

تحليل الحركة المرورية على الشريانات المدنية المنظمة بإشارات ضوئية

الدكتور أكرم رستم*
الدكتورة شذى أسعد**
رين خازم***

(تاريخ الإيداع 7 / 2 / 2010. قُبل للنشر في 18 / 5 / 2010)

□ ملخص □

يقدم هذا البحث تقيماً للحركة المرورية على الشريانات المدنية المنظمة بإشارات ضوئية، التي يمكن اعتبارها محاور ربط رئيسة للحركة بين المناطق والتجمعات الرئيسية في المدينة وبين مركز المدينة، كما تشكل محاور حركة أساسية تربط المدينة مع محيطها، فإن تحسين الوضع المروري على هذه الشريانات سيكون له تأثير كبير على رفع أداء هذه المحاور وتخفيض الضياعات الزمنية، كما يمكن أن يكون له منعكسات بيئية مهمة مثل تقليل انبعاث الملوثات وتخفيف الضجيج الناجم عن الحركات المرورية.

لقد أجريت الدراسة المرورية على طريق شرياني في مدينة طرطوس لتعيين مستوى خدمة هذا الطريق الشرياني وفق معايير دليل السعة الأمريكي (HCM2000) Manual Highway capacity، وقد وجد أن هذه المعايير المستخدمة في عملية التقييم لاتعكس تقيماً حقيقياً وواقعياً لمستوى خدمة مثل هذه الطرق، لذلك سوف يتم في هذا البحث اقتراح تطوير تلك المعايير بشكل يلائم الواقع الهندسي والمروري للشريانات في الظروف المحلية للمدن السورية بإدخال تأثير وجود الطرق الفرعية والحركات الجانبية التي تشكل جزءاً كبيراً من الحركة على هذه المحاور بهدف تطويرها وبحيث تخدم غزارة المرور العالية بين المراكز الفعالة النشطة في المدينة.

الكلمات المفتاحية: الطرق الشريانية- التقاطعات المنظمة بإشارات ضوئية- مستوى الخدمة- أزمة التأخير.

* أستاذ مساعد - قسم النقل والمواصلات - كلية الهندسة المدنية - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية.

** مدرسة - قسم النقل والمواصلات - كلية الهندسة المدنية - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية.

*** طالبة دراسات عليا (ماجستير) - قسم النقل والمواصلات - كلية الهندسة المدنية - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية.

Traffic Analysis, of the Urban Arterials Controlled by Traffic Lights

Dr. Akram Rustom *

Dr. Shaza Asaad **

Rain Khazem ***

(Received 7 / 2 / 2010. Accepted 18 / 5 / 2010)

□ ABSTRACT □

This research offers a traffic assessment of the urban arterials controlled by traffic lights. These arterials form the main traffic links between regions and principal clusters in the city, and the city centers. They also form major traffic routes connecting the city with its surroundings. Therefore, traffic improvements on these arterials will have a significant effect on increasing their performance, decreasing time loss, and may have significant environmental effects, such as decreasing the emission of pollutants, and noises resulting traffic.

This study was done on an arterial in the city of Tartus. It adopted the American parameters guide for traffic capacity (Highway Capacity Manual) - HCM2000 in determining the arterial's level of service. The study showed that the HCM2000 parameters used in the assessment did not give a realistic assessment of the arterial's true level of service.

This research aims to develop these parameters to fit the actual traffic and geometrical conditions of these arterials under present local conditions of the Syrian cities. The effect of streetscape and side traffic which form a major part of the traffic on these arterials was accounted for, with the purpose of developing arterials to accommodate the high traffic and from crowded city centers.

Key words: urban arterials- signalized intersections- level of services- delay.

* Associate Professor, Department of Transportation Engineering, Faculty of Civil Engineering, Tishreen University, Lattakia, Syria.

** Assistant Professor, Department of Transportation Engineering, Faculty of Civil Engineering, Tishreen University, Lattakia, Syria.

*** Postgraduate Student, Department of Transportation Engineering, Faculty of Civil Engineering, Tishreen University, Lattakia, Syria.

مقدمة:

إن الازدياد الكبير في أعداد وسائط النقل الطرقي التي تم إدخالها إلى القطر في السنوات الأخيرة أدى إلى زيادة غزارة الحركة المرورية على الطرقات والشوارع، وزيادة عدد حوادث المرور وأزمة التأخير، بالإضافة إلى انخفاض السرعات، خاصة على الطرق الرئيسية في مراكز المدن، وظهرت بذلك الحاجة إلى دراسة وتحليل الحركة المرورية على تلك الطرق من أجل تنظيم وضبط عملية المرور عليها، لتأمين سلامة الحركة وسهولتها.

لقد وجد أن الطرق الشريانية تشكل المحاور الرئيسية في شبكة شوارع المدينة، وهي عبارة عن طرق ذات نقاط تقاطع مزودة بإشاراتٍ ضوئيةٍ، وتخدم المركز الرئيس في المناطق المدنية، وتتصف بأنها ذات غزارات وحجوم مرورية عالية [1]، لذلك كان لا بدّ من تقييم الوضع المروري على تلك الطرق عن طريق تحديد مستوى خدمتها، وذلك باتباع المنهجية المعتمدة من قبل (Highway Capacity Manual (HCM2000).

أهمية البحث وأهدافه:

تكمن أهمية البحث في إجراء دراسةٍ حقليةٍ لتحديد مستوى خدمة الطريق الشرياني المدني، وذلك عند الأخذ بعين الاعتبار الإعاقات وأزمة التأخير الناتجة عن الحركات الجانبية القادمة من الطرق الفرعية ومدى تأثيرها على مستوى الخدمة، ومن ثم مقارنة هذه الدراسة مع الدراسة النظرية بحسب منهجية HCM2000، مما يجعل هدف البحث مركزاً على تحديد المعايير المعتمدة في عملية التقييم وتطويرها بشكل يلائم الواقع الهندسي والمروري للطرق الشريانية في المدن السورية.

