



پژوهشکده فرهنگ و هنر



سازمان اسناد و کتابخانه ملی  
پژوهشکده مدیریت شهری و روستایی  
معاونت آموزش

## آشنایی با مهندسی ارزش



**تدوین و تألیف:**  
**داودرضا عرب**  
**مهدی رجبی هاشجین**  
**حمید پشتوان**  
**نیما جهدی**

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ





## آشنایی با مهندسی ارزش

تهیه و تدوین:

داودرضا عرب، مهدی رجبی هاشجین، حمید پشتوان، نیما جهدی  
(مؤسسه پژوهشی، مهندسی راهبرد دانش پویا)

سری منابع آموزشی شهرداری ها



نام کتاب: آشنایی با مهندسی ارزش

تهیه و تدوین: داودرضا عرب، مهدی رجبی هاشجین، حمید پشتوان، نیما جهدی

نوبت چاپ: اول - تابستان ۱۳۸۹

ناشر:

شمارگان:

قیمت:

---

با همکاری: مؤسسه پژوهشی، مهندسی راهبرد دانش پویا





بنام خدا

سوگندنامه

اگر فضیلت دانشمندان کشف و تدوین قانون نهفته‌های جهان پیرامون ماست. منزلت مهندسان بکارگرفتن این قوانین برای تغییر و بهبود شرایط زیست انسان است و تلاش پیوسته مهندسان در مسیر حل مشکلات جوامع بشر بهترین و شایسته‌ترین راه تکامل و تعالی آنان است. من به عنوان «مهندس ارزش» آگاهانه سوگند یاد می‌کنم که:

۱. زمین را که زادگاه و مادر انسان‌هاست فراموش نکنم و کاری انجام ندهم که ذره‌ای از امکانات و منابع آن بیهوده صرف شود و یا بر محیط خدش‌های وارد آید.
۲. از کشورم و منابع مادی و معنوی آن که پرونده هستی من است، پاسداری کنم و آبادانی و سربلندی و توسعه پایدار سرزمینم را سرلوحه کار قرار دهم.
۳. امین و خدمتگزار مردم باشم و از منافع آنان چون چشم خویش نگاه‌داری کنم.
۴. اخلاق حرفه‌ای را رعایت کنم و منافع جمعی را قربانی منافع فردی خود نسازم.

۵. در کشت‌زار دانش و اندیشه، نهال خلاقیت و نوآوری پرورم و در مسیر یافتن راه‌کارهای نوین همه توان و تلاش خود را بکار گیرم. باشد که با پایداری و پایبندی به سوگند خویش بتوانم به‌عنوان «مهندس ارزش» در میان مردم سربلند باشم و شادی‌های

راستین را در پیشگاه حقیقت تجربه کنم.





## پیشگفتار

مهندسی ارزش تکنیکی مدیریتی است که با بهره‌گیری از فضای خلاقانه حاصل از کار تیمی یک گروه با تخصص‌های مختلف و به طور روشمندانه در پی برآوردن نیازها به بهترین وجه، با صرف حداقل منابع ممکن است. مهندسی ارزش مبتنی بر کارکردگرایی، خلاقیت، کار تیمی و جامع‌نگری است و بر هزینه‌های طول عمر و نگاه هم‌زمان به هزینه، ریسک و فرصت در تصمیم‌گیری‌ها تأکید دارد. بیشترین اثربخشی این تکنیک در پروژه‌هایی قابل مشاهده است که یکی از ویژگی‌های تکرارپذیری زیاد، پیچیدگی، هزینه بالا و ریسک بالا را دارا باشد. اگر چه کاربرد اصلی مهندسی ارزش را در شناسایی و افزایش کارکردهای اصلی یک پروژه، سیستم یا محصول و حذف هزینه‌های غیرضروری این کارکردها می‌دانند، ولی در نگاه کلان، به کارگیری مهندسی ارزش را می‌توان علاوه بر افزایش ارزش در پروژه‌ها و ابزاری برای حل مسأله، در تحقق موارد زیر نیز مؤثر دانست:

(الف) ارتقای فرهنگ کار گروهی

(ب) فراهم‌آوردن زمینه‌های مناسب برای تبلور و شکوفایی خلاقیت افراد و نوآوری

(ج) جهت‌دهی و تمرکز افکار به سمت کارکردها (و نه مصداق‌ها)

(د) افزایش حساسیت نسبت به منابع محدود ملی

(ه) ایجاد دیدگاه سیستماتیک و جامع‌نگری

(و) بهبود وضعیت پروژه‌ها با دیدگاه کلان، از طریق ارتقای استانداردها، ایجاد بانک اطلاعاتی ایده‌ها و تغییر در

طراحی

(ز) برنامه‌محوری به جای فردمحوری

(ح) کمک به ایجاد فضای تفاهم بین عوامل پروژه و تسهیل اجرای پروژه‌ها

کشور ایران با امکاناتی نظیر جمعیت جوان (حدود ۷۰ درصد کل جمعیت)، حجم بزرگ سرمایه‌گذاری در طرح‌های زیربنایی می‌تواند تهدیدها را به فرصت تبدیل نماید. لازمه تبدیل تهدیدها به فرصت شناخت دقیق ضعف‌ها

و استفاده از فناوری‌ها و سیستم‌های مدیریتی بومی شده و مناسب می‌باشد. به‌کارگیری مهندسی ارزش می‌تواند گامی از این نوع باشد که علاوه بر صرفه‌جویی‌های ملموس، بینش و عملکرد نیروهای انسانی را که عامل اصلی توسعه دانایی‌محور هستند ارتقا بخشد. شاید در برخی موارد اثرات جانبی مهندسی ارزش، ارزشمندتر از نتایج آنی و عینی آن باشد.

مهندسی ارزش را می‌توان سفری از «تلاش برای انجام درست کار» به «تلاش برای انجام کار درست» دانست. چرا که، مهندسی ارزش به ایجاد توافق در مورد «چرایی» قبل از شروع بحث‌های مربوط به «چگونگی» می‌پردازد و از این طریق بسیاری از ذهنیت‌های واگرا را به فضای تفاهم رهنمون می‌شود.

وجود ظرفیت بالای مهندسی ارزش برای تبدیل آن به یک مدل بومی در کنار وجود فرصت‌های فراوان کشور به لحاظ حجم پروژه‌های در دست اجرا و همچنین فراوانی نیروی متخصص در زمینه‌های مختلف، نویدبخش موفقیت کاربرد مهندسی ارزش است.

کتاب حاضر در دو فصل و یک بخش پیوست سازماندهی شده است. در فصل اول کلیاتی درباره مفاهیم پایه‌ای مهندسی ارزش ارائه شده است. در فصل دوم مراحل و گام‌های عملی روش‌شناسی مطالعه مهندسی ارزش توصیف شده است. در هر یک از مراحل و گام‌ها، مثال‌های عملی آورده شده است تا خوانندگان درک بهتری از کاربرد عملی مهندسی ارزش پیدا کنند. علاوه بر این، خلاصه‌ای از نمونه مطالعه واقعی مهندسی ارزش ارائه شده است. در بخش پیوست نیز جنبه‌های مختلف و مهم مهندسی ارزش با جزئیات بیشتری تشریح شده است. همچنین در بخش پیوست نمونه‌هایی از کاربرگ‌های مورد استفاده در فرآیند انجام مطالعات مهندسی ارزش ارائه شده است.

گروه نویسندگان

مؤسسه پژوهشی مهندسی راهبرد دانش پویا

## فهرست مطالب

۱	فصل اول: کلیات
۱-۱	مقدمه
۲-۱	تاریخچه تکامل و توسعه مهندسی ارزش
۱-۲-۱	پیدایش مهندسی ارزش
۲-۲-۱	دوره شکوفایی مهندسی ارزش
۳-۲-۱	دوره تکامل مهندسی ارزش
۴-۲-۱	مهندسی ارزش در ایران
۳-۱	مهندسی ارزش و حل مسائل پیچیده
۴-۱	اثرات مهندسی ارزش
۵-۱	کاربردهای مهندسی ارزش
۱۵	خلاصه فصل
۱۷	خودآزمایی
۱۹	فصل دوم: برنامه کار مهندسی ارزش
۱-۲	تعاریف
۲-۲	روش‌شناسی مطالعه
۱-۲-۲	مرحله پیش مطالعه
۲-۲-۲	مطالعه یا کارگاه اصلی
۱-۲-۲-۲	فاز اطلاعات
۲-۲-۲-۲	فاز تحلیل کارکرد
۳-۲-۲-۲	فاز خلاقیت
۴-۲-۲-۲	فاز ارزیابی (قضاوت)
۵-۲-۲-۲	فاز توسعه
۶-۲-۲-۲	فاز ارائه
۳-۲-۲	مطالعه تکمیلی
۳-۲	زمان مناسب و مدت زمان انجام مطالعات مهندسی ارزش
۴-۲	نمونه مطالعه فرضی مهندسی ارزش - پروژه پیاده‌سازی
۱-۴-۲	برنامه کار مطالعه مهندسی ارزش

۴۴	..... پیش مطالعه..... ۱-۱-۴-۲
۴۵	..... کارگاه اصلی..... ۲-۱-۴-۲
۵۰	..... مطالعه مهندسی ارزش عوارضی تهران - کرج..... ۵-۲
۵۰	..... فاز اطلاعات..... ۱-۵-۲
۵۱	..... تحلیل کارکرد..... ۲-۵-۲
۵۲	..... فاز خلاقیت..... ۳-۵-۲
۵۳	..... فاز ارزیابی، توسعه و ارائه..... ۴-۵-۲
۵۵	..... خلاصه فصل.....
۵۷	..... خودآزمایی.....
۵۹	..... پیوست.....
۶۰	..... ۱-۱- نمودار سیستمی تحلیل کارکرد.....
۶۰	..... ۱-۱- مقدمه.....
۶۰	..... ۲-۱- انواع نمودار سیستمی تحلیل کارکرد.....
۶۱	..... ۳-۱- ترسیم نمودار سیستمی تحلیل کارکرد.....
۶۲	..... ۴-۱- نمونه‌هایی از نمودار سیستمی تحلیل کارکرد.....
۶۵	..... ۲- فنون خلاقیت.....
۶۵	..... ۱-۲- توفان فکری.....
۶۵	..... ۲-۲- روش گوردون.....
۶۵	..... ۳-۲- فهرست کنترل.....
۶۶	..... ۴-۲- تحلیل مورفولوژیکی.....
۶۶	..... ۵-۲- فهرست کردن خصوصیات.....
۶۷	..... ۳- فنون ارزیابی.....
۶۷	..... ۱-۳- ارزیابی به کمک روش دلفی.....
۶۸	..... ۲-۳- روش مارتین تیت.....
۷۱	..... ۳-۳- ارزیابی به روش تحلیل سلسله مراتبی.....
۷۱	..... ۱-۳-۳- تاریخچه.....
۷۱	..... ۲-۳-۳- مبانی اصلی.....
۷۲	..... ۳-۳-۳- مراحل ارزیابی.....

- پ-۳-۳-۴- تشکیل ماتریس‌های مقایسه گزینه‌ها بر مبنای معیارها و زیر معیارها..... ۷۴
- پ-۳-۳-۵- تعیین وزن معیارها و اولویت‌بندی گزینه‌ها..... ۷۴
- پ-۴- ویژگی‌های تسهیل‌گر..... ۷۶
- پ-۵- تحلیل هزینه طول عمر..... ۷۷
- پ-۵-۱- روش‌شناسی تحلیل هزینه طول عمر..... ۷۸
- پ-۵-۲- مثال تحلیل هزینه طول عمر..... ۷۸
- پ-۶- پرسش‌های متداول درباره مهندسی ارزش..... ۸۰
- پ-۷- کاربرگ‌های مورد استفاده جهت انجام مطالعات مهندسی ارزش..... ۸۴
- پ-۷-۱- کاربرگ درخواست انجام مطالعه مهندسی ارزش..... ۸۴
- پ-۷-۲- کاربرگ مشخصات عمومی پروژه..... ۸۶
- پ-۷-۳- کاربرگ معرفی اعضای تیم مطالعه مهندسی ارزش..... ۸۸
- پ-۷-۴- کاربرگ مشخصات منابع اطلاعاتی پروژه..... ۹۰
- پ-۷-۵- کاربرگ دسته‌بندی مستندات مرتبط با پروژه..... ۹۲
- پ-۷-۶- کاربرگ برنامه زمانی مطالعات مهندسی ارزش..... ۹۴
- پ-۷-۷- کاربرگ برنامه زمانی حضور اعضای تیم مطالعه مهندسی ارزش در کارگاه‌ها..... ۹۶
- پ-۷-۸- کاربرگ مدل هزینه..... ۹۸
- پ-۷-۹- کاربرگ مدل "کارکرد- هزینه- بها"..... ۱۰۰
- پ-۷-۱۰- کاربرگ ثبت فهرست ایده‌های طرح شده در مرحله خلاقیت..... ۱۰۱
- پ-۷-۱۱- کاربرگ اطلاعات تکمیلی..... ۱۰۲
- پ-۷-۱۲- کاربرگ اطلاعات تکمیلی مرحله توسعه..... ۱۰۳
- منابع و مآخذ..... ۱۰۵





## فهرست اشکال

- شکل ۱-۱- رابطه پیچیدگی مسأله با افزایش تعداد عوامل..... ۸
- شکل ۱-۲- تعادل بین ملاحظات اجتماعی و سیاسی، فنی و اقتصادی..... ۹
- شکل ۱-۳- حل مسائل پیچیده با تلاش گروهی تیم مهندسی ارزش..... ۹
- شکل ۱-۴- فرآیند تصمیم‌سازی مشارکتی در مقابل تصمیم‌سازی یک‌جانبه..... ۱۳
- شکل ۲-۱- چرخش و تکرار فازها در برنامه‌کار مطالعه مهندسی ارزش..... ۲۳
- شکل ۲-۲- مدل هزینه (پروژه به‌سازی بزرگراه)..... ۲۷
- شکل ۲-۳- هزینه اعمال تغییرات و پتانسیل کاهش هزینه..... ۴۰
- شکل ۲-۴- نمودار تحلیل کارکرد سیستمی پیاده‌رو..... ۴۶
- شکل ۲-۵- نمودار تحلیل کارکرد عوارضی تهران- کرج..... ۵۲
- شکل پ-۱- نمودار سیستمی تحلیل کارکرد اورهد..... ۶۳
- شکل پ-۲- نمودار سیستمی تحلیل کارکرد تیر چراغ برق..... ۶۴
- شکل پ-۳- الگوی معمول رسم سلسله مراتب مسئله..... ۷۲
- شکل پ-۴- ماتریس مقایسه زوجی معیارهای اصلی بر مبنای هدف..... ۷۴



## فهرست جداول

جدول ۱-۱- مهندسی ارزش در یک نگاه.....	۲
جدول ۱-۲- برنامه کار.....	۲۱
جدول ۲-۲- برنامه کار مطالعه اصلی.....	۲۹
جدول ۳-۲- نمونه‌ای از کارکردهای پروژه به‌سازی بزرگراه.....	۳۱
جدول ۴-۲- نحوه محاسبه شاخص ارزش.....	۳۷
جدول ۵-۲- مناسب‌ترین زمان و میزان اهمیت برگزاری کارگاه مهندسی ارزش در پروژه‌های عمرانی.....	۴۱
جدول ۶-۲- وزن معیارهای ارزیابی پروژه.....	۴۵
جدول ۷-۲- فهرست کارکردهای منتخب.....	۴۷
جدول ۸-۲- کارکردهای منتخب و تعداد ایده‌های مربوطه.....	۴۷
جدول ۹-۲- ایده‌های برتر.....	۴۸
جدول ۱۰-۲- نتایج مطالعه.....	۴۹
جدول پ-۱- اجزاء و کارکردهای اورهد.....	۶۲
جدول پ-۲- اجزای تیر چراغ برق و کارکردهای آنها.....	۶۳
جدول پ-۳- ماتریس تصمیم‌گیری.....	۶۸
جدول پ-۴- ماتریس تصمیم‌گیری مارتین- تیت (گام پنجم).....	۶۹
جدول پ-۵- ماتریس تصمیم‌گیری مارتین- تیت (گام ششم).....	۷۰
جدول پ-۶- ماتریس تصمیم‌گیری مارتین- تیت (گام هفتم).....	۷۰
جدول پ-۷- مقیاس کمی و کیفی برای مقایسه زوجی معیارها در روش AHP.....	۷۳





### اهداف این فصل

۱. آشنایی با زمینه‌های شکل‌گیری مهندسی ارزش
۲. شناخت عوامل ارزش ضعیف در پروژه‌ها
۳. درک نگاه کارکردی
۴. شناخت نقش خلاقیت
۵. شناخت اهمیت کارگروهی
۶. شناخت تفاوت رویکرد مهندسی ارزش و کاهش هزینه

## ۱-۱- مقدمه

مهندسی ارزش تکنیکی مدیریتی است که کارایی خود را به‌عنوان یک ابزار مدیریتی مؤثر برای بهبود طراحی، ساخت و صرفه‌جویی در هزینه‌ها در عمل به اثبات رسانده است. به‌کارگیری مهندسی ارزش منافع بیش از بهبود طرح و صرفه‌جویی در هزینه‌ها در پی داشته است. از آن جمله می‌توان به ارتقای استانداردها، بهره‌گیری از شیوه‌ها و تکنیک‌های نوین و ایجاد اشتیاق بیشتر در افراد برای مشارکت در تصمیم‌گیری‌های سازمان‌ها و افزایش مهارت‌ها به‌دلیل کار گروهی اشاره کرد.

مهندسی ارزش یکی از موفق‌ترین روش‌شناسی‌های حل مسأله، کاهش هزینه و بهبود عملکرد و کیفیت است. نگاه کارکردی، به نتیجه رسیدن آن در مدت زمان کوتاه، ارائه راه‌حل‌های اجرایی و انجام کار به دست تیمی که با هدف مشترک و تخصص‌های مختلف، کارکردهای پروژه یا محصول را بررسی نموده و با راه‌کارهای خلاقانه جایگزین مناسب‌تر برای آن پیشنهاد می‌کند از وجوه تمایز آن در مقایسه با دیگر تکنیک‌ها و روش‌های مشابه می‌باشد. به‌عبارت دیگر مهندسی ارزش تکنیکی روشمند و کارکردمحور است. این تکنیک به‌دنبال کارکردهای محصول، خدمت یا سیستم به‌منظور محقق‌ساختن کارکردها با صرف کمترین منابع و هزینه طول عمر، با استفاده از ایده‌های خلاقانه یک تیم متخصص و مجرب می‌باشد.

تأثیر این تکنیک مدیریتی در پروژه‌هایی که دارای یکی از ویژگی‌های هزینه بالا، تکرارپذیری بالا، پیچیدگی بالا و ریسک بالا بوده‌اند، بیشتر مشاهده می‌شود. همچنین بایستی به این نکته توجه داشت که مهندسی ارزش مطالعه بهینه‌یابی نیست. بهینه‌یابی در یک چارچوب به انجام می‌رسد، در حالی که در مطالعه‌های مهندسی ارزش، چارچوب‌ها نیز می‌توانند تغییر یابند.

مهندسی ارزش سازوکاری را در اختیار کارفرمایان قرار می‌دهد که بتوانند تأثیر قابل ملاحظه کارشناسان خبره را در کاهش هزینه‌ها و افزایش کارکردها محقق نمایند. در جدول ۱-۱ مقایسه‌ای بین فرآیند مهندسی ارزش و آنچه را که می‌توان مهندسی ارزش دانست، ارائه شده است.

جدول ۱-۱- مهندسی ارزش در یک نگاه

نیست‌های مهندسی ارزش	هست‌های مهندسی ارزش
✘ فرآیند ارزان‌سازی یا تطبیق هزینه با بودجه	✓ فرآیند روشمند برای حذف هزینه‌های غیرضروری
✘ نقد طرح مشاور	✓ رویکرد تیمی چندرشته‌ای
✘ ابزار کنترل کیفیت	✓ مبتنی بر هزینه دوره عمر
✘ بازنگری طرح	✓ تکنیک مدیریتی پذیرفته شده و اثبات شده
✘ اعمال تغییرهای مورد نظر کارفرما	✓ فرصتی برای بهبود طرح

مهندسی ارزش به منظور حصول هم‌افزایی<sup>۱</sup>، متکی بر تیم چندرشته‌ای است. در این راستا کار تیمی چندرشته‌ای منجر به برخورداری از دیدگاه‌های مختلف، رویکرد گسترده و فراگیر، ایجاد افق و چشم‌انداز مشترک و بالاخره همگرایی میان عوامل مختلف پروژه (کارفرما، مشاور، پیمانکار، به‌راهِبردار و کاربر) می‌شود. از این‌رو اگرچه کاربرد مهندسی ارزش را در شناسایی و افزایش کارکردهای اصلی یک پروژه، سیستم یا محصول و حذف هزینه‌های غیرضروری می‌دانند، ولی در یک نگاه کلان، به‌کارگیری آن مزایای جانبی بسیار زیادی به‌همراه خواهد داشت. حداقل مزیت یک مطالعه مهندسی ارزش آگاه‌شدن و اطلاع‌ذی‌ربطان مختلف طرح یا پروژه مورد مطالعه از دیدگاه‌های یکدیگر می‌باشد.

## ۱-۲- تاریخچه تکامل و توسعه مهندسی ارزش

شاید لاری مایلز<sup>۲</sup> در سال ۱۹۴۷ هیچ‌وقت گمان نمی‌کرد که دیدگاه «خرید کارکرد» به جای «خرید قطعه» تا این اندازه بتواند در آینده بر علوم کاربردی تأثیر بگذارد. بی‌گمان یکی از عوامل مؤثر در نگاه کارکردی به جای نگاه مصداقی، خودشکوفایی ایشان بود که از محدودیت، به‌عنوان یک فرصت استفاده نمود. تمرکز بر «حل مسأله» و «افزایش ارزش» یکی از شاخص‌های بارز تیم لاری مایلز بود. مایلز «حل مسأله» را فقط در خود مسأله پیگیری نکرد بلکه ثابت کرد که تغییر نگاه فرد و نگاه جامع و سیستمی می‌تواند با هزینه‌های کمتر، ارزش‌های والا بیافریند. اگر بازدید فرمانده نیروی دریایی آمریکا از کارخانه جنرال الکتریک - جایی که مایلز توانست با یک‌سوم قیمت، پمپ چرخنده زیرآبی با کیفیت بهتر تولید کند - نبود، گسترش رویکرد ارزش ممکن بود با سرعت کمتری مواجه شود. در حقیقت ارتباط مؤثر که یکی از ابزارهای رویکرد ارزش می‌باشد، خود، باعث گسترش این روش گردید.

همواره در طول تاریخ، تلاش وقفه‌ناپذیر بشر برای ماندگاری سعادتمندان با مصرف بهینه منابع، هم‌زاد و هم‌راستا بوده است. از این بین، در گاه‌شمار تاریخ، لحظه‌هایی وجود دارند که نیروی خلاقیت به‌یاری همت بشر آمده و نوآوری، نقطه عطفی برای بهبود ارزش، رقم زده است. شناخت روند شکل‌گیری چنین لحظه‌هایی برای قضاوت منصفانه در مورد هر نوآوری، ضروری به‌شمار می‌آید.

روش‌های جلوگیری از به‌کارگیری منابع غیرضروری و کاهش هزینه، از زمان فردریک تیلور<sup>۳</sup> و با به‌کارگیری مدیریت علمی برای انجام بهتر کارها، با یک تحول عمیق مواجه گردید. گیلبرت<sup>۴</sup> با مطالعه زمان انجام کار و هنری فایول<sup>۵</sup> با مطرح کردن اصول اداره کار، این روش‌ها را توسعه دادند. تحول بعدی در این زمینه با تلاش‌های مایلز در

---

1. Synergy  
2. Larry Miles  
3. Fredrick Taylor  
4. Gilberts  
5. Henry Fayoll

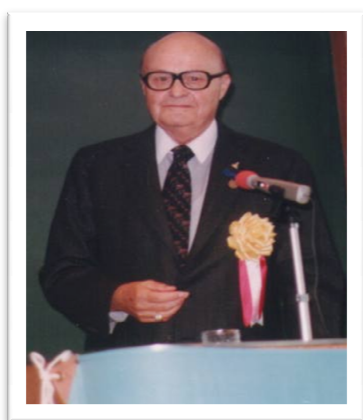


جهت حذف هزینه‌های غیرضروری به دستاوردی مبتنی بر عملکردها و استفاده از مزایای کار گروهی منجر شد که "مهندسی ارزش" نام گرفت.

در این بخش فرآیند شکل‌گیری این دستاورد جدید و مهم‌ترین تحولات آن، از آغاز تا سال‌های ابتدایی قرن حاضر، در قالب سه مرحله پیدایش، شکوفایی و تکامل مطرح می‌شود.

### ۱-۲-۱- پیدایش مهندسی ارزش

سال‌ها هزینه‌های تولید محصول در شرکت جنرال الکتریک از نظر آقای مایلز بیشتر از حد بود. لذا یافتن راهی برای کاهش هزینه‌ها دغدغه اصلی مایلز گردید. سال ۱۹۴۴ زمانی که مایلز به سمت مدیر خرید شرکت گمارده شد،



دغدغه ذهنی او باعث به‌کارگیری نگرشی کارکردگرا برای تهیه مواد اولیه شد. چنین نگرشی از آنجا نشأت می‌گرفت که با شروع جنگ جهانی دوم مواد اولیه‌ای چون فولاد، آلومینیوم، مس، برنز، نیکل و قلع در اختیار فعالیت‌های جنگی قرار گرفتند. در حالی که این فلزها مواد اولیه صنعت الکترونیک بودند، مصرف نجومی آنها در کاربردهای مرتبط با جنگ، این صنعت را با چالش جدیدی مواجه کرد؛ لذا چاره‌ای جز جایگزینی مواد اولیه این صنعت با مواد دیگر نبود. این در حالی بود که کارکردهای این ماده باید تأمین می‌شد.

نمونه‌ای که در آن سال‌ها اجرا گردید، جایگزینی فولاد ضدزنگ در موتور پمپ زیرآب با یک ماده جایگزین بود. این ماده جایگزین علاوه بر دوام بیشتر، قیمتی برابر یک‌سوم قیمت فولاد ضد زنگ را داشت. "دلیل چنین تفاوت آشکاری چیست؟" این سؤال بود که ذهن مایلز و هری ارلیچر<sup>۱</sup>، معاون شرکت جنرال الکتریک را به خود معطوف داشت. برای پاسخ به پرسش مطرح شده، مایلز از سال ۱۹۴۷ به‌صورت تمام‌وقت به مسئولیت کاهش هزینه محصول‌ها در شرکت جنرال الکتریک به‌کار گمارده شد. تا سال ۱۹۵۲ مایلز مفاهیم کارکردی مرتبط با هزینه را گسترش داد. هزینه‌های اضافی بایستی شناسایی و حذف می‌گردید تا حتی در زمان وفور مواد اولیه، محصول ارزان‌تر و کارآتری به‌دست مشتریان می‌رسید.

برنامه اجراشده توسط مایلز، به‌عنوان یک راه‌حل بهبود مدیریت، «تحلیل ارزش» نام گرفت. مایلز با تشکیل جلسه‌هایی از شرکت‌کنندگان می‌خواست فراتر از عادت‌های معمول خود بیاندهند. در ابتدا رویکرد کارکردگرا در ارتباط با کاهش هزینه‌ها مطرح بود و پس از آن افزایش ارزش محصول مدنظر قرار گرفت.

1. Harry Erlicher

در سال‌های اولیه، برنامه تحلیل ارزش محدود به شرکت جنرال الکتریک بود، تا اینکه در اوایل دهه ۱۹۵۰ همزمان با انتشار مقاله‌هایی درباره تحلیل ارزش، این روش در نیروی دریایی آمریکا و با تأکید بر تحلیل نقشه‌های مهندسی طرح‌ها به کار گرفته شد و اصطلاح «مهندسی ارزش» جایگزین «تحلیل ارزش» گردید. اولین سمینار مهندسی ارزش در سال ۱۹۵۲ در کارخانه جنرال الکتریک برگزار شد. نیاز به کمک از کلیه بخش‌های درگیر در تولید و فروش محصول، موجب سازماندهی یک تیم چندرشته‌ای گردید. تشکیل این تیم با موفقیت آنی مواجه شد. در برخی موارد ۶۰ تا ۸۰ درصد در هزینه‌ها صرفه‌جویی گردید، ولی میزان صرفه‌جویی در بیشتر موارد در حدود ۵ تا ۱۰ درصد بود. با وجود اینکه ابعاد موفقیت مختلف بود ولی همگی در موفقیت برنامه توافق داشتند. به علت نقش کلیدی آقای مایلز به ایشان لقب "پدر مهندسی ارزش" داده شده است.

