

کاربرد مهندسی ارزش در انتخاب بهترین محل اجرای پروژه های صنعتی به روش آنتروپی شانون و کوپراس

زهرا نژادحیدری^{۱*}

معصومه رئیس زاده^۲

زهرا یزدان پرست^۳

محمود قیومی^۵

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۷/۱۲ تاریخ چاپ: ۱۴۰۲/۰۹/۳۰

چکیده

کیفیت انجام یک پروژه تاثیر بسزایی در پیاده سازی مهندسی ارزش در یک سازمان دارد و کارفرمایان سعی در افزایش ارزش پروژه های صنایع خود را دارند از این روبا توجه به هزینه های بالا، تعدد ذینفعان و عوامل طرح و نیاز به ایده های نو در حل مسائل نو و چیره شدن بر محدودیت های متعدد در پروژه ها، مهندسی ارزش می تواند روشی کارا و اثرگذار باشد که با بهره گیری از این روش می توان ضمن کاهش هزینه های طول دوره عمر به افزایش کارایی و کیفیت این پروژه ها کمک نمود. در این پژوهش با توجه به انتخاب سه محل (شماره ۱، شماره ۲ و شماره ۳) و اجرای پروژه ی ساخت، نصب و راه اندازی کارخانه پودر های پروتئینی به وزن دهی با استفاده از روش آنتروپی شانون و رتبه بندی آن به وسیله ی روش کوپراس پرداختیم که با توجه به نتایج بدست آمده از این مقاله می توان دریافت که اجرای پروژه ی نام برده شده در محل شماره ی ۱ ارزش بیشتری دارد و مقرون به صرفه تر است.

واژگان کلیدی

مهندسی ارزش، پروژه، هزینه و کیفیت

^۱ دانشجوی کارشناسی ارشد، مهندسی صنایع، گرایش مدیریت پروژه، دانشگاه زند شیراز، شیراز، ایران. (نویسنده مسئول):

(z.nezhadheydari@gmail.com)

^۲ دانشجوی دکتری گروه مهندسی صنایع، دانشکده فنی و مهندسی، واحد نجف آباد، دانشگاه آزاد اسلامی، نجف آباد، ایران.

(masomeh.ideal@gmail.com)

^۳ دانشجوی کارشناسی ارشد، مهندسی صنایع، گرایش مدیریت پروژه، دانشگاه زند شیراز، شیراز، ایران.

(zahrayazdanparast96@gmail.com)

^۴ استاد و مدیر گروه، گروه مهندسی صنایع، دانشگاه زند شیراز، شیراز، ایران. (mghayyoomi@gmail.com)

۱. مقدمه

مهندسی ارزش، رویکردی است گروهی، نظام مند، کارکرد گرا و دارای کاربرد حرفه ای که برای ارزیابی و بهبود ارزش یک محصول، طراحی یک وسیله، یک سیستم و یا اجرای پروژه های صنعتی، عمرانی و خدماتی به کار گرفته می شود. مهندسی ارزش، متدولوژی قدرتمندی است برای حل مسایل، کاهش هزینه ها و به طور هم زمان، بهبود عملکرد و کیفیت، که باشناسایی و ارتقای شاخص های ارزش و به کارگیری خالقیت، رضایت مشتری را افزایش می دهد و به ارزش سرمایه گذاری می افزاید. (ایلا یارجا و همکاران، ۱، ۲۰۱۵)

در نظر گرفتن ارزش در پروسه های طراحی یک پیامد مهم است. بسیاری از ویژگی های یک محصول و روش تولید آن در فاز طراحی تعیین شده است. این امر توجهات کیفی را در تمامی مراحل فعالیت های طراحی تشویق می کند. (حسینی، ۲۰۱۲)

مهندسی ارزش روشی سیستماتیک با تکنیک های مشخص است که کارکرد محصول یا خدمت را شناسایی و برای آن کارکرد، ارزش مالی ایجاد می کند، به نحوی که آن کارکرد در کمترین هزینه با حفظ اطمینان و کیفیت مورد نظر انجام گیرد. با استفاده از مهندسی ارزش کمک بسزایی به اهدافی همچون کاهش هزینه های بهره برداری و نگهداری تاسیسات، کاهش هزینه های اجرای پروژه، ارائه راهکار های جدید، استفاده بهینه از منابع، افزایش کارآمدی فعالیت های اجرایی، ساده سازی فعالیت ها، ارائه راه حل و گزینه های پیشنهادی علیرغم وجود محدودیت های طبیعی، اجتماعی و... ارزیابی و انتخاب گزینه ها با ارزش بهینه می کند. (آئینی و همکاران، ۱۴۰۱)

بر اساس تعریف معاونت برنامه ریزی و نظارت راهبردی رئیس جمهور، مهندسی ارزش کاربرد سازمان یافته فنون شناخته شده ای است که برای بررسی عملکرد یک محصول و یا خدمت مورد استفاده قرار می گیرد و با استفاده از فکر خلاق به منظور تأمین کارکرد مورد نیاز برای تحقق اهداف طرح به طور مطمئن و با کمترین هزینه دوران عمر و با حفظ و یا ارتقای کیفیت و حفظ ایمنی و ویژگی های زیست محیطی می باشد. (محمد پور رضا و همکاران، ۱۳۹۲)

با توجه به توضیحات فوق، می توان گفت هزینه یابی بر مبنای هدف و مهندسی ارزش برای توجه به این نسبت از نقطه نظرات مختلف، به کار برده می شوند، به طوری که هزینه یابی بر مبنای هدف بر دستیابی به قیمت های بازار از طریق استنتاج و اعمال هزینه های مجاز در توسعه یک محصول تمرکز داشته، در حالی که مهندسی ارزش بر افزایش ارزش از طریق بالا بردن عملکرد یا کاهش منابع (مثل هزینه ها) تمرکز دارد. (فلوریان و همکاران، ۲، ۲۰۱۴)

در این تحقیق با بکارگیری مهندسی ارزش که رویکردی نظام مند جهت انتخاب بهترین گزینه اجرای پروژه است را مورد سنجش قراردادده است از این رو فهرستی از معیار های ارزیابی مکان های مورد نظر تهیه کرده ایم و روشی جهت وزن دهی این معیار ها، برای ایجاد امکان ارزیابی گزینه های بهترین محل اجرای پروژه و انتخاب ارزشمند ترین گزینه طراحی را معرفی کرده ایم.

