

دراسة غزارة الإشباع وفق HCM2010 ومقارنتها مع القياس الحقلي على التقاطعات المنظمة بإشارات ضوئية (حالة دراسية: مدينة طرطوس)

الدكتور شفيق داؤد *

الدكتور أكرم رستم **

محمد ابراهيم ***

(تاريخ الإيداع 4 / 2 / 2018. قَبْلَ للنشر في 28 / 6 / 2018)

□ ملخص □

يشكل تقييم سعة التقاطعات المنظمة بإشارات ضوئية أحد أهم الأسس المستخدمة في تخطيط وتصميم وتشغيل وإدارة شبكة الشوارع في المدن، ويعتمد حساب السعة على تقدير قيمة غزارة الإشباع على التقاطعات المنظمة بإشارات ضوئية.

يتم استخدام طريقة دليل سعة الطرق السريعة الأمريكي (HCM2010) في تقدير وتحليل غزارة الإشباع، وهذه الطريقة مستخدمة بشكل واسع في دول العالم ومنها سوريا، ولكن هذا الدليل يعبر عن الظروف المحلية في الولايات المتحدة الأمريكية، ولذلك قد لا يكون مناسباً لاستخدامه في ظروفنا المحلية.

يتناول هذا البحث تقدير غزارة الإشباع حقلياً بالاعتماد على الفواصل بين العربات ضمن الأرتال، ومقارنة النتائج الحقلية لغزارة الإشباع مع القيم الناتجة عن استخدام طريقة HCM. تم إجراء الدراسة على ثلاث تقاطعات في مدينة طرطوس، واستند التحليل على تجميع البيانات باستخدام الفيديو. أكدت النتائج النهائية أن هناك اختلاف بين القيمة الحقلية لغزارة الإشباع والقيمة الحسابية، مما يؤكد عدم امكانية استخدامها لظروفنا المحلية.

الكلمات المفتاحية: غزارة الإشباع، دليل سعة الطرق السريعة HCM2010، القياس الحقلي، التقاطعات المنظمة بإشارات ضوئية، مستوى الخدمة.

¹ * أستاذ مساعد - قسم هندسة النقل والمواصلات - كلية الهندسة المدنية - جامعة دمشق - دمشق - سورية
** أستاذ مساعد - قسم هندسة المواصلات والنقل - كلية الهندسة المدنية - جامعة تشرين - تشرين - سورية
*** طالب دراسات عليا (دكتوراه) - قسم هندسة النقل والمواصلات - كلية الهندسة المدنية - جامعة دمشق - دمشق - سورية

Studying the saturation flow according to HCM2010 and comparing it with the field saturation flow on the signalized intersections (Case Study: Tartous City)

Dr. Shafik Daoud^{*2}

Dr. Akram Rustom^{**}

Mohammad Ibrahim^{***}

(Received 4 / 2 / 2018. Accepted 28 / 6 / 2018)

□ ABSTRACT □

The evaluation of the capacity of signalized intersections is one of the most important parameter used in the planning, design, operation and management of urban street networks. The calculation of capacity depends on the estimation of the saturation flow of the signalized intersections.

The highway Capacity Manual (HCM 2010) is used to estimate and analyze the saturation flow. This method is widely used in many countries around the world, including Syria. It reflects the local conditions in the United States of America; therefore it may not be suitable for use in our local conditions.

This study includes estimation of the field saturation flow depending on the headways between the vehicles in the queues, and comparing the field results of the saturation flow with the values resulting from using the HCM. The study was conducted on three intersections in the Tartous city. The analysis was based on data collection using video. The final results confirmed that there is a clear difference between the field measurement of the saturation flow and computation value, Which confirms that it cannot be used for our local conditions.

Keywords: saturation flow, Highway Capacity Manual (HCM2010), field measurement, Signalized Intersections, Level of service (LOS).

² *Assistant Professor Lecturer at department of Transport, Faculty of Civil Engineering, Damascus University, Damascus, Syria

** Assistant Professor Lecturer at department of Transport, Faculty of Civil Engineering, Tishreen University, Lattakia , Syria

*** High studies student (doctoral), Transport Engineering Department, Faculty of Civil Engineering, Damascus University, Damascus, Syria

مقدمة:

تعد التقاطعات أهم العناصر في شبكة الطرق، فهي تؤثر بشكل كبير على أداء وفعالية الشبكة بكاملها. يعتمد تصميم وتشغيل وسعة التقاطعات المنظمة بإشارات ضوئية على غزارة الإشباع، ويتأثر الأداء التشغيلي للتقاطعات بخصائص الطريق وظروف المرور وخصائص التشغيل والظروف البيئية بالإضافة إلى الخصائص السلوكية للمستخدم [1,2]. يعتبر معدل غزارة الإشباع من العناصر الأساسية المستخدمة لقياس سعة التقاطع وتحديد أمانة الإشارات الضوئية، ويعرف معدل غزارة الإشباع على أنه المعدل الساعي الأعظمي للعربات التي تجتاز نقطة معينة أو قطاع معين من الطريق خلال فترة زمنية محددة في ظل ظروف الطريق والتحكم والمرور السائدة. تم تناول مستوى الخدمة من قبل HCM لتعبر عن مستوى الجودة الذي يمكن أن يستنتج من الخصائص التشغيلية المحلية وحجم المرور [1,3,4]. يتم قياس الخصائص المختلفة للتقاطعات في الدول الغربية استناداً على الأبحاث والدراسات مثل HCM2010 المستخدم في الولايات المتحدة. إن هذا الدليل والمطور في الولايات المتحدة الأمريكية يعتمد على الظروف المحلية فيها [1]، ونظراً إلى اختلاف الظروف المحيطة فإن قيمة غزارة الأشباع تختلف من بلد إلى آخر [5]، كما تتميز حركة المرور في سوريا بعدم الالتزام بقواعد الانضباط بالحارة المخصصة، ولذلك فإن استخدام العلاقات الخاصة بحساب غزارة الإشباع في ظروفنا المحلية دون إجراء معايرة للحسابات وفق الظروف المحلية قد يؤدي إلى نتائج غير دقيقة وبعيدة عن الواقع.

