جامعة تشرين

كلية الهندسة المدنية

قسم هندسة المواصلات والنقل

سعة الطرق بحارتين باتجاهين

Two – Lane High Ways Capacity

إعداد:

الدكتور المهندس أكرم رستم

تشكل هذه الطرق نسبة كبيرة من أطوال الطرق بشكل عام، وهي عبارة عن طرق مكونة من حارتي مرور، كل حارة مخصصة للحركة باتجاه معين.

المعايير الأساسية لمستوى الخدمة على هذه الطرق هي:

1- وسطي سرعة الرحلة.

2- النسبة المئوية لزمن التأخير.

3- السعة العملية.

معدل غزارة الخدمة لاتجاهي الحركة من أجل ظروف طرقية وحركية معينة ومن أجل مستوى خدمة محدد i يحسب وفق العلاقة:

$$SFi = 2800.(v/c)_i.f_d.f_w.f_{HV}$$

حيث :

$(v/c)_i$: نسبة الغزارة إلى السعة (الجدول 1.1)

f_d : معامل تأثير توزع الحركة حسب الاتجاه (الجدول 1.4)

f_w : معامل تأثير عرض حارة المرور (الجدول 1.5)

f_{HV} : معامل تأثير العربات الثقيلة .

$$f_{HV}= 1/[1+P_T(E_T-1)+P_R(E_R-1)+P_B(E_B-1)]$$

حيث تؤخذ قيم E_T , E_B , E_R من الجدول (1.6).

مستوى الخدمة Level Of Service	متوسط السرعة "صعودا" كم/سا Average upgrade Speed (Km/h)
A	≥ 88
B	≥ 80
C	≥ 72
D	≥ 64
E	≥ 64-40
F	< 64-40

الجدول (1.2) معيار مستوى الخدمة للميول الطولية الخاصة Level Of Service Criteria For Specific Grade

التوزع حسب الاتجاه Directional Distribution	0/100	10/90	20/80	30/70	40/60	50/50
عامل التصحيح Fd	0.71	0.75	0.83	0.89	0.94	1.00

الجدول (1.3) عامل التصحيح الخاص بالتوزع حسب الاتجاه

Adjustment Factor For Directional Distribution on General Terrain Segment

عرض الجوانب (م)	عـرض حـارة المـرور (م) Lane Width							
	3.60		3.30		3.00		2.70	
	A-D	E	A-D	E	A-D	E	A-d	E
≥1.80	1.00	1.00	0.93	0.94	0.84	0.87	0.70	0.76
1.20	0.92	0.97	0.85	0.92	0.77	0.85	0.65	0.74
0.60	0.81	0.93	0.75	0.88	0.68	0.81	0.57	0.70
0.00	0.70	0.88	0.65	0.82	0.58	0.75	0.49	0.66

- إذا كان عرض الأكتاف مختلف من الجانبين ، تؤخذ القيمة الوسطية
- في حال الميول الطولية الكبيرة ، استعمل القيمة الخاصة بمستوى الخدمة E من أجل سرعة اقل من 64كم/سا

الجدول (1.4) عامل التصحيح Fw الخاص بعرض حارة المرور والعوائق الجانبية

Adjustment Factor For The Combined Effect Of Narrow Lanes Restricted Shoulder Width

نوع المركبة Vehicle Type	مستوى الخدمة	طبيعة المنطقة Type Terrain		
		منبسطة	متقلبة	جبلية
شاحنات ET	A	2.00	4.00	7.00
	B-C	2.20	5.00	10.0
	D-E	2.00	5.00	12.0
سيارات سياحية ER	A	2.20	3.20	5.00
	B-C	2.50	3.90	5.20
	D-E	1.60	3.30	5.20
حافلات (باصات) Eb	A	1.80	3.00	5.70
	B-C	2.00	3.40	6.00
	D-E	1.60	2.90	6.50

الجدول (1.5) عامل التحويل المكافئ إلى عربات حسابية الخاص بالسيارات الشاحنة والسيارات لأغراض السياحة والباصات

