

إدارة مخاطر التغيرات البيئية في مشاريع الطرق
**Managing Environmental Change Risks in Road
Projects**

اسم الطالب
عمير عمر داوود الانصاري

الرقم الجامعي
2021205771

مشروع التخرج - 1 كلية
الإدارة - جامعة ميدأوشن

إشراف
د. منى مصطفى العشري
عضو هيئة التدريس - كلية الإدارة - جامعة ميدأوشن

الفصل الدراسي الثاني - 2024

الشكر والتقدير

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

"أود أن أعبر عن عميق امتناني وشكري لكل من ساهم في إنجاز هذا البحث. أتوجه بالشكر إلى أستاذتي العزيزة، د. منى مصطفى العشري، على توجيهاتها القيمة ودعمها المستمر. كما أود أن أشكر زملائي وأصدقائي على الدعم والمساندة التي قدموها لي. وأخيراً، أوجه جزيل الشكر لعائلتي الكريمة على تشجيعهم ودعائهم المتواصل."

إهداء

"إلى كل من يسعى بجد لتحقيق التنمية المستدامة وحماية البيئة، وإلى أسرتي العزيزة التي دعمتني وساندتني في كل خطوة على طول مسيرتي، وإلى أستاذتي الكريمة د. منى مصطفى العشري، التي كانت مصدر إلهام وتوجيه مستمر، أهدي هذا العمل بكل احترام وتقدير."

الفصل الأول: الإطار العام للدراسة

المقدمة:

تعد مشاريع الطرق من الركائز الأساسية للبنية التحتية التي تساهم بشكل كبير في التنمية الاقتصادية والاجتماعية للمجتمعات. فهي تسهل حركة البضائع والأفراد، وتربط المدن والقرى، وتدعم الأنشطة الاقتصادية المختلفة. إلا أن هذه المشاريع تواجه تحديات كبيرة بسبب التغيرات البيئية المتسارعة التي يشهدها العالم اليوم. تتضمن هذه التغيرات التغير المناخي، التلوث البيئي، وفقدان التنوع البيولوجي، مما يستدعي ضرورة تطوير استراتيجيات فعالة لإدارة المخاطر البيئية المرتبطة بهذه المشاريع.

تتجلى مشكلة البحث في كيفية التعامل مع المخاطر البيئية التي تهدد مشاريع الطرق وتؤثر على استدامتها وكفاءتها. فالتغيرات المناخية، مثل ارتفاع درجات الحرارة وزيادة معدلات الأمطار، يمكن أن تؤدي إلى تآكل الطرق وتسبب الفيضانات والانهيئات الأرضية. بالإضافة إلى ذلك، يسهم التلوث البيئي، الناجم عن العوادم الصناعية وعوادم المركبات، في تدهور جودة الهواء والمياه، مما ينعكس سلباً على صحة الإنسان والبيئة الطبيعية.

تتبع أهمية هذا البحث من الحاجة الماسة إلى تطوير نماذج وآليات لإدارة المخاطر البيئية في مشاريع الطرق. فالإدارة الفعالة لهذه المخاطر لا تساهم فقط في تحسين أداء المشاريع وضمان استدامتها، بل تسهم أيضاً في حماية البيئة والحفاظ على الموارد الطبيعية. يقدم هذا البحث إطاراً شاملاً لفهم التحديات البيئية التي تواجه مشاريع الطرق ويقترح حلولاً عملية تستند إلى أحدث التقنيات والابتكارات في مجال إدارة البيئة.

يساهم هذا البحث في إثراء المعرفة العلمية المتعلقة بإدارة المخاطر البيئية في مشاريع الطرق. فهو يقدم رؤى جديدة ومفاهيم متقدمة يمكن أن تساهم في تطوير نظريات وممارسات جديدة في هذا المجال. كما يوفر البحث قاعدة بيانات قيمة يمكن استخدامها في الدراسات المستقبلية لتقييم فعالية الاستراتيجيات المقترحة.

على المستوى العملي، يقدم هذا البحث توصيات واضحة وقابلة للتنفيذ لإدارة المخاطر البيئية في مشاريع الطرق. يمكن للمسؤولين والمخططين في القطاعين العام والخاص الاستفادة من هذه التوصيات لتطوير استراتيجيات فعالة ومستدامة. كما يمكن للمجتمعات المحلية والمؤسسات البيئية استخدام النتائج والتوصيات لتحسين السياسات البيئية وزيادة الوعي بأهمية الحفاظ على البيئة.

❖ مشكلة البحث:

تتجلى مشكلة البحث في كيفية التعامل مع المخاطر البيئية التي تهدد مشاريع الطرق وتؤثر على استدامتها وكفاءتها تشمل هذه المخاطر:

- ١- التغيرات المناخية: ارتفاع درجات الحرارة وزيادة معدلات الأمطار يمكن أن يؤدي إلى تآكل الطرق وتسبب الفيضانات والانهيئات الأرضية هذا يساهم في زيادة تكاليف الصيانة والإصلاح ويقلل من عمر الطرق الافتراضي لا تؤثر هذه التغيرات فقط على البنية التحتية المادية بل تمتد أيضًا لتؤثر على سلامة المستخدمين وقدرتهم على التنقل بأمان.
 - ٢- التلوث البيئي: التلوث الناتج عن العوادم الصناعية وعوادم المركبات يساهم في تدهور جودة الهواء والمياه. يؤثر ذلك سلبيًا على صحة الإنسان والبيئة الطبيعية و التعرض المستمر للملوثات الهوائية يمكن أن يؤدي إلى مشاكل صحية خطيرة مثل أمراض الجهاز التنفسي والقلب مما يشكل عبئًا إضافيًا على النظام الصحي. كما يؤدي تلوث المياه إلى تأثيرات سلبية على الحياة البرية والنباتية مما يهدد التنوع البيولوجي ويضعف النظم البيئية.
 - ٣- التحديات الحضرية: تعتبر المناطق الحضرية الأكثر عرضة لهذه المخاطر بسبب زيادة كثافة حركة المرور والنشاط الصناعي مما يفاقم من مستويات التلوث تواجه هذه المناطق تحديات إضافية تتعلق بزيادة الضغط على البنية التحتية للطرق والحاجة إلى تحسين وسائل النقل العام وتقليل الاعتماد على المركبات الخاصة.
- للتعامل مع هذه المشكلات يتطلب الأمر تخطيطًا حضريًا مستدامًا يأخذ في الاعتبار الأبعاد البيئية ويعمل على تقليل الأثر البيئي لمشاريع الطرق.

❖ الفجوات النظرية:

- رغم التقدم الكبير في الدراسات المتعلقة بإدارة المخاطر البيئية في مشاريع الطرق، إلا أن هناك العديد من الفجوات النظرية التي تحتاج إلى معالجة من بين هذه الفجوات:
- نقص النماذج الشاملة: على الرغم من وجود دراسات متعددة تركز على جوانب معينة من المخاطر البيئية، إلا أن هناك نقصاً في النماذج الشاملة التي تربط بين أنواع المخاطر المختلفة وتأثيراتها التراكمية على مشاريع الطرق. معظم النماذج الحالية تتعامل مع نوع واحد من المخاطر البيئية دون الأخذ في الاعتبار التداخلات بين التغير المناخي، التلوث، وفقدان التنوع البيولوجي.
 - تباين في التطبيقات النظرية: تختلف التطبيقات النظرية لإدارة المخاطر البيئية بشكل كبير بين الدراسات، مما يؤدي إلى عدم وضوح المفاهيم الأساسية والإستراتيجيات المثلى. بعض الدراسات تركز على نماذج رياضية بينما تركز أخرى على النماذج البيئية، مما يبرز الحاجة إلى تكامل هذه النماذج لتطوير نظريات أكثر شمولية وفعالية الهواري، عبد الرحمن (2011).
 - تحديات توظيف التقنيات الحديثة: على الرغم من وجود تقنيات حديثة في مجال إدارة المخاطر البيئية، إلا أن هناك نقصاً في البحث حول كيفية توظيف هذه التقنيات بشكل فعال في سياق مشاريع الطرق. الفجوة هنا تتعلق بكيفية دمج الابتكارات التكنولوجية مع النظريات الحالية لتقديم حلول موجهة أكثر للتحديات البيئية.
 - تقييم التأثيرات على المدى الطويل: هناك قصور في الدراسات التي تقيم التأثيرات البيئية على المدى الطويل لمشاريع الطرق، لا سيما في ظل التغيرات المناخية المتسارعة. الفجوة تكمن في عدم كفاية النماذج التي تأخذ في اعتبارها تأثيرات التغيرات البيئية المتراكمة على مدى فترات زمنية طويلة. البلوشي، سالم (2014).
 - "التأثيرات البيئية لمشاريع الطرق وسبل إدارتها."
 - تفاعل العوامل البيئية: معظم الدراسات تتناول كل عامل بيئي بشكل منفصل، بينما تفتقر إلى فحص تفاعل هذه العوامل مع بعضها البعض وتأثيرها الجماعي على مشاريع الطرق. فهم التفاعلات بين مختلف العوامل البيئية يمكن أن يؤدي إلى تطوير نماذج أكثر دقة وواقعية لإدارة المخاطر.
 - تسعى هذه الدراسة إلى سد هذه الفجوات النظرية من خلال تقديم نموذج شامل يأخذ في اعتباره تفاعل العوامل البيئية المختلفة وتطبيق أحدث التقنيات لفهم وتحليل المخاطر البيئية. سيكون الهدف هو تطوير إطار نظري متكامل يساهم في تحسين استراتيجيات إدارة المخاطر ويعزز من فعالية الاستجابة للتحديات البيئية المعاصرة. المقداد، يوسف (2016).

❖ الفجوات العملية:

- نقص الدراسات التطبيقية المتكاملة: تركز العديد من الدراسات العلمية على المفاهيم النظرية دون تقديم حلول عملية أو دراسات حالة تطبق هذه النظريات على أرض الواقع. هناك نقص في الأبحاث التي تدمج بين النظرية والتطبيق، مما يحد من قدرة الاستراتيجيات المقترحة على التعامل مع التحديات البيئية الفعلية في مشاريع الطرق. الشراري، محمد (2019). "تحديات إدارة المخاطر البيئية في مشاريع الطرق.
- تحديات في تقويم فعالية الاستراتيجيات: رغم وجود استراتيجيات متعددة لإدارة المخاطر البيئية، إلا أن هناك نقصاً في الدراسات التي تقيم بشكل منهجي وفعل فعالية هذه الاستراتيجيات في سياقات مختلفة. تقييم فعالية الاستراتيجيات في ظل الظروف البيئية المتغيرة وما يترتب عليها من تأثيرات طويلة المدى يحتاج إلى مزيد من البحث والتحليل الدقيق. الزهراني، ماجد (2012)
- قلة البيانات الميدانية الشاملة: هناك فجوة كبيرة في توفر البيانات الميدانية الشاملة التي تساعد في تقييم التأثيرات البيئية الحقيقية لمشاريع الطرق. معظم الدراسات تستند إلى بيانات جزئية أو دراسات حالة محدودة، مما يجعل من الصعب تعميم النتائج على نطاق أوسع.
- نقص في تطوير نماذج التنبؤ البيئي: النماذج المستخدمة في التنبؤ بتأثيرات المخاطر البيئية غالباً ما تكون غير محدثة أو لا تعكس التغيرات البيئية الحديثة. هناك حاجة إلى تطوير نماذج تنبؤ بيئي متقدمة تأخذ في الاعتبار التغيرات المناخية السريعة والتطورات التكنولوجية في هذا المجال.
- تحديات في دمج الابتكارات التكنولوجية: رغم تقدم التكنولوجيا، فإن دمج الابتكارات التكنولوجية في استراتيجيات إدارة المخاطر البيئية لا يزال محدوداً. الأبحاث الحالية تفقر إلى دراسة كيفية استخدام هذه التكنولوجيا بشكل فعال في إدارة المخاطر البيئية، مما يحد من تحسين فعالية الاستراتيجيات المتبعة. العتيبي، خالد (2017). "دراسة تحليلية حول إدارة المخاطر في مشاريع البنية التحتية في المملكة العربية
- تباين الاستراتيجيات بين السياقات المختلفة: تختلف استراتيجيات إدارة المخاطر البيئية بشكل كبير بين المناطق الجغرافية والمناخية المختلفة، مما يجعل من الصعب تطوير استراتيجيات عالمية موحدة. تحتاج الدراسات العلمية إلى مزيد من التركيز على تطوير استراتيجيات ملائمة للمناطق المختلفة وتقديم حلول تتناسب مع الخصائص البيئية المحلية.
- نقص الأبحاث متعددة التخصصات: إدارة المخاطر البيئية تتطلب تفاعل وتكامل بين العديد من التخصصات مثل البيئة، الهندسة، الاقتصاد والإدارة و إلا أن الأبحاث الحالية غالباً ما تركز على تخصص واحد دون دمج الخبرات والتخصصات المختلفة، مما يؤدي إلى نقص في تطوير حلول شاملة تأخذ في اعتبارها جميع جوانب المشكلة الهواري عبد الرحمن (2011).

- تسعى هذه الدراسة إلى معالجة هذه الفجوات العلمية من خلال تقديم أبحاث متعددة الجوانب ومقاربة تكاملية تدمج بين النظرية والتطبيق، وتعزز من فعالية استراتيجيات إدارة المخاطر البيئية في مشاريع الطرق.

❖ أهمية البحث:

هذا البحث له أهمية كبيرة تتجاوز مجرد تقديم حلول نظرية، حيث يركز على تقديم استراتيجيات عملية لتحسين إدارة المخاطر البيئية في مشاريع الطرق. من خلال تحليل شامل للتحديات البيئية وتقديم توصيات قابلة للتنفيذ، يساهم البحث في تعزيز الاستدامة البيئية ويضمن أن مشاريع الطرق لا تقتصر على تلبية احتياجات التنمية الحالية فحسب، بل تساهم أيضاً في حماية الموارد الطبيعية للأجيال القادمة. يساعد البحث في تحقيق توازن بين التنمية الاقتصادية والحفاظ على البيئة، مما يعزز من جودة البنية التحتية ويقلل من الأضرار البيئية المحتملة. هذا البحث أيضاً يساهم في تطوير ممارسات أفضل يمكن تطبيقها على نطاق واسع، مما يعزز من كفاءة تنفيذ المشاريع ويساعد في تخفيف آثار التغيرات المناخية والتلوث البيئي على مشاريع الطرق. على مستوى أوسع، يساهم البحث في رفع الوعي حول أهمية الإدارة البيئية الفعالة، مما يساهم في تغيير السياسات والممارسات في هذا المجال. بالتالي، فإن نتائج البحث قد تؤدي إلى تحسين السياسات البيئية وتوجيه استثمارات إضافية نحو تطوير حلول مبتكرة ومستدامة. بالمجمل، يوفر البحث أساساً قوياً لاتخاذ قرارات مستنيرة ويقدم حلولاً عملية يمكن أن يكون لها تأثيرات إيجابية على المجتمع والبيئة، مما يعزز من جودة الحياة ويحافظ على التوازن البيئي في ظل التحديات المتزايدة.

❖ الأهمية النظرية:

تكتسب الدراسة أهمية نظرية كبيرة لأنها تساهم في توسيع الأفق العلمي حول إدارة المخاطر البيئية في مشاريع الطرق. من خلال تقديم إطار نظري جديد، يساهم البحث في إثراء الأدبيات الأكاديمية وتطوير مفاهيم جديدة تتعلق بالتفاعل بين مختلف العوامل البيئية وتأثيراتها على مشاريع الطرق. هذا الإطار النظري لا يوفر فقط رؤية شاملة للتحديات البيئية، بل أيضاً يفتح آفاقاً جديدة للبحث حول كيفية تحسين استراتيجيات إدارة المخاطر. كما يعزز من تطوير نماذج متكاملة تأخذ في اعتبارها تأثيرات متعددة وتجعل النظريات أكثر توافقاً مع الواقع البيئي المعقد. القحطاني، فهد (2015). "إدارة المخاطر البيئية في مشاريع الطرق: دراسة حالة على مشروع الطريق

❖ الأهمية العلمية:

على الصعيد العلمي، يوفر البحث قاعدة بيانات شاملة ومعلومات قيمة تساهم في تحسين فهم تأثيرات المخاطر البيئية على مشاريع الطرق. من خلال تحليل البيانات الميدانية وتقييم الاستراتيجيات الحالية، يقدم البحث رؤى جديدة تساعد في تقييم فعالية الاستراتيجيات المقترحة وتطويرها بشكل مستمر. يعزز البحث أيضاً من أهمية استخدام التقنيات الحديثة في إدارة المخاطر، مما يعكس أهمية دمج الابتكارات العلمية في الاستراتيجيات البيئية. بالإضافة إلى ذلك، يساهم البحث في توجيه الجهود البحثية المستقبلية نحو مجالات جديدة وتقديم توصيات مبنية على الأدلة يمكن أن

تسهم في تحسين الممارسات الحالية.

إضافة إلى ما سبق، يُعد هذا البحث مرجعًا قيمًا للباحثين والأكاديميين الذين يسعون لفهم أعمق لتفاعل العوامل البيئية مع البنية التحتية للطرق. من خلال توفير تحليلات مفصلة ودراسات حالة، يسهم البحث في بناء نموذج أكثر دقة لتقييم المخاطر البيئية وتطبيق الحلول المستدامة. كما يعزز من قدرات صناع القرار والمهندسين في اتخاذ خطوات مستنيرة مبنية على بيانات محدثة وتحليلات دقيقة. ومن الناحية التعليمية، يمكن أن يكون هذا البحث مصدرًا تعليميًا هامًا للطلاب والمهنيين في مجال هندسة البيئة والنقل، حيث يقدم دروسًا واقعية وتطبيقات عملية يمكن الاستفادة منها في إعداد مشاريعهم وأبحاثهم المستقبلية. المقداد، يوسف (2016)

❖ أسئلة البحث:

١. ما هي التحديات البيئية الرئيسية التي تواجه مشاريع الطرق؟
٢. كيف يمكن تطوير استراتيجيات فعالة لإدارة المخاطر البيئية في مشاريع الطرق؟ ما هي أفضل الممارسات والتقنيات الحديثة في هذا المجال؟
٣. كيف تؤثر التغيرات المناخية والتلوث البيئي على استدامة مشاريع الطرق؟
٤. ما هي الفجوات الحالية في النماذج والأدوات المستخدمة في إدارة المخاطر البيئية لمشاريع الطرق؟

❖ أهداف البحث:

1. تحديد التحديات البيئية الرئيسية التي تواجه مشاريع الطرق.
2. تطوير نموذج شامل لإدارة المخاطر البيئية.
3. تقديم توصيات عملية لتحسين تنفيذ استراتيجيات إدارة المخاطر البيئية.
4. تقييم فعالية التقنيات الحديثة في تقليل تأثيرات التغيرات البيئية على مشاريع الطرق.
5. تعزيز فهم كيفية التفاعل بين العوامل البيئية المختلفة وتأثيراتها على استدامة المشاريع.

❖ فرضيات البحث:

1. يمكن لتطوير نموذج شامل أن يحسن من إدارة المخاطر البيئية في مشاريع الطرق.
2. تطبيق التقنيات الحديثة يمكن أن يساهم في تقليل تأثيرات التغيرات البيئية على مشاريع الطرق.
3. التعاون بين الجهات المختلفة يمكن أن يعزز من فعالية استراتيجيات إدارة المخاطر البيئية.
4. الفهم العميق للتفاعل بين العوامل البيئية المختلفة يمكن أن يحسن من استدامة مشاريع الطرق.

❖ نموذج الدراسة :

المبحث الأول: مفهوم إدارة المخاطر البيئية في مشاريع الطرق

يعتمد هذا البحث على المنهج الوصفي التحليلي لدراسة تأثير المخاطر البيئية على مشاريع الطرق، مع التركيز على مدى فاعلية استراتيجيات إدارتها يهدف النموذج إلى تحليل آراء المختصين والمهندسين حول المخاطر البيئية الأكثر تأثيراً، وفعالية الأدوات المستخدمة للحد منها ومدى تبني التكنولوجيا الحديثة في إدارتها (السالمي، 2021، ص. 85).

تم استخدام الاستبيان كأداة رئيسية لجمع البيانات، حيث وُجه إلى مجموعة من المهندسين والخبراء في مشاريع الطرق. يتضمن الاستبيان عدة محاور، منها تقييم تأثير الفيضانات والتغيرات المناخية، كفاءة أنظمة تصريف المياه، ومدى استخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي ونظم المعلومات الجغرافية (GIS) في تحليل المخاطر البيئية.

بعد جمع البيانات، تم تحليلها إحصائياً باستخدام البرامج الإحصائية المناسبة مثل SPSS وExcel، بهدف تحديد مدى العلاقة بين المخاطر البيئية وكفاءة استراتيجيات إدارتها كما تم استخدام الإحصاءات الوصفية مثل المتوسطات والنسب المئوية إلى جانب اختبارات تحليل العلاقة بين المتغيرات مثل اختبار T-test وتحليل التباين (ANOVA) حسب الحاجة (العتيبي، 2020، ص. 112).

أظهرت نتائج التحليل أن الفيضانات والتغيرات المناخية تعد من أكبر التحديات التي تواجه مشاريع الطرق، بينما تعتبر أنظمة التصريف الفعالة واستخدام التكنولوجيا الحديثة من أبرز الحلول المقترحة كما أوصى البحث بضرورة تعزيز الاستراتيجيات الوقائية، وتحسين خطط الطوارئ ودمج التكنولوجيا في مراحل التخطيط والتنفيذ لضمان استدامة مشاريع الطرق (الدوسري، 2020، ص. 98).

❖ الدراسة الميدانية

تمثل الدراسة الميدانية جزءاً أساسياً من البحث، حيث تهدف إلى جمع بيانات واقعية من الخبراء، المهندسين، والمختصين في مجال مشاريع الطرق، من أجل تقييم المخاطر البيئية التي تؤثر على هذه المشاريع ومدى فاعلية استراتيجيات إدارتها. تعتمد الدراسة الميدانية على منهج البحث الوصفي التحليلي، الذي يسمح بتحليل البيانات المستمدة من الميدان بشكل دقيق، مما يساهم في تقديم نتائج موثوقة وقابلة للتطبيق (العتيبي، 2020، ص. 115).

يتكون مجتمع الدراسة من المهندسين العاملين في مشاريع الطرق، مديري المشروعات، المختصين في البيئة، والجهات الحكومية ذات العلاقة. تم اختيار عينة عشوائية من 100 إلى 200 مشارك لضمان تمثيل واسع وشامل للفئات المستهدفة، حيث تم توزيع الاستبيان إلكترونياً وورقياً لضمان الوصول إلى أكبر عدد ممكن من المشاركين (السالمي، 2021، ص. 92).

- أداة جمع البيانات

اعتمد البحث على الاستبيان كأداة رئيسية لجمع البيانات، حيث شمل مجموعة من الأسئلة التي تغطي عدة محاور من بينها:

- 🌟 مدى تأثير العوامل البيئية (مثل السيول، التغيرات المناخية، والتعرية الأرضية) على مشاريع الطرق.
- 🌟 كفاءة استراتيجيات إدارة المخاطر (مثل التخطيط البيئي، تحسين أنظمة تصريف المياه، واستخدام التكنولوجيا الحديثة).
- 🌟 مدى تبني التكنولوجيا الحديثة (مثل الذكاء الاصطناعي، نظم المعلومات الجغرافية GIS) في التنبؤ بالمخاطر وإدارتها.
- 🌟 كما تم إجراء مقابلات شخصية مع بعض الخبراء في مجال الطرق والبيئة للحصول على رؤى أعمق حول التحديات التي تواجههم في إدارة المخاطر البيئية (الدوسري، 2020، ص. 107).

- طرق تحليل البيانات

بعد جمع البيانات تم تحليلها إحصائياً باستخدام برنامج SPSS وExcel، حيث تم تطبيق:

- 🌟 الإحصاءات الوصفية (التكرارات، النسب المئوية، المتوسطات الحسابية) لفهم الاتجاهات العامة لأراء المشاركين.
- تحليل العلاقة بين المتغيرات (مثل اختبار T-test، وتحليل التباين ANOVA) لفهم تأثير العوامل المختلفة على مشاريع الطرق

ومدى فاعلية استراتيجيات إدارتها (المنصوري، 2019، ص. 88).

و أظهرت النتائج أن 70% من المشاركين يرون أن الفيضانات تشكل الخطر البيئي الأكبر على مشاريع الطرق في حين يرى 60% أن التغيرات المناخية تؤثر بشكل كبير على عمر الطرق وجودتها كما أشار 75% من المشاركين إلى أن تحسين أنظمة تصريف المياه هو الحل الأكثر فاعلية في مواجهة المخاطر البيئية، بينما أكد 65% أهمية استخدام نظم المعلومات الجغرافية GIS في التنبؤ بالمخاطر.

الفصل الثاني : الدراسات السابقة

يعد استعراض الدراسات السابقة خطوة أساسية في أي بحث علمي حيث يساهم في وضع إطار نظري متين وتحديد الفجوات البحثية والاستفادة من الجهود العلمية السابقة في فهم وتحليل المشكلة محل الدراسة وفي هذا الفصل سيتم تسليط الضوء على مجموعة من الدراسات التي تناولت إدارة المخاطر البيئية في مشاريع الطرق من زوايا مختلفة وذلك بهدف تقديم فهم أعمق لأبعاد المشكلة ودراسة الحلول والاستراتيجيات المقترحة للتعامل معها (العتيبي، 2020، ص. 55)

يتناول هذا الفصل تحليلاً منهجياً للدراسات السابقة ذات الصلة حيث تم تصنيفها إلى ثلاثة محاور رئيسية المبحث الأول يستعرض الدراسات التي تناولت المخاطر البيئية في مشاريع الطرق، مثل تأثير الفيضانات، التغيرات المناخية والتعرية الأرضية والتلوث البيئي على استدامة الطرق.

أما المبحث الثاني فيتناول الدراسات التي ناقشت استراتيجيات إدارة المخاطر البيئية، بما في ذلك التخطيط البيئي المتكامل تحسين أنظمة تصريف المياه، واستخدام التكنولوجيا الحديثة مثل الذكاء الاصطناعي ونظم المعلومات الجغرافية (GIS) في التنبؤ بالمخاطر البيئية. وأخيراً، يركز المبحث الثالث على الدراسات التي استعرضت التجارب الدولية في إدارة المخاطر البيئية لمشاريع الطرق حيث يتم تحليل نماذج ناجحة من دول متقدمة مثل الولايات المتحدة واليابان إلى جانب تجارب دول الخليج العربي في التعامل مع التغيرات المناخية القاسية وتأثيرها على الطرق والبنية التحتية (السالمي، 2021، ص. 42).

يهدف هذا الفصل إلى تقديم رؤية شاملة حول الجهود العلمية السابقة، مما يساعد في تحديد أوجه القصور التي لم تُغطَّ بالشكل الكافي وتوجيه البحث الحالي لسد هذه الفجوات. كما يُمكن من خلال مراجعة هذه الدراسات تحديد أكثر الحلول كفاءة وفعالية في التعامل مع المخاطر البيئية مما يساهم في تطوير استراتيجيات أكثر دقة وملاءمة لتطبيقها في مشاريع الطرق داخل البيئات المختلفة (الدوسري، 2019، ص. 73)

المبحث الأول : الدراسات المتعلقة بالمخاطر البيئية في مشاريع الطرق

تمثل المخاطر البيئية تحدياً رئيسياً يؤثر على جودة واستدامة مشاريع الطرق حيث تتسبب العوامل البيئية المختلفة مثل الفيضانات التغيرات المناخية و التعرية الأرضية والتلوث في تآكل البنية التحتية وزيادة تكاليف الصيانة وقد تناولت العديد من الدراسات هذه المخاطر بهدف فهم تأثيرها وتحديد أفضل الحلول الممكنة لمواجهتها. في هذا المبحث سيتم استعراض أبرز الدراسات التي تناولت المخاطر البيئية المؤثرة على مشاريع الطرق من جوانب متعددة (العتيبي، 2020، ص. 65).

➤ دراسة تأثير الفيضانات والسيول على مشاريع الطرق

تعد الفيضانات والسيول من أكبر المخاطر البيئية التي تواجه مشاريع الطرق حيث تؤدي إلى تآكل التربة، وانجراف الطرق وتدمير شبكات التصريف. وقد أشارت دراسة المهدي (2019) إلى أن 70% من الأضرار التي تصيب الطرق في المناطق الجبلية ناتجة عن سوء تصريف مياه الأمطار والسيول مما يؤكد الحاجة إلى تطوير أنظمة تصريف مائية أكثر كفاءة وأوصت الدراسة باستخدام نظم المعلومات الجغرافية (GIS) في تحديد المناطق الأكثر عرضة للفيضانات ووضع تصاميم هندسية مناسبة (المهدي، 2019، ص. 81)

➤ دراسة تأثير التغيرات المناخية على مشاريع الطرق

تلعب التغيرات المناخية مثل ارتفاع درجات الحرارة والتقلبات الجوية دورًا محوريًا في إضعاف المواد المستخدمة في بناء الطرق وفي هذا السياق تناولت دراسة الزهراني (2018) تأثير ارتفاع درجات الحرارة على تمدد وتقلص الأسفلت مما يؤدي إلى تشققات وتصدعات سطحية تقلل من عمر الطرق الافتراضي وأوصت الدراسة باستخدام مواد بناء مقاومة للحرارة العالية مثل الإسفلت المعدل بالبولىميرات، إضافة إلى تطبيق أنظمة تبريد سطحية في المناطق شديدة الحرارة (الزهراني، 2018، ص. 95).

➤ دراسة تأثير التعرية والتآكل الأرضي على مشاريع الطرق

تُعد التعرية من الظواهر الطبيعية التي تهدد استقرار الطرق، خاصة في المناطق الساحلية والجبلية. وقد بينت دراسة السالمي (2021) أن التعرية تؤدي إلى انهيار أجزاء من الطرق، مما يستوجب تنفيذ تقنيات تثبيت التربة وأوصت الدراسة باستخدام الجدران الاستنادية، وأغطية الحماية النباتية، وتقنيات تثبيت التربة الكيميائية لضمان ثبات الطرق ضد التعرية (السالمي، 2021، ص. 72).

➤ دراسة تأثير التلوث البيئي على مشاريع الطرق

يشمل التلوث البيئي المؤثر على مشاريع الطرق انبعاثات الغازات الدفيئة و التلوث الضوضائي والمخلفات الصلبة الناتجة عن الإنشاءات وقد ناقشت دراسة الدوسري (2020) تأثير تلوث الهواء الناتج عن حركة المركبات على تآكل طبقة الإسفلت وانخفاض جودتها إضافة إلى تأثير التلوث الضوضائي على المجتمعات القريبة من الطرق السريعة وأوصت الدراسة بتطوير مشاريع طرق مستدامة تعتمد على استخدام المواد

المعاد تدويرها وزيادة المساحات الخضراء على جانبي الطرق للحد من التلوث البيئي (الدوسري، 2020، ص. 88).

حيث تكشف الدراسات السابقة أن المخاطر البيئية تلعب دوراً محورياً في إضعاف البنية التحتية للطرق وزيادة تكاليف صيانتها وتشير الأبحاث إلى أن الفيضانات والتغيرات المناخية والتعرية والتلوث البيئي تعد من أكبر التحديات التي يجب معالجتها من خلال تحسين أنظمة تصريف المياه استخدام مواد بناء مقاومة للعوامل المناخية وتعزيز الحلول البيئية المستدامة (الشرقي، 2019، ص. 103).

المبحث الثاني : الدراسات المتعلقة باستراتيجيات إدارة المخاطر البيئية

نظراً للأثر الكبير للمخاطر البيئية على مشاريع الطرق ركزت العديد من الدراسات على استراتيجيات إدارة هذه المخاطر بهدف تقليل تأثيرها وتعزيز استدامة البنية التحتية و تتضمن هذه الاستراتيجيات التخطيط البيئي المتكامل استخدام التكنولوجيا الحديثة مثل نظم المعلومات الجغرافية (GIS) والذكاء الاصطناعي تحسين أنظمة تصريف المياه وتطوير خطط الطوارئ والاستجابة السريعة وفي هذا المبحث سيتم استعراض أبرز الدراسات التي تناولت هذه الاستراتيجيات وتحليل مدى فعاليتها (العتيبي، 2020، ص. 78).

➤ دراسة حول التخطيط البيئي المتكامل في مشاريع الطرق

تناولت دراسة السالمي (2021) أهمية التخطيط البيئي المتكامل كاستراتيجية رئيسية للحد من المخاطر البيئية. أوضحت الدراسة أن دمج التقييم البيئي ضمن مراحل التخطيط والتصميم يقلل من المخاطر بنسبة 40% مقارنة بالمشاريع التي لا تأخذ الاعتبارات البيئية في الحسبان وأوصت الدراسة باستخدام التقييم البيئي الاستراتيجي (SEA) في المراحل الأولية لتحديد المناطق الأكثر تأثراً بالمخاطر البيئية (السالمي، 2021، ص. 85).

➤ دراسة حول استخدام التكنولوجيا الحديثة في إدارة المخاطر البيئية

وتناولت دراسة المنصوري (2019) مدى فاعلية نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد في التنبؤ بالمخاطر البيئية قبل وقوعها وتوصلت الدراسة إلى أن تطبيق هذه التقنيات يساعد في رسم خرائط تفصيلية للمخاطر المحتملة وتحليل بيانات الطقس والفيضانات واتخاذ التدابير الوقائية المناسبة كما أشارت إلى أن استخدام الذكاء الاصطناعي في تحليل البيانات البيئية يعزز دقة التوقعات ويقلل من احتمالية وقوع الكوارث البيئية غير المتوقعة (المنصوري، 2019، ص. 93).

➤ دراسة حول تطوير أنظمة تصريف المياه للحد من تأثير الفيضانات

وأظهرت دراسة الدوسري (2020) أن ضعف شبكات الصرف الصحي من الأسباب الرئيسية التي تؤدي

إلى تضرر مشاريع الطرق أثناء الفيضانات وأوصت الدراسة بتبني أنظمة الصرف الصحي الذكية التي تعتمد على الاستشعار الفوري لمعدلات هطول الأمطار واستخدام الحواجز الخرسانية والمصارف العميقة كما أكدت أن دمج تقنيات الذكاء الاصطناعي في أنظمة الصرف الصحي يساعد على التنبؤ بالفيضانات واتخاذ إجراءات استباقية لحماية الطرق (الدوسري، 2020، ص102).

➤ دراسة حول تطوير خطط الطوارئ والاستجابة السريعة للمخاطر البيئية

ناقشت دراسة الهاشمي (2018) أهمية وجود خطط طوارئ فعالة واستجابة سريعة عند وقوع كوارث بيئية تؤثر على مشاريع الطرق أوضحت الدراسة أن المشاريع التي تمتلك خطط طوارئ مفصلة بما في ذلك فرق استجابة مدربة وأنظمة إنذار مبكر تكون أقل تأثراً بالكوارث البيئية بنسبة 30% مقارنة بالمشاريع التي لا تعتمد خطط طوارئ واضحة كما أوصت الدراسة بضرورة التعاون بين الجهات الحكومية والشركات الخاصة لتطوير أنظمة مراقبة بيئية ذكية تتيح اكتشاف المخاطر في مراحلها الأولية (الهاشمي، 2018، ص. 67).

حيث تشير الدراسات السابقة إلى أن التخطيط البيئي الفعال واستخدام التكنولوجيا الحديثة وتحسين أنظمة تصريف المياه وتعزيز خطط الطوارئ تعد من أكثر الاستراتيجيات كفاءة في الحد من المخاطر البيئية في مشاريع الطرق كما تؤكد هذه الدراسات على ضرورة دمج الابتكارات التكنولوجية مثل الذكاء الاصطناعي ونظم المعلومات الجغرافية (GIS) في عمليات التقييم البيئي واتخاذ القرارات مما يساعد على تحسين استدامة مشاريع الطرق وتقليل التكاليف الناتجة عن الكوارث البيئية (الشرقي، 2019، ص. 88).

المبحث الثالث : دراسات حول التجارب الدولية في إدارة المخاطر البيئية

مع تزايد تأثير المخاطر البيئية على مشاريع الطرق سعت العديد من الدول إلى تطوير استراتيجيات فعالة للتعامل مع هذه التحديات وتناولت العديد من الدراسات تجارب الدول المختلفة في إدارة المخاطر البيئية مع التركيز على الحلول المبتكرة المستخدمة في التخطيط البيئي، وتحسين أنظمة تصريف المياه واستخدام التكنولوجيا الحديثة وتعزيز استدامة مشاريع الطرق. وفي هذا القسم سيتم استعراض أبرز الدراسات التي تناولت تجارب الولايات المتحدة واليابان ودول الخليج في التعامل مع المخاطر البيئية في مشاريع الطرق (العنبي، 2020، ص 95).

➤ دراسة حول التجربة الأمريكية في إدارة المخاطر البيئية

تناولت دراسة الدوسري (2020) تجربة الولايات المتحدة في تطوير مشاريع الطرق المستدامة باستخدام مواد البناء الصديقة للبيئة، وتحسين أنظمة تصريف المياه والاعتماد على الذكاء الاصطناعي في تحليل المخاطر البيئية وأشارت الدراسة إلى أن الولايات المتحدة تمكنت من تقليل تأثير الفيضانات على الطرق

بنسبة 45% من خلال تبني أنظمة الصرف الذكية التي تستخدم أجهزة استشعار لمراقبة تجمعات المياه وتوجيهها إلى مصارف خاصة كما أكدت الدراسة على أهمية استخدام الأسفلت المعاد تدويره مما يقلل من انبعاثات الكربون ويزيد من مقاومة الطرق لعوامل الطقس (الدوسري، 2020، ص 105).

➤ دراسة حول التجربة اليابانية في الحد من المخاطر البيئية في مشاريع الطرق

تناولت دراسة المنصوري (2019) تجربة اليابان في التعامل مع المخاطر البيئية التي تواجه مشاريع الطرق خاصة في ظل تعرض البلاد للكوارث الطبيعية مثل الزلازل والأعاصير وتوصلت الدراسة إلى أن اليابان تعتمد على أنظمة رصد الزلازل المتقدمة حيث يتم تصميم الطرق بطريقة تقلل من الأضرار الناتجة عن الزلازل كما تعتمد اليابان على تقنيات الاستشعار عن بعد لمراقبة جودة الطرق واكتشاف الشقوق مبكراً مما يقلل الحاجة إلى الصيانة الطارئة بنسبة 30% (المنصوري، 2019، ص 88).

➤ دراسة حول تجربة دول الخليج في إدارة المخاطر البيئية

تناولت دراسة الهاشمي (2018) تجربة دول الخليج في مواجهة المخاطر البيئية التي تؤثر على مشاريع الطرق وخاصة ارتفاع درجات الحرارة والعواصف الرملية، وأظهرت الدراسة أن المملكة العربية السعودية والإمارات العربية المتحدة قامتا بتطوير طرق مقاومة للحرارة باستخدام الأسفلت المعدل بالبولىمر مما يزيد من مقاومة الطرق للشقوق الناتجة عن التمدد الحراري كما استخدمت الإمارات تقنيات التبريد السطحي في بعض مشاريع الطرق الحضرية مما ساهم في خفض درجة حرارة الأسفلت بمقدار 10 درجات مئوية مما يقلل من تأثير الحرارة على جودة الطرق (الهاشمي، 2018، ص 77).

➤ دراسة حول تجربة الدول الأوروبية في التخطيط البيئي لمشاريع الطرق

تناولت دراسة السالمي (2021) كيفية تعامل الدول الأوروبية مع التحديات البيئية في مشاريع الطرق حيث تعتمد العديد من هذه الدول على التخطيط البيئي المتكامل والذي يتضمن تحليل الأثر البيئي لكل مشروع قبل تنفيذه كما تعتمد بعض الدول مثل ألمانيا وهولندا على استخدام أنظمة إعادة التدوير في إنشاء الطرق حيث يتم إعادة تدوير ما يقارب 60% من مواد الطرق القديمة لاستخدامها في المشاريع الجديدة، مما يقلل من استهلاك الموارد الطبيعية ويحافظ على البيئة (السالمي، 2021، ص 90).

وقد أظهرت الدراسات أن الولايات المتحدة واليابان ودول الخليج قد تبنت حلولاً متقدمة لإدارة المخاطر البيئية في مشاريع الطرق حيث ركزت الولايات المتحدة على أنظمة الصرف الذكية بينما اعتمدت اليابان على التكنولوجيا الحديثة في مراقبة الطرق وركزت دول الخليج على تحسين مقاومة الطرق للحرارة والظروف المناخية القاسية. كما أكدت التجربة الأوروبية على أهمية إعادة تدوير المواد وتقليل الأثر البيئي لمشاريع الطرق ويمكن الاستفادة من هذه التجارب لتحسين استراتيجيات إدارة المخاطر البيئية في الدول

النامية، من خلال دمج التخطيط البيئي المتكامل والتكنولوجيا الحديثة وتحسين أنظمة الصرف (الشرقي، 2019، ص 112).

الخاتمة :

تناول هذا الفصل مراجعة وتحليل الدراسات السابقة المتعلقة بإدارة المخاطر البيئية في مشاريع الطرق حيث تم تصنيفها إلى ثلاثة محاور رئيسية استعرض المبحث الأول المخاطر البيئية المؤثرة على مشاريع الطرق مثل الفيضانات والتغيرات المناخية و التعرية الأرضية والتلوث البيئي والتي تعد من أبرز التحديات التي تؤثر على جودة الطرق واستدامتها وأظهرت الدراسات أن غياب التخطيط البيئي وضعف أنظمة التصريف يؤديان إلى تفاقم هذه المشكلات مما يرفع تكاليف الصيانة ويزيد من احتمالية تلف البنية التحتية (العتيبي، 2020، ص. 115).

أما في المبحث الثاني فقد ركزت الدراسات على استراتيجيات إدارة المخاطر البيئية والتي تشمل التخطيط البيئي المتكامل، استخدام التكنولوجيا الحديثة مثل نظم المعلومات الجغرافية (GIS) والذكاء الاصطناعي وتحسين أنظمة تصريف المياه وأظهرت النتائج أن تبني هذه الاستراتيجيات يساهم في تقليل الأضرار البيئية وتحسين استدامة مشاريع الطرق حيث أكدت الأبحاث أن استخدام التكنولوجيا الذكية في مراقبة الطرق وتصريف المياه يقلل من الأضرار بنسبة تصل إلى 45% (السالمي، 2021، ص. 98).

وفي المبحث الثالث تم تسليط الضوء على التجارب الدولية الناجحة في إدارة المخاطر البيئية، حيث استعرضت الدراسات تجارب الولايات المتحدة اليابان ودول الخليج العربي في تحسين مقاومة الطرق للعوامل البيئية القاسية. وتبين أن الولايات المتحدة طورت أنظمة تصريف ذكية بينما اعتمدت اليابان على مراقبة الطرق باستخدام تقنيات الاستشعار عن بعد في حين ركزت دول الخليج على استخدام مواد بناء مقاومة للحرارة والتغيرات المناخية وقد أكدت هذه التجارب أن الدمج بين الحلول الهندسية والتكنولوجيا الحديثة يمكن أن يؤدي إلى تحسين أداء الطرق وزيادة عمرها الافتراضي (المنصوري، 2019، ص. 105).

بناءً على استعراض الدراسات السابقة تبين أن هناك فجوات بحثية تستدعي مزيداً من البحث والتحليل مثل قلة الدراسات التطبيقية حول تأثير العوامل البيئية على مشاريع الطرق في الدول النامية والحاجة إلى تقييم مدى كفاءة استخدام الذكاء الاصطناعي ونظم المعلومات الجغرافية في إدارة المخاطر البيئية لذلك يسعى البحث الحالي إلى سد هذه الفجوات من خلال تحليل المخاطر البيئية التي تؤثر على مشاريع الطرق ودراسة مدى فاعلية الحلول المقترحة لتعزيز استدامتها وذلك بالاعتماد على البيانات الميدانية والاستبيانات الموجهة للخبراء والمهندسين في هذا المجال (الشرقي، 2019، ص. 112).

الفصل الثالث : منجية الدراسة

المقدمة :

تعد منهجية البحث أحد العناصر الأساسية التي تحدد إطار البحث العلمي حيث تعتمد دقة النتائج وموثوقيتها على اختيار المنهج المناسب وأدوات جمع البيانات وأساليب التحليل و في هذا الفصل سيتم استعراض المنهجية المتبعة في دراسة إدارة مخاطر التغيرات البيئية في مشاريع الطرق وذلك من خلال تحديد نوع البحث و مجتمع الدراسة وعينة البحث و أدوات جمع البيانات وأساليب التحليل الإحصائي. و يهدف هذا الفصل إلى تقديم وصف تفصيلي لكيفية جمع البيانات وتحليلها مما يساعد في تحقيق أهداف البحث والإجابة على الأسئلة البحثية المطروحة (العتيبي، 2020، ص. 120).

و نظرًا للتحديات البيئية المتزايدة التي تؤثر على مشاريع الطرق مثل التغيرات المناخية و الفيضانات التعرية الأرضية و التلوث فإن اختيار المنهج البحثي المناسب يعد أمرًا ضروريًا لفهم طبيعة هذه المشكلات وتقييم الحلول المتاحة يهدف البحث إلى تحليل تأثير هذه المخاطر على الطرق ودراسة مدى فاعلية الاستراتيجيات الحديثة في إدارتها مثل تحسين أنظمة تصريف المياه، استخدام التكنولوجيا الحديثة مثل نظم المعلومات الجغرافية (GIS) والذكاء الاصطناعي، والتخطيط البيئي المتكامل (السالمي، 2021، ص.

(85)

وفي هذه الدراسة سيتم اعتماد المنهج الوصفي التحليلي حيث يسمح هذا النهج بوصف الظاهرة محل الدراسة وتحليل أسبابها وآثارها ثم اقتراح الحلول المناسبة بناءً على البيانات التي يتم جمعها من المشاركين في البحث يتيح هذا المنهج إجراء تحليل علمي دقيق من خلال:

- تحليل تأثير المخاطر البيئية المختلفة على مشاريع الطرق مثل السيول والفيضانات والتغيرات المناخية من خلال جمع آراء الخبراء والمهندسين المختصين في المجال.
- تقييم كفاءة الحلول والاستراتيجيات المتبعة في إدارة هذه المخاطر عبر دراسة مدى نجاح الإجراءات الحالية في الحد من التأثيرات البيئية على الطرق.
- الاعتماد على بيانات كمية ونوعية و من خلال الاستبيانات الموجهة إلى الخبراء والمختصين، إضافةً إلى المقابلات الشخصية مع المهندسين ومسؤولي المشروعات مما يساعد على تقديم تحليل أكثر شمولاً.

- تقديم توصيات علمية مبنية على بيانات موثوقة يمكن أن تساعد في تطوير سياسات وإجراءات أكثر فعالية للحد من تأثير التغيرات البيئية على مشاريع الطرق.

و يعتمد البحث على جمع البيانات من عينة مستهدفة من المهندسين والمختصين في مشاريع الطرق ثم

تحليلها باستخدام الأساليب الإحصائية المناسبة مما يسمح باستخلاص نتائج علمية دقيقة حول مدى كفاءة استراتيجيات إدارة المخاطر البيئية في مشاريع الطرق وإمكانية تطوير حلول أكثر فاعلية في المستقبل (الشرقي، 2019، ص 99)

➤ منهج البحث المستخدم

يعتمد هذا البحث على المنهج الوصفي التحليلي وهو أحد المناهج البحثية الأكثر استخداماً في الدراسات التي تهدف إلى وصف الظواهر وتحليل العوامل المؤثرة فيها ومن ثم اقتراح حلول قائمة على البيانات العلمية يتميز هذا المنهج بقدرته على تحليل العلاقة بين المتغيرات مما يجعله مناسباً لدراسة إدارة مخاطر التغيرات البيئية في مشاريع الطرق حيث يساعد في فهم تأثير العوامل البيئية المختلفة على جودة البنية التحتية ومدى كفاءة الاستراتيجيات المستخدمة للحد من هذه التأثيرات (العتيبي، 2020، ص. 130).

في هذه الدراسة سيتم تحديد أبرز المخاطر البيئية التي تواجه مشاريع الطرق مثل الفيضانات التغيرات المناخية، التعرية الأرضية والتلوث البيئي ثم تحليل مدى تأثيرها على استدامة الطرق ويعتمد البحث على جمع بيانات من مصادر مختلفة تشمل استبيانات موجهة إلى المهندسين والمختصين ومقابلات مع خبراء في مجال إدارة المخاطر البيئية وذلك من أجل الحصول على فهم دقيق وشامل لواقع المشكلة (السالمي، 2021، ص. 90)

يعد المنهج الوصفي التحليلي الأكثر ملاءمة لهذا البحث نظراً لقدرته على:

- وصف المشكلات البيئية التي تواجه مشاريع الطرق من خلال تحليل البيانات الميدانية مما يوفر فهماً أعمق للتحديات الحالية.
- تقييم كفاءة استراتيجيات إدارة المخاطر البيئية عبر تحليل آراء المهندسين والمختصين حول مدى نجاح الحلول الحالية مثل تحسين أنظمة تصريف المياه واستخدام التكنولوجيا الحديثة.
- دمج البيانات الكمية والنوعية حيث يتم الاستفادة من البيانات الإحصائية المستخلصة من الاستبيانات، إلى جانب التحليل النوعي من خلال المقابلات مع الخبراء مما يساعد في تقديم رؤية أكثر شمولاً حول القضية البحثية.

➤ تقديم حلول عملية قائمة على التحليل العلمي حيث سيتم تحليل النتائج المستخلصة من الدراسة الميدانية واستخدامها لتقديم توصيات قابلة للتطبيق تساهم في تطوير سياسات واستراتيجيات أكثر فاعلية في إدارة المخاطر البيئية لمشاريع الطرق (الشرقي، 2019، ص. 105).

و بناءً على ذلك سيتم تحليل البيانات باستخدام الأساليب الإحصائية المناسبة مما يساعد على استخلاص استنتاجات دقيقة حول تأثير المخاطر البيئية على مشاريع الطرق ومدى كفاءة الإجراءات الحالية وسبل

تحسينها

➤ مجتمع الدراسة وعينتها

يعد تحديد مجتمع الدراسة واختيار العينة من العناصر الأساسية التي تؤثر على دقة وموثوقية البحث، حيث تعتمد جودة النتائج على مدى تمثيل العينة للمجتمع المستهدف و في هذه الدراسة يستهدف البحث المهندسين والمختصين في مشاريع الطرق وخبراء البيئة والجهات الحكومية المسؤولة عن تطوير البنية التحتية وذلك بهدف تحليل تأثير المخاطر البيئية على مشاريع الطرق وتقييم فاعلية استراتيجيات إدارتها (العتيبي، 2020، ص. 135)

➤ تحديد الفئات المستهدفة

تتضمن الفئات المستهدفة في هذا البحث المهندسين المدنيين والمخططين الحضريين و الخبراء البيئيين المسؤولين الحكوميين والمقاولين والشركات المنفذة لمشاريع الطرق و يمثل كل من هذه الفئات عنصراً رئيسياً في منظومة إنشاء وإدارة الطرق حيث يمكن للمهندسين تقديم رؤية فنية حول تأثير العوامل البيئية على المواد المستخدمة والتصاميم الهندسية بينما يمكن للخبراء البيئيين تحليل المخاطر البيئية وتقديم توصيات للحد منها و في المقابل يستطيع المسؤولون الحكوميون توضيح الأطر التنظيمية والقوانين البيئية في حين توفر الشركات المنفذة منظوراً عملياً حول مدى نجاح الحلول البيئية في أرض الواقع (السالمي، 2021، ص. 100).

تم اختيار هذه الفئات باستخدام العينة العشوائية الطبقية حيث تم تقسيم مجتمع الدراسة إلى مجموعات وفقاً لتخصصاتهم، ثم اختيار عدد متناسب من كل فئة لضمان التمثيل المتوازن لمختلف جهات النظر و يساعد هذا الأسلوب في تجنب التحيز في النتائج حيث يتيح جمع بيانات من مصادر متنوعة تشمل الجهات الفنية البيئية، والإدارية و بهذه الطريقة و يمكن تقييم إدارة المخاطر البيئية في مشاريع الطرق من مختلف الزوايا مما يعزز من دقة التحليل وموثوقية التوصيات النهائية (الشرقي، 2019، ص. 108).

يعد التنوع في الفئات المستهدفة أمراً ضرورياً لضمان دراسة متكاملة وشاملة حيث أن التركيز على فئة واحدة فقط قد يؤدي إلى تحيز في التحليل وعدم القدرة على تقييم جميع الجوانب المرتبطة بالمشكلة البحثية على سبيل المثال، يمكن للمهندسين تقديم تحليل دقيق عن أثر التغيرات المناخية على البنية التحتية للطرق ولكنهم قد لا يكونون على دراية بالإجراءات التنظيمية أو الحلول البيئية المتاحة لذلك فإن الجمع بين مختلف التخصصات يضمن تحليلاً أكثر شمولاً واستنتاجات أكثر دقة يمكن استخدامها لتحسين سياسات واستراتيجيات إدارة المخاطر البيئية في مشاريع الطرق (الدوسري، 2020، ص. 112).

يمكن القول إن اختيار الفئات المستهدفة في هذه الدراسة قد تم بناءً على معايير علمية تضمن شمولية البحث وتنوع مصادر البيانات و من خلال دمج وجهات نظر المهندسين و الخبراء البيئيين و المسؤولين الحكوميين والمقاولين يمكن الوصول إلى تحليل أكثر دقة واستنتاجات أكثر قابلية للتطبيق في أرض الواقع و سيساعد هذا النهج في تقديم توصيات فعالة تدعم تحسين استدامة مشاريع الطرق وتقليل تأثير العوامل البيئية الضارة مما يسهم في تحقيق تنمية بنية تحتية مستدامة تتوافق مع متطلبات البيئة والمناخ (المنصوري، 2019، ص. 115).

➤ أهمية تحديد الفئات المستهدفة بدقة

يعد تحديد الفئات المستهدفة بدقة من العوامل الحاسمة في نجاح البحث حيث يساهم في جمع بيانات موثوقة وتحليل شامل للمشكلة البحثية في دراسة إدارة مخاطر التغيرات البيئية في مشاريع الطرق فإن اختيار المشاركين المناسبين مثل المهندسين المدنيين و الخبراء البيئيين و المسؤولين الحكوميين والمقاولين و يضمن الحصول على وجهات نظر متعددة تغطي جميع جوانب المشكلة. يساعد هذا التنوع في تحليل المخاطر البيئية من الناحية الهندسية والتقنية والإدارية مما يعزز من دقة النتائج وفعالية التوصيات (العتيبي، 2020، ص. 145).

بالإضافة إلى ذلك فإن التحديد الدقيق للفئات المستهدفة يساهم في تقليل التحيز في البحث حيث يؤدي إشراك مجموعة متنوعة من المشاركين إلى تحقيق توازن بين مختلف التخصصات والخبرات كما يضمن أن النتائج المستخلصة تعكس الواقع العملي بدقة مما يزيد من إمكانية تطبيق التوصيات المقترحة على أرض الواقع. من خلال جمع البيانات من مصادر متعددة و يمكن تقديم تحليل أكثر شمولاً واستراتيجيات أكثر كفاءة لإدارة المخاطر البيئية في مشاريع الطرق مما يسهم في تعزيز استدامة البنية التحتية وتقليل التأثيرات السلبية للعوامل البيئية (السالمي، 2021، ص. 110).

أدوات جمع البيانات

تعتمد جودة البحث ودقة نتائجه على أدوات جمع البيانات المستخدمة حيث تتيح هذه الأدوات جمع معلومات موثوقة ومتكاملة حول موضوع الدراسة و في هذا البحث الذي يتناول إدارة مخاطر التغيرات البيئية في مشاريع الطرق تم اعتماد ثلاث أدوات رئيسية لجمع البيانات وهي الاستبيان و المقابلات والاستفادة من البيانات السابقة بهدف استخدام هذه الأدوات إلى تحقيق تنوع في مصادر المعلومات مما يعزز من دقة التحليل وموضوعية النتائج (العتيبي، 2020، ص. 150).

١- الاستبيان

يعد الاستبيان من أكثر الأدوات استخداماً في البحث العلمي حيث يسمح بجمع بيانات كمية ونوعية من عدد

كبير من المشاركين خلال فترة قصيرة في هذه الدراسة تم تصميم الاستبيان ليشمل أسئلة مغلقة ومفتوحة تغطي الجوانب التالية:

- الخصائص الديموغرافية للمشاركين (المسمى الوظيفي، سنوات الخبرة، التخصص).
- مدى تأثير العوامل البيئية المختلفة (مثل الفيضانات، التغيرات المناخية، التعرية الأرضية، والتلوث البيئي) على مشاريع الطرق.
- كفاءة الاستراتيجيات المتبعة في إدارة المخاطر البيئية، مثل التخطيط البيئي، أنظمة تصريف المياه، والتكنولوجيا الحديثة.
- مدى استخدام الأدوات التكنولوجية مثل نظم المعلومات الجغرافية (GIS) والذكاء الاصطناعي في التنبؤ بالمخاطر البيئية وإدارتها
- تم توزيع الاستبيان على عينة من المهندسين المدنيين و الخبراء البيئيين و المسؤولين الحكوميين والمقاولين و بهدف الحصول على آراء متنوعة حول التحديات البيئية التي تواجه مشاريع الطرق ومدى نجاح الاستراتيجيات المستخدمة في إدارتها (السالمي، 2021، ص. 115).

٢- المقابلات الشخصية

تم استخدام المقابلات الشخصية كأداة لجمع بيانات أكثر تفصيلاً من الخبراء في إدارة المشاريع البيئية والطرق و تتيح هذه الأداة:

- استخلاص رؤى معمقة حول العوامل البيئية التي تؤثر على مشاريع الطرق
- مناقشة الحلول والتوصيات المحتملة لتحسين استراتيجيات إدارة المخاطر البيئية
- فهم التحديات العملية التي تواجه تطبيق الحلول البيئية من وجهة نظر المختصين
- تم إجراء المقابلات بشكل شبه موجه حيث تم إعداد أسئلة رئيسية مسبقة مع إتاحة المجال للمشاركين للتعبير بحرية عن آرائهم. شملت هذه المقابلات مسؤولين في الجهات الحكومية وخبراء بيئيين ومهندسين يعملون في مشاريع البنية التحتية، مما ساهم في تعزيز جودة التحليل والاستفادة من الخبرات العملية للمشاركين (الشرقي، 2019، ص. 122).

٣- الاستفادة من البيانات السابقة

بالإضافة إلى البيانات الأولية التي تم جمعها عبر الاستبيانات والمقابلات، اعتمد البحث أيضاً على البيانات الثانوية المستمدة من:

- الدراسات السابقة التي تناولت تأثير العوامل البيئية على مشاريع الطرق.
- التقارير الحكومية وتقارير الهيئات البيئية حول المخاطر البيئية وتأثيرها على البنية التحتية.

- المعايير والتشريعات البيئية المتعلقة بتخطيط الطرق وإدارتها في مواجهة التغيرات المناخية.
- ساهمت هذه البيانات في دعم التحليل العلمي، وتوفير إطار نظري قوي، والمقارنة بين نتائج البحث الحالي ونتائج الدراسات السابقة، مما عزز من مصداقية النتائج والتوصيات النهائية (الدوسري، 2020، ص. 130).

يساعد الجمع بين الاستبيانات و المقابلات والبيانات السابقة في:

- تحقيق تكامل بين البيانات الكمية والنوعية مما يوفر تحليلاً أكثر شمولاً للموضوع
- تقليل نسبة التحيز في البيانات حيث يتم جمع المعلومات من مصادر مختلفة لضمان الموضوعية
- الوصول إلى نتائج أكثر دقة وموثوقية يمكن الاعتماد عليها في تطوير استراتيجيات أكثر كفاءة لإدارة المخاطر البيئية في مشاريع الطرق.

طرق تحليل البيانات

في هذه الدراسة التي تتناول إدارة مخاطر التغيرات البيئية في مشاريع الطرق تم الاعتماد على التحليل الإحصائي باستخدام برنامج SPSS وبرنامج Excel وذلك لضمان دقة التحليل وسهولة تفسير البيانات استخدام برنامج SPSS في تحليل البيانات

يعد برنامج SPSS أحد أقوى الأدوات الإحصائية المستخدمة في تحليل البيانات الاجتماعية والهندسية حيث يساعد في تحليل الاتجاهات العامة وتفسير العلاقات بين المتغيرات و في هذه الدراسة تم استخدام SPSS في:

- تحليل التكرارات والنسب المئوية وذلك لفهم توزيع إجابات المشاركين على الأسئلة المطروحة في الاستبيان.
- حساب المتوسطات والانحرافات المعيارية مما يساعد في قياس مدى تباين البيانات ومدى تقارب الإجابات بين المشاركين.
- إجراء اختبارات الفرضيات مثل اختبار T-test لتحليل الفروق بين مجموعات مختلفة من المشاركين وتحليل التباين (ANOVA) لتحديد مدى تأثير العوامل البيئية المختلفة على مشاريع الطرق.
- تحليل الارتباط بين المتغيرات وذلك باستخدام اختبار بيرسون لقياس العلاقة بين المخاطر البيئية وكفاءة استراتيجيات إدارتها مما يساعد في فهم مدى تأثير كل عامل بيئي على جودة الطرق واستدامتها و يستخدم برنامج Excel كأداة داعمة لتحليل البيانات، حيث يتميز بقدرته على إجراء العمليات الحسابية السريعة وإنشاء الرسوم البيانية التوضيحية في هذه الدراسة تم استخدام Excel في:
- تنظيم البيانات المستخرجة من الاستبيانات والمقابلات مما يسهل تصنيف المعلومات وتحليلها بفعالية

➤ إعداد الرسوم البيانية والمخططات التوضيحية، مثل المخططات الدائرية والبيانية الخطية، لعرض التوزيعات الإحصائية بطريقة بصرية تسهل فهم النتائج.

➤ تحليل الاتجاهات البيئية وتأثيرها على مشاريع الطرق حيث يتيح Excel إمكانية عرض البيانات التاريخية وتحليل التغيرات الزمنية في معدلات المخاطر البيئية وتأثيرها على البنية التحتية للطرق.

🌈 دمج التحليل الكمي والكيفي لتحليل أكثر شمولاً

إلى جانب التحليل الإحصائي باستخدام SPSS و Excel تم اعتماد تحليل نوعي للبيانات المستخلصة من المقابلات الشخصية مع الخبراء يساعد هذا الدمج في:

➤ تحقيق توازن بين التحليل الكمي والكيفي مما يوفر صورة متكاملة عن تأثير المخاطر البيئية.

➤ تفسير البيانات الإحصائية في سياقها العملي حيث يتم دعم الأرقام بنتائج واقعية من آراء الخبراء والمختصين.

➤ تحليل الفجوات في الاستراتيجيات الحالية مما يساعد في اقتراح حلول أكثر كفاءة لمواجهة المخاطر البيئية

الخاتمة :

تناول هذا الفصل منهجية البحث المستخدمة لدراسة إدارة مخاطر التغيرات البيئية في مشاريع الطرق حيث تم استعراض المنهج الوصفي التحليلي كإطار علمي لتحليل تأثير العوامل البيئية على مشاريع البنية التحتية وتقييم كفاءة الاستراتيجيات المستخدمة في الحد من هذه المخاطر كما تم تحديد مجتمع الدراسة وعينتها والتي شملت المهندسين المدنيين و الخبراء البيئيين و المسؤولين الحكوميين والمقاولين لضمان تمثيل شامل لمختلف التخصصات المعنية بتخطيط وتنفيذ مشاريع الطرق

وتم الاعتماد على أدوات متعددة لجمع البيانات، بما في ذلك الاستبيانات و المقابلات الشخصية والاستفادة من البيانات السابقة مما ساعد في الحصول على معلومات كمية ونوعية تدعم تحليل البحث. كما تم تطبيق طرق تحليل إحصائية باستخدام SPSS و Excel حيث تم تقديم الإحصاءات الوصفية وتحليل العلاقات بين المتغيرات مما ساهم في فهم مدى تأثير العوامل البيئية على مشاريع الطرق، وفعالية الحلول المقترحة للحد من هذه التأثيرات

وأظهرت النتائج الإحصائية أن التغيرات المناخية والفيضانات تعد من أبرز المخاطر البيئية التي تؤثر على مشاريع الطرق، في حين أن استخدام التكنولوجيا الحديثة مثل نظم المعلومات الجغرافية (GIS) والذكاء الاصطناعي يعد من أكثر الحلول كفاءة كما أكدت البيانات أن أنظمة تصريف المياه الحالية بحاجة إلى تحسين وأن هناك ضرورة لتطوير تشريعات بيئية أكثر صرامة لضمان استدامة مشاريع الطرق

و بناءً على منهجية البحث المستخدمة في هذا الفصل سيتم في الفصول القادمة تحليل النتائج بشكل أكثر تفصيلاً ومناقشة مدى توافقها مع الدراسات السابقة ومن ثم تقديم التوصيات التي يمكن أن تساهم في تحسين إدارة المخاطر البيئية في مشاريع الطرق و يعكس هذا التحليل مدى أهمية تطوير سياسات بيئية أكثر فعالية والاستثمار في التكنولوجيا الحديثة وتعزيز التخطيط البيئي المستدام لضمان مستقبل أكثر أماناً واستدامة للبنية التحتية للطرق

الفصل الرابع

المقدمة :

يعد الفصل الرابع من البحث أحد أهم الفصول حيث يتم فيه عرض وتحليل نتائج الدراسة الميدانية التي تم جمعها باستخدام الاستبيانات والمقابلات الشخصية يهدف هذا الفصل إلى استخلاص المؤشرات الإحصائية التي تعكس مدى تأثير المخاطر البيئية على مشاريع الطرق وتقييم فعالية الاستراتيجيات المستخدمة في إدارتها وذلك استنادًا إلى التحليل الإحصائي للبيانات المستمدة من المشاركين في الدراسة (العتيبي، 2020، ص. 175).

يتناول هذا الفصل تحليلًا منهجيًا للبيانات حيث يتم استعراض الخصائص الديموغرافية للعينة، الإحصاءات الوصفية للمحاور الرئيسية وتحليل العلاقات بين المتغيرات كما سيتم استخدام الأساليب الإحصائية المناسبة مثل اختبار T-Test تحليل التباين ANOVA وتحليل الارتباط بيرسون لفهم العوامل الأكثر تأثيرًا على جودة مشاريع الطرق ومدى فاعلية الحلول البيئية المطبقة حاليًا (السالمي، 2021، ص. 135).

يساعد تحليل البيانات في هذا الفصل على اختبار فرضيات البحث، وتحديد ما إذا كانت الاستراتيجيات الحالية كافية للتخفيف من المخاطر البيئية أم أن هناك حاجة إلى تطوير حلول أكثر فاعلية. كما سيتم ربط النتائج المستخلصة بالدراسات السابقة التي تمت مراجعتها في الفصل الثاني مما يتيح مقارنة النتائج الحالية مع ما توصلت إليه الأبحاث السابقة حول تأثير المخاطر البيئية على مشاريع البنية التحتية (الشرقي، 2019، ص. 145).

وفي نهاية هذا الفصل سيتم مناقشة أبرز النتائج المستخلصة وتقديم تحليل موضوعي لمدى نجاح الحلول الحالية وذلك تمهيدًا للفصل الأخير الذي سيتضمن الاستنتاجات النهائية والتوصيات العملية لتطوير إدارة المخاطر البيئية في مشاريع الطرق (الدوسري، 2020، ص. 150).

➤ توصيف عينة الدراسة :

تم تحديد العينة باستخدام أسلوب العينة العشوائية الطبقية لضمان تمثيل متوازن لكافة الفئات المعنية في مشاريع الطرق وذلك بهدف جمع بيانات دقيقة وشاملة تعكس واقع التحديات البيئية والإجراءات المتبعة لإدارتها

➤ حجم العينة وتوزيعها : تم استهداف 150 مشاركًا من المهندسين والخبراء البيئيين والمسؤولين الحكوميين والمقاولين موزعين كما يلي:

الفئة المهنية	عدد المشاركين	النسبة المئوية (%)
المهندسون المدنيون والمخططون الحضريون	60	40%
الخبراء البيئيون والاستشاريون	45	30%
المسؤولون الحكوميون (وزارات النقل والبلديات)	30	20%
المقاولون والشركات المنفذة لمشاريع الطرق	15	10%
الإجمالي	150	100%

- ١- تمثل المهندسون المدنيون والخبراء البيئيون النسبة الأكبر من العينة (70%) نظرًا لدورهم المباشر في تخطيط وتنفيذ مشاريع الطرق وتحليل المخاطر البيئية.
- ٢- تمثل المسؤولون الحكوميون نسبة 20%، حيث يساهمون في وضع السياسات والتشريعات البيئية لمشاريع الطرق.
- ٣- المقاولون والشركات المنفذة يشكلون 10% نظرًا لأن دورهم يقتصر غالبًا على تنفيذ المشاريع بناءً على المعايير المحددة

➤ التوزيع حسب عدد سنوات الخبرة

عدد سنوات الخبرة	عدد المشاركين	النسبة المئوية(%)
أقل من 5 سنوات	30	20%
من 5 إلى 10 سنوات	45	30%
من 10 إلى 15 سنة	50	33.3%
أكثر من 15 سنة	25	16.7%
الإجمالي	150	100%

١- يمثل ذوو الخبرة من 10 إلى 15 سنة أكبر نسبة (33.3%) مما يعكس أن معظم المشاركين لديهم معرفة عميقة بالمشكلات البيئية التي تواجه مشاريع الطرق.

٢- المشاركون الذين لديهم خبرة أقل من 5 سنوات يمثلون 20% فقط مما قد يعني أن آراءهم متأثرة بالتجارب الحديثة فقط.

٣- نسبة المشاركين الذين لديهم أكثر من 15 سنة خبرة بلغت 16.7% مما يوفر مدخلات من خبراء ذوي خبرة طويلة في المجال

➤ التوزيع حسب المؤهل العلمي

المؤهل العلمي	عدد المشاركين	النسبة المئوية(%)
دبلوم	20	13.3%
بكالوريوس	90	60%
ماجستير	30	20%
دكتوراه	10	6.7%
الإجمالي	150	100%

١ - غالبية العينة يحملون درجة البكالوريوس (60%) ، مما يعكس أن المشاركين لديهم مستوى علمي مناسب لفهم المشكلات البيئية التقنية.

٢ - 30% من العينة حاصلون على درجات عليا (ماجستير ودكتوراه)، مما يضمن تحليلاً أكثر دقة واستناداً إلى خلفيات علمية متقدمة.

٣ - تم إشراك حملة الدبلوم (13.3%) لتمثيل الفنيين والميدانيين الذين يعملون على تنفيذ المشاريع ويواجهون المخاطر البيئية بشكل مباشر

➤ التوزيع حسب موقع العمل

موقع العمل	عدد المشاركين	النسبة المئوية (%)
مشاريع طرق في المناطق الحضرية	70	46.7%
مشاريع طرق في المناطق الريفية	50	33.3%
مشاريع طرق في المناطق الصحراوية	30	20%
الإجمالي	150	100%

١ - غالبية المشاركين يعملون في المناطق الحضرية (46.7%) مما يعكس أهمية دراسة المخاطر البيئية في المدن الكبيرة وتأثيرات التغيرات المناخية عليها.

٢ - 33.3% يعملون في مشاريع طرق ريفية حيث تعتبر الفيضانات والتعرية الأرضية من أبرز المخاطر البيئية

٣ - 20% يعملون في المشاريع الصحراوية حيث يواجهون تحديات مثل زحف الرمال وتأثير الحرارة العالية على الطرق

التوزيع حسب نوع المشروع الحالي

نوع المشروع	عدد المشاركين	النسبة المئوية (%)
مشاريع إنشاء طرق جديدة	65	43.3%
مشاريع صيانة وتأهيل الطرق القائمة	55	36.7%
مشاريع تطوير أنظمة تصريف المياه	30	20%
الإجمالي	150	100%

١- 43.3% من المشاركين يعملون في مشاريع إنشاء طرق جديدة، مما يوفر بيانات مهمة حول مدى تأثير العوامل البيئية على التخطيط والتصميم.

٢- 36.7% يشاركون في مشاريع صيانة الطرق، مما يعكس خبرتهم في تحليل المخاطر البيئية بعد التشغيل.

٣- 20% يعملون على تطوير أنظمة تصريف المياه، مما يعكس أهمية تحسين البنية التحتية المائية لمواجهة الفيضانات

تم اختيار العينة بعناية لضمان تمثيل شامل لمختلف الفئات المهنية ذات العلاقة بمشاريع الطرق. تم تحقيق توازن في توزيع المشاركين حسب الخبرة والمؤهل العلمي مما يضمن تنوع وجهات النظر بين الخبراء والفنيين.

تمثل المشاريع الحضرية والريفية والصحراوية في العينة، مما يسمح بتحليل شامل لتأثير العوامل البيئية المختلفة.

وجود نسبة من المشاركين يعملون على أنظمة تصريف المياه يعزز فهم التحديات المرتبطة بالبنية التحتية المائية ودورها في تقليل المخاطر البيئية

➤ اختبارات الصدق والثبات للاستبيان

تم اختبار صدق وثبات الاستبيان باستخدام اختبار صدق المحتوى (Content Validity) واختبار ألفا كرونباخ (Cronbach's Alpha) لضمان أن البيانات المستخلصة من العينة موثوقة وقابلة للتحليل

١- اختبار الصدق (Validity Test) :

يشير صدق الاستبيان إلى مدى قدرته على قياس المتغيرات التي صُمم لقياسها. تم إجراء اختبار الصدق من خلال نوعين رئيسيين من الاختبارات:

أ- **صدق المحتوى (Content Validity) :** تم عرض الاستبيان على مجموعة من الخبراء الأكاديميين والمتخصصين في مجال الطرق والبيئة لضمان أن الأسئلة تغطي كافة الجوانب المرتبطة بالمخاطر البيئية وإدارتها في مشاريع الطرق وقد تم تعديل بعض العبارات وإعادة صياغة بعض الأسئلة بناءً على ملاحظات الخبراء مما عزز دقة الاستبيان ووضوحه للمشاركين

النتيجة: حصل الاستبيان على اتفاق بنسبة 90% بين الخبراء على أن الأسئلة تعكس متغيرات البحث بشكل صحيح مما يشير إلى مستوى عالٍ من صدق المحتوى

ب- **الصدق التمييزي (Construct Validity - Factor Analysis) :** تم إجراء تحليل العوامل (Factor Analysis) باستخدام برنامج SPSS لتقييم مدى ارتباط الأسئلة ببعضها البعض ومدى تمثيلها للمتغيرات الرئيسية في البحث

كانت أهم النتائج:

١- جميع الأسئلة حصلت على معاملات ارتباط تفوق 0.50 مما يعني أن جميع الأسئلة ترتبط بشكل قوي بالمحاور التي تقيسها.

٢- تم تفسير 78% من التباين بواسطة العوامل الرئيسية مما يشير إلى أن الاستبيان يغطي معظم الجوانب المرتبطة بموضوع البحث

النتيجة: أظهر تحليل العوامل أن الاستبيان يتمتع بمستوى عالٍ من الصدق التمييزي، حيث تقيس الأسئلة بدقة المفاهيم التي تستهدفها

٢- اختبار الثبات (Reliability Test)

يشير الثبات إلى مدى اتساق الاستجابات عند إعادة تطبيق الاستبيان على نفس العينة في أوقات مختلفة. تم قياس الثبات باستخدام اختبار ألفا كرونباخ (Cronbach's Alpha) حيث تم تحليل النتائج لكل محور من محاور الدراسة

أ- اختبار ألفا كرونباخ (Cronbach's Alpha Test)

المحور	عدد الأسئلة	معامل ألفا كرونباخ (α)	التفسير
تأثير الفيضانات على مشاريع الطرق	5	0.82	مرتفع
تأثير التغيرات المناخية على البنية التحتية	6	0.87	مرتفع جدًا
كفاءة أنظمة تصريف المياه	4	0.79	جيد
دور التكنولوجيا الحديثة في الحد من المخاطر	5	0.85	مرتفع جدًا
فعالية التشريعات البيئية	5	0.81	مرتفع
المتوسط العام للثبات	25	0.83	مرتفع جدًا

جميع المحاور حققت مستوى ثبات أعلى من 0.75، مما يشير إلى أن الاستبيان يتمتع بدرجة عالية من الثبات. أعلى ثبات كان في محور "التغيرات المناخية" ($\alpha = 0.87$) مما يعني أن الإجابات على هذا المحور كانت الأكثر اتساقًا بين المشاركين. أقل معامل ثبات كان لمحور "كفاءة أنظمة تصريف المياه" ($\alpha = 0.79$)، لكنه لا يزال ضمن النطاق المقبول للثبات العالي.

تحليل نتائج الصدق والثبات

- أكدت اختبارات الصدق أن الاستبيان يعكس المتغيرات البحثية بدقة حيث حصل على نسبة اتفاق مرتفعة من الخبراء (90%) وتحليل عوامل أظهر معاملات ارتباط قوية
- أظهرت اختبارات الثبات أن الاستبيان يتمتع باتساق عالٍ حيث بلغ المتوسط العام لمعامل ألفا كرونباخ 0.83، مما يشير إلى أن البيانات المجمعة موثوقة وقابلة للتحليل.
- بناءً على هذه النتائج، يمكن الاعتماد على الاستبيان كأداة دقيقة وموثوقة لتحليل تأثير المخاطر البيئية على مشاريع الطرق وتقييم كفاءة الاستراتيجيات الحالية لإدارتها.

➤ الإحصاء الوصفي لمتغيرات البحث والإجابة على أسئلة البحث

من أجل الإجابة على أسئلة البحث الأساسية المتعلقة بتأثير المخاطر البيئية على مشاريع الطرق ومدى فاعلية الاستراتيجيات المتبعة لإدارتها

أولاً: الإحصاء الوصفي لمتغيرات البحث

تم تقسيم تحليل البيانات إلى ثلاثة محاور رئيسية بناءً على أسئلة البحث ومحاور الاستبيان.

١ - تأثير المخاطر البيئية على مشاريع الطرق

المتغير	المتوسط الحسابي	الانحراف المعياري	التفسير
تأثير الفيضانات على استقرار الطرق	4.2	0.75	مرتفع
تأثير التغيرات المناخية (ارتفاع الحرارة والأمطار)	4.5	0.68	مرتفع جداً
تأثير التعرية الأرضية على الطرق	3.9	0.80	متوسط إلى مرتفع
تأثير التلوث البيئي على جودة الأسفلت	3.7	0.85	متوسط

١ - التغيرات المناخية والفيضانات هما أخطر العوامل البيئية التي تؤثر على مشاريع الطرق حيث

حصلنا على أعلى متوسطات (4.5 و 4.2 على التوالي).

٢ - التعرية الأرضية والتلوث البيئي لهما تأثير متوسط (3.9 و 3.7) مما يشير إلى أنهما أقل خطورة

مقارنة بالعوامل المناخية القاسية.

٢ - فاعلية الاستراتيجيات الحالية في الحد من المخاطر البيئية

المتغير	المتوسط الحسابي	الانحراف المعياري	التفسير
كفاءة أنظمة تصريف المياه	3.1	0.92	متوسطة
فعالية التخطيط البيئي في مشاريع الطرق	3.8	0.80	متوسطة إلى مرتفعة
دور التكنولوجيا الحديثة (GIS) الذكاء الاصطناعي (في تقليل المخاطر)	4.3	0.71	مرتفع
كفاءة التشريعات البيئية في الحد من المخاطر	3.6	0.88	متوسطة

١ - أنظمة تصريف المياه حصلت على تقييم ضعيف نسبياً (3.1) مما يشير إلى الحاجة إلى تحسينها.

٢- التكنولوجيا الحديثة حصلت على أعلى تقييم (4.3) مما يعكس أن المشاركين يرون أنها الحل الأكثر فاعلية لمواجهة المخاطر البيئية.

٣- التخطيط البيئي والتشريعات البيئية حصلت على تقييم متوسط (3.8 و 3.6) مما يعني أن هناك حاجة لتعزيز تطبيق القوانين البيئية.

٣- مدى رضا المشاركين عن الحلول البيئية الحالية

السؤال	الموافقون بشدة (%)	غير الموافقين (%)
هل تعتقد أن المخاطر البيئية تؤثر بشكل كبير على مشاريع الطرق؟	75%	10%
هل ترى أن الاستراتيجيات الحالية كافية لحماية الطرق من المخاطر البيئية؟	35%	50%
هل تعتقد أن التكنولوجيا الحديثة يمكن أن تحسن من إدارة المخاطر البيئية؟	80%	8%

75% من المشاركين يرون أن المخاطر البيئية تؤثر بشكل كبير على مشاريع الطرق.

50% غير راضين عن الاستراتيجيات الحالية مما يؤكد الحاجة إلى تطوير حلول جديدة.

80% يدعمون استخدام التكنولوجيا الحديثة مما يشير إلى إجماع قوي على أن الابتكار التكنولوجي هو الحل الأفضل لإدارة المخاطر البيئية.

ثانيًا: الإجابة على أسئلة البحث

١- ما هي المخاطر البيئية الأكثر تأثيرًا على مشاريع الطرق؟

✓ النتيجة: أظهرت البيانات أن التغيرات المناخية (4.5) والفيضانات (4.2) هما أكبر التحديات البيئية التي تؤثر على مشاريع الطرق، بينما كانت التعرية الأرضية والتلوث البيئي أقل تأثيرًا نسبيًا.

٢- هل الاستراتيجيات الحالية كافية لحماية مشاريع الطرق من المخاطر البيئية؟

✓ النتيجة: حصلت الاستراتيجيات الحالية على متوسط تقييم عام (3.4)، مما يشير إلى أن المشاركين يرون أن هناك حاجة إلى تحسينات إضافية، خاصة فيما يتعلق بأنظمة تصريف المياه التي حصلت على أقل تقييم (3.1).

3. ما مدى فاعلية التكنولوجيا الحديثة (GIS، الذكاء الاصطناعي) في تقليل المخاطر البيئية؟
 ✓ النتيجة: حصل استخدام التكنولوجيا الحديثة على أعلى تقييم (4.3)، مما يعكس ثقة عالية في قدرتها على الحد من المخاطر البيئية.
4. هل توجد حاجة إلى تحسين القوانين والتشريعات البيئية المتعلقة بمشاريع الطرق؟
 ✓ النتيجة: يرى المشاركون أن التشريعات البيئية تحتاج إلى تطوير (متوسط 3.6)، مما يشير إلى ضرورة تعزيز آليات تطبيق القوانين المتعلقة بالمخاطر البيئية.
5. كيف يمكن تحسين استراتيجيات إدارة المخاطر البيئية في مشاريع الطرق؟
 ✓ النتيجة: تشير النتائج إلى أن الحلول الأكثر فاعلية تشمل تحسين أنظمة تصريف المياه دمج التكنولوجيا الحديثة في التخطيط، وتعزيز التشريعات البيئية لضمان استدامة مشاريع الطرق.

➤ الفرضيات ومناقشة النتائج

للتأكد من مدى صحة الافتراضات المتعلقة بـ تأثير المخاطر البيئية على مشاريع الطرق ومدى كفاءة الاستراتيجيات المستخدمة في إدارتها تم استخدام اختبار T-Test، تحليل التباين (ANOVA) واختبار الارتباط بيرسون (Pearson Correlation) لتحليل العلاقة بين المتغيرات والتأكد من دلالة النتائج إحصائياً

أولاً: اختبار الفرضيات الإحصائية

- ١- الفرضية الأولى: "تؤثر العوامل البيئية بشكل كبير على جودة واستدامة مشاريع الطرق" تحليل-T-Test لمقارنة تأثير العوامل البيئية على جودة الطرق تم اختبار ما إذا كان هناك تأثير معنوي للعوامل البيئية على جودة مشاريع الطرق باستخدام اختبار T-Test وكانت النتائج كما يلي:

المتغير	المتوسط الحسابي	القيمة الاحتمالية (Sig.)	النتيجة
تأثير العوامل البيئية على جودة الطرق	4.35	0.002 (< 0.05)	دال إحصائياً

- بما أن (Sig. = 0.002) أقل من 0.05 فإن الفرضية مقبولة، مما يعني أن العوامل البيئية تؤثر بشكل معنوي على جودة واستدامة مشاريع الطرق
- أبرز العوامل البيئية المؤثرة كانت التغيرات المناخية والفيضانات، حيث حصلت على أعلى المتوسطات الحسابية (4.5 و 4.2 على التوالي)
- النتيجة: العوامل البيئية لها تأثير واضح على جودة مشاريع الطرق مما يتطلب تعزيز إجراءات الحماية والاستدامة

٢- الفرضية الثانية: "الاستراتيجيات الحالية غير كافية لحماية مشاريع الطرق من المخاطر البيئية " تحليل التباين الأحادي (ANOVA) لمعرفة الفروق بين الفئات المختلفة في تقييم الاستراتيجيات تم تحليل ما إذا كان هناك اختلاف معنوي بين تقييم الفئات المختلفة (المهندسين، الخبراء البيئيين، المسؤولين الحكوميين، المقاولين) لكفاءة الاستراتيجيات الحالية، وكانت النتائج كما يلي:

المتغير	القيمة الاحتمالية (Sig.)	النتيجة
تقييم كفاءة الاستراتيجيات الحالية	0.047 (< 0.05)	دال إحصائيًا

- بما أن (Sig. = 0.047) أقل من 0.05، فإن الفرضية مقبولة، مما يعني أن هناك فروقًا معنوية في تقييم الاستراتيجيات الحالية بين الفئات المختلفة.
- المهندسون والخبراء البيئيون كانوا الأكثر انتقادًا للاستراتيجيات الحالية، بينما كان المسؤولون الحكوميون والمقاولون أكثر تقبلاً لها
- أقل متوسط حسابي كان لكفاءة أنظمة تصريف المياه (3.1)، مما يشير إلى ضعف هذه الاستراتيجيات مقارنة بالتغيرات المناخية والفيضانات.
- النتيجة: الاستراتيجيات الحالية بحاجة إلى تحسين، خاصة فيما يتعلق بأنظمة تصريف المياه والتخطيط البيئي المتكامل

٣- الفرضية الثالثة: "استخدام التكنولوجيا الحديثة يساعد في الحد من المخاطر البيئية في مشاريع الطرق." تحليل الارتباط بيرسون بين التكنولوجيا الحديثة وتقليل المخاطر البيئية تم تحليل العلاقة بين استخدام التكنولوجيا الحديثة (مثل نظم المعلومات الجغرافية GIS، الذكاء الاصطناعي) وتقليل المخاطر البيئية وكانت النتائج كما يلي

المتغيران	معامل الارتباط (R)	القيمة الاحتمالية (Sig.)	النتيجة
دور التكنولوجيا في الحد من المخاطر البيئية	0.68	0.001 (< 0.05)	دال إحصائيًا

- بما أن (Sig. = 0.001) أقل من 0.05، فإن الفرضية مقبولة مما يعني أن هناك علاقة إيجابية قوية بين استخدام التكنولوجيا وتقليل المخاطر البيئية.
- كلما زاد استخدام التكنولوجيا الحديثة زادت كفاءة الاستراتيجيات البيئية في الحد من المخاطر مما يعزز أهمية الاعتماد على نظم المعلومات الجغرافية (GIS) والذكاء الاصطناعي في التخطيط البيئي.

- متوسط تقييم التكنولوجيا الحديثة كان مرتفعاً (4.3) مما يعكس ثقة المشاركين في دور التكنولوجيا في تحسين إدارة المخاطر البيئية.
- النتيجة: ينصح الخبراء بتوسيع استخدام التكنولوجيا الحديثة في تحليل المخاطر البيئية واتخاذ قرارات استباقية لحماية مشاريع الطرق

ثانياً: مناقشة النتائج

- أكدت النتائج أن المخاطر البيئية وخاصة التغيرات المناخية والفيضانات لها تأثير كبير على مشاريع الطرق مما يتطلب تعزيز الاستراتيجيات الحالية لمواجهتها.
- أظهرت البيانات أن أنظمة تصريف المياه الحالية بحاجة إلى تحسين كبير حيث كانت الأقل كفاءة وفق تقييم المشاركين مما يستدعي اعتماد تقنيات حديثة في إدارة مياه الأمطار والفيضانات.
- تم إثبات أن التكنولوجيا الحديثة تلعب دوراً حاسماً في تقليل المخاطر البيئية حيث وجد أن استخدام نظم المعلومات الجغرافية (GIS) والذكاء الاصطناعي يعزز دقة التنبؤ بالمخاطر ويساعد في تخطيط أكثر كفاءة لمشاريع الطرق.
- هناك فجوة بين تقييم المهندسين والخبراء البيئيين للاستراتيجيات الحالية مقارنة بالمسؤولين الحكوميين والمقاولين مما يشير إلى ضرورة تعزيز التنسيق بين الجهات المختلفة لتحسين كفاءة إدارة المخاطر البيئية.
- بناءً على نتائج التحليل يجب التركيز على تحسين سياسات التخطيط البيئي والاستثمار في التكنولوجيا الحديثة وتحديث أنظمة تصريف المياه لمواجهة التحديات البيئية في مشاريع الطرق.

الخاتمة :

تناول هذا الفصل تحليل البيانات الإحصائية المستخلصة من الدراسة الميدانية حيث تم وصف متغيرات البحث، اختبار الفرضيات ومناقشة النتائج المتعلقة بتأثير المخاطر البيئية على مشاريع الطرق ومدى كفاءة الاستراتيجيات الحالية في إدارتها.

أظهرت الإحصاءات الوصفية أن التغيرات المناخية والفيضانات هما أكثر المخاطر البيئية تأثيراً على مشاريع الطرق، بينما كانت التعرية الأرضية والتلوث البيئي أقل تأثيراً نسبياً. كما تبين أن أنظمة تصريف المياه هي الأضعف ضمن الاستراتيجيات الحالية حيث حصلت على أقل تقييم من المشاركين في حين أن استخدام التكنولوجيا الحديثة، مثل نظم المعلومات الجغرافية (GIS) والذكاء الاصطناعي كان الحل الأكثر فاعلية وفقاً لآراء المشاركين

من خلال اختبار الفرضيات الإحصائية تم إثبات أن العوامل البيئية تؤثر بشكل معنوي على جودة مشاريع الطرق، وأن الاستراتيجيات الحالية غير كافية لحمايتها بشكل فعال، مما يستدعي تعزيز التخطيط البيئي وتطوير أنظمة تصريف المياه كما أكدت النتائج وجود علاقة إيجابية قوية بين استخدام التكنولوجيا الحديثة وإدارة المخاطر البيئية مما يبرز أهمية تبني حلول رقمية متقدمة في التخطيط والتنفيذ

بناءً على هذه النتائج يمكن القول إن هناك حاجة ملحة إلى تحسين أنظمة إدارة المخاطر البيئية لمشاريع الطرق من خلال تحديث القوانين البيئية وتعزيز التعاون بين الجهات المعنية والاستثمار في الحلول التقنية المتقدمة وسيتم في الفصل القادم استخلاص التوصيات النهائية للبحث وعرض الاستنتاجات التي يمكن أن تساهم في تحسين استدامة مشاريع الطرق في ظل التغيرات البيئية المتزايدة

الفصل الخامس

➤ حدود الدراسة و الدراسات المستقبلية

يعد هذا البحث مساهمة علمية في مجال إدارة مخاطر التغيرات البيئية في مشاريع الطرق حيث قدم تحليلاً شاملاً لتأثير العوامل البيئية على البنية التحتية ومدى كفاءة الاستراتيجيات الحالية في الحد من هذه التأثيرات. ومع ذلك هناك بعض الحدود التي يمكن أخذها في الاعتبار عند إجراء دراسات مستقبلية لتوسيع نطاق البحث وتحقيق فهم أكثر شمولاً للمشكلة.

١ - حدود متعلقة بنطاق الدراسة

يركز هذا البحث على إدارة مخاطر التغيرات البيئية في مشاريع الطرق من خلال تحليل تأثير العوامل البيئية المختلفة مثل الفيضانات التغيرات المناخية التعرية الأرضية والتلوث البيئي على استدامة وجودة مشاريع الطرق ومع ذلك هناك بعض الحدود المتعلقة بنطاق الدراسة والتي يمكن معالجتها في الدراسات المستقبلية

- التركيز على بيانات محددة دون التوسع الجغرافي

ركز البحث على مشاريع الطرق في البيئات الحضرية والريفية والصحراوية، إلا أنه لم يتناول الاختلافات الجغرافية الأوسع مثل المناطق الساحلية أو الجبلية التي تواجه تحديات بيئية فريدة مثل تآكل التربة الساحلية وتأثير الأعاصير والفيضانات البحرية. لذا، يمكن للدراسات المستقبلية توسيع نطاق البحث ليشمل مناطق جغرافية متنوعة مما يتيح تحليلاً أكثر شمولاً للعوامل البيئية المؤثرة على مشاريع الطرق في بيئات مختلفة

- عدم شمول جميع أنواع مشاريع الطرق

ركز البحث على مشاريع إنشاء وصيانة الطرق العامة لكنه لم يتناول بالتفصيل أنواعاً أخرى من مشاريع النقل مثل الطرق السريعة والجسور والأنفاق والطرق الذكية قد يكون لهذه المشاريع مخاطر بيئية مختلفة، تتطلب استراتيجيات خاصة لإدارتها لذا يمكن للدراسات المستقبلية أن تستكشف كيفية تأثر هذه الأنواع من المشاريع بالمخاطر البيئية وتقييم الحلول المبتكرة لمواجهتها

- التركيز على الحلول الهندسية دون التوسع في السياسات البيئية

تناول البحث الحلول الهندسية والتكنولوجية لإدارة المخاطر البيئية لكنه لم يتطرق بشكل مفصل إلى الدور التنظيمي والسياسات البيئية الحكومية في التخفيف من تأثيرات العوامل البيئية يمكن للدراسات المستقبلية أن تستكشف مدى تأثير التشريعات البيئية المحلية والدولية على تنفيذ مشاريع الطرق بالإضافة إلى تحليل دور الجهات الحكومية والخاصة في تحسين الاستدامة البيئية لمشاريع النقل

- عدم دراسة التأثيرات الاقتصادية للمخاطر البيئية

ركز البحث على التأثيرات البيئية والهندسية للمخاطر البيئية، لكنه لم يتناول الجانب الاقتصادي بشكل معمق

مثل التكاليف الإضافية الناتجة عن الكوارث البيئية وتأثيرها على الميزانيات الحكومية يمكن أن تكون هذه التكاليف عاملاً رئيسياً في اتخاذ القرارات المتعلقة بالاستثمار في البنية التحتية لذا يمكن للدراسات المستقبلية أن تحلل التكلفة الاقتصادية للفيضانات والتغيرات المناخية على مشاريع الطرق بالإضافة إلى تقييم العائد الاقتصادي للحلول البيئية المبتكرة

و على الرغم من أن البحث قدم تحليلاً شاملاً للمخاطر البيئية وتأثيرها على مشاريع الطرق إلا أن هناك حاجة إلى توسيع نطاق الدراسات المستقبلية لتشمل مناطق جغرافية متنوعة أنواع مختلفة من مشاريع النقل السياسات البيئية والتأثيرات الاقتصادية سيساعد هذا التوسع في تقديم حلول أكثر شمولية وفعالية لإدارة المخاطر البيئية في مشاريع الطرق.

٢- حدود متعلقة بالبيانات الميدانية

تعتمد دقة نتائج البحث على جودة البيانات الميدانية التي تم جمعها من المشاركين حيث تم استخدام الاستبيانات والمقابلات الشخصية كأدوات رئيسية لجمع المعلومات المتعلقة بتأثير المخاطر البيئية على مشاريع الطرق. ومع ذلك هناك بعض الحدود التي قد تؤثر على شمولية وتعميم النتائج والتي يمكن تحسينها في الدراسات المستقبلية لضمان تحليل أكثر دقة وعمقاً.

أحد الحدود الرئيسية في البيانات الميدانية هو أن الاستبيانات تعتمد على آراء المشاركين، مما قد يؤدي إلى تحيز الاستجابة (Response Bias)، حيث قد يبالغ بعض المشاركين في تقدير أو تقليل تأثير العوامل البيئية بناءً على تجاربهم الشخصية أو مصالحهم المهنية على سبيل المثال قد يكون تقييم المهندسين الميدانيين لمخاطر الفيضانات مختلفاً عن تقييم المسؤولين الحكومي مما قد يؤثر على اتساق البيانات المجمعة لذا يمكن للدراسات المستقبلية دمج طرق بحث إضافية مثل الدراسات الميدانية المباشرة وقياسات بيئية حقيقية لتقليل هذا التحيز

بالإضافة إلى ذلك فإن حجم العينة كان محدوداً بـ 150 مشاركاً وهو حجم مناسب لإجراء تحليل إحصائي لكنه قد لا يكون كافياً لتمثيل جميع مناطق مشاريع الطرق أو لا يعكس الاختلافات الجغرافية بشكل كامل في المستقبل يمكن زيادة حجم العينة لتشمل مناطق مختلفة مثل المدن الكبرى و المناطق الريفية والمناطق الساحلية لضمان نتائج أكثر شمولية وقابلة للتعميم

كما أن مدة جمع البيانات كانت محدودة بزمان معين مما يعني أن البحث لم يأخذ في الاعتبار التغيرات الموسمية أو التأثيرات طويلة الأمد للمخاطر البيئية و على سبيل المثال قد يختلف تأثير الأمطار الغزيرة والفيضانات على مشاريع الطرق بين فصول السنة ولكن نظراً لأن البيانات تم جمعها في فترة محددة، فقد لا تكون النتائج ممثلة لجميع الظروف المناخية لذا يمكن للدراسات المستقبلية استخدام منهجيات طويلة المدى

(Longitudinal Studies) لمراقبة تأثير المخاطر البيئية على الطرق على مدى سنوات عدة كما اقتصرَت البيانات الميدانية في هذا البحث على الاستبيانات والمقابلات دون دمج مصادر بيانات أخرى مثل التقارير الحكومية بيانات الأقمار الصناعية أو النماذج المناخية ويمكن للدراسات المستقبلية الاستفادة من البيانات الثانوية مثل تقارير الأرصاد الجوية وتحليل صور الأقمار الصناعية لتحديد تغير أنماط الفيضانات أو التعرية الأرضية بمرور الوقت مما سيعزز دقة التحليل والاستنتاجات

لم يتم في هذه الدراسة اختبار تأثير العوامل الاجتماعية والاقتصادية على إدارة المخاطر البيئية، حيث ركز البحث على الجوانب الهندسية والبيئية فقط ومع ذلك فإن بعض العوامل، مثل مستوى التمويل الحكومي، التزام الجهات المعنية، ومدى وعي المجتمع بالمخاطر البيئية يمكن أن يكون لها دور رئيسي في نجاح أو فشل استراتيجيات إدارة المخاطر البيئية لذا يمكن للدراسات المستقبلية توسيع نطاق البحث ليشمل تأثير العوامل الاقتصادية والاجتماعية في تحسين أو تعطيل سياسات إدارة المخاطر البيئية

و على الرغم من أن البيانات الميدانية التي تم جمعها في هذا البحث قدمت رؤية واضحة حول تأثير المخاطر البيئية على مشاريع الطرق إلا أن هناك مجالاً لتحسينها في الدراسات المستقبلية من خلال زيادة حجم العينة، اعتماد منهجيات بحث طويلة المدى دمج مصادر بيانات إضافية مثل صور الأقمار الصناعية والتقارير الحكومية وتحليل التأثيرات الاجتماعية والاقتصادية على إدارة المخاطر البيئية وتحسين هذه الجوانب سيساهم في تقديم حلول أكثر استدامة ودقة لمواجهة التحديات البيئية في مشاريع الطرق.

٣- حدود متعلقة بالتحليل الإحصائي

يعد التحليل الإحصائي أحد الأدوات الرئيسية في هذا البحث حيث تم استخدامه لاختبار الفرضيات تحليل البيانات المستخلصة من الاستبيانات والمقابلات واستخلاص استنتاجات دقيقة حول تأثير المخاطر البيئية على مشاريع الطرق ومع ذلك هناك بعض الحدود التي يمكن أن تؤثر على شمولية ودقة النتائج والتي يمكن للدراسات المستقبلية أن تتعامل معها بشكل أكثر تفصيلاً.

وأحد أهم حدود التحليل الإحصائي في هذه الدراسة هو الاعتماد على التحليل الوصفي والاستدلالي الأساسي فقط، مثل المتوسطات الحسابية والانحراف المعياري واختبار T-Test وتحليل التباين (ANOVA) وتحليل الارتباط بيرسون على الرغم من أن هذه الاختبارات توفر تحليلاً جيداً للعلاقات بين المتغيرات إلا أنها لا تعطي تصوراً دقيقاً عن العلاقات السببية بين العوامل البيئية وتأثيرها على مشاريع الطرق. يمكن للدراسات المستقبلية استخدام نماذج أكثر تقدماً مثل تحليل الانحدار المتعدد والنمذجة التنبؤية وتحليل السلاسل الزمنية لدراسة التأثيرات طويلة الأمد للمخاطر البيئية

بالإضافة إلى ذلك لم يتم استخدام التحليل المكاني (Spatial Analysis) أو تقنيات نظم المعلومات الجغرافية (GIS) في التحليل الإحصائي لهذه الدراسة. نظرًا لأن المخاطر البيئية تتفاوت بشكل كبير حسب الموقع الجغرافي فإن تضمين هذه الأدوات في الدراسات المستقبلية قد يساعد في تحديد المناطق الأكثر عرضة للخطر وتقديم حلول أكثر استهدافًا لمشاريع الطرق. على سبيل المثال، يمكن استخدام تقنيات تحليل الفيضانات والخرائط الحرارية لفهم تأثير التغيرات المناخية على مناطق معينة من مشاريع

عامل آخر يجب مراعاته هو أن البحث اعتمد على بيانات مقطعية (Cross-sectional Data) أي أنه تم جمع البيانات في فترة زمنية محددة دون تتبع التغيرات عبر الزمن. ومع ذلك، فإن المخاطر البيئية تتغير بمرور الوقت بسبب عوامل مثل التغيرات المناخية والتطورات التكنولوجية، وبالتالي فإن الدراسات المستقبلية قد تستفيد من استخدام البيانات الطولية (Longitudinal Data) أو تحليل الاتجاهات الزمنية لتقييم كيفية تغير تأثير العوامل البيئية على مشاريع الطرق بمرور الوقت

كما أن العينة المستخدمة في التحليل الإحصائي اقتصر على 150 مشاركًا من المهندسين والخبراء البيئيين والمسؤولين الحكوميين والمقاولين مما قد يؤثر على قابلية تعميم النتائج على نطاق أوسع على الرغم من أن هذه العينة كانت كافية لاستخلاص استنتاجات موثوقة إلا أن الدراسات المستقبلية يمكن أن تعتمد على عينات أكبر وأكثر تمثيلًا لمختلف المناطق والقطاعات مما يعزز دقة التحليل الإحصائي ويقلل من احتمالية وجود تحيز في النتائج

و لم يتم في هذا البحث اختبار تأثير العوامل المتداخلة (Mediating & Moderating Variables) حيث تم تحليل العلاقة المباشرة بين المخاطر البيئية واستدامة مشاريع الطرق فقط. ومع ذلك هناك العديد من العوامل الوسيطة التي يمكن أن تؤثر على هذه العلاقة مثل نوع المواد المستخدمة في إنشاء الطرق كفاءة أنظمة التصريف ومدى الالتزام بالتشريعات البيئية لذا يمكن للدراسات المستقبلية إجراء تحليلات أكثر تفصيلاً تأخذ في الاعتبار هذه العوامل المتداخلة لفهم الصورة الكاملة لتأثير المخاطر البيئية على مشاريع الطرق

وعلى الرغم من أن التحليل الإحصائي في هذا البحث قدم رؤية دقيقة حول تأثير المخاطر البيئية على مشاريع الطرق وكفاءة الاستراتيجيات المستخدمة إلا أن هناك مجالًا للتطوير في الدراسات المستقبلية من خلال استخدام نماذج إحصائية أكثر تقدمًا تطبيق تقنيات التحليل المكاني و جمع بيانات طولية و زيادة حجم العينة، وتحليل العوامل الوسيطة تحسين هذه الجوانب سيساعد في الوصول إلى نتائج أكثر دقة وتقديم توصيات أكثر فعالية لتحسين استدامة مشاريع الطرق في مواجهة المخاطر البيئية

٤- حدود متعلقة بالإطار الزمني للدراسة

تعد المدة الزمنية التي يجري فيها البحث أحد العوامل المؤثرة على دقة النتائج وإمكانية تعميمها حيث أن

بعض الظواهر خاصة المتعلقة بالمخاطر البيئية، تتغير بمرور الوقت ولا يمكن قياس تأثيرها بدقة في فترة زمنية قصيرة في هذا البحث تم جمع البيانات خلال فترة زمنية محدودة مما يفرض بعض الحدود التي يمكن معالجتها في الدراسات المستقبلية لضمان نتائج أكثر شمولية ودقة.

أحد أهم التحديات الزمنية في هذه الدراسة هو أن جمع البيانات تم في فترة محددة ولم يمتد عبر المواسم المختلفة على سبيل المثال تأثير الفيضانات أو ارتفاع درجات الحرارة على مشاريع الطرق قد يختلف بين الفصول لكن البحث لم يأخذ في الاعتبار التغيرات الموسمية لهذه المخاطر لذا يمكن للدراسات المستقبلية أن تتبنى نهجاً طويل المدى (Longitudinal Studies)، بحيث يتم رصد المخاطر البيئية وتأثيرها على مشاريع الطرق خلال فترات زمنية مختلفة مثل الصيف والشتاء، لفهم طبيعة التغيرات وتأثيرها متفاوت عبر العام

بالإضافة إلى ذلك فإن البحث اعتمد على بيانات حديثة متعلقة بالمخاطر البيئية في الفترة الزمنية الحالية، لكنه لم يأخذ في الاعتبار الأنماط التاريخية لهذه المخاطر إن بعض الظواهر البيئية، مثل تكرار الفيضانات أو التعرية الأرضية تتطور على مدى سنوات عديدة لذا فإن تجاهل البيانات التاريخية قد يؤدي إلى عدم تقدير المخاطر بشكل دقيق و يمكن للدراسات المستقبلية أن تستفيد من تحليل البيانات الزمنية السابقة مثل سجلات الطقس والتغيرات المناخية على مدى العقود الماضية لفهم الاتجاهات البيئية والتنبؤ بمخاطر المستقبل كما أن البحث لم يأخذ في الاعتبار التغيرات المستقبلية في السياسات البيئية والتطورات التكنولوجية حيث تم تحليل كفاءة الاستراتيجيات الحالية فقط دون تقييم كيف يمكن أن تتطور هذه الاستراتيجيات خلال السنوات القادمة. مع التقدم السريع في التكنولوجيا والهندسة البيئية، قد تصبح بعض الحلول المستخدمة حالياً غير فعالة في المستقبل لذا يمكن للدراسات المستقبلية أن تستخدم نماذج المحاكاة البيئية والتكنولوجية لاستشراف كيف يمكن أن تؤثر الابتكارات الجديدة على إدارة المخاطر البيئية في مشاريع الطرق خلال السنوات القادمة

كما أن الفترة الزمنية المحدودة للدراسة لم تسمح بتحليل الاستجابات طويلة الأمد للمشاريع التي تم تنفيذها بالفعل. فعلى سبيل المثال بعض مشاريع الطرق الحديثة قد لا تواجه مشاكل بيئية واضحة خلال الأشهر الأولى من إنشائها لكن على المدى الطويل قد تظهر عيوب في أنظمة تصريف المياه أو تآكل في الطبقات الأسفلتية بسبب التغيرات المناخية لذا يمكن أن تكون الدراسات المستقبلية أكثر شمولاً إذا تضمنت متابعة طويلة المدى لمشاريع الطرق بعد تنفيذها لمعرفة مدى كفاءة الاستراتيجيات البيئية المطبقة فيها

فإن البحث لم يأخذ في الاعتبار تأثير العوامل الزمنية على القرارات الحكومية المتعلقة بتطوير مشاريع الطرق ففي بعض الأحيان تتغير الأولويات الحكومية والاستثمارات البيئية بسبب التغيرات الاقتصادية والسياسية مما قد يؤثر على مدى استمرارية الحلول البيئية المستخدمة في المشاريع لذا يمكن للدراسات

المستقبلية أن تحلل كيف تؤثر الأوضاع الاقتصادية والسياسات العامة على استمرارية المشاريع البيئية والتكيف مع المخاطر المتغيرة بمرور الزمن

➤ توصيات الدراسة:

بناءً على النتائج التي تم التوصل إليها في هذا البحث والتي تناولت تأثير المخاطر البيئية على مشاريع الطرق ومدى كفاءة الاستراتيجيات الحالية في إدارتها يمكن تقديم مجموعة من التوصيات التي تهدف إلى تحسين استدامة مشاريع الطرق وتعزيز قدرتها على مواجهة التغيرات البيئية تنقسم هذه التوصيات إلى توصيات تقنية وهندسية توصيات متعلقة بالسياسات والتشريعات وتوصيات متعلقة بالبحث العلمي والتطوير.

أولاً: التوصيات التقنية والهندسية

١- تحسين أنظمة تصريف المياه في مشاريع الطرق: أظهرت النتائج أن كفاءة أنظمة التصريف الحالية منخفضة (متوسط 3.1) مما يستدعي تطوير تقنيات تصريف حديثة تعتمد على الذكاء الاصطناعي وأجهزة الاستشعار لضمان تصريف فعال لمياه الأمطار والحد من الفيضانات (العتيبي، 2020، ص. 230).

٢- استخدام مواد بناء مقاومة للعوامل البيئية: يجب توجيه مشاريع الطرق نحو استخدام مواد أسفلتية وأسمنتية مقاومة للتغيرات المناخية، مثل الإسفلت البوليمري والأسمنت المقاوم للأملاح، مما يزيد من عمر الطرق الافتراضي ويقلل من تكاليف الصيانة المستقبلية (السالمي، 2021، ص. 200).

٣- دمج التكنولوجيا الحديثة في تخطيط وإدارة مشاريع الطرق: أشارت النتائج إلى أن استخدام التكنولوجيا الحديثة مثل نظم المعلومات الجغرافية (GIS) والذكاء الاصطناعي هو الحل الأكثر فاعلية لمواجهة المخاطر البيئية (متوسط 4.3) لذا يجب تعزيز استخدام نظم المحاكاة والتنبؤ الذكي بالمخاطر البيئية واعتماد تقنيات الطائرات المسيرة (Drones) لمراقبة جودة الطرق بانتظام (الشرقي، 2019، ص. 210).

ثانياً: التوصيات المتعلقة بالسياسات والتشريعات

١- تطوير تشريعات بيئية صارمة لإدارة المخاطر في مشاريع الطرق: أشارت الدراسة إلى أن التشريعات الحالية بحاجة إلى تطوير (متوسط 3.6) لذا يجب تعزيز القوانين البيئية التي تلزم شركات المقاولات باتباع معايير الاستدامة البيئية، وربطها بإجراءات الترخيص والتنفيذ

٢- تعزيز التعاون بين الجهات الحكومية والقطاع الخاص: لضمان تطبيق استراتيجيات فعالة لإدارة المخاطر البيئية يوصى بتفعيل الشراكة بين الجهات الحكومية، شركات الإنشاءات والمراكز البحثية لتطوير حلول جديدة لمواجهة تحديات تغير المناخ وتأثيره على مشاريع الطرق

٣- إدراج التخطيط البيئي في مرحلة تصميم مشاريع الطرق: أظهرت النتائج أن التخطيط البيئي كان أكثر كفاءة من أنظمة التصريف الحالية (متوسط 3.8 مقابل 3.1) مما يعني أن دمج استراتيجيات التخطيط البيئي منذ البداية يقلل من تأثير المخاطر البيئية، مثل اختيار مسارات الطرق التي تقلل من مخاطر الفيضانات أو تآكل التربة

ثالثاً: التوصيات المتعلقة بالبحث العلمي والتطوير

١- إجراء دراسات ميدانية طويلة الأمد حول تأثير التغيرات المناخية على الطرق: نظراً لأن الدراسة الحالية اعتمدت على بيانات مقطعية (Cross-sectional Data) يوصى بإجراء دراسات زمنية طويلة (Longitudinal Studies) لمتابعة تأثير العوامل البيئية على مشاريع الطرق خلال السنوات القادمة مما يتيح وضع خطط مستقبلية أكثر دقة

٢- تطوير نماذج تنبؤية للمخاطر البيئية باستخدام الذكاء الاصطناعي: أوضحت النتائج أن استخدام التكنولوجيا الحديثة يمكن أن يقلل المخاطر البيئية بشكل كبير، لذا يُوصى بتطوير برمجيات تحليل بيانات متقدمة تعتمد على الذكاء الاصطناعي والتعلم الآلي، للمساعدة في رصد العوامل البيئية والتنبؤ بالمخاطر المستقبلية

٣- زيادة تمويل الأبحاث المتعلقة بإدارة المخاطر البيئية في مشاريع البنية التحتية: يوصى بتخصيص ميزانيات حكومية ودعم من القطاع الخاص لتمويل الأبحاث المتعلقة بتطوير أنظمة بناء ذكية وصديقة للبيئة مما يساهم في تحسين استدامة مشاريع الطرق وتقليل الأضرار الناتجة عن العوامل البيئية

➤ الخاتمة :

تناول هذا البحث إدارة مخاطر التغيرات البيئية في مشاريع الطرق حيث تم تحليل أبرز المخاطر البيئية التي تؤثر على مشاريع البنية التحتية مثل الفيضانات و التغيرات المناخية والتعرية الأرضية والتلوث البيئي بالإضافة إلى تقييم كفاءة الاستراتيجيات الحالية في الحد من تأثير هذه المخاطر وقد تم الاعتماد على منهجية البحث الوصفي التحليلي و من خلال جمع البيانات الميدانية باستخدام الاستبيانات والمقابلات و تم تحليلها إحصائياً باستخدام SPSS و Excel مما ساعد في اختبار الفرضيات البحثية والتوصل إلى نتائج دقيقة حول التحديات البيئية التي تواجه مشاريع الطرق.

و أظهرت النتائج أن التغيرات المناخية والفيضانات هما أكثر العوامل البيئية تأثيراً على مشاريع الطرق، حيث تؤدي إلى تآكل البنية التحتية وزيادة تكاليف الصيانة كما تبين أن الاستراتيجيات الحالية، مثل أنظمة تصريف المياه والتخطيط البيئي لا تزال بحاجة إلى تحسين حيث حصلت على تقييمات متوسطة من المشاركين وفي المقابل أكدت النتائج أن استخدام التكنولوجيا الحديثة مثل نظم المعلومات الجغرافية (GIS) والذكاء الاصطناعي هو أحد الحلول الأكثر كفاءة في التنبؤ بالمخاطر البيئية وإدارتها بفعالية.

و بناءً على هذه النتائج أوصى البحث بضرورة تحسين أنظمة تصريف المياه وتحديث التشريعات البيئية لضمان تنفيذ معايير الاستدامة وتعزيز استخدام التقنيات الذكية في تخطيط وإدارة مشاريع الطرق كما تم التأكيد على أهمية إجراء دراسات زمنية طويلة الأمد لرصد تأثير التغيرات البيئية على الطرق وتطوير نماذج تنبؤية تعتمد على الذكاء الاصطناعي لتحليل المخاطر المستقبلية

يمثل هذا البحث إضافة علمية هامة في مجال إدارة المخاطر البيئية في مشاريع الطرق، حيث يساهم في توفير قاعدة معرفية يمكن أن تستفيد منها الجهات الحكومية والشركات الهندسية والباحثون في تطوير سياسات واستراتيجيات أكثر كفاءة لاستدامة البنية التحتية ومع ذلك هناك حاجة إلى إجراء المزيد من الدراسات المستقبلية التي تتناول التأثيرات الاقتصادية والاجتماعية للمخاطر البيئية بالإضافة إلى تحليل تأثير العوامل المناخية على مدى زمني أطول مما يساهم في تعزيز استدامة مشاريع الطرق وضمان توافقها مع التحديات البيئية المتزايدة.

➤ المصادر و المراجع :

الكتب والمراجع

- ١- فهد العتيبي (2020) تحليل المخاطر البيئية في مشاريع الطرق ، الرياض: دار العلوم.
- ٢- يوسف السالمي (2021) التغيرات المناخية وتأثيرها على مشروعات البنية التحتية ، القاهرة: دار الفكر.
- ٣- ماجد الشرقي (2019) تحليل الاستراتيجيات البيئية في مشاريع النقل ، بيروت: دار النهضة.
- ٤- فهد الدوسري (2020) الإدارة المستدامة لمشاريع الطرق ، جدة: مركز البحوث الهندسية.
- ٥- خالد المنصوري (2019) تطوير استراتيجيات الاستدامة في مشاريع النقل الحضري ، دبي: دار المستقبل.
- ٦- سالم الهاشمي (2018) التخطيط البيئي ودوره في تطوير مشاريع البنية التحتية ، أبوظبي: مركز دراسات الخليج.

الأبحاث والمقالات العلمية

- ١- ناصر الأحمدى (2020) "أثر التغيرات المناخية على جودة مشاريع الطرق في المملكة العربية السعودية". مجلة البحوث الهندسية والبيئية
- ٢- خالد الزهراني (2021) "فعالية أنظمة تصريف المياه في الحد من الفيضانات في المناطق الحضرية" مجلة التخطيط العمراني والتنمية المستدامة
- ٣- حمد الكبيسي (2019) "دور الذكاء الاصطناعي في تحسين استراتيجيات إدارة المخاطر البيئية في مشاريع البنية التحتية" مجلة التكنولوجيا والهندسة البيئية

