فصلنامه علمی – پژوهشی مطالعات مدیریت صنعتی – سال هفدهم، شماره ۵۲، بهار ۹۸
صفحات ۱۵۲-۱۲۵

شناسایی و اولویت‌بندی راهکارهای کاهش هزینه زنجیره‌تأمین کابل و تجهیزات نیروگاهی با استفاده از مهندسی ارزش

جلیل حیدری دهویی،* سید جلال الدین حسینی دهشیری**

تاریخ دریافت:۹۵/۱۰/۱۲- تاریخ پذیرش:۹۶/۵/۱۵

چکیده

مهندسی ارزش یکی از ابزارهای خلق و بهبود ارزش می‌باشد که ضمن کاهش هزینه‌های غیرضروری و حفظ کارکرد اصلی، منجر به افزایش کارایی می‌گردد. امروزه این تکنیک به‌منظور کاهش هزینه در صنایعی همچون برق که با هزینه‌های بالا مواجه هستند استفاده می‌شود. از آنجا که در بسیاری موارد، کارایی پایین در زنجیره تأمین این صنعت منجر به افزایش هزینه‌ها می‌گردد، لذا بهره‌گیری از گام‌های مهندسی ارزش بسیار اثربخش خواهد بود. در این مقاله سعی شده تا با ترکیب مبحث زنجیره ارزش و روش‌های نوین تصمیم‌گیری چندشاخصه نسبت به شناسایی و اولویت‌بندی راهکارهای کاهش هزینه در زنجیره تأمین کابل و تجهیزات جانبی نیروگاه سیکل ترکیبی سیرجان (گل گهر) اقدام شود. بدین منظور نخست راهکارهای نهایی کاهش هزینه پس از برگزاری جلسات متعدد با خبرگان تیم مهندسی ارزش پروژه شناسایی شدند. سپس این راهکارها با معیارهایی که از ادبیات تحقیق استخراج و با نظر خبرگان تیم مهندسی ارزش پروژه (در قالب فرآیند دلفی فازی) تعدیل و نهایی شد، مورد ارزیابی قرار گرفت. معیارهای نهایی و هریک از زیرمعیارها با روش سوآرا وزن‌دهی شدند. سپس وزن نهایی هریک از زیرمعیارها محاسبه شد. در ادامه برای اولویت‌بندی راهکارهای نهایی از روش آراس خاکستری بهره گرفته شد. پس از اولویت‌بندی راهکارها، راهکار دوازدهم (کاهش زمان سفارش تا خرید و تحویل از طریق اصلاح رویه خرید)، به‌عنوان بهترین راهکار برای کاهش هزینه و در نتیجه افزایش کارایی زنجیره تأمین موردنظر شناسایی شد.

واژگان کلیدی: مهندسی ارزش، سوآرا، آراس خاکستری، رتبه‌بندی ایده‌ها، زنجیره‌تأمین کابل و تجهیزات جانبی، نیروگاه سیکل ترکیبی سیرجان (گل گهر)

***استادیار گروه مدیریت صنعتی، دانشکده مدیریت، دانشگاه تهران، تهران، ایران، (نویسنده مسئول)**
heidaryd@ut.ac.ir
****کارشناس ارشد مدیریت صنعتی (مدیریت تولید و عملیات)، دانشکده مدیریت، دانشگاه تهران، تهران، ایران**

مقدمه

انرژی برای فعالیت‌های مختلف زندگی بشر، ضروری است. یکی از مهم‌ترین انواع انرژی، انرژی الکتریکی است. انرژی الکتریکی علاوه‌بر مصرف در بخش‌های مسکونی و غیرمسکونی، تولید ناخالص داخلی را تحت تأثیر قرار می‌دهد (Lorde et al., 2010). با توجه به اهمیت این صنعت در سطح جهان، مطالعات گسترده‌ای به‌منظور تعیین چالش‌ها و چگونگی رفع آن‌ها انجام‌شده است. هزینه‌های بالای انرژی، دارای تبعات منفی اقتصادی و مالی زیادی بر ظرفیت کشورها است (Lorde et al., 2010). ازاین‌رو یکی از مهم‌ترین چالش‌هایی که باید به آن رسیدگی شود، هزینه می‌باشد. برای کاهش هزینه در این حوزه از تکنیک‌های مختلفی استفاده می‌شود که یکی از مؤثرترین تکنیک‌ها، مهندسی ارزش[1] است. مهندسی ارزش روش قدرتمندی برای حل مسائل، کاهش هزینه‌ها و به‌طور همزمان بهبود عملکرد و کیفیت، با شناسایی و ارتقای شاخص‌های ارزش و افزایش رضایت مشتری می‌باشد (Parikh, 2000). اجرای مهندسی ارزش برای یافتن پاسخ این پرسش است که چه راه‌حل دیگری کارکرد مورد نظر برای محصول، فرآیند و یا پروژه را با هزینه کمتری محقق می‌سازد (Elias,1998; M.Beheshti, 2004; Tohidi, 2011). مهندسی ارزش منجر به ایجاد ایده‌ها و راه‌حل‌های جدید برای افزایش ارزش می‌گردد (Zhang et al., 2009) و نوآوری حاصل از مهندسی ارزش منجر می‌شود که نیازهای مشتریان بهتر برآورده شود (Davis, 1997). بر اساس مرور پیشینه انجام شده، مشخص است که مهندسی ارزش بیشتر در زمینه‌های مربوط به پروژه، تولید و خدمات مورد استفاده قرار گرفته است که در بخش پیشینه تحقیق بررسی خواهد شد. این در حالی است که تجربیات اجرایی مؤلفین این مقاله نشان می‌دهد که در حوزه‌هایی همچون مدیریت زنجیره‌تأمین فرصت‌های بهبود زیادی وجود دارد که مهندسی ارزش با لحاظ توانمندی‌های تکنیکی خود می‌تواند مسیر آنها را تسهیل نماید.

بر همین اساس پژوهش حاضر با هدف بررسی نحوه بکارگیری مهندسی ارزش با هدف کاهش هزینه‌های زنجیره‌تأمین تألیف شده و نتایج حاصل از این فرآیند در حوزه زنجیره‌تأمین

1 .Value Engineering

کابل و تجهیزات جانبی در نیروگاه سیکل ترکیبی سیرجان تشریح شده است. بدین منظور در مرحله نخست در قالب جلسات متعدد، لیست بلند ایده‌های بهبود با بررسی خبرگان تیم مهندسی ارزش پروژه، در قالب ۱۲ راهکار دسته‌بندی گردید. در ادامه اعضای تیم مهندسی ارزش با بهره‌گیری از روش سوآرا معیارها و زیرمعیارهای اولویت‌بندی راهکارها را که از ادبیات تحقیق استخراج و با نظر خبرگان تیم مهندسی ارزش تعدیل و نهایی شده بود، وزن-دهی نمودند. در ادامه برای اولویت‌بندی راهکارهای نهایی از روش آراس خاکستری که از روش‌های نوین تصمیم‌گیری می‌باشند، بهره گرفته شد. از دیگر دلایل بهره‌گیری از این روش‌ها می‌توان به سادگی فرآیند اجرای این روش‌ها (در مقایسه با روش‌هایی همچون AHP که نیاز به مقایسات زوجی زیادی دارند) و پذیرش بهتر از سوی خبرگانی که دارای محدودیت زمان می‌باشند اشاره نمود.

ساختار مقاله پیش‌رو بدین صورت می‌باشد؛ که در بخش دوم به بررسی پیشینه تحقیق مسئله پرداخته می‌شود. بخش سوم به بررسی روش‌های سوآرا، اعداد خاکستری و آراس خاکستری پرداخته خواهد شد. بخش چهارم روش تحقیق پژوهش بیان خواهد شد. در بخش پنجم کاربرد مدل پیشنهادی در قالب یک مطالعه موردی در زنجیره‌تأمین کابل و تجهیزات جانبی نیروگاه سیک ترکیبی سیرجان نشان داده خواهد شد و در نهایت در بخش ششم پیشنهاداتی اجرایی و پژوهشی در مورد مسئله ارائه خواهد شد.

مبانی نظری و پیشینه تحقیق

مهندسی ارزش در ابتدا در سال ۱۹۴۰ توسط لارنس مایلز برای تولیدات صنعتی معرفی شد (Shen and Yu, 2012). در ادامه این تکنیک، در دهه ۱۹۶۰ در صنعت ساخت‌وساز استفاده گردید (Chen et al., 2010). در آن زمان از مهندسی ارزش به منظور بررسی توازن بین هزینه، زمان و کیفیت استفاده گردید (Ali and Rahmat, 2010). از آن زمان تاکنون تعاریف متعددی برای مهندسی ارزش ارائه‌شده است. در این بین انجمن مهندسین ارزش آمریکابه عنوان یکی از متولیان اصلی این حوزه از عبارت «متدولوژی ارزش» و تعریف ذیل استفاده می‌کند:

فرآیندی نظام‌یافته است، که توسط یک تیم چند رشته‌ای و به‌منظور توسعه ارزش پروژه‌ها، محصولات و یا خدمات از طریق تحلیل کارکردها، به‌کار گرفته می‌شود (SAVE, 2007). مهندسی ارزش این فرآیند را در سه مرحله اصلی شامل پیش‌کارگاه، کارگاه و پس‌کارگاه محقق می‌سازد (Lin et al., 2011).

با توجه به اهمیت مهندسی ارزش، تاکنون تحقیقات زیادی در این حوزه انجام شده که خلاصه‌ای از آن‌ها در جدول۱، آمده است.

