بحدك بعنوان

"التكامل التشريعي والتقني لأنظمة النقل الذكي" (المركبات ذاتية

القيادة نموذجاً) دراسة مقارنة في مصر والسعودية والإمارات"

Integration of Intelligent Transport Systems with
Autonomous Vehicles Towards a More Efficient and
Sustainable Future

الدكتور

محمد رمزي محمود لاشين

مدرس

بكلية الشرطة .كلية الدراسات العليا

المخلص

يشهد العالم المعاصر تحولًا نوعيًا في أنماط النقل نتيجة الثورة الرقمية وتطور تقنيات الذكاء الاصطناعي، حيث أصبح النقل الذكي والمركبات ذاتية القيادة أحد أبرز ملامح هذا التحول. في ظل التحديات المتزايدة التي تواجه أنظمة النقل التقليدية مثل الازدحام المروري، التلوث البيئي، انخفاض كفاءة البنية التحتية، وارتفاع معدلات الحوادث بات الاتجاه نحو دمج الحلول التكنولوجية الحديثة في قطاع النقل ضرورة استراتيجية وليست خيارًا ترفهياً. ومن هذا المنطلق، تركز هذه الدراسة على تحليل الإطارين النظري والتقني لأنظمة النقل الذكية والمركبات ذاتية القيادة، واستكشاف فرص التكامل بينهما بما يعزز من كفاءة النقل ويخدم أهداف الاستدامة البيئية والاقتصادية، لا سيما في السياق المصري الذي يشهد جهودًا حثيثة لمواكبة التحولات العالمية في هذا المجال. تهدف الدراسة إلى بناء فهم علمي متكامل يربط بين النظرية والتطبيق، وتقديم توصيات تدعم صنّاع القرار في رسم سياسات نقل ذكية تواكب طموحات التنمية المستدامة. أسفرت الدراسة عن عدد من النتائج الجوهرية، أبرزها أن التكامل بين أنظمة النقل الذكي والمركبات ذاتية القيادة يُمثل حجر الزاوية في تطوير منظومة النقل في مصر، حيث يسهم هذا التكامل المدعوم بالذكاء الاصطناعي في تعزيز كفاءة السلامة المرورية وتقليل الحوادث وتحقيق انسيابية أفضل للحركة داخل المدن. وقد تبين أن نجاح هذا النموذج يتطلب بنية تحتية ذكية مترابطة، تشمل إشارات مرورية متطورة وشبكات اتصال عالية السرعة، إلى جانب إطار تشريعي محدث يواكب التطورات التقنية. كما أظهرت النتائج أن لهذا التكامل آثارًا إيجابية بيئية واقتصادية تدعم أهداف التنمية المستدامة ضمن رؤية مصر ٢٠٣٠.

Abstract

The contemporary world is witnessing a profound transformation in transportation patterns, driven by the digital revolution and the rapid advancement of artificial intelligence technologies.

Intelligent Transport Systems (ITS) and autonomous vehicles have emerged as key features of this transformation. In light of the growing challenges facing traditional transportation systems—such as traffic congestion, environmental pollution, declining infrastructure efficiency, and rising accident rates—the integration of modern technological solutions into the transport sector has become a strategic necessity rather than a luxury.

Against this backdrop, the present study focuses on analyzing the theoretical and technical foundations of intelligent transport systems and autonomous vehicles, and explores the potential for integration between them in a way that enhances transport efficiency and supports environmental and economic sustainability goals. This is particularly relevant in the Egyptian context, where there are increasing efforts to keep pace with global developments in this field.

The first chapter of the study addresses the theoretical and technical dimensions by tracing the global evolution of ITS, identifying their key components, and analyzing the structure of autonomous vehicles in terms of concepts, operational levels, and AI-based mechanisms. The second chapter examines the impact of integrating these systems, highlighting how intelligent transport technologies can enhance the performance of autonomous vehicles and improve road safety, while reviewing leading technological applications in the sector.

Additionally, the research analyzes the environmental and economic implications of this integration, concluding with a diagnosis of the legal and technical challenges facing the implementation of such systems in Egypt. The study ultimately aims to build a comprehensive scientific understanding that bridges theory and practice, and to offer recommendations that support policymakers in formulating smart transport policies aligned with the ambitions of sustainable development.

المقدمة

شهد قطاع النقل العالمي في العقود الأخيرة تطوراً ملحوظاً مع ظهور تقنيات الذكاء الاصطناعي^(١) وإنترنت الأشياء مما أدى إلى إدخال أنظمة النقل الذكي (Intelligent transportation systems) والمركبات ذاتية القيادة (Autonomous vehicles) كجزء أساسي من استراتيجية المدن الذكية تعتمد هذه التقنيات على التكامل بين البيانات والتحكم الذكي، والاتصال الفوري بين المركبات والبنية التحتية المرورية، مما يساهم في تحسين كفاءة النقل وتقليل الحوادث والانبعاثات الكربونية.

وفي هذا السياق، تسعى مصر إلى الاستفادة من هذه التطورات ضمن رؤيتها للتحويل الرقمي والتنمية المستدامة من خلال تبني حلول متقدمة تعالج تحديات النقل التقليدية مثل الازدحام المروري، وتأثيرات التوسع العمراني وتكاليف التشغيل المرتفعة لأنظمة النقل العام.

إن تكامل أنظمة النقل الذكي مع المركبات ذاتية القيادة يعد خطوة جوهرية نحو تطوير بيئة نقل أكثر كفاءة وأماناً. فالمركبات ذاتية القيادة تعتمد على تقنيات متطورة مثل الذكاء الاصطناعي، وأجهزة الاستشعار المتقدمة وأنظمة الاتصالات اللاسلكية^(٢)، مما يمكنها التفاعل مع البيئة المحيطة واتخاذ قرارات فورية لتحسين تدفق

^(١) الذكاء الاصطناعي يتكون من كلمتين هما الذكاء وكلمة الاصطناعي ولكل منهما معنى، فالذكاء حسب قاموس "Webster" هو القدرة على فهم الظروف أو الحالات الجديدة والمتغيرة. أما كلمة الصناعي أو اصطناعي ترتبط بالعقل يصنع أو يصطنع وبالتالي تطوع الكلمة على كل الأشياء التي تنشأ نتيجة النشاط أو الفعل الذي يتم من خلال اصطناع وتشكيل الأشياء تمييزاً عن الأشياء الموجودة بالفعل والمولدة بصورة طبيعية من دون تدخل الإنسان.

تاريخ الزيارة ٢٠٢٥/٢/١. <https://www.mertiam-webster.com>

^(٢) محمد عبدالعاطي، مقال بالمجلة الدولية للهندسة المتقدمة وعلوم الأعمال، المجلد (٥)، العدد ١ فبراير ٢٠٢٤م، ص ٤٩.

الحركة المرورية، فإن تقنيات الاتصال بين المركبات (V2V Vehicle-to-Vehicle) وبين المركبات والبنية التحتية (V2I Vehicle-to-Infrastructure) تساهم في تحسين إدارة المرور، وتقليل الازدحام والحد من الحوادث الناجمة من الأخطاء البشرية، التي تعد أحد الأسباب الرئيسية لحوادث الطرق في مصر.

في السياق المصري يمثل هذا التكامل تحدياً وفرصة في أن واحد فمن ناحية، يتطلب التنفيذ الناجح لهذه التقنيات استثمارات ضخمة في تطوير البنية التحتية الذكية بما في ذلك شبكات الاتصالات المتقدمة، ونظم إدارة البيانات الضخمة ومراكز التحكم المروري الذكية.

أولاً: مشكلة الدراسة:

تواجه مصر تحديات كبيرة في دمج المركبات ذاتية القيادة ضمن أنظمة النقل الذكي بسبب نقص البنية التحتية الرقمية، وغياب الأطر التشريعية الملائمة، وصعوبة التكامل مع وسائل النقل التقليدية، إضافة إلى التكلفة العالية والتحديات الاقتصادية. كما يمثل النقص المجتمعي والثقافة المرورية عائقاً أمام اعتماد هذه التقنيات مما يستدعي تطوير التشريعات، وتعزيز الاستثمارات في البنية التحتية، ورفع الوعي المجتمعي لضمان نجاح هذا التكامل وتحقيق نظام نقل أكثر كفاءة واستدامة.

ثانياً: أهداف البحث:

يهدف هذا البحث إلى دراسة تكامل أنظمة النقل الذكي مع المركبات ذاتية القيادة في مصر وذلك من خلال تحقيق الأهداف التالية:

- ١- تحليل جاهزية البنية التحتية الرقمية في مصر لدعم تشغيل المركبات ذاتية القيادة، وتحديد المتطلبات اللازمة لتطويرها.

٢- تقييم الأطر التشريعية والتنظيمية الحالية واقتراح تعديلات لضمان تكيفها مع التقنيات الحديثة في النقل.

٣- دراسة إمكانية التكامل بين المركبات ذاتية القيادة وأنظمة النقل العام وتحديد التحديات والحلول المقترحة لضمان تشغيل سلس وفعال.

٤- قياس مدى تقبل المجتمع لهذه التقنيات من خلال دراسة العوامل المؤثرة على سلوك الأفراد والسائقين تجاه المركبات ذاتية القيادة.

٥- اقتراح استراتيجيات لتسهيل التحول نحو أنظمة أكثر ذكاء تشمل تحسين البنية التحتية وتطوير التشريعات وتعزيز الوعي المجتمعي بأهمية هذه التكنولوجيا.

ثالثاً: أهمية البحث:

يكتسب هذا البحث أهمية كبيرة في ظل التوجه العالمي نحو التحول الرقمي في قطاع النقل، حيث يساهم في تقييم مدى جاهزية مصر لتكامل المركبات ذاتية القيادة مع أنظمة النقل الذكي، مما يساعد في تحسين كفاءة المرور وتقليل الحوادث الناجمة عن الأخطاء البشرية. كما يسلط البحث الضوء على التحديات التي تواجه هذا التكامل سواء من حيث البنية التحتية، والتشريعات، والتكلفة الاقتصادية، والتقبل المجتمعي، مما يوفر أساساً علمياً لصناع القرار لوضع سياسات تدعم تبني هذه التقنيات. بالإضافة إلى ذلك يمكن أن يساعد البحث في تعزيز استدامة قطاع النقل من خلال تقليل الانبعاثات وتحسين استغلال الموارد. مما ينعكس إيجابياً على الاقتصاد والبيئة.

رابعاً: منهج البحث:

يعتمد هذا البحث على المنهج الوصفي والمنهج التحليلي والمنهج المقارن لدراسة تكامل أنظمة النقل الذكي مع المركبات ذاتية القيادة في مصر. يتم ذلك من خلال وصف الواقع الحالي للبنية التحتية والتشريعات ومدى جاهزية الدولة لتطبيق هذه

التقنيات، ثم تحليل التحديات والفرص المرتبطة بتكامل المركبات ذاتية القيادة مع منظومة النقل الذكي.

خامساً: خطة الدراسة:

تم تقسيم خطة الدراسة في هذا البحث إلى مبحثين يتضمن المبحث الأول: الأسس النظرية والتقنية للنقل الذكي والمركبات ذاتية القيادة وتم تقسيمه إلى مطلب أول جاء بعنوان أنظمة النقل الذكي واشتمل على فرعين الأول مراحل تطور أنظمة النقل الذكي عالمياً والثاني تعريف أنظمة النقل الذكي ومكوناتها الرئيسية.

أما المطلب الثاني بعنوان المركبات ذاتية القيادة واشتمل على فرعين الأول الذكاء الاصطناعي في المركبات ذاتية القيادة والثاني فوائد المركبات ذاتية القيادة،

وبالنسبة للمبحث الثاني: تأثير تكامل أنظمة النقل الذكي مع المركبات ذاتية القيادة على كفاءة واستدامة النقل واشتمل المبحث على مطلبين جاء الأول دور أنظمة النقل الذكي في دعم المركبات ذاتية القيادة واشتمل على فرعين الأول كيفية تحسين السلامة المرورية من خلال التكامل بين التقنيات الذكية والمركبات المستقلة والثاني التطبيقات التكنولوجية في مجال النقل وجاء بالمطلب الثاني الأثر البيئي والاقتصادي والتحديات المستقبلية واشتمل على فرعين الأول آثار تطبيق منظومة النقل الذكي عن الاقتصاد والبيئة والثاني التحديات القانونية والتقنية أمام تكامل أنظمة النقل الذكي مع المركبات ذاتية القيادة.

المبحث الأول

الأسس النظرية والتقنية للنقل الذكي والمركبات ذاتية القيادة

تمهيد وتقسيم:

مع التطور السريع في تقنيات الذكاء الاصطناعي وإنترنت الأشياء أصبح مفهوم النقل الذكي والمركبات ذاتية القيادة أحد أهم المحاور في تحسين أنظمة المواصلات الحضرية وتقليل الازدحام المروري والحد من الحوادث. يعتمد النقل الذكي على تكامل البيئة التحتية الرقمية مع الأنظمة الميكانيكية الإلكترونية، مما يتيح تحليلاً فورياً للبيانات واتخاذ قرارات أكثر كفاءة.

تعتمد المركبات ذاتية القيادة على مزيج من الليدارات⁽¹⁾، وأجهزة الاستشعار وتقنيات التعلم الآلي مما يمكنها التنقل دون تدخل بشري مستندة إلى بيانات دقيقة من الخرائط ثلاثية الأبعاد وهي خرائط رقمية تحتوي على معلومات مجسمة وواقعية عن الطرق والمعالم والبيئة المحيطة، بما في ذلك الارتفاعات والأبعاد والمسافات، ما يُمكن المركبة من «رؤية» الطريق والبيئة بدقة أكبر مقارنة بالخرائط التقليدية المسطحة. وأنظمة تحديد المواقع (GPS).

وبناء على ما سبق طرحه، سوف نقسم هذا المبحث إلى مطلبين على النحو

التالي:

المطلب الأول: أنظمة النقل الذكي.

المطلب الثاني: المركبات ذاتية القيادة.

⁽¹⁾ الليدار (Lidar)، هو تحديد المدى عن طريق الضوء أو الليزر ولا تستخدم موجات الراديو مثل الرادار فهي دقة عالية جداً في تحديد الأجسام والمسافات مما يسمح ببناء خرائط ثلاثية الأبعاد تفصيلية.

<https://ar.wikipedia.org/wiki/ليدار>

المطلب الأول أنظمة النقل الذكي

تشكل أنظمة النقل الذكي ثورة في مجال المواصلات، حيث تعتمد على التكنولوجيا الرقمية والتكامل بين الأنظمة الذكية والبنية التحتية لتحسين حركة المرور وتقليل الحوادث والانبعاثات، وتستخدم هذه الأنظمة الذكاء الاصطناعي، إنترنت الأشياء، تحليل البيانات الضخمة لتطوير حلول متقدمة، مثل الإدارة الذكية لحركة المرور، وتحديث أنظمة النقل العام، وتعزيز الاعتماد على المركبات ذاتية القيادة مما يسهم في تحقيق نقل أكثر كفاءة واستدامة.

وبناء على ما سبق طرحه سوف نقسم هذا المطلب إلى فرعين على النحو

التالي:

الفرع الأول: مراحل تطور أنظمة النقل الذكي عالمياً.

الفرع الثاني: تعريف أنظمة النقل الذكي ومكوناتها الرئيسية.

الفرع الأول

مراحل تطور أنظمة النقل الذكي عالمياً

مراحل تطور أنظمة النقل الذكي (ITS Intelligent Transportation Systems):

تطورت أنظمة النقل الذكي (ITS)، عبر مراحل متعددة منذ سبعينيات القرن الماضي وحتى يومنا هذا، حيث شهدت هذه الفترة تطورات كبيرة في التكنولوجيا والبنية التحتية للنقل، مما ساهم في تحسين كفاءة أنظمة المرور وإدارة النقل على مستوى العالم، يمكن تقسيم هذه المراحل إلى أربع مراحل رئيسية:

المرحلة الأولى: البدايات المبكرة (السبعينيات والثمانينيات) (١):

- التركيز: شهدت هذه الفترة بداية الاهتمام بتطوير أنظمة بسيطة لإدارة حركة المرور، مثل إشارات المرور الضوئية المؤقتة وأجهزة استشعار لمراقبة تدفق المرور.
- التقنيات: تم استخدام أجهزة استشعار مغناطيسية وكاميرات بدائية.
- الدور: تحسين تدفق المرور في المناطق الحضرية المزدحمة وتقليل الازدحام في نقاط محددة.

أبرز المشاريع والتجارب خلال هذه المرحلة:

- ألمانيا: ١٩٧٤م قدمت ألمانيا نظام البث الإذاعي للطرق السريعة (Autogahrer Rundfunk Informations System - ARI)، الذي يعتمد على موجات FM لتقديم معلومات مرورية في الوقت الفعلي، مما ساعد في تخفيف الازدحام على الطرق السريعة خلال فترات الذروة والعطلات الصيفية^(٢).
- الولايات المتحدة: بدأت الحكومة الأمريكية في تمويل مشروع نظام الملاحة والتوجيه داخل المركبات (Electronic Route Guidance System - ERGS)، والذي كان جزءاً من الأبحاث المبكرة في مجال

(١) أحمد محمود، رسالة ماجستير بعنوان "تطوير أنظمة إدارة المرور في المدن الكبرى"، كلية الهندسة، جامعة القاهرة، ١٩٨٨م، ص ٢٢.

(٢) يعتمد هذا النظام على تقنية تغيير التردد الصوتي داخل نطاق البث الإذاعي التقليدي لإرسال تحذيرات مرورية دون التأثير على بث البرامج العادية.

<https://en.wikipedia.org/wiki/autofahrer-rundfunk-informations-system>.

النقل الذكي، حيث سعى إلى تطوير حلول توجيه تعتمد على المعالجة الحاسوبية المركزية^(١).

ورغم أن جميع هذه المشاريع ركزت على توجيه المركبات وإدارة المرور، إلا أنها كانت تعتمد على بنى تحتية ضخمة للمعالجة المركزية، مما حد من إمكانية تطبيقها على نطاق واسع في ذلك الوقت نظراً للقيود التقنية المتاحة.

المرحلة الثانية: التوسع في التكنولوجيا (التسعينيات) (٢):

- التركيز: تم تطوير أنظمة أكثر تطوراً تعتمد على تقنيات المعلومات والاتصالات.

- التقنيات:

- أنظمة تحديد المواقع العالمية (GPS).
- أنظمة إدارة المرور المركزية.
- أنظمة المعلومات للمسافرين (مثل لوحات المعلومات الإلكترونية).

- الدور:

- تحسين تخطيط الرحلات وتقليل وقت السفر.
- توفير معلومات في الوقت الفعلي للسائقين حول حالة الطرق.

أهم المشاريع والمبادرات خلال هذه الفترة:

(1) Johnson, M. "the history of intelligent transport system in the united states, Washington, D.C, National transport, press, 1983, p.76.

(2) محمد على، رسالة دكتوراه بعنوان "تأثير أنظمة المعلومات على كفاءة النقل في المدن الذكية"، كلية الهندسة، جامعة الإسكندرية، ١٩٩٩م، ص ٥٦.

فى أوروبا:

برنامج (Prometheus, 1986) أطلقه مجموعة من مصنعى السيارات الأوروبيين ضمن برنامج (Eureka)، وهدفه تطوير أنظمة نقل أكثر كفاءة وأماناً من خلال دمج التكنولوجيا الحديثة^(١).

