

## Sensitivity Analysis of Fuzzy Present Worth for Railway Projects

Dana Marwan Al Sheikh\*

(Received 13 / 2 / 2017. Accepted 9 / 8 / 2017)

### □ ABSTRACT □

There are significant uncertainties associated with the optioneering stage at the economic evaluation of major projects, and as a result, methods have been developed to help informing the preferred option. To address the limitations inherent in traditional methods this paper proposes a new mathematical model, based on Fuzzy Sets Theory. This model suggests transforming project cost expenditures and returns into triangular fuzzy numbers, to be then used in estimating the project economic criteria, namely fuzzy present worth. And then apply a parametric study to undertake fuzzy sensitivity analyses, which can be used as a support tool to select the preferred investment option. The developed method serves as a tool for use in the arena of decision-making.

The applicability of the proposed model is demonstrated by a case study that is Study for the Improvement of Aleppo&Damascus railway line.

**Keywords:** Sensitivity Analysis, Fuzzy Present Worth, Uncertainty, Fuzzy  $\alpha$ -cut, Fuzzy Sets Theory, Plausible Range, Parametric Study.

---

\*Academic Assistant, Engineering and Construction Management Department, Faculty of Civil Engineering , Tishreen University, Lattakia , Syria.

## تحليل الحساسية للقيمة الحالية الضبابية لمشاريع السكك الحديدية

دانا مروان الشيخ\*

(تاريخ الإيداع 13 / 2 / 2017. قُبِلَ للنشر في 9 / 8 / 2017)

### □ ملخّص □

هناك درجة عدم تأكد كبيرة مرتبطة بالبدايل المدروسة في الجدوى الاقتصادية لمشاريع البنى التحتية الضخمة، ونتيجة لذلك تم تطوير العديد من الطرق للمساعدة على تحديد البديل الأفضل. لمعالجة التقصيرات الكامنة في الطرق التقليدية يقترح هذا البحث نموذجاً رياضياً جديداً، يستند على نظرية المجموعات الضبابية حيث يعتمد هذا النموذج على تحويل كلف وعائدات المشاريع الهندسية إلى أرقام ضبابية مثلثية ليتم استخدامها في تقدير معايير المشروع الاقتصادية، تحديداً قيمة المشروع الحالية الضبابية، ومن ثم تطبيق دراسة بارامترية للقيام بتحليل الحساسية الضبابي. حيث سيتم استخدام الدراسة البارامترية كأداة لدعم اتخاذ القرار لتحديد بديل الاستثمار الأفضل. تخدم الطريقة المقترحة كأداة سهلة الاستخدام في مجال اتخاذ القرار. هذا وقد تمّ توضيح تطبيق النموذج المقترح من خلال دراسة حالة وهي دراسة تطوير وتحديث لخط السكة الحديدية لحلب ودمشق.

**الكلمات المفتاحية:** تحليل الحساسية، القيمة الحالية الضبابية، عدم التأكد، قطع- $\alpha$  الضبابي، نظرية المجموعات الضبابية، المجال الممكن، دراسة بارامترية.

\*قائم بالأعمال-قسم هندسة وإدارة التشييد-كلية الهندسة المدنية-جامعة تشرين-اللاذقية-سورية

## مقدمة

يهدد التقدير غير الدقيق لتكاليف مشاريع البنى التحتية، وخاصة تقدير عائد استثمارها، استمرارية عدد كبير من هذه المشاريع في جميع أنحاء العالم. ونتيجة لذلك يتزايد التساؤل على تبرير الإنفاق العالي الدرجة على هذه المشاريع [1، 2]. على سبيل المثال، وجدت دراسة قام بها Flyvbjerg وآخرون [3] أن التكاليف في مشاريع البنى التحتية الضخمة في المملكة المتحدة البريطانية قد تجاوزت التوقعات بمتوسط قدره 44.7% لمشاريع السكك الحديدية، و33.8% للجسور والأنفاق، و20.4% للطرق. تعتمد دراسات الجدوى لهذه المشاريع بشكل كبير على التنبؤ والتقدير لتأثير عدد من العوامل الاقتصادية مما يجعل هذا التقدير عرضة للأخطاء وعدم التأكد. يجدر الإشارة إلى أن هذه الأخطاء عادةً تنجم عن قانون العشوائية، بيد أن عدم التأكد يرتبط بالغموض المحيط بتقدير العوامل الاقتصادية [4].

بينت دراسات مرجعية عديدة أنه بالرغم من مساهمة كلاً من درجة صعوبة المشروع، وتغيرات الهدف الرئيسي، والتقدم التقني، والخصائص الجيولوجية غير المتوقعة، وتعارض أصوات أصحاب المصلحة في المشروع إلى ضعف أداء المشروع نتيجة زيادة تكاليفه ونقص عائداته. لكن هذه الأسباب لا تعد الأسباب الأساسية لضعف أداء المشروع؛ وحسب الدراسات المرجعية فإن السبب الحقيقي يعزى إلى ميل مخططي المشاريع إلى سوء التقدير بشكل منتظم وإلى تجاهل الأخطار الناتجة عن صعوبة المشاريع، وتغيرات الهدف،... إلخ، الأمر الذي يطلق عليه اسم الانحياز المتفائل. يرافق الانحياز المتفائل هذا جميع مراحل المشروع من الدراسة المرجعية الأولية إلى جميع مراحل اتخاذ القرارات خلال التنفيذ والبناء [5].

تملك وزارة النقل البريطانية دليلاً لتقييم السكك الحديدية أخذة بعين الاعتبار تعديل الكلف لتتضمن الخطر والانحياز المتفائل. يمكن تخصيص هذا الدليل بالنقاط التالية: تحديد نوع المشروع، تمييز مرحلة المشروع، تطبيق نسبة الانحياز المتفائل الموصى بها، وأخيراً إجراء تحليل الحساسية حول مستوى الانحياز المتفائل المعتبر. هذا وتقوم وزارة النقل البريطانية بمعالجة الأخطار المرتبطة بعائدات مشاريع السكك الحديدية بإجراء تحليل حساسية مصادر هذه العائدات [6].

وللتعامل بشكل كمي مع الغموض وعدم التأكد في تقييم مشاريع النقل، استندت بعض الدراسات والكودات على تحليل الحساسية (Sensitivity Analysis) [7]، والبعض الآخر على تحليل الحساسية والطرق الاحتمالية كمحاكاة مونت كارلو (Monte Carlo Simulation) نذكر منها [8] Handbook of Transport Engineering، و [9] RAILPAG، و [10]. هذا وتعتمد الدول العربية في دراسات الجدوى الاقتصادية لمشاريع السكك الحديدية على أسلوب تحليل الحساسية لبارامترات المشروع الرئيسية من أجل تحديد قرار الاستثمار المستقبلي الأفضل.

من الانتقادات التي توجه إلى طريقة تحليل الحساسية أنها طريقة حدسية لأنها تعتمد على حدس صانع القرار نتيجة لغياب المعلومات اللازمة، وهناك أيضاً مشاكل مرتبطة بالطرق الاحتمالية إذ يتطلب إنجازها عدة فرضيات حول التوزيعات والعمليات الاحتمالية عليها، والتي يتطلب تطبيقها معلومات أكثر بكثير من المتوفرة عادة حول مشاريع الاستثمار، على عكس المجموعات الضبابية (Fuzzy Sets Theory) والتي يمكن أن تطبق حتى بمعلومات ضئيلة. حيث تعتبر نظرية المجموعات الضبابية والمنطق الضبابي من الأدوات الأكثر فاعلية لنمذجة الأنظمة المعقدة، ونظام الإدارة المالية، مع اعتبار أن النظام المعقد هو النظام الذي يعاني من غياب المعلومات الكاملة والدقيقة وعندما يكون الإنسان مرتبك بالتعامل مع عدم التأكد [11].

من خلال البحث لوحظ وجود دراسات عديدة تعاملت مع تحليل الحساسية الضبابي لمسائل البرمجة الخطية، مع وجود دراسات قليلة تعاملت مع تحليل الحساسية الضبابي لمسائل الاقتصاد الهندسي. طوّر Sari and Kuchta [12] تحليل الحساسية العالمي للقيمة الحالية الصافية الضبابية لتحديد العوامل التي لها التأثير الأكبر على جدوى المشروع الاستثماري. بيّن كل من Flahat and Mirzaeian [13] في بحثهما أهمية استخدام المنطق الضبابي عند تقييم المشاريع الاقتصادية، فالنتائج التي سنحصل عليها هي أكثر موثوقية حتى لو تغيرت البيانات الأولية، كما أنّ تطبيق تحليل الحساسية ضرورياً باعتباره طريقة لتحديد العوامل التي لها التأثير الأكبر على جدوى المشروع الاستثماري.

تعاملت الدراسات السابقة [12، 13، 14، 15، 16، 17، 18، 19] مع التدفقات النقدية الصافية الضبابية إما كتدفقات سالبة بالكامل (كلف) أي كأرقام سالبة مثل (-5M S.P, -10MS.P, -15MS.P)، أو كأرقام موجبة (عائدات) مثل (5MS.P, 10MS.P, 15MS.P). الأمر الذي دفعنا إلى تقديم نموذج رياضي جديد، يراعي الحالة التي تكون فيها إحدى أو كل التدفقات النقدية الصافية الضبابية، سالبة وموجبة جزئياً بأن واحد على سبيل المثال (10M S.P, 5M S.P, - 5M S.P). وهي الحالة التي يمكن أن تتوافق مع أي بديل استثماري. حيث يعتمد هذا النموذج على تحويل كلف وعائدات المشاريع الهندسية إلى أرقام ضبابية مثلثة ليتم استخدامها في تقدير معايير المشروع الاقتصادية، تحديداً قيمة المشروع الحالية الضبابية. ومن ثم تطبيق أسلوب تحليل الحساسية لدعم اتخاذ القرار لتحديد بديل الاستثمار الأفضل، حيث أجري هذا البحث في جامعة تشرين-كلية الهندسة المدنية في الفترة بين 10/1/2017 و15/7/2015.

