حلول التكنولوجيا الرقمية في النقل البري

رسائل أساسية

- لقد ثبت أن البنية التحتية الرقمية المتطورة بالغة الأهمية لتسهيل استخدام التكنولوجيات في النقل البري، بما في ذلك إنترنت الأشياء، والبيانات الضخمة، والبيانات المفتوحة، والحوسبة السحابية والذكاء الاصطناعي، لأن هذه التكنولوجيات تسهّل بدورها تقديم الخدمات.

تتوفر اليوم مجموعة واسعة من التطبيقات التكنولوجية لإدارة الشحن وحركة المرور والبنية التحتية والركاب، وهي تساعد في تحسين الكفاءة وتعزيز سلامة الأشخاص وتنقلهم مع خفض التكاليف. وينبغي أن تنظر البلدان العربية في هذه التكنولوجيات لما لها من فوائد في تحسين النقل البري.

يواجه استخدام التطبيقات التكنولوجية الجديدة تحديات كثيرة منها تلك المتعلقة بالأمن وحماية البيانات الشخصية. ولذلك ينبغي أن ينظر صانعو القرار بجدية في هذه المسائل، باعتبارها جزءاً من عملية إدماج التكنولوجيات الجديدة في قطاع النقل.

ولقد قدمت تكنولوجيا المعلومات والاتصالات في العقدين الماضيين حلولاً جديدة لتعزيز كفاءة الطاقة، والحد من انبعاثات غازات الدفيئة، والتصدي لتغيّر المناخ، وإعادة تنظيم المسارات التقليدية في مختلف القطاعات بما فيها قطاعي النقل والخدمات اللوجستية. وقد أدت نُظُم تكنولوجيا المعلومات والاتصالات إلى تمكين الاستخدام الفعال للأجهزة في البنية التحتية من أجل تنظيم حركة مرور المركبات وإدارتها، ثم إنها اعتمدت التكنولوجيات الناشئة والجديدة لجمع البيانات ومعالجتها بغية نشرها في شكل معلومات مفيدة للركاب والمسافرين. وأدى تطبيق تكنولوجيا المعلومات والاتصالات في نُظُم النقل إلى تحسين مستوى الخدمات واعتماد نماذج مستحدثة قائمة على موارد جديدة.

والواقع أن تأثير هذه التكنولوجيا على مجال النقل يتجاوز آثارها على التنقُّل والفعالية من حيث التكلفة. إذ تحدث هذه التكنولوجيات الجديدة تحولاً في طريقة التخطيط لنُظُم النقل وتصميمها وبنائها وتشغيلها، ومع ذلك تبقى التبعات الاجتماعية والبيئية لهذه النُظُم من أهم النتائج المترتبة عن هذا التغيير. كذلك، من شأن نُظُم النقل الفعالة تخفيض التكلفة الإجمالية والحد بقدر كبير من انبعاثات غازات الدفيئة.

ومن الجدير بالملاحظة أن كافة قطاعات النقل البري تتأثر بالتكنولوجيا، وهي: النقل الفردي، سواء عبر قيادة سيارة خاصة أو بواسطة التنقُّل عند الطلب؛ والنقل الجماعي (العام) في الحافلات والقطارات؛ ونقل البضائع والشحن. وتتنوع نُظُم النقل البري إذ يمكن أن تكون ريفية أو حضرية أو بين الأقاليم.

ويتناول هذا الفصل أبرز التكنولوجيات التي تساعد على تطوير النقل البري، من خلال استعراض الأدبيات وتقديم أمثلة من البلدان المتقدمة والنامية على السواء.

ألف. التكنولوجيات التمكينية في مجال النقل البري

يستعرض هذا القسم التكنولوجيات التمكينية التي يجب إتاحتها قبل نشر حلول وخدمات تكنولوجيا المعلومات والاتصالات في قطاع النقل البري.

وغالباً ما تستلزم التطبيقات ذات الصلة أكثر من تكنولوجيا تمكينية واحدة لضمان عمل حلول النقل البري على نحو سليم. وبما أن النقل البري منوط بالتنقل، لا بد إذاً من استخدام العديد من مكونات التكنولوجيا التمكينية في آن واحد (الاتصال الإلكتروني، وإنترنت الأشياء، والبيانات المفتوحة، والبيانات الضخمة، والحوسبة السحابية، وما إلى ذلك) من أجل إنشاء النُظُم الذكية المستعرضة أدناه.

وتُسرد التكنولوجيات في هذا القسم بترتيب مستوحى من نموذج الربط بين النُظُم المفتوحة، بدءاً من البنية التحتية

المحض وانتقالاً إلى واجهة المستخدم البينية، واستخدام التطبيقات، والتطبيقات السحابية، واتفاقيات التعاون في التشغيل البيني. ويشمل ذلك البنية التحتية للاتصال الإلكتروني، وإنترنت الأشياء، والبيانات الضخمة، والحوسبة السحابية، ونظام التموضع العالمي، ونظام المعلومات الجغرافية، والبيانات المفتوحة وقابلية التشغيل البيني. وقد أولي اهتمام خاص لاستخدام هذه التكنولوجيات كافة في مجال النقل البري.

1. البنية التحتية للإنترنت والترابطية

تعتبر البنية التحتية للاتصال الإلكتروني، أو ما يُعرف بالترابطية، ضرورية لنشر برمجيات وتطبيقات تكنولوجيا المعلومات والاتصالات. وفيما يتعلق بنُظُم النقل البري، يمكن نشر مجموعة واسعة من الشبكات لتوفير البنية التحتية اللازمة لتدفق المعلومات عن طريق استخدام التكنولوجيات السلكية واللاسلكية. وتشمل شبكات النقل عناصر متحركة (المركبات والركاب، وما إلى ذلك) ومحطات ثابتة (مراكز مراقبة حركة المرور، وشاخصات مرورية، وأكشاك رسوم المرور على الطريق السريع، وغيرها)، وتتعدد خيارات الاتصالات المتاحة لمصمم النظام وتندرج تحت تصنيف «الخدمات الأرضية المتنقلة»[31].

وتحتاج شبكات النقل، علاوةً على الخدمات الأرضية المتنقلة، إلى الاتصال بالإنترنت لأنه يتم توفير العديد من النُظُم المعنية على أساس المنصة كخدمة، والبرمجيات كخدمة، والتنقُّل كخدمة بواسطة السحابة.

وبفضل المرونة التي تؤمنها المجموعة الواسعة والمتنوعة من الخيارات المتاحة، يمكن لكل جهة تتولى تنفيذ عملية النشر اختيار التكنولوجيات المحددة التي تلبي احتياجاتها المحلية أو الإقليمية أو الوطنية. وفيما يتعلق بتصميم عمليات النشر الجديدة، يوصى بالاستفادة من البنية التحتية القائمة والمستحدثة للنقل والاتصالات لما لها من مكاسب على صعيد تقليل مخاطر النشر وتكلفته، وتعزيز قبوله في السوق ومدى اختراقه وسرعته.

وفيما يلي ملخص لتكنولوجيات الترابطية المتاحة والمستعملة في قطاع النقل:

الإنترنت: إن اللبنة الأساسية لأي نظام برمجي معتمد في مجال النقل هي الاتصال الإلكتروني الموثوق وواسع النطاق والولوج إلى الإنترنت. أما البنية التحتية القائمة لشبكات الجيل الثالث/الجيل الرابع الخلوية أو الشبكات اللاسلكية الممدودة في المدن فيمكن أن تحقق مكاسب سريعة حتى قبل البدء بتركيب نُظُم التطبيقات المعقدة المستعرضة في الأقسام التالية. وفيما يلي بعض الأمثلة على المكاسب السريعة التي يمكن تحقيقها فوراً شرط الوصول الكافي إلى الإنترنت:

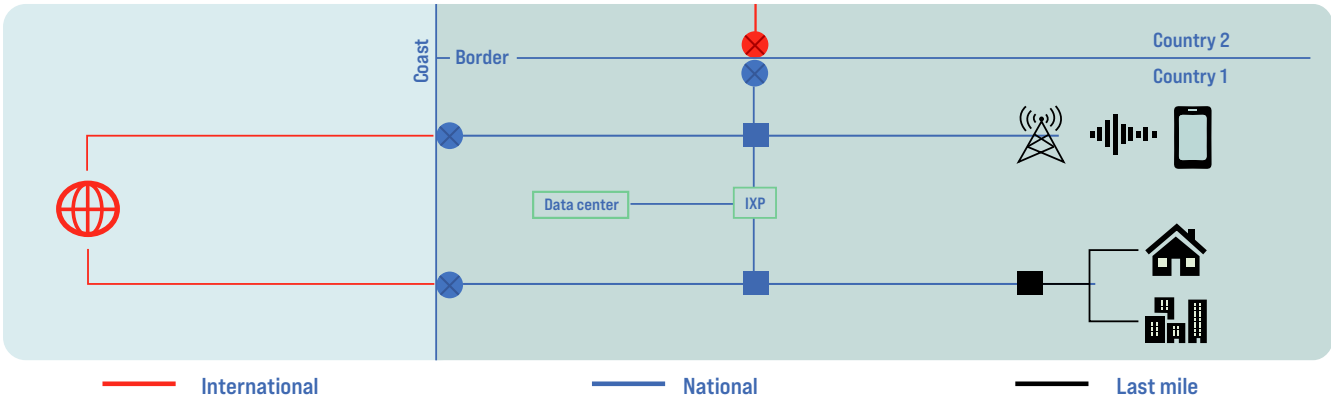
نقاط الاتصال اللاسلكي للركاب في الحافلات والقطارات.

نقاط بيع، مثل القطارات وسيارات الأجرة، تقبل الدفع ببطاقة الائتمان.

معدات الدوائر التلفزيونية المغلقة في مركبات المواصلات العامة لتحسين سلامة الركاب والسائقين.

قطع تذاكر النقل الإلكترونية وعلى الهاتف المحمول، بحيث

الشكل 4. **البنية التحتية للوصول إلى الإنترنت**



المصدر: Kende, 2020.

يمكن للركاب حجز تذاكر سفرهم إلكترونياً وتحميلها على هواتفهم، فيتم ببساطة مسح تذكرة العميل للتحقق من صحتها.

إدارة تحديد الموقع باستخدام تطبيقات مثل مخطط المدينة (Citymapper) أو خرائط غوغل.

تطبيقات محلية بسيطة لعرض مواعيد الحافلات وأوقات الوصول.

أي تطبيق محلي آخر ذي صلة.

ووفقاً لتقرير صدر مؤخراً عن جمعية الإنترنت[32]، فإن البنية التحتية للولوج إلى الإنترنت «تتكون من سلسلة إمداد تنقل حركة الإنترنت من المواقع الدولية إلى نقاط الحضور الوطنية ثم إلى المستخدمين النهائيين. ولا بد أن تتسم هذه البنية بالقدرة الكافية على عدم الازدحام، ولا سيما خلال أوقات ذروة الاستخدام، وعلى دعم الخدمات والتطبيقات الجديدة والمستحدثة. كذلك، يجب أن تُتاح بتكلفة ميسورة للمستخدمين النهائيين وأن تعمد في الوقت ذاته إلى ترشيد استخدام الشبكة وأن تتسم بالمرونة اللازمة لدعم تطبيقات المؤسسات». وينبغي أن تتاح البنية التحتية للوصول إلى الإنترنت، المبيّنة في الشكل 4، للجميع.

ويشير تقرير جمعية الإنترنت إلى ارتفاع أسعار عرض النطاق الترددي الدولي في المنطقة إذ تتراوح بين 10 دولارات و67 دولاراً لكل ميغابت/ثانية شهرياً، مقارنةً بأسعار تناهز الدولارين أو ما دون في الولايات المتحدة وأوروبا. وقد يعمد مقدمو خدمات الإنترنت، نظراً إلى التكلفة المرتفعة للحركة الدولية، بتقليص سعة نطاق الإنترنت التي يحتاجها المستخدمون النهائيون. وهذا بدوره يؤدي إلى اختناق مروري خلال أوقات ذروة الاستخدام، مما يضاعف زمن التأخير للاتصال بالإنترنت على المستوى الدولي فيترتب على ذلك آثار شديدة على قطاع النقل.

وللمساعدة على حل مشكلة التأخير في الشبكة الوطنية بزيادة حركة الإنترنت المحلية، ينبغي نشر نقاط تبادل الإنترنت التي يمكن وصلها بمراكز بيانات تستضيف ذاكرات مخبأة من التطبيقات الدولية والوطنية اللازمة. غير أن قلة من البلدان العربية لديها نقاط مماثلة في الوقت الحاضر.

أما فيما يتعلق بالميل الأخير، فإن الشبكات المتنقلة تغطي أصلاً مساحات كبرى في العديد من البلدان العربية، إذ يبلغ معدل نفاذ السكان، أقله إلى الخدمات الصوتية المتنقلة المعروفة أيضاً باسم الجيل الثاني، 100 في المائة في البعض منها. وستسهم هذه التغطية في أن يتخطى الإنترنت المتنقل نقاط الوصول الثابتة التي ترتفع تكاليف نشرها. ولا تزال التكنولوجيا الحقيقية الأولى للحزمة العريضة المتنقلة، المعروفة باسم الجيل الثالث، تُستخدم على نطاق واسع في المنطقة العربية. ودولة قطر هي البلد الوحيد الذي تغطيه الألياف الضوئية بنسبة 100 في المائة.

الشبكة السلكية (الميل الأخير أو الشبكات المحلية): تُستخدم هذه الشبكة لتلبية متطلبات الاتصال بين النقاط الثابتة وتستلزم الأسلاك الزوجية الملفوفة المستأجرة أو المملوكة، أو الكابلات الثنائية التشعب، أو الألياف البصرية. والأمثلة على استخدامات هذا النوع من متطلبات الاتصال عديدة يُذكر منها جمع المعلومات ورصدها، أو التحكم في المعدات الثابتة الخاصة بالنظام الفرعي للطرق (مثل أجهزة الاستشعار لمراقبة حركة المرور، وإشارات المرور الضوئية، والشاخصات الإلكترونية ذات الرسائل المتبدلة، وغيرها) من مركز مراقبة حركة المرور. وتعتبر الألياف المعيار الجديد لجميع الاتصالات السلكية كونها توفر سعة كبرى لعرض النطاق الترددي واتصالات موثوقة.

الشبكة اللاسلكية قصيرة المدى (الميل الأخير أو الشبكات المحلية): تُستخدم هذه الشبكة لتلبية متطلبات الاتصال قصير المدى بين النقاط الثابتة والمتنقلة أو فيما بين النقاط المتنقلة (أقل من 100 متر).

وأبرز التكنولوجيات المستخدمة في أجهزة إنترنت الأشياء المثبّتة على الطرق أو داخل المركبات للاتصال بين جهاز وآخر هي البلوتوث منخفض الطاقة وزيغبي (Zigbee) وزي-وايف (Z-Wave). وزيغبي هو معيار لاسلكي قصير المدى يستهلك قدراً قليلاً من الطاقة (IEEE 802.15.4) ويُستخدم عادةً في الشبكات المتداخلة. ومن الجدير ذكره أن أجهزة إنترنت الأشياء تحتوي جميعها على بطاريات صغيرة وأن أساس استدامتها هو استهلاكها المنخفض للطاقة.

وتظل الشبكات اللاسلكية، مثل الشبكات الممدودة في المدن أو البلديات، الوسيلة المفضلة للاتصال بين جهاز إنترنت الأشياء والبوابة، أو بين الجهاز والإنترنت مباشرةً عندما يتوفر مثل هذا الخيار. وفيما يتعلق بالسيارات المتصلة بالشبكة، تُستخدم الاتصالات المخصصة قصيرة المدى في التطبيقات التي تصل بين النقاط الثابتة والمتنقلة، مثل تحصيل رسوم المرورعلى الطرق، وجمع رسوم ركن المركبات، وفحص السلامة إلى جانب الطريق، والتحقق من موثوقية الاتصالات بين الأجهزة، واتصال المركبة بالشبكة، وتجنب الاصطدام على التقاطعات، وما إلى ذلك. وتتيح الاتصالات المخصصة قصيرة المدى الاتصال فيما بين المركبات لتفادي الاصطدام وتجنب الحوادث. وهي تستلزم، للحد من زمن التأخير، تخصيص الطيف والترددات العالية التي تختلف باختلاف البلدان.

الشبكة اللاسلكية بعيدة المدى: تُستخدم هذه الشبكة للاتصال بين النقاط الثابتة والمتنقلة، وللخدمات والتطبيقات التي تنشر المعلومات للمستخدمين البعيدين عن مصدر الإرسال والذين يحتاجون إلى تغطية سلسة.

وتتيح **الشبكات الخلوية مثل الجيل الثالث والجيل الرابع/التطور طويل الأمد** اتصالات عريضة النطاق وموثوقة تدعم مختلف تطبيقات المكالمات الصوتية والفيديو التدفقي. ومن المرتقب أن تشكل تكنولوجيا الجيل الخامس، نظراً لسرعتها الفائقة وزمن التأخير القصير فيها، منعطفاً بارزاً سيسرّع من نشر المزيد من تطبيقات التنقل الفائقة السرعة بما في ذلك النقل الذكي والمركبات الذاتية القيادة. ومع ذلك، فإن نشر الشبكات الخلوية هو الأغلى ثمناً من بين الشبكات كلها ويترتب عنه تكاليف تشغيلية ومستلزمات من الطاقة عالية للغاية.

وتُعتبر **الشبكات المنخفضة الطاقة الواسعة النطاق** تطوراً تكنولوجياً يناسب معظم تطبيقات المدن الذكية، نظراً لكفاءتها من حيث التكلفة ومدى انتشارها. وتتيح هذه الشبكات اتصالات بعيدة المدى عبر استخدام بطاريات صغيرة وغير مكلفة تدوم لسنوات، وهي مصممة تحديداً لدعم شبكات إنترنت الأشياء الواسع النطاق. ومن التكنولوجيات التي تستند إلى هذه الشبكات: تقنية إنترنت الأشياء ضيق النطاق، والتطور الطويل الأجل للآلات، وخدمة التجوال الدولية واسعة التغطية للنظام العالمي للاتصالات النقالة التي تتطلب كلها أطيافاً مرخصة؛ وتطبيق ماي ثينغز (MYTHINGS)، ومقدم خدمات إنترنت الأشياء سيغفوكس (Sigfox)، والتكنولوجيا الطويلة المدى التي يمكنها جميعها استعمال أطياف غير مرخصة.

