الفصل الثاني

قياس الاختناق المروري: الطُرق والمؤشرات
Measuring Congestion: Methods and Indicators

يناقش هذا الفصل كيف يتم قياس الاختناق المروري ويبحث في استخدام مؤشرات متنوعة تساعد في توجيه سياسات إدارة الاختناق المروري. إن الطرق والمؤشرات المذكورة ليست ملائمة لغايات تقييم السياسات المرورية فحسب، بل أيضاً لتحديد آثار الاختناق المروري وتكاليفه (الفصل الخامس).

(٢,١) قياس الأداء والتحيز في المراقبة

إن لأسلوب قياس الاختناق المروري تأثيراً جوهرياً على أسلوب إدارة الاختناق المروري وتحديده. أما مقاييس الاختناق المروري المستندة بدلاً من ذلك إلى السرعة وإمكانية الوصول والتكاليف المترتبة على مستخدمي الطريق، والتأخير والموثوقية، ...إلخ فهي تزيد من التصريحات المختلفة حول المشكلة فيما يتصل بالاختناق المروري وتمثل دافعاً في بعض الأحيان لمشاريع مختلفة جذرياً في السياسات المرورية. وإذا ما استخدمت مقاييس ناقصة أو غير معدة تماماً لمعالجة الاختناق المروري، فقد يجد واضعو السياسات أنفسهم يتساءلون عن السبب وراء كون النتائج أقل بكثير من توقعاتهم.

إن الاختناق المروري يؤثر على كيفية تسهيل نظام النقل لإمكانية الوصول ذات الجودة العالية (high quality access). وذلك بالتقليل من يسر التنقل، وهكذا يغدو مفهوماً أن معظم مؤشرات الاختناق المروري ترتبط بطريقة تأثير الاختناق المروري على سرعات التنقل و/أو تسببه في التأخير الزمني. لكن قياس الاختناق المروري يمكن أن يتم على عدة مستويات أو يمكن أن يجري لغايات مختلفة، أو ربما استهدف عدة أشخاص أو كان بطلب منهم. يوضح الجدول رقم (٢,١) هذه الفئات من الأشخاص الذين هم عادة الأكثر اهتماماً بالاختناق المروري وكذلك الاهتمامات المحددة التي قد تتكون لديهم فيما يتصل بقياس الأداء.

الجدول رقم (٢.١). مؤشرات الاختناق المروري: الأشخاص المعنيون بها عادة واهتماماتهم.

	السرعة	التدفق/الكثافة	التأخر	الموثوقية/التغير
مدير الطرق	ooo	ooo	o	
مدير نظام النقل	o	oo	ooo	oo
مستخدم الطرق	oo		ooo	ooo
المسؤول المنتخب	oo		ooo	oo

يحتاج مديرو الطُرق، على المستوى الجزئي، أدوات لقياس الاختناق المروري تسمح لهم بمعالجة المخاوف التشغيلية على وصلات طرقية محددة. وقد ترتبط هذه الأدوات بكثافة المرور على الطريق مقابل السعة، و/أو بمتوسط السرعات مقابل السرعات المقررة و/أو المعلنة، و/أو بالعلاقات بين السرعة والتدفق على الوصلات الطُرقية. هذه المعلومات ضرورية لتشخيص حالة مواضع محددة تعاني من الاختناق المروري ومقارنة أداء الوصلة المرورية بالأداء العام.

لكن من الصعب نسبياً الجمع بين هذه القياسات أو المقاييس، كما أنها لا تقدم معالجة مباشرة لاهتمامات مديري نظام النقل و/أو مستخدمي الطريق. إضافة إلى أنه ليس من المؤكد أبداً ما إذا كان قياس سرعات المرور على وصلات طرقية منفصلة يعطي أساساً جيداً لفهم ظروف حركة المرور عموماً في شبكات النقل الحضرية الكثيفة حيث يتولد معظم الاختناق المروري و"التأخير" الذي يتسبب به عند نقاط دخول الطُرق وعند التقاطعات[1].

يتوجب على مديري النُظم أن يفهموا مدى جودة تشغيل الشبكة ككل، بالمقارنة مع كل من الوصلات الطُرقية. إذ عادة ما يكون مديرو النُظم معنيين بمدى تأثير حجوم المركبات التي تستخدم شبكة النقل على زمن التنقل، أي بأهمية قياس التأخير.

وغالباً جداً ما يكون مستخدمو الطُرق مهتمين بالقياسات المبنية على الرحلة. فالسؤال "ما هو الوقت الذي ينبغي أن أضعه في حسباني عند التخطيط للرحلة حتى تكون لدي فرصة معقولة للوصول إلى وجهتي في الوقت المحدد؟" سؤال متكرر ومركزي عند اتخاذ القرار بشأن الرحلة سواء بالنسبة للأفراد والشركات؛ إنه يؤكد على ضرورة وجود معلومات تتصل بموثوقية زمن التنقل وبتغير ظروف التنقل.

يجب أن يكون المسؤولون المنتخبون قادرين أيضاً وبأسلوب مفهوم بسيط على توضيح مسألة أنهم ساهموا بشكل إيجابي (كما يأملون) في حل مشكلة الاختناقات المرورية. ويجب أيضاً أن يتمكن المسؤولون المنتخبون من الحصول على المؤشرات التي تسمح لهم بقياس مدى فعالية التكاليف في المشاريع التي يقومون بها.

ما من قياس "بسيط" للاختناق المروري يناسب جميع الغايات والحالات. كما أن تصنيف أداء جزء معين من الطريق اعتماداً على عدد المركبات المارة في الساعة مقابل الطاقة الاستيعابية المحددة للطريق لا يعني مستخدم

الطريق في شيء حتى ولو كان ينتقل على تلك الوصلة بشكل يومي. وبالمقابل، فإن معرفة مقدار الزمن الذي يجب التخطيط له للانتقال من ضاحية إلى أخرى في أوقات الذروة والوصول قبل الساعة التاسعة والنصف ليس مما يساعد المهندس بالضرورة على تحسين إشارات المرور الزمنية في منطقة الأعمال المركزية. وليس هناك بالضرورة مقاييس للاختناق المروري "أفضل" من غيرها، لكن قد نجد ملاءمة أفضل بين ما نختار من مقاييس وما نرغب فيه من نتائج محددة. وفي هذا الخصوص، من المهم أن لا نستند إلى مقياس بعينه من مقاييس الاختناق المروري لمجرد أنه متاح لنا (فقد يوجد غيره أيضاً)، بل لأنه يسمح لنا بقياس التقدم نحو تحقيق هدف بعينه (مثل أداء الوصلة المرورية، تشغيل النظام، تجربة مستخدم الطريق، ...إلخ).

وأخيراً، على المرء أن يتذكر عند قياسه للاختناق المروري، بأي مقياس أو مؤشر كان، شكلاً آخر من أشكال التحيز في المراقبة. فمن الحقائق البديهية في الثقافة حول قياس أداء نظام النقل أن "ما يتم قياسه، يُعتمد"[٢]. لكن يمكن إضافة الاستدلال التالي بسهولة إلى تلك القاعدة العامة المفيدة: "ما نراه هو ما يجب أن يُقاس". إن كيفية ملاحظة الاختناق المروري، وخاصة في مواضع بحثنا عنه، هي من المسائل المهمة في جوهرها.

ثمة تقنيات كثيرة لجمع البيانات الخام اللازمة لقياس الاختناق المروري (انظر المستطيل أدناه). ويمكن توصيف هذه التقنيات بأنها تستند إلى الملاحظة البشرية (مراكز إدارة المرور، الشرطة، مراقبون من القطاع الخاص/الأخبار، ...إلخ) أو بعض أشكال الاستشعار عن بعد (الكشافات ذات الحلقات المغناطيسية المطمورة، ونقاط التصوير الأوتوماتيكي، ...إلخ). صحيح أن ذلك ممكن من حيث المبدأ، إلا أنه لم يحدث حتى الآن أن امتد استخدام أي من نُظم المراقبة هذه إلى كامل شبكة الطُرق في إحدى المناطق الحضرية. فما يراه مديرو المرور، والمؤشرات التي يتم تبليغها إلى مختلف الأشخاص المعنيين، هو مجرد جزء من الصورة فقط. وتكمن خطورة التحيز في إغراء المرء بتفسير ما يراه ويقيسه تمثيلاً سهلاً، وليس دقيقاً بالضرورة، للنُظم الأوتوماتيكية المستندة إلى الاستشعار عن بعد؛ فمثلاً، إذا ظهر تحسن في الأداء على شبكة طُرق سريعة "مراقبة"، فليس معنى ذلك بالضرورة تضاؤل الاختناق المروري. بل ربما كان ذلك مجرد انتقال للمركبات "بمنأى عن الأنظار" إلى شبكات طُرق محلية غير مراقبة.

تقنيات مراقبة حركة المرور

تشمل تقنية الكشف النقطي وضع معدات المراقبة عند موقع محدد مع استخدام مقاييس لأداء المرور عند ذلك الموقع لتقييم أداء المرور عبر جزء من الطُرق. وعادة ما تعطى الكشافات النقطية بيانات عن حجم المركبات وانشغال حارات المرور (والتي يمكن استخدامها عند دمجها لتقييم سرعة المركبات)، وإذا استخدمت في تركيبة ثنائية الحلقة، فيمكنها أيضاً أن تعطى قياساً مباشراً لسرعة المركبات وتصنيفها (حسب الطول). لكن القيد الرئيسي على الكشافات النقطية هو أنها تقدم معلومات حول أداء النظام في موقع واحد، وقد لا يكون استخدام هذا الموقع دقيقاً في تمثيل أداء باقي أجزاء الطريق المرتبطة بتلك البيانات. ويمكن تخفيف أثر هذه المشكلة بتقليل

المسافات الفاصلة بين مواقع الكشافات النقطية. أما الأساليب الرئيسية المتبعة في تقنية الكشافات النقطية فهي:

١- حلقات المحاثة الكهربائية: رخيصة الثمن وتعتبر عموماً تقنية قوية ومعروفة وموثوقة. لكنها تتطلب إغلاق الحارات المرورية من أجل تركيب الحلقة السلكية نفسها وصيانتها. كما أن السلك عرضة للانقطاع في الأجواء التي تتناوب بين الصقيع والدفء، وكذلك إذا كان الرصف في حالة سيئة، وإذا تم تركيبها بشكل سيء، مما يعني أنه لا بد من إعادة إغلاق الحارات المرورية لاستبدال الحلقة المعطوبة. ولأن الحلقات "موضوعة" عملياً ضمن تعبيد الطريق، فإنه من غير الممكن تحريكها، ولذلك لا بد من استبدالها إذا ما تم تغيير الحارات المرورية نتيجة لنشاطات إنشاء جديدة أو غير ذلك من التغييرات الهندسية والتشغيلية.

