

Lecture Four

Travel Time Studies

Introduction

Speed, travel time, and delay are all related measures commonly used as performance indicators for traffic facilities. All relate to a factor that is most directly experienced by motorists: How long does it take to get from A to B? Motorists have the obvious desire to complete their trip in the minimum time consistent with safety. The performance of a traffic facility is often described in terms of how well that objective is achieved.

السرعة، زمن الرحلة، وزمن التأخير كلها مقاييس شائعة تستخدم كمؤشرات أداء لأنظمة المرور. وكلها مرتبطة بعوامل يختبرها سائقي المركبات: كم من الوقت يستغرق للانتقال من أ إلى ب. إن سائقي المركبات لديهم رغبة لإكمال رحلتهم بأقل زمن مع توفر السلامة. إن أداء أنظمة المرور والطرق عادة توصف بدلالة إلى أي مدى تم تحقيق جودة الهدف.

In the Highway Capacity Manual, for example, average travel speed is used as a measure of effectiveness for arterials, two-lane rural highways, and more extensive facility evaluations. Control delay is the measure of effectiveness for signal and STOP-controlled intersections, and roundabouts. Whereas freeways use density as a primary measure of effectiveness, speed is an important component of the evaluation of freeway facilities system operation.

في دليل السعة الأمريكي، كمثال، تستخدم متوسط سرعة النقل كمؤشر لحساب فعالية الطرق الشريانية، الطرق الريفية ذات الممرين، والخ من منشآت النقل. إن زمن التأخير التحكم هو مؤشر للتقاطعات ذات الإشارات الضوئية وعلامات التوقف في التقاطعات غير المزودة بإشارات ضوئية والدوارات. في حين إن الطرق الحرة السريعة، تعتبر الكثافة المرورية كمقياس للفعالية، السرعة هي عامل مهم في تقييم أنظمة التشغيل المروري للطرق الحرة السريعة.

Thus, it is important that traffic engineers understand how to measure and interpret data on speed, travel time, and delay in ways that yield a basic understanding of the quality of operations on a facility, and in ways that directly relate to defined performance criteria. Speed is also an important factor in evaluating high-accident locations as well as in other safety-related investigations.

وبالتالي من المهم أن يفهم مهندسي المرور كيفية قياس وتفسير البيانات المتعلقة بالسرعات، زمن الرحلة، التأخير التي تؤدي إلى فهم أساسي لجودة التشغيل المروري للطرق، وبطرق تتعلق مباشرة بمعايير الأداء. تعد السرعة أيضاً عاملاً مهماً في تقييم المواقع ذات نسبة الحوادث العالية وكذلك التحريات الأخرى المتعلقة

Speed is inversely related to travel time. The reasons and locations for measuring speeds or travel times are quite different. Speed measurements are often taken at a point (or a short segment) of the roadway under free-flow conditions. The intent is to determine the speeds that drivers select, unaffected by the existence of congestion. This information is used to determine general speed trends, to help determine reasonable speed limits, and to assess safety. Such studies are referred to as "spot speed studies," because the focus is on a designated "spot" in a facility.

ترتبط السرعة عكسياً مع زمن الرحلة. يتم قياس السرعة عادة على نقطة معينة على الطريق (أو مقطع صغير) في ظروف التدفق الحر. إن الهدف تحديد السرعات التي يختاروها سائقي المركبات دون تأثير الزحامات المرورية. تستخدم هذه المعلومات في تحديد نمط السرعات وتحديد الحدود القصوى للسرعة ولتقييم السلامة. يشار إلى مثل هذه الدراسات (بدراسات السرعة الموقعية) لأن التركيز يكون على موقع محدد في منشآت الطرق.

Travel time must be measured over a distance. While spot speeds can indeed be measured in terms of travel times over a short measured distance, generally less than 1,000 ft, most travel time measurements are made over a significant length of a facility. Such studies are generally done during times of congestion specifically to measure or quantify the extent and causes of congestion.

يجب قياس زمن الرحلة على طول مسافة. في حين يمكن قياس السرعات بدلالة زمن الرحلة لمسافة قصيرة، عادة أقل من ١٠٠٠ قدم، أغلب قياسات زمن الرحلة تكون لطول كبير على منشآت الطرق. يتم إجراء مثل هذه الدراسات خلال فترة الذروة لقياس أو تحديد أسباب الزحامات المرورية.

Definition and Terms

In general terms, the delay is a portion of the total travel time. It is a portion of travel time that is particularly identifiable and unusually annoying to the motorist. Delay along an arterial, for example, might include stopped time due to signals, midblock obstructions, or other causes of congestion.

بشكل عام، التأخير هو جزء من زمن الرحلة الإجمالي. هو جزء من زمن الرحلة الإجمالي الذي يمكن معرفته بشكل خاص ويكون مزعج بشكل غير عادي لسائقي المركبات. قد يشمل زمن التأخير على طول الشوارع الشريانية، مثال على ذلك، التوقيات بسبب الإشارات الضوئية، والعوائق في منتصف الشوارع في بعض الأحيان، وأسباب أخرى للزحام المروري.

At signal and STOP-controlled intersections, delay takes on more importance, as travel time is difficult to define for a point location. Unfortunately, delay at intersections, specifically signalized intersections, has many different definitions, and the traffic engineer must be careful to use measurements and criteria that relate to the same delay definition. Some of the most frequently used forms of intersection delay include the following:

عند التقاطعات ذات الإشارة الضوئية وعلامات التوقف، يعتبر التأخير عامل مهم، حيث من الصعوبة تحديد زمن الرحلة لنقطة في الموقع. لسوء الحظ، التأخير في التقاطعات وخاصة في التقاطعات المزودة بإشارات ضوئية له تعاريف وأنواع مختلفة، ويجب على مهندسي المرور أن يكون حريصاً على استخدام القياسات والمعايير التي تتعلق بنفس تعريف التأخير.

✚ **Stopped-time delay**—the time a vehicle spends stopped waiting to proceed through a signal or STOP-controlled intersection.

زمن تأخير الوقوف: هو الزمن المستغرق نتيجة توقف المركبة خلال إشارة أو علامة توقف

✚ **Approach delay**—adds the delay due to deceleration to and acceleration from a stop to stopped time delay.

زمن تأخير المقرب: هو تأخير نتيجة التباطيء والتعجيل من خط التوقف ويضاف الى زمن التأخير التوقف.

✚ **Time-in-queue delay**—the time between a vehicle joining the end of a queue at a signal or STOP-controlled intersection and the time it crosses the STOP line to proceed through the intersection.

زمن تأخير الطابور: هو الزمن بين إنضمام المركبة في نهاية الطابور في علامة التوقف أو الإشارة الضوئية وزمن عبور خط التوقف في التقاطع.

✚ **Control delay**—the total delay at an intersection caused by a control device (either a signal or a STOP sign), including both time-in-queue delay plus delays due to acceleration and deceleration.

زمن تأخير التحكم: هو الزمن الكلي في التقاطع بسبب أجهزة التحكم (سواء كان إشارة ضوئية أو علامة توقف) بما في ذلك تأخير الطابور في قائمة الإنتظار والتأخير بسبب التباطيء والتعجيل.