ولاختيار التكنولوجيا اللاسلكية الفضلى ينبغي إجراء تقييم دقيق لعرض النطاق الترددي وجودة الخدمة والأمن واستهلاك الطاقة وإدارة الشبكة[33].

عناوين الإنترنت والإصدار السادس لبروتوكول الإنترنت IPv6:
كل حاسوب مضيف لمحتوى سينشر على شبكة الإنترنت يشار إليه برقم فريد يعرف باسم عنوان بروتوكول الإنترنت. والأمر سيان بالنسبة إلى أي مستخدم وهاتف محمول وجهاز متصل بالإنترنت، فجميعها بحاجة إلى مثل هذا العنوان للتمكن من الاتصال بأجهزة أخرى.

ويتكون نظام عنوان بروتوكول الإنترنت الأصلي، المعروف بعبارة الإصدار الرابع لبروتوكول الإنترنت، من سلسلة رقمية طولها 32 بت ومن حدّ أقصى لعدد عناوين يمكن حسابه برفع الرقم 2 للأس 32 (2^{32})، مما يعني أن 4,294,967,296 فرداً فقط يمكن أن يحصلوا على عنوان فردي تحت هذا الإصدار. وأحد التحديات الرئيسية الحالية لشبكة الإنترنت هو أن عناوين الإصدار الرابع بدأت تنفد حول العالم. وفي تشرين الثاني/نوفمبر 2019، أعلن مركز تنسيق الشبكة الأوروبية لبروتوكول الإنترنت، وهو المنظمة التي تخصص وتسجل عناوين بروتوكول الإنترنت في أوروبا والشرق الأوسط وفي أجزاء من آسيا الوسطى، عن استنفاد حيز عناوين الإصدار الرابع[34].

وفي ضوء ذلك الواقع، ينبغي اعتماد الإصدار السادس لبروتوكول الإنترنت من أجل ضمان استمرار نمو الإنترنت وتطوره. ويتألف هذا البروتوكول من سلسلة رقمية طولها 128 بت ويُحسب الحد الأقصى لعدد العناوين فيه برفع الرقم 2 للأس 128 (2^{128})، ما يعادل 340,282,366,920,938,463,463,374,607,431,768,211,456 عنواناً. وهذا العدد من العناوين كافٍ لتغطية جميع احتياجات إنترنت الأشياء، والسماح لكافة الأجهزة المتنقلة وأجهزة الاستشعار والكاميرات والسيارات والحافلات والثلاجات والغسالات وآلات القهوة بالاتصال بالإنترنت.

ومع ابتكار السيارات المتصلة بالشبكة، التي تسمى أيضاً المركبات الذاتية التشغيل بالكامل أو المستقلة أو الذاتية القيادة، ستحتاج كل سيارة إلى عنوان من الإصدار السادس خاص بها للاتصال بالإنترنت. ثم إن نُظُم برمجيات النقل، مثل نُظُم النقل الذكية ونُظُم الطرق السريعة الآلية، تعتمد اعتماداً كبيراً على أجهزة الاستشعار المثبّتة على الطرق لجمع البيانات وتحليلها وتحديد التوقعات، وهو ما سيُفصّل في الأقسام اللاحقة من هذا التقرير. وفي ظل استمرار نمو نُظُم النقل واعتمادها المتزايد على مكونات إنترنت الأشياء ومواصلة استنادها بشدة إلى المركبات المتحركة، يستحيل وصل جميع «الأشياء» و«السيارات» بعضها ببعض من دون الإصدار السادس لبروتوكول الإنترنت.

ومع أنه يتم تلقائياً تثبيت هذا الإصدار في جميع المعدات والحواسيب والهواتف المحمولة منذ عام 2012، إلا أن العديد من مقدمي خدمات الإنترنت إما لا يعمدون إلى تمكين هذه الميزة أو يخشون عدم جهوزية بعض المستخدمين أو المعدات لهذا الإصدار. لذا ينبغي لمقدمي الخدمات الاستمرار في تشغيل الإصدارين الرابع والسادس بالتوازي أو ترجمة عناوين من الإصدار السادس إلى عناوين من الإصدار الرابع إلى حين تأكدهم من تلبية جميع احتياجات عملائهم.

ويجب بالتالي اعتبار نشر الإصدار السادس لبروتوكول الإنترنت مشروعاً طويل الأجل يستلزم التخطيط له وتنفيذه وإدارته بعناية. ومركز تنسيق الشبكة الأوروبية لبروتوكول الإنترنت وجمعية الإنترنت من المنظمات المخصصة بالإنترنت المستعدة لتقديم الدعم بهذا الشأن. كذلك، تضطلع السلطات التنظيمية الوطنية للاتصالات بدور رئيسي في تشجيع مقدمي الخدمات على اعتماد الإصدار السادس بأسرع ما يكون.

الأقمار الصناعية: يبحث مقدمو خدمات الاتصالات بالأقمار الصناعية عن فرص في قطاع النقل البري، نظراً لأن مجال تغطية الأقمار الصناعية يفوق بكثير مجال تغطية الشبكات الخلوية. وعلى الرغم من عدم وجود تطبيقات ذات صلة حتى الآن، فإن شركة إنمارسات (Inmarsat) مثلاً تعمل مع شركائها منذ أربع سنوات لتطوير نظام للجمع بين النظام الأوروبي لإدارة حركة السكك الحديدية والتغطية بالأقمار الصناعية والخلوية، من أجل تحسين السلامة والكفاءة التشغيلية على الخطوط الإقليمية[35]. وأهم التطبيقات المرتقبة في مجال النقل المتصل هي: مكالمات المساعدة في حالات الطوارئ، وتحديثات الملاحة ورسم الخرائط، والاتصال الاحتياطي للشبكات الأرضية (وبخاصة في المركبات الذاتية القيادة) والتحديثات عبر الأثير.

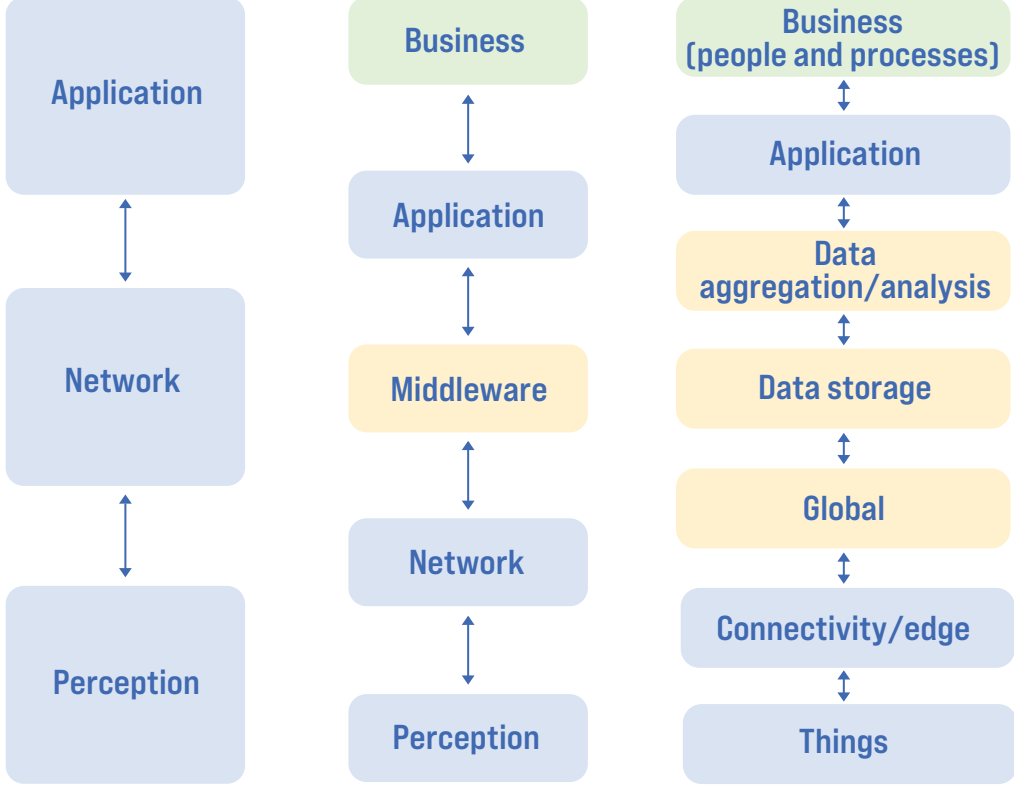
2. إنترنت الأشياء وتطبيقاته في مجال النقل البري

يبلغ اليوم عدد الأجهزة المتصلة بإنترنت الأشياء نحو 10 مليارات جهاز، ومن المتوقع أن يرتفع هذا العدد ليصل إلى 22 ملياراً بحلول عام 2025[36]. وبعد أن كان الإنترنت عبارة عن شبكة من الحواسيب المتصلة، فقد توسع نطاقه حتى أصبح يشمل أجهزة أخرى مثل الهواتف المحمولة وأجهزة الاستشعار والكاميرات والثلاجات والغسالات والسيارات والحافلات والقطارات، وغيرها من الأجهزة. ويبدو أن الإنسانية تتجه نحو عالم كل شيء فيه متصل بالإنترنت.

وقد حددت مؤسسات مختلفة نموذج بنية إنترنت الأشياء بطرق مختلفة، أبسطها هو نموذج مؤلف من ثلاث طبقات، في حين أن أكثرها شيوعاً هو نموذج من خمس طبقات يتضمن التالي (انظر الشكل 5)[37]:

1. **طبقة الإدراك،** وتسمى أيضاً طبقة الاستشعار أو طبقة الكائن: تشير هذه الطبقة أساساً إلى الأجهزة التي يتم وضعها في الميدان لاستشعار المعلومات من البيئة

الشكل 5. نماذج طبقات بنية إنترنت الأشياء



المصدر: تجميع الإسكوا.

وجمعها ومعالجتها، مثل الوزن ودرجة الحرارة والرطوبة والحركة والموقع، وما إلى ذلك. وقد تكون أجهزة جمع المعلومات بطاقات تحديد الترددات اللاسلكية (RFID) أو أجهزة استشعار أو أجهزة كشف ذكية.

2. **طبقة الشبكة،** وتسمى أيضاً طبقة الإرسال أو طبقة إرسال البيانات أو طبقة تجريد الكائن: تنقل هذه الطبقة بأمان البيانات التي تم جمعها بواسطة أجهزة الاستشعار/الأجهزة الأخرى، عبر وسائط الشبكة القائمة أو الخاصة للنطاق القصير، إلى طبقة البرمجيات الوسيطة من خلال تكنولوجيات مختلفة مثل تقنية الاتصال اللاسلكي، والجيل الثالث أو الرابع أو الخامس، والبلوتوث، والبلوتوث المنخفض الطاقة، والتكنولوجيا الطويلة المدى، وغيرها.

3. **طبقة البرمجيات الوسيطة،** وتسمى أيضاً طبقة إدارة الخدمة: تربط هذه الطبقة ما بين البيانات الواردة من طبقة الشبكة، وتعالج المعلومات، وتتخذ القرارات بشأن نوع الخدمة المطلوبة، وتخزن البيانات في قواعد بيانات إدارة الخدمات.

4. **طبقة التطبيقات،** التي تتضمن الخدمات الذكية للمستخدم استناداً إلى القطاع المستهدف (مثل الصحة الذكية أو المنازل الذكية أو النقل).

5. **طبقة الأعمال،** التي تدير نظام إنترنت الأشياء، مسؤولة عن بناء نماذج الأعمال والرسوم البيانية والمخططات الانسيابية لدعم عملية صنع القرار، وهي أيضاً مسؤولة عن «تصميم العناصر المتعلقة بنظام إنترنت الأشياء وتحليلها وتنفيذها وتقييمها ورصدها وتطويرها»[38].

استخدامات إنترنت الأشياء في مجال النقل

إنترنت الأشياء هو عبارة عن تكنولوجيا تمكينية لنُظُم النقل تَعد بتحسين تجربة المسافرين عموماً من خلال تعزيز الكفاءة في التنقل والحد من الاختناقات المرورية، فضلاً عن تخفيض الآثار البيئية الضارة وضمان فوائد متسقة مع خطط التنمية العالمية مثل خطة التنمية المستدامة لعام 2030. وفي عام 2016، قُدرت قيمة إنترنت الأشياء لقطاع النقل على الصعيد العالمي بـ 135 مليار دولار، ومن المتوقع أن ترتفع هذه القيمة إلى 328 مليار دولار بحلول عام 2023[39]. غير أنه ينبغي تنقيح هذه الأرقام في ضوء الأزمة العالمية الناجمة عن جائحة كوفيد-19 الحالية.

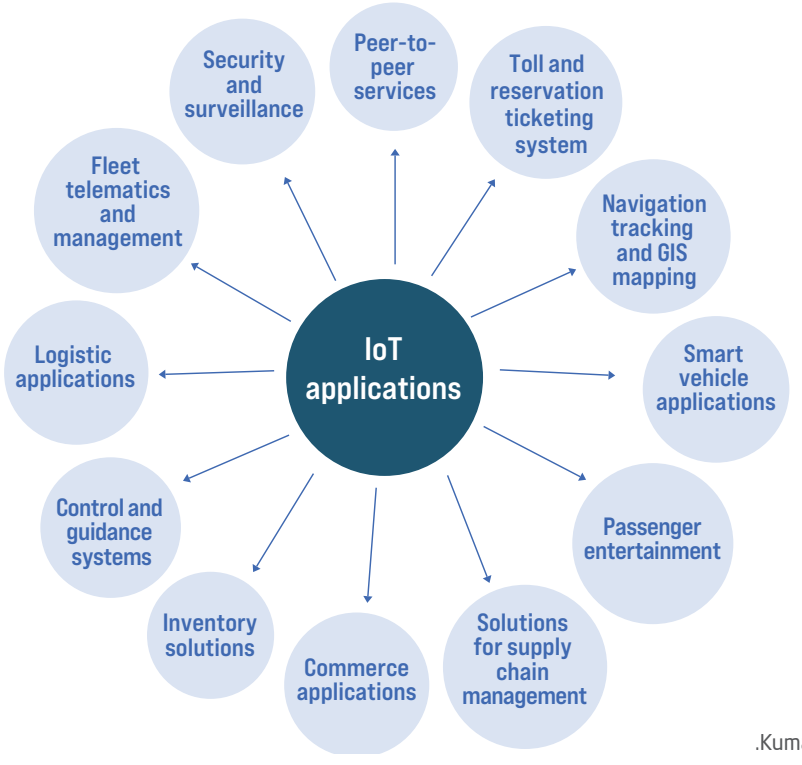
واعتماد إنترنت الأشياء لنقل أكثر ذكاء لا يتطلب بالضرورة بناء بنية تحتية جديدة، وهو ما يُعدّ من أبرز جوانبه، إلا أنه قد لا يكون ذلك ممكناً في العديد من البلدان النامية بما فيها بلدان المنطقة العربية[40]. والواقع أنه يمكن تطبيق تقنية إنترنت الأشياء حالاً على مستوى البنية التحتية للنقل، والمركبات، والشحن/الحاويات.

فعندما يتعلق الأمر بالبنية التحتية، «يمكن للبلديات البدء بجعل طرقها أكثر ذكاء على الفور من خلال نشر أجهزة استشعار متاحة في السوق»[41]. ويشمل ذلك علامات سطح الطريق والشاخصات والإشارات المرورية، فضلاً عن تكنولوجيا جمع المعلومات والتواصل مع المركبات ومراكز مراقبة حركة المرور[42]. وتقوم أجهزة الاستشعار المثبّتة على الإنشاءات القائمة في الطرق، مثل إشارات المرور الضوئية، بجمع معلومات عن أحوال الطرق والطقس وحركة الحياة البرية. ويُعاد نقل المعلومات، فور جمعها وتحليلها من قِبل نُظُم النقل الذكية في مركز مراقبة حركة المرور، إلى المركبات على الطريق لإبلاغها بظروف المرور. أما فيما يتعلق بالمركبات، فتُستخدم أجهزة إنترنت الأشياء في نُظُم المعلوماتية البعدية للمركبات من أجل إدارة المركبة نفسها و/أو التواصل مع محيطها، سواء مع مركبات أخرى (من مركبة إلى مركبة) أو مع البنية التحتية (من مركبة إلى البنية التحتية)[43].

كذلك، يعود إنترنت الأشياء بفوائد جمة على أنشطة النقل واللوجستيات فيما يتعلق بالشحن/الحاويات. فهو يساعد على تخطيط المسارات والجداول الزمنية لأساطيل الشاحنات من جهة، ويسهّل رصد الشحنات وجرد المخزون من جهة أخرى.

ويتم تركيب أجهزة إنترنت الأشياء وأجهزة الاستشعار على الجدران الخارجية والداخلية للحاويات باعتبارها جزءاً من حلول ذكية للنقل. وتقوم هذه الأجهزة بتوليد بيانات عن[44] تحديد موقع الحاوية، وحركتها، ودرجة حرارة الهواء المحيط بها، وفتح الباب، والصدمات والاهتزازات، ودرجة حرارة الشحنة (الحمولة والضبط من خلال معلومات مرتجعة آلية)، ورطوبة البضائع، والكشف عن وجود أشخاص فيها. وفي الواقع، فإن معظم التطبيقات المدرجة في القسم التالي، مثل نُظُم النقل الذكية، ونُظُم إدارة النقل ونظام إدارة أسطول المركبات، تستخدم تقنية إنترنت الأشياء لتجميع البيانات. ويلخص الشكل 6 أدناه مجالات تطبيقه المختلفة، ويرد في الإطار 2 مثالان على تطبيقه في مجال النقل البري.

الشكل 6. تطبيقات إنترنت الأشياء في مجال النقل



المصدر: Kumar and Dash, 2017.

