التقاطعات المجهزة بإشارات ضوئية

SIGNALIZED INTERSECTIONS

إعداد المهندس

سامر برهان زريق

ماجستير في هندسة المرور

مدير أعمال سابق في قسم هندسة المواصلات والنقل – كلية الهندسة المدنية

جامعة تشرين – اللاذقية – سوريا

سلسلة محاضرات عملية ألقيت على طلاب قسم المواصلات والنقل

التقاطعات المجهزة بإشارات ضوئية

SIGNALIZED INTERSECTIONS

EXAMPLE PROBLEM 1

The Intersection The intersection of Third Avenue (NB/SB) and Main Street (EB/WB) is located in the central business district (CBD) of a small urban area. Intersection geometry and flow characteristics are shown on the Input Worksheet.

The Question What are the delay and peak-hour LOS of this intersection?

The Facts

- √ EB and WB HV = 5 percent,
- √ NB and SB HV = 8 percent,
- √ PHF = 0.90,
- √ Two-phase signal,
- √ NB-SB green = 36 s,
- √ EB-WB green = 26 s,
- √ Yellow = 4 s,
- √ Third Avenue has two lanes, one in each direction,
- √ Main Street has four lanes, two in each direction,
- √ No parking at intersection,
- √ Pedestrian volume = 100 p/h, all approaches,
- √ Bicycle volume = 20 bicycles/h, all approaches,
- √ Movement lost time = 4 s, and
- √ Level terrain.

Comments

- √ Assume crosswalk width = 3.0 m for all approaches,
- √ Assume base saturation flow rate = 1,900 pc/h/ln,
- √ Assume E_T = 2.0,
- √ No buses, and
- √ 70.0-s cycle length, with green times given.

