

ضبط كلفة مشاريع الأبنية السكنية خلال مراحل التصميم

الدكتور عماد كنجو*

الدكتور فايز جراد**

رنيم كيال***

(تاريخ الإيداع 25 / 7 / 2010. قُبل للنشر في 25 / 11 / 2010)

□ ملخص □

يتناول هذا البحث موضوع ضبط كلفة الأعمال الرئيسية لمشاريع الأبنية السكنية خلال مرحلة التصميم. يندرج البحث ضمن إطار تنظيم المشاريع حيث تم استخدام ضبط الكلفة كأداة للمساعدة على التصميم واتخاذ القرار. تم اعتماد منهجية ضبط الكلفة من خلال دراسة مختلف الحلول الممكنة تقنياً واختيار الأنسب وفق معيار الكلفة حيث تُشكل هذه المنهجية واحدة من المنهجيات الأساسية لضبط الكلفة. تم عرض مختلف النماذج الضرورية مثل نمذجة معطيات التصميم، معطيات التنفيذ وتنظيم المشاريع للوصول إلى تصميم هيكلية قاعدة البيانات العلائقية والتي تم إغناؤها بالمعلومات التي جُمعت من مشاريع أبنية مختلفة، وأخيراً تمت برمجة القاعدة لبناء تطبيق برمجي يساعد المصممون في تقدير وضبط كلفة مشاريعهم.

الكلمات المفتاحية: ضبط الكلفة، مرحلة التصميم، الأبنية السكنية، قاعدة البيانات.

* مدرس - قسم هندسة وإدارة التشييد - كلية الهندسة المدنية - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية.

** مدرس - قسم هندسة وإدارة التشييد - كلية الهندسة المدنية - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية.

*** طالبة دراسات عليا (ماجستير) - قسم هندسة وإدارة التشييد - كلية الهندسة المدنية - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية.

Cost Control for Building Projects During Design Phases

Dr. Imad Kinjo^{*}
Dr. Fayz Garad^{**}
Raneem Kayal^{***}

(Received 25 / 7 / 2010. Accepted 25 / 11 / 2010)

□ ABSTRACT □

The topic of controlling the cost of building projects' main works during the design phase has been dealt in this research. Within projects organization field, this research aims to use cost controlling as an assistance tool for design and decision making.

Cost control methodology has been adopted based on analyzing the many available alternatives and choosing the best one according to its cost, and this methodology is widely considered as one of the basic cost control approaches.

Based on different models like modeling design, execution and projects organization related information, this research has been succeeded in developing a relational database that is fed by different building projects' field data.

The developed database has been finally used in creating a computer program that can be used as a tool to assist designers in estimating and controlling the cost of their building projects.

Keywords: Cost Control, Design Phase, Building, database.

^{*}Assistant Professor, Department of Management and Construction Engineering, Faculty of Civil Engineering, Tishreen University, Lattakia, Syria.

^{**}Assistant Professor, Department of Management and Construction Engineering, Faculty of Civil Engineering, Tishreen University, Lattakia, Syria.

^{***}Postgraduate Student, Department of Management and Construction Engineering, Faculty Of Civil Engineering, Tishreen University, Lattakia, Syria.

مقدمة:

يتم التصميم عادةً بشكل تسلسلي يبدأ مع المهندس المعماري الذي يقوم بوضع مختلف التصاميم المعمارية ثم يأتي دور المهندس الإنشائي الذي يقوم بترجمة المخططات المعمارية إلى مخططات إنشائية لينتهي التصميم مع الأخصائيين بالتجهيزات الفنية من تدفئة و تكييف وغيرها.

تحمل هذه المنهجية للتصميم الكثير من المشاكل حيث إن كل مصمم يعاني من خيارات المصمم الذي سبقه. على سبيل المثال: يقود اختيار حل معماري يتميز بمجازات كبيرة إلى اختيار حلول إنشائية محددة وأحياناً بسماكات كبيرة لبعض عناصر المنشأ مثل البلاطات والجوائز، الأمر الذي يمكن تفاديه بمحاورة المهندس المعماري من أجل التوصل إلى حل مقبول من الناحية المعمارية و أيضاً غير مبالغ فيه من الناحية الإنشائية.

تؤثر المنهجية السابقة على جودة و نوعية التصميم، لذلك يسعى البحث إلى التغلب على السلبيات الموجودة فيها باعتماد منهجية تصميمية متبعة في الكثير من الدول المتقدمة و تستند على وجود عدة سويات للتصميم انطلاقاً من العام إلى الخاص، و على اعتماد أدوار تتألف من ثلاثية (اقترح التصميم- تقييم الاقتراح وفق معايير محددة- تعديل الاقتراح).

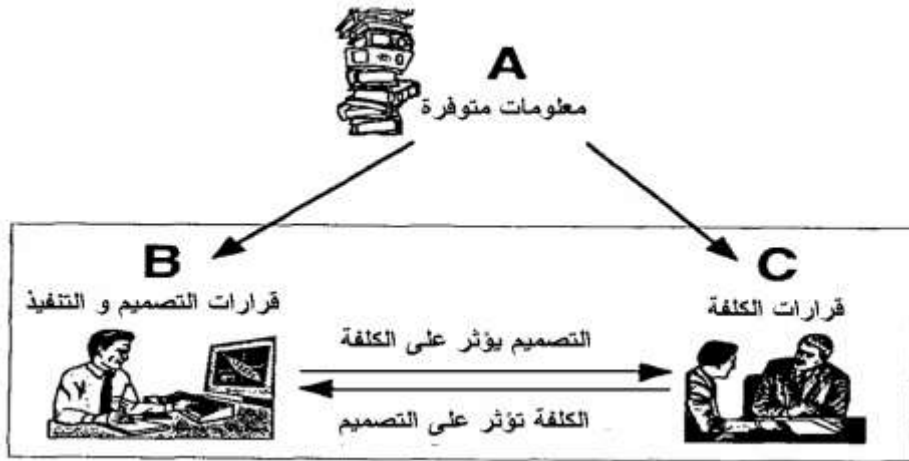
غالباً ما يعاني المصمم من نقص الأدوات المساعدة على التصميم و اتخاذ القرار و بالتالي يلجأ إلى خيارات اعتاد عليها في الماضي دون التحقق من أمثلية هذه الخيارات بالنسبة لمشروعه. على سبيل المثال: كثيراً ما يلجأ المهندس الإنشائي إلى اختيار بلاطات من نوع هوردي مهما كان المجاز دون البحث عن خيارات أخرى ممكنة تقنياً (بلاطات مصمتة،...) قد تكون أفضل في بعض الحالات و خاصة عندما تكون ميزانية المشروع محدودة، والسبب في ذلك يعود إلى عدم قدرة المهندس الإنشائي على تقدير كلفة تصاميمه من جهة و عدم توفر برامج هندسية تساعده في هذه المنهجية من جهة أخرى.

تأتي من هنا الحاجة إلى إعطاء عملية ضبط الكلفة موقعها الحقيقي خلال مرحلة التصميم من خلال اعتماد منهجية للتصميم تتضمن ضبطاً فعلياً للكلفة تواكب مختلف المراحل التصميمية للمشروع بدءاً من مرحلة التصميم الأولي إلى مرحلة التصميم المتقدم.

تحتاج عملية ضبط كلفة المشروع إلى أدوات لتقدير الكلفة (قواعد بيانات، برامج حاسوبية) تستند إلى نمذجة صحيحة للمشروع تسمح بربط مختلف المعارف مع بعضها البعض، و هذا ما سيتم التوصل إليه من خلال بناء قاعدة بيانات خاصة بمشاريع الأبنية السكنية و التي تستند إلى نمذجة صحيحة لمختلف المعطيات انطلاقاً من التصميم وصولاً إلى التنفيذ و مروراً بتنظيم المشاريع.