أهمية البحث وأهدافه:

إن زيادة الغزارات المرورية على الطرق المدنية وزيادة أعداد العربات أدى إلى زيادة مشكلة الازدحام على شبكة الشوارع وخاصة في منطقة التقاطعات [6]، كما أدى إلى زيادة استخدام التقنيات الخاصة بالتحكم المروري (إشارات، شاخصات....)، وفي سوريا لا تتوفر طرق خاصة تأخذ الظروف المحلية على عاتقها عند دراسة الأداء المروري، حيث يتم اعتماد طريقة HCM المعروفة والتي قد لا تتلاءم مع واقعنا وظروفنا، مما جعل من المهم دراسة مستوى الأداء LOS والبحث عن معايير ملائمة يمكن اعتمادها في التخطيط المدني وفقاً لظروف المدن السورية. سيشكل هذا البحث خطوة هامة في فهم أفضل لظروف التقاطعات في سوريا، ومقارنة النتائج الحقلية بالحسابات التحليلية التي تتم وفق HCM2010 وصولاً إلى نتائج أكثر دقة تعبر عن الظروف المحلية على التقاطعات.

طرائق البحث ومواده:

حساب غزارة الإشباع وفق العلاقات التحليلية في HCM2010: [1]

يعد دليل سعة الطرق السريعة (HCM2010) من أشهر الطرق التي تساعد المهندسين والمخططين على دراسة مشاريع المرور والعوامل المؤثرة عليه، وتناول هذا الدليل تقييم الأداء المروري للتقاطعات المنظمة بإشارات ضوئية. حيث تم وضع منهجية لتقييم السعة ونوعية الخدمة المقدمة لمستخدمي الطرق الذين يعبرون التقاطعات المنظمة بإشارات ضوئية، كما تضمن HCM مجموعة من مقاييس الأداء التي تصف الأداء التشغيلي للتقاطعات المنظمة بإشارات ضوئية، وتعد هذه المقاييس أداة لتحديد مصدر المشاكل الموجودة وتوفير إمكانية تطوير الأداء على هذه التقاطعات. يعتبر معدل غزارة الإشباع أحد هذه المقاييس ويحسب كمعدل غزارة الإشباع المعدل والذي يعكس تطبيق عوامل متنوعة

تعدل غزارة الإشباع الأساسية تبعاً للظروف السائدة على التقاطع المحدد، وتحسب لكل مجموعة حارات وفق العلاقة التالية:

$$S = so \cdot N \cdot f_w \cdot F_{HV} \cdot f_g \cdot f_e \cdot f_{bb} \cdot f_a \cdot f_{LU} \cdot f_{LT} \cdot f_{RT} \cdot f_{Lpb} \cdot f_{Rpb}$$

حيث: S: معدل غزارة الإشباع لمجموعة الحارات (veh/h).

S₀: معدل غزارة الإشباع الأساسية لحارة مرور واحدة (pc/h/ln).

N: عدد حارات المرور لمجموعة الحارات المدروسة.

f_w: معامل تصحيح عرض حارة المرور.

f_{HV}: معامل تصحيح العربات الثقيلة في تيار المرور.

f_g: معامل تصحيح الميل الطولي للذراع.

f_e: معامل تصحيح لحارة الوقوف وعدد مناورات الوقوف لمجموعة الحارات المجاورة لحارة الوقوف.

f_{bb}: معامل تصحيح لتأثير الإعاقة الناجم عن الباصات التي تتوقف في منطقة التقاطع.

f_a: معامل تصحيح لنوع المنطقة.

f_{LU}: معامل تصحيح استخدام حارة المرور.

f_{LT}: معامل تصحيح للعربات المنعطفة للسيار.

f_{RT}: معامل تصحيح للعربات المنعطفة لليمين.

f_{Lpb}: معامل تصحيح خاص بالمشاة من أجل المجموعات المنعطفة للسيار.

f_{Rpb}: معامل تصحيح خاص بالمشاة من أجل المجموعات المنعطفة لليمين.

تحسب هذه العوامل من العلاقات المرفقة في HCM2010، كما أن قيمة غزارة الإشباع الأساسية تبلغ 1900 عربة حسابية/ساعة/حارة والتي تعبر عن قيمة غزارة الإشباع في حال كانت جميع الشروط في الحالة المثالية أي قيمتها تساوي (1) وهي قيمة لا تعبر عن الواقع لذلك يتم تعديل قيمتها بإدخال تأثير عدة شروط عن طريق الضرب بالعوامل السابقة.

