مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (34) العدد (5) 2012
Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies - Engineering Sciences Series Vol. (34) No. (5) 2012

دراسة تأثير الحركات المنعطفة إلى اليسار على أداء التقاطعات المنظمة بإشارات ضوئية

الدكتور أكرم رستم*
الدكتور فادي كنعان**
حلا حسن***

(تاريخ الإيداع 11 / 6 / 2012. قُبِل للنشر في 25/ 9 / 2012)

□ ملخّص □

تعد الحركة المنعطفة إلى اليسار من الحركات ذات التأثير الكبير على معايير تقييم أداء التقاطعات المنظمة بإشارات ضوئية، فمن المعلوم أن مستوى الخدمة للتقاطعات (LOS) يؤثر بشكل ملحوظ على مستوى الخدمة للطريق ككل، كما أن مستوى الخدمة للتقاطعات يمكن أن يؤثر على السماح المتكرر لمرور العربات المنعطفة إلى اليسار، حيث أن معدلات التصادم المروري تكون أكبر في مناطق التقاطعات منها في باقي مقاطع الطريق. وبالتالي فإن ضمان انفصال العربات المنعطفة إلى اليسار بشكل آمن عن التيار المروري المتحرك بشكل مستقيم يعد شرطاً هاماً لفعالية وسلامة التقاطعات المرورية.

يهدف هذا البحث إلى دراسة الحالات المختلفة لحركات الانعطاف لليسار من حيث طريقة التحكم وشكل توزع حركة الانعطاف على حارات المرور بهدف الوصول إلى تحديد طرق التحكم المروري الأكثر ملاءمة حسب حجوم المرور المنعطفة لليسار وحجوم المرور المتصادمة معها على الاتجاه المعاكس.

تمت عملية التحليل والمقارنة على أربعة تقاطعات مرورية في مدينة اللاذقية وذلك مع مراعاة عدد من المتغيرات المؤثرة على حركة الانعطاف إلى اليسار.

أظهرت نتائج الدراسة أن إضافة حارة خاصة للانعطاف إلى اليسار قد يخفض أزمنة تأخير حركة الانعطاف إلى اليسار ولكنه بالمقابل قد يسبب أزمنة تأخير كلية لكامل التقاطع، كما أظهرت أيضاً انخفاض في أزمنة تأخير حركة الانعطاف إلى اليسار على أغلب أذرع التقاطعات وهو ما ترافق مع زيادة في أزمنة تأخير الحركة المستقيمة على الذراع المقابل وذلك عند الانتقال من تطبيق الطور المسموح إلى تطبيق الطور المحمي.

الكلمات المفتاحية: حارة خاصة للانعطاف إلى اليسار، الطور المحمي للانعطاف إلى اليسار، الطور المسموح للانعطاف إلى اليسار.

* أستاذ مساعد –قسم هندسة النقل والمواصلات–كلية الهندسة المدنية– جامعة تشرين– اللاذقية– سورية.
** مدرس– قسم هندسة النقل والمواصلات– كلية الهندسة المدنية– جامعة تشرين– اللاذقية– سورية .
*** طالبة دراسات عليا (ماجستير) –قسم هندسة النقل والمواصلات– كلية الهندسة المدنية–جامعة تشرين– اللاذقية– سورية

مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (34) العدد (5) 2012
Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies - Engineering Sciences Series Vol. (34) No. (5) 2012

Study Of The Effect Of Left – Turn Movements On Signalized Intersections Performance

DR. Akram Rustom[*]
DR. Fadi Kanan[**]
Hala Hasan[***]

(Received 11 / 6 / 2012. Accepted 25 / 9 / 2012)

□ ABSTRACT □

The Left-turn movements have high impact on the criteria for evaluating the performance of the Signalized intersections. It is well known that the level of service (LOS) for intersections significantly affects the level of service of the road as a whole. The level of service for intersections can have the effect to allow frequent vehicular traffic to the left-turn where the traffic collision rates are larger in areas of intersections in the rest of the road sections. Thus, to ensure the separation of vehicles to the left-turn securely current traffic moving straight is an important condition to the effectiveness and safety of traffic intersections. This research aims to study the different cases for the left-turn movements in the way the form of distributed control and turn on the movement of traffic lanes. This is so in order to identify the ways to access the most appropriate traffic control by traffic volumes of the left turn and the volumes of traffic conflicting with it on the opposite direction.

The process of analysis and comparison occurs on four traffic intersections in Lattakia City taking into account a number of variables that affect the movement of turning to the left.

The results showed that the addition of special turning lane to the left may reduce the delay times of the movement of turning to the left; but, in turn, it may cause the delay times of the Faculty for the entire intersection. It also shows a reduction in delay times of the left-turn movement on most of the approaches of the intersections, which coincided with an increase in delay times of through movement on opposing approach and return it when you move from application permitted phase to the protected phase.

Keywords : Left-Turn Lane, protected Left-Turn phase, Permitted Left-Turn Phase

[*] **Professor, Department of Transportation Engineering, Faculty of Civil Engineering, Tishreen University, Lattakia, Syria**
Associate 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:

تصادف العربات المنعطفة إلى اليسار مشاكل تتعلق بالسلامة المرورية وذلك بسبب العديد من مصادر التصادم المروري: سائقي الدراجات، المشاة، المرور المتحرك بحركة مستقيمة في الجهة المقابلة، المرور المتحرك بحركة مستقيمة في نفس الاتجاه (على نفس الذراع) والمرور المتقاطع.

يعطي المصممون لحركة الانعطاف إلى اليسار أهمية كبيرة عند تصميم برنامج إشارة ضوئية عبر تخصيص أطوار أو حارات مرور بهدف رفع كفاءة الحركة المرورية على هذه التقاطعات وبالتالي زيادة السعة وتحسين درجة السلامة المرورية.

الحلول البسيطة والتي تراعي متغيرات قد تبدو لغير الدارس في موضوع المرور مهمله كحركة الانعطاف إلى اليسار مثلاً، يمكن أن يكون لها بالغ الأثر في تحسين الواقع المروري في مدننا السورية، ريثما يتم إعداد دراسة متكاملة تكون مواكبة للتقنيات الحديثة في مجال الدراسة والتطبيق وبحيث تشمل كافة نواحي النقل والمرور لهذه المدينة أو تلك.

أهمية البحث وأهدافه:

يهدف هذا البحث إلى دراسة الحالات المختلفة لحركات الانعطاف لليسار من حيث طريقة التحكم وشكل توزع حركة الانعطاف على حارات المرور بهدف الوصول إلى تحديد طرق التحكم المروري الأكثر ملاءمة حسب حجوم المرور المنعطفة لليسار وحجوم المرور المتعارضة معها على الاتجاه المعاكس.

طرائق البحث ومواده:

اختيار المتغيرات المؤثرة على الحركة المنعطفة إلى اليسار على التقاطعات:

يؤثر على الحركة المنعطفة إلى اليسار على التقاطعات عدد من المتغيرات هي :

1. سرعة الانعطاف لأجل الحركة المنعطفة إلى اليسار
2. مسافة عبور العربات على التقاطع المدروس
3. عرض الذراع في الجهة المقابلة
4. عرض الذراع المدروس
5. النسبة المئوية للعربات الثقيلة.

اختيار مواقع العمل:

تم اختيار عدد من التقاطعات في مدينة اللاذقية وذلك مع مراعاة اختلاف الخصائص الهندسية والمرورية والمتغيرات السابقة المؤثرة على حركة الانعطاف إلى اليسار.

