جامعـــــــــــة تشـــــــــــــرين
كليـــــــة الهندســـــــــة المدنيـــــــة
قسم هندســـــــة المواصلات والنقـــــــل

تقييم متعدد المعايير للأداء المروري للطرق الريفية بحارتين باتجاهين

Evaluation multi-measures of traffic performance For two-way, two-lane rural roads

رسالة علمية أعدت لنيل درجة الماجستير في الهندسة المدنية
اختصاص هندسة المواصلات والنقل

اعداد
م. محمد حسن ابراهيم

إشراف
د. م. أكرم رستم
د. م. فادي كنعان

2016 -2015

نوقشت هذه الرسالة بتاريخ 2016/7/10 وأجيزت.

لجنة الحكم:

الدكتورة رناء درويش أحمد

التوقيع.....

مدرس، قسم هندسة المواصلات والنقل، كلية الهندسة المدنية، جامعة تشرين

الدكتورة شذى أسعد

التوقيع.....

أستاذ مساعد، قسم هندسة المواصلات والنقل، كلية الهندسة المدنية، جامعة تشرين

الدكتور أكرم رستم

التوقيع.....

أستاذ مساعد، قسم هندسة المواصلات والنقل، كلية الهندسة المدنية، جامعة تشرين

تصريح

أصرح أن حقوق طباعة هذا البحث " **تقييم متعدد المعايير للأداء المروري للطرق الريفية بحارتين باتجاهين** " تمتلكها جامعة تشرين- الجمهورية العربية السورية.

م. محمد حسن ابراهيم

التوقيع .....

تاريخ 2016/7/10

DECLARATION

I declare that Copyright Notice this research "**Evaluation multi-measures of traffic performance for two- way, two- lane rural roads**" owned Tishreen university- Syrian Arab Republic.

Eng. Mohammad Hasan Ebrahim

…….Signature

Date: 10/7/2016

تصريح

أصرح بأنني قمت بكافة التعديلات التي وضعتها لجنة الحكم على موضوع الرسالة التي هي بعنوان

" تقييم متعدد المعايير للأداء المروري للطرق الريفية بحارتين باتجاهين "

اسم المرشح:

م. محمد ابراهيم

بإشراف:

د. أكرم رستم

د. فادي كنعان

لجنة الحكم:

د. رناء درويش أحمد

د. شذى أسعد

د. أكرم رستم

شهادة

نشهد بأن هذا العمل الموصوف في هذه الرسالة " تقييم متعدد المعايير للأداء المروري للطرق الريفية بحارتين باتجاهين " هو نتيجة بحث علمي قام به طالب الماجستير محمد حسن ابراهيم بإشراف الدكتور أكرم رستم (الأستاذ المساعد، كلية الهندسة المدنية، جامعة تشرين، اللاذقية، سورية) والدكتور فادي كنعان (مدرس، كلية الهندسة المدنية، جامعة تشرين، اللاذقية، سورية)، وإن أي مرجع ورد في هذه الرسالة موثق في النص.

المرشح
م. محمد ابراهيم

بإشراف
د. أكرم رستم

د. فادي كنعان

تاريخ: 2016/7/10

CERTIFICATION

It is hereby certified that, the work described in this thesis **"Evaluation multi-measures of traffic performance for two-way, two- lane rural roads"** is the results of Mr. Mohammad Hasan Ebrahim own investigations under the supervision of Dr. Akram Rustom (Assistant Professor, Faculty of Civil Engineering, Tishreen University, Lattakia , Syria) and Dr. Fadi Kanan (Lecturer, Faculty of Civil Engineering, Tishreen University, Lattakia , Syria), and any reference of other researchers work has been duly acknowledged in the text.

Candidate
Name
Mohammad Ebrahim

Supervisors
Name
Dr.Akram Rustom

Name
Dr. Fadi Kanan

تصريح

أصـــرح بـــأنّ هـــذا البحـــث " **تقييم متعدد المعايير للأداء المروري للطرق الريفية بحارتين باتجاهين** " لم يسـبق أن قُبـل للحصـول علـى شـهادة، ولا هـو مقـدم حاليـاً للحصول على شهادة أخرى.

اسم المُرشّح

م. محمد حسن ابراهيم

التوقيع.....

تاريخ: 2016/7/10

DECLARATION

This is to declare that, this work " **Evaluation multi-measures of traffic performance for two- way, two- lane rural roads** " has not been being submitted concurrently for any other degree.

Candidate name

Eng. Mohammad Hasan Ebrahim

.....Signature

Date: 10/7 /2016

كلمـــــة شـــــكر
ACKNOWLEDGMENT

أتقدم بجزيل الشكر إلى أعضاء الهيئة التدريسية في قسم هندسة المواصلات والنقل في كلية الهندسة المدنية بجامعة تشرين الذين ساعدوا في انجاز هذا العمل وأخص بالشكر أساتذتي الكرام:

الدكتور المهندس **الدكتور المهندس**
أكرم رستم **فادي كنعان**

الذين كان لهم الفضل الأكبر في انجاز هذا البحث وقدموا لي كل عون وإرشاد، لهم مني فائق الشكر والاحترام والتقدير.

وأخيراً كل الشكر لكل من ساعدني ومد لي يد العون لإتمام هذا البحث.

" تقييم متعدد المعايير للأداء المروري للطرق الريفية بحارتين باتجاهين "

ملخص البحث

تشكل الطرق الريفية قسماً كبيراً من شبكة الطرق الموجودة خارج المدن وخاصةً تلك المكوّنة من حارتين باتجاهين، حيث تتميز بعض هذه الطرق بأنّها تتكون من حارتين تُخصص كلٌ منها للحركة باتجاه، ويعتبر تقييم الأداء المروري للطرق الريفية بحارتين باتجاهين عملية معقدة بسبب الخصائص التي تتميز بها هذه الطرق.

قدّم هذا البحث تقييماً عملياً للعلاقة بين الأداء التشغيلي من جهة وبين ظاهرة تشكل الرتل على الطرق الريفية بحارتين باتجاهين في محافظة طرطوس من جهة أخرى. تم تحديد وحساب ستة معايير للأداء وثلاثة متغيرات لتشكل الرتل لعشرة مواقع، وذلك باستخدام بيانات المرور من الطرق الريفية في منطقة الشيخ بدر في محافظة طرطوس، وتمت دراسة الترابط بين معايير الأداء وبين متغيرات تشكل الرتل باستخدام التحليل البياني والإحصائي (درجة الارتباط)، حيث أظهرت النتائج أن كثافة التتابع لها الارتباط الأقوى مع متغيرات تشكل الرتل.

كما تم اختبار متغيرات تشكل الرتل، ووجد بأن الغزارة بالاتجاه المباشر (اتجاه الحركة) لها الارتباط الأقوى مع معايير الأداء، وأكدت النتائج الإجمالية أن كثافة التتابع يعد معياراً مناسباً لدراسة الأداء التشغيلي. كما تمت دراسة تأثير ظاهرة تشكل الرتل على الحركة المرورية، ووجد بأنه عند قيم الفواصل الأقل من (3 ثوانٍ) توجد علاقة مباشرة بين سرعة العربات والفاصل.

"Evaluation multi-measures of traffic performance for two-way, two-lane rural roads"

Abstract

The rural roads are a large part of the existing roads network, particularly that consisting of two-lane, where these roads are characterized as consisting of two lanes which specialization each one of them to movement at one direction. Evaluation of traffic performance for two-way, two-lane rural roads is complex process due to their characteristics.

This research presents an empirical evaluation of the relationship between operational performance and platooning phenomenon in rural two way, two-lane roads in Tartous. Six performance measures and three platooning variables were defined and calculated for ten study sites using traffic data from rural roads in Ash-Shaykh Badr region of Tartous governorate. Using graphical and statistical analyses (Correlation Coefficients), the associations between the performance measures and the platooning variables were examined. The results showed that the follower density performance measure was found to have the strongest correlations to platooning variables.

The platooning variables investigated, traffic flow in the direction of travel has the highest correlations with performance measures. As the overall findings confirmed that the follower density is a promising measure for studying operational performance. Effect of the platooning phenomenon to traffic flow was studied, and it found that at values of headway at least of (3 seconds), there is direct relationship between the vehicles speed and headway.

الموضـــوع	الصفحـــــة
ملخص البحث	1
مقدمة	12
الفصل الأول: الطرق الريفية بحارتين باتجاهين Two-way ،Two-lane rural roads	18
1-1تعريفDefinition	19
1-2 تصنيف أنظمة الطرق الريفية Classification the systems of rural roads	19
1-2-1 أنظمة الطرق الشريانية الرئيسة والثانوية Major and minor arterial road systems	20
1-2-2 نظام الطرق التجميعية الريفية Collecting rural road system	20
1-2-3نظام الطرق المحلية Local roads system	21
1-3 تصنيف الطرق بحارتين باتجاهينClassification two-lane roads	22
1-4 الشروط الأساسية للطرق بحارتين باتجاهين Base Conditions for two lane roads	24
1-5 مستوى الخدمة Level of service (LOS)	25
1-6 السعة Capacity	27
1-7 معايير الأداء للطرق الريفية بحارتين باتجاهين Performance measures for two-lane rural roads	27
1-7-1 مقدمة Introduction	28
1-7-2 معايير مستوى الخدمة في دليل سعة الطرق السريعة HCM Level serves measures in Highway Capacity Manual (HCM)	30
1-7-2-1 دليل السعة للطرق بحارتين باتجاهين Highway Capacity Manual (HCM2000)	30

1-1-2-7-1 حساب نسبة الزمن الذي تكون فيه حركة العربة تابعة لحركة عربات أخرى 32

2-1-2-7-1 القطاعات الاتجاهية Directional Sections 33

2-2-7-1 HCM 2010 35

3-7-1معايير أداء أخرى أكثر تطبيقاً في تقييم الطرق بحارتين باتجاهين 36
Other measures much used in Evaluation two-lane roads

4-7-1 معايير أداء أخرى Other Service Measures 44

8-1 حارة التجاوز على الطرق الريفية بحارتين باتجاهين 46
Passing Lane on Rural Two- Lane

الفصل الثاني: الدراســـــة العملية Practical study 50

1-2 تحديد مواقع الدراسة Selection of study sites 51

2-2 وصف مواقع الدراسة Description of Study Sites 52

3-2 تقنية تجميع البيانات Data Collection Techniques 53

4-2 تجميع البياناتData collection 56

5-2 تحليل معايير الأداء للطرق الريفية بحارتين باتجاهين 68
Analysis of performance measures for two-lane rural roads

6-2 طرق تقييم معايير الأداء المستخدمة 71
Methods Used to Examine Performance Measures

الفصل الثالث: تحليل ومعالجة البيانات Analysis and processing of data 73

1-3 التحليل البياني Graphical analysis 76

1-1-3 العلاقة بين معايير الأداء والغزارة بالاتجاه المباشر The relationship 76
between performance measures and direct direction flow

3-1-1-1 العلاقة بين الغزارة المرورية بالاتجاه المباشر ومعياري أداء السرعة ATS و ATS_{pc} 76

The relationship between direct direction flow and ATS, ATS_{pc}

3-1-1-2 العلاقة بين الغزارة المرورية بالاتجاه المباشر ونسب السرعة (ATS/FFS و ATS_{pc}/FFS_{pc}) 78

The relationship between direct direction flow and ATS_{pc}/FFS_{pc}, ATS/FFS

3-1-1-3 العلاقة بين الغزارة بالاتجاه المباشر ونسبة التتابع 81

The relationship between direct direction flow and percent followers

3-1-1-4 العلاقة بين الغزارة بالاتجاه المباشر وكثافة التتابع 83

The relationship between direct direction flow and following density

3-1-2 العلاقة بين معايير الأداء والغزارة بالاتجاه المعاكس 84

The relationship between performance measures and opposite direction flow

3-1-2-1 علاقة الغزارة بالاتجاه المعاكس مع السرعة المتوسطة(ATS،ATS_{PC}) 84

The relationship between opposite direction flow and ATS, ATS_{pc}

3-1-2-2 علاقة الغزارة بالاتجاه المعاكس مع نسب السرعة (ATS/FFS، ATS_{PC}/FFS_{PC}) 86

The relationship between opposite direction flow and ATS_{pc}/FFS_{pc}, ATS/FFS

3-1-2-3 العلاقة بين الغزارة بالاتجاه المعاكس ونسبة التتابع 88

The relationship between opposite direction flow and percent followers

3-1-2-4 العلاقة بين الغزارة بالاتجاه المعاكس وكثافة التتابع 90

The relationship between opposite direction flow and following density

3-1-3 العلاقة بين نسبة العربات الثقيلة (HV%) ومعايير الأداء 93

The relationship between performance measures and HV%

3-1-3-1 العلاقة بين نسبة العربات الثقيلة وكل من ATS_{PC} , ATS 93

The relationship between HV% and ATS, ATS_{pc}

3-1-3-2 العلاقة بين نسبة العربات الثقيلة وكل من $ATS/FFS, ATS_{PC}/FFS_{PC}$ 95
The relationship between HV% and $ATS/FFS, ATS_{PC}/FFS_{PC}$
3-1-3-3 العلاقة بين نسبة العربات الثقيلة ونسبة التتابع 96
The relationship between HV% and percent followers
3-1-3-4 العلاقة بين نسبة العربات الثقيلة وكثافة التتابع 98
The relationship between HV% and following density
3-2 التحليل الإحصائي (درجة الارتباط) 104
Statistical Analysis (Correlation Coefficients)
3-3 تحليل تأثير التوزع الاتجاهي 107
Analysis effect of the directional distribution
3-4 تقييم مستوى الخدمة حسب معدل المرور اليومي الأعظمي 108
Evaluation the level of service by average maximum daily traffic
3-5 دراسة ظاهرة تشكل الرتل على الطرق بحارتين باتجاهين 110
Study the platooning phenomenon on two-lane rural roads
3-6 التزايد السنوي Annual increase 114
الفصل الرابع: الاستنتاجات والتوصيات 116
Conclusions and recommendation
المراجع العلمية References 119
الملاحق APPENDICES 121

