufman, J.C., (2015), Who Cares About Imagination, Creativity, and Innovation, and Why? A Review. Psychology of Aesthetics, Creativity, and the Arts. Advance Online Publication. <http://dx.doi.org/10.1037/aca0000042>.

[65] Bowie, D., & Buttle, F., (2016), Hospitality Marketing An introduction. Elsevier Butterworth-Heinemann Linacre House, Jordan Hill, Oxford OX2 8DP 200 Wheeler Road, Burlington, MA 01803.

[66] Dosi, G., Grazzi, M., Moschella, D., (2014), Technology and Costs in International Competitiveness: From Countries and Sectors to Firms, ISSN 2282-6483.

[۶۷] وظیفه دوست، حسین، حاجلو، محمدحسین، نظریور، فریده، (۱۳۹۲)، بررسی تأثیر پیاده سازی

استراتژی های رقابتی پورتر در پاسخگویی به نیاز بازار محوری مشتریان شرکت پتروشیمی،

نشریه مدیریت فرهنگ سازمانی، دوره ۱۱، شماره ۳، صفحه ۱۲۱-۱۳۹.

[68] Subramonya, M., Segersb, J., Chadwick, C., Shyamsunder, A., (2018), Leadership Development Practice Bundles and Organizational Performance: The Mediating Role of Human Capital and Social Capital, Journal of Business Research, 120-129.

[۶۹] قطبی، سیمین، فهمینیا، فاطمه، طارمی راد، حسن، نوروزی چاکلی، عبدالرضا، (۱۳۹۷)، ارزیابی

عملکرد مراکز دانشنامه نگاری در حوزه فرهنگ و تمدن اسلامی براساس مدل منشور عملکرد

(نمونه پژوهی: بنیاد دائره المعارف اسلامی)، فصلنامه علمی پژوهشی مطالعات ملی کتابداری و

سازماندهی اطلاعات، شماره ۱ (شماره پیاپی ۱۱۳)، دوره ۲۹، صفحه ۸۵-۱۰۱.

Perspective, Supply Chain Management: An International Journal, 17(6), 596-610.

- [47] Flynn, B.B., Huo, B., Zhao, X., (2010), The Impact of Supply Chain Integration on Performance: A Contingency and Configuration Approach, Journal of Operations Management, 28, 58-71.

[48] Li, G., Yang, H., Sun, L., Sohal, A.S., (2009), The Impact of IT Implementation on Supply Chain Integration and Performance, International Journal of Production Economics, 120(1), 125-138.

[49] Rosenzweig, E.D., (2009), A Contingent View of E-Collaboration and Performance in Manufacturing, Journal of Operations Management, 27(6), 462-78.

[50] Rosenzweig, E.D., Roth, A.V., Dean, J.W.Jr., (2003), The Influence of an Integration Strategy on Competitive Capabilities and Business Performance: An Exploratory Study of Consumer Products Manufacturers, Journal of Operations Management, 21(4), 437-456, 2003.

[51] Luzzini, D., Brandon-Jones, E., Brandon-Jones, A., Spina, G., (2015), The Role of Intra- And Inter-Firm Collaborative Capabilities in the Upstream Supply Chain, International Journal of Production Economic, 165, 51-63.

[52] Ahmed, M.U., Kristal, M.M., Pagell, M., (2014), Impact of Operational and Marketing Capabilities on Firm Performance: Evidence from Economic Growth and Downturns, International Journal of Production Economics, 154, 59-71.

[53] Nieves, J., & Quintana, A., (2018), Human Resource Practices and Innovation in the Hotel Industry: The Mediating Role of Human Capital, <https://doi:10.1177/1467358415624137>.

[۵۴] سلیمی فرد، خداکرم، جاویدفر، محبت، محمدی زاد، زهرا، (۱۳۹۷)، یک مدل تحلیلی برای

سنجش عوامل مؤثر بر معماری منابع انسانی سازمان، فصلنامه پژوهش های مدیریت منابع

انسانی دانشگاه جامع امام حسین (ع)، شماره ۴، (شماره پیاپی ۳۴)، سال دهم.

[55] Lee, K.H., Maurer, D.C., Xu, E.Q., (2018), Human Capital Relatedness and Mergers and Acquisitions, Journal of Financial Economics, <https://doi:10.1016/j.jfineco.2018.03.008>.

[56] Kim, P.B., Lee, G., Jang, J., (2017), Employee Empowerment and Its Contextual Determinants and Outcome for Service Workers: A Cross-National Study, Management Decision, 55(5), 1022-1041, <https://doi.org/10.1108/MD-02-2016-0089>.

[57] Barnes, Ch. M., Jiang, K., Lepak, D.P., (2016), Sabotaging the Benefits of Our Own Human Capital: Work Unit Characteristics and Sleep, Journal of Applied Psychology, 101(2), 209-221.

[58] Khairudin, N., Khairudin, R., Abdul Hamid, M.N., Hancock, Ph., McGill, T., Ahmad Zaman, Z., (2016), The Importance of Human



5 (3), 2020

دوره ۵، شماره ۳

پاییز ۱۳۹۹

فصلنامه پژوهشی



تأثیر رویکردهای نوآورانه و سرمایه انسانی بر توان رقابت پذیری و عملکرد سازمان، با نقش میانجی یکپارچگی زنجیره تأمین در صنعت ساختمان

Assessing the risks of using Building Information Modeling (BIM) in construction projects

Farzad Fani *

M.Sc. Student of Engineering & Construction Management, Department of Civil Engineering, Islamic Azad University (Karaj Branch), Karaj, Iran

Faezeh Taherkhani

B.Eng. Student, Faculty of Civil & Architectural Engineering, Islamic Azad University (Qazvin Branch), Qazvin, Iran

*Corresponding author's email address:
f.fani20@gmail.com

ارزیابی ریسک های به کارگیری مدلسازی اطلاعات ساختمان (BIM) در پروژه های ساخت و ساز

فرزاد فانی *

دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی و مدیریت ساخت، گروه مهندسی عمران، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه آزاد اسلامی (واحد کرج)، البرز، ایران.

فائزه طاهرخانی

دانشجوی کارشناسی، دانشکده مهندسی عمران و معماری، دانشگاه آزاد اسلامی (واحد قزوین)، قزوین، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۶/۲۱، تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۸/۰۲

Abstract

Today, building information modeling (BIM) has emerged to increase the productivity of work processes in the construction industry, overcome the current problems and problems of this industry, and also create and produce products according to the real needs of the customer. In addition to the potential benefits of using this technology for all those involved in the construction industry, due to the newness of this technology, there will be barriers and risks to applying BIM instead of current traditional work processes. In this research, using literature review, case studies and experts' opinions, the risks of using BIM in construction projects were first identified. In order to rank the risks of using BIM based on the impact they can have on the project, the fuzzy TOPSIS technique, which is a multi-criteria decision-making method, was used. For this purpose, by using the results of the experts' answers on the probability of occurrence and severity of the risks, the fuzzy average of the experts' opinions about the probability of occurrence and the severity of the risks was calculated. Then, by multiplying the probability of occurrence by the intensity of the effect, the number of risks was obtained based on the effect on the main goals of the project, which formed the decision matrix. Finally, using the TOPSIS Fuzzy method, the risks of using BIM were ranked, which are the lack of familiarity of the specialized team with BIM work processes, the lack of necessary hardware infrastructure for the implementation of BIM software in optimal conditions, and the lack of proper concentration of employees for Changing the way of doing their work activities in BIM processes were among the most important risks evaluated.

Keywords

Building information modeling (BIM), project management, risk assessment, fuzzy TOPSIS technique.

چکیده

امروزه مدلسازی اطلاعات ساختمان (BIM) برای افزایش بهره وری فرآیندهای کاری در صنعت ساخت و ساز، غلبه بر معضلات و مشکلات کنونی این صنعت و همچنین ساخت و تولید محصول مطابق با نیاز واقعی مشتری ظهور کرده است. علاوه بر فواید بالقوه استفاده از این فناوری برای همه ی دست اندرکاران صنعت ساختمان، به دلیل نو بودن این فناوری، موانع و ریسک هایی برای به کارگیری BIM به جای فرآیندهای کاری سنتی کنونی وجود خواهد داشت. در این پژوهش با استفاده از مرور ادبیات، مطالعات موردی و نظر متخصصین ابتدا ریسک های به کارگیری BIM در پروژه های ساخت و ساز شناسایی گردید. به منظور رتبه بندی ریسک های به کارگیری BIM بر اساس میزان تأثیری که بر پروژه می توانند داشته باشند، از تکنیک تاپسیس فازی که از روش های تصمیم گیری چند معیاره می باشد استفاده گردید. بدین منظور، با استفاده از نتایج حاصل از پاسخ های خبرگان به میزان احتمال وقوع و شدت اثر ریسک ها، میانگین فازی نظرات خبرگان درباره ی احتمال وقوع و شدت اثر ریسک ها، محاسبه گردید. سپس از ضرب احتمال وقوع در شدت اثر، مقدار عدد ریسک ها بر مبنای تأثیر بر اهداف اصلی پروژه حاصل گردید که نتایج حاصله ماتریس تصمیم گیری را تشکیل دادند. در نهایت با استفاده از روش تاپسیس فازی به رتبه بندی ریسک های به کارگیری BIM پرداخته شد که عدم آشنایی کافی تیم تخصصی با فرآیندهای کاری BIM، فراهم نبودن زیرساخت های سخت افزاری لازم برای اجرای نرم افزارهای BIM در شرایط بهینه و عدم تمرکز مناسب کارمندان برای تغییر شیوه انجام فعالیت های کاری خود در فرآیندهای BIM از مهم ترین ریسک های ارزیابی شده بودند.

کلمات کلیدی

مدلسازی اطلاعات ساختمان (BIM)، مدیریت پروژه، ارزیابی ریسک، تکنیک تاپسیس فازی.

یک موضوع توسط طرفین مختلف می شود. جهت مدیریت کردن پیچیدگی های موجود نقش طراحان در فاز طراحی پروژه بسیار با اهمیت تر از قبل شده است. طراحان بایستی بتوانند تمامی ملاحظات موجود در پروژه ها را اعم از انتظارات ذینفعان، مشخصات فنی، محدودیت زمانی، بهینه سازی هزینه ها، روش های اجرا و دیگر موارد را در طراحی خود به صورت کاملاً یکپارچه لحاظ کنند.

۱- مقدمه

در پروژه های کنونی پیچیدگی پروژه ها جایگاه خاصی پیدا کرده است. رشد تکنولوژی از یک سو و افزایش انتظارات ذینفعان از سوی دیگر باعث شده است که پیچیدگی پروژه ها افزایش پیدا کند. افزایش پیچیدگی در بسیاری از موارد باعث عدم برداشت یکسان از



5 (3), 2020

دوره ۵، شماره ۳

پاییز ۱۳۹۹

فصلنامه پژوهشی



برای این کار باید از ابزارهایی توانمند که قابلیت افزایش میزان قطعیت پیش بینی ها در حوزه های طراحی و اجرا را دارند، کمک بگیرند. امروزه این ابزارها در مفهومی تحت عنوان مدل سازی اطلاعات ساختمان (BIM) تعریف شده اند. کتاب راهنمای BIM نوشته ی ایستمن و همکارانش در سال ۲۰۱۱، BIM را به صورت زیر تعریف می کند: عبارت فعل یا صفت برای توصیف ابزارها، فرآیندها، و فناوری هایی که با استفاده از مدارک دیجیتالی ساختمان، در بخش های مختلف عملکرد، برنامه ریزی، ساخت و نگهداری آن به کارگرفته می شود [۱]. BIM مزایای بالقوه ی زیادی برای همه ی ذینفعان و گروه های درگیر در صنعت ساخت و ساز دارد. در آینده پیاده سازی BIM، با چالش هایی همراه خواهد بود؛ در ابتدا به سرمایه گذاری اولیه نیازمند است. هزینه های سخت افزاری، نرم افزاری و آموزشی آن باعث کند پیش رفتن این فرآیند می شود و بدون حمایت دولت، بعید است که در آینده ی نزدیک به روشی رایج تبدیل شود [۲]. باید به این نکته توجه داشت که انتقال و مهاجرت از CAD به BIM، یک فرآیند طولانی است [۳]. در هر حال، مدیران ساخت و کارفرمایان باید بیشتر با مدل سازی اطلاعات ساختمان و ریسک های به کارگیری آن در صنعت ساخت و ساز آشنا شوند.

۲- مرور ادبیات تحقیق

۲-۱- مدیریت ریسک

هر زمان شخص با فعالیت هایی از قبیل شناسایی، دسته بندی، انتخاب و رتبه بندی سروکار داشته باشد، در واقع با یک مسئله تصمیم گیری روبروست. مدیریت پروژه های گوناگون از جمله مسائلی است که مدیران همواره با آنها مواجه هستند. مدیریت ریسک نیز یکی از فازهای مدیریت پروژه بوده و با توجه به ماهیت نامطمئن پروژه ها و لزوم صرف بهینه منابع آنها، دارای اهمیت انکار ناپذیری است. هدف از فاز ارزیابی ریسک، اندازه گیری ریسک ها بر اساس شاخص های مختلف از قبیل میزان تأثیر و احتمال وقوع می باشد. رتبه بندی ریسک ها، قسمت کلیدی این فرآیند به شمار می رود. زیرا با انجام رتبه بندی ریسک ها، ارجحیت هر ریسک براساس شاخص های تعیین شده، در مقابل سایر ریسک ها مشخص و در نتیجه تصمیم گیرنده می تواند در مورد میزان تخصیص منابع موجود برای مقابله با هر ریسک برنامه ریزی نماید.

رتبه بندی ریسک های یک پروژه را می توان به روش های مختلف کمی و کیفی انجام داد. نکته با اهمیت در زمان استفاده از مدل های تصمیم گیری چند شاخصه، انتخاب روش مناسب است [۴]. زیرا روش های مختلفی که در مدل های تصمیم گیری چند شاخصه به کار می روند، هر یک دارای ویژگی ها و محدودیت های مشخصی هستند و نمی توان از آنها در تمام مسائل تصمیم گیری استفاده نمود. از جمله معیارهای انتخاب روش مناسب می توان به تأثیر شاخص ها بر یکدیگر، کیفی یا کمی بودن شاخص ها، مثبت یا منفی بودن اثر شاخص ها، دسترسی به وزن نسبی شاخص ها، نیاز به کسب اطلاعات از تصمیم گیرنده در حین فرآیند حل مسئله و مواردی از این قبیل اشاره نمود.

مدیریت ریسک کاربرد سیستماتیک سیاست های مدیریتی، رویه ها و فرآیندهای مربوط به فعالیت های تحلیل، ارزیابی و کنترل ریسک می باشد. مدیریت ریسک عبارت از فرآیند مستند سازی تصمیمات نهایی اتخاذ شده و شناسایی و به کارگیری معیار هایی است که می توان از آنها جهت رساندن ریسک تا سطحی قابل قبول استفاده نمود [۵]. از طرف مؤسسه مدیریت پروژه مدیریت ریسک، به عنوان یکی از هشت سطح اصلی کلیات دانش مدیریت معرفی شده است. در تعریف این سازمان مدیریت ریسک پروژه به فازهای برنامه ریزی، شناسایی ریسک، اندازه گیری و تحلیل ریسک، ارائه پاسخ و کنترل ریسک تقسیم شده است. در این تعریف، مدیریت ریسک پروژه عبارت است از کلیه فرآیندهای مرتبط با شناسایی، تحلیل و پاسخگویی به هرگونه عدم اطمینان که شامل حداکثرسازی نتایج رخدادهای مطلوب و به حداقل رساندن نتایج وقایع نامطلوب می باشد [۶].

۲-۲- ارزیابی ریسک

ارزیابی ریسک عبارت است از فرآیند تخمین احتمال وقوع یک رویداد و میزان تأثیر آن. نتایج حاصل از ارزیابی ریسک در واقع داده های ورودی سایر مراحل مدیریت ریسک محسوب می شوند. فرآیند ارزیابی ریسک دارای مراحل مختلفی است که در شکل ۱ نشان داده شده است. در قدم اول، تهدیدها و فرصت های عمده ای که می توانند بر خروجی طرح، پروژه یا فرآیند مورد نظر تأثیرگذار باشند، شناسایی می گردند. پس از شناسایی ریسک های اصلی، در قدم دوم ارزیابی دقیقی در مورد تواتر وقوع و نتایج هر یک از آنها انجام می پذیرد و سپس ریسک های مختلف را بر اساس مقادیر بدست آمده رتبه بندی می کنند. بدین وسیله امکان مقایسه ریسک ها با یکدیگر فراهم شده و در فازهای بعدی فرآیند مدیریت ریسک می توان در مورد روش مناسب واکنش به ریسک ها تصمیم گیری نمود.



شکل ۱ فرآیند های چرخه مدیریت ریسک.

در اکثر منابع به منظور ارزیابی ریسک از دو معیار میزان تأثیر و احتمال وقوع ریسک استفاده شده است و این دو معیار را در رتبه بندی ریسک معرفی شده مورد استفاده قرار داده اند. هر دو معیار فوق را می توان به خوبی به صورت معیارهای کیفی یا کمی در ارزیابی ریسک ها و رتبه بندی آنها مورد استفاده قرار داد. لامبرت و همکارانش روشی کیفی برای رتبه بندی منابع ریسک ها ارائه کرده اند [۷]. آنها برای این کار از شاخص های احتمال وقوع، تأثیر

بالقوه بر پروژه و کارآمدی و سرعت مقابله با ریسک استفاده کرده اند.

۲-۳- اهداف اصلی پروژه

هر پروژه، همواره دارای ریسک هایی است که فرصت ها و تهدید هایی را بر سر راه دستیابی به اهداف از قبل تعیین شده آن قرار می دهند. معروف ترین و گسترده ترین استاندارد مدیریت پروژه، استاندارد PMBOK^۲ (پیکره دانش مدیریت پروژه) است که توسط مؤسسه ی مدیریت پروژه PMI^۳ توسعه داده شده است. در این استاندارد ۴ سطح دانش پایه ای^۴، مدیریت هزینه، زمان، کیفیت و محدوده پروژه بیان شده اند. زیرا مستقیماً منجر به تولید تحویل شدنی ها و تأمین اهداف پروژه می گردند [۸].

۳- روش تحقیق

ابتدا پس از مرور ادبیات تحقیق، مطالعات موردی و مقالات مرتبط با موضوع BIM، ریسک ها و موانع به کارگیری BIM در مدیریت

پروژه های ساخت و ساز شناسایی و مطالعه گردید. سپس با خبرگان و متخصصان مرتبط با مدیریت پروژه های ساخت و ساز مصاحبه برگزار گردید و افرادی که حوزه ی کاری آنها به فرآیند های کاری BIM مرتبط بود انتخاب گردیدند. پس از انتخاب گروه خبرگان و متخصصین، با استفاده از تکنیک دلفی و از طریق پرسشنامه با حضور محقق و به صورت چهره به چهره سؤالات مطرح شد. ابتدا خبرگان و متخصصین درباره ی موضوع بحث آگاهی یافتند و نظرات خود را درباره ی ریسک های به کارگیری BIM، مطرح کردند. سپس، ریسک های به کارگیری BIM از مرور ادبیات، مطالعات موردی و همچنین نظر متخصصین شناسایی گردیدند. از هر یک از خبرگان و متخصصین خواسته شد تا میزان احتمال و شدت اثر هر کدام از ریسک ها را بر ۴ معیار هزینه، زمان، کیفیت و محدوده پروژه که ۴ سطح دانش پایه ای مدیریت پروژه می باشند [۹] بر اساس جدول ۱ که برگرفته از استاندارد PMBOK می باشد و با طیف لیکرت ۵ درجه ای مطابق مرجع [۱۰] مشخص کنند.

جدول ۱ ماتریس ارزیابی میزان تأثیر بر اهداف اصلی پروژه

میزان تأثیر					
اهداف اصلی پژوهش	بسیار کم	کم	متوسط	زیاد	بسیار زیاد
هزینه	افزایش ناچیز هزینه	افزایش حداکثر تا ۱۰٪ هزینه	افزایش بین ۱۰٪ و ۲۰٪ هزینه	افزایش بین ۲۰٪ و ۴۰٪ هزینه	افزایش بیشتر از ۴۰٪ هزینه
زمان	افزایش ناچیز زمان	افزایش حداکثر تا ۵٪ زمان	افزایش بین ۵٪ و ۱۰٪ زمان	افزایش بین ۱۰٪ و ۲۰٪ زمان	افزایش بیشتر از ۲۰٪ زمان
کیفیت (عدم ارضای معیارهای مورد قبول)	کاهش نامحسوس کیفیت	کیفیت برخی بخش ها کاهش یافته است	کاهش کیفی نیازمند تأیید اسپانسر	کاهش کیفی برای اسپانسر غیر قابل قبول است	نتیجه پروژه غیر قابل استفاده است
محدوده (عدم تطابق تحویل شدنی ها با نیازمندی های ذینفعان)	کاهش نامحسوس محدوده	تغییر مجموعه کمی از محدوده کار	تغییر مجموعه زیادی از محدوده کار	کاهش محدوده برای اسپانسر غیر قابل پذیرش است	نتیجه پروژه غیر قابل استفاده است

برای مقابله با نایقینی و عدم قطعیت ناشی از پاسخ گویی، از طیف لیکرت فازی استفاده گردید. بنابراین متغیرهای زبانی با طیف لیکرت فازی ۵ درجه ای مطابق جدول ۲ تعریف گردیدند.

جدول ۲ اعداد فازی مثلثی معادل طیف لیکرت ۵ درجه	
عبارت کلامی	عدد فازی
بسیار کم	(1,1,3)
کم	(1,3,5)
متوسط	(3,5,7)
زیاد	(5,7,9)
بسیار زیاد	(7,9,9)

پس از مصاحبه و مباحثه با اساتید و متخصصین و تأیید مقیاس پیشنهادی، جدول تهیه شده مبنای پاسخ گویی به سؤالات پرسشنامه قرار گرفت. در این مرحله هر یک از متخصصین بدون تحمیل نظرات دیگر افراد متخصص و بدون تأثیر ارتباط حضوری با

دیگر متخصصان و خبرگان و با حفظ گمنامی پاسخ دهندگان، نظرات خود را ارائه دادند. سپس نتایج حاصل از پرسشنامه مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج و پاسخ های راند دوم با حفظ گمنامی پاسخ دهندگان، به هر یک از پاسخ دهندگان ارائه شد تا از نظرات خبرگان دیگر آگاهی یابند و بازخورد نظرات را ببینند. مجدداً از آنها خواسته شد به سؤالات پاسخ دهند که پس از جمع آوری و تحلیل داده ها، ضریب آلفای کرونباخ ۰.۷۵۴ بود که نشان از پایایی خوب نتایج می باشد. به دلیل پایایی خوب نتایج و همچنین عدم تغییر محسوس نظرات طی دو راند متوالی، پیمایش راندها متوقف می شود و نتایج به دست آمده از راند سوم برای مراحل بعدی پژوهش مورد استفاده قرار می گیرد.

۴- تجزیه و تحلیل نتایج

ریسک های به کارگیری BIM که در حوزه های مختلف شناسایی گردیده اند در جدول ۳ نشان داده شده است.

جدول ۳ ریسک های به کارگیری BIM در مدیریت پروژه های ساخت و ساز

ریسک های به کارگیری BIM	ردیف	ریسک
عدم کارایی مناسب و ایجاد خسارت به پروژه	R1	مقاومت در برابر تغییرات فرایندهای کاری از سوی عوامل پروژه
	R2	ضعف های برطرف نشدنی و ذاتی BIM
	R3	اتلاف و حذف کارمندان یا تجربه و کلیدی سنتی
	R4	تحلیل هزینه های غیر ضروری به پروژه در فرایند مهاجرت به BIM
	R5	عدم آشنایی کافی تیم تخصصی با فرایندهای کاری BIM
	R6	عدم تمرکز مناسب کارمندان برای تغییر شیوه انجام فعالیت های کاری خود در فرایندهای BIM
	R7	صرف زمان زیاد در یادگیری کار با نرم افزارها
	R8	نیاز به سیستم تحویل پروژه جدید و متناسب با فرایندهای کاری BIM، برای اثر بخشی بهتر
	R9	مشخص نبودن مسئول درستی و صحت مدلها
	R10	به وجود آمدن اشکال و خطا میان واحدهای اندازه گذاری مدل های مختلف
فراموشی	R11	فراموشی نبودن زیرساخت های سخت افزاری لازم برای اجرای نرم افزارهای BIM در شرایط بهینه
	R12	ایجاد اختلاف احتمالی بین عوامل طرح(شاخه های مختلف مهندسی)
	R13	خطاهای نرم افزاری
	R14	عدم بازگشت سرمایه و سود مورد انتظار در صورت استفاده نا کارآمد از BIM
	R15	

در اختیار قرار نگرفتن برخی از اطلاعات و مدارک مورد نیاز تیم تخصصی مدیریت پروژه با وجود الزام در قرارداد	R16	ایجاد اختلاف و تعارض در مالکیت حقوقی مدل ها
	R17	نیاز به داده های اطلاعاتی جدید در فازهای مختلف چرخه عمر پروژه
	R18	نیاز به ایجاد زبان قراردادی جدید و متناسب با فرایندهای کاری BIM
انتظارات غیرواقعی و بلند پروازانه ذینفعان از BIM	R19	عدم درخواست و تقاضا از سوی برخی از ذینفعان برای به کارگیری BIM
	R20	وجود رقبای با تجربه تر
	R21	ظهور فعالیتهای تبلیغاتی سودجویانه و غیر حرفه ای و به تبع آن فهم نادرست و سطحی از BIM در جامعه
	R22	
	R23	

به منظور رتبه بندی ریسک های به کارگیری BIM بر اساس میزان تأثیری که بر پروژه می توانند داشته باشند، از تکنیک تاپسیس فازی که از روش های تصمیم گیری چند معیاره^۵ می باشد استفاده می گردد.