أهمية البحث وأهدافه:

تكمن أهمية هذا البحث في الحاجة إلى تقنية تساعد مهندسي التصميم (المكاتب الاستشارية) في اقتراح تصاميم للأبنية السكنية المراد إنشاؤها ضمن حدود الميزانية المتاحة، حيث توجد علاقة عكسية بين اختيار بديل التصميم مع كلفة هذا البديل ضمن كمية و نوعية المعلومات المتوفرة (Flanagan & Tate, 1997) هذه العلاقة يمكن توضيحها بالشكل التالي:



الشكل (1) العلاقة بين المعلومات المتوفرة و قرارات التصميم و الكلفة لمشروع التشييد

يبين الشكل (1) مدى تأثير القرارات المتخذة المتعلقة ببدائل التصميم و طرق تنفيذها على قرارات الكلفة المتوقعة للمشروع، فأى تغيير في عناصر التصميم الهندسي بالإضافة إلى خيارات التنفيذ سينعكس مباشرة على التقييم المالي المتوقع للمشروع المدروس، و بالمقابل إن تحديد الميزانية المخصصة للمشروع سينعكس مباشرة على خيارات التصميم و التنفيذ المقترحة.

يسعى هذا البحث إلى تحقيق هدفين أساسيين:

✓ ضبط كلفة المشروع المدروس من خلال بناء قاعدة معارف يتم الربط فيها بين ثلاثة أنواع من المعطيات: معطيات التصميم التي تتضمن الشكل الهندسي و الأبعاد، معطيات التنفيذ التي تُحدد الطرق المستخدمة في تنفيذ مهام المشروع و معطيات تنظيم المشاريع التي تُعرّف تكنولوجيا التشييد و المهام المتولدة عنها بالإضافة إلى الكلف والإنتاجيات.

✓ تزويد المستخدم بأداة برمجية للمساعدة على التصميم و اتخاذ القرار من خلال إنشاء برنامج حاسوبي للضبط و تقدير الكلفة اعتماداً على قاعدة البيانات السابقة.

يتناول البحث مشاريع الأبنية السكنية لأنها تُشكل نسبة كبيرة ضمن مشاريع التشييد، و يختص بدراسة أعمال التنفيذ للأبنية على الهيكل و التي تم تبويبها ضمن خمسة أعمال هي: الأعمال التحضيرية لموقع العمل، أعمال تجهيز الورشة، الأعمال الترابية، أعمال الأساسات، أعمال الهيكل.

طرائق البحث ومواده:

توجد عدة طرق لضبط الكلفة خلال مرحلة التصميم نذكر منها:

• ضبط الكلفة عن طريق أمثلة الأبعاد: تُعنى هذه الطريقة بأمثلة أبعاد مختلف عناصر المنشأ (Mustafa,) 2000.

• ضبط الكلفة عن طريق أخذ مخاطر التنفيذ بعين الاعتبار: تُعنى هذه الطريقة بدراسة تأثير مخاطر التنفيذ (تعطل الآليات، الظروف الجوية، مفاجآت،...) على عملية ضبط الكلفة خلال مرحلة التصميم.

• ضبط الكلفة عن طريق تحليل البدائل: تعتمد هذه الطريقة على دراسة مختلف الحلول التقنية (البدايل) الخاصة بكل عنصر من عناصر المنشأ و اعتماد البديل الأنسب. تسمح هذه الطريقة بتحسين نوعية العنصر المصمم وعدم تجاوز الميزانية التي غالباً ما يتم اكتشافها خلال مرحلة التنفيذ، حيث يعود السبب الرئيس في تجاوز الكلفة المتوقعة للمشروع إلى الافتقار لدراسة صحيحة للبدائل و تقييمها مما يبرر استخدام هذه الطريقة خلال البحث مقارنة مع الطرق السابقة. تجدر الإشارة إلى أن البديل الأنسب لا يعني بالضرورة البديل الأقل كلفة و إنما البديل الذي يرضي مجموعة من المعايير من بينها المعيار الاقتصادي (معيار الكلفة).

1- منهجية ضبط الكلفة خلال مرحلة التصميم باستخدام طريقة تحليل البدائل:

تطرق عدد من الباحثين في مجال ضبط الكلفة خلال مرحلة التصميم إلى مجموعة من التقنيات المستخدمة في تحليل البدائل نذكر منها:

تم استخدام تقنية المحاكاة في دراسة اختبارية لتأثير تغيير عناصر التصميم الهندسي على تكاليف الأبنية السكنية (Ibrahim, 2003). حيث شملت عناصر التصميم التي تمت دراستها شكل المخطط والحجم، معدل ارتفاع الطوابق وعددها، وكان ذلك على التوالي بتغيير أحد عناصر التصميم وإبقاء العناصر الأخرى ثابتة في نموذج رياضي تجريبي حيث تبين أنه كلما كان شكل البناء أبسط كانت كلفته أقل، و كلما ازداد الارتفاع الطباقي؛ ازدادت كلفة المتر المربع له. اعتمدت دراسة أخرى على الأخذ بعين الاعتبار متحولات مرحلة التنفيذ بالإضافة إلى مواصفات التصميم (Kanoglu, 2003) من أجل الحصول على دقة أكبر في تقدير كلفة المشروع في مرحلة التصميم، حيث تم تطوير نموذج متكامل لتقدير الكلفة وضبطها خلال مرحلة التصميم يدعى MITOS Multi-phase Integrated (Automation System) تتألف بنية النموذج من خمسة مكونات أساسية لأنظمة المعلومات يُزوّد كل منها بجزء من المعلومات المطلوبة في عملية نمذجة الكلفة، هذه المكونات هي:

ASAP (Automation System for Architectural Practices).

ASCC (Automation System for Construction Companies).

MS PROJECT (Project Planning and Programming System)

SIS (Suppliers and Input Items Information System).

ASCE (Automation System for Cost Estimation).

يقترن هذا النموذج بقاعدة بيانات تعتمد على معلومات الإنتاجية لفرق العمل في مرحلة التنفيذ التابعة لمشاريع سابقة مشابهة للمشروع المدروس من حيث النوع، الحجم، الموقع والظروف المناخية... الخ. كما يسمح النموذج للمستخدم بحساب كلفة كل بديل في مرحلة التصميم خلال وقت قصير. كما تم بناء نموذج تجريبي لتقدير الكلفة يستند إلى المحاكاة في مرحلة التصميم المتقدم (Tas and Yaman, 2005). اعتمد هذا النموذج على وجود قاعدة بيانات لمجموعة من مشاريع الأبنية السكنية التابعة للقطاع العام في تركيا، و التي تتراوح مساحتها الطباقيّة الإجمالية ما بين (1000-1500) م² وعدد الطوابق ما بين (3-4) طوابق. يتم إدخال معلومات عن المشروع المدروس مثل التعريف بنوع المشروع، المساحة الطباقيّة الإجمالية، عدد الطوابق، الارتفاع الطباقي،... الخ، بالإضافة إلى جداول بكميات المشروع وبنود الأعمال المؤلف منها، وبعد ذلك يتم البحث في قاعدة البيانات عن مشاريع مشابهة للمشروع المدروس من حيث المواصفات، وتُعرض قائمة بهذه المشاريع التي يجب على المستخدم أن يُقيّمها مقارنةً مع مواصفات مشروعه ليقتنع بإحداها، أما في حال عدم اقتناعه بأي منها فعليه حينئذٍ تعديل البيانات المدخلة لتقترب من نتائج بحث قاعدة البيانات، وعند قبول المستخدم لأحد المشاريع المُدرجة ضمن قائمة المشاريع المشابهة للمشروع الحالي يتم عندها حساب الكلفة التقديرية للمشروع المدروس و التي تُعتبر أساس المقارنة مع ميزانية المشروع المحددة، ومن ثمّ يستطيع

صاحب المشروع باستخدام طريقة الخطأ والتجريب الحصول على مجموعة من تقديرات الكلفة لمشروعه من أجل الوصول إلى الكلفة الأنسب له.

2- المنهجية المستخدمة لضبط كلفة الأعمال الرئيسية لمشاريع الأبنية السكنية:

إن تطبيق مبادئ ضبط الكلفة خلال مرحلة التصميم (Flanagan & Tate، 1997) يتم من خلال تحقيق

ثلاثة مفاهيم كما يلي:

1. وجود إطار مرجعي أو مجموعة من الشروط يجب التقيد بها.

2. وجود طريقة للتحقق من صحة العمل.

