# هندسة القيمة في إدارة المشروعات Value engineering

يركز هذا المقال على استعراض وتوضيح تطبيقات أسلوب " هندسة القيمة " أو " تحليل القيمة " في إدارة المشروعات بما يحقق انخفاض كبير في الكلفة بالإضافة إلى تحسين جودة المنتجات.

30 September 2024 | الكاتب: **د. محمد العامري** | المشاهدات: 5,641




إدارة المشروعات | هندسة القيمة

**كيف ترتبط وظيفة المكوّن بقيمته وكلفته؟**

يعرض المقال مفهوم هندسة القيمة وعلاقتها بإدارة المشروعات، ثم ينتقل إلى تحليل الوظائف وجمع المعلومات وتقييم البدائل والأدوات المساعدة.




مسار القراءة

## هندسة القيمة في إدارة المشروعات

## Value Engineering

ظهر أسلوب هندسة القيمة Value engineering في البداية تحت مسمى تحليل القيمة Value analysis خلال الحرب العالمية الثانية من القرن الماضي تحت ظروف الشحة الكبيرة والعجز في المواد والقوى العاملة بسبب الحرب، حيث واجهت المنظمات العديد من البدائل. وقد أشارت شركة جنرال ألكتريك الأمريكية (General Electric (GE للصناعات الكهربائية والمولدات، في ذلك الوقت إلى وجود العديد من البدائل التي من الممكن أن يؤدي استخدامها إلى تحقيق انخفاض كبير في الكلفة بالإضافة إلى تحسين جودة المنتجات. وفي ضوء ذلك، فقد وجهت الشركة إلى أحد مهندسيها البارعين (Harry Elicher) التساؤل المهم وهو لماذا؟. وقد تم استدعاء المهندس Lawrence Miles الذي كان يعمل مع الأول وذلك لغرض إيجاد الإجابة على ذلك السؤال. وقد استطاع هذا الفريق فيما بعد من تطوير نظام يحتوي على مجموعة من الأساليب التي أطلق عليها لاحقاً " تحليل القيمة ". وقد أدى استخدام هذه الأساليب إلى تحقيق التحسينات الكبيرة والمتميزة في جودة ليس فقط منتجات الشركة بصورة خاصة وإنما في الأداء العام لها وبشكل منتظم ومستمر وليس بصفة عفوية أو صدفية.

ولذلك، سوف يركز هذا المقال على استعراض وتوضيح تطبيقات أسلوب " هندسة القيمة " في إدارة المشروعات .

---

### 1-14- المدخل والمفهوم إلى هندسة القيمة:

#### 1-1-14- المقدمة:

بعد تطبيقات أساليب تحليل القيمة وتكيفها مع العمليات الإنتاجية بنجاح تام، فقد تم تغير هذا المسمى إلى مفهوم "هندسة القيمة"، وأصبح الآن هذان المفهومان يستخدمان بصورة تبادلية ومتزامنة حيث أضيف إليهما أيضًا كل من أسلوب السيطرة على القيمة Value control وأسلوب إدارة القيمة Value management.

وقد أدخلت وزارة الدفاع الأمريكية مفهوم هندسة القيمة في تطبيقاتها في العام 1954 من القرن الماضي وخاصة في عمليات التزويد procurement processes في البحرية الأمريكية. وفي العام 1964 من القرن الماضي، استطاع وزير الدفاع الأمريكي روبرت مكنمارا في التوسع باستخدام هذه الأساليب لكي تشمل على برنامج تخفيض الكلف الذي قاد إلى تعظيم المنفعة والفائدة من مبادئ هندسة القيمة. وبعد ذلك، فقد اتسع استخدام هذه الأساليب في الكثير من الفعاليات والأنشطة بالإضافة إلى الشركات الصناعية وغيرها التي اعتمدت هندسة القيمة في تطبيقاتها واعتبرته جزءا من الجهود الموجهة إلى تحسين الأداء العام في المنظمة وتعظيم عوائدها. كما وقد أصبحت مجموعة هذه الأساليب نظاما يسمى "نظام هندسة القيمة Value engineering system". وفي الوقت الحاضر أصبح أحد النظم الشائعة الاستخدام في تصميم المنتجات والخدمات الجديدة بالإضافة إلى اعتباره النظام الأكثر فاعلية في تطبيقات إدارة المشروعات وخاصة الإنشائية والتشييد.

وقد انتشرت تطبيقات تحليل وهندسة القيمة في الولايات المتحدة الأمريكية وبقية بلدان العالم الغربي خلال العقود الأخيرة، حيث في مشروعات وزارة الدفاع الأمريكية لوحدها أصبح نظام تحليل وهندسة القيمة البرنامج الأساسي الذي يعول عليه كثيرًا في مختلف مشروعاتها. ففي عقود البناء والتشييد وكذلك التزويد (التوريد) والشراء، فقد حددت الوزارة الأهداف الرئيسية لهذا البرنامج بالآتي:

- تحقيق المزايا الكبيرة للاستفادة من عقود التكنولوجيا.
- تقليل وتخفيض كلف التشغيل والصيانة.
- تحسين معايير القياس.
- تحقيق الاستخدام الأفضل للعقود والمشاركة بالوفورات.

وفي ضوء ذلك، برزت الكثير من التساؤلات حول الأثر الفعلي الممكن الحصول عليه من تطبيقات نظام هندسة القيمة في العقود المبرمة والتي تسمى ببرنامج هندسة القيمة في العقود المبرمة (VECP Value Engineering contract program) وخاصة فيما يتعلق بالمؤشرات الأساسية Basic parameters وليس فقط بالتريكز على مؤشرات الكلف. كما وأن الهدف من تطبيقات هندسة القيمة يعود إلى تقليل وتخفيض الكلف غير الضرورية من دون تأثير ذلك على الأداء العام للمشروعات وجودتها أو الفعاليات ذات العلاقة بها. وفي ضوء ذلك قامت المؤسسة الأمريكية (American Ordnance Association (AOA بدراسة ميدانية شملت (193) نوع من التغيرات التي تضمنها برنامج هندسة القيمة في عينة عشوائية تكونت من (2627) حالة تطبيقية لهذا البرنامج، وبينت أثر هندسة القيمة على المؤشرات غير

الكلفوية Non - cost parameters. ويبين الجدول (14/ 1) نتائج تلك الدراسات.

أما في قطاع المشروعات وخاصة في مشروعات البناء والتشييد، فقد حققت تطبيقات برنامج هندسة القيمة في مشروعات البناء والتشييد فقط العائدة إلى البحرية الأمريكية لوحدها نتائج كبيرة. وقد أظهرت نتائج هذه التطبيقات خلال الفترة (1965 - 1971) من القرن الماضي والتي اشتملت على تنفيذ أكث من (1350) حالة لبرنامج هندسة القيمة بالعقود (VECP)، حققت الوفورات المالية بلغت (6) ألف مليون دولار أمريكي للدولة فقط. وقد اعتبرت هذه الوفورات جزءا صغيراً من كلف المشروعات. في حين بلغت الوفورات من جراء تطبيقات برامج هندسة القيمة في العقود الحكومية بقطاع الخدمات وبالذات نتيجة للنتائج الإيجابية المتحققة في كلف التشغيل والصيانة وكلف التوريدات وغيرها، أكثر من مليون دولار للدولة لوحدها. وقد تحققت هذه الوفورات من تنفيذ فقط (44) برنامجا لهندسة القيمة في العقود وخلال ستة أشهر فقط. وقد بلغت قيمة الوفورات النهائية المتحققة من تطبيقات هذا البرنامج أكثر من (80%). (العلي، 1999).

الجدول (14/ 1) نتائج دراسة AOA الأمريكية

| ت | المؤشر | الوصف | الخفض (%) | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | المزايا | عدم التأثير | العيوب |
| 1 | المعولية Reliability | القدرة على تلبية متطلبات الأداء في الوقت المحدد | 63.0 | 37.0 | لا توجد |
| 2 | القدرة على الصيانة Maintainability | سهولة الإصلاح والإحلال | 64.0 | 36.0 | لا توجد |
| 3 | قابلة للإنتاج produceability | السهولة في تكرارة العمليات الإنتاجية | 82.0 | 16.0 | 2.0 |
| 4 | العوامل البشرية Human factors | قبول التغير الناتج عن التدريب وتحسين مؤشرات الأداء | 58.0 | 41.0 | 1.0 |
| 5 | وفرة الأجزاء Parts availability | سهولة الحصول على الأجزاء النمطية والموحدة | 58.0 | 41.0 | 1.0 |
| 6 | زمن التصنيع Manufacturing | اختزال وتنميط وتبسيط العمليات والمواد | 78.0 | 21.0 | 1.0 |
| 7 | تحسين الجودة Quality improvement | عمل الأجزاء ملائمة لكل المنتجات | 71.0 | 29.0 | لا توجد |
| 8 | التزويد Logistic | جعل الأجزاء من حيث الكميات والتعقيدات ملائمة للمنتجات | 55.0 | 45.0 | لا توجد |
| 9 | الأداء performance | القدرة على التغير وتطوير الأداء الوظيفي للمنتج | 33.0 | 67.0 | لا توجد |

### 14-1-2- علاقة هندسة القيمة بإدارة المشروعات:

أن الغرض من إنشاء المشروع بغض النظر فيما إذا كان المشروع صناعيا أو خدميا -كما سبق القول- هو توليد المنافع المعينة أو المحددة وذلك من خلال الاستثمار الأفضل للموارد المتاحة. كما وأن المشروع يمثل نشاطا أو مجموعة من الأنشطة والفعاليات المترابطة والمتشابكة بعضها مع البعض الآخر والمتكاملة. ويهدف المشروع من خلال العمل الجماعي (فرق العمل) إلى إنتاج السلع أو تقديم الخدمة (الخدمات) في الزمان والمكان المعينين. لهذا الغرض، ينفق على المشروع مقدار معين من الأموال للحصول على المخرجات المحددة من خلال عمليات التخطيط والتمويل والتنفيذ في المراحل المختلفة لدورة حياة المشروع نحو تحقيق الهدف من إنشاءه. وهذا ما تم الحديث عنه بالتفصيل من خلال الفصول السابقة لهذا الكتاب.

