

کاربرد مهندسی ارزش در بهبود طراحی پروژه‌های ساختمانی

احد نظری^۱

استادیار دانشکده معماری و شهرسازی دانشگاه شهید بهشتی

ناصر جمالی هرسینی^۲

یاسر گلدوست جویباری^۳

کلید واژگان: مهندسی ارزش، طراحی ساختمان، معیارهای طراحی، ارزیابی گزینه‌های طراحی، روش تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP)

چکیده

آمده است.

۱. مقدمه

مهندسی فرآیندی نظام‌مند برای تولید ایده‌ها و گزینه‌های طراحی و همچنین مقایسه این گزینه‌ها بر مبنای عقل جمعی و قضاوت گروهی است و می‌تواند روشی مطمئن و به دور از اعمال نظرهای شخصی برای حصول به گزینه‌های طراحی ارزشمندتر باشد. در دهه‌های اخیر، کشورهای صنعتی و در حال توسعه و حتی کشورهای همسایه ایران ضرورت استفاده از مهندسی ارزش را، به منظور صرفه‌جویی در هزینه‌ها، درک کرده‌اند و با جدیت به دنبال کاهش هزینه‌های غیر ضروری هستند. کمبودی که در اینجا وجود دارد آن است که کتاب‌های مرجع مهندسی ارزش اغلب، در تبیین ارزیابی و معیارهای ارزیابی، به نمونه‌هایی از معیارهای ارزیابی در صنایع تولیدی برای قطعات ساده مکانیکی، مانند هزینه و دوام و در دسترس بودن و ظاهر و حفاظت در مقابل رطوبت و هوا و حفاظت در برابر ضربه، پرداخته‌اند

کیفیت طراحی ساختمان تاثیر بسزایی در افزایش ارزش ساختمان دارد و کارفرمایان سعی در افزایش ارزش ساختمان از طریق بهبود طراحی دارند. برای نیل به این هدف دو روش پیش روی هر کارفرماست. روش نخست، انتخاب مشاور با صلاحیت برای طراحی و واگذاری مسئولیت طراحی به آن و روش دوم، تولید گزینه‌های متعدد طراحی، از طریق روش‌هایی همچون مهندسی ارزش است. روش دوم، تولید گزینه‌های بهتر را با توجه به نیازهای خاص کارفرما و با تمرکز بر حلقه‌های مفقوده ارزش و تفکر گروهی امکان‌پذیر می‌کند. ضمناً روش دوم با تعدد گزینه‌های پیشنهادی، نیازمند تعریف معیارهای ارزیابی گزینه‌هاست. با مطالعات کتابخانه‌ای و مصاحبه با اساتید معماری و عمران دانشگاه‌ها این معیارها به دست آمد: صرفه‌جویی در انرژی، قابلیت دسترسی، تأمین خواسته‌های کارفرما، کارایی پلان، پایداری، ایمنی، زیبایی، عملکرد انسانی، توسعه‌پذیری، اجرای بودن طرح، هزینه اولیه، هزینه دوره عمر، محیط زیست، و استفاده بهینه از زمین. در ادامه مقاله نتایج کار کارگاه مهندسی ارزش در یک پروژه نمونه

1. A-Nazri@sbu.ac.ir

2. Naser.Jamal.Hercini@gmail.com

3. Yaser.Goldust@gmail.com

و کمتر به معیارهای ارزیابی طرح‌های ساختمانی اشاره کرده‌اند. حتی مرجع مهمی مانند کتاب دل‌ای‌سولا در توضیح مرحله ارزیابی به مثالی از مقایسه چند اتومبیل با معیارهایی مانند زیبایی و راحتی و هزینه دوره عمر و کارایی و ایمنی پرداخته است و در دو مطالعه موردی در انتهای کتابش به ذکر شش معیار (هزینه اولیه، هزینه انرژی، قابلیت عملیاتی، قابلیت تعمیر، قابلیت اطمینان، و اثرات زیست محیطی) برای تأسیسات پالایشگاهی اکتفا کرده است.^۴ در سایر کتب مهندسی ارزش نیز، معیارهای ارزیابی طرح‌های ساختمانی نیست. همچنین در اکثر مراجع برای ارزیابی از روش‌های ساده وزن‌دهی مانند مقایسه زوجی با مقیاس سه‌مرتبه‌ای (کم و متوسط و زیاد) و میانگین‌گیری حسابی، استفاده شده است که چندان دقیق نیست. بنابراین ضرورت شناسایی و یافتن معیارهای ارزیابی طرح‌های ساختمانی و همچنین به کارگیری روشی دقیقتر و مناسب‌تر برای ارزیابی طرح‌های ساختمانی احساس می‌شود. در این تحقیق با به کارگیری مهندسی ارزش که رویکردی نظام‌مند برای تولید و ترکیب و انتخاب گزینه‌های طراحی ساختمان است و با تأکید بیشتر بر مرحله ارزیابی این رویکرد، فهرستی از معیارهای ارزیابی برای طرح‌های ساختمانی تهیه کرده‌ایم و روشی برای وزن‌دهی و تجمیع این معیارها، برای ایجاد امکان ارزیابی گزینه‌های طراحی ساختمان و انتخاب ارزشمندترین گزینه طراحی، معرفی کرده‌ایم.

۲. روش تحقیق

در این تحقیق ابتدا به مطالعات کتابخانه‌ای در زمینه‌های مهندسی ارزش و معیارهای مرحله طراحی و روش ارزیابی گزینه‌ها پرداختیم. سپس با مصاحبه حضوری و غیر ساختارمند با ۱۰ نفر از اساتید معماری و عمران دانشگاه‌های تهران فهرست نهایی معیارهای ارزیابی طرح‌های ساختمانی را تهیه کردیم. نهایتاً با یک مطالعه موردی در مرحله طراحی کارگاه مهندسی ارزش در ۱۲۰۰ نفر-ساعت و با حضور هفده نفر برگزار کردیم. هدف از پروژه موردی بررسی کاربردی بودن معیارهای تعریف شده و عملیاتی کردن آن در مطالعات مهندسی ارزش، به منظور اعتبارسنجی نتایج کار است.