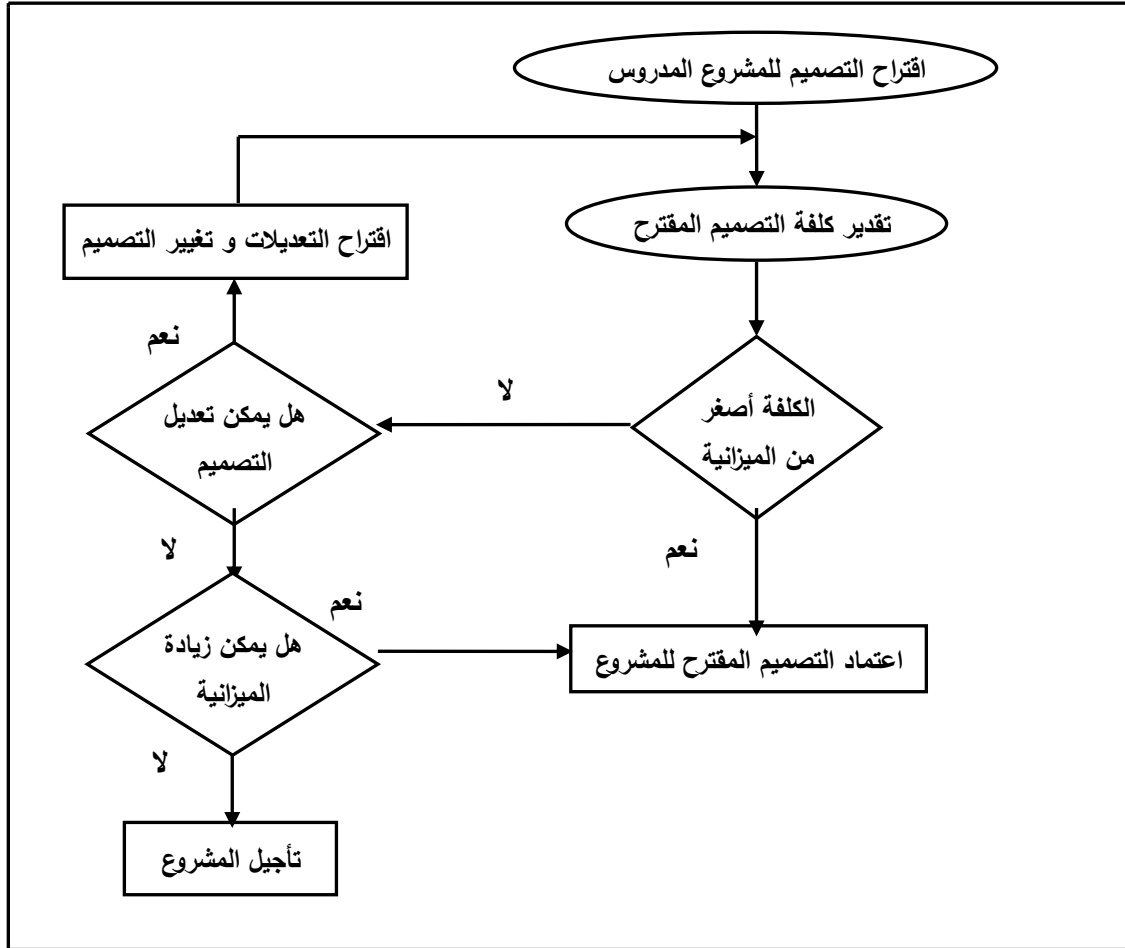
3. وجود حلول علاجية (البحث عن البدائل).

يعتمد المبدأ الأول على تخصيص حد كلفة يجب عدم تجاوزه لكل من أعمال المشروع بحيث يبقى مجموع كلف هذه الأعمال ضمن الميزانية المخصصة للمشروع، فإذا كانت الكلفة مقسمة إلى عدة كلف جزئية فيجب أن يبقى مجموع هذه الكلف الجزئية ضمن الحدود المسموح بها. يمكن أن يُخصص مثلاً حد كلفة لا يجب تجاوزه لكل من الأعمال الإنشائية، الأعمال المعمارية، الأعمال الكهربائية، وغيرها. من أجل التأكد من صحة تطبيق المبدأ الأول يجب الانتقال إلى المبدأ الثاني الذي يتطلب من فريق التصميم معرفة كلفة كل عنصر من عناصر البناء ومقارنة مجموع هذه الكلف مع حد الكلفة المخصص لها. فمثلاً حد الكلفة المسموح به للأعمال الإنشائية يجب مقارنته مع مجموع كلف الأعمال الجزئية المؤلفة لهذه الأعمال كالأعمال الترابية، أعمال البيتون للأساسات والهيكل، أعمال البلوك وغيرها، فإذا أظهر التحقق من الكلفة الحاجة إلى الحلول البديلة عندها نقوم بتطبيق المبدأ الثالث الذي تم اعتماده أيضاً من قبل آخرون (Jaggar et al. 2002) وفق منهجين: الأول هو تخطيط الكلفة العنصري أي يجب تصميم المشروع ضمن حدود معينة للكلفة و بالتالي تغيير التصميم في حال مجاوزته لحد الكلفة المحدد ليصبح ضمن الحد المقبول به وهو ما يُعرف بالتصميم المعتمد على الكلفة (designing to a cost) وهذا المنهج مناسب أكثر لمشاريع القطاع العام التي تضع في حسابها حداً للكلفة. أما المنهج الثاني فيُعرف بتسعير التصميم (costing a design) أي اختبار عدة تصاميم ضمن بيئة اقتصادية وتعديل حد الكلفة المقترح بالاستفادة من الفائض المالي للكلف الجزئية الأخرى وذلك في حال أظهر تحقق الكلفة أن التقدير الأولي المعتبر غير منطقي.

نجد من خلال تحليل المنهجية السابقة أنه من الصعب تخصيص حد كلفة خاص لكل عمل من الأعمال و ذلك بسبب الاختلافات الموجودة بين مشروع وآخر. على سبيل المثال لا يمكن تحديد نسبة مئوية لكلفة أعمال الأساسات من كلفة الأعمال الرئيسية، فعندما نتحدث عن مشاريع متماثلة تماماً من حيث المواصفات يكفي أن تظهر مشكلة مياه جوفية أو مشكلة تصريف مياه (تنفيذ الأعمال الترابية وأعمال الأساسات خلال الفصل الماطر) حتى تتأرجح هذه النسبة بشكل كبير.

تم اعتماد منهجية تخطيط الكلفة كمنهجية للتصميم خلال البحث بحيث يتم دراسة مختلف الحلول لكل عنصر من عناصر المشروع ثم حساب كلفة جميع الأعمال ومقارنتها مع الميزانية المخصصة وليس حساب كلفة نوع معين من أعمال المشروع ومقارنته مع حد الكلفة المخصص له. يبين الشكل (2) خطوات هذه المنهجية حيث يتم اقتراح تصميم للمشروع المدروس، تقدير لكلفة هذا التصميم، ثم تطبيق المبدأ الثاني السابق وذلك بإجراء عملية مقارنة بين هذه الكلفة والميزانية المخصصة للمشروع، فإذا أظهرت المقارنة أن الكلفة المقدرة أصغر من الميزانية فيتم اعتماد التصميم المقترح،

أما إذا كانت الكلفة أكبر من الميزانية فنحن أمام تطبيق المبدأ الثالث السابق عن طريق تعديل التصميم ليتناسب مع الميزانية و عندها يتم اقتراح تصميم جديد وتقدير كلفته ومن ثم مقارنة الكلفة مع الميزانية، أما في حال تبين أن الميزانية المخصصة غير منطقية فحتاج عندها إلى زيادتها في حال إمكانية ذلك وعندها يتم اعتماد التصميم المقترح، أما في حال عدم إمكانية زيادة الميزانية فينتج عنه تأجيل المشروع إلى حين تأمين التمويل اللازم.



الشكل (2) مخطط لمنهجية التصميم المستخدمة لضبط كلفة مشروع التشييد

النتائج والمناقشة:

تم تقسيم المراحل التي مرَّ فيها البحث إلى أربع مراحل: نمذجة المعارف، تصميم هيكلية قاعدة البيانات، تزويد القاعدة بالمعلومات، و بناء تطبيق برمجي لاستثمار القاعدة.