با استفاده از نتایج حاصل از پاسخ های خبرگان به میزان احتمال وقوع و شدت اثر ریسک ها، میانگین فازی نظرات خبرگان درباره ی احتمال وقوع و شدت اثر ریسک ها، محاسبه گردید که در جدول ۴ نشان داده شده است. سپس از ضرب احتمال وقوع در شدت اثر، مقدار عدد ریسک ها بر مبنای تأثیر بر اهداف اصلی پروژه حاصل می گردد که نتایج حاصله ماتریس تصمیم گیری $\tilde{D}$ را تشکیل می دهند (جدول ۵).

جدول ۴ میانگین فازی پاسخ های خبرگان درباره ریسک ها.

ریسک ها	احتمال وقوع $\tilde{P}_i$	شدت اثر بر هزینه $\tilde{I}(c)_i$	شدت اثر بر زمان $\tilde{I}(t)_i$	شدت اثر بر کیفیت $\tilde{I}(q)_i$	شدت اثر بر محدوده $\tilde{I}(s)_i$
R1	(1.833,3.167,5.167)	(2.833,4.833,6.833)	(1.667,3.667,5.667)	(4.667,6.667,8.667)	(3.5,5.5,7.5)
R2	(5.167,7.167,8.333)	(1,2,4)	(1,2.167,4.167)	(1.167,3,5)	(1.667,3.667,5.667)
R3	(1.833,3.5,5.333)	(1.667,3.5,5.5)	(1,1.833,3.833)	(2.667,4.667,6.667)	(1.5,3.333,5.333)
R4	(3.5,5.5,7.333)	(1.167,2.5,4.5)	(1,2.5,4.5)	(2,4,6)	(1.5,3,5)
R5	(3,5,7)	(1.5,3.5,5.5)	(1.167,2.333,4.333)	(1,2.5,4.5)	(1,2.167,4.167)
R6	(5,7,8.167)	(1.333,3,5)	(1.5,3.167,5.167)	(3.167,5.167,7.167)	(2.167,4.167,6.167)
R7	(4.833,6.833,8.167)	(1.167,1.833,3.833)	(1.167,2.5,4.5)	(2.333,4.333,6.333)	(1.5,3.5,5.5)
R8	(5,7,8.333)	(1.167,2.167,4.167)	(1.667,3.667,5.667)	(1,2.5,4.5)	(1,1.333,3.333)
R9	(3.667,5.667,7.333)	(1.333,2.667,4.667)	(1.167,2.333,4.333)	(1.5,3,5)	(2.5,4.5,6.5)
R10	(2.5,4.167,6.167)	(1.167,2.333,4.333)	(1.333,2.333,4.333)	(3.5,5.5,7.5)	(4.333,6.333,8.333)
R11	(2.833,4.5,6.5)	(1,3,5)	(1,2.167,4.167)	(3,5,7)	(2.333,3.833,5.833)
R12	(4.667,6.667,8.5)	(1,2.667,4.667)	(1,2.333,4.333)	(2.5,4.5,6.5)	(1.5,3.167,5.167)
R13	(3.167,4.833,6.833)	(1,2.833,4.833)	(1,3,5)	(2.5,4.5,6.5)	(3.333,5.333,7.333)
R14	(3,4.833,6.833)	(1,2.833,4.833)	(1,3,5)	(1.667,3.5,5.5)	(1.833,3.167,5.167)
R15	(3.167,5,7)	(2.333,4.333,6.333)	(1,2.833,4.833)	(3,5,7)	(2,3.667,5.667)
R16	(2.333,4.333,6.167)	(1,2,4)	(1,2.5,4.5)	(2.833,4.833,6.833)	(2.833,4.833,6.833)
R17	(3.667,5.333,7.167)	(1,2.167,4.167)	(1,1.667,3.667)	(1.167,3,5)	(2.5,4.5,6.5)
R18	(3.333,5.333,7.333)	(1,2.833,4.833)	(1,1.667,3.667)	(1,2.333,4.333)	(2.667,4.667,6.667)
R19	(4.167,6.167,7.5)	(1,2,4)	(1,2,4)	(1.333,3,5)	(2.5,4.5,6.5)
R20	(2.833,4.833,6.833)	(1,2.833,4.833)	(1,2.833,4.833)	(2.167,4.167,6.167)	(2.667,4.667,6.667)
R21	(4.833,6.833,8)	(1,1.5,3.5)	(1,1.167,3.167)	(2,4,6)	(2.333,4.333,6.333)
R22	(3.333,5.167,7.167)	(1.333,2.333,4.333)	(1,1,3)	(1,2.167,4.167)	(1.167,3.167,5.167)
R23	(5.167,7.167,8.667)	(1.167,2.167,4.167)	(1,1,3)	(1,2.667,4.667)	(1.333,3.333,5.333)

جدول ۵- میانگین فازی اعداد ریسک (ماتریس تصمیم گیری $\tilde{D}$)

ریسک ها	معیار هزینه	معیار زمان	معیار کیفیت	معیار محدوده
R1	(0.117,0.345,0.796)	(0.065,0.246,0.62)	(0.146,0.361,0.765)	(0.125,0.339,0.754)
R2	(0.117,0.323,0.752)	(0.109,0.329,0.735)	(0.103,0.367,0.712)	(0.168,0.511,0.919)
R3	(0.069,0.276,0.662)	(0.039,0.136,0.433)	(0.084,0.279,0.607)	(0.054,0.227,0.553)
R4	(0.092,0.31,0.744)	(0.074,0.291,0.699)	(0.12,0.376,0.752)	(0.102,0.321,0.713)
R5	(0.102,0.395,0.868)	(0.074,0.247,0.642)	(0.051,0.214,0.538)	(0.058,0.211,0.568)
R6	(0.15,0.474,0.921)	(0.159,0.469,0.894)	(0.271,0.618,1)	(0.211,0.568,0.98)
R7	(0.127,0.283,0.706)	(0.119,0.362,0.778)	(0.193,0.506,0.884)	(0.141,0.465,0.874)
R8	(0.132,0.342,0.783)	(0.177,0.544,1)	(0.085,0.299,0.641)	(0.097,0.182,0.54)
R9	(0.11,0.341,0.772)	(0.091,0.28,0.673)	(0.094,0.29,0.626)	(0.178,0.496,0.928)
R10	(0.066,0.219,0.603)	(0.071,0.206,0.566)	(0.149,0.392,0.79)	(0.211,0.514,1)
R11	(0.064,0.305,0.733)	(0.06,0.206,0.574)	(0.145,0.384,0.777)	(0.129,0.336,0.738)
R12	(0.105,0.401,0.895)	(0.099,0.329,0.78)	(0.199,0.513,0.944)	(0.136,0.411,0.855)
R13	(0.071,0.309,0.745)	(0.067,0.307,0.723)	(0.135,0.372,0.759)	(0.205,0.502,0.975)
R14	(0.068,0.309,0.745)	(0.064,0.307,0.723)	(0.085,0.289,0.642)	(0.107,0.298,0.687)
R15	(0.167,0.489,1)	(0.067,0.3,0.716)	(0.162,0.427,0.837)	(0.123,0.357,0.772)
R16	(0.053,0.195,0.556)	(0.049,0.229,0.588)	(0.113,0.358,0.72)	(0.129,0.407,0.82)
R17	(0.083,0.261,0.674)	(0.078,0.188,0.557)	(0.073,0.273,0.612)	(0.178,0.467,0.907)
R18	(0.075,0.341,0.799)	(0.071,0.188,0.569)	(0.057,0.213,0.543)	(0.173,0.484,0.951)
R19	(0.094,0.278,0.677)	(0.088,0.261,0.635)	(0.095,0.316,0.641)	(0.203,0.54,0.949)
R20	(0.064,0.309,0.745)	(0.06,0.29,0.699)	(0.105,0.344,0.72)	(0.147,0.439,0.886)
R21	(0.109,0.231,0.632)	(0.102,0.169,0.537)	(0.165,0.467,0.82)	(0.219,0.576,0.986)
R22	(0.1,0.272,0.701)	(0.071,0.109,0.455)	(0.057,0.191,0.51)	(0.076,0.318,0.721)
R23	(0.136,0.35,0.815)	(0.109,0.152,0.551)	(0.088,0.327,0.691)	(0.134,0.465,0.899)

$$\tilde{r}_{ij} = \left(\frac{a_{ij}}{c_j^*}, \frac{b_{ij}}{c_j^*}, \frac{c_{ij}}{c_j^*} \right) \quad (2)$$

در این رابطه c_j^* ماکزیمم مقدار C در معیار j در بین تمام گزینه-هاست. رابطه شماره (۳) این موضوع را بیان می کند:

$$c_j^* = \max_i c_{ij} \quad (3)$$

گام سوم: ایجاد ماتریس بی مقیاس وزین فازی ($\tilde{V}$)

$$\tilde{V} = [\tilde{v}_{ij}]_{m \times n} \quad (4)$$

$$\tilde{v}_{ij} = \tilde{r}_{ij} \otimes \tilde{w}_j \quad (5)$$

$$i = 1, 2, \dots, m$$

$$j = 1, 2, \dots, n$$

در این رابطه $\tilde{r}_{ij}$ ماتریس بی مقیاس به دست آمده از گام دوم است و $\tilde{w}_j$ هم وزن فازی معیار j ام می باشد.

گام چهارم: مشخص نمودن ایده آل مثبت فازی ($(FPIS, A^+)$)

و ایده آل منفی فازی ($(FPIS, A^-)$)، برای معیارها.

$$A^+ = (v_1^*, v_2^*, \dots, v_n^*) \quad (6)$$

$$A^- = (v_1^-, v_2^-, \dots, v_n^-) \quad (7)$$

در این پژوهش از مقدار ایده آل مثبت فازی و ایده آل منفی فازی معرفی شده توسط چن برای تمام معیارها استفاده می شود. این مقادیر عبارتند از:

در نهایت با استفاده از روش تاپسیس فازی به رتبه بندی ریسک های به کارگیری BIM (گزینه ها) بر اساس میزان تأثیر بر اهداف اصلی پروژه یعنی هزینه، زمان، کیفیت و محدوده پروژه (شاخص ها)، پرداخته می شود. وزن معیارها طبق مرجع [۱۱] برای معیارهای هزینه، زمان، کیفیت و محدوده پروژه به ترتیب، ۰.۸۲، ۰.۰۶، ۰.۰۱، ۰.۱۰۶، ۰.۰۵۱۹، ۰.۲۹۳ در نظر گرفته شده است که به اطلاع خبرگان رسیده است. در ادامه به دلیل حجم زیاد جداول و محاسبات، به روابط مورد استفاده در مراحل تکنیک تاپسیس فازی اشاره می گردد. نتایج حاصل از محاسبات در جدول ۷ ارائه گردیده است.

گام اول: تشکیل ماتریس تصمیم گیری $\tilde{D}$ ارزیابی گزینه ها: این ماتریس در جدول ۵ نشان داده شده است.

گام دوم: بی مقیاس نمودن ماتریس تصمیم گیری: در این گام بایستی ماتریس تصمیم گیری فازی ارزیابی گزینه ها را به یک ماتریس بی مقیاس فازی ($\tilde{R}$) تبدیل نمائیم. برای به دست آوردن ماتریس، کافی است از رابطه زیر استفاده نمود:

$$\tilde{R} = [\tilde{r}_{ij}]_{m \times n} \quad i = 1, 2, \dots, m \quad (1)$$

$$j = 1, 2, \dots, n$$

m : تعداد گزینه ها

n : تعداد معیارها

اگر اعداد فازی به صورت (a,b,c) باشند، $\tilde{R}$ که ماتریس بی-مقیاس (نرمالیزه شده) است برای معیار مثبت (که همه ی معیارهای ما مثبت هستند) بدین صورت به دست می آید:

$$d_i^* = \sum_{j=1}^n d(\tilde{v}_{ij} - \tilde{v}_{ij}^*) \quad i = 1, 2, \dots, m \quad (11)$$

$$d_i^- = \sum_{j=1}^n d(\tilde{v}_{ij} - \tilde{v}_{ij}^-) \quad i = 1, 2, \dots, m \quad (12)$$

گام ششم: محاسبه نزدیکی نسبی گزینه i از راه حل ایده‌آل. این نزدیکی نسبی را به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$CC_i = \frac{d_i^-}{d_i^* + d_i^-} \quad i = 1, 2, \dots, m \quad (13)$$

گام هفتم: رتبه بندی گزینه ها: بر اساس ترتیب نزولی می‌توان گزینه‌های موجود از مسأله را رتبه‌بندی نمود. هر گزینه‌ای که CC بزرگتری داشته باشد بهتر است. نتایج در جدول ۶ آورده شده است. نتایج حاصل نشان می‌دهد عدم آشنایی کافی تیم تخصصی با فرآیندهای کاری BIM، فراهم نبودن زیرساخت‌های سخت افزاری لازم برای اجرای نرم افزارهای BIM در شرایط بهینه و عدم تمرکز مناسب کارمندان برای تغییر شیوه انجام فعالیت‌های کاری خود در فرآیندهای BIM از مهم‌ترین ریسک‌های ارزیابی شده هستند.

$$v_j^* = (1, 1, 1) \quad (8)$$

$$v_j^- = (0, 0, 0) \quad (9)$$

گام پنجم: محاسبه مجموع فواصل هر یک از گزینه‌ها از ایده‌آل مثبت فازی و ایده‌آل منفی فازی:

در صورتی که A و B دو عدد فازی به شرح زیر باشند، آنگاه فاصله بین این دو عدد فازی بواسطه رابطه (۱۲) به دست می‌آید:

$$\tilde{A} = (a_1, a_2, a_3)$$

$$\tilde{B} = (b_1, b_2, b_3)$$

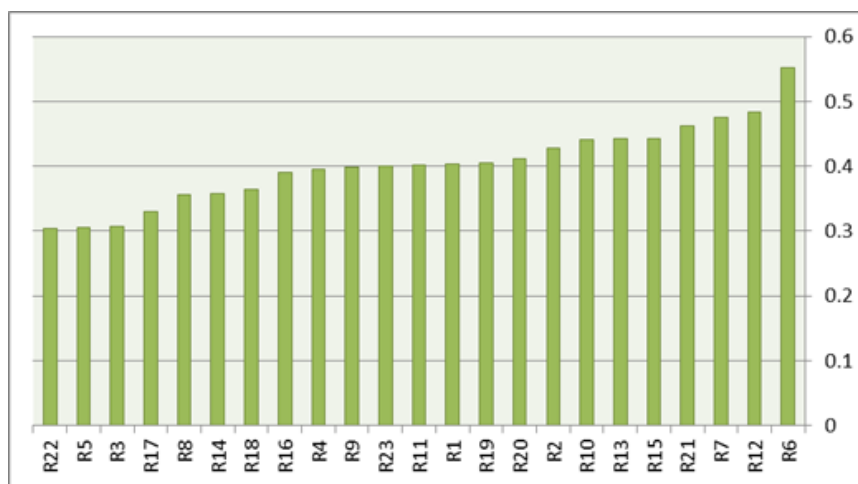
$$D(\tilde{A}, \tilde{B}) = \sqrt{\frac{1}{3}[(a_2 - a_1)^2 + (b_2 - b_1)^2 + (c_2 - c_1)^2]}$$

(۱۰)

با توجه به توضیحات فوق در مورد نحوه محاسبه فاصله بین دو عدد فازی، فاصله‌ی هر یک از مؤلفه‌ها را از ایده‌آل مثبت و ایده‌آل منفی به دست می‌آوریم:

جدول ۶ رتبه‌بندی ریسک‌های به کارگیری BIM

ردیف	گزینه‌ها	فاصله تا ایده‌آل مثبت	فاصله تا ایده‌آل منفی	CC	رتبه
R1	عدم کارایی مناسب و ایجاد خسارت به پروژه	3.609	0.481	0.118	11
R2	مقاومت در برابر تغییرات فرآیندهای کاری از سوی عوامل پروژه	3.581	0.511	0.125	8
R3	ضعف‌های برطرف‌نشده و ذاتی BIM	3.712	0.365	0.09	21
R4	اتلاف و حذف کارمندان با تجربه و کلیدی سنتی	3.62	0.473	0.116	15
R5	تحمل هزینه‌های غیر ضروری به پروژه در فرآیند مهاجرت به BIM	3.717	0.365	0.089	22
R6	عدم آشنایی کافی تیم تخصصی با فرآیندهای کاری BIM	3.429	0.668	0.163	1
R7	عدم تمرکز مناسب کارمندان برای تغییر شیوه انجام فعالیت‌های کاری خود در فرآیندهای BIM	3.526	0.569	0.139	3
R8	صرف‌زمان زیاد در یادگیری کار با نرم‌افزارها	3.659	0.423	0.104	20
R9	نیاز به سیستم تحویل پروژه جدید و متناسب با فرآیندهای کاری BIM، برای اثر بخشی بهتر	3.612	0.475	0.116	14
R10	مشخص نبودن مسئول درستی و صحت مدل‌ها	3.565	0.529	0.129	7
R11	به وجود آمدن اشکال و خطا میان واحدهای اندازه‌گذاری مدل‌های مختلف	3.612	0.477	0.117	13
R12	فراهم نبودن زیرساخت‌های سخت‌افزاری لازم برای اجرای نرم‌افزارهای BIM در شرایط بهینه	3.518	0.588	0.143	2
R13	ایجاد اختلاف احتمالی بین عوامل طرح (شاخه‌های مختلف مهندسی)	3.564	0.532	0.13	6
R14	خطاهای نرم‌افزاری	3.66	0.427	0.104	19
R15	عدم بازگشت سرمایه و سود مورد انتظار در صورت استفاده نا کارآمد از BIM	3.565	0.532	0.13	5
R16	در اختیار قرار نگرفتن برخی از اطلاعات و مدارک مورد نیاز تیم تخصصی مدیریت پروژه با وجود الزام در قرارداد	3.624	0.466	0.114	16
R17	ایجاد اختلاف و تعارض در مالکیت حقوقی مدل‌ها	3.639	0.448	0.11	17
R18	نیاز به داده‌های اطلاعاتی جدید در فازهای مختلف چرخه عمر پروژه	3.652	0.437	0.107	18
R19	نیاز به ایجاد زبان قراردادی جدید و متناسب با فرآیندهای کاری BIM	3.603	0.481	0.118	10
R20	انتظارات غیرواقعی و بلند پروازانه ذینفعان از BIM	3.602	0.495	0.121	9
R21	عدم درخواست و تقاضا از سوی ذینفعان برای به کارگیری BIM	3.538	0.551	0.135	4
R22	وجود رقبای با تجربه‌تر	3.718	0.363	0.089	23
R23	ظهور فعالیتهای تبلیغاتی سودجویانه و غیر حرفه‌ای و به تبع آن فهم نادرست و سطحی از BIM در جامعه	3.614	0.481	0.118	12



شکل ۲ رتبه بندی ریسک های به کارگیری BIM

۵- نتیجه گیری

با توجه به نتایج حاصل از اولویت بندی ریسک ها، رتبه های ۱ تا ۳، به ترتیب مربوط به عدم آشنایی کافی تیم تخصصی با فرآیند های BIM، فراهم نبودن زیرساخت های لازم برای اجرای نرم افزارها در شرایط بهینه و عدم تمرکز مناسب کارمندان برای تغییر شیوه انجام فعالیت های کاری خود در فرآیندهای BIM می باشد که همگی از ریسک های موجود در حوزه ی درونی- فنی هستند. این امر بیانگر این موضوع است که حوزه ی درونی- فنی از اهمیت بیشتری نسبت به سایر حوزه ها برخوردار است. این موضوع باید به شکل ویژه ای مورد توجه دست اندرکاران صنعت ساخت و ساز قرار بگیرد و با اتخاذ راهبرد مناسب برای پاسخ گویی به ریسک ها، بهره وری حاصل از به کارگیری BIM را کسب کنند. می توان گفت سرمایه گذاری برای برطرف کردن موانع در این حوزه تأثیرات مثبت زیادی در افزایش بهره وری شرکت های ساختمانی خواهد داشت. دست اندرکاران صنعت ساخت و ساز می توانند با تدوین برنامه ی راهبردی چند ساله برای شرکت خود، به آموزش کارمندان و تیم تخصصی خود بپردازند و هم چنین با ارتقاء سخت افزاری سیستم های شرکت، شرایط مناسب برای کسب بهره وری مناسب تر در طی بازه ی زمانی چندین ساله را فراهم کنند.

۶- مراجع

- [1] Eastman, C., P. Teicholz, et al. (2011), BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers, and Contractors, John Wiley & Sons, Inc.
- [2] Taylor J.E., Bernstein P.G., (2009), Paradigm trajectories of building information modeling practice in project networks, Journal of Management in Engineering, ASCE 25 (2) 69-76.
- [3] Deutsch, R. (2011). BIM and Integrated Design: Strategies for Architectural Practice: John Wiley and Sons.
- [4] Pan, J., Teklu, Y., Rahman, S. and Castro, A. D. (2000). "An Interval-based MADM Approach to the Identification of Candidate Alternatives in Strategic Resource Planning." IEEE Transactions on Power Systems, Vol.15, No. 4, PP. 1441-1446.
- [5] North, D. W. (1995). "Limitations, Definitions, Principles and Methods of Risk Analysis." OIE Review of Science and Technology. Epiz., Vol.14, No. 4.
- [6] Zandin, K. B. (2001). Maynard's Industrial Engineering Handbook, 5th Edition, McGraw-Hill.
- [7] Lambert, J. H., Haimes, Y.Y., Li, D., Schooff, R. M. and Tulsiani, V. (2001). "Identification, ranking, and management of risks in a major system acquisition." Reliability Engineering and System Safety, No.72, PP. [۱۰] سبزه پرور م.، ۱۳۹۱، کنترل پروژه به روش گام به گام، انتشارات ترمه.
- [11] PMI, 2008. A Guide to the Project Management Body of Knowledge(PMBOK® Guide), 4th edition. Project Management Institute, Newton Square, Pennsylvania, USA.
- [12] Hwang, C., Yoon, K., Multiple Attribute Decision Making Methods and Applications: A state of the art survey, New York: Verlag, 1989.
- [۱۳] الفت ل، خسروانی ف، جلالی ر، ۱۳۸۹، شناسایی و اولویت بندی ریسک پروژه بر مبنای استاندارد PMBOK با رویکرد فازی، فصلنامه علمی پژوهشی مطالعات مدیریت صنعتی، سال هشتم، شماره ۱۹.
- [14] Chen, S.J., and Hwang, C.L. (1992) Fuzzy Multiple Attribute Decision Making. Lecture Notes in Econom. and Math. System 375, Springer-Verlag, New York.

¹ Building Information Modeling
² Project Management Body Of Knowledge
³ Project Management Institute
⁴ Core knowledge Areas
⁵ Multiple- criteria decision making

Rheological properties of self-compacting mortar made with magnetic water

Omid Bamshad

M.Sc. Student, Faculty of Technical & Engineering,
University of Tehran, Tehran, Iran.

Mahdi Mahdikhani *

Assistant Professor, Department of Civil Engineering,
Imam Khomeini International University (IKIU), Qazvin,
Iran.

*Corresponding author's email address:

mahdikhani@eng.ikiu.ac.ir

خواص رئولوژیک ملات خودتراکم ساخته شده با آب مغناطیسی

امید بامشاد

دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه تهران، تهران، ایران

مهدی مهدی خانی *

استادیار گروه مهندسی عمران، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه بین المللی امام خمینی (ره)، قزوین، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۷/۱۵، تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۸/۱۹

Abstract

The use of concrete in construction projects is increasing day by day. Making concrete with different properties, compatible with the conditions of each project, is necessary and unavoidable. So far, researchers have conducted research on the characteristics of this type of concrete. However, the role of water consumption in the mixing and curing of this type of concrete has not been studied much. Also, in some countries, studies are being conducted on the use of magnetic water and its effect on concrete. The purpose of this article is to investigate the changes in the properties of self-compacting mortars in the fresh state, due to the use of magnetic water in the construction phase, and therefore small slump tests and small v-shaped funnels are used as important criteria using normal and processed waters. It has been done for 5, 10, 15 and 20 minutes. The results of the tests show that magnetic water improves the rheological properties of fresh mortar.

Keywords

Self-compacting mortar, magnetic water, slump, v-shaped funnel

چکیده

کاربرد بتن در پروژه های عمرانی روز به روز در حال افزایش است. ساخت بتن با خواص متفاوت، سازگار با شرایط هر پروژه، امری ضروری و اجتناب ناپذیر است. تاکنون توسط محققین و پژوهشگران، تحقیقاتی در مورد خصوصیات این نوع بتن، صورت گرفته است. اما کمتر به بررسی نقش آب مصرفی در طرح اختلاط و عمل آوری این نوع بتن پرداخته شده است. همچنین در برخی کشورها، مطالعاتی در مورد کاربرد آب مغناطیسی و تأثیر آن بر بتن در حال انجام است. هدف از این مقاله بررسی تغییرات خواص ملات های خودتراکم در حالت تازه، ناشی از کاربرد آب مغناطیسی در مرحله ساخت بوده است و لذا آزمایشات اسلامپ کوچک و قیف ۷ شکل کوچک به عنوان معیارهای مهم با استفاده از آب های معمولی و نیز آب های فراوری شده به مدت ۵، ۱۰، ۱۵ و ۲۰ دقیقه انجام گرفته است. نتایج آزمایش ها نشان دهنده آن است که آب مغناطیسی سبب بهبود خواص رئولوژی ملات تازه شده می شود.