Control delay was a term introduced in the 1985 Highway Capacity Manual, and it is used as the measure of effectiveness for signal, STOP-controlled intersections, and roundabouts.

تم تعريف زمن تأخير التحكم في دليل السعة الأمريكي ١٩٨٥، ويستخدم لقياس فعالية الإشارات الضوئية وعلامة التوقف في التقاطعات المرورية والدوارات.

Along routes, another definition of delay may be applied: travel-time delay is the difference between the actual travel time traversing a section of highway and the driver's expected or desired travel time. It is more of a philosophic approach, as there are no clearly accurate methodologies for determining the expected travel time of a motorist over a given section of highway. For this reason, it is seldom used for assessing congestion along a highway segment.

على طول الطرق، هناك تعريف آخر للتأخير ممكن تطبيقه: زمن الرحلة هو الفرق بين زمن الرحلة الفعلي المستغرق في قطع مسافة على الطريق والمتوقع أو المطلوب لسائق المركبة. إنه نهج فلسفي، حيث لا توجد منهجيات دقيقة بشكل واضح لتحديد زمن الرحلة المتوقع لسائقي المركبات على مسافة معينة في الطريق السريع. لهذا نادراً ما يتم استخدامه لتقييم الزحامات المرورية على مقاطع الطرق السريعة.

Because speeds are generally studied at points under conditions of free flow and travel times and delays are generally studied along sections of the roadway under congested conditions, the study techniques for each are quite different. Although sharing many similar elements, the analysis of data and the presentation of results also differ somewhat.

نظراً لأن السرعات تدرس عامة في نقاط تحت ظروف التدفق الحر وزمن الرحلة والتأخير يدرس في نقاط في الطرق تحت ظروف الزحام المروري، تقنيات الدراسة لكل منهما مختلفة. على الرغم من مشاركة العديد من العوامل المتشابهة، إلا أن تحليل البيانات وعرض النتائج يختلفان إلى حد ما.

Field Study Techniques

Because travel time studies take place over significant lengths of highways, it is difficult to remotely observe the behavior of individual vehicles from outside the traffic stream. The general method of collecting data is to use a series of test vehicles driven in the traffic stream. An observer is riding with each test vehicle.

نظراً لأن دراسة زمن الرحلة تتم على أطوال كبيرة من الطرق السريعة، فمن الصعوبة مراقبة سلوك السائق عن بعد للمركبات الفردية خارج التدفق المروري. تتمثل الطريقة العامة لجمع البيانات في استخدام سلسلة من مركبات الاختبار التي يتم قيادتها في مسار حركة المرور. هناك مراقب يركب مع كل مركبة

The observer records the times at which key locations are passed and makes notes on any stopped delay times, and the causes of those delays where possible. As an alternative to carrying an observer with each vehicle, test vehicles can be equipped with automated recording devices.

يدون المراقب الأوقات التي يتم فيها مرور المواقع الرئيسية والأسباب والملاحظات للتأخير حيثما أمكن ذلك. كبديل للمراقب مع كل مركبة، يمكن تجهيز المركبات بأجهزة تدوين آلية.

To ensure consistency in test car results, drivers are generally instructed to use one of three specific driving techniques: لتأكيد التوافق في نتائج مركبة الاختبار، يطلب من سائقي المركبات عادة استخدام ثلاث تقنيات

- **Floating Car Technique:** In the floating car technique, the driver seeks to maintain his/her position in the flow of vehicles. This is done in the following way: the driver will pass one vehicle for every vehicle that is observed passing the test car.
تقنية المركبة العائمة: في هذه التقنية يسعى السائق إلى الحفاظ على موقعه في تدفق المركبات. يتم ذلك بالطريقة التالية: سوف يجتاز السائق مركبة واحدة لكل مركبة تم ملاحظتها تجتاز مركبة الاختبار.
- **Maximum Car Technique:** In this approach, the driver is instructed to go as fast as possible, consistent with safety, without ever exceeding the design speed (or speed limit) of the roadway.
تقنية المركبة العظمى: في هذه التقنية يطلب من السائق بالقيادة بأعلى سرعة ممكنة مع الحفاظ على السلامة وعدم تجاوز السرعة التصميمية أو (السرعة القصوى) للطريق.

- **Average Car Technique:** In this case, the driver is instructed to approximate the average speed of vehicles (based on driver judgment).

تقنية المركبة المتوسطة: في هذه التقنية يطلب من السائق بالقيادة بمتوسط السرعة للمركبات (اعتماداً على حكم السائق).

The floating car and average car techniques yield estimates of average travel times through the study segment. The maximum car technique yields a higher speed and lower travel times, sometimes approaching the 85th percentile speed of the distribution, which yields travel times at about the 15th percentile. Thus, it is critical that all test car drivers use the same driving technique.

تعطي تقنية المركبة العائمة والمركبة المتوسطة متوسط أزمان الرحلة لمقطع الدراسة. ينتج عن تقنية المركبة العظمى سرعة أعلى وزمن رحلة أقل وعادة يمثل ٨٥ من المئة من السرعات في التوزيع، و ١٥ من المئة من أزمان الرحلة. ولهذا من الأهمية أن يستخدم سائقي المركبات نفس تقنية القيادة.

The floating car method is very difficult to implement for drivers. It is virtually never used on multilane highways, where the number of passing vehicles may be large, requiring the driver to proceed aggressively to pass many vehicles as well. It can be an effective technique on two-lane facilities where passing maneuvers are rare.

إن طريقة تنفيذ تقنية المركبة العائمة صعبة نوعاً ما لسائقي المركبات. لا يتم استخدامها فعلياً على الطرق السريعة متعددة الممرات، حيث يكون عدد المركبات المتجاوزة كبير، ويتطلب من سائق المركبة القيادة بإندفاع لتجاوز العديد من المركبات أيضاً. يمكن أن تكون تقنية فعالة في الطرق ذات الممرين حيث تكون مناورة التجاوز نادرة نوعاً ما.

While test car techniques are frequently used to gather travel time data, care must be taken to avoid using so many test cars that the travel time behavior of the traffic stream is fundamentally altered. Thus, sample sizes resulting from test-car studies are relatively low, and this can negatively impact the statistical accuracy and precision of the study results.

بينما تستخدم تقنيات اختبار المركبة بشكل متكرر لجمع بيانات زمن الرحلة، يجب توخي الحذر لتجنب استخدام العديد من المركبات التجريبية بحيث يتم تغيير سلوك أزمان الرحلة في التدفق المروري. وبالتالي فإن حجم العينة الناتجة عن دراسات مركبة الاختبار تكون قليلة نوعاً ما وهذا يؤثر سلباً على الدقة الإحصائية ودقة نتائج الدراسة.