پرسش‌های تحقیق

چگونه می‌توان مهندسی ارزش را در بهبود طراحی ساختمان به کار بست؟
معیارهای ارزیابی گزینه‌های طراحی چیست؟
روش مناسب برای ارزیابی گزینه‌های طراحی چیست؟

4. Dell Isola, Value-Engineering: practical applications.

۳-۱. برنامه کاری مهندسی ارزش

متدلوژی مهندسی ارزش در قالب برنامه‌ای کاری تعریف و عملیاتی می‌شود «ت ۱». برای درک بهتر موضوع، مراحل کاری را به صورت بسیار خلاصه معرفی می‌کنیم.^{۱۰}

الف. مرحله مطالعات مقدماتی

هدف اصلی این بخش آشنایی و انتقال اطلاعات پروژه به گروه ارزش است تا با پروژه و اهداف آن بیشتر آشنا شوند. در این بخش اعضای گروه ارزش با روش کاری مهندسی ارزش بیشتر آشنا می‌شوند و اهداف و محدوده مطالعات مهندسی ارزش را مشخص می‌کنند.

ب. مرحله مطالعات ارزش

مرحله مطالعات ارزش طی شش مرحله به طور پیوسته به انجام می‌رسد. ابتدا اطلاعات و داده‌های مورد نیاز را برای بررسی عمیق پروژه مطالعه و اجزای آن را گردآوری می‌کنند. سپس بر مبنای اطلاعات کسب شده و از طریق تحلیل کارکرد، ضمن تحلیل اجزای پروژه و نقش آنها در مجموعه پروژه، اقلام و محدوده‌هایی با ظرفیت بالا را برای صرفه‌جویی و بهبود مشخص می‌کنند. در مرحله سوم یا مرحله خلاقیت، شمار زیادی از گزینه‌ها برای محقق کردن کارکردها را تولید و عرضه می‌کنند. در ادامه، مرحله چهارم که مرحله ارزیابی پیشنهادها نام دارد، آغاز می‌شود. هدف این مرحله ارزیابی ایده‌ها و مفاهیم ارائه شده در مرحله خلاقیت و انتخاب کارکردهای امکان‌پذیر،

5. Lawrence D.Miles

۸. ع مایکل تیری، مدیریت ارزش.

7. Society of American Value Engineers (SAVE)

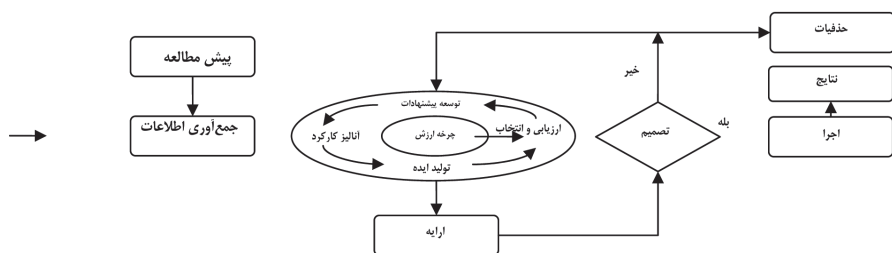
۸. یعقوب قلیپور، مبانی مهندسی ارزش.

۹. محمد سعید جبل عاملی، جایگاه مهندسی ارزش در مدیریت پروژه.

همان.

10. James O Brien, value analysis in design and construction.

ت ۱. برنامه کاری مهندسی ارزش، مأخذ: value analysis in design and construction.



۳. معرفی مهندسی ارزش

واژه مهندسی ارزش را نخستین بار در سال ۱۹۴۷ لاورنس دی مایلز^۵ برای تشریح تکنیکی به کار برد که در شرکت جنرال الکتریک، طی جنگ جهانی دوم استفاده کرده بود.^۶ در تعریف انجمن مهندسی ارزش آمریکا^۷ آمده است: «مهندسی ارزش مجموعه تکنیک‌های نظام‌مند و کاربردی است که برای تشخیص کارکرد یک محصول یا خدمت و تولید/ایجاد آن کارکرد با حداقل هزینه به کار می‌رود».^۸

مهندسی ارزش عبارت است از به کارگیری سیستماتیک روش‌های خلاقانه مبتنی بر کار گروهی که هدف از آن شناسایی و حذف هزینه‌های غیرضروری و افزایش کیفیت و کارایی محصول یا خدمت در طول عمر آن است. تفاوت اصلی مهندسی ارزش با سایر روش‌های بهینه‌سازی در نگرش ثانویه و خلاقانه به مسئله حل شده مبتنی بر کار گروهی و همراه با تحلیل هزینه-فایده راه‌حل‌های ممکن است.^۹ ارزش محصول عموماً به روش‌های زیر و از طریق گروه‌های آموزش دیده قابل بهبود است:

- تشخیص هزینه‌های غیر ضروری

- خلق گزینه‌های مختلف

- خلق ایده‌های نوین و به کارگیری نوآوری و خلاقیت

- بهینه کردن منابع

- ساده سازی روش‌ها و رویه‌ها

- 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.

برای توسعه است. مرحله پنجم، مرحله توسعه پیشنهادهاست. طی این مرحله، بهترین گزینه‌ها برای بهبود ارزش، انتخاب و به تفصیل بررسی می‌شود. نهایتاً در آخرین مرحله، یعنی مرحله عرضه گزارش، نتایج مطالعات گروه مهندسی ارزش عرضه می‌شود، تا موافقت کارفرما و طراح و سایر عوامل مؤثر در پروژه را نسبت به گزینه پیشنهادی کسب کند.

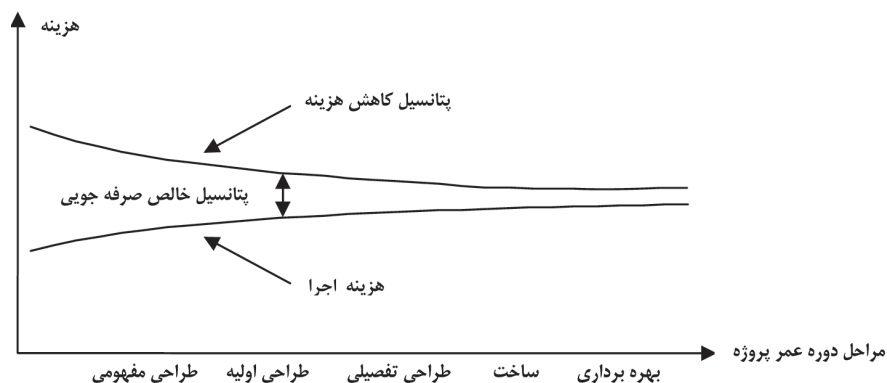
ج. مرحله مطالعات تکمیلی

هدف از این مرحله پیگیری و دریافت بازخورد از روند اجرایی نتایج کارگاه مهندسی ارزش است. در مرحله مطالعات تکمیلی، پیشنهادها را تأیید می‌کنند و طراحی‌های صورت گرفته را پیگیری و پشتیبانی می‌کنند تا نتیجه و خروجی فرآیند مهندسی ارزش به صورت صحیح و درست محقق شود.