### ۱-۲-۲- دوره شکوفایی مهندسی ارزش

مهندسی ارزش از محصولات صنعتی شروع شد و به تدریج از اواخر دهه ۱۹۶۰ در صنعت ساخت‌وساز و دیگر صنایع و خدمات، کاربرد پیدا کرد. هر چند موفقیت مهندسی ارزش گاه با چالش‌هایی مواجه گردید، لیکن تعدد موارد موفقیت این تکنیک، مقاومت‌ها در برابر تغییر را در هم شکست و نتایج حیرت‌آوری به دست آورد. دوره شکوفایی مهندسی ارزش با توسعه این تکنیک به خارج از محدوده جنرال الکتریک آغاز و به تحولات شگرفی در کاهش هزینه و در نهایت تشکیل انجمن‌های مهندسی ارزش در کشورهای مختلف منجر گردید. مهم‌ترین تحولات این دوره عبارت بودند از:

- الف) برپایی اولین سمینار تحلیل ارزش به همت آقای مایلز (۱۹۵۲)
- ب) استفاده از مهندسی ارزش در بخش‌های مختلف ارتش آمریکا (از سال ۱۹۵۴)
- ج) انتشار کتاب «مهندسی ارزش در مدیریت پروژه» نوشته ساکسنا (۱۹۵۵)
- د) برگزاری اولین همایش ملی مهندسی ارزش در آمریکا با حضور ۳۰۰ نفر و فراهم‌شدن پیش‌نیازهای تأسیس انجمن مهندسی ارزش (۱۹۵۸)
- ه) تشکیل انجمن مهندسی ارزش آمریکا<sup>۱</sup> (۱۹۵۹)
- و) برگزاری اولین و دومین کنفرانس مهندسی ارزش در دانشگاه پنسیلوانیا و آناهایم کالیفرنیا (سال‌های ۱۹۵۹ و ۱۹۶۰)
- ز) تصویب بندهای آیین‌نامه قراردادهای مهندسی ارزش در ارتش آمریکا (۱۹۶۱)
- ح) اجباری شدن مهندسی ارزش در قراردادهای با ارزش بالای ۱۰۰ هزار دلار در وزارت دفاع آمریکا (۱۹۶۲)
- ط) استفاده از مهندسی ارزش در شرکت کشتیرانی آمریکا (۱۹۶۳)

- ی) تعریف فرآیند سهم‌شدن پیمانکار و فروشنده در درصدی از پیشنهادهای مرتبط با صرفه‌جویی‌های تأییدشده تحت عنوان پیشنهاد تغییر به‌روشن مهندسی ارزش<sup>۱</sup> (۱۹۶۳)
- ک) رشد مهندسی ارزش در مهندسی عمران با تدوین قوانین انگیزشی برای پیمانکاران (۱۹۶۳ تا ۱۹۶۵)
- ل) تأسیس اولین شرکت مهندسی ارزش در استرالیا (۱۹۶۵)
- م) ابداع نمودار تحلیل سیستمی کارکرد<sup>۲</sup> توسط چارلز بایتوی<sup>۳</sup> با هدف سازمان‌دهی کارکردها به‌روشن منطقی و منظم (۱۹۶۵)
- ن) به‌کارگیری قوانین انگیزشی پیمانکاران توسط سازمان عمران آمریکا پس از برگزاری کارگاه‌های آموزشی برای پرسنل (۱۹۶۶)
- س) ارائه پیشنهاد اجرای مهندسی ارزش توسط کنگره آمریکا در پروژه‌های ساخت بزرگراه‌هایی که بودجه آنها از طریق حکومت فدرال تأمین می‌گردید. (۱۹۷۰)
- ش) دستور اداره خدمات عمومی آمریکا<sup>۴</sup> برای استفاده از روش مهندسی ارزش در پیمان‌های مدیریت، طراحی و اجرای کارهای ساختمانی (۱۹۷۳)
- ص) درخواست اداره خدمات عمومی آمریکا از انجمن مهندسان ارزش آمریکا جهت صدور گواهی‌نامه مهندسی ارزش و رسمیت یافتن آن به‌عنوان یک استاندارد به‌نشانه تأیید صلاحیت دارنده آن در رشته مهندسی ارزش (۱۹۷۳)
- ض) شکل‌گیری روش‌های جدید تحلیل ارزش و ترکیب آن با فرآیند مدیریت پروژه و دستیابی به یک ابزار حقیقی در مدیریت (اواخر دهه ۱۹۸۰ و اوایل دهه ۱۹۹۰)
- ط) اصلاح قانون خط‌مشی اداره تدارکات فدرال ایالات متحده آمریکا با اضافه کردن مضمون زیر:  
«هر سازمان اجرایی ملزم است اجرای فرآیندهای مهندسی ارزش را به‌منظور صرفه‌جویی در هزینه‌ها عملی سازد.» (۱۹۹۶)
- ظ) تغییر نام انجمن مهندسی ارزش آمریکا به انجمن بین‌المللی مهندسی ارزش (۱۹۹۷)

### ۱-۲-۳- دوره تکامل مهندسی ارزش

در حال حاضر مهندسی ارزش کاربردهای گسترده‌ای در پروژه‌های نظامی، صنعتی، عمرانی و خدماتی دارد. این وضعیت، بازتاب موفقیت‌های آن در گذشته می‌باشد. از سال‌های ابتدایی دهه ۱۹۷۰ دوره‌های آموزشی متعدد و سمینارهای متنوعی با محوریت مهندسی ارزش برگزار شده است. در این سال‌ها گواهی‌نامه‌های متعددی جهت تأیید

<sup>۱</sup> Value Engineering Change Proposal (VECP)

<sup>۲</sup> Function Analysis System Technique (FAST)

<sup>۳</sup> Charles Bytheway

<sup>۴</sup> USBR

صلاحیت متخصصان ارزش صادر گردید و در نهایت از سال ۱۹۹۲ فدراسیون جهانی مهندسی ارزش تشکیل شد و کشورهای مختلف دنیا نسبت به تصویب الزامات قانونی به‌کارگیری مهندسی ارزش در مراحل مختلف طرح‌ها، اقدام کردند.

در سال‌های اخیر حیطه کاربرد مهندسی ارزش از اجرای بهینه طرح‌ها فراتر رفته و در راهبری کلان طرح‌ها نیز کاربرد پیدا کرده است. موارد زیر نمونه‌هایی از عملکرد موفقیت‌آمیز مهندسی ارزش می‌باشد.

۱. نیروی زمینی ارتش آمریکا مدعی است با به‌کارگیری مهندسی ارزش در طول ۱۳ سال بالغ بر ۶۰۰ میلیون دلار صرفه‌جویی کرده است. در سال ۱۹۹۶ در ایالات متحده بیش از ۲۰ میلیارد دلار صرفه‌جویی در اثر ارایه پیشنهاد تغییر، حاصل شد.

۲. تنها در یک اداره راه محلی در فاصله سال‌های ۱۹۹۱ تا ۱۹۹۳ بیش از ۴۶۰ میلیون دلار صرفه‌جویی گردید که پاداش پیمانکاران ۱۵۸ میلیون دلار بود. در یک قرارداد نیز نزدیک به ۹۸ میلیون دلار صرفه‌جویی گردید که پاداش پیمانکاران ۵۰ میلیون دلار شد.

۳. در بزرگراه‌های ایالات متحده در طول سال‌های ۱۹۹۷ تا ۲۰۰۰ صرفه‌جویی‌هایی بالغ بر ۵۴، ۷۶۹، ۸۶۴ و ۱۱۲۸ میلیون دلار صورت گرفت که نسبت صرفه‌جویی به هزینه مطالعه‌های مهندسی ارزش به‌ترتیب ۱:۱۰۶، ۱:۱۱۷، ۱:۱۱۳ و ۱:۱۴۵ بود.

#### ۱-۲-۴- مهندسی ارزش در ایران

سابقه مهندسی ارزش در ایران طولانی نیست. مهم‌ترین اقدام‌های صورت‌گرفته و ضوابط موجود در این رابطه را می‌توان به‌صورت زیر بیان نمود:

۱. اولین دوره‌های آموزشی مدول یک در سال ۱۳۸۱ برگزار گردید و چندین مطالعه مهندسی ارزش در کشور به انجام رسید.

۲. در سال ۱۳۸۲ مصوبه برنامه چهارم، دوباره بر اعمال مهندسی ارزش در پروژه‌های عمرانی تأکید نمود.

۳. در مهر ۱۳۸۳ سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی شرح خدمات پیشنهاد تغییر به‌روش مهندسی ارزش و قوانین انگیزشی پیمانکاران را ابلاغ نمود (نشریه ۲۹۰).

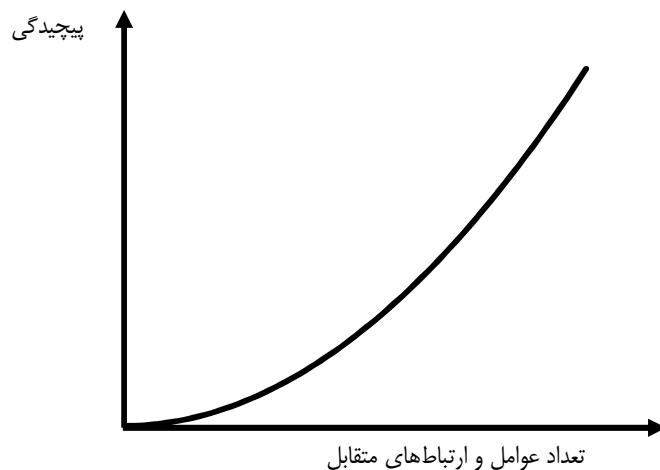
۴. در اسفند ۸۴ سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی، مجموعه دستورالعمل‌های مطالعه‌های مهندسی ارزش در دوره پیش از فعالیت‌های اجرایی را ابلاغ کرد.

۵. در قانون بودجه سال ۸۶ استفاده از مهندسی ارزش برای پروژه‌های با مبالغ بیش از ۱۰۰ میلیارد ریال الزامی شد.

در سال‌های اخیر، تمایل بیشتری به انجام مطالعه‌های مهندسی ارزش در پروژه‌ها و نیز فراگیری آن در سازمان‌ها و شرکت‌ها ایجاد شده است. برطبق قانون برنامه سوم اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی جمهوری اسلامی ایران، فصل هفتم، نظام مالیاتی و بودجه، ماده ۶۱-ج- دستگاه‌های اجرایی موظفند طرح‌های عمرانی در دست اجرای خود را به پیشنهاد سازمان برنامه و بودجه به‌منظور ساده‌سازی و ارزان‌سازی (با اِعمال مهندسی ارزش)، ضمن رعایت استانداردهای فنی مورد بازنگری قرار دهند.

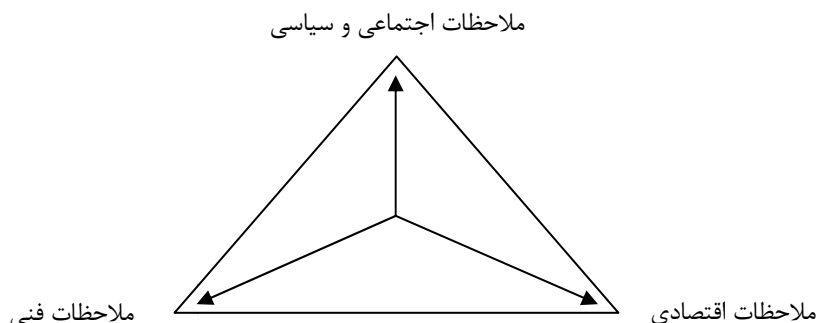
### ۱-۳- مهندسی ارزش و حل مسائل پیچیده

به‌طور کلی مسائل مهندسی به دو دسته تحلیلی و ترکیبی قابل تقسیم است. در مسائل تحلیلی، هدف، تعیین رفتار سیستم مورد نظر در یک شرایط مشخص و تعریف‌شده است. در مسائل ترکیبی، هدف، یافتن سیستمی است که در شرایط خاص، رفتار مشخصی را ارایه کند. حل مسائل ترکیبی با پارامترهای زیادی مواجه می‌باشد و باید ترکیب بهینه‌ای برای آنها حاصل گردد. بدیهی است در چنین مواردی به علت نامشخص بودن تمامی عوامل تأثیرگذار، تصمیم‌گیری، دشوار و پیچیده خواهد بود ضمن اینکه تعدد عوامل و ارتباط‌های متقابل بین آنها در طرح‌های بزرگ موجب افزایش پیچیدگی به‌صورت غیرخطی می‌شود. همانطور که شکل ۱-۱ نشان می‌دهد، با افزایش تعداد عوامل و ارتباطات متقابل، پیچیدگی‌ها نیز افزایش می‌یابد.



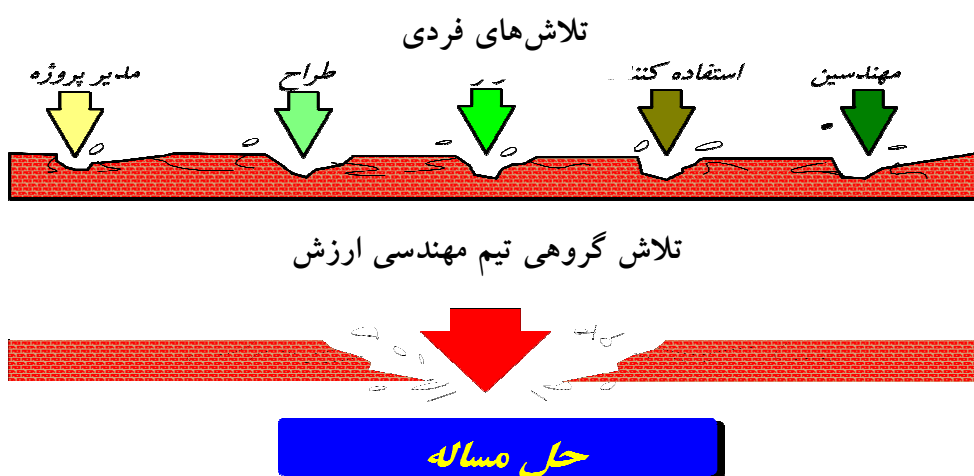
شکل ۱-۱- رابطه پیچیدگی مسأله با افزایش تعداد عوامل

از دیگر چالش‌های پیش‌رو در طرح‌های بزرگ، رسیدن به نقطه تعادل بین ملاحظات اجتماعی و سیاسی، فنی و اقتصادی است (شکل ۱-۲).



شکل ۱-۲- تعادل بین ملاحظات اجتماعی و سیاسی، فنی و اقتصادی

بنابراین در رویارویی با این پیچیدگی و به‌منظور ایجاد شفافیت در خواسته‌ها، انتظاراتها و الزامات کارفرمایان طرح‌های بزرگ، تکیه بر خرد جمعی و کارگروهی اجتناب‌ناپذیر است، به‌ویژه آنکه ماهیت چندرشته‌ای و چندفازی پروژه‌ها، درک کامل و بسیار عمیق آنها را برای یک عامل پروژه، هرچقدر مجرب و متخصص، دشوار و ناممکن نموده است. از این‌رو مقابله با مسائل پیچیده و چندبعدی نیازمند خرد جمعی، کار گروهی و به‌کارگیری خلاقیت افراد است. در یک چارچوب نظام‌مند و با بهره‌گیری از ابزارهای توانمند است که می‌توان امیدوار بود ترکیب خلاقیت و کار تیمی تحقق یابد. مهندسی ارزش از موفق‌ترین این ابزارها است که پایه‌های اصلی آن را کار تیمی، خلاقیت و برخورد نظام‌مند تشکیل می‌دهد. در واقع در مهندسی ارزش ذی‌ربطان کلیدی طرح، در قالب یک سیستم واحد به دنبال حل مسأله‌ای پیچیده و دشوار می‌باشند که به‌دلیل ماهیت مسأله هر یک به‌تنهایی قادر به یافتن مؤثرترین راه‌حل برای آن نمی‌باشند (شکل ۱-۳).



شکل ۱-۳- حل مسأله پیچیده با تلاش گروهی تیم مهندسی ارزش

#### ۴-۱- اثرات مهندسی ارزش

عوامل متعددی باعث می‌گردند تا ارزش در طرح‌ها، محصولات و خدمات کاهش یابد. ارزش به‌بیان ساده، نسبت کارکرد به هزینه است. اثرات منفی موجب کاهش کارایی، کاهش کیفیت، افزایش هزینه‌ها و به‌صورت خلاصه کاهش ارزش می‌گردد. موارد زیر از جمله این عوامل می‌باشند.

الف) عوامل محیطی؛ عواملی هستند که از محیط‌های کاری، حرفه‌ای و شرایط درونی سازمان‌ها شکل گرفته و بر کارایی و نتیجه فعالیت‌ها و محصولات اثر می‌گذارند. میزان این اثر بسته به فرهنگ سازمانی، شخصیت حرفه‌ای افراد و نظام کاری سازمان‌ها متفاوت است. کمبود زمان، کمبود اطلاعات، دستمزدهای ناکافی، نبود ارتباط کافی میان متخصصان، نبود استانداردها یا وجود استانداردهای بیش از حد، کمبود اطلاعات هزینه‌ای درباره پروژه‌های مشابه، فاصله زیاد با تکنولوژی‌های روز و شرایط موقت که دایمی تلقی می‌شوند، از مهم‌ترین این عوامل می‌باشند.

ب) عوامل فرهنگی؛ عواملی فراتر از محیط‌های کاری هستند که بر کل اجتماع و به‌تبع آن بر جامعه مهندسی و مدیریتی تأثیرگذار می‌باشند. اهداف سیاسی در پروژه‌ها، نادیده‌گرفتن ایده‌ها، عدم جدیت کافی برای کاهش هزینه‌ها، سوء تفاهم در فضای فعالیت‌های حرفه‌ای، نبود دید سیستماتیک و جامع، ضعف مدیریت و عدم حساسیت به منابع، از جمله این عوامل می‌باشند.

ج) عوامل انسانی و مرتبط با شخصیت افراد: این عوامل ناشی از اثرپذیری درازمدت فرد از اجتماع می‌باشند که بر فرآیندها، نتایج و همچنین بر نظام کاری و فرهنگ سازمانی اثرگذار هستند. عادت‌ها، بینش‌ها، تصورات غلط و در عین حال صادقانه، مدل‌های ذهنی و تعصب‌ورزی نسبت به ایده‌های شخصی، نمونه‌هایی از این دسته عوامل می‌باشند.

مهندسی ارزش با برخورداری از نقاط قوت خاص خود می‌تواند تا حدود زیادی بر عوامل کاهش ارزش، تأثیرگذار باشد. برخی از نقاط قوت مهندسی ارزش به شرح زیر می‌باشد.

##### الف) تولید ایده‌های نو

یکی از دلایل وجود ارزش ضعیف در پروژه‌ها، کمبود ایده‌های نو می‌باشد. به‌دلیل عدم ارتباط برنامه‌ریزی‌شده بین طراحان که علاقه‌مند به استفاده از دانسته‌های قبلی خود هستند، زمینه تولید ایده‌های نو فراهم نخواهد شد. مهندسی ارزش با تمرکز بر کارکردهای اصلی و انجام فاز خلاقیت در مورد آنها، شرایط مناسب برای بروز ایده‌های نو را فراهم می‌آورد. این ایده‌ها در طرح‌های بعدی به‌طور معمول قابل استفاده می‌باشند.

##### ب) انجام کار به‌صورت گروهی

تجربه کم در انجام کار گروهی یکی از مهم‌ترین معضله‌های فرهنگی جامعه است که در عمیق‌ترین لایه‌های فکری جامعه که ضرب‌المثل‌ها می‌باشد نیز ریشه دوانده است. ضرب‌المثل‌هایی مانند: «آشپز که دو تا شد آش، شور می‌شود یا بی‌نمک» یا «دیگ دست جمعی به جوش نمی‌آید!» از این قبیل هستند. این موضوع به یکی از موانع

توسعه تبدیل شده است. در دنیای توسعه یافته هیچ کار مؤثر با دامنه گسترده‌ای را نمی‌توان یافت که جز با حضور افراد با تخصص‌های مختلف، همراه با سازماندهی مناسب شکل گرفته باشد.

مهندسی ارزش با روشی مؤثر، افراد با تخصص‌های مختلف را گرد هم آورده و با تفکیک فازهای خلاقیت و ارزیابی، زمینه بسیاری از اختلافها را از بین می‌برد.

ج) ارتقای استانداردها و به‌روز کردن آنها

بدیهی است که با توسعه دانش بشری و رشد تکنولوژی، استانداردها می‌بایست به‌روز شوند. همواره تدوین استانداردها با محاسبه‌های فنی و اعمال ضرایب اطمینان مناسب صورت می‌پذیرد. این ضرایب به عواملی نظیر شرایط اقتصادی، جغرافیایی و منطقه‌ای، فیزیکی، تکنولوژیکی و موجود بودن اطلاعات مورد نیاز، وابسته است. در تیم مهندسی ارزش از افراد با تخصص‌های مختلف استفاده می‌شود، همچنین در فاز خلاقیت و ایده‌یابی می‌توان هر چیزی از جمله استانداردها را زیر سؤال برد. در فاز ارزیابی، ایده‌ها توسط کارشناسان مختلف مورد بررسی بیشتر قرار می‌گیرند. این فرآیند فرصتی در اختیار قرار می‌دهد که در فضای تخصصی و علمی، پیش‌فرض‌ها و استانداردها مورد نقد و بررسی قرار گیرند و در صورت وجود زمینه مناسب، تغییر استانداردها به مراجع ذی‌ربط پیشنهاد گردد.

د) آموزش و استفاده از تجارب صاحب‌نظران

در کارگاه‌های مهندسی ارزش به‌دلیل ایجاد زمینه برای طرح ایده‌ها (به‌ویژه در فازهای اطلاعات و ارزیابی) و دفاع از آنها توسط صاحب‌نظران، امکان زیادی برای آشنایی با نظرها و فراگیری تجربه‌های مختلف فراهم می‌شود. مهندسی ارزش می‌تواند به‌عنوان یکی از روش‌های انتقال اطلاعات، دانش و تجربه افراد صاحب‌نظر مطرح باشد و این موضوع در کارگاه اصلی (به‌ویژه در فازهای اطلاعات، ارزیابی و توسعه) تحقق می‌یابد.

مهندسی ارزش ویژگی‌های مثبت دیگری نیز دارد که از آن جمله می‌توان به موارد زیر اشاره کرد.

۱. ارتباط و آشنایی کارشناسان مختلف با یکدیگر
۲. آگاهی از توانایی‌ها و تخصص‌های موجود
۳. شناخت و استفاده از تکنولوژی‌های جدید از طریق طرح ایده‌های نو در بین اعضای تیم
۴. مستندشدن تجارب صاحب‌نظران
۵. آشنایی کارشناسان با مسائل میان‌رشته‌ای
۶. تشکیل بانک اطلاعات ایده‌ها و استفاده از آنها در پروژه‌های دیگر
۷. شناخت بیشتر کارفرما، مشاور و پیمانکار از مسائل، نیازها، انتظارات و مشکل‌های یکدیگر
۸. مشارکت بیشتر کارشناسان در حل مسائل مبتلابه
۹. فراهم شدن زمینه مناسب برای نمود و افزایش توانایی افراد.



## ۱-۵- کاربردهای مهندسی ارزش

روش‌شناسی ارزش دارای اهداف و کاربردهای متنوع و متناسب با موضوع مورد مطالعه می‌باشد. مهندسی ارزش از دو دیدگاه کلی دارای کاربرد می‌باشد که به شرح زیر است:

### الف) دیدگاه پیشینه‌کردن ارزش

اگر هدف اصلی مهندسی ارزش «دستیابی به ایده‌های ارزشمندتر» باشد، یکی از اصلی‌ترین و حیاتی‌ترین پیش‌نیازهای آن، استفاده از یک روش سیستماتیک است. برنامه کار، در عمل تبلور این رکن است. روش‌های متمرکز و فشرده که از کار تیمی بهره‌مند می‌شوند، در مقایسه با روش‌های دیگر بهبود مانند نظام پیشنهادها یا بهبود مستمر، نتایج سریع‌تر و مؤثرتری به بار آورده‌اند. به‌همین دلیل رویکرد مدیریت نوین به استفاده از ابزارهای کوتاه‌مدت و متمرکز تمایل یافته است.

### ب) دیدگاه حل مسأله

از دید حل مسأله<sup>۱</sup>، برنامه کار مهندسی ارزش، چکیده گام‌به‌گام و نظام‌مند از روش معمول حل مسأله (تعیین مسأله، حل مسأله، اجرای راه‌حل) می‌باشد. در برخورد با بیشتر مسائل فنی - مدیریتی، زمان، هزینه و کیفیت نقش کلیدی و گاه بحرانی دارند. اغلب، ترکیب این عوامل، پدیدآورنده مشکل و گاه تعیین‌کننده پیروزی یا شکست یک پروژه می‌باشد. در این حالت اگر دستیابی به راه‌حل از طریق یک رویکرد گروهی چندتخصصه، خلاق و با استفاده از افراد مجرب ممکن نگردد، در بیشتر موارد مسأله قابل حل نمی‌باشد.

با توجه به موارد فوق، روش‌شناسی ارزش در زمینه‌های زیر دارای قدرت عمل می‌باشد:

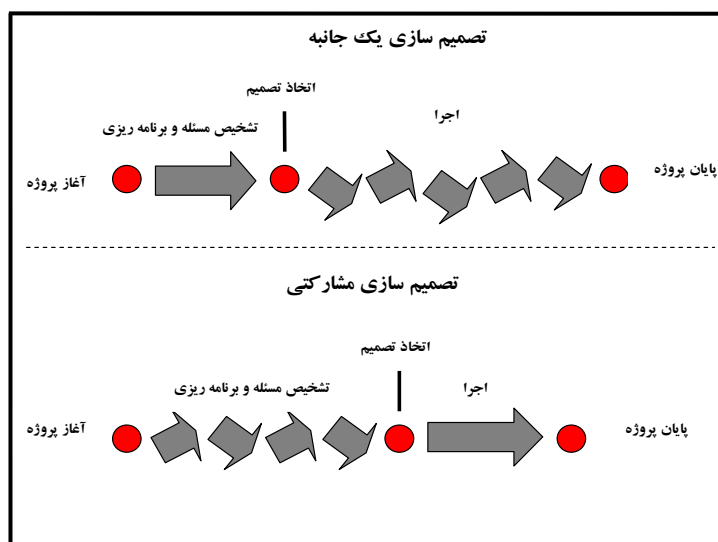
۱. هرگاه بهبودی در اجرا و هزینه، مدنظر باشد، روش‌شناسی ارزش می‌تواند به‌کار برده شود. بهبود می‌تواند از دید مالی یا براساس عواملی مانند سودآوری، کیفیت، زمان، نیرو، اثر محیطی و قابلیت دوام اندازه‌گیری شود. روش‌شناسی ارزش به صورت تقریبی در تمام زمینه‌های مختلف فعالیت‌های بشر می‌تواند به‌کار برده شود.
۲. در پروژه‌های عمرانی، تجاری و نظامی مانند ساختمان‌ها، بزرگراه‌ها، ساخت کارخانه و طرح‌های جمع‌آوری و تصفیه فاضلاب که به‌نظر می‌رسد یک‌بار به اجرا درمی‌آیند (در مقابل کالاهای مصرفی که مرتباً تولید می‌شوند)، مهندسی ارزش برای هر پروژه متفاوت است. از آنجا که پروژه‌های بزرگ، منحصر به‌فرد هستند، مهندسی ارزش از همان ابتدای مرحله طراحی به‌منظور به‌دست‌آوردن حداکثر سود ممکن، به‌خوبی قابل کاربرد می‌باشد. در این شرایط تغییرها یا دستورهای جدید طراحی، نیازمند طراحی گسترده مجدد، هزینه اجرایی زیاد و تغییر زمان‌بندی نمی‌باشد. در پروژه‌های زیربنایی بزرگ، مطالعات خاص مهندسی ارزش در مرحله طراحی مفهومی و پس از آن در مرحله طراحی تفصیلی انجام می‌گیرد.

۳. روش‌شناسی ارزش علاوه بر کاربرد در زمینه‌های سخت‌افزاری مانند ساختمان‌سازی یا سایر پروژه‌های زیربنایی، در زمینه‌های نرم‌افزاری مانند فرآیندهای تولید و ساخت، بهداشت، خدمات زیست‌محیطی، برنامه‌ریزی، سیستم‌های مدیریتی و ساختار سازمانی نیز دارای کاربرد می‌باشد.

۴. برای محصولات یگانه یا سیستم‌هایی مانند سیستم‌های الکترونیکی نظامی یا ابزار و وسایل سرمایه‌ای خاص، روش‌شناسی ارزش که در مرحله طراحی جهت اطمینان از دستیابی به اهداف از پیش تعیین‌شده به‌کار می‌رود، در بیشتر موارد یک مطالعه رسمی ارزش بعد از تأیید طرح اولیه و قبل از شروع یک چرخه تولید/ساخت می‌باشد. روش‌شناسی ارزش ممکن است در طول ساخت/تولید جهت اطمینان از به‌کارگیری جدیدترین مواد و تکنولوژی نیز به‌کار برده شود.

۵. یکی از کاربردهای روش‌شناسی ارزش استفاده در برنامه‌ریزی و تهیه طرح‌های جامع می‌باشد. مراحل تهیه و تصویب طرح‌ها در بسیاری از مواقع آن قدر طولانی است که به دلیل تغییرهای گسترده قابل اجرا نخواهد بود. ممکن است دلیل طولانی‌شدن طرح‌ها فقدان جهت‌گیری‌ها، نقصان اطلاعات پایه، نبود برنامه‌های زیربخش‌ها و عدم همکاری و مشارکت سازمان و نهادهای ذی‌ربط باشد. همچنین در موقع تصمیم‌گیری، ضعف تصمیم‌سازی نظیر عدم قطعیت‌ها، اجرایی‌نبودن طرح‌ها و اختلاف‌نظرها باعث تعویق در تصمیم‌گیری می‌شود.

با استفاده از روش‌شناسی ارزش می‌توان روند طرح‌ها را تغییر داد، به‌طوری که در زمان کوتاه‌تر، می‌توان طرح‌های با کیفیت بالاتر تهیه نمود. همچنین می‌توان با تصمیم‌سازی بهتر، زمان تصمیم‌گیری را کوتاه‌تر نمود. نکته مهم این است که به‌دلیل در نظر گرفتن نظرهای مختلف و تلاش و باور جمعی، در پیاده‌سازی طرح‌ها تضمین بیشتری برای اجرا ایجاد می‌شود. شکل ۱-۴ به خوبی نشان‌دهنده اثرات یک فرآیند تصمیم‌سازی مشارکتی در مقابل یک فرآیند بخشی و یک‌جانبه‌نگر در برنامه‌ریزی و اجرای پروژه می‌باشد.



شکل ۱-۴- فرآیند تصمیم‌سازی مشارکتی در مقابل تصمیم‌سازی یک‌جانبه



## خلاصه فصل

مهندسی ارزش، یک روش تجربه‌شده در مدیریت است که برای دستیابی به تعادل هزینه، کیفیت و کارکرد یک محصول یا پروژه، رویکردی ساختارمند و هماهنگ اتخاذ می‌کند. با چنین رویکردی، توانایی مدیریت در شناسایی و حذف هزینه‌های غیر ضروری ارتقا می‌یابد. وظیفه اصلی مهندسی ارزش، برقراری تعادل میان هزینه، کارکرد و کیفیت است. مهندسی ارزش معتقد است ارزش مطلوب زمانی حاصل می‌شود که مشتری راضی باشد. البته باید در این باره به مشتری به‌عنوان مفهوم عام آن توجه داشت و منظور از مشتری صرفاً مصرف‌کننده نهایی کالا و خدمات نیست. نکته مهمی که باید به آن توجه داشت این است که مهندسی ارزش به دنبال دست‌کاری هزینه‌ها برای کاهش قیمت تمام‌شده نیست، بلکه نگاهی جامع به مسایل دارد. تفاوت اساسی فرایند مهندسی ارزش با سایر روش‌های کاهش هزینه در همین مهم است. مهندسی ارزش نگرشی اجرایی و کارکردگرا همراه با تجزیه و تحلیل مسأله به صورت نظام‌مند و هدفمند دارد. مهندسی ارزش به دنبال یافتن راهکارهای جایگزین برای تحقق اهداف پروژه مورد نظر، با تکیه بر خلاقیت‌های فردی و در قالب کار تیمی است.



## خودآزمایی

۱. وجوه تمایز مهندسی ارزش با دیگر تکنیک‌ها و روش‌های مشابه در چیست؟
۲. علاوه بر مواردی که در متن آمده، چه ویژگی‌های دیگری از پروژه‌ها وجود دارند که در به‌کارگیری مهندسی ارزش در آن‌ها می‌تواند تأثیرگذار باشد؟
۳. مهندسی ارزش چگونه به هم‌افزایی دست می‌یابد؟
۴. دغدغه اصلی مایلز را در مأموریتی که به وی سپرده شده بود را چه می‌دانید؟
۵. علت تأکید مایلز بر تعیین کارکرد چه بوده است؟
۶. چالش‌های کاربرد مهندسی ارزش را در ایران در چه می‌دانید؟
۷. چرا مهندسی ارزش در حل مسائل پیچیده، موفق عمل می‌کند؟
۸. علل کاهش ارزش محصولات و خدمات در چیست؟
۹. مهندسی ارزش در غلبه بر کاهش ارزش از چه نقاط قوتی سود می‌برد؟
۱۰. مهندسی ارزش را با چه دیدگاهی می‌توان در زمینه‌ها و موضوعات مختلف به کار گرفت؟
۱۱. چند نمونه از کاربردهای مهندسی ارزش را در محیط کار خود یا فعالیت‌های روزمره ذکر نمایید.
۱۲. آیا ارزش محدود به کاهش هزینه، افزایش کیفیت، کارایی، ایمنی و ... می‌شود؟ آیا نمونه‌های استثنا وجود دارد؟ در صورت وجود ذکر نمایید؟
۱۳. چند نمونه از ارزش در پروژه‌های مختلف را ذکر نمایید؟



**اهداف فصل:**

۱. آشنایی با مراحل و گام‌های مطالعه مهندسی ارزش
۲. آشنایی با فعالیت‌های گام‌های مختلف
۳. آشنایی با تحلیل کارکرد
۴. آشنایی با مثال‌های عملی در مراحل مختلف مطالعه



## ۲-۱- تعاریف

پیش از ورود به روش‌شناسی مطالعه مهندسی ارزش، لازم است مفهوم چند واژه مهم در مهندسی ارزش تعریف شود.