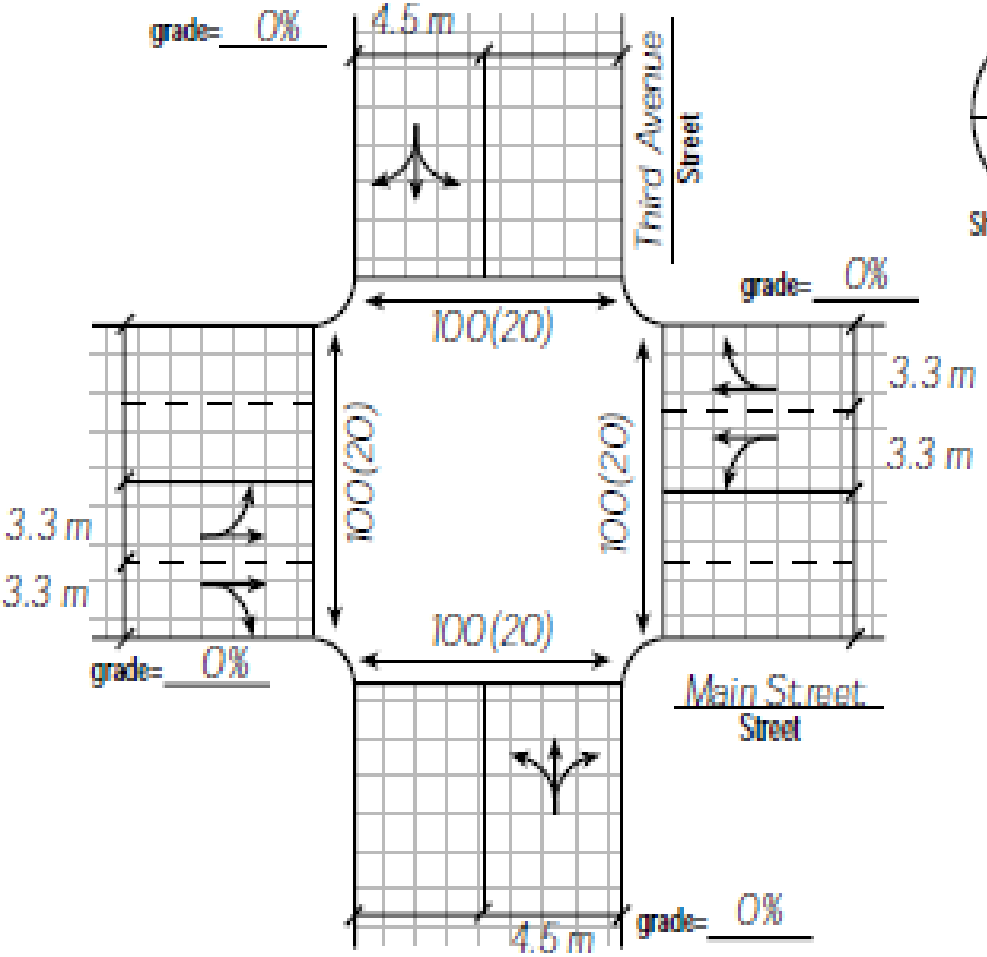
General Information

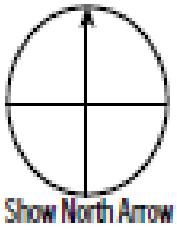
Analyst	WLL
Agency or Company	CEI
Date Performed	4/12/99
Analysis Time Period	4-6 PM

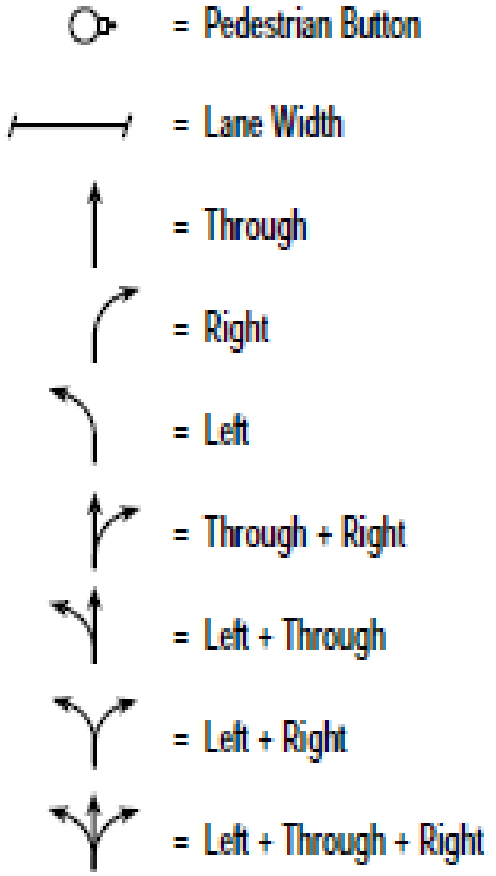
Site Information

Intersection	Third Avenue/Main Street
Area Type	☑ CBD ☐ Other
Jurisdiction	
Analysis Year	1999

Intersection Geometry



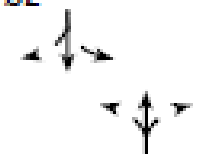




Volume and Timing Input

	EB			WB			NB			SB		
	LT	TH	RT[1]	LT	TH	RT[1]	LT	TH	RT[1]	LT	TH	RT[1]
Volume, V (veh/h)	65	620	35	30	700	20	30	370	20	40	510	50
% heavy vehicles, % HV	5	5	5	5	5	5	8	8	8	8	8	8
Peak-hour factor, PHF		0.90			0.90			0.90			0.90	
Pretimed (P) or actuated (A)		P			P			P			P	
Start-up lost time, l_1 (s)												
Extension of effective green time, e (s)												
Arrival type, AT		4			2			3			3	
Approach pedestrian volume,[2] v_{ped} (p/h)		100			100			100			100	
Approach bicycle volume,[2] v_{bic} (bicycles/h)		20			20			20			20	
Parking (Y or N)		N			N			N			N	
Parking maneuvers, N_m (maneuvers/h)		0			0			0			0	
Bus stopping, N_B (buses/h)		0			0			0			0	
Min. timing for pedestrians,[3] G_p (s)		11.2			11.2			14.7			14.7	

Signal Phasing Plan

DIAGRAM	Ø1	Ø2	Ø3	Ø4	Ø5	Ø6	Ø7	Ø8
								
Timing	G = 26.0 Y = 4.0	G = 36.0 Y = 4.0	G = Y =	G = Y =	G = Y =	G = Y =	G = Y =	G = Y =

Protected turns — Permitted turns — Pedestrian

Cycle length, C = 70.0 s

Notes

1. RT volumes, as shown, exclude RTOR.
2. Approach pedestrian and bicycle volumes are those that conflict with right turns from the subject approach.
3. Refer to Equation 16-2.