تأسيس منظمة (European Road transport telematics)
1991 - ERTICO (implementation coordination organization) أنشأها
الاتحاد الأوروبي كمنظمة شراكة بين القطاعين العام والخاص لتعزيز نشر أنظمة النقل الذكى، مما ساعد فى تسريع عملية تبنى هذه الأنظمة فى مختلف دول أوروبا^(٢).
فى الولايات المتحدة^(٣):

تأسيس (Mobility 2000, 1989) كانت مجموعة بحثية تهدف إلى تطوير حلول للنقل الذكى، وساهمت لاحقاً فى تأسيس (Intelligent vehicle highway)
1990 (systems america, IVHS America,) التى أصبحت فيما بعد هيئة استشارية لوزارة النقل الأمريكية.

إنشاء (Intelligent transportation society of America, ITS)
1991 (America) كمنظمة غير ربحية تهدف إلى تعزيز استخدام التكنولوجيا فى أنظمة النقل من خلال البحث والتطوير وتوفير الإرشادات للجهات المعنية.

(1) Programme for european traffic with highest efficiency and unprecedented safety.

Muller, H “the Prometheus project: pioneering intelligent transport system in Europe, Berlin: European transport research”, press, 1996, p.145.

(2) Backer, R. “pioneering projects in European transport innovation Brussels, European innovation press, 2015, p.98.

(3) White, L. “pioneering projects in us transport innovation Chicago: urban mobility publication”, 2010, p.92.

المرحلة الثالثة: التكامل والذكاء الاصطناعي (الألفية الجديدة) (١):

- التركيز: بدأ التكامل بين أنظمة النقل المختلفة واستخدام الذكاء الاصطناعي لتحليل البيانات.

- التقنيات:

○ أنظمة النقل الذكية المتكاملة (مثل إدارة المرور الذكية، أنظمة النقل العام الذكية).

○ استخدام البيانات الضخمة وتحليلها لتحسين تدفق المرور.

○ تطبيقات الهواتف الذكية لتوجيه السائقين.

- الدور:

○ تحسين كفاءة استخدام البنية التحتية للطرق.

○ تقليل الحوادث المرورية من خلال أنظمة الإنذار المبكر.

أبرز التطورات خلال هذه المرحلة^(٢):

- ١٩٩٤م تم الاعتراف رسمياً بمصطلح أنظمة النقل الذكي (ITS) خلال المؤتمر العالمي الأول لأنظمة النقل الذكي في باريس.

- الاتحاد الأوروبي (١٩٩٤-١٩٩٨م) دعم تطوير تقنيات التليماتية في النقل من خلال البرنامج الإطاري الرابع للاتحاد الأوروبي.

(١) خالد سعيد، الذكاء الاصطناعي وتطبيقاته في النقل الذكي، دار النشر العربية، القاهرة، ٢٠١٠م، ص ٨٩.

(2) Fischer, L. "the integration of its in European transport police: A case study of Galileo university of Stuttgart, department of transportation engineering", 2012, p.65.

- الاتحاد الأوروبي (٢٠٠١-٢٠١٠م) دمجت أنظمة (ITS) ضمن السياسة الأوروبية المشتركة للنقل، مع إطلاق مشاريع لتعزيز التكامل مع نظام (Galileo) للملاحة عبر الأقمار الصناعية، مما ساهم في تحسين دقة أنظمة الملاحة وتوجيه المركبات.

المرحلة الرابعة: المركبات المتصلة والذاتية القيادة (العقد الحالي) (١):

- التركيز: التركيز على المركبات المتصلة (Connected Vehicles) والمركبات ذاتية القيادة (Autonomous Vehicles).

- التقنيات:

○ اتصال المركبات مع بعضها البعض ومع البنية التحتية للطرق (V2V) و(V2I).

○ استخدام الذكاء الاصطناعي المتقدم والتعلم العميق.
○ أنظمة النقل المشتركة الذكية

- الدور:

○ تقليل الازدحام من خلال التنسيق بين المركبات.
○ تحسين السلامة من خلال أنظمة تجنب الحوادث.
○ تقليل الانبعاثات من خلال تحسين كفاءة الوقود.

(١) سارة عبدالله، رسالة ماجستير بعنوان "تحديات دمج المركبات ذاتية القيادة في النقل الذكي"، كلية الهندسة، جامعة عين شمس، ٢٠٢١م، ص ٦٧.

المرحلة المستقبلية: النقل الذكي المتكامل مع المدن الذكية (١):

- التركيز: دمج أنظمة النقل الذكي مع المدن الذكية لإنشاء نظام نقل مستدام وفعال.

- التقنيات:

- إنترنت الأشياء (IOT) لمراقبة وإدارة حركة المرور.
- استخدام الطاقة النظيفة في وسائل النقل.
- أنظمة النقل العام الذكية والمشاركة.

- الدور:

- تحقيق استدامة بيئية من خلال تقليل الانبعاثات.
- تحسين جودة الحياة في المدن من خلال تقليل الازدحام وتوفير وقت السفر.

الفرع الثاني

تعريف أنظمة النقل الذكي ومكوناتها الرئيسية

يشهد العالم اليوم تطوراً متسارعاً في قطاع النقل والمرور بفضل التطورات التكنولوجية الحديثة، وأصبح استخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي، وإنترنت الأشياء، والاتصالات الرقمية أمراً ضرورياً لمواجهة التحديات المرتبطة بزيادة أعداد المركبات، والازدحام المروري، والحاجة إلى تحسين السلامة المرورية، وبرز مفهوم أنظمة النقل الذكية (ITS) كإطار شامل يعزز كفاءة أنظمة النقل من خلال تطبيق التكنولوجيا المتقدمة في إدارة البنية التحتية المرورية.

(١) على حسن، التكامل بين النقل الذكي والمدن الذكية، دار العلم للنشر، القاهرة، ٢٠٢٣م،

مع ازدياد الاهتمام بالاستدامة وتقليل الانبعاثات الكربونية، بات من الضروري تطوير حلول مبتكرة تسهم في تحسين إدارة المرور وتقليل الحوادث وتعزيز كفاءة النقل العام، ومن هذا المنطلق تلعب أنظمة النقل الذكية دوراً محورياً في تحقيق هذه الأهداف، حيث تعتمد على تقنيات متطورة لجمع وتحليل البيانات واتخاذ قرارات آنية تسهم في تحسين تجربة المستخدمين وضمان بيئة نقل أكثر أماناً واستدامة.

أولاً: تعريف أنظمة النقل الذكية:

أنظمة النقل الذكية هي التطبيق الموسع لتكنولوجيا المعلومات والاتصالات في إدارة النقل لتحسين الأمان والكفاءة والاستدامة⁽¹⁾، وهي تعتمد على استخدام تقنيات الحاسب الآلي والإلكترونيات والاتصالات والتحكم لمواجهة التحديات في النقل البري⁽²⁾، مثل تحسين مستويات السلامة والإنتاجية والتنقل، رغم الازدحام المتزايد ونقص الميزانيات المخصصة للنقل.

ويرى الباحث أن أنظمة النقل الذكية تعد بمثابة تحول رقمي ضروري في قطاع النقل، حيث تساعد على تحسين جودة الخدمات المرورية وتخفيف الضغط على البنية التحتية الحالية، مما يسهم في تحقيق نقل أكثر كفاءة واستدامة.

ثانياً: مكونات أنظمة النقل الذكية:

تشمل أنظمة النقل الذكية عدة مكونات رئيسية تعمل معاً لتحقيق الأهداف المرجوة⁽³⁾:

(1) Sumit Ghosh, "intelligent transportation systems smart and green infrastructure design" CRC, press, 2018, pp.45-50.

(2) د. على الطنحاني، التحول الرقمي في النقل، نظم النقل الذكية، دار العلم للملايين، بيروت، لبنان، ٢٠١٨م، ص ٨٢.

(3) محمد الخالدي، تقنيات النقل الذكي وتطبيقاتها، دار اليازوري العلمية، ٢٠١٧م، ص ٣٠-٥٠.

١- أجهزة الاستشعار والمراقبة (١):

- كاميرات المراقبة: لمتابعة الحالة المرورية، تسجيل الحوادث، ورصد سلوكيات القيادة.
- أجهزة استشعار الطرق: تقيس عدد المركبات، سرعتها، وأوزانها، مما يساعد في تحسين إدارة الطرق وتحديد أولويات الصيانة.
- أجهزة استشعار الطقس: تقدم بيانات دقيقة عن الظروف الجوية مثل الحرارة والرطوبة والضباب، مما يساعد في تكييف استراتيجيات النقل مع الظروف المتغيرة.

٢- أنظمة الاتصال (٢):

- اتصال المركبة بالمركبة: (Vehicle To Vehicle – V2V) يسمح بتبادل البيانات بين المركبات لتحذير السائقين من المخاطر المحتملة.
- اتصال المركبة بالبنية التحتية: (Vehicle To Infrastructure – V2I) يتيح تبادل المعلومات بين المركبات وعناصر البنية التحتية، مثل الإشارات الضوئية.

٣- أنظمة إدارة المرور:

- إشارات المرور الذكية: تتكيف مع الظروف المرورية الفعلية لتحسين تدفق المرور.
- أنظمة توجيه المرور: توفر معلومات حية للسائقين حول أفضل الطرق لاستخدامها بناء على الظروف الحالية.

(1) Mahamed Abdullah, “the role of iot in smart transportation science and application”, 2022, pp.5-10.

(2) نادية النجار، مقال بعنوان "أنظمة النقل الذكية" الأسس والتطبيقات، جامعة القاهرة، ٢٠١٨م، ص٤٥-٥٠.

٤- نظم المعلومات الجغرافية وتحليل البيانات (١):

- نظم المعلومات الجغرافية (GIS): تستخدم لمعالجة وتحليل البيانات الجغرافية والمكانية للمساعدة في التخطيط المروري.
- تحليلات البيانات الضخمة: تجمع البيانات من مصادر متعددة للكشف عن أنماط المرور وتحسين الاستراتيجيات العامة لإدارة النقل.

٥- أنظمة الدفع والتذاكر الإلكترونية:

- أنظمة التذاكر الإلكترونية: تمكن الركاب من شراء التذاكر واستخدامها عبر الهواتف الذكية أو البطاقات الذكية.
- أنظمة الدفع الإلكترونية: تستخدم في تحصيل رسوم الطرق السريعة والجسور دون الحاجة إلى التوقف.

٦- مراكز التحكم والتوجيه:

- مراكز التحكم المروري: تستخدم أنظمة تحليل لمراقبة حركة المرور وتنظيم الاستجابة للحوادث والطوارئ.
- أنظمة الاستجابة للطوارئ: تسهم في التنسيق الفعال لخدمات الشرطة والإسعاف والإطفاء لضمان سرعة الاستجابة في حالات الحوادث.

٧- تطبيقات المستخدم وخدمات البيانات:

- تطبيقات الملاحة والتوجيه: توفر معلومات دقيقة للسائقين حول الطرق والتوجيهات بناء على البيانات الحية.
- تحليلات البيانات المرورية: تستخدم لدعم التخطيط وتحسين إدارة النقل.

(1) "Evaluating the benefits of intelligent transportation systems", in the journal of transportation engineering, 2018.

٨- التقنيات المتقدمة والمركبات الذكية(١):

- المركبات ذاتية القيادة: تعتمد على الرادار والليزر للتنقل بأمان دون تدخل السائق.
- المركبات الكهربائية والهجينة: تدعم الجهود البيئية بتقليل الانبعاثات واستهلاك الطاقة.

(1) Technologies driving intelligent transportation systems, “in IEEE transactions on intelligent transportation systems” 2019, Discusses advanced technologies in its, including sensors and communication networks, pp. 160-180.

المطلب الثانى

المركبات ذاتية القيادة

تعد المركبات ذاتية القيادة من أهم التطورات التكنولوجية فى مجال النقل، حيث تمثل ثورة فى كيفية تنقل الأفراد والبضائع، تعتمد هذه المركبات على أنظمة ذكية تدمج بين الذكاء الاصطناعى، وأجهزة الاستشعار وتقنيات الاتصال المتقدمة، مما يتيح بها القدرة على القيادة دون تدخل بشرى ويهدف تطوير هذه المركبات إلى تحسين السلامة المرورية وتقليل الازدحام وخفض استهلاك الوقود مما يجعلها عنصراً أساسياً فى مستقبل أنظمة النقل الذكية.

وبناء على ما سبق طرحه سوف نقسم هذا المطلب إلى فرعين على النحو

التالى:

الفرع الأول: الذكاء الاصطناعى فى المركبات ذاتية القيادة، المفاهيم، المستويات، آليات العمل.

الفرع الثانى: متطلبات البنية التحتية الداعمة للمركبات ذاتية القيادة.

الفرع الأول

أصبحت التقنيات الرقمية حقيقة واقعة فى عصرنا الحالى، وستصير مع مرور الزمن جزءاً من واقعنا، وأداة فاعلة فى عالمنا المحيط، وستتولد عنها فى المستقبل كثير من القضايا الفقهية والقانونية التى يجب على العلماء والمتخصصين تنظيمها وتفصيل أحكامها، دعماً للقيادة المؤتمتة والمساعدات الرقمية - نقلة من أنظمة الحواسيب السحابية إلى أنظمة مدمجة فى السيارات فى شكل معالجات أقوى وشبكات محسنة للمركبات، ومن أمثلة هذه التقنيات:

أولاً: السيارات ذاتية القيادة:

تعنى السيارات المستقلة (Autonomous Vehicles - AV)، تلك المركبات المسيرة على الطرق البرية التي تتمتع بالقدرة على القيادة دون تدخل من المستخدم البشري، وقد عرفتها قوانين بعض الولايات المتحدة الأمريكية التي وضعت مؤخراً لتنظيم المركبات المستقلة، كقانون ولاية نيفادا سنة ٢٠١١م، وقانون المركبات لولاية فلوريدا سنة ٢٠١٢م، عرفتها بأنها "مركبات لديها القدرة على القيادة الذاتية دون أن يتحكم بها أو يراقب عملها مشغل بشري"^(١).

حيث يتولى نظام القيادة الآلى فيها المسؤولية الكاملة عن جميع وظائف المركبة، على عكس السيارات التقليدية التي يتم التحكم فيها من خلال السائق البشري تحكماً كلياً، ويكون هو المسئول مسؤولية كاملة عن قيادتها، وذلك عن طريق تكنولوجيا الأتمتة، وهي تكنولوجيا واسعة التطبيق تمكن من إتمام العمل دون وجود شخص يملئ أو ينفذ التعليمات، وبالنسبة للمركبات المؤتمتة أو ذاتية القيادة، فإن لها دوراً في الحد من الخطأ البشري الذي يؤدي إلى خسائر بشرية ومادية، فضلاً عن تحسين خدمات المرور، وتخفيف الازدحام^(٢).

ولفهم هوية السيارة الذاتية القيادة وتصور طريقة عملها بدقة، يمكن لنا أن نستعين بالتسلسل الهرمي الذي وضعته الإدارة القومية للسلامة المرورية على الطرق السريعة (National Highway Traffic Safety - NHTSA)، لمستويات الأتمتة في المركبات، وأيدته جمعية مهندسي السيارات الدولية (SAE International)، وهو تسلسل يحتوي على خمس مستويات:

(١) جميس أندرسون، وبندي كالرا ستانلي، وبول لورنس، تقنية المركبة المستقلة - ذاتية القيادة، طبع بمؤسسة RAND، كاليفورنيا، ٢٠١٨م، ص ٤١.

(2) Marta transport, "le val, premier metro entierement automatique sans conducteur", accessed on 5 November 2020, available in French.

المستوى صفر (القيادة دون أتمتة): هي مركبات لا تحتوى على رقمنة مطلقاً، وفيها يتحكم السائق البشرى بنفسه تحكماً كلياً على الدوام فى جميع وظائف المركبة أثناء القيادة.

المستوى الأول (مساعدة السائق): هي مركبات يتحمل السائق البشرى فيها المسؤولية الكاملة عن جميع وظائف المركبة، لكن يمكن مساعدته برقمنة وظيفة واحدة من وظائف (التوجيه أو الإسراع) لتعمل آلياً تحت سيطرته ومراقبته، ومثال وظيفة الإسراع: نظام تثبيت السرعة التكيفى، ونظام دعم الفرامل الديناميكية فى حالات الطوارئ (تفادى الاصطدام ومكابح الطوارئ)، ومثال وظيفة التوجيه: نظام المساعدة على الالتزام بمر السير، ونظام التحذير من الانحراف عن ممر السير.. أو غير ذلك من أنظمة القيادة المساعدة.

المستوى الثانى (أتمتة جزئية): هي مركبات يكون السائق البشرى فيها مسئولاً مسؤولية كاملة عن القيادة، لكنها مزودة بمستوى من الرقمنة يسمح للسائق برقمنة وظيفتين أو أكثر من وظائف التوجيه والإسراع، كالنظام المساعد فى الرؤية الجانبية، ونظام المساعدة على الالتزام بمر السير، ونظام التحذير من الانحراف عن ممر السير، ونظام تثبيت السرعة التكيفى، ونظام تفادى الاصطدام.. وغير ذلك من الأنظمة المساعدة، لكن يبقى السائق فى هذا المستوى من المركبات مسئولاً عن رصد الطريق وتشغيل المركبة، ومستعداً فى فترة زمنية قصيرة للتحكم الكامل فى جميع وظائف المركبة، لاحتمال تخلى نظام القيادة المساعد عن السيطرة دون سابق إنذار^(١).

المستوى الثالث (أتمتة القيادة المشروطة): هي مركبات ذاتية القيادة تكون المركبة فيها هي المسئولة مسؤولية كاملة عن القيادة، ومتحكمة تحكماً كلياً فى جميع

(١) بيدى كالرا، وديفيد جروفر، تقنية المركبة المستقلة - ذاتية القيادة، نموذج مؤسسة RAND لسلامة المركبات الممكنة، مؤسسة RAND، كاليفورنيا، ٢٠١٧م، ص ٢-٦.

وظائف المركبة، لكنها قد تطلب التدخل السريع من السائق البشرى حسب الحاجة. وعلى ذلك تكون السيارة قادرة على القيادة من النقطة (أ) إلى النقطة (ب) دون تدخل بشرى من قبل السائق، لكن فقط فى ظروف معينة - وهنا - لايزال للسائق دور، لأنه بحاجة إلى الاستعداد للتدخل فى المواقف الحرجة.

المستوى الرابع (أتمتة عالية): هو مستوى تتمكن فيه المركبة من القيادة الذاتية فى ظروف معينة، ولن تطلب بأى حال من الأحوال التدخل من السائق البشرى، لكن السيارة لن تعمل إلا فى مناطق مسيجة جغرافياً ولن تعمل بالضرورة فى ظروف مناخية معينة.

المستوى الخامس (الأتمتة الكلية): هو أعلى مستوى من مستويات الرقمنة، وفيه تتمكن المركبة من القيادة الذاتية فى جميع الظروف والأحوال، ودون الحاجة إلى التدخل من أى عنصر بشرى مطلقاً، فكل ما على السائق فى هذا المستوى هو تزويد المركبة بوجهة الرحلة فقط، لتتولى المركبة القيادة الكاملة حتى انتهاء الرحلة، ويمكن فى هذا المستوى أن تسير ذاتياً دون أن يستقلها أى راكب على الإطلاق.