التقاطعات المدروسة المبينة في الشكل (1) هي :

1. تقاطع قنينص
2. تقاطع 6 تشرين (الريفييرا)
3. تقاطع مضر (شارعي المغرب العربي وأبوفراس الحمداني)
4. تقاطع زنوبيا

الشكل (1) مواقع التقاطعات المدروسة.

جمع البيانات الحقلية:

يتطلب تقييم أداء التقاطعات المنظمة بإشارات ضوئية توفر عدد من البيانات الهندسية والمرورية وبيانات الإشارات الضوئية، تم جمع البيانات الهندسية عن طريق القيام بمجموعة من القياسات الحقلية.

الجدول (1) البيانات الهندسية (عدد الحارات، عرض الحارة، نوع منطقة التقاطع، حارة مخصصة للانعطاف، ظروف وقوف العربات) للتقاطعات المدروسة.

اسم التقاطع	اسم الذراع	عدد الحارات	عرض الحارة W (m)	نوع منطقة التقاطع	حارة مخصصة للانعطاف	ظروف وقوف العربات
تقاطع قنينص	شارع الجمهورية (SB)	5	2*3.3+3*3.5	CBD*	2(RT)**	-
	شارع عمر بن عبد العزيز (WB)	3	2.8	CBD	-	-
	شارع الجمهورية (NB)	3	3.6	CBD	1(RT)	-
تقاطع 6 تشرين	المغرب العربي(SB)	3	1*4+2*3.6	CBD	1(RT)	-
	14رمضان (EB)	5	2*3.6+3*3	CBD	2(RT)	-
	ميسلون (NB)	4	2*3.2+2*3.2	CBD	2(RT)	-
	14رمضان (WB)	6	3*3+3*2.8	CBD	3(RT)	-
تقاطع مضر	المغرب العربي(WB)	5	1*3+4*3	CBD	1(RT)	-
	أبو فراس الحمداني (SB)	4	1*3.8+3*3.8	CBD	1(RT)	-
	المغرب العربي(EB)	4	1*3.6+3*3.6	CBD	1(RT)	-
تقاطع زنوبيا	16تشرين (SB)	3	3.3	CBD	-	-
	بصرى (EB)	3	1*3+2*3	CBD	1(RT)	-
	الحسن بن الهيثم (WB)	3	1*2.8+2*2.8	CBD	1(RT)	-
	16تشرين (NB)	3	3.2	CBD	-	-

*CBD: مركز المدينة.

**RT: انعطاف لليمين.

تم الحصول على البيانات المرورية باستخدام كاميرا فيديو قامت بتصوير التقاطعات المدروسة في ساعة الذروة وذلك في الفترة الممتدة من (2011/10/5–2011/9/25) مع مراعاة جو صحو وسطح طريق جاف، ومن ثم تفريغ شريط الفيديو على الحاسب المحمول بهدف الحصول على البيانات المرورية المطلوبة،في حين تم حساب معامل عدم توازن الحركة في ساعة الذروة PHFبالعلاقة التالية $PHF = \frac{V}{4V_{15max}}$

V: الغزارة الساعية (veh/h) – V_{15max}: أعظم غزارة مقاسة خلال مدة ربع ساعة

وأما بيانات إشارات المرور الضوئية فقد تم قياسها حقلياً.

الجدول (2)البيانات المروريةوبيانات الإشارة الضوئية للتقاطعات المدروسة.

تقاطع قنينص		زمن دورة إشارة المرور الضوئية =83sec						
		البيانات المرورية				بيانات الإشارة الضوئية		
اسم الذراع		RT	Th	LT	معامل ساعة الذروة PHf	نسبة العربات الثقيلة Hv%	الزمن الأخضر G (sec)	الزمن الأصفر Y(sec)
شارع الجمهورية (NB)	الغزارة المرورية	294	1010	346	0.93	8%	24	4
	نسب الانعطاف	18%	61%	21%				
شارع عمر بن عبد العزيز (WB)	الغزارة المرورية	87	310	235	0.90	4%	14	4
	نسب الانعطاف	14%	49%	37%				
شارع الجمهورية (SB)	الغزارة المرورية	876	1186	492	0.93	5%	33	4
	نسب الانعطاف	34%	46%	20%				
تقاطع 6 تشرين		زمن دورة إشارة المرور الضوئية =85sec						
شارع 14رمضان (WB)	الغزارة المرورية	2114	453	809	0.93	2%	32	4
	نسب الانعطاف	63%	13%	24%				
شارع المغرب العربي (SB)	الغزارة المرورية	130	341	390	0.88	4%	11	4
	نسب الانعطاف	15%	40%	45%				
شارع 14 رمضان (EB)	الغزارة المرورية	353	89	491	0.89	2%	16	4
	نسب الانعطاف	38%	9%	53%				
شارع ميسلون (NB)	الغزارة المرورية	316	260	70	0.86	2%	10	4
	نسب الانعطاف	49%	40%	11%				
تقاطع مضر		زمن دورة إشارة المرور الضوئية =109sec						
شارع المغرب العربي (WB)	الغزارة المرورية	396	1499	386	0.96	2%	27	4
	نسب الانعطاف	17%	66%	17%				
شارع أبو فراس الحمداني (SB)	الغزارة المرورية	440	372	433	0.88	3%	35	4
	نسب الانعطاف	35%	30%	35%				
شارع المغرب العربي (EB)	الغزارة المرورية	237	1248	572	0.89	3%	35	4
	نسب الانعطاف	12%	61%	27%				
تقاطع زنوبيا		زمن دورة إشارة المرور الضوئية =86sec						
شارع 16 تشرين(NB)	الغزارة المرورية	67	370	65	0.83	3%	10	4

	نسب الانعطاف	13%	74%	13%				
شارع بصرى(EB)	الغزارة المرورية	52	303	381	0.85	2%	25	4
	نسب الانعطاف	7%	41%	52%				
شارع 16 تشرين (SB)	الغزارة المرورية	211	383	473	0.91	3%	11	4
	نسب الانعطاف	20%	36%	44%				
شارع الحسن بن الهيثم (WB)	الغزارة المرورية	245	262	205	0.86	1%	10	4
	نسب الانعطاف	34%	37%	29%				

*RT: انعطاف لليمين –TH: حركة مستقيمة –LT: انعطاف لليسار.

تطبيق دراسة (قبل _ بعد) باستخدام برنامج التحليل المروري(HCS2000):

يعد برنامج دليل سعة الطرق السريعة (HCS) أداة هندسة النقل والمرور المطبقة بشكل كبير عند حساب معايير تقييم أداء التقاطعات المنظمة بإشارات ضوئية وذلك بسبب قدرته على مراعاة الظروف والمتغيرات الحقلية (الهندسية والمرورية وظروف الإشارات الضوئية) المختلفة.[1]

بعدالقيامبكافةالقياساتوالأعمالالحقليةالإحصائيةتمإدخالالبياناتالتيحصلناعليهافيالبرنامجالهندسي(HCS2000)،ومن ثم تطبيقدراسة (قبل–بعد) باستخدام برنامج التحليل الهندسي (HCS2000) وذلك في الحالتين :

الوضع الهندسي (حارات الانعطاف إلى اليسار):

1. **قبل**استخدام حارة خاصة للحركة المنعطفة إلى اليسار(حالة وجود حارة مشتركة)؛
2. **بعد**استخدام حارة خاصة للحركة المنعطفة إلى اليسار.