حساب الزمن الأخضر الخاص بحركة المشاة

1.	Pedestrians/cycle.	$100\frac{p}{h} * \frac{1h}{3,600\ s} * 70\ s = 1.944\ p$
2.	Minimum effective green time required for pedestrians (use Equation 16-2).	$G_p = 3.2 + \frac{L}{1.2} + 0.27N_{ped}$ $G_p\ (Main) = 3.2 + \frac{9.0}{1.2} + 0.27(1.944) = 11.2\ s$ $G_p\ (Third) = 3.2 + \frac{13.2}{1.2} + 0.27(1.944) = 14.7\ s$
3.	Compare minimum effective green time required for pedestrians with actual effective green.	G_p (Main) = 26 s, which is >11.2 s G_p (Third) = 36 s, which is >14.7 s
4.	Proportions of left and right turns.	Proportions of left- and right-turn traffic are found by dividing the appropriate turning volumes by the total lane group volume. $P_{LT}(EB) = \frac{65}{65+620+35} = 0.090$

Lane utilization	$f_{LU} = v_g/(v_{g1}N)$	v_g = unadjusted demand flow rate for the lane group, veh/h v_{g1} = unadjusted demand flow rate on the single lane in the lane group with the highest volume N = number of lanes in the lane group	$f_{lu}(EB) = 620+65+35/[(620/2)+65]*2$

In general:

F_{lu} = 1.00 when N= 1
= 0.95 when N= 2
= 0.90 when N= 3

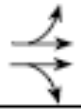
تصحيح الغزارات

VOLUME ADJUSTMENT

General Information

Project Description *Example Problem 1*

Volume Adjustment

	EB			WB			NB			SB		
	LT	TH	RT	LT	TH	RT	LT	TH	RT	LT	TH	RT
Volume, V (veh/h)	65	620	35	30	700	20	30	370	20	40	510	50
Peak-hour factor, PHF		0.90			0.90			0.90			0.90	
Adjusted flow rate, v_p = V/PHF (veh/h)	72	689	39	33	778	22	33	411	22	44	567	56
Lane group												
Adjusted flow rate in lane group, v (veh/h)		800			833			466			667	
Proportion[1] of LT or RT (P_{LT} or P_{RT})	0.090	-	0.049	0.040	-	0.027	0.071	-	0.048	0.067	-	0.083

ورقة العمل لحساب غزارة الاشباع

SATURATION FLOW RATE WORKSHEET

Saturation Flow Rate (see Exhibit 16-7 to determine adjustment factors)				
Base saturation flow, s_o (pc/h/ln)	1900	1900	1900	1900
Number of lanes, N	2	2	1	1
Lane width adjustment factor, f_w	0.967	0.967	1.100	1.100
Heavy-vehicle adjustment factor, f_{HV}	0.952	0.952	0.926	0.926
Grade adjustment factor, f_g	1.000	1.000	1.000	1.000
Parking adjustment factor, f_p	1.000	1.000	1.000	1.000
Bus blockage adjustment factor, f_{bb}	1.000	1.000	1.000	1.000
Area type adjustment factor, f_a	0.900	0.900	0.900	0.900
Lane utilization adjustment factor, f_{LU}	0.950	0.950	1.000	1.000
Left-turn adjustment factor, f_{LT}	0.716	0.901	0.937	0.951
Right-turn adjustment factor, f_{RT}	0.993	0.996	0.994	0.989
Left-turn ped/bike adjustment factor, f_{Lpb}	0.997	0.998	0.999	0.998
Right-turn ped/bike adjustment factor, f_{Rpb}	0.992	0.995	0.996	0.994
Adjusted saturation flow, s (veh/h) $s = s_o\ N\ f_w\ f_{HV}\ f_g\ f_p\ f_{bb}\ f_a\ f_{LU}\ f_{LT}\ f_{RT}\ f_{Lpb}\ f_{Rpb}$	2103	2665	1614	1625

Notes

1. P_{LT} = 1.000 for exclusive left-turn lanes, and P_{RT} = 1.000 for exclusive right-turn lanes. Otherwise, they are equal to the proportions of turning volumes in the lane group.

