دراسة مخاطر تجاوز الكلفة في مشاريع الطرق في سوريا

د. ماهر مصطفى[1]

الملخص

يعدّ الأداء في منشآت البنية التحتية وخصوصا الطرق أحد أهم المؤشرات لتطور الأمم. تعاني أغلب مشاريع الطرق في سوريا من مشكلات زيادة الكلفة. إن زيادة الكلفة في مشاريع تشييد الطرق تؤثر في العمليات الاقتصادية والتنموية في سوريا. هدف هذا البحث إلى استقصاء أسباب تجاوز الكلفة في مشاريع الطرق في سوريا، وتحديد الأسباب الرئيسية المؤثرة، ونسبة أهميتها وتطوير شبكة بايزي لمعرفة نسبة الخطر المتوقع حدوثه تجاوز الكلفة في المشروع.

اعتمد على المنهج الوصفي التحليلي، وذلك من خلال الدراسة المرجعية، وإجراء عدد من المقابلات مع الخبراء، صممت الاستبانة المناسبة لتحديد احتمال حدوث أسباب تجاوز الكلفة وشدة تأثيرها، وقد حدّد مستوى أهميتها بدمج معياري الاحتمال والتأثير حسب آراء الخبراء والعاملين في قطاع الطرق.

وقد اتضح من البحث أن أغلب المشاريع في سوريا تعاني من تجاوز الكلفة، ومن أهم الأسباب هي: ارتفاع أسعار المواد، وعوائق الاستملاك، والتضخم، وأعمال الربع النظامي، وتغّير سعر الصرف، التكليف بأعمال غير عقدية، ضعف كفاءة المعدات، البطء في اتخاذ القرارات، نقص في المعدات، تغيير في مواصفات المواد وكمياتها.

الكلمات المفتاحية: تجاوز الكلفة، شبكات بايزي الإعتقادية، مخاطر تشييد الطرق.

[1] أستاذ مساعد، قسم الإدارة الهندسية والتشييد، كلية الهندسة المدنية، جامعة دمشق، سورية.

Studying Risks of Cost Overrun in Road Projects in Syria

Dr. Maher Mustafa[(1)]

Abstract

The development of any nation is gauged by its performance in infrastructure facilities especially the roads through its construction industry. Cost overruns are common problems in most roads projects in Syria. This problem effects all economics and developmental operations. The aim of this study is to identify and rank the causes of cost overruns in Syrian road construction projects, and to develop a Bayesian belief network to predict the conditional probability of the level of project risks.

Depending on descriptive and analysis methodology, literature review, conducting several interviews with experts, and then conducting questionnaire surveys to determine the reasons of probable cost overruns and their effects, and their importance level has been determined by merge probability and effect criteria.

The results of this study defined the main causes of cost overruns in road construction projects in Syria as: raise of material prices, ownership issues, inflation, the regular-quarter works, change of exchange rate, conducting non contract jobs and adding them to a post contract, poor equipment's efficiency, slow decision making, inadequacy of equipment, and change of specifications of material and its quantity.

Key words: Cost overruns, Bayesian Belief Networks, Risks of road projects.

(1) Assist. Prof. Department of Construction Engineering and Management, Faculty of Civil Engineering, Damascus University, Syria.

1- مقدمة

تعدّ صناعة التشييد من أهم الصناعات في الاقتصاد السوري، وهي محفز وقوة محركة لباقي الصناعات. مع ذلك تعاني معظم مشاريع هذا القطاع من مشكلات زيادة الكلفة وزيادة الأعباء على الحكومة ودافعي الضرائب. ويمكن عدّها مشكلة لا تخلو منها معظم صناعات التشييد في العالم. تمثل مشاريع تشييد الطرق عنصراً أساسياً في صناعة تشييد البنية التحتية، لذلك فإن جزءاً كبيراً من الدخل القومي الموجه نحو تطوير البنية التحتية يخصص لمشاريع تشييد الطرق. ولإدارة المشاريع دور مهم في إنجاح المشروع والتغلب على المشكلات والمصاعب والتقليل من تجاوز الكلفة، وذلك من خلال التخطيط والتنسيق والمراقبة.

يتركز الهدف الأساسي لهذا البحث في تحديد الأسباب الرئيسية وترتيبها لتجاوز الكلفة في مشاريع تشييد الطرق، وذلك من خلال مراجعة الدراسات السابقة وإجراء المقابلات مع الخبراء وتصميم الاستبانة وتوزيعها المناسب، الأسباب من الدراسات السابقة، وبعد ذلك عرضت على الخبراء، وبالنتيجة حدّد سبع وأربعون سبباً لتجاوز الكلفة وتصنيفهم في عشر مجموعات، ومن ثم رتّبت هذه الأسباب حسب الأهمية النسبية لكل سبب اعتمادا على آراء العاملين في قطاع تشييد الطرق في احتمالية حدوث كل سبب ومدى تأثيره في المشروع كلّه وصولاً إلى نموذج للتنبؤ بنسبة خطر تجاوز الكلفة للمشروع بمساعدة شبكات بايزي الاعتقادية.

2 – عرض المشكلة البحثية:

يمكن عدّ تجاوز الكلفة لتنفيذ مشاريع الطرق مشكلة مزمنة، ومن ثمّ تقليل كفاءة الموارد الاقتصادية المتاحة. والتأثير السلبي في معدل التنمية الاقتصادية. ركزت معظم البحوث السابقة على توصيف واقع التشييد وتحديد أسباب تجاوز الكلفة، دون التطرق إلى نماذج للتنبؤ بمستوى المخاطر ومن ثمّ اتخاذ التدابير اللازمة.