۴. جایگاه و مزایای مهندسی ارزش در فرآیند طراحی

از میان سه رأس هرم مدیریت پروژه‌های ساختمانی (هزینه و کیفیت و زمان) مهندسی ارزش به طور مستقیم با هزینه و کیفیت و به طور غیرمستقیم با زمان سروکار دارد. با توجه به نیاز مشتری (در مورد ساختمان، کارفرما و بهره برداران) و نیز با تحلیل کارکردها و اعمال خلاقیت گروهی، بر بهبود و ادغام

۲. ظرفیت خالص صرفه‌جویی در مراحل دوره عمر پروژه ساختمانی. مأخذ: ارائه روشی برای ارزیابی گزینه‌های مختلف در طراحی ساختمان با رویکرد مهندسی ارزش.



منابع و نیروی کار و تجهیزات متمرکز می‌شود، تا بتواند از این ترکیب، کیفیت و هزینه مناسب را حاصل کند. ضمن آنکه با جهت دادن به طراحی و جلوگیری از دوباره کاری‌های طراحی، در زمان پروژه نیز صرفه‌جویی می‌شود.

- سایر دستاوردهای مهندسی ارزش عبارت‌اند از:
- شفاف‌سازی نیازهای ذی‌نفعان و جداسازی نیازها از خواسته‌ها و تعریفی واضح از احتیاجات کاربر
- عقلایی کردن پیامدها (با درک کامل پیامدهای پروژه در ابتدای کار)

- مشخص کردن گزینه‌های طراحی و مکانی
- مشخص کردن گزینه‌های روش‌های ساخت
- اطلاع‌رسانی و در جریان قرار گرفتن کارفرما از پیشرفت پروژه
- بهبود ارتباطات میان ذی‌نفعان با گروه مهندسی ارزش
- گسترش احساس تعهد و تملک به خروجی‌های پروژه و اجرای آن

- تعیین خطرهای پروژه^{۱۱}

حال سوال این است که این روش چه جایگاهی در فرآیند طراحی پروژه دارد؟

هر پروژه ساختمانی دارای چهار مرحله امکان‌سنجی و طراحی و ساخت و بهره‌برداری است. مرحله طراحی، دومین مرحله از مراحل یک پروژه ساختمانی، ظرفیت خوبی برای مطالعات ارزش دارد. در حالی که این مرحله در حدود یک درصد از کل هزینه‌های هر پروژه ساختمانی را شامل می‌شود، می‌تواند تا هفتاد درصد از هزینه‌های دوره عمر ساختمان را تحت تأثیر قرار دهد.^{۱۲}

مرحله طراحی دارای سه بخش طراحی مفهومی و طراحی اولیه و طراحی تفصیلی است. هرچه از بخش طراحی مفهومی به طرف طراحی تفصیلی می‌رویم، ظرفیت کاهش هزینه کمتر می‌شود و هزینه اعمال تغییرات افزایش می‌یابد و متناظراً ظرفیت خالص صرفه‌جویی نیز به طور مداوم کاهش می‌یابد. «ت۲»

و سپس بر مسئله نور ساختمان و توزیع پنجره‌ها متمرکز می‌شوند) این رویکرد امکان بهره‌گیری از تمام عناصر طراحی و متغیرها را از طراح می‌گیرد. (اجتناب از نگاه باز به موضوع و بررسی هر آنچه ممکن است)

طراحان ممکن است در ارتباط با کارفرمایان در معرض سوء تعبیرها و سوء تفاهم‌های ناخواسته قرار گیرند که نتیجه آن ممکن است صرف زمان و هزینه زیاد باشد. (فقدان بستر همفکری و تعامل گروهی)

برای کاهش یا حذف کاستی‌های طراحی مهندسی ارزش با برنامه کاری مشخص و گروه‌سازی خود نیازها و دیدگاه‌های کارفرما و بهره‌برداران را می‌شناسد و با شناسایی زیر مجموعه‌های پرهزینه، حوزه‌های مناسب برای صرفه‌جویی و افزایش ارزش را می‌یابد. بدین منظور با تحلیل کارکردی

فرآیندهای طراحی نقاط ضعفی دارد و با نگرش گروهی مبتنی بر رویکردی ساختارمند، می‌توان آن را اصلاح کرد. برای درک بهتر موضوع مهندسی ارزش و جایگاه آن در فرآیند طراحی، برخی از ضعف‌های فرآیند طراحی را بررسی می‌کنیم. برخی از طراحان در تلاش برای حل مشکلات طراحی، استراتژی مبتنی بر راه حل را به جای استراتژی مبتنی بر مشکل پی می‌گیرند؛ بدین معنی که با رویکردی خاص و با حدس زود هنگام جواب مسئله شروع و سپس سعی می‌کنند توقعات و نیازهای کارفرما را بر راه حل خود منطبق کنند. (عدم توجه به خواسته‌ها و کارکردهای مطلوب کارفرما)

بعضی از طراحان مشکلات طراحی را با طرح راه حل‌های متفاوت بررسی و امتحان می‌کنند؛ بدین معنی که برای پاسخ به مسایل طراحی و توقعات کارفرما چندین گزینه طراحی را به سرعت در ذهن می‌پرورانند و گزینه‌ای را که پاسخ بهتری به توقعات کارفرماست بر می‌گزینند. (عدم توجه به تحلیل کارکردها در طراحی)