عرض حارة المرور Lane width	$f_w = 1 + \frac{(w - 3.6)}{9}$	W: عرض حارة المرور (m)	$w \geq 2.4$ من أجل $w \geq 4.8$ يعتبر عدد الحارات حارتان
العربات الثقيلة Heavy vehicles	$f_{HV} = \frac{100}{100 + \%HV(E_T - 1)}$	%HV: النسبة المئوية للعربات الثقيلة في مجموعة الحارات	ET=2.0 pc/HV
الميل Grade	$f_g = 1 - \frac{\%G}{200}$	%G: النسبة المئوية للميل الطولي لذراع مجموعة الحارات المدروسة	-6 ? %Gw ?+10 القيمة السالبة تعبر عن الميل الهابط
وقوف العربات Parking	$f_p = \frac{N - \frac{14.4Nm}{3600}}{N}$	N: عدد حارات المرور في المجموعة المدروسة Nm:عدد حركات المناورة للوقوف (man/h)	0 ? N_m ?180 $f_p \geq 0.05$ $f_p = 1.0$حالة عدم وقوف
إعاقة بسبب الباصات Bus blockage	$f_{bb} = \frac{N - \frac{14.4N_B}{3600}}{N}$	N: عدد حارات المرور في المجموعة المدروسة N_B:عدد الباصات المتوقفة خلال ساعة(bus/h)	0 ? N_B ? 250 $F_{bb} \geq 0.05$

نوع المنطقة Type of area	fa = 0.900 مركز المدينة (CBD) fa = 1.000 مناطق أخرى		
استخدام حارة المرور lane utilization	$f_{LU} = v_g/(v_{g1}N)$	v_g:معدل الطلب على الغزارة غير المصحح لمجموعة الحارات veh/h v_{g1}: معدل الطلب على الغزارة لحارة مرور واحدة ضمن مجموعة الحارات ذات الغزارة الأعظمية veh/h N: عدد حارات المرور في المجموعة المدروسة	
الانعطاف لليسار Left turns	طور محمي: حارة مخصصة : $f_{LT} = 0.95$ حارة مشتركة: $f_{LT} = \frac{1}{1.0 + 0.05P_{LT}}$	P_{LT}: نسبة الحركة المنعطفة لليسار في مجموع الحارات المدروسة	
الانعطاف لليمين Right Turns	حارة مخصصة : $f_{RT} = 0.85$ حارة مشتركة: $f_{RT}=1.0-0.15P_{RT}$ حارة مفردة: $f_{RT}=1.0-0.135P_{RT}$	P_{RT}: نسبة الحركة المنعطفة لليمين في مجموع الحارات المدروسة	$f_{RT} \geq 0.05$
إعاقة المشاة والدراجات Pedestrian bicycle blockage	ضبط الانعطاف لليسار LT: $f_{Lpb} = 1.0 - P_{LT}(1 - A_{pbT})(1 - P_{LTA})$ ضبط الانعطاف لليمين RT: $f_{Rpb} = 1.0 - P_{RT}(1 - A_{pbT})(1 - P_{RTA})$	P_{LT}: نسبة الحركة المنعطفة لليسار في مجموع الحارات المدروسة A_{pbT}: تعديل الطور المسموح P_{LTA} : نسبة الانعطاف لليسار خلال الطور الأخضر المخصص P_{RT}: نسبة الحركة المنعطفة لليمين في مجموع الحارات المدروسة P_{RTA}: نسبة الانعطاف لليمين خلال الطور الأخضر المحمي	

