مجلة جامعة طرطوس للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (٩) العدد (٩) ٢٠٢٥
Tartous University Journal for Research and Scientific Studies - engineering Sciences Series Vol. (9) No. (9) 2025

التقييم المالي والاقتصادي لمشاريع السكك الحديدية باستخدام بيانات طريقة التنبؤ بالمجموعة المرجعية

م. دانا الشيخ*

د.م. جمال عمران**

د.م. مضر الأعرج***

(تاريخ الإيداع //٢٠٢٥ . قُبِل للنشر في //٢٠٢٥)

□ ملخّص □

تهدف هذه الدراسة إلى تطوير منهجية عملية لتطبيق طريقة التنبؤ بالمجموعة المرجعية (RCF) في التقييم المالي والاقتصادي لمشاريع السكك الحديدية. وتتميز هذه المنهجية بتوسيع نطاق استخدام بيانات (RCF) لتشمل الكلف الاستثمارية، كلف التشغيل والصيانة، الإيرادات، والمنافع الاجتماعية–الاقتصادية، بالإضافة إلى تقديم إطار منهجي لتحليل الحساسية يستند إلى بيانات مرجعية فعلية بدلاً من الاعتماد على نسب تقديرية تقليدية. استخدم البحث بيانات مرجعية صادرة عن وزارة النقل البريطانية كنموذج تطبيقي، نظراً لغياب قواعد بيانات محلية موثوقة، وجرى اختبار المنهجية على مشروع سكة حديدية في سورية. أظهرت النتائج كيفية استخدام المنهجية المقترحة عملياً في سورية بغية تحسين دقة التقديرات وتوفير أساس أكثر واقعية لدعم القرار الاستثماري في البيئات غير المستقرة. وتوصي الدراسة بضرورة العمل على بناء مجموعات مرجعية محلية مستقبلاً، بما يُعزز مواءمة هذه المنهجية مع الخصوصيات الاقتصادية للدول النامية. تشير الدراسة إلى ضرورة تطوير أدوات تكميلية تراعي مخاطر السياق السوري، مثل تقلب سعر الصرف ونقص الموارد للحد من تأثير هذه المخاطر على نتائج الجدوى الاقتصادية.

الكلمات المفتاحية: مشاريع البنى التحتية للنقل، ضعف الأداء، وجهة نظر خارجية، التنبؤ بالمجموعة المرجعية، عدم التأكد.

* طالبة دكتوراه، قسم هندسة وإدارة التشييد، كلية الهندسة المدنية، جامعة تشرين، اللاذقية، سوريا.

** أستاذ، قسم هندسة وإدارة التشييد، كلية الهندسة المدنية، جامعة تشرين، اللاذقية، سوريا.

*** المؤسسة العامة للخطوط الحديدية السورية، حلب، سوريا.

مجلة جامعة طرطوس للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (٩) العدد (٩) ٢٠٢٥
Tartous University Journal for Research and Scientific Studies - engineering Sciences Series Vol. (9) No. (9) 2025

Financial and Economic Appraisals for Railways Projects Using Reference Class Forecasting Data

Eng. Dana Al Sheikh*
Dr. Eng. Jamal Omran**
Dr. Eng. Mudar Alaaraj***

(Received //2025 . Accepted //2025)

□ **ABSTRACT** □

This study aims to develop a practical methodology for applying Reference Class Forecasting (RCF) in financial and economic appraisal of railway projects. This methodology expands the scope of RCF data to include investment costs, operation and maintenance costs, revenues, and socio-economic benefits, in addition to providing a systematic framework for sensitivity analysis based on actual reference data rather than traditional estimated ratios. The study used reference data issued by the UK Department for Transport as a practical model, given the absence of reliable local databases. The methodology was tested on a railway project in Syria. The results demonstrated how the proposed methodology can be used practically in Syria to improve the accuracy of estimates and provide a more realistic basis for supporting investment decisions in unstable environments. The study recommends the need to develop local reference classes in the future, which would enhance the compatibility of this methodology with the economic specificities of developing countries. The study also highlights the need to develop complementary tools that take into account the risks inherent in the Syrian context, such as exchange rate volatility and resource shortages, to mitigate the impact of these risks on economic feasibility results.

Keywords: Transport Infrastructure Projects, Poor Performance, Outside View, Reference Class Forecasting, Uncertainty.

*PHD Student, Construction Engineering and Management Department, Faculty of Civil Engineering, Tishreen University, Lattakia, Syria. E-mail: dana.m.alsheikh@tishreen.edu.sy

** Professor, Construction Engineering and Management Department, Faculty of Civil Engineering, Tishreen University, Lattakia, Syria. E-mail: j-omran@tishreen.edu.sy

*** General Establishment of Syrian Railways- Aleppo - Syria. E-mail: mudaralaaraj@gmail.com

مقدمة

تلعب مشاريع البنى التحتية للنقل، ولا سيما مشاريع السكك الحديدية، دوراً محورياً في دعم التنمية الاقتصادية والاجتماعية على مستوى الاقتصاد الوطني (Korytárová and Hromádka, 2021; Sasidharan *et al.*, 2022). تُشير العديد من الدراسات إلى ضعف أداء هذه المشاريع الناجم عن تجاوزات الكلف، التأخير في الإنجاز، وانخفاض العائدات، وذلك في كلٍّ من الدول المتقدمة والنامية. وهو ما يثير تساؤلات جادة حول الجدوى الاقتصادية والاجتماعية لهذه المشاريع، ويُعيد النظر في القيمة المضافة التي يُفترض أن تحققها (Cruz and Sarmento, 2020; Flyvbjerg and Bester, 2022; Baerenbold, 2023; Wang and Levinson, 2023).

أثبتت دراسات عدة (Amos and Abbasi, 2020; Park, 2021; Servranckx *et al.*, 2021; Flyvbjerg and Bester, 2022; Baerenbold, 2023; Vanhoucke, 2023) إمكانية معالجة ضعف الأداء هذا باعتماد "**وجهة النظر الخارجية**" في التقييم، باستخدام خبراء وبيانات أداء مشاريع مشابهة نُفذت في بلدان مختلفة. وتُعَد طريقة التنبؤ بالمجموعة المرجعية (Reference Class Forecasting) (RCF) من أبرز تطبيقات هذا النهج (Baerenbold, 2023; Zani *et al.*, 2024). وتهدف هذه الطريقة إلى تحسين موثوقية التقديرات المتعلقة بالكلف، العائدات، وأزمنة الإنجاز، من خلال تطبيق نسب تعديل معينة مشتقة من بيانات مشاريع سابقة مماثلة للمشروع الجاري تقييمه (Park, 2021; Servranckx *et al.*, 2021; Baerenbold, 2023; Zani *et al.*, 2024).

وقد تمَّ اعتماد طريقة (RCF) من قِبل عدد من الوزارات والمؤسسات الحكومية في دول مختلفة، من أبرزها وزارة النقل في المملكة المتحدة (DFT; TAG-Unit A1.2, 2022)، هيئة البنى التحتية للنقل في إيرلندا (TII, 2020)، ووزارة المالية في أستراليا (NSW Treasury, 2023). وقد أدى التطبيق الواسع النطاق لهذه الطريقة في المملكة المتحدة إلى اعتمادها في كلٍّ من هولندا وسويسرا (TII, 2020). وتمتاز طريقة (RCF) بسهولة التطبيق العملي، إذ لا تتطلب معلومات تفصيلية خاصة ببيانات التوزيعات الاحتمالية للكلف أو الزمن واللازمة لإجراء طريقة محاكاة مونت كارلو (Baerenbold, 2023). أجرى Park (2021) دراسة تناولت الجدوى العملية لتطبيق طريقة (RCF) في دعم قرارات الاستثمار في مشاريع البنية التحتية، من خلال مقارنة تطبيقها في مشاريع نُفذت في المملكة المتحدة مع مشاريع مماثلة في الولايات المتحدة. وقد اعتمدت المشاريع البريطانية على طريقة (RCF)، بينما استخدمت المشاريع الأمريكية محاكاة مونت كارلو في التقدير. وخلصت الدراسة إلى أنَّ استخدام (RCF) في المملكة المتحدة أسفر عن تحسينات واضحة في دقة التقديرات. وتُظهر الدراسات أنَّ طريقة (RCF) تحتفظ بفعاليتها حتى في حالات نقص البيانات المرجعية المحلية، إذ يمكن الاستعاضة عنها ببيانات مماثلة من مشاريع أو قطاعات أو مناطق جغرافية أخرى. فعلى سبيل المثال، يمكن استخدام بيانات مشاريع طرق أو أنفاق في دول أخرى لتعويض نقص البيانات المحلية. مما يجعل من طريقة (RCF) أداة قوية ومرنة معتمدة للتنبؤ، حتى في البيئات التي تفتقر إلى بيانات كافية (Budzier *et al.*, 2018; OGP, 2020; Robinson, 2021).