أما علاقة نظام هندسة القيمة مع إدارة المشروعات وخاصة مشروعات البناء والتشييد فهي علاقة وطيدة حيث تبدأ عادة منذ المرحلة الأولى لدورة حياة المشروع. فمن المعروف، أن الطريقة التقليدية لتصميم التسهيلات وهي الأبنية والمعدات والشبكات وغيرها من الموجودات الثابتة..، هي قيام مهندس التصميم بتطوير الخطط ووضع المواصفات التي تتحقق من خلالها المعايير المعتمدة. وعلى المهندس هنا أن يحدد نوع الأجهزة والمعدات وكذلك الطرق الأكثر ملائمة من وجهتي النظر الاقتصادية والوظيفية بالإضافة إلى نمط الصيانة التي تنسجم مع المعايير والمتطلبات التي يحددها أصحاب المصالح وخاصة المالك (المستثمر). وعموما، فأن الاختيار يتم عادة من قبل المهندس أو المعماري الذي يعمل على تصميم المشروع. فمثلاً، يختار المهندس الكهربائي نوع المولدة الكهربائية وطاقاتها وكذلك المواد الضرورية لمدة الشبكة المتعلقة بتشغيلها في حين أن المهندس المدني يختار نمط شبكات توزيع المياه وهكذا.

وتجري في بعض الأحيان -كما لاحظنا ذلك من خلال الفصول السابقة- دراسات الجدوى الاقتصادية مثل اختيار موقع المشروع، اختيار نوع الوقود ونظام هيكلة المشروع وغيرها. وتنفذ بصورة عامة مثل هذه الدراسات من قبل شخص واحد أو مجموعة من الأفراد (فريق العمل) وبنفس الأسلوب. ولبرهة من الزمن تساؤلنا ماذا يحدث لو أن لكل حالة أو وظيفة تحتوي على متطلبات معينة وتحتاج إلى مراجعة معمقة لها وكذلك تحديد وتطوير معايير معينة لها..، أو من الممكن أن تظهر الحاجة إلى تطوير هذه المعايير والمؤشرات التي يطلبها أصحاب المصالح. وأن اتباع مثل هذا المدخل أو التهج قد لا يقود إلى اتخاذ القرارات السليمة التي تحقق النتائج الاقتصادية الأفضل للوظيفة النهائية للمشروع وأداءه. وبدلا من ذلك، لابد من تشجيع القرارات داخل المساحة أو المنطقة، أي منطقة القرار Decision area الواحدة باعتماد عوامل عديدة مثل السلامة ومحاولة تعظيمها والتي تظهر ضرورية في المشروع أو الفعالية. وكذلك، فإن مثل هذا النظام من الممكن أن لا يكون ضرورياً من الناحية الشمولية والتكاملية من دون مقياس لأنه من الممكن أن يقود إلى التضحية بالأداء العام للمشروع أو تشويشه من أجل تحسين الأداء الجزئي للمشروع أو للنظام الفرعي أو لفعالية محددة فقط. مما ينتج عن ذلك ضعف الدراسة وانخفاض الدقة فيها وبنتائجها فيما يتعلق الأمر بدورة حياة الكلف الكلية للمشروع. ويبين الشكل (14/ 1) آلية صنع القرارات وأثرها على الكلف الكلية في مشروعات البناء والتشييد.

ويتضح من الشكل (14/ 1) بأن القرار المتخذ بمساحة أو منطقة واحدة قد يؤثر على الكلف العائدة إلى المساحات الأخرى. وهنا يبرز دور نظام تحليل وهندسة القيمة الذي يؤدي إلى تحقيق الوفورات الكبيرة نتيجة للدراسات المعمقة المتداخلة بين مساحات صنع القرار في إدارة المشروع. ويتطلب تنفيذ مثل هذا النظام وجود فريق العمل المتخصص الذي يكون قادراً على تقديم المقترحات السليمة في عملية صنع القرارات في المناطق المختلفة والمشتركة في إدارة المشروع وتوجيهها نحو تخفيض كلف إنشاء المشروع.

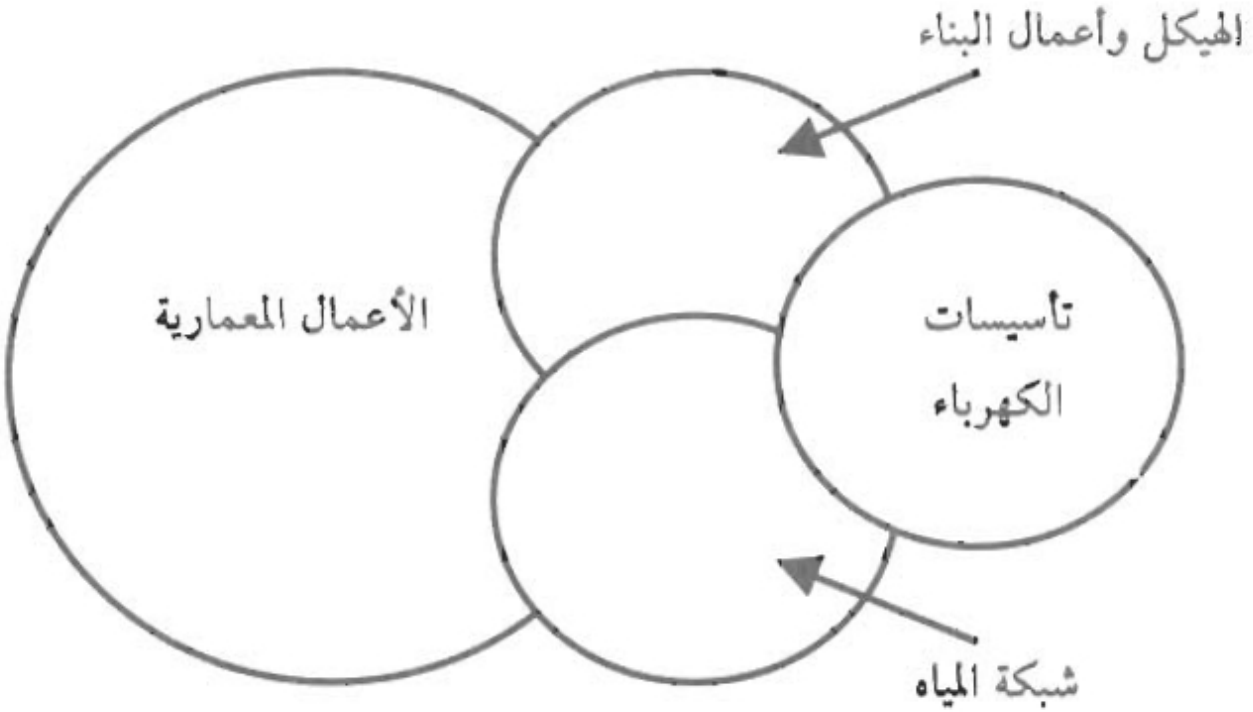
ومن خلال التساؤل حول كيفية استخدام منهجية هندسة القيمة في تصميم التسهيلات والطاقات، حيث تتطلب الإجابة على هذا التساؤل من خلال تحقيق الآتي:

- تعتبر منهجية هندسة القيمة من مسؤولية الإدارة التي يتوجب عليها معرفة هذه المفاهيم الفعالة. كما ويتوجب أيضًا على الإدارة إنشاء وحدة إدارية مستقلة لفريق هندسة القيمة الدائمة في المنظمة.

وتبدأ جهود فريق هندسة القيمة من إعداد البرامج التدريبية الشاملة لجميع العاملين في المشروع الذين يكون لقراراتهم أكبر الأثر على الكلف. كما ويتوجب كذلك إعداد مثل هذه البرامج من قبل المستويات الإدارية العليا في المنظمة والتي تعمل على إيجاد وحدات القياس أو المعايير الكفوءة لقياس أداء التصميم التي تساعد على تقديرات كلف التشغيل والصيانة.

- استخدام برامج ومبادئ التحفيز في المجالات المجدية والضرورية.
- يحقق البرنامج المتطلبات الضرورية التي تتعلق من جهة و/ أو إدارة الكلف من خلال الوصول إلى نسبة كبيرة من خفض (أو تقليل) الكلف الكلية.

الشكل (14/ 1) أثر القرارات على الكلف الكلية للمشروع




### 3-1-14- مفهوم هندسة القيمة:

المقصود بهندسة القيمة هو المدخل أو المنحى النظمي Systematic Approach الذي يؤدي إلى تحقيق القيمة المتحققة الأمثل Optimal earned value للإنفاق بالوحدة النقدية. ومن خلال نظام البحث والتقصي، يجري تجاوز الكثير من النفقات واختزالها وخاصة النفقات غير الضرورية الناجمة عن تحسين القيمة المتحققة أو المكتسبة (أنظر في ذلك المبحث 8/ 5 من هذا الكتاب) وكذلك تحسين المؤشرات الاقتصادية للمشروع والمنظمة على حداً ساء.ويعتبر مدخل هندسة القيمة بالجهد المبدع الموجه والمعتمد مباشرة على تحليل الوظائف Functional analysis.