حالات الحركة المنعطفة لليسار وطريقة معالجتها		
1	حارة مخصصة + طور محمي Exclusive LT + Protected Phase	0.95
2	حارة مخصصة + طور غير محمي Exclusive LT + Permitted Phase	**طريقة خاصة**
3	حارة مخصصة + (طور محمي + طور غير محمي)	**نطبق (1) للطور المحمي و(2) لغير المحمي**
4	حارة مشتركة + طور محمي Shared LT + Protected Phase	**نطبق العلاقة**
5	حارة مشتركة + طور غير محمي Shared LT + Permitted Phase	**طريقة خاصة**
6	حارة مشتركة + (طور محمي + طور غير محمي)	**نطبق (1) للطور المحمي و(2) لغير المحمي**

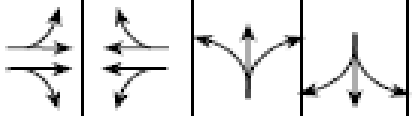
ورقة العمل الخاصة بحساب السعة ومستوى الخدمة

CAPACITY AND LOS WORKSHEET

General information

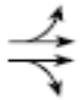
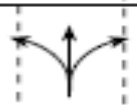
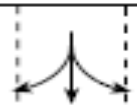
Project Description: *Example Problem 1*

Capacity Analysis

Phase number	1	1	2	2								
Phase type	P	P	P	P								
Lane group												
Adjusted flow rate, v (veh/h)	800	833	466	667								
Saturation flow rate, s (veh/h)	2103	2665	1614	1625								
Lost time, t_L (s), $t_L = l_1 + Y - e$	4	4	4	4	l_1= start up lost time			e = extension time				
Effective green time, g (s), $g = G + Y - t_L$	26.0	26.0	36.0	36.0								
Green ratio, g/C	0.371	0.371	0.514	0.514								
Lane group capacity,[1] c = s(g/C), (veh/h)	780	989	830	835								
v/c ratio, X	1.026	0.842	0.561	0.799								
Flow ratio, v/s	0.380			0.410								
Critical lane group/phase (√)	√			√								
Sum of flow ratios for critical lane groups, Y_c $Y_c = \Sigma$ (critical lane groups, v/s)	0.790											
Total lost time per cycle, L (s)	8											
Critical flow rate to capacity ratio, X_c $X_c = (Y_c)(C)/(C - L)$	0.892	=(0.79*70)/(70*8)										

سعة مجموعة الحارات – التأخير – مستوى الخدمة

Lane Group Capacity, Control Delay, and LOS Determination

	EB	WB	NB	SB
Lane group				
Adjusted flow rate,[2] v (veh/h)	800	833	466	667
Lane group capacity,[2] c (veh/h)	780	989	830	835
v/c ratio,[2] X = v/c	1.026	0.842	0.561	0.799
Total green ratio,[2] g/C	0.371	0.371	0.514	0.514
Uniform delay, $d_1 = \frac{0.50\,C\,[1-(g/C)]^2}{1-[\min(1,X)g/C]}$ (s/veh)	22.015	20.138	11.617	14.028
Incremental delay calibration,[3] k	0.5	0.5	0.5	0.5
Incremental delay,[4] d_2 $d_2 = 900T[(X-1)+\sqrt{(X-1)^2+\frac{8klX}{cT}}]$ (s/veh)	39.011	8.647	2.734	7.882
Initial queue delay, d_3 (s/veh) (Appendix F)	0	0	0	0
Uniform delay, d_1 (s/veh) (Appendix F)				
Progression adjustment factor, PF	0.926	1.111	1.000	1.000
Delay, $d = d_1(PF) + d_2 + d_3$ (s/veh)	59.4	31.0	14.4	21.9
LOS by lane group (Exhibit 16-2)	E	C	B	C
Delay by approach, $d_A = \frac{\sum(d)(v)}{\sum v}$ (s/veh)	59.4	31.0	14.4	21.9
LOS by approach (Exhibit 16-2)	E	C	B	C
Approach flow rate, v_A (veh/h)	800	833	466	667
Intersection delay, $d_I = \frac{\sum(d_A)(v_A)}{\sum v_A}$ (s/veh)	34.2	Intersection LOS (Exhibit 16-2)		C

Notes

1. For permitted left turns, the minimum capacity is $(1 + P_L)(3600/C)$.
2. Primary and secondary phase parameters are summed to obtain lane group parameters.
3. For pretimed or nonactuated signals, k = 0.5. Otherwise, refer to Exhibit 16-13.
4. T = analysis duration (h); typically T = 0.25, which is for the analysis duration of 15 min.
   I = upstream filtering metering adjustment factor; I = 1 for isolated intersections.