الوضع المروري (أطوار الانعطاف إلى اليسار):

1. **قبل** تطبيق الطور المحمي (حالة الطور المسموح)؛
2. **بعد** تطبيق الطور المحمي.

وذلك بهدف قياس معايير تقييم أداء التقاطعات المنظمة بإشارات ضوئية وبالأخص أزمنة التأخير في حالتي الطور المسموح والطور المحمي للحركة المنعطفة إلى اليسار لكل من:

- أزمنةالتأخيرللحركةالمنعطفةإلىاليسار؛
- أزمنة التأخير للحركة المستقيمة؛
- أزمنة التأخير الكلية لكامل التقاطع.

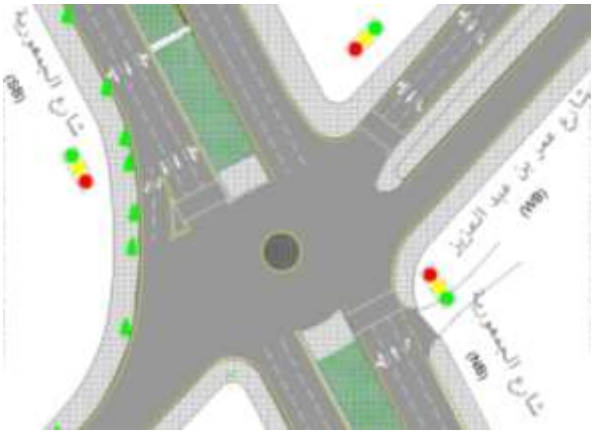
الوضع الهندسي (حارات الانعطاف إلى اليسار):

إنإضافةحارة واحدةلحركة الانعطاف إلى اليسارعلىأيذراعيتضمنحارةمشتركة (الانعطافإلىاليساروالحركةالمستقيمة) تكونقابلةللتطبيقعندماتسببأزمنةالتأخيرللحركاتالمستقيمةتأثيراتضارةعلىالتشغيلو/أودرجة السلامة المروريةعلىالذراع.[2]

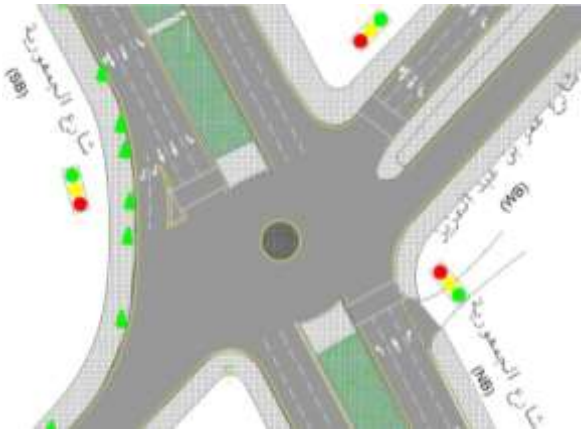
فيحال عدم وجود بيانات مرورية كافية لتقاطع معين فإنه يتم استخدام حارة خاصة لحركةالانعطافإلىاليسارعندما يكونحجمالانعطافإلىاليسارأكبرمن100عربةفيساعةالذروة، حسب توصيات HCM2000.

عموماً، قدنحتاجإلىحاراتالانعطافإلىاليسارالخاصةعندمايكون الحجم المروريللانعطافإلىاليسارأكبرمن20%منالحجم المروري الكلي على كاملالذراع.[3][4]

A- تقاطع قنينص :



الشكل (2) حالة وجود حارة مشتركة (الحركة المستقيمة +حركة الانعطاف إلى اليسار) على كل من شارع الجمهورية (SB) وشارع الجمهورية(NB).



الشكل (3)حالةوجودحارةخاصةللحركة المنعطفة إلى اليسار علىكلمنشارعالجمهورية (SB)وشارع الجمهورية (NB).

B- تقاطع 6 تشرين (الريفييرا) :

الشكل (4) حالة وجود حارة مشتركة (الحركة المستقيمة +حركة الانعطاف إلى اليسار) على كل من شارع 14 رمضان (WB) وشارع 14رمضان (EB).

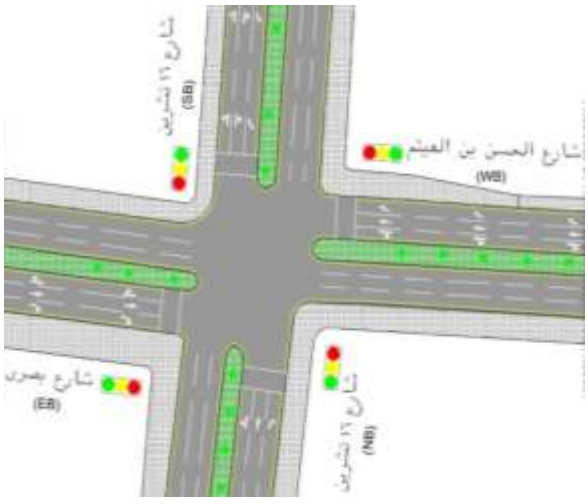
الشكل (5)حالةوجودحارةخاصةللحركة المنعطفة إلى اليسار علىكلمنشارع14 رمضان (WB)وشارع 14 رمضان(EB).

C- تقاطع مضر:

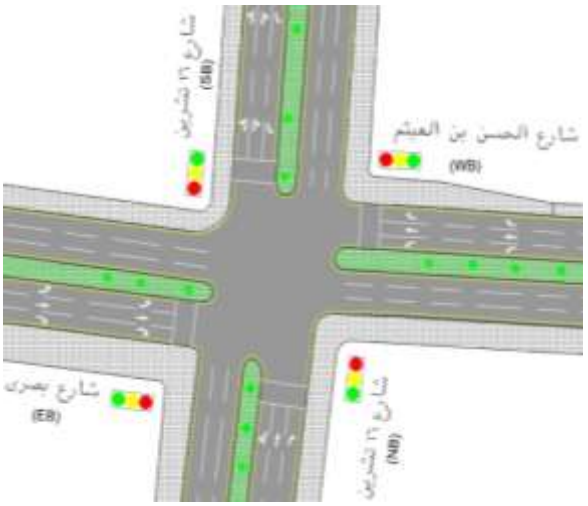
الشكل (6) حالة وجود حارة مشتركة (الحركة المستقيمة +حركة الانعطاف إلى اليسار) على كل من شارع المغرب العربي (WB) وشارع المغرب العربي (EB).

يبين الشكل (7) حالة وجود حارة خاصة للحركة المنعطفة إلى اليسار على كل من شارع المغرب العربي (WB) وشارع المغرب العربي (EB).

D- تقاطع زنوبيا:



الشكل (8)حالةوجودحارةمشتركة (الحركةالمستقيمة +حركةالانعطافإلىاليسار) علىكلمنشارعالحسن بن الهيثم (WB)وشارعبصرى (EB).



الشكل (9)
حالةوجودحارةخاصةللحركةالمنعطفةإلىاليسارعلىكلمنشارعالحسن بن الهيثم (WB)وشارعبصرى(EB).

الوضع المروري (أطوار الانعطاف إلى اليسار):

يكون هدف الإشارة الضوئية الموضوعة على أي تقاطع تأمين مستوى سلامة ملائم للعربات والمشاة، وتأمين نوع من التفاعل والانسجام بين الحركات المختلفة. إن أهداف السلامة والسعة غالباً ما تتعارض، هذا التعارض يكون أكثر وضوحاً في حالة وجود طور انعطاف إلى اليسار محمي أو مسموح.