رغم حداثة طريقة التنبؤ بالمجموعة المرجعية (RCF) نسبياً وقلة الدراسات التي تناولت التحقق اللاحق من نتائجها، فقد شهد استخدامها انتشاراً متزايداً خلال الفترة ٢٠٠٥–٢٠٢٢، سواء في التطبيقات العملية أو في الأدبيات الأكاديمية، لا سيما في مشاريع البنى التحتية الضخمة (Baerenbold, 2023). وعلى الرغم من شيوع استخدام طريقة (RCF) في تقدير التكاليف، تُشير الأدبيات إلى وجود فجوة واضحة في تحليل هذه الطريقة وتطبيقها بفعالية. وتتمثل أبرز هذه التحديات في محدودية البيانات الإحصائية عالية الجودة اللازمة لتكوين مجموعات مرجعية دقيقة،

والاعتماد الكبير على مدى تماثل المشاريع المرجعية مع المشروع قيد التقييم (Servranckx *et al.*, 2021; Vanhoucke, 2023). كما أشار Servranckx وآخرون (2021) إلى أنَّ فعالية (RCF) تعتمد بشكل رئيس على تحديد دقيق لخصائص التشابه المستخدمة في اختيار المشاريع المرجعية، وأهمية استخدام عدد مناسب من هذه الخصائص لتحسين دقة التنبؤ وتقليل الجهد المطلوب لجمع البيانات. وأكدَّ Vanhoucke (2023) بدوره أهمية توفر بيانات مرجعية موثوقة لضمان موثوقية التطبيق. وفي هذا السياق، اقترح Zani وآخرون (2024) تعزيز فعالية طريقة (RCF) في إدارة تجاوزات الكلفة من خلال "تثقيل" بيانات المجموعة المرجعية المحلية باستخدام قواعد بيانات عالمية. وقد طُبّق هذا النهج على بيانات ٤٠ مشروع طريق و٤٥ مشروع نفق منفذة في سويسرا، من خلال تثقيلها مع بيانات تشمل ٩٧٧ مشروع طريق و١١٧ مشروع نفق منفذة على مستوى عالمي، بهدف توضيح كيفية تطبيق الطريقة في الدول التي تعاني من غياب قواعد بيانات محلية ذات دلالة إحصائية عالية وموثوقة. في المقابل، وجّهت بعض الدراسات (Love *et al.*, 2021; Baerenbold, 2023) انتقادات لتطبيق طريقة (RCF)، حيث اعتبرت أنَّ تعديل كلفة الاستثمار استناداً إلى أداء مشاريع سابقة لا يعالج بشكل كافٍ ملف المخاطر أو درجة عدم التأكد المحيطة بتقدير الكلفة في مشاريع النقل قيد التمويل، كما أنه لا يوفر دعماً فعالاً لاتخاذ قرارات استثمارية دقيقة. وعليه، هناك حاجة إلى المزيد من الدراسات التطبيقية والمنهجية التي تسهم في تحسين جودة بناء المجموعات المرجعية، وتُعزز قدرة طريقة (RCF) على التعامل مع المخاطر ودرجات عدم التأكد، وتدعم اتخاذ قرارات التمويل بكفاءة وموثوقية أعلى.

لذلك يقترح هذا البحث منهجية جديدة لتوضيح التطبيق العملي لطريقة التنبؤ بالمجموعة المرجعية (RCF) ومعالجة المخاطر ودرجة عدم التأكد عند إجراء التقييم المالي والاقتصادي لدعم قرار الاستثمار في مشاريع السكك الحديدية في سورية. أُنجز هذا العمل في كلية الهندسة المدنية في جامعة اللاذقية في سورية، خلال الفترة من ٢٠٢٤/٨/٥ إلى ٢٠٢٥/٤/٣٠.

أهمية البحث وأهدافه

نظراً للموقع الجيوسياسي لسورية، تَشغل مشاريع البنى التحتية للنقل أهمية كبيرة. بيد أنَّ أوضاع سورية الاقتصادية والسياسية غير المستقرة تزيد من التعقيدات والتحديات المرتبطة بتشييد هذه المشاريع إضافة إلى أنَّ حجم الاستثمار الكبير المطلوب لمشاريع البنى التحتية للنقل، الأمر الذي يكشف عن ضرورة اعتماد منهجية موضوعية بغية تصويب القرارات المتعلقة بتمويل مشاريع البنى التحتية للنقل وضرورة أخذ التغييرات المستقبلية بعين الاعتبار. لذلك يهدف هذا البحث إلى تقديم منهجية لمعالجة عدم التأكد في تقدير كلف وعائدات مشاريع السكك الحديدية عند إجراء التقييم المالي والاقتصادي لهذه المشاريع بالاعتماد على بيانات طريقة التنبؤ بالمجموعة المرجعية (RCF).

مواد البحث وطرائقه

طريقة التنبؤ بالمجموعة المرجعية (RCF)

يستعرض دليل وزارة النقل البريطانية TAG Unit A1.2, Scheme Costs (2022) الخطوات المعتمدة لتعديل الكلف الاستثمارية المقدَّرة لمشاريع النقل باستخدام طريقة التنبؤ بالمجموعة المرجعية (RCF):

الخطوة الأولى _ تحديد فئة المشروع: يتم تحديد الفئة الخاصة بمشروع النقل وفقاً للتصنيف في الجدول (١).

الجدول ١: فئات المشروع (DFT; TAG-Unit A1.2, 2022, p. 15)

الفئة	مثال عن الأنواع الفرعية للمشروع
السكك الحديدية (Rail)	السكك الحديدية الخفيفة، التقليدية، الحضرية، والعالية السرعة
الطرق (Roads)	الطرق الرئيسية، الأوتوستراد، والطرق السريعة
الوصلات الثابتة (Fixed links)	الجسور والأنفاق
مشاريع الأبنية (Building projects)	المحطات، المستودعات، قاعات الحفلات الموسيقية، مباني المكاتب، المتاحف
مشاريع تكنولوجيا المعلومات (IT projects)	تطوير أنظمة تكنولوجيا المعلومات
الأراضي والممتلكات (Land and property)	شراء الأراضي والممتلكات
القاطرة والمقطورات (Rolling Stock)	المركبات التي تعمل بالطاقة، والمركبات غير المزودة بمحركات

الخطوة الثانية_ تحديد مرحلة تطوّر المشروع: حددت وزارة النقل البريطانية ثلاث مراحل رئيسة لتطور مشاريع النقل هي: مرحلة دراسة الجدوى الأولية (SOBC)، مرحلة دراسة الجدوى التفصيلية (OBC)، ومرحلة دراسة الجدوى الكاملة (وقت اتخاذ القرار بالبناء) (FBC).

الخطوة الثالثة_ تطبيق نسب تعديل كلفة الاستثمار: يتم تحديد نسبة التعديل تبعاً لفئة ومرحلة تطور المشروع المدروس وفقاً للجدول (٢). على سبيل المثال، عند دراسة مشروع سكك حديدية (Rail) خلال مرحلة دراسة الجدوى الأولية (مرحلة SOBC) ينبغي زيادة كلفة الاستثمار بنسبة ٥٦٪.

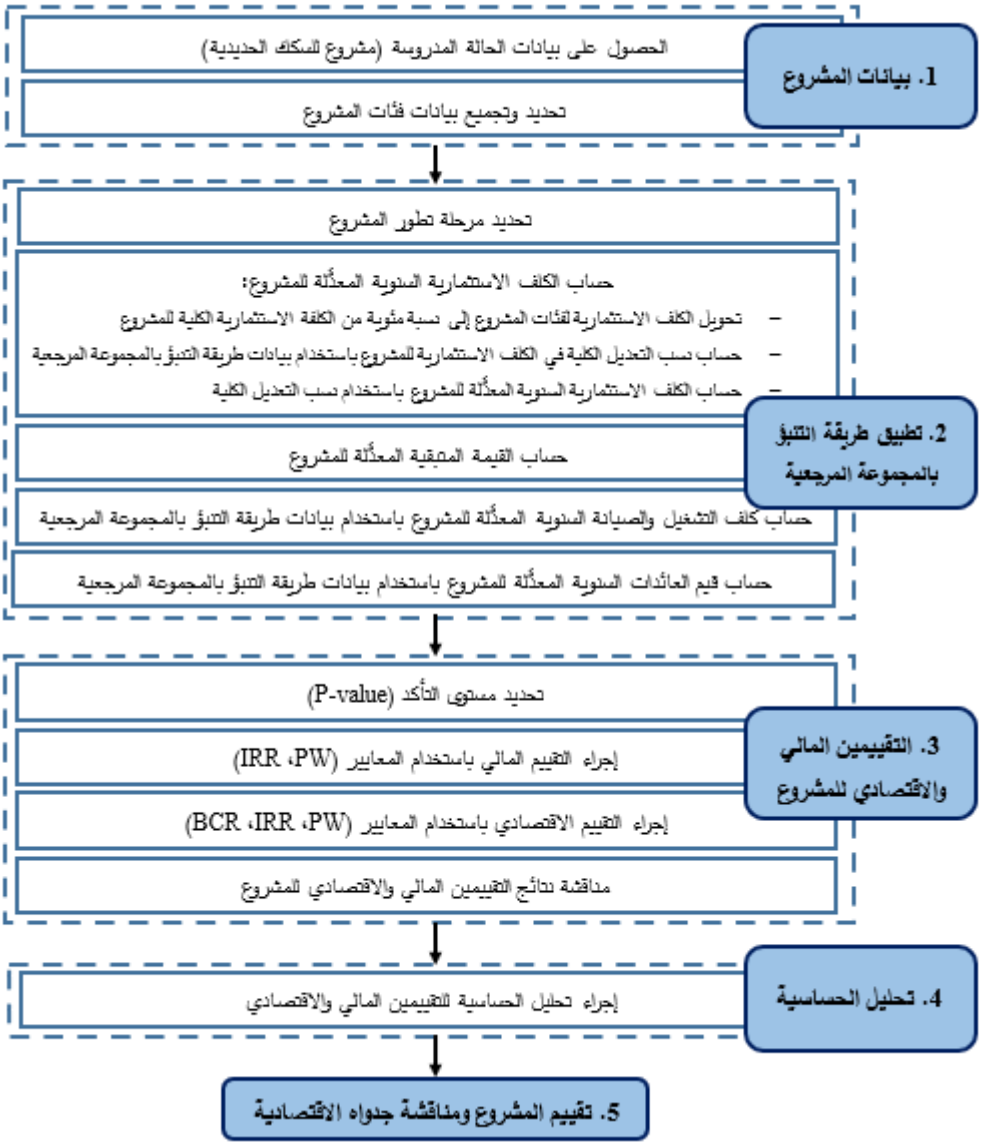
الجدول ٢: نسب التعديل في مختلف مراحل تطور مشاريع النقل (DFT; TAG-Unit A1.2, 2022, p. 16)

الفئة	مرحلة SOBC	مرحلة OBC	مرحلة FBC
الطرق (Roads)	٤٦٪	٢٣٪	٢٠٪
السكك الحديدية (Rail)	٥٦٪	٣٣٪	٣٠٪
الوصلات الثابتة (Fixed links)	٥٥٪	٣٢٪	٢٨٪
مشاريع الأبنية (Building projects)	٧٠٪	٤٨٪	٤٤٪
مشاريع تكنولوجيا المعلومات (IT projects)	٦٩٪	٥٠٪	٤٢٪
الأراضي والممتلكات (Land and property)	٣٣٪	١٤٪	٠٪
القاطرة والمقطورات (Rolling Stock)	٦١٪	٣٨٪	٣٥٪

الخطوة الرابعة_ إجراء تحليل الحساسية: ينبغي القيام بتحليل حساسية حول نسبة التعديل المحددة في الخطوة الثالثة، وذلك من خلال دراسة تأثير مستويات تعديل أخرى على تقديرات كلفة الاستثمار. يجب بالذكر ضرورة إجراء تحليل الحساسية هذا بصرف النظر عن مرحلة تطور المشروع.