٢- صممت تقنية كشافات صور الفيديو جزئياً لتوفير معالجة مباشرة لجوانب القصور في تقنية الحلقات. ولأن الكاميرا تركب فوق الأرض، في العديد من الحالات (وليس في جميعها)، فلا حاجة لإغلاق الحارات المرورية من أجل تركيب أجهزة جمع البيانات أو إصلاحها أو صيانتها أو ضبطها. وإذا جرى تغيير الحارات المرورية، فيمكن غالباً تعديل وضع صورة الكاميرا دون تغيير مادي في نظامها، وهذا ما يسمح بمتابعة جمع البيانات دون إغلاق الطُرق أو غير ذلك من تعطيل للمرفق أو لنظام جمع البيانات. لكن تقنيات جمع صور الفيديو لا تخلو من جوانب القصور. وتأتي معظم هذه المشكلات من حقيقة أن نُظم الفيديو لا تقيس سوى "ما تراه". وبذلك فإن عمل نُظم الفيديو يميل ليكون سيئاً في ظروف انخفاض الرؤية (كما في حالات الثلج الغزير والضباب الكثيف) وفي الليل. لذلك فإنه غالباً لا يوصى بتنفيذها في الأجواء التي تكثر فيها هذه الظروف الجوية. ونذكر أخيراً أن هذه الكاميرات تتطلب صيانة روتينية أكثر من الكشافات النقطية، لأن الغبار والمياه يمكن أن يقلل من وضوح الصورة، مما يقلل من جودة أداء النظام.

٣- وضعت تقنية رادار الموجات القصيرة، جزئياً، بسبب جوانب القصور في تقنية الحلقات وصور الفيديو. وبشكل خاص، فإن كشافات رادار الموجات القصيرة لا تتأثر بالطقس أو بانخفاض الرؤية ليلاً. لكن رادار الموجات القصيرة لا يخلو من جوانب قصور صغيرة تؤدي عموماً إلى إعطاء معلومات حول حجم الحركة أقل دقة بقليل من المعلومات المأخوذة من كشافات الحلقات و/أو صور الفيديو. يمكن تشغيل رادار الموجات القصيرة، مثل كشافات صور الفيديو، من مواضع الحساسات إما فوق الحارات المرورية أو من جانب الطريق. إن المواضع "المرتفعة" تعطي بيانات أكثر دقة من المواضع الجانبية، مثل تقنية الفيديو، (حيث تقل احتمالية وجود إعاقات أمام الحساسات). وللأسف، فإن المواضع "الجانبية" عادة ما تكون أقل كلفة في تركيبها وصيانتها وإصلاحها لأنها لا تتطلب العمل ضمن قيود على حركة المرور.

٤- إن الكشافات المحمولة على المركبات تعطى مصدراً جيداً للمعلومات حول أزمنة التنقل وسرعته. لكن بها عيب مهم عند البحث في مراقبة الأداء على أساس المركبة أنها لا تعطى معلومات حول مستوى استخدام الطريق. بل تعطى فقط معلومات حول السرعات وأزمنة التنقل وفقاً لما يراه مستخدم المركبة. فإذا كانت مركبات التقصى هى المصدر الرئيسى لمعلومات الأداء المستخدمة، فلا بد من جمع بعض البيانات المكملة لرفد قياسات الأداء المتصلة بمستوى الاستخدام الفعلى على الطُرق السريعة.

٥- عادة ما تكون مركبات التقصى مزودة بأدوات خاصة تتم قيادتها على مسافات منتظمة على طول أجزاء محددة من الطريق. ويتم تسجيل البيانات المتصلة بسرعة التنقل بشكل أوتوماتيكى أو يدوي ويتم ربطها ببيانات الموقع عند نقاط محددة. ومن الضروري أن تسير عدة مركبات في أيام مختلفة لتكوين رؤية تمثيلية عن سرعات التنقل على الطريق.

٦- من الشائع جداً أن يترافق جمع البيانات من مركبة التقصى ذات إشارة الدلالة مع نُظم إلكترونية لجمع البيانات. في هذه الأنظمة، يقوم جهاز إشارة الدلالة بأخذ المعلومات من بطاقات إلكترونية ملصقة على المركبة عندما تمر المركبة من موقع جهاز القراءة. والنتيجة هى الحصول على سجل للبيانات يشير إلى توقيت مرور كل من المركبات المزودة بهذه البطاقات عند نقاط بعينها على الطريق. وبمطابقة بيانات التوقيت والموقع المترافقة مع كل مركبة عند مرورها من موقع أحد أجهزة إشارة الدلالة إلى موقع جهاز آخر، يصبح من الممكن تحديد زمن تنقل تلك المركبة بين موقعين متعاقبين. تتسم أزمنة التنقل التى يتم جمعها بهذه الطريقة بأنها أكثر دقة من الأزمنة التى يتم تقديرها من الكشافات النقطية، لكنها لا تعطى معلومات حول التوزيع الجغرافي لحالات التأخير ضمن جزء الطريق المراقب.

٧- تستفيد تقنيات التعقب بواسطة الهاتف الخليوي إلى حقيقة أنه يمكن تحديد الموقع التقريبى لجميع الهواتف الخليوية. وبتعقب حركة الأجهزة الخليوية، يمكن تحديد سرعة كل جهاز. ومن خلال جعل التحليل مقتصراً على الأجهزة الواقعة على الطُرق، يتبين لنا أن هذه التقنية تؤمن وسيلة لقياس سرعات المركبات على تلك الطُرق. إن مزية هذه التقنية هى أن عدد المركبات الحاوية على هواتف خليوية يكون مرتفعاً جداً، بل وفي ازدياد. وهذا يعنى أنه يمكن (فعلياً) مراقبة نُظم النقل كلها دون الحاجة إلى إقامة بنية تحتية مكلفة لمراقبتها. ويجري حالياً بحث حول دراسة كيفية استخدام الأجهزة الخليوية لقياس أداء الطُرق دون تعريض مسائل الخصوصية للخطر.

٨- تعطى أجهزة التعقب بالأقمار الصناعية (GPS/ غاليليو) معلومات عن الموقع الحالى، وعن وجهة المركبة وسرعتها بدرجة عالية من الدقة. وعند وضعها في المركبات ودمجها مع معلومات الخريطة الإلكترونية، فإنها تشكل العنصر الأساسى في نُظم ممتازة لتحديد موقع المركبة. ويسمح تخزين بيانات تعقب الموقع عبر الأقمار الصناعية وتحليلها بإجراء قياس دقيق لأداء الطريق. لكن الصعوبة الكامنة في بيانات التعقب بالأقمار الصناعية هى أنها تخزن في المركبة نفسها. ولذلك يكون من اللازم تأمين آلية التواصل من هذه المركبات وإليها من أجل الحصول على البيانات المعنية.

المصدر: مأخوذ من "الاختناق المروري والموثوقية: اتجاهات واستراتيجيات متقدمة لتخفيف الاختناق المروري" (Traffic Congestion and Reliability: Trends and Advanced Strategies for Congestion Mitigation)، كامبريدج سيستيماتيكس/(FHWA)، ٢٠٠٥، ص ١ و١٠.

إن "واقع" الاختناق المروري قد يتعرض لبعض التحيز عند تبليغه إلى المديرين وصناع القرار، حتى في الطُرق المجهزة بشكل كامل، مثل الطُرق المغطاة تماماً بشبكة من الكشافات الحلقية المطمورة أو غيرها من أجهزة القياس النقطية (مثل أجهزة المراقبة الفيديوية)، وذلك بسبب عوامل مثل التباعد بين الحساسات وموقعها و/أو جودتها. ويشير أحد الأبحاث الأولية إلى أن حدوث تغيير في المتغيرات الثلاثة الأخيرة يمكن أن يؤدي دائماً إلى المبالغة في تقييم شدة الاختناق المروري أو الاستخفاف به نسبة إلى مقياس مقارنة أساسي بشأن الاختناق المروري[٣].

ثمة مسألة أخرى لا بد من أخذها بعين الاعتبار وهي أن توظيف مجموعات شاملة من الحساسات يستلزم مالاً ويتطلب زمناً. إذ عادة ما يكون توسيع شبكة طُرق مجهزة بالحساسات بطيئاً وبصورة متزايدة مع ضرورة وضع الحساسات في الأجزاء الأكثر إشكالية من الشبكة أولاً. ولإكمال صورة "الواقع" في شبكة الطُرق الحضرية، تم دمج نماذج متزايدة التعقيد مع مدخلات من طُرق مجهزة بشكل جزئي بالحساسات لخلق تصوير مرْضٍ عن ظروف حركة المرور وسلوكها. وبطبيعة الحال، فإن استخدام الحساسات المسؤولة عن مراقبة أداء النظام الطُرقي وصيانتها يمكن أن يزيد من مشكلة الاختناق المروري. فأعمال الطُرق المرافقة لتركيب الحلقات المطمورة وتصليحها يستلزم إغلاقاً جزئياً للطريق، الأمر الذي قد يسبب اختناقاً مرورياً إذا تم العمل خلال فترات حركة المرور الكثيفة. وفي هذا الخصوص، فإن النُظم القائمة على هياكل جسرية يمكن أن تقلل من هذه التكاليف والتأثيرات المرتبطة بالعمل.

(٢,٢) مؤشرات الاختناق المروري

يضم الجدول رقم (٢,٢) مجموعة واسعة من المقاييس المستخدمة عبر أقاليم منُظمة التعاون الاقتصادي والتنمية والمؤتمر الأوروبي لوزراء النقل من أجل تعقب الاختناق المروري. وهناك نهجان عامان في قياس الاختناق المروري؛ نهج تشغيلي يحظى بتفضيل المسؤولين عن إقامة شبكات الطُرق وإدارتها، ونهج ذي أساس اقتصادي يستخدم عموماً لترتيب النفقات العامة حسب الأولوية. وعادة ما يكون النهج الأول معنياً بالسمات الملحوظة لأداء الطريق (السرعة والتدفق والكثافة وطول صفوف المركبات المنتظرة والمدة الزمنية للتنقل)، بينما يركز النهج الآخر عموماً على تحويل القياسات الفيزيائية إلى قيم نقدية يمكن استخدامها لتوجيه السياسات المرورية من خلال تحليل الكلفة مقابل المنفعة.

يسعى المهندسون في السياق السابق نحو تحقيق "الحالة المُثلى" الفنية في أداء الطريق، بينما يحاول الاقتصاديون تحديد مستويات الاختناق المروري "المثلى" من الناحية الاقتصادية. وقد أكدت دراسة للتجارب الوطنية والإقليمية بين بلدان مجموعة العمل أن النهج الأول، أي قياس الأداء المادي والفني للنظام، يبدو هو الأداء المسيطر بصورة ساحقة.