الإطار 2. **أمثلة على تطبيق إنترنت الأشياء في قطاع النقل**

فنلندا – الصيانة التنبؤية للسكك الحديدية - إنترنت الأشياء

تمكنت شركة في آر غروب (VR Group) لتشغيل السكك الحديدية المملوكة من الدولة في فنلندا من تطبيق نظام إنترنت الأشياء لتوقع متطلبات صيانة السكك الحديدية، مما يسمح باستبدال القطع قبل حدوث عطل. وتم تثبيت أجهزة استشعار على مختلف النُظُم والأجزاء لرصد حالتها والإبلاغ عن أي علامات ضرر أو توقف عن العمل. ولتجنب تعطيل المسارات والعمليات، يضع المشغلون والمهندسون خطط الاستجابة للأعطال ويقررون إصلاح القطع أو استبدالها استناداً إلى نظام تحليلي يقوم على نماذج حسابية لاستعراض البيانات المجمعة.

المصدر: Williamson, 2018.

الكويت – استخدام الحافلات العامة - إنترنت الأشياء

في أوائل عام 2020، شهد مزود النقل العام سيتي باص، وهو أكبر مشغل للنقل العام في الكويت، تحسناً ملموساً في استخدام الحافلات مع ارتفاع رحلات الركاب بنسبة 12 في المائة في عام واحد، ذلك بعد نشر نظام ذكي يقوم على استخدام إنترنت الأشياء. وقد تم تزويد نحو 85 في المائة من الحافلات بتكنولوجيا إنترنت الأشياء التي تولد بيانات تُحلل في منصة برمجية ذكية للتنقل. ويدعم هذا النظام عملية الضبط واتخاذ القرارات والتخطيط وهو يزود أيضاً الركاب بمعلومات آنية، الأمر الذي يحسن رضا العملاء.

المصدر: Harper, 2020.

3. البيانات الضخمة من أجل النقل البري

إزاء الحجم الهائل من مجموعات البيانات الكبيرة الناتجة من تكنولوجيا إنترنت الأشياء والهواتف المحمولة ووسائل التواصل الاجتماعي وغيرها من المنصات الرقمية، برزت البيانات الضخمة بوصفها مجالاً تكنولوجياً جديداً له مجاله الخاص في علم البيانات يُعرف باسم «تحليل البيانات». ويوفر هذا المجال التكنولوجي الآخذ بالنمو أدوات جديدة مبتكرة في مجال تحليل البيانات، مثل منصة إكسبلنتي (Xplenty) وبرمجيات أباتشي هادوب (Apache Hadoop) ونظام أباتشي كسندرا (Apache Cassandra) وقاعدة بيانات مونغو دي بي (MongoDB) وأدوات أخرى عديدة. ويقوم علم البيانات بتطوير أساليب جديدة وأدوات مستحدثة، مثل تعلُّم الآلة والتحليلات التنبؤية والتصور. وتبشّر هذه الأساليب بإمكانات هائلة لاستخلاص المعلومات الآنية من أجل التصدي للتحديات التنموية، وهي إمكانات لا يمكن تجاهلها[45].

وكانت شركة غارتنر (Gartner)[46] الشركة الأولى التي قامت بتعريف البيانات الضخمة، وتم تحسين هذا التعريف تدريجياً ليستقر أخيراً على المحاور الخمسة التي تميزها[47]:

الحجم: تتسم البيانات الضخمة بحجم كبير يتعذر تخيل مداه، يتم قياسه بوحدات تيرابايت أو بيتابايت أو حتى إكسابايت. وتشير تقديرات مؤسسة البيانات الدولية إلى أن «الأشياء» في إنترنت الأشياء ستولّد 79.4 زيتابايت من البيانات عام 2025[48]. ولتوضيح ذلك في قطاع النقل، ضع في اعتبارك عدد أجهزة الاستشعار المركبة على البنية التحتية للطرق، ونوع البيانات التي يجمعها كل جهاز استشعار، وعدد النقاط البيانية التي يتم توليدها في كل فاصل زمني (في دقيقة واحدة مثلاً)؛ سيكون عندئذٍ حجم البيانات السنوي، أو حتى الشهري، كبيراً للغاية.

السرعة: يُشار بالسرعة إلى سرعة تدفق البيانات، أو معدل تلقي البيانات، بعد توليدها وإرسالها. وفي قطاع النقل، تؤدي زيادة عدد الأجهزة التي تجمع البيانات إلى تدفق شبه مستمر للبيانات، مما يسمح بإجراء تحليل آني.

التنوع: تختلف البيانات المجمّعة من حيث النوع والشكل. فقد تكون البيانات المجمعة من طريق أو حاوية على شكل ملفات متعددة الوسائط مثل الصور أو الفيديو، أو يمكن أن تكون قياسات لدرجة الحرارة أو الرطوبة.

المصداقية: تنبع قابلية استخدام البيانات الضخمة من القدرة على التحقق من مصداقيتها، وموثوقيتها، وأمنها، وخصوصيتها، وإمكانية المساءلة.

القيمة: تكمن القيمة الحقيقية للبيانات الضخمة في ربط الدراسات التحليلية بالمعطيات المجدية. وبالتالي، لا تقتصر عملية جمع البيانات على مجرد كونها عملية تلقائية بل هي جزء من عملية أكبر حجماً لصنع القرار، يستطيع واضعو السياسات التعويل عليها لاتخاذ القرارات ووضع الاستراتيجيات.

استخدامات البيانات الضخمة في النقل

تقوم شركة توم توم، وهي شركة توفر منتجات وخدمات الموقع والملاحة، بجمع قياسات نظام التموضع العالمي من مستخدميها على أساس المصدر المجهول منذ عام 2006. وفي عام 2012، أفادت بأنها جمعت أكثر من 6 تريليون نقطة بيانية تستخدمها لتوفير معلومات عن الاختناقات المرورية الحاصلة وزمن الرحلة، فضلاً عن إنتاج خرائط آنية دقيقة[49].

ويتمثل تطبيق آخر للبيانات الضخمة في إدارة الأساطيل، سواء كانت تتكون من حافلات أو شاحنات أو قطارات، وأصول الطرق. ولا تصبح البيانات التي يجمعها إنترنت الأشياء قيّمة إلا عندما يتم تحليلها للحصول على معطيات جديدة ووضع الخطط على أساس هذه المعطيات. وبالتالي، تستند الصيانة التنبؤية إلى الخوارزميات التحليلية وتعلّم الآلة، مما يساعد على توقع الأعطال المحتملة والحاجة إلى صيانة المعدات قبل توقفها عن العمل. ويخفّض هذا النهج التكاليف ويحد من تعطيل المسارات والعمليات بسبب الصيانة غير المقررة.

وتحليل البيانات الضخمة في إدارة الشحن والإدارة اللوجستية يستند إلى البيانات المجمّعة من أجهزة الاستشعار المركبة على الشاحنات والحاويات، وإلى بيانات بشأن الطقس وأحوال الطرق وحركة المرور. ويساعد تحليل البيانات الضخمة في تحديد المسارات المثلى من أجل التسليم الأسرع والأكثر أماناً للبضائع.

الإطار 3. **بوسطن - تحدي البيانات الضخمة لمعهد ماساتشوستس للتكنولوجيا**

من المتعارف عليه عموماً أن التحديات والمسابقات توفر منصات فعالة لجذب مواهب المبتكرين ورواد الأعمال. وتحقيقاً لهذه الغاية، أطلق معهد ماساتشوستس للتكنولوجيا تحدي البيانات الضخمة عام 2013، بالشراكة مع مدينة بوسطن، لمعالجة المسائل المتعلقة بالنقل في المدينة. وأُتيحت مجموعات بيانات النقل مما يفوق 2.3 مليون رحلة بسيارات الأجرة ومن الأحداث المحلية، ووسائل التواصل الاجتماعي، وسجلات الطقس لتحفيز تحليل البيانات المبتكرة وتصورها. وقد استخدم الفريق الفائز خوارزميات تعلّم الآلة لتوقع عدد سيارات الأجرة على مدى 700 فاصل زمني وفي 36 موقعاً في مدينة بوسطن - وكانت توقعاتهم الأكثر دقة من بين الفرق الأخرى المشاركة في المسابقة.

المصدر: Abazorius, 2013; Brehm, 2014.

4. الحوسبة السحابية والنقل البري

أصبحت السحابة أداة تمكين للبيانات الضخمة إذ توفر بيئة فعالة من حيث التكلفة لدعم تخزين البيانات الضخمة ودراساتها التحليلية، بالإضافة إلى تقديم خدمات عدة يمكن الآن «تأجيرها» بدلاً من شرائها وتشغيلها وصيانتها محلياً. وتنشئ السحابة منصة مشتركة لتبادل البيانات والمعلومات بين أصحاب المصلحة، مما يتيح فرصاً جديدة وقدرات ذات قيمة مضافة للمؤسسات اللوجستية. وبذلك، تتمكن هذه الأخيرة من التركيز على أعمالها الأساسية بفضل إدارة عملياتها بسرعة أكبر وكفاءة أعلى من حيث التكلفة. وبعبارة أخرى، بإمكان الحكومات وأصحاب المصلحة الآخرين التركيز على عملية نقل الخدمات والمعلومات وتحقيق النتائج بسرعة عبر استخدام السحابة.

وتسمح السحابة، عبر إتاحة اتصال بالإنترنت عالي السرعة يعوّل عليه، بنشر خدمات تكنولوجيا المعلومات عن بعد بدون تكبّد تكاليف مد بنية تحتية للمعدات الحاسوبية[50]. فالشركات قادرة على بناء منصات وتقديم الخدمات بمجرد شراء مخدم افتراضي من شركات مثل الخدمات الشبكية لأمازون (Amazon Web Services)، ومايكروسوفت أزور (Microsoft Azure)، وسحابة غوغل (Google)، وغيرها. كذلك، يتيح بائعو البرمجيات تطبيقات عديدة على السحابة.

وتوفر السحابة أنواعاً عديدة من الخدمات[51] هي:

الدراسات التحليلية كخدمة، حيث يستخدم العملاء التكنولوجيات الشبكية لتحليل البيانات الضخمة.

البنى التحتية كخدمة، حيث تُتاح للعملاء المعدات الحاسوبية والقدرات الهائلة للحوسبة.

المنصة كخدمة، حيث يُمنح المستخدمون إمكانية الوصول إلى محيط التشغيل والبنية التحتية.

البرمجيات كخدمة، حيث تُتاح للمستخدمين البرمجيات المصممة خصيصاً لتلبية احتياجاتهم.

وتشير دراسة أجرتها مؤسسة البيانات الدولية عام 2012 بطلب من المفوضية الأوروبية بعنوان «التقديرات الكمية للطلب على الحوسبة السحابية في أوروبا والحواجز المحتملة أمام استيعابها»، إلى تحقيق منافع اقتصادية ملموسة قابلة للقياس الكمي من خلال اعتماد خدمات الحوسبة السحابية. ويبيّن المسح الذي أجري لغايات الدراسة أن اعتماد المنظمات الحوسبة السحابية يقلل من تكاليف تشغيلها بنسبة تتراوح بين 10 و20 في المائة، ويحسن العمل المتنقل بنسبة 46 في المائة، ويرفع الإنتاجية بنسبة 41 في المائة، ويحسن التوحيد القياسي بنسبة 35 في المائة، بالإضافة إلى زيادة الفرص والأسواق التجارية الجديدة بنسبة 33 في المائة[52]. وبالمثل، تشير دراسات أجرتها منظمة غرينبيس إلى أنه يمكن التخفيف من القضايا البيئية المتصلة باستهلاك المياه والطاقة عبر الاستخدام الفعال للمعدات الحاسوبية ومراكز البيانات التي تعتمد على الخوادم المنخفضة الطاقة وعلى الطاقة الخضراء[53].

وتتجاوز فوائد الحوسبة السحابية كونها مجرد وسيلة فعالة لتخزين كميات كبيرة من البيانات وحمايتها وتحليلها. فالترحيل إلى السحابة يسمح باستخدام عدد أقل من المعدات الحاسوبية والآلات، وبالتالي إلى خفض الاحتياجات ذات الصلة بالتبريد والمساحة[54]، والحد من انبعاثات الكربون وتوفير كلفة الطاقة، وتحرير رأسمال

الشركات بغية تخصيصه لمشاريع أخرى. ومن وجهة نظر اقتصادية عالمية، يقدر تقرير سمارت لعام 2020[55] أن كفاءة الطاقة المعتمدة على تكنولوجيا المعلومات ستتيح وفورات هائلة في استهلاك الطاقة على مدى خمس سنوات يؤدي إلى وفورات في التكاليف تبلغ قيمتها نحو 946.5 مليار دولار[56]. وخلصت دراسة أخرى إلى أن خدمات سحابة مايكروسوفت، مقارنة بمراكز بيانات المؤسسات التقليدية، ستكون أكثر كفاءة في استخدام الطاقة بنسبة تصل إلى 93 في المائة، مما سيخفض انبعاثات الكربون بنسبة 98 في المائة. وتعزو الدراسة ذلك إلى أربعة عوامل رئيسية هي: الكفاءة التشغيلية في مجال تكنولوجيا المعلومات، ومعدات تكنولوجيا المعلومات، وكفاءة البنية التحتية لمركز البيانات، والطاقة الكهربائية المتجددة[57].

والجمع بين الحوسبة السحابية وغيرها من التكنولوجيات الناشئة في نظام النقل سيؤدي إلى دمج التطبيقات وتحويل الشبكات وتحسين السلامة على الطرق وزيادة الكفاءة والحد من التلوث. وفيما يتعلق بالنقل واللوجستيات، ستتيح الحوسبة السحابية التتبُّع الآني بدون الحاجة إلى استثمارات كبرى في البنية التحتية. ونظراً إلى أن المنصة تجيز الوصول المباشر إلى البيانات الموحّدة المخزنة على الشبكة، يُفترض بهذا النموذج أن يضمن مستوى متقدماً من الإدارة، ويسمح بتيسير عمليات النقل واللوجستيات بما يتسم بمزيد من الفعالية والسرعة وبكلفة أقل. وغني عن القول إن اعتماد تطبيقات الحوسبة السحابية في قطاع النقل واللوجستيات سيؤدي إلى توفير الوقت والطاقة وزيادة الكفاءة. وسيولد أيضاً بيانات عالية الجودة وموثوقة للبحوث، مما يمهد الطريق لمشاريع الابتكار المستقبلية.

وأحد التطبيقات الهامة في قطاع النقل البري هو منصة سحابة المركبات المتصلة التي طورتها شركة إريكسون وتستخدمها شركات تصنيع السيارات، مثل شركة فولفو، لتقديم خدمات رقمية عالية الجودة بما فيها مجموعة كاملة من الأتمتة والمعلوماتية البعيدة والإعلام الترفيهي والملاحة وخدمات إدارة الأسطول. وهذه المنصة المرنة تتيح لمصنعي المركبات التسريع في تطوير خدمات جديدة للمركبات المتصلة وإدارتها، علاوةً على أن نظامها المتصل يستطيع دمج أي عدد من الأطراف الثالثة المعنية، مثل إدارات النقل أو الوزارات.

ويمكن أن تُستخدم تكنولوجيا الحوسبة السحابية أيضاً في قطاع النقل لربط الشاحنين والموردين والشركاء من خلال شبكة افتراضية تكون بمثابة منصة للتعاون والتآزر. وقد اقترح الخبراء أنماطاً عديدة للتطبيقات، بما فيها سيناريو للتعاون بين شركات لوجستيات الشحن والحكومات عبر اعتماد نظام النافذة الواحدة. ومن الأمثلة الأخرى مشروع مجمّع اللوجستيات (Logistics Mall Project) في ألمانيا الذي يقدم خدمات تكنولوجيا المعلومات والتطبيقات والمسارات اللوجستية باعتبارها سلعاً قابلة للتداول في السحابة.

5. نظم التموضع العالمي والنقل البري

يعمل نظام التموضع العالمي باستخدام مستقبِلات أرضية تجمع إشارات من أربعة أقمار صناعية على الأقل. وتقوم على إثره وحدات المعالجة التابعة لها بتفسير هذه الإشارات عن طريق حساب موقع كل قمر صناعي وترجمته إلى إحداثيات خطوط العرض والطول والارتفاع والوقت.

ونظام التموضع العالمي هو تكنولوجيا مملوكة من الحكومة الأمريكية، تم تطويرها للجيش الأمريكي واقتصرت في الأصل على الاستخدام العسكري. وفيما بعد، أعلنت إدارة ريغان عن إتاحة النظام للاستخدام المدني في أعقاب كارثة الخطوط الجوية الكورية عام 1983. وفي عام 2000، التزم الرئيس كلينتون بإيقاف تشغيل التوافر الانتقائي ومنح المدنيين الدقة نفسها في تلقي الإشارات على قدم المساواة مع الجيش. وفي عام 2007، في عهد الرئيس بوش، جعلت وزارة الدفاع هذا الالتزام دائماً. وتشمل التكنولوجيات المماثلة النظام العالمي للملاحة باستخدام الأقمار الصناعية الذي تستخدمه روسيا ويُعرف باسم غلوناس، ونظام غاليليو الذي أنشأته وكالة الفضاء الأوروبية، ونظام بايدو الذي أطلقته الصين.

وتتعدد استخدامات نظام التموضع العالميوتشمل مزامنة الساعات والملاحة وأجهزة إرشاد شخصية محددة للمكان (أو الموقع) وإجراء المسوح. وفيما يخص قطاع النقل تحديداً، فإن نطاق تطبيقاته متنوع ودائم التوسع. ويُعتبر تتبُّع المركبات الاستخدام الأكثر شيوعاً لنظام التموضع العالمي، إذ يتيح استخدامه تتبُّع موقع أي مركبة مجهزة به، من المركبات الشخصية إلى الأساطيل التجارية (مثل خدمات البريد السريع) ومركبات النقل العام. ويُستعان بهذا النظام أيضاً في عمليات الإغاثة في حالات الكوارث وفي خدمات الطوارئ، مثل سيارات الإسعاف والشرطة التي تستخدم تتبُّع المركبات لإنقاذ الأرواح. ويمكن استخدام نظام التموضع العالمي لتقديم الشروح في أثناء الجولات

السياحية بالحافلات، ولتقدير أوقات وصول الحافلات عند محطات توقفها. وأخيراً، يُستعمل هذا النظام لتحديد المواقع الجغرافية، حيث يتم ربط إحداثيات النظام بالمواقع والأشياء لأغراض مختلفة، مثل وضع معلومات على الخريطة عبر نظام المعلومات الجغرافية.