كما تُقَدِم وزارة النقل البريطانية بالتعاون مع الشركة الاستشارية Oxford Global Projects (OGP) في تقرير (OGP, 2020) نسب التعديل الخاصة بكلٍ من: الكلف الاستثمارية وفقاً لفئة المشروع ومرحلة تطوره؛ تكاليف التشغيلية والعائدات حسب نوع المشروع، وذلك لمستويات التأكد من P5 إلى P95. تقدِّم الوزارة بيانات هذا التقرير في مستند (TAG: Optimism Bias Workbook, 2021)، الذي يحتوي على منحنيات التنبؤ بالمجموعة المرجعية (RCF). يجدر بالذكر أنَّ نسب التعديل الواردة في هذا التقرير لا تقتصر في مرجعيتها على مشاريع منفذة حصراً في المملكة المتحدة، بل تستند إلى بيانات من مشاريع منفذة في مناطق جغرافية متعددة. ويعود ذلك إلى ندرة البيانات المرجعية المباشرة، ما يستدعي تكوين مجموعة مرجعية من مصادر متنوعة، وهو ما يعزز موثوقية يُعزز من شمولية هذه القيم وقابليتها للتطبيق في سياقات دولية متنوعة (OGP, 2020).

المنهجية المقترحة: يوضح الشكل (١) المنهجية المقترحة لمعالجة مشكلة البحث.



الشكل ١: المنهجية المقترحة لإجراء التقييم المالي والاقتصادي لمشاريع السكك الحديدية بالاعتماد على بيانات طريقة التنبؤ بالمجموعة المرجعية (RCF)

تقوم المنهجية المقترحة على ثلاث فرضيات أساسية: أولاً، توفر بيانات المجموعة المرجعية بجودة إحصائية عالية (Servranckx *et al.*, 2021)؛ ثانياً، تشابه أداء المشروع قيد الدراسة مع المشاريع المرجعية (NIC, 2020)؛ وثالثاً، تمَّ استثناء عامل التضخم باعتماد الأسعار الثابتة للتكاليف والعائدات للمشاريع المعتمدة في المجموعة المرجعية (DFT; TAG-Unit A1.2, 2022).

النتائج والمناقشة_ الحالة المدروسة (Case study)

يتم توضيح التطبيق العملي للمنهجية المقترحة باستخدام الحالة المدروسة: مشروع تحديث وتجديد خط السكة الحديدية بين القامشلي على الحدود التركية واليعربية على الحدود العراقية.

١ بيانات المشروع

١. ١ الحصول على بيانات الحالة المدروسة (مشروع للسكك الحديدية)

تمَّ الحصول على التفاصيل الكاملة لدراسة الجدوى الأولية (SOBC) لمشروع "تحديث وتجديد خط السكة الحديدية بين مدينتي القامشلي واليعربية" في سورية من المؤسسة العامة للخطوط الحديدية السورية، حيث بلغت الكلفة الاستثمارية الكلية المقدَّرة للمشروع نحو **٩٨.٨٩٢ مليون يورو**، وفقاً لأسعار منتصف عام ٢٠٠٤. وقد أُنجِزَت هذه الدراسة من قبل معهد التخطيط MÁV Planning Institute) MÁV) في هنغاريا بالتعاون مع المؤسسة العامة للخطوط الحديدية السورية عام (2004). اعتمدت الدراسة على معدل خصم قدره ١٢٪، وفترة تقييم إجمالية مدتها ٣٥ سنة. يُعتبر معدل الخصم البالغ ١٢٪ مرتفعاً نسبياً، إذ تُشير الأدبيات الحديثة إلى أنَّ المعدلات المُطبّقة في الدول النامية تتراوح بين ٨٪ و١٢٪، بينما تتراوح في الدول المتقدمة بين ٣٪ و٩٪ (Groom *et al.*, 2022). ويُعزى هذا التباين إلى اختلاف الأطر المؤسسية، وظروف الاقتصاد الكلي، وطرق التمويل بين البلدان.

تمّ إجراء كلٍّ من التقييم المالي والاقتصادي بالاعتماد على البيانات المالية الخاصة بالمشروع، والمُوضَّحة في الجدول (٣). وقد شملت هذه البيانات: الكلف الاستثمارية السنوية، كلف التشغيل والصيانة السنوية (وفقاً لطبيعة كل تقييم)، إضافةً إلى القيمة المتبقية. كما تمّ في التقييم المالي استخدام الإيرادات السنوية، بينما اعتمد التقييم الاقتصادي على المنافع الاجتماعية–الاقتصادية.

الجدول ٣: التدفقات النقدية السنوية للحالة المدروسة (مليون €)

السنة	الكلف الاستثمارية	كلف التشغيل والصيانة الخاصة بالتقييم المالي	الإيرادات	كلف التشغيل والصيانة الخاصة بالتقييم الاقتصادي	المنافع الاجتماعية–الاقتصادية
0	0	0	0	0	0
1	7.044	0	0	0	0
2	21.131	0	0	0	0
3	21.131	0	0	0	0
4	21.131	0	0	0	0
5	0	3.728	12.522	2.319	9.126
6	0	3.878	13.061	2.469	9.878
7	0	4.027	13.599	2.618	10.665
8	0	4.177	14.138	2.768	11.488
9	0	4.326	14.677	2.917	12.35
10	0	4.476	15.215	3.067	13.251
11	0	4.625	15.754	3.216	14.166
12	0	4.775	16.292	3.366	15.121
13	2.882	4.924	16.831	3.515	16.115
14	2.882	5.074	17.9	3.665	17.692
15	0	5.223	17.908	4.429	19.344
16	0	5.402	18.793	4.607	20.463
17	0	5.581	19.678	4.786	21.602

18	0	5.759	20.563	4.964	22.762
19	0	5.938	21.448	5.143	23.943
20	0	6.116	22.333	5.321	25.145
21	0	6.295	23.218	5.5	26.37
22	0	6.473	24.103	5.678	27.616
23	0	6.652	24.988	5.857	28.885
24	0	6.83	25.873	6.036	30.176
25	0	7.009	26.758	6.214	31.49
26	0	7.188	27.643	6.393	32.828
27	0	7.366	28.528	6.571	34.19
28	0	7.545	29.413	6.75	35.575
29	0	7.723	30.298	6.928	36.985
30	0	7.902	31.183	7.107	38.419
31	0	8.08	32.068	7.285	39.879
32	0	8.259	32.953	7.464	41.364
33	11.345	8.437	33.838	7.643	42.875
34	11.345	8.616	34.723	7.821	44.412
35	0	8.795	35.608	8	45.975
	القيمة المتبقية				50.152

يوضّح الجدول (٣) الكلفة الاستثمارية للمشروع خلال فترة التقييم، بدءاً من السنوات الأربع الأولى التي خُصِّصت لتحديث خط السكة بهدف الوصول إلى قدرة حمولة صافية يومية تبلغ ٧ ملايين طن. ويتضمن المشروع تحديثاً إضافياً في السنتين الثالثة عشرة والرابعة عشرة لرفع القدرة إلى ١٠ ملايين طن يومياً، يليه تحديث نهائي مخطّط في السنتين الثالثة والثلاثين والرابعة والثلاثين لزيادة الحمولة اليومية إلى ٢٠ مليون طن. وبالنسبة لبقية البيانات المالية الخاصة بالمشروع، فيتم تقديرها اعتباراً من بداية التشغيل، أي في مطلع السنة الخامسة. في حين تُقدَّر القيمة المتبقية في نهاية فترة التقييم.

١. ٢ تحديد وتجميع بيانات فئات المشروع

١. ٢. ١ تحديد الفئات الخاصة بمكونات المشروع

يتم تحديد الفئات الخاصة بمكونات المشروع المدروس وفقاً للتصنيف المعتمد في دليل وزارة النقل البريطانية TAG Unit A1.2, Scheme Costs (2022)، الجدول (١). ومن خلال الاطلاع على دراسة الجدوى الأولية للمشروع، تمَّ تحديد مكونات المشروع المدروس في الفئات التالية: السكك الحديدية، الأراضي والممتلكات، والأبنية/المحطات.

١. ٢. ٢ تجميع البيانات الخاصة بالكلف الاستثمارية لفئات المشروع

يتم تجميع البيانات الخاصة بالكلف الاستثمارية لمكونات المشروع المدروس وفقاً لفئات المشروع المحددة في الخطوة السابقة، بالشكل الذي يظهر في الجدول (٤):

الجدول ٤: الكلف الاستثمارية المقدَّرة لمكونات المشروع المدروس وفقاً للفئات المحددة

فئات المشروع	الكلفة الاستثمارية (مليون €)
السكك الحديدية	92.052
الأراضي والممتلكات	5.200
مشاريع الأبنية/محطات	1.639

الكلفة الاستثمارية الكلية	٩٨.٨٩٢

٢ تطبيق طريقة التنبؤ بالمجموعة المرجعية

٢. ١ تحديد مرحلة تطور المشروع

تُحَدَّد مرحلة تطور المشروع استناداً إلى تصنيف وزارة النقل البريطانية الوارد في الدليل TAG Unit A1.2, Scheme Costs (2022). ونظراً لأنَّ المشروع في الحالة المدروسة قد صُنِّف، بحسب دراسة MÁV (٢٠٠٤)، ضمن مرحلة دراسة الجدوى الأولية، فإنَّه يُدرج ضمن مرحلة (SOBC) بحسب التصنيف المعتمد في الدليل المذكور.

٢. ٢ حساب الكلف الاستثمارية السنوية المعدَّلة للمشروع

يقترح هذا البحث الخطوات التالية كمنهجية لحساب الكلف الاستثمارية السنوية المعدَّلة للمشروع، نظراً لاعتماد هذا المشروع على فئات استثمارية متباينة (السكك الحديدية، الأراضي والممتلكات، ومشاريع الأبنية/محطات) ذات نسب تعديل مرجعية مختلفة، مما يستدعي تجميع هذه النسب للحصول على نسبة تعديل كلية للكلفة الاستثمارية.