### الف) کارکرد

عمل و نتیجه مورد انتظار از یک محصول، پروژه یا فرایند است. به بیانی دیگر، کاری که محصول به‌خاطر انجام‌دادن آن به فروش می‌رود. برای مثال، مشتری خودکار را برای نوشتن می‌خرد، خودرو به‌خاطر حرکت کردن به فروش می‌رسد.

### ب) هزینه

مجموع پرداخت‌هایی که برای تأمین عوامل تولید و نهایی‌شدن محصول، کالا یا خدمات صورت می‌گیرد.

### ج) بها

کمترین قیمت لازم برای انجام یک کارکرد است. پایین‌ترین هزینه پرداختی برای داشتن یک محصول از دید مشتری، بهای آن کالا منظور می‌شود.

### د) ارزش

نسبت کارکرد مورد نیاز به هزینه (طول عمر) می‌باشد. هدف مطالعه مهندسی ارزش، افزایش شاخص ارزش است.

### ه) هزینه طول عمر

مجموع هزینه‌های دوره ساخت و تمامی هزینه‌های احتمالی نگهداری، بهره‌برداری، تعمیرات و از رده خارج کردن می‌باشد.

### و) برنامه کار

برنامه‌ای است که مراحل و گام‌های انجام مطالعه ارزش را توصیف می‌کند.

## ۲-۲- روش‌شناسی مطالعه

مطالعه مهندسی ارزش در قالب مراحل صورت می‌گیرد که برنامه کار<sup>۱</sup> نامیده می‌شود. ساختاریافته مهندسی ارزش در برنامه کار جلوه‌گر می‌شود. در واقع برنامه کار فرمول اجرایی است که تیم را در طول فرایند مهندسی ارزش از ابتدا تا انتها هدایت می‌کند. برنامه کار مهندسی ارزش با اصول حل گام به گام و خلاقانه مسأله همخوانی نزدیکی دارد.

---

<sup>۱</sup>. Job plan

برنامه کار از سه مرحله اصلی تشکیل می‌شود. مراحل اصلی مطالعه شامل: <sup>۱</sup>پیش مطالعه، <sup>۲</sup>مطالعه اصلی (کارگاه اصلی) و <sup>۳</sup>مطالعه تکمیلی می‌باشد. مهم‌ترین مرحله، کارگاه اصلی می‌باشد که شامل شش فاز اطلاعات، تحلیل کارکرد، خلاقیت (ایده‌یابی)، ارزیابی (قضاوت)، توسعه و ارائه می‌باشد. جدول ۱-۲ مراحل و گام‌های برنامه کار را نشان می‌دهد.

جدول ۱-۲- برنامه کار

مرحله	گام‌ها
پیش مطالعه	<ul style="list-style-type: none"> <li>- گردآوری اطلاعات</li> <li>- تعیین مبانی مطالعه (شامل اهداف طرح، اهداف مطالعه مهندسی ارزش، شناسایی ذیربطان طرح، مسائل و فرصت‌های طرح، تعیین محدودیت‌های کارفرمایی)</li> <li>- تهیه مدل هزینه</li> <li>- تعیین اعضای تیم مطالعه</li> </ul>
مطالعه اصلی	<ul style="list-style-type: none"> <li>- اطلاعات</li> <li>- تحلیل کارکرد</li> <li>- ایده‌یابی</li> <li>- ارزیابی</li> <li>- توسعه</li> <li>- ارائه</li> </ul>
مطالعه تکمیلی	<ul style="list-style-type: none"> <li>- تکمیل پیشنهادهای تغییر</li> <li>- اجرای تغییرات پیشنهادی</li> <li>- پیگیری اعمال تغییرات</li> </ul>

<sup>۱</sup>. Pre study

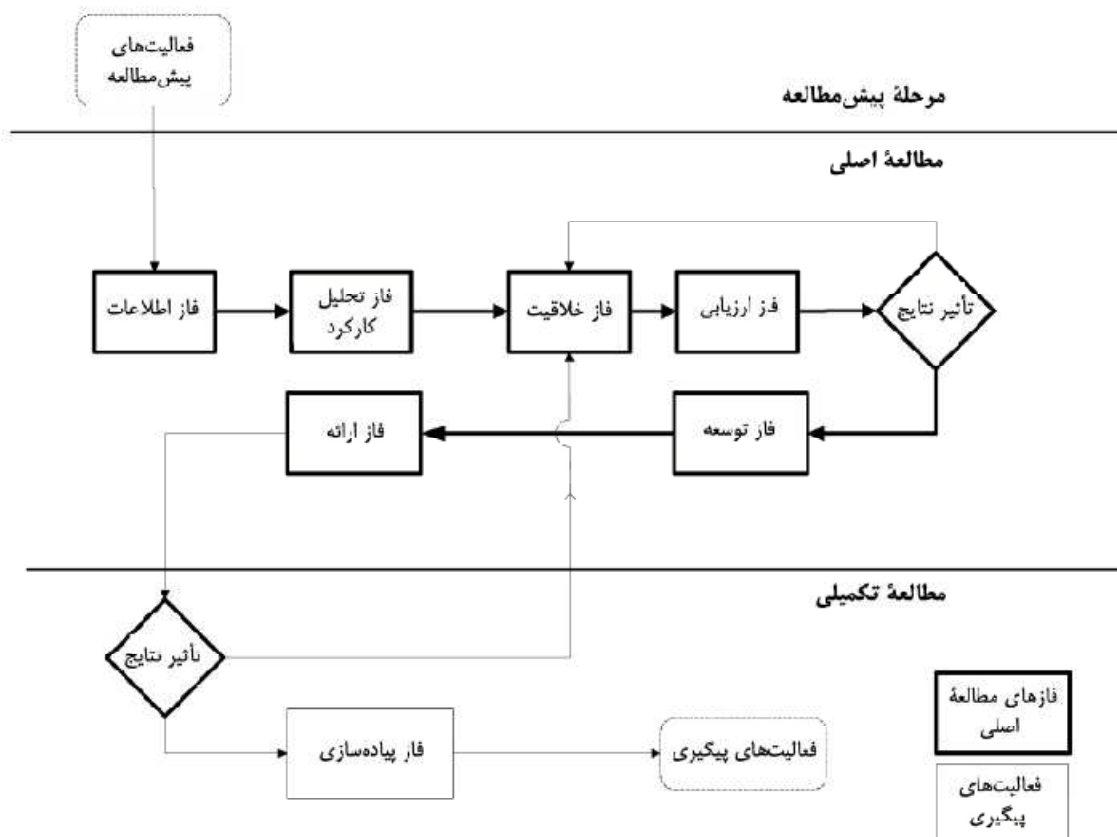
<sup>۲</sup>. Study

<sup>۳</sup>. Post study

### کادر ۱- ویژگی‌های برنامه کار

۱. بستر مناسب را برای انجام مطالعه از شروع تا نتیجه‌گیری مهیا می‌کند.
۲. زمینه مناسبی را برای ثبت و مستندسازی مراحل و تلاش‌های انجام‌شده، هم‌زمان با پیشرفت مطالعه فراهم می‌کند.
۳. از دستیابی و استفاده از حقایقی که ممکن است در طرح مبنا نیز مورد توجه قرار نگرفته باشد، اطمینان حاصل می‌شود.
۴. تجزیه منطقی مطالعه را به اجزایی که قابل برنامه‌ریزی، زمان‌بندی، تخصیص هزینه، استفاده و بازنگری پیایی و مستمر باشند به وجود می‌آورد.
۵. از انجام مطالعات بیشتر در زمان محدود مطالعه، اطمینان حاصل می‌شود.
۶. نقاط پرهزینه، پریسک و پرفرصت را برجسته می‌نماید و بنابراین نقاط مناسب برای مطالعه عمیق‌تر را نشان دهد.
۷. تیم مطالعه را به سمت تفکر عمیق‌تر و بنابراین راه‌حل‌های خلاقانه هدایت می‌کند. افراد به‌صورت معمول به استفاده از اولین راه‌حلی که به ذهنشان می‌رسد عادت کرده‌اند.
۸. افراد را به فعالیت و وا می‌دارد تا با مقایسه و تحلیل موشکافانه موضوع و کارکردهای آن به راه‌حل‌های جدید دست یابند.
۹. برنامه کار بر مبنای واقعیت‌ها پیش می‌رود و در نتیجه موجب رشد تصمیم‌سازی هدف‌گرا می‌شود.
۱۰. تیم را به سمت تعیین نیازهای پروژه و ارزیابی کارکردهای صحیح آن هدایت می‌کند.
۱۱. دیدی هدف‌گرا و جامع از پروژه با تمرکز بر هزینه طول عمر اجزا به‌دست می‌دهد.

مراحل و فازهای مطالعه به‌صورت متوالی اجرا می‌شوند. افزایش اطلاعات یا داده‌های جدید برای تیم ممکن است باعث بازگشت به فاز قبلی یا در یک فاز، به مرحله قبلی گردد، اما هیچ‌کدام از گام‌ها یا فازها و مراحل یک فاز نباید حذف شود (شکل ۲-۱). به‌منظور دستیابی به حداکثر منافع از برنامه کار، باید به‌طور دقیق آن را اجرا نمود. این موضوع ممکن است در نظر اول با خلاقیت در تضاد به‌نظر برسد ولی تعهد دقیق به اجرای برنامه کار، در نهایت انعطاف‌پذیری در تفکر را به‌دست خواهد داد.



شکل ۲-۱- چرخش و تکرار فازها در برنامه کار مطالعه مهندسی ارزش

### ۲-۲-۱- مرحله پیش مطالعه

در مرحله پیش مطالعه فعالیت‌هایی انجام خواهد شد که برای مطالعه اصلی ضروری هستند. به عبارتی پیش‌نیازها و الزامات مطالعه اصلی برآورده می‌شوند. به‌طور خلاصه در مرحله پیش مطالعه، فعالیت‌های زیر انجام می‌گیرند:

۱. شناسایی نیازها و خواسته‌های کارفرما/ مشتری
۲. گردآوری اطلاعات پروژه
۳. تعیین مبانی مطالعه: اهداف/ محدوده مطالعه/ الزامات کارفرمایی/ مدل هزینه/ ذینفعان/ معیارهای ارزیابی
۴. تعیین تیم مطالعه و برنامه‌ریزی برگزاری جلسات مطالعه

### الف) شناسایی نیازها و خواسته‌های کارفرما/ مشتری

نخستین گام‌ها برای اجرای اولین فاز از ۶ فاز اصلی مطالعه ارزش (در گام ۲)، یعنی فاز اطلاعات، در این مرحله برداشته می‌شود. خواسته‌ها و نیازهای کارفرما به کمک یک گروه متمرکز داخلی یا از طریق اطلاعات طرح‌های مشابه گردآوری می‌شوند. برای پروژه‌هایی که برای اولین بار انجام می‌شوند، تحلیل‌ها ممکن است به اهداف پروژه محدود شود.

### ب) گردآوری اطلاعات پروژه

تیم مهندسی ارزش بایستی تمام اطلاعات مرتبط را گردآوری کند. گردآوری اطلاعات را می‌توان به وظایف یا کارهای مجزا تقسیم کرد و هر کار به یک عضو گروه واگذار شود. اطلاعات پروژه از منابع مختلفی جمع‌آوری می‌شوند و به دو دسته اولیه و ثانویه قابل تفکیک هستند.

منابع اولیه به دو دسته افراد و مستندات تقسیم می‌شوند. افراد شامل کاربران، طراح، پرسنل تعمیرات و خدمات، کارفرمایان و مشاوران می‌باشند. مستندات شامل نقشه‌ها، مشخصات پروژه، اسناد و مدارک مزایده و برنامه پروژه است.

منابع ثانویه شامل تامین‌کنندگان محصولات، استانداردهای طراحی و مهندسی، قوانین و مقررات مرتبط، نتایج آزمایش‌ها، گزارش‌های تخصصی می‌شود. اطلاعات مربوط به پروژه‌های مشابه و داده‌های کمی و آماری نیز جزو این دسته از اطلاعات هستند.

بازدید از محل پروژه توسط تیم مطالعه ارزش از منابع اطلاعاتی ثانویه مفید و مؤثر در مطالعات ارزش محسوب می‌گردد. در صورتی که اطلاعات به صورت پراکنده و نادقیق باشد توصیه می‌شود سمیناری نیم‌روزه با حضور عوامل پروژه جهت گردآوری اطلاعات موثق و دقیق برگزار گردد.

### ج) مبانی مطالعه

پس از تشکیل تیم مطالعه مهندسی ارزش و تبادل اطلاعات، مبانی مطالعه به عنوان مبنای ادامه کار مورد توافق قرار می‌گیرد. مبانی مطالعه در حقیقت چارچوب کلی کار برای ادامه روند مطالعه مهندسی ارزش می‌باشد. مبانی مطالعه عبارت‌اند از:

#### اهداف پروژه

تعیین دقیق اهداف اصلی و کلیدی پروژه که مورد توافق ذیربطان اصلی پروژه می‌باشد، اولین گام در تعیین مبانی مطالعه مهندسی ارزش تلقی می‌گردد. اهداف مطالعه مهندسی ارزش به‌طور طبیعی نباید مغایر با اهداف طرح یا پروژه باشد. به‌عبارت دیگر از آنجا که طرح موجود بر اساس نیاز و خواست کارفرما/کاربران/مردم طراحی گردیده است، مطالعه ارزش نباید مانع رسیدن به اهداف از پیش تعیین‌شده طرح باشد، مگر آن که طی مطالعه مشخص شود این اهداف تغییر یافته یا نیاز به اصلاح دارند (کادر ۲).

#### کادر ۲- هدف پروژه

(پروژه پایانه مرزی)

تسهیل و تسریع در تردد مرزی

### اهداف مطالعه مهندسی ارزش

مطالعه مهندسی ارزش می‌بایست تأمین‌کننده نیاز کارفرما در بهبود ارزش طرح باشد. به همین دلیل خواسته‌ها، انتظارات و نظرات کارفرما نقش اساسی در شکل‌گیری آن دارد. دریافت خواسته‌ها، کشف انتظارات پنهان و اعمال نظرات کارفرما، ضمن تعهد به روش‌شناسی ارزش که ابزار خاص مدیریتی می‌باشد تیم مطالعاتی را به جمع‌بندی و اجماع بر روی اهداف مطالعه می‌رساند (کادر ۳).

#### کادر ۳- اهداف مطالعه مهندسی ارزش

(پروژه ترمینال مسافری فرودگاه)

۱. افزایش ایمنی
۲. تسریع در بهره‌برداری
۳. تناسب بودجه و هزینه

#### محدوده مطالعه

یکی از مباحث مهم و اساسی در مطالعه مهندسی ارزش تعیین دقیق محدوده مطالعه می‌باشد. محدوده مطالعه بخشی از پروژه یا کل پروژه است که برای مطالعه ارزش انتخاب شده است. تعریف محدوده با وسعت بیش از اندازه، می‌تواند به کیفیت مطالعات آسیب جدی وارد نماید. همچنان که تعریف اشتباه مسأله نیز می‌تواند مطالعه ارزش را به یک تحلیل اقتصادی، بازنگری یا تصمیم‌سازی در خارج از حدود مطالعه تبدیل کند (کادر ۴).

#### کادر ۴- محدوده مطالعه مهندسی ارزش

(پروژه سد تأخیری سیلاب شهری)

حوضه آبریز بالادست، سد و مناطق مسکونی پایین‌دست با تمرکز بر سازه سد تأخیری

#### الزامات کارفرمایی و محدودیت‌های مطالعه

در مطالعات مهندسی ارزش محدودیت و چارچوب‌هایی وضع می‌شود تا از تمرکز مطالعات بر موارد غیرقابل تغییر یا مواردی که به دلایل خاص مورد بررسی قرار گرفته و تصمیم‌گیری شده‌اند جلوگیری شود. این کار سبب می‌شود توان تیم در نقاط مناسب صرف گردد. این قبیل موارد را که عدول از آنها جایز نیست اصطلاحاً *گاوهای مقدس*

می‌نامند. گاوهای مقدس در واقع خطوط قرمزی هستند که به دلایل مختلف از جمله مسائل فنی، سیاسی-امنیتی و اجتماعی مورد نظر کارفرما یا مشتری اصلی طرح هیچ‌گونه تغییری در آنها قابل پذیرش نمی‌باشد. در صورتی که نتایج کار تیم منجر به ارائه توصیه‌هایی گردد که خطوط قرمز را زیر سؤال ببرد، نتایج مطالعه قابل پذیرش و قابل اجرا نخواهد بود.

هر چه محدودیت‌ها بیشتر باشند، تیم برای خلاقیت و ارایه راه‌کارهای جدید، محدودتر خواهد بود. بنابراین سعی بر این است تا این قبیل محدودیت‌ها با آگاهی کامل از دیدگاه‌ها و خواسته‌های ذی‌ربطان کلیدی پروژه (کارفرما، مشاور، پیمانکار و بهره‌برداران) و در نهایت واقع‌بینی تعیین گردد (کادر ۵).

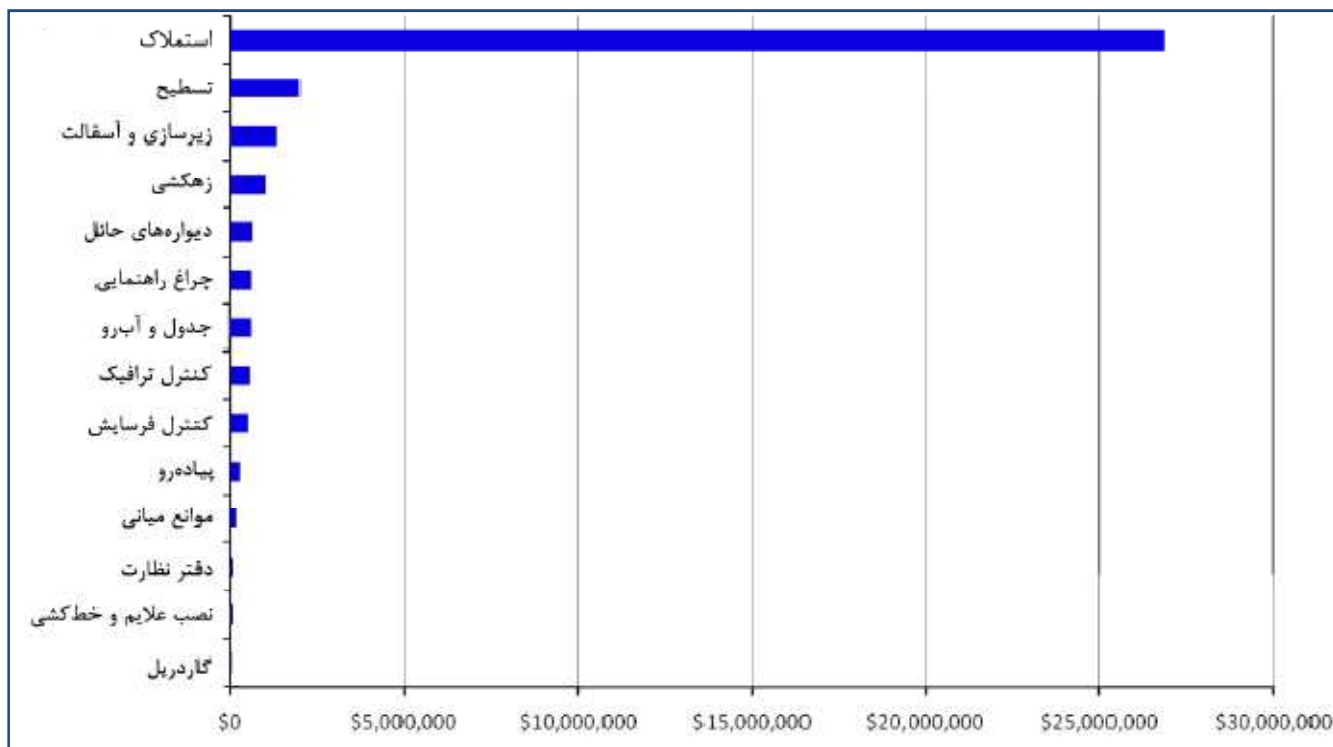
### کادر ۵- الزامات کارفرمایی

(پروژه ایستگاه راه‌آهن)

۱. پرهیز از مسایل اجتماعی
۲. رعایت سقف زمانی برای استفاده از اعتبار تخصیص یافته در بودجه

### مدل هزینه

به‌منظور تحلیل کامل‌تر پروژه، بایستی اطلاعات هزینه‌ای پروژه در اختیار باشد. مدل هزینه، اطلاعات هزینه‌ای پروژه را به صورت خلاصه ارائه می‌کند. مدل هزینه در ابتدای پروژه به عنوان مبنا مورد توافق قرار می‌گیرد. مدل هزینه کمک می‌کند تمرکز تیم بر نقاط پرهزینه صورت پذیرد. شکل ۲-۲ نمونه‌ای از مدل هزینه پروژه به‌سازی بزرگراه را نشان می‌دهد.



شکل ۲-۲- مدل هزینه (پروژه به‌سازی بزرگراه)

### ذیربطان<sup>۱</sup>

نهادهای یا افرادی هستند که به نوعی در اجرای پروژه یا طرح، مؤثر بوده یا از اجرای آن تأثیر می‌پذیرند. ذیربطان می‌توانند شامل بخش‌های دولتی و غیردولتی (بخش خصوصی یا سازمان‌های مردم‌نهاد) باشد. کارفرما، مشاور، پیمانکار به‌طور مستقیم با اجرای طرح و مسایل فنی آن مرتبط هستند و از این بابت حضور نمایندگان آنان در کارگاه مطالعه ضروری می‌باشد اما همواره در هر طرح عواملی وجود دارند که به‌طور غیرمستقیم با پروژه مرتبط بوده و در کیفیت اجرای نتایج مطالعه ارزش تاثیرگذار می‌باشند. ارتباط مؤثر با این عوامل و دریافت نظرات آنها از عوامل موفقیت مطالعه ارزش می‌باشد (کادر ۶).

<sup>۱</sup>. Stakeholder



### کادر ۶- ذیربطان

(پروژه اسکله بازرگانی)

۱. سازمان بنادر و کشتیرانی
۲. شرکت‌های بارانداز
۳. بازرگانان و صاحبان کالا
۴. صاحبان کشتی‌ها
۵. کامیون‌داران
۶. اهالی منطقه
۷. اداره گمرک
۸. مهندسان مشاور
۹. شرکت‌های سازنده (پیمانکار)

### معیارهای ارزیابی

معیارهای ارزیابی ملاک ارزیابی پیشنهادها و گزینه‌ها قرار می‌گیرند. تیم مطالعه ضمن تعیین معیارها در ابتدای مطالعه به‌عنوان مبانی مطالعه باید مشخص نماید این معیارها چه ارتباط مهمی با گزینه‌های پیشنهادی پایان مطالعه خواهند داشت. معیارها باید مستقل از یکدیگر بوده و تأمین آنها به‌معنای حصول رضایت سفارش‌دهنده مطالعه باشد. معیارها با تبادیل نظر هم‌زمان عوامل ذی‌ربط پروژه تعیین می‌شود (کادر ۷).

### کادر ۷- معیارهای ارزیابی

(پروژه تونل‌سازی)

۱. کاهش زمان اجرا
۲. کاهش خسارات زیست‌محیطی
۳. تطبیق هزینه با بودجه تخصیصی
۴. پشتیبانی و حمایت از صنایع و تجهیزات داخلی
۵. سهولت بهره‌برداری نگهداری و تعمیرات
۶. رضایت ذی‌ربطان
۷. سهولت اجرا
۸. افزایش ایمنی بهره‌برداری
۹. انتقال تکنولوژی

### د) تعیین اعضای تیم مطالعه و برنامه ریزی برگزاری جلسات مطالعه

اعضای تیم به پیشنهاد راهبر مطالعه و تأیید کارفرما انتخاب می‌شوند. تعداد اعضا بسته به ابعاد پروژه و پیچیدگی‌های فنی آن بین ۵ تا ۱۵ نفر انتخاب می‌شوند.

راهبر تیم مطالعه ارزش، برنامه زمانی مطالعه، مکان تشکیل جلسات و الزامات پشتیبانی را با مشورت با اعضای تیم مشخص می‌کند. این شرایط شامل هماهنگی رفت و آمد اعضا به محل برگزاری جلسات، تدارکات پذیرایی و وجود دستگاه‌های صوتی و تصویری سالم و دیگر موارد مرتبط است. همچنین راهبر تیم، فعالیت‌های جمع‌آوری اطلاعات را طوری بین اعضای تیم تقسیم می‌کند که تمام اطلاعات مورد نیاز برای مطالعات در زمان مناسب فراهم آید. نتیجه این جمع‌آوری اطلاعات در قالب گزارش پیش‌مطالعه، تدوین و برای استفاده در فاز اطلاعات در کارگاه اصلی در اختیار اعضای تیم قرار می‌گیرد.

### ۲-۲-۲- مطالعه یا کارگاه اصلی

مرحله مطالعه یا کارگاه اصلی، گام‌های عملی پیاده‌سازی روش‌شناسی ارزش را شامل می‌شود. این کارگاه در شش فاز اطلاعات، تحلیل کارکرد، خلاقیت، ارزیابی، توسعه و ارائه انجام می‌گیرد (جدول ۲-۲).

جدول ۲-۲- برنامه کار مطالعه اصلی

مطالعه ارزش	
فاز	فعالیت
۱. فاز اطلاعات	تکمیل، تدقیق و توافق بر روی اطلاعات و مبانی مطالعه
۲. فاز تحلیل کارکرد	تعریف کارکردها، دسته‌بندی کارکردها، تهیه مدل کارکردی، تعیین بهای کارکردها، محاسبه هزینه کارکردها، انتخاب کارکردهای برتر برای ادامه مطالعه
۳. فاز خلاقیت	ایده‌یابی برای کارکردهای برتر
۴. فاز ارزیابی	رتبه‌بندی و وزن‌دهی ایده‌های پیشنهادی، انتخاب ایده‌های مناسب برای بسط بیشتر
۵. فاز توسعه	تحلیل نهایی، تکمیل اطلاعات فنی، تهیه برنامه پیاده‌سازی، تهیه پیشنهاد نهایی و محاسبه شاخص ارزش آنها
۶. فاز ارائه	تدوین و ارائه گزارش شفاهی، تدوین و ارائه گزارش مکتوب، ارائه گزینه به کارفرما و کمک به انتخاب گزینه برتر توسط کارفرما

### ۲-۲-۱- فاز اطلاعات

هدف فاز اطلاعات، کامل کردن مجموعه اطلاعاتی است که در مرحله پیش‌مطالعه گردآوری شده است. اعضای تیم، کلیه اطلاعات مورد نیاز مطالعات ارزش را در یک نشست یا کارگاه یا جلسه پرسش و پاسخ تکمیل و مبادله می‌نمایند. همچنین در صورت نیاز تیم از دستگاه پروژه بازدید خواهد نمود.

در این فاز، توافقات لازم برای مصادیق و اهداف بهبود مانند ارزش، هزینه، کارایی و زمان صورت می‌گیرد و توافقات نهایی در این مورد، بعد از بازنگری نهایی مدون می‌شود. در انتهای این فاز بر اساس اهداف بهبود، محدوده مطالعات مجدداً بازنگری می‌شود.

«گزارش پیش‌مطالعه» تهیه شده در این فاز مورد بررسی قرار گرفته و افراد تیم ضمن تسلط بر محتوای آن، توافق می‌کنند. این گزارش علاوه بر اطلاعات جمع‌آوری شده، تحلیل‌ها و نتایج موجود، حاوی مبانی مطالعه و مدل هزینه نیز می‌باشد که در این فاز تدقیق و تصویب می‌گردد.

### کادر ۸- همسان کردن اطلاعات

همسان کردن اطلاعات بین اعضای تیم و توافق بر روی آن باعث همگراشدن کارگاه، جلوگیری از ایجاد اختلاف ناشی از اطلاعات متفاوت بین اعضا و حصول نتیجه بهتر در زمان کوتاه خواهد شد.

### ۲-۲-۲- فاز تحلیل کارکرد

شناسایی و تحلیل کارکردهای پروژه، قلب روش‌شناسی ارزش است. این فعالیت، اولین و مهم‌ترین گامی است که روش‌شناسی ارزش را از سایر روش‌های بهینه‌سازی و حل مسأله متمایز می‌کند. هدف این فاز، شناسایی محدوده‌هایی از مطالعه است که بیشترین بهبود را در پروژه موجب می‌شوند. در این فاز نمودار تحلیل کارکرد توسط تیم با هدایت راهبر و تسهیل‌گر ترسیم می‌شود و کل کارکردهای پروژه در قالب یک نمودار به تصویر کشیده می‌شود. اعضای تیم، نمودار را به‌شکلی ترسیم می‌کنند که کارکردهای سطح بالا به کارکردهای سطح پایین و فعالیت‌ها مرتبط شوند و میان کارکردها منطق "چگونه؟- چرا؟" برقرار شود. معمولاً برای افرادی که در تجارب حرفه‌ای خود کمتر با دیدگاه کارکردی مواجه بوده‌اند تکمیل این فاز مشکل خواهد بود ولی تلاشی که در این مرحله صرف می‌شود در فاز خلاقیت به ثمر خواهد نشست. پس از ترسیم مدل کارکردی پروژه با اجماع تیم، کارکردهای پرهزینه، دارای فرصت یا ریسک بالا برای فاز خلاقیت شناسایی و انتخاب می‌شوند.

### کادر ۹- پرسش‌های راهگشا در فاز تحلیل کارکرد

۱. چه عملی انجام می‌دهد؟
۲. چه عملی باید انجام دهد؟
۳. این کارکرد در حال حاضر چقدر هزینه می‌برد؟
۴. این کارکرد چقدر می‌ارزد؟
۵. کارکرد، اصلی یا ثانویه است؟
۶. آیا کارکرد(های) غیرضروری وجود دارد؟

ایجاد بیان واحد بین متخصصان، هدف‌گرایی و نتیجه‌محور کردن مطالعه، سوق‌دادن بحث از اجزای پروژه به کارکردها، تجزیه و تحلیل و انتخاب نواحی پرتانسسیل برای بهبود (محل تمرکز فاز خلاقیت) و افزایش درک تیم مطالعاتی از پروژه و آماده‌سازی آنها برای پردازش ایده‌های مناسب از جمله اهدافی است که در فاز تحلیل کارکرد دنبال می‌شود.