قائمة الجداول

رقم الجدول	عنوان الجدول	الصفحة
الجدول (1-1)	الأسس التصميمية للطرق الريفية	21
الجدول (1-2)	مستويات الخدمة التصميمية لكل صنف من أصناف الطرق	22
الجدول (1-3)	مستويات الخدمة للصنف I و II حسب قيم كل من ATS و PTSF	33
الجدول (1-4)	مستويات الخدمة لكل صنف حسب HCM 2010	36
الجدول (1-5)	مستويات الخدمة تبعاً لكثافة التتابع	38
الجدول(1-6)	القيم الحدية لمستويات الخدمة المختلفة	44
الجدول (2-1)	الحجوم المرورية المقاسة في المواقع العشرة	58
الجدول (2-2)	نسبة المناطق التي لا يمكن التجاوز فيها وعدد نقاط الوصول	60
الجدول (2-3)	سرعة الجريان الحر لكل صنف من العربات في كل موقع	61
الجدول (2-4)	نسب التوزيع الاتجاهي للحركة (عكسي/مباشر)	62
الجدول (2-5)	تقييم معايير الأداء	71
الجدول (3-1)	معايير الأداء ومتغيرات تشكل الرتل المدروسة	74
الجدول (3-2)	قيم الغزارات المرورية ومعايير الأداء في مواقع الدراسة	75
الجدول (3-3)	مقارنة بين الحساب النظري والعملي لنسبة التتابع	104
الجدول (3-4)	معاملات الارتباط بين معايير الأداء ومتغيرات تشكل الرتل	105
الجدول (3-5)	مستويات الخدمة للطرق بحارتين باتجاهين وفقاً لمعدل المرور اليومي الأعظمي ونوع المنطقة	109
الجدول (3-6)	مستوى الخدمة تبعاً لقيمة معدل المرور اليومي الأعظمي	110
الجدول (3-7)	التراجع المضاعف لقيم الفواصل التي تميز السرعة	113
الجدول (3-8)	التزايد السنوي للغزارات المرورية على طريق الشيخ بدر–برمانة رعد	114

قائمة الأشكال

رقم الشكل	عنوان الشكل	الصفحة
الشكل(1)	نموذج لطريق ريفي بحارتين باتجاهين	13
الشكل(2)	توضيح الفاصل والرتل	14
الشكل (1-1)	مستوى الخدمة للطرق بحارتين من الصنف I(تخطيطياً)	32
الشكل (1-2)	العلاقة بين الغزارة وكثافة التتابع	39
الشكل (1-3)	العلاقة بين الغزارة والسرعة لعربات الركاب	40
الشكل (1-4)	العلاقة بين الغزارة وكثافة التتابع	40
الشكل (1-5)	تغيرات كثافة التتابع تبعاً لأنصاف الأقطار عند قيم مختلفة للغزارة	42
الشكل (1-6)	العلاقة بين نسبة الغزارة وكثافة التتابع في اتجاه السفر	43
الشكل (1-7)	العلاقة بين القياسات الحقلية للغزارة والاختلاف الرئيس في السرعة بين العربات المتعاقبة	45
الشكل (1-8)	نموذج لحارة التجاوز على طريق سريع بحارتين باتجاهين	46
الشكل (1-9)	حالات توضع حارات التجاوز على الطرق بحارتين باتجاهين	47
الشكل (1-10)	نموذج لحارة تجاوز على طريق ريفي بحارتين باتجاهين	49
الشكل (2-1)	مواقع تجميع البيانات على الطريقين المدروسين	52
الشكل (2-2)	مواقع الدراسة على طريق الشيخ بدر-برمانة رعد	53
الشكل (2-3)	جهاز Viacount II المستخدم في جمع البيانات	54
الشكل (2-4)	توضع الجهاز على جانب الطريق	55
الشكل (2-5)	واجهة برنامج جهاز Viacount II	56
الشكل (2-6)	طريقة القياس في الموقع (1)	57
الشكل (2-7)	توزع عدد العربات خلال نهار كامل	57

الشكل (2-8)	توزع أعداد العربات كل 5 دقائق خلال ساعة كاملة في الموقع (1)	60
الشكل (2-9)	التركيب النوعي للحركة على طريق (الشيخ بدر- برمانة رعد)	63
الشكل (2-10)	توزع السرعات على طريق (الشيخ بدر- برمانة رعد)	63
الشكل (2-11)	منحني توزع السرعات لطريق (الشيخ بدر- برمانة رعد)	64
الشكل (2-12)	منحني توزع السرعات للعربات السياحية على المسار الأول	64
الشكل (2-13)	التركيب النوعي للحركة على طريق (الشيخ بدر- القمصية)	65
الشكل (2-14)	توزع السرعات على طريق (الشيخ بدر- القمصية)	66
الشكل (2-15)	منحني توزع السرعات لطريق (الشيخ بدر- القمصية)	66
الشكل (2-16)	منحني توزع السرعات للعربات السياحية على المسار الثاني	67
الشكل (3-1)	العلاقة بين ATS و ATSpc مع الغزارة بالاتجاه المباشر في مواقع الدراسة	78
الشكل (3-2)	العلاقة بين ATS/FFS و ATSpc/FFSpc والغزارة بالاتجاه المباشر	80
الشكل (3-3)	العلاقة بين نسبة التتابع والغزارة بالاتجاه المباشر في مواقع الدراسة	82
الشكل (3-4)	العلاقة بين كثافة التتابع والغزارة بالاتجاه المباشر في مواقع الدراسة	84
الشكل (3-5)	العلاقة بين الغزارة بالاتجاه المعاكس و ATS،ATSpc في مواقع الدراسة	86
الشكل (3-6)	العلاقة بين الغزارة بالاتجاه المعاكس و ATS/FFS،ATSpc/FFSpc في مواقع الدراسة	88
الشكل (3-7)	العلاقة بين الغزارة بالاتجاه المعاكس ونسبة التتابع في مواقع الدراسة	90
الشكل (3-8)	العلاقة بين الغزارة بالاتجاه المباشر وكثافة التتابع في مواقع الدراسة	92
الشكل (3-9)	العلاقة بين السرعة المتوسطة ونسبة العربات الثقيلة في مواقع الدراسة	94
الشكل (3-10)	العلاقة بين نسبة العربات الثقيلة ونسب السرعة في مواقع الدراسة	96
الشكل (3-11)	العلاقة بين نسبة العربات الثقيلة ونسبة التتابع في مواقع الدراسة	98
الشكل (3-12)	العلاقة بين نسبة العربات الثقيلة وكثافة التتابع في مواقع الدراسة	100
الشكل (3-13)	العلاقة بين الغزارة بالاتجاه المباشر	106

الشكل (3-14) درجة الارتباط بين الغزارة بالاتجاه المباشر ونسبة التتابع 106
الشكل (3-15) درجة الارتباط بين نسبة السرعة (ATS/FFS) وHV% 107
الشكل (3-16) العلاقة بين التوزع الاتجاهي للغزارة والسرعة المتوسطة في مواقع الدراسة 108
الشكل (3-17) العلاقة بين الفواصل الزمنية بين العربات والسرعة 112

قائمة المصطلحات والاختصارات

معدل سرعة الرحلة	ATS (Average Travel Speed)
معدل سرعة الرحلة لعربات الركاب	ATS_{PC} (Average Travel Speed of Passenger Cars)
كثافة التتابع	FD (Following Density)
سرعة الجريان الحر	FFS (Free Flow Speed)
سرعة الجريان الحر لعربات الركاب	FFS_{PC} (Free Flow Speed of Passenger Cars)
نسبة الإعاقة	PI (Percent Impediment)
دليل سعة الطرق السريعة	HCM (Highway Capacity Manual)
نسبة الزمن الذي تتبع فيه العربة بحركتها لحركة عربة أخرى	PTSF (Percent Time Spent Following)
مستوى الخدمة	LOS (Level of Serves)
الكثافة	D (Density)
الغزارة	Q (Flow)
نسبة العربات الثقيلة	HV (Heavy Vehicles Percent)
معامل ساعة الذروة	PHF (peak hour factor)

المقدمة Introduction :

إنّ للطرق دوراً أساسياً وهاماً في حياة الفرد والمجتمع، ويعتمد ذلك على تطورها ونوعيتها ومواصفاتها، حيث تشكل الطرق صلة الوصل بين المناطق المختلفة، وذلك بمختلف أنواعها من طرق سريعة وشوارع وطرق محلية وطرق ريفية.

تشكل الطرق الريفية قسماً كبيراً من شبكة الطرق الموجودة، وخاصةً تلك المكوّنة من حارتين باتجاهين والتي تخصص كلٌ منهما للحركة باتجاه، ولذلك فإنّ عملية التجاوز على إحدى الحارتين تأخذ جزءاً من الحارة المعاكسة، ويمكن القيام بعملية التجاوز فقط عند توفر مسافة رؤية كافية وعند وجود ثغرات في تيار المرور القادم بالاتجاه المعاكس. تعد معظم الطرق الريفية بحارتين باتجاهين منشآت جريان مستمر للمرور(أي أنّها تملك تحكماً قليلاً بالمرور ونقاط وصول قليلة)، ولذلك فإنّ ظروف التشغيل تعتمد بشكل رئيسي على التفاعل بين العربات [9]، ونتيجة زيادة عدد العربات على الطرق لا بدّ من أخذ التفاعل بين هذه العربات بعين الاعتبار، بالإضافة إلى أن قسماً من هذه الطرق يقع في المناطق الجبلية مما يجعلها ذات ميول طولية كبيرة تؤثر بشكل كبير على هذا التفاعل.

يفرض الاختلاف في سرعة الحركة وجود تباين بين سرعات العربات مع قيود على إمكانيات تجاوز العربات التي تسير بسرعات أعلى للعربات الأبطأ منها، حيث يزداد الطلب على التجاوز مع زيادة حجم المرور، بينما تنخفض إمكانية التجاوز بزيادة حجم المرور في الاتجاه المعاكس، كما يتشكل الرتل عندما لا تستطيع العربات المسرعة تجاوز العربات الأبطأ، وهذا ما يفسر التفاعل المميز على الطرق بحارتين باتجاهين ويوضح كذلك تأثير الجريان في أحد الاتجاهين على الجريان في الاتجاه الآخر، والشكل (1) يوضح نموذجاً للطرق الريفية بحارتين باتجاهين.

غالباً ما يبحث مهندسو المرور عن طرق وأساليب لتحديد سعة المرور ولتقييم مستوى الأداء لمنشآت الطرق المختلفة، ولتحديد مستوى الأداء بطريقة موثوقة، فقد حاول المهندسون استعمال معايير أداء مختلفة الاستعمال ومفهومة بسهولة من قبل مستخدمي الطريق.

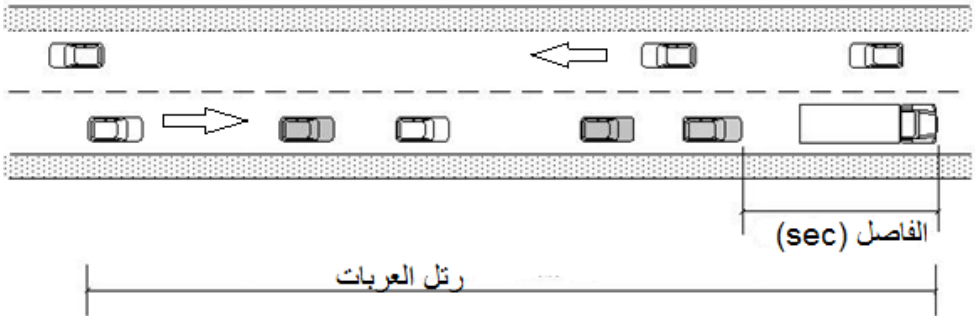
الشكل(1) نموذج لطريق ريفي بحارتين باتجاهين

إنّ تقييم الأداء المروري للطرق الريفية بحارتين باتجاهين عملية معقدة بسبب الخصائص التي تتميز بها، وبشكل عام يتم تقييمها باستخدام معايير متعددة منها: معدل سرعة الرحلة (ATS)، معدل سرعة الرحلة لعربات الركاب(ATS_{PC})، معدل سرعة الرحلة كنسبة من سرعة الجريان الحر(ATS/FFS)، معدل سرعة الرحلة لعربات الركاب كنسبة من سرعة الجريان الحر لعربات الركاب(ATS_{PC}/FFS_{PC})، كثافة التتابع(FD)، النسبة المئوية للإعاقة(PI) وغيرها من المعايير....