النتائج والمناقشة:

1- الدراسة العملية وجمع البيانات:

تم اجراء الدراسة في مدينة طرطوس، حيث تم اختيار عدد من التقاطعات المنظمة بإشارات ضوئية بحيث يتواجد عليها غزارات مرورية عالية وأن تكون متنوعة هندسياً ولا تشكل حالات خاصة (تقاطع مع نفق...). تم تجميع البيانات من ثلاث تقاطعات هي تقاطع أمية وتقاطع الشرطة العسكرية وتقاطع الساعة. تم جمع البيانات الهندسية (عدد الحارات، عرض الحارات، الميول...) بالاعتماد على الخرائط الموجودة في المواصلات الطرقية والبلدية، إضافةً إلى الجولات الميدانية والقياسات الحقلية على التقاطعات المدروسة.

- تقاطع أمية:

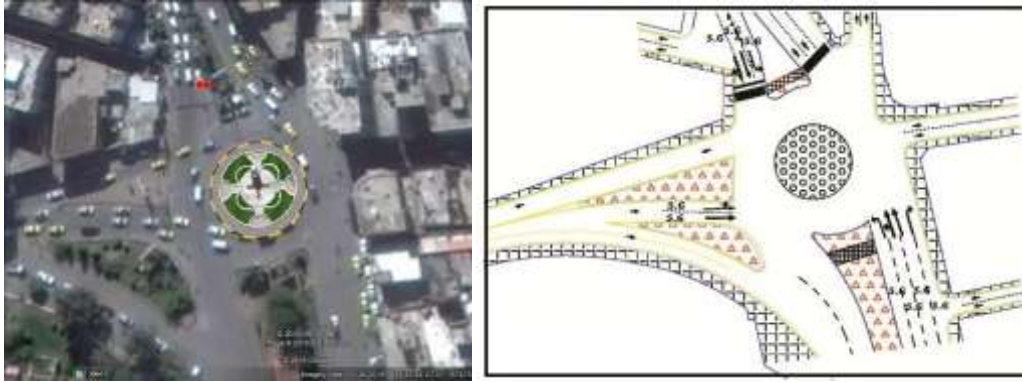
وهو تقاطع رباعي بين شارع جمال عبد الناصر والكورنيش الشرقي، وهو تقاطع مزود بإشارة ضوئية. يشكل هذا التقاطع عقدة مرورية رئيسية في مدينة طرطوس، ولذلك فهو يمرر غزارات مرورية عالية.



الشكل (1) تقاطع أمية

- تقاطع الساعة:

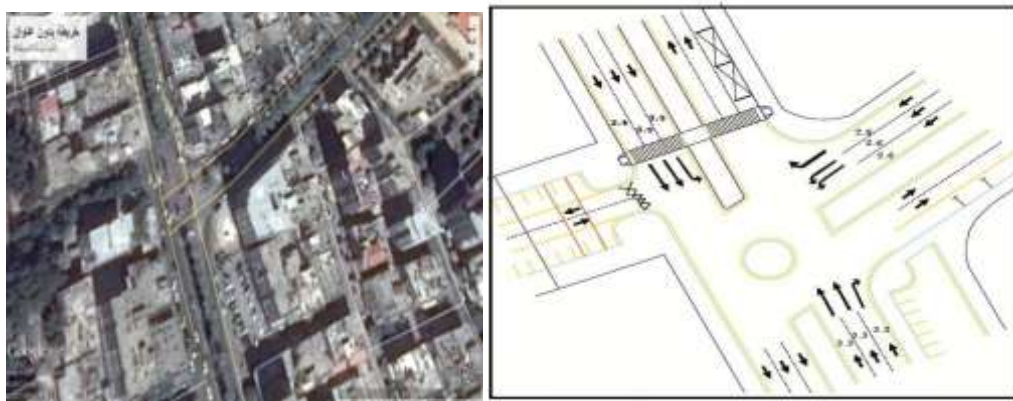
وهو تقاطع دوار ثلاثي منظم بإشارة ضوئية يقع في قلب مدينة طرطوس، وهو يربط بين امتداد شارع الثورة وبين شارع القدس، ويمرر غزارات مرورية كبيرة.



الشكل (2) تقاطع الساعة

- تقاطع الشرطة العسكرية:

وهو تقاطع ثلاثي منظم بإشارة ضوئية يربط بين شارع الثورة وشارع المحطة.