بيد أن تحديات محتملة تواجه استخدام نظام التموضع العالمي، بعضها مرتبط بإشارات الأقمار الصناعية والبعض الآخر بتوافر التغطية في المناطق النائية. ومن الجدير ذكره أن النشاط الشمسي، مثل التوهجات الشمسية، قد يعطل إشارات هذا النظام.

6. نُظُم المعلومات الجغرافية

تم تصميم برنامج نظام المعلومات الجغرافية لتخزين كافة أنواع البيانات الجغرافية والمكانية واسترجاعها وإدارتها وعرضها وتحليلها. وهو ببساطة يسجل المعلومات (المواقع المسترجعة من نظام التموضع العالمي أو غيرها من المعلومات)، ويتيح للمستخدمين إنتاج وعرض الخرائط والرسوم البيانية الأخرى المتعلقة بالمعلومات الجغرافية. وتطبيق خرائط غوغل هو خير مثال على حل شبكي لرسم الخرائط قائم على نظام المعلومات الجغرافية، يستعين به الأشخاص لأغراض التنقُّل اليومية.

وثمة اليوم أكثر من ألف تطبيق[58] لنظام المعلومات الجغرافية يُستخدم في مختلف الأعمال التجارية والصناعات، بما في ذلك على سبيل المثال لا الحصر: رسم الخرائط، والتخطيط الحضري، وتخطيط النقل، والملاحة، والطيران، وإدراج المركبات، وإدارة الأسطول، وإدارة الكوارث والتخفيف من حدتها، والزراعة، وتقدير الأضرار الناجمة عن الفيضانات، ومكافحة الآفات، والأعمال المصرفية، وإدارة الأصول وتعزيزها، وعلم المستهلك وسلوكه، وتغيّر المناخ، والجرائم، وتخطيط التنمية المجتمعية، والاقتصاد، والدفاع، والطاقة. وينظر نظام المعلومات الجغرافية إلى البيانات باعتبارها طبقات مختلفة. وبالتالي، قد تُظهر إحدى الطبقات نمط شبكة الشارع في المدينة، وطبقة أخرى حدود مناطقها الإدارية، وطبقة ثالثة موقع الجرائم المبلّغ عنها على سبيل المثال. ويمكن تصميم عرض كل نوع من البيانات داخل نظام المعلومات الجغرافية لتلبية معايير محددة، ثم الجمع بين الطبقات المختلفة لتشكيل خريطة واحدة. وإحدى السمات الرئيسية لهذا النظام هي إمكانية لصق عنصر جغرافي بأي نوع من المعلومات. وبذلك، يمكن إنشاء الخرائط المواضيعية انطلاقاً من طبقات من البيانات التي تمثل المعلومات الخرائطية التقليدية، ومن مجموعات البيانات التي يوفرها المستخدمون من مصادر أخرى.

ومن البديهي أن نظام المعلومات الجغرافية يقع في صميم المجموعة المتنوعة التالية من التطبيقات في قطاع النقل[59]:

إن **صيانة الطرق السريعة وإدارتها** مسألة هامة قد تصبح مكلفة للغاية بالنسبة إلى السلطات المعنية إذا لم يتم تحديد المشاكل في وقت مبكر بحيث يتسنى معالجتها. واستخدام نظام المعلومات الجغرافية للمساعدة في إدارة صيانة الطرق السريعة يؤدي إلى خفض التكاليف وتحسين تجربة المسافرين وسلامتهم. وتساعد صور الأقمار الصناعية للطرق السريعة وخرائط شبكات الطرق السلطات على التحديد الآني للمشاكل ومعالجتها في وقت مبكر. وبإمكان فِرق الصيانة الميدانية استخدام الأجهزة لجمع البيانات في الميدان وتحديث قواعد البيانات على الفور لإجراء تحاليل إضافية، واتخاذ القرارات وحتى الإجراءات الفورية. وعلاوةً على ذلك، فإن استخدام نظام المعلومات الجغرافية وصور الأقمار الصناعية يمكّن من تفحّص بعض الأعمال الجارية على الطرق بدون القيام بزيارات ميدانية.

ويمكن **تحليل الحوادث** من خلال إدماج الفيديو والصور من كاميرات المرور مع نظام المعلومات الجغرافية. فيعمد مركز مراقبة حركة المرور بسهولة وسرعة إلى تحديد موقع الحادث، ثم يرسل تحذيرات لجميع المسافرين أو يتخذ الإجراءات اللازمة لتحويل حركة المرور بعيداً عن مكان الحادث. وعلى مر الزمن، يساعد تحليل الحوادث في تحديد المناطق التي تنطوي على مشاكل ويرتفع فيها احتمال وقوع حوادث داخل شبكة النقل، فضلاً عن تحديد الأسباب المحتملة بحيث يمكن اتخاذ التدابير اللازمة لزيادة سلامة مواقع محددة.

وتمكّن **نمذجة حركة المرور وإدارتها** باستخدام نظام المعلومات الجغرافية من تصميم طرق فضلى والاستمرار في رصد حركة المرور بعد إنجاز بنائها، ذلك باستخدام بيانات من النظام بغية إنشاء نماذج محاكاة لشبكات المرور. وتكون هذه النماذج تفاعلية، وبالتالي يمكن استخدامها في تخطيط الطرق وغيرها من الإنشاءات لزيادة كفاءة شبكة النقل.

ويشمل **تخطيط الطرق** إنشاء طرق جديدة. ويُعدّ نظام المعلومات الجغرافية أداة قيمة لضمان تصميم الطرق المثلى للمسافرين، بالتكلفة المثلى بالنسبة إلى السلطات، مع الأخذ في الاعتبار جغرافية المنطقة حيث ستُبنى الطرق. وعناصر

مثل خصائص التربة والصرف واحتمال حدوث فيضانات ليست سوى بعض القضايا التي ينبغي النظر فيها عند التخطيط لطرق جديدة. ويعرض نظام المعلومات الجغرافية رسماً تصورياً للطريق المخطط له والبيانات النوعية اللازمة، بحيث يمكن اتخاذ قرارات مدروسة قبل بناء الطريق.

ويؤدي استخدام نُظُم المعلومات الجغرافية إلى تحسين **إدارة أسطول المركبات**، خصوصاً عند ربطه بنظام التموضع العالمي. فمن شأن ذلك أن يتيح مثلاً تخطيط مسارات فضلى لحافلات النقل العام عبر دمج معلومات مثل المسارات والشوارع ومحطات التوقف والمدارس مع زمن الرحلة والجدول الزمني. وعليه، تُقدَّم معلومات أوفر لمستخدمي المواصلات العامة في شكل مسارات الحافلات مرفقة بجداول زمنية، مما يسمح لهم بتخطيط تنقلاتهم على نحو أفضل.

ويمكن تعزيز **تجربة السفر الشخصية** من خلال دمج نظام المعلومات الجغرافية ونظام التموضع العالمي، بحيث تمكّن نُظُم الملاحة الشخصية المسافرين الأفراد من تخطيط المسارات والسفر بأمان. فمعلومات مثل حدود السرعة القصوى، أو موقع الخدمات على جانب الطريق ومحطات الوقود، هي من الأهمية بمكان لضمان جودة شبكة النقل، مما يجعل هذين النظامين جزءاً لا يتجزأ من نظام النقل الذكي.

7. البيانات المفتوحة

الفكرة من البيانات المفتوحة هي إتاحة الوصول إلى البيانات الحكومية بحرية للاستخدام العام والتوزيع من جانب أي شخص، من دون القيود المفروضة على استخدامها المرتبطة بحقوق التأليف والنشر أو براءات الاختراع. ولا يمكن اعتبار هذه البيانات مفتوحة المصدر حقاً ما لم تقدم الحكومات البيانات الأولية في أشكال مفتوحة (ملفات القيم المفصولة بفواصل) يمكن قراءتها بواسطة برمجيات مشتركة (الانفتاح الفني)، وما لم يُمنح الحق القانوني في إعادة استخدامها (الانفتاح القانوني). ولا ينبغي الخلط بين البيانات المفتوحة والبيانات الضخمة، فالاختلافات جوهرية بين المفهومين.

ولا يمكن مناقشة البيانات المفتوحة في غياب خدمات الحكومة الإلكترونية اللازمة لتوليدها. فمن الضروري أولاً أن تكون الهيئة الحكومية التي تقدم الخدمة الإلكترونية هي نفسها محوسبة ومؤتمتة. ويجب ثانياً تبادل المعلومات مع السلطة المركزية للحكومة الإلكترونية أو الهيئات الحكومية الأخرى، بطريقة قابلة للتشغيل البيني، من أجل تحقيق الترابط الذي يتيح للركاب التنقُّل بين المدن والبلديات للوصول إلى مختلف الخدمات. وتشمل أنواع البيانات المفتوحة التي يمكن أن توفرها الحكومة الإلكترونية رسوم المرور وتسجيل المركبات وتحصيل الرسوم وإصدار رخص القيادة والتصاريح، إضافة إلى إطلاع المواطنين على تعرفة النقل ودراسات تحليلية للتنقُّل الحضري ومعلومات آنية عن حركة مرور الحافلات، وما إلى ذلك.

وقد اعتُمدت أولى السياسات الحكومية بشأن البيانات المفتوحة عام 2009، وأعقبتها مبادرات عديدة بشأن البيانات المفتوحة في نحو 50 بلداً ومنظمات مختلفة مثل البنك الدولي والأمم المتحدة. وفي عام 2013، وقّع قادة دول مجموعة البلدان الثمانية ميثاق البيانات المفتوحة[60] الذي اشتمل على مجموعة من المبادئ للارتقاء بالبيانات المفتوحة. وقد حدد الأكاديميون منذ البداية ثماني ركائز للبيانات المفتوحة هي[61]: مكتملة، وأوليّة، وآنية، ويسهل الوصول إليها، وقابلة للمعالجة الآلية، وغير تمييزية، وغير مملوكة، ولا تتطلّب الترخيص[62].

ويتجلى العدد المتزايد من بوابات البيانات في تطور مجموعات البيانات المتاحة. فعلى سبيل المثال، ارتفع عدد مجموعات البيانات المفتوحة المتاحة على البوابة الأوروبية للبيانات، التي تحصد البيانات الوصفية للبيانات العامة من جميع أنحاء أوروبا، إلى أكثر من الضعف (ليصل إلى ما يزيد عن 890,000 مجموعة) على مدى السنوات الثلاث الماضية، ومن المتوقع تواصل ارتفاعه في المستقبل[63]. وسوق البيانات المفتوحة آخذة بالنمو حجماً وعالمياً. وفي الواقع، من المرتقب أن تتوسع السوق في الاتحاد الأوروبي وحده إلى ما بين 199.51 مليار يورو و334.20 مليار يورو عام 2025[64]، ما يعني إمكانية تحقيق نمو سنوي بنحو 25 مليار يورو. وتجدر الإشارة إلى أن هذه الأموال لا تشكل إيرادات لدول الاتحاد الأوروبي، بل تولد قيمة مضافة للاقتصاد عن طريق قيام الشركات الناشئة المبتكرة وغيرها من شركات القطاع الخاص باستخدام البيانات المفتوحة لإنشاء التطبيقات.

وفي الوقت نفسه، يصعب العثور على البيانات في العالم العربي، وهي بعيدة عن أن تكون متاحة وجاهزة للمعالجة من جانب أي شخص وفي أي وقت[65]. ووفقاً لتقرير الإسكوا المعنون «تعزيز الحكومة المفتوحة في المنطقة العربية 2018»[66]، قامت دول عربية عدة، بما فيها دول مجلس التعاون الخليجي ومصر والأردن والمغرب وتونس، بتطوير وتنفيذ مبادرات بشأن البيانات المفتوحة أدت إلى إنشاء بوابات عامة للبيانات المفتوحة. لكن بالرغم من النمو الهائل للبيانات

المفتوحة في جميع أنحاء العالم، لا يزال أمام الدول العربية طريق طويل للحاق ببقية العالم وفقاً لاستنتاجات تقرير مقياس البيانات المفتوحة-الطبعة الرابعة، الذي يقيّم البيانات المفتوحة في 115 بلداً ويسجل نقاطاً لكل منها[67].

ويعتبر قطاع «النقل والتخزين»، بحسب ما صنفه تقرير البوابة الأوروبية للبيانات، أحد «القطاعات الخمسة ذات النجاح المثبت في إنشاء البيانات المفتوحة»[68]. وقد عمدت شركة غوغل إلى تطوير مواصفات موجز النقل العام كشكل للبيانات المشتركة، بما يتيح لوكالات النقل العام تبادل بيانات التنقلات الخاصة بها علناً في سلسلة من الملفات النصية التي تحتوي على المعلومات ذات الصلة، بما في ذلك التوقفات والمسارات والبيانات الأخرى[69]. وأصبحت هذه المواصفات، منذ إطلاقها عام 2005، شكل البيانات الأكثر شعبية لخدمات النقل ذي المسارات الثابتة حول العالم. وشجعت شركة غوغل سلطات النقل العام على اعتمادها بحيث يمكن ربط معلومات الجدول الزمني للحافلات بمخططي الرحلات متعددي الأنماط، مثل تطبيق خرائط غوغل[70]. ويمكن كذلك للمطورين استخدام هذه البيانات بحرية لتصميم تطبيقات جديدة وتقديم الخدمات لعموم الناس.

وقد قامت وكالات نقل عدة بنشر بياناتها في شكل مواصفات موجز النقل العام علناً ومشاركتها مع الجمهور العام، بيد أن وكالات أخرى اختارت عدم مشاركتها إلا مع شركاء مختارين مثل تطبيق خرائط غوغل. وحالياً، تدرج خدمة بيانات التنقُّل المفتوحة 1,252 مزوداً يتيحون بياناتهم، يوجد 473 منهم في الولايات المتحدة واثنان فقط في العالم العربي (تونس والجزائر)[71]. والعدد الهائل من وكالات النقل العام التي تستخدم الآن هذه البيانات يمهد الطريق أمام المطورين للابتكار، وذلك باستخدامهم هذه البيانات لإنشاء تطبيقات جديدة قد تكون مفيدة لهم، وللمستخدمين، ولتلك الوكالات على السواء. ويقدم الإطار 4 مثالاً على تطبيق البيانات المفتوحة في النقل البري، وتحديداً في دبي.

الإطار 4. دبي، مواصفات موجز النقل العام

خطت دبي مؤخراً خطوة مهمة إلى الأمام مع إطلاق مبادرة جديدة تهدف إلى التغلب على مسألة التأخير أو الوصول المبكر للحافلات من خلال إطلاع الركاب على الرحلات المحدثة مباشرة عبر نسق مواصفات موجز النقل العام في الوقت الحقيقي. وهكذا أصبحت دبي المدينة الأولى في الشرق الأوسط التي تستخدم البيانات المفتوحة في إطار المواصلات العامة، بالتعاون مع شركة غوغل التي تتيح تحديثات آنية للجداول الزمنية للحافلات على تطبيق خرائط غوغل.

المصدر: Geronimo, 2020.

تحديات استخدام البيانات المفتوحة

كثيراً ما يواجه اعتماد سياسة البيانات المفتوحة ونشرها تحديات عديدة يرتبط معظمها بالممارسات الحكومية، منها[72]:

معظم الحكومات لا تتيح البيانات المفتوحة، فنحو 90 في المائة من مجموعات البيانات الحكومية لا تزال غير متوفرة لعموم الناس.

وحتى عندما تزعم الحكومات تقديمها بيانات مفتوحة فعادةً ما تكون غير كاملة، أو منخفضة الجودة، أو حتى قديمة.

وتعتبر الإرادة السياسية المستدامة ضمانة نجاح البيانات المفتوحة.

وتنشر الحكومات العربية مجموعات بيانات انتقائية نادراً ما تتسم بالأهمية اللازمة لكسب ثقة المواطنين.

ومن بين مجموعات البيانات التي نُشرت فعلاً، قلة من المبادرات بشأن البيانات المفتوحة تضمن الإدماج والإنصاف.

8. قابلية التشغيل البيني والتعاون عبر الحدود

لا يناقش هذا القسم التكنولوجيا في حد ذاتها، غير أن المسائل التي يتناولها بالغة الأهمية لاستخدام التكنولوجيا الرقمية في النقل البري، لا سيما فيما يتعلق بالتعاون عبر الحدود على الصعيد المحلي أو الوطني أو الإقليمي.

ونظراً لأن السلطات على المستوى المحلي أو البلدي أو الاتحادي أو الوطني أو على مستوى المناطق غالباً ما تضطلع بتشغيل نُظُم النقل، يجب أن تخضع إذاً خدمات النقل لإطار وطني للحكومة الإلكترونية بغية تسهيل توفير خدمات النقل إلكترونياً للمواطنين، وتبادل بيانات حركة المرور بين جميع الهيئات الحكومية.

وتزداد كفاءة نُظُم برمجيات النقل وفعاليتها عندما تستند إلى مجموعة من معايير قابلية التشغيل البيني. والواقع أن نُظُم النقل لابد وأن تتبادل البيانات عبر الهيئات والمدن وحتى البلدان لكي يحصل المستخدم النهائي (الراكب، وسائق السيارة، وشاحنو البضائع، وغيرهم) على أفضل ما يمكن من الخدمات. والتعاون مع مجموعة واسعة من الكيانات في القطاع العام (السلطات والوزارات الأخرى)، والقطاع الخاص (شركات التكنولوجيا، ومقدمو الخدمات، والمنظمات المهنية) والمؤسسات الأكاديمية هو واحد من ثلاث خطوات يجب على أي حكومة اتخاذها لتكون قادرة على توفير خدمات التنقُّل الذكية[73]. فلكي يمنح نظام ما الأولوية عند التقاطعات لمركبات معينة، مثل حافلات النقل المتصلة أو سيارات الإسعاف، يستلزم الأمر تنسيقاً وثيقاً بين مشغل المواصلات العامة ومشغل البنية التحتية، أو بين مشغل البنية التحتية والشرطة. وعادة ما تصل جميع هذه البيانات إلى مركز إدارة حركة المرور وفقاً لصيغة محددة مسبقاً، وتجهّزها مختلف نُظُم البرمجيات المستخدمة في نُظُم النقل الذكية التابعة لها والتطبيقات الأخرى.