الإشكالية Problem Statement :

إنّ دليل سعة الطرق السريعة (HCM) استخدم نسبة الزمن الذي تكون فيه العربة تابعة لعربة أخرى (PTSF) كمعيار أولي ووحيد لتحديد مستوى الخدمة (LOS) للصنف II من الطرق بحارتين باتجاهين، حيث عرّفت PTSF كـ : (النسبة المئوية المتوسطة للزمن الذي يجب فيه على العربة السير خلف العربات الأبطأ بسبب عدم إمكانية التجاوز). [17]

إنّ إجراءات HCM تستخدم المعادلات و القياسات الحقلية لتقدير PTSF، وهناك صعوبة كبيرة في قياس قيم PTSF بشكل حقلي، لذلك اقترحت HCM معيار بديل وهو نسبة العربات التابعة (أي نسبة العربات التي تسير بفواصل أقل من 3sec)، وكشفت الدراسات أنّ نتائج معادلات PTSF تتعارض مع قاعدة الـ 3sec، وبسبب مثل هذا التقييد في معيار PTSF تمّ إدخال معايير أداء بديلة من قبل العديد من الباحثين من بلدان مختلفة لتناسب الظروف المحلية، وهذه المعايير البديلة تشمل: كثافة التتابع، معدل سرعة الرحلة لعربات الركاب، نسبة الرتل (النسبة المئوية للفواصل الأقل من 3sec)، الكثافة، نسبة إعاقة العربة (PI) وغيرها، ويوضح الشكل (2) مفهوم الفواصل بين العربات ومفهوم الرتل.



الشكل(2) توضيح الفاصل والرتل

كما أنّ قياس أداء المرور للطرق الريفية بحارتين باتجاهين يشكل عملية معقدة بسبب مميزات خاصة تتمتع بها هذه الطرق، حيث تخصص كل حارة للحركة باتجاه، وبالنتيجة يوجد مستوىً عالٍ من التفاعل بين العربات التي تسير عليها ليس فقط لنفس الاتجاه وإنّما لكلا الاتجاهين، وغالباً ما يبحث مهندسو المرور عن طرق لتحديد سعة المرور وكفاءة الجريان المروري لهذه الطرق.

هدف البحث Objective/Scope:

إنّ الهدف الرئيس من هذا البحث هو دراسة معايير أداء يمكن استخدامها كمؤشرات للأداء على الطرق الريفية بحارتين باتجاهين وبيان مدى ملاءمتها للظروف المحلية

وتقدير الخصائص التشغيلية لحركة المرور على هذه الطرق، وذلك باستخدام بيانات من بعض الطرق الريفية في محافظة طرطوس، حيث تمّ اختبار ستة معايير أداء هي:

1- معدل سرعة الرحلة (ATS).

2- معدل سرعة الرحلة لعربات الركاب (ATS_{PC}).

3- معدل سرعة الرحلة كنسبة من سرعة الجريان الحر (ATS/FFS).

4- معدل سرعة الرحلة لعربات الركاب كنسبة من سرعة الجريان الحر لعربات الركاب(ATS_{PC}/FFS_{PC}).

5- نسبة التتابع percent followers (PF).

6- كثافة التتابع Follower Density (FD).

بالإضافة إلى دراسة عدد من العوامل التي قد تؤثر على الأداء المروري للطرق الريفية مثل نسبة التوزع الاتجاهي للحركة.

الأهمية Significance:

إنّ إدارة الحركة المرورية على الطرق بشكل عام تعتمد الاستثمار الأمثل للمنشآت القائمة عبر إجراءات وتحسينات قليلة التكاليف، فهذا البحث يمكن أن يشكل أساساً للدراسات الاقتصادية على الطرق، وسيتم إجراء تقييم متعدد المعايير بهدف ايجاد المعايير الأكثر تأثيراً على الخصائص التشغيلية للطرق الريفية بحارتين باتجاهين..

إنّ هذا البحث هام في تحديد دقة المعايير المستخدمة في تقييم الأداء المروري، حيث يجب على معايير الأداء أن تصف بشكل دقيق مقدار تشكل الرتل على الطريق، فعندما يبالغ معيار أداء أو يقلل من حدة تشكل الرتل فإنّ ذلك يؤدي إلى جعل الطريق يخضع للتحسين عند عدم الحاجة له أو قد يفاقم المشاكل المتعلقة بتشكل الرتل عليه.

إنّ خضوع الطريق للتحسين عند عدم الحاجة مثل تحسين الطريق بحارتين باتجاهين ليصبح أربع حارات باتجاهين هو إجراء مكلف جداً، كما أنّ تشكل الرتل يوثر على راحة مستخدمي الطريق وعلى السلامة .

منهجية الدراسة Research methodology:

تتألف هذه الدراسة من قسمين:

1- الدراسة النظرية:

حيث تمّ عرض الجانب النظري للدراسة من خلال الاستعانة بالمراجع والمقالات العلمية والأطروحات السابقة ذات الصلة بموضوع الدراسة.

2- الدراسة العملية:

وقد تمت الدراسة وفق مرحلتين:

2-1- مرحلة العمل الحقلي:

تتضمن هذه المرحلة مايلي:

- اختيار مواقع الدراسة ووصفها هندسياً: فقد تمّ اختيار عشرة مواقع من الطرق الريفية بحارتين باتجاهين في محافظة طرطوس، وتم توصيفها من حيث موقعها وطبيعتها وعناصرها الهندسية.
- جمع البيانات المرورية اللازمة: فقد تمّ تجميع البيانات المرورية لمدة ساعتين في كل موقع باستخدام جهاز Viacount II خلال ساعات الذروة المرورية .

2-2- مرحلة تحليل ومعالجة البيانات:

تتضمن هذه المرحلة:

- معالجة البيانات وتحليلها وحساب معايير الأداء المحددة في البحث وربطها مع بعضها، حيث تمت معالجة البيانات من خلال إجراء تحليلين هما التحليل البياني وعامل الارتباط.

- وضع استنتاجات وتوصيات بما يخص موضوع الدراسة.

تنظيم البحث Research Organization:

تضمن البحث أربعة فصول:

الفصل الأول: يتضمن المفاهيم الأساسية المتعلقة بالطرق بحارتين باتجاهين بالإضافة الى تصنيفاتها، كما تمّ عرض النتائج الأساسية للدراسات المتعلقة بمعايير تقييم الأداء المروري على الطرق بحارتين باتجاهين.

الفصل الثاني: يغطي هذا الفصل الناحية الحقلية والعملية للبحث ويشمل تحديد وتعريف المعايير المستخدمة في البحث، واختيار مواقع الدراسة، وأدوات تجميع البيانات، والحصول على النتائج وتفريغها وتنظيمها في جداول.

الفصل الثالث: يضم هذا الفصل التحليل البياني والإحصائي (درجة الارتباط) للبيانات التي تمّ جمعها، ودراسة تأثير التوزع الاتجاهي للحركة، بالإضافة إلى دراسة ظاهرة تشكل الرتل على الطرق بحارتين باتجاهين.

الفصل الرابع: مناقشة النتائج والاستنتاجات ووضع التوصيات.

الفصل الأول

الطرق الريفية بحارتين باتجاهين

Two-way, Two-lane rural roads

الطرق الريفية بحارتين باتجاهين

Two-way, Two-lane rural roads

1-1 تعريف Definition:

الطريق بحارتين عبارة عن طريق مكون من حارتي مرور تخصص كل حارة للحركة باتجاه واحد، حيث تتم عملية التجاوز باستخدام الحارة على الاتجاه المعاكس، وترتبط إمكانية القيام بهذه العملية بالفواصل بين عربات الاتجاه المعاكس وبمسافات الرؤية.

تعتبر الطرق بحارتين عنصراً أساسياً في نظام الطرق لمعظم الدول، حيث توجد هذه الطرق في كافة المناطق الجغرافية وتخدم مجالاً واسعاً من الحركات المرورية (حيث تشكل الطرق بحارتين باتجاهين أكثر من 80% من إجمالي الطرق في سوريا و 77% من إجمالي الطرق في الولايات المتحدة الأمريكية). يختلف نوع الحركة على الطرق بحارتين باتجاهين عن الحركة المتقطعة وتتأثر الحركة على اتجاه معين بالحركة على الاتجاه الآخر.

إنّ الوظيفة الرئيسة للطرق بحارتين هي الربط بين منابع الحركة الرئيسة حيث تقوم بتخديم المسافرين لمسافات طويلة نسبياً (لأغراض تجارية أو سياحية أو غيرها).

2-1 تصنيف أنظمة الطرق الريفية Classification the systems of rural roads:

يشمل النظام التصنيفي الوظيفي الريفي الربط بين منابع الحركة (مولدات الحركة) بشكل يتم فيه حصر وتوجيه الرحلات على الشبكة الطرقية ، ويتم تقسيم المراكز ومولدات الحركة ضمن مجموعات حسب حجومها لتستخدم كدليل في عملية التصنيف.[1]

1-2-1 أنظمة الطرق الشريانية الرئيسة والثانوية Major and minor arterial road systems:

تصنف الطرق الريفية الشريانية إلى شريانات رئيسة وشريانات ثانوية، ويتم ذلك بإعداد خرائط لشبكة الطرق، حيث تتم الاستفادة القصوى من الخرائط المتوفرة دون أن تدخل التقسيمات الإدارية ضمن عملية التصنيف الوظيفي.

تخدم الشريانات الرئيسة المحاور ذات المسافات الطويلة وحجوم المرور المرتفعة، ولا تتضمن الربط مع الملكيات الخاصة المجاورة، وإنّما يكون الربط مع طرق شريانية ثانوية أو طرق تجميعية رئيسة، بينما تستخدم الشريانات الثانوية للارتباط مع الشريانات الرئيسة وتخدم مسافات الرحلات المتوسطة مع قيود أقل على الارتباطات الفرعية الممكنة مع هذه الطرق.

1-2-2 نظام الطرق التجميعية الريفية Collecting rural road system:

عند تحديد محاور الطرق التجميعية يجب إلقاء نظرة عامة وشاملة للمنطقة وتشمل:

- مواقع التجمعات السكانية بما فيها التجمعات التي لا يتم تخديمها بنظام ربط طرقي متطور.
- مواقع توليد الحركات المرورية الهامة غير التجمعات السكانية (مدارس، حدائق، مراكز تجارية أو صناعية).
- أية محاور تقع ضمن المنطقة بحيث تمر عليها غزارات مرورية أعلى من المعدل الوسطي للطرق في تلك المنطقة (وتؤخذ من مخططات أو جداول الغزارات المرورية).

تخصص الطرق التجميعية لنقل الحركة بين الطرق المحلية إلى الطرق الشريانية الثانوية، كما تخدم هذه الطرق المناطق الرئيسة المجاورة، وهناك تقييد شديد للوصول إلى الملكيات الخاصة الصغيرة المجاورة لهذه الطرق.

3-2-1 نظام الطرق المحلية Local roads system:

وهي الطرق المخصصة لتخديم وربط الملكيات الخاصة، وهي تضمن الانتقال الآمن من نقاط الجذب المختلفة إلى المحاور ذات السرعة المسموحة الأعلى.

ويبيّن الجدول التالي الأسس التصميمية للطرق الريفية حسب التصنيف الوظيفي:

الجدول (1-1) الأسس التصميمية للطرق الريفية[1]

صنف الطريق	شريان ثانوي	تجميعي	محلي
الغزارة التصميمية (عربة/يوم)	1700>	1000>	300>
السرعة التصميمية (كم/سا)	80	65	50-40
عرض حارة المرور (م)	3.75	3.5	3.5-3.25
عرض الأكتاف الجانبية (م)	1.25	1.25-0.5	0.5-0
نوع الأكتاف الجانبية	معبدة	حصوية	ترابية
عرض جسم الطريق (م)	10.25	9.0	8.0
عرض حرم الطريق	24	24	15
الميل الأعظمي (%)	5	9	10
الحد الأدنى للمسافة بين التقاطعات (م)	200	70	30
مسافة الرؤية للتوقف (م)	150-125	60	60

كما يبيّن الجدول (1-2) مستويات الخدمة التصميمية لكلّ صنف من أصناف الطرق.

الجدول (1-2) مستويات الخدمة التصميمية لكل صنف من أصناف الطرق[1]

نوع الطريق	ريفية/مستوية	ريفية/هضبية	ريفية/جبلية	حضرية
شريان رئيس	B	B	B	C
شريان ثانوي	B	B	C	C
تجميعي	C	C	D	D
محلي	D	D	D	D

3-1 تصنيف الطرق بحارتين باتجاهينClassification two-lane roads:

1- **الصنف I**: يمتاز بأنّ السرعات عالية نسبياً، وتشكل الطرق بحارتين المحاور الرئيسة للربط بين المدن أو الشريانات الرئيسة بين منابع الحركة، حيث أنّ محاور الانتقال اليومي كلها تصنف ضمن الصنف I الذي يخدّم رحلات المسافات الطويلة أو يقوم بالربط بين مواقع تخدم رحلات المسافات الطويلة.

2- **الصنف II**: لا يتوقع أن تكون السرعات عالية عليه، ويخدم الطريق بحارتين كمحور ربط مع الصنف I أو كطريق استجمام، أو كطرق عبر مناطق وعرة التضاريس، ويخدم هذا النوع عادةً رحلات المسافات القصيرة والتي يكون هناك أهمية فيها للمناظر الطبيعية.