ولا تعد المركبة ذاتية القيادة، ولا تدخل فى نطاق المركبات المستقلة (Vehicles Autonomous) إلا إذا كانت من المستوى الثالث فما علاه (٣-٤-٥)، بينما تغد المركبات فى المستوى الثانى فما دون (٠-١-٢) من قبيل المركبات التقليدية^(١)، ويتوقع أنه خلال السنوات القليلة المقبلة سيتم طرح هذه السيارات المستقلة فى الأسواق، وذلك بعد اجتيازها لمراحل التجارب والاختبارات التى تجرى عليها الآن، حيث طورت شركة "جوجل" وحدها أسطولاً من السيارات المستقلة، وبلغ عدد الأميال التى قطعتها سياراتها على الطرقات العامة منذ عام ٢٠١٣م، قرابة نصف المليون ميل

(١) انظر فى ذلك نموذج RAND لسلامة المركبات، ص ٥٨.

(٥٠٠,٠٠٠ ميل)، دون أن يترتب على ذلك أى حادث اصطدام يعزى إلى التقنية^(١)، كما أطلقت بعض الشركات مثل "أوبر" خدمة السيارات ذاتية القيادة فى الولايات المتحدة الأمريكية فى عام ٢٠١٦م مع وجود سائق بشرى خلف المقود تحسباً للظروف الطارئة، كما تطور العديد من شركات صناعة السيارات ذاتية القيادة من المستوى الرابع والخامس التى لا تتطلب وجود سائق بشرى على متنها، الأمر الذى يؤكد قرب طرح هذه السيارات قريباً للمستهلكين، وقرب استحوادها على مكانة رئيسية فى النقل والمواصلات خلال السنوات القليلة المقبلة^(٢).

ثانياً: دور الذكاء الاصطناعى فى النقل (٣):

ظهرت فى الآونة الأخيرة تقنيات جديدة غزت كافة جوانب حياتنا اليومية، لعل أبرزها تطبيقات الذكاء الاصطناعى التى لم يتوقف العلماء يوماً عن تطوير جوانبه فى مختلف مناحى الحياة، وآخر ما توصلوا إليه فى هذا المجال هو إدخال الذكاء الاصطناعى فى صناعة السيارات، فالذكاء الاصطناعى هو التقنية الأساسية للقيادة الذكية من خلال المركبات ذاتية القيادة بشكل شبه كامل بات قريباً، فمع ميزة الملاح الآلى (Auto Pilot) الشهيرة من (تيسلا Tesla)، وسيارة جوجل ذاتية القيادة، وحتى ما يشاع عن سيارة (أبل Apple)، فإن المركبات ذاتية القيادة على وشك أن تصبح جزءاً من حياتنا اليومية^(٤).

(1) Autonomous Systems: issues for defense policymakers, Andrew p. Williams, paul D. Scharre, printed by NATO communication and information agency, pp. 128-129.

(2) Artificial intelligent and the problem of Autonomy, Simon Chesterman, Notre dame journal on emerging technologies, 2020, Vol.1, p.52.

(3) طرق تغيير صناعة النقل باستخدام الذكاء الاصطناعى، مقال منشور على الموقع الإلكتروني التالى:

تاريخ زيارة الموقع ٢٠٢٥/٤/٧م <https://www.aiqom.ai/ar/blogs>

(4) بيدى كالرا، وديفيد جروف، تقنية المركبة المستقلة - ذاتية القيادة، مرجع سابق، ص ٢-٦.

وأصبح النقل ذكياً حيث أصبح الذكاء الاصطناعي أساس العديد من التطورات الجديدة فى هذا المجال. ونتيجة ذلك، أصبح النقل أسرع وأكثر كفاءة وأكثر موثوقية وأماناً، وسوف أوضح الطرق التي يعيد فيها الذكاء الاصطناعي تشكيل صناعة النقل فيما يلي:

١- الذكاء الاصطناعي والمركبات ذاتية القيادة:

يتم تطوير واختبار السيارات ذاتية القيادة من قبل عدد من الشركات المصنعة فى جميع أنحاء العالم بما فى ذلك "تسلا" و"بى أم دبليو"، وباستخدام مزيج من أجهزة الاستشعار، والكاميرات، والذكاء الاصطناعي تتمكن التكنولوجيا من نقل الأشخاص بين الوجهات دون الحاجة إلى سائق.

وأظهرت الأبحاث أنه من المتوقع أن يصل إنتاج السيارات ذاتية القيادة إلى ٨٠٠ ألف وحدة فى جميع أنحاء العالم بين عامى ٢٠٢٣م و٢٠٣٠م، على الرغم من المخاوف بشأن التكنولوجيا وقدرتها على حماية الركاب من المخاطر، توقعت "كيه بى إم جى" أن اعتماد تكنولوجيا المركبات ذاتية القيادة يمكن أن يقلل من تكرار الحوادث بنسبة ٩٠٪ تقريباً^(١).

٢- الذكاء الاصطناعي وإدارة حركة المرور:

يعد الازدحام مشكلة نقل كبيرة يواجهها الكثيرون بشكل يومي، وتم تعيين الذكاء الاصطناعي لحل هذه المشكلة، حيث يمكن من خلال استخدام أنظمة الذكاء الاصطناعي منع الاختناقات المرورية، فالأنظمة الذكية تقوم بمعالجة البيانات المعقدة والتوصية بأفضل مسار للمسافرين.

(١) وفاء محمد أبوالمعاطى صقر، المسؤولية الجنائية عن جرائم الذكاء الاصطناعي - دراسة تحليلية استشرافية، الإسكندرية، دار الجامعة الجديدة، ٢٠٢٤م، ص ٧٠.

وتجمع أجهزة الاستشعار والكاميرات، عند وضعها على الطرق، عدداً كبيراً من تفاصيل حركة المرور، حيث يمكن بعد ذلك إرسال هذه البيانات إلى السحابة وهي خوادم وأنظمة تخزين ومعالجة بيانات تُدار عبر الإنترنت، تسمح بجمع البيانات من أجهزة الاستشعار والكاميرات وتخزينها وتحليلها عن بُعد، بدلاً من تخزينها أو معالجتها محلياً في نفس المكان.، ويتم إجراء تحليل أنماط حركة المرور باستخدام تحليلات البيانات الضخمة ونظام يعمل بالذكاء الاصطناعي، لتتبع المشكلات وتشخيصها في مجالات عدة، ومن بينها حركة المرور، ومن خلال هذا التحليل يمكن تزويد الركاب برؤى ومعلومات قيمة حول تنبؤات حركة المرور أو الحوادث أو انسداد الطرق^(١).

علاوة على ذلك، يمكن لأنظمة الذكاء الاصطناعي استخدام هذه المعلومات لتزويد السائقين بأسرع الطرق إلى وجهاتهم.

٣- التنبؤات باستخدام الذكاء الاصطناعي ورؤية الكمبيوتر:

في صناعة الطيران، تشكل تأخيرات الرحلات مشكلة حقيقية ومكلفة، تبلغ التكاليف التقديرية بسبب تأخر الرحلات (٣٩ مليار دولار أمريكي) في الولايات المتحدة الأمريكية، وفقاً لدراسة أجراها باحثون في جامعة كاليفورنيا، مع دفع الركاب لجزء كبير من الفاتورة، يمكن لمزودي شركات السيارات استخدام الذكاء الاصطناعي لتقليل فرصة حدوث المرور، من خلال الاستفادة من تقنية البيانات ورؤية الكمبيوتر، لتقديم خدمة مميزة للركاب في تقليل أوقات انتظار الركاب وتعزيز تجربة رحلتهم، ويمكن للتقني أن تراقب باستمرار الأحوال الجوية والعوامل الأخرى بهدف تقليل وقت التوقف غير المخطط له. وتعرف السيارات ذاتية القيادة بأنها "مركبة تستخدم مجموعة من

(١) انظر في ذلك الموقع الإلكتروني التالي: <https://www.un.org> تاريخ زيارة الموقع

أجهزة الاستشعار، والكاميرات، والرادار، وتطبيقات الذكاء الاصطناعي فى السيارات للتعامل بين الواجهات بدون مشغل بشري فهى سيارة مستقلة تماماً^(١).

آلية عمل السيارات ذاتية القيادة:

تعتمد تقنية القيادة الذاتية على الكاميرات وأجهزة الاستشعار متعددة الأغراض التى تتعرف بدقة على البيئة، بالإضافة إلى خوارزميات شبكة الكمبيوتر التى تحلل الوضع الحالى بشكل صحيح، وتعمل الكاميرا المثبتة على الزجاج الأمامى، والكاميرا على مرآة الرؤية الجانبية، وأجهزة الاستشعار فوق الصوتية على المصدات الأمامية والخلفية، والرادار بعيد المدى وقصير المدى على اكتشاف حركة الأشياء^(٢).

فجميع الكاميرات وأجهزة الاستشعار متشابكة مثل شبكة العنكبوت، للسماح بالاستجابة بفعالية للخطر من خلال تبادل المعلومات وتحليلها، ومفتاح هذه التقنية هو دمج البيانات من جميع أجهزة الاستشعار والتنبؤ بمثل هذه المواقف مسبقاً وتوقع ما قد يتوقعه للسائق^(٣)، ويتيح التقدم القائم على هذه التقنية للسيارات القيادة مع الحفاظ على المسافة بينها وبين السيارة التى أمامها، وإبقاء السيارة فى مسارها، وقراءة إشارات المرور من خلال الكاميرات، وإبطاء السرعة قبل الدخول فى التقاطعات^(٤).

(1) Alan lau, Driving cars, FAQ, how far away is away? Article, July 21, 2021, p.35.

(2) Karnouskos, stamatis, self-driving car acceptance and the role of Ethics, IEEE, transactions on Engineering Management, 2020, p.252.

(3) www.synopsys.com تاريخ الزيارة ٢٠٢٥/٤/١٥

(٤) وفاء محمد أبوالمعاطى صقر، المسؤولية الجنائية عن جرائم الذكاء الاصطناعي، مرجع سابق، ص ٧٢.

الفرع الثانى

المركبات ذاتية القيادة "الفوائد، الأدوات، التحديات،

ومستقبل السلامة المرورية"

أولاً: فوائد الذكاء الاصطناعى فى السيارات ذاتية القيادة^(١):

١- زيادة مستوى الأمان:

يظهر دور الذكاء الاصطناعى بشكل أساسى فى زيادة مستويات الأمان، فهذه السيارات تحتوى على كاميرات، وأجهزة استشعار، وفرامل الطوارئ، وأنظمة تحذير مغادرة المسار وغيرها العديد من مجريات السلامة التى تعمل من خلال تطبيقات الذكاء الاصطناعى، فعلى سبيل المثال: عن طريق الذكاء الاصطناعى يمكن للسيارة حساب المسافة بينها وبين السيارات التى تسير على الطريق، وبالتالي تستطيع تعشيق الفرامل فى حال توقع حدوث تصادم^(٢).

٢- القدرة على التنبؤ بالحوادث:

من أهم فوائد الذكاء الاصطناعى فى السيارات ذاتية القيادة هو التنبؤ بدقة تزيد على ٨٥٪ فى حالة حدوث أى سيناريو حرج على الطريق سواء كان حادثاً مرورياً أو ظروفاً جوية غير ملائمة، أو أزمات مرورية خانقة.

حيث إن حوادث المرور فى العالم وما يترتب عليها من خسائر بشرية واقتصادية مشكلة مهمة تواجه تطور المجتمعات الحالية، وتوضح هذه المشكلة بشكل

(١) طرق تغيير صناعة النقل باستخدام الذكاء الاصطناعى، مقال منشور على الموقع الإلكتروني التالى:

تاريخ زيارة الموقع ٢٠٢٥/٣/١٦ <http://www.aiqom.ai/ar/blogs>

(٢) أحمد حسن، بحث بعنوان "دور الذكاء الاصطناعى فى الحد من الحوادث المرورية"، كلية الهندسة، جامعة القاهرة، ٢٠١٩م، ص ٤٥-٥٠.

ملموس في البلدان النامية، حيث تؤكد كل من منظمة الصحة العالمية والبنك الدولي أن حوادث المرور ثانی الأسباب الرئيسية التي تؤدي للوفاة، بل والأكثر من ذلك فقد أوضحت دراسة حديثة قامت بها شركة TRL البريطانية المتخصصة في دراسات السلامة المرورية أنه بالرغم من أن بلدان الشرق الأوسط وشمال إفريقيا تمتلك فقط ٢٪ من عدد السيارات وتضم ٤٪ فقط من عدد سكان العالم، إلا أنها تشهد ٦٪ من مجموع وفيات حوادث الطرق في العالم^(١).

٣- خدمة ذوی الاحتياجات الخاصة:

ساهمت تطبيقات وأنظمة الذكاء الاصطناعي في السيارات ذاتية القيادة في رسم آمال جديدة لذوی الاحتياجات الخاصة الذين يعتمدون في تنقلاتهم على عائلتهم أو أصدقائهم، لكن الأمر لم يعد كذلك مع وجود تقنيات الذكاء الاصطناعي، والسيارات ذاتية القيادة، حيث أصبح بإمكان ذوی الاحتياجات الخاصة التنقل دون حاجة إلى مساعدة بشرية^(٢).

ثانياً: تقييم السيارات ذاتية القيادة:

يرى البعض أنه مع انتشار السيارات ذاتية القيادة وحلولها محل السيارات التي يقودها البشر سيقبل ذلك من نسبة الخطأ البشري، مما يقلل من الحوادث، فقدره الذكاء الاصطناعي، أعلى بكثير من القدرات البشرية، كما أننا لن نكون بصدد احتمال وجود حوادث نتيجة القيادة تحت تأثير الكحول أو المخدرات أو التحدث في الهاتف المحمول، بالإضافة إلى أن استخدام السيارات ذاتية القيادة ساعد على حل الأزمات المرورية الخائفة، وحل مشكلة البحث عن مكان لركن السيارة، فلقد أثبتت السيارة ذاتية

(1) Dr. Emil Davis, smart transportation systems, Applications and Challenges, Taylor & Francis, London, UK 2023, pp.200-205.

(2) Dr. Michael Brown, Ai Applications in self-driving cars: enhancing safety and accessibility, journal of Autonomous Vehicle Technology, 2021, pp.30-35.

القيادة نجاحها في الدول المتقدمة التي بدأت في استخدامها، ففي منطقة "بيلبار، غربي أستراليا"، يمكن أن تشاهد شاحنات ثقيلة دون سائق تتحكم فيها عجلة القيادة تقطع بالفعل الطرق غير الممهدة، وتساعد تلك الشاحنات عمال المناجم في هذه المنطقة، ويؤدي استخدام هذه الشاحنات إلى تقليل فرص الخطأ البشري الذي ينتج عن الإرهاق في العمل وتحسين كفاءة وفاعلية العمل في الموقع^(١).

ورغم المميزات الكثيرة والمتعددة، فإنه يجب ألا يفهم من ذلك أن السيارة ذاتية القيادة باتت تخلو من العيوب، فلا توجد تكنولوجيا خالية من العيوب أو السلبيات، ومنها:

- ارتفاع تكاليف هذه التقنية يجعل من الصعب انتشارها وتعميمها على نطاق واسع.
- يصعب على السيارة ذاتية القيادة قراءة بيانات الطريق في الظروف المناخية السيئة، كالأمطار الشديدة والضباب.
- يتطلب استخدام هذه السيارات تجهيز الطرق بمواصفات خاصة ومحدودة.
- التقنيات المعتمدة على الكمبيوتر ليست بمعزل عن حدوث خلل فيها وإصابتها بفيروس يؤدي إلى تعطيل أنظمة التشغيل فتكون العواقب وخيمة^(٢).

وبناء على ما سبق طرحه، فإن حدوث أخطاء من جانب تقنيات الذكاء الاصطناعي بوجود تحديات كثيرة بشأن السيارات ذاتية القيادة - لا يعنى إعدام كل

^(١) راجع في ذلك الموقع الإلكتروني التالي: <http://www.bbc.com> تاريخ زيارة الموقع ٢٠٢٥/٤/١٥.

^(٢) Madeleine Clare Elish, who responsible system fai? Artificial intelligence emergfng technology, June/5/2020, Available at www.cigionline.org. Accessed 15/4/2025.

قيمة هذه التقنيات، فهذه التكنولوجيا محاسنها كثيرة، فهي تؤدي إلى تخفيض عدد حوادث الطرق، وتراجع أزمة السير الخانقة، ومساعدة ذوى الاحتياجات الخاصة بالإضافة إلى تقليل الانبعاثات الضارة التي تصدر من السيارات العادية، مما يؤثر بالإيجاب على صحة الإنسان والحيوان والنبات والبيئة عموماً، والأفضل فى هذا الشأن هو العمل على تطوير هذه التقنيات، لتتلافى العيوب التي تبرزها التجربة العملية.

ثالثاً: الأدوات المستخدمة فى المركبات ذاتية القيادة لتحسين السلامة المرورية:

١- أجهزة الاستشعار والرادار (Sensors and Radar)^(١):

- أجهزة الاستشعار بالليزر (Lidar) تستخدم لرسم خرائط ثلاثية الأبعاد للبيئة المحيطة بالسيارة، مما يساعد على اكتشاف الأشياء والمسافات بدقة عالية.
- أجهزة الاستشعار بالموجات فوق الصوتية (Ultrasonic Sensors) تستخدم بشكل أساسى للكشف عن العوائق القريبة، وهى مفيدة جداً فى القيادة على السرعات المنخفضة، وأثناء ركن السيارات.
- رادار بعيد وقريب المدى (Long and Short Rang Radar) يستخدم لرصد الأشياء البعيدة والقريبة، مثل السيارات الأخرى والمشاة، ويساعد فى تعديل سرعة السيارة تبعاً لظروف الطريق.

(١) د. أحمد الخولى، المركبات ذاتية القيادة - تقنيات المستقبل، القاهرة، دار الفكر العربى، ٢٠١٩م، ص ص ١١٢-١١٥.

٢- كاميرات الرؤية (Vision Cameras)^(١):

- كاميرات متعددة الاتجاهات: تستخدم لتوفير رؤية بانورامية حول السيارة، وهى ضرورية لمتبع خطوط الطرق، وقراءة إشارات المرور، واكتشاف المشاة.

- كاميرات الرؤية الليلية (Night Vision Cameras): تساعد على رؤية الطريق فى ظروف الإضاءة المنخفضة، مما يحسن من سلامة القيادة ليلاً.

٣- الذكاء الاصطناعى وأنظمة التعلم الآلى (AI and Machine Learning Systems)^(٢):

- أنظمة معالجة الصور والبيانات: تستخدم الذكاء الاصطناعى لتحليل البيانات القادمة من الكاميرات والمستشعرات لفهم البيئة المحيطة واتخاذ قرارات القيادة.

- خوارزميات التعلم العميق (Deep Learning Algorithms): تستخدم لتحسين قدرة السيارة على التعرف إلى الأشياء والتنبؤ بالسلوكيات المحتملة للمركبات والمشاة الآخرين.

(١) د. سليمان الراجحي، النقل الذكى - المركبات ذاتية القيادة، القاهرة، مكتبة الأنجلو المصرية، ٢٠٢١م، ص ٨٧-٩٠.

(٢) محمود عبدالعزيز، تطوير نظم النقل الذكى باستخدام المركبات ذاتية القيادة، مرجع سابق، ص ٢٠٢-٢٠٥.