طرائق البحث ومواده:

بالاعتماد على المراقبات الميدانية الحقلية تم تجميع غزارات المرور وتركيبها النوعي في بداية كل قطاع من قطاعات الطريق الشرياني المدروس، بالإضافة إلى غزارة التقاطعات الموجودة على الشريان وتوزعها الاتجاهي، كما تم إحصاء الغزارات الموجودة على الطرق الفرعية على كامل الشريان بالاتجاهين خلال ساعة الذروة.

وقد تم الاستفادة من نتائج التعداد المروري الآلي، من خلال الكواشف التي حصلنا عليها من الشركة العامة للدراسات والاستشارات الفنية في دمشق (وهي من أكثر الأجهزة المستخدمة في عمليات الإحصاء الآلي)، حيث وضعت في منتصف قطاعات الطريق الشرياني المدروس (بحيث يكون عدد الطرق الفرعية قبلها وبعدها متساوٍ) بهدف قياس غزارة المرور على الشريان بالاتجاهين خلال سبعة أيام، ومن ثم أخذت قيم الغزارات الساعية على الشريان خلال 20 ساعة لتحديد ساعة الذروة.

كذلك تم أخذ قياسات السرعة على الطريق الشرياني في حالتين :

- مع حركة جانبية على الطرق الفرعية.

- مع عدم وجود هذه الحركة بإغلاق الطرق الفرعية.

لقد أجريت الدراسة على شارع الثورة في مدينة طرطوس خلال عامي (2007-2009)، ويشكل هذا الشارع شريان مدني رئيس من الصنف (III) يقع في مركز المدينة ويشكل محوراً أساسياً للحركة، طوله 1.925km وسرعة الجريان الحر عليه 55km/h ، ويتألف من خمسة تقاطعات منظمة بإشارات ضوئية وهي كالاتي:

I- تقاطع جمال عبد الناصر

II- تقاطع القدس

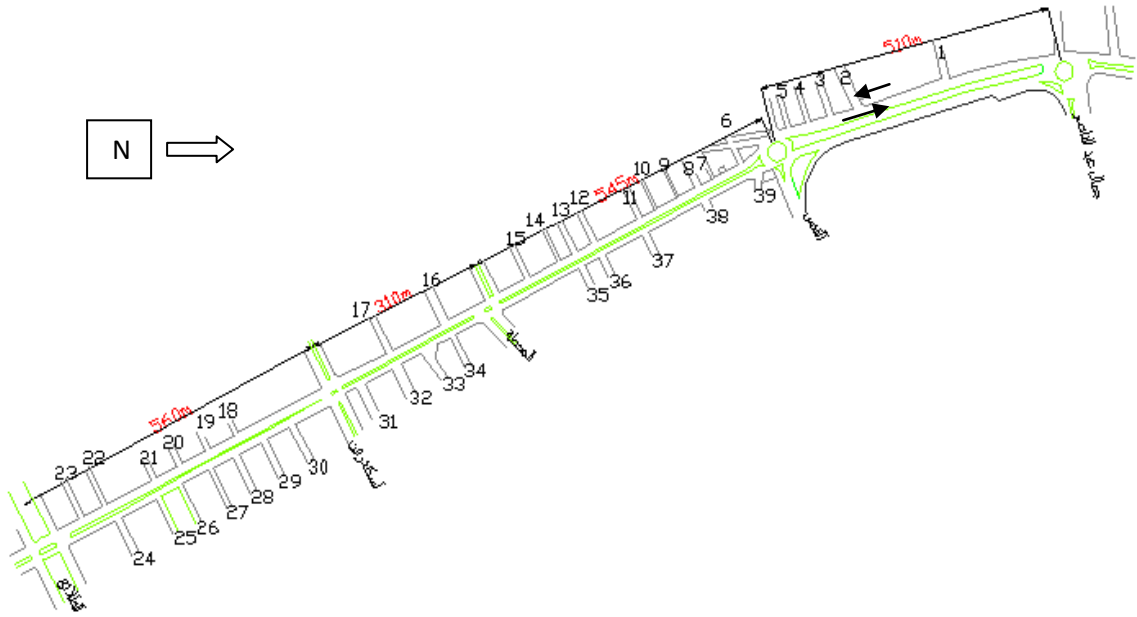
III- تقاطع المحطة

III- تقاطع اسكندرون

IV- تقاطع الطلائع .

بالإضافة إلى عدد من الطرق الفرعية الممتدة على كامل طول الطريق الشرياني.

يبين الشكل الآتي شارع الثورة موضحاً عليه التقاطعات المنظمة بإشارات ضوئية وعدد الطرق الفرعية.

