التدفق النقدي الاحتمالي، نموذج مونتكارلو و سلوك مدراء مشاريع التشييد في السودان

Stochastic Project Cash Flow, Monte Carlo Simulation and Construction Project Managers' Behaviors in Sudan

ابراهيم احمد ادم^{1*}

¹ قسم الهندسة المدنية، كلية الهندسة، جامعة نيالا، نيالا، السودان.

*Corresponding author: Ibrahim Adam (e-mail: Ibraahmed99@gmail.com).

Article history: Received 29 June 2020, Received in revised form 4 November 2020, Accepted 11 November 2020

ABSTRACT: Construction industry in the Sudan has experienced a high or disastrous economical, financial, political and social environment during the last decade and respondents and their organizations had committed to deliver projects within deterministic costs. Inevitably, project stakeholders had been challenged by the effect of overall disastrous project risks. The research checked whether respondents were capable to manage those issues and risks efficiently and effectively. The research highlighted the effect of overall risks on a default project employing Monte Carlo simulation. 80 % of the respondents had overestimated their achievements when compared to actual projects outputs. In fact, the average respondent employed only 11 % of the researched tools and techniques, while none of the tools or techniques usage was rated as good, excellent or outstanding. It was proofed that adopting optimistic or the most likely estimates is a deterministic solution to both the project and the organization. Finally, it is recommended to train respondents and company chief executive officers in handle construction cost risks.

مستخلص: عملت مؤسسات صناعة التشييد السودانية خلال العقد الماضي في بيئة إقتصادية ومالية و سياسية و إجتماعية محفوفة بمخاطر عالية جدًا أو كارثية و بينما إلترزم مديرو المشاريع و المؤسسات بإكمال و تسليم المشاريع خلال تقديرات قاعدية يقينية! إن إهمال أو إغفال أثر البيئة المحيطة بالمشروع يؤدي إلى ان يواجه أصحاب المصلحة تحديات و صعوبات و مخاطر عالية أو كارثية. يهدف هذا البحث إلى التعرف على المخاطر الكلية للمشاريع و قياس أثارها على المشاريع . تناولت الدراسة تقدير الفجوة في مقدرات المستجيبين في إدارة مخاطر الصناعة و التعرف على آثار تلك الفجوة على مخرجات المشروع. طلب من المستجيبين تقدير تكلفة لأنشطة مشروع إفتراضى للاستعانة بها في تقدير آثار المخاطر الكلية بواسطة تقنية مونت كارلو الإفتراضى. توضح تقنية مونتكارلو مجموعة من الخيارات و المعلومات التي يمكن أن تتحقق أثناء تنفيذ المشاريع بناءً على تغيير بيئة العمل باستمرار. يعتقد 80 % من المستجيبين أنهم يعرفون أشكال التوزيعات الإحتمالية بينما يعرف و يستعمل المستجيب المتوسط فقط 11 % من التقنيات و الادوات موضوع الدراسة بطريقة مقبولة و لم تلاحظ له معرفة متوسطة أو جيدة أو ممتازة لإستعمال إلى من التقنيات و الادوات موضوع الدراسة. أوضحت الدراسة آثار المخاطر الكلية لبيئة عمل المشاريع و المؤسسات على تكلفة أنشطة مشروع إفتراضى بواسطة تقنية مونتكارلو. وجد أن تبني التقدير المتفائل أو الحرج مضر و محفوف بمخاطر كثيرة و عالية أو كارثية على مخرجات المشروع و المؤسسة. يوصي الباحث بالاهتمام بتطوير المستجيبين و مدراء مؤسساتهم في مجال ادارة مخاطر صناعة التشييد.

كلمات مفتاحية: ميزانية المشروع، قيمة الأنشطة المخططة (BCWS)، قيمة الأنشطة المنفذة (BCWP)، تكلفة الأنشطة المنفذة (ACWP)، تحليل حساسية التدفق النقدي و القيمة القاعدية للمشروع (BAC).

حاول الباحث إبراز آثار المخاطر الكلية على تكلفة أنشطة مشروع افتراضى بقياس الفجوة بين المستوى المعرفى لعلوم مدراء العينة و مدى إستعمالهم للتقنيات الكمية والسلوكى المتوقع منهم عند إتخاذ قرارات لإدارة التدفقات النقدية للمشاريع.

أدبيات البحث:

تستعمل العقود التقليدية جدولة التخطيط القضيبي اليقيني (deterministic bar chart) للتنبؤ بالتدفق النقدي للمشروع بتجميع تكلفة الأنشطة المتوقع تنفيذها خلال فترة محددة و إنشاء منحنى القيمة المكتسبة المتوقعة (تقدير تكلفة الأنشطة المخططة BCWS). توضح إنجازات أى فترة محددة على جدولة التخطيط القضيبي وفق شهادة الإنجاز عن الأنشطة المنفذة (BCWP). إن قياس تكلفة الأنشطة المنفذة خلال فترة محددة و مقارنتها مع القيمة المكتسبة لتلك الأنشطة توضح مدى إنحراف بيئة العمل أثناء فترة التنفيذ عما خطط لها. يمكن إنشاء أكثر من منحنى S Curve بناءً على زمن بداية أنشطة المشروع (زمن البداية المبكر للنشاط ES- زمن البداية المتأخر للنشاط LS) [1].

يستعين مدراء المشاريع الكبيرة بتقنية القيمة المكتسبة لمراقبة و تحديد لحظات إتخاذ قرارات محددة لأي من مؤشرات أداء تكلفة أنشطة المشروع. إن إهمال إدارة التدفق النقدي للمشاريع يؤدي الي تجاوز تكلفة القيمة القاعدية للمشروع، بينما يتوقع ان يؤد الإهتمام بها الي أن تكتمل المشاريع من خلال تكلفتها القاعدية و ينال مدراء المشاريع رضا أصحاب المصلحة.

