

شناسایی و اولویت بندی شاخص های مهندسی ارزش در پروژه های عمرانی دولتی

حسن فراتی^۱، منیره ناظمی^۲

۱. استادیار گروه مدیریت، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران

۲. کارشناسی ارشد مدیریت دولتی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات، شاهرود، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۶/۲۳ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۷/۱۹

Identify and Prioritize Value Engineering indexes in Construction Projects of Government

Hassan Forati¹, Monireh Nazemi²

1. Assistant Professor, Department of Management, Payame Noor University, Tehran, Iran

2. MA in Public Administration, Islamic Azad University of S&R Branch, Shahrood, Iran

Received: (13/Sep/2015) Accepted: (9/Oct/2016)

Abstract

Value engineering is one of the tools to create and enhance value for goods and services that used in different fields such as industry, agriculture, education, transportation and also in the transportation and Infrastructure projects. The aim of the research is to Identify and prioritize Value Engineering index with Fuzzy Delphi Technique in Semnan Department of Transportation. This research is applied and its research method is descriptive. Because of using Fuzzy AHP for ranking alternatives, our research is a single cross-survey. In this regard, after a comprehensive literature study, 23 indicators identified and standardized questionnaire among 10 experts in the field were distributed and collected. Delphi fuzzy Utilizes and win 13 indexes higher than 0.7 were screened. The investigators then to prioritize the factors identified in an integrative approach Permutation and genetic algorithms because the problem is NP-Hard were used. Based on these findings, the index of compatibility with existing machines, information and experience in working in road construction projects are the most important variables. According to research results, index Embassy completion rate was the lowest priority.

Keywords: Value, Value engineering, Fuzzy Delphi Technique, Permutation, genetic algorithms.

چکیده

مهندسی ارزش یکی از ابزارهای خلق و بهبود ارزش برای محصولات و خدمات است که علاوه بر اینکه در زمینه های متفاوتی چون صنعت، کشاورزی، آموزش و پرورش، حمل و نقل و ... کاربرد دارد در حوزه راه و ترابری و پروژه های زیر بنایی نیز کاربرد دارد. هدف تحقیق حاضر شناسایی و اولویت بندی شاخص های مهندسی ارزش در پروژه های عمرانی دولتی با مطالعه پروژه های راه سازی اداره کل راه و ترابری استان سمنان با استفاده تکنیک دلفی فازی است. روش پژوهش از نظر هدف کاربردی است و از لحاظ گردآوری اطلاعات، توصیفی- پیمایشی به شمار می رود. در این خصوص پس از مطالعه جامع ادبیات، ۲۳ شاخص شناسایی و پرسشنامه محقق ساخته بین ۱۰ تن از خبرگان این حوزه توزیع و جمع آوری شد. با بهره گیری از دلفی فازی ۱۳ شاخص رتبه بالاتر از ۰.۷ را کسب کرده و غربال شدند. برای اولویت بندی شاخص های شناسایی شده از رویکرد ترکیبی پروموتاسیون و الگوریتم ژنتیک استفاده شد. بر اساس یافته های پژوهش، شاخص های سازگاری با ماشین آلات موجود، کسب اطلاعات و تجربه در کار به ترتیب بیشترین اهمیت را در شاخص های مهندسی ارزش پروژه های راه سازی دارند. همچنین بر اساس نتایج پژوهش، شاخص سرعت تکمیل سفارشات از کم ترین اولویت برخوردار بود.

واژگان کلیدی: ارزش، مهندسی ارزش، دلفی فازی، پروموتاسیون، الگوریتم ژنتیک

مقدمه

به یک مشکل می‌باشد. آن یک رویکرد تیمی، سیستمی و کارکردگرا است که برای تحلیل و بهبود ارزش در یک محصول، سیستم یا خدمت به کار برده می‌شود و ارائه دهنده روشی قوی برای حل مشکلات و کاهش هزینه‌ها و همچنین بهبود عملکرد و کیفیت می‌باشد (هیرالو و، ۲۰۱۶: ۳۶۲).

همان‌طور که اشاره شد، از آنجایی که صنعت ساخت‌ساز و راهسازی با چالش‌های مختلفی در رابطه با انجام به موقع پروژه‌ها در محدوده بودجه تعیین شده مواجه هستند، مهندسی ارزش در کشورهای زیادی از سراسر دنیا مورد استفاده قرار می‌گیرد (چن^۵ همکاران، ۲۰۱۰). همه سازمان‌های ملی در آسیا دارای الزامات قانونی ملی هستند که پروژه‌های دولتی را مجبور به تحلیل ارزش می‌کنند. در آمریکا قانون‌نهایی مهندسی ارزش، تحلیل مهندسی ارزش پروژه‌ها در سیستم بزرگراه ملی و همچنین پل‌ها را ملزم کرده است (هیرالو و، ۲۰۱۶: ۳۶۳). از این رو، مهندسی ارزش تبدیل به بخشی جدایی‌ناپذیر در ایجاد و اجرای بسیاری از پروژه‌ها شده است. مطالعه زانگ^۶ (۲۰۰۹) گزارش داد که مهندسی ارزش می‌تواند پنج تا ده درصد در هزینه‌های پروژه‌های ساخت و ساز صرفه جویی نماید (پارک^۷ و همکاران، ۲۰۱۶: ۱).

بنابراین، با توجه به اینکه حمل و نقل به عنوان یکی از زیربخش‌های اساسی کشور، بخش قابل ملاحظه‌ای از منابع ملی را به خود اختصاص می‌دهد و با توجه به حجم بالای پروژه‌ها و وزارت راه و شهرسازی، تعامل تنگاتنگ آنها با بخش‌های مختلف و نیز کمبود منابع مالی برای اجرای آنها و همچنین بهبود کیفی و فنی طرح‌ها و کاهش هزینه‌های آنها ضرورت استفاده مناسب از مهندسی ارزش را در این حوزه ایجاد می‌کند. چرا که با استفاده از روش‌های مهندسی ارزش فرایند طراحی، هزینه‌های ایجاد کاهش می‌یابد و دوره زمانی ایجاد کوتاه‌تر می‌شود. برای تحقق این هدف، ابتدا لازم است که متغیرهای مهندسی ارزش در حوزه پروژه‌های اداره راه‌شناسایی و اولویت‌بندی شود و در نهایت این امر می‌تواند برای تصمیم‌گیری راجع به پروژه‌ها مورد استفاده قرار بگیرد. با توجه موارد فوق و همچنین از آنجایی که اداره راه استان سمنان در اجرای پروژه‌های راه‌سازی خود با محدودیت بودجه، چالش تامین بودجه و در برخی موارد با عدم

مهندسی ارزش، رویکردی سیستماتیک برای بهبود ارزش یک پروژه از طریق تحلیل کارکرد‌های آن پروژه می‌باشد و امروزه بسیار مورد توجه سازمان‌ها قرار گرفته است (راچ وان^۱ و همکاران، ۲۰۱۶: ۴۳۲). ابتدا مهندسی ارزش در شرکت جنرال الکتریک در خلال جنگ جهانی دوم ایجاد شد و سپس به طور گسترده‌ای در صنایع و سازمان‌های دولتی به ویژه در حوزه‌هایی مثل امور دفاعی، حمل و نقل، ساخت و ساز، راهسازی و بهداشت مورد استفاده قرار گرفت (اتابی و گالی پوگیو لاری^۲، ۲۰۱۳: ۳۹). از سوی دیگر، افزایش هزینه‌های ایجاد و نگهداری پروژه‌های راهسازی و بزرگراه‌ها به همراه کاهش بودجه، منجر به افزایش توجه سازمان‌های حمل و نقل دولتی به مهندسی ارزش شده است (لی^۳ و همکاران، ۲۰۱۰: ۲۶۲). سه انتقاد عمده‌ای که از پروژ‌های راهسازی می‌شود این است که اولاً آنها به اهداف تعیین شده در پروژه دست نمی‌یابند، دوماً پروژه‌ها در زمان مقرر تحویل داده نمی‌شوند و سوماً هزینه‌های صرف شده برای آنها بیشتر از بودجه تعیین شده می‌باشد و مهندسی ارزش روشی است که می‌تواند در یافتن روش‌هایی جهت بهبود راه حل‌های این مشکلات به وسیله ایجاد توازن بین هزینه، زمانبندی و محدوده بودجه و از طریق ایجاد گزینه‌های نوآورانه کمک کند (هیرالو و^۴، ۲۰۱۶: ۳۶۲). مهندسی ارزش یکی از روش‌های مدیریتی است که به منظور بهبود کارکرد و حذف هزینه‌های غیر ضروری پروژه‌ها در صنعت ساخت و ساز و راهسازی مورد استفاده قرار می‌گیرد (پارک و همکاران، ۲۰۱۶: ۱).

مهندسی ارزش اشاره به روش‌شناسی ارزش یا تحلیل ارزش دارد و فرایندی سیستماتیک برای بهبود ارزش یک پروژه از طریق تحلیل کارکرد‌های آن پروژه می‌باشد. ارزش به بازده متناسب در کالا، خدمات یا پولی که برای یک چیزی پرداخت می‌شود، اشاره دارد. ارزش عبارت است از نسبت کارکرد به هزینه؛ جایی که ارزش به وسیله افزایش کارکرد یا کاهش هزینه یا از طریق هر دو آنها افزایش می‌یابد (راچ وان و همکاران، ۲۰۱۶: ۴۳۲). به عبارت دیگر، مطالعه مهندسی ارزش در پی یافتن راه‌هایی برای بهبود راه حل‌های مربوط

¹ Rachwan & others

^۲ Atabay & Galipogullari

^۳ Lee

^۴ Heralova

⁴ Rachwan

⁵ Chen

⁶ Zhang

⁷ Park

شود (اتابی و گالی پوگیو لاری، ۲۰۱۳: ۴۰).

