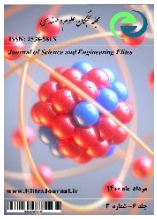
مجله نخبگان علوم و مهندسی

Journal of Science and Engineering Elites

جلد ۶- شماره ۳- سال ۱۴۰۰

www.ElitesJournal.ir



مروری بر جایگاه ساخت‌پذیری در مهندسی ارزش

سامره جدیدالاسلامی[۱]، مجتبی عزیزی[۲]*

۱- دانشجوی دکتری مدیریت پروژه و ساخت، دانشکده هنر و معماری، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران

۲- استادیار گروه مدیریت پروژه و ساخت، دانشکده هنر و معماری، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران

*azizi.pm@ modares.ac.ir

ارسال: تیر ماه ۱۴۰۰ پذیرش: مرداد ماه ۱۴۰۰

چکیده

استفاده از قابلیت‌های مهندسی ارزش (VE[۱]) و ساخت‌پذیری در مراحل مختلف چرخه عمر پروژه و بهره‌گیری از تجربه همه شرکای درگیر در آن می‌تواند موجب صرفه‌جویی در وقت، هزینه و بهبود کیفیت خروجی‌ها شود. معمولاً از آن‌جا که در بیشتر موارد، اجرای VE زمانی صورت می‌گیرد که فرصت محدودی برای تأثیرگذاری موثر در هزینه یا برنامه پروژه دارد، بنابراین با اعمال فرآیند ساخت‌پذیری، تجزیه‌وتحلیل VEمی‌تواند قبل از ساخت‌وساز، توسط پیمانکار و مالک انجام شود. به نوعی فعالیت‌های موجود در دو فرآیند مکمل یکدیگر در دستیابی به اهدافشان هستند. در این پژوهش هدف آن بود که به ارزیابی جایگاه ساخت‌پذیری در مهندسی ارزش پرداخته و پیشنهادات مرتبط با زمینه‌های تسهیل و بهبود ساخت‌پذیری به کمک مهندسی ارزش، ارائه گردد. با استفاده از مرور کل‌نگرانه ادبیات، و ارائه یک تحلیل الگویی مشخص شد که سهم زیادی از راهکارهای ارائه شده در مهندسی ارزش، که اصول و مفاهیم ساخت‌پذیری را پوشش می‌داد، معطوف به فاز پیش مطالعه و مطالعه اصلی ارزش و از جنس مدیریتی است. نتایج حاصل نشان داد که زمینه‌های قابل‌توجهی مرتبط با فاز مطالعات تکمیلی یا راهکارهایی از جنس محیطی و دربرگیرنده مسائل فرهنگی و قانونی مورد غفلت واقع شده، که تمرکز بر آن‌ها به‌صورت کارا، بستر مناسبی را جهت بهبود جایگاه ساخت‌پذیری در مهندسی ارزش ایجاد می‌کند و شناسایی و پیاده‌سازی آن‌ها می‌تواند بستر مناسبی برای مطالعات پیش‌رو باشد.

کلمات کلیدی: مهندسی ارزش، ساخت‌پذیری، ارتباط ساخت‌پذیری با مهندسی ارزش، مرور سیستماتیک.

۱- مقدمه

مشکلات مرتبط با تفکیک بین طراحی و ساخت و رشد تصاعدی این مسائل، موجب شد تا صنعت ساخت، شروع به اجرای خدمات مهندسی ارزش و توجه به مسائل ساخت‌پذیری کند. مهندسی ارزش (VE)ابزاری را برای کاهش هزینه‌های چرخه عمر پروژه فراهم می‌کند، درحالی‌که خدمات ساخت‌پذیری، مزایای فراوانی برای مشارکت سازنده در طی مراحل برنامه‌ریزی و طراحی تشخیص داده است. اگرچه مهندسی ارزش ممکن است موجب صرفه‌جویی شود، اما طبیعتاً فقط روشی برای تنظیم دقیق بخش‌های جداگانه پروژه می‌باشد؛ و به‌این‌ترتیب، و تنها با تکیه بر آن، نمی‌توان به یک پروژه عالی و دقیق دست پیدا کرد.

[1] Value Engineering

یکپارچگی فرآیند با تمام نقش‌آفرینانی که از اولین مرحله ممکن، مشغول فعالیت هستند بهترین روش برای جمع‌آوری تیم واجد شرایط، همکاری و طراحی و ساخت و پیاده‌سازی ساخت‌پذیری و بهبود ارزش است. در واقع ساخت‌پذیری هنگامی‌که از دانش و تجربه صنعت، برای تصمیم‌گیری در طراحی بهتر استفاده می‌کند؛ و با تأثیرگذاری بر کل پروژه، می‌تواند سود را برای مالک به حداکثر برساند؛ و زمانی این سود حداکثر حاصل می‌شود که قبل از ایجاد یک محدوده مشخص، در مراحل اولیه برنامه‌ریزی و طراحی انجام شود. زیرا حداقل در این زمان، دانش و تجربه صنعت، می‌تواند با تصمیمات طراحی درگیر شده و بیشترین توانایی تأثیرگذاری بر خروجی نهایی پروژه را داشته باشد [۱]. در مقابل، درحالی‌که برخی از مفاهیم ساخت‌پذیری در اجرای روند معمول مهندسی ارزش موردتوجه قرار می‌گیرند، اما معمولاً بعد از اتخاذ تصمیمات مهم طراحی انجام می‌شود؛ که نه‌تنها این خیلی دیر است بلکه دیگر نمی‌تواند تغییراتی ایجاد کند که سود آن را به حداکثر برساند، و به این شکل احتمالاً این تصور را تقویت می‌کند که در این زمان فقط در حد یک انتقاد به طراح بوده، یا خوش‌خدمتی به سازنده، و در این شرایط پیاده‌سازی مهندسی ارزش شاید دیگر خیلی دیر شده باشد.

اولین بار در راهنمای مربوط به ساخت‌پذیری بزرگراه‌ها مربوط به ایالت تگزاس در سال ۱۹۹۰ توسط هوگو و همکارانش[1] به اهمیت کاربرد و جایگاه ساخت‌پذیری در پیاده‌سازی ارزش به عنوان یکی از راهکارها اشاره شد [۲]، اما بعد از آن، همچنان به این موضوع بصورت جدی پرداخته نشد تا اینکه راشل و همکارانش، در سال ۱۹۹۴ تاثیر کاربرد دو مفهوم مهندسی ارزش و ساخت-پذیری را کنار هم برای ارتقاء مدیریت کیفیت جامع ارزیابی کردند، و به این نتیجه رسیدند که مهندسی ارزش و ساخت‌پذیری فرآیندهای کاری مکملی هستند که ممکن است به عنوان عناصر اصلی در دستیابی به کیفیت جامع مورد استفاده قرار گیرند [۳]. بعد از آن با وجود انبوهی از پژوهش‌های موجود، و تهیه برنامه‌ها یا مدل‌هایی که به اجرای مهندسی ارزش و تکنیک‌های ساخت-پذیری می‌پرداخت، همچنان این سوال وجود دارد که در ادبیات موجود چقدر به همپوشانی این دو مفهوم توجه شده و چه اندازه از راهکارهای مهندسی ارزش متمرکز بر ساخت‌پذیری است؟ و آیا می‌توان جایگاه مفهوم ساخت‌پذیری را به کمک مهندسی ارزش، بهبود بخشید؟ پاسخ به این سوالات می‌تواند وضعیت فعلی تمرکز بر مسائل ساخت‌پذیری و جایگاه آن در پیاده‌سازی مهندسی ارزش را مشخص کرده؛ و هم‌چنین آگاهی از وضع موجود و این‌که تا به امروز چه اندازه رسالت مهندسی ارزش، در راستای بهبود ساخت‌پذیری بوده و راهکارهای ارائه شده ارزش، با اصول و مفاهیم ساخت‌پذیری همپوشانی داشته، به ارائه پیشنهادات مرتبط با زمینه های بهبود منجر خواهد شد. در راستای پاسخ به این سوالات، در ادامه بعد از معرفی کلیات مفاهیم ساخت‌پذیری و مهندسی ارزش، که مرتبط با هدف این پژوهش هستند، با استفاده از روش مرور کل‌نگرانه، میزان تمرکز فعلی راهکارهای مهندسی ارزش بر مفهوم ساخت‌پذیری در ادبیات موجود، و زمینه‌های بهبود فعلی و یا موارد مغفول، تحلیل و ارزیابی شده است.

۲-- مبانی نظری پژوهش

۲-۱- ساخت‌پذیری

افزایش سطح رقابت و معرفی مفاهیم تولیدی در صنعت ساخت‌وساز منجر به تخصصی شدن فعالیت‌های این صنعت شده است. تخصص‌گرایی در صنعت ساخت، منجر به جدایی فعالیت‌های طراحی و اجرا گردیده است. با این تغییرات، از آنجا که روزبه‌روز طراحان از روند اجرا و ساخت‌وساز بیشتر دور می‌شوند، در بسیاری موارد مشاهده شده، طرح‌های آن‌ها بیانگر درک کمتری از روند اجرایی ساخت‌وساز است. این عدم درک که ناشی از ناآگاهی و بی‌تجربگی طراحان می‌باشد، اغلب منجر به افزایش هزینه-های ساخت‌وساز و در برخی موارد طرح‌های ساخت‌ناپذیر شده است [۳]. یکی از مفاهیمی که به ایجاد طرح‌های تجمیعی کمک می‌کند ساخت پذیری می‌باشد. مفهوم ساخت‌پذیری که ابتدا در ایالات‌متحده با عنوان Buildability و بعدها در انگلستان در اواخر دهه ۱۹۷۰ ظهور کرد، اشاره به این دارد که چگونه می‌توان با ایجاد ارتباط بین بخش‌های طراحی و ساخت، بهره‌وری و

[1] Hugo et al.

کیفیت در صنعت ساخت‌وساز را بهبود داد [۴]. بر این اساس، زمانی که ایده پروژه‌ها شکل می‌گیرند و قبل از اجرا، اکثر مسائل مربوط به ساخت‌پذیری که اهمیت قابل‌توجهی دارند، می‌بایست در طراحی‌ها لحاظ شده باشد. [۵]. البته فقدان توجه به ساخت-پذیری بین طراحان و پیمانکاران در طول فازهای پروژه و موانع اجرای این فعالیت‌ها در راستای دستیابی به اهداف کلی پروژه‌ها موضوعات مهمی هستند که مطالعه آن در کشورهای توسعه‌یافته و درحال‌توسعه نیاز به پوشش بیشتری دارد [۶]. از جمله مزایای ساخت پذیری می توان به تکمیل به موقع و منطبق بر برنامه ریزی اولیه و در برخی موارد زودتر از موعد پروژه، صرفه جویی در هزینه های پروژه، کاهش هزینه های ناشی از تغییرات طرح ها، ارتقا عملکرد کیفی پروژه، دستیابی به سطح قابل قبولی از بهره وری، بهبود عملکرد تیمی، کاهش ریسک های منفی پروژه بخصوص ریسک های مرتبط با مشکلات پیش بینی نشده، بهبود ارتباطات بین ذینفعان کلیدی، افزایش رضایت مندی مشتریان و بهره برداران پروژه اشاره نمود [۷-۱۳]) مفهوم ساخت پذیری، بر حداقل کردن فاصله بین آنچه طراحان انجام می دهند و آنچه پیمانکاران در سایت پروژه اجرا می کنند، تمرکز دارد.