جدول۱. خلاصه‌ای از تحقیقات انجام گرفته در حوزه مهندسی ارزش

منبع	اقدامات و یافته‌ها	ابزار	مورد مطالعه
دامیربورسیک و کزار ولانته (۱۹۹۹)	طراحی با استفاده از متدولوژی مدیریت ارزش و هزینه، با ارائه یک مدل تلفیقی از مهندسی ارزش و الگوبرداری انجام شد.	مدیریت ارزش و هزینه	شرکت فیات
گاندهیناتان و همکاران (۲۰۰۴)	هزینه‌یابی هدف با ترکیب دو روش مهندسی ارزش و QFD که به‌وسیله روش فازی حمایت می‌شود، نتایج اثربخش‌تری خواهد داشت.	تلفیقی از تکنیک‌های QFD، مهندسی ارزش، هزینه‌یابی هدف و منطق فازی	شرکت تولیدی قطعات خودروی هند
ایبوسوکی و کامینسکی (۲۰۰۷)	توسعه محصول با تمرکز بر مهندسی ارزش و هزینه‌یابی هدف	مهندسی ارزش و هزینه‌یابی هدف	شرکت خودروسازی
چن و همکاران (۲۰۱۰)	نتایج ارزیابی، تجزیه‌وتحلیل شد و پیشنهادها برای بهبود عملکرد کارگاه ارائه شد. عملکرد را می‌توان برای بهبود فرایند و افزایش انگیزه تیم استفاده کرد.	از تحلیل عاملی و فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی	پروژه‌های ساخت‌وساز
زنگین و آدا (۲۰۱۰)	تلفیق این سه تکنیک، شرکت را در دستیابی به مزیت رقابتی یاری خواهد کرد.	VE,QFD و تکنیک هزینه‌یابی هدف	شرکت تولیدی
هوانگ و	شناسایی عوامل حیاتی موفقیت مدیریت ارزش و	مدیریت ارزش	پروژه‌های

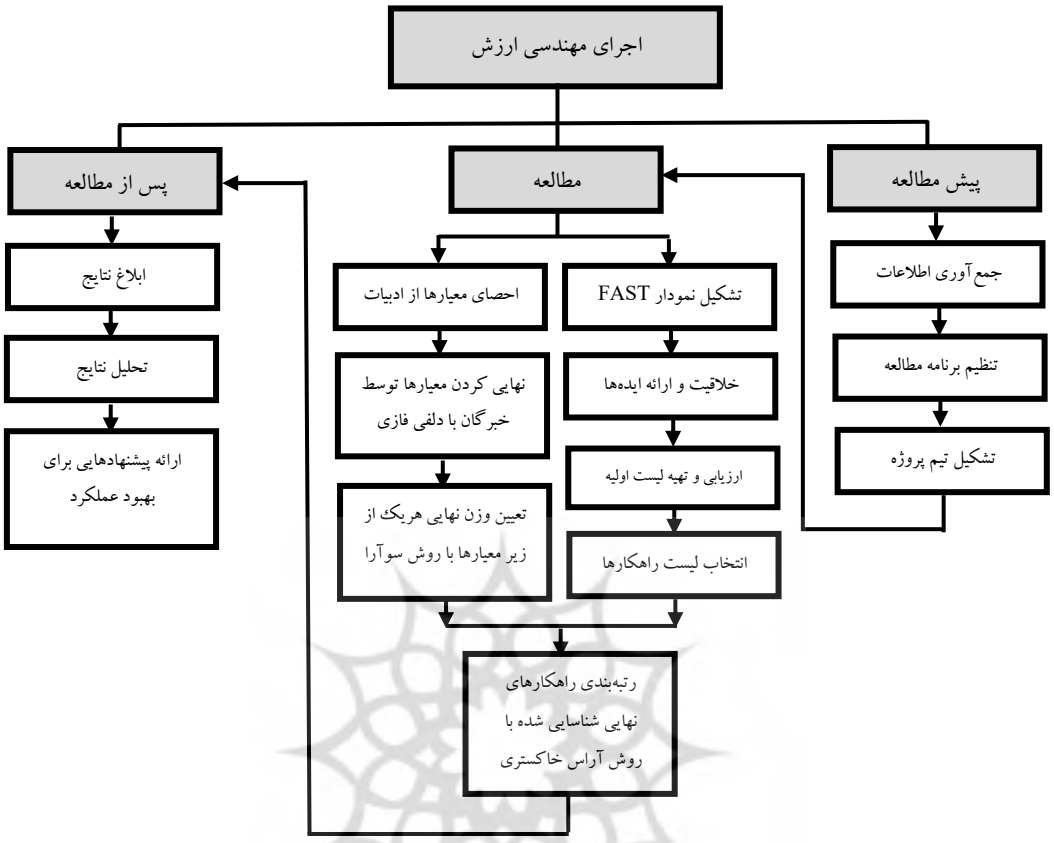
منبع	اقدامات و یافته‌ها	ابزار	مورد مطالعه
همکاران (۲۰۱۴)	هم‌چنین پتانسیل عوامل ریسک در مطالعات مدیریت ارزش		ساختمانی سنگاپور
راملی و همکاران (۲۰۱۴)	شناسایی مهم‌ترین عوامل حیاتی موفقیت در مورد مطالعه	تحلیل توصیفی و تست یومن وایتنی	کارگاه‌های مدیریت ارزش مالزی
سوران و همکاران (۲۰۱۵)	فاکتورهای حیاتی مربوط به تجربه‌های محلی برای استفاده در پروژه‌های بین‌المللی شناسایی شدند.	مهندسی ارزش	پروژه‌های بین‌المللی ساختمان
یوان و همکاران (۲۰۱۵)	ارائه چارچوب کارگاه مدیریت ارزش مجازی برای فراهم کردن مشارکت شرکت‌کنندگان از راه دور و همکاری مجازی	مهندسی ارزش	کارگاه مدیریت ارزش مجازی در هنگ‌کنگ
ریچون و همکاران (۲۰۱۶)	بررسی تأثیر مهندسی ارزش و توجه به پایداری بر ارزش پروژه ،که نتایج نشان داد درنظر گرفتن مهندسی ارزش و پایداری منجر به کاهش ۲۰ تا ۳۰ درصدی هزینه‌ها گردید.	مهندسی ارزش	صنعت ساخت-وساز
کک و بزداگ (۲۰۱۷)	ارائه یک چارچوب مفهومی متفاوت به‌منظور درک و اندازه گیری درجه تازگی نوآوری	رویکرد زنجیره ارزش پورتر	شرکت تولید باتری اتومبیل
نوکچرالی و همکاران (۲۰۱۷)	درک اثرات سرمایه گذاری در فرآیند ایجاد ارزش در صنعت بازی‌های دیجیتال و ارائه پلت‌فرمی برای تجزیه‌وتحلیل انواع همکاری و رقابت در این حوزه	زنجیره ارزش	صنعت بازی-های دیجیتال
پارک و همکاران (۲۰۱۷)	بانک ایده‌های مهندسی ارزش مبتنی بر اطلاعات ساختمان، منجر به توسعه ایده‌های جدید و مدیریت بهتر ایده‌ها می گردد.	مهندسی ارزش	صنعت ساختمان
باک و پاتز (۲۰۱۷)	ارائه روشی کیفیت محور برای مهندسی ارزش، به منظور تعیین کیفیت اجزای اصلی محصول و همچنین مراحل تولید با درنظر گرفتن هدف‌های هزینه و قیمت از طریق پیاده‌سازی مهندسی ارزش	مهندسی ارزش، برنامه ریزی پویا و تحلیل واریانس	شرکت خودروسازی

با بررسی پژوهش‌های پیشین مشاهده می‌شود که اغلب در حوزه‌های مربوط به پروژه، طراحی محصول و خدمات از تکنیک مهندسی ارزش استفاده شده است. این درحالی است که باتوجه به اهمیت یافتن موضوع مدیریت زنجیره‌تأمین طی سال‌های اخیر، به‌ویژه ظهور فناوری‌های نوین و ایجاد تحولات عظیم در بازارهای جهانی، پتانسیل بالایی برای استفاده از مهندسی ارزش در این حوزه به چشم می‌خورد. بر همین اساس مقاله کنونی با ترکیب تکنیک مهندسی ارزش و روش‌های تصمیم‌گیری چندشاخصه اقدام به شناسایی و اولویت‌بندی راهکارهای کاهش هزینه در زنجیره‌تأمین کابل و تجهیزات جانبی نیروگاه سیکل ترکیبی سیرجان (گل گهر) نموده است.

چارچوب و روش تحقیق

این پژوهش از نظر نوع هدف، تحقیقی کاربردی بوده و از نظر شیوه گردآوری داده‌ها، توصیفی- اکتشافی می‌باشد که هدف آن شناسایی و رتبه‌بندی راهکارهای کاهش هزینه با بهره‌گیری از رویکرد مهندسی ارزش می‌باشد. گام‌های طی شده در این تحقیق در شکل۱، آمده است.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی



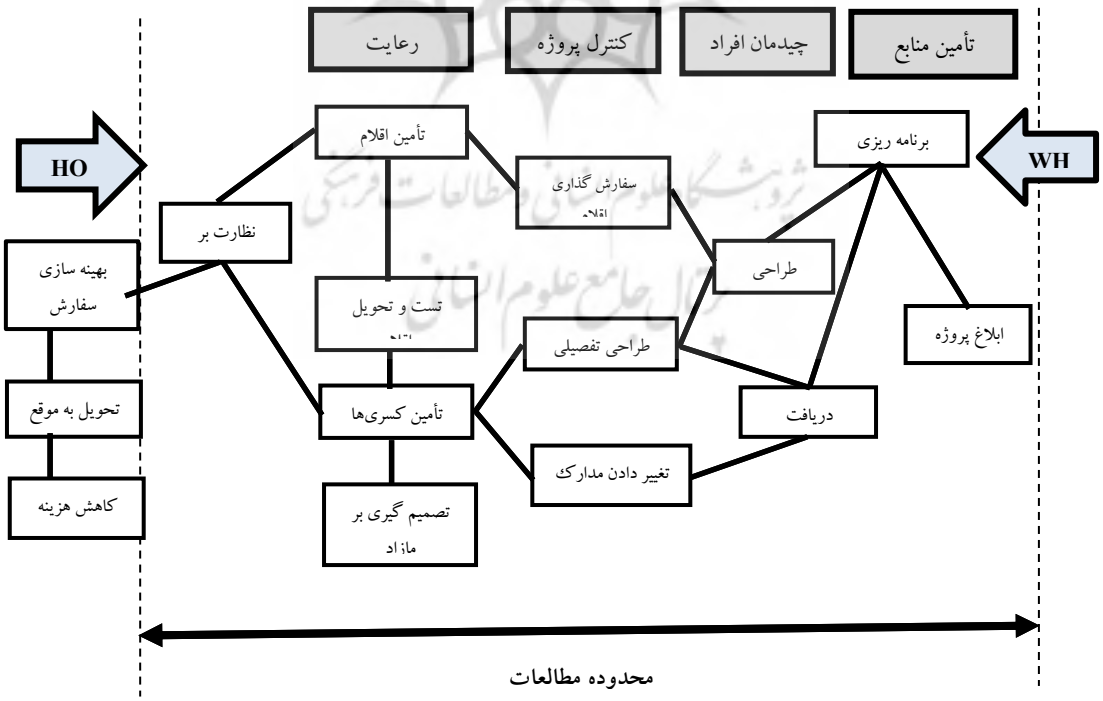
شکل۱. گام‌های طی شده در تحقیق

در گام اول تیم مهندسی ارزش پروژه "کاهش هزینه در زنجیره‌تأمین کابل و تجهیزات جانبی نیروگاه سیکل ترکیبی سیرجان (گل گهر)" که شامل مشاورین در حوزه مهندسی ارزش (از شرکت مشاوره مدیریت مپنا) و متخصصان زنجیره تامین نیروگاه (شامل مدیران خرید و تدارکات، تولید، موجودی و انبار، لجستیک و مالی) که دارای تجربه و تخصص لازم در این حوزه می‌باشند، تشکیل گردید و بر اساس مراحل مهندسی ارزش که شامل سه مرحله پیش-مطالعه، مطالعه و پس‌ازمطالعه است، به بررسی موضوع پرداختند. در مرحله مطالعه فرآیند مهندسی ارزش، تیم پروژه پس از بررسی و مرور اطلاعات بدست آمده از مرحله پیش-

کارگاه، اقدام به ترسیم نمودارFAST، پروژه نمودند که در شکل ۲، نمودار FAST پروژه مورد نظر ترسیم شده است.

سپس بر مبنای آن، اعضای تیم پروژه به خلاقیت و ارائه ایده پرداختند. ازآنجاکه همگی ایده-های ارائه شده، قابلیت اجرا ندارند، ایده‌های اولیه توسط خبرگان تیم مهندسی ارزش مورد ارزیابی قرار گرفته و در نتیجه دوازده راهکار برای مسئله موردنظر شناسایی گردید. سپس از ادبیات تحقیق معیارهای مهندسی ارزش برای اولویت‌بندی راهکارها انتخاب و توسط خبرگان تیم مهندسی ارزش (در قالب فرآیند دلفی فازی)، تعدیل و نهایی شدند. از روش سوآرا برای وزن‌دهی به معیارها و زیرمعیارها استفاده شد که در نهایت وزن نهایی هریک از زیرمعیارها بدست آمدند. برای اولویت‌بندی راهکارهای نهایی شناسایی شده، بر اساس روش آراس خاکستری، ماتریس تصمیم نهایی ارزیابی شده توسط خبرگان تشکیل گردید. در گام بعد ماتریس تصمیم نهایی نرمال موزون به شکل اعداد خاکستری ایجاد گردید و در نهایت راهکارهای شناسایی شده رتبه‌بندی گردیدند.

شکل۲. نمودار FAST پروژه مهندسی ارزش نیروگاه سیکل ترکیبی سیرجان



روش سوآرا[1]

روش سوآرا یکی از جدیدترین روش‌هایی است که در سال ۲۰۱۰ توسط کرسولین و همکارانش ابداع شده و تصمیم‌گیرنده را قادر می‌سازد تا به انتخاب، ارزیابی و وزن‌دهی شاخص‌ها بپردازد (Keršulienė et al., 2010). مهم‌ترین مزیت این روش نسبت به سایر روش-های مشابه، توان آن در ارزیابی دقت نظر خبرگان درباره شاخص‌های وزن داده شده در طی فرآیند روش می‌باشد(Keršulienė et al., 2010). علاوه بر این خبرگان می‌توانند با یک‌دیگر مشورت کرده و این مشورت نتایج حاصله را نسبت به دیگر روش‌های MCDM دقیق‌تر می‌کند(Dehnavi et al., 2015).

گام‌های اصلی برای وزن‌دهی بر اساس روش سوآرا به شرح زیر است:

- گام اول: مرتب‌کردن شاخص‌ها؛
- گام دوم: تعیین اهمیت نسبی هر شاخص (S_j)؛
- گام سوم: محاسبه ضریب K_j؛

ضریب K_j که تابعی از مقدار اهمیت نسبی هر شاخص می‌باشد با استفاده از رابطه شماره ۱ محاسبه می‌گردد.

$$K_j = S_j + 1 \quad (۱)$$

- گام چهارم: محاسبه وزن اولیه هر شاخص؛

وزن اولیه شاخص‌ها از طریق رابطه۲ قابل محاسبه می‌باشد. در این رابطه باید توجه داشت که وزن شاخص نخست که مهم‌ترین شاخص است برابر با ۱ در نظر گرفته می‌شود.

$$q_j = \frac{q_{j-1}}{K_j} \quad (۲)$$

- گام پنجم: محاسبه وزن نرمال نهایی؛

در آخرین گام از روش سوآرا وزن نهایی شاخص‌ها که وزن نرمال شده نیز محسوب می-گردد از طریق رابطه۳ محاسبه می‌شود.

$$w_j = \frac{q_j}{\sum q_j} \quad (۳)$$

1. SWARA

اعداد خاکستری[1]

نظریه خاکستری یکی از روش‌هایی است که به‌وسیله تحلیل‌های ریاضی سیستم‌هایی که دارای اطلاعات دارای عدم‌اطمینان هستند، تمرکز می‌کند. نظریه خاکستری، که در این مقاله مورد بررسی قرار می‌گیرد، براساس روش توسعه‌یافته دنگ[2] در سال ۱۹۸۲ است.

در نظر بگیرید:

$$\otimes x = [\alpha, \gamma] = \{x | \alpha \le x \le \gamma, \quad \alpha \text{ and } x \in R\} \tag{۴}$$

بنابراین، $\otimes x$ ، شامل دو عدد حقیقی است که α (حد پایین $\otimes x$) و γ (حد بالای $\otimes x$) به شکل زیر تعریف می‌شود:

- اگر $\alpha \to -\infty$ و $\gamma \to -\infty$ در نتیجه $\otimes x$، عدد سیاه نامیده می‌شود. بدین معنا که عاری از هرگونه اطلاعات معنادار است؛
- اگر $\alpha = \gamma$ آنگاه $\otimes x$، عدد سفید نامیده می‌شود.بدین معنا که اطلاعات کاملی را به همراه دارند؛
- در غیر این‌صورت، $\otimes x = [\alpha, \gamma]$ عدد خاکستری نامیده می‌شود. بدین معنا که حاوی اطلاعات ناکافی و نامطمئن می‌باشد.

در نظر بگیرید که عدد خاکستری با دو پارامتر (α, γ) تعریف و نمایش داده شود. و اعمال $+, -, \times, \div$ به ترتیب نمایان‌گر اعمال جمع، تفاضل، ضرب و تقسیم باشند. عملیات پایه برای اعداد خاکستری $\otimes n_1$ و $\otimes n_2$ به شکل زیر تعریف می‌شود:

$$\otimes n_1 + \otimes n_2 = (n_{1\alpha} + n_{2\alpha}, n_{1\gamma} + n_{2\gamma}) \tag{۵}$$

$$\otimes n_1 - \otimes n_2 = (n_{1\alpha} - n_{2\gamma}, n_{1\gamma} - n_{2\alpha}) \tag{۶}$$

$$\otimes n_1 \times \otimes n_2 = (n_{1\alpha} \times n_{2\alpha}, n_{1\gamma} \times n_{2\gamma}) \tag{۷}$$

$$\otimes n_1 \div \otimes n_2 = \left(\frac{n_{1\alpha}}{n_{2\gamma}}, \frac{n_{1\gamma}}{n_{2\alpha}}\right) \tag{۸}$$

$$k \times (\otimes n_1) = (k n_{1\alpha}, k n_{1\gamma}) \tag{۹}$$

$$(\otimes n_1)^{-1} = \left(\frac{1}{n_{1\gamma}}, \frac{1}{n_{1\alpha}}\right) \tag{۱۰}$$

1. Grey Numbers
2 .Deng

روش آراس خاکستری [1]

روش آراس (Zavadskas & Turskis, 2010, Zavadskas et al., 2010; Tupenaite et al., 2010) براساس این نظریه استوار است که پدیده‌های پیچیده جهان می‌تواند با استفاده از مقایسه‌های نسبی ساده فهمیده شود. در این روش مجموع مقادیر وزن‌دار شده و نرمال‌شده مقادیر معیارها برای هرگزینه که نشان‌دهنده شرایط یک گزینه است، بر مجموع مقادیر وزن-دار شده و نرمال‌شده بهترین گزینه تقسیم می‌شود. این نسبت، درجه بهینه بودن[2] نامیده می‌شود. براساس این درجه بهینه‌بودن گزینه‌ها، رتبه‌بندی می‌شود.