3- أهمية البحث وأهدافه:

لا يكاد يخلو مشروع من مشكلة تجاوز الكلفة، ومع ذلك هناك قلة في البحوث المنشورة.

يرتبط إنجاز مشاريع الطرق ارتباطا وثيقاً بنمو المجتمع وتطوره، وزيادة في الإنفاق يؤدي إلى إهدار المقدرات والطاقات البشرية والآلية التي يمكن استغلالها في مشاريع أخرى.

ويمكن تلخيص الأهداف الرئيسية للبحث بالنقاط الآتية:

- تحديد أسباب تجاوز الكلفة في مشاريع تشييد الطرق في سوريا.
- ترتيب أسباب تجاوز الكلفة حسب الأهمية النسبية لها، وفق تصورات العاملين في قطاع الطرق.
- تطوير نموذج للتنبؤ بنسبة وقوع المشروع في خطر تجاوز الكلفة باستخدام شبكات الاعتقاد.

4-حدود البحث:

تشمل عينة البحث مشاريع تشييد الطرق السريعة الواصلة بين المحافظات السورية المنفذة من قبل مؤسسة الطرق والمواصلات في دمشق.

5- الدراسات السابقة:

تعدّ مسألة تجاوز تكاليف مشروعات التشييد من المسائل المهمة والحيوية، ووظّف العديد من الدراسات والبحوث في هذا المجال:

قدم الباحثان Vidalis و Najafi دراسة لتحديد أسباب تجاوز الكلفة والتأخير في مشاريع الطرق السريعة في فلوريدا. زوّدت نتائج دراستهم أطراف المشروع بقائمة مراجعة تساعد في أعمال التصميم والتخطيط والجدولة وتنفيذ المشروع. (Najafiand, Vidalis, 2002).

حدّد Kaliba وزملاؤه في دراستهم أسباب تجاوز الكلفة وتأثيراتها والتأخير في تشييد مشاريع الطرق في زامبيا. وحدّد أهم أسباب تجاوز الكلفة وهي: الطقس السيئ، وتغير مجال العمل، وتكاليف حماية البيئة، وتأخيرات البرنامج الزمني، والإضرابات، والتحديات التقنية، والتضخم. (Kaliba, 2009)

عند مقارنة هاتين الدراستين يلاحظ أن الطقس السيئ، وتأخيرات البرنامج الزمني هي عوامل مشتركة بينهما، في حين انفردت دراسة Vidalis و Najafi في التركيز على عوامل كالتصميم والمرافق والظروف المتغيرة أمّا Kaliba فوجد أن تغير مجال العمل، وتكاليف حماية البيئة، والإضرابات، والتحديات التقنية، والتضخم هي أسباب رئيسية في تجاوز الكلفة. اكتفت كلتا الدراستين بعرض

أسباب رئيسية في تجاوز الكلفة دون التطرق لأي إجراء للتنبؤ والسيطرة.

عرض Cantarelli وزملاؤه أسباب تجاوز الكلفة في مشاريع النقل الكبيرة الهولندية ومبرراتها كما وردت في الدراسات السابقة. وميزوا أربع مجموعات وهي التقنية والاقتصادية والنفسية والسياسية. ووجدوا أن الأمور السياسية هي السائدة بمشاريع النقل، اذ اعتمدت الدراسة على عينة من 258 من مختلف مشاريع النقل. وجرى التركيز على ثلاثة متغيرات هي: طول مرحلة التنفيذ وحجم المشروع ونوع الملكية. ووجد أن هناك ارتباطاً كبيراً بين طول مرحلة التنفيذ وتجاوز الكلفة. (Cantarelli *et al.*, 2010).

كما درس كلّ من Mulla و Waghmare العوامل المسؤولة عن التأخير وتجاوز الكلفة في مشاريع التشييد الهندية، ووجدا أن ضعف التخطيط والتنفيذ والإدارة هي من أهم هذه الأسباب(Mulla, and Wghmare, 2015).

استقصى Apolot وزملاؤه أسباب التأخير وتجاوز الكلفة في مشاريع القطاع العام في أوغندا من خلال مسح المشاريع في هيئة الطيران المدني، إنّ الهدف الرئيسي من دراستهم هو استقصاء الأسباب الرئيسية للتأخير وتجاوز الكلفة في مشاريع النقل العام في اوغندا، ووجدوا أنّ أهم هذه الأسباب هي التأخير في تسديد الكشوف الشهرية، وضعف المراقبة والتحكم، والكلفة المرتفعة لرأس المال، وعدم الاستقرار السياسي. (Apolot, *et el.*, 2010)

أجرت الباحثة Arcila دراسة لتجنب تجاوز الكلفة في مشاريع التشييد في المملكة المتحدة، من خلال تحديد الأسباب الرئيسة لتجاوز الكلفة وتحديد عوامل النجاح الحرجة [CSFs] التي تساعد في منع هذه الأسباب. (Arcila, 2012)

درس كلّ من Shanmugapriya و Subramanian العوامل المؤثرة في التأخير وتجاوز الكلفة في مشاريع التشييد الهندية، من خلال استبانة حددا فيه اثنتي عشرة مجموعة للزمن وثمان للكلفة. وقد استنتجا أن الأسباب الرئيسية لتجاوز الكلفة هي الكلفة المرتفعة للنقل وتغير مواصفات المواد وزيادة سعرها (Subramanian, and Shanmugapriya, 2013).

أجرى الباحث Azis–Abdul وزملاؤه مقابلات شبه مهيكلة مع 21 خبيراً للتحري عن أسباب تجاوز الكلفة في مشاريع التشييد الماليزية من خلال ثماني مجموعات، ووجدوا أن إدارة الموقع هي أهم الأسباب تليها مجموعة المعلومات والاتصالات وأخيراً إدارة التمويل. اذ اقترحوا 15 إجراء للتخفيف من هذه الظاهرة. (Abdul Azis, *et al.*, 2013).