بر اساس تجربه و گزارش‌های مرحله ساخت‌وساز و نتایج آن، پیاده‌سازی معیارهای ساخت‌پذیری در تمام مراحل پروژه، نیاز به اطلاعات زیادی دارد، با این‌حال در مرحله اولیه طراحی پروژه‌های ساختمانی، بیشترین امکان کاهش اثرات منفی و افزایش اثرات مثبت کاربرد مفاهیم ساخت پذیری وجود دارد. یکی از راه‌های دستیابی به آن، استفاده از الزامات مبتنی بر عملکرد است. استفاده از این الزامات در واقع نیازمند فرآیندهای طراحی و روش‌هایی است که از انتخاب‌های آگاهانه در طراحی پشتیبانی می‌کند [۵, ۱۴]. موسسه صنعت ساختمان استرالیا۱ به عنوان پیشرو و توسعه دهنده مطالعات در ارتباط با مفهوم ساخت‌پذیری در استرالیا، طی تلاشی ۲۵ تا ۳۰ ساله، ۱۲ اصل را برای مفهوم ساخت‌پذیری ارائه داده است. اصول معرفی‌شده ساخت پذیری توسط [۱۵]) با توجه به آن‌که مناسب‌ترین زمان کاربرد این اصول در چرخه عمر پروژه را نیز مدنظر قرار داده، برای پاسخ به سوالات این پژوهش مناسب می‌باشد. این اصول دوازده‌گانه عبارت‌اند از :

۱- یکپارچه‌سازی: مفهوم ساخت پذیری، بایستی به شکل یکپارچه در فاز طراحی پروژه، پیاده‌سازی شود.

۲- دانش ساخت: طراحی پروژه، بایستی به‌صورت فعال شامل کاربرد توأمان دانش و تجربه باشد.

۳- مهارت‌های تیمی: ترکیب تیم پروژه و توانایی‌ها، تجارب و مهارت‌های آنان بایستی متناسب با تعریف پروژه باشد.

۴- اهداف مشترک: تعریف و درک اهداف مشترک، منجر به افزایش قابلیت اجرایی پروژه خواهد شد.

۵- منابع در دسترس: فناوری‌های کاربردی در بخش طراحی، بایستی با توانایی‌ها و منابع موجود، همخوانی و مطابقت داشته باشد.

۶- عوامل خارجی: این عوامل بر برنامه‌های هزینه و زمان پروژه تأثیرگذارند.

۷- برنامه: برنامه تفصیلی پروژه بایستی قابلیت پیاده‌سازی داشته باشد و تیم پروژه نسبت به اجرای آن احساس تعهد بنمایند.

۸- روش‌شناسی ساخت: در طراحی پروژه بایستی روش ساخت آن کاملاً در نظر گرفته شود.

۹- قابلیت دسترسی: در نظر گرفتن قابلیت دسترسی فاز ساخت، در مرحله طراحی موجب افزایش قابلیت اجرایی پروژه خواهد شد.

۱۰- مشخصات: بایستی قابلیت ساخت در گسترش و توسعه مشخصات پروژه در نظر گرفته شود.

۱۱- تکنولوژی: استفاده از نوآوری و روش‌های جدید، موجب بهبود قابلیت اجرا خواهد شد.

۱۲- بازخورد: ارزیابی و تحلیل پروژه پس از ساخت آن، توسط یک تیم مجرب، برای بهبود قابلیت ساخت پروژه‌های مشابه در آینده، مفید خواهد بود. اصول ساخت‌پذیری و میزان نقش آن در طول عمر پروژه در فازهای متفاوت در جدول ۱ نشان داده شده است:

[1] CIIA

جدول ۱- اصول ساخت‌پذیری اقتباس از [۱۵]

اصول ساخت پذیری		طول عمر پروژه				
		برنامه‌ریزی/ امکان‌سنجی	توسعه طراحی		ساخت	پس از ساخت
			طراحی مفهومی	طراحی تفضیلی		
P1	یکپارچه‌سازی					
P2	دانش ساخت					
P3	مهارت‌های تیمی					
P4	اهداف مشترک					
P5	منابع در دسترس					
P6	عوامل خارجی					
P7	برنامه					
P8	روش‌شناسی ساخت					
P9	قابلیت دسترسی					
P10	مشخصات					
P11	تکنولوژی					
P12	بازخورد					

راهنمای علائم: بسیار مرتبط — مرتبط — ارتباط متوسط — معمولاً غیرمرتبط

با توجه به آن‌چه در جدول ۱ مشهود است ساخت‌پذیری فقط به مرحله طراحی محدود نمی‌شود بلکه باید در کل چرخه عمر پروژه پردازش شود. با پیشرفت پروژه، تأثیر اشتباهات طراحی بر هزینه‌های کلی پروژه بیشتر می‌شود، بنابراین، برای دستیابی به تأثیر بالاتر، بهتر است از ساخت‌پذیری در مراحل اولیه از جمله مرحله طراحی استفاده شود [۱۶]. در سال ۲۰۰۱ توسط نیما و همکاران برای بهبود و تسهیل پذیرش ساخت‌پذیری در مراحل مختلف چرخه عمر پروژه ۲۳ مفهوم مطرح شد، در این پژوهش، این مفاهیم نیز همچون اصول ۱۲گانه ساخت‌پذیری یکی از مبناهای ارزیابی جایگاه ساخت پذیری در مطالعات مهندسی ارزش و همپوشانی مطالعات مروری در نظر گرفته شده که در شکل ۱ نشان داده شده است [۱۷].

با توجه به شکل ۱ مراحل انجام ساخت‌پذیری برنامه‌ریزی مفهومی وخلاصه سازی، طراحی (مفهومی و تفضیلی)، تدارکات و ساخت (تولید) و مرحله پس از ساخت (افتتاح و استفاده) [۴, ۹, ۱۸] می‌باشد. در مرحله امکان‌سنجی باید تمرکز روی تجزیه و تحلیل تولید گزینه‌های جایگزین با درنظر گرفتن تصمیمات مفهومی و ملاحظات مالی و زمانی باشد. در فاز طراحی اولیه، به عنوان اسناد ساخت و ساز در حال توسعه، بررسی ساخت‌پذیری دقیق در اسناد ، مانند: نقشه‌ها، مشخصات و غیره توسط تیم ساخت-پذیری، انجام می‌شود. هنگامی که فرایند طراحی کلی ۶۰٪ تا ۹۰٪ انجام شده باشد، مراحل تدارکات و اجرا باید پیاده‌سازی شود. این مرحله شامل قراردادهای فرعی و مناقصه‌های پیشنهادی، تهیه فهرست فروشندگان دارای صلاحیت و... است. در این مرحله ارائه پیشنهادهای هوشمندانه به موفقیت پروژه منتهی می‌شود. یعنی در فاز اجرا، پیمانکاران فرعی که در بررسی ساخت‌پذیری شرکت دارند، می‌توانند از تجربه اجرای خود به خوبی استفاده کرده و پیشنهادات ارزشمندی ارائه دهند. چنین پیشنهاداتی باید جدی گرفته شود تا تحلیل و ارزیابی گردد. پس از اجرا، یا پروژه موفقیت‌آمیز بوده است یا نه، در هر دو مورد باید یک ارزیابی رسمی برای مستندسازی درس‌های ساخت‌پذیری که از آن پروژه آموخته شده، انجام شود.

شکل ۱- مفاهیم تسهیل پذیرش ساخت‌پذیری در مراحل مختلف چرخه عمر پروژه اقتباس از [۱۷]

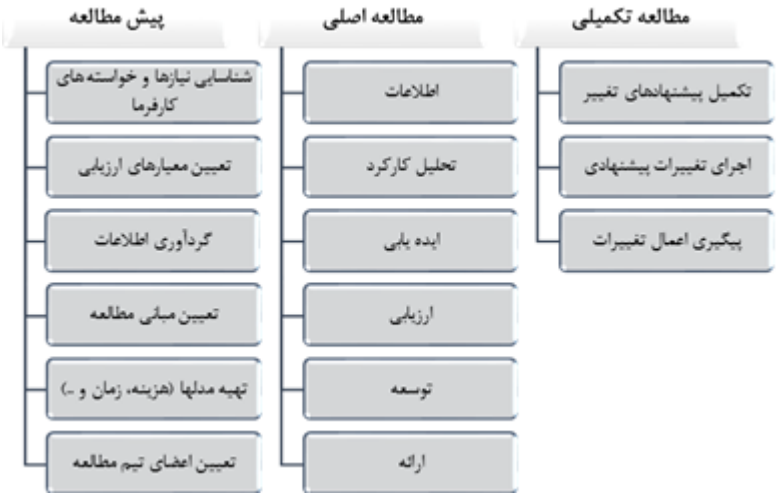
۲-۲- مهندسی ارزش

در تعریف انجمن مهندسی ارزش آمریکا[1] مهندسی ارزش مجموعه از تکنیک‌های سیستماتیک و کاربردی برشمرده شده که برای ارزیابی کارکرد یک محصول یا خدمت؛ و خلق آن کارکرد با حداقل هزینه به کار می‌رود. فرق اساسی مهندسی ارزش با سایر ابزار بهینه‌سازی پروژه در دیدگاه خلاقانه به مسئله حل شده و با تمرکز بر کار تیمی و همراه با تحلیل هزینه سود راه‌حل‌های ممکن است. مهندسی ارزش، به تحقق کارکردهای مشخص شده، با کمترین هزینه (یا کل هزینه عمر)، بدون لطمه زدن به کیفیت، و با قابلیت اعتماد به عملکرد یا تحویل مربوط می‌شود [۱۹]). در پروژه‌های بزرگ، مطالعات مهندسی ارزش معمولا در سطوح ۳۰ تا ۹۰ درصد طراحی انجام می‌شود. در این گونه مطالعات، الزامات فنی مورد توجه قرار می‌گیرند و در اغلب پروژه‌ها، صرفه‌جویی-های چشمگیری را نتیجه می‌دهند. با این وجود، مواردی هستند که برخی توصیه‌های قابل اعتماد مهندسی ارزش در آن‌ها پذیرفته نمی‌شود. یکی از دلایل از دست رفتن چنین فرصت‌هایی آن است که تغییرات پیشنهادی، اصلاح معیارهای زیربنایی پروژه را

[1] Society of American Value Engineers (SAVE)

توصیه می‌کنند. چنین اصلاحاتی از دید کارفرمایان، خدشه وارد کردن به این معیارهای زیربنایی تلقی می‌شود. شاید در مواردی تصمیم‌گیرندگان اصلی، تغییرات قابل‌توجه در این سطح را فرصتی قلمداد کنند که می‌تواند پرده از روی ابهامات پروژه بردارد. به‌منظور ارائه پاسخ‌های منطقی و قابل‌دفاع در برابر پرسش‌های مذکور و کاهش پتانسیل این‌گونه فرصت‌های از دست رفته، رهیافت برنامه‌ریزی ارزش، برای کمک به کارفرمایان، در تحصیل حداکثر منافع به‌کارگیری مهندسی ارزش، مورد توجه قرار گرفته است [۲۰].