۲. مبانی نظری و ادبیات پژوهش

۲-۱. روش تحقیق

در این تحقیق ابتدا با توجه به نظر مدیران ارشد سازمان در زمینه های مهندسی ارزش به انتخاب معیار ها و انتخاب گزینه ها پرداختیم. سپس با استفاده از نظر ۵ خبره به جمع بندی و ارزیابی نتایج پرداختیم که هدف از پروژه مورد بررسی کاربردی بودن معیار های تعریف شده و عملیات یکردن آن در مطالعات مهندسی ارزش، به منظور اعتبار سنجی نتایج به کار برده شده است.

۲-۲. معرفی مهندسی ارزش

واژه ارزش نخستین بار در سال ۱۹۴۷ الورنس دی مایلز برای تشریح تکنیکی به کاربرد که در شرکت جنرال الکتریک، طی جنگ جهانی دوم استفاده کرده بود. در تعریف انجمن مهندسی آمریکا آمده است مهندسی ارزش مجموعه تکنیک های نظام مند و کاربردی است که برای تشخیص کارکرد یک محصول یا خدمت و تولید ایجاد آن کارکرد با حداقل هزینه به کار می رود به عبارت دیگر مهندسی ارزش عبارت است از به کارگیری سیستماتیک روش های خلاقانه مبتنی بر کارگروهی که هدف از آن شناسایی و حذف هزینه های غیر ضروری و افزایش کیفیت و کارایی محصول یا خدمت در طول عمر آن است. تفاوت مهندسی ارزش با سایر روش های بهینه سازی در نگرش ثانویه و خلاقانه به مسئله حل شده مبتنی بر کارگروهی و همراه با تحلیل هزینه فایده راه حل های ممکن است (میرزایی و همکاران، ۱۳۹۲).

شروع رسمی مهندسی ارزش در ایران از سال ۱۳۷۹ بوده است. در این سال اولین کنفرانس مهندسی ارزش در ایران برگزار گردید و در همین سال حرکت رسمی بخش دولتی با تدوین دستورالعمل ارجاع کار و انعقاد قرارداد با واحدهای خدمات مهندسی ارزش توسط سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور آغاز شد. پس از آن بطور مداوم اجبار دستگاه های اجرایی به اعمال مهندسی ارزش بر روی پروژه های بالای بیست میلیارد ریال و از سال ۸۷ پروژه های بالای صد میلیارد ریال در قوانین و اسناد بالادستی کشور لحاظ گردید. (بهبهانی و همکاران، ۱۳۹۵)

مهندسی ارزش در بیشتر کشورهای جهان؛ به ویژه کشورهای اروپایی، کاربردی بوده است و پیاده سازی آن به عنوان نمادی از صرفه جویی در زمان و هزینه ها می باشد. (کاووس امیرخانی^۳، ۲۰۱۵)

ارزش محصول عموماً به روش های زیر و از طریق گروه های آموزش دیده قابل بهبود است:

- تشخیص هزینه های غیر ضروری
- خلق گزینه های مختلف
- خلق ایده های نوین و به کارگیری نوآوری و خلاقیت
- بهینه کردن منابع
- ساده سازی روش ها و رویه ها
- حذف یا اصلاح عناصری که برای کارکردهای مورد نیاز ضروری نیست
- بهبود در شکل و ظاهر و جذابیت و نمای ظاهری برای جلب نظر مشتری. (نظری و همکاران، ۱۳۸۹)

³ Amirkhani Kavooos

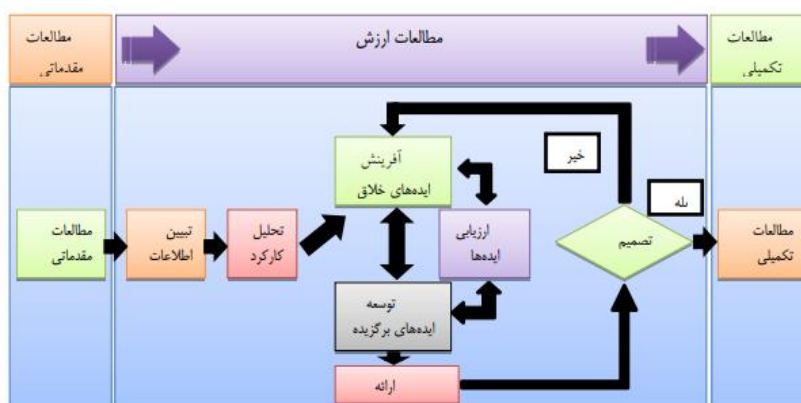
مهندسی ارزش در تمامی مراحل پروژه کاربرد دارد ولی بیشترین کارایی آن در مراحل آغازین است زیرا میزان انعطاف پذیری و تغییرات راحت تر است و می توان در طراحی های اولیه تغییرات ایجاد کرد بدون اینکه هزینه چندانی ایجاد کند. مهندسی ارزش با جمع آوری اطلاعات دقیق شروع می شود و کاستی در اطلاعات نمی تواند به خوبی مهندسی ارزش را اجرایی کند کاربرد مهندسی ارزش باعث اطمینان از این موضوع می شود که تمام جایگزین های مختلف که برای دستیابی به عملکرد مناسب لازم هستند بررسی و انتخاب شده اند. مهندسی ارزش به استفاده از فنون شناخته شده به صورت منظم و منسجم است که از تفکر خلاق و ایده پرداز استفاده می کند تا در دستیابی به اهداف طرح، همراه با حداقل هزینه بدون عدم تغییر در کیفیت باشد و زمان بهره برداری از پروژه را کاهش دهد که این روش نیازمند کارگروهی است و هماهنگی در تمامی مراحل را میطلبد و به دنبال خلق گزینه های جدید و مناسب می باشد. (قربانی، ۱۴۰۱)