ومن المستحسن أن تكون مجموعة معايير قابلية التشغيل البيني متاحة أيضاً عبر الحدود الوطنية. وهنا تجد المنطقة العربية نفسها في وضع غير مؤات بالمقارنة مع أوروبا أو أمريكا الشمالية لأن لكل بلد عربي مجموعات خاصة من السياسات والمعايير، ما يجعل مركبات الشحن تضيّع وقتاً ثميناً عند كل معبر حدودي. وفي ظل هذه الظروف، يتعذر على نُظُم النقل التنبؤ بوقت التسليم وزمن الرحلة بسبب القواعد الجديدة غير المتوقعة التي تظهر عند المعابر الحدودية والتي تؤدي إلى خسائر في الإنتاجية والقيمة التجارية. وعندما تؤثر متطلبات وشكل البيانات والسياسات الأخرى المماثلة فجأة على المسار المخطط له، يعجز النظام البرمجي عن تخطيط المسارات وإدارتها على نحو فعال.

ومثال آخر على الحاجة إلى قابلية التشغيل البيني الدولي هو نظام رسوم المرور الإلكترونية. وفي الواقع، كانت مختلف النُظُم الأوروبية الإلكترونية لرسوم المرور التي شُغّلت على الصعيدين المحلي والوطني اعتباراً من أوائل تسعينات القرن العشرين تعمل بصورة منفصلة تماماً. وهذا يعني أن السائقين كانوا يضطرون إلى لصق العديد من البطاقات الإلكترونية داخل مركباتهم ليتمكنوا من استخدام النُظُم المختلفة خلال رحلاتهم. وقد دفع هذا الوضع بالاتحاد الأوروبي إلى إصدار التوجيه 2004/52/EC بشأن قابلية التشغيل البيني للنُظُم الإلكترونية لرسوم المرور، الذي وقعته دول أعضاء عديدة ليصبح قانوناً وطنياً. وأدى ذلك إلى إنشاء الخدمة الأوروبية لرسوم المرور الإلكترونية ودليل تنفيذها، التي تتيح للمسافرين المرور عبر جميع الطرق الأوروبية باستخدام خدمة رسوم المرور الإلكترونية ذاتها[74].

باء. تطبيقات التكنولوجيا في مجال النقل البري

ما من تصنيف معروف لمختلف أنواع النُظُم البرمجية المستخدمة في قطاع النقل. وفي واقع الأمر، يجوز لسلطات النقل أو الشركات العاملة في قطاع النقل واللوجستيات أن تستخدم نظاماً واحداً أو أكثر بطريقة قابلة للتشغيل البيني، مما يسمح لها بإدارة جميع متطلبات توفير خدمات النقل. وسنقوم في هذا التقرير بتصنيف مختلف النُظُم المستخدمة اليوم، وفقاً لوظيفتها الرئيسية للمستخدمين النهائيين، التي تشمل إدارة الشحن، وإدارة حركة المرور والبنية التحتية، وإدارة الركاب.

1. إدارة الشحن

سنتناول في هذا القسم جميع النُظُم التي توفر الحلول لشركات تقديم خدمات النقل والخدمات اللوجستية، وبخاصة في مجال نقل البضائع والشحن. وتُصنف هذه الأنواع من نُظُم النقل والخدمات اللوجستية ضمن نُظُم إدارة اللوجستيات. وفي الأقسام الفرعية التالية، سنستعرض الوحدتين الأكثر استخداماً في نقل البضائع والشحن، ألا وهما

نُظُم إدارة النقل ونُظُم إدارة أسطول المركبات. وقد تتضمن هذه النُظُم وحدات خاصة بنُظُم إدارة المستودعات ونُظُم إدارة الطلبات، ولكن لن تتم مناقشتها لأنها لا تقتصر على قطاع النقل.

أ. نُظُم إدارة النقل

نُظُم إدارة النقل هي حلول تكنولوجية تم إنشاؤها للشركات العاملة في قطاع الشحن، أو الشركات التي تعتبر حركة البضائع جزءاً أساسياً من سلسلة الإمداد أو اللوجستيات الخاصة بها. وتقوم برمجيات هذه النُظُم بأتمتة العمليات والنُظُم المستخدمة لإدارة الاحتياجات والمتطلبات الخاصة بالنقل المادي للبضائع والشحنات. وهي مصممة لتلبية احتياجات الشاحنين الذين يستعينون بناقل عمومي، ذلك عبر أتمتة تخطيط المسار وترشيده، وتحسين الحمولة، والتدقيق بالبضائع والمدفوعات، وإدارة ساحات التخزين، وكفالة شحن متقدم، وضمان وضوح الطلبات، وإدارة الناقل. وتؤمن معظم نُظُم إدارة النقل الميزات الأساسية الثلاث التالية:

الحجز: بدلاً من الاضطرار إلى الاتصال بكل شركة شحن أو زيارة كل موقع شبكي على حدة، يمكن للمستخدمين ببساطة الولوج إلى نظام إدارة النقل للاطلاع على جميع الأسعار المتفاوض عليها معروضة جنباً إلى جنب. ويؤدي ذلك إلى تسريع عملية الاختيار وتسهيلها عن طريق إيجاد التوازن الصحيح بين السعر والخدمة.

التتبُّع: توفر نُظُم إدارة النقل معلومات مفصلة عن تتبُّع الشحنات، بدءاً من المستودع وحتى وجهتها النهائية.

وتشمل فوائد هذه النُظُم التقليل إلى الحد الأدنى من الآثار البيئية السلبية لنقل البضائع، ذلك أن تحسينه يحد من الآثار المباشرة وغير المباشرة الطويلة الأجل، مثل زيادة تركيزات غازات الدفيئة والاحتباس الحراري.

التسعير: يمكن للمهنيين العاملين في مجال الخدمات اللوجستية الذين يستخدمون نظام إدارة النقل أن يجدوا بسهولة الأسعار المناسبة لطلبات عملائهم من أجل تحديد موعد تسليمها.

وتجدر الإشارة إلى أن نُظُم إدارة النقل ليست ملائمة فيما يتعلق بنقل الركاب، لذا فإن تطبيقها على النقل البري الخاص أو العام محدود جداً. ويكمن التحدي الرئيسي في تطبيق نُظُم إدارة النقل في قابلية التشغيل البيني للشبكات المستخدمة في مجال النقل. فنقل شحنة معينة قد يتطلب أولاً التحميل على متن شاحنة، ثم النقل بالسكك الحديدية، ثم الشحن البحري أو الجوي، ثم العودة إلى النقل بالسكك الحديدية والشاحنات حتى تصل الشحنة إلى وجهتها النهائية. كذلك، يجعل الشحن الدولي الأمور أكثر تعقيداً بغياب المعايير الدولية والتعاون الدولي.

ب. الحوسبة والاتصال عن بعد، ونُظُم إدارة أسطول المركبات (FMS)

يتمثل العنصر الجوهري لنظام الحوسبة والاتصال عن بعد بجهاز تتبُّع المركبات أو «الصندوق الأسود» الذي يسجل البيانات المتعلقة بالمركبة وينقلها من خلال خدمة حزمة الراديو العامة (GPRS) بطريقة لاسلكية أو عبر شبكات الجيل الثالث/الجيل الرابع. وهذه الأجهزة متصلة بخدمة حزمة الراديو العامة، وتسجل بيانات حول السرعة بحسب الموقع، وأوقات الانتظار عند الإشارات الضوئية، والسلوك في أثناء القيادة، ومتطلبات الصيانة ومواعيدها. وتقوم بعض الشركات المصنعة بتجهيز المركبات تلقائياً بأجهزة تتبُّع، ولكن ليست جميعها جزءاً من نظام إدارة أسطول المركبات.

وقد تم تصميم البرمجية الخاصة بهذا النظام من أجل إدارة الأساطيل الخاصة بشركات الشحن ومراقبتها، أو بأي شركة تمتلك وتدير عدداً كبيراً من المركبات بغرض توزيع منتجاتها. والهدف النهائي من نظام إدارة أسطول المركبات هو تعزيز كفاءة الأسطول وخفض تكاليف التشغيل من أجل زيادة الإيرادات من رحلات العودة الفارغة. وتتلخّص غايات هذا النظام على الشكل الآتي:

تحسين المسارات بما يتناسب مع سعة النقل المطلوبة وتقليل الأميال الفارغة.

تحسين أداء السائق، من خلال التخطيط لأوقات القيادة والراحة والصيانة وتسجيلها لتحقيق أقصى استفادة من قدرات السائق.

تتبُّع مسارات المركبات لأغراض ضمان السلامة والمراقبة عبر استخدام تحديد الموقع الجغرافي وتتبُّع الأسطول وتسجيل مسارات الرحلات السابقة.

تقليل استعمال المعدات من خلال إدارة الصيانة والتصليح وتعزيز كفاءة استخدام الوقود وتقليص المسافة المقطوعة.

زيادة ربحية وإنتاجية الأسطول بأكمله.

وغالباً ما يتم دمج نُظُم إدارة أساطيل الشاحنات في برمجيات أخرى متعلقة بالأعمال، مثل الرسوم الإلكترونية لاستخدام الطرق من أجل تعويض السائقين وحساب علاواتهم، أو نُظُم إدارة النقل لتحديد موعد تسليم الطلبات وتتبُّعها.

2. إدارة المرور والبنية التحتية

تعتمد وكالات النقل و/أو سلطات النقل على مجموعة واسعة من البرمجيات التي تقوم بتزويدها بالدعم الإداري، وترشيد عملياتها، وإدارة أساطيلها وركابها. ويتناول هذا القسم النُظُم التي تستخدمها سلطات النقل بصورة رئيسية لترشيد عملياتها، وصيانة البنى التحتية للطرق وتشغيلها. وسيتم مناقشة إدارة الركاب في القسم التالي.

أ. السياج الإلكتروني

السياج الإلكتروني هو عبارة عن تقنية إنشاء سياج افتراضي حول منطقة جغرافية محددة للسيطرة على حركة المركبات داخلها. وهو مرتبط نظام التموضع العالمي في قطاع النقل واللوجستيات، ويسمح برصد عن بُعد المناطق الجغرافية المحاطة بسياج افتراضي، والكشف تلقائياً عن الأجسام المتنقلة المتتبَّعة عند دخولها هذه المناطق أو خروجها منها. والغرض من السياج الإلكتروني هو جعل المناطق المقيّدة مرورياً أكثر خضاراً وأماناً. ويتم التحكم في المركبات الذكية ضمن هذه المناطق من خلال منعها من السير في محيط أماكن معينة (مثل مرافق الرعاية النهارية للأطفال والمدارس)، والتحكم في الحد الأقصى للسرعة، والتحول إلى القيادة الكهربائية على مساحات معينة، وما إلى ذلك. ويُستخدم السياج الإلكتروني أيضاً لضبط الالتزام بالأطر التنظيمية ذات الصلة بمركبات الأحمال الثقيلة، وقيود الوزن والارتفاع على طرق أو في أنفاق محددة والقيود المفروضة على نقل البضائع الخطرة وعلى دخول المناطق الحضرية.

ب. خدمة التحصيل الإلكتروني لرسوم المرور

من المرتقب أن تنمو سوق التحصيل الإلكتروني لرسوم المرور من 196 مليون اشتراك عام 2015 إلى أكثر من 540 مليون اشتراك بحلول عام 2025. ويعزى ذلك إلى التقدم في التكنولوجيا، وانخفاض الأسعار، والحاجة المتزايدة إلى إدارة الاختناق الحضري في عدد متزايد من البلدان والأسواق[75]. وتُتاح اليوم مجموعة واسعة من التكنولوجيات، بما فيها تقنية التعرف التلقائي على لوحة تسجيل المركبة بحيث تُستخدم مقاطع فيديو أو صور ثابتة للّوحة بغية تحديد الرسوم، والاتصالات المخصصة قصيرة المدى (انظر القسم ألف-1-2)، وجهاز تحديد الترددات اللاسلكية، والنُظُم العالمية للأقمار الصناعية الملاحة من أجل تحديد المواقع باستعمال الأقمار الصناعية، والاتصالات المتنقلة من خلال النظام العالمي للاتصالات المتنقلة والهواتف الذكية. ويمكن للحكومات الاختيار من بين نماذج عدة ومن بين مقدمي خدمات من مختلف أنحاء العالم.

والهدف من خدمة التحصيل الإلكتروني لرسوم المرور هو ألا تتوقف السيارات عند بوابة الرسوم، بل أن يتم التعرف عليها من خلال إحدى تلك التكنولوجيات عند اقترابها من البوابة، فيُفرض المبلغ المستحق على نحو تلقائي. ويحصّل مقدمو الخدمات الرسوم من بطاقة ائتمان مسجّلة أو على أساس شهري، ليعمدوا بعدئذ إلى تحويل المبالغ المحصلة إلى الهيئات الحكومية المسؤولة عن إدارة البنية التحتية للطرق. وتؤدي نُظُم التحصيل الإلكتروني للرسوم إلى توفير الوقت للمسافرين وخفض الاختناقات المرورية، وبالتالي تحسين جودة الهواء.

ج. نُظُم النقل الذكية

نُظُم النقل الذكية هي فئة خاصة بحد ذاتها، لأنها تدير جانبي العرض والطلب من خدمات النقل. ويتألف الاستخدام الرئيسي لهذه النُظُم من شقين هما: تحقيق كفاءة حركة المرور من خلال تقليل المشاكل ذات الصلة، وتعزيز سلامة المسافرين وتجربتهم. وتستعين وكالات النقل العام بها للتحكم في إشارات المرور الضوئية، ورصد انسدادات الطرق، وإحصاء حركة المرور، والحد من الاختناقات المرورية، وإدارة الاكتظاظ في نُظُم النقل العام، وإدارة نُظُم الإخطار في مركبات الطوارئ، وتحديد السرعة الإلزامية المتغيرة، وما إلى ذلك. ويستخدمها المسافرون لتعزيز تجربة سفرهم وتحسين سلامتهم، وتخطيط مساراتهم، والاستعلام عن أحوال الطرق، والتحقق من أوقات وصول الحافلات أو القطارات، واستخدام الوقود بكفاءة كبرى، وغيرها من الاستخدامات.

وتشمل فوائد نظام النقل الذكية[77,76] تحسين سلامة الطرق والمسافرين، بتحذيرهم من انخفاض الرؤية، وسرعة الرياح، وهطول الأمطار، وغيرها من الأحوال الجوية السيئة؛ والتدهور المحتمل للبنية التحتية، مثل حالة الجسور والطرق؛ وحوادث الطرق مثل الاصطدامات. ويمكن كذلك استخدام نُظُم النقل الذكية لإدارة تدهور البنية التحتية ولإدارة حركة المرور وتحسينها. والبحوث آخذة بالازدهار في مجال نُظُم النقل الذكية، فقد أُنتجت فعلاً تكنولوجيات مثل البطاقات الإلكترونية التي تُلصق على الزجاج الأمامي للسيارات من أجل دفع رسوم المرور وركن السيارات، و«البطاقات الذكية» لدفع تعرفة النقل في المواصلات العامة.

ونُظُم النقل الذكية هي اليوم في حالة مستمرة من التحسن والتطور، خصوصاً مع ظهور خدمات الحوسبة السحابية (انظر القسم 2-ألف-4) بحيث بات بالإمكان إتاحة العديد من منصات وبرمجيات النقل على السحابة.

ويعزى أداء هذه النُظُم إلى هيئة النقل التي تديرها عبر مركز إدارة حركة المرور، حيث يتم استخدام تطبيق برمجي متخصص واحد أو أكثر بصورة متزامنة لجمع البيانات وتحليلها. وجمع البيانات يتضمن معدات حاسوبية تستند إلى البنية التحتية أو إلى المركبة. وتشمل التكنولوجيات القائمة على البنية التحتية أجهزة الاستشعار والكاميرات ونظام التموضع العالمي، في حين تشمل التكنولوجيات القائمة على المركبات التعريف الآلي للمركبات وتطبيقات الجمع الآني للمعلومات بهدف نقلها إلى نُظُم الإبلاغ الخاصة بالشرطة والمسافرين. ثم يتم دمج هذه البيانات عبر مختلف النُظُم لتوليد التوقعات والإخطارات.

وتعتمد فعالية نُظُم النقل الذكية على مكننة عملية جمع البيانات. وباستخدام مجموعة متنوعة من البرمجيات المختلفة، تُجهّز البيانات أولاً باتباع خطوات مختلفة مثل تصحيح الأخطاء، وتنظيف البيانات، وتجميع البيانات والتحليل المنطقي التكيّفي، والعمل في الوقت ذاته على تحديد أوجه التناقض. وتُجمع لاحقاً البيانات المجهزة ويجري تحليلها لإتاحة توقعات حركة المرور. وتُنقل هذه الأخيرة إلى المسافرين عبر الأجهزة المتنوعة التي تشكل نُظُم معلومات النقل أو النُظُم الاستشارية للنقل، مثل الشاخصات الإلكترونية ذات الرسائل المتبدلة، والمحطات الإذاعية التي تبث معلومات للمسافرين على الطرق السريعة، والتلفزيون، والمواقع الشبكية لمدّ المسافرين بالمعلومات، ووسائل التواصل الاجتماعي والإنترنت، ونُظُم الهاتف المخصصة، وأجهزة العرض المثبّتة داخل المركبة. وتقدم هذه النُظُم معلومات بشأن زمن الرحلة، والسرعة المسموح بها، والتأخير في التنقُّل، والحوادث على الطرق، والتغيّرات في المسار، والتحويلات، ومنطقة الأشغال. وتُحال المعلومات إلى المسافرين ومراكز إنفاذ القانون من خلال شاخصات مرورية أو مواقع شبكية أو تطبيقات نقالة أو وسائل اتصال أخرى. وقد تأخذ المعلومات المرتجعة أيضاً شكل الاتصال فيما بين إشارات المرور الضوئية، بحيث تُستخدم نتائج تحليل البيانات لتحديد أطوار الإشارات الضوئية المتعاقبة والحفاظ على تدفق حركة المرور[78].