نظام‌مندی مهندسی ارزش در برنامه کار نمود پیدا می‌کند. در واقع برنامه کار، فرمولی کاربردی است که گروه را در جریان فرآیند پیاده‌سازی مهندسی ارزش از اول مسیر تا پایان آن هدایت می‌کند. برنامه کار مهندسی ارزش، با چارچوب حل گام به گام و خلاقانه مسئله هم‌راستا است. برنامه کارهای استاندارد متعدد با توجه به قوانین کشور یا سازمان مجری برای مهندسی ارزش وجود دارد. در برنامه پیشنهاد شده از جانب SAVE که بیشتر محققین نظیر ال‌یافی و همکاران[1] آن را مبنای پژوهش قرار داده‌اند، برنامه کار از سه مرحله اصلی تشکیل شده، که مراحل اصلی ان شامل پیش مطالعه۲، مطالعه اصلی۳ و مطالعه تکمیلی۴ می‌باشد. [۲۱]. مراحل و گام‌های برنامه کار بر اساس طبقه‌بندی مذکور در شکل ۲ نشان داده شده است:



شکل ۲- برنامه کار اقتباس از [۲۱]

بیشتر ادبیات موجود با اندکی تفاوت، با این طبقه بندی موجود در شکل ۲ موافق هستند، زیرا ترکیب دو یا چند مرحله در یک مرحله قرار گرفته است. در این مراحل تمرکز بر موارد زیر می‌باشد:

۱. **مرحله پیش‌مطالعه:** فعالیت‌های انجام شده در این مرحله پیش‌نیازها و الزامات فاز "مطالعه اصلی" را تامین می‌کند. به‌طور خلاصه در مرحله پیش مطالعه فعالیت‌های شناسایی نیازها و خواسته‌های کارفرما/ مشتری، تعیین معیارهای ارزیابی، گردآوری اطلاعات ویژه، تعیین مبانی مطالعه، تهیه مدل‌ها، تعیین تیم مطالعه و برنامه‌ریزی برگزاری جلسات مطالعه و در نهایت جمع‌آوری و تدوین اطلاعات در قالب گزارش پیش‌مطالعه برای استفاده در فاز اطلاعات در کارگاه اصلی، انجام می‌شود.

۲. **مرحله مطالعه اصلی:** در این مرحله گام‌های عملی پیاده‌سازی روش‌شناسی ارزش را شامل می‌شود. مهم‌ترین مرحله این طبقه‌بندی، کارگاه اصلی شامل شش فاز اطلاعات، تحلیل کارکرد، خلاقیت (ایده‌یابی)، ارزیابی (قضاوت)، توسعه و ارائه می‌باشد.

۳. **مرحله مطالعه تکمیلی:** هدف مطالعه تکمیلی یا فاز اجرا، حصول اطمینان از پیاده‌سازی و به‌کار بستن تغییراتی است که در پایان مطالعه ارزش توصیه شده‌اند. تا زمانی‌که ایده‌های مطالعه، اجرا نشود، عملا مطالعه موثر واقع نخواهد شد. مهم‌ترین وظیفه کارشناسان تیم مهندسی ارزش یا دیگر متخصصان مورد تایید مدیریت این است که تغییرات تیم مهندسی ارزش را تکمیل کرده و

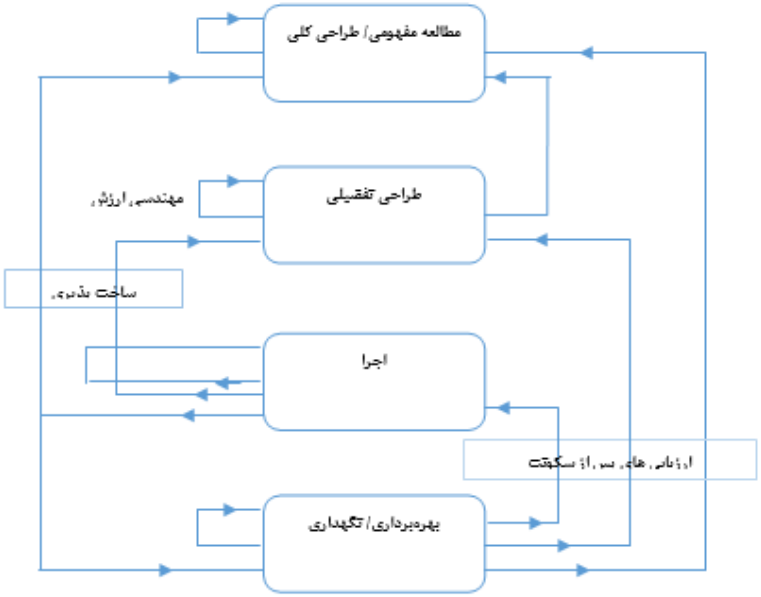
[1] Al-Yafei et al
[2] Pre study
[3] Study
[4] Post study

طرحی اجرائی تهیه و تکمیل و ارائه کنند. یکی از دلایل عضویت یکی از مسئولان پروژه به عنوان عضو تیم ارزش همین نکته است. در حالی‌که راهبر تیم ارزش ممکن است پیشرفت‌های اجرایی را پیگیری کند، مشاور (طراح) پروژه مسئول اجرا است.

۲-۳- جایگاه ساخت‌پذیری و مهندسی ارزش در چرخه عمر پروژه

مهندسی ارزش می‌تواند در هر یک از مراحل چرخه حیات پروژه اجرا شده و تاثیرات قابل‌توجهی داشته باشد؛ در عین حال بدیهی است که چنان‌چه در مراحل اولیه پیاده‌سازی شود، نیاز به کوشش کمتری در مراحل بعدی می‌باشد [۲۱]. آنالیز ارزش در حین ساخت ممکن است به‌وسیله خود طراح یا پیمانکار انجام گیرد. توجه به این نکته ضروری است که هم‌زمان با پیشرفت پروژه، امکان تغییر در مشخصات فنی کاهش می‌یابد. به عبارت دیگر با پیشرفت پروژه، هزینه اعمال تغییرات افزایش خواهد یافت. تعداد و مقاطع زمان مطالعات مهندسی ارزش، با توجه به شرایط فنی و مالی پروژه تعیین می‌شود. به عبارت دیگر در پروژه‌های پر هزینه و پیچیده ممکن است مطالعات تکمیلی میان مرحله‌ای نیز در پروژه انجام شود و چه بسا در پروژه‌های کوچک و غیر پیچیده تنها یک مطالعه انجام شود. بهترین زمان برای شروع مهندسی ارزش در یک پروژه زمانی است که تقریبا ۲۵ تا ۳۵ درصد طراحی انجام شده باشد. در این مرحله از طراحی سیستم‌های اصلی انتخاب و مشخص گردیده‌اند و می‌توان پیشنهادهای مهندسی ارزش را بدون انقطاع و به صورت جدی طبق برنامه زمان‌بندی اجرا کرد. کارگاه مهندسی ارزش اگر در این مرحله بر پا شود به بالاترین راندمان خود دست می‌یابد زیرا تمامی بخش‌های طراحی زیر نظر مهندسی ارزش فعالیت می‌نماید. بعد از مرحله اول در حدود ۶۰ تا ۷۰ درصد از پیشرفت طراحی مجددا مهندسی ارزش مفید می‌باشد زیرا در این مرحله بسیاری از جزئیات طراحی و انتخاب پیشنهادها صورت می‌گیرد و گروه مهندسی ارزش به عنوان یک کمک موثر به تیم پروژه این امکان را می‌دهد تا موارد رابه شکل مناسب با هم تطبیق دهند. در بعضی دیگر از مواقع ممکن است کارگاه‌های مهندسی ارزش در پایان مرحله ساخت نیاز باشد مثلا مواقعی که [۲۲] پروژه بیش از اندازه نیاز به بودجه دارد یا دقت نظر روی اثر بخشی طراحی نهایی مطرح باشد. بر همین اساس با توجه به اینکه برای انجام مطالعات مهندسی ارزش در دوره عمر پروژه، مقاطع زمانی متفاوتی وجود دارد، بر حسب مقطع زمانی انجام مطالعه روش‌های متفاوتی نیز برای استفاده از این خدمات وجود دارد. بر این اساس مهندسی ارزش ممکن است از دو طریق فعالانه یا واکنشی انجام شود. رویکرد فعال از مهندسی ارزش برای جمع آوری ایده ها از ابتدای طراحی، استفاده می‌کند. بنابراین، گزینه‌های مختلف طراحی را در نظر گرفته و مقرون به صرفه‌ترین انتخاب در مرحله طراحی به صورت پیوسته انجام می‌شود. روش واکنشی، گزینه‌های مقرون به صرفه را از طریق بررسی طرح توسط سایر پرسنل پروژه مانند سازنده‌ها و سایر مهندسین طراح جمع‌آوری می‌کند. این کار پس از اتمام کامل طراحی یا مؤلفه خاص طراحی انجام می‌شود. بنابراین، پیشنهادات رویکرد واکنشی، برای بهبود نیاز به طراحی مجدد دارد. [۲۳, ۲۴].

