مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (31) العدد (5) 2009
Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies - Engineering Sciences Series Vol. (31) No. (5) 2009

دراسة عدم التأكد في تقدير تكاليف مشاريع الأبنية في سوريا

الدكتور جمال عمران *
الدكتور بسام حسن **
رنا خربوطلي***

(تاريخ الإيداع 21 / 10 / 2009. قُبِل للنشر في 2009/12/31)

□ ملخّص □

تعاني الشركات والمؤسسات العاملة في صناعة التشييد من مشاكل عديدة ناجمة عن سوء التقدير الأولي للكلفة، مما يضطرها إلى التكليف بأعمال إضافية ضمن العقد أو تنظيم ملاحق عقود إضافية،وهذا ما يربك السياسة التمويلية للشركة، ويعرقل العمل التنظيمي في المشروع والإنجاز ضمن المواعيد المحددة .

تم اعتماد منهجية إحصائية لتقدير الكلفة الأولية للمشروع، تأخذ بعين الاعتبار المخاطر الناجمة عن انحرافات التقدير في طريقة حساب التقدير وفي محددات الكلفة، بحيث تمكننا من وضع قيم أولية للمشروع في العقد، تقترب بشكل كاف من القيم النهائية ، بالإضافة إلى تحديد الاحتياطي الواجب توافره لضمان عدم تجاوز الكلفة النهائية وبدرجة مقبولة من الدقة .

وقد تم التوصل إلى مجموعة من النماذج الرياضية التي تربط بين كلفة العمل ومحدد الكلفة، عن طريق دراسة عينة مؤلفة من 86 مدرسة شيدت بين عامي 2007-1998 اعتماداً على القواعد الإحصائية،كما تم تخفيض تأثير عدم التأكد في كل نموذج رياضي والناتج عن طريقة التقدير وعن مدخلات النموذج إحصائياً.

الكلمات المفتاحية :التقدير البارامتري ، عدم التأكد في الكلفة، التنبؤ ، كلفة التشييد ، تحليل الانحدار .

* أستاذ مساعد – قسم هندسة وإدارة التشييد – كلية الهندسة المدنية – جامعة تشرين – اللاذقية –سورية.
** أستاذ – 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.

مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (31) العدد (5) 2009
Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies - Engineering Sciences Series Vol. (31) No. (5) 2009

Uncertainty in Cost Estimating for Syrian Building Projects

Dr. Jamal Omran*
Dr. Bassam Hassan**
Rana Khrbotly***

(Received 21 / 10 / 2009. Accepted 31 / 12 / 2009)

□ ABSTRACT □

It has been observed that the local construction companies have several problems, which resulting from underestimate of initial cost ,and that force them to charge with additional works within the contract or to organize additional contract - Addendums which confuse the financing policy of the company , obstruct organization work of the project , continue working and achieve the works in the exact date .

Statistical methodology was adopted to estimate the initial cost of the project, taking into account the risk arising from deviations in the appreciation of the method of calculating the estimate and the cost driver, so we were able to put the values of an initial contract for the project in close enough to final values, as well as to determine the reserve that was required to ensure not to exceed the final cost and an acceptable degree of accuracy.

It has been reached on a set of models that reflect the relationship between cost and specific cost, by examining a sample of 86 schools were constructed between 1998-2007 and by taking advantage of statistical methods, and the analysis and reduce the impact of uncertainty in each model , which resulting from estimation method and model inputs statistically .

Keywords: Parametric Estimate, Cost Uncertainty, Prediction, Construction Cost, Regression Analysis.

* **Associate Professor ,Engineering and Construction Management Department, Faculty of Civil Engineering , Tishreen University ,Lattakia , Syria .**
** **Professor ,Engineering and Construction Management Department ,Faculty of Civil Engineering , Tishreen University ,Lattakia , Syria .**
*** **Postgraduate Student , Engineering and Construction Management Department ,Faculty of Civil Engineering , Tishreen University ,Lattakia , Syria .**

مقدمة:

هناك حاجة ملحة من قبل أصحاب المشاريع للحصول على معلومات دقيقة ومبكرة عن الكلفة ، وذلك من أجل استخدامها في تقديرات دراسات، جدوى المشروع الأولية ،وبالتالي تحديد مدى جدوى المشروع على وجه السرعة، وتسمى التقديرات في هذه الحالة بتقديرات الجدوى للمشروع ، وكذلك توجد حاجة لاستخدام هذه المعلومات عن الكلفة في إعداد الميزانيات التقديرية للمشروع وذلك بعد أخذ الدراسات الهندسية المبدئية الكافية ، وتسمى بتقديرات الميزانية للمشروع .

تدعى هذه المعلومات المبكرة عن الكلفة بالتقديرات الأولية Preliminary Estimate والتي تعرف: بأنها التنبؤ بالكلفة بناء على معرفة المعالم العامة لحجم وسعة المشروع المقترح ، وكذلك الطاقة الاستيعابية له دون وجود بيانات هندسية مفصلة [1]. وتعتبر طريقة التقدير البارامتري parametric Estimate من أكثر الطرق استخداماً في تقدير الكلفة الأولية للمشروع ،حيث يعتمد فيها المحللون على بيانات عن مشاريع سابقة وعلى الطرق الإحصائية لتطوير نماذج لتقدير الكلفة والتي تربط كلفة بند (منتج) بمتغير أو أكثر من المتغيرات المستقلة (أي محددات الكلفة)، فمثلاً تعتبر المساحة الطابقية محدداً لكلفة البناء (التشييد) وبالتالي يمكن وبالاعتماد على الطرق الإحصائية البحث عن علاقة تربط كلفة البناء(المتغير التابع y) بالمساحة الطابقية (المتغير المستقل x) ، كما يمكن ربط كلفة السيارة الشاحنة بالوزن الفارغ والوزن الإجمالي وعدد الأحصنة الخاصة بها، على اعتبارها محددات لكلفة هذه الشاحنة ، وكذلك يمكن ربط كلفة خزان الضغط مع حجم هذا الخزان .[2].

تشكل نماذج الكلفة الناتجة عن استخدام طريقة التقدير البارامتري ، أدوات مفيدة كونها تتيح للقائم بعملية التقدير، تحديد تقدير الكلفة بسهولة وسرعة ،وكذلك الحصول على التقديرات بشكل مبكر خلال عملية التصميم وقبل توفر المعلومات التفصيلية.تعتبر هذه القيمة المقدرة للكلفة والناتجة عن النموذج مقداراً غير مؤكد كونها تتأثر بدرجة كبيرة بعدة ظروف وفرضيات، كثيراً ما تتغير خلال دورة حياة المشروع ، فعندما يتم تقدير كلفة مشروع مستقبلي غالباً ما يتساءل متخذي القرار عن مايلي :

1- ماهو احتمال أن تتجاوز الكلفة الكلية مبلغاً معيناً ؟
2- ماهو مقدار الزيادة في الكلفة ؟
3- ماهي مصادر عدم التأكد ؟

يقدم تحليل عدم التأكد في نماذج الكلفة لمتخذي القرار إجابة عن الأسئلة السابقة، حيث يعرف على أنه: قياس لتأثيرات الكلفة الناجمة عن عدم التأكد الموجود في محددات الكلفة من جهة وفي طرق تقدير الكلفة من جهة أخرى[3].

وبالتالي فقد تم في هذا البحث، وبعد تطوير نماذج لتقدير الكلفة الأولية لمشاريع الأبنية المدرسية، تحليل وتخفيض تأثير حالة عدم التأكد الموجود في هذه النماذج والناتجة عن مصدرين أساسين: الأول عن عدم التأكد في المتغير التابع(الكلفة) ، والثاني عن عدم التأكد في المتغير المستقل (محدد الكلفة) ، محاولين بذلك تقديم أدوات جديدة قادرة على إعطاء تقدير منطقي لقيمة الكلفة والاحتياطي المرافق لها والواجب توافره وبدرجة مقبولة من الدقة.

أهمية البحث وأهدافه:

يقوم البحث بتطوير نماذج لتقدير كلفة مشاريع الأبنية المدرسية، بالإضافة إلى تحليل وتخفيض تأثير حالة عدم التأكد الموجود في هذه النماذج بحيث يمكن ومن خلال هذه الدراسة لعدم التأكد تحقيق مايلي :

1-المساعدة في إعداد تابع التوزيع الاحتمالي للكلفة الكلية للمشروع ،وهو مايمكن متخذي القرار من الحصول على رؤية واضحة لمساحة الدفع العظمى(المساحة العظمى للكلفة) بهدف تقليل مخاطرة المشروع.

2-تحديد كلفة المشروع واحتمال عدم التجاوز المقابل لها، وبالتالي يمكن استنتاج سياسات الدفع المطلوبة مقابل تخفيض مستوى المخاطرة.

3-ُيمكن من توليد مجموعة من التوابع الاحتمالية بهدف مقارنة تأثيرات الكلفة مع مخاطرة الكلفة وذلك من أجل بدائل مختلفة لمحددات الكلفة.