٤- نظام تحديد المواقع العالمي (GPS) ونظام الملاحة^(١):

- وحدات GPS: تستخدم لتحديد موقع السيارة بدقة، ومساعدتها على تحديد الطريق المثالي من نقطة إلى أخرى.
- أنظمة الملاحة المتقدمة: تعمل مع الخرائط الرقمية لتوجيه السيارة والتعامل مع المتغيرات في الطرق مثل الإغلاقات والتحويلات المرورية.

٥- أنظمة الاتصال بين المركبات (V2V) وبين المركبات والبنية التحتية (V2I):

- اتصالات السيارات ببعضها (V2V): تسمح بتبادل المعلومات بين السيارات وتحذير بعضها البعض من الأخطار المحتملة.
- اتصالات السيارات مع البنية التحتية (V2I): تسمح بتبادل المعلومات بين السيارة وعناصر البنية التحتية، مثل إشارات المرور، وعلامات الطرق.

٦- أنظمة التحكم في الاستقرار والفرامل (Control Systems)^(٢):

- أنظمة تحذير مغادرة المسار (Lane Departure Warning Systems): تنبه السائق عندما تبدأ السيارة بالانحراف عن مسارها دون إشارة.
- فرامل الطوارئ الأتوماتيكية (Automatic Emergency Braking): تفعل الفرامل تلقائياً في حال الكشف عن احتمال وقوع تصادم هذه الأدوات والتقنيات تعمل بتناغم لجعل القيادة أكثر أماناً وكفاءة، وتمثل خطوة كبيرة نحو تحقيق القيادة الذاتية الكاملة، وتحسين السلامة المرورية على الطرق.

(١) فاطمة الزهراء حسين، دراسة السلامة المرورية في ظل استخدام المركبات ذاتية القيادة، مرجع سابق، ص ١٥٨-١٦٢.

(٢) د. مروة سعيد، أثر المركبات ذاتية القيادة على تصميم الطرق والبنية التحتية، مقالة بمجلة الهندسة والمرور العربية، ٢٠٢١م، ص ١٣٤-١٣٧.

رابعاً: التحديات التي تواجه المركبات ذاتية القيادة:

١ - تحديات تقنية (١):

- تحتاج المركبات ذاتية القيادة إلى العمل بفاعلية تحت مجموعة واسعة من الظروف المناخية، مثل الأمطار الغزيرة، والضباب، والتلوج وغيرها. تشكل الرؤية المحدودة والطرق الزلقة تحديات كبيرة لأنظمة الاستشعار والرؤية الآلية.
- العديد من المركبات ذاتية القيادة مصممة للعمل في بيئات حضرية معدة جيداً. التنقل في مناطق ريفية أو طرق غير ممهدة يمكن أن يكون صعباً بسبب نقص البيانات والمراجع المرئية.
- الكشف عن الأشياء والتمييز بينها في تحديد وتصنيف الأشياء بدقة، مثل الفرق بين كيس بلاستيكي يتطاير، وحيوان يعبر الطريق، هو تحد مهم. الخطأ في التمييز يمكن أن يؤدي إلى ردود فعل غير مناسبة من السيارة.
- التعامل مع السيناريوهات الأخلاقية تحليل موقف، مثل الاختيار بين تجنب الاصطدام بمشاة وتعريض ركاب السيارة للخطر (معضلة العربة)، تطرح تحديات أخلاقية معقدة لبرمجة السيارات ذاتية القيادة.

٢ - تحديات اجتماعية وسلوكية:

- مقاومة التغيير والشكوك حول سلامة المركبات ذاتية القيادة يمكن أن تؤخر اعتمادها فالأشخاص قد يكونون مترددين في التخلي عن السيطرة على القيادة للآلة.

(١) مريم فاروق، تحديات المركبات ذاتية القيادة في الوطن العربي - دراسة تحليلية، رسالة ماجستير، كلية الهندسة، جامعة القاهرة، ٢٠١٩م، ص ص ٧٦-٨٠.

- التفاعل مع السائقين البشريين فى تحديد كيفية تفاعل المركبات ذاتية القيادة مع سلوكيات السائقين البشريين غير المتوقعة وأحياناً الخطيرة يظل تحدياً كبيراً.
- بناء الثقة فى نظام القيادة الذاتية يتطلب إظهار الأمان والاعتمادية بشكل مستمر، خاصة بعد الحوادث التى تظهر العكس.

٣- تحديات قانونية وتنظيمية^(١):

- القوانين والمعايير: كالحاجة إلى تطوير وتوحيد القوانين والمعايير التى تحكم استخدام المركبات ذاتية القيادة، وتحديد الجهة المسؤولة فى حال وقوع حوادث (السائق، أو الشركة المصنعة، أو النظام) يتطلب وضوحاً قانونياً.
- التأمين والمسئولية لتحديد كيفية تأثير المركبات ذاتية القيادة على صناعة التأمين وإعادة تقييم نماذج المسئولية وتقاسم الأخطار.
- الخصوصية والأمن السيبرانى وحماية البيانات الشخصية وضمان الأمان ضد الهجمات السيبرانية هى من القضايا الرئيسية، خاصة مع اعتماد المركبات على الاتصالات والبيانات.

٤- تحديات البنية التحتية:

- تحديث البنية التحتية كالحاجة إلى تطوير الطرق، والجسور، والأنظمة المرورية، لدعم الملاحة الأمثل للمركبات ذاتية القيادة.

(١) عبدالرحمن الخالدى، الأمان والخصوصية فى المركبات ذاتية القيادة - التحديات والحلول، مرجع سابق، ص ص ١٠٥-١١٠.

- التكامل مع أنظمة النقل الذكية كالعامل على تكامل المركبات ذاتية القيادة مع أنظمة النقل الذكية الأخرى، مثل القطارات، والحافلات، وأنظمة النقل العام.

٥- تحديات تتعلق بالأداء:

- التعامل مع الحالات الطارئة كتطوير القدرة على التعامل مع الحالات الطارئة بشكل مستقل، مثل تجنب الحوادث أو الاستجابة لسيارات الإسعاف والطوارئ.

- للمركبات الكهربائية ذاتية القيادة تحديات مثل مدى السير، وموثوقية الأداء على المدى الطويل تحتاج إلى حلول مستدامة.

المبحث الثانى

تأثير تكامل أنظمة النقل الذكى مع المركبات ذاتية القيادة

على كفاءة واستدامة النقل

تمهيد وتقسيم:

يشهد قطاع النقل تحولاً كبيراً بفضل دمج أنظمة النقل الذكية (ITS) مع المركبات ذاتية القيادة، مما يعزز كفاءة النقل واستدامته من خلال تحسين تدفق حركة المرور، وتقليل الحوادث، وخفض استهلاك الوقود والانبعاثات الكربونية، يعتمد هذا التكامل على تقنيات متقدمة مثل الذكاء الاصطناعى، وإنترنت الأشياء، والاتصال بين المركبات والبنية التحتية (V2V & V2I) والتي توفر بيانات فورية تدعم اتخاذ قرارات أكثر ذكاءً وفعالية، كما يسهم هذا التطور فى تعزيز استخدام المركبات الكهربائية وتخفيف الازدحام المرورى، مما يعزز مفهوم النقل المستدام.

ومع ذلك تواجه هذه التطورات تحديات تتعلق بضرورة تطوير البنية التحتية، ووضع أطر تنظيمية ملائمة، وضمان الأمن السيبرانى، هذه التحديات تستلزم إجراء دراسات متعمقة لفهم تأثير هذه التحولات على مستقبل النقل، والعمل على تحقيق نظام نقل آمن وفعال للجميع.

وبناء على ما سبق طرحه سوف نقسم هذا المبحث إلى مطلبين على النحو

التالى:

المطلب الأول: دور أنظمة النقل الذكى فى دعم المركبات ذاتية القيادة.

المطلب الثانى: الأثر البيئى والاقتصادى والتحديات المستقبلية.

المطلب الأول

دور أنظمة النقل الذكي فى دعم المركبات ذاتية القيادة

تمهيد وتقسيم:

تسهم أنظمة النقل الذكى (ITS) بشكل أساسى فى تعزيز كفاءة وأمان المركبات ذاتية القيادة عبر توفير بيئة مرورية متصلة تعتمد على الذكاء الاصطناعى، وإنترنت الأشياء، وتقنيات الاتصال بين المركبات والبنية التحتية (V2V & V2I) فمن خلال جمع وتحليل البيانات الفورية، تساعد هذه الأنظمة المركبات فى اتخاذ قرارات دقيقة بشأن المسارات المثلى، والاستجابة لحركة المرور المتغيرة، وتجنب الحوادث المحتملة، كما تساهم فى تحسين تدفق المركبات، وتقليل أوقات الرحلات، وخفض استهلاك الطاقة والانبعاثات الضارة، مما يجعل وسائل النقل أكثر كفاءة واستدامة فى المستقبل.

وبناء على ما سبق طرحه سوف نقسم هذا المطلب إلى فرعين على النحو

التالى:

الفرع الأول: كيفية تحسين السلامة المرورية من خلال التكامل بين التقنيات الذكية والمركبات المستقلة.

الفرع الثانى: تحسين تدفق حركة المرور وتخفيف الازدحامات باستخدام الحلول الذكية.

الفرع الأول

كيفية تحسين السلامة المرورية من خلال التكامل

بين التقنيات الذكية والمركبات المستقلة

يمثل التكامل بين التقنيات الذكية والمركبات ذاتية القيادة أحد أبرز التحولات الجذرية فى قطاع النقل الحديث، حيث يساهم فى تحسين مستويات السلامة على

الطرق عبر الحد من الحوادث الناجمة من العوامل البشرية⁽¹⁾، والتي تشكل النسبة الأكبر من حوادث المرور عالمياً، يعتمد هذا التكامل بشكل أساسي على أنظمة اتصال متطورة مثل تبادل البيانات بين المركبات حول السرعة، والاتجاه والظروف الطارئة (V2V) وربط المركبات بإشارات المرور الذكية وأجهزة الاستشعار المثبتة على الطرق (V2I).

وتعمل هذه الأنظمة معاً على تمكين تبادل البيانات الحيوية في الوقت الفعلي، مثل حالة الطقس، ازدحام الطرق أو وجود عقبات مفاجئة⁽²⁾، مما يسمح للمركبات باتخاذ قرارات استباقية تقلل من المخاطر وبذلك تصبح شبكات النقل أكثر كفاءة وأقل عرضه للأخطاء التي تهدد حياة المستخدمين.

تطبيقات التقنيات الذكية والمركبات ذاتية القيادة في مصر والدول العربية:

أولاً: جمهورية مصر العربية:

بدأت الدولة المصرية في تبنى أنظمة النقل الذكية لتعزيز كفاءة وسلامة المرور فتم تنفيذ مشاريع مثل مشروع تطوير إشارات المرور في القاهرة، والذي يهدف إلى تحسين تدفق حركة المرور وتقليل الازدحام، ومع ذلك لاتزال المركبات ذاتية القيادة في مراحلها الأولية من البحث والتطوير مع التركيز الحالي على تحسين البنية التحتية وتبنى التقنيات الذكية كخطوة تمهيدية لتطبيق المركبات ذاتية القيادة في المستقبل⁽³⁾.

(1) Hussain R. & Zeadally, S. Autonomous Vehicles, communications challenges and solutions, IEEE transactions on intelligent transportation systems, 2018, pp.112-125.

(2) Kala, R. intelligent transpiration systems theory and practice, springer, 2016, pp.62-78.

(3) عبدالرحمن محمد، تقييم أثر أنظمة النقل الذكية على حركة المرور في القاهرة الكبرى، المجلة المصرية للهندسة المدنية، المجلد ١٥، العدد ٣، ٢٠٢١م، ص ٤١-٥٠.

ثانياً: المملكة العربية السعودية:

١- الرؤية والدعم الاستراتيجي:

السعودية بدأت بتضمين المركبات الذكية والمستقلة ضمن رؤية المملكة ٢٠٣٠م التي تهدف إلى تنويع الاقتصاد وتبني التقنيات الحديث في مختلف القطاعات بما فيها النقل الذكي^(١).

٢- المدن الذكية كنقطة انطلاق:

أبرز مشروع في هذا المجال هو مدينة نيوم، والتي تمثل نموذجاً عالمياً للتنقل الذكي^(٢):

لا تعتمد على السيارات التقليدية.

تم تصميمها لتكون خالية من الانبعاثات الكربونية.

تستخدم أنظمة نقل مؤتمتة وذاتية بالكامل مثل عربات مستقلة تعمل بالطاقة

النظيفة، وقطارات ذاتية القيادة.

٣- كود الطرق السعودي للمركبات ذاتية القيادة^(٣):

في عام ٢٠٢٤م أعلنت السعودية عن الكود السعودي للطرق (٨٠١) الذي يتضمن متطلبات خاصة بتهيئة الطرق لاستخدام المركبات ذاتية القيادة مثل:

(١) الغامدى، المركبات ذاتية القيادة فى المملكة العربية السعودية، تحديات البنية التحتية والسلبيات، مجلة النقل المستقبلي، المجلد ١٠، العدد ٢، ٢٠٢٣م، ص ٤٦-٥٢.

(٢) تاريخ الزيارة ٢٠٢٥/٣/٢٢. <https://www.neom.com/ar-sa/sactors/mobility>

(٣) يوفر هذا المجلد نهجاً شاملاً لمتطلبات المركبات ذاتية القيادة داخل المملكة العربية السعودية، ويجمع معلومات مهمة حول الدورة الكاملة لتشغيل المركبات ذاتية القيادة المتصلة بعضها ببعض من منظور قانوني وتقني وتجريبي، والاستخدامات بشكل شامل ويعد هذا المجلد بمثابة مبادئ وتوجيهات للمبادلات الجديدة بشأن البنية التحتية ذات الصلة على الموقع:

<https://istitlaa.ncc.gov.salar/pages/default.aspx>.

- تركيب أجهزة اتصال ذكية على جانبي الطريق.
- دعم أنظمة (V2V)، و(V21).
- إلزام الجهات الحكومية بالبنية التحتية المناسبة بهذه المركبات ابتداء من عام ٢٠٢٥م.

ثالثاً: الإمارات العربية المتحدة:

١- استراتيجية واضحة ومعلنة:

أطلقت حكومة دبي عام ٢٠١٦م استراتيجية تعرف باسم "استراتيجية دبي للتنقل الذكي ذاتي القيادة" تهدف إلى تحويل ٢٥٪ من وسائل النقل في دبي إلى ذاتية القيادة بحلول عام ٢٠٣٠م^(١).

٢- التجارب العملية والتطبيق الفعلي(٢):

أجرت هيئة الطرق والمواصلات تجارب حقيقية لسيارات ذاتية القيادة في مناطق سكنية مثل واحة السيليكون ووسط دبي وتم التعاون مع شركات عالمية مثل Zoox (أمازون) و Cruise (جنرال موتورز) لتوفير حلول تنقل ذاتي القيادة.

٣- استخدام الذكاء الاصطناعي في البنية التحتية(٣):

تم تركيب نظام إشارات مرورية ذكية يدعى Utc-uxfusid يعمل بالذكاء الاصطناعي ويقوم بضبط توقيت الإشارات حسب حركة المرور فهذه التقنية تقلل

(١) هيئة الطرق والمواصلات الموقر مع الرسمى.

<https://www.rta.ae/wps/portal/rta/ae/hpme?lang=ar> تاريخ الزيارة ٢٠/٣/٢٠٢٥م.

(٢) المحيرى، إدارة المرور المدعومة بالذكاء الاصطناعي في المدن الذكية - دراسة حالة دبي، المجلة الدولية لأنظمة النقل الذكية، المجلد ٨، العدد ٤، ٢٠٢٢م، ص ١١٢-١٢٦.

(٣) مقال في الإمارات اليوم بتاريخ ٢٥/٢/٢٠٢٥م على الموقع

<https://www.emaratalyoun.com/local-section/other/2025-02-25-101923753?utm>.

التوقف عند الإشارات وتحسن من تدفق المركبات، مما يدعم أيضاً المركبات ذاتية القيادة.

٤- مجمع المركبات المستقلة (SAVI) فى أبوظبى(١):

أطلقت دائرة التنمية الاقتصادية فى أبوظبى مشروعاً باسم (SAVI) (Smart and Autonomous Vehicle Industries) وهو مركز إقليمى لتطوير واختبار المركبات الذكية والمستقلة ويركز على البر، والبحر، والجو ويوفر بيئة آمنة لتجربة المركبات ذاتية القيادة قبل إطلاقها تجارياً.

الاستراتيجية الوطنية لتحسين السلامة على الطرق فى مصر:

تبنت الدولة المصرية عدداً من الاستراتيجيات الوطنية الهادفة إلى تحسين مستوى السلامة المرورية وخفض معدلات الحوادث والوفيات الناتجة عنها، وذلك فى إطار رؤية مصر ٢٠٣٠م للتنمية المستدامة، وتعد الاستراتيجية الوطنية للسلامة على الطرق ٢٠٢١-٢٠٣٠م من أبرز هذه الجهود، حيث تستند إلى تنهج شامل ومتكامل يشمل الجوانب الهندسية، والرقابية، والتعليمية، والطبية. وتهدف هذه الاستراتيجية إلى تقليل عدد الوفيات الناجمة عن حوادث الطرق بنسبة ٥٠٪ بحلول عام ٢٠٣٠م^(٢)، من خلال تطوير البنية التحتية بما يتماشى مع معايير السلامة الدولية، وتطبيق أنظمة النقل الذكية ITS، وتحسين إنفاذ قوانين المرور.

(١) مقال فى موقع "مكتب أبوظبى الإعلامى" بعنوان مجمع صناعة المركبات الذكية وذاتية القيادة على الموقع

<https://www.mediaoffice.abudhabi/ar/topic/smartandautonomous>.

(٢) أحمد عبدالفتاح، النقل الذكى ومستقبل المدن المستدامة، دار النشر للجامعات المصرية، ٢٠٢١م، ص ص ٩٢-٩٧.

مثال: تم تطوير محور "روض الفرج - الضبعة" كجزء من شبكة الطرق القومية الجديدة، وفقاً لمعايير السلامة الدولية، حيث شيد مزوداً بإشارات إرشادية واضحة، وحرارات طوارئ، وعوازل أمان^(١).

كما يشمل البرنامج القومي لتطوير الطرق إنشاء شبكة طرق ذكية ومتكاملة، مزودة بكاميرات مراقبة، ونقاط تحكم مروري، وأنظمة تتبع المركبات، ما يساهم في الكشف المبكر عن المخالفات والاستجابة السريعة للحوادث.

مثال: تم تركيب أنظمة مراقبة ذكية على الطريق الدائري الأوسطي، تشمل كاميرات حرارية ورادارات لتتبع السرعات، وربطها بمركز تحكم مروري مركزي^(٢). وفي السياق ذاته، تعزز الحكومة استخدام وسائل النقل الجماعي المستدام، مثل مشروعات القطار الكهربائي والمونوريل، بهدف تقليل الاعتماد على المركبات الخاصة، ومن ثم تقليل الازدحام ومخاطر التصادم.

مثال: مشروع القطار الكهربائي (عدلى منصور - العاصمة الإدارية - العاشر من رمضان) يعد نقلة نوعية في دعم السلامة المرورية، بتقليل الكثافة المرورية على الطرق السطحية^(٣).