در واقع هدف واقعی مهندسی ارزش بهبود ارزش می باشد و این امر صرفاً با کاهش هزینه به دست نمی آید. هدف رویکرد مهندسی ارزش زمانی محقق می شود که کاربر بتواند کارکردهای ضروری را تعریف کند و آنها را از کارکردهای غیر ضروری جدا سازد و همچنین ابزارهای جایگزین برای اجرای کارکردهای ضروری با هزینه کلی پایین تر تدوین نماید (پارک و همکاران، ۲۰۱۶: ۲). بنابراین، مهندسی ارزش فقط کاهش هزینه نیست. مهندسی ارزش یک روش سیستماتیک برای بهبود ارزش کالاها و خدمات از طریق بررسی کارکرد می باشد (ایزولا، ۱۹۹۷). ارزش به عنوان نسبت کارکرد به هزینه تعریف می شود. بنابراین ارزش می تواند از طریق بهبود کارکرد یا کاهش هزینه ارتقاء یابد.

مهندسی ارزش در صنعت ساخت و ساز و راهسازی عمدتاً یک تلاش سازمان یافته برای به چالش کشیدن برنامه های طراحی و ایجاد راه حل هایی برای بهبود عملکرد، قابلیت اطمینان و نگهداشت پذیری می باشد (هیرالو و، ۲۰۱۶: ۳۶۴). بنابراین، در پروژه ها، از مهندسی ارزش می توان در جهت کاهش هزینه، صرفه جویی در زمان، بهبود کیفیت و کاهش کاستی ها و نواقص طرح استفاده کرد. پروژه هایی که پر هزینه، پیچیده، تکراری، منحصر به فرد، با محدودیت بودجه و در معرض دید عموم هستند بیشترین مزیت را از استفاده و به کار گیری مهندسی ارزش می برند (لایا راجا و اقبال: ۲۰۱۵: ۱).

زمان به کارگیری مهندسی ارزش بستگی به نوع پروژه مورد نظر دارد. مهندسی ارزش را می توان در مراحل مختلفی از چرخه حیات یک پروژه اعمال نمود. این مراحل عبارتند از: مرحله شناسایی پروژه، مرحله امکان سنجی، مرحله توسعه گزینه ها، مرحله طراحی کلی، مرحله انتخاب گزینه ها و روش های تدارکات یا ساخت، مرحله طراحی تفصیلی و طراحی اجزاء، مرحله پیش از ساخت، مرحله نگهداری و بهره برداری و مرحله بازنگری پس از اجرای پروژه (وانگ، ۲۰۱۰: ۱۶۱۵).

بنابراین، روش های مهندسی ارزش می تواند در هر مرحله از چرخه توسعه یا ایجاد پروژه به کار برده شود. اگر چه بیشترین مزیت و صرفه جویی منابع در فازهای اولیه پروژه (نمودار ۱) به دست می آید (راج وان و همکاران، ۲۰۱۶: ۴۳۲).

استفاده بهینه از بودجه تخصیص داده شده مواجه است، این پژوهش در تلاش است با شناسایی و اولویت بندی متغیرها و فاکتورهای مهندسی ارزش در اداره کل راه و ترابری استان سمنان و کمک به شناسایی فعالیت فاقد ارزش و حذف آنها در راستای مدیریت بهتر هزینه ها گام بردارد. بر این اساس سوالات این پژوهش عبارت است از:

شاخص های مهندسی ارزش در اداره کل راه و ترابری استان سمنان کدامند؟
اولویت بندی آنها چگونه است؟

مبانی نظری پژوهش

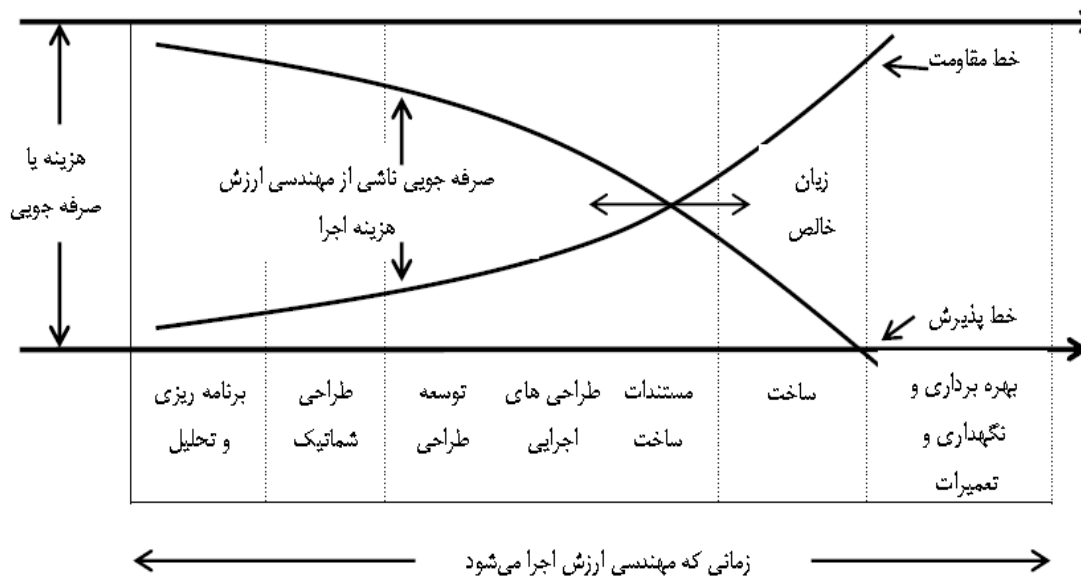
مهندسی ارزش، تحلیل ارزش و مدیریت ارزش مفاهیمی از یک رویکرد مدیریتی واحد هستند که به دنبال یافتن راه حل های عملیاتی و کاهش هزینه های غیر ضروری هستند (لایا راجا و اقبال، ۲۰۱۵: ۱). مهندسی ارزش روشی موثر برای کاهش هزینه ها، افزایش بهره وری و بهبود کیفیت می باشد (اتابی و گالی پوگیو لاری، ۲۰۱۳: ۳۹).

ابتداء، مهندسی ارزش طی جنگ جهانی دوم در صنایع تولیدی مورد استفاده قرار گرفت و سپس به طور گسترده در صنعت ساخت و ساز و راهسازی مورد استفاده قرار گرفت (فنگ و دینگ، ۲۰۱۱: ۳۳۷). انجمن مهندسان ارزش آمریکا^۱ در سال ۱۹۵۹ به عنوان یک انجمن حرفه ای برای پیشرفت و توسعه مهندسی ارزش از طریق درک بهتر از اصول، روش ها و مفاهیم آن شکل گرفت (هیرالو و، ۲۰۱۶: ۳۶۳). این انجمن مهندسی ارزش را به عنوان به کارگیری سیستماتیک روش های مشخص که کارکرد یک محصول یا خدمت را شناسایی کرده، برای آن کارکرد ارزش های مالی ایجاد می کند و کارکرد ضروری قابل اطمینان را با پایین ترین هزینه ممکن ارائه می کند، تعریف کرد (هیرالو و، ۲۰۱۶: ۳۶۴). مهندسی ارزش یک تکنیک مدیریتی است که به دنبال ایجاد توازن کارکردی بین هزینه، قابلیت اطمینان و عملکرد محصول، پروژه، فرایند یا خدمت می باشد (لایا راجا و اقبال: ۲۰۱۵: ۱). در تعریف دیگر، مهندسی ارزش به عنوان تحلیل کارکردهای یک برنامه، پروژه، سیستم، محصول، اقلام تجهیزات، ساخت و ساز، امکانات و خدمات با هدف بهبود عملکرد، قابلیت اطمینان، کیفیت، ایمنی و هزینه های چرخه حیات تعریف می

^۱ Llyaraja & Eqyaabal

^۲ Feng & Ding

^۳ Society of American value engineers



نمودار ۱. پتانسیل صرفه‌جویی ناشی از به‌کارگیری مهندسی ارزش (کریمی و سلیمی، ۱۳۸۷: ۱۴)

موفق معرفی می‌کند. این مراحل تبدیل به سه مرحله می‌شود؛ مرحله پیش مطالعه، مرحله مطالعه و مرحله پس از مطالعه. این مراحل در نمودار ۲ نشان داده شده است (راچ وان و همکاران، ۲۰۱۶: ۴۳۳).

مرحله پیش مطالعه^۱ (فاز جهت‌یابی): این مرحله به عنوان "استفاده از روابط انسانی خوب، الهام بخشیدن به کار گروهی، کار مؤثر روی ویژگی‌ها، غلبه بر موانع و به‌کار بردن قضاوت خوب در کسب و کار" تعریف می‌شود. هدف فاز پیش مطالعه، جمع‌آوری و تعریف الزامات کاربر/ مشتری و گردآوری مجموعه‌ای کامل از داده‌ها و اطلاعات محصول یا پروژه، فرآیندها، زیرفرآیندها و یا محصول (با توجه به محدوده مطالعه)، تعیین معیارهای ارزیابی، تعیین آرایش تیم و همچنین مشخص کردن مدل مناسب برای تحلیل داده‌ها است. به‌طور کلی این فاز یک درک کلی از پروژه، فرآیندها، محصول و اجزای مطالعه فراهم می‌آورد (ایزولا، ۱۹۹۷: ۶۵).