مهندسی ارزش و ساخت پذیری از یکدیگر متمایز نیستند؛ بلکه فرآیندهای کاری تکمیلی هستند که ممکن است به عنوان عناصر اصلی در دستیابی به کیفیت کل مورد استفاده قرار گیرند. ساخت‌پذیری ابزاری برای مدیریت ارزش است که به عنوان تلاشی برای نزدیکتر کردن فعالیت‌های طراحی و ساخت به سطح یکپارچه‌سازی، با تکیه بر تجارب سازنده، توسعه یافته می‌باشد. در شکل ۳ کانال‌های ایده‌آل بازخورد در چرخه عمر تسهیلات مرتبط با این دو رویکرد نشان داده شده است [۱۸]. مطابق شکل ۳ مهندسی ارزش یک حلقه بازخورد است که به مرحله طراحی محدود می‌شود یا به واقع مهندسی ارزش باید در مراحل اولیه پروژه انجام شود تا نتایج به حداکثر حاصل شود. در صورت اعمال مهندسی ارزش در مراحل بعدی ممکن است سرمایه‌گذاری‌های مورد نیاز برای اجرا و مقاومت در برابر تغییر افزایش یابد [۱] معمولاً از آن‌جا که در بیشتر موارد، اجرای VE زمانی صورت می‌گیرد که فرصت محدودی برای تأثیرگذاری موثر در هزینه یا برنامه پروژه دارد، بنابراین با اعمال فرآیند ساخت‌پذیری، تجزیه‌وتحلیل VE می‌تواند قبل از ساخت‌وساز، توسط پیمانکار و مالک انجام شود. این اهمیت بازخورد در حال اجرا یا در دسترس بودن درس‌آموخته‌ها و تجارب، در مراحل اولیه ممکن را نشان می‌دهد.



شکل ۳- کانال‌های بازخورد در چرخه عمر تسهیلات [۱۸]

در شکل ۳ ساخت پذیری شامل تمام حلقه‌های بازخورد است که از فاز اجرا بیرون می‌آیند. ورود متخصصین اجرا در کلیه مراحل چرخه تسهیلات مطلوب است. بنابراین بررسی ساخت پذیری یک فرآیند مفید است؛ که می توان آن را زیر مجموعه فرایند VE در نظر گرفت.

۳- روش تحقیق

۳-۱- مبانی روش مرور کل‌نگرانه

اولین پژوهش‌های مروری درباره یک موضوع بهتر است به‌صورت مرور کل‌نگرانه۱ باشد [۲۵]، از آن‌جا که هدف این پژوهش ارائه یک نمای کلی از جایگاه مفاهیم و اصول ساخت‌پذیری در رویکرد مهندسی ارزش است، و با در نظر گرفتن این‌که از جمله مطالعاتی می‌باشد که تاکنون در مرورهای سیستماتیک گنجانده نشده، بنابراین روش تحقیق مرور کل‌نگرانه جهت این مطالعه مروری مناسب است. مرور کل‌نگرانه یک نام عمومی برای هر یک از گونه‌های مختلف خلاصه‌سازی متون است که نتیجه آن ارائه دیدگاهی کلی نسبت به حوزه مورد بررسی می‌باشد. این مرور می‌تواند سطوح مختلفی از ساختاریافتگی را در خود داشته باشد. برخی از پژوهشگران، مرورهای کل‌نگرانه را با مرور کیفی و روایتی معادل دانسته، که با وجود زمینه‌هایی از ساختاریافتگی، طبقه‌بندی آن در گروه مطالعات نیمه سیستماتیک مناسب‌تر به نظر می‌آید [۲۶]. در این خلاصه‌سازی هدف بررسی متون و توصیف ویژگی‌های آن‌ها است. در این روش محدودیت انتخاب پایگاه داده وجود ندارد، پس از انتخاب کلمات کلیدی و استراتژی جستجو، تمرکز بر انتخاب مقالات و تحقیقاتی است که از ترکیبی بالاتر از کلمات کلیدی برخوردار باشند. در این روش مرور ادبیات، معیارهای انتخاب برای غربالگری مقالات، با توجه به میزان انسجام محتوای مقاله با عنوان و اهداف تحقیق انجام می‌شود. مراحل انجام تحقیق در شکل ۴ نشان داده شده است.

شکل ۴- مراحل انجام تحقیق

[1] Overview

۳-۲- گام‌های روش مرور کل‌نگرانه

در این روش با توجه به این‌که به رویکرد مرور روایتی نزدیک می‌باشد، بنابراین مراحل و گام‌های سیستماتیکی تعریف شده‌ای برای آن مشخص نشده است. با استناد به مقالات معتبر موجود که در آن‌ها پژوهش با این روش انجام شده بود [۲۷-۲۹] و با اقتباس از آن‌ها مراحل این مرور به‌صورت زیر مشخص گردید:

گام اول: تدوین معیارهای غربالگری مطالعات

سوال اصلی پژوهش به دنبال یافتن جایگاه فعلی ساخت‌پذیری در رویکرد مهندسی است. معیارهای پذیرش تعریف شده برای انتخاب مقالات در این تحقیق به صورت زیر بوده است:

زبان مقالات: فارسی یا انگلیسی

زمان انتشار: با توجه به گسترش مفهوم ساخت پذیری از سال ۱۹۹۰مبنای جستجو قرار گرفت.

روش تحقیق: بدون محدودیت

نوع مطالعات: کتاب و مقالات و پایان‌نامه‌های منتشر شده در مجلات معتبر علمی یا کنفرانس ها

گام دوم: جستجوی مطالعات

در این تحقیق۵ پایگاه داده به زبان انگلیسی و ۳ پایگاه داده به زبان فارسی بدون اعمال محدودیت زمانی مورد جستجو قرار گرفتند. نام پایگاه داده‌های مورد نظر و واژه‌های کلیدی که جستجو شد، در جدول ۱ نشان داده شده است:

جدول ۱- واژگان کلیدی مورد جستجو در تحقیق حاضر

فارسی	انگلیسی
ساخت‌پذیری- قابلیت اجرایی	buildability -Constructability
مهندسی ارزش	Value Engineering

گام سوم: انتخاب مطالعات و جمع آوری داده ها

گام سوم، انتخاب مقالات مناسب است. در این گام مقالات یافت‌شده در مرحله قبل به صورت گام به گام، طی مراحلی مورد ارزیابی و غربال قرار می‌گیرند. برای دستیابی به این منظور، مقالات یافت‌شده، چندین بار مورد بازبینی قرار گرفته و در هر بار ارزیابی تعدادی از آن ها حذف می‌شوند. پس از جستجو و بررسی پایگاه‌های مذکور و ارزیابی تطابق با معیارهای پذیرش تعریف شده در گام اول، با توجه به واژه‌های کلیدی تعدادی مقاله مرتبط با مهندسی ارزش و ساخت‌پذیری یافت شد. جزییات روند جستجو و حذف در جدول ۲ نشان داده شده است:

جدول۲- نام پایگاه داده های مورد جستجو در تحقیق حاضر

نام پایگاه داده	جستجوی اولیه	پس از غربال اول	پس از غربال دوم	پس از غربال نهایی
مقالات علمی کنفرانس های کشور (CIVILICA)	۰	۰	۰	۰
پایگاه اطلاعات علمی جهاد دانشگاهیSID	۰	۰	۰	۰
IRAN DOC	۰	۰	۰	۰
Science Direct (Elsevier)	۴۳	۲۲	۰	۰
Google Scholar	۶۳	۴۱	32	17
ASCE	۳۴	۶	۶	5
Springer	97	49	27	۷
proquest	2	2	2	1
مجموع	239	۱۲۰	۶۷	30

با توجه به جدول فوق روند انتخاب مقالات به شرح زیر است:

۱- عنوان ۲۳۹ مقاله انتخاب شده بررسی شد و آن دسته از مقالاتی که با سوال تحقیق مرتبط نبودند و با آن همخوانی نداشتند، حذف گردیدند (۱۱۹ مقاله حذف و ۱۲۰ مقاله باقی ماند).

۲- چکیده مقالات باقی مانده از مرحله نخست، کاملا بررسی شد و این بار نیز مقالاتی که با سوال پژوهش همخوانی نداشتند حذف گردیدند (۵۳ مقاله حذف ۶۷ مقاله باقی ماند).

۳- نتایج مقالات باقی‌مانده از مرحله دوم، مطالعه شد و در این مرحله مقالاتی که در جهت پاسخ به سوالات پژوهش نبودند، حذف گردید (۳۷ مقاله حذف و 30 مقاله باقی ماند).

در نهایت تعداد مقالات باقی مانده موجود جهت کاربرد در گام بعدی پیاده‌سازی این روش ۳۰ مقاله (حجم نمونه) شد. در تحقیقات کیفی در تایید نمونه‌هایی با حجم محدود، نظیر این پژوهش، تاکید شده که اگر نمونه حاصل، با رعایت اصول کیفی و نظام‌مند انتخاب شده باشد، بی‌تردید تمامی اطلاعاتی که پژوهشگر به دنبال آن است را پوشش خواهد داد [۳۰].

بخشی از مشخصات و فراوانی مقالات منتخب از جمله دوره انتشار، نوع و ماهیت مطالعات و روش تحقیق مقالات منتخب در جدول ۳ نشان داده شده است:

جدول ۳- مشخصات مقالات منتخب

	سال انتشار			نوع مطالعات مرور				روش تحقیق مقالات منتخب				
گروه	۱۹۹۰-۲۰۰۰	۲۰۰۰-۲۰۱۰	۲۰۱۰-۲۰۲۰	کتاب	مقاله	پایان نامه	گزارش و مستندات دولتی	Case study	Survey	benchmarking	کتاب	بدون ذکر روش
تعداد	۱۰	۸	۱۲	۲	۲۵	۱	۲	۸	۱۲	۶	۲	۲

بر اساس جدول ۳ بیشتر مطالعات این مرور در بازه زمانی سال‌های ۲۰۱۰ تا ۲۰۲۰ متمرکز شده بود که به نوعی نشان‌دهنده افزایش آگاهی نسبت به اهمیت جایگاه ساخت‌پذیری در مطالعات ارزش در دهه اخیر بود. اکثر این پژوهش‌ها نیز از طریق روش پیمایشی انجام شده بود و تقریبا ۸۳ درصد این مطالعات، مقالات منتشر شده در پایگاه داده‌های معتبری بودند که پیشتر معرفی گردید و مابقی شامل کتاب، پایان‌نامه یا گزارشات دولتی مستند می‌شدند.

گام چهارم: ارزیابی خطر سوگیری در مطالعات

مرحله ارزیابی کیفیت متدولوژیک یا ارزیابی خطر سوگیری در مطالعات اولیه، یک الزام و از گام‌های اجباری در مرورهای سیستماتیک است. اولین صحه‌سنجی کیفی مقالات، اطمینان از پروسه جستجو که در گام‌های قبل توضیح داده شد، می‌باشد. یعنی اگر در مرحله قبل دقت لازم در انتخاب مقالات از نظر پایگاه داده مورد جستجو، درست انجام شده باشد. بعد از آن، در این مرحله، مرورکننده، استخراج و ارزیابی اطلاعات، از مقالاتی که معیارهای ورودی را دارا بودند، آغاز می‌کند . نوع داده-هایی که استخراج می‌شوند روی هدف بازنگری متمرکز هستند. در این مرحله باید نوع داده‌هایی که استخراج می‌شوند و فرآیند استخراج داده‌ها مستند شود. پروسه مذکور در این پژوهش رعایت شده است.