يعرف **طور حركة الانعطاف إلى اليسار المحمي** بأنه الطور الذي يسمح للعربات بإنجاز حركة الانعطاف إلى اليسار في ظل توقف الغزارة على الذراع المقابل للذراع المدروس.

وأما **طور حركة الانعطاف إلى اليسار المسموح** فهو الطور الذي يؤمن مرور العربات المنعطفة إلى اليسار خلال الثغرات الحاصلة في تيار المرور القادم من الذراع المقابل.[5]

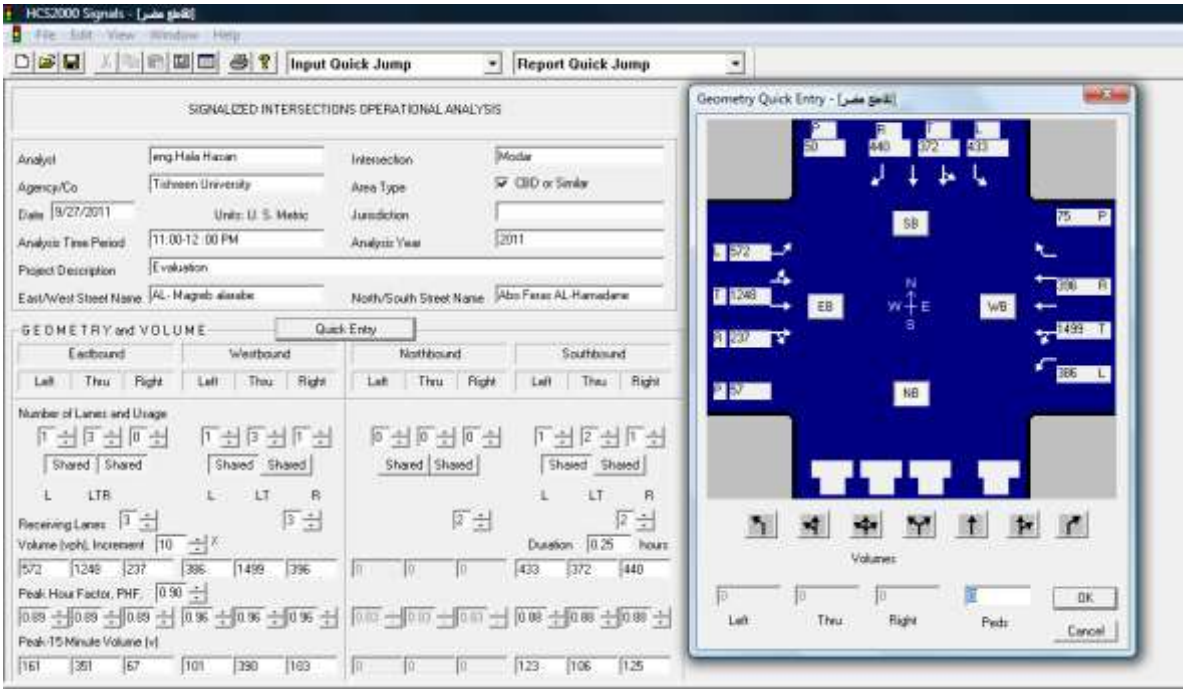
عندما تزداد الحجوم المرورية المتحركة بحركة مستقيمة على الذراع المقابل لحركة الانعطاف إلى اليسار، فإن الثغرات المقبولة في الغزارة المرورية المقابلة ستنقص وبالتالي سوف تتأخر حركة العربات المنعطفة إلى اليسار بشكل متزايد، أي أن هناك مستوى معين من الغزارة المرورية تتم حركة الانعطاف إلى اليسار فيها من خلال الطور المسموح، هذا الطور المسموح ومع زيادة الغزارة المنعطفة إلى اليسار لم يعد قادر على تأمين حاجة الانعطاف إلى اليسار. [6]

إن إدخال طور حركة الانعطاف إلى اليسار المحمي يؤمن الحماية للعربات المنعطفة إلى اليسار ولكنه في نفس الوقت يسبب أزمنة تأخير إضافية للمرور المتحرك بحركة مستقيمة على الذراع المقابل. يطبق طور الانعطاف إلى اليسار المحمي في حال كان الحد الأدنى للانعطاف إلى اليسار عربتين لكل دورة إشارة ضوئية وناتج ضرب الحجم الساعي للانعطاف إلى اليسار بالحجم الساعي للحركة المستقيمة في الجهة المقابلة يتجاوز 150000 لأجل حارة حركة مستقيمة واحدة في الجهة المقابلة أو 300000 لأجلال حارتين في الجهة المقابلة، مع ثغرة غير كافية(تقدر الثغرة الكافية 5.5 sec) لأجل إنجاز الانعطاف إلى اليسار في المرور المتحرك بحركة مستقيمة والقادم من الذراع المقابل.[7]

يؤمن طور حركة الانعطاف إلى اليسار المحمي الحماية المطلوبة للعربات المنعطفة إلى اليسار على الرغم من أنه يزيد من الضياعات الزمنية وينقص بالتالي من الزمن الأخضر للحركة المستقيمة والذي بدوره يخفض سعة هذه الحركة ، أي أن استخدام طور حركة الانعطاف إلى اليسار المحمي لا يكون دائماً هو الحل الأكثر فعالية لتأمين الزمن الأخضر لحركة الانعطاف إلى اليسار.

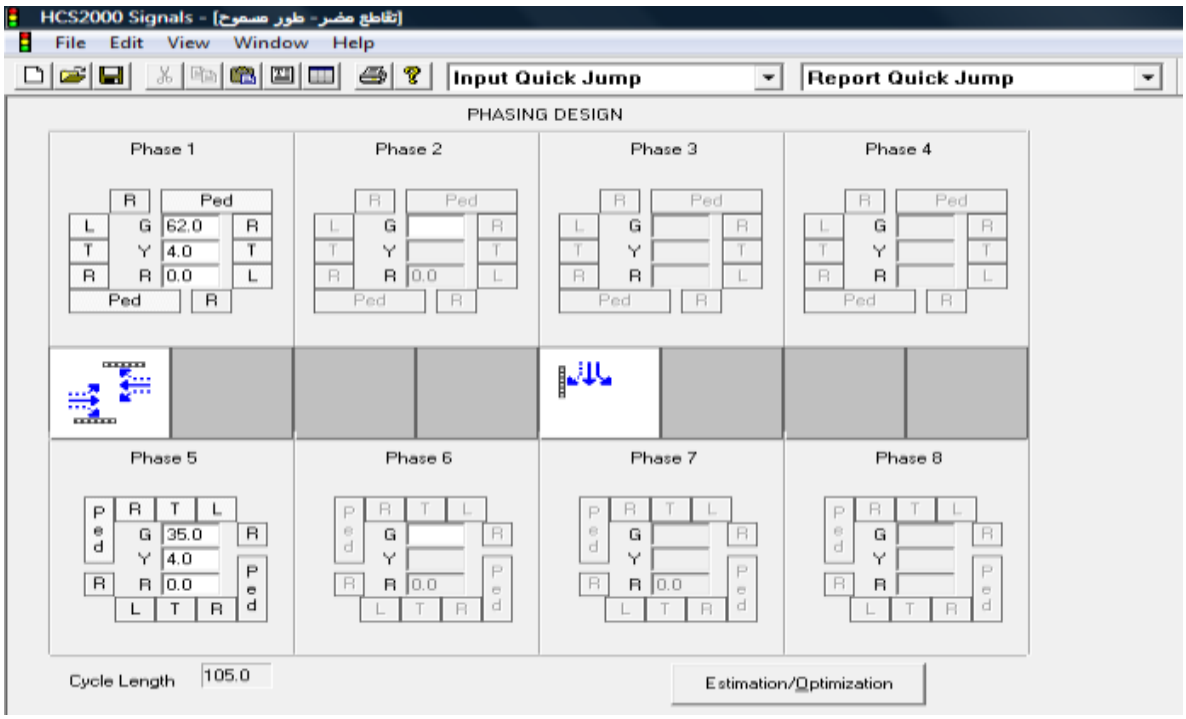
تم إدخال البيانات الهندسية والمرورية وبيانات الإشارات الضوئية لكل تقاطع من التقاطعات المدروسة، تظهر الأشكال(10) و(11) و(12) معطيات الإدخال الهندسية والمرورية وبيانات الإشارات الضوئية لتقاطع قنينص.