تحديات نُظُم النقل الذكية

تتمثل التحديات الأولى بكونها تحديات سياسية. فالواقع أن التحليلات الدقيقة التي تحدد نسبة التكاليف إلى الفوائد والتي تقارن التكنولوجيات الجديدة بالنُهُج التقليدية قد لا تكون متاحة عندما يُتخذ قرار اعتماد نُظُم النقل الذكية. وهذا يعني أن قرار نشر هذه النُظُم هو قرار سياسي يستند إلى المصلحة العامة والاحتياجات والمطالب. ويجب إقناع صانعي القرار باستثمار الموارد والوقت والجهد في نُظُم قد تستغرق سنوات للانتقال من كونها مشاريع تجريبية إلى نشرها على نطاق واسع. ويتمثل تحد سياسي آخر في كيفية إشراك القطاع الخاص في تطوير نُظُم النقل الذكية بطريقة تضمن الاستثمارات اللازمة بدون المساس بالملكية الفكرية أو ملكية البيانات أو خصوصية المواطنين. وأخيراً، يجب وضع خطة تمويل طويلة الأجل لهذه النُظُم بغية ضمان مواصلة الابتكار وتنفيذ العمليات والصيانة. فنقص تمويل صيانة أجهزة الاستشعار من شأنه مثلاً أن يقلل بدرجة كبيرة من فعالية هذا الاستثمار الضخم الذي يتمثل بمد شبكة واسعة على صعيد الشوارع والطرق السريعة.

أما الفئة الثانية من التحديات فهي فنية وتتعلق بجمع المجموعات الكبيرة من البيانات وتحليلها. ذلك أنه ينبغي لوكالات النقل تخزين ومعالجة كميات هائلة من البيانات الواردة من أجهزة الاستشعار على الطرق بسرعة كبيرة وبتكلفة زهيدة. وتشمل هذه البيانات معلومات عن موقع المركبة؛ وبيانات حالة شبكة الطرق مثل سعة حركة المرور، وتوافر المسارب واستخدامها، وحدود السرعة القصوى، والخدمات على جانب الطريق، وما إلى ذلك؛ وبيانات مراقبة حركة المرور مثل عدد المركبات، والمراقبة، والسرعة والوقت، والموقع، ووزن المركبة، والتأخير في التنقُّل. وسيكون الأمر أكثر سهولة لو كانت البنية التحتية الخاصة بأجهزة الاستشعار والكاميرات وبقية الأجهزة المتخصصة متاحة ومتصلة وقابلة للتشغيل البيني باعتبارها جزءاً من مخطط أوسع نطاقاً للمدينة الذكية.

وأخيراً، ينبغي أن يضطلع فريق مختص ومتخصص بتشغيل مركز إدارة المرور وإدارته كي يستجيب المركز بفعالية للاحتياجات المتغيرة. وتستلزم نُظُم النقل الذكية، شأنها شأن جميع النُظُم المعقدة، التنسيق بين مختلف المجالات مثل النقل الطرقي والتنقُّل وإدارة حركة المرور. ثم إنها تتطلب موارد متخصصة والتخطيط وإمكانية التشغيل بين مختلف الجهات الحكومية والنُظُم.

أمثلة على نُظُم النقل الذكية

تكثر الأمثلة على تطبيق نُظُم النقل الذكية من مناطق شتى حول العالم، نذكر منها:

1. دبي - مشروع نظام المرور الذكي[79]

في عام 2018، أطلقت هيئة الطرق والمواصلات في دبي مشروعاً بقيمة 160 مليون دولار للتوسع في نظام المرور الذكي في المدينة. ويرمي المشروع إلى زيادة تغطية النظام

من 11 في المائة إلى 60 في المائة من الطرق في دبي. ويهدف إلى الحد من الاختناقات المرورية، وتحسين الكشف عن وقوع حوادث مرورية والاستجابة لها، وتحسين السلامة، وتعزيز التنقُّل الشخصي.

ويستند هذا النظام إلى عدد من التكنولوجيات، بما فيها إنترنت الأشياء، ويستلزم استخدام الحزم التكنولوجية الخمس التالية: الأجهزة والكاميرات وأجهزة الاستشعار؛ اللوحات الإلكترونية المتغيرة؛ تجهيزات البنية التحتية؛ النظام البرمجي الداعم لحركة المرور من أجل اتخاذ القرارات وأتمتة الاستجابة؛ وإنشاء مركز تحكم مروري. وبحلول آب/أغسطس 2019، بلغ معدل تنفيذ المشروع 65 في المائة.

2. سياتل وآن أربور ولندن - نظام ضبط إشارات المرور الضوئية بتقنية SCOOT [80]

تعمل تقنية ترشيد الدورة المجزأة، واختصارها بالإنكليزية SCOOT، على تحسين أداء إشارات المرور الضوئية التي تعتمد على عدد من التكنولوجيات، بما فيها إنترنت الأشياء والذكاء الاصطناعي. وتقوم هذه التقنية بتحليل حالة حركة المرور بالاعتماد على البيانات التي يتم جمعها من أجهزة الاستشعار المثبّتة عند التقاطعات وبالترشيد الفوري لإشارات المرور الضوئية وتوقيتها في عقد شبكة الطرق، مما يقلل من الاختناقات. وهذا النظام ليس بالجديد، ولكنه استفاد من تطور التكنولوجيا على مر الزمن.

وقد أدى اعتماده في مدينة سياتل (الولايات المتحدة الأمريكية) إلى خفض أزمنة الرحلات بنسبة 21 في المائة، وفي مدينة آن أربور (الولايات المتحدة الأمريكية) بنسبة 12 في المائة في أيام الأسبوع. ولوحظ تحسن تدفق حركة المرور بنسبة تناهز 12 في المائة بعد أن نفذته هيئة النقل في مدينة لندن (المملكة المتحدة). بيد أن الهيئة بصدد تطوير نظام نقل ذكي سطحي جديد وتحديث النُظُم القائمة واستبدالها بحيث لن تدعمها هذه التقنية بعد تشرين الثاني/نوفمبر 2020.

3. بيتسبرغ - نظام متكيّف لضبط حركة المرور [81]

يعمل باحثون من جامعة كارنيجي ميلون في بيتسبرغ (الولايات المتحدة الأمريكية) منذ عام 2012 مع مديري الشؤون الحضرية لتطوير نظام متكيّف لضبط حركة المرور. وأُطلق على هذا النظام تسمية سورتراك (Surtrac) ومُنح ترخيصاً وباتت شركة «رابيد فلو تكنولوجيز» (Rapid Flow Technologies) تقوم باستخدامه. وهذه التكنولوجيا عبارة عن نظام متكيّف آني مرتكز على الذكاء الاصطناعي يسمح للإشارات الضوئية بالتواصل مع بعضها البعض وباتخاذ قراراتها بشأن التوقيت على نحو مستقل. ويعمل النظام من خلال استشعار تدفقات حركة المرور ووضع خطة ملائمة لتحسين الحركة على التقاطعات. وعلاوة على ذلك، فإن قدرة النظام على تلقي المعلومات وإرسالها إلى المركبات والمشاة ونُظُم النقل الذكية الأخرى تجعل تصميمه متكيّفاً للغاية مع بيئة تشمل المركبات المتصلة والذاتية القيادة. وتُستخدم هذه التكنولوجيا على 50 تقاطعاً في مدينة بيتسبرغ حيث ساهمت بتخفيض أوقات الانتظار عند التقاطعات بنسبة تصل إلى 40 في المائة، وفقاً لشركة «رابيد فلو».

وتزعم الشركة أنها تخفّض أيضاً متوسط زمن الرحلات بنسبة 25 في المائة وانبعاثات المركبات بنسبة تصل إلى 20 في المائة نتيجة لانخفاض وقت الانتظار عند الإشارات الضوئية. وبحسب الشركة، فإن أكثر التقاطعات ازدحاماً في مدينة بورتلاند بولاية ماين (الولايات المتحدة الأمريكية) شهدت انخفاضاً بنسبة 20 في المائة في التأخيرات وبنسبة 16 في المائة في زمن الرحلات.

4. سيول - نظام الإدارة الآني للمرور [82]

أنشأت مدينة سيول، عاصمة كوريا الجنوبية، خدمة عمليات ومعلومات النقل التي تتيح الإدارة الآنية للاتصالات وحركة المرور عن طريق جمع وربط المعلومات من مراكز المعلومات المرورية الرئيسية. وبالإضافة إلى أداء دور مركزي في الإدارة الذكية لخدمة الحافلات في سيول، تعمد هذه الخدمة إلى ضبط نظام النقل في المدينة عبر جمع المعلومات الآنية المتعلقة بحركة المرور ومعالجتها. ويتم أيضاً استخدام مستقبِلات نظام التموضع العالمي وأجهزة الاتصال اللاسلكية في نظام إدارة الحافلات بغية جمع المعلومات الآنية المتعلقة بالحافلات وتحليلها. ويدفع ركاب الحافلات تعرفة النقل ببطاقة ذكية متكاملة قابلة لإعادة الشحن، مما يساعد المشغلين على التتبُّع الآني لسجلات ركوب المركبات. وبفضل البيانات المستمدة من البطاقة الذكية بشأن الركاب الذين يستقلون الحافلات ويترجلون منها، تُتاح نسبة شغل المقاعد الآنية. وعلاوةً على ذلك، يتم نشر المعلومات الآنية ذات الصلة بتشغيل الحافلات على عموم الناس من خلال شاخصات إلكترونية، وتطبيقات الهواتف الذكية، وموقع شبكي. وتجلّت الأهمية الحاسمة لهذا النوع من المعلومات في السيطرة على الازدحام وتجنبه ضماناً للتباعد البدني في سياق جائحة كوفيد-19.

د. نُظُم أخرى

تشمل النُظُم الأخرى التي لا تستدعي مناقشة أكثر تفصيلاً التالي:

تشغيل وصيانة المواقف الذكية لركن السيارات: يمكن لهذه النُظُم عرض الأماكن الشاغرة في مواقف السيارات وتوجيه السائقين إليها، بالإضافة إلى إتاحة الدفع عبر الإنترنت عند الركن على جانب الشوارع.

نُظُم إدارة مسارب الطرق السريعة، وتسمى أيضاً النُظُم المؤتمتة للطرق السريعة: تم اختراع هذه التكنولوجيا عام 1993 وليس من المرجح أن يطرأ عليها تطور هام، خصوصاً في ظل ظهور المركبات الذاتية القيادة[83].

3. إدارة الركاب

يستعرض هذا القسم مجموعة واسعة من التطبيقات التي تندرج ضمن برمجيات النقل العام (وتسمى أيضاً حلول التنقُّل أو برمجيات تنظيم شؤون النقل) والتي تركز جميعها في المقام الأول على جانب الطلب في المواصلات العامة، أي جانب الركاب.

وهذه التطبيقات السحابية أو المؤسسية هي نُظُم برمجية مستخدمة في النقل العام يتيحها بائعون متخصصون يعملون بصورة رئيسية أو حصرية في التطبيقات العمودية الخاصة بمجال النقل العام. وهذه النُظُم تستخدمها وكالات النقل العام والمدن والشركات الخاصة العاملة في خدمات النقل والجامعات من أجل تخطيط سعة الطريق وتقديم خدمة فضلى للعملاء. ويمكن كذلك لسلطات النقل العام أن تطور بنفسها هذه التطبيقات.

أ. التنقُّل كخدمة

التنقُّل كخدمة هو دمج مختلف أشكال خدمات النقل في خدمة تنقُّل واحدة يمكن الوصول إليها عند الطلب. وهو الجزء الظاهر للركاب من النظام الذي يشتري المسافرون بواسطته اشتراكاً يجمع بين كافة حلول التنقُّل، ذلك عبر ترشيد جميع وسائل النقل لتلبية الطلب وتوفير المركبة المناسبة في الوقت المناسب[84].

ويبيّن الشكل 7 أدناه تمثيلاً بيانياً للتنقُّل كخدمة. ويتمثل الهدف النهائي لهذه الخدمة بتشجيع الأشخاص على التخلي عن سياراتهم والتنقُّل بوسائل بديلة متعددة. وعوضاً عن اللجوء إلى العديد من مقدمي الخدمات المدفوعة، يقوم المستخدمون بمقارنة مختلف تعرفات النقل وشراء الخدمات من منصة واحدة، بغض النظر عن وسائل السفر التي يختارونها. ومع أن اقتصاد التلبية حسب الطلب والاستهلاك التعاوني مهدا الطريق للتنقُّل كخدمة، فإن المفهوم نفسه جاء حصيلة الحاجة إلى حلول نقل أكثر ذكاء[85]. وكانت مدينة هلسنكي في فنلندا المدينة الأولى التي اعتمدت التنقُّل كخدمة من خلال تطبيق ويم (Whim)، وكان دافعها في ذلك إغناء سكانها عن الحاجة إلى امتلاك سيارة خاصة بحلول عام 2025[86]. في الواقع، اكتسب التنقُّل كخدمة زخماً متزايداً في بلدان أخرى من أوروبا، وكذلك في الولايات المتحدة الأمريكية. فالفوائد منه كثيرة ولا تقتصر ببساطة على إتاحة رحلات فعالة وغير مكلفة بل تشمل الحد من الاختناقات المرورية، وتعزيز استخدام الركاب للمواصلات العامة، وانخفاض بصمة الكربون لكل راكب[87]. ثم إنه يمكن للمدن الاستفادة من البيانات المستقاة من التنقلات اليومية للمسافرين من أجل تقصّي العوامل الفردية التي تؤثر على قرارات كل واحد منهم. وهذا التحليل يمكّنها من تقديم المشورة عندما لا يتوفر مسار مفضل ومن عرض بدائل مدروسة[88].

الشكل 7. **تمثيل التنقُّل كخدمة**

المصدر: Hong, 2018.

والتنقُّل كخدمة هو منصة رقمية تتضمن تخطيط الرحلات من نقطة الانطلاق إلى نقطة الوصول، وقطع التذاكر الإلكترونية، وخدمات الدفع، ذلك عبر جميع وسائل النقل سواء العامة أو الخاصة. وهو تحول من وسائل النقل الفردية ونحو التنقُّل المقدم كخدمة[89] عند الطلب. والفكرة وراء التنقُّل كخدمة هي تقديم حلول التنقُّل للمسافرين على أساس طبيعة هذا التنقُّل. وقد نشأت ثورة التنقُّل كخدمة في هلسنكي عام 2016 مع إطلاق تطبيق ويم، فاستطاع سكان المدينة من خلاله التخطيط لمساراتهم ودفع تعرفة تنقُّلهم عبر جميع وسائل النقل العام والخاص داخل المدينة، أي بالقطار أو سيارة الأجرة أو الحافلة أو تشارك السيارات أو تشارك الدراجات. وكانت قبلاً بلدان عدة، مثل المملكة المتحدة أو اليابان، تصدر بطاقات إلكترونية يُعاد شحنها تُستخدم في المواصلات العامة. وكانت أيضاً مدن أخرى قد أطلقت تطبيقاتها الخاصة لخدمة سكانها، مثل بيلاين (Beeline) في سنغافورة وكيغزيت (Qixxit) في ألمانيا[90].

وكانت هذه التطبيقات المحلية الدافع وراء توسيع خدمات تطبيقات التنقُّل الحضري المتخصصة، مثل ترانزيت (Transit) وأوبر(Uber) وليفت (Lyft)، بما يتيح استخدام التنقُّل كخدمة. ومن أهم مقدمي حلول التنقُّل كخدمة: شركة موفيت (Moovit) - وهي جزء من شركة إنتل (Intel)؛ وشركة موفل (Moovel) - جزء من مجموعة بي ام دبليو (BMW)؛ وشركة موبيليو (Mobileo) - شركة خاصة مقرها المملكة المتحدة؛ وشركة مايلز للاستشارات (Miles Consultancy)؛ وواجهة النقل المفتوح (Open Transport) – وهي واجهة برمجة تطبيقات البيانات المفتوحة للشركات ومطوري التطبيقات. ولا يمكن تعميم التنقُّل كخدمة ما لم يعمد مقدمو خدمات النقل العام والخاص على حد سواء إلى إتاحة خدماتهم ودمجها من خلال بوابة موحدة تصمم المسار وتديره.

ونظراً لأن قابلية التشغيل البيني لمختلف البيانات ودمج مختلف خدمات النقل يتطلبان التنسيق بين عدد من الجهات الفاعلة، فإن الحكومات تؤدي دوراً بالغ الأهمية في جلب الجميع إلى طاولة الحوار. وعلى سبيل المثال، أنشأ الاتحاد الأوروبي «تحالف التنقُّل كخدمة»، وهو عبارة عن شراكة بين القطاعين العام والخاص تسهّل تبادل المعلومات بين مشغلي النقل ومقدمي الخدمات والمستخدمين. ويقوم هذا التحالف على انفتاح أعضائه وعلى إرادتهم التعاون في طرح أفكار جديدة لتطوير بيئية مؤاتية مزدهرة للتنقُّل كخدمة، سواء في أوروبا أو في جميع أنحاء العالم. وهناك حالياً ثلاثة فرق عمل تحت إشراف هذا التحالف تتناول المسائل المتعلقة باحتياجات المستخدمين، والتحديات التنظيمية، ونماذج الحوكمة والأعمال، والتكنولوجيا والتوحيد القياسي[91]. بالإضافة إلى ذلك، تُنظَّم تجمعات عالمية عديدة لمقدمي التنقُّل كخدمة والمبتكرين وغيرهم من قادة ثورة التنقُّل الحضري، مثل مؤتمر التنقُّل الذكي أو قمة التنقُّل المستقل والحضري[92].

ب. التنقُّل عند الطلب (MoD)

يستند التنقُّل عند الطلب إلى المبدأ القائل بإن النقل سلعة يتخذ المستهلكون خيارات بشأنها وفقاً لعوامل منها: التكلفة والسفر ووقت الانتظار، وعدد مرات تبديل الخطوط، ومصلحة المسافر وراحته، ونسبة شغل المقاعد على متن المركبات، وغيرها من الخصائص. وعلى عكس التنقُّل كخدمة، حيث يتم تجميع العديد من خدمات النقل في حزمة تسعير واحدة، يركز التنقُّل عند الطلب على إدارة نُظُم النقل لترشيد العمليات الإجمالية لشبكة النقل (أي العرض والطلب).