کلمات کلیدی

ملات خودتراکم، آب مغناطیسی، اسلامپ، قیف ۷ شکل

تأثیر نانوذرات CaCO_3 و ZrO_2 ، SnO_2 بر روی دوام، کارایی ملات خود تراکم حاوی خاکستر بادی انجام دادند و مشاهده کردند که کارایی ملات خودتراکم کاهش یافته است [۱۱]. همچنین مهري نژاد خطبه سرا و همکاران به صورت آزمایشگاهی مطالعاتی را در مورد تأثیر خاکستر بادی و نانوذرات CuO بر روی خواص ملات خودتراکم تازه و سخت شده انجام دادند و مشاهده کردند که مشخصات مکانیکی ملات به صورت قابل توجهی بهبود یافته است [۱۲]. آب مغناطیسی آبی است که از یک میدان مغناطیسی که طبق محاسبات معینی ایجاد شده عبور کرده که باعث تغییر و بهبود خواص فیزیکی و شیمیایی آن می گردد [۱]. در آب های معمولی و در دمای محیط، بیش از ۷۰ درصد مولکول های آب به صورت نامنظم قرار گرفته و بارهای مثبت و منفی آن ها در جایگاه طبیعی خود قرار ندارند. از آنجا که به طور طبیعی بین نیروهای خالص

۱- مقدمه

ضرورت تحقیق درخصوص مصالح ساختمانی به ویژه بتن و ملات به عنوان عناصر شاخص در ساخت و ساز، از چند دهه گذشته در کانون توجه مؤسسه های تحقیقاتی در کشورهای مختلف بوده است (۱). از طرفی تکنولوژی تولید آب مغناطیسی کاربرد خود را در علوم مختلف پیدا نموده است و اثر آن در ساخت بتن نیز آشکارتر شده است [۱-۵]. در سال های اخیر مطالعاتی برای بررسی خواص مکانیکی و کارایی ملات های سیمانی انجام شده است [۶-۹]. مهدی خانی و رمضانپور مطالعاتی را در مورد روابط بین ویژگی های مختلف کارایی ملات خودتراکم انجام دادند [۱۰]. مهري نژاد خطبه سرا و همکاران به صورت آزمایشگاهی مطالعاتی را در مورد



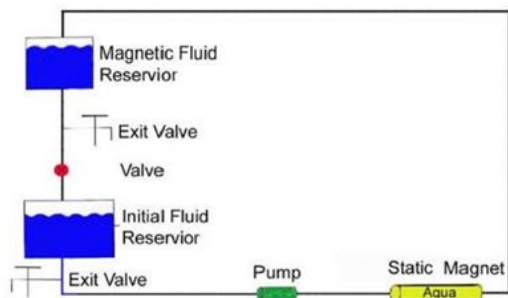
5 (3), 2020

دوره ۵، شماره ۳

پاییز ۱۳۹۹

فصلنامه پژوهشی





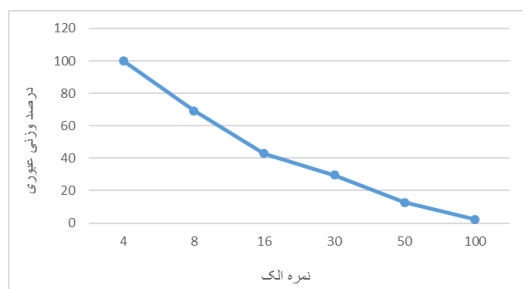
شکل ۱ دستگاه فراوری آب مغناطیسی

۲-۲- مصالح مصرفی

در تهیه همه ملات‌های خودتراکم از سیمان پرتلند تیپ II مطابق با استاندارد استفاده شد [۱۳]. علاوه از آب آشامیدنی برای ساخت و عمل‌آوری نمونه‌های ملات سیمانی استفاده شده است. در این مقاله برای ساخت ملات خودتراکم از یک رده آب معمولی و ۴ رده آب مغناطیسی استفاده شده است. علامت های اختصاری آب مصرفی در جدول ۱ ارائه شده است. سنگدانه استفاده شده به عنوان ریزدانه، ماسه ملاتی شسته بوده و عبوری از الک نمره ۴ می باشد که مدول نرمی و درصد رطوبت (%) آن به ترتیب برابر با ۲/۶ و ۵/۵ بوده است. نمودار دانه‌بندی ریزدانه استفاده شده بر اساس استاندارد در شکل ۲ نشان داده شده است [۱۴]. برای حفظ کارایی و یکپارچگی نمونه‌های ملات سیمانی، از فوق روان‌کننده بر پایه پلی-کربوکسیلات اثر مطابق با استاندارد استفاده شده است [۱۵].

جدول ۱ معرفی رده های آب اختلاط

علامت	توضیحات
WN	آب معمولی (شرب) می باشد
W5	آبی که به مدت ۵ دقیقه در معرض میدان مغناطیسی بوده است
W10	آبی که به مدت ۱۰ دقیقه در معرض میدان مغناطیسی بوده است
W15	آبی که به مدت ۱۵ دقیقه در معرض میدان مغناطیسی بوده است
W20	آبی که به مدت ۲۰ دقیقه در معرض میدان مغناطیسی بوده است



شکل ۲ نمودار دانه بندی سیمان مصرفی

۲-۳- طرح اختلاط و ساخت نمونه ها

در این مقاله از ماسه شسته شده در وضعیت اشباع با سطح خشک استفاده شده است. در ابتدا ماسه و پودر خاک سنگ به مدت ۳۰ ثانیه داخل میکسر با هم مخلوط شدند. سپس سیمان و دو سوم

مولکول‌های آب اختلاف کمی وجود دارد، مولکول‌های آب به صورت کاملاً تصادفی کنار یکدیگر قرار می گیرند. در صورت مغناطیسی شدن آب، ضمن تشکیل مولکول‌های کوچک‌تر از آب، تعداد مولکول‌های آب در واحد حجم و قدرت حلالیت آب افزایش یابد [۴ و ۵]. اگر آب مغناطیسی برای ساخت بتن استفاده شود ذرات سیمان به وسیله یک لایه تک ملکولی آب با چگالی کمتر احاطه می‌شوند. این پدیده باعث می‌شود که در اختلاط سیمان بتوان مقداری از آب مصرفی را کاست که این کاهش در میان آب مزایای بسیاری در بتن خواهد داشت [۲].

در این مقاله تلاش گردید ضمن بررسی اثرات ناشی از کاربرد آب مغناطیسی در تهیه ملات، محدوده مناسبی برای مدت زمان اعمال میدان مغناطیسی جهت فراوری آب مغناطیسی بدست آید. به همین منظور، آب مصرفی در پنج طرح معمولی، ۵، ۱۰، ۱۵ و ۲۰ دقیقه فراوری شده و در مرحله ساخت ملات مورد استفاده قرار گرفت و نتایج کارایی ملات های تازه مورد مقایسه قرار گرفت. در این پنج مدل طرح مخلوط، با تغییر در مدت فراوری آب برحسب دقیقه (۰، ۵، ۱۰، ۱۵ و ۲۰)، تأثیر مدت های مختلف فراوری بررسی شد.

۲-۲- برنامه ی آزمایشگاهی

۲-۱- ساخت دستگاه

با توجه به اینکه هدف در این مقاله بررسی اثر مدت زمان فراوری آب مغناطیسی مرحله اختلاط ملات های خودتراکم تازه می باشد، لذا ساخت دستگاهی جهت تولید آب مغناطیسی که قابلیت فراوری آب در بازه های زمانی مختلف را داشته باشد در اولویت قرار گرفت و با عنایت به این موضوع که چنین دستگاهی موجود نبود لذا اقدام به طراحی و ساخت این دستگاه گردید. دستگاه تولید آب مغناطیسی با مشخصه شدت میدان ثابت که قابلیت فراوری آب به مدت زمان دلخواه را داشته باشد، با شدت میدان ثابت ۰/۶ تسلا که دارای قابلیت فراوری چرخشی آب است طراحی گردید و ساخته شد. دستگاه ساخته شده برای این مقاله شامل یک آهنربای مغناطیسی با بزرگی میدان ۰/۶ تسلا، یک عدد پمپ کوچک آب، دو عدد مخزن آب ۱۰ لیتری از جنس پلکسی شفاف، لوله های پلاستیکی رابط به قطر ۰/۵ اینچ و سه عدد شیر خروجی آب می باشد. با هدف جلوگیری از کاهش خاصیت مغناطیسی آب حاصله از فراوری صورت گرفته در دستگاه، جنس تمامی لوله ها و مخازن بکار برده شده از نوع پلاستیکی انتخاب گردیده است. نحوه بهره گیری از دستگاه به این ترتیب است که ابتدا حجم مورد نیاز آب از روزنه تعبیه شده در سقف مخزن پایینی به داخل آن ریخته شده و سپس با روشن کردن پمپ، آب با سرعت ۲۰ لیتر بر دقیقه در مدار دستگاه به چرخش درآمده و تا زمان خاموش کردن پمپ به مدت دلخواه (بسته به طرح اختلاط مورد آزمایش) در معرض میدان مغناطیسی آهنربای تعبیه شده در مسیر چرخش آب قرار گرفته و فراوری مغناطیسی می شود. در شکل ۱ دستگاه استفاده شده نشان داده شده است.

جدول ۲ نتایج آزمایش جریان اسلامپ کوچک و قیف ۷ کوچک		
نوع آب اختلاط	جریان اسلامپ (cm)	زمان عبور (sec)
WN	۲۰	۲۲
W5	۲۱/۵	۱۸
W10	۲۱/۸	۱۷
W15	۲۲/۵	۱۵
W20	۲۳/۵	۱۴

۴-۱- نتایج آزمایش اسلامپ کوچک

همانطور که در جدول ۲ نشان داده شده است، با افزایش مدت زمان فراوری آب مغناطیسی مقدار جریان اسلامپ افزایش یافته است. طبق نتایج حاصله کمترین میزان اسلامپ برای طرح اختلاط حاوی آب معمولی (WN) به مقدار ۲۰ سانتی متر و بیشترین میزان اسلامپ برای طرح اختلاط حاوی آب مغناطیسی ۲۰ دقیقه فراوری شده (W20) به مقدار ۲۳/۵ سانتی متر مشاهده میگردد. همانطور که مشاهده می شود بیشترین میزان افزایش بین طرح حاوی WN و طرح حاوی W5 به مقدار ۱/۵ سانتی متر و کمترین مقدار افزایش اسلامپ بین طرح حاوی W5 و طرح حاوی W10 به میزان ۰/۳ سانتی متر رخ داده است.

نتایج فوق بصورت مشهودی موید نتایج پژوهش رهگذر و همکاران می باشد، بطوریکه در نتایج پژوهش مذکور آمده است که آب مغناطیسی موجب افزایش کارایی خمیر سیمان و یا بتن تر می شود، بطوریکه بیشترین کارایی خمیر سیمان با چرخش ۶۵ دقیقه ای آب در میدان مغناطیسی ۱/۰ تسلا حاصل میگردد [۲۳].

۴-۲- نتایج آزمایش قیف ۷ کوچک

همانطور که در جدول ۲ ارائه شده است، بیشترین مدت زمان خروج ملات از قیف ۷ شکل به میزان ۲۲ ثانیه برای طرح حاوی آب معمولی (WN) و کمترین آن به میزان ۱۴ ثانیه برای آب طرح حاوی W20 ثبت شده است. بیشترین کاهش مدت زمان خروج ملات از قیف ۷ بین دو طرح اختلاط حاوی آب WN و W5 به میزان ۱۸/۱ درصد رخ داده است.

همانطور که از نتایج دو آزمایش فوق (آزمایش جریان اسلامپ و قیف ۷) مشاهده میشود همواره با افزایش مدت زمان اعمال میدان مغناطیسی به آب، کارایی خمیر سیمان افزوده می گردد. این افزایش را می توان به علت آزادی حرکتی بیشتر مولکول های آب به درون ذرات سیمان دانست.

۵- جمع بندی و خلاصه

در این مقاله به بررسی تاثیرات آب مغناطیسی بر عملکرد ملات های خودتراکم تازه پرداخته شده است. بدین منظور پنج رده آب (معمولی، ۵، ۱۰، ۱۵ و ۲۰ دقیقه مغناطیسی شده) برای مرحله ساخت در نظر گرفته شده و مابقی مشخصات طرح اختلاط ثابت فرض شده اند. در ادامه پس از انجام آزمایشات ملات تازه (آزمایش جریان اسلامپ کوچک و قیف ۷ شکل کوچک) و دستیابی به داده

آب به مخلوط اضافه شده و به مدت سه دقیقه مخلوط شدند. سپس دوده سیلیسی که از قبل به صورت ژل درآمده بود، به مخلوط افزوده شد و بعد از اختلاط، مابقی آب و فوق روان کننده به ترکیب درون میکسر اضافه گردید. در نهایت مخلوط به دست آمده به مدت ۱ دقیقه با هم مخلوط شدند. پس از اتمام اختلاط، بلافاصله ملات به دست آمده برای انجام آزمایشات ملات تازه مورد استفاده قرار گرفت. طرح اختلاط در نظر گرفته شده به صورت ۵ طرح اختلاط است که در آن ها از آب معمولی و آب های فراوری شده به مدت ۵، ۱۰، ۱۵ و ۲۰ دقیقه به مقدار ۱۸۰ کیلوگرم بر متر مکعب و ماسه، سیمان، میکروسلیس، پودر سنگ و فوق روان کننده به ترتیب به مقدار ۱۴۷۰، ۵۱۷، ۳۳، ۱۶۰ و ۶ کیلوگرم بر متر مکعب استفاده شده است.

۳- روش آزمایش

در این مطالعه از بین آزمایشات حالت تازه بتن، بر روی دو آزمایش جریان اسلامپ کوچک و قیف ۷ شکل کوچک تمرکز گردیده است. در آزمایش اسلامپ کوچک، ابتدا صفحه بر روی یک سطح تراز بر روی زمین قرار داده می شود و مرکز مخروط با مرکز صفحه منطبق می شود. سپس بلافاصله پس از به اتمام رسیدن اختلاط ملات، به وسیله پیمانانه حدود نیم لیتر از ملات برداشته شد و به آرامی از دهانه بالایی مخروط اسلامپ کوچک بدون ضربه زدن و تراکم، به داخل آن ریخته شد و سطح بالایی ملات بصورت مماس با لبه فوقانی مخروط اسلامپ به وسیله ماله صاف گردید. آنگاه مخروط به صورت عمودی با سرعت یکنواخت بالا کشیده شد و به ملات اجازه داده شد که آزادانه جریان یابد. صفحه و داخل مخروط بایستی مرطوب شود. پس از توقف پخش خمیر، قطر آن در دو جهت عمود بر هم اندازه گیری و میانگین آنها ثبت میگردد.

در آزمایش قیف ۷ کوچک ابتدا قیف ۷ شکل بر روی یک سطح تراز بر روی زمین قرار داده می شود و دهانه پایینی قیف مسدود میگردد. سپس بلافاصله پس از به اتمام رسیدن اختلاط ملات، به وسیله پیمانانه حدود ۱/۵ لیتر از ملات برداشته شد و به آرامی از دهانه بالایی قیف ۷ کوچک بدون ضربه زدن و تراکم، به داخل آن ریخته شده و سطح بالایی ملات بصورت مماس با لبه فوقانی قیف به وسیله ماله صاف گردید. آنگاه به مدت ۱۰ ثانیه صبر کرده و به ملات اجازه داده می شود تا به حالت پایدار برسد. سپس همزمان با برداشتن انسداد خروجی قیف کرنومتر را روشن کرده و ضمن نگاه کردن به داخل قیف از بالا، زمان دیده شدن اولین روزنه نور از دریچه پایینی ثبت می شود.

۴- تحلیل، نتایج و بحث

در این بخش به ارائه نتایج آزمایشات بتن تازه شامل آزمایش اسلامپ کوچک و آزمایش قیف ۷ شکل پرداخته شده است. نتایج آزمایش اسلامپ کوچک و آزمایش قیف ۷ کوچک در جدول ۲ نشان داده شده است.

- [5] K.J. Kronenbergft, EXPERIMENTAL EVIDENCE FOR EFFECTS OF MAGNETIC FIELDS in MOVING WATER Klaus, IEEE Trans. Magn. 21 (1985) 2059-2061.
- [6] H. Eskandari-naddaf, R. Kazemi, Experimental evaluation of the effect of mix design ratios on compressive strength of cement mortars containing cement strength class 42.5 and 52.5 MPa, Procedia Manuf. 22 (2018) 392-398. doi:10.1016/j.promfg.2018.03.060.
- [7] B. Simsek, Y. Tansel Ic, E.H. Simsek, A TOPSIS-based Taguchi optimization to determine optimal mixture proportions of the high strength self-compacting concrete, Chemom. Intell. Lab. Syst. 125 (2013) 18-32. doi:10.1016/j.chemolab.2013.03.012.
- [8] B. Safi, M. Saidi, D. Aboutaleb, M. Maallem, The use of plastic waste as fine aggregate in the self-compacting mortars: Effect on physical and mechanical properties, Constr. Build. Mater. 43 (2013) 436-442. doi:10.1016/j.conbuildmat.2013.02.049.
- [9] M. Aziminezhad, M. Mahdikhani, P. Rezvani, A. R shourestani, M. Janmohammadi, Evaluation of Fresh and Hardened Properties of Lightweight Self- Compacting Mortar Containing Silica Fume and Silica Nanoparticles, Constr. Build. Mater. (n.d.).
- [10] M. Mahdikhani, A.A. Ramezani pour, New methods development for evaluation rheological properties of self-consolidating mortars, Constr. Build. Mater. 75 (2015) 136-143. doi:10.1016/j.conbuildmat.2014.09.094.
- [11] M. Mehrenejad Khotbehsara, B. Mehdizadeh, F. Naseri, T. Ozbakkaloglu, F. Jafari, E. Mohseni, Effect of SnO₂, ZrO₂, and CaCO₃ nanoparticles on water transport and durability properties of self-compacting mortar containing fly ash: Experimental observations and ANFIS predictions, Constr. Build. Mater. 158 (2018) 823-834. doi:10.1016/j.conbuildmat.2017.10.067.
- [12] M. Mehrenejad Khotbehsara, E. Mohseni, M. Ali, P. Sarker, Effect of nano-CuO and fly ash on the properties of self-compacting mortar, Constr. Build. Mater. 94 (2015) 758-766. doi:10.1016/j.conbuildmat.2015.07.063.
- [13] ASTM C 150-07, Standard Specification for Portland Cement, American Society for Testing and Materials, 2008.
- [14] ASTM C 136-01, Standard Test Method for Sieve Analysis of Fine and Coarse Aggregates, American Society for Testing and Materials, 2001.
- [15] ASTM C494/C494M-17, Standard specification for chemical admixtures for concrete, American Society for Testing and Materials, 2002.

های حاصله، ضمن مقایسه و ارزیابی داده های فوق نتایج بدست آمده است که به شرح زیر ارائه می گردد.

- با افزایش مدت زمان فراوری آب مغناطیسی مقدار جریان اسلامپ افزایش یافته است. همانطور که مشاهده می شود بیشترین میزان افزایش بین طرح حاوی W_N و طرح حاوی W₅ به مقدار ۱/۵ سانتی متر (معادل ۷/۵ درصد) و کمترین مقدار افزایش اسلامپ بین طرح حاوی W₅ و طرح حاوی W₁₀ به میزان ۰/۳ سانتی متر (معادل ۱/۴ درصد) رخ داده است.
- نتایج حاکی از کاهش مدت زمان عبور ملات از قیف ۷ همزمان با افزایش مدت زمان فراوری آب مغناطیسی است. بیشترین کاهش مدت زمان خروج ملات از قیف ۷ بین دو طرح اختلاط حاوی آب W_N و W₅ به میزان ۴ ثانیه (معادل ۱۸/۲ درصد) رخ داده است و این در حالی است که کمترین کاهش مدت زمان خروج بین دو طرح اختلاط حاوی W₅ و W₁₀ به میزان ۱ ثانیه (معادل ۵/۵ درصد) رخ داده است.
- افزایش خاصیت مغناطیسی آب موجب افزایش کارایی ملات یا بتن تازه می شود، بطوریکه بیشترین کارایی ملات با چرخش ۲۰ دقیقه ای آب در میدان مغناطیسی ۰/۶ تسلا حاصل شده است.

۶- مراجع

- [1] M. Curie, Magnetic water treatment for scale prevention, Water Res. 35 (2001) 3249-3259.
- [2] N. Su, C. Wu, Effect of magnetic field treated water on mortar and concrete containing fly ash, Cem. Concr. Compos. 25 (2003) 681-688.
- [3] G. Britain, W. Sciences, Magnetic amelioration of scale formation, Water Res. 30 (1996) 247-260.
- [4] J.M.D. Coey, S. Cass, Magnetic water treatment, J. Magn. Magn. Mater. 209. 209 (2000) 71-74.



5 (3), 2020

دوره ۵، شماره ۳

پاییز ۱۳۹۹

فصلنامه پژوهشی



Investigating and comparing the effect of length of glass tubes containing polyurethane adhesive on repair performance in self-healing concrete

بررسی و مقایسه تاثیر طول لوله های شیشه ای محتوی چسب پلی اورتان در عملکرد ترمیم در بتن های خود ترمیمی

Mohadeseh Anbarlouie *

Faculty of Civil Engineering, Iran university of science and technology, Tehran, Iran.

محدثه انبارلویی *

دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران، ایران

*Corresponding author's email address: mohadeseh.anbarlouie@edu.iut.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۷/۱۸، تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۸/۰۵

Abstract

Today, concrete is considered as one of the main materials in the construction industry. The desire of the industry to use concrete materials has led to several researches in the field of repairing defects and repairing its cracks in order to prevent the destruction of concrete. One of the factors that cause cracks in buildings, which is less noticed by structural designers, is torsion. Torsion in reinforced concrete structures usually occurs due to the integrity and continuity of members. One of the available methods for concrete repair is the use of glass tubes containing polyurethane inside the concrete and the construction of self-healing concrete, which many researchers have experimented with in this field. In this research, self-healing concrete beams containing 10 and 100 cm long glass tubes were loaded by making a twisting device, and then comparing the effect of tube length on the repair performance and comparing the repaired concrete with the control sample. In the end, it was concluded that the use of self-healing concrete containing glass tubes containing polyurethane is able to increase the torsional capacity remaining in cracked concrete, but the use of self-healing concrete containing glass tubes 100 cm long due to the lack of space The gap between the pipe parts that are aligned and the fact that the crack from any place brings the possibility of pipe breakage has more advantages than using self-healing concrete containing 10 cm long glass pipes.

Keywords

Self-healing concrete, glass pipes, polyurethane glue, self-compacting concrete, twisting

چکیده

امروزه بتن به عنوان یکی از مصالح اصلی در صنعت ساخت و ساز به شمار می آید. تمایل صنعت به استفاده از مصالح بتنی منجر به انجام تحقیقات متعددی در زمینه اصلاح معایب و ترمیم ترک های آن به منظور جلوگیری از تخریب بتن شده است. یکی از عوامل ایجاد ترک در ساختمان ها که کمتر مورد توجه طراحان سازه قرار می گیرد، پیچش است. پیچش در سازه های بتن مسلح معمولاً در اثر یکپارچگی و پیوستگی اعضا به وجود می آید. یکی از روش های موجود برای ترمیم بتن، استفاده از لوله های شیشه ای محتوی پلی اورتان در داخل بتن و ساخت بتن خودترمیم شونده است که محققان زیادی به آزمایش و تجربه در این زمینه پرداخته اند. در این پژوهش با ساخت دستگاه پیچشی اقدام به بارگذاری تیرهای بتنی خودترمیم شونده محتوی لوله های شیشه ای به طول ۱۰ و ۱۰۰ سانتی متر شد و سپس به مقایسه تاثیر طول لوله در عملکرد ترمیم و مقایسه بتن ترمیم شده با نمونه شاهد پرداخته شد. در پایان نتیجه گرفته شد که استفاده از بتن خودترمیم شونده محتوی لوله های شیشه ای حاوی پلی اورتان قادر به افزایش ظرفیت پیچشی باقی مانده در بتن ترک خورده می باشد لیکن استفاده از بتن خودترمیم شونده محتوی لوله های شیشه ای به طول ۱۰۰ سانتی متر به علت عدم وجود فضای خالی بین قطعات لوله که در یک راستا قرار گرفته اند و اینکه عبور ترک از هر محل احتمال شکستگی لوله ها را به همراه دارد از مزیت بیشتری نسبت به استفاده از بتن خودترمیم شونده محتوی لوله های شیشه ای به طول ۱۰ سانتی متر برخوردار است.

کلمات کلیدی

بتن خودترمیم شونده، لوله های شیشه ای، چسب پلی اورتان، بتن خودتراکم، پیچش



دوره ۵، شماره ۳

پاییز ۱۳۹۹

فصلنامه پژوهشی



مجدد قطعه را بر جای می گذارد. عمر مفید سازه های بتن مسلح به خصوص سازه های دریایی و پل ها به طور معمول توسط خوردگی آرماتور محدود می شود. خوردگی آرماتور باعث شکل گیری محصولات خوردگی در اطراف آرماتور شده و افزایش حجم این محصولات باعث ایجاد فشار انبساطی در بتن اطراف آرماتورها می گردد. این فشار انبساطی موجب ترک خوردگی و پوکیدن پوشش بتنی شده و از بین رفتن پوشش بتنی باعث کاهش سطح مقطع بتن، کاهش مقاومت پیوستگی بتن و آرماتور و همچنین قرار گرفتن آرماتور در معرض

۱- مقدمه

یکی از مشکلات قابل توجه و پراهمیت در زمینه بتن، به وجود آمدن ترک هایی به طول ها و ابعاد متفاوت بر روی سطح آن در اثر وارد آمدن نیروی پیچشی و خمشی است. لذا اگر از گسترش این گونه ترک ها توسط روش های مختلف، به موقع جلوگیری به عمل نیاید سبب تخریب و واژگونی کامل سازه بتنی می گردد که پیامدهایی از جمله در خطر بودن جان افراد و هزینه های گزاف برای ساخت

عوامل جوی می‌شود. بنابراین با متلاشی شدن پوشش بتنی، مقاومت پیوستگی به شدت کاهش یافته و با افزایش خوردگی عمر مفید سازه پایان می‌یابد.

اثرات ظهور ترک بر سازه‌های بتنی به شرح زیر می‌باشد:

۱- از لحاظ زیبایی غیر قابل قبول هستند.

۲- سبب خروج سازه از حالت آب‌بندی می‌شوند.

۳- بر دوام سازه اثر می‌گذارند.

۴- از لحاظ سازه‌ای اهمیت دارند [۱].