Average Passenger Car Equivalents for Trucks, RVs, Busses

نسبة المرور في منطقة الصعود Percent Of Traffic on Upgrade	عامل التصحيح Fd Adjustment Factor
100	0.58
90	0.64
80	0.70
70	0.78
60	0.87
50	1.00
40	1.20
≤ 30	1.50

الجدول (1.6) عامل التصحيح الخاص بالتوزع حسب الاتجاه لمناطق ميول خاصة

Adjustment Factor For Directional Distribution on specific grades f_d

متوسط السرعة في منطقة الصعود كم/سا AVERAGE UPGREDE SPEED						طول منطقة الميل " كم"	الميل الطولي %
48	64	72	80	84	88		
1.3	1.3	1.4	1.6	1.8	2.1	أي طول	0.00
1.5	1.6	1.7	2.0	2.3	2.9	0.4	3.00
1.7	1.8	2.0	2.4	2.9	3.7	0.8	
1.9	2.0	2.3	2.9	3.6	4.8	1.2	
2.1	2.3	2.6	3.5	4.6	6.5	1.6	
2.5	2.9	3.4	5.1	6.6	11.2	2.4	
2.9	3.7	4.6	6.7	9.3	19.8	3.2	
3.8	5.6	7.3	10.8	21.0	71.0	4.8	
4.9	7.70	11.3	20.5	48.0	**	6.4	
1.6	1.7	1.8	2.20	2.5	3.2	0.4	4
1.9	2.0	2.20	2.8	3.4	4.40	0.8	
2.1	2.3	2.7	3.5	4.40	6.3	1.2	
2.4	2.7	3.2	4.5	6.3	9.6	1.6	
3.1	3.8	4.7	7.4	10.3	19.5	2.4	
3.8	5.3	6.9	10.8	16.1	43.0	3.2	
5.50	9.0	12.5	20.0	48.0	**	4.8	
7.4	13.8	22.8	51.0	**	**	6.4	
1.7	1.8	2.0	2.3	2.8	3.6	0.4	5
2.0	2.20	2.5	3.2	3.9	5.4	0.8	
2.4	2.7	3.1	4.3	5.7	8.3	1.2	
2.8	3.30	4.0	5.9	8.4	14.1	1.6	
3.8	4.9	6.3	10.8	16.0	34.0	2.4	
4.8	7.5	10.2	17.4	28.3	91.0	3.2	
7.8	14.6	22.0	37.0	**	**	4.8	
11.5	25.0	55.0	**	**	**	6.4	
1.8	1.9	2.1	2.5	3.1	4.0	0.4	6
2.20	2.4	2.8	3.7	4.8	6.5	0.8	
2.7	3.1	3.7	5.2	7.2	11.0	1.2	
3.30	4.0	4.9	7.8	11.7	20.4	1.6	
4.7	6.4	8.5	16.0	25.2	60.0	2.4	
6.3	10.7	15.3	28.2	50.0	**	3.2	
11.3	23.9	38.0	70.0	**	**	4.8	
18.1	45.0	90.0	**	**	**	6.4	
1.9	2.0	2.20	2.7	3.4	4.5	0.4	7
2.4	2.7	3.2	4.2	5.7	7.9	0.8	
3.0	3.6	4.3	6.3	9.1	14.5	1.2	
3.8	4.8	6.1	10.0	16.0	31.4	1.6	
5.8	8.4	11.5	23.5	39.5	**	2.4	
8.2	15.4	22.8	46.0	88.0	**	3.2	
16.1	38.5	66.0	**	**	**	4.8	
28.0	**	**	**	**	**	6.4	

الجدول (1.7) عامل التحويل المكافئ إلى عربات حسابية E و E_0 عند الميول المحددة للطرق بحارتين باتجاهين