الشكل (3) تقاطع الشرطة العسكرية

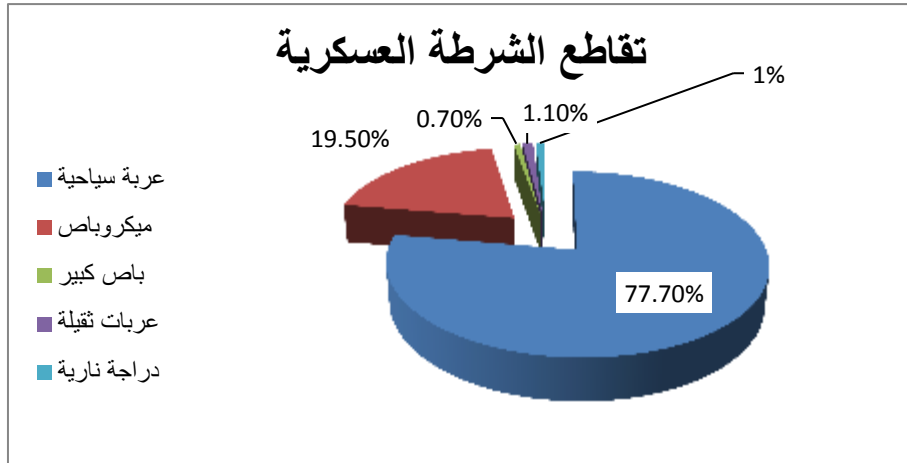
تم جمع البيانات المرورية (الغزارات المرورية، الغزارات المنعطفة، التركيب النوعي للحركة...) عن طريق التصوير بالفيديو إضافة إلى الجولات الميدانية، حيث سيتم وضع آلة التصوير بالفيديو (كاميرا فيديو) في نقطة من التقاطع بحيث تغطي حركة المرور على ذراع واحد أو اثنين أو أكثر، وتم تسجيل البيانات المتعلقة بالغزارات المرورية خلال ساعة الذروة، حيث تبين أنها (11:30-12:30 ظهراً) وذلك حسب دراستين مروريتين أجرينا لمدينة طرطوس عامي

(1997 و 2009) بالإضافة إلى مراقباتنا الحقلية للحركة المرورية على التقاطعات المدروسة، والجدول (1) يوضح البيانات المرورية والهندسية.

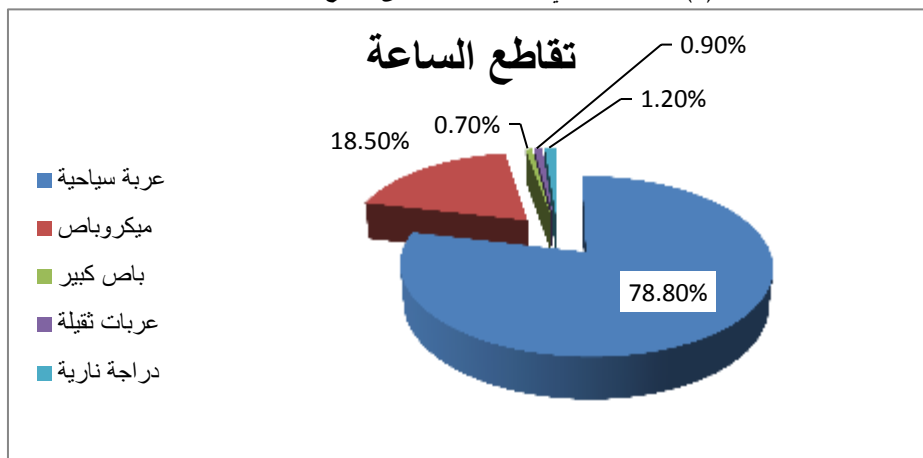
الجدول (1) البيانات المرورية والهندسية للتقاطعات المدروسة

التقاطع	الزراع	العرض (m)	اتجاه الحركة	عدد العربات (veh)	PHF	معدل الغزارة (veh/h)	عدد العربات الحسابية (pcu)	مجموع العربات (veh)	RTOR	نسب الانعطاف (%)	حجم المشاة (ped/h)
336	WB	8.4	LT	565	0.91	621	586	1199	375	47.1	0
			TH	0		0	0				
			RT	624		686	52.1				
			U-Turn	10		11	0.8				
110	NB	10.9	LT	0	0.98	673	0	1127	259	58.6	0
			TH	660		673	37.7				
			RT	425		434	3.7				
			U-Turn	42		43	0				
193	SB	10.3	LT	690	0.95	726	716	1545	44.7	0
			TH	754		794	48.8				
			RT	0		0	0				
			U-Turn	101		106	6.5				
310	WB	8.4	LT	486	0.92	528	516	1273	38.2	0
			TH	561		610	44.1				
			RT	224		243	17.6				
			U-Turn	2		2	0.1				
761	NB	11.8	LT	374	0.97	648	378	1481	77	26.2	0
			TH	629		648	44				
			RT	295		304	20.6				
			U-Turn	131		135	9.2				
368	SB	16	LT	391	0.89	439	390	967	17	40.5	0
			TH	418		470	43.2				
			RT	88		99	9.1				
			U-Turn	70		79	7.2				
68	WB	8.7	LT	668	0.88	759	690	1259	37	53.1	0
			TH	473		538	37.5				
			RT	77		88	6.1				
			U-Turn	41		47	3.2				
241	NB	11	LT	436	0.9	484	460	1272	34.3	0
			TH	395		439	31				
			RT	441		490	34.7				
			U-Turn	0		0	0				
188	EB	14.7	LT	241	0.83	846	247	1406	258	17.2	0
			TH	702		846	49.9				
			RT	402		484	28.6				
			U-Turn	61		73	4.3				
312	SB	10.8	LT	239	0.93	257	246	888	107	26.9	0
			TH	458		492	51.6				
			RT	190		204	21.4				
			U-Turn	1		1	0.1				