### أهمية البحث وأهدافه:

تأتي أهمية هذا البحث من ازدياد القيمة الاستثمارية لمشاريع البنى التحتية إلى حدٍ قادرٍ على التأثير على الاقتصاد الوطني. حيث أنّ حدوث تجاوزات في الكلف، وتناقص للعائدات لمشروع واحد قادر على زعزعة الاستقرار المالي للبلد بأكمله؛ كما حدث في دورة الألعاب الاولمبية عام 2004 في أثينا، حيث كان لتجاوزات الكلف تأثيراً سلبياً على التصنيف الائتماني لليونان بأكملها. وبالمثل، عندما افتتح المطار الدولي الجديد في هونغ كونغ، حيث أدت أعطال الكمبيوتر إلى نقصٍ كبيرٍ في الإيرادات الأمر الذي أدى إلى ضررٍ في الناتج القومي الإجمالي لهونغ كونغ [5]. لذلك تركزت أهداف البحث في النقاط التالية:

- 1) تطوير تحليل الحساسية الضبابي للقيمة الحالية الصافية الضبابية، آخذين بعين الاعتبار الغموض وعدم التأكد في تقدير التدفقات النقدية، لدعم صنّاع القرار في تحديد بديل الاستثمار الأفضل.
- 2) التعامل مع درجة عدم التأكد المرتبطة بقرار تحديد البديل الأفضل عند القيام بدراسة الجدوى الاقتصادية للمشروع، ودعم هذا قرار بدراسة بارامترية لتحديد تأثير التغيير في معطيات المشروع الاقتصادية على هذا القرار.

### طرائق البحث ومواده:

تمّ اعتماد النموذج المقترح في البحث [20]، وتحديد علاقة القيمة الحالية الضبابية المستنتجة فيه. بيد أنّ هذه المقالة تتضمن بحوث إضافية ترتبط بتطوير الدراسات البارامترية المتعلقة بتحليل الحساسية الضبابي لعلاقة القيمة الحالية الضبابية للاختطية المقترحة في [20]. حيث تعتمد الطريقة المقترحة في هذه المقالة على إجراء دراسة بارامترية

لتحليل حساسية كلف وعائدات المشروع للتغيير لكونها معطيات استثمارية غير حتمية. ومن ثم مراقبة تأثير هذا التغيير على قرار البديل الأفضل. ثم يقترح البحث دراسة بارامترية أخرى لتحليل حساسية المجال الممكن للقيمة الحالية الضبابية بغية التعامل مع درجة عدم التأكد المرتبطة مع تحديد البديل الأفضل. هذا وقد تمّ دعم النموذج المقترح بتطبيقه على دراسة حالة وهي دراسة تطوير وتحديث لخط السكة الحديدية لحلب ودمشق.

### النماذج المطورة (The Models Developed):

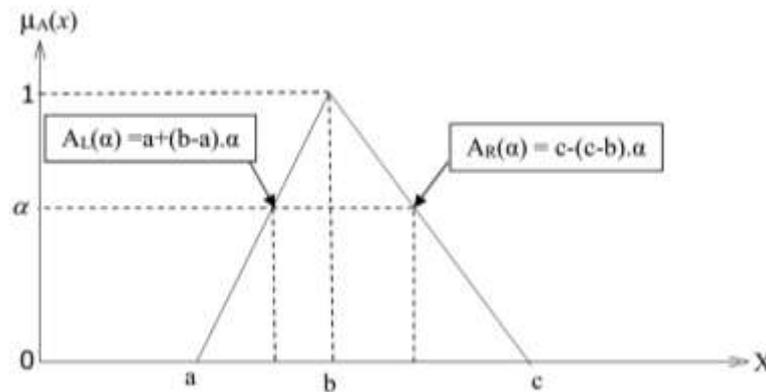
تقترح هذه المقالة طريقة تحليل الحساسية للقيمة الحالية الضبابية لتحديد العوامل المؤثرة على جدوى المشروع الاستثماري، ولدعم آخذي القرار على اختيار البديل الأفضل للمشروع، عن طريق قياس عدم التأكد المرتبط فطرياً مع التقويم الاقتصادي. ولتحقيق ذلك، يحوّل النموذج نفقات وعائدات بدائل المشروع إلى أرقام ضبابية ثلاثية والتي تستخدم لتقدير القيمة الحالية اللاخطية لكل بديل من بدائل المشروع ومن ثم إجراء تحليل الحساسية الضبابي. وهكذا يتم دعم وتعزيز القيمة المالية المحتملة للخيارات البديلة للمشروع تبعاً لمقارنتها بطريقة موضوعية وقوية. وتبعاً لذلك تمّ تعريف التمثيل الضبابي لمعدل الفائدة، والقيمة الحالية، كما هو موضح أدناه.

### • الرموز الضبابية (Fuzzy Notations)

تمّ تمثيل الأرقام الضبابية في هذه المقالة بواسطة القيم اليسارية واليمينية، وتمّ وصف تابع العضوية  $\mu_A(x)$  بواسطة قطع ألفا  $(\alpha\text{-cut})$ ، كما يظهر بالمعادلة (1) [14,15]:

$$\begin{aligned} \tilde{F}_k &= (a, b, c) \\ \tilde{F}_k &= (F_{LK}(\alpha), F_{RK}(\alpha)) = (a + (b-a).\alpha, c - (c-b).\alpha) \end{aligned} \quad (1)$$

مثّلت الأرقام الضبابية اليسرى واليمينية بواسطة  $A_L(\alpha)$  و  $A_R(\alpha)$  على التوالي. لأجل الأرقام الضبابية المثلية فإنّ  $A_L(\alpha)$  و  $A_R(\alpha)$  هي توابع خطية، كما يظهر في الشكل (1). بالرجوع للشكل (1)، يعرف الرقم الضبابي المثلي بالبارامترات الثلاث  $(a, b, c)$ ، أو الحد الأدنى، على الأرجح، والحد الأعلى. حيث  $A_L(\alpha)$  و  $A_R(\alpha)$  هي القيم الصغرى والعظمى على التوالي.



شكل 1: الرقم الضبابي المثلي

هذا واعتبرت الدراسات السابقة [12، 13، 14، 15، 16، 17، 18، 19] التدفقات النقدية الصافية الضبابية إما كرقم موجب (عائد) أو كرقم سالب (كلفة). لأجل التدفقات النقدية الصافية الضبابية والتي تكون سالبة وموجبة جزئياً بأن واحد، سيتم استخدام حالة القسمة الضبابية العامة، والمعرفة في المعادلة (2) [17]:

$$\tilde{A} \div \tilde{B} = \left[ \begin{array}{l} \min(A_L(\alpha)/B_L(\alpha), A_L(\alpha)/B_R(\alpha), A_R(\alpha)/B_L(\alpha), A_R(\alpha)/B_R(\alpha)), \\ \max(A_L(\alpha)/B_L(\alpha), A_L(\alpha)/B_R(\alpha), A_R(\alpha)/B_L(\alpha), A_R(\alpha)/B_R(\alpha)) \end{array} \right] \quad (2)$$

### ● معدل الفائدة الضبابي (Fuzzy Interest Rate)

بفرض أنَّ معدل الفائدة الضبابي لأجل مدة تقييم المشروع  $n$  هو  $\tilde{i} = (i_L, i_R)$ ، وتبعاً لذلك، يعرف معدل الفائدة المركبة الضبابي بالمعادلة (3) [18].

$$\begin{aligned} \tilde{1} \oplus \tilde{i} &= (1+i_L, 1+i_R) \\ (\tilde{1} \oplus \tilde{i})^n &= ((1+i_L)^n, (1+i_R)^n) \end{aligned} \quad (3)$$

### ● القيمة الحالية الضبابية (Fuzzy Present Worth)

القيمة الحالية هي القيمة الحالية لمشروع معطى والتي تحسب لسلسلة من التدفقات النقدية من المعادلة التالية [21]:

$$PW(i\%) = \sum_{k=0}^n \frac{F_k}{(1+i)^k} \quad (4)$$

حيث أنَّ،  $F_k$  هو التدفق النقدي في نهاية السنة  $k$ .

هذا ويعتبر المشروع مجدياً اقتصادياً إذا كان  $PW \geq 0$ ؛ آخذين بعين الاعتبار أنه في حالة مقارنة البدائل الاستثمارية<sup>1</sup> الاستيعابية يعتبر البديل ذو القيمة الحالية الأعلى البديل الأفضل، وفي حالة مقارنة بدائل التكلفة<sup>2</sup> الاستيعابية يعتبر البديل ذو القيمة الحالية السالبة الأدنى (تكاليف أقل) البديل الأفضل [21]. وفي الحالة الضبابية يمكن أن نكتب القيمة الحالية هكذا:  $\tilde{PW} = (PW_L, PW_R)$ . وبالعودة إلى الشكل (1) والمعادلة (2) ويتعويض  $\tilde{A} = \tilde{F}_k$ ، نحصل على:

$$\begin{aligned} \tilde{PW} &= (PW_L, PW_R): \\ PW_L &= \sum_{k=0}^n \left( \text{Min} \left( \frac{F_{Lk}}{(1+i_L)^k}, \frac{F_{Lk}}{(1+i_R)^k}, \frac{F_{Rk}}{(1+i_L)^k}, \frac{F_{Rk}}{(1+i_R)^k} \right) \right) \\ PW_R &= \sum_{k=0}^n \left( \text{Max} \left( \frac{F_{Lk}}{(1+i_L)^k}, \frac{F_{Lk}}{(1+i_R)^k}, \frac{F_{Rk}}{(1+i_L)^k}, \frac{F_{Rk}}{(1+i_R)^k} \right) \right) \end{aligned} \quad (5)$$

ولأجل اختيار البديل ذو القيمة الحالية الأعلى تمَّ مراجعة عدة طرق لنزع الضبابية أو التنقيح (Defuzzification) لترتيب الأرقام الضبابية. من ضمن هذه الطرق طريقة النقطة الوسطى (Centroid Method) [4، 22، 23]، مركز المجاميع (Centre of Sums) [4، 22]، متوسط تابع العضوية الأعظمي (Mean Max) [15، 23]، قيمة المتوسط المثقل (Weighted Mean Value) [15، 18، 24]، وطريقة البارامتر الضبابي المثقل (Weighted Fuzzy Parameter)، والتي تمَّ اعتمادها في هذه المقالة لنزع الضبابية من الأرقام الضبابية، كونها من الطرق السهلة حسابياً، ولا تتطلب تمثيلاً بيانياً [15، 22]. باستخدام هذه الطريقة، يقدر البارامتر

<sup>1</sup> البدائل الاستثمارية هي البدائل التي تنطوي على استثمار/ استثمارات رأسمالية أولية تؤدي إلى تدفقات نقدية موجبة من زيادة العائدات، أو التوفير الناتج عن تخفيض التكاليف، أو كليهما.

