

شناسایی و اولویت‌بندی شاخص‌های مهندسی ارزش در پروژه‌های 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 پذیرش: (۱۳۹۵/۷/۱۹)

تاریخ دریافت: (۱۳۹۴/۶/۲۳)

Identify and Prioritize Value Engineering Indexes in Construction Projects of Government

*Hassan Forati¹, Monireh Nazemi²

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

2. Master of Public of Management, 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 زمینه‌های متفاوتی چون صنعت، کشاورزی، آموزش و پرورش، حمل‌ونقل کاربرد دارد در حوزه راه و ترابری و پروژه‌های زیربنایی نیز کاربرد دارد. هدف تحقیق حاضر شناسایی و اولویت‌بندی شاخص‌های مهندسی ارزش در پروژه‌های عمرانی دولتی با مطالعه پروژه‌های راه‌سازی 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 به‌شمار می‌رود. در این خصوص پس از مطالعه جامع ادبیات، ۲۳ شاخص شناسایی و پرسشنامه محقق ساخته بین ۱۰ تن از خبرگان این حوزه توزیع و جمع‌آوری شد. با بهره‌گیری از دلفی فازی ۱۳ شاخص رتبه بالاتر از ۰/۷ را کسب کرده و غربال شدند. برای اولویت‌بندی شاخص‌های شناسایی شده از رویکرد ترکیبی پروموتاسیون و الگوریتم ژنتیک استفاده شد. براساس یافته‌های پژوهش، شاخص‌های سازگاری با ماشین‌آلات موجود، کسب اطلاعات و تجربه در کار به ترتیب بیشترین اهمیت را در شاخص‌های مهندسی ارزش پروژه‌های راه‌سازی دارند. همچنین براساس نتایج پژوهش، شاخص سرعت تکمیل سفارشات از کم‌ترین اولویت برخوردار بود.

واژگان کلیدی

ارزش، مهندسی ارزش، دلفی فازی، پروموتاسیون، الگوریتم ژنتیک.

مقدمه

مهندسی ارزش، رویکردی سیستماتیک برای بهبود ارزش یک پروژه از طریق تحلیل کارکردهای آن پروژه هست 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 به‌طور گسترده‌ای در صنایع و سازمان‌های دولتی به‌ویژه در حوزه‌هایی مثل امور دفاعی، حمل‌ونقل، ساخت‌وساز، 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 حمل‌ونقل 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 راه‌حل‌های این مشکلات به‌وسیله ایجاد توازن بین هزینه، زمان‌بندی و محدوده بودجه و از طریق ایجاد گزینه‌های نوآورانه کمک کند (هرالو و آ^۴، ۲۰۱۶: ۳۶۲). مهندسی ارزش یکی از روش‌های مدیریتی است که به‌منظور بهبود کارکرد و حذف هزینه‌های غیرضروری پروژه‌ها در صنعت ساخت‌وساز 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 اشاره دارد که برای یک چیزی پرداخت می‌شود. ارزش عبارت است از نسبت کارکرد به هزینه؛ جایی که ارزش به‌وسیله افزایش کارکرد یا کاهش هزینه یا از طریق هر دو آنها افزایش می‌یابد (راچ وان و همکاران، ۲۰۱۶: ۴۳۲). به‌عبارت‌دیگر، مطالعه مهندسی ارزش در پی یافتن راه‌هایی برای بهبود راه‌حل‌های مربوط به یک مشکل می‌باشد. آن یک رویکرد تیمی، سیستمی و

کارکردگرا است که برای تحلیل و بهبود ارزش در یک محصول، سیستم یا خدمت به‌کار برده می‌شود و ارائه‌دهنده روشی قوی برای حل مشکلات و کاهش هزینه‌ها و همچنین بهبود عملکرد و کیفیت می‌باشد (هرالو و آ^۴، ۲۰۱۶: ۳۶۲). همان‌طور که اشاره شد، از آنجایی که صنعت ساخت‌وساز و راه‌سازی با چالش‌های مختلفی در رابطه با انجام به‌موقع پروژه‌ها در محدوده بودجه تعیین شده مواجه هستند مهندسی ارزش در کشورهای زیادی از سراسر دنیا مورد استفاده قرار می‌گیرد (چن^۵ و همکاران، ۲۰۱۰). همه سازمان‌های ملی در آسیا دارای الزامات قانونی ملی هستند که پروژه‌های دولتی را مجبور به تحلیل ارزش می‌کنند. در آمریکا قانون نهایی مهندسی ارزش، تحلیل مهندسی ارزش پروژه‌ها در سیستم بزرگراه ملی و همچنین پل‌ها را ملزم کرده است (هرالو و آ^۴، ۲۰۱۶: ۳۶۳). از این‌رو، 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 ساخت‌وساز صرفه‌جویی نماید (پارک^۷ و همکاران، ۲۰۱۶: ۱).

بنابراین، با توجه به اینکه حمل‌ونقل به‌عنوان یکی از زیر بخش‌های اساسی کشور، بخش قابل ملاحظه‌ای از منابع ملی را به خود اختصاص می‌دهد و با توجه به حجم بالای پروژه‌ها 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 راه شناسایی 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 تأمین بودجه و در برخی موارد با عدم استفاده بهینه از بودجه تخصیص داده شده مواجه است. این پژوهش در تلاش است با شناسایی و اولویت‌بندی متغیرها و فاکتورهای مهندسی ارزش در اداره کل راه و ترابری استان سمنان و کمک به شناسایی فعالیت فاقد ارزش و حذف آنها

1. Rach wan & others
2. Atabay & Galipogullari
3. Lee
4. Heralova
5. Rachwan

6. Chen
7. Zhang
8. Park

هدف رویکرد مهندسی ارزش زمانی محقق می‌شود که کاربر بتواند کارکردهای ضروری را تعریف کند و آنها را از کارکردهای غیرضروری جدا سازد و همچنین ابزارهای جایگزین برای اجرای کارکردهای ضروری با هزینه کلی پایین‌تر 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 می‌باشد (ایزولا، ۱۹۹۷). ارزش به‌عنوان نسبت کارکرد به هزینه تعریف می‌شود. بنابراین، ارزش می‌تواند از طریق بهبود کارکرد یا کاهش هزینه ارتقا یابد.