3- **الصنف III** : تخدم المناطق الريفية المتوسطة التطوير، وهو جزء من الصنف I و II ويمر عبر البلدات والتجمعات الصغيرة وعبر مناطق الاستجمام المطورة، حيث يختلط المرور المحلي مع المرور العابر، وتكون السرعات على هذه الطرق منخفضة نسبياً.[17،18]

من المهم ملاحظة أنّ تصنيف الطرق بحارتين باتجاهين يستند على توقعات السائقين أكثر من وظيفة الطريق، فعلى سبيل المثال: الطريق الواصل بين مدينتين

رئيستين والذي يجتاز مناطق جبلية متعرجة يمكن أن يصنف بالصنف II أكثر من الصنف I، حيث يشعر السائقون بأنّه لا يمكن تحقيق السرعات العالية على الطريق، ومن ناحية أخرى لتصنيف الطرق بحارتين باتجاهين فإنّ منشآت الطرق تدرج تحت الجريان المستمر، حيث تكون الحركة مستندة بشكل كبير على التفاعلات بين العربات المتحركة في نفس الاتجاه بالإضافة إلى الاتجاه المعاكس.

تعرف منشآت الجريان المستمر حسب HCM2000 (بأنّها فئة من المنشآت والتي لا يوجد عليها مسببات ثابتة للتأخير أو أية اعاقات (أدوات تحكم) لنظام الحركة المرورية، مثل الطرق الحرة والتقاطعات غير المنظمة بإشارات ضوئية للطرق الريفية المتعددة الحارات باتجاهين).[17]

إنّ الجريان المنتظم يوجد بشكل أساسي على الطرق الحرة، حيث يكون المرور حر الحركة بدون وجود إعاقات خارجية، والتي يمكن أن تحصل نتيجة عدة عوامل ومؤثرات مثل: التقاطعات في مناطق الميول، طرق القيادة، إشارات المرور، وإشارات تمهل أو قف ..... وغيرها. [9]

حسب دليل سعة الطرق السريعة (HCM) فإنّ عمليات المرور على الطرق بحارتين باتجاهين تختلف عن منشآت الجريان المنتظم الأخرى بالنقاط التالية: [17]

1- عمليات تغيير الحارة أو التجاوز تتم باستخدام الحارة المعاكسة للحركة فقط.

2- يزداد الطلب على التجاوز بزيادة حجوم المرور.

3- إنّ سعة التجاوز في الاتجاه المعاكس تنخفض بزيادة حجوم المرور.

من أجل القيام بعملية التجاوز والعبور للعربات المتحركة في نفس الاتجاه على الطرق بحارتين باتجاهين، على هذه العربات استخدام الحارة الأخرى والمستخدمة من قبل المرور المعاكس، حيث تتأثر إمكانية التجاوز على الطرق بحارتين باتجاهين بمجموعة من العوامل تتضمن ما يلي[9]:

1- حجوم المرور في اتجاه الحركة (المباشر والمعاكس).

2- تفاوت السرعة بين العربات التي تقوم بالتجاوز والعربات المُتجاوزة.

3- الخصائص الهندسية للطريق.

4- توفر مسافة الرؤية.

5- زمن رد فعل السائق وقبول الثغرات (العوامل البشرية).

عندما لا تستطيع العربات تجاوز العربات الأبطأ بدون تأخير يبدأ الرتل بالتشكل، مما يؤدي إلى زيادة في مقدار الفواصل الزمنية القصيرة كما يؤدي إلى انخفاض السرعة المتوسطة للعربة على الطريق. إنّ هذا الانخفاض في السرعة على الطرق بحارتين باتجاهين يؤدي غالباً إلى انخفاض السلامة ومستوى الخدمة على الطريق.

4-1 الشروط الأساسية للطرق بحارتين باتجاهين Base Conditions for two lane roads:

تعتبر الحالة الأساسية للطرق بحارتين هي عدم وجود أي قيود هندسية أو مرورية أو عوامل بيئية محيطة، وتشمل هذه الحالة:

1. عرض حارة المرور 3.6m أو أكثر.
2. عرض الأكتاف الجانبية الخالية من العوائق يجب أن يكون أكبر أو يساوي 1.8m.
3. عدم وجود مناطق لا يمكن التجاوز ضمنها.
4. عدم وجود أية إعاقات للحركة بسبب أجهزة تنظيم وضبط حركة المرور أو بسبب حركات الانعطاف.
5. المنطقة مستوية (لا توجد ميول طولية كبيرة).

لتحليل الحركة بالاتجاهين تعتبر الحالة الأساسية أنّ الحركة تتوزع بالتساوي على الاتجاهين 50/50، ويكون مجال تغيير التوزع الاتجاهي للحركة على الطرق الريفية 50/50 – 30/70 وعلى طرق الاستجمام قد يصل التوزع الاتجاهي إلى 80/20. [17]

1-5 مستوى الخدمة Level of service (LOS):

يعرّف مستوى الخدمة بأنّه معيار نوعي لتأثير عدد من العوامل تتضمن السرعة وزمن الرحلة وإعاقات المرور وحرية المناورة والسلامة وراحة القيادة والملاءمة وكلفة التشغيل. [17]

ووفق HCM فإنّ هذا المفهوم استند بشكل أساسي على المعايير والخصائص، التي تؤثر مباشرة على نوعية الخدمة المختبرة من قبل مستخدمي المنشأة، ويمكن إدراك هذه المعايير والخصائص بشكل مباشر من قبل السائقين وهي تتجه لوصف نوعية خبرة القيادة، ومن هذه المفاهيم قسمت HCM مستوى الخدمة LOS إلى ست مجموعات هي:

مستوى الخدمة (A): يمثل أعلى كفاءة تخديم لحركة المرور، ويمتاز بحرية اختيار السرعات، حيث أنّ السرعة الوسطية 90km/h وأكثر من أجل الصنف I، كما أنّ أرتال العربات من ثلاث عربات أو أكثر نادرة الحدوث، وأزمنة التأخير لا تتجاوز 35% من زمن الرحلة بسبب العربات البطيئة، ومعدل الغزارة الأعظمي 490pc/h للاتجاهين، ومن أجل الصنف II يمكن أن تنخفض السرعة عن 90km/h ولكن أزمنة التأخير لن تتجاوز 40% من زمن الرحلة.

مستوى الخدمة (B): يتميز الجريان المروري بسرعات بحدود 80km/h أو أكثر بقليل في المناطق المستوية، ومن أجل الصنف I يتعرض السائقون لأزمنة تأخير تصل إلى 50% من زمن الرحلة، كما أنّ معدل غزارة الخدمة قد يصل إلى 780pc/h للاتجاهين، ومن أجل قيم غزارة أعلى من هذه القيم تتشكل أرتال العربات بشكل سيء. من أجل الصنف II يمكن أن تنخفض السرعات عن km/h 80 وتصل أزمنة التأخير حتى 55% من زمن الرحلة.

مستوى الخدمة (C): يمثل زيادة في غزارة العربات والتي ينتج عنها أرتال متزايدة للعربات، وتكرار الإعاقات لعملية التجاوز، كما أنّ السرعة الوسطية تبقى ضمن مجال

أعلى من 70km/h للمناطق المستوية للصنف I، على الرغم من أنّ الطلب على التجاوز أكبر من إمكانيات التجاوز، وبالرغم من أنّ استقرار تيار الحركة فإنه يحصل ازدحام شديد أحياناً، وتبلغ نسبة الزمن الذي تكون فيه حركة العربات تابعة للرتل 65% أو يكون معدل غزارة الخدمة لهذا المستوى 1190pc/h للاتجاهين، أمّا من أجل الصنف II فتنخفض السرعة عن 70km/h وتصل نسبة التأخير إلى 70% من زمن الرحلة.

مستوى الخدمة (D): يكون جريان الحركة غير مستقر، ويميل كل اتجاه من اتجاهات الحركة ليعمل بشكل مستقل من أجل غزارات مرتفعة، وتصبح إمكانية التجاوز صعبة جداً (تقارب الصفر)، حيث تتكرر بشكل واضح أرتال عربات من 5 – 10 عربات، وتستمر السرعة الوسطية بحدود60km/h، أما أزمنة التأخير فتصل إلى 80% من زمن الرحلة، كما أنّ معدل غزارة الخدمة يصل 1830pc/h للاتجاهين، ومن أجل الصنف II تنخفض السرعة عن 60km/h وتصل أزمنة التأخير إلى 85% من زمن الرحلة.

مستوى الخدمة (E): تصل نسبة الزمن الذي تكون فيه حركة العربات تابعة لسابقاتها إلى 80% للطرق من الصنف I و85% للطرق من الصنف II، وتنخفض السرعات عن 60km/h، ويمكن أن تصل حتى 40km/h للطرق التي تكون حالتها أدنى من الحالة الأساسية خاصةً في مناطق الميول.

إنّ إمكانية التجاوز في المستوى E تعد مستحيلة، حيث تصبح أرتال العربات كثيفة، وأعلى غزارة مرورية يمكن حصولها للمستوى E تمثل السعة والتي تبلغ عموماً 3200 pc/h للاتجاهين، وفي هذه الظروف تكون حالة الحركة غير مستقرة ولا يمكن التنبؤ بوضعها، ولكن نادراً ما تحصل ظروف السعة على الطرق الريفية بسبب النقص في الطلب.

مستوى الخدمة (F): يمثل غزارة مرورية مزدحمة جداً مع طلب على الحركة يزيد عن السعة، وتكون السرعات متغيرة بشكل كبير.

1-6 السعة Capacity:

هي المعدل الأكبر لعدد المركبات أو الأشخاص الذي يمكن أن يمر عبر مقطع معين من طريق أو شارع أو ممر مشاة خلال مدة زمنية محددة وتحت ظروف هندسية ومرورية وبيئية معينة.

لحساب السعة وتحليلها لشبكة الطرق ثلاثة أهداف هامة هي:

1- دراسة ملاءمة أو كفاءة الشبكة حالياً أو مستقبلاً لاستيعاب الغزارة المرورية المفروضة عليها، وذلك من خلال حساب حجم المرور الحالي والمستقبلي ومقارنته بالسعة، ويمكن كذلك من هذا التحليل حساب الزمن الذي ستصبح بعدها الشبكة غير قادرة على استيعاب الحركة المرورية المستقبلية.

2- معرفة سعة الطرق مهمة جداً لتصميم شبكة الطرق أو إعادة تأهيلها بحسب متطلبات حركة المرور، وهي تساعد في اختيار نوع الطريق ومواصفاته الهندسية بما يتلاءم مع السعة المطلوبة لتمرير غزارة المرور المتوقعة.

3- تساعد في تحليل العمليات المرورية الهامة وخاصة فيما يتعلق بتحديد أماكن الاختناقات المرورية الحادة على الطرق الحالية أو المتوقعة مستقبلاً، مما يساعد على عمل الترتيبات اللازمة لتحاشي ذلك.

تعتبر السعة للطرق بحارتين باتجاهين 1700 pc/h لكل اتجاه و3200 pc/h للاتجاهين.[17]

1-7 معايير الأداء للطرق الريفية بحارتين باتجاهين:

Performance measures for two-lane rural roads

يعرّف معيار الأداء(الخدمة) بأنّه معيار كمي يستخدم لتحديد مستوى الخدمة (LOS) للطريق.

يقدّم هذا القسم معلومات مرجعية عن كفاءة معيار الأداء الجيد ومعايير الأداء المستخدمة من أجل الطرق الريفية بحارتين باتجاهين في دليل سعة الطرق السريعة (HCM)، كما تم عرض معايير أداء أخرى مستخدمة.

1-7-1 مقدمة Introduction:

عند تحديد معيار الأداء يجب أن نأخذ بالاعتبار كل من نوع البيانات التي نحتاجها حول عملية المرور وكيف سيتم قياس هذه البيانات، حيث تم وضع شرطين لذلك هما[7]:

1- يجب على معايير الأداء المخصصة لتحديد مستوى الخدمة (LOS) أن توضّح وتمثّل كل من السرعة وزمن الرحلة وحرية المناورة وإعاقة الحركة (مدى ملاءمتها).

2- يجب على معايير الأداء أن تكون دقيقة من أجل نسب مرور مختلفة، ولذلك فإنّ معيار الأداء يحدد (على الأقل) درجة الازدحام التي تتعرض لها العربات.

أي أنّ معايير الأداء تحدد نوعية الخدمة (الأداء) ودرجة الازدحام للعربات، حيث تعد درجة الازدحام عاملاً هاماً لأنّ الخدمة الضعيفة لوحدها ليست مبرراً كافياً لتحسين السعة، وعموماً فإنّ مستوى الخدمة المتدني يكون مترافقاً بحجوم مرور عالية.

لقد حدد كل من (Luttinen, Dixon, Washburn, 2005) ستة شروط إضافية خاصة يجب أن تتحقق في أي معيار للأداء على الطرق الريفية بحارتين باتجاهين، ويمكن تلخيص هذه الشروط بالنقاط التالية: [11]

1- يجب على معايير الأداء أن تعكس توقع مستخدمي الطريق حول نوعية الجريان المروري.

2- يجب أن تكون سهلة القياس والتقدير.

3- يجب أن تربط بين المرور وبين ظروف الطريق بطريقة واضحة معبرة.

4- أن تكون متناسبة(منسجمة) مع معايير الأداء للمنشآت الأخرى.

5- تصف ظروف الازدحام وعدم الازدحام.

6- تكون مفيدة في تحليل ما يتعلق بأمان الطريق واقتصادية النقل والتأثيرات البيئية.