اهمیت ترک‌ها بستگی به نوع سازه و نوع ترک‌خوردگی دارد. انواع ترک‌هایی که برای سازه‌های ساختمانی قابل قبول می‌باشند ممکن است برای سازه‌های دیوار حائل آبی، قابل قبول نباشند. تعمیر مناسب ترک‌ها بستگی به دانستن علت آن‌ها و انتخاب مراحل تعمیر متناسب با این علت‌ها دارد. همان‌طور که مطرح شد عامل پیچش در بتن و سازه‌های بتنی سبب ایجاد ترک در بتن می‌گردد، دانشنامه ویکی‌پدیا در مکانیک جامدات، پیچش را تغییر شکل مقطع جسم در اثر وارد آمدن گشتاور تعریف می‌کند (ویکی‌پدیا، پیچش). در سازه‌های بتن مسلح نامعین پایدار، لنگر پیچشی تنها در صورتی قابل اندازه‌گیری است که سختی پیچشی اعضای بتن مسلح مشخص باشد. در یک سازه معین پایدار مانند یک دال طره‌ای بالکنی، لنگر پیچشی (استاتیکی) را می‌توان به تنهایی از معادلات تعادل به دست آورده و بدون هیچ گونه مشکل ضوابط آیین نامه را به کار گرفت، لیکن محاسبه لنگر پیچشی در یک سازه نامعین پایدار شبیه یک تیر محیطی، علاوه بر معادلات تعادل نیازمند شرایط سازگاری است به عبارت دیگر بایستی سختی پیچشی تیر محیطی نیز در نظر گرفته شود [۲].

پیچش در سازه‌های بتن مسلح معمولاً در اثر یکپارچگی و پیوستگی اعضا به وجود می‌آید. به همین علت در ابتدای امر این موضوع کمتر مورد توجه طراحان سازه‌های بتنی قرار می‌گرفت. در واقع پیچش به عنوان یک موضوع ثانویه تلقی می‌شد. در نتیجه تأثیر آن در طراحی، تنها به صورت اتکا به ضریب اطمینان بزرگی که معمولاً در روش‌های محاسباتی به کار می‌رفت، مشاهده می‌شد. در سال‌های اخیر لزوم توجه به اثر پیچش و طراحی برای آن مورد تأکید فراوان قرار گرفته و ضوابط خاص مربوط به آن در هر آیین‌نامه‌ای بخش قابل توجهی را به خود اختصاص می‌دهد. برای این تغییر دو علت اساسی وجود دارد، اول آن که امروزه، روش‌های طراحی نسبت به روش‌های قدیمی بر مبنای واقع بینانه تری از بارها و رفتار سازه استوارند و در نتیجه ضریب اطمینان کوچکتری برای طرح حکم‌فرماست و دوم آنکه امروزه تعداد و نوع سازه‌هایی که در آن‌ها پیچش، محور رفتار سازه، و نه فقط یک اثر ثانویه است، رو به گسترش است [۲].

حال اگر به دلیلی ترک‌هایی بر سطح بتن ایجاد گردد، باید درصدد ترمیم آن‌ها برآییم. روش‌های متعددی برای ترمیم و بازسازی ترک در بتن وجود دارد که از جمله آن موارد می‌توان به

__ ترریق اپوکسی به داخل ترک

__ استفاده از ملات گروت

__ استفاده از FRP

- ژاکت کردن تیر بتنی

اشاره کرد.

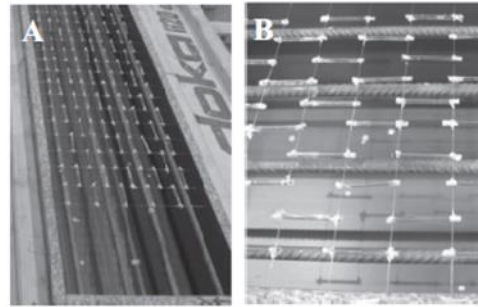
علاوه بر روش‌های فوق استفاده از بتن خودترمیم شونده یک نوع روش دیگری است که هنگام ساخت بتن و قبل از عمل‌آوری آن صورت می‌گیرد تا به محض ایجاد ترک، مکانیسم ترمیم به‌صورت خودکار شروع گردد. خاصیت خودترمیمی ترک‌ها در بتن، امروزه به موضوع پژوهشی بسیار جذابی تبدیل شده است. در انتخاب روش ترمیم ترک علاوه بر توجه به علت و وسعت ترک برداری، باید به وضعیت فعلی ترک‌ها هم توجه کرد. در غیر این صورت چه بسا روش ترمیمی، نامناسب و در نتیجه نامؤثر انتخاب شود. انتخاب روش ترمیم نه تنها از علت و وسعت ترک، بلکه از محل و شرایط محیطی حضور ترک نیز تأثیر می‌پذیرد [۳].

در این پژوهش هدف این است که با ساخت تیرهای بتنی آرمه محتوی لوله‌های شیشه‌ای به طول‌های ۱۰ و ۱۰۰ سانتی به بررسی و مقایسه تأثیر طول لوله‌های شیشه‌ای محتوی چسب پلی‌اورتان در عملکرد ترمیم در بتن‌های خودترمیمی بپردازیم.

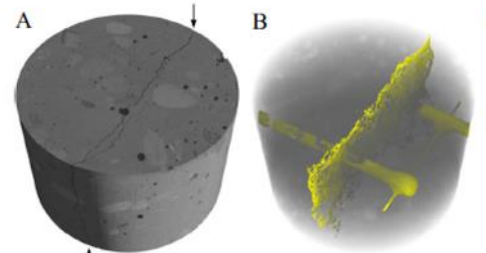
۲- مبانی تحقیق

تحقیقات و پژوهش‌های زیادی در زمینه انواع روش‌های خودترمیمی صورت گرفته است که از جمله آن‌ها می‌توان به موارد زیر اشاره نمود:

در سال‌های اخیر مواد بتنی جدید (بتن خودترمیم شونده) معرفی گردیدند. عملکرد بتن‌های خودترمیم شونده بر این روال بود که با ترمیم مداوم و نگهداری از ترک‌های ریز حاصله، به‌هیچ وجه اجازه گسترش ترک و ایجاد شکاف عمیق در بتن را نمی‌دادند. طی تحقیقی که در آزمایشگاه مگنل برای ایجاد بتنی با ساختار خودترمیم شونده انجام گردید، سه نمونه تیر بتن آرمه ساخته شد که در داخل یکی از آن‌ها از کپسول‌های پلیمری محتوی پلی‌اورتان به عنوان یک ماده ترمیمی استفاده شده بود (شکل ۱). در نمونه دیگر از پلیمرهای سوپر جاذب آب به عنوان افزودنی به بتن تازه استفاده شده بود تا بتواند با جذب آب اضافه مانع از گسترش ترک‌ها و تخریب ناگهانی بتن گردد و از نمونه سوم نیز به عنوان نمونه شاهد استفاده شده بود. پس از قرار گرفتن این سه نمونه تحت بارگذاری خمشی چهار نقطه‌ای و وارد نمودن سیکل بارگذاری و باربرداری خمشی ترک‌هایی بر روی نمونه‌ها حادث گردید و هر کدام از نمونه‌ها با توجه به مکانیزم ترمیمی تعبیه شده در بتن، عمل ترمیم را انجام دادند. نمونه‌ی محتوی کپسول با شکستن کپسول‌ها و آزاد شدن چسب داخل آن و قرار گرفتن در داخل ترک‌های حادث شده عملیات ترمیم را آغاز نمود (شکل ۲). در نهایت مغزه‌هایی از این نمونه‌ها گرفته شد و بررسی‌های میکروسکوپی‌ای صورت گرفت، و این نتیجه گرفته شد که استفاده از کپسول‌های پلیمری بین روش‌های مذکور مؤثرترین عامل برای ترمیم ترک می‌باشد.



شکل ۱ چیدمان کپسول های شیشه ای محتوی چسب پلی اورتان به عنوان ماده خودترمیمی در تیر بتن آرمه (Tittel boom et al., 2016)



شکل ۲ شکستن شیشه های محتوی پلی اورتان و خروج چسب از داخل آن ها و پر کردن ترک های ایجاد شده ناشی از خمش. (Tittel boom et al., 2017)

از سویی دیگر Sherir و همکارانش در مقاله ای ظرفیت خودترمیم شونده گی مواد مرکب سیمانی که از خاکسترهای بادی نوع Mgo ساخته شده بودند را بررسی نمودند. آن ها ادعا داشتند استفاده از این ماده نه تنها سبب آب بند نمودن ترک ایجاد شده بر روی نمونه ها گردید، بلکه بهبود در دوام سازه را نیز سبب شد [۶]. Hilloulina و همکارانش به طراحی کپسول های پلیمری و اندازه گیری مقاومت آن ها در برابر گرما و انجام آزمایش هایی پرداختند و با قرار دادن نمونه ای ساخته شده از این پلیمر ها تحت دستگاه اندازه گیری خمش سه نقطه ای این نتیجه را گرفتند که کپسول های پلیمری نسبت به کپسول های شیشه ای برتری بیشتری را دارند زیرا این کپسول ها در برابر روند اختلاط بتن مقاومت بیشتری از خود نشان می دهند و در عین حال تاثیر به سزایی در انجام عمل ترمیم و در کاهش پهنای ترک دارند [۷]. از گذشته تا کنون کسی به مقایسه تاثیر طول لوله های شیشه ای به کار رفته در داخل بتن های خودترمیم شونده نپرداخته است، لذا در این پژوهش این موضوع مهم مورد بررسی قرار می گیرد.

۳- روش تحقیق

برای بررسی تاثیر این روش در ترمیم تیرهای ترک خورده تحت پیچش اقدامات زیر صورت گرفت.

۳-۱- مصالح

۳-۱-۱- بتن خودمتراکم

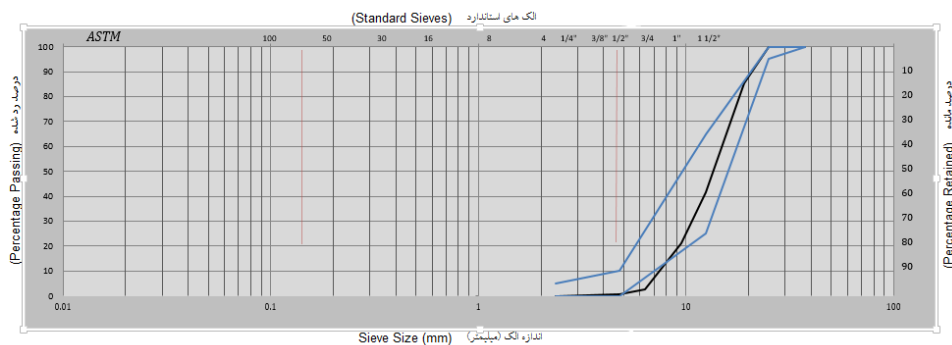
به منظور ساختن تیرهای بتن آرمه در این پژوهش برای ارضای این نوع روش خودترمیمی که در آن استفاده از کپسول های شیشه ای را الزام آور کرده بود و لذا از این رو استفاده از بتن معمولی و ویرنه کردن آن برای ایجاد روانی و خروج حباب های احتمالی هوا از آن، سلامت شیشه ها در داخل بتن را تهدید می نمود، از بتن خودمتراکم با طرح اختلاط مطابق جدول ۱. استفاده شد تا شیشه ها از خطر شکستگی قبل از وقوع ترک در امان بمانند.

جدول ۱- طرح اختلاط بتن خودمتراکم استفاده شده (kg/m³)

سیمان	۵۵۰
فوق روان کننده	۱۹٫۵
شن	۵۵۰
پودر سنگ	۲۰۰
ماسه	۸۰۰
آب	۲۰۰

برای ساختن بتن خودمتراکم از مصالحی با دانه بندی شکل ۳ الف و ب. استفاده گردید.

Roig Flores و همکارانش مقاله ای را منتشر کردند و در آن بر روی ظرفیت خود ترمیم شونده گی بر روی بتنی که با فیبر تقویت شده بود مطالعه و تحقیق نمودند. آن ها همچنین تاثیر افزودنی های کریستالی را نیز به عنوان عامل ترمیمی مورد بررسی قرار دادند و این نتیجه را گرفتند که نمونه های بتنی ای که دارای افزودنی های کریستالی هستند، پارامتر نسبت ترمیمی در آن ها، از انحراف معیار کمتری نسبت به سایر نمونه ها برخوردار است [۴]. در مقاله ای که توسط Qureshi و همکارانش منتشر گردید با هدف بررسی استفاده از مواد معدنی به عنوان عامل خود ترمیم شونده به صورت محصور شده در داخل کپسول های شیشه ای متحد المركز جاسازی شده در داخل مخلوط سیمانی بود. آن ها مشاهده کردند که هنگام وقوع ترک، مواد معدنی هیدراته نشده از داخل کپسول های شیشه ای آزاد شده، در سطح ترک ظاهر می شوند و در فرآیند هیدراته شدن مجدد برای انجام عملیات خودترمیم شونده گی شرکت می کنند. به علاوه آزمایشات آن ها این نتیجه را حاصل کرد که استفاده از کپسول های شیشه ای و چیدمان آن ها به این طریق، مخلوط سیمانی را قادر می سازد تا ترک های عریض تری را نیز ترمیم کند [۵].



(الف) نمودار دانه بندی درشت دانه (شن)



(ب) نمودار دانه بندی ریزدانه (ماسه)
شکل ۳- نمودار دانه بندی

پایین باشد تا به محض شکستن لوله‌های شیشه‌ای از داخل آن خارج گردد. در نتیجه چسب پلی اورتان بدین منظور انتخاب گردید.

۴- روش و شیوه انجام آزمایش

۴-۱- ساخت تیرهای بتن آرمه محتوی لوله‌های شیشه‌ای به طول صد سانتی متر حاوی پلی اورتان

تعداد ۴ عدد کپسول‌های شیشه‌ای به قطر خارجی ۸ میلی متر، به طول‌های ۱ متر بریده شدند و با بستن یک انتهایشان از چسب پلی‌اورتان پر شدند و پس از مسدود ساختن انتهایی دیگر در وجه خارجی آرماتور ها، به چهار آرماتور موجود در تیر بتنی، از طریق بست متصل شدند (شکل ۴) این کار برای دو شبکه آرماتور انجام گرفته و سپس بتن ریزی صورت گرفت. و به مدت ۵۶ روز در داخل محلول آب-آهک برای رسیدن به مقاومت مطلوب قرار داده شد.



شکل ۴ اتصال کپسول‌های ۱ متری محتوی کموزیل به شبکه آرماتور

۳-۲- آرماتورها و خاموت‌ها

در تیرهای بتن‌آرمه، آرماتورهای طولی و عرضی وظیفه تحمل و کنترل پیچش را بر عهده دارند تا از ترک‌خوردگی بتن جلوگیری به عمل آید، لیکن تحمل این آرماتورها برای کنترل گسترش ترک در بتن تا حدی قابل‌ملاحظه است و از آن حد به بعد بتن هیچ‌گونه مقاومتی برای تحمل پیچش و ترک‌خوردگی ندارد. لذا به منظور شبیه سازی فضای آزمایشگاه و ساخت تیرها، به محیط واقعی و به منظور تشکیل ترک قبل از خرابی کامل سازه، همه تیرها به آرماتور مجهز گردیدند. (اگر در داخل بتن آرماتور وجود نداشته باشد به تیر بتنی امکان ایجاد ترک را نمی‌دهد و تیر به یکباره گسیخته و شکسته می‌شود و لذا ترمیم تیر معنایی نخواهد داشت). در پروژه حاضر تیرهای بتنی ساخته شده به آرماتورهای طولی آج دار به قطر ۸ میلی متر و خاموت‌های عرضی ساده به قطر ۲/۵ میلی متر بر اساس محاسبات انجام شده، مسلح شده بودند.

۳-۱-۳- کپسول‌های شیشه‌ای

کپسول‌های شیشه‌ای به قطر خارجی ۸ میلی متر، به طول‌های ۱۰ سانتی متر به منظور انجام عملیات ترمیم با روش خودترمیمی با چسب محصور شده در لوله‌های شیشه‌ای بریده شدند.

۳-۱-۴- چسب پلی‌اورتان

برای انجام عمل خودترمیم شونده باید از چسبی استفاده می‌شد که علاوه بر دارا بودن چسبندگی مطلوب، دارای ویسکوزیته بسیار

۴-۲- ساخت تیرهای بتن آرمه محتوی لوله‌های شیشه‌ای به

طول ده سانتی متر حاوی پلی اورتان

مراحل و روش های به کار برده شده برای روش خودترمیمی با لوله های شیشه ای صد سانتی متری محتوی چسب، برای لوله های ده سانتی متری شیشه ای محتوی چسب نیز انجام شد (شکل ۵). با این تفاوت که تعداد ۴۴ عدد لوله ای شیشه ای محتوی چسب پلی اورتان به این ترتیب که در هر وجه ۱۱ عدد کپسول توسط بست هایی به شبکه آرماتور اتصال داده شده بود استفاده شد و سپس بتن ریزی گردید. این کار برای یک شبکه آرماتور دیگر نیز صورت گرفت.



شکل ۵ اتصال کپسول های شیشه ای ده سانتی متری محتوی پلی اورتان به شبکه آرماتور

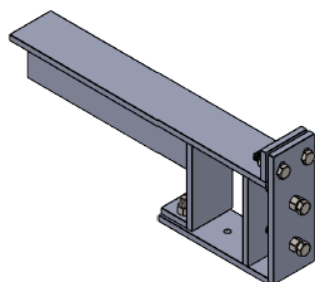
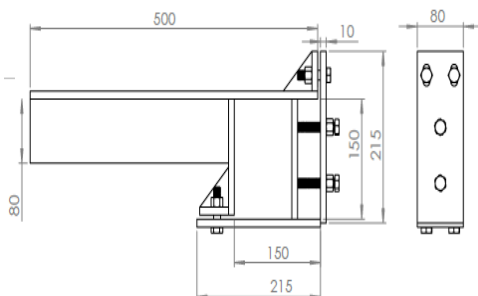
برای پر نمودن لوله های شیشه ای به طول های ۱۰ و ۱۰۰ سانتی متری مطرح شده در بالا به این صورت عمل شد که ابتدا یک سر آن ها را با شلنگ های لاستیکی کوچک که از یک انتها هوا گیری و بسته شده اند، بسته شد و چسب کموزیل به داخل شیشه توسط سرنگ ۳۰۰ سی سی تزریق گردید. لازم به ذکر است که سعی شد شیشه کاملا از چسب پر گردد تا هوایی داخل آن باقی نماند و موجب خشک شدن چسب نگردد. سپس انتهای دیگر مجددا توسط همان شلنگ های کوچک بریده شده ی یک انتها بسته، پوشانده شد.

۴-۳- دستگاه انتقال پیچش

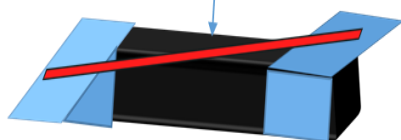
برای اعمال بار پیچش دستگاهی طراحی و اختراع شد تا افزون بر انتقال پیچش به تیرهای بتنی خاصیت سهولت در اجرا و نحوه بستن و قابلیت انطباق با انواع سازه های بتنی را داشته باشد. امکان بارگذاری ساده، انتقال دقیق نیرو و سرعت بالا در بستن قطعات از مزایای این دستگاه است. این دستگاه طوری طراحی شده تا با تیرهای بتنی با ابعاد مختلف سازگاری داشته باشد و امکان ساخت آن برای هر اندازه ای یا ارائه نقشه اش امکان پذیر باشد. از سویی دیگر استفاده همزمان آن از دستگاه خمش برای اعمال بارگذاری سبب کاهش هزینه ها می شود.

دستگاه از دو عدد قوطی با طول و عرض ۰٫۱۵ متر و ارتفاع ۰٫۸ متر و ضخامت صفحه ۰٫۰۱ متر تشکیل شده است، (شکل ۶) این قوطی ها توسط چهار عدد ورق فولادی که توسط جوش گوشه به هم متصل شده، ساخته شده و نورد شده نیستند. از انتهای این قوطی ها، دستک هایی فولادی به طول ۰٫۳۵ متر قرار دارند. لازم به ذکر است که دو گوشه ی قوطی جوش داده شده و دو گوشه ی دیگر توسط پیچ هایی بر روی یکدیگر قرار گرفته اند. (این تعبیه به این منظور است

که بتنی که داخل قوطی قرار می گیرد کاملا محکم و چفت شود و امکان و احتمال حرکت بتن در داخل قالب از بین برود. پس از قرار دادن بتن به طور کامل در داخل قوطی (به این ترتیب که دستک ها در جهت مخالف یک دیگر در یک راستا قرار بگیرند) و سفت شدن پیچ های مذکور، یک تیر فولادی I شکل به طول ۱٫۴ متر بر روی این دستک ها قرار می گیرد (شکل ۷)، کلیه سیستم به دستک جک خمشی انتقال می یابد و با وارد آوردن بار به صورت متمرکز به قسمت وسط تیر I شکل و انتقال عکس العملش به دستک ها، تیر مذکور تحت نیروی پیچشی قرار می گیرد و پیچیده می شود (شکل ۸) و تحت زاویه ۴۵ درجه می شکند. (شکل ۹). به علاوه داخل این قوطی ها، این قابلیت را دارد که با قرار دادن صفحه ای فلزی به همان ارتفاع ۰٫۱۵ متر لیکن با ضخامت های متفاوت استفاده کرد تا از این طریق قادر بود که پیچش تیرها با ابعاد مختلف اندازه گیری گردد. در نتیجه برای بارگذاری بدین صورت عمل می شود که ابتدا دو دستک در دو راس قطعه بتنی قرار می گیرند. دستک ها توسط چهار عدد پیچ فولادی تیر بتنی را مهار می کنند و با باز بسته کردن پیچ ها می توان موقعیت بتن داخل دستک را تنظیم نمود. نکته مهم در استفاده از پیچ ها کنترل مقاومت برشی آن ها به منظور جلوگیری از گسیختگی آن ها حین محکم کردن می باشد. پس از قرار گرفتن تیر I شکل بر روی دستک ها، اهرم عمودی جک انتقال خمش به مرکز IPE وارد می شود و با انقال نیرو به دو انتهای دستک، تیر بتنی پیچیده می شود. نکته قابل توجه دیگر این است که نیرو بایستی به منظور اعمال بار متقارن، به مرکز تیر IPE شکل وارد گردد.



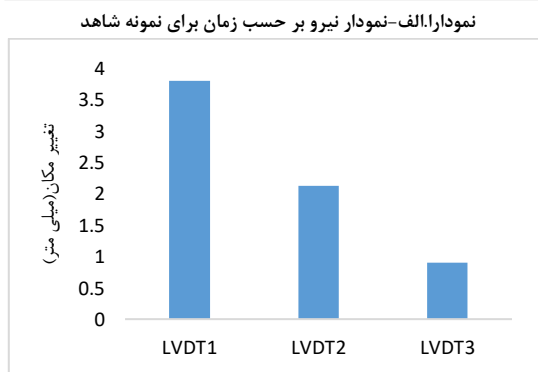
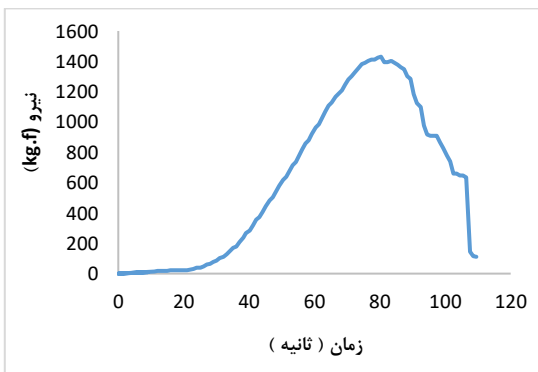
شکل ۶ نمایشی از دستک و ابعاد و اندازه آن ها



شکل ۷- شمایی کلی از نحوه اعمال پیچش

شکست کامل و با میانگین گیری بین دو نمونه شاهد، اطلاعات شکست نمونه به دست آورده شد.

نمودار (الف) نمودار نیرو بر حسب زمان برای نمونه شاهد تا مرحله رسیدن به ظرفیت پیچشی نهایی می باشد، همانگونه که از شکل پیداست، نمونه در نیرویی برابر با عدد ۱۴۳۰٫۶۶ کیلوگرم شکسته شده است و به ماکسیمم ظرفیت پیچشی خود رسیده است. نمودار (ب) نیز نمودار تغییر مکان قرائت شده برای LVDT های قرار گرفته بر روی نمونه شاهد می باشد. با توجه به این نمودار، نمونه شاهد در نزدیکی دستک ها که به علت انتقال عکس العمل نیروی پیچشی در آن محل دارای بیشترین تغییر مکان است، دارای تغییر مکانی برابر با ۳٫۸ میلی متر (LVDT1) می باشد و در وسط تیر که به علت متقارن بودن نوع بارگذاری تغییر مکان کمتری را متحمل می شود دارای تغییر مکان ۰٫۸۹۵ میلی متر (LVDT2) است و در فاصله ای بین این دو نیز تغییر مکانی برابر با ۲٫۱۲ میلی متر (LVDT3) را دارد.