وبالتالي يساعد البحث على تقديم وسائل جيدة للاختيار بين البدائل الاستثمارية، وتقييم دراسات الجدوى الاقتصادية والمالية، بالإضافة إلى أنه يمكن مستثمري العقارات والملاك في مرحلة تخطيط المشروع من اتخاذ قرار (المضي/ عدم المضي) في المشروع، وذلك من خلال تحليلات الكلفة ونسبة الربح المتوقعة، كما أنهُ يمكن من اختيار المقاول الجاد في مرحلة العطاءات، وذلك رغم وجود عدم تأكد كبير ناتج عن النقص في الرسومات والتفاصيل المتعلقة بمواصفات المشروع.

كما يساعد البحث المقاولين في تقدير حجم العطاء بطريقة سريعة، وقبل البدء في دراسته تفصيلياً، أو قبل اتخاذ القرار في المشاركة به، تجنباً لإضاعة الجهد في الدراسة الدقيقة لمشروعات سوف تزيد قيمتها عن قدراتهم المالية.

الدراسة المرجعية للبحث:

تناولت دراسات عديدة موضوع عدم التأكد والمخاطرة في التقدير ، مستفيدة من خبرة المقدر ومن بيانات المشاريع السابقة المماثلة والتي تعرضت لانحرافات في القيم المقدرة ، لتوليد تابع التوزيع الاحتمالي للكلفة الكلية ، فقد طورت دراسة ل (Rashed ,2005) نموذجاً لتقدير كلفة المشاريع ، أخذت بعين الاعتبار تأثير المخاطر بأسلوب احتمالي ، بحيث تم من خلالها تقدير القيمة الدنيا والعظمى والأكثر احتمالاً للكلفة ، وذلك من خلال خبرة الدارس وبيانات المشاريع السابقة المماثلة ، كما استخدمت تقنية مونت كارلو لتوليد توابع التوزيع الاحتمالية ، ومن ثم قارنت النتائج مع نتائج تقدير كلفة مشاريع هندسية واقعية حسبت بطريقة نقطة التقدير ، فوجدت أن المشاريع التيُ حسبت كلفتها اعتماداً على الأسلوب الاحتمالي قد أعطت نتائج أفضل من الطريقة الاعتيادية .[4].

كذلك أظهرت دراسة ل(Reilly , 2005) أن أكثر من 80% من مشاريع القطاع العام في بوسطن تنحرف كلفتها عن القيمة التقديرية ، وذلك نتيجة سوء تقدير الكلفة والتي تعتمد على الطرق العادية في التقدير ، بالإضافة إلى عدم وجود إدارة جيدة تطبق تقنيات ضبط الجودة ، لذلك تم من خلالها تطوير نموذج قابل للتحديث يستوعب معظم المخاطر التي يمكن أن تتعرض لها هذه المشاريع ، حيث اعتبرت الدراسة أن كلفة أي نشاط هي مجموع كلفته مع كلفة الخطر الذي قد يتعرض له هذا النشاط ، ومن خلال تقنيات Excel تم توليد مئات الأرقام العشوائية ورسم المنحنيات الاحتمالية .[5].

كما بينت دراسة ل (Wang et al ,2003) أن السبب الرئيسي لازدياد كلفة المشاريع في هونغ كونغ يعود إلى التأخيرات التي قد تحدث أثناء تنفيذ المشروع ، لذلك طورت نموذجاً يستخدم تقنية مونت كارلو للتنبؤ

بانحرافات أزمنة النشاطات ، وذلك من خلال تابع توزيع تراكمي ناتج عن دراسة انحرافات أزمنة عينة مؤلفة من 110 مشاريع . [6]

أيضاً أكدت دراسة في أمريكا (Veerasak et al , 2000) على أهمية تقدير الكلفة بالأسلوب الاحتمالي ، حيث استخدمت طريقة القيمة المالية المتوقعة EMV لتقدير الكلفة ، وذلك بعد أخذ كلفة الخطر بعين الاعتبار:

$$EMV(X) = EMV(X') + CE$$

EMV(X') : القيمة المالية المتوقعة للنشاط بدون خطر ، CE : كلفة الخطر .

وقد تم تحديد قيمة CE اعتماداً على منحنٍ بياني ، يعطينا قيمة لكلفة الخطر اعتماداً على حجم الخطر الذي يحدده الدارس ، وبعد حساب هذه القيمة المالية والتي تتضمن الخطر يتم تطبيق تقنية مونت كارلو لتوليد تابع التوزيع الطبيعي لكلفة كل نشاط .[7]

عالجت الدراسات السابقة موضوع عدم التأكد والمخاطرة في التقدير اعتماداً على احتواء عدم التأكد في البيانات السابقة ، في حين سنحاول ومن خلال هذا البحث تقديم منهجية تعتمد على احتواء عدم التأكد في البيانات السابقة وفي نماذج تقدير الكلفة (أي عدم التأكد في x، y) .

طرائق البحث ومواده:

تم الحصول على البيانات الأولية من مديرية الخدمات الفنية باللاذقية، وقد تضمنت الكشوف التقديرية والفعلية والرسومات والمخططات الخاصة ب 86 مدرسة شيدت خلال الفترة الممتدة من عام 1998 إلى عام 2007حيث أجريت الدراسة الإحصائية عليها في جامعة تشرين–كلية الهندسة المدنية في الفترة بين 15/7/2008 و10/10/2009.

وذلك لتحديد النموذج الذي يربط بين كلفة العمل ومحدد الكلفة الخاص بها ، وذلك من أجل كل عنصر من عناصر بنية تقسيم الكلفة cost breakdown structure **(CBS)** ومن ثم تحليل وتخفيض تأثير حالة عدم التأكد الموجودة في كل نموذج من النماذج ، وذلك وفقاً للخطوات التالية:

1- تحديد المسألة:

إن أول خطوة في أي تحليل هندسي هي تحديد المسألة المطلوب دراستها، وهي تشمل تحديداً لأهداف ومجال البحث ، فالمسألة المحددة تحديداً صحيحاً من السهل حلها.

وبما أن تقسيم بنية كلفة العمل بغرض تقدير الكلفة يعتبر طريقة ممتازة لوصف عناصر المسألة، لذلك فقد تم في هذا البحث إجراء تقسيم لكلفة أعمال مشاريع الأبنية المدرسية(CBS) شمل على اثني عشر بنداً كلفياً :

كلفة الأعمال الترابية ، كلفة الأعمال البيتونية، كلفة أعمال التلبيس الحجري، كلفة أعمال الطينة، كلفة أعمال البلاط، كلفة أعمال المنجور، كلفة أعمال الطرش والدهان،كلفة أعمال الصحية ،كلفة أعمال عزل السطح، كلفة أعمال الكهرباء، كلفة أعمال الباحة، بالإضافة إلى كلفة أعمال العزل وفواصل التمدد.

2 - جمع البيانات:

تعتبر عملية جمع البيانات من أكثر الخطوات حرجاً في عملية تطوير نموذج الكلفة ، فبدون معلومات مفيدة تصبح تقديرات الكلفة التي يتم الحصول عليها من نماذج تقدير الكلفة دون فائدة .

ُيمكن إجراء الخطوة الأولى (تحديد المسألة) من تسهيل عملية جمع البيانات ، حيث تساعد في تنظيم المعلومات وضمان عدم إغفال أي منها ، وتعد كلف مشاريع مشابهة منفذة في الماضي أحد مصادر المعلومات ،كما

تمثل المعلومات المنشورة عن الكلفة مصدراً آخراً للمعلومات ،وبغض النظر عن المصدر ، فمن المهم أن تكون المعلومات التي لاتتعلق بالكلفة ،والتي تصف خواص النظام من الناحية الفيزيائية ومن ناحية الإنجاز متوفرة ،فمثلاً إذا كانت المساحة الكلية للبناء محدداً محتملاً للكلفة ، فمن المهم أن نعلم المساحات المرتبطة بمعلومات الكلفة .

تم في هذه الخطوة:

1-جمع بيانات شملت الكشوف التقديرية والنهائية والمخططات الخاصة بكل مدرسة من ال 86 مدرسة.

2-الاستفادة من برنامج اكسل في إعادة تنظيم الكشوف الخاصة ب 86 مدرسة ، وذلك وفقاً لبنية تقسيم كلفة العمل **CBS** المحددة في الخطوة السابقة .ولإظهار طريقة العرض يبين الجدول(2) الكلفة الفعلية لأعمال مجموعة من الأبنية المدرسية المأخوذة من عينة البحث التي شملت 86 مدرسة .

3-الاعتماد على المخططات والرسومات لحساب قيمة محددات الكلفة الخاصة بكل مدرسة والتي تضمنت المساحة الطابقية ، مساحة الجدران الخارجية، مساحة السطح ، مساحة الباحة ، عدد الطوابق وارتفاع الطابق ، وقد تم تنظيم هذه المعلومات ضمن جداول خاصة.يعتبر الجدول(1) أحد هذه الجداول والذيُ يظهر محددات الكلفة الخاصة بمجموعة جزئية من مجموعة مشاريع الأبنية المدرسية (86)والتي أجري الحساب على أساس بياناتها .

الجدول (1) : محددات الكلفة الخاصة بمجموعة من مشاريع الأبنية المدرسية .

