**جامعة تشرين**

**كلية الهندسة المدنية**

**قسم هندسة المواصلات والنقل**

# التقاطعات المنظمة بإشارات ضوئية
# Signalized Intersections

اعداد: د.م.أكرم رستم

## الإشارات الضوئية :

## تعاريف :

- زمن دورة الإشارة الضوئية C عبارة عن الزمن الإجمالي للإشارة لتكمل دورة كاملة .
- الطور عبارة عن جزء من دورة الإشارة الضوئية يعطي حق المرور لمجموعة من الحركات في نفس الوقت خلال فترة محددة .
- زمن التبديل " change interval " هو عبارة عن الزمن الأصفر مضافا إليه الزمن الأحمر للكل " All red " ، وهو عبارة عن الزمن بين الأطوار والذي يؤمن تفريغ كافة الحركات خلال طور معين قبل بدء الحركة للحركات التالية " المتصادمة " .
- الزمن الأخضر Gi هو الزمن لطور ما والذي تكون الإشارة خلاله خضراء( Gi ) لطور ما i .
- الزمن الضائع هو الزمن الذي يكون خلاله التقاطع غير منشط أو غير مستخدم بشكل فعال من قبل أي حركة ويحدث خلال فترة التبديل ( زمن الإخلاء ) ، وخلال كل طور ( زمن تأخير أثناء الإقلاع .
- الزمن الأخضر الفعال هو الزمن الذي يكون خلال طور معين مستخدم بشكل فعال من قبل حركات معينة، ويؤخذ عادة الزمن الأخضر مضافا إليه زمن التبديل مطروحا منه الزمن الضائع يرمز له بـ $g_i$ ( لطور معين i) .
- الزمن الأحمر الفعال $r_i$: هو الزمن الذي تكون خلاله حركة محددة أو مجموعة حركات غير مسموحة ( وهو عبارة عن زمن دورة الإشارة الضوئية مطروحا منه الزمن الأخضر الفعال ).

### أنواع الإشارات الضوئية :

1- إشارات ذات زمن محدد ( ثابت ) : تتعاقب فيها الأزمنة الخضراء ، أزمنة التبديل ، الأزمنة الحمراء ، بشكل دوري وثابت وقيمها محددة مسبقا .

2- إشارات مرتبطة جزئيا بالحركة : تعطي زمن أخضر بشكل مستمر للشارع الرئيسي ما لم يتم الإعلان عن حاجة لزمن أخضر على الاتجاه الثانوي عن طريق الكواشف الخاصة الموضوعة في الطريق الثانوي.

3- إشارات مرتبطة كليا بالحركة : تكون كافة أطوار الإشارة الضوئية مرتبطة بعمل الكواشف التي تتوضع على كافة أذرع التقاطع .

### السعة ومستوى الخدمة :

تحسب السعة للتقاطع لكل مجموعة من الحركات بشكل مستقل ، وهي عبارة عن معدل المرور الأعظمي الذي يمكن أن يعبر قطاع معين في الظروف المرورية والطرقية وظروف الإشارات الضوئية الموجودة على التقاطع المدروس .

يعبر عن السعة لمجموعة معينة بالعلاقة : $c_i = S_i ( g_i / C )$

$c_i$: السعة لمجموعة حارات معينة i .

$S_i$: معدل غزارة الإشباع لمجموعة i مقدرة vphg (عربة/ساعة/ ساعة الزمن الأخضر)

$G_i/C$: نسبة الزمن الأخضر الفعال لمجموعة i .

$G_i = G_i + Y_i - t_l$ الأخضر الفعال .

$Y_i$: الزمن الأصفر + All RED .

$Tl = l_1 + l_2$ حيث $l_1$ : الضياعات الزمنية أثناء الإقلاع ، $l_2$ الضياعات الزمنية اللازمة لإخلاء التقاطع .

تحدد درجة الإشباع $X_i$ لمجموعة حارات معينة كما يلي :

$X_i = ( v/c ) = v_i ( S_i g_i /C ) = v_i * C / ( S_i g_i )$

$V_i$: معدل غزارة المرور لمجموعة الحارات i.

$G_i$ : الزمن الأخضر الفعال لمجموعة الحارات i.

تعرف النسبة الحرجة v/c للتقاطع كما يلي :

$$Xc = \Sigma( v/c )_i [ C/ ( C – L ) ]$$

$X_c$ : النسبة الحرجة v/c .

$\Sigma ( v/c )i$ : مجموع نسب غزارات للإشباع للمجموعات الحرجة i

C : زمن دورة الإشارة الضوئية .

L : مجموع الضياعات الزمنية خلال دورة الإشارة ، وهي عبارة عن مجموع الضياعات أثناء الإقلاع ، وزمن التبديل مطروحا منها الزمن المستفاد منه من زمن التبديل للمجموعة الحرجة خلال كل طور .

تعرف مستويات الخدمة استنادا إلى أزمنة التأخير بسبب الوقفات خلال فترة اختبار 15 دقيقة ويعطي الجدول التالي معايير مستويات الخدمة :

| مستوى الخدمة<br>Level of Service | التأخر بسبب التوقف لكل مركبة<br>Stopped Delay per Vehicle |
|---|---|
| A | ≤5.0 |
| B | 5.0 < و≤15 |
| C | 15.0 < و ≤25.0 |
| D | 25.0 < و ≤40.0 |
| E | 40.0 < و ≤60.0 |
| F | >60.0 |

الجدول ( 5−1 ) معيار مستوى الخدمة للتقاطعات المجهزة بإشارات ضوئية
Level of Service Criteria for Signalized Intersection

تتأثر السعة بـ :

**الظروف الهندسية** وتشمل :

- طبيعة المنطقة ( مركز المدينة ، مناطق أخرى ) .
- عدد الحارات N .
- عرض حارة المرور w .
- الميل الطولي % G .
- وجود حارات مخصصة للانعطاف لليسار أو اليمين .
- منطقة انتظار العربات المنعطفة Ls .
- ظروف وقوف العربات ( نعم ، لا ) .

