

دراسة في تقدير غزارة الإشباع في التقاطعات المضبوطة بواسطة الإشارات الضوئية في ظروف مدينة دمشق مقارنة بين القياسات الحقلية والطريقة التحليلية

الدكتور المهندس حسان الخيمي¹

الملخص

تهدف الدراسات المرورية (Traffic Analysis) إلى تقدير بعض المؤشرات المهمة لتحديد مستوى الخدمة (Level Of Service LOS) على الطرق داخل المدن و خارجها. وتتضمن الكودات العالمية المختلفة العديد من الطرائق التحليلية لإجراء مثل هذه الدراسات. إلا أن استخدام هذه العلاقات في ظروفنا المحلية قد يعطي نتائج غير متطابقة مع الواقع لأن العوامل المستخدمة مناسبة للظروف المرورية السائدة هناك.

هدف هذا البحث إلى تسليط الضوء على مختلف الطرائق المعتمدة في المراجع العلمية لحساب غزارة الإشباع (Saturation Flow) في التقاطعات المضبوطة بالإشارات الضوئية. إذ يتم في الفصل الأول مقارنة الأسس النظرية في حساب العوامل المؤثرة وفقاً لعدة كودات ومراجع عالمية، ومن ثم يجري تطبيق طريقة الكود الأمريكي (HCM2000) على أمثلة واقعية من عدة تقاطعات مدارية بالإشارات الضوئية داخل دمشق. وفي الخطوة التالية يتم شرح تفصيلي لتجربة قياس غزارة الإشباع حقلياً وعرض النتائج المستحصلة لتطبيق عملي على بعض المقاطع المدروسة في مدينة دمشق.

تتم مقارنة نتائج القياس الحقلية مع الحساب التحليلي باستخدام علاقات الكود الأمريكي. ويتم استنتاج عوامل تصحيح على العلاقات التحليلية استناداً إلى نتائج القياسات الحقلية. ويمكن عدُّ هذا البحث خطوة أولية في سبيل تطوير كود عربي سوري في مجال الدراسات المرورية لاستحصا لنتائج أقرب ما تكون إلى واقعنا المروري المحلي.

¹ مدرس - قسم النقل و المواصلات كلية الهندسة المدنية - جامعة دمشق.

1-مقدمة

- شرح الطريقة التجريبية في حساب غزارة الإشباع في التقاطعات المضبوطة في الموقع، وتطبيقها على المقاطع نفسها من الشبكة الطرقية في المدينة.

- مقارنة النتائج الحسابية بالقياسات الحقلية بالنسبة إلى المقاطع المدروسة، واستنتاج عوامل التصحيح.

2- حساب غزارة الإشباع في التقاطعات المدارة بالإشارات الضوئية (Saturation Flow Rate) بالطريقة التحليلية

1-2-العلاقات التحليلية حسب [HCM2000] [1]:

تحسب غزارة الإشباع لكل مجموعة حارات مرورية (مجموعة المسارب) وفق المعادلة الآتية:

$$S = S_o \cdot f_w \cdot f_{HV} \cdot f_g \cdot f_p \cdot f_{bb} \cdot f_a \cdot f_{LU} \cdot f_{LT} \cdot f_{RT} \cdot f_{LPb} \cdot f_{RPb} [1]$$

إذ تعبر غزارة الإشباع عن معدل جريان العربات في الساعة الذي من الممكن أن يستوعب من قبل مجموعة مرورية (lane group) بفرض أن الزمن الأخضر كان 100% من زمن الدورة الضوئية.

So غزارة الإشباع الأساسية (Base Saturation Flow):

تبدأ عملية الحساب باختيار قيمة أساسية لغزارة الإشباع التي هي عادة حسب [HCM2000] 1900 pc/h/ln أي 1900 عربة ركاب في الساعة لكل حارة مرورية.

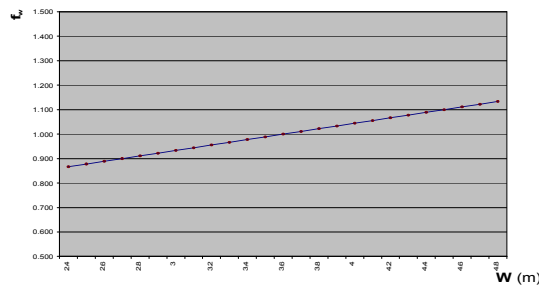
تعبر غزارة الإشباع الأساسية (So) عن قيمة غزارة الإشباع في حال كانت الشروط جميعها في الحالة المثالية أي إن قيم العوامل جميعها =1، وهي حالة لا تعبر عن الواقع، لذا يتم تعديل هذه القيمة بإدخال أثير عدة شروط عن طريق الضرب في العوامل السابق ذكرها وذلك كما يأتي:

2-2- تأثير تغير العوامل المستخدمة في علاقة حساب غزارة الإشباع:

تهدف الدراسات المرورية في مجال تقييم الوضع المروري الراهن إلى تقدير مستوى الخدمة للطرق من خلال العديد من المؤشرات المرورية مثل غزارة الإشباع (Saturation Flow) و السعة (Capacity) وزمن التأخر (Delay Time) و زمن الرحلة (Travel Time)...الخ. وتعطي العديد من الكودات العالمية مثل الكود الأمريكي (HCM2000) بعض العلاقات التحليلية لحساب هذه المؤشرات وتقديرها معتمدة على العديد من المعاملات المستنتجة من خلال تجارب وخبرات محلية. و نظراً إلى اختلاف الظروف المحيطة فإن هذه المعاملات قد تختلف من بلد إلى آخر، لذلك فإن استخدام مثل هذه العلاقات في الحسابات المرورية ضمن ظروفنا المحلية - دون إجراء معايرة للمعاملات الحسابية استناداً إلى دراسات وبحوث محلية- قد يؤدي إلى نتائج غير دقيقة و بعيدة عن الواقع. ومن هنا تتبع أهمية هذا البحث بوصفه الخطوة الأولى في سبيل تحديد خصائص الجريان المروري في ظروفنا المحلية ومقارنة نتائج الحسابات التحليلية بالتجارب الإحصائية الحقلية. التي تهدف بمجملها إلى زيادة الدقة في استنتاج المؤشرات المرورية المهمة والخاصة بظروف الحركة المرورية في مدينة دمشق، وتطوير هذه المنهجية بسبل عملية لاستقراء مدى المردود المروري للمشاريع المقترحة التي تكون عادة باهظة التكاليف.

يحتوي هذا البحث على الخطوات الآتية:

- حساب غزارة الإشباع في التقاطعات المضبوطة باستخدام العلاقات التحليلية وفقاً لدليل السعة المرورية للطرق السريعة الأمريكي (HCM2000) بالمقارنة بكودات عالمية أخرى، مع تطبيق أمثلة على بعض المقاطع في الشبكة الطرقية داخل دمشق.



الشكل 1-2 : تغير المعامل f_w مع تغير عرض الحارة المرورية W حسب [1]

حسب [2]:

في حال قياس زمن التتابع في حارات مرورية ذات عرض متغير، ولكن بشرط أن تكون العوامل الأخرى جميعها (بقية الشروط) في الحالة المثالية أي أن قيمها = 1.0، فإن أزمنة التتابع المقيسة تأخذ القيم الآتية:

W (m)	h (sec/veh)
3.0	2.6
3.3	2.4
3.6	2.1
3.9	2.0
4.2	1.9

وباعتبار العوامل جميعها ثابتة (مثالية) ماعدا العامل

$$f_w = S / S_0 \text{ و } S = S_0 f_w$$

S غزارة الإشباع للحالة المدروسة $vh/hlgp$

S_0 غزارة الإشباع الأساسية (المثالية) $Pc/hlgp$

$$f_w = h / h_0, S_0 = 3600/h_0, S = 3600/h,$$

وتعد $h_0 = 2.1 \text{ sec/v}$ باعتبار العرض المثالي للحارة

3.6m ومنها تكون قيم العامل f_w كما يأتي:

W (m)	$f_w = h / h_0$
3.0	2.1/2.6=0.81
3.3	2.1/2.4=0.88
3.6	2.1/2.1=1.0
3.9	2.1/2.0=1.05
4.2	2.1/1.9=1.11

وبيّن المخطط التالي قيم العامل f_w الموافقة لعدة قيم

من W :

1-2-2 عامل تعديل عرض الحارة المرورية (Adjustment for lane width)

حسب [1] [HCM2000]:

يستخدم هذا العامل لإدخال الأثر السلبي للحارات الضيقة على معدل غزارة الإشباع، ويسمح بزيادة قيم غزارة الإشباع للحارات الواسعة.

يعدّ العرض المثالي لحارة المرور 3.6m. يُحسب هذا العامل مع الانتباه إلى أن عرض الحارة يجب أن لا يزيد على 4.8m إذ يمكن عندها اعتبار حارتي مرور بدلاً من واحدة.

مع ملاحظة أن استخدام حارتي مرور ضيقتين سوف يعطي دائماً قيمة أكبر لغزارة الإشباع عن استخدام حارة واحدة عريضة.

لكن في كلتا الحالتين يجب للتحليل أن يعكس الحالة الحقيقية الموجودة أو المتوقع حصولها.

