

طراحی مدلی از مهندسی ارزش با استفاده از QFD، جهت بهره‌گیری در مدیریت پروژه‌های ساختمانی

رامین غیاثیان (کارشناس ارشد مدیریت صنعتی - تولید)

مرضیه خرم نژاد (کارشناس ارشد مدیریت فناوری اطلاعات)

شرکت ساختمانی و تاسیساتی سینته (سهامی خاص)

کشور ایران

واژگان کلیدی: صنعت ساختمان - مدیریت پروژه - مهندسی ارزش - آنالیز معیار - گسترش عملکرد کیفیت (QFD)

خلاصه مقاله

۱- مقدمه

امروزه پیاده‌سازی و استفاده از فنون و روش‌های بهبود فعالیت‌ها و کنترل منابع، از الزامات صنایع مختلفی می‌باشد. مهندسی ارزش از جمله این فنون و روش‌هاست که کارایی و اثربخشی خود را در صنایع مختلف به اثبات رسانده و نگاه فرایندی و ویژگی‌های مبتنی بر خلاقیت، آن را به ابزاری نیرومند در صنعت ساختمان برای بهبود در سه عامل کلیدی هزینه، زمان اجرا و کیفیت فنی ساخت، تبدیل نموده‌است. مقاله حاضر منتج از پایان‌نامه‌ای است در جهت سازگار کردن رویکرد مهندسی ارزش با فرآیندهای اجرایی ساخت ساختمان، در این راستا مدلی از مهندسی ارزش با استفاده و بهره‌گیری از رویکرد گسترش عملکرد کیفیت (QFD) طراحی گردیده که قادر است با ویژگی‌های ساختاری صنعت ساختمان و فرآیندهای اجرایی ساخت به سادگی هماهنگ شده و کارایی و اثربخشی رویکرد مهندسی ارزش را در این صنعت با سهولتی بیش از پیش فراهم آورد. مدل پیشنهادی نهایتاً در اجرای ساخت یک ساختمان اداری مورد آزمایش قرار گرفته و برآوردها، صرفه‌جویی به میزان ۱۰٪ را در هزینه و زمان اجرای پروژه را نشان می‌دهند.

بررسی وضعیت طرح‌های عمرانی با توجه به اطلاعات و گزارش‌های نظارتی پروژه‌های عمرانی ملی که توسط سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور، طی سال‌های ۱۳۷۴ تا ۱۳۸۱ منتشر شده [۱]، بیان‌گر آن است که تحقق خاتمه پروژه‌ها طی سال‌های یاد شده، در بهترین حالت، ۴۹/۵٪ (سال ۱۳۷۹) بوده‌است. میانگین وزنی مدت اجرای پروژه‌های عمرانی در سال‌های مورد اشاره در بهترین حالت ۷/۷ سال (تقریباً دو برابر پیش‌بینی‌های صورت گرفته در دوره طراحی) بوده‌است. از سوی دیگر کیفیت اجرای پروژه‌ها نیز مناسب نبوده‌است و تنها ۲/۳٪ از پروژه‌های خاتمه یافته در سال ۱۳۸۱، درجه کیفی عالی دریافت کرده‌اند. بررسی آمار مربوط به سال ۱۳۸۰ (به عنوان نمونه) نشان می‌دهد در این سال، ۶۷ هزار میلیارد ریال اعتبار برای اجرای ۸۸۹۲ پروژه در نظر گرفته شده‌است. در این سال حدود ۶۰/۱ درصد اعتبارات عمرانی پیش‌بینی‌شده، تخصیص داده شده‌است (۱۰٪ کمتر از سال ۱۳۷۹) و ۵۹/۷ درصد از هدف‌های یک‌ساله طرح‌های ملی، محقق گردید. ۶۴/۵٪ پروژه‌ها از برنامه زمان‌بندی عقب مانده‌اند و ۴۱/۵٪ پروژه‌هایی که مقرر بود به بهره‌برداری برسند، به‌تمام رسیدند. در صورت توجه به دلایل تاخیر پروژه‌ها در می‌یابیم که یکی از اصلی‌ترین دلایل طی سال‌های اخیر، کمبود اعتبار تخصیص یافته بوده‌است. این امر، علاوه بر

سرعت اتمام کار، بر کیفیت اجرا نیز موثر است و حتی در بسیاری موارد، توجیه اقتصادی پروژه‌ها را از بین می‌برد [۲].

بر مبنای این واقعیات، در تحقیق حاضر، هدف‌گذاری برای شناسایی رویکردهای مناسب بهبود فعالیت‌ها و فرایندهای ساخت با توجه به ویژگی‌های ساختاری صنعت ساختمان صورت گرفته است. هدف بعدی هماهنگ‌سازی و متناسب‌سازی رویکرد منتخب با ویژگی‌های فرآیندی و فعالیت‌های ساخت ساختمان برای پربارتر کردن نتایج استفاده از آن بوده است. در این راستا می‌بایست مدلی طراحی گردد که توانایی خود را به شکل یکپارچه در بهبود عوامل کلیدی ساخت یعنی هزینه، زمان اجرا و همچنین کیفیت فنی ساخت نشان دهد.

در نهایت، پس از مطالعات صورت گرفته، مدلی از مهندسی ارزش^۱ (VE) در ترکیب با رویکرد کیفی گسترش عملکرد کیفیت^۲ (QFD) طراحی گردید که شرح آن به همراه جزئیات مرتبط با نحوه هماهنگ‌سازی آن با فرایندهای اجرایی ساخت، در این مقاله ارائه خواهند شد. مدل مذکور در اجرای عملی ساخت یک ساختمان اداری مورد استفاده قرار گرفته و نتایج حاصل از آن، بهبود ۱۰٪ را در هزینه‌های ساخت، بهبود ۱۰٪ را در زمان ساخت و بهبود کیفی به لحاظ فن ساخت را از نگاه مهندسين و کارشناسان شرکت پیمانکار متولی ساخت نشان می‌دهد.