مهندسی ارزش در تمامی مراحل پروژه کاربرد دارد ولی بیشترین کارایی آن در مراحل آغازین است زیرا میزان انعطاف پذیری و تغییرات راحت تر است و می توان در طراحی های اولیه تغییرات ایجاد کرد بدون اینکه هزینه چندانی ایجاد کند. مهندسی ارزش با جمع آوری اطلاعات دقیق شروع می شود و کاستی در اطلاعات نمی تواند به خوبی مهندسی ارزش را اجرایی کند کاربرد مهندسی ارزش باعث اطمینان از این موضوع می شود که تمام جایگزین های مختلف که برای دستیابی به عملکرد مناسب لازم هستند بررسی و انتخاب شده اند. مهندسی ارزش به استفاده از فنون شناخته شده به صورت منظم و منسجم است که از تفکر خلاق و ایده پرداز استفاده می کند تا در دستیابی به اهداف طرح، همراه با حداقل هزینه بدون عدم تغییر در کیفیت باشد و زمان بهره برداری از پروژه را کاهش دهد که این روش نیازمند کارگروهی است و هماهنگی در تمامی مراحل را میطلبد و به دنبال خلق گزینه های جدید و مناسب می باشد. (قربانی، ۱۴۰۱)

۲-۳. برنامه ریزی کاربردی مهندسی ارزش

متدولوژی مهندسی ارزش در قالب برنامه ای کاری تعریف و عملیاتی می شود که برای درک بهتر موضوع، مراحل کاری را به صورت بسیار خلاصه معرفی می کنیم. (جیمز و همکاران^۴، ۱۹۷۶)

شکل ۱: شمای کلی مطالعه مهندسی ارزش (فراستی و همکاران، ۱۳۹۵)



⁴ James & Colleagues

مرحله پیش مطالعه (فاز جهت یابی): این مرحله به عنوان "استفاده از روابط انسانی خوب، الهام بخشیدن به کار گروهی، کار موثر روی ویژگی ها، غلبه بر موانع و به کار بردن قضاوت خوب در کسب و کار" تعریف می شود. هدف فاز پیش مطالعه، جمع آوری و تعریف الزامات کاربر/ مشتریو گرد آوری مجموعه ای کامل از داده ها و اطلاعات محصول یا پروژه، فرآیندها، زیر فرآیندها و یا محصول (با توجه به محدوده مطالعه)، تعیین معیارهای ارزیابی، تعیین آرایش تیم و همچنین مشخص کردن مدل مناسب برای تحلیل داده ها است. به طور کلی این فاز یک درک کلی از پروژه، فرآیندها، محصول و اجرای مطالعه فراهم می آورد. (ایزولا^۵، ۱۹۹۷)

مرحله مطالعه ارزش: مرحله مطالعه ارزش در برگیرنده گام های عملیاتی و پیاده سازی متدولوژی ارزش است. این متدولوژی زمانی آثار قابل توجهی در پی خواهد داشت که شش فاز (۱. اطلاعات ۲. تحلیل کارکرد ۳. خلاقیت ۴. ارزیابی ۵. توسعه ۶. ارائه) به کار گرفته شود. (هرالووا^۶، ۲۰۱۶) (ایلا یاراج^۷، ۲۰۱۵)

شکل ۲: برنامه کاری مهندسی ارزش (نژاد ایرانی و همکاران، ۱۳۹۲)



برای دست یابی به نتیجه مطلوب مطالعه مهندسی ارزش، باید به تربیت فازهای تعریف شده متدولوژی مهندسی ارزش گام برداریم. در حین پیشرفت مطالعه تیم به فاز ها و مرحله های قبلی شود اما هرگز مجاز نیستیم مرحله یا گامی را حذف کنیم. (فراستی و همکاران، ۱۳۹۵)

مرحله پس از مطالعه: هدف از مرحله پس مطالعه، اطمینان از اجرای مورد تایید توصیه های تغییر مطالعه ارزش است. وظایف پیاده سازی شده توسط تیم مهندسی ارزش، پرسنل خودسازمان و یا با همکاری یکدیگر انجام می شود. دامنه مرحله پس مطالعه به نحوی است که هر گزینه جدید باید به طور مستقل طراحی و تایید شود و شامل تغییرات قراردادی در صورت لزوم و قبل از اجرای آن به صورت محصول، پروژه فرآیند یا رویه است. سرانجام پیشنهاد می شود واحد مالی سازمان پروژه، اسناد و مدارک تهیه شده و تحلیل های مهندسی ارزش را از دیدگاه تخصیصی حسابداری و اقتصادی مورد ارزیابی مجدد قرار دهد تا اطمینان حاصل شد که از انجام مطالعه ارزش، بیشترین منافع کارفرما به دست آمده است (کریمی و همکاران، ۱۳۸۷)

⁵ Isola

⁶ Heralova

⁷ Llayaraja

۴-۲. جایگاه و مزایای مهندسی ارزش

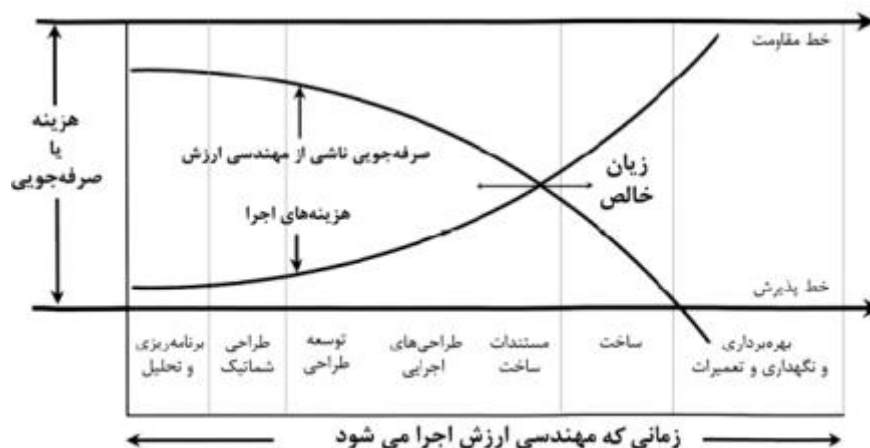
از میان سه راس مدیریت پروژه (هزینه، کیفیت و زمان) مهندسی ارزش به طور مستقیم با هزینه و کیفیت و به طور غیر مستقیم با زمان سروکار دارد. از این رو با توجه به نیاز مشتری و با تحلیل کارکرد ها و اعمال خلاقیت گروهی، بر بهبود و ادغام منابع انسانی و نیروی کار و تجهیزات متمرکز می شود، تا بتواند از این ترکیب کیفیت و هزینه مناسب را حاصل کند. ضمن آنکه با جهت دادن به طراحی و جلوگیری از دوباره کاری در زمان پروژه نیز صرفه جویی می شود. (ریک بست و همکاران^۸، ۱۹۹۹)