درس Siemiatycki أشكال علاج تجاوز التكاليف وأسبابه وطرائقه في مشاريع البنية التحتية الكندية. وتبيّن أن الأسباب الرئيسية الثلاثة لتجاوز الكلفة هي: التحديات التقنية والتفاؤل المبالغ فيه والتحوير في عرض الأمور الإستراتيجية. (Siemiatycki, 2015).

الخلاصة: ركزت أغلب الدراسات السابقة على تحديد أسباب تجاوز الكلفة في تشييد مشاريع الطرق في عدة بلدان من العالم، يلاحظ أن العوامل المشتركة بين أغلب هذه الدراسات هي العوامل الاقتصادية، والإدارية واختلفت في التفصيلات. وهناك ندرة في الدراسات العربية والمحلية.

5- الخلفية النظرية

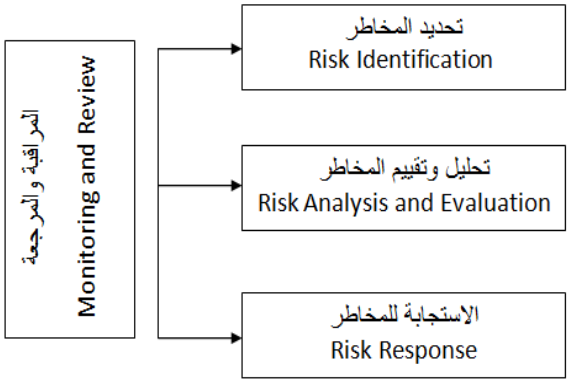
5-1 مفهوم الخطر في المشروع:

بدأت الدراسات المنظمة لتحليل المخاطر وإدارتها بعد كثير من الخسائر التي عانت منها الشركات والمؤسسات في صناعة التشييد. حدث الخطر أو حدثت حالة مجهولة التي في حالة حدوثها تؤثر في هدف واحد على الأقل من أهداف المشروع، وتضم هذه الأهداف المجال والزمن والكلفة والجودة. (PMBOK, 2008).

بعض من هذه الأخطار معروفة، وهي تلك الأخطار التي شخصّت وحلّلت ويكون بالإمكان التخطيط لها، وأيضا هناك أخطار غير معروفة يتعامل المدراء معها عن طريق تطبيق خطط طوارئ عامة على أساس الخبرة الماضية المكتسبة من خلال تنفيذ مشاريع سابقة.

5-2 إدارة المخاطر:

تعرّف إدارة المخاطر بأنها عملية منهجية تطبق تطبيقاً مستمراً خلال دورة حياة المشروع، وتشتمل على العمليات المتعلقة بإجراء التخطيط لإدارة المخاطر وتحديدها وتحليلها والاستجابة لها ومتابعتها ومراقبتها في مشروع ما، وتحدّث معظم هذه العمليات طوال مدة المشروع، وتتمثل أهداف إدارة مخاطر المشروع في تنفيذ المشروع ضمن قيوده. تتضمن عملية إدارة المخاطر في المشروع بتحديد المخاطر وتقييمها والاستجابة لها والمتابعة. (Hossen, 2006)، كما هو مبين في الشكل (1) مراحل إدارة المخاطر:



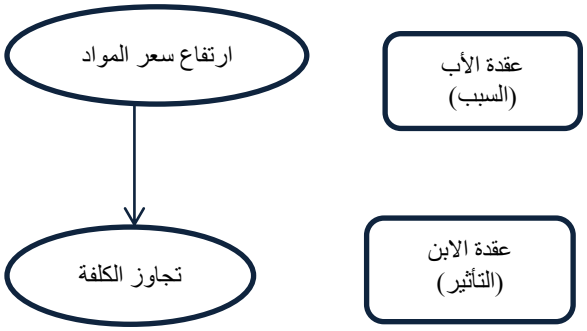
الشكل (1) مراحل إدارة المخاطر (Hossen, 2006)

ومن ثمّ فإدارة المخاطر هي عملية مستمرة ومتكررة، ومع أن مشاريع التشييد مختلفة وفريدة من نوعها، إلا أن النهج المتبع في إدارة المخاطر هو عادة نفسه.

3-5 تعريف شبكات بايزي الاعتقادية:

هي عبارة عن تزاوج بين نظرية الاحتمالات ونظرية الرسم البياني، وتوفر أداة طبيعية للتعامل مع اثنتين من المشكلات التي تواجه الرياضيات التطبيقية والهندسة وهما الغموض والتعقيد. ومع من أن نظرية (بايزي) قد وجدت منذ وقت طويل إلا أن إمكانية بناء النماذج الواقعية وتنفيذها تم فقط عند توافر الخوارزميات الحديثة وأدوات البرمجة، يمكن تعريف شبكات بايزي ببساطة بأنها نموذج تخطيطي يجري فيه ترميز العلاقات الاحتمالية بين المتغيرات موضع الاهتمام، وتوفر عند استخدامها مع التقنيات الإحصائية ميزات عديدة لتحليل البيانات، وذلك بسبب أن هذا النموذج يرمز ويبين الاعتمادية بين المتغيرات (Heckerman *et al.*, 1995) وتستخدم شبكات بايزي الاعتقادية في حالات نقص البيانات وعدم التأكد، وذلك لتحليل حالات عدم التأكد واستخلاص النتائج من هذه البيانات، وهي أداة قوية لنمذجة الأسباب والتأثيرات (Causes–Effects) في مجالات واسعة ومتنوعة.