المعيار الأول يعني أنّ معيار الأداء يجب أن يعكس توقعات مستخدمي الطريق لنوعية الجريان المروري، حيث أن توقعات مستخدمي الطريق لنوعية الأداء تستند على السرعة وعلى حرية المناورة. وقد أشارت دراسة قام بها الباحث Romana عام 2006 إلى أنّ السائقين عموماً يتوقعون السفر بسرعات قريبة من حدود السرعة، كما يتوقعون بأنّهم سيكونون قادرين على تجاوز العربات المتحركة ببطء في تيار حركة المرور[15]، ووفقاً لدراسة تمت في فنلندا عام 2006، فإن زيادة الكثافة (فواصل قصيرة) ليست السبب الرئيس لمعاناة السائقين، فالعديد من السائقين يسافرون براحة مع فواصل قصيرة طالما هم قادرون على السفر بسرعتهم المطلوبة، وبشكل مختصر فإنّ معايير الأداء الأفضل للطرق الريفية بحارتين باتجاهين هي تلك التي تعكس المعاناة والصعوبات حسب الانخفاض في السرعة تحت حدود معينة، أو الصعوبات المرتبطة بعدم إمكانية تجاوز العربات البطيئة[12].

المعيار الثاني هو أن يكون معيار الأداء سهل القياس والتقدير، أي يجب تجنب معايير الأداء الغير عملية ومعايير الأداء التي لا يمكن قياسها مباشرة في الحقل، فمن المهم أن يكون بالإمكان القياس المباشر لمعيار الأداء لأنّ القياسات الحقلية تسمح بالتحقق من فعالية النماذج الرياضية (المعادلات المستخدمة لتقدير معيار الأداء عندما لا تتوافر البيانات الحقلية).

المعيار الثالث هو أن يربط معيار الأداء بين المرور وظروف الطريق بشكل واضح (أي أن يكون له ارتباط عالٍ مع الجريان).

المعيار الرابع هو أن يكون معيار الأداء منسجم مع معايير الخدمة للمنشآت الأخرى، وهذا المعيار هام لأغراض التخطيط لأنّه يسمح بمقارنة العمليات الحالية للطرق بحارتين باتجاهين مع العمليات المتوقعة بعد إجراء التحسين وتحويل الطريق إلى طرق بأربع حارات باتجاهين.

المعيار الخامس هو أن يصف معيار الأداء كل من ظروف الازدحام وغير الازدحام أي يجب على المعيار أن يُنشئ علاقة مع درجة الازدحام على الطريق.

المعيار السادس هو أن يكون معيار الأداء مفيداً في تحليل ما يتعلق بسلامة الطريق واقتصادية النقل والتأثيرات البيئية، وبالمقابل فإنّ على المهندسين الانتباه للمشاكل الأخرى التي قد تحدث نتيجةً للازدحام (مثل نسبة الحوادث العالية، التأثيرات السلبية على الاقتصاد المحلي، نسب الانبعاث العالية من العربات).

من الصعب ايجاد معيار أداء يجمع كل المؤهلات السابقة، ولكن يمكن استخدام هذه المعايير لتقييم مدى ملاءمة معيار الأداء ومدى قدرته على تمثيل الوضع الحقيقي لحركة المرور.

1-7-2 معايير مستوى الخدمة في دليل سعة الطرق السريعة HCM:

Level service measures in Highway Capacity Manual (HCM)

1-7-2-1 دليل السعة للطرق بحارتين باتجاهين (HCM2000) Highway Capacity Manual: [17]

هناك معياران أساسيان لتقييم أداء الطرق بحارتين باتجاهين حسب HCM2000 هما:

1- نسبة الزمن الذي تكون فيه العربة تابعة لعربة أخرى PTSF (Percent Time Spent Following).

2- معدل سرعة الرحلة ATS (Average Travel Speed).

تعبّر نسبة الزمن الذي تكون فيه حركة العربة تابعة للعربات الأخرى عن حرية المناورة وسهولة وملاءمة الرحلة، وهي عبارة عن النسبة المئوية الوسطية من زمن الرحلة والتي تسير خلالها العربة خلف عربات بطيئة الحركة عند عدم إمكانية التجاوز، إنّ عملية القياس الحقلي لهذه النسبة غير سهلة، ويُعبّر عنها بنسبة العربات التي تسير بفاصل زمني أقل من 3 ثوانٍ في مواقع مختارة تعبّر عن الحركة على كامل الطريق.

إنّ العيب الرئيس من استخدام نسبة العربات التابعة لعربات أخرى كمعيار أداء منفرد هو أنّه لا يعكس بدقة تأثير مستوى المرور، وهو معيار مهم للأداء في تحديد HCM لمفهوم الخدمة، كما أنّ مستويات المرور المنخفضة لديها نسبة عالية من العربات التابعة من الناحية النظرية عندما يكون تباين السرعة مرتفع نسبياً وفرص التجاوز محدودة، وبالتالي فإنّ استخدام نسبة العربات التابعة غير كافٍ.

- معدل سرعة الرحلة عبارة عن طول قطاع من الطريق مقسوماً على معدل زمن الرحلة لكافة العربات التي تجتاز القطاع في الاتجاهين خلال فترة محددة، وهي على صلة بتوقعات مستخدم الطريق لنوعية غزارة المرور.

ويحسب معدل سرعة الرحلة من العلاقة :

$$ATS = FFS - 0.0125\, V_p - f_{np} \qquad (1-1)$$

حيث:

ATS : معدل سرعة الرحلة للاتجاهين (km/h)

F_{np} : معامل التصحيح حسب نسبة القطاعات التي لا يمكن التجاوز ضمنها.

V_p : معدل غزارة المرور (pc/h)

وتحسب سرعة الجريان الحر بالعلاقة التالية:

$$FFS=BFFS - f_{LS} - f_A \qquad (2-1)$$

حيث:

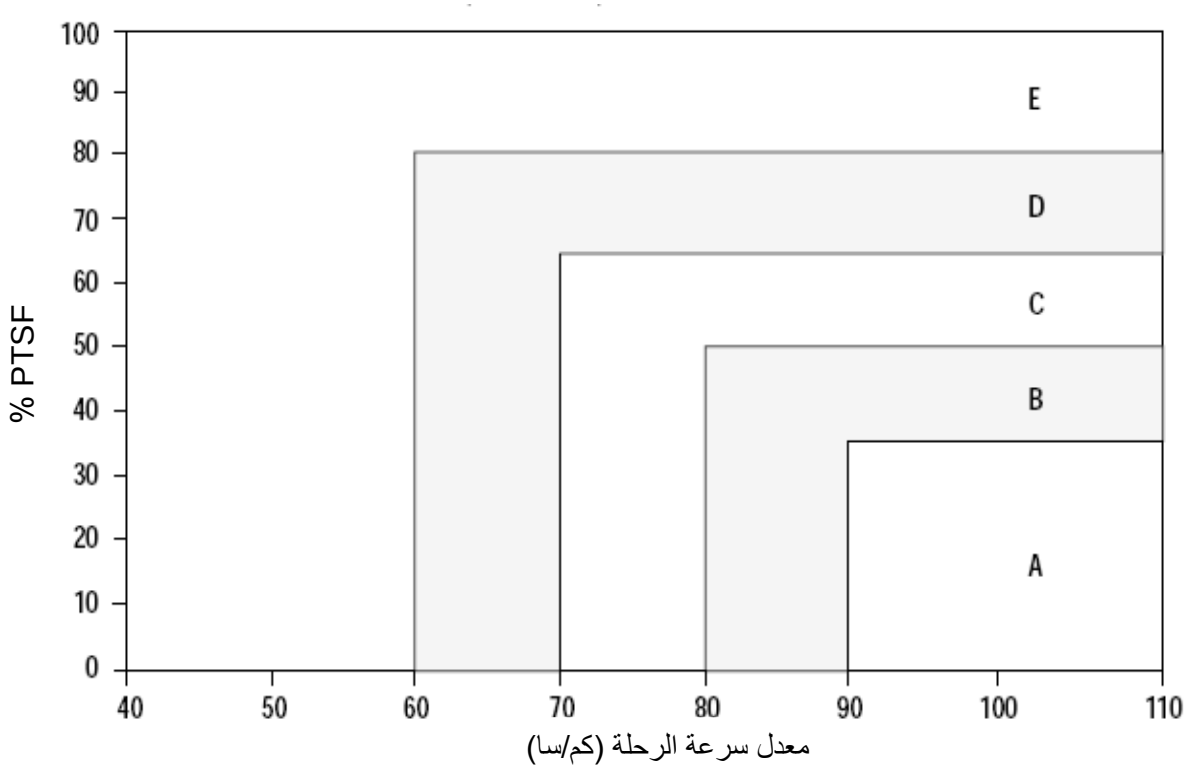
FFS: سرعة الجريان المقدرة Km/h.

BFFS: السرعة الأساسية Km/h.

f_{LS}: معامل التصحيح من أجل عرض حارة المرور والجوانب.

f_A: معامل التصحيح من أجل عدد نقاط الدخول (نقاط الوصل).

والشكل (1-1) يبيّن مستوى الخدمة للطرق بحارتين باتجاهين للصنف I وطريقة تحديدها تخطيطياً.



الشكل (1-1) مستوى الخدمة للطرق بحارتين من الصنف I(تخطيطياً) [17]

1-7-2-1-1حساب نسبة الزمن الذي تكون فيه حركة العربة تابعة لحركة عربات أخرى:

$$PTSF = BPTSF + f_{d/np} \qquad (1-3)$$

حيث:

PTSF : نسبة الزمن الذي تكون فيه حركة العربة خلف عربات أخرى.

BPTSF: النسبة الأساسية للزمن الذي تمضيه العربة خلف عربات أخرى، ويحسب من العلاقة:

$$BPTSF = 100(1 - e^{-0.000879v_p}) \qquad (1-4)$$

حيث:

$f_{d/np}$: معامل تصحيح يأخذ بالاعتبار التأثير المشترك لتوزع الحركة حسب الاتجاه ونسبة القطاعات التي لا يمكن التجاوز ضمنها.

يوضح الجدول (1-3) مستويات الخدمة لكل صنف من أصناف الطرق الريفية بحارتين باتجاهين وذلك حسب قيمة كل من ATS و PTSF.

الجدول (1-3) مستويات الخدمة للصنف I و II حسب قيم كل من ATS و PTSF [17]

LOS	PTSF(%) الصنف I	ATS(km/h) الصنف I	PTSF(%) الصنف II
A	≤35	> 90	≤40
B	> 35–50	> 80–90	> 40–55
C	> 50–65	> 70–80	> 55–70
D	> 65–80	> 60–70	> 70–85
E	> 80	≤60	> 85

إنّ اجراءات HCM تستخدم المعادلات أو القياسات لتقدير PTSF، وهو غير عملي لقياس PTSF في الحقل لذلك اقترحت HCM معيار بديل وهو نسبة العربات التابعة (أي نسبة العربات مع فواصل أقل من 3sec)..

1-7-2-1-2 القطاعات الاتجاهية Directional Sections:

سرعة الجريان الحر:

تحسب وفق الطريقة المعتمدة للطرق بحارتين باتجاهين.

حساب معدل الغزارة:

يحسب معدل الغزارة للاتجاه المدروس وفق العلاقة:

$$V_d = \frac{V}{PHF * f_G * f_{HV}} \qquad (1-5)$$

كما يحسب معدل الغزارة على الاتجاه المعاكس للاتجاه المدروس من العلاقة:

$$v_0 = \frac{V_o}{PHF * f_G * f_{HV}} \qquad (1-6)$$

حيث:

f_G : معامل تأثير الميل ويحسب من الجداول، ويجب أن يعامل أي قطاع اتجاهي بميول صاعدة أكبر من 3% وطول أكبر من 0.4 كم كمناطق ذات ميول محددة، وكذلك المناطق ذات انحدار أكثر من 3% ولمسافة أكبر من 1.0 كم فإنها تعامل كمناطق ذات ميول محددة.

معدل سرعة الرحلة:

$$ATS_d = FFS_d - 0.0125(v_d + v_o) - f_{np} \qquad (1\text{-}7)$$

حيث:

ATS_d: معدل سرعة الرحلة للاتجاه المدروس(km/h)

FFS_d: سرعة الجريان الحر للاتجاه المدروس(km/h)

v_d: معدل الغزارة بالعربة الحسابية للاتجاه المدروس(pc/h)

v_o: معدل الغزارة بالعربة الحسابية على الاتجاه المعاكس للاتجاه المدروس(pc/h) حسب العلاقة :

$$v_0 = \frac{V_0}{PHF * f_G * f_{HV}} \qquad (1-8)$$

حيث:

V_0 : الغزارة بالاتجاه المعاكس (veh/h)

F_{np}: معامل تصحيح حسب نسبة القطاعات التي لا يمكن التجاوز ضمنها للاتجاه المدروس.

تحديد نسبة الزمن الذي تكون فيه حركة العربة تابعة لعربة أخرى:

$$PTSF_d = BPTSF_d + f_{np} \qquad (1-9)$$

حيث:

$PTSF_d$: نسبة الزمن الذي تكون فيه حركة العربة خلف عربات أخرى للاتجاه المدروس.

