

أنظمة النقل الذكي والمستدام في الحضر عناصرها ومؤشراتها : دراسة مقارنة

م. د نور عوده صبار

جامعة الانبار / كلية التربية للبنات / قسم الجغرافية

Intelligent and sustainable urban transportation systems, their elements and indicators: a comparative study

Dr. Noor Odeh Sabbar

Anbar University / College of Education for Girls / Department of Geography

noor.oda@uoanbar.edu.iq

المستخلص

تتجه جهود الحكومات في شتى بقاع العالم الى تأسيس البنى التحتية للمدن الذكية و التي يعتبر النقل الذكي فيها احد اهم البنى التحتية لهذه المدن. يساهم النقل الذكي بلا ادنى شك بتقليل فرص حدوث الحوادث عن طريق شبكة الإشارات المرورية المرتبطة بنظام ذكي عبر الأقماع الصناعية يرصد الاختناقات و يرشد الى المسالك البديلة لتوفير الوقت و المال. إضافة الى ذلك تعمل كاميرات المراقبة على رصد المخالفات التي تحدث على الطرقات السريعة كتجاوز السرعات او الوقوف في الأماكن غير المخصصة و غيرها من المخالفات الأخرى. و يقوم النقل المستدام على المساهمة في خفض الضرر الناجم عن تلوث البيئة بسبب ما تطرحه المركبات الخاصة بنقل المسافرين او البضائع عن طريق استخدام مركبات ذات وقود غير ملوث او مركبات تعتمد على الطاقة الشمسية او الكهربائية الامر الذي يؤدي الى خفض نفقات النقل. لقد تم تقدير مؤشر النقل المستدام في محافظة الانبار و وجد بان قيمته تقترب من ٢٧٪ و هو اقل بكثير مما هو عليه الحال في بعض الدول الاسيوية. **الكلمات المفتاحية:** النقل الذكي، النقل المستدام، مؤشر النقل المستدام

Abstract

Governments around the world are directing their efforts towards establishing the infrastructure for smart cities, in which smart transportation is considered one of the most important infrastructures for these cities. Smart transportation undoubtedly contributes to reducing the chances of accidents through a traffic signal network linked to an intelligent system via satellites that monitors congestion and guides to alternative routes to save time and money. In addition, surveillance cameras work to monitor violations that occur on highways, such as speeding or parking in non-designated areas, among other violations. Sustainable transport relies on contributing to the reduction of damage caused by environmental pollution due to emissions from vehicles used for transporting passengers or goods by using vehicles powered by non-polluting fuels or vehicles that rely on solar or electric energy, which leads to a reduction in transportation costs. The sustainable transport index in Al-Anbar Governorate has been estimated to be around 27%, which is much lower than the situation in some Asian countries.

Keywords: smart transportation, sustainable transportation, sustainable transportation index

المقدمة

نتيجة التنامي السريع في اعداد السكان و التطور الصناعي و الاقتصادي و ظهور مهن جديدة و مناحي حياة جديدة و توسع في مدارك الناس تجاه الحياة، فقد اصبح النقل احد اهم المؤشرات التي تستخدم لتقييم مستوى الحياة الاجتماعية و الاقتصادية لاي بلد. و مع ازدياد اعداد السيارات و تنامي حصة الفرد منها ، فقد ازدادت تبعاً لذلك حوادث المرور التي يمكن ان يكون ارتفاعها مؤشراً لعدد من العوامل التي يجب ان تخضع جميعها لدراسات واقعية تسهم بشكل جاد و فعال في خفض عدد الحوادث لما تشكل من عبء على الصعيدين الاقتصادي

و الاجتماعي. لقد أصبحت حوادث المرور وما يترتب عليها من خسائر بشرية واقتصادية واحدة من أبرز المشكلات التي تواجه تطور المجتمعات الحالية. البلدان النامية من الناحية العملية تواجه هذه المشكلة بوتيرة أعلى مما هو عليه الحال في الدول المتقدمة و يتضح ذلك من خلال الأرقام حيث تشير الإحصاءات الى ان ٢٨٪ من الوفيات الناجمة عن حوادث الطرق في العالم تقع في إقليم المنظمة لجنوب شرق آسيا، و ٢٥٪ في إقليم غرب المحيط الهادئ، و ١٩٪ في الإقليم الأفريقي، و ١٢٪ في إقليم الأمريكتين، و ١١٪ في إقليم شرق المتوسط، و ٥٪ في الإقليم الأوروبي (تقرير منظمة الصحة العالمية ٢٠٢٣). تقدر تكلفة الإصابات الناجمة عن حوادث الطرق في البلدان النامية بحوالي ٦٥ مليار دولار سنوياً، وهذا المبلغ يفوق ما تحصل عليه هذه البلدان من معونات إنمائية (Heidari et al., 2023). لقد أضحت وسائل النقل من الحاجات الأساسية في حياة المجتمعات البشرية. ومع ذلك، فإن توسعها في السنوات الأخيرة واجه تحديات رئيسية. يساهم النقل بما يقرب من ٢٥٪ من انبعاثات ثاني أكسيد الكربون في جميع أنحاء العالم (Singh et al., 2020). تشير الدراسات الى تزايد استهلاك الطاقة في قطاع النقل وانبعاثات ثاني أكسيد الكربون والملوثات الأخرى بشكل أسرع من أي قطاع آخر (Abdel Wahed Ahmed & Abd El Monem, 2020). نتيجة لنمو حجم السكان على كوكبنا والذي هو الآن أكثر من ٧,٧٦ مليار نسمة، ومن المتوقع أن يصل إلى أكثر من ٩,٧ مليار نسمة بحلول عام ٢٠٥٠ (Singh et al., 2020). و حسب الدراسات فإنه من المتوقع ان يعيش حوالي ٧٠٪ من سكان العالم في المناطق الحضرية بحلول عام ٢٠٥٠ (García-Olivares et al., 2018). يؤدي التحضر عادة إلى زيادة الرحلات وحركة البضائع وتطور الاتصالات والنقل. وفي المدن الكبرى في البلدان المتقدمة والنامية، وصلت مشاكل النقل إلى أبعاد حرجة، حيث تتأثر الصحة الجسدية والعقلية لسكان الحضر بشكل خطير بتلوث الهواء والتلوث الضوضائي والحوادث والازدحام وحركة المرور (Chakhtoura & Pojani, 2016). لقد عرّف النقل المستدام (ST) sustainable transportation على انه نظام يستوفي المعايير التالية: انبعاث التلوث والنفايات ضمن قدرة الكوكب على استيعابها، فهو يقلل من استهلاك الموارد المتجددة إلى مستوى الأداء المستدام، ويعيد استخدام مكوناتها وإعادة تدويرها، ويقلل من استخدامات الأراضي وتوليد الضوضاء، ويسمح بالوصول إلى الاحتياجات الأساسية للأفراد والمجتمعات بأمان وبطريقة تتفق مع الإنسان والنظام البيئي (Kumar & Anbanandam, 2019). يساهم (ST) بشكل كبير في مجموعة واسعة من المشاكل البيئية، بما في ذلك الطاقة (Zhou, 2012). ينبغي متابعة العناصر المختلفة (على سبيل المثال: الاقتصادية والاجتماعية والبيئية) لـ (ST) بشكل منفصل (Zhou, 2012). يجب أن يكون نظام (ST) آمناً وفعالاً و صديقاً للبيئة (Zhou, 2012). ان الهدف من (ST) هو التأكد من: إدراج الاعتبارات البيئية والاجتماعية والاقتصادية في القرارات التي تؤثر على نشاط النقل (Janic, 2006). ان النظام (ST) هو النظام الذي يكون فيه استهلاك الوقود، وانبعاثات المركبات، والسلامة، والازدحام، وإمكانية الوصول الاجتماعي والاقتصادي بحيث يمكن أن يستمر في المستقبل غير المحدد دون التسبب في أضرار حيوية أو لا رجعة فيها (Janic, 2006). (ST) يوفر احتياجات الحاضر دون خلق مشاكل لأنظمة النقل المستقبلية من خلال:

(أ) ألا يتجاوز استخدام الموارد المتجددة معدل تجديدها.

(٢) ألا يتجاوز استخدام الموارد غير المتجددة معدل تطوير البدائل المتجددة المستدامة.

(٣) أن لا يتجاوز انبعاث التلوث القدرة الاستيعابية للبيئة (Singh et al., 2020). يجب أن يتضمن (ST) شوارع نظيفة ونظيفة، والحفاظ على البيئة ودعم الاقتصاد الديناميكي (Singh et al., 2020). ان النقل المستدام يمكن ان يكون له تعريفان، يركز الأول على المشاكل البيئية واستنزاف الموارد، في حين أن الثاني يشمل الرفاه الاجتماعي والاقتصادي (Singh et al., 2020). يشجع النقل المستدام الناس على البحث عن حلول متكاملة، حيث انه يستخدم الطاقة بكفاءة. كما يجب أن يضمن نظام النقل السلامة والتفاعل الاجتماعي والتوافر، و يجب أن يكون أي نظام مستدام فعالاً في استهلاك الطاقة وينتج الحد الأدنى من النفايات (Singh et al., 2020). و على هذا الأساس يتطلب نظام (ST) توازناً أفضل، وجودة النقل، والتنمية الاقتصادية المستقبلية، والرفاهية البيئية والاجتماعية (Kumar & Anbanandam, 2019). ان النقل المستدام (ST) يمكن اعتباره مساهمة كبيرة في الصورة الأكبر للاستدامة، والتي تتضمن نظرة عامة على التقدم البيئي والاجتماعي والاقتصادي، والتي يشار إليها عادة بأبعاد الاستدامة (Mahdinia et al., 2018).

النقل الذكي و النقل المستدام

يُعرّف النقل الذكي بأنه "تطبيق تقنيات الاستشعار والكمبيوتر والإلكترونيات والاتصالات المتقدمة واستراتيجيات الإدارة بطريقة متكاملة لتحسين سلامة وكفاءة نظام النقل البري (Nasim & Kassler, 2012).