المدرسة	المساحة الطابقية(m^2)	مساحة الجدران الخارجية(m^2)	مساحة السطح(m^2)	مساحة الباحة(m^2)	عدد الطوابق	ارتفاع الطابق
ضهر بركات	633.46	486.9	289.68	2800	2	3.3
مدرسة حي العمارة بجبلة	1974.92	1583.05	901.7	1950	2	3.3
مطيع إبراهيم/بكراما	518.6	622.56	228.08	2180	2	3.3
القرامة 2002/4/13	521.92	601.86	228.08	750	2	3.3
المولد 2002/6/15	436.98	566.01	192.4	750	2	3.3
قنينص_الكتلة 4_	1974.92	1583.05	901.7	4235	2	3.3
ضاحية جبلة	1658.65	1679.38	513.01	3980	3	3.3
مدرسة الدلبيات	378.07	194.65	182.34	700	2	3.2
برابشبو	494.98	616.6	221.28	350	2	3.3

3 – تعديل البيانات قياسياً :

تتضمن هذه الخطوة وضع جميع السجلات الفردية لقاعدة البيانات في نفس الفترة الزمنية ، وتعتبر هذه الخطوة هامة ويجب القيام بها قبل إجراء عملية تحليل لهذه البيانات .

تم إجراء عملية تعديل البيانات قياسياً وذلك بالاعتماد على برنامج اكسل ،وعلى جدول تحليل الأسعار المعدل في الشهر الخامس عام 2008 والصادر عن مديرية الخدمات الفنية بمحافظة اللاذقية ،وقد تم وضع هذه البيانات المعدلة الخاصة ب86 مدرسة ضمن جداول خاصة .حيث يبين الجدول (3) البيانات المعدلة الخاصة ببعض من مدارس عينة البحث ال86والتي أجري الحساب على أساس بياناتها .

الجدول (2) الكلف الفعلية لأعمال مجموعة من الأبنية المدرسية المأخوذة من عينة البحث

المدرسة	كلفة الأعمال الترابية	كلفة الأعمال البيتونية	كلفة أعمال التلبيس الحجري	كلفة أعمال الطينة	كلفة أعمال البلاط	كلفة أعمال المنجور	كلفة أعمال الطرش والدهان	كلفة أعمال الصحية	كلفة أعمال عزل السطح	كلفة أعمال الكهرباء	كلفة أعمال الباحة	كلفة أعمال العزل وفواصل التمدد
روسة الحجل	386943.4	3452673.6	644042.5	339777.9	296518.05	688763	65367	94724	60950	131200	147922.75	
ابي العلاء المعري	1301195	8107697.6	1685664.8	810090	1274643.2	2566005	303795	167968.9	123868.8	497944.5	298297.2	
تجمع قنينص-الكتلة 3-	2576500	28262895	3887000	1394700	1813100	3682300	565500	643600	320850	590526	2043750	353000
مدرسة قنينص /التعليم الأساسي	650550	6158824.5	792290.65	584030	722640	1154915.8	219932.3	149329	214027.5	262335	573058.4	215726.75
قنينص الكتلة -5_	2240085.3	27764007	3756588.8	1418565.2	1807700	3518863	570081.97	654682.5	328677.5	632413.5	1881577	402721.5
مشروع العاشر	2741817	11544540	1624904	897741.8	1037769	2280986	340627.7	270560	204591.2	439305	1377852.8	198159.6
الزرود	143526	1702730.7	425010	163620	196134.75	558580.5	46620	73242.5	53869.2	93136.5	135530	31364
مدرسة للتعليم الأساسي في غنيري	916527.8	10450970		898604	874938.3	1617785.9	267521.98	265586.5	193647.7	408720.8	932144	244284
دعتور دمسرخو /تعليم ثانوي	1866006.6	18944746	1824896.9	1308320.7	1363148.4	2848816.6	477807.22	537123.25	328962.7	671084.6	1085747.6	401584
مدرسة عين البيضا/	846010.45	7902686.5		528818.4	432269	1119184	104364.75	150675	121647.5	144505	566080.8	45353.1
رفعت دحو /تعليم أساسي	463539.5	7717545.5	680402.8	653484.15	847792	1666133	245046.2	296683	283530	316084	997960	184866.1
مدرسة ثانوية في الرمل الجنوبي	2667416.3	9989555.5	1080533.5	861175.8	668263	1370543	303399.6	244052.5	244340	340110	807569.2	181092.1
مدرسة عبد الرحمن الغافقي	466622.55	7962038.5	1228422.5	662734.8	975147	1828132	313030.35	180742	188881	378835	502628.85	225089.15

الجدول (3) البيانات المعدلة الخاصة ببعض من مدارس عينة البحث .

مدرسة في ستمرخو	1648400	16999750	1453190	1074350	1077260	2195060	458000	363685	333750	531242	1903460	154822.5
مدرسة ابتدائية في كفر دلبة	1230456	4931210	620500.5	401517.2	361830.5	1091265	157945.2	225252	85738.15	240197	1310675	47658
مدرسة ابتدائية في الكبير	801555.3	4777089	628245.8	370345	665697.4	1134243	154337.8	149825	87264.5	215857.5	75611	60282.3
مدرسة الضاهرية	526825	5955459.8	773975.2	425629.45	382404	982370.75	184150.2	170460	115370.7	209523	728744.7	49652.2
مدرسة دير دوما	1719170	4937603	770439.6	469630	396559.1	1223249	198440	158564	91305.1	204371	395350	44785
ملحق حرف متور	1155280	6373157	777265	365660	421778.8	1160143	164860	191853	96565	219379	620265	62530
مدرسة ابتدائية تجمع عين العروس	424881.7	4802645.3	703452	430222.85	417006.95	1167008.8	172496	241658	79263.4	242069	394944.65	69949.1
مرينو	324327	4684738.1	688235	372356	475365	964265	146016	103750	96031	199029	420749	31772
مدرسة الدفلة	162730	4278175	600270	381095	395715	1794410	148720	90265	118370	228952	32960	
بدميون	773583.5	8452783.3	195445.75	524275.2	925757.4	1642149.6	304920	244340	151929.05	322700	152811	230377.7
مدرسه المتركية	1199555	9460528.1	298450.1	527436.3	964746.25	1481085.8	287521	451917	131658.8	341942	825897.75	300242.65
نبيل حلوم	1596274.1	13274210	1419905.8	904123.55	1053620	2217407.4	445798.2	469150	231199.15	464678	906485.4	405405

4- تطوير نموذج لتقدير الكلفة :

تهتم هذه الخطوة بتحديد التبعية المتبادلة بين المتغيرات لاستخدامها في النموذج ، ومن ثم تطوير نماذج لتقدير الكلفة والتي تتم عادة من خلال تطبيق تحليل الانحدار على مشاريع سابقة ، حيث تعتبر طريقة تحليل الانحدار طريقة جيدة لتحديد العلاقة بين كلفة العمل ومحدد الكلفة الخاص بها، واختيار الشكل الرياضي الأمثل للنموذج .

تم في هذا البحث إتباع منهجية التحليل التالية :

1- افتراض أن نموذج الانحدار يأخذ الشكل الخطي بمعنى أن : $y_i = \beta_0 + \beta_1 x_i$

y_i : كلفة العمل (مثلاً كلفة أعمال البلاط)

x_i : محدد كلفة العمل رقم i (i=1,2,3,……..12) ويطلق عليه المتغير المفسر أو المتنبأ منه .

β_0 : ثابت يعبر عن الجزء المقطوع (intercept) من المحور الرأسي ، وهو عبارة عن قيمة متوسط متغير التابع عندما x_i =0

β_1 : هو ميل الخط المستقيم ، ويعبر عن مقدار التغير في كلفة العمل ، إذا حدث تغير في محدد الكلفة بوحدة واحدة ، ويطلق عليه أيضاً معامل الانحدار ، ونوع إشارته تدل على ما إذا كان هناك تأثير طردي أو عكسي لمحدد الكلفة على كلفة العمل

2- استخدام طريقة المربعات الصغرى Ordinary Least Squares (OLS) في تقدير معالم النموذج β_1 ، β_0 ومن ثم تقدير النموذج $\hat{y}_i = \hat{\beta}_0 + \hat{\beta}_1 x_i$

3- استخدام الإحصاء الاستدلالي في اختبار مدى صلاحية النموذج في تمثيل العلاقة بين كلفة العمل ومحدد كلفة العمل الخاص بها ، وكذلك في اختبار معنوية معاملات النموذج .

فمن أجل اختبار صلاحية النموذج ، تم الاعتماد على قيمة معامل التحديد المصحح Adjusted R^2 ، وهو يعبر عن مدى قوة العلاقة بين القيم المقدرة والقيم الفعلية ، أي مدى جودة تمثيل النموذج للبيانات فإذا كان هذا المعامل كبيراً دل ذلك على جودة النموذج ،لأن معنى ذلك أن محدد الكلفة يشرح أو يفسر نسبة كبيرة من التغيرات الكلية التي تحدث في كلفة العمل .

أما من أجل اختبار معنوية معاملات النموذج، فقد تم اعتماد معيار القرار التالي :

$P-Value \leq 0.05$ يتم رفض الفرض الصفري

$P-Value \succ 0.05$ يتم قبول الفرض الصفري

لابد من الإشارة هنا إلى أن القاعدة التي يتم على أساسها اختيار متغيرات النموذج يجب أن لاتعتمد فقط على المنطق الإحصائي ، بل لابد من أخذ المسائل المنطقية والنظرية بعين الاعتبار[8] .