ويجب أن لا يقل عرض حارة المرور عن 2.4m في أي حال من الأحوال وإلا لا يتم عدّ هذه الحارة.

تُحسب قيمة هذا العامل من العلاقة الآتية:

$$f_w = 1 + \frac{W - 3.6}{9}$$

إذ: W عرض الحارة $2.4m < W <= 4.8m$

وبيّن الجدول التالي قيم العامل f_w المحسوبة لعدة قيم

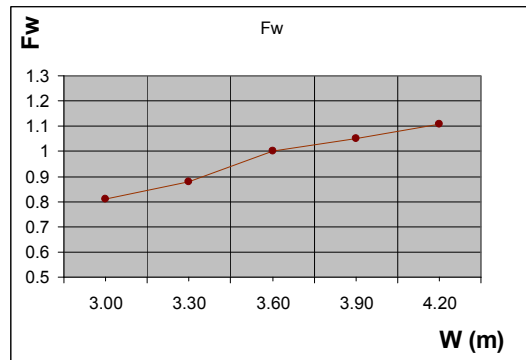
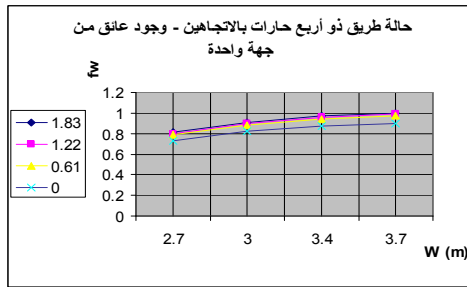
من W :

	W (m)	f_w
min	2.4	0.867
	3.0	0.933
ideal	3.6	1.0
	4.0	1.044
max	4.8	1.133

وبيّن المخطط التالي قيم العامل f_w الموافقة لعدة قيم

من W بين 2.4m و 4.8m:

دراسة في تقدير غزارة الإشباع في التقاطعات المضبوطة بواسطة الإشارات الضوئية في ظروف مدينة دمشق مقارنة بين القياسات الحقلية والطريقة التحليلية



الشكل 2-2 : تغير المعامل f_w مع تغير عرض الحارة المرورية W حسب [2]

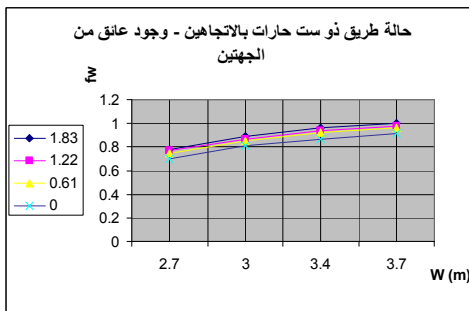
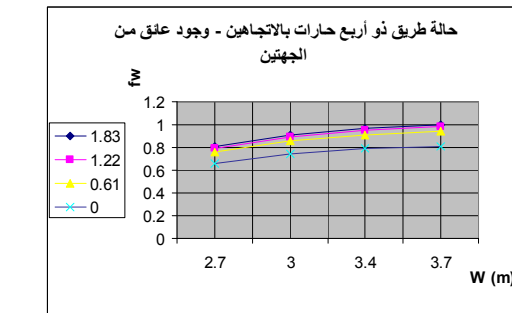
حسب [3]:

كلما قل عرض الحارة أو كلما ازداد قرب عوائق من الحارة زاد توتر السائق مما يدفع السائق تلقائياً إما لزيادة المسافة بين سيارته والسيارة السابقة واللاحقة لها أو لتخفيف السرعة. وعند حصول ذلك تنخفض غزارة الإشباع.

وتؤخذ قيمة العامل f_w من الجدول التالي حسب عرض الحارة، وحسب وجود العائق من جهة واحدة، أو من جهتين، وحسب عدد حارات المرور:

المسافة من حافة الحارة إلى العائق (m)	حالة وجود عائق من جهة واحدة				حالة وجود عائق من الجهتين			
	3.7 m	3.4 m	3.0 m	2.7 m	3.7 m	3.4 m	3.0 m	2.7 m
طريق باتجاهين (أربع حارات مرورية باتجاهين)								
1.83	1.00	0.97	0.91	0.81	1.00	0.97	0.91	0.81
1.22	0.99	0.96	0.90	0.80	0.98	0.95	0.89	0.79
0.61	0.97	0.94	0.88	0.79	0.94	0.91	0.86	0.76
0	0.90	0.87	0.82	0.73	0.81	0.79	0.74	0.66
طريق ذو ست حارات مرورية أو أكثر باتجاهين								
1.83	1.00	0.96	0.89	0.78	1.00	0.96	0.89	0.78
1.22	0.99	0.95	0.88	0.77	0.98	0.94	0.87	0.77
0.61	0.97	0.93	0.87	0.76	0.96	0.92	0.85	0.75
0	0.94	0.91	0.85	0.74	0.91	0.87	0.81	0.70

وتبين المخططات الآتية قيم العامل f_w الموافقة لعدة قيم من W حسب وجود العوائق وعدد الحارات:



الشكل 2-3 : تغير المعامل f_w مع تغير عرض الحارة المرورية W حسب [3]

• وفيما يأتي مقارنة بين قيم العامل f_w حسب الطرق الثلاثة السابق ذكرها:

W (m)	f_w HCM2000[1]	f_w Transportation and Engineering\Second Edition[2]	f_w Traffic Engineering Hand Book\Second Edition[3]
3.0	0.933	0.81	0.91
3.1	0.944	0.833	0.925
3.2	0.956	0.856	0.94
3.3	0.967	0.88	0.955
3.4	0.978	0.92	0.97
3.5	0.989	0.96	0.98
3.6	1.0	1.0	0.99

الجدول 1-2 : تغير المعامل f_w مع تغير عرض الحارة المرورية W

+ Adjustment for heavy vehicles) :(Adjustment for grade

حسب [HCM2000]^[1]:

سبب وجود عاملين منفصلين لكل من أثر العربات الثقيلة + ميل الطريق، هو توضيح أن عربات الركاب تتأثر بوجود العربات الثقيلة، كما تتأثر باختلاف ميل الطريق.

تعرف العربات الثقيلة بأنها العربات التي عدد عجلاتها أكبر من 4. عامل إدخال أثر العربات الثقيلة يأخذ بالحسبان المساحة الإضافية التي تشغلها هذه العربات، والاختلاف في مقدرة تشغيل هذه العربات مقارنة بعربات الركاب.

يؤخذ معامل التكافؤ بالنسبة إلى الشاحنات 2 أي أن كل شاحنة تعادل سيارتي ركاب.

أما عامل ميل الطريق فيأخذ بالحسبان تأثير ميل الطريق في تشغيل العربات جميعها.

يحسب هذان العاملان وفق العلاقات الآتية:

• عامل العربات الثقيلة:

$$f_{HV} = \frac{100}{100 + HV\%(E_T - 1)}$$

إذ:

HV% : النسبة المئوية للعربات الثقيلة إلى كل

مجموعة مرورية

$E_T = 2.0$: معامل التكافؤ (عدد سيارات الركاب التي تمثل العربة)

• عامل ميل الطريق: $f_g = 1 - \frac{G\%}{200}$

إذ:

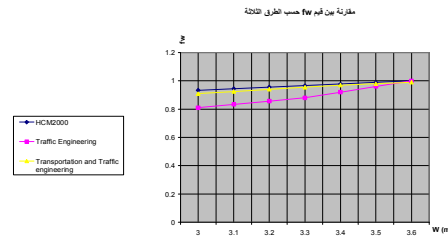
G% : الميل الطولي للمجموعة المرورية

- تعبر الإشارة السالبة عن الميل

باتجاه النزول $6 \leq G\% \leq +10$

حسب [2]:

ويبين المخطط التالي قيم عامل عرض الحارة f_W حسب الطرق المذكورة في المراجع الثلاثة:



الشكل 2-4: مقارنة قيم المعامل f_W مع تغير عرض الحارة المرورية W

ملاحظة:

في ساعات الذروة وعند وجود غزارة مرورية كبيرة من الممكن أن يتم استخدام حارات مرورية ذات عدد أكبر من الحارات المصممة، أي عدم التقيد بحدود الحارات، ومن ثمَّ زيادة عدد الحارات على حساب عرض الحارة الواحدة إذ من الممكن أن يصل إلى قيمته الدنيا.