<sup>2</sup> بدائل التكلفة هي البدائل التي جميع تدفقاتها النقدية سالبة، باستثناء إمكانية وجود تدفق موجب ناجم عن التخلص من الأصول في نهاية العمر المجدي للمشروع.

الضبابي المثقل، هنا القيمة الحالية الضبابية المثقلة، عن طريق تعيين النقل النسبي للقيمة الأكثر ترجيحاً (احتمالاً). هذا ويعطى البارامتر الضبابي المثقل بالمعادلة (6).

$$\text{Weighted Fuzzy Parameter} = \frac{(a+b+c)}{3} + w \cdot b \quad (6)$$

حيث تحدد قيمة  $w$  تبعاً لأهمية القيمة الأكثر احتمالاً (b)، إذ تؤخذ مساوية للقيمة 0.3 في حالة اعتبار القيمة (b) مهمة، وإلا تؤخذ مساوية للقيمة 0.1.

### تحليل الحساسية للقيمة الحالية الضبابية ( Sensitivity Analysis for Fuzzy Present ) (Value):

يعتبر أسلوب تحليل الحساسية وسيلة مناسبة لاختبار حساسية جدوى المشروع الاستثماري عند التغيير في أحد برامتراته الأساسية؛ وذلك لأنّ تحليل الحساسية يعطي الدلالة على البارامترات أو العوامل ذات التأثير الأكبر على معدل العائد المستهدف إذا ما طرأت تغييرات على التقديرات التي بني عليها هذا العائد. كما يوضح تحليل الحساسية الحاجة إلى دراسة تحليلية أعمق لاستنتاج البديل الأمثل للمشروع الاستثماري والتأكد من اختياره من بين البدائل الأخرى المتاحة.

بوجه عام يمكن استخدام عدة طرق لإجراء تحليل الحساسية بغرض المساعدة في تقييم جدوى المشروعات الاستثمارية، لكن طريقة النسبة المئوية للتغير تعد أكثر طرق تحليل الحساسية شيوعاً واستخداماً في الحياة العملية لبساطتها، حيث يظهر دور هذه الطريقة لتحليل الحساسية في التساؤل عن الأثر الذي سيحدث إذا زادت أو قلت قيمة أحد البارامترات الخاصة بالمشروع بنسبة معينة عن المقدّر لها، ومن خلال هذا التساؤل يمكن التعرف على العوامل أو البارامترات التي لها تأثير أكبر على معدل العائد المستهدف [7].

## النتائج والمناقشة

### دراسة حالة (Case Study):

من أجل إثبات إمكانية تطبيق النموذج المقترح، تمّ تقديم دراسة باستخدام البيانات الاقتصادية لتحديد البديل الأفضل في دراسة تطوير وتحديث لخط السكة الحديدية لحلب ودمشق في سوريا، والمنجزة من قبل شركة SYSTRA الاستثمارية الفرنسية بالاتفاق مع المؤسسة العامة للخطوط الحديدية السورية.

حيث أجريت دراسة الجدوى الاقتصادية لهذا المشروع على عدة سيناريوهات مع معدل فائدة 8% ومدة الدراسة 25 سنة مع مدة التشغيل مقدارها 20 سنة، كما هو موضح في الجدول 1. المعايير التي استخدمت في هذه الدراسة لأجل التقييم الاقتصادي كانت القيمة الصافية الحالية (NPV) ومعدل العائد الداخلي (IRR)، حيث تمّ حساب تلك المعايير باستخدام التدفقات النقدية الناتجة عن طرح التدفقات النقدية الصافية لـ Scenario<sub>0</sub> (الحالة المرجع)<sup>3</sup> من التدفقات النقدية الصافية المقدرة من قبل الدراسة لكل سيناريو من السيناريوهات المقترحة، استخدمت دراسة SYSTRA الطريقة التقليدية للتحليل الاقتصادي وتحديد معدل العائد الداخلي (IRR) أساساً للمقارنة، وتبعاً للدراسة تبين أنّ (Scenario3-DMU200) هو البديل المفضّل لحيازته على أعلى معدل عائد داخلي (5.2%)، علماً بأنّ الدراسة

<sup>3</sup> ذكرت الدراسة أنّ تحديث البنى التحتية الحالية أي Scenario<sub>0</sub> هو مطلب لضمان أمان خدمة القطار ولتجنب التراجع في العمر المتوسط للبنى التحتية الموجودة.

اعتمدت معيار القيمة الحالية أساساً للمقارنة مبينة أن Scenario1 هو البديل الأجدى لكلفةً لحيازته على القيمة الحالية الأدنى كلفةً (-16.079) بليون ليرة سورية كما نرى في الجدول 1. بالإضافة إلى ذلك، قَدّمت هذه الدراسة تحليل الحساسية لمعدل العائد الداخلي (IRR)، ولمتقدم تحليل الحساسية للقيمة الصافية الحالية (NPV). ففي حالة ازدياد كلفة الاستثمار وتكاليف التشغيل بمقدار 10%، وتناقص العائدات بمقدار 10%، يتناقص معدل العائد الداخلي للسيناريو Scenario3-DMU200، على فرض أنه البديل المفضل، من 5.2% إلى 3.8%. وعلى العكس، في حالة تناقص كلفة الاستثمار وتكاليف التشغيل بمقدار 10%، وازدياد العائدات بمقدار 10%، فإن معدل العائد الداخلي لهذا السيناريو سيرتفع إلى 6.7%.

جدول 1: النتائج الملخصة للدراسة

Senario <sub>3</sub> "DMU to HST in 2020"	Scenario <sub>3</sub> "Direct Line"	Scenario <sub>3</sub> "DMU200"	Scenario <sub>3</sub>	Scenario <sub>2</sub>	Scenario <sub>1</sub>	Scenario <sub>0</sub>	
HST جديد	خط جديد HST	خط جديد HST	خط جديد HST	التحديث 2	التحديث 1	الموجود	
2:30 in 2010 2:00 in 2020	1:57	2:30	2:00	3:20	4:10	7:00 in 2002 4:30 in 2004	زمن الرحلة (ساعة)
21	21	21	21	12	7	2	التكرار اليومي في الاتجاه 2010
200 in 2010 300 in 2020	300	200	300	160	160	120	سرعة القطار العظمى (كم/سا)
300	300	200	300	160	120	100	سرعة المسار العظمى (كم/سا)
DMU in 2010 HST in 2020	HST	DMU	HST	DMU	DMU	Loco + coaches	الميزة الأساسية
بليون ليرة سورية							
81.36	148.16	81.36	105.89	61.29	51.66	22.35	كلفة الاستثمار حتى 2010
8.89	18.36	8.89	18.36	5.64	4.70	1.47	بينهم القاطرة وحافلاتها

المقارنة مع الحالة المرجع						
التقييم الاقتصادي						
4.8%	2.9%	5.2%	4.4%	2.3%	1.6%	IRR
-22.261	-58.868	-17.646	-29.102	-19.870	-16.079	NPW at 8% (بليون ل.س)
تحليل الحساسية لمعدل العائد الداخلي (IRR)						
3.4%	1.8%	3.8%	3.0%	n.a.	n.a.	الكلف +10% & العائدات -10%
6.4%	4.0%	6.7%	5.9%	3.7%	2.8%	الكلف -10% & العائدات +10%

ملاحظة: تعبير n.a. أي لا نستطيع إيجاد القيمة له.

المصدر: من إعداد الباحثة من دراسة SYSTRA، Feasibility Study for the Improvement of Aleppo-Damascus railway line, phase3 March, 2004

### نتائج تطبيق معيار القيمة الحالية التقليدية (Results of the Traditional Present Worth Criterion):

لو قمنا بحساب القيمة الحالية لجميع السيناريوهات المذكورة في الجدول (1) باستخدام المعادلة (4)، وبالاعتماد على التدفقات النقدية المقدرة من قبل دراسة SYSTRA دون طرح التدفقات النقدية الصافية ل Scenario<sub>0</sub> منها، لحصلنا على النتائج المبينة في الجدول 2، والتي تظهر أن Scenario<sub>1</sub> هو البديل الأفضل كونه يملك القيمة الحالية الأعلى.

جدول 2: القيمة الحالية لجميع السيناريوهات (SYP×10<sup>6</sup>)

Scenarios	PW
Scenario <sub>1</sub>	-25,735
Scenario <sub>2</sub>	-29,829
Scenario <sub>3</sub>	-39,800
Scenario <sub>3</sub> - DMU200	-27,427
Scenario <sub>3</sub> - Direct Line	-71,947
Scenario <sub>3</sub> - DMU to HST in 2020	-32,411

### نتائج تطبيق معيار القيمة الحالية الضبابية (Results of the Fuzzy Present Worth Criterion):

تستند التحليلات الاقتصادية الضبابية على تقدير التدفقات النقدية الضبابية (الحد الممكن الأدنى، الأكثر احتمالاً، الحد الممكن الأقصى) لكل سيناريو والتي تستخدم لتحديد القيمة الحالية الضبابية للاخطية المرتبطة. وبناء على ذلك، لتحديد التدفقات النقدية الضبابية تم تطبيق زيادة بنسبة 50% وتخفيض بنسبة 30% على الكلف والعائدات الخاصة بدراسة SYSTRA على التوالي لتحديد القيمة الأكثر احتمالاً للتدفقات النقدية الضبابية. كما تم تحديد الحدود الممكنة الدنيا والقصى لكل تدفق نقدي ضبابي من خلال تطبيق  $\pm 10\%$  على القيمة الأكثر احتمالاً في هذا التدفق. وقد تم اختيار هذه النسب بالاتفاق مع التوجيهات الصادرة عن دليل الانحياز المتفائل [6]. ولأخذ تأثير عدم التأكد على معدل الفائدة المستخدم، تم تطبيق الاختلاف  $\pm 10\%$  على قيمته المستخدمة في دراسة SYSTRA وبالتالي معدل

الفائدة الضبابية المستخدم هو (7.2٪، 8٪، 8.8٪)، ويبين الجدول 3 ناتج التدفقات النقدية الضبابية لـ Scenario<sub>1</sub> على سبيل المثال.