مهندسی ارزش در صنعت ساخت‌وساز و راه‌سازی عمده‌تاً یک تلاش سازمان‌یافته برای به چالش کشیدن برنامه‌های طراحی و ایجاد راه‌حلی برای بهبود عملکرد، قابلیت اطمینان و نگهداشت پذیری می‌باشد (هیرالو واه، ۲۰۱۶: ۳۶۴). بنابراین، در پروژه‌ها، از مهندسی ارزش می‌توان در جهت کاهش هزینه، صرفه‌جویی در زمان، بهبود کیفیت و کاهش کاستی‌ها و نواقص طرح استفاده کرد. پروژه‌هایی که پرهزینه، پیچیده، تکراری، منحصر به فرد، با محدودیت بودجه و در معرض دید عموم هستند بیشترین مزیت را از استفاده و به‌کارگیری مهندسی ارزش می‌برند (لایا راجا و اقبال: ۲۰۱۵: ۱).

زمان به‌کارگیری مهندسی ارزش بستگی به نوع پروژه مورد نظر دارد. مهندسی ارزش را می‌توان در مراحل مختلفی از چرخه حیات یک پروژه اعمال نمود. این مراحل عبارت‌اند از: مرحله شناسایی پروژه، مرحله امکان‌سنجی، مرحله توسعه گزینه‌ها، مرحله طراحی کلی، مرحله انتخاب گزینه‌ها و روش‌های تدارکات یا ساخت، مرحله طراحی تفصیلی و طراحی اجزاء، مرحله پیش از ساخت، مرحله نگهداری و بهره‌برداری و مرحله بازنگری پس از اجرای پروژه (وانگ^۴، ۲۰۱۰: ۱۶۱۵).

بنابراین، روش‌های مهندسی ارزش می‌تواند در هر مرحله از چرخه توسعه یا ایجاد پروژه به‌کاربرده شود. اگرچه بیشترین مزیت و صرفه‌جویی منابع در فازهای اولیه پروژه (نمودار ۱) به‌دست می‌آید (را وان و همکاران، ۲۰۱۶: ۴۳۲).

درخصوص مدیریت بهتر هزینه‌ها گام بردارد. بر این اساس سوالات این پژوهش عبارت است از:
شاخص‌های مهندسی ارزش در اداره کل راه و ترابری استان سمنان کدامند؟
اولویت‌بندی آنها چگونه است؟

مبانی نظری پژوهش

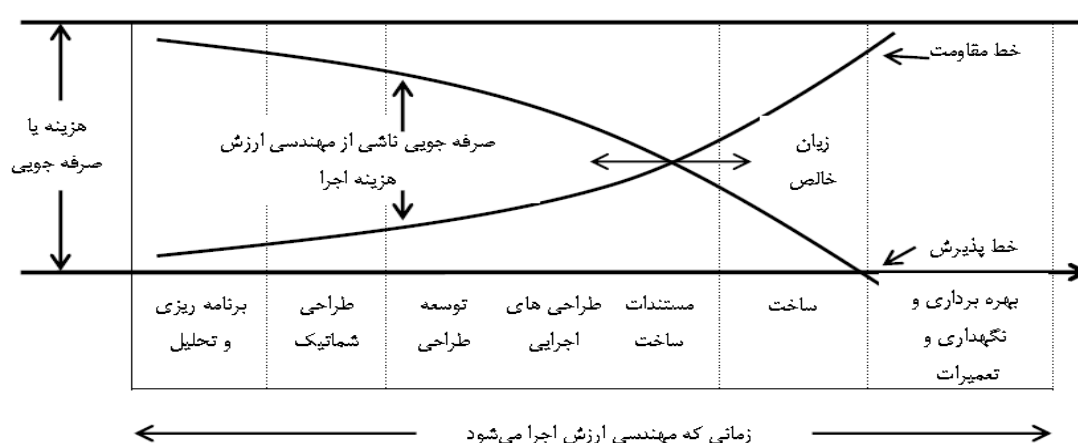
مهندسی ارزش، تحلیل ارزش و مدیریت ارزش مفاهیمی از یک رویکرد مدیریتی واحد هستند که به دنبال یافتن راه‌حل‌های عملیاتی و کاهش هزینه‌های غیرضروری هستند (لایا راجا و اقبال^۱: ۲۰۱۵: ۱). مهندسی ارزش روشی مؤثر برای کاهش هزینه‌ها، افزایش بهره‌وری و بهبود کیفیت می‌باشد (اتابی و گالی پوگیو لاری، ۲۰۱۳: ۳۹).

ابتدا، مهندسی ارزش طی جنگ جهانی دوم در صنایع تولیدی مورد استفاده قرار گرفت و سپس به‌طور گسترده در صنعت ساخت‌وساز و راه‌سازی مورد استفاده قرار گرفت (فنگ و دینگ^۲، ۲۰۱۱: ۳۳۷). انجمن مهندسان ارزش آمریکا^۳ در سال ۱۹۵۹ به‌عنوان یک انجمن حرفه‌ای برای پیشرفت و توسعه مهندسی ارزش از طریق درک بهتر از اصول، روش‌ها و مفاهیم آن شکل گرفت (هیرالو واه، ۲۰۱۶: ۳۶۳). این انجمن مهندسی ارزش را به‌عنوان به‌کارگیری سیستماتیک روش‌های مشخص که کارکرد یک محصول یا خدمت را شناسایی کرده، برای آن کارکرد ارزش‌های مالی ایجاد می‌کند و کارکرد ضروری قابل‌اطمینان را تعریف کرد با پایین‌ترین هزینه ممکن ارائه می‌کند. (هیرالو واه، 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 می‌باشد (لایا راجا و اقبال: ۲۰۱۵: ۱). در تعریف دیگر، مهندسی ارزش به‌عنوان تحلیل کارکردهای یک برنامه، پروژه، سیستم، محصول، اقلام تجهیزات، ساخت‌وساز، امکانات و خدمات با هدف بهبود عملکرد، قابلیت اطمینان، کیفیت، ایمنی و هزینه‌های چرخه حیات تعریف می‌شود (اتابی و گالی پوگیو لاری، ۲۰۱۳: ۴۰).

درواقع، هدف واقعی مهندسی ارزش بهبود ارزش می‌باشد و این امر صرفاً با کاهش هزینه به دست نمی‌آید.

