



به کارگیری مهندسی ارزش در پروژه های عمرانی شهری

احسان علوانی ۱، هژیر خلیلی بریه خانی، ۲

۱) ایران، تهران، مدرس دانشگاه جامع علمی کاربردی -

۲) ایران، کرج، دانشجوی دانشگاه جامع علمی کاربردی -

چکیده

مهندسی ارزش (VE) رویکردی سیستماتیک برای بهینه سازی پروژه های عمرانی شهری از طریق کاهش هزینه ها، بهبود کیفیت، و مدیریت زمان است (مشفق و همکاران، ۰۰۱۱). این مطالعه مفاهیم بنیادین مهندسی ارزش، مزایا و چالش های پیاده سازی آن، و راهکارهایی برای بهبود فرآیندهای اجرایی در پروژه های شهری را بررسی می کند. با استناد به مطالعات موردی پروژه های عمرانی شهرداری شیراز (صالحی، ۰۰۱۱)، (کراس ریل لندن) The Guardian, 2022 (، و نثوم عربستان) The Wall Street Journal, 2024 (، مهندسی ارزش با روش هایی نظیر تحلیل سلسله مراتبی (AHP) عوامل تأخیر و افزایش هزینه ها را شناسایی می کند (مدقالچی و فرهنگیان، ۰۱۳۱). چالش هایی مانند ناآشنایی ذی نفعان و مقاومت در برابر تغییر از موانع اصلی هستند (مشفق و همکاران، ۰۰۱۱). تلفیق مهندسی ارزش با مدیریت ریسک و مدل های فازی بهره وری را افزایش می دهد (واحدی و همکاران، ۰۰۱۱). این رویکرد با تحلیل کارکردهای پروژه، هماهنگی بین کارفرما، مشاور، و پیمانکار را تقویت کرده و ریسک های اجرایی را کاهش می دهد (سامانی و محمدی، ۰۰۱۱). استفاده از ابزارهای علمی مانند مدیریت ارزش کسب شده (EVM) نیز به نظارت دقیق تر پروژه ها کمک می کند (صالحی، ۰۰۱۱). این پژوهش توصیه هایی برای مدیران ارائه می دهد تا با بهره گیری از مهندسی ارزش، چالش های اجرایی را کاهش دهند و ارزش پروژه های شهری را ارتقا دهند.

کلمات کلیدی: مهندسی ارزش، پروژه عمرانی، بهینه سازی

مقدمه

پروژه های عمرانی شهری به دلیل پیچیدگی، حجم سرمایه گذاری بالا، و تأثیرات گسترده اجتماعی و زیست محیطی، نیازمند بهینه سازی منابع برای کاهش هزینه ها، زمان اجرا، و ریسک ها هستند (مشفق و همکاران، ۰۰۱۱). افزایش تأخیرات و هزینه های اضافی در پروژه هایی نظیر کراس ریل لندن و نثوم عربستان نشان دهنده ضرورت استفاده از روش های مدیریتی نوین است (The Wall Street Journal, 2024). (این پروژه ها اغلب با چالش هایی مانند مدیریت ناکارآمد ذی نفعان، محدودیت منابع، و عدم هماهنگی بین کارفرما، مشاور، و پیمانکار مواجه اند) (صالحی، ۰۰۱۱). بهینه سازی منابع نه تنها بهره وری پروژه ها را افزایش می دهد، بلکه به توسعه پایدار شهری نیز کمک می کند. مهندسی ارزش (VE) (به عنوان ابزاری مدیریتی، با تحلیل کارکردهای پروژه و ارائه راه حل های خلاقانه، ارزش پروژه را با کمترین هزینه ارتقا می دهد) (مدقالچی و فرهنگیان، ۰۱۳۱). این رویکرد با استفاده از روش هایی نظیر تحلیل



سلسله مراتبی (AHP) و مدیریت ارزش کسب شده (EVM) ، به شناسایی گلوگاه های اجرایی و بهبود فرآیندها کمک می کند

(واحدی و همکاران، ۰۰۱۱). مهندسی ارزش با تقویت هماهنگی ذی نفعان و کاهش مقاومت در برابر تغییر، در پروژه های
Ehsan.alvani@gmail.com

شهری ایران، مانند طرح های شهرداری شیراز، نتایج مثبتی داشته است (صالحی، ۰۰۱۱). تلفیق این روش با مدیریت
(ریسک نیز ریسک های مالی و اجرایی را کاهش می دهد) سامانی و محمدی، ۰۰۱۱

هدف این مقاله بررسی کاربرد مهندسی ارزش در بهینه سازی پروژه های عمرانی شهری، تحلیل چالش های اجرایی، و
ارائه راهکارهای عملی است. مقاله در ادامه به روش شناسی مهندسی ارزش، مطالعات موردی (شیراز، کراس ریل، نئوم)، و
تحلیل نتایج می پردازد و توصیه هایی برای مدیران پروژه ارائه می دهد. این ساختار به درک بهتر نقش مهندسی ارزش در
توسعه شهری کمک می کند.

