



مبانی و ساختار مهندسی ارزش و توسعه کاربرد آن در طرحهای صنعتی

سید مصطفی ترابی

مقدمه و پیشینه تاریخی:

کنترل و کاهش هزینه‌ها و نیل به مزایای رقابتی از اهداف اصلی مؤسسات و سازمان‌های تولیدی و صنعتی به شمار آمده و تلاش مستمر آنان در فضای رقابتی و چالشی عصر حاضر را تشکیل می‌دهد لذا در این خصوص تاکنون تکنیک‌ها و روش‌های متعددی ارائه گردیده است که در یک تقسیم‌بندی خاص این تکنیک‌ها به دو دسته کلی تقسیم می‌گردد شامل:

الف) روش‌هایی که تأکید و تمرکز آنها بر مواد و قطعات و اجزاء تولید می‌باشد نظیر استانداردسازی اقلام مصرفی، ساده‌سازی تولید (یا کاهش قطعات محصول)، هزینه‌یابی استاندارد، تکنیک ساخت یا خرید و...

ب) تکنیک‌هایی که علاوه بر مواد و قطعات، فرایند تولید و عملیات محصول را نیز شامل گردیده و عملاً اصلاح فرایند تولید محصول را نیز در بر می‌گیرند که در این گروه به‌طور عمده می‌توان از مهندسی ارزش نام برد که برای اولین بار توسط لورنس میلز در سال ۱۹۴۰ (ابتداء با عنوان تجزیه و تحلیل ارزش) با هدف کاهش هزینه خرید مواد و قطعات

competitive advantages

standardization

□ production simplification

target costing

□ make or buy

Value Engineering or Value Analysis

Lawrence D. Miles



خریداری شده در شرکت جنرال الکتریک ارائه گردید^۱ این تکنیک بدلیل تأثیر فوق‌العاده آن بر کاهش مجموع هزینه‌های تولید شرکت‌ها به سرعت با استقبال سایر شرکت‌ها و مؤسسات تولیدی مواجه شده و بعدها با گسترش دایره شمول آن از خرید مواد و قطعات به سایر امور مهندسی و تولید شرکت‌ها بتدریج از عنوان تجزیه و تحلیل ارزش با هدف تأکید بر جنبه‌های مهندسی آن به مهندسی ارزش تغییر نام داد. از جهت تاریخی عوامل ذیل منجر به بسط و گسترش این تکنیک گردیده است:

الف) تغییر کاربرد مهندسی ارزش از صرف موضوع خرید مواد و قطعات مصرفی به حوزه‌های مهندسی سیستم (تولید، طراحی، کیفیت و...)

ب) تغییر دیدگاه‌های سنتی سازمان که صرف کاهش هزینه‌ها را در نظر داشتند به دیدگاه‌های جدیدتر در خصوص اثر بخشی و مدیریت هزینه‌ها^۴ که مهندسی ارزش را از دیدگاه انحصاری کاهش هزینه‌ها به دیدگاه جامع ایجاد ارزش و همزمان مواردی نظیر ارتقاء کیفیت و... تغییر داد.^۵

ج) قابلیت کاربرد مهندسی ارزش در دو بخش تولید و خدمات و در کلیه سیستم‌های پروژه‌ای، کارگاهی (تولید بر اساس سفارشات)، تولید پیوسته یا انبوه و...^۸

د) نتایج قابل ملاحظه مهندسی ارزش از ابعاد مختلف در شرکت‌ها نظیر کاهش هزینه‌ها، سودآوری، ایجاد مزایای رقابتی، افزایش سهم بازار و...^۹

تعریف مهندسی ارزش

مهندسی ارزش نوعی دیدگاه حل مسأله گروهی است که با تجزیه و تحلیل کارکرد^{۱۱} محصول انجام می‌گردد. استیر مهندسی ارزش را چنین تعریف می‌کند:

یافتن شقوق (راهکارهای) مختلف بکارگیری مواد و ایجاد تغییرات در محصول با

Value	Value control improvement	Value Management	۱
		assurance	۲
		Value Engineering	
۳		Miles	
۴	cost down		
	cost effectiveness or cost management		
	)	Evans	۵
		(...	
۶	{ }		
۷	Project system		
۸	job shop		
	flow shop		
	Total	Thomazine – Berge	۹
	Concurrent project Management	Quality function deployment, Quality Management	
		... engineering	
۱۰	{ }		
	Team problem solving system		
۱۲		function	۱۱



هدف ایجاد صرف‌جویی‌های هزینه‌ای {۱}

این تعریف کمابیش در اغلب منابع دیگر نیز تکرار شده است ضمن آنکه شقوق مختلف بکارگیری در محصولات (اعم از حذف مواد یا قطعات، تغییر جنس آنها، ادغام و ترکیب قطعات و...) مجموعاً به دو شکل می‌تواند انجام شود:

۱- تغییر طراحی محصول یا تغییر فرایند تولید

۲- بدون تغییرات فوق (تغییرات مهندسی) که در این حالت فرایند تغییرات صرفاً به تغییر قطعات، خرید از سایر فروشندگان، حذف کلی یک قطعه از محصول و... محدود می‌شود.