وعادة ما تتضمن المؤشرات التي تشير إلى الزمن أو مستوى الخدمات أو التأخير شيئاً من التعريف الاعتباطي لسرعة التنقل المرجعية (مثل التدفق الحر كما يحدد التصميم، أو سرعات التشغيل القانونية، أو نسبة اعتباطية من سرعة التنقل بالتدفق الحر) التي لا تشير إلى ما قد يعتبره مستخدمو الطريق سرعة مثلى من الناحية الاقتصادية. وبطبيعة الحال، فإنه يمكن استخدام هذه المؤشرات كمدخلات في حسابات الكلفة العامة للحصول على مستويات المرور المثلى اقتصادياً. وقد أجري بحث حول استخدام هذه المستويات المثلى اقتصادياً كجزء من هذه الدراسة، لكن معظم الإجابات أكدت على أن المقاييس المادية وزيادة التدفق على الوصلات هي السمات الأساسية لقياس الاختناق المروري المستخدم وفقاً لخبراتهم. والظاهر أيضاً أن عدداً ضئيلاً نسبياً من السلطات المختصة تقوم بتعقب أداء حركة المرور أو بمراقبة تغيره من خلال مقاييس المصداقية.

وفي الواقع، يمكن تحليل أسلوب اشتقاق هذه المقاييس إلى ثلاثة أساليب عامة؛ تلك المشتقة من القياسات المرتبطة بالنقاط (عدد المركبات، التدفق)، أو مقاييس الزمن/السرعة المستنتجة أو المشتقة من الأسلوب السابق (زمن التنقل على الوصلة المرورية والتأخر) أو المقاييس المكانية (الكثافة، طول صفوف المركبات المنتظرة، عدد الكيلومترات من حارات المرور التي تعاني من الاختناق المروري، إلخ...). وهناك دليل (انظر المستطيل)، يؤيده المسح غير الرسمي الذي أجرته مجموعة العمل، على أن قياسات زمن التنقل المتصلة بالنقاط (التأخر والسرعة وزمن التنقل ومستوى الخدمة) هي السائدة في قياس الاختناق المروري. ويبدو أيضاً أن ثمة آراء مختلفة حول دقة هذه المقاييس، وحدها، في توفير فهم دقيق للاختناق المروري على شبكة الطُرق.[٤]

الجدول رقم (٢,٢). قائمة بمؤشرات الاختناق المروري.

المؤشر	الوصف	ملاحظات
١- مؤشرات قائمة على السرعة		
متوسط سرعة المرور	متوسط السرعة لرحلات المركبات على شبكة الطُرق	لا يعطي معلومات كافية عن آثار الاختناق المروري
سرعة المرور في ساعة الذروة	متوسط السرعات لرحلات المركبات خلال ساعات الذروة	يمكن أن تستخدم كنقطة مقارنة لقياسات الموثوقية اعتماداً على متوسط السرعات الفعلية أو متوسط السرعات.

تابع الجدول رقم (٢,٢).

المؤشر	الوصف	ملاحظات
٢- مؤشرات وقتية/قائمة على التأخر		
ساعات التأخر في السنة	ساعات الزمن الإضافي المستغرق في التنقل بسبب الاختناق المروري.	إن جميع المقاييس المبنية على التأخير تستند إلى قيمة مرجعية في حساب بداية التنقل "المتأخر"، وعندما تكون هذه القيمة المرجعية هي سرعة التدفق الحر، تصبح مفردة "التأخير" مضللة لأنه ليس واضحاً أبداً ما إذا كان المتنقلون على شبكة الطُرق سيتمكنون بأي شكل من الوصول إلى سرعات خالية من التأخير في ساعات الذروة.
تأخر الفرد في السنة	ساعات الزمن الإضافي المستغرق في التنقل مقسوماً على عدد السكان.	
التأخر في السنة لمستخدم الطريق	ساعات الزمن الإضافي المستغرق في التنقل مقسوماً على عدد مستخدمي الطُرق في ساعات الذروة.	
متوسط زمن التنقل في الرحلات اليومية	متوسط زمن الرحلة اليومية.	
زمن التنقل المقدّر	زمن التنقل المقدر على وصلة طرقية (يستخدم مع إشارات الرسائل المتغيرة).	
زمن الاختناق المروري	تقدير لمدة استمرار ظروف الاختناق المروري في "ساعات الذروة".	
التأخر في كل كيلومتر من الطريق	الفارق بين زمن التنقل المرجعي وزمن التنقل في ظروف الاختناق المروري في كل كيلومتر من شبكة الطُرق.	

تابع الجدول رقم (٢,٢).

المؤشر	الوصف	ملاحظات
زمن التنقل في مؤشر الاختناق المروري	نسبة انتقال المركبات أو الأشخاص في فترة الذروة الحاصل في ظروف الاختناق المروري.	إن استخدام مقياس زمن التنقل ومعدل زمن التنقل يعتمد أيضاً على تحديد قيمة مرجعية للإشارة إلى بداية ظروف الاختناق المروري. ويطبق التحفظ ذاته كما هو مشار إليه لباقي المقاييس المستندة إلى "التأخير" عندما تستند هذه القيمة إلى سرعات التدفق الحر.
مؤشر زمن التنقل	نسبة مدة فترة الذروة إلى أزمنة التنقل بتدفق حر، بالنظر إلى كل من حالات التأخير المتكررة والعرضية (مثل حوادث المرور).	
معدل زمن التنقل	نسبة مدة فترة الذروة إلى أزمنة التنقل بتدفق حر، بالنظر إلى حالات التأخير المتكررة فقط (التأخر المعتاد الناتج عن الاختناق المروري).	
٣- مؤشرات مكانية		
حارة مرورية المعرضة للاختناق المروري ميل/كم	طول الحارة المرورية (بالميل أو الكيلومتر) المعرض للاختناق المروري في ساعات الذروة	تعتمد المقاييس المكانية أيضاً على قيم العتبة. وقد تعتمد على متوسط السرعات /متوسط السرعات المتحققة عادة أو على سرعات التدفق الحر (انظر الملاحظة أعلاه).
الطريق المعرض للاختناق المروري ميل/كم	الجزء من الطريق بالميل أو الكيلومتر المعرض للاختناق المروري خلال فترات الذروة.	
مؤشر الربط في شبكة الطُرق	مؤشر يأخذ بعين الاعتبار عدد العقد والتقاطعات ضمن شبكة طرقية.	مؤشر على احتمال حدوث الاختناق المروري، ويعتمد تحقق هذا الاحتمال أو عدم تحققه على عدد من العوامل الأخرى.
٤- مؤشرات مستوى الخدمة/الطاقة الاستيعابية		
مستوى الخدمة على الطريق	كثافة حالات التأخر بسبب الاختناق المروري على طريق بعينه أو عند أحد التقاطعات، يتدرج من A (خال من الاختناق المروري) حتى F (يتعرض لاختناق مروري شديد).	تحظى هذه المقاييس بتفضيل مديري الطُرق. وهي تشير عادة إلى الطاقة الاستيعابية التصميمية للطريق وتستخدم ضمنياً بشكل عام لزيادة استيعاب الطريق وصولاً إلى الطاقة الاستيعابية التصميمية للوصلة الطُرقية المدروسة.
مؤشر إشباع الطريق	نسبة التدفق الملاحظ إلى الطاقة الاستيعابية التصميمية للطريق.	

obeikandi.com

تابع الجدول رقم (٢,٢).

المؤشر	الوصف	ملاحظات
٥- مؤشرات الموثوقية		
مؤشر المنطقة العازلة	انظر مؤشر زمن التخطيط أدناه.	تحاول هذه المؤشرات معرفة كيف يقوم مستخدمو الطريق عادة باتخاذ القرار بشأن رحلاتهم على طُرق معرضة للاختناق المروري. ومن الواضح أنها تأخذ بعين الاعتبار أهمية الوصول "في الوقت المحدد" بالنسبة للعديد من المستخدمين بدل أن تقتصر فقط على تحقيق معدل سرعات مرتفع في الرحلات.
مؤشر تغير ظروف الاختناق المروري	مؤشر يربط تغير سرعات التنقل على الشبكة الطُرقية.	
مؤشر زمن التخطيط	مؤشر يدرس الزمن الاحتياطي الذي يسمح بالوصول في الوقت المحدد بنسبة ٩٥٪ من الرحلات على شبكة طرقية.	
متوسط زمن التنقل مقابل أزمان التنقل المتغيرة	قياس الانحراف المعياري في أزمنة التنقل على وصلة طرقية أو على شبكة طُرق لفترة معطاة.	
توزيع أزمنة التنقل: النسبة المئوية – المتوسط	قياس الفارق بين النسبة المئوية الثمانين أو التسعين من توزيع زمن التنقل والمتوسط أو النسبة المئوية الخمسين.	
٦- مؤشرات الكلفة/الكفاءة الاقتصادية		
التكاليف السنوية للاختناق المروري	ساعات الزمن الإضافي (الناتجة عن التنقل بسرعات أقل من السرعة المرجعية) مضروبة بقيمة زمن التنقل، ومضافة إلى قيمة الاستهلاك الإضافي في الوقود. وهي كلفة الاختناق المروري معبراً عنها تعبيراً نقدياً.	كما لاحظنا أعلاه، فإن اختيار سرعات التدفق الحر عند محاولة دراسة "تكاليف الاختناق المروري" أمر شديد الصعوبة.
التكاليف الخارجية الهامشية الراهنة للاختناق المروري	التكاليف الخارجية الإضافية (أي التي لا يتحملها مستخدمو الطريق) لكل مركبة إضافية تدخل الشبكة الطُرقية أو أي استخدام إضافي لها.	
النقص الإجمالي في الأحمال الميتة	مجموع جميع الضياعات الإجمالية (التكاليف والمكاسب) الناجمة عن مستوى محدد من استخدام الطريق/حركة المرور.	

obeikandl.com

تابع الجدول رقم (٢,٢).

المؤشر	الوصف	ملاحظات
متوسط ضياعات الأحمال الميتة لكل مركبة/كم	ضياعات الأحمال الميتة مقسمة على عدد المركبات في كل كيلومتر من الطريق تزيد من تلك الضياعات.	
٧- مؤشرات أخرى		
عبء الاختناق المروري	تعرض سكان إلى ظروف الاختناق المروري على الطُرق (وهو يأخذ بالاعتبار توفر البدائل واستخدامها).	
الزيادة في استهلاك الوقود	إجمال الاستهلاك الإضافي في الوقود بسبب الاختناق المروري.	ربما كان تحديد النقطة المرجعية من أجل الاستهلاك "الإضافي" في الوقود أمراً صعباً إذا تم اعتماداً على سرعات التدفق الحر
الزيادة في استهلاك الوقود لكل فرد	الاستهلاك الإضافي في الوقود مقسماً على عدد سكان المنطقة.	
المصدر: (Own survey)، (VTPI) (٢٠٠٥) و(COMPETE)، (٢٠٠٦).		