در گام اوّل ماتریس تصمیم خاکستری[3] شکل می‌گیرد. ابعاد این ماتریس، $m \times n$ است. که m نشان‌دهنده تعداد گزینه‌ها (سطرها) و n تعداد معیارها (ستون‌ها) می‌باشد.

$$X = \begin{bmatrix} \otimes x_{01} & \dots & \otimes x_{0j} & \dots & \otimes x_{0n} \\ \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \otimes x_{i1} & \dots & \otimes x_{ij} & \dots & \otimes x_{in} \\ \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \otimes x_{m1} & \dots & \otimes x_{mj} & \dots & \otimes x_{mn} \end{bmatrix} \qquad i = \overline{0,m};\ j = \overline{1,n} \qquad (۱۱)$$

که m تعداد گزینه‌ها و n تعداد معیارها می‌باشد. $\otimes x_{ij}$ نشان‌دهنده عملکرد گزینه i ام در معیار j ام می‌باشد. $\otimes x_{0j}$ مقدار بهینه برای معیار j ام می‌باشد. اگر مقدار بهینه متغیر j ام نامعین باشد به شکل زیر مقداری برای آن تعیین می کنیم.

$$\begin{aligned} \otimes x_{0j} &= \max_i \otimes x_{ij} && ,if\ \max_i \otimes x_{ij} && is\ preferable \\ \otimes x_{0j} &= \min_i x_{ij}^* && ,if\ \min_i x_{ij}^* && is\ preferable \end{aligned} \qquad (۱۲)$$

معمولاً مقدار ارزیابی گزینه‌ها در معیارها ($\otimes x_{ij}$) و وزن هر معیار ($\otimes w_j$) به‌عنوان ورودی‌های ماتریس تصمیم توسط تصمیم‌گیرندگان داده می‌شود. باید در مرحله اوّل به این نکته توجّه شود که معیارها دارای ابعاد[4] متفاوتی هستند.

در گام دوم، مقادیر ورودی اولیه برای تمامی معیارها نرمال‌سازی شده و به شکل $\otimes \bar{x}_{ij}$ درآمده که درآیه‌های ماتریس $\otimes \bar{X}$ هستند، که به شکل زیر تعریف می‌شود.

1. ARAS-G
2. Degree of Optimality
3. Grey Decision-Making Matrix (GDMM)
4. Dimensions

$$\otimes \bar{X} = \begin{bmatrix} \otimes \bar{x}_{01} & \dots & \otimes \bar{x}_{0j} & \dots & \otimes \bar{x}_{0n} \\ \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \otimes \bar{x}_{i1} & \dots & \otimes \bar{x}_{ij} & \dots & \otimes \bar{x}_{in} \\ \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \otimes \bar{x}_{m1} & \dots & \otimes \bar{x}_{mj} & \dots & \otimes \bar{x}_{mn} \end{bmatrix} \qquad i = \overline{0,m};\ j = \overline{1,n} \tag{۱۳}$$

برای معیارهای مثبت [1] نرمال‌سازی به شکل زیر انجام می‌شود:

$$\otimes \bar{x}_{ij} = \frac{\oplus x_{ij}}{\sum_{i=0}^{m} \otimes x_{ij}} \tag{۱۴}$$

برای معیارهای منفی [2] نرمال‌سازی به شکل زیر انجام می‌شود:

$$\otimes x_{ij} = \frac{1}{\otimes x_{ij}^{*}} \qquad \otimes \bar{x}_{ij} = \frac{\oplus x_{ij}}{\sum_{i=0}^{m} \otimes x_{ij}} \tag{۱۵}$$

وقتی مقادیر بدون بعد معیارها مشخص شود، این امکان فراهم می‌آید که معیارها با یک‌دیگر مقایسه شوند.

در گام سوم: وزن‌ها را در ماتریس نرمال‌شده $\otimes \bar{X}$ ، اعمال می‌کنیم. تا ماتریس $\otimes \hat{X}$ بدست آید. وزن هر معیارز ام با $\otimes w_j$ نمایش داده می‌شود. وزن‌ها توسط خبرگان تعیین می‌شوند. وزن‌های داده شده باید شروط زیر را داشته باشند:

$$0 < \otimes w_j < 1$$
$$\sum_{j=1}^{n} w_j = 1 \tag{۱۶}$$

$$\otimes \hat{X} = \begin{bmatrix} \otimes \hat{x}_{01} & \dots & \otimes \hat{x}_{0j} & \dots & \otimes \hat{x}_{0n} \\ \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \otimes \hat{x}_{i1} & \dots & \otimes \hat{x}_{ij} & \dots & \otimes \hat{x}_{in} \\ \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \otimes \hat{x}_{m1} & \dots & \otimes \hat{x}_{mj} & \dots & \otimes \hat{x}_{mn} \end{bmatrix} \qquad i = \overline{0,m};\ j = \overline{1,n} \tag{۱۷}$$

$$\otimes \hat{x}_{ij} = \otimes \bar{x}_{ij} \times \otimes w_j; \qquad i = \overline{0,m} \tag{۱۸}$$

که w_j وزن (اهمیت) معیار ز ام و $\bar{x}_{ij}$ مقدار نرمال‌شده معیار ز ام است. عبارت زیر مشخص-کننده ارزش تابع بهینه [3] را مشخص می‌کند:

1. Benefit Type Criteria
2. Cost Type Criteria
3. Optimality Function

$$\otimes S_i = \sum_{j=1}^{n} \otimes \hat{x}_{ij}; \qquad i = \overline{0,m} \tag{۱۹}$$

که $\otimes S_i$ ارزش تابع بهینه برای گزینه i است. بهترین گزینه، گزینه‌ای است که بالاترین ارزش تابع بهینه را داشته باشد. و بدترین گزینه، گزینه‌ای است که کمترین ارزش تابع بهینه را داشته باشد. اولویت گزینه‌ها بر اساس مقدار $\otimes S_i$ مشخص می‌شود.

نتیجه تصمیم‌گیری خاکستری برای هرگزینه، عدد خاکستری $\otimes S_i$ است. روش‌های متعددی برای تبدیل مقدار خاکستری به مقدار قطعی وجود دارد. روش مرکز ناحیه یکی از کاربردی‌ترین و ساده ترین روش‌ها است که در ذیل به آن اشاره شده است.

$$S_i = \frac{1}{2}\left(S_{i\alpha} + S_{i\gamma}\right) \tag{۲۰}$$

درجه کاربرد هر گزینه از مقایسه آن با بهترین مقدار که S_0 نام دارد بدست می‌آید. معادله‌ای درجه کاربرد که K_i نام دارد برای گزینه A_i در ذیل تشریح شده است.

$$K_i = \frac{S_i}{S_0}\ ; \qquad i = \overline{0,m} \tag{۲۱}$$

که S_0 و S_i از معادله (۱۹) بدست آمده‌اند. واضح است که مقدار K_i در بازه (۱ و ۰) قرار دارد. بر اساس مقادیر K_i گزینه‌ها رتبه‌بندی می‌شوند.

مطالعه موردی

همان‌طور که تشریح شد، در این مقاله از رویکرد تشریح شده به منظورشناسایی و اولویت-بندی راهکارهای کاهش هزینه در زنجیره‌تأمین کابل و تجهیزات جانبی نیروگاه سیکل ترکیبی سیرجان (گل‌گهر) استفاده‌شده است. نیروگاه سیکل ترکیبی گل گهر، یکی از نیروگاه‌های مهم کشور برای تولید برق بوده که نقش حیاتی در تأمین برق کشور به عهده دارد. این نیروگاه در راستای توسعه تولید برق کشور و پاسخ‌گویی به رشد مصرف منطقه و استفاده از حداکثر توان مهندسی داخل کشور تأسیس شد. باتوجه به نقش حیاتی این نیروگاه در تأمین برق کشور و رفع هزینه‌های مربوط به زنجیره‌تأمین آن، تیم مهندسی ارزش پروژه، به سرپرستی مدیر واحد مهندسی ارزش شرکت تشکیل گردید. برای بدست آوردن ایده‌های

مربوط به بهبود ارزش در زنجیره‌تأمین مهندسی کابل و تجهیزات جانبی پروژه سیکل ترکیبی نیروگاه سیرجان (گل گهر) از افراد خبره داخلی و خارجی در تیم مهندسی ارزش پروژه استفاده گردید. مطابق استانداردهای موجود، مهندسی ارزش در سه مرحله انجام گرفت؛ در اولین مرحله (پیش‌مطالعه) به جمع‌آوری اطلاعات، تبیین مبانی مطالعه و تکمیل تیم پروژه پرداخته شد. در مرحله دوم (مطالعه) در قالب کارگاه‌های مرتبط به موضوعات خلاقیت و ارائه ایده، ارزیابی اولیه و توسعه ایده‌ها و ارائه لیست راهکارها پرداخته شد. در مرحله سوم (پس‌ازمطالعه) فعالیت‌های اصلی همچون ابلاغ و تحلیل نتایج، پیشنهادهایی برای بهبود عملکرد، اجرا و ارزیابی نتایج مبنا قرار خواهد گرفت. با توجه به توضیحات مربوط به مراحل اجرای مهندسی ارزش، برای اجرا و پیاده‌سازی مهندسی ارزش، به تحلیل کارکرد نیاز داریم. تحلیل کارکرد فعالیت‌ها، روشی کارا در ارزیابی قابلیت روش‌های اجرایی در رسیدن به اهداف می‌باشد، که برای دست‌یابی به این منظور باید از نمودار FAST استفاده کرد. پس از برگزاری جلسات متعدد، خبرگان تیم مهندسی ارزش پروژه، با توجه به پروژه مورد نظر، نمودار FAST را طراحی نمودند. با توجه به نمودار FAST و نظرات خبرگان تیم مهندسی ارزش، ایده‌هایی برای کاهش هزینه استخراج گردید که تعداد ایده‌های تولید شده در هریک از مشخصه‌های اصلی کارکردی شامل نظارت بر نصب‌وراه‌اندازی، طراحی تفصیلی، تأمین اقلام، سفارش‌گذاری اقلام، تصمیم‌گیری بر اقلام مازاد و تست‌وتحویل به ترتیب با ۱۴۱، ۷۱، ۵۱، ۴۹، ۴۴ و ۴۳ ایده، به‌عنوان مشخصه‌های اصلی کارکردی با بالاترین تعداد ایده معرفی شدند. تعداد زیادی از راهکارهای ارائه شده، بنا به دلایلی هم‌چون تکراری بودن، قابلیت اجرای کم، عدم توافق جمعی، خارج از محدوده بودن، نامفهوم بودن و تأثیر منفی بر اهداف در فاز ارزیابی راهکارها، کنار گذاشته شدند. پس از ارزیابی، بررسی مجدد و توسعه راهکارهای اولیه، در نهایت دوازده راهکار نهایی توسط خبرگان انتخاب شدند که برای کاهش هزینه در پروژه نیروگاه سیکل ترکیبی سیرجان استفاده می‌شوند. دوازده راهکار نهایی انتخاب شده به شرح جدول ۲ می‌باشد.