الشبكات البايزية عبارة عن مخططات موجهة غير حلقية مؤلفة من مجموعة عقد تمثل متغيرات مختلفة ومجموعة أقواس تمثل العلاقات الاعتمادية (غير المستقلة) بين هذه المتغيرات. إذا كان هناك قوس يتجه من العقدة A إلى العقدة B، عندئذ يمكن القول ان العقدة A هي والد أو أصل العقدة B. إذا كانت للعقدة قيمة معروفة عندئذ تدعى عقدة تأكيد. يمكن للعقد أن تمثل أي نوع من أنواع المتغيرات: قياسات، مؤشرات (معالم)، أو فرضيات. يبيّن الشكل (2) مثالاً بسيطاً لشبكة اعتقاد حيث العقد في رأس الأسهم أو الأقواس تشير إلى عقد الآباء (السبب)، والعقد في ذيل السهم تشير إلى الأبناء (التأثير):



الشكل(2) شبكة اعتقاد بسيطة في حالة تجاوز الكلفة

4-5 بناء شبكات بايزي الاعتقادية واستخدامها:

نتيجة تعقيد الطرائق المستخدمة لحل شبكات بايزي الاعتقادية وخصوصاً الشبكات المتعددة الارتباط، لذلك تم في هذا البحث استخدم برنامج (MSBN) اذ يقدم البرنامج تمثيلاً بيانياً بسيطاً يمكن أن يستخدم لإنشاء الشبكة وتشغيلها. هنالك مجال واسع من البرمجيات المستخدمة لتنفيذ شبكات الاعتقاد(Murphy, 2002). يتطلب بناء الشبكة مرحلتين أساسيتين هما: بناء النموذج التخطيطي. وبناء جداول الاحتمالات.

1-4-5 بناء النموذج التخطيطي:

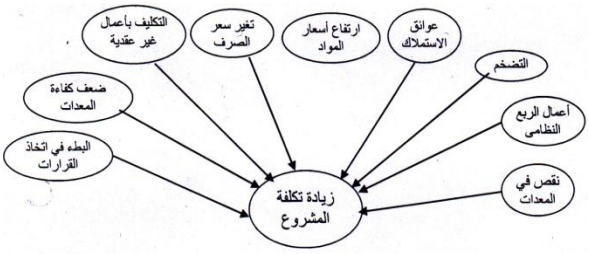
الخطوة الأولى لبناء شبكة الاعتقاد هي تحديد المتغيرات الافتراضية، وهي أسباب تجاوز الكلفة. الخطوة التالية هي إضافة متغيرات الأدلة، وعند ملاحظة أحداث جديدة تسمح هذه المتغيرات بإدخال المعلومات الجديدة إلى الشبكة. الخطوة الأخيرة، هي العمل على إضافة متغيرات التوسط وهي ليست ضرورية ولكنها تعمل على تقليص عقد الآباء الداخلة في حساب احتمال عقد الأبناء وذلك عن طريق تقليص حجم جداول الاحتمالات الشرطية لها.

تشكّل الشبكة عن طريق الربط بين المتغيرات المستخدمة بواسطة أقواس مباشرة (سهم). ومن المهم في هذه المرحلة أن تتم عملية الربط بالاعتماد على نظرية السببية. يبيّن الشكل (3) مثالاً لمخاطر تجاوز كلفة المشروع، إذ إنّ عقد عوامل الخطر المؤدية إلى تجاوز الكلفة هي عقد الآباء التي تسبب حدوث عقد الابن (تجاوز

التكلفة) التي عددها (9) وبفرض أن حالات عقد الآباء هي حالتان فقط (True or False) ومن ثمّ يكون حجم جدول الاحتمالات الشرطية لعقد الأثر (الابن) (2^9=512) احتمالاً. ولكن يمكن استخدام عقد توسط للتقليل من عدد الاحتمالات المطلوبة لعقدة الأثر اذ تقوم هذه العقد بتصنيف العوامل إلى5 مجموعات حسب تأثيرها. فإن عقد الآباء لعقدة الهدف (تجاوز التكلفة) عددها (5) ومن ثمّ يكون احتمالات هذه العقدة (2^5 = 32)، وهو عدد أفضل من الحالة السابقة. وهذه هي فائدة عقد التوسط.

6- المنهجية:

اتّبع المنهج الوصفي والمنهج التحليلي لتحقيق أهداف البحث من خلال الخطوات الآتية:



الشكل (3) شبكة اعتقاد لمشكلة تجاوز الكلفة

6-1 تحديد أسباب تجاوز الكلفة:

حددت أسباب تجاوز الكلفة من الدراسات السابقة جمعّت ثمانية وثلاثون سبباً ثم عرضوا على الخبراء من القطاع الأكاديمي والمهني وقد استبعدت (المؤسسة العامة للطرق) ثلاثة منها، أضيف اثنا عشر سبباً، وجمّعت ضمن مجموعات، وأصبحت جاهزة لتخضع لمزيد من الفحص والدراسة والتقييم، يبين الجدول (1) قائمة بهذه الأسباب.