$BPTSF_d$: النسبة الأساسية للزمن الذي تمضيه العربة خلف عربات أخرى على الاتجاه المدروس، وتحسب من العلاقة:

$$BPTSF_d = 100(1 - e^{a.v_d{}^b}) \quad (1\text{-}10)$$

تؤخذ قيم العوامل b,a من الجداول حسب معدل الغزارة v_o على الاتجاه المعاكس للاتجاه المدروس.

f_{np}: معامل تصحيح يأخذ بالاعتبار تأثير نسبة القطاعات التي لا يمكن التجاوز ضمنها.

1-7-2-2 HCM 2010 :

إنّ منهجية HCM2010 متشابهة جداً مع HCM2000 فيما يخص الطرق بحارتين باتجاهين مع وجود بعض الاختلافات الثانوية، ففي HCM2010 يتم تقييم الطرق بحارتين باتجاهين من خلال التحليل الاتجاهي فقط.

يمكن استخدام HCM2010 من أجل التحليل للاتجاهين من خلال تحليل كل اتجاه بشكل منفصل عن الآخر، وفي هذه النسخة من HCM كما في HCM2000 تستخدم ATS و PTSF كمعايير أداء لتحديد مستوى الخدمة (LOS) للصنف (I) وتستخدم PTSF فقط من أجل الصنف (II)، بينما يتم تحديد مستوى الخدمة للصنف (III) من خلال النسبة المئوية لسرعة الجريان الحر (PFFS). [18]

إنّ معيار الأداء الجديد المستخدم في HCM2010 من أجل الصنف (III) والذي هو النسبة المئوية لسرعة الجريان الحر PFFS يحسب من العلاقة:

$$PFFS = 100\frac{ATS_d}{FFS} \quad (1\text{-}11)$$

حيث:

PFFS: النسبة المئوية لسرعة الجريان الحر (%).

ATS_d: معدل سرعة الرحلة في اتجاه التحليل (km/h).

FFS: سرعة الجريان الحر (km/h).

و يظهر الجدول (1-4) مستوى الخدمة (LOS) من أجل كل صنف من أصناف الطرق بحارتين باتجاهين حسب قيم كل من ATS و PTSF و PFFS.

الجدول (1-4) مستويات الخدمة لكل صنف حسب HCM 2010 [18]

LOS	الصنف I		الصنف II	الصنف III
	ATS(mi/h)	PTSF(%)	PTSF(%)	PFFS(%)
A	> 55	≤ 35	≤ 40	> 91.7
B	> 50-55	> 35-50	> 40-55	> 83.3-91.7
C	> 45-50	> 50-65	> 55-70	> 75-83.3
D	> 40-45	> 65-80	> 70-85	> 66.7-75
E	≤ 40	> 80	> 85	≤ 66.7

1-7-3 معايير أداء أخرى أكثر تطبيقاً في تقييم الطرق بحارتين باتجاهين:

Other measures much used in Evaluation two-lane roads

لقد وجد العديد من الباحثين أنّ منهجية تحليل الطرق بحارتين باتجاهين من قبل HCM غير كافية وهي معيار غير كافٍ لتحديد مستوى الخدمة LOS، كما أنّ كلاً من ATS و PTSF ليست بالضرورة معايير الأداء الأكثر ملاءمة للاستخدام في تقدير أداء الطرق بحارتين باتجاهين، فعلى سبيل المثال: كشفت الدراسات أنّ نتائج معادلات PTSF تتعارض مع قاعدة الـــ 3sec (the 3-S rule)، وبسبب مثل هذا التقييد في معيار PTSF تمّ إدخال معايير أداء بديلة من قبل العديد من الباحثين من بلدان مختلفة لتناسب الظروف المحلية، هذه المعايير البديلة تشمل: كثافة التتابع، معدل سرعة الرحلة لعربات الركاب، نسبة الرتل (النسبة المئوية للفواصل الزمنية الأقل من 3sec)، الكثافة، نسبة إعاقة العربة (PI) وغيرها...

هناك العديد من الأبحاث والدراسات التي تناولت تقييم الأداء المروري على الطرق بحارتين باتجاهين اعتماداً على معايير متعددة وكان من أهم هذه الدراسات:

1- قام Van As عام 2003 بدراسة إمكانية استخدام معايير أداء أخرى للطرق بحارتين باتجاهين وتضمنت المعايير المدروسة: [20]

1- نسبة التتابع.

2- سرعة الرحلة.

3- نسبة انخفاض السرعة حسب الحركة المرورية (كالنسبة المئوية لسرعة الجريان الحر)

4- كثافة المرور.

5- تأخير الرتل الكلي (عربة-ساعة بالميل).

إنّ نسبة التتابع وسرعة الرحلة ونسبة انخفاض السرعة كانت جميعها مهملة لأنّها تحسب فقط من أجل التجارب الشخصية لمستخدمي الطريق ولا تدخل في درجة الازدحام.

توصل الباحث إلى أنّ الكثافة كانت معيار خدمة جيد، ولكنه لم يكن معياراً كاملاً للإعاقات المختبرة من قبل السائقين الموجودين ضمن الرتل، واعتبر كثافة التتابع معيار ثانوي لأنه لا يعد عاملاً في سرعة الرحلة.

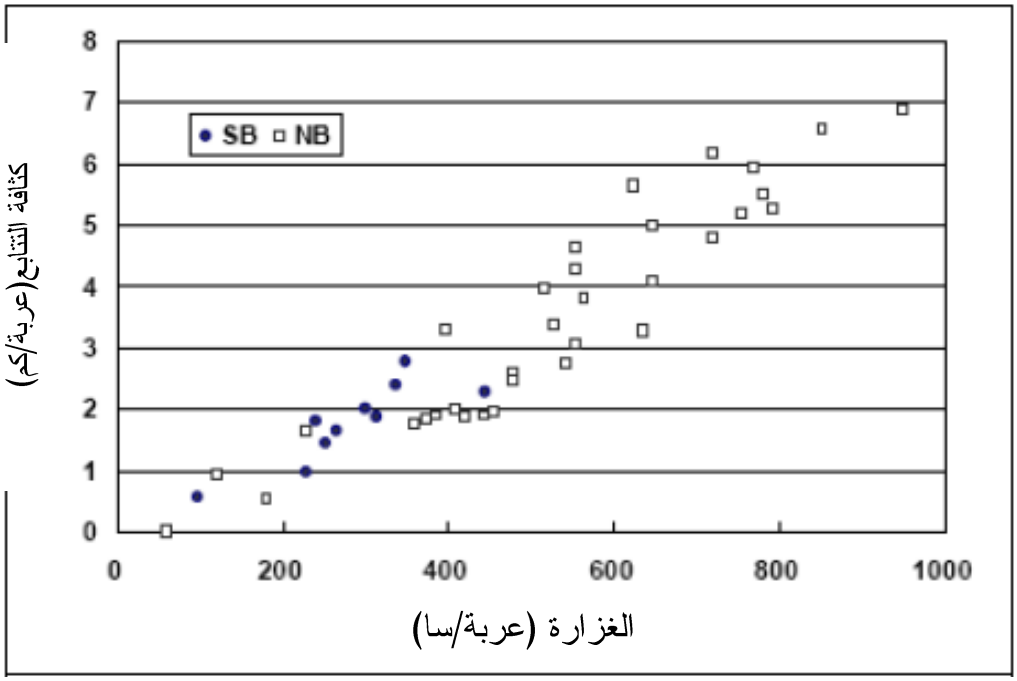
2- استخدمت كثافة التتابع في جنوب إفريقيا كمعيار خدمة للطرق بحارتين باتجاهين منذ 2006 [21]، ويتم حساب كثافة التتابع من خلال ضرب نسبة التتابع (تعرّف كنسبة العربات التي تتحرك بفواصل أقل من 3 ثوان) بكثافة المرور. ويظهر الجدول(1-5) كثافة التتابع من أجل مستويات خدمة مختلفة، وقد قدرت هذه القيم من أجل فترات مؤقتة في جنوب إفريقيا.

الجدول (1-5) مستويات الخدمة تبعاً لكثافة التتابع [21]

مجال كثافة التتابع	كثافة التتابع(المثالية)	LOS
0.3-1.4	1	A
1.3-3.3	2	B
3-6.7	4	C
6.3-9.5	8	D

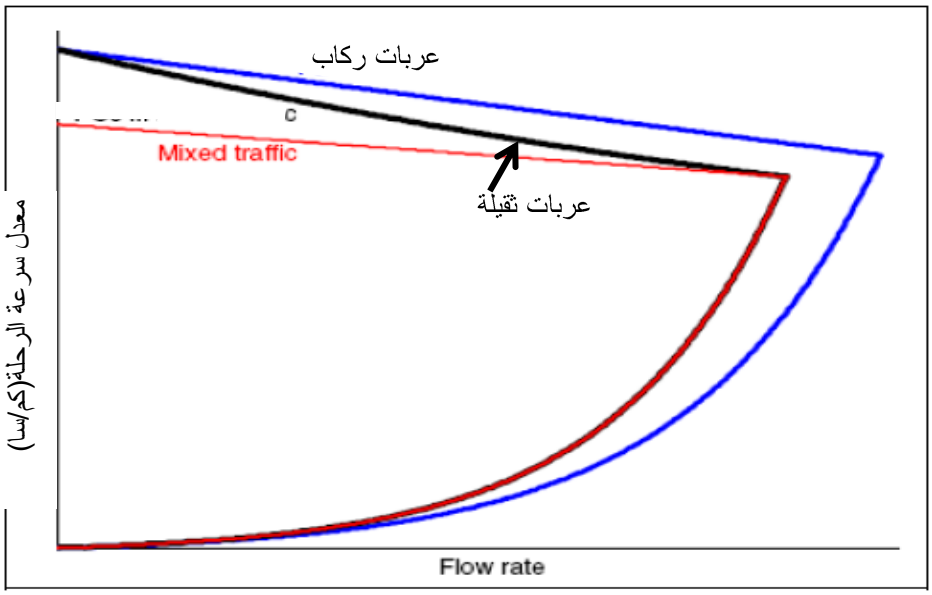
اعتبرت هذه الدراسة كثافة التتابع معيار خدمة جيد لأنّه يقيس كل من حرية المناورة ودرجة الازدحام من خلال نسبة التتابع والكثافة على التوالي، بالإضافة إلى ذلك فإنّ الكثافة تحسب بواسطة العلاقة الرئيسة (الغزارة مقسومة على السرعة المتوسطة)، كما أنّ كثافة التتابع تعتبر معيار خدمة جيد لأنّه يسمح ببعض التطابق والانسجام بين التحليل للطرق بحارتين باتجاهين والطرق السريعة متعددة الحارات.

3- تمت التوصية بكثافة التتابع كمعيار أداء للطرق بحارتين باتجاهين في اليابان من قبل Catbugan عام 2006، وهناك تختلف الطرق بحارتين باتجاهين عن غيرها بأنّها تملك حاجز متوسط يمنع مناورات التجاوز. وقد بيّنت الدراسة وجود علاقة قوية بين كثافة التتابع ومعدل الغزارة من خلال القياسات الحقلية لكثافة التتابع على الطرق بحارتين باتجاهين في اليابان، ويظهر الشكل (1-2) العلاقة بين الغزارة وكثافة التتابع. [4]



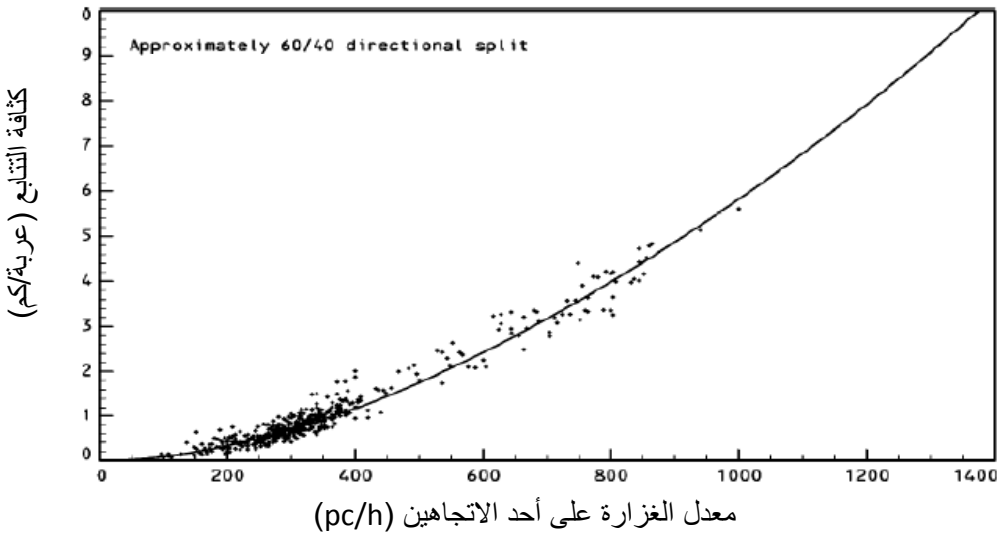
الشكل (1-2) العلاقة بين الغزارة وكثافة التتابع [4]

4- استخدمت فنلندا عام 2006 معياري أداء لتحديد مستوى الخدمة LOS على الطرق بحارتين باتجاهين هما: معدل سرعة الرحلة لعربات الركاب (ATS_{PC}) والنسبة المئوية لتشكل الرتل (النسبة المئوية للفواصل الأقل من 3 ثوانٍ)، حيث تمّ اختيار ATS_{PC} لأنّ سرعات عربات الركاب أكثر تأثراً بزيادة الغزارة من سرعة العربات الثقيلة. وكما هو موضح في الشكل (1-3) فإنّ عربات الركاب تتجه لأن تملك سرعات أعلى من العربات الثقيلة، ولذلك فإنّ سرعات عربات الركاب أكثر تأثراً للزيادة في الغزارة. كما استخدمت فنلندا النسبة المئوية لتشكل الرتل بدلاً من PTSF لأنّه لا يمكن قياس PTSF بشكل دقيق حقلياً، إذ أننا بحاجة لاختبار وتثبيت قياسات PTSF من النماذج. [12]



الشكل (1-3) العلاقة بين الغزارة والسرعة لعربات الركاب [12]

5- قام Van As عام 2007 بدراسة العلاقة بين الغزارة وكثافة التتابع على الطرق بحارتين باتجاهين في جنوب إفريقيا باستخدام كواشف الحلقات الحثية لجمع البيانات، ووجد علاقة من الدرجة الثانية بين الغزارة وبين كثافة التتابع [21] كما يظهرها الشكل (1-4).