يقوم النقل الذكي المبني على تقنيات إنترنت الأشياء (IoT) بالعمل على توفير أفضل خدمات النقل التي تؤمن الكفاءة و الأمان و السهولة في الوصول الى أماكن الهدف سواء للبضائع او الأشخاص (Derawi et al., 2020). تتمتع تطبيقات النقل الذكية بقدر كبير من الإمكانيات لمعالجة المشكلات التي يواجهها التدفق المستمر للسكان إلى المناطق الحضرية وتقديم تجربة نقل أكثر أماناً من خلال التنسيق على نطاق واسع بين أنظمة التحكم في حركة المرور المختلفة من مجالات مختلفة، والعمل على نطاق واسع، ومعالجة كمية كبيرة للبيانات المجمعة من مصادر مختلفة. ستمكن التقنيات الناشئة من استدامة البنى التحتية للنقل، ومن خلال تنفيذ تقنيات جديدة لجمع ومعالجة ونشر المعلومات استناداً إلى ظروف حركة المرور، فإنها سوف تشجع الاستخدام الفعال للبنية التحتية للنقل لتنظيم ومراقبة وإدارة حركة مرور المركبات. سيؤدي ذلك إلى تحسين إدارة الازدحام وتقليل آثاره (Guerrero-ibanez et al., 2015). لقد ظهرت أنظمة النقل الذكية Intelligent Transportation Systems (ITSs) كتغير نوعي كبير في بيئة النقل الحديثة السريعة التوسع، مما أدى إلى تغيير اساسي في الطريقة التي تنقل بها الأشخاص والأشياء. تجمع أنظمة النقل الذكي بين التكنولوجيا المتطورة، وتحليلات البيانات، وأنظمة الاتصالات التي تهدف إلى تحسين فعالية شبكات النقل وأمنها وملاءمتها للبيئة (Khalid et al., 2019). و لكي تكون هذه الشبكات على قدر من التميز في أداء خدماتها فإنها تستخدم أحدث تكنولوجيا المعلومات والاتصالات لتعزيز العديد من مجالات النقل، بما في ذلك إدارة حركة المرور وتشغيل المركبات وأنظمة النقل العام. تهدف أنظمة النقل الذكية إلى التقليل من ظاهرة الاختناقات المرورية وتقليص مدة الرحلات وتحسين مستوى السلامة والحد من التأثيرات البيئية باستخدام البيانات في الوقت الفعلي وشبكات الاستشعار والبرمجيات الذكية (Khalid et al., 2019). أما بالنسبة لمفهوم المدينة الذكية فإنها تمثل مشهداً حضرياً معاصراً حيث يتم تسخير التقنيات لتحسين الخدمات العامة وتطوير مستويات معيشة السكان، وتعزيز الاستدامة. كما أن المدينة الذكية تستفيد من تكنولوجيا المعلومات والاتصالات، إلى جانب الأساليب المبتكرة الأخرى، لتحسين العمليات الحضرية، وتطوير نوعية الحياة، وتطوير الأساليب للارتقاء بكفاءة الإنجاز في الخدمات المقدمة. ومن خلال دمج هذه التقنيات، تهدف المدن الذكية إلى خلق بيئة أكثر استدامة وكفاءة وفعالية. والمساحات الحضرية الصالحة للعيش لسكانها. ويشتمل مفهوم المدينة الذكية على ستة أبعاد رئيسية: "العيش الذكي، والتنقل الذكي، بيئة ذكية، واقتصاد ذكي، وحوكمة ذكية، وأشخاص أذكيا". تلعب الحوكمة دوراً رئيسياً في تنفيذ وتشغيل مشروع المدينة الذكية. الحوكمة الذكية في مجال المدينة الذكية يساهم في إفادة المواطنين من خلال تعزيز التماسك الاجتماعي، وتحسين نوعية الحياة، وتحفيز الاقتصادات الحضرية. مما يساهم بتحسين نوعية حياة سكان المدينة على الاصعدة الاقتصادية والاجتماعية والبيئية (Chen & Silva, 2021). تؤدي التطورات الحديثة في شبكات الاستشعار اللاسلكية والحوسبة السحابية والبيانات الضخمة وإنترنت الأشياء (IoT) إلى ظهور جيل جديد من تطبيقات النقل الذكية. يتكون إنترنت الأشياء من شبكة من الكائنات المادية التي تدعم الويب والمضمنة مع أجهزة الاستشعار والمعالجات وأجهزة الاتصال التي تحصل على البيانات من بيئاتها (Rizvi et al., 2019). وتشكل هذه الأجهزة منصات مراقبة واسعة النطاق تسمح بجمع وتبادل البيانات في الوقت الفعلي على نطاق واسع، وبالتالي بناء الأساس لأنظمة النقل الذكية. إنترنت الأشياء (IoT) هو اكتشاف يمكنه حل المشكلات الحالية من خلال الجمع بين التكنولوجيا والآثار الاجتماعية (Saarika et al., 2017). إنه نظام عالمي يلبي مطالب الناس. وهي تتيح خدمات متقدمة ذات اتصالات مادية وافترضية تعتمد على التطورات الحالية والمستقبلية في مجال تكنولوجيا المعلومات والاتصالات (ICT) (khateeb, 2018). ويشير إنترنت الأشياء باسمه إلى تكامل البيانات التي تم جمعها من أنواع مختلفة من الكائنات في أي منصة افتراضية باستخدام البنية التحتية الحالية للإنترنت (Nimodiya & Ajankar, 2022). ومن ثم، فإن أي جهاز مزود بمفتاح تشغيل/إيقاف متصل بالإنترنت يعتبر جهاز إنترنت الأشياء. من المؤمل ان يقوم النقل الذكي القائم على تكنولوجيا إنترنت الأشياء بعرض خيارات نقل أكثر مرونة وكفاءة وأماناً للمستخدمين. تعد السلامة المرورية إحدى المشكلات المهمة التي يواجهها الأفراد في المدن المزدهمة. وفي هذا الجانب، يمكن لإنترنت الأشياء أن يكون أكثر استباقية في تحديد الأخطاء البشرية ومنع حوادث الطرق. لذلك، من أجل تحقيق طرق أكثر أماناً، يجب تطوير الحلول القائمة على إنترنت الأشياء (Oladimeji et al., 2023). تؤدي التطورات الحديثة في شبكات الاستشعار اللاسلكية والحوسبة السحابية والبيانات الضخمة وإنترنت الأشياء إلى ظهور جيل جديد من تطبيقات النقل الذكية. يتكون إنترنت الأشياء من شبكة من الكائنات المادية التي تدعم الويب والمضمنة مع أجهزة الاستشعار والمعالجات وأجهزة الاتصال التي تحصل على البيانات من بيئاتها (Rizvi et al., 2019). وتشكل هذه الأجهزة منصات مراقبة واسعة النطاق تسمح بجمع وتبادل البيانات في الوقت الفعلي على نطاق واسع، وبالتالي بناء الأساس لأنظمة النقل الذكية.