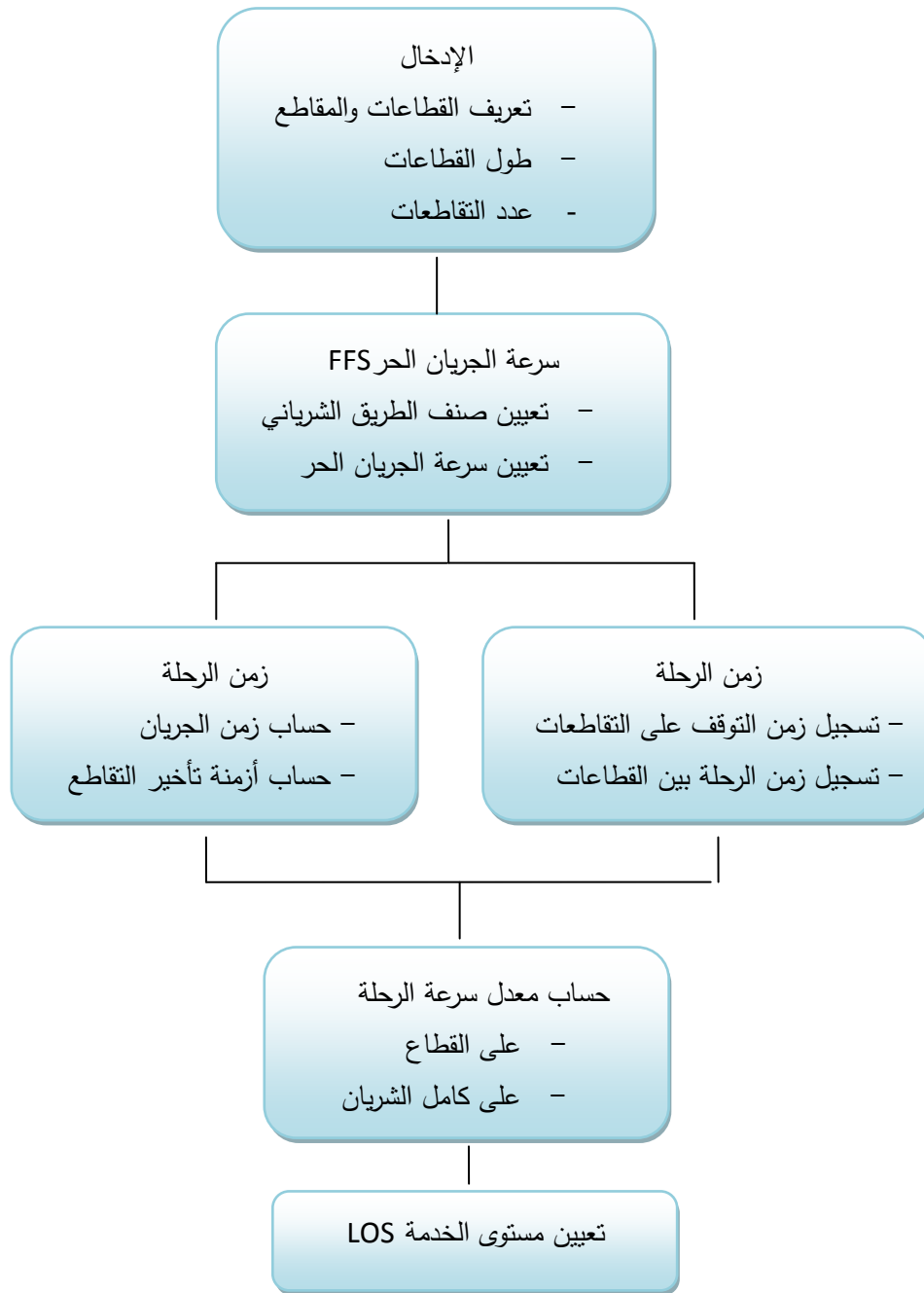


الشكل (1) شارع الثورة

تحديد مستوى خدمة الطريق الشرياني نظرياً

لقد اتبعت Highway Capacity Manual (HCM2000) منهجية محددة لتقييم مستوى خدمة الطريق

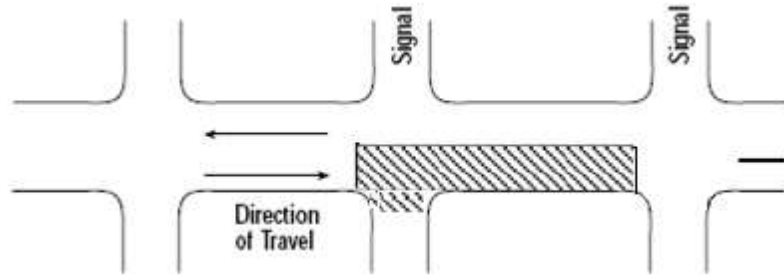
الشرياني تتلخص هذه المنهجية كما يلي [2]:



الشكل (2) منهجية تحديد مستوى خدمة الطرق بحسب HCM2000

1- الإدخالات

بعد تعيين موقع الطريق الشرياني وطوله، يقسم إلى عدد من المقاطع والقطاعات، ويحدد طول كل قطاع بالإضافة إلى إدخال عدد التقاطعات الموجودة على ذلك الشريان (حيث يعرف القطاع بأنه المسافة المحددة بين خطي وقوف).



الشكل (3) شكل القطاع على طريق باتجاهين

2- سرعة الجريان الحر (FFS) Free Flow Speed

تحدد سرعة الجريان الحر إما من خلال:

- القياس المباشر لسرعة الجريان الحر، والتي تعرف بأنها السرعة التي تسير بها العربة في ظروف العزارة المنخفضة عندما تكون الإشارات الضوئية كافة على الطريق خضراء على كامل طول الرحلة، أزمئة التأخير كافة على التقاطعات المزودة بإشارات ضوئية تكون مستبعدة.
- أو من خلال التصنيف الوظيفي والتصميمي للطريق الشرياني كما يوضحه الجدول الآتي:

الجدول (1) التصنيف الوظيفي والتصميمي للشريان

تصنيف تصميمي	تصنيف وظيفي	
	شريان رئيسي	شريان ثانوي
اتوستراد	I	N/A
ضواحي	II	II
متوسط	II	III or IV
مديني	III or IV	IV

وبالتالي تكون سرعة الجريان الحر وفقاً لصف الشريان كما يأتي:

الجدول (2) سرعة الجريان الحر حسب صنف الشريان

صنف الشريان	سرعة الجريان الحر (km/h) FFS
I	80
II	65
III	55
IV	45

3- حساب زمن الرحلة

وهو الزمن الذي تستغرقه العربة لتجتاز القطاع ويتضمن كل من زمن العبور وأزمئة التأخير على التقاطع.

I- زمن العبور

وهو زمن عبور قطاع ما ويتم الحصول عليه من خلال جدول يعتمد على تحديد صنف الطريق الشرياني وطول القطاع وسرعة الجريان الحر.