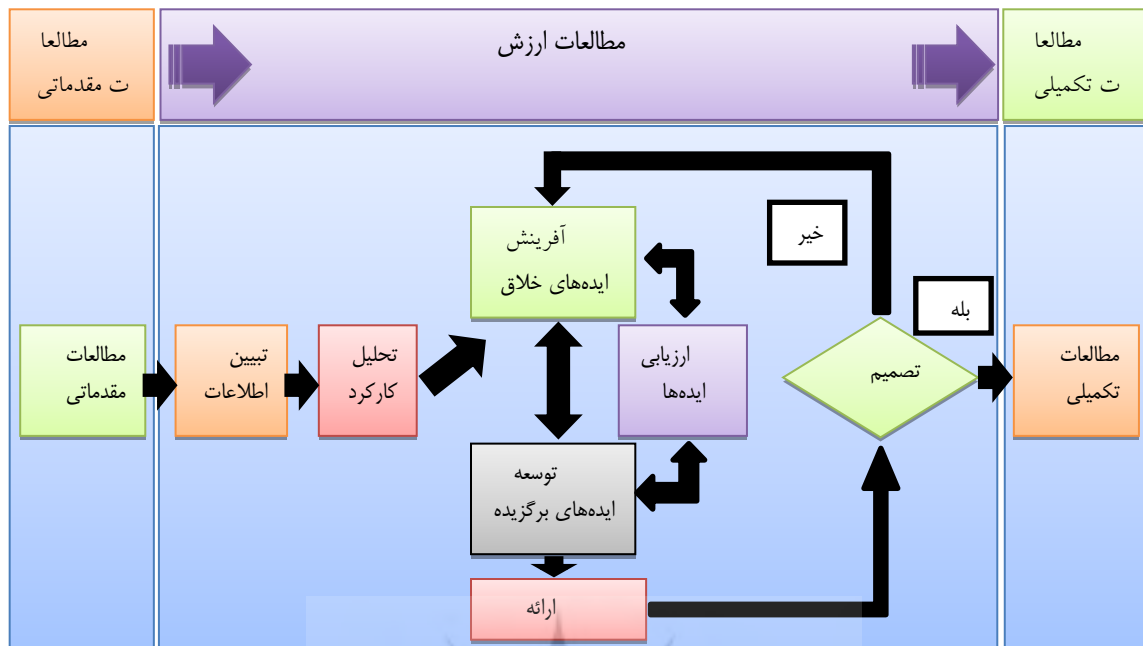
مرحله مطالعه ارزش^۲: مرحله مطالعه ارزش، در برگزیده گام‌های عملیاتی و پیاده‌سازی متدولوژی ارزش است. این متدولوژی زمانی اثرات قابل توجهی در پی خواهد داشت که در شش فاز (۱. اطلاعات، ۲. تحلیل کارکرد، ۳. خلاقیت، ۴. ارزیابی، ۵. توسعه و ۶. ارائه) به‌کار گرفته شود (هرالو وا، ۲۰۱۶: ۳۶۵؛ لایا راجا و اقبال: ۲۰۱۵: ۵).

همان‌طور که در شکل فوق مشاهده می‌شود، در فازهای اولیه تصمیم‌گیری در مورد یک پروژه و طراحی‌های مفهومی آن، به دلیل عدم ورود به مراحل اجرایی و قطعی شدن کار، قابلیت تغییر بیشتر است. در این زمان‌ها که تغییرات به راحتی قابل انجام هستند، هزینه زیادی متوجه سازمان پروژه نیست. این تغییرات می‌توانند با صرف هزینه کمی اعمال شود و صرفه‌جویی چشمگیری نیز در پی داشته باشد. در حالی که هرچه به سمت فعالیت‌های اجرایی پروژه پیش می‌رویم، علاوه بر هزینه‌های اجرایی، برای اعمال تغییرات نیز باید هزینه بیشتری متقبل شد. نکته قابل توجه، حرکت معکوس دو نمودار صرفه‌جویی ناشی از مهندسی ارزش و هزینه‌های اعمال تغییرات است.

برای هر پروژه مشخص، مطالعه مهندسی ارزش به وسیله یک تیم چند وظیفه‌ای جهت بهبود ارزش آن پروژه انجام می‌شود (راچ وان و همکاران، ۲۰۱۶: ۴۳۲). برنامه کاری مهندسی ارزش یک رویکرد سیستماتیک و سازمان یافته است و در واقع عاملی مهم در موفقیت مطالعات مهندسی ارزش می‌باشد. برنامه کاری یک نقشه راه برای تعریف وظیفه مورد نیاز با تعیین اقتصادی ترین ترکیب کارکردها برای کامل کردن وظیفه است. از طریق برنامه کاری، مهندسی ارزش حوزه‌های کلیدی هزینه‌های غیر ضروری را شناسایی می‌کند و در پی یافتن روش‌های خلاق و جدید برای اجرای همان کارکرد است (هرالو وا، ۲۰۱۶: ۳۶۵).

برنامه‌های کاری مهندسی ارزش مختلفی از سوی صاحب‌نظران ارائه شده است. انجمن بین‌المللی مهندسی آمریکا شش مرحله را برای اجرای مطالعه مهندسی ارزش

۱. pre-study
۲. value study



نمودار ۲. نمایی شماتیک از فعالیت‌های مراحل مختلف مهندسی ارزش (الگوی حل مسأله مهندسی)

پیشینه پژوهش

عباسی و حسنی (۱۳۹۴) در پژوهش خود به پیاده سازی مهندسی ارزش در اجرای بدنه سدهای خاکی مطالعه موردی سد سیکان دره شهر ایلام پرداخته اند. در این پژوهش، مهندسی ارزش در کنار روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی به عنوان یک ابزار، جهت انتخاب بهترین گزینه نوع سد و همچنین بهترین نوع سرریز استفاده شده است. برای انجام این کار سه معیار هزینه اجرا، زمان اجرا و عملکرد به عنوان شاخص های اصلی تصمیم گیری در نظر گرفته شده اند. با توجه به نتایج مشخص گردید، بهترین گزینه سد بتن غلتکی با سرریز آزاد می باشد.

رضانی و کاتب (۱۳۹۳) در پژوهش خودبه شناسایی و اولویت بندی زیر ساخت های سازمانی موثر بر اجرای مهندسی ارزش در شرکت های بیمه ای با استفاده از تکنیک تصمیم گیری چند شاخصه ELECTRE پرداخته اند. براساس نتایج بدست آمده حاصل از اولویت بندی عوامل زیر ساختی اولویت عوامل تاثیر گذار به ترتیب عبارت است از در دسترس بودن منابع، استراتژی سازمان و ساختار سازمان، حمایت مدیریت، فرهنگ سازمانی، ارتباطات و سیستم های اطلاعاتی.

برای دستیابی به نتیجه مطلوب مطالعه مهندسی ارزش، باید به ترتیب فازهای تعریف شده متدولوژی مهندسی ارزش گام برداریم. در حین پیشرفت مطالعه تیم، ممکن است که اطلاعات جدید، منجر به بازگشت تیم به فازها و مرحله‌های قبلی شود اما هرگز مجاز نیستیم مرحله یا گامی را حذف کنیم.

مرحله پس از مطالعه: هدف از مرحله پس مطالعه، اطمینان از اجرای مورد تأیید توصیه‌های تغییر مطالعه ارزش است. وظایف پیاده‌سازی شده توسط تیم مهندسی ارزش، پرسنل خود سازمان و یا با همکاری یکدیگر انجام می‌شود. دامنه مرحله پس مطالعه به نحوی است که هرگزینه جدید باید به-طور مستقل طراحی و تأیید شود و شامل تغییرات قراردادی در صورت لزوم و قبل از اجرای آن به صورت محصول، پروژه، فرآیند یا رویه است. سرانجام پیشنهاد می‌شود واحد مالی سازمان پروژه، اسناد و مدارک تهیه شده و تحلیل‌های مهندسی ارزش را از دیدگاه تخصصی حسابداری و اقتصادی مورد ارزیابی مجدد قرار دهد تا اطمینان حاصل گردد که از انجام مطالعه ارزش، بیشترین منافع کارفرما به دست آمده است (کریمی و سلیمی، ۱۳۸۷: ۱۴۲-۱۴۱).

استفاده از نظر متخصصین حوزه حمل و نقل ریلی هفت معیار اصلی در انتخاب پروژه‌های مهندسی ارزش شناسایی و با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی فازی، پنج پروژه از بین پروژه‌های مصوب راه آهن مورد ارزیابی قرار گرفته و اولویت پروژه‌های منتخب جهت انجام مطالعات مهندسی ارزش مشخص گردید. بر اساس نتایج بدست آمده از این مطالعه اجرای پروژه ریلی اصفهان- اهواز بالاترین اولویت اجرا را از نظر معیارهای مهندسی ارزش در بین سایر پروژه‌های مورد بررسی دارد.

بر اساس مطالعات داخلی و خارجی ۲۳ شاخص مهندسی ارزش در پروژه‌های راهسازی مشخص گردید. در جدول ۱ شاخص‌های مهندسی ارزش در مطالعات داخلی و خارجی بصورت کلی مرور شده است.

کاماسی و یاراحمدی (۱۳۹۳) در مقاله‌ای تحت عنوان انتخاب پیمانکار برتر با استفاده از تکنیک مهندسی ارزش نقش مهندسی ارزش در تعیین پیمانکار برتر با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی، جهت ساخت یک مجتمع تجاری بررسی می‌گردد. صلاحیت چهار شرکت پیمانکاری با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی توسط ماتریس‌هایی با یکدیگر مقایسه گردید و در ادامه مشخص گردید که شرکت پیمانکاری که شرایط و توانایی‌های بهتری نسبت به رقیب دارد چگونه می‌تواند برنده مناقصه گردد و مهندسی ارزش در این راستا چگونه می‌تواند بر هزینه‌های ناشی از انجام پروژه و انتخاب پیمانکار خود نمایی و ایفای نقش نماید.