إقتصاديات عقود صناعة التشييد:

تتبنى عقود صناعة التشييد التقليدية في السودان مفهوم الاقتصاد الحالى (present economy) حيث تستعمل قيمة العملة لحظه التوقيع على العقد كوحدة لقياس تكلفة المنتجات المرحلية خلال مرحلة التشييد دونما إعتبار لمدة العقد و نادراً أن تستعين بجدولة التخطيط الشبكي لإدارة زمن المشروع [2]. تستعين أكثر عقود صناعة التشييد في السودان بجدولة التخطيط القضيبي اليقيني و تتجاهل البيئة الخطرة حولها ما جعلت الباحث يؤمن أن كثيراً من تلك المؤسسات تعمل على توثيق فشلها [3] ! تعتبر المخاطر المالية و الإقتصادية و الإدارية للمشروع من أهم المخاطر التى تهدد المؤسسة أو المشروع و تؤثر في عدم إيفاء اصحاب المصلحة بالالتزاماتهم تجاه المشروع [4]. يعمل مدراء المشاريع أو المؤسسات السودانية على وضع خطط غير واقعية لتمويل وتنفيذ أنشطة المشاريع و لا يراقبون تلك الخطط فتتجاوز التكلفة النهائية للمشروع القيمة القاعدية له. تعتقد Mulcahy أن زيادة تكلفة المشروع بأكثر من 5 % سوف يكون لها أثراً كبيراً أو كارثياً على محددات المشروع [5] ، إلا أن الباحث يعتقد أن المخاطر الكارثية ، العالية أو المتوسطة تحول القيمة الحالية للتدفقات النقدية للمشروع الى الصفر ($irr = 0$) أو تعمل على تقليل معدل الخصم على الاستثمار إلى أقل مما تحدده الإدارة العليا للمؤسسة. الجدول (1) يوضح أثر نسبة زيادة تكلفة موارد المشروع عن التقديرات الأساسية [6]:

1. مقدمة

تناول البحث آثار تغييرات البيئة الإقتصادية و المالية و الإجتماعية و السياسية للمشاريع السودانية خلال العقد الماضي (2010 - 2019) م. أحدثت تلك التغييرات صعوبات و مخاطر و مشاكل إدت الي تقليل معدلات أداء مؤسسات صناعة التشييد و لم يجد الباحث مؤسسة تدير مخاطرها بطريقة ممنهجة. إن أكثر أصحاب المصلحة يهملون أو يغفلون مخاطر المشاريع و يتذكرون فقط المحددات القاعدية للمشروع خلال مرحلة التنفيذ بينما يطلب من مدير المشروع تسليم المشروع خلال محددات ثابتة. إن إهمال أو إغفال أثر البيئة المحيطة بالمشروع على المشروع يؤدي الى زيادة تكلفة المشروع عن التكلفة القاعدية. لوحظ أن أكثر المقاولون يحددون قيمة العقود التقليدية بجمع تكلفة أنشطة المشروع اليقينية و إضافة نسبة احتياطي لتمثل التكلفة القاعدية للمشروع. تؤثر معدلات التضخم (التضخم الجامح الكارثي، العالى أو المتوسط)، زيادة أسعار السلع أو عدم توفرها بالسوق المحلى، الركود أو الإنتعاش الإقتصادى أو المخاطر الداخلية للمشروع على تكلفة المشروع و يتوقع أن تؤثر على معدلات أداء فريق المشروع أو جودة متطلبات الزمن و قد

يضطر بعض من مدراء المؤسسات الى التضحية بجزء أو كل التكلفة غير المباشرة. أخيراً، يتناول البحث التدفق النقدي الاحتمالي و مدى حساسيتها لمتغيرات المخاطر الكلية للمشاريع و المؤسسات في السودان.

مشكلة البحث:

لوحظ أن مؤسسات صناعة التشييد السودانية لا تستعين بعمليات علم إدارة مخاطر المشروع الممنهجة على أنشطة المشاريع الهندسية علماً بأنها تعمل فى بيئة إقتصادية ومالية و سياسية و إجتماعية محفوفة بالمخاطر و يطلب من مدير المشروع إكمال و تسليم المشروع خلال تكلفة قاعدية محددة. يواجه فريق المشروع الإدارى تحديات و صعوبات تؤدي الى تجاوز تكلفة المشروع النهائية القيمة القاعدية للمشروع (BAC). لاحظ الباحث عدم إهتمام مدراء المشاريع فى السودان بالتنبؤ بالصعوبات التي يمكن أن تواجهها عمليات إدارة المشاريع و بخاصة عمليات التدفق النقدي للمشاريع. تتلخص اسئلة البحث فى مدى معرفة و تطبيق تقنيات عمليات إدارة مخاطر المشروع الممنهجة التالية على أنشطة المشاريع بواسطة مدراء المشاريع:

- النقاط الثلاث (three point estimate)
- التدفق النقدي الاحتمالي (probabilistic cash flow)
- تحليل الحساسية للتدفق النقدي (sensitivity analysis)
- نموذج مونت كارلو الاحتمالي (Monte carlo simulation)
- القيمة المكتسبة (earned value management)

هدف البحث:

التعرف على آثار المخاطر الكلية للمشاريع و المؤسسات على التكلفة القاعدية لمشاريع التشييد و بخاصة عندما لا يستعين فريق و مدير المشروع بتقنيات و أدوات موضوع الدراسة لتقدير و إدارة التكلفة القاعدية.

الجدول (1): مستوى أثر الزيادة على تكلفة موارد المشروع⁶

نسبة زيادة أى مورد عن التقديرات القاعدية	مستوى التأثير على التكلفة القاعدية للمشروع	ملحوظة (الباحث)
(زيادة > 1) %	تأثير طفيف غير مؤثر و يمكن ان يتحمل أي من أصحاب المصلحة	مشاريع تقليدية و فريق مشروع مقدر و بيئة خارجية مستقرة (يمكن إستعمال الحل اليقيني)
(1 - 5) %	تأثير قليل على التكلفة و يمكن للجهة المسؤولة أن تتحمله	مشاريع تقليدية و فريق مشروع مقدر و بيئة خارجية شبه مستقرة (يمكن إستعمال الحل اليقيني)
(5 - 10) %	تأثير متوسط و يصعب على كثير من أصحاب المصلحة تحمله	بيئة داخلية و / أو خارجية متغيرة و غير مستقرة و فريق مشروع مقدر (إستعمال الحل الإحتمالي)
(10 - 20) %	تأثير عالي و يمكن أن تتحمله جهات معينة وفق ترتيبات محددة	فريق مشروع مقدر و بيئة خارجية و / أو داخلية متغيرة و غير مستقرة و يتوقع أن تهبط القيمة الحالية للتدفقات النقدية الى أقل من الصفر (irr = 0) (إستعمال الحل الإحتمالي)
(> 20) %	تأثير كارثي قد تؤدي الى قفل المشروع	بيئة داخلية و / أو خارجية غير مستقرة و متغيرة باستمرار و فريق مشروع بخصائص غير مقبولة أو تقادم التكنولوجيا المستعملة و يتوقع ألا تؤدي المنتجات وظائفها! (إستعمال الحل الإحتمالي)