تم تطبيق الخطوات السابقة وذلك باعتماد البرنامج الإحصائي spss باعتباره برنامجاً متخصصاً وسباقاً في هذا المجال[9].حيث تم إدخال مجموعة البيانات الخاصة بكلفة أعمال 70 مدرسة مع بيانات محدد الكلفة الخاص بكل كلفة عمل إلى هذا البرنامج ، وعلى اعتبار أن قيمة كلفة العمل تأخذ القيمة صفر عندما تكون قيمة محدد الكلفة معدومة، لذلك فقد تم اعتماد النموذج الخطي البسيط المار من المبدأ ، وهذا ما يمكن تحقيقه من خلال برنامج spss وذلك بجعل قيمة الثابت β_0 في النموذج معدومة ،ومن ثم تم الحصول على القياسات الإحصائية الخاصة بكل نموذج من النماذج Adjusted R^2 ، P-Value أو Sig .

فمثلاً من أجل أعمال البلاط ، تم إدخال البيانات الخاصة بكلفة أعمال البلاط مع بيانات المساحة الطابقية

المرافقة لها على اعتبارها محدداً لكلفة أعمال البلاط ، وبالنقر على قائمة Analyze ثم الأمر Regression والخيار Curve Estimation تم الحصول على المخرجات الموضحة في الشكل(1) والخاصة بمجموعة بيانات كلفة أعمال البلاط والمساحة الطابقية ، حيث نستطيع ومن خلال جدول Model Summary الحصول على قيمة R^2Adjusted(Adjusted R^2 = 0.951)، أما قيمة P-Value الخاصة بالنموذج فيمكننا معرفتها من الخانة Sig الموجودة في جدول ANOVA (P-Value=0.000)،بينما يمكننا الحصول علىP-Value لمعاملات النموذج من الخانة Sig الموجودة في جدول Coefficients (P-Value=0.000) .

أما الجزء الأخير من الشكل (1) فيبين وجود ترابط إحصائي بين المساحة الطابقية وكلفة أعمال البلاط ، فالبيانات في هذا الشكل متدفقة في مجرى حول الخط المستقيم، وهذا مايدل على وجود علاقة خطية واضحة بين المتغيرين، وعلى اعتبار أن ميل هذا الخط المستقيم موجب فالعلاقة طردية بينهما ، وهي علاقة خطية قوية نتيجة قرب البيانات من الخط المستقيم .

Linear

Model Summary(a)

Std. Error of the Estimate	Adjusted R Square	R Square	R
239402.411	.951	.952	.976

The independent variable is المساحة الطابقية .

a The equation was estimated without the constant term.

ANOVA(a)

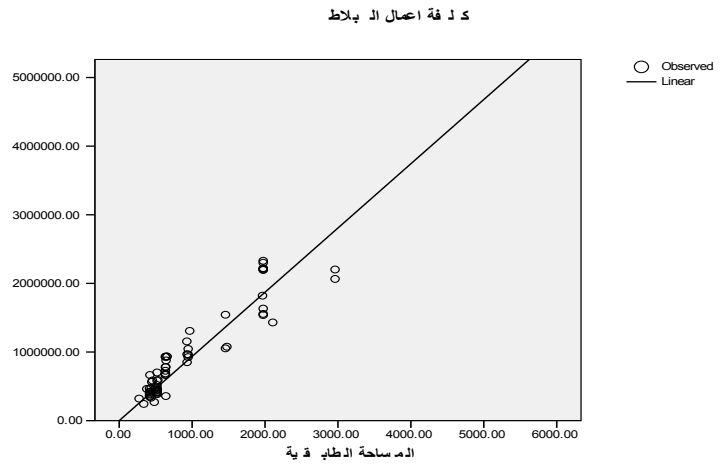
Sig.	F	Mean Square	df	Sum of Squares	
.000	1306.102	74857286545967.000	1	74857286545967.000	Regression
		57313514437.567	66	3782691952879.389	Residual
			67	78639978498846.300	Total

The independent variable is المساحة الطابقية

a The equation was estimated without the constant term.

Coefficients

Sig.	t	Standardized Coefficients	Unstandardized Coefficients		
Std. Error	B	Beta	Std. Error	B	
.000	36.140	.976	25.892	935.734	المساحة الطابقية



الشكل (1) : مخرجات التحليل باعتماد البرنامج الإحصائي spss والخاصة بكلفة أعمال البلاط

يبين الجدول (4) النماذج الناتجة عن البرنامج الإحصائي spss والتي تربط كلفة العمل بمحدد كلفة العمل ، وذلك من أجل كل عنصر من عناصر **CBS** .

الجدول(4) : النماذج الخاصة بكلفة أعمال مشاريع الأبنية المدرسية

المتغير التابع y (Sy.p)	**المتغير المستقل x محدد الكلفة(m^2)**	**معادلة الانحدار $y=\beta_1 x$**
كلفة الأعمال الترابية	المساحة الطابقية	$y=1510.037x$
كلفة الأعمال البيتونية	المساحة الطابقية	$y=11565.76x$
كلفة أعمال التلبيس الحجري	مساحة الجدران الخارجية	$y=1618.372x$
كلفة أعمال الطينة	مساحة الجدران الخارجية	$y=934.585x$
كلفة أعمال البلاط	المساحة الطابقية	$y=935.734x$
كلفة أعمال المنجور	مساحة الجدران الخارجية	$y=2324.619x$
كلفة أعمال الطرش والدهان	مساحة الجدران الخارجية	$y=413.546x$
كلفة أعمال الصحية	المساحة الطابقية	$y=343.688x$
كلفة أعمال عزل السطح	مساحة السطح	$y=518.397x$
كلفة أعمال الكهرباء	المساحة الطابقية	$y=391.233x$
كلفة أعمال الباحة	مساحة الباحة	$y=462.117x$
كلفة أعمال العزل وفواصل التمدد	المساحة الطابقية	$y=290.422x$

يتوقع عادة من التقديرات الأولية درجة دقة تتراوح بين ∓ 25 % من الكلفة الفعلية[1] ، ولاختبار مدى جودة النماذج المقترحة في تقدير الكلفة الأولية ، كان لابد من أخذ عينة اختبار من مشاريع واقعية . ولأجل ذلك وأثناء عملية جمع البيانات اخترنا عينة عشوائية مكونة من الـ 16 مدرسة المتبقية ،والموضحة في الجدول(5) والتي لم ندخلها أثناء بناء النماذج ، فكانت النتائج الموضحة في الجدول (6) ، والذي يظهر جودة النماذج المقترحة في تقدير الكلفة الأولية لعينة الاختبار.

الجدول (5) : محددات الكلفة الخاصة بعينة الاختبار

المدرسة	المساحة الطابقية m^2	مساحة الجدران الخارجية m^2	مساحة السطح m^2	مساحة الباحة m^2
الدرة	415	483.1	182	700
السنقالين	519	622.6	228.1	2325
خربة السنديان	421.1	525.1	182.3	770
الجويز	415	483.1	182	700
قنينص الكتلة 2	1975	1583.1	902	5513
بعبده	336.3	385.9	292.3	–
البصة	945.8	874.6	292.3	1958
الكتلة الشرقية في مدينة	1974.9	1583.1	901.7	4900
قبو سوكاس	639.6	612.8	292.3	2000
جوب ياشوط	513	601.9	228.1	750
برج اسلام	930.6	785.4	428.4	2650
ياسنس	456	601	228.1	1000
عين عيسى	456.2	388.9	228.1	900
وطي الخان	519	614	228.1	1500
رأس العين	927	873	285	4500
الكوم	456	601	228.1	1200

الجدول (6) : درجة دقة التقدير الأولي للكلفة الكلية لعينة الاختبار

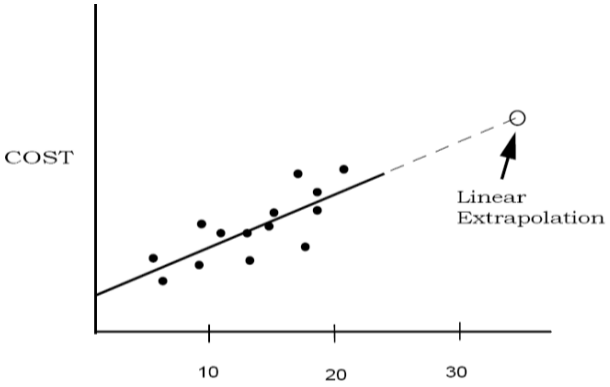
المدرسة	الكلفة التقديرية(SY.P)	الكلفة الفعلية(SY.P)	درجة الدقة% ∓
الدرة	9214274	10111309	8.8
السنقالين	12291059	14930648	17.6
خربة السنديان	9560730	9966378	4
الجويز	9214274	9920923	7.1
قنينص الكتلة 2	41089447	56222735	26.9
بعبده	7152603	5990874	19.4
البصة	18490425	20036727	7.7
الكتلة الشرقية	40804510	46436920	12.1
قبو سوكاس	13935746	14119595	1.3
جوب ياشوط	10240392	8968885	14.2
برج اسلام	19595653	17896583	9.4

ياسنس	10484710	8617319	21.6
عين عيسى	8571569	8384676	3.6
وطي الخان	10719899	10422419	2.8
رأس العين	20785601	18840280	10.3
الكوم	10709566	9010247	18.8

يمكن أن نلاحظ من خلال الجدول(6) أن النماذج المقترحة لتقدير الكلفة الأولية ، قد أعطت نتائج جيدة ضمن درجة دقة ∓ 25 % باستثناء مدرسة قنينص الكتلة (2) ، وهذا مايؤكد على ضرورة عدم ربط الكلفة المقدرة بقيمة محددة وبالتالي ضرورة تقدير الاحتياطي المرافق لها والواجب توافره وبدرجة مقبولة من الدقة (أي أهمية دراسة وتحليل عدم التأكد في النموذج) .