إنترنت الأشياء هو اكتشاف يمكنه حل المشكلات الحالية من خلال الجمع بين التكنولوجيا والآثار الاجتماعية (Saarika et al., 2017). إنه نظام عالمي يلبي مطالب الناس. وهي تتيح خدمات متقدمة ذات اتصالات مادية وافتراضية تعتمد على التطورات الحالية والمستقبلية في مجال تكنولوجيا المعلومات والاتصالات (ICT) (khateeb, 2018). ويشير إنترنت الأشياء باسمه إلى تكامل البيانات التي تم جمعها من أنواع مختلفة من الكائنات في أي منصة افتراضية باستخدام البنية التحتية الحالية للإنترنت (Nimodiya & Ajankar, 2022). ومن ثم، فإن أي جهاز مزود بمفتاح تشغيل/إيقاف متصل بالإنترنت يعتبر جهاز إنترنت الأشياء. لقد تطورت تطبيقات إنترنت الأشياء في عدة أجزاء من النقل الذكي، ومن الأمثلة على ذلك حركة المرور الذكية ومواقف السيارات الذكية والتنقل الذكي. ان هذه التطورات تجعل وسائل النقل الذكية قادرة على منح السائقين خيارات فعالة للقيادة على الطرقات، وحجوزات سريعة لمواقف السيارات، وإضاءة اقتصادية للشوارع، وتكنولوجيا المعلومات عن بُعد لوسائل النقل العام، وتجنب الحوادث، والقيادة الذاتية باستخدام أجهزة الاستشعار المدمجة في السيارات أو الأجهزة المحمولة والأجهزة المنتشرة في المدينة (Derawi et al., 2020). يمكن ان يعرف النقل المستدام من منظور جغرافي على انه النقل الذي يستخدم وسائل النقل الصديقة للبيئة، والقابلة للحياة اقتصاديًا، والمسؤولة اجتماعيًا. ويهدف هذا النهج إلى الحد من انبعاثات الغازات الدفيئة، والحفاظ على الطاقة، وتعزيز الوصول العادل إلى خيارات التنقل لجميع الناس. ومن خلال دمج ممارسات النقل المستدامة، يمكن للمناطق الحضرية معالجة تحديات مثل الازدحام المروري، وتلوث الهواء، والاعتماد على الوقود الأحفوري مع تعزيز بيئة حضرية أكثر صحة (Alamoudi et al., 2024). العديد من الدراسات تناولت تكامل النقل المستدام مع النقل الذكي في الحضر حيث ان النقل الحضري يتأثر بعوامل عديدة كالتكنولوجيا و الثقافة و الظروف الاجتماعية و البيئية (Alamoudi et al., 2024). تتنوع تطبيقات أنظمة النقل الذكية في إدارة حركة المرور، حيث ان أحد هذه التطبيقات هو تحسين تدفق حركة المرور، حيث يتم استخدام بيانات حركة المرور لضبط توقيت الإشارة وإدارة حركة المرور ديناميكيًا لتقليل الازدحام. ان تقليل الازدحام يساهم بشكل كبير في خفض نسبة الغازات التي تنبعث من عوادم السيارات وبالتالي فإنه يساهم في تحسين الظروف البيئية. ومن التطبيقات الهامة الأخرى إدارة الحوادث، والتي تتيح الكشف السريع والاستجابة لحوادث الطرق أو الأحداث، مما يقلل من تأثيرها على تدفق حركة المرور وتعزيز السلامة على الطرق. تعمل أنظمة النقل الذكية أيضًا على تحسين تجربة المسافر بشكل عام من خلال توفير معلومات في الوقت الفعلي عن ظروف حركة المرور وأوقات الرحلة واقتراحات المسار. تلعب أنظمة النقل الذكية (ITS) دورًا مهمًا في الارتقاء بكفاءة النقل العام. فهو يتيح إدارة أفضل من خلال تتبع مواقع المركبات وجدولة الصيانة وتحسين المسارات. تستخدم بعض الأنظمة تحليلات البيانات لضبط خدمات النقل العام بناءً على الطلب في الوقت الفعلي، مما يعزز الكفاءة ورضا الركاب. تعمل أنظمة التذاكر الآلية والذكية، وهي جزء من أنظمة النقل الذكية (ITS)، على تسهيل عملية الدفع والوصول إلى وسائل النقل العام، مما يشجع استخدامها. ومن الأمثلة البارزة على ذلك تنفيذ أنظمة النقل الذكية في مدن مثل دبي وأبو ظبي، مما يوضح كيف يمكن للتكنولوجيا تحسين إدارة حركة المرور، والحد من الازدحام، وتعزيز سلامة وكفاءة النقل.

تأثير النقل الذكي على المدن المستدامة

لغرض التنبؤ باتجاهات حركة المرور وتحسين استراتيجيات التحكم في حركة المرور، استخدمت مدينة لوس أنجلوس خوارزميات التنبؤ بالتنقل. ونتيجة لهذه المبادرة، كان هناك انخفاض في مقدار الوقت الذي يقضيه المسافر في السفر، فضلًا عن انخفاض في انبعاثات الغازات الدفيئة. من الأهمية بمكان المساهمة في بيئة نقل أكثر استدامة نظرًا لأن النقل مساهم كبير في انبعاثات الغازات الدفيئة (GHG)، حيث يمثل قطاع النقل ٢٩٪ من إجمالي الانبعاثات في الولايات المتحدة. وصلت نسبة انبعاثات الغازات الدفيئة إلى أعلى مستوياتها في عام ٢٠٢١. بين عامي ١٩٩٠ و ٢٠٢١، كانت صناعة النقل مسؤولة عن أكبر زيادة من حيث القيمة المطلقة من حيث انبعاثات الغازات الدفيئة مقارنة بأي قطاع آخر. في عام ٢٠٢٣، نفذت مدينة لوس أنجلوس إشارة مرور ذكية (ITL)، مما أدى إلى تقليل وقت السفر بنسبة ١٦٪ وتقليل فترات التوقف عند التقاطعات بنسبة ١٢٪ (Elassy et al., 2024). في عام ٢٠١٩، تم إجراء دراسة حالة على مدينة مونتريال التي تقع في كندا وهي منطقة حضرية ذات كثافة سكانية عالية ويبلغ عدد سكانها حوالي ٤ ملايين نسمة. تواجه مدينة مونتريال تحديات كبيرة في مجالات التلوث وحركة المرور المزدحمة والسلامة. وبهدف خفض كمية الوقود المستخدم وكمية انبعاثات ثاني أكسيد الكربون، تم تحويل المدينة إلى مدينة ذكية مستدامة. فيما يتعلق بإدارة إشارات المرور، أصبحت مونتريال بسرعة مدينة ذكية؛ في الواقع، ما يقرب من نصف إشارات المرور في المدينة تعتبر الآن "ذكية". وترتبط جميع هذه الأضواء بشبكة رئيسية بواسطة مجموعة من الخبراء باستخدام الألياف الضوئية