قابل ذکر می‌داند در سایر تعاریف به عمل آمده از مهندسی ارزش نیز بر این نکات تأکید شده است با این تفاوت که در بسیاری از این تعاریف بند یک مهندسی ارزش و بند دو تجزیه و تحلیل ارزش نامیده شده است به عنوان مثال اندرسون^{۱۳} مهندسی ارزش را چنین تعریف می‌نماید. مهندسی ارزش کاهش هزینه‌های تولید در مرحله طراحی محصول با حفظ سطح کارکرد مورد انتظار محصول می‌باشد در حالیکه تجزیه و تحلیل ارزش کاهش هزینه‌های محصول با جایگزین مواد ارزانتر و مناسبتر (با سطح کیفیت سابق مواد) است {۲}

Evans نیز در این خصوص تعبیر مشابهی دارد وی می‌گوید {۳}

تجزیه و تحلیل ارزش تلاش جهت کاهش هزینه‌های محصول با جایگزینی مواد ارزانتر (با همان کیفیت)، کاستن اجزاء محصول و ... می‌باشد (بعبارت دیگر تجزیه و تحلیل ارزش بررسی محصولات از طریق اجزاء آن به منظور تعیین میزان مشارکت هزینه‌ها در ارزش محصولات می‌باشد. در حالی که مهندسی ارزش تلاش جهت کاهش هزینه‌های محصول در مرحله طراحی با حفظ قابلیت اطمینان هر قطعه مطابق با انتظارات است.

در مجموع هر چند برخی نویسندگان تفاوت مذکور را مابین مهندسی و تجزیه و تحلیل ارزش قائلند در عین حال به نظر می‌رسد این تفکیک ضرورت خاص ندارد چنانچه انجمن مهندسی ارزش آمریکا با مترادف دانستن این دو عنوان مهندسی ارزش را چنین تعریف می‌کند. {۴}

مهندسی ارزش تعیین ارزش پولی محصول (یا خدمات) در سطح معینی از کارکرد محصول و قابلیت اطمینان^{۱۴} آن با حداقل هزینه‌ها می‌باشد.^{۱۵}

^{۱۳} David Anderson
^{۱۴} reliability



تعاریف و مفاهیم پایه در مهندسی ارزش

مهندسی ارزش همانند برخی تکنیک‌های دیگر از مفاهیم و ادبیات خود برخوردار بوده و آشنایی با این مفاهیم قبل از شرح چگونگی کاربرد آن ضروری می‌باشد. لذا در بخش ذیل چهار مفهوم اصلی مهندسی ارزش تشریح و تبیین گردیده است:

۱- کارکرد Function

کارکرد ویژگی طبیعی محصول یا نوع خدماتی است که هر شیء یا محصول (یا خدمات) جهت رفع نیازهای انسان ارائه می‌دهد بر این اساس کارکرد در تقسیم‌بندی اولیه به دو نوع تقسیم می‌شود:

۱-۱- **کارکرد طبیعی:** که مربوط به اشیاء و موضوعات غیر ساخته دست بشر می‌باشد کارکرد طبیعی در واقع قابلیت و توانایی ذاتی هر شیء در رفع برخی نیازهای بشری است نظیر چوب، آهن و ... که هر یک بنا به ماهیت خود از این کارکرد برخوردارند.

۱-۲- **کارکرد برنامه‌ریزی شده:** این کارکرد در مورد اشیاء و مصنوعات ساخته دست بشر مطرح می‌باشد و عملاً شامل آن نوع قابلیت و توانایی محصول است که با برنامه و طرح قبلی در محصول قرار داده می‌شود و یا بعبارت دیگر محصول برای آن نوع کارکرد طراحی می‌گردد. به‌عنوان مثال کارکرد اتومبیل حمل مسافر است، و یا کارکرد ماشین لباسشویی زدودن لکه لباس است و ...

کارکرد برنامه‌ریزی خود در تقسیم‌بندی دیگر به دو طبقه ذیل تقسیم می‌گردد. (ضمناً می‌باید توجه نمود که مهندسی ارزش اساساً با کارکرد برنامه‌ریزی شده سر و کار دارد نه با کارکرد طبیعی)

الف) کارکرد اولیه یا اصلی:^{۱۶} قابلیت، توانایی یا خدمات اصلی مورد انتظار از محصول می‌باشد که اساساً محصول بخاطر آن تولید (یا ایجاد) شده است کارکرد اولیه یا اصلی همواره همراه محصول بوده و قابل تفکیک از آن نیست لذا حتی اگر طرح محصول یا روش تولید آن دچار تغییر شود کارکرد اصلی تغییر نمی‌نماید به این لحاظ در مهندسی ارزش مهمترین بخش ارزش براساس کارکرد اولیه تعیین می‌گردد.

ب) کارکرد ثانویه یا پشتیبان □^{۱۷}: کارکردی است که محصول مستقیماً جهت ارائه آن طراحی و تولید نشده است (بعبارت دیگر هدف و منظور اصلی محصول ارائه آن نوع کارکرد نیست) منتهی به جهت تکمیل کارکرد اصلی محصول و افزایش ارزش آن و یا ایجاد قابلیت و بهره‌مندی‌های فرعی در محصول آن نوع کارکرد نیز در محصول طراحی و قرار داده می‌شود لذا کارکرد ثانوی قابل حذف می‌باشد و حتی در صورت حذف و یا تغییر خللی به ماهیت محصول (کارکرد اصلی) وارد

Part)

{ ۶ }

۱۷ Primary or basic function

secondary or supportive function

...

(design



نمی‌شود در عین حال می‌باید توجه نمود که در برخی موارد نوعی کارکرد ثانوی ناخواسته^{۱۸} نیز در محصول وجود دارد (نظیر گرمای ایجاد شده در لامپ) در مورد کارکردهای ثانوی می‌توان از قابلیت حمل بار در اتومبیل یا قابلیت آبکشی و آبیگری در ماشین لباس‌شویی و... نام برد.

۲- عملکرد Performance

عملکرد سطح معینی از کارکرد محصول است که انتظار می‌رود محصول در آن سطح عمل نماید عملکرد از دیدگاه دیگر نوعی شاخص جهت بیان سطح معینی از کارکرد محصولات می‌باشد شاخص‌های عملکرد اصلی عبارتند از:

۱-۲- قابلیت اطمینان^{۱۹}: که عبارت از حفظ کارکرد مطلوب محصول در دوره معین یا دوره عمر پیش‌بینی شده محصول می‌باشد.

