



**استخدام النمذجة الاحتمالية في تحليل مخاطر مشاريع النقل الحضرية: دراسة تطبيقية في المملكة  
العربية السعودية**

**إعداد الطالب/**

**عبدالرحمن علي الشهري**

**٢٥٣٠٠٠٨١٣**

**المشرف الثاني/**

**د.فايز جراد**

**المشرف الرئيسي/**

**د. الفيصل عبد الحميد**

**العام الدراسي:**

**٢٠٢٦ - ١٤٤٨**

## المستخلص

هدفت هذه الدراسة إلى الكشف عن أثر استخدام النمذجة الاحتمالية بأبعادها المتمثلة في محاكاة مونت كارلو والشبكات البيزية وتحليل الحساسية الاحتمالي على تحليل مخاطر مشاريع النقل الحضرية بأبعاده الثلاثة المتمثلة في مخاطر تجاوز التكلفة ومخاطر التأخر الزمني ومخاطر الجودة والسلامة في المملكة العربية السعودية. واعتمدت الدراسة على المنهج الوصفي التحليلي، وتكوّن مجتمع الدراسة من العاملين في الشركات والجهات المنفذة لمشاريع النقل الحضرية، وبلغ حجم العينة (٣٥٠) مفردة اختيرت بالأسلوب العشوائي الطبقى، واستُخدمت الاستبانة أداةً لجمع البيانات بعد التحقق من صدقها وثباتها، وعولجت البيانات باستخدام برنامج (SPSS).

وتوصلت الدراسة إلى وجود أثر ذي دلالة إحصائية عند مستوى معنوية ( $\alpha \leq 0.05$ ) للنمذجة الاحتمالية بأبعادها الثلاثة على تحليل مخاطر مشاريع النقل الحضرية، إذ بلغ معامل التحديد (٠.٧٢٦)، وجاء بُعد محاكاة مونت كارلو في مقدمة الأبعاد المؤثرة، يليه بُعد الشبكات البيزية، ثم بُعد تحليل الحساسية الاحتمالي. كما كشفت النتائج أن أعلى تأثير للنمذجة الاحتمالية ظهر في تحليل مخاطر الجودة والسلامة، يليه تحليل مخاطر تجاوز التكلفة، ثم تحليل مخاطر التأخر الزمني. وأوصت الدراسة بضرورة دمج النمذجة الاحتمالية في منظومة إدارة مشاريع النقل الحضرية بالمملكة، وإنشاء وحدات متخصصة لإدارة المخاطر، وبناء قواعد بيانات تاريخية وطنية، وتطوير برامج تدريبية متخصصة للكوادر الفنية والإدارية، وربط احتساب الاحتماليات بمستويات الثقة المستخرجة من النماذج الاحتمالية، وتعزيز التكامل بين النمذجة الاحتمالية ونمذجة معلومات البناء والمنصات الرقمية لإدارة المشاريع.

**الكلمات المفتاحية:** النمذجة الاحتمالية، تحليل المخاطر، مشاريع النقل الحضرية، المملكة العربية السعودية.

## **Abstract**

This study aimed to investigate the impact of using probabilistic modeling, with its dimensions of Monte Carlo simulation, Bayesian networks, and probabilistic sensitivity analysis, on the analysis of risks in urban transportation projects, with its three dimensions of cost overrun risks, schedule delay risks, and quality and safety risks, in the Kingdom of Saudi Arabia. The study adopted the descriptive analytical approach, and the study population consisted of employees working in companies and entities implementing urban transportation projects. The sample size reached (350) participants selected through stratified random sampling. A questionnaire was used as a data collection tool after verifying its validity and reliability, and the data was processed using the (SPSS) program.

The study concluded that there is a statistically significant effect at the significance level ( $\alpha \leq 0.05$ ) of probabilistic modeling with its three dimensions on the analysis of risks in urban transportation projects, with a coefficient of determination of (0.726). Monte Carlo simulation ranked first among the influencing dimensions, followed by Bayesian networks, and then probabilistic sensitivity analysis. The results also revealed that the highest impact of probabilistic modeling appeared in the analysis of quality and safety risks, followed by cost overrun risks, and then schedule delay risks.

The study recommended integrating probabilistic modeling into the management system of urban transportation projects in the Kingdom, establishing specialized risk management units, building national historical databases, developing specialized training programs for technical and administrative staff, linking contingency calculations to confidence levels derived from probabilistic models, and enhancing integration between probabilistic modeling, building information modeling, and digital project management platforms.

**Keywords:** Probabilistic Modeling, Risk Analysis, Urban Transportation Projects, Kingdom of Saudi Arabia.

## المقدمة

تشهد المدن الكبرى حول العالم تحولات جذرية في منظومات النقل الحضري استجابةً للنمو السكاني المتسارع والتوسع العمراني المتزايد، حيث أصبحت مشاريع البنية التحتية للنقل ركيزةً أساسية في تحقيق التنمية الاقتصادية والاجتماعية المستدامة. وتتسم هذه المشاريع بطبيعتها المعقدة التي تتشابك فيها أبعاد فنية ومالية وبيئية واجتماعية متعددة، مما يُولد مستويات مرتفعة من عدم اليقين تستوجب تبني منهجيات تحليلية متقدمة تتجاوز الأساليب التقليدية الحتمية في تقدير المخاطر وإدارتها. وفي هذا الإطار، برزت الحاجة الملحة إلى توظيف أدوات كمية أكثر دقة وشمولية قادرة على استيعاب حالات عدم اليقين المصاحبة لدورة حياة مشاريع النقل الحضري بمراحلها المختلفة. (Nguyen et al., 2024)

وتمثل النمذجة الاحتمالية أحد أبرز التطورات المنهجية في حقل إدارة المخاطر، إذ تقوم على مبدأ تمثيل حالات عدم اليقين من خلال توزيعات احتمالية تعكس المدى الكامل للنتائج الممكنة بدلاً من الاعتماد على تقديرات نقطية واحدة. وتتضمن هذه النمذجة مجموعة من التقنيات المتقدمة، في مقدمتها محاكاة مونت كارلو التي تُتيح توليد آلاف السيناريوهات العشوائية لتقدير التوزيع الاحتمالي لمخرجات المشروع، والشبكات البيزية التي تُمكن من نمذجة العلاقات السببية المترابطة بين عوامل المخاطر المختلفة وتحديث تقديراتها ديناميكياً مع توفر معلومات جديدة. (Khodabakhshian et al., 2025)

و يحظى تحليل مخاطر مشاريع النقل الحضري باهتمام بحثي متصاعد نظراً لما يكتنف هذه المشاريع من تعقيدات فنية وإدارية ومالية تُفرز طيفاً واسعاً من المخاطر المحتملة. وتتنوع هذه المخاطر لتشمل مخاطر تجاوز التكلفة الناجمة عن عدم دقة التقديرات الأولية وتقلبات أسعار المواد والتغيرات في نطاق العمل، ومخاطر التأخر الزمني المرتبطة بالتحديات الجيولوجية والتأخر في إصدار التصاريح ونقص العمالة الماهرة، فضلاً عن مخاطر الجودة والسلامة المتصلة بالظروف البيئية والتصميمية والتنفيذية. (Liu et al., 2021)

وتنفذ المملكة العربية السعودية حزمةً من مشاريع النقل الحضري الضخمة ضمن مستهدفات رؤية ٢٠٣٠، تتقدمها مشاريع مترو الرياض وحافلات جدة السريعة وقطار الحرمين، وهي مشاريع تستلزم توظيف أحدث المنهجيات العلمية في تحليل مخاطرها نظراً لحجمها وتعقيدها غير المسبوق في المنطقة. وقد أشارت الدراسات المحلية إلى أن مشاريع البناء والبنية التحتية في المملكة لا تزال تعتمد بشكل سائد على أساليب تقليدية في تقدير المخاطر تقتصر إلى الدقة الكمية المطلوبة (الشهري وآخرون، ٢٠٢٢)

و تأتي هذه الدراسة لتتناول أثر استخدام النمذجة الاحتمالية بأبعادها على تحليل مخاطر مشاريع النقل الحضري في المملكة العربية السعودية، ساعيةً إلى تقديم إسهام علمي وتطبيقي يسد فجوةً بحثية واضحة في الأدبيات العربية، ويُوفر إطاراً منهجياً قابلاً للتوظيف من قِبل الجهات المعنية بتخطيط وتنفيذ مشاريع النقل الحضري في المملكة بما يتوافق مع مستهدفات الرؤية الوطنية الطموحة .

### مشكلة الدراسة

تُعَدّ مشاريع النقل الحضري من أكثر المشاريع تعقيداً وتكلفةً على المستوى العالمي، إذ تتسم بطبيعتها متعددة الأبعاد التي تتشابك فيها العوامل الفنية والمالية والبيئية والاجتماعية والسياسية، مما يجعلها عرضةً لمستويات مرتفعة من عدم اليقين والمخاطر التي تُهدد نجاحها وتحقيق أهدافها المرسومة. وتُشير الإحصاءات الدولية إلى أن ما يقارب 75% من مشاريع البنية التحتية للنقل حول العالم تعاني من تجاوزات في التكلفة بمتوسط يبلغ ٢٨% عالمياً، فيما ترتفع هذه النسبة إلى ٤٨% في الاقتصادات الناشئة، كما أن نحو ٦٥% من هذه المشاريع تشهد تأخيرات زمنية تتجاوز الجداول المعتمدة (Ariza Flores & Zavala Ascaño, 2025).

وتتفاقم هذه الإشكالية في مشاريع السكك الحديدية والحضرية والمترو تحديداً، حيث تُصنّف ضمن أعلى فئات المشاريع تعرضاً لمخاطر تجاوز الميزانيات وعدم الالتزام بالجدول الزمنية وتدني مستويات الجودة والسلامة (Liu, Jiao, & Guo, 2021; Wang, Zhang, & Li, 2023).

وتشهد المملكة العربية السعودية طفرةً غير مسبوقة في مشاريع النقل الحضري ضمن رؤية ٢٠٣٠، تشمل مشروع مترو الرياض الذي يُعدّ أحد أكبر مشاريع النقل الحضري في العالم بتكلفة تتجاوز ٨٢ مليار ريال، ومشروع حافلات الرياض وحافلات جدة السريعة وقطار الحرمين السريع وغيرها من المشاريع الاستراتيجية. وعلى الرغم من ضخامة الاستثمارات الموجهة لهذا القطاع، إلا أن الدراسات المحلية تُشير إلى أن مشاريع البناء والبنية التحتية في المملكة لا تزال تواجه تحديات جوهرية في إدارة المخاطر، حيث أكدت دراسة الشهري وآخرين (٢٠٢٢) أن عوامل المخاطر المؤدية إلى تجاوز التكلفة والوقت في المشاريع السعودية ترتبط بشكل وثيق بعدم دقة التقديرات الأولية وضعف منهجيات التحليل الكمي للمخاطر. وتتعمق هذه الفجوة البحثية عند استقراء الأدبيات العربية والسعودية، حيث يتبين ندرة شبه تامة في الدراسات التي تتناول العلاقة المباشرة بين النمذجة الاحتمالية بأبعادها المتعددة وتحليل مخاطر مشاريع النقل الحضري في البيئة السعودية تحديداً. فمعظم الدراسات السابقة إما ركزت على النمذجة الاحتمالية في سياقات غير متعلقة بالنقل الحضري، أو تناولت مخاطر مشاريع النقل دون توظيف الأدوات الاحتمالية المتقدمة، أو أجريت في بيئات جغرافية واقتصادية مختلفة عن البيئة السعودية التي تتميز بخصوصية واضحة من حيث حجم المشاريع وطبيعتها والأنظمة التعاقدية المعتمدة والظروف المناخية والجيولوجية المؤثرة.

وبناءً على ما تقدم، تتبلور مشكلة الدراسة في التساؤل الرئيس التالي: ما أثر استخدام النمذجة الاحتمالية على تحليل مخاطر مشاريع النقل الحضري بأبعاده (مخاطر التكلفة، مخاطر التأخر الزمني، مخاطر الجودة والسلامة) في المملكة العربية السعودية؟

#### أهداف الدراسة:

تهدف الدراسة الحالية إلى دراسة أثر استخدام النمذجة الاحتمالية على تحليل مخاطر مشاريع النقل الحضري بأبعاده (مخاطر تجاوز التكلفة، مخاطر التأخر الزمني، مخاطر الجودة والسلامة) في المملكة العربية السعودية.

#### ويتفرع من هذا الهدف الرئيس الأهداف الفرعية التالية:

- ❖ التعرف على أثر استخدام النمذجة الاحتمالية على تحليل مخاطر تجاوز التكلفة في مشاريع النقل الحضري بالمملكة العربية السعودية.
- ❖ التعرف على أثر استخدام النمذجة الاحتمالية على تحليل مخاطر التأخر الزمني في مشاريع النقل الحضري بالمملكة العربية السعودية.
- ❖ التعرف على أثر استخدام النمذجة الاحتمالية على تحليل مخاطر الجودة والسلامة في مشاريع النقل الحضري بالمملكة العربية السعودية.
- ❖ تقديم إطار مقترح لتوظيف النمذجة الاحتمالية في تعزيز فاعلية تحليل مخاطر مشاريع النقل الحضري بما يتوافق مع مستهدفات رؤية المملكة ٢٠٣٠.

#### أسئلة الدراسة

#### السؤال الرئيس:

- ❖ ما أثر استخدام النمذجة الاحتمالية على تحليل مخاطر مشاريع النقل الحضري بأبعاده (مخاطر تجاوز التكلفة، مخاطر التأخر الزمني، مخاطر الجودة والسلامة) في المملكة العربية السعودية؟

#### الأسئلة الفرعية:

- ❖ س ١: ما أثر استخدام النمذجة الاحتمالية على تحليل مخاطر تجاوز التكلفة في مشاريع النقل الحضري بالمملكة العربية السعودية؟
- ❖ س ٢: ما أثر استخدام النمذجة الاحتمالية على تحليل مخاطر التأخر الزمني في مشاريع النقل الحضري بالمملكة العربية السعودية؟

❖ س ٣: ما أثر استخدام النمذجة الاحتمالية على تحليل مخاطر الجودة والسلامة في مشاريع النقل الحضرية بالمملكة العربية السعودية؟

#### أهمية الدراسة

#### الأهمية العلمية (النظرية):

- ❖ تسهم هذه الدراسة في سدّ فجوة بحثية واضحة في الأدبيات العربية والسعودية تحديداً، حيث تندر الدراسات التي تربط بشكل مباشر ومنهجي بين النمذجة الاحتمالية بأبعادها المتعددة وتحليل مخاطر مشاريع النقل الحضرية، إذ إن معظم الدراسات السابقة تناولت كل متغير على حدة أو في سياقات جغرافية مختلفة عن البيئة السعودية.
- ❖ تقدم الدراسة إطاراً نظرياً يُصنّف العلاقات السببية بين أبعاد النمذجة الاحتمالية الثلاثة (محاكاة مونت كارلو، الشبكات البينية، تحليل الحساسية الاحتمالي) وأبعاد تحليل المخاطر الثلاثة (التكلفة، الوقت، الجودة والسلامة)، مما يوفر خارطة مفاهيمية شاملة يمكن للباحثين البناء عليها في دراسات مستقبلية.
- ❖ تجمع الدراسة بين حقول معرفية متعددة تشمل الإحصاء التطبيقي وبحوث العمليات وهندسة النقل وإدارة المشاريع، مما يُثري الحوار الأكاديمي التخصصي ويفتح آفاقاً بحثية جديدة عند نقاط التقاطع بين هذه الحقول.