اجرای مهندسی ارزش برای یافتن پاسخ به این سوال است که چه راه حل دیگری کارکرد موردنظر، فرایند، محصول و یا اجرای آن را با هزینه کمتری محقق می سازد. بنابراین، هرچه از زمان عمر پروژه بگذرد پتانسیل کاهش هزینه کم می شود و در نهایت می توان چنین گفت که تیم طراحی بیشترین اثر را روی صرفه جویی هزینه دارد.

زمان بکارگیری مهندسی ارزش بستگی به نوع پروژه ی مورد نظر دارد. مهندسی ارزش را می توان در مراحل مختلفی از چرخه ی حیات یک پروژه اعمال نمود. این مراحل عبارت اند از: مرحله ی شناسایی پروژه، مرحله ی امکان سنجی، مرحله ی توسعه ی گزینه ها، مرحله ی طراحی کلی، مرحله ی انتخاب گزینه ها و روش های تداکات و ساخت، مرحله ی طراحی تفصیلی و طراحی اجزا مرحله ی پیش از ساخت، مرحله ی نگهداری و بهره برداری و مرحله ی بازنگری پس از اجرای پروژه (وانگه^۹، ۲۰۱۰)

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 ۳) به دست می آید. (راچوان و همکاران^{۱۰}، ۲۰۱۶)

شکل ۳: نمودار پتانسیل صرفه جویی ناشی از به کار گیری مهندسی ارزش



کاهش هزینه ها و صرفه جویی در منابع مالی (برای مثال طبق یافته های انجمن مهندسان ارزش آمریکا در سال ۱۹۷۳ میلادی در مقابل یک دلار هزینه برای مهندسی ارزش، حدود ۴,۵۳ دلار هزینه کارهای اجرایی کاهش داشته است)

- بهبود کیفیت به دلیل استفاده از تفکر خالقانه که برای ایده های نوآورانه است
- قابلیت استفاده در چند پروژه، افزایش هم افزایی در میان دست اندرکاران و افزایش روحیه کار گروهی

⁸ Rick Best & Colleagues

⁹ wange

¹⁰ Rachwan & colleagues

- کاهش زمان اجرای طرح، روشن شدن اهداف اصلی، ایجاد جایگزین و داشتن چند نمونه طرح در یک زمان (قربانی، ۱۴۰۱)

۳. روش شناسی

در این پژوهش به اجرای پروژه ساخت، نصب و راه اندازی کارخانه ی پودر های پروتئینی و لزوم که اجرای آن در شرکت های فرآورده های لبنیاتی امری مهم و ضروری است پرداختیم از این رو با توجه به علم مهندسی ارزش به ارزیابی شاخص ها و گزینه های مرتبط با آن پرداختیم و طی جلسات در خصوص مهندسی ارزش، هر یک از این پروژه ها آیتم هایی تحت عنوان گزینه تعریف گردید که با استفاده از آن سه محل انتخابی کارخانه را ارزیابی و محل دقیق پروژه مورد نظر بررسی شد و از طریق وزن دهی به روش آنتروپی شانون و رتبه بندی کوپراس به انتخاب بهترین محل اجرای هر این پروژه دست یافتیم.

معیار ها و گزینه های تعریف شده در این مقاله به شرح جدول زیر می باشد به گونه ای که با توجه به برگزاری جلسات متعدد در خصوص مهندسی ارزش بهترین محل اجرای پروژه در پروژه ی ساخت، نصب و راه اندازی کارخانه پودر های پروتئینی ۷ معیار شناسایی گردید که جهت اجرای آن سه محل مورد نظر بهره برداران پروژه می باشد محل شماره ۱، به نام محل انبار فنی فعلی، محل شماره ۲، به نام محل انبار خشک قدیم و محل شماره ۳ به نام محل انبار مستعمل می باشد که تحت عنوان گزینه مورد ارزیابی قرار گرفته است.

جدول شماره ۱: تعیین گزینه ها و معیار ها

گزینه ها			نصب و راه اندازی کارخانه پودر های پروتئینی	
محل شماره ۱ (انبار فنی قدیم)	محل شماره ۲ (انبار خشک)	محل شماره ۳ (انبار مستعمل)		
			مساحت حدود ۲۴ در ۲۴ متر برابر ۵۷۶ متر مربع	معیار ها
			حداقل فاصله از سالن پودر موجود	
			امکان انبارش محصولات تولیدی در انبار	
			امکان بارگیری و خروج مناسب محصولات تولیدی بعبارتی خیابان دسترسی مناسب	
			دسترسی به تاسیسات بخار و گاز و آب و برق	
			فعالیت ساختمان	
			حداقل هزینه	

سپس خبرگان صنعت به تکمیل هر یک از آیتم های جدول فوق به صورت زیر پرداختند که شروع گام های روش آنتروپی شانون می باشد:

- شاخص های مثبت: خیلی زیاد عدد ۹، زیاد عدد ۷، متوسط عدد ۵، کم عدد ۳ و خیلی کم عدد ۱.
- شاخص های منفی: خیلی زیاد عدد ۱، زیاد عدد ۳، متوسط عدد ۵، کم عدد ۷ و خیلی کم عدد ۹.

۴. یافته‌های پژوهش

۴-۱. روش وزن دهی آنتروپی شانون

وقتی که داده‌های ماتریس تصمیم‌گیری کامل باشد می‌توان برای مشخص کردن وزن شاخص‌ها از روش آنتروپی استفاده کرد. مفهوم این روش به معنای بی‌نظمی می‌باشد که در علوم مختلف همچون شهرسازی، صنایع و... استفاده می‌شود. جهت تعیین وزن شاخص‌ها به روش آنتروپی شانون از الگوریتم زیر استفاده می‌شود:

۴-۱-۱. **قدم اول:** در مرحله‌ی اول داده‌های ماتریس تصمیم‌گیری کمی می‌شود و سپس با استفاده از روش مستقیم بی‌مقیاس می‌شود.