۲-۲- قابلیت حفظ و نگهداری^{۲۰} یا قابلیت تعمیر و نگهداری^{۲۱}:

۳-۲- کیفیت^{۲۲}: قابلیت محصول جهت ارائه بالاترین حد کارکرد تعریف شده در دوره معین یا دوره عمر محصول می‌باشد. {۵}

۳- مفهوم هزینه در مهندسی ارزش costs

از دیدگاه مهندسی ارزش هزینه‌ها به ۳ دسته تقسیم می‌شود:

۱-۳- هزینه‌های تولید: که این هزینه‌های شامل تمامی هزینه‌های محصول تا ارائه آن به مصرف‌کننده (بازار) می‌باشد از دیدگاه متعارف تولید این هزینه شامل مواد، دستمزد و سربار تولید می‌باشد.

۲-۳- هزینه‌های نصب و راه‌اندازی محصول: شامل تمامی هزینه‌های نصب و راه‌اندازی محصول (یا مدت گارانتی محصول) می‌باشد.

۳-۳- هزینه مصرف یا کاربرد محصول^{۲۳}: که عملاً شامل تمامی هزینه‌هایی است که جهت افزایش شاخص‌های عملکردی محصول توسط تولیدکننده پرداخت می‌گردد. البته این قبیل هزینه‌ها از دید متعارف تولید بخشی از هزینه‌های تولید محسوب می‌گردد در عین حال بدلیل تأثیر این

۱۸

(wanted function)

(unwanted function)

:

(required)

(

(

(Aesthetic)

(esteem value)

...

۱۹

Reliability

۲۰

maintainability

۲۱

maintenance

۲۲

quality

۲۳

application (or use) costs



بخش از هزینه‌ها در افزایش طول عمر محصول^{۲۴} و میزان سودمندی آن^{۲۵} (و از این طریق افزایش و کاهش ارزش محصول از دید مشتری) در مهندسی ارزش این هزینه‌ها بصورت مجزی^{۲۶} در نظر گرفته می‌شوند.

انواع هزینه‌ها در مهندسی ارزش در تقسیم‌بندی دیگر به هزینه‌های اولیه^{۲۷} و هزینه‌های بلند مدت^{۲۸} نیز تقسیم شده است که در این تقسیم‌بندی هزینه‌های اولیه شامل هزینه‌های تولید و هزینه‌های نصب و راه‌اندازی و هزینه‌های بلند مدت شامل هزینه‌های بهره‌برداری محصول می‌باشد ضمناً مجموع هزینه‌های اولیه و هزینه‌های بلند مدت محصول هزینه‌های طول عمر محصول^{۲۹} نامیده می‌شود.

۴- ارزش value

ارزش از مفاهیم اصلی مهندسی ارزش بشمار آمده و از مفهومی شبیه به مفهوم ارزش در بازاریابی و اقتصاد برخوردار است ارزش در واقع نوعی مقایسه یا سنجش ذهنی مابین مطلوبیت‌های^{۳۰} مختلف با یکدیگر می‌باشد که این مقایسه بر حسب قیمت بیان می‌شود از طرفی مطلوبیت نیز ترکیبی از دو عامل سودمندی و سایر عوامل مؤثر در بازاریابی محصول می‌باشد که این عوامل در جدول ذیل نشان داده شده است:

مطلوبیت در اقتصاد و بازاریابی	مطلوبیت در مهندسی ارزش	نوع عامل	سودمندی	عوامل مؤثر در بازاریابی
		عوامل مرتبط با اصل محصول (کالا یا خدمات)	۱- کارکرد (محصول) ۲- عوامل عملکردی محصول	۱- مارک و مدل ۲- بسته‌بندی ۳- رنگ و شکل ۴- ...
		عوامل مرتبط با فروشنده (خدمات پس از فروش)		۱- نصب و راه‌اندازی ۲- گارانتی (ضمانت) ۳- سرویس تعمیر و نگهداری ۴- ...
	سایر عوامل		۱- اعتبار فروشنده ۲- تبلیغات ۳- توزیع کالا در مکان مناسب ۴- ...	

همانگونه که از جدول فوق مستفاد می‌گردد در مهندسی ارزش عواملی نظیر اعتبار فروشنده،

^{۲۴} product life-cycle
^{۲۵} usefulness

()

۲۶

^{۲۷} Initial costs

^{۲۸} long-term costs

^{۲۹} product life-cycle costs

^{۳۰} desirability



تبلیغات و توزیع کالا در زمان و مکان مناسب^{۳۱} و امثالهم با این فرض که این قبیل هزینه‌ها و عوامل در هر حال و بنا به دلایل خاص خود در یک بازار رقابتی انجام می‌گردد در نظر گرفته نمی‌شود. جهت فهم دقیق‌تر ارزش در مباحث مهندسی ارزش قابل توجه می‌داند که ارزش در یک تقسیم‌بندی دیگر به چهار دسته تقسیم‌بندی شده است شامل:

۱- ارزش کاربرد use value

که عملاً همان سودمندی و قابلیت محصول (کالا یا خدمات) در رفع نیازهای بشری است.

۲- ارزش اعتباری esteem value

قابلیت محصول در رفع یکی از نیازهای روحی و روانی و ایجاد شخصیت و پرستیژ در انسان می‌باشد البته اثر این نوع ارزش معمولاً در مطلوبیت و مبادله‌ای محصول منعکس می‌گردد ارزش اعتباری از دیدگاه دیگر بخشی از سودمندی محصول محسوب می‌گردد.