نسبة المناطق التي لا يمكن التجاوز ضمنها AVERAGE NO PASSING ZONES						السرعة في منطقة الصعود	الميل الطولي %
100	80	60	40	20	0		
0.12	0.14	0.17	0.19	0.23	0.27	88	3.00
0.27	0.29	0.31	0.33	0.38	0.42	84	
0.47	0.49	0.52	0.55	0.59	0.64	80	
0.84	0.86	0.88	0.91	0.95	1.00	72	
0.94	0.95	0.96	0.97	0.98	1.00	68	
1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	64	
0.11	0.13	0.16	0.18	0.21	0.25	88	4.00
0.25	0.27	0.29	0.31	0.36	0.40	84	
0.45	0.47	0.49	0.52	0.56	0.61	80	
0.81	0.83	0.85	0.88	0.92	0.97	72	
0.92	0.93	0.94	0.95	0.96	0.99	68	
1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	64	
0.08	0.10	0.12	0.14	0.17	0.21	88	5.00
0.20	0.22	0.24	0.27	0.31	0.36	84	
0.37	0.39	0.41	0.45	0.49	0.57	80	
0.70	0.72	0.75	0.79	0.84	0.93	72	
0.82	0.83	0.85	0.87	0.90	0.97	68	
0.92	0.93	0.94	0.95	0.96	0.98	64	
1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	56	
0.04	0.05	0.06	0.08	0.10	0.12	88	6.00
0.13	0.14	0.16	0.18	0.0.22	0.27	84	
0.26	0.28	0.31	0.35	0.40	0.48	80	
0.55	0.59	0.63	0.68	0.76	0.49	72	
0.67	0.70	0.74	0.78	0.84	0.93	68	
0.78	0.81	0.83	0.87	0.91	0.97	64	
0.90	0.91	0.93	0.95	0.96	1.00	56	
0.98	0.98	0.98	0.99	0.99	1.00	48	
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	88	7.00
0.04	0.05	0.07	0.08	0.10	0.13	84	
0.12	0.15	0.18	0.22	0.27	0.34	80	
0.35	0.40	0.46	0.55	0.65	0.77	72	
0.48	0.54	0.60	0.67	0.75	0.86	68	
0.59	0.64	0.69	0.75	0.82	0.93	64	
0.76	0.79	0.82	0.87	0.91	1.00	56	
0.86	0.88	0.90	0.92	0.95	1.00	48	

أمثلة محلولة Sample Calculations

مثال 1 :

يطلب حساب السعة Capacity وغزارة المرور الحرجة الأعظمية Maximum Flow Rate لقطاع طرقي ضمن طريق بحارتين باتجاهين عند مستوى خدمة C من أجل المعطيات التالية :

السرعة التصميمية 112 كم/سا ، عرض حارة المرور 3.6 م ، عرض الجوانب 3م – المنطقة منبسطة وطول القطاع الطرقي 8 كم ، نسبة القطاعات التي لا يمكن التجاوز عنها صفر % ، توزع الحركة حسب الاتجاه 30/70 ، نسبة السيارات الشاحنة Trucks10% ، نسبة السيارات لأغراض سياحية 5 % ، نسبة الباصات Buses 1 % .

الحل :

تعطى الغزارة الحرجة بالعلاقة :

$$Sfi = 2800 * (V/C) * fd * fw * fhv$$

نحسب قيمة I (V/C) من الجدول(1.1) :

$(V/C)_C$ = 0.43 منطقة منبسطة ونسبة القطاعات التي لا يمكن التجاوز ضمنها = صفر .

$(V/C)_E$ = 1.00 منطقة منبسطة ونسبة القطاعات التي لا يمكن التجاوز عنها = صفر

Fd = 0.89 من الجدول(1.3) توزع الحركة حسب الاتجاه 30/70 .

Fw = 1.00 من الجدول (4.1) عرض حارة المرور 3.6م وعرض الجوانب أكبر من 1.8م .

$(ET)_C$ = 2.2 و $(ET)_E$ = 2.00 من الجدول (1.5) منطقة منبسطة .