مطابق با جدول زیر و پاسخ خبرگان جدول زیر از پاسخ کیفی به کمی جهت محاسبه‌ی آسان‌تر تبدیل گردید.

جدول شماره ۲: داده‌های ماتریس تصمیم‌گیری به صورت کمی

گزینه‌ها			نصب و راه‌اندازی کارخانه پودرهای پروتئینی
محل شماره ۱ (انبار فنی قدیم)	محل شماره ۲ (انبار خشک)	محل شماره ۳ (انبار مستعمل)	
۹	۷	۹	مساحت حدود ۲۴ در ۲۴ متر برابر ۵۷۶ متر مربع
۹	۷	۳	حداقل فاصله از سالن پودر موجود
۳	۹	۳	امکان انبارش محصولات تولیدی در انبار
۳	۹	۵	امکان بارگیری و خروج مناسب محصولات تولیدی
۱	۷	۹	بعبارتی خیابان دسترسی مناسب
۹	۷	۵	دسترسی به تاسیسات بخار و گاز و آب و برق
۹	۷	۵	فعالیت ساختمان
۹	۷	۵	حداقل هزینه

با توجه به اطلاعات جدول فوق داده‌ها از روش مستقیم بی‌مقیاس سازی حل شد و نتایج زیر حاصل گردید.

جدول شماره ۳: روش مستقیم بی‌مقیاس سازی

معیارها	SUM	محل شماره ۱ (انبار فنی قدیم)	محل شماره ۲ (انبار خشک)	محل شماره ۳ (انبار مستعمل)
مساحت حدود ۲۴ در ۲۴ متر برابر ۵۷۶ متر مربع	۲۵	۰.۳۶	۰.۲۸	۰.۳۶
حداقل فاصله از سالن پودر موجود	۱۹	۰.۴۷	۰.۳۷	۰.۱۶
امکان انبارش محصولات تولیدی در انبار	۱۵	۰.۲۰	۰.۶۰	۰.۲۰
امکان بارگیری و خروج مناسب محصولات تولیدی	۱۷	۰.۱۸	۰.۵۳	۰.۲۹
بعبارتی خیابان دسترسی مناسب	۱۷	۰.۵۳	۰.۴۱	۰.۰۶
دسترسی به تاسیسات بخار و گاز و آب و برق	۲۱	۰.۲۴	۰.۳۳	۰.۴۳
فعالیت ساختمان	۲۱	۰.۲۴	۰.۳۳	۰.۴۳
حداقل هزینه	۲۱	۰.۲۴	۰.۳۳	۰.۴۳
SUM		۲.۲۲	۲.۸۶	۱.۹۳

۴-۱-۲. **قدم دوم:** در این مرحله شاخص آنتروپی برای هر یک از شاخص‌ها مطابق رابطه‌ی زیر بدست می‌آید.

$$E_j = -k \sum_{i=1}^m n_{ij} \ln n_{ij} \quad j = 1, 2, \dots, n \quad K = \frac{1}{L_{nm}} \quad 0 \leq E_j \leq 1 \quad (1)$$

نکته: m برابر تعداد گزینه‌ها می‌باشد.

با توجه به رابطه‌ی فوق به جدول زیر دست یافتیم (K=0.514).

جدول شماره ۴: محاسبه E

معیار ها	SUM	محل شماره ۱ (انبار فنی قدیم)	محل شماره ۲ (انبار خشک)	محل شماره ۳ (انبار مستعمل)	E
مساحت حدود ۲۴ در ۲۴ متر برابر ۵۷۶ متر مربع	۲۵	۰.۳۶	۰.۲۸	۰.۳۶	۰.۵۶
حداقل فاصله از سالن پودر موجود	۱۹	۰.۴۷	۰.۳۷	۰.۱۶	۰.۵۲
امکان انبارش محصولات تولیدی در انبار	۱۵	۰.۲۰	۰.۶۰	۰.۲۰	۰.۴۹
امکان بارگیری و خروج مناسب محصولات تولیدی	۱۷	۰.۱۸	۰.۵۳	۰.۲۹	۰.۵۲
بعبارتی خیابان دسترسی مناسب					
دسترسی به تاسیسات بخار و گاز و اب و برق	۱۷	۰.۵۳	۰.۴۱	۰.۰۶	۰.۴۵
فعالیت ساختمان	۲۱	۰.۲۴	۰.۳۳	۰.۴۳	۰.۵۵
حداقل هزینه	۲۱	۰.۲۴	۰.۳۳	۰.۴۳	۰.۵۵
SUM		۲.۲۲	۲.۸۶	۱.۹۳	

۴-۱-۳. قدم سوم: در این قسمت درجه ی انحراف هر یک از شاخص ها محاسبه می شود. درجه ی انحراف، میزان اثر هر شاخص در تصمیم گیری را مشخص می کند.

با استفاده از رابطه ی E میزان درجه ی انحراف هر یک از معیار ها در جدول شماره ۵ مطابق با فرمول زیر ثبت گردید.

$$d_j = 1 - E_j \quad j = 1, 2, \dots, n \quad 0 \leq d_j \leq 1 \quad (2)$$

جدول شماره ۵: میزان درجه ی انحراف هر یک از معیار ها

معیار ها	SUM	محل شماره ۱ (انبار فنی قدیم)	محل شماره ۲ (انبار خشک)	محل شماره ۳ (انبار مستعمل)	E	D
مساحت حدود ۲۴ در ۲۴ متر برابر ۵۷۶ متر مربع	۲۵	۰.۳۶	۰.۲۸	۰.۳۶	۰.۵۶	۰.۴۳۹
حداقل فاصله از سالن پودر موجود	۱۹	۰.۴۷	۰.۳۷	۰.۱۶	۰.۵۲	۰.۴۷۹
امکان انبارش محصولات تولیدی در انبار	۱۵	۰.۲۰	۰.۶۰	۰.۲۰	۰.۴۹	۰.۵۱۲
امکان بارگیری و خروج مناسب محصولات تولیدی	۱۷	۰.۱۸	۰.۵۳	۰.۲۹	۰.۵۲	۰.۴۸۵
بعبارتی خیابان دسترسی مناسب						
دسترسی به تاسیسات بخار و گاز و اب و برق	۱۷	۰.۵۳	۰.۴۱	۰.۰۶	۰.۴۵	۰.۵۵۴
فعالیت ساختمان	۲۱	۰.۲۴	۰.۳۳	۰.۴۳	۰.۵۵	۰.۴۵
حداقل هزینه	۲۱	۰.۲۴	۰.۳۳	۰.۴۳	۰.۵۵	۰.۴۵
SUM		۲.۲۲	۲.۸۶	۱.۹۳		