**الظروف المرورية** وتشمل :

- غزارة حركة المرور V ( vph) .
- غزارة الإشباع في الظروف المثالية ( $S_0$ ) pcphgpl .
- معامل عدم توازن الحركة PHF .
- نسبة العربات الشاحنة HV % .
- غزارة المشاة المتصادمة peds/h .
- وقوف الباصات على التقاطع .
- شكل وصول العربات إلى التقاطع ( 1− 6 ) .
- نسبة العربات التي تصل خلال الزمن الأخضر .

**ظروف الإشارات الضوئية** وتشمل :

- زمن دورة الإشارة الضوئية C ( sec ) .
- الزمن الأخضر G ( sec ) .
- زمن التبديل الأصفر ( Y ) .

- زمن الإخلاء All Red ( AR ) .
- إشارة ذات زمن ثابت أو مرتبطة بالحركة ( A , P ).
- زر خاص بحركة المشاة .
- الزمن الأخضر الأصغري GP .
- مخطط الأطوار .

**شكل وصول العربات :**

$$Rp = P ( C/g )$$

Rp : نسبة الرتل .

P : النسبة من كامل العربات والتي تصل خلال الزمن الأخضر .

C : زمن دورة الإشارة الضوئية .

G : الزمن الأخضر الفعال للحركة .

يمكن من الجدول ( 5-2 ) وحسب قيمة Rp تحديد شكل وصول العربات إلى التقاطع .

**ظروف الإشارات الضوئية :**

$G_p = 7 + ( W / 1.2 ) - Y$ الزمن الأخضر الأصغري

W : عرض الشارع ( المسافة من حافة الرصيف حتى الجزيرة الوسطية في حال وجودها ) .

Y : زمن التبديل .

**الظروف المعيارية للطريقة :**

- غزارة الإشباع في الظروف المثالية 1900 pcphgpl (عربة في ساعة الزمن الأخضر).
- المشاة المتصادم صفر .
- نسبة السيارات الشاحنة 2% .
- الميل الطولي صفر .
- عدد الباصات المتوقفة صفر .
- وقوف العربات صفر .
- شكل وصول العربات : 3 للتقاطعات المنفردة، 4 للتقاطعات المنسقة .
- عامل عدم توازن الحركة PHF=0,90.
- الإشارة الضوئية : زمن ثابت . الضياعات الزمنية : 3 sec/phase .
- الزمن الأصفر + All Red = 4 sec/phase .
- عرض الحارة : 3.6م . – المنطقة خارج المركز .

| شكل الوصول Arrival Type | مجال معدل الرتل Range of Platoon Ratio | القيمة الاعتبارية Default Value (Rp) | نوعية الوصول Progression Quality |
|---|---|---|---|
| 1 | ≤0.50 | 0.333 | very poor سيئ جدا |
| 2 | 0.50 < و≤0.85 | 0.667 | unfavorable غير مرغوب |
| 3 | 0.85 < و≤1.15 | 1.00 | Random وصول عشوائي arrivals |
| 4 | 1.15 < و≤1.50 | 1.333 | favorable وصول مرغوب |
| 5 | 1.50 < و≤2.0 | 1.667 | High Favorable مرغوب كثيرا |
| 6 | >2.00 | 2.00 | Exceptional استثنائي |

الجدول ( 5-2 ) العلاقة بين شكل الوصول ومعدل الرتل

Relationship between Arrival Type and Platoon Ratio

| عامل استخدام الحارة Lane Utilization Factor ( U ) | النسبة المئوية لحركة المرور في الحارة ذات الحمل الأكبر | عدد الحارات في المجموعة No, of Lanes in Lane Group | الحركات في مجموعة الحارات Lane Group Movement |
|---|---|---|---|
| 1.00 | 100.0 | 1 | الحركة للأمام أو مشتركة |
| 1.05 | 52.5 | 2 | |
| 1.10 | 36.7 | *3 | |
| 1.00 | 100.0 | 1 | انعطاف مخصص لليسار |
| 1.03 | 51.5 | *2 | |
| 1.00 | 100.0 | 1 | انعطاف مخصص لليمين |
| 1.13 | 56.5 | *2 | |

* إذا كان عدد حارات المرور في مجموعة الحارات أكبر مما هو مبين بالجدول ، عندها يفضل استخدام القيمة الأكبر للعامل U.

الجدول ( 5–3 ) عامل استخدام حارة المرور الاعتباري Default Lane Utilization Factor

| عامل التصحيح الخاص بعرض حارة المرور Lane Width Factor $F_w$ | وسطي عرض حارة المرور ( م ) Average Lane Width |
|---|---|
| 0.867 | 2.40 |
| 0.900 | 2.70 |
| 0.933 | 3.00 |
| 0.967 | 3.30 |
| 1.000 | 3.60 |
| 1.033 | 3.90 |
| 1.067 | 4.20 |
| 1.100 | 4.50 |
| 1.133 | 4.80 |

- إذا كان عرض الحارة اكبر من 4.80م عندها تعامل الحارة كحارتين .
- يعطى عامل التصحيح بالعلاقة : $f_w = 1+ [( w –12)/30]$

الجدول ( 5–4 ) عامل التصحيح الخاص بمتوسط عرض حارة المرور

Adjustment factor for Average Lane Width

| عامل التصحيح الخاص بالمركبات الثقيلة Heavy Vehicle Factor $f_{hv}$ | نسبة المركبات الثقيلة Percent Heavy Vehicle |
|---|---|
| 1.00 | 0 |
| 0.980 | 2 |
| 0.962 | 4 |
| 0.943 | 6 |
| 0.926 | 8 |
| 0.909 | 10 |
| 0.870 | 15 |
| 0.833 | 20 |
| 0.800 | 25 |
| 0.769 | 30 |
| 0.741 | 35 |
| 0.714 | 40 |
| 0.690 | 45 |
| 0.667 | 50 |
| 0.571 | 75 |
| 0.500 | 100 |