ويركز مدخل هندسة القيمة على وظيفة (أو وظائف) المنتج أو المشروع بدلاً من التركيز على هيكلة المنتج أو شكله في محاولة لتعظيم القيمة الاقتصادية Maximizing economic value للمنتج أو المشروع أو أجزائهما وعلاقتهما بالكلف. وهذا يعني، بأن مدخل هندسة القيمة يركز على اختزال أي شيء أو أية فعالية تؤدي إلى إضافة تكلفة إلى المنتج أو المشروع أو مفرداتهما من دون إضافة أي شيء قيم لوظائفهما. ويجري خلال هذه العملية دراسة كافة أوجه النفقات المتعلقة بالإنشاءات والصيانة والعمليات والإحلال وغيرهما. كما وتعتمد مبادئ الحصول على القيمة الوظيفة العالية من خلال مبادئ التصميم حيث توجد ثلاثة أبعاد أو مضامين أساسية للحصول على هذه القيمة، وهي:

- استخدام أسلوب فريق العمل المتعدد التخصصات والوظائف Concurrent engineering.
- تطبيق الأسلوب النظمي Systematic approach في تقييم وظائف المنتج أو المشروع وقيمهما الاقتصادية والوظيفية. (أنظر في ذلك الفصل الثالث من هذا الكتاب).
- التركيز على تبسيط المنتج أو المشروع product simplification.

ويبدأ عادة مدخل هندسة القيمة أولاً بتحليل المنتج أو المشروع باعتباره وحدة متكاملة ومن بعد ذلك، تحليل كل وحدة فرعية كاملة Main assembly، أو فرعية ثانوية Subassembly، من مكونات المنتج أو المشروع وصولا إلى الأجزاء والمكونات الفردية. والخطوة الأولى هي تحديد الوظيفة الأساسية والثانوية إلى المنتج أو المشروع أو تفرعاتهما ومكوناتهما مع تحديد صفات وخواص المنتج أو المشروع ومكوناتهما بالإضافة إلى أبعاد كل منهما والتي تمثل القيمة الاقتصادية والوظيفية للزبون أو أصحاب المصالح.

وتتبع في ذلك توجيه بعض الأسئلة التقليدية أو النمطية، ومثال على ذلك الآتي:

- ما هو المنتج أو المشروع أو أي من مكوناتهما الفرعية؟
- ما هي وظيفة المنتج أو المشروع أو أي من مكوناتهما الفرعية؟ ولماذا نحن بحاجة إليهما؟

- ما هي الصفات أو الخواص ذات القيمة الوظيفية والاقتصادية لأصحاب المصالح؟ وكيف يستخدم أصحاب المصالح ذلك المنتج أو المشروع؟

وعليه، فمن الضروري إيجاد وتحديد وظيفة المنتج أو المشروع أو مكوناتهما الفرعية باستخدام العبارة التي تحتوي على كل من فعل الأمر Active verb والاسم Noun. فمثلاً بالنسبة للسؤال: ما هو المنتج أو أو مكوناته الفرعية أو الجزء المراد عمله؟ من الممكن أن يكون الجواب على ذلك: السيطرة على التيار الكهربائي بالنسبة لقاطع الدورة، أو تسخين السائل Heat fluid أو من الممكن أن يكون الجواب كذلك وحدات التسخين في المشروع heating units، وهكذا. ومثل هذه الأجوبة تمثل الوظيفة الأساسية Core function للمنتج أو المشروع ومكوناتهما.




مثال توضيحي مستقل: نحدد ما ينبغي أن تؤديه الإضاءة أولًا، ثم نقارن البدائل التي تؤدي الوظيفة المطلوبة.

أما الخطوة الثانية في التحليل الوظيفي فهي تحديد مقدار مساهمة كل من صفات وخواص المنتج أو المشروع ومكوناتهما الفرعية في قيمة كل منهما وظيفيا، وكذلك تحديد تكلفة كل من المنتج والمشروع ومكوناتهما على حداً سواء. وهنا أيضًا تبرز بعض الأسئلة التقليدية منها على سبيل المثال لا الحصر الآتي:

- كيف يساهم الجزء المتفرع من المنتج أو المشروع المعني في وظيفة كل منهما؟ وكيف يمكن أن يساهم هذا الجزء في تعظيم القيمة الوظيفية لكل من المنتج أو المشروع؟
- ما هي تكلفة ذلك الجزء الفرعي من المنتج أو المشروع؟

وتكمن الخطوة الأخيرة في مرحلة تحليل القيمة والتطوير التي من خلالها يتم إعادة تصميم المنتج أو المشروع أو مكوناتهما الفرعية بهدف تقليل التكلفة وتحسبن القيمة الوظيفية لهما. وخلال هذه المرحلة يقوم فريق هندسة القيمة بالتركيز على محاولات تبسيط التصميم وتقييم المواصفات المناسبة لتعظيم وظائف المنتج أو المشروع أو مكوناتهما من خلال التساؤلات التالية:

- هل يمكن عمل المنتج أو المشروع أو مكوناتهما بطريقة أخرى؟ وهل يمكن عملهما بتكلفة أرخص؟
- هل يمكن أن تتطابق وظيفة الجزء أو المكونات الفرعية المعنية مع أجزاء أو مكونات أخرى في المنتج أو المشروع؟ وما هي تكلفة عمل ذلك؟
- هل بالإمكان استخدام الجزء (الأجزاء) النمطي الاستبدالي Standard and interchangeable parts في تجميع المنتج أو بناء المشروع؟
- هل يمكن استخدام مادة بديلة أخرى في تصنيع المنتج أو المشروع أو مكوناتهما المعنية؟
- هل يمكن جعل عملية تجميع المنتج أو بناء المشروع ومكوناتهما أكثر سهولة؟

أن الإجابات على التساؤلات المارة الذكر في أعلاه، تمثل البدائل المتاحة لعملية التصميم التي بالإمكان المفاضلة ما بينهما وتقييمهما من

مفهوم كل من القيمة الوظيفية والتكلفة.

أما في تطبيقات مدخل هندسة القيمة في المشروعات الإنشائية والتشييد والتي تتركز ببساطة على عمل الأشياء بكميات قليلة أو استخدام المواد الرخيصة الثمن..، فإن وظيفة مدخل تحليل وهندسة أو الطريقة ذات العلاقة بتطبيقاتها، تبدأ عادة -كما مبين في أعلاه- من توجيه تلك الأسئلة.

ويعتبر مدخل هندسة القيمة -كما ذكر سلفا- أسلوبا منظماً ومدخلا إبداعيا لأنه يحتوي في ضمن أهدافه على التعريف الكف للكلف غير الضرورية ويحددها بدقة كبيرة..، أي الكلف التي لا تعطي قيمة مضافة لا للجودة ولا حتى تحقق الإطالة بالعمر الاقتصادي للمنتج أو المشروع ضمن مراحل دورة حياتهما. بالإضافة إلى عدم تقديمها أي من المفردات الإضافية التي تلبي حاجات أصحاب المصالح. كما وأن مدخل هندسة القيمة لا يعتبر بديلاً عن الأساليب التقليدية المستخدمة في تخفيض كلف الأعمال وإنما نتاجات تطبيقات هذا المدخل تكون جزءا منها تخفيض الكلف. ألا أنه مختلف تماماً عن بقية الأساليب التقليدية لأنه يحقق نتائج كبيرة نتيجة بما يؤدي إلى تحسين مؤشرات فاعلية العمل work effectiveness التي يجري تطبيقها بالطرق والأساليب التقليدية على مدى الكثير من السنوات. وقد حقق مدخل هندسة القيمة خفضا في كلف إنجاز المشروعات بلغت (15- 25%)، وفي الكثير من الحالات قد تجاوزت ذلك بكثير.

وغالباً ما كان في السنوات الماضية من أن تحدث الزيادة الكبيرة في كلف المشروعات من دون استخدام الأدوات المهنية المحترفة في تنفيذ المشروعات بجودة منخفضة. وعليه، يتوجب ومنذ البداية معرفة وفهم الأمر بوضوح بأن تحقيق القيمة الأفضل لا يعني بالتأكيد تقليل جودة العمل إلى المستوى الممكن.

وبما أن هندسة القيمة هي المدخل الذي يحتوي على الاستخدام المنطقي المنتظم للأساليب التي تعرف الوظائف المحددة أو للمشروع وتثبيت القيم لهذه الوظائف ومن ثم تحقيق تلك الوظائف بأقل قدر ممكن من الكلف الكلية من دون التأثير على جودة الأداء.

وتعرف الوظيفة على أنها الصفات أو الخصائص التي يتمتع بها المنتج أو المشروع أو مكوناتهما والتي تلبي حاجات ورغبات أصحاب المصالح. وبموجب هذا التعريف، فإن الوظائف تنقسم وفق مدخل هندسة القيمة إلى نوعين، هما:

- الوظيفة الأساسية Basic function: وتعني السبب الأساسي أو المبدئي لوجود المنتج أو المشروع من وجهة نظر أصحاب المصالح. كما ويمكن تعريفها أيضًا على أنها الهدف أو الغرض المتمثل في مفردات أداء المنتج أو المشروع عند استخدامهما أو تشغسلهما.
- الوظيفة الثانوية Secondary finction: وتعني المفردات الإضافية التي تساعد الوظيفة الأساسية (أو الرئيسة) في أداءها، مثل الاعتمادية والأداء.