• بفرض ذراع ذي عرض 14.4m يمكن لعرض الحارة وعدد الحارات أن يتغير حسب الغزارة المرورية، ومن ثمَّ يؤدي إلى تغير قيم عاملين في حساب قيمة غزارة الإنباع، وهما f_W و N ويكون ناتج ضرب العاملين كما يأتي وذلك وفق

HCM2000:

N	W (m)	f_W	N. f_W	S/S _{ref} بفرض كانت العوامل الأخرى جميعها في الحالة المثالية (1)
6	2.4 (min)	0.867	5.202	1.3
5	2.88	0.92	4.6	1.15
4	3.6 (ideal)	1.0	4.0	1.0
3	4.8 (max)	1.133	3.399	0.85

2-2-2 عامل إدخال أثر العربات الثقيلة + عامل

ميل الطريق

دراسة في تقدير غزارة الإشباع في التقاطعات المضبوطة بواسطة الإشارات الضوئية في ظروف مدينة دمشق مقارنة بين القياسات الحقلية والطريقة التحليلية

لذا فإن وجود 6 عربات ثقيلة قد تسبب زيادة في الزمن بمقدار:

$$95.94 - 89.38 = 6.56 \text{ sec}$$

أي أن كل عربة ثقيلة تسببت زيادة في الزمن بمقدار $6.56/6 = 1.09 \text{ sec/hv}$

أي أن الزمن الفعال (effective saturation headway) لكل عربة ثقيلة يمكن حسابه من العلاقة الآتية:

$$2.18 + 1.09 = 3.27 \text{ sec/heavy vehicle}$$

ويمكن من هذه القيمة حساب المعامل المكافئ لكل عربة ثقيلة كما يأتي:

$$E_{HV} = 3.27 / 2.18 = 1.5$$

وبالتعويض في علاقة f_{HV} من HCM2000:

$$f_{HV} = \frac{1}{1 + HV\%(E_{HV} - 1)}$$

$$f_{HV} = \frac{1}{1 + 0.15(1.5 - 1)} = 0.93$$

وهي النتيجة نفسها التي حصلنا عليها سابقاً.

العامل f_g : يتبع حساب هذا العامل الطريقة نفسها التي اتبعت في حساب العوامل السابقة، وقد اختيرت عدة مواقع ذات قيم ميول مختلفة بالاتجاهين (صعود ونزول)، ولكن الشروط الأخرى جميعها كانت في الحالة المثالية فضلاً عن أنه تم استبعاد الحالات التي كان فيها انعطاف عربات ثقيلة أو مرورها.

تعدُّ الحالة المثالية بالنسبة إلى الميل هي الأرض المستوية ($G=0\%$)، وهي الحالة التي تستخدم كمرجع للحساب.

عند قياس زمن التتابع h عند ميول مختلفة كانت النتائج الآتية:

$$h(+4\%) = 2.9 \text{ sec/veh}$$

$$h(+2\%) = 2.5 \text{ sec/veh}$$

$$h(0\%) = 2.0 \text{ sec/veh}$$

$$h(-2\%) = 1.8 \text{ sec/veh}$$

$$h(-4\%) = 1.7 \text{ sec/veh}$$

- العامل f_{HV} : يتبع هذا العامل فقط نسبة العربات الثقيلة في التيار المروري، وتعرف العربة الثقيلة بأنها أي عربة لها أكثر من أربع عجلات تلامس الأرض خلال حركتها.

كما في حساب عرض الحارة، يتم حساب معامل العربات الثقيلة بالاستناد إلى مقارنة بين الفاصل الزمني بين مركبتين متتاليتين (headway) المتأثر بوجود العربات الثقيلة، وبين الفاصل الزمني في ظروف مثالية.

تتم عملية القياس في مواقع ذات ظروف مثالية، وعموماً في حارات حيث لا يوجد انعطاف، ونظراً إلى أنه لا يمكن التحكم بمرور العربات الثقيلة فقد تمت عملية قياس الفاصل الزمني دون استثناء العربات الثقيلة.

من نتائج القياس:

$$h = 2.34 \text{ sec/veh} \quad \text{الزمن المقيس الوسطي:}$$

$$h_0 = 2.18 \text{ sec/veh} \quad \text{الزمن المقيس المثالي:}$$

إذ يعدُّ الفرق الوحيد بين h و h_0 هو تأثير العربات الثقيلة.

يعتمد حساب h على 41 عملية قياس تشتمل على مرور 6 عربات ثقيلة.

أما حساب h_0 فيعتمد على 41 قياساً لا تشمل مرور عربات ثقيلة.

- ومنه يمكن حساب عامل تأثير العربات الثقيلة:

$$f_{HV} = \frac{h_0}{h} = \frac{2.18}{2.34} = 0.93$$

- أو يمكن حسابه بطريقة ثانية:

لو فرضنا أ، الـ 41 تجربة كانت في الظروف

المثالية فإن مجموع الزمن الفاصل:

$$41 * 2.18 = 89.4 \text{ sec}$$

أما لو كانت في ظروف غير مثالية فيكون الزمن:

$$41 * 2.34 = 95.94 \text{ sec}$$

181 kg/hp) في الطرق الحرة freeway أو الطرق السريعة multilane highway يكون تأثير تباطؤ أحد مكونات التيار المروري معقداً، وليس مفهوماً بالكامل. في حالة الغزارة المنخفضة على أرض مسطحة نسبياً مع نسبة منخفضة للشاحنات، يكون تأثير هذه الشاحنات في السرعة مهملاً و فقط زيادة الحوادث يمكن أن تؤدي إلى تغير مستوى الخدمة.

عموماً بسبب التأثير المشترك لكل من حدود السرعة (89 km/h) (السرعة المسموح بها في الولايات المتحدة) والتطور التدريجي في أداء الشاحنات فإن عربات الركاب والشاحنات تعطي أداءً متقارباً. في حال زيادة نسبة الشاحنات و/أو زيادة خطوة الميل تميل العربات السريعة إلى تجنب الحارة اليمينية مما يزيد الغزارة في الحارات الأخرى، ومن ثم يؤدي إلى خفض السرعة ومستوى الخدمة للعربات السريعة (بشكل عام عربات الركاب).

- الباصات: تقارب خصائص تشغيل الباصات السياحية والسريعة خصائص سيارات الركاب في معظم الظروف. فقط زيادة الطول يمكن لها أن تؤثر في الغزارة. أشارت البحوث التي أجريت أنه في الطرق الحرة freeway والطرق السريعة expressway مع ميل أقل من 4% يمكن أخذ عامل التكافؤ للباصات بين 1.4 و 1.7 سيارة ركاب أي وسطيًا 1.6. أما التأثير الصغير فيتم إهماله ولاسيما أن نسبة الباصات في التيار المروري تكون عادة صغيرة جداً، ولكن في بعض الحالات عندما توجد ميول كبيرة ونسبة باصات كبيرة فإن تأثيرها يكون جديراً بأخذه بالحسبان.

- العربات الترفيهية: شهدت زيادة ملحوظة في أعدادها في السنوات الأخيرة في مناطق مختلفة من

$$f_g = h_o/h \longrightarrow f_g (+4\%) = 2.0/2.9 = 0.69$$

$$f_g (+2\%) = 2.0/2.5 = 0.80$$

$$f_g (0\%) = 2.0/2.0 = 1.00$$

$$f_g (-2\%) = 2.0/1.8 = 1.11$$

$$f_g (-4\%) = 2.0/1.7 = 1.18$$

في حالة الميول السالبة (اتجاه نزول) قيم عامل الميل تكون أكبر من 1.0، مما يشير إلى ازدياد الغزارة في حالة الميول السالبة على الغزارة في حالة الأرض المستوية.

حسب [3]:

يأتي تأثير الميل في مستوى الخدمة بسبب السرعات المختلفة للمركبات المختلفة المكونة للتيار المروري. يتحدد مقدار هذا التأثير حسب الطول وخطوة الميل ومقدرة العربات على تسلق المرتفعات التي تتحدد بدورها حسب وزن العربة - قوة الحصان.

تعدّ الميول حتى 2% ذات تأثير مهم في عربات الركاب والباصات الترفيهية الحديثة (14-20 kg/hp). تأثير هذه الميول يتم عادة تجاهله في حسابات السعة عندما تكون نسبة الشاحنات منخفضة. ولكن يكون لها تأثير في السعة وقيم الغزارات عندما يكون الميل سالباً.

معظم عربات الركاب والباصات السياحية (في أمريكا) يمكن لها أن تحافظ على سرعات (48-64 km/h) على ميول عالية تصل حتى 7%. لذلك حتى هذه الميول تعدّ ذات تأثير مهم في السعة عندما يكون معظم العربات من نوع هذه السيارات أو الباصات.

فيما يأتي شرح لكل نوع من أنواع العربات ذات الحركة البطيئة.

- الشاحنات: التأثير الأساسي للميول يكون على الشاحنات ذات الوزن الثقيل/قوة الحصان. تكون مقدرة هذه العربات على تسلق المرتفعات عادة (91-136)

التوقف المجاورة؛ مما يؤدي إلى تعطيل مؤقت للسير. كل مناورة (سواء كانت دخولاً أو خروجاً) تعمل على إيقاف السير في الحارة المجاورة لحارة التوقف مدة وسطية 18sec.

عدد المناورات المستخدمة في علاقة حساب هذا العامل هي عدد المناورات لكل ساعة في مناطق التوقف المجاورة لمجموعة المسارب ولمسافة 75m من خط التوقف. إذا وجد أكثر من 180 مناورة في الساعة يتم استخدام العدد 180 في العلاقة.

وإذا كانت حارة التوقف مجاورة لمجموعة المسارب منعطف، فالعامل المحسوب ينطبق على هذا لمجموعة المسارب فقط. وعدد المناورات المستخدم في حالة طريق ذي اتجاه واحد دون حارات انعطاف حصرية هو العدد الكلي لكلتا جهتي مجموعة المسارب. وتجب ملاحظة أن ظروف التوقف مع عدم وجود مناورات لها تأثير مختلف على الغزارة عن حالة عدم وجود حارة توقف.