جدول 3: التدفق النقدي الضبابي لـ Scenario<sub>1</sub>(SYP×10<sup>6</sup>)

Year	Minimum Plausible	Most Likely	Maximum Plausible	Year	Minimum Plausible	Most Likely	Maximum Plausible
0	-3,258.18	-2,862.20	-2,466.22	13	-251.70	181.00	613.70
1	-19,071.42	-17,226.80	-15,382.18	14	-2,316.18	-1,683.20	-1,050.22
2	-18,583.59	-16,771.10	-14,958.61	15	-281.49	180.90	643.29
3	-24,375.33	-22,022.70	-19,670.07	16	-181.50	283.00	747.50
4	-19,112.76	-17,223.40	-15,334.04	17	-60.48	408.80	878.08
5	-1,115.25	-811.50	-507.75	18	68.34	543.60	1,018.86
6	-985.38	-666.20	-347.02	19	-1,650.27	-999.30	-348.33
7	-1,585.32	-1,180.80	-776.28	20	245.43	745.70	1,245.97
8	-1,496.22	-1,064.80	-633.38	21	405.12	914.80	1,424.48
9	-3,350.61	-2,710.90	-2,071.19	22	577.41	1,097.90	1,618.39
10	-1,692.09	-1,158.10	-624.11	23	762.54	1,295.60	1,828.66
11	-434.85	-6.50	421.85	24	-2,749.71	-1,864.90	-980.09
12	-346.74	83.40	513.54	25	22,479.54	25,449.60	28,419.66

باستخدام التدفقات النقدية من الجدول 3، استخدمت المعادلة (1) لحساب القيم اليسرى واليمى للتدفقات النقدية الضبابية. لأجل القيمة اليسرى (الحد الأدنى) والقيمة اليمى (الحد الأقصى) تم استخدام قيمة  $\alpha=0$ . ولأجل القيمة الأكثر احتمالاً تم استخدام قيمة  $\alpha=1$ . تشرح المعادلات (7) و (8) كيفية تطبيق المعادلة (5) لـ Scenario<sub>1</sub>.

$$PW_{(S1)L} = 10^6 \times \left( \min\left(\frac{(-3258.18+395.98\alpha)}{(1.072+0.008\alpha)^0}, \frac{(-3258.18+395.98\alpha)}{(1.088-0.008\alpha)^0}, \frac{(-2466.22-395.98\alpha)}{(1.072+0.008\alpha)^0}, \frac{(-2466.22-395.98\alpha)}{(1.088-0.008\alpha)^0}\right) + \right. \\ \left. \min\left(\frac{(-19071.42+1844.62\alpha)}{(1.072+0.008\alpha)^1}, \frac{(-19071.42+1844.62\alpha)}{(1.088-0.008\alpha)^1}, \frac{(-15382.18-1844.62\alpha)}{(1.072+0.008\alpha)^1}, \frac{(-15382.18-1844.62\alpha)}{(1.088-0.008\alpha)^1}\right) + \right. \\ \left. \min\left(\frac{(-18583.59+1812.49\alpha)}{(1.072+0.008\alpha)^2}, \frac{(-18583.59+1812.49\alpha)}{(1.088-0.008\alpha)^2}, \frac{(-14958.61-1812.49\alpha)}{(1.072+0.008\alpha)^2}, \frac{(-14958.61-1812.49\alpha)}{(1.088-0.008\alpha)^2}\right) + \right. \\ \left. \dots + \min\left(\frac{(22479.54+2970.06\alpha)}{(1.072+0.008\alpha)^{25}}, \frac{(22479.54+2970.06\alpha)}{(1.088-0.008\alpha)^{25}}, \frac{(28419.66-2970.06\alpha)}{(1.072+0.008\alpha)^{25}}, \frac{(28419.66-2970.06\alpha)}{(1.088-0.008\alpha)^{25}}\right) \right) \quad (7)$$

$$PW_{(S1)R} = 10^6 \times \left( \max\left(\frac{(-3258.18+395.98\alpha)}{(1.072+0.008\alpha)^0}, \frac{(-3258.18+395.98\alpha)}{(1.088-0.008\alpha)^0}, \frac{(-2466.22-395.98\alpha)}{(1.072+0.008\alpha)^0}, \frac{(-2466.22-395.98\alpha)}{(1.088-0.008\alpha)^0}\right) + \right. \\ \left. \max\left(\frac{(-19071.42+1844.62\alpha)}{(1.072+0.008\alpha)^1}, \frac{(-19071.42+1844.62\alpha)}{(1.088-0.008\alpha)^1}, \frac{(-15382.18-1844.62\alpha)}{(1.072+0.008\alpha)^1}, \frac{(-15382.18-1844.62\alpha)}{(1.088-0.008\alpha)^1}\right) + \right. \\ \left. \max\left(\frac{(-18583.59+1812.49\alpha)}{(1.072+0.008\alpha)^2}, \frac{(-18583.59+1812.49\alpha)}{(1.088-0.008\alpha)^2}, \frac{(-14958.61-1812.49\alpha)}{(1.072+0.008\alpha)^2}, \frac{(-14958.61-1812.49\alpha)}{(1.088-0.008\alpha)^2}\right) + \right. \\ \left. \dots + \max\left(\frac{(22479.54+2970.06\alpha)}{(1.072+0.008\alpha)^{25}}, \frac{(22479.54+2970.06\alpha)}{(1.088-0.008\alpha)^{25}}, \frac{(28419.66-2970.06\alpha)}{(1.072+0.008\alpha)^{25}}, \frac{(28419.66-2970.06\alpha)}{(1.088-0.008\alpha)^{25}}\right) \right) \quad (8)$$

استُخدمت القيم الناتجة عن تطبيق المعادلة (5) في المعادلة (6) لحساب القيمة الحالية الضبابية المثقولة لكل السيناريوهات (بافتراض أن  $w=0.3$ )، كما هو موضح في الجدول 4، والذي يظهر أن Scenario<sub>1</sub> هو أفضل بديل كونه يملك القيمة الحالية الضبابية المثقولة الأعلى.

جدول 4: القيمة الحالية الضبابية والمثقولة  $P\tilde{W}$  لجميع السيناريوهات ( $SYP \times 10^6$ )

Scenarios	$P\tilde{W}$	Weighted $P\tilde{W}$
Scenario1	(-76,792.00; -63,597.67; -50,452.33)	-82,693.30
Scenario2	(-93,065.57; -76,676.89; -60,334.43)	-99,695.36
Scenario3	(-151,798.54; -122,397.74; -92,511.29)	-158,955.18
Scenario3- DMU200	(-118,910.96; -94,950.30; -70,460.44)	-123,258.99
Scenario3- Direct Line	(-210,444.25; -174,024.94; -137,037.90)	-226,043.18
Scenario3- DMU to HST in 2020	(-140,074.91; -110,326.02; -80,399.86)	-143,364.74

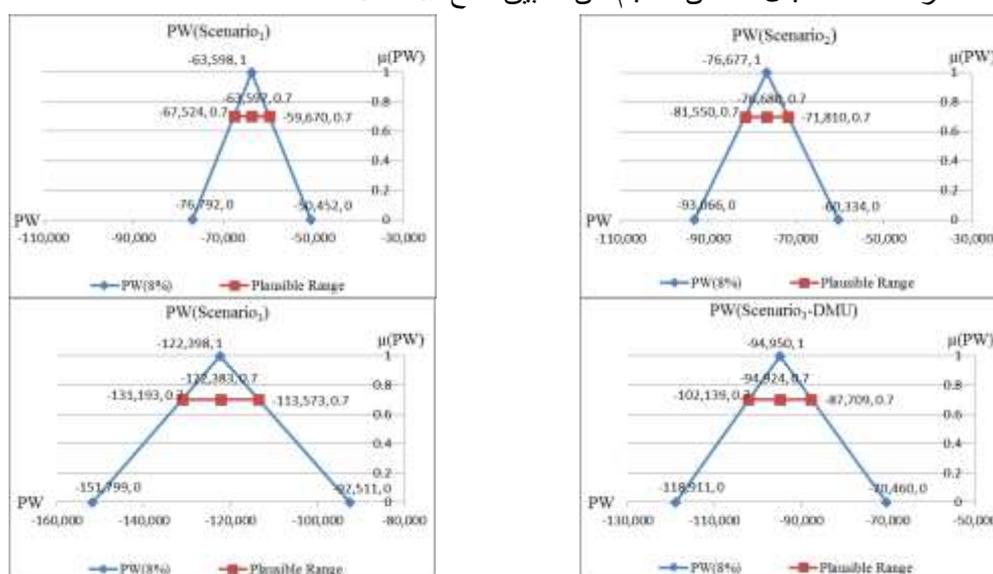
لاختبار قوة القرار المتخذ في اختيار Scenario1 كأفضل بديل، أُجري تحليل المجال الممكن (Plausible Range) باستخدام قيم مختلفة من قطع- $\alpha$ . ينص مبدأ المجال الممكن على ضرورة التشكيك بأي قيمة ذات ثقل كبير على القرار المتخذ للقيام بأي مشروع بنى تحتية [25]، تحليل المجال الممكن هو تمثيل لحالة عدم التأكد المرتبطة بأي قيمة مقدرة. وبالتالي أي قيمة ضمن هذا النطاق لها نفس احتمال الحدوث، وعادة يمثل هذا النطاق من قبل ثلاث قيم هي قيمة ممكنة صغيرة، الأكثر احتمالاً، عظمى (Max\_PL، ML\_PL، Min\_PL). تحليل المجال الممكن يخبر أيضاً عن الحساسية المرتبطة بعدم التأكد في القرار المتخذ عند اختيار Scenario1 كبديل مفضّل. ويعرض الجدول 5 المجالات الممكنة المولدة للقيمة الحالية الضبابية لجميع السيناريوهات.