إن الصعوبات المالية أو الإقتصادية التي واجهتها المشاريع أو المؤسسات في السودان خلال حقبة الدراسة، زادت من تكلفة الموارد المستعملة: السرقات، الحوادث، تعطل الآليات و البيئة الطبيعية أو السوقية. إن الخيار نسبة زيادة (< 20) % من الجدول (1) تمثل بيئة تنفيذ المشاريع خلال حقبة الدراسة و تؤدي الى زيادة تعثر أو إنهيار المشاريع و المؤسسات. إن عملية تعثر أو إنهيار المشروع أو المؤسسة مالياً أو اقتصادياً عملية معقدة و لا تعتمد على عامل واحد فقط و يمكن التنبؤ بكثير من أسباب التعثر أو الإنهيار بواسطة الإداري الواثق من خلال[4]:

- تقدير تكلفة المنتجات المرحلية بطريقة غير واقعية
 - تخطيط التدفق النقدي للمشروع أو المؤسسة بطريقة غير واقعية
 - رقابة و ضبط التدفق النقدي للمشروع أو المؤسسة (ACWP, BCWP) بطريقة غير واقعية
 - عدم واقعية دراسة جدوى أو توافق مستندات المشروع
- يعتقد كل من Will و Cristine أن مؤشرات القيمة المكتسبة توضح مدى تحسن أو تعثر التدفق النقدي للمشروع و تمكن الإداري المقدر من

إكتشاف الصعوبات باكراً إلا أنه يصعب على الإداري غير المقدر إكتشاف أسباب تعثر أو تحسن التدفق النقدي للمشروع أو المؤسسة حيث أنها تتطلب إستعمال تقنيات و أدوات توضح العلاقة بين أعراض التعثر و أسبابه. يضيف الباحثان، Will و Cristine، أنه في بعض الحالات، يمكن أن يتعثر المشروع أو المؤسسة عندما تتعثر مؤسسة أخرى عن الإيفاء بالتزاماتها (تعثر أو إنهيار المقاول الأساسي قد يؤدي الى تعثر أو إنهيار مقاول الباطن، صاحب العمل، المورد،....).

التدفق النقدي اليقيني للمشروع (project deterministic cash flow techniques):

يعتقد كل من Will و Cristine أن الإهتمام بدراسات التدفق النقدي التقليدي للمشاريع بدأ خلال الفترة (1970 - 1980) م [4]. لدى مدونة الدليل المعرفي لإدارة المشاريع طريقة ممنهجة لإنشاء منحنيات التدفق النقدي للمشاريع حيث تطلب المدونة إنشاء جدولة التحليل الشبكي للمشروع و تحويلها الى جدولة التخطيط القضيبي. تحديد زمن بداية لكل نشاط (ES or LS). جمع تكلفة أنشطة المشروع اليقينية لوحدة زمنية محددة إنشاء منحنى المجموع التراكمي للقيمة المكتسبة المتوقعة أثناء التنفيذ (BCWS). ترسم المنحنى التراكمي للصرفيات المرحلية المتوقعة جنباً الى جنب مع منحنى المجموع التراكمي للقيمة المكتسبة المتوقعة. الفرق بين المنحنيين في أى لحظة يمثل مقدار تمويل المقاول للمشروع [7]. إن الحلول اليقينية للمشروع لا تفترض إنحرافات لتكلفة الأنشطة أو المشروع التي يمكن أن تحدث أثناء التنفيذ.

إن التكلفة القاعدية اليقينية للمشروع يساوي مجموع التقديرات اليقينية لأنشطة المشروع. تستعمل تقنية خط المسار الحرج التقدير الأرجح و هي غير فاعلة في بيئة السودان الانية. ركز البحث على آثار تغيير البيئة السياسية و الاجتماعية و المالية و التقنية للمشاريع و هي من صنع الانسان و لوحظ تكرار ذات الصعوبات و المخاطر و المشاكل خلال الثلاثة عقود الماضية بالدولة السودانية (1990 - 2019) م.

التدفق النقدي الإحتمالي (stochastic cash flow):

أوصت مدونة الدليل المعرفي للمشاريع بإستعمال المعادلات التالية لتقدير قيمة المشروع [7]:

القيمة القاعدية للمشروع = تكلفة أنشطة المشروع + تكلفة أنشطة إدارة مخاطر المشروع + إحتياطي المخاطر (contingency reserve)

تكلفة المشروع لصاحب العمل = تكلفة الأنشطة (ACWP) + الربح المتوقع للمقاول

ميزانية المشروع (project budget) = القيمة القاعدية للمشروع + إحتياطي الإدارة (management reserve)

إن كميات موارد مدخلات عمليات تنفيذ أنشطة المشروع هي كميات إحتتمالية و تمثل بدوال إحتتمالية مختلفة كما بالشكل (1). تفترض الحلول الإحتتمالية تغيير بيئة العمل عشوائياً و باستمرار لتتغير معها كميات أو معدلات الإنجاز أو تكلفة موارد المدخلات. إن نتائج عمليات أنشطة

إن التغيير في زمن الأنشطة الحرجة يؤثر على زمن المشروع، أما بالنسبة للأنشطة غير الحرجة فإن التغيير الذي يقل عن الزمن الفائض لا يؤثر على زمن المشروع بينما نجد أن التغيير في التكلفة الإحتمالية لأي نشاط يؤثر على التكلفة القاعدية للمشروع. تنص نظرية باريتو على أن 20% من أسباب أى مشكلة أو خطر تؤدي الى حدوث 80 % من آثار تلك المشكلة. عندما تواجه الباحثين صعوبات يقينية، فإنهم يستعينون بنظرية باريتو لترتيب أولويات الإستجابة لتلك الأسباب وإدارتها ولكن حينما يواجهون صعوبات إحتمالية فإنهم يستعينون بنظرية تحليل الحساسية. تعمل تقنية تحليل حساسية تكلفة أنشطة المشروع على إبراز أثر التغيير في تكلفة أي نشاط على التكلفة الكلية للمشروع وتحديد الأنشطة الأكثر تأثيراً بالمخاطر لإدارتها بطريقة فاعلة. أن البيئة الخارجية و الداخلية للمشروع تعملان باستمرار على تزويد عمليات تنفيذ المشروع بكميات عشوائية للموارد بناءً على التوزيعات الاحتمالية لمدخلات (الشكل (1)) [10].