1. Llyaraja & Eqyaabal
2. Feng & Ding
3. Society of American value engineers

4. Wang



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

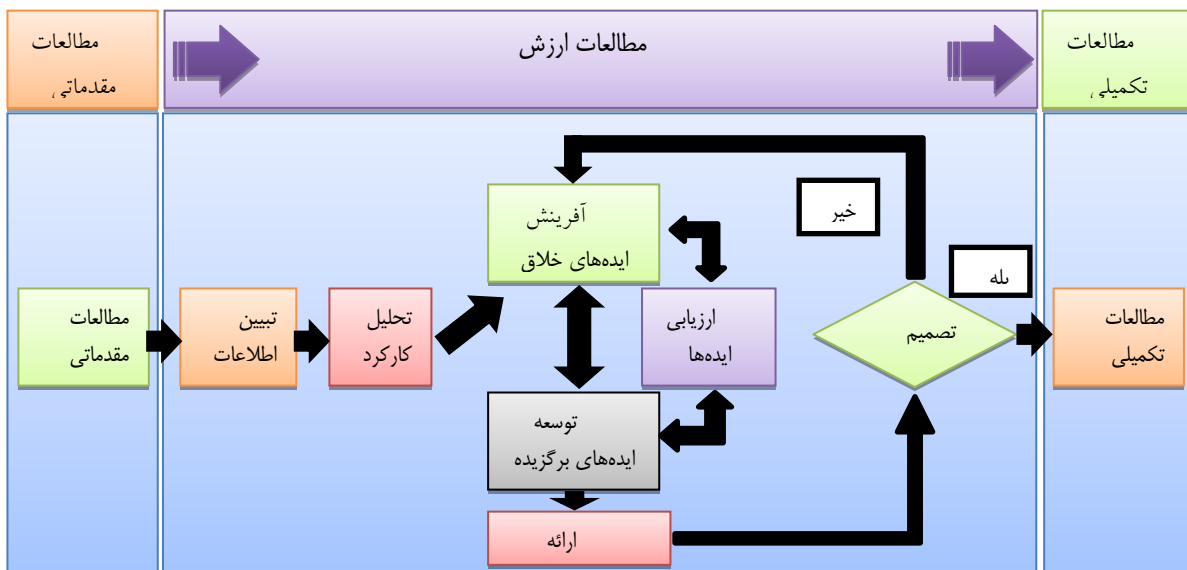
مرحله مطالعه ارزش^۲: مرحله مطالعه ارزش، دربرگیرنده گام‌های عملیاتی و پیاده‌سازی متدولوژی ارزش است. این متدولوژی زمانی آثار قابل توجهی در پی خواهد داشت که در شش فاز (۱. اطلاعات، ۲. تحلیل کارکرد، ۳. خلاقیت، ۴. ارزیابی، ۵. توسعه و ۶. ارائه) به‌کار گرفته شود (هرالو و، ۲۰۱۶: ۳۶۵؛ لایا راجا و اقبال: ۲۰۱۵: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

همان‌طور که در شکل فوق مشاهده می‌شود، در فازهای اولیه تصمیم‌گیری در مورد یک پروژه و طراحی‌های مفهومی آن، به‌دلیل عدم ورود به مراحل اجرایی و قطعی‌شدن 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. درحالی که هرچه به سمت فعالیت‌های اجرایی پروژه پیش می‌رویم. علاوه‌بر، 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 به‌وسیله یک تیم چندوظیفه‌ای 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 درواقع عاملی مهم در موفقیت مطالعات مهندسی ارزش می‌باشد. برنامه کاری یک نقشه راه برای تعریف وظیفه مورد نیاز با تعیین اقتصادی‌ترین ترکیب کارکردها برای کامل کردن وظیفه است. از طریق برنامه کاری، مهندسی ارزش حوزه‌های کلیدی هزینه‌های غیرضروری را شناسایی می‌کند و در پی یافتن روش‌های خلاق و جدید برای اجرای همان کارکرد است (هرالو و، 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

1. pre-study
2. value study



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

سد سیکان دره شهر ایلام پرداخته‌اند. در این پژوهش، مهندسی ارزش در کنار روش فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی به‌عنوان 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 به‌عنوان شاخص‌های اصلی تصمیم‌گیری در نظر گرفته شده‌اند. با توجه به نتایج مشخص شد، بهترین گزینه سد بتن غلتکی با سرریز آزاد می‌باشد.

رضانی و کاتب (۱۳۹۳) در پژوهش خود به شناسایی و اولویت‌بندی زیرساخت‌های سازمانی مؤثر بر اجرای مهندسی ارزش در شرکت‌های بیمه‌ای با استفاده از تکنیک تصمیم‌گیری چند شاخصه ELECTRE پرداخته‌اند. براساس نتایج به‌دست آمده حاصل از اولویت‌بندی عوامل زیرساختی اولویت عوامل تأثیرگذار به ترتیب عبارت است از در دسترس بودن منابع، استراتژی سازمان و ساختار سازمان، حمایت مدیریت، فرهنگ‌سازمانی، ارتباطات و سیستم‌های اطلاعاتی. تماسی 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 سلسله‌مراتبی، جهت ساخت یک مجتمع تجاری بررسی می‌شود. صلاحیت چهار شرکت پیمانکاری با استفاده از روش تحلیل سلسله‌مراتبی توسط ماتریس‌هایی با یکدیگر مقایسه شد و در ادامه مشخص شد که شرکت پیمانکاری که شرایط و توانایی‌های بهتری به رقبا دارد چگونه می‌تواند برنده مناقصه شود و مهندسی ارزش در این راستا چگونه می‌تواند بر هزینه‌های ناشی از انجام پروژه و انتخاب پیمانکار خودنمایی و ایفای نقش نماید.

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^۱: هدف از مرحله پس‌مطالعه، 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 پس‌مطالعه به‌نحوی است که هرگز به‌طور مستقل طراحی و تأیید شود و شامل تغییرات قراردادی در صورت لزوم و قبل از اجرای آن به‌صورت محصول، پروژه، فرایند 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 شد که از انجام مطالعه ارزش، بیش‌ترین منافع کارفرما به‌دست آمده است (کریمی و سلیمی، ۱۳۸۷: ۱۴۲-۱۴۱).

پیشینه پژوهش

عباسی و حسنی (۱۳۹۴) در پژوهش خود به پیاده‌سازی مهندسی ارزش در اجرای بدنه سدهای خاکی مطالعه موردی

1. Post-study

مشخص شد. براساس نتایج به‌دست آمده از این مطالعه اجرای پروژه ریلی اصفهان- اهواز بالاترین اولویت اجرا را از نظر معیارهای مهندسی ارزش در بین دیگر پروژه‌های مورد بررسی دارد.

براساس مطالعات داخلی و خارجی ۲۳ شاخص مهندسی ارزش در پروژه‌های راه‌سازی مشخص شد. در جدول ۱ شاخص‌های مهندسی ارزش در مطالعات داخلی و خارجی به‌صورت کلی مرور شده است.