۳- ارزش هزینه‌ای cost value

معادل مجموع ریالی تمام هزینه‌های بکار رفته در محصول (اعم از مواد و دستمزد و ...) می‌باشد این ارزش در واقع همان قیمت تمام شده محصول است.

۴- ارزش مبادله‌ای exchange value

قیمتی است که برای محصول در بازار تعیین می‌شود. {۶}

نکته قابل توجه در تقسیم‌بندی فوق آن است که سه بند اول با نوعی مسامحه ارزش نامیده می‌شود و اساساً در زبان انگلیسی به دو بند اول worth اطلاق می‌گردد worth در واقع همان قابلیت یا توانایی رفع نیاز می‌باشد که در کارکرد محصول مستقر می‌باشد. (بعبارت دیگر محصول یا خدمات بدلیل کارکرد آن و یا قابلیت آن جهت رفع یکی از نیازهای بشری دارای worth می‌باشد پس ترجمه worth در اقتصاد و مهندسی ارزش به قدر و قابلیت صحیح‌تر از ترجمه آن با ارزش می‌باشد.) و بند سوم عملاً قیمت تمام شده است حال با توجه تمامی توضیحات ارائه شده مفهوم ارزش در مهندسی ارزش را به شرح چهار رابطه ذیل می‌توان تلخیص نمود:

$$۱- \text{سایر عوامل بازاریابی} + \text{سودمندی} = \text{مطلوبیت محصول}$$

$$۲- \text{عملکرد محصول} + \text{کارکرد محصول} = \text{سودمندی محصول}$$

$$۳- \text{worth} = \text{ارزش اعتباری} + \text{ارزش مصرفی} = \text{بهاء}$$

$$۴- \text{قیمت} / \text{مطلوبیت محصول} = \text{ارزش (value)}$$

از طرفی با توجه به آنکه در قیمت درصدی سود نیز مستتر می‌باشد با فرض ثابت بودن درصد سود، در مهندسی ارزش در عوض قیمت (price) هزینه‌های طول عمر محصول را می‌توان قرار داد

۳۱

{ }.

۳۲

(salability)

۳۳

profit

(total cost)

price



لذا در مهندسی ارزش داریم:

هزینه‌های طول عمر محصول / مطلوبیت محصول = ارزش در مهندسی ارزش

شیوه و چگونگی اجرای مهندسی ارزش

همانگونه قبلاً نیز بیان شد مهندسی ارزش نوعی تکنیک یا دیدگاه کارکرد محور می‌باشد که بصورت گروهی یا تیمی انجام می‌گردد. در این تعبیر از مهندسی ارزش سه موضوع قابل توجه وجود دارد شامل:

۱- مهندسی ارزش روشی قاعده‌مند و منظم به‌این معنی که اجرای آن از مراحل و فرآیند مشخص و معینی که اغلب طرح کار (یا طرح اجرایی)^{۳۵} نامیده می‌شود تبعیت می‌نماید هدف طرح اجرایی افزایش کارایی و اثر بخشی این تکنیک و یافتن حداکثر شقوقی می‌باشد که از طریق آن می‌توان ارزش محصولات یا پروژه را افزایش داد (طرح اجرایی در ادامه توضیح داده خواهد شد).

۲- مهندسی ارزش بصورت گروهی یا تیمی انجام می‌شود به عبارت دیگر جهت اجرای مهندسی ارزش دیدگاه مهندسی همزمان^{۳۶} بکار گرفته می‌شود به‌این معنی که گروهی از متخصصین رشته‌های مختلف (فنی، تولید، بازاریابی، فروش و ...) تشکیل شده (حتی در صورت نیاز با دعوت از کارشناسان خارج از شرکت) و این گروه اجرای مهندسی ارزش بر اساس طرح اجرایی را بر عهده گرفته و نهایتاً نتایج بررسی خود را به صورت گزارشی به مدیریت عالی سازمان ارائه می‌نماید. {۷}

۳- مهندسی ارزش کارکرد محور بوده و به‌طور کلی با تجزیه محصول یا پروژه به کارکردهای آن انجام می‌شود (چگونگی این موضوع در ادامه شرح داده شده است).

اجزاء و چگونگی تدوین طرح اجرایی مهندسی ارزش

اجزاء طرح اجرایی مهندسی ارزش در منابع مختلف کمابیش شبیه به هم بیان گردیده است. که در کاملترین شکل آن شامل ۳ بخش مجزای می‌باشد. {۸}

۱- مرحله مطالعه اولیه pre-study

که خود شامل مراحل ذیل می‌باشد:

تعیین نوع محصول یا پروژه‌ای که می‌باید مورد مطالعه قرار گیرد.

۱-۲- تعیین گروه کاری که مسئولیت اجرای مهندسی ارزش را بر عهده دارند و تعیین مسئولیت هر یک از اعضاء و رهبر تیم

۱-۳- برآورد اعتبارات لازم و سایر تمهیدات مقتضی جهت اجرای پروژه مهندسی ارزش

۲- مراحل مطالعه ارزش value study

مرحله اصلی طرح اجرایی را شامل شده و خود از مراحل ذیل تشکیل می‌گردد:

^{۳۴} Function-oriented systematic team approach

^{۳۵} job plan

^{۳۶} simultaneous (or concurrent) engineering



۱-۲- جمع‌آوری اطلاعات information phase

در این قدم کلیه اطلاعات مربوط به کالا یا پروژه‌ای که جهت اجرای تکنیک مهندسی ارزش انتخاب شده است جمع‌آوری می‌شود از قبیل قیمت تمام شده به تفکیک اجزاء محصول، قیمت فروش، نمودار ساخت محصول و ...

۲-۲- تجزیه و تحلیل کارکرد محصول function Analysis phase

مهمترین بخش طرح اجرایی این قدم می‌باشد که باتکنیکهای خاص انجام می‌شود (این تکنیک‌ها در بخش بعد بحث شده است). در این قدم محصول به اجزاء و کارکردهای آن تجزیه شده و سپس هزینه‌ها و ارزش کلیه کارکردهای آن محاسبه می‌گردد.