A. تقاطع مضر:



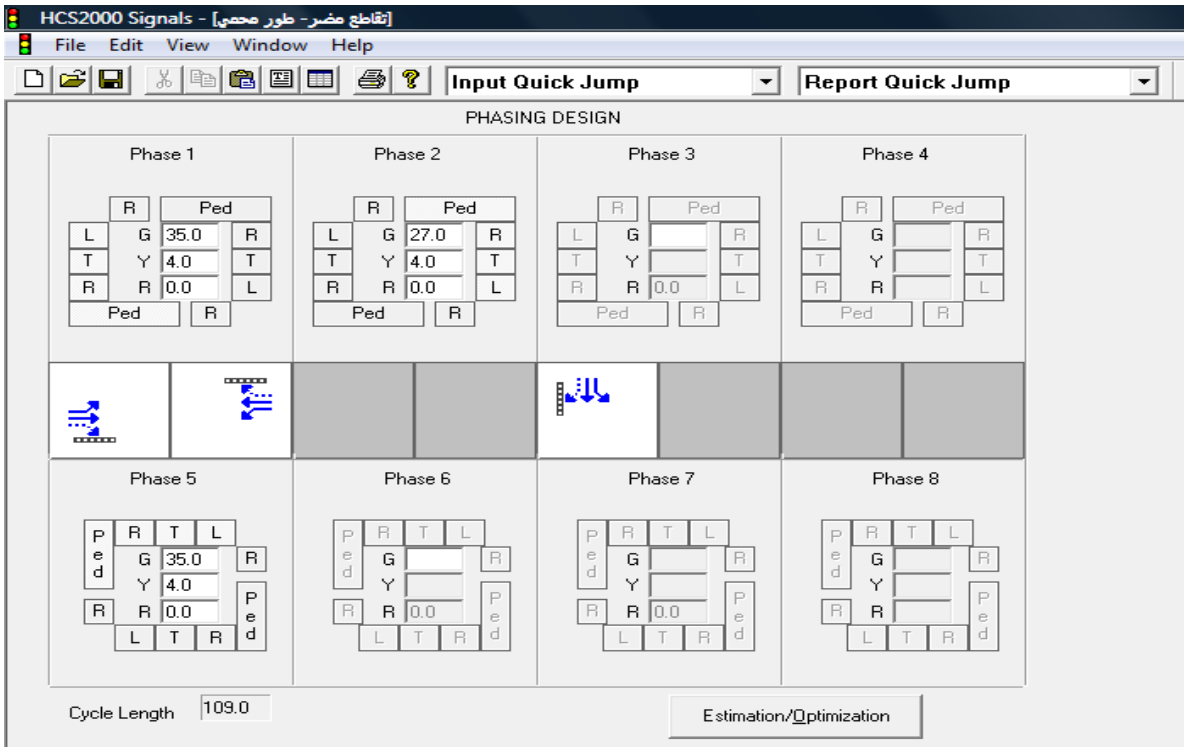
الشكل (10) بيانات الإدخال الهندسية والمرورية لتقاطع مضر في برنامج HCS2000

- **حالة الطور المسموح :**



الشكل (11) بيانات الإدخال لبيانات الإشارة الضوئية لتقاطع مضر في حالة الطور المسموح

- **حالة الطور المحمي :**



الشكل (12) بيانات الإدخال لبيانات الإشارة الضوئية لتقاطع مضر في حالة الطورالمحمي

النتائج والمناقشة :

الوضع الهندسي:

تم تطبيق دراسة (قبل – بعد) على التقاطعات المدروسة وذلك في ظل وجود طور محمي لكل ذراع من أذرع التقاطع (الوضع الراهن)، أدرجت النتائج في الجداول التالية لكل تقاطع من التقاطعات المدروسة:

تقاطع قنينص :

الجدول (3)مقارنة بين أزمنة التأخير عند الانتقال من استخدام حارة مشتركة إلى حارة خاصة للانعطاف إلى اليسار على الذراعين (شارع الجمهورية (SB) وشارع الجمهورية (NB)).

قبل استخدام حارة خاصة للحركة المنعطفة إلى اليسار (حالة وجود حارة مشتركة).			بعد استخدام حارة خاصة للحركة المنعطفة إلى اليسار.		
مجموعات حارات الذراع	أزمنة التأخير ومستوى الخدمة لكل حارة (sec/veh)	أزمنة التأخير ومستوى الخدمة لكل ذراع (sec/veh)	مجموعات حارات الذراع	أزمنة التأخير ومستوى الخدمة لكل حارة (sec/veh)	أزمنة التأخير ومستوى الخدمة لكل ذراع (sec/veh)
شارع الجمهورية (NB)					
LT	333.5 F	283.8 F	L	40.0 D	418.0 F

	653.3 F	T		54.5 D	R
	54.5 D	R			
شارع الجمهورية (SB)					
63.8 E	41.2 D	L	65.6 E	60.2 F	LT
	64.2 E	T		76.0 E	R
	76.0 E	R			
أزمنة التأخير الكلية للتقاطع = 187.2 sec/veh			أزمنة التأخير الكلية للتقاطع = 142.4 sec/veh		
مستوى الخدمة للتقاطع F =	زمن دورة إشارة المرور الضوئية =sec 83		مستوى الخدمة للتقاطع = F	زمن دورة إشارة المرور الضوئية =sec 83	

نلاحظ من الجدول(3)أنه عند استخدام حارة خاصة للحركة المنعطفة إلى اليسار انخفضت أزمنة تأخير الحركة المنعطفة إلى اليسار بنسبة 88% للذراع (NB) وبنسبة 32% للذراع (SB)، في حين ازدادت أزمنة التأخير الكلية لكامل التقاطع بنسبة 32%.

تقاطع 6 تشرين :

الجدول (4) مقارنة بين أزمنة التأخير عند الانتقال من استخدام حارة مشتركة إلى حارة خاصة للانعطاف إلى اليسار على الذراعين (شارع 14 رمضان (EB) وشارع 14 رمضان (WB)).