الجدول (1) قائمة أسباب ومجموعات تجاوز الكلفة

1- أخطار التشييد	أخطاء في التنفيذ
	قلة أمان الموقع
	الإخفاق في اختبارات التسليم
	التكليف بأعمال غير عقدية
	أعمال الربع النظامي
	عدم كفاية المراقبين
	وجود عوائق
2- أخطار سياسية	تغير في القوانين
	حروب مدنية
	عوائق الاستملاك
3- أخطار اقتصادية ومالية	التأخر في صرف الكشوف
	عدم كفاية التدفق النقدي للمالك
	عدم كفاية التدفق النقدي للمقاول
	تغير سعر الصرف
	التضخم
4- أخطار الدراسة والتصميم	أخطاء بالتصميم
	تعديلات على التصميم
	نقص بالتفاصيل
	تضارب المخططات
	عدم الدقة في الأبعاد
5- أخطار طبيعية	سوء الأحوال الجوية
	طبوغرافية المنطقة
	ضعف التربة
	المياه السطحية والجوفية
6- أخطار المرافق تحت الأرض	كابلات كهربائية
	أنابيب المياه
	كابلات هاتفية
	كابلات ضوئية
	كابلات عسكرية
7- أخطار في إدارة المعدات	ضعف كفاءة المعدات
	تعطل المعدات
	نقص في المعدات
	صيانة المعدات
	عدم توافر قطع غيار
	ضعف كفاءة المعدات
8- أخطار في إدارة المواد	عدم توافر المواد
	ارتفاع أسعار المواد
	تأخير في تسليم المواد من قبل الموردين
	تغيير في مواصفات المواد وكمياتها
9- أخطار في إدارة العمالة	قلة عدد العمال
	قلة الخبرة والمهارة
	ضعف إنتاجية اليد العاملة
	النزاعات بين العمال
10- أخطار إدارية	ضعف التنسيق بين أطراف المشروع
	الجدولة غير الكافية للمشروع
	البطء في اتخاذ القرارات
	تأخر صدور الموافقة الأمنية

6-2 تصميم الاستبانة:

صمّمت الاستبانة بحيث تتألف من جزءين:

الجزء الأول من الاستبانة يتعلق بالمعلومات العامة عن الأشخاص الذين وزعت عليهم الاستبانة من المؤسسة العامة للطرق والاستشاريين ومهندسي التصميم والتخطيط والإشراف والمقاولين والأكاديميين.

الجزء الثاني من الاستبانة يركز على مايأتي:

أسباب تجاوز الكلفة، وطلب الى المستبينين بيان تصوراتهم عن احتمالية حدوث 47 سبباً بحيث يختار بين خمسة خيارات: صغير، صغير جداً، متوسط، كبير، كبير جداً.

وكذلك تأثير تجاوز الكلفة لهذه الأسباب في المشاريع في حال حدوثها بحيث يختار بين خمسة خيارات: قليل جداً، قليل، متوسط، كبير، كبير جداً.

3-6 تحليل البيانات:

وزّعت الاستبانة على عينة عشوائية من المجتمع المدروس حجمها (60) مشاركاً وتم استرداد (51) استمارة واستبعاد (7) استمارة لعدم فعاليتها، ومن ثم أجري استقراء وتحليل إحصائي على (44) استمارة، وهذا رقم كاف لحجم العينة.

يبين الجدول (2) الآتي معلومات عن مجال خبرة المستبينين في مجال تشييد الطرق. كما يلاحظ من الجدول أن الخبرات التي تتجاوز 11 سنة هي 77% ومن ثمّ شكلت الخبرات الكبيرة معظم العينة التي تم استبيانها، وومن ثمّ يمكن الاطمئنان للنتائج التي تم التوصل لها.

الجدول (2) خبرة المستبينين

الخبرة (السنوات)	التكرار	النسبة المئوية %
1-5 سنة	2	% 5
6-10 سنة	8	% 18
11-15 سنة	16	% 36
أكثر من 16 سنة	18	% 41

4-6 أسباب تجاوز الكلفة:

بعد تجميع الاستمارات والبيانات الخاصة بالجزء الثاني من الاستبانة، استخدمت طريقة مؤشر الأهمية النسبية لتحديد الأهمية النسبية لأسباب تجاوز الكلفة المختلفة، وذلك من أجل المجموعات كلّها المتضمنة في الاستبانة، وذلك باستخدام العلاقتين الآتيتين (Shen, 2001):

$$S_j^i = \alpha_j^i \times \beta_j^i \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (1)$$

$$RSIS^i = (\sum_{j=1}^{N} S_j^i)/N \quad \ldots\ldots (2)$$

إذ:

S_j^i- مقدار أهمية السبب (i) المعرف من قبل الاستجابة(j).

α_j^i- احتمال حدوث السبب(i) المعرف من قبل الاستجابة (j).

β_j^i- تأثير تجاوز الكلفة الذي يسببه حدوث العامل (i) في المشروع والمعرف من قبل الاستجابة (j).

$RSIS^i$- معامل الأهمية النسبية للعامل (i).

N- عدد الاستجابات الفعالة.

وقد اعتمدت القيم العددية الآتية لكل من العاملين (α,β) كما في الجدول (3):

الجدول (3) التحويل الرقمي للعاملين(α,β)

العامل α احتمال حدوث السبب					
صفة المرتبة	صغير جداً	صغير	متوسط	كبير	كبير جداً
التحويل الرقمي	1	2	3	4	5
العامل β شدة التأثير للسبب					
صفة المرتبة	قليل جداً	قليل	متوسط	كبير	كبير جداً
التحويل الرقمي	1	2	3	4	5

وبعد ذلك فرّغت البيانات التي تم الحصول عليها من الإستبانة في جداول إكسل وأجريت العمليات الحسابية في العلاقتين السابقتين. ولتحديد مستوى أهمية أسباب تجاوز الكلفة ولتقييم المخاطر شكّلت مصفوفة الاحتمالات والتأثيرات اذ تحدد هذه المصفوفة توليفات الاحتمالات والتأثير التي تؤدي إلى تقدير المخاطر كأولوية، كما هو مبيّن في الجدول(4).