الجدول (3) زمن عبور القطاع بالثانية لكل Km

صنف الشريان المدني	I			II			III		IV		
	90 ^a	80 ^a	70 ^a	70 ^a	65 ^a	55 ^a	55 ^a	50 ^a	55 ^a	50 ^a	40 ^a
متوسط طول القطاع	زمن العبور لكل km (s/km)										
100	b	b	b	b	b	b	-	-	-	129	159
200	b	b	b	b	b	b	88	91	97	99	125
400	59	63	67	66	68	75	75	78	77	81	96
600	52	55	61	60	61	67	d	d	d	d	d
800	45	49	57	56	58	65	d	d	d	d	d
1000	44	48	56	55	57	65	d	d	d	d	d
1200	43	47	54	54	57	65	d	d	d	d	d
1400	41	46	53	53	56	65	d	d	d	d	d
1600	40 ^c	45 ^c	51 ^c	51 ^c	55 ^c	65 ^c	d	d	d	d	d

II- أزمنة التأخير على التقاطع

وتعطى أزمنة التأخير بالعلاقة الآتية:

$$d = d_1 \cdot (P_F) + d_2 + d_3$$

-d زمن التأخير (s/veh)

-d₁ التأخير المنتظم (s/veh)

-d₂ التأخير العشوائي (s/veh)

-d₃ تأخير الرتل الرئيسي (s/veh)

P_F - عامل التقدم ويعطى وفق جدول حسب شكل وصول العربات ونسبة الزمن الأخضر إلى زمن دورة الإشارة

الضوئية (g/c).

• التأخير المنتظم Uniform Delay

عندما تصل العربات إلى التقاطع بشكل منتظم فإن التأخير الذي يحدث من العربات خلال دورات الإشارة

الضوئية المتعاقبة يكون متماثلاً وبالتالي يكون هناك شكل واحد لنماذج وصول ومغادرة العربات.

يتم حساب التأخير المنتظم d₁ كما يلي:

$$d_1 = \frac{0.5c \left(1 - \frac{g}{c}\right)^2}{1 - \left[\min(1, x) \frac{g}{c}\right]}$$

-c زمن دورة الإشارة الضوئية (s)

-g الزمن الأخضر الفعال لمجموعة الحارات (s)

-x=v/c- درجة الإشباع وهي نسبة الغزارة إلى السعة.

• التأخير العشوائي Incremental Delay

إن عدد العربات الواصلة في ظروف الوصول العشوائي يمكن أن يتغير من دورة إلى أخرى، وبالتالي أطوال الأرتال ستكون مختلفة، وهذا بدوره يسبب أزمنة تأخير عالية. يحسب التأخير العشوائي d_2 كما يأتي:

$$d_2 = 900T \left[(x - 1) + \sqrt{(x - 1)^2 + \frac{8KIX}{CT}} \right]$$

T- فترة الدراسة (h)

K- عامل التأخير العشوائي لضبط التشغيل قيمته 0.5 بالنسبة للإشارات الضوئية ذات الزمن الثابت.

I- عامل ضبط القياس، وهو يُظهر تأثير تصريف التيار القادم من تقاطع سابق، ويعطى وفق جدول يتعلق بدرجة إشباع تيار التقاطع السابق.

• تأخير الرتل الرئيس Initial Queue Delay

وهو التأخير الناتج عن بداية إقلاع العربات في تيار الرتل الرئيس d_3 ويعطى بالعلاقة الآتية: [3]

$$d_3 = \frac{1800Q_D(1 + u)t}{CT}$$

Q_D - غزارة الرتل الرئيس في بدء الفترة T

C- سعة مجموعة الحارات (veh/h)

T- فترة التحليل (h)

t- زمن الطلب على الحركة (h)

u- مقياس التأخير.

4- حساب معدل سرعة الرحلة

يحسب معدل سرعة الرحلة بالعلاقة الآتية:

$$S_A = \frac{3600L}{T_R + d}$$

S_A - معدل سرعة الرحلة في القطاع (km/h)

L- طول القطاع (km)

T_R - زمن العبور الكلي على كافة القطاعات في المقطع المحدد (s)

d- أزمنة التأخير على التقاطع المزود بإشاراتٍ ضوئيةٍ (s)

5- مستوى الخدمة LOS

وضعت الـ HCM 2000 ستة مستويات للخدمة، وذلك حسب صنف الطريق ومعدل سرعة الرحلة وهذا ما

يوضحه الجدول الآتي:

الجدول (4) مستوى خدمة الطريق الشرياني حسب صنفه

صنف الطريق الشرياني	I	II	III	IV
مجال FFS (km/h)	90 to 70	70 to 55	55 to 50	55 to 40
FFS النموذجية	80	65	55	45
LOS	معدل سرعة الرحلة (km/h)			
A	>72	> 59	>50	> 40
B	>56-72	> 46-59	>39-50	> 32-41
C	>40-56	> 33-46	>28-39	> 23-32
D	>32-40	> 26-33	>22-28	> 18-23
E	>26-32	> 21-26	>17-22	> 14-18
F	≤26	≤21	≤17	≤14

ويتطبيق المنهجية السابقة على الطريق الشرياني المدروس بعد أن تم تقسيمه إلى ثمانية قطاعات (أربعة لكل اتجاه) تم التوصل إلى تحديد مستوى خدمة الطريق الشرياني المدروس، وهذا ما يوضحه الجدولان الآتيان بالاتجاهين NB, SB.