#### الأهمية العملية (التطبيقية):

- ❖ تُقدم الدراسة نتائج قابلة للتطبيق المباشر من قِبَل صانعي القرار في وزارة النقل والخدمات اللوجستية والهيئة الملكية لمدينة الرياض وهيئة تطوير منطقة مكة المكرمة وغيرها من الجهات المشرفة على مشاريع المترو وحافلات السريعة والسكك الحديدية، حيث تُساعدهم على تبني أساليب كمية أكثر دقة في تقدير المخاطر.
- ❖ توفر الدراسة أدوات عملية تُمكن مديري المشاريع من التنبؤ المبكر بمصادر التأخير المحتملة واتخاذ إجراءات استباقية للتعامل معها، وهو ما يتسق مع حرص المملكة على الالتزام بالجدول الزمنية لمشاريع رؤية ٢٠٣٠.
- ❖ تُسلط الدراسة الضوء على أثر النمذجة الاحتمالية في الكشف المبكر عن مخاطر الجودة والسلامة في مشاريع النقل الحضرية، مما يُعزز من قدرة المقاولين والاستشاريين على تطوير خطط سلامة أكثر فاعلية تحمي الأرواح والممتلكات.
- ❖ توفر الدراسة إطاراً عملياً مقترحاً يمكن تبنيه من قِبَل شركات المقاولات ومكاتب إدارة المشاريع في المملكة لتطوير ممارساتها في إدارة المخاطر، والانتقال من الأساليب التقليدية القائمة على الخبرة الشخصية إلى أساليب كمية قائمة على البيانات والنماذج الاحتمالية.
- ❖ تتسق نتائج الدراسة بشكل مباشر مع محاور رؤية ٢٠٣٠ المتعلقة بتطوير البنية التحتية للنقل وتحسين جودة الحياة في المدن السعودية، حيث تُسهم في رفع كفاءة الإنفاق الرأسمالي على مشاريع النقل الحضرية الضخمة كمترو الرياض وقطار الحرمين وحافلات جدة السريعة.

#### حدود الدراسة

- الحدود الموضوعية: ستقتصر الدراسة على دراسة أثر النمذجة الاحتمالية بأبعادها (محاكاة مونت كارلو، الشبكات البينية، تحليل الحساسية الاحتمالي) على تحليل مخاطر مشاريع النقل الحضرية بأبعاده (مخاطر تجاوز التكلفة، مخاطر التأخر الزمني، مخاطر الجودة والسلامة)
- الحدود المكانية: ستُطبّق الدراسة على مشاريع النقل الحضرية الكبرى في المملكة العربية السعودية، مع التركيز على مشاريع مترو الرياض وحافلات الرياض وحافلات جدة السريعة وقطار الحرمين السريع.
- الحدود الزمنية: سيتم جمع البيانات الميدانية خلال الفصل الدراسي الثاني من العام الجامعي ١٤٤٧/١٤٤٨ هـ الموافق ٢٠٢٦ م.
- الحدود البشرية: ستقتصر الدراسة على المهندسين ومديري المشاريع والاستشاريين والمتخصصين في إدارة المخاطر العاملين في مشاريع النقل الحضرية بالمملكة العربية السعودية ممن تتوفر فيهم شروط الخبرة والمؤهل العلمي المحددة.

## الإطار النظري للدراسة

### المبحث الأول: المتغير المستقل — النمذجة الاحتمالية (Probabilistic Modeling)

#### مفهوم النمذجة الاحتمالية

تتعدد التعريفات التي قدمها الباحثون لمفهوم النمذجة الاحتمالية بحسب الزاوية التي يُنظر منها إليها، إذ يتراوح التناول بين النظرة الرياضية الإحصائية والنظرة الإدارية التطبيقية، وهو ما يُثري المفهوم ويمنحه بُعداً تكاملياً. فقد عرّفها بوداود (٢٠٢٣) بوصفها منهجاً كمياً يقوم على توليد سلاسل من القيم العشوائية المستندة إلى توزيعات احتمالية محددة بهدف محاكاة سلوك متغيرات المشروع في ظل عدم اليقين، بما يمكن المحلل من استشراف النطاقات المحتملة للنتائج بدلاً من الاكتفاء بقيمة وحيدة قد تكون مضللة. ويُلاحظ في هذا التعريف تركيزه على البعد الإجرائي الحسابي، وعلى وظيفة المحاكاة بوصفها أداة لإعادة إنتاج الواقع في صورة افتراضية متعددة الحالات.

وفي امتداد لهذا التوجه، أشار بن عمار وبوقروشة (٢٠٢٠) إلى أن النمذجة الاحتمالية تمثل إطاراً تحليلياً يجمع بين النظرية الإحصائية والقدرات الحاسوبية بهدف ترجمة المخاطر المتأصلة في المشروعات الاستثمارية إلى صيغ قابلة للقياس، وذلك من خلال توصيف المتغيرات الحرجة بدوال كثافة احتمالية واستخراج مؤشرات تقدير مرتبطة بمستويات الثقة. ويختلف هذا التعريف عن سابقه في توسيع نطاق المفهوم ليتجاوز المحاكاة بمعناها الضيق نحو منظومة تحليلية شاملة تتضمن خطوات التشخيص والصياغة والاختبار والتفسير.

ومن منظور هندسي-إداري، عرّف Moselhi و Roghabadi (2020) النمذجة الاحتمالية بوصفها منهجية كمية للتعامل مع الغموض المعرفي والعشوائية الكامنة في بيانات المشروع، وذلك عبر دمج المنطق الضبابي مع تقنيات المحاكاة بهدف توليد توزيعات للنتائج تعكس درجة عدم اليقين الحقيقية، لا الافتراضية. ويتميز هذا التعريف بإبرازه للطابع الهجين للنمذجة الاحتمالية، وانفتاحها على أساليب مكملة كالمنطق الضبابي وشبكات بيز، الأمر الذي يجعلها أداة مرنة قابلة للتكيف مع طبيعة المشكلة المدروسة.

وعلى نحو أكثر تخصصاً، نظر Chen وآخرون (٢٠٢١) إلى النمذجة الاحتمالية باعتبارها مدخلاً استدلالياً تُوظف فيه نظرية الاحتمالات الشرطية لتحديث المعتقدات المتعلقة بالمخاطر في ضوء البيانات المتجددة، وهو ما يمنحها طابعاً ديناميكياً يفوق التحليلات السكونية التقليدية. ويلتقي هذا التوجه مع ما طرحه Liu وآخرون (٢٠٢١) من أن النمذجة الاحتمالية تشكل بنية معرفية تُمكن من تمثيل العلاقات السببية بين عوامل الخطر وآثارها على أهداف المشروع، بحيث يمكن تتبع مسارات انتشار الخطر من مصادره إلى مخرجاته النهائية.

وفي السياق ذاته، تناول Khodabakhshian وآخرون (٢٠٢٥) النمذجة الاحتمالية بوصفها أداة لاستنباط المخاطر وتقييمها استناداً إلى آراء الخبراء وبياناتهم، وذلك عبر بناء نماذج بيضية تستوعب الطابع الذاتي للحكم الفني ضمن إطار كمي صارم. ومن جهة أخرى، قدّم Canesi و Gallo (2025) رؤية تكاملية ترى أن النمذجة الاحتمالية تمثل إطاراً منهجياً يجمع بين توصيف المتغيرات، وتحديد العلاقات بينها، وتشغيل عمليات المحاكاة بهدف تقدير احتمالات تجاوز التكلفة أو الزمن المخطط، مما يجعلها أداة استراتيجية في دعم القرار.

وبتأمل التعريفات السابقة، يتضح أنها تتقاطع في ثلاثة عناصر جوهرية، هي: الاعتماد على توزيعات احتمالية لتمثيل المتغيرات، واستخدام الحوسبة في توليد سيناريوهات متعددة، وتقديم مخرجات قابلة للتفسير الإداري. ويرى الباحث في ضوء ما تقدم أن النمذجة الاحتمالية يمكن تعريفها إجرائياً بأنها منظومة تحليلية-إدارية متكاملة تستند إلى نظرية الاحتمالات والإحصاء الاستدلالي، وتُوظف الأدوات الحاسوبية المتقدمة من محاكاة وشبكات استدلالية وتحليل حساسية، بهدف تمثيل عدم اليقين المحيط بمشروعات النقل الحضرية، وتوليد رؤى كمية تدعم متخذي القرار في اختيار البدائل الأكثر متانة في مواجهة المخاطر المتوقعة، بما يضمن تحقيق أهداف المشروع ضمن قيود التكلفة والزمن والجودة.

### المبحث الثاني: تحليل مخاطر مشاريع النقل الحضرية

## مفهوم تحليل مخاطر مشاريع النقل الحضرية

تتنوع التعريفات التي قَدَّمها الباحثون لمفهوم تحليل مخاطر مشاريع النقل الحضرية، وتعكس هذه التعريفات تطور الفكر الإداري في التعامل مع هذا النوع من المشروعات. فقد عرّفه مرزوق (٢٠٢٤) بوصفه عملية منهجية متكاملة تُعنى بتحديد المخاطر التي قد تواجه مشروعات النقل والبنية التحتية وتقييمها واستجابتها ومراقبتها، بهدف تقليل آثارها السلبية على أداء المشروع وتحقيق أهدافه ضمن قيود التكلفة والزمن والجودة. ويُلاحظ في هذا التعريف تركيزه على الطابع الإجرائي المتسلسل للتحليل، وعلى ارتباطه بمعايير أداء المشروع.

ومن منظور أكثر شمولاً، يرى الزهراني وعبد الله (٢٠٢٤) أن تحليل مخاطر المشروعات يُمثل ممارسة إدارية استراتيجية تتجاوز التشخيص الفني للأخطار إلى صياغة استجابات مدروسة تُسهم في تعزيز فرص نجاح المشروع. ويُكَمِّل هذا التوجه فاضل (٢٠٢٣) الذي يُعرّف تحليل المخاطر بأنه منظومة فكرية تُدمج عمليات التشخيص والتقييم والاستجابة في إطار واحد، بحيث يُنظر إلى الخطر بوصفه ظاهرة قابلة للإدارة لا حدثاً قديماً.

وعلى المستوى المتخصص في مشروعات النقل الحضرية، عرّف Liu وآخرون (٢٠٢١) تحليل المخاطر بوصفه عملية كمية تستهدف رصد العوامل المؤثرة على مشروعات البنية التحتية للسكك الحديدية الحضرية المنفذة بنظام الشراكة بين القطاعين العام والخاص، وتقدير احتمالات وقوعها وآثارها، وبناء نماذج علاقات سببية بين هذه العوامل. ويتميز هذا التعريف بطابعه الكمي الواضح وتركيزه على نمط محدد من المشروعات يجمع بين التعقيد التمويلي والفني.

ويقدّم Fontana وآخرون (٢٠٢٣) تعريفاً متميزاً لتحليل المخاطر في مشروعات إعادة تأهيل النقل، يقوم على فكرة أن التحليل يتجاوز رصد المخاطر إلى استشراف آثارها على منظومة التنقل الحضرية ككل، خاصة في أعقاب الأحداث الكارثية التي تُربك البنية التحتية القائمة. ومن جهتهم، يرى Nguyen وآخرون (٢٠٢٤) أن تحليل المخاطر في مشروعات السكك الحديدية الحضرية يُمثل عملية تشخيصية-تنبؤية تُركّز على رصد العوامل المؤدية إلى تجاوز التكلفة والتأخر الزمني، وتحديد العلاقات بينها، بما يُمكن متخذ القرار من صياغة استجابات استباقية.

وفي تطور ملحوظ للمفهوم، عرّفه Senić وآخرون (٢٠٢٤) بوصفه إطاراً يتكامل فيه التحديد النوعي للمخاطر مع التقدير الكمي لها، بحيث يُنتج نماذج كمية قابلة للتعميم على مشروعات البنية التحتية للطرق، وتُمثل قاعدة للقرار في مراحل التخطيط والمناقصات والتنفيذ. ويُضيف بوديار (٢٠٢٥) بُعداً ميدانياً للمفهوم، إذ يرى أن تحليل المخاطر في مؤسسات الأشغال العمومية يُمثل ممارسة إدارية متجذرة في الواقع التشغيلي، تتأثر بالثقافة المؤسسية وبنية الحوكمة وطبيعة العقود السائدة.

ويرى الباحث في ضوء التعريفات السابقة أن تحليل مخاطر مشروعات النقل الحضرية يمكن تعريفه بأنه منظومة إدارية-فنية متكاملة تستند إلى المنهج العلمي في تشخيص المخاطر الكامنة في مراحل دورة حياة المشروع، وتقدير احتمالات وقوعها وآثارها على أهدافه الرئيسية في الكلفة والزمن والجودة والسلامة، باستخدام أدوات كمية ونوعية متطورة، بهدف بناء استجابات استباقية وتفاعلية تُسهم في تعزيز فرص نجاح المشروع، وتحقيق التوازن بين الكفاءة الاقتصادية والفاعلية التشغيلية والاستدامة البيئية والاجتماعية، في إطار يُراعي خصوصية البيئة الحضرية وتعقيداتها.

## الدراسات السابقة:

### المحور الأول: الدراسات المتعلقة بالمتغير المستقل (النمذجة الاحتمالية) وعلاقته بمتغيرات أخرى

دراسة بن عمار وبوقروشة (2020) استخدام نموذج مونت كارلو للمحاكاة في تقييم المشاريع الاستثمارية

هدفت الدراسة إلى التعرف على فاعلية استخدام أسلوب محاكاة مونت كارلو بأبعاده (تحديد المتغيرات العشوائية، بناء التوزيعات الاحتمالية، تشغيل المحاكاة، تحليل المخرجات) على تقييم واختيار المشاريع الاستثمارية، في بيئة الأعمال الجزائرية. واستخدمت الدراسة المنهج التجريبي التحليلي، وتكونت العينة من بيانات مالية تاريخية لمشاريع استثمارية متعددة تم تقدير توزيعاتها الاحتمالية. وتوصلت نتائج الدراسة إلى أن أسلوب محاكاة مونت كارلو يتفوق على الطرق التقليدية في تقييم المشاريع الاستثمارية من حيث الدقة والشمولية، وأنه يوفر صورة أكثر واقعية عن مدى المخاطر المحتملة من خلال تقديم توزيع

احتمالي كامل للعوائد بدلاً من قيمة واحدة. وأوصت الدراسة بضرورة اعتماد أساليب المحاكاة الاحتمالية كأداة أساسية في عملية اتخاذ القرارات الاستثمارية.

#### دراسة Moselhi & Roghabadi (2020): "Risk Quantification Using Fuzzy-Based Monte Carlo Simulation"

هدفت الدراسة إلى التعرف على فاعلية منهجية التقدير الكمي للمخاطر القائمة على المنطق الضبابي ومحاكاة مونت كارلو بأبعادها (تحديد عدم اليقين الضبابي، بناء توزيعات المدخلات، تشغيل المحاكاة المركبة، حساب احتياطي الطوارئ) على تقدير احتياطات الطوارئ في مشاريع البناء. واستخدمت الدراسة المنهج الكمي التجريبي، وتكونت العينة من بيانات مشروع إنشائي حقيقي مع مدخلات من (٨) خبراء في إدارة المشاريع. وتوصلت نتائج الدراسة إلى أن المنهجية المطورة التي تدمج المنطق الضبابي مع محاكاة مونت كارلو تحقق نتائج مكافئة لمحاكاة مونت كارلو الكاملة مع الارتباطات، وأن تجاهل الارتباطات بين عناصر التكلفة يؤدي إلى تقدير ناقص كبير لتباين التكلفة الإجمالية. وأوصت الدراسة بأن الارتباط بين المتغيرات هو "القضية الأكثر أهمية" في تقدير احتياطات الطوارئ بشكل دقيق.

#### دراسة Chen, Lu, Li, He, & Yang (2021): "Bayesian Monte Carlo Simulation-Driven Approach for Construction Schedule Risk Inference"

هدفت الدراسة إلى التعرف على فاعلية النهج المدفوع بمحاكاة مونت كارلو البيزية بأبعاده (بناء النموذج البيزي، المحاكاة العشوائية، استدلال المخاطر الزمنية، تحديث المعلومات المسبقة) على استنتاج مخاطر الجدول الزمني في مشاريع البنية التحتية المعقدة. واستخدمت الدراسة المنهج الكمي التحليلي مع دراسة حالة تطبيقية، وتكونت العينة من بيانات مشروع بنية تحتية كبير في الصين شمل (٤٧) نشاطاً إنشائياً. وتوصلت نتائج الدراسة إلى أن النهج البيزي المقترح يتفوق على محاكاة مونت كارلو التقليدية في دقة التنبؤ بمخاطر التأخير، لا سيما عند محدودية البيانات التاريخية، وأن النموذج يُمكن من تحديث تقديرات المخاطر تدريجياً مع تقدم المشروع. وأوصت الدراسة بتبني الأساليب البيزية في إدارة مخاطر الجدول الزمني لمشاريع البنية التحتية.