يمكن حساب معامل إرتباط تكلفة أي نشاط مع التكلفة الكلية للمشروع وفق معادلة بيرسون:

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}}$$

Pearson's coefficient of correlation

إن دالة الإرتباط (r) توضح العلاقة بين متغيرين و يستعين الإداريون بها لترتيب أهمية أنشطة المشروع من حيث التكلفة. تعتقد مؤسسة APM (Association of Project Management) أن تقنية تحليل الحساسية من أسهل التقنيات المستعملة في تحليل المخاطر الكمية [11].

2. الدراسات السابقة

إن تحديد العوامل المالية أو الاقتصادية أو الادارية التي تؤدي الى تعثر أو انهيار مؤسسات التشييد أو المشاريع ومتابعتها يمكن أن تؤدي الى تقليل معدلات تعثرها أو فشلها الى ارقام مقبولة. تعتبر إدارة التدفق النقدي للمشروع أو المؤسسة و بفاعلية من العوامل المهمة لنجاح المشروع أو المؤسسة [12]. في دراسة سابقة Claudius وآخرين، وجد أن نسبة أقل من 1 % من المؤسسات تتعثر و تنهار خلال السنة الأولى من عمرها، 50 % من المؤسسات تتعثر و تنهار قبل إكمال عامها الخامس، 28 % من المؤسسات تتعثر و تنهار قبل إكمال عامها العاشر و ان 21 % منها فقط تتجاوز عمرها العشرة سنوات. أضاف Claudius و فريقه أن أخطاء التقديرات خلال مرحلة العطاءات أدت الى فشل 41 % من المشاريع و 51 % منها فشلت نتيجة عدم إلتزام أصحاب المصلحة بمسؤولياتهم و أن

المشاريع هي نتائج إحتمالية و يمكن تمثيلها بواسطة التوزيع الإحتمالي كما بالشكل (1). الشكل (1) يوضح مخرجات المخاطر الكلية على عمليات أنشطة المشاريع (مدخلات بتوزيعات إحتمالية مختلفة بينما تكون للمخرجات توزيعات إحتمالية بيتا (PDF)) [8].

الشكل (1): أثر المخاطر الكلية على عمليات الأنشطة⁸

يستعين مدراء المشاريع و الشركات بتقنيات كثيرة لتقدير المخرجات الإحتمالية منها: تقنية قرار الشجرة، تقنية فترة إسترداد راس المال، تقنية العائد المتوسط، تقنية القيمة المكتسبة و تقنية مونتكارلو (مخرجات متفائلة بدرجة ثقة تؤول الى الصفر الى مخرجات متشائمة بدرجة ثقة تؤول الى اليقين). يضع الفريق الإداري للمشروع المقدر خطة لمجابهة المخاطر بتقليل او إزالة آثارها على المشروع. يتم تقدير تكلفة خطة لمجابهة مخاطر أنشطة المشروع و تضاف إلى التكلفة اليقينية للمشروع و إحتياطي المخاطر. الشكل (2) يمثل مخرجات تقنية مونتكارلو و يلاحظ [9]:

- منحنيات المجموع التراكمي للتدفقات النقدية اليقينية (المتشائم، الأرجح و المتفائل - خارج الاطار العام لهذا البحث)
- مساحة مقلة العين (eyeball)
- إحدائيات مركز ثقل مقلة العين و إحدائيات لكل نموذج (زمن المشروع، تكلفة المشروع)
- التقدير المتفائل لتكلفة المشروع و التقدير المتشائم لتكلفة المشروع

الشكل (2): مخرجات تقنية مونتكارلو الاحتمالية⁹

خلال العقود الاخيرة، تبنى الباحثون إستعمال التكلفة المتوقع و بدرجة ثقة 50 % بينما يحث آخرون لتبني درجة ثقة 80 % و بمستوى اليقين.

حساسية تكلفة أنشطة المشروع (activities' sensitivity analysis):

• بحثت أسئلة الجزء الثاني (14 سؤالاً) مدى معرفة وإستعمال المستجيبين لبعض من الادوات و التقنيات و المهارات خلال تنفيذ مجموعات عمليات المشروع الخمسة (Project process groups) حسب الدليل المعرفى لإدارة المشاريع (6)

• أخيراً، طلب من المستجيبين تقدير تكلفة أنشطة المشروع الافتراضى للاستعانة بها في إنشاء دالة التوزيع التكرارى المثلثى للتدفقات النقدية الاحتمالية للمشروع الافتراضى. إستعان الباحث بمقياس ليكارد (4, 3, 2, 1, 0) لتوضيح معايير تقييم المستوى المعرفى للمستجيبين (الجدول (2)).

أستخدم الباحث برنامجي الجداول الالكترونية و برنامج @Risk لتحليل بيانات الجزء الأول و الثانى من الإستبيان و صمم برنامج بواسطة برنامج ماتلاب (MATLAB software 2016) لتحليل بيانات المشروع الافتراضى. إستعمل الباحث المعايير التالية لتفسير مدى إرتباط القيمة القاعدية للمشروع الافتراضى مع التغيير في قيمة أي نشاط للمشروع (الجدول (3)) [16]:

الجدول (3): معيار معامل إرتباط بين متغيرين¹⁶

الرقم	المعايير	مدى الارتباط (الباحث)
1	معامل ارتباط كامل	$r = 1$
2	معامل ارتباط عالي جدا	$(0.75 \leq r \text{ و } 1.00 > r)$
3	معامل ارتباط عالي	$(0.50 \leq r \text{ و } 0.75 > r)$
4	معامل ارتباط متوسط	$(0.25 \leq r \text{ و } 0.50 > r)$
5	معامل ارتباط ضعيف	$(0.00 < r \text{ و } 0.25 > r)$
6	لا ارتباط بين	$r = 0.00$

الشكل (3) يوضح مستوى علم و معرفة الاداة و السلوك المتوقع من المستجيب ممثلة على توزيعي بيرت بالون الازرق. يمثل المحور الأفقى مستوى معرفة و أداء أو سلوك المستجيب و المحور الرأسى يمثل تكرار النسبى للحدث للمستوى الواحد. إن مدى معرفة و تطبيق الأدوات و التقنيات تشمل خيارات لا أعرف الأداء أو التقنية، معرفة غير كافية، معرفة متوسطة، معرفة جيدة و أعرف الأداء أو التقنية و أستعملها بطريقة ممتازة. المنحنى الازرق يمثل دالة مستوى علوم و معرفة الاداة و سلوك المستجيب المتوقع. يمكن لمديري المؤسسات تقدير الفجوة فى علوم و مهارات و تقنيات و سلوك رؤسهم بمقارنة مستوى علوم و معارف رؤسهم (المنحنى الأحمر) مع مستوى العلوم و المعارف و السلوك المتوقع منهم.