تستخدم العلاقة الآتية لحساب هذا العامل:

$$f_p = \frac{N - 0.1 - \frac{18N_m}{3600}}{N}$$

إذ:

N عدد حارات المجموعة المسارب

N_m عدد مناورات التوقف/ساعة

$$0 < N_m < 180$$

وبحيث يكون $f_p > 0.050$

في حالة عدم وجود حارة توقف: $f_p = 1$

حسب [2]:

تتأثر غزارة الإشباع في مجموعة المسارب في حالة وجود حارة خاصة لتوقف السيارات بعاملين: أولاً- تخصيص هذه الحارة للتوقف وليس للحركة.

العالم. وتشمل هذه العربات الأنواع الآتية: مثل عربات السكن، بيك أب مع مقطورة ...

(campers – pickup with trailers – motor homes) أو ما شابه. ويأتي تأثيرها في الغزارة من عدم خبرة السائقين عادة بهذا النوع من المركبات. وبوصفها حديثة فإن البحوث المتعلقة بتأثير هذا النوع محدودة، وقد أجريت في المدة الأخيرة فقط.

• طُوِّرت عوامل لتأثير العربات ذات الحركة البطيئة بالنسبة إلى ميول معينة، وتسمى وحدة هذا المعامل passenger car equivalent الذي يمثل عدد سيارات الركاب الممثلة للعربة الثقيلة (ذات الحركة البطيئة) التي يمكن أن تحل محلها عند ميول معينة أو منطقة معينة.

ولكن حالياً طُوِّرت هذه العوامل للمعادلة الآتية:

$$SM = \frac{100}{100 - P_T + E_T P_T - P_B + E_B P_B - P_{RV} + E_{RV} P_{RV}}$$

إذ:

P_T, P_B, P_{RV} نسبة الشاحنات، الباصات، السيارات

الترفيهية

E_T, E_B, E_{RV} معامل التكافؤ من سيارات الركاب لكل

من الشاحنات، الباصات، السيارات

الترفيهية

وتؤخذ النسب المئوية لهذه العربات من القياس، أمّا معاملات التكافؤ فتؤخذ من جداول خاصة تحدد هذه العوامل حسب ميل الطريق، وحسب نوع العربة، ونسبتها المئوية.

3-2-2 عامل وجود حارة توقف (Adjustment

:(for Parking

حسب [1][HCM2000]:

العامل f_p يحسب تأثير وجود حارة توقف في الغزارة في مجموعة المسارب (lane group) المجاور وأيضاً تأثير دخول السيارات وخروجها من حارة

$$f_p = \frac{0.85 + 1.0(3 - 1)}{3} = \frac{2.85}{3} = 0.95$$

ويمكن إنشاء جدول يعطي قيم العامل f_p مباشرة بحسب f_{pr} و N .

**4-2-2 عامل توقف الباصات (Adjustment)
:(for bus blockage
حسب [1] [HCM2000]:**

عامل توقف الباصات f_{bb} يحسب بتأثير الحركة المحلية للباصات التي تتوقف لتقل ركاباً أو تنزلهم قريباً أو بعيداً عن موقف الباصات لمسافة تصل حتى 75m من خط التوقف. يستخدم هذا العامل فقط في حالة انسداد الطريق في مجموعة المسارب قيد الدراسة بتأثير الباصات. إذا تم إحصاء أكثر من 250 bus/hr يتم استخدام القيمة 250. في العلاقة التالية التي تحسب تأثير توقف الباصات تم اعتماد زمن وسطي لا اعتراض الطريق هو 14.4sec خلال الزمن الأخضر.

$$f_{bb} = \frac{N - \frac{14.4N_B}{3600}}{N}$$

إذ:

$$N \text{ عدد حارات المجموعة المسارب}$$

$$N_B \text{ عدد الباصات المتوقفة / ساعة}$$

$$0 \leq N_B \leq 250$$

$$f_{bb} \geq 0.050$$

حسب [2]:

أجريت عملية القياس في مناطق عديدة بحيث تكون حركة الباصات ليست أساسية. وتم قياس الزمن الضائع الوسطي T_L (average time lost) من الباص الواحد، ويعادل هذا الزمن h زمن التتابع حيث يؤثر الباص في العربات التي تليه.

لللباصات المتوقفة خارج travel lane :

$$T_L = 3-4$$

sec/bus

وثانياً- حركة المركبات من هذه الحارة وإليها يؤثر في الحارة المجاورة ويؤدي إلى تعطيل الحركة فيها. لحساب العامل f_p قيس زمن التتابع في حارات مجاورة لحارات مخصصة للتوقف، بحيث تكون الشروط الأخرى جميعها مثالية: مثلاً عرض الحارة 3.6m، الميل 0%، وتستبعد الحالات التي فيها عربات ثقيلة أو انعطاف...

في هذه الشروط قيس عدد الحركات (دخول أو خروج) لمسافة 75m من التقاطع. أمّا الحالة المثالية فتقاس في موقع لا يوجد فيه حارة خاصة للتوقف.

وتم الحصول على النتائج الآتية:

$$h(\text{no parking}) = 2.0 \text{ sec/veh}$$

$$h(\text{parking, 0 mvts/hr}) = 2.1 \text{ sec/veh}$$

$$h(\text{parking, 10 mvts/hr}) = 2.3 \text{ sec/veh}$$

$$h(\text{parking, 20 mvts/hr}) = 2.4 \text{ sec/veh}$$

$$h(\text{parking, 30 mvts/hr}) = 2.6 \text{ sec/veh}$$

$$h(\text{parking, 50 mvts/hr}) = 2.9 \text{ sec/veh}$$

هذه القيم جميعها هي للحارة اليمينة المجاورة لحارة التوقف.

لحساب العامل f_p ، نحسب أولاً العامل f_{pr} الذي هو عامل وجود حارة توقف للحارة اليمينية فقط مع استخدام حالة عدم وجود حارة توقف كحالة مثالية h_0 .

$$f_{pr} (0 \text{ mvts/hr}) = h_0/h = 2.0/2.1 = 0.95$$

$$f_{pr} (10 \text{ mvts/hr}) = 2.0/2.3 = 0.87$$

$$f_{pr} (20 \text{ mvts/hr}) = 2.0/2.4 = 0.83$$

$$f_{pr} (30 \text{ mvts/hr}) = 2.0/2.6 = 0.77$$

$$f_{pr} (50 \text{ mvts/hr}) = 2.0/2.9 = 0.69$$

بعد حساب العامل f_{pr} يمكن حساب العامل f_p لمجموعة المسارب

$$f_p = \frac{f_{pr} + 1.0(N - 1)}{N} = 0.93$$

إذ: N عدد الحارات في مجموعة المسارب

كمثال: بفرض $f_{pr}=0.85$ وعدد الحارات في مجموعة

المسارب = 3

يكون العامل f_p :

دراسة في تقدير غزارة الإشباع في التقاطعات المضبوطة بواسطة الإشارات الضوئية في ظروف مدينة دمشق مقارنة بين القياسات الحقلية والطريقة التحليلية

استخدامه في المناطق حيث التصميم الجيومترى وتدفق السيارات والمشاة أو كلاهما، وتؤخذ قيمته كما يأتي:

$F_a=0.90$ in CBD
 $F_a=1.00$ in all other areas

حسب [2]:

العامل f_a (عامل نوع المنطقة) يأخذ فقط قيمتين، إحداهما مرتبطة بالبيئة غير التجارية non-CBD، والأخرى بالبيئة التجارية CBD. أشارت الدراسات التي أجريت أن مزيج المظاهر الموجودة في مناطق CBD تجعل التقاطع ذا كفاءة أقل من التقاطعات المشابهة، ولكن في مناطق غير تجارية. لحساب هذا العامل حسب زمن التابع في مناطق ذات خصائص مثالية وغير متأثرة بالانعطاف أو العربات الثقيلة، ولكن اختيرت بحيث يكون بعضها ضمن CBD وأعطت النتائج الآتية:

$h(\text{non-CBD}) = 2.15 \text{ sec/veh}$

$h(\text{CBD}) = 2.26 \text{ sec/veh}$

$f_a(\text{CBD}) = 2.15/2.26 = 0.95$

6-2-2 f_{LU} عامل استخدام الحارة (Adjustment

: (for Lane Utilization

حسب [HCM2000] [1]:

يحسب عامل استخدام الحارة f_{LU} التوزع غير المنتظم للمرور في الحارات المشكلة لمجموعة المسارب التي تحتوي أكثر من حارة. يعتمد حساب هذا العامل على المرور في الحارة بأعلى غزارة ويحسب من العلاقة:

$$f_{LU} = \frac{V_g}{V_{g1}N}$$

إذ:

f_{LU}	عامل استخدام الحارة
V_g	معدل تدفق الحركة المرورية غير المضبوط
V_{g1}	معدل تدفق الحركة المرورية في حارة واحدة
N	مع وجود أعلى قيمة للغزارة في المجموعة عدد الحارات المشكلة لمجموعة المسارب

للباصات المتوقفة داخل travel lane :

$$T_L = (g/c) (D+6)$$

sec/bus

إذ:

T_L	الزمن الضائع
g	الزمن الأخضر الفعال
c	طول الدورة الضوئية
D	زمن الـ dwell الوسطي لكل باص

ويمكن لحساب f_{bb} استخدام العلاقة الآتية:

$$E_B = \frac{T_L}{h_o}$$

$$f_{bb} = \frac{1}{1 + P_B (E_B - 1)}$$

إذ:

E_B معامل التكافؤ للباص

P_B نسبة الباصات في تيار المرور

5-2-2 f_a عامل نوع المنطقة (Adjustment for

: (Area Type

حسب [HCM2000] [1]:

يحسب عامل نوع المنطقة f_a التأثير النسبي لقلّة كفاءة التقاطعات الواقعة في قطاعات تجارية بالمقارنة بالتقاطعات في قطاعات أخرى.