پویانی و همکاران (۱۳۹۵) در مقاله خود تحت عنوان طراحی یک مدل تصمیم‌گیری مبتنی بر معیارهای مهندسی ارزش به منظور اولویت‌بندی و انتخاب پروژه‌های ریلی با

جدول ۱. شاخص‌های مهندسی ارزش

شاخص‌ها	محقق
قیمت، هزینه	ماندل‌بام، ۲۰۰۶
نظرات افراد، قیمت‌ها، عملکرد	انجمن تجزیه و تحلیل ارزش کانادا، ۲۰۰۶
هزینه‌های مستقیم، هزینه‌های غیر مستقیم	ساداوی (۲۰۰۸)
خدمات ارائه شده، هزینه‌ها، درک مشتری، اهمیت محصول از نظر مشتری	شیلیتو و دی مارل، ۱۹۹۲
اهمیت کالا از دید مشتری، هزینه‌ها، قیمت کالا	ایزولا، ۱۹۷۹
خواص و قابلیت محصول در برآورده نمودن نیازها، خواسته‌ها و انتظارات مشتریان، خواص، ویژگی‌ها، قابلیت‌ها، مبادله محصول در بازار، هزینه‌های مواد، دستمزد، سربار، قیمت تمام شده	کروم، ۱۹۷۱
کیفیت، کارکرد محصول، هزینه‌ها	شیلیتو و دی مارل، ۱۹۹۲؛ شیلیتو و دی مارل (۱۹۹۲)؛ ایزولا (۱۹۷۹)
نبودن اطلاعات کافی، نبود ایده‌های خلاق، کمبود زمان، کیفیت پایین، عقاید صادقانه ولی نادرست، تفکر عادت‌گونه، ریسک‌گریزی، عادات و طرز- تلقی‌ها، عدم تمایل به راهنمایی و مشاوره دیگران، شرایط غیرواقعی، تغییر در شرایط، تغییرات فناوری، ارتباط ضعیف، تعصب بیش از حد، سوء تعبیر و برداشت- های غلط، عدم تجربه کافی	لایا راجا و اقبال، ۲۰۱۵
روش‌های سیستمی، کار تیمی، هزینه‌های غیرضروری و افزایش کیفیت و کارایی یک محصول یا خدمت در طول عمر آن	انجمن مهندسان ارزش، ۱۹۹۷
هزینه‌ها	مایلز، ۱۹۸۹
اصلاح و بهبود طرح‌ها، فرآیندها و افزایش بهره‌وری	عالم‌تیریز و محمدرحیمی، ۱۳۸۸
رویکرد گروهی، نظام‌مند، کارکردگرا و دارای کاربرد حرفه‌ای	کریمی و سلیمی، ۱۳۸۷
صرفه‌جویی در پول، کاهش زمان و بهبود کیفیت	شابلانک، ۲۰۰۳
حداکثر کردن ارزش به عنوان کم‌ترین هزینه برای سطح مورد نیاز کیفیت، بالاترین سطح از کیفیت با توجه به هزینه	برت، ۱۹۷۵

وانگ، ۲۰۱۰	تولید نتایج خلاقانه و اقتصادی از طریق شناسایی هزینه‌های غیرضروری، به چالش کشیدن مفروضات، تولید ایده‌های جدید، ترویج نوآوری و بهینه‌سازی منابع، کاهش زمان، هزینه و انرژی، توجه به کل هزینه‌های چرخه عمر محصول یا خدمت، بهبود ارتباطات، کار گروهی و همکاری
جیانگ و همکاران، ۲۰۱۱	قابلیت اطمینان - رضایت مشتری - انطباق پذیری - انسجام
فولگادو و همکاران، ۲۰۱۰	رهبری هزینه - هزینه مواد - هزینه خرابی ماشین آلات - دوباره کاری - ضایعات - هزینه موجودی - حجم مورد نیاز - هزینه انرژی - هزینه راه اندازی - هزینه نگهداری و تعمیرات
چان و همکاران، ۲۰۰۵	واکنش بازار - زمان تحویل - سرعت تکمیل سفارش ساخت - نرخ بالای بازگشت - انعطاف پذیری - یادگیری - سازگاری با ماشین موجود

روش پژوهش

روش مورد استفاده در این پژوهش، از نظر هدف کاربردی و از لحاظ گردآوری اطلاعات توصیفی^۱ پیمایشی بوده که از روش نظر سنجی از خبرگان (تکنیک دلفی فازی) استفاده شده است. داده های مورد نیاز با استفاده از مطالعات کتابخانه ای و پرسشنامه محقق ساخته جمع آوری شد. جامعه آماری در این مطالعه، شامل مدیران (۵ مدیر) و کارشناسان ارشد سازمان (۵ کارشناس) می باشند که در رابطه با مهندسی ارزش و عوامل موثر در این زمینه، دارای تجربه کافی و صاحب نظر بودند. نمونه گیری مورد استفاده در این پژوهش، غیر تصادفی و هدفمند بوده و تعداد نمونه ۱۰ نفر بوده است. همان گونه که ذکر شد شرکت کنندگان در این پنل دلفی، مدیران و خبرگانی بودند که از دانش و تجربه کافی در زمینه مهندسی ارزش برخوردار بوده اند. بنابراین، هدف از این روش دسترسی به مطمئن ترین توافق گروهی خبرگان درباره موضوعی خاص است که با استفاده از پرسشنامه و نظرخواهی از خبرگان به دفعات با توجه به بازخورد حاصل از آن ها صورت می پذیرد (عطائی، ۱۳۸۹).

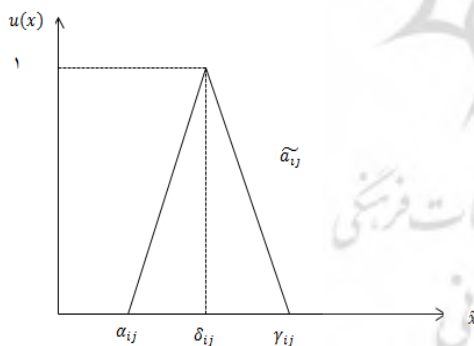
دو زنقه ای محاسبه کرد. با توجه به کاربرد زیاد و سهولت محاسبه روش مثلثی، محاسبه اعداد فازی مثلثی مطابق شکل زیر نشان داده شده است. در این حالت یک عدد فازی بصورت روابط زیر تعریف می شوند (لیو و چن^۱، ۲۰۰۷).

$$\alpha_{ij} = (\alpha_{ij}, \delta_{ij}, \gamma_{ij})$$

$$\alpha_{ij} = \sum_{j=1}^n \alpha_{ij} \quad i=1,2,\dots, n$$

$$\delta_{ij} = \sum_{j=1}^n \delta_{ij} \quad i=1,2,\dots, n$$

$$\gamma_{ij} = \sum_{j=1}^n \gamma_{ij} \quad i=1,2,\dots, n$$



نمودار ۳. تابع عضویت مثلثی در روش دلفی فازی

دلفی فازی روشی برای ساختار دهی یک فرآیند ارتباط گروهی تعریف می شود، به طوری که این فرآیند به گروهی از افراد، به عنوان یک کل، امکان حل یک مسئله پیچیده را می دهد (مومنی، ۱۳۸۹: ۲۳). در روش دلفی فازی، اطلاعات لازم در قالب زبان طبیعی از خبرگان اخذ شده و به صورت فازی مورد تحلیل قرار می گیرند (عطائی، ۱۳۸۹). برای اجرای این روش ابتدا از متخصصان مختلف در مورد پارامترهای موثر بر یک پدیده یا تصمیم به صورت کیفی یا در صورت امکان کمی نظر سنجی به عمل می آید. سپس اعداد فازی محاسبه می شود. برای محاسبه اعداد فازی \tilde{a}_{ij} نظرهای حاصل از نظرسنجی از متخصصان به طور مستقیم مدنظر قرار می گیرند. اعداد فازی در این مرحله را می توان بر اساس توابع عضویت مختلف همچون روش مثلثی و یا حالت

موجود مورد بررسی قرار داده شود. یعنی ارزیابی به تعداد $m!$ پرموتاسیون از رتبه بندی گزینه‌های انجام گرفته و معمولاً بهترین آنها برای اولویت بندی انتخاب می‌شوند. ابتدا فرض کنید ماتریس تصمیم‌گیری $D = \|\|r_{ij}\|\|$ وجود دارد و همچنین اوزان w_j به ازای شاخص‌های موجود محاسبه گردیده به طوری که $\sum_j w_j = 1$ باشد (رزمی و همکاران، ۱۳۸۵، ۵).

الگوریتم‌های ژنتیک با نماد اختصاری GA تکنیک جستجویی در علم رایانه برای یافتن راه‌حل تقریبی برای بهینه‌سازی و مسائل جستجو است. الگوریتم ژنتیک نوع خاصی از الگوریتم‌های تکامل است که از تکنیک‌های زیست‌شناسی فرگشتی مانند وراثت و جهش استفاده می‌کند. (مومنی، ۱۳۸۹، ۱۵۳).

عموماً راه‌حل‌ها به صورت ۲ تایی ۰ و ۱ نشان داده می‌شوند، ولی روش‌های نمایش دیگری هم وجود دارد. تکامل از یک مجموعه کاملاً تصادفی از موجودیت‌ها شروع می‌شود و در نسل‌های بعدی تکرار می‌شود. در هر نسل، مناسبترین‌ها انتخاب می‌شوند نه بهترین‌ها. یک راه‌حل برای مسئله مورد نظر، با یک لیست از پارامترها نشان داده می‌شود که به آنها کروموزوم یا ژنوم می‌گویند. کروموزوم‌ها عموماً به صورت یک رشته ساده از داده‌ها نمایش داده می‌شوند، البته انواع ساختمان داده‌های دیگر هم می‌توانند مورد استفاده قرار گیرند. در ابتدا چندین مشخصه به صورت تصادفی برای ایجاد نسل اول تولید می‌شوند. در طول هر نسل، هر مشخصه ارزیابی می‌شود و ارزش تناسب (fitness) توسط تابع تناسب اندازه‌گیری می‌شود. گام بعدی ایجاد دومین نسل از جامعه است که بر پایه فرآیندهای انتخاب، تولید از روی مشخصه‌های انتخاب شده با عملگرهای ژنتیکی است: اتصال کروموزوم‌ها به سر یکدیگر و تغییر برای هر فرد، یک جفت والد انتخاب می‌شود. انتخاب‌ها به گونه‌ای‌اند که مناسب‌ترین عناصر انتخاب شوند تا حتی ضعیف‌ترین عناصر هم شانس انتخاب داشته باشند تا از نزدیک شدن به جواب محلی جلوگیری شود.