There are other techniques that can be used to collect travel time data without the use of test cars. One technique is to record license plate numbers and the time they are observed at key locations along a study route. Matching software is used to identify individual vehicles and their travel times between the points of observation. There are two key limitations to such an approach:

هناك تقنيات أخرى يمكن استخدامها لجمع بيانات زمن الرحلة دون استخدام مركبات الاختبار. تتمثل إحدى التقنيات في تدوين أرقام لوحة ترخيص المركبات ووقت ملاحظتها في الموقع على طول منطقة الدراسة. يتم استخدام برامج المطابقة لتحديد المركبات الفردية وأزمان الرحلة بين نقاط الرصد. هناك نوعين من القيود لمثل هذه المنهجية وهي:

- Although total travel time between observation points is obtained, there is no detailed information on conditions or events in between, and على الرغم من الحصول على إجمالي زمن الرحلة بين نقاط الرصد، لا توجد معلومات تفصيلية عن الظروف أو الأحداث بينهما
- Sampling can be difficult, given that it is almost impossible to observe all license plates of all vehicles at any given point.

قد يكون أخذ العينات أمراً صعباً، نظراً لأنه يكاد يكون من المستحيل مراقبة جميع لوحات ترخيص المركبات في أي نقطة معينة

The sampling issue is straightforward: assume that there are four observation points and that at each point, 50% of all license plates are recorded. How many data sets will include the same vehicle at all observation points? The probability of a specific observation at one point is 0.50. The probability of observing the same vehicle at two observation points is $0.50 \times 0.50 = 0.25$.

إن مسألة أخذ العينات واضحة ومباشرة: افترض إن هناك أربع نقاط مراقبة وإنه في كل نقطة يتم تسجيل ٥٠% من جميع لوحات ترخيص المركبات. كم عدد مجموعات البيانات التي ستشمل نفس المركبة في جميع نقاط المراقبة؟ احتمالية المراقبة في كل نقطة ٠.٥. وإحتمالية مراقبة نفس المركبة هي $٠.٥ \times ٠.٥ = ٠.٢٥$.

The probability of observing the same vehicle at three observation points is $0.50 \times 0.50 \times 0.50 = 0.125$. **إحتمالية رصد نفس المركبة ثلاث مرات في نقطة معينة $٠.٥ \times ٠.٥ \times ٠.٥ = ٠.١٢٥$**

The probability of observing the same vehicle at all four observation points is $0.50 \times 0.50 \times 0.50 \times 0.50 = 0.0625$. **إحتمالية رصد نفس المركبة أربعة مرات في نقطة معينة $٠.٥ \times ٠.٥ \times ٠.٥ \times ٠.٥ = ٠.٠٦٢٥$**

Therefore, even if 50% of all vehicles are recorded at each point, the sample size yielding all four times is 6.25%. **لذلك حتى لو تم تدوين ٥٠% من جميع المركبات في كل نقطة، فإن حجم العينة الذي ينتج عنه جميع الأربعة مرات هو ٦.٢٥%.**

If more observation points are needed, then the sample size issue becomes even more difficult. **إذا كانت هناك حاجة الى المزيد من نقاط الرصد، فإن مشكلة حجم العينة تصبح أكثر صعوبة.**

The license plate technique is most often used where there are only two observation points, perhaps three. In such cases, a reasonable matching sample can exceed what would be possible with test cars. Intermediate information along the route, however, would be lost.

غالبا ما يتم استخدام تقنية لوحة التراخيص عندما لا يوجد سوى نقطتين للرصد أو ربما ثلاث نقاط. في مثل هذه الحالات، يمكن أن تتجاوز عينة مطابقة ما يمكن أن يكون ممكنا مع مركبات الاختبار. مع ذلك إن المعلومات الوسيطة على طول الطريق ستفقد.

In rare cases, an elevated vantage point will be available that allows real-time tracking of vehicles along a study segment of significant length. A number of observers would be needed, however, as a single observer will only be able to follow one vehicle at a time.

في حالات نادرة ستتوفر نقاط مراقبة ذات مواقع تحكم أفضل تتيح مراقبة المركبات على طول منطقة الدراسة. وسيكون هناك الحاجة لعدد كبير من المراقبين ومع ذلك لن يتمكن مراقب واحد الا من مراقبة مركبة واحدة في كل مرة.

The sample data sheet of Table 1 is for a 7-mile section of Highway, which is a major suburban multilane highway of six lanes. Checkpoints are defined in terms of mileposts. Intersections or other known geographic markers can also be used as identifiers. The elapsed stopwatch time to each checkpoint is noted. Section data refers to the distance between the previous checkpoint and the checkpoint noted. Thus, for the section labeled MP 16, the section data refer to the section between mileposts 16 and 17.

حجم العينة للبيانات في الجدول رقم ١ لطريق سريع طوله ٧ ميل متعدد الممرات (٦ ممرات) في الضواحي. يتم تعريف نقاط المراقبة من خلال العلامات. يتم أيضا استخدام التقاطعات وغيرها من المعالم الجغرافية كمعرفات. يتم تدوين ساعة التوقف لكل نقطة تفتيش. تشير البيانات المقطعية الى المسافة ما بين نقطة المراقبة اللاحقة والمذكورة. وبالنسبة للقسم المسمى M16، تشير البيانات الى القسم ما بين M16 و M17.

The total stopped delay experienced in each section is noted, along with the number of stops. The “special notes” column contains the observer’s determination of the cause(s) of the delays noted. Section travel times are computed as the difference between cumulative times at successive checkpoints.

تمت الإشارة إلى إجمالي تأخير التوقف في كل قسم مع عدد التوقيفات. يوضح عمود الملاحظات الخاصة لتحديد الأسباب للتأخير من قبل المراقب. يحسب زمن الرحلة لكل قسم الفرق بين الزمن التراكمي لكل نقاط المراقبة اللاحقة.

Table 1: A Sample Travel Time Field Sheet.

Site: <u>Lincoln Highway</u>		Run No. <u>3</u>		Start Location: <u>Milepost 15.0</u>		
Recorder: <u>William McShane</u>		Date: <u>Aug. 10, 2002</u>		Start Time: <u>5:00 PM</u>		
نقاط المراقبة Checkpoint	المسافة التراكمية Cum. Dist. Along Route (mi)	زمن التأخير التراكمي Cum. Trav. Time (min:sec)	Per Section			ملاحظات سبب التأخير Special Notes
			تأخير التوقف Stopped Delay (s)	عدد التوقيفات No. of stops	Section Travel Time (min:sec)	
MP 16	1.0	1:35	0.0	0	1:35	Stops due to signals at: MP17.2 MP17.5 MP18.0
MP 17	2.0	3:05	0.0	0	1:30	
MP 18	3.0	5:50	42.6	3	2:45	
MP 19	4.0	7:50	46.0	4	2:00	Stops due to signal MP18.5 and double- parked cars.
MP 20	5.0	9:03	0.0	0	1:13	Stop due to School bus.
MP 21	6.0	10:45	6.0	1	1:42	
MP 22	7.0	12:00	0.0	0	1:15	
Section Totals	7.0		88.6	8	12:00	

In this study, the segments ending in MP 18 and 19 display the highest delays and, therefore, the highest travel times. If this is consistently shown in all or most of the test runs, these sections would be subjected to a more detailed study. As the delays are indicated as caused primarily by traffic control signals, their timing and coordination would be examined carefully to see if they can be improved. Double parking is also noted as a cause in one segment. Parking regulations would be reviewed, along with available legal parking supplies, as would enforcement practices.