ويتيح التنقُّل عند الطلب الخدمات التشاركية التالية للركاب: تشارك الدراجات؛ وتشارك السيارات؛ وتشارك الركوب (أي في السيارات أو الشاحنات الصغيرة)؛ وشركات شبكات النقل مثل أوبر وكريم، لطلب وحجز المركبات؛ وتشارك السكوتر؛ والنقل المتناهي الصغر (مركبات متعددة الركاب/الركاب المجمّعون في سيارات أو شاحنات صغيرة) مثل «السيرفيس» في لبنان وأوبربول (UberPool)؛ وخدمات النقل المكوكية؛ والتنقُّل الجوي الحضري؛ وحلول النقل المستحدثة الأخرى. وفي إطار التنقُّل عند الطلب، تشتمل أكثر أشكال خدمات الركاب تقدماً على تخطيط الرحلات وحجزها، والمعلومات الآنية، ودفع تعرفة النقل في واجهة مستخدم واحدة.

وتتضح قوّة التنقُّل عند الطلب بالنظر إلى قطاع خدمة تشارك الدراجات، إذ يجري بالفعل تشغيل أكثر من 1,000 مخطط لتقاسم الدراجات و1,200,000 دراجة في جميع أنحاء العالم، ومن المتوقع أن يحقق هذا القطاع نمواً في السوق بنسبة 20 في المائة بحلول عام 2020[93]. وتقوم شركة سيمنز، عبر تكنولوجيا الذكاء الاصطناعي، بتشغيل أسطول مؤلف من 1,410 دراجات كهربائية و2,638 محطة لركنها في لشبونة بالبرتغال[94]. ويُستعان بتعلّم الآلة لتحليل مصادر متنوعة للبيانات، مثل الطقس، للتنبؤ بالطلب المستقبلي في كل محطة من محطات تشارك الدراجات وتحسين توافر الدراجات في محطات ركنها[95]. وهكذا تضمن الخدمة توافر الدراجات والمساحات المخصصة لشحنها بعد الانتهاء من ركوبها. وهذه التوقعات، عند اقترانها بالمعلومات الأخيرة المتعلقة بحركة المرور، تعزز عملية إعادة تخزين المحطات بالدراجات وتوجّه الفنيين الذين يضطلعون بصيانتها نحو المسار الأفضل.

كذلك، تتوفر خدمات البريد السريع المستندة إلى التنقُّل عند الطلب لنقل المواد الغذائية والبقالة والطرود

الصغيرة، وهي تشمل التالي: التسليم القائم على التطبيق (المسمى أيضاً خدمات شبكة البريد السريع)؛ والتسليم الآلي؛ والتسليم الجوي (باستخدام الطائرات المسيّرة بدون طيار مثلاً).

وتعمد هذه الخيارات إلى إذكاء الوعي ببدائل التنقُّل المبتكرة التي قد تكمّل وسائل النقل العام و/أو تتنافس معها. وفي هذا الإطار من البيئة المؤاتية المستحدثة للتنقُّل، تُتاح أمام الهيئات العامة أكثر فأكثر فرص للشراكة مع مقدمي خدمات التنقُّل في القطاع الخاص.

وتشمل النُهُج التي تدعم شراكات النقل العام المستندة إلى التنقُّل عند الطلب التالي: تخطيط الرحلات، وتكامل التسعيرات، ومبادرات ضمان التوصيل إلى المنزل، وتبادل البيانات[96].

ج. تشارك الركوب الديناميكي

تشارك الركوب الديناميكي هو مجموعة فرعية من التنقُّل عند الطلب تركّز على الرحلات الفردية غير المتكررة التي لا تتطلب التزامات طويلة الأجل بين الأشخاص من أجل السفر معاً لغرض معين. ويتم ترتيب هذه الرحلات مسبقاً (ولكن في غضون مهلة قصيرة)، مما يعني أن المشاركين يوافقون سلفاً على تشارك الرحلة بينما يكونون عادة في أماكن مختلفة.

وقد تعزز التكنولوجيات الناشئة إتاحة تشارك الركوب الديناميكي، حتى في غياب البرامج التي ترعاها الحكومة أو أصحاب العمل. ومما لا شك فيه أن السنوات القليلة الماضية شهدت تقدماً ملحوظاً في مجال الهاتف المحمول، ونظام التموضع العالمينظام التموضع العالمي، والتواصل الاجتماعي، وتكنولوجيات الاتصالات الفورية. ولقد ظهرت أصلاً تطبيقات مطابقة الركاب للرحلات الطويلة، من بيركلي إلى لوس أنجلوس مثلاً، في حين يتواصل تطور التطبيقات الدينامية الجديدة لتشارك الركوب على الصعيد المحلي. ومع نضوج هذه التطبيقات، قد يقتصر دور القطاع العام على تيسير ابتكارات القطاع الخاص في هذا المجال، من خلال إتاحة معلومات عنها وربما حتى حوافز لاستخدامها.

وشرع مؤخراً مقدمو الخدمات مثل كارتيسيبايت (Carticipate)، وزيبيغو (Zebigo)، وكارما (Carma)، وبيغيباك (Piggyback) في تقديم تطبيقات الهاتف المحمول التي تصل السائقين الذين تحتوي مركباتهم على مقاعد شاغرة بالأشخاص الذين قد يودون شغرها. ويقدم الإطار 5 مثلين على تشارك السيارات في باريس.

الإطار 5. باريس - تشارك السيارات الكهربائية

أُطلق برنامج تشارك السيارات الكهربائية أوتوليب (Autolib) في باريس عام 2011 واستند إلى نظام إنترنت الأشياء الذي يستخدم أجهزة الاستشعار داخل المركبات المتصلة لتتبُّعها عن طريق نظام التموضع العالمي، والذي يزود السائقين بمعلومات لحجز أماكن ركن السيارات العامة في المدينة. وعلى الرغم من نجاحه الواضح، وتشغيل أكثر من 4.000 سيارة كهربائية، أغلقت الشركة الخاصة التي كانت تديره أبوابها في منتصف عام 2018 بسبب الديون وإيرادات أدنى من المتوقع ومسائل تعاقدية.

ولا يزال سكان العاصمة يتمتعون بخيارات تشارك الركوب، مثل أوبيكو (Ubeeqo)، الذي يعتبر خلفاً لبرنامج أوتوليب. وشركة يوروبكار (Europcar) هي صاحبة أغلبية الأسهم في أوبيكو، وقد اختارتها مدينة باريس عام 2019 لتنفيذ عقد تشارك السيارات إلى جانب شركات أخرى. وفي الوقت الذي تعمل فيه شركة أوبيكو في عدة مدن أوروبية، أعلنت عام 2019 أنها تخطط لزيادة أسطولها في باريس من 400 سيارة إلى 1,100 سيارة.

وهي تدير أسطولاً من السيارات المزودة بأجهزة استشعار وأجهزة أخرى تجمع معلومات حول السيارة وكيفية استخدامها، وتربطها برقم تسجيلها. وتعتبر شركة أوبيكو مسؤولة قانوناً عن سرية المعلومات وكيفية استخدام البيانات*. ويتم ركوب السيارات وتشغيلها باستخدام بطاقة لجهاز تحديد الترددات اللاسلكية أو تطبيق نقّال. وتجدر الإشارة إلى أن سيارات أوبيكو في لندن متوفرة داخل سياج إلكتروني.

* للاطلاع على الشروط والأحكام القانونية، يرجى مراجعة BetterCar, 2020.

المصادر: The Local, 2018؛ Middleton, 2018؛ Desrosiers, 2019؛ Burban, 2019.

د. الخدمات الأخرى

يُتاح عدد من التطبيقات البسيطة التي يمكن استخدامها لتسهيل تجربة المسافرين والتي تقدمها هيئة النقل أو مزود خدمة المواصلات العامة باعتبارها خدمة واحدة في كل مدينة، منها:

تذاكر الهاتف المحمول هي تكنولوجيا تُستخدم لقطع التذاكر عبر الإنترنت، وإرسالها بترميز رقمي إلى هواتف المستخدمين الذكية عن طريق خدمة الرسائل القصيرة أو خدمة الرسائل المتعددة الوسائط أو البريد الإلكتروني، مما يوفر لهم الوقت والمال. وتوجد العشرات من هذه التطبيقات في السوق وبعضها متخصص في نُظُم النقل. ولكي يعمل هذا التطبيق، ينبغي للشركة التي تملكه أن تبرم ترتيبات تعاقدية مع أحد الموردين. ولا توجد حالياً أي تطبيقات لتذاكر الهاتف المحمول تغطي العالم بأسره.

تذاكر الركاب التي هي في الواقع بطاقة نقل واحدة يمكن إعادة شحنها واستخدامها عند الحاجة، مثل بطاقة أويستر (Oyster Card) في لندن؛ وقطع التذاكر عبر الإنترنت؛ ونقاط البيع في المركبات (مثل القطار) وقبول سائقي سيارات الأجرة تسديد التعرفة ببطاقات الائتمان.

معلومات آنية عن موقع الحافلات والقطارات ووقت وصولها، متاحة إما عبر الإنترنت، أو من خلال تطبيق نقّال، أو في محطات توقف الحافلات ومحطات القطار.

نقاط الاتصال اللاسلكي للركاب في الحافلات والقطارات.

إدارة الموقع باستخدام تطبيقات مثل مخطط المدينة أو خرائط غوغل.

جيم. الاتجاهات المستقبلية في مجال النقل البري

تبرز اتجاهات مستحدثة عديدة في قطاع النقل البري، إضافة إلى التكنولوجيات والتطبيقات الرقمية المستخدمة في هذا المجال، لا سيما في الاقتصادات المتقدمة النمو. ومن المرجح أن تبلغ مستقبلاً الأسواق الدولية، ومن ضمنها البلدان العربية.

1. حجيرات النقل الحضري

«الحجيرات المتنقلة» هي سيارات كهربائية ذاتية القيادة تُستخدم لنقل ما لا يتعدى الراكب الواحد في كل رحلة. وتعتبرها المدن بديلاً للمركبات التي تعمل بالوقود الأحفوري، وقد خصصتها فعلاً على مسارات معينة. فهذه السيارات تكاد تكون صامتة عند التشغيل، وبالكاد تنتج اهتزازاً خارجياً، ولا تصدر أي انبعاث لغازات الدفيئة. وهي تستخدم أصلاً في دبي وطوكيو والمملكة المتحدة (في العديد من المدن الصغيرة وفي مطاري هيثرو وبريستول). كذلك، أعلنت دبي عن خطط لسيارات أجرة جوية على شكل حجيرات.

2. الشبكات المخصصة للمركبات

الشبكات المخصصة للمركبات هي شبكات متكاملة التواصل تستخدم الاتصالات اللاسلكية المتقدمة والحوسبة وتقنيات المركبات لوصل المركبات بعضها ببعض، وبالبنية التحتية وبالمشاة. ويسمح هذا النوع من الشبكات بتواصل الحواسيب المركبة مسبقاً في السيارات مع بعضها البعض لاسلكياً، فتتحول كل سيارة إلى موجّه لاسلكي أو عقدة في شبكة من السيارات المتصلة على الشبكة والموجودة على مقربة من بعضها. فإذا توقفت إحدى المركبات المتصلة مثلاً، تقوم الشبكة تلقائياً بتشغيل المكابح في السيارة التي تسير خلفها. ومثال آخر هو «السير بأرتال»، حيث يتم زيادة سرعة مركبات عدة أو جعلها تبطئ في سرعتها في الآن ذاته باعتبارها مركبة واحدة. وبالإضافة إلى تكنولوجيا الهواتف

الذكية، قد تتضمن الشبكات المخصصة للمركبات ثلاثة مسارات اتصال مختلفة هي:

فيما بين المركبات: تُبعث الرسائل من مركبة إلى أخرى مجاورة لها إما من خلال رسالة واحدة مباشرة أو عبر مركبات أخرى تلعب دور الوسيط.

من مركبة إلى بنية تحتية: تُنقل الرسائل بين المركبات والمنشآت المثبّتة عند تقاطعات الطرق الشريانية القريبة أو مداخل الطرق السريعة.

من مركبة إلى المشاة: تُبعث الرسائل بين المركبات والمشاة الذين يرسلون ويتسلمون الرسائل بواسطة هواتفهم أو أجهزة لاسلكية أخرى.

تحديات الشبكات المخصصة للمركبات

لا تزال هناك مشاكل متعلقة بالاتصال يلزم حلها في إطار هذه النُظُم المعقدة، ولا سيما المسائل المتعلقة بالخصوصية والمسؤولية والأمن[97] التي تعوق التقدم نحو استخدامها على نطاق واسع. والمسؤولية مثار قلق عندما تكون الشبكة مكتظة (أي في حال كثرة السيارات) فيؤدي التأخير في بعث الرسائل إلى جعلها غير موثوقة. وفي هذا الصدد، يطرح السؤال التالي نفسه: على من يقع اللوم إذا تسببت هذه النُظُم بحادث مرور؟ وعليه، لا تزال مسألة تحديد المسؤولية في مثل هذه الحالات من دواعي القلق الشديد.

ولأغراض السلامة، على المركبات المتصلة بالشبكة أن تبث موقعها وأنماط سرعتها بصورة دورية إلى المركبات المجاورة. ومن ثم، من المحتمل أن يفصل العديد من أصحابها الاتصال لعدم رغبتهم مشاركة الجمهور العام أماكن وجودهم في جميع الأوقات. ولسوء الحظ، لا يمكن ضمان الخصوصية في ضوء أسلوب إعداد الشبكات المخصصة للمركبات.

وأخيراً، تُثار المسائل الأكثر أهمية، ألا وهي تلك المتعلقة بالأمن والسلامة. ذلك أن الشبكات المخصصة للمركبات تستلزم توثيق الرسائل ومعالجتها بسرعة فائقة. ولدرء الاختراقات، يجب أن يكون حجمها كبيراً للغاية مما يستدعي وقتاً أطول لمعالجتها. وعليه، فإن هذه الشبكات بتصميمها الحالي معرضة للقرصنة واحتمال التلاعب بها.

3. الذكاء الاصطناعي

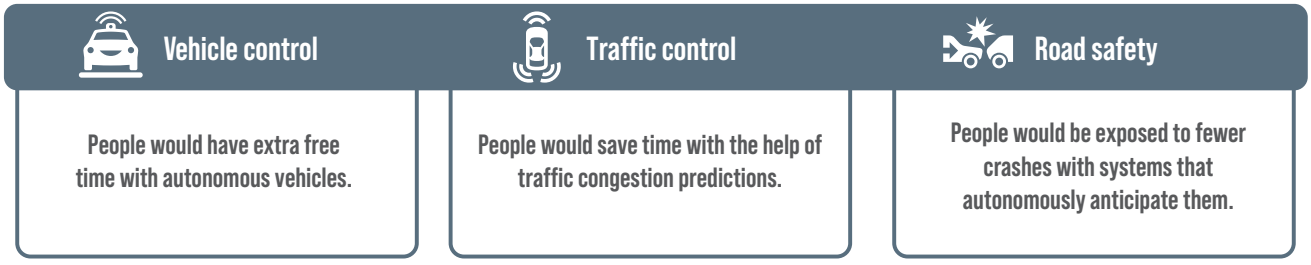
يُقصد بالذكاء الاصطناعي عموماً البرمجيات التي تحاكي الإدراك أو التصور البشري. وقد بات جزءاً من الحياة اليومية ويُستخدم في أشكال عديدة منها غوغل (خوارزميات البحث)، وفيسبوك (تطبيق التعرف على الوجه)، ونيتفليكس (تطبيق الأفلام المراعية لاهتمام الشخص)، وسيري وأليكسا (مساعِدان افتراضيان)، وروبوتات الدردشة، وما إلى ذلك. ويمكن إيجاد تطبيقات أكثر أهمية تتماشى مع تحقيق أهداف التنمية المستدامة، وذلك على صعيد الرعاية الصحية المراعية لاحتياجات الأشخاص، والمناهج التعليمية، وإصدار الأحكام القضائية. وفيما يلي بعض الأمثلة على تطبيقات الذكاء الاصطناعي: وضع نموذج تنبؤي بمراحل المرض الذي يعانيه المريض، وإعداد تقرير عن نتائج صور الأشعة السينية، والتنبؤ بمكان وقوع الجرائم، ومعالجة اللغات المنطوقة كما هو حال المساعدين الافتراضيين.

أما الذكاء الاصطناعي الضيق، الذي يُستخدم لحل مشكلة محددة، فهو الفرع الرئيسي من الذكاء الاصطناعي الموجود اليوم. وتعلّم الآلة، ومنبعه علم البيانات، هو أحد فروعه الرئيسية ويستند إلى مجموعات كبيرة من البيانات لتعليم الآلات كيفية اتخاذ القرارات. فعلى سبيل المثال، تحتوي نماذج التعرف على الصور على 1.2 مليون صورة يُقصد بها تدريب الآلة صُنّفت يدوياً بحسب فئات معدودة. وينقسم تعلّم الآلة إلى ثلاث خوارزميات رئيسية هي: التعلم الموجّه (ويسمى أيضاً التعلم الخاضع للإشراف)، والتعلم المعزز، والتعلم غير الموجّه (ويسمى أيضاً التعلُّم غير الخاضع للإشراف). أما الفرع الثاني من الذكاء الاصطناعي فهو التعلُّم العميق الذي انبثق من تعلُّم الآلة، والذي يعتمد على الشبكات العصبونية الاصطناعية وأشجار القرار الاحتمالية ومجموعات كبيرة من البيانات لتوقّع النتائج. وتندرج خوارزميات شتى ضمن التعلُّم العميق، منها الشبكات العصبونية الاصطناعية والخوارزميات الجينية والمنطق الترجيحي.

وبلغت حصة الذكاء الاصطناعي في سوق صناعة السيارات والنقل وحده 19.17 مليار دولار عام 2018، ومن المتوقع أن تنمو بمعدل نمو سنوي مركب قدره 13.12 في المائة خلال الفترة المتوقعة (من 2019 إلى 2029)[98].