به دلیل ابعاد متنوع و بعضاً پیچیده طراحی، معمولاً طراحان از طریق روشی علمی به نیاز کارفرما پاسخ نمی‌دهند و لذا جواب‌ها و گزینه‌های طراحی به صورت فرآیندی کاملاً عقلایی از دل نتایج تحلیل نیازهای کارفرما بیرون نمی‌آید. (فقدان روش مشخص برای تحلیل نیازها و کارکردها)

گاهی طراحان دوست دارند ایده‌های اولیه طراحی را حفظ کنند و از آنها دفاع کنند. اگر تعصب نسبت به این ایده‌های اولیه نابه‌جا باشد و به درستی هدایت نشود ممکن است اثر درازمدت و نامطلوبی بر گزینه نهایی طراحی وارد کند. (پافشاری بر ایده‌های اولیه و عدم توجه به نوآوری و خلاقیت)

به سبب طبیعت بسیار پیچیده طراحی، طراحان گاهی سعی در ساده‌سازی طراحی از طریق حذف تعدادی از متغیرهای پیچیده دارند و با این رویکرد سایر متغیرها را محاسبه می‌کنند. (مثلاً در ابتدا پلان هشت ضلعی برای ساختمان انتخاب می‌کنند

ت. ۳. جدول نتیجه بررسی معیارهای ارزیابی طراحی

ردیف	معیارهای اولیه	معیارهای پیشنهادی	معیارهای اصلاح شده و نهایی	ماهیت کمی - کیفی معیار
۱	صرفه جویی در انرژی	عملکرد انسانی	صرفه جویی در انرژی	کمی
۲	قابلیت دسترسی	توسعه‌پذیری	قابلیت دسترسی	کمی - کیفی
۳	کارایی پلان	محیط زیست	کارایی پلان	کمی - کیفی
۴	پیدا کردن مسیر	تأمین خواسته‌های کارفرما	معماری پایدار	کیفی
۵	معماری پایدار		ایمنی	کمی - کیفی
۶	هماهنگی با همجواری‌ها		زیبایی	کیفی
۷	ایمنی		اجرایی بودن طرح	کمی - کیفی
۸	زیبایی		هزینه اولیه	کمی
۹	اجرایی بودن طرح		هزینه دوره عمر	کمی
۱۰	هزینه اولیه		عملکرد انسانی	کمی - کیفی
۱۱	هزینه دوره عمر		توسعه‌پذیری	کیفی
۱۲	خدمات ویژه		محیط زیست	کمی - کیفی
۱۳	بازگشت سرمایه		تأمین خواسته‌های کارفرما	کیفی
۱۴	اثرات روان‌شناختی		استفاده بهینه از زمین	کمی - کیفی
۱۵	استفاده بهینه از زمین			

نمی‌گنجد. هر طرح معماری ممکن است همه یا برخی از معیارهای ذکر شده را در برگیرد یا معیارهایی علاوه بر آن را طلب کند. از این رو با برگزاری جلسات مصاحبه حضوری با ۱۰ نفر از اساتید معماری و عمران دانشگاه‌های تهران، این معیارهای اولیه در پروژه مورد بررسی این تحقیق مورد بازنگری و اصلاح قرار گرفت و معیارهای جدیدی نیز پیشنهاد شد که نتایج نهایی آن در جدول «ت۳» نشان داده شده است.

تا این قسمت از مقاله به معرفی مهندسی ارزش و جایگاه و مزایای استفاده از آن در فرآیند طراحی پرداختیم. سپس برای ارزیابی نتایج مهندسی ارزش در فرآیند طراحی، معیارهای ارزیابی طراحی را تعریف کردیم. حال برای اطمینان از کاربرد مهندسی ارزش در مسائل واقعی و نیز به منظور اطمینان از ارزیابی گزینه‌های مختلف طراحی بر مبنای معیارهای مذکور، به بررسی پروژه‌های موردی، مطابق با مراحل گام به گام برنامه کاری مهندسی ارزش مطرح شده در این پژوهش می‌پردازیم.

۶. معرفی پروژه نمونه

پروژه مورد مطالعه در این پژوهش احداث مجموعه رفاهی-آموزشی در شرکت نمونه است. هدف آن توسعه نیروی انسانی متخصص مورد نیاز شرکت با فعالیت‌های آموزشی درون و برون سازمانی، برگزاری دوره‌های آموزشی تکمیلی کوتاه و بلند مدت مستمر و آموزش فن‌آوری‌های نوین و روزآمد کردن و گسترش امکانات رفاهی و درمانی و ورزشی برای ارائه خدمات مطلوب‌تر به کارکنان و خانواده‌های ایشان است. بناهای مورد نیاز کارفرما چنین است: ساختمان آموزشی-اداری، ساختمان آمفی تئاتر، ساختمان بهداشتی-درمانی، ساختمان پذیرایی، ساختمان اقامتی-اداری، ساختمان ورزشی، و توقفگاه‌های عمومی.

قطعه زمینی به مساحت تقریبی پنج هکتار در یکی از مناطق تهران، که قابلیت‌های بسیاری در زمینه‌های درمانی، ورزشی، اقامتی، و پذیرایی داشت انتخاب شد. این زمین با نیازهای

موضوع، راه‌حلی برای برآورده کردن کارکردهای اصلی و مورد نظر کارفرما یا بهره‌برداران فراهم می‌آورد. در این مسیر با تلاش نظام‌مند برای حذف کارکردهای فرعی و هزینه‌های مربوط به آن، موجب کاهش هزینه‌های پروژه و بهبود کیفیت و صرفه‌جویی ارزشی در طرح می‌شود. حال پرسش اساسی این است که با گزینه‌های متعدد منتج از کاربرد مهندسی ارزش در طراحی چه باید کرد؟ چگونه می‌توان گزینه‌ها را ارزیابی کرد؟

۵. معیارهای ارزیابی گزینه‌های طراحی در مهندسی ارزش

برای پاسخگویی به نیاز کارفرما همیشه یک پاسخ و یک طرح وجود ندارد. بسته به دیدگاه مشاور یا طراحان می‌توان طرح‌های گوناگونی برای آن یافت. اگر در هر یک از بخش‌های مرحله طراحی (طراحی معماری و طراحی سازه و طراحی مکانیکی و الکتریکی و طراحی چشم انداز و طراحی داخلی) تغییری حاصل شود، گزینه جدیدی به دست می‌آید. ساختمان ممکن است با پلان‌های مختلف و یا تعداد طبقات مختلفی قابل طراحی باشد، یا ممکن است برای پلانی خاص، بتوان چندین سازه مختلف و چندین شکل تأسیسات مکانیکی در نظر گرفت. در حالتی که تغییر در جزئیات را نیز در نظر آوریم، گزینه‌های طراحی بی‌شماری خواهیم داشت.