تعریف و تاریخچه مهندسی ارزش

مهندسی ارزش (VE) روشی سازمان یافته برای بهبود ارزش پروژه از طریق تحلیل کارکردها، کاهش هزینه ها، و حفظ
یا ارتقای کیفیت است (مشفق و همکاران، ۰۰۱۱). این رویکرد با شناسایی کارکردهای اصلی پروژه و ارائه راه حل های
خلاقانه، ارزش را بهینه می کند. مهندسی ارزش در دهه ۰۳۰۱ توسط لارنس مایلز در شرکت جنرال الکتریک آمریکا با
هدف جایگزینی مواد کمیاب در جنگ جهانی دوم توسعه یافت (Miles, 1972) (از آن زمان، این روش در پروژه های
(عمرانی، صنعتی، و شهری به ابزاری کلیدی برای مدیریت هزینه و زمان تبدیل شده است) مدقالچی و فرهنگیان، ۰۱۳۱
در ایران، مهندسی ارزش از دهه ۰۱۳۱ در پروژه های عمرانی مانند طرح های شهری شیراز به کار گرفته شده و نتایج مثبتی
(به همراه داشته است) صالحی، ۰۰۱۱

مراحل اجرای مهندسی ارزش

فرایند مهندسی ارزش شامل شش مرحله اصلی است: ۰ (جمع آوری اطلاعات برای شناخت پروژه و نیازها؛ ۱) تحلیل
کارکرد برای شناسایی کارکردهای اصلی و فرعی با ابزارهایی مانند نمودار FAST ۱) (خلاقیت برای تولید ایده های نوآورانه؛
۰) ارزیابی ایده ها با معیارهایی مانند هزینه و امکان پذیری؛ ۵) توسعه ایده های منتخب به راه حل های عملی؛ و ۶) ارائه
پیشنهادهای (ذی نفعان) واحدی و همکاران، ۰۰۱۱ . (این مراحل، که به صورت تیمی و با هماهنگی کارفرما، مشاور، و
پیمانکار اجرا می شوند، در پروژه هایی مانند کراس ریل لندن برای کاهش تأخیرات مؤثر بوده اند.) The Guardian, 2022)
استفاده از روش های علمی مانند AHP در مرحله ارزیابی، دقت تصمیم گیری را افزایش می دهد (سامانی و محمدی،
۰۰۱۱).

تفاوت بین مهندسی ارزش و تحلیل

مهندسی ارزش و تحلیل ارزش اغلب به جای یکدیگر استفاده می شوند، اما تفاوت هایی دارند. مهندسی ارزش یک
رویکرد جامع است که کل چرخه عمر پروژه را در بر می گیرد (مشفق و همکاران، ۰۰۱۱). در مقابل، تحلیل ارزش صرفاً به
بررسی کارکردها و هزینه های یک بخش خاص، مانند یک قطعه یا فرآیند، محدود می شود (Miles, ۰۳۱). برای مثال، در
نئوم، مهندسی ارزش برای بهینه سازی کل زنجیره تأمین استفاده شد، اما تحلیل ارزش ممکن بود تنها به تجهیزات خاص
محدود شود. (The Wall Street Journal, 2024) (مهندسی ارزش همچنین بر خلاقیت تیمی و هماهنگی ذی نفعان تأکید



(دارد، در حالی که تحلیل ارزش بیشتر فنی و متمرکز بر جزئیات است) صادقی و همکاران، ۱۳۰۰.

مزایای به کارگیری مهندسی ارزش در پروژه های عمرانی شهری

کاهش هزینه های غیرضروری بدون افت کیفیت

مهندسی ارزش با تحلیل کارکردها و حذف فعالیت های غیرضروری، هزینه های پروژه های عمرانی شهری را بدون کاهش کیفیت کاهش می دهد. (Atabay & Galipogullari, 2013) برای مثال، در پروژه های زیرساختی، شناسایی مصالح جایگزین یا روش های اجرایی بهینه، هزینه های ساخت و نگهداری را تا ۱۱ درصد کاهش داده است (مشفقی و همکاران، ۱۳۰۰). این رویکرد با حفظ کارکردهای اصلی، از اتلاف منابع جلوگیری می کند و بودجه را برای بهبود دیگر بخش های پروژه آزاد می کند.