1- نمذجة المعارف:

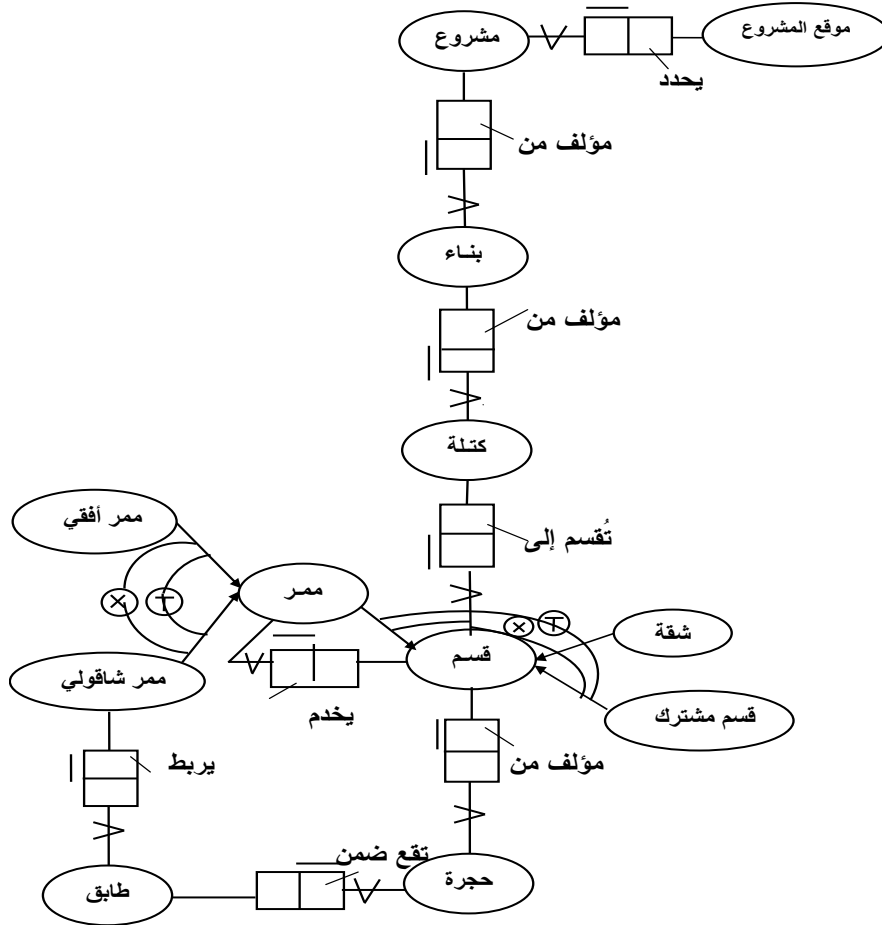
تتضمن نمذجة المعارف نمذجة ثلاثة أنواع من المعطيات هي: معطيات التصميم، معطيات تنظيم المشاريع، معطيات التنفيذ (Morand,1994).

تم استخدام لغة النمذجة NIAM (Nijssen's Information Analysis Method) في تمثيل المخططات (Habrias,1988) باعتبارها لغة بسيطة تعتمد على ثلاثة مفاهيم هي: الكيان (entité) الذي يُمثل بقطع ناقص أو دائرة يُكتب اسم الكيان داخله، العلاقة (relation) و هي عبارة عن رابط بين كيانين تُمثل بمستطيل مقسوم إلى

قسمين: قسم يساري و قسم يميني بحيث يتبع كل قسم إلى الكيان الواقع جانبه، القيد (contrainte) الذي يحدد شرطية العلاقة بين الكيانات، نميز بين نوعين من أنواع قيود الكيانات هما قيد الشمولية (contrainte de totalité) و يرمز له بـ " V "، و قيد الوحدانية (contrainte d'unicité) و يرمز له بـ " . " .

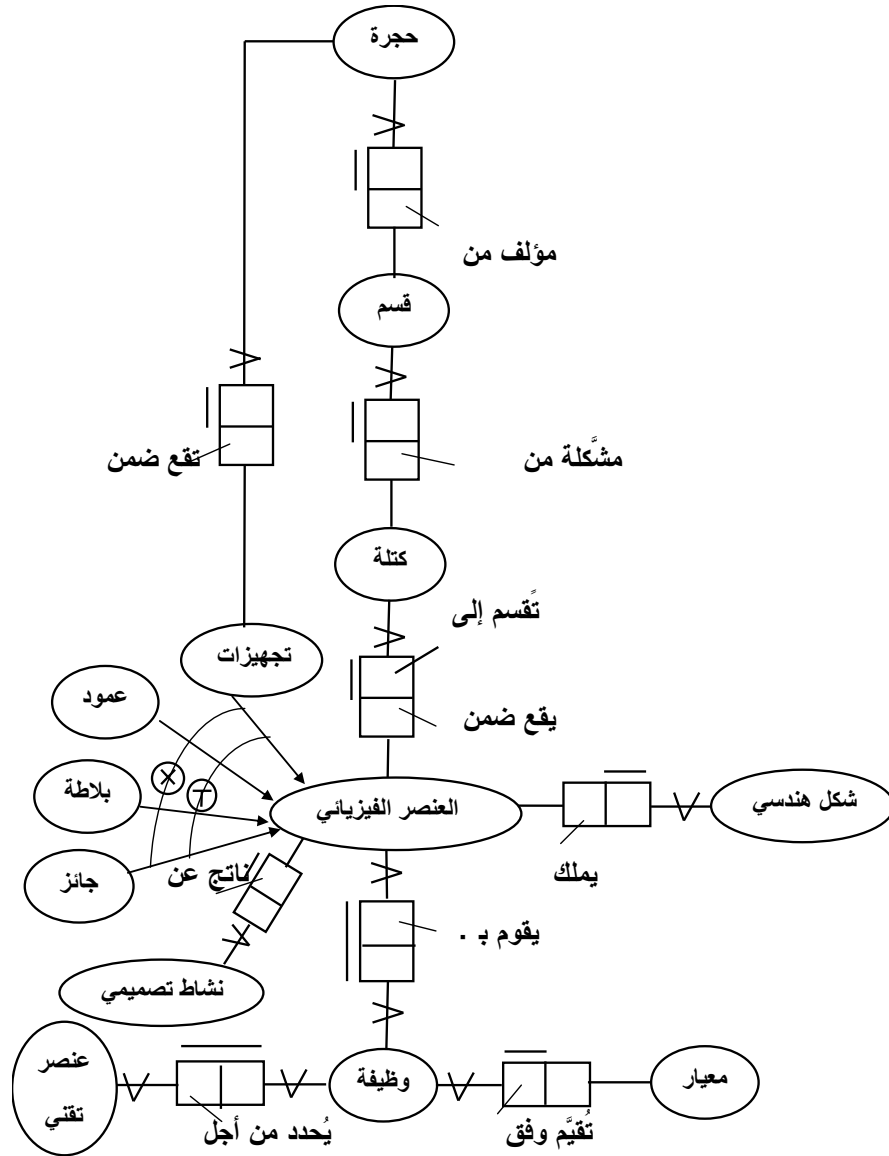
نمذجة معطيات التصميم:

تتضمن نمذجة معطيات التصميم اقتراح نمذجة فراغية للأبنية بالإضافة إلى نمذجة العنصر الفيزيائي، يبين الشكل (3) النموذج الفراغي للبناء الذي يتضمن مجموعة من التقسيمات الفراغية انطلاقاً من المشروع وصولاً إلى الحجرة التي تُعد أصغر فراغ ضمن البناء.



الشكل (3) النموذج الفراغي للبناء

إن المقصود بالعنصر الفيزيائي (objet physique) هو عنصر من المبنى (عمود، بلاطة،...) يقع ضمن منطقة معينة و له شكل هندسي يميزه، كما يؤدي العنصر الفيزيائي وظائف محددة (الاستقرار، العزل الحراري، العزل الصوتي،...). يوضح الشكل (4) نموذج العنصر الفيزيائي.