الشكل (4) تقسيم الطريق الشرياني إلى قطاعات

نتائج تطبيق منهجية HCM2000 على الطريق الشرياني المدروس:

الجدول (5) تحديد مستوى خدمة الطريق الشرياني باتجاه SB

URBAN STREET WORKSHEET								
General Information				Site Information				
Analyst	Rain-khazem			Urban Street	Al-thoura			
Agency or Company	Tishreen-University			Direction of Travel	N-S			
Date Performed				Jurisdiction				
Analysis Time Period	11-12 pm			Analysis Year	2009			
<input type="checkbox"/> Operational (LOS)		<input type="checkbox"/> Design (v_p)		<input type="checkbox"/> Planning (LOS)		<input type="checkbox"/> Planning (v_p)		Analysis Period, T = <u>1.00</u> h
Input Parameters								
	Segments							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Cycle length, C (s)	90	62	72	67				
Effective green-to-cycle-length ratio, g/C	0.33	0.65	0.67	0.45				
v/c ratio for lane group, X	0.40	0.31	0.64	0.75				
Capacity of lane group, c (veh/h)	1552	3172	2337	2243				
Arrival type, AT	3	3	3	3				
Length of segment, L (km)	0.51	0.57	0.325	0.535				
Initial queue, Q_b (veh)								
Urban street class, SC (Exhibit 10-3)	III	III	III	III				
Free-flow speed, FFS (km/h) (Exhibit 15-2)	55	55	55	55				
Running time, T_R (s) (Exhibit 15-3)	36.72	41.04	25.9	38.52				
Delay Computation								
Uniform delay, d_1 (s) $d_1 = \frac{0.5C[(1-g/C)^2]}{1 - [(g/C)\min(X, 1.0)]}$	23.1	4.9	6.9	15.4				
Signal control adjustment factor, k (Exhibit 15-6)	0.5	0.5	0.5	0.5				
Upstream filtering/metering adjustment factor, I (Exhibit 15-7)								
Incremental delay, d_2 (s) $d_2 = 900T \left[(X-1) + \sqrt{[(X-1)^2 + \frac{8kIX}{cT}} \right]$	0.8	0.3	1.3	2.4				
Initial queue delay, d_3 (s) (Ch. 16 Appendix F)	0	0	0	0				
Progression adjustment factor, PF (Exhibit 15-5)	1	1	1	1				
Control delay, d (s) $d = (d_1 * PF) + d_2 + d_3$	23.9	5.2	8.2	17.8				
Segment LOS Determination								
Segment travel time, ST (s) $ST = T_R + d + \text{Other delay}$	60.62	46.24	34.1	56.32				
Segment travel speed, S_A (km/h) $S_A = \frac{3600(L)}{ST}$	30.28	44.37	34.3	34.19				
Segment LOS (Exhibit 15-2)	C	B	C	C				
Urban Street LOS Determination								
Total travel time = $\sum ST$				197.28	s			
Total length = $\sum L$				1.94	km			
Total travel speed, $S_A = \frac{3600 * \text{Total length}}{\text{Total travel time}}$				35.4	km/h			
Total urban street LOS (Exhibit 15-2)				C				

الجدول(6) تحديد مستوى خدمة الطريق الشرياني باتجاه NB

URBAN STREET WORKSHEET								
General Information				Site Information				
Analyst	Rain-khazem			Urban Street	Al-thoura			
Agency or Company	Tishreen-University			Direction of Travel	S-N			
Date Performed				Jurisdiction				
Analysis Time Period	11-12 pm			Analysis Year	2009			
<input type="checkbox"/> Operational (LOS)	<input type="checkbox"/> Design (v_p)	<input type="checkbox"/> Planning (LOS)	<input type="checkbox"/> Planning (v_p)	Analysis Period, T = <u>1.00</u> h				
Input Parameters								
	Segments							
	5	6	7	8				
Cycle length, C (s)	79	67	72	62				
Effective green-to-cycle-length ratio, g/C	0.38	0.45	0.72	0.74				
v/c ratio for lane group, X	0.54	0.65	0.32	0.21				
Capacity of lane group, c (veh/h)	1794	2224	2509	3748				
Arrival type, AT	3	3	3	3				
Length of segment, L (km)	0.565	0.3	0.55	0.5				
Initial queue, Q_b (veh)								
Urban street class, SC (Exhibit 10-3)	III	III	III	III				
Free-flow speed, FFS (km/h) (Exhibit 15-2)	55	55	55	55				
Running time, T_R (s) (Exhibit 15-3)	40.68	24.45	39.6	36				
Delay Computation								
Uniform delay, d_1 (s) $d_1 = \frac{0.5C[(1 - g/C)^2]}{1 - [(g/C)\min(X, 1.0)]}$	19.1	14.4	3.6	2.4				
Signal control adjustment factor, k (Exhibit 15-6)	0.5	0.5	0.5	0.5				
Upstream filtering/metering adjustment factor, I (Exhibit 15-7)								
Incremental delay, d_2 (s) $d_2 = 900T \left[(X - 1) + \sqrt{[(X - 1)^2 + \frac{8kIX}{cT}} \right]$	1.2	1.5	0.3	0.1				
Initial queue delay, d_3 (s) (Ch. 16 Appendix F)	0	0	0	0				
Progression adjustment factor, PF (Exhibit 15-5)	1	1	1	1				
Control delay, d (s) $d = (d_1 * PF) + d_2 + d_3$	20.3	15.9	3.9	2.5				
Segment LOS Determination								
Segment travel time, ST (s) $ST = T_R + d + \text{Other delay}$	60.98	40.35	43.5	38.5				
Segment travel speed, S_A (km/h) $S_A = \frac{3600(L)}{ST}$	33.35	26.7	45.5	46.75				
Segment LOS (Exhibit 15-2)	C	D	B	B				
Urban Street LOS Determination								
Total travel time = $\sum ST$	183.33 s							
Total length = $\sum L$	1.915 km							
Total travel speed, $S_A = \frac{3600 * \text{Total length}}{\text{Total travel time}}$	37.6 km/h							
Total urban street LOS (Exhibit 15-2)	C							

♦ يجدر بنا الذكر أن تحديد مستوى الخدمة وفق المنهجية السابقة لم يأخذ بعين الاعتبار الإعاقات وأزمنة التأخير الناتجة عن الحركات الجانبية القادمة من الطرق الفرعية التي تصب في الشريان، لذلك سنقوم بدراسة تأثير تلك الطرق الفرعية على مستوى خدمة هذا الطريق الشرياني حقلياً.