* يعطى عامل التصحيح بالعلاقة : $f_{hv} = 100/ [ 100+ hv\%(E_T- 1 ) ]$ حيث $E_T= 2.00$

الجدول ( 5–5 ) عامل التصحيح الخاص بالمركبات الثقيلة

Adjustment Factor for Heavy Vehicle

| الميل الطولي % Grade | | |
|---|---|---|
| شكل الميل Type | نسبة الميل الطولي Percent | عامل التصحيح "fg" Grade Factor |
| هبوط Downhill | 6- أو أقل | 1.03 |
| | 4- | 1.020 |
| | 2- | 1.010 |
| مستوي Level | صفر | 1.000 |
| صعود Uphill | 2+ | 0.990 |
| | 4+ | 0.980 |
| | 6+ | 0.970 |
| | 8+ | 0.960 |
| | 10+ أو أكبر | 0.950 |

- يعطى عامل التصحيح بالعلاقة : $fg = 1- ( G\% / 200 )$

الجدول ( 5-6 ) عامل التصحيح الخاص بالميل الطولي
Adjustment Factor for Grade

| عدد مناورات الوقوف في الساعة Nm No, of Parking Maneuvers Per Hour | | | | | | عدد الحارات في مجموعة الحارات No, of Lane in Lane Group |
|---|---|---|---|---|---|---|
| *40 | 30 | 20 | 10 | 0 | ممنوع الوقوف No Parking | |
| 0.700 | 0.750 | 0.800 | 0.850 | 0.900 | 1.00 | 1 |
| 0.850 | 0.875 | 0.900 | 0.925 | 0.950 | 1.00 | 2 |
| 0.900 | 0.917 | 0.933 | 0.950 | 0.967 | 1.00 | *3 |

- استعمل العلاقة التالية لأجل أكثر من ثلاث حارات وأكثر من 40 مناورة بالساعة :

$$fp = [ N - 0.1 - ( 18 * Nm / 3600 ) ] / N$$

الجدول ( 5-7 ) عامل التصحيح الخاص بوقوف السيارات $f_p$
Adjustment Factor for Parking

| عدد الحافلات المتوقفة في الساعة Np No, of Busses Stopping Per Hour | | | | | عدد الحارات في مجموعة الحارات No, of Lane in Lane Group |
|---|---|---|---|---|---|
| *40 | 30 | 20 | 10 | 0 | |
| 0.840 | 0.880 | 0.973 | 0.960 | 1.00 | 1 |
| 0.920 | 0.940 | 0.960 | 0.980 | 1.00 | 2 |
| 0.947 | 0.960 | 0.973 | 0.987 | 1.00 | *3 |

* استعمل العلاقة التالية لثلاث حارات وأكثر، وأكثر من 40 حافلة بالساعة: $f_{bb} = [N - 14.4\ N_b / 3600 ) ] / N$

الجدول ( 5-8 ) عامل التصحيح الخاص بوقوف الحافلات ( الباصات ) $f_{bb}$
Adjustment Factor for Busses

| شكل المنطقة التي يوجد بها التقاطع Type of Area | عامل التصحيح الخاص بشكل المنطقة Area Type Factor " fa " |
|---|---|
| المنطقة المركزية CBD | 0.90 |
| مناطق أخرى All Other Area | 1.00 |

الجدول ( 5–9 ) عامل التصحيح الخاص بشكل المنطقة $f_a$

Adjustment Factor for Type of Area

| الحالة | نسبة المركبات المستفيدة من الطور المستقل PRTA | عدد المشاة PEDS | نسبة العربات المنعطفة إلى اليمين في مجموعة الحارات PROPORATION OF RT IN LANE GROUP , PRT | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | الحالات 4 ، 5 ، 6 | | | | | الحالات 3,2,1 |
| | | | 0.00 | 0.20 | 0.40 | 0.60 | 0.80 | 1.00 |
| 2 و 5 | صفر | صفر | 1.00 | 0.970 | 0.940 | 0.910 | 0880 | 0.850 |
| | | 50 | 1.00 | 0.965 | 0.930 | 0.896 | 0.861 | 0.826 |
| | | 100 | 1.00 | 0.960 | 0.921 | 0.881 | 0.842 | 0.802 |
| | | 200 | 1.00 | 0.951 | 0.902 | 0.853 | 0.804 | 0.755 |
| | | 400 | 1.00 | 0.932 | 0.864 | 0.796 | 0.728 | 0.660 |
| | | 800 | 1.00 | 0.894 | 0.788 | 0.681 | 0.575 | 0.469 |
| | | 1200 | 1.00 | 0.856 | 0.711 | 0.567 | 0.423 | 0.279 |
| | | ≥1700 | 1.00 | 0.808 | 0.616 | 0.424 | 0.232 | 0.050 |
| 3 و 6 | 0.20 | صفر | 1.00 | 0.970 | 0.940 | 0.910 | 0.880 | 0.850 |
| | | 50 | 1.00 | 0.966 | 0.932 | 0.899 | 0.865 | 0.831 |
| | | 100 | 1.00 | 0.962 | 0.925 | 0.887 | 0.850 | 0.812 |
| | | 200 | 1.00 | 0.955 | 0.910 | 0.864 | 0.819 | 0.774 |
| | | 400 | 1.00 | 0.940 | 0.879 | 0.819 | 0.758 | 0.698 |
| | | 800 | 1.00 | 0.909 | 0.818 | 0.727 | 0.636 | 0.545 |
| | | 1200 | 1.00 | 0.879 | 0.757 | 0.636 | 0.514 | 0.393 |
| | | ≥1700 | 1.00 | 0.840 | 0.681 | 0.521 | 0.362 | 0.202 |
| 3 و 6 | 0.4 | صفر | 1.00 | 0.970 | 0.940 | 0.910 | 0.880 | 0.850 |
| | | 50 | 1.00 | 0.967 | 0.934 | 0.901 | 0.969 | 0.836 |
| | | 100 | 1.00 | 0.964 | 0.929 | 0.893 | 0.857 | 0.821 |
| | | 200 | 1.00 | 0.959 | 0.917 | 0.876 | 0.834 | 0.793 |
| | | 400 | 1.00 | 0.947 | 0.94 | 0.841 | 0.789 | 0.736 |
| | | 800 | 1.00 | 0.924 | 0.849 | 0.773 | 0.697 | 0.621 |
| | | 1200 | 1.00 | 0.901 | 0.803 | 0.704 | 0.606 | 0.507 |
| | | ≥1700 | 1.00 | 0.873 | 0.746 | 0.619 | 0.491 | 0.364 |
| 3 و | 0.6 | صفر | 1.00 | 0.970 | 0.940 | 0.910 | 0.880 | 0.850 |
| | | 50 | 1.00 | 0.968 | 0.936 | 0.904 | 0.872 | 0.840 |
| | | 100 | 1.00 | 0.966 | 0.932 | 0.899 | 0.865 | 0.831 |
| | | 200 | 1.00 | 0.962 | 0.925 | 0.887 | 0.850 | 0.821 |
| | | 400 | 1.00 | 0.955 | 0.910 | 0.864 | 0.819 | 0.774 |
| | | 800 | 1.00 | 0.940 | 0.879 | 0.819 | 0.758 | 0.698 |