تجزیه و تحلیل داده‌ها

ابتدا متغیرهای تحقیق با بهره‌گیری از پرسشنامه‌های خبرگان و با کمک تکنیک دلفی فازی شناسایی و سپس در مرحله بعد برای اولویت بندی از تلفیق الگوریتم پرموتاسیون و الگوریتم ژنتیک بهره‌برداری شده است. پس از دریافت کردن

در روابط فوق β_{ijk} نشان دهنده اهمیت نسبی پارامتر I بر پارامتر J از دیدگاه متخصص k ام، γ_{ij} و α_{ij} بترتیب حد بالا و پایین نظرهای پرسش‌شوندگان و δ_{ij} میانگین هندسی نظرهای شونده‌ها می‌باشد. بدیهی است که مولفه‌های عدد فازی به گونه‌ای تعریف شده‌اند که $\alpha_{ij} \geq \delta_{ij} \geq \gamma_{ij}$ در ضمن مقادیر این مولفه‌ها در بازه $[1/9 - 9]$ تغییر می‌کنند.

متغیرهای زبانی	عدد فازی	عدد مثلثی فازی
بسیار بی اهمیت	۱	(۰.۱, ۰.۱, ۰.۱)
بین خیلی بی اهمیت و بسیار بی اهمیت	۲	(۰.۱, ۰.۲, ۰.۳)
خیلی بی اهمیت	۳	(۰.۲, ۰.۳, ۰.۴)
بین خیلی بی اهمیت و نسبتاً مهم	۴	(۰.۳, ۰.۴, ۰.۵)
متوسط مهم	۵	(۰.۴, ۰.۵, ۰.۶)
بین متوسط و بسیار مهم	۶	(۰.۵, ۰.۶, ۰.۷)
خیلی مهم	۷	(۰.۶, ۰.۷, ۰.۸)
بین خیلی و بسیار مهم	۸	(۰.۷, ۰.۸, ۰.۹)
بسیار با اهمیت	۹	(۰.۸, ۰.۹, ۰.۹)

در نهایت به منظور غیر فازی کردن وزن پارامترها، طبق رابطه زیر میانگین حسابی مولفه‌های عدد فازی وزن پارامترها بدست می‌آید.

$$a_{ij} = \frac{\alpha_{ij} + \delta_{ij} + \gamma_{ij}}{3}$$

از سوی دیگر، شاخص‌های شناسایی شده بر اساس روش پرموتاسیون که از تکنیک‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره است رتبه بندی شدند. این روش بر اساس جایگشت است و تمامی عوامل را به صورت زوجی مورد مقایسه قرار می‌دهد. از آنجایی که ۱۳! جایگشت وجود دارد که محاسبه آنها زیاد می‌باشد، لذا مسئله از نوع NP-Hard می‌باشد که می‌بایست برای حل آن از روش‌های فرا ابتکاری استفاده نمود. در این پژوهش از روش الگوریتم ژنتیک برای حل مساله استفاده شده است.

در روش پرموتاسیون هر رتبه ممکن است از m گزینه

پاسخ ها از طرف خبرگان محقق داده های حاصل از نظر
 خبرگان را در جدول زیر به اعداد فازی تبدیل کرد و در
جدول ۲. تبدیل نظرات خبرگان با اعداد فازی