نمودار ۱. ب- نمودار میله ای برای سه LVDT استفاده شده برای نمونه شاهد

پروژه ای حاضر بررسی عملکرد بتن تحت نیروی پیچشی بود، لذا بررسی و مقایسه نمودار لنگر بر حسب زاویه پیچشی می توانست اطلاعات دقیق تری راجع به نحوه شکست در اختیار گذارد و در نتیجه کار مقایسه با دقت بیشتری صورت گیرد. به منظور کسب اطلاعات دقیق تر راجع به نیروی لازم برای ایجاد ترک به منظور ترمیم با روش های مختلف، محاسباتی بر اساس کتب میحت ۹ مقررات ملی ساختمان [۸] برای لنگر ترک خوردگی پیچشی انجام گرفت و به دنبال آن نمودار لنگر پیچشی بر حسب زاویه پیچش برای نمونه شاهد رسم شد. که در آن لنگر برابر طول بازوی اندازه گیری شده ضربدر نصف نیروی قرائت شده بود. طول بازوی اندازه گیری با توجه به شکل

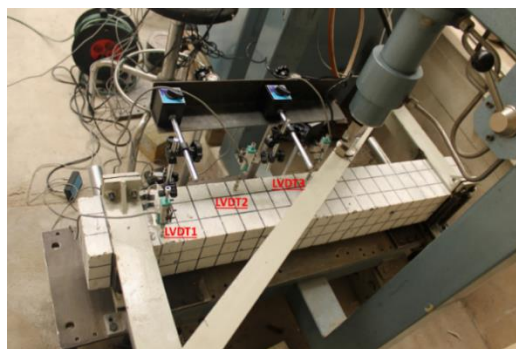


شکل ۸ سیستم آماده بارگذاری پیچشی



شکل ۹ تیر بتنی فاقد آرمانتور، شکسته شده با زاویه ۴۵ درجه تحت بارگذاری پیچشی

از سویی دیگر به منظور اندازه گیری دقیق نیرو و نمایش آن به صورت نموداری، از یک عدد لود سل ۲٫۵ تنی استفاده گردید. به علاوه به منظور اندازه گیری دقیق جابه جایی ها نیز از سه عدد LVDT با طول کورس ۰٫۰۳ متر در سه نقطه از تیر یکی (LVDT1) در نزدیکی دستک که محل انتقال بار به تیر بتنی می باشد و دارای بیشترین تغییر مکان است، یکی (LVDT3) در وسط تیر لیکن در فاصله ای دور از تار خنثی و دیگری (LVDT2) در فاصله ای بین دو LVDT دیگر قرار گرفت. (شکل ۱۰) سپس دستگاه های فوق به یک دیتا لاگر متصل گردید و با شروع بارگذاری، داده ها برداشت شدند.



شکل ۱۰ نمایش محل قرار گیری LVDT ها و Load cell برای روی تیر بتنی

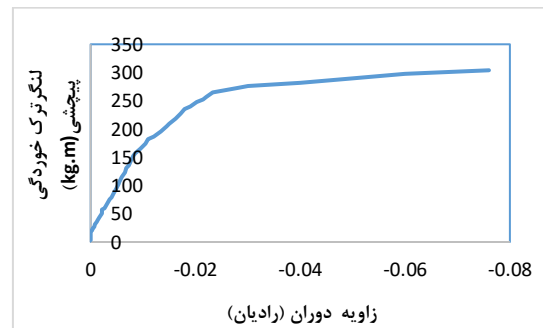
۵- یافته ها

دو نمونه از تیرهای بتنی ساخته شده به عنوان نمونه های شاهد بودند تا از این طریق اطلاعات تجربی راجع به نحوه شکستن نمونه و مقاومت نهایی و محل ایجاد شکست و ترک به دست آورده شود. لذا با قرار دادن دو نمونه مذکور تحت بارگذاری پیچشی تا مرحله

۶. برابر ۰,۴۲۵ متر است (فاصله آکس مکعب مربع دستکی که دور تا دور بتن قرار می‌گردد تا محل اعمال نیرو) و زاویه قرائت شده برابر فاصله LVDT1 تا آکس نمونه بتنی که تار خنثی نمونه نیز می‌باشد، تقسیم بر عدد قرائت شده از LVDT شماره ۱.

۵-۱- بارگذاری نمونه شاهد

برای نمونه شاهد آخرین عدد قرائت شده از نیرو به هنگام گسیختگی نمونه برابر با ۱۴۳۰,۶۶ کیلوگرم بود. LVDT1 در این نیرو تغییر مکان ۳,۸ میلی متر را نشان می‌داد. در نتیجه میزان زاویه پیچشی برای این نقطه برابر با ۰,۰۷۶ رادیان، که از تقسیم این تغییر مکان بر فاصله LVDT1 از تار خنثی نمونه بتنی (۵۰ میلی متر) به دست می‌آید، بود. با ضرب میزان نیرو قرائت شده (۱۴۳۰,۶۶ کیلوگرم) در فاصله محل اعمال عکس العمل نیرو وارده بر روی یکی از دستک‌ها تا محل تار خنثی نمونه بتنی (۰,۴۲۵ متر) لنگر ترک خوردگی پیچشی برابر با ۳۰۴,۰۲ کیلوگرم متر به دست آمد. (نمودار ۲)



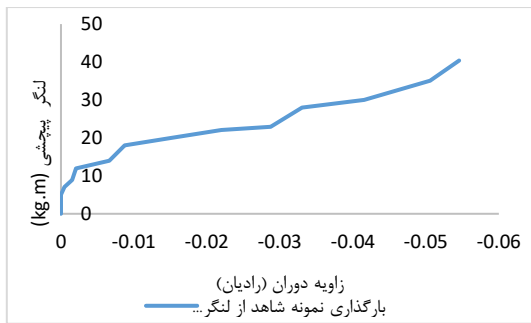
نمودار ۲ نمودار لنگر پیچشی بر حسب زاویه پیچشی برای نمونه شاهد.

باتوجه به نمودار (۲) نمونه شاهد در لنگری برابر با ۳۰۴,۰۲ کیلوگرم متر، به حداکثر ظرفیت نهایی پیچشی خود رسیده است که معادل با زاویه ۰,۰۷۶ رادیان می‌باشد. با محاسبه لنگر ترک خوردگی پیچشی اعضای بتنی به فرمول (۱) و با توجه به داده های لودسل و LVDT برای نمونه شاهد، لنگر ترک خوردگی در زاویه ۰,۰۲۳ رادیان، اتفاق می‌افتد. این عدد معادل نیروی ۱۲۴۶,۵ کیلوگرم می‌باشد.

$$T_{cr} = \frac{2Ac^2}{V_c * P_c} \quad (1)$$

در فرمول ۱. V_c مقاومت برشی مقطع بر حسب مگاپاسکال، Ac مساحت سطح مقطع بر حسب میلی متر مربع و P_c محیط سطح مقطع بر حسب میلی متر است.

در نتیجه دو نمونه دیگر تا میزان لنگر ترک خوردگی (۲۶۴,۸۹ کیلوگرم متر) بارگذاری گردیدند و سپس مجدداً به منظور یافتن ظرفیت پیچشی نهایی باقی مانده در داخل آن مجدداً بارگذاری گشتند. پس از میانگیری بین دو نمونه، نمودار لنگر پیچشی بر حسب زاویه پیچش مطابق نمودار ۳. رسم گردید. همانطور که از نمودار پیداست، ظرفیت باقی مانده برابر ۴۰,۳۹ کیلوگرم متر است.

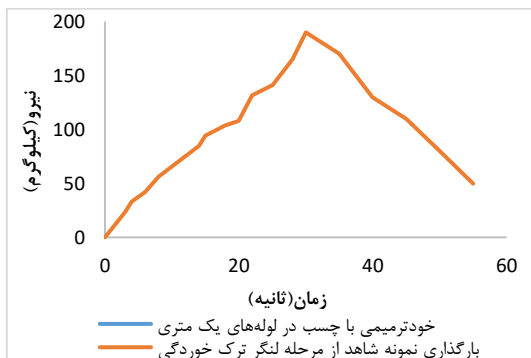


نمودار ۳ بارگذاری نمونه شاهد از لنگر ترک خوردگی

۵-۲- بارگذاری نمونه ترمیم شده با لوله های شیشه‌ای ۱۰۰

سانتی متری محتوی پلی اورتان

نمودار ۴. نمودار نیرو بر حسب زمان برای بارگذاری مجدد نمونه شاهد از مرحله لنگر ترک خوردگی (لنگر باقی مانده در بتن پس از بارگذاری تا مرحله لنگر ترک خوردگی) و نمونه ترمیم شده با روش خودترمیمی با لوله های یک متری است. مطابق شکل تیر با این روش ترمیم در ۱۷ امین ثانیه پس از شروع بارگذاری با بار ۱۳۳۰,۶۹ کیلوگرم به حداکثر ظرفیت نهایی پیچشی خود می‌رسد. از مقایسه این نمونه با نمونه شاهد بارگذاری شده از مرحله لنگر ترک خوردگی می‌توان نتیجه گرفت که روش فوق سبب افزایش مقاومت پیچشی سازه شده است و در مدت زمان کمتری نسبت به نمونه شاهد به حداکثر مقاومت خود رسیده است.



نمودار ۴ نمودار نیرو بر حسب زمان برای نمونه شاهد و نمونه ترمیم شده با روش خودترمیمی با لوله های یک

نمودار ۵. نمودار لنگر پیچشی بر حسب زاویه پیچش برای بارگذاری مجدد نمونه شاهد از مرحله لنگر ترک خوردگی (لنگر باقی مانده در بتن پس از بارگذاری تا مرحله لنگر ترک خوردگی) و نمونه ترمیم شده با روش خودترمیمی با لوله های یک متری است. مطابق نمودار، تیر یاد شده در لنگری برابر با ۲۸۲,۷۷ کیلوگرم در متر و با زاویه ۰,۰۷۲ رادیان به حداکثر ظرفیت نهایی پیچشی خود رسیده است.



شکل ۱۲ شکست نمونه ترمیم شده با روش خودترمیمی با لوله های یک متری و مشاهده سفت شدن چسب و پر کردن ترک ها در داخل بتن و در نتیجه انجام عمل ترمیم

۵-۳- بارگذاری نمونه ترمیم شده با لوله های شیشه ای ۱۰

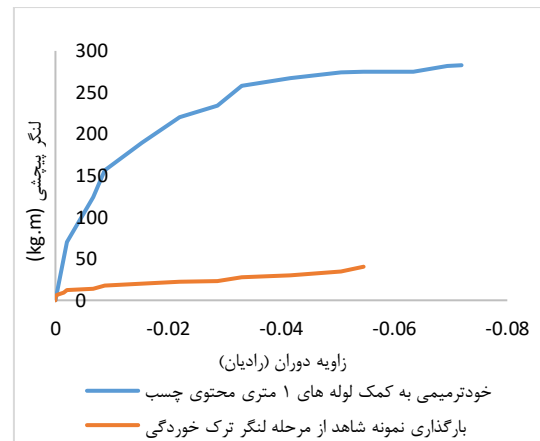
سانتی متری محتوی پلی اورتان

مطابق نمودار ۷. تیر با این روش ترمیم در ۱۱،۱ امین ثانیه پس از شروع بارگذاری با بار ۱۲۰۳،۶۸ کیلوگرم به حداکثر ظرفیت نهایی پیچشی خود می رسد. از مقایسه این نمونه با منحنی بارگذاری مجدد نمونه شاهد از مرحله لنگر ترک خوردگی (لنگر باقی مانده در بتن پس از بارگذاری تا مرحله لنگر ترک خوردگی) می توان نتیجه گرفت که روش فوق سبب افزایش مقاومت پیچشی سازه نسبت به نمونه شاهد بارگذاری شده از مرحله لنگر ترک خوردگی شده است و در مدت زمان کمتری نسبت به نمونه شاهد به حداکثر مقاومت پیچشی خود رسیده است.



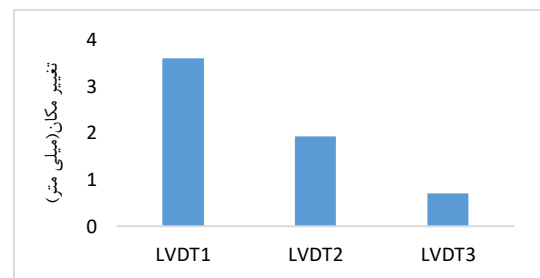
نمودار ۷ نمودار نیرو بر حسب زمان برای نمونه شاهد و نمونه ترمیم شده با روش خودترمیمی با لوله های ده سانتی متری

مطابق نمودار (۸)، تیر یاد شده در لنگری برابر با ۲۵۵،۷۸ کیلوگرم در متر و با زاویه ۰،۰۶۲ رادیان به حداکثر ظرفیت نهایی پیچشی خود رسیده است.



نمودار ۵ نمودار لنگر پیچشی بر حسب زاویه پیچش برای نمونه شاهد و نمونه ترمیم شده با روش خودترمیمی با لوله های یک متری

نمودار تغییر مکان برای هر کدام از LVDT های قرار گرفته بر روی تیر ترمیم شده به روش خودترمیمی با لوله های یک متری مطابق نمودار ۶ است. با توجه به این نمودار تیر در نزدیکی محل دستک دارای بیشترین تغییر مکان به عدد ۳،۶ میلی متر و در وسط دهانه دارای کمترین تغییر مکان به عدد ۰،۷ میلی متر می باشد و در محلی ما بین این دو محل دارای تغییر مکانی به عدد ۱،۹۱۷ میلی متر می باشد.



نمودار ۶ نمودار تغییر مکان LVDT های استفاده شده برای نمونه ترمیم شده با روش لوله های یک متری

نکته قابل توجه در این روش، واژگونی و ترک خوردن بتن، ناشی از بارگذاری ثانویه، در محلی به غیر از محل ترک خوردگی اولیه بود (شکل ۱۱). از سویی دیگر با کندن قطعی از بتن مشاهده شد که چسب کاملاً در محل ترک سفت شده و آن را پر نموده است (شکل ۱۲).



شکل ۱۱ نمونه ترمیم شده به روش خودترمیمی تحت بارگذاری ثانویه و ترک خوردن در محلی غیر محل ترک اولیه



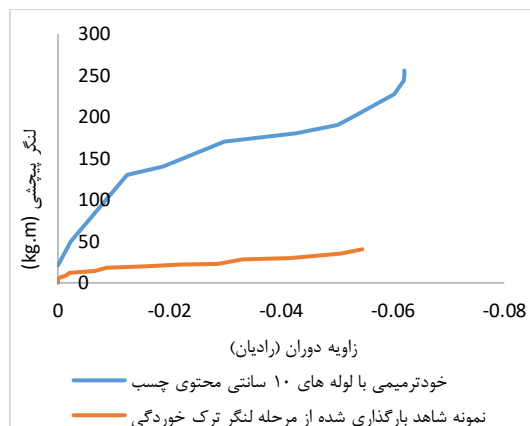
شکل ۱۳ عبور ترک از روی انتهای لوله ۱۰ سانتی متری و عدم شکست لوله در یک ناحیه پس از بارگذاری ثانویه

در نتیجه استفاده از روش‌های خودترمیمی‌ای همچون استفاده از لوله‌های شیشه‌ای محتوی پلی‌اورتان در داخل بتن می‌تواند افزایش چشمگیری در افزایش ظرفیت بتن ترک خورده را حادث کند، لیکن استفاده از کپسول‌های شیشه‌ای یک متری به علت منفصل نبود شیشه‌هایی که در یک راستا قرار گرفته سبب خروج کامل چسب از داخل شیشه شده و ترک را بهتر پر میکند و در نتیجه مقاومت بتن ترک خورده را بیشتر افزایش می‌دهد.

۶- نتیجه‌گیری

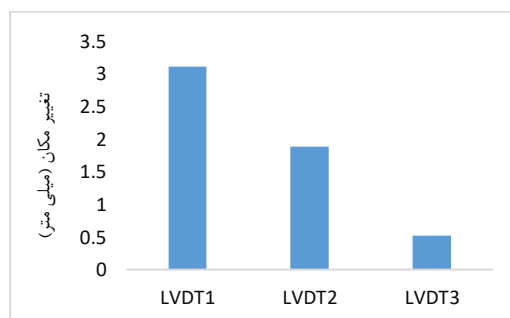
این پژوهش با هدف بررسی رفتاری تیرهای بتنی خودترمیم شونده به روش استفاده از لوله‌های شیشه‌ای ۱۰ و ۱۰۰ سانتی متری حاوی چسب پلی‌اورتان و مقایسه این دو روش بایکدیگر تحت بارگذاری پیچشی انجام شد، نتایج نشان داد:

۱. روش خودترمیمی به کمک چسب پلی‌اورتان به صورت محصور شده در لوله‌های شیشه‌ای روش مناسب برای ترمیم تیرهای ترک خورده بتنی تحت بارگذاری پیچشی می‌باشد.
۲. نمونه شاهد در لنگر ۳۰۴،۰۲ کیلوگرم متر، زاویه ۰،۳۷ رادیان به حداکثر میزان مقاومت خود رسید. نمونه‌های شاهد بارگذاری شده تا مرحله لنگر نهایی ظرفیت پیچشی، شاهد بارگذاری شده از مرحله لنگر ترک خوردگی، تیر ترمیم شده به روش خودترمیمی با لوله‌های شیشه‌ای ۱۰ و ۱۰۰ سانتی متری محتوی پلی‌اورتان در لنگرهایی به ترتیب ۳۰۴،۰۲، ۴۰،۳۹، ۲۵۵،۷۸، ۲۸۲،۷۷ کیلوگرم متر که معادل با زاویه‌های پیچشی ۰،۷۶، ۰،۵۰، ۰،۰۶، ۰،۰۷۲ رادیان بود به حداکثر ظرفیت پیچشی خود رسیدند. همانطور که مشخص است تیر ترمیم شده به روش خودترمیمی به کمک لوله‌های یک متری تاثیر بیشتری بر افزایش مقاومت پیچشی سازه داشته است.
۳. ظرفیت پیچشی نمونه شاهد بارگذاری شده تا مرحله لنگر نهایی، شاهد بارگذاری شده از مرحله لنگر ترک خوردگی، نمونه‌های ترمیم شده به روش خودترمیمی با استفاده از لوله‌های شیشه ۱۰ و ۱۰۰ سانتی متری به ترتیب ۱۳۳۰،۶۹، ۱۲۰۳، ۶۸، ۱۹۰، ۰۷، ۱۴۳۰، ۶۶ جابجایی LVDT های ۳ و ۲۱ به ترتیب برای نمونه شاهد بارگذاری شده تا مرحله لنگر نهایی برابر ۳،۸، ۲،۱۲ و



نمودار ۸ نمودار لنگر پیچشی بر حسب زاویه دوران، برای نمونه شاهد و نمونه ترمیم شده با روش خودترمیمی به کمک لوله‌های ۱۰ سانتی متری محتوی چسب

نمودار تغییر مکان برای هر کدام از LVDT های قرار گرفته بر روی تیر ترمیم شده به روش خودترمیمی با لوله‌های ده سانتی متری مطابق نمودار (۹) می‌باشد. با توجه به این نمودار تیر در نزدیکی محل دستک دارای بیشترین تغییر مکان به عدد ۳،۱۰۴ میلی متر و در وسط دهانه دارای کمترین تغییر مکان به عدد ۰،۵۲ میلی متر و در محلی ما بین این دو محل دارای تغییر مکانی به عدد ۱،۸۸ میلی متر می‌باشد.



نمودار ۹ نمودار تغییر مکان LVDT های استفاده شده برای نمونه ترمیم شده با لوله‌های ۱۰ سانتی متری

در این روش پس از بارگذاری اولیه به منظور ایجاد ترک، در برخی نواحی چسبی از داخل بتن خارج نگردید، لذا این اطمینان حاصل نشد که قطعا تیرها ترمیم گردیده است. پس از شکست ثانویه و برداشت یک قطعه از بتن تخریب شده، مشاهده شد که ترک در بعضی نقاط از روی شیشه عبور ننموده و در نتیجه شیشه نشکسته و چسب نیز خارج نشده است (شکل (۱۳)).

۰,۸۹۵ نمونه شاهد بارگذاری شده از مرحله لنگر ترک خوردگی برابر ۰,۵۰۰,۵۱۹,۰۷۰۳ نمونه‌ی خودترمیمی با لوله‌های شیشه‌ای ۱۰۰ سانتی متری محتوی پلی اورتان ۳,۶, ۱,۹ و ۰,۶۲ و نمونه خودترمیمی با لوله‌های شیشه‌ای ۱۰ سانتی متری محتوی پلی اورتان برابر ۳,۱۰, ۱,۸۸, ۰,۵۲ میلی متر بود.

۵. روش خودترمیمی با لوله‌های شیشه‌ای ۱۰۰ سانتی متری محتوی پلی اورتان به علت قابلیت شکست شیشه و خروج چسب از داخل آن و پرکردن ترک در هر مرحله از مزیت بیشتری نسبت به روش خودترمیمی با لوله‌های شیشه‌ای ۱۰ سانتی متری محتوی پلی اورتان برخوردار است و می تواند ظرفیت پیچشی بتن ترمیم شده را نسبت به نمونه شاهد بارگذاری شده از مرحله لنگر ترک خوردگی تاحد قابل ملاحظه‌ای افزایش دهد.

۷- مراجع

- [۱] کلینیک بتن ایران. ۱۳۹۴. "ترک سازه‌ای، معیاب و روش ترمیم بتن."
- [۲] بختیاری، فرید. ۱۳۷۸. "بررسی سختی پیچشی اعضای بتن مسلح پس از ترک خوردگی."
- [۳] مرشد، ر. و م. س. زارعیان. ۱۳۹۰. "بتن خود ترمیم شونده." سومین کنفرانس بتن ایران. تهران
- [4] Roig-Flores, M., Pirritano, F., Serna, P. and Ferrara, L., 2016. Effect of crystalline admixtures on the self-healing capability of early-age concrete studied by means of permeability and crack closing tests. *Construction and Building Materials*, 114, pp.447-457.
- [5] Qureshi, T.S., Kanellopoulos, A. and Al-Tabbaa, A., 2016. Encapsulation of expansive powder minerals within a concentric glass capsule system for self-healing concrete. *Construction and Building Materials*, 121, pp.629-643.
- [6] Sherir, M.A., Hossain, K.M. and Lachemi, M., 2016. Self-healing and expansion characteristics of cementitious composites with high volume fly ash and MgO-type expansive agent. *Construction and Building Materials*, 127, pp.80-92.
- [7] Hilloulin, B., Van Tittelboom, K., Gruyaert, E., De Belie, N. and Loukili, A., 2015. Design of polymeric capsules for self-healing concrete. *Cement and Concrete Composites*, 55, pp.298-307.
- [۸] میحت ۹ مقررات ملی ساختمان. "طرح و اجرای ساختمان‌های بتن آرمه." ویرایش ۱۳۹۲.



دوره ۵، شماره ۳

پاییز ۱۳۹۹

فصلنامه پژوهشی



بررسی و مقایسه تاثیر طول لوله های شیشه ای محتوی چسب پلی اورتان در عملکرد ترمیم در بتن های خود ترمیمی

Comparison of EPC and BOT contracts in construction projects

Omid Jabbari*

PhD Student in Construction Management & Engineering,
Department of Civil Engineering, Islamic Azad University
(Kish International Branch), Kish Island, Iran.

*Corresponding author's email address:
omid.jabbari89@gmail.com

Abstract

Foreign investment as a reliable and reliable way to attract financial resources for development, is one of the most important factors in the development of the domestic economy. Choosing the type of contract is one of the strategic decisions of the project, which is usually done simultaneously or after the end of feasibility studies and economic justification. The EPC and BOT contracts have become very important to legal and economists. Various countries, especially developing countries, consider these contracts as an effective tool for attracting foreign investment and using private sector management in infrastructure projects. Design, equipment and manufacturing (EPC) contracts are one of the most common contracts in the world today. The EPC contract is appropriate when the public sector tends to use the expertise of domestic or foreign private contractors in the design and construction of infrastructure projects. Construction, Exploitation and Transfer (BOT) Contracts Three contracts are included in a contract. Then, in the second stage, the company exploits the project to collect its costs and benefits, and then in the last stage, it transfers it to the government or the public sector according to the provisions of the open contract, which is formed and Completion of these three processes forms a single contract called construction, operation and transfer. The purpose of writing this article is to review, compare and provide an overview of EPC and BOT contracts.

Keywords

Contract, civil projects, EPC, BOT

مقایسه قراردادهای EPC و BOT در پروژه‌های عمرانی

امید جباری*

دانشجوی دکتری مهندسی مدیریت ساخت، گروه مهندسی عمران، دانشگاه
آزاد اسلامی (واحد بین الملل کیش)، جزیره کیش، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۷/۲۰، تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۸/۰۵

چکیده

سرمایه‌گذاری خارجی به‌عنوان راهکاری قابل اتکا و مطمئن برای جذب منابع مالی در راستای توسعه، از مهم‌ترین عوامل پیشرفت اقتصاد داخلی به‌شمار می‌رود. انتخاب نوع قرارداد یکی از تصمیمات استراتژیک پروژه می‌باشد که معمولاً همزمان و یا پس از پایان مطالعات امکان‌سنجی و توجیه اقتصادی انجام می‌شود. قراردادهای EPC و BOT اهمیت بسزایی در نزد متخصصان حقوق و اقتصاد یافته است. کشورهای مختلف به‌ویژه کشورهای در حال توسعه، این قراردادها را ابزاری کارآمد برای جذب سرمایه‌های خارجی و استفاده از مدیریت بخش خصوصی در طرح‌های زیربنایی می‌دانند. قراردادهای طراحی، تهیه تجهیزات و ساخت (EPC)، یکی از قراردادهای شایع جهان امروز می‌باشد. هنگامی که بخش دولتی تمایل دارد از تخصص پیمانکاران خصوصی داخلی یا خارجی در طراحی و ساخت پروژه‌های زیربنایی استفاده کند، قرارداد EPC را مناسب می‌یابد. قراردادهای ساخت، بهره‌برداری و انتقال (BOT)، سه قرارداد در یک قرارداد گنجانده شده است، مرحله‌ی اول آن را ساخت پروژه با موافقت دولت یا بخش عمومی توسط سرمایه‌گذار داخلی و خارجی، تشکیل می‌دهد که عرفاً طی فرآیند مناقصه انجام می‌شود، سپس در مرحله‌ی دوم شرکت مزبور از پروژه بهره‌برداری می‌کند تا هزینه‌ها و سود خود را برداشت نماید و سپس در مرحله‌ی آخر آن را طبق مفاد قرارداد باز به دولت یا بخش عمومی انتقال می‌دهد، که با شکل‌گیری و اتمام این سه فرآیند قرارداد واحدی به‌نام ساخت، بهره‌برداری و انتقال شکل می‌گیرد. هدف از نگارش این مقاله، بررسی، مقایسه و ارائه شرح کلی قراردادهای EPC و BOT می‌باشد.

کلمات کلیدی

قرارداد، پروژه‌های عمرانی، EPC، BOT.