في هذه الدراسة تظهر المقاطع M16 و M17 أعلى زمن تأخير وبالتالي أعلى زمن رحلة. إذا تم عرض هذا باستمرار في جميع جولات الاختبار، ستخضع هذه الأقسام لدراسة أكثر تفصيلاً. نظراً لأنه يشار إلى زمن التأخير الناتج بسبب علامات التحكم المرورية والتوقف فسيتم التحري عن الأوقات والتنسيق بصورة دقيقة لغرض التحسين. يشار أيضاً إلى وقوف المركبات في أكثر من ممر مما يسبب تأخير في أحد الأقسام. سيتم مراجعة أحكام وقوانين مواقف المركبات القانونية على الشوارع وتنفيذ القوانين.

Travel Time Data along an Arterial: An Example in Statistical Analysis

Given the cost and logistics of travel-time studies (test cars, drivers, multiple runs, multiple days of study, etc.), there is a natural tendency to keep the number of observations, N , as small as possible. This case considers a hypothetical arterial on which the true mean running time is 196 s over a 3-mile section. The standard deviation of the travel time is 15 s. The distribution of running times is normal. Note that the discussion is, at this point, limited to running times. These do not include stopped delays encountered along the route and are not equivalent to travel times, as will be seen.

نظرا" للتكلفة والخدمات اللوجستية لدراسات زمن الرحلة (مركبة الاختبار، سائقي المركبات، جولات الاختبار، عدد الأيام للدراسة، الخ)، هناك ميل طبيعي نحو عدد جولات أقل N قدر الإمكان. نفترض حالة دراسية لطريق شرياني حيث إن معدل زمن الرحلة الحقيقي هو ١٩٦ ثانية على طول ٣ أميال. إن الانحراف المعياري لزمن الرحلة هو ١٥ ثانية. التوزيع لزمن الرحلة هو توزيع طبيعي. لاحظ إن المناقشة في هذه الحالة تقتصر على زمن الجريان. لا تشمل هذه الأزمنة زمن التوقفات على طول مقطع الدراسة ولا تعادل زمن الرحلة كما سنرى لاحقا".

Given the normal distribution of travel times, the mean travel time for the section is 196 s, and 95% of all travel times would fall within $1.96(15) = 29.4$ s of this value. Thus, the 95% confidence interval for travel times would be between $196 - 29.4 = 166.6$ s and $196 + 29.4 = 225.4$ s.

نظرا" لان التوزيع لزمن الرحلة هو طبيعي فإن متوسط زمن الرحلة هو ١٩٦ ثانية، و٩٥% من أزمنة الرحلة تقع ضمن ١٩.٦ (١٥) ثانية من هذه القيمة. وبالتالي فإن مستوى الثقة ٩٥% لأزمنة الرحلة سيكون ما بين ١٩٦ - ٢٩.٤ = ١٦٦.٦ ثانية و ١٩٦ + ٢٩.٤ = ٢٢٥.٤ ثانية.

The speeds corresponding to these travel times (including the average) are:

السرعات المقابلة لأزمنة الرحلة (متضمنة المتوسط) هي كالتالي:

$$S_1 = (3 \text{ mi} / 225.4 \text{ s}) \times 3600 \text{ s/h} = 47.9 \text{ mi/h}$$

$$S_{av} = (3 \text{ mi} / 196 \text{ s}) \times 3600 \text{ s/h} = 55.1 \text{ mi/h}$$

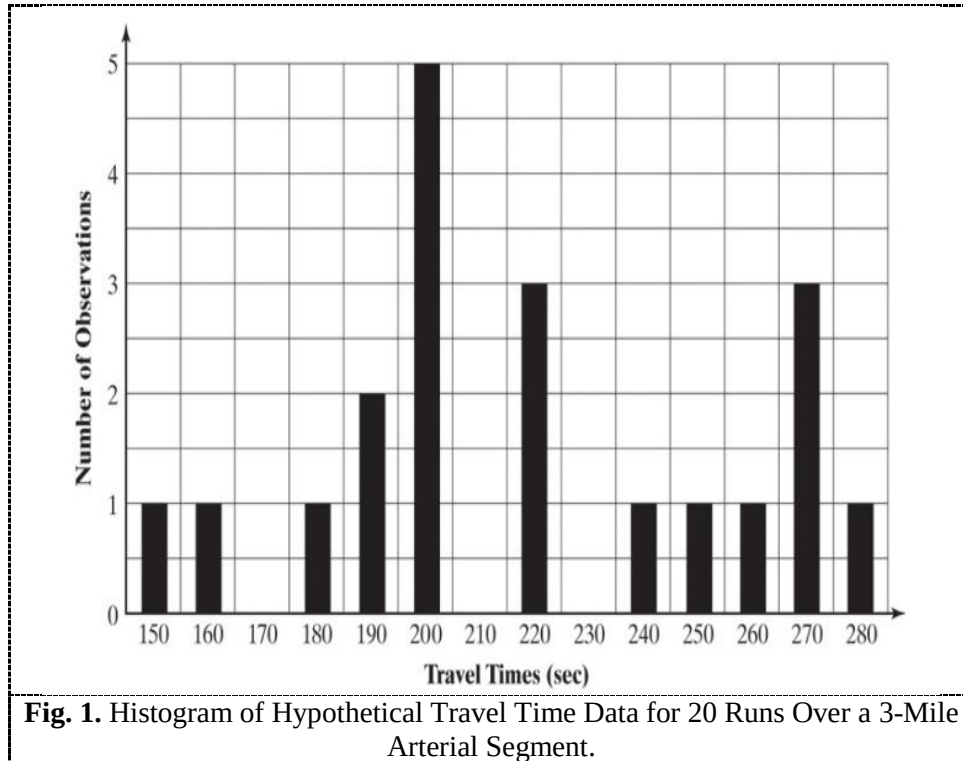
$$S_2 = (3 \text{ mi} / 166.6 \text{ s}) \times 3600 \text{ s/h} = 64.8 \text{ mi/h}$$

Note that the average of the two 95% confidence interval limits is $(47.9 + 64.8)/2 = 56.4$ mi/h, NOT 55.1 mi/h. This discrepancy is due to the fact that the travel times are normally distributed and are therefore symmetric. The resulting running speed distribution is skewed. The distribution of speeds, which are inverse to travel times, cannot be normal if the travel times are normal. The 55.1 mi/h value is the appropriate average speed, based on the observed average travel time over the 3-mile study section.

لاحظ إن متوسط حدود مستوى الثقة ٩٥% هو $2 / (64.8 + 47.9) = 56.4$ ميل/ساعة، وليس ٥٥.١ ميل/ساعة. يرجع هذا التناقض إلى أن أزمنة الرحلة يتم توزيعها بشكل طبيعي ولهذا هي متماثلة. إن توزيع نتائج سرعة الجريان منحرف. إن توزيع السرعات هو معكوس لزمن الرحلة ولا يمكن أن يكون توزيع طبيعي. قيمة الـ ٥٥.١ ميل/ساعة هي متوسط السرعة المناسبة بناءا" على متوسط زمن الرحلة الذي تم رصده على طول منطقة الدراسة ٣ ميل.