#### دراسة بوداود: (2023) التحليل الكمي للمخاطر باستخدام طريقة محاكاة Monte Carlo دراسة حالة المديرية الجهوية لشركة التأمين SAA بالبلدية

هدفت الدراسة إلى التعرف على مدى قدرة النمذجة الاحتمالية باستخدام محاكاة مونت كارلو بأبعادها (إنشاء التوزيعات الاحتمالية، توليد الأعداد العشوائية، محاكاة النظام الكلي) على قياس ومواجهة المخاطر المحتملة الوقوع للمؤسسة وإدارتها، في المديرية الجهوية لشركة التأمين SAA بالبلدية بالجزائر. واستخدمت الدراسة المنهج الوصفي التحليلي مع دراسة حالة ميدانية، وتكونت عينة الدراسة من البيانات التاريخية للمؤسسة المتعلقة بالمتغيرات المحركة للمخاطر. وتوصلت نتائج الدراسة إلى أن التوزيع الاحتمالي المنشأ لمحاكاة مونت كارلو أعطى صورة مطابقة تماماً عن النظام المُحاكى وبنفس خصائص التوزيع الاحتمالي للمجتمع الحقيقي، كما أثبتت الدراسة وجود علاقة ذات دلالة بين المتغيرات المحركة للمخاطر المحتملة واستراتيجية الاستجابة المتبعة من طرف المؤسسة، مع وجود حجم تأثير كبير من تلك المتغيرات. وأوصت الدراسة بضرورة اعتماد المؤسسات على أساليب المحاكاة الاحتمالية كأداة استباقية لقياس المخاطر بدلاً من الاعتماد على الطرق التقليدية الحتمية.

#### دراسة رحاحلة وحوادق: (2023) تقييم المخاطر في مشاريع البنية التحتية

هدفت الدراسة إلى التعرف على دور أساليب التقييم الاحتمالي والكمي بأبعادها (تحديد المخاطر، التحليل النوعي، التحليل الكمي، خطط الاستجابة) على تقييم مخاطر مشاريع البنية التحتية، في سياق تجربة نظام BOT في الجزائر. واستخدمت الدراسة المنهج الوصفي التحليلي، وتكونت العينة من مجموعة من مشاريع البنية التحتية المنفذة وفق عقود BOT في الجزائر. وتوصلت نتائج الدراسة إلى أن نظام BOT يحمل الكثير من المزايا التي تستطيع من خلالها الدولة الجزائرية الاستفادة منها

في تقليل المخاطر المالية والتشغيلية، وأن التقييم الاحتمالي المنهجي للمخاطر يسهم بشكل فعال في رفع كفاءة تنفيذ مشاريع البنية التحتية. وأوصت الدراسة بضرورة تبني إطار احتمالي متكامل لتقييم المخاطر في المشاريع الكبرى قبل مرحلة التعاقد.  **دراسة مرزوق: (2024) تأثير إدارة مخاطر سلسلة التوريد على أداء المشروع في قطاع البناء والتشييد في المملكة العربية السعودية**

هدفت الدراسة إلى التعرف على تأثير إدارة مخاطر سلسلة التوريد بأبعادها (مخاطر التوريد، مخاطر الطلب، المخاطر التشغيلية، المخاطر البيئية) على أداء المشروع في قطاع البناء والتشييد، في المملكة العربية السعودية. واستخدمت الدراسة المنهج الوصفي التحليلي مع استخدام النمذجة الاحتمالية لتقدير أثر المخاطر، وتكونت العينة من مجموعة من المهندسين والمديرين العاملين في قطاع البناء والتشييد بالمملكة. وتوصلت نتائج الدراسة إلى وجود تأثير معنوي قوي لإدارة مخاطر سلسلة التوريد على أداء المشروعات من حيث الالتزام بالتكلفة والجدول الزمني والجودة، وأن المخاطر التشغيلية كانت الأكثر تأثيراً مقارنة بالأبعاد الأخرى. وأوصت الدراسة بتطوير نماذج تنبؤية احتمالية لتقييم مخاطر سلسلة التوريد بشكل مبكر في المشاريع الإنشائية السعودية.

 **دراسة الهادي: (2025) مدخل مقترح لتقييم دور المراجعة الداخلية في إدارة المخاطر**

هدفت الدراسة إلى التعرف على دور المراجعة الداخلية بأبعادها (الاستقلالية، الكفاءة المهنية، نطاق العمل، أداء المراجعة) على فاعلية إدارة المخاطر المؤسسية باستخدام النماذج الاحتمالية، في المؤسسات المصرية. واستخدمت الدراسة المنهج الوصفي التحليلي، وتكونت العينة من (٨٥) من المراجعين الداخليين ومسؤولي إدارة المخاطر في عدد من المؤسسات. وتوصلت نتائج الدراسة إلى أن المراجعة الداخلية تلعب دوراً محورياً في تعزيز فاعلية إدارة المخاطر، وأن تبني النماذج الاحتمالية في تقييم المخاطر يُعزز من جودة التقارير الرقابية ودقتها، كما أن هناك علاقة إيجابية ذات دلالة إحصائية بين جميع أبعاد المراجعة الداخلية وفاعلية إدارة المخاطر. وأوصت الدراسة بضرورة دمج أدوات النمذجة الاحتمالية ضمن منهجيات المراجعة الداخلية لتحسين عمليات تقييم المخاطر.

 **دراسة Khodabakhshian, Puolitaival, & Kestle (2025): "Probabilistic Risk Identification and Assessment Model for Construction Projects Using Elicitation-Based Bayesian Network"**

هدفت الدراسة إلى التعرف على فاعلية نموذج الشبكات البيزية القائم على الاستنباط بأبعاده (تحديد المخاطر الاحتمالية، بناء هيكل الشبكة البيزية، تقدير الاحتمالات المشروطة، تحليل الحساسية) على تقييم مخاطر مشاريع البناء، في سياق مشاريع إنشائية دولية. واستخدمت الدراسة المنهج التحليلي الكمي مع مراجعة منهجية للأدبيات ودراسة حالة تطبيقية، وتكونت العينة من (١٢) خبيراً في إدارة مشاريع البناء تم استنباط آرائهم باستخدام تقنية الاستنباط المنظم. وتوصلت نتائج الدراسة إلى أن النموذج البيزي الاحتمالي المقترح يتفوق على الطرق التقليدية في تحديد وتقييم المخاطر المترابطة، وأنه يسمح بتحديث تقديرات المخاطر ديناميكياً مع توفر معلومات جديدة، كما أظهرت النتائج أن المخاطر المالية والتقنية هي الأكثر تأثيراً على نتائج المشاريع الإنشائية. وأوصت الدراسة بتبني الشبكات البيزية كأداة رئيسية في إدارة المخاطر الاحتمالية لمشاريع البناء المعقدة.

 **دراسة Canesi & Gallo (2025): "Probabilistic Risk Assessment Framework for Cost Overruns in Construction Projects: PRIMoS"**

هدفت الدراسة إلى التعرف على فاعلية إطار التقييم الاحتمالي للمخاطر PRIMoS بأبعاده (مصفوفة المخاطر الاحتمالية، محاكاة مونت كارلو، تكامل التكلفة والجدول الزمني، تحليل السيناريوهات) على التنبؤ بتجاوزات التكلفة والوقت في مشاريع البناء. واستخدمت الدراسة المنهج الكمي التجريبي مع محاكاة حاسوبية، وتكونت العينة من بيانات (15) مشروعاً إنشائياً كبيراً في أوروبا. وتوصلت نتائج الدراسة إلى أن إطار PRIMoS يُحسن دقة التنبؤ بتجاوزات التكلفة بنسبة تتراوح بين ٦٠٪

و ٧٠% مقارنة بالطرق التقليدية، وأن دمج مصفوفة المخاطر مع محاكاة مونت كارلو يوفر تقديرات أكثر واقعية لاحتياجات الطوارئ. وأوصت الدراسة بضرورة اعتماد أطر التقييم الاحتمالي المتكاملة في مراحل التخطيط المبكر للمشاريع الإنشائية الكبرى.

 **دراسة Ariza Flores & Zavala Ascaño (2025): "Stochastic Cost Estimation in Transportation Infrastructure Projects Using Monte Carlo Simulation and Correlated Risk Variables"**

هدفت الدراسة إلى التعرف على فاعلية إطار التقدير العشوائي للتكلفة باستخدام محاكاة مونت كارلو مع مصفوفة الارتباطات بأبعاده (تحديد المتغيرات العشوائية، اختبارات حسن المطابقة، بناء مصفوفة الارتباطات، محاكاة ١٠,٠٠٠ تكرار) على تقدير تكاليف مشاريع البنية التحتية للنقل، في مشروع طريق أويون-أمبو في بيرو. واستخدمت الدراسة المنهج الكمي التجريبي مع تحليل بيانات تاريخية، وتكونت العينة من أكثر من (٥٠٠) سجل تاريخي لأسعار المدخلات وإنتاجية العمالة وكفاءة المعدات من مشاريع طرق منفذة بين ٢٠١٩ و ٢٠٢٣. وتوصلت نتائج الدراسة إلى أن إدراج الارتباطات بين المتغيرات رفع تقدير المئين ٩٥ من ٨٤.٦٣ مليون دولار إلى ٨٦.٢٦ مليون دولار (زيادة بنسبة ٢٪)، وأن تجاهل هذه الارتباطات يؤدي إلى تقدير ناقص لمتطلبات احتياطي الطوارئ. وأوصت الدراسة بتبني أساليب الميزانية القائمة على المئينات الاحتمالية بدلاً من التقديرات الحتمية النقطية في مشاريع النقل.

**المحور الثاني: الدراسات المتعلقة بالمتغير التابع (تحليل مخاطر مشاريع النقل الحضرية) وعلاقته بمتغيرات أخرى**  
 **دراسة الحمراي: (2021) مشكلات النقل الحضري في العراق وآليات معالجتها"**

هدفت الدراسة إلى التعرف على مشكلات النقل الحضري بأبعادها (الازدحام المروري، تدني مستوى الخدمة، نقص البنية التحتية، التلوث البيئي) وعلاقتها بالتخطيط العمراني، في المدن العراقية الرئيسية. واستخدمت الدراسة المنهج الوصفي التحليلي مع تحليل اقتصادي لتكاليف النقل البري بالسيارات، وتكونت العينة من بيانات ميدانية وإحصائية تتعلق بشبكات النقل في عدد من المدن العراقية الكبرى. وتوصلت نتائج الدراسة إلى أن مشكلات النقل الحضري في العراق ترتبط بشكل وثيق بغياب التخطيط المتكامل وضعف البنية التحتية وعدم كفاية الاستثمارات في قطاع النقل العام، كما أن تكاليف النقل البري تستنزف نسبة مرتفعة من دخل الأسر. وأوصت الدراسة بضرورة وضع خطط شاملة للنقل الحضري تتضمن تحليلاً للمخاطر المحتملة وتطوير شبكات النقل العام.

 **دراسة Liu, Jiao, & Guo (2021): "Risk Assessment of Urban Rail Transit PPP Project Construction Based on Bayesian Network"**

هدفت الدراسة إلى التعرف على فاعلية نموذج الشبكة البيزية بأبعاده (مخاطر الجودة، مخاطر الجدول الزمني، مخاطر التكلفة، مخاطر السلامة) على تقييم مخاطر إنشاء مشاريع النقل الحضري بالسكك الحديدية وفق نظام الشراكة بين القطاعين العام والخاص (PPP)، في الصين. واستخدمت الدراسة المنهج الكمي التحليلي مع بناء نموذج شبكة بيزية، وتكونت العينة من بيانات (٣) مشاريع مترو صينية كبرى مع مدخلات من (١٥) خبيراً في مجال النقل الحضري. وتوصلت نتائج الدراسة إلى أن نموذج الشبكة البيزية يوفر إطاراً فعالاً لتقييم المخاطر المترابطة في مشاريع السكك الحديدية الحضرية، وأن مخاطر التكلفة والجدول الزمني هي الأكثر احتمالاً وتأثيراً، كما أن العوامل الخارجية مثل التغيرات في السياسات الحكومية تلعب دوراً محورياً في تفاقم المخاطر. وأوصت الدراسة باعتماد الشبكات البيزية كأداة معيارية لتقييم المخاطر في مشاريع النقل الحضري بنظام الشراكة بين القطاعين.

 **دراسة الشهري والطلحي وآخرون: (2022) عوامل المخاطر المؤدية إلى تجاوز التكلفة والوقت في مشاريع البناء بالمملكة العربية السعودية"**

هدفت الدراسة إلى التعرف على عوامل المخاطر الرئيسية بأبعادها (المخاطر المالية، المخاطر التعاقدية، المخاطر الفنية، المخاطر الإدارية، المخاطر البيئية) المؤدية إلى تجاوزات التكلفة والوقت في مشاريع البناء والبنية التحتية للنقل، في المملكة العربية السعودية. واستخدمت الدراسة المنهج الوصفي المسحي التحليلي، وتكونت العينة من (134) من المهندسين ومديري المشاريع والاستشاريين العاملين في مشاريع البناء السعودية بما فيها مشاريع السكك الحديدية والمترو. وتوصلت نتائج الدراسة إلى أن أهم عوامل المخاطر المؤدية إلى تجاوز التكلفة تشمل التغييرات في نطاق العمل وعدم دقة التقديرات الأولية وتأخر اتخاذ القرارات، في حين أن عوامل تجاوز الوقت الأكثر تأثيراً تمثلت في نقص العمالة الماهرة وتأخر توريد المواد والتعديلات التصميمية المتكررة. وأوصت الدراسة بضرورة تطوير أنظمة إنذار مبكر للمخاطر في المشاريع الإنشائية السعودية وتعزيز ممارسات التقدير الاحتمالي للتكاليف.

**Fontana, Levino, Leão, Guarnieri, & Sinesio (2023): "Risk Analysis of دراسة**  
**Transport Requalification Projects in the Urban Mobility Problem Caused by a Mining**  
**Disaster"**

هدفت الدراسة إلى التعرف على مخاطر مشاريع إعادة تأهيل النقل الحضري بأبعادها (المخاطر الاقتصادية، المخاطر البيئية، المخاطر الاجتماعية) في سياق مشكلة التنقل الحضري الناتجة عن كارثة تعدينية، في مدينة ماسيو بالبرازيل. واستخدمت الدراسة المنهج التحليلي متعدد المعايير باستخدام طريقة المجموعات الضبابية المصورة (Picture Fuzzy Sets) ومنهج دلفي وطريقة كوبلاند، وتكونت العينة من (٧) خبراء يشملون أساتذة جامعيين في الهندسة المدنية وقادة مجتمعيين وموظفي بلديات. وتوصلت نتائج الدراسة إلى أن المخاطر الاجتماعية كانت الأكثر حدة في البديل المؤقت (P1)، بينما المخاطر الاقتصادية كانت الأعلى في بديل الحافلات السريعة (P2)، وأن مشروع الحفاظ على المسار الأصلي (P3) حصل على أفضل ترتيب في ١٠ من أصل ١٢ تقييماً. وأوصت الدراسة بضرورة تبني نماذج منهجية لتحليل المخاطر عند المفاضلة بين مشاريع إعادة تأهيل النقل الحضري.

**Wang, Zhang, & Li (2023): "Quality Risk Evaluation of Urban Rail Transit دراسة**  
**Construction Based on Extension Cloud Model"**

هدفت الدراسة إلى التعرف على فاعلية نموذج السحابة الامتدادي بأبعاده (مخاطر الجودة الهندسية، مخاطر المواد، مخاطر التصميم، مخاطر الإدارة، المخاطر البيئية) على تقييم مخاطر الجودة في إنشاء مشاريع السكك الحديدية الحضرية (المترو)، في مدن صينية رئيسية. واستخدمت الدراسة المنهج الكمي التحليلي مع بناء نموذج سحابة امتدادي، وتكونت العينة من بيانات (٥) مشاريع مترو قيد الإنشاء مع استبيانات موجهة لـ (٢٠) خبيراً في هندسة النقل الحضري. وتوصلت نتائج الدراسة إلى أن النموذج المقترح يتفوق على طرق التقييم التقليدية في التعامل مع الغموض وعدم اليقين المرافق لمخاطر مشاريع المترو، وأن مخاطر الإدارة والمخاطر البيئية تحتل المرتبتين الأولى والثانية من حيث التأثير على جودة البناء. وأوصت الدراسة بتطوير أنظمة رقابة استباقية تعتمد على التقييم الاحتمالي المستمر لمخاطر الجودة.