أما بالنسبة للقيمة فهي عبارة عن وحدة القياس التي تستخدم في قياس مقدرة تنفيذ المنتج أو المشروع لوظائفهما بالشكل المرضي من وجهة نظر التكلفة والأداء.

وتساعد هندسة القيمة بشكل عام وفي المشروعات الهندسية ومشروعات البناء بوجه خاص على دراسة العلاقة ما بين الوظائف الأساسية والثانوية للفعالية والمشروع وبين التكلفة والعائد (أو المنفعة) بهدف التحقيق من أن القيمة النقدية (النفقات) خلال دورة حياة المشروع، من الآتي:

- تحديد النفقات غير الضرورية.
- دراسة وتحييد التقديرات المبالغ بها والعالية في محاولة تقليلها.
- تطوير وتحليل الأفكار الجديدة البديلة.
- تعميق حالات الإبداع.
- الاستثمار الأمثل للموارد.
- الوفرة في الوقت والأموات والطاقات (أو القدرات) والوقود.
- تبسيط وتسهيل الطرق والأساليب والإجراءات المستخدمة بالعمل.
- اختزال المفردات الزائدة.
- التحديث المستمر للمقادير Norms والمعايير Standards والأهداف.

وأخيراً، وتشمل هندسة القيمة على الأنواع التالية:

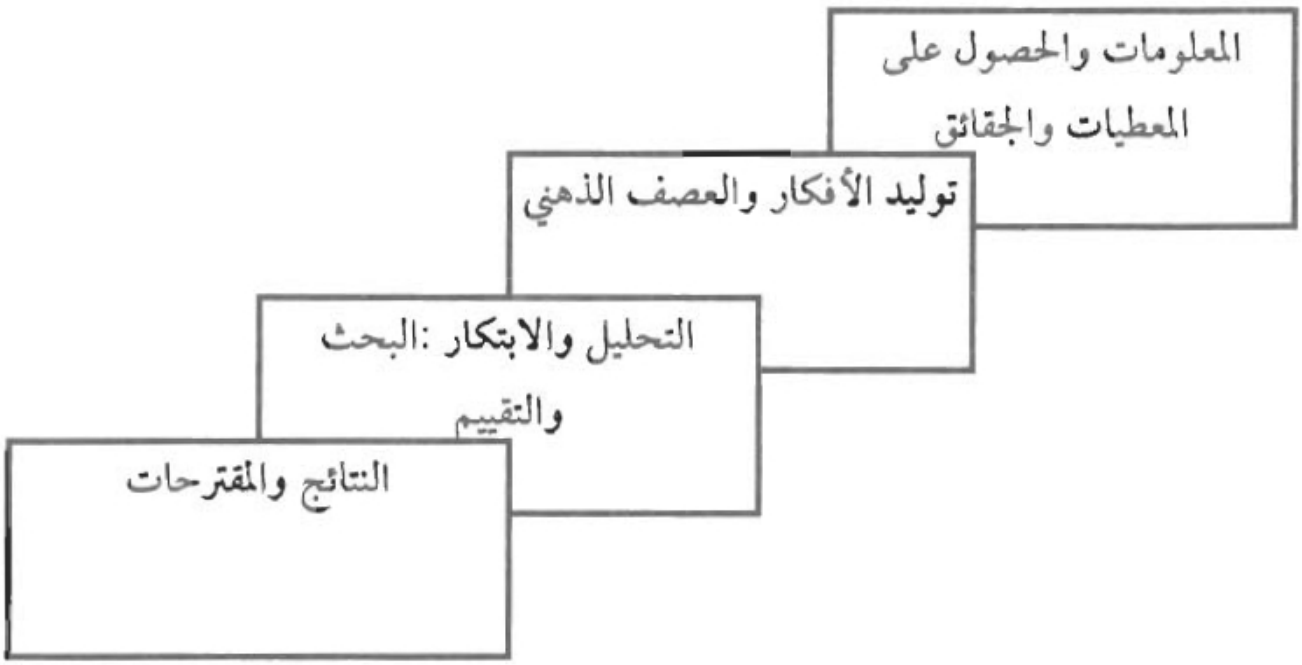
- قيمة الاستخدام Usage value.
- قيمة التكلفة Cost value.
- قيمة التبادل Exchange value.
- القيمة الجمالية Esteem ness value.

وسوف يجري الحديث عن هذه القيم من خلال المباحث التالية من هذا الفصل.

## 14-2- المنهجية والآلية المستخدمة في هندسة القيمة:

يحتوي مدخل هندسة القيمة على خطة (برنامج) العمل (VEJP) Value engineering job plan التي تشمل على خمسة مراحل (وأحياناً تعتبر ستة مراحل بعد فصل مرحلة التحليل عن مرحلة الابتكار) والتي سوف نستعرضها تباعاً مع بعض الأمثلة المناسبة. ويبين الشكل (14/ 2) مراحل خطة العمل لمدخل تحليل وهندسة القيمة. وتستخدم نماذج عمل خاصة Special worksheets في مساعدة تنظيم خطوات خطة العمل (VEJP)، حيث يبين الشكل (14/ 3) نموذج لمخطط عمل الخطوات الرئيسية والمنهجية المتبعة في خطة العمل.

الشكل (14/ 2) المراحل الرئيسية لخطة عمل تحليل وهندسة القيمة




### 14-2-1- مرحلة دراسة الجدوى:

وهي نوع من أنواع تحليل التكلفة والمنفعة Benefit - cost analysis لغرض تحديد ما إذا كانت الوفرة الناجمة من التكلفة أو الناتجة عن التحسينات في القيمة ذات منفعة كبيرة وبالأخص تقليل النفقات المالية وغيرها من الموارد اللازمة لإنجاز العمل. (وللمزيد من المعلومات، يمكن الرجوع إلى الفصلين السادس والسابع من هذا الكتاب).

### 14-2-2- مرحلة تجميع المعلومات:

وتعني مرحلة تجميع المعلومات والبيانات عن الحالة السابقة والحالية للمواد والوثائق وغيرها من المعلومات والمعطيات المتعلقة بالعمل في المشروع والملائمة وكذلك الضرورية لتطبيقات هندسة القيمة، حيث تعتبر عملية تحليل الوظيفة الجزء الأهم في هذه المرحلة. ويقوم فريق هندسة القيمة يجمع المعلومات بالاستناد على الآتي:

- رغبات وحاجات أصحاب المصالح ومتطلباتهم.
- البحث عن المساهمات التي حققت ويمكن أن تحقق أعلى مقدار ممكن من المخرجات وتعظيم مؤشرات السلامة والمعولية

Relibility والأداء والشكل أو المظهر Appearance، وكذلك التي تحقق سهولة الصيانة والتصليح والتكلفة المنخفضة.

- المعلومات المتعلقة بالتكلفة، وتشمل على:

- ما هي كلف العدد والأدوات Cost of tooling، والمواد الأولية، والأجزاء والمكونات المشتراة purchased parts & components، وكلف التصنيع والهندسة المساندة وكلف الوقاية وعمليات خدمة الزبون والصيانة وغيرها.

- المواصفات الحالية للمنتجات الجارية أو المشروع ومكوناتهما. وتشمل على:

- ما هي المواصفات الخاصة للمنتج أو المشروع.

- كيف يجري إنتاج المنتج أو العمل بالمشروع.

- ما هي المواد المستخدمة في إنتاجه أو في بناء المشروع.

- ما هو عدد الأجزاء والمكونات الداخلة في المنتج أو المشروع.

- ما هي حدود الجودة والتفاوت المسموح به، وغيرها.

- البحث والتقصي حول تحديد ما إذا كان المنتج الحالي أو المشروع قد تمتعا بالآتي:

- المزايا الكاملة للتكنولوجيا المتوفرة.

- المواد الجديدة البديلة.

- الاستحواذ على الأسواق الجديدة.

- الطرق التصنيعية المتطورة.

- المكائن والمعدات الجديدة والمتطورة.

وبنفس الأهمية، يقوم فريق هندسة القيمة بتحديد الحاجات المستقبلية لأصحاب المصالح ومتطلباتهم. ويعتبر كل من المورد (الموردون) وأصحاب المصالح في هذه المساحات مصدراً مهما من مصادر الحصول على المعلومات. (وللمزيد من المعلومات، يمكن الرجوع إلى الفصل الرابع من هذا الكتاب).