با فرض پیاده‌سازی مدل پیشنهادی در کل صنعت، حتی در حد سطح اول پیاده شده در همین تحقیق، می‌توان بهبودهای حاصله را به کل صنعت نیز تعمیم داد و این بهبودها در بعد کلان صنعت، به ارقامی تبدیل خواهند شد که تداوم آن‌ها، پروژه‌ها و طرح‌های عمرانی و غیرعمرانی بیشتر و بهتر را به همراه خواهند داشت، که مسیر نهایی آن، به سمت رشد بیشتر اقتصادی و توسعه پایدار خواهد بود.

۱-۱- مهندسی ارزش، رویکردی مناسب جهت بهبود در صنعت ساختمان

با خصوصیات و ویژگی‌هایی که مهندسی ارزش دارد، امکان بهره‌گیری و استفاده از آن در بسیاری از پروژه‌ها و فعالیت‌ها فراهم می‌باشد. مهندسی ارزش تاکنون بیشترین کاربرد را در زمینه‌های ذیل داشته است [۳]:

طرح‌ها و پروژه‌های عمرانی - طرح‌ها و پروژه‌های صنعتی - طرح‌ها و پروژه‌های کشاورزی - طرح‌ها و پروژه‌های حمل و نقل - طرح‌ها و پروژه‌های خدماتی.

انجام مهندسی ارزش در پروژه‌های مذکور، منجر به میلیون‌ها دلار صرفه‌جویی در کشورهای مختلف گردیده و نرخ بازگشت سرمایه را حتی به نسبت ۱ به ۱۴۵ نیز رسانیده است.

با توجه به قابلیت‌های گسترده مهندسی ارزش در بهبود راه‌حل‌ها و حل مسائل، معیارهای متعددی را می‌توان برای انتخاب یک پروژه برای انجام مطالعه مهندسی ارزش تعریف نمود که عبارتند از:

هزینه سرمایه‌گذاری (ساخت و اجرا)، هزینه‌های بهره‌برداری، تکرارپذیری، پیچیدگی، محدودیت منابع پروژه، روش اجرا، میزان پیشرفت پروژه، ارائه تنها یک گزینه برای پروژه، پروژه دارای اشکال‌های عملکردی، پروژه دارای مشکلات ایمنی یا زیست محیطی، تغییر در محدوده پروژه، پروژه‌های دارای ریسک بالا، اقلام انحصاری.

بعضی از معیارهای یاد شده فی نفسه حایز اهمیت می‌باشند و برخی دیگر متناسب با شرایط پروژه نمود پیدا می‌کنند. چیزی که از مقایسه ویژگی‌های ساختاری صنعت ساختمان و فرایندهای ساخت با این معیارها حاصل می‌شود، این است که اگر مهندسی ارزش بهترین کارایی را در صنعت ساختمان نسبت به صنایع دیگر نداشته باشد، قطعاً یکی از بهترین صنایع مورد هدف صنعت ساختمان خواهد بود. این هماهنگی تا بدانجاست که عملاً به نظر می‌رسد در نگاه کلان، مهندسی ارزش دارای بهترین قابلیت تطابق‌پذیری با صنعت ساختمان نسبت به سایر رویکردهای بهبود مورد استفاده در صنایع مختلف است.

جهت طراحی و هماهنگ‌سازی مدل پیشنهادی، می‌بایستی فرآیند مطالعاتی برنامه مهندسی ارزش هم‌زمان با فرایند ساخت ساختمان در محث مدیریت پروژه، تحلیل گردد و با دیدی خلاقانه راه‌کارهای تطابق در یک برنامه مدیریت پروژه ساختمانی ارائه گردد.

۲- پیش‌بینی نتایج هزینه‌ای، زمانی و کیفی روش‌های معمول ساخت

در این جا از همان روشی استفاده می‌شود که شرکت‌ها در هنگام شرکت در مناقصات از آن برای محاسبه قیمت پیشنهادی خود استفاده می‌کنند.

اصولاً در صنعت ساختمان دو روش برای محاسبه هزینه معمول پروژه در دست طراحی وجود دارد.

۱- در روش قدیمی‌تر موسوم به «متر مربع زیربنا»، محاسبه بر مبنای نقشه‌ها و مصالح و مکان اجرای پروژه، در کل توسط مهندسين محاسبه می‌گردد و سپس با توجه به مترآژ کلی کار، هزینه هر متر مربع کار محاسبه می‌شود. سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی برای تسهیل در محاسبه هزینه معمول کار در این روش چارچوب کلی‌ای را اعلام نموده که مهندسان بر اساس آن و با میزانی از تغییرات متناسب با خصوصیات ویژه هر ساختمان می‌توانند به پیش‌بینی‌ای از هزینه اجرای یک پروژه ساختمانی مطابق روش‌های معمول دست یابند. این چارچوب شامل مجموعه فعالیت‌هایی است که برای ساخت یک سازه ساختمانی انجام می‌گیرد و هزینه معمول هر یک نیز بر حسب درصدی از کل، در مقابل آن درج شده است. این روش، امروزه دیگر کمتر کاربرد دارد و ایراد آن نیز در دقت کم آن برای تخمین هزینه پروژه و همسان نبودن نتایج حاصل از به کارگیری آن توسط شرکت‌های مختلف است.

۲- اما روشی که دارای قابلیت تخمین دقیق‌تری است و امروز در اکثر پروژه‌های ساختمانی جهت برآورد هزینه اجرای پروژه در مرحله طراحی مورد استفاده قرار می‌گیرد، روش «فهرست بهای واحد پایه» نام دارد. سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی هر ساله مجموعه بخشنامه‌هایی را تحت عنوان

1- Value Engineering

2- Quality Function Deployment

«فهرست بهای واحد پایه» رشته‌های مختلف به سازمان‌های اجرایی اعلام می‌دارد که در آن حد استاندارد از هزینه واحد انواع فعالیت‌ها (در فهرست‌های طبقه‌بندی‌شده) را بر مبنای قیمت‌های جاری آن سال اعلام می‌دارد. به عنوان مثال در صنعت ساختمان، ۳ بخشنامه سالانه در رشته‌های ابنیه، تاسیسات برقی و مکانیکی اعلام می‌گردد که در آنها هزینه واحد پایه فعالیت‌های ساختمانی بر مبنای قیمت‌های جاری قید می‌گردد. نکته مهمی که در این جا وجود دارد و در این تحقیق مد نظر می‌باشد این است که بهای واحد پایه این اقلام بر اساس روش‌های اجرایی معمول محاسبه می‌شود و سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی در محاسبات، از آخرین قیمت‌های جاری بازار در مورد تک تک اجزاء تشکیل دهنده این فعالیت‌ها استفاده می‌کند.