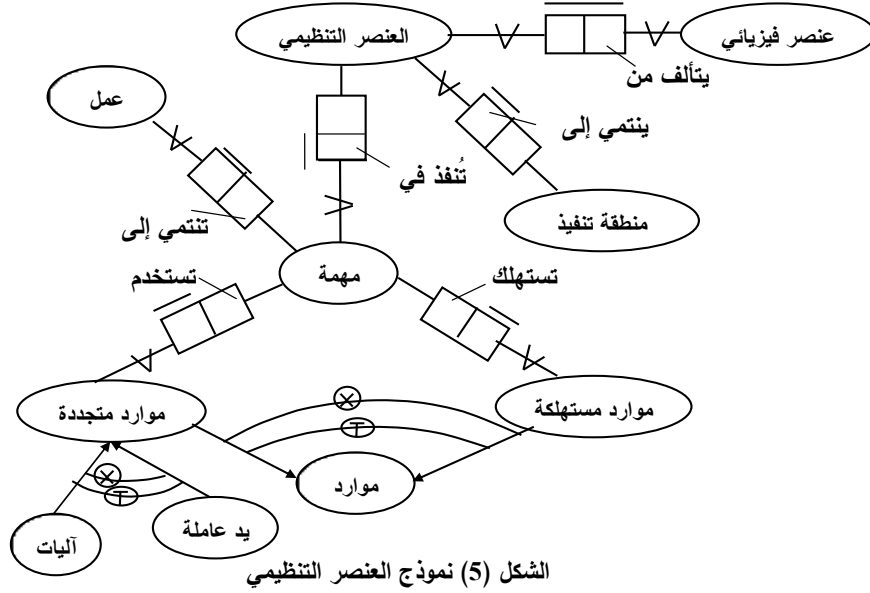
الشكل (4) نموذج العنصر الفيزيائي

نمذجة معطيات تنظيم المشاريع:

يجب نمذجة معطيات تنظيم المشاريع بشكل متوافق مع نمذجة معطيات التصميم التي تم عرضها سابقاً، ويتحقق هذا التوافق من خلال تحليل العناصر الفيزيائية للأبنية من وجهة النظر المتعلقة بتنظيم المشاريع، و ذلك يتطلب تعريف نوع جديد من العناصر يُسمى "العنصر التنظيمي" (objet technique).

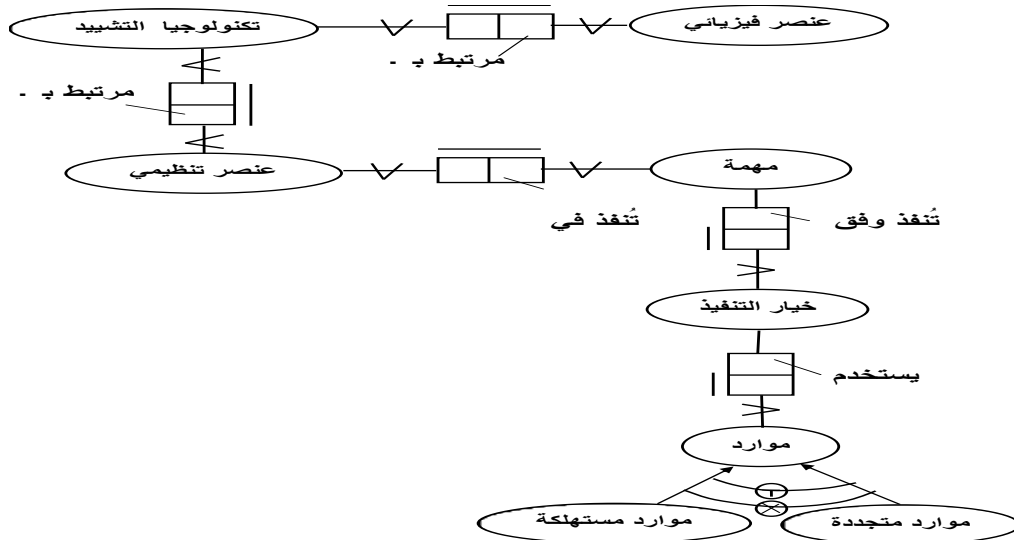
وجدنا سابقاً أن العنصر الفيزيائي يتألف من عناصر تقنية مختلفة تُحدد طريقة تشييده، و التي تتم من خلال مهام معينة، يُطلق على هذه العناصر التقنية اسم "العناصر التنظيمية" التي يتم عن طريقها الوصول إلى تعريف مهام المشروع، والتي تُشكل حجر الأساس في معلومات تنظيم المشاريع. على سبيل المثال يحتاج تنفيذ العنصر الفيزيائي " جدار" المؤلف من العنصر التنظيمي بيتون مسلح مصبوب بالمكان في مرحلة التصميم المتقدم إلى إنجاز ثلاث مهام:

تركيب حديد التسليح - تركيب القالب - صب البيتون. كما يتطلب تنفيذ أي مهمة استخدام نوعين من الموارد : موارد متجددة و موارد مستهلكة. يوضح الشكل (5) نموذج العنصر التنظيمي.



نمذجة معطيات التنفيذ:

تتضمن نمذجة معطيات التنفيذ تعريف مفهوم خيار التنفيذ الذي يُحدد آلية تنفيذ المهام المتولدة عن العناصر التنظيمية السابقة، و بالتالي يسمح بتحديد الطرق المستخدمة في تنفيذ هذه المهام و ما يترتب على ذلك من استخدام موارد معينة من مواد و عمال و آليات. من الجدير بالذكر أنه تم اقتراح نمذجة خيار التنفيذ أما النماذج السابقة فقد تم عرضها كما وردت في المرجع (Morand,1994). يوضح الشكل (6) نموذج خيار التنفيذ.



2 - تصميم هيكلية قاعدة البيانات:

اعتماداً على النماذج التي تم عرضها سابقاً و الخاصة بمعطيات التصميم، التنظيم و التنفيذ تم تصميم هيكلية قاعدة بيانات لضبط كلفة مشاريع الأبنية السكنية حيث تم اختيار نموذج قواعد البيانات العلائقية و هو عبارة عن هيكلية مؤلفة من مجموعة من الجداول ذات البعدين (خواص، قيم) تترجم الروابط الموجودة بين مجموعة من القيم. يبين الشكل (7) الهيكلية المقترحة لقاعدة البيانات الخاصة بضبط كلفة مشاريع الأبنية السكنية.

جدول الأعمال

نوع العمل	مرحلة التصميم	كود تعريف العمل
-----------	---------------	-----------------

جدول العناصر الفيزيائية

كود تعريف العمل	نوع العنصر	كود تعريف العنصر الفيزيائي
-----------------	------------	----------------------------

جدول العناصر التنظيمية

كود تعريف العنصر الفيزيائي	تكنولوجيا التشييد	منطقة التنفيذ	كود العنصر التنظيمي
----------------------------	-------------------	---------------	---------------------

جدول المهام

كود العنصر التنظيمي	اسم المهمة	البعد المميز	كود تعريف المهمة
---------------------	------------	--------------	------------------

جدول خيار التنفيذ

كود تعريف المهمة	خيار التنفيذ	كود تعريف خيار التنفيذ
------------------	--------------	------------------------

جدول الموارد البشرية

كود خيار التنفيذ	تركيبية فريق العمل	الإنتاجية الفعلية لفريق العمل	الأجرة اليومية للعامل	كود المورد
------------------	--------------------	-------------------------------	-----------------------	------------

جدول المواد المستخدمة

كود خيار التنفيذ	المادة المستخدمة	الوحدة	معامل الاستهلاك	سعر وحدة المادة ل.س	كود المورد
------------------	------------------	--------	-----------------	---------------------	------------

جدول الآليات

كود خيار التنفيذ	الآلية المستخدمة	الإنتاجية الساعية للآلية	الأجرة الساعية لاستخدام الآلية	كود المورد
------------------	------------------	--------------------------	--------------------------------	------------

الشكل (7) الهيكلية المقترحة لقاعدة البيانات الخاصة بضبط كلفة مشاريع الأبنية السكنية

لتوضيح جداول قاعدة البيانات السابقة سيتم عرض مثال بسيط لنوع واحد من الأعمال:
جدول الأعمال: يبين الجدول (1) جدول أعمال مشاريع الأبنية السكنية و المؤلف من الحقول التالية:

الجدول (1): جدول الأعمال

نوع العمل	مرحلة التصميم	كود تعريف العمل
أعمال الهيكل	تصميم أولي	LOT 05
أعمال الهيكل	تصميم متقدم	LOT 051
.....