٢. ٢. ١ تحويل الكلف الاستثمارية لفئات المشروع إلى نسبة مئوية من الكلفة الاستثمارية الكلية للمشروع

يتم تحويل الكلف الاستثمارية لفئات المشروع؛ الجدول (٤)؛ إلى نسبة مئوية من الكلفة الاستثمارية الكلية للمشروع كما يظهر في الجدول (٥):

الجدول ٥: النسب المئوية لكلف فئات المشروع من الكلفة الاستثمارية الكلية للمشروع

فئات المشروع	النسبة المئوية من الكلفة الاستثمارية الكلية
السكك الحديدية	93.08%
الأراضي والممتلكات	5.26%
مشاريع الأبنية/محطات	1.66%
الإجمالي	**100%**

٢. ٢. ٢ حساب نسب التعديل الكلية في الكلف الاستثمارية للمشروع

أولاً، يتم حساب نسبة التعديل الجديدة لكل فئة من فئات المشروع عند مستوى تأكد (P-value)، وذلك باستخدام النسب المئوية لكلف فئات المشروع من إجمالي الكلفة الاستثمارية للمشروع، كما هو موضَّح في الجدول (٥)، مع نسب التعديل الخاصة بالكلف الاستثمارية لفئات المشروع وفقاً لمرحلة تطور المشروع (SOBC)، والمبينة في الجدول (٦) الأعمدة (السكك الحديدية، الأراضي والممتلكات، الأبنية). يمكن تمثيل ذلك في المعادلة التالية:

المعادلة ١ نسبة التعديل الجديدة لفئة المشروع عند مستوى التأكد (P-value) = نسبة كلفة هذه الفئة من الكلفة الكلية للمشروع × نسبة التعديل المُوصى بها للفئة حسب مستوى التأكد

ثانياً، يتم حساب نسبة التعديل الكلية في الكلفة الاستثمارية للمشروع عند مستوى التأكد (P-value) كما هو موضَّح في المعادلة (٢):

المعادلة ٢ نسبة التعديل الكلية في الكلفة الاستثمارية عند مستوى التأكد (P-value) = حاصل جمع نسب التعديل الجديدة لفئات المشروع عند مستوى التأكد (P-value)

على سبيل المثال، لحساب نسبة التعديل الكلية في الكلفة الاستثمارية للمشروع عند مستوى تأكد (P70)، يتم أولاً حساب نسبة التعديل الجديدة لكل فئة من فئات المشروع عند مستوى التأكد هذا باستخدام المعادلة (١) كما يلي:

–نسبة التعديل الجديدة لفئة السكك الحديدية = ٩٣.٠٨٪ × ٥٨,٥١٪ = ٥٤,٤٥٪

–نسبة التعديل الجديدة لفئة الأراضي والممتلكات = ٥.٢٦٪ × ٥٢.٧٧٪ = ٢.٧٨٪

–نسبة التعديل الجديدة لفئة الأبنية/المحطات = ١.٦٦٪ × ٥٧.٢٥٪ = ٠.٩٥٪

بعد ذلك، يتم تطبيق المعادلة (٢) لحساب نسبة التعديل الكلية للكلفة الاستثمارية للمشروع عند مستوى تأكد (P70) كما يلي:

نسبة التعديل الكلية للكلفة الاستثمارية للمشروع عند مستوى تأكد (P70) =٥٤.٤٥٪+٢.٧٨٪+٠.٩٥٪ = ٥٨.١٩٪

ويتم بنفس الطريقة حساب نسب التعديل الكلية للكلف الاستثمارية للمشروع المدروس وذلك لجميع مستويات التأكد التقديرية (P-value) من P5 إلى P95، كما هو مُوَّضح في الجدول (٦)، العمود (نسب التعديل الكلية للكلفة الاستثمارية).

الجدول ٦: نسب التعديل (RCF) وفقاً للدليل (TAG: Optimism Bias Workbook, 2021) **إلى جانب نسب التعديل الكلية للكلف الاستثمارية للمشروع المدروس بحسب المنهجية المقترحة**

نسب التعديل الكلية للكلفة الاستثمارية	العائدات	التكاليف التشغيلية	الكلفة الاستثمارية (SOBS)			مستوى التأكد من التقدير	قيمة–P
	(الخاصة بالسكك الحديدية)		الأبنية	الأراضي والممتلكات	السكك الحديدية		
المنهجية المقترحة	المصدر: (TAG: Optimism Bias Workbook, 2021)						
-32.46%	62.56%	-75.17%	-27.65%	-92.48%	-29.15%	**5%**	**P5**
-23.10%	33.60%	-65.78%	-20.42%	-86.95%	-19.54%	**10%**	**P10**
-13.99%	16.03%	-61.91%	-10.12%	-72.36%	-10.77%	**15%**	**P15**
-10.53%	8.40%	-55.05%	-7.09%	-60.84%	-7.74%	**20%**	**P20**
-4.89%	1.00%	-43.04%	-2.73%	-43.73%	-2.73%	**25%**	**P25**
0.76%	-4.30%	-39.09%	1.40%	-39.84%	3.04%	**30%**	**P30**
4.35%	-12.70%	-36.46%	3.97%	-24.74%	6.00%	**35%**	**P35**
7.72%	-18.36%	-23.92%	9.00%	-15.52%	9.01%	**40%**	**P40**
11.83%	-25.58%	-14.74%	12.00%	-10.09%	13.07%	**45%**	**P45**
18.09%	-30.00%	-10.39%	13.33%	3.42%	19.00%	**50%**	**P50**
22.94%	-37.10%	-3.78%	18.38%	5.62%	24.00%	**55%**	**P55**
31.15%	-42.74%	0.61%	22.00%	8.07%	32.61%	**60%**	**P60**
50.11%	-50.00%	11.16%	48.43%	22.01%	51.73%	**65%**	**P65**
58.19%	-53.62%	16.98%	57.25%	52.77%	58.51%	**70%**	**P70**
97.06%	-58.00%	23.11%	100.88%	69.84%	98.53%	**75%**	**P75**
121.12%	-64.38%	39.87%	145.10%	113.07%	121.15%	**80%**	**P80**
137.96%	-69.00%	51.52%	190.16%	120.82%	138.00%	**85%**	**P85**
267.41%	-75.00%	76.47%	376.46%	239.25%	267.06%	**90%**	**P90**
320.82%	-81.35%	97.52%	447.63%	310.39%	319.15%	**95%**	**P95**

يوضَّح الجدول (٦) أنَّ نسب التعديل (RCF) للكلفة الاستثمارية في مرحلة (SOBC)، المستندة إلى دليل (TAG: Optimism Bias Workbook, 2021)، تُظهر علاقات غير خطية بين مستويات التأكد ومكونات الكلفة الاستثمارية الثلاث. فعلى سبيل المثال، ترتفع نسبة التعديل لكلفة الأراضي والممتلكات

من ٢٢.٠١٪ عند مستوى التأكد P65 إلى ٥٢.٧٧٪ عند مستوى التأكد P70، مما يدل على حساسية النسب لارتفاع مستوى التأكد. كما تشير البيانات إلى وجود انحراف إحصائي يميل نحو التوزيع الطبيعي (Normalisation) عند مستوى التأكد P70 لمكونات الكلفة الاستثمارية الثلاث، وهو ما يتوافق مع المتوسط الحسابي (Mean). ويُعزى هذا التقارب إلى تشابه السلوك الإحصائي للمكونات الثلاث للكلفة الاستثمارية نتيجة خضوعها لعوامل مشتركة مثل المخاطر، والتجاوزات، والتقلبات السوقية والبيئية. هذا التشابه يُفضي إلى نمط سلوكي متقارب، يعزز من دقة التنبؤ ويؤكد على قوة طريقة RCF في تمثيل الواقع الاستثماري بشكل أكثر توازناً عند مستويات تأكد مدروسة مثل P70.

٢. ٢. ٣ حساب الكلف الاستثمارية السنوية المعدَّلة للمشروع باستخدام نسب التعديل الكلية

يتم حساب الكلف الاستثمارية السنوية المعدَّلة للمشروع باستخدام نسب التعديل الكلية للكلفة الاستثمارية (المنهجية المقترحة) المبينة في الجدول (٦)، وذلك لمستويات التأكد من P5 إلى P95، بتطبيق المعادلة (3):

المعادلة ٣ الكلفة الاستثمارية السنوية المعدَّلة عند مستوى التأكد (P-value) = الكلفة الاستثمارية السنوية × (١ + نسبة التعديل الكلية حسب مستوى التأكد)

على سبيل المثال، لحساب الكلفة الاستثمارية المعدَّلة عند السنة الثانية والموافقة لمستوى تأكد مقداره (P70):

من الجدول (٣)، الكلفة الاستثمارية عند السنة الثانية كانت ٢١.١٣١ مليون يورو، ومن الجدول (٦)، نسبة التعديل الكلية للكلفة الاستثمارية عند مستوى التأكد (P70) هي ٥٨.١٩٪. وبالتعويض في المعادلة (٣):

الكلفة الاستثمارية المعدَّلة عند السنة الثانية ومستوى تأكد (P70) = ٢١.١٣١ × (١+٥٨.١٩٪) = ٣٣.٤٢٧ مليون يورو

٢. ٣ حساب القيمة المتبقية المعدَّلة للمشروع

بما أنَّ القيمة المتبقية للمشروع هي قيمة متبقية من الاستثمار في نهاية عمر المشروع المجدي، يتم تعديل القيمة المتبقية للمشروع باستخدام نسب التعديل الكلية للكلفة الاستثمارية (المنهجية المقترحة) الموضَّحة في الجدول (٦)، وذلك لمستويات التأكد من P5 إلى P95؛ بتطبيق المعادلة (٣).

فعلى سبيل المثال، لحساب القيمة المتبقية المعدَّلة الموافقة لمستوى تأكد مقداره (RCF-P70):

من الجدول (٣)، تبلغ القيمة المتبقية للمشروع ٥٠.١٥٢ مليون يورو. ومن الجدول (٦)، نسبة التعديل الكلية عند مستوى التأكد (RCF-P70) هي ٥٨.١٩٪. وبالتعويض في المعادلة (٣) تكون:

القيمة المتبقية المعدَّلة عند مستوى التأكد (RCF-P70) = ٥٠.١٥٢ × (١+٥٨.١٩٪) = ٧٩.٣٣٥ مليون يورو

٢. ٤ حساب العائدات السنوية المعدَّلة للمشروع

يتم حساب العائدات (الإيرادات والمنافع الاجتماعية–الاقتصادية) السنوية المعدَّلة للمشروع باستخدام نسب التعديل الخاصة بالعائدات لمشاريع السكك الحديدية، والموضَّحة في الجدول (٦) في العمود العائدات، وذلك لمستويات التأكد من P5 إلى P95؛ من خلال تطبيق المعادلة (٥).