وتولى الاستراتيجية أهمية كبيرة لتطوير نظم جمع وتحليل بيانات الحوادث، حيث يجري العمل على إنشاء قاعدة بيانات وطنية دقيقة لتحديد النقاط السوداء وتحليل

(١) أحمد كمال، مقال بعنوان "تقييم السلامة على محاور الطرق السريعة الجديدة في مصر - حالة محور الضبعة"، مجلة الهندسة المدنية والمعمارية، جامعة عين شمس، ٢٠٢٣م، ص ١١٢-١٢٩.

(٢) أسماء عبدالرحمن، فعالية أنظمة النقل الذكية في تحسين السلامة المرورية في القاهرة الكبرى، رسالة دكتوراه، كلية الهندسة، جامعة حلوان، ٢٠٢١م، ص ٨٠-١٠٥.

(٣) خالد حسن، مقال بعنوان "أثر مشروعات النقل الجماعي الحديث على الحد من الحوادث في مصر"، مجلة البحوث المرورية، أكاديمية الشرطة، العدد ١٢، ٢٠٢٢م، ص ٥١-٧٠.

أسباب الحوادث بفاعلية، ما يتيح توجيه الموارد نحو معالجة المشكلات ذات الأولوية^(١).

مثال: تم تنفيذ مشروع بالتعاون بين وزارة الداخلية ووزارة الصحة لتوحيد قاعدة بيانات الحوادث من خلال منظومة رقمية مشتركة لتسجيل وتحليل موقع ونوع كل حادث.

هذا إلى جانب برامج التدريب وبناء القدرات للعاملين في مجالات المرور والطوارئ، فضلاً عن حملات التوعية المجتمعية التي تستهدف تغيير سلوكيات القيادة الخاطئة لدى مستخدمي الطرق^(٢).

مثال: أطلقت وزارة الداخلية حملات توعية بعنوان "سلامتك تهمنا" في الجامعات والمدارس، بالتوازي مع تدريب رجال المرور على استخدام أجهزة الرادار المحمولة والتعامل مع المركبات الذكية.

تعكس هذه الجهود التزام الدولة بتحقيق نهج علمي ومستدامة في إدارة السلامة المرورية، وتقريب مصر من المستويات العالمية في مجال الأمان على الطرق^(٣).

(١) محمود الشيمي، بحث بعنوان "استخدام نظم المعلومات الجغرافية GIS في تحليل الحوادث المرورية في مصر"، المجلة الجغرافية المصرية، العدد ٣٤، ٢٠٢٣م، ص ٩٠-١٠٨.

(٢) منى عبدالعال، تأثير حملات التوعية المرورية على سلوك قائدى المركبات في مصر، رسالة ماجستير، كلية الإعلام، جامعة القاهرة، ٢٠٢١م، ص ١٢٠-١٣٢.

(٣) وزارة الداخلية المصرية حملة "سلامتك تهمنا"، تقرير حول أهداف الحملة وتأثيرها المجتمعي ٢٠٢٢م على الموقع:

الفرع الثاني

التطبيقات التكنولوجية في مجال النقل

مع تسارع التطور التكنولوجي منذ مطلع الربع الأخير من القرن العشرين، تزايد استخدام التطبيقات التكنولوجية لتحسين خدمات النقل البري وزيادة كفاءة إدارته وتشغيله في العديد من دول العالم، وسوف يتضح ذلك من خلال استعراض أهم التطبيقات التكنولوجية الشائعة حالياً في مجالات النقل البري المختلفة، داخل المدن وخارجها، والمزايا المنبثقة عن هذه التطبيقات لمستعملي النقل البري أو للجهات التي تشارك في تقديم خدماته، وبيان أثر ذلك على المنظومة المرورية، وذلك من خلال النقاط التالية:-

أولاً: نظام التموضع العالمي (GPS)

يتيح التموضع العالمي التحديد الدقيق لمواقع الأشياء، باستخدام إشارات الأقمار الصناعية، وبدأ تطوير النظام في الولايات المتحدة الأمريكية لغايات عسكرية، عام ١٩٧٨، وتم بعد ذلك إتاحة استخدامه في المجالات المدنية بدءاً من عام ١٩٨٤، وقد انطلق تطبيق خرائط جوجل عام ٢٠٠٥، ونظام التموضع العالمي المحمول في ٢٠٠٨، وسرعان ما نشأت التطبيقات المبنية على تحديد الموقع أمام المستهلكين، مثل: خدمات التوجيه المكاني، وخدمات "أوبر" عام ٢٠٠٩، وازدادت مع الزمن درجة الدقة في تحديد المواقع للاستعمالات التجارية المتاحة للجمهور، لا سيما مع إطلاق نظام التموضع العالمي (GPS III) في عام ٢٠٢٠^(١)، كما بلغت الأجهزة المتقدمة

(1) Lockheed Martin, "Unbelievable Accuracy: GPS III" accessed 12 October, 2020.p36.

في أعمال المساحة لاستقبال النظام العالمي للتموضع دقة لحد الملييمتر^(١)، وقد سجل قطاع النقل ٥٨ في المائة من إجمالي الاستثمار في نظام التموضع العالمي^(٢).

ولهذا النظام أهمية قصوى في النقل البري، فهو يستخدم ببعده المساحي من أجل رسم خرائط الطرق والسكك، كما يستخدم في بعده الملاحي لتأمين خدمة تتبّع مواقع المركبات^(٣)، ويُعدُّ نظام التموضع العالمي مكونًا أساسيًا ضمن أنظمة الملاحة المحمولة في المركبات، مما يساهم في تحسين إدارة النقل العام وحركة مركبات الشرطة، والطوارئ، وفي زيادة فاعلية وسلامة النقل، وتمكين خدمات التشارك، وقد أحدث ثورة في قطاع النقل البري للبضائع، بإتاحته لشركات النقل اللوجستي توفُّع فترات التوصيل بدقة عالية، وهو يؤدي دوراً رئيساً في تكنولوجيا أخرى، مثل: نُظُم المعلومات الجغرافية (GIS)، ونُظُم النقل الذكية (ITS).

ثانياً: نظم المعلومات الجغرافية Geographic Information

:Systems(GIS)

يمكن تعريف نُظُم المعلومات الجغرافية بشكل عملي بأنها: الأدوات التي تتيح الربط التفاعلي بين عناصر التمثيل التخطيطي لمظاهر الطبيعة " Spatial Features"، من نقاط وخطوط ومضلعات، وبين قواعد المعلومات التي تضم الصفات الوصفية لهذه العناصر "Attributes"، وتسمح نُظُم المعلومات الجغرافية بتجميع وإدارة وتحليل وعرض المعلومات المرتبطة بمواقع جغرافية، وهي بالنتيجة تستفيد بشكل كبير من نظام التموضع العالمي، وتستخدم نُظُم المعلومات الجغرافية في مجال النقل

(1) Resource Analysis, "Selecting the right GPS receiver for your job" accessed 12 October 2020.p81.

(2) Space Capital and Silicon Valley Bank, The GPS Playbook (San Francisco, CA, Silicon Valley Bank,) 2020.p12.

(3) George Mintsis and others, "Applications of GPS technology in the land transportation system", European Journal of Operational Research, vol. 152, No. 2 (February 2004), pp. 399- 409.

بشكل مكثف في مجالات التخطيط وإدارة البنى التحتية لأصول شبكات النقل من طرق وسكك حديدية، وإجراء تحاليل السلامة المرورية، وإظهار نتائجها بالشكل الذي يسهل دور متخذ القرار، والتحكم بحركة المرور، وإدارة النقل المشترك، وتقييم الآثار الاقتصادية والبيئية وغيرها من التطبيقات^(١).

ثالثاً: نظام المعلومات الإدارية Management Information Systems (MIS):

هو مجال تكنولوجيا يجمع بين تقنية المعلومات ومجالات صنع القرار، وهو ينطوي على تطوير النظم والآليات الإدارية من خلال تجميع البيانات، وتحليلها، وعرضها لصانعي القرار بطريقة فعالة وموجزة، ولهذا النظام تطبيقات واسعة في العديد من المجالات، لا سيما النقل البري، حيث استخدم في إدارة مركبات النقل، ونظم تسجيل وإدارة رخص تسجيل المركبات، وتنظيم حركة المرور، والنقل المشترك، وحالات الطوارئ واللوجستيات^(٢)، وعلى سبيل المثال: يتيح استخدامه في النقل المشترك لصانعي القرار في التعامل الفعال معه كمية كبيرة من المعلومات من مصادر متعددة، مثل: العرض والطلب على خدمات النقل المشترك، الاستخدام، حال المركبات^(٣).

رابعاً: نظم النقل الذكية Intelligent Transportation Systems (ITS)

(1) Jean -Paul Rodrigue, Claude Comtois and Biran Slack, The Geography of Transportation Systems, 3rd ed. (London and New York, Routledge, 2023).p63.

(2) Philip Agre and Christine Harbs. "Social choice about privacy: intelligent vehicle -highway systems in the United States", Information Technology and People, vol. 7, No. 4 (December 2001).p52.

(3) Louw, J., N. Van Zyl and J. Meinstsma, "Development of a public transport management Information system to assist decision-making in the restructuring of public transport in Durban", paper presented at the 20th South African Transport Conference, South Africa, July, 2021.p36.

وتشير التسمية إلى النُظُم المعاصرة التي تحل مشكلات النقل البري باستخدام تقنيات الاتصالات والمعلوماتية، وهي تربط ما بين البنية التحتية والمركبات والمستخدمين من أجل إدارة حركة المرور والتنسيق مع وسائل النقل الأخرى^(١)، ويكون لنُظُم النقل الذكية دورًا في انسيابية السير وتخفيض معدلات صدمات المرور، وضمان السلامة العامة، والحد من الازدحام المروري ومن التلوث.

وتتعدد التطبيقات التي يمكن أن تُدرج تحت مظلة نُظُم النقل الذكية، ومنها^(٢):

١ - نظام المعلومات حول حركة المرور:

يتم تجميع المعلومات أوتوماتيكيًا أو يدويًا حول ظروف حركة المرور، والطقس، وصدمات المرور، وحالات ازدحام السير، ثمَّ يتم إيصالها إلى مستخدمي الطرق بشكل سريع من أجل تحسين حركة المرور وضمان السلامة العامة، وتستخدم هذه التقنية بنى تحتية مختصة لتجميع المعلومات، ومعالجتها، وإيصالها ومن هذه التقنيات شاخصات الرسائل المتبدلة على الطرق، التي تُعلم السائقين في حال وجود صدمات مرور، أو ازدحام مروري أو حالات إغلاق لبعض الطرق وتحويل السير.

أمثلة على تطبيق نظام المعلومات حول حركة المرور في مصر:

أ- غرفة التحكم المروري بالإدارة العامة للمرور^(٣):

(1) European Parliament and Council of the European Union, Directive 2010/40/EU on the Framework for the Deployment of Intelligent Transport Systems in the Field of Road Transport and for Interfaces with Other Modes of Transport (7 July 2010), Official Journal of the European Union, vol. 207, No. 1 (6 August 2010).

(2) Japanese Society of Civil Engineers, Asian Civil Engineering Coordinating Council, Intelligent Transport Systems Introduction Guide, 2016, p86.

(3) Sara Johnson "Adaptive Traffic Control Systems in Emerging Economies: Implementation and Challenges" Transport Policy Massachusetts Institute of Technology (MIT) 2022 p 112-117.

- تقوم هذه الغرفة بمراقبة حركة المرور على الطرق الرئيسية في القاهرة الكبرى والمحافظات الأخرى من خلال شبكة من الكاميرات وأجهزة الاستشعار.
- يتم تحليل البيانات التي يتم جمعها لتحديد المناطق المزدحمة والحوادث المرورية، ويتم نشر هذه المعلومات من خلال وسائل الإعلام المختلفة، مثل: الراديو، والتلفزيون، والإنترنت، ووسائل التواصل الاجتماعي.

ب- تطبيق "خرائط Google":

- يوفر هذا التطبيق معلومات حول حركة المرور في الوقت الفعلي، بما في ذلك الأوقات المقدرة للوصول إلى الوجهات المختلفة، والطرق البديلة المتاحة.
- يستخدم التطبيق بيانات من مصادر متعددة، بما في ذلك بيانات GPS من الهواتف الذكية، لتوفير معلومات دقيقة ومحدثة.

ج - تطبيق "Waze":

- يشبه هذا التطبيق تطبيق "خرائط Google"، لكنه يعتمد بشكل أكبر على بيانات المستخدمين لتوفير معلومات حول حركة المرور.
- يمكن للمستخدمين الإبلاغ عن الحوادث المرورية، والازدحام المروري، والشرطة وغيرها من المخاطر على الطريق، مما يساعد على توفير معلومات أكثر دقة وموثوقية.

د- لوحات الرسائل المتغيرة (VMS - variable message signs) (1):

- يتم تركيب هذه اللوحات على الطرق الرئيسية لعرض معلومات حول حركة المرور، مثل: الأوقات المقدرة للوصول إلى الوجهات المختلفة، والطرق البديلة المتاحة، والتحذيرات من الحوادث المرورية.

(1) Hossam Atef "Integrating Smart Traffic Systems in Urban Egypt: Case Study of Cairo" Journal of Urban Planning and Development American University in Cairo 2020 p 90-94.

هـ - خدمات الرسائل القصيرة (SMS - short message service):

تقدم بعض شركات الاتصالات خدمات الرسائل القصيرة التي تنبه السائقين إلى حالة المرور على الطرق الرئيسية.

٢- نظام التحكم بإشارات المرور (١):

تعتمد هذه النُظُم على تصنيف الطرقات أساسية أو ثانوية، وإعطاء أولوية المرور للاتجاه الأساسي، وتتوفر أيضًا أنظمة تمنح الأولوية للنقل المشترك ومركبات الطوارئ على إشارات المرور، ويتم دراسة نُظُم تزيد من فاعلية المرور على صعيد الشبكة بأكملها بدلاً من المعالجة المنفردة لتقاطعات السير، وتطبيق نُظُم آلية التحكم بالإشارات الضوئية للتقاطعات، وهي تتبدل حسب الظروف الآنية بدلاً من الاعتماد على البرمجة المسبقة.

أمثلة على تطبيق نظام التحكم بإشارات المرور الذكية في مصر:

- محور روض الفرج (كوبري تحيا مصر): تم تطبيق نظام التحكم الذكي في إشارات المرور على هذا المحور الحيوي، مما ساعد على تحسين تدفق حركة المرور وتقليل زمن الرحلة.
- محاور القاهرة الكبرى: تم تطبيق نظام التحكم الذكي في إشارات المرور على العديد من المحاور الرئيسية في القاهرة الكبرى، مثل: محور ٢٦ يوليو، ومحور صلاح سالم، ومحور النصر، مما ساهم في تقليل الازدحام المروري وتحسين السلامة.
- نظام الإشارات المرورية الذكية المتكامل: تم تطبيق هذا النظام في بعض المدن المصرية، مثل: الإسكندرية، وهو نظام متقدم للتحكم في إشارات المرور يعتمد

(١) أميرة الطويل، "أنظمة النقل الذكية وتطبيقاتها في مصر: دراسة تحليلية"، رسالة دكتوراه، كلية الهندسة، جامعة الإسكندرية، ٢٠١٩، ص ص ٥٠ - ٥٣.

على خوارزميات معقدة لتحسين توقيت الإشارات بناءً على بيانات حركة المرور في الوقت الفعلي⁽¹⁾.

➤ مبادرة "المدينة الذكية": تهدف هذه المبادرة إلى تحويل المدن المصرية إلى مدن ذكية، ويتضمن ذلك تطبيق نظام التحكم الذكي في إشارات المرور في جميع أنحاء المدينة.

المطلب الثاني

الأثر البيئي والاقتصادي والتحديات المستقبلية

مع تسارع التحول العالمي نحو المدن الذكية والمستدامة، أصبح تكامل أنظمة النقل الذكي مع المركبات ذاتية القيادة توجهاً محورياً في إعادة تشكيل مستقبل التنقل الحضري، ليس فقط من حيث تحسين الكفاءة والسلامة، بل أيضاً من حيث التأثيرات البيئية والاقتصادية بعيدة المدى، وفي السياق المصري، تبرز أهمية هذا التكامل في ظل التحديات المرتبطة بالازدحام المروري، التلوث البيئي، والهدر الاقتصادي الناتج عن ضعف كفاءة النقل التقليدي. ومع أن هذه التقنيات توفر فرصاً واعدة لتحقيق تنقل أكثر استدامة وكفاءة، إلا أن تطبيقها الفعلي يصطدم بعدد من التحديات التقنية، والتشريعية، والاجتماعية، التي ينبغي التعامل معها بوعي وتخطيط ممنهج لضمان نجاح هذا التحول وتحقيق أقصى فائدة منه على المدى الطويل.

وبناء على ما سبق طرحه سوف نقسم هذا المطلب إلى فرعين على النحو

التالي:

الفرع الأول: آثار تطبيق منظومة النقل الذكي على الاقتصاد والبيئة.

(1) Charlie Karlsson "Smart Cities and Artificial Intelligence: Convergent Systems for Planning, Design, and Operations" Elsevier, University of California, Berkeley, 2020, p 165-167.

الفرع الثاني: التحديات القانونية والتقنية أمام تكامل أنظمة النقل الذكي مع المركبات ذاتية القيادة.

الفرع الأول

آثار تطبيق منظومة النقل الذكي على الاقتصاد والبيئة

آثار تطبيق منظومة النقل الذكي على الاقتصاد:

تطبيق منظومة النقل الذكي لها آثار إيجابية كبيرة على الاقتصاد، ويمكن تلخيص دوره في نجاح الاقتصاد على النحو التالي:

أولاً- تعزيز الكفاءة وتقليل التكاليف(١):

تعزيز الكفاءة وتقليل التكاليف من أهم الآثار الاقتصادية لتطبيق منظومة النقل الذكي، ويمكن توضيح ذلك من خلال النقاط التالية:

١- تحسين إدارة حركة المرور:

تقليل الازدحام: تستخدم منظومة النقل الذكي أنظمة متطورة لمراقبة حركة المرور وتحليلها في الوقت الفعلي، مما يمكن من تحديد المناطق المزدحمة وتوجيه السائقين إلى طرق بديلة، وبالتالي تقليل الازدحام وتوفير الوقت والوقود.

إدارة إشارات المرور: يتم التحكم في إشارات المرور بشكل ذكي بناء على كثافة المرور، مما يضمن انسيابية الحركة ويقلل من فترات الانتظار .

٢- تحسين كفاءة استخدام الطاقة:

مركبات موفرة للطاقة: تشجع منظومة النقل الذكي على استخدام مركبات موفرة للطاقة أو تعمل بالكهرباء، مما يقلل من استهلاك الوقود وانبعاثات الكربون.

(١) محمد الخطيب، التأثير الاقتصادي لأنظمة النقل الذكي، القاهرة، دار المعرفة الجامعية ٢٠١٨م،

تحسين كفاءة المحركات: تستخدم تقنيات حديثة لتحسين كفاءة محركات المركبات وتقليل استهلاك الوقود.

أنظمة النقل العام الذكية: تعمل على تحسين جداول مواعيد الحافلات والقطارات وتوفير معلومات دقيقة للمستخدمين، مما يشجع على استخدام وسائل النقل العام ويقلل من الاعتماد على السيارات الخاصة.