تطبيق هذا العامل يناسب المناطق ذات الخصائص التجارية (CBD) (central business district). تتضمن هذه الخصائص: مناورات التوقف المتكررة بكثرة - إعاقة الطريق بتوقف السيارات - الحركة الكبيرة للباصات وسيارات التاكسي - انعطافات ذات أنصاف أقطار صغيرة - استخدام محدود للحارات المحددة للانعطاف - حركة كبيرة للمشاة - كثافة بشرية....

يحدد استخدام هذا العامل حسب الحالة نفسها، فهذا العامل ليس مقتصرًا على مناطق CBD وليس من الواجب استخدامه في مناطق كلها CBD. ولكن يجب

- يطبق هذا العامل لحساب التنوع في تدفق المرور

في الحارات المشكلة لمجموعة المسارب بسبب خصائص الطريق، مثل التغيير في عدد الحارات المتاحة، أو خصائص الحركة المرورية مثل حركات الانعطاف الثقيلة.

- في حال كانت قيمة التوزع معروفة من الدراسة الحقلية يجب استخدامها في المعادلة. يأخذ العامل f_{LU} قيمة 1.00 عندما يكون هناك توزع منتظم للحركة المرورية في الحارات المؤلفة لمجموعة المسارب جميعها، أو عندما يحتوي الـ مجموعة المسارب على حارة واحدة فقط.

7-2-2 f_{RT} عامل الانعطاف نحو اليمين (Adjustment for right turns)

حسب [1] [HCM2000]

يعكس عامل الانعطاف نحو اليمين f_{RT} تأثير الخصائص الجيومترية، حيث يعتمد على مجموعة من المتغيرات، من ضمنها:

• إذا كان الانعطاف نحو اليمين من حارة مخصصة لذلك أو من p حارة مشتركة.

• نسبة العربات التي تتعطف لليمين من الحارات المشتركة.

يأخذ هذا العامل القيمة 1.0 إذا كانت مجموعة المسارب لا يحتوي أي انعطاف يميني، ويحسب من العلاقات الآتية:

$f_{RT} = 0.85$	حارة خاصة بالانعطاف اليميني
$f_{RT} = 1.0 - (0.15)P_{RT}$	حارة مشتركة
$f_{RT} = 1.0 - (0.135)P_{RT}$	حارة وحيدة

إذ P_{RT} : نسبة العربات التي تتعطف لليمين في مجموعة المسارب.

ويجب أن يحقق هذا العامل الشرط الآتي: $f_{RT} \geq 0.050$

حسب [2]:

عند قياس زمن التتابع $headway$ للعربات المنعطفة نحو اليمين وجد أنه أطول من زمن التتابع للحركة المستقيمة، وأيضاً تتأثر العربات في الطابور الذي يلي العربة المنعطفة نحو اليمين. يعدُّ العامل الرئيسي المؤثر في حركة الانعطاف نحو اليمين هو حجم المشاة المعترضين للعربات المنعطفة لليمين. يعتمد امتداد وتوقيت حركتي المشاة والانعطاف نحو اليمين على تصميم التقاطع وعلى أطوار إشارته الضوئية، ويمكن التمييز بين سبع حالات منفصلة عن بعضها بعضاً:

1. حارة حصرية للانعطاف اليميني مع طور انعطاف يميني محمي.

2. حارة حصرية للانعطاف اليميني مع طور انعطاف يميني مفتوح (مسموح).

3. حارة حصرية للانعطاف اليميني مع طور انعطاف يميني محمي + مسموح.

4. حارة انعطاف يميني مشتركة مع طور انعطاف يميني محمي.

5. حارة انعطاف يميني مشتركة مع طور انعطاف يميني مسموح.

6. حارة انعطاف يميني مشتركة مع طور انعطاف يميني محمي + مسموح.

7. ذراع ذو حارة واحدة فقط.

- طور الانعطاف اليميني المحمي هو الذي يكون غير مسموح فيه للمشاة اعتراض حركة المرور واستخدام ممرات المشاة خلال الحركة اليمينية.

- طور الانعطاف اليميني المسموح: يعدُّ حتى الآن أكثر أنواع التحكم بالإشارات الضوئية تميزاً. إذ يسمح للعربات الانعطاف نحو اليمين مع مراعاة حركة المشاة في ممر المشاة.

دراسة في تقدير غزارة الإشباع في التقاطعات المضبوطة بواسطة الإشارات الضوئية في ظروف مدينة دمشق مقارنة بين القياسات الحقلية والطريقة التحليلية

يعتمد عامل الانعطاف نحو اليسار على مجموعة من المتغيرات المشابهة لتلك المؤثرة في f_{RT} ومنها:

- إذا كانت حركة الانعطاف نحو اليسار تتم من حارة خاصة أو مشتركة.

- نوع الطور (محمي - مسموح - محمي+مسموح).

- نسبة العربات المنعطفة نحو اليسار في حارة مشتركة من مجموعة المسارب.

- معدل المرور المعارض (المقابل) عندما يكون الانعطاف نحو اليسار مسموحاً.

فضلاً عن عامل تأثير المشاة الذي يعتمد على قيم غزارة المشاة.

يستخدم عامل الانعطاف نحو اليسار f_{LT} ست حالات:

1. حارة حصرية + طور محمي.
2. حارة حصرية + طور مفتوح.
3. حارة حصرية + طور محمي+مسموح.
4. حارة مشتركة + طور محمي.
5. حارة مشتركة + طور مسموح.
6. حارة مشتركة + طور محمي+مسموح.

ويأخذ هذا العامل القيم التالية في الطور المحمي:

$f_{LT} = 0.95$	حارة حصرية
$f_{LT} = \frac{1}{1.0 + 0.05P_{LT}}$	حارة مشتركة

إذ P_{LT} : نسبة حركة الانعطاف نحو اليسار في المجموعة المسارب.

حسب [2]:

يعد حساب هذا العامل f_{LT} أعقد من حساب العامل f_{RT} . يمكن للانعطاف نحو اليسار أن يحدث ضمن الشروط الأساسية الثمانية المتعلقة بالأبعاد الهندسية وأطوار الإشارة نفسها التي ذكرت في العامل f_{RT} . ولكن في حالة الانعطاف نحو اليسار، يعد الانعطاف

- حارة الانعطاف اليميني المشتركة: هي الحارة التي تكون فيها حركة عربات مستقيمة فضلاً عن العربات المنعطفة نحو اليمين.

- حارة حصرية للانعطاف اليميني: هي الحارة المخصصة للعربات المنعطفة لليمين.

وهناك أيضاً عوامل أخرى تؤثر في هذه الحركة منها: نسبة حركة الانعطاف نحو اليمين بالنسبة إلى كامل الحركة المرورية، عدد المشاة المعترضين للحركة اليمينية الذين يستخدمون ممر المشاة، ونسبة الانعطاف اليميني خلال الجزء المحمي من الطور المحمي + المسموح.

لحساب العامل f_{RT} يجب أن يتم اختيار مواقع بحيث تكون العوامل الأخرى جميعها في الحالة المثالية، ثم تقارن قيم زمن التتابع الناتجة في هذه المواقع بالقيم المقيسة في مواقع أخرى ذات شروط مثالية ماعدا أنها تسمح بالانعطاف اليميني:

$$f_{RT} = \frac{h_o}{h}$$

$$f_{RT} = \frac{f_{RT} + (N - 1)}{N}$$

إذ:

f_{RT}	عامل الانعطاف نحو اليمين للحارة اليمينية فقط
f_{RT}	عامل الانعطاف نحو اليمين للمجموعة المسارب
N	عدد الحارات في مجموعة المسارب
h_o	زمن التتابع المثالي sec/veh
h	زمن التتابع المقيس في الحارة اليمينية sec/veh

8-2-2 f_{LT} عامل الانعطاف نحو اليسار (Adjustment for left turns):

1-8- حسب [HCM2000] [1]:

حُدِّدَتْ خصائص الجريان المروري من خلال مجموعة من الإحصاءات الحقلية و تعدادات مرورية و قياسات في الموقع تمت في سياق الدراسة المرورية لمحور المهدي بن بركة. و يحتوي الجدول (2-2) المعطيات الأساسية المرورية و الجيومترية اللازمة للحساب.