5- دراسة تأثير وجود الطرق الفرعية والحركات الجانبية

تشكل حركة المرور القادمة من الطرق الفرعية ضغطاً زائداً على الطرق الرئيسية وتسبب إعاقات وأزمنة تأخير كبيرة، خاصة إذا كانت الحركة القادمة من تلك الطرق غير منظمة وعشوائية. [4]

تبين لنا أن غزارة الطرق الفرعية الموجودة على الطريق الشرياني المدروس تشكل نسبة عالية من غزارة الطريق الشرياني الرئيس في بعض القطاعات، ومعظم الغزارة الموجودة على هذه الطرق تصب في الطريق الشرياني، كما تبين لنا أن نسبة الغزارة التي تخرج عبر هذه الطرق من الشريان صغيرة جداً، بحيث يمكن إهمالها، ويوضح الجدول (7) نسبة غزارة الطرق الفرعية من غزارة الشريان الرئيس المسجلة من قبلنا.

أما من أجل دراسة تأثير تلك الطرق الفرعية فقد تم إجراء دراسة حقلية لتعيين مستوى خدمة الطريق الشرياني بحالتين:

- حالة تأثير الطرق الفرعية

- حالة إلغاء تأثير الطرق الفرعية

اعتمدنا في هذه الدراسة على قيم أزمنة التأخير والسرعة التي تم قياسها بطريقة العربة العائمة، حيث تُعد هذه الطريقة من أكثر الطرق الشائعة من أجل جمع بيانات زمن الرحلة [5]، وفيها يتم قيادة العربة على القطاع المختار لعدة مرات، ومن ثم قياس الزمن المستغرق والمسافة المقطوعة باستخدام ساعة ميكاتية وأخيراً يتم اعتماد القيمة الوسطية لزمن الرحلة.

لتحقيق تلك الغاية تم قياس أزمنة التأخير والسرعة حقلياً على كل قطاع من قطاعات الشريان ومن ثم على كامل الشريان لتحديد مستوى الخدمة بالحالتين، وعند إلغاء تأثير الطرق الفرعية والحركات الجانبية قمنا بإغلاق تلك الطرق على جانبي الطريق الشرياني خلال ساعة الذروة وذلك بمساعدة شرطة المرور في محافظة طرطوس، وكانت نتائج القياس الحقلية للسرعة وأزمنة التأخير في الحالتين (حالة تأثير الطرق الفرعية- حالة إلغاء تأثير الطرق الفرعية) كما هي موضحة في الجدولين (8)، (9) على التوالي.

الجدول (7) نسبة غزارة الطرق الفرعية من الغزارة الرئيسية على قطاعات الشريان

القطاع	رقم الطريق الفرعي	الغزارة الفرعية الساعية	الغزارة الرئيسية الساعية	الغزارة الفرعية/الغزارة الرئيسية
جمال عبد الناصر- القدس	1	120		
1	2	328		
	3	0		
	4	96		
	5	0		
		544	1466.4	37%
القدس - المحطة	6	240		
2	7	0		
	8	168		
	9	0		
	10	0		
	11	0		
	12	128		
	13	16		
	14	76		
	15	60		
		688	1415	48%
المحطة - اسكندرون	16	148		
3	17	92		
		240	1078.3	22%
اسكندرون - الطلائع	18	12		
4	19	24		
	20	44		
	21	0		
	22	16		
	23	12		
		108	1131	10%
الطلائع - اسكندرون	24	4		
5	25	16		
	26	20		
	27	16		
	28	20		
	29	28		
	30	52		
		156	697.9	22%
اسكندرون - المحطة	31	20		
6	32	12		
	33	0		
	34	16		
		48	645.4	7%
المحطة - القدس	35	8		
7	36	24		
	37	24		
	38	152		
	39	156		
		364	1421.1	26%
القدس - جمال عبد الناصر	0	0		
8		0	920	0

الجدول (8) نتائج القياس الحقلية للسرعة وأزمنة التأخير لقطاعات الشريان في حالة تأثير الطرق الفرعية

رقم القطاع	طول القطاع (m)	زمن الوصول		اتجاه الحركة		أزمنة تأخير sec		سرعة الجريان km/h	سرعة الرحلة km/h	مستوى الخدمة LOS
		min	sec			إعاقات	إشارة ضوئية			
1	510	1	9			12	20	50	27	D
2	570	1	8			22	5	50	30	C
3	325		40			6	8	45	29	C
4	535		59			3	17	50	33	C
5	565	1	9			9	20	50	29	C
6	300		43			4	15	45	25	D
7	550		54			10	4	50	37	C
8	500		39			-	3	50	46	B

الجدول (9) نتائج القياس الحقلية للسرعة وأزمنة التأخير لقطاعات الشريان في حالة إغلاق الطرق الفرعية

رقم القطاع	طول القطاع (m)	زمن الوصول		اتجاه الحركة		أزمنة تأخير sec		سرعة الجريان km/h	سرعة الرحلة km/h	مستوى الخدمة LOS
		min	sec			إعاقات	إشارة ضوئية			
1	510	1	1			4	20	50	30	C
2	570		51			5	5	50	40	B
3	325		37			3	8	45	32	C
4	535		57			1	17	50	34	C
5	565	1	3			3	20	50	32	C
6	300		41			2	15	45	26	C
7	550		48			4	4	50	41	B
8	500		39			-	3	50	46	B

الجدول (10) نتائج القياس الحقلية للسرعة وأزمنة التأخير للشريان في حالة تأثير الطرق الفرعية