٣- تخطيط أفضل للرحلات:

تطبيقات الملاحة الذكية: توفر تطبيقات الملاحة الذكية معلومات حول أفضل الطرق وأوقات السفر مما يساعد السائقين على تجنب الازدحام وتوفير الوقت والوقود.

تخطيط الرحلات اللوجستية: تستخدم الشركات أنظمة ذكية لتخطيط وتنسيق عمليات النقل والتوزيع مما يقلل من المسافات المقطوعة وتكاليف التشغيل.

ثانياً: تحسين الإنتاجية والنمو الاقتصادي^(١):

تحسين الإنتاجية والنمو الاقتصادي من الآثار الاقتصادية المهمة لمنظومة النقل الذكي، من خلال النقاط التالية:

١- تحسين سلاسل التوريد:

تتبع البضائع في الوقت الحقيقي: يمكن لأنظمة تتبع البضائع توفير معلومات دقيقة حول موقع البضائع وحالتها، مما يمكن الشركات من إدارة سلاسل التوريد بكفاءة أكبر وتقليل التكاليف.

تحسين عمليات التسليم: يمكن لمنظومة النقل الذكي تحسين عمليات التسليم من خلال توفير معلومات دقيقة عن أوقات التسليم المتوقعة وتسهيل التواصل بين السائقين والعملاء .

(١) أحمد زيدان، وسلمى الجوهري، ورقة بحثية الحسين الكفاءة الاقتصادية من خلال منظومة النقل الذكي، مجلة الاقتصاد والإدارة، ٢٠٢٠، ص ص ٩٠-٩٥.

٢- تسهيل التجارة:

تبادل المعلومات الإلكترونية: يمكن لمنظومة النقل الذكي تسهيل تبادل المعلومات الإلكترونية بين الجهات المعنية بالتجارة، مثل: الجمارك، والموانئ، وشركات الشحن، مما يسرع من عمليات التخليص الجمركي ويسهل حركة البضائع.

الوصول إلى الأسواق الجديدة: يمكن لمنظومة النقل الذكي تسهيل وصول الشركات إلى أسواق جديدة من خلال توفير معلومات حول طرق النقل المتاحة وتكاليفها .

ثالثاً: خلق فرص عمل جديدة (١):

خلق فرص عمل جديدة من الآثار الاقتصادية للمنظومة المرورية عن طريق:

١- **زيادة الإنتاجية:** تقليل الازدحام المروري يعني وقتاً أقل يُهدر على الطرق،

هذا الوقت يمكن استغلاله في العمل والإنتاج مما يعزز الاقتصاد.

٢- **توفير الوقود:** انسيابية الحركة المرورية تقلل من استهلاك الوقود، وهذا يوفر

أموالاً يمكن استثمارها في قطاعات أخرى.

٣- **جذب الاستثمارات:** المدن ذات البنية التحتية المرورية المتطورة تكون أكثر

جاذبية للاستثمارات، سواء المحلية أو الأجنبية.

٤- **تنشيط السياحة:** سهولة التنقل تجعل المدن أكثر جاذبية للسياح، مما يعزز

قطاع السياحة وما يرتبط به من خدمات.

٥- **تقليل الحوادث:** تحسين السلامة المرورية يقلل من تكاليف الحوادث سواء على

الأفراد أو على الدولة.

ويرى الباحث أن فرص العمل الجديدة التي يمكن خلقها تكون:

(١) هبة السيد، أثر تطبيق النقل الذكي على الاقتصاد المحلي رسالة ماجستير، كلية الاقتصاد جامعة

الإسكندرية، ٢٠١٩، ص ص ٦٥ - ٧٥.

وظائف مباشرة في قطاع النقل:

- مهندسو مرور: لتصميم وتطوير وتحسين البنية التحتية المرورية.
- خبراء إدارة حركة المرور: لتحليل البيانات المرورية وتطوير استراتيجيات الإدارة الازدحام.
- فنيو صيانة إشارات المرور: الضمان عمل الإشارات والأنظمة المرورية بكفاءة.
- سائقو وسائل النقل العام: مع زيادة الطلب على وسائل النقل العام، ستكون هناك حاجة إلى المزيد من السائقين.

وظائف غير مباشرة:

- تطوير تطبيقات النقل الذكية: مبرمجو ومطورو تطبيقات للهواتف الذكية لمساعدة السائقين في التنقل وتجنب الازدحام.
- خدمات توصيل البضائع: مع زيادة الطلب على التسوق عبر الإنترنت، ستكون هناك حاجة إلى المزيد من خدمات التوصيل.
- قطاع السياحة: زيادة عدد السائحين يعني زيادة الطلب على المرشدين السياحيين والعاملين في الفنادق والمطاعم.
- صناعة السيارات: تحسين البنية التحتية قد يشجع على شراء السيارات، مما يعزز صناعة السيارات وما يرتبط بها من خدمات.

رابعاً: تحسين السلامة والأمن عن طريق (١):

١- **تقليل تكاليف الحوادث:** تحسين السلامة المرورية يقلل بشكل كبير من عدد الحوادث المرورية وبالتالي يقلل من التكاليف المرتبطة بها، مثل: تكاليف العلاج، وإصلاح المركبات، وتعويضات الضحايا، هذا يعني توفيراً كبيراً في الإنفاق على المستوى الفردي والوطني.

٢- **زيادة الإنتاجية:** عندما يشعر الأفراد بالأمان على الطرق، يصبحون أكثر إنتاجية، ويقل التغيب عن العمل بسبب الإصابات، ويزيد التركيز في العمل بسبب انخفاض التوتر والقلق المرتبطين بالقيادة.

٣- **جذب الاستثمارات والسياحة:** المدن ذات السمعة الجيدة في مجال السلامة والأمن المروري تجذب المزيد من الاستثمارات والسائحين فالمستثمرون يفضلون البيئات الآمنة لأعمالهم، والسائحون يفضلون الوجهات التي يشعرون فيها بالأمان أثناء تنقلهم.

٤- **تحسين جودة الحياة:** السلامة والأمن المروري يسهمان بشكل كبير في تحسين جودة الحياة للمواطنين والشعور بالأمان أثناء التنقل يقلل من التوتر ويحسن الصحة النفسية، مما يؤدي إلى مجتمع أكثر سعادة وإنتاجية.

٥- **تعزيز سمعة الدولة:** الدول التي تنجح في تحسين السلامة والأمن المروري تحظى بسمعة دولية جيدة، مما يعزز مكانتها على الساحة العالمية، ويفتح لها أبواباً جديدة للتعاون والتبادل التجاري.

(١) عمر الخياط، تحسين السلامة المرورية - نهج اقتصادي، بيروت، لبنان، الدار العربية للعلوم ناشرون ٢٠١٨م، ص ص ١١٨-١٠٢.

الآثار البيئية للمنظومة المرورية:

أولاً: تقليل تلوث الهواء عن طريق^(١):

١- تقليل الازدحام المروري:

انسيابية الحركة: عندما تعمل المنظومة المرورية بكفاءة إشارات مرورية متزامنة، وإدارة ذكية للازدحام، وتخطيط جيد للطرق، فإن ذلك يقلل من الازدحام المروري. حيث إن الازدحام هو أحد الأسباب الرئيسية لتلوث الهواء؛ حيث تتسبب السيارات المتوقفة أو التي تتحرك ببطء في إطلاق كميات أكبر من العوادم.

تقليل أوقات التباطؤ والتوقف: في حالة الازدحام، تضطر السيارات للتوقف والتحرك ببطء بشكل متكرر، مما يزيد من استهلاك الوقود وانبعاثات العوادم، وتحسين تدفق حركة المرور يقلل من هذه الأوقات، وبالتالي يقلل من الانبعاثات.

٢- تشجيع استخدام وسائل النقل المستدامة:

النقل العام: تشجع المنظومات المرورية الناجحة على استخدام وسائل النقل العام (الحافلات، والمترو والترام)، وذلك من خلال توفير شبكات نقل عام فعالة ومريحة، وتقديم حوافز الاستخدامها (مثل: تذاكر مخفضة، أو ممرات مخصصة). وسائل النقل العام تنقل عدداً أكبر من الأشخاص باستخدام كمية أقل من الوقود مقارنة بالسيارات الخاصة، مما يقلل بشكل كبير من الانبعاثات.

المشي وركوب الدراجات: تحسين البنية التحتية للمشاة وراكبي الدراجات (مثل: إنشاء أرصفة واسعة، ومسارات للدراجات آمنة ومخصصة، يشجع على استخدام هذه الوسائل الصحية والمستدامة، التي لا تنتج أي انبعاثات ضارة.

٣- إدارة حركة المرور الذكية:

(١) د. أحمد الشربيني، تأثير المنظومات المرورية على تلوث الهواء"، القاهرة، دار النهضة العربية، ٢٠١٩م، ص ٨٧-١٠٥.

تكنولوجيا المعلومات: استخدام تكنولوجيا المعلومات في إدارة حركة المرور (مثل: أنظمة التحكم في الإشارات المرورية المتكيفة، وأنظمة المعلومات المرورية في الوقت الفعلي) يمكن أن يحسن تدفق حركة المرور ويقلل من الازدحام، وبالتالي يقلل من الانبعاثات.

تطبيقات الملاحة: يمكن أن تساعد تطبيقات الملاحة الذكية السائقين في اختيار الطرق الأقل ازدحاماً - مما يقلل من أوقات الرحلات واستهلاك الوقود والانبعاثات.

٤- تشجيع استخدام المركبات الأقل تلويها:

المركبات الكهربائية والهجينة: المنظومات المرورية الناجحة يمكن أن تشجع على استخدام المركبات الكهربائية والهجينة من خلال تقديم حوافز، مثل: الإعفاءات الضريبية، أو رسوم تسجيل أقل. هذه المركبات تنتج انبعاثات أقل بكثير من السيارات التقليدية التي تعمل بالبنزين أو الديزل.

ثانياً: تقليل الضوضاء عن طريق^(١):

١- تقليل الازدحام المروري:

انسيابية الحركة: عندما تعمل المنظومة المرورية بكفاءة إشارات مرورية متزامنة، وإدارة ذكية للازدحام، وتخطيط جيد للطرق، فإن ذلك يقلل من الازدحام المروري. حيث إن الازدحام هو أحد الأسباب الرئيسية للضوضاء؛ حيث تتسبب السيارات المتوقفة أو التي تتحرك ببطء في استخدام المكابح بشكل متكرر وإصدار ضوضاء من المحركات.

(١) د. سمير البدوي، تقليل الضوضاء المرورية استراتيجيات وتقنيات، مكتبة الأكاديمية، الإسكندرية، ٢٠١٨م، ص ٩٥ - ١١٠.

تقليل استخدام البوق: في حالة الازدحام، يلجأ السائقون لاستخدام البوق بشكل متكرر لتبنيه الآخرين مما يزيد من مستوى الضوضاء. وتحسين تدفق حركة المرور يقلل من الحاجة لاستخدام البوق.

٢- تشجيع استخدام وسائل النقل المستدامة:

النقل العام: وسائل النقل العام الحافلات والمترو، والتزام تقلل من عدد السيارات على الطريق وبالتالي تقلل من الضوضاء الناتجة عن حركة المرور، بالإضافة إلى ذلك، عادة ما تكون هذه الوسائل أقل ضوضاء من السيارات الخاصة.

المشي وركوب الدراجات: المشي وركوب الدراجات لا ينتجان أي ضوضاء تقريباً، وبالتالي فإن تشجيع استخدام هذه الوسائل من خلال توفير بنية تحتية آمنة ومريحة يساهم في تقليل الضوضاء بشكل كبير.

٣- استخدام حواجز صوتية وعازلة للصوت:

الحواجز الصوتية: يمكن تركيب حواجز صوتية على جانبي الطرق السريعة والمناطق السكنية القريبة من الطرق الرئيسية لتقليل الضوضاء التي تصل إلى المناطق المأهولة بالسكان.

عزل الصوت في المباني: يمكن استخدام مواد عازلة للصوت في بناء المنازل والمباني القريبة من الطرق لتقليل تأثير الضوضاء على السكان.

٤- فرض قيود على ضوضاء المركبات:

معايير صارمة: يمكن تطبيق معايير صارمة على مستوى الضوضاء المسموح به للمركبات، مما يشجع الشركات المصنعة على إنتاج مركبات أقل ضوضاء.

صيانة دورية: يمكن فرض إجراء صيانة دورية للمركبات للتأكد من أنها تعمل ضمن مستويات الضوضاء المسموح بها.

أمثلة على الاستثمارات الخاصة في النقل الذكي في مصر^(١):

تشهد مصر تطورات ملحوظة في مجال النقل الذكي، وهناك العديد من المشاريع والاستثمارات في هذا المجال، ومن أبرزها:

المشاريع:

القطار الكهربائي الخفيف (LRT) والمونوريل: يعدان من أكبر مشاريع النقل الذكي في مصر؛ حيث يقدمان حلاً متطوراً للنقل الجماعي، ويساهمان في تخفيف الازدحام المروري والتلوث البيئي.

شبكة الطرق الذكية: تعمل الحكومة المصرية على تطوير شبكة الطرق الحالية وجعلها ذكية من خلال استخدام أنظمة مراقبة حركة المرور وإدارة الازدحام، بالإضافة إلى تطبيقات ذكية لمساعدة السائقين.

مشروع النقل الذكي في العاصمة الإدارية الجديدة: يهدف هذا المشروع إلى إنشاء نظام نقل ذكي متكامل يعتمد على الطاقة النظيفة، ويشمل شبكة مواصلات عامة ذكية وتطبيقات الإدارة حركة المرور ومواقف السيارات.

(١) محمود جلال، لدراسة تأثير الاستثمارات الخاصة على فعالية منظومة النقل الذكي في الدول العربية، رسالة دكتوراه، كلية الهندسة، جامعة القاهرة ٢٠٢٢م، ص ص ١٣١ - ١٤٠.

مشروع الكارت الذكي الموحد: يهدف هذا المشروع إلى تعميم استخدام الكارت الذكي الموحد في جميع وسائل النقل العام في مصر، مما يسهل عملية الدفع ويحسن تجربة المستخدم.

التطبيقات:

تطبيقات حجز السيارات الأجرة: مثل: Uber، و Careem اللذين يوفران خدمات حجز سيارات الأجرة عبر الإنترنت، ويساهمان في توفير الوقت والجهد للمستخدمين.

تطبيقات النقل الجماعي: مثل: Swvl التي تقدم خدمات نقل جماعي بتكلفة منخفضة، وتساهم في حل مشكلة الازدحام المروري.

تطبيقات مشاركة السيارات: مثل: Dryve التي تتيح للمستخدمين استئجار السيارات بالساعة أو باليوم، وتساهم في تقليل عدد السيارات على الطرق.

تطبيقات التوصيل: مثل: Talabat و Elmenus التي تتيح للمستخدمين طلب الطعام من المطاعم وتوصيله إلى منازلهم، وتساهم في توفير الوقت والجهد للمستخدمين.

الفرع الثاني

التحديات القانونية والتقنية أمام تكامل أنظمة

النقل الذكي مع المركبات ذاتية القيادة

يمثل دمج المركبات ذاتية القيادة في منظومة النقل الذكي المصرية خطوة ثورية تحمل في طياتها العديد من الفرص، ولكنها تواجه أيضاً تحديات قانونية وتقنية جوهرية يجب معالجتها بشكل شامل لضمان نجاح هذا التكامل.

أ- التحديات القانونية:

١- المسؤولية المدنية عن الحوادث^(١):

الإشكالية: من يتحمل المسؤولية القانونية في حال وقوع حادث مروري تتورط فيه مركبة ذاتية القيادة؟ هل هو مالك المركبة، الشركة المصنعة مطور برمجيات القيادة الذاتية، مشغل نظام النقل الذكي، أم جهة أخرى؟ القوانين المرورية الحالية تركز بشكل أساسي على مسؤولية السائق البشري.

المعالجة القانونية المقترحة^(٢): يتطلب الأمر تطوير إطار قانوني جديد يحدد بوضوح مسؤوليات جميع الأطراف المعنية يجب تحديد معايير لتحديد سبب الحادث، سواء كان خطأ في البرمجيات، خلافاً في الأجهزة، عطفاً في البنية التحتية، أو تدخلاً بشرياً طارئاً. قد يتطلب ذلك إنشاء هيئات تحقيق متخصصة ولجان خبراء لتقييم الحوادث المعقدة التي تشمل المركبات ذاتية القيادة.

الحاجة إلى تشريع: لا يقتصر الأمر على إصدار قوانين جديدة أو تعديل التشريعات الحالية، بل يشمل أيضاً وضع لوائح تنفيذية واضحة تُحدد الإجراءات والمعايير الفنية المطلوبة لاعتماد المركبات ذاتية القيادة على الطرق العامة. كما ينبغي وضع ضوابط تنظيمية لتحديد مسؤوليات الشركات المصنعة ومطوري البرمجيات ومشغلي أنظمة النقل الذكية، إلى جانب تحديث قواعد التأمين الإلزامي بما يغطي المخاطر الجديدة المرتبطة بالتشغيل الآلي. بالإضافة إلى ذلك، يلزم بناء قدرات

(١) محمد عبد الحميد بسيوني، المركبات ذاتية القيادة - المفهوم والتحديات القانونية، المجلة المصرية للقانون الدولي، العدد ٧٦، ٢٠٢٠م، ص ٢١٥.

(٢) محمد عبدالعزيز الرفاعي، المسؤولية المدنية عن أضرار المركبات ذاتية القيادة - دراسة مقارنة، المجلة المصرية للدراسات القانونية والاقتصادية، جامعة القاهرة، المجلد ١٤، العدد ٢، ٢٠٢١م، ص ١٣٥.

مؤسسية متخصصة مثل إنشاء وحدات تحقيق مرورية فنية، وتدريب كوادر قضائية وهندسية قادرة على التعامل مع النزاعات المعقدة الناتجة عن حوادث هذه المركبات.

٢- تنظيم استخدام البيانات وحماية الخصوصية (١):

الإشكالية: تعتمد المركبات ذاتية القيادة على كميات هائلة من البيانات التي يتم جمعها ومعالجتها بشكل مستمر، بما في ذلك بيانات الموقع، وأنماط القيادة، والتفاعلات مع البيئة المحيطة. يثير ذلك مخاوف بشأن خصوصية الأفراد وكيفية استخدام هذه البيانات وتخزينها وحمايتها من الاختراق أو سوء الاستخدام.

المعالجة القانونية المقترحة: يجب وضع قوانين صارمة لحماية بيانات المستخدمين وضمان شفافية عمليات جمع البيانات واستخدامها. يجب تحديد الجهات التي يحق لها الوصول إلى هذه البيانات والغرض من هذا الوصول، بالإضافة إلى وضع آليات للموافقة على جمع البيانات وحقوق المستخدمين في تعديل أو حذف بياناتهم.