5- وضع حدود النموذج :

يتم إعداد النموذج عادة من خلال مجموعة محددة من البيانات ، ويعتبر هذا النموذج صحيح من أجل مجال البيانات المستخدمة ،وبالتالي استخدام النموذج لإجراء عملية الاستقراء extrapolation لابد أن يتم بحذر شديد خارج مجال البيانات .فنحن لانعلم هل سيحافظ خط الانحدار على مساره خارج مجال البيانات أم أنه سيأخذ منحى آخر .



الشكل (2) : الاستقراء خارج مجال البيانات [10]

يوضح الجدول(6) مجال البيانات الخاص بكل نموذج ، والذي يعتبر النموذج صحيح من أجله .

الجدول (6) : مجال البيانات الخاص بنماذج عناصرCBS

المتغير التابع y (SY.P)	المتغير المستقل x محدد الكلفة (m^2)	معادلة الانحدار $y=\beta_1 x$	مجال البيانات(m^2) [x1,x2]
كلفة الأعمال الترابية	المساحة الطابقية	$y=1510.037x$	[273-1975]
كلفة الأعمال البيتونية	المساحة الطابقية	$y=1156.576x$	[273 -1975]
كلفة أعمال التلبيس الحجري	مساحة الجدران الخارجية	$y=1618.372x$	[195-2152]
كلفة أعمال الطينة	مساحة الجدران الخارجية	$y=934.585x$	[195-2152]
كلفة أعمال البلاط	المساحة الطابقية	$y=935.734x$	[273-1975]
كلفة أعمال المنجور	مساحة الجدران الخارجية	$y=2324.619x$	[195-2152]

كلفة أعمال الطرش والدهان	مساحة الجدران الخارجية	$y = 413.546x$	[195-2152]
كلفة أعمال الصحية	المساحة الطابقية	$y = 343.688x$	[273-1975]
كلفة أعمال عزل السطح	مساحة السطح	$y = 518.397x$	[182 -902]
كلفة أعمال الكهرباء	المساحة الطابقية	$y = 391.233x$	[273-1975]
كلفة أعمال الباحة	مساحة الباحة	$y = 462.117x$	[350-5513]
كلفة أعمال العزل وفواصل التمدد	المساحة الطابقية	$y = 290.422x$	[273 -1975]

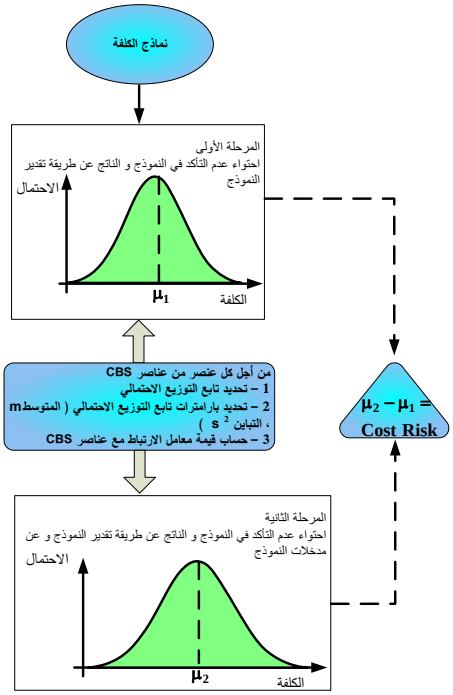
6- تحليل عدم التأكد في نموذج الكلفة :

بما أن تحليل عدم التأكد في الكلفة يشمل مصدرين أساسيين:

1-عدم التأكد في طريقة تقدير النموذج (عدم التأكد في قيمة y)

2 -عدم التأكد في مدخلات النموذج (عدم التأكد في قيمة x)

لذلك فقد تم في البحث إتباع المراحل الموضحة في الشكل (3) من أجل تحليل عدم التأكد في النموذج ، ومن ثم تم تطبيقها على 16 عينة من مشاريع الأبنية المدرسية المنفذة في محافظة اللاذقية ، وذلك بهدف الوصول إلى تابع التوزيع الاحتمالي الخاص بكل مدرسة ، وبالتالي الحصول على تقدير منطقي لقيمة الكلفة الكلية والاحتياطي الواجب توافره وبدرجة مقبولة من الدقة .



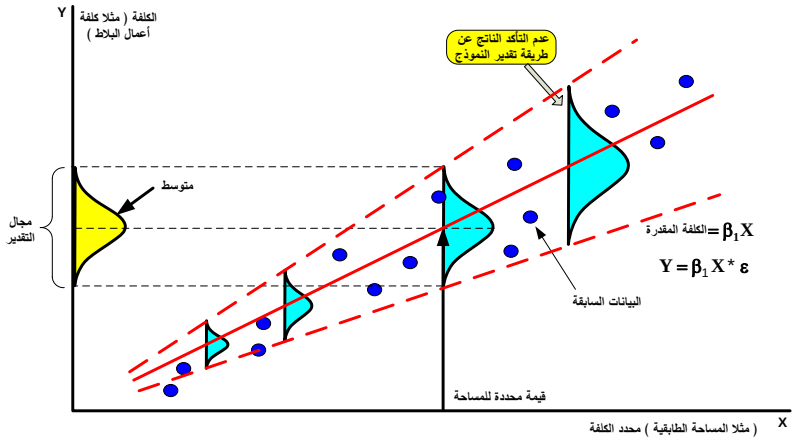
الشكل (3) : عمليات تقدير عدم التأكد والمخاطرة في الكلفة .

حيث تم في المرحلة الأولى من البحث تقدير تابع التوزيع الاحتمالي للكلفة الكلية للمشروع ، وذلك بعد تخفيض عدم التأكد في نماذج عناصر CBS والناتج عن طريقة تقدير النموذج فقط(أي الناتج عن عدم التأكد في y)، حيث اعتبرت قيم x في هذه المرحلة قيماً ثابتة.

بينما تم في المرحلة الثانية تقدير تابع التوزيع الاحتمالي للكلفة الكلية للمشروع ، وذلك بعد تخفيض عدم التأكد في النموذج والناتج عن مصدرين، الأول طريقة تقدير النموذج والثاني مدخلات النموذج (أي عدم التأكد في قيمة كل من x ، y)، حيث تم تمثيل x (محدد الكلفة) في هذه المرحلة كتابع توزيع احتمالي بدلاً من قيمة ثابتة ، وأخيرًا فقد تم التعبير عن الفرق بين قيمتي متوسطي تابعي التوزيع الاحتمالي للكلفة الكلية للمشروع والناتجين عن المرحلة الأولى والثانية بمخاطرة الكلفة Cost Risk .

1-6-المرحلة الأولى :

يوضح الشكل (4) عملية احتواء عدم التأكد في نموذج الكلفة والناتج عن طريقة تقدير النموذج،حيث اعتبرت قيم مدخلات النموذج (المساحة الطابقية ، مساحة الجدران الخارجية، مساحة السطح ، مساحة الباحة) في هذه المرحلة قيماً ثابتة .



الشكل(4)المرحلة الأولى: تقدير عدم التأكد في نموذج الكلفة والناتج عن طريقة تقدير النموذج

ينشأ عدم التأكد في نموذج تقدير الكلفة :($y=\beta_1 x\varepsilon$ ، y : كلفة العمل ، x : محدد الكلفة ، ε : الخطأ العشوائي في التقدير Random Error)[11] ، من كون إعداد النموذج يتطلب بيانات عن مشاريع سابقة، وبالتالي، هناك عدم تأكد مرتبط بمدى جودة توفيق هذا النموذج للبيانات ، فهذه البيانات لن تقع جميعها على خط الانحدار، بل قد تقع أعلى أو أسفل القيمة المقدرة وهو مايمكن قياسه من خلال المقدار $\hat{y}(\sigma-1)$ والذي يعبر عن الفرق بين القيمة الفعلية والمقدرة .

$\hat{y}$: القيمة المقدرة لكلفة العمل .

σ : الانحراف المعياري في التقدير ، ويمكن حسابه من العلاقة التالية :

$$\sigma=\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}\varepsilon_i^{\,2}}{n-2}}$$

ε_i :الخطأ العشوائي في التقدير . n : عدد المشاهدات المتاحة من قيم المتغيرين $(x_i\,،y_i)$

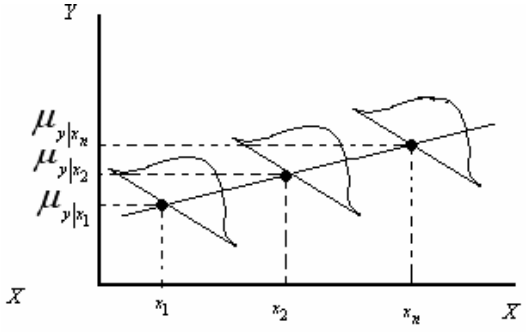
وكما هو واضح فقد تم في البحث مضاعفة الخطأ العشوائي في التقدير ، نتيجة كون فرضية إضافة الخطأ العشوائي كمقدار ثابت إلى النموذج هو أمر غير منطقي ، عادة مايشكل مشكلة تزعج الكثير من المحللين.