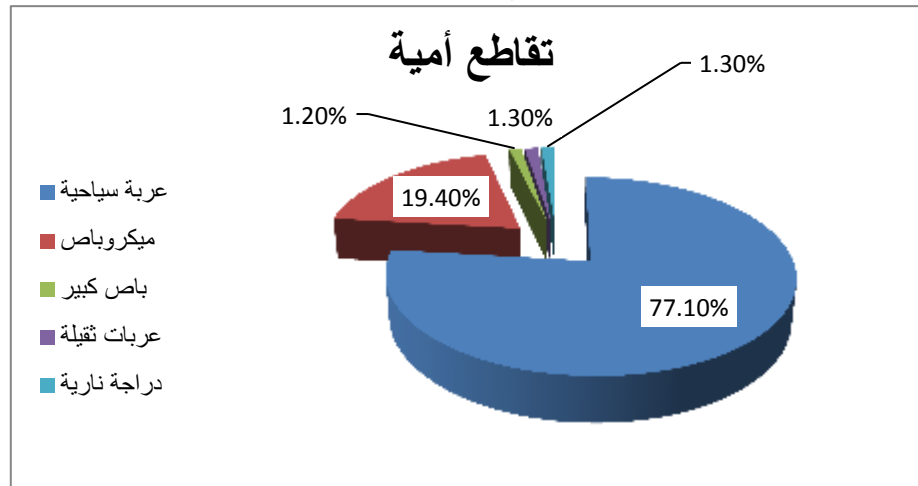
تم تحديد التركيب النوعي لحركة المرور خلال ساعة الذروة على التقاطعات المدروسة، وذلك من خلال الفيديو المسجل، حيث تبين أن العربات السياحية والميكروباصات تشكل معظم مكونات الحركة المرورية في طرطوس، في حين كانت نسبة العربات الثقيلة قليلة جداً، والأشكال الآتية توضح مكونات حركة المرور على التقاطعات المدروسة.



الشكل (4) التركيب النوعي لحركة المرور على تقاطع الشرطة العسكرية



الشكل (5) التركيب النوعي لحركة المرور على تقاطع الساعة



الشكل (6) التركيب النوعي لحركة المرور على تقاطع أمية

كما تم الحصول على بيانات الإشارات الضوئية والتي تتضمن كل من نوع الإشارة الضوئية، طول دورة الإشارة، الزمن الأخضر والزمن الأصفر لكل ذراع، وتم قياس طول الدورة والأزمنة الخضراء والصفراء لكل ذراع باستخدام الميقاتية، والجدول (2) يوضح بيانات الإشارات الضوئية للتقاطعات المدروسة.

الجدول (2) بيانات الإشارات الضوئية للتقاطعات المدروسة

التقاطع	الذراع	الزمن الأخضر G (sec)	الزمن الأصفر Y (sec)	زمن دورة الإشارة الضوئية C (sec)
الشرطة العسكرية	WB	17	3	61
	NB	15	3	
	SB	20	3	
الساعة	WB	37	3	104
	NB	28	3	
	SB	30	3	
أمية	WB	20	3	84
	EB	17	3	
	NB	17	3	
	SB	18	3	

يتم حساب قيمة غزارة الإشباع بالطريقة الحسابية وفق HCM2010 والنتائج موضحة بالجدول (3).

الجدول (3) حساب العوامل المؤثرة وغزارة الإشباع الحسابية وفق HCM2010

التقاطع	الذراع	Lane group	عدد الحارات N	معدل حجم المرور (veh/h)	عامل تأثير العرض f_w	عامل تأثير العربات الثقيلة f_{HV}	عامل تأثير الميل f_g	عامل تأثير وقوف العربات f_p	عامل تأثير وقوف الباصات f_{bb}	عامل نوع المنطقة f_a	عامل استخدام الحارة f_{LU}
الشرطة العسكرية	WB	RT	1	686	0.96	0.991	1.02	1	0.984	0.9	1
	NB	TH	2	673	1	0.985	1	1	1	0.9	0.952
		RT	1	434	1	0.985	1	1	0.98	0.9	1
	SB	TH	2	794	1	0.99	1	0.915	0.884	0.9	0.952
		LT	1	833	1	0.99	1	1	1	0.9	1
	الساعة	WB	TH+LT	2	1140	1	0.994	1.003	1	1	0.9
NB		TH+RT	2	952	1	0.995	1	0.93	0.896	0.9	1
		LT	1	521	1	0.995	1	1	1	0.9	1
SB		RT	1	88	1	0.977	1	0.81	0.936	0.9	0.95
		TH+LT	2	636	1	0.977	1	1	1	0.9	1
LT		1	352	1	0.977	1	1	1	1	0.9	1
	أمية	WB	TH+RT	2	625	0.96	0.988	1.02	0.905	0.964	1
EB		LT	1	806	0.96	0.988	1.02	1	1	1	1
		RT	1	484	1.04	0.991	0.99	1	0.944	1	1
NB		TH	2	846	1	0.991	0.99	1	1	1	0.952
		LT	1	364	1	0.991	0.99	1	1	1	1
SB		TH	2	439	1	0.982	1	1	1	1	0.952
	LT	1	484	1	0.982	1	1	1	1	1	
TH+LT	RT	1	204	1	0.985	1	1	0.86	0.97	1	1
	TH+LT	2	752	1	0.985	1	1	1	1	1	1