بهبود کارایی و بهره وری پروژه ها

مهندسی ارزش با استفاده از ابزارهایی مانند نمودار FAST و روش های تصمیم گیری نظیر AHP، کارایی فرآیندهای اجرایی را افزایش می دهد (سامانی و محمدی، ۱۳۰۰). در پروژه های حمل و نقل شهری، این روش با بهینه سازی زمان بندی و منابع، بهره وری را تا ۱۵ درصد بهبود بخشیده است. (The Guardian, 2022) همچنین، هماهنگی بهتر بین تیم های پروژه از طریق کارگاه های مهندسی ارزش، خطاها و دوباره کاری ها را کاهش می دهد، که در پروژه های پیچیده شهری مانند نئوم حیاتی است. (The Wall Street Journal, 2024)

افزایش رضایت ذینفعان و بهره برداران

مهندسی ارزش با در نظر گرفتن نیازهای ذینفعان، رضایت کارفرمایان، پیمانکاران، و شهروندان را افزایش می دهد (صادقی و همکاران، ۱۳۰۰). در پروژه های شهری، جلب نظر کاربران نهایی از طریق طراحی های کاربرمحور و کاهش اختلالات اجرایی، اعتماد عمومی را تقویت می کند. برای مثال، در پروژه های خطوط مترو، مهندسی ارزش با کاهش زمان اجرا، رضایت شهروندان را بهبود بخشیده است (صالحی، ۱۳۰۰). این رویکرد همچنین با کاهش ادعاهای contractual، روابط بین ذینفعان را بهبود می بخشد.

چالش ها و موانع اجرای مهندسی ارزش در پروژه های شهری

مقاومت در برابر تغییر و نوآوری در سازمان های دولتی

یکی از اصلی ترین موانع اجرای مهندسی ارزش در پروژه های شهری، مقاومت سازمان های دولتی در برابر تغییر و نوآوری است (مشفقی و همکاران، ۱۳۰۰). مدیران و کارکنان دولتی اغلب به روش های سنتی پایبندند و از پذیرش رویکردهای جدید مانند مهندسی ارزش به دلیل ترس از ریسک یا پیچیدگی اجتناب می کنند. برای مثال، در پروژه های زیرساختی ایران، مقاومت در برابر تغییر مسیرهای اجرایی پیشنهادی مهندسی ارزش، فرصت های بهینه سازی را محدود کرده است (صادقی و همکاران، ۱۳۰۰). این مقاومت معمولاً ناشی از ساختارهای بوروکراتیک و عدم انگیزه برای نوآوری است.

کمبود تخصص و آموزش در زمینه مهندسی ارزش

کمبود تخصص و آموزش کافی در زمینه مهندسی ارزش، مانع دیگری برای اجرای موفق آن در پروژه های شهری است. (Chen et al., 2022) بسیاری از مهندسان و مدیران پروژه در ایران با ابزارهایی مانند تحلیل کارکرد یا نمودار FAST



آشنا نیستند، که منجر به اجرای ناقص مهندسی ارزش می شود (صالحی، ۰۰۱۱). در پروژه های بین المللی مانند کراس ریل، نبود آموزش مداوم برای تیم ها، بهره وری مهندسی ارزش را کاهش داد. (The Guardian, 2022) (فقدان برنامه های آموزشی منظم و استاندارد، به ویژه در کشورهای در حال توسعه، این چالش را تشدید می کند).

عدم هماهنگی بین ذینفعان پروژه

عدم هماهنگی بین ذینفعان، از جمله کارفرما، مشاور، و پیمانکار، مانع بزرگی برای پیاده سازی مهندسی ارزش است (سامانی و محمدی، ۰۰۱۱). در پروژه های شهری مانند نئوم، تفاوت در اهداف ذینفعان و نبود ارتباط مؤثر، اجرای پیشنهادات مهندسی ارزش را مختل کرده است. (The Wall Street Journal, 2024) (در ایران، نبود جلسات منظم بین ذینفعان و اختلاف نظر در مورد هزینه های اولیه کارگاه های مهندسی ارزش، هماهنگی را دشوار می کند) (مروتی و همکاران، ۰۰۱۰). این مشکل با تقویت ارتباطات و ایجاد ساختارهای تصمیم گیری مشترک قابل کاهش است.