$(ER)_C$ = 2.5 و $(ER)_E$ = 1.6 من الجدول (1.5) منطقة منبسطة .

PT = 0.1 و PR = 0.05 و PB = 0.01 (معطى بنص المثال) .

وعليه يكون عامل التصحيح F_{HV} :

$$FHV = 1/[\ 1+ PT\ (ET –1) + PR\ (ER –1) + PB\ (EB –1)\ ] =$$

$$= [\ (\ 1-2.0\ )\ 0.01 + (\ 1-2.5\ )\ 0.05 + (\ 1-2.2\ )0.1 +1\ ]\ /1=0.83$$

بالنسبة لمستوى خدمة C وبتطبيق نفس العلاقة نحصل على $(F_{HV})_E$ = 0.88).

اعتمادا على القيم المستخرجة السابقة يمكننا حساب غزارة المرور الأعظمية للمستوى C والسعة (مستوى الخدمة E) كما يلي :

$$SF_C = 2800 * 0.43 * 0.89 * 1 * 0.83 = 889\ Vph$$
$$SF_E = 2800\ * 1 * 0.89 * 1 * 0.88 = 2193\ Vph$$

يمكن استخدام ورقة العمل المبينة في الشكل (1.1) لحل المثال السابق .

مثال 2 :

يطلب معرفة مستوى الخدمة التي يعمل بها قطاع طرقي لطريق بحارتين باتجاهين وفق المعطيات التالية :

غزارة المرور في ساعة الذروة 180 سيارة / الساعة – معامل عدم توازن الحركة PHF=0.87 والسرعة التصميمية 96 كم/ ساعة وعرض حارة المرور 3.3 م عرض الجوانب 60سم – المنطقة جبلية ونسبة القطاعات التي يمكن التجاوز

منها 20% وطول القطاع الطرقي 1.6 كم ، توزع الحركة حسب الاتجاه 40/60 ، نسبة السيارات الشاحنة 5 % ونسبة السيارات لأغراض السياحة 10 % ولا توجد باصات .

الحل :

نحسب أولا معدل الغزارة الحقيقية : v = V/PHF = 180 / 0.87 = 207 vph ثم نحسب عوامل التصحيح لمختلف مستويات الحركة وفق الجدول التالي: (نسبة القطاعات التي لا يمكن التجاوز عنها 80 %)

مستوى الخدمة	(V/C)	Fd	Fw	ET	ER
A	0.02 الجدول(1.1)	0.94 الجدول(1.3)	0.75 الجدول(1.4)	7.00 الجدول(1.5)	5.00 الجدول(1.5)
B	0.12	0.94	0.75	10.00	5.20
C	0.2	0.94	0.75	10.00	5.20
D	0.37	0.94	0.75	12.00	5.20
E	0.80	0.94	0.88	12.00	5.20

بتطبيق العلاقتين التاليتين نحصل على قيم عامل التصحيح F_{HV} وقيم الغزارات التي تحدد مستوى الخدمة :

$$F_{HV} = 1/[\ 1+ P_T\ (\ E_T -1\ ) + P_R\ (\ E_R -1\ ) + P_B\ (\ E_B -1\ )\ ]$$

$$S_{fi} = 2800 * (\ V/C\ ) * f_d * f_w * f_{hv}$$

نحصل على الجدول التالي :

مستوى الخدمة	P_T	P_R	F_{HV}	***SF (vph)***
A	0.05	0.1	0.588	23
B	0.05	0.1	0.535	127
C	0.05	0.1	0.535	211
D	0.05	0.1	0.508	371
E	0.05	0.1	0.508	941

بمقارنة النتائج السابقة مع الغزارة المكافئة 207 سيارة / ساعة نلاحظ أنها أكبر من الغزارة الحرجة الموافقة للمستوى B ، وأصغر من تلك التي توافق المستوى C ، لذلك فإن هذا القطاع الطرقي وحسب المعطيات المبينة في نص المثال يعمل وفق مستوى خدمة C .