و باستخدام المعطيات السابقة تُحَسَّبُ قيم المعاملات المؤثرة بنطبق العلاقات الواردة في الكود الأمريكي (HCM2000)، و من ثَمَّ تُحَسَّبُ قيمة غزارة الإشباع. و تلخص نتائج الحسابات في الجدول (2-3).
نورد فيما يلي مخططات توضيحية للتقاطعات المدروسة، إذ تمثل الأشكال 2-5 مساقط التقاطعات المدروسة موضحاً عليها أسماء الشوارع، و تبيّن الأشكال 2-6 مساقط لهذه التقاطعات موضحاً عليها مواقع ممرات المشاة، أما الأشكال 2-7 فتبيّن مخططات أطوار الإشارات الضوئية في التقاطعات المدروسة.



الشكل 2-5-1 تقاطع

المدفع



الشكل 2-5-2 تقاطع عرنوس

المحمي هو الذي يتم مع منع الحركة المستقيمة المقابلة.

لحساب هذا العامل قُسمَ الطور الأخضر الفعال إلى ثلاثة أقسام:

g_q : الجزء المسدود من الطور الأخضر، الانعطاف اليساري معترض بالسماح بحركة الطابور المقابل.

g_f : الزمن الابتدائي أي الزمن اللازم لوصول أول عربة منعطفة نحو اليسار للخدمة. خلال هذا الزمن يمكن للعربات ذات الحركة المستقيمة في حارة مشتركة (مستقيمة + يسارية) أن تتابع حركتها.

g_u : الجزء غير المشبع من الطور الأخضر. إذ إنّ العربات المنعطفة لليسار تتحرك خلال تيار مقابل غير مشبع.

لحساب هذا العامل هناك نماذج معقدة يمكن أن تحسب فقط في حال وجود جهود بحث كبيرة، لذا فإن من النادر استخدام هذا العامل في قواعد محلية.

9-2-2 عامل تأثير المشاة والدراجات $f_{RPb} f_{LPb}$ (Adjustment for pedestrians and bicycles)

حسب [HCM2000]^[1]:

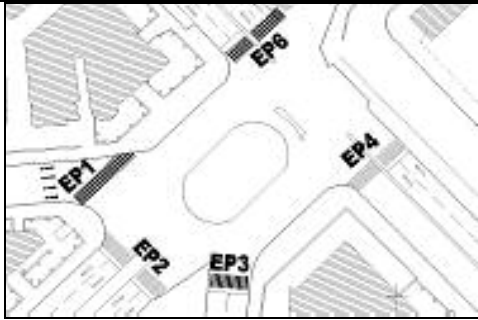
يُحَسَّبُ عامل حركة المشاة والدراجات نحو اليمين f_{RPb} وعامل حركة المشاة والدراجات نحو اليسار f_{LPb} بالاعتماد على عدة عوامل، وهي كثافة المشاة الوسطية، نسبة الزمن الأخضر، نسبة انعطاف العربات نحو اليمين.

2-3 أمثلة على حساب غزارة الإشباع / دراسة حالة أربعة تقاطعات مدارة بالإشارات الضوئية في مدينة دمشق

و تشمل هذه الدراسة التقاطعات الآتية:

تقاطع المدفع، تقاطع عرنوس، تقاطع الشهبندر و تقاطع عين جالوت

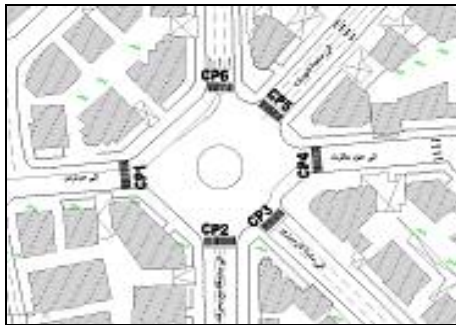
دراسة في تقدير غزارة الإشباع في التقاطعات المضبوطة بواسطة الإشارات الضوئية في ظروف مدينة دمشق مقارنة بين القياسات الحقلية والطريقة التحليلية



حركات المشاة تقاطع عين جالوت



الشكل 2-5-3 تقاطع الشهبندر

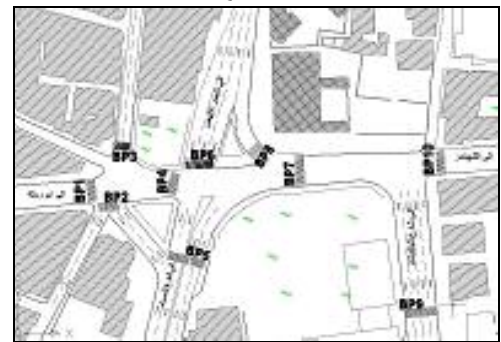


حركات المشاة تقاطع الشهبندر

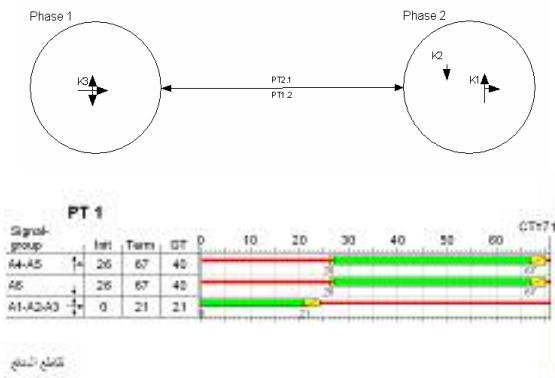


الشكل 2-5-4 تقاطع عين جالوت

الشكل 2-6: مخططات توضيحية لحركات المشاة



حركات المشاة تقاطع عنوس



الشكل 2-7-1: مخطط الدورة الضوئية وأطوار الحركة (تقاطع المدفع)



حركات المشاة تقاطع المدفع

دراسة في تقدير غزارة الإشباع في التقاطعات المضبوطة بواسطة الإشارات الضوئية في ظروف مدينة دمشق مقارنة بين القياسات الحقلية والطريقة التحليلية

غزارة الإشباع S Saturation Flow (veh/h)	غزارة الإشباع الرئيسية So (veh/h)	حاصل ضرب جميع العوامل المؤثرة في غزارة الإشباع	عامل حركة المشاة والدراجات للسيار F_{Lpb}	عامل حركة المشاة للسيار F_{Rpb}	عامل الانعطاف لليمين F_{RT}	عامل الانعطاف للسيار F_{LT}	عامل الانتفاع من الساحة لمجموعة المسارب F_{LU}	عامل نوع المنطفة F_a	عامل تأثير وجود حارة مراب F_p	عامل ميل الطريق F_G	عامل تأثير العريبات الثقيلة F_{HV}	عامل عرض الحارة F_W	عدد الحارات N	lane group	رقم النزاع	التقاطع
1129	1900	0.594	1	0.84	1.000	0.989	1	0.9	1	0.875	1.004	0.958	0.944	1	TH+LT	المدفع
3069	1900	0.808	1	1	1.000	1.000	1	0.9	1	1.000	1.004	0.958	0.933	2	TH	
1059	1900	0.558	0.85	1	0.912	1.000	1	0.9	1	0.880	1.004	0.958	0.944	1	TH+RT	
1783	1900	0.938	1	1	1.000	1.000	1	0.9	1	1.000	0.996	0.971	1.078	1	TH	
1146	1900	0.603	1	0.9	0.850	1.000	1	0.9	1	0.840	0.996	0.971	1.078	1	RT	
2963	1900	0.780	1	1	1.000	1.000	1	0.9	1	0.943	1.002	0.971	0.944	2	TH	
1156	1900	0.608	1	0.86	1.000	0.987	1	0.9	1	0.875	1.000	0.975	0.933	1	TH+LT	
3111	1900	0.819	1	1	1.000	1.000	1	0.9	1	1.000	1.000	0.975	0.933	2	TH	
1041	1900	0.548	0.84	1	0.911	1.000	1	0.9	1	0.875	1.000	0.975	0.933	1	TH+RT	
1299	1900	0.684	1	1	0.908	1.000	1	0.9	1	0.860	1.000	0.973	1.000	1	TH	عرنوس
3764	1900	0.660	1	1	0.850	1.000	1	0.9	1	0.958	1.003	0.963	0.933	3	RT	
5670	1900	0.995	1	1	1.000	1.000	1	0.9	1	0.957	1.009	0.963	1.189	3	TH	
3099	1900	0.816	1	1	0.984	1.000	1	0.9	1	0.933	0.996	0.960	1.033	2	TH+LT	
2784	1900	0.733	1	1	0.981	1.000	1	0.9	1	0.928	0.991	0.935	0.967	2	TH	الشهبندر
3858	1900	0.677	1	1	0.886	1.000	1	0.9	1	0.953	0.996	0.958	0.933	3	RT	
2695	1900	0.709	1	1	0.981	1.000	1	0.9	1	0.935	1.013	0.931	0.911	2	TH	
2851	1900	0.750	1	1	1	1	1	0.9	1	0.938	0.997	0.956	0.933	2	TH	عين جالوت
3707	1900	0.650	1	1	0.85	1	1	0.9	1	0.955	0.995	0.959	0.933	3	RT	
1714	1900	0.902	1	1	1	1	1	0.9	1	1.000	0.996	0.943	1.067	1	TH	
1392	1900	0.733	1	1	1	0.95	1	0.9	1	0.855	0.996	0.943	1.067	1	LT	
2931	1900	0.771	1	1	1	1	1	0.9	1	0.935	1.021	0.962	0.933	2	TH	
1285	1900	0.676	1	1	0.94195	1	1	0.9	1	0.870	1.021	0.962	0.933	1	TH+RT	

تتمة الجدول 2-4 : العوامل الحسابية و غزارة الإشباع المحسوبة باستخدام العلاقات التحليلية للتقاطعات المدروسة

الجدول 2-4 : العوامل الحسابية و غزارة الإشباع المحسوبة باستخدام العلاقات التحليلية للتقاطعات المدروسة

3 القياسات الحقلية لغزارة الإشباع عند التقاطعات المدروسة (Saturation Flow Rate):

- تعبر غزارة الإشباع عن معدل التصريف الأقصى خلال الزمن الأخضر وعادة يتم تحقيقها بعد 10s إلى 14s من الزمن الأخضر الذي يوافق عادة عبور المحور الأمامي لسيارة الركاب الرابعة إلى السادسة لخط التوقف بعد بداية الزمن الأخضر.