حساب التأخر Delay بالتفصيل

$$d_1 = \frac{0.50C\left(1-\frac{g}{C}\right)^2}{1-\left[\min(1,X)\frac{g}{C}\right]}$$

$$d_1(EB) = \frac{0.50(70.0)(1-0.371)^2}{1-0.371(1.0)} = 22.015 \text{ s/veh}$$

$$d2 = 900T\left[(x-1)+\sqrt{(x-1)^2+8.k.\frac{l.x}{C.T}}\right]$$

$$d2 = 900 * 0.25\left[(1.026-1)+\sqrt{(1.026-1)^2+8*0.5*1*\frac{1.026}{780}*0.25}\right]$$

حيث :

K عامل خاص بشكل التحكم يؤخذ من الجدول)١٦-٣(

Lعامل يأخذ بعين الاعتبار الحركة قبل التقاطع قيمته =١ للتقاطعات المعزولة) غير المنسقة(

C سعة مجموعة الحارات lane group capacity

$D = d_1+PF+d_2+d_3$

D(EB)= 22.015*0.926 + 39.011+ 0 = 59.4 sec

حيث :

PFمعامل التنسيق حسب شكل وصول العربات للتقاطع

TYPE ARRAIVAL (AT) شكل الوصول						معدل الزمن الأخضر "g/C"
AT-6	AT-5	AT-4	AT-3	AT-2	AT-1	
0.750	0.833	1.00	1.00	1.007	1.167	0.2
0.571	0.714	0.986	1.00	1.063	1.286	0.3
0.333	0.555	0.895	1.00	1.136	1.445	0.4
0.000	0.333	0.767	1.00	1.240	1.667	0.5
0.000	0.000	0.576	1.00	1.395	2.001	0.6
0.000	0.000	0.256	1.00	1.653	2.556	0.7
1.00	1.00	1.15	1.00	0.93	1.00	القيمة F_{PA}
2.000	1.667	1.333	1.00	0.667	0.333	القيمة R_P
4	8	12	16	12	8	m

$PF = (1 - P)f_{PA}/(1 - g/C)$.

Tabulation is based on default values of f_{PA} and Rp.

$P = R_p * g/C$ (may not exceed 1.0).

PF may not exceed 1.0 for AT 3 through AT 6.

الجدول (5–13) التأخر المنتظم (d1) وعامل التصحيح (DF)لأزمنة التأخير d1

EXHIBIT 16-13. k-VALUES TO ACCOUNT FOR CONTROLLER TYPE

Unit Extension (s)	Degree of Saturation (X)					
	≤ 0.50	0.60	0.70	0.80	0.90	≥ 1.0
≤ 2.0	0.04	0.13	0.22	0.32	0.41	0.50
2.5	0.08	0.16	0.25	0.33	0.42	0.50
3.0	0.11	0.19	0.27	0.34	0.42	0.50
3.5	0.13	0.20	0.28	0.35	0.43	0.50
4.0	0.15	0.22	0.29	0.36	0.43	0.50
4.5	0.19	0.25	0.31	0.38	0.44	0.50
5.0[a]	0.23	0.28	0.34	0.39	0.45	0.50
Pretimed or nonactuated movement	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50

Note:
For a given unit extension and its k_{min} value at X = 0.5: $k = (1 - 2k_{min})(X - 0.5) + k_{min}$, $k \geq k_{min}$, and $k \leq 0.5$.
a. For unit extension > 5.0, extrapolate to find k, keeping $k \leq 0.5$.

Exhibit 16-2. LOS Criteria for Signalized Intersections

LOS	Control Delay per Vehicle (s/veh)
A	≤ 10
B	> 10–20
C	> 20–35
D	> 35–55
E	> 55–80
F	> 80

للتواصل مع المهندس سامر برهان زريق

✓ البريد الالكتروني:

burhan_zraik@yahoo.com

✓ على الـــ Facebook:

سامر برهان زريق أو Samer burhan Zraik

✓ على الجوال:

00963944913661