در فاز طراحی پروژه‌های ساختمانی، در طی مراحل سه گانه طراحی مفهومی، توسعه طراحی و اسناد ساخت و هم‌زمان با تهیه پلان‌ها و نقشه‌های ساختمان، مهندسان طراح بر اساس همین اقلام فعالیت‌های پایه فهرست بها میزان هزینه استاندارد ساختمان را پیش‌بینی می‌کنند و متناسب با طرح مورد نظر خود مدام تغییراتی را در آن لحاظ می‌کنند تا در نهایت به جمع‌بندی نهایی برسند.

در قراردادهای اجرا و تامین و اجرا که شکل بیشتر معمول قراردادهای ساخت در صنعت هستند، در زمان برگزاری مناقصه بین پیمانکاران متقاضی انجام کار، به جز نقشه‌های ساختمان و اعلام شرایط و زمان مورد نظر کارفرما و مشاور برای اتمام کار، دفترچه‌ای نیز به پیمانکاران داده می‌شود که در آن برآورد استاندارد اجرای پروژه بر اساس اقلام فهرست بهای مرجع آمده‌است و از شرکت‌کنندگان خواسته می‌شود تا قیمت پیشنهادی خود را بر مبنای درصدی (پلوس یا مینوس) از این برآورد ارائه نمایند.

در زمینه زمان انجام پروژه کار کمی سخت‌تر است و دلیل این سختی نیز تفاوت بین ساختمان‌های مختلف با یکدیگر است که باعث می‌شود هر یک دارای نیازمندی‌های اجرایی متفاوتی باشند و این موضوع رسیدن به یک استاندارد زمانی را با مشکل مواجه می‌سازد. معمولاً در پروژه‌های ساخت، مهندسین طراح زمان انجام فعالیت‌ها و فرایندها را بر اساس روش‌های معمول ساخت مخصوص هر ساختمان برآورد می‌نمایند. این عمل، با در نظر گرفتن پیش‌نیازهای لازم و روش ساخت انجام می‌گیرد و به منظور کنترل آن در طول اجرا، از روش‌های کنترل پروژه استفاده می‌گردد.

استفاده از یک برنامه کنترل پروژه در کنار مهندسی ارزش موجب بالاتر رفتن اثربخشی مدل پیشنهادی خواهد گردید. در این راستا، استفاده از برنامه‌های کنترل پروژه مانند Primavera، MSP و ... بسیار مثرتر خواهد بود. از این طریق، به جز کنترل زمان، می‌توان با تعریف منابع مورد نیاز هر فعالیت و اختصاص قیمت ریالی به هر واحد از آن، نسبت به تسطیح مقداری و ریالی منابع و کل پروژه در طول فرایند اجرا نیز اقدام نمود که نقش مهمی را در تسهیل فعالیت پیمانکاران بر عهده دارد. اما سوالی که در این جا مطرح می‌شود این است که چگونه می‌توان ارتباط مناسبی بین برآورد هزینه‌ای از طریق اقلام فهرست بهای

مرجع و برنامه زمان‌بندی و ارقام مقداری و ریالی مربوط به منابع فعالیت‌های آن برقرار کرد؟

در عمل، این کار توسط نرم‌افزاری به نام «تدبیر» به راحتی صورت می‌گیرد. این نرم افزار که ساخت ایران و با زبان فارسی نیز می‌باشد، خود برآوردهای هزینه‌ای را انجام می‌دهد و در آنالیز قیمت، تهیه متره و صورت حساب مالی و یک سری از محاسبات مربوط به اجرای کار توانایی بالایی دارد و در نهایت با برقراری ارتباط با نرم افزار MSP اطلاعات خام خود را به شکل خودکار وارد برنامه زمان‌بندی آن می‌کند و تنظیمات نهایی را به عهده کاربر می‌گذارد.

اما برآورد در مورد مشخصه‌های فنی و کیفی پروژه همان چیزی است که اصولاً طرح اولیه بر مبنای آن تهیه می‌گردد. مهندسین، با محاسبه شقوق مختلف کار با منابع، تجهیزات، اشکال و روش‌های مختلف ساخت یک ساختمان و در نظر گرفتن شاخص‌های فنی و کیفی مربوط به مقاومت، سبکی، استحکام و ... به طراحی یک پروژه ساخت می‌پردازند و بر آن اساس نقشه‌ها و هزینه و زمان مورد نیاز انجام کار را تخمین می‌زنند که البته این موارد خود نیز به عنوان ملاک‌های طراحی مطرح هستند و در واقع ارتباط بین سه عامل هزینه، زمان و مشخصات فنی و کیفی، ارتباطی چرخشی و هم پوشا است.

معمولاً شرکت‌ها یا مهندسین ناظر مسئولیت نظارت بر کیفیت اجرای کار را بر عهده دارند و اجرای عملیات کیفی نیز بر عهده پیمانکار می‌باشد. در صنعت ساختمان، کیفیت مطلوب کیفیتی است که با توجه به طرح ساختمان دارای کمترین نقص باشد. ممیزی کیفیت، در طول اجرای پروژه‌های ساخت به شکل مداوم توسط کارفرما، مشاور و ناظر صورت می‌گیرد که بیشتر جنبه حراست از تطابق با نقشه‌ها را دارد و در انتها و زمان تحویل کار، یک بررسی دقیق‌تر میزان نقص‌های ساختمان را تعیین می‌کند که با اقدامات اصلاحی پیمانکار، تحویل صورت می‌گیرد. صرف‌نظر از این موضوع، در این تحقیق سعی بر آن بوده‌است تا به مساله کیفیت به دید روشی برای انجام بهتر کارکرد^۲ نگریسته شود و این مساله‌ای است که در انتهای تحقیق می‌تواند با آنچه که در طرح‌ها پیش‌بینی شده بود، توسط مهندسان مورد مقایسه قرارگیرد و نسبت به مدل پیشنهادی ابراز عقیده گردد.