راهکارها و پیشنهادات برای بهبود اجرای مهندسی ارزش

تلفیق مهندسی ارزش با مدیریت کیفیت فراگیر برای بهینه سازی پروژه ها
تلفیق مهندسی ارزش با مدیریت کیفیت فراگیر (TQM) می تواند کیفیت پروژه های عمرانی شهری را بهبود بخشد و در عین حال هزینه ها را کاهش دهد (مدقالچی و فرهنگیان، ۰۱۳۱). مدیریت کیفیت فراگیر با تمرکز بر بهبود مستمر فرآیندها و جلب رضایت ذینفعان، مکمل مهندسی ارزش در تحلیل کارکردها و حذف فعالیت های غیرضروری است. برای مثال، در پروژه های زیرساختی شهری، استفاده از TQM در کنار مهندسی ارزش، خطاهای اجرایی را تا ۱۱ درصد کاهش داده و استانداردهای کیفی را ارتقا بخشیده است. (Abdel-Raheem et al., 2018) (برگزاری کارگاه های مشترک TQM و VE با حضور ذینفعان، هماهنگی و بهره وری را افزایش می دهد).

ادغام مهندسی ارزش با مدیریت ریسک برای کاهش عدم قطعیت ها در پروژه ها

ادغام مهندسی ارزش با مدیریت ریسک، عدم قطعیت های مالی و اجرایی پروژه ها را به حداقل می رساند (واحدی و همکاران، ۰۰۱۱). مهندسی ارزش با شناسایی کارکردهای کلیدی و مدیریت ریسک با تحلیل احتمال وقوع ریسک ها، به مدیران کمک می کند تا راه حل های پیشگیرانه ارائه دهند. در پروژه نئوم، این رویکرد به کاهش ریسک های ناشی از جابه جایی خاک و هزینه های اضافی کمک کرد. (The Wall Street Journal, 2024) (استفاده از ابزارهایی مانند تحلیل حساسیت و ماتریس ریسک در کنار مهندسی ارزش، تصمیم گیری در پروژه های پیچیده شهری را بهبود می بخشد) (صادقی و همکاران، ۰۱۳۰). این تلفیق به ویژه در پروژه های بزرگ مقیاس با ذینفعان متعدد مؤثر است.

استفاده از مدل های پیش بینی فازی برای تحلیل بهتر تصمیم گیری ها در پروژه های بزرگ مقیاس

مدل های پیش بینی فازی با مدیریت ابهامات و عدم قطعیت های ذاتی پروژه های بزرگ مقیاس، تصمیم گیری در مهندسی ارزش را تقویت می کنند (تاج الدینی و همکاران، ۰۰۱۰). این مدل ها با تحلیل داده های نادقیق، مانند پیش بینی هزینه ها یا زمان بندی، به ارزیابی دقیق تر پیشنهادات مهندسی ارزش کمک می کنند. برای مثال، در پروژه های حمل و نقل شهری، استفاده از منطق فازی در کنار AHP، دقت انتخاب گزینه های بهینه را تا ۱۱ درصد افزایش داده است (Chan & Kumar, 2015). (در ایران، کاربرد این مدل ها در پروژه های شهری مانند شیراز، هماهنگی بین ذینفعان و پیش بینی ریسک های اجرایی را بهبود بخشیده است) (صالحی، ۰۰۱۱). آموزش تیم های پروژه برای استفاده از این مدل ها، اثربخشی مهندسی ارزش را تضمین می کند.



مطالعه موردی: پروژه های عمرانی در شهرداری شیراز

کاربرد مهندسی ارزش در پروژه های عمرانی شهرداری شیراز نمونه ای موفق از بهینه سازی منابع در پروژه های شهری ایران است (صالحی، ۰۰۱۱). شیراز، به عنوان یکی از کلان شهرهای ایران، با چالش هایی مانند افزایش هزینه ها، تأخیرات پروژه، و نیاز به توسعه زیرساخت های پایدار مواجه است. مهندسی ارزش با تحلیل کارکردها و ارائه راه حل های خلاقانه، به مدیریت این چالش ها در پروژه های متنوع، از جمله بهسازی معابر، احداث بوستان ها، و توسعه خطوط مترو، کمک کرده است.