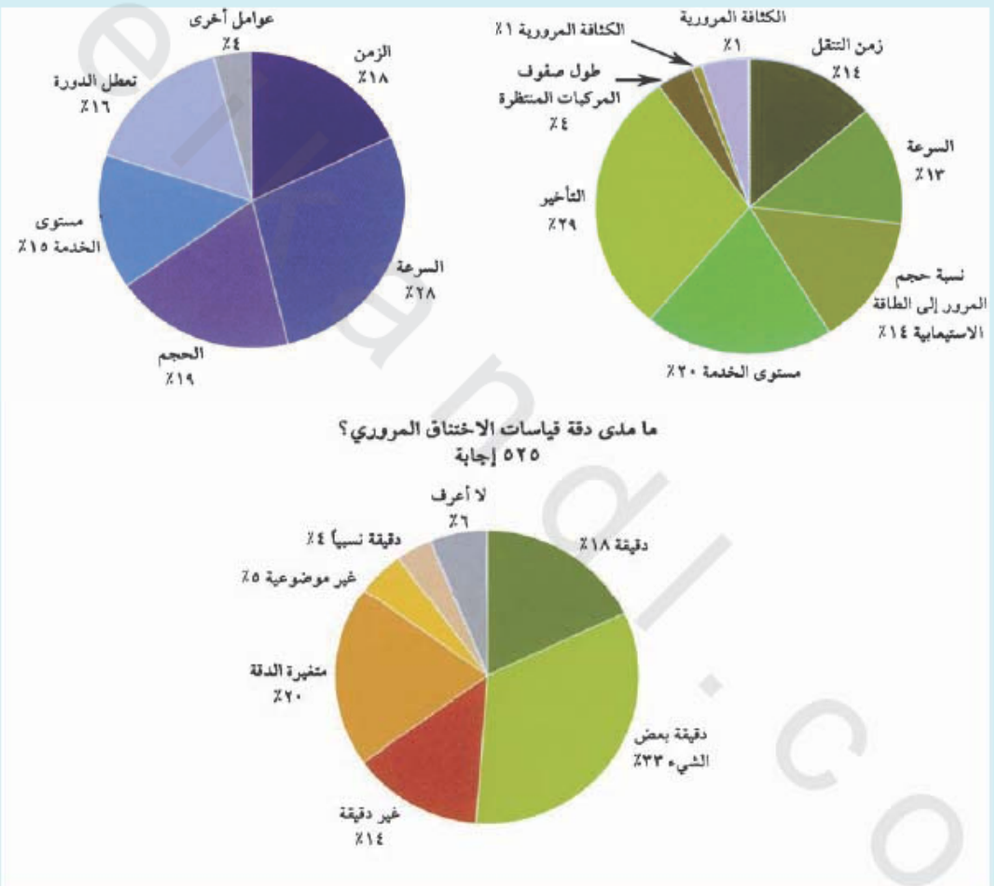
obeikandl.com

الاختناق المروري – تعريفه وقياسه ودقته

نتائج مسح أجراه ٤٨٠ متخصصاً في مجال النقل في أمريكا الشمالية

سعى مسح أجراه عدد من المتخصصين في مجال النقل في أمريكا الشمالية إلى تحديد طريقة تعريف الاختناق المروري وقياسها مع بيان حكمهم بشأن دقة هذه المؤشرات. وخرجت الدراسة بـ ٤٨٠ إجابة على الأسئلة التالية، إليكم موجزاً عنها:

كيف تُعرّف الاختناق المروري؟ كيف يقاس الاختناق المروري؟



أكدت الإجابات على أهمية تدفق المرور في تعريف الاختناق المروري (بمعزل عن التعريفات الاقتصادية) إلى جانب أهمية القياسات القائمة على الزمن والمستمدة من القياسات النقطية على جانب الطريق. كما أظهرت الدراسة أن ١٨٪ فقط من المتخصصين في مجال النقل ممن عملوا في هذه الدراسة يرون أن قياس الاختناق المروري دقيق (ووجدت نسبة أخرى ٣٣٪ أن هذه القياسات دقيقة بعض الشيء).

المصدر: بيرتيني، ر. (Bertini, R.) (٢٠٠٥).

obeikandl.com

ومن بين المؤشرات المتوفرة المتعددة، يمكن للمرء أن يميز ثلاث مجموعات واسعة من المقاييس الأولية وقياسات الأداء التي يمكن أن تكون مفيدة في تكوين صورة أكثر دقة عن الاختناق المروري ووطأته. ويمكن استخدام هذه المقاييس الأولية على الاختناق المروري لتعقب أداء النظام ومعرفة الآثار الاقتصادية للاختناق المروري. وهذه المؤشرات تتصل بأداء النظام من حيث:

١- زمن التنقل (وبالتالي متوسط السرعات المستخدمة على الطريق في ساعات الذروة).
٢- جودة التنقل (وبشكل أساسي بالنسبة لموثوقية الرحلات وإمكان التنبؤ بها).
٣- تعرض المتنقلين خلال ساعات الذروة في المناطق الحضرية إلى الاختناق المروري (مثل مستخدمي الطُرق الذين يتنقلون على طُرق تعاني من الاختناق المروري مقابل جميع المتنقلين في المناطق الحضرية خلال ساعات الذروة).

(٢,٢,١) مؤشرات زمن التنقل

أول المؤشرات في هذه الثلاثية من "مجموعة" المؤشرات هو الأكثر تطوراً والأكثر انتشاراً. إذ يمكن أن تشير هذه المؤشرات المتصلة بأداء النظام إلى متوسط السرعات فقط أو يمكن أن تتقدم خطوة أخرى في محاولة لربط متوسط السرعات بشيء من الأرقام المقارِنة، وهي عادة سرعات التدفق الحر. وسرعات التدفق الحر هي السرعات التي يختارها سائقو المركبات بأنفسهم على الطُرق التي تعتبر "فارغة" بشكل عام؛ مثل الطُرق التي تحوي عدداً بسيطاً من المركبات دون أن تعيق أي منها حركة المركبات الأخرى. تميل هذه السرعات لتتأرجح حول السرعات القانونية القصوى المحددة لكل نوع من أنواع الطُرق رغم أن هذه السرعات قد تكون أقل على الطُرق الحضرية بسبب التوقفات عند التقاطعات.

بوسعنا فهم استخدام سرعات التدفق الحر كنقطة مقارنة لأنها يمكن أن تعتبر رقماً "موضوعياً" قابلاً للتكرار والاستخدام. لكن تنشأ بعض المشكلات عندما يشار إلى الفارق بين سرعات التدفق الحر والسرعات المطبقة فعلياً بمفردة "التأخير". والتأخير هو المصطلح الصحيح من الناحية الفنية عند الإشارة إلى الفارق، لكن غالباً ما يساء فهمه لفظياً عندما يفهم منه الدلالة على هدف قابل للتحقيق عند التنقل في ساعات الذروة؛ مثل "تأخير صفري". وكما لاحظنا في الفصل السابق، فإن معظم المُدن النشيطة لا تستطيع توفير سرعات التدفق الحر في ساعات الذروة، ولا هي ترغب في العيش ضمن شبكة طرقية توفر هذه السرعات في ساعات الذروة. وبذلك فإن النقاش المستند إلى التأخير مقاساً بالإشارة إلى أزمنة التنقل بسرعات التدفق الحر قد يكون متحيزاً لصالح هدف غير قابل للتحقيق، بل ربما غير مرغوب في إدارة الاختناق المروري (مثل التأخير الصفري). ويفضل في هذه الحالة استخدام مجموعة مؤشرات حيادية.

بدائل لمؤشر التدفق الحر المرجعية فيما يخص مقاييس الاختناق المروري: أمثلة من كندا

صحيح أن كثيراً من الخبراء يقولون بأن استخدام سرعات التدفق الحر كمقياس مرجعي لتحديد مستويات الاختناق المروري يؤدي إلى نتائج متحيزة، وخاصة في حساب "تكاليف" الاختناق المروري، إلا أن إيجاد بدائل سهلة الفهم والاستخدام يبدو صعباً. وقد استخدم وزير النقل في كيبك أسلوباً مفيداً يستخدم فكرة "عتبات" مقبولية الاختناق المروري. وهو يقول بأن لدى المستخدمين توقعاً وقبولاً للاختناق المروري في ساعات الذروة للطرق التي اعتادوا عبورها، لكنهم يعتبرون هذا الاختناق المروري "غير مقبول" إذا ما تجاوز قيمة عتبة محددة. وبهدف تقصي أثر الاختناق المروري في منطقة مونتريال الكبرى، تم تحديد هذه العتبة بقيمة ٦٠٪ من حدود السرعة المحددة (مثل ٦٠ كم/ساعة للطرق الحضرية السريعة التي حددت السرعة عليها عند ١٠٠ كم/ساعة أو ٣٠ كم/ساعة للطرق الشريانية التي حددت السرعة عليها عند ٥٠ كم/ساعة).

وقد أُخذ بفكرة العتبات هذه في دراسة أجرتها مؤخراً الحكومة الاتحادية الكندية تتناول تكاليف الاختناق المروري في المُدن الكبرى في البلاد. وقد استخدمت الدراسة في منهجيتها ثلاث قيم للعتبة (هي: ٥٠٪ و٦٠٪ و٧٠٪ من سرعات التدفق الحر). وأكدت هذه الدراسة على أنه لا وجود لـ "عتبة مقبولة" لجميع البلديات ولشبكة طرقية محددة، رغم أن هذه النطاقات من السرعات تعطي قيماً تأشيرية لتكاليف الاختناق. إذ تعتمد القيم المحلية للعتبة على الظروف المحلية (من الناحية الكمية) وعلى التصورات المحلية (من الناحية النوعية).

المصدر: Transport Canada (٢٠٠٦).