عوامل	خبره ۱	خبره ۲	خبره ۳	خبره ۴	خبره ۵	خبره ۶	خبره ۷	خبره ۸	خبره ۹	خبره ۱۰
بهای تمام شده	(۰.۸۰۰.۹۰۰.۹)	(۰.۸۰۰.۹۰۰.۹)	(۰.۵۰۰.۶۰۰.۷)	(۰.۶۰۰.۷۰۰.۸)	(۰.۶۰۰.۷۰۰.۸)	(۰.۵۰۰.۶۰۰.۷)	(۰.۶۰۰.۷۰۰.۸)	(۰.۳۰۰.۴۰۰.۵)	(۰.۴۰۰.۵۰۰.۶)	(۰.۸۰۰.۹۰۰.۹)
هزینه های مستقیم	(۰.۸۰۰.۹۰۰.۹)	(۰.۳۰۰.۴۰۰.۵)	(۰.۶۰۰.۷۰۰.۸)	(۰.۴۰۰.۵۰۰.۶)	(۰.۶۰۰.۷۰۰.۸)	(۰.۶۰۰.۷۰۰.۸)	(۰.۶۰۰.۷۰۰.۸)	(۰.۵۰۰.۶۰۰.۷)	(۰.۶۰۰.۷۰۰.۸)	(۰.۶۰۰.۷۰۰.۸)
هزینه های غیر مستقیم	(۰.۷۰۰.۸۰۰.۹)	(۰.۱۰۰.۲۰۰.۳)	(۰.۴۰۰.۵۰۰.۶)	(۰.۵۰۰.۶۰۰.۷)	(۰.۵۰۰.۶۰۰.۷)	(۰.۶۰۰.۷۰۰.۸)	(۰.۷۰۰.۸۰۰.۹)	(۰.۳۰۰.۴۰۰.۵)	(۰.۶۰۰.۷۰۰.۸)	(۰.۴۰۰.۵۰۰.۶)
رضایت مشتری	(۰.۸۰۰.۹۰۰.۹)	(۰.۸۰۰.۹۰۰.۹)	(۰.۴۰۰.۵۰۰.۶)	(۰.۸۰۰.۹۰۰.۹)	(۰.۸۰۰.۹۰۰.۹)	(۰.۶۰۰.۷۰۰.۸)	(۰.۷۰۰.۸۰۰.۹)	(۰.۵۰۰.۶۰۰.۷)	(۰.۷۰۰.۸۰۰.۹)	(۰.۵۰۰.۶۰۰.۷)
کیفیت	(۰.۸۰۰.۹۰۰.۹)	(۰.۸۰۰.۹۰۰.۹)	(۰.۵۰۰.۶۰۰.۷)	(۰.۸۰۰.۹۰۰.۹)	(۰.۸۰۰.۹۰۰.۹)	(۰.۶۰۰.۷۰۰.۸)	(۰.۷۰۰.۸۰۰.۹)	(۰.۵۰۰.۶۰۰.۷)	(۰.۶۰۰.۷۰۰.۸)	(۰.۸۰۰.۹۰۰.۹)
اطلاعات	(۰.۸۰۰.۹۰۰.۹)	(۰.۸۰۰.۹۰۰.۹)	(۰.۵۰۰.۶۰۰.۷)	(۰.۸۰۰.۹۰۰.۹)	(۰.۸۰۰.۹۰۰.۹)	(۰.۵۰۰.۶۰۰.۷)	(۰.۷۰۰.۸۰۰.۹)	(۰.۵۰۰.۶۰۰.۷)	(۰.۷۰۰.۸۰۰.۹)	(۰.۸۰۰.۹۰۰.۹)
ایده های خلاق	(۰.۷۰۰.۸۰۰.۹)	(۰.۷۰۰.۸۰۰.۹)	(۰.۴۰۰.۵۰۰.۶)	(۰.۸۰۰.۹۰۰.۹)	(۰.۸۰۰.۹۰۰.۹)	(۰.۵۰۰.۶۰۰.۷)	(۰.۷۰۰.۸۰۰.۹)	(۰.۲۰۰.۳۰۰.۴)	(۰.۵۰۰.۶۰۰.۷)	(۰.۶۰۰.۷۰۰.۸)
ریسک پذیری	(۰.۶۰۰.۷۰۰.۸)	(۰.۶۰۰.۷۰۰.۸)	(۰.۶۰۰.۷۰۰.۸)	(۰.۸۰۰.۹۰۰.۹)	(۰.۷۰۰.۸۰۰.۹)	(۰.۵۰۰.۶۰۰.۷)	(۰.۷۰۰.۸۰۰.۹)	(۰.۲۰۰.۳۰۰.۴)	(۰.۴۰۰.۵۰۰.۶)	(۰.۵۰۰.۶۰۰.۷)
تغییرات فناوری	(۰.۶۰۰.۷۰۰.۸)	(۰.۴۰۰.۵۰۰.۶)	(۰.۵۰۰.۶۰۰.۷)	(۰.۸۰۰.۹۰۰.۹)	(۰.۷۰۰.۸۰۰.۹)	(۰.۶۰۰.۷۰۰.۸)	(۰.۶۰۰.۷۰۰.۸)	(۰.۳۰۰.۴۰۰.۵)	(۰.۶۰۰.۷۰۰.۸)	(۰.۸۰۰.۹۰۰.۹)
تجربه در کار	(۰.۷۰۰.۸۰۰.۹)	(۰.۸۰۰.۹۰۰.۹)	(۰.۶۰۰.۷۰۰.۸)	(۰.۸۰۰.۹۰۰.۹)	(۰.۸۰۰.۹۰۰.۹)	(۰.۶۰۰.۷۰۰.۸)	(۰.۷۰۰.۸۰۰.۹)	(۰.۵۰۰.۶۰۰.۷)	(۰.۶۰۰.۷۰۰.۸)	(۰.۸۰۰.۹۰۰.۹)
کار تیمی	(۰.۶۰۰.۷۰۰.۸)	(۰.۸۰۰.۹۰۰.۹)	(۰.۶۰۰.۷۰۰.۸)	(۰.۷۰۰.۸۰۰.۹)	(۰.۷۰۰.۸۰۰.۹)	(۰.۵۰۰.۶۰۰.۷)	(۰.۶۰۰.۷۰۰.۸)	(۰.۷۰۰.۸۰۰.۹)	(۰.۸۰۰.۹۰۰.۹)	(۰.۸۰۰.۹۰۰.۹)
اصلاح فرآیندها	(۰.۷۰۰.۸۰۰.۹)	(۰.۵۰۰.۶۰۰.۷)	(۰.۶۰۰.۷۰۰.۸)	(۰.۷۰۰.۸۰۰.۹)	(۰.۷۰۰.۸۰۰.۹)	(۰.۶۰۰.۷۰۰.۸)	(۰.۷۰۰.۸۰۰.۹)	(۰.۸۰۰.۹۰۰.۹)	(۰.۶۰۰.۷۰۰.۸)	(۰.۷۰۰.۸۰۰.۹)
ارتباطات	(۰.۵۰۰.۶۰۰.۷)	(۰.۷۰۰.۸۰۰.۹)	(۰.۷۰۰.۸۰۰.۹)	(۰.۸۰۰.۹۰۰.۹)	(۰.۸۰۰.۹۰۰.۹)	(۰.۶۰۰.۷۰۰.۸)	(۰.۷۰۰.۸۰۰.۹)	(۰.۸۰۰.۹۰۰.۹)	(۰.۷۰۰.۸۰۰.۹)	(۰.۷۰۰.۸۰۰.۹)
قابلیت اطمینان	(۰.۸۰۰.۹۰۰.۹)	(۰.۶۰۰.۷۰۰.۸)	(۰.۷۰۰.۸۰۰.۹)	(۰.۸۰۰.۹۰۰.۹)	(۰.۸۰۰.۹۰۰.۹)	(۰.۶۰۰.۷۰۰.۸)	(۰.۷۰۰.۸۰۰.۹)	(۰.۵۰۰.۶۰۰.۷)	(۰.۶۰۰.۷۰۰.۸)	(۰.۴۰۰.۵۰۰.۶)
انطباق پذیری	(۰.۸۰۰.۹۰۰.۹)	(۰.۶۰۰.۷۰۰.۸)	(۰.۶۰۰.۷۰۰.۸)	(۰.۸۰۰.۹۰۰.۹)	(۰.۸۰۰.۹۰۰.۹)	(۰.۵۰۰.۶۰۰.۷)	(۰.۷۰۰.۸۰۰.۹)	(۰.۵۰۰.۶۰۰.۷)	(۰.۷۰۰.۸۰۰.۹)	(۰.۶۰۰.۷۰۰.۸)
دوباره کاری ها	(۰.۸۰۰.۹۰۰.۹)	(۰.۰۰۰.۱۰۰.۱)	(۰.۵۰۰.۶۰۰.۷)	(۰.۶۰۰.۷۰۰.۸)	(۰.۶۰۰.۷۰۰.۸)	(۰.۶۰۰.۷۰۰.۸)	(۰.۷۰۰.۸۰۰.۹)	(۰.۸۰۰.۹۰۰.۹)	(۰.۴۰۰.۵۰۰.۶)	(۰.۶۰۰.۷۰۰.۸)
ضایعات	(۰.۸۰۰.۹۰۰.۹)	(۰.۰۰۰.۱۰۰.۱)	(۰.۶۰۰.۷۰۰.۸)	(۰.۶۰۰.۷۰۰.۸)	(۰.۶۰۰.۷۰۰.۸)	(۰.۶۰۰.۷۰۰.۸)	(۰.۶۰۰.۷۰۰.۸)	(۰.۷۰۰.۸۰۰.۹)	(۰.۳۰۰.۴۰۰.۵)	(۰.۰۰۰.۱۰۰.۱)
واکنش بازار	(۰.۸۰۰.۹۰۰.۹)	(۰.۰۰۰.۱۰۰.۱)	(۰.۶۰۰.۷۰۰.۸)	(۰.۷۰۰.۸۰۰.۹)	(۰.۸۰۰.۹۰۰.۹)	(۰.۷۰۰.۸۰۰.۹)	(۰.۷۰۰.۸۰۰.۹)	(۰.۵۰۰.۶۰۰.۷)	(۰.۶۰۰.۷۰۰.۸)	(۰.۰۰۰.۱۰۰.۱)
زمان تحویل	(۰.۸۰۰.۹۰۰.۹)	(۰.۸۰۰.۹۰۰.۹)	(۰.۵۰۰.۶۰۰.۷)	(۰.۵۰۰.۶۰۰.۷)	(۰.۸۰۰.۹۰۰.۹)	(۰.۷۰۰.۸۰۰.۹)	(۰.۷۰۰.۸۰۰.۹)	(۰.۴۰۰.۵۰۰.۶)	(۰.۷۰۰.۸۰۰.۹)	(۰.۶۰۰.۷۰۰.۸)
سرعت تکمیل سفارش	(۰.۷۰۰.۸۰۰.۹)	(۰.۸۰۰.۹۰۰.۹)	(۰.۶۰۰.۷۰۰.۸)	(۰.۶۰۰.۷۰۰.۸)	(۰.۷۰۰.۸۰۰.۹)	(۰.۶۰۰.۷۰۰.۸)	(۰.۷۰۰.۸۰۰.۹)	(۰.۳۰۰.۴۰۰.۵)	(۰.۷۰۰.۸۰۰.۹)	(۰.۶۰۰.۷۰۰.۸)
انعطاف پذیری	(۰.۸۰۰.۹۰۰.۹)	(۰.۷۰۰.۸۰۰.۹)	(۰.۴۰۰.۵۰۰.۶)	(۰.۵۰۰.۶۰۰.۷)	(۰.۷۰۰.۸۰۰.۹)	(۰.۶۰۰.۷۰۰.۸)	(۰.۷۰۰.۸۰۰.۹)	(۰.۳۰۰.۴۰۰.۵)	(۰.۸۰۰.۹۰۰.۹)	(۰.۵۰۰.۶۰۰.۷)
یادگیری	(۰.۷۰۰.۸۰۰.۹)	(۰.۸۰۰.۹۰۰.۹)	(۰.۷۰۰.۸۰۰.۹)	(۰.۵۰۰.۶۰۰.۷)	(۰.۸۰۰.۹۰۰.۹)	(۰.۷۰۰.۸۰۰.۹)	(۰.۷۰۰.۸۰۰.۹)	(۰.۴۰۰.۵۰۰.۶)	(۰.۸۰۰.۹۰۰.۹)	(۰.۸۰۰.۹۰۰.۹)
سازگاری یا مانع موجود	(۰.۷۰۰.۸۰۰.۹)	(۰.۸۰۰.۹۰۰.۹)	(۰.۸۰۰.۹۰۰.۹)	(۰.۵۰۰.۶۰۰.۷)	(۰.۸۰۰.۹۰۰.۹)	(۰.۷۰۰.۸۰۰.۹)	(۰.۷۰۰.۸۰۰.۹)	(۰.۶۰۰.۷۰۰.۸)	(۰.۸۰۰.۹۰۰.۹)	(۰.۸۰۰.۹۰۰.۹)

جدول ۳. شناسایی شاخص ها

عوامل	میانگین فازی	میانگین دی فازی شده	قبول/رد
بهای تمام شده	(۰.۶۰.۷۰.۷۷)	۰.۶۹	رد
هزینه های مستقیم	(۰.۵۶.۰.۶۶.۰.۷۵)	۰.۶۵	رد
هزینه های غیر مستقیم	(۰.۴۸.۰.۵۸.۰.۶۸)	۰.۵۸	رد
رضایت مشتری	(۰.۶۶.۰.۷۶.۰.۸۲)	۰.۷۴	قبول
کیفیت	(۰.۶۹.۰.۷۹.۰.۸۴)	۰.۷۷	قبول
اطلاعات	(۰.۶۹.۰.۷۹.۰.۸۴)	۰.۷۷	قبول
ایده های خلاق	(۰.۵۹.۰.۶۹.۰.۷۷)	۰.۶۸	رد
ریسک پذیری	(۰.۵۶.۰.۶۶.۰.۷۵)	۰.۶۵	رد
تغییرات فناوری	(۰.۵۹.۰.۶۹.۰.۷۷)	۰.۶۸	رد
تجربه در کار	(۰.۶۹.۰.۷۹.۰.۸۵)	۰.۷۷	قبول
کار تیمی	(۰.۶۸.۰.۷۸.۰.۸۵)	۰.۷۷	قبول
اصلاح فرآیندها	(۰.۶۷.۰.۷۷.۰.۸۵)	۰.۷۶	قبول
ارتباطات	(۰.۷.۰.۸۰.۸۷)	۰.۷۹	قبول
قابلیت اطمینان	(۰.۶۴.۰.۷۴.۰.۸۱)	۰.۷۳	قبول
انطباق پذیری	(۰.۶۶.۰.۷۶.۰.۸۳)	۰.۷۵	قبول
دوباره کاری ها	(۰.۵۶.۰.۶۶.۰.۷۳)	۰.۶۵	رد
ضایعات	(۰.۴۸.۰.۵۸.۰.۶۵)	۰.۵۷	رد
واکنش بازار	(۰.۴۸.۰.۵۸.۰.۶۵)	۰.۵۶	رد
زمان تحویل	(۰.۶۵.۰.۷۵.۰.۸۲)	۰.۷۴	قبول
سرعت تکمیل سفارش	(۰.۶۴.۰.۷۴.۰.۸۳)	۰.۷۳	قبول
انعطاف پذیری	(۰.۵۸.۰.۶۸.۰.۷۶)	۰.۶۷	رد
یادگیری	(۰.۶۷.۰.۷۷.۰.۸۳)	۰.۷۵	قبول
سازگاری با ماشین موجود	(۰.۷.۰.۸۰.۸۶)	۰.۷۸	قبول