بعد استخدام حارة خاصة للحركة المنعطفة إلى اليسار.			قبل استخدام حارة خاصة للحركة المنعطفة إلى اليسار (حالة وجود حارة مشتركة).		
أزمنة التأخير لكل ذراع (sec/veh)	أزمنة التأخير لكل حارة (sec/veh)	مجموعات حارات الذراع	أزمنة التأخير لكل ذراع (sec/veh)	أزمنة التأخير لكل حارة (sec/veh)	مجموعات حارات الذراع
شارع 14 رمضان (EB)					
278.5 F	484.3 F	L	48.4 D	44.3 D	LT
	29.7 C	T		54.9 D	R
	54.9 D	R			
شارع 14 رمضان (WB)					
201.3 F	302.1F	L	33.2 C	33.2 C	LT
	21.2 C	T			
أزمنة التأخير الكلية للتقاطع =269.3sec/veh			أزمنة التأخير الكلية للتقاطع =155.8sec/veh		
مستوى الخدمة للتقاطع = F	زمن دورة إشارة المرور الضوئية =sec 85		مستوى الخدمة للتقاطع = F	زمن دورة إشارة المرور الضوئية =sec 85	

نلاحظ من الجدول (4)بأنه وعلى عكس المتوقع حدثت زيادة في أزمنة تأخير الحركة المنعطفة إلى اليسار عند الانتقال من استخدام حارة مشتركة إلى حارة خاصة للحركة المنعطفة إلى اليسار، يفسر هذا الاختلاف بنسب الانعطاف إلى اليسار الكبيرة لكلا الذراعين والتي تحتاج إلى أكثر من حارة واحدة للانعطاف إلى اليسار وهو ما يتوافق مع تعليمات HCM2000 التي تبرر وجود حارتين للانعطاف إلى اليسار عندما تتجاوز غزارة الانعطاف إلى اليسار في ساعة الذروة 300 عربة بالساعة.

تقاطع مضر :

الجدول (5) مقارنة بين أزمنة التأخير عند الانتقال من استخدام حارة مشتركة إلى حارة خاصة للانعطاف إلى اليسار على الذراعين (شارع المغرب العربي(EB) وشارع المغرب العربي(WB)).

<table>
<tr><td colspan="3">قبل استخدام حارة خاصة للحركة المنعطفة إلى اليسار(حالة وجود حارة مشتركة).</td><td colspan="3">بعد استخدام حارة خاصة للحركة المنعطفة إلى اليسار.</td></tr>
<tr><td>مجموعات حارات الذراع</td><td>أزمنة التأخير لكل حارة (sec/veh)</td><td>أزمنة التأخير لكل ذراع (sec/veh)</td><td>مجموعات حارات الذراع</td><td>أزمنة التأخير لكل حارة (sec/veh)</td><td>أزمنة التأخير لكل ذراع (sec/veh)</td></tr>
<tr><td colspan="6">شارع المغرب العربي(EB)</td></tr>
<tr><td>LT</td><td>214.8 F</td><td rowspan="3">194.3 F</td><td>L</td><td>158.2 F</td><td rowspan="3">168.6 F</td></tr>
<tr><td>R</td><td rowspan="2">37.1 D</td><td>T</td><td>198.4 F</td></tr>
<tr><td></td><td></td><td>R</td><td>37.1 D</td></tr>
<tr><td colspan="6">شارع المغرب العربي(WB)</td></tr>
<tr><td>LT</td><td rowspan="2">227.7 F</td><td rowspan="3">235.6 F</td><td>L</td><td>115.0 F</td><td rowspan="3">237.8 F</td></tr>
<tr><td></td><td></td><td>T</td><td>260.1 F</td></tr>
<tr><td>R</td><td>273.1 F</td><td>R</td><td>273.1 F</td></tr>
<tr><td colspan="3">أزمنة التأخير الكلية للتقاطع =182.5sec/veh</td><td colspan="3">أزمنة التأخير الكلية للتقاطع =173.3sec/veh</td></tr>
<tr><td colspan="2">زمن دورة إشارة المرور الضوئية =109 sec</td><td colspan="2">مستوى الخدمة للتقاطع = F</td><td colspan="2">زمن دورة إشارة المرور الضوئية =109 sec</td><td>مستوى الخدمة للتقاطع = F</td></tr>
</table>

نلاحظ من الجدول (5)أنه عند استخدام حارة خاصة للحركة المنعطفة إلى اليسار انخفضت أزمنة تأخير الحركة المنعطفة إلى اليسار بنسبة 26% للذراع (EB) وبنسبة 49% للذراع (WB)، في حين انخفضت أزمنة التأخير الكلية لكامل التقاطع بنسبة 5%.

تقاطع زنوبيا :

الجدول (6) مقارنة بين أزمنة التأخير عند الانتقال من استخدام حارة مشتركة إلى حارة خاصة للانعطاف إلى اليسار على الذراعين (شارع بصرى (EB) وشارع الحسن بن الهيثم (WB)).

قبل استخدام حارة خاصة للحركة المنعطفة إلى اليسار (حالة وجود حارة مشتركة).			بعد استخدام حارة خاصة للحركة المنعطفة إلى اليسار.		
مجموعات حارات الذراع	أزمنة التأخير لكل حارة (sec/veh)	أزمنة التأخير لكل ذراع (sec/veh)	مجموعات حارات الذراع	أزمنة التأخير لكل حارة (sec/veh)	أزمنة التأخير لكل ذراع (sec/veh)
شارع بصرى(EB)					
LT	48.5 D	46.7 D	L	77.4 E	57.9 E
R	23.4 C		T	39.4 D	
			R	23.4 C	
شارع الحسن بن الهيثم(WB)					
LT	267.5 F	332.1 F	L	195.2 F	326.1F
			T	307.8 F	
R	455.2 F		R	455.2 F	
أزمنة التأخير الكلية للتقاطع =163.5 sec/veh			أزمنة التأخير الكلية للتقاطع =164.8sec/veh		
زمن دورة إشارة المرور الضوئية =86 sec	مستوى الخدمة للتقاطع = F		زمن دورة إشارة المرور الضوئية =86 sec	مستوى الخدمة للتقاطع = F	

نلاحظ من الجدول (6)زيادة في أزمنة تأخير الحركة المنعطفة إلى اليسار عند الانتقال من استخدام حارة مشتركة إلى استخدام حارة خاصة للحركة المنعطفة إلى اليسار على الذراع(EB)على الرغم من أن حجم الانعطاف إلى اليسار على الذراع (EB) بلغ 52% من حجم الذراع الكلي، وانخفاض في أزمنة تأخير حركة الانعطاف إلى اليسار على الذراع (WB)، كما نلاحظ زيادة في أزمنة التأخير الكلية.

الوضع المروري :

تقاطع قنينص:

الجدول (7) مقارنة بين أزمنة التأخير عند الانتقال من حالة الطور المسموح إلى حالة الطور المحمي.

حالة الطور المسموح			حالة الطور المحمي		
مجموعات حارات الذراع	أزمنة التأخير ومستوى الخدمة لكل حارة (sec/veh)	أزمنة التأخير ومستوى الخدمة لكل ذراع (sec/veh)	مجموعات حارات الذراع	أزمنة التأخير ومستوى الخدمة لكل حارة (sec/veh)	أزمنة التأخير ومستوى الخدمة لكل ذراع (sec/veh)
شارع عمر بن عبد العزيز(WB)					
L	98.8 F	71.4 E	L	117.9 F	85.1 F
TR	55.1 E		TR	65.7 E	
شارع الجمهورية (NB)					
L	380.6 F	85.9 F	L	40.0 D	285.3 F
TR	7.7 A		TR	350.4 D	
شارع الجمهورية(SB)					
L	920.9 F	182.7 F	L	41.2 D	63.8 E
T	6.4 A		T	64.2 E	
R	6.7 A		R	76.0 E	
أزمنة التأخير الكلية للتقاطع = 134.8sec/veh			أزمنة التأخير الكلية للتقاطع =141.9 sec/veh		
زمن دورة إشارة المرور الضوئية = 105 sec	مستوى الخدمة للتقاطع F =		زمن دورة إشارة المرور الضوئية = 109 sec	مستوى الخدمة للتقاطع F =	

من الجدول (7) نجد أنه عند الانتقال من تطبيق الطور المسموح إلى الطور المحمي انخفضت أزمنة تأخير حركة الانعطاف إلى اليسار على الذراع (NB) بنسبة 90% ، بالمقابل ازدادت أزمنة تأخير الحركة المستقيمة على الذراع المقابل(SB) بنسبة كبيرة جداً ، كما انخفضت أزمنة تأخير الانعطاف إلى اليسار على الذراع (SB) بنسبة 95% بالمقابل ازدادت أزمنة تأخير الحركة المستقيمة على الذراع (NB) بنسبة كبيرة جداً.