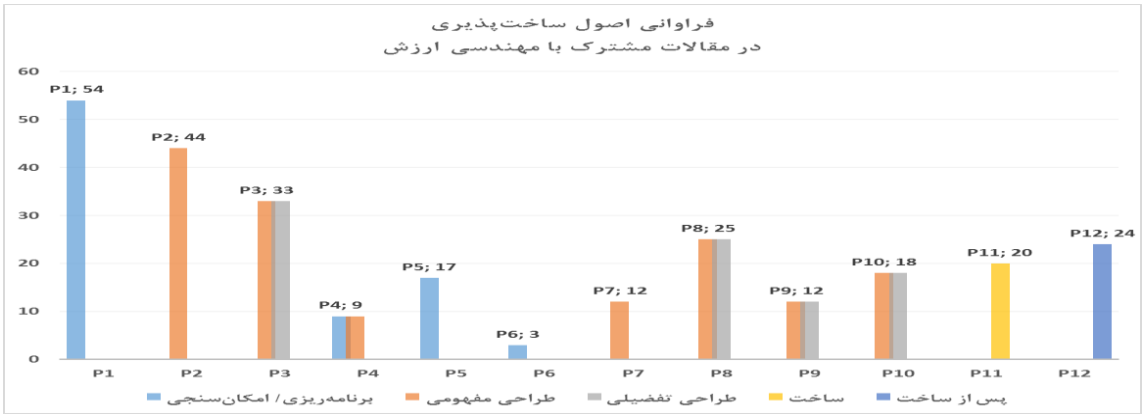
گام پنجم: تجزیه و تحلیل داده ها

در پژوهش حاضر، ابتدا تمام راهکارهای مهندسی ارزش که اصول و مفاهیم ساخت‌پذیری را در مطالعات مشترک غربال شده مرتبط با هدف پژوهش، پوشش می‌داد کد در نظرگرفته شد. برای فیش‌برداری از نرم‌افزار Citavi 5 استفاده گردید. جدول ۴ بخشی از رویکرد مربوط به این گام مرور را نشان می دهد.

جدول ۴- بخشی از کدهای استخراج شده مرتبط با جایگاه ساخت‌پذیری در مطالعات مهندسی ارزش

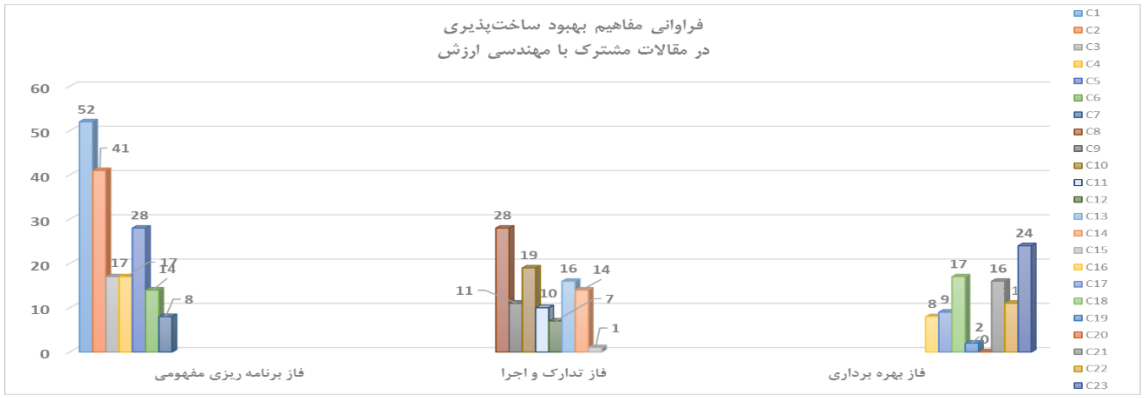
ردیف	راهکارهای مهندسی ارزش برای ارتقاء ساخت پذیری	پوشش اصول ساخت پذیری مرتبط	پوشش مفاهیم بهبود ساخت‌پذیری	فاز پیاده سازی راهکار ارائه شده در مهندسی ارزش	منبع
۱	مدیریت دانش	*P12*	*C23*	پیش مطالعه/ گردآوری اطلاعات	[۱]
	تقویت ارتباطات بین شرکاء ، و امکان استفاده از تجربه پیمانکاران و پیمانکاران فرعی	*P1,P2,P3*	*C1,C2,C3,C4,C5*	پیش مطالعه/ گردآوری اطلاعات	
	تمرکز روی مرحله طراحی	*P2 ,P5*	*C8,C14,C21,C22*	مطالعه اصلی/تحلیل کارکرد	
	بهبود روابط و ارتباط بین طرف های مختلف پروژه	*P4*	*C2,1*	پیش مطالعه/ شناسایی نیازهای کارفرما	
	استفاده از پیشنهادات و تجربه پیمانکاران در گزینه های عملی	*P1,P2,P3*	*C1,C2,C3,C4,C5*	پیش مطالعه/ گردآوری اطلاعات	
۲	شناسایی ریسک	*P6*	*C7,C8,C10,C15*	مطالعه اصلی/تحلیل کارکرد	[۳۱]
	ارزیابی قابلیت ساخت طرح با ورود ذینفعان اصلی پروژه (از جمله پرسنل طراحی و ساخت و ساز)	*P1,P2,P3*	*C1,C2,C3,C4,C5*	پیش مطالعه/ گردآوری اطلاعات	
	بررسی ساختاری از طراحی با استفاده از مدل سازی اطلاعات ساختمان ***(BIM)***	*P11*	*C9, C18*	پیش مطالعه/ تهیه مدلها	
	جمع آوری مستدات و درس آموخته ها	*P12*	*C23*	مطالعات تکمیلی	
۳	تعامل سازنده صاحب ساختمان، طراحان ساختمان و سازنده	*P1*	*C2*	پیش مطالعه/ گردآوری اطلاعات	[۳۲]
	ارائه دانش گسترده ای از تیم طراحی در ارائه گزینه های مناسب	*P5,P8,P2*	*C10,C11,C13*	پیش مطالعه/ گردآوری اطلاعات	
	ساده سازی	*P5,P8,P2*	*C10,C11,C13*	مطالعه اصلی/ تحلیل کارکرد	
	مهندسی همزمان	*P1,P2,P3*	*C1,C2,C3,C4,C5*	پیش مطالعه/ گردآوری اطلاعات	
	جمع کردن تیم چند رشته ای در شروع پروژه	*P1,P3*	*C1,C2*	پیش مطالعه/ تعیین اعضای تیم	
	انجام ممیزی ها و بازبینی ها	*P12*	*C23*	مطالعات تکمیلی	
	ساخت و سازهای مدولار	*P8, P9, P10, P11*	*C13*	مطالعه اصلی/ توسعه	
	برنامه ریزی	*P7*	*C1,C5,C8*	پیش مطالعه/ گردآوری اطلاعات	

با توجه به فراوانی کدهای استخراج شده مرتبط با اصول ساخت‌پذیری در این گام، میزان تمرکز مطالعات در چرخه عمر پروژه بررسی گردید که نتایج آن در شکل ۵ نشان داده شده است:



شکل ۵- فراوانی کدهای مرتبط با اصول ساخت‌پذیری در مقالات مرور

از آن‌جا که بر اساس اطلاعات جدول ۱ که پیشتر به آن پرداخته شد، مناسب‌ترین زمان کاربرد اصول ۱۲ گانه ساخت‌پذیری در چرخه عمر پروژه متفاوت است؛ و در ضمن محدود به یک فاز هم نمی‌شوند، قاعدتا در نمودار مندرج در شکل ۵ نیز برخی از این اصول متناظر با فازهای مرتبط، بیش از یک ستون را پوشش خواهند داد. نظیر اصل p3 که مناسب‌ترین زمان کاربرد آن هم فاز طراحی مفهومی و هم فاز طراحی تفضیلی می‌باشد، بنابراین ستون متناظر آن در نمودار هم دو فاز مذکور را پوشش داده و دو ستونه ترسیم شده است. در مقابل اصولی مانند p1 که مناسب‌ترین و موثرترین زمان کاربرد آن فقط در فاز برنامه ریزی و امکان-سنجی است، یا P2 که فاز مناسب کاربرد آن فقط طراحی مفهومی می‌باشد، به‌صورت تک ستونی نشان داده شده‌اند. به همین-ترتیب در شکل ۶ کدهای استخراج شده مرتبط با مفاهیم بهبود ساخت‌پذیری، متناسب با میزان تمرکز مطالعات در چرخه عمر پروژه به تفکیک نشان داده شده است:



شکل ۶- فراوانی کدهای مرتبط با مفاهیم بهبود ساخت‌پذیری در مقالات مرور

با توجه به آن‌چه پیشتر بر اساس شکل ۱ درباره مفاهیم بهبود ساخت‌پذیری توضیح داده شده بود، مفاهیم C1-7 در فاز برنامه ریزی مفهومی و C8-15 در فاز تدارکات و اجرا و C16-23 در فاز بهره‌برداری تعریف شده بودند. در نمودار مربوط به شکل ۶ هم بر همین اساس مفاهیم مرتبط با راهکارهای ارائه شده در فازهای مذکور به تفکیک و بر اساس فراوانی نمایش داده شده است. با توجه به هر دو نمودار فوق، مطالعات مهندسی ارزش، اصول و مفاهیم رویکرد ساخت پذیری را در همه مراحل چرخه عمر پروژه، پوشش داده‌اند. نتایج نمودارها موکد آن هستند که توجه به ساخت‌پذیری در مطالعات ارزش، فقط به یک مرحله خاص محدود نمی‌شود بلکه در کل چرخه عمر پروژه مورد پردازش قرار گرفته است، اما در عین‌حال موضوع جالب‌توجه اینکه، به ساخت‌پذیری به عنوان یکی از کارکردهای مهندسی ارزش، در مرحله طراحی، توجه ویژه‌ای شده است و کثرت مطالعات موجود در فاز های اولیه گویای این استدلال می‌باشد. البته بر اساس واقعیت هم از آن‌جا که با پیشرفت پروژه، تأثیر عدم توجه به قابلیت اجرایی بودن طراحی و صحت آن، بر هزینه‌های کلی پروژه بیشتر مشهود خواهد بود، بنابراین بایستی این را در نظر داشت که برای دستیابی به تأثیر بالاتر، بهتر است ساخت‌پذیری در مراحل اولیه از جمله مرحله طراحی مورد توجه قرار گیرد.