وبما أن نموذج تحليل الانحدار الخطي البسيط يستند إلى الافتراضات التالية :

1- إن الأخطاء العشوائية ε_i , (i=1,2,……,n) مستقلة، وكل منها لها توزيع طبيعي متوسطه صفر ،وتباينه σ^2 أي أن : ε_i ~N$(0,\sigma^2)$

2- إن كل مشاهدة من المشاهدات التابعة y_i عند القيمة المحددة xi ،(i=1,2,……,n) لها توزيع طبيعي، متوسطه هو الخط المستقيم $\hat{y}_i = \hat{\beta}_0 + \hat{\beta}_1 x_i$ ، وتباينه هو تباين الخطأ العشوائي أي أن :

$$\hat{y} \sim N(\beta 0 + \beta 1 X_i \ ، \sigma^2)$$



الشكل (5) : التوزيع الطبيعي لقيم $\hat{y}$ حول خط الانحدار[12]

3 – إن المتغير المستقل x_i ، مستقل عن الخطأ العشوائي ε_i .

لذلك فقد تم تقدير عدم التأكد في النموذج $y = \beta_1 x \varepsilon$ والناتج عن قيمة y بإتباع الخطوات التالية :

1 – تم توليد تابع توزيع طبيعي متوسطه μ هو القيمة المقدرة لy $(y = \beta_1 x)$ ، وذلك بعد تعويض قيمة x بالقيمة المحددة في بداية عملية التقدير، وتباينه $\hat{y}^2(\sigma - 1)^2$ ، وذلك اعتماداً على الفرضية الثانية.

2 – تم تكرار عملية تقدير عدم التأكد من أجل جميع عناصر **CBS**، بحيث تم الحصول على 12 تابع توزيع احتمالياً. أي أن :

$$\hat{y}_i \sim N(\mu_i, \sigma_i^2) \quad \hat{y}_i \sim \ ; \qquad \text{i=1,2….12} \quad (\beta_1 x \ , \hat{y}^2{}_i(\sigma - 1)^2)\text{N} \ ;$$

3- تحديد البارامترات الخاصة بكل تابع توزيع احتمالي، والتي تضم كلاً من المتوسط Mean ، والتباين

4 – حساب مصفوفة الارتباط بين عناصر **CBS** .

5 – توليد تابع التوزيع الاحتمالي للكلفة الكلية وذلك بالاعتماد على النظريتين التاليتين :

النظرية الأولى :

إذا كان لدينا $y = a_1 x_1 + a_2 x_2 + \ldots\ldots\ldots + a_n x_n$

حيث : $x_1, x_2 \ldots\ldots x_n$ متغيرات عشوائية

فإن $E(y) = a_1 E(x_1) + a_2 E(x_2) + \ldots\ldots\ldots + a_n E(x_n)$

أي أن القيمة المتوقعة لمجموع متغيرات عشوائية تساوي إلى مجموع القيم المتوقعة لهذه المتغيرات العشوائية[3]

.

النظرية الثانية :

إذا كان لدينا $y = a_1 x_1 + a_2 x_2 + \ldots\ldots\ldots + a_n x_n$

$$Var(y)=\sum_{i=1}^{n}a^2{}_iVar(x_i)+2\sum_{i=1}^{n-1}\sum_{j=i+1}^{n}a_ia_j\rho_{x_i,x_j}\sigma_{x_i}\sigma_{x_j}$$ فإن

إن تباين مجموع متغيرات عشوائية يساوي إلى مجموع التباينات الفردية الخاصة بهذه المتغيرات، مضافاً إليها مجموع قيم التغاير بينها وذلك إذا كانت هذه المتغيرات مرتبطة فيما بينها .أما إذا كانت المتغيرات العشوائية $x_1,x_2,.....x_n$ مستقلة ، فإن تباين المجموع يساوي مجموع التباينات الفردية للمتغيرات العشوائية أي:

$$Var(y)=a^2{}_1Var(x_1)+a^2{}_2Var(x_2)+.....+a^2{}_nVar(x_n)$$

وبما أن كلفة المشروع المدرسي تساوي إلى مجموع عناصر **CBS** أي :

$$\text{Cost}=x_1+x_2+.....+x_{12}$$

فحسب النظرية الأولى :

$$E(Cost)=E(x_1)+E(x_2)+.....+E(x_{12})$$

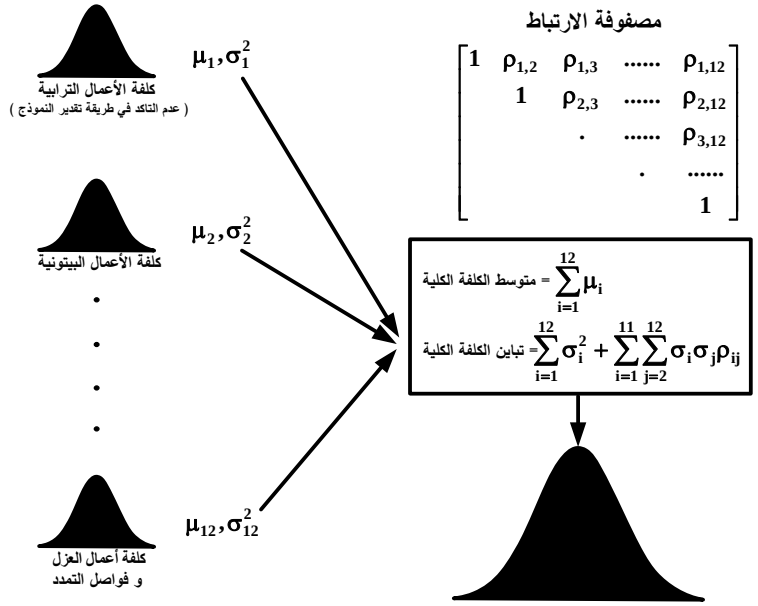
فإذا كانت $x_1,x_2,.....x_{12}$ مستقلة فإن :

$$Var(Cost)=Var(x_1)+Var(x_2)+.....+Var(x_{12})$$

أما إذا كانت $x_1,x_2,.....x_{12}$ مرتبطة فإن :

$$Var(Cost)=\sum_{i=1}^{12}Var(x_i)+2\sum_{i=1}^{11}\sum_{j=i+1}^{12}\rho_{x_i,x_j}\sigma_{x_i}\sigma_{x_j}\quad .\ [3]$$

يبين الشكل(6) الخطوات المتبعة لتقدير تابع التوزيع الاحتمالي للكلفة الكلية ، وذلك بعد تخفيض عدم التأكد في نماذج عناصر **CBS** والناتج عن طريقة تقدير النموذج فقط .



الشكل(6): الخطوات المتبعة لتقدير تابع التوزيع الاحتمالي للكلفة الكلية للمشروع، وذلك بعد تخفيف عدم التأكد في نماذج عناصر CBS والناتجة عن طريقة تقدير النموذج .

6-2-المرحلة الثانية :

تم في هذه المرحلة التعبير عن محدد الكلفة كتابع توزيع احتمالي بدلاً من قيمة ثابتة ، وذلك على اعتبار أننا في المراحل الأولية للتصميم، وأن قيم محددات الكلفة (المساحات) المقدرة قبل تنفيذ المشروع هي قيم غير دقيقة قد تزيد

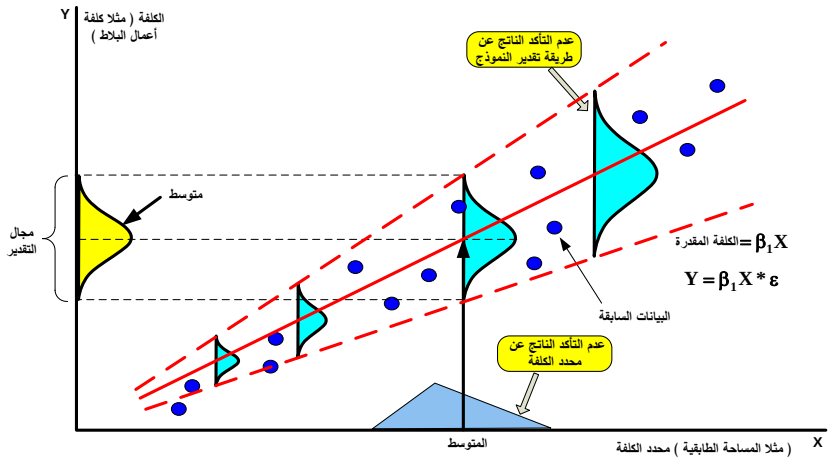
أو تنقص عن القيمة المنفذة فعلياً بعد انتهاء المشروع .