ازدادت أزمنة التأخير الكلية للتقاطع عند الانتقال من تطبيق الطور المسموح إلى الطور المحمي 5%.

تقاطع 6 تشرين:

الجدول (8) مقارنة بين أزمنة التأخير عند الانتقال من حالة الطور المسموح إلى حالة الطور المحمي.

حالة الطور المسموح			حالة الطور المحمي		
مجموعات حارات الذراع	أزمنة التأخير ومستوى الخدمة لكل حارة (sec/veh)	أزمنة التأخير ومستوى الخدمة لكل ذراع (sec/veh)	مجموعات حارات الذراع	أزمنة التأخير ومستوى الخدمة لكل حارة (sec/veh)	أزمنة التأخير ومستوى الخدمة لكل ذراع (sec/veh)
شارع 14 رمضان (EB)					
L	212.8 F	115.2 F	L	77.3 E	64.6 E
T	6.0 A		T	33.0 C	
R	6.0 A		R	54.9 D	
شارع 14 رمضان (WB)					
L	35.0 D	26.2 C	L	31.1C	33.8 C
T	10.0 A		T	38.6 D	
شارع ميسلون(NB)					
LT	33.9 C	30.8 C	LT	106.9 F	150.8 F
R	27.5 C		R	196.6 F	
شارع المغرب العربي (SB)					
L	585.7 F	287.2 F	L	589.8 F	444.6 F
T	46.3 D		T	424.6 F	
R	25.3 C		R	62.8 E	
أزمنة التأخير الكلية للتقاطع = 111.4 sec/veh			أزمنة التأخير الكلية للتقاطع = 160.1 sec/veh		
زمن دورة إشارة المرور الضوئية = 77sec	مستوى الخدمة للتقاطع = F		زمن دورة إشارة المرور الضوئية = 85 sec	مستوى الخدمة للتقاطع = F	

من الجدول (8) نجد أنه عند الانتقال من تطبيق الطور المسموح إلى الطور المحمي انخفضت أزمنة تأخير حركة الانعطاف إلى اليسار على الذراع (EB)بنسبة بلغت 64% بالمقابل ازدادت أزمنة تأخير الحركة المستقيمة على الذراع المقابل(WB) بنسبة كبيرة ، كما انخفضت أزمنة تأخير حركة الانعطاف إلى اليسار على الذراع (WB) بنسبة 11% وازدادت أزمنة تأخير الحركة المستقيمة على الذراع المقابل (EB) بنسبة كبيرة جداً.

حدثت زيادة طفيفة على أزمنة تأخير حركة الانعطاف إلى اليسار على الذراع (SB).
ازدادت أزمنة التأخير الكلية للتقاطع عند الانتقال من تطبيق الطور المسموح إلى الطور المحمي 44%.

تقاطع مضر:

الجدول (9) مقارنة بين أزمنة التأخير عند الانتقال من حالة الطور المسموح إلى حالة الطور المحمي.

حالة الطور المسموح			حالة الطور المحمي		
مجموعات حارات الذراع	أزمنة التأخير ومستوى الخدمة لكل حارة (sec/veh)	أزمنة التأخير ومستوى الخدمة لكل ذراع (sec/veh)	مجموعات حارات الذراع	أزمنة التأخير ومستوى الخدمة لكل حارة (sec/veh)	أزمنة التأخير ومستوى الخدمة لكل ذراع (sec/veh)
شارع المغرب العربي(EB)					
L	2151 F	609.4 F	L	158.2 F	125.4 F
LTR	15.0 B		LTR	112.8 F	
شارع المغرب العربي(WB)					
L	1629 F	288.3 F	L	115.0 F	230.4 F
LT	15.0 B		LT	260.1 F	
R	15.8 B		R	230.2 F	
شارع أبو فراس الحمداني (SB)					
L	56.4 E	64.5 E	L	65.1 E	74.3 E
LT	27.9 C		LT	30.1 C	
R	103.3 F		R	120.8 F	
أزمنة التأخير الكلية للتقاطع = 358.0 sec/veh			أزمنة التأخير الكلية للتقاطع = 154.4 sec/veh		
زمن دورة إشارة المرور الضوئية = 105 sec	مستوى الخدمة للتقاطع = F		زمن دورة إشارة المرور الضوئية = 109 sec	مستوى الخدمة للتقاطع = F	

نلاحظ من الجدول (9)عند الانتقال من تطبيق الطور المسموح إلى الطور المحميانخفاض أزمنة تأخير الحركة المنعطفة إلى اليسار بشكل كبير على الذراع (EB) بنسبة 93%، بالمقابل حدثت زيادة في أزمنة تأخير الحركة المستقيمة على الذراع المقابل (WB)، كما نلاحظ انخفاض أزمنة تأخير الحركة المنعطفة إلى اليسار على الذراع (WB) بنسبة 93% بالمقابل ازدادت أزمنة تأخير الحركة المستقيمة على الذراع المقابل (EB) .

كان الملاحظ انخفاض أزمنة التأخير الكلية للتقاطع وذلك عند الانتقال من تطبيق الطور المسموح إلى الطور المحمي بنسبة بلغت 57% وهو مايتناقض مع مفهوم الطور المحمي الذي يسبب زيادة في أزمنة التأخير الكلية للتقاطع.

تقاطع زنوبيا:

الجدول (10) مقارنة بين أزمنة التأخير عند الانتقال من حالة الطور المسموح إلى حالة الطور المحمي.

<table>
<tr><td colspan="3">حالة الطور المسموح</td><td colspan="3">حالة الطور المحمي</td></tr>
<tr><td>مجموعات حارات الذراع</td><td>أزمنة التأخير ومستوى الخدمة لكل حارة (sec/veh)</td><td>أزمنة التأخير ومستوى الخدمة لكل ذراع (sec/veh)</td><td>مجموعات حارات الذراع</td><td>أزمنة التأخير ومستوى الخدمة لكل حارة (sec/veh)</td><td>أزمنة التأخير ومستوى الخدمة لكل ذراع (sec/veh)</td></tr>
<tr><td colspan="6">شارع بصرى(EB)</td></tr>
<tr><td>L</td><td>158.2 F</td><td rowspan="2">88.6 F</td><td>L</td><td>77.4 E</td><td rowspan="2">53.2 D</td></tr>
<tr><td>TR</td><td>13.8 B</td><td>TR</td><td>27.1 C</td></tr>
<tr><td colspan="6">شارع الحسن بن الهيثم (WB)</td></tr>
<tr><td>L</td><td>27.9 C</td><td rowspan="3">19.9 B</td><td>L</td><td>195.2 F</td><td rowspan="3">326.1 F</td></tr>
<tr><td>T</td><td>16.0 B</td><td>T</td><td>307.8 F</td></tr>
<tr><td>R</td><td>17.4 B</td><td>R</td><td>455.2 F</td></tr>
<tr><td colspan="6">شارع 16 تشرين (NB)</td></tr>
<tr><td>LT</td><td>17.9 B</td><td rowspan="2">17.3 B</td><td>LT</td><td>278.2 F</td><td rowspan="2">247.8 F</td></tr>
<tr><td>R</td><td>13.7 B</td><td>R</td><td>51.2 D</td></tr>
<tr><td colspan="6">شارع 16 تشرين (SB)</td></tr>
<tr><td>L</td><td>363.7 F</td><td rowspan="2">164.3 F</td><td>L</td><td>149.8 F</td><td rowspan="2">87.0 F</td></tr>
<tr><td>LTR</td><td>17.7 B</td><td>LTR</td><td>37.0 D</td></tr>
<tr><td colspan="3">أزمنة التأخير الكلية للتقاطع = 84.4 sec/veh</td><td colspan="3">أزمنة التأخير الكلية للتقاطع = 163.6 sec/veh</td></tr>
<tr><td colspan="2">زمن دورة إشارة المرور الضوئية = 78sec</td><td>مستوى الخدمة للتقاطع = F</td><td colspan="2">زمن دورة إشارة المرور الضوئية = 86 sec</td><td>مستوى الخدمة للتقاطع = F</td></tr>
</table>