So far, this discussion considers only the running times of test vehicles throughout the section. The actual travel time results of 20 test-car runs are illustrated in Fig. 1.

حتى الآن نتناول هذه المناقشة فقط زمن الجريان لمركبة الاختبار خلال منطقة الدراسة. يوضح الشكل رقم ١ زمن الرحلة الفعلي لـ ٢٠ جولة في مركبة الاختبار.



This distribution does not look normal. In fact, it is not normal at all, as the total travel time represents the sum of running times (which are normally distributed) and stops time delay that follows another distribution entirely. It is postulated that the distribution of stop time delay is as shown in Table 2.

إن هذا التوزيع في الشكل رقم ١ لا يبدو توزيع طبيعي. في الواقع هو لا يبدو توزيع طبيعي على الإطلاق، حيث يمثل إجمالي زمن الرحلة مجموع زمن الجريان (وهو توزيع طبيعي) وزمن التوقيات والتأخير الذي يتبع نوع توزيعاً آخر تماماً. من المفترض توزيع زمن التأخير والتوقف كما موضح في الجدول رقم ٢.

Table 2: Postulated Distribution of Stop Time Delays.

No. of Signal Stops	Probability of Occurrence	Duration of Stops
0	0.569	0s
1	0.300	40s
2	0.131	80s

Observations of the type illustrated in Table 2 result from the combination of random driver selection of running speeds and signal delay effects that follow the relationship specified above. The actual mean travel time of the observations in Figure 1 is 218.5 s, with a standard deviation of 38.3 s. The 95% confidence limits on the average are:

$$218.5 \pm 1.96(38.3/20) = 218.5 \pm 16.79201.71 - 235.29s$$

الملاحظات من النوع الموضح في الجدول رقم ٢ ناتجة من عن الجمع بين إختيار السائق العشوائي وسرعة الجريان وتأثير تأخير الإشارة التي تتبع العلاقة المحددة أعلاه. إن معدل زمن الرحلة الفعلي للملاحظات موضحة في الشكل رقم ١ هي ٢١٨.٥ ثانية مع إنحراف معياري ٣٨.٣ ثانية. حدود مستوى الثقة ٩٥% في المتوسط هي:

The speeds associated with these average and limiting travel times are:

$$S_1 = (3 \text{ mi}/235.29 \text{ s}) \times 3600 \text{ s/h} = 45.9 \text{ mi/h}$$
$$S_{av} = (3 \text{ mi}/218.5 \text{ s}) \times 3600 \text{ s/h} = 49.4 \text{ mi/h}$$
$$S_2 = (3 \text{ mi}/201.71 \text{ s}) \times 3600 \text{ s/h} = 53.5 \text{ mi/h}$$

Another way of addressing the average travel time is to add the average running time (196 s) to the average delay time, which is computed from the probabilities noted above:

هناك طرق أخرى لمعالجة متوسط زمن الرحلة وهي إضافة زمن الجريان (١٩٦ ثانية) إلى معدل زمن التأخير والتي يتم حسابها من الإحتمالات المذكورة مسبقاً.

$$d_{av} = (0.569 \times 0) + (0.300 \times 40) + (0.131 \times 80) = 22.5 \text{ s}$$

The average travel time is then expected to be $196.0 + 22.5 = 218.5 \text{ s}$, which is the same average obtained from the histogram of measurements.

من المتوقع أن يكون متوسط زمن الرحلة هو $218.5 = 196 + 22.5$ ثانية. وهو نفس المتوسط الذي تم الحصول عليه من الرسم البياني للقياسات.

Travel-Time Displays عرض زمن الرحلة

Travel-time data can be displayed in many interesting and informative ways. One method that is used for overall traffic planning in a region is the development of a travel-time contour map, of the type shown in Fig. 2. Travel times along all major routes entering or leaving a central area are measured. Time contours are then plotted, usually in increments of 15 minutes. The shape of the contours gives an immediate visual assessment of corridor travel times in various directions. The closer together contour lines plot, the longer the travel time to progress any set distance. Such plots can be used for overall planning purposes and for identifying corridors and segments of the system that require improvement.

يمكن عرض زمن الرحلة بعدة طرق غنية بالمعلومات. إن إحدى هذه الطرق التي تستخدم لتخطيط حركة المرور الكلية في المنطقة هي الخرائط الكنتورية كما موضح في الشكل رقم ٢. يتم قياس زمن الرحلة على جميع الطرق الرئيسية التي تدخل منطقة مركزية وتغادرها. يتم رسم الخطوط الكنتورية لزمن الرحلة بزيادة مقدرها ١٥ دقيقة. يعطي شكل المخططات تقييماً وشكلاً بصرياً لزمن الرحلة على طول الممر وباتجاهات مختلفة. كلما اقتربت الخطوط الكنتورية من بعضها كلما زاد زمن الرحلة للتقدم على طول المسافة. يمكن استخدام هذه الرسوم لأغراض التخطيط الشاملة لتحديد الممرات والأقسام من الانظمة للطرق التي تحتاج تحسين.