وقد تم اختيار تابع التوزيع المثلثي لتمثيل محدد الكلفة، نظراً لسهولة استخدامه ، حيث اعتبرت القيمة المقدرة في بداية التصميم هي القيمة الأكثر احتمالاً ، بينما اعتبرت قيمة الحد الأدنى أقل بمقدار 5% من القيمة المقدرة وقيمة الحد الأعلى أكبر بمقدار 10% من القيمة المقدرة في بداية التصميم(تم استقراء هذه النسب بدوافع انحراف تكاليف المشاريع عن القيم المخططة–على أن يكون هذا الانحراف مقيداً) .

تم احتواء عدم التأكد في نموذج الكلفة، والناتج عن طريقة تقدير النموذج وعن مدخلات النموذج بطريقتين :

1– الطريقة الأولى :

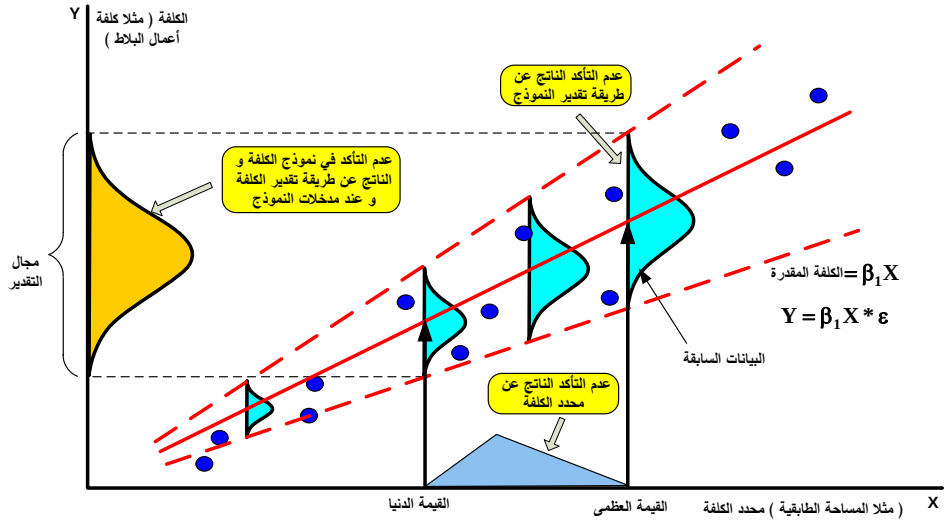
يوضح الشكل (7) الطريقة الأولى لعملية احتواء عدم التأكد في نموذج تقدير الكلفة ، حيث تم اعتبار قيمة متوسط مجال قيم محدد الكلفة، هي القيمة المتوقعة لمحدد الكلفة، بدلاً من القيمة المقدرة في بداية التصميم.



الشكل(7) المرحلة الثانية (الطريقة الأولى) تقدير عدم التأكد في نموذج الكلفة والناتج عن طريقة تقدير النموذج وعن مدخلات النموذج

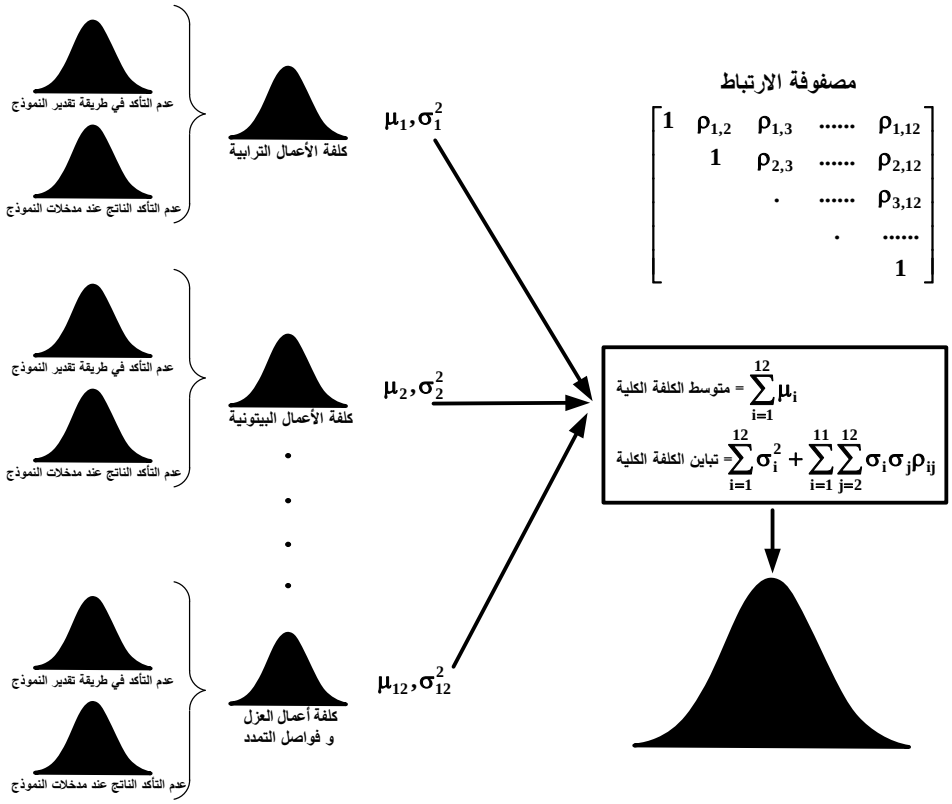
2– الطريقة الثانية :

يبين الشكل (8) الطريقة الثانية لعملية احتواء عدم التأكد في نموذج الكلفة ، والتي تم من خلالها تشكيل أكبر مجال ممكن للتقدير ، وذلك بالاعتماد على الحدود الطرفية لتابعي التوزيع الاحتماليين للقيمة الدنيا والعظمى لمجال قيم محدد الكلفة x (من أجل كل قيمة من قيم مجال محدد الكلفة x يمكن توليد تابع توزيع احتمالي) .



الشكل(8) المرحلة الثانية (الطريقة الثانية) تقدير عدم التأكد في نموذج الكلفة والناتج عن طريقة تقدير النموذج وعن مدخلات النموذج

تم اتباع الخطوات المبينة في الشكل (9) لتقدير تابع التوزيع الاحتمالي للكلفة الكلية ، وذلك بعد تخفيض عدم التأكد في نماذج عناصر **CBS** والناتج عن طريقة تقدير النموذج وعن مدخلات النموذج .



الشكل (9): الخطوات المتبعة لتقدير تابع التوزيع الاحتمالي للكلفة الكلية
(وذلك بعد تخفيض عدم التأكد في الكلفة الكلية والناتج عن طريقة تقدير النموذج وعن مدخلات النموذج)

النتائج والمناقشة:

تم تطبيق المنهجية السابقة لتحليل عدم التأكد في نموذج الكلفة على العينة التجريبية (16 مدرسة) وذلك باستخدام برنامج Excel فحصلنا على النتائج الموضحة في الجدول (7) .

الجدول (7) : نتائج تطبيق المنهجية السابقة لتحليل عدم التأكد في نموذج الكلفة على العينة التجريبية

المدرسة	الكلفة الفعلية	المرحلة الأولى		المرحلة الثانية			
				الطريقة الأولى		الطريقة الثانية	
		المتوسط	الانحراف المعياري	المتوسط	الانحراف المعياري	المتوسط	الانحراف المعياري
الدرة	10111309	9214274	1048296	9421210	1338582	10256380	1048753
السنقالين	14930648	12291059	1343979	12600485	1378153	12702142	2277565
خربة السنديان	9966378	9560730	1075653	9809856	1103603	10363332	1324391
الجويز	9920923	9214274	1048296	9421210	1338582	10256380	1048753
قنينص الكتلة 2	56222735	41089447	4473175	42127848	4522504	42494373	7262457
بعبده	5990874	7152603	762240	7333056	786298	7395814	1274118
البصة	20036727	18490425	2093595	19003885	2144237	19175523	3337631
الكتلة الشرقية	46436920	40804510	4908618	41825185	5034015	42339403	7866032
قبو سوكاس	14119595	13935746	1615152	14284709	1655289	14407388	2769738
جوب ياشوط	8968885	10240392	1140375	10497723	1166999	10592145	1854444
برج اسلام	17896583	19595653	2102804	20085858	2167691	20262763	3402949
ياسنس	8617319	10484710	1065395	10746642	1089301	10835171	1809367
عين عيسى	8384676	8689816	1103191	8907166	1127677	8590106	1768837
وطي الخان	10422419	10719899	1166059	10988557	1187089	11086709	1350090
رأس العين	18840280	20785601	2359699	21319257	2421439	21474847	4075694
الكوم	9010247	10709566	1177112	10971260	1205707	11059865	1975474

بعد تحليل نتائج الجدول(7) تم اتباع مايلي:

1- اعتماد الطريقة الثانية من المرحلة الثانية لتحليل عدم التأكد في نموذج الكلفة، بدلاً من الطريقة الأولى ، كونها تحسن درجة دقة التقدير الأولي للكلفة، كما أنها تقدم ومن أجل 68% حدود ثقة للتقدير، قيمة لمجموع المتوسط والانحراف المعياري، تغطي قيمة الكلفة الفعلية للمدرسة ،وذلك في الحالات التي يكون فيها قيمة التقدير أقل من القيمة الفعلية للكلفة.