۳- مدل سازی

نحوه برخورد و استفاده از مهندسی ارزش در صنعت ساختمان بسته به نوع قرارداد که می‌تواند یکی از حالات اجرا، تامین و اجرا، طرح و تامین و اجرا و بسازوبفروشی باشد، متفاوت خواهد بود و میزان احتیاج به استفاده از رویکرد مهندسی ارزش و همچنین اجراکنندگان و ذی‌نفعان آن تغییر خواهند کرد. اما به‌هرحال درون‌مایه و روش استفاده از آن در همه این موارد بسته به لحاظ ویژگی‌های ساخت‌وساز، از بهترین زمان شروع آن در مرحله طراحی گرفته تا جزئی‌ترین موارد درون‌فرایندی برابر و یکی است.

تنها گاهی به خاطر وجود یا عدم وجود بعضی از عوامل پروژه (کارفرما، مشاور و ...) نقش آنها در فرایند استفاده از مهندسی ارزش به جایگزینشان واگذار می‌گردد.

۳-۱- اجزاء مرحله طراحی در پروژه‌های ساختمانی [۴]

طراحی شماتیک یا طراحی مفهومی^۱

در این مرحله کلیات تسهیلات مورد نظر شکل می‌گیرد و در صورتی که در انتهای مرحله این کلیات به تصویب کارفرما برسد، طرح برای پرداختن به جزئیات وارد مرحله توسعه طراحی خواهد شد.

توسعه طراحی^۲

در این مرحله به جزئیات طراحی پرداخته خواهد شد و تخمین‌های طراحی برای ابعاد، اندازه‌ها و احجام مرحله قبل به اندازه‌های عددی مشخص، تبدیل می‌شوند.

اسناد ساخت^۳

در این مرحله از طراحی آخرین تغییرات و اصلاحات مورد نیاز برای رسیدن به مشخصات قطعی جهت تهیه اسناد و نقشه‌های ساخت اعمال می‌شود.

خروجی هر یک از مراحل فوق در بخش‌های ۱- طراحی معماری ۲- طراحی سازه‌ای ۳- طراحی مکانیکی ۴- طراحی الکتریکی ۵- طراحی چشم‌انداز ۶- طراحی داخلی، طبقه‌بندی می‌گردد.

۳-۲- معیارهای ارزیابی طراحی [۴]

برای مساله و نیاز کارفرمای یک پروژه ساختمانی، تنها یک پاسخ و یک طرح وجود ندارد بلکه با توجه به دیدگاه مشاور یا طراحان می‌توان پاسخ‌های گوناگونی برای آن یافت. چنانچه در هر یک از بخش‌های مرحله طراحی یعنی: ۱- طراحی معماری ۲- طراحی سازه‌ای ۳- طراحی مکانیکی ۴- طراحی الکتریکی ۵- طراحی چشم‌انداز و ۶- طراحی داخلی، تغییری حاصل شود، یک گزینه طراحی جدید به دست می‌آید.

در مورد یک ساختمان مشخص به طور بالقوه می‌توان بی‌شمار گزینه طراحی داشت که البته تمام آنها مناسب و ارزشمند نمی‌باشند. برای آنکه بتوان در مورد گزینه‌های طراحی و مناسب بودن آنها قضاوت کرد، باید ابتدا معیارهای مناسبی در اختیار داشت و آن‌گاه باید گزینه‌ها را با توجه به برآورده کردن آن معیارها مورد سنجش قرار داد.

در مدل پیشنهادی، برنامه کار مهندسی ارزش از مرحله طراحی در دوره عمر پروژه آغاز می‌شود و مراحل فرایند آن، یکی پس از دیگری طی می‌شوند.

در مرحله پیش مطالعه، تیم مهندسی ارزش که متشکل از افرادی از بخش‌های مختلف شرکت و با تخصص‌های

مختلف هستند، شکل می‌گیرد. تیم مزبور پس از سازماندهی، نسبت به تعیین اهداف و تعریف محدوده مطالعه اقدام می‌نماید. این تیم، در ابتدای کار بایستی برآوردی از هزینه، زمان و کیفیت اجرای پروژه ساخت با روش‌های معمول را بر اساس فهرست بهای اقلام فعالیت‌های ساختمانی به انجام رساند. سپس هم‌زمان با پیشرفت طراحی ساختمان و تهیه نقشه‌ها و برآوردهای اجرا، تیم مذکور وارد مرحله اصلی مهندسی ارزش یا فاز اطلاعات می‌شود. در این مرحله، گام‌های زیر برداشته می‌شوند:

تشخیص و تعریف کارکردها- طبقه‌بندی کارکردها- ساخت مدل‌های کارکردی و تعیین رابطه بین کارکردها- تعیین میزان اهمیت کارکردها- تعیین هزینه کارکردها- تعیین شاخص ارزش- انتخاب کارکردهایی برای مطالعه.

برای تشخیص و تعریف کارکردهای یک ساختمان بایستی از نظر عوامل دخیل در یک پروژه ساختمانی بهره گرفت. تیم مهندسی ارزش باید از طریق مصاحبه و پرسشنامه، کارکردهایی را که به نظر کارفرما، مشاور، پیمانکار و بهره‌بردار ساختمان می‌رسند جمع‌آوری کرده و آنها را با یک اسم و یک فعل تعریف نماید (این داده‌ها، بعداً در خانه‌های کیفیت QFD نیز به کار خواهند رفت). اما کلیت این کار و این پروسه تحقیقی قبلاً توسط محققین دیگری صورت گرفته و نتایج گردآوری شده به گونه‌ای است که به راحتی می‌توان از آن‌ها برای تعریف کارکردهای خاص هر ساختمان دیگری استفاده نمود. به‌طورکلی معیارها یا کارکردهای کلی ارزیابی طراحی ساختمان در جدول (۱) آورده شده‌اند.