پویانی و همکاران (۱۳۹۵) در مقاله خود تحت عنوان طراحی یک مدل تصمیم‌گیری مبتنی بر معیارهای مهندسی ارزش به‌منظور اولویت‌بندی و انتخاب پروژه‌های ریلی با استفاده از نظر متخصصان حوزه حمل‌ونقل ریلی هفت معیار اصلی در انتخاب پروژه‌های مهندسی ارزش شناسایی و با استفاده از روش تحلیل سلسله‌مراتبی فازی، پنج پروژه از بین پروژه‌های مصوب راه‌آهن مورد ارزیابی قرار گرفته و اولویت پروژه‌های منتخب جهت انجام مطالعات مهندسی ارزش

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 غیرمستقیم	ساداوی (۲۰۰۸)
خدمات ارائه شده، هزینه‌ها، درک مشتری، اهمیت محصول از نظر مشتری	شلیتو 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 تمام‌شده	کروم، ۱۹۷۱
کیفیت، کارکرد محصول، هزینه‌ها	شلیتو و دی مارل، ۱۹۹۲؛ شلیتو 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 طرزتلقی‌ها، عدم تمایل به راهنمایی و مشاوره دیگران، شرایط غیرواقعی، تغییر در شرایط، تغییرات فناوری، ارتباط ضعیف، تعصب بیش از حد، سوء تعبیر و برداشت‌های غلط، عدم تجربه کافی	لایا راجا و اقبال، ۲۰۱۵
روش‌های سیستمی، کارتیسی، 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، فرایندها و افزایش بهره‌وری	عالم‌تبریز و محمدرحیمی، ۱۳۸۸
رویکرد گروهی، نظام‌مند، کارکردگرا و دارای کاربرد حرفه‌ای	کریمی و سلیمی، ۱۳۸۷
صرفه‌جویی در پول، کاهش زمان و بهبود کیفیت	شابلق، ۲۰۰۳
حداکثر کردن ارزش به‌عنوان کم‌ترین هزینه برای سطح موردنیاز کیفیت، بالاترین سطح از کیفیت با توجه به هزینه	برت، ۱۹۷۵
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	وانگ، ۲۰۱۰
قابلیت اطمینان- رضایت مشتری- انطباق پذیری- انسجام	جیانگ و همکاران، ۲۰۱۱
رهبری هزینه- هزینه مواد- هزینه خرابی ماشین‌آلات- دوباره‌کاری- ضایعات- هزینه موجودی- حجم موردنیاز- هزینه انرژی- هزینه راه‌اندازی- هزینه نگهداری و تعمیرات	فولگادو و همکاران، ۲۰۱۰
واکنش بازار- زمان تحویل- سرعت تکمیل سفارش ساخت- نرخ بالای بازگشت- انعطاف‌پذیری- یادگیری- سازگاری با ماشین موجود	چان و همکاران، ۲۰۰۵

روش پژوهش

روش نظرسنجی از خبرگان (تکنیک دلفی فازی) استفاده شده است. داده‌های مورد نیاز با استفاده از مطالعات کتابخانه‌ای و پرسشنامه محقق ساخته جمع‌آوری شد. جامعه آماری در این

روش مورد استفاده در این پژوهش، از نظر هدف کاربردی و از لحاظ گردآوری اطلاعات توصیفی - پیمایشی بوده که از

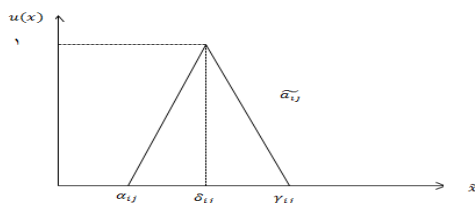
این حالت یک عدد فازی به صورت روابط زیر تعریف می‌شوند (لیو و چن، ۲۰۰۷).

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

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

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

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



نمودار ۳. تابع عضویت مثلثی در روش دلفی فازی

در روابط فوق β_{ijk} نشان‌دهنده اهمیت نسبی پارامتر I بر پارامتر J از دیدگاه مختص k ام، α_{ij} و γ_{ij} به ترتیب حد بالا و پایین نظرهای پرسش‌شوندگان و δ_{ij} میانگین هندسی نظرهای شونده‌گان می‌باشد. بدیهی است که مؤلفه‌های عدد فازی به گونه‌ای تعریف شده‌اند که $\alpha_{ij} \geq \delta_{ij} \geq \gamma_{ij}$ در ضمن مقادیر این مؤلفه‌ها در بازه $[9 - 1/9]$ تغییر می‌کنند. در نهایت به منظور غیر فازی کردن وزن پارامترها، طبق رابطه زیر میانگین حسابی مؤلفه‌های عدد فازی وزن پارامترها به دست می‌آید.

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

از سوی دیگر، شاخص‌های شناسایی شده براساس روش پرموتاسیون که از تکنیک‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره است رتبه‌بندی شدند. این روش براساس 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 می‌باید برای حل آن از روش‌های فرا ابتکاری استفاده نمود. در این پژوهش از روش الگوریتم ژنتیک برای حل مسئله استفاده شده است.

در روش پرموتاسیون هر رتبه ممکن است از m گزینه موجود مورد بررسی قرار داده شود. یعنی ارزیابی به تعداد m! پرموتاسیون از رتبه‌بندی گزینه‌های انجام گرفته و معمولاً بهترین

مطالعه، شامل مدیران (۵ مدیر) و کارشناسان ارشد سازمان (۵ کارشناس) می‌باشند که در رابطه با مهندسی ارزش و عوامل مؤثر در این زمینه، دارای تجربه کافی و صاحب‌نظر بودند. نمونه‌گیری مورد استفاده در این پژوهش، غیرتصادفی و هدفمند بوده و تعداد نمونه ۱۰ نفر بوده است. همان‌گونه که ذکر شد شرکت‌کنندگان در این پنل دلفی، مدیران و خبرگانی بودند که از دانش و تجربه کافی در زمینه مهندسی ارزش برخوردار بوده‌اند. بنابراین، هدف از این روش دسترسی به مطمئن‌ترین توافق گروهی خبرگان درباره موضوعی خاص است که با استفاده از پرسشنامه و نظرخواهی از خبرگان به‌دفعات با توجه به بازخورد حاصل از آنها صورت می‌پذیرد (عطائی، ۱۳۸۹).