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0.621 | 0.697 | 0.773 | 0.849 | 0.924 | 1.00 | 1200 | | 6 |
| 0.526 | 0.621 | 0.716 | 0.810 | 0.905 | 1.00 | ≥1700 | | |

| نسبة العربات المنعطفة إلى اليمين في مجموعة الحارات PROPORATION OF RT IN LANE GROUP , PRT | | | | | | عدد المشاة PEDS | نسبة المركبات المستفيدة من الطور المستقل PRTA | الحالة |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| الحالات 3,2,1 | الحالات 4 ، 5 ، 6 | | | | | | | |
| 1.00 | 0.80 | 0.60 | 0.40 | 0.20 | 0.00 | | | |
| 0.850 | 0.880 | 0.910 | 0.940 | 0.970 | 1.00 | صفر | 0.8 | 3 و 6 |
| 0.845 | 0.876 | 0.907 | 0.938 | 0.969 | 1.00 | 50 | | |
| 0.840 | 0.872 | 0.904 | 0.936 | 0.968 | 1.00 | 100 | | |
| 0.831 | 0.865 | 0.899 | 0.932 | 0.966 | 1.00 | 200 | | |
| 0.812 | 0.850 | 0.887 | 0.925 | 0.962 | 1.00 | 400 | | |
| 0.747 | 0.819 | 0.864 | 0.910 | 0.955 | 1.00 | 800 | | |
| 0.736 | 0.789 | 0.841 | 0.894 | 0.947 | 1.00 | 1200 | | |
| 0.688 | 0.750 | 0.813 | 0.875 | 0.938 | 1.00 | ≥1700 | | |
| 0.850 | 0.880 | 0.910 | 0.940 | 0.970 | 1.00 | 0.00 | 1.00 | 1 و 4 |
| 0.765 | 0.792 | 0.819 | 0.846 | 0.873 | 1.00 | صفر | - | 7 |
| 0.741 | 0.773 | 0.805 | 0.836 | 0.868 | 1.00 | 50 | | |
| 0.717 | 0.754 | 0.790 | 0.827 | 0.863 | 1.00 | 100 | | |
| 0.670 | 0.716 | 0.762 | 0.808 | 0.854 | 1.00 | 200 | | |
| 0.575 | 0.640 | 0.705 | 0.770 | 0.835 | 1.00 | 400 | | |
| 0.384 | 0.487 | 0.590 | 0.694 | 0.797 | 1.00 | 800 | | |
| 0.194 | 0.335 | 0.476 | 0.617 | 0.759 | 1.00 | 1200 | | |
| 0.050 | 0.144 | 0.333 | 0.522 | 0.711 | 1.00 | ≥1700 | | |

الجدول ( 5 – 10أ ) عامل التصحيح الخاص بالانعطاف نحو اليمين $f_{RT}$
Adjustment Factor for Right Turns (Factors)

| الصيغة المبسطة SIMPLIFIED FORMULA | مجال القيم المتغيرة RANGE OF VARIABLE VALUES | | | الحالـة من 1 – 7 |
|---|---|---|---|---|
| | Peds | $P_{RT}$ | $P_{RT}$ | |
| 0.85 | 0.00 | 1.0 | 1.0 | حارة مخصصة – طور محمي |
| 0.85 – ( Peds / 2100 ) | 1700–0 | 0.00 | 1.0 | حارة مخصصة – طور متصادم |
| $0.85 – ( Peds / 2100)(1-P_{RT})$ | 1700–0 | 1.0–0 | 1.0 | حارة مخصصة – طور متصادم + طور محمي |
| $1.0 – P_{RT} ( 0.15 )$ | 0.00 | 1.0 | 1.0–0 | حارة مشتركة – طور محمي |
| $1.0 – P_{RT} [0.15 + ( Peds / 2100)]$ | 1700–0 | 0.00 | 1.0–0 | حارة مشتركة – طور متصادم |
| $1.0 – P_{RT} [0.15 + ( Peds / 2100)$ | 1700–0 | 1.0–0 | 1.0–0 | حارة مشتركة – |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| طور متصادم + طور محمي | | | | $(1-P_{RT})]$ |
| ذراع بحارة واحدة | 0–1.0 | - | 0–1700 | $0.9 - P_{RT}[0.135 + (Peds / 2100)]$ |