۱- مقدمه

بعد از انقلاب صنعتی، همگام با توسعه‌های اجتماعی و اقتصادی، تغییرات جدیدی در حوزه ساخت‌وساز اتفاق افتاد. از یک طرف با تخصصی شدن امور، فرآیند طراحی از ساخت جدا گردید و از سوی دیگر، توسعه بخش طراحی، طولانی‌تر شدن زمان ساخت و پیچیده‌تر شدن تکنولوژی و تجهیزات موجب بروز مشکلاتی برای صاحبان پروژه گردید. افزایش مدت قرارداد، مشکل‌تر شدن نظارت بر کیفیت ساخت، پیچیدگی هماهنگی اجزاء پروژه و مدیریت ساخت از جمله این مشکلات بودند. تمامی این مشکلات منجر به افزایش هزینه‌های

معامله به‌طور مستقیم یا غیرمستقیم گردید. صاحبان پروژه، به‌عنوان سرمایه‌گذار، خواستار انجام پروژه‌ها با سرمایه‌گذاری کمتر، مدت زمان کوتاه‌تر و کیفیت قابل اطمینان تا جای ممکن، بودند. بر اساس تئوری کاوژ^۱ کارآمدترین روش در خصوص کاهش هزینه‌های معامله این است که تعداد قراردادها را در بازار تا جایی که ممکن می‌باشد کاهش دهیم. بنابراین صاحبان پروژه به دنبال شرکت‌هایی بودند که می‌توانستند در قالب یک قرارداد تمام وظایف طراحی، ساخت، تامین تجهیزات و راه‌اندازی پروژه را برعهده گیرند [۱]. قرارداد EPC^۲ از مهم‌ترین قراردادهای حوزه اجرای پروژه می‌باشد که بین صاحب پروژه و پیمانکار عمومی با موضوع طراحی،



5 (3), 2020

دوره ۵، شماره ۳

پاییز ۱۳۹۹

فصلنامه پژوهشی



ساخت، تامین تجهیزات، راه اندازی، انتقال و در بعضی مواقع تامین مالی، منعقد می‌گردد [۲]. این روش حد اعلاى سپردن مسئولیت طراحی و اجرا به پیمانکار می‌باشد و در حقیقت در پروژه‌هایی که بخش تدارکات و تامین کالا از پیچیدگی خاصی برخوردار می‌باشند و بخش عمده‌ای از هزینه‌ها را به خود اختصاص می‌دهند بیشتر استفاده می‌شود اما از طرف دیگر مانند روش طرح و ساخت مطالعات فازهای صفر و یک توسط کارفرما و یا مشاور وی انجام می‌شود با این تفاوت که عنوان می‌شود کارفرما مسئولیتی در قبال صحت اطلاعات نداشته و اطلاعات صرفاً جهت اطلاع است، از طرفی در روش EPC کارفرما حق دخالت و نظارت بر کار را ندارد همچنین تاخیر در این روش تحت هیچ شرایطی مجاز نمی‌باشد [۳]. تداوم رشد اقتصادی ایران به عنوان یک کشور در حال توسعه نیازمند گسترش تاسیسات زیربنایی کشور است، به همین دلیل در چهار برنامه توسعه اقتصادی کشور، سرمایه‌گذاری زیادی روی زیربنای انجام پروژه‌ها صورت گرفته لیکن موانع زیادی در به انجام رسیدن طرح‌ها وجود دارد. هزینه‌های بسیار زیاد و مدت زمان اجرای پروژه‌ها از یک سو و میزان منابع سرمایه‌گذاری دولت از سوی دیگر، دستیابی به اهداف مورد نظر را دشوار نموده است. دولت‌ها از جمله ایران برای رفع این مشکلات به بخش خصوصی روی آورده‌اند و آنها را برای حضور در پروژه‌های زیربنایی که قبلاً در انحصار دولت بوده دعوت کرده‌اند. به همین دلیل در سال‌های اخیر ضمن درک این واقعیت که منابع دولتی جوابگوی نیازهای کشور نیست، جهت دستیابی به توسعه پایدار اقتصادی از بخش خصوصی در توسعه طرح‌های زیربنایی استفاده شده است و سیاست خصوصی‌سازی و کاهش حجم فعالیت‌های دولت به عنوان یکی از سیاست‌های اصلی اقتصادی مورد توجه قرار گرفته است به طوری که با ابلاغ سیاست‌های اصل ۴۴ قانون اساسی و تعیین حدود فعالیت‌های اقتصادی توسط دولت ضرورت خصوصی‌سازی آشکار شده و فرآیند آن در کشور جدی شده است. یکی از متداول‌ترین و موفقیت‌آمیزترین روش‌های مشارکت بخش دولتی و خصوصی در پروژه‌های زیربنایی روش BOT است [۴]. در این روش بخش خصوصی طراحی، ساخت و بهره‌برداری پروژه را انجام داده و تامین مالی را به عهده می‌گیرد و در مقابل دولت امتیاز بهره‌برداری از پروژه را برای مدتی معین به بخش خصوصی می‌سپارد [۵].

۲- روش تحقیق

با توجه به ماهیت موضوع، روش تحقیق انجام شده در این مقاله از نوع کتابخانه‌ای و توصیفی می‌باشد. در این زمینه پس از انتخاب موضوع، با بررسی اسنادی، کتابخانه‌ای و بانک‌های اطلاعاتی، به بررسی مطالب مختلف پیرامون موضوع قراردادهای طراحی، تامین-کالا و اجرا و ساخت، بهره‌برداری و انتقال پرداخته شد.

۳- مبانی نظری تحقیق

در این مطالعه به مختصری از مفاهیم قراردادهای پرداخته‌ایم.

۳-۱- قرارداد EPC

EPC حاصل کنار هم قرار دادن حروف اول کلمات Construction, Engineering, Procurement است که در ایران به عنوان قراردادهای مهندسی، تدارکات و اجرا شناخته می‌شود. EPC در واقع نوعی روش قراردادی اجرای پروژه‌های طرح و ساخت می‌باشد. در این نوع قراردادها، پیمانکار متعهد می‌شود که کارهای طراحی، مهندسی، تهیه مصالح، انبارداری، تامین نیروی انسانی، ماشین‌آلات، انتقال فناوری، آموزش نیروهای کارفرما و عملیات ساخت‌وساز را بر عهده گیرد و به نحو متقابل، کارفرما نسبت به تامین محل مورد نیاز جهت اجرای پروژه، ارائه اطلاعات و ضوابط جاری در محل اجرا از قبیل ضوابط محیط‌زیست یا ضوابط راجع به کاربری زمین و بررسی مدارک تسلیمی پیمانکار در موقع مقتضی متعهد می‌گردد [۶].

۳-۲- قرارداد BOT

قرارداد BOT، اساساً شکلی از تامین مالی پروژه می‌باشد که به وسیله آن دولت امتیاز توسعه مدیریت و بهره‌برداری تجاری از یک پروژه را به یک گروه از سرمایه‌گذاران (که از آنها به عنوان کنسرسیوم پروژه یا شرکت پروژه و یا صاحب امتیاز یاد می‌شود) واگذار نموده که آنها به ساخت و بهره‌برداری و مدیریت پروژه برای چند سال معین اقدام نموده و پس از کسب هزینه‌های سرمایه‌گذاری و سود آن در دوره بهره‌برداری که دوره امتیاز نامیده می‌شود پروژه را به دولت انتقال می‌دهند [۷].

۳-۳- تاریخچه قرارداد EPC

استفاده از شرایط قراردادهای تیپ فیدیک^۴ در سازمان برنامه و بودجه سابق، با اخذ وام از بانک جهانی در دهه ۴۰ خورشیدی (برابر با ۶۱-۱۹۶۰ میلادی) شروع شد و با ترجمه کتاب قرمز به فارسی، مورد استفاده قرار گرفت. این قراردادها تا سال ۱۹۹۰ در دنیا متداول بود. در سال ۱۹۹۰ (خرداد ۱۳۶۹) در کنفرانس سالانه فیدیک که در نروژ برگزار شد، بحث پیرامون قراردادهای Design and Built مطرح گردید و مقرر شد که فیدیک برای پروژه‌های بزرگ و چند منظوره به این کار بپردازد و بر اساس آن تقسیم ریسک بین صاحب‌کار و پیمانکار صورت بگیرد. در اینجا از واژه صاحب‌کار استفاده می‌شود تا تفاوتی با واژه کارفرما داشته باشد. امروزه در دنیا به جای واژه Client یا کارفرما، از واژه Owner یا Employer استفاده می‌شود. یعنی اگر از واژه کارفرما استفاده شود، تمامی توانمندی‌ها در آن نهفته است و احتیاج به مشاور یا پیمانکار وجود ندارد. بنابراین توصیه می‌شود که از این کلمه کمتر استفاده گردد [۸].

۳-۴- قرارداد BOT

در مورد ریشه تاریخی BOT اختلاف نظر وجود دارد برخی معتقدند که منشأ این قراردادها به سیستم اعطای امتیاز رایج در قرن نوزدهم و اوایل قرن بیستم باز می‌گردد که در آن، دولت امتیازاتی را در اختیار بخش خصوصی به‌ویژه خارجی‌ها قرار می‌داد. در مقابل، عده‌ای دیگر با رد این عقیده، براین باور بودند که BOT با سیستم اعطای امتیاز تفاوت اساسی دارد چرا که در قراردادهای اعطای امتیاز، بخش خصوصی تا حد زیادی فارغ از مکانیسم‌های نظارتی

دولت بوده است. اولین نمونه قرارداد BOT، به سال ۱۸۳۴ و قضیه توسعه کانال سوئز باز می‌گردد که به موجب آن، کشور مصر از طریق جذب سرمایه‌های اروپایی و استفاده از نیروی متخصص، سعی در گسترش این طرح داشت. در نیمه دوم قرن نوزدهم دولت‌ها برای گسترش راه آهن و جاده تصمیم به جذب کمک‌های مالی بخش خصوصی گرفتند اما به رغم موفقیت‌هایی که حاصل شد، بعد از مدتی کاهش یافت. زیرا بخش خصوصی تنها به شرط نرخ بالای بازگشت سود، حاضر به سرمایه‌گذاری در این بخش بود که این امر با توان مالی دولت و نیز منافع عمومی در دسترسی همگانی به این بخش تعارضی آشکار داشت. این رویه تا اواسط قرن بیستم ادامه یافت تا اینکه افزایش ترافیک جاده‌ها، نیاز به توسعه بزرگراه‌ها و کمبود منابع مالی، دولت‌ها را بار دیگر به جذب سرمایه خصوصی وادار نمود، اما این بار سیاست دولت اروپایی نسبت به بخش خصوصی تغییر کرده و به جای واگذاری کامل بخش دولتی به بخش خصوصی، بر مشارکت این دو بخش در کنار یکدیگر تاکید می‌نمود. از این روست که ارنست و فام، دو تن از متخصصان خصوصی‌سازی، دهه ۱۹۸۰ را نقطه آغاز جدی فرآیندی دانسته‌اند که به مشارکت بخش‌های عمومی و خصوصی در راه‌اندازی و بهره‌برداری طرح‌های زیربنایی در راستای تامین منافع عمومی توجهی خاص داشته است و بر مبنای این فرآیند قراردادهای BOT را مشارکت بخش عمومی و خصوصی نامیده‌اند. اصطلاح BOT اولین بار در دهه ۱۹۸۰ میلادی و هنگامی که دولت وقت ترکیه اعطای امتیاز چند نیروگاه را به مناقصه گذاشت، رایج گردید. در این روش ساخت و بهره‌برداری پروژه به مدت معینی توسط شرکتی تحت عنوان «شرکت پروژه» انجام شده و انتقال طرح به کارفرما پس از طی مدت معینی و بعد از تحصیل درآمد لازم محقق می‌گردد. در ایران اولین پروژه از این حیث در ۱۳۷۸ با اطلاع‌رسانی جهت احداث نیروگاه پره سر در ساحل خزر از طرف شرکت توانیر به سفیران کشورهای مختلف، عملیاتی گردید [۹].

۳-۵- تفکیک قرارداد BOT از قرارداد EPC

به طور کلی دو تفاوت اساسی میان قراردادهای BOT و EPC وجود دارد:

الف. در قراردادهای BOT، پیمانکار پس از ساخت طرح، مالک موقت آن می‌شود و هزینه اجرا و راه‌اندازی طرح را از همان محل تامین می‌کند در حالیکه در قراردادهای EPC، پیمانکار مالکیتی بر طرح نداشته و تنها در قبال گرفتن مبلغی، عملیات طراحی و تهیه مصالح انجام پذیرفته و رابطه پیمانکار با طرح قطع می‌گردد. همچنین مالکیت مصالح خریداری شده توسط پیمانکار برای اجرای پروژه، پس از خرید به کارفرما منتقل می‌شود چرا که این مواد به حساب کارفرما خریداری شده‌اند. البته ممکن است در برخی قراردادهای EPC این شرط گنجانده شود که تا زمان تادیه نشدن حقوق پیمانکار، کارفرما مالکیتی بر طرح نخواهد داشت و پیمانکار همچنان مالک طرح بماند اما با وجود چنین شرطی هم نمی‌توان این مالکیت را با مالکیت حاصل از قرارداد BOT یکسان پنداشت. با این حال چه در قراردادهای BOT و چه EPC مالکیت نقشه‌ها و اسناد تهیه شده طبق حقوق مالکیت فکری، متعلق به خالق آنهاست و استفاده از

این اسناد در طرح‌های دیگر نیازمند کسب اجازه از صاحب حق می‌باشد.

ب. در قراردادهای EPC عملیات راجع به طراحی برعهده پیمانکار می‌باشد درحالیکه در قراردادهای BOT این امرگاه در اختیار پیمانکار و گاه در اختیار کارفرما می‌باشد [۱۰].

قراردادهای BOT یا قراردادهای ساخت، بهره‌برداری و واگذاری به قراردادهایی اطلاق می‌شود که در آن، یک بخش (معمولاً دولتی)، امتیاز ساخت یک پروژه را به بخش خصوصی منتقل می‌کند. بخش مزبور نیز پس از ساخت طرح، به مقدار مورد توافق، مالک طرح شده و از آن بهره‌برداری می‌کند و پس از پایان مدت، مالکیت طرح را مجدداً به بخش انتقال دهنده عودت می‌دهد. از این قراردادها معمولاً در طرح‌های زیربنایی کلان استفاده شده و غالباً دولت از بخش خصوصی خارجی جهت ساخت و راه‌اندازی طرح استفاده می‌کند. در قرارداد BOT پیمانکار برای مدتی مالک طرح شده و هزینه اجرای طرح را از محل آن استهلاک می‌کند در حالی که در قرارداد EPC رابطه کارفرما و پیمانکار تنها تا مرحله راه‌اندازی طرح بوده و با ساخت و راه‌اندازی، مالکیت بلافاصله به کارفرما منتقل می‌گردد و پیمانکار حق مالکیت و بهره‌برداری از طرح را ندارد [۱۱].

۳-۶- روش‌های تامین اعتبار

برای تامین اعتبار مورد نیاز یک پروژه روش‌های گوناگونی وجود دارد و معمولاً هر قراردادی روش‌های مخصوص به خود را دارا می‌باشد.

روش‌های تامین اعتبار قرارداد EPC

در قراردادهای معمول EPC اصولاً تامین اعتبار جهت انجام قرارداد بر عهده کارفرما یا کشور میزبان می‌باشد. اما گاهی این امر بنابر دلایلی از جمله نبود سرمایه کافی نزد کشور میزبان به پیمانکار واگذار می‌گردد. به همین دلیل گاهی در کنار EPC عبارت F یا F+ را نیز می‌بینیم که بکار می‌رود. در این صورت دو حالت بروز می‌نماید: حالت اول، تامین مالی و سرمایه انجام قرارداد بر عهده پیمانکار قرار می‌گیرد و حالت دوم، معرفی سرمایه‌گذار بر عهده پیمانکار است. در حالت اول پیمانکار خود تقبل هزینه‌ها را بر عهده می‌گیرد و پس از انجام عمل مورد قرارداد هزینه‌های خود را همراه با نرخ ناشی از سرمایه‌گذاری خود دریافت می‌دارد که به این مدل قراردادی EPCF^۵ گفته می‌شود. یعنی پیمانکار هم کارمزد انجام قرارداد را دریافت می‌دارد و هم سود مربوط به تامین سرمایه و در صورت دوم یعنی معرفی سرمایه‌گذار توسط پیمانکار، در اصل دو قرارداد منعقد می‌گردد. یک قرارداد بین سرمایه‌گذار و کشور میزبان و یک قرارداد بین پیمانکار EPC و کشور میزبان که به این نوع قراردادها EPC+F گفته می‌شود. در اصطلاح EPCF تامین مالی بر عهده پیمانکار ولی در اصطلاح EPC+F معرفی سرمایه‌گذار با پیمانکار است و خود پیمانکار سرمایه‌گذار نیست [۱۲].

روش‌های تامین اعتبار قرارداد BOT

در یک قرارداد BOT سه منبع برای تامین اعتبار طرح وجود دارد. یک منبع وام است و بخش عظیمی از منابع مالی لازم برای پروژه

از طریق اخذ وام از بانکها صورت می‌پذیرد. امروزه بیش از ۵۰ درصد از منابع مالی پروژه‌ها به‌وسیله اخذ وام از بانکها انجام می‌گیرد. منبع دیگر سهم آورده سرمایه‌گذار است. در یک پروژه متعارف BOT بخشی از منابع مالی از طریق سرمایه‌گذاری بانیان پروژه تامین می‌شود. سهامداران عمده پروژه را همان بانیان پروژه تشکیل می‌دهند که شرکت‌های سازنده، بهره‌بردار، خریداران تولیدات و سایر اشخاصی که به نوعی به شرکت مزبور وابستگی دارند. سومین منبع تامین اعتبار در قرارداد BOT اوراق قرضه است. اوراق قرضه، اوراق بهادار قابل انتقالی هستند که معمولاً به‌وسیله اموال و دارایی‌های معینی تضمین می‌شوند و به وسیله وثیقه‌ای که بر اموال بدهکار قرار می‌گیرد، دارای اولویت در بازپرداخت بدهی نسبت به سایر طلبکاران هستند [۱۳].

یکی از مکانیزم‌هایی که در جهت حل معضل تامین مالی در پروژه‌های زیربنایی در کشورهای در حال توسعه در چند دهه اخیر مورد توجه قرار گرفته و در بسیاری از طرح‌های صنعتی و عمرانی مانند پروژه‌های صنعت انرژی مورد استفاده قرار گرفته است، قراردادهای ساخت، بهره‌برداری و انتقال است که این نوع از قراردادهای می‌تواند راهی برای جذب سرمایه‌های بخش خصوصی و در عین حال، سرمایه‌گذاران خارجی باشد. یکی از روش‌های نوین در اجرای طرح‌ها، روش مهندسی، تدارک و ساخت است. در این نوع قرارداد، شرکت پیمانکار، مهندسی، تدارک و تامین کلیه تجهیزات و ساخت پروژه را به‌طور مستقل و یا با اشخاصی که در طرف رابطه با شرکت مزبور هستند، برعهده گرفته و انجام می‌دهد [۱۴].

۳-۷- نظارت و کنترل دولت بر پروژه

یکی از وظایف مهم دولت‌ها، نظارت و کنترل دقیق و مستمر بر بخش‌های مختلف اقتصادی می‌باشد. نظارت و کنترل دولت بر امور اقتصادی به‌عنوان یک وظیفه حاکمیتی دارای جایگاه محوری در پی‌ریزی اقتصاد صحیح و عادلانه و پیشرفت اقتصادی می‌باشد. نظارت و کنترل دولت بر امور اقتصادی تضمین‌کننده اجرای درست امور اقتصادی می‌باشد و زمینه سوء استفاده از آنها را به حداقل می‌رساند [۱۵].

نظارت و کنترل دولت بر پروژه EPC

از دهه ۱۹۸۰ به بعد، مبحث TQM یا Total Quality Management در جهان مطرح گردید و بسیاری از پیمانکاران بزرگ دنیا به آن توجه کردند. سازمان‌هایی که می‌توانند پروژه‌هایی را که به روش EPC اجرا شده‌اند مورد کنترل کیفی قرار دهند، سازمان‌هایی هستند که بحث TQM را در نظر دارند و به کار می‌برند. از آنجا که در این روش کارفرما تنها کنترل محدودی بر پروژه دارد و نباید در کار پیمانکار دخالت کند، نظارت کارفرما بر جریان پیشرفت کار و اطمینان از انطباق آن با برنامه زمان‌بندی پروژه، کنترل بر کیفیت تعیین شده، انجام آزمایش‌های حسن انجام کار، در قراردادهای EPC توسط نماینده کارفرما انجام می‌گیرد. اصولاً در چنین قراردادهایی نماینده کارفرما وظیفه نظارت و کنترل پروژه را به عهده دارد. اصولاً نماینده کارفرما که باید کار تضمین کیفیت را انجام دهد و اختیارات کارفرما را به‌عهده بگیرد، باید واجد صلاحیت

و دارای تخصص لازم در زمینه مسائل مرتبط با طرح و پروژه باشد. بنابراین تنها مهندسان مشاور می‌توانند این نقش را به عهده بگیرند که از تخصص کافی در زمینه پروژه موردنظر برخوردار باشند تا بتوانند هدایت کار را در دست بگیرند. در این زمینه فیدیک معتقد است که علاوه بر مواردی که مهندسین مشاور در ایران انجام می‌دهند (مانند شناسایی و تدوین فاز ۱ و ۲ و همچنین نظارت بر ساخت) موارد و ماموریت‌های دیگری نیز برعهده این گروه گذاشته شده است. در پیش‌نویس آیین‌نامه جدیدی که از سازمان برنامه‌ریزی و مدیریت کشور برای هیات دولت فرستاده شد، این موارد نیز پیش‌بینی گردید. مواردی مانند نظارت بر ساخت، مدیریت پروژه، مدیریت کیفیت، مدیریت ساخت، مدیریت هزینه، بررسی و ارجاع کار، فسخ قرارداد، خدمات حقوقی، آموزش فنی، تحلیل مدیریت ریسک، بررسی مقادیر مهندسی ارزش و نظایر آن در این زمینه بخشی از وظایف مهندس مشاور در نظر گرفته شده است [۱۶].

نظارت و کنترل دولت بر پروژه BOT

در قرارداد BOT نیز باید دو مرحله را تفکیک کرد. مرحله اول، مرحله ساخت است که معمولاً نظارت و کنترل پروژه توسط پیمانکار ناظر صورت می‌گیرد. اما مرحله دوم یعنی مرحله بهره‌برداری در قرارداد BOT از اهمیت بسیار بیشتری برخوردار است، زیرا در این قرارداد بهره‌برداری از طرح توسط بخش خصوصی انجام می‌شود [۱۷].

در قرارداد BOT طرح پس از ساخته شدن در اختیار بخش خصوصی قرار می‌گیرد که این امر از میزان کنترل و نظارت دولت می‌کاهد و حتی ممکن است دولت را با بعضی مشکلات حاکمیتی روبرو کند. بنابراین لازم است که دولت‌ها در هنگام استفاده از قرارداد BOT، همه جوانب کار را بسنجند و سپس به طراحی روشی مناسب برای کنترل و نظارت بر پروژه اقدام کنند تا آسیب‌های ناشی از مدیریت پروژه توسط بخش خصوصی را به حداقل برسانند [۱۷]. از آنجا که در روش EPC، نظارت که یکی از عوامل افزایش هزینه و زمان است کاهش می‌یابد، لازم است سیستم‌های تضمین کیفیت در مهندسی پایه، تفصیلی ساخت و نصب به‌طور کامل در شرکت‌ها پیاده شود. در توزیع هزینه پروژه‌های EPC بیشترین خطر را بخش کالا و تجهیزات پروژه دارد و لذا هماهنگی صحیح بخش مهندسی و بخش تدارکات کالا و تجهیزات، بسیار کلیدی و پراهمیت خواهد شد [۱۸]. در چنین پروژه‌هایی تمام فعالیت‌های لازم برای اجرای پروژه از مرحله طراحی و مهندسی تا تامین کالا و خرید تجهیزات و ساخت نهایی به‌طور کامل بر عهده پیمانکار بوده و پیمانکار پس از عقد قرارداد و طی زمان تعیین شده، باید طرح پروژه را به صورت کامل به کارفرما تحویل دهد. فعالیت کارفرما و مشاورین وی بیشتر در فرآیند مناقصه و نظارت عالیه در طول طرح خواهد بود. به‌عنوان یک قانون کلی هر عیب و نقصی که در محدوده تعریف شده کار حادث شود مسئولیت پیمانکار خواهد بود و ریسک و مسئولیت اجرایی از کارفرما به پیمانکار منتقل می‌شود [۱۹].



5 (3) , 2020

دوره ۵، شماره ۳

پاییز ۱۳۹۹

فصلنامه پژوهشی

مهندسی مدیریت ساخت

۳-۸- ریسک پروژه

براساس پیکره دانش مدیریت پروژه (PMBOK) ریسک رویداد یا شرایط غیرقطعی است که در صورت وقوع، تاثیر مثبت یا منفی بر روی حداقل یکی از اهداف اصلی پروژه خواهد گذاشت [۲۰]. پس از شناسایی و تعیین ریسک‌های پروژه، آنچه اهمیت فراوانی دارد، تخصیص ریسک‌ها می‌باشد. اصل بر این است که هر ریسک به یکی از طرفین قرارداد که کنترل بیشتری بر آن دارد، تخصیص یابد [۲۱].

ریسک قرارداد EPC

جهت انجام یک پروژه شیوه‌ها و روش‌های متعددی وجود دارد که یکی از اهداف مهم در تمامی روش‌ها همان رسیدن به اهداف پروژه با صرف هزینه و زمان کمتر می‌باشد. در این راستا شیوه‌های قراردادی مختلف و همچنین ابزار و تکنیک‌های متفاوتی در اختیار عوامل پروژه قرار می‌دهند. در کلیه قراردادها از جمله قراردادهای سنتی (سه عاملی) با توجه به این نکته که مرحله آغازین پروژه از اهمیت بیشتری برخوردار است، لذا می‌توان این مطالب را به قراردادهای EPC نیز تعمیم داد و به این نتیجه رسید که کمیت ریسک بایستی کار خود را از همان ابتدای شروع پروژه آغاز کند [۲۲]. ریسک‌های مهم قرارداد شامل: ریسک‌های طراحی، ریسک حوزه قرارداد، ریسک حوزه تدارکات، ریسک حوزه مالی و ریسک حوزه اجرا است [۲۳].