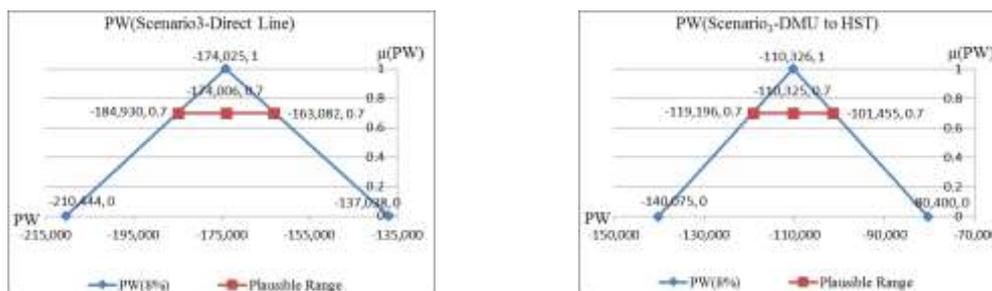
جدول 5: تحليل المجال الممكن للقيمة  $P\tilde{W}$  باستخدام قطع- $\alpha$  ( $SYP \times 10^6$ )

$\alpha$ -Cuts	$P\tilde{W}$ Scenario1			$P\tilde{W}$ Scenario2		
	Min_PL	ML_PL	Max_PL	Min_PL	ML_PL	Max_PL
$\alpha=0.1$	-75,452.47	-63,614.11	-51,775.74	-91,401.69	-76,695.30	-61,988.90
$\alpha=0.2$	-74,119.77	-63,608.17	-53,096.57	-89,744.79	-76,691.42	-63,638.04
$\alpha=0.3$	-72,792.06	-63,603.56	-54,415.06	-88,096.28	-76,689.23	-65,282.17
$\alpha=0.4$	-71,468.50	-63,599.96	-55,731.42	-86,452.61	-76,686.18	-66,919.75
$\alpha=0.5$	-70,150.09	-63,598.00	-57,045.90	-84,813.51	-76,683.32	-68,553.14
$\alpha=0.6$	-68,834.82	-63,596.77	-58,358.71	-83,179.58	-76,681.41	-70,183.25
$\alpha=0.7$	-67,523.79	-63,596.93	-59,670.07	-81,549.91	-76,679.74	-71,809.56
$\alpha=0.8$	-66,214.11	-63,597.16	-60,980.21	-79,923.10	-76,678.29	-73,433.48
$\alpha=0.9$	-64,905.76	-63,597.55	-62,289.34	-78,299.06	-76,677.32	-75,055.58
$\alpha$ -Cuts	$P\tilde{W}$ Scenario3			$P\tilde{W}$ Scenario3-DMU		
	Min_PL	ML_PL	Max_PL	Min_PL	ML_PL	Max_PL
$\alpha=0.1$	-148,839.15	-122,206.05	-95,572.94	-116,500.94	-94,731.44	-72,961.94
$\alpha=0.2$	-145,885.59	-122,250.81	-98,616.04	-114,095.35	-94,772.78	-75,450.20

$\alpha=0.3$	-142,937.28	-122,287.46	-101,637.64	-111,695.25	-94,810.55	-77,925.84
$\alpha=0.4$	-139,993.66	-122,318.81	-104,643.96	-109,301.58	-94,845.51	-80,389.45
$\alpha=0.5$	-137,056.97	-122,346.31	-107,635.65	-106,916.14	-94,877.70	-82,839.27
$\alpha=0.6$	-134,124.23	-122,368.82	-110,613.40	-104,528.85	-94,903.81	-85,278.77
$\alpha=0.7$	-131,192.53	-122,382.84	-113,573.15	-102,139.12	-94,924.10	-87,709.08
$\alpha=0.8$	-128,261.28	-122,391.78	-116,522.28	-99,746.48	-94,938.61	-90,130.74
$\alpha=0.9$	-125,329.88	-122,396.32	-119,462.75	-97,351.03	-94,947.40	-92,543.76
$\alpha$ -Cuts	$\tilde{PW}$ Scenario3-Direct Line			$\tilde{PW}$ Scenario3-DMU to HST		
	Min_PL	ML_PL	Max_PL	Min_PL	ML_PL	Max_PL
$\alpha=0.1$	-206,784.13	-173,798.97	-140,813.82	-137,067.06	-110,257.86	-83,448.66
$\alpha=0.2$	-203,129.71	-173,850.15	-144,570.58	-134,068.36	-110,275.62	-86,482.88
$\alpha=0.3$	-199,480.39	-173,893.42	-148,306.44	-131,078.13	-110,290.73	-89,503.33
$\alpha=0.4$	-195,836.36	-173,929.94	-152,023.53	-128,095.70	-110,303.25	-92,510.80
$\alpha=0.5$	-192,199.97	-173,962.52	-155,725.08	-125,123.21	-110,313.47	-95,503.73
$\alpha=0.6$	-188,564.89	-173,988.36	-159,411.83	-122,157.54	-110,321.68	-98,485.81
$\alpha=0.7$	-184,930.49	-174,006.34	-163,082.20	-119,195.69	-110,325.28	-101,454.88
$\alpha=0.8$	-181,296.13	-174,017.08	-166,738.03	-116,236.95	-110,326.97	-104,416.99
$\alpha=0.9$	-177,661.49	-174,023.19	-170,384.90	-113,280.63	-110,326.52	-107,372.41

يوضح الشكل (2)، المجال الممكن الناجم عن تطبيق قطع  $\alpha=0.7$  على سبيل المثال لكل سيناريو، فمثلاً لأجل Scenario1 تم الحصول على القيمة الممكنة الصغرى بتعويض  $\alpha=0.7$  في المعادلة (7)، وعلى القيمة الممكنة العظمى بتعويض  $\alpha=0.7$  في المعادلة (8)، وبأخذ الوسطي للقيمتين الممكنتين الصغرى والعظمى تم الحصول على القيمة الأكثر احتمالاً للمجال الممكن الناجم عن تطبيق قطع  $\alpha=0.7$ .





شكل 2: تحليل المجال الممكن للقيمة الحالية الضبابية باستخدام قطع  $\alpha=0.7$  ( $SYP \times 10^6$ )

ويعرض الجدول 6 النسبة المئوية للفرق بين القيمة الأكثر احتمالاً وقيمة الحد الأدنى (اليسرى) والقيمة الأكثر احتمالاً وقيمة الحد الأعلى (اليمنى) للمجالات الممكنة للقيمة الحالية الضبابية لكافة السيناريوهات؛ هذا ويعبر أقل هذه الفروق عن الدرجة الأخفض لعدم التأكد (للتأرجح اليساري واليميني حول القيمة الممكنة الأكثر احتمالاً)، حيث كلما كان مجال التأرجح أكبر كلما كانت درجة عدم التأكد أعلى. وبناء على ذلك فإنه يمكن بالنظر إلى جميع مستويات قطع  $\alpha$  ملاحظة أنّ مجال التأرجح في حالة البديل Scenario<sub>1</sub> من أجل جميع قطع  $\alpha$ - المطبقة أصغر منه لبقية البدائل، مما يوفر المزيد من المصداقية بكونه البديل المفضل.

جدول 6: التأرجح حول القيمة الأكثر احتمالاً للمجال الممكن للقيمة  $P\tilde{W}$  عند قطع  $\alpha$ - مختلفة

$\alpha$ - Cuts	Swing in ML $P\tilde{W}$ Scenario1		Swing in ML $P\tilde{W}$ Scenario2	
	Left Swing	Right Swing	Left Swing	Right Swing
$\alpha=0.1$	-18.61%	18.61%	-19.18%	19.18%
$\alpha=0.2$	-16.53%	16.53%	-17.02%	17.02%
$\alpha=0.3$	-14.45%	14.45%	-14.87%	14.87%
$\alpha=0.4$	-12.37%	12.37%	-12.74%	12.74%
$\alpha=0.5$	-10.30%	10.30%	-10.60%	10.60%
$\alpha=0.6$	-8.24%	8.24%	-8.47%	8.47%
$\alpha=0.7$	-6.17%	6.17%	-6.35%	6.35%
$\alpha=0.8$	-4.11%	4.11%	-4.23%	4.23%
$\alpha=0.9$	-2.06%	2.06%	-2.12%	2.12%
$\alpha$ - Cuts	Swing in ML $P\tilde{W}$ Scenario3		Swing in ML $P\tilde{W}$ Scenario3-DMU	
$\alpha=0.1$	-21.79%	21.79%	-22.98%	22.98%
$\alpha=0.2$	-19.33%	19.33%	-20.39%	20.39%
$\alpha=0.3$	-16.89%	16.89%	-17.81%	17.81%
$\alpha=0.4$	-14.45%	14.45%	-15.24%	15.24%
$\alpha=0.5$	-12.02%	12.02%	-12.69%	12.69%
$\alpha=0.6$	-9.61%	9.61%	-10.14%	10.14%
$\alpha=0.7$	-7.20%	7.20%	-7.60%	7.60%
$\alpha=0.8$	-4.80%	4.80%	-5.06%	5.06%
$\alpha=0.9$	-2.40%	2.40%	-2.53%	2.53%
$\alpha$ - Cuts	Swing in ML $P\tilde{W}$ Scenario3-Direct Line		Swing in ML $P\tilde{W}$ Scenario3-DMU to HST	
$\alpha=0.1$	-18.98%	18.98%	-24.32%	24.32%
$\alpha=0.2$	-16.84%	16.84%	-21.58%	21.58%
$\alpha=0.3$	-14.71%	14.71%	-18.85%	18.85%

$\alpha=0.4$	-12.59%	12.59%	-16.13%	16.13%
$\alpha=0.5$	-10.48%	10.48%	-13.43%	13.43%
$\alpha=0.6$	-8.38%	8.38%	-10.73%	10.73%
$\alpha=0.7$	-6.28%	6.28%	-8.04%	8.04%
$\alpha=0.8$	-4.18%	4.18%	-5.36%	5.36%
$\alpha=0.9$	-2.09%	2.09%	-2.68%	2.68%

### نتائج الدراسة البارامترية لتحليل حساسية معيار القيمة الحالية الضبابية (Results of Parametric Study for Sensitivity Analysis of Fuzzy Present Worth Criterion)

من أجل تطبيق الدراسة البارامترية لتحليل حساسية معيار القيمة الحالية الضبابية، سنقوم بتطبيق تغييرات نسبية على كلف وعائدات المشروع ومن ثم دراسة تأثير هذه التغييرات على جدوى المشروع وقرار البديل الأفضل. ولإجراء ذلك سنقوم: أولاً، بتطبيق تغييرات نسبية على الكلف والعائدات الخاصة بدراسة SYSTRA باستخدام النسب المدرجة في الجدول 7، لتحديد القيمة الأكثر احتمالاً للتدفقات النقدية الضبابية. كما تمَّ تحديد الحدود الممكنة الدنيا والقصى لكل تدفق نقدي ضبابي من خلال تطبيق  $\pm 10\%$  على القيمة الأكثر احتمالاً في هذا التدفق. يجدر بالذكر أنَّ اختيار النسب المدرجة في الجدول 7 تمَّ بالاتفاق مع التوجيهات الصادرة عن دليل الانحياز المتفائل لمشاريع السكك الحديدية [6].