أخيراً، الشكر و التقدير للمستجيبين و مؤسساتهم لتوفير بيانات و معلومات صادقة و التى سوف تساعد نتائجها أصحاب المصلحة المهتمين فى التعرف على نقاط ضعفهم و العمل على تقليلها و معرفة نقاط قوتهم و العمل على البناء عليها.

الجدول (2): معايير تقييم المستوى المعرفى للمستجيبين³

7 % فقط فشلت نتيجة للقوة القاهرة (force majeure). يزيد فريق Claudius أنه لاحظ أن مدرء المشاريع يستعينوا بإضافة نسبة مئوية (5 - 15) % لتقديرات النقطة الواحدة آملين الا تتجاوز الزيادات الفعلية أثناء التنفيذ تلك الزيادات. لاحظ الباحث إختلاف الباحثون حول وجود علاقة بين عمر المؤسسة و إنهايارها أو نوع النشاط أو المنطقة التى تعمل بها [13]!

فى دراسة أخرى سابقة للباحث، وجد أن الفجوة بين مستوى مقدرات المستجيبين التخطيطية و مستوى المقدرات المتوقع لديهم كبيرة و أن المستجيبين لا يستطيعون تخطيط و إدارة مخاطر المشاريع الكمية بفعالية و أن كل المستجيبين يستعملون التحليل اليقيني فى إدارة زمن المشروع و لا يستعملون الحلول الإحتمالية [3]! أجرت Cristine مع Will دراسة و إستنتجت أن 83 % من عوامل فشل المشاريع هى عوامل مالية أو اقتصادية و يصعب تدارك آثارها على التدفق النقدي للمشروع أو المؤسسة للفريق الإداري غير المقتدر [4] !

فى دراسة حديثة أجريت بواسطة Zakia ، تبين لها أن 90 % من مشاريع العينة تجاوزت تكلفتها التكلفة القاعدية للمشروع بنسب تتراوح بين (0 - 50) % و يلاحظ أن آثار تلك الزيادات على مخرجات المشاريع إمتدت خلال مدى (تأثير طفيف غير مؤثر - تأثير كارثي) [14]. يعتقد الباحث أن أكثر مدرء تلك المشاريع تنقصهم المقدرات الكافية لإدارة تكلفة المشاريع و لا يستطيعون إغتنام الفرص لتحسين التدفق النقدي للمشاريع. يعتقد الباحثون فى مجال إدارة المشاريع أن الإداري الواثق يتحمل مخاطر المشروع بعد تحليلها و تخطيط الإستجابة لها حتى لا تؤثر على المؤسسة بمستوى تزيد عن القليل و يعترف بالأخطاء أو الصعوبات التى تواجهه و فريق المشروع [15].

3. طريقة البحث (RESEARCH METHODOLOGY)

إهتم الباحث بدراسات التدفق النقدي التقليدى للمشاريع و توضيح آثار المخاطر الكلية على مراحل تنفيذ المشاريع. تمت دراسة طريقة و منهجية مدونة الدليل المعرفى لإدارة المشاريع (6) فى إنشاء منحنيات التدفق النقدي اليقيني للمشاريع من جدولة التخطيط القضيبى. إستعان الباحث بتقنية تقدير النقاط الثلاث و نموذج مونت كارلو، لتوضيح أثر المخاطر الكلية على التكلفة القاعدية للمشروع الافتراضى. إستعمل الباحث بيانات أولية جمعت بواسطة إسيان يتكون من ثلاثة أجزاء:

• (12) سؤالاً تناولت قياس شعور و أحاسيس المستجيبين (attitude indicators). أيضاً تناولت أسئلة هذا الجزء قياس مستوى علوم ومهارات و سلوك و شعور المستجيبين عند إستعمالهم لنظم محددة لإصدار أوامر تغييرية أو الإستعانة بتقنية العصف الذهنى أو المقابلات أو الإحتفاظ بكشف الحوادث الفتاكة أثناء أداء مسؤولياتهم و الإستعانة بها فى تكوين قاعدة بيانات إحصائية لمؤسساتهم

يعتقد 80 % من المستجيبين أنهم يعرفون علم الإحصاء و نظرية الاحتمالات و يستعينون بها أثناء تخطيط المشاريع! إن معرفتهم بعلم الاحتمالات لم تمنعهم من عدم الإستعانة بتلك العلوم إهمالاً أو إغفالاً! يعتقد 40 % من المستجيبين أنهم يعرفون تقنية العصف الذهني أو المقابلات إلا أن الباحث يعتقد أن تلك المعرفة لم تحسن من مخرجات العمليات الإدارية للمستجيبين! تنطبق ذات الحالة عند سؤالهم عن مدى إحتفاظهم بكشوفات الحوادث الفتاكة أثناء أداء مسؤولياتهم. يوصي الباحث بإجراء بحوث متصلة في هذه المجالات. أخيراً، الجدول (4)

يوضح المستوى التعليمي للمستجيبين:

الجدول (4): المستوى التعليمي للمستجيبين

نوع الشهادة	دبلوم ثلاث سنوات	شهادات بكالوريوس	شهادات فوق الجامعية	عدد المستجيبين
العدد	1 (3 %)	30 (86 %)	4 (11 %)	35 (100 %)

الشكل (4) يوضح مخرجات التوزيع الإحتمالي المثلثي و التوزيع الإحتمالي بيرت لبيانات السؤالين (السؤال 19 باللون الأحمر و السؤال 24 باللون الأخضر) الخاصين بمدى معرفة و تطبيق تقنيتي نموذج مونتكارلو و تقدير النقاط الثلاث بواسطة المستجيبين. يمكن مقارنة مخرجات التوزيع التراكمي لهما مع مخرجات التوزيع التراكمي المتوقع من المستجيبين باللون الأزرق و التعرف علي مدى القجوة أو الإنخفاف في علوم و معارف المستجيبين! يواجه 95 % من المستجيبين صعوبات أو لا يعرفون تقنية مونتكارلو بينما يستطيع أقل من 25 % من العينة الإستعانة بتقنية تقدير النقاط الثلاث.