أو تكنولوجيا الاتصالات اللاسلكية. يمكن تعديل إشارات المرور في الوقت الفعلي وفقاً للأحداث الحالية بفضل هذا التكوين. عندما يقع حادث عند مفترق طرق، على سبيل المثال، يمكن للمشغلين إغلاق المنطقة بسرعة للسماح بوصول المساعدات بشكل أسرع دون تأخير حركة المرور. ومن أجل تحسين الاستجابة لحالات الطوارئ، تسعى أنظمة النقل الذكية في مونتريال جاهدة لاكتشاف المشكلات بشكل استباقي. عندما يتعلق الأمر باكتشاف الحوادث، تعتبر الكاميرات الحرارية المثبتة على الجسور أمراً بالغ الأهمية. يمكن لهذه الكاميرات اكتشاف توقيعات المركبات وحتى التمييز بين أنواع المركبات المختلفة. تقوم هذه التقنية بإخطار وكلاء المراقبة عندما تظل السيارة ثابتة لفترة طويلة، مما يسمح لهم بالاستجابة بسرعة. بالإضافة إلى ذلك، يحتوي نظام النقل الذكي على برنامج الكشف التلقائي عن الحوادث Automatic incidence detection (AID) الذي يستخدم البنية التحتية للكاميرا المثبتة بالفعل لاكتشاف الأجسام المتحركة أو الحوادث أو الضوضاء (Elassy et al., 2024). لتعزيز نظام النقل لديها، تستخدم سنغافورة أجهزة استشعار متطورة وتحليلات البيانات. وهذا يسمح للبلاد بتنظيم تدفق حركة المرور بشكل أفضل وبالتالي تقليل الازدحام. وكجزء من التزامها بالاستدامة والنقل، وضعت سنغافورة هدفاً لخفض كثافة انبعاثات الكربون بنسبة ٣٦ بالمائة بحلول عام ٢٠٣٠ وإزالة جميع الانبعاثات من وسائل النقل العام [٦٨]. تم نشر عدد كبير من أجهزة استشعار إنترنت الأشياء في جميع أنحاء المدينة لجمع البيانات في الوقت الفعلي على مجموعة متنوعة من المعلمات، بما في ذلك تدفق حركة المرور وكمية الطاقة التي يستهلكها المستهلكون. وبالإضافة إلى الشبكات الخلوية التي تتيح تقنية 5G، فإن هذه المستشعرات مدعومة بشبكة ألياف ضوئية عالية السرعة. تم إنشاء نظام نقل ذكي (ITS) يستخدم البيانات المجمعة في الوقت الفعلي في سنغافورة (Elassy et al., 2024) ان احد اهم العوامل التي تساهم في تأسيس ارضيات المدن المستدامة هو النقل المستدام الذي يعتمد أساسا على النقل الذكي الذي يستخدم التكنولوجيا المتطورة و قواعد البيانات في إدارة حركة المرور بكفاءة و سلامة. ان زيادة اعداد المركبات و تنوع الرحلات و اهداف الوصول قد جعل من حركة المرور عنصرا مهما في الحياة اليومية للبلدان بصرف النظر عن مدى تطور تلك البلدان. و على هذا الأساس فان الحكومات المحلية و الوطنية تسعى جاهدة لوضع أسس تحول المدن الى مدن ذكية و ان عملية تسريع الوصول لهذا الهدف لا بد ان يمر من خلال تطوير قطاع النقل و تحويله الى قطاع يعتمد التكنولوجيا الحديثة و يدار من خلال نظم معلومات ذكية قادرة على ادارته بشكل كفوء و تطويره حسب مقتضيات الحاجة.

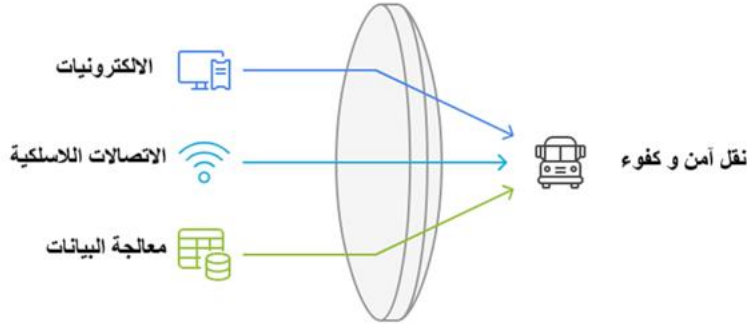
عناصر أنظمة النقل الذكي

أنظمة النقل الذكي بشكل عام تعتمد على عدد من التقنيات التي يمكن القول عنها انها سريعة التطور و لذلك فان النقل الذكي اذا ما تم اعتماده في أي منطقة او مدينة يمكن ان يقود مستقبلا الى تحول تلك المنطقة او المدينة الى منطقة او مدينة ذكية و السبب في ذلك يكمن في ان النقل الذكي جزء لا يتجزأ من مشروع المدينة الذكية. أنظمة النقل الذكية تجمع بين التعلم الآلي وإنترنت الأشياء والجيل الخامس وتعتمد على أجهزة الاستشعار وتقنيات متخصصة في الكشف والاستشعار ويكمن السر في ذلك بتوفير معلومات يتم نقلها والتحكم بها لرفع كفاءة الانتاجية والسلامة. يمثل الشكل رقم (١) مخططا يوضح دورة أنظمة النقل الذكية التي تبدأ بعملية جمع البيانات و تنتهي باستقبال ردود الأفعال حول النظام و الذي بدوره يعمل كمرشح لإعادة ادخال معلومات جديدة الى عملية جمع البيانات و معالجتها و إعادة عمل الدورة بشكل مستمر وصولا الى افضل أداء للنظام.



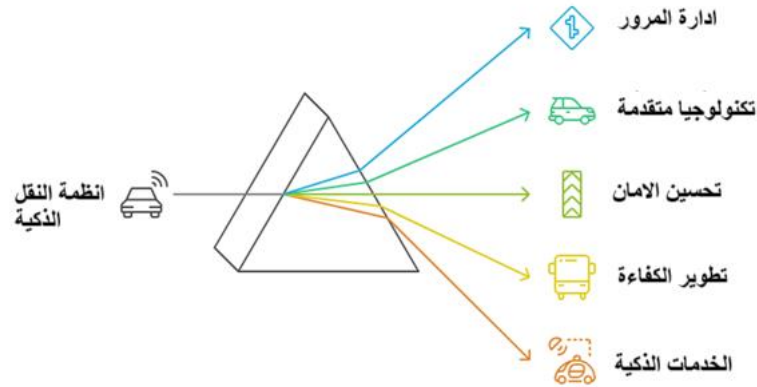
شكل رقم (١) دورة أنظمة النقل الذكية

تلعب عملية التكامل بين التقنيات المادية و البرمجية دورا مهما و أساسيا في النقل الذكي حيث توفر السلامة المرورية بالدرجة الأساس إضافة الى انسيابية المرور و التخلص من الاختناقات المرورية عن طريق طرح بدائل الطرق المزدحمة مروريا بشكل ذاتي من خلال عمليات الاستشعار عن بعد. يمثل الشكل رقم (٢) مخططا توضيحيا لعمليات التكامل التكنولوجي المستخدمة في النقل الذكي.



شكل رقم (٢) التكامل التكنولوجي في النقل الذكي

يؤدي استخدام أنظمة النقل الذكية الى عدد من المزايا و الابعاد التي تساهم بشكل مباشر في تحسين أداء قطاع النقل العام او الخاص او الحكومي بشكل مستمر. يبين الشكل رقم (٣) الابعاد العامة لمخرجات أنظمة النقل الذكية و التي يمكن ان تبحث بعناية كأبعاد مجتمعة او كأهداف منفردة من حيث مساهمتها في تأسيس المدن الذكية.