ثانياً، تمَّ استخدام المعادلات (5) و (6) لحساب قيم كل من القيمة الحالية الضبابية ( $P\tilde{W}$ ) والمثقلة ( $Weighted P\tilde{W}$ ) لكل السيناريوهات (بافتراض أن  $w=0.3$ )، وتمَّ عرض نتائج الدراسة البارامترية هذه في الجداول (من 8 حتى 15). تظهر الدراسة البارامترية أنَّ Scenario1 هو أفضل بديل كونه يملك أكبر قيمة للقيمة الحالية الضبابية المثقلة وذلك في جميع الحالات المدروسة.

جدول 7: النسب المعتبرة في الدراسة البارامترية لتحليل حساسية معيار القيمة الحالية الضبابية

النسب المأخوذة		الحالة	النسب المأخوذة		الحالة	النسب المأخوذة		الحالة
العائدات	الكلف		العائدات	الكلف		العائدات	الكلف	
%10-	%30+	7	%15-	%30+	4	%30-	%30+	1
%10-	%10+	8	%15-	%10+	5	%30-	%10+	2
			%10-	%50+	6	%15-	%50+	3

جدول 8: القيمة الحالية الضبابية والمثقلة  $P\tilde{W}$  لجميع السيناريوهات ( $10^6 \times SYP$ ) (الكلف + %30، العائدات - %30)

Scenarios	$P\tilde{W}$	Weighted $P\tilde{W}$
Scenario1	(-63,956.47, -52,201.85, -40,325.32)	-67,821.77
Scenario2	(-77,331.10, -62,727.82, -47,891.12)	-81,468.36
Scenario3	(-125,173.87, -98,763.31, -71,294.80)	-128,039.65
Scenario3- DMU200	(-97,633.44, -76,012.53, -53,518.31)	-98,525.19
Scenario3- Direct Line	(-175,707.42, -143,109.42, -109,354.80)	-185,656.71
Scenario3- DMU to HST in 2020	(-115,179.08, -88,416.41, -60,906.57)	-114,692.27

جدول 9: القيمة الحالية الضبابية والمثقلة  $P\tilde{W}$  لجميع السيناريوهات ( $SYP \times 10^6$ ) (الكلف +10% ، العائدات -30%)

Scenarios	$P\tilde{W}$	Weighted $P\tilde{W}$
Scenario1	(-51,208.13, -40,806.04, -30,140.32)	-52,959.97
Scenario2	(-61,702.55, -48,778.75, -35,444.22)	-63,275.46
Scenario3	(-98,728.41, -75,128.88, -50,039.01)	-97,170.76
Scenario3- DMU200	(-76,494.80, -57,074.76, -36,508.28)	-73,815.04
Scenario3- Direct Line	(-141,157.14, -112,193.91, -81,633.64)	-145,319.73
Scenario3- DMU to HST in 2020	(-90,426.02, -66,506.79, -41,345.38)	-86,044.77

جدول 10: القيمة الحالية الضبابية والمثقلة  $P\tilde{W}$  لجميع السيناريوهات ( $SYP \times 10^6$ ) (الكلف +50% ، العائدات -15%)

Scenarios	$P\tilde{W}$	Weighted $P\tilde{W}$
Scenario1	(-72,645.64, -58,911.04, -44,979.04)	-76,518.55
Scenario2	(-87,739.12, -70,689.50, -53,265.06)	-91,771.41
Scenario3	(-141,558.74, -110,641.92, -78,224.61)	-143,334.33
Scenario3- DMU200	(-110,238.68, -84,861.09, -58,310.86)	-109,928.54
Scenario3- Direct Line	(-199,736.19, -161,630.35, -121,901.33)	-209,578.39
Scenario3- DMU to HST in 2020	(-130,096.35, -98,755.43, -66,280.07)	-128,003.91

جدول 11: القيمة الحالية الضبابية والمثقلة  $P\tilde{W}$  لجميع السيناريوهات ( $SYP \times 10^6$ ) (الكلف +30% ، العائدات -15%)

Scenarios	$P\tilde{W}$	Weighted $P\tilde{W}$
Scenario1	(-59,907, -47,515, -34,769)	-61,651.64
Scenario2	(-72,146.07, -56,740.43, -40,805.32)	-73,586.07
Scenario3	(-115,201.07, -87,007.49, -56,960.50)	-112,491.93
Scenario3- DMU200	(-89,123.19, -65,923.33, -41,287.04)	-85,221.52
Scenario3- Direct Line	(-165,271.68, -130,714.83, -94,171.40)	-169,267.09
Scenario3- DMU to HST in 2020	(-105,421.85, -76,845.82, -46,705.09)	-99,378.00

جدول 12: القيمة الحالية الضبابية والمثقلة  $P\tilde{W}$  لجميع السيناريوهات ( $SYP \times 10^6$ ) (الكلف +10% ، العائدات -15%)

Scenarios	$P\tilde{W}$	Weighted $P\tilde{W}$
Scenario1	(-47,169.51, -36,119.41, -24,467.91)	-46,754.76
Scenario2	(-56,617.03, -42,791.36, -28,234.24)	-55,384.95
Scenario3	(-89,018.80, -63,373.05, -35,541.04)	-81,656.21
Scenario3- DMU200	(-68,071.80, -46,985.56, -24,156.44)	-60,500.26
Scenario3- Direct Line	(-130,976.12, -99,799.31, -66,281.73)	-128,958.85
Scenario3- DMU to HST in 2020	(-80,910.63, -54,936.20, -27,105.05)	-70,798.16

جدول 13: القيمة الحالية الضبابية والمثقلة  $P\tilde{W}$  لجميع السيناريوهات ( $SYP \times 10^6$ ) (الكلف +50% ، العائدات -10%)

Scenarios	$P\tilde{W}$	Weighted $P\tilde{W}$
Scenario1	(-71,297.86, -57,348.83, -43,135.33)	-74,465.32
Scenario2	(-86,005.69, -68,693.71, -50,908.60)	-89,144.11
Scenario3	(-138,205.65, -106,723.31, -73,451.69)	-138,143.88
Scenario3- DMU200	(-107,396.00, -81,498.03, -54,238.80)	-105,493.68
Scenario3- Direct Line	(-196,227.76, -157,498.82, -116,846.36)	-204,107.29
Scenario3- DMU to HST in 2020	(-126,810.73, -94,898.57, -61,551.28)	-122,889.76

جدول 14: القيمة الحالية الضبابية والمثقلة  $P\tilde{W}$  لجميع السيناريوهات ( $SYP \times 10^6$ ) (الكلف +30%، العائدات -10%)

Scenarios	$P\tilde{W}$	Weighted $P\tilde{W}$
Scenario1	(-58,560.58, -45,953.01, -32,881.64)	-59,584.31
Scenario2	(-70,452.38, -54,744.64, -38,408.68)	-70,958.63
Scenario3	(-111,960.69, -83,088.88, -52,137.90)	-107,322.49
Scenario3- DMU200	(-86,312.31, -62,560.26, -37,191.63)	-80,789.48
Scenario3- Direct Line	(-161,875.86, -126,583.30, -89,058.23)	-163,814.12
Scenario3- DMU to HST in 2020	(-102,246.84, -72,988.95, -41,958.32)	-94,294.72

جدول 15: القيمة الحالية الضبابية والمثقلة  $P\tilde{W}$  لجميع السيناريوهات ( $SYP \times 10^6$ ) (الكلف +10%، العائدات -10%)

Scenarios	$P\tilde{W}$	Weighted $P\tilde{W}$
Scenario1	(-45,833.74, -34,557.20, -22,571.24)	-44,687.88
Scenario2	(-54,923.34, -40,795.56, -25,796.21)	-52,743.71
Scenario3	(-85,804.64, -59,454.44, -30,687.10)	-76,485.06
Scenario3- DMU200	(-65,278.99, -43,622.49, -20,022.77)	-56,061.49
Scenario3- Direct Line	(-127,602.62, -95,667.78, -61,144.24)	-123,505.22
Scenario3- DMU to HST in 2020	(-77,753.68, -51,079.34, -22,358.28)	-65,720.90

ثالثاً، لاختبار قوة نتيجة الدراسة البارامترية للقيمة الحالية الضبابية المثقلة، كون Scenario1 البديل الأفضل، تم إجراء دراسة بارامترية أخرى لتحليل المجال الممكن للقيمة الحالية الضبابية باستخدام قيم مختلفة من قطع  $\alpha$  لجميع الحالات المدرجة في الجدول 7 وعلى جميع السيناريوهات. هذا ويوضح الجدول 16 نتائج الدراسة البارامترية لتحليل المجال الممكن للقيمة الحالية الضبابية لجميع السيناريوهات بأخذ الحالة 1 بعين الاعتبار على سبيل المثال. رابعاً، حساب مجال التآرجح للقيمة الأكثر احتمالاً عن قيمة الحد الأدنى والحد الأعلى للقيمة الحالية الضبابية لجميع الحالات المدرجة في الجدول 7 ولجميع السيناريوهات. حيث يوضح الجدول 17 مجال التآرجح حول القيمة الأكثر احتمالاً للمجال الممكن للقيمة الحالية الضبابية عند قطع  $\alpha$  مختلفة لجميع السيناريوهات بأخذ الحالة 1 بعين الاعتبار على سبيل المثال. وبناء على ذلك فإنه يمكن بالنظر إلى جميع مستويات قطع  $\alpha$  ملاحظة أن مجال التآرجح في حالة البديل Scenario1 من أجل جميع قطع  $\alpha$  المطبقة أصغر منه لبقية البدائل، مما يوفر المزيد من المصدقية بكونه البديل المفضل وذلك في جميع الحالات المدروسة.