ويعتبر الذكاء الاصطناعي التكنولوجيا الأكثر تأثيراً على نُظُم النقل. فبالإضافة إلى دوره في ابتكار السيارات الذاتية القيادة، يُعدّ على وجه الخصوص أداة قوية للتخطيط

الشكل 8. **استخدامات الذكاء الاصطناعي في مجال النقل**



المصدر: Machin and others, 2018.

والاتخاذ الآني للقرارات. كذلك، تشمل تطبيقات الذكاء الاصطناعي في مجال النقل ضبط المركبات، ومراقبة حركة المرور والتنبؤ بها، والسلامة على الطرق والتنبؤ بالحوادث. ويقتصر المجال الأول لتطبيق الذكاء الاصطناعي (ضبط المركبات) على صناعة السيارات، فهو يتضمن تصميم نُظُم منع انغلاق المكابح، وتصميم نُظُم لتقليل الانبعاثات، وتحسين نُظُم التعليق، وما إلى ذلك. أما المجالان الآخران (مراقبة حركة المرور والسلامة على الطرق) فلهما تطبيقات مباشرة في معظم نُظُم البرمجيات التي استُعرضت في الأقسام السابقة، مثل نُظُم إدارة النقل ونُظُم النقل الذكية. وترد في الشكل 8 أعلاه استخدامات أخرى للذكاء الاصطناعي في نُظُم النقل[99].

وتشمل الأمثلة على تطبيقات الذكاء الاصطناعي في مجال النقل البري ما يلي:

إشارات المشاة الذكية، مثل تلك التي يتم تنصيبها في جميع أنحاء دبي، هي تطبيق آخر لتكنولوجيا الذكاء الاصطناعي التي تعمل بالتزامن مع تشغيل ضوء إشارة المرور[100]. ومن خلال نظام يعتمد على أجهزة الاستشعار المتصلة بنظام ضوئي أرضي، بات بالإمكان قراءة حركة المشاة على الأرصفة قبل عبور الشارع وخلال عبوره، وتعديل التوقيت المتبقي تلقائياً بناءً على هذه القراءة من أجل ضمان العبور الآمن لأكبر عدد من المشاة[101]. ولن تقتصر فائدة هذا النظام على المشاة المحتاجين وقتاً أطول للعبور فحسب، بل إنه سيحسن أيضاً انسيابية حركة المرور نتيجة توفير وقت إضافي للسائقين في حال عدم قراءة أي وجود للمشاة على الأرصفة[102].

وأطلق تطبيق خرائط غوغل ميزة حركة المرور المباشرة للحافلات للتنبؤ على نحو أفضل بالفترة التي ستستغرقها رحلة الحافلة، عبر استخدام نموذج ذكاء اصطناعي يجمع بين توقعات آنية لحركة المرور وبيانات متعلقة بمسارات الحافلات[103]. ونتيجة لذلك، تحسنت دقة توقيت الرحلات بالنسبة لملايين الأشخاص في مئات المدن حول العالم تحسناً ملحوظاً.

ويشترط التنظيم الأوروبي الخاص بنظام اتصال الطوارئ تزويد جميع السيارات الجديدة، بدءاً من نيسان/أبريل 2018، بهذه التقنية التي تكشف الحوادث وتبلغ عنها[104]. وعند حصول تصادم، يعمد النظام بالاتصال تلقائياً برقم الطوارئ، ويتواصل مع خدمات الطوارئ لتزويدها بموقع المركبة ووجهتها وبوقت وقوع الحادث.

ومن شأن الكاميرات الذكية المجهزة بها سيارات الأجرة حالياً في جميع أنحاء دبي أن تساعد في فرض إجراءات مكافحة جائحة كوفيد-19، ذلك عن طريق استخدام خوارزميات التعلّم العميق القادرة على الكشف عن الأشخاص الذين لا يرتدون الأقنعة والإبلاغ عنهم تلقائياً، باعتبار ذلك تدبيراً وقائياً[105]. ويمكن تركيب هذه التكنولوجيا في مختلف نُظُم النقل العام واستخدامها بوصفها آلية إنفاذ للمساعدة في الحد من تفشي الفيروس.

تحديات الذكاء الاصطناعي

يتمثل أحد القيود الرئيسية للذكاء الاصطناعي في أن العلاقة بين مدخلاته ومخرجاته غالباً ما تكون غامضة ولا يمكن تعقبها، إذ يكاد يستحيل فهم كيفية توصّل خوارزمية الذكاء الاصطناعي المدرّبة إلى قراراتها أو تنبؤاتها، خصوصاً فيما يتعلق بالتعلّم العميق والشبكات العصبونية. فما يثير القلق إذاً هو تحديد المسؤولية القانونية لنُظُم الذكاء الاصطناعي في حال وقوع حادث أو التسبب بضرر جراء هذه التكنولوجيا.

وعلاوة على ذلك، لا يمكن الاستفادة كلياً من الذكاء الاصطناعي بدون إتاحة مجموعات كبيرة من البيانات، التي نادراً ما تتوافر في البلدان العربية، مثل تلك التي تولدها التطبيقات النقالة ونُظُم إنترنت الأشياء والبيانات المفتوحة من الحكومات. وفي هذا الصدد تجدر الإشارة إلى أن تدريب نظام الذكاء الاصطناعي على أساس بيانات محدودة قد يؤدي إلى توقعات متحيزة. ولهذا السبب، فإن توافر مجموعات كبيرة من البيانات بالغ الأهمية.

ومع تطبيق تنظيمات صارمة تحد من نوع البيانات التي يمكن جمعها، كما هو الحال في الاتحاد الأوروبي[106]، بات يصعب على شركات التكنولوجيا تطوير خرائط عالية الوضوح الضرورية للمركبات الذاتية القيادة[107].

ومن الأهمية بمكان أيضاً أن يعالج النظام التعليمي هذه المسألة، وأن يدمج الذكاء الاصطناعي في المناهج الدراسية لإعداد الجيل القادم لعصر الذكاء الاصطناعي. ففي الوقت الحاضر، لا يتلقى الطلاب هذا النوع من التعليم (أو التدريب على المهارات الأساسية) الذي يحتاجون إليه في مشهد يهيمن عليه الذكاء الاصطناعي[108]، وهو ما يشكل في حد ذاته انتكاسة للنهوض بالذكاء الاصطناعي.

والتمويل مسألة أخرى ترتبط مباشرة بالتقدم المحرز في هذا المجال، حيث أن تعزيز الاستثمار والإنفاق العام والخاص في البحث والتطوير سيدفع نحو مزيد من الابتكار.

دال. تحديات تطبيق الحلول التكنولوجية

تواجه تحديات كثيرة تطبيق التكنولوجيات الجديدة في مجال النقل البري وغيره من القطاعات. ويتناول هذا القسم التحديات الرئيسية التي ينبغي بحثها والتصدي لها عند استخدام التطبيقات التكنولوجية.

1. مسائل متعلقة بالأمن والخصوصية

قد تثير الحلول الواردة في القسم السابق، سواء في القطاع العام أو الخاص، مسائل تتعلق بالأمن والخصوصية. وإنترنت الأشياء عرضة أكثر من غيره لانتهاكات الأمن والخصوصية، ذلك أن ميزات الأمن (مثل التشفير أو توثيق الجهاز أو مراقبة دخول المستخدم) ليست بالضرورة مُدمجة في أجهزته. لذا، فإن نُظُم إنترنت الأشياء تُعتبر ضعيفة جداً فيما يتعلق بأمن شبكات النقل[109]. ولسوء الحظ، لم يتم حتى الآن التطرق بجدية إلى مسائل الخصوصية المتعلقة بأجهزة إنترنت الأشياء[110]. وتشمل المخاوف المتعلقة بالخصوصية والمتأتية عن نشر إنترنت الأشياء ما يلي: المراقبة غير المصرح بها، وتوليد البيانات واستخدامها من دون ضوابط، وتوثيق غير كاف، ومخاطر أمن المعلومات. ثم إن مجرد نشر أجهزة متصلة ومستقلة، بدون إجراء الاختبارات الملائمة أولاً ومراعاة اعتبارات النُظُم وضمانات الأمن المعلوماتي، قد يؤدي إلى نتائج غير مقصودة من شأنها أن تزيد من المخاطر وتكاليف دورة الحياة. والأهم من ذلك، تشكل أجهزة وخدمات إنترنت الأشياء غير المأمونة ثغرات محتملة لهجوم إلكتروني. فقد شُنّت العديد من هجمات حجب الخدمة الموزع وجرى تضخيمها عن طريق استخدام كاميرات الدوائر التلفزيونية المغلقة كروبوتات شبكية. ومثار قلق آخر هو أمن السيارات الذاتية القيادة والمتصلة بالشبكة، إذ يمكن أن يتأتى عن الاختراق الأمني الاستيلاء على السيارة والتسبب في تحطمها، وربما إلحاق الأذى بالسائق والركاب أو التسبب بمقتلهم.

وعلى غرار الأنواع الأخرى من التكنولوجيات الرقمية، تستلزم البيانات الضخمة أطراً متينة لعمل الأمن المعلوماتي بغية حمايتها من الخروقات والهجمات المستهدفة. ويجوز تطبيق أطر واستراتيجيات الأمن المعلوماتي الوطنية، لكنه قد يقتضي تعديلها لتلبية متطلبات البيانات الضخمة المحددة. وينطبق ذلك خصوصاً على بيانات النقل التي ترتبط ارتباطاً مباشراً بحياة الناس وسلامتهم وأمنهم.

ومع أن التطبيقات النقالة تطلب أحياناً إذن المستخدم لمشاركة البيانات، غير أنه في معظم الحالات يتم جمع البيانات الضخمة تلقائياً وتوليدها ونقلها من الأجهزة بدون علم المواطنين أو موافقتهم. وقد أدى ذلك إلى زيادة المسائل المتعلقة بالخصوصية وبحماية هوية أصحاب البيانات وتلك المتعلقة بكفاية الأطر التنظيمية الحكومية لضمان الخصوصية وحماية المواطنين. وتتّسم البيانات الضخمة في مجال النقل بميزة إضافية، ألا وهي احتواؤها على بيانات الموقع المجمّعة من أجهزة نظام التموضع العالمي،

مما يثير مسائل إضافية متعلقة بأمن الأفراد. وفي الواقع، تبيّنت إمكانية الكشف عن هوية الأفراد حتى من البيانات التي تُجمع على أساس المصدر المجهول، ذلك باستخدام البيانات والروابط السياقية[111]. وقد أدى ذلك إلى التشكيك في موثوقية مواقع التخزين، لذا اختارت الحكومات تخزين بياناتها في مراكز البيانات الوطنية بدلاً من السحابة.

2. البيئة التنظيمية

في ظل بزوغ تكنولوجيات جديدة ونشرها في أعمال تجارية وخدمات متنوعة، لا بد أن تكون الحكومات مستعدة وقادرة على وضع لوائح تنظيمية وتعديلها وإنفاذها بما يتماشى مع هذه التكنولوجيات وعلى حماية المواطنين والمستخدمين. وتجد الهيئات التنظيمية نفسها أمام تحديات كبيرة، فتسعى إلى الحفاظ على توازن معقول بين تعزيز الابتكار وحماية المستخدمين. ويكمن التحدي الآخر الذي تواجهه الحكومات في إنجاز ذلك بوتيرة غير مسبوقة.

وتوجِد التكنولوجيات الناشئة، مثل الذكاء الاصطناعي وتعلّم الآلة وتحليل البيانات الضخمة وتقنية الحسابات الموزعة وإنترنت الأشياء طرقاً جديدة يتفاعل من خلالها المستهلكون. ومع ذلك، فهي تعطل أيضاً النماذج التقليدية للأعمال بما أنه يمكن للآلات أن تعلِّم نفسها بنفسها، وللمركبات الذاتية القيادة التواصل مع بعضها البعض ومع البنية التحتية للنقل، وللأجهزة الذكية استباق احتياجات المستهلكين وتلبيتها.

وإزاء هذه التطورات، تواجه الجهات التنظيمية تحدياً رئيسياً يتمثل بكيفية حماية الأشخاص على أفضل وجه وضمان المنافسة العادلة والسماح بنشر التكنولوجيات الجديدة في الوقت نفسه. ويتناول الإطار 6 اللوائح التنظيمية التي اعتمدتها المملكة العربية السعودية بشأن التكنولوجيات الناشئة.

الإطار 6. **المملكة العربية السعودية - الإطار التنظيمي لخصوصية البيانات**

سنّت المملكة العربية السعودية قوانين عديدة لحماية خصوصية مواطنيها. وفيما يلي ملخص للقوانين واللوائح المتعلقة باستخدام التكنولوجيات المذكورة في هذا التقرير.

في تشرين الأول/أكتوبر 2019، دخل نظام التجارة الإلكترونية، الصادر بموجب المرسوم الملكي رقم م/126، حيز النفاذ. ويطّبق القانون على جميع مقدمي خدمات التجارة الإلكترونية، بمن فيهم أولئك الموجودون خارج المملكة العربية السعودية الذين يقدمون منتجات/خدمات للعملاء المقيمين على أراضيها. وينص القانون على أن يكون موفر الخدمة مسؤولاً عن حماية البيانات الشخصية للمستهلك «التي تكون في عهدته أو تحت سيطرة الجهات التي يتعامل معها أو مع وكلائها»، ويحد من فترة الاحتفاظ بالبيانات. وبموجب الإطار التنظيمي للحوسبة السحابية في المملكة، يجب أن يحمل جميع مقدمو الخدمات السحابية ترخيصاً من هيئة الاتصالات وتقنية المعلومات. وتُصنّف البيانات في أربع فئات، ولا يمكن تخزين الفئتين 3 و4 (بيانات الجهات الحكومية والبيانات السرية على التوالي) خارج الحدود الوطنية.

وينظم الإطار التنظيمي لإنترنت الأشياء جميع استخدامات خدمات إنترنت الأشياء في المملكة، ويُلزم مقدميها «الوفاء بالمتطلبات الخاصة بأمن وحماية وخصوصية البيانات»، ويوجب «الالتزام بجميع الأنظمة المنشورة أو المستقبلية» بالنسبة إلى مقدمي هذه الخدمات ومنفذي شبكات إنترنت الأشياء. أما فيما يتعلق بالبيانات، فلا ينبغي جمعها إلا لأغراض محددة والاحتفاظ بها إلا لفترة معيّنة. كذلك، على مقدمي خدمات إنترنت الأشياء أن يتخذوا تدابير أمنية ملائمة لحماية البيانات من أي استخدام غير مصرح به وفقدانها وتدميرها والكشف عنها، وما إلى ذلك.

المصدر: PwC, 2019.

3. مخصصات الميزانية

تتطلب الأتمتة تخصيص ميزانيات كبيرة لنشر الشبكات اللاسلكية على نطاق المدينة و/أو شبكات الجيل الثالث والجيل الرابع الخلوية، بيد أن الميزانيات الحكومية لا تتيح ذلك دوماً. وسيزداد ذلك أهمية مع ظهور الجيل الخامس الذي يتميز بسرعة أعلى، وبالتحرُّكية، وبزمن تأخير قصير.

والمسائل المتعلقة بالميزانية تشمل أيضاً الحاجة إلى تزويد المركبات بمستقبِلات نظام التموضع العالمي المناسبة، والاتصال الإلكتروني المتنقل، وأجهزة استشعار إنترنت الأشياء، وغير ذلك من أدوات التكنولوجيا التي تنشئ قاعدة كافية من البيانات لتغذية تطبيقات البرمجيات.

وبالإضافة إلى تكاليف اقتناء و/أو تطوير النُظُم الرقمية، لا بد أن تتحمل الحكومات تكاليف التشغيل والصيانة. ولضمان فعالية نظام التموضع العالمي مثلاً، من الضروري صيانة الأقمار الصناعية ونُظُم ضبطها. فالخطأ البشري في نُظُم الضبط والصيانة قد لا يؤدي إلى إيقاف تشغيل النظام لفترة زمنية فحسب، بل أيضاً إلى بث معلومات غير صحيحة.

ولطالما شكّلت التكلفة تحدياً لبناء نُظُم تكنولوجيا المعلومات والاتصالات، فاقتصر ذلك على الجهات القادرة على شراء التجهيزات الحاسوبية والبرمجيات والبيانات وتوظيف أصحاب الاختصاص، لأنها وحدها باستطاعتها تحمّل تكاليف بناء وصيانة برمجياتها وتطبيقاتها الخاصة. وتتيح شركات عديدة اليوم نُظُم المعلومات الجغرافية كخدمة في ثلاثة أشكال: البرمجيات كخدمة – التي تقدمها شركات مثل برمجيات أركجيس أونلاين (ArcGIS Online)؛ والمنصة كخدمة لتحديد المواقع الجغرافية والتحليل - التي تقدمها شركات مثل برمجيات أركجيس أونلاين، وغوغل مابس جافاسكيبت أي بي آي فرجن ثري (Google Maps JavaScript API version 3)، ومايكروسوفت بينغ جيوكود داتافلو أي بي آي (Microsoft Bing Geocode Dataflow API)؛ والبيانات كخدمة – التي تقدمها شركات مثل برمجيات أركجيس أونلاين، وتطبيق خرائط آبل (Apple Maps) وتطبيق خرائط غوغل، وخرائط شركة هير (HERE) وتطبيق أوبن ستريت ماب (OpenStreetMap).

4. التحديات الأخرى

المهارات الرقمية: يتطلب تطبيق التكنولوجيات الناشئة، كتلك الواردة في القسم السابق، مهارات رقمية متقدمة وبيئة مؤاتية للابتكار وريادة الأعمال؛ وإضافةً إلى ذلك، قد يواجه مستخدمو الخدمات الرقمية بعض الحواجز ذات الصلة بالمهارات (مثل عدم الإلمام بالتكنولوجيا الرقمية) وحواجز ثقافية كما هو حال الأشخاص الذين يفضلون التفاعلات الشخصية وجهاً لوجه.

إتاحة البيانات: تقوم مشكلة أخرى متعلقة بالحلول الرقمية على توافر البيانات، حيث أن الحكومات تؤدي دوراً خاصاً في هذا الشأن. ومن الأمثلة على ذلك إتاحة الخرائط الرقمية (علماً أن الخرائط هي مُلْكٌ للحكومة) وجعل البيانات التي تملكها الحكومة مفتوحة المصدر (البيانات المفتوحة).