برای کمک به طراحان، باید معیارهایی برای ارزیابی طراحی تعریف کرد. در این پژوهش ابتدا با بررسی مراجع مختلف درباره معیارهای طراحی به چنین معیارهایی رسیدیم: معیارهای صرفه جویی در انرژی، قابلیت دسترسی، کارایی پلان، پایداری، هماهنگی با هم‌جواری‌ها، ایمنی، زیبایی، اجرایی بودن طرح، هزینه اولیه، هزینه دوره عمر، خدمات ویژه، بازگشت سرمایه، اثرات روان‌شناختی طرح، و استفاده بهینه از زمین. شایان ذکر است که معیارهای مذکور ترکیبی از معیارهای کمی و کیفی است و البته تعریف تفصیلی این معیارها در محدوده این پژوهش

۷-۱. مرحله گردآوری اطلاعات

در ابتدا برای جهت‌دهی به کارگاه مهندسی ارزش و تقسیم مطلوب وظایف، اعضای گروه مهندسی ارزش نهایی و مسئولیت هر یک از اعضا در گروه مشخص شد. در ادامه برای تکمیل فاز اطلاعات و تعیین محدوده مطالعه، اهداف پروژه، اهداف کارگاه مهندسی ارزش، معیارهای تصمیم‌گیری، و محدودیت‌ها مورد بررسی قرار گرفت. در این مرحله، دورنمای کار دسترسی به اهداف طرح با کیفیت مطلوب و هزینه کمتر بود.

۷-۲. مرحله تحلیل کارکرد

در این مرحله، کارکردها و اهداف عملکردی بخش‌های مختلف پروژه طی سه جلسه کاری بررسی و تعریف شد. با توجه به تفاوت عملکردی بخش‌های مجتمع، کارکردهای هر بخش از پروژه به صورت جداگانه بررسی و کارکردهای اصلی مشخص شد. نهایتاً پس از تحلیل کارکردها و مطابق با نیازهای کارفرمایی، حوزه‌های بهبود، جهت طرح در مرحله خلاقیت و ایده‌پردازی مورد تجزیه تحلیل قرار گرفت. سپس، بخش‌های قابل بررسی جهت مرحله خلاقیت انتخاب شد.

۷-۳. مرحله خلاقیت

در مرحله خلاقیت، اعضای گروه انبوهی از ایده‌های متفاوت، در محدوده مطالعات مهندسی ارزش عرضه کردند. حاصل این کار، پس از طی مراحل خلاقیت فردی و گروهی، تولید ۱۷۵ فکر تازه بود.

۷-۴. مرحله ارزیابی گزینه‌ها

فرآیند ارزیابی در دو قسمت از برنامه کاری مهندسی ارزش مورد توجه قرار می‌گیرد: یکی در مطالعات مقدماتی با هدف تعیین و امتیازدهی به معیارهای ارزیابی و دیگری در مرحله ارزیابی گزینه‌های پیشنهادی. در مرحله ارزیابی پیشنهادهای

عملکردی متنوع شرکت سازگار است و دسترسی‌های بزرگراهی مناسب و فاصله معقولی از اداره مرکزی دارد. مستحدثات پیش‌بینی شده برای مجموعه اینهاست: ساختمان اقامتی، تالار و رستوران، ساختمان ورزشی و تفریحی، ساختمان آموزشی، ساختمان بهداشتی و درمانی، سالن همایش و اجتماعات و پارکینگ مورد نیاز مجموعه و نیز تأسیسات مربوطه، جمعاً حدود ۷۳۰۰۰ مترمربع زیربنا (مفید و غیرمفید). با توجه به اتمام فاز اول طراحی، مطالعات مهندسی ارزش پروژه برای بهینه‌سازی طرح در دستور کار قرار گرفته است که خلاصه‌ای از آن در پی آمده است.

۷. تشریح روند اجرای مطالعات مهندسی ارزش

بر اساس استاندارد روش مهندسی ارزش، فرآیند کار در سه مرحله مطالعات مقدماتی مهندسی ارزش و مطالعات مهندسی ارزش و مطالعات تکمیلی به این شرح صورت گرفت: در مرحله مطالعات مقدماتی، مشاور مهندسی ارزش جلسات متعددی (۸ جلسه - ۲۵ ساعت) با شرکت مهندس مشاور طرح و متولیان بخش آموزشی، رفاهی، بهداشتی، و ورزشی پروژه برگزار کرد. در این جلسات ضمن بازدید از زمین، نیازهای کارفرما و مبانی طراحی مشاور و طرح نهایی مجتمع بررسی شد. سپس مرحله مطالعات مهندسی ارزش با مشارکت ۱۷ نفر از مدیران و کارشناسان کارفرما و نمایندگان شرکت‌های مشاور و کارشناسان مدعو در محل مجتمع رفاهی شرکت انجام شد. مجموع نفر - ساعت صرف شده در این بخش از کار ۸۰۰ نفر - ساعت بود. در پایان، در فاز مطالعات تکمیلی نتایج برای به کارگیری در فاز دو طراحی به مشاور ابلاغ شد. با توجه به زمان صرف شده در کارگاه مهندسی ارزش و سایر مراحل کاری، در مجموع ۱۲۰۰ نفر - ساعت صرف مطالعات مهندسی ارزش پروژه شد.