جدول۲. راهکارهای نهایی شناسایی شده برای کاهش هزینه در زنجیره‌تأمین نیروگاه سیکل ترکیبی سیرجان

راهکارهای نهایی شناسایی شده برای کاهش هزینه در زنجیره‌تأمین	
راهکار ۱	جلوگیری از انجام تغییرات مسیر کابل در سایت، بدون هماهنگی با طراح و مدیر
راهکار ۲	طراحی پس از تکمیل مدارک ورودی
راهکار ۳	کاهش بروکراسی تست تجهیزات از طریق کاهش نفرات تست و رویه‌های تست و انجام ندادن تست برای کابل‌های مشابه ساخته-شده توسط یک کارخانه که دارای تست شیت هستند.
راهکار ۴	استفاده از نرم‌افزار ELECDES در تهیه مدارک مهندسی
راهکار ۵	تهیه یک مدرک جامع توسط معاونت مهندسی مپنا مبنی بر این‌که جانمایی تمامی تجهیزات لیست بار در آن مشخص‌شده باشد.
راهکار ۶	اصلاح معیار سایزینگ کابل‌های قدرت (بررسی تکرار در گروه B)
راهکار ۷	استفاده از پروتکل‌های ارتباطی نرم‌افزار به‌جای ارتباطات HARD WIRE در جهت کاهش مصرف کابل
راهکار ۸	اعمال Design data freeze در فرآیند طراحی جهت برآورد هزینه‌های مالی و زمانی پروژه
راهکار ۹	اصلاح CBS و دریافت هزینه‌های تغییرات مهندسی پس از لغو و ابلاغ دوباره
راهکار ۱۰	ایجاد سیستم کاتنیگ کابل و مصرف بر اساس گزارش‌های کاتنیگ و ایجاد مدارک کاتنیگ لیست
راهکار ۱۱	ایجاد رویه جدید جهت خرید اقلام کسری
راهکار ۱۲	کاهش زمان سفارش تا خرید و تحویل از طریق اصلاح رویه خرید

شناسایی و احصاء معیارها

برای این‌که بتوان راهکارها را اولویت‌بندی نمود، نیاز است تا معیارهای موجود بر اساس ادبیات تحقیق شناسایی گردند. در ادامه نیز می‌بایست تا معیارهای شناسایی شده با نظرات خبرگان تیم مهندسی ارزش پروژه تعدیل و بومی‌سازی شود. برای این منظور از فرآیند دلفی فازی بهره‌گیری شده است (به دلیل محدودیت حجم این جدول در مقاله وارد نشده است). لیست نهایی معیارهای مورد نظر خبرگان برای ارزیابی راهکارها به شرح جدول ۳، طبقه‌بندی شده است.

پرتال جامع علوم انسانی

جدول۳. معیارهای نهایی ارزیابی راهکارها

معیار اصلی	زیرمعیار	رفرنس
کارایی	هزینه	Fong et al., 2007
		Kelly, 2007
		Bowen et al., 2010a
		Bowen et al., 2010b
	در نظر گرفتن زمان	Kelly, 2007
		Bowen et al., 2010a
		Bowen et al., 2010b
امکان پذیری	امکان پذیری از نظر اقتصادی	Ellis et al., 2005
	امکان پذیری تکنولوژیکی	Ellis et al., 2005
قابلیت اجرا	سهولت اجرا و ایمنی	Fong et al., 2007
	انعطاف‌پذیری	Bowen et al., 2010a
		Bowen et al., 2010b
اثربخشی	میزان افزایش ارزش پروژه	Bowen et al., 2010a
		Bowen et al., 2010b
	قابل قبول بودن از نظر مشتری	Ellis et al., 2005
	تطابق با خط مشی و سیاست شرکت	Bowen et al., 2010a
		Bowen et al., 2010b
تناسب با الزامات محیط بیرونی	حداقل کردن تأثیرات زیست محیطی	Bowen et al., 2010a
		Bowen et al., 2010b
	در نظر گرفتن ویژگی‌های محیطی	Fong et al., 2007
		Kelly, 2007
	تطابق با ادراکات و باورهای جامعه	Fong et al., 2007

محاسبه وزن نهایی هر یک از زیرمعیارها

همان‌طور که در جدول شماره ۴، ملاحظه می‌فرمایید بر مبنای گام اوّل روش سوآرا از خبرگان خواسته شده تا معیارها را بر حسب اهمیت به‌طور نزولی مرتب نماید. که این اولویت-بندی در ستون دوم جدول شماره ۴، به نمایش درآمده است. هم‌چنین گام‌های دوم تا چهارم روش سوآرا به ترتیب در ستون‌های سوم تا پنجم جدول شماره۴، قابل ملاحظه است. در نهایت با پیمودن گام نهایی روش سوآرا و نرمال‌سازی اوزان معیارهای مؤثر بر کاهش هزینه زنجیره تأمین با رویکرد مهندسی ارزش، وزن نهایی آن‌ها در ستون ششم جدول شماره۴، به نمایش درآمده است.

جدول۴. محاسبه وزن معیارهای موثر بر کاهش هزینه زنجیره تامین با رویکرد مهندسی ارزش

کد ابعاد	نام معیار	مقدار متوسط اهمیت نسبی	محاسبه ضریب K_j	محاسبه وزن اولیه هر شاخص	محاسبه وزن نرمال نهایی
A	کارایی	۱	۱	۱	۰/۲۶۷۶۱۴۹۱۳
B	اثربخشی	۰/۰۹	۱/۰۹	۰/۹۱۷۴۳۱۱۹۳	۰/۲۴۵۵۱۸۲۶۹
C	امکان‌پذیری	۰/۱۳	۱/۱۳	۰/۸۱۱۸۸۶۰۱۱	۰/۲۱۷۲۷۲۸۰۵
D	چگونگی اجرا	۰/۲۸	۱/۲۸	۰/۶۳۴۲۸۵۹۴۶	۰/۱۶۹۷۴۴۳۷۹
E	محیط بیرونی	۰/۷	۱/۷	۰/۳۷۳۱۰۹۳۸	۰/۰۹۹۸۴۹۶۳۴

به‌طور مشابه گام‌های روش سوآرا به شکل فوق برای تعیین وزن زیرمعیارهای معیارهای کارایی، امکان‌پذیری، چگونگی اجرا، اثربخشی و محیط بیرونی محاسبه می‌شود.

حال در ادامه وزن هر معیار مؤثر بر کاهش هزینه زنجیره تأمین را با توجه به رویکرد مهندسی ارزش که در جدول شماره۴، به نمایش درآمده در وزن زیرمعیارهای هر یک از معیارها، ضرب می‌نماییم تا وزن نهایی هر یک از زیرمعیارها مطابق آنچه در جدول۵، بدان اشاره شده، حاصل شود. همانطور که مشخص شده است سه معیار اصلی کارایی، اثربخشی و امکان پذیری با وزن‌های ۰/۲۷، ۰/۲۵ و ۰/۲۱ به ترتیب مهمترین معیارها از دیدگاه اعضای کمیته مهندسی ارزش پروژه بوده‌اند.

جدول ۵. محاسبه وزن نهایی هر یک از زیرمعیارهای مؤثر بر کاهش هزینه زنجیره تأمین با رویکرد مهندسی ارزش به روش سوآرا

کد معیار	نام معیار	وزن معیار	کد زیرمعیار	نام زیرمعیار	وزن زیرمعیار	وزن نهایی زیر معیار
A	کارایی	۰/۲۶۷۶۱۵	A_1	هزینه	۰/۵۷۸۰۵۹۱	۰/۱۵۴۷
			A_2	درنظرگرفتن زمان	۰/۴۲۱۹۴۰۹	۰/۱۱۲۹
B	امکان‌پذیری	۰/۲۱۷۲۷۳	B_1	امکان‌پذیری از نظر اقتصادی	۰/۵۸۳۳۳۳۳	۰/۱۲۶۷
			B_2	امکان‌پذیری تکنولوژیکی	۰/۴۱۶۶۶۶۷	۰/۰۹۰۵
C	چگونگی	۰/۱۶۹۷۴۴	C_1	سهولت اجرا و ایمنی	۰/۶۱۳۸۹۹۶	۰/۱۰۴۲

وزن نهایی زیر معیار	وزن زیرمعیار	نام زیرمعیار	کد زیرمعیار	وزن معیار	نام معیار	کد معیار
۰/۰۶۵۵	۰/۳۸۶۱۰۰٤	انعطاف‌پذیری	C_2		اجرا	
۰/۱۱۳۶	۰/٤٦۲۸۰۹۹	میزان افزایش ارزش پروژه	D_1	۰/۲٤۵۵۱۸	اثربخشی	D
۰/۰۸۱۲	۰/۳۳۰۵۷۸۵	قابل قبول بودن از نظر مشتری	D_2			
۰/۰۵۰۷	۰/۲۰۶۶۱۱۶	تطابق با خط‌مشی و سیاست شرکت	D_3			
۰/۰۳۹۰	۰/۳۹۰۹۸۹٤	حداقل کردن تأثیرات زیست‌محیطی	E_1	۰/۰۹۹۸۵	محیط بیرونی	E
۰/۰٤۱۰	۰/٤۱۰۵۳۸۹	درنظرگرفتن ویژگی‌های محیطی	E_2			
۰/۰۱۹۸	۰/۱۹۸٤۷۱۸	تطابق با ادراکات و باورهای جامعه	E_3			

بر اساس نتایج جدول فوق، در این بین معیارهای هزینه، امکان‌پذیری از نظر اقتصادی، میزان افزایش ارزش پروژه و نهایتاً درنظرگرفتن زمان مهمترین معیارها در این تصمیم‌گیری لحاظ شده‌اند.