مستوى الخدمة LOS	القطاع	زمن الوصول		اتجاه الحركة	أزمنة تأخير
		min	sec		
D	جمال عيد الناصر - الطلائع		263		70
D	الطلائع - جمال عيد الناصر		255		65

الجدول (11) نتائج القياس الحقلية للسرعة وأزمنة التأخير للشريان في حالة إغلاق الطرق الفرعية

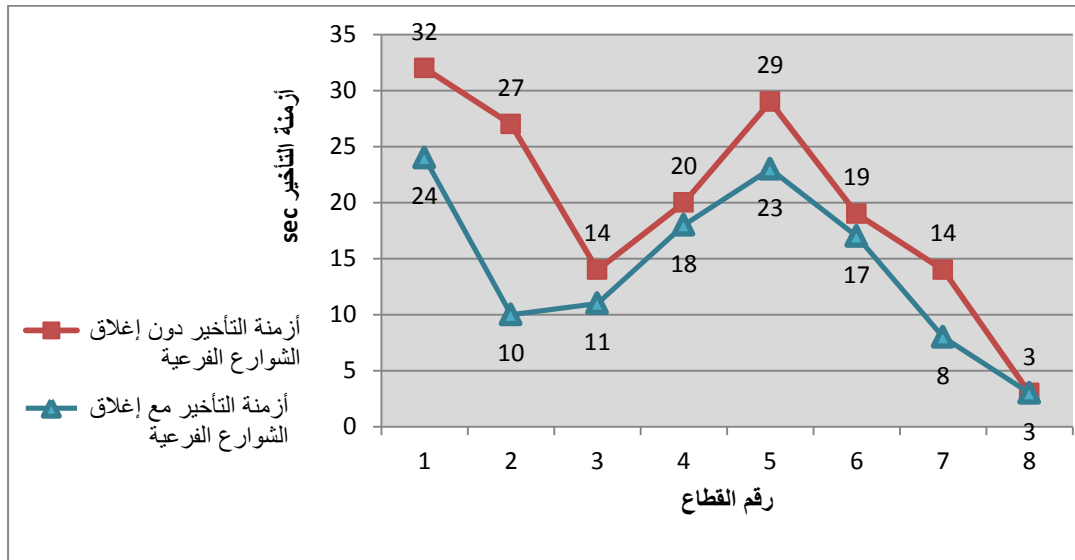
مستوى الخدمة LOS	القطاع	زمن الوصول		اتجاه الحركة	أزمنة تأخير
		min	sec		
B	جمال عيد الناصر - الطلائع		177		25
C	الطلائع - جمال عيد الناصر		196		34

النتائج والمناقشة:

- تلخص المقارنات والجدول التالية أهم النتائج التي تم التوصل إليها في هذا البحث وهي:
- انخفاض أزمنة التأخير عند إغلاق الطرق الفرعية على قطاعات الطريق الشرياني كافة حيث تم إلغاء تأثير الحركات الجانبية والإعاقات التي تسببها تلك الطرق الفرعية.

الجدول (12) مقارنة أزمنة التأخير

الاتجاه	رقم القطاع	طوله (m)	أزمنة التأخير دون إغلاق الشوارع الفرعية (sec)	أزمنة التأخير مع إغلاق الشوارع الفرعية (sec)
SB	1	510	32	24
	2	570	27	10
	3	325	14	11
	4	535	20	18
NB	5	565	29	23
	6	300	19	17
	7	550	14	8
	8	500	3	3



الشكل (5) مقارنة أزمنة التأخير

- انخفاض قيم أزمنة التأخير يكون أكبر في القطاعات التي تكون فيها نسبة غزارة الطرق الفرعية من غزارة القطاع الرئيسية كبيرة، ففي القطاع الثاني الذي يحوي أكبر غزارة للطرق الفرعية انخفضت قيمة أزمنة التأخير بقدار (17 sec) على ذلك القطاع عند إغلاق تلك الشوارع الفرعية، وهذا بدوره يدل على التأثير الكبير الذي تسببه تلك الطرق لحركة المرور على قطاعات الطريق الشرياني.

الجدول (13) علاقة أزمدة التأخير بنسبة الغزارة على الطرق الفرعية

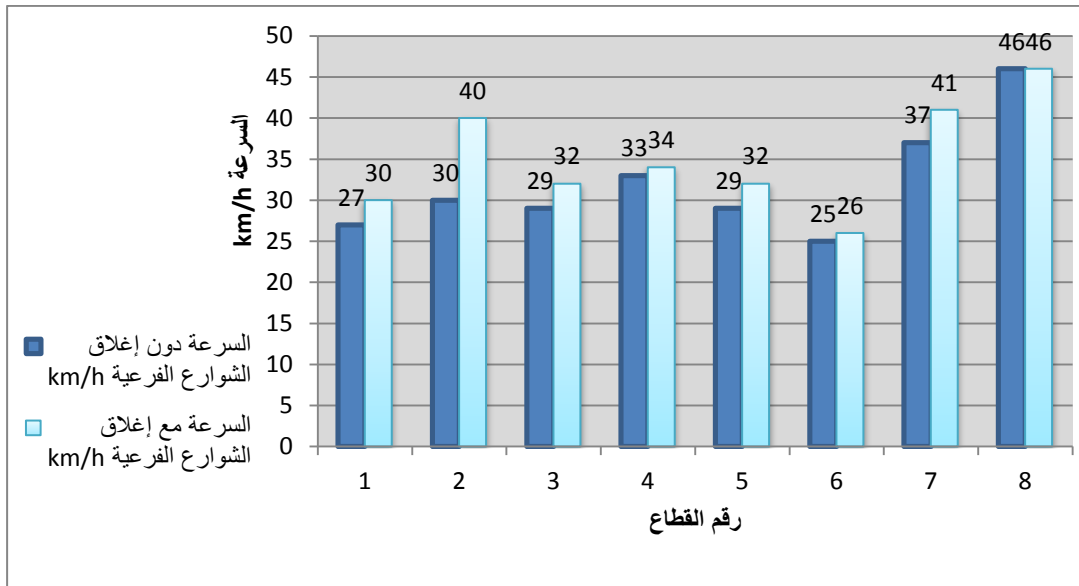
الاتجاه	رقم القطاع	طوله (m)	نسبة غزارة الطرق الفرعية من الرئيسية	أزمدة التأخير دون إغلاق الشوارع الفرعية (sec)	أزمدة التأخير مع إغلاق الشوارع الفرعية (sec)	مقدار الانخفاض في أزمدة التأخير (sec)
SB	1	510	37%	32	24	8
	2	570	48%	27	10	17
	3	325	22%	14	11	3
	4	535	10%	20	18	2
NB	5	565	22%	29	23	6
	6	300	7%	19	17	2
	7	550	26%	14	8	6
	8	500	0	3	3	0