جدول العناصر الفيزيائية: يتضمن الجدول (2) العناصر الفيزيائية التابعة لأعمال الهيكل في مشاريع الأبنية السكنية و يتألف من الحقول التالية:

الجدول (2): جدول العناصر الفيزيائية

كود تعريف العمل	نوع العنصر	كود تعريف العنصر الفيزيائي
LOT 05	هيكل بنية تحتية (القبو)	OPH 30
LOT 05	هيكل بنية فوقية	OPH 31
LOT 051	البلاطات	OPH 32
LOT 051	الأعمدة و الجدران	OPH 33

جدول العناصر التنظيمية: يبين الجدول (3) جدول العناصر التنظيمية التابعة لعنصر فيزيائي معين و يتألف من الحقول التالية:

الجدول (3): جدول العناصر التنظيمية

كود العنصر الفيزيائي	تقنية التشييد	منطقة التنفيذ	كود العنصر التنظيمي
OPH 33	بيتون مسلح مصبوب بالمكان	طابق بنية تحتية	OP 51
OPH 33	بيتون مسلح مصبوب بالمكان	طابق بنية فوقية	OP 52
OPH 33	بيتون مسلح مسبق الصنع	طابق بنية تحتية	OP 53
OPH 33	بيتون مسلح مسبق الصنع	طابق بنية فوقية	OP 54

إن ربط العنصر الفيزيائي مع تقنية التشييد يقود إلى تعريف "العنصر التنظيمي". على سبيل المثال تم تعريف العنصر التنظيمي "بيتون مسلح مصبوب بالمكان" المرتبط بالعنصر الفيزيائي (عمود أو جدار)، والواقع ضمن منطقة تنفيذ هي (الطابق).

جدول المهام: يبين الجدول (4) جدول المهام و يتألف من الحقول التالية:

الجدول (4): جدول المهام

كود تعريف المهمة	البعد المميز	اسم المهمة	كود تعريف العنصر التنظيمي
TG 100	وزن حديد التسليح (طن)	تركيب حديد التسليح	OP 51
TG 101	مساحة القالب (م ²)	تركيب القالب	OP 51
TG 102	حجم البيتون (م ³)	صب البيتون	OP 51
TG 103	مساحة القالب (م ²)	فك القالب و تنظيفه و نقله	OP 51
TG 104	مساحة العزل (م ²)	عزل ضد الرطوبة	OP 51

إن دور العنصر التنظيمي هو تعريف المهام، و لكل مهمة بعد مميز يُعتبر خاصية مميزة لها يساعد على تقييمها. نلاحظ من الجدول السابق أنه من أجل كل عنصر تنظيمي تم تحديد المهام الموافقة له التي تختلف تبعاً للعنصر التنظيمي المرتبطة به، فالمهام المرتبطة بالعنصر التنظيمي الموافق لتقنية تشييد "بيتون مسلح مسبق الصنع" تختلف عن المهام المرتبطة بالعنصر التنظيمي الموافق لتقنية تنفيذ "بيتون مسلح مصبوب بالمكان".

جدول خيار التنفيذ: يتضمن الجدول (5) خيار التنفيذ المرتبط بالمهام و يتألف من الحقول التالية:

الجدول (5): جدول خيار التنفيذ

كود تعريف خيار التنفيذ	خيار التنفيذ	كود المهمة
OR 183	حديد تسليح غير مشغول	TG 100
OR 184	حديد تسليح نصف مشغول	TG 100
OR 185	حديد تسليح مشغول بالكامل	TG 100
OR 189	صب آلي	TG 102
OR 190	صب نصف آلي	TG 102
OR 191	صب يدوي	TG 102

يتضمن خيار التنفيذ مجموعة من الإمكانيات المحتملة لتنفيذ مهمة محددة، على سبيل المثال يمكن تنفيذ مهمة تركيب حديد التسليح وفقاً للخيارات التالية:

- ❖ حديد التسليح غير مشغول: حيث يتم قص، ثم، تجميع و تركيب الحديد ضمن منطقة العمل.
- ❖ حديد التسليح نصف مشغول: حيث يتم قص و ثمي الحديد ضمن مشغل داخل أو خارج الورشة أما تجميعه و تركيبه فيتم ضمن منطقة العمل.
- ❖ حديد التسليح مشغول بالكامل: حيث يتم تركيب هياكل تسليح يتم تجهيزها إما في مشغل ضمن الورشة أو في مصانع خارج الورشة.

كما يمكن تنفيذ مهمة صب البيتون المسلح وفقاً للخيارات التالية :

❖ صب آلي : حيث يتم نقل البيتون من نقطة التوزيع إلى نقطة الصب بشكل آلي باستخدام مضخة و سيارة جبالة.

❖ صب نصف آلي : حيث يتم نقل البيتون من نقطة التوزيع إلى نقطة الصب باستخدام رافعة جدارية مع عربة أو مزراب مع جبالة أرضية.

❖ صب يدوي : حيث يتم إنتاج البيتون ونقله من نقطة التوزيع إلى نقطة الصب على ظهر العامل باستخدام وعاء (تنكة).

إن كل خيار تنفيذ من الخيارات السابقة يترتب عليه استخدام موارد محددة (مواد- آليات- عمال) و لكلٍ من هذه الموارد خصائص مميزة.

جدول المواد: يبين الجدول (6) جدول المواد المستهلكة في تنفيذ المهام وفق خيار تنفيذ معين و يتألف من الحقول التالية:

الجدول (6): جدول المواد المستخدمة

كود المورد	سعر وحدة المادة	معامل الاستهلاك	الوحدة	المادة المستخدمة	كود خيار التنفيذ
MRI 01	30000 ل.س	1	طن	حديد تسليح عالي المقاومة	OR 183
MRI 02	50 ل.س	5	كغ	شريط تريبط	OR 183
MRI 04	4360 ل.س	1	م ³	بيتون عيار 350 كغ/م ³	OR 189

يعبر معامل الاستهلاك عن مقدار استهلاك وحدة شراء المادة من واحدة البعد المميز للمهمة، مع العلم بأن المادة التي يعاد استخدامها عدة مرات يتم تقسيم سعر الكمية الواحدة منها على عدد مرات استخدامها للحصول على سعر المادة الواحد. على سبيل المثال تم اعتبار عدد مرات استخدام خشب الشوح (20) عشرون مرة.

جدول الموارد البشرية: يبين الجدول (7) جدول الموارد البشرية المستخدمة في تنفيذ المهام وفق خيار تنفيذ معين و يتألف من الحقول التالية:

الجدول (7): جدول الموارد البشرية

كود المورد	الأجرة اليومية للعامل ل.س	الإنتاجية الفعلية اليومية لفريق العمل	تركيبية فريق العمل	كود خيار التنفيذ
MRL 01	700 ل.س	2 طن / يوم	8 عمال	OR 183
MRL 03	900 ل.س	65 م ³ / يوم	5 عمال	OR 189

جدول الآليات: يبين الجدول (8) الآليات المستخدمة في تنفيذ المهام وفق خيار تنفيذ معين و يتألف من الحقول التالية:

الجدول (8): جدول الآليات

كود المورد	الأجرة الساعية للآلية	الإنتاجية الفعلية الساعية للآلية	الآلية المستخدمة	كود خيار التنفيذ
MRM 01	3000 ل.س	8 م / ساعة	مضخة	OR 189

3 - تزويد القاعدة بالمعلومات: يتم تزويد قاعدة البيانات التي تم تصميمها سابقاً بالمعلومات الضرورية عن طريق جمع البيانات ثم تحليلها و معالجتها لتأهيلها بالشكل المناسب قبل إدخالها إلى القاعدة.

جمع البيانات:

تتضمن قاعدة البيانات نوعين من البيانات هي: البيانات الحقلية والبيانات النظرية، تم جمع البيانات الحقلية من واقع التنفيذ لشريحة من مشاريع القطاع الخاص في سوريا، حيث تمت زيارة مواقع المشاريع المدروسة من أجل الاطلاع على دفاتر الورشة الخاصة بها، وقد تبين عدم وجود نظام ورقي جيد يؤمن تدوين مكونات الكلفة المختلفة بطريقة تمكن من الوصول إلى تقدير وضبط كلفة المشروع. في الواقع هناك ضعف في تصميم دفاتر الورشة بما يتناسب مع متطلبات البحث العلمي، بالإضافة إلى وجود نقص كبير في البيانات المسجلة مما يتطلب إعداد تقارير يومية خاصة بمشاريع الأبنية السكنية ضمن ظروف قطاع التشييد السوري لتوثيق البيانات الميدانية الخاصة بالمشاريع قيد الإنجاز والتي استخدمت في جمع البيانات. أما البيانات النظرية فهي عبارة عن مجموعة البيانات الخاصة بالأعمال، العناصر الفيزيائية،... والتي تم جمعها من مصادر مختلفة كدفاتر الشروط لمشاريع سابقة، مراجع تصميمية. يبين الجدول (9) جدول التقارير اليومية لمسار عملية التنفيذ المتضمن نوعي البيانات السابقة.