جدول 16: تحليل المجال الممكن للقيمة  $P\tilde{W}$  باستخدام قطع  $\alpha$  ( $SYP \times 10^6$ ) (الكلف +30%، العائدات -30%)

$\alpha$ -Cuts	$P\tilde{W}$ Scenario1			$P\tilde{W}$ Scenario2		
	Min_PL	ML_PL	Max_PL	Min_PL	ML_PL	Max_PL
$\alpha=0.1$	-62,776.19	-52,152.15	-41,528.10	-75,859.00	-62,628.52	-49,398.04
$\alpha=0.2$	-61,599.60	-52,162.80	-42,725.99	-74,392.21	-62,645.59	-50,898.98
$\alpha=0.3$	-60,423.86	-52,171.16	-43,918.47	-72,929.12	-62,661.69	-52,394.26
$\alpha=0.4$	-59,250.46	-52,179.35	-45,108.23	-71,469.78	-62,676.98	-53,884.19
$\alpha=0.5$	-58,077.00	-52,186.25	-46,295.50	-70,014.27	-62,691.66	-55,369.06
$\alpha=0.6$	-56,903.27	-52,191.88	-47,480.49	-68,559.08	-62,704.13	-56,849.17
$\alpha=0.7$	-55,729.09	-52,196.25	-48,663.41	-67,103.64	-62,714.23	-58,324.82
$\alpha=0.8$	-54,554.26	-52,199.36	-49,844.47	-65,647.19	-62,721.74	-59,796.29
$\alpha=0.9$	-53,378.58	-52,201.23	-51,023.89	-64,188.67	-62,726.27	-61,263.86

$\alpha$ -Cuts	$\tilde{PW}$ Scenario3			$\tilde{PW}$ Scenario3-DMU		
	Min_PL	ML_PL	Max_PL	Min_PL	ML_PL	Max_PL
$\alpha=0.1$	-122,531.15	-98,327.75	-74,124.35	-95,484.54	-75,656.78	-55,829.02
$\alpha=0.2$	-119,890.50	-98,412.13	-76,933.76	-93,338.21	-75,731.39	-58,124.57
$\alpha=0.3$	-117,256.04	-98,487.85	-79,719.66	-91,188.66	-75,797.12	-60,405.58
$\alpha=0.4$	-114,620.84	-98,554.35	-82,487.87	-89,035.44	-75,854.03	-62,672.62
$\alpha=0.5$	-111,990.17	-98,614.65	-85,239.12	-86,878.83	-75,901.70	-64,924.57
$\alpha=0.6$	-109,357.50	-98,665.78	-87,974.06	-84,718.99	-75,941.37	-67,163.75
$\alpha=0.7$	-106,721.47	-98,707.40	-90,693.34	-82,552.93	-75,972.27	-69,391.61
$\alpha=0.8$	-104,079.78	-98,738.67	-93,397.56	-80,380.16	-75,994.42	-71,608.68
$\alpha=0.9$	-101,427.25	-98,757.30	-96,087.35	-78,200.35	-76,007.92	-73,815.48
$\alpha$ -Cuts	$\tilde{PW}$ Scenario3-Direct Line			$\tilde{PW}$ Scenario3-DMU to HST		
	Min_PL	ML_PL	Max_PL	Min_PL	ML_PL	Max_PL
$\alpha=0.1$	-172,448.00	-142,633.05	-112,818.10	-112,490.14	-88,107.69	-63,725.24
$\alpha=0.2$	-169,193.27	-142,726.60	-116,259.93	-109,805.74	-88,166.28	-66,526.82
$\alpha=0.3$	-165,941.03	-142,810.18	-119,679.34	-107,125.23	-88,218.68	-69,312.12
$\alpha=0.4$	-162,687.63	-142,882.43	-123,077.23	-104,447.98	-88,264.95	-72,081.92
$\alpha=0.5$	-159,439.95	-142,948.50	-126,457.04	-101,779.91	-88,307.59	-74,835.27
$\alpha=0.6$	-156,188.10	-143,003.80	-129,819.49	-99,115.00	-88,344.84	-77,574.69
$\alpha=0.7$	-152,933.87	-143,049.57	-133,165.27	-96,448.07	-88,374.93	-80,301.80
$\alpha=0.8$	-149,670.75	-143,082.91	-136,495.08	-93,778.19	-88,397.75	-83,017.32
$\alpha=0.9$	-146,396.14	-143,102.86	-139,809.57	-91,101.35	-88,411.65	-85,721.96

جدول 17: التآرجح حول القيمة الأكثر احتمالاً للمجال الممكن للقيمة  $\tilde{PW}$  عند قسوع  $\alpha$  مختلفة (الكلف +30%، العائدات -30%)

$\alpha$ - Cuts	Swing in ML $\tilde{PW}$ Scenario1		Swing in ML $\tilde{PW}$ Scenario2	
	Left Swing	Right Swing	Left Swing	Right Swing
$\alpha=0.1$	-20.37%	20.37%	-21.13%	21.13%
$\alpha=0.2$	-18.09%	18.09%	-18.75%	18.75%
$\alpha=0.3$	-15.82%	15.82%	-16.39%	16.39%
$\alpha=0.4$	-13.55%	13.55%	-14.03%	14.03%
$\alpha=0.5$	-11.29%	11.29%	-11.68%	11.68%
$\alpha=0.6$	-9.03%	9.03%	-9.34%	9.34%
$\alpha=0.7$	-6.77%	6.77%	-7.00%	7.00%
$\alpha=0.8$	-4.51%	4.51%	-4.66%	4.66%
$\alpha=0.9$	-2.26%	2.26%	-2.33%	2.33%
$\alpha$ - Cuts	Swing in ML $\tilde{PW}$ Scenario3		Swing in ML $\tilde{PW}$ Scenario3-DMU	
	Left Swing	Right Swing	Left Swing	Right Swing
$\alpha=0.1$	-24.62%	24.62%	-26.21%	26.21%
$\alpha=0.2$	-21.82%	21.82%	-23.25%	23.25%
$\alpha=0.3$	-19.06%	19.06%	-20.31%	20.31%
$\alpha=0.4$	-16.30%	16.30%	-17.38%	17.38%
$\alpha=0.5$	-13.56%	13.56%	-14.46%	14.46%
$\alpha=0.6$	-10.84%	10.84%	-11.56%	11.56%

$\alpha=0.7$	-8.12%	8.12%	-8.66%	8.66%
$\alpha=0.8$	-5.41%	5.41%	-5.77%	5.77%
$\alpha=0.9$	-2.70%	2.70%	-2.88%	2.88%
$\alpha$ - Cuts	Swing in ML $\tilde{PW}$ Scenario3-Direct Line		Swing in ML $\tilde{PW}$ Scenario3-DMU to HST	
$\alpha=0.1$	-20.90%	20.90%	-27.67%	27.67%
$\alpha=0.2$	-18.54%	18.54%	-24.54%	24.54%
$\alpha=0.3$	-16.20%	16.20%	-21.43%	21.43%
$\alpha=0.4$	-13.86%	13.86%	-18.33%	18.33%
$\alpha=0.5$	-11.54%	11.54%	-15.26%	15.26%
$\alpha=0.6$	-9.22%	9.22%	-12.19%	12.19%
$\alpha=0.7$	-6.91%	6.91%	-9.14%	9.14%
$\alpha=0.8$	-4.60%	4.60%	-6.09%	6.09%
$\alpha=0.9$	-2.30%	2.30%	-3.04%	3.04%

استخدمت دراسة SYSTRA الطريقة التقليدية للتحليل الاقتصادي وتحديد معدل العائد الداخلي (IRR) أساساً للمقارنة، وتبعاً للدراسة تبين أن (Scenario3-DMU200) هو البديل المفضل لحيازته على أعلى معدل عائد داخلي، علماً بأن الدراسة اعتمدت معيار القيمة الحالية أساساً للمقارنة مبيّنة أن Scenario1 هو البديل الأجدى كلفةً لحيازته على القيمة الحالية الأدنى كلفةً. وباستخدام التحليل الضبابي المقترح أي القيمة الحالية الضبابية كمعيار للمقارنة وإجراء تحليل الحساسية لها، تبين أن Scenario1 هو البديل المفضل.

تظهر هذه النتائج المتناقضة بوضوح درجة عدم التأكد المرتبطة بالتكاليف والعائدات المقدّرة، مما يجعل اختيار البديل المفضل أمراً مشكوكاً فيه. ونتيجة لذلك، يتوجب على صنّاع القرار: أولاً، إجراء دراسة أخرى لفهم أفضل لحالة عدم التأكد، حيث يساعد تحليل المجال الممكن المقترح هنا على تحديد البدائل المقترحة للمشروع مع مستويات أعلى من عدم التأكد؛ ويساعد صنّاع القرار على اتخاذ قرار ما إذا كان يستحق اختيار بديل أكثر خطورة من غيره. ثانياً، أن يعتمد صنّاع القرار المعيار الاقتصادي الأمثل والذي سيتم إجراء اختيار البديل الأفضل على أساسه؛ حيث ينظر صنّاع القرار فيما إذا كانت القيمة الحالية بوصفها معيار للاختيار، أفضل من معدل العائد الداخلي على سبيل المثال.

### الاستنتاجات والتوصيات:

في ظل المناخ الاقتصادي المضطرب الراهن، ومن أجل تبرير كلف مشاريع السكك الحديدية العالية، تحتاج صناعة السكك الحديدية أكثر من قبل إلى تقديم دراسات الجدوى الاقتصادية لأي استثمار بأسلوب موضوعي وقوي. حيث يعتمد هذا الأسلوب على أخذ حالات عدم التأكد المستقبلية بالكف والعائدات بشكل متكامل مساعداً أخذ القرار في الإجابة على التساؤلات التالية:

- 1) هل من الممكن تأمين تمويل إضافي في حالة ارتفاع كلف هذا المشروع؟
  - 2) هل تريدون إعادة النظر بحجم المشروع المقترح من أجل استيفاء شرط التمويل المتوفر؟
  - 3) هل تريدون العودة إلى مرحلة اقتراح البدائل لاقتراح بدائل جديدة؟
  - 4) هل تريدون تأجيل اتخاذ القرار بشأن هذا المشروع لفترة زمنية محددة؟
- يجدر الانتباه إلى أن طرح هذه الأسئلة يمكن أن يقود إلى أحد السيناريوهات التالية:
1. خسارة دعم المستثمرين وأصحاب رؤوس الأموال لهذا المشروع وبالتالي عدم تمويله.