الجدول ( 5 – 10 ب) عامل التصحيح الخاص بالانعطاف نحو اليمين $f_{RT}$ ( المعادلات )
Adjustment Factor for Right Turns (Formulas)

| الحالة | شكل مجموعة الحارات | عامل التصحيح للانعطاف نحو اليسار LEFT TURN FACTOR | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | حارة مخصصة– طور محمي | 0.95 | | | | | | |
| 2 | حارة مخصصة – طور متصادم | الطريقة الخاصة انظر الشكل ( 9–17 و9–18 ) | | | | | | |
| 3 | حارة مخصصة – طور متصادم + طور محمي | تطبق الحالة 1 للطور المحمي – والحالة 2 للطور المتصادم | | | | | | |
| 4 | حارة مشتركة – طور محمي | $F_{LT} = 1.0\ (1.0 + 0.05\ P_{LT})$ | | | | | | |
| | | نسب المركبات المنعطفة نحو اليسار $P_{LT}$ | | | | | | |
| | | 1.00 | 0.80 | 0.60 | 0.40 | 0.20 | 0.00 | |
| | | 0.95 | 0.96 | 0.97 | 0.98 | 0.99 | 1.00 | العامل |
| 5 | حارة مشتركة – طور متصادم | الطريقة الخاصة انظر الشكل ( 9–17 و9–18 ) | | | | | | |
| 6 | حارة مشتركة – طور متصادم + طور محمي | $F_{LT} = (1400-V_0)/[(1400-V_0)+(235+0.435\ V_0)\ P_{LT}]$ if $V_0 \le 1220$, $F_{LT} = 1/[1+4.525\ P_{LT}]$ if $V_0 > 1220$ | | | | | | |
| | | نسب المركبات المنعطفة نحو اليسار $P_{LT}$ | | | | | | $V_0$* |
| | | 1.0 | 0.8 | 0.6 | 0.4 | 0.2 | 0.0 | |
| | | 0.86 | 0.88 | 0.91 | 0.94 | 0.97 | 1.00 | 0.00 |
| | | 0.78 | 0.82 | 0.86 | 0.90 | 0.95 | 1.00 | 200 |
| | | 0.70 | 0.75 | 0.80 | 0.85 | 0.92 | 1.00 | 400 |
| | | 0.61 | 0.66 | 0.72 | 0.79 | 0.88 | 1.00 | 600 |
| | | 0.49 | 0.55 | 0.62 | 0.71 | 0.83 | 1.00 | 800 |
| | | 0.36 | 0.41 | 0.48 | 0.58 | 0.74 | 1.00 | 1000 |
| | | 0.20 | 0.24 | 0.29 | 0.38 | 0.55 | 1.00 | 1200 |
| | | 0.18 | 0.22 | 0.27 | 0.36 | 0.52 | 1.00 | ≥1200 |

* $V_0$ الغزارة على الاتجاه المعاكس Opposing Volume

الجدول ( 5 –11 ) عامل التصحيح الخاص بالانعطاف نحو اليسار $f_{LT}$
Adjustment Factor for Left Turns

| العدد الكلي الأطوار | شكل حارة الانعطاف نحو اليسار | عدد الحارات على الاتجاه المعاكس | الغزارة على الاتجاه المعاكس $V_0$ OPPOSING VOLUME | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 00 | 200 | 400 | 600 | 800 | 1000 | ≥1200 |
| 2 | مشتركة Shared | 1 | 1.05 | 2.0 | 3.30 | 6.5 | *16.0 | *16.0 | *16.0 |
| | | 2 | 1.05 | 1.9 | 2.6 | 3.6 | 6.0 | *16.0 | *16.0 |
| | | ≥3 | 1.05 | 1.8 | 2.5 | 3.4 | 4.5 | 6.0 | *16.0 |
| | مخصصة Exclusive | 1 | 1.05 | 1.7 | 2.6 | 4.7 | *10.4 | *10.4 | *10.4 |
| | | 2 | 1.05 | 1.6 | 2.2 | 2.9 | 4.1 | 6.2 | *10.4 |
| | | ≥3 | 1.05 | 1.6 | 2.1 | 2.8 | 3.6 | 4.8 | *10.4 |
| أكثر من 2 | مشتركة Shared | 1 | 1.05 | 2.2 | 4.5 | *11.0 | *11.0 | *11.0 | *11.0 |
| | | 2 | 1.05 | 2.0 | 3.1 | 4.7 | *11.0 | *11.0 | *11.0 |
| | | ≥3 | 1.05 | 2.0 | 2.9 | 4.2 | 6.0 | *11.0 | *11.0 |
| | | 1 | 1.05 | 1.8 | 3.3 | *8.2 | *8.2 | *8.2 | *8.2 |

| | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | مخصصة Exclusive | 2 | 1.05 | 1.7 | 2.4 | 3.6 | 5.9 | *8.2 | *8.2 |
| | | ≥3 | 1.05 | 1.7 | 2.4 | 3.30 | 4.6 | 6.8 | *8.2 |

* تعطي سعة الانعطاف في نهاية الطور

**الجدول( 5–12 )العامل المكافئ للسيارات المتجهة نحو الأمام $E_{L1}$ من أجل الانعطاف المتصادم نحواليسار**

Through – car Equivalents $E_{L1}$ for Permitted Left Turn

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

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

## *Sample Calculations أمثلة محلوله*

**مثال 1**:

تبين ورقة العمل تقاطع مجهز بإشارات ضوئية لشارع رئيسي يتقاطع مع آخر ثانوي في منطقة تجارية مركزية central business district (CBD) لمنطقة حضرية صغيرة small urban area ، تبين ورقة العمل أيضا كافة المعطيات اللازمة ، ومنها يتبين لنا أن الشارع الثانوي هو شارع بحارتي مرور باتجاهين two –lane street ، أما الشارع الرئيسي فهو شارع شرياني arterial بأربع حارات وباتجاهين four –lane street، الإشارة الضوئية مؤلفة من طورين متعاقبين، والمطلوب دراسة هذا التقاطع وتحديد مستوى الخدمة على أذرعه الأربعة .