وتستخدم المعلومات التي يتم الحصول عليها في هذه المرحلة في اختيار الأجزاء والمكونات المحدودة الداخلة في المنتج أو المشروع لإغراض إجراء الدراسات اللاحقة التي تعتمد على المعايير التالية:

الشكل (14/ 3) منهجية خطة العمل في هندسة القيمة * (لم تترجم لكي لا تفقد مفاهيمها السليمة)

| Objectives | Job Plan | Key Techniques | Supporting Techniques | VE Questions |
|---|---|---|---|---|
| Obtain background | Information phase | Get all facts & determine cost | Obtain all information work in specifies | What is it? What does it cost? |
| Define functions | | Define function, Put $ value on specifications & requirements, determine worth | Divide problem into functional areas | What is its function? What is the value of the function? |
| Create ideas | Speculative phase | Blast & create | Create, Innovate, Defer judgment | What else will perform the function? |
| Evaluate basic function | Analytical Phase | Evaluate: Basic function by comparison | Evaluate functional area | What ideas will perform the function? |
| Evaluate new ideas | | Put $ value on ideas & refine | Analyze cost, use good judgment | |

| Objectives | Job Plan | Key Techniques | Supporting Techniques | VE Questions |
|---|---|---|---|---|
| Consultant | | Investigation, Suppliers, Companies, Consultants | Investigate advanced techniques | What else will do this job? |
| Compare | | Use standards compare: Methods, Products, Material | Develop new ideas | |
| Develop alternatives | | Determine costs | Use teamwork | What will alternative cost? |
| List best ideas | Proposal phase | Extract data | Use good human relations | |
| Summarize | | Motivate positive action | Finalize solutions | |
| Document | | Motivate positive action | Document & present solutions for action | |

المصدر: العلي، عبد الستار، برنامج الهندسة القيمية، دائرة أشغال أبو ظبي، 1999، (غير منشورة).

- قدرات التوسع في الجهد potential gain for effort expanded.
- دراسة الجدوى الفنية Technical feasibility study.
- وفرة المعلومات Availability of information.
- وفرة المهارات Availability of skills.
- الوفرة بالوقت Time liness.
- احتمالية التنفيذ probability of implemtation.

وخلال مرحلة جمع المعلومات والمعطيات -كما سبق القول- فإن الخطوات الرئيسية الضرورية هي:

1- تحديد نوع الوظيفة للمفردات وهي الوظيفة الأساسية أو الوظيفة الثانوية عند إعادة التصميم.

2- علاقة هذه الوظيفة بالتكلفة والعائد.

ومن هنا نرى، من الضروري توضيح هذه الخطوة وذلك الأهمية التي تمتاز بها. يجب أن تبدأ عملية تحديد الوظائف من تثبيت مفهوم وتعريف المشكلة بصورة دقيقة، بالإضافة إلى أن تكون كافية عدد كبير من الحلول البديلة. وهنا يبدأ استخدام المدخل الإبداعي Creative approach في هندسة القيمة وذلك بسبب الإخفاق الذي من الممكن أن يحدث. فمثلاً، إذا تم تحديد الوظائف بالشكل المحدود (أو المقيد)، فإن التفكير الإبداعي Creative thinking سوف لن يكون فعالا بما يكفي ولا يتمتع بالبعد الإبداعي. ويمكن ببساطة القول، بأن مفهوم الوظائف -كما أشرنا سابقًا- يعني مجموعة الخصائص والصفات المتعلقة بالأداء الوظيفي functional performance characteristics التي تتمتع بها

المفردة. ويحتوي عادة التصميم هلي كلا النوعين من الوظائف - الوظائف الأساسية والثانوية، حيث تمثل الوظيفة الأساسية الغرض الأولي primary purpose للتصميم..، أي هو تلك الوظيفة التي تحافظ على أداءها في عمل الأشياء. وبالتالي، فإن جميع الأمور الأخرى من الممكن اختزالها، وهذه عملية ليست بالسهولة القيام بها. أما الوظائف الثانوية فهي ليست متطلب ضروري وإنما قد تكون مساندة للوظيفة الأساسية أو غير ذلك. وهنا تبرز وظيفة التصميم في إمكانية تغير الوظيفة الثانوية أو تطويرها أو اختزالها.

وعند تحليل نظام الدعم أو الإسناد Supporting system في تمديد الأنبوب لشبكة توزيع المياه أو الغاز مثلاً..، تعرف الوظيفة لهذا النظام على أنها إسناد أو رفع الأنبوب Hold pipe. وطالما تم تحديد الوظيفة وهي تثبيت الحركة Restrain Movement، فإن هذا يساعد في التوسع بالتفكير عند إجراء الدراسة اللاحقة حول نوع ونمط المثبتات Devices والطرق المستخدمة في تثبيت الأنبوب. ويحقق هذا الأسلوب أمرين، هما:

- النظر إلى المثبتات على أنها تعود إلى قطاع المثبتات الذي ليس له أية علاقة مع الموضوع الأساس وهو الأنبوب الذي ظهر وكأنه الوسيلة لحل المشكلة.
- يقود هذا إلى الحلول التي تستخدم في حل المشكلات في المناطق التي ليست لها علاقة كلية بالموضوع الأساسي (الوظيفة الأساسية للأنبوب هي نقل المياه في حين أنها التثبيت بالنسبة للمثبتة).

أما الخطوة اللاحقة فهي تحديد المنفعة أو العائد من الوظيفة الأساسية أو ما تسمى بمعيار القيمة value standard. والمقصود بالعائد Work هنا هو التكلفة الأقل Lowest cost لأداء الوظيفة الأساسية من وجهة نظر الجدوى الاقتصادية باستخدام التكنولوجيا المتاحة.

وتكون الخطوة الأخيرة في مرحلة المعلومات هي تحديد مقدار ما ينفق من الأموال لقاء الحصول على هذه الوظيفة من خلال العلاقة مع طريقة التصميم المبسطة التي تم التوصل إليه والتي حققت نفس النتائج. وتسمى هذه العلاقة بمؤشر التكلفة والعائد cost / work ratio.

وبعد الانتهاء من عملية تقييم الوظائف، تجري عملية تحديد تكلفة المفردة تحت الدراسة وكذلك تحديد التكلفة الكلية للتصميم أو المفردة. وفي التطبيقات العملية في مشروعات البناء والتشييد، يجري تقييم مكونات (عناصر) التصميم أو مقارنتها مع بيانات الكلف التاريخية (السابقة) وكذلك مقارنتها مع الخبرة المتراكمة التي يتمتع بها فريق هندسة القيمة. وأن هذه المكونات التي تظهر خارج المستوى بالمقارنة مع المعايير. التي تم الحصول عليها من الدراسة الشاملة المعقمة. ومن مثالنا المتعلق بتأسيس منظومة

شبكة المياه في أحد المشروعات، تبين بان نظام توزيع المياه Water distribution system قد حقق أعلى معدل بالنسبة لعلاقة التكلفة والعائد والذي تم اختياره لإجراء التحليل الشامل المعمق أولاً. ويبين الشكل (14/4) نموذجا لتحليل منظومة المياه. (العلي، 1999).

من نتائج التقييم لمثالنا أعلاه والواردة في الشكل (14/4) يتبين بأن منظومة المياه (LSS Lawn sprinkler system) قد حققت مؤشر علاقة التكلفة والعائد بمقدار (10.5) [التكلفة ÷ العائد= 10.5] ونظام التصريف (SDS Storm draining system) الذي حقق مؤشر علاقة التكلفة والعائد بمقدار (7.5) وهما المفردتان اللتان تقرر إجراء الدراسات اللاحقة لهما. ويبين الشكل (14/5) نموذج كشف نتائج التحليل الوظيفي لمنظومة المياه بالاعتماد على البيانات الواردة في الشكل (14/4).

الشكل (14/4) نموذج تجميع وتحليل المعلومات المتعلقة بمنظومة المياه *

Project: Hall — Item: Water Distribution System

Basic Function: Supply Water — Date: November 27, 20xx

| Qty | Unit | Component | Function | | | Explanation | Worth** $ | Original Cost** $ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Verb | Noun | Kind | | | |
| | 1 | Lawn sprinkler system | Supply | Water | B | Complicated system | 2000 | 21000 |
| | | | | | | c/w = 21000 / 2000 = 10.5 | | |
| | 2 | Fire protection system | Supply | Water | B | | 8000 | 18400 |
| | | | | | | c/w = 18400 / 8000 = 2.3 | | |
| | 3 | Domestic water supply | Supply | Water | B | | 8000 | 15000 |
| | | | | | | c/w = 15000 / 8000 = 1.9 | | |
| | | | | | | Extend 6 in. supply line to building then meter & fire line | | 1500 |
| | 4 | Sanitary waste removal | Remove | Water | B | | 17500 | 27000 |
| | | | | | | c/w = 27000 / 17500 = 1.5 | | |
| | 5 | Stone drainage system | Remove | Water | B | | 2000 | 15000 |
| | | | | | | c/w = 15000 / 2000 = 7.5 | | |
| Total | | | | | | | 37500 | 96500 |

* 1- Hose bib and hose, 6 in. each. 2- Water to each floor w/hose bib & hose

3- Water to each floor. 4- Reduce no. of fixtures, roughly 1/2.

5- Let water out through scuppers, 2 each side.

** Figures are virtual.

ويتضح من نتائج التحليل والدراسة اللاحقة بأن النظام البديل Alternative scheme الذي تم تطويره من قبل فريق هندسة القيمة حيث حقق انخفاضا بالتكلفة لمنظومة المياه بلغ (30%).

وأن مدخل التكلفة والعائد الوظيفي Function -cost - worth approach الذي تم شرحه سابقًا، يعتبر الفارق الرئيسي ما بين نظام هندسة القيمة وبين أي مدخل أو أسلوب آخر يستخدم في خفض التكلفة.