۳-۲- خلاقیت یا نوآوری creative phase

این قدم که مرحله تعمق و اندیشه^{۳۷} نیز نامیده شده است شامل نوآوری و ایده‌پردازی در مورد تمام راهکارهای جدید و شقوقی می‌باشد که می‌تواند ارزش محصول را بهبود بخشیده و افزایش دهد.

۴-۲- مرحله ارزیابی evaluation phase

در این مرحله راهکارها، تصورات و ایده‌های ابداعی ارائه شده در مرحله قبل تجزیه و تحلیل شده و مناسبترین و عملی‌ترین راهکار (از طریق گروه‌بندی و اولویت‌بندی راهکارها و ایده‌ها به بلند مدت و کوتاه مدت، اساس و غیراساسی و...) با تعیین مزایا و معایب هریک از راهکارها انتخاب می‌شود.

۵-۲- مرحله ارائه یا پیشنهاد development or recommendation phase

در این مرحله بهترین راهکارهای انتخاب شده با ذکر دلایل و سایر مستندات و توجیهات فنی و ... به مدیران سطوح بالاتر پیشنهاد می‌گردد.

۶-۲- مرحله اجراء implementation phase

در این قدم پس از تصویب طرح ارائه شده در مرحله قبل توسط مدیران سطوح بالاتر نسبت به اجرای طرح اقدام می‌گردد. (این مرحله تصدیق یا تأیید verification phase نیز نامیده شده است).

۳- مرحله مطالعه ثانویه یا تکمیلی post - study

این مرحله پس از اجرای مهندسی ارزش مورد محصولات ذیربط انجام گردیده و طی آن گزارش جامعی در مورد ابعاد مختلف طرح اجراء شده شامل اثرات و نتایج اجرای طرح، مزایای ایجاد شده (و بعضاً تأثیرات منفی) تهیه شده و نهایتاً پیشنهاد انجام اصلاحات لازم و تغییرات مکمل در طرح اجرا شده داده می‌شود.

چگونگی ترسیم نمودار کارکرد محصول یا پروژه

ترسیم دقیق کارکرد محصول مهمترین فعالیت در اجرای مهندسی ارزش بشمار می‌آید که در این



جهت معمولاً از روش تجزیه و تحلیل کارکرد که اصطلاحاً FAST نامیده می‌شود^{۳۸} (این روش نمودار منطق کارکرد محصول^{۳۹} نیز نامیده شده است) استفاده می‌شود. FAST اساساً نوعی نمودار افقی^{۴۰} در ترسیم کارکردهای یک محصول می‌باشد در این حالت پروژه یا محصول طبق اصول ذیل به اجزاء کارکردی خود تجزیه می‌گردد:

کارکردهای اصلی و فرعی محصول مشخص شده و از سمت چپ و راست و به ترتیب اولویت کارکردها نوشته می‌شود.

ذیل هر کارکرد قطعات مربوط به آن کارکرد نوشته می‌شود.

کارکرد محصولات اغلب بر اساس یک اسم و یک فعل بیان می‌شود فرضاً در مورد لباسشویی آب‌کشی کردن، تمیز کردن (لکه زدودن)، یا در مورد اتومبیل مسافر حمل کردن، بار حمل کردن، آسایش و راحتی ایجاد کردن و ...

هر چقدر تعداد کارکردهای محصول دقیقتر و کاملتر ترسیم گردد بهتر است در عین حال کارکردهای در نظر گرفته شده می‌باید از مفهوم قابل قبولی نیز برخوردار باشند.

در اغلب موارد بخش عمده قطعات محصول مربوط به کارکرد اصلی می‌باشند. ولی در عین حال در مورد کارکردهای فرعی نیز کلیه قطعات و اجزاء هر کارکرد می‌باید شناسایی و در قالب نمودار FAST ثبت گردد.

(تذکر: نمونه‌ای از نمودار تجزیه و تحلیل کارکرد محصول در ضمیمه شماره یک ارائه شده است.)

چگونگی ترسیم نمودار تجزیه و تحلیل هزینه کارکرد FCAD

پس از ترسیم نمودار تجزیه و تحلیل کارکرد محصول (FAST)، ترسیم نمودار تجزیه و تحلیل هزینه کارکرد^{۴۱} (که بعضاً ماتریس کارکرد- هزینه نیز نامیده شده است)^{۴۲} نیز ضروری می‌باشد این نمودار همان نمودار FAST می‌باشد که در مقابل هر قطعه یا جزء محصول هزینه‌های مربوط به آن مشخص شده و ثبت می‌گردد. (رجوع شود به ضمیمه شماره دو) ضمناً در این خصوص توجه به چند نکته ضروری می‌باشد:

۱- در محاسبه هزینه‌های هر قطعه حتی‌الامکان مجموع هزینه‌های دوره عمر محصول ملاک محاسبه قرار می‌گیرد.

۲- هزینه‌های مربوط به چند کارکرد به نسبت بین آنها تقسیم (یا تسهیم) می‌گردد.