جدول ۲. متغیرهای زبانی

متغیرهای زبانی	عدد فازی	عدد مثلثی فازی
بسیار بی‌اهمیت	۱	(۰.۰.۱.۰.۱)
بین خیلی بی‌اهمیت و بسیار بی‌اهمیت	۲	(۰.۱.۰.۲.۰.۳)
خیلی بی‌اهمیت	۳	(۰.۲.۰.۳.۰.۴)
بین خیلی بی‌اهمیت 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)

دلفی فازی روشی برای ساختاردهی یک فرایند ارتباط گروهی تعریف می‌شود. به طوری که این فرایند به گروهی از افراد، به‌عنوان یک کل، امکان حل یک مسئله پیچیده را می‌دهد (مؤمنی، ۱۳۸۹: ۲۳). در روش دلفی فازی، اطلاعات لازم در قالب زبان طبیعی از خبرگان اخذ شده و به صورت فازی مورد تحلیل قرار می‌گیرند (عطائی، ۱۳۸۹). برای اجرای این روش ابتدا از متخصصان مختلف درباره پارامترهای مؤثر بر یک پدیده یا تصمیم به صورت کیفی یا در صورت امکان کمی نظرسنجی به عمل می‌آید. سپس اعداد فازی محاسبه می‌شود. برای محاسبه اعداد فازی \tilde{a}_{ij} نظرهای حاصل از نظرسنجی از متخصصان به‌طور مستقیم مدنظر قرار می‌گیرند. اعداد فازی در این مرحله را می‌توان براساس توابع عضویت مختلف همچون روش مثلثی و یا حالت دوزنقه‌ای محاسبه کرد. با توجه به کاربرد زیاد و سهولت محاسبه روش مثلثی، محاسبه اعداد فازی مثلثی مطابق شکل زیر نشان داده شده است. در

آنها برای اولویت‌بندی 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 $\sum w_j = 1$ 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 فراگشتی مانند وراثت و جهش استفاده می‌کند. (مؤمنی، ۱۳۸۹: ۱۵۳).