گام ششم: ارائه نتایج و جداول "خلاصه یافته ها"

در ادامه مرور، با در نظر گرفتن حوزه پیاده‌سازی راهکارهای ارائه شده در مهندسی ارزش، هر یک از کدهای مندرج در جدول ۴ در یک مفهوم مشابه دسته بندی و به کدهای دارای مفاهیم مشابه در یک زیرگروه، کدهای جدید اختصاص داده شد. این زیرگروه‌های مرتبط با ساخت پذیری در سه گروه مدیریتی، مهندسی و محیطی، متناسب با حوزه پیاده سازی راهکار ارائه شده در مهندسی ارزش طبقه‌بندی گردیدکه در شکل ۷ نشان داده شده است. در محور عمودی این شکل سه گروه مدیریتی با زیرگروه راهبردی و سازمانی، مهندسی با زیرگروه‌های اجرایی و تکنولوژیکی و نیز گروه محیطی با زیرگروه‌های فرهنگی و قانونی تعریف شده و راهکارهایی که ماهیتی متناسب با این گروه‌ها و زیر گروه‌ها دارند در دسته مورد نظر قرار گرفته‌اند. لازم به توضیح است که این راهکارها، ضمن تناسب با ماهیت گروه‌های مندرج در محور عمودی، در محورهای افقی متناظر، نیز با توجه به فاز پیاده سازی راهکار ارائه شده در مهندسی ارزش، طبقه‌بندی گردیده‌اند. به عنوان مثال راهکار تیم‌سازی با توجه به محور عمودی در زیر گروه سازمانی از مجموعه راهکارهای مدیریتی قرار گرفته و با در نظر گرفتن محور افقی، این راهکار در فاز پیش مطالعه مهندسی ارزش حائز اهمیت می‌باشد. در شکل ۷ مواردی که راهکار متناظری در فاز تعریف شده، برای آن یافت نشد؛ به عبارتی مورد غفلت واقع شده یا متناسب با ضرورت آن، مورد مطالعه قرار نگرفته بود، با باکس خالی نشان داده شده است.

شکل ۷- آنالیز الگویی راهکارهای ارائه شده در مهندسی ارزش در جهت بهبود ساخت‌پذیری

نتایج حاصل از شکل ۷ در ۴ مورد زیر خلاصه می‌شود:

- ✓ تمرکز بیشتر مطالعات مرتبط با جایگاه ساخت پذیری در مهندسی ارزش بر راهکارهایی از جنس مدیریتی در زمینه های سازمانی و راهبردی و در فاز پیش‌مطالعه و مطالعه اصلی مهندسی ارزش بود.
- ✓ شکاف مطالعاتی موجود در رابطه با جنبه‌های قانونی راهکارهای محیطی، در فاز پیش‌مطالعه مشهود بوده و توجه بیشتری را می‌طلبد.
- ✓ در هر سه فاز مهندسی ارزش، راهکارهای محیطی (فرهنگی و قانونی) با وجود اهمیت و تاثیر مثبت بر ارتقاء جایگاه ساخت‌پذیری، نقش کمرنگی در مطالعات موجود داشتند.
- ✓ علیرغم ضرورت حصول اطمینان از پیاده‌سازی مطالعات ارزش، که در فاز مطالعات تکمیلی صورت می‌گیرد، در مطالعات مرتبط با جایگاه ساخت پذیری در مهندسی ارزش، بخش‌های مختلفی از جمله ارزیابی عملکرد راهکارهای مدیریتی (راهبردی)، مهندسی (تکنولوژیکی) و محیطی (فرهنگی و قانونی) کاملا مورد غفلت واقع شده است.

در گام هفتم به تفسیر جزییات نتایج حاصل از مرور پرداخته خواهد شد.

گام هفتم: تفسیر نتایج

نتایج آنالیز الگویی کدهای استخراج شده از مرور در شکل ۷، نشان می‌دهد که بیشترین تمرکز مطالعات مرتبط با جایگاه ساخت پذیری در مهندسی ارزش، بر روی اصول و مفاهیم مدیریتی بوده است. به عنوان نمونه الفدهی[1] و همکاران در پژوهشی که تحت عنوان "ارزیابی مهندسی ارزش و ساخت پذیری پروژه های زیربنایی" در سال [۱] انجام داده، طی یک مطالعه میدانی در دو مرحله، این موضوع را به چالش کشیده است. در مرحله اول این مطالعه، ابتدا جهت تشخیص دلایل عدم موفقیت اجرای مهندسی ارزش و ساخت پذیری در پروژه های‌زیربنایی، با انتخاب تعدادی از متخصصان طراحی و ساخت و ساز در کشور عراق به عنوان جامعه آماری از طریق توزیع پرسشنامه به شناسایی موانع پیاده‌سازی این دو تکنیک پرداخته شده؛ و بر اساس خروجی حاصل از تحلیل پرسشنامه‌ها، یک مدل یکپارچه برای پیاده‌سازی مهندسی ارزش و ساخت‌پذیری در پروژه های زیربنایی ارائه گردیده است. در مرحله دوم این پژوهش، مدل پیشنهادی حاصل، با استفاده از همان جامعه آماری قبلی صحه‌سنجی شده است. بر اساس یافته‌های این پژوهش، در همه مراحل چرخه عمر پروژه می‌بایست به اهمیت ساخت پذیری توجه شود؛ اما تاکید شده در صورت نیاز به عمق دادن به تکنیک ساخت پذیری به عنوان یکی از کارکردهای مهندسی ارزش، بهتر است در مرحله طراحی، که می‌تواند تأثیر معناداری داشته باشد، به این مقوله توجه ویژه‌ای شود. در این مقاله راهکارهایی از جنس مدیریتی- سازمانی ارائه شده، که از جمله آن‌ها می‌توان به راهکار "بهبود مدیریت دانش" در فاز مطالعات تکمیلی مهندسی ارزش اشاره کرد، که دلالت بر اصل P12 (ضرورت بازخورد) ساخت پذیری دارد و منجر به ارتقاء مفهوم C23 (ضرورت مستندسازی و ثبت درس‌آموخته‌های پروژه) جهت بهبود ساخت‌پذیری در فاز بهره‌برداری می‌شود. در بسیاری از مقالات ارزیابی شده در این پژوهش نیز [۳۳-۳۷] بارها به ضرورت پرداختن به این راهکار که از جمله معدود راهکارهای معطوف به فاز مطالعات تکمیلی مهندسی ارزش می‌باشد، تاکید شده است.

جهت شفافیت بیشتر به عنوان مثال در همین مقاله و مرتبط با فاز پیش مطالعه مهندسی ارزش، ارائه راهکارهایی نظیر "تقویت ارتباطات بین شرکاء"، "امکان استفاده از تجربه پیمانکاران فرعی" و "تاکید بر بهبود ارتباط بین طرف‌های مختلف"، دربرگیرنده اصول P1 (یکپارچه‌سازی) و P2 (دانش ساخت) و P3 (مهارت‌های تیمی) مرتبط با ساخت‌پذیری است و در عین حال ۵ مفهوم اولیه بهبود ساخت‌پذیری در فاز برنامه‌ریزی مفهومی (C1-5) را نیز پوشش می‌دهد، یا در ادامه همین مقاله به راهکار درگیر کردن ذینفعان در تمام فازهای پروژه مبتنی بر اصل P4 (تعریف اهداف مشترک) و مفاهیم C1 و C2 هم اشاره شده است؛ که همگی، موید اهمیت بعد مدیریتی- راهبردی راهکارهای ارائه شده در مهندسی ارزش جهت ارتقاء ساخت‌پذیری در فاز پیش مطالعه می-

[1] Al-Fadhli

باشند. به همین ترتیب پرداختن به راهکارهایی نظیر تمرکز بر "برنامه‌ریزی واقع‌بینانه" [۳۲, ۳۴, ۳۶, ۳۸-۴۲] که پوشش‌دهنده اصل P7 (برنامه) و مفاهیم C1 وC5 و C8 است، و یا "تقویت تیم‌سازی" [۳۴, ۳۶, ۳۸-۴۰, ۴۳] که در برگیرنده اصول P1 (یکپارچه‌سازی) و P3 (مهارت‌های تیمی) و مفاهیم C1 و C2، می‌باشد و هم‌چنین راهکار "ارتقاء مدیریت اطلاعات مهندسی" [۳۲, ۳۵, ۳۶, ۴۳, ۴۴] که اصول P1 (یکپارچه‌سازی) و P10 (مشخصات پروژه) و مفاهیم C6، C8، C10، C12 را در برمی-گیرد، نیز اهمیت ابعاد مختلف راهکارهای گروه مدیریتی را در راستای ارتقاء جایگاه ساخت‌پذیری در مهندسی ارزش را نشان می‌دهد.

در مطالعات دیگری نظیر آنچه که ایگوه[1] و همکارانش در سال ۲۰۱۷ با استفاده از مطالعه موردی و تحلیل SWOT در کشور نیجریه جهت ارزیابی تأثیر ساخت پذیری و مهندسی ارزش در اجرای پروژه های ساخت و ساز انجام دادند، ابتدا حدود ۳۰۰ پرسشنامه بین مدیران پروژه، معماران، مهندسان، مهندسین مشاور، پیمانکاران ساختمان توزیع شد. این پرسشنامه در دو بخش تهیه شده بود. بخش اول برای تحلیل صنعت، و شناسایی ضعف، فرصت و تهدیدهای موجود در صنعت ساخت کشور بود. سوالات بخش دوم پرسشنامه با هدف سنجش تمرکز بر ساخت‌پذیری و مهندسی ارزش در صنعت ساخت نیجریه طراحی شده بود [۳۱]. یافته‌های این پژوهش، عدم تمرکز جدی بر ساخت‌پذیری در اجرای مهندسی ارزش پروژه‌های صنعت ساخت و ساز در نیجریه را نشان داد. از این رو چارچوبی تدوین شد که مشخص می‌کرد چگونه ادغام هر دو مفهوم به منظور ارتقاء دانش و تسهیل اجرا می-تواند موثر باشد. در این مقاله به راهکارهای دیگری نظیر "شناسایی ریسک‌ها" مبتنی بر اصل P6 ساخت‌پذیری (عوامل خارجی تاثیرگذار بر پروژه) و مفاهیم C7,C8,C10,C15 اشاره شده که باز هم در این موارد، اهمیت راهکارهای گروه مدیریتی جالب توجه بود. در همین مقاله اشاره به راهکارهای دیگری مثل بررسی قابلیت ساخت طرح‌های ارائه شده با "استفاده از مدل‌سازی اطلاعات ساختمان(BIM) و تاکید بر مدلسازی و سازماندهی طراحی، با پوشش اصل P11 (کاربرد تکنولوژی) و مفاهیم C9, C18 مرتبط با بهبود ساخت‌پذیری، اهمیت راهکارهای مهندسی- تکنولوژیکی را پررنگ می‌کند. با عناوین مختلف در سایر مطالعات مرور شده در این پژوهش [۳۴, ۴۰, ۴۵] نیز به اهمیت و نقش تکنولوژی و فناوری‌های نوین در مطالعات مهندسی ارزش جهت بهبود ساخت‌پذیری اشاره شده است. راهکاری مبنی بر پیاده‌سازی مهندسی هم‌زمان و کاهش شکاف بین طراحی و ساخت، بر بهبود راهکارهای مهندسی- اجرایی اشاره دارد، و از جمله راهکارهایی است که در اکثر مقالات این مرور [۱, ۳۴, ۴۶, ۴۷] مطرح گردیده است. استفاده از روش‌های صنعتی‌سازی نظیر مونتاژ در ساخت و مدولار سازی [۳۲, ۳۵, ۳۶, ۴۸, ۴۹] و بازدید میدانی و مدیریت سایت [۳۳, ۳۴, ۳۹, ۵۰] از جمله دیگر راهکارهای مرتبط با گروه مهندسی- اجرایی است که معطوف به فاز مطالعه اصلی مهندسی ارزش هستند.