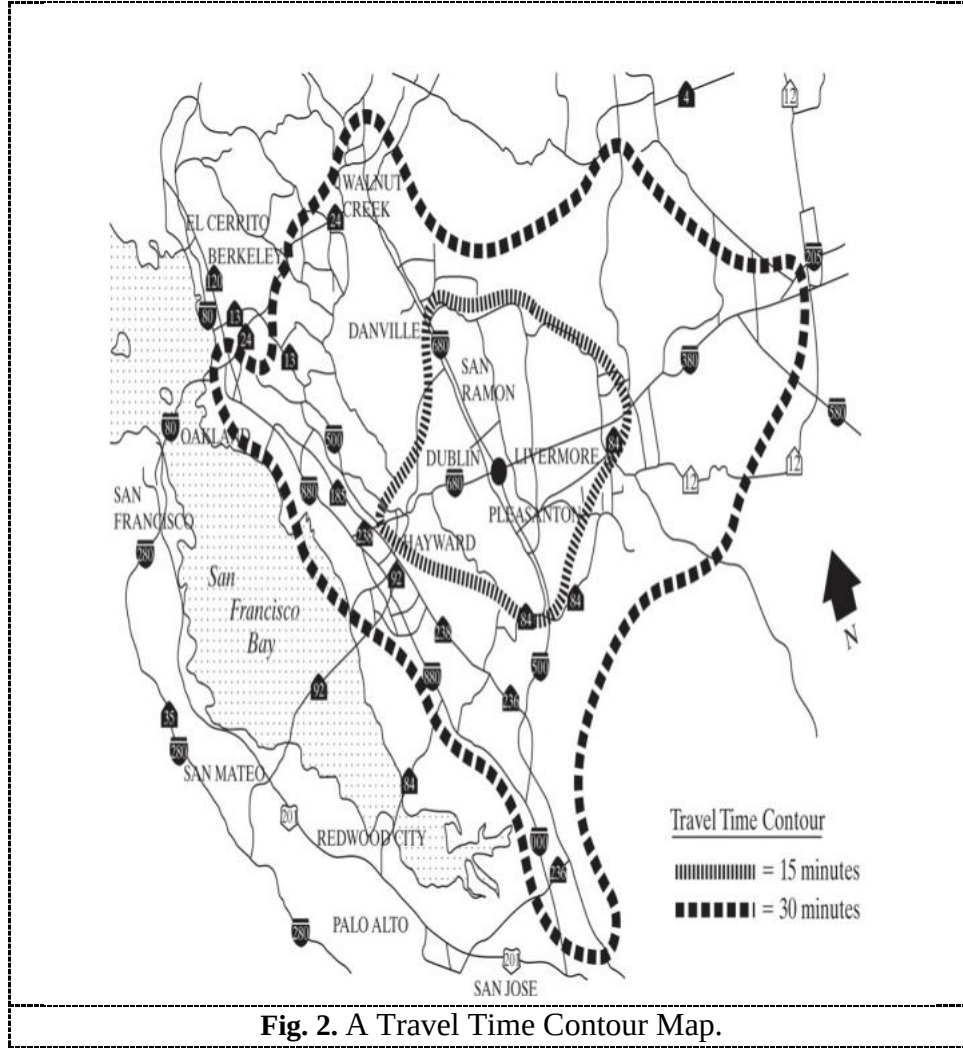


Fig. 2. A Travel Time Contour Map.

Travel time along a route can be depicted in different ways as well. Fig. 3 shows a plot of cumulative time along a route. The slope of the line in any given segment is speed (ft/s), and stopped delays are clearly indicated by vertical lines. Fig. 4 shows average travel speeds plotted against distance. In both cases, problem areas are clearly indicated, and the traffic engineer can focus on those sections and locations experiencing the most congestion, as indicated by the highest travel times (or lowest average travel speeds).

يمكن عرض زمن الرحلة على طول المسار بطرق مختلفة. الشكل رقم ٣ يوضح مخططاً زمنياً تراكمياً على طول الطريق. إن ميل الخط في أي مقطع هو السرعة (قدم/ثانية)، وتأخير التوقيفات يشار إليها بالخطوط العمودية. يوضح الشكل رقم ٤ متوسط سرعة النقل مقابل المسافة. في كلتا الحالتين، يتم تحديد مناطق المشاكل بوضوح، ويمكن لمهندس المرور التركيز على تلك الأقسام والمواقع التي تشهد أكبر زحام مروري، كما يتضح من أزمنة الرحلة العالية (أو أقل متوسط سرعة نقل).

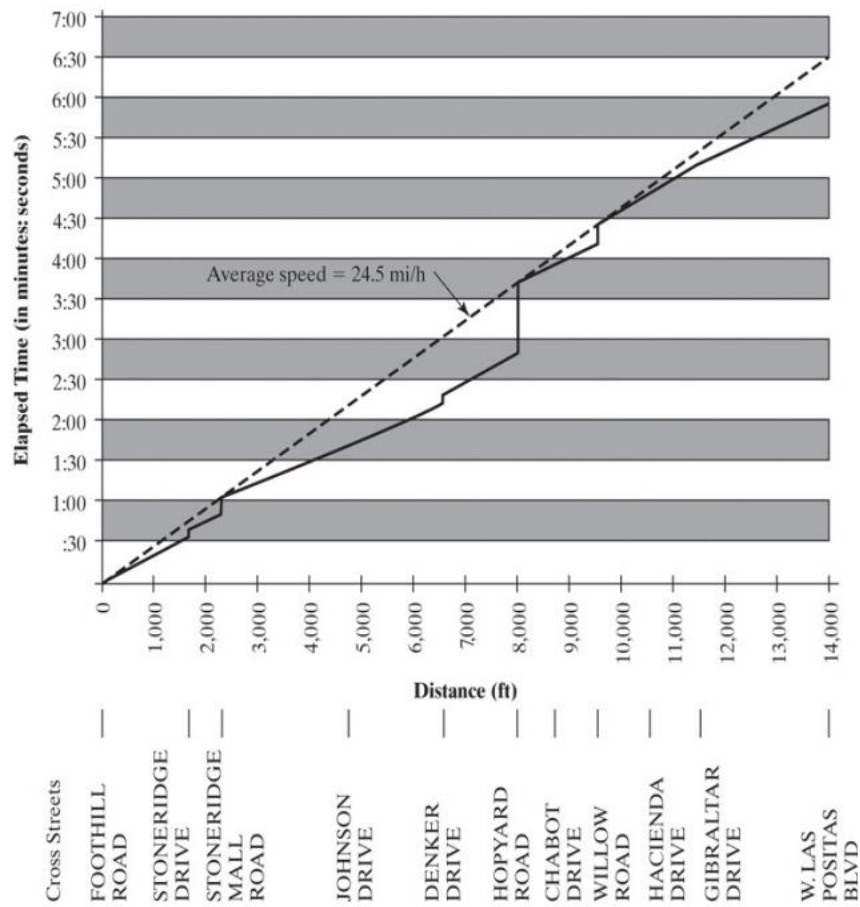
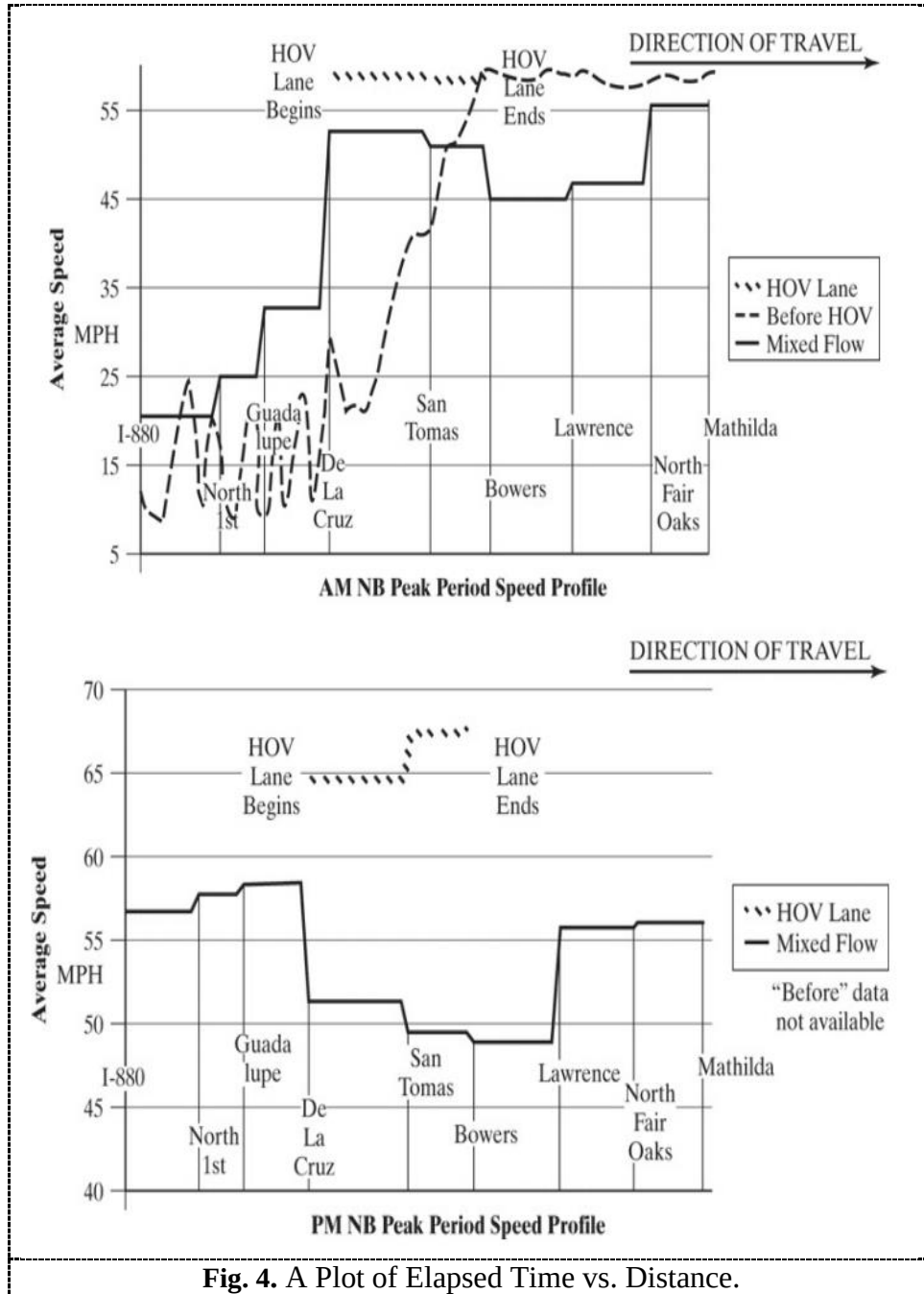