شكل رقم (٣) المحاور او الابعاد التي تغطي اليها أنظمة النقل

من كل ما تقدم يتضح أن أنظمة النقل الذكية (ITS) هي أنظمة التحكم والمعلومات التي تستخدم تقنيات الاتصالات المتكاملة ومعالجة البيانات لأغراض: تحسين تنقل الأشخاص والبضائع وزيادة السلامة وتقليل الازدحام المروري وإدارة الحوادث بشكل فعال.

تقييم نظام النقل المستدام

يعاني العراق عموما من عدم توفر البنى التحتية الملائمة للانتقال من إشارات المرور الضوئية الى إدارة فعالة للنقل الذكي على الطرقات السريعة او الداخلية وعلى مستوى نقل المسافرين او البضائع. وبالرغم من ان استخدام كاميرات المراقبة على الطرقات والإشارات المرورية الضوئية وإرشادات الطرق يؤدي الى تقليل فرص وقوع الحوادث، الا انه غير كافي لإعطاء إرشادات السيادة على الطرقات بسبب عدم خضوع العوامل المذكورة سابقا لنظام إدارة مرور ذكي يقوم على جمع بيانات الطرق ومعالجتها ويرتبط بشبكة اتصالات لاسلكية قادرة على التفاعل الفوري مع البيانات الجديدة وإعطاء الارشادات مباشرة الى مستخدمي الطريق. يعرف نظام النقل المستدام بيئيا على انه النظام الذي لا يعرض الصحة العامة أو النظم البيئية للخطر ويلبي احتياجات الوصول بما يتوافق مع: (مركز النقل المستدام، كندا، ٣١ آذار ٢٠٠٥)

١. استخدام الموارد المتجددة بمعدل أقل من معدل تجديدها، و

٢. استخدام الموارد غير المتجددة بمعدلات أقل من معدلات تطوير البدائل المتجددة لكي يكون نظام النقل مستدام لا بد و ان يكون هذا النظام ذكيا بالمعنى الذي يستخدم تقنيات الاتصالات و المعلوماتية في ادارته و يرجع السبب في ذلك الى ان خفض تكاليف النقل و زمن الوصول و الحد من حوادث الطرق لا يمكن بلوغها بالمستويات الطموحة الا بنظام مروري ذكي. يمثل الجدول رقم (١) المؤشرات (Regmi, 2018) التي يعتمد عليها تقييم نظام النقل المستدام حيث يظهر الجدول القيم الحقيقية و التقديرية لكل مؤشر من المؤشرات الموجودة في الجدول إضافة الى الحدود الدنيا و العليا لكل مؤشر. يتم حساب مؤشر النقل الحضري المستدام عن طريق حساب الوسط الهندسي لمؤشرات الابعاد بعد اجراء التحويل الخطي الطبيعي لمؤشرات النقل الحضري المستدام عن طريق استخدام صيغة الدرجة المعيارية:

$$Z_i = \frac{X_i - X_{min,i}}{X_{max,i} - X_{min,i}} \times 100$$

حيث ان

X_i : هو قيمة المؤشر الفعلية i

$X_{min,i}$: هو القيمة النظرية الدنيا للمؤشر i

$X_{max,i}$: هو القيمة النظرية العليا للمؤشر i

يتم حساب قيمة المؤشر المعيارية حسب الصيغة التالية:

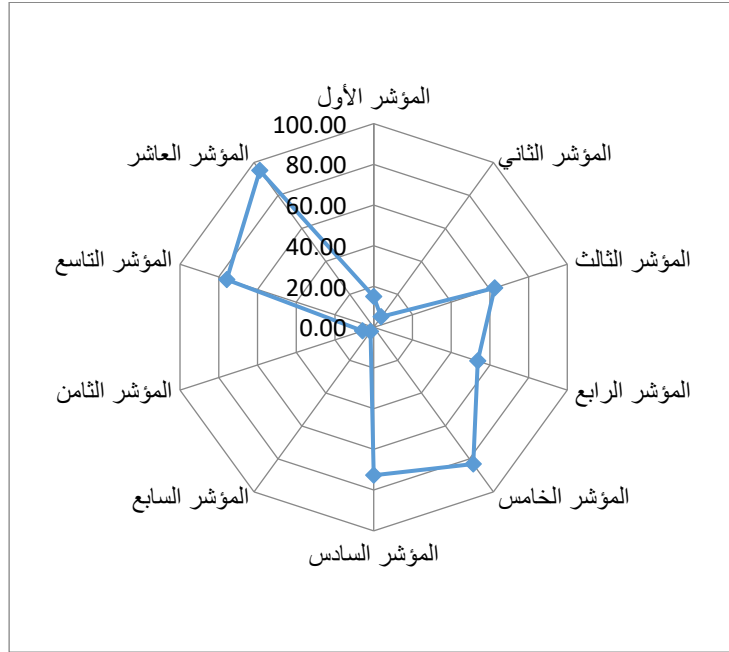
$$SUTI = \sqrt[10]{X_1 * X_2 * X_3 * ... * X_{10}} = 27.06$$

جدول رقم (١)

مؤشرات النقل المستدام

مصدر القيمة التقديرية	الحد الأعلى	الحد الأدنى	القيمة التقديرية	المؤشر
hudhair et al., 2021)	16	0	2.4	ية خطط النقل للنقل العام والمرافق البنية التحتية للوضع النشط
hudhair et al., 2021)	90%	10%	15	سائط من وسائل النقل النشطة والعا
ted from the sample	100%	20%	70	وصول إلى خدمة النقل العام
ted from the sample	95%	30%	65	ثوقية وسائل النقل العام
2023 report	10	0	5.9	ناجمة عن حوادث المرور لكل ١٠٠
ted from the sample	35%	3.5%	12.1	ن تحمل التكاليف - تكاليف السفر
aqi transportation report 2	100	22	26.04	لتشغيلية لنظام النقل العام
conomical Report 2022	50%	0%	2.9	في أنظمة النقل العام
air quality report 2023	150	10	43.8	إء (pm10)
ouse gas emission (USAID	2.75	0	0.136	لغازات الدفينة (GHG) الناتجة عن

لقد تم في هذا البحث إيجاد تقديرات للمؤشرات التي يحسب من خلالها مؤشر النقل الحضري المستدام من خلال عدد من المصادر منها تقارير الجهاز المركزي للإحصاء و بحوث النقل الخاصة بمدن عراقية و التقارير الدولية الخاصة بالمناخ و البيئة إضافة الى البيانات التي اخذت عن عينة البحث و كما موضح في الجدول رقم (١). لقد اظهر مؤشر النقل المستدام قيمته التقديرية ٢٧,٠٦ و يعتبر هذا التقدير متدني عند مقارنته أنظمة النقل المستدام الأخرى. يمثل الشكل رقم (٤) مخططاً لاهميات مؤشرات النقل المستدام حيث كلما اقتربت قيمة المؤشر من المئة كلما كان تأثير هذا المؤشر عالياً و كلما ابتعدت قيمة المؤشر عن المئة انخفض تأثير او مساهمة ذلك المؤشر في قياس الرقم المعياري لنظام النقل المستدام.