الشكل (4): مستوى معرفة علوم و سلوك المستجيبين

إن علم الإحصاء و نظرية الاحتمالات تدرس لجميع طلاب أقسام كليات الهندسة في السودان، يعتقد الباحث أن تلك العلوم لم تؤد رسالتها في إدارة مخاطر و مشاكل صناعة التشييد. على كليات الهندسة ربط مفاهيم علوم الاحصاء و نظرية الاحتمالات بتطوير مقدرات الطلاب في إدارة مخاطر المشاريع و المؤسسات و إستهداف مرحلة النضج الإداري للمؤسسات. يعتقد الباحث أن موضوع تعثر و إنهيار مؤسسات التشييد أو المشاريع نتيجة لتعرضها للمخاطر الإدارية و الإقتصادية و السياسية و

الرقم	المستوى المعرفي و السلوكي و التدريبي المتوقع من المستجيب	مستوى الأداء المتوقع للمستجيب	قياس ليكارد
1	تنقص المستجيب معرفة متطلبات الأنشطة علومياً و سلوكياً و تدريبياً و تنقصه معارف إدارة مخاطر المشروع	لا يستحق القياس	0.99 - 0.00
2	علوم المستجيب لا تفي بمتطلبات الأنشطة علومياً و سلوكياً و تدريبياً و تنقصه معارف إدارة المخاطر	لا يستحق القياس	1.99 - 1.00
3	علوم المستجيب تفي بمتطلبات الأنشطة علومياً فقط و تنقصه معارف إدارة المخاطر defective performance	دون المقبول	2.49 - 2.00
4	علوم المستجيب تفي بمتطلبات الأنشطة علومياً و تدريبياً و تنقصه معارف إدارة المخاطر و التدريب الفعال Meets Performance Expectations	مستوى أداء تواجهها صعوبات ولكنها (مقبول)	2.99 - 2.50
5	علوم المستجيب تفي بمتطلبات الأنشطة علومياً و سلوكياً و تدريبياً و تواجه صعوبات في إدارة المخاطر Good performance	مستوى أداء جيد	3.74 - 3.00
6	علوم المستجيب تفي بمتطلبات الأنشطة و إدارة المخاطر outstanding performance	أداء مذهل (الممتاز)	4.00 - 3.75

الشكل (3): القجوة في مستوى علوم و سلوك المستجيبين

4. النتائج و المناقشة (RESULTS AND DISCUSSIONS)

تم تقسيم أسئلة الإستبيان إلى قسمين أسئلة تخص زمن المشروع و أخرى تعني بتكلفة المشروع. يتناول هذا البحث أسئلة الإستبيان الخاصة بتكلفة المشروع.

الجزء الاول من الاستبيان (الاسئلة 1 - 12):

تناولت أسئلة هذا الجزء قياس مستوى علوم ومهارات و سلوك و شعور المستجيبين عند تطبيقهم لنظم إصدار أوامر تغييرية أو الإستعانة بتقنية العصف الذهني أو المقابلات أو الإحتفاظ بكشف الحوادث الفتاكة أثناء أداء مسؤولياتهم أو الإستعانة بها في تكوين قاعدة بيانات إحصائية للمؤسسة.

الإجتماعية لم ينال الإهتمام الكافي من الباحثين السودانيين أو المؤسسات الرقابية أو التعليمية !

الجزء الثاني الاسئلة (13 - 26):

تناول هذا الجزء مدى معارف و سلوك المستجيب في مجال إدارة تكلفة المشاريع. الجدول (5) يوضح مستويات سلوك و معارف المستجيب المتوسط لبعض من التقنيات المهمة على مقياس ليكارد (العمود الثالث) و مستوى الأداء المتوقع منه (العمود الرابع). إن الفجوة بين المستوى المعرفي المتوقع بواسطة المستجيب المتوسط و واقع المستجيب المتوسط كبيرة ! إن المستجيب المتوسط يستعمل 11 % من التقنيات و الأدوات موضوع الدراسة بطريقة مقبولة (معرفته و إستعماله لتقنية هيكل تجزئة المشروع) و لم تلاحظ له معرفة جيدة أو مذهلة لأي من التقنيات الأخرى. إن مستوى معرفة المستجيب المتوسط لأشكال التوزيعات الاحتمالية غير مقبول و قد يستعمل بطريقة خاطئة أو اغفالها و يعتقد الباحث أن أكثر المستجيبون لا يستطيعون تطبيق نظريات علم الاحصاء و الاحتمالات بالكفاءة المطلوبة لتحقيق نجاحات في مجال علم الإدارة. إن مستوى معرفة تقنيات حساب العائد المتوقع من المشروع أو التكلفة المتوقعة من العمليات الاحتمالية أو كيفية إستعمال أداة رأي الخبراء أو استعمال تقنية القيمة المكتسبة لتخطيط و رقابة و ضبط عمليات تنفيذ المشروع بواسطة المستجيب المتوسط لا تبشر بمخرجات تنال رضا الزبائن. كيف يقدر (estimate) المستجيب المتوسط تكلفة المشروع علماً بأن علومه و سلوكه في مجال تقدير تكلفة أنشطة و ميزانية المشروع غير كافية؟ من و كيف يراقب المستجيب المتوسط ؟

إن مستوى معرفة المستجيب المتوسط لأدوات العائد المتوسط ، شجرة القرار، تحليل الحساسية و رأي الخبراء تؤكد أن مخرجات مرحلة دراسة الجدوى (أدورت عمليات بدء المشروع) و تصميم المشروع ستكون غير واقعية (بمتوسط 1.67 - 1.39)، بينما يعتقد 77 % من المستجيبين أن مؤسساتهم تحقق المنافع التي وعدت بها خلال مرحلة دراسات الجدوى! تؤثر نتائج دراسات الجدوى و التصميم غير الواقعية في عمليات تخطيط و تنفيذ و متابعة المشروع لاحقاً. إن مستوى معرفة المستجيب المتوسط لأداتي نموذج مونتكارلو و القيمة المكتسبة تؤشران الى أن مخرجات مجموعات عمليات التخطيط ، التنفيذ و الرقابة و المتابعة ستكون غير واقعية أيضاً (بمتوسط 1.78 - 0.53). إن عدم كفاية معرفة تقنية تقدير النقاط الثلاث بواسطة المستجيب المتوسط (بمتوسط 0.53) يؤكد الإستعانة بتقنية تقدير النقطة الواحدة!