۴-۱-۴. قدم چهارم: در این مرحله وزن نسبی هر شاخص از رابطه ی زیر و جدول ۶ بدست می آید. (شیرویه زاده و

توکلی، ۱۴۰۰)

$$w_j = \frac{d_j}{\sum_{j=1}^n d_j} \quad \sum_{j=1}^n w_j = 1 \quad (3)$$

جدول شماره ۶: میزان وزن هر یک از معیار ها

معیار ها	SUM	محل شماره ۱ (انبار فنی قدیم)	محل شماره ۲ (انبار خشک)	محل شماره ۳ (انبار مستعمل)	E	D	W
مساحت حدود ۲۴ در ۲۴ متر برابر ۵۷۶ متر مربع	۲۵	۰.۳۶	۰.۲۸	۰.۳۶	۰.۵۶	۰.۴۳۹	۰.۱۳
حداقل فاصله از سالن پودر موجود	۱۹	۰.۴۷	۰.۳۷	۰.۱۶	۰.۵۲	۰.۴۷۹	۰.۱۴۲
امکان انبارش محصولات تولیدی در انبار	۱۵	۰.۲۰	۰.۶۰	۰.۲۰	۰.۴۹	۰.۵۱۲	۰.۱۵۲
امکان بارگیری و خروج مناسب محصولات تولیدی	۱۷	۰.۱۸	۰.۵۳	۰.۲۹	۰.۵۲	۰.۴۸۵	۰.۱۴۴
بعبارتی خیابان دسترسی مناسب							
دسترسی به تاسیسات بخار و گاز و اب و برق	۱۷	۰.۵۳	۰.۴۱	۰.۰۶	۰.۴۵	۰.۵۵۴	۰.۱۶۴
فعالیت ساختمان	۲۱	۰.۲۴	۰.۳۳	۰.۴۳	۰.۵۵	۰.۴۵	۰.۱۳۴
حداقل هزینه	۲۱	۰.۲۴	۰.۳۳	۰.۴۳	۰.۵۵	۰.۴۵	۰.۱۳۴
SUM		۲.۲۲	۲.۸۶	۱.۹۳			

با استفاده از روش های فوق وزن هر یک از معیار های انتخاب شده بدست آمده است و می توان به رتبه بندی هر یک از گزینه ها پرداخت.

۲-۴. روش رتبه بندی کوپراس

مراحل انجام این روش به صورت زیر می باشد:

۴-۲-۱. قدم اول: تشکیل ماتریس تصمیم گیری و کمی کردن شاخص ها

در مرحله ی اول ماتریس تصمیم گیری (A) با گزینه ها و شاخص های مربوطه تشکیل می شود و سپس داده های ماتریس تصمیم گیری کمی می شود که با توجه به اطلاعات فوق در گام اول آنتروپی شانون انجام گردید.

۴-۲-۲. قدم دوم: تشکیل ماتریس تصمیم گیری بی مقیاس

ماتریس تصمیم گیری (N) را تشکیل داده و با توجه به این که شاخص ها دارای مقیاس های متفاوتی هستند، ماتریس تصمیم گیری با استفاده از روش مستقیم بی مقیاس می شود و ماتریس جدید ND ایجاد می گردد که با توجه به گام دوم آنتروپی شانون انجام گردید و نتایج مطابق با جدول شماره ۳ ارائه گردید.

۴-۲-۳. قدم سوم: تعیین ماتریس تصمیم گیری بی مقیاس

در این مرحله ابتدا وزن هر یک از شاخص ها مشخص می شود و یک ماتریس مربعی شامل وزن شاخص ها ($W_{n \times n}$) تعیین می گردد که درایه های قطر اصلی آن، وزن هر یک از شاخص ها می باشد و بقیه درایه ها صفر می باشد. در ادامه بوسیله ی ضرب ماتریس وزن ها در ماتریس تصمیم گیری بی مقیاس، ماتریس تصمیم گیری بی مقیاس موزون بدست می آید.

$$V_{m \times n} = ND \cdot W_{n \times n} \quad V = \begin{bmatrix} V_{11} & \dots & V_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ V_{m1} & \dots & V_{mn} \end{bmatrix} \quad (4)$$

جدول شماره ۷: ماتریس تصمیم گیری بی مقیاس

معیار ها	محل شماره ۱ (انبار فنی قدیم)	محل شماره ۲ (انبار خشک)	محل شماره ۳ (انبار مستعمل)
مساحت حدود ۲۴ در ۲۴ متر برابر ۵۷۶ متر	۰.۰۴۷	۰.۰۳۶	۰.۰۴۷
حداقل فاصله از سالن پودر موجود	۰.۰۶۷	۰.۰۵۲	۰.۰۲۲
امکان انبارش محصولات تولیدی در انبار	۰.۰۳۰	۰.۰۹۱	۰.۰۳۰
امکان بارگیری و خروج مناسب محصولات تولیدی بعبارتی خیابان	۰.۰۲۵	۰.۰۷۶	۰.۰۴۲
دسترسی به تاسیسات بخار و گاز و آب و	۰.۰۸۷	۰.۰۶۸	۰.۰۱۰
فعالیت ساختمان	۰.۰۳۲	۰.۰۴۵	۰.۰۵۷
حداقل هزینه	۰.۰۳۲	۰.۰۴۵	۰.۰۵۷
SUM	۰.۳۲۱	۰.۴۱۳	۰.۲۶۶

۴-۲-۴. قدم چهارم: محاسبه مجموع مقادیر بی مقیاس شده موزون برای معیار های مثبت (Si^+) و منفی (Si^-).