شكل رقم (٤)

مخطط قيم مؤشرات النقل المستدام و اهمياتها المعيارية

المناقشة

يتضح من الشكل رقم (٤) ان المؤشرات الأول و الثاني و السابع و الثامن هي الأضعف في هذا النظام و لو تتبعنا هذه المؤشرات لوجدنا ان الأضعف بينها هو تغطية خطط النقل العام قياساً بمجمل النقل العام. يشير المؤشر الثاني الى ضعف مساهمة النقل كحصة من الوسائط المتعددة للنقل. اما المؤشرين السابع و الثامن فيتعلقان بالتكاليف التشغيلية لنظام النقل و قيمة الاستثمار في هذا القطاع أيضاً. من المؤكد ان هذه التقديرات لا تعكس الحقيقة المطلقة لطبيعة كلف التشغيل و الاستثمار في هذا القطاع الا انها تقارب الواقع و بالتالي فان الاستثمارات في هذا القطاع يجب ان لا تخضع للميزانية الحكومية فقط و انما يجب تشجيع الاستثمارات الأجنبية للعمل على رفع كفاءة أداء هذا القطاع. عند مقارنة مؤشر النقل المستدام في هذا البحث مع مؤشرات بعض المدن مثل جकारتا ٥٢,٥ و كولومبو ٣٢,٧ و هانوي ٣٢,٢ (Regmi, 2018)، نجد ان المؤشر المقدر في هذا البحث اقل بكثير من ذلك المحسوب لجकारتا و يقترب قليلاً من مؤشري كولومبو و هانوي. يتعين من خلال المتابعة للأبحاث التي تتعلق بهذا القطاع الحيوي الذي يساهم بنسب متواضعة في الناتج الإجمالي للبلد ان يولى اهتمام أكبر بحيث يؤدي الى مساهمة فعالة في الناتج الإجمالي و رفع كفاءة أداء هذا القطاع على مستوى الافراد و البضائع.

المصادر

- Abdel Wahed Ahmed, M. M., & Abd El Monem, N. (2020). Sustainable and green transportation for better quality of life case study greater Cairo–Egypt. *Hbrc Journal*, 16(1), 17-37 .
- Abdel Wahed Ahmed, M. M., & Abd El Monem, N. (2020). Sustainable and green transportation for better quality of life case study greater Cairo–Egypt. *Hbrc Journal*, 16(1), 17-37.

- Alamoudi, M., Imam, A., Majrashi, A., Osra, O., & Hegazy, I. (2024). Integrating intelligent and sustainable transportation systems in Jeddah: a multidimensional approach for urban mobility enhancement. *International Journal of Low-Carbon Technologies*, 19, 1301-1314. <https://doi.org/10.1093/ijlct/ctae078>
- Chakhtoura, C., & Pojani, D. (2016). Indicator-based evaluation of sustainable transport plans: A framework for Paris and other large cities. *Transport Policy*, 50, 15-28.
- Chen, Y., & Silva, E. A. (2021). Smart transport: A comparative analysis using the most used indicators in the literature juxtaposed with interventions in English metropolitan areas. *Transportation Research Interdisciplinary Perspectives*, 10. <https://doi.org/10.1016/j.trip.2021.100371>
- Derawi, M. O., Dalveren, Y., & Cheikh, F. A. (2020). Internet-of-Things-Based Smart Transportation Systems for Safer Roads. *2020 IEEE 6th World Forum on Internet of Things (WF-IoT)*, 1-4.
- Elassy, M., Al-Hattab, M., Takruri, M., & Badawi, S. (2024). Intelligent transportation systems for sustainable smart cities. *Transportation Engineering*, 16. <https://doi.org/10.1016/j.treng.2024.100252>
- García-Olivares, A., Solé, J., & Osychenko, O. (2018). Transportation in a 100% renewable energy system. *Energy Conversion and Management*, 158, 266-285.
- Guerrero-ibanez, J. A., Zeadally, S., & Contreras-Castillo, J. (2015). Integration challenges of intelligent transportation systems with connected vehicle, cloud computing, and internet of things technologies. *IEEE Wireless Communications*, 22(6), 122-128. <https://doi.org/10.1109/MWC.2015.7368833>
- Heidari, I., Eshlaghy, A. T., & Seyyed Hoseini, S. M. (2023). Sustainable transportation: Definitions, dimensions, and indicators - Case study of importance-performance analysis for the city of Tehran. *Heliyon*, 9(10), e20457. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e20457>
- Janic, M. (2006). Sustainable transport in the European Union: A review of the past research and future ideas. *Transport Reviews*, 26(1), 81-104.
- Khalid, T., Khan, A. N., Ali, M., Adeel, A., ur Rehman Khan, A., & Shuja, J. (2019). A fog-based security framework for intelligent traffic light control system. *Multimedia Tools and Applications*, 78(17), 24595-24615. <https://doi.org/10.1007/s11042-018-7008-z>
- khateeb, S. E. (2018). IoT architecture a gateway for smart cities in Arab world. *2018 15th Learning and Technology Conference (L&T)*, 153-160.
- Kumar, A., & Anbanandam, R. (2019). Development of social sustainability index for freight transportation system. *Journal of cleaner production*, 210, 77-92.
- Mahdinia, I., Habibian, M., Hatamzadeh, Y., & Gudmundsson, H. (2018). An indicator-based algorithm to measure transportation sustainability: A case study of the US states. *Ecological Indicators*, 89, 738-754.
- Nasim, R., & Kassler, A. (2012). *Distributed Architectures for Intelligent Transport Systems: A Survey* 2012 Second Symposium on Network Cloud Computing and Applications,
- Nimodiya, A. R., & Ajankar, S. S. (2022). A Review on Internet of Things. *International Journal of Advanced Research in Science, Communication and Technology*, 135-144. <https://doi.org/10.48175/ijarsct-2251>
- Oladimeji, D., Gupta, K., Kose, N. A., Gundogan, K., Ge, L., & Liang, F. (2023). Smart Transportation: An Overview of Technologies and Applications. *Sensors (Basel)*, 23(8). <https://doi.org/10.3390/s23083880>
- Regmi, M. B. (2018). 11th Regional EST Forum in Asia. In *Sustainable Urban Transport Index for Asian Cities: ESCAP*.
- Rizvi, S. R., Zehra, S., & Olariu, S. (2019). ASPIRE: An Agent-Oriented Smart Parking Recommendation System for Smart Cities. *IEEE Intelligent Transportation Systems Magazine*, 11(4), 48-61. <https://doi.org/10.1109/MITS.2018.2876569>
- Saarika, P. S., Sandhya, K., & Sudha, T. (2017). Smart transportation system using IoT. *2017 International Conference On Smart Technologies For Smart Nation (SmartTechCon)*, 1104-1107.
- Singh, A., Gurtu, A., & Singh, R. K. (2020). Selection of sustainable transport system: a case study. *Management of Environmental Quality: An International Journal*, 32(1), 100-113.
- Zhou, J. (2012). Sustainable transportation in the US: A review of proposals, policies, and programs since 2000. *Frontiers of architectural research*, 1(2), 150-165.
- Alamoudi, M., Imam, A., Majrashi, A., Osra, O., & Hegazy, I. (2024). Integrating intelligent and sustainable transportation systems in Jeddah: a multidimensional approach for urban mobility