الجدول (4) مصفوفة المخاطر

الاحتمال \ التأثير	صغير جداً (1)	صغير (3)	متوسط (5)	كبير(8)	كبير جداً(10)
كبير جداً(5)	5	15	25	40	50
كبير(4)	4	12	20	32	40
متوسط(3)	3	9	15	24	30
صغير(2)	2	6	10	16	20
صغير جداً(1)	1	3	5	8	10

وعليه يمكن تقسيم مستويات الأهمية حسب مصفوفة المخاطر لمستويات الأهمية كما هو مبين في الجدول(5)، وعليه رتبت الأسباب حسب مؤشر الأهمية، كما هو مبيّن في الجدول (6).

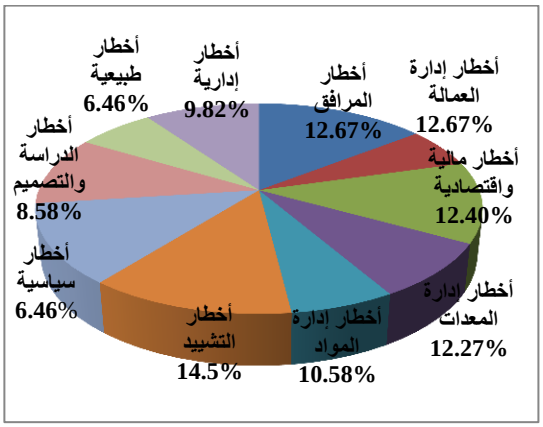
الجدول (5) مستويات الأهمية لأسباب تجاوز الكلفة

الحد الأعلى	الحد الأدنى	مستوى الأهمية
<10	1	منخفض جداً (VL)
<20	10	منخفض (L)
<30	20	متوسط (M)
<40	30	عالي (H)
50	40	عالي جداً (VH)

الجدول (6) ترتيب أسباب تجاوز الكلفة تنازلياً وفق مؤشر الأهمية.

ترتيب عوامل التأخير حسب عوامل أهميتها			
الترتيب	العامل	المتوسط الحسابي	الأهمية
1	ارتفاع أسعار المواد	30.59	عالية (H)
2	عوائق الاستملاك	30.11	عالية (H)
3	التضخم	28.68	متوسطة (M)
4	أعمال الربع النظامي	28.75	متوسطة (M)
5	تغير سعر الصرف	24.86	متوسطة (M)
6	التكليف بأعمال غير عقدية	23.27	متوسطة (M)
7	ضعف كفاءة المعدات	23.25	متوسطة (M)
8	البطء في اتخاذ القرارات	21.84	متوسطة (M)
9	نقص في المعدات	21.22	متوسطة (M)
10	تغيير في مواصفات المواد وكمياتها	21.05	متوسطة (M)
11	تأخر صدور الموافقة الأمنية	20.38	متوسطة (M)
12	الجدولة غير الكافية للمشروع	19.64	منخفضة (L)
13	ضعف إنتاجية اليد العاملة	19.38	منخفضة (L)
14	كابلات عسكرية	19.02	منخفضة (L)
15	كابلات كهربائية	18.75	منخفضة (L)
16	كابلات هاتفية	18.57	منخفضة (L)
17	تعطل المعدات	18.45	منخفضة (L)
18	كابلات ضوئية	17.75	منخفضة (L)
19	أنابيب المياه	17.36	منخفضة (L)
20	نقص بالتفاصيل	17.02	منخفضة (L)
21	تعديلات على التصميم	16.66	منخفضة (L)
22	قلة الخبرة والمهارة	16.25	منخفضة (L)
23	صيانة المعدات	16.11	منخفضة (L)
24	عدم توافر المواد	15.79	منخفضة (L)
25	التأخر في صرف الكشوف	15.59	منخفضة (L)
26	عدم توافر قطع غيار	15.43	منخفضة (L)
27	طبوغرافية المنطقة	14.79	منخفضة (L)
28	عدم كفاية التدفق النقدي للمالك	14.34	منخفضة (L)
29	سوء الأحوال الجوية	14.18	منخفضة (L)
30	تأخير في تسليم المواد من قبل	14.02	منخفضة (L)
31	أخطاء في التنفيذ	13.8	منخفضة (L)
32	ضعف التنسيق بين أطراف المشروع	13.77	منخفضة (L)
33	أخطاء بالتصميم	13.45	منخفضة (L)
34	ضعف التربة	13.43	منخفضة (L)
35	عدم كفاية المراقبون	12.41	منخفضة (L)
36	حروب مدنية	12. 277	منخفضة (L)
37	قلة أمان الموقع	12.09	منخفضة (L)
38	عدم كفاية التدفق النقدي للمقاول	12.02	منخفضة (L)
39	قلة عدد العمال	11.7	منخفضة (L)
40	الإخفاق في اختبارات التسليم	11.55	منخفضة (L)
41	تضارب المخططات	9.93	منخفضة جدا (VL)
42	وجود عوائق	9.75	منخفضة جدا(VL)
43	عدم الدقة في الأبعاد	8.95	منخفضة جدا(VL)
44	المياه السطحية والجوفية	7.32	منخفضة جدا(VL)
45	غرف تفتيش	6.11	منخفضة جدا(VL)
46	تغير في القوانين	4.57	منخفضة جدا(VL)
47	النزاعات بين العمال	3.63	منخفضة جدا(VL)

يبين الشكل الآتي مجموعات التأخير حسب مجموع الأهمية النسبية لأسباب تجاوز الكلفة كل مجموعة:



الشكل (4) الأهمية النسبية بين مجموعات تجاوز الكلفة

بالاستناد إلى التحليل السابق أكتفي بأول خمسة وعشرين سبباً وهذه الأسباب هي التي يجب تسليط الضوء عليها ومعالجتها.