اولویت‌بندی راهکارهای نهایی کاهش هزینه زنجیره تأمین با رویکرد مهندسی ارزش

در ادامه از خبرگان خواسته‌شده تا به ارزیابی هر یک از گزینه‌ها در زیرمعیارهای مذکور بر مبنای ادبیات متغیرهای زبانی جدول شماره ۶، بپردازند تا جدول تصمیم نهایی به شکل آنچه در جدول شماره ۷ نمایش داده شده حاصل گردد.

جدول ۶. متغیرهای زبانی متناظر با اعداد خاکستری (Turskis & Zavadskas, 2010)

عدد خاکستری متناظر	متغیرهای زبانی
(۰و۰/۲)	خیلی کم(VL)
(۰/۳ و ۰/۱)	کم (L)
(۰/۴ و ۰/۲)	متوسط رو به پایین(ML)
(۰/۶۵ و ۰/۳۵)	متوسط (M)
(۰/۸ و ۰/۶)	متوسط رو به بالا (MH)
(۰/۹ و ۰/۷)	زیاد (H)
(۱ و ۰/۸)	خیلی زیاد (VH)

جدول ۷. ماتریس تصمیم نهایی ارزیابی شده بوسیله متغیرهای زبانی اعداد خاکستری

کد معیار	A_1	A_2	B_1	B_2	C_1	C_2	D_1	D_2	D_3	E_1	E_2	E_3
گزینه‌ها	هزینه	در نظر گرفتن زمان	امکان‌پذیری از نظر اقتصادی	امکان‌پذیری تکنولوژیکی	سهولت اجرا و ایمنی	انعطاف‌پذیری	میزان افزایش ارزش پروژه	قابل قبول بودن از نظر مشتری	تطابق با خط‌مشی و سیاست شرکت	حداقل کردن تأثیرات زیست‌محیطی	در نظر گرفتن ویژگی‌های زیست‌محیطی	تطابق با ادراکات و باورهای جامعه
راهکار ۱	H	H	VH	VH	VH	L	VH	VH	VH	M	M	ML
راهکار ۲	VH	VH	VH	VH	VH	ML	VH	VH	VH	M	MH	ML
راهکار ۳	H	VH	VH	H	VH	ML	H	VH	VH	M	M	M
راهکار ۴	VH	VH	VH	VH	VH	ML	VH	VH	VH	H	ML	L
راهکار ۵	H	H	H	H	MH	ML	H	VH	VH	H	M	L
راهکار ۶	VH	H	VH	VH	VH	ML	H	VH	VH	MH	ML	ML
راهکار ۷	VH	VH	H	VH	H	ML	VH	VH	VH	H	ML	L
راهکار ۸	VH	VH	VH	H	H	H	H	VH	H	H	M	L
راهکار ۹	VH	VH	VH	VH	VH	ML	VH	ML	VH	H	ML	L
راهکار ۱۰	VH	H	MH	VH	H	ML	VH	VH	VH	MH	MH	M
راهکار ۱۱	H	H	H	H	H	ML	H	VH	VH	M	M	M
راهکار ۱۲	H	VH	VH	VH	H	H	VH	VH	VH	MH	MH	MH

حال متغیرهای زبانی موجود در جدول شماره ۷ را به کمک جدول شماره ۶ به اعداد خاکستری تبدیل نموده تا جدول تصمیم نهایی با اعداد خاکستری بدست آید. در گام بعدی با توجه به رابطه شماره‌ی ۱۲ گزینه ایده‌آل را بدست آورده و جدول تصمیم نهایی را با توجه به مثبت و منفی بودن زیرمعیارها و با کمک روابط شماره‌ی ۱۴ و ۱۵ نرمال‌سازی نموده تا ماتریس تصمیم نرمال حاصل شود. سپس وزن نهایی زیرمعیارها را که در جدول شماره ۵، نمایش داده شده با کمک رابطه شماره ۱۸ در ستون متناظر با هر زیرمعیار ضرب نموده تا ماتریس تصمیم نرمال موزون به شکل جدول شماره ۸، بدست آید.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

جدول ۸. ماتریس تصمیم نهایی نرمال موزون به شکل اعداد خاکستری

نام زیرمعیار	A_1	A_2	B_1	B_2	C_1	C_2
نوع معیار	منفی	مثبت	مثبت	مثبت	مثبت	مثبت
وزن زیرمعیار	۰/۱۵۴۷	۰/۱۱۲۹	۰/۱۲۶۷	۰/۰۹۰۵	۰/۱۰۴۲	۰/۰۶۵۵
گزینه بهینه	(۰/۰۱۰ و ۰/۰۱۶)	(۰/۰۰۷ و ۰/۰۱۱)	(۰/۰۰۸ و ۰/۰۱۳)	(۰/۰۰۶ و ۰/۰۰۹)	(۰/۰۰۷ و ۰/۰۱۱)	(۰/۰۰۷ و ۰/۰۱۵)
راهکار ۱	(۰/۰۱۰ و ۰/۰۱۶)	(۰/۰۰۶ و ۰/۰۱۰)	(۰/۰۰۸ و ۰/۰۱۳)	(۰/۰۰۶ و ۰/۰۰۹)	(۰/۰۰۷ و ۰/۰۱۱)	(۰/۰۰۱ و ۰/۰۰۵)
راهکار ۲	(۰/۰۰۹ و ۰/۰۱۴)	(۰/۰۰۷ و ۰/۰۱۱)	(۰/۰۰۸ و ۰/۰۱۳)	(۰/۰۰۶ و ۰/۰۰۹)	(۰/۰۰۷ و ۰/۰۱۱)	(۰/۰۰۲ و ۰/۰۰۷)
راهکار ۳	(۰/۰۱۰ و ۰/۰۱۶)	(۰/۰۰۷ و ۰/۰۱۱)	(۰/۰۰۸ و ۰/۰۱۳)	(۰/۰۰۵ و ۰/۰۰۸)	(۰/۰۰۷ و ۰/۰۱۱)	(۰/۰۰۲ و ۰/۰۰۷)
راهکار ۴	(۰/۰۰۹ و ۰/۰۱۴)	(۰/۰۰۷ و ۰/۰۱۱)	(۰/۰۰۸ و ۰/۰۱۳)	(۰/۰۰۶ و ۰/۰۰۹)	(۰/۰۰۷ و ۰/۰۱۱)	(۰/۰۰۲ و ۰/۰۰۷)
راهکار ۵	(۰/۰۱۰ و ۰/۰۱۶)	(۰/۰۰۶ و ۰/۰۱۰)	(۰/۰۰۷ و ۰/۰۱۲)	(۰/۰۰۵ و ۰/۰۰۸)	(۰/۰۰۵ و ۰/۰۰۹)	(۰/۰۰۲ و ۰/۰۰۷)
راهکار ۶	(۰/۰۰۹ و ۰/۰۱۴)	(۰/۰۰۶ و ۰/۰۱۰)	(۰/۰۰۸ و ۰/۰۱۳)	(۰/۰۰۶ و ۰/۰۰۹)	(۰/۰۰۷ و ۰/۰۱۱)	(۰/۰۰۲ و ۰/۰۰۷)
راهکار ۷	(۰/۰۰۹ و ۰/۰۱۴)	(۰/۰۰۷ و ۰/۰۱۱)	(۰/۰۰۷ و ۰/۰۱۲)	(۰/۰۰۶ و ۰/۰۰۹)	(۰/۰۰۶ و ۰/۰۱۰)	(۰/۰۰۲ و ۰/۰۰۷)
راهکار ۸	(۰/۰۰۹ و ۰/۰۱۴)	(۰/۰۰۷ و ۰/۰۱۱)	(۰/۰۰۸ و ۰/۰۱۳)	(۰/۰۰۵ و ۰/۰۰۸)	(۰/۰۰۶ و ۰/۰۱۰)	(۰/۰۰۷ و ۰/۰۱۵)
راهکار ۹	(۰/۰۰۹ و ۰/۰۱۴)	(۰/۰۰۷ و ۰/۰۱۱)	(۰/۰۰۸ و ۰/۰۱۳)	(۰/۰۰۶ و ۰/۰۰۹)	(۰/۰۰۷ و ۰/۰۱۱)	(۰/۰۰۲ و ۰/۰۰۷)
راهکار ۱۰	(۰/۰۰۹ و ۰/۰۱۴)	(۰/۰۰۶ و ۰/۰۱۰)	(۰/۰۰۶ و ۰/۰۱۰)	(۰/۰۰۶ و ۰/۰۰۹)	(۰/۰۰۶ و ۰/۰۱۰)	(۰/۰۰۲ و ۰/۰۰۷)
راهکار ۱۱	(۰/۰۱۰ و ۰/۰۱۶)	(۰/۰۰۶ و ۰/۰۱۰)	(۰/۰۰۷ و ۰/۰۱۲)	(۰/۰۰۵ و ۰/۰۰۸)	(۰/۰۰۶ و ۰/۰۱۰)	(۰/۰۰۲ و ۰/۰۰۷)
راهکار ۱۲	(۰/۰۱۰ و ۰/۰۱۶)	(۰/۰۰۷ و ۰/۰۱۱)	(۰/۰۰۸ و ۰/۰۱۳)	(۰/۰۰۶ و ۰/۰۰۹)	(۰/۰۰۶ و ۰/۰۱۰)	(۰/۰۰۷ و ۰/۰۱۵)
نام زیرمعیار	D1	D2	D3	E1	E2	E3
نوع معیار	مثبت	مثبت	مثبت	مثبت	مثبت	مثبت
وزن زیرمعیار	۰/۱۱۳۶	۰/۰۸۱۲	۰/۰۵۰۷	۰/۰۳۹۰	۰/۰۴۱۰	۰/۰۱۹۸
گزینه بهینه	(۰/۰۰۸ و ۰/۰۱۲)	(۰/۰۰۵ و ۰/۰۰۸)	(۰/۰۰۳ و ۰/۰۰۵)	(۰/۰۰۳ و ۰/۰۰۵)	(۰/۰۰۳ و ۰/۰۰۷)	(۰/۰۰۲ و ۰/۰۰۵)
راهکار ۱	(۰/۰۰۸ و ۰/۰۱۲)	(۰/۰۰۵ و ۰/۰۰۸)	(۰/۰۰۳ و ۰/۰۰۵)	(۰/۰۰۱ و ۰/۰۰۳)	(۰/۰۰۲ و ۰/۰۰۵)	(۰/۰۰۱ و ۰/۰۰۲)
راهکار ۲	(۰/۰۰۸ و ۰/۰۱۲)	(۰/۰۰۵ و ۰/۰۰۸)	(۰/۰۰۳ و ۰/۰۰۵)	(۰/۰۰۱ و ۰/۰۰۳)	(۰/۰۰۳ و ۰/۰۰۷)	(۰/۰۰۱ و ۰/۰۰۲)
راهکار ۳	(۰/۰۰۷ و ۰/۰۱۱)	(۰/۰۰۵ و ۰/۰۰۸)	(۰/۰۰۳ و ۰/۰۰۵)	(۰/۰۰۱ و ۰/۰۰۳)	(۰/۰۰۲ و ۰/۰۰۵)	(۰/۰۰۱ و ۰/۰۰۴)
راهکار ۴	(۰/۰۰۸ و ۰/۰۱۲)	(۰/۰۰۵ و ۰/۰۰۸)	(۰/۰۰۳ و ۰/۰۰۵)	(۰/۰۰۳ و ۰/۰۰۵)	(۰/۰۰۱ و ۰/۰۰۳)	(۰ و ۰/۰۰۲)
راهکار ۵	(۰/۰۰۷ و ۰/۰۱۱)	(۰/۰۰۵ و ۰/۰۰۸)	(۰/۰۰۳ و ۰/۰۰۵)	(۰/۰۰۳ و ۰/۰۰۵)	(۰/۰۰۲ و ۰/۰۰۵)	(۰ و ۰/۰۰۲)
راهکار ۶	(۰/۰۰۷ و ۰/۰۱۱)	(۰/۰۰۵ و ۰/۰۰۸)	(۰/۰۰۳ و ۰/۰۰۵)	(۰/۰۰۲ و ۰/۰۰۴)	(۰/۰۰۱ و ۰/۰۰۳)	(۰/۰۰۱ و ۰/۰۰۲)
راهکار ۷	(۰/۰۰۸ و ۰/۰۱۲)	(۰/۰۰۵ و ۰/۰۰۸)	(۰/۰۰۳ و ۰/۰۰۵)	(۰/۰۰۳ و ۰/۰۰۵)	(۰/۰۰۱ و ۰/۰۰۳)	(۰ و ۰/۰۰۲)
راهکار ۸	(۰/۰۰۷ و ۰/۰۱۱)	(۰/۰۰۵ و ۰/۰۰۸)	(۰/۰۰۳ و ۰/۰۰۵)	(۰/۰۰۳ و ۰/۰۰۵)	(۰/۰۰۲ و ۰/۰۰۵)	(۰ و ۰/۰۰۲)
راهکار ۹	(۰ و ۰)	(۰/۰۰۱ و ۰/۰۰۳)	(۰ و ۰)	(۰/۰۰۳ و ۰/۰۰۵)	(۰/۰۰۱ و ۰/۰۰۳)	(۰ و ۰/۰۰۲)
راهکار ۱۰	(۰/۰۰۸ و ۰/۰۱۲)	(۰/۰۰۵ و ۰/۰۰۸)	(۰/۰۰۳ و ۰/۰۰۵)	(۰/۰۰۲ و ۰/۰۰۴)	(۰/۰۰۳ و ۰/۰۰۷)	(۰/۰۰۱ و ۰/۰۰۴)
راهکار ۱۱	(۰/۰۰۷ و ۰/۰۱۱)	(۰/۰۰۵ و ۰/۰۰۸)	(۰/۰۰۳ و ۰/۰۰۵)	(۰/۰۰۱ و ۰/۰۰۳)	(۰/۰۰۲ و ۰/۰۰۵)	(۰/۰۰۱ و ۰/۰۰۴)
راهکار ۱۲	(۰/۰۰۸ و ۰/۰۱۲)	(۰/۰۰۵ و ۰/۰۰۸)	(۰/۰۰۳ و ۰/۰۰۵)	(۰/۰۰۲ و ۰/۰۰۴)	(۰/۰۰۳ و ۰/۰۰۷)	(۰/۰۰۲ و ۰/۰۰۵)