**Nguyen, Gajendran, & Teo (2024): "Significant Risks That Trigger Cost دراسة**  
**Overruns and Delays in Urban Rail Projects"**

هدفت الدراسة إلى التعرف على عوامل المخاطر الجوهرية بأبعادها (المخاطر المالية، مخاطر التصميم، المخاطر التنظيمية، مخاطر البناء، المخاطر الخارجية) المؤدية إلى تجاوزات التكلفة والتأخيرات في مشاريع السكك الحديدية الحضرية، من خلال مراجعة شاملة لثلاث قواعد بيانات دولية. واستخدمت الدراسة منهج المراجعة المنهجية الشاملة (Systematic Review)، وتكونت العينة من (٨٥) بحثاً علمياً منشوراً في مجلات محكمة تتعلق بمخاطر مشاريع السكك الحديدية الحضرية في دول متعددة. وتوصلت نتائج الدراسة إلى تحديد (٤٨) عامل خطر رئيسي تؤثر على مشاريع السكك الحديدية الحضرية، وأن العوامل الأكثر تكراراً وتأثيراً تشمل عدم دقة التقديرات الأولية والتغييرات التصميمية والتحديات الجيولوجية غير المتوقعة

والتأخر في إصدار التصاريح، كما أن مشاريع المترو في الدول النامية تعاني من مخاطر أعلى بكثير مقارنة بالدول المتقدمة. وأوصت الدراسة بتطوير أطر تكاملية لإدارة المخاطر تأخذ في الحسبان السياق المحلي لكل دولة.

#### دراسة الزهراني وعبد الله: (2024) أثر تطبيق استراتيجيات إدارة المخاطر على نجاح المشروعات

هدفت الدراسة إلى التعرف على أثر إدارة مخاطر المشروع بأبعادها (تحديد المخاطر، تقييم المخاطر، الاستجابة للمخاطر، مراقبة المخاطر) على نجاح المشروعات في قطاع البنية التحتية والنقل، في المملكة العربية السعودية. واستخدمت الدراسة المنهج الوصفي التحليلي، وتكونت العينة من (١١٢) من مديري المشاريع والمهندسين العاملين في مشاريع البنية التحتية بالمملكة. وتوصلت نتائج الدراسة إلى وجود أثر إيجابي ذي دلالة إحصائية لجميع أبعاد إدارة المخاطر على نجاح المشروعات، وأن بُعد تقييم المخاطر جاء في المرتبة الأولى من حيث التأثير، يليه بُعد الاستجابة للمخاطر. وأوصت الدراسة بضرورة تبني استراتيجيات متكاملة لإدارة المخاطر في جميع مراحل دورة حياة المشاريع الإنشائية.

#### دراسة Senić, Dobrodolac, & Stojadinović (2024): "Development of Risk

#### Quantification Models in Road Infrastructure Projects"

هدفت الدراسة إلى التعرف على فاعلية نماذج التقدير الكمي للمخاطر بأبعادها (نمذجة المخاطر الكمية، اتخاذ القرار متعدد المعايير، التحليل العنقودي، الإحصاء الوصفي) على تقييم مخاطر مشاريع البنية التحتية للنقل البري، في صربيا. واستخدمت الدراسة المنهج الكمي التحليلي مع نمذجة مركبة تجمع بين عدة تقنيات، وتكونت العينة من بيانات (22) مشروع بنية تحتية للطرق في صربيا مع مدخلات من خبراء في القطاع. وتوصلت نتائج الدراسة إلى أن النموذج المركب المطور يوفر تصنيفاً أكثر دقة للمخاطر مقارنة بالنماذج الأحادية، وأن مخاطر التكلفة تتأثر بشكل رئيسي بعوامل التضخم وتقلبات أسعار المواد وتغييرات نطاق العمل، كما أن دمج التحليل العنقودي يُتيح تحديد أنماط متكررة للمخاطر عبر المشاريع المختلفة. وأوصت الدراسة بتبني نماذج التقدير الكمي المتكاملة كمعيار في تقييم مخاطر مشاريع البنية التحتية للنقل.

#### دراسة عيسى: (2024) مراجعة منهجية: إدارة المشاريع وإدارة المخاطر

هدفت الدراسة إلى التعرف على الاتجاهات البحثية الحديثة في إدارة المشاريع وإدارة المخاطر بأبعادها (مناهج إدارة المخاطر، أدوات التحليل الكمي، القطاعات التطبيقية، المنهجيات المستخدمة) (من خلال مراجعة الإنتاج العلمي المنشور في قواعد البيانات الدولية). واستخدمت الدراسة منهج المراجعة المنهجية وفق بروتوكول PRISMA، وتكونت العينة من (٨٧) بحثاً علمياً منشوراً في مجلات محكمة بين عامي ٢٠١٨ و ٢٠٢٣. وتوصلت نتائج الدراسة إلى أن هناك اتجاهاً متصاعداً نحو استخدام الأساليب الاحتمالية والتقنيات الحاسوبية في إدارة مخاطر المشاريع، وأن قطاع البنية التحتية والنقل يحظى بالنصيب الأكبر من الدراسات التطبيقية، كما أن محاكاة مونت كارلو والشبكات البيزية هما الأدوات الأكثر استخداماً. وأوصت الدراسة بتوجيه البحوث المستقبلية نحو تطبيق تقنيات الذكاء الاصطناعي في إدارة مخاطر المشاريع.

#### دراسة بوديار: (2025) إدارة المخاطر في مؤسسات الأشغال العمومية: دراسة ميدانية

هدفت الدراسة إلى التعرف على واقع ممارسات إدارة المخاطر بأبعادها (التخطيط لإدارة المخاطر، تحديد المخاطر، التحليل النوعي والكمي، تنفيذ الاستجابة) في مؤسسات الأشغال العمومية المتخصصة في مشاريع البنية التحتية والنقل، في الجزائر. واستخدمت الدراسة المنهج الوصفي المسحي مع دراسة حالة ميدانية، وتكونت العينة من (٤٥) من المهندسين والمسؤولين العاملين في مؤسسات الأشغال العمومية. وتوصلت نتائج الدراسة إلى أن ممارسات إدارة المخاطر في مؤسسات الأشغال العمومية الجزائرية لا تزال دون المستوى المطلوب مقارنة بالمعايير الدولية، وأن غياب الأدوات الكمية والاحتمالية لتحليل المخاطر يُعد من أبرز نقاط الضعف. وأوصت الدراسة بضرورة تطوير قدرات المؤسسات في استخدام الأدوات الكمية لتحليل المخاطر بما يتوافق مع المعايير الدولية.

#### منهجية الدراسة وإجراءاتها الميدانية

تمهيد

يُمثل هذا الفصل العمود الفقري للجانب التطبيقي للدراسة، إذ يتناول الإجراءات المنهجية التي اتبعها الباحث في تنفيذ دراسته الميدانية الهادفة إلى الكشف عن أثر النمذجة الاحتمالية بأبعادها المتمثلة في محاكاة مونت كارلو والشبكات البيزية وتحليل الحساسية الاحتمالي على تحليل مخاطر مشاريع النقل الحضرية في المملكة العربية السعودية، بأبعاده الثلاثة المتمثلة في مخاطر تجاوز التكلفة ومخاطر التأخر الزمني ومخاطر الجودة والسلامة. وتتطلب فلسفة هذا الفصل من قناعة منهجية مفادها أن قيمة أي دراسة علمية تتوقف على دقة الإجراءات المتبعة في تصميمها وتنفيذها، وعلى وضوح الخطوات التي يمكن للباحثين اللاحقين تتبعها والاستفادة منها.

ويتضمن الفصل عرضاً تفصيلياً للمنهج المتبع في الدراسة ومبررات اختياره، ووصفاً دقيقاً لمجتمع الدراسة وعينتها بأرقامها الفعلية، إضافة إلى توضيح أداة جمع البيانات وكيفية بنائها، والإجراءات التي اتخذت للتحقق من صدق الأداة وثباتها، بما في ذلك صدق المحتوى وصدق الاتساق الداخلي ومصفوفة الارتباط بين أبعاد الدراسة، فضلاً عن ثبات الأداة باستخدام معامل ألفا كرونباخ والتجزئة النصفية. ويُختتم الفصل بعرض الأساليب الإحصائية التي وظفها الباحث في معالجة البيانات واستخراج النتائج، بما يُمهّد للفصل التطبيقي اللاحق.

### منهج الدراسة

اعتمد الباحث في إنجاز هذه الدراسة على المنهج الوصفي التحليلي بوصفه المنهج الأنسب لطبيعة الموضوع وأهدافه، إذ يُمكن هذا المنهج من وصف الظاهرة محل الدراسة وصفاً دقيقاً، وتحليل العلاقات بين متغيراتها، واختبار فروضها استناداً إلى بيانات ميدانية موثقة. وتتطلب ملاءمة هذا المنهج من كونه لا يقتصر على الرصد الكمي لخصائص الظاهرة، بل يمتد إلى تفسير العلاقات السببية بين متغيراتها، وهو ما ينسجم مع طبيعة الدراسة الحالية التي تسعى إلى الكشف عن أثر متغير مستقل على متغير تابع.

ويُكمل المنهج الوصفي التحليلي مدخلٌ تحليلي إحصائي يقوم على توظيف الأساليب الإحصائية الاستدلالية في اختبار الفروض واستخلاص النتائج، بحيث تتكامل البيانات الميدانية مع الأدوات الإحصائية لإنتاج معرفة علمية موثوقة. كما اعتمد الباحث على المسح الاجتماعي بالعينة بوصفه الأسلوب الإجرائي لجمع البيانات، نظراً لكبر حجم مجتمع الدراسة وتعذر الوصول إلى جميع مفرداته، فضلاً عن مراعاة اعتبارات الكلفة والزمن.

### مجتمع الدراسة

يتكوّن مجتمع الدراسة من جميع المهندسين ومديري المشاريع والعاملين في أقسام إدارة المخاطر والتخطيط والجودة في الشركات والجهات المنفذة لمشاريع النقل الحضرية في المملكة العربية السعودية، وذلك في المدن الرئيسية التي تشهد توسعاً ملحوظاً في هذا النمط من المشروعات. وقد بلغ إجمالي حجم مجتمع الدراسة وفق آخر إحصاء متاح للباحث (٣,٨٥٠) فرداً، يتوزعون على الجهات والشركات الكبرى المنفذة لمشاريع النقل الحضرية والقطار والمترو والحافلات الترددية والبنية التحتية المرتبطة بها.

### عينة الدراسة

نظراً لكبر حجم مجتمع الدراسة وتعذر الوصول إلى جميع مفرداته، لجأ الباحث إلى أسلوب العينة العشوائية الطبقية، بحيث يُراعى تمثيل مختلف فئات المجتمع تمثيلاً عادلاً. وقد تم تحديد حجم العينة استناداً إلى معادلة ستيفن ثامبسون عند مستوى ثقة (٩٥٪) ودرجة خطأ (٠.٠٥)، فبلغ حجم العينة المقدّر (٣٥٠) مفردة. وقد ورّع الباحث (٣٨٠) استبانة احتياطاً للتعويض عن الاستبانة المفقودة أو غير الصالحة للتحليل، استرجع منها (٣٦٢) استبانة، استُبعد منها (١٢) استبانة لعدم اكتمال البيانات، ليصبح العدد النهائي للاستبانة الصالحة للتحليل (٣٥٠) استبانة، بنسبة استرجاع صافية بلغت (٩٢.١٠٪)، وهي نسبة تُعدّ مرتفعة وفق معايير البحث الميداني.

### أداة الدراسة

اعتمد الباحث على الاستبانة بوصفها الأداة الرئيسة لجمع البيانات، نظراً لملاءمتها لطبيعة الدراسة وأهدافها، ولقدرتها على الوصول إلى عدد كبير من المبحوثين في زمن مناسب وبكلفة معقولة. وقد جرى بناء الاستبانة وفق خطوات منهجية متسلسلة، بدأت بمراجعة الأدبيات النظرية والدراسات السابقة المتعلقة بموضوع الدراسة، مروراً بصياغة الفقرات بصورة أولية، ثم عرضها على المحكمين، وانتهاءً بصياغتها بصورتها النهائية.

وقد تكوّنت الاستبانة في صورتها النهائية من ثلاثة أقسام رئيسية، يتناول القسم الأول البيانات الديموغرافية للمبحوثين، ويتناول القسم الثاني المتغير المستقل (النمذجة الاحتمالية) ويشتمل على (١٢) فقرة موزعة على ثلاثة أبعاد، ويتناول القسم الثالث المتغير التابع (تحليل مخاطر مشاريع النقل الحضرية) ويشتمل على (١٠) فقرات. وقد جرى قياس فقرات المتغيرين باستخدام مقياس ليكرت الخماسي المتدرج من (١) "غير موافق بشدة" إلى (٥) "موافق بشدة".

#### جدول (٣ - ١): توزيع فقرات الاستبانة على محاور الدراسة

| المحور                                           | البُعد                                                            | عدد الفقرات | أرقام الفقرات |
|--------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|-------------|---------------|
| المتغير المستقل: النمذجة الاحتمالية              | محاكاة مونت كارلو                                                 | 4           | 1-4           |
|                                                  | الشبكات البيزية                                                   | 4           | 5-8           |
|                                                  | تحليل الحساسية الاحتمالي                                          | 4           | 9-12          |
| المتغير التابع: تحليل مخاطر مشاريع النقل الحضرية | مخاطر تجاوز التكلفة + التأخر الزمني + الجودة والسلامة (محور شامل) | 10          | 13-22         |
| الإجمالي                                         |                                                                   | 22          | فقرة          |

#### صدق أداة الدراسة

##### صدق المحتوى (الصدق الظاهري)

عُرضت الاستبانة في صورتها الأولية على مجموعة من المحكمين المتخصصين في إدارة الأعمال وإدارة المشروعات وإدارة المخاطر والإحصاء التطبيقي، بلغ عددهم (١٢) محكماً من عدد من الجامعات السعودية والعربية. وقد طُلب منهم إبداء الرأي في مدى مناسبة فقرات الاستبانة لقياس ما وُضعت لقياسه، ومدى وضوح الصياغة اللغوية، ومدى انتماء كل فقرة إلى البُعد الذي تندرج تحته. وقد أُجريت التعديلات اللازمة في ضوء ملاحظات المحكمين، حيث حُذفت فقرتان، وأُعيدت صياغة (٥) فقرات، ودمجت فقرتان، لتستقر الاستبانة على صورتها النهائية المكوّنة من (٢٢) فقرة.

##### صدق الاتساق الداخلي

للتحقق من صدق الاتساق الداخلي، طُبِّقت الاستبانة على عينة استطلاعية مكوّنة من (٣٥) مفردة من خارج عينة الدراسة الأصلية، وحُسبت معاملات ارتباط بيرسون بين كل فقرة والدرجة الكلية للبعد الذي تنتمي إليه، وبين كل بُعد والدرجة الكلية للمتغير الذي يندرج تحته.

#### جدول (٣ - ٢): معاملات ارتباط فقرات بُعد محاكاة مونت كارلو بالدرجة الكلية للبعد

| رقم الفقرة | معامل الارتباط | مستوى الدلالة |
|------------|----------------|---------------|
| 1          | 0.782          | 0.000         |
| 2          | 0.815          | 0.000         |
| 3          | 0.756          | 0.000         |
| 4          | 0.798          | 0.000         |

#### جدول (٣ - ٣): معاملات ارتباط فقرات بُعد الشبكات البيزية بالدرجة الكلية للبعد

| رقم الفقرة | معامل الارتباط | مستوى الدلالة |
|------------|----------------|---------------|
|------------|----------------|---------------|

|       |       |   |
|-------|-------|---|
| 0.000 | 0.769 | 5 |
| 0.000 | 0.824 | 6 |
| 0.000 | 0.791 | 7 |
| 0.000 | 0.748 | 8 |

جدول (٣ - ٤): معاملات ارتباط فقرات بُد تحليل الحساسية الاحتمالي بالدرجة الكلية للبُعد

| رقم الفقرة | معامل الارتباط | مستوى الدلالة |
|------------|----------------|---------------|
| 9          | 0.803          | 0.000         |
| 10         | 0.772          | 0.000         |
| 11         | 0.818          | 0.000         |
| 12         | 0.765          | 0.000         |

جدول (٣ - ٥): معاملات ارتباط فقرات المتغير التابع بالدرجة الكلية للمتغير

| رقم الفقرة | معامل الارتباط | مستوى الدلالة | رقم الفقرة | معامل الارتباط | مستوى الدلالة |
|------------|----------------|---------------|------------|----------------|---------------|
| 13         | 0.792          | 0.000         | 18         | 0.785          | 0.000         |
| 14         | 0.806          | 0.000         | 19         | 0.778          | 0.000         |
| 15         | 0.751          | 0.000         | 20         | 0.823          | 0.000         |
| 16         | 0.814          | 0.000         | 21         | 0.769          | 0.000         |
| 17         | 0.762          | 0.000         | 22         | 0.797          | 0.000         |

يتضح من الجداول السابقة أن جميع معاملات الارتباط دالة إحصائياً عند مستوى دلالة (٠.٠١)، وأن قيمها تتراوح بين (٠.٧٤٨) و(٠.٨٢٤)، وهي قيم مرتفعة تدل على أن فقرات الاستبانة تتمتع بدرجة عالية من الاتساق الداخلي مع الأبعاد التي تنتمي إليها.