- تعرف غزارة الإشباع الأساسية بأنها معدل التصريف من طابور متوقف في حارة مرور عرضها 3.6m ويحتوي فقط على سيارات ركاب وغير متأثر بظروف مثل الميل - حارة التوقف - والعربات المنعطفة. يتم تسجيل العربات عندما يعبر محورها الأمامي خط التوقف. تبدأ عملية القياس في بداية الزمن الأخضر أو عندما يعبر المحور الأمامي لأول عربة في الطابور خط التوقف.

- بينما تحسب غزارة الإشباع الفعلية من زمن التتابع بعد مرور العربة الرابعة في الطابور لخط التوقف.

- غزارة الإشباع الأساسية عادة تكون ثابتة مدة من الزمن في شروط مرورية مشابهة في المجتمعات المعطاة، وقيست قيمها في الحارة نفسها خلال ظروف مرورية متكررة على مدار أيام الأسبوع. أمّا غزارة الإشباع في مجتمعات مختلفة أو ظروف مرورية مختلفة حتى لو في الموقع نفسه فسوف تكون مختلفة بصورة ملحوظة.

لأغراض عملية يعبر عن غزارة الإشباع السائدة بـ $veh/hr/ln$ وكنتيجة لذلك تعتمد هذه القيمة على تركيبة الحركة المرورية المدروسة. أمّا القيم الافتراضية فيعبر عنها بـ $pc/hr/ln$. ومن الأفضل طبعاً قياس غزارة الإشباع الفعلية مباشرة، ومن الممكن استخدام طريقة العلاقات التحليلية كبديل عن عملية القياس بإدخال قيمة غزارة الإشباع الأساسية

لمناطق الدراسة كقيمة أولية. وبالطبع فإن هذه القيم الافتراضية يتم استخدامها كقيم تقريبية فقط. في ظروف محلية (خاصة) يمكن لغزارة الإشباع المقيسة حقلياً أن تختلف اختلافاً كبيراً عن غزارة الإشباع المحسوبة تحليلياً.

طريقة القياس:

يبين المثال التالي طريقة قياس غزارة الإشباع لحارة واحدة. يوصى باستخدام شخصين لإجراء القياس الحقلية ولكن يمكن الاكتفاء بشخص واحد مع مسجل أو كمبيوتر محمول مزود ببرامج مناسبة. فيما يلي تعريف بالملاحظات والمهام الحقلية، والتي يجب ضبط إجراءاتها حسب نوع الأجهزة المستخدمة.

1. المهام العامة (General Tasks): قياس وتسجيل صنف المنطقة - عرض الحارة - الميل - وتسجيل ذلك في استمارة القياس. اختيار نقطة للمراقبة بحيث يكون خط التوقف ومسافة التتابع للعربات في الحارة المدروسة واضحة الرؤية. تكون عادة النقطة المرجعية هي خط التوقف إذ يجب على العربات باستمرار أن تقف وراء هذا الخط لأنّ العربة عندما تعبر هذا الخط دون عرقلة تدخل بعدها منطقة التقاطع.

2. المهام المسجلة (Recorded Tasks): ملاحظة العربة الأخيرة في الطابور المتوقف عندما تتحول الإشارة إلى اللون الأخضر. ويجب التمييز على ورقة التسجيل أي العربات ثقيلة وأنها تتعطف نحو اليمين أو نحو اليسار. ويجب أيضاً تسجيل قيمة الوقت المقيس.

3. المهام الزمنية (Timer Tasks): تشغيل الساعة الموقّنة عند بداية الزمن الأخضر والعد بصوت عالٍ كل عربة في الطابور، عندما يعبر المحور الخلفي لها خط التوقف وملاحظة وقت العبور وتسجيل الوقت من

دراسة في تقدير غزارة الإشباع في التقاطعات المضبوطة بواسطة الإشارات الضوئية في ظروف مدينة دمشق مقارنة بين القياسات الحقلية والطريقة التحليلية

والعربات المنعطفة حتى تستخدم في الحسابات كمرجع.

طريقة الإحصاء المتبعة حسب [4]:

لقياس غزارة الإشباع يستخدم مراقب مع ساعة ميكاتية. وهناك النموذج المرفق يستخدم لتدوين القياسات المأخوذة. يشغل المراقب الساعة عندما يعبر المحور الخلفي للعربة الرابعة في الطابور خط التوقف. ويوقفها عندما تعبر العربة الأخيرة في الطابور المتوقف (خلال الزمن الأخضر) خط التوقف. (أي مثلاً يشغل الساعة عند العربة الرابعة ويوقفها عند الثامنة ويسجل الزمن في العمود الخاص بالعربة الثامنة). لا يمكن عدُّ الحالات التي يكون فيها طول الطابور أقل من سبع عربات، لأنَّ الطابور القصير يعطي نتائج غير ثابتة. أما إذا كان طول الطابور أكثر من 10 عربات فيوقف المراقب الساعة عند العربة العاشرة.

استمارة قياس غزارة الإشباع حقلياً

تقاطع :	الوقت
الشارع:	التاريخ
الحارة:	

الفواصل الزمنية بين العربة الرابعة و.....

	7th	8th	9th	10th
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
المجموع	a	b	c	d

$$S = \frac{(3600 \cdot 10)}{(a/3 + b/4 + c/5 + d/6)}$$

$$= \boxed{\text{Veh/h}}$$

يعدُّ عدد العربات 10 كحد أقصى قيمة ملائمة بحيث تقل فرص حدوث أخطاء ناتجة عن تأثير التصريف

العربة الرابعة إلى العاشرة، وآخر عربة في الطابور المتوقف عندما يعبر محورها الأمامي خط التوقف.

في حال كان هناك عربات ما زالت تدخل التقاطع في نهاية الزمن الأخضر، وتجب ملاحظة أي أحداث غير عادية التي من الممكن أن تؤثر في غزارة الإشباع.

تبدأ مدة قياس غزارة الإشباع عندما يعبر المحور الأمامي للعربة الرابعة في الطابور خط التوقف أو النقطة المرجعية المعتبرة، وتنتهي عندما يعبر المحور الأمامي للعربة الأخيرة في الطابور خط التوقف (يمكن لآخر عربة في الطابور أن تكون قد انضمت إلى الطابور خلال الزمن الأخضر).

تؤخذ قيم القياس دورة بعد دورة. لكل دورة يتم طرح الزمن المسجل للعربة الرابعة من الزمن المسجل لآخر عربة في الطابور. تعبر هذه القيمة عن مجموع أزمنة التتابع للعربات (n-4) إذ n هو رقم العربة الأخيرة المحصاة (من الممكن أن لا تكون العربة الأخيرة في الطابور) ويتم تقسيم هذا الرقم على عدد أزمنة التتابع بعد العربة الرابعة (يعني يتم التقسيم على (n-4)) للحصول على زمن التتابع الوسطي لكل عربة. وغزارة الإشباع هي ناتج قسمة 3600 على هذه القيمة.

مثال: إذا كان زمن مرور العربة الرابعة 10.2s والعربة 14 التي هي الأخيرة 36.5s يكون وسطي زمن التتابع للعربة $(36.5-10.2)/(14-4)=2.63$ s/veh

$$S=3600/2.63=1369 \text{ veh/h/ln}$$

وللحصول على قيمة إحصائية واقعية، يجب إجراء التجربة لـ 15 مرة على الأقل وبوجود أكثر من 8 عربات في الطابور. القيمة الوسطية لقيم غزارة الإشباع المقیسة تعبر عن غزارة الإشباع السائدة في الحارة المدروسة. ويجب تسجيل نسبة العربات الثقيلة

يرغب الحصول عليها في تجربة قياس غزارة الإشباع. فمثلاً إذا كان الخطأ المسموح لا يزيد على d عربة/ساعة، فيتم تحديد حجم العينة (n) بالعلاقة:

$$n = \left(z \frac{s}{d}\right)^2$$

إذ:

n حجم العينة (عدد مرات الإحصاء)
 s قيمة الانحراف المعياري للتوزيع الاحصائي لغزارة الإشباع
 z ثابت يتعلق بالتوزيع الطبيعي المعياري حسب مستوى الثقة من الجدول التالي

Percent confidence نسبة الثقة	z
90	1.64
95	1.96
99	2.58
99.5	2.81

بعد جمع البيانات من عملية القياس تحسب غزارة الإشباع من المعادلة الموجودة في أسفل استمارة الإحصاء كما يأتي:

$$S = \frac{3600n}{\frac{a}{3} + \frac{b}{4} + \frac{c}{5} + \frac{d}{6}}$$

n عدد مرات المراقبة

a, b, c, d مجموع البيانات في الأعمدة الخاصة بالعربة السابعة - الثامنة - التاسعة - العاشرة. (الواحدة second)

(spillback) أو تأثير العربات المتوقفة خلال الزمن الأحمر. ويجب على المراقبين إهمال العربات التي تنضم إلى الطابور بعد بداية الزمن الأخضر. كل مراقب يسجل بيانات غزارة الإشباع لحارة واحدة في كل مرة. وعادة غزارة الإشباع المقيسة لحارة واحدة يمكن تطبيقها على الحارات المكافئة لها أي الحارات من النوع نفسه في الذراع نفسه.