يمكن استخدام ورقة العمل WORK SHEET المبينة بالشكل (1.1) لإنجاز حسابات هذا المثال .

مثال 3 : (سعة القطاعات الطرقية ذات الميول الخاصة SPECIFIC GRADE لطريق بحارتي مرور باتجاهين)

يطلب حساب غزارة المرور الأعظمية لقطاع طرقي في منطقة جبلية لطريق بحارتين باتجاهين ذو ميل 6 % وطول 3.6 كم لسرعة 64كم/ ساعة إذا علمنا أن : عرض حارة المرور 306م ، عرض حارة الجوانب 2.4م ولا يمكن التجاوز على 60 % من القطاع الطرقي ، توزع الحركة حسب الاتجاه 30/70 (70 صعودا) ، نسبة السيارات الشاحنة 12 % والسيارات لأغراض السياحة 7 % أما نسبة الباصات فهي 1 % ، معامل عدم توازن الحركة PHF = 0.85 .

الحل :

من الجدول نلاحظ أن مستوى الخدمة المقابل للسرعة 64 كم/ساعة هو المستوى D وعليه :

(V/C)=0.83 من الجدول(1.8) منطقة جبلية ونسبة القطاعات التي لا يمكن التجاوز عنها = % 60.

Fd = 0.78 من الجدول(1.7) توزع الحركة حسب الاتجاه 30/70 .

Fw = 1.00 من الجدول(1.4) عرض حارة المرور 3.6م وعرض الجوانب أكبر من 1.8م ويساوي 2.4م.

E = 10.7 من الجدول (1.7)

E_0 = 1.3 من الجدول (1.7)

P_T = 0.12 و P_R = 0.07 و P_B = 0.01 (معطى بنص المثال).

$P_{HV} = P_T+P_R+P_B = 0.12+ 0.07 + 0.01 = 0.2$
$P_{T/HV} = P_T / P_{HV} = 0.12+ 0.2 = 0.6$
$IP = 0.02(10.7-1.3) = 0.188$
$Fg = 1/[1+ (0.8*0.188)] = 0.87$
$E_{HV} =1+ (0.25 + P/THV) (E - 1) = 1+ (0.25 + 0.6) (10.7 –1) = 9.25$
$F_{HV} = 1/[1+ P_{HV} (EHV –1) = 1 + [1 + 0.2 (9.25 – 1)] = 0.38$

عندها يكون SF_d : $SF_d = 2800 * (V/C) * fd * fg * fw * fhv$

$= 2800 *0.83 * 0.78 * 0.87 * 1.00 * 0.38 = 599$ vph

للحصول على الحجم الساعي الأعظمي Full hour volume :

v = SED * PHF = 599 *0.85 = 509 vph

يمكن استخدام ورقة العمل WORK SHEET المبينة بالشكل (1.2) لإنجاز حسابات هذا المثال.

ورقة العمل لطريق بحارتين باتجاهين لقطاع طرقي

WORK SHEET FOR GENERAL TERRAIN SEGMENT OF TWO-LANE HIGHWAYS

اسم الموقع :	التاريخ:	الزمن:
الاسم المحلل:	دقق من قبل :	

السرعة التصميمية: كم/سا

عدم التجاوز على %

نوع المنطقة / منبسطة – متموجة – جبلية / :

طول القطاع : كم

المعطيات المرورية:

حجم المرور الكلي للإتجاهين: مركبة/ساعة **التوزع الإتجاهي للمركبات:**

معدل الغزارة = الحجم / PHF معامل عدم توازن الحركة PHF :