ويستخدم أيضًا أسلوب آخر يمتاز بالأهمية العالية في تنفيذ عملية التحليل الوظيفي. فمثلاً، يبين الشكل (14/6) العرض البياني لأسلوب تحليل الوظائف الذي تم استخدامه في نظام شبكة توزيع الكهرباء Electrical distribution system وقد تم اختيار هذا النظام المستخدم في بناء المشروعات العامة لغرض المراجعة طالما أن تكلفة القدم المربع الواحد تساوي مثلاً (9.5) دولار أمريكي والتي ظهرت مرتفعة بعض الشيء لفريق هندسة القيمة. وقد أظهر كشف العمل Worksheet وجود كلف عالية جداً فيما يخص كلف المحولات الزيتية وشبكة الربط

الفائق الكهربائية Oil transformers & conduits . هنا برز السؤال التالي أمام فريق هندسة القيمة في بادئ الأمر: لماذا يجب لمثل هذه المساحات من الوظائف الثانوية من أن تشمل على حوالي (45%) من إجمالي الكلف الكلية وبمقدار الضعف من تكلفة الملاحق الكهربائية والموصلات Conductors & bus duct اللذان يؤديان الوظيفة الأساسية في نظام توزيع الطاقة الكهربائية Transmit power؟

وبقدر تعلق الأمر بمؤشر التكلفة والعائد المتحققة بالنظام تحت الدراسة، فأن العنصر الوحيد الذي يقوم بأداء الوظيفة الأساسية لتوزيع الطاقة الكهربائية هو كل من الموصلات Conductors & bus duct حيث بلغت تكلفتهما (117000) دولار أمريكي. وأن جميع العناصر الأخرى تؤدي الوظائف الثانوية. فإذا أخذنا التكلفة الكلية وقيمة العائد، فأن مؤشر علاقة التكلفة بالعائد ستكون (8.5) [ 1000000÷ 117000 = 8.5]، مما يشير بالتأكيد إلى وجود قيمة ضعيفة أو متواضعة.

ومن خلال الدراسة التي أجراها فريق هندسة القيمة، أتضح بأن المصمم قد استخدم محولة إضافية Back -up transformer في كل وظيفة ثانوية في المبنى. فمن المعقول، أن مثل هذا النظام يؤدي بالتأكيد إلى تحقيق نوعاً من الأمثلية في التصميم، ألا أنه يضع تكلفة المبنى خارج سقف الموازنة. وقد تم التوصل إلى تصميم توفيقي Compromise design الذي يلي جميع حاجات ومتطلبات المستخدم (الزبون) بالتكلفة التي يرغب الحصول عليها. ويبين الشكل (14/7) استخدام الأسلوب أعلاه في تصميم نظام التدفئة والتهوية والتكييف المركزي Heating ventilation conditioning system) (HVACS. وأن الوظيفة الأساسية لهذا النظام هو توفير الراحة للساكنيين في المبني.

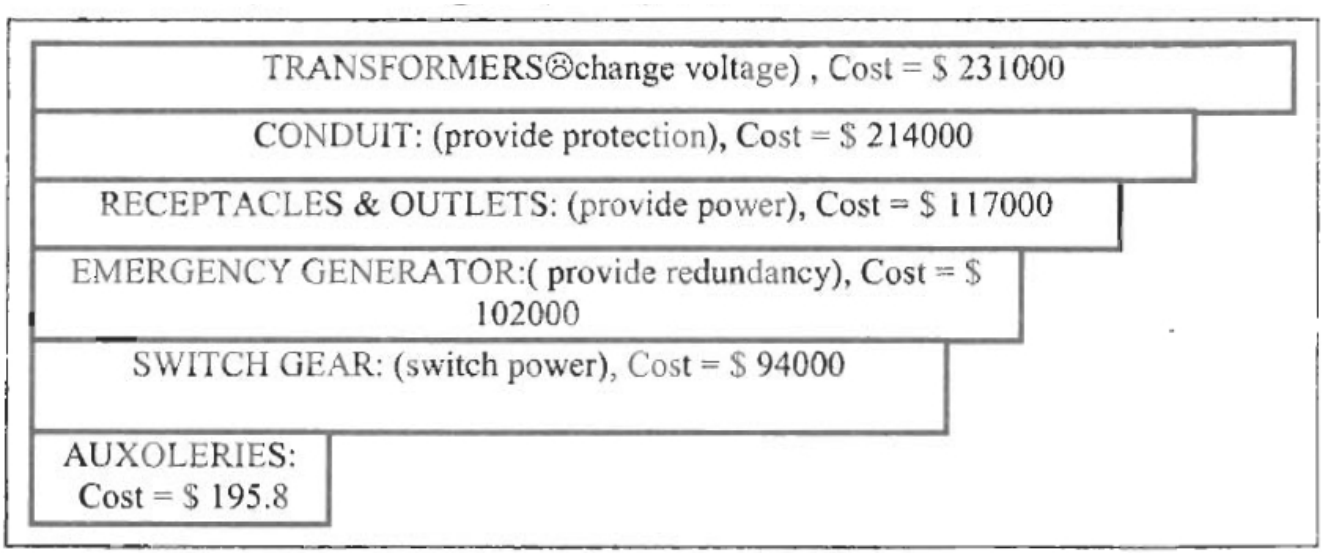
وقد تم اختيار هذا النظام تحت الدراسة لأن تكلفة القدم المربع الواحد من التصميم قد تم مقارنتها مع التكلفة المشابهة لتصميم مثل هذا النظام في الأبنية الأخرى التي تم تشييدها من قبل الشركات المنافسة الأخرى. وقد قرر فريق هندسة القيمة في حينها أن يبدأ العمل بالتحليل الوظيفي لحمولات النظام System loads . ويبين الشكل (14/7) بأن حمولة نظام التدفئة من مجموع الإنارة عالية جداً، وهذه حالة طبيعية تقريباً. ويحتاج نظام الإنارة Lighting system ما نسبته (48%) من إجمالي الحمل الكهربائي كما مبين في الشكل (14/7). وبما أن هذه المساحة تمثل أفضل مساحة لأغراض المراجعة والدراسة من قبل هندسة القيمة والتي يمكن أن تؤدي نتائجها إلى تحقيق تخفيض كبير في الكلف. وفي حقيقة الأمر، فأن الحمل الكلي البالغ (437) طن تبريد، منها (104) طن لأغراض التهوية و (58) طنا الباقية لأغراض خدمات الأفراد (أي الحمل) اللتان تعتبران المساحتين للحمل الأولى Primary load areas . وقد شعر فريق هندسة القيمة بإمكانية الوصول إلى خفض كبير في تكلفة النظام من جراء الدراسة الجدية والمعمقة للنظام. وقد أظهرت نتائج الدراسة الوفورات التالية في الكلف:

- حمل الإنارة = 100 دولار للوحدة.
- حمل التكييف = 35%.
- مساحات البناء (الحمل) = 28%.

الشكل (14/ 5) نموذج التحليل الوظيفي لنظام شبكة المياه

| Qty. | Unit | Component | Function | | | Explanation | Worth* $ | Original cost $ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Verb | Noun | Kind | | | |
| | | Pipe & fittings | Carry | Water | B | | 2000 | 9000 |
| | | Valves & controls | Control | Flow | S | | NA | 4350 |
| | | Nozzles | Spread | Water | S | | NA | 6850 |
| | | Bubblers | Spread | Water | S | | NA | 700 |
| | | Backflow preventer | Prevent | Contam ination | S | | NA | 100 |
| | | Water | Sustain | Growth | B | | 0 | - |
| Total<br>Cost / Worth Ratio = 21000 / 2000 = 10.5 | | | | | | | 2000 | 21000 |
| * Worth based on approximately 6-each hose bib and garden hoses. | | | | | | | | |

الشكل (14/6) التحليل الوظيفي لنظام توزيع الطاقة الكهربائية




الشكل (14/7) التحليل الوظيفي لنظام توزيع حمل التكييف (وحدة القياس = طن تبريد)

| | | |
|---|---|---|
| الإنارة | 210 طن | 48.0% |
| التهوية | 104 طن | 23.9% |
| الأفراد | 58 طن | 13.3% |
| الطابق العلوي (السطح) | 43 | 9.8% |
| الأجهزة الكهربائية المنزلية | 10 طن | 2.3% |

| | | |
|---|---|---|
| الممرات | 8 طن | 1.8% |
| الجدران | 3 طن | 0.7% |
| الأبواب | 1 طن | 0.2% |

### 3-2-14- مرحلة التحليل والابتكار:

تشمل مرحلة التحليل والابتكار Analysis and innovation phase على تطوير الطرق البديلة في أداء الوظيفة أو الوظائف عند تحليل المشروع ومكوناته المختلفة. وبعد اختيار الفعالة أو الجزء المعين من مكونات المشروع لأغراض الدراسة، تبدأ وظيفة فريق هندسة القيمة من توجيه السؤال: ما هي هذه الوظيفة What does it do? وتساعد الإجابة على مثل هذا السؤال البسيط أعضاء فريق هندسة القيمة على تحليل وظيفة المفردة تحت الدراسة. وأن عبارة الوظيفة الأساسية تستخدم لغرض معرفة السبب الرئيسي لعمل هذه المفردة ودورها في المشروع بصورة إجمالية.