العوامل التي تؤثر في غزارة الإشباع هي: الميل - عرض الحارة - موقع التقاطع (صنف المنطقية) - نوع الحارة - وجود حارات توقف - ولذلك يجب على المهندس اختيار الأذرع بعناية لضمان الحصول على نتائج غير نظامية. فعلى سبيل المثال لا يمكن استخدام غزارة الإشباع المقيسة في ذراع منحدر لتحليل ذراع مستوي. أيضاً العربات الثقيلة تؤثر في غزارة الإشباع، ولذلك يجب على المراقب أن لا يسجل البيانات في حال كان هناك عربات ثقيلة في أول سبعة أماكن في الطابور. أما إذا كانت العربة الثقيلة هي العربة الثامنة فيمكن للمراقب أن يسجل الزمن بين العربة الرابعة والسابعة. وأيضاً يجب عدم التسجيل في حال كان هناك باصات متوقفة في التيار المروري، أو عربات منعطفة نحو اليسار تنتظر الحركة المقابلة. أو عربات منعطفة نحو اليمين تنتظر حركة المشاة (يمكن عندها استخدام العلاقات التحليلية).

يجب على المراقب الوقوف بجانب النقاط إذ يمكن ملاحظة الحارة المدروسة بوضوح، خط التوقف، والإشارة الضوئية. ويجب أن يحقق الموقع أيضاً إمكانية رؤية الطابور لمسافة 200 قدم أو حتى العربة العاشرة.

يتوقف عدد مرات الإحصاء على الدقة المطلوبة. حيث يكون لدى المهندس عادة معرفة بالدقة التي

الطريقة المستخدمة في القيم المحسوبة لعامل غزارة الإشباع (S) مع أخذ العوامل الممكنة جميعها بالحسبان عامل مهم مثل عرض الحارة المرورية الواحد وعامل تأثير العربات الثقيلة وعامل الطريق .

- عامل وجود حارة توقف على جانب الطريق
- عامل وجود توقف للباصات بالقرب من منطقة التقاطع

- عامل طبيعة المنطقة
- عامل استخدام الحارة المرورية
- عامل الانعطاف نحو اليمين أو اليسار
- عامل تأثير المشاة والدراجات
إذ توضح العلاقات التحليلية مدى تأثير كل من العوامل في حساب غزارة الإشباع، ويمكن من خلال دراسة هذه العوامل استنتاج التوصيات التالية لزيادة غزارة الإشباع دون الحاجة إلى أعمال صناعية مكلفة.

- تأكد ضرورة تحديد حارات المرور في مجال التقاطع والأذرع المرتبطة بشكل دائم وفق الكودات العالمية منع الاصطاف العشوائي للمركبات أمام الإشارات الضوئية.

- زيادة عدد حارات التوقف في أذرع التقاطع على أن لا يقل عرض الحارة الواحدة عن القيم المسموحة في الكودات.

- عدم السماح لتوقف السيارات أو وقوفها في منطقة التقاطع بشكل كامل

- توضع مواقف الباصات والنقل العام بعيداً عن مجال تأثير التقاطع

- إعادة دراسة حركات الانعطاف نحو اليمين واليسار بحيث لا تؤثر في غزارة الإشباع بالاتجاهات الرئيسية للتقاطع.

مدى نجاحها والجدوى الاقتصادية منها قبل تطبيقها على أرض الواقع.

و غالباً ما تستخدم الطرائق التحليلية المختلفة في الحسابات الخاصة بالجريان المروري التي تم تطويرها ضمن الكودات العالمية المختلفة من خلال نتائج البحوث المرورية المجراة ضمن ظروف البلاد الغربية التي ترعى هذه البحوث وتدعمها .

ومن المعلوم لدى العاملين والمتخصصين في هذا المجال أن خصائص الحركة المرورية تختلف من بلد إلى آخر حسب الظروف المحيطة والسلوك المروري للشعوب المختلفة والقوانين الحاكمة وجودة الشبكة الطرقية وتطويرها، فضلاً عن عوامل أخرى كثيرة، وهذا ما يجعل استخدام الطرائق والعلاقات المعتمدة في الكودات العالمية المختلفة يؤدي إلى نتائج مختلفة تكون في معظم الأحيان بعيدة عن النتائج الواقعية ضمن الظروف المحلية السائدة في مدن القطر العربي السوري ومحافظاته.

من هنا تتبع أهمية هذا البحث في بيان الاختلاف بين نتائج الحساب باستخدام الطرائق التحليلية المختلفة ونتائج القياس الواقعي الحقلية لغزارة الإشباع المروري للتقاطعات المدارة بالإشارات الضوئية، هذا العامل المروري الأساسي الذي يدخل في حساب معظم خصائص الجريان المروري على التقاطعات المدارة بالإشارات الضوئية ويسهم في محاولة تقدير القيم الحقيقية الواقعية له .

ولاسيماً لدى دراسة التقاطعات داخل المدن الكبرى ومدى الجدوى المرورية في تحويل التقاطعات المدارة بالإشارات الضوئية إلى تقاطعات بمستويين بهدف التحقيق من الازدهار المروري.

إن المقارنة بين العلاقات التحليلية المختلفة الموضحة في الفصل الثاني من هذا البحث بين مدى تأثير

ولا بد أن نؤكد أن هذا البحث يشكل فقط الخطوة الأولى على أن تتبعه العديد من البحوث الأخرى في هذا المجال؛ تشمل دراسة العوامل و المؤشرات المرورية الأخرى في ظروف مدينة دمشق.

المراجع

- [1] Highway Capacity Manual-2000 HCM 2000.
- [2] Traffic Engineering, second edition, W.R. McSHANE, R.B.ROESS, E.S. PRASSAS;Prentice-Hall, USA 1998.
- [3] Transportation and Traffic Engineering Handboock, second edition; W.S. Homburger, L.E. Keefer, W.R. McGrath; INSTITUTE OF TRANSPORTATION ENGINEERS ite; Prentice-Hall, INC, Ene lwood Cliffs,New gersey 07632; 1982.
- [4] Manual Of Transportaion Engineering Studies, H.D. Robertson, J.E. Hummer, D.C. Nelson; INSTITUTE OF TRANSPORTATION ENGINEERS ite;; Prentice- Hall, INC, Enelwood Cliffs,New gersey 07632; 1994.
- [5] The Study On Urban Transportation Planning Of Damascus City In The Syrian Arab Republic; Japan International Cooperation Agency; Ministry of Interior, Damascus Governorate; 1998.

- ضرورة إجراء العديد من البحوث اللاحقة لاستنتاج عوامل معايير للحساب التحليلي لغزارة الإشباع والموصفات المرورية الأخرى بما يتناسب ومعطيات الظروف المحلية داخل مدينة دمشق .

تكم أهمية هذا البحث بكونه يلقي الأضواء على مختلف الطرائق الممكنة في حساب غزارة الإشباع و يبين الفروقات الناتجة بين الطريقة التحليلية و الطريقة التجريبية و فق الظروف المحلية السائدة في مدينة دمشق. و هذا يساعد في تطوير العلاقات الحسابية مستقبلا في سبيل زيادة الدقة في الدراسات المرورية المحلية في ظروف مدينة دمشق. و من أهم النتائج التي توصل إليها البحث نتيجة التجارب المرورية في الموقع أن قيمة غزارة الإشباع الفعلية أقل من القيمة المحسوبة نظرياً، وهذا يعود إلى عدة أسباب أهمها:

- سوء حالة الطرق داخل المدينة بشكل عام.

- عدم التقيد بالسير ضمن الحارة المرورية و ضوابط تغيير الحارة خلال السير.

- عدم التقيد بالقوانين المرورية من قبل السائقين.

- عرقلة السير من خلال التوقف غير النظامي للمركبات على طرفي الطريق.

كما تنص مظم الكودات المتخصصة فإن أفضل طريقة للحصول على قيم واقعية للمؤشرات المرورية هي بالقياس الحقلي على أرض الواقع إذا كان ذلك ممكناً. أمّا في حال تعذر ذلك فيمكن الاستعانة بالطرائق التحليلية مع معايرة النتائج بعوامل تتناسب و الواقع.

كما تشير نتائج هذا البحث التي يوضحها الجدولان 2-3 أنه يمكن الحصول على نتائج أقرب إلى الواقع لدى حساب غزارة الإشباع تحليلياً في ظروف مدينة دمشق، من خلال ضرب النتائج بعامل تصحيح مقداره