المعادلة ٤ قيمة العائد السنوي المعدَّل عند مستوى التأكد (P-value) = قيمة العائد السنوي × (١ + نسبة التعديل للعائدات حسب مستوى التأكد)

٢. ٥ حساب كلف التشغيل والصيانة السنوية المعدَّلة للمشروع

يتم حساب كلف التشغيل والصيانة السنوية المعدَّلة؛ سواء الخاصة بالتقييم المالي أو التقييم الاقتصادي؛

باستخدام نسب التعديل الخاصة بالتكاليف التشغيلية لمشاريع السكك الحديدية، والمبينة في الجدول (٦) في العمود التكاليف التشغيلية، وذلك لمستويات التأكد من P5 إلى P95، من خلال تطبيق المعادلة (٤):

المعادلة ٥ كلفة التشغيل والصيانة السنوية المعدَّلة عند مستوى التأكد (P-value) = كلفة التشغيل والصيانة السنوية × (١ + نسبة التعديل للتكاليف التشغيلية حسب مستوى التأكد)

على سبيل المثال، لحساب كلفة التشغيل والصيانة المعدَّلة الخاصة بالتقييم المالي عند السنة الخامسة ومستوى تأكد مقداره (P70):

من الجدول (٣)، تبلغ كلف التشغيل والصيانة للمشروع عند السنة الخامسة ٣.٧٢٨ مليون يورو، ومن الجدول (٦)، نسبة التعديل للتكاليف التشغيلية عند مستوى التأكد (P70) هي ١٦.٩٨٪. وبالتعويض في المعادلة (٤):

كلف التشغيل والصيانة المعدَّلة والخاصة بالتقييم المالي عند السنة الخامسة ومستوى تأكد (P70) = ٣.٧٢٨× (١+ ١٦.٩٨٪) = ٤.٣٦ مليون يورو.

٣ التقييم المالي والتقييم الاقتصادي للمشروع

٣. ١ تحديد مستوى التأكد للتقدير (P-value)

يقترح هذا البحث اعتماد دليل وزارة النقل البريطانية TAG Unit A1.2, Scheme Costs (2022) كمصدر مرجعي رئيسي لتحديد مستوى التأكد (P-value) ضمن المنهجية المقترحة، وذلك في جميع مراحل تطور المشروع، نظراً لكونه وثيقة معيارية موثوقة طُوّرت استناداً إلى بيانات مرجعية ومشاريع واقعية.

وقد أظهرت المقارنة بين نسب التعديل الموصى بها في الدليل TAG Unit A1.2 (2022) وتلك الواردة في تقرير Optimism Bias Workbook (2021)، أنَّ نسب التعديل في الدليل تُمثل القيمة الوسطية (Mean) لمجالات التعديل المرتبطة بمستويات تأكد مختلفة في التقرير.

وبالتالي، تمَّ الاعتماد على نسب التعديل المقترحة في الدليل TAG Unit A1.2 (الجدول ٢ – المرحلة SOBC)، وعلى نظيراتها في التقرير Optimism Bias Workbook (الجدول ٦ – المرحلة SOBC) على النحو الآتي:

- فئة السكك الحديدية: نسبة التعديل في الدليل TAG Unit A1.2 هي ٥٦٪، الجدول (٢)، وتقع ضمن المجال [٥١.٧٣٪–٥٨.٥١٪] المقترن بمستويي التأكد P65 وP70 في التقرير Optimism Bias Workbook، الجدول (٦).
- فئة الأراضي والممتلكات: نسبة التعديل في الدليل TAG Unit A1.2 هي ٣٣٪، الجدول (٢)، وتقع ضمن المجال [٢٢.٠١٪–٥٢.٧٧٪] المقترن بمستويي التأكد P65 وP70 وفقاً للتقرير Optimism Bias Workbook، الجدول (٦).
- فئة الأبنية/المحطات: نسبة التعديل في الدليل TAG Unit A1.2 هي ٧٠٪، الجدول (٢)، وتقع ضمن المجال [٥٧.٢٥٪–١٠٠.٨٨٪] المقترن بمستويي التأكد P70 وP75 وفقاً للتقرير Optimism Bias Workbook، الجدول (٦).

وعند تجميع هذه البيانات في الجدول (٧) والنظر إليها، يُلاحظ أنَّ معظم نسب التعديل الموصى

بها في الدليل TAG Unit A1.2 تقع ضمن المجال المرتبط بمستوى التأكد P70 عبر مختلف فئات المشروع (السكك الحديدية، الأراضي والممتلكات، الأبنية/المحطات).

الجدول ٧: تحديد مستوى التأكد (P-value)

Optimism Bias Workbook: P75	**TAG Unit A1.2: Mean**	Optimism Bias Workbook: **P70**	**TAG Unit A1.2: Mean**	Optimism Bias Workbook: P65	قيم RCF / الفئة
		58.51%	56%	51.73%	السكك الحديدية
		52.77%	33%	22.01%	الأراضي والممتلكات
100.88%	70%	**57.25%**			مشاريع الأبنية/ محطات

وبالتالي، يُعدّ اعتماد مستوى التأكد P70 اختياراً منطقياً ومتوازناً، كونَّه يُمَثِل الحالة الأكثر توافقاً بين قيم الدليل ومجالات نسب التعديل في التقرير، ويوفّر أساساً موضوعياً وموثوقاً لتحديد نسب التعديل. وبما أنَّ هذه النسب تُعد الأساس في تعديل الكلف والعائدات المقدّرة ضمن المنهجية المقترحة، فسيتم اعتماد مستوى التأكد P70، واستخدام القيم المعدّلة وفقاً لنسب التعديل المرتبطة به، كما هو موضَّح في الجدول (٨).

الجدول ٨: كلف وعائدات المشروع المعدَّلة وفقاً لنسب التعديل المترافقة مع مستوى التأكد P70 (مليون €)

السنة	الكلف الاستثمارية	كلف التشغيل والصيانة الخاصة بالتقييم المالي	الإيرادات	كلف التشغيل والصيانة الخاصة بالتقييم الاقتصادي	المنافع الاجتماعية–الاقتصادية
0	0	0	0	0	0
1	11.142	0	0	0	0
2	33.427	0	0	0	0
3	33.427	0	0	0	0
4	33.427	0	0	0	0
5	0	4.362	5.807	2.713	4.232
6	0	4.537	6.057	2.888	4.581
7	0	4.711	6.307	3.063	4.946
8	0	4.886	6.557	3.238	5.328
9	0	5.061	6.807	3.412	5.728
10	0	5.236	7.056	3.587	6.145
11	0	5.411	7.306	3.762	6.570
12	0	5.586	7.556	3.937	7.013
13	4.559	5.761	7.806	4.112	7.474
14	4.559	5.936	8.302	4.287	8.205
15	0	6.111	8.305	5.181	8.971
16	0	6.319	8.716	5.390	9.490
17	0	6.528	9.126	5.598	10.018
18	0	6.737	9.537	5.807	10.556
19	0	6.946	9.947	6.016	11.104
20	0	7.155	10.358	6.225	11.662
21	0	7.364	10.768	6.434	12.230
22	0	7.573	11.178	6.643	12.808
23	0	7.782	11.589	6.852	13.396
24	0	7.991	11.999	7.061	13.995
25	0	8.199	12.410	7.269	14.604

15.225	7.478	12.820	8.408	0	**26**
15.856	7.687	13.231	8.617	0	**27**
16.499	7.896	13.641	8.826	0	**28**
17.153	8.105	14.051	9.035	0	**29**
17.818	8.314	14.462	9.244	0	**30**
18.495	8.523	14.872	9.453	0	**31**
19.184	8.732	15.283	9.662	0	**32**
19.884	8.941	15.693	9.870	17.947	**33**
20.597	9.149	16.104	10.079	17.947	**34**
21.322	9.358	16.514	10.288	0	**35**
79.334	**القيمة المتبقية**				

٣. ٢ التقييم المالي للمشروع

يتم إجراء التقييم المالي للمشروع بالاعتماد على معياري القيمة الحالية (PW) ومعدل العائد الداخلي (IRR)، وذلك باستخدام القيم المعدَّلة وفقاً لنسب التعديل المرتبطة بمستوى التأكد P70، كما هو موضَّح في الجدول (٨)، وتشمل: الكلف الاستثمارية، كلف التشغيل والصيانة الخاصة بالتقييم المالي، الإيرادات، والقيمة المتبقية. يتم حساب القيمة الحالية (PW): تُحسَب من المعادلة التالية (Sullivan *et al.*, 2019; Liu, 2022):

$$PW(i\%) = \sum_{k=0}^{n} \frac{F_k}{(1+i)^k} = -71.38\ (Million\ Euro) < 0$$

ويتم حساب معدل العائد الداخلي (IRR) من المعادلة (Liu, 2022):

$$PW = \sum_{k=0}^{n} \frac{F_k}{(1+IRR)^k} = 0 \ \rightarrow \ IRR = 0.93\% < 12\%$$

باعتبار أنَّ: F_k يُمثِل التدفق النقدي الصافي في السنة k؛ i يُمثِل معدل الخصم %؛ n تُمثِل مدة تقييم المشروع.

يتم حساب (F_k) في التقييم المالي من المعادلة التالية:

المعادلة ٦

$$F_k = R_k - I_k - O\&M_k \quad : k = 1,2,\dots.,n-1$$
$$F_k = R_k - I_k - O\&M_k + RV_n \quad : k = n$$

حيث: R_k الإيرادات في السنة k في التقييم المالي، I_k الكلفة الاستثمارية في السنة k، $O\&M_k$ كلفة التشغيل والصيانة الخاصة بالتقييم المالي في السنة k، RV_n القيمة المتبقية للمشروع.

وفقاً لنتائج التقييم المالي هذا يمتلك المشروع قيمة حالية سالبة ومعدل عائد داخلي أصغر من معدل الخصم الخاص بالمشروع المدروس ١٢٪، وبالتالي يُعتَبر هذا المشروع غير مجدٍ من الناحية المالية.