= /

تركيب رتل المرور : شاحنات T % – باصات B % – سيارات لأغراض سياحية (استجمام) RV %

حساب مستوى الخدمة Level of Service Analysis :

$$Sf_I = 2800 * (v/c)_I * f_d * f_w * f_{HV}$$

$$F_{HV} = 1/[1+P_T(E_T-1) +P_R(E_R-1) +P_B(E_B-1)]$$

معدل الغزارة = مركبة/ساعة

مستوى الخدمة =

LOS	SF	2800	V/c	f_d	f_w	f_{HV}	P_T	E_T	P_R	E_R	P_B	E_B
A												
B												
C												
D												
E												

الشكل رقم (1.1) ورقة العمل لطريق بحارتين باتجاهين لقطاع طرقي

ورقة العمل لطريق بحارتين بإتجاهين ذو ميول خاصة

WORK SHEET FOR SPECIFIC GRADES SEGMENT OF TWO-LANE HIGHWAYS

اسم الموقع :	التاريخ:	الزمن:
الاسم المحلل:	دقق من قبل :	

السرعة التصميمية: كم/سا

عدم التجاوز على %

الميل الطولي للقطاع المدروس : %

الميل الطولي مستمر على مسافة : كم

المعطيات المرورية:

حجم المرور الكلي للإتجاهين: مركبة/ساعة **التوزع الإتجاهي للمركبات:**

معدل الغزارة = الحجم / PHF معامل عدم توازن الحركة PHF :

= /

تركيب رتل المرور : شاحنات T % – باصات B % – سيارات لأغراض سياحية (استجمام) RV %

$F_g = 1/[\ 1+P_p * I_p\ ]$

$I_p = 0.02(E - E_0)$

$E_{HV} = 1+(0.25+P_{T/HV})(E-1)$

$F_{HV} = 1/[\ + P_{HV}(E_{HV} - 1)$

السرعة	P_p	I_p	E	$E0$	F_g	P_{HV}	E_{HV}	$P_{T/HV}$ (P_T/P_{HV})	E	F_{HV}
88										
84										
80										
72										
64										
48										

حساب معدل غزارة الخدمة **SOLVING FOR SERVICE FLOW RATE** :

السرعة	SF	2800	V/c	Fd	fw	f_{HV}	P_T	E_T	P_R	E_R	P_B	E_B
88 LOS(A)												
84												
80 LOS(B)												
72 LOS(C)												
64 LOS(D)												
48												

الشكل (1.2) ورقة العمل لطريق بحارتين باتجاهين ذو ميول خاصة

مستوى الخدمة	نسبة زمن التأخير %	النسبة V/C													
		منطقة مستوية							امنطقة متموجة						
		السرعة الوسطية	نسبة زمن التأخير						السرعة الوسطية	نسبة زمن التأخير					
			0	20	40	60	80	100		0	20	40	60	80	100
A	≤30	≥58	0.15	0.12	0.09	0.07	0.05	0.04	≥57	0.15	0.10	0.07	0.05	0.04	0.03
B	≤45	≥55	0.27	0.24	0.21	0.19	0.17	0.16	≥54	0.26	0.23	0.19	0.17	0.15	0.13
C	≤60	≥52	0.43	0.39	0.36	0.34	0.33	0.32	≥51	0.42	0.39	0.35	0.32	0.30	0.28
D	≤75	≥40	0.64	0.62	0.60	0.59	0.58	0.57	≥49	0.62	0.57	0.52	0.48	0.46	0.43
E	>75	≥45	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	≥40	0.97	0.94	0.92	0.91	0.90	0.90
F	100	<45	-	-	-	-	-	-	<40	-	-	-	-	-	-

		امنطقة جبلية						
		السرعة الوسطية	نسبة زمن التأخير					
			0	20	40	60	80	100
A	≤30	≥56	0.14	0.10	0.07	0.04	0.02	0.01
B	≤45	≥54	0.25	0.20	0.16	0.13	0.12	0.10
C	≤60	≥49	0.39	0.33	0.28	0.23	0.20	0.16
D	≤75	≥45	0.58	0.50	0.45	0.40	0.37	0.33
E	>75	≥35	0.91	0.87	0.84	0.82	0.80	0.78
F	100	<35	-	-	-	-	-	-

الجدول (1.1) مستوى الخدمة لطريق بحارتين باتجاهين