۳- جهت تعیین هزینه‌های هر قطعه (یا کارکرد) در صورت نیاز ابتدا محصول به اجزاء فرعی‌تر خود تبدیل شده سپس هزینه هر قطعه به‌طور مجزا بر اساس اجزای فرعی محصول برآورد می‌گردد. ضمناً در این خصوص معمولاً از جدول هزینه (cost table) بشرح ذیل استفاده می‌شود:

۳۸ function analysis system technique

۳۹ functional logic diagram

۴۰ horizontal chart

۴۱ function cost analysis diagram

۴۲ cost-function matrix



نام محصول: ماشین لباسشویی مدل ... نام کارکرد: پاک‌شویی (زدودن لکه‌ها) نوع کارکرد: کارکرد اصلی نام قطعه: موتور الکتریکی

ردیف	نام قطعات فرعی	کد قطعه در سازمان	قیمت تمام شده (خریدار شده)
۱			
۲			
.			
.			
مجموع قیمت تمام شده			

تذکر: تعداد ردیف‌ها به تعداد قطعات فرعی تکرار شده و در انتها قیمت کل قطعه مشخص می‌شود. ضمناً کد قطعه، شناسه قراردادی خاصی است که سازمان جهت شناسایی قطعات بکار می‌برد. جدول هزینه معمولاً به تعداد قطعات (اعم از قطعات کارکردهای اصلی و ثانوی) تکمیل شده و ضمیمه نمودار تجزیه و تحلیل هزینه - کارکرد (FCAD) می‌گردد. لذا یک نمودار FCAD می‌تواند به تعداد قطعات محصول دارای جدول هزینه ضمیمه باشد.

ارزش‌سنجی محصول:

ارزش‌سنجی مهمترین مرحله اجرای مهندسی ارزش در قالب طرح اجرایی Job plan به‌شمار می‌آید این مرحله عمدتاً پس از ترسیم نمودارهای FAST و FCAD انجام می‌گردد و متکی به طرح تعدادی سؤال در خصوص کارکرد محصول و قطعات آن می‌باشد که این سؤالات معمولاً در غالب چک لیست‌هایی تنظیم و به صورت استاندارد مورد استفاده قرار می‌گیرد.

ارزش‌سنجی معمولاً طی دو مرحله مجزا و مکمل بشرح ذیل انجام می‌پذیرد:

۱- مرحله اول مبتنی بر کاهش هزینه‌های طول عمر محصول به شرط حفظ سطح کارکرد و عملکرد قبلی محصول می‌باشد این مرحله پس از تنظیم نمودارهای FAST و FCAD در دو حرکت رفت و برگشت با اهداف ذیل انجام می‌شود در حرکت رفت:

۱-۱- پس از تنظیم نمودار FAST کلیه کارکردهای ثانوی محصول به منظور تعیین امکان حذف کلی این کارکردها یا تغییر و اصلاح آنها مورد بررسی قرار می‌گیرد.

۱-۲- در مورد کارکردهای باقی‌مانده پس از تنظیم نمودار FCAD کلیه قطعات و اجزاء هر کارکرد به منظور تعیین امکان حذف یا تغییر قطعات مورد بررسی قرار می‌گیرند.

در اجرای مرحله اول نکات ذیل می‌باید همواره مد نظر باشد:

(الف) سؤالات این مرحله می‌تواند متعدد باشد ولی در هر حال کلیه سؤالات حول دو محور حذف یا تغییر کارکردهای ثانوی یا قطعات محصول با توجه به بند ب ذیل طرح می‌گردد.

(ب) فرض اساسی این مرحله عدم تغییر فرایند محصول یا فرایند تولید می‌باشد.

(ج) شرط اساسی این مرحله حفظ سطح عملکرد و کارکرد قبلی می‌باشد.

(د) هدف اصلی این مرحله کاهش هزینه‌های طول عمر محصول (هزینه‌های تولید، نصب و

راه‌اندازی و کاربرد محصول) با توجه به تعریف ارزش در رابطه ذیل می‌باشد.



(هزینه‌های طول عمر محصول / مطلوبیت محصول = ارزش در مهندسی ارزش)

حرکت برگشت در مرحله اول ارزش‌سنجی تکرار فرایند مذکور با فرض امکان تغییر فرایند محصول و فرایند تولید می‌باشد لذا حرکت برگشت نوعی فرایند مهندسی بوده و با تخصص‌های فنی و مهندسی (تولید، طراحی، تعمیر و نگهداری و ...) انجام می‌گردد.

۲- مرحله دوم ارزش‌سنجی متمرکز بر صورت کسر فوق می‌باشد زیرا همانگونه که مشاهده شد در حالت قبل افزایش ارزش از طریق کاهش مخرج کسر رابطه فوق یعنی کاهش هزینه‌های طول عمر محصول انجام گردید لذا این فرایند نوعی ارزش‌آفرینی از دید تولید کننده بود در حالیکه در این مرحله جهت افزایش ارزش، صورت کسر یا مطلوبیت محصول مد نظر قرار می‌گیرد این مرحله، در واقع مرحله خلاقیت از طرح اجرایی Job plan را شامل می‌شود بدین لحاظ در این مرحله تمامی شقوق مطلوبیت محصول و اجزاء آن (کارکرد، عملکرد، عوامل مؤثر در بازاریابی محصول و ...) مد نظر قرار گرفته و سعی می‌گردد با ارائه‌ایده‌های نو در مورد محصول (و حتی‌الامکان با حفظ سطح هزینه‌های قبلی) ارزش محصول افزایش یابد این مرحله از ارزش‌سنجی نوعی ارتقاء ارزش از دید مصرف‌کننده (مشتری) می‌باشد. اقدامات این مرحله را به شرح ذیل می‌توان تلخیص نمود:

۱-۲- در مورد کارکرد محصول، ادغام و ترکیب کارکردهای محصول به منظور ارائه کارکرد جدید و یا به‌طور کلی افزودن کارکرد جدید به محصول مد نظر قرار می‌گیرد.
۲-۲- در مورد عوامل عملکردی ارتقاء سطح عملکرد محصول (کیفیت، قابلیت اطمینان و ...) مد نظر قرار می‌گیرد.