ریسک قرارداد BOT

ریسک‌های پروژه‌های سرمایه‌گذاری را معمولاً در سه گروه ریسک‌های مرحله ساخت، مرحله بهره‌برداری و مشترک دو مرحله تقسیم بندی می‌نمایند [۲۴]. در قرارداد BOT در مدت زمان ساخت و بهره‌برداری از پروژه، ریسک طرح بر عهده بخش خصوصی می‌باشد. در این قرارداد، مرحله ساخت و مرحله بهره‌برداری توسط بخش خصوصی انجام می‌شود و بخش خصوصی بیشترین کنترل را بر پروژه دارد. بنابراین بیشترین ریسک نیز بر عهده بخش خصوصی است و بخش دولتی، ریسک اندکی را بر عهده خواهد داشت. البته بخش خصوصی برای حل این مشکل از روش‌های مختلف مدیریت ریسک استفاده می‌کند تا بتواند ریسک پروژه را به حداقل ممکن برساند. در واقع ریسک به‌عنوان یک حقیقت انکار ناپذیر، مدیران را وادار ساخته است تا آن را پذیرفته و از آن به صورت فرآیندی به نام مدیریت ریسک به‌عنوان یکی از بهترین روش‌هایی که آنها را در جهت اتخاذ بهترین تصمیمات یاری می‌رساند، استفاده کنند [۲۵].

مقایسه

در قراردادهای EPC اکثر ریسک‌های پروژه، از قبیل ریسک شرایط غیرقابل پیش‌بینی و حتی ریسک اشتباهات کارفرما در الزامات کارفرما و اسناد و اطلاعات مناقصه به پیمانکار تخصیص یافته است به نحوی که در برخی از مواقع غیرمنصفانه و نامتوازن به نظر می‌رسد. در حقیقت در این نوع قرارداد پیمانکار با پذیرش اکثر ریسک‌ها، قطعیت بالایی از حیث زمان و قیمت نهایی پروژه را در مقابل کارفرما تضمین می‌نماید [۱]. اگر در پروژه‌ها از قرارداد BOT استفاده شود، بیشترین ریسک پروژه بر عهده بخش خصوصی خواهد بود.

بنابراین این مسئله به سود و منفعت دولت است و یک مزیت مهم برای قرارداد BOT محسوب می‌گردد [۲۶].

۴- نتیجه‌گیری

EPC روشی جدید و سود آور در مدیریت پروژه می‌باشد. با کاهش زمان و کاهش مراحل طراحی تا اجرا باعث هماهنگی بیشتر طرح‌ها می‌شود، اما چیزی که حائز اهمیت است این است که برای اجرای EPC باید شرایط مناسب باشد یعنی در صورتی که زیر ساخت‌های لازم برای اجرای آن فراهم باشد می‌تواند روش مناسبی در اجرای پروژه‌ها باشد. قراردادهای EPC به قراردادهایی گفته می‌شود که در آن، کارفرما، امور طراحی، مهندسی، تهیه مصالح و تجهیزات، مدیریت طرح، اخذ مجوزهای لازم، ساخت و نصب پروژه را به پیمانکار عمومی واگذار می‌کند. قراردادهای BOT در جهان اقتصادی امروز جایگاه ویژه‌ای در سرمایه‌گذاری خارجی یافته و کشور ما نیز برای توسعه طرح‌های زیربنایی خود نیازمند استفاده از آن می‌باشد. در قراردادهای BOT، پیمانکار پس از ساخت طرح، مدتی مالک طرح بوده و از آن بهره‌برداری می‌کند و سپس مالکیت را به کارفرما منتقل می‌کند. اما در قراردادهای EPC، پیمانکار مالک طرح نشده و پس از نصب و راه‌اندازی طرح، رابطه قراردادی او با کارفرما قطع می‌شود. امید است مطالعه حاضر بتواند سهمی کوچک در جهت اعتلای قراردادها در حرفه مقدس مهندسی داشته و در آینده‌ای نزدیک بتوانیم شاهد رعایت کامل اصول قراردادها در حرفه مهندسی بوده و به سوی تحقق جامعه‌ای ایده آل در حرکت باشیم.

۵- مراجع

- [۱] حیدری، علی، زارعی، محمدحسین، لاجوردی، عرفان. (۱۳۹۱). قراردادهای EPC از منظر حقوق اقتصادی، پایان نامه جهت دریافت درجه کارشناسی ارشد رشته حقوق اقتصادی، دانشکده حقوق، دانشگاه شهید بهشتی.
- [۲] پرچی جلال، مجید. (۱۳۸۸). بررسی چالش‌های حقوقی و فنی استفاده از قراردادهای تیپ طرح و ساخت و EPC ایران و فیدیک، اولین کنفرانس ملی اجرای پروژه به روش EPC.
- [۳] بدیعی خیرآبادی، سید رضا، محمد جعفری، مرجان. (۱۳۹۲). تحلیل و دسته بندی قراردادهای عمرانی، دانشگاه علوم تحقیقات کرمان.
- [۴] اسکندری، حامد. (۱۳۹۲). بررسی تعهدات طرفین در قراردادهای ساخت، بهره برداری و انتقال پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم تحقیقات شاهرود.
- [۵] یاری بسطامی، فرزانه. (۱۳۹۸). بررسی تعهدات و رابطه حقوقی شرکت پروژه با شرکت مجری طرح در قرارداد بی او تی، دانش حقوق مالیه، سال سوم، شماره ۸.
- [۶] صادقی، محسن، گودرزی، حبیب. (۱۳۸۷). بررسی قراردادهای بین‌المللی طراحی، تهیه تجهیزات و ساخت با نگاهی به جایگاه آن در نظام حقوقی ایران، فصلنامه حقوق، مجله دانشکده حقوق و علوم سیاسی، دوره ۳۸، شماره ۲.
- [۷] شیروی، عبدالحسین. (۱۳۸۴). قراردادهای ساخت، بهره‌برداری و واگذاری، (بی او تی) انتشارات دانشگاه تهران.
- [۸] جباری، امید، طاهری، عبدالرحیم. (۱۳۹۷). شناسایی قرارداد، مزایا، معایب و تامین مالی در قراردادهای EPC، کنفرانس ملی پدافند کالبدی عمران، معماری و شهرسازی.
- [۹] سلیمانی، حسن، شاهسونی، شهاب. (۱۳۹۵). تحلیل حقوق قراردادی بی او تی.
- [10] Ir. Sebastiaan Meheer, Spiro. N. Pplais, BOT Contracts, (Netherlands: Delf University of Technology).
- [11] UNIDO, Guidelines for Infrastructure Development through BOT Projects, (Vienna: UNIDO Publications, 1996).
- [۱۲] سید مرتضی حسینی، راحله. (۱۳۹۴). بررسی قراردادهای مهندسی، اجرا و ساخت با شرط تأمین مالی (EPCF) در نظام نوین قراردادهای صنعت نفت، مطالعات حقوق انرژی، دوره ۱، شماره ۲.
- [۱۳] حاتم‌می، علی، کریمیان، اسماعیل. (۱۳۹۳). حقوق سرمایه‌گذاری خارجی، تهران: انتشارات تپاسا.

- [۱۴] امین زاده، الهام، عبدی، صادق (۱۳۹۲). بررسی انواع ساز و کارهای تامین مالی پروژه های صنعت انرژی (با تأکید بر مشکلات ساختاری قراردادهای EPCF)، ماهنامه علمی ترویجی اکتشاف و تولید نفت و گاز.
- [۱۵] فاطمی، ذوالفقار، یاراحمدی، علی حسین. (۱۳۹۰). نظارت و کنترل دولت بر امور اقتصادی و جایگاه آن در تحقق سیاست های کلی اصل ۴۴، مجله بررسی های حقوقی.
- [۱۶] والی زاده، سودابه، والی زاده، داریوش، پروری، علی. (۱۳۹۶). بررسی حقوقی قراردادهای BOT و EPC در پروژه های راهسازی، فصلنامه علمی تخصصی مهندسی و مدیریت ساخت سال دوم، شماره هفتم.
- [۱۷] فلاحی، آزاد. (۱۳۹۳). بررسی تحلیلی ساختار قرارداد BOT، تهران: بهنامی.
- [۱۸] سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور. (۱۳۸۱). ضوابط اجرای روش طرح و ساخت در پروژه های صنعتی EPC، نشریه ۵۴۹۰ معاونت امور فنی، دفتر امور فنی و تدوین معیارها.
- [۱۹] آخوندی، علیرضا و همکاران. (۱۳۹۲). انتخاب مدل مناسب EPC در پروژه های احداث نیروگاه خورشیدی مگاواتی، تهران، پژوهشکده توسعه تکنولوژی جهاد دانشگاهی، گروه پژوهشی مهندسی صنایع.
- [20] P. project management institute, a guide to the project management body of knowledge, PMI, 2013.
- [۲۱] عزیزی، فاطمه. (۱۳۸۶). تضمین های مقرر برای سرمایه گذاری خارجی به روش BOT در قوانین و مقررات ایران، مجله بررسی های مسائل اقتصاد انرژی.
- [۲۲] مرتهب، محمدمهدی، شمس مجد، رضا. (۱۳۸۶). مطالعه موردی بررسی و مدیریت ریسک در قراردادهای EPC، کنفرانس ملی توسعه نظام اجرایی پروژه های عمرانی، صنعتی و شهری.
- [۲۳] رضا نظری، امیر، برمایه ور، بهنود. (۱۳۹۷). شناسایی و بررسی ریسک های قراردادهای EPC در پروژه های بزرگ (مطالعه موردی پروژه مشهد مال)، فصلنامه علمی تخصصی مهندسی و مدیریت ساخت سال سوم، شماره نهم.
- [۲۴] معزز، محمد، صبیحی، محمد حسین. (۱۳۹۱). شناسایی ریسک های بیمه پذیر در پروژه های نیروگاهی با رویکرد اجرایی BOO و BOT. مجله تازه های جهان بیمه.
- [۲۵] الماسی، نجادعلی، اماراتی موسوی، سیدمحمد. (۱۳۹۵). مقایسه مزایا و معایب قرارداد استئناغ و قرارداد BOT در اجرای پروژه های دولتی، آموزه های حقوقی گواه، شماره دوم.
- [۲۶] بابایی، علی اکبر. (۱۳۷۲). مدیریت ریسک و گزینش شیوه های برتر، مجله تدبیر.

¹ Coase

² Engineering, Procurement and Construction

³ Build, Operate and Transfer

⁴ FIDIC

⁵ Engineering, Procurement, Construction and Finance

⁶ Project Management Body Of Knowledge

Technical and economic analysis of full and empty crossing methods in the sequence of station and tunnel construction in Tehran metro line seven

Seyed Amirhossein Ghoreishian

Researcher of Civil Engineering, Faculty of Engineering and Passive Defense, Imam Hossein University, Tehran, Iran.

Amin Jafariya

MSc of Civil Engineering, Faculty of Engineering and Passive Defense, Imam Hossein University, Tehran, Iran.

Mohammad Fayaz *

Assistant Professor, Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering and Passive Defense, Imam Hossein University, Tehran, Iran.

Saeed Mohammad

Assistant Professor, Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering and Passive Defense, Imam Hossein University, Tehran, Iran.

بررسی فنی و اقتصادی روش های اجرای عبور پر و خالی در توالی اجرای ایستگاه و تونل در خط هفت متروی تهران

سید امیرحسین قریشیان

پژوهشگر در مقطع دکتری مهندسی عمران، دانشکده مهندسی و پدافند غیر عامل، دانشگاه جامع امام حسین، تهران، ایران.

امین جعفرنیا

کارشناس ارشد مهندسی عمران، دانشکده مهندسی و پدافند غیر عامل، دانشگاه جامع امام حسین، تهران، ایران.

محمد فیاض *

استادیار، گروه مهندسی عمران، دانشکده مهندسی و پدافند غیر عامل، دانشگاه جامع امام حسین، تهران، ایران.

سعید محمد

استادیار، گروه مهندسی عمران، دانشکده مهندسی و پدافند غیر عامل، دانشگاه جامع امام حسین، تهران، ایران.

*Corresponding author's email address:

m.fayaz@modares.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۷/۲۹، تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۸/۰۶

Abstract

Due to the expansion of urban spaces and the density of surface structures, as well as the lack of necessary spaces for intra-city transportation, the need for subway construction in urban areas is more acute than ever. In order to build a subway, it is necessary to build underground structures such as tunnels and several stations. Today, one of the most important and challenging construction issues in metro projects is deciding on the sequence of tunnel or station construction. Obviously, proper allocation of resources to different departments requires careful technical and economic consideration of different options and special attention to aspects related to work planning. In this research, two methods of tunnel or station execution sequence in two general cases of full and empty passage have been investigated. Furthermore, considering that each of the above methods requires the adoption of measures and arrangements to prevent possible problems and delays, these arrangements have been stated in each case. Finally, the economic comparison of the sequence of tunnel construction (mechanized method) and the station in the seven metro lines of Tehran has been studied. Studies show that the construction of the tunnel before the construction of the station is more economical than the construction of the station before the construction of the tunnel. And this can save a lot of money for a metropolis like Tehran, which needs to build a large number of subway lines and stations. Also, familiarity with the costs, obstacles and problems of each of the above methods can be useful in deciding on the appropriate method and contract to start a rail project.

Keywords

Metro station, tunnel, method of execution in the sequence of station and tunnel, Tehran metro line seven, mechanized drilling

چکیده

با توجه به گسترش فضاهای شهری و تراکم سازه های سطحی و همچنین کمبود فضای لازم برای حمل و نقل درون شهری، نیاز به اجرای مترو در محیط های شهری بیش از گذشته محسوس است. جهت احداث مترو لازم است سازه های زیرزمینی نظیر تونل و ایستگاه های متعدد احداث گردد. امروزه یکی از موضوعات مهم و چالش برانگیز ساخت و ساز در پروژه های مترو، تصمیم گیری در مورد توالی اجرای تونل یا ایستگاه می باشد. بدیهی است تخصیص مناسب منابع به بخش های مختلف، نیازمند بررسی دقیق فنی و اقتصادی گزینه های مختلف و توجه خاص به جنبه های مرتبط با برنامه ریزی کار می باشد. در این تحقیق ابتدا به بررسی دو روش توالی اجرای تونل یا ایستگاه در دو حالت کلی عبور پر و خالی پرداخته شده است. و در ادامه با توجه به اینکه هر یک از روش های فوق، نیازمند اتخاذ تدابیر و تمهیدات برای پیشگیری از مشکلات و تاخیرات احتمالی می باشد، در هر مورد این تمهیدات بیان شده است. در نهایت به بررسی و مقایسه اقتصادی توالی اجرای تونل (به روش مکانیزه) و ایستگاه در خط هفت متروی تهران پرداخته شده است. بررسی های انجام شده نشان گر آن است که اجرای تونل قبل از احداث ایستگاه دارای صرفه اقتصادی بیشتری نسبت به احداث ایستگاه قبل از احداث تونل می باشد. و این مساله میتواند برای کلان شهری مثل تهران که نیازمند اجرای تعداد زیاد خطوط مترو و ایستگاه می باشد، صرفه جویی اقتصادی بسیار زیادی را به همراه داشته باشد. همچنین آشنایی با هزینه ها، موانع و مشکلات هریک از روش های فوق الذکر می تواند در تصمیم گیری در مورد اتخاذ روش و قرارداد مناسب در شروع یک پروژه ریلی مفید واقع شود.

کلمات کلیدی

ایستگاه مترو، تونل، روش اجرای در توالی ایستگاه و تونل، خط هفت متروی تهران، حفاری مکانیز



5 (3) , 2020

دوره ۵، شماره ۳

پاییز ۱۳۹۹

فصلنامه پژوهشی

مهندسی عمران

بررسی فنی و اقتصادی روش های اجرای عبور پر و خالی در توالی اجرای ایستگاه و تونل در خط هفت متروی تهران

(الف) عبور پر یا ساخت ایستگاه پس از حفر تونل و تخریب پوشش تونل در محوطه ایستگاه
(ب) عبور خالی و یا ساخت ایستگاه قبل از حفر تونل و عبور دستگاه حفار از ایستگاه ساخته شده.

۲-۱- روش عبور پر

همانطور که بیان گردید به ساخت ایستگاه پس از حفر تونل و تخریب پوشش تونل در محوطه ایستگاه، در اصطلاح روش عبور پر اطلاق می شود. در این روش ابتدا تونل توسط TBM اجرا می گردد و پس از عبور دستگاه و جمع شدن تجهیزات پشتیبانی از موقعیت ایستگاه، با تخریب سگمنت تونل عملیات اجرایی ایستگاه تکمیل می گردد. این روش دارای مزیت هایی چون؛ اجرای تونل مطابق با برنامه زمانبندی پیشروی، حذف الزامات مورد نیاز برای عبور ماشین از ایستگاه ها، حفظ پیوستگی عملیات اجرایی تونل، ترخیص زودتر ماشین حفار برای استفاده در سایر پروژه ها (جلوگیری از خواب ماشین آلات)، پیشروی مستقل تونل از عملیات اجرای ایستگاه می باشد. همچنین این روش اجرا معایب و چالش هایی مانند تاخیر در اجرای ایستگاه به دلیل عدم امکان تخریب تونل تا پایان عملیات حفاری مکانیزه و مشکلات مربوط به تخریب ایمن سگمنت ها، را دارد.

۲-۲- روش عبور خالی

در روش دوم (عبور TBM پس از اجرای ایستگاه) پس از اجرای کامل ایستگاه و یا اتمام عملیات اجرای سازه نگهبان و خاکبرداری ایستگاه تا زیر کف تونل، به منظور اجرای تونل لازم است TBM از محل ایستگاه عبور نماید. از مزایای این روش می توان به اجرای ایستگاه مستقل از عملیات اجرایی تونل، امکان بازرسی و تعمیر TBM پس از رسیدن ماشین به محل ایستگاه ساخته شده و همچنین امکان استفاده از ایستگاه به عنوان شفت سرویس میانی (در صورتی که روش اجرای ایستگاه زیرزمینی نباشد) اشاره نمود. برخلاف مزایای این روش، نیاز به انجام تمهیدات خاصی از قبیل پایداری دیواره ورودی و خروجی TBM و اجرای کریدل بتنی جهت عبور TBM چالش ها و مشکلاتی را به همراه دارد. به طور کلی عبور ماشین حفار تونل از ایستگاه اجرا شده در سه گام اصلی ورود TBM به ایستگاه، عبور ماشین از طول ایستگاه، شروع حفاری و خروج TBM از ایستگاه انجام می گردد. در ادامه برای مشخص نمودن هزینه های هر روش، به بیان هر یک از مراحل اصلی عبور دستگاه حفاری از ایستگاه پرداخته می شود که برای انجام گام های فوق الذکر لازم است در طول ایستگاه تمهیدات لازم از قبیل تامین پایداری دیواره های ایستگاه، آب بندی اطراف سپر در محل ورود و خروج TBM، احداث سازه بستر (کریدل) مناسب جهت عبور TBM و ایجاد تکیه گاه مناسب برای تامین نیروی پیشران TBM مهیا گردد.

۲-۲-۱- پایداری دیواره ایستگاه و چشمه تونل

قبل از رسیدن TBM به ایستگاه، باید چشمه تونل در دیواره ایستگاه ایجاد و پایداری آن تامین شود. روش های متداول برای

امروزه مسایل اقتصادی و فنی از مهمترین موضوعات در انتخاب روش احداث پروژه های مترو در ایران می باشد. خطوط مترو معمولاً از مناطق شهری با بافت مسکونی و تجاری متراکم عبور می کنند؛ از این رو ساخت تونل ها و ایستگاه های مترو باید به گونه ای باشد که علاوه بر تامین پایداری فضای زیرزمینی، حداقل تاثیر را بر ساختمان های مجاور و نیز تاسیسات مهم شهری که در عمق کمی قرار گرفته اند، داشته باشند [۱]. انتخاب روش اجرا در ساخت ایستگاه های زیرزمینی با توجه به ابعاد و هندسه ی بزرگ این فضاها در مقایسه با تونل های حمل و نقل شهری دارای اهمیت زیادی است چرا که روش اجرا علاوه بر تاثیر اقتصادی، زیست محیطی و زمانی، تاثیر مستقیمی در میزان تغییر شکل ها و نشست های سطح زمین دارد. نشست های سطحی برای ساختمان های مجاور محدوده ساخت ایستگاه بسیار تاثیر گذار بوده و می تواند باعث آسیب جدی به این سازه ها شود [۲]. از طرف دیگر نحوه تخصیص منابع مالی به بخش های مختلف، یکی از پارامترهای مهم مدیریت مالی در پروژه های عمرانی است. بحث توالی ساخت تونل و ایستگاه ها در پروژه های قطار شهری نیز از جمله مباحث مهم و چالش برانگیز در این حوزه است که تحت تاثیر عوامل زیادی از جمله الزامات کارفرمایی، امکانات و توانایی های پیمانکاران، محدودیت های ترافیکی و تملک، جریان نقدینگی پروژه، مشکلات تهیه دستگاه TBM و همچنین میزان پیشرفت مهندسی پروژه در حوزه تونل و ایستگاه ها می باشد [۳]. بدیهی است تخصیص مناسب منابع، نیازمند بررسی دقیق فنی و اقتصادی گزینه های مختلف و توجه خاص به جنبه های مرتبط با برنامه ریزی کار می باشد.

همچنین یکی از موضوعات مهم و چالش برانگیز ساخت و ساز در پروژه های مترو، تصمیم گیری در مورد توالی اجرای تونل یا ایستگاه می باشد. توالی اجرای تونل یا ایستگاه در دو حالت کلی عبور پر و خالی امکان پذیر می باشد. در حالت اول (حالت پر)، ابتدا حفاری تونل انجام شده و پس از اتمام حفاری در محدوده ایستگاه ها، عملیات احداث ایستگاه ها انجام می پذیرد. به عبارت دیگر، به ساخت ایستگاه پس از حفر تونل و تخریب پوشش تونل در محوطه ایستگاه، در اصطلاح عبور پر اطلاق می شود. در حالت دوم (حالت خالی)، ابتدا ایستگاه تا عمق مناسب آماده سازی شده و سپس ماشین حفار از فضای خالی ایستگاه عبور می کند [۴]. اجرای تونل و ایستگاه در هر یک از این حالتها مستلزم اتخاذ تدابیر و تمهیداتی برای پیشگیری از مشکلات و تأخیرات احتمالی خواهد بود. در این مقاله ابتدا دو روش عبور TBM از ایستگاه ساخته شده و ساخته نشده بیان گردیده شده است و در نهایت به بررسی و مقایسه اقتصادی توالی اجرای تونل (به روش مکانیزه) و ایستگاه در خط هفت متروی تهران پرداخته شده است.

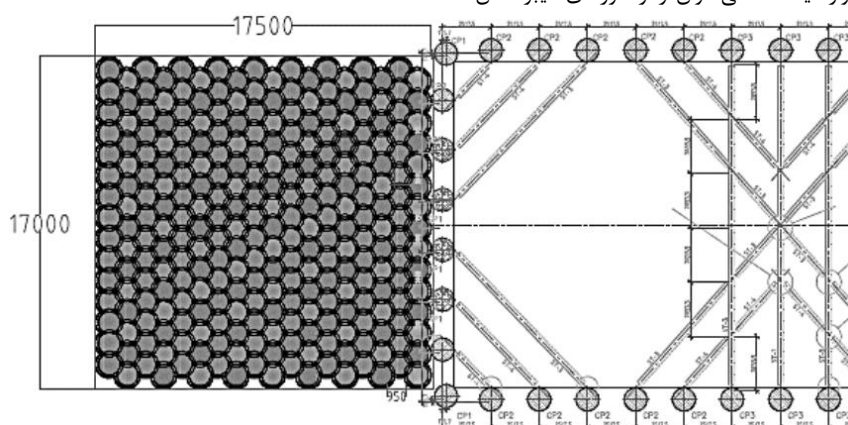
۲- روش های توالی اجرای تونل یا ایستگاه در پروژه های

حفاری مکانیزه

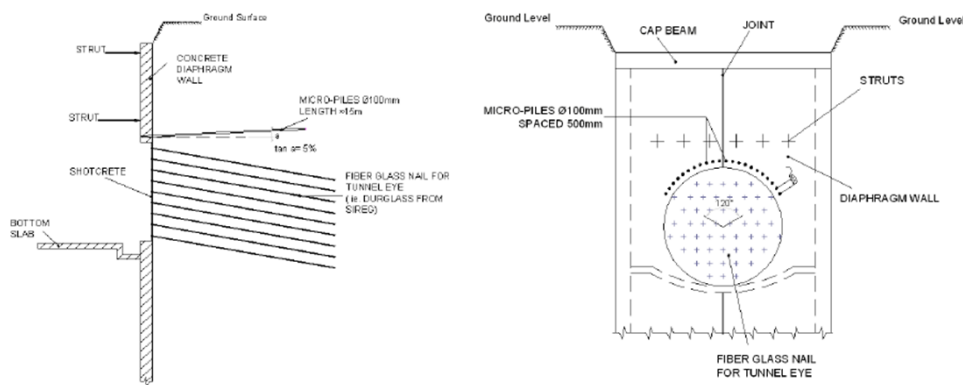
به طور کلی دو رویکرد در اجرای پروژه های حفاری مکانیزه از منظر عبور ماشین حفار از ایستگاه وجود دارد [۵]:

(مطابق تصویر شماره C-۱) نیز استفاده نمود. در روش دیگر استفاده از رینگ آب بندی خروج است که این رینگ متشکل از یک سازه فلزی استوانه ای با قطر کمی بیشتر از قطر سپر است که مجهز به یک یا دو ردیف نوار آب بند می باشد. شمای این روش در تصویر شماره d-۱ ارائه شده است. روش های دیگری از جمله بهسازی زمین به منظور کاهش نفوذپذیری با اجرای تزریق پایه سیمانی یا شیمیایی و زهکشی و کاهش تراز آب زیرزمینی نیز جهت پایدارسازی و آب بند کردن چشمه تونل وجود دارد که در تهران از این روش ها غالباً استفاده نمی شود.