1- Schematic or Conceptual Design

2- Design Development

3- Construction Documents

جدول ۱- معیارهای ارزیابی طرح ساختمان [4]

نام معیار	اجزاء معیار
ایمنی	ایمنی زلزله- ایمنی آتش سوزی- ایمنی سرقت- ایمنی سقوط- ایمنی ضربه
کارآیی یافتن	تعدد فضاها- کفایت فضاها- ترکیب فضاها- ارتباطات- کنترل حریم‌ها- بازده فضاها- کنترل نور فضاها- تفکیک فضاها
زیبایی	هماهنگی- رنگ- فرم و شکل- بافت
عملکرد انسانی	آسایش حرارتی- آسایش صوتی- تهویه و رطوبت- فضا و چشم انداز- شرایط فیزیکی بدن- محیط روانی
قابلیت نگهداری و توسعه	قابلیت توسعه- سهولت تعمیر و نگهداری- انعطاف‌پذیری- دوام
اجرا	سرعت اجرا- اطمینان از کیفیت- قابلیت ساخت (ساخت‌پذیری)
هزینه اولیه	هزینه مصالح- هزینه صعوبت اجرا- هزینه نیروی انسانی
هزینه دوره عمر	هزینه تعمیر و نگهداری- هزینه انرژی- هزینه حقوق پرسنل

۴. ماتریس‌های ارتباطات و همبستگی در خانه‌های کیفیت QFD به خوبی می‌توانند توسط تیم مهندسی ارزش به عنوان داده‌هایی مطلوب جهت ارائه راه‌حل‌های خلاقانه مورد بهره‌برداری قرار گیرند.

۵. QFD می‌تواند به خوبی کار متد آنالیز معیار را جهت محاسبه میزان درصد اهمیت کارکرد، بر عهده بگیرد.

از این‌جای کار، برنامه کار مهندسی ارزش به طور هماهنگ با برنامه کار QFD به پیش می‌رود. بنابراین، کارکردهای اصلی شناسایی شده برای ساختمان، وارد ماتریس نیازهای مشتری در خانه کیفیت می‌شوند.

باید در نظر داشت که روند کار باید به‌گونه‌ای پیش برود که بتوان در انتها، نتایج مطالعه را با برآوردهای هزینه‌ای، زمانی و کیفی روش‌های معمول ساخت که در ابتدای شروع مطالعات انجام شده‌اند مقایسه نمود.

در این مدل، تا ۲ مرحله (خانه) از خانه‌های کیفیت QFD را به پیش می‌رویم. در QFD، خانه اول، ماتریسی است که نیازمندی‌های مشتری را به نیازمندی‌های طراحی و مهندسی ترجمه می‌کند و خانه دوم ماتریسی است که نیازمندی‌های طراحی و مهندسی را به مشخصه‌های قطعه یا محصول ترجمه می‌نماید. اما در مدل پیشنهادی، ماتریس‌های اول و دوم به این صورت عمل خواهند کرد که، ماتریس اول کار ترجمه معیارهای طراحی به فرایندهای ساخت (شکل ۱) و ماتریس دوم کار ترجمه فرایندهای ساخت به فعالیت‌های ساختمانی و اقلام فهرست بها را به عهده خواهد گرفت.

از این معیارهای شناسایی شده می‌توان برای تعریف کارکردهای هر ساختمان فرضی استفاده نمود. اما اینها کارکردهای کلیدی و اصلی را تشکیل می‌دهند.

۳-۳- QFD رویکردی برای غنی‌سازی مهندسی ارزش [۵]

در این‌جا به نحوه استفاده از QFD در مدل پیشنهادی و منافعی که از این طریق می‌تواند عاید گردد اشاره می‌شود. QFD ابزاری است که صدای مشتری را به نیازمندی‌های طراحی مهندسی محصول ترجمه می‌نماید. صدای مشتری چیست؟ اگر با دید مهندسی ارزش بخواهیم به قضیه نگاه کنیم، صدای مشتری چیزی نیست جز همان کارکردهای اصلی محصول.

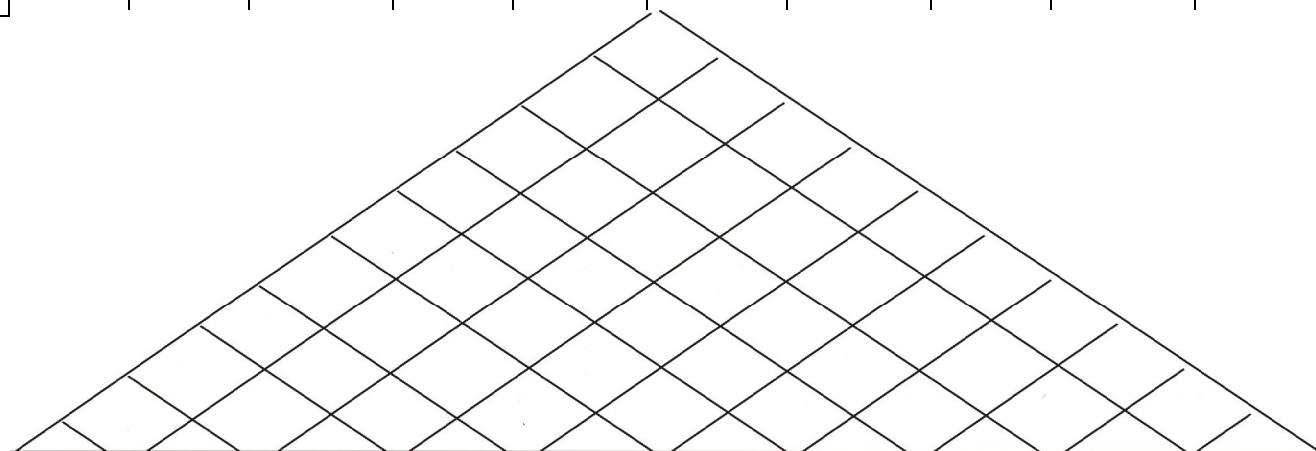
استفاده و ترکیب QFD با مهندسی ارزش از چند حیث می‌تواند مفید واقع گردد:

۱. QFD می‌تواند در مرحله اول، کار رتبه‌بندی صدای مشتری یا کارکردهای اصلی یک محصول را بر عهده بگیرد و از این طریق به تیم مهندسی ارزش کمک نماید.