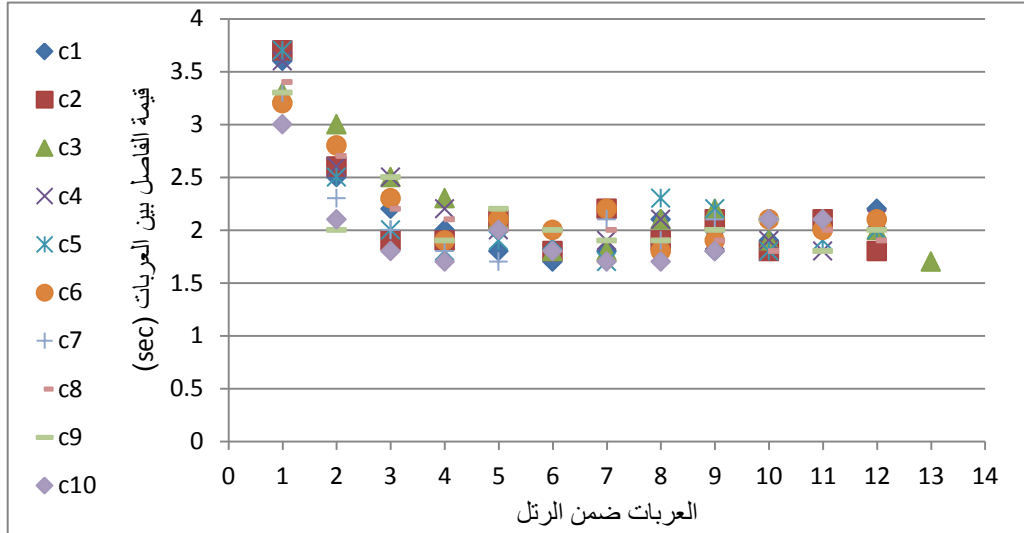
تابع للجدول رقم (3)

التقاطع	الذراع	Lane group	عامل الانعطاف للسيار fLT	عامل الانعطاف لليمين fRT	عامل تأثير حركة المشاة والدراجات للسيار fLpb	عامل تأثير حركة المشاة والدراجات لليمين fRpb	حاصل ضرب جميع العوامل المؤثرة في غزارة الإشباع	غزارة الإشباع الأساسية S0 (veh/h)	غزارة الإشباع S (veh/h)
الشرطة العسكرية	WB	RT	1	0.85	1	0.688	0.503	956	
		LT	0.952	1	1	1	0.831	3158	
	NB	TH	1	1	1	1	0.844	3207	
		RT	1	0.85	1	0.776	0.573	1089	
	SB	TH	1	1	1	1	0.686	2607	
		LT	0.952	1	0.934	1	0.792	1505	
الساعة	WB	TH+LT	0.977	1	1	1	0.8766	3331	
		TH+RT	1	0.943	1	0.894	0.629	2390	
	NB	LT	0.952	1	0.839	1	0.715	1359	
		RT	1	0.85	1	0.696	0.3747	712	
	SB	TH+LT	1	1	1	1	0.879	3341	
		LT	0.952	1	0.803	1	0.672	1277	
أمية	WB	TH+RT	1	0.824	1	0.993	0.6906	2624	
		LT	0.952	1	0.927	1	0.854	1623	
	EB	RT	1	0.85	1	0.722	0.591	1123	
		TH	1	1	1	1	0.934	3549	
		LT	0.952	1	0.955	1	0.892	1695	
	NB	TH	1	1	1	1	0.935	3553	
		LT	0.952	1	0.883	1	0.825	1568	
	SB	RT	1	0.85	1	0.737	0.515	979	
		TH+LT	0.983	1	0.942	1	0.912	3466	

2- القياس الحقلي لغزارة الإشباع:

يستند القياس الحقلي لغزارة الإشباع على طريقة معدل الفاصل أي على قياس الفاصل الزمني بين العربات التي تعبر خط الوقوف خلال الزمن الأخضر. يتم القياس الحقلي باستخدام التسجيل بالفيديو، حيث يتم اختيار خط الوقوف كنقطة للمراقبة. يتم تشغيل الفيديو عند بداية الزمن الأخضر ويستمر التسجيل حتى نهاية الرتل، وبعدها يتم جمع البيانات للحركات المستقيمة والمنعطفة من خلال تشغيل الفيديو وإعادته عدة مرات، وعندها يتم الحصول على فترة الإشباع. تبدأ فترة الإشباع عند ثبات الفواصل بين العربات المشكلة للرتل، فعند بدء الزمن الأخضر يبدأ الرتل بالتحرك وتبدأ

العربات بالتسارع حتى الوصول إلى التسارع الكامل الذي يمكن أن تبلغه العربات عند عبور خط التوقف، تؤخذ فترة الإشباع وفق HCM2010 بعد مرور العربة الرابعة، أما في دراستنا فتبين أنها تبدأ بعد مرور المحور الأمامي للعربة الخامسة، حيث تبدأ الفواصل بالثبات تقريباً، وتستمر فترة الإشباع حتى عبور المحور الأمامي للعربة الأخيرة من الرتل لخط الوقوف [1]، والشكل (4) يوضح مخطط الفواصل بين العربات لعدد من الأرتال.