ت ۴. خلاصه پیشنهادهای منتج از جمع‌بندی ایده‌های مطرح در مطالعات مهندسی ارزش

شرح پیشنهاد	پیامدهای حاصل
۱ اصلاح جانمایی‌ها و محل استقرار فضاها	ارتقا کیفیت بصری طرح همسانی عملکردها توزیع بهینه عناصر مدیریت واحد هر بخش از مجتمع افزایش کیفیت طرح
۲ تجمیع فضاهای مازاد در یک بلوک اداری (استفاده بهینه از سطح تراکم‌های خریداری شده با هدف کاهش تعارضات با اهداف اصلی طرح) افزایش فضای مفید-۱۰۰۰ متر مربع تسهیل فرآیند اجرا و امکان فاز بندی مرحله اجرا	بهره وری بالاتر فضاهای مجموعه-۷۰۰۰ متر مربع بهبود مدیریت بهره برداری افزایش انعطاف پذیری
۳ بهینه سازی طرح ساختمان آموزشی (ارتقای بهره وری فضاها)	استفاده بهینه از فضاها افزایش کیفیت بهره برداری افزایش کیفیت طرح کاهش ریسک اجرا
۴ بررسی روش اجرای تاسیسات	صرفه جویی در فضای موتورخانه کاهش هزینه بهره برداری استفاده بهینه از ظرفیت ها - فضاها صرفه جویی و کاهش هزینه افزایش ضریب اطمینان بهره برداری
۵ بهینه سازی فضای مجتمع ورزشی	استقلال ساختمان ها و عرصه ورودی ها قابلیت فازبندی اجرا به صورت مرحله به مرحله استفاده مطلوب و همزمان خانواده ها از امکانات شنا
۶ تغییر طراحی با هدف مستقل کردن سالن‌های پذیرایی در هر طبقه	کم شدن تعداد طبقات کاهش هزینه ساخت دسترسی سهل تر مراجعین به طبقات اشغال کمتر آسانسورها و افزایش ظرفیت سالن ها ایجاد دو سالن مناسب در هر طبقه
۷ بررسی محوطه سازی، فضاها، بیرونی و ارتباط فضاها و استفاده از فضاهای طبیعی و پتانسیل‌های معماری و افزایش بهره وری فضاها	عدم تداخل راه ها و مسیرهای تردد استفاده حداکثری از محوطه و راه ها افزایش کیفیت طرح
۸ اولویت بندی مراحل اجرا با هدف تسریع در بهره برداری و کاهش مشکلات مالی	فازبندی و کنترل سرمایه گذاری بازگشت سریعتر بخشی از سرمایه گذاری و درآمدزایی سریعتر بهره برداری سریعتر بخشی از پروژه اجتناب از مشکلات تداخل بهره برداری و ساخت
۹ بررسی روش‌های اجرای پروژه	افزایش مسوولیت مجریان افزایش دقت در تهیه اسناد شفافیت مسوولیتها و مرزها افزایش نظارت عوامل دست اندرکار افزایش درجه اطمینان و دقت پیش بینی ها

۱۳. نمونه‌هایی از کاربرد این روش را می‌توانید در این نشانی بیابید: www.expertchoice.com. نرم افزار Expert Choice نرم افزار مورد استفاده در روش تحلیل سلسله‌مراتبی است.

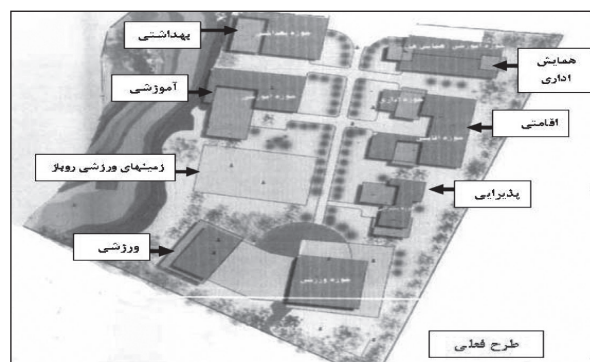
14. Expert Choice

مطالعات ارزش، گروه مهندسی ارزش با توجه به میزان دستیابی به مطلوبیت هر معیار و نیز محاسبه امتیاز کلی هر گزینه که از حاصل ضرب وزن هر معیار در امتیاز هر گزینه نسبت به برآورده ساختن آن معیار حاصل می‌شود، به گزینه‌ها امتیاز می‌دهد. در این پژوهش، برای ساختارمند کردن فرآیند ارزیابی گزینه‌ها روش AHP^{۱۳} را به کار گرفتیم.

معرفی اجمالی روش تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP) و مزایای آن فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی یکی از روش‌های تصمیمگیری چندمعیاره است و کاربرد گسترده‌ای در انواع مسائل تصمیمگیری چندمعیاره مبتنی بر معیارهای کمی و کیفی دارد. دامنه کاربرد این روش شامل مسائل تصمیم‌گیری اجتماعی، اقتصادی، مهندسی، و حتی نظامی و سیاسی است.^{۱۴} در این روش امکان فرموله کردن سلسله‌مراتبی مسئله و شکست هر مسئله پیچیده به اجزای تشکیل دهنده آن فراهم است. همچنین امکان تحلیل حساسیت معیارها و زیرمعیارها نیز وجود دارد. این روش مبتنی بر مقایسه زوجی است؛ بدین معنی که اجزای دو گزینه را با هم مقایسه می‌کند و در دامنه ۱ تا ۹ به آنها امتیاز می‌دهد. مقدار ۱ مربوط به حالت برابری گزینه‌ها و معیار ۹ مربوط به وضعیتی است که گزینه‌ای کاملاً بر دیگری برتری دارد. اعداد میانی حد واسط این دو حالت است. همچنین در این روش، می‌توان میزان سازگاری و ناسازگاری اطلاعات ورودی را با تصمیمها محاسبه کرد. این از ویژگی‌های این روش در تصمیمگیری چندمعیاره است.

۴-۵. ارزیابی گزینه‌های پیشنهادی

در این قسمت ایده‌های منتج از مرحله خلاقیت را در دو مرحله ارزیابی کردیم. در مرحله اول، بخشی از ایده‌ها به سبب ارزش کم یا خارج از محدوده مطالعه و تکراری بودن حذف شدند. در مرحله دوم، بر مبنای مشترکات و تفاوت‌های موجود بین ایده‌ها،



ت۵. طرح اولیه



ت۶. طرح پیشنهادی

تأمین خواسته‌های کارفرما	قابلیت دسترسی	تأمین خواسته‌های کارفرما	اجرای بودن طرح	استفاده بهینه از زمین	عملکرد انسانی	زیبایی	کارایی پلان
۵	۵	۳	۶	۸	۸	۸	۳
۵	۵	۳	۵	۵	۶	۷	کارایی پلان
۵	۵	۶	۳	۳	۵		زیبایی
۲	۱	۸	۲	۳			عملکرد انسانی
۲	۲	۸	۱				استفاده بهینه از زمین
۴	۳	۷					اجرای بودن طرح
۳	۴						تأمین خواسته‌های کارفرما