نرخ تقاطع: ۳ درصد؛ نرخ جمعیت: ۲۰۰۰؛ تعداد تکرار: ۵۰۰ بار
 نرخ تقاطع محدوده جستجو را نشان می دهد که هر چه بالاتر باشد نرم افزار زمان بیشتری برای جستجو می گذارد. نرخ جمعیت هم هر چه بالاتر باشد جستجو در بین جواب های بهینه بیشتری صورت می گیرد و زمان جستجو بالاتر می رود که در این برنامه گفته می شود بار اول ۳ درصد ۲۰۰۰ جمعیت را جستجو کن و بار دوم ۳ درصد مانده ۲۰۰۰ جمعیت و ... تا ۵۰۰ بار که هر بار یکسری جواب بهینه بدست می آید و نهایتاً یک بهینه از بین بهینه ها نتیجه می شود. پس از کد نویسی مسئله در نرم افزار متلب و انجام آن نتایج زیر بدست آمده است:

پس از طی مراحل محاسباتی مختص تکنیک، اعدادی که میانگین دی فازی شده آنها کمتر از ۰.۷ باشد آن عامل رد و اگر ۰.۷ و بالاتر باشد آن عامل پذیرفته می شود (جدول ۳). همان گونه که مشاهده گردید از مجموع ۲۳ شاخص احصاء شده بر اساس نظر خبرگان، فقط ۱۳ شاخص مورد پذیرش قرار گرفتند و مابقی حذف شدند. حال این شاخص ها بر اساس روش پرموتاسیون که از تکنیک های تصمیم گیری چندمعیاره است رتبه بندی می شوند. همان گونه که اشاره شد، ۱۳ جایگشت وجود دارد که محاسبه آنها زیاد می باشد و از نوع NP-Hard می باشد که برای حل آن از روش الگوریتم ژنتیک برای حل استفاده شده است.
 در این پژوهش جهت حل مسئله با روش الگوریتم ژنتیک موارد زیر در نظر گرفته شده است:

```
w=[0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1];
d=[9 9 5 9 9 7 8 6 8 6
  9 9 6 9 9 7 8 6 7 9
  9 9 6 9 9 6 8 6 8 9
  8 9 7 9 9 7 8 6 7 9
  8 9 7 8 8 6 7 8 9 9
  8 6 7 8 9 7 8 9 7 8
  6 8 8 9 9 7 8 9 8 8
  9 7 8 9 9 7 7 6 7 5
  9 7 7 9 9 6 8 6 8 7
  9 9 6 6 9 8 8 5 8 7
  8 9 7 7 8 8 8 4 8 7
  8 9 8 6 9 7 7 5 9 9
  8 9 8 6 9 8 7 7 9 9];
alternative=13;
criteria=10;
run=500
population=2000
crossratio=3
or i=1:population
  a(i,:)=randperm(alternative);
end
for i=1:population
  s=a(i,:);
  Tup=0;
  Tdown=0;
  for j=1:alternative
    for k=1:alternative
      jj=s(j);
      kk=s(k);
      if j<k
        m=0;
        T=0;
        for c=1:criteria
          if d(jj,c)>=d(kk,c)
            mm=w(c);
            m=m+mm;
          end
        end
        wp(j,k,i)=m;
        T=m;
        Tup=Tup+T;
      elseif j>k
        n=0;
        T=0;
        for c=1:criteria
          if d(jj,c)>=d(kk,c)
            nn=w(c);
            n=n+nn;
          end
        end
        T=n;
        Tdown=Tdown+T;
        wp(j,k,i)=n;
      else
        wp(j,k,i)=0;
      end
    end
  end
  TT(i)=Tup-Tdown;end
```

جدول ۴. اولویت بندی شاخص‌های مهندسی ارزش در اداره کل راه و ترابری استان سمنان

اولویت	عامل	ردیف
۶	رضایت مشتری	۱
۴	کیفیت	۲
۲	اطلاعات	۳
۳	تجربه در کار	۴
۱۲	کار تیمی	۵
۱۱	اصلاح فرآیندها	۶
۵	ارتباطات	۷
۱۰	قابلیت اطمینان	۸
۸	انطباق پذیری	۹
۹	زمان تحویل	۱۰
۱۳	سرعت تکمیل سفارش	۱۱
۷	یادگیری	۱۲
۱	سازگاری با ماشین آلات موجود	۱۳

مرتبط با تحقیق ۲۳ شاخص شناسایی شدند. این ۲۳ شاخص مبنای پرسشنامه محقق برای اعمال نظر از خبرگان تحقیق را شکل دادند. با بهره‌گیری از دلفی فازی و طیف ۹ گانه نظرات به اعداد مثلثی فازی تبدیل و برای شناسایی متغیرهای تاثیر گذار بر مهندسی ارزش در اداره کل راه و ترابری استان سمنان اعدادی که میانگین دی فازی شده آنها کمتر از ۰.۷ بود آنهايي که بالاتر از ۰.۷ بودند پذیرفته شدند. در مجموع ۱۳ شاخص تاثیر گذار در مهندسی ارزش در اداره کل راه و ترابری استان سمنان از سوی خبرگان تشخیص داده شدند.

پس از غربالگری برای اولویت بندی از ترکیب پروموتاسیون و الگوریتم ژنتیک استفاده شد. تعداد تکرارها ۵۰۰ بار، نرخ جمعیت ۲۰۰۰ و نرخ تقاطع ۳ درصد در نظر گرفته شد. با بهره‌گیری از نرم افزار متلب مدل نوشته شد. سازگاری با ماشین موجود اولویت اول، کسب اطلاعات اولویت دوم، تجربه در کار اولویت سوم، کیفیت اولویت چهارم، ارتباطات اولویت پنجم، رضایت مشتری اولویت ششم، یادگیری اولویت هفتم، انطباق پذیری اولویت هشتم، زمان تحویل اولویت نهم، قابلیت اطمینان اولویت دهم، اصلاح فرایندها اولویت یازدهم، کار تیمی اولویت دوازدهم و سرعت تکمیل سفارش اولویت آخر را در مطالعه مهندسی ارزش پروژه های راه سازی اداره کل ره و ترابری استان سمنان را دارد. یعنی توجه و بررسی این عوامل از دیدگاه مهندسی ارزش، می توانند در کاهش هزینه های غیر ضروری پروژه های راه سازی نقش مهمی داشته باشند.

همان گونه که مشاهده می شود پس از غربالگری شاخص ها و رتبه بندی آنها توسط روش پروموتاسیون سازگاری با ماشین موجود اولویت اول، اطلاعات اولویت دوم، تجربه در کار اولویت سوم، کیفیت اولویت چهارم، ارتباطات اولویت پنجم، رضایت مشتری اولویت ششم، یادگیری اولویت هفتم، انطباق پذیری اولویت هشتم، زمان تحویل اولویت نهم، قابلیت اطمینان اولویت دهم، اصلاح فرایندها اولویت یازدهم، کار تیمی اولویت دوازدهم و سرعت تکمیل سفارش اولویت آخر را دارد.

نتیجه گیری

هزینه و کیفیت بزرگراه ها و دیگر پروژه های دولتی با به کارگیری مهندسی ارزش می تواند بهبود یابد. مدیران در مهندسی ارزش به دنبال شناسایی و حذف هزینه های غیر ضروری و در عین حال حفظ و تضمین کیفیت، اعتبار، عملکرد و دیگر شاخص های مهم محصول یا خدمت جهت تحقق انتظارات مشتریان می باشد. سازمان های برای شروع و اجرای مهندسی ارزش، ابتدا لازم است که متغیرهای مهم و تاثیر گذار بر تحقق مهندسی ارزش را در حوزه کاری خود شناسایی نمایند. یعنی باید مشخص کنند که چه عواملی می تواند در تحمیل هزینه اضافی و همچنین بهبود کیفیت پروژه ها نقش داشته باشد. هدف این پژوهش شناسایی و اولویت بندی متغیرهای تاثیر گذار بر مهندسی ارزش در اداره کل راه و ترابری استان سمنان بود. بر این اساس، پس از مرور مبنای نظری تحقیق در حوزه مهندسی ارزش و مطالعه تحقیقات

ارزش حکایت از تاثیر تمامی ۲۳ شاخص ذکر شده در پرسشنامه دارد. یعنی هر چند در پژوهش حاضر ۱۰ شاخص حذف شدند، اما تاکید بر این است که اگر چه تاثیر این عوامل بر جامعه آماری قطعاً به اندازه عوامل تایید شده نیست، در عین حال نادیده گرفتن آنها نیز می تواند برای سازمان چالش آفرین باشد. زیرا که این شاخص ها تاثیرگذار و مهم، در شرایط زمانی و مکانی می توانند متفاوت باشند. این محدودیت های زمانی و مکانی است که باعث می شود عوامل تایید نشده، تغییرات کمی را در مهندسی ارزش اداره راه و ترابری پوشش دهند.

لیکن با توجه به یافته های تحقیق می توان گفت با در نظر گرفتن اینکه اداره راه و ترابری به عنوان یکی از زیربخش های اساسی کشور که بخش مهمی از منابع مالی را به خود اختصاص می دهد و در راستای اجرای پروژه های خود سعی در کاهش هزینه ها دارد، توجه به عوامل شناسایی شده در این مطالعه می تواند به این حوزه در تحقق هدف، زمان و هزینه به عنوان سه معیار عمده موفقیت یک پروژه کمک نماید.