الجدول (9) جدول التقارير اليومية لمسار عملية التنفيذ

اسم المشروع:..... اليوم: التاريخ: / /
تنفيذ المشروع:..... ملاحظات: حوادث طارئة.....

الكمية المنفذة خلال إنجاز المهمة	الزمن المستغرق (يوم/ساعة)	الموارد المستخدمة				منطقة التنفيذ	خيار التنفيذ	نوع العنصر	المهام المنجزة
		المواد	العمال	الآليات					
		كمية المواد المستهلكة	عدد العمال	العدد	اسم الآلية				

من الجدير بالذكر أنه لم تشمل الدراسة الميدانية لهذا البحث على مشاريع الأبنية السكنية تنفيذ القطاع العام و ذلك لأن ظروف هذا القطاع في التنفيذ مختلفة عن ظروف القطاع الخاص، حيث توجد توقعات متكررة عن العمل بسبب تأخر توريد المواد إلى موقع العمل، بالإضافة إلى تأخر دفع أجور العمال و غير ذلك، الأمر الذي يسبب عدم دقة البيانات المستخلصة من مشاريع القطاع العام.

نستعرض فيما يلي بعض البيانات للمشاريع المدروسة:

الجدول (10) جدول البيانات لبعض المشاريع المدروسة

المهام المنجزة	نوع العنصر	خيار التنفيذ	منطقة التنفيذ	الموارد المستخدمة			الكمية المنفذة خلال إنجاز المهمة
				العمال	الآليات		
					المواد	العدد	
تركيب حديد التسليح للأساسات	حصيرة	تركيب الحديد باستخدام حديد غير مشغول	حفرة التأسيس	10 عمال	—	—	وزن حديد التسليح: 75 طن
							حديد تسليح عالي المقاومة: 75 طن
	رقبات الأعمدة و الجدران			5 عمال	—	—	وزن حديد التسليح: 7 طن
							حديد تسليح عالي المقاومة: 7 طن
شناجات	3 أيام	9 عمال	—	—	وزن حديد التسليح: 8 طن		
					حديد تسليح عالي المقاومة: 8 طن		
أرضية الطابق الأرضي	11 ساعة	6 عمال	—	—	وزن حديد التسليح: 3 طن		
					حديد تسليح عالي المقاومة: 3 طن		
تركيب القالب للهيكل	بلاطة هوردي	تركيب قالب خشبي (دف+مورين) مع تدعيم خشبي	طابق بنية فوقية	6 عمال	—	—	مساحة القالب: 420 م ²
							خشب دف: 16 م ³
							خشب مورين: 9.5 م ³
							خشب دعائم: 7 م ³
							مسامير قالب: 27 كغ

الجدول (10) تابع لجدول البيانات لبعض المشاريع المدروسة

المهام المنجزة	نوع العنصر	خيار التنفيذ	منطقة التنفيذ	الموارد المستخدمة			الكمية المنفذة خلال إنجاز المهمة
				العمال	الآليات		
					المواد	العدد	
تركيب القالب للأساسات	رقبات الأعمدة و الجدران	تركيب القالب باستخدام قوالب خشبية غير مشغولة	حفرة التأسيس	6 عمال	—	—	مساحة القالب الخشبي: 109 م ²
							خشب شوح (دف): 4 م ³
							خشب شوح (مورين): 2 م ³
تركيب القالب للأساسات	شناجات			4 عمال	—	—	مساحة القالب الخشبي: 640 م ²
							خشب شوح (دف): 13 م ³
							خشب شوح (مورين): 9 م ³
تركيب القالب للأساسات	شناجات			8 عمال	—	—	مساحة القالب الخشبي: 310 م ²
							خشب شوح (دف): 18 م ³
							خشب شوح (مورين): 11 م ³
أرضية الطابق الأرضي				2 عامل	—	—	مساحة القالب الخشبي: 38 م ²
							خشب شوح (دف): 1.5 م ³
							مسامير قالب: 1.5 كغ

صب بيتون مسلح بالقالب للهيكل	أعمدة و جدران	صب البيتون باستخدام مضخة	طابق بنية فوقية	مضخة بيتون	1	5 عمال	بيتون عيار 350كغ / م ³ : 3: 57 م ³	7 ساعات	حجم البيتون: 57 م ³
------------------------------	---------------	--------------------------	-----------------	------------	---	--------	--	---------	--------------------------------

تحليل و معالجة البيانات:

تحتاج البيانات الخام التي تم جمعها إلى تحليل و معالجة من أجل تأهيلها لتُناسب بنية المعطيات ضمن قاعدة البيانات، على سبيل المثال إن البعد المميز لمهمة تركيب القالب الخشبي هو مساحة القالب (م²) أما وحدة شراء مادة الخشب المستخدمة في إنجاز المهمة هي (م³) فكان لابد من إدخال معامل استهلاك يعبر عن مقدار استهلاك المتر المربع من مساحة القالب إلى المتر المكعب من حجم الخشب المستخدم.

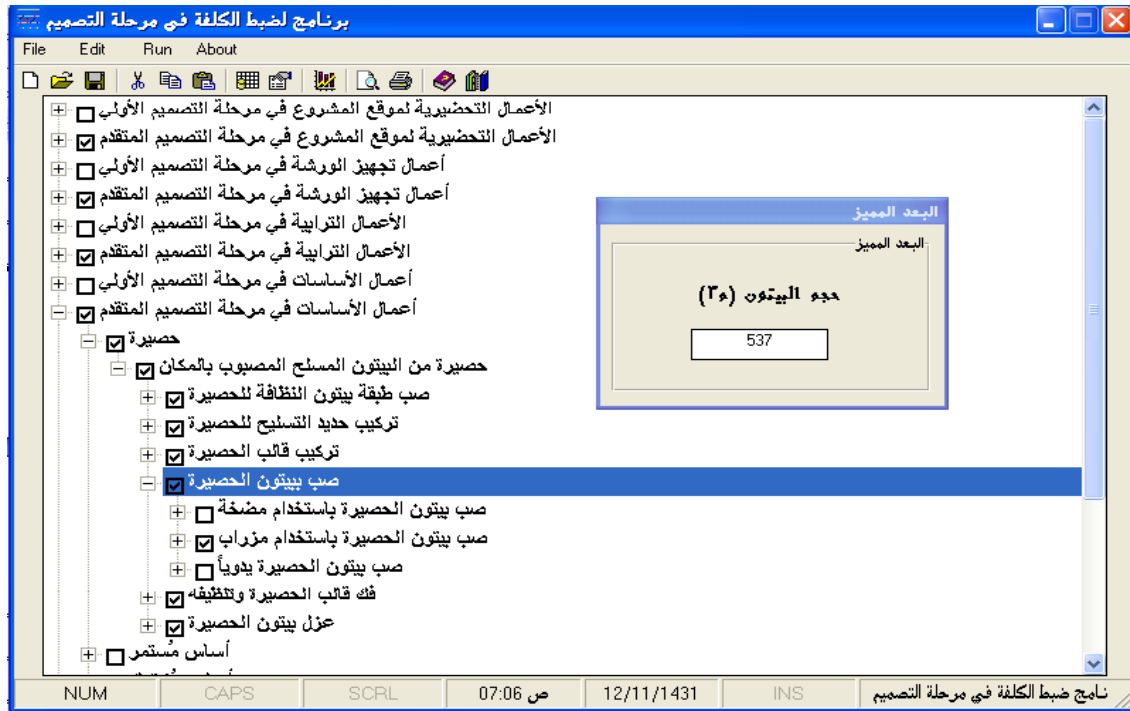
كما تم أيضاً الأخذ بعين الاعتبار لوجود تركيبات مختلفة لفريق العمل في إنجاز المهام و اعتماد الإنتاجية الوسيطة للمشاريع المدروسة بافتراض التوزيع الطبيعي لإنتاجيات فريق العمل، واعتبار يوم العمل هو 8 ساعات.