۲-۳- در مورد عوامل مؤثر در بازاریابی محصول هر سه بعد تغییر، اصلاح و افزودن عوامل بازاریابی جدید به منظور ایجاد ارزش مد نظر قرار می‌گیرد.
در اجرای مرحله دوم ارزش‌سنجی نیز نکات ذیل می‌باید مد نظر باشد:
الف) سوالات این مرحله شامل تمامی ابعاد حذف و تغییر و اصلاح عوامل مطلوبیت محصول بوده و علاوه بر آن مواردی نظیر کاهش ضایعات (از طریق تغییر فرایند تولید و فرایند محصول، تغییر مواد اولیه و ...) را نیز شامل می‌گردد.

ب) ارزش‌سنجی در این مرحله عمدتاً از دید مصرف‌کننده یا مشتری مد نظر می‌باشد.
ج) فرض اساسی این مرحله افزایش ارزش محصول با حفظ ثابت نسبی هزینه‌های طول عمر محصول می‌باشد.

د) راهکارهای پیشنهادی در این مرحله اعم از راهکارهای مهندسی (تغییر فرایند تولید یا طرح محصول) و غیره آن (خرید مواد و قطعات از فروشنده جدید و ...) می‌باشد.
تذکر: نمونه‌ای از چک لیست ارزش‌سنجی محصول در پیوست شماره سه ارائه شده است.



نتیجه‌گیری و پیشنهادات نهایی جهت ارتقاء اثربخش تکنیک مهندسی ارزش

مهندسی ارزش از قابلیت و توانایی‌های قابل توجهی در سیستم‌های مختلف تولیدی و خدماتی (اعم از پروژه‌ای، سفارشی و انبوه) برخوردار بوده و در واقع گسترش کاربرد سریع آن در اغلب واحدهای تولیدی مرهون این ویژگی می‌باشد در عین حال توجه به نکات ذیل در افزایش اثربخش این تکنیک ضروری و تأثیرگذار است.

۱- مهندسی ارزش در مورد تمام سیستم‌های تولیدی به روش مشابه قابل بهره‌برداری بوده ولی در عین حال در مورد سیستم‌های پروژه‌ای و پروژه‌هایی نظیر پل‌سازی، ساختمان‌سازی، کشتی‌سازی و... که کل پروژه یکبار ساخته و تحویل می‌گردد. کل تجزیه و تحلیل‌های مهندسی ارزش در مرحله طراحی پروژه بعمل می‌آید لذا اغلب گزارش نهایی مطالعه ارزش value study در پروژه‌ها به‌عنوان پیوست توجیهات اقتصادی پروژه به کارفرمای پروژه ارائه می‌گردد. کاربرد مهندسی ارزش در سیستم‌های پروژه‌ای تفاوت‌های ذیل را با دیگر سیستم‌های تولید دارد.

۱-۱- در پروژه‌ها کل تجزیه و تحلیل‌های مهندسی ارزش یک مرحله و آن هم در هنگام طراحی و برنامه‌ریزی پروژه انجام می‌گردد لذا در حین اجرای پروژه‌ها غالباً تجزیه و تحلیل مهندسی ارزش مفهومی ندارد.

۱-۲- در پروژه معمولاً در عوض کارکرد محصول، مراحل مختلف پروژه ملاک قرار گرفته و اقلام، منابع، نیروی انسانی و سایر نیازمندیهای خاص هر مرحله از پروژه مبنای اجرای تجزیه و تحلیل‌های مهندسی ارزش قرار می‌گیرد. (بعبارت دیگر قالب ارزش‌سنجی پروژه مرحله می‌باشد نه کارکرد).

۱-۳- ارزش‌سنجی‌های مراحل مختلف پروژه عمدتاً بر کاهش هزینه مواد و قطعات و منابع مصرفی پروژه متمرکز می‌باشد لذا بر پروژه‌ها دیدگاه اول ارزش‌سنجی (کاهش هزینه‌های پروژه) حاکم می‌باشد.

۱-۴- شاخص ارزش در بحث مهندسی ارزش صرفاً پولی (یا هزینه‌ای) نمی‌باشد. این مسأله به ویژه در کاربرد مهندسی ارزش در مورد پروژه‌ها مهم و قابل توجه است لذا در خصوص پروژه‌ها ارزش‌سنجی می‌تواند بر اساس شاخص‌هایی همچون بهره‌وری، کیفیت، زمان، انرژی، نیروی انسانی (بکارگیری تعداد کمتر نیروی انسانی در یک پروژه نسبت به پروژه‌های مشابه و...) نیز انجام گردد.

۲- در برخی منابع ترکیب مهندسی ارزش با برخی تکنیک‌های دیگر جهت افزایش کارایی آن پیشنهاد شده است از جمله ادوین دین^{۴۴} پیشنهاد می‌کند {۱۱} مهندسی ارزش همواره با تکنیک QFD (Quality function Deployment) یا حتی هزینه‌یابی استاندارد ترکیب شود^{۴۵}