الحل:

في البداية نقوم بحساب الزمن الأخضر الأصغري $G_P$ اللازم لعبور المشاة

(The minimum green time for pedestrian )على الشكل التالي:

GP= 7+(W/4)-Y

GP( الشارع الرئيسي ) = 7+( 6.75/1.2) - 3 =9.625 sec

GP( الشارع الثانوي ) = 7+(11.55/1.2) –3 = 13.625 sec

حيث Y الزمن الأصفر.

إن تصحيح الحجوم وحساب غزارة الإشباع لأذرع التقاطع وتحليل السعة وتحديد مستوى الخدمة مبينة في ورقات العمل التالية :

### *ورقة العمل للتقاطعات المجهزة بإشارات ضوئية*

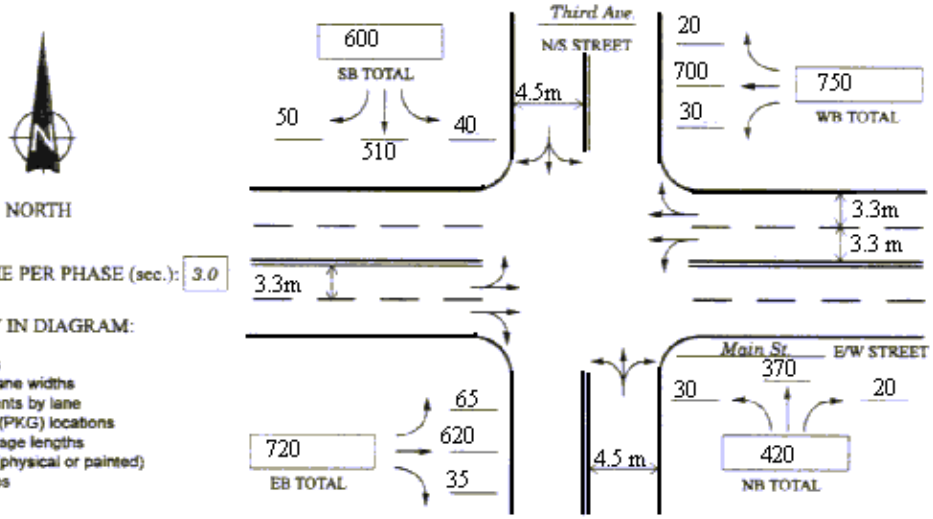
### *Work Sheet for Signalized Intersection*

اسم التقاطع : التاريخ:

اسم الدارس : زمن الدراسة : نوع منطقة التقاطع: مركزية /غير مركزية

رقم المشروع : المدينة:

VOLUME AND GEOMETRICS




### *Traffic and Roadway Conditions* *الظروف المرورية ومواصفات الطريق*

| الذراع | الميل % | الشاحنات% | وقوف السيارات | | الباصات | PHF | المشاة المتصادم | GP | شكل الوصول |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | نعم/لا | Nm | Nb | | | | |
| EB | 0 | 5 | لا | 0 | 0 | 0.90 | 100 | 9.6 | 4 |

| | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| WB | 0 | 5 | لا | 0 | 0 | 0.90 | 100 | 9.6 | 2 |
| NB | 0 | 8 | لا | 0 | 0 | 0.90 | 100 | 13.6 | 3 |
| SB | 0 | 8 | لا | 0 | 0 | 0.90 | 100 | 13.6 | 3 |

**الميل صاعد + هابط –** **Nb**: **عدد الباصات المتوقفة بالساعة** **GP**: **الزمن الأصغري للزمن الأخضر للمشاة**

**PHF**: **عامل عدم توازن الحركة** **المشاة المتصادمين: عدد المشاة المتصادمين بالساعة** **شكل الوصول: شكل وصول الرتل للتقاطع**

***شكل الأطوار*** ***PHASING***

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ***مخطط الأطوار*** |  | | | | | | |
| ***الزمن*** | G=26 Y+AR=44 | G=36 Y+AR=34 | | | | | |

| | | | |
|---|---|---|---|
| **انعطاف محمي** | **انعطاف متصادم** | **المشاة** | **زمن الدورة: 70 ثا** |

***جدول تصحيح الحجوم***

***VOLUM ADJUSTMENT MOUDULE WORK SHEET***

| الذراع | الحركة | الغزارة الاتجاهية (vph) | PHF | معدل الجريان (vph) | مجموعة الحارات | الجريان في مجموعة الحارات | عدد الحارات | عامل U | الجريان المصحح | نسب الانعطاف |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| EB | LT | 65 | 0.9 | 72 | | | | | | |
| | TH | 620 | 0.9 | 689 | | 800 | 2 | 1.05 | 840 | 0.09LT |
| | RT | 35 | 0.9 | 39 | | | | | | 0.05RT |
| WB | LT | 30 | 0.9 | 33 | | | | | | |
| | TH | 700 | 0.9 | 778 | | 833 | 2 | 1.05 | 875 | 0.04LT |
| | RT | 20 | 0.9 | 22 | | | | | | 0.03RT |
| NB | LT | 30 | 0.9 | 33 | | | | | | |
| | TH | 370 | 0.9 | 411 | | 466 | 1 | 1.00 | 466 | 0.07LT |
| | RT | 20 | 0.9 | 22 | | | | | | 0.05RT |
| SB | LT | 40 | 0.9 | 44 | | | | | | |
| | TH | 510 | 0.9 | 567 | | 667 | 1 | 1.00 | 667 | 0.07LT |
| | RT | 50 | 0.9 | 56 | | | | | | 0.08RT |

حيث : LT الانعطاف نحو اليسار، RT الانعطاف نحو اليمين، TH الحركة المستقيمة.

يتم حساب معدل الجريان بقسمة الغزارة الاتجاهية على عامل عدم توازن الحركة، ويتم الحصول على معدل الجريان في مجموعة الحارات بجمع معدل الجريان لاتجاهات الحركة، كما يتم حساب معدل الجريان المصحح بضرب معدل الجريان في مجموعة الحارات بعامل الانتفاع من الحارات U ، ونحصل على نسب الانعطاف بقسمة معدل الجريان للاتجاه الواحد على معدل الجريان في مجموعة الحارات.