ت۷. مقایسه زوجی معیارهای ارزیابی

ایده‌های مشابه را با هم تلفیق و ۹ پیشنهاد نهایی را ارزیابی کردیم «ت۴». تشریح جزئیات مربوط به ارزیابی همه پیشنهادها در محدوده اهداف این مقاله نمی‌گنجد. در اینجا صرفاً به تشریح چگونگی ارزیابی پیشنهاد شماره ۱، «اصلاح جانمایی‌ها و محل استقرار فضاها»، به روش AHP می‌پردازیم. برای ارزیابی طرح پیشنهادی و مقایسه آن با طرح موجود، ابتدا ضمن ارائه جزئیات دو گزینه مطرح (طرح موجود و طرح پیشنهادی)، این دو را، از نظر معیارهای تعریف شده در قسمت ۵، با هم مقایسه می‌کنیم.

طرح پیشنهادی

برای ارتقای کیفیت بصری و همسانی عملکردها و توزیع بهینه عناصر در مجموعه، توصیه می‌شود دو بلوک واقع در بخش شرقی مجتمع (ساختمان اقامتی و پذیرایی) به سمت غرب منتقل شود و ساختمان‌های آموزشی و زمین ورزشی به جبهه شرقی سایت انتقال یابد. با توجه به اینکه دو فضای آموزشی و رفاهی، به لحاظ نوع و ماهیت فعالیت‌ها و تفکیک مدیریتی (مدیریت آموزش و مدیریت رفاهی)، دو کاربری کاملاً متفاوت دارند، تفکیک آن دو حول محور شمال- جنوب (در دو بخش شرقی و غربی) می‌تواند بخش عمده‌ای از معیارهای تعریف شده را پوشش دهد. مزیت‌های کیفی منتج از طرح پیشنهادی چنین است:

- سهولت مدیریت بخش‌های آموزشی و رفاهی در مرحله اجرا و بهره‌برداری
- بازتر شدن دید جبهه شرقی مجتمع به علت انتقال ساختمان پذیرایی به بخش غربی و جایگزینی آن با زمین ورزشی
- امکان بهره‌برداری و استفاده بهتر از تپه مجاور برای مهمانان ساختمان پذیرایی
- فعال شدن ساختمان مهمانان ویژه در بالای تپه
- دور شدن ساختمان پذیرایی از منطقه نظامی واقع در شرق مجتمع، با توجه به تفاوت عملکردی ساختمان پذیرایی و

۸. وزن نسبی معیارها

معیار	صرفه جویی در انرژی	کارایی پلان	زیبایی	عملکرد انسانی	استفاده بهینه از زمین	اجرایی بودن طرح	تأمین خواسته‌های کارفرما	قابلیت دسترس	توسعه‌پذیری
وزن نسبی	۰.۳۳۹	۰.۲۳۴	۰.۱۲۷	۰.۰۷۷	۰.۰۶۱	۰.۰۶۷	۰.۰۴۰	۰.۰۳۱	۰.۰۲۴

۹. مقایسه زوجی گزینه‌ها

توسعه‌پذیری	قابلیت دسترسی	تأمین خواسته‌های کارفرما	اجرایی بودن طرح	عملکرد انسانی	زیبایی	کارایی پلان	صرفه جویی در انرژی	گزینه ۱: گزینۀ فعلی	گزینه ۲: گزینۀ پیشنهادی
۱ گ	۱ گ	۱ گ	۱ گ	۱ گ	۱ گ	۱ گ	۱ گ	۱ گ	۲ گ
۱،۲	۱	۱	۱،۲	۲	۲	۲	۲	۱	۱

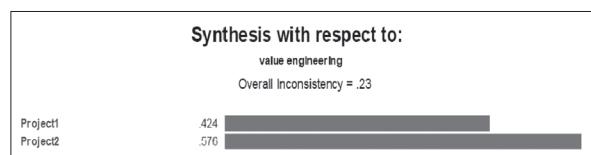
۱۰. وزن نسبی گزینه‌ها (با توجه به میزان برآورده کردن هر معیار)

وزن نسبی هر گزینه نسبت به یک معیار	صرفه جویی در انرژی	کارایی پلان	زیبایی	عملکرد انسانی	استفاده بهینه از زمین	اجرایی بودن طرح	تأمین خواسته‌های کارفرما	قابلیت دسترسی	توسعه‌پذیری
گزینه ۱	۰.۵	۰.۳۳۳	۰.۲۳۳	۰.۳۳۳	۰.۲۳۳	۰.۴۵۵	۰.۵	۰.۵	۰.۴۵۵
گزینه ۲	۰.۵	۰.۶۶۷	۰.۶۶۷	۰.۶۶۷	۰.۶۶۷	۰.۵۴۵	۰.۵	۰.۵	۰.۵۴۵

منطقه نظامی

اکنون با معیارهای صرفه‌جویی در انرژی، قابلیت دسترسی، تأمین خواسته‌های کارفرما، کارایی پلان، پایداری، ایمنی، زیبایی، عملکرد انسانی، توسعه‌پذیری، اجرایی بودن طرح، هزینه اولیه، هزینه دوره عمر، محیط زیست، و استفاده بهینه از زمین، به ارزیابی و مقایسه گزینه پیشنهادی با طراحی موجود می‌پردازیم. البته نوع پروژه و نیز همسانی برخی از معیارها سبب شد گزینه‌ها را با این نه معیار مقایسه کنیم: توسعه‌پذیری، قابلیت دسترسی، تأمین خواسته‌های کارفرما، اجرایی بودن طرح، استفاده بهینه از زمین، عملکرد انسانی، زیبایی، کارایی پلان، و صرفه جویی در انرژی. به روش AHP ابتدا با مقایسه دو به دوی معیارها و تخصیص یکی از اعداد ۱ تا ۹ به تناسب میزان ارجحیت یکی بر دیگر و وارد کردن این اطلاعات در نرم افزار ۳ وزن نسبی یا ضریب اهمیت معیارها نسبت به هم را تعیین کردیم. اعداد متناظر با مقایسه زوجی معیارها در جدول «ت۷» و «ت۸» آمده

۱۱. نتایج نهایی مقایسه گزینه‌ها (خروجی نرم‌افزار Expert Choice)



است. مثلاً عدد ۳ مندرج در جدول ۳، زیر معیار کارایی پلان و مقابل صرفه جویی، (محل تقاطع این دو معیار) بیانگر این موضوع است که از دیدگاه ارزیابان (کارفرما) معیار صرفه‌جویی در انرژی در مقایسه با معیار کارایی پلان ضریب اهمیت نسبتاً بالاتری دارد. گزینه مطلوب‌تر و مورد قبول‌تر آن است که در مقایسه با کارایی پلان از صرفه‌جویی انرژی بهتری برخوردار است. جدول ۳ مربوط به اطلاعات ورودی و جدول ۴ مربوط به مقادیر نرمالایز شده اعداد جدول شماره ۳ است.