Fig. 3. A Plot of Elapsed Time vs. Distance.



Intersection Delay Studies دراسات التأخير في التقاطع

Some types of delay are measured as part of a travel time study by noting the location and duration of stopped periods during a test run. A complicating feature for all delay studies lies in the various definitions of delay. The measurement technique must conform to the delay definition.



يتم قياس بعض أنواع التأخير كجزء من دراسة زمن الرحلة من خلال ملاحظة موقع ومدة فترات التوقف أثناء جولات الاختبار. تكمن السمة المعقدة لجميع دراسات التأخير في التعاريف المختلفة للتأخير. يجب أن تتوافق تقنية القياس مع تعريف التأخير.

1. The method is intended for undersaturated flow conditions and for cases where the maximum queue is about 20 to 25 vehicles.

هذه الطريقة مخصصة لظروف التدفق غير المشبع وللحالات التي يكون فيها أقصى طابور ٢٠-٢٥ مركبة.

2. The method does not directly measure acceleration– deceleration delay but uses an adjustment factor to estimate this component.

لا تقيس الطريقة التباطؤ والتعجيل بشكل مباشر ولكنها تستخدم كمعامل تصحيح لحساب هذا المكون.

3. The method also uses an adjustment to correct errors that are likely to occur in the sampling process.

تستخدم الطريقة لتصحيح الأخطاء التي من المحتمل أن تحدث في عملية أخذ العينات.

4. Observers must make an estimate of free-flow speed before beginning a detailed survey. This is done by driving a vehicle through the intersection during periods when the light is green and there are no queues and/or by measuring approach speeds at a position where they are unaffected by the signal.

يجب على المراقبين تقدير السرعة الحرة قبل البدء في المسح التفصيلي. يتم ذلك عن طريق قيادة المركبة في التقاطع في الفترات التي يكون فيها الإشارة خضراء ولا يوجد طوابير أو عن طريق قياس سرعات المقتربات في موقع لا يتأثر بالإشارات.

Actual measurements start at the beginning of the red phase of the subject lane group. There should be no overflow queue from the previous green phase when measurements start. The following tasks are performed by the two observers:

تبدأ القياسات الفعلية من بداية فترة طور الإشارة الحمراء لمجموعة الممرات المعنية. يجب أن لا يكون هناك طابور نتيجة التدفق المشبع من طور الإشارة السابقة عندما تبدأ فترة القياس. يتم تنفيذ المهام التالية من قبل المراقبين:

• Observer 1:

- Keeps track of the end of standing queues for each cycle by observing the last vehicle in each lane that stops due to the signal. This count includes vehicles that arrive on green but stop or approach within one car length of queued vehicles that have not yet started to move.

يتبع نهاية الطابور لكل دورة من خلال مراقبة آخر مركبة في كل ممر التي تتوقف بسبب الإشارة. يشمل هذا العد عدد المركبات التي تصل في نهاية طور الإشارة الخضراء وتتوقف أو تصل في نهاية طابور متكون من مركبة واحدة والتي لم تبدأ في الحركة بعد.

- At intervals between 10 s and 20 s, the number of vehicles in the queue is recorded on the field sheet. The regular intervals for these observations should be an integer divisor of the cycle length. Vehicles in the queue are those that are included in the queue of stopping vehicles (as previously defined) and have not yet exited the intersection. For through vehicles, “exiting the intersection” occurs when the rear wheels cross the STOP line; for turning vehicles, “exiting” occurs when the vehicle clears the opposing vehicular or pedestrian flow to which it must yield and begins to accelerate.

يتم تدوين عدد المركبات في الطابور خلال فترة ١٠-٢٠ ثانية على ورقة البيانات. يجب أن تكون الفترات منتظمة لهذه المشاهدات وعبارة عن عدد صحيح مقسم لطول الدورة. المركبات الموجودة في طول الطابور تمثل المركبات الواقفة من الإشارة المسبقة والتي لم تغادر التقاطع بعد. المركبات الأمامية المغادرة من التقاطع عندما يعبر محور المركبات الخلفية خط التوقف، أما المركبات المنعطفة المغادرة للتقاطع، عندما تعبر المركبة التدفق المروري المعاكس أو المشاة التي لها الأولوية وتبدأ في التعجيل.

- At the end of the survey period, vehicle-in-queue counts continue until all vehicles that entered the queue during the survey period have exited the intersection.

في نهاية فترة المسح، يستمر عد المركبات في الطابور حتى تغادر جميع المركبات في الطابور خلال فترة المسح في التقاطع.

• Observer 2:

- During the entire study period, separate counts are maintained of vehicles arriving during the survey period and of vehicles that stop one or more times during the survey period. Stopping vehicles are counted only once, regardless of how many times they stop.

خلال فترة الدراسة بأكملها، يتم الفصل بين عدد المركبات التي تصل خلال فترة الدراسة وعدد المركبات التي تتوقف مرة أو أكثر من مرة خلال فترة الدراسة. يتم حساب عدد المركبات التي تتوقف مرة واحدة بغض النظر عن عدد المرات التي توقفت.