^{۴۳} one-time capital projects
Edwin Dean



- زیرا در QFD کارکرد دقیقاً مطابق آنچه مشتری می‌خواهد تعریف می‌شود پس این مسئله در کنار ارتقاء کلی ارزش (با تکنیک مهندسی ارزش) دستیابی مشتری نسبت به بالاترین حد ارزش را تضمین نموده و در مجموع کارایی مهندسی ارزش را افزایش می‌دهد.
- ۳- در اجرای طرح مهندسی ارزش، همواره اجرای آزمایشی پیشنهادات و مواردی نظیر ساخت نمونه‌های اولیه از محصولات^{۴۶} و اجرای عملیات آزمون و اصلاح^{۴۷} می‌تواند مفید و در تصمیم‌گیری نهایی مدیران شرکت نسبت به اجرای پروژه مهندسی ارزش مؤثر باشد.
- ۴- در اجرای مهندسی ارزش دقت در تفکیک کارکردهای محصول به اولیه و ثانویه و سایر عوامل بازاریابی محصول مهم و قابل توجه بوده و در مراحل مختلف اجرای پروژه مهندسی ارزش می‌یابد مد نظر قرارگیرد.
- ۵- جهت اولویت‌بندی و انتخاب نوع محصول یا پروژه و اجرای مهندسی ارزش استفاده از مدل تحلیل زنجیره ارزش^{۴۸} پیشنهاد می‌گردد. این مدل که در سال ۸۰ توسط پورتر^{۴۹} ابداع شده است نقاط ایجادکننده ارزش افزوده در محصول در یک زنجیره مرتبط از نقطه خرید مواد تا مشتری را مشخص می‌نماید. لذا بر اساس این مدل هر محصول یا پروژه که بیشترین ارزش افزوده آن مربوط به تولید و قبل آن باشد در اولویت جهت اجرای تکنیک مهندسی ارزش انتخاب می‌شود. (فرضاً در مثال ذیل اولویت اجرای مهندسی ارزش محصول ب می‌باشد. {۹})

مشتری	خرده‌فروشی	توزیع‌کننده	تولیدکننده	فروشنده مواد	
% ۱۰۰	% ۱۵	% ۱۰	% ۵۵	% ۲۰	محصول الف
% ۱۰۰	% ۱۵	% ۱۰	% ۵۵	% ۳۰	محصول ب

JIT ()

QFD
QFD

۴۶

prototype

۴۷

test and refinement

۴۸

value chain analysis

۴۹

Michael Porter



پیوست شماره ۱

جدول تفکیک عملکردها

نام محصول	کارکرد اصلی	کارکرد ثانوی اول	کارکرد ثانوی دوم	کارکرد ثانوی سوم
لباسشویی مدل...	پاک شویی (زدودن لکه‌ها)	آب کشی و خشک کردن	گرم کردن آب	آبگیری و تخلیه آب
قطعات محصول	لگن (محفظه لباس)			
	بدنه			
	دریچه لگن			
	موتور الکتریکی	سیم پیچ دو زمانه موتور		
	دنده انتقال			
	سیستم برق			
	کلیدهای کنترل			
	تسمه			
		کلید تبدیل برق		
			ترموستات	
				موتور تخلیه آب
				لوله مکش آب

پیوست شماره ۲

نمودار (FCAD) تجزیه و تحلیل هزینه کارکرد لباسشویی مدل.....

ردیف	نام کارکرد	نوع کارکرد	نام قطعه	قیمت تمام شده قطعه
۱	پاک شویی	اصلی	لگن	
۲	//	//	بدنه	
.				
.				
مجموع قیمت تمام شده محصول				

پیوست شماره ۳

نمونه چک لیست ارزش سنجی محصول

نام محصول:	کد محصول:	عنوان کارکرد:
نوع کارکرد:	نوع قطعه:	مشخصات فنی:
نحوه دسترسی: (ساخت یا خرید و ...)	قیمت برآوردی:	

۱. امکان حذف قطعه وجود دارد؟ در اینصورت مزایا و معایب آن چیست؟
۲. امکان جایگزینی قطعه وجود دارد؟ در صورت امکان نحوه دسترسی (ساخت، خرید از فروشنده دیگر و ...) چگونه است؟ مزایا و معایب این جایگزینی چیست؟ (مزایا رقابتی برای مؤسسه)
۳. امکان تغییر و اصلاح مواد بکار رفته در محصول وجود دارد؟ در اینصورت نتایج حاصله چیست؟
۴. امکان جایگزینی قطعه با اقلام داخلی وجود دارد؟
۵. آیا تغییرات فوق صرفاً با طراحی محصول یا فرایند تولید می‌باید انجام گردد و در اینصورت چنین تغییراتی از جهت فنی و ... امکان‌پذیر می‌باشد؟
۶. عواقب جانبی تغییرات از جهت میزان ضایعات تولید، بازار فروش محصول و ... چگونه است.
۷. به‌طور کلی تغییرات پیشنهادی ارزش افزوده Add value ایجاد می‌نماید و ...
۸. تغییرات اعمال شده کدامیک از ابعاد ارزش در محصول را تغییر می‌نماید. (کارکرد، عملکرد و ...)
۹.

تذکر: سؤالات مذکور و بسیاری از سؤالات مشابه دیگر توسط تیم مهندسی ارزش که اعضای آن دارای تخصص‌های مختلف می‌باشند بررسی گردیده و پاسخهای آن تهیه می‌شود و نهایتاً در مرحله ارزیابی مورد استفاده قرار می‌گیرد.



منابع و مراجع:

1. Martin K. Sterr, managing production and operations, prentice – Halm, 89, pp.315-316
2. David. Anderson, applied production and operation Management, west publishing CO.,1990,P 845
3. James R.Evans, Applied production and operation Management, west publishing CO.,1993,P 181
4. Arthur E. Mudge, value engineering, mcgraw HiLL, 81. P 4
5. Ibid (ref. No. 3), P 1196
۶. تقسیم‌بندی چهارگانه ارزش از مقاله value methodology standard از سایت انجمن مهندسی ارزش آمریکا [www.valve – eng.org](http://www.valve-eng.org) اخذ شده است.
7. Ibid (ref. No. 3), P 1184
۸. نگاه کنید به منبع شماره ۶
9. earce and Robinson, strategic management, Irwim inc. co, 1988, PP. 211-213
10. "ames R.Evans, Applied production and operation Management, west publishing CO.,1993,P 181
11. Thomazin – Berge, Quest for value, value world 21, vol. 2, june 1998, PP 2 – 7
12. Tompkins and White, facilities planning, John wiley and sons ink. 84, P 37
13. Ibid, P 116