ثمة طريقة أخرى لتجنب التحيز غير المقصود في موضوع سياسات إدارة الاختناق المروري لصالح تأمين سرعات التدفق الحر في التنقل، وهي اختيار سرعات أخرى غير سرعات التدفق الحر لتكون قيمة مرجعية. يمكن أن تكون هذه القيمة السرعة القانونية المحددة أو علامة ما على سرعات التنقل "المعتادة" أو "المتوقعة" على نوع محدد من الطُرقات[٥]. ربما كانت هذه النقاط المختارة بهدف المقارنة أكثر واقعية في نقل الانحراف عن سرعات التنقل المتوقعة لكنها تزيد من صعوبة المقارنة بين المناطق المختلفة. وتقدم كندا مثالاً يبين كيف يمكن تغيير سرعات التدفق الحر لغايات تتصل بالسياسات المرورية (انظر المستطيل).

ربما بدا أمراً طبيعياً أن يكون متوسط سرعة التنقل لوصلة مرورية محددة ولفترة تمثيلية معطاة هي القيمة الطبيعية المرشحة لنقطة المقارنة هذه، لكن متوسط السرعات قد يخفي أثر الحوادث الاستثنائية غير المتكررة المسببة للاختناق المروري. لذلك فقد يكون من المنطقي أكثر اختيار السرعة الوسيط في مقابل معدل متوسط السرعات باعتبارها بديلاً يكون استخدامه منطقياً كنقطة مقارنة لأداء زمن التنقل "المتوقعة" أو "المعتادة".

(٢,٢,٢) مؤشرات جودة التنقل/قابلية تغير زمن التنقل

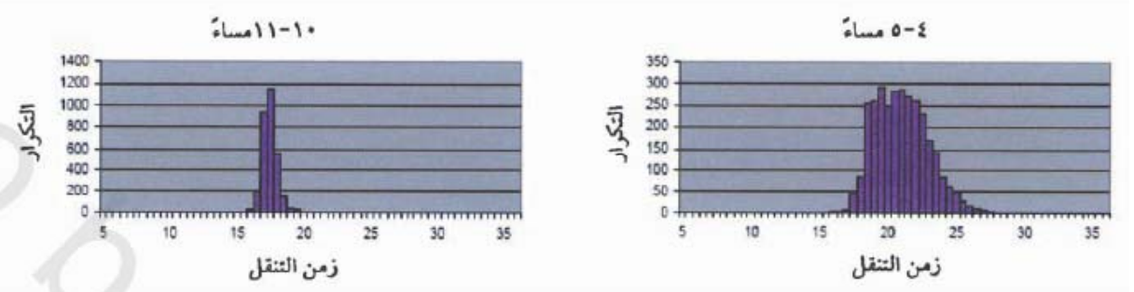
نقصد بجودة التنقل بشكل أساسي تلك العناصر التي تسهم في تأمين ظروف تنقل سهلة ويمكن التنبؤ بها. وتأتي قابلية تغير زمن التنقل ونقيضها، أي إمكانية التنبؤ بزمن التنقل، في لب هذه المجموعة من المؤشرات. إن هذه المقاييس مهمة لتزويد مديري النُظم ومستخدمي الطُرق وواضعي السياسات بتقييم واقعي لمدى جودة سياسات إدارة المرور والاختناق المروري في توفير أزمنة تنقل ثابتة أي "يمكن التخطيط على أساسها". إن النجاح في توفير هذه الظروف الموثوقة في التنقل أمر مهم لأن هذه الظروف يمكن أن تسهم إلى حد كبير في تقليل العبء على المتنقلين، حتى في ضوء البطء النسبي في متوسط سرعات التنقل.

صحيح أن أزمنة التنقل يمكن أن تتفاوت وفقاً لزمن المغادرة مع اختلاف المركبات المتنقلة خلال الفترة الزمنية ذاتها تقريباً على نفس الطُرق (إمكانية التغير من مركبة إلى أخرى)، إلا أن معظم مقاييس قابلية تغير أزمنة التنقل تسعى بالأحرى لمعرفة التغير في أزمنة التنقل للمركبات التي تنتقل خلال الفترات الزمنية نفسها على نفس الطُرق لكن في أيام مختلفة.

ورغم أن مستخدمي الطريق المعتادين يمكن أن يتخذوا قراراً أولياً حول مقدار الزمن الذي يجب أن يأخذوه في اعتبارهم حتى يصلوا في نسبة منطقية من رحلاتهم في الوقت المرجو بناء على تجاربهم السابقة، إلا أن ذلك ليس صحيحاً لأقلية كبيرة من الأشخاص الذين لا يملكون خبرة كافية لوضع هذه الأحكام. ويؤكد بحث أجري حول هيكلية حركة المرور على الطُرق حيث إن نسبة تصل حتى ٢٠ إلى ٤٠٪ من مستخدمي الطُرق خلال ساعات الذروة ليسوا من المتنقلين المعتادين على أي طريق معطى[٦]. لكن مؤشرات الاختناق المروري التي تربط بفعالية بين قابلية تغير أزمنة التنقل يمكن أن تسمح للمستخدمين غير المعتادين أن يجروا تقييمات منطقية لمتطلباتهم بالنسبة لأزمنة التنقل (و"الأزمنة الاحتياطية" التي يجب أخذها بعين الاعتبار للحصول على فرصة جيدة في الوصول بالوقت المحدد) إضافة إلى أنها تعطي تقييمات أكثر واقعية لمتطلبات المستخدمين المعتادين فيما يتصل بأزمة التنقل والزمن الاحتياطي.

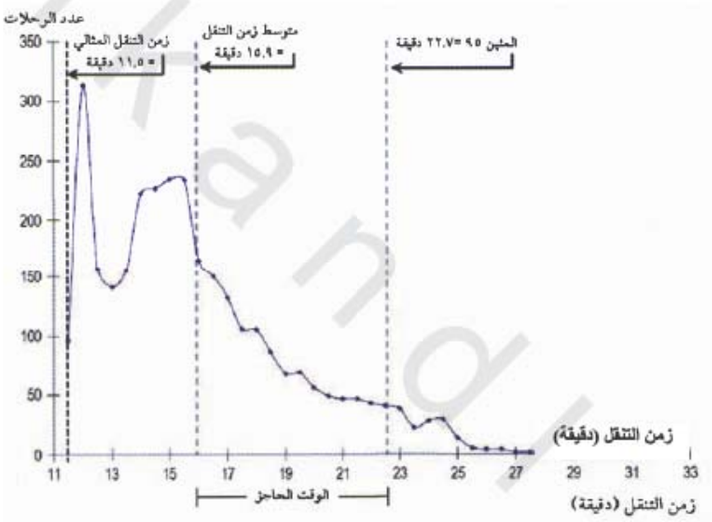
وقد تشير قابلية تغير أزمنة التنقل إلى الفارق في زمن التنقل بين المركبات المختلفة التي تقطع الرحلة ذاتها مغادرة في الوقت ذاته لتصل في الوقت ذاته أيضاً، و/أو الفارق بين الرحلة ذاتها التي تُقطع بأزمنة مختلفة في المغادرة والوصول و/أو الفارق بين الرحلة نفسها التي تُقطع خلال الزمن نفسه في أيام مختلفة. والتعريف الأخير هو ما سنركز عليه في هذا القسم.

وفي هذا السياق، فإن قياس قابلية التغير يرتبط بالتوزع التكراري والانحراف المعياري للرحلات ذاتها التي تبدأ في الوقت نفسه لكن في أيام مختلفة، أي الانحراف في أزمنة التنقل بين يوم وآخر. ويعطي التوزع فكرة عما تخفيه بيانات متوسط السرعة، أي ما إذا كان المتوسط مؤلفاً من رحلات أكثر انتظاماً وأكثر قابلية للتنبؤ أو من رحلات شديدة التنوع ولا يمكن التنبؤ بالأزمنة اللازمة لاجتيازها. لندرس توزيع أزمنة التنقل في الشكل رقم (٢,١). حيث إمكانية التنبؤ بأزمنة ساعات الذروة في الظهيرة والموصوفة إلى اليسار أقل بكثير من توزع أزمنة التنقل مساءً والمصنفة بإحكام والموضحة إلى اليمين.



الشكل رقم (٢,١). توزع السرعة للتنقل في الظهيرة والمساء في الرحلات المتجهة شمالاً (I-5/I-45) في مقاطعة أورانج، كاليفورنيا.

المصدر: *(Oh, J-S and Chung, Y.)*، ٢٠٠٦.



الشكل رقم (٢,٢). توزع أزمنة التنقل: طريق الولاية ٥٢٠ سياتل، في الرحلات المتجهة شرقاً، بين الرابعة مساء وحتى السابعة مساء خلال أيام الأسبوع (بطول ١١,٥ ميلاً).

***المصدر: (FHWA)*، ٢٠٠٥.**

غالباً ما يُظهر توزع سرعات الرحلات/أزمنة التنقل "ذيلاً" طويلاً أيمن حيث يُشير إلى وجود بضع فترات زمنية طويلة أو سرعات تنقل منخفضة بشكل غير متناسب كما يوضح الشكل رقم (٢,٢). إن استهداف **الأسباب** الكامنة وراء أزمنة التنقل **الأكبر** وتخفيف آثارها يمكن أن يُحدث نقلة واضحة في التوزيع نحو اليسار (تقليل متوسط أزمنة التنقل) مع تركز التوزع في الوقت نفسه حول المتوسط الحسابي (مما يجعل أزمنة التنقل أكثر قابلية للتنبؤ)، ويعطي بالتالي مكاسب ملموسة لمستخدمي الطُرق (كما هو موضح بشكل رمزي في الشكل رقم (٢,٣).

استنتاج مؤشرات الموثوقية

هناك ثلاث طُرق أساسية تستخدم لتحديد مؤشرات الموثوقية. وهي :

طريقة الوسط الحسابي مقابل التباين (mean versus variance) : حيث يقاس عدم الموثوقية كانحراف معياري (أو تباين) في توزيع أزمنة التنقل. يمكن الحصول على بيانات قيم الانحراف المعياري من إجراء مسح للتفضيل المعلن سابقاً حسب أقوال مستخدمي الطريق يتضمن تمثيلاً للتباين مع متوسط زمن التنقل.

توزيع النسب المئوية لأزمنة التنقل (المئين) (Percentiles of the travel time distribution) : حيث يقاس عدم الموثوقية كفارق بين النسبة المئوية الثمانين أو التسعين من توزيع أزمنة التنقل القيمة الوسطى أو النسبة المئوية الخمسين. ويمكن مرة أخرى اشتقاق القيمة من تجارب التفضيل المعلنة سابقاً بين المتنقلين.

نماذج الجداول الزمنية (Scheduling models) : حيث يقاس عدم الموثوقية بعدد دقائق تأخر المرء أو تبكيره في المغادرة أو الوصول قياساً إلى الوقت المُفضل (تأخر الجدول الزمني). ويمكن إعطاؤه أيضاً كخاصية في تجربة تفضيل معلنة سابقاً، إلى جانب خصائص أخرى مثل مدة الرحلة وكلفة التنقل.