### تیم مطالعه در این فاز فعالیت‌های زیر را انجام می‌دهد:

#### ۱. شناسایی و تعریف کارکردهای موضوع مطالعه در کوتاه‌ترین عبارت

مصرف‌کننده، کالا یا خدمات را به این دلیل خریداری می‌کند که کارکرد مشخصی را به ازای پولی که می‌پردازد برایش انجام دهد. بنابراین، اگر نتیجه کارکرد برابر انتظار نباشد، برای مصرف‌کننده غیرقابل استفاده خواهد بود و هر مقدار کاهش در هزینه، ارزش آن را بهبود نخواهد بخشید. کارکردهایی که کاربرد ضروری چیزی را از بین می‌برند، عملاً از ارزش آن برای مصرف‌کننده می‌کاهند. از طرف دیگر کارکردهایی که فراتر از حد نیاز باشند، ارزش ناچیزی برای مصرف‌کننده خواهند داشت. بدین ترتیب، ساخت هر چیزی با کاربردی کمتر از حد مورد نیاز، غیر قابل قبول است و با کاربردی بیش از حد نیز، غیرضروری و به معنای هدردادن منابع است. تعریف کارکرد در قالبی کوتاه شخص را به ایجاز و دقت وا می‌دارد.

#### ۲. دسته‌بندی کارکردها به دو گروه کلی اصلی و ثانویه

کارکرد اصلی جنبه‌ای از کار را تعریف می‌کند که باید تحقق یابد. در واقع کارکرد اصلی به این پرسش پاسخ می‌دهد: «چه کاری باید انجام دهد؟». کارکرد ثانوی نیز جنبه‌هایی از کارکرد یک محصول یا سیستم را علاوه بر کارکردهایی که باید انجام شوند تعریف می‌کند. برای نمونه، کارکرد اصلی رنگ نمای ساختمان «حفاظت سطح» و کارکرد ثانوی آن «زیبایی ظاهر» است. در جدول ۲-۳ نمونه‌ای از کارکردهای اصلی و ثانویه پروژه به‌سازی بزرگراه ارائه گردیده است.

جدول ۲-۳- نمونه‌ای از کارکردهای پروژه به‌سازی بزرگراه

کارکرد	نوع
بهبود ایمنی	اصلی
بهبود دسترس‌پذیری	ثانوی
کاهش اثرات زیست‌محیطی	اصلی
کاهش فرسایش	اصلی
افزایش خطوط عبوری	ثانوی
بهبود میدان دید	ثانوی

### ۳. ترسیم نمودار سیستمی تحلیل کارکرد<sup>۱</sup>

چارلز بایتوی<sup>۲</sup> در سال ۱۹۶۴ روشی را برای تحلیل کارکرد ابداع کرد که به نمودار سیستمی تحلیل کارکرد مشهور شده است. امروزه از این روش برای تشخیص روابط درونی کارکردهای موضوع مطالعه استفاده می‌شود. جزئیات ترسیم این نمودار در بخش پیوست آورده شده است.

### ۴. تعیین هزینه و بهای کارکردها

بها، کم‌هزینه‌ترین راه انجام هر کارکرد است. تعیین بهای کارکرد، بدون توجه به اینکه کارکرد در کجا و چگونه به کار گرفته می‌شود، پس از مشخص شدن تمام کارکردها و طبقه‌بندی آنها در قالب اصلی و ثانوی و کنار گذاشتن کارکردهای غیر ضروری آغاز می‌شود. فاصله بین هزینه و بها در کارکرد، شکاف ارزش را به دست می‌دهد و کارکردهای با شکاف ارزش بالا یکی از نقاط پرتانسیل برای مطالعه بیشتر در جهت افزایش ارزش است.

### ۵. تعیین مناسب‌ترین کارکردها و نقاط بهبودپذیر

انتخاب نقاط بهبودپذیر، فعالیت انتهایی و از مهم‌ترین نتایج فاز تحلیل کارکرد می‌باشد. دقت در این فعالیت، موجب جهت‌دهی مناسب به فاز خلاقیت و در نتیجه خروجی‌های مطالعه خواهد شد. نقاط بهبودپذیر (کارکردهایی که پتانسیل بالا برای بهبود دارند)، اغلب با محاسبه شاخص ارزش (بها به هزینه) در کارهای صنعتی و در پروژه‌های عمرانی با در نظر گرفتن متغیرهایی چون ریسک، پیچیدگی، هزینه و معیارهای دیگر انتخاب می‌گردد. به عبارت دیگر کارکردهایی انتخاب می‌گردند که پرهزینه، پرریسک، پیچیده یا دارای فرصت مناسب جهت بهبود باشند. تعداد این کارکردها با توجه به میزان زمان و توان تیم در فاز ایده‌پردازی، معمولاً بین ۵-۱۰ کارکرد متغیر می‌باشد. با استفاده از اصل پارتو نیز می‌توان کارکردهایی را که بیشترین سهم هزینه‌ای را دارند شناسایی کرد (کادر ۱۰).

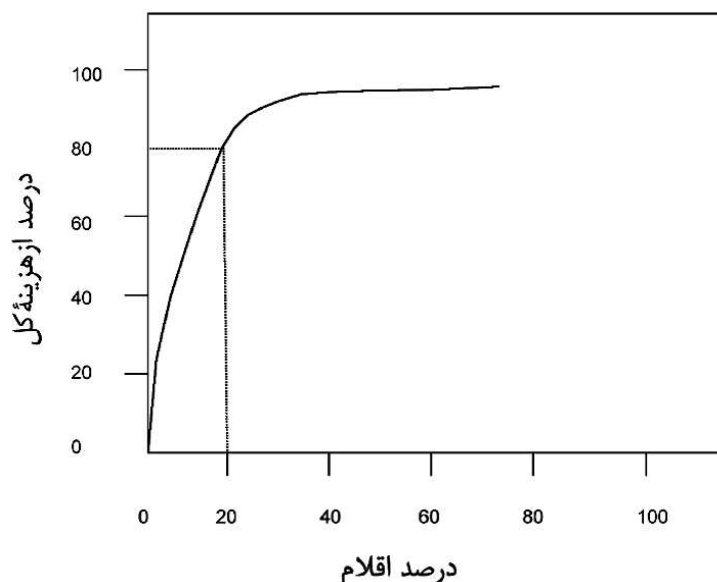
<sup>۱</sup>. Function Analysis Systems Technique (FAST)

<sup>۲</sup>. Charles Bythewat

### کادر ۱۰- اصل پارتو

بر اساس این قانون که به قانون هشتاد- بیست نیز معروف است، ۸۰ درصد هزینه‌های پروژه از ۲۰ درصد فعالیت‌های آن ناشی می‌شوند. به بیانی دیگر، ۲۰ درصد زمان ما صرف پرداختن به ۸۰ درصد مسایل کاری و ۸۰ درصد وقتمان به ۲۰ درصد کارهایمان تعلق دارد.

آلفرد پارتو اقتصاددان ایتالیایی (۱۸۴۸ - ۱۹۲۳) در پی مطالعات گسترده درباره توزیع ثروت در اروپا به این نتیجه رسید که در بعضی جوامع، گروه کمی از مردم ثروت هنگفتی را در اختیار دارند، در حالی که عده بسیار دیگری از ثروت ناچیزی بهره‌مندند. امروزه قانون پارتو در مسایل اقتصادی و بسیاری از مباحث کیفیت و فنون آماری به کار گرفته می‌شود.



### ۲-۲-۲-۳- فاز خلاقیت

در این فاز، برای تحقق کارکردهای انتخاب شده، تعداد زیادی ایده پیشنهاد می‌شود. ایده‌ها با مشارکت فعالانه اعضای تیم، در فضایی به دور از قیود، عادات، سنن، خواسته‌ها و تمایلات منفی، محدودیت‌های فرضی و معیارهای خاص، پیشنهاد و ارائه می‌گردند. در طول این فعالیت، هیچ قضاوت یا بحثی میان اعضا صورت نمی‌گیرد و بررسی کیفی ایده‌ها در فاز بعد صورت می‌گیرد.

دو اصل راهنمای زیر برای موفقیت در فاز خلاقیت مدنظر قرار می‌گیرد:

۱. در این فاز، هدف ایجاد و ارائه راه‌های مختلف برای طراحی مجدد نیست، بلکه هدف تغییر و توسعه راه‌حل‌های تحقق کارکردهای منتخب است. در واقع نتیجه فاز خلاقیت در یک کارگاه ارزش می‌تواند طیف وسیعی از ایده‌ها را شامل گردد.
  ۲. خلاقیت یک فرآیند ذهنی است که در آن تجربه‌های قبلی با هم ترکیب شده و ترکیب جدیدی را حاصل می‌کند. هدف، ایجاد و ارائه ترکیب‌های جدیدی است که تحقق کارکردهای مورد نظر را با کمترین هزینه و همچنین بهبود کارایی نسبت به قبل، میسر نماید.
- تکنیک‌های شناخته شده زیادی برای تولید ایده‌های جدید وجود دارد. اما به‌طور معمول در تمامی آنها از تکنیک‌های «توفان فکری»<sup>۱</sup> که ساده‌تر و مؤثرتر از سایر روش‌ها جهت ایجاد تعداد زیادی ایده می‌باشد، استفاده می‌گردد. سایر شیوه‌ها به‌ندرت و در مورد پروژه‌های خاص به‌کار می‌روند. اصل راهنما و موفقیت در همه آنها این است که ارزیابی انجام نمی‌گیرد و جریان آزاد افکار و ایده‌ها- بدون هیچ نقدی- صورت می‌گیرد.
- در فاز خلاقیت ذهن باید کاملاً باز باشد. آغاز فرآیند خلاقیت آسان نیست. بیشتر تمایل بر این است تا تخیل را محدود کرده تا پذیرش جمع حاصل گردد. ارزیابی و قضاوت از موانع مهم خلاقیت هستند که باید برداشته شوند. در این چارچوب مهم‌ترین نکته آن است که فاز خلاقیت به‌طور کامل از فرآیندهای تحلیلی جدا شود.

### کادر ۱۱- قوانین توفان فکری

۱. هر گونه انتقاد ممنوع است، از ابراز مخالفت بایستی تا مدتی خودداری شود.
  ۲. بر چرخش آزاد اطلاعات تأکید داشته باشد. هر چه ایده‌ها، جسورانه‌تر باشد بهتر است.
  ۳. کمیت، مورد نظر است. هر چه تعداد ایده‌ها بیشتر باشد احتمال ظهور ایده‌های مفید بیشتر است.
  ۴. اعضای تیم به ترکیب ایده‌ها و اصلاح آنها ترغیب شوند و علاوه بر ایفای سهم خود در ارائه ایده‌های نو، پیشنهادهایی در راستای بهبود ایده‌های دیگران یا ترکیب ایده‌ها ارائه دهند.
- به یاد داشته باشید: هر چه تعداد ایده‌ها بیشتر باشد، شانس موفقیت بالاتر خواهد بود. همان‌طوری که غواص مروارید، هر بار تعداد زیادی صدف به سطح آب می‌آورد تا با خوش شناسی یک مروارید به‌دست آید، باید برای رسیدن به یک ایده عالی بایستی ایده‌های زیادی تولید کرد.

## ۲-۲-۲-۴- فاز ارزیابی (قضاوت)

هدف فاز ارزیابی، تجزیه و تحلیل ایده‌های ارائه شده در فاز خلاقیت و انتخاب ایده‌های قابل اجرا، برای شرح و بسط (توسعه) بیشتر است. با استفاده از معیارهای ارزیابی تعیین شده در فاز پیش‌مطالعه، ایده‌ها، دسته‌بندی و وزن‌دهی می‌شوند.

این فاز شامل گام‌های زیر است:

۱. حذف ایده‌های غیرعملی و غیرمرتبط
  ۲. قرار دادن ایده‌های مشابه در یک دسته و نام‌گذاری دسته‌ها با عناوین کوتاه و مرتبط مانند مدیریتی، اقتصادی، عمرانی، فرآیندهای خاص و غیره
  ۳. در نظر گرفتن حداقل یک عضو تیم به‌عنوان مدافع برای هر ایده در بحث‌ها و ارزیابی‌های تیم (بدیهی است ارائه‌کننده ایده، مدافع آن خواهد بود و در صورتی که در این مرحله هیچ عضوی برای دفاع از ایده داوطلب نشد، ایده رها می‌شود).
  ۴. فهرست کردن مزایا و معایب هر ایده
  ۵. رتبه‌بندی ایده‌ها در هر دسته، با در نظر گرفتن اهمیت هر کدام از معیارهای ارزیابی و با استفاده از تکنیک‌هایی مانند ارزیابی عددی و اجماع تیمی
  ۶. انتخاب ایده‌های برتر برای توسعه در فاز بعد
- اگر هیچ‌کدام از ایده‌های نهایی بر اساس معیارهای ارزیابی، دارای رتبه بالایی نبودند، تیم باید دوباره به فاز خلاقیت برگردد. ایده‌های فاز خلاقیت مورد بحث و مورد پرسش قرار می‌گیرند. هدف این است که ایده‌هایی که قابلیت تبدیل به مفاهیم کارآ و مؤثر را دارند، شناسایی گردند.

### کادر ۱۲- پرسش‌های کلیدی: فاز ارزیابی

۱. آیا همه ایده‌ها به کار می‌آیند؟
۲. آیا ایده‌ها اجرایی هستند؟
۳. ایده‌ها چقدر امکان‌پذیر و اقتصادی هستند؟
۴. مزایا و معایب هر ایده چیست؟
۵. هزینه ایده‌های برتر چقدر است؟

## ۲-۲-۲-۵- فاز توسعه

هدف فاز توسعه، انتخاب و ترکیب بهترین راه‌حل‌های فاز ارزیابی و طرح گزینه‌های برتر برای بهبود ارزش است. این فاز شامل گام‌های زیر است:



۱. ابتدا گزینه‌های را که دارای رتبه بالایی است انتخاب کرده و تحلیل‌های سود و الزامات اجرا مانند برآورد هزینه‌های اولیه، هزینه‌های دوره عمر و هزینه‌های تحمیلی بر گزینه مانند ریسک و عدم قطعیت‌ها صورت می‌گیرد.
  ۲. تجزیه و تحلیل افزایش کارآیی حاصله از اجرای هر گزینه، انجام می‌گیرد.
  ۳. برای هر گزینه پیشنهادشده، اطلاعات مختلف فنی و اجرایی در حد طراحی اولیه تهیه می‌شود. این طرح شامل برنامه زمان‌بندی، فعالیت‌ها، تیم و مدیریت مورد نیاز برای پیاده‌سازی گزینه پیشنهادی و مقایسه گزینه با طرح مبنا از نظر هزینه‌ها و میزان کارآیی می‌باشد.
  ۴. آخرین توصیه‌ها در مورد شرایط حاکم بر مطالعات ارزش مانند شرایط سیاسی، اضطراری، وجود پروژه‌های دیگر، بازار و سایر موارد اعمال گردد.
- در این فاز، ایده‌های منتخب توسط تیم‌های کاری چندنفره توسعه داده می‌شوند. در فرم‌های توسعه منافع، مضرات، ریسک‌ها و عدم قطعیت‌های ایده‌ی پیشنهادی مطرح شده و هزینه طول عمر با تقریب قابل قبول برآورد شده و با هزینه طرح مبنا مقایسه می‌شود. موفقیت این فاز وابسته به اعمال دیدگاه پاراتویی است. با توجه به وقت محدودی که برای توسعه ایده در دست است، باید تمرکز کاری بر روی ۲۰ درصد مسائلی باشد که ۸۰ درصد کارکردها را به‌دست می‌دهد.
- اگر در توسعه ایده‌ها تلاش شود تا در حد امکان عدم قطعیت در برآورد منافع و هزینه‌ها در یک مقیاس باشد، مقایسه منصفانه ایده‌ها و پیشنهادها با طرح مبنا منطقی‌تر و قابل اتکاتر خواهد بود. در فاز توسعه، امکان کمک‌گرفتن از نیروی کارشناسی پشتیبان و شرکت‌های متخصص در زمینه مورد بحث وجود دارد. البته تیم توسعه باید در نهایت بر اساس دیدگاه خود و با رعایت انصاف و بی‌طرفی کامل، منافع و هزینه‌های ایده را محاسبه نماید.
- بهتر است حدود ۱۰ پیشنهاد در فاز توسعه تکمیل شوند زیرا پخش توان تیم در ۱۵ یا ۲۰ پیشنهاد احتمال موفقیت تیم را کاهش می‌دهد. از طرف دیگر در اکثر مواقع توسعه ایده‌ای که پتانسیل صرفه‌جویی ۱۰۰ واحد پولی را دارد، هزینه خیلی بیشتری از یک ایده‌ای با پتانسیل صرفه‌جویی ۱ واحد پولی، نیاز ندارد و بهتر است بر طبق قانون پارتو توان تیم صرف ایده‌هایی شود که دارای افق و پتانسیل صرفه‌جویی بیشتر هستند. بسته به ماهیت پروژه، ممکن است ایده‌های توسعه‌یافته در قالب پیشنهاد مهندسی ارزش ارائه شوند یا با ترکیب ایده‌ها گزینه‌های مختلف ارائه شوند. در پروژه‌های کوچک و متوسط این احتمال وجود دارد که فاز توسعه در جریان کارگاه به اتمام برسد ولی برای پروژه‌های بزرگ‌تر به‌طور معمول درصد مهمی از توسعه ایده‌ها بعد از کارگاه به انجام می‌رسد. سعی بر این است حداقل قسمتی از فاز توسعه در کارگاه با حضور تمامی اعضای تیم انجام گیرد چرا که خروجی نهایی در این فاز محاسبه شاخص ارزش برای گزینه‌ها و مقایسه آنها با یکدیگر می‌باشد. همچنین گردهم آوردن کارشناسان خبره به آسانی انجام نمی‌شود و بهتر است از زمان کارگاه حداکثر بهره‌برداری را به عمل آورد. نتیجه نهایی در این فاز، محاسبه شاخص ارزش برای هر گزینه و مقایسه گزینه‌ها با یکدیگر بر اساس این شاخص‌ها می‌باشد.

در انتهای فاز توسعه، از ترکیب ایده‌ها، سناریوها و در نهایت گزینه‌ها ایجاد می‌شوند. شاخص ارزش برای گزینه‌ها و طرح مبنا محاسبه می‌شود. این شاخص بر اساس وزن‌دهی ساده به معیارهای وزن داده شده به هر گزینه محاسبه می‌شود. شاخص گزینه‌هایی که از طرح مبنا بیشتر بود به کارفرما برای تصمیم‌گیری ارائه خواهد شد. جدول ۲-۴ نحوه محاسبه شاخص ارزش را نشان می‌دهد.

جدول ۲-۴- نحوه محاسبه شاخص ارزش

شاخص ارزش (VI)	..... .....	معیار ۲	معیار ۱	معیار
		وزن (w <sub>2</sub> )	وزن (w <sub>1</sub> )	گزینه
	.....	n <sub>2</sub>	n <sub>1</sub>	گزینه ۱
	.....	...	...	گزینه ۲
	.....	.....	.....	.....

به هر یک از گزینه‌ها، بر اساس هر معیار، نمره ۱ تا ۱۰ داده می‌شود. وزن معیارها نیز با استفاده از روش مقایسه زوجی (AHP) قابل محاسبه می‌باشد. شاخص ارزش هر گزینه بر اساس رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$VI_{\text{گزینه}} = \frac{n_1 w_1 + n_2 w_2 + \dots}{\sum_{i=1}^n w_i}$$

**کادر ۱۲- پرسش‌های کلیدی: فاز توسعه**

۱. آیا این گزینه، ارزش را بهبود می‌دهد؟
۲. آیا همه نیازها را دربر دارد؟
۳. آیا با مشکلات اجرایی مواجه است؟
۴. نتایج و عوارض آن چیست؟
۵. تفاوت آن با دیگر گزینه‌ها در چیست؟

**۲-۲-۲-۶- فاز ارائه**

هدف از این فاز، ارائه دستاوردهای مطالعه ارزش و توافق درباره اجرایی بودن توصیه‌ها است. این دستاوردها شامل چند گزینه می‌باشد که قدرت انتخاب کارفرما بیشتر باشد. این فاز شامل ارائه شفاهی اولیه، همراه با یک گزارش کتبی کامل حاوی نتایج کلیه مراحل مطالعه است.

به‌عنوان آخرین مرحله کارگاه اصلی مطالعه ارزش، تیم مهندسی ارزش نظرات خود را برای تصمیم‌گیری ارائه می‌دهد. در طول ارائه و بحث‌های تعاملی، تیم مطالعه، تاییدهای مورد نیاز را برای اعمال تغییرات یا اطلاعات جدید مورد نیاز برای این کار به‌دست می‌آورد.

#### کادر ۱۳- ویژگی گزینه‌های پیشنهادی

۱. قابلیت اجرا داشته باشد.
۲. مشکلات و هزینه‌های اجرایی بررسی شده باشد.
۳. تحلیل صرفه‌جویی و افزایش هزینه طول عمر پروژه صورت گرفته باشد.
۴. داده‌های فنی و هزینه‌ای که راه‌کارهای ارائه‌شده را پشتیبانی کند، موجود باشد.

فاز ارائه نقش کلیدی در موفقیت مطالعات ارزش دارد. اگر ایده‌ها و پیشنهادهای کارگاه ارزش به‌نحو مناسب و مؤثری ارائه نشود، پیشنهادهای بسیار خوبی ممکن است مورد پذیرش کارفرما قرار نگیرند. نکته مهم دیگر این است که اگرچه یک پیشنهاد عالی می‌تواند به علت ارائه بد، از دست برود ولی نمی‌توان با یک ارائه عالی یک ایده ضعیف را مورد پذیرش کارفرما قرار داد.

در فاز ارائه مطالعات ارزش، اقداماتی که تیم مهندسی ارزش از کارفرما درخواست می‌کند باید کاملاً مشخص باشد. تهیه پیشنهادهای عالی و ارائه عالی آن برای تصمیم‌گیران بدون مشخص کردن تصمیم یا اقداماتی که تصمیم‌گیرندگان باید اخذ کنند باعث می‌شود نتایج مطالعات ارزش کمرنگ شوند. وظیفه تیم ارزش، تصمیم‌سازی است و تصمیم‌گیران بایستی به‌طور دقیق بدانند برای تحقق منافع پیشنهادهای چه اقداماتی باید انجام دهند. در این فاز، ارائه توسط راهبر و چند عضو تیم انجام می‌شود. پاسخ به پرسش‌ها و ابهامات مطرح‌شده باید به‌صورت تیمی و با در نظر داشتن تخصص و عضویت در تیم توسعه ایده انجام گیرد. مدت زمان ارائه حدود ۴۰ تا ۶۰ دقیقه است و زمان لازم برای بحث و پرسش و جواب در نظر گرفته می‌شود. کلیه مستندات پروژه بایستی به‌صورت الکترونیکی در دسترس بوده تا در هنگام پاسخ به پرسش‌هایی که در رابطه با فرآیند مطالعه استفاده گردند. توصیه می‌شود قبل از ارائه نهایی برای تصمیم‌گیران، ارائه در حضور اعضای تیم انجام شود و بر اساس پرسش‌ها و جواب‌های مطرح‌شده، ارائه نهایی آماده گردد. در ارائه، بهتر است نتایج حاصل‌شده به‌عنوان نتیجه کار تیمی ارائه شود.

### کادر ۱۴- ساختار کلی گزارش (نمونه‌وار)

۱. مقدمه (معرفی پروژه، هدف پروژه، مکان و مدت پروژه، ذیربطان، هزینه پروژه، استانداردهای پروژه، ضرورت‌های پروژه، دلیل انجام مطالعه ارزش)
۲. برنامه مطالعه (زمان‌بندی مراحل پیش‌مطالعه، مطالعه اصلی و مطالعه تکمیلی)
۳. تیم مطالعه ارزش (معرفی اعضای تیم، تخصص‌ها، نقش اعضا، تلفن، پست الکترونیک)
۴. تشریح مسئله (مسئله یا مشکل پروژه که با انجام مطالعه برای حل آن اقدام شده)
۵. شناسایی مسئله (دلیل بروز مسئله یا مشکل، پیامدهای عدم رفع آن، وضع موجود مسئله)
۶. تحلیل کارکرد (فهرست کارکردها، دسته‌بندی کارکردها، هزینه کارکردها)
۷. هزینه‌های پروژه
۸. شناسایی گزینه‌ها (راه‌حل‌های پیشنهادی، مسئول انجام آن و توالی انجام)
۹. ارزیابی و توسعه گزینه‌ها (مقایسه گزینه‌ها و ترکیبات مختلف آنها)
۱۰. مفروضات گزینه‌ها (ویژگی و مزایا و معایب گزینه‌ها)
۱۱. دلایل انتخاب گزینه برتر و محاسبه شاخص ارزش گزینه‌ها (توجیه زمان، هزینه، کیفیت)
۱۲. جمع‌بندی
۱۳. توصیه‌ها و پیشنهادها

### ۲-۲-۳- مطالعه تکمیلی

هدف مطالعه تکمیلی یا فاز اجرا، حصول اطمینان از پیاده‌سازی و به‌کار بستن تغییراتی است که در پایان مطالعه ارزش توصیه شده‌اند. آخرین گام از بابت تضمین اجرای پیشنهادهای مطالعه ارزش دارای اهمیت فوق‌العاده‌ای است. تا زمانی که ایده‌های مطالعه، اجرا نشود، عملاً مطالعه مؤثر واقع نخواهد شد. مهم‌ترین وظیفه کارشناسان تیم مهندسی ارزش یا دیگر متخصصان مورد تأیید مدیریت این است که تغییرات تیم مهندسی ارزش را تکمیل کرده و طرحی اجرایی، تهیه، تکمیل و ارائه کنند. یکی از دلایل عضویت یکی از مسئولان پروژه به‌عنوان عضو تیم ارزش همین نکته است. در حالی که راهبر تیم ارزش ممکن است پیشرفت‌های اجرایی را دنبال کند، مشاور (طراح) پروژه مسئول اجرا است. هر گزینه باید به‌طور مستقل طراحی و تأیید شده و تغییرات قراردادی موردنیاز قبل از اجرا ذکر گردد.

## ۲-۳- زمان مناسب و مدت زمان انجام مطالعات مهندسی ارزش

بهترین زمان برای انجام یک مطالعه ارزش در پروژه‌ها مراحل اولیه توسعه پروژه است زیرا پیشنهادهای تیم مهندسی ارزش با تأخیر قابل اجرا می‌باشد. در این راستا سه مقطع زمانی توصیه می‌شود:

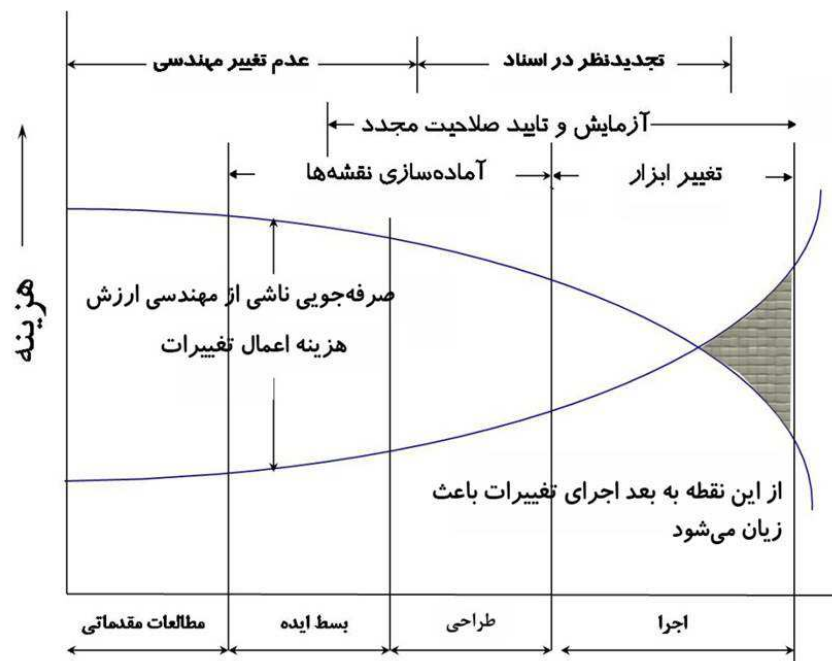
۱. انتهای فاز برنامه‌ریزی (فاز صفر) برای پروژه‌های خیلی بزرگ

۲. انتهای طراحی اولیه (فاز یک)

۳. در حین و انتهای طراحی (فاز دو)

پتانسیل صرفه‌جویی در مراحل اولیه پروژه بیشتر است و هر چه مطالعه مهندسی ارزش زودتر انجام شود به دلیل ذهنی و انعطاف‌پذیرتر بودن طرح و وجود محدودیت‌های کمتر، توان بهبود ارزش بیشتری وجود دارد ولی مسأله مهم این است که در این مرحله اطلاعات کمی از پروژه وجود دارد. بنابراین به صورت یک قاعده کلی، اگر قرار است در پروژه‌ای یک مطالعه ارزش انجام شود، بهترین مقطع زمانی، پایان فاز یک (طراحی اولیه) می‌باشد.

با پیشرفت پروژه از مرحله مقدماتی به طراحی تفصیلی، امکان تغییر در سطوح بالای پروژه از دست می‌رود. با شروع مرحله ساخت این امکان کاهش یافته و توانایی مانور گروه‌های مطالعات مهندسی ارزش محدود می‌شود. در فاز بهره‌برداری اغلب باید بین چند گزینه بهره‌برداری، یک (یا چند) گزینه را انتخاب نمود. مجدداً با ورود به فاز بازسازی، امکان بهبود ارزش طرح افزوده می‌شود و می‌توان به ایجاد گزینه‌های جدید و تغییرات کلی امیدوار بود. شکل ۲-۳، نمودار هزینه اعمال تغییرات و پتانسیل کاهش هزینه‌های طرح نشان داده شده است.



شکل ۲-۳- هزینه اعمال تغییرات و پتانسیل کاهش هزینه

انتخاب زمان مطالعات مهندسی ارزش برای پروژه‌ها، گاه به اندازه کیفیت مطالعات در بهبود ارزش مؤثر و تعیین‌کننده است. برای پروژه‌هایی که شرایط خاصی (میزان پیچیدگی متوسط یا هزینه بیش از مقدار معین) داشته باشند، مطالعه ارزش در مراحل برنامه‌ریزی و طراحی ضروری می‌باشد. بر اساس بخشنامه ۱۰۰/۲۱۵۹۱۹ مورخ ۸۴/۱۲/۱۴ سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی، زمان‌های مناسب (اجباری و اختیاری) برای پروژه‌های کوچک (۱۰۰-۲۰ میلیارد ریال)، متوسط (۳۰۰-۱۰۰ میلیارد ریال)، بزرگ (۸۰۰-۳۰۰ میلیارد ریال) و بسیار بزرگ (بیشتر از ۸۰۰ میلیارد ریال) در جدول ۲-۵ آورده شده است.<sup>۱</sup>

جدول ۲-۵- مناسب‌ترین زمان و میزان اهمیت برگزاری کارگاه مهندسی ارزش در پروژه‌های عمرانی

اندازه طرح یا پروژه	امکان سنجی اولیه	امکان سنجی نهایی و طراحی اولیه		
		طراحی تفصیلی	۲۵ درصد پیشرفت	۵۰ درصد پیشرفت
کوچک	-	۳-۵ روز کارگاه اجباری		
متوسط	-	۳-۵ روز کارگاه اجباری		
بزرگ	۳ روز کارگاه اختیاری	۵ روز کارگاه اختیاری	۳-۵ روز کارگاه اختیاری	۳-۵ روز کارگاه اختیاری
بسیار بزرگ	۳ روز کارگاه اجباری	۵ روز کارگاه اختیاری	۳-۵ روز کارگاه اختیاری	۳-۵ روز کارگاه اختیاری

## ۲-۴- نمونه مطالعه فرضی مهندسی ارزش - پروژه پیاده‌سازی

### الف) معرفی پروژه

خیابانی فرضی در حد فاصل نقطه الف تا ب با طول ۴۵۰۰ متر دارای دو پیاده‌رو ۶ متری (با احتساب عرض نهر) می‌باشد. سطح تقریبی پیاده‌رو ۶۰۰۰۰ مترمربع می‌باشد. این پروژه به منظور ساماندهی خیابان تعریف شده است. طی سالیان متمادی سطح پیاده‌رو به نفع سطح خیابان عقب‌نشینی کرده و افزایش جمعیت موجب شده تا حداکثر استفاده از پیاده‌رو برای حرکت پیاده مد نظر قرار گیرد. به این منظور به سطح فضای سبز و سطح جوی به‌عنوان یک پتانسیل برای الحاق به پیاده‌رو نگاه شد که در این حالت با انقطاع در طول مسیر فضای سبز سطحی به پیاده‌رو افزوده شد و سطح نهر یا جوی در موارد خاصی به پیاده‌رو و در موارد دیگر به خیابان اختصاص داده شد.