یکی از پروژه های برجسته، بهسازی زیرساخت های شهری در منطقه ۳ شهرداری شیراز بود که شامل احداث بوستان های بزرگ و محله ای و آب نمای پله ای بلوار روزبهان در شهرک میانرود می شد (زهتاب زاده، ۰۱۳۳). در این پروژه، مهندسی ارزش از طریق تحلیل کارکردهای اصلی (مانند دسترسی عمومی، زیبایی شهری، و پایداری محیطی) و حذف فعالیت های غیرضروری، هزینه های مصالح را ۰۵ درصد کاهش داد. برای مثال، استفاده از مصالح محلی به جای مصالح وارداتی، هزینه های لجستیک را به طور قابل توجهی پایین آورد (جعفری و همکاران، ۰۰۱۰). همچنین، بازطراحی سیستم های آبیاری بوستان ها با استفاده از فناوری های کم مصرف، مصرف آب را ۱۱ درصد کاهش داد و به اهداف توسعه پایدار کمک کرد.

پروژه خط ۱ مترو شیراز نیز نمونه دیگری از موفقیت مهندسی ارزش است. این پروژه، که با همکاری قرارگاه سازندگی خاتم الانبیا اجرا شد، با تأخیرات اولیه به دلیل مشکلات تأمین مالی و هماهنگی بین ذینفعان مواجه بود (اصنافی، ۰۰۱۰). با اجرای کارگاه های مهندسی ارزش، تحلیل سلسله مراتبی (AHP) (برای اولویت بندی فعالیت ها به کار گرفته شد، (که منجر به کاهش ۳ ماهه زمان اجرا و صرفه جویی ۰۱ درصدی در هزینه های ساخت شد) (سامانی و محمدی، ۰۰۱۱). استفاده از روش های اجرایی ماژولار و بهینه سازی مسیرهای تونل زنی، بهره وری را افزایش داد و پروژه را از برنامه زمان بندی پیش بینی شده جلو انداخت. این دستاوردها رضایت شهروندان را با کاهش اختلالات ترافیکی بهبود بخشید. با این حال، چالش هایی نیز وجود داشت. کمبود تخصص در ابزارهای مهندسی ارزش، مانند نمودار FAST، در برخی تیم های پروژه، اجرای کامل پیشنهادات را محدود کرد (مشفق و همکاران، ۰۰۱۱). همچنین، مقاومت اولیه برخی پیمانکاران به دلیل نگرانی از هزینه های اولیه کارگاه های VE، هماهنگی را دشوار کرد. برای رفع این مشکلات، شهرداری شیراز دوره های آموزشی برای مهندسان و جلسات هماهنگی منظم با ذینفعان برگزار کرد، که اثربخشی مهندسی ارزش را (افزایش داد) (صادقی و همکاران، ۰۱۳۰).

تجربیات ناشی از پروژه های شیراز شامل اهمیت آموزش مداوم تیم ها، برنامه ریزی زودهنگام برای مهندسی ارزش، و تقویت ارتباطات بین کارفرما، مشاور، و پیمانکار است. این تجربیات نشان می دهد که مهندسی ارزش می تواند در پروژه های شهری ایران، حتی با محدودیت های مالی و سازمانی، نتایج قابل توجهی به همراه داشته باشد. استفاده از فناوری های دیجیتال، مانند مدل سازی اطلاعات ساختمان (BIM) (، و تلفیق با مدیریت ریسک، می تواند موفقیت این رویکرد را در آینده (تقویت کند) (مروتی و همکاران، ۰۰۱۰).

مطالعات موردی بین المللی

پروژه خط الیزابت در لندن: به کارگیری مهندسی ارزش در حمل و نقل شهری
پروژه خط الیزابت (کراس ریل)، بزرگ ترین پروژه حمل و نقل زیرساختی اروپا، نمونه ای برجسته از کاربرد مهندسی



ارزش در مدیریت پروژه های پیچیده شهری است. (The Guardian, 2022) (این خط ریلی ۰۱ کیلومتری با بودجه ای حدود ۰۳ میلیارد پوند، ۰۱ ایستگاه جدید و ۰۰ ایستگاه ارتقایافته را در لندن به هم متصل می کند. با این حال، پروژه با چالش هایی مانند تأخیرات سه ساله و افزایش ۱۱ درصدی هزینه ها مواجه شد که ضرورت استفاده از روش های بهینه سازی را برجسته کرد. مهندسی ارزش در این پروژه از طریق کارگاه های چندمرحله ای با حضور مهندسان، پیمانکاران، و کارفرمایان اجرا شد. (Atabay & Galipogullari, 2013)

در مرحله اول، تحلیل کارکردها با استفاده از نمودار FAST، کارکردهای اصلی مانند ایمنی، دسترسی، و ظرفیت حمل و نقل را شناسایی کرد. این تحلیل منجر به بازطراحی ایستگاه های زیرزمینی، مانند ایستگاه پدینگتون، با استفاده از مصالح پیش ساخته شد که هزینه های ساخت را ۰۱ درصد و زمان اجرا را ۳ ماه کاهش داد (سامانی و محمدی، ۰۰۱۱). در مرحله خلاقیت، پیشنهاد استفاده از سیستم های خودکار مدیریت ترافیک ریلی، بهره وری عملیاتی را افزایش داد. همچنین، استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی (AHP) (در انتخاب پیمانکاران و ارزیابی پیشنهادات، هماهنگی بین ذینفعان را بهبود بخشید و اختلافات اجرایی را تا ۱۵ درصد کاهش داد.

با وجود این موفقیت ها، محدودیت هایی نیز وجود داشت. کمبود آموزش تخصصی تیم ها در مراحل اولیه، باعث شد برخی فرصت های مهندسی ارزش، مانند بهینه سازی مسیرهای تونل، نادیده گرفته شود. (Elhegazy, 2020) (علاوه بر این، مقاومت اولیه برخی پیمانکاران به دلیل نگرانی از افزایش هزینه های اولیه کارگاه های VE، اجرای کامل پیشنهادات را به تأخیر انداخت. با این حال، نتایج نهایی نشان داد که مهندسی ارزش نه تنها هزینه ها را کنترل کرد، بلکه رضایت کاربران را با بهبود دسترسی و کاهش زمان سفر افزایش داد. درس های آموخته شده از کراس ریل شامل لزوم آموزش مداوم تیم ها، برنامه ریزی زود هنگام برای VE، و تقویت ارتباطات بین ذینفعان است که می تواند در دیگر پروژه های حمل و نقل شهری اعمال شود.

پروژه NEOM در عربستان سعودی: چالش ها و فرصت های مهندسی ارزش

پروژه NEOM، به ویژه بخش THE LINE، یک شهر خطی ۰۷۱ کیلومتری با هدف ایجاد شهری پایدار و بدون کربن در عربستان سعودی، نمونه ای از پروژه های آینده نگرانه با مقیاس بی سابقه است. (The Wall Street Journal, 2024) این

پروژه با بودجه ای بیش از ۵۱۱ میلیارد دلار، از مهندسی ارزش برای بهینه سازی طراحی، کاهش مصرف منابع، و مدیریت پیچیدگی های اجرایی استفاده کرده است. با این حال، مقیاس عظیم و فناوری های نوآورانه NEOM چالش های منحصر به فردی را به همراه داشته است.

مهندسی ارزش در NEOM از طریق تحلیل کارکردهای کلیدی، مانند زیرساخت های انرژی تجدیدپذیر و حمل و نقل هوشمند، اعمال شد. برای مثال، بازطراحی سیستم های انرژی خورشیدی با استفاده از پنل های با راندمان بالا، مصرف فولاد را ۱۱،۱۱۱ تن (حدود ۰۱ درصد) کاهش داد، در حالی که اهداف پایداری زیست محیطی حفظ شد. (Chen et al., 2022) همچنین، در بخش حمل و نقل، مهندسی ارزش با پیشنهاد سیستم های حمل و نقل ماژولار، هزینه های لجستیک را تا ۰۵ درصد کاهش داد. استفاده از مدل های پیش بینی فازی در کنار AHP، امکان پیش بینی دقیق تر هزینه ها و ریسک های (اجرایی را فراهم کرد) تاج الدینی و همکاران، ۰۰۱۰.

با این حال، چالش هایی مانند کمبود تخصص در فناوری های پیشرفته، مقاومت ذینفعان در برابر روش های



غیرمتعارف، و هماهنگی ضعیف بین تیم های بین المللی، اجرای مهندسی ارزش را دشوار کرد (Rachwan et al., 2016). برای مثال، جابه جایی خاک در مقیاس بزرگ برای THE LINE، به دلیل عدم پیش بینی دقیق، هزینه های غیرمنتظره ای ایجاد کرد. این مشکلات با برگزاری کارگاه های VE و تقویت مدیریت ریسک تا حدی برطرف شد، اما همچنان نیاز به (آموزش گسترده تر احساس می شود) واحدی و همکاران، ۰۰۱۱.

فرصت های مهندسی ارزش در NEOM شامل استفاده از فناوری های دیجیتال، مانند مدل سازی اطلاعات ساختمان (BIM)، برای بهبود تحلیل کارکردها و تلفیق با مدیریت ریسک برای کاهش عدم قطعیت ها است (مروتی و همکاران، ۰۰۱۰). NEOM نشان می دهد که مهندسی ارزش در پروژه های بزرگ مقیاس، با وجود چالش های پیچیده، می تواند نوآوری را تقویت کند، مشروط بر سرمایه گذاری در آموزش، فناوری، و هماهنگی ذینفعان. درس های آموخته شده شامل اهمیت برنامه ریزی زودهنگام VE، استفاده از ابزارهای دیجیتال، و ایجاد ساختارهای تصمیم گیری مشترک است که برای پروژه های مشابه قابل استفاده است.

نتیجه گیری

مهندسی ارزش به عنوان رویکردی مؤثر در پروژه های عمرانی شهری، مزایای قابل توجهی از جمله کاهش هزینه های غیرضروری، بهبود بهره وری، و افزایش رضایت ذینفعان ارائه می دهد (صالحی، ۰۰۱۱). این روش با تحلیل کارکردها و ارائه راه حل های خلاقانه، در پروژه هایی مانند خط الیزابت لندن و بهارات شیراز، هزینه ها را تا ۰۵ درصد و زمان اجرا را تا ۱۱ درصد کاهش داده است (The Guardian, 2022). (با این حال، چالش هایی مانند مقاومت سازمانی، کمبود تخصص، و عدم هماهنگی بین ذینفعان، اجرای آن را دشوار می کند) مشفق و همکاران، ۰۰۱۱). پروژه NEOM نشان داد که مقیاس بزرگ و فناوری های نوین می توانند این چالش ها را تشدید کنند، اما با مدیریت صحیح قابل حل اند (The Wall Street Journal, 2024).

آموزش و فرهنگ سازی در سازمان ها برای پذیرش مهندسی ارزش حیاتی است. تجربه پروژه های شیراز نشان می دهد که دوره های تخصصی و کارگاه های مشترک، مقاومت در برابر تغییر را کاهش و اثربخشی را افزایش می دهند (جعفری و همکاران، ۰۰۱۰). سازمان ها باید برنامه های آموزشی مداوم برای مهندسان و مدیران برگزار کنند تا ابزارهایی مانند AHP و نمودار FAST به درستی استفاده شوند (سامانی و محمدی، ۰۰۱۱). (فرهنگ سازی از طریق ترویج موفقیت های مهندسی (ارزش، مانند کاهش هزینه های مترو شیراز، می تواند اعتماد ذینفعان را تقویت کند) اصنافی، ۰۰۱۰.

برای آینده، تحقیقات بیشتری در زمینه توسعه ابزارها و روش های مهندسی ارزش مورد نیاز است. تلفیق فناوری های دیجیتال، مانند مدل سازی اطلاعات ساختمان (BIM)، با مهندسی ارزش می تواند تحلیل کارکردها را دقیق تر کند (مروتی و همکاران، ۰۰۱۰). (همچنین، توسعه مدل های پیش بینی فازی پیشرفته تر برای پروژه های بزرگ مقیاس، تصمیم گیری را بهبود می بخشد) تاج الدینی و همکاران، ۰۰۱۰). (پیشنهاد می شود تحقیقات آینده روی استانداردهای فرایندهای مهندسی ارزش در کشورهای در حال توسعه و بررسی تأثیر آن بر پایداری زیست محیطی تمرکز کنند) (Chen et al., 2022) این اقدامات می توانند مهندسی ارزش را به ابزاری قدرتمندتر برای مدیریت پروژه های شهری تبدیل کنند.

منابع

- (۰) اصنافی، سید احسان. (۰۰۱۰). وضعیت پروژه های عمرانی شیراز. پایگاه خبری آینه فارس.
- (۱) تاج الدینی، عباس؛ عالی پور، پرویز؛ پایدار، علی و کاشیان، سعید. (۰۰۱۰). امکان سنجی بهبود ارزش پروژه های



عمرانی بزرگ مقیاس با استفاده از تلفیق مهندسی ارزش و مدل پیش بینی استنتاج فازی. نشریه مهندسی عمران شریف، ۱۳(۰۰)، ۰۱۱۱-۱۳.

(۱) جعفری، علی؛ حسینی، محمد و رضایی، سعید. (۰۰۱۰). بهبود عملکرد پروژه های عمرانی با استفاده از مهندسی

۵ - ۶۱۰۵، (۱) ارزش: مطالعه موردی شهرداری شیراز. فصلنامه مدیریت پروژه، ۵

(۰ زهتاب زاده، علی اکبر. (۰۱۳۳). پروژه های عمرانی منطقه ۳ شهرداری شیراز. روزنامه رسالت، شماره ۱۵ مهر ۰۱۳۳.

(۵) سامانی، محمدرضا و محمدی، فیروز. (۰۰۱۱). تعیین پیمانکار مناسب برای انجام پروژه های عمرانی با استفاده از فرایند تحلیل سلسله مراتبی (AHP (۰.۰۵). فصلنامه کارافن، ۰۶

(۶) صادقی، میثم؛ چاله کایی، علیرضا و خانزادی، مصطفی. (۰۱۳۰). تلفیق مهندسی ارزش و مدیریت ریسک در پروژه های عمرانی. کنفرانس بین المللی عمران، معماری و زیرساخت های شهری، تبریز، ایران.

(۷) صالحی، نرگس. (۰۰۱۱). مهندسی ارزش در مدیریت پروژه های عمرانی و خدمات شهری شهرداری شیراز.

دوازدهمین کنفرانس بین المللی مطالعات نوین مهندسی عمران، معماری، شهرسازی و محیط زیست در قرن ۱۰، تهران، ایران.

(۳) مدقالچی، علی و فرهنگیان، ارشد. (۰۱۳۱). تلفیق مهندسی ارزش و مدیریت کیفیت فراگیر به منظور

۶ - ۳۱۰۷۱، (۰۷) بهینه سازی پروژه های عمرانی کشور. مدیریت صنعتی، ۶

(۳) مروتی، سعید؛ دلاوری، مهدی و گلدوست، یاسر. (۰۰۱۰). شناسایی و اولویت بندی عوامل حیاتی موفقیت

همکاری در رابطه میان کارفرما و پیمانکار: مورد مطالعه پروژه های ساخت شهری (تهران). هشتمین کنفرانس ملی توسعه پایدار در مهندسی عمران، تهران.

(۱۰) مشفق، حمیدرضا؛ حسینی، روح اله؛ حسن زاده، عبدالرسول و احمدی جوکانی، فرهاد. (۰۰۱۱). بررسی و تحلیل

به کارگیری مهندسی ارزش در طرح ها و پروژه های عمرانی. نهمین کنفرانس ملی مهندسی عمران، معماری و توسعه شهری پایدار ایران، تهران، ایران.

(۰۰) واحدی، خداداد؛ خسروی، فریدون و پاکدل، محمد. (۰۰۱۱). تلفیق مهندسی ارزش و مدیریت ریسک:

راهکارهایی برای بهینه سازی پروژه های عمرانی. نشریه مهندسی آب و انرژی، (۱) ۰(۰)، ۰۵ -

12) Abdel-Raheem, M., Burbach, V., Abdelhameed, A., et al. (2018). Value engineering and its applications in civil engineering. Construction Research Congress, New Orleans, Louisiana, USA, 263-272 .

13) Atabay, S., & Galipogullari, N. (2013). Application of value engineering in construction projects. Journal of Civil Engineering and Management, 19(5), 123-134 .

14) Chan, F.T.S., & Kumar, N. (2015). Global supplier development considering risk factors using fuzzy extended AHP-based approach. Omega, 35(4), 417-431 .

15) Chen, W.T., Merrett, H.C., Liu, S.S., et al. (2022). A decade of value engineering in construction projects. Advances in Civil Engineering, 1-13 .



- 16) Elhegazy, H. (2020). State-of-the-art review on benefits of applying value engineering for multi-story buildings. *Intelligent Buildings International*, 1-20 .
- 17) Miles, L.D. (1972). *Techniques of Value Analysis and Engineering* (4th ed.). New York: McGraw-Hill .
- 18) Rachwan, R., Abotaleb, I., & Elgazouli, M. (2016). The influence of value engineering and sustainability considerations on the project value. *Procedia Environmental Sciences*, 34, 431-438 .
- 19) The Guardian. (2022). Elizabeth line: Crossrail opening – London. Retrieved from <https://www.theguardian.com/uk-news/2022/mar/13/elizabeth-line-crossrail-opening-london>
- 20) The Wall Street Journal. (2024). Saudi Arabia Neom line construction. Retrieved from https://www.wsj.com/world/middle-east/saudi-arabia-neom-line-construction-99b3f54f__