با توجه به اینکه در محاسبه و تعیین شاخص ها در مهندسی ارزش با معیار هایی مواجه هستیم که قطعی نیستند؛ لذا استفاده از اصول تصمیم گیری بر مبنای تئوری فازی در فرآیندهای تصمیم گیری و ارزش گذاری عملکرد ها در مهندسی ارزش این نقیصه را برطرف نموده و اثربخشی مهندسی ارزش را از طریق نزدیک نمودن تصمیمات به واقعیت های موجود افزایش می دهد. لذا پیشنهادت زیر در راستای نتایج تحقیق از سوی محقق ارائه می گردد تا در بهبود نتایج موثر باشد:

- متعادل کردن هزینه های اجرا با توجه به هزینه های طول عمر و تعمیر و نگهداری تجهیزات و ماشین آلات.
- شفاف نمودن اطلاعات خواسته پروژه ها در سازمان و بروز کردن آنها با نیاز های روز مشتریان و ذینفعان.
- متعادل کردن برنامه های طرح، ساخت و بهره برداری با هزینه و زمان.
- بهینه سازی و متعادل کردن کیفیت.
- شفاف سازی ویژگی های پروژه های سازمان بر مبنای کارکردهای واقعی.

با بررسی های انجام شده و با توجه به اینکه ماشین آلات موجود در اداره راه و ترابری استان سمنان بسیار قدیمی می باشند و در هنگام تعریف و بررسی پروژه های جدید توجه به داشته ها و استفاده از امکانات موجود بسیار حائز اهمیت می باشد و همچنین با در نظر گرفتن نوع پروژه های اجرایی در این اداره که نیاز به ماشین آلات سنگین دارد و با توجه به کمبود منابع مالی امکان خریداری ماشین آلات جدید وجود ندارد، لذا به نظر می رسد توجه به ماشین آلات موجود و استفاده موثر از آنها به عنوان یکی از مهم ترین شاخص های تاثیر گذار در بحث مهندسی ارزش از دیدگاه خبرگان این تحقیق می باشد. از سوی دیگر، از زمانی که یک پروژه تعریف می شود، اگر مطالعات بر مبنای اطلاعات نادرست پیش رود قطعاً نتیجه مطلوبی در پی نخواهد داشت و با توجه به اینکه فاصله بین مطالعه و اجرا در زمینه پروژه های تعریف شده زیاد می باشد، دقیق بودن و به روز بودن اطلاعات در این مدت از اهمیت ویژه ای برخوردار می باشد و می تواند در کاهش هزینه ها به مدیران کمک نماید. در نتیجه اطلاعات نیز به عنوان شاخص بسیار مهم در مهندسی ارزش جامعه آماری این پژوهش به شمار می آید. تجربه در کار عامل اثر گذار دیگری است که اداره راه باید در اجرای پروژه هایش به این امر توجه ویژه ای داشته باشد، زیرا که تجربه نشان داده است که عدم تجربه کافی افراد و تیم ها در اجرا باعث دوباره کاری و تحمیل هزینه های زیاد برای این سازمان شده است. مورد چهارم کیفیت است که در بسیاری از پروژه های راه سازی عدم توجه به کیفیت به خصوص در زیر سازی ها باعث شده که مدیران نتوانند به اهداف پروژه در بازده زمانی مورد نظر و با توجه به محدوده بودجه ای دست یابند. توانایی برقراری ارتباطات موثر با عوامل داخلی و سازمان های و نهادهای ذیربط بیرونی، یکی دیگر از عواملی است که می تواند بر بهبود عملکرد و کاهش هزینه های اضافی نقش داده باشد. توجه به یادگیری و دانش جدید مربوط به راه سازی، برآورده ساختن رضایت مشتریان، تحویل به موقع پروژه ها و جلوگیری از انباشت سرمایه و همچنین سریع بودن در تکمیل سفارشات می تواند در بهبود عملکرد و کاهش هزینه های پروژه های راه سازی نقش مهمی داشته باشند. از سوی دیگر، مطالعه منابع متعدد در زمینه مهندسی

منابع و مأخذ

- construction projects. *Int. J. Proj. Manag.* 28 (5): 514° 527.
- Crum, L.W. (1971). *Value Engineering: The organized search for value.* London, Longman.
- Feng, H., Ding, X.(2011). *Application of Value Engineering in Optimizing Design Scheme of Highway Engineering.* *J.Applied Mechanics and Materials*, 71 436-439.
- Folgado, R., Pecas, P., Henriques, E. (2010). *Life cycle cost for technology selection: A Case study in the manufacturing of injection moulds.* *International journal of Production Economics*, 128 (1): 368° 378.
- Heralova, R. s. (2016). *Possibility of Using Value Engineering in Highway Projects.* *Procedia Engineering* 164: 362 ° 367.
- Isola, A. (1997). *Value Engineering: Practical Applications for Design Construction, Maintenance & Operations.* John Wiley & Sons Inc., New Jersey, USA.
- Jiang, Z., Zhang, H., Sutherland, J. W. (2011). *Development of multi-criteria decision making model for remanufacturing technology portfolio selection.* *Journal of Cleaner Production*, 19 (17-18): 1939-1945.
- Lee, M.J., Lim, J.K., Hunter, G. (2010). *Performance - Based Value Engineering Application to Public Highway Construction.* *KSCE Journal of Civil Engineering*, 14(3): 261-271.
- Llayaraja, K. & Eqyaabal, Z. (2015). *Value Engineering in Construction.* *Indian Journal of Science and Technology*, 8(32): 1-8.
- Miles, L. D. (1989). *Techniques of Value Analysis and Engineering.* , published by Eleanor Miles walker; USA, 1989.
- Mandelbaum, Jay. (2006). *Value Engineering Handbook*, Institute for Defense Analysis. (<http://rtoc.ida.org/ve/documents/VEHandbook.pdf>).
- Okoli, C. Pawlowski, S.D. (2004). *The Delphi method as a research tool: an example, design considerations and applications.* *Information and Management*, 42: 34-47.
- پویانی، علی و احدی، حمید رضا (۱۳۹۵). *ارایه مدلی برای ارزیابی و اولویت بندی احداث خطوط ریلی جدید با استفاده از روش ترکیبی تحلیل شبکه ای و مهندسی ارزش، فصلنامه مهندس حمل و نقل.* سال هشتم، شماره ۱.
- رمضانی، علی و کاتب، مجتبی (۱۳۹۳). *شناسایی و اولویت بندی زیر ساختهای سازمانی موثر بر اجرای مهندسی ارزش در شرکت های بیمه ای با استفاده از تکنیک تصمیم گیری چند شاخصه ELECTRE.* فصلنامه مطالعات کمی در مدیریت، سال پنجم، شماره ۱، ۸۳-۱۰۴.
- عالم‌تبریز، اکبر و محمدحیمی، علی‌رضا، (۱۳۸۸). *رویکردهای مدیریت تولید و عملیات در ارزیابی و بهبود فرآیندهای کسب و کار.* تهران: شرکت چاپ و نشر بازرگانی.
- عباسی، ارمین و حسنی، علی (۱۳۹۴). *پیاده سازی مهندسی ارزش در اجرای بدنه سدهای خاکی مطالعه موردی سد سیکان دره شهر ایلام.* نشریه مهندسی سازه و ساخت، سال دوم، شماره ۳، ۴۸-۵۶.
- عطائی، محمد (۱۳۸۹). *تصمیم گیری چند معیاره فازی.* شاهرود: انتشارات دانشگاه صنعتی شاهرود.
- کریمی، محمود و سلیمی، محمدحسین (۱۳۸۷). *بهبود بی-تردید: آموزش کاربردی مهندسی ارزش.* تهران: مؤسسه خدمات فرهنگی رسا.
- کماسی، مهدی و مبین یاراحمدی (۱۳۹۳). *ایفای نقش مهندسی ارزش در بهسازی بهینه یک خیابان، کنفرانس ملی مهندسی ارزش و مدیریت هزینه.* تهران، پژوهشگاه طراحان پارسه، مرجع دانش مهندسی ارزش ایران.
- مؤمنی، منصور (۱۳۸۹). *مباحث نوین تحقیق در عملیات.* تهران: انتشارات دانشگاه تهران.
- Atabay, S, Galipogullari, N. (2013). *Application of Value Engineering in Construction Projects.* *Journal of Traffic and Transportation Engineering*, 1(1): 39-48.
- Chan, F. T. S., Chung, S. H., Wadhwa, S. (2005). *A hybrid genetic algorithm for production and distribution.* *Omega*, 33 (4): 345° 355.
- Chen,W.T., Chang, P.Y., Huang, Y.H. (2010). *Assessing the overall performance of value engineering workshops for*

Park, C., Kim, H., Park, H., Goh, J. & Pedro, A. (2016). BIM-based idea bank for managing value engineering ideas. *International Journal of Project Management*, 9(15): 1-15.

Rachwan, R.R., Abotaleb, I. & Elgazouli, M. (2016). The Influence of Value Engineering and Sustainability Considerations on the Project Value. *Procedia Environmental Sciences*, 16: 431° 438.

Sadawi, U.E. (2008). A Value Engineering Methodology for Low Income Housing Projects in Gaza Strip. A thesis submitted in partial fulfillment of the requirement for Degree of Master of Science in Construction Management.

SAVE International, (1998). Value Metodology Standard, revised, October.

Shillito, M.L., De Marle, D.J. (1992). Value: Its Measurement, Design, and Management. New York, John Wiley & Sons.

Shublaq, E. (2003). 40 hrs Approved Value Methodology Training Workshop. MOD-I, Sydney, Australia.

The Canadian Society of Value Analysis, Value Engineering, (2006). Value Analysis, (www.scave-csva.org/publications.php?file_id=32).

Wang, Y. (2010). The Control of the Highway Design Stage Based on Value Engineering, *International Conference on Engineering and Business Management*, China, 1(8): 1615-1618.