٣. ٣ التقييم الاقتصادي للمشروع

يتم إجراء التقييم الاقتصادي للمشروع بالاعتماد على ثلاث معايير رئيسية: القيمة الحالية (PW)، معدل العائد الداخلي (IRR)، ونسبة منفعة–كلفة (BCR)، ويتم استخدام القيم المعدَّلة وفقاً لنسب التعديل المرتبطة بمستوى التأكد P70، كما هو موضَّح في الجدول (٨)، وذلك لكلٍّ من: الكلف الاستثمارية، كلف التشغيل والصيانة الخاصة بالتقييم الاقتصادي، المنافع الاقتصادية–الاجتماعية، والقيمة المتبقية. تُحسب القيمة

الحالية (PW) للتقييم الاقتصادي من التالية (Sullivan *et al.*, 2019; Liu, 2022):

$$PW(i\%) = \sum_{k=0}^{n} \frac{F_k}{(1+i)^k} = -65.37\ (Million\ Euro) < 0$$

في حين يُحسب معدل العائد الداخلي (IRR) للتقييم الاقتصادي من المعادلة (Liu, 2022):

$$PW = \sum_{k=0}^{n} \frac{F_k}{(1+\ IRR)^k} = 0 \ \rightarrow \ IRR = \ 2.87\ \% < 12\%$$

باعتبار أنَّ: F_k يُمثِل التدفق النقدي الصافي في السنة k؛ i يُمثِل معدل الخصم %؛ n تُمثِل مدة تقييم المشروع.

يتم حساب (F_k) في التقييم الاقتصادي من المعادلة (٦)، باعتبار أنَّ: R_k المنافع الاقتصادية–الاجتماعية في السنة k، I_k الكلفة الاستثمارية في السنة k، $O\&M_k$ كلفة التشغيل والصيانة الخاصة بالتقييم الاقتصادي في السنة k، RV_n القيمة المتبقية للمشروع.

تُحسَب نسبة منفعة–كلفة (BCR) من المعادلة (Sullivan *et al.*, 2019):

$$B/C = \frac{PW(B)}{PW(I) + \ PW(O\&M) - \ PW(RV)} = 0.38 < 1$$

حيث: *PW(B)*: القيمة الحالية للمنافع الاقتصادية–الاجتماعية، *PW(I)*: القيمة الحالية للكلفة الاستثمارية، *PW(O&M)*: القيمة الحالية لتكاليف التشغيل والصيانة الخاصة بالتقييم الاقتصادي، و*PW(RV)*: القيمة الحالية للقيمة المتبقية.

وفقاً لنتائج التقييم الاقتصادي هذا يمتلك المشروع قيمة حالية سالبة، معدل عائد داخلي أصغر من معدل الخصم الخاص بالمشروع المدروس ١٢٪، ونسبة منفعة–كلفة أصغر من الواحد. وبالتالي يُعتَبر هذا المشروع غير مجدٍ من الناحية الاقتصادية.

٤. ٣ مناقشة نتائج التقييمين المالي والاقتصادي للمشروع

أظهرت نتائج التقييمين المالي والاقتصادي للمنهجية المقترحة كون المشروع غير مجدٍ من الناحيتين المالية والاقتصادية؛ عند استخدام كلف وعائدات المشروع المعدَّلة عند مستوى تأكد P70؛ في حين أظهرت الدراسة المنجزة من قبل MÁV (٢٠٠٤) أنَّ المشروع مجدٍ من الناحيتين المالية والاقتصادية، كما يُوَّضِح الجدول (٩).

الجدول ٩: نتائج التقييمين المالي والاقتصادي للمشروع وفقاً للمنهجية المقترحة ولدراسة MÁV (٢٠٠٤)

	التقييم المالي	التقييم الاقتصادي
RCF-P70	PW = -71.38 Million Euro < 0 IRR = 0.93% < 12%	PW = -65.37 Million Euro < 0 IRR = 2.87 % < 12% BCR = 0.38 < 1
MÁV (200٤)	PW = 9.53 Million Euro > 0 IRR = 13.85 % > 12%	PW = 12.56 Million Euro > 0 IRR = 14.13% > 12% BCR = 1.26 > 1

يُعزى التباين في نتائج التقييم المالي بين المنهجية المقترحة ودراسة MÁV (٢٠٠٤) إلى نسب التعديل المرتفعة المرافقة لمستوى التأكد P70، حيث تَّم تعديل كلفة الاستثمار التقديرية للمشروع بنسبة زيادة ٥٨.١٩٪ (٥٧.٥٤١ مليون يورو) عن كلفة الاستثمار المقدَّرة وفقاً لدراسة MÁV (٢٠٠٤)، تعديل كلف التشغيل والصيانة بنسبة زيادة ١٦.٩٨٪ (٣٢.٤٦٨ مليون يورو) عن كلف التشغيل والصيانة المقدَّرة وفقاً لدراسة MÁV (٢٠٠٤)،

وتعديل الإيرادات بنسبة تناقص ٥٣.٦٢٪ (٣٨١.٧٤ مليون يورو) عن الإيرادات المقدَّرة وفقاً لدراسة MÁV (٢٠٠٤).

بينما يُعزى التباين في نتائج التقييم الاقتصادي بين المنهجية المقترحة ودراسة MÁV (٢٠٠٤) أيضاً إلى نسب التعديل المرتفعة المرافقة لمستوى التأكد P70 عند مستوى تأكد P70، حيث تَّم تعديل كلفة الاستثمار التقديرية للمشروع بنسبة زيادة ٥٨.١٩٪ (٥٧.٥٤١ مليون يورو) عن كلفة الاستثمار المقدَّرة وفقاً لدراسة MÁV (٢٠٠٤)، تعديل كلف التشغيل والصيانة بنسبة زيادة ١٦.٩٨٪ (٢٧.٢٤٤ مليون يورو) عن كلف التشغيل والصيانة المقدَّرة وفقاً لدراسة MÁV (٢٠٠٤)، وتعديل المنافع الاجتماعية–الاقتصادية بنسبة تناقص ٥٣.٦٢٪ (٤٢٩.٠٦ مليون يورو) عن المنافع الاجتماعية–الاقتصادية المقدَّرة وفقاً لدراسة MÁV (٢٠٠٤).

من الواضح تأثير نسب التعديل المرتفعة للمنهجية المقترحة عند مستوى تأكد P70 على جدوى هذا المشروع، كما وتُعتَبر زيادة كلف المشروع المدروس وتخفيض عائداته وفقاً للبيانات المرجعية الخاصة بأداء مشاريع مماثلة سابقة التنفيذ أمراً مُقلقاً. بيد أنَّ المنهجية المقترحة تستعرض ضرورة إغناء المناقشة والجدال حول ملف المخاطر ودرجة عدم التأكد المرتبطة بالكلف الاستثمارية التقديرية وسلوكية أداء المشروع المدروس بغية دعم قرار الاستثمار.

يُبيّن الجدول (١٠) الكلف التقديرية لفئات المشروع كنسب مئوية من كلفة الاستثمار الكلية، ويُوَّضح كون الكلفة الاستثمارية لفئة السكك الحديدية تُشَكل ما يزيد عن نسبة ٩٠٪ من كلفة الاستثمار الكلية للمشروع المدروس. كما يُوَّضح هذا الجدول كون تعديل الكلفة الاستثمارية لفئة السكك الحديدية وحده؛ وفقاً للمنهجية المقترحة؛ كفيلاً بزيادة الكلفة الاستثمارية الكلية للمشروع بمقدار ٥٤ مليون يورو.

الجدول ١٠:الكلف التقديرية لفئات المشروع كنسب مئوية من الكلفة الاستثمارية الكلية والزيادة في هذه الكلف وفقاً للمنهجية المقترحة

فئة المشروع	الكلفة الاستثماري (مليون €)	النسبة من الكلفة الاستثمارية الكلية	الزيادة في الكلفة الاستثمارية (مليون €)
السكك الحديدية	92.052	93.08%	53.563
الأراضي والممتلكات	5.200	5.26%	3.026
مشاريع الأبنية/محطات	1.639	1.66%	0.954
الكلفة الاستثمارية الكلية	98.892	100%	57.542

لذلك ينبغي تحليل الكلف الجزئية لفئة السكك الحديدية لفهم ملف المخاطر ودرجة عدم التأكد المرتبطة بالكلف الاستثمارية التقديرية لهذه الفئة؛ وذلك من خلال دارسة المكونات الجزئية لفئة السكك الحديدية بغية اقتراح الإجراءات اللازمة لمعالجة هذه التغييرات وتحسين أداء فئة السكك الحديدية في المشروع المدروس.

يؤكد هذا البحث؛ اعتماداً على دراسات مرجعية Denicol وآخرون (2020)؛ على أنَّ أهم الأسباب العامة لضعف أداء مشاريع البنى التحتية للنقل تتعلق بالمخاطر ودرجة عدم التأكد، لذلك يُشَدد هذا البحث على ضرورة معالجة المخاطر ودرجة عدم التأكد الخاصة بكلف مشاريع السكك الحديدية من خلال الحصول على الكلف التنفيذية لمكونات هذه المشاريع من جهة، وفهم سلوك وأداء كلف هذه المكونات من جهة ثانية. على سبيل المثال، يُوَّضح الجدول (١٠) كون المكونات الرئيسية للكلف الاستثمارية؛ في مشروع تحديث

وتجديد خط السكة الحديدية بين مدينتي القامشلي واليعربية؛ هي كلف السكك الحديدية، كلف الأبنية/المحطات، وكلف استملاك الأراضي والممتلكات. لذلك يتوجب على الجهة الدارسة الحصول على كلف تنفيذية مُوَثَّقَة لهذه المكونات الرئيسية لزيادة درجة التأكد في كلف المشروع المدروس؛ بالرغم من كونها تقديرية، ومن ثم تخفيض مستوى التأكد للتقدير (P-value) كون الكلف التنفيذية تتضمن كلف المخاطر وتراعي الأسباب التي قد تؤدي إلى زيادة كلف مكونات المشروع هذه. حيث يساعد تخفيض مستوى التأكد للتقدير (P-value) وإعادة إجراء التقييمين المالي والاقتصادي على إغناء المناقشة والجدال حول ملف المخاطر ودرجة عدم التأكد المرتبطة بالكلف الاستثمارية التقديرية للمشروع المدروس.