الجزء الثالث (نموذج مونتكارلو - تكلفة):

الجدول (6) يوضح تكلفة أنشطة المشروع الافتراضى خلال مدى بين التكلفة المتقابلة و المتشائمة. أن الهدف من هذه القيم هو تقدير تكلفة لكل أنشطة المشروع و إستعمالها لإجراء نموذج مونتكارلو. نتيجة لقلّة علوم و مهارات المستجيبين عما هو متوقع منهم، و نتيجة لعدم إستقرار الجدول (5): الفجوة في علوم المستجيبين

الرقم	التقنيات و الأدوات المتوقعة إستعمالها	رقم ليكارد	مستوى معرفة و اداء المستجيب المتوسط (سلوك)
13	هيكل تجزئة المشروع	2.83	مقبول
14	شكل توزيع الاحتمالات	2.31	غير مقبول
16	العائد المتوسط المتوقع	1.67	لا يستحق القياس
17	أداة شجرة القرار	1.67	لا يستحق القياس
18	أداة تحليل الحساسية	1.17	لا يستحق القياس
19	نموذج مونتكارلو للتحليل	0.53	لا يستحق القياس
20	أداة رأي الخبراء	1.39	لا يستحق القياس
24	تقدير النقاط الثلاث	1.78	لا يستحق القياس
26	أداة القيمة المكتسبة	1.28	لا يستحق القياس

البيئة الخارجية للمشاريع، رأى الباحث إن يتم تقدير تكلفة احتمالية بتوزيعات مثلية لكل أنشطة المشروع ما عدا النشاط E و التي سوف تستعمل تكلفة يقينية وفق الجدول (6).

الجدول (6): تقديرات تكلفة أنشطة المشروع الافتراضي

تكلفة النشاط أو المشروع (جنيه سودانى)						دوال النشاط لتقديرات المستجيبين
المشروع	A احتمالية	B احتمالية	C احتمالية	D احتمالية	E يقينية	F احتمالية
متوسط تكلفة المستجيبين المتقابل	22608500	640000	14000000	50000	90000	781000
متوسط تكلفة المستجيبين المتشائم	31128500	1066667	15466667	80000	126667	14370000
تكلفة الارجح (CPM)	25803500	800000	14500000	61250	102750	25803500
تكلفة المتوسط المتوقع (PERT)	26513500	829581	14651674	63330	106292	10724816

القاعدية للمشروع هو السبب الرئيسي لتعثر أو فشل المشاريع السودانية خلال العقد الماضي - بدرجة (ثقة تول الى الصفر لتحقيقه).

الشكل (6): نموذج مونتكارلو

وجد ان: التكلفة الحرجة $\approx (25803500)$, المتوقعة (26394194) و اليقينية (27814100) ج سودانياً و بدرجة ثقة 80 %.

حساسية تكلفة أنشطة المشروع الافتراضي:

الشكل (7) يوضح حساسية تكلفة أنشطة المشروع على التكلفة الكلية للمشروع. إن التغيير في تكلفة أي نشاط , ماعدا النشاط E , يؤثر على التكلفة القاعدية للمشروع. يلاحظ أن العلاقة بين تكلفة أنشطة المشروع و التكلفة القاعدية للمشروع لا خطية. وجد إن مدى معاملات ارتباط تكلفة الأنشطة مع التكلفة الافتراضية للمشروع هي:

$$(r_A = 0.0993, r_B = 0.0559, r_C = 0.0506, r_F = 0.0199, r_D = 0.0015, r_E =$$

0.0000) .

أخيراً، إن مستويات علوم و مهارات المستجيب المتوسط تؤكد عدم مقدرته في إدارة تكلفة دراسات جدوى و عمليات تصميم و تخطيط و تنفيذ و متابعة المشاريع السودانية بطريقة فاعلة! يؤدي عدم إدارة المخاطر الكلية بطريقة فاعلة الى تعثر أو إنهيار و فشل نسبة كبيرة من المشاريع أو المؤسسات و عدم رضا أصحاب المصلحة للمشروع و الإضرار بسمعة مدرء المشاريع و المؤسسات. أوضحت الدراسة اهمية الاستعانة بالتقنيات موضوع الدراسة في إتخاذ القرارات الفاعلة للمدرء خلال العمر الافتراضي للمشروع.

الشكل (7): حساسية تكلفة أنشطة المشروع الافتراضي

5. الخلاصة و التوصيات

الخلاصة:

- 80 % من المستجيبين يعتقدون أنهم يعرفون أشكال التوزيعات الاحتمالية (!Illusion!)
- إن المستجيب المتوسط يستعمل 11 % من التقنيات و الأدوات موضوع الدراسة بطريقة مقبولة (هيكل تجزئة المشروع)

الحلول اليقينية الحتمية (deterministic solutions):

إن عدم كفاية معرفة تقنية تقدير النقاط الثلاث بواسطة فريق المشروع (بمتوسط 1.78)، يؤكد إستعمال تقنية تقدير النقطة الواحدة في بيئة السودان ذات التضخم العالي خلال الفترة (2010 - 2020) م لتؤدي الى تعثر أو إنهيار المشاريع أو المؤسسات. وجد أن التكلفة التقاؤلية اليقينية للمشروع الافتراضي تساوي (22608500) جنيها (الجدول (6)) و هي تكلفة غير واقعية و لا يمكن إنجاز المشروع من خلاله ابدأً. يعتقد الباحث أن أكثر التقديرات القاعدية للمشاريع خلال تلك الفترة لا تحتوي على احتياطي واقعي حيث تضاف نسبة مئوية عشوائية لتؤدي الى فشل أو تعثر المشروع. إن التكلفة المتشائمة للمشروع الافتراضي تساوي (31128500) جنيها (الجدول (6)) و هي تكلفة محافظة جداً و يمكن إنجاز المشروع و بنسبة ثقة يقينية. أخيراً، إن مستوى معرفة و إستعمال التقنيات موضوع الدراسة بواسطة المستجيبين ضعيف جداً و لا يبشر بتحقيق معدلات أداء تضمن نجاح برامج الدولة السودانية في مجال التنمية المستدامة (Sudan's SDG for 2030).