پایداری و آب بندی چشمه تونل وجود دارد که طراحی سازه نگهدارنده و دیواره حایل ایستگاه با در نظر گرفتن موقعیت تونل و به گونه ای که امکان حفاری آن توسط TBM وجود داشته باشد، متنوع است [۶]. یکی از روش های پایداری و آب بندی چشمه تونل، تحکیم توسط جایگزین کردن زمین حفاری شده با بتن پلاستیک از سطح زمین با حفر شمع یا اجرای دیوار دیافراگمی (Tympanum) (مطابق تصویر شماره a-۱) می باشد [۷]. روش دوم پایداری و آب بندی چشمه تونل میخکوبی جبهه کار با استفاده از بولتهای فایبرگلاس (مطابق تصویر شماره b-۱) می باشد. در این روش هزینه و مدت زمان اجرای پروژه افزایش خواهد یافت. همچنین به جای استفاده از بولت برای مسلح کردن شمع ها یا دیواره ایستگاه، می توان از آرماتورهای فایبرگلاس



شکل a-۱) تحکیم توسط جایگزین کردن زمین حفاری شده با بتن پلاستیک از سطح زمین با حفر شمع (تیمپن)



شکل b-۱) میخکوبی جبهه کار با استفاده از بولتهای فایبرگلاس



شکل C-۱) مسلح کردن شمع ها یا دیواره ایستگاه با آرماتورهای های فایبرگلاس

۲-۲-۲ عبور ماشین از طول ایستگاه (TBM void crossing)

مسیر عبور TBM در طول ایستگاه باید کف سازی شده و بستر مناسب برای عبور TBM و سیستم پشتیبان BSU اجرا شود. در پروژه های مشابه و تجربیات موجود انواع کریدل (بستر) به صورت بتنی پیش ساخته، فلزی، بتن ریزی برجا می باشد [۸]. مطابق تصویر شماره ۲، با توجه به طراحی سیستم پشتیبانی استفاده از یک سگمنت و قرار دادن سگمنت کف بر روی آن برای عبور سیستم پشتیبان و همچنین سیستم ترابری کافی است.

۲-۲-۳ ایجاد تکیه گاه مناسب برای تأمین نیروی پیشران متداول ترین راه جهت ایجاد تکیه گاه مناسب برای تأمین نیروی پیشران، استفاده از سازه قاب فشار^۱ است [۹]. روش های دیگری همچون استفاده از رینگ کامل سگمنت ها، با محاسبه تعداد رینگ های لازم برای تأمین نیروی مورد نیاز نیز وجود دارد. تصویر شماره ۳ استفاده از رینگ های سگمنتی جهت شروع حفاری TBM از ایستگاه ساخته شده در خط ۷ مترو تهران را نمایش می دهد.



شکل ۳ استفاده از رینگ های سگمنتی جهت شروع حفاری (پروژه خط ۱۷ ایستگاه U7)

۳- معرفی خط ۷ قطار شهری تهران و حومه (مترو)

خط ۷ متروی تهران بصورت L شکل بوده که از شهرک امیرالمومنین در شرق تهران شروع شده است و پس از عبور از بزرگراه بسیج و امتداد یافتن در طول بزرگراه شهید محلاتی، خیابان سعیدی، خیابان قیام و اتصال به میدان قیام و گسترش آن در امتداد خیابان مولوی و هلال احمر و اتصال به بزرگراه نواب صفوی، مسیر آن در امتداد شمالی جنوبی و در طول بزرگراه نواب تغییر می یابد، با قطع بزرگراه جلال آل احمد مسیر این خط در امتداد بزرگراه چمران امتداد یافته و پس از اتصال به میدان صنعت در امتداد بلوار شهید پاکنژاد و عبور از میدان سرو، مسیر تونل در امتداد سرو غربی تغییر یافته و تا میدان کاج ادامه می یابد. این خط در زمان انجام طراحی تونل ارتباطی خطوط شش و هفت متروی تهران شامل ۲۹ ایستگاه بوده که تمامی آنها زیرزمینی بوده اند. در حال حاضر تعداد ایستگاه به ۲۲ ایستگاه کاهش پیدا کرده است. طول مسیر خط ۷ از ابتدا تا انتها با احتساب طول ایستگاه ها در حدود ۲۵٫۵ کیلومتر و طول سکوی ایستگاه ها ۱۶۸ متر می باشد. پلان مسیر خط ۷ مترو تهران در تصویر شماره ۴ نشان داده شده است. در خط ۷ متروی تهران بخشی از تونل که بصورت دستی انجام شده است با روش حفاری مرحله ای (Sequential Excavation Method) و ایستگاه های زیرزمینی کلاً بصورت پیش تثبیت اجرا شده اند. در خط ۷ متروی تهران به دلیل یکپارچگی طراحی و اجرا، مطالعات و بررسی جامعی در روش های اجرایی خطوط قبلی مترو در ایران و جهان انجام شده است. این خط که عمیق ترین خط متروی تهران می باشد تمامی ایستگاه های آن بصورت زیرزمینی و با روش پیش تثبیت اجرا شده است.

۴- بررسی و مقایسه اقتصادی توالی اجرای تونل (به روش مکانیزه) و ایستگاه



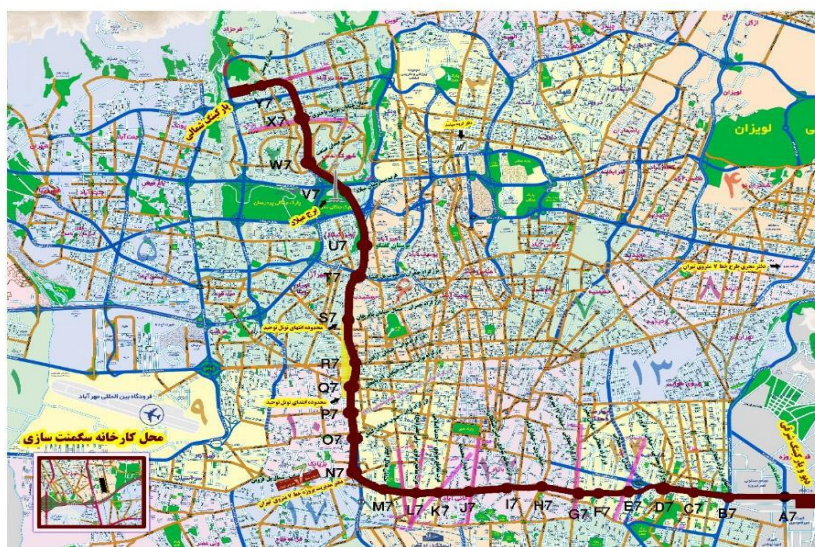
شکل ۱-d استفاده از رینگ آبدبندی در هنگام ورود ماشین



شکل ۲ استفاده از کریدل بتنی جهت عبور TBM از ایستگاه ساخته شده (پروژه خط ۷ مترو ایستگاه W7)

در این قسمت از مقاله به منظور مقایسه اقتصادی توالی اجرای تونل به روش مکانیزه و ایستگاه، هزینه های اجرای تونل مکانیزه مستقل از اجرای ایستگاه با هزینه های انجام تمهیدات مورد نیاز جهت عبور TBM از یک ایستگاه که سازه نگهدار آن قبل از رسیدن TBM ساخته شده است مقایسه می گردد. لازم به ذکر است هزینه های ارائه شده مربوط به سال ۱۳۹۱ می باشد. در حالت کلی هزینه ساخت تونل به روش مکانیزه شامل هزینه های مرتبط با ماشین حفار و مواد مصرفی، هزینه های مرتبط با سیستم های ترابری و خدمات فنی، هزینه تمام شده برای هر رینگ سگمنت و ملحقات آن، هزینه گروت و هزینه پرسنل می شود. مطابق بند ۳-۱ جدول شماره ۱ (طبق الحاقیه شماره ۱ قرارداد) قیمت اجرای ۲۷ کیلومتر تونل برابر ۱۸۲,۱۱۱,۴۷۴ دلار بوده که بهای هر متر

آن برابر ۶۷۴۴ دلار می باشد. که با توجه به نرخ برابری هر دلار به ریال به میزان ۱۲,۲۶۰ ریال [۱۰]، هزینه احداث هر متر طول تونل به میزان ۸۲,۶۹۲,۰۹۹ ریال می گردد. به منظور عبور TBM از ایستگاه به طول ۱۰۰ متر سازه کریدل بتنی در طول ایستگاه اجرای می شود که هزینه اجرایی آن شامل هزینه های قالب بندی، آرماتور فولادی، بتن ریزی و هزینه های حمل و نقل است که این موارد در جدول شماره ۲ بیان شده است. هزینه اجرای تحکیمات دهانه ورودی و خروجی TBM در ایستگاه با توجه به انجام فورپولینگ مطابق تصویر شماره ۵، شامل هزینه های تجهیز و حمل ماشین آلات، حفاری چال، تهیه و مشبک کردن و نصب لوله داخل چال میباشد که ریز این مبالغ در جدول شماره ۳ ارائه شده است.



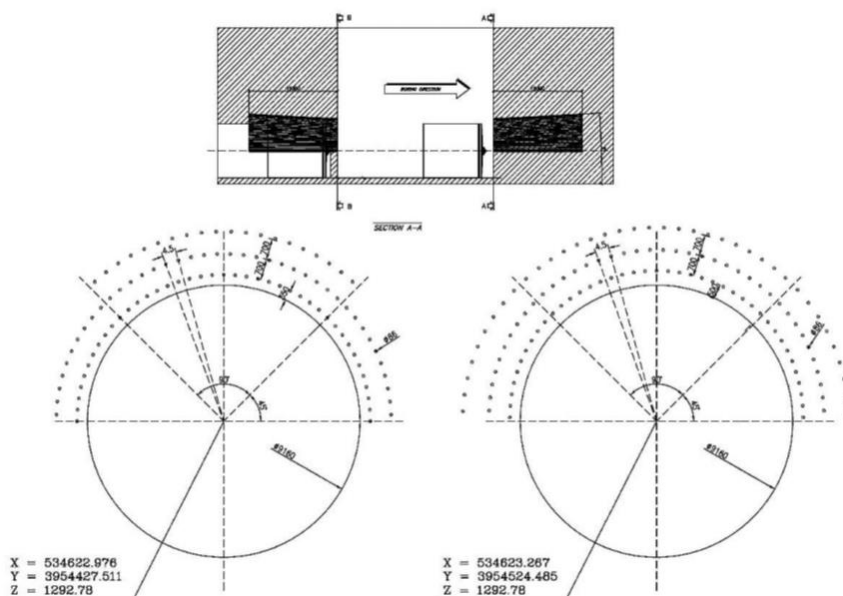
شکل ۴ مسیر خط هفت متروی تهران

جدول ۱ ساختار شکست مالی بخش تونل خط ۷ متروی تهران

ردیف	آیتم ساختار شکست بخش مسیر و تونل خط ۷ مترو	درصد از کل (%)	قیمت قرارداد (دلار)
۱	پروژه تونل خط ۷ متروی تهران	۱۰۰	۲۹۰,۰۷۸,۸۰۶
۲	طراحی مهندسی طبق قرارداد	۲	۵,۸۰۱,۵۷۶
۳	تجهیز و ساخت مسیر	۹۸	۲۸۴,۲۷۷,۲۳۰
۳-۱	تجهیز تونل	۱۲	۳۴,۸۰۹,۴۵۷
۳-۱-۱	تامین و راه اندازی دستگاه حفار اول	۶	۱۷,۴۰۴,۷۲۸
۳-۱-۲	تامین و راه اندازی دستگاه حفار دوم	۶	۱۷,۴۰۴,۷۲۸
۳-۲	ساخت مسیر	۸۶	۲۴۹,۴۶۷,۷۷۳
۳-۲-۱	ساخت تونل	۶۲,۷۸	۱۸۲,۱۱۱,۴۷۴
۳-۲-۲	زیرسازی و روسازی	۱۷,۲۰	۴۹,۸۹۳,۵۵۵
۳-۲-۳	شفت های تهویه میان تونلی	۶,۰۲	۱۷,۴۶۲,۷۴۴

جدول ۲ هزینه احداث سازه بتنی کریدل

ردیف	آیتم اصلی	ریز آیتم	واحد	مقدار	قیمت واحد (ریال)	قیمت کل (ریال)
۱	قالب بندی	قالب بندی	متر مربع	۳۳۳,۸۳	۹۸,۰۰۰	۳۲,۷۱۵,۳۴۰
			کیلوگرم	۹۲۷۶۷,۲	۶,۵۶۰	۶۰۸,۵۵۲,۸۳۲
۲	کار فولادی	آرماتور سائز ۱۲-۱۸ میلیمتر	کیلوگرم	۳۲۳۰,۷۶	۶,۴۲۰	۲۰,۷۴۱,۴۷۹
		آرماتور سائز ۲۰ میلیمتر و بیشتر	کیلوگرم			
		تهیه و ساخت و بکار بردن قطعات اتصالی از تیر آهن، ناودانی، نبشی و	کیلوگرم	۱۴۴۰۶,۷	۱۷,۶۰۰	۲۵۳,۵۵۸,۰۰۸
۳	بتن درجا	بتن با عیار ۱۵۰ کیلو گرم سیمان	متر مکعب	۳۶۶,۶۹	۲۸۰,۰۰۰	۱۰۲,۶۷۳,۲۰۰
		بتن با عیار ۳۵۰ کیلو گرم سیمان	متر مکعب	۱۸۷۰,۶۶	۴۸۸,۰۰۰	۹۱۲,۸۸۴,۵۲۰
		اضافه بها جهت استفاده از بتن مسلح	کیلوگرم	۱۸۷۰,۶۶	۵,۵۲۰	۱۰,۳۲۶,۰۷۱
		اضافه بها جهت استفاده از سیمان نوع ۵ به جای نوع ۱ در بتن	متر مکعب	۷۰۹۷۳۶,۲۵	۳۲	۲۲,۷۱۱,۵۶۰
		مواد افزودنی و روان کننده بتن	متر مکعب	۲۸۰۵,۹	۷۴,۸۴۴	۲۱۰,۰۱۲,۰۷۷
		حمل بتن	متر مکعب - کیلومتر	۲۲۳۷,۳	۱۶۹۰	۳,۷۸۱,۱۳۰
جمع کل						۲,۲۷۳,۰۷۴,۸۶۵



شکل ۵ اجرای تحکیمات دهانه ورودی و خروجی TBM

جدول ۳ هزینه جرای تحکیمات دهانه ورودی و خروجی TBM در ایستگاه

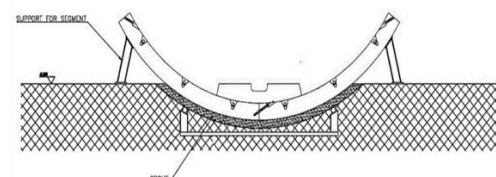
ردیف	شرح عملیات	واحد	مقدار	بهای واحد (ریال)	جمع (ریال)
۱	تجهیز و حمل ماشین آلات	مقطوع	۱	۵۰,۰۰۰,۰۰۰	۵۰,۰۰۰,۰۰۰
۲	حفاری چال با قطر ۸۶ میلیمتر و تا عمق ۱۰ متر	متر طول	۲۰۴۰	۷۸۰,۰۰۰	۱,۵۹۱,۲۰۰,۰۰۰
۳	حفاری چال با قطر ۸۶ میلیمتر از عمق ۱۰ تا ۱۵ متر	متر طول	۱۲۰	۸۸۰,۰۰۰	۸۹۷,۶۰۰,۰۰۰
۴	تهیه، مشبک کردن و نصب لوله داخل چال	متر طول	۳۰۶۰	۱۵۰,۰۰۰	۴۵۹,۰۰۰,۰۰۰
۵	ساخت دوغاب	متر طول	۳۰۶۰	۹۵,۰۰۰	۲۹۰,۷۰۰,۰۰۰
جمع کل (ریال)					۳,۲۸۸,۵۰۰,۰۰۰

شماره ۶ قرار گیرد. هزینه سگمنت های مصرفی به شرح جدول شماره ۴ می باشد.

به منظور حرکت TBM بر روی کریدل لازم است دو سگمنت به همراه یک سگمنت اینورت در روی بستر کریدل مطابق تصویر

جدول ۴ هزینه اجرای تحکیمات دهانه ورودی و خروجی TBM در ایستگاه

ردیف	آیتم اصلی	مقدار
۱	هزینه تمام شده یک رینگ کامل سگمنت (ریال)	۷۹,۹۲۶,۶۱۸
۲	هزینه یک مترمکعب سگمنت تولید شده (ریال)	۸,۵۴۸,۳۰۱
۳	هزینه تولید یک سگمنت بزرگ (ریال)	۱۸,۹۲۵,۹۳۹
۴	هزینه تولید سگمنت اینورت (ریال)	۹,۹۷۵,۷۱۶
۵	تعداد سگمنت مورد استفاده در طول ایستگاه	۱۳۴
۶	تعداد سگمنت اینورت مورد استفاده در طول ایستگاه	۶۷
هزینه استفاده از سگمنت ها در روی کریدل به منظور عبور TBM & BU (ریال)		۳,۱۳۷,۴۴۸,۸۵۸



شکل ۶ استفاده سگمنت ها بر روی کریدل بتنی (تکیه گاه پیشران در طول ایستگاه)

جهت شروع مجدد TBM و خروج آن از ایستگاه نیاز به احداث سازه اتکایی می باشد که از رینگ های سگمنتی استفاده شده است. هزینه استفاده از رینگ های سگمنتی به عنوان سازه اتکایی در جدول شماره ۵ ارائه شده است.

جدول ۵ هزینه استفاده از رینگ های سگمنتی به عنوان سازه اتکایی

ردیف	آیتم اصلی	مقدار
۱	هزینه تمام شده یک رینگ کامل سگمنت (ریال)	۷۹,۹۲۶,۶۱۸
۲	هزینه یک مترمکعب سگمنت تولید شده (ریال)	۸,۵۴۸,۳۰۱
۳	هزینه تولید یک سگمنت بزرگ (ریال)	۱۸,۹۲۵,۹۳۹
۴	هزینه تولید سگمنت اینورت (ریال)	۹,۹۷۵,۷۱۶
۵	تعداد رینگ کامل مورد استفاده مورد استفاده	۲
۶	تعداد سگمنت مورد استفاده در رینگ های ناقص (۴ رینگ ناقص و در هر رینگ ۴ عدد سگمنت استفاده شده)	۱۶
جمع کل (ریال)		۴۶۲,۶۶۸,۲۶۳

مقایسه اقتصادی توالی اجرای تونل (به روش مکانیزه) و ایستگاه: با توجه به موارد فوق، در شرایطی ایستگاه پیش از رسیدن TBM احداث شده است می توان به طور خلاصه مجموع هزینه هایی که برای عبور دستگاه از طول ۱۰۰ متری ایستگاه انجام شده است که مطابق جدول شماره ۶ بیان شده است.

جدول ۶ مجموع هزینه های تمهیدات لازم جهت عبور TBM از محدوده شفت U7

ردیف	شرح آیتم	مقدار
۱	هزینه احداث سازه بتنی کریدل	۲,۲۷۳,۰۷۴,۸۶۵
۲	هزینه پایدارسازی دیواره های ورودی و خروجی TBM	۳,۲۸۸,۵۰۰,۰۰۰
۳	استفاده از سگمنت ها در روی کریدل به منظور عبور TBM & BU	۳,۱۳۷,۴۴۸,۸۵۸
۴	استفاده از رینگ های سگمنتی به عنوان سازه اتکایی	۴۶۲,۶۶۸,۲۶۳
جمع کل بدون ضریب بالاسری		۹,۱۶۱,۶۹۱,۹۸۷
جمع کل با ۲۰ درصد ضریب بالاسری		۱۰,۹۹۴,۰۳۰,۳۸۴

در صورتی اگر قبل از احداث ایستگاه، محدوده آن به طول ۱۰۰ متر توسط TBM حفاری شود، هزینه تمام شده آن طبق قرارداد به شرح جدول شماره ۷ می باشد.

جدول ۷ هزینه تمام شده ۱۰۰ متر حفاری که کارفرما خط ۷، طبق قرارداد پرداختی به پیمانکار

هزینه اجرای هر متر تونل بر طبق قرارداد (ریال)	۸۲,۶۹۲,۰۹۹
طول ایستگاه (متر)	۱۰۰
جمع کل هزینه (ریال)	۸,۲۶۹,۲۰۹,۹۱۲

۵- نتیجه و جمع بندی

در این مقاله هزینه های اجرای به روش حفاری مکانیزه و ساخت ایستگاه در دو حالت کلی عبور پر و خالی برای ۱۰۰ متر برآورد شد. با توجه به بررسی های صورت گرفته و همچنین اهمیت مدیریت هزینه در پروژه های مترویی که به روش حفاری مکانیزه اجرا می شوند، به خوبی مشخص گردید که پروژه های مترویی که حفاری تونل توسط TBM صورت می گیرد، اجرای تونل قبل از احداث ایستگاه دارای صرفه اقتصادی بیشتری نسبت به احداث ایستگاه قبل از احداث تونل می باشد. و این مساله میتواند برای کلان شهری مثل تهران که نیازمند اجرای تعداد زیاد خطوط مترو و ایستگاه می باشد، صرفه جویی اقتصادی بسیار زیادی را به همراه داشته باشد. اما باید این موضوع را در نظر گرفت که آماده سازی ایستگاه ها قبل از رسیدن دستگاه حفار به آنها و عبور ماشین حفار از فضای ایستگاه (عبور خالی)، مزیت اجرای ایستگاه ها به صورت مستقل از عملیات حفاری مکانیزه، امکان بازرسی، تعمیر و نگهداری ماشین پس از رسیدن به ایستگاه را دارا می باشد و می توان از ایستگاه ها به عنوان شفت دسترسی میانی جهت انتقال بخشی از تجهیزات کارگاه مانند فن های تهویه و سیستم بچینگ استفاده نمود که می تواند باعث کاهش هزینه ها شود.

توجه به اینکه بسیار مهم است که در روش عبور خالی، امکان توقف دستگاه حفار TBM در اثر آماده نبودن ایستگاه ها، پشت ایستگاه وجود دارد. که در بررسی های این مقاله این موضوع در نظر گرفته نشده است و هزینه های ناشی از توقف ماشین حفار پشت ایستگاه، سبب تشدید افزایش هزینه ناشی از عبور پر خواهد بود که این مورد باعث غیر اقتصادی تر شدن این روش می شود. در حالت کلی حفظ

- Proceedings of the Institution of Civil Engineers, Civil Engineering 163, 81-90.
- [4] Newman, T. Bellhouse, M. Corcoran, J. Sutherland, R. & Karaouzene, R. 2016. TBM performance through the engineering geology of the Lee Tunnel. Proceedings of the Institution of Civil Engineers - Geotechnical Engineering 169, 299-313.
- [5] کریمی و همکاران، بررسی اقتصادی توالی اجرای تونل و ایستگاه‌ها در پروژه‌های قطار شهری به روش حفاری مکانیزه، دهمین کنفرانس تونل، ۱۳۹۲
- [6] Azhar, S. 2011. "Building information modeling (BIM): Trends, bene-fits, risks, and challenges for the AEC industry." Leadership Manage. Eng. 11 (3): 241-252.
- [7] Barton, N. 2012. "Reducing risk in long deep tunnels by using TBM and drill-and-blast methods in the same project—The hybrid solution." J. Rock Mech. Geotech. Eng. 4 (2): 115-126.
- [8] Guclucan, Z., Meric, S., Palakci, Y., Bilgin, N., Balci, C., Tumac, D., Algan, M., Namlı, M., Bilgin, A.R., 2008. The use of a TBM in difficult ground conditions in Istanbul (Beykoz-Kavacik) sewerage, World Tunnel Congress, September 22-24, Agra, India, pp. 1630-1638.
- [9] Liu, H., Li, P., Liu, J., 2011. Numerical investigation of underlying tunnel heaving during a new tunnel construction. Tunn. Undergr. Space Technol. 26, 276-283.
- [10] AITES-ITA Working Group No. 14, 2000. Recommendations and Guidelines for Tunnel Boring Machines (TBMs).
- [۱۱] نرخ ارز مرجع بانک مرکزی در بهمن و اسفند سال ۹۱، وبسایت www.eghtesadonline.com

پیوستگی عملیات حفاری مکانیزه در میزان بهره‌وری آن بسیار موثر خواهد بود و در صورتی که پیوستگی عملیات در پروژه حفاری حفظ نگردد، عملاً عملاً هزینه‌های زیادی به پروژه اعلام خواهد شد. علت این موضوع هم آن است که هزینه سرمایه‌ای و هزینه‌های درگیر در پروژه در صورت تاخیر در عملیات اجرایی، به صورت فزاینده‌ای افزایش خواهد یافت.

شایان به ذکر است که موانع و مشکلات هریک از روش‌های فوق الذکر در تصمیم‌گیری در مورد اتخاذ انتخابی بسیار مهم است که با توجه به تجربیات حاصل از اجرای خط ۷ مترو تهران، ابتدا حفاری و سپس حفاری محدوده ایستگاه‌ها (عبور پر) از نظر فنی و عملیاتی و همچنین تداخلات اجرایی بسیار مناسب‌تر بوده است و این نتیجه می‌تواند پروژه ریلی شهری مشابه بسیار مفید واقع شود.

۶- مراجع

- [۱] حیدری، علی، زارعی، محمدحسین، لاجوردی، عرفان. (۱۳۹۱). قراردادهای EPC از منظر حقوق اقتصادی، پایان نامه جهت دریافت درجه‌ی کارشناسی ارشد رشته حقوق اقتصادی، دانشکده حقوق، دانشگاه شهید بهشتی.
- [۲] مدنی، حسن. ۱۳۷۷. (تولسازی طراحی و اجرا). جلد اول، تهران، انتشارات دانشگاه صنعتی امیر کبیر
- [3] Alder, A. Dhanda, D. Hillyar, W. & Runacres, A. 2010. Extending London's Docklands Light Railway to Woolwich.



5 (3), 2020

دوره ۵، شماره ۳

پاییز ۱۳۹۹

فصلنامه پژوهشی