در ادامه تابع ارزش بهینه را با کمک رابطه‌ی شماره ۱۹ بدست می‌آید. با توجه به این‌که مقدار بدست آمده به شکل اعداد خاکستری می‌باشد، با هدف مقایسه این اعداد با یک‌دیگر با کمک رابطه شماره ۲۰ آن‌ها را به شکل اعداد غیر خاکستری درآورده و با کمک رابطه شماره ۲۱ درجه مطلوبیت هر گزینه را بدست آورده و در نهایت گزینه‌ها را بر مبنای مقدار درجه مطلوبیت متناظر با هریک از آن‌ها، رتبه‌بندی می‌شوند. نتایج فرآیندهای مذکور را در قالب جدول شماره ۹، به نمایش درآمده است.

جدول ۹. نتایج نهایی روش آراس خاکستری

رتبه	K	S	Sgrey	گزینه‌ها
۰	۱	۰/۰۹۳۰۰۴۶۲	(۰/۰۶۹ و ۰/۱۱۷)	گزینه بهینه
۶	۰/۸۵۶۹۱۴۱۹	۰/۰۷۹۶۹۶۹۸	(۰/۰۵۸ و ۰/۱۰۱)	راهکار ۱
۳	۰/۸۷۹۳۷	۰/۰۸۱۷۸۵۴۷	(۰/۰۶۰ و ۰/۱۰۳)	راهکار ۲
۴	۰/۸۷۱۸۰۲۵۸	۰/۰۷۹۹۷۲۸۵	(۰/۰۵۹ و ۰/۱۰۳)	راهکار ۳
۵	۰/۸۵۹۸۸۰۴۴	۰/۰۷۹۹۷۲۸۵	(۰/۰۵۹ و ۰/۱۰۱)	راهکار ۴
۱۱	۰/۸۲۶۵۸۱۹۲	۰/۰۷۶۸۷۵۹۳	(۰/۰۵۶ و ۰/۰۹۸)	راهکار ۵
۱۰	۰/۸۳۶۸۹۷۸۴	۰/۰۷۷۸۳۵۳۶	(۰/۰۵۷ و ۰/۰۹۸)	راهکار ۶
۹	۰/۸۳۷۲۱۶۷۳	۰/۰۷۷۸۶۵۰۲	(۰/۰۵۷ و ۰/۰۹۸)	راهکار ۷
۲	۰/۹۰۹۶۰۴۸۳	۰/۰۸۴۵۹۷۴۵	(۰/۰۶۲ و ۰/۱۰۷)	راهکار ۸
۱۲	۰/۶۵۵۳۸۷۸۹	۰/۰۶۰۹۵۴۱	(۰/۰۴۴ و ۰/۰۷۸)	راهکار ۹
۷	۰/۸۵۳۱۹۱۶۹	۰/۰۷۹۳۵۰۷۷	(۰/۰۵۸ و ۰/۱۰۱)	راهکار ۱۰
۸	۰/۸۳۸۱۵۰۵۸	۰/۰۷۷۹۵۱۸۷	(۰/۰۵۶ و ۰/۱۰۰)	راهکار ۱۱
۱	۰/۹۸۴۸۱۵۵۵	۰/۰۹۱۵۹۲۳۹	(۰/۰۶۸ و ۰/۱۱۶)	راهکار ۱۲

نتایج اولویت‌بندی با روش آراس خاکستری نشان می‌دهد که راهکارهای دوازدهم (کاهش زمان سفارش تا خرید و تحویل از طریق اصلاح رویه خرید)، راهکار هشتم (اعمال Design data freeze در فرآیند طراحی جهت برآورد هزینه‌های مالی و زمانی پروژه) و راهکار دوم (طراحی پس از تکمیل مدارک ورودی) به ترتیب به عنوان بهترین راهکار انتخاب شده است.

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

در این مقاله برای افزایش کارایی و کاهش هزینه، پژوهشی با هدف شناسایی و اولویت‌بندی راهکارهای کاهش هزینه در زنجیره تأمین کابل و تجهیزات جانبی نیروگاه سیکل ترکیبی سیرجان (گل گهر)، صورت گرفت. راهکارهای نهایی کاهش هزینه پس از برگزاری جلسات متعدد با خبرگان تیم مهندسی ارزش پروژه شناسایی شدند. سپس این راهکارها با معیارهایی که از ادبیات تحقیق استخراج و با نظر خبرگان تیم مهندسی ارزش تعدیل و نهایی شد، مورد ارزیابی قرار گرفت. معیارهای نهایی و هریک از زیرمعیارها با روش سوآرا وزن‌دهی شدند. سپس وزن نهایی هریک از زیرمعیارها محاسبه شد. در ادامه برای اولویت‌بندی راهکارهای نهایی از روش آراس خاکستری بهره گرفته شد. با توجه به تحلیل‌هایی که برای وزن‌دهی زیرمعیارها صورت گرفت و این‌که زیرمعیارهای هزینه و امکان‌پذیری از نظر اقتصادی به عنوان مهم‌ترین معیارها برای اولویت‌بندی شناخته شدند. نتایج اولویت‌بندی با روش آراس خاکستری نشان می‌دهد که راهکارهای دوازدهم (کاهش زمان سفارش تا خرید و تحویل از طریق اصلاح رویه خرید)، راهکار هشتم (اعمال Design data freeze در فرآیند طراحی جهت برآورد هزینه‌های مالی و زمانی پروژه) و راهکار دوم (طراحی پس از تکمیل مدارک ورودی) به ترتیب به عنوان بهترین راهکار انتخاب شده است. در تحلیل این نتیجه می‌توان به هزینه نسبی پایین‌تر راهکار دوازدهم و هم‌چنین عملکرد بهتر این گزینه در زیرمعیارهای انعطاف‌پذیری و تطابق با ادراکات و باورهای جامعه اشاره نمود. با توجه به نتایج پژوهش، در زنجیره‌تأمین کابل و تجهیزات جانبی نیروگاه سیکل ترکیبی گل گهر، برنامه‌ریزی‌های لازم در بخش‌های زیر می‌بایست صورت گیرد: ۱- رویه‌های خرید اصلاح شده و زمان سفارش تا خرید کاهش یابد تا بدین وسیله کارایی زنجیره‌تأمین افزایش یابد. ۲- با اعمال Design data freeze در فرآیند طراحی زمینه‌سازی لازم برای برآورد دقیق‌تر هزینه‌های مالی، زمانی و لذا مدیریت بهتر هزینه‌های زنجیره‌تأمین که هدف اصلی می‌باشد، فراهم شود. ۳- می‌بایست گام‌های فرآیند به نوعی بازطراحی شوند که از این پس، بعد از تکمیل مدارک ورودی نسبت به طراحی اقدام نمود. علاوه‌بر موارد ذکر شده می‌توان با کاهش بروکراسی تست تجهیزات از