در پژوهش دیگری که توسط امیگبودون[2] و همکارانش تحت عنوان " مهندسی ارزش و بهینه سازی پروژه های ساختمانی" [۳۲] انجام شده، به بررسی چگونگی کمک به مهندسی ارزش در روند دستیابی به یک راه حل بهینه برای مشکل طراحی در صنعت ساختمان از طریق مقایسه تحلیلی بین چندین مورد پروژه در خاورمیانه و غرب آفریقا پرداخته شده است. در این مقاله "تعامل سازنده صاحب ساختمان، طراحان و سازندگان" به عنوان راهکاری جهت بهبود قابلیت ساخت از طریق مهندسی ارزش معرفی شده که از جمله معدود راهکارهای فرهنگی ارائه شده در گروه محیطی می‌باشد. همانطور که پیشتر هم اشاره شد علیرغم اهمیت مسائل محیطی از جنبه های قانونی و فرهنگی، که تاثیر بسزایی بر ارتقاء جایگاه ساخت‌پذیری در مهندسی ارزش دارند، در مطالعات موجود به صورت عمیق و هدفمند به آن پرداخته نشده است. چه بسا تمرکز بر این حیطه و تقویت جنبه‌های مختلف ابعاد محیطی، بر سایر حوزه‌ها نیز تاثیر زیادی بگذارد. به عنوان مثال بهبود رشد فرهنگی سازمان و انعطاف‌پذیری تفکر سنتی حاکم بر آن بر جنبه‌های مختلفی نظیر تیم‌سازی و بهبود ارتباطات نیز موثر خواهد بود؛ یا ایجاد ساختارهای پاداشی و انگیزشی اصولی می-تواند بر رشد خلاقیت و نوآوری تاثیرگذار باشد؛ یا در رابطه با راهکارهای قانونی، رفع موانع مرتبط با قوانین نظیر محدودیت‌های

[1] Igwe
[2] Omigbodun

رقابتی موجود در مناقصات، زمینه را برای انتخاب‌های اصولی‌تر فراهم خواهد کرد، بنابراین شایسته است که مطالعات بیشتری در این حوزه‌های مغفول انجام شود.

در مرور انجام شده، در فاز مطالعات تکمیلی مهندسی ارزش، جنبه‌های مختلف مدیریتی-سازمانی از جمله استفاده از "ثبت درس-آموخته‌ها"، "تنظیم گزارش‌های منظم" [۳۷, ۵۱]، "انجام ممیزی‌ها و بازبینی‌ها" و "بازخورد عملکرد" [۳۲, ۴۵, ۵۲] و نیز راهکارهایی نظیر "دادن دوره تضمین برای فرآیند تعمیر" [۳۳]، "نظارت و کنترل کیفی" [۴۵, ۵۱]، در گروه مهندسی- اجرایی نسبتا خوب پوشش داده شده بود. اما علیرغم آن‌که با در نظر گرفتن هدف فاز مطالعه تکمیلی، یعنی حصول اطمینان از پیاده‌سازی و به‌کار بستن تغییراتی که در پایان مطالعه ارزش توصیه شده‌اند، این فاز توجه بیشتری را می‌طلبد؛ تمرکز روی این فاز مهندسی ارزش کم بود و توجه به موارد مرتبط با نظارت و ارزیابی عملکرد راهکارهای مدیریتی- راهبردی و نیز راهکارهای محیطی در دو زیرگروه فرهنگی و قانونی در این فاز مورد غفلت واقع شده بود.

۳- نتیجه‌گیری

انتظار می‌رود کارگاه‌های VE روش‌های جایگزین برای برآورده کردن نیازهای پروژه را که منجر به صرفه‌جویی در سرمایه و یا هزینه عملیاتی برای حامی پروژه می‌شود، شناسایی کرده و بهبود بخشند؛ ساخت‌پذیری از جمله تکنیک‌هایی است که برای جلوگیری از بروز مشکلات و افزایش هزینه‌های ناشی از عوامل مرتبط با توانایی کارآمد یک پیمانکار در بهبود پروژه، مطرح می-باشد. در این پژوهش هدف ارزیابی جایگاه ساخت‌پذیری در مهندسی ارزش و ارائه پیشنهادات مرتبط با زمینه های بهبود آن بود. در جهت تحقق این اهداف، با استفاده از روش مروری کل‌نگرانه، با اعمال معیارهای تعریف شده برای مرور، تعداد ۳۰ مقاله انتخاب، مطالعه و ارزیابی گردید. در این پروسه، ابتدا به ارزیابی جایگاه ساخت‌پذیری در مهندسی ارزش پرداخته شد. مشخص گردید که کدام راهکارهای ارائه شده مهندسی ارزش دربرگیرنده اصول و مفاهیم ساخت‌پذیری بوده و تراکم مطالعات موجود درباره این موضوع بیشتر کدام مراحل چرخه عمر پروژه را پوشش می‌دهد. این راهکارها در سه گروه مدیریتی، مهندسی و محیطی طبقه‌بندی شد. در جمع‌بندی مطالعات مرور شده، این‌که تا چه اندازه بر این اصول و مفاهیم تمرکز شده و هر کدام از این راهکارها در کدام فاز مهندسی ارزش قابلیت پیاده‌سازی را دارند؛ نیز مشخص گردید. در عین حال به این موضوع پرداخته شد که چه جنس راهکارهایی مورد غفلت واقع شده که پرداختن به آن‌ها می‌تواند بستر مناسبی را جهت ارتقاء جایگاه ساخت‌پذیری در مهندسی ارزش ایجاد کند. در ادامه این موضوع مورد توجه قرار گرفت که هر کدام از این راهکارهای مغفول در کدام فاز مهندسی ارزش ضرورت توجه بیشتری را می‌طلبد. علاوه بر این‌ها، با توجه به بخش‌های مغفول نیز راهکارهایی نظیر تلاش برای بهبود رشد فرهنگی سازمان و انعطاف پذیری تفکر سنتی حاکم بر آن، یا رفع موانع قانونی نظیر محدودیت‌های رقابتی موجود در مناقصات، و ضرورت نظارت و ارزیابی عملکرد راهکارهای مدیریتی- راهبردی و نیز راهکارهای محیطی در دو زیرگروه فرهنگی و قانونی پیشنهاد شد، تا زمینه‌های بهبود جایگاه ساخت‌پذیری در مهندسی ارزش ایجاد و یا تسهیل گردد.

پیش از این پژوهش به‌صورت متمرکز و به شکلی تفکیک شده به ار زیابی جایگاه ساخت‌پذیری در مهندسی ارزش پرداخته نشده بود. این‌که در راستای ارتقاء ساخت‌پذیری، کدام راهکارهای مهندسی ارزش، از چه جنسی، قابلیت پیاده‌سازی در کدام فازهای پروژه ارزش را دارند، مشخص نبود. یافته‌های این پژوهش نشان داد که سهم زیادی از راهکارهای ارائه شده مهندسی ارزش که اصول و مفاهیم ساخت‌پذیری را پوشش می‌داد، معطوف به فاز پیش مطالعه و مطالعه اصلی ارزش و از جنس مدیریتی است. زمینه-های قابل‌توجهی مرتبط با فاز مطالعات تکمیلی یا راهکارهایی از جنس محیطی و دربرگیرنده مسائل فرهنگی و قانونی مورد غفلت واقع شده، که تمرکز بر آن‌ها به‌صورت کارا، بستر مناسبی را جهت بهبود جایگاه ساخت‌پذیری در مهندسی ارزش ایجاد می‌کند و شناسایی و پیاده‌سازی آن‌ها می‌تواند بستر مناسبی برای مطالعات پیش‌رو باشد. با توجه به شکاف مطالعاتی موجود و عدم توجه به راهکارهایی از جنس محیطی و مربوط به مسائل فرهنگی و قانونی، پیشنهاد می‌شود برای مطالعات آتی، خروجی حاصل از آنالیز الگویی این مطالعه به عنوان مبنایی برای طراحی یک چارچوب جهت بررسی میزان ساخت‌پذیری در پروژه‌های مهندسی ارزش

قرار گرفته و ضمن شناسایی راهکارهای محیطی مغفول، از طریق پژوهش میدانی، به شناسایی موانع و هم‌چنین توانمندسازهای موجود برای تسهیل پیاده‌سازی آن‌ها پرداخته شود.

۴- منابع

1. Al-Fadhli and S. K. I., "Value Engineering and Constructability Assessment Relating Infrastructure Projects," IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, vol. ۷۳۷, p. ۰۱۲۰٤۰, ۲۰۲۰, doi: ۸۹۹-۱۷۵۷/۱۰.۱۰۸۸x/.۰۱۲۰٤۰/۱/۷۳۷

2. F. Hugo, J. T. O'Connor, and W. V. Ward. T. S. D. o. H. P. Transportation. (۱۹۹۰). HIGHWAY CONSTRUCTABILITY GUIDE. Available: https://trid.trb.org/view/۳٤٤۸۰٦.

3. Jeffrey S. Russell, Kevin E. Swiggum, Jeffrey M. Shapiro, and A. F. Alaydrus, "CONSTRUCTABILITY RELATED TO TQM, VALUE ENGINEERING, AND COST/BENEFITS," .۱۹۹٤

4. B. Trigunarsyah, "Project designers' role in improving constructability of Indonesian construction projects," Construction Management and Economics, vol. ۲۵(۲), ۲۰۷–۲۱۵, ۲۰۰۷, doi: .۰۱٤٤٦۱۹۰٦۰۰۸۳۰٦٤۹/۱۰.۱۰۸۰

5. A. MATHERN, "Sustainability-, Buildability- and Performance-driven Structural Design," THESIS FOR THE DEGREE OF LICENTIATE OF ENGINEERING, CHALMERS UNIVERSITY OF TECHNOLOGY, Gothenburg, Sweden .۲۰۱۹

6. e. Saghatforoush, "Constructability Implementation Among Malaysian Building Contractors," European Journal of Scientific Research, vol. ۲۹(٤), ۵۱۸–۵۳۲., .۲۰۰۹

7. B. Trigunarsyah, "Constructability practices among construction contractors in Indonesia," Journal of Construction Engineering andManagement, vol. ۱۳۰No. ۵, pp. ٦۹-٦۵٦, ۲۰۰٤b.