أكبر انخفاض في قيم أزمدة التأخير

- زيادة قيم السرعة على قطاعات الطريق الشرياني عند إغلاق الطرق الفرعية بسبب نقصان أزمدة التأخير وعدد التوقفات للمعربات وبالتالي انخفاض استهلاك الوقود وانبعاث الغازات السامة.

الجدول (14) مقارنة السرعة

الاتجاه	رقم القطاع	طوله (m)	السرعة دون إغلاق الشوارع الفرعية (km/h)	السرعة مع إغلاق الشوارع الفرعية (km/h)
SB	1	510	27	30
	2	570	30	40
	3	325	29	32
	4	535	33	34
NB	5	565	29	32
	6	300	25	26
	7	550	37	41
	8	500	46	46



الشكل (6) مقارنة السرعة

• ارتفاع مستويات الخدمة لقطاعات الطريق الشرياني عند إغلاق الطرق الفرعية.

الجدول (15) مقارنة مستويات الخدمة المقاسة حقلياً على قطاعات الشريان

الاتجاه	رقم القطاع	طولهُ (m)	مستوى الخدمة للقطاعات دون إغلاق الشوارع الفرعية	مستوى الخدمة للقطاعات عند إغلاق الشوارع الفرعية
SB	1	510	D	C
	2	570	C	B
	3	325	C	C
	4	535	C	C
NB	5	565	C	C
	6	300	D	C
	7	550	C	B
	8	500	B	B

• ارتفاع مستويات الخدمة لكامل الطريق الشرياني عند إغلاق الطرق الفرعية.

الجدول (16) مقارنة مستويات الخدمة المقاسة حقلياً على كامل الشريان

الاتجاه	مستوى الخدمة للشريان دون إغلاق الشوارع الفرعية	مستوى الخدمة للشريان عند إغلاق الشوارع الفرعية
SB	D	B
NB	D	C

• عند إجراء مقارنة بين الدراسة النظرية والدراسة الحقلية لتحديد مستوى الخدمة نجد اختلاف في مستويات الخدمة بين الدراستين وخاصة في القطاعات التي تكون فيها نسبة غزارة الطرق الفرعية كبيرة، أي أن المنهجية المتبعة

من قبل HCM2000 لم تأخذ بعين الاعتبار الإعاقات وأزمنة التأخير التي تسببها حركة المرور القادمة من تلك الطرق الفرعية.

الجدول (17) مقارنة مستويات الخدمة نظرياً وحقيقياً

الاتجاه	رقم القطاع	نسبة غزارة الطرق الفرعية من الرئيسية	مستوى الخدمة حسب (HCM2000)	مستوى الخدمة حقيقياً
SB	1	37%	C	D
	2	48%	B	C
	3	22%	C	C
	4	10%	C	C
NB	5	22%	C	C
	6	7%	D	D
	7	26%	B	C
	8	0%	B	B

الاستنتاجات والتوصيات:

- 1- العمل على تحسين اتصال الشوارع الفرعية بالطرق الشريانية الرئيسية بشكلٍ يخفف من الازدحام والاختناقات المرورية التي تحدث على الطريق الشرياني، وذلك عن طريق ضبط الحركة على تلك الشوارع وتحويلها إلى نظام دخول وخروج متناسق وبحيث أن الغزارة الموجودة عليها لا تؤثر على حجم المرور الرئيسي على الطريق الشرياني.
- 2- إن اختلاف مستويات الخدمة للطريق الشرياني بين الدراسة النظرية والدراسة الحقلية يدل على ضرورة تطوير المنهجية المتبعة من قبل HCM2000 في تحديد مستوى خدمة الطرق الشريانية بحيث تأخذ بعين الاعتبار تأثير وجود الطرق الفرعية والحركات الجانبية والإعاقات التي تسببها الحركة الموجودة على تلك الطرق.
- 3- إن الطرق الشريانية تشكل العناصر الأساسية في شبكة شوارع المدينة وهي تحمل الحجوم المرورية العالية من وإلى مركز المدينة، لذلك يجب إعطاؤها أولوية كبرى من حيث صيانتها بشكل دائم والاهتمام بها من أجل تحسين الوضع المروري على تلك المحاور ورفع أدائها.

المراجع:

1. AASHTO. *A Policy on Geometric Design of Highways and Streets*. American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO), Washington, D.C.: 2001,511-544.
2. Highway Capacity Manual. Chapter 15, Urban Streets, Transportation Research Board U.S.A,2000, 1-28.
3. Highway Capacity Manual. Chapter 16, Signalized Intersections, Transportation Research Board U.S.A,2000, 1-179.
4. ALBA, C.; BEIMBORN, E. *Analysis of The Effects of Local Street Connectivity on Arterial Traffic*. Center for Urban Transportation Studies U.S.A, 2001, 1-52.
5. DENG-BANG, L. *Arterial Speed Study*. Dowling Associates, Sierra Research, Inc.& Wiltech, Southern California Association of Governments, April 18, 2005.