طریق کاهش نفرات تست و رویه‌های تست و انجام ندادن تست برای کابل‌های مشابه ساخته شده توسط یک کارخانه که دارای تست شیت هستند، هزینه‌های غیرضروری، افزایش رویه‌ها و اتلاف وقت را کاهش داد. هم‌چنین برای تهیه مدارک مهندسی با استفاده از نرم‌افزار ELECDES، می‌توان ضمن برخورداری از انعطاف، زمان و هزینه را کاهش داد.

پژوهش‌های آتی می‌توانند زمینه بهره‌گیری از مهندسی ارزش در سایر زنجیره‌های تأمین را در حوزه‌های مختلف (به ویژه زنجیره‌های تأمین پاسخگو در صنایعی همچون خودروسازی) فراهم نمایند. همچنین به نظر منطقی است که در خصوص لیست معیارهای مدنظر نیز کار علمی متمرکزی صورت گرفته و علاوه‌بر معیارهای شناسایی شده، به معیارهای متناسب دیگری نیز توجه کرد. همچنین با توجه به نوع معیارها می‌توان از رویکردهای تصمیم‌گیری فازی و یا فازی شهودی به منظور تقویت کار انجام شده بهره‌گیری نمود. همچنین بررسی وجود ارتباط بین معیارها و بهره‌گیری از روش‌هایی مثل DANP(ترکیب DEMATEL و ANP) یا FCM و ترکیب آن با روش‌های فراابتکاری (LFCM) در صورت اثبات وجود این رابطه می‌تواند در تحقیقات آتی دنبال شود.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

منابع

Ali, A. S., & Rahmat, I. (2010). The performance measurement of construction projects managed by ISO-certified contractors in Malaysia.*Journal of Retail & Leisure Property*, *9*(1), 25-35.

Beheshti, H. M. (2004). Gaining and sustaining competitive advantage with activity based cost management system. *Industrial Management & Data Systems*, *104*(5), 377-383.

Bock, S., & Pütz, M. (2017). Implementing Value Engineering based on a multidimensional quality-oriented control calculus within a Target Costing and Target Pricing approach. *International Journal of Production Economics*, *183*, 146-158.

Borsic, D., & Volante, C. (1999). Value engineering in the product development process: an application in automotive industry. In *SAVE INTERNATIONAL PROCEEDINGS* (pp. 24-32).

Bowen, P., Edwards, P., Cattell, K., & Jay, I. (2010a). The awareness and practice of value management by South African consulting engineers: Preliminary research survey findings. *International journal of project management*, *28*(3), 285-295.

Bowen, P., Jay, I., Cattell, K., & Edwards, P. (2010b). Value management awareness and practice by South African architects: an empirical study.*Construction Innovation*, *10*(2), 203-222.

Chen, W. T., Chang, P. Y., & Huang, Y. H. (2010). Assessing the overall performance of value engineering workshops for construction projects.*International Journal of Project Management*, *28*(5), 514-527.

Chen, W. T., Chang, P. Y., & Huang, Y. H. (2010). Assessing the overall performance of value engineering workshops for construction projects.*International Journal of Project Management*, *28*(5), 514-527.

Davis, S. M. (1997). Bringing innovation to life. *Journal of Consumer Marketing*, *14*(5), 338-361.

Dehnavi, A., Aghdam, I. N., Pradhan, B., & Varzandeh, M. H. M. (2015). A new hybrid model using step-wise weight assessment ratio analysis (SWARA) technique and adaptive neuro-fuzzy inference system

(ANFIS) for regional landslide hazard assessment in Iran. *Catena*, *135*, 122-148.

Elias, S. E. (1998). Value engineering, a powerful productivity tool. *Computers & industrial engineering*, *35*(3), 381-393.

Ellis, R. C., Wood, G. D., & Keel, D. A. (2005). Value management practices of leading UK cost consultants. *Construction Management and Economics*,*23*(5), 483-493.

Fong, P. S. W., Hills, M. J., & Hayles, C. S. (2007). Dynamic knowledge creation through value management teams. *Journal of Management in Engineering*, *23*(1), 40-49.

Gandhinathan, R., Raviswaran, N., & Suthakar, M. (2004). QFD-and VE-enabled target costing: a fuzzy approach. *International Journal of Quality & Reliability Management*, *21*(9), 1003-1011.

Hwang, B. G., Zhao, X., & Ong, S. Y. (2014). Value management in Singaporean building projects: implementation status, critical success factors, and risk factors. *Journal of Management in Engineering*, *31*(6), 04014094.

Ibusuki, U., & Kaminski, P. C. (2007). Product development process with focus on value engineering and target-costing: A case study in an automotive company. *International Journal of Production Economics*, *105*(2), 459-474.

Ju-Long, D. (1982). Control problems of grey systems. *Systems & Control Letters*, *1*(5), 288-294.

Kelly, J. (2007). Making client values explicit in value management workshops. *Construction Management and Economics*, *25*(4), 435-442.

Keršuliene, V., Zavadskas, E. K., & Turskis, Z. (2010). Selection of rational dispute resolution method by applying new step-wise weight assessment ratio analysis (SWARA). *Journal of Business Economics and Management*,*11*(2), 243-258.

Koc, T., & Bozdag, E. (2017). Measuring the degree of novelty of innovation based on Porter's value chain approach. *European Journal of Operational Research*, *257*(2), 559-567.

Lin, G., Shen, G. Q., Sun, M., & Kelly, J. (2011). Identification of key performance indicators for measuring the performance of value management studies in construction. *Journal of Construction Engineering and Management*, *137*(9), 698-706.

Lorde, T., Waithe, K., & Francis, B. (2010). The importance of electrical energy for economic growth in Barbados. *Energy Economics*, *32*(6), 1411-1420.

Mohamad Ramly, Z., Shen, G. Q., & Yu, A. T. (2014). Critical success factors for value management workshops in Malaysia. *Journal of management in engineering*, *31*(2), 05014015.

Nucciarelli, A., Li, F., Fernandes, K. J., Goumagias, N., Cabras, I., Devlin, S., ... & Cowling, P. (2017). From value chains to technological platforms: The effects of crowdfunding in the digital game industry. Journal of Business Research.

Parikh, S. R. (2000, June). Proving value methodology as an outstanding tool for the assessment of waste minimization opportunities at the Hanford site. In *SAVE INTERNATIONAL PROCEEDINGS* (pp. 196-209).

Park, C. S., Kim, H. J., Park, H. T., Goh, J. H., & Pedro, A. (2017). BIM-based idea bank for managing value engineering ideas. *International Journal of Project Management*, *35*(4), 699-713.

Qiping Shen, G., & Yu, A. T. (2012). Value management: recent developments and way forward. *Construction Innovation*, *12*(3), 264-271.

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.

SAVE International (2007). Value Standard and Body of Knowledge, [Online] Available From <URL: http://www.save.org >.

Surlan, N., Cekic, Z., & Torbica, Z. (2015). Use of value management workshops and critical success factors in introducing local experience on the international construction projects. *Journal of Civil Engineering and Management*, 1-9.

Tohidi, H. (2011). Review the benefits of using value engineering in information technology project management. *Procedia Computer Science*, *3*, 917-924.

Tupenaite, L., Zavadskas, E. K., Kaklauskas, A., Turskis, Z., & Seniut, M. (2010). Multiple criteria assessment of alternatives for built and human environment renovation. *Journal of Civil Engineering and Management*, *16*(2), 257-266.

Turskis, Z., & Zavadskas, E. K. (2010). A novel method for multiple criteria analysis: grey additive ratio assessment (ARAS-G) method. *Informatica*,*21*(4), 597-610.

Yuan, Z., Shen, G. Q., Chung, K. H., Ramly, Z. M., Yu, T. W., & Wang, H. (2015). Experimental Study on Virtual Value Management Workshop in Hong Kong. *Journal of Management in Engineering*, *32*(2), 04015039.

Zavadskas, E. K., & Turskis, Z. (2010). A new additive ratio assessment (ARAS) method in multicriteria decision-making. *Technological and Economic Development of Economy*, *16*(2), 159-172.

Zavadskas, E. K., Turskis, Z., & Vilutiene, T. (2010). Multiple criteria analysis of foundation instalment alternatives by applying Additive Ratio Assessment (ARAS) method. *Archives of civil and mechanical engineering*,*10*(3), 123-141.

Zengin, Y., & Ada, E. (2010). Cost management through product design: target costing approach. *International Journal of production research*, *48*(19), 5593-5611.

Zhang, X., Mao, X., & AbouRizk, S. M. (2009). Developing a knowledge management system for improved value engineering practices in the construction industry. *Automation in construction*, *18*(6), 777-789.