<sup>۱</sup> لازم به ذکر است که بر اساس بخشنامه دولت در سال ۱۳۸۶، در پروژه‌های بیشتر از ۱۰۰ میلیارد ریال، انجام مطالعه مهندسی ارزش اجباری است.

### ب) اهداف پروژه

۱. مناسب‌سازی مسیر جهت استفاده تمامی اقشار جامعه از جمله آسیب‌مندان جسمی - حرکتی
۲. افزایش کارایی، زیبایی و نوآوری
۳. قابلیت نگهداری آسان
۴. جلب رضایت شهروندان
۵. حفظ هویت محلی

### ج) اهداف مطالعه مهندسی ارزش

۱. کاهش هزینه طرح
۲. بهبود کارایی و کیفیت پیاده‌رو

### د) مسایل و فرصت‌ها

مسایل و مشکلات طرح به شرح زیر می‌باشد:

۱. شیب زیاد خیابان
۲. آلودگی‌های محیطی
۳. فضای سبز ناهمگون
۴. مبلمان ناکافی و نامناسب با تنوع زیاد
۵. عدم توجه به فضاهای جمعی شهری در مقیاس‌های متفاوت
۶. تعدد میادین
۷. تردد زیاد و معضلات اجرایی ناشی از آن
۸. اغتشاش بصری موجود در لبه‌ها و بدنه
۹. مقاومت شهروندان در برابر تغییر
۱۰. کمبود فضاهای باز شهری
۱۱. اختلاف فرهنگی جنوب و شمال خیابان
۱۲. وجود بافت فرسوده
۱۳. مقاومت سازمان‌های شهری و عدم مدیریت یکپارچه شهری
۱۴. عدم رعایت قوانین شهروندی
۱۵. معضلات و بزهکاری‌ها

۱۶. سد معبر فراگیر
۱۷. وجود پادگان‌ها و مراکز سیاسی در مجاورت خیابان
۱۸. نهرهای روباز
۱۹. کمبود نقدینگی کارفرما و مطالبات پیمانکاران
۲۰. نامعلوم بودن محل تاسیسات شهری
۲۱. تجاوز به حریم پیاده‌رو (مغازه‌ها، سواری‌ها)
۲۲. طول عمر کمتر از حد طبیعی پیاده‌روها
۲۳. بر و کف غیر همگون

### فرصت‌ها

فرصت‌هایی است که در طرح وجود دارد یا ایجاد خواهد شد و مطالعات مهندسی ارزش از آن فرصت‌ها برای بهبود طرح بهره‌مند می‌گردد:

۱. عرض قابل قبول پیاده‌رو
۲. وجود بدنه‌های با ارزش
۳. وجود بورس‌های خاص و فعالیت‌های شغلی در این خیابان
۴. ایجاد اشتغال در زمان اجرای پروژه
۵. وجود فضای سبز نسبی
۶. وجود مراکز حساس سیاسی
۷. تجارب پروژه‌های مشابه قبلی در شهرداری منطقه
۸. لزوم سرپوشیده کردن انهار
۹. مشارکت شهروندان در پروژه‌های شهری
۱۰. وجود ساختمان‌های اداری مهم در اطراف خیابان
۱۱. عزم مدیران منطقه به پیاده‌روسازی
۱۲. وجود مصالح متنوع و تجارب و امکان دسترسی به کیفیت بالاتر اجرا
۱۳. اجرای مهندسی ارزش (استفاده از خرد جمعی متخصصان)
۱۴. تشویق به پیاده‌روی
۱۵. وجود تکنولوژی‌های جدید اجرایی و تجارب جهانی



**ه) محدوده مطالعه مهندسی ارزش**

خیابان مورد نظر از نقطه الف تا ب

**و) ذیربطان (عوامل تأثیر پذیر از مطالعه مهندسی ارزش)**

۱. عابران و مغازه داران
۲. اماکن خاص (بیمارستان، پادگان، مجموعه فرهنگی - ورزشی)
۳. مردم مناطق اطراف
۴. کارفرما (شهرداری منطقه)
۵. مشاور
۶. پیمانکاران آتی پروژه پیاده‌سازی

**ز) الزامات کارفرمایی و محدودیت‌های مطالعه**

۱. لزوم پیاده‌سازی
۲. محدودیت منابع مالی
۳. رعایت الزامات مرتبط با مناسب‌سازی پیاده‌رو ویژه معلولین
۴. طرح‌های بالادست مصوب (طرح جامع و تفصیلی)

**ح) معیارهای ارزیابی**

۱. افزایش زیبایی
۲. افزایش طول عمر
۳. بهبود عملکرد
۴. کاهش اثرات جنبی ناشی از اجرا
۵. سهولت نگهداری و تعمیرات
۶. مطابقت با سنت و فرهنگ ایرانی
۷. افزایش ایمنی، امنیت و بهداشت

**۲-۴-۱- برنامه کار مطالعه مهندسی ارزش**

**۲-۴-۱-۱- پیش مطالعه**

در این مطالعه با توجه به ماهیت پروژه و تعدد ذیربطان، اخذ نقطه‌نظرات آنها از طریق ایجاد فضای مناسب و برگزاری کارگاه و جلسات هم‌اندیشی میسر گردید (سمینار پیش مطالعه).

## ۲-۴-۱-۲- کارگاه اصلی

### بازدید از محل پروژه

در روز اول کارگاه و پیش از برگزاری کارگاه، اعضای تیم از نزدیک با محل اجرای پروژه آشنا شده و از وضعیت موجود اطلاعات محلی کسب کردند.

### فاز اطلاعات

در فاز اطلاعات فعالیت‌های زیر انجام گرفت؛

الف) توضیح مختصر فازها و فعالیت‌های پیش رو

ب) مرور اقدامات انجام شده در مطالعه حاضر

ج) توضیحات مشاور درباره طرح

د) تدقیق مبانی مطالعه

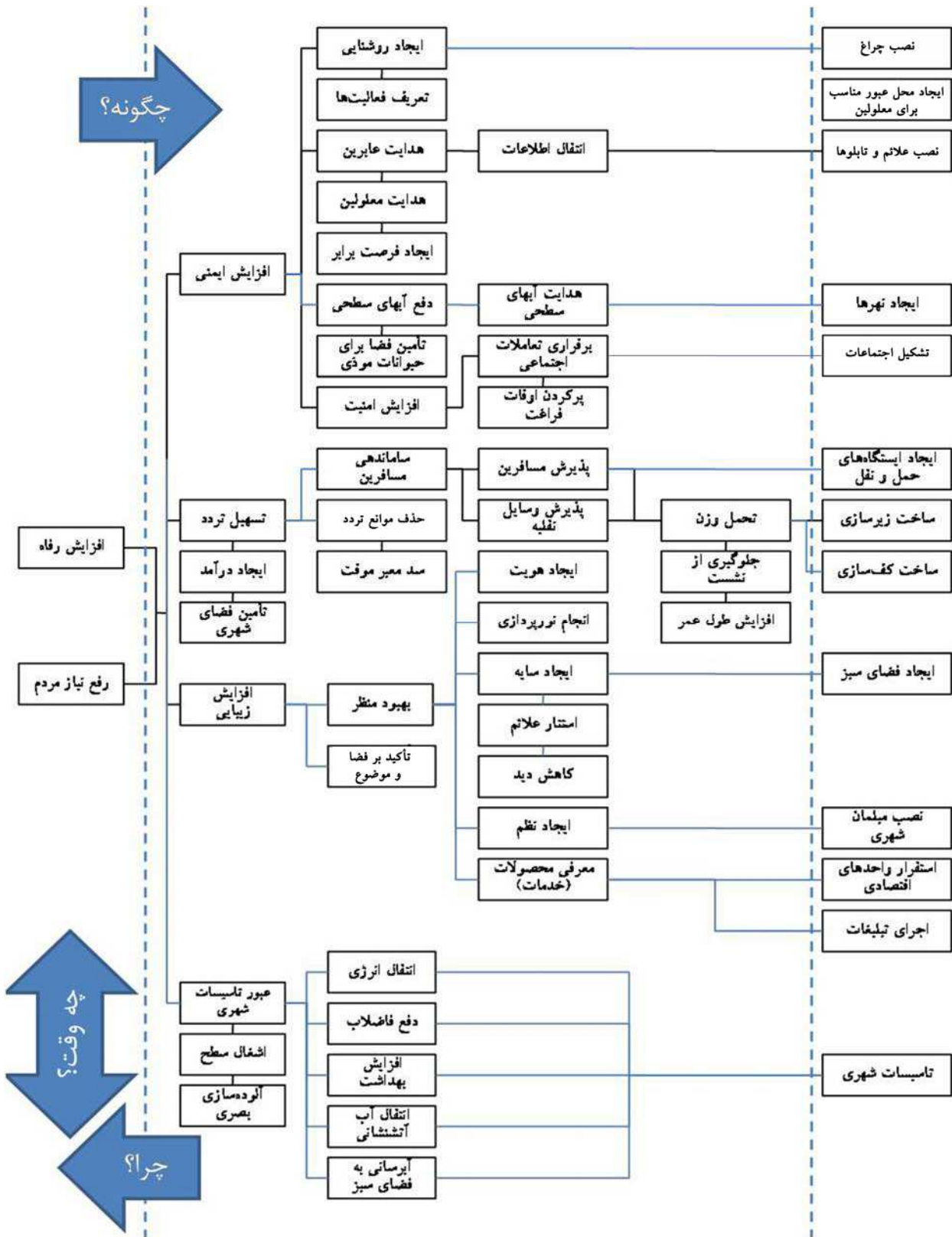
ه) تعیین معیارهای ارزیابی گزینه‌ها و وزن‌دهی به روش AHP (جدول ۲-۶)

جدول ۲-۶- وزن معیارهای ارزیابی پروژه

کد	معیار ارزیابی	درصد
C	بهبود عملکرد	۱۷/۲
G	افزایش ایمنی	۱۶/۲
B	افزایش طول عمر	۱۴/۹
A	افزایش زیبایی	۱۴/۷
E	سهولت تعمیرات و نگهداری	۱۴/۲
D	کاهش اثرات جانبی ناشی از اجرا	۱۲/۰
F	مطابقت با سنت و فرهنگ ایرانی	۱۰/۸

### فاز تحلیل کارکرد

برای تعیین کارکردها از روش فهرست اجزا استفاده گردید. در این روش ابتدا اجزای پروژه شناسایی و سپس کارکردهای هر جزء تعیین می‌شود. بعد از تعیین کارکردها، نمودار تحلیل کارکرد با مشارکت و همکاری اعضای تیم ترسیم شده است. شکل ۲-۴ نمودار سیستمی تحلیل کارکرد را نشان می‌دهد.



شکل ۲-۴- نمودار تحلیل کارکرد سیستمی پیاده‌رو

پس از تعیین کارکردها و ترسیم نمودار تحلیل کارکرد، کارکردهای پرهزینه، پرریسک و دارای فرصت بالا بودند شناسایی شدند. این کارکردها به عنوان کارکردهای مناسب برای فاز خلاقیت انتخاب گردیدند. در جدول ۷-۲ فهرست کارکردهای منتخب ارائه گردیده است.

جدول ۷-۲- فهرست کارکردهای منتخب

ردیف	کارکرد	نوع کارکرد
۱	عبور تأسیسات	پر هزینه، پر ریسک
۲	تحمل وزن	پر هزینه
۳	بهبود منظر	پر فرصت، پر هزینه
۴	تسهیل تردد	پر ریسک
۵	انتقال اطلاعات	پر فرصت
۶	سد معبر	پر هزینه، پر ریسک

### فاز خلاقیت

پس از انتخاب کارکردهای پر فرصت، پر هزینه و پر ریسک، در فاز خلاقیت اعضای تیم ایده‌های خود را در مورد هریک از کارکردها مطرح کردند. در مجموع ۳۶۵ ایده مطرح گردید (جدول ۸-۲).

جدول ۸-۲- کارکردهای منتخب و تعداد ایده‌های مربوطه

کارکرد	تعداد ایده‌ها
تحمل وزن	۵۲
تسهیل تردد	۶۱
بهبود منظر	۱۰۱
سد معبر موقت	۵۹
انتقال اطلاعات	۲۶
عبور تأسیسات شهری	۳۱
خارج از محدوده	۳۵
جمع کل	۳۶۵

### فاز ارزیابی

در این فاز هر یک از ایده‌ها با لحاظ معیارهای ارزیابی مورد توافق اعضای تیم، مورد ارزیابی قرار گرفتند. هر ایده

توسط پیشنهاددهنده توضیح داده شد و سپس در مورد آن، یک مخالف و یک موافق صحبت کردند. در نهایت تیم با اجماع درباره ایده تصمیم گرفت. همچنین ایده‌هایی که مشابه یکدیگر بوده یا عملکرد یکسانی داشتند با هم تلفیق و به صورت یک ایده واحد مورد ارزیابی قرار گرفتند. در نهایت ۱۰ ایده به عنوان ایده‌های برتر و تعداد ۲۵ ایده به عنوان توصیه‌های برتر انتخاب گردیدند.

### فاز توسعه

پس از اتمام فاز ارزیابی و امتیازدهی و ادغام ایده‌ها، تیم‌های توسعه برای ایده‌های منتخب تعیین گردیدند. در جدول ۲-۹ ایده‌های برتر ارائه شده‌اند.

جدول ۲-۹- ایده‌های برتر

ایده
استفاده از انرژی خورشیدی و ال.ای.دی برای روشنایی پیاده‌رو
اصلاح کف‌سازی (جایگزینی سنگ کف، سنگ‌های نورانی)
زیرسازی (حذف زیرسازی بین درختان، بتن مگر، به‌سازی با آهک)
تخریب مرحله به مرحله
سرپوشیده کردن نهرها با دال بتنی
احداث سرویس بهداشتی مکانیزه
نگهداری و رعایت دستورالعمل‌های مربوط به آن
ایجاد شبکه انتقال آب به جای نهر
احداث کانال تأسیسات روی نهر
نصب چراغ روی تیر برق‌های موجود

جهت توسعه ایده‌ها، نسبت به انتخاب تیم توسعه متناسب با تخصص‌های مورد نیاز اقدام گردید. هر یک از تیم‌ها نیز فرم‌های پیشنهادیه مرتبط به هر یک از ایده‌ها را تکمیل نمودند. در جدول ۲-۱۰ نتایج مطالعه به صورت خلاصه آورده شده است. پیشنهادهای ارائه شده به دو دسته سناریوهای سازه‌ای و مدیریتی تقسیم و به چند گزینه منتهی گردید. که گزینه‌ها حاصل ترکیب یک یا چند ایده می‌باشد (اغلب اوقات با هم دیدن ایده‌ها تحت عنوان گزینه باعث هم‌افزایی می‌گردد) و پس از آن شاخص برای هر گزینه ارزش محاسبه گردید و جهت تصمیم‌گیری به کارفرما ارایه گردید.

جدول ۲-۱۰- نتایج مطالعه

ردیف	پیشنهادها	توضیحات
۱	استفاده از انرژی خورشیدی و ال.ای.دی برای روشنایی پیاده‌رو	کاهش وابستگی به برق سراسری ادامه فعالیت در زمان بحران
۲	اصلاح کف‌سازی (جایگزینی سنگ کف، استفاده از سنگ‌های نورانی)	افزایش ایمنی و زیبایی افزایش قابلیت تعمیر و نگهداری
۳	زیرسازی (حذف زیرسازی بین درختان، بتن مگر، بهسازی با آهک)	افزایش سرعت اجرا بهبود زهکشی و تعمیرات و نگهداری
۴	تخریب مرحله به مرحله	کاهش مشکلات ترافیکی حین اجرا فدانشدن کیفیت طرح به کمبود بودجه
۵	سرپوشیده کردن نهرها با دال بتنی	کاهش زمان اجرای نهر به میزان ۳۵٪ کاهش مشکلات ترافیکی حین اجرا
۶	احداث سرویس بهداشتی مکانیزه	افزایش بهداشت، زیبایی و رضایت مردم سهولت بهره برداری و نگهداری
۷	نگهداری و رعایت دستورالعمل‌های مربوط به آن	افزایش طول عمر پیاده‌رو کاهش دفعات، هزینه و زمان تعمیرات
۸	احداث کانال تأسیسات روی نهر	تسهیل دسترسی به تأسیسات افزایش طول عمر پیاده‌رو
۹	نصب چراغ بر روی تیر برق‌های موجود	تسریع در نصب و راه‌اندازی کاهش فعالیت اجرایی
۱۰	ایجاد شبکه انتقال آب به جای نهر	افزایش بهداشت افزایش طول عمر

## ۲-۵- مطالعه مهندسی ارزش عوارضی تهران - کرج

### ۲-۵-۱- فاز اطلاعات

عوارضی مورد مطالعه در کیلومتر ۱۴ اتوبان تهران - کرج قرار گرفته و به طور متوسط بر اساس برآوردهای صورت گرفته روزانه ۱۲۰ هزار خودرو از آن عبور می‌کردند. توقف این تعداد خودرو برای پرداخت عوارضی علاوه بر اثرات زیست‌محیطی (به صورت تولید گازهای آلاینده)، زمان و هزینه مضاعفی را بر رانندگان تحمیل می‌نمود. همچنین با توجه با یارانه‌ای بودن سوخت، هدررفت سوخت خودروهای متوقف شده و زمان انتظار به نسبت بالای آنها از جمله مسائل اساسی ناشی از سیستم پرداخت عوارضی بوده است. مبنای مطالعه مهندسی ارزش به شرح زیر می‌باشد؛

### اهداف پروژه

اهداف موردنظر برای ایجاد عوارضی شامل موارد زیر بوده است؛

الف) بازگشت سرمایه ساخت راه

ب) تامین منابع مالی جهت نگهداری و تعمیرات اتوبان

ج) کسب سود

### اهداف مطالعه مهندسی ارزش

به‌طور معمول مطالعه مهندسی ارزش برای حل مسأله یا افزایش شاخص ارزش صورت می‌پذیرد، در این مطالعه «افزایش شاخص ارزش» به عنوان هدف مطالعه مورد توجه قرار گرفت.

### محدوده مطالعه

عوارضی تهران - کرج واقع در کیلومتر ۱۴ اتوبان تهران - کرج

### الزامات کارفرمایی (گاوهای مقدس)

الزامات کارفرما "دریافت عوارض" می‌باشد.

### ذیربطان

ذیربطان پروژه شامل موارد زیر می‌باشد:

الف) اداره راه و ترابری استان تهران

ب) پلیس راه استان تهران

(ج) رانندگان

(د) مسافران

(ه) وزارت نفت

(و) اداره کل حفاظت از محیط زیست استان تهران

### معیارهای ارزیابی

معیارهای ارزیابی در ذیل آورده شده است:

الف) کاهش هزینه

ب) کاهش اتلاف وقت

ج) حفظ یا ارتقاء کیفیت خدمات

د) کاهش زمان اجرا

### ۲-۵-۲- تحلیل کارکرد

برای تحلیل کارکرد از روش «فهرست اجزاء» استفاده گردید که شامل:

۱. تعیین اجزای مختلف پروژه

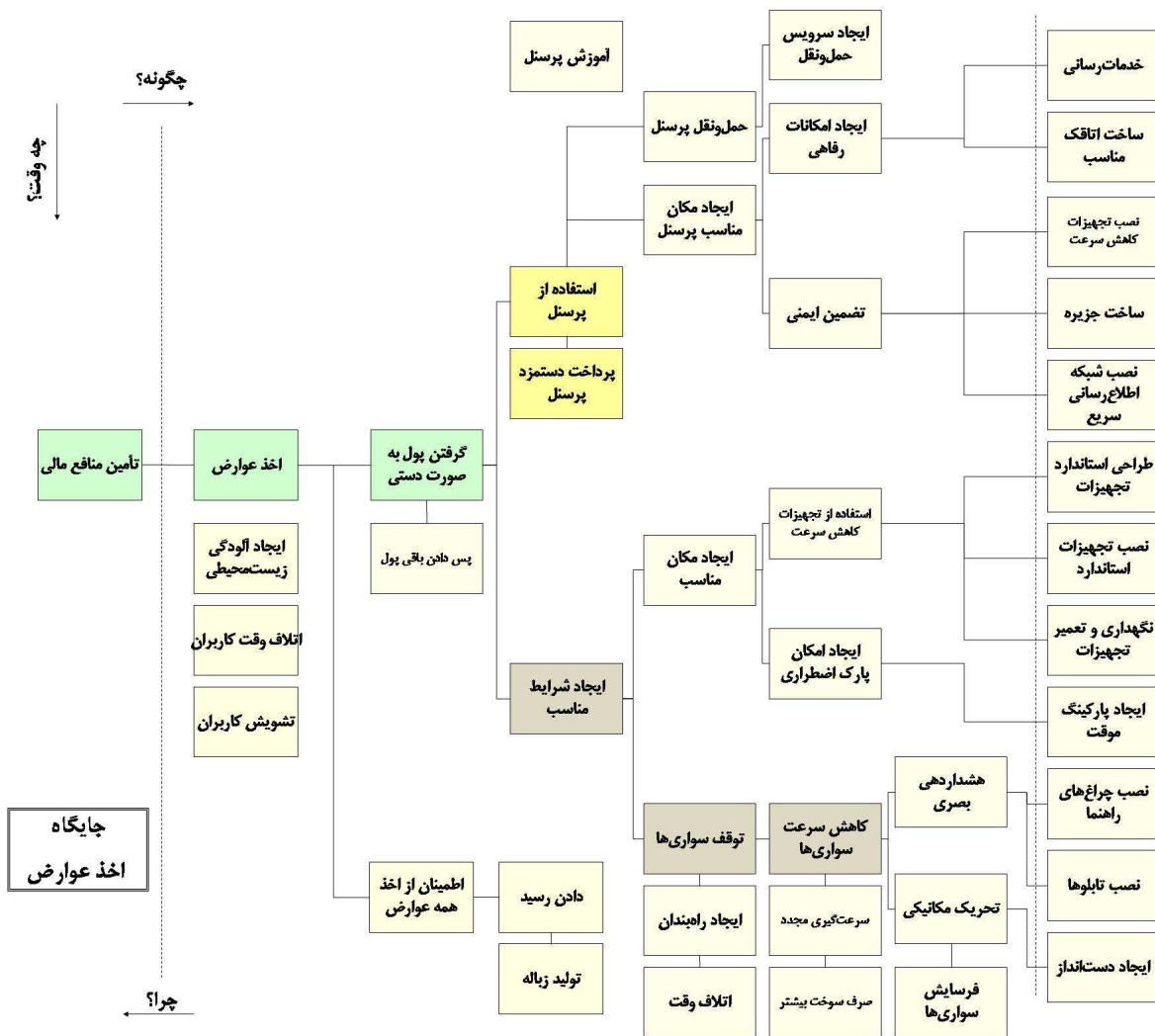
۲. تعیین اجزاء کارکرد هر جزء و کل پروژه

۳. رسم نمودار تکنیک سیستمی تحلیل کارکرد (FAST)

۴. تعیین کارکردهای منتخب

در شکل ۲-۵ نمودار تکنیک سیستمی تحلیل کارکرد آورده شده است. کارکردهای منتخب با رنگ متفاوت مشخص شده‌اند.





شکل ۲-۵- نمودار تحلیل کارکرد عوارضی تهران - کرج

### ۲-۵-۳- فاز خلاقیت

- جهت ایده‌پردازی در خصوص کارکردهای منتخب از تکنیک توفان فکری استفاده گردید. تعدادی از مهمترین ایده‌های پیشنهادی به شرح زیر می‌باشند.
۱. افزایش پهنای اتوبان در مقطع عوارضی
  ۲. افزایش تعداد باجه‌ها
  ۳. استفاده از وسایل نقلیه عمومی
  ۴. حذف عوارضی از یک طرف و گرفتن دو برابر مبلغ عوارضی از طرف دیگر
  ۵. حذف ایستگاه عوارضی
  ۶. استفاده از کارت هوشمند

۷. استفاده از GPS
۸. گرفتن عوارض به صورت سالیانه
۹. افزایش بهای بنزین
۱۰. گرفتن عوارض در قیمت اولیه خودرو
۱۱. گرفتن عوارض از خودروهای تک‌سرنشین
۱۲. معافیت عوارضی برای خودروهای عمومی
۱۳. استفاده از جاده‌های موازی
۱۴. ایجاد خط مترو
۱۵. نزدیک‌شدن محل کار و زندگی
۱۶. گسترش شهر الکترونیک
۱۷. ایجاد عوارضی در چند مقطع
۱۸. انتقال عوارضی به انتهای اتوبان (نزدیک کرج)
۱۹. احداث جایگاه عوارضی دو طبقه
۲۰. آموزش همگانی

نکته قابل توجه این که ایده "حذف عوارضی" جزو محدودیت‌های کارفرمایی می‌باشد که در فاز ارزیابی مورد بررسی قرار نمی‌گیرد ولی ذکر آن به عنوان ایده در این مرحله اشکالی ندارد.

## ۲-۵-۴- فاز ارزیابی، توسعه و ارائه

پس از فاز خلاقیت، ایده‌ها توسط ایده‌دهنده یا مدافع مطرح گردید و یک نفر موافق و یک نفر مخالف نظر می‌دهند. اعضای تیم از روش وزن‌دهی ساده (بین ۱ تا ۱۰) به ایده‌ها امتیاز می‌دهند. بنابراین با غربال اولیه تعدادی از ایده‌های برای بسط بیشتر به فاز توسعه ارجاع می‌شوند. ایده‌های برتر شامل ایده‌های شماره ۱، ۲، ۴، ۶، ۱۵، ۱۷ و ۲۰ توسط تیم مطالعه انتخاب شدند.

از ترکیب ایده‌ها، چهار گزینه به شرح زیر انتخاب گردید:

شماره ایده (ایده‌ها)	عنوان گزینه	گزینه
۴	گرفتن عوارض دو برابر از یک مسیر (مسیر دیگر بدون عوارض)	۱
۱ و ۲ و ۴	افزایش پهنای اتوبان در مقطع عوارضی در باند جنوبی، افزایش تعداد باجه‌ها و گرفتن دو برابر عوارض از یک مسیر (باند شمالی رایگان)	۲
۶ و ۷ و ۲۰	گرفتن عوارض به صورت الکترونیکی و هوشمند	۳
۱۶ و ۲۰	گسترش شهر الکترونیک	۴

در انتها شاخص ارزش برای گزینه‌های مختلف محاسبه می‌شود. برای این کار معیارها با استفاده از روش مقایسه زوجی (AHP) وزن‌دهی می‌شود.

شماره	معیار	وزن معیار (درصد)
۱	کاهش هزینه	۲۷
۲	کاهش اتلاف وقت	۳۰
۳	حفظ یا ارتقاء کیفیت خدمات	۲۸
۴	کاهش زمان اجرا	۱۵

شاخص ارزش هر یک از گزینه‌ها در جدول زیر محاسبه شده است.

شاخص ارزش	معیار				گزینه
	کاهش هزینه	کاهش اتلاف وقت	حفظ یا ارتقاء کیفیت خدمات	کاهش زمان اجرا	
	۰/۲۷	۰/۳۰	۰/۲۸	۰/۱۵	
گزینه ۱	۸	۷	۶	۸	۷/۱۴
گزینه ۲	۷	۹	۸	۷	۷/۸۸
گزینه ۳	۶	۶	۷	۵	۶/۱۵
گزینه ۴	۴	۷	۶	۳	۵/۳۱

همان‌طور که ملاحظه می‌شود گزینه‌ها به ترتیب امتیاز شامل ۲ و ۱ و ۳ و ۴ می‌باشد. در فاز ارائه گزینه‌ها همراه با مشخصات و جزئیات فنی، اقتصادی و الزامات اجرایی به کارفرما ارائه می‌شود و کارفرما یکی از چهار گزینه را می‌تواند برگزیند.

## خلاصه فصل

مهندسی ارزش علاوه بر افزایش ارزش، یک شیوه حل مسأله است. حل مسأله به‌طور معمول شامل کاهش هزینه‌های پروژه و گاه افزایش قابلیت‌ها و کاربردهای یک محصول است و زمانی نیز رفع معضلات و موانع فعالیت‌های جاری یک پروژه است و حتی گاهی با هدف یافتن راه‌حلی برای کاهش ریسک‌های پروژه انجام شود. مهم‌ترین ویژگی مهندسی ارزش، برنامه‌کار ساختاریافته آن است. به‌بیان دیگر قابلیت‌های این روش به‌واسطه ترتیب و توالی دقیق اقداماتی است که در قالب یک مطالعه منطبق بر برنامه‌کار انجام می‌شود. از ابتدای مطرح‌شدن مهندسی ارزش، این روش ارتباط گسترده‌ای با روش‌های مستندسازی و گردآوری اطلاعات، فنون خلاقیت، فنون تصمیم‌گیری و شیوه‌های ارائه داشته است. در حال حاضر، کارگاه‌های مهندسی ارزش بدون استفاده از یک یا دو روش خلاقیت برگزار نمی‌شود و کارشناسان معتقدند کمتر روشی مانند مهندسی ارزش را می‌توان یافت که تا این درجه به خلاقیت اهمیت داده باشد و آن را در برنامه‌کار خود قرار دهد. از سوی دیگر نیز، بهترین روش‌های ارزیابی و تصمیم‌سازی در مراحل برنامه‌کار مهندسی ارزش استفاده می‌شود.