2. توفير تمويل إضافي لهذا المشروع.
3. إعادة النظر بحجم المشروع لتخفيض كلفه، أو
4. تجاهل نتيجة تحليل الحساسية والبدء بالمشروع، ومن ثم التوقف عند مرحلة معينة نتيجة نفاذ التمويل، مثال على ذلك ما حدث في بعض المشاريع الممولة من قبل بنك الاستثمار الأوربي في أوربا الشرقية.
- يعتبر التحليل الاقتصادي من أهم الأدوات التي يمكن استخدامها لمعالجة هذه القضايا. هذا البحث يلقي الضوء على أنّ مرحلة تحديد البديل في أي تحليل من هذا القبيل ينبغي أن تكون عملية نظامية وشفافة ونزيهة، والتي يجب أن تساعد المنظمات في اختيار أفضل بديل فعّال من حيث التكلفة. ومع ذلك، هذه التحليلات الاقتصادية تعتمد عادة على الدراسات السابقة والتقديرات المستقبلية وآراء الخبراء. ونتيجة لذلك، قد نجد مستويات مختلفة من الخطأ وعدم التأكد، والتي هي مزيج من العشوائية والضبائية، ملازمة للتحليل الاقتصادي، وهذا يعني أن البديل الأفضل المحدد سيكون عرضة للتساؤل والجدل، ولمعالجة ذلك، يقترح هذا لبحث نموذجاً رياضياً جديداً لاختبار متانة الخيارات المحددة ضد التغيرات في النفقات الرأسمالية المقدرّة والعائدات. يستخدم النهج الجديد يستخدم نظرية المجموعات الضبابية في عملية صنع القرار للتغلب على الذاتية عند اتخاذ القرار، ولتوفير وسيلة موضوعية وشفافة لاختيار بدائل المشاريع.
- يحوّل النموذج المقترح نفقات وعائدات المشروع إلى أرقام ضبابية، ليتّم استخدامها في تقدير قيمة المشروع الحالية الضبابية تبعاً للبدائل المقترحة ومن ثم يتم إجراء دراسة بارامترية لتحليل حساسية هذه البدائل للتغيير في عائداتها ونفقاتها. تمّ توضيح النموذج المقترح بتطبيقه على مشروع حقيقي حيث أثبتت الطريقة المقترحة في هذا البحث، أنّ استخدام تحليل المجال الممكن يوفر وسيلة قوية للتحليل الاقتصادي القائم على عدة سيناريوهات كما يوفر أساساً سليماً لتحليلات (ماذا \_ لو) وبالتالي يساعد على إعلام صنّاع القرار بالبديل الأفضل عند الأخذ بعين الاعتبار التغيير في تقديرات الكلف وتنبؤات العائدات المستقبلية بشكل موضوعي.

## المراجع:

- [1] FLYVBJERG, B. *What You Should Know About Megaprojects and Why: An Overview*. Project Management Journal, Vol.45, No.2, 2014, 6-19.(1)
- [2] FLANAGAN, R. *Managing Risk for Uncertain Future- A project Management perspective*. The Hong Kong Polytechnic University, 2002, 20 Oct. 2016 <[http://bsun04.bre.polyu.edu.hk/rccree/events/pm\\_symposium/RogerFlanagan.pdf](http://bsun04.bre.polyu.edu.hk/rccree/events/pm_symposium/RogerFlanagan.pdf)>
- [3] FLYVBJERG, B.; COWI. *Procedures for Dealing with Optimism Bias in Transport Planning: Guidance Document*. London, UK Department for Transport, June 2004, 36-41, 25 Spet. 2016. <<http://flyvbjerg.plan.aau.dk/pub.htm>>
- [4] ElCheikh, M. *Risk Quantitative Analysis Using Fuzzy Sets Theory*. PhD thesis The University of Birmingham, Birmingham, UK, May. 2009, 266.
- [5] FLYVBJERG, B. Over Budget, Over Time, Over and Over Again Managing Major Projects. In Peter W.G.Morris, Jeffrey K. Pinto, and Jonas Soderlund, (Eds.), *The Oxford Handbook of Project Management*. Oxford University Press, 2011 pp.321-344.
- [6] Department for Transport in UK, *Transport Analysis Guidance, Unit A5.3: Rail Appraisal*. December 2015, 10 Spet. 2016. <[https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment\\_data/file/487712/TAG\\_unit\\_a5.3\\_rail\\_appraisal\\_dec15.pdf](https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/487712/TAG_unit_a5.3_rail_appraisal_dec15.pdf)>

- [7] حمودة، نصيرة إبراهيم؛ حمداوي، الطاوس. استخدام أسلوب تحليل الحساسية في تقييم المشاريع الاستثمارية: دراسة حالة مشروع إنتاج الأغلفة الورقية بولاية عنابة. الجامعة الأردنية، دراسات، العلوم الإدارية، المجلد 42، العدد 2، 2015، 441-427.
- [8] KUTZ, M. *Handbook of Transport Engineering*. The McGraw-Hill Companies, 2004, 937.
- [9] RAILPAG: *Railway Project Appraisal Guidelines*, 2005, 12 Aug. 2016. <[www.eib.org/attachments/pj/railpag\\_en.pdf](http://www.eib.org/attachments/pj/railpag_en.pdf)>
- [10] KHRAIBANI, R.A. New Evaluation and Decision Making Framework Investigating the Elimination by Aspects Model in the Context of Transportation Projects' Investment Choices. PhD thesis, The University of Cergy-Pontoise, Paris, France, 2012, 253.
- [11] BOJADZIEV, G; BOJADZIEV, M. *Fuzzy Logic for Business, Finance and Management*. 2<sup>nd</sup>, World Scientific Publishing, Singapore, 2007, 253.
- [12] SARI, I. U.; KUCHTA, D. *Fuzzy global sensitivity analysis of fuzzy net present value*. Control and Cybernetics, Vol. 41, No. 2, 2012, 481-496. 20 Sep. 2016. <[http://yadda.icm.edu.pl/yadda/element/bwmeta1.element.baztech-article-BATC-0009-0056/c/Ucal\\_Sari.pdf](http://yadda.icm.edu.pl/yadda/element/bwmeta1.element.baztech-article-BATC-0009-0056/c/Ucal_Sari.pdf)>
- [13] FLAHATI, A.; MIRZAEIAN, R. *The Economic Analysis and Evaluation of the Investment projects with special References to the fuzzy Approach*. Life Science Journal, Vol. 9, No. 3, 2012, 2691-2695. 20 Sep. 2016. <[www.lifesciencesite.com/ljsj/life0903/392\\_11308life0903\\_2691\\_2695.pdf](http://www.lifesciencesite.com/ljsj/life0903/392_11308life0903_2691_2695.pdf)>
- [14] FATHI, M. R.; ZARCHI, M. K.; AZIZOLLAHI, S.; BAZARGANI, H. *Economic Evaluation of Investment Projects in High Voltage Wire and Cable Manufacturing Industry Using Fuzzy Logic*. Middle Eastern Finance and Economics, EuroJournals Publishing, Inc., Issue 12, 2011, 174-185.
- [15] KAHRAMAN, C.; RUAN, D.; TOLGA, E. *Capital Budgeting Techniques Using Discounted Fuzzy Versus Probabilistic Cash Flows*. Information Sciences, Vol. 142, 2002, 57-76, 20 Sep. 2016. <<https://pdfs.semanticscholar.org/3b40/94f2842aa9c06f4d9e532557c7314afd7924.pdf>>
- [16] WARD, T. L. *Fuzzy Discounted Cash Flow Analysis*. In *Applications of Fuzzy Set Methodologies in Industrial Engineering*. EVAN, G.; KARWOWSKI, W.; WILHELM, M. (Eds), Applications of Fuzzy Set Methodologies in Industrial Engineering, Elsevier, Amsterdam, 1989, 91-102.
- [17] KUCHTA, D. *Fuzzy Capital Budgeting*. Journal of Fuzzy Sets and Systems, Elsevier Science Publishers, Vol. 111, No. 3, 2000, 367-385.
- [18] CHEN, C. W.; LIOU, T.S. *Evaluation and Analysis of Investment Alternatives with Different Economic Lives Using Fuzzy Logic*. Journal of Interdisciplinary Mathematics, Taru Publications, Vol. 9, No. 1, 2006, 77-97. 20 Aug. 2010. <<http://www.tarupublications.com/journals/jim/FullText/JIM-2006/JIM-9-1-2006/jim102.pdf>>
- [19] ULUKAN, Z.; UCUNCUOGLU, C. *Economic Analysis for the Evaluation of IS Projects*. Journal of Information Systems and Technology Management, Vol. 7, No. 2, 2010, 233-260, 15 Aug. 2010. <<http://www.scielo.br/pdf/jistm/v7n2/01.pdf>>

- [20] الشيخ، دانا مروان، معالجة حالة عدم التأكد في البيانات المستخدمة لحساب الجدوى الاقتصادية لمشاريع السكك الحديدية. أطروحة ماجستير، كلية الهندسة المدنية، جامعة تشرين، سوريا، 2012، 173.
- [21] ULLIVAN, W. G.; WICKS, M.E.; LUXHOJ, T. J. ; الاقتصاد الهندسي. ترجمة: نايفة، محمد وآخرون، الطبعة الثانية عشر، المركز العربي للتعريب والترجمة والتأليف والنشر، دمشق-سوريا، 2004، 724.
- [22] L. A. Zadeh, *Fuzzy Sets*, In Klir, G. and Yuan, B. (Ed), *Fuzzy Sets, Fuzzy Logic, and Fuzzy System (Issues in Advances In Fuzzy Systems- Applications And Theory)*, World Scientific Publishing Co Pte Ltd, Singapore, NJ and London, 125-151, 1996.
- [23] T. J. Ross, *Fuzzy Logic with engineering Applications*, 2<sup>nd</sup>. John Wiley & Sons Ltd, England, 2004.
- [24] CHIU, C.; PARK, C. *Fuzzy Cash Flow Analysis Using Present Worth Criterion*. The Engineering Economist, Taylor & Francis, Inc., Philadelphia, USA, Vol.39, No.2; Winter 1994, 113-138.
- [25] NICHOLS, M. *Review of Highways Agency's Major Roads Programme*. Report to Secretary of State for Transport, London, UK, 14 Mar 2007. 15/9/2009. Available at: <<http://www.dft.gov.uk/pgr/roads/nicholsreport/>>