٤ تحليل الحساسية

نظراً لعدم جدوى المشروع المدروس من الناحيتين المالية والاقتصادية وفقاً للمنهجية المعتمدة عند مستوى التأكد P70، سيتم إجراء تحليل الحساسية لأغراض توضيحية وتطبيقية، وكذلك لاختبار مدى صلابة نتائج التقييمين المالي والاقتصادي عند استخدام نسب تعديل تتوافق مع مستويات تأكد أدنى من P70، وذلك وفق الخطوات التالية:

١. اعتماد أول مستوى تأكد أدنى من مستوى التأكد P70، وهو P65.

٢. إعادة إجراء التقييم المالي للمشروع باستخدام القيم المعدَّلة عند مستوى التأكد P65، المحسوبة مسبقاً في الفقرات (٢.٢)، (٣.٢)، (٤.٢)، و(٥.٢). وكما يُوَضِّح الجدول (١١)، أظهرت النتائج أنَّ المشروع **غير مجدٍ مالياً**، حيث كانت القيمة الحالية سالبة ومعدل العائد الداخلي أقل من معدل الخصم المعتمد للمشروع (١٢٪).

٣. إعادة إجراء التقييم الاقتصادي للمشروع باستخدام القيم المعدَّلة عند مستوى التأكد P65، المحسوبة مسبقاً في الفقرات (٢.٢)، (٣.٢)، (٤.٢)، و(٥.٢). وأظهرت النتائج، كما هو موضَّح في الجدول (١١)، أنَّ المشروع **غير مجدٍ من الناحية الاقتصادية** أيضاً، إذ كانت القيمة الحالية سالبة، معدل العائد الداخلي أقل من معدل الخصم، ونسبة منفعة–كلفة أقل من الواحد.

٤. تكرار الخطوتين السابقتين مع تقليل مستوى التأكد تدريجياً (P60، P55، ...) حتى الوصول إلى مستوى تأكد يرافقه كون المشروع مجدياً من الناحية المالية و/أو الاقتصادية. وبهذا تمَّ تحديد مستوى التأكد P35 كأول مستوى تظهر فيه جدوى المشروع، كما هو موضَّح في الجدول (١١).

الجدول ١١: نتائج تحليل الحساسية وفقاً للمنهجية المقترحة

	التقييم المالي	التقييم الاقتصادي
RCF-P65	PW = -62.49 Million Euro < 0 IRR = 2.21% < 12%	PW = -56.95 Million Euro < 0 IRR = 3.96% < 12% BCR = 0.43 < 1
RCF-P35	PW = 6.35 Million Euro > 0 IRR = 13.07 % > 12%	PW = 7.81 Million Euro > 0 IRR = 13.17% > 12% BCR = 1.12 > 1

٤. ١ مقارنة نتائج تحليل حساسية التقييم المالي

أظهر تحليل الحساسية أنَّ المشروع يظل مجدياً وفق دراسة MÁV (٢٠٠٤) حتى مع ارتفاع الكلف الاستثمارية بنسبة ٢٠٪ وانخفاض الإيرادات بنسبة ١٠٪، كما يظهر في الجدول (١٢). أما وفقاً للمنهجية المقترحة في هذا البحث، فإنَّ المشروع يصبح مجدياً من الناحية المالية عند حدوث زيادة في الكلف الاستثمارية بنسبة ٤.٣٥٪، وانخفاض في كلف التشغيل والصيانة بنسبة ٣٦.٤٦٪، وانخفاض في الإيرادات بنسبة ١٢.٧٠٪ معاً في آنٍ واحد، وهي نسب التعديل

عند مستوى التأكد P35 الواردة في الجدول (٦)، كما يبين الجدول (١٢). يجدر بالذكر أنَّ تحليل الحساسية في دراسة MÁV (٢٠٠٤) لم يدرس تأثير التغييرات في بارامترات المشروع على القيمة الحالية للمشروع.

الجدول ١٢: مقارنة نتائج تحليل حساسية التقييم المالي في الحالة التي يكون فيها المشروع مجدياً من الناحية المالية وفقاً لدراسة MÁV (٢٠٠٤) مع المنهجية المقترحة–مستوى التأكد P35

تحليل الحساسية	الكلفة الاستثمارية	التكاليف التشغيلية	العائدات	IRR	PW (Million €)
MÁV (200٤)	+20%	-	-	**12.19%**	-
MÁV (200٤)	-	-	-10%	**12.77%**	-
RCF-P35	+4.35%	-36.46%	-12.70%	**13.07%**	**6.345**

٤. ٢ مقارنة نتائج تحليل حساسية التقييم الاقتصادي

أظهر تحليل الحساسية للتقييم الاقتصادي للمشروع، استناداً إلى دراسة MÁV (٢٠٠٤)، أنَّ المشروع يظل مجدياً في حال ارتفاع الكلف الاستثمارية بنسبة ١٠٪ وانخفاض العائدات بنسبة ١٠٪، معاً في آنٍ واحد، كما هو موضَّح في الجدول (١٣). أما وفقاً للمنهجية المقترحة، فإنَّ المشروع يصبح مجدياً من الناحية الاقتصادية في حال حدوث زيادة في الكلف الاستثمارية بنسبة ٤.٣٥٪، وانخفاض في كلف التشغيل والصيانة بنسبة ٣٦.٤٦٪، وانخفاض في الإيرادات بنسبة ١٢.٧٠٪، معاً في آنٍ واحد، كما يبين الجدول (١٢). يجدر بالذكر أنَّ دراسة MÁV (٢٠٠٤) لم تَقُم بإجراء تحليل الحساسية لتأثير التغييرات في بارامترات المشروع على القيمة الحالية ونسبة منفعة–كلفة للمشروع.

الجدول ١٣: مقارنة نتائج تحليل حساسية التقييم الاقتصادي في الحالة التي يكون فيها المشروع مجدياً من الناحية الاقتصادية وفقاً لدراسة MÁV (٢٠٠٤) مع المنهجية المقترحة–مستوى التأكد P35

تحليل الحساسية	الكلفة الاستثمارية	التكاليف التشغيلية	العائدات	IRR	PW	BCR
MÁV (200٤)	+10%	-	-10%	**12.4%**	-	-
RCF-P٣٥	+4.35%	-36.46%	-12.70%	**13.17%**	**7.81 Million €**	**1.12**

٤. ٣ مناقشة نتائج تحليل الحساسية

أظهرت مقارنة نتائج تحليل الحساسية لجدوى المشروع بين المنهجية المقترحة ودراسة MÁV (٢٠٠٤) ما يلي:

- ضرورة الاعتماد على بيانات مرجعية فعلية لإجراء تحليل حساسية التقييمين المالي والاقتصادي، أسوةً بالدراسات المرجعية (EU_Commission, 2020; Razavi *et al.*, 2021) بدلاً من نسب تقديرية تقليدية (مثل ±١٠٪، ±٢٠٪،....إلخ)، وذلك من خلال إجراء تحليل الحساسية لجدوى المشروع بالاعتماد على بيانات طريقة التنبؤ بالمجموعة المرجعية (RCF)، كما هو الحال في هذا البحث.
- أهمية ربط تحليل الحساسية بدرجة عدم التأكد المرتبطة بالطبيعة التقديرية لبارامترات هذا

التحليل، مثل الكلف الاستثمارية، كلف التشغيل والصيانة، الإيرادات، والمنافع الاجتماعية–الاقتصادية. حيث توصي المنهجية المقترحة بإجراء تحليل الحساسية باستخدام القيم المعدَّلة وفقاً لنسب التعديل المرتبطة بمستويات التأكد (P-values)، والمستمدة من بيانات طريقة (RCF). تماشياً مع توصيات الدراسات الحديثة (Harenberg *et al.*, 2019; Saltelli *et al.*, 2019; EU_Commission, 2020; Razavi *et al.*, 2021) .

- ضرورة اعتبار التأثير المشترك للتغيرات في مختلف بارامترات المشروع عند إجراء تحليل الحساسية، أسوةً بالدراسات المرجعية (Harenberg *et al.*, 2019; Saltelli *et al.*, 2019; EU_Commission, 2020; Razavi *et al.*, 2021). إذ تعاني مشاريع البنى التحتية للنقل، ولا سيما مشاريع السكك الحديدية، من ضعف الأداء الناجم عن تجاوز الكلف (الكلف الاستثمارية، كلف التشغيل والصيانة) وتناقص العائدات (الإيرادات والمنافع الاجتماعية–الاقتصادية)، كما بينت الدراسات (Amos and Abbasi, 2020; Cruz and Sarmento, 2020; TII, 2020; Flyvbjerg and Bester, 2022). وعليه، فإنَّ الجمع بين تغيرات الكلف والعائدات ضمن تحليل واحد يوفّر تقديراً أكثر واقعية لمخاطر المشروع.
- بما أنَّ التقييمين المالي والاقتصادي يعتمدان على معايير مالية متعددة، مثل القيمة الحالية، معدل العائد الداخلي، ونسبة منفعة–كلفة (Ćetković *et al.*, 2020; Benardos *et al.*, 2021)، فمن الضروري أن يشمل تحليل الحساسية دراسة تأثير التغيُّرات في بارامترات المشروع على جميع هذه المعايير، لضمان تكامل نتائج التحليل ودعم اتخاذ القرار الاستثماري السليم.

الاستنتاجات والتوصيات

تهدف هذه الدراسة إلى تطوير منهجية جديدة توضح التطبيق العملي لطريقة التنبؤ بالمجموعة المرجعية (RCF)، بالاستناد إلى دليل وزارة النقل البريطانية (DFT; TAG-Unit A1.2, 2022). وتتميز المنهجية المقترحة بتوسيع نطاق استخدام طريقة (RCF) ليشمل جميع مكونات التقييم المالي والاقتصادي لمشاريع السكك الحديدية، بما في ذلك الكلف الاستثمارية، كلف التشغيل والصيانة، الإيرادات، والمنافع الاجتماعية–الاقتصادية المتوقعة. كما تقدم الدراسة إطاراً منهجياً لتحليل الحساسية يستند إلى بيانات مرجعية فعلية مستخلصة من مشاريع سابقة، بدلاً من الاعتماد على نسب تقديرية تقليدية (مثل ±١٠٪ أو ±٢٠٪)، مما يعزز من دقة وموثوقية نتائج التقييم.