ويقوم فريق هندسة القيمة بوصف الوظيفة الأساسية للمفردة أو المشروع بكلمتين هما: الفعل Active verb ووصف قابل للقياس Measurable noun ، كما لاحظنا ذلك من خلال الأشكال السابقة. وبعد ذلك، يقوم الفريق بتحليل وظائف المفردة تحت الدراسة وتحديد المنافع التي يمكن أن تقدمها هذه المفردة وفق أولويات وتسلسل أهميتها إلى المشروع. فمثلاً، الوظيفة الأساسية للسيارة هي نقل الأفراد من مكان إلى آخر، أما السرعة والأداء فتمثلان الأهمية الأولى لزبون سيارات السباق في حين أن المؤشرات الاقتصادية هي ما يرغب الفرد العادي من الحصول عليها بالإضافة إلى رغبته بالحصول على السعر المناسب له ومؤشرات الأداء الاقتصادية للسيارة. وأن معرفة حاجات أصحاب المصالح من المشروع وتفهمها تساعد كثيرًا فريق هندسة القيمة على تركيز جهودهم على الأمور التي من الممكن أن تحقق العائد الأكبر.

وبعد الانتهاء من توصيف الوظائف ..، يصبح بمقدور الفريق من الإجابة على ثلاثة أسئلة هي:

- ما هي تكلفة الوظيفة What does the function cost?
- ماذا يجب أن تكلف What should it cost?
- كيف يمكن أن تعمل What should it do?

وبعد ذلك تبدأ الخطوة اللاحقة في هذه المرحلة وهي الابتكار، أن الفريق ينتقل من مسألة الحقائق إلى مسألة القيمة، أي من ما هي What it إلى ماذا يجب What should it do . وبعد تحديد وظائف المفردة تحت الدراسة، يقوم الفريق بعمل العصف الذهني لغرض تطوير الطريقة (أو الطرق) الأفضل في أداء هذه الوظيفة أو الوظائف. طرق جديدة مبتكرة ومواد جديدة بديلة ومتطلبات وظيفية جديدة..، بالإضافة إلى دراسة نمط مسار التدفق للمفردة Sequencing والوزن والحجم ومصادر الطاقة وغيرها من الأمور..، جميع هذه الأمور يجري دراستها بتعمق، وتهمل كل الأفكار ذات المردود والمنافع القليلة.

وفي ضوء منهجية تحليل وهندسة القيمة، فأن الحصول على التكلفة المثلى في مختلف المشروعات يتم من خلال أسلوب التطوير النظمي للبدائل المقترحة وذلك للتقليل من المساحات التي تمتاز بالتكلفة العالية. وتشترك خلال هذه العملية العديد من العوامل وخاصة الأساسية المدرجة منها في أدناه والتي تشير إلى مدى التعقيد التي تتصف بها المشكلة تحت الدراسة بالإضافة إلى الجهد المطلوب للوصول إلى القرار الإداري السليم بهذا الخصوص. أما العوامل الواجب دراستها خلال مرحلة تطوير البدائل، فهي:

- توفر البيانات الضرورية للتصميم وإعادة التصميم.
- التكلفة الأولية والتكلفة الكلية لإنشاء المشروع.
- متطلبات التشغيل والصيانة.
- مصادر المواد المطلوبة ومدى توفرها.
- تعامل المقاولين ومدى توفر التكنولوجيا والمعرفة المطلوبة.
- المطابقة مع المعايير المحلية والدولية.
- التركيز على التصميم الأساسي الشامل.
- التركيز على المتطلبات الضرورية الأخرى مثل الأفراد والسلامة وغيرها.

وخلال هذه المرحلة، فأن خطة عمل هندسة القيمة تتطلع إلى الحصول على الإجابات المتعلقة بالتساؤل: ما هي الطرق البديلة التي يمكن بواسطتها أداء الوظيفة الأساسية؟ وهذه المرحلة تعنى هنا تقديم الأفكار الجديدة البديلة لأداء الوظيفة الأساسية مما يتطلب من الفريق المعرفة التامة والفهم الكامل للمشكلة تحت الدراسة. وبواسطة استخدام المدخل الإبداعي Creative approach وكذلك أسلوب حل المشكلات Problem -solving technique لغرض توليد عدد من الأفكار التي من الممكن أن تؤدي إلى الحصول على البديل (البدائل) ذا التكلفة المنخفضة. وأن مثل هذه الأفكار لا يؤدي فقط إلى الحصول على المزيد من تخفيض التكلفة وإنما أيضًا الوصول إلى الحلول المثلي للمشكلات المتعلقة بالتصميم. ويعتبر أسلوب العصف الذهبي Brainstorming الأداء الفعالة في توليد الأفكار الجديدة. ويبين الشكل (14/8) نموذج لخلاصة تحليل الأفكار المختارة لتطوير تصميم شبكة توزيع المياه بمثالنا السابق.

الشكل (14/8) نموذج تحليل الأفكار الإبداعية لنظام شبكة توزيع المياه

| Project: Hall | Date: November 27, 20xx | | |
|---|---|---|---|
| Item: Lawn Sprinkler System | Drawing No.: M – 2 | | |
| Basic Function: Water Vegetation | | | |
| Ideas selected from prior worksheet | Potential advantages | Potential disadvantages | Idea rating |
| 1- Garden hose | Cheaper, portable, easily replaced, concentrate water | Needs replacing, requires more manpower hours, safety hazard | 5 |
| 2- Natural rainfall | No cost, No labor, No maintenance | Limits amount of vegetation, high risk of losing plants, limits type of vegetation | 2 |
| 3- reduce amount of vegetation | Less time required for maintenance, requires less initial cost | Tennis club would object | 8* |
| 4- Change type and head patterns | Less initial cost, less maintenance | Possible dry areas | 7* |
| Action required to develop ideas | Remarks: * Selected for cost analysis. | | |
| Team Members: Ahmad Kais Adnan Hamoodi | | | |

ويجب على فريق هندسة القيمة من استخدام جميع الموارد المتاحة التي يحصل عليها من خلال مرحلة جمع المعلومات عند البحث عن البديل المناسب الذي يحقق التكلفة الأقل ويؤدي الوظائف المطلوبة من دون التأثير على مؤشرات الجودة والمعولية والقدرة على الصيانة (سهولة الصيانة). ومن الأمور المهمة هي مسألة تحديد الكلف الكلية، لأن من الممكن أن يؤدي الحل المختار إلى تخفيض في كلف الشراء (بسبب رخص الأسعار) مثلاً، ألا أنه يؤدي بالمقابل إلى تكلفة عالية خلال عمر المشروع. وهذا يعني، أن تكلفة المشروع الأولية قد تكون منخفضة لهذا السبب، في حين أن التكلفة الكلية لمستخدم المشروع بعد إنجازه قد تكون عالية فيما بعد بسبب الزيادة التي تحصل في كلف التشغيل

والصيانة.

ويستخدم عادة نموذجان الكشف العمل Worksheet في تنظيم المعلومات المتعلقة بتكلفة البديل المختار وذلك لأغراض عملية التقييم. النموذج الأول يستخدم لغرض تحديد التكلفة الأولية Initial cost للبديل المختار، في حين يستخدم النموذج الثاني في تحديد الكلف الكلية. ويستعرض الشكل (14/9) استخدام كشف العمل للتكلفة الأولية لنظام شبكة توزيع المياه الواردة في مثالنا السابق. وهذا الكشف يمثل نموذجا شائعا لكشف العمل في مشروعات البناء والتشييد.

وتجدر الإشارة هنا، إلى أن تحديد التكلفة الأولية للمشروع تحت الإنجاز ليست بالمسألة الصعبة أو المعقدة، ألا أن الجهود المبذولة يجب أن توجه إلى منطقة الكلف الكلية للمشروع. ويبين الشكل (14/10) خلاصة دورة حياة التكلفة المستخدم من قبل فريق هندسة في مشروع نظام شبكة توزيع المياه.

الشكل (14/9) نموذج كشف التكلفة الأولية لنظام شبكة توزيع المياه

| SYSTEM: Water distribution<br>SUBSYSTEM: Lawn Sprinkler System<br>UNIT: Lawn Sprinkler System | Unit | | Total Cost $ |
|---|---|---|---|
| | Quantity | Cost $ | |
| Original | 1 | 21000 | 21000(bid) |
| Alternative 1: (idea 3)<br>Reduce amount of vegetation<br>Heads<br>Drain box<br>Zone control | 88<br>Heads<br>deleted | 100<br><br><br><br>difference | 8800<br><br><br><br>12200 |
| Alternative 2: (idea 2)<br>Relocate park; retain sprinkler as is, except for parking lot; remove retaining wall.<br>NOTE: Savings of $ 8100 in construction of lot | 180 "0"<br>Long<br>Retaining<br>Wall/ 14<br>Heads | $ 45.LF<br>@6; 0"<br>High $ 140<br><br>Difference | <br>2000<br><br><br>19000 |
| Alternative 3: (idea 4)<br>Change type & head pattern<br>Reduce quantity of heads and reduce quantity of bubblers | <br>Lump sum<br>35 | <br>100<br><br>Difference | 8500<br>3500<br>12000<br>9000 |
| Alternative 4: (idea 9)<br>Eliminate 14 heads $2000<br>Delete portion of landscaping in parking lot & corners and add concrete/ asphalt.<br>Difference = $ 1000 | <br>Lump sum | <br><br><br>Difference | 2000<br>1000<br><br>18000<br>3000 |