enhancement. *International Journal of Low-Carbon Technologies*, 19, 1301-1314.

<https://doi.org/10.1093/ijlct/ctae078>

- Chakhtoura, C., & Pojani, D. (2016). Indicator-based evaluation of sustainable transport plans: A framework for Paris and other large cities. *Transport Policy*, 50, 15-28 .
- Chen, Y., & Silva, E. A. (2021). Smart transport: A comparative analysis using the most used indicators in the literature juxtaposed with interventions in English metropolitan areas. *Transportation Research Interdisciplinary Perspectives*, 10. <https://doi.org/10.1016/j.trip.2021.100371>
- Derawi, M. O., Dalveren, Y., & Cheikh, F. A. (2020). Internet-of-Things-Based Smart Transportation Systems for Safer Roads. *2020 IEEE 6th World Forum on Internet of Things (WF-IoT)*, 1-4 .
- Elassy, M., Al-Hattab, M., Takruri, M., & Badawi, S. (2024). Intelligent transportation systems for sustainable smart cities. *Transportation Engineering*, 16. <https://doi.org/10.1016/j.treng.2024.100252>
- García-Olivares, A., Solé, J., & Osychenko, O. (2018). Transportation in a 100% renewable energy system. *Energy Conversion and Management*, 158, 266-285 .
- Guerrero-ibanez, J. A., Zeadally, S., & Contreras-Castillo, J. (2015). Integration challenges of intelligent transportation systems with connected vehicle, cloud computing, and internet of things technologies. *IEEE Wireless Communications*, 22(6), 122-128. <https://doi.org/10.1109/MWC.2015.7368833>
- Heidari, I., Eshlaghy, A. T., & Seyyed Hoseini, S. M. (2023). Sustainable transportation: Definitions, dimensions, and indicators - Case study of importance-performance analysis for the city of Tehran. *Heliyon*, 9(10), e20457. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e20457>
- Janic, M. (2006). Sustainable transport in the European Union: A review of the past research and future ideas. *Transport Reviews*, 26(1), 81-104 .
- Khalid, T., Khan, A. N., Ali, M., Adeel, A., ur Rehman Khan, A., & Shuja, J. (2019). A fog-based security framework for intelligent traffic light control system. *Multimedia Tools and Applications*, 78(17), 24595-24615. <https://doi.org/10.1007/s11042-018-7008-z>
- khateeb, S. E. (2018). IoT architecture a gateway for smart cities in Arab world. *2nd International Learning and Technology Conference (L&T)*, 153-160 .
- Kumar, A., & Anbanandam, R. (2019). Development of social sustainability index for freight transportation system. *Journal of cleaner production*, 210, 77-92 .
- Mahdinia, I., Habibian, M., Hatamzadeh, Y., & Gudmundsson, H. (2018). An indicator-based algorithm to measure transportation sustainability: A case study of the US states. *Ecological Indicators*, 89, 738-754 .
- Nasim, R., & Kassler, A. (2012). *Distributed Architectures for Intelligent Transport Systems: A Survey 2012* Second Symposium on Network Cloud Computing and Applications ,
- Nimodiya, A. R., & Ajankar, S. S. (2022). A Review on Internet of Things. *International Journal of Advanced Research in Science, Communication and Technology*, 135-14 . <https://doi.org/10.48175/ijarsct-2251>
- Oladimeji, D., Gupta, K., Kose, N. A., Gundogan, K., Ge, L., & Liang, F. (2023). Smart Transportation: An Overview of Technologies and Applications. *Sensors (Basel)*, 23(8). <https://doi.org/10.3390/s23083880>
- Rizvi, S. R., Zehra, S., & Olariu, S. (2019). ASPIRE: An Agent-Oriented Smart Parking Recommendation System for Smart Cities. *IEEE Intelligent Transportation Systems Magazine*, 11(4), 48-61. <https://doi.org/10.1109/MITS.2018.2876569>
- Saarika, P. S., Sandhya, K & ,Sudha, T. (2017). Smart transportation system using IoT. *2017 International Conference On Smart Technologies For Smart Nation (SmartTechCon)*, 1104-1107 .
- Singh, A., Gurtu, A., & Singh, R. K. (2020). Selection of sustainable transport system: a case study. *Management of Environmental Quality: An International Journal*, 32(1), 100-113 .
- Zhou, J. (2012). Sustainable transportation in the US: A review of proposals, policies, and programs since 2000. *Frontiers of architectural research*, 1(2), 150-165 .