الحاجة إلى تشريع: لا تقتصر الحاجة هنا على إصدار قوانين جديدة لحماية البيانات الشخصية تتلاءم مع طبيعة البيانات الضخمة التي تجمعها المركبات ذاتية القيادة، بل تشمل أيضًا إعداد لوائح تنفيذية دقيقة تُحدد الإجراءات التقنية لحماية البيانات مثل التشفير، وآليات التخزين الآمن، وتحديد مدد الاحتفاظ بالبيانات. كما يلزم وضع معايير تنظيمية تُلزم الشركات بتطبيق مبادئ الحد الأدنى من جمع البيانات وعدم استخدامها إلا في الأغراض المصرح بها فقط. كذلك ينبغي إنشاء جهات رقابية مستقلة مختصة بمتابعة الالتزام بهذه التشريعات واللوائح، ومنحها صلاحيات الرقابة والتدقيق وفرض العقوبات على المخالفين، إلى

(١) أحمد على إبراهيم، حماية البيانات الشخصية في ظل تطور تقنيات النقل الذكي، المجلة العربية لحماية الخصوصية، المجلد ٥، العدد ٢، ٢٠٢١م، ص ٨٩.

جانب وضع آليات واضحة لتمكين الأفراد من ممارسة حقوقهم في الاطلاع على بياناتهم أو تعديلها أو حذفها، وتسهيل سُبل التظلم عند انتهاك الخصوصية.

٣- معايير السلامة والأمان والتصديق (١):

الإشكالية: يجب وضع معايير واضحة لضمان سلامة وأمان المركبات ذاتية القيادة قبل السماح بتداولها واستخدامها على الطرق المصرية. يشمل ذلك اختبارات صارمة لبرمجيات القيادة الذاتية وأجهزة الاستشعار وأنظمة التحكم، بالإضافة إلى آليات للتصديق على هذه المركبات ومراقبة أدائها بشكل مستمر.

المعالجة القانونية المقترحة: يتطلب ذلك إنشاء هيئة تنظيمية متخصصة أو تكليف جهة قائمة بمسؤولية وضع هذه المعايير والإشراف على تطبيقها. يجب أن تستند هذه المعايير إلى أفضل الممارسات الدولية وتأخذ في الاعتبار الظروف المحلية للطرق والبنية التحتية في مصر. يجب أيضا وضع إجراءات واضحة لسحب التصديق في حال تبين وجود عيوب أو مخاطر في المركبات بعد طرحها في السوق.

الحاجة إلى تشريع: لا تقتصر الحاجة على تفويض جهة محددة بوضع معايير السلامة والأمان وإجراءات التصديق، بل تشمل أيضًا إصدار لوائح تنفيذية مفصلة تُحدد شروط الفحص الدوري للمركبات ذاتية القيادة، وأساليب اختبار البرمجيات والتحديثات التقنية بشكل مستمر. كما يلزم وضع أنظمة اعتماد فنية ومعايير مطابقة لضمان التزام الشركات المصنعة والموردين بهذه الشروط قبل السماح بتسجيل المركبة أو ترخيصها للاستخدام العام. كذلك يتطلب الأمر وضع آليات رقابية فعّالة لرصد أداء هذه المركبات في الطرق العامة بعد طرحها، مع توفير صلاحيات قانونية للجهات المختصة لإيقاف المركبات

(١) سعاد محمد حسن، التحديات التقنية للمركبات ذاتية القيادة في مصر، رسالة ماجستير، كلية الهندسة، جامعة القاهرة، ٢٠٢٢م، ص ١٣١.

المخالفة وسحب التصديق عند الضرورة. ويجب دعم ذلك بإنشاء برامج تدريب واعتماد للكوادر الفنية القادرة على فحص هذه المركبات والتأكد من التزامها بالمعايير الفنية، بما يضمن التطبيق السليم للتشريعات واللوائح على أرض الواقع.

٤- التفاعل مع المركبات التقليدية والمشاة (١):

الإشكالية: يجب أن تكون المركبات ذاتية القيادة قادرة على التفاعل بأمان وفعالية مع المركبات التي يقودها بشر والمشاة وراكبي الدراجات في مختلف الظروف المرورية. قد يكون من الصعب برمجة المركبات الذاتية للتنبؤ بسلوكيات بشرية غير متوقعة أو للتكيف مع المواقف المعقدة التي تتطلب حكماً بشرياً.

المعالجة القانونية المقترحة: يتطلب ذلك تطوير خوارزميات قيادة متقدمة قادرة على فهم البيئة المحيطة واتخاذ قرارات آمنة في مختلف السيناريوهات. يجب أيضاً وضع قواعد وإرشادات واضحة لكيفية تفاعل المركبات ذاتية القيادة مع مستخدمي الطريق الآخرين، بالإضافة إلى حملات توعية للمشاة والسائقين حول كيفية التعامل مع هذه التقنية الجديدة.

الحاجة إلى تنظيم: وضع إرشادات وقواعد مرورية محددة لتنظيم تفاعل المركبات ذاتية القيادة مع المركبات التقليدية والمشاة، بالإضافة إلى تطوير برامج تدريب وتوعية للجمهور.

٥- الأخلاقيات والقرارات الصعبة (٢):

(١) خالد محمود السيد، التكامل بين المركبات ذاتية القيادة والمركبات التقليدية، المجلة الدولية لهندسة النقل، المجلد ١٢، العدد ٣، ٢٠٢٠م، ص ٤٧.

(٢) ليلي عبدالرحمن، الأبعاد الأخلاقية لتقنيات الذكاء الاصطناعي في النقل، مجلة الدراسات الفلسفية، العدد ٥٨، ٢٠٢١م، ص ١٠٢.

الإشكالية: قد تواجه المركبات ذاتية القيادة سيناريوهات حتمية لوقوع حادث حيث يجب عليها اتخاذ قرارات صعبة قد تؤدي إلى إلحاق ضرر بأحد الأطراف على سبيل المثال، في حالة عدم إمكانية تجنب الاصطدام، هل يجب على المركبة حماية ركابها أم تقليل الضرر على المشاة

المعالجة القانونية المقترحة: هذه المسائل الأخلاقية المعقدة تتطلب نقاشاً عاماً واسعاً ومشاركة الخبراء القانونيين والأخلاقيين ووضعي السياسات للوصول إلى مبادئ توجيهية واضحة يمكن تضمينها في برمجيات القيادة الذاتية.

الحاجة إلى إطار أخلاقي وقانوني: تشمل أيضاً إعداد مدونات سلوك وأدلة إرشادية تلزم الشركات المصنعة ومطوري البرمجيات بدمج المبادئ الأخلاقية في خوارزميات اتخاذ القرار داخل المركبة. كما يلزم وضع معايير شفافة توضح كيفية الموازنة بين سلامة الركاب وسلامة مستخدمي الطريق الآخرين، مع مراعاة الخصوصية الثقافية والقيم الأخلاقية للمجتمع. كذلك يتطلب الأمر إنشاء لجان وطنية متعددة التخصصات تضم خبراء في القانون، والأخلاقيات، والهندسة، وعلم النفس، لمراجعة وتحديث هذه المبادئ بانتظام في ضوء التطورات التقنية. ويجب أن يُدعم ذلك بآليات رقابية لضمان التزام الشركات بهذه المبادئ، إلى جانب برامج توعية عامة لتعريف المجتمع بكيفية عمل هذه الأنظمة واتخاذ القرارات الأخلاقية.

ب - التحديات التقنية:

١ - تطوير بنية تحتية ذكية ومتكاملة^(١):

الإشكالية: يعتمد الأداء الأمثل للمركبات ذاتية القيادة على وجود بنية تحتية نقل ذكية ومتطورة تدعم الاتصال بين المركبات والطرق والإشارات المرورية ومراكز

(١) حسن على مرسى، البنية التحتية المطلوبة لدعم المركبات ذاتية القيادة في مصر، المجلة المصرية لهندسة الطرق، المجلد ١٥، العدد ١، ٢٠٢٠م، ص ٦٥.

التحكم. البنية التحتية الحالية في مصر قد لا تكون مهيأة بشكل كامل لدعم هذه التقنيات.

المعالجة القانونية المقترحة^(١): يتطلب الأمر استثمارات كبيرة في تطوير وتحديث البنية التحتية للنقل، بما في ذلك تركيب أجهزة استشعار وأنظمة اتصالات متقدمة على الطرق، وتطوير شبكات اتصالات عالية السرعة وموثوقة، وإنشاء منصات مركزية لإدارة ومراقبة حركة المرور.

الحاجة إلى استثمار وتطوير: تخصيص استثمارات لتطوير البنية التحتية الذكية، بما في ذلك شبكات الاتصالات وأجهزة الاستشعار وأنظمة إدارة المرور.

٢- ضمان أمن المعلومات السيبراني(٢):

الإشكالية: تعتمد المركبات ذاتية القيادة وأنظمة النقل الذكي على شبكات وأنظمة رقمية معرضة للهجمات السيبرانية. يمكن أن يؤدي اختراق هذه الأنظمة إلى عواقب وخيمة، بما في ذلك تعطيل المركبات أو التلاعب بأنظمة المرور أو سرقة البيانات الحساسة.

المعالجة القانونية المقترحة: يجب وضع استراتيجيات شاملة للأمن السيبراني لحماية أنظمة النقل الذكي والمركبات ذاتية القيادة من التهديدات السيبرانية. يشمل ذلك تطوير برمجيات آمنة، وتنفيذ إجراءات حماية قوية، وإنشاء فرق استجابة للطوارئ السيبرانية، وتوعية المستخدمين بمخاطر الأمن السيبراني.

(١) خالد عبدالحليم، البنية التحتية الذكية اللازمة لتشغيل المركبات ذاتية القيادة في مصر، المجلة العربية للهندسة والنقل، كلية الهندسة، جامعة الإسكندرية، المجلد ٧، العدد ١، ٢٠٢٠م، ص ٥٥.

(٢) فادية يوسف، الأمن السيبراني في أنظمة النقل الذكي - التحديات والحلول، مجلة أمن المعلومات، المجلد ٨، العدد ٤، ٢٠٢١م، ص ٧٨.

الحاجة إلى استراتيجية للأمن السيبراني: تشمل أيضًا وضع لوائح تنظيمية ومعايير فنية ملزمة تحدد المتطلبات التقنية للأمن السيبراني في أنظمة المركبات ذاتية القيادة والبنية التحتية الذكية، بما في ذلك معايير التشفير، واختبارات الاختراق الدوري، وإجراءات التحديث الآمن للبرمجيات.

كما يلزم إنشاء مراكز استجابة وطنية للطوارئ السيبرانية (CERT) تكون مختصة بمتابعة التهديدات ومعالجتها بسرعة، إلى جانب وضع بروتوكولات إلزامية للإبلاغ الفوري عن أي حوادث اختراق أو خروقات أمنية.

كذلك ينبغي تطوير برامج تدريب واعتماد للكفاءات الفنية لضمان وجود خبراء أمن سيبراني مؤهلين قادرين على حماية وتشغيل وصيانة هذه الأنظمة، بالإضافة إلى وضع برامج توعية مستمرة لجميع الأطراف (الشركات، المشغلين، المستخدمين) لمواجهة الهجمات السيبرانية وتقليل المخاطر الناتجة عنها.

٣- تطوير خوارزميات قيادة قوية وموثوقة (١):

الإشكالية: يجب أن تكون برمجيات القيادة الذاتية قادرة على معالجة كميات هائلة من البيانات الحسية واتخاذ قرارات قيادة دقيقة وآمنة في مختلف الظروف الجوية والمرورية. قد يكون من الصعب تطوير خوارزميات قادرة على التعامل مع المواقف غير المتوقعة أو المعقدة التي تتطلب قدرًا كبيراً من الحدس البشري.

المعالجة القانونية المقترحة: يتطلب ذلك استثمارات كبيرة في البحث والتطوير في مجال الذكاء الاصطناعي وتعلم الآلة والرؤية الحاسوبية. يجب إجراء اختبارات وتقييمات صارمة لأداء هذه الخوارزميات في بيئات واقعية لضمان موثوقيتها وسلامتها.

(١) عمرو سعيد، تطوير خوارزميات الذكاء الاصطناعي للمركبات ذاتية القيادة، مجلة بحوث الذكاء الاصطناعي، المجلد ١٠، العدد ٢، ٢٠٢٠م، ص ٣٤.

الحاجة إلى دعم البحث والتطوير: دعم وتشجيع البحث والتطوير في مجال تقنيات القيادة الذاتية والذكاء الاصطناعي.

٤- ضمان التشغيل في الظروف المحلية المتنوعة (١):

الإشكالية: يجب أن تكون المركبات ذاتية القيادة قادرة على العمل بكفاءة وأمان في مختلف الظروف الجوية (مثل الأمطار والضباب والأتربة) وظروف الإضاءة المختلفة (ليلاً ونهاراً) والظروف المرورية المتنوعة التي تشهدها الطرق المصرية، بما في ذلك الازدحام وحركة المشاة غير المنظمة.

المعالجة القانونية المقترحة: يتطلب ذلك جمع بيانات شاملة عن الظروف المحلية وتدريب خوارزميات القيادة الذاتية عليها. يجب أيضاً إجراء اختبارات مكثفة للمركبات في هذه الظروف لضمان قدرتها على التعامل معها بأمان.

٥- التكامل مع أنظمة النقل الحالية (٢):

الإشكالية: يجب أن يتم دمج المركبات ذاتية القيادة بسلاسة مع أنظمة النقل الحالية في مصر، بما في ذلك وسائل النقل العام التقليدية وأنظمة إدارة المرور القائمة. المعالجة القانونية المقترحة: يتطلب ذلك تخطيطاً استراتيجياً يراعي كيفية تفاعل المركبات ذاتية القيادة مع وسائل النقل الأخرى وكيف يمكن أن تساهم في تحسين كفاءة منظومة النقل بشكل عام. قد يتطلب ذلك تطوير منصات موحدة لتبادل البيانات والتنسيق بين مختلف أنظمة النقل.

ثانياً: ما هو معمول في السعودية والإمارات:

(١) منى عبدالله، تحديات تشغيل المركبات ذاتية القيادة في البيئات الحضرية المصرية، رسالة دكتوراه، كلية الهندسة، جامعة عين شمس، ٢٠٢١م، ص ١٥٠.

(٢) يوسف محمد، استراتيجيات دمج المركبات ذاتية القيادة في أنظمة النقل القائمة، المجلة العربية لهندسة النقل، المجلد ٩، العدد ٣، ٢٠٢١م، ص ٥٨.

تعتبر المملكة العربية السعودية ودولة الإمارات العربية المتحدة من الدول الرائدة في المنطقة في تبني تقنيات النقل الذكي واستكشاف إمكانات المركبات ذاتية القيادة. لديهما مبادرات وتشريعات مهمة في هذا المجال:

أ- المملكة العربية السعودية (١):

رؤية ٢٠٣٠: تولي رؤية المملكة ٢٠٣٠م اهتماماً كبيراً بالابتكار والتكنولوجيا، بما في ذلك تطوير المدن الذكية وأنظمة النقل المتقدمة.

نيوم (NEOM): تعتبر مدينة نيوم النموذجية مشروعاً طموحاً يهدف إلى تبني أحدث التقنيات، بما في ذلك المركبات ذاتية القيادة ووسائل النقل المستدامة. تخطط نيوم لأن تكون منطقة اختبار وتطبيق واسع النطاق لهذه التقنيات.

الهيئة السعودية للمواصفات والمقاييس والجودة (SASO): تعمل الهيئة على وضع المواصفات والمعايير اللازمة لضمان سلامة وجودة المركبات وتقنيات النقل المتقدمة.

مبادرات تجريبية: هناك بعض المبادرات التجريبية المحدودة لاختبار المركبات ذاتية القيادة في بيئات محكمة.

التشريعات: لا يزال الإطار التشريعي الخاص بالمركبات ذاتية القيادة في السعودية قيد التطوير. ومع ذلك، هناك توجه نحو تحديث القوانين واللوائح لتواكب هذه التقنيات الناشئة من المتوقع أن تركز التشريعات المستقبلية على مسائل السلامة والمسؤولية والتأمين وحماية البيانات.

ب- دولة الإمارات العربية المتحدة (٢):

(١) فهد بن عبدالله، مشروع نيوم: رؤية مستقبلية للنقل الذكي، مجلة التنمية المستدامة، المجلد ٥، العدد ٢، ٢٠١٩م، ص ٢٢.

استراتيجية دبي للتنقل الذكي ذاتي القيادة: أطلقت دبي استراتيجية طموحة تهدف إلى تحويل ٢٥% من إجمالي رحلات التنقل في الإمارة إلى رحلات ذاتية القيادة بحلول عام ٢٠٣٠م.

تشريعات وقوانين: أصدرت دبي تشريعات وقوانين تنظم اختبار وتشغيل المركبات ذاتية القيادة في مناطق محددة. تتناول هذه التشريعات جوانب مثل متطلبات السلامة والتصاريح والتأمين والمسؤولية في حال وقوع حوادث.

هيئة الطرق والمواصلات بدبي (RTA): تقوم الهيئة بدور فعال في اختبار وتقييم تقنيات القيادة الذاتية وتطوير البنية التحتية اللازمة لدعمها. قامت الهيئة بتجارب عملية للحافلات وسيارات الأجرة ذاتية القيادة.

(٢) على الحمادي، استراتيجية دبي للتنقل الذكي - تحليل وتقييم، مجلة النقل المستدام، المجلد ٧، العدد ٢، ٢٠٢٢م، ص ٤٥.

الخاتمة

فى ضوء ما تم طرحه، يتبين أن نجاح عملية التكامل بين أنظمة النقل الذكى والمركبات ذاتية القيادة فى مصر يتطلب اعتماد رؤية وطنية متكاملة تستند إلى تطوير الأطر القانونية والتشريعية، وتحديث البنية التحتية الرقمية، وبناء القدرات البشرية المؤهلة كما يستلزم الأمر تعزيز الشراكة بين الجهات الحكومية والقطاع الخاص، وتبنى سياسات تدعم الابتكار والاستثمار فى هذا المجال، ومن خلال ذلك، يمكن لمصر أن تواكب التحولات العالمية نحو أنظمة نقل ذكية ومستدامة تسهم فى تحقيق التنمية الشاملة وتحسين جودة الحياة.

وعليه، سوف نعرض أهم النتائج التى توصلنا إليها خلال تلك الدراسة ثم نذكر أهم التوصيات التى تفيد موضوع الدراسة وذلك على النحو التالى:

أولاً: النتائج:

١ - التكامل بين نظم النقل الذكي والمركبات ذاتية القيادة يمثل ركيزة أساسية لتطوير

قطاع النقل في مصر:

يعكس هذا التكامل توجهاً عالمياً نحو أنظمة أكثر كفاءة واستدامة حيث تتيح تقنيات النقل الذكي إدارة مرورية متقدمة تعتمد على البيانات الفورية، بينما تساهم المركبات ذاتية القيادة في تقليل التدخل البشري، ومن ثم الحد من الأخطاء البشرية التي تعد أحد أبرز أسباب الحوادث في مصر، إن الجمع بين النظامين من شأنه إحداث تحول نوعي في البنية التحتية المرورية المصرية.

٢ - الذكاء الاصطناعي هو المحرك الرئيسي لتحقيق التكامل الفعال بين الطرفين:

يعد الذكاء الاصطناعي أساساً في تشغيل المركبات ذاتية القيادة وتحليل بيانات نظم النقل الذكي فالتكامل بين الخوارزميات الذكية وأجهزة الاستشعار يتيح استجابة آمنة لحالة الطرق مما يدعم اتخاذ قرارات دقيقة أثناء القيادة ويسهم في خفض نسب الحوادث وتحسين انسيابية المرور داخل المدن الكبرى.