8. N. N. Eldin, "Impact of employee, management and process issues on constructability implementation," Construction Management and Economics, vol. ۱۷No. ٦, pp. ۲۰-۷۱۱., .۱۹۹۹

9. V. E. Francis, Mehrtens, V. M ,.Sidwell, A. C., & McGeorge, W. D., "Constructability Strategies for Improved Project Performance," Architectural Science Review, vol. ٤۲, ۱۳۸-۱۳۳., .۱۹۹۹

10. L. S. Pheng, & Abeyegoonasekera, B., "Integrating Buildability in ISO ۹۰۰۰Quality Management Systems: Case Study of a Condominium Project.," Building and Environment, vol. ۳٦, ۳۱۲-۲۹۹, .۲۰۰۱

11. M. Elgohary, Fairclough, N. and Ricciuti, R, ""Constructability – from Qinshan to the ACR"," Nuclear Plant Journal, vol. ۲۱No. ۵, pp. ۵-۳۱., .۲۰۰۳

12. J. V. d. P. George Jergeas, "Benefit of Constructability on Construction Projects," Journal of Construction Engineering and Management .۲۰۰۱

13. S. JadidolEslami, E. Saghatforoush, N. Kordestani Ghaleenoe, and P. C, "Benefits of Using Constructability, Operability, and Maintainability in Infrastructure Projects: A Meta-Synthesis," International Journal of Construction Management, ۲۰۱٦, doi: ۵-٦۱۹۰-۱۰-۹۸۱-۹۷۸/۱۰.۱۰۰۷_.۳۱

14. R. Mendelsohn, "The constructability review process: a contractor's perspective," ASCE Journal of Management in Engineering, vol. ۱۳(۳), ۱۹-۱۷., .۱۹۹۷

15. (۱۹۹۳) Constructability Principles files.

16. S. Zolfagharian, M. Nourbakhsh, Shaik Hussein Mydin, Rosli Mohamad Zin, and J. Irizarry., "A Conceptual Method of Constructability Improvement," IACSIT International Journal of Engineering and Technology, .۲۰۱۲

17. M. A. Nima, M. R. Abdul-Kadir, and M. S. Jaafar, "Evaluation of the role of the contractor's personnel in enhancing the project constructability," Structural Survey, vol. ۱۹, no. ٤, pp. ۱۹۳–۲۰۰, ۲۰۰۱, doi: ۱۰.۱۱۰۸/eum.۰۰۰۰۰۰۰۰۵۸٤۰

18. R. H. Morro, "CONSTRUCTABILITY IMPROVEMENT: MAKING EFFECTIVE USE OF CONSTRUCTION LESSONS LEARNED," Master of Science, The University of Maryland, .۱۹۹۱

19. Michael H. Pulaski, M. J. Horman, and M. J. Chandra, "Case Study Validation of the Continuous Value Enhancement Process," Journal of Green Building, ۲۰۰٦, doi: ۱۰.۳۹۹۲/jgb..۱.۳.۱٦۹

20. H. HAMMERSLEY, "VALUEMANAGEMENTINCONSTRUCTION," Association of Local Authority Business Consultants, .۲۰۰۲

21. E. Al-Yafei, S. Ogunlana, and A. Oyegoke, Application of Value Engineering and Life Cycle Costing Techniques for Offshore Topside Facility Projects: Towards Sustainability. .۲۰۱۷

۲۲. ه. شریعتمدار ، م. چراغچی باشی آستانه, "بکارگیری مهندسی ارزش در مدیریت پروژه," در اولین کنفرانس ملی مدیریت پروژ های ساخت, ۲۰۱۳.

23. T. Haider, "Financial Management of Construction Contracts (Constructability and its Relation with TQM, Cost Shifting Risk and Cost/Benefit)," International Research Journal of Finance and Economics, ۲۰۰۹.

۲۴. غ. معمارزاده طهران,ع. فرهادی محلی, م. سرفرازی, "رویکرد تلفیقی مهندسی ارزش و اصول ناب در خلق ارزش," خط مشی گذاری عمومی در مدیریت (رسالت مدیریت دولتی), vol. ۱Article no. ۳, pp. ۲۵-۵۸, ۱۳۸۹.

25. J. Higgins, G. S, Ed. Cochrane Handbook for Systematic Reviews of Interventions ۵.۱.۰ed. ۲۰۱۱.

26. Michail Tsagris and K. C. Fragkos, Umbrella reviews, overviews of reviews, meta-epidemiologic studies: similarities and differences. ۲۰۱۶.

27. P. Banerjee and M. K. Ghose, "Spatial analysis of environmental impacts of highway projects with special emphasis on mountainous area: an overview," Impact Assessment and Project Appraisal, vol. ۳٤, no. ٤, pp. ۲۷۹-۲۹۳, ۲۰۱٦ ۰۱/۱۰/۲۰۱٦, doi: ۱٤٦۱٥٥۱۷.۲۰۱٦.۱۱۷٦٤۰۳/۱۰۸۰.۱۰

28. T. B. Fischer and V. Onyango, "Strategic environmental assessment-related research projects and journal articles: an overview of the past ۲۰years," Impact Assessment and Project Appraisal, vol. ۳۰, no. ٤, pp. ۲۵۳-۲٦۳, ۲۰۱۲ ۰۱/۱۲/۲۰۱۲, doi: ۱٤٦۱٥٥۱۷.۲۰۱۲.۷٤۰۹٥۳/۱۰.۱۰۸۰

29. K. Bakker, A. Boonstra, and H. Wortmann, "Does risk management contribute to IT project success? A meta-analysis of empirical evidence," International Journal of Project Management - INT J PROJ MANAG, vol. ۲۸, ۲۰۱۰ ۰۱/۰۷, doi: ۱۰.۱۰۱٦/j.ijproman..۲۰۰۹.۰۷.۰۰۲

30. Y. S. Lincoln and G. G. Egon, Naturalistic inquiry. Sage Publications, ۱۹۸٥.

31. C. Igwe, F. Nasiri, and A. Hammad, "Evaluating the Impact of Buildability Assessment and Value Management on Construction Project Delivery," ۲۰۱۷.

32. A. Omigbodun, "Value Engineering and Optimal Building Projects," Journal of Architectural Engineering, vol. ۷, no. ۲, pp. ٤۳-٤۰, ۲۰۰۱ ۰۱/۰٦/۲۰۰۱, doi: ۱۰.۱۰٦۱/(ASCE)۰٤۳۱-۱۰۷٦(۲۰۰۱)۷:۲(٤۰)

33. Senay Atabay and N. Galipogullari, "Application of Value Engineering in Construction Projects," Journal of Traffic and Transportation Engineering, ۲۰۱۳.

34. CHIT SU HTWE and A. M. CHO, "Analyzing level of Agreement in Constructability and Value Engineering Parameters among the Construction Project Participants," Internatinal Journal of Scientific Engineering and Technology Research, ۲۰۱٤.

35. VALUE MANAGEMENT & VALUE IMPROVING PRACTICES, LLC, ۲۰۰۲. [Online]. Available: www.pinnacleresuilts.com.

36. S. Cha Hee and T. O'Connor James, "Optimizing Implementation of Value Management Processes for Capital Projects," Journal of Construction Engineering and Management, vol. ۱۳۱, no. ۲, pp. ۲۵۱-۲۳۹, ۲۰۰٥ ۰۱/۰۲/۲۰۰٥, doi: ۱۰.۱۰٦۱/(ASCE)۹۳٦٤-۰۷۳۳(۲۰۰٥)۱۳۱:۲(۲۳۹)

37. D. Churcher, "Value management and value engineering," RICS guidance note, UK, ۲۰۱۷. [Online]. Available: rics.org/guidance

38. J. D. McCuish," Joys and Challenges of an Internal Value Engineering Facilitator."

39. Kaveh Miladi Rad and O. A. Y. b, "The Methodology of Using Value Engineering in Construction Projects Management," Civil Engineering Journal, vol. ۲, no. ٦, ۲۰۱٦, doi: ۱۰.۲۸۹۹۱/cej.۰۳۰۹۸٦-

40. J. A. Gambatese, J. B. Pocock, and P. S. Dunston, Constructability concepts and practice. Reston Va.: American Society of Civil Engineers, ۲۰۰۷, pp. v, ۱٤۹.

41. J. O'Connor and V. Davis, "Constructability Improvement During Field Operations.۱۹۹٥ ",

42. S. Fong, "Value Engineering in Hong Kong's Construction Industry: Client's Perspectives," CIB REPORT, pp. ۱۸۲-۱۷۱, ۱۹۹٦.

43. J. KUSUMI, "EARLY CONTRACTOR INVOLVEMENT AND THE TEAM APPROACH," ۱۹۸۹.

44. S. A. AUSTIN and D. S. THOMSON, "Integral value engineering in design," ۱۹۹۹

45. E. Othman and A. Ayman, "Improving Building Performance through Integrating Constructability in the Design Process," Organization, Technology and Management in Construction: An International Journal, vol. ۳, no. ۲, ۲۰۱۱, doi: ۱۰.٥٥۹۲/otmcj..۲۰۱۱.۲.٦

46. B. Pocock James, T. Kuennen Steven, J. Gambatese, and J. Rauschkolb, "Constructability State of Practice Report," Journal of Construction Engineering and Management, vol. ۱۳۲, no. ٤, pp. ۳۸۳-۳۷۳, ۲۰۰٦ ۰۱/۰٤/۲۰۰٦, doi: ۱۰.۱۰٦۱/(ASCE)۹۳٦٤-۰۷۳۳(۲۰۰٦)۱۳۲:٤(۳۷۳)

47. A. D. Chasey and A. M. Schexnayder, "Constructability: The key to reducing investment risk," .۲۰۰۰

48. E. Hanlon and V. Sanvido, "Constructability Information Classification Scheme," Journal of Construction Engineering and Management, vol. ۱۲۱, no. ٤, .۱۹۹٥

49. Jeffrey S. Russell and J. G. Gugel, "Comparative Analysis of Three Constructability Approaches," .۱۹۹٤

50. P. Mao, C. Mahame, and D. Ndahirwa, "impact of evolving construction project management techniques for proper project delivery: review on constructability review, lean construction (lc) and value engineering (ve) techniques," vol. ٦, .۲۰۱۸ ۰۱/۰٥

51. F. T. A. DOT, "Oversight Procedure ۳۰– Value Engineering and/or Constructability Review," .۲۰۱٥

52. J. O'Connor and S. Miller, "Overcoming Barriers to Successful Constructability Implementation Efforts," .۱۹۹٥