۲. QFD به مانند مهندسی ارزش از مفهومی تیمی در پیش‌برد فرآیندش استفاده می‌نماید و جالب آنکه در QFD هم، اعضای تیم بایستی از بخش‌های مختلف سازمان یا شرکت انتخاب گردند که این کمک می‌نماید، تا با تشکیل یک تیم خبره بتوان به نحو مطلوبی از استفاده و تلفیقی این رویکرد کیفی سود برد.

۳. از طریق خانه‌های کیفیت QFD می‌توان روابط بین کارکردهای اصلی و فرعی را به خوبی نشان داد و از این طریق به درک و طبقه‌بندی بهتر کارکردها کمک کرد.

ایمنی	تخریب و خاکبرداری	فونداسیون	اسکلت	سقف سازی	سفت کاری	کف سازی	نازک کاری	نما سازی	کاشی و سرامیک	نقاشی	اهمیت برای عوامل	اندازه هدف	فاکتور بزرگ نمایی	نقاط فروش	وزن مطلق
ایمنی								شکل ۱- خانه اول							
کارایی یافتن															
زیبایی															
عملکرد انسانی															
قابلیت نگهداری و توسعه															
اجرا															
درجه سختی فنی															
اندازه هدف															
وزن مطلق															
وزن نسبی															



قسمت پیچیده این مرحله، شناسایی کارکردهای زیرمجموعه (فرایندهای ساخت و فعالیت‌های ساخت) و تعیین روابط و وابستگی آنها در ماتریس‌های QFD می‌باشد که بایستی توسط تیم مطالعه صورت پذیرد که شامل گام‌های طبقه‌بندی شده کارکردها و تعیین روابط آنها از مرحله اطلاعات متد مهندسی ارزش می‌باشد. این کار توسط کاتالیزوری به نام تکنیک FAST^۱ که از تکنیک‌های مورد استفاده در مهندسی ارزش است مقدور خواهد بود و روابط بین کارکردها در ماتریس‌های همبستگی و ارتباطات نیز بر اساس آن و توسط تیم مطالعه تکمیل خواهند شد.

۳-۴- محاسبه شاخص ارزش^۲

در این مرحله شاخص ارزش را برای هر کارکرد محاسبه می‌نماییم. گفتیم که شاخص ارزش عبارت است از کسری که در آن درصد نسبی اهمیت هر کارکرد تقسیم بر درصد نسبی هزینه ایجاد آن کارکرد می‌شود:

$$\text{شاخص ارزش} = \frac{\% \text{ اهمیت}}{\% \text{ هزینه}}$$

در مهندسی ارزش، درصد نسبی هزینه هر کارکرد با محاسبات هزینه‌بایی بر مبنای فعالیت^۳ (ABC) توسط تیم مطالعات و با کمک مشاوران مالی و تولید انجام می‌پذیرد.

در مدل پیشنهادی برای صنعت ساختمان، محاسبه درصد نسبی هزینه هر کارکرد بسیار ساده‌تر خواهد بود. از آنجا که تعیین و تعریف کارکردها در این صنعت به صورت اقلام فهرست‌بها پیشنهاد شده‌است، به راحتی می‌توان از طریق رجوع به کتاب فهرست‌بهای مرجع و محاسبه مقدار کاربرد هر قلم از فعالیت‌های فهرست‌بها در پروژه ساخت و ضرب آن در مبلغ درج شده در مرجع، میزان هزینه تک تک اقلام پروژه را محاسبه نمود و با تقسیم میزان هزینه هر یک از آنها بر هزینه کل، درصد نسبی هزینه آن را محاسبه کرد. در مورد کارکردهای سطح بالاتر (فرایندهای ساخت و معیارهای طراحی) هم روند کار به این صورت است که بایستی جمع هزینه اقلام زیرمجموعه آنها را که قبلاً توسط مهندسین تیم تعیین گردیده‌اند محاسبه نمود و در نهایت هزینه هر یک از آنها را بر هزینه کل تقسیم کرد تا درصد نسبی هزینه‌ها به دست آید.

اما در مورد محاسبه درصد نسبی اهمیت هر کارکرد، کار کمی سخت می‌شود. در اینجا دیگر معیار عینی‌ای به مانند هزینه‌ها وجود ندارد تا بتوان به راحتی آن را استخراج نمود و میزان اهمیت یک کارکرد را محاسبه کرد.

برای به دست آوردن درصد اهمیت معمولاً از روش مقایسه دوه‌دو استفاده می‌شود. یعنی کارکردها وارد یک جدول می‌شوند، دوه‌دو باهم مقایسه می‌شوند، امتیازی برای‌شان در نظر گرفته می‌شود و در نهایت اهمیتی برای هریک از کارکردها تعیین می‌گردد. اما این روش از دقت و

روایی بالایی برخوردار نیست و نمی‌تواند چندان مورد اعتماد واقع گردد.