***جدول حساب معدل غزارة الإشباع***

***SATURATION FLOW RATE MOUDLE WORKSHEET***

| ذراع | مجموعة الحارات | غزارة الإشباع المثالي | عدد الحارات | ***عوامل التصحيح ADJUSTMENT FACTORS*** | | | | | | | S |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | $f_W$ | $f_{HV}$ | $f_p$ | $f_g$ | $f_{bb}$ | $f_a$ | $f_{RT}$ | $f_{LT}$ | |
| EB | | 1900 | 2 | 0.97 | 0.95 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 0.9 | 0.99 | 0.62 | 1947 |
| WB | | 1900 | 2 | 0.97 | 0.95 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 0.90 | 0.99 | 0.80 | 2516 |

| | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | | | | |
| 1214 | 0.78 | 0.89 | 0.90 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 0.93 | 1.10 | 1 | 1900 | | NB |
| | | | | | | | | | | | | |
| 1363 | 0.88 | 0.88 | 0.90 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 0.93 | 1.10 | 1 | 1900 | | SB |

نحصل على العامل $f_W$ من الجدول (5–4)

نحصل على العامل $f_{HV}$ من الجدول (5–5)

نحصل على العامل $f_p$ من الجدول (5–7)

نحصل على العامل $f_g$ من الجدول (5–6)

نحصل على العامل $f_{bb}$ من الجدول (5–8)

نحصل على العامل $f_a$ من الجدول (5–9)

نحصل على العامل $f_{RT}$ من الجدول (5–10) الحالة الخامسة للذراعين EB، WB والحالة السابعة للذراعين NB,SB .

نحصل على العامل $f_{LT}$ من الجدول (5–11) ومنه نلاحظ أن الحالة تقع تحت بند الحالة الخاصة التي تحل وفق ورقتي العمل التاليتين :

| حساب عامل الانعطاف نحو اليسار حالة<br>تستعمل هذه الورقة عندما يكون الذراع على الاتجاه المعاكس للذراع المدروس متعدد الحارات | | | | |
|---|---|---|---|---|
| ***SB*** | ***NB*** | ***WB*** | ***EB*** | *الذراع* |
| | | 70 | 70 | ادخل زمن دورة الإشارة الضوئية C |
| | | 26 | 26 | ادخل الزمن الأخضر لمجموعة الحارات G |
| | | 27 | 27 | ادخل الزمن الأخضر الفعال لمجموعة الحارات g |
| | | 27 | 27 | ادخل الزمن الأخضر الفعال على الذراع المعاكس $g_0$ |
| | | 2 | 2 | ادخل عدد الحارات في مجموعة الحارات N |
| | | 2 | 2 | ادخل عدد الحارات في مجموعة الحارات على الذراع المعاكس $N_0$ |
| | | 33 | 72 | ادخل معدل الجريان المصحح المنعطف نحو اليسار $v_{LT}$ |
| | | 0.04 | 0.09 | ادخل نسب الانعطاف نحو اليسار في مجموعة الحارات $p_{LT}$ |
| | | 840 | 875 | ادخل معدل الجريان المصحح على الاتجاه المعاكس $v_0$ |
| | | 3 | 3 | ادخل مقدار الزمن الضائع لكل طور $t_L$ |
| | | 0.64 | 1.4 | احسب نسب الانعطاف نحو اليسار لكل دورة: $LTC=v_{LT}*C/3600$ |
| | | 8.17 | 8.51 | احسب معدل الجريان على الاتجاه المعاكس لكل حارة لكل دورة: $v_{olc}=vo*C/(3600*N_o)$ |
| | | 1.33 | 0.67 | حدد نسبة على لاتجاه الرتل المعاكس $R_{po}$ الجدول (5–2) |
| | | 10.69 | 5.46 | احسب $gf^{**}=G*\exp(-0.882*LTC^{0.717})-t_L$ , $gf\leq g$ |
| | | 0.49 | 0.74 | احسب نسبة الرتل المستمر على الاتجاه المعاكس: $q_{ro}=1-R_{po}(g_o/C)$ |
| | | 8.53 | 12.07 | احسب $g_q$ باستعمال المعادلة ، $g_q\leq g$ |
| | | 16.31 | 14.93 | احسب $g_w$ : $g_w=g-g_f$ if $g_q<g_f$ ، $g_w=g-g_q$ if $g_q\geq g_f$ |
| | | 0.35 | 0.33 | احسب $f_{S=}$ (875-0.625vo)/1000 , $f_S\geq 0$ |
| | | 014 | 0.35 | احسب $P^*=p_{LT}+\{(N-1)g/(f_{S*}g_w+4.5)\}]$ |
| | | 8.00 | 9.75 | حدد $E_{L1}$ الجدول(5–12) |
| | | 0.08 | 0.10 | احسب $f_{min}=2(1+P_L)/g$ |
| | | 0.70 | 034 | احسب fm : $fm=[g_w/g][1/\{1+p_L(E_{L1}-1)\}]$<br>min=fmin , max= 1.00 |
| | | 0.80 | 0.62 | احسب $f_{LT}=[f_m+0.91(N-1)]/N^{***}$ |

*إذا كان $p_L\geq 1$ من أجل حارات انعطاف مشتركة و $N>1$ عندئذ افترض أن الحارة تعمل حارة مخصصة للانعطاف نحو اليسار واعد الحساب.