جدول ۳. 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	(۰.۸۰۰۹۰۰۹)	(۰.۸۰۰۹۰۰۹)	(۰.۵۰۰۶۰۰۷)	(۰.۶۰۰۷۰۰۸)	(۰.۷۰۰۸۰۰۹)	(۰.۵۰۰۶۰۰۷)	(۰.۶۰۰۷۰۰۸)	(۰.۳۰۰۴۰۰۵)	(۰.۲۰۰۵۰۰۶)	(۰.۸۰۰۹۰۰۹)
مزینته های مستقیم	(۰.۸۰۰۹۰۰۹)	(۰.۳۰۰۴۰۰۵)	(۰.۶۰۰۷۰۰۸)	(۰.۴۰۰۵۰۰۶)	(۰.۶۰۰۷۰۰۸)	(۰.۶۰۰۷۰۰۸)	(۰.۶۰۰۷۰۰۸)	(۰.۵۰۰۶۰۰۷)	(۰.۶۰۰۷۰۰۸)	(۰.۶۰۰۷۰۰۸)
مزینته های غیر مستقیم	(۰.۷۰۰۸۰۰۹)	(۰.۱۰۰۲۰۰۳)	(۰.۴۰۰۵۰۰۶)	(۰.۵۰۰۶۰۰۷)	(۰.۵۰۰۶۰۰۷)	(۰.۶۰۰۷۰۰۸)	(۰.۷۰۰۸۰۰۹)	(۰.۳۰۰۴۰۰۵)	(۰.۶۰۰۷۰۰۸)	(۰.۴۰۰۵۰۰۶)
رضایت مشتری	(۰.۸۰۰۹۰۰۹)	(۰.۸۰۰۹۰۰۹)	(۰.۴۰۰۵۰۰۶)	(۰.۸۰۰۹۰۰۹)	(۰.۸۰۰۹۰۰۹)	(۰.۶۰۰۷۰۰۸)	(۰.۷۰۰۸۰۰۹)	(۰.۵۰۰۶۰۰۷)	(۰.۷۰۰۸۰۰۹)	(۰.۵۰۰۶۰۰۷)
کیفیت اطلاعات	(۰.۸۰۰۹۰۰۹)	(۰.۸۰۰۹۰۰۹)	(۰.۵۰۰۶۰۰۷)	(۰.۸۰۰۹۰۰۹)	(۰.۸۰۰۹۰۰۹)	(۰.۶۰۰۷۰۰۸)	(۰.۷۰۰۸۰۰۹)	(۰.۵۰۰۶۰۰۷)	(۰.۷۰۰۸۰۰۹)	(۰.۸۰۰۹۰۰۹)
ایده های خلاق	(۰.۷۰۰۸۰۰۹)	(۰.۷۰۰۸۰۰۹)	(۰.۴۰۰۵۰۰۶)	(۰.۸۰۰۹۰۰۹)	(۰.۸۰۰۹۰۰۹)	(۰.۵۰۰۶۰۰۷)	(۰.۷۰۰۸۰۰۹)	(۰.۲۰۰۵۰۰۶)	(۰.۵۰۰۶۰۰۷)	(۰.۶۰۰۷۰۰۸)
ریسک پذیری	(۰.۶۰۰۷۰۰۸)	(۰.۶۰۰۷۰۰۸)	(۰.۶۰۰۷۰۰۸)	(۰.۸۰۰۹۰۰۹)	(۰.۷۰۰۸۰۰۹)	(۰.۵۰۰۶۰۰۷)	(۰.۷۰۰۸۰۰۹)	(۰.۲۰۰۵۰۰۶)	(۰.۴۰۰۵۰۰۶)	(۰.۵۰۰۶۰۰۷)
تغییرات فناوری	(۰.۶۰۰۷۰۰۸)	(۰.۴۰۰۵۰۰۶)	(۰.۵۰۰۶۰۰۷)	(۰.۸۰۰۹۰۰۹)	(۰.۷۰۰۸۰۰۹)	(۰.۶۰۰۷۰۰۸)	(۰.۶۰۰۷۰۰۸)	(۰.۶۰۰۷۰۰۸)	(۰.۳۰۰۴۰۰۵)	(۰.۸۰۰۹۰۰۹)
تجربه کارکنان	(۰.۷۰۰۸۰۰۹)	(۰.۸۰۰۹۰۰۹)	(۰.۶۰۰۷۰۰۸)	(۰.۸۰۰۹۰۰۹)	(۰.۸۰۰۹۰۰۹)	(۰.۶۰۰۷۰۰۸)	(۰.۷۰۰۸۰۰۹)	(۰.۵۰۰۶۰۰۷)	(۰.۶۰۰۷۰۰۸)	(۰.۸۰۰۹۰۰۹)
کار تیمی	(۰.۶۰۰۷۰۰۸)	(۰.۸۰۰۹۰۰۹)	(۰.۶۰۰۷۰۰۸)	(۰.۷۰۰۸۰۰۹)	(۰.۷۰۰۸۰۰۹)	(۰.۵۰۰۶۰۰۷)	(۰.۶۰۰۷۰۰۸)	(۰.۷۰۰۸۰۰۹)	(۰.۸۰۰۹۰۰۹)	(۰.۸۰۰۹۰۰۹)
اصلاح فرآیندها	(۰.۷۰۰۸۰۰۹)	(۰.۵۰۰۶۰۰۷)	(۰.۶۰۰۷۰۰۸)	(۰.۷۰۰۸۰۰۹)	(۰.۸۰۰۹۰۰۹)	(۰.۶۰۰۷۰۰۸)	(۰.۷۰۰۸۰۰۹)	(۰.۸۰۰۹۰۰۹)	(۰.۶۰۰۷۰۰۸)	(۰.۷۰۰۸۰۰۹)
ارتباطات	(۰.۵۰۰۶۰۰۷)	(۰.۷۰۰۸۰۰۹)	(۰.۷۰۰۸۰۰۹)	(۰.۸۰۰۹۰۰۹)	(۰.۸۰۰۹۰۰۹)	(۰.۶۰۰۷۰۰۸)	(۰.۷۰۰۸۰۰۹)	(۰.۸۰۰۹۰۰۹)	(۰.۷۰۰۸۰۰۹)	(۰.۷۰۰۸۰۰۹)
قابلیت اطمینان	(۰.۸۰۰۹۰۰۹)	(۰.۶۰۰۷۰۰۸)	(۰.۷۰۰۸۰۰۹)	(۰.۸۰۰۹۰۰۹)	(۰.۸۰۰۹۰۰۹)	(۰.۶۰۰۷۰۰۸)	(۰.۷۰۰۸۰۰۹)	(۰.۵۰۰۶۰۰۷)	(۰.۶۰۰۷۰۰۸)	(۰.۴۰۰۵۰۰۶)
انضباط پذیری	(۰.۸۰۰۹۰۰۹)	(۰.۰۰۰۱۰۰۱)	(۰.۵۰۰۶۰۰۷)	(۰.۶۰۰۷۰۰۸)	(۰.۶۰۰۷۰۰۸)	(۰.۶۰۰۷۰۰۸)	(۰.۷۰۰۸۰۰۹)	(۰.۸۰۰۹۰۰۹)	(۰.۴۰۰۵۰۰۶)	(۰.۶۰۰۷۰۰۸)
دوباره کاری ها	(۰.۸۰۰۹۰۰۹)	(۰.۰۰۰۱۰۰۱)	(۰.۵۰۰۶۰۰۷)	(۰.۶۰۰۷۰۰۸)	(۰.۶۰۰۷۰۰۸)	(۰.۶۰۰۷۰۰۸)	(۰.۷۰۰۸۰۰۹)	(۰.۸۰۰۹۰۰۹)	(۰.۴۰۰۵۰۰۶)	(۰.۶۰۰۷۰۰۸)
ضایعات	(۰.۸۰۰۹۰۰۹)	(۰.۰۰۰۱۰۰۱)	(۰.۶۰۰۷۰۰۸)	(۰.۶۰۰۷۰۰۸)	(۰.۶۰۰۷۰۰۸)	(۰.۶۰۰۷۰۰۸)	(۰.۶۰۰۷۰۰۸)	(۰.۷۰۰۸۰۰۹)	(۰.۳۰۰۴۰۰۵)	(۰.۰۰۰۱۰۰۱)
واکنش بازار	(۰.۸۰۰۹۰۰۹)	(۰.۰۰۰۱۰۰۱)	(۰.۶۰۰۷۰۰۸)	(۰.۷۰۰۸۰۰۹)	(۰.۸۰۰۹۰۰۹)	(۰.۷۰۰۸۰۰۹)	(۰.۵۰۰۶۰۰۷)	(۰.۱۰۰۲۰۰۳)	(۰.۶۰۰۷۰۰۸)	(۰.۰۰۰۱۰۰۱)
زمان تحویل	(۰.۸۰۰۹۰۰۹)	(۰.۸۰۰۹۰۰۹)	(۰.۵۰۰۶۰۰۷)	(۰.۵۰۰۶۰۰۷)	(۰.۸۰۰۹۰۰۹)	(۰.۷۰۰۸۰۰۹)	(۰.۷۰۰۸۰۰۹)	(۰.۴۰۰۵۰۰۶)	(۰.۷۰۰۸۰۰۹)	(۰.۷۰۰۸۰۰۹)
سرعت تکمیل سفارش	(۰.۷۰۰۸۰۰۹)	(۰.۸۰۰۹۰۰۹)	(۰.۶۰۰۷۰۰۸)	(۰.۶۰۰۷۰۰۸)	(۰.۷۰۰۸۰۰۹)	(۰.۶۰۰۷۰۰۸)	(۰.۷۰۰۸۰۰۹)	(۰.۳۰۰۴۰۰۵)	(۰.۷۰۰۸۰۰۹)	(۰.۶۰۰۷۰۰۸)
انعطاف پذیری	(۰.۸۰۰۹۰۰۹)	(۰.۷۰۰۸۰۰۹)	(۰.۴۰۰۵۰۰۶)	(۰.۵۰۰۶۰۰۷)	(۰.۷۰۰۸۰۰۹)	(۰.۶۰۰۷۰۰۸)	(۰.۷۰۰۸۰۰۹)	(۰.۵۰۰۶۰۰۷)	(۰.۸۰۰۹۰۰۹)	(۰.۵۰۰۶۰۰۷)
یادگیری سازگاری با ماشین موجود	(۰.۷۰۰۸۰۰۹)	(۰.۸۰۰۹۰۰۹)	(۰.۷۰۰۸۰۰۹)	(۰.۷۰۰۸۰۰۹)	(۰.۸۰۰۹۰۰۹)	(۰.۵۰۰۶۰۰۷)	(۰.۷۰۰۸۰۰۹)	(۰.۶۰۰۷۰۰۸)	(۰.۸۰۰۹۰۰۹)	(۰.۸۰۰۹۰۰۹)

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 فرایندهای 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 گونه‌ای اند که مناسب‌ترین عناصر

عموماً راه‌حل‌ها به صورت ۲ تا ۱۰ 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

کمک تکنیک دلفی فازی شناسایی و سپس در مرحله بعد برای اولویت‌بندی از تلفیق الگوریتم پروموتاسیون و الگوریتم ژنتیک بهره‌برداری شده است. پس از دریافت کردن پاسخ‌ها از طرف خبرگان محقق داده‌های حاصل از نظر خبرگان را در جدول زیر به اعداد فازی تبدیل کرد.