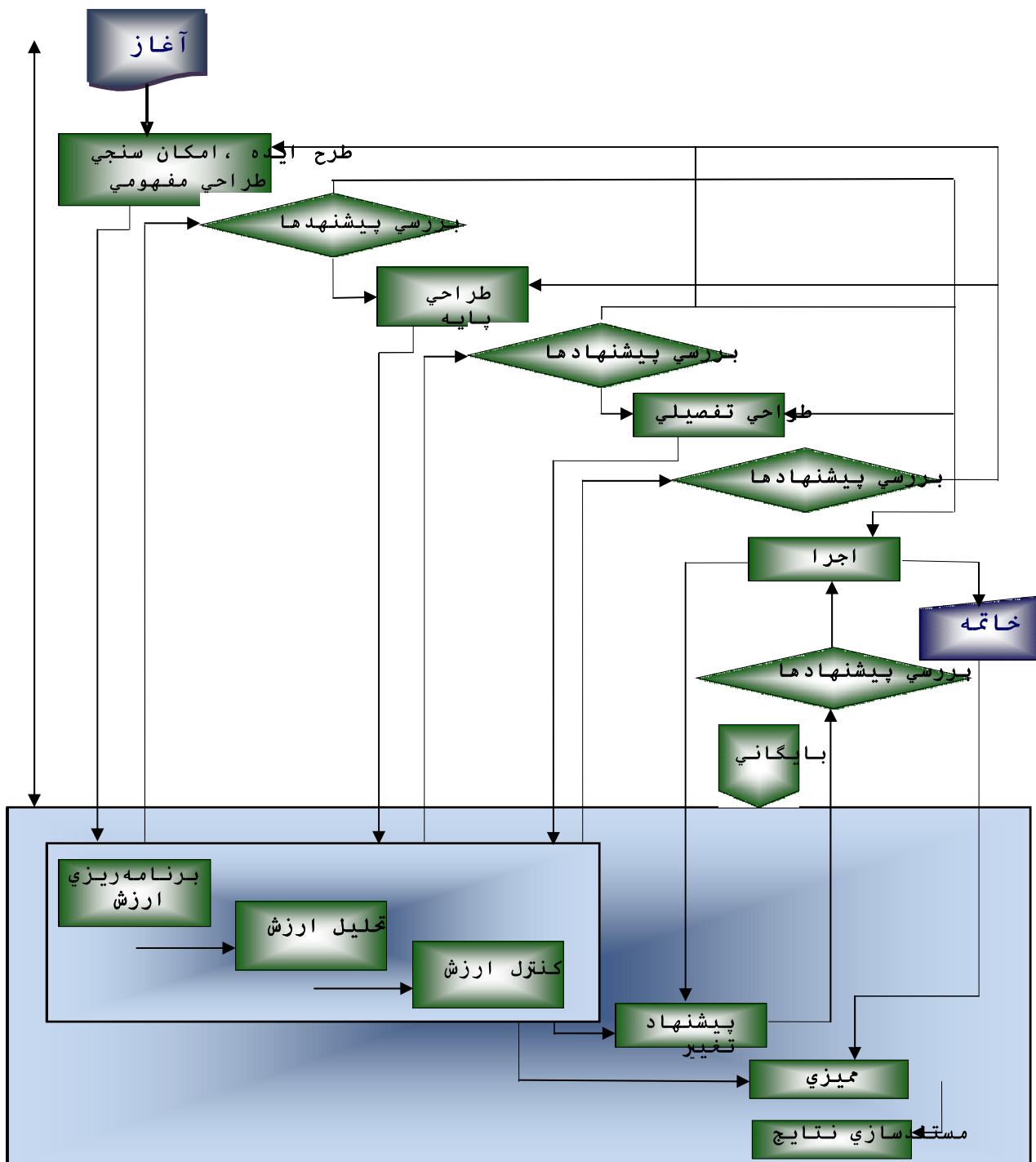
روشی که در این جا توصیه می‌گردد و استفاده آن امروزه در مهندسی ارزش کاملاً باب شده‌است، استفاده از متد آنالیز معیار می‌باشد. آنالیز معیار، روشی برای ترکیب قضاوت‌های افراد و گروه‌ها، در دسترسی به مقادیر کمی برای عوامل معین و عوامل غیرقابل لمس، به منظور ارزیابی گزینه‌هاست. ولی این متد نیز در آنجایی که باید به هر یک از معیارها وزنی تخصیص یابد و سپس بر اساس آن گزینه‌ها مورد ارزیابی قرار بگیرند، می‌تواند چالش‌برانگیز و تاحدودی با روایی نه چندان بالایی همراه باشد.

اگر نگاهی به روش انجام محاسبات در خانه‌های کیفیت رویکرد QFD بیاندازیم و چگونگی بدست آوردن وزن مطلق و وزن نسبی کارکردها را در نظر بگیریم، آنچه که دیده می‌شود همان متد آنالیز معیار است که با پیش‌زمینه‌ای بهتر و در بستری تحلیلی‌تر به محاسبه درصد نسبی اهمیت هر یک از کارکردهای لیست شده می‌پردازد. نتیجه روشن است، وزن نسبی‌ای که در انتهای ماتریس‌های خانه کیفیت QFD به دست می‌آید، همان درصد اهمیت کارکردهاست که مورد محاسبه قرار گرفته‌است. پس در این جا هم QFD نقش خود را به عنوان یک کاتالیزور برای بهینه‌ساختن رویکرد مهندسی ارزش در صنعت ساختمان نشان می‌دهد.

بعد از تقسیم درصد اهمیت هر کارکرد بر هزینه آن و محاسبه شاخص ارزش، نوبت به رسم نمودار ارزش می‌رسد. در اینجا بایستی نسبت به رسم دو نمودار اقدام نمود که هر یک متناسب با یکی از خانه‌های کیفیت QFD خواهند بود. در یک نمودار، منحنی شاخص ارزش مربوط به کارکردهای سطح اول یا همان فرایندهای ساخت، رسم خواهد گردید که درصد نسبی اهمیت آنها (در خانه کیفیت اول) و همچنین درصد نسبی هزینه‌اشان به طور جداگانه مورد محاسبه قرار می‌گیرد و در نمودار دوم، منحنی شاخص ارزش مربوط به کارکردهای سطح دوم یا همان فعالیت‌ها و اقلام ساخت، رسم خواهد گردید که درصد نسبی اهمیت آنها در خانه کیفیت دوم مورد محاسبه قرار خواهند گرفت.

در حالت بهینه و در زمانی که از نظر تیم، به لحاظ هزینه، زمان و ... مشکلی نباشد، می‌توان نسبت به انتخاب و بهبود همه کارکردها اقدام نمود ولی معمولاً چنین چیزی امکان‌پذیر نیست و در نمودار شاخص ارزش، کارکردهایی که دارای شاخص ارزش کمتر از یک تشخیص داده می‌شوند برای بهبود انتخاب می‌گردند.

هنگامی که کارکردهای سطح اول را برای بهبود انتخاب می‌کنیم، به دنبال روش‌هایی خلاقانه برای بهبود آنها در رسیدن به اهداف کلان طراحی ساختمان هستیم و در این راه به تغییر در فرایندهای ساخت متوسل خواهیم شد و هنگامی که کارکردهای سطح دوم را برای بهبود انتخاب می‌کنیم، به دنبال روش‌های خلاقانه‌ای برای بهبود فرایندهای ساخت از طریق ایجاد تغییراتی در فعالیت‌های جزء ساخت خواهیم بود. این دو در کنار هم و در مجموع می‌توانند تاثیر مثبتی را بر بهبود بهره‌وری کل پروژه ساخت ایفا نمایند.