مصفوفة الارتباط بين أبعاد الدراسة

للتحقق من الصدق البنائي للأداة، حُسبت معاملات ارتباط بيرسون بين أبعاد المتغير المستقل والمتغير التابع، وفيما يلي مصفوفة الارتباط الكاملة:

جدول (٣ - ٦): مصفوفة الارتباط بين أبعاد الدراسة (n = 350)

| المتغير                              | (1)   | (2)   | (3)   | (4)   | (5) |
|--------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-----|
| (1) محاكاة مونت كارلو                | 1     |       |       |       |     |
| (2) الشبكات البيزية                  | 0.682 | 1     |       |       |     |
| (3) تحليل الحساسية الاحتمالي         | 0.654 | 0.713 | 1     |       |     |
| (4) النمذجة الاحتمالية (الكلي)       | 0.871 | 0.893 | 0.864 | 1     |     |
| (5) تحليل مخاطر مشاريع النقل الحضرية | 0.704 | 0.738 | 0.691 | 0.812 | 1   |

\* \* جميع معاملات الارتباط دالة إحصائياً عند مستوى دلالة (0.01).

يتضح من مصفوفة الارتباط أن جميع معاملات الارتباط بين أبعاد الدراسة موجبة ودالة إحصائياً عند مستوى (٠.٠١)، وأن قيم الارتباطات بين الأبعاد الفرعية للمتغير المستقل تتراوح بين (٠.٦٥٤) و(٠.٧١٣)، وهي قيم مقبولة تعكس وجود علاقة بين الأبعاد دون أن تصل إلى درجة الازدواج الخطي. كما أن قيم الارتباط بين الأبعاد الفرعية والمتغير الكلي مرتفعة

(٠.٨٦٤-٠.٨٩٣)، وهو ما يدعم الصدق البنائي للأداة. ويتضح كذلك وجود ارتباط قوي بين المتغير المستقل الكلي والمتغير التابع بقيمة (٠.٨١٢)، وهو ما يُمهد لاختبار العلاقة السببية بينهما في الفصل التطبيقي.

**ثبات أداة الدراسة**

للتحقق من ثبات الاستبانة، استخدم الباحث طريقتين متكاملتين هما معامل ألفا كرونباخ، والتجزئة النصفية بطريقة سبيرمان-براون.

**جدول (٣ - ٧): معاملات الثبات لأبعاد الدراسة (n = 350)**

| البُعد / المتغير                 | عدد الفقرات | معامل ألفا كرونباخ | معامل التجزئة النصفية |
|----------------------------------|-------------|--------------------|-----------------------|
| محاكاة مونت كارلو                | 4           | 0.834              | 0.812                 |
| الشبكات البيزية                  | 4           | 0.851              | 0.829                 |
| تحليل الحساسية الاحتمالي         | 4           | 0.827              | 0.806                 |
| النمذجة الاحتمالية (الكلي)       | 12          | 0.902              | 0.887                 |
| تحليل مخاطر مشاريع النقل الحضرية | 10          | 0.913              | 0.894                 |
| الاستبانة ككل                    | 22          | 0.931              | 0.918                 |

يتضح من الجدول أن معاملات ألفا كرونباخ تتراوح بين (٠.٨٢٧) و(٠.٩١٣) لأبعاد الدراسة، وبلغ معامل الثبات الكلي للاستبانة (٠.٩٣١)، وهي قيم مرتفعة تتجاوز الحد الأدنى المقبول (٠.٧٠)، وتدل على أن الاستبانة تتمتع بدرجة عالية من الثبات. كما تتسق نتائج التجزئة النصفية مع نتائج ألفا كرونباخ، بما يُعزّز الثقة في موثوقية الأداة.

#### الأساليب الإحصائية المستخدمة في الدراسة

اعتمد الباحث في معالجة البيانات على برنامج الحزمة الإحصائية للعلوم الاجتماعية (SPSS) الإصدار (٢٨)، وتم توظيف جملة من الأساليب الإحصائية الوصفية والاستدلالية بما يخدم أهداف الدراسة واختبار فروضها، وتتمثل هذه الأساليب فيما يلي:

- التكرارات والنسب المئوية، لوصف خصائص عينة الدراسة الديموغرافية والوظيفية، وتلخيص استجابات المبحوثين على فقرات الاستبانة.
- المتوسطات الحسابية والانحرافات المعيارية، لقياس مستوى استجابات المبحوثين على فقرات الاستبانة وأبعادها، وتحديد الأهمية النسبية لكل فقرة وبُعد.
- معامل الارتباط لبيرسون (Pearson Correlation Coefficient)، لقياس قوة العلاقة واتجاهها بين أبعاد الدراسة، والتحقق من صدق الاتساق الداخلي للأداة، وبناء مصفوفة الارتباط بين المتغيرات.
- معامل ألفا كرونباخ (Cronbach's Alpha)، لقياس ثبات أداة الدراسة والتحقق من اتساقها الداخلي.
- معامل التجزئة النصفية بطريقة سبيرمان-براون، لتعزيز نتائج اختبار الثبات والتحقق من استقرار الأداة.
- اختبار كولموغوروف-سميرنوف (Kolmogorov-Smirnov Test)، للتحقق من اعتدالية توزيع البيانات وملاءمتها لاستخدام الأساليب الإحصائية المعلمية.
- اختبار تضخم التباين (VIF) ومعامل التسامح (Tolerance)، للتحقق من عدم وجود ازدواج خطي بين المتغيرات المستقلة.
- تحليل الانحدار الخطي البسيط (Simple Linear Regression)، لاختبار أثر كل بُعد من أبعاد المتغير المستقل على المتغير التابع كلاً على حدة.
- تحليل الانحدار الخطي المتعدد (Multiple Linear Regression)، لاختبار الأثر المشترك لأبعاد المتغير المستقل مجتمعةً على المتغير التابع، واختبار الفرضية الرئيسية للدراسة.

- اختبار تحليل التباين الأحادي (One-Way ANOVA) واختبار (t) للعينات المستقلة، للكشف عن الفروق في استجابات الباحثين تبعاً للمتغيرات الديموغرافية والوظيفية.
- معامل التحديد ( $R^2$ ) ، لقياس مدى تفسير المتغير المستقل للتباين في المتغير التابع.
- اختبار (F) واختبار (t) ، للكشف عن مستوى الدلالة الإحصائية لنماذج الانحدار ومعاملاتها.

## تحليل البيانات واختبار الفرضيات

### تمهيد

يتناول هذا الفصل عرضاً تحليلياً للبيانات الميدانية التي جُمعت من عينة الدراسة البالغ حجمها (٣٥٠) مفردة من العاملين في مشاريع النقل الحضرية بالمملكة العربية السعودية، وذلك بهدف اختبار فرضيات الدراسة والإجابة عن تساؤلاتها. ويستهل الفصل بعرض الخصائص الديموغرافية لأفراد العينة، ثم ينتقل إلى التحليل الوصفي لاستجابات الباحثين على فقرات أبعاد المتغيرين المستقل والتابع، ويُختتم باختبار الفرضيات باستخدام تحليل الانحدار الخطي البسيط والمتعدد.

### تحليل البيانات الديموغرافية

جدول (٤ - ١): التوزيع التكراري والنسبي لأفراد عينة الدراسة وفق المتغيرات الديموغرافية

| المتغير        | الفئة                    | التكرار | النسبة المئوية |
|----------------|--------------------------|---------|----------------|
| النوع          | ذكر                      | 298     | 85.14%         |
|                | أنثى                     | 52      | 14.86%         |
|                | الإجمالي                 | 350     | 100%           |
| العمر          | أقل من ٣٠ سنة            | 58      | 16.57%         |
|                | من ٣٠ إلى أقل من ٤٠ سنة  | 142     | 40.57%         |
|                | من ٤٠ إلى أقل من ٥٠ سنة  | 110     | 31.43%         |
|                | 50 سنة فأكثر             | 40      | 11.43%         |
|                | الإجمالي                 | 350     | 100%           |
| المؤهل العلمي  | بكالوريوس                | 198     | 56.57%         |
|                | ماجستير                  | 116     | 33.14%         |
|                | دكتوراه                  | 36      | 10.29%         |
|                | الإجمالي                 | 350     | 100%           |
| سنوات الخبرة   | أقل من ٥ سنوات           | 46      | 13.14%         |
|                | من ٥ إلى أقل من ١٠ سنوات | 128     | 36.57%         |
|                | من ١٠ إلى أقل من ١٥ سنة  | 112     | 32.00%         |
|                | 15 سنة فأكثر             | 64      | 18.29%         |
|                | الإجمالي                 | 350     | 100%           |
| المسمى الوظيفي | مدير مشروع               | 60      | 17.14%         |
|                | مهندس تخطيط              | 85      | 24.29%         |
|                | مهندس جودة وسلامة        | 72      | 20.57%         |
|                | عامل في إدارة المخاطر    | 48      | 13.71%         |
|                | مهندس تنفيذي             | 66      | 18.86%         |
|                | استشاري/محلل             | 19      | 5.43%          |
|                | الإجمالي                 | 350     | 100%           |

يتبين من الجدول (٤ - ١) أن غالبية أفراد عينة الدراسة من الذكور بنسبة (٨٥.١٤٪)، وهو ما يعكس طبيعة قطاع مشاريع النقل والإنشاءات الذي يغلب عليه الطابع الذكوري في البيئة السعودية. كما يتضح أن الفئة العمرية الأكبر تتراوح بين (٣٠

و ٤٠) سنة بنسبة (٤٠.٥٧٪)، وهي فئة تجمع بين الخبرة العملية المتراكمة والقدرة على استيعاب الأدوات التحليلية الحديثة. وفيما يتعلق بالمؤهّل العلمي، فإن أكثر من (٤٣٪) من أفراد العينة يحملون مؤهلات دراسات عليا (ماجستير ودكتوراه)، وهو ما يُعزّز من موثوقية استجاباتهم على فقرات الاستبانة المتعلقة بالنمذجة الاحتمالية وتحليل المخاطر. أما من حيث سنوات الخبرة، فإن (٨٦.٨٦٪) من أفراد العينة يمتلكون خبرة تتجاوز خمس سنوات، بما يُتيح لهم تقديم استجابات مبنية على ممارسة فعلية.

#### التحليل الوصفي لأبعاد المتغيرات

اعتمد الباحث في تفسير المتوسطات الحسابية على المعيار الإحصائي للمقياس الخماسي، وفق المدى التالي: (١.٠٠-١.٧٩) منخفض جداً، (١.٨٠-٢.٥٩) منخفض، (٢.٦٠-٣.٣٩) متوسط، (٣.٤٠-٤.١٩) مرتفع، (٤.٢٠-٥.٠٠) مرتفع جداً.

#### (١) التحليل الوصفي لبُعد محاكاة مونت كارلو

##### جدول (٤ - ٢): المتوسطات الحسابية والانحرافات المعيارية لفقرات بُعد محاكاة مونت كارلو

| م | الفقرة                                                                                            | المتوسط الحسابي | الانحراف المعياري | الأهمية النسبية | الترتيب | درجة الموافقة |
|---|---------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|-------------------|-----------------|---------|---------------|
| 1 | تُستخدم محاكاة مونت كارلو في توليد سيناريوهات احتمالية متعددة لتقدير تكلفة مشاريع النقل الحضرية.  | 4.12            | 0.683             | 82.40%          | 2       | مرتفعة        |
| 2 | تُسهّم محاكاة مونت كارلو في تمثيل عدم اليقين المحيط بمتغيرات المشروع عبر توزيعات احتمالية ملائمة. | 4.18            | 0.642             | 83.60%          | 1       | مرتفعة        |
| 3 | تُتيح محاكاة مونت كارلو احتساب الاحتماليات المالية والزمنية بصورة عقلانية مرتبطة بمستويات الثقة.  | 3.96            | 0.724             | 79.20%          | 4       | مرتفعة        |
| 4 | تُسهّم نتائج محاكاة مونت كارلو في تحديد احتمال إنجاز المشروع ضمن الكلفة والمدة المخططة.           | 4.05            | 0.701             | 81.00%          | 3       | مرتفعة        |
|   | المتوسط العام للبُعد                                                                              | 4.08            | 0.612             | 81.60%          | —       | مرتفعة        |

يتضح من الجدول (٤ - ٢) أن المتوسط العام لبُعد محاكاة مونت كارلو بلغ (٤.٠٨) بانحراف معياري (٠.٦١٢)، وهو ما يعكس درجة موافقة مرتفعة من أفراد العينة على أهمية توظيف هذه التقنية في مشاريع النقل الحضرية، وقد جاءت الفقرة الثانية المتعلقة بتمثيل عدم اليقين في المرتبة الأولى بمتوسط (4.18).

#### (٢) التحليل الوصفي لبُعد الشبكات البيزية

##### جدول (٤ - ٣): المتوسطات الحسابية والانحرافات المعيارية لفقرات بُعد الشبكات البيزية

| م | الفقرة                                                                                    | المتوسط الحسابي | الانحراف المعياري | الأهمية النسبية | الترتيب | درجة الموافقة |
|---|-------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|-------------------|-----------------|---------|---------------|
| 5 | تُسهّم الشبكات البيزية في تمثيل العلاقات السببية بين عوامل الخطر في مشاريع النقل الحضرية. | 4.02            | 0.715             | 80.40%          | 2       | مرتفعة        |
| 6 | تُتيح الشبكات البيزية تحديث تقديرات المخاطر كلما توفرت بيانات جديدة عن المشروع.           | 4.09            | 0.687             | 81.80%          | 1       | مرتفعة        |
| 7 | تُساعد الشبكات البيزية في تتبع مسارات انتشار الخطر داخل أنشطة المشروع.                    | 3.91            | 0.742             | 78.20%          | 3       | مرتفعة        |
| 8 | تُمكن الشبكات البيزية من دمج المعرفة الخبيرة مع البيانات الكمية في إطار تحليلي موحد.      | 3.86            | 0.768             | 77.20%          | 4       | مرتفعة        |
|   | المتوسط العام للبُعد                                                                      | 3.97            | 0.638             | 79.40%          | —       | مرتفعة        |

يتبين من الجدول (٤ - ٣) أن المتوسط العام لبُعد الشبكات البيزية بلغ (٣.٩٧) بانحراف معياري (٠.٦٣٨)، وهو ما يعكس درجة موافقة مرتفعة على دور الشبكات البيزية في تحليل المخاطر، وقد احتلت فترة تحديث تقديرات المخاطر المرتبة الأولى بمتوسط (4.09).

### (3) التحليل الوصفي لبُعد تحليل الحساسية الاحتمالي

جدول (٤ - ٤): المتوسطات الحسابية والانحرافات المعيارية لفقرات بُعد تحليل الحساسية الاحتمالي

| م  | الفقرة                                                                               | المتوسط الحسابي | الانحراف المعياري | الأهمية النسبية | الترتيب | درجة الموافقة |
|----|--------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|-------------------|-----------------|---------|---------------|
| 9  | يُسهم تحليل الحساسية الاحتمالي في تحديد المتغيرات الأكثر تأثيراً على مخرجات المشروع. | 4.21            | 0.628             | 84.20%          | 1       | مرتفعة جداً   |
| 10 | يُتيح تحليل الحساسية الاحتمالي مقارنة الأثر النسبي لعدد من عوامل الخطر في وقت واحد.  | 4.07            | 0.696             | 81.40%          | 2       | مرتفعة        |
| 11 | يُسهم تحليل الحساسية الاحتمالي في توجيه الموارد الرقابية نحو المتغيرات الحرجة.       | 3.98            | 0.731             | 79.60%          | 3       | مرتفعة        |
| 12 | يُعزّز تحليل الحساسية الاحتمالي شفافية النموذج أمام أصحاب المصلحة في المشروع.        | 3.89            | 0.758             | 77.80%          | 4       | مرتفعة        |
|    | المتوسط العام للبُعد                                                                 | 4.04            | 0.621             | 80.80%          | —       | مرتفعة        |

يتضح من الجدول (٤ - ٤) أن المتوسط العام لبُعد تحليل الحساسية الاحتمالي بلغ (٤.٠٤) بانحراف معياري (٠.٦٣١)، وقد احتلت فترة تحديد المتغيرات الأكثر تأثيراً المرتبة الأولى بمتوسط (٤.٢١) وبدرجة موافقة مرتفعة جداً.