الشكل رقم (٢,٣). الآثار الافتراضية على توزع أزمنة التنقل وإجمالي زمن التنقل والناجمة عن حذف نسب أزمنة التنقل الخمسة والعشرين الأسوأ.

المصدر: من همر، ر (Hamer, R) وآخرين (٢٠٠٥).

إن الفارق بين عدد الرحلات "الطويلة" و الرحلة "المتوسطة" هو الذي يعطي قابلية التغير في زمن التنقل على الطريق المدروس. ويمكن التعبير عنه إما من خلال الانحرافات المعيارية أو من خلال أزمنة التنقل أو سرعات التنقل ذات المئين x في التوزع (انظر الشكل رقم ٢,٤). يبدو أن العمل في تقصي ملاءمة مؤشرات الموثوقية يشير إلى أن استخدام القيمة الوسطى لتوزيع أزمنة التنقل أفضل من استخدام المتوسط الحسابي وأن قيمة المئين التسعين هي قيمة مرجعية أفضل من الانحراف المعياري[٧].

إن الإدارات التي تعطي المستخدمين معلومات عن قابلية التغير في أزمنة التنقل غالباً ما تقوم بذلك من خلال تحويل المعلومات المتصلة بتوزيع أزمنة التنقل إلى مفاهيم مفهومة أكثر بصورة حدسية مثل "الزمن الاحتياطي" أو زمن "التخطيط للرحلة". إذ يختار المديرون، في الحالة السابقة، قيمة نسبة مئوية تعكس أزمنة التنقل الأكثر تطرفاً بين ما يحتمل أن يصادفه المستخدمون، ويعطونه أيضاً كقيمة "زمن احتياطي" يتعين على المستخدمين استخدامه في تخطيطهم لرحلاتهم. بينما يقوم مديرو الطُرق في الحالة الثانية باشتقاق مؤشر على "زمن التخطيط للرحلة" من خلال مقارنة قيمة النسبة المئوية المتطرفة المختارة والمتوسط الحسابي / قيمة متوسط زمن التنقل. وهكذا، إذا كان زمن التنقل الخمس والتسعين بالمئة على طول ممر ما يستغرق ٢٠ دقيقة، فإن على المستخدمين أن يخططوا لأخذ تلك المدة في حسبانهم حتى يصلوا بالوقت المحدد في ١٩ حالة من أصل ٢٠ (أي ٩٥٪) من رحلاتهم، حتى ولو كان متوسط

زمن التنقل أقصر بكثير. إن وجود فروقات كبيرة بين النسب المئوية العليا لزمن التنقل وقيم المتوسط الحسابي لزمن التنقل يشير إلى ظروف تنقل غير مستقرة ولا يمكن التنبؤ بها، بينما تدل الفروق الطفيفة على ظروف تنقل مستقرة يمكن التنبؤ بها نسبياً.

مؤشرات موثوقية النظام: مثال من المملكة المتحدة

وضعت مديرية النقل في المملكة المتحدة اتفاقية خدمات عامة (PSA) تهدف إلى تقليل عدم الموثوقية في رحلات التنقل ضمن المُدن على شبكة الطُرق الرئيسية والتى تقع مباشرة ضمن مسؤوليات المديرية. ومن المقرر أن تصبح الرحلات على شبكة الطُرق الإستراتيجية بحلول العام ٢٠٠٧- ٢٠٠٨ أكثر مصداقية بحيث:

١- يتم تحقيق الهدف إذا كان متوسط تأخر المركبات في الرحلات العشرة بالمئة الأبطأ على شبكة الطُرق الإستراتيجية في الفترة بين ٢٠٠٧ و٢٠٠٨ أقل مما هو عليه في الفترة المرجعية.

٢- يشمل الهدف الرحلات العشر بالمئة الأبطأ خلال العام لكل طريق محدد ولكل يوم من أيام الأسبوع ولجميع الأوقات على مدار اليوم.

٣- تؤخذ نقطة المقارنة من بيانات عام كامل باستخدام أفضل البيانات المتوفرة في ذلك الوقت.

٤- يتم وضع مجموعة من الأهداف على المدى الأبعد للفترة ما بعد ٢٠٠٧- ٢٠٠٨.

يعتمد الهدف على متوسط تأخر المركبات، المأخوذ من الفروقات بين ما يلاحظ من تأخر في أزمنة الرحلات وبين زمن الرحلة المعتمد كمرجع، والمسجل في الرحلات العشرة بالمئة الأبطأ على مدار اليوم في كل مجموعة من مجموعات الطُرق البالغ عددها ١٠٣ والتى تشكل بمجموعها شبكة الطُرق الإستراتيجية في إنكلترا، لكل ١٥ دقيقة من رحلة الذهاب بين الساعة السادسة صباحاً والثامنة مساء لكل يوم من أيام الأسبوع. ويشير انخفاض المؤشرات إلى رحلات أسرع زمناً ضمن توزيع العشر بالمئة الأبطأ مما يؤدي إلى رحلات أكثر موثوقية إجمالاً. لذلك، ولتحقيق هذا الهدف، يجب أن تكون قيمة المؤشر للسنة المالية ٢٠٠٧- ٢٠٠٨ أقل من قيمة المؤشر من أجل الفترة من آب/أغسطس ٢٠٠٤ حتى حزيران/يوليو ٢٠٠٥.

تضم شبكة الطُرق الإستراتيجية حوالى ٢٥٠٠ وصلة طرقية بين نقاط التقاطع. وتحتفظ هيئة الطُرق السريعة بقاعدة بيانات لأزمنة الرحلات تضم متوسط زمن الرحلة وتدفق حركة المرور في كل وصلة لكل ١٥ دقيقة في اليوم. حيث تدفق حركة المرور هو تقدير لعدد المركبات التى تجتاز الوصلة في فترة ١٥ دقيقة من الزمن. أما زمن الرحلة فهو تقدير متوسط الزمن لجميع هذه المركبات.

obeikandl.com

حدود السرعة ميل/ساعة	السرعة المرجعية ميل/ساعة		
	طريق رئيسي لجميع المركبات طريق مفصول الاتجاهات	طريق رئيسي لجميع المركبات طريق غير مفصول الاتجاهات	طريق سريع
٣٠	٢٢	٢٥	–
٤٠	٣٢	٣٠	–
٥٠	٤٠	٣٧	٥٠
٦٠	٤٥	٥٧	٦٠
٧٠	–	٦٢	٦٧

السرعة المرجعية على الوصلة هى السرعة التى يمكن تحقيقها من الناحية النظرية عندما تتدفق حركة المرور بشكل حر. وتكون عادة أقل من حدود السرعة للسماح بإبطاء السرعة عند نقاط التقاطع وغيرها، وحتى تعكس حقيقة أنه لن يتم الوصول إلى حدود السرعة في المعدل، حتى في أفضل الظروف. استخدمت السرعات المرجعية سابقاً من قبل مديرية النقل (DfT) في نموذجها المروري الوطنى ونماذج أخرى. وجرى تقديرها من متوسط قيم السرعات خارج أوقات الذروة خلال أيام الأسبوع (السرعة الواقعة في منتصف التوزع) والمأخوذة من مسوحات وطنية أجرتها المديرية حول السرعة ولغاية استخدامها كنقطة مقارنة لإجراء المقارنات على أساسها. كمثال على ذلك نذكر أنه يجب النظر إلى السير بسرعة تبلغ ٣٠ ميل/ساعة على طريق حدود السرعة عليه هى ٤٠ ميل/ساعة بصورة مختلفة عن السير بتلك السرعة على طريق سريع حددت السرعة عليه بـ ٧٠ ميل/ساعة. لأن السرعات المرجعية تأخذ في اعتبارها خصائص الطريق، وتساعد مقارنتها بالسرعات الفعلية في تحديد مواضع وجود أي مشكلات. لكنها لا تمثل ما يجدر أن نتوقعه، وخاصة في أوقات الذروة. ولا توجد حالة على توفير ظروف التدفق الحر لجميع مستخدمى الطُرق في كل الأوقات، لأن كلفة ذلك قد تتجاوز المكاسب الناتجة عنه بقدر كبير.

أصبح وضع الأهداف ممكناً بفضل قاعدة البيانات الشاملة حول تدفقات حركة المرور على شبكة الطُرق التى شملها الهدف. إذ يتم جمع البيانات حول متوسط سرعات المرور كل ١٥ دقيقة على كل وصلة مرورية بصورة مستمرة على مدار العام. ويساعد تحليل هذه البيانات على تحديد الرحلات العشرة بالمئة الأبطأ بين جميع الرحلات على كل وصلة. ويركز الهدف على الوصلات التى تعانى من أطول أزمنة تأخير والتى من الأرجح أن تسهم في زيادة عدم موثوقية الرحلات بشكل كبير جداً.

openlanation.com

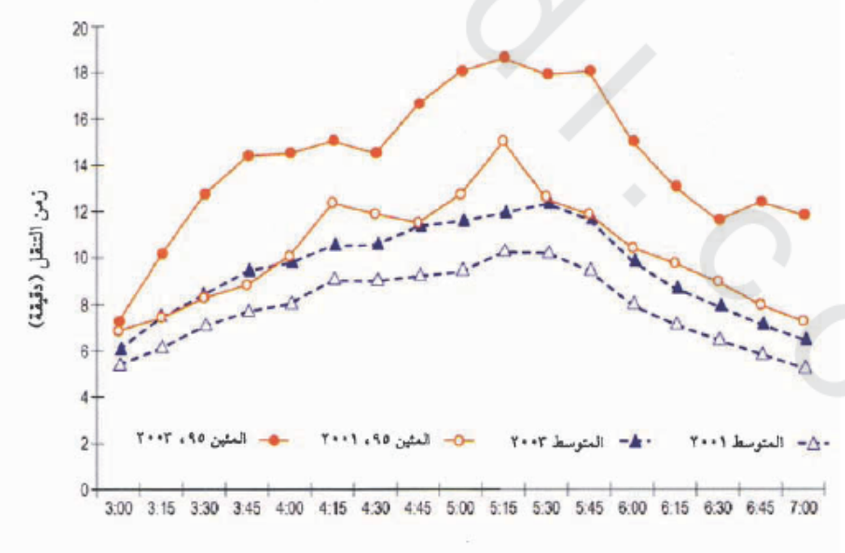
وترتبط موثوقية زمن التنقل بإجمالي مستويات حركة المرور، حيث إن زيادة الاختناق المروري تزيد من عدم الموثوقية في التنقل على الطُرق، كما هو موضح في الشكل رقم (٢,٤). لذلك فقد يكون من المنطقي من وجهة نظر مستخدم الطريق تقديم معلومات تفيد في تخطيط الوقت الحقيقي وتتصل بإمكانية التنبؤ بظروف التنقل، أما المنطقي من وجهة نظر تخطيطية من أجل توجيه السياسات المرورية فهو تعقب سجل البيانات وتعقب بيانات الاتجاهات حول قابلية تغير زمن التنقل، ومراقبتها.