6-5 تصميم شبكة بايزي الاعتقادية:

استخدمت ميزة شبكات الاعتقاد في تعاملها مع حالات عدم التأكد، إذ وظّفت في هذا البحث لتحقيق الهدف الرئيسي، وهو تقدير نسبة خطر وقوع المشروع في تجاوز الكلفة (عقدة الهدف) باستخدام نتائج الاستبانة.

استخدم برنامج يدعى (MSBN version 1. 4. 2) لبناء الشبكة، وذلك عبر الخطوات الآتية:

1- تحديد متغيرات الشبكة: المتغيرات الداخلة في بناء الشبكة هي أسباب تجاوز الكلفة المشتركة التي عددها (20) عاملاً فضلاً عن عقدة الهدف (خطر وقوع المشروع في التأخير).

2- حالات المتغير: له حالتان (False or True).

3- تحديد العلاقات بين متغيرات الشبكة: اختيرت العلاقة الاصطلاحية (السبب–الأثر) (Cause & Effect)، هذا يعني أن عقد الآباء هي السبب في حصول عقد الأبناء.

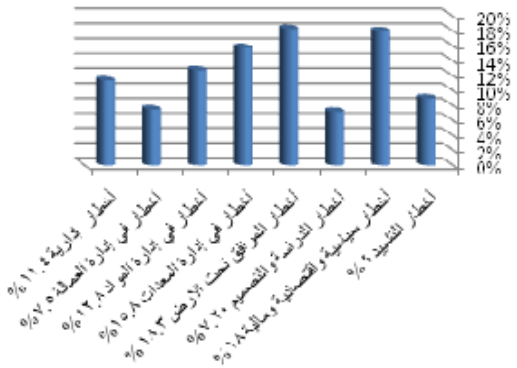
4- تحديد احتمالات المتغيرات: في تطبيقات إدارة المخاطر البيانات التاريخية والإحصائية نادرة وغير متوافرة توافرا كافياً. لذلك المصدر الوحيد للبيانات هو آراء الخبراء، من خلال الاستبانة.

5- تعريف جداول الاحتمالات الشرطية لكل من عقد (مجموعات التأخير) وعقدة الهدف.

الجدول (7) احتمالات عقد أسباب تجاوز الكلفة

المجموعة	السبب	الاحتمال
أخطار التشييد	أعمال الربع النظامي	0.51020408
	التكليف بأعمال غير عقدية	0.48979591
أخطار سياسية واقتصادية ومالية	عوائق الاستملاك	0.27206725
	التضخم	0.27703477
	تغير سعر الصرف	0.27512418
	التأخر في صرف الكشوف	0.17577378
أخطار الدراسة والتصميم	نقص بالتفاصيل	0.50141911
	تعديلات على التصميم	0.49858088
أخطار المرافق تحت الأرض	كابلات عسكرية	0.19469357
	كابلات كهربائية	0.20627802
	كابلات هاتفية	0.20478325
	كابلات ضوئية	0.20142003
	أنابيب المياه	0.19282511
أخطار في إدارة المعدات	ضعف كفاءة المعدات	0.287944493
	نقص في المعدات	0.255854293
	تعطل المعدات	0.235039029
	صيانة المعدات	0.221162186
أخطار في إدارة المواد	ارتفاع أسعار المواد	0.40490143
	تغيير في مواصفات المواد وكمياتها	0.33670751
	عدم توافر المواد	0.25839105
أخطار في إدارة العمالة	ضعف إنتاجية اليد العاملة	0.5353902
	قلة الخبرة والمهارة	0.4646098
أخطار إدارية	البطء في اتخاذ القرارات	0.35329341
	تأخر صدور الموافقة الأمنية	0.30538922
	الجدولة غير الكافية للمشروع	0.34131736

بعد ذلك يحدّد احتمال المخاطر لكل مجموعة من هذه المجموعات بالاعتماد على نتائج الجدول(7)، إذ يبيّن الشكل(5) احتمالات المخاطر للأسباب التي اختيرت وفق المجموعات.

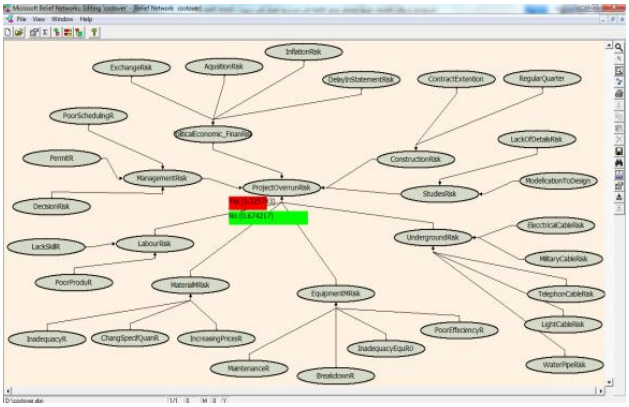


الشكل (5) احتمالات مجموعات تجاوز الكلفة

بعد الانتهاء من هذه المرحلة تصبح شبكة الاعتقاد الخاصة بالبحث جاهزة لتمثّل بشكل مخطط بياني يعبر عن العلاقات بين عوامل الخطر والمجموعات وعقدة الهدف. يبيّن الشكل (6) التمثيل المنطقي للشبكة المطلوب تمثيلها في برنامج (MSBN).

بعد حساب جداول الاحتمالات الشرطية لعقد الأثر. تدخل القيم مباشرة في برنامج شبكة الاعتقاد وذلك ضمن أمر (Assessment nod)، مع مراعاة الترتيب في إنشاء الشبكة بشكل يشابه حساب جداول الاحتمال الشرطية أو بالعكس.