من الجدول (10) نلاحظ أنه عند الانتقال من تطبيق الطور المسموح إلى الطور المحمي انخفاض أزمنة تأخير حركة الانعطاف إلى اليسار على الذراع (EB) بنسبة بلغت 51% بالمقابل ازدادت أزمنة تأخير الحركة المستقيمة على الذراع المقابل (WB) بنسبة كبيرة، كما انخفضت أزمنة تأخير حركة الانعطاف إلى اليسار على الذراع (SB) بنسبة 59%.

بشكل مخالف للمتوقع حدثت زيادة في أزمنة تأخير حركة الانعطاف إلى اليسار عند الانتقال من تطبيق الطور المسموح إلى الطور المحمي وذلك على الذراع (WB) والذراع (NB).

ازدادت أزمنة التأخير الكلية للتقاطع بنسبة 94% وذلك عند الانتقال من تطبيق الطور المسموح إلى الطور المحمي.

الاستنتاجات والتوصيات:

الاستنتاجات :

1. نلاحظ من الجداول السابقة سواء عند مناقشة الوضع الهندسي أو الوضع المروري انخفاض مستوى الخدمة للتقاطعات المدروسة حيث تم تحديد مستوى الخدمة حسب برنامج (HCS2000) وذلك بالاستناد على منهجية (HCM2000) لدراسة سعة التقاطعات المنظمة بإشارات ضوئية.
2. إن إضافة حارة خاصة لحركة الانعطاف إلى اليسار لمجرد أن نسبة الانعطاف إلى اليسار تتجاوز 20% من الغزارة المرورية على كامل الذراع (كما تشير HCM2000) لا يعد معياراً دقيقاً، حيث أنه قد تنخفض في هذه الحالة أزمنة تأخير حركة الانعطاف إلى اليسار ولكنها بالمقابل قد تسبب أزمنة تأخير كلية لكامل التقاطع (تقاطع قنينص، تقاطع 6 تشرين، تقاطع زنوبيا).
3. انخفاض في أزمنة تأخير حركة الانعطاف إلى اليسار على أغلب أذرع التقاطعات وهو ما ترافق مع زيادة في أزمنة تأخير الحركة المستقيمة على الذراع المقابل وذلك عند الانتقال من تطبيق الطور المسموح إلى تطبيق الطور المحمي.
4. زيادة في أزمنة تأخير التقاطع الكلية في كل من (تقاطع قنينص، تقاطع 6 تشرين، تقاطع زنوبيا).
5. بالنسبة لتقاطع مضر فإنه عند الانتقال من تطبيق الطور المسموح إلى تطبيق الطور المحمي للحركة المنعطفة إلى اليسار تم ملاحظة :
   - انخفاض في أزمنة تأخير الحركة المنعطفة إلى اليسار؛
   - زيادة في أزمنة تأخير الحركة المستقيمة على الذراع المقابل؛
   - انخفاض في أزمنة التأخير الكلية على التقاطع وهو ما يتعارض مع مفهوم الطور المحمي الذي يسبب زيادة في أزمنة التأخير لكامل التقاطع .

تفسر هذه الحالة :

في حالة الطور المسموح لم تجد العربات المنعطفة إلى اليسار الثغرة الكافية في تيار الحركة المستقيمة لانجاز الانعطاف إلى اليسار وبالتالي تعرضت لأزمنة تأخير كبيرة (الذراع EB و WB)

- من أجل الذراع (WB) :

$$V_L * V_{O\cdot TH} = 386 * 1248 = 481728 \text{ veh/ln} > 300000$$

- من أجل الذراع (EB):

$$V_L * V_{O\cdot TH} = 572 * 1499 = 857428 \text{ veh/ln} > 300000$$

حيث أن:

V_L: حجم الانعطاف إلى اليسار في ساعة الذروة

$V_{O.TH}$: حجم الحركة المستقيمة على الذراع المقابل في ساعة الذروة

أي أن الطور المسموح لم يعد قادر على تأمين مطلب الانعطاف إلى اليسار وهذا يستدعي ضرورة الانتقال إلى الطور المحمي وهو ما نتج عنه تخفيض في أزمنة التأخير الكلية.

التوصيات:

1. ضرورة إنجاز دراسة هندسية مرورية شاملة قبل اقتراح استخدام طور خاص أو إضافة حارة خاصة لحركة الانعطاف إلى اليسار لمعرفة حدود التحسين الممكنة.
2. ضرورة تحسين واقع التقاطعات المنظمة بإشارات ضوئية في القطر العربي السوري وذلك من ناحية تخفيض أزمنة التأخير والإقلال من حوادث التصادم التي تحدث على التقاطعات وبالتالي زيادة سعة هذه التقاطعات وهذا بدوره يؤدي إلى تخفيف الاختناقات المرورية على التقاطعات مما يؤثر بشكل إيجابي على الوضع البيئي (تلوث ، ضجيج ....).
3. يفتح هذا البحث الباب أمام التطوير المستقبلي المتوقع في ظل تغير المعطيات الحالية وذلك في ظل وجود نماذج محاكاة وبرامج حاسوبية متطورة يمكن تطبيقها على التقاطعات المنظمة بإشارات ضوئية .

المراجع:

1. HCS2000 signalized Intersection version 4. McTrans Center, University of Florida 512 Weil Hall / Box 116585
2. Shebeeb, O. “Safety and Efficiency for Exclusive Left-Turn Lanes at SignalizedIntersections.” ITE Journal, July 1995, pp. 52-59.
3. American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO). APolicyon Geometric Design of Highways and Streets. Washington, DC: AASHTO, 2001.
4. Transportation Research Board (TRB). Highway Capacity Manual 2000. Washington, DC: TRB, National Research Council (NRC), 2000.
5. Federal Highway Administration (FHWA). Signalized Intersections: Informational Guide .Washington, DC: U.S. Department of Transportation (USDOT), FHWA, 2004,PP.307-322.
6. MARTIN,P,T; PERRIN,J,E.Optimimzation of Left-Turn Traffic Signals. Report UT-96.08,Utah Department of Transportation, USA, 1998,118.

7. KOUPAI, P. A. "Recommended guidelines for protected/permissive left-turnphasing". 69th Annual Meeting of the Institute of Transportation Engineers. LasVeags.1999,