وتعمل إدارة الطُرق الاتحادية السريعة في الولايات المتحدة على اشتقاق عدد من مقاييس الأداء مستندة إلى افتراض أن المتنقلين يجب أن يكونوا قادرين على التخطيط للوصول "بالوقت المحدد" في ١٩ رحلة من أصل ٢٠[٨]. وتشمل هذه المقاييس:

١- زمن التخطيط: وهو الزمن اللازم لقطع الرحلة في أسوأ الظروف تقريباً (زمن التنقل الخمس والتسعين بالمئة).

٢- مؤشر زمن التخطيط: وهو مقدار الزيادة في الزمن الاحتياطي عن زمن التنقل "بتدفق حر" (النسبة بين زمن التنقل الخمس والتسعون بالمئة إلى زمن التنقل بتدفق حر).

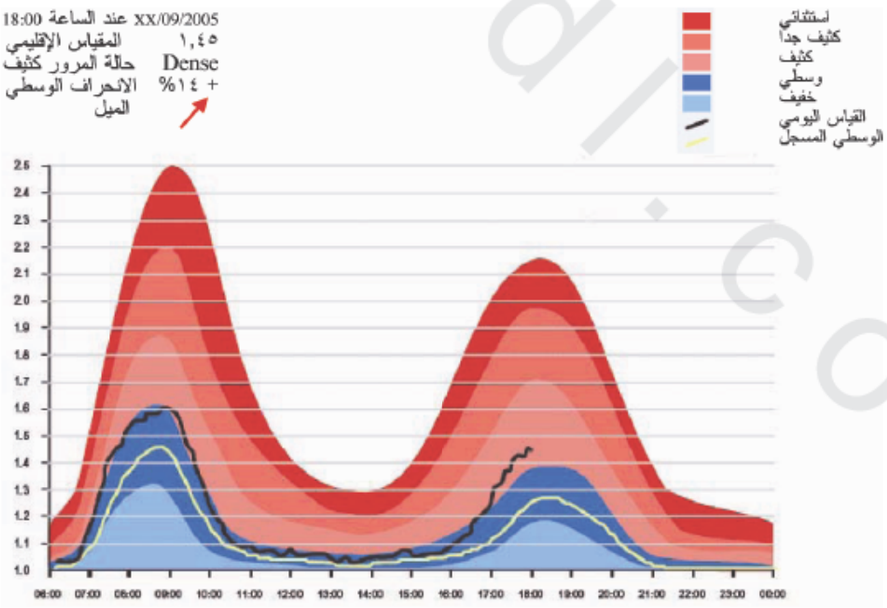
٣- مؤشر الزمن الاحتياطي: وهو مقدار الزمن الاحتياطي كنسبة من متوسط الزمن اللازم لقطع تلك الرحلة (زمن التنقل الخمس والتسعين بالمئة ناقصاً متوسط الزمن ومقسوماً عليه).



الشكل رقم (٢,٤). مؤشر زمن التنقل، وزمن التخطيط، ومؤشر الزمن الاحتياطي: ١- ٩٥ أتلانتا.

المصدر: (FHWA) (2006b).

يوضح الشكل رقم (٢,٥) مؤشر حركة المرور الإقليمية الحقيقية وفقاً لخدمة إدارة العمليات المشتركة بين المديرية الإقليمية للمعدات على طريق إيل دو فرانس. يعكس هذا الرسم البياني مجمل الظروف الحالية على شبكة الطُرق السريعة المجهزة بالمعدات في منطقة باريس (٨٥٠ كم) مقاساً بالنسبة إلى كل من سجل توزع أزمنة/سرعات التنقل المسجلة وسرعات التنقل بتدفق حر (٦٠ كم/ساعة). ويقسم توزيع سجل المشاهدات إلى خمسة نطاقات تتراوح بين ظروف حركة المرور الخفيفة إلى حركة مرور مزدحمة بصورة استثنائية بسبب الاختناق المروري. يظهر سجل مؤشر متوسط التنقل (وهو ما يعكس مؤشراً بديلاً على متوسط زمن التنقل) باللون **الأصفر** بينما تظهر ظروف التنقل الحالية مع تحديثها باستمرار على الخط **الأسود** المستمر. يتم تقسيم المعلومات إلى أعلى اليسار حسب مؤشر زمن التنقل الحالي وظروف حركة المرور، إضافة إلى مدى الشبه بين المؤشر السابق ومتوسط أزمنة التنقل. إن المؤشر الإقليمي ذاته يعكس أزمنة/سرعات التنقل الحالية فيما يتصل بسرعات التدفق الحر بحيث أن قيمة **١** للمؤشر تعني أن أزمنة التنقل تعكس سرعات التدفق الحر، والقيمة **٢** تشير إلى أن أزمنة التنقل تعادل الضعفين في حالة سرعات التدفق الحر، والقيمة **٣** تعني ثلاثة أضعاف، وهكذا دواليك. والشكل يعطي أيضاً انحراف سرعة التنقل الحالية عن سجل متوسط السرعات بشكل نسبة. وبذلك فإن الشكل البياني أعلاه يشير إلى أن أزمنة التنقل عند الساعة ١٨:٠٠ في ذلك اليوم بالذات أكبر بنسبة ٤٥٪ من سرعات التدفق الحر، مما يعني أن حركة المرور "كثيفة" وأن التنقل سوف يستغرق زمناً أطول بنسبة ١٤٪ من متوسط زمن التنقل المحسوب خلال الأشهر القليلة الماضية، وأن هذا التوجه يزداد سوءاً.

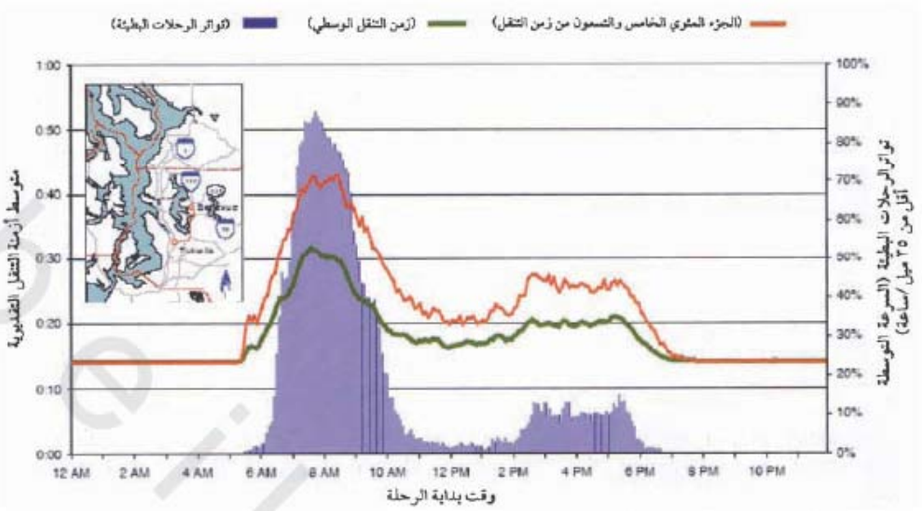


الشكل رقم (٢,٥). مؤشر حركة المرور الفعلية في منطقة إيل دو فرانس (باريس).

المصدر: (SISER)، 2005 (http://www.sytadin.tm.fr/).

يوضح الشكل رقم (٢,٦). أسلوباً مركباً آخراً في تعقب أداء نُظم الطُرق المرورية بهدف المراقبة وتقييم السياسات المرورية. حيث قامت مديرية النقل في ولاية واشنطن في الولايات المتحدة، مثل عدد من هيئات النقل الإقليمية الأخرى حول العالم، بوضع نظام شامل لتقييم أداء الطُرق السريعة يُستخدم لإعلام المتنقلين عن الظروف القائمة وللمساعدة في توجيه سياسات إدارة الاختناق المروري. ويستفاد من هذا النظام متعدد الأرضيات والمعتمد على شبكة من الحلقات المطمورة في حساب أزمنة التنقل الخمس والتسعين بالمئة ومتوسط أزمنة التنقل بهدف مراقبة أداء النظام في مواقع مختارة وعلى طول ممرات محددة ضمن الطُرق السريعة.

يجمع هذا الشكل البياني المركب ثلاثة مقاييس أداء تتصل بالنظام وتغطي أيام العمل النظامية في عام ٢٠٠٣ لممر طرقي محدد. يضم المحور الأيسر تعقباً لكل من متوسط زمن التنقل المسجل للممر الطُرقي وزمن التنقل الخمس والتسعين بالمئة حسب التوقيت من اليوم. يشير الزمن الأول إلى ما يمكن اعتباره أزمنة تنقل "نظامية" (وخاصة إذا كان الفارق ضئيلاً بين متوسط زمن التنقل وزمن التنقل الخمس والتسعين بالمئة) بينما يشير الآخر إلى مقدار الزمن الذي يجب أخذه بعين الاعتبار للوصول بالوقت المحدد في ١٩ رحلة من أصل عشرين. ويشير الفارق بين هذين الخطين إلى إمكانية التنبؤ النسبية، من عدمها، في التنقل على طول الممر الطُرقي. أما المحور الأيمن فهو يتعقب التكرار النسبي للاختناق المروري الشديد (حيث يكون التنقل بسرعات وسطية أقل من ٣٥ ميل/ساعة أو ٥٦ كم/ساعة) حسب التوقيت من اليوم. وبذلك يحتمل بنسبة ٨٠٪ أن يصادف المتنقلون اختناقاً مرورياً "شديداً" على طول هذا الممر الطُرقي حوالي الساعة ٠٨:٠٠ صباحاً وعليهم أن يأخذوا في اعتبارهم أزمنة تنقل تساوي تقريباً ضعفي الأزمنة المعتادة إذا أرادوا التأكد من وصولهم بالوقت المحدد في ١٩ رحلة من أصل عشرين بين رحلاتهم. إن هذه المجموعة من البيانات، التي تؤخذ سنة بعد أخرى وتستخدم لإجراء تقييمات مسبقة ولاحقة أيضاً، تسمح لواضعي السياسات بقياس تقدمهم في إدارة الاختناق المروري وتوفير إمكانية أكبر للتنبؤ بظروف التنقل.



الشكل رقم (٢,٦). متوسط أزمنة التنقل التقديرية وأزمنة التنقل الخمس والتسعين بالمئة وتكرار الاختناق المروري الشديد في عام ٢٠٠٣ : منطقة الأعمال المركزية من توكويلا إلى بيلفيو عبر الطريق I-405 (الحارات المرورية ذات الاستخدام العام — بطول ١٣,٨ ميلاً).