در این گام ابتدا معیار های مثبت و منفی مشخص می شود سپس شاخص های Si^+ (مجموع معیار های مثبت) و Si^- (مجموع معیار های منفی) مطابق روابط زیر محاسبه می شود.

$$\begin{aligned} Si^+ &= \sum_{j=1}^k vij & i &= 1.2. \dots m \\ Si^- &= \sum_{j=k+1}^k vij & i &= 1.2. \dots m \end{aligned} \quad (5)$$

با فرض اینکه شاخص های ۱ تا k معیار های مثبت و شاخص های k+1 تا n معیار های منفی باشد.

جدول شماره ۸: مجموع مقادیر بی مقیاس شده موزون برای معیار های مثبت (Si+) و منفی (Si-).

1/S -i	S -i	S +i	
۱.۰۰	۰.۰۶	۰.۲۶	محل شماره ۱ (انبار فنی قدیم)
۰.۷۱	۰.۰۹	۰.۳۲	محل شماره ۲ (انبار خشک)
۰.۵۶	۰.۱۱	۰.۱۵	محل شماره ۳ (انبار مستعمل)

۴-۲-۵. قدم پنجم: محاسبه ارزش نهایی گزینه ها (Qi)

برای بدست آوردن ارزش نهایی هر گزینه از رابطه زیر استفاده می شود.

$$Qi = Si^+ + \frac{Smin^- * \sum_{k=1}^n Si^-}{Si^- * \sum_{j=1}^n \frac{Smin^-}{Si^-}} = Si^+ + \frac{\sum_{j=1}^n Si^-}{Si^- * \sum_{j=1}^n \frac{1}{Si^-}} \quad i = 1.2. m \quad (۶)$$

نکته: در رابطه بالا منظور از SMAX کوچکترین معیار منفی است.

مقدار Q نشان دهنده ی میزان ارزش و اهمیت هر یک از گزینه ها بر حسب معیارها است و مقدار Q بالاتر حاکی از

ارزش بالا و در اولویت بودن، یک گزینه نسبت به گزینه های دیگر است.

جدول شماره ۹: محاسبه ارزش نهایی گزینه ها

Q	1/S -i	S -i	S +i	
۰.۶۲	۱.۰۰	۰.۰۶	۰.۲۶	محل شماره ۱ (انبار فنی قدیم)
۰.۵۸	۰.۷۱	۰.۰۹	۰.۳۲	محل شماره ۲ (انبار خشک)
۰.۳۵	۰.۵۶	۰.۱۱	۰.۱۵	محل شماره ۳ (انبار مستعمل)

۴-۲-۵. قدم ششم: محاسبه درجه اهمیت هر گزینه Ui

به منظور محاسبه درجه اهمیت هر گزینه از رابطه زیر استفاده می شود.

$$Ui = \frac{Qi}{Qmax} * 100 \quad i = 1.2. m \quad (۷)$$

نکته: در این رابطه QMAX بزرگترین مقدار اهمیت نسبی می باشد.

جدول شماره ۱۰: محاسبه درجه اهمیت هر گزینه

u	Q	1/S -i	S -i	S +i	
۱۰۰.۰۰	۰.۶۲	۱.۰۰	۰.۰۶	۰.۲۶	محل شماره ۱ (انبار فنی قدیم)
۹۴.۰۰	۰.۵۸	۰.۷۱	۰.۰۹	۰.۳۲	محل شماره ۲ (انبار خشک)
۵۶.۹۹	۰.۳۵	۰.۵۶	۰.۱۱	۰.۱۵	محل شماره ۳ (انبار مستعمل)

هر چه مقدار Q_i یک گزینه بالاتر باشد، مقدار U_i آن نیز بالاتر است این مقدار به صورت درصد بیان می شود، یعنی مقدار آن از ۰ تا ۱۰۰ محاسبه می شود و در پایان بر اساس درصد نزدیکی به بهترین گزینه، رتبه بندی گزینه ها انجام می شود. هر چه مقدار U_i یک گزینه بیشتر باشد، اولویت بالاتری خواهد داشت. (شیرویه زاده، ۱۴۰۰)

جدول شماره ۱۱: اولویت بندی گزینه ها

۰.۰۶۳۵۸۳	u	Q	1/S -i	S -i	S +i	
۱	۱۰۰.۰۰	۰.۶۲	۱.۰۰	۰.۰۶	۰.۲۶	محل شماره ۱ (انبار فنی قدیم)
۲	۹۴.۰۰	۰.۵۸	۰.۷۱	۰.۰۹	۰.۳۲	محل شماره ۲ (انبار خشک)
۳	۵۶.۹۹	۰.۳۵	۰.۵۶	۰.۱۱	۰.۱۵	محل شماره ۳ (انبار مستعمل)

۵. بحث و نتیجه گیری

با توجه به اینکه در اجرای برخی از پروژه ها ممکن است هزینه های زیادی را به طرح خود تحمیل کند که نه طراح به آن فکر می کند و نه در بررسی های کارفرمایان نشان داده می شود بنابر این هدف از اجرای مهندسی ارزش در این پروژه ها کاهش هزینه های اضافی می باشد لذا با توجه به اجرای پروژه ی ساخت، نصب و راه اندازی کارخانه پودرهای پروتئینی در یکی از شرکت های فرآورده های لبنیاتی استان فارس مورد بحث قرار گرفت و با توجه به تکنیک های مورد استفاده در مهندسی ارزش و استفاده از روش وزن دهی آنتروپی شانون و روش رتبه بندی کوپراس به این نتیجه دست یافتیم که جهت اجرای این پروژه، با توجه به مساحت مورد نظر جهت اجرای فعالیت، فاصله ی آن تا کارخانه ی پودر، امکان انبارش محصولات تولیدی در انبار، امکان بارگیری و خروج مناسب محصولات تولیدی بعبارتی خیابان دسترسی مناسب، دسترسی به تاسیسات بخار و گاز و اب و برق، نیاز به اجرای فعالیت های ساختمانی و حداقل هزینه، اولویت بندی اجرا به ترتیب با محل شماره ی ۱ (انبار فنی قدیم) که در رتبه ی اول، محل شماره ی ۲ (انبار خشک) در رتبه ی دوم، محل شماره ی ۳ (انبار مستعمل) در رتبه ی سوم قرار دارد و از نظر علم مدیریت و مهندسی ارزش اجرای پروژه در محل شماره ی ۱ از تمامی جهات مقرون به صرفه تر می باشد.