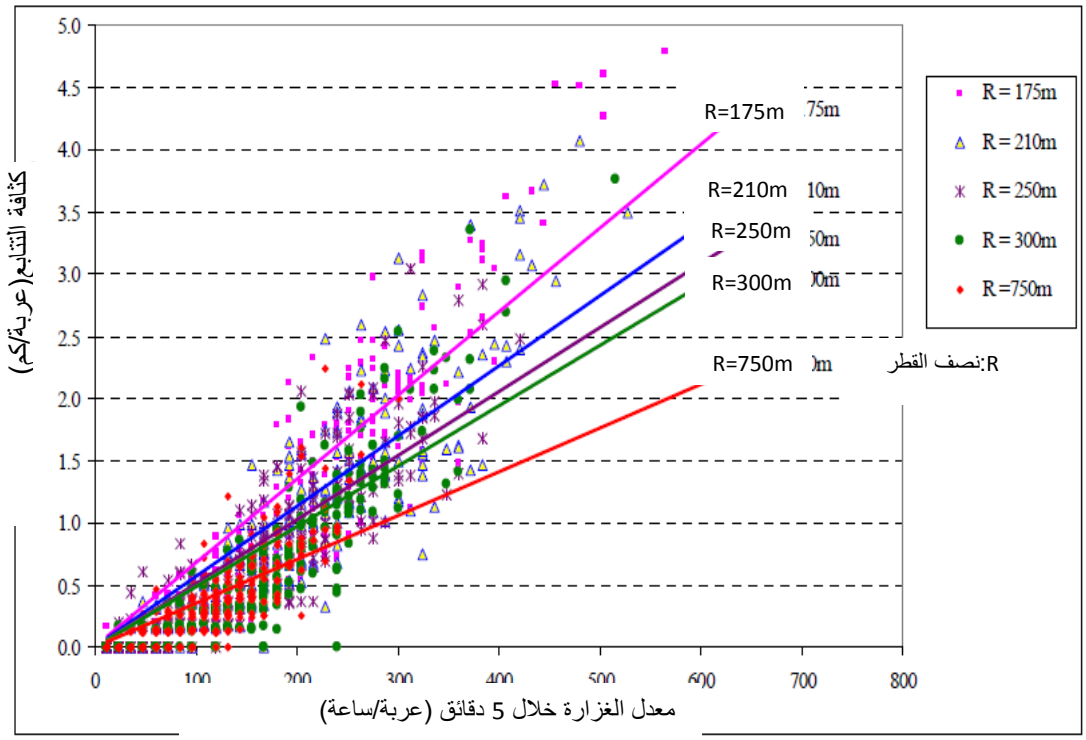


الشكل (1-4) العلاقة بين الغزارة وكثافة التتابع [21]

6- استخدم (AL-Kaisy and Freedman) عام 2010 معياراً جديداً هو نسبة الإعاقة (PI) لحساب الأداء على الطرق بحارتين باتجاهين، ويعرف بأنه النسبة المئوية للعربات التي تتعرض حركتها للإعاقة من قبل العربات الأبطأ ضمن تيار المرور بسبب تشكل الرتل، وتمّ استخدام عدة معايير أخرى هي: نسبة التتابع، كثافة التتابع، نسبة معدل سرعة الرحلة الى سرعة الجريان الحر، وتمّ تشكيل علاقاتها باستخدام التحليل التراجعي. قام الباحثان بجمع البيانات من الطرق بحارتين باتجاهين والمزودة بحارات تجاوز في ولاية مونتانا، ومن أجل اختبار تأثير المرور والمتغيرات الهندسية على الرتل على الطريق تمّ تنفيذ تحليلين قبل وبعد تحليل حارة التجاوز وتحليل الأداء باتجاه الحركة، ومن أجل التحليل السابق فإن PI أظهرت تحسينات هامة في الأداء بالمقارنة مع نسبة التتابع وكثافة التتابع، وتبين أن النسبة (ATS/FFS) لا تتأثر بالرتل. إن PI أسس ارتباطاً عالياً نسبياً مع معايير الأداء الأخرى ومع متغيرات تشكل الرتل ماعدا حجم المرور، ومن خلال تحليل الانحدار وجد بأن PI تمثل النموذج الأقوى. [2]

7- تمّت دراسة تأثير المسار الأفقي على أداء المرور للطرق بحارتين باتجاهين من قبل (Shawky and Hashim) عام 2010 باستخدام كثافة التتابع كمؤشر أداء مناسب لقياس الفعالية (MOE) كبديل لـــ PTSF (نسبة الزمن الذي تتبع فيه حركة العربة لحركة عربة أخرى)، والتي كان من الصعب قياسها حقلياً. تمّ تجميع بيانات المرور من مواقع تقع منتصف المماسات ومنتصف (ذرى) المنحنيات وذلك لتسعة مواقع مختلفة مع خصائص متنوعة للمسار الأفقي، وتمّ تشكيل عدد من العلاقات بين كثافة التتابع ومعدل الغزارة وخصائص المسار الأفقي (أنصاف أقطار المنحنيات، أطوال المماسات) ومعدل السرعة، وكان من الملاحظ ارتفاع كثافة التتابع بتناقص أنصاف الأقطار أو أطوال المماسات عند نفس معدل الغزارة، وقد قاما بتحليل الاختلافات بين كثافة التتابع على المنحنيات والمماسات المجاورة، وقد تأثرت كثافة التتابع بشكل كبير عند أنصاف الأقطار الأقل من (400m) ولكن لم يلاحظ تأثير هام للمنحنيات التي أنصاف أقطارها أكبر من (450m). [16]

يوضح الشكل (1-5) تأثير أنصاف أقطار المنحنيات الأفقية على كثافة التتابع عند معدلات مختلفة للغزارة.

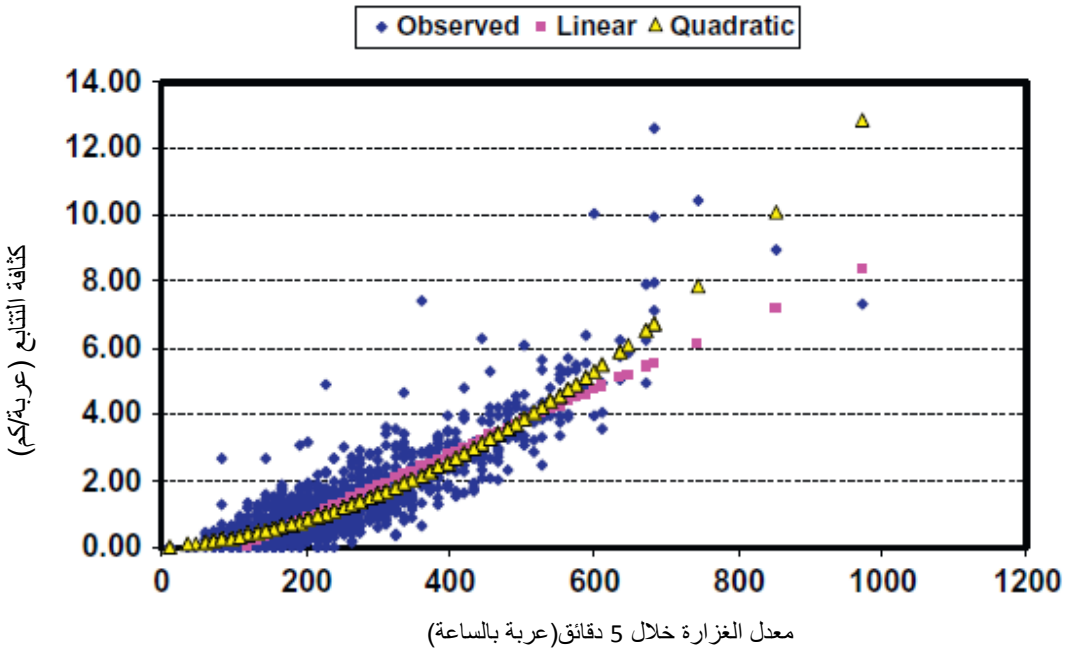


الشكل (1–5) تغيرات كثافة التتابع تبعاً لأنصاف الأقطار عند قيم مختلفة للغزارة [16]

8– قام (Hashim and Abdel–Wahed) عام 2011 في مصر بتأسيس علاقة بين معايير الأداء المروري على الطرق الريفية بحارتين باتجاهين وظاهرة تشكل الرتل (platooning) باستخدام معايير الأداء التالية: [6]

معدل سرعة الرحلة (ATS)، معدل سرعة الرحلة لعربات الركاب (ATS_{pc})، معدل سرعة الرحلة كنسبة من سرعة الجريان الحر (ATS/FFS)، ATS_{pc} كنسبة من سرعة الجريان الحر لعربات الركاب (ATS_{pc}/FFS_{pc})، نسبة التتابع (PF)، كثافة التتابع (FD)، نسبة الإعاقة(PI).

وتمّ توضيح ظاهرة تشكل الرتل من خلال ثلاثة متغيرات هي :الغزارة باتجاه الرحلة والغزارة بالاتجاه المعاكس ونسبة العربات الثقيلة، ويوضح الشكل (1–6) العلاقة بين معدل الغزارة وكثافة التتابع.



الشكل (1-6) العلاقة بين معدل الغزارة وكثافة التتابع في اتجاه السفر[6]

أكدت النتائج أنه ومن أجل ظروف الطرق الريفية المصرية بحارتين باتجاهين، فإنّ كثافة التتابع هي معياراً مناسباً من أجل دراسة الأداء التشغيلي، كما تمّ اقتراح القيم الحدية لمستويات الخدمة المختلفة بالاستناد على هذا المعيار، وهذا قد يساعد مهندسي المرور في مصر على تقييم الأداء التشغيلي للمرور باستخدام المعايير التي تعكس الظروف المحلية للمنطقة قيد الدراسة، و يظهر الجدول (1-6) القيم الحدية لمستويات الخدمة في مصر.

الجدول(1-6) القيم الحدية لمستويات الخدمة المختلفة [6]

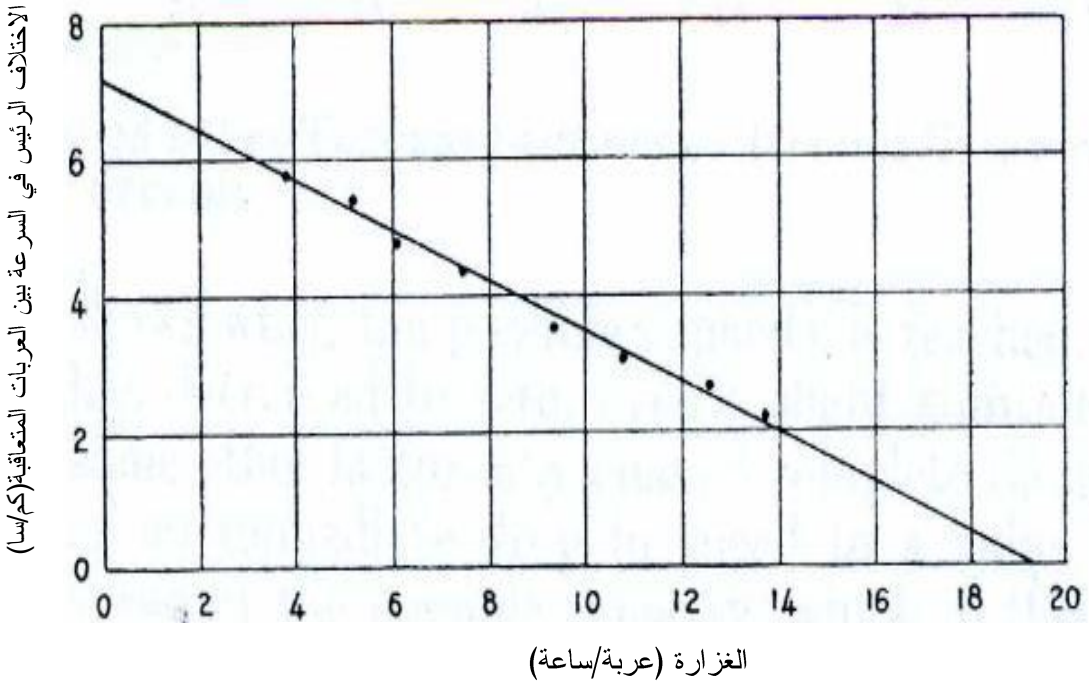
مستوى الخدمة LOS	النسبة المئوية للزمن الذي تتبع فيه العربة في حركتها لعربة اخرى(PTSF) % ,HCM	كثافة التتابع (FD)، مصر (عربة/كم)
A	≤40.00	≤2.4
B	>40-55	>2.4-4.3
C	>55-70	>4.3-6.8
D	>70-85	>6.8-9.9
E	>85.00	>9.9

1-7-4 معايير أداء أخرىOther Service Measures:

تمّت دراسة العديد من معايير الأداء الأخرى والتوصية بها ولكنها لم تستخدم عملياً ومنها:

- ناقش Normann(1942) بأنّ الاختلاف الرئيس في السرعة بين العربات المتعاقبة هو المؤشر الأفضل للازدحام على الطرق بحارتين باتجاهين، وقد أوجد علاقة خطية قوية بين القياسات الحقلية للغزارة والاختلاف الرئيس في السرعة بين العربات المتعاقبة، واقترح ثلاثة معايير للأداء هي: [14]

نسبة الفواصل الأقل من 9 ثوان، نسبة التجاوزات الفعلية إلى التجاوزات المطلوبة، معدل عدد التجاوزات لكل عربة، ويبين الشكل (1-7) العلاقة بين القياسات الحقلية للغزارة والاختلاف الرئيس في السرعة بين العربات المتعاقبة.