شکل ۲- فرایند مدیریت ارزش در پروژه های ساختمانی

پروژه نظیر MSP و برنامه‌های آماری نظیر آزمون موزت استفاده می‌گردد.

مدل مهندسی ارزش مطرح‌شده در این مقاله به شکل تحقیقی در اجرای ساخت یک ساختمان اداری ۵ طبقه با ۷۰۰ متر زیربنا اجرا گردید. پیشنهاداتی برای بهبود پروژه ارائه گردید و نتیجه حاصل، بهبود ۱۰٪ در هزینه‌های ساخت نسبت به برآورد استاندارد، بهبود ۱۰٪ در مجموع زمان اجرای پروژه نسبت به برآورد اولیه، و رضایت عوامل ساخت نسبت به کیفیت فنی پروژه را دربرداشت.

منابع و مآخذ

۱. گزارش‌های نظارتی پروژه‌های عمرانی ملی سال‌های ۱۳۷۴ تا ۱۳۸۱. معاونت امور فنی سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور.
۲. جبل‌عاملی، محمد سعید، قوامی‌فر، سعید، و عبایی، مزدک. (۱۳۸۳). جایگاه مهندسی ارزش در مدیریت پروژه. سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی.
۳. سیاسی، حسن. "مدل مدیریت ارزش در پروژه‌های تحقیقاتی". مجموعه مقالات دومین کنفرانس مهندسی ارزش. برگرفته از www.sive.org.
۴. جمالی‌هرسینی، ناصر. (۱۳۸۴). ارائه روشی برای ارزیابی گزینه‌های مختلف در طراحی ساختمان با رویکرد مهندسی ارزش. دانشگاه تربیت مدرس. پایان‌نامه کارشناسی ارشد.
۵. غیاثیان، رامین. (۱۳۸۶). طراحی مدل کاربردی از مهندسی ارزش با استفاده از QFD جهت بهره‌گیری در مدیریت پروژه‌های ساختمانی. دانشگاه علامه طباطبائی. پایان‌نامه کارشناسی ارشد.
۶. علی‌نژاد، علیرضا. (۱۳۸۱). چگونگی بکارگیری مهندسی ارزش با استفاده از QFD و MCDM. دانشگاه تربیت مدرس، دانشکده فنی مهندسی. پایان‌نامه کارشناسی ارشد.
۷. قوامی‌فر، کامران. (۱۳۸۱). راه کارهای اجرایی مهندسی ارزش در پروژه‌های عمرانی. دانشگاه تهران، دانشکده فنی. پایان‌نامه کارشناسی ارشد.
۸. مجموعه دستورالعمل‌های مطالعات مهندسی ارزش در دوره پیش از عملیات اجرا و ساخت. ۱۳۸۴/۱۲/۱۴. بخشنامه سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی، معاونت امور فنی، ۱۰۰/۲۱۵۹۱۹.
۹. دستورالعمل‌های مهندسی ارزش در دوره ساخت. ۱۳۸۳/۷/۲۹. بخشنامه سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور.

ادامه کار در مدل پیشنهادی، به مراحل بعدی مهندسی ارزش می‌پردازد که در پروژه ساخت به اجرا درمی‌آیند و پیشرفت کار به صورت استاندارد خود خواهد بود. آنچه که در این بخش می‌توان به آن اشاره کرد این است که اصولاً در ساخت ساختمان، با معیارهای گوناگونی در تشخیص راه‌حل‌های پیشنهادی برای بهبود کارها مواجه هستیم. دلیل آن نیز به ماهیت ساخت ساختمان برمی‌گردد و اینکه هر تغییری در هر جزئی می‌تواند به تغییر عناصر و اجزای بسیار دیگری بیانجامد و گاه حتی به تغییر در کل طرح ساختمان. از این رو در فاز ارزیابی از مراحل مهندسی ارزش، استفاده از روش‌های حل مسائل با معیارهای چندگانه^۱ و به خصوص برنامه‌ریزی آرمادی^۲ و فرایند تحلیل سلسله مراتبی^۳، راه‌گشا خواهد بود.

در پایان مطالعات و پس از اجرای ساخت ساختمان، با بررسی معیارهای هزینه، زمان و کیفیتی که از قبل تعیین و برآورد شده بود و مقایسه آنها با نتایج حاصل از اجرای کار مبتنی بر مدل پیشنهادی و همچنین در نظر گرفتن زمان و هزینه‌ای که انجام مطالعات ارزش دربرداشته، می‌توان به یک جمع‌بندی، از مفید یا غیرمفید بودن مدل پیشنهادی دست یافت و در صورت مفید بودن آن، نسبت به پیشنهاد تعمیم آن به تمامی پروژه‌های ساخت و ساز اقدام نمود.

از آن‌جا که بیشترین اهمیت در اجرای این مطالعات متوجه معیارهای زمان و هزینه است و اصولاً مهندسی ارزش به عنوان یک متد «کاهش هزینه» مطرح می‌باشد، در پایان تحقیق، برای بررسی معنادار بودن تفاوت نتایج حاصل از ساخت مبتنی بر مهندسی ارزش و روش‌های معمول ساخت، می‌توان از طریق آزمون آماری موزت^۴ این تفاوت را مورد سنجش قرارداد. این آزمون تفاوت دو گروه داده‌های کمی را با یکدیگر مقایسه می‌نماید که در این‌جا، زمان و هزینه‌های کارکردها پیش از بهبود و پس از آن، گروه‌های مورد سنجش را تشکیل خواهند داد. البته این تنها زمانی ممکن است که فقط میزان داده‌ها تغییر کرده باشد و نه نوع داده‌ها.

معیار کیفیت نیز به خاطر کیفی بودن آن به این شکل قابل سنجش نیست و بهبود یا افت آن توسط مهندسی پروژه مورد ارزیابی قرار خواهد گرفت.

۴- نتیجه پیاده‌سازی مدل

بنابر آنچه گفته شد، در این مدل، از ترکیب روش‌های مهندسی ارزش، QFD، آنالیز معیار، برآورد فهرست بهایی، کنترل پروژه (برنامه زمان‌بندی) و ابزارهایی چون تحلیل سلسله‌مراتبی، مصاحبه، نرم‌افزار تدبیر، برنامه‌های کنترل