۶. منابع و مآخذ

۱. بهبهانی، حمید، سعید، جغتایی، فرشید، حقیقی، رضا. (۱۳۹۵). تدوین قوانین انگیزشی مطالعات مهندسی ارزش در شرکت ها و سازمان های دولتی (مطالعه موردی: شرکت ساخت و توسعه زیربناهای حمل و نقل کشور)، نشریه علمی پژوهشی امیرکبیر_ مهندسی عمران و محیط زیست، دوره ۴۸، شماره ۱، بهار ۱۳۹۵، صفحه ۷۹ تا ۸۶.
۲. پور رضا، محمد، ذوالنوریان، محمد هادی، عطری و سید عرفان. (۱۳۹۲). کتاب آشنایی با مهندسی ارزش، واحد آموزش مرجع دانش مهندسی ارزش ایران.
۳. حسنی، عصمت. (۲۰۱۲). گسترش کیفیت عملکرد، مهندسی ارزش و ارزیابی هدف و چارچوب یکپارچه در طراحی مدیریت ارزش.
۴. شیرویه زاده، هادی، توکلی، محمد مهدی. (۱۴۰۰)، کتاب مباحثی در تصمیم گیری با معیار های چندگانه، انتشارات شواتیر.
۵. شیرویه زاده، هادی. (۱۴۰۰). کتاب تصمیم گیری با معیار های چند گانه الگوهای ریاضی، انتشاراتی اندیشه عصر.

۶. فراتی، حسن، ناظمی، منیره. (۱۳۹۵). اولویت بندی شاخص های مهندسی ارزش در پروژه های عمرانی دولتی، فصلنامه علمی پژوهشی مدیریت سازمان های دولتی، دوره ۵، شماره ۱.
۷. قربانی، علی. (۱۴۰۱). شناسایی و رتبه بندی مزایا و موانع موجود در پیاده سازی و ارتقاء مهندسی ارزش در پروژه های عمرانی (مطالعه موردی: شرکت مهندسی و توسعه گاز ایران)، نشریه مهندسی سازه و ساخت، دوره ۹، شماره ۲.
۸. کریمی، محمود، سلیمی، محمد حسین. (۱۳۸۷). بهبود بی تردید آموزش کاربردی مهندسی ارزش، موسسه خدمات فرهنگی رسا، تهران
۹. میرزایی، محمد، بدری، وحید، (۱۳۹۲). مهندسی ارزش و ارائه راهکارهای اجرایی در پروژه های ساختمانی (مطالعه موردی پروژه آبیگ قزوین)، همایش ملی مهندسی عمران کاربردی و ستاورد های نوین، کرج.
۱۰. نظری، احد، جمالی هرسینی، ناصر، گلدوست جویباری، یاسر. (۱۳۸۹). کاربرد مهندسی ارزش در بهبود طراحی پروژه های ساختمانی، مجله صفحه، دوره ۲۰، شماره ۳.
۱۱. هوشمند آئینی، علی، صفری، مهدی، صباغ قاسم آبادی و صابر. (۱۴۰۱). ارزیابی تاثیر بکارگیری مهندسی ارزش در کاهش هزینه های پروژه های راه آهن رشت - آستارا، پنجمین کنفرانس بین المللی مطالعات بین رشته ای در مدیریت و مهندسی، تهران.
12. Arnold. (1999). Rick Best & Gerard DE Valence. building in value.
13. Florian, G.H.B, Sebastian, M, Maik, M. (2014), Extended Model for Integrated Value Engineering, Procedia Computer Science.
14. Heralova R. s. (2016), Possibility of Using Value Engineering in Highway Projects. Procedia Engineering, 164,362-367.
15. Isola, A. (1997), Value Engineering: Practical Applications for Design Construction, Maintenance & Operations. John Wiley & Sons Inc. New Jersey: USA.
16. James, J. O, Brien, P.E. (1976).value analysis in design and construction. McGraw-Hill book company.
17. Kavoos, A. (2015), Effect of Value Engineering in construction and project management, Research Journal of Fisheries and Hydrobiology.
18. Llayaraja, K. & Eqyaabal, Z. (2015) Value Engineering in Construction, Indian Journal of Science and Technology, 8(32),1-8.
19. 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.
20. 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.

The application of value engineering in selecting the best project implementation location in dairy factories using Shannon and Kupras entropy methods

Zahra Nezhadheydari^{*1}
Masoumeh Raeeszadeh²
Zahra Yazdanparast³
Mahmoud Qhayoumi⁴

Abstract

The quality of a project has a significant impact on the implementation of value engineering in an organization, and employers try to increase the value of their industrial projects, therefore, considering the high costs, the multitude of stakeholders and project factors, and the need for new ideas in solving problems. Being innovative and overcoming many limitations in projects, value engineering can be an efficient and effective method that can help increase the efficiency and quality of these projects while reducing lifetime costs.

In this research, according to the selection of three locations (No. 1, No. 2 and No. 3) and the implementation of the project of construction, installation and commissioning of the protein powder factory by weighting using the Shannon entropy method and ranking it by the method We have discussed that according to the results obtained from this article, it can be seen that the implementation of the mentioned project in location number 1 has more value and is more economical.

Keywords

Value, project, cost and quality engineering

1. Master's student, Industrial Engineering, Project Management, Zand University, Shiraz, Iran (*Corresponding Author: z.nezhadheydari@gmail.com).
2. Ph.D. student, Department of Industrial Engineering, Faculty of Technology and Engineering, Najaf Abad Branch, Islamic Azad University, Najaf Abad, Iran (masomeh.ideal@gmail.com).
3. Master's student, Industrial Engineering, Project Management, Zand University, Shiraz, Iran (zahrayazdanparast96@gmail.com).
4. Professor and Head of Department, Department of Industrial Engineering, Zand University, Shiraz, Iran (mghayyoomi@gmail.com).