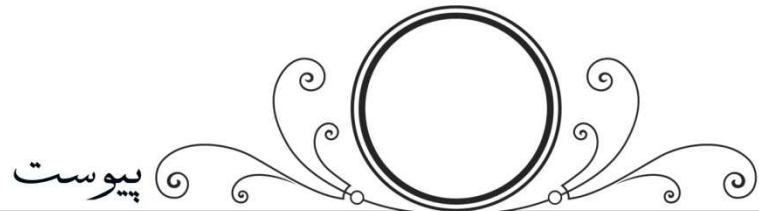
به منظور موفقیت مطالعات مهندسی ارزش، ضروری است شرایط زیر فراهم گردد:

۱. توجه به دیدگاه ذریبطان پروژه
۲. کیفیت و صحت داده‌ها و اطلاعات
۳. شفافیت هدف‌ها
۴. استفاده از راهبر مجرب
۵. اعضای خبره تیم مطالعه
۶. پویایی روابط انسانی
۷. برنامه‌ریزی دقیق
۸. تبعیت از برنامه‌کار مهندسی ارزش



۱. اهمیت برنامه کار و پیروی از آن در مطالعه مهندسی ارزش در چیست؟
۲. چرا بایستی تمامی اطلاعات مرتبط با پروژه و دیدگاه‌های ذیربطان را گردآوری کرد؟
۳. اهمیت شناسایی و تعریف درست کارکردها در چیست؟
۴. طبقه‌بندی کارکردها بر مبنای چه منطقی صورت می‌گیرد؟
۵. ترسیم روابط کارکردها چه کمکی به شناخت درست موضوع مطالعه می‌کند؟
۶. تفاوت هزینه و بهای کارکرد در چیست؟
۷. اصلی‌ترین تفاوت کارکرد اصلی و کارکرد فرعی در چیست؟
۸. کارکرد اصلی گام‌های پیش‌مطالعه، مطالعه اصلی و مطالعه تکمیلی را بیان نمایید؟
۹. کارکردهای اصلی فازهای اطلاعات، تحلیل کارکرد، خلاقیت، ارزیابی، توسعه و ارائه را بیان نمایید؟
۱۰. عوامل مثبت و منفی در تفکر خلاقانه چه هستند؟
۱۱. فنون مختلف تفکر خلاقانه را به اختصار توضیح دهید؟
۱۲. در جلسه توفان فکری از چه قواعدی بایستی پیروی کرد؟
۱۳. اهمیت فاز ارزیابی در چیست؟
۱۴. آیا تمام ایده‌ها بایستی مورد ارزیابی قرار گیرند؟
۱۵. برای جلب نظر تصمیم‌گیران، در ارائه پیشنهادها چه ملاحظاتی بایستی مد نظر قرار گیرد؟
۱۶. اهمیت حمایت مدیریت از مطالعه مهندسی ارزش در چیست؟
۱۷. چه تکنیک یا مراحل باعث می‌شوند در مهندسی ارزش تضاد به تفاهم تبدیل شود؟





### عناوین:

۱. پیوست نمودار سیستمی تحلیل کارکرد
۲. پیوست فنون خلاقیت
۳. پیوست فنون ارزیابی
۴. پیوست ویژگی‌های تسهیل‌گر
۵. پیوست تحلیل هزینه طول عمر
۶. پیوست پرسش‌های متداول درباره مهندسی ارزش
۷. پیوست کاربرگ‌های مورد استفاده جهت انجام مطالعات مهندسی ارزش



## پ-۱- نمودار سیستمی تحلیل کارکرد

### پ-۱-۱- مقدمه

پیش‌تر گفته شد که هدف اصلی مرحله تحلیل کارکرد، شناخت و درک کامل پروژه است. مرحله تحلیل کارکرد منحصر به فردترین جنبه روش‌شناسی ارزش است. تحلیل کارکرد به مثابه کلید گشودن درهای خلاقیت عمل می‌کند. مایلز معتقد بود که افراد در بسیاری اوقات در حصار افکار خود محدود می‌شوند و به راهی نیاز دارند که بتوانند افق دید خود را برای شناسایی گزینه‌های بیشتر گسترده‌تر سازد. مایلز در بررسی‌های خود به دو نتیجه مهم رسید:

۱. تفکر خلاقانه در حصار مفاهیم موجود گرفتار شده است،
  ۲. تمرکز روی نیازها و خواسته‌ها که بعدها کارکرد نام گرفت به شکستن محدودیت‌ها، شناسایی فرصت‌ها و نگاه خلاقانه منجر می‌شود.
- بر این اساس بود که مفهوم کارکرد و تحلیل روابط کارکردها به مهم‌ترین مؤلفه روش‌شناسی ارزش تبدیل شد. در این میان، نمودار سیستمی تحلیل کارکرد، ابزار اصلی برای این مقصود ابداع گردیده است.

### پ-۱-۲- انواع نمودار سیستمی تحلیل کارکرد

نمودار تحلیل کارکرد برای انتقال بیشترین اطلاعات مهم در کمترین فضای ممکن و تشخیص روابط و توالی کارکردها و زمان رخدادن آنها ترسیم می‌شود. این نمودار ابزاری برای تحلیل سیستمی پروژه با نگاه کارکردی است. نمودار تحلیل کارکرد از اولین باری که به‌عنوان یک تکنیک مطرح شد تا امروز که آخرین بازنگری‌ها درباره نحوه ترسیم و قواعد رسم آن انجام شده، تغییرات زیادی کرده است. نمودار تحلیل کارکرد به سه گونه قابل ترسیم است:

۱. کلاسیک<sup>۲</sup>

۲. تکنیکی<sup>۳</sup>

۳. مشتری‌گرا<sup>۴</sup>

اصول اصلی هر سه مدل تحلیل کارکرد یکسان است. تفاوت ظاهری این سه مدل بیشتر در نوع ترسیم، شکل ظاهری نمودار و نگرش تیم در زمان تعریف کارکردها است: اینکه آنها کارکردها را از دید مشتری یا کاربر تعریف کنند، نگرش‌شان از موضع فنی باشد یا آنکه دیدگاهی کلاسیک و همراه با تعریف فعالیت‌ها نسبت به اجزای پروژه و کارکردهای آنها داشته باشند.

<sup>۱</sup>. Function Analysis Systems Technique (FAST)

<sup>۲</sup>. Classical

<sup>۳</sup>. Technical

<sup>۴</sup>. Customer oriented

نمودار کلاسیک: در این مدل از نمودار، کارکردها در محدوده مطالعه و خطوط راهنما و با رعایت توالی آنها ترسیم می‌شود. سپس زیر هر کارکرد، فعالیتی نوشته می‌شود که می‌تواند آن را محقق کند.

نمودار تکنیکی: در این مدل، کارکرد در محدوده مطالعه و خطوط راهنما ترسیم می‌شوند اما هیچ توضیح اضافه‌تری مانند نمودار کلاسیک ذکر نمی‌شود.

نمودار مشتری‌گرا: در این مدل، کارکردها از دید مشتری/کاربر تعریف می‌شوند و بدون داشتن خطوط محدودکننده نمودار، ترسیم نمودار ادامه می‌یابد.

در پروژه‌ها و کارگاه‌های مهندسی ارزش معمولاً نمودار تکنیکی مورد استفاده قرار می‌گیرد.

### پ-۱-۳- ترسیم نمودار سیستمی تحلیل کارکرد

برای ترسیم نمودار تحلیل کارکرد یک محصول/خدمت/پروژه/فرایند، ابتدا هر یک کارکردهای تعریف‌شده به صورت اسم و فعل روی برگه‌های کوچک نوشته می‌شود و سپس کارکردی که به بهترین شکل هدف و منظور اصلی موضوع مطالعه را نشان می‌دهد در منتهی‌الیه سمت چپ قرار می‌گیرد. ساختار درختی نمودار از این نقطه به سمت راست گسترش می‌یابد. در این مسیر کارکردهایی که پاسخگوی پرسش «چگونه؟» نسبت به یک کارکرد و کارکردهای مرتبه پایین‌تر هستند، در سمت راست آن و کارکردهایی که پاسخگوی پرسش «چرا؟» و کارکردهای مرتبه بالاتر هستند در سمت چپ آن قرار می‌گیرند. پس از تهیه نمودار، مسیر بحرانی متشکل از مسیر کارکردهای ضروری مشخص می‌گردد.

به‌طور معمول تلاش می‌شود ابتدا این مسیر مشخص شود و پس از آن محل قرارگیری سایر کارکردها در نمودار تعیین می‌شود. این کار با انتخاب هر یک از کارکردهای باقیمانده و طرح پرسش «چه وقت؟» انجام می‌شود. پاسخ به این پرسش موقعیت کارکرد را نسبت به مسیر اصلی نمودار مشخص می‌سازد. به بیان دیگر، می‌توان کارکردی از مسیر اصلی را که به‌طور همزمان با کارکرد باقیمانده محقق می‌شود مشخص نمود و این کارکرد را در پایین آن قرار داد. ارتباط این کارکردها با کارکردهای مسیر اصلی ارتباطی عمودی است. بالا یا پایین قرارگرفتن کارکردها نسبت به مسیر اصلی تفاوتی نمی‌کند و تنها مسایلی همچون ظاهر نمودار می‌تواند بر محل قرارگیری آنها مؤثر باشد زیرا به‌طور معمول در پایین یا بالای هر کارکرد مسیر اصلی زنجیره‌ای از کارکردها قرار می‌گیرند که در پاسخ به پرسش «چه وقت؟» تعیین موقعیت شده‌اند. بنابراین بهتر است ضمن تلاش برای به حداقل رساندن تقاطع خطوط در نمودار شکل نهایی آن وضوح کافی داشته باشد.

محدوده نمودار نیز توسط خطوط مرزی مشخص می‌شود که در حقیقت محدوده مطالعات مهندسی ارزش است. در دو سوی این خطوط دو کارکرد قرار می‌گیرند. به بیان دیگر کارکرد با بالاترین مرتبه در سمت چپ تمامی کارکردها و خارج از خط محدوده و کارکرد با پایین‌ترین مرتبه در سمت راست تمامی کارکردها و خارج از خط محدوده قرار می‌گیرند. این دو کارکرد نیز مفهوم و نقش خاصی دارند و به ترتیب عبارتند از:

کارکرد با بالاترین مرتبه: کارکردهایی که هدف نهایی یا نتیجه مورد انتظار از موضوع مطالعه هستند و کارکردهای پایه، برآوردکننده آنها هستند.

کارکرد با پایین ترین مرتبه: کارکردهای خارج از محدوده مطالعات در سمت راست به عنوان داده‌های آغازین بررسی مسأله محسوب می‌شوند. مشابه حالت قبل هر کارکردی روی مسیر بحرانی برای کارکردهای سمت چپ خود، کارکرد مرتبه پایین تر تلقی می‌شود.

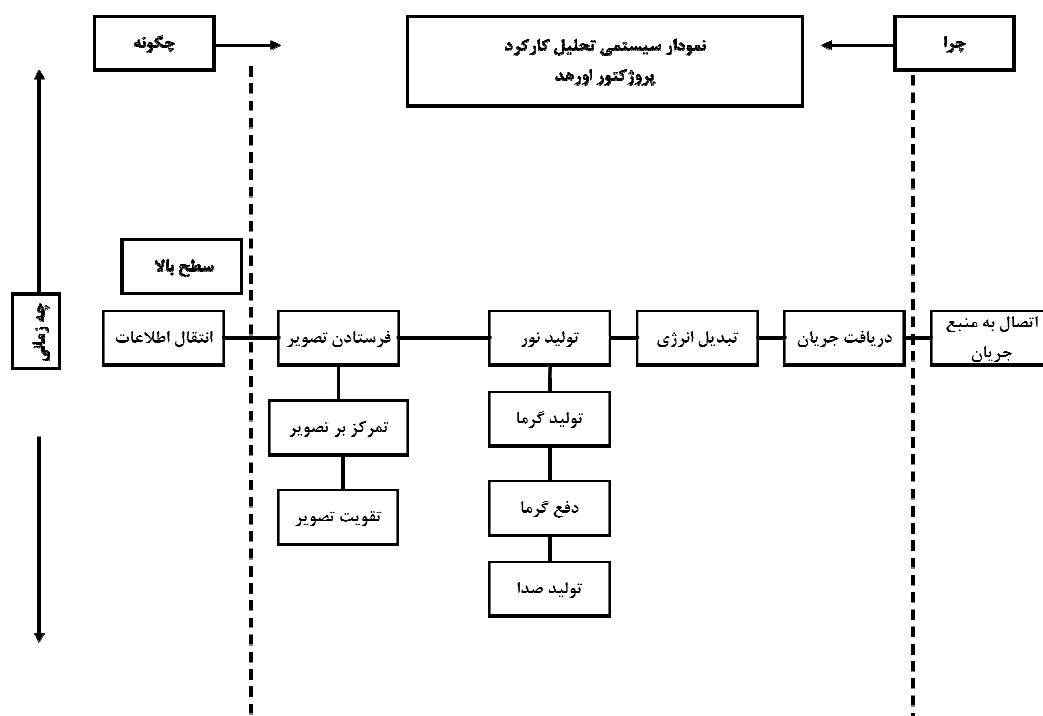
### پ-۱-۴- نمونه‌هایی از نمودار سیستمی تحلیل کارکرد

#### الف. رسم نمودار تحلیل کارکرد اورهد

جهت رسم نمودار تحلیل کارکرد اورهد، ابتدا لازم است که اجزا و کارکردهای هر یک از آنها به صورت فعل و اسم تعیین گردند (جدول پ-۱). در شکل پ-۱ نیز نمودار سیستمی تحلیل کارکرد اورهد رسم شده است.

جدول پ-۱- اجزاء و کارکردهای اورهد

ردیف	جزء	فعل	اسم
۱	کل اورهد	انتقال	اطلاعات
		فرستادن	تصویر
۲	لامپ تصویر	تولید	نور
		تولید	گرما
۳	فن	دفع	گرما
		تولید	صدا
۴	مبدل جریان	تبدیل	انرژی
۵	لنز	تمرکز	بر تصویر
		تقویت	تصویر
۶	سیم	دریافت	جریان



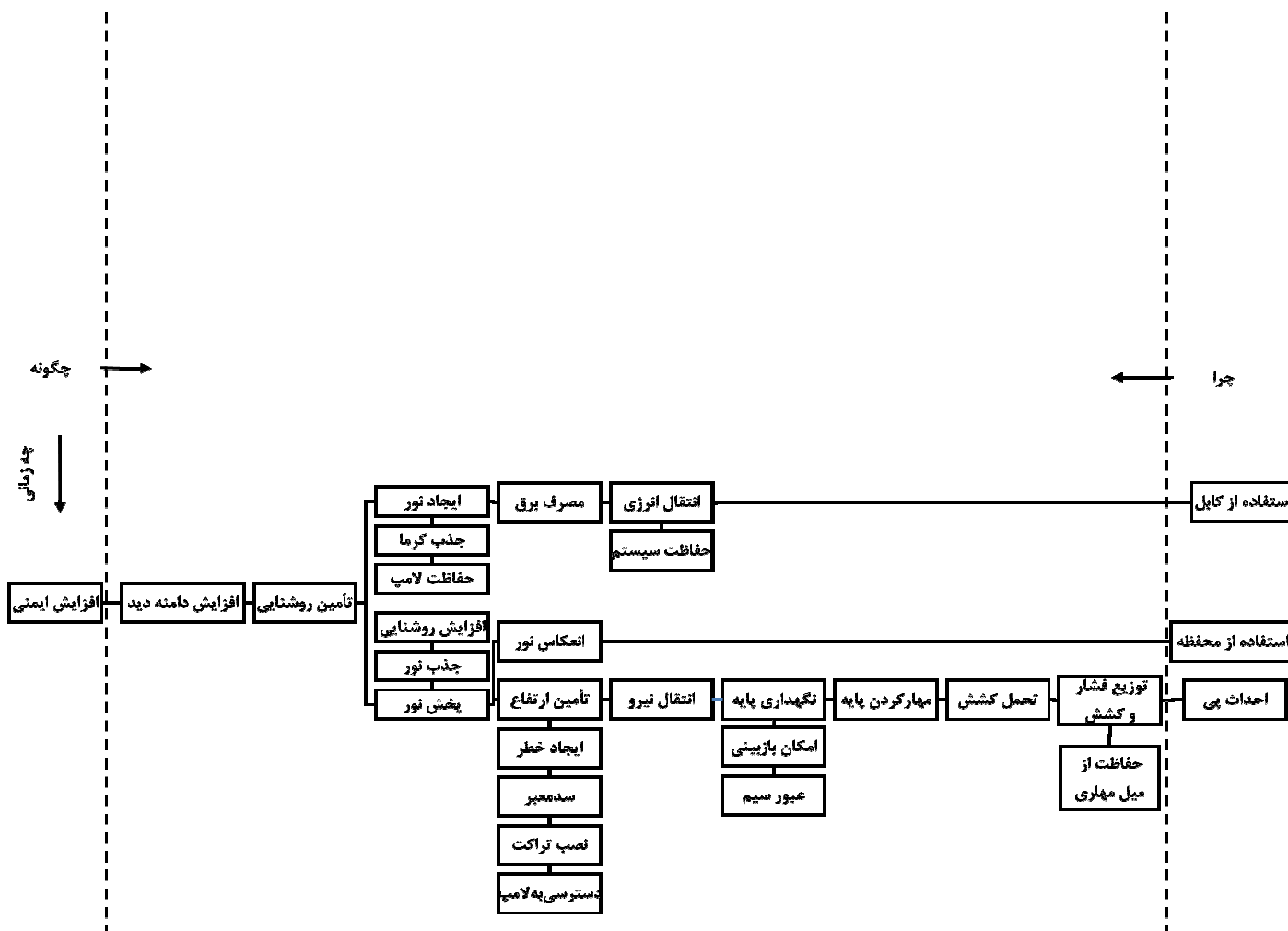
شکل پ-۱- نمودار سیستمی تحلیل کارکرد آورهد

### ب. رسم نمودار تحلیل کارکرد تیر چراغ برق

در جدول پ-۲ اجزای چراغ برق به همراه کارکردهای آنها به تفکیک پایه و ثانویه ارائه شده است. زمانی که محدوده مطالعه کل سیستم تیر چراغ برق است، چراغ تنها جزء دارای کارکرد پایه است. اینکه یک کارکرد، کارکرد پایه باشد یا کارکرد ثانویه به محدوده مطالعات بستگی دارد.

جدول پ-۲- اجزای تیر چراغ برق و کارکردهای آنها

اجزا	کارکرد	پایه	ثانویه
پی	حمل بار - مقاومت در برابر بار- انتقال بار	---	ث
میله مهاری	انتقال بار- نگهداری تیر	---	ث
پایه	نگهداشتن تیر- گرفتن تیر- پوشش تیر	---	ث
بازوی ضمیمه	نگهداشتن محفظه-گسترش نور- حفاظت سیم	---	ث
محفظه	نگهداشتن چراغ-انتقال الکتریسیته- پراکندن نور- انعکاس نور	---	ث
چراغ	تولید نور-اتلاف گرما	پ	---



شکل پ-۲- نمودار سیستمی تحلیل کارکرد تیر چراغ برق

## پ-۲- فنون خلاقیت

خلاقیت عبارت است از ترکیب و تلفیق مفاهیم موجود در قالب ایده یا اندیشه‌ای نو که در راستای هدفی ارزشمند تولید می‌شود. فنون متعددی برای خلاقیت وجود دارد که مهندسی ارزش می‌تواند در مرحله خلاقیت و ایده‌یابی به کار بگیرد. از این فنون می‌توان به صورت انفرادی یا جمعی، بسته به موضوع مطالعه و انتخاب تسهیل‌گر استفاده کرد. در زیر فهرستی از برخی فنون شناخته‌شده و به کار رفته در این مرحله ارائه می‌گردد.

### پ-۲-۱- توفان فکری<sup>۱</sup>

در این روش گروهی از کارشناسان از تخصص‌های گوناگون گرد هم می‌آیند. تیم توسط راهبر هدایت می‌شود و یک دستیار، ایده‌ها را ثبت می‌کند. تیم حاضر در جلسه، بایستی اطلاعات موضوع مطالعه را به‌طور کامل مطالعه نموده و کلیه الزامات کارفرمایی و دامنه پروژه را شناخته باشد. مهم‌تر از همه، مسأله مورد بحث را درست درک نموده باشد (درک صحیح صورت مسأله نیمی از حل کل مسأله می‌باشد). قوانین خلاقیت باید به‌طور کامل اجرا شود و موانع اصلی بروز خلاقیت از میان برداشته شده باشد. راهبر تیم با یک مقدمه و یک مثال جامع و نزدیک به مسأله، جلسه را آغاز می‌کند و مسأله و جوانب آن را تشریح می‌کند. حاضرین در برگه‌های مخصوص، هر ایده‌ای را که برای حل مسأله به ذهنشان می‌رسد یادداشت می‌کنند. در این جا کمیت بالای ایده‌ها بسیار مهم است و قضاوتی در کار نیست.

### پ-۲-۲- روش گوردون<sup>۲</sup>

این روش در نقطه مقابل توفان فکری قرار دارد. گروه هیچ پیش‌آگاهی از موضوع مورد بحث ندارد و راهبر جلسه موضوعی متناسب و البته کمی جدا از بحث مورد نظر را مطرح می‌کند و با یک توالی مناسب مسأله را غیرمستقیم مطرح می‌کند. همه حاضرین ایده می‌دهند. جلسه هنگامی پایان می‌یابد که راهبر جلسه به‌عنوان تنها عضو گروه که اطلاعات جامعی از مسأله دارد احساس نماید به قدر کفایت ایده درباره موضوع اصلی داده شده است.

### پ-۲-۳- فهرست کنترل<sup>۳</sup>

مبنای اصلی و فلسفه این روش جمله «گذشته را ببینید، آینده را تخیل کنید»، است. ایده‌های گذشته و نقاط ضعف و قوت آنها می‌تواند راه‌حل مناسبی را در اختیار ما قرار دهند.

<sup>۱</sup>.Brainstorming

<sup>۲</sup>.Gordon

<sup>۳</sup>.Checklist

### پ-۲-۴- تحلیل مورفولوژیکی<sup>۱</sup>

- روش جامعی است که در آن از تمام ترکیبات ممکن فکری که احتمالاً در حل مسأله مفید واقع خواهند شد، فهرست‌برداری می‌شود. مراحل کار به شرح زیر است:
۱. مسأله را به کلی‌ترین شکل ممکن بیان کنید.
  ۲. پارامترهای مستقلی که این راه‌حل بایستی با آنها تطبیق پیدا کند را تعریف کنید.
  ۳. تمام راه‌های جایگزین برای رسیدن به هر عامل را فهرست کنید. این گزینه‌ها را می‌توان برای کمک به تجسم ترکیب‌های ممکن در یک نمودار وارد کرد و در معرض دید قرار داد.

### پ-۲-۵- فهرست کردن خصوصیات<sup>۲</sup>

- این روش جزء‌محور است. ابتدا فهرستی از اجزای مختلف یک پروژه تهیه می‌شود و افراد گروه تخیل خود را به سمت تغییر اجزا با حفظ کارکرد سوق می‌دهند. روش کار به‌طور عموم شامل چهار مرحله زیر است:
۱. موضوعی که قرار است بهبود یابد انتخاب می‌شود.
  ۲. بخش‌های آن موضوع فهرست می‌شود.
  ۳. خصوصیات یا صفات اساسی آن موضوع و بخش‌های آن فهرست می‌شود.
  ۴. این خصوصیات در راستای بهبود تغییر داده می‌شود یا اصلاح می‌شود.

---

<sup>۱</sup>.Morphological

<sup>۲</sup>.Attribute Listing

### پ-۳- فنون ارزیابی

#### پ-۳-۱- ارزیابی به کمک روش دلفی

روش دلفی توسط اولاف هلمر<sup>۱</sup> و همکارانش در قالب طرحی در ایالات متحده در دهه ۱۹۶۰ برای ایجاد ساختاری برای مباحثه صحیح و به دور از تأثیر احساسات ابداع شد و ابتدا برای رسیدن به اجماع نظر درباره وقوع یا عدم وقوع رویدادی در بازه زمانی مشخص در آینده به کار رفت.

از آن زمان تاکنون اصلاحاتی روی این روش صورت گرفته و دامنه استفاده از آن گسترش یافته است. روش دلفی نوعی مبادله نظرات در شرایط کنترل شده است که در آن دلایل، ایده‌ها و ارزیابی افراد بدون انتقاد و جدل مطرح می‌شود. به‌طور کلی این روش بر پایه پرسش از افراد متخصص در زمینه موضوع مورد نظر استوار است و برای افزایش دقت و صحت نتایج، هیچ یک از افراد مورد پرسش، از هویت دیگر افراد اطلاع ندارند.

پاسخ افراد به پرسش‌ها، ارزیابی می‌شود تا مشخص شود که ایده‌ها درباره هر مسأله تا چه اندازه همگرایی دارند. مسائلی که کمترین همگرایی در نظرات دارند، مجدداً به افراد بازگردانده می‌شوند و از آنان خواسته می‌شود علت نظر خود را بیان یا آن را اصلاح کنند. در صورتی که پس از سه بار و گاهی تا پنج بار رفت و برگشت به همگرایی منجر نشود، احتمال وقوع آن مسأله بسیار پایین فرض می‌شود و بر عکس به مسائلی که بیشترین همگرایی در آن وجود دارد، بالاترین احتمال وقوع تخصیص می‌یابد.

روش دلفی زمینه‌های همگرایی بالا را مشخص می‌سازد و به‌عنوان یک روش پیش‌بینی مبتنی بر خرد جمعی عمل می‌کند. افراد دخیل در کار به‌طور عموم افراد با تجربه‌ای هستند که به‌طور معمول بر وقوع مسأله مورد پرسش تأثیر دارند، از این رو همگرایی بالا نشان‌دهنده عزم و تلاش متخصصان در آینده برای تحقق مسأله مورد نظر است. با اینکه در روش دلفی تلاش می‌شود گروه به اتفاق نظر دست پیدا کنند ولی طرح نظرات شفاف موجب می‌شود این روش حتی در صورت عدم دستیابی به نتیجه واحد، اشتباهات احتمالی پروژه را رفع کند. از سوی دیگر به سبب تعداد نسبتاً زیاد افراد دخیل در روش دلفی، ممکن است جمع‌بندی واحدی حاصل نشود و علاوه بر جمع‌بندی اصلی، نظرات دیگری نیز مطرح شود. به همین علت، روش دلفی فقط در زمره ابزارهای ارزیابی قرار نمی‌گیرد و می‌توان از آن برای طرح ایده‌های خلاقانه نیز استفاده کرد.

برای جلوگیری از طولانی شدن فرایند ارزیابی، ابتدا آن دسته از نظرات که برآورنده نیازها نیستند حذف می‌شوند. سپس با استفاده از روش دلفی درباره گزینه‌های باقیمانده بررسی انجام می‌شود. گزینه‌هایی که اعضای گروه کمترین حمایت و پشتیبانی را داشته باشند حذف می‌شوند و تنها آن دسته از گزینه‌ها که از حمایت نسبی برخوردارند برای ارزیابی دقیق‌تر باقی می‌مانند و در نهایت نیز پیشنهادهای گروه به کارفرما از میان همین گزینه‌ها انتخاب می‌شود.

<sup>۱</sup>.O. Helmer



پ-۳-۲- روش مارتین تیت<sup>۱</sup>

برای انتخاب یک راه حل از میان راه حل های مختلف، به ویژه در مواقعی که معیارهای صریح تصمیم گیری اهمیت دارند، ابزار تصمیم گیری مارتین-تیت مورد استفاده قرار می گیرد. از این روش در مواردی استفاده می شود که:

الف) تصمیم گیری پیچیده و اهمیت زیادی دارد.

ب) معیارهای متنوعی برای تصمیم گیری وجود داشته باشد.

ج) دستیابی به اجماع درباره بهترین گزینه دشوار باشد.

د) افراد تمایل شخصی خود را در انتخاب گزینه ها اعمال کنند.

ه) بی طرفی تسهیل گر اهمیت داشته باشد.

و) لزوم تصمیم گیری سریع، امکان استفاده از فرایند تحلیل سلسله مراتبی را محدود کرده باشد.

روش مارتین تیت از هفت گام متوالی تشکیل می شود:

۱. در گام نخست ماتریس تصمیم گیری مطابق جدول زیر ترسیم می شود. ضروری است هدف تصمیم گیری در

بالای شبکه ماتریس نوشته شود.

جدول پ-۳- ماتریس تصمیم گیری

معیار	وزن معیار	گزینه های تصمیم		
		گزینه الف	گزینه ب	...
معیار ۱				
معیار ۲				
معیار ۳				
امتیاز گزینه				

۲. فهرست گزینه های تصمیم گیری در بالای ماتریس تصمیم گیری درج می شوند. این گونه گزینه ها به طور

معمول محصول خلاقیت اعضای گروه است. ضروری است پیش از آغاز فرایند ارزیابی گزینه ها، توضیح لازم به اعضای

گروه تصمیم گیری داده شود، به گونه ای که اطمینان حاصل شود تمامی اعضای گروه از شناخت و درک کافی نسبت

به تمامی گزینه ها برخوردارند.

<sup>۱</sup>.Martin- Tate

۳. در این گام باید معیارهای تصمیم‌گیری به‌گونه‌ای تعریف شوند که امکان تمایز گزینه‌های مختلف برای گروه فراهم گردد.

ضروری است هر یک از گزینه‌های تصمیم بر اساس معیارهای تصمیم‌گیری ارزیابی شوند. باید توجه داشت بهترین عملکرد روش در حالتی است که ۶ معیار یا کمتر برای تصمیم‌گیری وجود داشته باشد. معیارهای تعریف‌شده در این گام در ستون سمت چپ ماتریس درج می‌شوند.

۴. پیش از شروع ارزیابی گزینه‌ها لازم است از معیارهای دو وضعیتی (بله-خیر یا صفر-یک) برای حذف گزینه‌های غیر ممکن استفاده شود.

۵. در این مرحله برای هر معیار، وزنی متناسب با اهمیت آن برگزیده می‌شود. مقیاس ۱ تا ۹ رایج‌ترین مقیاس است.

الف) مهم: ۱ تا ۳

ب) خیلی مهم: ۴ تا ۶

ج) فوق‌العاده مهم: ۷ تا ۹

توصیه می‌شود به هر معیار، وزن متفاوتی اختصاص داده شود. همچنین در صورتی که اعضای گروه بر سر معیاری به توافق نرسیدند، از میانگین‌گیری برای تعیین وزن هر معیار استفاده می‌شود (جدول پ-۴).

جدول پ-۴- ماتریس تصمیم‌گیری مارتین-تیت (گام پنجم)

معیار	وزن معیار	گزینه‌های تصمیم		
		گزینه الف	گزینه ب	...
معیار ۱	۳			
معیار ۲	۵			
معیار ۳	۱			
...	...			
امتیاز گزینه				

۶. هر یک از گزینه‌ها بر مبنای معیارها و با توجه به الگوی وزندهی زیر درجه‌بندی می‌شوند:

الف) گزینه مورد نظر برآوردکننده الزامات معیار نیست: ۱

ب) گزینه مورد نظر، الزامات معیار را تا حدی برآورده می‌کند: ۳

ج) گزینه مورد نظر، الزامات معیار را کاملاً برآورده می‌کند: ۹

درجه‌بندی بالا امکان تمایز گزینه‌های تصمیم را بر حسب معیارهای انتخاب فراهم می‌کند. درجه هر یک از گزینه‌ها (بر حسب معیار ارزیابی) در گوشه بالا و سمت چپ خانه‌های ماتریس درج می‌شود (جدول پ-۵). لازم است

اعضای گروه به صورت گروهی نسبت به ارزیابی و درجه‌بندی گزینه‌ها اقدام کنند اما در صورت عدم دستیابی به اجماع، میانگین آرای اعضای گروه در ماتریس تصمیم‌گیری ثبت می‌شود.