الحلول الاحتمالية (stochastic solutions):

الشكل (5) يوضح أثر المخاطر الكلية على تكلفة المشروع الافتراضي نتيجة لتكرار النموذج 400 مرة. المحور الافقي يمثل الزمن المحتمل للمشروع و المحور الراسي يمثل التكلفة المحتملة للمشروع :

- النقطة * تمثل التقدير المتفائل (باللون الأخضر - لا يمكن انجاز المشروع بهذه التكلفة)

- النقطة * تمثل التقدير المتشائم (درجة ثقة يقينية)

- النقطة * تمثل التقدير الأرجح (درجة ثقة أقل من 40 %)

الشكل (5): التقديرات الاحتمالية لتكلفة المشروع الافتراضي

الشكل (6) أيضاً يؤكد عدم وجود أى احتمال لإكمال المشروع بتكلفة التقدير المتفائل و لكن يمكنهم إستعمال التكلفة الأرجح و بزيادة احتياطي الحرج محفوف بمخاطر عالية (درجة ثقة فقط 39 %). خلال العقود الاخيرة، تبنى الباحثون إستعمال التكلفة المتوقعة و بدرجة ثقة 50 % بزيادة احتياطي 590690 جنيها سودانية عن التقدير الأرجح. عندما تود المؤسسة درجة ثقة تقارب مستوى اليقين فعليها تبنى درجة ثقة 80 % بزيادة احتياطي 2011500 جنيها سودانية عن التقدير الأرجح. يعتقد الباحث إن إستعمال تقنية تقدير النقطة الواحدة عند تقدير التكلفة

Journal of Sustainable Business and Management Solutions in Emerging Economies

- [11] APM (2018) (Project Risk Analysis and Management)
- [12] Bayu Aditya; Alin Veronika and Bambang Trigunaryah "Risk Analysis in Feasibility Study Of Building Construction Project: Case Study - Pt. Perusahaan Gas Negara Indonesia" The Tenth East Asia-Pacific Conference on Structural Engineering and Construction August 3-5, 2006, Bangkok, Thailand
- [13] <https://ideas.repec.org/h/tpk/mklp15/613.html> Claudius, A; Vasile, Dorca; Radu, A. and Radu Munteanu (2015) "Risk Consideration and Cost Estimation in Construction Projects Using Monte Carlo Simulation" management volume 10 seen 28/08/2019
- [14] Zakia Bouayed (2016) "Using Monte Carlo Simulation To Mitigate The Risk Of Project Cost Overruns" Int. J. of Safety and Security Eng., Vol. 6, No. 2 293-300
- [15] www.infrastructure.gov.au Commonwealth of Australia (2018) "Guidance Note 3A Probabilistic Contingency Estimation" seen on 28/08/2019
- [16] Muhammad Badrus Zaman, Dwi Priyanta and Filik Trisilo (2017) "Risk Assessment in Financial Feasibility of Tanker Project Using Monte Carlo Simulation" International Journal of Marine Engineering Innovation and Research, Vol. 1(4)

- لم تلاحظ للمستجيب المتوسط معرفة متوسطة أو جيدة أو ممتازة لإلى من التقنيات و الأدوات موضوع الدراسة!
- عدم مقدرة المستجيب المتوسط في إدارة تكلفة دراسات جدوى أو تصميم أو تخطيط و تنفيذ و متابعة المشاريع السودانية بطريقة فاعلة
- إستعمال عينة المستجيبين لتقدير النقطة الواحدة خلال فترة الدراسة (2010 - 2019) م
- وجد أن تكلفة المشروع الافتراضي:
 - الدرجة (25803500 ج سودانياً) و بدرجة ثقة 39 %
 - المتوقعة (26394194 ج سودانياً) و بدرجة ثقة 50 %
 - اليقينية (27814100 ج سودانياً) و بدرجة ثقة 80 %
- يؤدي عدم إدارة مخاطر المشروع الكلية بطريقة فاعلة الى تعثر أو إنهيار و فشل المشاريع أو المؤسسات
- توضح تقنية مونتكارلو مجموعة من الخيارات و المعلومات التي يمكن أن تتحقق أثناء تنفيذ المشاريع بناءً على تغيير بيئة العمل
- أوضحت الدراسة أهمية الإستعانة بالتقنيات الكمية خلال العمر الافتراضي للمشروع و إستنتاج معلومات تساعد في مدراء المشاريع و إتخاذ القرارات الفاعلة

التوصيات:

- تدريب المستجيبين بأهمية إنشاء تقدير واقعي لتكلفة المشروع في كل مراحله
- على كليات الهندسة ربط مفاهيم علوم الإحصاء و نظرية الإحتمالات بأهمية تطوير مقدرات الطلاب و المستجيبين في إدارة مخاطر المشاريع و المؤسسات

المراجع

- [1] www.google " Chapter 6 Project Cash Flow " pp (118 - 147) seen 12/09/2019
- [2] Adam, I. A. (2007) "Evaluation of Construction Contracts' Performance in the Sudan" unpublished Ph D thesis, Sudan University of Science and Technology, Sudan 2006
- [3] تكامل مخرجات نموذج مونتكارلو و سلوك مدراء مشاريع "م" ابراهيم احمد ادم (2019) مجلة العلوم الهندسية و الحاسوب جامعة السودان للعلوم و "التشييد في السودان" JECS, Volume 20, No 1, 2019
- [4] Mutti, C d N and Hughes, W (2002) "Cash flow management in construction firms. In: Greenwood, D (Ed.)", 18th Annual ARCOM Conference, 2-4 September 2002, University of Northumbria. Association of Researchers in Construction Management, Vol. 1, 23-32.
- [5] Mulcahy R. (2018) "PMP Exam PreP." RMC Publications 9th Edition
- [6] www.google. Risk Management task Group (2012) "Project Risk Management Handbook: A Scalable Approach" seen 15/09/2018
- [7] Project Management Institute (2017) "A Guide to the Project Management Body of Knowledge" 6
- [8] www.google, "Introduction to Cost Risk Analysis" seen 28/08/2019
- [9] Hillson, D (2014) "Managing Overall Project Risk " Originally published as a part of the 2014 PMI Global Congress Proceedings – Dubai, UAE
- [10] Goran Avlijas (2018) "Examining the Value of Monte Carlo Simulation for Project Time Management" Management: