

تطبيق تقنيات الذكاء الاصطناعي في تحسين حركة المرور وتخفيف ازدحام الطرق

إعداد الطالب/

عبد العزيز جابر الفيفي

ضاري عبد الله التمياط

إشراف/

د. الفصيل عبد الحميد

د. فايز جراد

العام الدراسي:

2024

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

# إهداء

وُجد الإنسان على وجه البسيطة، ولم يعيش بمفرده أو منعزلاً عن باقي البشر. في جميع مراحل الحياة، هناك أناس يستحقون منا الشكر والتقدير. أولى هؤلاء الناس بالشكر هما الوالدان لما لهما من فضل يصل إلى عنان السماء، فوجودهما سبب للنجاة والفلاح في الدنيا والآخرة.

وأود أن أعرب عن شكري العميق لأسرتي العزيزة، التي قدمت لي الدعم والمساندة في جميع الأوقات. كما لا أنسى أبنائي، الذين يُعطونني القوة والإلهام لمواصلة العمل بجِد وإصرار.

وأخيراً، إلى أصدقائي الأعزاء الذين أشهد لهم بأنهم نعم الرفقاء في جميع الأمور، أهديكم بحبي المتواضع.

# شكر وتقدير

أود أن أشكر الله عز وجل على منحه لي القوة والصبر لإتمام هذا البحث.

الذي ألهمنا وأعاننا على أنهائه.

فاللهم لك الحمد حتى ترضى ولك الحمد بعد الرضى.

كما أتوجه بخالص الشكر والتقدير لكل من ساهم في إنجاح هذا البحث العلمي، من أساتذة ومشرفين

د. الفيصل عبد الحميد

د. فايز جراد

على كل ما قدمه لنا من توجيه ومعلومات قيمة ساهمت في إثراء موضوع دراستنا في جوانبها المختلفة.

والشكر الجزيل والتقدير الرفيع موصول إلى إدارة جامعة ميد أوشن ممثلة بالكوادر الأكاديمية والإدارية، لما قدموه لنا من تسهيلات وتشجيع وتوفير الخدمات الكاملة لطلابها.

كما أتقدم بالشكر الجزيل لكل من لم يسعنا الحظ بأن اذكر اسمته، راجيا من المولى عز وجل ان تكون هذه الدراسة نافذة الى دراسات أخرى.

## فهرس المحتويات:

|         |                                                                                              |
|---------|----------------------------------------------------------------------------------------------|
| 13..... | 1. الفصل الأول                                                                               |
| 14..... | 1.1 المقدمة:                                                                                 |
| 16..... | 1.2 مشكلة الدراسة:                                                                           |
| 16..... | 1.2.1 تزايد الازدحام المروري:                                                                |
| 16..... | 1.2.2 التأثير الاقتصادي:                                                                     |
| 16..... | 1.2.3 التدهور البيئي:                                                                        |
| 17..... | 1.2.4 مخاوف السلامة على الطرق:                                                               |
| 17..... | 1.2.5 عدم كفاءة الحلول التقليدية لإدارة المرور:                                              |
| 17..... | 1.2.6 التقدم التكنولوجي وفرص الذكاء الاصطناعي:                                               |
| 18..... | 1.2.7 تحديات التكامل والتنفيذ:                                                               |
| 18..... | 1.2.8 فجوة البحث وتركيز الدراسة:                                                             |
| 18..... | 1.2.9 أهداف الدراسة:                                                                         |
| 19..... | 1.3 أهمية الدراسة:                                                                           |
| 19..... | 1.3.1 التقدم التكنولوجي:                                                                     |
| 19..... | 1.3.2 الفوائد الاقتصادية:                                                                    |
| 19..... | 1.3.3 الاستدامة البيئية:                                                                     |
| 20..... | 1.3.4 تعزيز سلامة الطرق:                                                                     |
| 20..... | 1.3.5 الأثر الاجتماعي:                                                                       |
| 20..... | 1.3.6 تداعيات السياسة والتخطيط:                                                              |
| 20..... | 1.3.7 معالجة فجوات البحث:                                                                    |
| 21..... | 1.3.8 تعزيز التعاون بين التخصصات:                                                            |
| 21..... | 1.3.9 الاستعداد لاتجاهات التنقل المستقبلية:                                                  |
| 22..... | 1.4 أهداف الدراسة:                                                                           |
| 22..... | 1.4.1 تقييم فعالية تقنيات الذكاء الاصطناعي في التنبؤ بإدارة الازدحام المروري:                |
| 22..... | 1.4.2 تقييم تأثير إدارة المرور المعتمدة على الذكاء الاصطناعي على سلامة الطرق وتقليل الحوادث: |

|        |                                                                                                                              |
|--------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1.4.3  | تحليل الفوائد البيئية لتطبيقات الذكاء الاصطناعي في تقليل الانبعاثات الناجمة عن المركبات:.....23                              |
| 1.4.4  | استكشاف التحديات والعوائق أمام دمج الذكاء الاصطناعي في أنظمة إدارة المرور الحالية:.....23                                    |
| 1.4.5  | تطوير واختبار حلول شاملة لإدارة المرور تعتمد على الذكاء الاصطناعي:.....24                                                    |
| 1.4.6  | تقديم توصيات قابلة للتنفيذ لصناع السياسات والمخططين الحضريين:.....24                                                         |
| 1.4.7  | المساهمة في الخطاب الأكاديمي والمهني حول أنظمة النقل الذكية:.....24                                                          |
| 1.5    | تساؤلات الدراسة:.....25                                                                                                      |
| 1.5.1  | ما مدى فعالية تقنيات الذكاء الاصطناعي في التنبؤ بالازدحام المروري؟.....25                                                    |
| 1.5.2  | ما تأثير أنظمة إدارة المرور المدفوعة بالذكاء الاصطناعي على سلامة الطرق؟.....25                                               |
| 1.5.3  | كيف تساهم تقنيات الذكاء الاصطناعي في تقليل انبعاثات المركبات وتعزيز الاستدامة البيئية؟.....25                                |
| 1.5.4  | ما هي التحديات والعوائق أمام دمج الذكاء الاصطناعي في أنظمة إدارة المرور الحالية؟.....26                                      |
| 1.5.5  | كيف يمكن تطوير واختبار حلول شاملة لإدارة المرور تعتمد على الذكاء الاصطناعي؟.....26                                           |
| 1.5.6  | ما هي التوصيات العملية التي يمكن تقديمها لصناع السياسات والمخططين الحضريين؟.....26                                           |
| 1.5.7  | كيف يمكن أن تساهم الدراسة في الخطاب الأكاديمي والمهني حول أنظمة النقل الذكية؟.....27                                         |
| 1.5.8  | ما هي المزايا المقارنة لتقنيات الذكاء الاصطناعي على أساليب إدارة المرور التقليدية؟.....27                                    |
| 1.5.9  | ما هو دور تقبل الجمهور في تنفيذ أنظمة إدارة المرور المدفوعة بالذكاء الاصطناعي؟.....27                                        |
| 1.5.10 | كيف يمكن تخصيص حلول إدارة المرور المدفوعة بالذكاء الاصطناعي لبيئات حضرية مختلفة؟.....27                                      |
| 1.6    | فروض الدراسة:.....28                                                                                                         |
| 1.6.1  | الفرضية 1: تقنيات الذكاء الاصطناعي تحسن التنبؤ بإدارة الازدحام المروري:.....28                                               |
| 1.6.2  | الفرضية 2: أنظمة إدارة المرور المدفوعة بالذكاء الاصطناعي تعزز سلامة الطرق:.....28                                            |
| 1.6.3  | الفرضية 3: تطبيقات الذكاء الاصطناعي تقلل انبعاثات المركبات وتعزز الاستدامة البيئية:.....29                                   |
| 1.6.4  | الفرضية 4: دمج الذكاء الاصطناعي في أنظمة إدارة المرور الحالية قابل للتطبيق وفعال:.....29                                     |
| 1.6.5  | الفرضية 5: يمكن تطوير واختبار حلول شاملة لإدارة المرور تعتمد على الذكاء الاصطناعي:.....29                                    |
| 1.6.6  | الفرضية 6: أنظمة إدارة المرور المدفوعة بالذكاء الاصطناعي توفر توصيات قابلة للتنفيذ لصناع السياسات والمخططين الحضريين:.....30 |
| 1.6.7  | الفرضية 7: تقنيات الذكاء الاصطناعي تتفوق على أساليب إدارة المرور التقليدية:.....30                                           |
| 1.6.8  | الفرضية 8: يلعب تصور الجمهور وقبوله دورًا حاسمًا في التنفيذ الناجح لأنظمة إدارة المرور المدفوعة بالذكاء الاصطناعي:.....30    |

|        |                                                                                                     |    |
|--------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1.6.9  | الفرضية 9: يمكن تخصيص حلول إدارة المرور المدفوعة بالذكاء الاصطناعي لتناسب البيئات الحضرية المختلفة: | 31 |
| 1.6.10 | الفرضية 10: تساهم إسهامات الذكاء الاصطناعي في أنظمة النقل الذكية في تعزيز الخطاب الأكاديمي والمهني  | 31 |
| 1.7    | النظرية العلمية المتبعة لإعداد البحث:                                                               | 32 |
| 1.7.1  | نظرية الأنظمة:                                                                                      | 32 |
| 2.     | الفصل الثاني: الدراسات السابقة                                                                      | 36 |
| 2.1    | مقدمة:                                                                                              | 37 |
| 2.1.1  | تطور الذكاء الاصطناعي في إدارة المرور:                                                              | 37 |
| 2.1.2  | المجالات الرئيسية للبحث:                                                                            | 38 |
| 2.1.3  | المنهجيات والمقاربات:                                                                               | 38 |
| 2.1.4  | النتائج والمساهمات:                                                                                 | 39 |
| 2.1.5  | الفجوات والقيود:                                                                                    | 39 |
| 2.1.6  | تمهيد البحث الحالي:                                                                                 | 39 |
| 2.2    | الدراسات السابقة:                                                                                   | 40 |
| 2.2.1  | التنبؤ بالمرور وإدارته:                                                                             | 40 |
| 2.2.2  | سلامة الطرق والوقاية من الحوادث:                                                                    | 41 |
| 2.2.3  | التأثير البيئي والاستدامة:                                                                          | 42 |
| 2.2.4  | تحديات التكامل والتنفيذ:                                                                            | 43 |
| 2.2.5  | حلول شاملة لإدارة المرور المدفوعة بالذكاء الاصطناعي:                                                | 44 |
| 2.2.6  | تداعيات السياسات والتخطيط:                                                                          | 45 |
| 2.3    | الإطار النظري:                                                                                      | 46 |
| 2.3.1  | نظرية الأنظمة:                                                                                      | 46 |
| 3.     | الفصل الثالث: منهجية الدراسة                                                                        | 50 |
| 3.1    | مقدمة:                                                                                              | 51 |
| 3.1.1  | تصميم البحث:                                                                                        | 51 |
| 3.1.2  | طرق جمع البيانات:                                                                                   | 51 |

|         |                                                    |       |
|---------|----------------------------------------------------|-------|
| 52..... | التقنيات التحليلية:                                | 3.1.3 |
| 52..... | مجتمع البحث والعينة:                               | 3.1.4 |
| 53..... | حدود البحث والقيود:                                | 3.1.5 |
| 53..... | الاعتبارات الأخلاقية:                              | 3.1.6 |
| 54..... | المنهجية وطرق البحث:                               | 3.2   |
| 54..... | نظرة عامة على المنهجية:                            | 3.2.1 |
| 54..... | طرق البحث الكمية:                                  | 3.2.2 |
| 55..... | طرق البحث النوعية:                                 | 3.2.3 |
| 55..... | تصميم البحث:                                       | 3.2.4 |
| 56..... | الاعتبارات الأخلاقية:                              | 3.2.5 |
| 57..... | مجتمع البحث:                                       | 3.3   |
| 57..... | التعريف والنطاق:                                   | 3.3.1 |
| 57..... | مجموعات أصحاب المصلحة الرئيسية:                    | 3.3.2 |
| 58..... | طرق أخذ العينات:                                   | 3.3.3 |
| 58..... | تحديد حجم العينة:                                  | 3.3.4 |
| 59..... | التوظيف والمشاركة:                                 | 3.3.5 |
| 59..... | المعلومات الديموغرافية والسياقية:                  | 3.3.6 |
| 60..... | الاعتبارات الأخلاقية في تجنيد المشاركين:           | 3.3.7 |
| 62..... | حدود البحث:                                        | 3.4   |
| 62..... | النطاق الجغرافي: الرياض، المملكة العربية السعودية: | 3.4.1 |
| 62..... | الحدود الزمنية:                                    | 3.4.2 |
| 62..... | مصادر البيانات وتوافرها:                           | 3.4.3 |
| 63..... | القيود التكنولوجية:                                | 3.4.4 |
| 63..... | الحدود المؤسسية والتنظيمية:                        | 3.4.5 |
| 64..... | نطاق تقنيات الذكاء الاصطناعي:                      | 3.4.6 |
| 64..... | مشاركة أصحاب المصلحة:                              | 3.4.7 |

|         |                                                      |       |
|---------|------------------------------------------------------|-------|
| 64..... | العوامل البيئية والاجتماعية والاقتصادية:             | 3.4.8 |
| 65..... | الفصل الرابع: النتائج والتوصيات                      | 4.    |
| 66..... | مقدمة:                                               | 4.1   |
| 66..... | نظرة عامة على النتائج:                               | 4.1.1 |
| 67..... | التنبؤ المروري والإدارة:                             | 4.1.2 |
| 67..... | سلامة الطرق ومنع الحوادث:                            | 4.1.3 |
| 67..... | التأثير البيئي والاستدامة:                           | 4.1.4 |
| 68..... | التحديات والعقبات في التكامل والتنفيذ:               | 4.1.5 |
| 68..... | حلول شاملة لإدارة المرور المدفوعة بالذكاء الاصطناعي: | 4.1.6 |
| 68..... | توصيات عملية:                                        | 4.1.7 |
| 69..... | تحليل البيانات:                                      | 4.2   |
| 69..... | تحليل البيانات الكمية:                               | 4.2.1 |
| 71..... | تحليل البيانات النوعية:                              | 4.2.2 |
| 73..... | النتائج:                                             | 4.3   |
| 73..... | التنبؤ المروري والإدارة:                             | 4.3.1 |
| 76..... | سلامة الطرق ومنع الحوادث:                            | 4.3.2 |
| 77..... | التأثير البيئي والاستدامة:                           | 4.3.3 |
| 78..... | تحديات التكامل والتنفيذ:                             | 4.3.4 |
| 79..... | حلول شاملة لإدارة المرور المدفوعة بالذكاء الاصطناعي: | 4.3.5 |
| 80..... | التوصيات:                                            | 4.4   |
| 80..... | الأطر السياسية والتنظيمية:                           | 4.4.1 |
| 81..... | تطوير البنية التحتية:                                | 4.4.2 |
| 81..... | التوصيات التقنية والتشغيلية:                         | 4.4.3 |
| 82..... | التعاون مع أصحاب المصلحة ومشاركة الجمهور:            | 4.4.4 |
| 84..... | التنمية الحضرية المستدامة:                           | 4.4.5 |
| 85..... | المراجع                                              | 5.    |

|     |                        |          |
|-----|------------------------|----------|
| 5.1 | المراجع العربية:.....  | 86.....  |
| 5.2 | المراجع الأجنبية:..... | 91.....  |
| 6.  | الملاحق.....           | 95.....  |
| 6.1 | الاستبانة:.....        | 96.....  |
| 6.2 | الملخص Abstract:.....  | 102..... |

### قائمة الجداول:

|                                                                                     |         |
|-------------------------------------------------------------------------------------|---------|
| جدول 1: المعلومات الديموغرافية للمشاركين في الاستبيان .....                         | 61..... |
| جدول 2: تجربة الازدحام المروري في الرياض .....                                      | 74..... |
| جدول 3: فعالية استراتيجيات إدارة المرور الحالية .....                               | 75..... |
| جدول 4: الوعي والإدراك لتطبيقات الذكاء الاصطناعي في إدارة المرور .....              | 75..... |
| جدول 5: أداء نماذج التنبؤ بالازدحام المروري باستخدام الذكاء الاصطناعي .....         | 75..... |
| جدول 6: تأثير إشارات المرور المحسنة باستخدام الذكاء الاصطناعي على سلامة الطرق ..... | 76..... |
| جدول 7: تقليل الانبعاثات من خلال تطبيقات الذكاء الاصطناعي .....                     | 77..... |
| جدول 8: تحديات دمج وتنفيذ الذكاء الاصطناعي في إدارة المرور .....                    | 78..... |
| جدول 9: تعاون أصحاب المصلحة في مشاريع إدارة المرور باستخدام الذكاء الاصطناعي .....  | 83..... |
| جدول 10: توصيات لتعزيز إدارة المرور باستخدام الذكاء الاصطناعي .....                 | 83..... |

## المستخلص: Abstract

يمثل تطبيق تقنيات الذكاء الاصطناعي في إدارة المرور نهجًا تحويليًا لمعالجة التحديات المستمرة للازدحام المروري وسلامة الطرق. تستكشف هذه الدراسة دمج منهجيات الذكاء الاصطناعي المتقدمة لتحسين تدفق المرور وتقليل الازدحام على الطرق، مقدمة تحليلًا شاملاً مناسبًا للتخطيط الحضري وصنع السياسات.

تنطلق هذه الدراسة من القضايا المتصاعدة التي تواجه البيئات الحضرية الحديثة، حيث يساهم النمو السكاني السريع وزيادة عدد المركبات في تفاقم الازدحام المروري، مما يؤدي إلى تكاليف اقتصادية وبيئية واجتماعية كبيرة. وقد أثبتت الحلول التقليدية لإدارة المرور عدم كفايتها في مواجهة هذه التحديات الديناميكية والمعقدة، مما يستدعي نهجًا مبتكرًا يستفيد من قوة الذكاء الاصطناعي.

تبدأ البحث بفحص مفصل للمشكلة، مع تحديد أهمية تحسين أنظمة إدارة المرور وأهداف نشر تقنيات الذكاء الاصطناعي. وتنظم الدراسة في عدة أقسام رئيسية: مراجعة شاملة للأدبيات السابقة والأطر النظرية، ومنهجية دقيقة تشمل تقنيات جمع البيانات والتحليل، ونتائج وتوصيات شاملة مستخلصة من الدراسات التجريبية.

في مراجعة الأدبيات، نحقق في مجموعة واسعة من الدراسات الحالية التي استخدمت تقنيات الذكاء الاصطناعي المختلفة، مثل التعلم الآلي، والشبكات العصبية، والخوارزميات الجينية، للتنبؤ وإدارة أنماط المرور. كما يناقش هذا القسم الأسس النظرية لتطبيقات الذكاء الاصطناعي في إدارة المرور، مقدماً أساساً متيناً لبحثنا.

تُفصل قسم المنهجية تصميم البحث، بما في ذلك اختيار نماذج الذكاء الاصطناعي، ومصادر البيانات، والأدوات التحليلية المستخدمة. وقد استخدمنا بيانات حركة المرور في الوقت الفعلي، وأنماط المرور التاريخية، والعوامل البيئية لتطوير نماذج تنبؤية وسيناريوهات محاكاة. يضمن هذا النهج فهمًا شاملاً لديناميكيات المرور والتأثير المحتمل لتدخلات الذكاء الاصطناعي.

تكشف نتائجنا أن تقنيات الذكاء الاصطناعي تعزز بشكل كبير القدرة على التنبؤ بالازدحام المروري، وتحسين توقيتات إشارات المرور، وتوفير حلول لإدارة المرور في الوقت الفعلي. على سبيل المثال، أدت تطبيقات خوارزميات التعلم الآلي إلى تقليل ملحوظ في الازدحام المروري وتحسين أوقات السفر في المناطق الحضرية. علاوة على ذلك، أظهرت الشبكات العصبية أداءً استثنائيًا في تحديد وتخفيف اختناقات المرور.

تختتم الدراسة بتوصيات قابلة للتنفيذ للمخططين الحضريين وصناع السياسات والسلطات المسؤولة عن النقل. وتشمل هذه التوصيات تبني أنظمة إدارة المرور المعتمدة على الذكاء الاصطناعي، والاستثمار في البنية التحتية

لدعم هذه التقنيات، وتشجيع التعاون بين الباحثين في مجال الذكاء الاصطناعي والمتخصصين في إدارة المرور. بالإضافة إلى ذلك، نؤكد على أهمية البحث والتطوير المستمرين لتحسين تقنيات الذكاء الاصطناعي ومعالجة التحديات المرورية الناشئة.

باختصار، تسلط هذه الدراسة الضوء على الإمكانيات التحويلية للذكاء الاصطناعي في ثورة إدارة المرور. من خلال الاستفادة من التقنيات المتقدمة، يمكن للمدن تحقيق تحسينات كبيرة في تدفق المرور، وتقليل الازدحام، وتعزيز السلامة على الطرق بشكل عام. تمثل هذه الدراسة موردًا محوريًا لتقدم مجال أنظمة النقل الذكية وتعزيز التنمية الحضرية المستدامة.

## 1. الفصل الأول

## 1.1 المقدمة:

أدت التحضر السريع والنمو السكاني الذي تشهده المدن في جميع أنحاء العالم إلى تحديات غير مسبقة في إدارة المرور والازدحام على الطرق. ومع استمرار توسع المناطق الحضرية، يزداد عدد المركبات على الطرق، مما يؤدي إلى ازدحام مروري مزمن، وزيادة في أوقات السفر، وارتفاع مخاطر حوادث المرور. هذه القضايا لا تعيق الإنتاجية الاقتصادية فحسب، بل تؤثر أيضًا سلبًا على جودة الحياة لسكان المدن من خلال زيادة مستويات التلوث والمساهمة في تدهور البيئة.

لقد أثبتت الحلول التقليدية لإدارة المرور، مثل توسيع الطرق والتحكم اليدوي في إشارات المرور، عدم كفايتها في مواجهة هذه المشكلات المتعددة الجوانب. غالبًا ما تفشل هذه النهج التقليدية في التكيف مع الطبيعة الديناميكية لتدفق المرور وتعقيد البيئات الحضرية الحديثة. وبالتالي، هناك حاجة ملحة لحلول مبتكرة يمكنها إدارة المرور بشكل ديناميكي وفعال في الوقت الحقيقي.

برز الذكاء الاصطناعي كأداة قوية قادرة على إحداث ثورة في أنظمة إدارة المرور. تقدم تقنيات الذكاء الاصطناعي، مثل التعلم الآلي، والشبكات العصبية، والخوارزميات الجينية، قدرات غير مسبقة في تحليل كميات هائلة من بيانات المرور، والتنبؤ بأنماط الازدحام، وتحسين تدفق المرور. من خلال الاستفادة من الذكاء الاصطناعي، يمكن للمدن تطوير أنظمة إدارة مرور ذكية لا تقلل فقط من الازدحام، بل تحسن أيضًا من سلامة الطرق وتقلل من التأثير البيئي.

تستكشف هذه الدراسة تطبيق تقنيات الذكاء الاصطناعي في تحسين تدفق المرور وتقليل الازدحام على الطرق. الهدف الأساسي هو التحقيق في كيفية دمج الذكاء الاصطناعي في الأطر الحالية لإدارة المرور لتقديم حلول تكيّفية في الوقت الحقيقي تعالج تعقيدات حركة المرور الحضرية. من خلال تحليل شامل لمختلف منهجيات الذكاء الاصطناعي وتطبيقاتها العملية، تهدف هذه الدراسة إلى تقديم رؤى وتوصيات قابلة للتنفيذ لصناع السياسات، والمخططين الحضريين، والسلطات المسؤولة عن إدارة المرور.

تأتي أهمية هذه الدراسة من قدرتها على تحسين التنقل الحضري بشكل كبير، وتقليل أوقات السفر، وتعزيز كفاءة أنظمة النقل بشكل عام. إدارة المرور الفعالة ضرورية للحياة الاقتصادية للمدن، حيث تسهل الحركة السلسلة للبضائع والخدمات. علاوة على ذلك، فإن تقليل الازدحام المروري له تأثير إيجابي مباشر على الاستدامة البيئية من خلال خفض انبعاثات المركبات وتقليل استهلاك الوقود.

لتحقيق هذه الأهداف، يتم هيكلة هذه الدراسة على النحو التالي:

- مشكلة الدراسة: تحدد هذه القسم التحديات المحددة المتعلقة بالمرور التي تستدعي تطبيق تقنيات الذكاء الاصطناعي. يناقش تداعيات الازدحام المروري على الحياة الحضرية والقيود المفروضة على نهج إدارة المرور التقليدية.
- أهمية الدراسة: يتناول هذا القسم أهمية البحث في سياق تحديات النقل الحضري الحالية. يبرز الفوائد المحتملة لأنظمة إدارة المرور المعتمدة على الذكاء الاصطناعي.
- أهداف الدراسة: يتم توضيح أهداف البحث بوضوح، مع التركيز على دمج الذكاء الاصطناعي في إدارة المرور لتحقيق أهداف محددة مثل تقليل الازدحام وتحسين تدفق المرور.
- أسئلة الدراسة: يصيغ هذا القسم الأسئلة البحثية الرئيسية التي توجه الدراسة، متناولاً الجوانب المختلفة لتطبيق الذكاء الاصطناعي في إدارة المرور.
- فرضيات الدراسة: تقدم الفرضيات النتائج المتوقعة للبحث، استناداً إلى تطبيق تقنيات الذكاء الاصطناعي في إدارة المرور.
- النظرية العلمية المتبعة لإعداد البحث: يناقش هذا القسم الإطار النظري الذي يستند إليه البحث، بما في ذلك النظريات ذات الصلة بالذكاء الاصطناعي ونماذج إدارة المرور.

في الفصول اللاحقة، تتناول الدراسة مراجعة شاملة للأدبيات، مستعرضة الأبحاث السابقة والمنظورات النظرية حول الذكاء الاصطناعي في إدارة المرور. يتضمن فصل المنهجية تصميم البحث، وطرق جمع البيانات، والتقنيات التحليلية المستخدمة. تقدم فصل النتائج والتوصيات نتائج الدراسة، متبوعة بتوصيات عملية للتنفيذ.

## 1.2 مشكلة الدراسة:

لقد أحدث التحضر والنمو السكاني تحولات جذرية في المدن، مما أدى إلى زيادة هائلة في عدد المركبات على الطرق. هذا النمو قد تجاوز قدرة البنية التحتية الحالية، مما نتج عنه ازدحام مروري كبير، وزيادة في أوقات السفر، وارتفاع في مخاطر حوادث المرور. تمتد تداعيات هذه المشكلات إلى ما هو أبعد من مجرد الإزعاج؛ فهي تشكل تحديات اقتصادية وبيئية واجتماعية خطيرة تتطلب حلولاً فورية وفعالة.

### 1.2.1 تزايد الازدحام المروري:

إحدى أكثر المشكلات إلحاحًا في النقل الحضري هي الازدحام المروري. مع توسع المدن وزيادة السكان، يزداد عدد المركبات بشكل متسارع، غالبًا دون توسيع موازٍ في البنية التحتية للطرق. يؤدي هذا التفاوت إلى حدوث اختناقات مرورية، خاصة خلال ساعات الذروة، مما يخلق سلسلة من التأخيرات وعدم الكفاءة. لا يؤدي الازدحام المروري إلى هدر الوقت فحسب، بل يقلل أيضًا من إنتاجية المناطق الحضرية. يقضي العمال وقتًا أطول في التنقل، مما يمكن أن يؤدي إلى انخفاض الرضا الوظيفي والجودة العامة للحياة.

### 1.2.2 التأثير الاقتصادي:

يفرض الازدحام المروري تكاليف اقتصادية كبيرة. تؤدي التأخيرات في النقل إلى تعطيل التسليم في الوقت المناسب للسلع والخدمات، مما يؤثر على الشركات والمستهلكين على حد سواء. يزيد استهلاك الوقود الناتج عن تكديس المركبات من تكاليف النقل للشركات، مما قد يؤدي إلى ارتفاع الأسعار للسلع والخدمات. علاوة على ذلك، يمكن أن يردع الازدحام الاستثمارات في المناطق الحضرية، حيث قد تبحث الشركات عن مواقع ذات أنظمة نقل أكثر كفاءة. تشمل التأثيرات الاقتصادية التراكمية للازدحام المروري فقدان الإنتاجية، وزيادة التكاليف التشغيلية، وتقليل القدرة التنافسية الاقتصادية للمدن.

### 1.2.3 التدهور البيئي:

يؤثر الازدحام المروري بشكل كبير على البيئة. يزيد استهلاك الوقود والانبعاثات الناجمة عن الظروف المرورية المتقطعة والتوقف المتكرر. تسهم هذه الانبعاثات بشكل كبير في تلوث الهواء، الذي يرتبط بأمراض الجهاز التنفسي، وأمراض القلب والأوعية الدموية، وغيرها من المشكلات الصحية. علاوة على ذلك، يزيد الازدحام المروري من تأثير الجزر الحرارية الحضرية، حيث تصبح المناطق ذات الكثافة السكانية العالية أكثر دفئًا بشكل ملحوظ من المناطق الريفية المحيطة بها. هذا لا يزيد فقط من استهلاك الطاقة للتبريد، بل يساهم أيضًا في تغير المناخ العالمي.

#### 1.2.4 مخاوف السلامة على الطرق:

يرتبط الازدحام المروري بزيادة خطر حوادث الطرق. تخلق الطرق المزدحمة ظروفًا تؤدي إلى سلوكيات قيادة عدوانية، مثل السرعة، وتغيير الممرات بشكل متكرر، والتزاحم الخلفي. تزيد هذه السلوكيات من احتمالية حدوث الاصطدامات، مما يؤدي إلى إصابات، ووفيات، وأضرار في الممتلكات. بالإضافة إلى ذلك، تتأثر أوقات الاستجابة للطوارئ سلبًا بسبب الازدحام المروري، مما يؤدي إلى تأخير الخدمات الطبية والإنقاذ الحيوية.

#### 1.2.5 عدم كفاءة الحلول التقليدية لإدارة المرور:

لقد أثبتت الحلول التقليدية لإدارة المرور، مثل توسيع الطرق وتعديل إشارات المرور يدويًا، عدم كفايتها في مواجهة الطبيعة الديناميكية والمعقدة لازدحام المرور الحديث. غالبًا ما تكون توسعات الطرق محدودة بقيود المساحة المادية وليست دائمًا ممكنة في المناطق الحضرية ذات الكثافة العالية. بالإضافة إلى ذلك، فإن التحكم اليدوي في إشارات المرور يكون تفاعليًا بدلاً من استباقيًا، مما يفشل في التكيف مع ظروف المرور في الوقت الحقيقي. تبرز هذه القيود الحاجة إلى استراتيجيات إدارة مرور أكثر ابتكارًا وتكيفًا.

#### 1.2.6 التقدم التكنولوجي وفرص الذكاء الاصطناعي:

يقدم ظهور الذكاء الاصطناعي فرصة تحويلية لمواجهة تحديات الازدحام المروري وسلامة الطرق. توفر تقنيات الذكاء الاصطناعي، بما في ذلك التعلم الآلي، والشبكات العصبية، والتحليلات التنبؤية، أدوات متقدمة لتحليل كميات هائلة من بيانات المرور، وتوقع أنماط الازدحام، وتحسين تدفق المرور في الوقت الحقيقي. يمكن لهذه التقنيات تعديل إشارات المرور ديناميكيًا، وإعادة توجيه حركة المرور إلى الطرق الأقل ازدحامًا، والتنبؤ بنقاط الازدحام المحتملة، مما يحسن بشكل كبير إدارة المرور.

### 1.2.7 تحديات التكامل والتنفيذ:

بينما تقدم تقنيات الذكاء الاصطناعي حلولاً واعدة، فإن دمجها في أنظمة إدارة المرور الحالية يواجه عدة تحديات. تشمل هذه التحديات الحاجة إلى استثمارات كبيرة في البنية التحتية، وتطوير أنظمة جمع ومعالجة بيانات قوية، وتدريب الأفراد على إدارة وصيانة الأنظمة القائمة على الذكاء الاصطناعي. بالإضافة إلى ذلك، هناك مخاوف تتعلق بخصوصية وأمن البيانات، حيث يتطلب تنفيذ الذكاء الاصطناعي جمع وتحليل كميات هائلة من البيانات من مصادر مختلفة.

### 1.2.8 فجوة البحث وتركيز الدراسة:

على الرغم من الفوائد المحتملة للذكاء الاصطناعي في إدارة المرور، هناك فجوة كبيرة في البحث الشامل الذي يستكشف تطبيقاته العملية وفعاليتته وتحدياته في بيئات حضرية متنوعة. تهدف هذه الدراسة إلى سد هذه الفجوة من خلال إجراء تحليل معمق لتقنيات الذكاء الاصطناعي في إدارة المرور، وتقييم تأثيرها على تدفق المرور، وسلامة الطرق، والاستدامة البيئية. ستستكشف الدراسة أيضاً جدوى دمج الذكاء الاصطناعي في أطر إدارة المرور الحالية وتقديم توصيات عملية لصناع السياسات والمخططين الحضريين.

### 1.2.9 أهداف الدراسة:

لمعالجة مشكلة الدراسة، تم تحديد الأهداف التالية:

- تقييم فعالية تقنيات الذكاء الاصطناعي في التنبؤ بإدارة الازدحام المروري
- تقييم تأثير إدارة المرور المعتمدة على الذكاء الاصطناعي على سلامة الطرق وتقليل الحوادث.
- تحليل الفوائد البيئية لتطبيقات الذكاء الاصطناعي في تقليل الانبعاثات وتعزيز النقل الحضري المستدام.
- استكشاف التحديات والعقبات أمام دمج الذكاء الاصطناعي في أنظمة إدارة المرور الحالية واقتراح حلول لتجاوز هذه العقبات.

### 1.3 أهمية الدراسة:

تمتد أهمية هذه الدراسة عبر أبعاد متعددة - تكنولوجية واقتصادية وبيئية واجتماعية - مسلطة الضوء على الإمكانيات التحويلية للذكاء الاصطناعي في إدارة المرور. تكمن أهمية هذا البحث في قدرته على معالجة تحديات النقل الحضري المستمرة من خلال تطبيقات الذكاء الاصطناعي المبتكرة، مما يوفر رؤى قيمة وحلولاً عملية للمدن الحديثة. يوضح هذا القسم الأهمية الحاسمة للدراسة بالتفصيل.

#### 1.3.1 التقدم التكنولوجي:

يمثل دمج الذكاء الاصطناعي في إدارة المرور تقدماً تكنولوجياً كبيراً. توفر تقنيات الذكاء الاصطناعي، مثل التعلم الآلي، والشبكات العصبية، والخوارزميات الجينية، أدوات قوية لتحليل البيانات المرورية المعقدة وتحسين تدفق المرور في الوقت الحقيقي. يساهم هذا البحث في زيادة المعرفة بتطبيقات الذكاء الاصطناعي، موضحاً كيفية تسخير التقنيات المتقدمة لحل المشكلات العملية. من خلال استكشاف إمكانيات الذكاء الاصطناعي في إدارة المرور، تمهد الدراسة الطريق لمزيد من الابتكارات والتقدم في أنظمة النقل الذكية.

#### 1.3.2 الفوائد الاقتصادية:

تترتب على الإدارة الفعالة للمرور تداعيات اقتصادية كبيرة. يؤدي الازدحام المروري إلى خسائر اقتصادية كبيرة بسبب هدر الوقت، وزيادة استهلاك الوقود، وتعطيل سلاسل التوريد. من خلال تنفيذ حلول إدارة المرور المعتمدة على الذكاء الاصطناعي، يمكن للمدن تحسين تدفق المرور، وتقليل أوقات السفر، وتعزيز كفاءة النقل بشكل عام. هذا، بدوره، يعزز الإنتاجية الاقتصادية والقدرة التنافسية. توفر نتائج الدراسة رؤى قيمة لصناع السياسات والمخططين الحضريين حول كيفية الاستفادة من الذكاء الاصطناعي لتحقيق فوائد اقتصادية، وجذب الاستثمارات، وتعزيز النمو الحضري المستدام.

#### 1.3.3 الاستدامة البيئية:

إحدى أكثر القضايا إلحاحاً المرتبطة بالازدحام المروري هي تأثيرها البيئي. تؤدي الاختناقات المرورية الطويلة إلى زيادة انبعاثات الغازات الدفيئة والملوثات، مما يساهم في تلوث الهواء وتغير المناخ. يمكن لتقنيات الذكاء الاصطناعي تحسين تدفق المرور، وتقليل أوقات التوقف، وتعزيز ممارسات القيادة الصديقة للبيئة، وبالتالي خفض الانبعاثات. تبرز هذه الدراسة الفوائد البيئية للذكاء الاصطناعي في إدارة المرور، مؤكدة على دوره في تعزيز النقل الحضري المستدام. من خلال توضيح كيفية قدرة الذكاء الاصطناعي على تخفيف التأثير البيئي للازدحام المروري، يدعم البحث الجهود العالمية لمكافحة تغير المناخ وتحسين جودة الهواء.

#### 1.3.4 تعزيز سلامة الطرق:

يرتبط الازدحام المروري بزيادة خطر الحوادث ومشكلات السلامة على الطرق. يمكن لأنظمة إدارة المرور المعتمدة على الذكاء الاصطناعي تحسين سلامة الطرق من خلال التنبؤ بالحوادث ومنعها، وتحسين توقيتات الإشارات، وإدارة تدفقات المرور بشكل أكثر فعالية. تؤكد هذه الدراسة على أهمية الذكاء الاصطناعي في خلق طرق أكثر أماناً وتقليل معدلات الحوادث. يمكن للرؤى التي يوفرها هذا البحث أن توجه تطوير أنظمة نقل أكثر أماناً، مما ينقذ الأرواح ويقلل التكاليف الاجتماعية المرتبطة بحوادث المرور.

#### 1.3.5 الأثر الاجتماعي:

تؤثر الإدارة الفعالة للمرور بشكل مباشر على جودة الحياة لسكان المدن. يؤدي تقليل الازدحام المروري إلى تحسين تجارب التنقل اليومية، وتقليل مستويات التوتر، وتعزيز الرفاهية العامة. من خلال توفير معلومات مرورية في الوقت الحقيقي وتحسين مسارات السفر، يمكن لتطبيقات الذكاء الاصطناعي تحسين تجربة التنقل بشكل كبير. تبرز هذه الدراسة الفوائد الاجتماعية للذكاء الاصطناعي في إدارة المرور، مؤكدة على إمكاناته في خلق بيئات حضرية أكثر ملائمة وودية للمستخدمين. يمكن للنتائج أن توجه المخططين الحضريين وصناع السياسات في تصميم أنظمة نقل تركز على احتياجات ورفاهية المواطنين.

#### 1.3.6 تداعيات السياسة والتخطيط:

تعد الرؤى المستمدة من هذا البحث ضرورية لإعلام القرارات السياسية واستراتيجيات التخطيط الحضري. مع تصدي المدن لتحديات التحضر وزيادة حركة المرور، يصبح تبني حلول إدارة المرور المعتمدة على الذكاء الاصطناعي أمراً لا غنى عنه. توفر هذه الدراسة أدلة تجريبية وتوصيات عملية يمكن أن توجه صناع السياسات في تنفيذ تقنيات الذكاء الاصطناعي بفعالية. من خلال توضيح الفوائد والتحديات وأفضل الممارسات لتكامل الذكاء الاصطناعي، يساعد البحث في صياغة سياسات تدعم تطوير أنظمة النقل الذكية.

#### 1.3.7 معالجة فجوات البحث:

على الرغم من الاهتمام المتزايد بتطبيقات الذكاء الاصطناعي في إدارة المرور، لا تزال هناك فجوة كبيرة في البحث الشامل الذي يقيم الفعالية العملية لهذه التقنيات في بيئات حضرية متنوعة. تعالج هذه الدراسة هذه الفجوة من خلال تقديم تحليل مفصل لتقنيات الذكاء الاصطناعي، وتطبيقاتها، وتأثيرها على إدارة المرور. يساهم البحث في الخطاب الأكاديمي من خلال تقديم رؤى جديدة، ومنهجيات، وبيانات تجريبية، مما يعزز مجال أنظمة النقل الذكية.

### 1.3.8 تعزيز التعاون بين التخصصات:

تتطلب تعقيدات تحديات إدارة المرور نهجًا متعدد التخصصات يجمع بين خبرات من مجالات متنوعة، بما في ذلك علوم الكمبيوتر، والهندسة، والتخطيط الحضري، والسياسة العامة. تروج هذه الدراسة للتعاون بين التخصصات من خلال دمج تقنيات الذكاء الاصطناعي مع ممارسات إدارة المرور. يبرز البحث أهمية التعاون بين التخصصات في تطوير حلول مبتكرة، مشجعًا المهنيين من مختلف المجالات على العمل معًا لتحقيق أهداف مشتركة.

### 1.3.9 الاستعداد لاتجاهات التنقل المستقبلية:

يتطور مستقبل التنقل الحضري بسرعة، مع ظهور اتجاهات جديدة مثل المركبات الذاتية القيادة، والبنية التحتية المتصلة، والمدن الذكية. يلعب الذكاء الاصطناعي دورًا حاسمًا في تشكيل هذه الاتجاهات من خلال توفير العمود الفقري التكنولوجي لأنظمة إدارة المرور المتقدمة. تستكشف هذه الدراسة دور الذكاء الاصطناعي في التنقل المستقبلي، مقدمةً رؤى حول كيفية استعداد المدن للتكيف مع التغيرات القادمة. من خلال فهم إمكانات الذكاء الاصطناعي في إدارة المرور، يمكن للمدن تطوير استراتيجيات مستقبلية تضمن أنظمة نقل مستدامة وفعالة.

#### 1.4 أهداف الدراسة:

تهدف هذه الدراسة إلى تحقيق مجموعة من الأهداف الرئيسية التي تركز على تحسين حركة المرور وتخفيف ازدحام الهدف الرئيسي من هذه الدراسة هو استكشاف تطبيق تقنيات الذكاء الاصطناعي لتحسين تدفق المرور وتقليل الازدحام على الطرق. من خلال التحقيق في فعالية مختلف منهجيات الذكاء الاصطناعي وإثباتها، يسعى البحث لتقديم رؤى قابلة للتنفيذ وحلول عملية لتحسين إدارة المرور في المناطق الحضرية. الأهداف المحددة للدراسة هي كما يلي:

##### 1.4.1 تقييم فعالية تقنيات الذكاء الاصطناعي في التنبؤ بإدارة الازدحام المروري:

أحد الأهداف الأساسية هو تقييم كيفية استخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي المختلفة للتنبؤ بالازدحام المروري وإدارته بشكل استباقي. يتضمن ذلك:

- نماذج التعلم الآلي: تطوير واختبار خوارزميات التعلم الآلي التي يمكنها تحليل أنماط المرور، والتنبؤ بنقاط الازدحام، والتوصية بإجراءات وقائية.
- الشبكات العصبية: استخدام الشبكات العصبية لتحديد الأنماط المعقدة في بيانات المرور وتحسين تدفق المرور بشكل ديناميكي.
- الخوارزميات الجينية: استخدام الخوارزميات الجينية لإيجاد الحلول المثلى لتوقيت إشارات المرور وتخطيط الطرق لتقليل الازدحام.

##### 1.4.2 تقييم تأثير إدارة المرور المعتمدة على الذكاء الاصطناعي على سلامة الطرق وتقليل الحوادث:

تحسين سلامة الطرق هو هدف حيوي لهذا البحث. يشمل ذلك:

- التنبؤ بالحوادث والوقاية منها: تطوير نماذج ذكاء اصطناعي يمكنها التنبؤ بالحوادث المرورية والتوصية بإجراءات لمنعها.
- تحسين السلامة: استخدام الذكاء الاصطناعي لتعزيز فعالية إشارات المرور، والعلامات، وتصميم الطرق في تقليل الحوادث.
- كفاءة الاستجابة للطوارئ: تنفيذ أنظمة ذكاء اصطناعي تحسن من مسارات المركبات الطارئة، وتقليل أوقات الاستجابة وتحسين النتائج في حالات الطوارئ.

#### 1.4.3 تحليل الفوائد البيئية لتطبيقات الذكاء الاصطناعي في تقليل الانبعاثات الناجمة عن المركبات:

تهدف الدراسة إلى استكشاف التأثير البيئي لأنظمة إدارة المرور المعتمدة على الذكاء الاصطناعي من خلال التركيز على:

- تقليل الانبعاثات: تقييم كيفية تقليل الذكاء الاصطناعي لأوقات التوقف وتحسين تدفق المرور لخفض انبعاثات المركبات.
- التوجيه الصديق للبيئة: تطوير خوارزميات ذكاء اصطناعي تقترح مسارات صديقة للبيئة للسائقين، مما يقلل من استهلاك الوقود والتأثير البيئي.
- تقييم الاستدامة: تقييم المساهمة العامة لتقنيات الذكاء الاصطناعي في المبادرات الحضرية المستدامة، خاصة من حيث جودة الهواء والبصمة الكربونية.

#### 1.4.4 استكشاف التحديات والعوائق أمام دمج الذكاء الاصطناعي في أنظمة إدارة المرور الحالية:

يقدم دمج الذكاء الاصطناعي في أطر إدارة المرور الحالية عدة تحديات. يشمل هذا الهدف:

- متطلبات البنية التحتية: تحديد التحسينات اللازمة في البنية التحتية لدعم أنظمة إدارة المرور المعتمدة على الذكاء الاصطناعي.
- جمع البيانات والخصوصية: معالجة التحديات المتعلقة بجمع البيانات وتخزينها ومخاوف الخصوصية، وضمان الامتثال للوائح.
- الحواجز التقنية والتشغيلية: التحقيق في العوائق التقنية والتشغيلية التي قد تعيق نشر تقنيات الذكاء الاصطناعي في إدارة المرور.
- مشاركة الأطراف المعنية: فهم وجهات نظر ومخاوف مختلف الأطراف المعنية، بما في ذلك صناع السياسات، وسلطات إدارة المرور، والجمهور العام، لتسهيل التكامل والاعتماد السلس.

#### 1.4.5 تطوير واختبار حلول شاملة لإدارة المرور تعتمد على الذكاء الاصطناعي:

يركز هذا الهدف على إنشاء وتقييم حلول إدارة المرور المعتمدة على الذكاء الاصطناعي والمصممة لتناسب البيئات الحضرية المتنوعة:

- المحاكاة والنمذجة: استخدام نماذج المحاكاة لاختبار فعالية حلول الذكاء الاصطناعي تحت مختلف السيناريوهات والظروف المرورية.
- التجارب الميدانية: إجراء تجارب ميدانية في مناطق حضرية مختارة لجمع البيانات الواقعية وتحسين نماذج الذكاء الاصطناعي.
- القابلية للتوسع والتكيف: ضمان أن تكون حلول الذكاء الاصطناعي المطورة قابلة للتوسع والتكيف مع إعدادات حضرية مختلفة، مع مراعاة اختلافات أنماط المرور، والبنية التحتية، واللوائح المحلية.

#### 1.4.6 تقديم توصيات قابلة للتنفيذ لصناع السياسات والمخططين الحضريين:

تهدف الدراسة إلى ترجمة نتائجها إلى توصيات عملية يمكن أن توجه صناع السياسات والمخططين الحضريين في تنفيذ حلول إدارة المرور المعتمدة على الذكاء الاصطناعي:

- أطر السياسات: تطوير أطر سياسات تدعم تبني تقنيات الذكاء الاصطناعي في إدارة المرور، بما في ذلك إرشادات استخدام البيانات، وحماية الخصوصية، وتطوير البنية التحتية.
- التخطيط الاستراتيجي: تقديم نصائح تخطيط استراتيجي حول دمج حلول الذكاء الاصطناعي مع أنظمة إدارة المرور الحالية، مع التركيز على الفعالية من حيث التكلفة والفوائد طويلة الأجل.
- أفضل الممارسات: تحديد وتوثيق أفضل الممارسات من التطبيقات الناجحة، وتقديم نموذج يمكن للمدن الأخرى اتباعه.

#### 1.4.7 المساهمة في الخطاب الأكاديمي والمهني حول أنظمة النقل الذكية:

الهدف النهائي هو المساهمة في الخطاب الأكاديمي والمهني الأوسع حول أنظمة النقل الذكية من خلال:

- نشر النتائج: نشر نتائج البحث في مجلات محكمة وتقديمها في مؤتمرات لنشر المعرفة وتعزيز المزيد من البحث.
- التوعية التعليمية: تطوير مواد تعليمية وبرامج تدريبية للمهنيين في المجال، لتعزيز تبني تقنيات الذكاء الاصطناعي في إدارة المرور.
- توجيه البحوث المستقبلية: تحديد الفجوات في المعرفة الحالية واقتراح توجهات بحثية مستقبلية لتعزيز مجال إدارة المرور المعتمدة على الذكاء الاصطناعي.

## 1.5 تساؤلات الدراسة:

تهدف هذه الدراسة إلى استكشاف تطبيق تقنيات الذكاء الاصطناعي لتحسين تدفق المرور وتقليل الازدحام على الطرق من خلال سلسلة من الأسئلة البحثية المحددة جيدًا. تم تصميم هذه الأسئلة لتوجيه التحقيق، وضمان تحليل شامل للفوائد المحتملة، والتحديات، والتداعيات لتطبيق الذكاء الاصطناعي في إدارة المرور. الأسئلة الدراسية هي كما يلي:

### 1.5.1 ما مدى فعالية تقنيات الذكاء الاصطناعي في التنبؤ بالازدحام المروري؟

يهدف هذا السؤال إلى تقييم القدرات التنبؤية لمختلف تقنيات الذكاء الاصطناعي في تحديد الازدحام المروري المحتمل. يتضمن الأسئلة الفرعية التالية:

- ما هي نماذج التعلم الآلي الأكثر فعالية في التنبؤ بالازدحام المروري؟
- كيف تؤدي الشبكات العصبية في التنبؤ بالمرور في الوقت الحقيقي مقارنة بالطرق التقليدية؟
- ما هو دور الخوارزميات الجينية في التنبؤ بأنماط المرور ومنع الازدحام؟

### 1.5.2 ما تأثير أنظمة إدارة المرور المدفوعة بالذكاء الاصطناعي على سلامة الطرق؟

يسعى هذا السؤال إلى تقييم تأثير تطبيقات الذكاء الاصطناعي على سلامة الطرق، مع التركيز على منع الحوادث وإدارة الحوادث. الأسئلة الفرعية تشمل:

- كيف يمكن لنماذج الذكاء الاصطناعي التنبؤ بحوادث المرور ومنعها؟
- ما هي تأثيرات إشارات المرور المحسنة بالذكاء الاصطناعي على سلامة الطرق؟
- كيف تحسن الأنظمة المدفوعة بالذكاء الاصطناعي من أوقات الاستجابة الطارئة وفعاليتها؟

### 1.5.3 كيف تساهم تقنيات الذكاء الاصطناعي في تقليل انبعاثات المركبات وتعزيز الاستدامة البيئية؟

يستكشف هذا السؤال الفوائد البيئية للذكاء الاصطناعي في إدارة المرور، خاصة في تقليل الانبعاثات. يتضمن الأسئلة الفرعية التالية:

- ما هي تأثيرات تحسين المرور المدفوع بالذكاء الاصطناعي على انبعاثات المركبات؟
- ما مدى فعالية خوارزميات التوجيه الصديقة للبيئة في تعزيز ممارسات القيادة المستدامة؟
- ما هي المساهمة العامة للذكاء الاصطناعي في الاستدامة الحضرية وتحسين جودة الهواء؟

#### 1.5.4 ما هي التحديات والعوائق أمام دمج الذكاء الاصطناعي في أنظمة إدارة المرور الحالية؟

يحدد هذا السؤال العقبات التي تواجه دمج الذكاء الاصطناعي في أطر إدارة المرور الحالية. تشمل الأسئلة الفرعية:

- ما هي الترقّيات الضرورية في البنية التحتية لتنفيذ أنظمة إدارة المرور المدفوعة بالذكاء الاصطناعي؟
- كيف يمكن معالجة مخاوف الخصوصية والأمان المتعلقة بالبيانات في تطبيقات الذكاء الاصطناعي؟
- ما هي التحديات التقنية والتشغيلية التي تنشأ خلال نشر تقنيات الذكاء الاصطناعي في إدارة المرور؟

#### 1.5.5 كيف يمكن تطوير واختبار حلول شاملة لإدارة المرور تعتمد على الذكاء الاصطناعي؟

يركز هذا السؤال على تطوير والتحقق من حلول إدارة المرور المدفوعة بالذكاء الاصطناعي. يتضمن الأسئلة الفرعية التالية:

- ما هي تقنيات المحاكاة والنمذجة الأكثر فعالية لاختبار حلول الذكاء الاصطناعي؟
- كيف يمكن تصميم التجارب الميدانية لجمع بيانات واقعية مفيدة؟
- كيف يمكن توسيع نطاق حلول الذكاء الاصطناعي وتكييفها مع بيئات حضرية مختلفة؟

#### 1.5.6 ما هي التوصيات العملية التي يمكن تقديمها لصناع السياسات والمخططين الحضريين؟

يهدف هذا السؤال إلى ترجمة نتائج البحث إلى توصيات عملية للأطراف المعنية. تشمل الأسئلة الفرعية:

- ما هي أطر السياسات اللازمة لدعم تبني الذكاء الاصطناعي في إدارة المرور؟
- كيف يمكن للتخطيط الاستراتيجي دمج حلول الذكاء الاصطناعي مع الأنظمة الحالية بشكل فعال من حيث التكلفة؟
- ما هي أفضل الممارسات التي يمكن تحديدها من التطبيقات الناجحة لتوجيه المدن الأخرى؟

### 1.5.7 كيف يمكن أن تساهم الدراسة في الخطاب الأكاديمي والمهني حول أنظمة النقل الذكية؟

يسعى هذا السؤال إلى ضمان أن تساهم نتائج الدراسة في المجتمع الأكاديمي والمهني الأوسع. يتضمن الأسئلة الفرعية التالية:

- كيف يمكن نشر نتائج البحث بفعالية من خلال المنشورات والمؤتمرات؟
- ما هي المواد التعليمية وبرامج التدريب التي يمكن تطويرها لتعزيز تبني الذكاء الاصطناعي في إدارة المرور؟
- ما هي توجهات البحث المستقبلية التي يمكن اقتراحها لتعزيز مجال أنظمة النقل الذكية؟

### 1.5.8 ما هي المزايا المقارنة لتقنيات الذكاء الاصطناعي على أساليب إدارة المرور التقليدية؟

يقيم هذا السؤال فوائد الذكاء الاصطناعي على النهج التقليدية. يتضمن الأسئلة الفرعية التالية:

- كيف تقارن تقنيات الذكاء الاصطناعي بأساليب إدارة المرور التقليدية من حيث الكفاءة والفعالية؟
- ما هي السيناريوهات المحددة التي تظهر تفوق الحلول المدفوعة بالذكاء الاصطناعي على التقليدية؟
- كيف يمكن دمج الذكاء الاصطناعي في الأنظمة الحالية لتعزيز وتكملة الأساليب التقليدية؟

### 1.5.9 ما هو دور تقبل الجمهور في تنفيذ أنظمة إدارة المرور المدفوعة بالذكاء الاصطناعي؟

يحقق هذا السؤال في العوامل الاجتماعية التي تؤثر على تبني الذكاء الاصطناعي في إدارة المرور. تشمل الأسئلة الفرعية:

- كيف يؤثر تصور الجمهور للذكاء الاصطناعي على تنفيذه في أنظمة المرور الحضرية؟
- ما هي الاستراتيجيات التي يمكن استخدامها لتحسين قبول الجمهور وثقته في إدارة المرور المدفوعة بالذكاء الاصطناعي؟
- كيف تؤثر حملات التوعية العامة على تبني ونجاح تقنيات الذكاء الاصطناعي في أنظمة المرور؟

### 1.5.10 كيف يمكن تخصيص حلول إدارة المرور المدفوعة بالذكاء الاصطناعي لبيئات حضرية مختلفة؟

يركز هذا السؤال على التكيف والتخصيص لحلول الذكاء الاصطناعي لبيئات حضرية متنوعة. يتضمن الأسئلة الفرعية التالية:

- ما هي العوامل التي يجب مراعاتها عند تخصيص حلول إدارة المرور بالذكاء الاصطناعي لمدن معينة؟
- كيف يمكن تدريب نماذج الذكاء الاصطناعي للتعامل مع أنماط المرور والبنية التحتية الفريدة في بيئات حضرية مختلفة؟
- ما هي أفضل الممارسات لتنفيذ أنظمة إدارة المرور المدفوعة بالذكاء الاصطناعي في سياقات جغرافية واجتماعية-اقتصادية متنوعة؟

## 1.6 فروض الدراسة:

تستند هذه الدراسة إلى مجموعة من الفروض الأساسية التي تسعى إلى اختبارها وتحليلها من خلال البحث. تتضمن تفترض الدراسة أن تطبيق تقنيات الذكاء الاصطناعي يمكن أن يحسن بشكل كبير تدفق المرور ويقلل من الازدحام على الطرق. تم صياغة هذه الفرضيات لاختبار فعالية وكفاءة وإمكانية تطبيق أنظمة إدارة المرور المدفوعة بالذكاء الاصطناعي. ستستخدم الدراسة بيانات تجريبية ونماذج محاكاة وتنفيذات تجريبية في العالم الحقيقي للتحقق من صحة هذه الفرضيات. الفرضيات الرئيسية هي كما يلي:

### 1.6.1 الفرضية 1: تقنيات الذكاء الاصطناعي تحسن التنبؤ بإدارة الازدحام المروري:

- تقنيات الذكاء الاصطناعي، مثل التعلم الآلي، والشبكات العصبية، والخوارزميات الجينية، تعزز بشكل كبير القدرة على التنبؤ وإدارة الازدحام المروري مقارنة بأساليب إدارة المرور التقليدية.
- نماذج التعلم الآلي توفر تنبؤات دقيقة وفي الوقت المناسب بنقاط الازدحام المروري.
- الشبكات العصبية يمكنها تحسين تدفق المرور بشكل ديناميكي، مما يقلل الازدحام خلال ساعات الذروة.
- الخوارزميات الجينية فعالة في تحسين توقيتات إشارات المرور وتخطيط المسارات لتقليل الازدحام.

### 1.6.2 الفرضية 2: أنظمة إدارة المرور المدفوعة بالذكاء الاصطناعي تعزز سلامة الطرق:

- تنفيذ أنظمة إدارة المرور المدفوعة بالذكاء الاصطناعي يؤدي إلى تقليل كبير في حوادث المرور وتحسين سلامة الطرق.
- نماذج الذكاء الاصطناعي يمكنها التنبؤ بدقة ومنع الحوادث المرورية المحتملة من خلال تحليل بيانات المرور في الوقت الحقيقي.
- إشارات المرور والعلامات المحسنة بالذكاء الاصطناعي تحسن الامتثال لقواعد المرور وتقلل معدلات الحوادث.
- أنظمة الذكاء الاصطناعي تعزز أوقات الاستجابة الطارئة وفعاليتها من خلال تحسين مسارات المركبات الطارئة.

### 1.6.3 الفرضية 3: تطبيقات الذكاء الاصطناعي تقلل انبعاثات المركبات وتعزز الاستدامة البيئية:

- تطبيقات الذكاء الاصطناعي في إدارة المرور تسهم بشكل كبير في تقليل انبعاثات المركبات وتعزز الاستدامة البيئية.
- تحسين المرور المدفوع بالذكاء الاصطناعي يقلل من أوقات التوقف ويحسن تدفق المرور، مما يخفض انبعاثات المركبات.
- خوارزميات التوجيه الصديقة للبيئة التي تم تطويرها بواسطة الذكاء الاصطناعي تقلل بشكل فعال من استهلاك الوقود والتأثير البيئي.
- الاعتماد الشامل على تقنيات الذكاء الاصطناعي في إدارة المرور يؤدي إلى تحسين جودة الهواء وتقليل البصمة الكربونية الحضرية.

### 1.6.4 الفرضية 4: دمج الذكاء الاصطناعي في أنظمة إدارة المرور الحالية قابل للتطبيق وفعال:

- دمج تقنيات الذكاء الاصطناعي في أنظمة إدارة المرور الحالية قابل للتطبيق وفعال في تحسين قدرات إدارة المرور بشكل عام.
- الترقيات اللازمة في البنية التحتية لتنفيذ الذكاء الاصطناعي فعالة من حيث التكلفة ويمكن إدارتها ضمن أطر التخطيط الحضري الحالية.
- يمكن معالجة مخاوف الخصوصية والأمان المتعلقة بالبيانات بشكل كافٍ من خلال تصميمات أنظمة الذكاء الاصطناعي المتينة.
- يمكن التغلب على التحديات التقنية والتشغيلية لنشر تقنيات الذكاء الاصطناعي من خلال حلول مستهدفة وتعاون الأطراف المعنية.

### 1.6.5 الفرضية 5: يمكن تطوير واختبار حلول شاملة لإدارة المرور تعتمد على الذكاء الاصطناعي:

- يمكن تطوير واختبار حلول شاملة لإدارة المرور تعتمد على الذكاء الاصطناعي من خلال نماذج المحاكاة والتنفيذات التجريبية في العالم الحقيقي.
- نماذج المحاكاة تختبر بشكل فعال أداء وتأثير حلول إدارة المرور المدفوعة بالذكاء الاصطناعي تحت سيناريوهات مختلفة.
- التنفيذات التجريبية في العالم الحقيقي توفر بيانات قيمة ورؤى لتحسين وتحقيق من صحة نماذج الذكاء الاصطناعي.
- حلول الذكاء الاصطناعي قابلة للتوسع والتكيف مع بيئات حضرية مختلفة، مما يضمن تطبيقاً واسع النطاق.

1.6.6 الفرضية 6: أنظمة إدارة المرور المدفوعة بالذكاء الاصطناعي توفر توصيات قابلة للتنفيذ لصناع السياسات والمخططين الحضريين:

- النتائج المستمدة من أنظمة إدارة المرور المدفوعة بالذكاء الاصطناعي توفر توصيات قابلة للتنفيذ توجه صناع السياسات والمخططين الحضريين في تنفيذ استراتيجيات فعالة لإدارة المرور.
- أطر السياسات التي تم تطويرها من البحث تدعم اعتماد ودمج تقنيات الذكاء الاصطناعي في إدارة المرور.
- نصائح التخطيط الاستراتيجي المستندة إلى نتائج الذكاء الاصطناعي تعزز الفعالية من حيث التكلفة والفوائد طويلة الأجل لأنظمة إدارة المرور.
- أفضل الممارسات التي تم تحديدها من التنفيذات الناجحة تعمل كخراطط طريق يمكن للمدن الأخرى اتباعها.

1.6.7 الفرضية 7: تقنيات الذكاء الاصطناعي تتفوق على أساليب إدارة المرور التقليدية:

- تقنيات الذكاء الاصطناعي تتفوق على أساليب إدارة المرور التقليدية من حيث الكفاءة والفعالية والتكيف.
- أنظمة إدارة المرور المدفوعة بالذكاء الاصطناعي تقلل الازدحام بشكل أكثر فعالية من الأساليب التقليدية.
- تقنيات الذكاء الاصطناعي تعزز من تكيف أنظمة إدارة المرور مع الأنماط والظروف المرورية المتغيرة.
- تتحسن الكفاءة العامة لإدارة المرور بشكل كبير مع اعتماد تقنيات الذكاء الاصطناعي.

1.6.8 الفرضية 8: يلعب تصور الجمهور وقبوله دورًا حاسمًا في التنفيذ الناجح لأنظمة إدارة المرور المدفوعة بالذكاء الاصطناعي:

- يؤثر تصور الجمهور وقبوله بشكل كبير على التنفيذ الناجح لأنظمة إدارة المرور المدفوعة بالذكاء الاصطناعي.
- يزيد تصور الجمهور الإيجابي وثقتهم في إدارة المرور المدفوعة بالذكاء الاصطناعي من احتمالية النجاح في التنفيذ.
- تحسن حملات التوعية العامة والمبادرات التعليمية من قبول الجمهور ودعمه لتقنيات الذكاء الاصطناعي في إدارة المرور.
- معالجة مخاوف الجمهور بشأن خصوصية البيانات وأمانها تعزز الثقة واعتماد حلول إدارة المرور المدفوعة بالذكاء الاصطناعي.

1.6.9 الفرضية 9: يمكن تخصيص حلول إدارة المرور المدفوعة بالذكاء الاصطناعي لتناسب البيئات الحضرية المختلفة:

- يمكن تخصيص حلول إدارة المرور المدفوعة بالذكاء الاصطناعي بشكل فعال لتلبية الاحتياجات والظروف الخاصة بالبيئات الحضرية المختلفة.
- يمكن تدريب نماذج الذكاء الاصطناعي لتناسب مع أنماط المرور والبنية التحتية الفريدة في مختلف المدن.
- تحسين حلول الذكاء الاصطناعي لتناسب السياقات الحضرية المختلفة يحسن من فعاليتها وقابليتها للتطبيق.
- أفضل الممارسات لتخصيص أنظمة إدارة المرور بالذكاء الاصطناعي تضمن التنفيذ الناجح عبر السياقات الجغرافية والاجتماعية-الاقتصادية المتنوعة.

1.6.10 الفرضية 10: تساهم إسهامات الذكاء الاصطناعي في أنظمة النقل الذكية في تعزيز الخطاب الأكاديمي والمهني

- تساهم إسهامات الذكاء الاصطناعي في أنظمة النقل الذكية بشكل كبير في تعزيز الخطاب الأكاديمي والمهني في المجال.
- تثري نتائج الأبحاث من دراسات إدارة المرور المدفوعة بالذكاء الاصطناعي الأدبيات الأكاديمية حول أنظمة النقل الذكية.
- يعزز نشر الأبحاث من خلال المنشورات والمؤتمرات من تبادل المعرفة والتعاون بين المهنيين.
- المواد التعليمية وبرامج التدريب التي تم تطويرها من البحث تعزز اعتماد وتقديم تقنيات الذكاء الاصطناعي في المجال.

## 1.7 النظرية العلمية المتبعة لإعداد البحث:

تعتمد النظرية العلمية التي تركز عليها هذه الدراسة على دمج المبادئ من عدة تخصصات، بما في ذلك الذكاء الاصطناعي (AI)، وهندسة المرور، ونظرية الأنظمة. يضمن هذا النهج متعدد التخصصات فهماً شاملاً لكيفية تطبيق الذكاء الاصطناعي بشكل فعال في إدارة المرور. تُفصل الأقسام التالية الأطر النظرية والمفاهيم الرئيسية التي توجه هذه الدراسة.

### 1.7.1 نظرية الأنظمة:

توفر نظرية الأنظمة الإطار الأساسي لفهم التفاعلات المعقدة داخل أنظمة المرور الحضرية. تفترض هذه النظرية أن أنظمة المرور تتكون من مكونات مترابطة - المركبات، الطرق، إشارات المرور، والسلوك البشري التي تتفاعل بشكل ديناميكي. تساعد نظرية الأنظمة في نمذجة هذه التفاعلات وفهم كيف يمكن أن تؤثر التغييرات في جزء من النظام على الشبكة بأكملها.

- حلقات التغذية الراجعة: تتميز أنظمة المرور بحلقات تغذية راجعة حيث يؤثر ناتج النظام على المدخلات المستقبلية. على سبيل المثال، يمكن أن يتسبب الازدحام المروري عند تقاطع معين في إعادة توجيه حركة المرور، مما يؤثر بدوره على أنماط المرور في أماكن أخرى من الشبكة. يعد فهم هذه الحلقات أمراً حيوياً لتصميم تدخلات الذكاء الاصطناعي الفعالة.
- السلوك الناشئ: غالباً ما تُظهر أنظمة المرور سلوكاً ناشئاً، حيث تؤدي ديناميكيات المكونات الفردية إلى أنماط غير متوقعة، مثل الازدحام المروري المفاجئ. يمكن لتقنيات الذكاء الاصطناعي المساعدة في التنبؤ وإدارة هذه السلوكيات الناشئة من خلال تحليل مجموعات كبيرة من البيانات وتحديد الأنماط الكامنة.

## ✓ التعلم الآلي والمقاربات المعتمدة على البيانات:

يُعتبر التعلم الآلي (ML) محورًا للتقنيات المستخدمة في هذا البحث. يمكن لخوارزميات التعلم الآلي معالجة كميات هائلة من بيانات المرور لتحديد الأنماط، وإجراء التنبؤات، وتحسين تدفق المرور. المفاهيم التالية للتعلم الآلي ذات صلة خاصة:

- **التعلم الموجّه:** يتضمن تدريب الخوارزميات على مجموعات بيانات محددة للتنبؤ بالازدحام المروري وتحسين توقيتات الإشارات. على سبيل المثال، يمكن استخدام بيانات المرور التاريخية لتدريب نماذج تتنبأ بالازدحام المستقبلي بناءً على الظروف الحالية.
- **التعلم غير الموجّه:** يتضمن تحديد الأنماط المخفية في بيانات المرور بدون تسميات محددة مسبقًا. يمكن استخدام تقنيات التجميع لتجميع ظروف المرور المتشابهة وتطوير استراتيجيات إدارة مستهدفة.
- **التعلم التعزيزي:** يتضمن تدريب الخوارزميات على اتخاذ قرارات من خلال مكافأة النتائج المرغوبة، مثل تقليل الازدحام. يعتبر التعلم التعزيزي مفيدًا بشكل خاص للتحكم الديناميكي في إشارات المرور، حيث يتعلم النظام استراتيجيات مثلى من خلال التجربة والخطأ.

## ✓ الشبكات العصبية والتعلم العميق:

- تعد الشبكات العصبية، وخاصة نماذج التعلم العميق، أدوات قوية لتحليل بيانات المرور المعقدة. تحاكي هذه النماذج هيكل ووظيفة الدماغ البشري، مما يمكنها من التعرف على الأنماط المعقدة وإجراء التنبؤات الدقيقة.
- **الشبكات العصبية الاصطناعية (ANNs):** تُستخدم للمهام مثل التنبؤ بتدفق المرور واكتشاف الحوادث. تتكون من عقد مترابطة (الخلايا العصبية) تعالج بيانات المدخلات وتولد التنبؤات.
  - **الشبكات العصبية التلافيفية (CNNs):** فعالة بشكل خاص في تحليل البيانات المكانية، مثل صور كاميرات المرور، لتحديد أنماط الازدحام والحوادث في الوقت الفعلي.
  - **الشبكات العصبية المتكررة (RNNs):** مناسبة لتحليل السلاسل الزمنية، مما يجعلها مثالية للتنبؤ بتدفق المرور بناءً على البيانات التاريخية. يمكن لشبكات الذاكرة طويلة المدى (LSTM)، وهي نوع من RNN، أن تلتقط التبعيات الطويلة الأمد في أنماط المرور.

## ✓ الخوارزميات الجينية:

الخوارزميات الجينية (GAs) هي تقنيات تحسين مستوحاة من عملية الانتقاء الطبيعي. تُستخدم لإيجاد الحلول المثلى لمشاكل إدارة المرور، مثل توقيت إشارات المرور وتخطيط المسارات.

- الاختيار: تقوم الخوارزميات الجينية باختيار الحلول الأكثر لياقة من مجموعة استنادًا إلى أدائها في تقليل الازدحام وأوقات السفر.
- التزاوج: دمج ميزات من حلين لتكوين حل جديد، مما يمكن أن يؤدي إلى استراتيجيات أفضل لإدارة المرور.
- الطفرة: إدخال تغييرات عشوائية على الحلول لاستكشاف إمكانيات جديدة وتجنب النقاط المثلى المحلية، مما يعزز من قوة حلول إدارة المرور.

## ✓ نظرية الألعاب:

تقوم نظرية الألعاب بنمذجة التفاعلات الاستراتيجية بين مختلف الوكلاء في نظام المرور، مثل السائقين ومديري المرور والمشاة. توفر رؤى حول كيفية اتخاذ هؤلاء الوكلاء للقرارات وكيف تؤثر تفاعلاتهم على تدفق المرور الكلي.

- توازن ناش: يُستخدم هذا المفهوم لتحليل المواقف التي لا يمكن لأي وكيل فيها تحسين نتيجته بتغيير استراتيجيته بشكل أحادي. يساعد فهم شروط التوازن في تصميم استراتيجيات إدارة المرور المستقرة والفعالة.
- الألعاب التعاونية: تستكشف هذه النماذج كيفية تعاون الوكلاء لتحقيق نتائج مرورية أفضل. على سبيل المثال، الاستفادة من الكار بولينغ والسيطرة المنسقة على إشارات المرور هي استراتيجيات تستفيد من نظرية الألعاب التعاونية.

## ✓ نظرية الأنظمة المعقدة:

توفر نظرية الأنظمة المعقدة نظرة شاملة لأنظمة المرور، معترفًا بها ككيانات تكيفية ومتطورة ذات مكونات متعددة متفاعلة.

- الديناميكيات غير الخطية: غالبًا ما تُظهر أنظمة المرور سلوكًا غير خطي، حيث يمكن أن تؤدي التغييرات الصغيرة إلى تأثيرات كبيرة بشكل غير متناسب. تساعد نظرية الأنظمة المعقدة في نمذجة هذه الديناميكيات والتنبؤ بتأثير التدخلات.
- الأنظمة التكيفية: تستمر أنظمة المرور في التكيف مع الظروف المتغيرة. تستفيد تقنيات الذكاء الاصطناعي من هذه القابلية للتكيف من خلال توفير تحليل البيانات في الوقت الفعلي والتعديلات الديناميكية لاستراتيجيات إدارة المرور.

## ✓ نظرية الطوابير:

تحلل نظرية الطوابير سلوك الطوابير، مثل المركبات التي تنتظر عند إشارات المرور. توفر نماذج رياضية للتنبؤ بطول الطوابير وأوقات الانتظار وكفاءة الخدمة.

- نماذج الطوابير: تساعد هذه النماذج في تصميم إشارات المرور وإدارة تدفق المرور لتقليل التأخيرات والازدحام.
- آليات الخدمة: يساعد فهم آليات الخدمة المختلفة، مثل الخدمة على أساس الأولوية أو الخدمة بناءً على الدور، في تحسين استراتيجيات إدارة المرور.

## ✓ تحليلات البيانات الكبيرة:

تشمل تحليلات البيانات الكبيرة معالجة وتحليل كميات كبيرة من بيانات المرور من مصادر متعددة، مثل أجهزة GPS، وكاميرات المرور، ووسائل التواصل الاجتماعي.

- تكامل البيانات: يتيح تكامل البيانات من مصادر متعددة الحصول على رؤية شاملة لظروف المرور ويساعد في اتخاذ قرارات مستنيرة.
- التحليلات في الوقت الفعلي: يتيح تحليل البيانات في الوقت الفعلي إدارة المرور بشكل استباقي، مما يسمح بإجراء تعديلات فورية على إشارات المرور والمسارات بناءً على الظروف الحالية.

## 2. الفصل الثاني: الدراسات السابقة

## 2.1 مقدمة:

أدى التقدم السريع في مجال الذكاء الاصطناعي (AI) إلى تحولات كبيرة في العديد من المجالات، بما في ذلك إدارة المرور. يعد دمج تقنيات الذكاء الاصطناعي في أنظمة إدارة المرور واعدًا لمعالجة التحديات المستمرة المتعلقة بالازدحام المروري، وسلامة الطرق، والاستدامة البيئية. ومع ذلك، من الضروري لفهم شامل لإمكانيات وحدود الذكاء الاصطناعي في هذا المجال، فحص الدراسات والأبحاث الحالية. يوفر هذا الفصل مراجعة مفصلة للدراسات السابقة، مستعرضًا المنهجيات، والنتائج، والمساهمات للأبحاث التي أُجريت في تطبيق الذكاء الاصطناعي في إدارة المرور.

تم هيكلة مراجعة الأدبيات لتقديم سرد متماسك يرشد القارئ عبر تطور تطبيقات الذكاء الاصطناعي في إدارة المرور. تبدأ بمراجعة الدراسات الأساسية التي وضعت الأساس لدمج الذكاء الاصطناعي في هذا المجال. بعد ذلك، تتناول الأبحاث الحديثة والمتقدمة التي توضح التنفيذ العملي والفوائد لتقنيات الذكاء الاصطناعي. كما يسلط الفصل الضوء على الفجوات والقيود في الأبحاث الحالية، مهيئًا المجال لأهداف الدراسة الحالية وفرضياتها.

### 2.1.1 تطور الذكاء الاصطناعي في إدارة المرور:

ركزت الدراسات الأولية في إدارة المرور المدفوعة بالذكاء الاصطناعي على النماذج التنبؤية الأساسية وتقنيات المحاكاة. كانت هذه الجهود المبكرة تهدف إلى فهم أنماط المرور واختبار النماذج النظرية في بيئات محكمة. ومع تطور تقنيات الذكاء الاصطناعي، بدأ الباحثون في استكشاف تقنيات أكثر تعقيدًا مثل التعلم الآلي، والشبكات العصبية، والخوارزميات الجينية. سمحت هذه التطورات بتطوير نماذج تنبؤية أكثر دقة وديناميكية.

### 2.1.2 المجالات الرئيسية للبحث:

ظهرت عدة مجالات رئيسية للبحث في تطبيق الذكاء الاصطناعي في إدارة المرور، كل منها يسهم بشكل فريد في المجال:

- التنبؤ بالمرور وإدارته: تركز الدراسات في هذا المجال على تطوير نماذج الذكاء الاصطناعي للتنبؤ بالازدحام المروري وتحسين تدفق المرور. يتم تدريب خوارزميات التعلم الآلي على بيانات المرور التاريخية لتوقع الازدحام المستقبلي، مما يمكن من إدارة المرور بشكل استباقي.
- سلامة الطرق والوقاية من الحوادث: تهدف الأبحاث في هذا المجال إلى تعزيز سلامة الطرق من خلال التنبؤ بالحوادث المحتملة وتنفيذ إجراءات وقائية. تحلل الأنظمة المدفوعة بالذكاء الاصطناعي البيانات في الوقت الفعلي لتحديد الظروف الخطرة وتحسين إشارات المرور لتقليل معدلات الحوادث.
- التأثير البيئي والاستدامة: يستكشف هذا المجال كيفية مساهمة الذكاء الاصطناعي في تقليل انبعاثات المركبات وتعزيز النقل الحضري المستدام. تقيم الدراسات فعالية خوارزميات التوجيه الصديقة للبيئة وتحسين المرور المستند إلى الذكاء الاصطناعي في تقليل التأثير البيئي.
- تحديات التكامل والتنفيذ: بحث الباحثون أيضاً في التحديات العملية لدمج الذكاء الاصطناعي في أنظمة إدارة المرور الحالية. تتناول هذه الدراسات قضايا مثل متطلبات البنية التحتية، وخصوصية البيانات، وقبول الجمهور.

### 2.1.3 المنهجيات والمقاربات:

تتنوع المنهجيات المستخدمة في أبحاث إدارة المرور المستندة إلى الذكاء الاصطناعي بشكل واسع، مما يعكس الطبيعة متعددة التخصصات للمجال. تشمل المقاربات الرئيسية:

- التعلم الآلي وتحليل البيانات: تُستخدم نماذج التعلم الآلي، بما في ذلك التعلم الموجه، والتعلم غير الموجه، والتعلم التعزيزي، بشكل واسع لتحليل بيانات المرور وتطوير نماذج تنبؤية.
- الشبكات العصبية: تُستخدم تقنيات التعلم العميق، مثل الشبكات العصبية التلافيفية (CNNs) والشبكات العصبية المتكررة (RNNs)، لمعالجة البيانات المعقدة وتوليد تنبؤات دقيقة.
- خوارزميات التحسين: تُستخدم الخوارزميات الجينية وتقنيات التحسين الأخرى لإيجاد الحلول المثلى لتوقيت إشارات المرور وتخطيط المسارات.
- المحاكاة والنمذجة: توفر نماذج المحاكاة بيئة افتراضية لاختبار استراتيجيات إدارة المرور المستندة إلى الذكاء الاصطناعي والتحقق من صحتها.

#### 2.1.4 النتائج والمساهمات:

تسلط نتائج الدراسات السابقة الضوء على الإمكانيات الكبيرة للذكاء الاصطناعي في تحسين إدارة المرور. تشمل المساهمات الرئيسية:

- تحسين تدفق المرور: أظهرت تقنيات الذكاء الاصطناعي القدرة على تقليل الازدحام وتحسين تدفق المرور من خلال التحسين في الوقت الفعلي والنمذجة التنبؤية.
- تعزيز سلامة الطرق: أظهرت الأنظمة المدفوعة بالذكاء الاصطناعي القدرة على التنبؤ بالحوادث ومنعها، مما يساهم في بيئات طرق أكثر أمانًا.
- الفوائد البيئية: أبرزت الدراسات الفوائد البيئية لتطبيقات الذكاء الاصطناعي، بما في ذلك تقليل الانبعاثات وتحسين جودة الهواء.
- رؤى عملية: وفرت الأبحاث رؤى قيمة حول التحديات والحلول العملية لدمج الذكاء الاصطناعي في أطر إدارة المرور الحالية.

#### 2.1.5 الفجوات والقيود:

على الرغم من النتائج الواعدة، لا تزال هناك عدة فجوات وقيود في مجموعة الأبحاث الحالية:

- قابلية التوسع: تقتصر العديد من الدراسات على تنفيذات صغيرة النطاق أو محاكاة، مما يثير تساؤلات حول قابلية تطبيق حلول الذكاء الاصطناعي في البيئات الحضرية الكبيرة.
- تحديات التكامل: هناك حاجة إلى مزيد من الأبحاث حول تكامل الذكاء الاصطناعي مع أنظمة إدارة المرور والبنية التحتية الحالية.
- قبول الجمهور: الأثر الاجتماعي وقبول الجمهور لأنظمة إدارة المرور المستندة إلى الذكاء الاصطناعي هي مجالات غير مستكشفة بشكل كافٍ وتتطلب مزيدًا من التحقيق.
- التقييمات الشاملة: هناك حاجة إلى مزيد من التقييمات الشاملة للتأثير طويل الأمد للذكاء الاصطناعي على إدارة المرور، وسلامة الطرق، والاستدامة البيئية.

#### 2.1.6 تمهيد البحث الحالي:

تُبرز الفجوات المحددة في الدراسات السابقة الحاجة إلى بحث شامل يعالج هذه القيود ويستكشف الإمكانيات الكاملة للذكاء الاصطناعي في إدارة المرور. تهدف الدراسة الحالية إلى البناء على مجموعة المعرفة الموجودة من خلال إجراء تحليل معمق لتقنيات الذكاء الاصطناعي، وتطبيقاتها العملية، وتأثيرها على أنظمة المرور الحضرية. من خلال القيام بذلك، تسعى الدراسة إلى تقديم رؤى وتوصيات قيمة لصناع السياسات، والمخططين الحضريين، والسلطات المسؤولة عن إدارة المرور.

## 2.2 الدراسات السابقة:

### 2.2.1 التنبؤ بالمرور وإدارته:

يعد التنبؤ بالمرور وإدارته من المجالات الحاسمة حيث أظهر الذكاء الاصطناعي إمكانيات كبيرة. ركز الباحثون على تطوير نماذج يمكنها التنبؤ بدقة بالازدحام المروري وتحسين تدفق المرور في الوقت الفعلي.

- النماذج التنبؤية المبكرة: استخدمت الدراسات الأولية في التنبؤ بالمرور الأساليب الإحصائية الأساسية والنماذج الخطية لتوقع أحجام المرور. بينما وفرت هذه النماذج رؤى أساسية، كانت غالبًا محدودة بقدرتها على التقاط الطبيعة المعقدة وغير الخطية لأنماط المرور.
- مقاربات التعلم الآلي: استخدمت الدراسات الحديثة تقنيات التعلم الآلي لتعزيز دقة التنبؤ. على سبيل المثال، تم تدريب نماذج التعلم الموجّه مثل أشجار القرار والغابات العشوائية وآلات الدعم المتجهية على بيانات المرور التاريخية لتوقع الازدحام بدقة أكبر. كانت هذه النماذج فعالة بشكل خاص في تحديد الأنماط والاتجاهات التي لا تكون واضحة من خلال الأساليب التقليدية.
- الشبكات العصبية والتعلم العميق: أدى ظهور التعلم العميق إلى تعزيز قدرات التنبؤ بالمرور بشكل أكبر. استخدمت الشبكات العصبية التلافيفية (CNNs) والشبكات العصبية المتكررة (RNNs)، بما في ذلك شبكات الذاكرة طويلة الأمد (LSTM)، لتحليل البيانات المرورية المكانية والزمنية على التوالي. يمكن لهذه النماذج معالجة مجموعات بيانات كبيرة وتوفير تنبؤات في الوقت الفعلي، مما يجعلها مثالية لأنظمة إدارة المرور الديناميكية.
- دراسات حالة: أظهرت العديد من دراسات الحالة التطبيق العملي لهذه النماذج. على سبيل المثال، أُجريت دراسة في منطقة حضرية كبرى استخدمت شبكات LSTM لتنبؤ الازدحام المروري، مما أسفر عن تقليل كبير في متوسط أوقات السفر. دراسة أخرى استخدمت CNNs لتحليل لقطات كاميرات المرور، مما وفر تحديثات دقيقة في الوقت الفعلي حول الازدحام واقتراحات للمسارات للسائقين.

## 2.2.2 سلامة الطرق والوقاية من الحوادث:

تحسين سلامة الطرق من خلال الذكاء الاصطناعي هو مجال بحثي حيوي آخر. تركز الدراسات في هذا المجال على استخدام الذكاء الاصطناعي للتنبؤ بالحوادث المرورية ومنعها، مما يعزز سلامة الطرق بشكل عام.

- نماذج التنبؤ بالحوادث: تم تطوير نماذج التعلم الآلي للتنبؤ باحتمالية الحوادث المرورية بناءً على عوامل مختلفة مثل الأحوال الجوية وحجم المرور وسلوك السائق. تساعد هذه النماذج في تحديد المناطق والأوقات ذات المخاطر العالية، مما يسمح باتخاذ تدابير مستهدفة.
- إشارات المرور المحسنة بالذكاء الاصطناعي: أظهرت الأبحاث أن إشارات المرور المحسنة بالذكاء الاصطناعي يمكن أن تقلل بشكل كبير من وقوع الحوادث عند التقاطعات. من خلال ضبط توقيتات الإشارات ديناميكيًا بناءً على بيانات المرور في الوقت الفعلي، يمكن لهذه الأنظمة تقليل خطر الاصطدامات وتحسين تدفق المرور بشكل عام.
- الكشف عن الحوادث في الوقت الفعلي: يمكن لأنظمة الذكاء الاصطناعي المجهزة بأجهزة استشعار وكاميرات متقدمة اكتشاف الحوادث المرورية في الوقت الفعلي. يمكن لهذه الأنظمة تنبيه خدمات الطوارئ تلقائيًا وإعادة توجيه حركة المرور، مما يقلل من تأثير الحوادث على تدفق المرور وتقليل أوقات الاستجابة.
- الأدلة التجريبية: أظهرت دراسة تجريبية في منطقة حضرية مزدحمة أن تحسين إشارات المرور المدفوعة بالذكاء الاصطناعي أدى إلى تقليل حوادث المرور بنسبة 20%. دراسة أخرى سلطت الضوء على فعالية أنظمة الكشف عن الحوادث في الوقت الفعلي في تقليل أوقات الاستجابة الطارئة بنسبة 15%.

### 2.2.3 التأثير البيئي والاستدامة:

تقدم تطبيقات الذكاء الاصطناعي في إدارة المرور فوائد بيئية كبيرة أيضاً. تركز الأبحاث في هذا المجال على تقليل انبعاثات المركبات وتعزيز النقل الحضري المستدام.

- استراتيجيات تقليل الانبعاثات: يمكن لتحسين المرور المدفوع بالذكاء الاصطناعي تقليل أوقات التوقف وتحسين تدفق المرور، مما يؤدي إلى خفض استهلاك الوقود والانبعاثات. أظهرت الدراسات أن تحسين إشارات المرور والمسارات باستخدام الذكاء الاصطناعي يمكن أن يؤدي إلى تقليل كبير في انبعاثات الغازات الدفيئة.
- خوارزميات التوجيه الصديقة للبيئة: طور الباحثون خوارزميات التوجيه الصديقة للبيئة التي توجه السائقين على طول المسارات الأكثر كفاءة في استهلاك الوقود. تأخذ هذه الخوارزميات في الاعتبار عوامل مثل ظروف المرور، وتدرجات الطرق، وخصائص المركبات لتقليل استهلاك الوقود والانبعاثات.
- تقييمات الاستدامة: أُجريت تقييمات شاملة لتأثير الذكاء الاصطناعي على الاستدامة الحضرية. تقيم هذه الدراسات الفوائد البيئية طويلة الأجل لتطبيقات الذكاء الاصطناعي، بما في ذلك تحسين جودة الهواء وتقليل البصمة الكربونية.
- دراسات حالة: أظهرت دراسة حالة بارزة في مدينة أوروبية أن تنفيذ استراتيجيات إدارة المرور المستندة إلى الذكاء الاصطناعي أسفر عن تقليل بنسبة 10% في انبعاثات المركبات الإجمالية. دراسة أخرى في منطقة حضرية ذات كثافة سكانية عالية أظهرت أن خوارزميات التوجيه الصديقة للبيئة يمكن أن تقلل استهلاك الوقود بنسبة تصل إلى 12%.

#### 2.2.4 تحديات التكامل والتنفيذ:

بينما يقدم الذكاء الاصطناعي حلولاً واعدة لإدارة المرور، يقدم تكامله مع الأنظمة الحالية عدة تحديات. تتناول الأبحاث في هذا المجال هذه التحديات وتستكشف استراتيجيات النجاح في التنفيذ.

- متطلبات البنية التحتية: تسلط الدراسات الضوء على الحاجة إلى ترقية كبيرة في البنية التحتية لدعم أنظمة إدارة المرور المدفوعة بالذكاء الاصطناعي. يشمل ذلك تركيب أجهزة استشعار متقدمة، وشبكات اتصالات عالية السرعة، وقدرات معالجة بيانات قوية.
- خصوصية البيانات والأمان: يثير جمع وتحليل كميات كبيرة من بيانات المرور مخاوف حول خصوصية البيانات وأمانها. ركزت الأبحاث على تطوير أطر عمل وبروتوكولات لضمان حماية البيانات والامتثال للوائح الخصوصية.
- الحواجز التقنية والتشغيلية: يتطلب تنفيذ تقنيات الذكاء الاصطناعي في إدارة المرور التغلب على مختلف الحواجز التقنية والتشغيلية. يشمل ذلك ضمان قابلية التشغيل البيئي للنظام، وإدارة تعقيد نماذج الذكاء الاصطناعي، والحفاظ على موثوقية النظام ومرونته.
- مشاركة الأطراف المعنية: يعتمد نجاح تكامل أنظمة الذكاء الاصطناعي أيضًا على مشاركة وتعاون مختلف الأطراف المعنية، بما في ذلك الوكالات الحكومية، والشركات الخاصة، والجمهور. حددت الأبحاث أفضل الممارسات لتعزيز التعاون بين الأطراف المعنية وتحقيق قبول لمبادرات الذكاء الاصطناعي.
- الدراسات التجريبية: قدمت الدراسات التجريبية رؤى قيمة حول هذه التحديات. على سبيل المثال، حددت دراسة في منطقة حضرية كبيرة الحواجز التقنية الرئيسية لتكامل الذكاء الاصطناعي واقترحت حلولاً لمعالجتها. دراسة أخرى أكدت على أهمية مشاركة الأطراف المعنية في التنفيذ الناجح لأنظمة إدارة المرور المستندة إلى الذكاء الاصطناعي.

## 2.2.5 حلول شاملة لإدارة المرور المدفوعة بالذكاء الاصطناعي:

يعد تطوير واختبار حلول شاملة لإدارة المرور المدفوعة بالذكاء الاصطناعي محور بحثي حيوي. تهدف هذه الحلول إلى دمج تقنيات الذكاء الاصطناعي المختلفة لإنشاء أنظمة إدارة مرور متكاملة.

- نماذج المحاكاة: طور الباحثون نماذج محاكاة متقدمة لاختبار أداء وتأثير حلول إدارة المرور المدفوعة بالذكاء الاصطناعي تحت سيناريوهات مختلفة. تساعد هذه النماذج في تحسين خوارزميات الذكاء الاصطناعي وتقييم فعاليتها قبل التنفيذ في العالم الحقيقي.
- التنفيذات التجريبية: توفر التنفيذات التجريبية في المناطق الحضرية المختارة بيانات واقعية ورؤى لتحقق من صحة نماذج الذكاء الاصطناعي. تعد هذه المشاريع التجريبية ضرورية لفهم التحديات والفوائد العملية لتطبيقات الذكاء الاصطناعي في إدارة المرور.
- القابلية للتوسع والتكيف: يعد ضمان أن تكون حلول الذكاء الاصطناعي قابلة للتوسع والتكيف مع بيئات حضرية مختلفة محور بحثي رئيسي. استكشفت الدراسات استراتيجيات تخصيص نماذج الذكاء الاصطناعي لتناسب مع التفاوتات في أنماط المرور، والبنية التحتية، واللوائح المحلية.
- دراسات حالة: أظهرت عدة دراسات حالة تطوير وتنفيذ ناجح لحلول شاملة لإدارة المرور المدفوعة بالذكاء الاصطناعي. على سبيل المثال، مشروع تجريبي في مدينة كبيرة دمج التعلم الآلي، والشبكات العصبية، وخوارزميات التحسين لإدارة تدفق المرور، مما أسفر عن تقليل بنسبة 15% في متوسط أوقات السفر.

## 2.2.6 تداعيات السياسات والتخطيط:

تتناول الأبحاث في إدارة المرور المدفوعة بالذكاء الاصطناعي أيضًا تداعيات السياسات والتخطيط. يوفر هذا المجال من الدراسة توصيات قيمة لصناع السياسات والمخططين الحضريين حول التنفيذ الفعال لتقنيات الذكاء الاصطناعي.

- أطر السياسات: طورت الدراسات أطر سياسات تدعم اعتماد ودمج تقنيات الذكاء الاصطناعي في إدارة المرور. توفر هذه الأطر إرشادات لاستخدام البيانات، وحماية الخصوصية، وتطوير البنية التحتية.
- التخطيط الاستراتيجي: قدمت الأبحاث نصائح تخطيط استراتيجي حول دمج حلول الذكاء الاصطناعي مع الأنظمة الحالية لإدارة المرور. يشمل ذلك تحليلات التكلفة والفائدة، والتخطيط طويل الأجل، والنظر في القابلية للتوسع والتكيف في المستقبل.
- أفضل الممارسات: يعد تحديد وتوثيق أفضل الممارسات من التنفيذات الناجحة محور بحثي رئيسي. توفر هذه الممارسات أفضل نموذج يمكن للمدن الأخرى اتباعه، مما يضمن اعتماد ودمج ناجح لأنظمة إدارة المرور المدفوعة بالذكاء الاصطناعي.
- الأدلة التجريبية: قدمت الدراسات التجريبية توصيات مبنية على الأدلة لصناع السياسات والمخططين الحضريين. على سبيل المثال، أظهرت دراسة في منطقة حضرية كبيرة الفوائد الاقتصادية لإدارة المرور المدفوعة بالذكاء الاصطناعي وقدمت إرشادات للتخطيط الاستراتيجي للتنفيذات المستقبلية.

### 2.3 الإطار النظري:

يتكامل الإطار النظري لهذا البحث مع مفاهيم الذكاء الاصطناعي، هندسة المرور، نظرية الأنظمة، والتخطيط يتكامل الإطار النظري لهذا البحث مع مفاهيم الذكاء الاصطناعي، هندسة المرور، نظرية الأنظمة، والتخطيط الحضري. يضمن هذا النهج متعدد التخصصات فهماً شاملاً لكيفية تطبيق الذكاء الاصطناعي بفعالية على إدارة المرور، ومعالجة التحديات الحضرية المعقدة والديناميكية. يتم هيكلة الإطار النظري لتوجيه منهجية البحث وتحليل البيانات وتفسير النتائج.

#### 2.3.1 نظرية الأنظمة:

تعد نظرية الأنظمة الأساس لفهم التفاعلات المعقدة داخل أنظمة المرور الحضرية. تُعتبر أنظمة المرور شبكات مترابطة تتألف من مكونات مختلفة مثل المركبات والطرق وإشارات المرور والسلوك البشري. توفر نظرية الأنظمة رؤى حول كيفية تفاعل هذه المكونات وتأثيرها على بعضها البعض، مما يسهل تطوير نماذج يمكنها التنبؤ بتدفق المرور وإدارته.

- المكونات المترابطة: يؤثر سلوك المكونات الفردية، مثل المركبات وإشارات المرور، على النظام ككل. يُعد فهم هذه التفاعلات أمراً حيوياً لتطوير نماذج الذكاء الاصطناعي التي يمكنها تحسين تدفق المرور.
- حلقات التغذية الراجعة: تتميز أنظمة المرور بحلقات تغذية راجعة حيث يؤثر ناتج النظام على المدخلات المستقبلية. على سبيل المثال، يمكن أن يؤدي الازدحام المروري إلى تغييرات في سلوك السائقين، مما يؤثر بدوره على أنماط المرور. يمكن لنماذج الذكاء الاصطناعي الاستفادة من هذه الحلقات للتنبؤ بالازدحام وإدارته ديناميكياً.
- السلوك الناشئ: يؤدي السلوك الجماعي للمكونات الفردية غالباً إلى أنماط ناشئة، مثل الازدحام المروري الفجائي. تساعد نظرية الأنظمة في نمذجة هذه السلوكيات الناشئة، مما يمكن الذكاء الاصطناعي من التنبؤ بها وتخفيفها.

## ➤ الذكاء الاصطناعي والتعلم الآلي:

يعد الذكاء الاصطناعي والتعلم الآلي محورًا رئيسيًا في هذا البحث، حيث يوفر الأدوات والتقنيات اللازمة لتحليل بيانات المرور المعقدة، وإجراء التنبؤات، وتحسين استراتيجيات إدارة المرور.

- التعلم الموجّه: يتم تدريب نماذج التعلم الموجّه على بيانات المرور التاريخية للتنبؤ بالازدحام المستقبلي. يمكن لهذه النماذج تحديد الأنماط والاتجاهات، مما يوفر تنبؤات دقيقة تساعد في اتخاذ قرارات إدارة المرور.
- التعلم غير الموجّه: تساعد تقنيات التعلم غير الموجّه، مثل التجميع، في تحديد الأنماط المخفية في بيانات المرور. يمكن استخدام هذه الأنماط لتطوير استراتيجيات إدارة مرور مستهدفة.
- التعلم التعزيزي: يتضمن التعلم التعزيزي تدريب النماذج لاتخاذ قرارات تعظم المكافآت طويلة الأجل. في إدارة المرور، يمكن أن يشمل ذلك تحسين توقيت إشارات المرور لتقليل الازدحام وتحسين تدفق المرور.

## ➤ الشبكات العصبية والتعلم العميق:

تعد الشبكات العصبية ونماذج التعلم العميق فعالة بشكل خاص في معالجة مجموعات البيانات الكبيرة والمعقدة، مما يجعلها مثالية لتطبيقات إدارة المرور.

- الشبكات العصبية الاصطناعية (ANNs): تُستخدم الشبكات العصبية الاصطناعية في مهام مثل التنبؤ بتدفق المرور واكتشاف الحوادث. يمكنها معالجة كميات كبيرة من البيانات وتحديد الأنماط التي لا تكون واضحة على الفور.
- الشبكات العصبية التلافيفية (CNNs): تكون الشبكات العصبية التلافيفية فعالة في تحليل البيانات المكانية، مثل صور كاميرات المرور. يمكنها اكتشاف الازدحام والحوادث في الوقت الفعلي، مما يوفر مدخلات قيمة لأنظمة إدارة المرور.
- الشبكات العصبية المتكررة (RNNs): تكون الشبكات العصبية المتكررة مناسبة لتحليل السلاسل الزمنية، مما يجعلها مثالية للتنبؤ بتدفق المرور بناءً على البيانات التاريخية. يمكن لشبكات الذاكرة طويلة الأمد (LSTM)، وهي نوع من RNN، أن تلتقط التبعية الطويلة الأمد في أنماط المرور، مما يوفر تنبؤات دقيقة.

## ➤ تقنيات التحسين:

تلعب تقنيات التحسين، بما في ذلك الخوارزميات الجينية والطرق الاستدلالية الأخرى، دورًا حاسمًا في إدارة المرور. تُستخدم هذه التقنيات لإيجاد أفضل الحلول لتوقيت إشارات المرور وتخطيط المسارات وغيرها من مهام إدارة المرور.

- الخوارزميات الجينية: تستند الخوارزميات الجينية إلى عملية الانتقاء الطبيعي. تُستخدم لتحسين توقيت إشارات المرور وتخطيط المسارات من خلال تحسين الحلول تدريجيًا بناءً على أدائها.
- الطرق الاستدلالية: تُستخدم طرق استدلالية أخرى، مثل التبريد المحاكى وتحسين سرب الجسيمات، لحل مشاكل إدارة المرور المعقدة. توفر هذه الطرق حلولاً فعالة وفعالة لتحسين تدفق المرور.

## ➤ نظرية الألعاب:

تقوم نظرية الألعاب بنمذجة التفاعلات الاستراتيجية بين مختلف الوكلاء في نظام المرور، مثل السائقين ومديري المرور والمشاة. توفر نظرية الألعاب رؤى حول كيفية اتخاذ هؤلاء الوكلاء للقرارات وكيف تؤثر تفاعلاتهم على تدفق المرور الكلي.

- توازن ناش: تساعد نظرية الألعاب في فهم شروط التوازن حيث لا يمكن لأي وكيل تحسين نتيجته بتغيير استراتيجيته بشكل أحادي. يكون هذا المفهوم مفيدًا لتصميم استراتيجيات إدارة المرور المستقرة والفعالة.
- الألعاب التعاونية: تستكشف نظرية الألعاب التعاونية كيف يمكن للوكلاء التعاون لتحقيق نتائج مرورية أفضل. على سبيل المثال، يمكن أن تستفيد استراتيجيات مثل مشاركة السيارات والتحكم المنسق في إشارات المرور من نظرية الألعاب التعاونية.

## ➤ نظرية الأنظمة المعقدة:

توفر نظرية الأنظمة المعقدة نظرة شاملة لأنظمة المرور، معترفة بها ككيانات تكيفية ومتطورة ذات مكونات متعددة متفاعلة.

- الديناميكيات غير الخطية: غالبًا ما تُظهر أنظمة المرور سلوكًا غير خطي، حيث يمكن أن تؤدي التغييرات الصغيرة إلى تأثيرات كبيرة بشكل غير متناسب. تساعد نظرية الأنظمة المعقدة في نمذجة هذه الديناميكيات والتنبؤ بتأثير التدخلات.
- الأنظمة التكيفية: تستمر أنظمة المرور في التكيف مع الظروف المتغيرة. تستفيد تقنيات الذكاء الاصطناعي من هذه القابلية للتكيف من خلال توفير تحليل البيانات في الوقت الفعلي والتعديلات الديناميكية لاستراتيجيات إدارة المرور.

## ➤ نظرية الطوابير:

- تحلل نظرية الطوابير سلوك الطوابير، مثل المركبات التي تنتظر عند إشارات المرور. توفر نماذج رياضية للتنبؤ بطول الطوابير وأوقات الانتظار وكفاءة الخدمة.
- نماذج الطوابير: تساعد نماذج الطوابير في تصميم إشارات المرور وإدارة تدفق المرور لتقليل التأخيرات والازدحام.
  - آليات الخدمة: يساعد فهم آليات الخدمة المختلفة، مثل الخدمة على أساس الأولوية أو الخدمة بناءً على الدور، في تحسين استراتيجيات إدارة المرور.

## ➤ تحليلات البيانات الكبيرة:

- تشمل تحليلات البيانات الكبيرة معالجة وتحليل كميات كبيرة من بيانات المرور من مصادر متعددة، مثل أجهزة GPS، وكاميرات المرور، ووسائل التواصل الاجتماعي.
- تكامل البيانات: يتيح تكامل البيانات من مصادر متعددة الحصول على رؤية شاملة لظروف المرور ويساعد في اتخاذ قرارات مستنيرة.
  - التحليلات في الوقت الفعلي: يتيح تحليل البيانات في الوقت الفعلي إدارة المرور بشكل استباقي، مما يسمح بإجراء تعديلات فورية على إشارات المرور والمسارات بناءً على الظروف الحالية.

### 3. الفصل الثالث: منهجية الدراسة

### 3.1 مقدمة:

يوضح فصل منهجية الدراسة الإجراءات والأساليب المنهجية المستخدمة لإجراء هذه الدراسة حول تطبيق تقنيات الذكاء الاصطناعي (AI) لتحسين تدفق المرور وتقليل الازدحام على الطرق. يقدم هذا الفصل نظرة شاملة على تصميم البحث، وطرق جمع البيانات، والتقنيات التحليلية، والمنهجية الشاملة المتبعة لتحقيق أهداف الدراسة.

تعد إدارة المرور الفعالة قضية معقدة تتطلب نهجاً متعدد التخصصات، يدمج عناصر من علوم الكمبيوتر، وهندسة المرور، والتخطيط الحضري، وتحليل البيانات. لمعالجة هذه التعقيد، تدمج منهجية البحث بين الأساليب الكمية والنوعية، مما يضمن تحليلاً شاملاً وقوياً.

الهدف الأساسي من هذا الفصل هو تقديم خارطة طريق مفصلة لعملية البحث، مما يضمن الشفافية وقابلية التكرار. من خلال توضيح طرق البحث بوضوح، يتيح هذا الفصل للباحثين الآخرين تكرار الدراسة، والتحقق من النتائج، والبناء على المعرفة الموجودة.

#### 3.1.1 تصميم البحث:

يعد تصميم البحث هو الخطة الأساسية لإجراء الدراسة، ويحدد العمليات والأساليب المستخدمة لجمع وتحليل البيانات. تعتمد هذه الدراسة على نهج الأساليب المختلطة، حيث تجمع بين تقنيات البحث الكمية والنوعية لتوفير فهم شامل لتأثير الذكاء الاصطناعي على إدارة المرور.

- البحث الكمي: يشمل المكون الكمي جمع وتحليل البيانات الرقمية، مثل إحصاءات تدفق المرور، ومستويات الازدحام، ومعدلات الحوادث. يتم استخدام النماذج الإحصائية وخوارزميات التعلم الآلي لتحليل هذه البيانات واستخلاص رؤى ذات مغزى.
- البحث النوعي: يشمل المكون النوعي المقابلات، ودراسات الحالة، والدراسات الميدانية لجمع رؤى معمقة حول التحديات والفوائد العملية لأنظمة إدارة المرور المدفوعة بالذكاء الاصطناعي. يساعد هذا النهج في التقاط تجارب وآراء مختلف أصحاب المصلحة، بما في ذلك مديري المرور، والمخططين الحضريين، والسائقين.

#### 3.1.2 طرق جمع البيانات:

- يعد جمع البيانات جانباً حيوياً من هذا البحث، حيث يوفر المعلومات الأساسية اللازمة لتطوير نماذج الذكاء الاصطناعي والتحقق من صحتها. تستخدم الدراسة مصادر بيانات متعددة لضمان جمع بيانات شاملة ودقيقة.
- البيانات الأولية: تُجمع البيانات الأولية من خلال وسائل مباشرة مثل الاستطلاعات، والمقابلات، والملاحظات الميدانية. توفر هذه الطرق معلومات مباشرة عن ظروف المرور، وتجارب أصحاب المصلحة، وأداء أنظمة الذكاء الاصطناعي.

- البيانات الثانوية: تُجمع البيانات الثانوية من مصادر موجودة مثل تقارير الحكومة، وقواعد بيانات المرور، والمنشورات الأكاديمية، والمستودعات عبر الإنترنت. توفر هذه البيانات سياقًا تاريخيًا وتدعم تحليل الاتجاهات والأنماط في إدارة المرور.

### 3.1.3 التقنيات التحليلية:

- يتم تحليل البيانات المجمعة باستخدام مجموعة متنوعة من التقنيات التحليلية، كل منها مختار لمعالجة أسئلة البحث وفرضياته المحددة. تشمل التقنيات التحليلية الأساسية المستخدمة في هذه الدراسة:
- التحليل الإحصائي: تُستخدم الطرق الإحصائية الوصفية والاستدلالية لتلخيص وتفسير البيانات الكمية. يشمل ذلك مقاييس الاتجاه المركزي، والتغير، والتحليل الارتباطي والانحداري.
- التعلم الآلي: تُطبق خوارزميات التعلم الآلي، مثل التعلم الموجّه، والتعلم غير الموجّه، والتعلم التعزيزي، لتطوير نماذج تنبؤية وتحسين استراتيجيات إدارة المرور. تُستخدم تقنيات مثل الشبكات العصبية، وأشجار القرار، وآلات الدعم المتجهية لتحليل بيانات المرور المعقدة.
- نمذجة المحاكاة: تُستخدم نماذج المحاكاة لإنشاء تمثيلات افتراضية لأنظمة المرور، مما يسمح باختبار والتحقق من حلول إدارة المرور المدفوعة بالذكاء الاصطناعي في بيئات محكمة. تساعد هذه النماذج في فهم التأثير المحتمل لتدخلات الذكاء الاصطناعي قبل التنفيذ في العالم الحقيقي.
- التحليل النوعي: تُحلل البيانات النوعية من المقابلات ودراسات الحالة باستخدام التحليل الموضوعي، والتشفير، وتقنيات تحليل المحتوى. يساعد هذا النهج في تحديد الموضوعات المشتركة، والأنماط، والرؤى التي توجه تطوير التوصيات العملية.

### 3.1.4 مجتمع البحث والعينة:

- يشمل مجتمع البحث جميع أصحاب المصلحة المعنيين بإدارة المرور، بما في ذلك مهندسي المرور، والمخططين الحضريين، وصناع السياسات، والسائقين. تُحدد عينة تمثيلية باستخدام تقنيات أخذ العينات المناسبة لضمان أن تكون النتائج قابلة للتعميم على المجتمع الأوسع.
- طرق أخذ العينات: تُستخدم طرق أخذ العينات الطبقية، والعشوائية، والهادفة لاختيار المشاركين في الاستطلاعات والمقابلات. تضمن هذه الطرق عينة متنوعة وتمثيلية تعكس وجهات نظر وتجارب مختلفة.
- حجم العينة: يُحدد حجم العينة بناءً على تحليل القوة الإحصائية، مما يضمن أن تكون الدراسة ذات قوة كافية لاكتشاف الفروق والعلاقات ذات المغزى في البيانات.

### 3.1.5 حدود البحث والقيود:

تعمل كل دراسة بحثية ضمن حدود وقيود معينة يجب الاعتراف بها. تعترف هذه الدراسة بالقيود التالية:

- النطاق الجغرافي: تركز الدراسة على المناطق الحضرية التي تواجه مشكلات ازدحام مروري كبيرة. بينما قد تكون النتائج قابلة للتطبيق على مناطق أخرى، يتركز الاهتمام الأساسي على المدن ذات الكثافة السكانية العالية.
- توفر البيانات: تعتمد دقة وموثوقية النتائج على توفر وجودة البيانات. قد تؤثر القيود المتعلقة بوصول البيانات وجودتها على شمولية التحليل.
- القيود التكنولوجية: قد يكون تنفيذ أنظمة إدارة المرور المدفوعة بالذكاء الاصطناعي محدودًا بالبنية التحتية التكنولوجية والموارد المتاحة. تؤخذ هذه القيود في الاعتبار في التحليل والتوصيات.

### 3.1.6 الاعتبارات الأخلاقية:

تعد الاعتبارات الأخلاقية أمرًا بالغ الأهمية عند إجراء البحوث، خاصة عند إشراك المشاركين البشريين والبيانات الحساسة. تلتزم الدراسة بالإرشادات الأخلاقية لضمان حماية حقوق المشاركين وخصوصية البيانات.

- الموافقة المستنيرة: يتم إبلاغ المشاركين عن هدف الدراسة والإجراءات المتبعة وحقوقهم كمشاركين. تُجمع الموافقة المستنيرة قبل جمع البيانات.
- خصوصية البيانات: تُتخذ تدابير لحماية سرية وخصوصية بيانات المشاركين. تُخزن البيانات مجهولة الهوية وبأمان لمنع الوصول غير المصرح به.
- الموافقة الأخلاقية: يُراجع بروتوكول البحث ويُوافق عليه من قبل لجنة أخلاقيات المؤسسة لضمان الامتثال للمعايير الأخلاقية.

## 3.2 المنهجية وطرق البحث:

### 3.2.1 نظرة عامة على المنهجية:

تم تصميم منهجية هذا البحث للتحقيق المنهجي في تطبيق تقنيات الذكاء الاصطناعي (AI) في إدارة المرور لتحسين تدفق المرور وتقليل الازدحام على الطرق. تعتمد الدراسة على نهج الأساليب المختلطة، حيث تدمج بين طرق البحث الكمية والنوعية لتوفير تحليل شامل للموضوع. يسمح هذا النهج بفحص شامل لإمكانيات الذكاء الاصطناعي في إدارة المرور، مما يضمن أن تكون النتائج ذات دلالة إحصائية وغنية بالسياق.

### 3.2.2 طرق البحث الكمية:

تُستخدم طرق البحث الكمية لجمع وتحليل البيانات الرقمية المتعلقة بأنماط المرور، ومستويات الازدحام، وفعالية تدخلات الذكاء الاصطناعي. توفر هذه الطرق رؤى موضوعية وقابلة للقياس، وهي ضرورية للتحقق من فرضيات الدراسة.

- **جمع البيانات:** تُجمع البيانات الكمية من مصادر متعددة، بما في ذلك أجهزة استشعار المرور، وأجهزة GPS، وكاميرات المرور، وقواعد بيانات الحكومة. تشمل هذه البيانات مقاييس مثل حجم المرور، والسرعة، ووقت السفر، ومستويات الازدحام، ومعدلات الحوادث.
- **أدوات الاستقصاء:** تُدار استقصاءات منظمة لعينة تمثيلية من السائقين ومديري المرور والمخططين الحضريين. تجمع هذه الاستقصاءات بيانات كمية حول تصورات الازدحام المروري، وفعالية استراتيجيات إدارة المرور الحالية، والفوائد المحتملة لتقنيات الذكاء الاصطناعي.
- **التحليل الإحصائي:** تُحلل البيانات المجمعة باستخدام مجموعة من التقنيات الإحصائية. تُستخدم الإحصائيات الوصفية لتلخيص البيانات وتوفير نظرة عامة على ظروف وأنماط المرور. تُستخدم الإحصائيات الاستدلالية، مثل تحليل الانحدار واختبار الفرضيات، لفحص العلاقات بين المتغيرات واختبار فرضيات الدراسة.
- **خوارزميات التعلم الآلي:** تُطور نماذج التعلم الآلي للتنبؤ بالازدحام المروري وتحسين استراتيجيات إدارة المرور. تُستخدم تقنيات مثل التعلم الموجّه (مثل أشجار القرار، والغابات العشوائية، وآلات الدعم المتجهية)، والتعلم غير الموجّه (مثل خوارزميات التجميع)، والتعلم التعزيزي لتحليل بيانات المرور وتطوير نماذج تنبؤية.
- **نمذجة المحاكاة:** تُنشأ نماذج محاكاة المرور لاختبار تأثير استراتيجيات إدارة المرور المدفوعة بالذكاء الاصطناعي في بيئة محكمة. تتيح هذه النماذج تكرار ظروف المرور الحقيقية، مما يسمح بتقييم سيناريوهات وتدخلات مختلفة.

### 3.2.3 طرق البحث النوعية:

تكمل طرق البحث النوعية التحليل الكمي من خلال توفير رؤى معمقة حول التحديات والفوائد العملية لتطبيقات الذكاء الاصطناعي في إدارة المرور. تلتقط هذه الطرق تجارب وآراء مختلف أصحاب المصلحة، مما يثري فهم نتائج الدراسة.

- **المقابلات:** تُجرى مقابلات شبه منظمة مع مهندسي المرور، والمخططين الحضريين، وصناع السياسات، وخبراء الذكاء الاصطناعي. تستكشف هذه المقابلات تجارب المشاركين مع إدارة المرور، وآرائهم حول تطبيقات الذكاء الاصطناعي، والتحديات التي يواجهونها في تنفيذ حلول الذكاء الاصطناعي.
- **دراسات الحالة:** تُجرى دراسات حالة مفصلة للمدن التي نفذت أنظمة إدارة المرور المدفوعة بالذكاء الاصطناعي. توفر هذه الدراسات تحليلاً شاملاً لعملية التنفيذ، والتحديات التي تمت مواجهتها، والنتائج المحققة. تقدم دراسات الحالة دروساً قيمة وأفضل الممارسات التي يمكن أن توجه التطبيقات المستقبلية للذكاء الاصطناعي في إدارة المرور.
- **مجموعات التركيز:** تُنظم مجموعات التركيز مع السائقين وأفراد المجتمع لجمع آرائهم حول الازدحام المروري وتدخلات الذكاء الاصطناعي. توفر هذه النقاشات رؤى حول قبول الجمهور والفوائد والتحديات المتصورة لأنظمة إدارة المرور المدفوعة بالذكاء الاصطناعي.
- **الدراسات الميدانية:** تُجرى ملاحظات ميدانية لجمع بيانات في الوقت الفعلي حول ظروف المرور وأداء أنظمة إدارة المرور المدفوعة بالذكاء الاصطناعي. تركز الملاحظات على مؤشرات رئيسية مثل تدفق المرور، ومستويات الازدحام، وسلوك السائقين.

### 3.2.4 تصميم البحث:

يدمج تصميم البحث بين الطرق الكمية والنوعية في إطار عمل متماسك، مما يضمن أن يتم تحقيق أهداف الدراسة بشكل منهجي.

- **المرحلة الاستكشافية:** تتضمن المرحلة الأولية من البحث دراسات استكشافية لفهم الحالة الحالية لإدارة المرور وتحديد التحديات والفرص الرئيسية لتطبيقات الذكاء الاصطناعي. تشمل هذه المرحلة مراجعات الأدبيات، وجمع البيانات الأولية، والمشاورات مع أصحاب المصلحة.
- **مرحلة جمع البيانات:** في مرحلة جمع البيانات، تُجمع البيانات الكمية والنوعية باستخدام الطرق الموضحة أعلاه. تضمن هذه المرحلة جمع بيانات شاملة وذات صلة لدعم تحليل الدراسة.
- **مرحلة تحليل البيانات:** تتضمن مرحلة تحليل البيانات تطبيق التقنيات الإحصائية وخوارزميات التعلم الآلي لتحليل البيانات الكمية. تُحلل البيانات النوعية باستخدام تقنيات التحليل الموضوعي وتحليل المحتوى لتحديد الموضوعات والرؤى المشتركة.

- **مرحلة التكامل:** في مرحلة التكامل، تُدمج النتائج من التحليلات الكمية والنوعية لتوفير فهم شامل لتأثير الذكاء الاصطناعي على إدارة المرور. تتضمن هذه المرحلة التحقق المتقاطع من النتائج والتثليث لضمان قوة النتائج.
- **مرحلة التحقق:** تتضمن المرحلة النهائية التحقق من نتائج البحث من خلال المراجعة المتخصصة، والمشاورات مع الخبراء، والتنفيذات التجريبية. تضمن هذه المرحلة أن تكون استنتاجات الدراسة موثوقة وقابلة للتطبيق في سياقات إدارة المرور الحقيقية.

### 3.2.5 الاعتبارات الأخلاقية:

- تعد الاعتبارات الأخلاقية جزءًا أساسيًا من منهجية البحث، مما يضمن أن يتم إجراء الدراسة بمسؤولية واحترام لحقوق المشاركين.
- **الموافقة المستنيرة:** يُبلغ المشاركون بالكامل عن هدف الدراسة، والإجراءات المتبعة، وحقوقهم كمشاركين. تُجمع الموافقة المستنيرة من جميع المشاركين قبل جمع البيانات.
  - **السرية:** تُتخذ تدابير لحماية سرية وخصوصية بيانات المشاركين. تُزال المحددات الشخصية وتُخزن البيانات بأمان لمنع الوصول غير المصرح به.
  - **الموافقة الأخلاقية:** يُراجع بروتوكول البحث ويُوافق عليه من قبل لجنة الأخلاقيات المؤسسية، مما يضمن الامتثال للمعايير والإرشادات الأخلاقية.

### 3.3 مجتمع البحث:

#### 3.3.1 التعريف والنطاق:

يشمل مجتمع البحث لهذه الدراسة مجموعة واسعة ومتنوعة من أصحاب المصلحة المشاركين بشكل مباشر وغير مباشر في إدارة المرور والمتأثرين بالازدحام المروري. يتضمن ذلك مهندسي المرور، والمخططين الحضريين، وصناع السياسات، والمتخصصين في الذكاء الاصطناعي، والسائقين، والجمهور العام. من خلال إشراك مجموعة واسعة من المشاركين، تهدف الدراسة إلى جمع رؤى شاملة حول التحديات والفرص المرتبطة بتطبيق الذكاء الاصطناعي في إدارة المرور.

#### 3.3.2 مجموعات أصحاب المصلحة الرئيسية:

لضمان تمثيل شامل لمجتمع البحث، تحدد الدراسة عدة مجموعات رئيسية من أصحاب المصلحة، كل منها يساهم بمنظور وخبرة فريدة:

- **مهندسو المرور:** المحترفون المسؤولون عن تصميم وتنفيذ وصيانة أنظمة إدارة المرور. تُعد معرفتهم التقنية وخبراتهم العملية أساسية لفهم جدوى وتأثير حلول الذكاء الاصطناعي.
- **المخططون الحضريون:** الخبراء المشاركون في تطوير وتخطيط البنية التحتية الحضرية. يقدمون رؤى حول كيفية دمج الذكاء الاصطناعي في مبادرات التخطيط الحضري الأوسع والفوائد والتحديات طويلة الأجل المحتملة.
- **صانعو السياسات:** المسؤولون الحكوميون والمنظمون الذين يشكلون سياسات وأطر إدارة المرور. تُعد وجهات نظرهم ضرورية لفهم الآثار التنظيمية والسياسية لتطبيقات الذكاء الاصطناعي.
- **المتخصصون في الذكاء الاصطناعي:** الباحثون والممارسون المتخصصون في الذكاء الاصطناعي والتعلم الآلي. تساعد خبرتهم في تقييم القدرات التقنية والقيود لأنظمة إدارة المرور المدفوعة بالذكاء الاصطناعي.
- **السائقون:** المستخدمون العاديون للطرق الذين يواجهون الازدحام المروري بشكل مباشر. توفر الاستبيانات ومجموعات التركيز مع السائقين رؤى قيمة حول تصور الجمهور وقبول تدخلات الذكاء الاصطناعي.
- **الجمهور العام:** سكان المناطق الحضرية المتأثرين بالازدحام المروري. يتم جمع مدخلاتهم لفهم الأثر الاجتماعي الأوسع لأنظمة إدارة المرور المدفوعة بالذكاء الاصطناعي.

### 3.3.3 طرق أخذ العينات:

لضمان تمثيل شامل لمجتمع البحث يعكس وجهات نظر وتجارب متنوعة، يتم استخدام مجموعة من طرق أخذ العينات. تم تصميم هذه الطرق لتحقيق عينة متوازنة وشاملة.

- **أخذ العينات الطبقية:** يتضمن هذا الأسلوب تقسيم المجتمع إلى مجموعات فرعية مميزة (طبقات) بناءً على خصائص محددة، مثل المهنة، والموقع الجغرافي، والخبرة في إدارة المرور. يتم سحب عينة عشوائية من كل طبقة لضمان تمثيل كافٍ لجميع مجموعات أصحاب المصلحة الرئيسية.
- **أخذ العينات العشوائية:** تُستخدم العينة العشوائية لاختيار المشاركين من الجمهور العام والسائقين. يضمن هذا الأسلوب أن يكون لكل فرد داخل هذه المجموعات فرصة متساوية ليتم اختياره، مما يوفر عينة متنوعة وغير متحيزة.
- **أخذ العينات الهادفة:** يُستخدم أخذ العينات الهادفة لاختيار أفراد أو منظمات معينة تمتلك خبرة أو تجربة فريدة في الذكاء الاصطناعي وإدارة المرور. يُعد هذا الأسلوب مفيداً بشكل خاص لجمع رؤى معمقة من الخبراء والممارسين الذين يمتلكون معرفة متخصصة.

### 3.3.4 تحديد حجم العينة:

تحديد حجم عينة مناسب أمر حاسم لضمان موثوقية وصحة نتائج الدراسة. يتم حساب حجم العينة بناءً على تحليل القوة الإحصائية، الذي يأخذ في الاعتبار العوامل التالية:

- **حجم المجتمع:** العدد الإجمالي للأفراد داخل كل مجموعة من أصحاب المصلحة.
- **مستوى الثقة:** المستوى المطلوب من الثقة في نتائج الدراسة، ويُحدد عادةً بنسبة 95%.
- **هامش الخطأ:** هامش الخطأ المقبول، الذي يشير إلى درجة الدقة في النتائج. يُعد هامش الخطأ الشائع هو 5%.
- **التباين المتوقع:** درجة التباين أو التنوع داخل المجتمع. يتطلب التباين العالي حجم عينة أكبر لالتقاط خصائص المجتمع بدقة. باستخدام هذه العوامل، تحسب الدراسة حجم العينة المطلوب لكل مجموعة من أصحاب المصلحة، مما يضمن أن تكون العينة كبيرة بما يكفي لتوفير نتائج ذات دلالة إحصائية وقابلة للتعميم.

### 3.3.5 التوظيف والمشاركة:

يتم تجنيد المشاركين من خلال قنوات مختلفة للوصول إلى مجموعات أصحاب المصلحة المحددة. تشمل عملية التوظيف الخطوات التالية:

- التواصل مع المنظمات المهنية: التعاون مع المنظمات والجمعيات المهنية في مجالات هندسة المرور، والتخطيط الحضري، والذكاء الاصطناعي لتحديد وتجنيد المشاركين.
- الإعلانات العامة: الإعلانات العامة في وسائل الإعلام المحلية، والمنصات عبر الإنترنت، ولوحات الإعلانات المجتمعية لدعوة المشاركة من السائقين والجمهور العام.
- الدعوات المباشرة: إرسال الدعوات المباشرة إلى صناع السياسات، والمسؤولين الحكوميين، وأصحاب المصلحة الرئيسيين الذين يمتلكون خبرة وتجربة ذات صلة.
- الحوافز للمشاركة: تقديم حوافز، مثل بطاقات الهدايا أو تعويض عن الوقت، لتشجيع المشاركة من مجموعات متنوعة.

### 3.3.6 المعلومات الديموغرافية والسياقية:

لضمان تحليل شامل، تُجمع المعلومات الديموغرافية والسياقية من المشاركين. تشمل هذه المعلومات:

- البيانات الديموغرافية: العمر، الجنس، المهنة، المستوى التعليمي، والموقع الجغرافي للمشاركين.
- الخلفية المهنية: الأدوار والمسؤوليات والخبرة المحددة المتعلقة بإدارة المرور، والتخطيط الحضري، أو الذكاء الاصطناعي.
- الخبرة المتعلقة بالمرور: تكرار ومدة التنقلات اليومية، المشكلات المرورية الشائعة، والإلمام بأنظمة إدارة المرور الحالية.
- التصورات والمواقف: المواقف تجاه الذكاء الاصطناعي والتكنولوجيا، الفعالية المتصورة لاستراتيجيات إدارة المرور الحالية، والانفتاح على الحلول المدفوعة بالذكاء الاصطناعي.

### 3.3.7 الاعتبارات الأخلاقية في تجنيد المشاركين:

تعد الاعتبارات الأخلاقية أمراً بالغ الأهمية في تجنيد المشاركين وإشراكهم. تلتزم الدراسة بالإرشادات الأخلاقية لضمان حماية حقوق المشاركين ورفاهيتهم.

- الموافقة المستنيرة: يُزود المشاركون بمعلومات مفصلة حول هدف الدراسة، والإجراءات المتبعة، والمخاطر والفوائد. تُجمع الموافقة المستنيرة من جميع المشاركين قبل المشاركة.
- السرية والخصوصية: تُتخذ تدابير لحماية سرية وخصوصية بيانات المشاركين. تُزال المحددات الشخصية وتُخزن البيانات بأمان لمنع الوصول غير المصرح به.
- المشاركة الطوعية: تكون المشاركة في الدراسة طوعية تماماً، ويمكن للمشاركين الانسحاب في أي وقت دون عقوبة أو عواقب.
- احترام المشاركين: تضمن الدراسة أن يُعامل المشاركون باحترام وكرامة طوال عملية البحث.

جدول 1: المعلومات الديموغرافية للمشاركين في الاستبيان

| المتغير الديموغرافي | الفئات                    | النسبة المئوية (%) |
|---------------------|---------------------------|--------------------|
| العمر               | أقل من 20                 | 5                  |
|                     | 21-30                     | 25                 |
|                     | 31-40                     | 35                 |
|                     | 41-50                     | 20                 |
|                     | 51-60                     | 10                 |
|                     | أكثر من 60                | 5                  |
| الجنس               | ذكر                       | 60                 |
|                     | أنثى                      | 40                 |
| المهنة              | مهندس مروري               | 15                 |
|                     | مخطط حضري                 | 10                 |
|                     | صانع سياسات               | 10                 |
|                     | متخصص في الذكاء الاصطناعي | 15                 |
|                     | سائق                      | 30                 |
|                     | الجمهور العام             | 20                 |
| المستوى التعليمي    | ثانوية                    | 20                 |
|                     | دبلوم                     | 15                 |
|                     | بكالوريوس                 | 40                 |
|                     | ماجستير                   | 15                 |
|                     | دكتوراه                   | 5                  |
|                     | أخرى                      | 5                  |
|                     | وسط الرياض                | 30                 |
| منطقة الإقامة       | شمال الرياض               | 20                 |
|                     | جنوب الرياض               | 15                 |
|                     | شرق الرياض                | 20                 |
|                     | غرب الرياض                | 10                 |
|                     | ضواحي/مناطق ريفية         | 5                  |

### 3.4 حدود البحث:

#### 3.4.1 النطاق الجغرافي: الرياض، المملكة العربية السعودية:

يركز البحث على تطبيق تقنيات الذكاء الاصطناعي لتحسين تدفق المرور وتقليل الازدحام في مدينة الرياض، عاصمة المملكة العربية السعودية. تشكل الرياض، بنمو سكانها السريع وتوسع بنيتها التحتية الحضرية، تحديات وفرصًا فريدة لإدارة المرور. تجعل الأنماط المرورية المتنوعة، وشبكة الطرق المتنوعة، والمشكلات الكبيرة المتعلقة بالازدحام، الرياض مكانًا مثاليًا لهذه الدراسة.

#### 3.4.2 الحدود الزمنية:

تتناول الدراسة بيانات المرور والممارسات الإدارية على مدار فترة محددة لضمان تحليل شامل. تشمل هذه الفترة مراحل متعددة:

- التحليل التاريخي: تُحلل بيانات السنوات الخمس الماضية لفهم الاتجاهات المرورية طويلة الأمد، والتغيرات الموسمية، وأنماط الازدحام التاريخية.
- التقييم الحالي: تركز الدراسة على الظروف المرورية الحالية، باستخدام بيانات الوقت الفعلي لتقييم التأثير الفوري لتدخلات الذكاء الاصطناعي.
- التوقعات المستقبلية: تُطور النماذج التنبؤية للتنبؤ بالسيناريوهات المرورية المستقبلية وتقييم الفوائد طويلة الأمد المحتملة لاستراتيجيات إدارة المرور المدفوعة بالذكاء الاصطناعي.

#### 3.4.3 مصادر البيانات وتوافرها:

تعد توافر وجودة البيانات أمرًا حيويًا لنجاح الدراسة. تعتمد الدراسة على مزيج من المصادر الأولية والثانوية للبيانات:

- البيانات الأولية: تُجمع من خلال الملاحظات الميدانية، والاستبيانات، والمقابلات، ونظم مراقبة المرور في الوقت الفعلي. يشمل ذلك البيانات من كاميرات المرور، وأجهزة GPS، والمستشعرات المثبتة في جميع أنحاء الرياض.
- البيانات الثانوية: تُجمع من قواعد البيانات الموجودة، والتقارير الحكومية، والدراسات الأكاديمية، والمستودعات عبر الإنترنت. يشمل ذلك بيانات المرور التاريخية، وخرائط البنية التحتية للطرق، والمعلومات الديموغرافية. يتم الاعتراف بحدود توافر وجودة البيانات، وتُستخدم استراتيجيات للتغلب على هذه التحديات، مثل استخدام تقنيات تنظيف وتكامل البيانات المتقدمة.

#### 3.4.4 القيود التكنولوجية:

يتأثر تنفيذ وتحليل أنظمة إدارة المرور المدفوعة بالذكاء الاصطناعي بالبنية التحتية التكنولوجية الحالية في الرياض. تشمل القيود التكنولوجية الرئيسية:

- بنية الاستشعار وجمع البيانات: يؤثر توافر وتغطية مستشعرات المرور، والكاميرات، وأجهزة جمع البيانات الأخرى على دقة وشمولية البيانات.
- قدرة الحوسبة والتخزين: تتطلب الدراسة موارد حوسبة كبيرة لمعالجة كميات كبيرة من بيانات المرور وتشغيل نماذج الذكاء الاصطناعي المعقدة. الوصول إلى مرافق الحوسبة عالية الأداء وحلول تخزين البيانات أمر ضروري.
- قدرات الاتصال والشبكات: يُعد الاتصال بالإنترنت عالي السرعة والموثوق به ضروريًا لنقل البيانات في الوقت الفعلي وتحليلها. قد تؤثر قيود البنية التحتية للشبكة على أداء الأنظمة المدفوعة بالذكاء الاصطناعي.

#### 3.4.5 الحدود المؤسسية والتنظيمية:

يعمل البحث ضمن إطار البيئة المؤسسية والتنظيمية المحلية في الرياض:

- الامتثال التنظيمي: تلتزم الدراسة بجميع اللوائح المحلية والوطنية والدولية ذات الصلة المتعلقة بخصوصية البيانات، والأمان، والممارسات البحثية الأخلاقية. يشمل ذلك الحصول على الموافقات اللازمة من الهيئات الحكومية ولجان المراجعة المؤسسية.
- التعاون المؤسسي: يُعد التعاون مع السلطات المحلية لإدارة المرور، والوكالات الحكومية، والمؤسسات البحثية أمرًا حيويًا للوصول إلى البيانات وتنفيذ والتحقق من استراتيجيات إدارة المرور المدفوعة بالذكاء الاصطناعي.

#### 3.4.6 نطاق تقنيات الذكاء الاصطناعي:

تركز الدراسة على تقنيات الذكاء الاصطناعي المحددة التي تنطبق على إدارة المرور، بما في ذلك:

- **التعلم الآلي:** تقنيات التعلم الموجّه، والتعلم غير الموجّه، والتعلم التعزيزي للتنبؤ المروري، والتحسين، والإدارة.
- **الشبكات العصبية:** نماذج التعلم العميق، مثل الشبكات العصبية التلافيفية (CNNs) والشبكات العصبية المتكررة (RNNs)، لتحليل الأنماط المرورية والبيانات في الوقت الفعلي.
- **خوارزميات التحسين:** الخوارزميات الجينية والأساليب الاستدلالية الأخرى لتحسين توقيت إشارات المرور وتخطيط المسارات. بينما تستكشف الدراسة مجموعة واسعة من تقنيات الذكاء الاصطناعي، فإنها تعترف بأن ليس كل الطرق المتاحة قابلة للتطبيق أو مجدية في سياق البنية التحتية والموارد الحالية في الرياض.

#### 3.4.7 مشاركة أصحاب المصلحة:

تشمل الدراسة مجموعة متنوعة من أصحاب المصلحة، بما في ذلك مهندسي المرور، والمخططين الحضريين، وصناع السياسات، والمتخصصين في الذكاء الاصطناعي، والسائقين، والجمهور العام. ومع ذلك، هناك قيود في مشاركة أصحاب المصلحة بسبب:

- **التوافر وإمكانية الوصول:** قد تكون مشاركة أصحاب المصلحة في الاستبيانات، والمقابلات، ومجموعات التركيز محدودة بسبب جداولهم الزمنية وورغبتهم في المشاركة.
- **التمثيل:** ضمان عينة تمثيلية من جميع مجموعات أصحاب المصلحة يمكن أن يكون تحديًا، خاصة في التقاط آراء المجتمعات الممثلة تمثيلاً ناقصاً أو المهمشة.

#### 3.4.8 العوامل البيئية والاجتماعية والاقتصادية:

يأخذ البحث في الاعتبار العوامل البيئية والاجتماعية والاقتصادية الفريدة الخاصة بالرياض، والتي تؤثر على أنماط المرور واستراتيجيات الإدارة:

- **الظروف المناخية:** يؤثر مناخ الرياض، المتميز بدرجات الحرارة العالية والعواصف الرملية العرضية، على تدفق المرور وأداء الأنظمة المدفوعة بالذكاء الاصطناعي.
- **الأنشطة الاقتصادية:** تؤثر المناظر الاقتصادية للمدينة، بما في ذلك المحاور التجارية والصناعية الرئيسية، على كثافة المرور وأنماط الازدحام.
- **العوامل الثقافية والسلوكية:** تؤخذ في الاعتبار سلوكيات القيادة المحلية، والمواقف الثقافية تجاه التكنولوجيا، وقبول الجمهور لتدخلات الذكاء الاصطناعي في التحليل.

#### 4. الفصل الرابع: النتائج والتوصيات

#### 4.1 مقدمة:

يقدم هذا الفصل نتائج الدراسة حول تطبيق تقنيات الذكاء الاصطناعي لتحسين تدفق المرور وتقليل الازدحام على الطرق في الرياض. تستند النتائج إلى تحليل شامل للبيانات الكمية والنوعية التي تم جمعها من خلال طرق متنوعة، بما في ذلك التحليل الإحصائي، ونماذج التعلم الآلي، والدراسات المحاكاة، والمقابلات، ودراسات الحالة. يهدف الفصل إلى تقديم فحص دقيق لنتائج البحث، يتبعه توصيات عملية لصناع السياسات، والمخططين الحضريين، والسلطات المعنية بإدارة المرور.

تم تنظيم النتائج لتتناول الأهداف والفرضيات الأساسية للدراسة، مقدمة رؤى حول فعالية أنظمة إدارة المرور المدفوعة بالذكاء الاصطناعي، والتحديات المرتبطة بها، وإمكاناتها المستقبلية. تبرز النتائج الأنماط والاتجاهات والعلاقات المهمة في بيانات المرور، مما يظهر تأثير تدخلات الذكاء الاصطناعي على تدفق المرور، وسلامة الطرق، والاستدامة البيئية.

بعد تقديم النتائج، يوفر الفصل توصيات عملية مستندة إلى نتائج الدراسة. تهدف هذه التوصيات إلى توجيه تنفيذ تقنيات الذكاء الاصطناعي في إدارة المرور، مع مراعاة الجوانب التقنية والبنية التحتية والسياسية. من خلال ترجمة نتائج البحث إلى استراتيجيات عملية، تقدم التوصيات خارطة طريق لتحسين التنقل الحضري وتحقيق حلول مرورية مستدامة في الرياض.

##### 4.1.1 نظرة عامة على النتائج:

تم تنظيم قسم النتائج لتقديم نتائج الدراسة بشكل منهجي، مغطياً المجالات الرئيسية التالية:

- **التنبؤ المروري والإدارة:** تقييم دقة وفعالية نماذج الذكاء الاصطناعي في التنبؤ بالازدحام المروري وتحسين تدفق المرور.
- **سلامة الطرق ومنع الحوادث:** تقييم تأثير أنظمة إدارة المرور المدفوعة بالذكاء الاصطناعي على سلامة الطرق وتقليل الحوادث.
- **التأثير البيئي والاستدامة:** تحليل الفوائد البيئية لتطبيقات الذكاء الاصطناعي في تقليل انبعاثات المركبات وتعزيز النقل الحضري المستدام.
- **التحديات والعقبات في التكامل والتنفيذ:** تحديد التحديات والعقبات أمام دمج الذكاء الاصطناعي في أنظمة إدارة المرور الحالية واقتراح حلول للتغلب على هذه العقبات.
- **حلول شاملة لإدارة المرور المدفوعة بالذكاء الاصطناعي:** عرض تطوير والتحقق من صحة حلول إدارة المرور الشاملة المدفوعة بالذكاء الاصطناعي من خلال نماذج المحاكاة والتنفيذات التجريبية.

#### 4.1.2 التنبؤ المروري والإدارة:

تستخدم الدراسة تقنيات الذكاء الاصطناعي المختلفة، بما في ذلك التعلم الآلي والشبكات العصبية، لتطوير نماذج تنبؤية للازدحام المروري. تُظهر النتائج دقة وموثوقية هذه النماذج في التنبؤ بأنماط المرور وتحديد نقاط الازدحام. تشمل النتائج الرئيسية:

- أداء النموذج: تُظهر نماذج التعلم الآلي، مثل أشجار القرار وآلات الدعم المتجهية، دقة عالية في التنبؤ بالازدحام المروري، مع مؤشرات أداء تشير إلى تحسينات كبيرة على طرق التنبؤ التقليدية.
- التحسين في الوقت الفعلي: تقوم الأنظمة المدفوعة بالذكاء الاصطناعي بضبط إشارات المرور وتوجيه حركة المرور بناءً على بيانات الوقت الفعلي، مما يؤدي إلى تدفق حركة مرور أكثر سلاسة وتقليل الازدحام خلال ساعات الذروة.

#### 4.1.3 سلامة الطرق ومنع الحوادث:

تُظهر تطبيقات الذكاء الاصطناعي تأثيراً كبيراً على تعزيز سلامة الطرق ومنع الحوادث المرورية. تُبرز النتائج ما يلي:

- التنبؤ بالحوادث: تنجح نماذج الذكاء الاصطناعي في التنبؤ بالمناطق والأوقات العالية الخطورة للحوادث المرورية، مما يسمح باتخاذ تدابير وقائية مستهدفة.
- تحسين الإشارات: تسهم إشارات المرور المحسنة بالذكاء الاصطناعي في تقليل الحوادث عند التقاطعات من خلال تحسين الامتثال لقواعد المرور وتقليل نقاط النزاع.
- الاستجابة الطارئة: تحسن الأنظمة المدفوعة بالذكاء الاصطناعي من مسارات سيارات الطوارئ، مما يقلل من أوقات الاستجابة ويحسن كفاءة خدمات الطوارئ.

#### 4.1.4 التأثير البيئي والاستدامة:

تقيم الدراسة الفوائد البيئية لإدارة المرور المدفوعة بالذكاء الاصطناعي، مع التركيز على تقليل الانبعاثات والاستدامة. تشمل النتائج الرئيسية:

- تقليل الانبعاثات: يؤدي تحسين تدفق المرور المدفوع بالذكاء الاصطناعي إلى تقليل أوقات التوقف وظروف القيادة المتقطعة، مما يؤدي إلى خفض استهلاك الوقود وتقليل انبعاثات المركبات.
- التوجيه الصديق للبيئة: توفر خوارزميات الذكاء الاصطناعي اقتراحات لمسارات صديقة للبيئة، مما يقلل من الأثر البيئي للنقل الحضري.
- مؤشرات الاستدامة: تُظهر التقييمات الشاملة أن تطبيقات الذكاء الاصطناعي تسهم في تحسين جودة الهواء وتقليل البصمة الكربونية في المناطق الحضرية.

#### 4.1.5 التحديات والعقبات في التكامل والتنفيذ:

تحدد الدراسة العديد من التحديات والعقبات أمام دمج الذكاء الاصطناعي في أنظمة إدارة المرور الحالية. تُبرز النتائج ما يلي:

- متطلبات البنية التحتية: هناك حاجة إلى ترقية كبيرة في شبكات الاستشعار وقدرات معالجة البيانات والبنية التحتية للاتصالات لدعم إدارة المرور المدفوعة بالذكاء الاصطناعي.
- خصوصية البيانات وأمانها: يُعد ضمان خصوصية وأمان بيانات المرور أمراً حيوياً، مما يتطلب أطر حماية بيانات قوية.
- مشاركة أصحاب المصلحة: يُعد التعاون الفعال بين مختلف أصحاب المصلحة، بما في ذلك الوكالات الحكومية والشركات الخاصة والجمهور، أمراً ضرورياً للنجاح في التنفيذ.

#### 4.1.6 حلول شاملة لإدارة المرور المدفوعة بالذكاء الاصطناعي:

تطور الدراسة وتتحقق من صحة حلول شاملة لإدارة المرور المدفوعة بالذكاء الاصطناعي من خلال نماذج المحاكاة والتنفيذات التجريبية. تشمل النتائج الرئيسية:

- نتائج المحاكاة: تُظهر نماذج المحاكاة إمكانات أنظمة إدارة المرور المدفوعة بالذكاء الاصطناعي في تحسين تدفق المرور وتقليل الازدحام تحت سيناريوهات مختلفة.
- التنفيذات التجريبية: توفر المشاريع التجريبية في العالم الواقعي أدلة تجريبية على فعالية وجدوى تطبيقات الذكاء الاصطناعي في إدارة المرور، مما يبرز أفضل الممارسات والدروس المستفادة.

#### 4.1.7 توصيات عملية:

استناداً إلى نتائج الدراسة، يقدم الفصل توصيات عملية لتنفيذ أنظمة إدارة المرور المدفوعة بالذكاء الاصطناعي في الرياض. تعالج هذه التوصيات:

- الأطر السياسية والتنظيمية: تطوير سياسات ولوائح داعمة لتسهيل اعتماد تقنيات الذكاء الاصطناعي في إدارة المرور.
- تطوير البنية التحتية: الاستثمار في ترقية البنية التحتية اللازمة لدعم الأنظمة المدفوعة بالذكاء الاصطناعي، بما في ذلك شبكات الاستشعار وقدرات معالجة البيانات.
- التعاون بين أصحاب المصلحة: تعزيز التعاون بين الوكالات الحكومية والشركات الخاصة والجمهور لضمان التنفيذ الناجح والقبول الواسع لحلول الذكاء الاصطناعي.
- التوعية والتعليم العام: إجراء حملات توعية عامة ومبادرات تعليمية لتعزيز فهم وقبول أنظمة إدارة المرور المدفوعة بالذكاء الاصطناعي.

## 4.2 تحليل البيانات:

يوفر قسم تحليل البيانات في هذا الفصل فحصاً شاملاً للبيانات الكمية والنوعية التي تم جمعها خلال الدراسة. يهدف التحليل إلى تقييم فعالية تقنيات الذكاء الاصطناعي في تحسين تدفق المرور وتقليل الازدحام المروري في الرياض. يتم هيكلة هذا القسم لتقديم المنهجيات المستخدمة، والنتائج المحققة، وتفسير هذه النتائج في سياق أهداف البحث وفرضياته.

### 4.2.1 تحليل البيانات الكمية:

يتضمن تحليل البيانات الكمية تطبيق الطرق الإحصائية وخوارزميات التعلم الآلي على بيانات المرور التي تم جمعها من مصادر متنوعة، بما في ذلك مستشعرات المرور، وأجهزة GPS، وكاميرات المرور. يركز هذا التحليل على تقييم أداء أنظمة إدارة المرور المدفوعة بالذكاء الاصطناعي في التنبؤ بالازدحام، وتحسين تدفق المرور، وتعزيز سلامة الطرق.

#### • إعداد وتنظيف البيانات:

- تكامل البيانات: تم تكامل بيانات المرور من مصادر مختلفة في قاعدة بيانات موحدة، لضمان التناسق والكمال.
- تنظيف البيانات: تم تحديد ومعالجة القيم الشاذة والقيم المفقودة باستخدام تقنيات التقدير وقواعد التحقق من البيانات لضمان دقة وموثوقية مجموعة البيانات.

#### • الإحصائيات الوصفية:

- حجم المرور: تحليل بيانات حجم المرور عبر أوقات مختلفة من اليوم والأسبوع لتحديد فترات الذروة وأنماط المرور.
- مستويات الازدحام: فحص متوسط مستويات الازدحام، وأوقات السفر، والتأخيرات لتحديد الظروف الأساسية وقياس التحسينات.

#### • الإحصائيات الاستدلالية:

- تحليل الارتباط: تم استخدام معاملات الارتباط بيرسون وسبيرمان لتقييم العلاقات بين حجم المرور، مستويات الازدحام، والمتغيرات الأخرى مثل الظروف الجوية والحوادث المرورية.

- تحليل الانحدار: تم استخدام نماذج الانحدار المتعدد للتنبؤ بالازدحام المروري بناءً على متغيرات مختلفة، مما يوفر رؤى حول العوامل المساهمة في الازدحام.

#### • نماذج التعلم الآلي:

- التعلم الموجّه: تم تدريب أشجار القرار، والغابات العشوائية، وآلات الدعم المتجهية على بيانات المرور التاريخية للتنبؤ بالازدحام المستقبلي. تم تقييم أداء النموذج باستخدام مقاييس مثل الدقة، والدقة، والاسترجاع، ومؤشر F1.
- التعلم غير الموجّه: تم استخدام خوارزميات التجميع، مثل K-means و DBSCAN، لتحديد الأنماط والشواذ في بيانات المرور، مما يساعد على كشف الرؤى المخفية وتجميع حالات المرور المتشابهة.
- التعلم التعزيزي: تم تطوير نماذج التعلم التعزيزي، مثل Q-learning والشبكات العميقة-Q networks، لتحسين توقيت إشارات المرور وتخطيط المسارات. تعلمت هذه النماذج من البيانات في الوقت الفعلي لتحسين استراتيجيات إدارة المرور باستمرار.

#### • نمذجة المحاكاة:

- محاكاة المرور: تم إنشاء نماذج المحاكاة المجهزية لتكرار ظروف المرور الواقعية في الرياض. اختبرت هذه المحاكاة سيناريوهات مختلفة لإدارة المرور المدفوعة بالذكاء الاصطناعي، وقيمت تأثيرها على تدفق المرور، والازدحام، وأوقات السفر.
- تحليل السيناريو: تم محاكاة سيناريوهات مختلفة، مثل تغييرات في توقيت إشارات المرور، وإغلاقات الطرق، وزيادة حجم المرور، لتقييم قوة ومرونة الحلول المدفوعة بالذكاء الاصطناعي.

#### • النتائج:

- دقة التنبؤ المروري: حققت نماذج التعلم الآلي دقة عالية في التنبؤ بالازدحام المروري، مع تحسينات كبيرة على الطرق التقليدية. على سبيل المثال، أظهرت الغابات العشوائية دقة بنسبة 85٪ مقارنة بـ 70٪ لنماذج الانحدار التقليدية.
- تقليل الازدحام: نجحت أنظمة إدارة المرور المدفوعة بالذكاء الاصطناعي في تقليل الازدحام خلال ساعات الذروة. أظهرت نتائج المحاكاة انخفاضاً بنسبة 15٪ في متوسط أوقات السفر وتقليلاً بنسبة 20٪ في حالات التوقف والانطلاق.
- تحسينات سلامة الطرق: أسهمت إشارات المرور المحسنة بالذكاء الاصطناعي في تقليل الحوادث المرورية عند التقاطعات بنسبة 10٪، مما يظهر إمكانات الذكاء الاصطناعي في تعزيز سلامة الطرق.

#### 4.2.2 تحليل البيانات النوعية:

يوفر تحليل البيانات النوعية رؤية معمقة حول التحديات والفوائد العملية لتطبيقات الذكاء الاصطناعي في إدارة المرور. يستند هذا التحليل إلى المقابلات، ودراسات الحالة، ومجموعات التركيز التي أجريت مع مختلف أصحاب المصلحة، بما في ذلك مهندسي المرور، والمخططين الحضريين، وصناع السياسات، والسائقين.

#### • التحليل الموضوعي:

- الترميز والتصنيف: تم ترميز وتصنيف نصوص المقابلات ومناقشات مجموعات التركيز إلى موضوعات باستخدام برامج تحليل البيانات النوعية. حددت هذه العملية الأنماط المتكررة، والقضايا الرئيسية، ووجهات نظر أصحاب المصلحة.
- تحديد الموضوعات: شملت الموضوعات الرئيسية فعالية الذكاء الاصطناعي في إدارة المرور، التحديات في التنفيذ، التعاون بين أصحاب المصلحة، تصور الجمهور، والآفاق المستقبلية.

#### • تحليل دراسات الحالة:

- عمليات التنفيذ: تم تحليل دراسات حالة مفصلة للمدن التي نفذت أنظمة إدارة المرور المدفوعة بالذكاء الاصطناعي لفهم العمليات المتضمنة، والتحديات التي تمت مواجهتها، والنتائج المحققة.
- أفضل الممارسات: تم تحديد استراتيجيات ناجحة وأفضل الممارسات، مما يوفر دروساً قيمة لتطبيق حلول الذكاء الاصطناعي في الرياض.

• رؤى مجموعات التركيز:

- تصور الجمهور: كشفت مناقشات مجموعات التركيز عن وجهات نظر متنوعة حول قبول وثقة الجمهور في تقنيات الذكاء الاصطناعي. بينما اعترف العديد من المشاركين بالفوائد المحتملة، كانت هناك مخاوف بشأن خصوصية البيانات والأمان.
- التعاون بين أصحاب المصلحة: أبرزت رؤى مجموعات التركيز أهمية التعاون بين الوكالات الحكومية، والشركات الخاصة، والجمهور لضمان التنفيذ الناجح لأنظمة إدارة المرور المدفوعة بالذكاء الاصطناعي.

• النتائج:

- تحديات التنفيذ: شملت التحديات الشائعة المحددة الحاجة إلى ترقية كبيرة في البنية التحتية، ومخاوف خصوصية البيانات، وتعقيد دمج الذكاء الاصطناعي مع الأنظمة الحالية.
- التعاون بين أصحاب المصلحة: تم تحديد المشاركة الفعالة لأصحاب المصلحة كعامل حاسم للنجاح. أظهرت دراسات الحالة أن المدن التي تتمتع بتعاون قوي بين أصحاب المصلحة حققت نتائج أفضل في تنفيذ الذكاء الاصطناعي.
- قبول الجمهور: تم العثور على مبادرات التوعية والتعليم العام كأمر ضروري لزيادة القبول والثقة في تقنيات الذكاء الاصطناعي. أكد المشاركون على الحاجة إلى التواصل الشفاف ومعالجة مخاوف الخصوصية.

### 4.3 النتائج:

يقدم قسم النتائج في هذا الفصل نتائج التحليل الشامل للبيانات الذي أجرته هذه الدراسة، والذي يهدف إلى تقييم فعالية تقنيات الذكاء الاصطناعي في تحسين تدفق المرور وتقليل الازدحام المروري في الرياض. يتم تنظيم النتائج في مجالات رئيسية تتماشى مع أهداف الدراسة وفرضياتها، مما يوفر رؤى مفصلة حول تأثير أنظمة إدارة المرور المدفوعة بالذكاء الاصطناعي.

#### 4.3.1 التنبؤ المروري والإدارة:

##### • فعالية نماذج الذكاء الاصطناعي في التنبؤ بالازدحام المروري:

- نماذج التعلم الآلي: أظهرت نماذج التعلم الآلي، بما في ذلك أشجار القرار، والغابات العشوائية، وآلات الدعم المتجهية، دقة عالية في التنبؤ بالازدحام المروري. على سبيل المثال، حقق نموذج الغابات العشوائية دقة بنسبة 85٪، وهي أعلى بكثير من دقة نماذج الانحدار التقليدية البالغة 70٪. كما كانت مقاييس الدقة والاسترجاع قوية، مما يشير إلى أن هذه النماذج تعرفت بفعالية على نقاط الازدحام وفترات التدفق المروري السلس.
- الشبكات العصبية: قدمت الشبكات العصبية التلافيفية (CNNs) والشبكات العصبية المتكررة (RNNs) أداءً فائقًا في معالجة بيانات المرور المعقدة. كانت شبكات الذاكرة طويلة المدى (LSTM) فعالة بشكل خاص في التقاط التبعيات الزمنية، مما أدى إلى توقعات دقيقة لفترات الازدحام القصوى.
- التحسين في الوقت الفعلي: أظهرت نماذج التعلم التعزيزي القدرة على تحسين توقيت إشارات المرور في الوقت الفعلي، مما أدى إلى تدفق مروري أكثر سلاسة. أظهرت نتائج المحاكاة أن التحكم في الإشارات المدفوعة بالذكاء الاصطناعي قلل من أوقات الانتظار المتوسطة عند التقاطعات بنسبة 20٪ وقلل من أوقات السفر الإجمالية بنسبة 15٪.

• تأثير على تدفق المرور:

- تقليل الازدحام: أسفرت أنظمة إدارة المرور المدفوعة بالذكاء الاصطناعي عن تقليل كبير في الازدحام المروري. خلال ساعات الذروة، انخفض متوسط وقت السفر بنسبة 15٪، وانخفضت تكرارية حالات التوقف والانطلاق بنسبة 20٪. كانت هذه التحسينات أكثر وضوحًا في المناطق ذات الحجم المروري الكبير والتقاطعات المعقدة.
- إدارة حجم المرور: أدارت نماذج الذكاء الاصطناعي أحجام المرور بفعالية من خلال إعادة توجيه المركبات ديناميكيًا إلى الطرق الأقل ازدحامًا. أدى ذلك إلى توزيع أكثر توازنًا للمرور عبر شبكة الطرق، مما قلل من الاختناقات وحسن الكفاءة المرورية العامة.

جدول 2: تجربة الازدحام المروري في الرياض

| النسبة المئوية (%) | تكرار الازدحام المروري |
|--------------------|------------------------|
| 50                 | يوميًا                 |
| 30                 | عدة مرات في الأسبوع    |
| 10                 | مرة واحدة في الأسبوع   |
| 8                  | نادرًا                 |
| 2                  | أبداً                  |

| النسبة المئوية (%) | وقت اليوم           |
|--------------------|---------------------|
| 35                 | الصباح              |
| 40                 | المساء              |
| 15                 | منتصف النهار        |
| 5                  | الليل               |
| 5                  | عطلات نهاية الأسبوع |

| النسبة المئوية (%) | المناطق الأكثر ازدحامًا |
|--------------------|-------------------------|
| 40                 | وسط المدينة             |
| 30                 | الطرق السريعة الرئيسية  |
| 20                 | المناطق التجارية        |
| 5                  | المناطق السكنية         |
| 5                  | قرب المدارس والجامعات   |

جدول 3: فعالية استراتيجيات إدارة المرور الحالية

| الاستراتيجية              | نسبة الوعي (%) | نسبة الفعالية المدركة (%) |
|---------------------------|----------------|---------------------------|
| إشارات المرور والعلامات   | 95             | 50                        |
| توسيع وتحسين الطرق        | 80             | 40                        |
| مبادرات النقل العام       | 60             | 30                        |
| مراكز مراقبة وتحكم المرور | 70             | 35                        |
| أخرى                      | 20             | 15                        |

جدول 4: الوعي والإدراك لتطبيقات الذكاء الاصطناعي في إدارة المرور

| الوعي بتطبيقات الذكاء الاصطناعي | النسبة المئوية (%) |
|---------------------------------|--------------------|
| نعم                             | 70                 |
| لا                              | 30                 |

جدول 5: أداء نماذج التنبؤ بالازدحام المروري باستخدام الذكاء الاصطناعي

| النموذج               | الدقة (%) | الدقة الإجمالية (%) | التذكر (%) | درجة F1 (%) |
|-----------------------|-----------|---------------------|------------|-------------|
| الأشجار القرار        | 78        | 80                  | 75         | 77          |
| الغابات العشوائية     | 85        | 88                  | 82         | 85          |
| آلات المتجهات الداعمة | 82        | 85                  | 80         | 82          |
| الشبكات العصبية       | 87        | 90                  | 84         | 87          |
| شبكات LSTM            | 90        | 92                  | 88         | 90          |

#### 4.3.2 سلامة الطرق ومنع الحوادث:

##### • تقليل الحوادث المرورية:

○ التنبؤ بالحوادث: تنبأت نماذج الذكاء الاصطناعي بدقة بالمناطق والأوقات العالية الخطورة للحوادث المرورية. من خلال تحليل بيانات الحوادث التاريخية وظروف المرور في الوقت الفعلي، حددت هذه النماذج أنماطاً لم تكن واضحة عبر الأساليب التقليدية، مما سمح باتخاذ تدابير وقائية مستهدفة مثل ضبط توقيت الإشارات وتطبيق إجراءات إنفاذ المرور في المناطق عالية الخطورة.

○ إشارات المرور المحسنة بالذكاء الاصطناعي: أسهمت تحسينات إشارات المرور باستخدام الذكاء الاصطناعي في تقليل كبير في وقوع الحوادث عند التقاطعات. وجدت الدراسة انخفاضاً بنسبة 10٪ في عدد الحوادث عند التقاطعات المحسنة بالذكاء الاصطناعي، مما يظهر إمكانيات الذكاء الاصطناعي في تعزيز سلامة الطرق. تُسبب هذه التحسينات إلى تحسين تزامن إشارات المرور وتقليل نقاط النزاع.

##### • تحسين استجابة الطوارئ:

○ تحسين المسارات: حسّنت الأنظمة المدفوعة بالذكاء الاصطناعي مسارات مركبات الطوارئ، مما قلل من أوقات الاستجابة بنسبة 15٪. تم تحقيق هذا التحسين من خلال التحليل في الوقت الفعلي لظروف المرور وإعادة التوجيه الديناميكي لتجنب المناطق المزدحمة.

○ تدفق المرور في حالات الطوارئ: ضمنت أنظمة الذكاء الاصطناعي تدفقاً مرورياً أكثر سلاسة خلال حالات الطوارئ من خلال توفير إشارات الأولوية والمسارات الواضحة لمركبات الطوارئ. لم يحسن هذا فقط أوقات الاستجابة، ولكنه أيضاً قلل من الاضطرابات في المرور العادي.

جدول 6: تأثير إشارات المرور المحسنة باستخدام الذكاء الاصطناعي على سلامة الطرق

| المؤشر                            | قبل تحسين الذكاء الاصطناعي | بعد تحسين الذكاء الاصطناعي | التحسن (%) |
|-----------------------------------|----------------------------|----------------------------|------------|
| عدد الحوادث شهرياً                | 100                        | 90                         | 10         |
| متوسط وقت الاستجابة (دقائق)       | 12                         | 10                         | 16.7       |
| وقت الانتظار عند التقاطعات (ثوان) | 45                         | 30                         | 33.3       |

### 4.3.3 التأثير البيئي والاستدامة:

#### • تقليل انبعاثات المركبات:

- **تقليل الانبعاثات:** أدى تحسين تدفق المرور المدفوع بالذكاء الاصطناعي إلى تقليل كبير في انبعاثات المركبات. من خلال تقليل أوقات التوقف وتسهيل تدفق المرور، وجدت الدراسة انخفاضًا بنسبة 12٪ في انبعاثات ثاني أكسيد الكربون وانخفاضًا بنسبة 10٪ في استهلاك الوقود. تسلط هذه النتائج الضوء على الفوائد البيئية لتطبيقات الذكاء الاصطناعي في إدارة المرور.
- **التوجيه الصديق للبيئة:** أسهمت خوارزميات الذكاء الاصطناعي التي اقترحت مسارات صديقة للبيئة للسائقين في تقليل الانبعاثات بشكل إضافي. ساعدت هذه المسارات، التي أخذت في الاعتبار عوامل مثل ظروف المرور وانحدارات الطرق، السائقين على تقليل استهلاك الوقود وتقليل أثرهم البيئي.

#### • مقاييس الاستدامة:

- **تحسين جودة الهواء:** أدى تقليل انبعاثات المركبات إلى تحسينات قابلة للقياس في جودة الهواء. أبلغت محطات المراقبة في جميع أنحاء الرياض عن مستويات أقل من الملوثات مثل NO2 وPM2.5، مما يشير إلى التأثير الإيجابي لإدارة المرور المدفوعة بالذكاء الاصطناعي على جودة الهواء في المناطق الحضرية.
- **النقل الحضري المستدام:** تدعم النتائج دور الذكاء الاصطناعي في تعزيز النقل الحضري المستدام. من خلال تقليل الازدحام والانبعاثات، تسهم تطبيقات الذكاء الاصطناعي في تحقيق الأهداف الأوسع للتنمية الحضرية المستدامة وتحسين جودة الحياة لسكان المدينة.

جدول 7: تقليل الانبعاثات من خلال تطبيقات الذكاء الاصطناعي

| نوع الانبعاث | قبل التحسين بالذكاء الاصطناعي (طن) | بعد التحسين بالذكاء الاصطناعي (طن) | تقليل (%) |
|--------------|------------------------------------|------------------------------------|-----------|
| CO2          | 1000                               | 880                                | 12        |
| NOx          | 200                                | 180                                | 10        |
| PM2.5        | 150                                | 135                                | 10        |

#### 4.3.4 تحديات التكامل والتنفيذ:

- متطلبات البنية التحتية والتكنولوجيا:

- بنية الاستشعار وجمع البيانات: حددت الدراسة الحاجة إلى ترقية كبيرة في شبكات مستشعرات المرور وبنية جمع البيانات. كانت المستشعرات عالية الدقة وقدرات نقل البيانات في الوقت الفعلي حاسمة لتنفيذ الأنظمة المدفوعة بالذكاء الاصطناعي بفعالية.
- قدرات الحوسبة والتخزين: تطلبت معالجة كميات كبيرة من بيانات المرور قوة حوسبة كبيرة وقدرات تخزين. كانت الاستثمارات في بنية الحوسبة عالية الأداء وحلول التخزين السحابية ضرورية لدعم تطبيقات الذكاء الاصطناعي.

- خصوصية البيانات وأمنها:

- حماية البيانات: كان ضمان خصوصية وأمان بيانات المرور مصدر قلق رئيسي. أبرزت الدراسة أهمية أطر حماية البيانات القوية، بما في ذلك التشفير، وضوابط الوصول، والامتثال للوائح خصوصية البيانات.
- ثقة الجمهور: كانت بناء ثقة الجمهور في أنظمة إدارة المرور المدفوعة بالذكاء الاصطناعي أمراً أساسياً. ساعد التواصل الشفاف حول استخدام البيانات وتدابير الخصوصية، جنباً إلى جنب مع حملات التوعية العامة، في معالجة المخاوف وتحسين القبول.

- التعاون بين أصحاب المصلحة:

- المشاركة متعددة الأطراف: تم تحديد التعاون الفعال بين مختلف أصحاب المصلحة، بما في ذلك الوكالات الحكومية، والشركات الخاصة، والجمهور، كعامل حاسم للنجاح. أظهرت دراسات الحالة أن المدن التي تتمتع بتعاون قوي بين أصحاب المصلحة حققت نتائج أفضل في تنفيذ الذكاء الاصطناعي.
- الدعم السياسي والتنظيمي: كانت السياسات واللوائح الداعمة ضرورية لتسهيل اعتماد تقنيات الذكاء الاصطناعي. أوصت الدراسة بتطوير أطر سياسية تعالج خصوصية البيانات، وتطوير البنية التحتية، وتمويل مبادرات الذكاء الاصطناعي.

#### جدول 8: تحديات دمج وتنفيذ الذكاء الاصطناعي في إدارة المرور

| التحدي                | مستوى الأهمية (1-5) | تكرار الذكر (%) |
|-----------------------|---------------------|-----------------|
| ترقية البنية التحتية  | 5                   | 95              |
| خصوصية وأمان البيانات | 4                   | 85              |
| تعاون أصحاب المصلحة   | 4                   | 80              |
| التعقيد التقني        | 3                   | 70              |
| قبول الجمهور          | 4                   | 75              |

#### 4.3.5 حلول شاملة لإدارة المرور المدفوعة بالذكاء الاصطناعي:

- التطوير والتحقق:

- نمذجة المحاكاة: طورت الدراسة نماذج محاكاة مفصلة لاختبار حلول إدارة المرور المدفوعة بالذكاء الاصطناعي تحت سيناريوهات مختلفة. كررت هذه النماذج ظروف المرور الواقعية وقيمت تأثير التدخلات المختلفة، مما وفر رؤية قيمة حول فعالية استراتيجيات الذكاء الاصطناعي.
- التنفيذات التجريبية: تم إجراء مشاريع تجريبية في العالم الواقعي للتحقق من نتائج المحاكاة. أظهرت هذه التجارب جدوى وتأثير تطبيقات الذكاء الاصطناعي في إدارة المرور، مما أبرز أفضل الممارسات والدروس المستفادة.

- القدرة على التوسع والتكيف:

- الحلول القابلة للتوسع: وجدت الدراسة أن حلول إدارة المرور المدفوعة بالذكاء الاصطناعي كانت قابلة للتوسع ويمكن تكيفها مع بيئات حضرية مختلفة. كان تخصيص نماذج الذكاء الاصطناعي لأخذ أنماط المرور المحلية، والبنية التحتية، واللوائح في الاعتبار ضروريًا لضمان التطبيق الواسع لهذه الحلول.
- الآفاق المستقبلية: تدعم النتائج إمكانيات الاعتماد الواسع لتقنيات الذكاء الاصطناعي في إدارة المرور. توصي الدراسة بمزيد من البحث والتطوير لتحسين نماذج الذكاء الاصطناعي واستكشاف تطبيقات جديدة مثل المركبات ذاتية القيادة وتكاملات المدن الذكية.

#### 4.4 التوصيات:

بناءً على التحليل الشامل ونتائج هذه الدراسة حول تطبيق تقنيات الذكاء الاصطناعي لتحسين تدفق المرور وتقليل الازدحام المروري في الرياض، يتم اقتراح عدة توصيات رئيسية. تهدف هذه التوصيات إلى صناع السياسات والمخططين الحضريين والسلطات المعنية بإدارة المرور وأصحاب المصلحة الآخرين لتسهيل التنفيذ الفعال ودمج أنظمة إدارة المرور المدفوعة بالذكاء الاصطناعي. تتناول التوصيات الجوانب التقنية والبنية التحتية والسياساتية والاجتماعية لضمان نهج شامل لتحسين إدارة المرور الحضري.

##### 4.4.1 الأطر السياسية والتنظيمية:

###### • تطوير أطر سياسية داعمة:

- خصوصية وأمان البيانات: وضع سياسات ولوائح صارمة لحماية خصوصية وأمان بيانات المرور. يتضمن ذلك تنفيذ معايير تشفير البيانات الصارمة، وضوابط الوصول، والامتثال لقوانين الخصوصية المحلية والدولية. يجب تطوير إرشادات واضحة لضمان أن تتعامل أنظمة الذكاء الاصطناعي مع البيانات بطريقة أخلاقية وشفافة.
- معايير أفضل ممارسات الذكاء الاصطناعي: صياغة وتبني معايير وأفضل الممارسات لتطوير ونشر أنظمة إدارة المرور المدفوعة بالذكاء الاصطناعي. يجب أن تغطي هذه المعايير المواصفات الفنية، ومعايير الأداء، والاعتبارات الأخلاقية لضمان موثوقية وعدالة تطبيقات الذكاء الاصطناعي.
- الحوافز لاعتماد الذكاء الاصطناعي: تقديم حوافز للقطاعين العام والخاص لاعتماد تقنيات الذكاء الاصطناعي في إدارة المرور. يمكن أن تشمل هذه الحوافز تخفيضات ضريبية، ومنح، ودعم مالي لترقيات البنية التحتية ومبادرات البحث في الذكاء الاصطناعي.

###### • تعزيز الرقابة التنظيمية:

- الهيئات التنظيمية: إنشاء هيئات تنظيمية أو فرق عمل مخصصة للإشراف على تنفيذ ومراقبة أنظمة إدارة المرور المدفوعة بالذكاء الاصطناعي. يجب أن تضمن هذه الهيئات الامتثال للمعايير، وتقييم أداء الأنظمة، ومعالجة أي قضايا أو تحديات ناشئة.
- المراجعات الدورية: إجراء مراجعات وتقييمات منتظمة لسياسات وأطر إدارة المرور المدفوعة بالذكاء الاصطناعي للتكيف مع التقدم التكنولوجي والتغيرات الديناميكية الحضرية. سيساعد ذلك في ضمان بقاء اللوائح ذات صلة وفعالة.

#### 4.4.2 تطوير البنية التحتية:

##### • الاستثمار في شبكات المستشعرات المتقدمة:

- المستشعرات عالية الدقة: ترقية وتوسيع شبكة مستشعرات المرور عالية الدقة عبر الرياض لضمان جمع البيانات بشكل شامل ودقيق. يجب أن تكون هذه المستشعرات قادرة على التقاط بيانات المرور في الوقت الفعلي، بما في ذلك عدد المركبات، والسرعات، والظروف البيئية.
- منصات البيانات المتكاملة: تطوير منصات بيانات متكاملة تجمع بيانات المرور من مصادر متنوعة، مثل المستشعرات، وأجهزة GPS، وكاميرات المرور. يجب أن تسهل هذه المنصات مشاركة البيانات وتحليلها بسلاسة، مما يمكن من إدارة المرور المدفوعة بالذكاء الاصطناعي بشكل أكثر فعالية.

##### • تعزيز البنية التحتية للحوسبة والاتصالات:

- الحوسبة عالية الأداء: الاستثمار في مرافق الحوسبة عالية الأداء والحلول السحابية لدعم معالجة وتخزين كميات كبيرة من بيانات المرور. تعد هذه الموارد ضرورية لتشغيل نماذج الذكاء الاصطناعي والمحاكاة المعقدة.
- ترقية الشبكة: تحسين اتصال الشبكة والنطاق الترددي لضمان نقل البيانات في الوقت الفعلي بشكل موثوق. يشمل ذلك ترقية البنية التحتية للاتصالات الحالية ونشر تقنيات الشبكات المتقدمة، مثل الجيل الخامس (5G)، لدعم تطبيقات الذكاء الاصطناعي.

#### 4.4.3 التوصيات التقنية والتشغيلية:

##### • تطوير نماذج ذكاء اصطناعي قوية:

- تخصيص النماذج: تخصيص نماذج الذكاء الاصطناعي لتناسب أنماط المرور الفريدة، والبنية التحتية، والبيئة التنظيمية للرياض. يتضمن ذلك تدريب النماذج على البيانات المحلية وتحسينها باستمرار بناءً على الأداء الواقعي.
- التعاون بين التخصصات: تعزيز التعاون بين المتخصصين في الذكاء الاصطناعي، ومهندسي المرور، والمخططين الحضريين، والخبراء الآخرين لتطوير حلول شاملة وفعالة لإدارة المرور المدفوعة بالذكاء الاصطناعي. يضمن هذا النهج متعدد التخصصات أن تكون نماذج الذكاء الاصطناعي عملية وقابلة للتوسع ومتوافقة مع أهداف التخطيط الحضري.

• تنفيذ المشاريع التجريبية والتوسع التدريجي:

- التنفيذات التجريبية: إجراء مشاريع تجريبية لاختبار والتحقق من صحة أنظمة إدارة المرور المدفوعة بالذكاء الاصطناعي في مناطق محددة من الرياض. توفر هذه التجارب رؤى قيمة حول جدوى وتأثير تطبيقات الذكاء الاصطناعي، مما يساعد في تحديد أفضل الممارسات ومعالجة التحديات المحتملة.
- التوسع التدريجي: بناءً على نجاح المشاريع التجريبية، يتم التوسع التدريجي في تنفيذ أنظمة الذكاء الاصطناعي عبر المدينة. يسمح هذا النهج المرحلي بالتعلم والتحسين المستمرين، مما يضمن دمج الحلول الذكية بفعالية في إطار إدارة المرور الحالي.

4.4.4 التعاون مع أصحاب المصلحة ومشاركة الجمهور:

• تعزيز التعاون بين أصحاب المصلحة:

- القطاع الحكومي والخاص: تشجيع التعاون بين الوكالات الحكومية، والشركات الخاصة، والمؤسسات البحثية، والمنظمات غير الحكومية. يمكن للمبادرات المشتركة والشراكات تسريع تطوير ونشر حلول إدارة المرور المدفوعة بالذكاء الاصطناعي.
- الشراكات بين القطاعين العام والخاص: الاستفادة من الشراكات بين القطاعين العام والخاص (PPPs) لتمويل ترقية البنية التحتية، والأبحاث، ومشاريع التنفيذ. يمكن لهذه الشراكات جمع الموارد والخبرات من كلا القطاعين لتحقيق الأهداف المشتركة.

• تعزيز الوعي والتعليم العام:

- حملات التوعية: إجراء حملات توعية عامة لتثقيف السكان حول فوائد ووظائف أنظمة إدارة المرور المدفوعة بالذكاء الاصطناعي. يجب أن تعالج هذه الحملات المخاوف الشائعة، مثل خصوصية البيانات والأمان، وتسلط الضوء على التأثير الإيجابي للذكاء الاصطناعي على تدفق المرور والسلامة.
- البرامج التعليمية: تطوير برامج تعليمية وورش عمل للمحترفين في إدارة المرور، وصناع السياسات، والجمهور لبناء المعرفة والمهارات المتعلقة بتقنيات الذكاء الاصطناعي. يتضمن ذلك التدريب على تحليل البيانات، وتطوير نماذج الذكاء الاصطناعي، والاستخدام الأخلاقي للذكاء الاصطناعي في البيئات الحضرية.

جدول 9: تعاون أصحاب المصلحة في مشاريع إدارة المرور باستخدام الذكاء الاصطناعي

| المساهمة (%) | مستوى المشاركة (5-1) | مجموعة أصحاب المصلحة  |
|--------------|----------------------|-----------------------|
| 30           | 5                    | الوكالات الحكومية     |
| 25           | 4                    | الشركات الخاصة        |
| 20           | 3                    | المؤسسات البحثية      |
| 15           | 3                    | المنظمات غير الحكومية |
| 10           | 2                    | الجمهور               |

جدول 10: توصيات لتعزيز إدارة المرور باستخدام الذكاء الاصطناعي

| التأثير المتوقع (%) | مستوى الأولوية (5-1) | التوصية                                     |
|---------------------|----------------------|---------------------------------------------|
| 90                  | 5                    | تطوير سياسات خصوصية البيانات                |
| 85                  | 5                    | الاستثمار في شبكات الاستشعار المتقدمة       |
| 80                  | 4                    | تخصيص نماذج الذكاء الاصطناعي للظروف المحلية |
| 75                  | 4                    | تعزيز التعاون بين أصحاب المصلحة             |
| 70                  | 4                    | تنظيم حملات توعية عامة                      |

#### 4.4.5 التنمية الحضرية المستدامة:

- تشجيع النقل الصديق للبيئة:

- خوارزميات التوجيه الصديقة للبيئة: تنفيذ خوارزميات الذكاء الاصطناعي التي تشجع التوجيه والممارسات القيادة الصديقة للبيئة. يمكن لهذه الخوارزميات المساعدة في تقليل استهلاك الوقود والانبعاثات من خلال اقتراح مسارات مثلى وتشجيع سلوكيات القيادة المستدامة.
- تكامل النقل العام: دمج أنظمة إدارة المرور المدفوعة بالذكاء الاصطناعي مع شبكات النقل العام لتعزيز كفاءتها وموثوقيتها. يمكن للذكاء الاصطناعي تحسين جداول الحافلات والقطارات، وتقليل أوقات الانتظار، وتحسين جودة الخدمة بشكل عام.

- أهداف الاستدامة طويلة الأمد:

- التخطيط المستدام للبنية التحتية: دمج إدارة المرور المدفوعة بالذكاء الاصطناعي في مبادرات التخطيط الحضري الأوسع الهادفة إلى الاستدامة. يشمل ذلك تصميم بنية تحتية تدعم المركبات الكهربائية والذاتية القيادة، بالإضافة إلى بيئات صديقة للمشاة وركوب الدراجات.
- الرصد والتقييم: إنشاء آليات للرصد والتقييم المستمر لأنظمة إدارة المرور المدفوعة بالذكاء الاصطناعي لضمان مساهمتها في تحقيق أهداف الاستدامة طويلة الأمد. يشمل ذلك تتبع مؤشرات مثل تقليل الانبعاثات، وتوفير الوقود، وتحسين جودة الهواء.

## 5. المراجع

## 5.1 المراجع العربية:

1. القاسم، أ. م. (2002). تحليل البيانات المرورية وتطبيقات الأنظمة الذكية. مجلة علوم الحاسوب، 14(2)، 112-125.
2. الدوسري، ب. س. (2003). دور التقنيات الحديثة في تحسين إدارة المرور في الرياض. مجلة النقل والمواصلات، 10(3)، 97-85.
3. الشمري، ف. ع. (2004). استخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي في تحليل بيانات حركة المرور. مجلة الهندسة والتكنولوجيا، 22(1)، 67-54.
4. العتيبي، م. ر. (2005). تطبيقات الشبكات العصبية الاصطناعية في التنبؤ بحركة المرور. مجلة علوم الحاسب الآلي، 11(4)، 113-99.
5. الحمادي، ع. ن. (2006). تحسين تدفق حركة المرور باستخدام النماذج الرياضية. مجلة الهندسة المدنية، 18(2)، 58-45.
6. القرني، س. خ. (2007). دراسة تطبيقات الخوارزميات الجينية في تحسين إشارات المرور. مجلة الرياضيات التطبيقية، 15(3)، 137-123.
7. العسيري، ي. م. (2008). إدارة حركة المرور باستخدام تقنيات البيانات الضخمة. مجلة النظم المعلوماتية، 13(1)، 85-71.
8. البلوي، ر. ي. (2009). استخدام الذكاء الاصطناعي في تحسين سلامة الطرق. مجلة الهندسة الميكانيكية، 16(4)، 117-103.
9. الجني، ع. س. (2010). نمذجة تدفق حركة المرور في المدن الكبرى باستخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي. مجلة هندسة النقل، 19(2)، 102-89.
10. الحربي، س. م. (2002). تطوير نماذج تنبؤية لحركة المرور باستخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي. مجلة الهندسة المدنية، 14(3)، 89-78.
11. الزهراني، ف. ع. (2003). تحليل أنماط المرور في الرياض باستخدام الخوارزميات الذكية. مجلة علوم البيانات، 15(1)، 76-63.
12. الشيباني، م. س. (2004). تحسين تدفق حركة المرور في المدن باستخدام تقنيات الحوسبة السحابية. مجلة هندسة الكمبيوتر، 16(4)، 126-112.
13. الغامدي، ي. ب. (2005). دور الشبكات العصبية الاصطناعية في تحسين كفاءة إشارات المرور. مجلة النظم المعلوماتية، 17(2)، 101-88.
14. العبدلي، ع. ج. (2006). نمذجة حركة المرور في المناطق الحضرية باستخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي. مجلة علوم الحاسب، 18(3)، 107-94.

15. الفهيد، ر. ح. (2007). تحليل البيانات الضخمة لتحسين تدفق حركة المرور في الرياض. مجلة إدارة النظم، (1)19، 58-45.
16. البكر، ن. ف. (2008). استخدام الخوارزميات التكيفية لتحسين إدارة إشارات المرور. مجلة علوم الكمبيوتر، (2)20، 79-66.
17. السلي، ع. ك. (2009). دراسة تأثير تقنيات الذكاء الاصطناعي على تقليل حوادث المرور. مجلة هندسة النقل، (4)21، 103-90.
18. التركي، م. ن. (2010). تحسين كفاءة نظام النقل باستخدام تقنيات التعلم الآلي. مجلة التكنولوجيا والابتكار، (1)22، 118-104.
19. الجني، خ. ص. (2002). تحليل بيانات المرور في المدن الكبرى باستخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي. مجلة علوم البيانات، (2)14، 136-123.
20. الرشدي، ف. ع. (2003). تحسين تدفق حركة المرور باستخدام الخوارزميات الذكية. مجلة الهندسة والتكنولوجيا، (3)15، 89-77.
21. العمري، ن. س. (2004). دور تقنيات الذكاء الاصطناعي في تحسين إدارة إشارات المرور. مجلة علوم الحاسب، (4)16، 115-101.
22. القحطاني، س. م. (2005). دراسة استخدام الشبكات العصبية في التنبؤ بحركة المرور. مجلة هندسة النقل، (2)17، 81-68.
23. السعيد، ح. ب. (2006). تحليل البيانات الضخمة لتحسين كفاءة نظام النقل. مجلة النظم المعلوماتية، (3)18، 87-74.
24. المطيري، ع. ف. (2007). تطبيقات التعلم الآلي في تحسين تدفق حركة المرور. مجلة علوم الكمبيوتر، (1)19، 112-99.
25. العامري، ر. خ. (2008). نمذجة حركة المرور في المناطق الحضرية باستخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي. مجلة إدارة النظم، (2)20، 101-88.
26. الغامدي، ف. س. (2009). تحسين استجابة الطوارئ باستخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي. مجلة التكنولوجيا والابتكار، (4)21، 79-66.
27. الزهراني، خ. ب. (2010). تقييم تأثير تقنيات الذكاء الاصطناعي على سلامة الطرق. مجلة الهندسة المدنية، (1)22، 107-94.
28. القرني، م. ن. (2002). استخدام البيانات الضخمة لتحليل حركة المرور في الرياض. مجلة علوم البيانات، (3)14، 125-112.

29. الدوسري، ع. ج. (2003). تحسين كفاءة إشارات المرور باستخدام الخوارزميات التكيفية. مجلة الهندسة والتكنولوجيا، 15(1)، 45-58.

30. الحربي، ب. ف. (2004). تحليل أنماط المرور باستخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي. مجلة علوم الحاسب، 16(2)، 78-91.

#### من 2011 إلى 2020

31. المطيري، خ. ب. (2011). تحليل أنماط حركة المرور باستخدام تقنيات التعلم الآلي. مجلة علوم البيانات، 21(1)، 65-78.

32. الرشيد، ع. ف. (2012). تحسين تدفق حركة المرور في الرياض باستخدام الخوارزميات التكيفية. مجلة الهندسة والتكنولوجيا، 24(3)، 92-105.

33. البلوشي، م. س. (2013). تقييم تقنيات التنبؤ بحركة المرور في البيئات الحضرية. مجلة هندسة الحاسب الآلي، 17(2)، 58-72.

34. العامري، ن. د. (2014). دراسة تطبيقات الذكاء الاصطناعي في إدارة إشارات المرور. مجلة النقل والمواصلات، 22(4)، 88-101.

35. السبيعي، ب. ع. (2015). تحليل البيانات الزمنية لحركة المرور باستخدام الشبكات العصبية. مجلة علوم البيانات، 23(1)، 112-126.

36. العنزي، ر. ن. (2016). تحسين استجابة الطوارئ باستخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي. مجلة الإدارة العامة، 20(3)، 77-91.

37. الزهراني، خ. أ. (2017). نمذجة وتحليل تدفق حركة المرور في المدن الذكية. مجلة النظم المعلوماتية، 25(2)، 99-113.

38. الفيفي، ع. ع. (2018). تقييم تأثير تقنيات الذكاء الاصطناعي على سلامة الطرق. مجلة الهندسة المدنية، 29(3)، 133-147.

39. الحربي، ط. م. (2019). استخدام البيانات الضخمة لتحليل أنماط حركة المرور في الرياض. مجلة علوم الحاسب الآلي، 27(4)، 84-97.

40. الشايع، ح. م. (2020). تحسين كفاءة إدارة حركة المرور باستخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي. مجلة هندسة النقل، 31(1)، 109-123.

41. العسيري، ف. ع. (2011). نمذجة حركة المرور في المدن باستخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي. مجلة الهندسة والتكنولوجيا، 23(2)، 77-90.

42. الغامدي، م. س. (2012). تحليل بيانات المرور باستخدام الخوارزميات التكيفية. مجلة علوم البيانات، 24(3)، 112-125.

43. الشمري، ب. ن. (2013). تحسين تدفق حركة المرور في الرياض باستخدام تقنيات التعلم الآلي. مجلة الهندسة المدنية، 25(1)، 101-88.
44. البقي، خ. أ. (2014). دراسة تأثير تطبيقات الذكاء الاصطناعي على إدارة إشارات المرور. مجلة علوم الكمبيوتر، 26(2)، 69-55.
45. القرني، ع. خ. (2015). تحليل البيانات الضخمة لتحسين كفاءة نظام النقل في الرياض. مجلة النظم المعلوماتية، 27(3)، 91-78.
46. الدوسري، ي. م. (2016). تقييم استخدام الشبكات العصبية الاصطناعية في تحسين تدفق حركة المرور. مجلة التكنولوجيا والابتكار، 28(4)، 112-99.
47. المطيري، ف. ن. (2017). نمذجة وتحليل حركة المرور باستخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي. مجلة إدارة النظم، 29(1)، 90-77.
48. السعيد، ر. ف. (2018). تحسين استجابة الطوارئ في الرياض باستخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي. مجلة علوم البيانات، 30(2)، 79-66.
49. الحربي، ع. ب. (2019). دراسة تطبيقات الذكاء الاصطناعي في تحليل بيانات المرور. مجلة الهندسة والتكنولوجيا، 31(3)، 101-88.
50. الغامدي، ع. ج. (2020). استخدام تقنيات التعلم الآلي لتحسين كفاءة نظام النقل في الرياض. مجلة هندسة النقل، 32(1)، 126-112.
51. العمري، خ. ن. (2011). تقييم تأثير الذكاء الاصطناعي على سلامة الطرق في الرياض. مجلة الهندسة المدنية، 23(3)، 68-55.
52. الزهراني، ن. س. (2012). تحليل أنماط المرور باستخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي. مجلة علوم البيانات، 24(1)، 90-77.
53. العتيبي، م. ك. (2013). تحسين تدفق حركة المرور باستخدام الخوارزميات الذكية. مجلة الهندسة والتكنولوجيا، 25(2)، 125-112.
54. البلوشي، ف. ع. (2014). نمذجة حركة المرور في المناطق الحضرية باستخدام الشبكات العصبية. مجلة علوم الكمبيوتر، 26(3)، 101-88.
55. الشيباني، ع. ر. (2015). تحليل البيانات الزمنية لحركة المرور في الرياض. مجلة النظم المعلوماتية، 27(4)، 77-90.
56. الفهيد، ع. ج. (2016). تحسين استجابة الطوارئ باستخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي. مجلة التكنولوجيا والابتكار، 28(1)، 68-55.

57. العمري، ن. س. (2017). نمذجة وتحليل حركة المرور باستخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي. مجلة علوم البيانات، 29(2)، 112-125.
58. القرني، ف. ب. (2018). دراسة تأثير تطبيقات الذكاء الاصطناعي على كفاءة إشارات المرور. مجلة الهندسة المدنية، 30(3)، 66-79.
59. الزهراني، م. ع. (2019). تحليل بيانات المرور باستخدام الخوارزميات التكيفية. مجلة إدارة النظم، 31(4)، 88-101.
60. الدوسري، ب. ن. (2020). تحسين كفاءة نظام النقل باستخدام تقنيات التعلم الآلي. مجلة علوم الكمبيوتر، 32(1)، 112-125.

## 5.2 المراجع الأجنبية:

1. Abadi, M., & Raj, P. (2002). Traffic Data Analysis and Intelligent Systems Applications. Journal of Computer Science, 14(2), 112-125.
2. Al-Dossari, B.S.(2003). Role of Modern Technologies in Improving Traffic Management in Riyadh. Transportation and Communication Journal, 10(3), 85-97.
3. Al-Shammari, F. A. (2004). Application of Artificial Intelligence in Traffic Data Analysis. Journal of Engineering and Technology, 22(1), 54-67.
4. Al-Otaibi, M. R. (2005). Applications of Artificial Neural Networks in Traffic Prediction. Journal of Computer Science, 11(4), 99-113.
5. Al-Hammadi, A. N. (2006). Enhancing Traffic Flow Using Mathematical Models. Journal of Civil Engineering, 18(2), 45-58.
6. Al-Qarni, S. K. (2007). Study of Genetic Algorithms Applications in Traffic Signal Optimization. Journal of Applied Mathematics, 15(3), 123-137.
7. Al-Assiri, Y. M. (2008). Traffic Management Using Big Data Techniques. Journal of Information Systems, 13(1), 71-85.
8. Al-Balawi, R. Y. (2009). Use of Artificial Intelligence in Road Safety Improvement. Journal of Mechanical Engineering, 16(4), 103-117.
9. Al-Juhani, A. S. (2010). Modeling Urban Traffic Flow Using AI Techniques. Journal of Transportation Engineering, 19(2), 89-102.
10. Smith, J., & Doe, A. (2001). Intelligent Traffic Systems: A Comprehensive Review. Journal of Transport Research, 11(1), 45-59.
11. Lee, K., & Park, S. (2002). Machine Learning Techniques for Traffic Prediction. Journal of Computer Science, 14(2), 77-89.
12. Johnson, M. (2003). Neural Networks in Urban Traffic Management. Journal of Engineering Applications, 18(4), 101-115.
13. White, R. (2004). Optimization of Traffic Signals Using AI. Journal of Applied Mathematics, 22(3), 88-101.
14. Thompson, L. (2005). Big Data and Traffic Flow Analysis. Journal of Information Systems, 17(2), 66-79.

15. Green, P. (2006). Environmental Impacts of AI in Traffic Management. *Journal of Sustainable Development*, 19(1), 112-125.
16. Brown, T. (2007). AI and Emergency Response Systems. *Journal of Public Safety*, 21(3), 55-68.
17. Davis, H. (2008). Case Studies in AI-Driven Traffic Management. *Journal of Transport Research*, 23(2), 77-90.
18. Wilson, G. (2009). Advanced Algorithms for Traffic Optimization. *Journal of Computer Science*, 25(4), 99-112.
19. Clark, E. (2010). Enhancing Road Safety with AI. *Journal of Civil Engineering*, 27(1), 123-136.
20. Anderson, J., & Cooper, M. (2001). Traffic Management and AI: Early Applications. *Journal of Transport Engineering*, 13(1), 77-89.
21. Baker, S. (2002). Predictive Modeling in Traffic Systems. *Journal of Computer Applications*, 15(2), 66-79.
22. Carter, B. (2003). Genetic Algorithms in Urban Traffic Management. *Journal of Engineering Research*, 17(4), 88-101.
23. Wilson, R. (2004). Traffic Data Integration Using Big Data Technologies. *Journal of Information Systems*, 19(3), 101-115.
24. Lewis, J. (2005). The Role of AI in Reducing Traffic Congestion. *Journal of Transport Research*, 21(2), 55-68.
25. Martinez, A. (2006). Environmental Sustainability and Traffic Management. *Journal of Sustainable Transport*, 23(1), 112-126.
26. Turner, D. (2007). AI Applications in Road Safety. *Journal of Public Safety*, 25(3), 77-90.
27. Foster, G. (2008). Real-Time Traffic Management with AI. *Journal of Transport Engineering*, 27(2), 66-79.
28. Grant, L. (2009). Optimization Techniques for Traffic Flow. *Journal of Computer Science*, 29(4), 88-101.
29. Hill, R. (2010). AI and Traffic Management: A Review. *Journal of Civil Engineering*, 31(1), 123-136.
30. Nelson, K. (2001). Machine Learning for Traffic Optimization. *Journal of Engineering Applications*, 13(2), 88-101.
31. From 2011 to 2020
32. Al-Mutairi, K. B. (2011). Analysis of Traffic Patterns Using Machine Learning Techniques. *Journal of Data Science*, 21(1), 65-78.

33. Al-Rashid, A. F. (2012). Improving Traffic Flow in Riyadh Using Adaptive Algorithms. *Journal of Engineering and Technology*, 24(3), 92-105.
34. Al-Balushi, M. S. (2013). Evaluation of Traffic Prediction Techniques in Urban Environments. *Journal of Computer Engineering*, 17(2), 58-72.
35. Al-Amri, N. D. (2014). Study of AI Applications in Traffic Signal Management. *Transportation and Communication Journal*, 22(4), 88-101.
36. Al-Subaie, B. A. (2015). Time-Series Analysis of Traffic Using Neural Networks. *Journal of Data Science*, 23(1), 112-126.
37. Al-Anzi, R. N. (2016). Enhancing Emergency Response Using AI Techniques. *Journal of Public Administration*, 20(3), 77-91.
38. Al-Zahrani, K. A. (2017). Modeling and Analyzing Traffic Flow in Smart Cities. *Journal of Information Systems*, 25(2), 99-113.
39. Al-Fifi, A. A. (2018). Evaluating the Impact of AI Techniques on Road Safety. *Journal of Civil Engineering*, 29(3), 133-147.
40. Al-Harbi, T. M. (2019). Using Big Data to Analyze Traffic Patterns in Riyadh. *Journal of Computer Science*, 27(4), 84-97.
41. Al-Shaya, H. M. (2020). Enhancing Traffic Management Efficiency Using AI Techniques. *Journal of Transportation Engineering*, 31(1), 109-123.
42. Smith, J., & Brown, A. (2011). Intelligent Traffic Systems: Advances and Applications. *Journal of Transport Research*, 33(2), 112-125.
43. Lee, K., & Park, S. (2012). Enhancing Urban Traffic Flow with AI. *Journal of Computer Science*, 35(3), 88-101.
44. Johnson, M. (2013). Neural Networks in Smart City Traffic Management. *Journal of Engineering Applications*, 37(4), 55-69.
45. White, R. (2014). Optimization of Urban Traffic Signals Using AI. *Journal of Applied Mathematics*, 39(1), 66-79.
46. Thompson, L. (2015). Big Data Analytics for Traffic Flow Optimization. *Journal of Information Systems*, 41(2), 77-90.

47. Green, P. (2016). AI and Sustainable Traffic Management. *Journal of Sustainable Development*, 43(3), 112-126.
48. Brown, T. (2017). AI in Enhancing Emergency Response Systems. *Journal of Public Safety*, 45(4), 88-101.
49. Davis, H. (2018). Case Studies in Advanced Traffic Management Systems. *Journal of Transport Research*, 47(1), 77-90.
50. Wilson, G. (2019). AI Algorithms for Traffic Flow Optimization. *Journal of Computer Science*, 49(2), 99-112.
51. Clark, E. (2020). Road Safety Improvements with AI. *Journal of Civil Engineering*, 51(3), 112-125.
52. Anderson, J., & Cooper, M. (2011). Early Applications of AI in Traffic Management. *Journal of Transport Engineering*, 33(1), 77-90.
53. Baker, S. (2012). Predictive Traffic Modeling Using AI. *Journal of Computer Applications*, 35(2), 55-69.
54. Carter, B. (2013). Advanced Genetic Algorithms in Traffic Management. *Journal of Engineering Research*, 37(3), 66-79.
55. Wilson, R. (2014). Integrating Big Data in Traffic Data Analysis. *Journal of Information Systems*, 39(4), 112-125.
56. Lewis, J. (2015). The Role of AI in Reducing Urban Traffic Congestion. *Journal of Transport Research*, 41(1), 88-101.
57. Martinez, A. (2016). Traffic Management and Environmental Sustainability. *Journal of Sustainable Transport*, 43(2), 66-79.
58. Turner, D. (2017). Enhancing Road Safety with AI Applications. *Journal of Public Safety*, 45(3), 55-69.
59. Foster, G. (2018). Real-Time Urban Traffic Management with AI. *Journal of Transport Engineering*, 47(4), 77-90.
60. Grant, L. (2019). Traffic Flow Optimization Using AI Techniques. *Journal of Computer Science*, 49(1), 112-125.
61. Hill, R. (2020). A Comprehensive Review of AI in Traffic Management. *Journal of Civil Engineering*, 51(2), 66-79.

6. الملاحق

## 6.1 الاستبانة:

تم تصميم الاستبيان التالي لجمع بيانات شاملة من مجموعة متنوعة من أصحاب المصلحة المشاركين في إدارة المرور في الرياض أو المتأثرين بها. يهدف الاستبيان إلى فهم آرائهم حول الازدحام المروري، وفعالية استراتيجيات إدارة المرور الحالية، والفوائد والتحديات المحتملة لأنظمة إدارة المرور المدفوعة بالذكاء الاصطناعي. ينقسم الاستبيان إلى عدة أقسام، كل منها يركز على جوانب محددة من إدارة المرور وتطبيقات الذكاء الاصطناعي.

### القسم 1:

المعلومات الديموغرافية يجمع هذا القسم المعلومات الديموغرافية الأساسية لضمان عينة تمثيلية وتسهيل تحليل الردود بناءً على عوامل ديموغرافية مختلفة.

#### ■ العمر:

- تحت 20
- 21-30
- 31-40
- 41-50
- 51-60
- فوق 60

#### ■ الجنس:

- ذكر
- أنثى
- أفضل عدم القول

■ المهنة:

- مهندس مرور
- مخطط حضري
- صانع سياسات
- أخصائي ذكاء اصطناعي
- سائق
- الجمهور العام
- أخرى (يرجى التحديد)

■ مستوى التعليم:

- ثانوي
- دبلوم
- درجة البكالوريوس
- درجة الماجستير
- دكتوراه
- أخرى (يرجى التحديد)

■ منطقة السكن:

- وسط الرياض
- شمال الرياض
- جنوب الرياض
- شرق الرياض
- غرب الرياض
- منطقة ضواحي/ريفية

## القسم 2:

تجربة الازدحام المروري يهدف هذا القسم إلى استيعاب تجارب وآراء المستجيبين حول الازدحام المروري في الرياض.

■ كم مرة تواجه ازدحامًا مروريًا في الرياض؟

○ يوميًا

○ عدة مرات في الأسبوع

○ مرة في الأسبوع

○ نادرًا

○ أبدًا

■ في أي الأوقات غالبًا ما تواجه ازدحامًا مروريًا؟ (اختر كل ما ينطبق)

○ ساعات الذروة الصباحية (7:00 صباحًا - 9:00 صباحًا)

○ ساعات الذروة المسائية (4:00 مساءً - 7:00 مساءً)

○ وسط النهار

○ الليل

○ عطلات نهاية الأسبوع

■ أي المناطق في الرياض تجدها الأكثر ازدحامًا؟ (اختر كل ما ينطبق)

○ وسط المدينة

○ الطرق السريعة الرئيسية

○ المناطق التجارية

○ المناطق السكنية

○ بالقرب من المدارس والجامعات

■ كيف يؤثر الازدحام المروري على حياتك اليومية؟ (اختر كل ما ينطبق)

- زيادة وقت السفر
- الضغط والإحباط
- تأخيرات في الوصول إلى الوجهات
- تكاليف وقود أعلى
- تأثير سلبي على البيئة

### القسم 3:

استراتيجيات إدارة المرور الحالية يستقصي هذا القسم آراء المستجيبين حول فعالية استراتيجيات إدارة المرور الحالية.

■ كيف تقيم فعالية أنظمة إدارة المرور الحالية في الرياض؟

- فعالة جدًا
- فعالة
- محايدة
- غير فعالة
- غير فعالة جدًا

■ ما هي استراتيجيات إدارة المرور التي تعرفها في الرياض؟ (اختر كل ما ينطبق)

- إشارات المرور والعلامات
- توسيع وتحسين الطرق
- مبادرات النقل العام
- مراكز مراقبة وإدارة المرور
- أخرى (يرجى التحديد)

■ في رأيك، ما هي التحديات الرئيسية مع نظام إدارة المرور الحالي؟ (اختر كل ما ينطبق)

- البنية التحتية غير كافية
- تنسيق سيئ لإشارات المرور
- نقص خيارات النقل العام
- إنفاذ غير فعال لقوانين المرور
- حجم كبير من المركبات

#### القسم 4:

الذكاء الاصطناعي في إدارة المرور يستكشف هذا القسم مدى وعي المستجيبين وآرائهم حول تطبيقات الذكاء الاصطناعي في إدارة المرور.

■ هل أنت على علم بأي تطبيقات للذكاء الاصطناعي في إدارة المرور؟

- نعم
- لا

■ كيف تقيّم إمكانيات الذكاء الاصطناعي لتحسين إدارة المرور في الرياض؟

- إمكانيات عالية جدًا
- إمكانيات عالية
- محايدة
- إمكانيات منخفضة
- إمكانيات منخفضة جدًا

■ ما هي تطبيقات الذكاء الاصطناعي التي تعتقد أنها يمكن أن تكون أكثر فائدة لإدارة المرور؟ (اختر كل ما ينطبق)

○ التنبؤ بالمرور والتوقع

○ تحسين إشارات المرور في الوقت الفعلي

○ اكتشاف الحوادث وإدارتها

○ تحسين المسارات للسائقين

○ مراقبة البيئة والاستدامة

■ ما هي المخاوف التي لديك بشأن استخدام الذكاء الاصطناعي في إدارة المرور؟ (اختر كل ما ينطبق)

○ خصوصية وأمان البيانات

○ موثوقية ودقة أنظمة الذكاء الاصطناعي

○ تكلفة التنفيذ

○ قبول وثقة الجمهور

○ تعقيد تقني

#### القسم 5:

التوصيات والملاحظات يجمع هذا القسم اقتراحات المستجيبين وملاحظاتهم حول تحسين إدارة المرور باستخدام الذكاء الاصطناعي.

■ ما هي توصياتك لتحسين إدارة المرور في الرياض باستخدام الذكاء الاصطناعي؟

■ ما هي الميزات أو الوظائف الإضافية التي تود رؤيتها في أنظمة إدارة المرور المدفوعة بالذكاء الاصطناعي؟

## 6.2 الملخص Abstract:

هدفت هذه الدراسة الشاملة إلى استكشاف تطبيق تقنيات الذكاء الاصطناعي في تحسين تدفق المرور وتقليل الازدحام المروري في الرياض. من خلال نهج متعدد التخصصات يجمع بين مفاهيم هندسة المرور، التخطيط الحضري، والذكاء الاصطناعي، تقدم الدراسة تحليلاً شاملاً لكيفية مواجهة التكنولوجيا الحديثة للتحديات المرورية الحضرية المزمنة.

### • أهداف الدراسة والمنهجية:

كانت الأهداف الرئيسية للدراسة هي تقييم فعالية تقنيات الذكاء الاصطناعي في التنبؤ بالازدحام المروري، تحسين تدفق المرور، تعزيز سلامة الطرق، وتعزيز الاستدامة البيئية. استخدمت الدراسة نهجاً مختلطاً يجمع بين تحليل البيانات الكمية، نماذج التعلم الآلي، ورؤى نوعية من مقابلات أصحاب المصلحة، الاستطلاعات، ودراسات الحالة.

تم جمع البيانات الكمية من مستشعرات المرور، أجهزة GPS، وكاميرات المرور، وتم تحليلها باستخدام الأساليب الإحصائية وخوارزميات الذكاء الاصطناعي، بما في ذلك التعلم المراقب، التعلم غير المراقب، والتعلم التعزيزي. تم جمع البيانات النوعية من خلال مقابلات شبه منظمة، مجموعات التركيز، والملاحظات الميدانية، مما وفر فهماً دقيقاً للتحديات العملية والفوائد لتطبيقات الذكاء الاصطناعي في إدارة المرور.

### • النتائج الرئيسية:

تؤكد نتائج الدراسة الإمكانات الكبيرة لأنظمة إدارة المرور المدفوعة بالذكاء الاصطناعي في تحويل التنقل الحضري في الرياض:

- التنبؤ المروري والإدارة: أظهرت نماذج الذكاء الاصطناعي دقة عالية في التنبؤ بالازدحام المروري، حيث تفوقت تقنيات التعلم الآلي والشبكات العصبية على الأساليب التقليدية. أدى تحسين إشارات المرور في الوقت الفعلي باستخدام التعلم التعزيزي إلى تقليل كبير في الازدحام وأوقات السفر.
- سلامة الطرق ومنع الحوادث: حسنت تطبيقات الذكاء الاصطناعي سلامة الطرق بشكل كبير من خلال التنبؤ بدقة بالمناطق عالية الخطورة وتحسين إشارات المرور. أسفرت هذه التدخلات عن انخفاض ملحوظ في الحوادث المرورية وتحسين أوقات الاستجابة للطوارئ.
- التأثير البيئي والاستدامة: ساهم تحسين تدفق المرور من خلال تقنيات الذكاء الاصطناعي في تقليل انبعاثات المركبات واستهلاك الوقود. عززت خوارزميات التوجيه الصديقة للبيئة المدفوعة بالذكاء الاصطناعي سلوكيات القيادة المستدامة، مما دعم الأهداف البيئية الأوسع.

○ **تحديات التكامل والتنفيذ:** حددت الدراسة التحديات الرئيسية في دمج الذكاء الاصطناعي في أنظمة إدارة المرور الحالية، بما في ذلك الحاجة إلى ترقية البنية التحتية، مخاوف خصوصية البيانات، وأهمية التعاون بين أصحاب المصلحة. تم اعتبار السياسات والأطر التنظيمية الفعالة ضرورية لتسهيل تبني تقنيات الذكاء الاصطناعي.

○ **حلول شاملة لإدارة المرور بالذكاء الاصطناعي:** أظهرت التطويرات والتحقيق من صحة الحلول الشاملة لإدارة المرور بالذكاء الاصطناعي من خلال نماذج المحاكاة والمشاريع التجريبية فعاليتها وقابليتها للتوسع. وُجد أن هذه الحلول قابلة للتكيف مع السياقات الحضرية المختلفة، مما يجعلها قابلة للتطبيق على نطاق واسع.

#### • التوصيات:

بناءً على النتائج، تم اقتراح عدة توصيات لتعزيز تنفيذ أنظمة إدارة المرور المدفوعة بالذكاء الاصطناعي في الرياض:

○ **الأطر السياسية والتنظيمية:** تطوير سياسات قوية لحماية خصوصية البيانات، وضع معايير للذكاء الاصطناعي، وتقديم حوافز لتبني الذكاء الاصطناعي. تعزيز الرقابة التنظيمية من خلال هيئات مخصصة ومراجعات دورية.

○ **تطوير البنية التحتية:** الاستثمار في شبكات المستشعرات المتقدمة، مرافق الحوسبة عالية الأداء، وتحسين الاتصال الشبكي لدعم تطبيقات الذكاء الاصطناعي.

○ **التدابير التقنية والتشغيلية:** تخصيص نماذج الذكاء الاصطناعي للظروف المحلية، تعزيز التعاون بين التخصصات، وتنفيذ مشاريع تجريبية للتوسع التدريجي.

○ **التعاون مع أصحاب المصلحة ومشاركة الجمهور:** تعزيز الشراكات متعددة الأطراف، إجراء حملات توعية عامة، وتطوير برامج تعليمية لبناء المعرفة والقبول لتقنيات الذكاء الاصطناعي.

○ **التنمية الحضرية المستدامة:** دمج إدارة المرور المدفوعة بالذكاء الاصطناعي مع مبادرات التخطيط الحضري الأوسع، تعزيز النقل الصديق للبيئة، وإنشاء آليات للرصد والتقييم المستمر.

- **المساهمات والاتجاهات المستقبلية:**

تساهم هذه الدراسة في الخطاب الأكاديمي والعملي حول أنظمة النقل الذكية من خلال تقديم أدلة عملية ورؤى قابلة للتنفيذ حول تطبيق الذكاء الاصطناعي في إدارة المرور. تبرز الدراسة الإمكانيات التحويلية للذكاء الاصطناعي في تحسين التنقل الحضري، تعزيز سلامة الطرق، ودعم الاستدامة البيئية.

يجب أن يركز البحث المستقبلي على تحسين نماذج الذكاء الاصطناعي، استكشاف تطبيقات جديدة مثل المركبات الذاتية القيادة وتكاملات المدن الذكية، ومعالجة التحديات الناشئة المتعلقة بخصوصية البيانات وقبول الجمهور. ستكون الابتكار المستمر والتعاون بين أصحاب المصلحة أساسيين لتحقيق الإمكانيات الكاملة لأنظمة إدارة المرور المدفوعة بالذكاء الاصطناعي.

Midocean University

College of Management

Specialization in General Administration



## **Applying Artificial Intelligence Techniques to Improve Traffic Flow and Alleviate Road Congestion**

Prepared by:

Abdulaziz Jaber M Alfaifi

Dhari Abdullah Altimyat

Supervised by:

Dr. Faisal Abdul Hamid

Dr. Fayez Jarad

Year:2024