الشكل (14/10) خلاصة دورة حياة التكلفة لنظام شبكة توزيع المياه

| | Original | Alternative # 1 | Alternative #2 |
|---|---|---|---|
| INSTANT CONTRACT: | | | |
| INITIAL COST IMPACT: | $ 21000 | $ 12000 | $ 9000 |
| Base Cost | | | |
| Interface Costs | | | |
| (a) | | | |
| (b) | | | |
| COLLATERAL COSTS | | | |
| SUB TOTAL INSTANT CONTRACT: | | | |
| 1- Other Initial Costs | | | |
| (a) Redesign | NA | $ 1000 | $ 1000 |
| (b) Logistic Support | $ 500 | $ 300 | $ 300 |
| TOTAL INITIAL COST IMPACT | $ 21500 | $ 13300 | $ 10300 |
| REPLACEMENT COSTS | | | |
| LIFE-CYCLE EXPENDITURES: | | | |
| Year xxx | NA | NA | NA |
| Year xxx | | | |
| LIFE CYCLE COSTS | | | |
| ANNUAL OWNING & OPERATING COSTS: | | | |
| 1- Initial Cost-Amortized @0.075 | | | |
| 40 years @ 7% interest | | | |
| 2- replacement Costs – Amortized @ | $ 1615 | $ 1000 | $ 775 |
| (a) ---- years @ --- % | | | |
| (b) ---- years @ --- % | NA | NA | NA |
| 3- Annual Costs: | | | |
| (a) Maintenance Material & Labor | | | |
| (b) Operations | $ 400 | $ 300 | $ 250 |
| | $ 3500 | $ 3000 | $ 3000 |
| Total for 40 years | $ 220000 | $ 172000 | $ 161000 |

### 3-2-14- مرحلة التقييم والتنفيذ:

تشمل مرحلة التقييم Evaluation phase على التكلفة والمقارنات الأخرى للبدائل المختلفة التي تم تطويرها في مرحلة التحليل والابتكار. ويتم تقييم الأفكار التي يتوقع لها أن تحقق تعظيم العوائد على أساس التكلفة المنخفضة كما شاهدنا ذلك في الأشكال السابقة بالإضافة إلى

القدرة على تلبية حاجات ورغبات أصحاب المصالح جميعهم. ويقوم فريق هندسة القيمة بمراجعة المعلومات المتعلقة بالمشروع ابتداء من الدراسة التسويقية في المرحلة الأولى لدورة حياة المشروع وكذلك مقدار المخرجات التي يتوجب لها أن تلبي حاجات السوق.

وبعد أن تنجز عملية التقييم على الأسس الكلفوية، لابد من دراسة المعايير غير النقدية مثل الجمالية والمظهر أو الشكل العام والقدرة على الخدمة والجودة وغيرها من المعايير بهدف اختيار البديل الأنسب الذي يكون قد اشتمل على معظم العوامل والمؤشرات التي أستخدمت في الدراسة.

وهناك العديد من هذه المعايير التي تستخدم أسلوب ما يسمى « بالقيود الموزونة Weighted constraints » في عملية المفاضلة ما بين البدائل. وتبدأ رحلة المفاضلة ابتداء من ترتيب أفضل الأفكار المطروحة التي تم الحصول عليها بواسطة العصف الذهني، وكذلك من كشف العمل السابق ومن ثم تحديد معيار القياس الذي يمتاز بأهمية خاصة. وتعتبر المؤشرات مثل المعولية والصيانة والعملية والوزن والمنافسة والزمن والجودة وغيرها من الأهمية بمكان بحيث يتوجب عمل كشف كامل مناسب لها.

ويحدد إلى المؤشر الواحد وزناً رقميا يقع في المدى ما بين الحد الأعلى والأدنى، فمثلاً الأهمية للمعيار الأعلى في الدراسة، فيمكن أن يعطى له (4) نقاط والأقل أهمية (3) وهكذا. وتجري عملية المفاضلة بين الأفكار المطروحة بإعطاء لكل فكرة يتم تقييمها مؤشر رقمي Index، فمثلاً الفكرة الضعيفة تأخذ واحد عدد صحيح، والفكرة الأعلى تأخذ (4). وبعد أن تتم عملية ضرب هذه المؤشرات بالأوزان من الأعلى ولكل صف يضاف للحصول على التقدير النهائي الذي يكتب في العمود الذي يقع في أقصى يمين الكشف. وأن الفكرة التي تحصل على التقدير الأعلى تطلق لعملية التطوير في مرحلة الاقتراحات.

والمقصود بمرحلة الاقتراحات هي مرحلة التنفيذ التي تشمل على عمل الخطة في توصيف آلية تنفيذ أو تطبيق المسائل المتعلقة بتحسين القيمة الوظيفية للمشروع أو مكوناته والحلول المقترحة بصددها. ويقوم فريق هندسة القيمة بمتابعة تنفيذ البديل المقترح باستخدام مختلف الأدوات مثل جداول جانت أو أساليب الجدولة الخاصة بذلك.

---

## 3-14- الأدوات المساعدة في تطبيقات هندسة القيمة:

أن الهدف -كما سبق القول- من تطبيقات هندسة القيمة هو تحقيق التحسينات الكثيرة الممكنة في مؤشرات الأداء، ومن أجل تحقيق هذا الهدف تستخدم في ذلك العديد من الأدوات المساعدة في المراحل المختلفة لتحليل وهندسة القيمة وخاصة في مرحلة التحليل والابتكار والتطوير والتنفيذ. وتنحصر مثل هذه الأدوات في مجموعة كبيرة من البرامج المهيكلة Structured programs وتنتهي في نظم المقترحات المبسطة Simple suggestion systems التي تعتمد على آلية العصف الذهني. ومن هذه الأدوات التي تقدمها بصورة مختصرة هي:

أولاً: هيكلة تجزئة العمل (WBS): لقد تم شرح واستعراض آلية استخدام أسلوب هيكلة تجزئة العمل من خلال الفصل الثامن من هذا الكتاب، حيث تم تبيان بان مفهوم هيكلة تجزئة العمل يعتبر المحور الأساس لإدارة المشروع.

ثانيًا: جدولة الفعاليات باستخدام المخططات الشبكية: يستخدم أسلوب المسار الحرج وأسلوب تقييم ومراجعة المشروع في عمليات التخطيط وتنفيذ المشروع ويعتبر من الأدوات الفعالة التي تستخدم في إدارة المشروعات حيث تهتم بثلاثة عوامل أساسية هي الزمن والتكلفة والموارد المتاحة. وقد تم شرح واستعراض هذه المخططات من خلال الفصل التاسع من هذا الكتاب.

ثالثًا: المدخل المهيكل Structured approach : تعتمد المفاهيم الأساسية للمدخل المهيكل الذي يستخدم عادة في برامج إدارة الجودة الشاملة في تحقيق التحسينات المستمرة للأداء وعلى النحو الآتي:

- استخدام دورة Deming cycle وهي:

خطط ---- نفذ --- حلل --- صحح

- إجراء الهيكلة المفصلة للمشكلة وتحليل المعطيات المتعلقة بها.
- تحديد المعايير الأساسية لقياس نتائج التحسين وأهدافه.

**رابعًا: الأدوات السبعة أو المخططات الأساسية: وهي الأدوات الشائعة الاستخدام في تطبيقات برامج إدارة الجودة الشاملة. ونلخصها بالآتي:**

1-أسلوب تحليل « باريتو Pareto or ABC - analysis والذي يستخدم في تحديد المسببات الرئيسة التي تؤثر على المشكلة.

2- مخطط إنسانية العملية Flow process chart والذي يبين الخطوات المناسبة في أداء العملية أو الوظيفة ويساعد على فهمها.

3- قائمة الفحص Check list أو كشف المراجعة والتي تعطي الاستشهاد الكمي على تسلسل الأحداث.

4- مخطط المسبب والأثر Cause - and - effect diagram والذي ينظم حالة المسببات في حدوث المشكلة من الفئات الرئيسية المتعلقة بالجهود المفيدة وغير المفيدة.

5- المخططات البيانية Histograms التي تستعرض توزيعات الكميات (الأعداد) أو المتغيرات الحقيقة مثل الوزن، في هيئة منتظمة ومتسلسلة حيث تستخدم عادة في تقييم البيانات.

6- مخطط التشتت أو النزعة Scatter diagram الذي يساعد في دراسة العلاقة ما بين البيانات.

7- لوحات السيطرة Control charts التي تستخدم في تحديد طبيعة المسبب في حدوث الانحرافات أو التباين.

خامسًا: المقارنة المرجعية Benchmarking : تقود المقارنة المرجعية إلى خارج المشروع أو خارج المنظمة وذلك لغرض فحص واختيار ما يفعله المنافسون الذين يحققون حالات التمايز في الأداء Excellent performance. وأن أهداف هذه العملية بسيطة وواضحة وتكمن في إيجاد أفضل التطبيقات التي تقود إلى تحقيق الأداء المتميز وكذلك معرفة إمكانية تطبيق ذلك لديها.

سادسًا: نظام التكلفة ABC- Costing system: الذي يستخدم في حل المشكلات المتعلقة في توزيع واحتساب الكلف من خلال الآلية التي يمكن بواسطتها توزيع النفقات العامة على الفعاليات بدقة أكبر. وأن العوامل المستخدمة هنا هي موجهات التكلفة Cost drivers ، حيث يعتمد هذا الأسلوب على تقسيم الفعاليات إلى نوعين هما: الفعاليات التي تضيف القيمة Value - added activities والفعاليات التي لا تضيف القيمة وإنما تؤدي هذه الفعاليات إلى زيادة الكلف.

---

**المرجع:**

كتاب : إدارة المشروعات العامة General Project Management ، من تأليف أ. د. عبد الستار محمد العالي، من إصدار دار المسيرة ، عمان.