جدول پ-۵- ماتریس تصمیم‌گیری مارتین-تیت (گام هشتم)

معیار	وزن معیار	گزینه‌های تصمیم		
		گزینه الف	گزینه ب	...
معیار ۱	۳	۱	۳	
معیار ۲	۵	۱	۱	
معیار ۳	۱	۹	۳	
...	...			
امتیاز گزینه				

۷. درجه‌های هر گزینه بر حسب هر یک از معیارها (اعداد بالا و سمت چپ هر خانه ماتریس)، در وزن آن معیار (ستون دوم سمت چپ) ضرب و حاصل در قسمت پایین و سمت راست خانه مربوطه درج خواهد شد (جدول پ-۶). برای هر گزینه تصمیم‌گیری، اعداد گوشه‌های پایین و سمت راست با هم جمع شده، حاصل در ردیف آخر درج می‌شود. گزینه‌ای که بیشترین امتیاز را دارد، مناسب‌ترین گزینه با توجه به معیارهای تصمیم‌گیری است. لازم است منطقی بودن نتیجه به دست آمده با همکاری اعضای گروه بررسی شود. اگر گزینه انتخابی از نظر منطقی صحیح نباشد، در معیار و وزن مربوطه بازنگری می‌شود. خلاصه نتایج گام‌های ماتریس مارتین-تیت در شکل درج شده است.

جدول پ-۶- ماتریس تصمیم‌گیری مارتین-تیت (گام هفتم)

معیار	وزن معیار	گزینه‌های تصمیم		
		گزینه الف	گزینه ب	...
معیار ۱	۳	۱	۳	
		۳	۹	
معیار ۲	۵	۱	۱	
		۵	۵	
معیار ۳	۱	۹	۱	
		۹	۱	
...	...			
امتیاز گزینه		$3+5+9=17$	$9+5+1=15$	

### پ-۳-۳- ارزیابی به روش تحلیل سلسله مراتبی<sup>۱</sup>

#### پ-۳-۳-۱- تاریخچه

در اوایل دهه ۱۹۷۰ توماس ساعتی<sup>۲</sup> روش ساده‌ای را برای کمک به حل مسائل پیچیده بنیان‌گذاری کرد. او در سال ۱۹۷۷ به طور رسمی «تئوری سلسله مراتب‌های اولویت‌دهی» خود را ارائه کرد و آن را برای رتبه‌بندی ۱۰۳ پروژه مختلف حمل و نقل هوایی، جاده‌ای، ریلی، رودخانه‌ای و بندرگاهی در سودان به کار برد. انتشار کتاب «فرآیند تحلیل سلسله مراتبی» توسط ساعتی در سال ۱۹۸۰ و توسعه نرم‌افزار Expert Choice در سال ۱۹۸۳ که قابلیت استفاده در کامپیوترهای شخصی را داشت، باعث گسترش سریع استفاده از این روش در تحقیقات کاربردی علوم مختلف گردید. در ۲۵ سال گذشته از این روش در بیش از ۳۰ زمینه علمی مختلف از جمله تخصیص منابع، برنامه‌ریزی استراتژیک، سیاست‌گذاری کلان و ارزیابی‌های متنوع و انتخاب گزینه‌های بهینه در مسایل پیچیده استفاده شده است.

مزیت این روش که در آن از پرسش‌نامه بسته نیز استفاده می‌شود، نسبت به روش‌های معمول ارزیابی این است که عوامل، در گروه‌های مختلف طبقه‌بندی شده و نسبت به هم مورد ارزیابی قرار می‌گیرند و در نهایت دو وزن نسبی محلی نسبت به گروه خود و وزن کلی نسبت به هدف مورد بررسی تعیین می‌شود. به عبارت بهتر در روش سلسله مراتبی، می‌توان این عوامل را در یک مدل سلسله مراتبی سازمان‌دهی کرد و مقایسه معناداری بین عوامل واقع در یک سطح مشابه انجام داد.

نقطه ضعف این روش این است که اگر حتی یکی از عوامل یا گزینه‌های مورد مقایسه حذف یا اضافه شوند، مقایسه‌ها بایستی دوباره صورت گرفته و محاسبات نیز تکرار شود. در اصل این مشکل ناشی از ماهیت مقایسه زوجی تمام عوامل و گزینه‌های مورد ارزیابی در این روش می‌باشد. لذا لازم است که در تدوین ساختار مدل و انتخاب عوامل و گزینه‌های مورد مقایسه، نهایت دقت اعمال گردد.

#### پ-۳-۳-۲- مبانی اصلی

توماس ساعتی فرایند تحلیل سلسله مراتبی را بر مبنای چهار اصل زیر بنیان‌گذاری کرد و تمام محاسبات، قواعد و مقررات این روش را بر اساس آنها تدوین کرد:

**الف) اصل وارونگی:** اگر ترجیح عنصر  $A$  بر عنصر  $B$  برابر  $n$  باشد، ترجیح عنصر  $B$  بر عنصر  $A$  برابر  $\frac{1}{n}$  خواهد

بود.

**ب) اصل همگنی:** عنصر  $A$  با عنصر  $B$  باید همگن و قابل مقایسه باشد. به بیان دیگر برتری عنصر  $A$  بر عنصر

$B$  نمی‌تواند بی‌نهایت یا صفر باشد.

<sup>۱</sup>. Analytical Hierarchy Process (AHP)

<sup>۲</sup>. Tomas L. Saaty

ج) اصل وابستگی: هر عنصر سلسله مراتبی به عنصر سطح بالاتر خود می‌تواند وابسته باشد و این وابستگی به صورت خطی تا بالاترین سطح می‌تواند ادامه داشته باشد.

د) انتظارات: هر گاه تغییری در ساختار سلسله مراتبی رخ دهد، فرایند ارزیابی باید مجدداً انجام گیرد (نقطه ضعف روش).

این فرآیند طوری طراحی شده است که با ذهن و طبیعت بشری مطابق و سازگار بوده و مجموعه‌ای از قضاوت‌ها و ارزش گذاری‌های شخصی به یک شیوه منطقی می‌باشد.

### پ-۳-۳-۳- مراحل ارزیابی

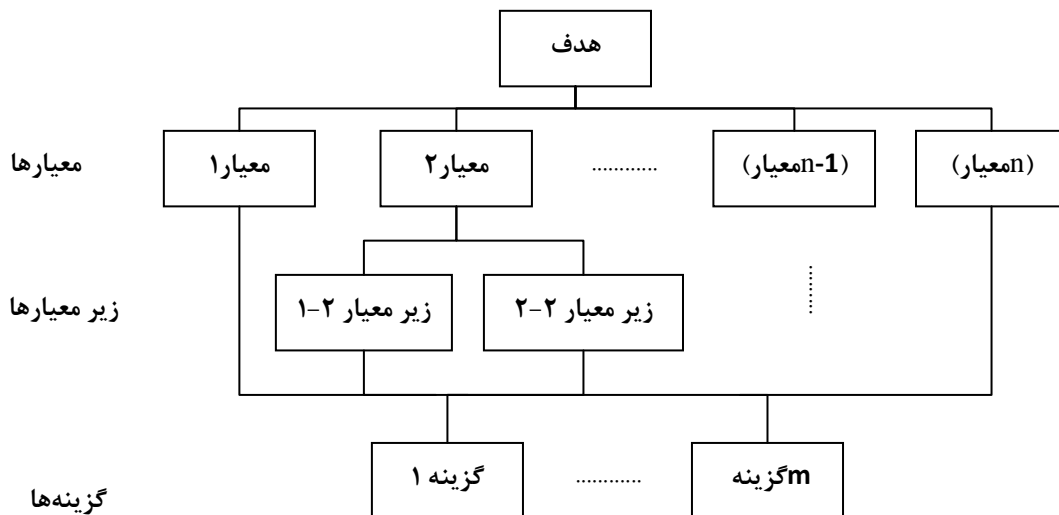
الف) گردآوری اطلاعات: این مرحله شامل موارد زیر است:

۱. تعیین هدف و تعریف دقیق مسئله مورد بررسی

۲. تعیین معیارهای ارزیابی

۳. تعیین گزینه‌های موجود یا ممکن برای حصول به هدف مورد نظر

ب) تدوین سلسله مراتب مسئله مورد بررسی: با تدوین سلسله مراتب مسئله، نمایش گرافیکی از آن ارائه می‌شود که در راس آن (اولین سطح) هدف اصلی و در سطوح بعدی معیارها و زیر معیارهای مورد استفاده در ارزیابی و در نهایت در آخرین سطح گزینه‌های پیشنهادی قرار می‌گیرند. شکل پ-۳-۳ الگوی معمول سلسله مراتب یک مسأله را نشان می‌دهد.



شکل پ-۳-۳- الگوی معمول رسم سلسله مراتب مسئله

ج) تشکیل ماتریس‌های مقایسه زوجی برای معیارها: با توجه به مبنای نظری این روش، هر یک از معیارها بر مبنای هدف و زیرمعیارها بر مبنای معیار سطح بالای آنها، باید به صورت دو به دو با هم مقایسه شوند. این مقایسه‌ها را می‌توان هم به صورت کیفی و هم به صورت کمی بر مبنای مقیاس ارائه شده توسط ساعتی در جدول پ-۷ انجام داد.

جدول پ-۷- مقیاس کمی و کیفی برای مقایسه زوجی معیارها در روش AHP

مقدار کمی	ترجیحات ( مفهوم کیفی امتیازات)	
۱	<i>Equally preferred.</i>	ترجیح یکسان
۲	<i>Equally to Moderately.</i>	ترجیح یکسان تا متوسط
۳	<i>Moderately preferred.</i>	ترجیح متوسط
۴	<i>Moderately to Strongly.</i>	متوسط تا زیاد
۵	<i>Strongly preferred.</i>	ارجحیت زیاد
۶	<i>Strongly to Very strongly.</i>	زیاد تا خیلی زیاد
۷	<i>Very strongly preferred.</i>	ارجحیت خیلی زیاد
۸	<i>Very strongly to Extremely</i>	خیلی زیاد تا فوق‌العاده
۹	<i>Extremely preferred.</i>	ترجیح فوق‌العاده

روش معمول برای انجام مقایسه‌های زوجی تشکیل ماتریس‌های مربعی به مرتبه تعداد معیارها یا زیر معیارها است. برای تشکیل ماتریس‌های مقایسه زوجی برای هر یک از گروه‌ها که دارای  $n$  معیار می‌باشد، لازم است که مقایسه صورت گیرد، تا ماتریس مربعی مقایسه زوجی از مرتبه  $n$  کامل گردد. در شکل پ-۴ نمونه‌ای از ماتریس مقایسه زوجی معیارهای اصلی بر مبنای هدف ارائه شده است. تشکیل این ماتریس بر مبنای اصل ۱ (اصل وارونگی) صورت می‌گیرد و عناصر قرار گرفته در قطر اصلی ماتریس همواره ۱ می‌باشند.

$$A = \begin{bmatrix} \frac{W_1}{W_1} = 1 & \frac{W_1}{W_2} & \dots & \dots & \frac{W_1}{W_n} \\ W_1 & W_2 & & & W_n \\ \frac{W_2}{W_1} & \frac{W_2}{W_2} = 1 & \dots & \dots & \frac{W_2}{W_n} \\ W_1 & W_2 & & & W_n \\ \vdots & \vdots & \dots & \dots & \vdots \\ \vdots & \vdots & \dots & \dots & \vdots \\ \frac{W_n}{W_1} & \frac{W_n}{W_2} & \dots & \dots & \frac{W_n}{W_n} = 1 \\ W_1 & W_2 & & & W_n \end{bmatrix}$$

شکل پ-۴- ماتریس مقایسه زوجی معیارهای اصلی بر مبنای هدف

### پ-۳-۳-۴- تشکیل ماتریس‌های مقایسه گزینه‌ها بر مبنای معیارها و زیر معیارها

در این مرحله لازم است برای هر معیار یا زیر معیار ماتریس جداگانه‌ای مانند ماتریس شکل پ-۴ تشکیل شود، با این تفاوت که معیارها جایگزین هدف و گزینه‌ها جایگزین معیارها می‌شوند. در این جا نیز ماتریس مربعی بوده و هم‌رتبه با تعداد گزینه‌ها خواهد بود. در واقع برای تکمیل ماتریس لازم است مقایسه زوجی بین گزینه‌های موجود بر مبنای معیار مورد نظر و با استفاده از همان مقیاس‌های جدول پ-۷ صورت گیرد.

### پ-۳-۳-۵- تعیین وزن معیارها و اولویت‌بندی گزینه‌ها

در فرایند سلسله مراتبی برای هر یک از معیارها، زیر معیارها و گزینه‌ها دو نوع وزن به دست می‌آید:

(الف) وزن محلی<sup>۱</sup> که به‌طور مستقیم از ماتریس‌های مقایسه زوجی به‌دست می‌آید.

(ب) وزن کلی<sup>۲</sup> که از تلفیق وزن‌های محلی محاسبه می‌گردد و معرف وزن کلی (نهایی) معیارها و رتبه کلی هر گزینه در میان گزینه‌ها است.

#### الف) محاسبه وزن‌های محلی

برآورد وزن معیارها و اولویت‌دهی به گزینه‌های مختلف مهم‌ترین بخش در محاسبات فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی می‌باشد، به‌طوری که استفاده از روش‌های مختلف وزن‌دهی در یک مدل سلسله‌مراتبی منجر به نتایج مختلفی می‌شود.

در منابع مختلف برای محاسبه این وزن‌ها روش‌های مختلفی ارائه شده است که عبارتند از:

۱. روش حداقل مربعات

۲. روش حداقل لگاریتمی

<sup>۱</sup>. Local

<sup>۲</sup>. Global

۳. روش بردار ویژه

۴. روش‌های تقریبی

روش‌های تقریبی شامل مجموع سطری، مجموع ستونی، میانگین حسابی، میانگین هندسی و یا ترکیبی از روش مجموع ستونی و مجموع سطری می‌باشد. همچنین به غیر از روش‌های فوق می‌توان از تئوری مجموعه‌های فازی نیز برای محاسبه اوزان محلی استفاده نمود.

به‌طور معمول برای محاسبه وزن‌های محلی از روش بردار ویژه بر مبنای قضیه ارائه شده توسط ساعتی در سال ۱۹۸۰ استفاده می‌گردد. البته در روش‌های دستی معمولاً از روش‌های ساده‌ای مانند مجموع سطری یا مجموع ستونی استفاده می‌گردد، چرا که در این روش‌ها مساله زمان و سرعت انجام محاسبات از اهمیت برخوردار می‌باشد.

(ب) محاسبه وزن کلی

وزن کلی (نهایی) هر یک از معیارهای اصلی با وزن محلی آنها برابر است و وزن کلی هر یک از زیر معیارها از حاصل ضرب وزن محلی آنها در وزن کلی معیار واقع در یک سطح بالاتر از آنها قابل محاسبه است. وزن کلی هر گزینه از مجموع حاصل ضرب وزن کلی معیارها در وزن گزینه‌ها به‌دست می‌آید.



#### پ-۴-ویژگی‌های تسهیل‌گر

فردی که به‌عنوان تسهیل‌گر تیم ارزش، راهبری تیم را تا رسیدن به نتیجه به‌عهده دارد، جدای از دانش موضوع، می‌بایست ویژگی زیر را دارا باشد:

۱. پرسش‌گر باشد. روحیه پرسش‌گری سبب می‌شود اعضای تیم با موضوع و اهداف مطالعه بیشتر درگیر شوند و احساس مثبتی از نقش‌آفرینی در کارگاه پیدا کنند.
۲. بی‌طرفی را حفظ کند. تسهیل‌گر نباید هیچ‌گاه از فرد یا دیدگاهی مشخص جانبداری کند.
۳. اهل تبادل اطلاعات باشد. شاید بتوان این ویژگی را از شروط اساسی در هر فرایند ارتباطی به‌شمار آورد. تسهیل‌گر بایستی به نظرات اعضای تیم واکنش نشان دهد و از آنها در تعامل با خود و یکدیگر بازخورد بگیرد.
۴. به همه چیزهایی که گفته می‌شود و نمی‌شود گوش بدهد. خیلی خوب باید گوش کند. شنیدن صرف، برای نقش وی کفایت نمی‌کند. باید منظور و گفته‌های همه را به‌طور کامل درک کند و به‌روشنی بفهمد چه کسی درباره چه چیزی چه می‌گوید.
۵. حاشیه‌روی‌ها را کنترل کند. ضروری است که تیم همیشه متمرکز بر اهداف خود باشد و آگاهانه یا ناآگاهانه وقت و انرژی خود را با حاشیه‌روی به هدر ندهد. درایت و هشیاری تسهیل‌گر در این زمینه بسیار مؤثر است.
۶. مفسر خوبی باشد. هر وقت لازم شد، بتواند مطالب را به زبان قابل درک اعضای تیم، تفسیر و بیان نماید تا آنها موضوع مربوطه را به‌خوبی درک کنند.
۷. جمع‌بندی‌های مختصر و روشنی ارائه دهد. چنین نتیجه‌گیری‌هایی است که به‌عنوان راهنما به تیم می‌گوید در چه نقطه‌ای ایستاده و به کجا می‌خواهد برود.
۸. توانمندی ترکیب ایده‌ها را داشته باشد. با این قابلیت او می‌تواند نگاه چندبعدی خود به ایده‌های تیم را در جهت ترکیب ایده‌ها، توسعه مفاهیم و آرای آنها به‌کار گیرد.
۹. به زبانی متناسب با اعضای تیم سخن بگوید. تنها از زبانی استفاده کند که توسط اعضای تیم قابل فهم باشد. از به‌کار بردن واژه‌های پیچیده تخصصی و همین‌طور مکالمه‌های پیش‌پاافتاده پرهیز نماید.

## پ-۵- تحلیل هزینه طول عمر

تحلیل هزینه طول عمر<sup>۱</sup> از جمله فنونی است که می‌توان در تصمیم‌های سرمایه‌گذاری به کار گرفت. به‌ویژه وقتی تصمیم گرفته شده است تا پروژه‌ای اجرا شود (به‌طور مثال پلی ساخته شود)، به کمک تحلیل هزینه طول عمر می‌توان بهترین و کم‌هزینه‌ترین راه انجام پروژه را تعیین کرد (به‌طور مثال بتونی یا فولادی).

رویکرد تحلیل هزینه طول عمر این امکان را می‌دهد که هزینه کل گزینه‌های مختلفی (رقیب) که هر یک از آنها برای انجام پروژه مناسب هستند مقایسه شود. در این تحلیل تمامی هزینه‌هایی که در طول عمر گزینه‌ها پدید می‌آید، در نظر گرفته می‌شوند و فقط به هزینه‌های اولیه اکتفا نمی‌شود. همچنین، اثرات عملیات ساخت و نگهداری روی کاربران، و نیز هزینه‌های مستقیم سازمان کارفرمایی به حساب می‌آیند.

هر پروژه‌ای، نوعی سرمایه‌گذاری است که سطح مشخصی از خدمات را به شهروندان عرضه می‌کند. «گزینه‌های پروژه» راه‌حل‌های پیشنهاد شده برای فراهم‌آوردن این خدمات است. چون همه گزینه‌های پروژه، الزامات یکسانی را برآورده می‌کنند، بنابراین، تفاوت اقتصادی میان گزینه‌ها را مجموع هزینه‌ها تعیین می‌کند.

به‌طور خلاصه، فرایند تحلیل هزینه طول عمر با تعیین گزینه‌هایی که اهداف پروژه را برآورده می‌کنند آغاز می‌شود. سپس زمان‌بندی فعالیت‌های اولیه و آتی که در اجرای هر گزینه دخیل هستند مشخص می‌شود. در ادامه نیز هزینه این فعالیت‌ها برآورد می‌شود. تحلیل موفق هزینه طول عمر علاوه بر هزینه‌های مستقیم که بر عهده سازمان کارفرمایی است (مثلاً عملیات ساخت و نگهداری)، هزینه‌هایی را که به سبب این قبیل فعالیت‌ها بر شهروندان تحمیل می‌شود شامل می‌شود.

هزینه فعالیت‌های پیش‌بینی شده (هزینه‌های سازمان<sup>۲</sup> و هزینه‌های کاربر<sup>۳</sup>)، جریان هزینه طول عمر هر گزینه را شکل می‌دهند. با استفاده از تکنیک اقتصادی «تنزیل»، این هزینه‌ها به مقادیر حال تبدیل می‌شوند. سپس می‌توان اقتصادی‌ترین گزینه را تعیین کرد. در بخش روش‌شناسی، جزئیات بیشتری درباره فرایند تحلیل هزینه طول عمر ارائه می‌شود.

نکته مهم و شایان توجه این است که گزینه‌ای که پایین‌ترین هزینه طول عمر را دارد ممکن است لزوماً اجرا نشود چرا که ملاحظه‌های دیگری مثل ریسک، بودجه موجود و مسائل سیاسی و زیست‌محیطی نیز ممکن است در تصمیم‌گیری دخالت داده شوند. به بیانی دیگر، تحلیل هزینه طول عمر، اطلاعات مهمی را برای فرایند کلی تصمیم‌گیری فراهم می‌کند و نایستی نتایج آن را پاسخ نهایی قلمداد کرد.

<sup>۱</sup> Life- Cycle Cost Analysis (LCCA)

<sup>۲</sup> Agency cost (=direct cost)

<sup>۳</sup> User cost (=indirect cost)

**پ-۵-۱- روش‌شناسی تحلیل هزینه طول عمر**

مراحل تحلیل هزینه طول عمر عبارتند از:

۱. مشخص کردن گزینه‌ها
۲. تعیین زمان‌بندی فعالیت‌ها
۳. برآورد هزینه‌ها (سازمان و کاربر)
۴. محاسبه هزینه‌های طول عمر
۵. تحلیل نتایج

ترتیب گام‌ها به‌گونه‌ای است که هر مرحله، از اطلاعات تهیه‌شده در گام‌های قبلی استفاده می‌کند.

**پ-۵-۲- مثال تحلیل هزینه طول عمر**

در این قسمت مثالی از محاسبه هزینه طول عمر برای مقایسه دو گزینه الف. پل بتونی و ب. فولادی، بر اساس روش‌شناسی بالا ارائه می‌شود. هزینه‌هایی که بین گزینه‌ها مساوی هستند از تحلیل حذف شده‌اند. نرخ تنزیل، ۴ درصد و دوره تحلیل ۳۵ سال در نظر گرفته شده است.

**گام اول: تعیین گزینه‌ها؛** گزینه الف فعالیت‌های ساخت و تعمیر کمتری نسبت به گزینه ب دارد، ولی فعالیت‌های آن وسیع‌تر و پرهزینه‌تر از گزینه ب است. گزینه ب مستلزم استفاده فراوان‌تر از محدوده عملیات عمرانی برای حفظ تردد وسایل نقلیه است، ولی مدت زمان برپایی محدوده کارگاه نسبت به گزینه الف کمتر است.

**گام دوم: تعیین زمان‌بندی فعالیت‌ها؛** زمان‌بندی فعالیت‌های مرتبط با گزینه الف و ب در جدول زیر ارائه شده

است.

سال	گزینه الف	گزینه ب
صفر	ساخت	ساخت
۱۲		تعمیر اول
۲۰	تعمیر اول (۲۰ سال عمر سرویس)	تعمیر دوم
۲۸		تعمیر سوم
۳۵	پایان دوره تحلیل	

**گام سوم: برآورد هزینه‌ها (سازمان و کاربر)؛** هزینه‌های سازمان و کاربر هر فعالیت به ریال ثابت سال مبنا

هستند. هزینه‌های کاربر شامل هزینه‌های بهره‌برداری وسایل نقلیه و تأخیر در سفر می‌باشد. هزینه‌های سال ۳۵ بازتاب ارزش عمر سرویس باقیمانده هر گزینه در سال ۳۵ است.

گزینه ب		گزینه الف		سال
هزینه‌های کاربر	هزینه‌های سازمان	هزینه‌های کاربر	هزینه‌های سازمان	
۸,۰۰۰,۰۰۰	۲۰,۰۰۰,۰۰۰	۱۱,۰۰۰,۰۰۰	۲۶,۰۰۰,۰۰۰	صفر
۱۰,۰۰۰,۰۰۰	۶,۰۰۰,۰۰۰			۱۲
۱۶,۰۰۰,۰۰۰	۶,۰۰۰,۰۰۰	۳۰,۰۰۰,۰۰۰	۱۵,۰۰۰,۰۰۰	۲۰
۲۸,۰۰۰,۰۰۰	۶,۰۰۰,۰۰۰			۲۸
۳,۵۰۰,۰۰۰	۷۵۰,۰۰۰	۷,۵۰۰,۰۰۰	۳,۷۵۰,۰۰۰	۳۵

گام چهارم: محاسبه هزینه‌های طول عمر؛ با استفاده از نرخ تنزیل، ارزش حال هزینه‌های سازمان و کاربر محاسبه می‌شود.

گزینه ب		گزینه الف		ضریب تنزیل	سال
هزینه‌های کاربر	هزینه‌های سازمان	هزینه‌های کاربر	هزینه‌های سازمان		
۸,۰۰۰,۰۰۰	۲۰,۰۰۰,۰۰۰	۱۱,۰۰۰,۰۰۰	۲۶,۰۰۰,۰۰۰	۱,۰۰۰۰	۰
۶,۲۴۵,۹۷۰	۳,۷۴۷,۵۸۲			۰/۶۲۶۴	۱۲
۷,۳۰۲,۱۹۱	۲,۷۳۸,۳۲۲	۱۳,۶۹۱,۶۰۸	۶,۸۴۵,۸۰۴	۰/۴۵۶۴	۲۰
۹,۳۳۷,۳۶۹	۲,۰۰۰,۸۶۵			۰/۳۳۳۵	۲۸
۸۸۶,۹۵۴	۱۹۰,۰۶۲	۱,۹۰۰,۶۱۶	۹۵۰,۳۰۸	۰/۲۵۳۴	۳۵
۲۹,۹۹۸,۵۷۶	۲۸,۲۹۶,۷۰۷	۲۲,۷۹۰,۹۹۲	۳۱,۸۹۵,۴۹۶		مجموع هزینه‌ها (ارزش حال)

گام پنجم: تحلیل نتایج؛ گزینه الف در کل، پایین‌ترین هزینه‌های سازمان و کاربر را دارد، در حالی که گزینه ب پایین‌ترین هزینه ساخت اولیه و هزینه‌های سازمان را دارد. اگر فقط بر این اطلاعات تکیه شود، می‌توان گزینه الف (بر مبنای هزینه کل) یا گزینه ب (برای هزینه‌های پایین‌تر اولیه و هزینه سازمان) را انتخاب کرد. با این حال، با تحلیل بیشتر می‌توان به نتایج دیگری هم رسید. برای نمونه، در گزینه ب می‌توان بازنگری کرد تا هزینه‌های کاربر از طریق مدیریت بهتر تردد وسایل نقلیه در طول ساخت و تعمیر کاهش داده شود. تحلیل حساسیت می‌تواند بر مبنای نرخ‌های تنزیل یا فرضیات کلیدی درباره هزینه‌های ساخت و تعمیر انجام شود. در نهایت، تحلیل احتمالاتی می‌تواند کمک کند اثرات عدم قطعیت در برآوردهای زمان‌بندی یا میزان هزینه‌ها بررسی شود.

## پ-۶- پرسش‌های متداول درباره مهندسی ارزش

### الف) مهندسی ارزش چیست؟

مهندسی ارزش یک تکنیک مدیریتی کارکردگرا است که با تکیه بر کار تیمی خلاقانه و نظام‌مند برای تحلیل و بهبود ارزش یک محصول، یک پروژه یا یک خدمت به کار گرفته می‌شود. مهندسی ارزش به‌عنوان یک متدولوژی موثر برای حل مسائل یا کاهش هزینه‌ها، بهبود کارکردها و ارتقاء کیفیت، کارآیی خود را در عمل در هزاران پروژه صنعتی، عمرانی، ... در کشورهای مختلف اثبات کرده است.

### ب) دلایل به‌کارگیری مهندسی ارزش کدامند؟

#### ۱. حل خلاقانه مسائل پیچیده

مهندسی ارزش به‌عنوان یک ابزار توانمند برای تمرکز بر مولفه‌های مهم فرصت‌های بیشتری در اختیار تیم مهندسی ارزش برای تحلیل عمیق پروژه و ارائه راه‌حل‌ها و گزینه‌های نو قرار می‌دهد. پیش‌شرط تحقق این امر آن است که با توجه به شرایط خاص پروژه، تیم مناسبی انتخاب شده باشد و راهبر هدایت آن را در طول مطالعه به‌نحو مناسبی انجام دهد و مدیریت ارشد کارفرما ضمن آگاهی از فرآیند مهندسی ارزش از نتایج مطالعه ارزش حمایت نماید.

#### ۲. الزامات قانونی

در بسیاری از کشورها انجام مطالعات ارزش برای پروژه‌های بزرگ الزامی است. بزرگی پروژه را، هزینه‌های پروژه تعیین می‌کند و این شاخص در کشورهای مختلف متفاوت است. برای مثال در آمریکا انجام مطالعات ارزش برای تمامی پروژه‌های حمل و نقل با هزینه بیش از ۲۵ میلیون دلار الزامی است در حالی که در ایران بر طبق دستورالعمل سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور (۱۳۸۴) در پروژه‌هایی با هزینه بیش از ۲۰ میلیارد ریال، انجام حداقل یک مطالعه مهندسی ارزش الزامی است. (در سال ۱۳۸۶ این رقم به ۱۰۰ میلیارد ریال افزایش پیدا کرد).

#### ۳. ایجاد توافق و هماهنگی با نهادها و سازمان دیگر

از عوامل موفقیت در بسیاری از طرح‌ها، تعامل مثبت با سازمان‌های مختلف در گستره وسیع می‌باشد. مهندسی ارزش با برداشتن مرزهای بین‌سازمانی در کارگاه‌های ارزش، می‌تواند گام مهمی در ایجاد توافق میان سازمان‌ها و نهادهای ذیربط بردارد.

#### ۴. کاهش هزینه یا بهبود کارکرد و کیفیت پروژه

بهبود ارزش (افزایش کارکرد/افزایش کیفیت/کاهش هزینه) یکی از گام‌های مهم در مدیریت پروژه محسوب می‌شود و مهندسی ارزش کارآیی خود را در بهبود پروژه‌های مختلف اثبات کرده است. البته پیشنهادها مهندسی

ارزش نایبستی کارکردهای پروژه را در مقابل صرفه‌جویی در هزینه کاهش دهد. در عین حال افزایش هزینه یک پروژه می‌تواند با افزایش کارکردها توجیه شود.

۵. حذف عوامل منفی در طراحی‌ها

عوامل زیر می‌تواند اثرات منفی در طراحی‌ها ایجاد کند:

(الف) کمبود اطلاعات

(ب) چارچوب‌های زمانی مطالعات

(ج) اعتقادات نادرست صادقانه

(د) بینش‌های منفی

(ه) شرایط موقت که دائمی تلقی شده‌اند.

(و) تفکر عادت‌گونه

(ز) تغییرات سریع فن‌آوری‌ها

(ح) ریسک زیان‌های شخصی

(ط) عدم ایجاد زمینه برای خلاقیت و نوآوری

(ی) رعایت کامل الزامات

(ک) عدم تمایل به مشورت و کسب نظرات دیگران

(ل) روابط انسانی ضعیف (درون سازمانی و برون سازمانی)

مطالعه ارزش می‌تواند اثرات منفی را با تیم چند رشته‌ای که متدولوژی ارزش را در یک فضای مثبت و بدون جهت‌گیری به کار می‌گیرد، کاهش دهد.

**ج) آیا ممکن است در یک مطالعه ارزش، هزینه پروژه افزایش یابد؟**

بلی، هدف یک مطالعه ارزش بهبود ارزش است که برای کمی کردن آن از شاخص ارزش استفاده می‌شود. بنابراین در صورتی که افزایش هزینه پروژه موجب بهبود کارکرد یا کیفیت یا هر دو شود و شاخص ارزش افزایش یابد، هدف اصلی مطالعه تحقق یافته است.