### (4) ترتيب أبعاد المتغير المستقل (النمذجة الاحتمالية)

جدول (٤ - ٥): ترتيب أبعاد المتغير المستقل وفق المتوسطات الحسابية

| م | البُعد                        | المتوسط الحسابي | الانحراف المعياري | الأهمية النسبية | الترتيب | درجة الموافقة |
|---|-------------------------------|-----------------|-------------------|-----------------|---------|---------------|
| 1 | محاكاة مونت كارلو             | 4.08            | 0.612             | 81.60%          | 1       | مرتفعة        |
| 2 | تحليل الحساسية الاحتمالي      | 4.04            | 0.621             | 80.80%          | 2       | مرتفعة        |
| 3 | الشبكات البيزية               | 3.97            | 0.638             | 79.40%          | 3       | مرتفعة        |
|   | المتوسط الكلي للمتغير المستقل | 4.03            | 0.586             | 80.60%          | —       | مرتفعة        |

### (5) التحليل الوصفي للمتغير التابع (تحليل مخاطر مشاريع النقل الحضرية)

جدول (٤ - ٦): المتوسطات الحسابية والانحرافات المعيارية لفقرات المتغير التابع

| م  | الفقرة                                                                              | المتوسط الحسابي | الانحراف المعياري | الأهمية النسبية | الترتيب | درجة الموافقة |
|----|-------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|-------------------|-----------------|---------|---------------|
| 13 | يُسهم تحليل المخاطر في الكشف المبكر عن عوامل تجاوز التكلفة في مشاريع النقل الحضرية. | 4.16            | 0.654             | 83.20%          | 2       | مرتفعة        |
| 14 | تُمكن أدوات تحليل المخاطر من تقدير الكلفة الاحتمالية للمشروع بصورة أكثر دقة.        | 4.09            | 0.681             | 81.80%          | 5       | مرتفعة        |
| 15 | يُسهم تحليل المخاطر في تحديد العوامل المؤدية إلى تجاوز الميزانية المعتمدة للمشروع.  | 4.02            | 0.708             | 80.40%          | 7       | مرتفعة        |
| 16 | يُتيح تحليل المخاطر بناء توزيعات احتمالية للمدة الزمنية الإجمالية للمشروع.          | 3.94            | 0.731             | 78.80%          | 9       | مرتفعة        |
| 17 | يُسهم تحليل المخاطر في تتبع مسارات التأخر الزمني داخل شبكة أنشطة المشروع.           | 4.07            | 0.692             | 81.40%          | 6       | مرتفعة        |
| 18 | تُساعد أدوات تحليل المخاطر في تحديد احتياطات زمنية واقعية للمشروع.                  | 3.98            | 0.715             | 79.60%          | 8       | مرتفعة        |

|    |                                                                              |      |       |        |    |        |
|----|------------------------------------------------------------------------------|------|-------|--------|----|--------|
| 19 | يُسهم تحليل المخاطر في الكشف عن انحرافات الأداء الفني قبل تفاقمها.           | 4.19 | 0.637 | 83.80% | 1  | مرتفعة |
| 20 | تُتيح أدوات تحليل المخاطر تقييم مدى مطابقة المشروع للمعايير الفنية المعتمدة. | 4.11 | 0.672 | 82.20% | 3  | مرتفعة |
| 21 | يُسهم تحليل المخاطر في تقدير احتمالات وقوع مخاطر السلامة خلال مراحل التنفيذ. | 4.10 | 0.689 | 82.00% | 4  | مرتفعة |
| 22 | يُعزّز تحليل المخاطر قدرة المشروع على الصمود في وجه الاضطرابات التشغيلية.    | 3.91 | 0.742 | 78.20% | 10 | مرتفعة |
|    | المتوسط العام للمتغير التابع                                                 | 4.06 | 0.598 | 81.20% | —  | مرتفعة |

ينضح من الجدول (٤ - ٦) أن المتوسط العام للمتغير التابع بلغ (٤.٠٦) بانحراف معياري (٠.٥٩٨)، وقد احتلت الفقرة (١٩) المتعلقة بالكشف عن انحرافات الأداء الفني المرتبة الأولى بمتوسط (٤.١٩)، وهو ما يعكس وعي أفراد العينة بأهمية تحليل المخاطر في حماية جودة المشاريع.

#### التحقق من اعتدالية التوزيع والازدواج الخطي

قبل إجراء اختبارات الانحدار، تحقق الباحث من شروط استخدام الأساليب الإحصائية المعلمية، وذلك باختبار اعتدالية توزيع البيانات وغياب الازدواج الخطي بين المتغيرات المستقلة.

#### جدول (٤ - ٧): نتائج اختبار كولموجوروف-سميرنوف ومعاملات تضخم التباين

| البُعد                   | قيمة Z | مستوى الدلالة | معامل التسامح (Tolerance) | معامل تضخم التباين (VIF) |
|--------------------------|--------|---------------|---------------------------|--------------------------|
| محاكاة مونت كارلو        | 1.124  | 0.160         | 0.512                     | 1.953                    |
| الشبكات البيزية          | 1.087  | 0.188         | 0.476                     | 2.101                    |
| تحليل الحساسية الاحتمالي | 1.156  | 0.138         | 0.534                     | 1.873                    |

تشير النتائج إلى أن مستويات الدلالة لاختبار كولموجوروف-سميرنوف جميعها أكبر من (٠.٠٥)، مما يعني أن البيانات تتبع التوزيع الطبيعي. كما أن قيم معامل تضخم التباين (VIF) لجميع الأبعاد أقل من (٥)، وقيم التسامح أكبر من (٠.٢٠)، وهو ما يدل على عدم وجود ازدواج خطي بين المتغيرات المستقلة.

#### اختبار فرضيات الدراسة

#### التحقق من الفرضية الرئيسية

الفرضية الرئيسية: يوجد أثر ذو دلالة إحصائية عند مستوى معنوية ( $\alpha \leq 0.05$ ) لاستخدام النمذجة الاحتمالية بأبعادها (محاكاة مونت كارلو، الشبكات البيزية، تحليل الحساسية الاحتمالي) على تحليل مخاطر مشاريع النقل الحضرية في المملكة العربية السعودية.

للتحقق من هذه الفرضية، تم استخدام تحليل الانحدار الخطي المتعدد (Multiple Regression) بهدف قياس تأثير أبعاد النمذجة الاحتمالية (كعوامل مستقلة) على تحليل مخاطر مشاريع النقل الحضرية (كعامل تابع). وقد جاءت نتائج التحليل كما يلي:

#### جدول (٤ - ٨): نتائج تحليل الانحدار المتعدد لأثر أبعاد النمذجة الاحتمالية على تحليل مخاطر مشاريع النقل الحضرية

| المتغيرات المستقلة        | معاملات الانحدار (B)      | قيمة اختبار T | مستوى الدلالة |
|---------------------------|---------------------------|---------------|---------------|
| (Constant) المقدار الثابت | 0.486                     | 3.247         | 0.001 **      |
| محاكاة مونت كارلو         | 0.412                     | 8.193         | 0.000 **      |
| الشبكات البيزية           | 0.358                     | 6.842         | 0.000 **      |
| تحليل الحساسية الاحتمالي  | 0.274                     | 5.116         | 0.000 **      |
| معامل الارتباط = ٠.٨٥٢    | معامل التحديد = ٠.٧٢٦     |               |               |
| قيمة الاختبار F = 305.617 | القيمة الاحتمالية = ٠.٠٠٠ |               |               |

المصدر: من إعداد الباحث بالاعتماد على مخرجات SPSS

تشير نتائج تحليل الانحدار المتعدد الموضحة في الجدول (٤ - ٨) إلى وجود علاقة تأثيرية دالة إحصائياً بين أبعاد النمذجة الاحتمالية كمتغيرات مستقلة، وتحليل مخاطر مشاريع النقل الحضرية كمتغير تابع. فقد بلغ معامل التحديد ( $R^2$ ) قيمة قدرها (٠.٧٢٦)، وهي نسبة مرتفعة تدل على أن (٧٢.٦٪) من التباين في كفاءة تحليل مخاطر مشاريع النقل الحضرية يمكن تفسيره من خلال المتغيرات الثلاثة المتعلقة بالنمذجة الاحتمالية، كما تشير قيمة معامل الارتباط ( $R = 0.852$ ) إلى وجود ارتباط قوي بين المتغيرات المدروسة. وتُعزّز قيمة ( $F = 305.617$ ) عند مستوى دلالة (٠.٠٠٠) من معنوية النموذج ككل في تفسير الفرضية.

أما على مستوى الأبعاد الفردية، فقد تبين أن بُعد "محاكاة مونت كارلو" هو الأكثر تأثيراً على تحليل مخاطر مشاريع النقل الحضرية، حيث بلغ معامل الانحدار له ( $B = 0.412$ )، وبلغت قيمة ( $T = 8.193$ ) بدلالة معنوية عالية. ( $\text{Sig.} = 0.000$ ) ويؤكد ذلك الدور الحاسم الذي تلعبه المحاكاة في توليد سيناريوهات احتمالية متعددة وتمثيل عدم اليقين المحيط بمتغيرات المشروع.

كما أظهرت النتائج أن بُعد "الشبكات البيزية" يساهم بصورة دالة في تفسير التباين في تحليل المخاطر بمعامل انحدار ( $B = 0.358$ ) وقيمة ( $T = 6.842$ )، مما يعكس أهمية تمثيل العلاقات السببية بين عوامل الخطر وتحديث المعتقدات في ضوء البيانات المتجددة. وأظهر بُعد "تحليل الحساسية الاحتمالي" أثراً دالاً كذلك ( $B = 0.274$ ) بقيمة ( $T = 5.116$ )، ما يشير إلى أن الكشف عن المتغيرات الأشد تأثيراً يُمثل رافداً مهماً في منظومة تحليل المخاطر داخل مشاريع النقل الحضرية. وبناءً على ذلك، تؤكد هذه النتائج صحة الفرضية الرئيسية للدراسة. ويتفرع منها الفروض التالية:

#### الفرضية الفرعية الأولى

يوجد أثر ذو دلالة إحصائية عند مستوى الدلالة ( $\alpha \leq 0.05$ ) لاستخدام النمذجة الاحتمالية على تحليل مخاطر تجاوز التكلفة في مشاريع النقل الحضرية بالملكة العربية السعودية. للتحقق من صحة هذا الفرض تم استخدام تحليل الانحدار الخطي البسيط (Linear Regression Test)، وجاءت النتائج كما هو موضح في الجدول التالي:

#### جدول (٤ - ٩): تحليل الانحدار الخطي البسيط لقياس أثر النمذجة الاحتمالية على مخاطر تجاوز التكلفة

| المتغير التابع      | ملخص النموذج                             | تحليل التباين ANOVA                             | المتغير المستقل    | المعاملات Coefficient                                        |
|---------------------|------------------------------------------|-------------------------------------------------|--------------------|--------------------------------------------------------------|
| مخاطر تجاوز التكلفة | معامل الارتباط $r$ / معامل التحديد $r^2$ | درجة الحرية $df$ / $F$ المحسوبة / $\text{Sig.}$ | النمذجة الاحتمالية | $B$ / الخطأ المعياري $T$ / $\text{Beta}$ / $\text{Sig.}$ $t$ |
|                     | 0.738 / 0.545                            | 1 / 416.872 / 0.000                             |                    | 0.682 / 0.033 / 0.738 / 20.418 / 0.000                       |

وللتحقق من هذه الفرضية، تم استخدام تحليل الانحدار الخطي البسيط (Simple Linear Regression) لقياس تأثير "النمذجة الاحتمالية" على "مخاطر تجاوز التكلفة" في مشاريع النقل الحضرية. وقد جاءت النتائج الإحصائية كما هو موضح في الجدول (٤ - ٩)، حيث بلغ معامل الارتباط ( $r = 0.738$ )، وهو ما يعكس وجود علاقة ارتباط موجبة قوية بين المتغيرين، كما بلغت قيمة معامل التحديد ( $R^2 = 0.545$ )، مما يشير إلى أن (٥٤.٥٪) من التباين في تحليل مخاطر تجاوز التكلفة يمكن تفسيره من خلال متغير النمذجة الاحتمالية.

وبالاطلاع على نتائج تحليل التباين (ANOVA)، نجد أن قيمة  $F$  المحسوبة بلغت (٤١٦.٨٧٢) بمستوى دلالة ( $\text{Sig.} = 0.000$ )، وهي قيمة دالة إحصائياً عند مستوى (٠.٠٠١)، مما يعزز من دلالة النموذج ككل في تفسير الفرضية. أما على مستوى معاملات الانحدار، فقد بلغ معامل التأثير ( $B = 0.682$ ) بقيمة ( $T = 20.418$ )، وهي أيضاً دالة عند مستوى ( $\text{Sig.} = 0.000$ )، ما يدل على أن أي زيادة بمقدار وحدة واحدة في توظيف النمذجة الاحتمالية تؤدي إلى زيادة

بمقدار (٠.٦٨٢) في كفاءة تحليل مخاطر تجاوز التكلفة، ضمن شروط النموذج. وبناءً على ما تقدم، تُقبل الفرضية الفرعية الأولى.

#### الفرضية الفرعية الثانية

يوجد أثر ذو دلالة إحصائية عند مستوى الدلالة ( $\alpha \leq 0.05$ ) لاستخدام النمذجة الاحتمالية على تحليل مخاطر التأخر الزمني في مشاريع النقل الحضرية بالمملكة العربية السعودية.

للتحقق من صحة هذا الفرض تم استخدام تحليل الانحدار الخطي البسيط (Linear Regression Test)، وجاءت النتائج كما هو موضح في الجدول التالي:

جدول (٤ - ١٠): تحليل الانحدار الخطي البسيط لقياس أثر النمذجة الاحتمالية على مخاطر التأخر الزمني

| المتغير التابع      | ملخص النموذج                             | تحليل التباين ANOVA                        | المتغير المستقل    | المعاملات Coefficient                        |
|---------------------|------------------------------------------|--------------------------------------------|--------------------|----------------------------------------------|
| مخاطر التأخر الزمني | معامل الارتباط $r$ / معامل التحديد $r^2$ | درجة الحرية $df$ / $F$ المحسوبة / $Sig. F$ | النمذجة الاحتمالية | $B$ / الخطأ المعياري $T$ / $Beta$ / $Sig. t$ |
|                     | 0.706 / 0.498                            | 1 / 345.213 / 0.000                        |                    | 0.647 / 0.035 / 0.706 / 18.580 / 0.000       |

وللتحقق من هذه الفرضية، تم استخدام تحليل الانحدار الخطي البسيط (Simple Linear Regression) لقياس تأثير "النمذجة الاحتمالية" على "مخاطر التأخر الزمني" في مشاريع النقل الحضرية. وقد جاءت النتائج الإحصائية كما هو موضح في الجدول (٤ - ١٠)، حيث بلغ معامل الارتباط ( $r = 0.706$ )، وهو ما يعكس وجود علاقة ارتباط موجبة قوية بين المتغيرين، كما بلغت قيمة معامل التحديد ( $R^2 = 0.498$ )، مما يشير إلى أن (٤٩.٨٪) من التباين في تحليل مخاطر التأخر الزمني يُمكن تفسيره من خلال متغير النمذجة الاحتمالية.

وبالاطلاع على نتائج تحليل التباين (ANOVA)، نجد أن قيمة  $F$  المحسوبة بلغت (٣٤٥.٢١٣) بمستوى دلالة ( $Sig. = 0.000$ )، وهي قيمة دالة إحصائياً عند مستوى (٠.٠١)، مما يعزز من دلالة النموذج ككل في تفسير الفرضية.

أما على مستوى معاملات الانحدار، فقد بلغ معامل التأثير ( $B = 0.647$ ) بقيمة (18.580)  $T$ ، وهي أيضاً دالة عند مستوى ( $Sig. = 0.000$ )، ما يدل على أن أي زيادة بمقدار وحدة واحدة في توظيف النمذجة الاحتمالية تؤدي إلى زيادة بمقدار (٠.٦٤٧) في كفاءة تحليل مخاطر التأخر الزمني، ضمن شروط النموذج. وبناءً على ما تقدم، تُقبل الفرضية الفرعية الثانية.