٣ - نجاح هذا التكامل يتطلب بنية تحتية ذكية ومرتبطة:

تعد البنية التحتية الحديثة أحد الشروط الأساسية لدمج المركبات ذاتية القيادة في منظومة النقل الذكي يشمل ذلك تركيب إشارات مرورية ذكية، وتوفير شبكات اتصال آمنة وسريعة (5G) بالإضافة إلى تجهيز الطرق لتكون قابلة للتفاعل مع المركبات من خلال أنظمة (V2X) (Vehicle – to – every thing) ضعف هذه البنية في بعض المناطق يشكل تحدياً يجب معالجته في مصر.

٤ - التكامل يحقق فوائد بيئية واقتصادية ويعزز أهداف التنمية المستدامة:

يسهم التكامل في تقليل الازدحام المروري، مما يؤدي إلى انخفاض استهلاك الوقود والانبعاثات الضارة وهو ما ينسجم مع رؤية مصر ٢٠٣٠م للتنمية المستدامة،

كما يساعد على تحسين الإنتاجية من خلال تقليل الوقت المهدر فى التنقل، ويدعم الاقتصاد الوطنى عن طريق تقليل تكاليف الحوادث والصيانة.

٥- هناك تحديات تشريعية وقانونية يجب التغلب عليها لتفعيل هذا التكامل فى مصر:

تعد البيئة القانونية فى مصر غير مهياةً بالكامل للتعامل مع المركبات ذاتية القيادة، حيث تفتقر القوانين الحالية إلى نصوص تنظم المسؤولية القانونية فى حال وقوع حوادث أو شروط ترخيص المركبات الذكية ويتطلب هذا الأمر وضع إطار قانونى جديدة يتماشى مع التطورات التكنولوجية ويوفر الحماية القانونية للمستخدمين بما يضمن تطبيق آمن وفعال لهذه التكنولوجيا.

ثانياً: التوصيات:

١- تحديث الكود المصرى للطرق والنقل:

يوصف بتعديل الكود المصرى ليشمل المعايير الفنية والتقنية الضرورية للبنية التحتية الذكية الداعمة للمركبات ذاتية القيادة بما فى ذلك تجهيز الطرق بأنظمة الاستشعار والتواصل وتوفير تغطية كاملة لشبكات الاتصال اللاسلكى عالية السرعة (5G) واعتماد تصميمات مرورية مرئية وقابلة للقراءة الآلية من قبل المركبات.

٢- إعداد إطار تشريعى وتنظيمى متكامل:

يوصى على الجهات المعنية صياغة تشريعات حديثة تنظم تشغيل المركبات ذاتية القيادة وتحديد المسؤولية القانونية فى حال وقوع الحوادث ووضع شروط واضحة لترخيص هذا النوع من المركبات بما يشمل متطلبات الأمن السيبرانى وحماية البيانات.

٣- تنفيذ مشروعات نموذجية فى المدن الذكية الجديدة:

يوصى بتطبيق مشروعات تجريبية لتكامل المركبات ذاتية القيادة مع نظم النقل الذكى داخل المدن الجديدة مثل العاصمة الإدارية أو مدينة العلمين الجديدة، لقياس

كفاءة الأداء وتحليل التحديات التشغيلية تمهيداً للتوسع التدريجي في التطبيق على باقى أنحاء الجمهورية.

٤- دعم البحث العلمى والتعاون مع الجامعات والمراكز البحثية لتطوير حلول محلية تتناسب مع الواقع المصرى:

تشجيع الكليات الهندسية ومراكز أبحاث النقل على دراسة متطلبات التكامل بين المركبات الذاتية ونظم النقل الذكى وتطوير برمجيات وتحليلات بيانات محلية، بما يضمن توافق التكنولوجيا مع الخصائص الاجتماعية والعمرائية فى مصر، كما يجب إشراك الباحثين فى إعداد تحديثات الكود المصرى ومواصفات البنية التحتية.

٥- إضافة مواد جديدة وتعديل بعض نصوص قانون المرور القائم: يوصى بأن يتضمن الإطار التشريعى الجديد مواد قانونية واضحة تُدرج ضمن قانون المرور الحالى أو تُضاف إليه عبر ملحق خاص. يجب أن تغطي هذه المواد تعريف المركبات ذاتية القيادة ومستويات الأتمتة بدقة (مثل القيادة الذاتية الجزئية والكاملة)، وتحديد شروط التشغيل على الطرق العامة، وإلزام المالك أو المشغل بالحصول على ترخيص خاص يتضمن شهادة مطابقة لمعايير السلامة والأمن السيبرانى.

يقترح كذلك إضافة مواد تلزم الشركات بتوفير بيانات التشغيل بشكل دورى للجهات المختصة بغرض الرقابة والتحليل، وربط الترخيص بوجود تغطية تأمينية شاملة للمخاطر المرتبطة بتقنية القيادة الذاتية.

قائمة المراجع

أولاً: المراجع العربية:

- ١- أحمد الخولى، المركبات ذاتية القيادة - تقنيات المستقبل، القاهرة، دار الفكر العربى، ٢٠١٩م.
- ٢- أحمد الشربيني، تأثير المنظومات المرورية على تلوث الهواء"، القاهرة، دار النهضة العربية، ٢٠١٩م.
- ٣- أحمد حسن، بحث بعنوان "دور الذكاء الاصطناعى فى الحد من الحوادث المرورية"، كلية الهندسة، جامعة القاهرة، ٢٠١٩م.
- ٤- أحمد زيدان، وسلمى الجوهري، ورقة بحثية الحسين الكفاءة الاقتصادية من خلال منظومة النقل الذكي"، مجلة الاقتصاد والإدارة، ٢٠٢٠.
- ٥- أحمد عبدالفتاح، النقل الذكى ومستقبل المدن المستدامة، دار النشر للجامعات المصرية، ٢٠٢١م.
- ٦- أحمد على إبراهيم، حماية البيانات الشخصية في ظل تطور تقنيات النقل الذكى، المجلة العربية لحماية الخصوصية، المجلد ٥، العدد ٢، ٢٠٢١م.
- ٧- أحمد كمال، مقال بعنوان "تقييم السلامة على محاور الطرق السريعة الجديدة في مصر - حالة محور الضبعة"، مجلة الهندسة المدنية والمعمارية، جامعة عين شمس، ٢٠٢٣م.
- ٨- أحمد محمود، رسالة ماجستير بعنوان "تطوير أنظمة إدارة المرور فى المدن الكبرى"، كلية الهندسة، جامعة القاهرة، ١٩٨٨م.
- ٩- أسماء عبدالرحمن، فعالية أنظمة النقل الذكية في تحسين السلامة المرورية في القاهرة الكبرى، رسالة دكتوراه، كلية الهندسة، جامعة حلوان، ٢٠٢١م.

- ١٠- أميرة الطويل، "أنظمة النقل الذكية وتطبيقاتها في مصر: دراسة تحليلية"، رسالة دكتوراه، كلية الهندسة، جامعة الإسكندرية، ٢٠١٩م.
- ١١- بيدي كالرا، وديفيد جروف، تقنية المركبة المستقلة - ذاتية القيادة، نموذج مؤسسة RAND لسلامة المركبات الممكنة، مؤسسة RAND، كاليفورنيا، ٢٠١٧م.
- ١٢- جيمس أندرسون، ونيدي كالرا ستانلي، وبول لورنس، تقنية المركبة المستقلة - ذاتية القيادة، طبع بمؤسسة RAND، كاليفورنيا، ٢٠١٨م.
- ١٣- حسن على مرسى، البنية التحتية المطلوبة لدعم المركبات ذاتية القيادة في مصر، المجلة المصرية لهندسة الطرق، المجلد ١٥، العدد ١، ٢٠٢٠م.
- ١٤- خالد حسن، مقال بعنوان "أثر مشروعات النقل الجماعي الحديث على الحد من الحوادث في مصر"، مجلة البحوث المرورية، أكاديمية الشرطة، العدد ١٢، ٢٠٢٢م.
- ١٥- خالد عبدالحليم، البنية التحتية الذكية اللازمة لتشغيل المركبات ذاتية القيادة في مصر، المجلة العربية للهندسة والنقل، كلية الهندسة، جامعة الإسكندرية، المجلد ٧، العدد ١، ٢٠٢٠م.
- ١٦- خالد محمود السيد، التكامل بين المركبات ذاتية القيادة والمركبات التقليدية، المجلة الدولية لهندسة النقل، المجلد ١٢، العدد ٣، ٢٠٢٠م.
- ١٧- سارة عبدالله، رسالة ماجستير بعنوان "تحديات دمج المركبات ذاتية القيادة في النقل الذكي"، كلية الهندسة، جامعة عين شمس، ٢٠٢١م.
- ١٨- سعاد محمد حسن، التحديات التقنية للمركبات ذاتية القيادة في مصر، رسالة ماجستير، كلية الهندسة، جامعة القاهرة، ٢٠٢٢م.

- ١٩- سليمان الراجحي، النقل الذكي - المركبات ذاتية القيادة، القاهرة، مكتبة الأنجلو المصرية، ٢٠٢١م.
- ٢٠- سمير البدوي، تقليل الضوضاء المرورية استراتيجيات وتقنيات، مكتبة الأكاديمية، الإسكندرية، ٢٠١٨م.
- ٢١- عبدالرحمن محمد، تقييم أثر أنظمة النقل الذكية على حركة المرور في القاهرة الكبرى، المجلة المصرية للهندسة المدنية، المجلد ١٥، العدد ٣، ٢٠٢١م.
- ٢٢- على الحمادي، استراتيجية دبي للتنقل الذكي - تحليل وتقييم، مجلة النقل المستدام، المجلد ٧، العدد ٢، ٢٠٢٢م.
- ٢٣- على الطنحاني، التحول الرقمي في النقل، نظم النقل الذكية، دار العلم للملايين، بيروت، لبنان، ٢٠١٨م.
- ٢٤- على حسن، التكامل بين النقل الذكي والمدن الذكية، دار العلم للنشر، القاهرة، ٢٠٢٣م.
- ٢٥- عمر الخياط، تحسين السلامة المرورية - نهج اقتصادي، بيروت، لبنان، الدار العربية للعلوم ناشرون ٢٠١٨م.
- ٢٦- عمرو سعيد، تطوير خوارزميات الذكاء الاصطناعي للمركبات ذاتية القيادة، مجلة بحوث الذكاء الاصطناعي، المجلد ١٠، العدد ٢، ٢٠٢٠م.
- ٢٧- الغامدي، المركبات ذاتية القيادة في المملكة العربية السعودية، تحديات البنية التحتية والسلبيات، مجلة النقل المستقبلي، المجلد ١٠، العدد ٢، ٢٠٢٣م.
- ٢٨- فادية يوسف، الأمن السيبراني في أنظمة النقل الذكي - التحديات والحلول، مجلة أمن المعلومات، المجلد ٨، العدد ٤، ٢٠٢١م.

- ٢٩- فهد بن عبدالله، مشروع نيوم: رؤية مستقبلية للنقل الذكي، مجلة التنمية المستدامة، المجلد ٥، العدد ٢، ٢٠١٩م.
- ٣٠- ليلي عبدالرحمن، الأبعاد الأخلاقية لتقنيات الذكاء الاصطناعي في النقل، مجلة الدراسات الفلسفية، العدد ٥٨، ٢٠٢١م.
- ٣١- محمد الخالدي، تقنيات النقل الذكي وتطبيقاتها، دار اليازوري العلمية، ٢٠١٧م.
- ٣٢- محمد الخطيب، التأثير الاقتصادي لأنظمة النقل الذكي، القاهرة، دار المعرفة الجامعية ٢٠١٨م.
- ٣٣- محمد عبدالحميد بسيوني، المركبات ذاتية القيادة - المفهوم والتحديات القانونية، المجلة المصرية للقانون الدولي، العدد ٧٦، ٢٠٢٠م.
- ٣٤- محمد عبدالعاطي، مقال بالمجلة الدولية للهندسة المتقدمة وعلوم الأعمال، المجلد (٥)، العدد ١ فبراير ٢٠٢٤م.
- ٣٥- محمد عبدالعزيز الرفاعي، المسؤولية المدنية عن أضرار المركبات ذاتية القيادة - دراسة مقارنة، المجلة المصرية للدراسات القانونية والاقتصادية، جامعة القاهرة، المجلد ١٤، العدد ٢، ٢٠٢١م.
- ٣٦- محمد علي، رسالة دكتوراه بعنوان "تأثير أنظمة المعلومات على كفاءة النقل في المدن الذكية"، كلية الهندسة، جامعة الإسكندرية، ١٩٩٩م.
- ٣٧- محمود الشيمي، بحث بعنوان "استخدام نظم المعلومات الجغرافية GIS في تحليل الحوادث المرورية في مصر"، المجلة الجغرافية المصرية، العدد ٣٤، ٢٠٢٣م.

- ٣٨- محمود جلال، لدراسة تأثير الاستثمارات الخاصة على فعالية منظومة النقل الذكي في الدول العربية، رسالة دكتوراه، كلية الهندسة، جامعة القاهرة ٢٠٢٢م.
- ٣٩- مروة سعيد، أثر المركبات ذاتية القيادة على تصميم الطرق والبنية التحتية، مقالة بمجلة الهندسة والمرور العربية، ٢٠٢١م.
- ٤٠- مريم فاروق، تحديات المركبات ذاتية القيادة في الوطن العربي - دراسة تحليلية، رسالة ماجستير، كلية الهندسة، جامعة القاهرة، ٢٠١٩م.
- ٤١- منى عبدالعال، تأثير حملات التوعية المرورية على سلوك قائدى المركبات في مصر، رسالة ماجستير، كلية الإعلام، جامعة القاهرة، ٢٠٢١م.
- ٤٢- منى عبدالله، تحديات تشغيل المركبات ذاتية القيادة في البيئات الحضرية المصرية، رسالة دكتوراه، كلية الهندسة، جامعة عين شمس، ٢٠٢١م.
- ٤٣- نادية الزهراني وأحمد المهندس، ورقة بحثية بعنوان "تأثير النقل المستدام على الاقتصاد الأخضر"، مجلة الاستدامة والتنمية، دبي، الإمارات العربية المتحدة ٢٠٢٢م.
- ٤٤- هبة السيد، أثر تطبيق النقل الذكي على الاقتصاد المحلي رسالة ماجستير، كلية الاقتصاد جامعة الإسكندرية، ٢٠١٩م.
- ٤٥- هشام العراقي، مقال بمجلة اتصالات جمعية آلات الحوسبة، المجلد (٦٤) العدد ٤ إبريل ٢٠٢١م.
- ٤٦- يوسف محمد، استراتيجيات دمج المركبات ذاتية القيادة في أنظمة النقل القائمة، المجلة العربية لهندسة النقل، المجلد ٩، العدد ٣، ٢٠٢١م.

ثانياً: المراجع الأجنبية:

- 1- Alan lau, Driving cars, FAQ, how far away is away?
Article, July 21, 2021,
- 2- Anderson, R “the evolution of traffic control system” A
global perspective. Sydney; Australian transport
publications, 1975,
- 3- Artificial intelligent and the problem of Autonomy, Simon
Chesterman, Notre dame journal on emerging
technologies, 2020, Vol.1,
- 4- Autonomous Systems: issues for defense policymakers,
Andrew p. Williams, paul D. Scharre, printed by NATO
communication and information agency,
- 5- Backer, R. “pioneering projects in European transport
innovation Brussels, European innovation press, 2015,
- 6- Charlie Karlsson "Smart Cities and Artificial Intelligence:
Convergent Systems for Planning, Design, and
Operations" Elsevier,University of California, Berkeley
,2020
- 7- Emil Davis, smart transportation systems, Applications and
Challenges, Taylor & Francis, London, UK 2023,

- 8- Fischer, L. “the integration of its in European transport police: A case study of Galileo university of Stuttgart, department of transportation engineering”, 2012,
- 9- George Mintsis and others, “Applications of GPS technology in the land transportation system”, European Journal of Operational Research, vol. 152, No. 2 (February 2004),
- 10- Hossam Atef "Integrating Smart Traffic Systems in Urban Egypt: Case Study of Cairo" Journal of Urban Planning and Development American University in Cairo 2020
- 11- Hussain R. & Zeadally, S. Autonomous Vehicles, communications challenges and solutions, IEEE transactions on intelligent transportation systems, 2018,
- 12- Japanese Society of Civil Engineers, Asian Civil Engineering Coordinating Council, Intelligent Transport Systems Introduction Guide, 2016,
- 13- Jean -Paul Rodrigue, Claude Comtois and Biran Slack, The Geography of Transportation Systems, 3rd ed. (London and New York, Routledge, 2023).

- 14- Johnson, M. "the history of intelligent transport system in the united states, Washington, D.C, National transport, press, 1983,
- 15- Kala, R. intelligent transpiration systems theory and practice, springer, 2016,
- 16- Lockheed Martin, "Unbelievable Accuracy: GPS III" accessed 12 October, 2020.
- 17- Louw, J., N. Van Zyl and J. Meinstsma, "Development of a public transport management Information system to assist decision-making in the restructuring of public transport in Durban", paper presented at the 20th South African Transport Conference, South Africa, July, 2021.
- 18- Mahamed Abdullah, "the role of iot in smart transportion science and application", 2022,
- 19- Michael Brown, Ai Applications in self-driving cars: enhancing safety and accessibility, journal of Autonomous Vehicle Technology, 2021,
- 20- Muller, H "the Prometheus project: pioneering intelligent transport system in Europe, Berlin: European transport research", press, 1996,

- 21- Nakamura, “the impact of vics on traffic management in urban areas, Kyoto university, department of urban planning”, 2005,
- 22- Resource Analysis, “Selecting the right GPS receiver for your job” accessed 12 October 2020
- 23- Sara Johnson "Adaptive Traffic Control Systems in Emerging Economies: Implementation and Challenges" Transport Policy Massachusetts Institute of Technology (MIT) 2022
- 24- Sumit Ghosh, “intelligent transportation systems smart and green infrastructure design” CRC, press, 2018,
- 25- Tanaka, H. “the evolution of traffic management systems in japan Tokyo: japanese transport research institute, 1980,
- 26- Technologies driving intelligent transportation systems, “in IEEE transactions on intelligent transportation systems” 2019, Discusses advanced technologies in its, including sensors and communication networks.
- 27- White, L. “pioneering projects in us transport innovation Chicago: urban mobility publication”, 2010,

ثالثاً: المواقع الإلكترونية:

- 1- <http://www.aiqom.ai/ar/blogs>
- 2- <http://www.bbc.com>
- 3- <http;s://cacm.acm.org>.
- 4- <https://ar.wikipedia.org/wiki/ليدار>
- 5- <https://en.wikipeda.org/wiki/autofahrer-rundfunx-informations-system>.
- 6- <https://istitlaa.ncc.gov.salar/pages/default.aspx>.
- 7- <https://itaebs.journals.ekb.eg>.
- 8- <https://moi.gov.eg>
- 9- <https://www.aiqom.ai/ar/blogs>
- 10- <https://www.emaratalyoun.com/local-section/other/2025-02-25-101923753?utm>.
- 11- <https://www.mediaoffice.abudhabi/ar/topic/smartandautonomous>.
- 12- <https://www.mertiam-webster.com>.
- 13- <https://www.neom.com/ar-sa/sactors/mobility>.
- 14- <https://www.rta.ae/wps/portal/rta/ae/hpme?lang=ar>
- 15- <https://www.un.org>