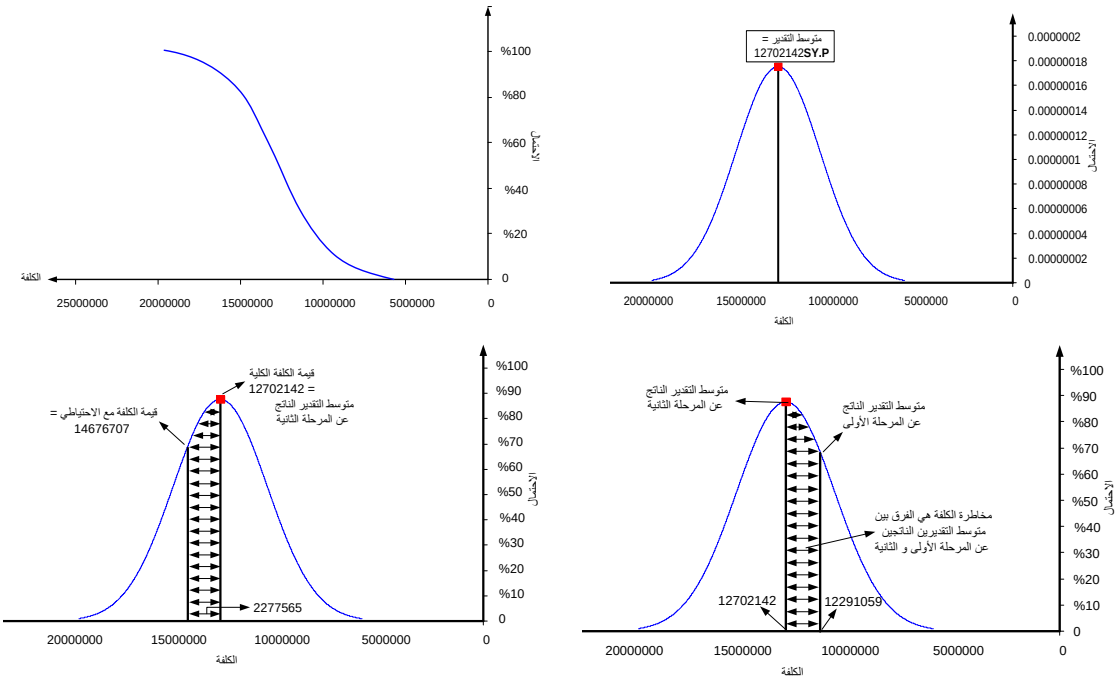
2-حساب مخاطرة الكلفة الناتجة عن اعتماد المرحلة الثانية في التحليل بدلاً من المرحلة الأولى ، فكانت النتائج الموضحة في الجدول (8) .

الجدول(8) : مخاطرة الكلفة لعينة الاختبار

المدرسة	مخاطرة الكلفة(SY.P) $(CostRisk = \mu_2 - \mu_1)$	المدرسة	مخاطرة الكلفة(SY.P) $CostRisk = \mu_2 - \mu_1$
الدرة	1042106	قبو سوكاس	471642
السنقالين	411083	جوب ياشوط	351753
خربة السنديان	802602	برج إسلام	667110
الجويز	1042106	ياسنس	350461
قنينص الكتلة 2	1404926	عين عيسى	99710
بعبده	242916	وطي الخان	366810
البصة	685098	رأس العين	689246
الكتلة الشرقية	1534893	الكوم	350299

3- توليد تابع التوزيع الاحتمالي للكلفة الكلية لكل مشروع .

تمثل المنحنيات الموضحة في الشكل (10) نتائج تحليل عدم التأكد في نموذج الكلفة وذلك من أجل مدرسة السنقالين.



الشكل (10) : نتائج تحليل عدم التأكد في نموذج الكلفة وذلك من أجل مدرسة السنقالين.

الاستنتاجات والتوصيات:

أ- النتائج :

1- تقدم المنهجية المتبعة في البحث أداة ذات دقة جيدة لتقدير الكلفة الأولية للمشروع المدرسي ، حيث أنها تأخذ بعين الاعتبار المخاطر الناجمة عن انحرافات التقدير في طريقة حساب الكلفة ، ومحدد الكلفة .

بحيث تمكننا من وضع قيم أولية للمشروع في العقد ، تقترب بشكل كاف من القيم النهائية ،وهذا يساعد الإدارات

في تجنب العديد من المشاكل الناجمة عن سوء التقدير والاضطرار للتكليف بأعمال إضافية ضمن العقد أو الحاجة لتنظيم ملاحق عقود إضافية مما يربك السياسة التمويلية للإدارات ، ويعرقل العمل التنظيمي في المشروع ، وانسياب الأعمال بالشكل السلس والإنجاز ضمن المواعيد المحددة .

2- تم التوصل إلى مجموعة من النماذج التي تعبر عن العلاقة بين كلفة العمل ومحدد الكلفة عن طريق دراسة وإدخال عينة مؤلفة من 70 مدرسة بنيت بين عامي 2007-1998 وذلك بالاستفادة من القواعد الإحصائية والحجم الكبير للبيانات الميدانية التي تم جمعها من مديرية الخدمات الفنية باللاذقية .

3- تم تقديم منهجية لتحليل وتخفيض تأثير عدم التأكد في كل نموذج من نماذج الكلفة، والناتج عن طريقة التقدير وعن مدخلات النموذج ، وذلك اعتماداً على الفرضيات والطرق الإحصائية والاحتمالية .

4- يقدم البحث منهجية لتقدير دقيق لقيمة الكلفة الكلية للمشروع المدرسي ، وكذلك للاحتياطي الواجب توافره وذلك ضمن حدود ثقة 68% لضمان عدم تجاوز الكلفة الفعلية، وبدرجة مقبولة من الدقة ،حيث تم تمثيل الكلفة الكلية للمشروع كتابع توزيع احتمالي .

ب- التوصيات :

توصل البحث إلى مجموعة من التوصيات أهمها :

1- اعتماد المنهجية المتبعة في البحث لتقدير الكلفة الأولية من قبل الشركات والمؤسسات العاملة في دراسة المشاريع .

2- تطبيق نمذجة عدم التأكد في الكلفة والزمن معاً، وذلك بالاعتماد على توابع التوزيع الاحتمالية المشتركة.

فكثيراً مايتساءل متخذي القرار أثناء عرض تحليل عدم التأكد في الكلفة عن احتمال تسليم المشروع ضمن كلفة وزمن معينين ، وعن احتمال تجاوز القيمة المقدرة للكلفة ضمن الزمن المعطى ،بالإضافة إلى مدى تأثر احتياطي الكلفة بالمخاطرة الزمنية .

3- تعميم الدراسة السابقة على أنواع أخرى من المشاريع الهندسية غير المدارس ، كالمباني السكنية والصناعية والسياحية وغيرها .

4- استخدام الحاسب لتقديم أداة لدعم اتخاذ القرار في المراحل الأولية للتصميم بشأن (المضي/عدم المضي) في المشروع ، وذلك بالاعتماد على تحليلات الكلفة ونسبة الربح المتوقعة .

المراجع:

1- فريج ، سامي محمد . *إدارة العقود الهندسية وعقود التشييد (الكتاب الثالث) التخطيط الزمني وتقدير الكلفة – التحكم المالي والزمني للمشاريع* . دار الكتب والوثائق القانونية ، 2005 ، 314 .

2- د.نايفة، محمد؛ د.الجلالي، محمد؛ د.مسوح ، لبانة ؛ د.العوا ، محمد . *الاقتصاد الهندسي*.الطبعة 12، المركز العربي للتعريب والترجمة والتأليف والنشر بدمشق،2004،724 .

3- GARVAY,P.R . *Probability Methods For Cost Uncertainty Analysis : A systems Engineering Perspective* .CRC ,New York ,2000,401.

4- RASHED ,A . *The Application of Risk Management in Infrastructure Construction Project* . Cost Engineering ,Vol.147, No.8,2005,20-27.

5- REILLY. *Cost Engineering and Risk Management for Underground Projects*. International Tunneling Association Conference , Istanbul ,May 2005 , 1-9 .

6- WANG ; FISHER ; SUN ; WN . *An Analysis of Distribution of Time Variance Building Projects* .International Journal of Project Management , Vol .19, No.1 ,2003,73-82 .

7- VEERASAK.L ;PHOTIOS .G . *Quantitative Assessment of Sensitivity for Construction Estimating* . Michigan and Chulalongkorn Univ ,2000 .201.

8- PHAOBUNJONG , K . *Parametric Cost Estimating Model for Conceptual Cost Estimating of Building Construction Projects.* in partial fulfillment of the requirements for the degree of Doctor of philosophy , University of Texas , Austin ,2002 .203.

9- الحكيم ، إبراهيم ، *المرجع في تحليل البيانات spss* . الطبعة الأولى ، شعاع للنشر والعلوم ، سورية، 2004, 527.

10-Investment Cost Analysis Branch . *FAA Life Cycle Cost Estimating Handbook* .V2 , 2002 . 67.15,9,2009 .
http://www.faa.gov/asd/ia-or/lccehb.htm

11- International Society Of Parametric Analysts . *Parametric Estimation Handbook*. Fourth Edition ,US Government ,2008 ,237 .

12- http://www.bsofian-ksu.com/agec613/Lecture4.pdf .48. 12,6,2009