4 - برمجة قاعدة البيانات لبناء تطبيق برمجي يساعد في ضبط كلفة الأعمال الرئيسية لمشاريع الأبنية السكنية:

تم في هذه المرحلة وضع برنامج حاسوبي (تطبيق برمجي) بلغة Visual Basic لضبط الكلفة و المساعدة على التصميم و اتخاذ القرار، و ذلك من خلال محتوياته التي يزود كل منها بجزء من المعلومات المطلوبة وذلك اعتماداً على قاعدة البيانات السابقة الغنية بالمعطيات، حيث يتم ربط معادلة تابع الكلفة بالنموذج المقترح لعناصر الكلفة للحصول على الكلفة المتوقعة للمشروع المفروض في كل مرة يقوم فيها المستخدم بتغيير خياراته في خصائص مشروعه، و بذلك يستطيع المستخدم التحكم في كلفة مشروعه من خلال خياراته المختلفة في مرحلة التصميم و بالتالي القيام بعملية ضبط لكلفة مشروعه.

مثال تطبيقي للبرنامج:

يقوم المستخدم باختيار أنواع الأعمال المنفذة في مشروعه و عند اختيار مهمة محددة لأي نوع من الأعمال يطلب البرنامج من المستخدم إدخال البعد المميز لها كما هو مبين في الشكل (8).



الشكل (8) واجهة خيارات المستخدم و إدخال البعد المميز للمهمة

كما أنه عند تحديد خيار تنفيذ معين للمهمة يطلب البرنامج من المستخدم اختيار تركيبة فريق العمل كما هو

مبين في الشكل (9).



الشكل (9) واجهة خيارات المستخدم و انتقاء تركيبة فريق العمل

وعند انتهاء المستخدم من انتقاء خيارات مشروعه يقوم البرنامج بحساب الكلفة المتوقعة لكل نوع من الأعمال المحددة وفق إحدى مرحلتي التصميم، علماً أنه يتم أيضاً إدخال معلومات عامة عن المشروع من قبل المستخدم لتظهر في تقرير الكلفة النهائي كما هو مبين في الشكل (10).

تقرير الكلفة النهائي				
اسم المشروع	برج:			
المنطقة العقارية	طريق البلد			
رقم العقار	٣٩٣٥			
تاريخ رخصة البناء	٣٠٠٨ / ٤ / ١٥			
دراسة و تصميم البناء	المهندس:			
المساحة الصاقية الاجمالية	٣م ٣٧٠٠			
عدد الطوابق	١٠			
اسم المالك	السيد:			
تنفيذ البناء	السيد:			

نوع العمل	كلفة اليد العاملة	كلفة الآليات	كلفة المواد	الكلفة الكلية
الأعمال التحضيرية لمواقع المشروع في مرحلة التصميم الأولى	*	*	*	*
الأعمال التحضيرية لمواقع المشروع في مرحلة التصميم المتقدم	٢٧٩٠٠	٢٩٦٥٢	*	٦٧٥٥٢
أعمال تجهيز الورشة في مرحلة التصميم الأولى	*	*	*	*
أعمال تجهيز الورشة في مرحلة التصميم المتقدم	١٠٠٥٦	٥٢٥٥	١٤٩٥٥٠	١٦٤٨٦١
الأعمال الترابية في مرحلة التصميم الأولى	*	*	*	*
الأعمال الترابية في مرحلة التصميم المتقدم	*	١٤٥٢٦٧	١١٦٠٠٠	٢٦١٢٦٧
أعمال الأساسات في مرحلة التصميم الأولى	*	*	*	*
أعمال الأساسات في مرحلة التصميم المتقدم	٢٨٢٤٧١	٦٧٦٨	٦٢٨٧٦١٠	٦٦٧٦٨٤٩
أعمال الهيكلي في مرحلة التصميم الأولى	*	*	*	*
أعمال الهيكلي في مرحلة التصميم المتقدم	١٨٩١٠٩٤	٢٣٩٩٨٠	١٢١٩٤٧٨٠	١٤٢٢٥٨٥٤
المجموع	٢٢١١٥٢١	٤٢٦٩٢٢	١٨٧٤٧٩٤٠	٢١٤٩٦٣٨٢

الشكل (10) واجهة تقرير الكلفة النهائي

الاستنتاجات والتوصيات:

- من خلال هذا البحث تم التوصل إلى مايلي:
- اقتراح نموذج خيار التنفيذ لمهام مشاريع الأبنية السكنية ليتوافق مع النماذج الأخرى التي تم اعتمادها من أبحاث سابقة و هي: نموذج العنصر الفيزيائي، نموذج العنصر التنظيمي بالإضافة إلى النموذج الفراغي للبناء والتي تسمح بربط معلومات التصميم، التنفيذ و تنظيم المشاريع.
- تصميم هيكلية قاعدة بيانات لضبط كلفة مشاريع الأبنية السكنية من النوع العلائقي تضمنت الجداول التالية: جدول أعمال المشروع، جدول العناصر الفيزيائية، جدول العناصر التنظيمية، جدول المهام، جدول خيار التنفيذ، جدول الموارد البشرية، جدول المواد، جدول الآليات، حيث توافقت هذه الجداول مع النماذج السابقة.
- تزويد قاعدة البيانات بالمعارف التي تم جمعها من تسعة مشاريع للأبنية السكنية لتنفيذ القطاع الخاص والتي تضمنت خيارات التصميم الإنشائية و معلومات الإنتاجية لفرق العمل بالإضافة إلى طرق التنفيذ.
- بناء تطبيق برمجي لاستثمار القاعدة يُقدّم أداة تساعد المصمم في تقدير وضبط كلفة مشروعه وبالتالي مساعدته في انتقاء الخيارات الأنسب له وفق معيار الكلفة.

- كما تم تحديد مجموعة من التوصيات لتطوير هذا البحث يمكن تلخيصها بالمحاور التالية:
- توسيع الدراسة لتشمل أعمال الإكاملات لمشاريع الأبنية السكنية.
 - تحسين دقة البيانات الحقلية من خلال دراسة شريحة أكبر من مشاريع الأبنية السكنية.
 - دراسة تطبيق النمذجة المقترحة على أنواع أخرى من مشاريع الأبنية (الأبنية الخدمية،...) بغية الحصول على قواعد بيانات خاصة بكل نوع من الأبنية.
 - دراسة تأثير مخاطر التنفيذ على كلفة المشروع خلال مرحلة التصميم.

المراجع:

- 1- FLANAGAN, R.؛ TATE, B. *Cost Control in Building Design*. 1nd.ed.,Blackwell Science, U.S.A., 1997, 325.
- 2- HABRIAS , H. *Le modèle Relationnel Binaire: Méthode IA (NIAM)*. Paris, Eyrolles, 1988, 301.
- 4- IBRAHIM, A. D. *Cost Implication of Architectural Design Variables*. Thesis Master: King Fahd University of Petroleum & Minerals, k.S.A., 2003, 228.
- 5- JAGGAR, D.؛ ROSS, A.؛ SIMITH, J.؛ LOVE, P. *Building Design Cost Management*. 2nd. ed., Blackwell Science, U.S.A., 2002,210.
- 6- KANOGLU, A. *An Integrated System for Design / Build Firms to Solve Cost Estimation Problems in The Design Phase*. Architectural Science Review, Turkey, Vol. 46, No. 1, 2003, 37-50.
- 7- MORAND, D. *Liaison Entre La Conception et La Gestion de Project Bâtiments: Projecteur un Prototype Pour La Planification*, Thèse de Doctorat : Université de Savoie, Franc,1994,227.
- 8- MUSTAFA, M. *Towards Minimizing Waste in Reinforcing Steel Bars*. Thesis Master: Cairo University,Egypt,2000,126.
- 9- TAS, E.؛ YAMAN, H. *A building Cost Estimation Model Based on Significant Work packages*. Engineering Construction & Architectural Management, Turkey, Vol.12,No. 3,2005,251-263.