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

جدول ۴. شناسایی شاخص‌ها

عوامل	میانگین فازی	میانگین دی فازی شده	قبول / رد
بهای تمام شده	(۰.۶۰, ۰.۷۰, ۰.۷۷)	۰.۶۹	رد
هزینه‌های مستقیم	(۰.۵۶, ۰.۶۶, ۰.۷۵)	۰.۶۵	رد
هزینه‌های غیرمستقیم	(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
ایده‌های خلاق	(۰.۵۹, ۰.۶۹, ۰.۷۷)	۰.۶۸	رد
ریسک‌پذیری	(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	(۰.۰۷, ۰.۸۰, ۰.۸۷)	۰.۷۹	قبول
قابلیت اطمینان	(۰.۶۴, ۰.۷۴, ۰.۸۱)	۰.۷۳	قبول
انطباق‌پذیری	(۰.۶۶, ۰.۷۶, ۰.۸۳)	۰.۷۵	قبول
دوباره‌کاری‌ها	(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, ۰.۸۲)	۰.۷۳	قبول
انعطاف‌پذیری	(۰.۵۸, ۰.۶۸, ۰.۷۶)	۰.۶۷	رد
یادگیری	(۰.۶۷, ۰.۷۷, ۰.۸۳)	۰.۷۵	قبول
سازگاری با ماشین موجود	(۰.۰۷, ۰.۸۰, ۰.۸۶)	۰.۷۸	قبول

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 می‌شود (جدول ۳). همان‌گونه که مشاهده شید از مجموع ۲۳ شاخص احصاشده براساس نظر خبرگان، فقط ۱۳ شاخص مورد پذیرش قرار گرفتند و مابقی حذف شدند. حال این شاخص‌ها براساس روش پروموتاسیون که از تکنیک‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره است رتبه‌بندی می‌شوند. همان‌گونه که اشاره شد، ۱۳ جایگشت وجود دارد که محاسبه آنها زیاد می‌باشد و از نوع NP-Hard می‌باشد 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:

نرخ تقاطع: ۳ درصد؛ نرخ جمعیت: ۲۰۰۰؛ تعداد تکرار: ۵۰۰ بار نرخ تقاطع محدودۀ جستجو را نشان می‌دهد که هرچه بالاتر باشد نرم‌افزار زمان بیشتری برای جستجو می‌گذارد. نرخ جمعیت هم هرچه بالاتر باشد جستجو در بین جواب‌های بهینه بیشتری صورت می‌گیرد و زمان جستجو بالاتر می‌رود که در این برنامه گفته می‌شود بار اول ۳ درصد ۲۰۰۰ جمعیت را جستجو کن و بار دوم ۳ درصد مانده ۲۰۰۰ جمعیت تا ۵۰۰ بار که هر بار یکسری جواب بهینه به دست می‌آید و نهایتاً یک بهینه از بین بهینه‌ها نتیجه می‌شود. پس از کد نویسی مسئله در نرم‌افزار متلب و انجام آن نتایج زیر به دست 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 می‌شود (جدول ۳). همان‌گونه که مشاهده شید از مجموع ۲۳ شاخص احصاشده براساس نظر خبرگان، فقط ۱۳ شاخص مورد پذیرش قرار گرفتند و مابقی حذف شدند. حال این شاخص‌ها براساس روش پروموتاسیون که از تکنیک‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره است رتبه‌بندی می‌شوند. همان‌گونه که اشاره شد، ۱۳ جایگشت وجود دارد که محاسبه آنها زیاد می‌باشد و از نوع NP-Hard می‌باشد 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 ۵. اولویت‌بندی شاخص‌های مهندسی ارزش در اداره کل راه و ترابری استان سمنان

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

تحقیقات 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 ۹گانه نظرات به اعداد مثلی فازی تبدیل و برای شناسایی متغیرهای تأثیرگذار بر مهندسی ارزش در اداره کل راه و ترابری استان سمنان اعدادی که میانگین دی فازی شده آنها کمتر از ۰.۷ بود آنها را که بالاتر از ۰.۷ بودند پذیرفته شدند. در مجموع ۱۳ شاخص تأثیرگذار در مهندسی ارزش در اداره کل راه و ترابری استان سمنان از سوی خبرگان تشخیص داده شدند.

پس از غربالگری برای اولویت‌بندی 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 نرم‌افزار 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، انطباق‌پذیری 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 پروژه‌های راه‌سازی اداره کل راه و ترابری استان سمنان را دارد. یعنی توجه و بررسی این عوامل از دیدگاه مهندسی ارزش، می‌تواند در کاهش هزینه‌های غیرضروری پروژه‌های راه‌سازی نقش مهمی داشته باشند.

همان‌گونه که مشاهده می‌شود پس از غربالگری شاخص‌ها و رتبه‌بندی 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، انطباق‌پذیری 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.

بحث و نتیجه‌گیری

هزینه و کیفیت بزرگراه‌ها و دیگر پروژه‌های دولتی با به‌کارگیری مهندسی ارزش می‌تواند بهبود یابد. مدیران در مهندسی ارزش به دنبال شناسایی و حذف هزینه‌های غیرضروری و در عین حال حفظ و تضمین کیفیت، اعتبار، عملکرد و دیگر شاخص‌های مهم محصول یا خدمت جهت تحقق انتظارات مشتریان می‌باشد. سازمان‌های برای شروع و اجرای مهندسی ارزش، ابتدا لازم است که متغیرهای مهم و تأثیرگذار بر تحقق مهندسی ارزش را در حوزه کاری خود شناسایی نمایند. یعنی باید مشخص کنند که چه عواملی می‌تواند در تحمیل هزینه اضافی و همچنین بهبود کیفیت پروژه‌ها نقش داشته باشد. هدف این پژوهش شناسایی و اولویت‌بندی متغیرهای تأثیرگذار بر مهندسی ارزش در اداره کل راه و ترابری استان سمنان بود. بر این اساس، پس از مرور مبانی نظری تحقیق در حوزه مهندسی ارزش و مطالعه

ارزش حکایت از تأثیر تمامی ۲۳ شاخص ذکر شده در پرسشنامه دارد. یعنی هرچند در پژوهش حاضر ۱۰ شاخص حذف شدند، اما تأکید بر این است که اگرچه تأثیر این عوامل بر جامعه آماری قطعاً به اندازه عوامل تأیید شده نیست، در عین حال نادیده گرفتن آنها نیز می‌تواند برای سازمان چالش آفرین باشد. زیرا که این شاخص‌ها تأثیرگذار و مهم، در شرایط زمانی و مکانی می‌توانند متفاوت باشند. این محدودیت‌های زمانی و مکانی است که باعث می‌شود عوامل تأیید نشده، تغییرات کمی را در مهندسی ارزش اداره راه و ترابری پوشش دهند.