المصدر: مديرية النقل في ولاية واشنطن.

كما نلاحظ أعلاه، فإن البيانات في الشكل رقم (٢,٦). تستخدم أيضاً لغايات تتصل بمعلومات المتنقلين وتحليل السياسات المرورية. حيث يمكن للمتنقلين حساب أزمنة تنقلهم الخمس والتسعين بالمئة بصورة تفاعلية عبر الموقع الإلكتروني لمديرية النقل في واشنطن وتتم مراقبة سجل البيانات لتقييم السياسات المرورية. ويشير هذا التحليل الراجع، في حالة ممر منطقة الأعمال المركزية من توكويلا إلى بيلفيو الموضح أعلاه، إلى درجة من النجاح النسبي في إدارة الاختناق المروري على طول هذا الممر الطُرقي كثيف الاستخدام كما يوضح الجدول رقم (٢,٣).

الجدول رقم (٢,٣). لمحة عامة عن الاختناق المروري والموثوقية بين عامي ٢٠٠١ و٢٠٠٢ : ممر منطقة الأعمال المركزية من توكويلا إلى بيلفيو عبر I-405 (الحارات المرورية ذات الاستخدام العام — بطول ١٣,٨ ميلاً/٢١,٧ كم)، فترة الذروة الصباحية.

متوسط زمن التنقل لأزمنة تنقل أقل من ضعفي التدفق الحر			متوسط زمن التنقل لأزمنة تنقل أكبر من ضعفي التدفق الحر			عدد الأيام التي يزيد فيها زمن التنقل على ضعفي التدفق الحر			متوسط زمن التنقل في أوقات الذروة			متوسط الزمن الاحتياطي (زمن التنقل الخمس والتسعين بالمئة)		
2001	2002	التغيير	2001	2002	التغيير	2001	2002	التغيير	2001	2002	التغيير	2001	2002	التغيير
22m	22m	0%	34m	34m	0%	198	178	- 11%	31m	30m	- 3.2%	43m	41m	-4.6%

المصدر: بريمر وآخرون (Bremmer et al) (٢٠٠٤).

زادت الموثوقية على الممر الطُرقي من توكويلا حتى بيلفيو من عام ٢٠٠١ وحتى عام ٢٠٠٢ خلال أوقات الذروة الصباحية مما سمح للمتنقلين بإنقاص دقيقتين من أزمنة تنقلهم الخمس والتسعين بالمئة، كما زادت سرعات التنقل في أوقات الذروة بشكل طفيف وحدث انخفاض كبير في عدد الأيام التي يتوقع فيها المتنقلون أن يصادفوا حركة مرور كثيفة (- ١١٪). قد تكون هذه التحسينات محجوبة إذا ما تمت مراقبة متوسط أزمنة التنقل فقط لأن متوسط زمن التنقل سواءً لحركة المرور الخفيفة أو الكثيفة لم يتغير أبداً خلال الفترة نفسها.

(٢,٢,٣) مؤشرات التعرض للاختناق المروري على الطُرق

يرتبط العنصر الثالث والأخير في ثلاثية مجموعات مؤشرات الاختناق المروري بكيفية تأثير الاختناق المروري الحاصل على الطُرق على إجمالي أداء النظام المروري. وهي "مجموعة" غير مكتملة من المؤشرات التي تسعى عموماً إلى إعطاء قياس نسبي لعدد المتنقلين الحضريين المتأثرين بالاختناق المروري. والاختناق المروري على الطُرق، كما لاحظنا سابقاً، ما يزال ظاهرة وقتية ؛ وبالتالي فإن واضعي السياسات قد يسعون عموماً إلى معرفة نسبة التنقل الحاصل في ظروف الاختناق المروري. ويبدو واضحاً بالنسبة للرحلات اليومية أن غالبية رحلات التنقل على الطُرق تتم خلال فترات الذروة الصباحية والمسائية. لكن يبدو أن أهمية التنقل خلال فترة الذروة أقل وضوحاً لغايات أخرى تتصل بالتنقل. وتقول إدارة الطُرق الاتحادية السريعة في الولايات المتحدة، على سبيل المثال إن "معظم شركات النقل البري تعمل باجتهاد لتنظيم الجدول الزمني لتنقلات شاحناتها خارج أوقات الذروة ولجعل مساراتها تدور حول التضيقات المرورية (عُنق الزجاجة) المعروفة. إذ عادة ما يبلغ حجم حركة مرور شاحنات النقل ذروته خلال فترة منتصف النهار، وخاصة على الطُرق السريعة الحضرية داخل الولايات، ويكون مرتفعاً نسبياً في المساء والصباح الباكر مقارنة بحجوم حركة مرور المركبات الخفيفة"[٩]. والخلاصة إذن أن تنقل الشاحنات أقل عرضة نسبياً لظروف الاختناق المروري من حركة مرور الرحلات اليومية.

ثمة شكل آخر من أشكال التعرض للاختناق المروري وهو يرتبط بعدد المتنقلين العالقين في الطُرق المكتظة بسبب الاختناق المروري مقابل العدد الكلي للمتنقلين خلال فترات الذروة اليومية. ربما بدا هذا النوع من المقاييس مفيداً فعلاً لأنه يمكن أن يوجه مشاريع السياسات المرورية الساعية إلى تحسين أداء نظام النقل بشكل عام. ومن الواضح أن أهمية الاختناق المروري في السياسات المرورية في مدينة تحدث فيها نسبة ٩٨٪ من التنقلات خلال ساعات الذروة على الطُرق تختلف عن أهميتها في مدينة تقل فيها النسبة السابقة إلى ٦٠٪ فقط. وحتى يكون هذا المقياس مفيداً يجب أن يسعى أيضاً إلى إعطاء جودة الطُرق نسبة لجودة النقل العام. ومن الضروري أن يعمل على مقارنة أزمنة التنقل وإمكانية التنبؤ بظروف التنقل بين الأنماط المختلفة، إلى جانب قياس إمكانية الوصول إلى الوجهات المرغوبة عبر الطُرق في مقابل استخدام النقل العام. حيث تتم معظم تنقلات النقل العام (رحلات الحافلات وطرق الترام المتواصلة) على الطُرق المكتظة ذاتها بسبب الاختناق المروري التي تستخدمها المركبات،

وهي لذلك معرضة مثلها للاختناق المروري نفسه. ورغم التوجه في بعض الدول لفصل حركة مرور الحافلات والترام عن تنقل المركبات، وبشكل خاص لتنفيذ نُظم النقل السريع بالحافلات (BRT) التي تقدم خدمات شبيهة بما تقدمه السكك الحديدية على ممرات طرقية مستقلة تماماً، إلا أن أي قياس للتعرض النسبي إلى الاختناق المروري يجب أن يأخذ في اعتباره ما يتركه الاختناق المروري الحاصل على الطُرق من آثار على خدمات الحافلات والترام.

ومع أن إدارات الطُرق والنقل العام تملك عناصر هذا المقياس المركب، إلا أن المقاييس التشغيلية الشاملة على التعرض إلى الاختناق المروري عبر **الأنماط** ما زالت بحاجة إلى تطوير. وهو مجال يتطلب مزيداً من الإبداع والبحث.

ملخص الفصل

١- إن قياس الاختناق المروري خطوة مهمة في سبيل إعطاء نتائج أفضل في إدارته. يمكن أن تستند المقاييس الجيدة إلى شبكة واسعة من الحساسات الطُرقية، لكن المقاييس البسيطة المعتمدة على مراقبة أقل قوة تستطيع أن تؤمن توجيهاً كافياً للسياسات المرورية.

٢- لا يجوز استخدام سرعات التدفق الحر كنقطة مقارنة مباشرة في دراسة أداء النظام.

٣- من المهم تعقب المقاييس ذات الصلة بمستخدمي الطُرق (إمكانية التنبؤ بأزمنة التنقل وموثوقية النظام) إضافة إلى المقاييس ذات الصلة بمشغلي النُظم الطُرقية (مثل السرعة والتدفق) ؛

٤- يجب أن تستخدم مجموعات المقاييس لإعطاء مدى تطور الاختناق المروري ومقياسه النسبي.

٥- لا بد من مجموعة أساسية من مقاييس الاختناق المروري تُقدِّم للشبكة الطُرقية ككل ووصلات طرقية بعينها ما يلي :

أ - مقياساً لزمن التنقل.

ب- مقياساً للموثوقية أو إمكانية التنبؤ بزمن التنقل.

ج- مقياساً، إن أمكن، لتعرض المتنقلين إلى الاختناق المروري.

ملاحظات

(١) نيوبري، د. (Newbery, D.) وسانتوس، ج. (Santos, G.) (٢٠٠٣).

(٢) مُنظمة التعاون الاقصادي والتنمية، (١٩٩٧)، الصفحة ٤٥.

(٣) فوجيتو، آي (Fujito, I.) وآخرون (٢٠٠٦).

(٤) بيرتيني، آر (Bertini, R.) (2005a) وبيرتيني، آر (2005b).

obeikandl.com

(٥) ذكرت مدريرية النقل في مينيسوتا، الولايات المتحدة أن التنقل في ساعات الذروة على الطُرق السريعة بسرعات أقل من ٤٥ ميل/ساعة (٧٢ كم/ساعة) يعتبر "مكتظاً بسبب الاختناق المروري"، ويقل الرقم في كاليفورنيا إلى ٣٥ ميل/ساعة (٥٦ كم/ساعة) خلال "١٥ دقيقة أو أكثر في يوم عادي من أيام الأسبوع" (بيرتيني، 2005a). أما في منطقة إيل دو فرانس في فرنسا، التي تغطي منطقة باريس الكبرى، فإن السرعات التي تزيد على ٦٠ كم/ساعة تعتبر "حركة مرور متدفقة" ((SYTADIN)، ٢٠٠٦). ويقال، في المنطقة ذاتها، أن العوائق المرورية تحدث عندما تقل سرعات التنقل على الطُرق السريعة عن ٣٠ كم/ساعة، ولا يعتبر أنها اختفت إلا إذا زادت السرعات لتصل إلى ٦٠ كم/ساعة.

(٦) تشيريت ت. (Cherrett T.)، مكدونالد م. (McDonald M.) (٢٠٠٢).

(٧) براونستون، د. (Brownstone, D.) وسمول، ك. (Small, K.) (٢٠٠٥).

(٨) النسبة الخمس والتسعين بالمئة.

(٩) (http://www.fhwa.dot.gov/policy/otps/bottlenecks/chap4.htm).

obeikandl.com