**من أجل الطريقة الخاصة لذراع بحارة واحدة وعلى الاتجاه المعاكس ذراع متعدد الحارات ، انظر النص.

*** لأجل انعطاف نحو اليسار مسموح مع حارة مخصصة للانعطاف نحو اليسار $f_{LT}=f_m$

| حساب عامل الانعطاف نحو اليسار حالة<br>تستعمل هذه الورقة عندما يكون الذراع على الاتجاه المعاكس للذراع المدروس بحارة واحدة | | | | |
|---|---|---|---|---|
| ***الذراع*** | ***NB*** | ***SB*** | ***WB*** | ***EB*** |
| ادخل زمن دورة الإشارة الضوئية C | 70 | 70 | | |
| ادخل الزمن الأخضر لمجموعة الحارات G | 36 | 36 | | |
| ادخل الزمن الأخضر الفعال لمجموعة الحارات g | 37 | 37 | | |
| ادخل الزمن الأخضر الفعال على الذراع المعاكس $g_0$ | 37 | 37 | | |
| ادخل عدد الحارات في مجموعة الحارات N | 1 | 1 | | |
| ادخل معدل الجريان المصحح المنعطف نحو اليسار $v_{LT}$ | 33 | 44 | | |
| ادخل نسب الانعطاف نحو اليسار في مجموعة الحارات $p_{LT}$ | 0.07 | 0.07 | | |
| ادخل نسب الانعطاف نحو اليسار على الاتجاه المعاكس $p_{LTO}$ | 0.07 | 0.07 | | |
| ادخل معدل الجريان المصحح على الاتجاه المعاكس $v_0$ | 667 | 466 | | |
| ادخل مقدار الزمن الضائع لكل طور $t_L$ | 3 | 3 | | |
| احسب نسب الانعطاف نحو اليسار لكل دورة: $LTC=v_{LT}*C/3600$ | 0.64 | 0.86 | | |
| احسب معدل الجريان على الاتجاه المعاكس لكل حارة لكل دورة: $v_{olc}=vo*C/(3600)$ | 12.97 | 9.06 | | |
| حدد نسبة على لاتجاه الرتل المعاكس $R_{po}$ الجدول (5-2) | 1 | 1 | | |
| احسب $gf^{**}=G*\exp(-0.860*LTC^{0.629})-t_L$ , $gf \le g$ | 15.78 | 13.51 | | |
| احسب نسبة الرتل المستمر على الاتجاه المعاكس: $q_{ro}=1-R_{po}(g_o/C)$ | 0.47 | 0.47 | | |
| احسب $g_q \le g$ ، $g_q = 4.943*v_{olc}^{0.762}*q_{ro}^{1.061}-tL$ | 12.69 | 8.94 | | |
| احسب $g_w$ : $g_w=g-g_f$ if $g_q<g_f$ ، $g_w=g-g_q$ if $g_q \ge g_f$ | 21.22 | 23.49 | | |
| احسب $n=(g_o-g_f)/2$ , $n \ge 0$ | 0.00 | 0.00 | | |
| احسب $P_{THO}=1-P_{LTO}$ | 0.93 | 0.93 | | |
| حدد $E_{L1}$ الجدول (5-12) | 9.68 | 4.36 | | |
| احسب $E_{L2}=(1-P_{THO}^{\ n})/P_{LTO}$ | 0.00 | 0.00 | | |
| حدد $f_{min}=2(1+P_{LT})/g$ | 0.06 | 0.06 | | |
| احسب $f_{LT}^{**}=f_m=[g_f/g]+[(g_q-g_o/g][1/\{1+P_{LT}(E_{L2}-1)\}]$ | 0.78 | 0.88 | | |

** من أجل الطريقة الخاصة لذراع متعدد الحارات يوجد على الاتجاه المعاكس له ذراع بحارة وحيدة أو عندما $g_f<g_q$

ننتقل الآن لتحليل السعة من خلال ورقة العمل التالية:

| ***CAPACITY ANALAYSIS WORK SHEET ورقة العمل لتحليل السعة*** | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| الحركات في مجموعة الحارات | شكل الطور (P,S,T) | معدل الجريان المصحح V | معدل الإشباع المصحح | نسبة الجريان V/S | نسبة الزمن الأخضر g/C | سعة مجموعة الحارات c | X=V/c | مجموعة الحارات الحرجة |
| EB | | | | | | | | |
| | | 840 | 1947 | 0.431 | 0.386 | 751 | 1.119 | * |
| WB | | | | | | | | |
| | T | 875 | 2516 | 0.348 | 0.386 | 970 | 0.902 | |
| NB | | | | | | | | |

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 0.726 | 642 | 0.529 | 0.384 | 1214 | 466 | T | |
| | | | | | | | | SB |
| * | 0.926 | 720 | 0.529 | 0.489 | 1363 | 667 | T | |

زمن دورة الإشارة الضوئية : 70 ثا  الزمن الضائع لكل دورة: 6 ثا

$X_c = Y*c / (c-L) = 1.007$

$Y = Sum (V/S)_c = 0.921$

والقيمة الأخيرة هي مجموع للقيم الأكبر لـ $(V/S)_c$ بعد المقارنة بين الذراعين EB و WB من جهة والذراعين NB و SB.

تحسب قيم التأخرات الزمنية ومستوى الخدمة من خلال ورقة العمل التالية:

| ورقة العمل لتحديد مستوى الخدمة LOS MODULE WORKSHEET | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| الذراع | | مجموعة الحارات | | الجزء الثاني لتحديد التأخر | | | الجزء الأول لتحديد التأخر | | | | الدورة الضوئية 70 sec | |
| LOS | D | LOS | D | $D_2$ | m | السعة c | DF | D1 | g/C | X=V/c | مجموعة الحارات | |
| * | * | * | * | * | 12 | 751 | 0.910 | * | 0.386 | 1.119 | | EB |
| C | 23.8 | C | 23.8 | 6.5 | 12 | 970 | 1.124 | 15.4 | 0.386 | 0.902 | | WB |
| B | 12.4 | B | 12.4 | 2.9 | 16 | 642 | 1.00 | 9.6 | 0.529 | 0.726 | | NB |
| C | C | C | C | 12.9 | 16 | 720 | 1.00 | 11.6 | 0.529 | 0.926 | | SB |