لیکن با توجه به یافته‌های تحقیق می‌توان گفت با در نظر گرفتن اینکه اداره راه و ترابری به‌عنوان یکی از زیر بخش‌های اساسی کشور که بخش مهمی از منابع مالی را به خود اختصاص می‌دهد و در راستای اجرای پروژه‌های خود سعی در کاهش هزینه‌ها دارد، توجه به عوامل شناسایی شده در این مطالعه می‌تواند به این حوزه در تحقق هدف، زمان و هزینه به‌عنوان سه معیار عمده موفقیت یک پروژه کمک نماید.

با توجه به اینکه در محاسبه و تعیین شاخص‌ها در مهندسی ارزش با معیارهایی مواجه هستیم که قطعی نیستند؛ لذا استفاده از اصول تصمیم‌گیری بر مبنای تئوری فازی در فرایندهای تصمیم‌گیری و ارزش‌گذاری عملکردها در مهندسی ارزش این نقیصه را برطرف کرده است و اثربخشی مهندسی ارزش را از طریق نزدیک کردن تصمیمات به واقعیت‌های موجود افزایش می‌دهد. لذا پیشنهادها زیر در خصوص نتایج تحقیق از سوی محقق ارائه می‌شود تا در بهبود نتایج مؤثر باشد:

- متعادل کردن هزینه‌های اجرا با توجه به هزینه‌های طول عمر و تعمیر و نگهداری تجهیزات و ماشین‌آلات.
- شفاف کردن اطلاعات خواسته پروژه‌ها در سازمان و بروز کردن آنها با نیازهای روز مشتریان و ذی‌نفعان.
- متعادل کردن برنامه‌های طرح، ساخت و بهره‌برداری با هزینه و زمان.
- بهینه‌سازی و متعادل کردن کیفیت.
- شفاف‌سازی ویژگی‌های پروژه‌های سازمان بر مبنای کارکردهای واقعی.

با بررسی‌های انجام شده و با توجه به اینکه ماشین‌آلات موجود در اداره راه و ترابری استان سمنان بسیار قدیمی می‌باشند و در هنگام تعریف و بررسی پروژه‌های جدید توجه به داشته‌ها و استفاده از امکانات موجود بسیار حائز اهمیت هست و همچنین با در نظر گرفتن نوع پروژه‌های اجرایی در این اداره که نیاز به ماشین‌آلات سنگین دارد و با توجه به کمبود منابع مالی امکان خریداری ماشین‌آلات جدید وجود ندارد، لذا به نظر می‌رسد توجه به ماشین‌آلات موجود و استفاده مؤثر از آنها به‌عنوان یکی از مهم‌ترین شاخص‌های تأثیرگذار در بحث مهندسی ارزش از دیدگاه خبرگان این تحقیق می‌باشد. از سوی دیگر، از زمانی که یک پروژه تعریف می‌شود، 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 پروژه‌های تعریف شده زیاد می‌باشد، دقیق بودن و به‌روز بودن اطلاعات در این مدت از اهمیت ویژه‌ای برخوردار هست و می‌تواند در کاهش هزینه‌ها به مدیران کمک نماید. در نتیجه اطلاعات نیز به‌عنوان شاخص بسیار مهم در مهندسی ارزش جامعه آماری این پژوهش به شمار می‌آید. تجربه در کار عامل اثرگذار دیگری است که اداره راه باید در اجرای پروژه‌هایش به این امر توجه ویژه‌ای داشته باشد، زیرا که تجربه نشان داده است که عدم تجربه کافی افراد و تیم‌ها در اجرا باعث دوباره‌کاری و تحمیل هزینه‌های زیاد برای این سازمان شده است. مورد چهارم کیفیت است که در بسیاری از پروژه‌های راه‌سازی عدم توجه به کیفیت به‌خصوص در زیرسازی‌ها باعث شده که مدیران نتوانند به اهداف پروژه در بازه زمانی مورد نظر و با توجه به محدوده بودجه‌ای دست یابند. توانایی برقراری ارتباطات مؤثر با عوامل داخلی و سازمان‌های و نهادهای ذی‌ربط بیرونی، یکی دیگر از عواملی است که می‌تواند بر بهبود عملکرد و کاهش هزینه‌های اضافی نقش داده باشد. توجه به یادگیری و دانش جدید مربوط به راه‌سازی، برآورده ساختن رضایت مشتریان، تحویل به موقع پروژه‌ها و جلوگیری از انباشت سرمایه و همچنین سریع بودن در تکمیل سفارش‌ها می‌تواند در بهبود عملکرد و کاهش هزینه‌های پروژه‌های راه‌سازی نقش مهمی داشته باشند.

از سوی دیگر، مطالعه منابع متعدد در زمینه مهندسی

منابع

ارزش. «فصلنامه مهندس حمل‌ونقل»، سال ۸، شماره ۱. رضانی، علی و کاتب، مجتبی (۱۳۹۳). «شناسایی و اولویت‌بندی زیر ساخته‌ای سازمانی مؤثر بر اجرای

پویانی، علی و احدی، حمیدرضا (۱۳۹۵). «ارائه مدلی برای ارزیابی و اولویت‌بندی احداث خطوط ریلی جدید با استفاده از روش ترکیبی تحلیل شبکه‌ای و مهندسی

عطائی، محمد (۱۳۸۹). *تصمیم‌گیری چند معیار فازی*. شاهرود: 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). *ابفای 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: دانشگاه تهران.

مهندسی ارزش در شرکت‌های بیمه‌ای با استفاده از تکنیک تصمیم‌گیری چند شاخصه ELECTRE». *فصلنامه مطالعات کمی در مدیریت*، سال پنجم، شماره ۱، ۸۳-۱۰۴.

عالم‌تبریز، اکبر و محمدرحیمی، علی‌رضا (۱۳۸۸). *رویکردهای مدیریت تولید و عملیات در ارزیابی و بهبود فرایندهای کسب‌وکار*. تهران: شرکت چاپ و نشر بازرگانی.
 عباسی، آرمین و حسنی، علی (۱۳۹۴). «*پیاده‌سازی 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.

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 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.
 Llyaraja, 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.
 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.