**د) مهندسی ارزش چگونه موجب ارتقاء خلاقیت می‌شود؟**

۱. ایجاد محیط مساعد

۲. ایجاد تفکر واگرا با تأکید بر کارکردگرایی

۳. تفکیک خلاقیت و قضاوت

۴. تعریف مناسب مسئله در فازهای اولیه

۵. ایجاد شرایط لازم برای درک عمیق پروژه و کسب اطلاعات لازم توسط تیم
۶. استفاده از تکنیک‌های توفان فکری
۷. استفاده از قانون پاراتو و تمرکز بر کارکردهای کلیدی.

ه) زمان لازم برای انجام تمامی گام‌های یک مطالعه ارزش چقدر است؟

با توجه به ابعاد پروژه و مقطع زمانی که مطالعه صورت می‌گیرد، زمان یک مطالعه ارزش از ۱ تا ۴ ماه متغیر می‌باشد.

و) منافع جانبی مهندسی ارزش کدامند؟

۱. ارتباط و آشنایی کارشناسان مختلف با یکدیگر
۲. آگاهی از توانایی‌ها و تخصص‌های موجود
۳. شناخت و استفاده از تکنولوژی‌های جدید از طریق طرح ایده‌های نو در بین اعضای تیم
۴. مستندشدن تجارب صاحب‌نظران
۵. آشنایی کارشناسان با مسائل میان‌رشته‌ای
۶. تشکیل بانک اطلاعات ایده‌ها و استفاده از آنها در پروژه‌های دیگر
۷. شناخت بیشتر کارفرما، مشاور و پیمانکار از مسائل، نیازها، انتظارات و مشکل‌های یکدیگر
۸. مشارکت بیشتر کارشناسان در حل مسائل مبتلابه
۹. فراهم شدن زمینه مناسب برای نمود و افزایش توانایی افراد.

ز) مشخصات پروژه‌هایی که برای مطالعه ارزش مناسبند کدامند؟

۱. پیچیدگی بالا (تعدد عوامل)
۲. هزینه بالا (پروژه‌های بزرگ)
۳. تکرارپذیری بالا
۴. فاصله زمانی زیاد بین طراحی و اجراء
۵. ریسک بالا

ح) چه ضوابط، مقررات و قوانینی در رابطه با به‌کارگیری مهندسی ارزش در ایران وجود دارد؟

۱. قانون برنامه سوم توسعه اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی جمهوری اسلامی ایران فصل هفتم نظام مالیاتی و بودجه ماده ۶۱-ج- دستگاه‌های اجرایی موظفند طرح‌های عمرانی در دست اجرای خود را به پیشنهاد سازمان برنامه

و بودجه به منظور ساده سازی و ارزان سازی ( با اعمال مهندسی ارزش ) ضمن رعایت استانداردهای فنی مورد بازنگری قرار دهند.

۲. در اجرای بند (ج) ماده (۶۱) قانون برنامه سوم توسعه اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی جمهوری اسلامی ایران، دستگاه‌های اجرایی موظف هستند موضوع مهندسی ارزش را در کلیه پروژه‌های اجرایی رعایت و گزارش اقدامات را به سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور ارائه نمایند.

۳. دستورالعمل ارجاع کار و انعقاد قرارداد با واحدهای خدمات مهندسی ارزش (۱۳۷۹).

۴. دستورالعمل ارجاع تهیه، ارائه و بررسی پیشنهادهای تغییر، با نگاه مهندسی ارزش و دستورالعمل ارجاع تهیه و ارسال گزارش سالانه پیشنهادهای تغییر، با نگاه مهندسی ارزش (نشریه ۲۹۰ (۱۳۸۳)).

۵. مجموع دستورالعمل‌های مهندسی ارزش (۱۳۸۴).

### ط) پیشنهاد تغییر با نگاه مهندسی ارزش<sup>۱</sup> چیست؟

پیشنهاد تغییر، با نگاه مهندسی ارزش، عبارت است از پیشنهادی که در مدت پیمان از جانب پیمانکار و به منظور کاهش هزینه‌های اجرا، بهره برداری و نگهداری، ارتقاء کارایی یا سایر منافع به کارفرما ارائه می‌گردد و در عین حال، انجام کارها باید با کیفیتی بهتر یا طبق پیمان صورت پذیرد. در صورت پذیرش پیشنهاد تغییر توسط کارفرما، بخشی از صرفه‌جویی‌های به دست آمده به پیمانکار پرداخت می‌شود.

### ی) عوامل موفقیت و عدم موفقیت یک مطالعه ارزش کدامند؟

از مهم‌ترین عوامل موفقیت می‌توان به تیم، زمان مطالعه، راهبر و اطلاعات اشاره نمود. از طرف دیگر عوامل ذیل می‌تواند موجب ناکامی یک مطالعه مدیریت/مهندسی ارزش شوند:

۱. عدم تسلط تیم بر تکنیک‌های مهندسی ارزش
۲. نبود حمایت مدیریت ارشد، عدم همکاری مشاوران طرح
۳. نگرش به مهندسی ارزش به عنوان یک تهدید از طرف مشاور
۴. انجام نامناسب گام پیش مطالعه، عدم انجام برخی از فازهای برنامه کار
۵. تعداد زیاد اعضاء تیم و اختلاف میان آنها
۶. عدم تطبیق تیم با پروژه مورد مطالعه
۷. ارائه نامناسب گزینه‌های پیشنهادی تیم ارزش
۸. نبود پیگیری لازم برای اجرای پیشنهادهای مطالعه ارزش

<sup>۱</sup> Value Engineering Change Proposal (VECP)



## پ-۷- کاربرگ‌های مورد استفاده جهت انجام مطالعات مهندسی ارزش

### پ-۷-۱- کاربرگ درخواست انجام مطالعه مهندسی ارزش

#### هدف:

پیروی از الگویی یکسان برای ارزیابی درخواست‌های انجام مطالعه مهندسی ارزش و مستندسازی اطلاعات مورد نیاز برای تصمیم‌گیری درباره انجام یا عدم انجام مطالعه مهندسی ارزش.

#### تکمیل‌کننده:

هریک از عواملی که با توجه به ساختار پروژه، امکان طرح درخواست را داشته باشند.

#### شیوه تکمیل:

در این کاربرگ ابتدا اطلاعات کلی درباره پروژه، مؤلفه‌های اصلی آن و هزینه‌های مربوط و پس از آن محدوده پیشنهادی برای انجام مطالعه و ترکیب تخصص‌های مورد نیاز (باید توجه داشت در این مقطع اعضای تیم معرفی نخواهند شد و تنها تخصص‌های ضروری برای انجام مطالعه، معرفی می‌شوند. برای انجام مطالعه، با توجه به محدوده مورد نظر، درج می‌شود).

در بخش پیش‌بینی شده تحت عنوان سایر ملاحظات، هرگونه اطلاعاتی که بتواند به تصمیم‌گیری درباره انجام یا عدم انجام مطالعات کمک کند، ثبت می‌شود. در صورتی که ارائه اطلاعات تکمیلی به بررسی‌کنندگان پیشنهاد، ضرورت داشته باشد، فهرست مستندات مربوط به اطلاعات تکمیلی، در بخش پیش‌بینی شده در کاربرگ، درج می‌شود.

مشخصات درخواست‌کننده<sup>۱</sup> و بررسی‌کننده (بررسی‌کنندگان)<sup>۲</sup> پیشنهاد در قسمت پیش‌بینی شده ثبت می‌شود. باید توجه داشت فرآیند مطالعه مهندسی ارزش پس از بررسی درخواست در صورت پذیرش آن ادامه خواهد یافت.

<sup>۱</sup> مجری طرح، مدیر طرح یا تأمین‌کننده منابع مالی پروژه

<sup>۲</sup> کارفرما/مقام دارای اختیار تصویب انجام مطالعه مهندسی ارزش

آرم (نشان) واحد خدمات مهندسی ارزش	آرم (نشان) کارفرما	صفحه .... از ....	
		عنوان پروژه:	
		کاربرگ ۱ - درخواست انجام مطالعه مهندسی ارزش	
مجری پروژه:			
محل پروژه:			
مرحله پروژه:			
هزینه‌های سرمایه‌گذاری:			
مؤلفه‌های (اجزا) اصلی پروژه:			
-			
-			
-			
محدوده پیشنهادی برای مطالعه مهندسی ارزش:			
ترکیب تخصصی پیشنهادی برای تیم مطالعه مهندسی ارزش:			
-			
-			
-			
-			
-			
-			
سایر ملاحظات:		فهرست مستندات پیوست پیشنهاد:	
-		-	
-		-	
-		-	
درخواست‌کننده:	تاریخ درخواست:	سمت و امضاء:	نتیجه بررسی درخواست
پذیرش	عدم پذیرش	پذیرش	پذیرش
مشارکت	مشارکت	مشارکت	مشارکت
تصویب‌کننده:			
تاریخ تصویب:			
سمت و امضاء:			

## پ-۷-۲-کاربرگ مشخصات عمومی پروژه

### هدف:

مستندسازی مشخصات عمومی پروژه در محدوده مورد مطالعه.

### تکمیل کننده:

مدیر پروژه/مجری معرفی شده از سوی کارفرما.

### شیوه تکمیل:

در بخش نخست این کاربرگ، پروژه مورد مطالعه به طور مختصر معرفی می شود. در بخش پیش بینی شده تحت عنوان شرایط پروژه، اطلاعات مربوط به پیشرفت زمانی پروژه، درج می شود. در قسمت مشخصات هزینه ای پروژه، هزینه های سرمایه گذاری پروژه و نحوه تأمین منابع مالی سرمایه گذاری ثبت می شود. در آخرین بخش این کاربرگ ویژگی های فنی طرح مستند می شود. به عنوان نمونه در یک پروژه حمل و نقل سطح سرویس، بار ترافیکی و نظایر آن به عنوان ویژگی های فنی در این قسمت مستند می شوند.

### توصیه:

پیشنهاد می شود نسخه تکمیل شده این کاربرگ، پیش از شروع کارگاه در اختیار تمام اعضای تیم مطالعه مهندسی ارزش قرار گیرد.

آرم (نشان) واحد خدمات مهندسی ارزش	آرم (نشان) کارفرما	صفحه ... از .....
		عنوان پروژه:
		کاربرد ۲- مشخصات عمومی پروژه
موضوع قرارداد این مرحله از پروژه:		
شرایط پروژه:		
مرحله جاری پروژه:		
مرحله بعدی پروژه:		
درصد پیشرفت مرحله جاری:		
درصد پیشرفت کل:		
مشخصات هزینه‌ای پروژه:		
پیش‌بینی هزینه‌های سرمایه‌گذاری پروژه:		
هزینه‌های صرف شده تا این تاریخ:		
شیوه تأمین مالی پروژه:		
ویژگی‌های فنی طرح شامل: امکانات، محدودیت‌ها و موارد الزامی		

### پ-۷-۳- کاربرگ معرفی اعضای تیم مطالعه مهندسی ارزش

#### هدف:

معرفی و ارائه مشخصات اعضای تیم مطالعات مهندسی ارزش

#### تکمیل کننده:

راهبر تیم مهندسی ارزش.

#### شیوه تکمیل:

در بخش نخست این کاربرگ مشخصات اعضای تیم مطالعات شامل نام و نام خانوادگی، سمت در تیم، تخصص، سازمان، شماره تلفن، نمابر و آدرس پست الکترونیکی ثبت می‌شود.

در دو بخش دیگر مؤلفه‌های اصلی پروژه در محدوده مطالعه مهندسی ارزش و اهداف مورد نظر از انجام مطالعه مهندسی ارزش (مشکلات و مسایلی که مطالعه مهندسی ارزش به دنبال حل آنهاست) ثبت می‌شود.

#### توصیه:

پیشنهاد می‌شود نسخه تکمیل شده این کاربرگ، پیش از شروع کارگاه در اختیار تمام اعضای تیم مطالعه مهندسی ارزش قرار گیرد.

آرم (نشان) واحد خدمات مهندسی ارزش		آرم (نشان) کارفرما	صفحه ... از ....		
عنوان پروژه:					
کاربرگ ۳- معرفی اعضای تیم مطالعات مهندسی ارزش					
اعضای تیم مطالعه مهندسی ارزش					
نام و نام خانوادگی	سمت-تخصص	سازمان	تلفن- نمابر	آدرس پست الکترونیکی	
	راهبر تیم				
	تسهیل گر تیم				
	عضو تمام وقت-.....				
	عضو تمام وقت-.....				
	عضو تمام وقت-.....				
	عضو تمام وقت-.....				
	عضو تمام وقت-.....				
	عضو تمام وقت-.....				
	عضو تمام وقت-.....				
	عضو تمام وقت-.....				
	عضو تمام وقت-.....				
	عضو تمام وقت-.....				
	عضو تمام وقت-.....				
	عضو تمام وقت-.....				
	عضو تمام وقت-.....				
	عضو تمام وقت-.....				
	عضو تمام وقت-.....				
	عضو تمام وقت-.....				
	عضو تمام وقت-.....				
	عضو تمام وقت-.....				
	عضو تمام وقت-.....				
	عضو تمام وقت-.....				
	عضو تمام وقت-.....				
	عضو تمام وقت-.....				
مؤلفه‌های اجزای اصلی پروژه در محدوده مطالعه مهندسی ارزش:					
اهداف مطالعه مهندسی ارزش:					

## پ-۷-۴- کاربرد مشخصات منابع اطلاعاتی پروژه

### هدف:

ثبت و نگهداری مشخصات منابع اطلاعات پروژه برای استفاده‌های آتی.

### تکمیل کننده:

راهبر تیم مهندسی ارزش (یا دستیار وی).

### شیوه تکمیل:

در بخش نخست این کاربرد مشخصات افراد کلیدی تصمیم‌گیرنده در باره پروژه (یا عوامل ذینفع کلیدی مرتبط با پروژه) درج می‌شود.

در بخش دوم مشخصات افرادی که ممکن است اطلاعاتی درباره جنبه‌های مختلف پروژه داشته باشند، ثبت می‌شود.

فهرستی از مستندات گردآوری شده درباره پروژه، در انتهای کاربرد ثبت می‌شود.

### توصیه:

پیشنهاد می‌شود نسخه تکمیل شده این کاربرد، پیش از شروع کارگاه در اختیار تمام اعضای تیم مطالعه مهندسی ارزش قرار گیرد.

آرم (نشان) واحد خدمات مهندسی ارزش	آرم (نشان) کارفرما	صفحه ... از ...		کارفرما
				عنوان پروژه:
				کاربرگ ۴ - مشخصات منابع اطلاعاتی پروژه:
اشخاص کلیدی تصمیم‌گیرنده				
	تلفن	سازمان	سمت	نام و نام خانوادگی
افراد مرتبط با پروژه				
	ملاحظات	تلفن	نام و نام خانوادگی	
مستندات مرتبط با محدوده مطالعه مهندسی ارزش				
	ملاحظات	عنوان سند		



## پ-۷-۵- کاربرد دسته‌بندی مستندات مرتبط با پروژه

### هدف:

تسهیل در استفاده از اطلاعات گردآوری شده.

### تکمیل‌کننده:

راهبر تیم مهندسی ارزش (یا دستیار وی).

### شیوه تکمیل:

مستندات گردآوری شده در دسته‌های مشخص (به‌عنوان نمونه مستندات هزینه‌ای، مستندات فنی<sup>۱</sup>، مستندات مربوط به نیازها و خواسته‌های عوامل ذینفع) تقسیم‌بندی شده، نتیجه در بخش‌های پیش‌بینی شده در این کاربرد مستند می‌شود.

### توصیه:

پیشنهاد می‌شود نسخه تکمیل شده این کاربرد، پیش از شروع کارگاه در اختیار تمام اعضای تیم مطالعه مهندسی ارزش قرار گیرد.

---

<sup>۱</sup>مانند مستندات مربوط به معماری، سازه، برق، تأسیسات و نظایر آن.

آرم (نشان) واحد خدمات مهندسی ارزش	آرم (نشان) کارفرما	صفحه ... از ...	کارفرما
		عنوان پروژه:	
		کاربرگ ۵- دسته‌بندی مستندات مرتبط با پروژه	
عنوان دسته:			
-			
-			
-			
-			
-			
عنوان دسته:			
-			
-			
-			
-			
-			
عنوان دسته:			
-			
-			
-			
-			
-			
عنوان دسته:			
-			
-			
-			
-			
-			
نقشه‌ها، طرح‌ها و عکس‌ها:			
-			
-			
-			

## پ-۷-۶- کاربرد برنامه زمانی مطالعات مهندسی ارزش

### هدف:

برنامه‌ریزی و مستندسازی دستور جلسه‌های کارگاه مهندسی ارزش.

### تکمیل‌کننده:

راهنما یا تسهیل‌گر تیم مهندسی ارزش.

### شیوه تکمیل:

در بخش نخست تعداد روزهای پیش‌بینی شده برای کارگاه مطالعه مهندسی ارزش (با توجه به ماهیت پروژه و محدوده مطالعه مهندسی ارزش) ثبت می‌شود.

در بخش دوم این کاربرد، تاریخ، زمان (ساعات شروع و پایان) و محل برگزاری هر یک از جلسه‌ها (شامل جلسه افتتاحیه، کارگاه مطالعه مهندسی ارزش، جلسه رایه میان کار (پایان مرحله ارزیابی و انتخاب گزینه‌های مرحله توسعه)، مطالعات مرحله توسعه و جلسه رایه نهایی ثبت می‌شود.

با توجه به تعداد روزهای پیش‌بینی شده برای کارگاه مطالعه مهندسی ارزش برنامه‌های روزانه به این کاربرد پیوست خواهد شد.

### توصیه:

پیشنهاد می‌شود نسخه تکمیل شده این کاربرد، پیش از شروع کارگاه در اختیار تمام اعضای تیم مطالعه مهندسی ارزش قرار گیرد.

آرم (نشان) واحد خدمات مهندسی ارزش	آرم (نشان) کارفرما	صفحه ... از ...	
		عنوان پروژه:	
		کاربرگ ۶- برنامه زمانی انجام مطالعات مهندسی ارزش	
تعداد روزهای کارگاه			
برنامه زمانی			
محل	زمان	تاریخ	
			بازدید از ساختمان
			کارگاه مطالعه مهندسی ارزش
			جلسه ارایه میان کار (پایان ارزیابی)
			مطالعات مرحله توسعه
			جلسه ارائه نهایی

آرم (نشان) واحد خدمات مهندسی ارزش	آرم (نشان) کارفرما	صفحه ... از ...	
		عنوان پروژه:	
		برنامه کارگاه‌های مطالعات مهندسی ارزش	
		روز:.....	جلسه افتتاحیه
خاتمه:.....	شروع:.....	روز:.....	معرفی مطالعه مهندسی ارزش، اهداف و برنامه زمانی
خاتمه:.....	شروع:.....	روز:.....	تدقیق اطلاعات و ارائه مبانی مطالعه
خاتمه:.....	شروع:.....	روز:.....	بازدید از ساختمان
خاتمه:.....	شروع:.....	روز:.....	تحلیل کارکرد
خاتمه:.....	شروع:.....	روز:.....	رسم نمودار FAST
خاتمه:.....	شروع:.....	روز:.....	خلاقیت
خاتمه:.....	شروع:.....	روز:.....	ارزیابی
خاتمه:.....	شروع:.....	روز:.....	توسعه و مستندسازی گزینه‌ها
خاتمه:.....	شروع:.....	روز:.....	ارایه نتایج به مدیریت ارشد (کارفرما)
خاتمه:.....	شروع:.....	روز:.....	خاتمه

## پ-۷-۷- کاربرگ برنامه زمانی حضور اعضای تیم مطالعه مهندسی ارزش در کارگاه‌ها

### هدف:

اطلاع‌رسانی زمان‌های حضور و ثبت حضور یا عدم حضور اعضا

### تکمیل‌کننده:

دستیار راهبر تیم مهندسی ارزش.

### شیوه تکمیل:

با توجه به برنامه زمانی پیش‌بینی شده برای کارگاه مطالعه مهندسی ارزش و سمت هر یک از اعضای تیم در مطالعه، روزهایی که لازم است اعضای تیم در کارگاه حضور داشته باشند (اعضای تمام وقت در تمام روزها و اعضای پاره‌وقت در روزهای مشخص) در این کاربرگ مشخص و به آنها اعلام می‌شود.

در طی برگزاری کارگاه حضور یا عدم حضور اعضای تیم (با توجه به برنامه از پیش اعلام شده)، در این کاربرگ ثبت می‌شود.

### توصیه:

پیشنهاد می‌شود نسخه تکمیل شده این کاربرگ، پیش از شروع کارگاه در اختیار تمام اعضای تیم مطالعه مهندسی ارزش قرار گیرد.

آرم (نشان) واحد خدمات مهندسی ارزش	آرم (نشان) کارفرما	صفحه ... از ...				کارفرما			
						عنوان پروژه:			
						کاربرگ ۷- برنامه زمانی حضور اعضای تیم مطالعه مهندسی ارزش در کارگاه			
تلفن - نمابر	سمت	سازمان	نام و نام خانوادگی	حضور <sup>۱</sup>	روزهای کارگاه				

---

<sup>۱</sup>تمام وقت یا پاره وقت

## پ-۷-۸- کاربرگ مدل هزینه

## هدف:

ارائه اطلاعات هزینه مؤلفه‌های پروژه در قالب نمودار پارتو.

## تکمیل‌کننده:

دستیار راهبر تیم مهندسی ارزش.

## شیوه تکمیل:

در بخش نخست این کاربرگ منبع یا منابع مورد استفاده برای تهیه و تنظیم مدل هزینه‌های پروژه، تصریح می‌شود.

در بخش دوم کاربرگ فهرستی از مؤلفه‌های پروژه، هزینه‌های هر یک و سهم این مؤلفه‌ها از هزینه کل، درج می‌شود.

در بخش سوم کاربرگ، با توجه به اطلاعات مربوط به مؤلفه‌ها و سهم هزینه‌های آنها از هزینه کل، نمودار پارتو<sup>۱</sup> ترسیم می‌شود.

---

<sup>۱</sup> مطابق قانون پارتو تقریباً ۲۰ درصد از مؤلفه‌ها و اجزا پروژه، حدود ۸۰ درصد هزینه‌های پروژه را به خود تخصیص می‌دهند. به کمک این قانون که کاربرد فراوانی در مطالعات مهندسی ارزش دارد، زمینه‌های تمرکز مطالعات مهندسی ارزش شناسایی می‌شود، که در این راه از نمودار پارتو نیز بهره‌گیری می‌شود. در ترسیم نمودار پارتو لازم است:

۱. مؤلفه‌ها/قلام/اجزای پروژه تعیین شوند.
۲. هزینه هر مؤلفه تعیین شود.
۳. پس از مرتب کردن مؤلفه‌ها به صورت نزولی (برمبنای هزینه)، نمودار میله‌ای "مؤلفه‌ها-هزینه" ترسیم شود.

آرم (نشان) واحد خدمات مهندسی ارزش	آرم (نشان) کارفرما	صفحه ... از ...		کارفرما
				عنوان پروژه:
				کاربرگ ۸ - مدل هزینه
تاریخ:		منابع مورد استفاده برای تخمین هزینه‌ها:		
ملاحظات	درصد از هزینه کل	هزینه	مؤلفه (جزء)	
		٪۱۰۰	مجموع	
نمودار پارتو				



## پ-۷-۹- کاربرد مدل "کارکرد- هزینه- بها"

هدف:

ثبت کارکردها، دسته‌بندی آنها و تخصیص هزینه و بها به هر کارکرد.

تکمیل‌کننده:

دستیار راهبر تیم مهندسی ارزش.

شیوه تکمیل:

در ستون نخست این کاربرد اجزا منتخب پروژه، برای بررسی درج می‌شود. سپس کارکرد یا کارکردهای هر یک از این اجزاء در ستون‌های دوم و سوم برحسب یک فعل معلوم و یک اسم قابل سنجش، ثبت می‌شود. نوع (دسته) هر یک از کارکردها (اصلی، ثانویه و ...) در ستون بعدی درج خواهد شد.

آرم (نشان) واحد خدمات مهندسی ارزش		آرم (نشان) کارفرما		صفحه ... از ...			کارفرما
							عنوان پروژه:
							کاربرگ ۹- مدل "کارکرد- هزینه- بها"
هزینه/بها	بها	هزینه	کارکرد <sup>۱</sup>			شرح جزء	
			نوع	اسم	فعل		

<sup>۱</sup> باید توجه داشت در برخی موارد ممکن است یک جزء/مؤلفه از پروژه دارای بیش از یک کارکرد باشد، که ضروری است این موضوع در تنظیم جدول مورد توجه قرار گیرد.



**پ-۷-۱۱- کاربرد اطلاعات تکمیلی**

**هدف:**

ثبت اطلاعات تکمیلی که ممکن است از سوی نمایندگان عوامل ذینفع کلیدی در مرحله ارزیابی ارائه شود.

**تکمیل کننده:**

دستیار راهبر تیم مهندسی ارزش.

**شیوه تکمیل:**

در مرحله ارزیابی ممکن است اطلاعاتی از سوی نمایندگان عوامل ذینفع کلیدی به اعضای تیم مطالعات ارائه شود. این اطلاعات در این کاربرد مستند می شوند.

آرم (نشان) واحد خدمات مهندسی ارزش	آرم (نشان) کارفرما	صفحه ... از ....	کارفرما
			عنوان پروژه:
			کاربرگ ۱۱- اطلاعات تکمیلی
اطلاعات تکمیلی ارائه شده از سوی نمایندگان عوامل ذینفع، به اعضای تیم مطالعه مهندسی ارزش			
		تاریخ	ارایه کننده اطلاعات

ب-۷-۱۲- کاربرد اطلاعات تکمیلی مرحله توسعه

هدف:

مستندسازی اطلاعات تکمیلی که در حین مرحله توسعه درباره طرح اولیه یا ایده‌های پیشنهادی، به دست می‌آیند.

تکمیل کننده:

هر یک از اعضای تیم مهندسی ارزش.

شیوه تکمیل:

در این کاربرد تمامی اطلاعات طرح شده درباره طرح اولیه، ایده‌های پیشنهادی و توسعه آنها مستند می‌شود.

آرم (نشان) واحد خدمات مهندسی ارزش	آرم (نشان) کارفرما	صفحه ... از .....	کارفرما
			عنوان پروژه:
			کاربرد ۱۲- اطلاعات تکمیلی مرحله توسعه
شماره:		گزینه پیشنهادی:	

کاربرگ ارزیابی معیارها/گزینه‌ها به روش مقایسه زوجی

	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	SUM	%
A	A:	A:	A:	A:	A:	A:	A:	A:	A:	A:		
	B:	C:	D:	E:	F:	G:	H:	I:	J:	K:		
B	B:	B:	B:	B:	B:	B:	B:	B:	B:	B:		
	C:	D:	E:	F:	G:	H:	I:	J:	K:			
C	C:	C:	C:	C:	C:	C:	C:	C:	C:	C:		
	D:	E:	F:	G:	H:	I:	J:	K:				
D	D:	D:	D:	D:	D:	D:	D:	D:	D:	D:		
	E:	F:	G:	H:	I:	J:	K:					
E	E:	E:	E:	E:	E:	E:	E:	E:	E:	E:		
	F:	G:	H:	I:	J:	K:						
F	F:	F:	F:	F:	F:	F:	F:	F:	F:	F:		
	G:	H:	I:	J:	K:							
G	G:	G:	G:	G:	G:	G:	G:	G:	G:	G:		
	H:	I:	J:	K:								
H	H:	H:	H:	H:	H:	H:	H:	H:	H:	H:		
	I:	J:	K:									
I	I:	I:	I:	I:	I:	I:	I:	I:	I:	I:		
	J:	K:										
J	J:	J:	J:	J:	J:	J:	J:	J:	J:	J:		
	K:											
K												

جمع امتیازات هر مقایسه = ۱۰

مثال:

A	B
	A: 3 B: 7

مجموع امتیازات

## منابع و مآخذ

۱. بی‌نا، بی‌تا، «کتاب کار مهندسی ارزش»، شرکت مهندسان مشاور کریت کارا.
۲. بی‌نا (۱۳۸۰)، «دستورالعمل مطالعات مهندسی ارزش»، شرکت مهندسی مشاور مهتاب قدس، تهران.
۳. بی‌نا (۱۳۸۸)، «کتاب کار مهندسی ارزش»، شرکت مهندسان مشاور سامان گستر شریف.
۴. پارک، ریچارد (۱۳۸۷)، «مهندسی ارزش؛ طرح و برنامه‌ریزی برای ابداع»، ترجمه: سید مرتضی کشفیان ریحانی، مهوش گلشن و صدیق ایمانی. چ ۱، تهران، سازمان انتشارات جهاد دانشگاهی.
۵. جبل عاملی، محمدسعید، قوامی‌فر، کامران و مزدک عبایی (۱۳۸۳)، «جایگاه مهندسی ارزش در مدیریت پروژه، سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور»، چ ۱، تهران، انتشارات سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور، معاونت امور اداری و مالی.
۶. عبایی مزدک (۱۳۸۶)، «کتاب کار و راهنمای تنظیم گزارش مطالعات مهندسی ارزش»، چ ۱، تهران.
۷. عبایی، مزدک (۱۳۸۵)، «کاربرد تکنیک‌های تحلیل کارکرد، خلاقیت و ارزیابی در مهندسی ارزش»، چ ۱، تهران، انتشارات رضوان پرتو.
۸. عرب، داودرضا (۱۳۸۳)، «سفری از تلاش برای انجام درست کار تا تلاش برای انجام کار درست»، مجله ماورا، فصلنامه داخلی مهندسی ارزش وزارت راه و ترابری.
۹. قدسی پور. حسین (۱۳۷۹)، «مباحثی در تصمیم‌گیری چند معیاره: فرآیند تحلیل سلسله مراتبی»، چ ۲، مرکز نشر دانشگاه صنعتی امیر کبیر.
۱۰. کریمی، محمود و سلیمی، محمدحسین (۱۳۸۷)، «بهبود بی‌تردید، آموزش کاربردی مهندسی ارزش»، چ ۲، تهران، انتشارات مؤسسه خدمات فرهنگی رسا.
۱۱. مؤسسه پژوهشی، مهندسی راهبرد دانش پویا (۱۳۸۸)، «راهکارهای کاربردی نمودن مهندسی ارزش در شهرسازی»، مرکز مطالعاتی و تحقیقاتی شهرسازی و معماری وزارت مسکن و شهرسازی.
۱۲. مؤسسه پژوهشی، مهندسی راهبرد دانش پویا (۱۳۸۸)، «کتاب کار مهندسی ارزش»، بی‌جا، بی‌نا.

13. Anonymous.(1998), "*Value Methodology standard*" Society of American Value Engineering (SAVE).
14. Harmoni COP Team. (2005), "*Learning Together to manage Together Improving participation in water management*" Publish by university of Osnabruck. Germany.
15. Miles, Lawrence D.(1992), "*Techniques of Value Analysis and Engineering*", New York, McGraw-hill Book Company.
16. Saaty, T.L.(2003), "*Decision making with the AHP: Why is the principal eigenvector necessary*". European Journal of Operational Research.145:85-91.
17. Wasil, E., Golden, B.(2003). "*Celebrating 25 years of AHP-based decision making*". Computers & Operations Research. 30: 1419-1420.

# Introduction To Value Engineering



By: Davoodreza Arab  
 Mehdi Rajabi Hashjin  
 Hamid Poshtvan  
 Nima Jahdi