تُعالج هذه الدراسة مشكلة ضعف أداء مشاريع السكك الحديدية من خلال تطوير منهجية عملية لمعالجة عدم التأكد المرتبط بالمخاطر الكمية والنوعية المرافقة لتقدير كلف وعائدات هذه المشاريع عند إجراء التقييمين المالي والاقتصادي باستخدام بيانات طريقة التنبؤ بالمجموعة المرجعية (RCF). وقد تمَّ التوصل إلى الاستنتاجات التالية:

١. تُبيِّن المنهجية المقترحة التطبيق العملي لاستخدام طريقة (RCF) في تحسين دقة التقديرات الخاصة بتقييم مشاريع السكك الحديدية في سورية، وذلك نظراً لما تتسم به هذه المشاريع من ارتفاع في درجة عدم التأكد وندرة في البيانات المرجعية.

٢. توفّر المنهجية المقترحة إطاراً جديداً للتقييم المالي والاقتصادي لمشاريع السكك الحديدية، يستند إلى مرجع عالمي لبيانات (RCF)، مما يُسهم في تعزيز موثوقية دراسات الجدوى في سورية ودعم القرارات الاستثمارية.

٣. يُعدّ استخدام بيانات (RCF) الواردة في دليل وزارة النقل البريطانية مرجعية أساسية لبناء نموذج تطبيقي فعّال لتقييم مشاريع السكك الحديدية في سورية، إلى حين تطوير مجموعات مرجعية محلية موثوقة.

٤. يؤثر معدل الخصم بشكل كبير على نتائج الجدوى الاقتصادية، مما يستدعي إجراء تحليل حساسية ضمن نطاق يتراوح بين ٨٪ و١٢٪.

توصي المنهجية المقترحة بضرورة زيادة درجة التأكد في الكلف الاستثمارية وكلف التشغيل والصيانة من خلال استخدام بيانات كلف تنفيذية مُوَثَّقَة لمشاريع منفذة في سورية. كما تؤكد على ضرورة تحديد الأخطار المؤدية إلى ضعف أداء مشاريع السكك الحديدية، لذلك يقترح هذا البحث ضرورة تثبيت نطاق المشروع وتطوير التصميم لدرجة عالية، حيث يُعتَبَر تغيير نطاق المشروع وتطوير التصميم من أهم الأسباب المؤدية إلى ضعف أداء هذه المشاريع.

يجدر بالذكر أنَّ المنهجية المقترحة لا تأخذ بعين الاعتبار بعض المخاطر الحرجة في السياق السوري، مثل تقلب سعر الصرف، نقص الموارد، والمخاطر السياسية والأمنية. يُعد عدم استقرار سعر الصرف من أبرز هذه التحديات، نظراً لتأثيره الكبير على الكلفة والجدوى الاقتصادية للمشاريع. وتوصي الأدبيات باعتماد استراتيجيات تحوّط مثل إيداع التمويل بالعملات الأجنبية، وتوقيع العقود بالعملة المحلية، إلى جانب التمويل المشترك مع مؤسسات دولية. لذا يجدر على الأبحاث المستقبلية أن تنظر إلى تطوير أدوات تحليل مكملة لمراعاة هذه المتغيرات في البيئات غير المستقرة.

المراجع

1. AMOS, K.; ABBASI, A. (2020). *A Selection and Prioritization Framework for Public Projects*. Project Management, Vol.7, No.4, 1–14.
2. BAERENBOLD, R. (2023). *Reducing risks in megaprojects: The potential of reference class forecasting*. Project Leadership and Society, Vol.4, 100103.
3. BENARDOS, A.; SOUROUVALI, N.; MAVRIKOS, A. (2021). *Measuring and benchmarking the benefits of Athens metro extension using an ex-post cost benefit analysis*. Tunnelling and Underground Space Technology, Vol.111, 103859.
4. BUDZIER, A.; FLYVBJERG, B.; GARAVAGLIA, A.; LEED, A. (2018). *Quantitative cost and schedule risk analysis of nuclear waste storage*. SSRN Journal: 27. https://ssrn.com/abstract=3303410
5. ĆETKOVIĆ, J.; LAKIĆ, S.; BOGDANOVIĆ, P.; VUJADINOVIĆ, R.; ŽARKOVIĆ, M. (2020). *Assessing Environmental Benefits from Investment in Railway Infrastructure*. Polish Journal of Environmental Studies, Vol.29, No.3, 1–13.
6. CRUZ, C. O.; SARMENTO, J. M. (2020). *Traffic forecast inaccuracy in transportation: A literature review of roads and railways projects*. Transportation, Vol.47, 1571–1606.
7. DENICOL, J.; DAVIES, A.; KRYSTALLIS, I. (2020*). What Are the Causes and Cures of Poor Megaproject Performance? A Systematic Literature Review and Research Agenda*. Project Management Journal, Vol.51, No.3, 328–345.

8. DFT; TAG-Unit A1.2. (2022). *Transport Analysis Guidance: Scheme Costs*. Department for Transport, UK.

9. EU_Commission. (2020). *Uncertainty and Sensitivity Analysis for policy decision making*. Publications Office of the European Union. https://doi.org/10.2760/922129

10. FLYVBJERG, B.; BESTER, D. W. (2022). *How (In) Accurate Is Cost-Benefit Analysis? Data, Explanations, and Suggestions for Reform*. In Infrastructure Economics and Policy: International Perspectives. Lincoln Institute of Land Policy. 174–196.

11. GROOM, B.; DRUPP, M. A.; FREEMAN, M. C.; NESJE, F. (2022). *The future, now: A review of social discounting*. Annual Review of Resource Economics, Vol.14, 467–491. https://doi.org/10.1146/annurev-resource-111920-020721

12. HARENBERG, D.; MARELLI, S.; SUDRET, B.; WINSCHEL, V. (2019). *Uncertainty quantification and global sensitivity analysis for economic models*. Quantitative Economics, Vol.10, No.1, 1–41.

13. KORYTÁROVÁ, J.; HROMÁDKA, V. (2021). *Risk Assessment of Large-Scale Infrastructure Projects—Assumptions and Context*. In Applied Sciences. Vol.11, No.1, 109. https://doi.org/10.3390/app11010109

14. LIU, Y. (2022). Evaluation Method Based on NPV and IRR. 2022 2nd International Conference on Enterprise Management and Economic Development (ICEMED 2022), 816–820. https://doi.org/10.2991/aebmr.k.220603.133

15. LOVE, P., E. D.; IKA, L. A.; MATTHEWS, J.; FANG, W. (2021). *Risk and uncertainty in the cost contingency of transport projects: Accommodating bias or heuristics, or both?* IEEE Transactions on Engineering Management, Vol.71, 205–219.

16. MÁV Planning Institute and General Establishment of Syrian Railways. (2004). *Preliminary Study for Modernization and Renewing of Al-Kamashli – Al Yaroubeyah Railway Line*, (Unpublished Work). Syria.

17. NIC. (2020). *Rail Needs' Assessment: Reference Class Forecast*. https://nic.org.uk/app/uploads/RNA-Reference-Class-Forecast.pdf

18. NSW Treasury. (2023). *NSW Government Guide to Cost-Benefit Analysis*. TPG23-08. Sydney, Australia: NSW Treasury.

19. OGP. (2020). *Updating The Evidence Behind the Optimism Bias Uplifts for Transport Appraisals*. Department for Transport, UK.

20. PARK, J. Eun. (2021). *Curbing cost overruns in infrastructure investment: Has reference class forecasting delivered its promised success?*, European Journal of Transport and Infrastructure Research, Vol.21, No.2, 120–136.

21. RAZAVI, S.; JAKEMAN, A.; SALTELLI, A.; PRIEUR, C.; IOOSS, B.; BORGONOVO, E.; PLISCHKE, E.; …… Maier, Holger R. (2021). *The Future of Sensitivity Analysis: An essential discipline for systems modeling and policy support*. Environmental Modelling & Software, Vol.137, 104954.

22. ROBINSON, J. (2021). *MetroLink Cost Forecasting Methodology*. Available at: https://www.nationaltransport.ie/wp-content/uploads/2022/07/APPENDIX-L.pdf

23. SALTELLI, A.; ALEKSANKINA, K.; BECKER, W.; FENNELL, P.; FERRETTI, F.; HOLST, N.; LI, S.; WU, Q. (2019). *Why so many published sensitivity analyses are false: A systematic review of sensitivity analysis practices*. Environmental Modelling & Software, Vol.114, 29–39.

24. SASIDHARAN, M.; BURROW, M. P. N.; GHATAORA, G. S.; MARATHU, R. (2022). *A risk-informed decision support tool for the strategic asset management of railway track infrastructure*. Proceedings of the Institution of Mechanical

Engineers, Part F: Journal of Rail and Rapid Transit, Vol.236, No.2, 183–197.

25. SERVRANCKX, T.; VANHOUCKE, M.; AOUAM, T. (2021). *Practical application of reference class forecasting for cost and time estimations: Identifying the properties of similarity*. European Journal of Operational Research, Vol.295, No.3, 1161–1179.

26. SULLIVAN, W. G.; WICKS, E. M.; KOELLING, C. P. (2019). *Engineering Economy*, (17th ed.), Pearson Education, United Kingdom, 756.

27. TAG: Optimism Bias Workbook. (2021). *TAG: Optimism Bias Workbook*. Department for Transport, UK. https://www.gov.uk/government/publications/tag-optimism-bias-workbook

28. TII. (2020). *Reference Class Forecasting, Guidelines for use in connection with National Roads Projects*. Transport Infrastructure Ireland.

29. VANHOUCKE, M. (2023). The Illusion of Control. In Management for Professionals. Springer Cham, 300. https://doi.org/10.1007/978-3-031-31785-9

30. WANG, Y.; LEVINSON, D. (2023). *The accuracy of benefit-cost analysis for transport projects supported by the Asian Development Bank*. Asian Transport Studies, Vol.9, 100104. https://doi.org/10.1016/j.eastsj.2023.100104

31. ZANI, D.; ADEY, B. T.; CARROLL, S. (2024). *An approach to support reference class forecasting when adequate project data are unavailable*. Results in Engineering, Vol.22, 102333. https://doi.org/10.1016/j.rineng.2024.102333