الشكل (7) مخطط الفواصل بين العربات

والشكل رقم (8) يوضح الاستمارة التي تم تصميمها من أجل تجميع البيانات الحقلية الخاصة بحساب غزارة الإشباع الحقلية. [1,7]

ادخال الفواصل						
رقم العربات في الرتل	cycle1			cycle2		
	h	HV	T	h	HV	T
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
11						
12						
13						
14						
15						
16						
مجموع الفواصل						

حيث: h الفاصل الزمني بين عربتين متتاليتين
 HV العربات الثقيلة
 T العربات المنعطفة من الحارة المدروسة

الشكل (8) استمارة حساب غزارة الإشباع حقلياً

تؤخذ قيم القياسات دورة بعد دورة، ويتم طرح الزمن المسجل للعربة الخامسة من الزمن المسجل للعربة الأخيرة في الرتل، وتمثل هذه القيمة مجموع الفواصل للعربات التي تعبر خط الوقوف (من العربة الخامسة وحتى العربة n) حيث n هي رقم العربة الأخيرة المسجلة (والتي قد لا تكون العربة الأخيرة في الرتل)، ثم يقسم هذا المجموع من قبل عدد الفواصل بعد العربة الخامسة للحصول على الفاصل الوسطي ويسمى فاصل الإشباع، ثم يتم قسمة 3600 من قبل هذه القيمة للحصول على غزارة الإشباع [1,4].

$$s = 3600/h$$

حيث: s غزارة الإشباع (عربة/ساعة)

h فاصل الإشباع (ثانية)

للحصول على قيمة ذات دلالة احصائية يجب ألا يقل عدد دورات الإشارة المسموحة عن 15 ولكل منها أكثر من 8 عربات في الرتل [1]، مع ملاحظة أنه على التقاطعات التي يكون اليمين عليها مفتوح (الحركة اليمينية مسموحة خلال الزمن الأحمر) لا يمكن حساب غزارة الإشباع الحقلية للحارة اليمينية بسبب عدم تشكل أرتال. الجدول (4) يوضح نموذجاً لتفريغ بيانات حساب غزارة الإشباع بشكل حقل على تقاطع الساعة.

الجدول (4) نموذج لتفريغ بيانات حساب غزارة الإشباع حقلياً

تقاطع الساعة													
شارع: القدس													
الوقت: ١١:٣١													
التاريخ: ٢٠١٧-٩-١٢													
الحارة: اليمينية													
ادخال الفواصل													
رقم العربات في الرتل	cycle1			cycle2				cycle18			cycle19		
	Time	HV	T	Time	HV	T		Time	HV	T	Time	HV	T
1	3.5			4.2		1		3		1	2.9		1
2	2.7		1	2.8		1		2.5		1	2.4		1
3	2.3		1	2.2		1		2.1			2.3		
4	2.6			2.3		1		1.7			1.7		1
5	2.9		1	1.6				2.3		1	2.1		1
6	1.9			2.6				1.5			2		1
7	2			1.8		1		2		1	2.1		
8	1.8			2.2				2.1			1.8		1
9	1.8	1	1	2.2		1		2.2			1.7		
10	2.9			3.1	1	1		1.8			1.9		
11	2.2			2.4				2.1			2		1
12	2.3		1	2.3				2.1			1.8		
13	1.8			1.7		1		1.9		1	2.4		
14	2.4			1.9				1.8			2.1		
15				2.1				2			1.6		1
16											1.7		
مجموع الفواصل	33.1			35.4				31.1			32.5		

حيث: h الفاصل الزمني بين عربتين متتاليتين
 HV العربات الثقيلة
 T العربات المنعطفة من الحارة المدروسة

والجدول (5) يلخص نتائج قياس غزارة الإشباع على التقاطعات المدروسة.

الجدول (5) نتائج حساب غزارة الإشباع الحقلية

التقاطع	الذراع	عدد الحارات	غزارة الإشباع S (veh/h)
الساعة	WB	2	3280
	NB	3	4206
	SB	4	4579
الشرطة العسكرية	WB	3	3099
	NB	3	3160
	SB	3	3103
أمية	WB	3	4820
	EB	4	4945
	NB	3	4813
	SB	3	3389

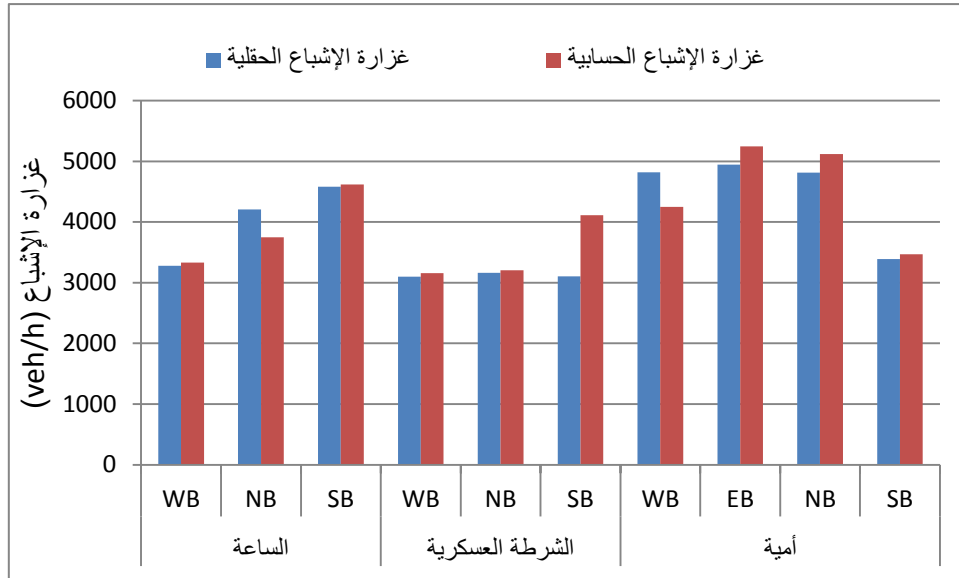
3- مقارنة غزارة الإشباع الحقلية مع غزارة الإشباع المحسوبة وفق HCM2010:

يأخذ HCM2010 اليمين المفتوح كحارة مخصصة للانعطاف لليمين على التقاطعات ويعتبره مجموعة حارة مستقلة [1]، على عكس الحساب الحقلي لغزارة الإشباع، ولذلك فعند المقارنة بين غزارة الإشباع الحقلية وغزارة الإشباع المحسوبة يتم استثناء غزارة الإشباع المحسوبة لليمين المفتوح في طريقة HCM، ويبين الجدول رقم (6) المقارنة بين نتائج قيم غزارة الإشباع بالطريقتين على التقاطعات المدروسة.

الجدول (6) المقارنة بين غزارة الإشباع الحقلية والمحسوبة وفق HCM2010

التقاطع	الذراع	غزارة الإشباع الحقلية (عربة/ساعة)	غزارة الإشباع المحسوبة (عربة/ساعة)
الساعة	WB	3280	3331
	NB	4206	3749
	SB	4579	4618
الشرطة العسكرية	WB	3099	3158
	NB	3160	3207
	SB	3103	4112
أمية	WB	4820	4247
	EB	4945	5244
	NB	4813	5121
	SB	3389	3466

ويوضح الشكل رقم (9) التمثيل البياني للمقارنة بين قيم غزارة الإشباع الحقلية وغزارة الإشباع الحاسوبية وفق HCM2010.



الشكل (9) التمثيل البياني للمقارنة بين قيم غزارة الإشباع الحقلية وغزارة الإشباع الحسابية

الاستنتاجات والتوصيات:

- 1- تبدأ فترة الإشباع وفق الظروف المحلية لمدينة طرطوس بعد مرور العربة الخامسة من الرتل وليس بعد مرور العربة الرابعة كما في HCM2010.
- 2- قيمة غزارة الإشباع الحسابية وفق العلاقات التحليلية لـ HCM2010 بشكل عام أكبر من غزارة الإشباع الحقلية، ويعود ذلك إلى عدم تقيد السائقين بالقوانين المرورية وعدم الالتزام بالحارات المخصصة مما يسبب عرقلة للعربات الأخرى، بالإضافة إلى وقوف العربات على جانبي الشارع بشكل عشوائي، كما أنه لا يوجد التزام من قبل المشاة بالإشارة الضوئية، حيث يلجأ قسم كبير من المشاة في أغلب الأحيان إلى العبور عندما تكون الإشارة خضراء مما يسبب تأخير وعرقلة للعربات.
- 3- يجب اجراء الدراسات المرورية الحقلية على شوارع المدن والمحافظات المختلفة لإيجاد الحلول المرورية ومواكبة التغير الحاصل في الظروف السائدة.
- 4- تعتمد الطرائق الحسابية للتقييم المروري والمتبعة من قبل الكودات والدراسات العالمية على الظروف المحلية بكل بلد، ولذلك يجب تعديل هذه الطرائق والقوانين لتتكيف مع ظروفنا المحلية.
- 5- ضرورة اجراء العديد من الأبحاث اللاحقة من أجل الإحاطة بكافة العوامل التي تؤثر على غزارة الإشباع بما يتناسب مع الظروف والمعطيات المرورية لمدينة طرطوس.
- 6- يشكل هذا البحث فقط الخطوة الأولى على أن تتبعه العديد من البحوث في هذا المجال، بهدف التعمق في دراسة العوامل والمؤشرات المرورية في ظروف مدينة طرطوس.

المراجع:

1. TRB. *Highway Capacity Manual*. Fifth Edition, Transportation Research Board of National Academics, Washington, D.C, 2010, 859-870.
2. RAHMAN,M; HASSAN,T; AHMED,N.S. *comparison of saturation flow rate at signalized intersections in Yokohama and Dhaka*. Proceedings of the Eastern Asia Society for Transportation Studies, Vol. 5, 2005, 2-3.
3. RAJGOR,B.T; PATEL,K.A; GUNDALIYA,J.P. *Development of Saturation Flow Rate Model for Heterogeneous Traffic at Urban Signalized Intersection*. International journal of innovative research in technology, Volume 2 Issue 12 | ISSN: 2349-6002, 2016,1-3.
4. JUREMALANI,R.J; CHAUHAN,A.K. *Capacity and Level of Services for Signalized Intersections under Mix Traffic Conditions- A Global Scenario*. IJRDO-Journal Of Mechanical And Civil Engineering, Volume-1 |Issue-6 | June,2015, 1.
5. SHAO,CH; RONG,J; LIU,X . *Study on the Saturation Flow Rate and Its Influence Factors at Signalized Intersections in China*. 6th International Symposium on Highway Capacity and Quality of Service Stockholm, Sweden June 28 – July 1, 2011,9-10.
6. SHRESTHA, S; MARSINI,A. *Development of Saturation Flow and Delay Model at Signalized Intersection of Kathmandu*. Department of Civil Engineering, Central Campus, Proceedings of IOE Graduate Conference, 2014, 1-5.
7. HADIUZZAMAN. *Development of saturation flow and delay models for signalized intersection in Dhaka city*. Department of Civil Engineering, Bangladesh University of engineering and technology, January, 2008,140.