در گام بعدی با مقایسه دو گزینه موجود و طرح پیشنهادی، وزن نسبی آنها تعیین شد. مقایسه زوجی گزینه‌ها و وزن نسبی آنها به ترتیب در جدول «ت۹» و «ت۱۰» آمده است.

کتاب‌نامه

آرتور، ای. ماج. مهندسی ارزش رویکردی نظام‌مند. ترجمه احد نظری و جلال عباسی. تهران: معاونت امور مهندسی و فن آوری وزارت نفت، ۱۳۸۲.
تیری، مایکل. مدیریت ارزش. ترجمه شرکت مهندسی مشاور مهتاب قدس. تهران: انتشارات شرکت مهندسی مهتاب قدس، ۱۳۸۳.

جبل عاملی، محمد سعید و کامران قوامی‌فر و مزدک عبایی. جایگاه مهندسی ارزش در مدیریت پروژه. تهران: انتشارات سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور، ۱۳۸۳.

جمالی هرسینی، ناصر. ارائه روشی برای ارزیابی گزینه‌های مختلف در طراحی ساختمان با رویکرد مهندسی ارزش. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ۱۳۸۴.

قاسمی، نوید. امکان‌سنجی کاربرد فناوری اطلاعات و ارتباطات در فرآیند مهندسی ارزش. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه شهید بهشتی، تهران ۱۳۸۶.

قدسی پور، سید حسن. فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی. تهران: مرکز نشر دانشگاه امیرکبیر، ۱۳۸۱.

قلی‌پور، یعقوب و حمید بیرقی. مبانی مهندسی ارزش. تهران: انتشارات ترمه، ۱۳۸۳.

گلدوست جویباری، یاسر و صالح محمدی بلبان‌آباد. «شناسایی فاکتورهای موثر بر اجرای مستمر فرایند مهندسی ارزش (مطالعه موردی در شرکتهای تولیدی و خدماتی اصفهان)». در سومین کنفرانس ملی مهندسی ارزش. دانشگاه تهران، ۱۳۸۷.

نظری احد و علیرضا شاهرخی و شاهین صفایی. «کاربرد مهندسی ارزش در مجتمع آموزشی نمونه». در سومین کنفرانس ملی مهندسی ارزش. دانشگاه تهران، آذر ۱۳۸۷.

ویلیام ام. بنیا و استیون ای. پارشال. مبانی برنامه‌ریزی معماری (تبیین روش مسأله‌کاوی). مترجم: محمد احمدینژاد. اصفهان: نشر خاک، ۱۳۸۱.

Dell Isola, Alphones, P.E. *Value-Engineering: practical applications*. Means, company, 1997.

James J.O Brien, P.E. *value analysis in design and construction*. McGraw-Hill book company, 1976.

Rick Best & Gerard DE Valence. *building in value*. Arnold publishers, 1999.

Stephen J.Kirk. *creative design decisions*. Van Nostrand

پس از تلفیق وزن نسبی گزینه‌ها با وزن نسبی معیارها با نرم‌افزار نتایج مورد نظر حاصل شد. بر این اساس، گزینه ۲ (طرح پیشنهادی) با توجه به معیارهای ذکر شده و اولویت نسبی این معیارها و همچنین در مقایسه با طرح موجود، امتیاز بیشتری به دست آورد «ت ۱۱»: گزینه ۱: ۴۲۴، و گزینه ۲: ۵۷۶.

۸. نتیجه

فرآیند طراحی ساختمان از طرح کلی آغاز می‌شود. برخی از فرضیات اولیه طراح می‌تواند هزینه‌های زیادی را به طرح تحمیل کند، که نه طراح به آن فکر می‌کند و نه در بررسی‌های معمول کارفرمایان خود را نشان می‌دهد. مهندسی ارزش یکی از روش‌های بهبود فرآیند طراحی است که با برنامه کاری مشخص خود الگو و روشی گام به گام برای حل مجدد مسئله طراحی ساختمان فراهم می‌آورد. در این مقاله سعی کردیم قابلیت کاربرد مهندسی ارزش در پروژه‌های ساختمانی و معتبر بودن معیارهای ارزیابی طراحی را نقد و بررسی و اثبات کنیم.

در این پژوهش با مطالعات کتابخانه‌ای فهرستی از معیارهای ارزیابی طرح‌های ساختمانی تهیه شد. سپس از طریق مصاحبه، نظر ۱۰ نفر از اساتید معماری و عمران دانشگاه‌های تهران، درباره معیارهای تعریف شده، جمع‌آوری شد: صرفه‌جویی در انرژی، قابلیت دسترسی، تأمین خواسته‌های کارفرما، کارایی پلان، پایداری، ایمنی، زیبایی، عملکرد انسانی، توسعه‌پذیری، اجرایی بودن طرح، هزینه اولیه، هزینه دوره عمر، محیط زیست، و استفاده بهینه از زمین. در ادامه کارگاه مهندسی ارزش برای بررسی یک نمونه تشکیل شد. در این کارگاه با استفاده از معیارهای ارزیابی طرح‌های ساختمانی و روش تحلیل سلسله‌مراتبی، دو گزینه طراحی را ارزیابی و گزینه ارزشمندتر را انتخاب کردیم.

Reinhold company, 1998.

Keith, Hogg. *The Impact Of Sequential Thinking In The Construction Design Process*. SAVE International conference proceeding, 1999.

Washington University. *Washington University Design Standards For Architectural Building Components*.

www.expertchoice.com