#### الفرضية الفرعية الثالثة

يوجد أثر ذو دلالة إحصائية عند مستوى الدلالة ( $\alpha \leq 0.05$ ) لاستخدام النمذجة الاحتمالية على تحليل مخاطر الجودة والسلامة في مشاريع النقل الحضرية بالمملكة العربية السعودية.

للتحقق من صحة هذا الفرض تم استخدام تحليل الانحدار الخطي البسيط (Linear Regression Test)، وجاءت النتائج كما هو موضح في الجدول التالي:

جدول (٤ - ١١): تحليل الانحدار الخطي البسيط لقياس أثر النمذجة الاحتمالية على مخاطر الجودة والسلامة

| المتغير التابع        | ملخص النموذج                             | تحليل التباين ANOVA                        | المتغير المستقل    | المعاملات Coefficient                        |
|-----------------------|------------------------------------------|--------------------------------------------|--------------------|----------------------------------------------|
| مخاطر الجودة والسلامة | معامل الارتباط $r$ / معامل التحديد $r^2$ | درجة الحرية $df$ / $F$ المحسوبة / $Sig. F$ | النمذجة الاحتمالية | $B$ / الخطأ المعياري $T$ / $Beta$ / $Sig. t$ |
|                       | 0.762 / 0.581                            | 1 / 482.394 / 0.000                        |                    | 0.715 / 0.033 / 0.762 / 21.963 / 0.000       |

وللتحقق من هذه الفرضية، تم استخدام تحليل الانحدار الخطي البسيط (Simple Linear Regression) لقياس تأثير “النمذجة الاحتمالية” على “مخاطر الجودة والسلامة” في مشاريع النقل الحضرية. وقد جاءت النتائج الإحصائية كما هو موضح في الجدول (٤ - ١١)، حيث بلغ معامل الارتباط ( $r = 0.762$ )، وهو ما يعكس وجود علاقة ارتباط موجبة قوية بين المتغيرين، كما بلغت قيمة معامل التحديد ( $R^2 = 0.581$ )، مما يشير إلى أن (٥٨.١٪) من التباين في تحليل مخاطر الجودة والسلامة يُمكن تفسيره من خلال متغير النمذجة الاحتمالية.

وبالاطلاع على نتائج تحليل التباين (ANOVA)، نجد أن قيمة F المحسوبة بلغت (٤٨٢.٣٩٤) بمستوى دلالة (Sig. = 0.000)، وهي قيمة دالة إحصائياً عند مستوى (٠.٠٠١)، مما يعزز من دلالة النموذج ككل في تفسير الفرضية. أما على مستوى معاملات الانحدار، فقد بلغ معامل التأثير ( $B = 0.715$ ) بقيمة (21.963) T، وهي أيضاً دالة عند مستوى (Sig. = 0.000)، ما يدل على أن أي زيادة بمقدار وحدة واحدة في توظيف النمذجة الاحتمالية تؤدي إلى زيادة بمقدار (٠.٧١٥) في كفاءة تحليل مخاطر الجودة والسلامة، ضمن شروط النموذج. وبناءً على ما تقدم، تُقبل الفرضية الفرعية الثالثة.

## نتائج الدراسة وتوصياتها

### تمهيد

يُمثل هذا الفصل خلاصة الجهد البحثي الذي بُذل في الفصول السابقة، إذ يستعرض أبرز النتائج التي توصلت إليها الدراسة في ضوء التحليل الإحصائي للبيانات الميدانية، ويُقدم تفسيراً علمياً لهذه النتائج مع ربطها بالإطار النظري والدراسات السابقة، ثم ينتقل إلى صياغة جملة من التوصيات العملية الموجهة للجهات المعنية بمشاريع النقل الحضرية في المملكة العربية السعودية، فضلاً عن طرح مقترحات لدراسات لاحقة تستكمل ما لم تتمكن الدراسة الحالية من تناوله.

### نتائج الدراسة

كشفت نتائج التحليل الإحصائي عن وجود أثر ذي دلالة إحصائية عند مستوى معنوية ( $\alpha \leq 0.05$ ) لاستخدام النمذجة الاحتمالية بأبعادها الثلاثة على تحليل مخاطر مشاريع النقل الحضرية في المملكة العربية السعودية، إذ بلغ معامل التحديد (٠.٧٢٦)، مما يعني أن النمذجة الاحتمالية تُفسّر ما نسبته (٧٢.٦٪) من التباين في كفاءة تحليل المخاطر. ويُعزى ذلك إلى أن النمذجة الاحتمالية تُمثل منظومة تحليلية متكاملة تستوعب الطابع غير المؤكد للمتغيرات المحيطة بالمشروع، وتُتيح لمتخذ القرار رؤية متعددة الأبعاد لاحتمالات المخاطر وآثارها، بدلاً من الاكتفاء بقيمة وحيدة قد تُخفي تذبذبات جوهرية. وتتسجم هذه النتيجة مع التوجه العام الذي طرحه بن عمار وبوقروشة (٢٠٢٠) في تأكيد دور المحاكاة الاحتمالية في تقييم المشاريع الاستثمارية، وتلتقي كذلك مع رؤية Canesi و Gallo (2025) في أن الأطر الاحتمالية تُقدم تمثيلاً واقعياً لبنية المخاطر المركبة في مشاريع البناء.

وأظهرت نتائج التحليل أن بُعد محاكاة مونت كارلو جاء في مقدمة الأبعاد المؤثرة على تحليل المخاطر، إذ بلغ معامل الانحدار له (٠.٤١٢)، وهو ما يُفسّر بأن محاكاة مونت كارلو تتميز بقدرتها الفائقة على توليد عدد كبير من السيناريوهات الافتراضية للمشروع في زمن وجيز، وعلى استيعاب مختلف أنواع التوزيعات الاحتمالية بما يعكس البنية الإحصائية الفعلية للمتغيرات. كما أن هذه التقنية باتت مألوفة لدى الكوادر الفنية في قطاع المشاريع السعودي بفضل سهولة دمجها في برمجيات إدارة المشروعات الرقمية، الأمر الذي يُعزّز من فاعليتها التطبيقية. وتتفق هذه النتيجة مع التوجه الذي عرضه بوداود (٢٠٢٣) في تحليل المخاطر الكمي عبر محاكاة مونت كارلو، وتتسجم كذلك مع ما طرحه Ariza Flores و Zavala (2025) من أن المحاكاة مع متغيرات الخطر المترابطة تُحسن دقة التقديرات في مشاريع البنية التحتية للنقل.

وفيما يخص بُعد الشبكات البيزية، فقد جاء في المرتبة الثانية بمعامل انحدار قدره (٠.٣٥٨)، وهو أثر دال إحصائياً يعكس قيمة هذه التقنية في تمثيل العلاقات السببية بين عوامل الخطر داخل مشاريع النقل الحضرية. ويرجع ذلك إلى أن الشبكات البيزية تنفرد بقدرتها على تحديث المعتقدات الاحتمالية كلما توافرت بيانات جديدة، وعلى دمج المعرفة الخبيرة بالبيانات الكمية

في إطار تحليلي واحد، وهو ما يُلائم البيئة السعودية التي تشهد تراكمًا متسارعًا للخبرات الفنية في مشاريع النقل. وتتسق هذه النتيجة مع ما طرحه Liu وآخرون (٢٠٢١) في تقييم مخاطر مشاريع السكك الحديدية الحضرية عبر الشبكات البيئية، وتلتقي مع ما توصل إليه Khodabakhshian وآخرون (٢٠٢٥) من أن الشبكات البيئية المعتمدة على آراء الخبراء تُمثل أداة فعّالة لتحديد المخاطر وتقييمها.

وجاء بُعد تحليل الحساسية الاحتمالي في المرتبة الثالثة بمعامل انحدار (٠.٢٧٤)، وهو أثر دال إحصائياً وإن جاء أقل نسبياً من البُعدين السابقين. ويُمكن تفسير ذلك بأن تحليل الحساسية الاحتمالي يُمثل في الغالب بُعداً مكملاً للبُعدين الآخرين، إذ يُستخدم بعد بناء النموذج الأساسي لاستكشاف المتغيرات الأشد تأثيراً، لا بوصفه أداة تشخيصية أولية مستقلة. كما أن إدراك أهميته يستلزم نضجاً فنياً في فرق المشاريع لاستيعاب مفاهيم مؤشرات الحساسية والتوزيعات الشرطية، وهو نضج لا يزال في طور التكون في بعض الشركات. وتتقاطع هذه النتيجة مع ما عرضه Senić وآخرون (٢٠٢٤) في تطوير نماذج تكميم المخاطر لمشاريع البنية التحتية للطرق، التي أبرزت دور تحليل الحساسية في الكشف عن المتغيرات الحرجة. وعلى مستوى الفرضيات الفرعية، كشفت النتائج عن وجود أثر دال إحصائياً للنمذجة الاحتمالية على تحليل مخاطر تجاوز التكلفة بمعامل تحديد بلغ (٠.٥٤٥)، وهو ما يُفسّر بأن مخاطر التكلفة تنطوي في طبيعتها على عدد كبير من المتغيرات القابلة للقياس الكمي مثل أسعار المواد وأجور العمالة وتكاليف المعدات، وهي متغيرات تتلاءم مع منطق التوزيعات الاحتمالية والمحاكاة. وتلتقي هذه النتيجة مع التوجه الذي طرحه الشهري والطلحي وآخرون (٢٠٢٢) في رصد العوامل المؤدية إلى تجاوز التكلفة في مشاريع البناء السعودية، وتتسجم مع ما عرضه Canesi و Gallo (2025) في إطار النمذجة الاحتمالية لتجاوزات التكلفة.

كما أظهرت النتائج وجود أثر دال إحصائياً للنمذجة الاحتمالية على تحليل مخاطر التأخر الزمني بمعامل تحديد (٠.٤٩٨)، وهو ما يُعزى إلى قدرة النماذج الاحتمالية على تمثيل التداخل بين أنشطة المشروع عبر شبكات الجدولة، وعلى تتبع مسارات انتشار التأخر داخل المسار الحرج. غير أن النسبة جاءت أقل من بُعد التكلفة، وقد يُفسّر ذلك بأن مخاطر التأخر تتأثر بعوامل خارجية يصعب تكميمها مثل التراخيص الحكومية والظروف الجوية والاضطرابات اللوجستية. وتتفق هذه النتيجة مع التوجه الذي قدّمه Chen وآخرون (٢٠٢١) في الاستدلال البيزي لمخاطر جدولة مشاريع البناء، وتتقاطع مع رؤية Nguyen وآخرون (٢٠٢٤) في تشخيص المخاطر المؤدية إلى تجاوزات الكلفة والزمن في مشاريع السكك الحديدية الحضرية. وفي السياق ذاته، كشفت النتائج عن وجود أثر دال إحصائياً للنمذجة الاحتمالية على تحليل مخاطر الجودة والسلامة بمعامل تحديد بلغ (٠.٥٨١)، وهو الأعلى بين الفرضيات الفرعية الثلاث. ويُمكن تفسير ذلك بأن مخاطر الجودة والسلامة تتسم بالحساسية الفنية الفائقة، ومن ثم تحتاج إلى أدوات تحليلية متقدمة تستوعب الطابع الغامض لبعض متغيراتها، خاصة المرتبطة بتقدير احتمالات الحوادث ومستويات المطابقة للمعايير. كما أن قطاع النقل الحضري السعودي يُولي اهتماماً متزايداً بمعايير الجودة والسلامة في ضوء التزامات رؤية المملكة ٢٠٣٠ والمعايير الدولية المعتمدة. وتلتقي هذه النتيجة مع ما طرحه Wang وآخرون (٢٠٢٣) في تقييم مخاطر الجودة لمشاريع السكك الحديدية الحضرية عبر نماذج السحابة الامتدادية، وتتسجم مع التوجه الذي عرضه Taghizadeh و Mahsuli (2025) في النمذجة الاحتمالية لمرونة منظومات النقل. وقد أبرز التحليل الوصفي أن متوسط استجابات أفراد العينة على المتغير المستقل بأبعاده الثلاثة جاء مرتفعاً (٤.٠٣)، وأن متوسط استجاباتهم على المتغير التابع جاء مرتفعاً كذلك (٤.٠٦)، وهو ما يكشف عن وعي متقدم لدى الكوادر الفنية والإدارية بأهمية النمذجة الاحتمالية وبدورها المحوري في تحليل المخاطر. ويُعزى هذا الوعي إلى التحولات التي يشهدها قطاع المشاريع السعودي نحو تبني الأدوات التحليلية المتقدمة، وإلى الاستثمار المتنامي في تأهيل الكوادر البشرية. وتتسق هذه القراءة مع ما طرحه أحمد (٢٠٢٦) في دراسته لأثر إدارة المخاطر على جودة المشاريع الهندسية السعودية، وتلتقي مع ما عرضه الزهراني وعبد الله (٢٠٢٤) في أثر استراتيجيات إدارة المخاطر على نجاح المشروعات.

ومن النتائج اللافتة كذلك أن المتوسطات الحسابية لفقرات الاستبانة لم تنزل عن مستوى الموافقة المرتفعة في أي فقرة، وهو ما يدل على اتساق التوجه الإيجابي لدى أفراد العينة تجاه قيمة النمذجة الاحتمالية. ويُفسّر ذلك بأن طبيعة العمل في مشاريع النقل الحضرية تفرض على الكوادر التعامل اليومي مع مستويات مرتفعة من عدم اليقين، الأمر الذي يجعلها أكثر استعداداً لتقدير الأدوات التحليلية القادرة على معالجة هذا الواقع. وتتسجم هذه القراءة مع ما طرحه فاضل (٢٠٢٣) في تأكيد أهمية استراتيجيات الاستجابة للمخاطر، وتلتقي مع ما عرضه عيسى (٢٠٢٤) في المراجعة المنهجية لتكامل إدارة المشاريع وإدارة المخاطر.

وتُشير النتائج كذلك إلى أن العلاقة بين المتغيرين تتسم بالقوة والاتجاه الإيجابي، إذ بلغ معامل الارتباط بين المتغير المستقل والتابع (٠.٨٥٢)، وهي قيمة تعكس ترابطاً وثيقاً يستحق التوظيف المؤسسي. ويُعزى ذلك إلى أن النمذجة الاحتمالية لا تكفي بتقديم معلومة فنية، بل تُمثّل لغة قرار تربط بين الجوانب التحليلية والإدارية والاستراتيجية. وتتسجم هذه القراءة مع التوجه الذي قدّمه مرزوق (٢٠٢٤) في أثر إدارة مخاطر سلسلة التوريد على أداء مشاريع البناء السعودية، وتلتقي مع ما طرحه Hriday (2022) في التقييم الكمي لمخاطر مشاريع البنية التحتية للسكك الحديدية عبر دمج المحاكاة والمنطق الضبابي. ومن النتائج التي تستحق التأمل كذلك أن بُعد الشبكات البيزية، رغم احتلاله المرتبة الثانية في الترتيب الإحصائي، يحمل في طياته فرصاً تطويرية كبرى للقطاع، إذ لا يزال هذا البُعد في طور الانتشار المؤسسي مقارنة بمحاكاة مونت كارلو. ويُعزى ذلك إلى أن الشبكات البيزية تتطلب كوادر متخصصة في الإحصاء البيزي وفي بناء الرسوم البيانية السببية، فضلاً عن استثمار في بناء قواعد بيانات تاريخية تخدم تقدير الاحتمالات الشرطية. وتلتقي هذه القراءة مع ما طرحه جبر والشوابكة (٢٠٢٥) في الدور المعدّل لتحليلات البيانات الضخمة في علاقة إدارة المخاطر بنجاح المشاريع، وتتسجم مع ما عرضه Erfani و Cui (2022) في النمذجة التنبؤية لمشاريع النقل الكبرى استناداً إلى البيانات التاريخية.

وكشفت النتائج كذلك أن التأثير الأعلى للنمذجة الاحتمالية ظهر في بُعد مخاطر الجودة والسلامة، وهو ما يحمل دلالة استراتيجية، إذ يعكس أن أكثر المجالات استفادة من الأدوات الاحتمالية في القطاع السعودي هي تلك المتصلة بحماية حياة المستخدمين والعاملين وبضمان المطابقة الفنية. ويُفسّر ذلك بأن مشاريع النقل الحضرية تُمثّل بنية تحتية ذات أثر اجتماعي مباشر، وأن الجهات الرقابية باتت تطالب بأدلة كمية على مستويات الجودة والسلامة. وتتسجم هذه القراءة مع ما طرحه العلوان والحياصات (٢٠٢٢) في أثر إدارة المخاطر على جودة المشاريع الإنشائية الهندسية، وتلتقي مع ما عرضه رحاحلة وحوادق (٢٠٢٣) في تقييم مخاطر مشاريع البنية التحتية.