وبهذه الخطوة تم الانتهاء من بناء شبكة الاعتقاد ضمن برنامج (MSBN) والحصول على نسبة خطر المشروع في تجاوز الكلفة بعقدة الهدف كما هو مبين في الشكل(6). تستخدم نسبة الخطر هذه من أجل إيجاد نسبة تجاوز الكلفة.



الشكل(6) شبكة الاعتقاد لخطر تجاوز الكلفة

النتائج والتوصيات:

تقدّر بالواقع نسبة الوقوع في تجاوز الكلفة بالاعتماد على الحدس والتجارب السابقة، وتتخذ القرارات بناء على ذلك.

في هذه الدراسة حددت أهم الأسباب التي تؤثر فيتجاوز الكلفة حسب معامل الأهمية النسبية (RSIS) هي:

ارتفاع أسعار المواد، وعوائق استملاك، والتضخم، وأعمال الربع النظامي، وتغير سعر الصرف والتكليف بأعمال غير عقدية، وضعف كفاءة المعدات، والبطء في اتخاذ القرارات، ونقص في المعدات، وتغيير في مواصفات المواد وكمياتها. بالاعتماد على منهج علمي حدّدت احتمالات كلّ منها، ومن ثمّ عند اتخاذ القرارات الإدارية يكون متخذ القرار أكثر اطمئناناً من نتائج قراراته.

التوصيات لدراسات مستقبلية:

1-دراسة علاقة التأخير بتجاوز الكلفة في مشاريع البنية التحتية.

2-دراسة أسباب التأخير وتجاوز الكلفة في مشاريع الطرق من وجهة نظر المقاولين وبيان تأثيرها في أدائهم بشكل عام.

3-تطوير نموذج يدرس التأخير وتجاوز الكلفة معاً في مشاريع البنية التحتية بشكل عام.

References

1. **Abdul Azis, A. A., Memon A. H., Abdul Rahman I, and Abd. Karim A. T. (2013). "Controlling Cost Overrun Factors in Construction Projects in Malaysia". Research Journal of Applied Sciences, Engineering and Technology 5(8): 2621-2629, ISSN: 2040-7459; e-ISSN: 2040-7467.**
2. **Alinaitwe H., Apolot Ruth, and Tindiwensi D. (2013). "Investigation into the Causes of Delays and Cost Overruns in Uganda's Public Sector Construction Projects". Journal of Construction in Developing Countries, 18(2):33–47.**
3. **Apolot, R, Alinaitwe, H., and Tindiwensi, D (2010). "An Investigation into the Causes of Delay and Cost Overrun in Uganda's Public Sector Construction Projects". Second International Conference on Advances in Engineering and Technology.**
4. **Arcila, Susana Gomez. (2012). "Avoiding Cost Overruns In Construction Projects In The United Kingdom". Dissertation submitted in partial fulfilment for the of Degree of Master of Science in Programme and Project Management The University of Warwick.**
5. **Cantarelli C. C., Flybjerg B., Molin Eric J. E., and Wee. Bert v. (2010). "Cost overruns in Large-Scale Transportation Infrastructure Projects: Explanations and Their Theoretical Embeddedness". European Journal of Transport and Infrastructure Research.**
6. **Heckerman, D., Mamdani, E. H., and Wellman, M. P., (1995) "Real-World Applicationsof Bayesian Networks", Communications of the ACM, 1995.**
7. **Hossen Fouzi A. (2006), Planning Risk Assessment in the Manufacture of Complex Capital Goods, PhD Thesis, Newcastle University, UK.**
8. **Kaliba C., Muya M., and Mumba k. (2009). "Cost escalation and schedule delays in road construction projects in Zambia". International Journal of Project Management, 27:522-531.**
9. **Mulla,S. S. , and Wghmare,A. B. (2015). "A Study of Factors Caused for Time & Cost Overruns in Construction Project & their Remedial Measures". Int. Journal of Engineering Research and Applications, ISSN: 2248-9622, Vol. 5, Issue 1, (Part -6) January 2015, pp. 48-53.**
10. **Murphy, K. P. 2002, "Software Packages for Graphical Models / Bayesian Networks". 2002.**
11. **Project Management Institute 2008," a Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK Guide)", fourth Edition, PMI, Pennsylvania, USA.**
12. **Shanmugapriya, S., and Subramanian, K.. (October 2013). "Investagation of Significant Factors Affecting on Time and Cost Overruns in Indian Construction Projects". International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering, 3(10):734-740.**
13. **Shen L. Y., Wu G. W. C., and Ng C. S. K. (2001). "Risk Assessment for Construction Joint Ventures in China". Journal of Construction Engineering and Management, 127(1): 76-81.**
14. **Siemiatycki, Matti (2015). "Cost Overruns on Infrastructure Projects: Patterns, Causes, and Cures". Munk School of Global Affairs, University of Toronto, ISBN 978-0-7727-0948-6.**
15. **Thevendran V. (2003). "Risk Management in the Construction: a Systematic approach towards managing human factors". PhD Thesis, University of Nottingham, Nottingham, Uk.**
16. **Vidalis, S. M. and Najafi, F. T. (2002). "Cost And Time Overruns In Highway Construction". 4th Transportation Specialty Conference of the Canadian Society for Civil Engineering.**
17. **Zayed T., Amer M., and Pan J. (2008). "Assessing risk and uncertainty inherent in Chinese highway projects using AHP". International Journal of Project Management, 26: 408-419.**
18. **Zou P. W. X. , Zhang G. , and Wang J. (2007). "Understanding the key risks in construction projects in China". International Journal of Project Management, 25: 601-614.**

Received	**2016/06/12**	**إيداع البحث**
Accepted for Publ.	**2016/11/21**	**قبول البحث للنشر**