For convenience, the survey period is defined as an integer number of cycles, although an arbitrary length of time (e.g., 15 minutes) could also be used and would be necessary where an actuated signal is involved. Each column of the vehicle-in-queue counts is summed; the column sums are then added to yield the total vehicle-in-queue count for the study period. It is then assumed that the average time-in-queue for a counted vehicle is the time interval between counts. Then:

للتوافق، يتم تعريف فترة المسح إنها عدد صحيح من الدورات، على الرغم من أنه يمكن استخدام طول زمن عشوائي (مثلاً ١٥ دقيقة) ويكون ضروري عندما تكون الإشارة الضوئية مفعلة. يتم تلخيص كل عمود من المركبات في الطابور ثم يتم إضافة مجاميع الأعمدة للحصول على إجمالي الطوابير خلال فترة الدراسة. يفترض إن متوسط الزمن للطابور للمركبات المحسوبة هو الفاصل الزمني بين فترة العد. ثم:

$$T_Q = \left(I_s * \frac{\sum V_{iq}}{V_T} \right) * 0.90 \quad [1]$$

Where:

T_Q =average time-in-queue, s/veh, متوسط الزمن في الطابور، ثانية/مركبة

I_s =time interval between time-in queue counts, s, الفاصل الزمني بين فترة عد الطابور، ثانية

$\sum V_{iq}$ =sum of all vehicle-in queue counts, veh, إجمالي عدد المركبات في الطابور، ثانية

V_T = total number of vehicles arriving during the study period, veh, and إجمالي عدد المركبات الوافدة خلال فترة الدراسة، مركبة

The adjustment factor (0.90) adjusts for errors that generally occur when this type of sampling technique is used. Such errors usually result in an overestimate of delay.

معامل التصحيح (٠.٩) يصحح الأخطاء التي تنشأ عند استخدام هذا النوع من التقنية في أخذ العينات. عادة ماتؤدي مثل هذه الأخطاء الى المبالغة في حساب التأخير.

A further adjustment for acceleration-deceleration delay requires that two values be computed:

- the average number of vehicles stopping per lane, per cycle, and
- the proportion of vehicles arriving that actually stop. These are computed as:

يتطلب تصحيح آخر لتأخير التباطيء والتعجيل وحساب قيمتين:
أ. متوسط عدد المركبات المتوقفة لكل ممر، لكل دورة.
ب. نسبة عدد المركبات الوافدة والتي تقف فعلياً. وهذه تحسب كمايلي:

$$V_{SLC} = \frac{V_{STOP}}{N_c * N_L} \quad [2]$$

Where:

V_{SLC} =number of vehicles stopping per lane, per cycle (veh/ln/cycle), عدد المركبات المتوقفة في كل ممر، لكل دورة (مركبة/ممر/دورة)

V_{STOP} = total count of stopping vehicles, veh. عدد المركبات المتوقفة، مركبة

N_c = the number of cycles included in the survey. عدد الدورات ضمن فترة الدراسة، مركبة

N_L = the number of lanes in the survey lane group. عدد الممرات في مجموعة الممرات التي يجري عليها المسح

$$FVS = \frac{V_{STOP}}{V_T} \quad [3]$$

Where:

FVS : is the fraction of vehicles stopping, and all other variables are as previously defined.
نسبة المركبات المتوقفة، وبقيّة المتغيرات تم تعريفها مسبقاً

Using the number of stopping vehicles per lane, per cycle, and the measured free-flow speed for the approach in question, an adjustment factor is found in Table 3. باستخدام عدد المركبات المتوقفة في كل ممر، كل دورة وقياس سرعة التدفق الحر للمقترّب

Table 3: Adjustment Factor for Acceleration/Deceleration Delay. المعني، يمكن إيجاد معامل تصحيح في الجدول رقم ٣.

Free-Flow Speed (mi/h)	Vehicles Stopping Per Lane, Per Cycle (V_{SLC})		
	≤ 7 vehs	8–19 vehs	20–30 vehs
≤ 37	+5	+2	–1
>37–45	+7	+4	+2
>45	+9	+7	+5

The final estimate of control delay is then computed as: الحساب النهائي لتأخير التحكم كما يلي:

$$d = T_Q + (FVS * CF) \quad [4]$$

Where:

d =total control delay, s/veh, and تأخير التحكم الأجمالي، ثانية/مركبة

CF =adjustment factor from Table 3. معامل التصحيح من الجدول رقم ٣

Table 4 shows a facsimile of a field sheet, summarizing the data for a survey on a signalized intersection approach. The approach has two lanes, and the signal cycle length is 60 s. Ten cycles were surveyed, and the vehicle-in-queue count interval is 20 s.



يظهر الجدول رقم ٤ نسخة مماثلة لورقة البيانات الميدانية، تلخص بيانات المسح في مقترّب التقاطعات ذات الإشارة الضوئية. المقترّب له ممرين، وطول دورة يساوي ٦٠ ثانية. تم مسح ١٠ دورات والفصل الزمني لعد المركبات في الطابور يساوي ٢٠ ثانية.

Table 4: Sample Data for a Signalized Intersection Delay Study.

Clock Time	Cycle Number	Number of Vehicles in Queue		
		+0 secs	+20 secs	+40 secs
5:00 PM	1	4	7	5
5:01 PM	2	6	6	5
5:02 PM	3	3	5	5
5:03 PM	4	2	6	4
5:04 PM	5	5	3	3
5:05 PM	6	5	4	5
5:06 PM	7	6	8	4
5:07 PM	8	3	4	3
5:08 PM	9	2	4	3
5:09 PM	10	4	3	5
	Total	40	50	42

$$\Sigma V_{qi}=40+50+42=132 \text{ vehs} \quad V_T=120 \text{ vehs (observed)} \quad V_{STOP}=75 \text{ (ob)}$$

The average time-in-queue is computed using Equation 1: متوسط زمن الطابور يحسب كما في المعادلة رقم ١

$$T_Q = (20 \times 132 / 120) \times 0.90 = 19.8 \text{ s/veh}$$

To find the appropriate correction factor from Table 3, the number of vehicles stopping per lane per cycle is computed using Equation 2: لإيجاد معامل التصحيح المناسب من الجدول رقم ٣، عدد المركبات في الطابور لكل ممر لكل دورة تحسب كما في المعادلة ٢:

$$V_{SLC} = 75 / 10 \times 2 = 3.75 \text{ vehs}$$

Using this and the measured free-flow speed of 35 mi/h, the correction factor is +5s. The control delay is now estimated using Equations 4 and 5: باستخدام القيمة أعلاه و مع سرعة التدفق الحر ٣٥ ميل/ساعة، معامل التصحيح +٥ ثواني. إن تأخير التحكم يحسب باستخدام المعادلة رقم ٣ و ٤:

$$FVS = 75 / 120 = 0.625$$

$$d = 19.8 + (0.625 \times 5) = 22.9 \text{ s/veh}$$

A similar technique and field sheet can be used to measure stopped time delay as well. In this case, the interval counts include only vehicles stopped within the intersection queue area, not those moving within it. No adjustment for acceleration/deceleration delay would be added.

يمكن استخدام تقنية مماثلة وورقة البيانات الميدانية لقياس تأخير التوقف أيضا". في هذه الحالة الفاصل الزمني للعدد يشمل المركبات المتوقفة داخل طابور الإنتظار في التقاطع فقط، ليس أولئك الذي يتحركون داخلها. لن يتم إضافة أي تعديل لتأخير التباطيء والتعجيل.