وأخيراً، تجدر الإشارة إلى أن النتائج التي توصلت إليها الدراسة لا تنفصل عن السياق المؤسسي الذي تعمل فيه شركات النقل الحضري بالمملكة، إذ يلعب توفر البنية التحتية الرقمية ووجود فرق متعددة التخصصات وثقافة تنظيمية داعمة لإدارة المخاطر دوراً محورياً في تعظيم العائد من توظيف النمذجة الاحتمالية. ويُمكن تفسير الفروق في معاملات التأثير بين الأبعاد الفرعية في ضوء هذا السياق، إذ تتفاوت قدرات الشركات في تبني التقنيات الأكثر تقدماً. وتلتقي هذه القراءة مع ما طرحه بوديار (٢٠٢٥) في دراسته الميدانية لإدارة المخاطر في مؤسسات الأشغال العمومية، وتتسجم مع ما عرضه حج محمد (٢٠٢٥) في تحليل المخاطر غير التقنية في مشاريع إعادة الإعمار.

### توصيات الدراسة

في ضوء ما تقدّم، تُقدّم الدراسة جملة من التوصيات الموجهة للجهات الحكومية والشركات والكوادر الفنية والإدارية في قطاع مشاريع النقل الحضرية بالمملكة العربية السعودية، وفيما يلي عرض لهذه التوصيات:

- العمل على دمج النمذجة الاحتمالية في منظومة إدارة المشاريع داخل الشركات والجهات المنفذة لمشاريع النقل الحضرية، عبر إصدار سياسات داخلية تُلزم فرق التخطيط باستخدام أدوات المحاكاة الاحتمالية في تقدير الكلفة والمدد الزمنية لأي مشروع تتجاوز ميزانيته حداً معيناً.

- إنشاء وحدات متخصصة في إدارة المخاطر داخل الشركات الكبرى المنفذة لمشاريع النقل، تجمع بين الكفاءات الإحصائية والهندسية والإدارية، وتتولى مهام بناء النماذج الاحتمالية ومراجعتها وتحديثها بصورة مستمرة.
- الاستثمار في بناء قواعد بيانات تاريخية وطنية لمشاريع النقل الحضرية، تتضمن بيانات الكلفة والزمن والجودة والحوادث، بحيث تُمثل المرجع الذي يُغذي النماذج الاحتمالية بمعلومات إحصائية موثوقة تُحسن دقة التقديرات.
- تطوير برامج تدريبية متخصصة في النمذجة الاحتمالية للكوادر الفنية والإدارية العاملة في مشاريع النقل، بالتعاون مع الجامعات السعودية ومراكز التدريب المتخصصة، بحيث تشمل البرامج محاكاة مونت كارلو والشبكات البيزية وتحليل الحساسية الاحتمالي.
- توسيع توظيف الشبكات البيزية في تحليل المخاطر المركبة لمشاريع النقل الحضرية، باعتبارها أداة قادرة على استيعاب العلاقات السببية بين عوامل الخطر، مع تخصيص استثمارات لبناء برمجيات وطنية متخصصة في هذا المجال.
- إدماج تحليل الحساسية الاحتمالي في تقارير المشاريع الدورية المرفوعة إلى الجهات الرقابية والممولة، بحيث يكشف عن المتغيرات الأشد تأثيراً في كل مرحلة من مراحل المشروع، ويوجّه القرارات الرقابية نحو هذه المتغيرات.
- ربط احتساب الاحتماليات المالية والزمنية في مشاريع النقل الحضرية بمستويات الثقة المستخرجة من النماذج الاحتمالية، بدلاً من اعتماد نسب ثابتة قد لا تعكس واقع المخاطر، بما يُحقق توازناً بين الكفاءة الاقتصادية والحماية من المخاطر.
- تعزيز التكامل بين النمذجة الاحتمالية ونمذجة معلومات البناء (BIM) والمنصات الرقمية لإدارة المشاريع، بحيث تُصبح النماذج الاحتمالية جزءاً من بيئة عمل متكاملة تتيح التحديث الفوري والمحاكاة المستمرة طوال دورة حياة المشروع.
- توجيه اهتمام خاص نحو توظيف النمذجة الاحتمالية في تحليل مخاطر الجودة والسلامة بمشاريع النقل الحضرية، عبر بناء نماذج متخصصة لتقييم احتمالات الحوادث ومستويات المطابقة الفنية، انسجاماً مع المعايير الدولية وأهداف رؤية المملكة ٢٠٣٠.
- إصدار دليل وطني استرشادي لإدارة مخاطر مشاريع النقل الحضرية، يُؤكّد المصطلحات والمنهجيات والممارسات بين الجهات المختلفة، ويُحدد متطلبات الإفصاح الاحتمالي عن المخاطر في وثائق المناقصات والعقود.
- تطوير منظومة الحوكمة المؤسسية لإدارة المخاطر في الشركات المنفذة لمشاريع النقل، بحيث تشمل أدواراً واضحة للمراجعة الداخلية في التحقق من سلامة النماذج الاحتمالية وكفاءتها، وفي إعداد تقارير دورية للإدارة العليا.
- تشجيع البحث العلمي التطبيقي المشترك بين الجامعات السعودية وشركات النقل الحضري في مجال النمذجة الاحتمالية، عبر منح بحثية مخصصة لتطوير نماذج محلية تستجيب لخصوصية البيئة السعودية وتعكس واقع مشاريعها.
- تبني مقاربات هجينة في تحليل المخاطر تجمع بين النمذجة الاحتمالية والمنطق الضبابي والذكاء الاصطناعي، للاستفادة من نقاط القوة في كل مقارنة ومعالجة محدوديات النماذج البحثية في التعامل مع الغموض اللغوي والمعرفي.
- مراعاة الطابع المنظومي لمشاريع النقل الحضرية عند بناء النماذج الاحتمالية، عبر استيعاب التفاعلات بين المشروع وبقية مكونات منظومة النقل والبيئة الحضرية، بما يُسهم في بناء مشاريع أكثر مرونة وأكثر انسجاماً مع متطلبات الاستدامة.
- نشر ثقافة التحليل الاحتمالي للمخاطر بين أصحاب المصلحة في مشاريع النقل الحضرية، عبر برامج توعية موجهة للجهات الحكومية والممولين والمقاولين والاستشاريين، بما يُعزّز التفاهم المشترك حول مخرجات النماذج الاحتمالية ودلالاتها الإدارية.

#### مقترحات لدراسات مستقبلية

في ضوء ما تناولته الدراسة الحالية وما لم تتمكن من معالجته بحكم حدودها، تُقترح جملة من المسارات البحثية اللاحقة التي يمكن أن تُكمل المشهد المعرفي في هذا الميدان:

- إجراء دراسة مقارنة بين فاعلية النمذجة الاحتمالية في مشاريع النقل الحضرية وفعاليتها في أنماط أخرى من مشاريع البنية التحتية، كمشاريع الطاقة والمياه والاتصالات، للكشف عن مدى تأثير النتائج بطبيعة القطاع.
- بحث الدور المعدل لتحليلات البيانات الضخمة والذكاء الاصطناعي في تعزيز أثر النمذجة الاحتمالية على تحليل مخاطر مشاريع النقل الحضرية.
- بحث دور الثقافة التنظيمية والحوكمة المؤسسية في تعزيز فاعلية النمذجة الاحتمالية، عبر دراسة الفروق بين الشركات ذات الثقافات التنظيمية المختلفة.
- دراسة العلاقة بين النمذجة الاحتمالية ومرونة منظومات النقل الحضرية في مواجهة الأزمات والاضطرابات، بما يخدم بناء بنية تحتية أكثر استدامة.
- إجراء دراسات تطبيقية متعمقة على مشاريع نقل حضرية بعينها بالملكة، باعتماد منهجية دراسة الحالة، للكشف عن العوامل التفصيلية المؤثرة في توظيف النمذجة الاحتمالية وفي مخرجاتها.

## المراجع

### المراجع العربية

- ❖ . الشهري، س.، الطلحي، م.، وآخرون. (٢٠٢٢). عوامل المخاطر المؤدية إلى تجاوز التكلفة والوقت في مشاريع البناء بالمملكة العربية السعودية. مجلة المباني (Buildings)، ١٢(٧)، المقالة ٩٠٢.  
<https://doi.org/10.3390/buildings12070902>
- ❖ أحمد، أيمن إبراهيم عبدالله. (٢٠٢٦). أثر إدارة المخاطر على جودة المشاريع الهندسية: المشاريع الهندسية في المملكة العربية السعودية نموذجاً. مجلة إدارة المخاطر والأزمات، مج ٧، ع ١، ٣٧ - ٥٩. مسترجع من  
<http://search.mandumah.com/Record/1679684>
- ❖ بن عمار، م.، وبوقروشة، ر. (٢٠٢٠). استخدام نموذج مونت كارلو للمحاكاة في تقييم المشاريع الاستثمارية. مجلة الاقتصاد والتنمية البشرية، ١١(١)، ٢٣٠-٢٤٧.  
<https://asjp.cerist.dz/en/article/151434>
- ❖ بوداود، خ. (٢٠٢٣). التحليل الكمي للمخاطر باستخدام طريقة محاكاة Monte Carlo: دراسة حالة المديرية الجهوية لشركة التأمين SAA بالبلدية. مجلة معهد العلوم الاقتصادية، ٢٦(٢)، ١٥٣-١٧٤.  
<https://asjp.cerist.dz/en/article/235412>
- ❖ بوديار، ب. (٢٠٢٥). إدارة المخاطر في مؤسسات الأشغال العمومية: دراسة ميدانية. رسالة ماستر مهني، جامعة قالمة، ١-٩٢.  
<https://dspace.univ>
- ❖ جبر، هيثم عمار، و الشوابكة، روان عودة خلف. (٢٠٢٥). أثر إدارة المخاطر على نجاح المشاريع في شركات المقاولات العراقية: الدور المعدل لتحليلات البيانات الضخمة (رسالة ماجستير غير منشورة). جامعة عمان الأهلية، السلط. مسترجع من  
<http://search.mandumah.com/Record/1611658>
- ❖ حج محمد، محمد بن هائل. (٢٠٢٥). إدارة المخاطر غير التقنية في مشاريع إعادة إعمار سوريا: نموذج مدمج وتحليل استراتيجي. مجلة جامعة الزيتونة الدولية، ع ٤١، ١٣٦ - ١٤٨. مسترجع من  
<http://search.mandumah.com/Record/1649581>
- ❖ الحمراي، أ. (٢٠٢١). مشكلات النقل الحضري في العراق وآليات معالجتها. مجلة العلوم الاقتصادية والتسيير والعلوم التجارية، ١٤(٢)، ٥٦-٧٥.  
<https://asjp.cerist.dz/en/article/201692>
- ❖ رحاحلة، آ.، وحوادق، ع. (٢٠٢٣). تقييم المخاطر في مشاريع البنية التحتية. مجلة جامعة الأمير عبد القادر للعلوم الإسلامية، ٣٧(١)، ٢٤٥-٢٧٢.  
<https://www.researchgate.net/publication/373683462>
- ❖ الزهراني، م.، وعبد الله، ف. (٢٠٢٤). أثر تطبيق استراتيجيات إدارة المخاطر على نجاح المشروعات. المجلة العربية للنشر العلمي، ٣١(٣)، ١٢-٣٨.  
<https://www.ajsp.net/research>
- ❖ الشوابكة، معتز زيد محمد، و غنيم، رحاب صلاح الدين. (٢٠٢١). استخدام نمذجة معلومات البناء في تحسين عملية التصميم الداخلي (رسالة ماجستير غير منشورة). جامعة عمان الأهلية، السلط. مسترجع من  
<http://search.mandumah.com/Record/1229379>
- ❖ العلوان، شذى علي موسى، و الحياصات، إياد بشير عبدالكريم. (٢٠٢٢). أثر إدارة المخاطر على جودة المشاريع الإنشائية الهندسية: دراسة تطبيقية على المشاريع الإنشائية الهندسية في الأردن (رسالة ماجستير غير منشورة). جامعة البلقاء التطبيقية، السلط. مسترجع من  
<http://search.mandumah.com/Record/1303038>
- ❖ عيسى، ف. م. (٢٠٢٤). مراجعة منهجية: إدارة المشاريع وإدارة المخاطر. مجلة الإدارة وريادة الأعمال، ٨(٢)، ١٤٥-١٦٨.  
<https://core.ac.uk/download/642334934.pdf>

- ❖ فاضل، حسن. (٢٠٢٣). إدارة المخاطر في المشاريع واستراتيجيات الاستجابة. مجلة دفاتر قانونية، ٢٤ع ، ١٦٩ - ٢٠٣. مسترجع من <http://search.mandumah.com/Record/1409023>
- ❖ مكحل، لميس عاهد إبراهيم، و الشراري، حاكم ضيف الله. (٢٠٢٤). أثر عمليات إدارة المخاطر على نجاح المنهجيات المختلفة لإدارة المشاريع: دراسة مقارنة بين نموذجي الشلال والرشيق (رسالة ماجستير غير منشورة). جامعة عمان الأهلية، السلط. مسترجع من <http://search.mandumah.com/Record/1590365>
- ❖ الهادي، م. (٢٠٢٥). مدخل مقترح لتقييم دور المراجعة الداخلية في إدارة المخاطر. المجلة العلمية للدراسات التجارية والبيئية، ١٦(١)، ٤٢-١. [https://journals.ekb.eg/article\\_434233](https://journals.ekb.eg/article_434233)

#### المراجع الأجنبية

- ❖ Ariza Flores, V. A., & Zavala Ascaño, G. (2025). Stochastic cost estimation in transportation infrastructure projects using Monte Carlo simulation and correlated risk variables. *Future Transportation*, 5(4), 176. <https://doi.org/10.3390/futuretransp5040176>
- ❖ Canesi, R., & Gallo, B. (2025). Probabilistic risk assessment framework for cost overruns in construction projects: PRIMoS. *Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering*, 40(8), 1125–1142. <https://doi.org/10.1111/mice.70100>
- ❖ Chen, L., Lu, Q., Li, S., He, W., & Yang, J. (2021). Bayesian Monte Carlo simulation–driven approach for construction schedule risk inference. *Journal of Management in Engineering*, 37(2), 04020115. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)ME.1943-5479.0000887](https://doi.org/10.1061/(ASCE)ME.1943-5479.0000887)
- ❖ Hriday, M. S. H. (2022). Quantitative risk assessment of rail infrastructure projects using Monte Carlo simulation and fuzzy logic. *American Journal of Advanced Technology and Engineering Solutions*, 2(01), 55-87.
- ❖ Khodabakhshian, A., Puolitaival, T., & Kestle, L. (2025). Probabilistic risk identification and assessment model for construction projects using elicitation-based Bayesian network. *Journal of Information Technology in Construction (ITcon)*, 30, 158–183. [https://www.itcon.org/papers/2025\\_09-ITcon-Khodabakhshian.pdf](https://www.itcon.org/papers/2025_09-ITcon-Khodabakhshian.pdf)
- ❖ Liu, J., Jiao, Y., & Guo, Y. (2021). Risk assessment of urban rail transit PPP project construction based on Bayesian network. *Sustainability*, 13(20), Article 11507. <https://doi.org/10.3390/su132011507>
- ❖ Liu, Z., Jiao, Y., Li, A., & Liu, X. (2021). Risk assessment of urban rail transit PPP project construction based on bayesian network. *Sustainability*, 13(20), 11507
- ❖ Moselhi, O., & Roghabadi, M. A. (2020). Risk quantification using fuzzy-based Monte Carlo simulation. *Journal of Information Technology in Construction (ITcon)*, 25, 87–98. <https://doi.org/10.36680/j.itcon.2020.006>
- ❖ Senić, A., Dobrodolac, M., & Stojadinović, Z. (2024). Development of risk quantification models in road infrastructure projects. *Sustainability*, 16(17), Article 7694. <https://doi.org/10.3390/su16177694>
- ❖ Taghizadeh, M., & Mahsuli, M. (2025). Probabilistic Modeling of the Risk and Resilience of Transportation Systems for Community Resilience Analysis. *Reliability Engineering & System Safety*, 112073
- ❖ Wang, Q., Zhang, Y., & Li, H. (2023). Quality risk evaluation of urban rail transit construction based on extension cloud model. *Advances in Civil Engineering*, 2023, Article 2187071. <https://doi.org/10.1155/2023/2187071>