الشكل (1-7) العلاقة بين القياسات الحقلية للغزارة والاختلاف الرئيس في السرعة بين العربات المتعاقبة[14]

- اقترح كل من (Werner and Morrall) عام 1990 استخدام نسبة التجاوزات والتي تعرّف بأنّها (عدد مناورات التجاوز الفعلية مقسوماً على عدد مناورات التجاوز المطلوبة) كمعيار أداء للطرق السريعة بحارتين باتجاهين، وتمّ تقييم نسبة التجاوزات باستخدام نموذج محاكاة. [13]
- كما كان هناك معايير أداء أخرى موصى بها للطرق بحارتين باتجاهين تضمنت:

1- مقدار وتكرار التغيرات في السرعة لكل ميل [10].

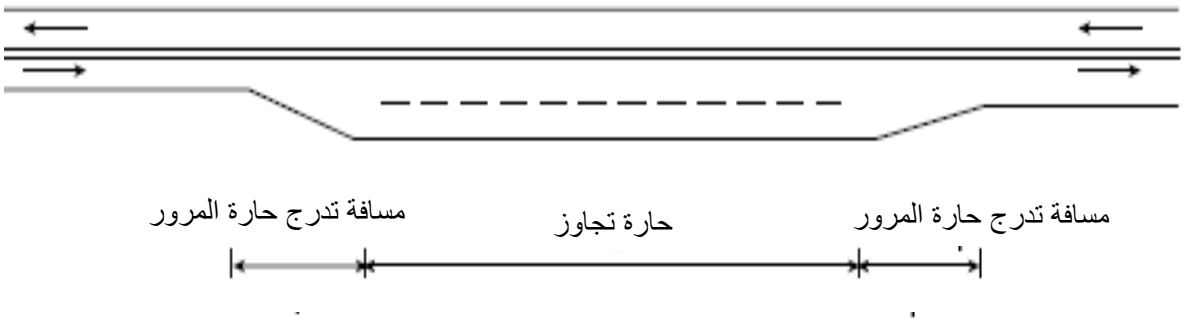
2- الانحراف المعياري للسرعة [10].

3- نسبة التأخير بالثوان لكل عربة- ميل [8].

4- نسبة تشكل الرتل (تمّ قياسه كالنسبة المئوية للفواصل القصيرة مقسوماً على النسبة المئوية للفواصل القصيرة في الجريان العشوائي) [11].

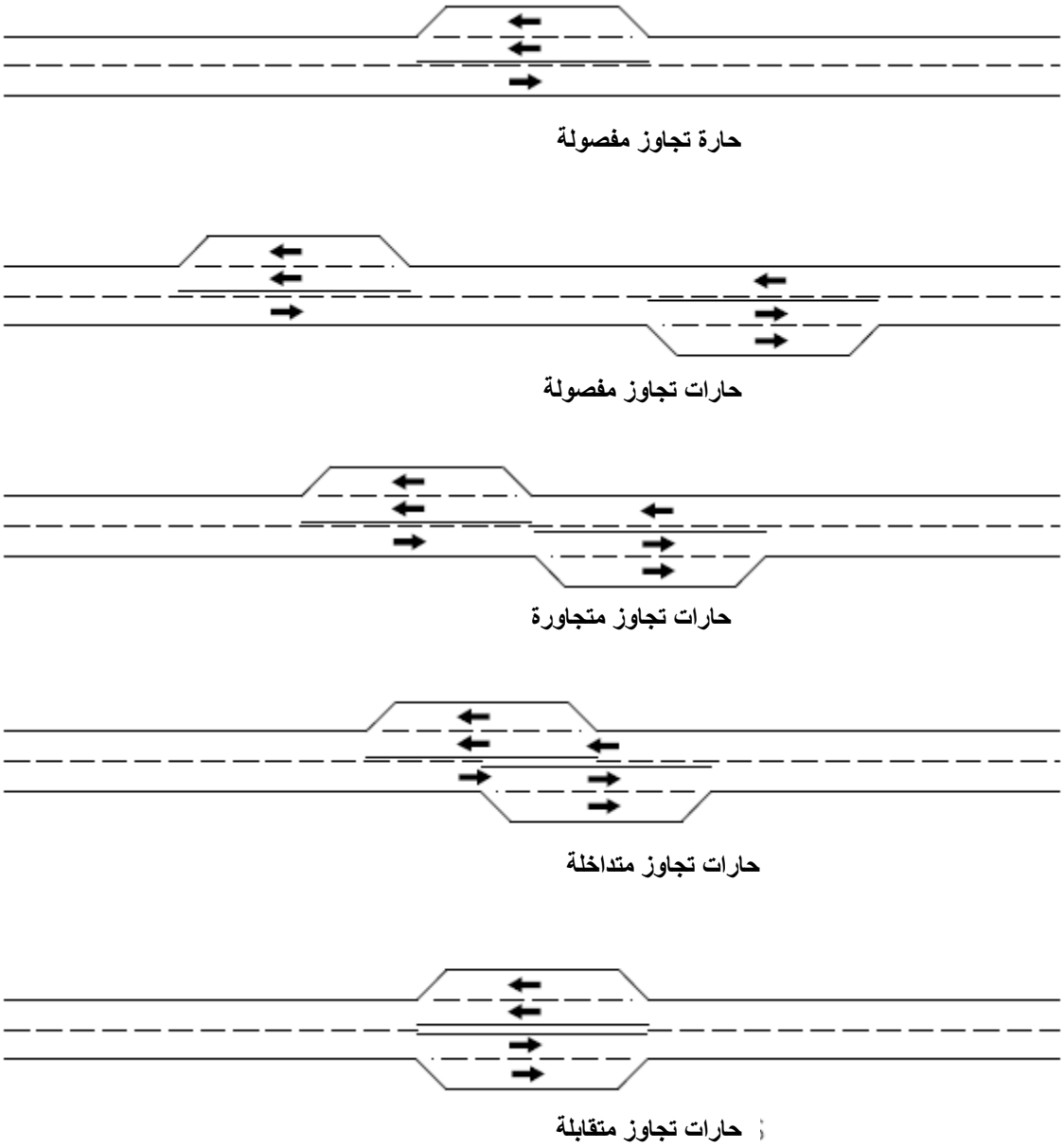
8-1 حارة التجاوز على الطرق الريفية بحارتين باتجاهين-Passing Lane on Two-Lane Rural Roads:

حارة التجاوز هي عبارة عن حارة إضافية في أحد اتجاهات الحركة، الهدف منها تحسين ظروف التجاوز، فإضافة حارة تجاوز يؤمن مقطع عرضي للطريق بثلاث حارات مرور، حارتين لأحد الاتجاهين وحارة للاتجاه الآخر. يبين الشكل (1-8) حارة تجاوز مثالية على طريق بحارتين باتجاهين.



الشكل (1-8) نموذج لحارة التجاوز على طريق سريع بحارتين باتجاهين [17]

اعتماداً على التجارب المحلية فإن الحركة على الاتجاه المعاكس قد تمنع من التجاوز أو قد تسمح بالعبور إذا كانت مسافة الرؤية الكافية متوفرة على بعض الطرق بحارتين باتجاهين، وقد نجد حارات تجاوز بشكل متقطع أو على مراحل لكل اتجاه، وعلى الطرق السريعة الأخرى تضاف حارة تجاوز بالتناوب بشكل مستمر بين الاتجاهين. كما يمكن لحارة التجاوز أن تؤمن في كلا الاتجاهين في نفس الموقع، مما يؤمن الحصول على قسم قصير من الطريق بأربعة حارات مرور غير مقسمة تسمح بفرص تجاوز على كلا الاتجاهين. يوضح الشكل (1-9) بعض حالات توضع حارات التجاوز على الطرق بحارتين باتجاهين.



الشكل (1-9) حالات توضع حارات التجاوز على الطرق بحارتين باتجاهين [17]

تتوضع حارات التجاوز بتباعد يتراوح بين 5-15 كم حسب حجوم المرور وحسب توفر حرم الطريق الكافي وكذلك تواجد لمناطق ذات إمكانية التجاوز، ويجب أخذ النقاط التالية بالاعتبار عند تحديد موقع حارات التجاوز:

1- الكلفة: يتم اختيار المناطق ذات التكاليف المنخفضة لإنشاء هذه الحارات.

2- المظهر: يجب أن يكون توضع الحارة منطقياً بالنسبة للسائق، فيجب أن تقع في مناطق يوجد فيها تقييد لمسافات الرؤية أو حجوم مرورية مرتفعة على الاتجاه المعاكس.

3- المسار الأفقي للطريق: يجب تجنب وضع حارات التجاوز في مناطق المنعطفات الأفقية ذات السرعات المنخفضة للحركة.

4- المسار الشاقولي للطريق: حيث يفضل توضع حارات التجاوز في مناطق الميول التي تكون عليها تباينات واضحة بين سرعات العربات.

5- مسافة الرؤية: تتوضع حارات التجاوز في مناطق ذات رؤية كافية عند منطقة التوسع (بداية حارة التجاوز) وعند منطقة التضيق والعودة إلى المقطع العرضي الطبيعي للطريق.

6- التقاطعات: يجب إعطاء أهمية كبيرة وعناية خاصة عند تصميم حارات التجاوز في مناطق تتواجد ضمنها تفرعات أو تقاطعات مع الطريق.

7- المنشآت الصناعية: يجب تجنب وضع حارات التجاوز في مناطق تحتوي منشآت مثل العبارات أو الجسور.

عرض حارة التجاوز:

يجب أن يكون عرض حارة التجاوز مساوياً لعرض الحارة المجاورة لها، مع ضمان أكتاف جانبية معبدة لا يقل عرضها عن 1.2 م في منطقة نهاية حارة التجاوز.

طول مناطق التوسع والتضيق:

يحسب الطول من العلاقة :

$$L = 0.6*W*S$$

حيث: L: طول منطق التوسع أو التضيق (م).

W: عرض حارة التجاوز (م).

S: السرعة التصميمية (كم/سا).

و يبين الشكل(1-10) نموذج لحارة تجاوز على الطرق الريفية.

الشكل (1-10) نموذج لحارة تجاوز على طريق ريفي بحارتين باتجاهين

طول منطقة التجاوز:

يحدد طول منطقة التجاوز حسب الغزارات المرورية، طول الرتل، توضع التقاطعات الرئيسة، وحسب المسافات بين المواقع ذات إمكانيات التجاوز، وعموماً يؤخذ طول منطقة التجاوز بين 1-1.5 كم، وفي جميع الأحوال يفضل أن لا يقل طول حارة التجاوز عن 300م مع مراعاة عدم زيادة الطول عن 1.5 كم.

الفصل الثاني

الدراســة العملية

Practical study

الدراســـــة العمليـــــة

Practical study

2-1 تحديد مواقع الدراسة Selection of study sites:

تمّ اختيار طريقين في منطقة الشيخ بدر مــن محافظــة طرطــوس، الطريــق الأول يخــدّم مدينة الشيخ بدر ويربطها مع بلدة برمانة رعــد وهــو طريــق رئــيس بحــارتين باتجــاهين مــن الصنف الثاني II (HCM2000) ويعد من الشــريانات الثانويــة وهــو بطــول 5 كــم وعــرض 11.5 م (عرض الحارة 3.75m مع أكتاف جانبيــة لا تقــل عــن 2m)، والطريــق الثــاني هــو طريق متفرع عن الطريق الرئيس السابق ويربط الشــيخ بــدر بناحيــة القمصــية ويتكــون أيضــاً من حارتين باتجاهين وهو من الصنف الثــاني II (HCM2000) ويعــد مــن الطــرق التجميعيــة وهو بطول 11.5 كم وعــرض 8 م (عــرض الحــارة 3m مــع أكتــاف جانبيــة لا تقــل عــن 1m)، وتمّ جمع البيانات الحقلية من عشرة مواقــع، خمســة مواقــع تقــع علــى طريــق الشــيخ بدر- برمانة رعد والخمسة المتبقيــة تقــع علــى طريــق الشــيخ بــدر – القمصــية، والســرعة المسموحة المحددة على الطريقين هي 60km/h.

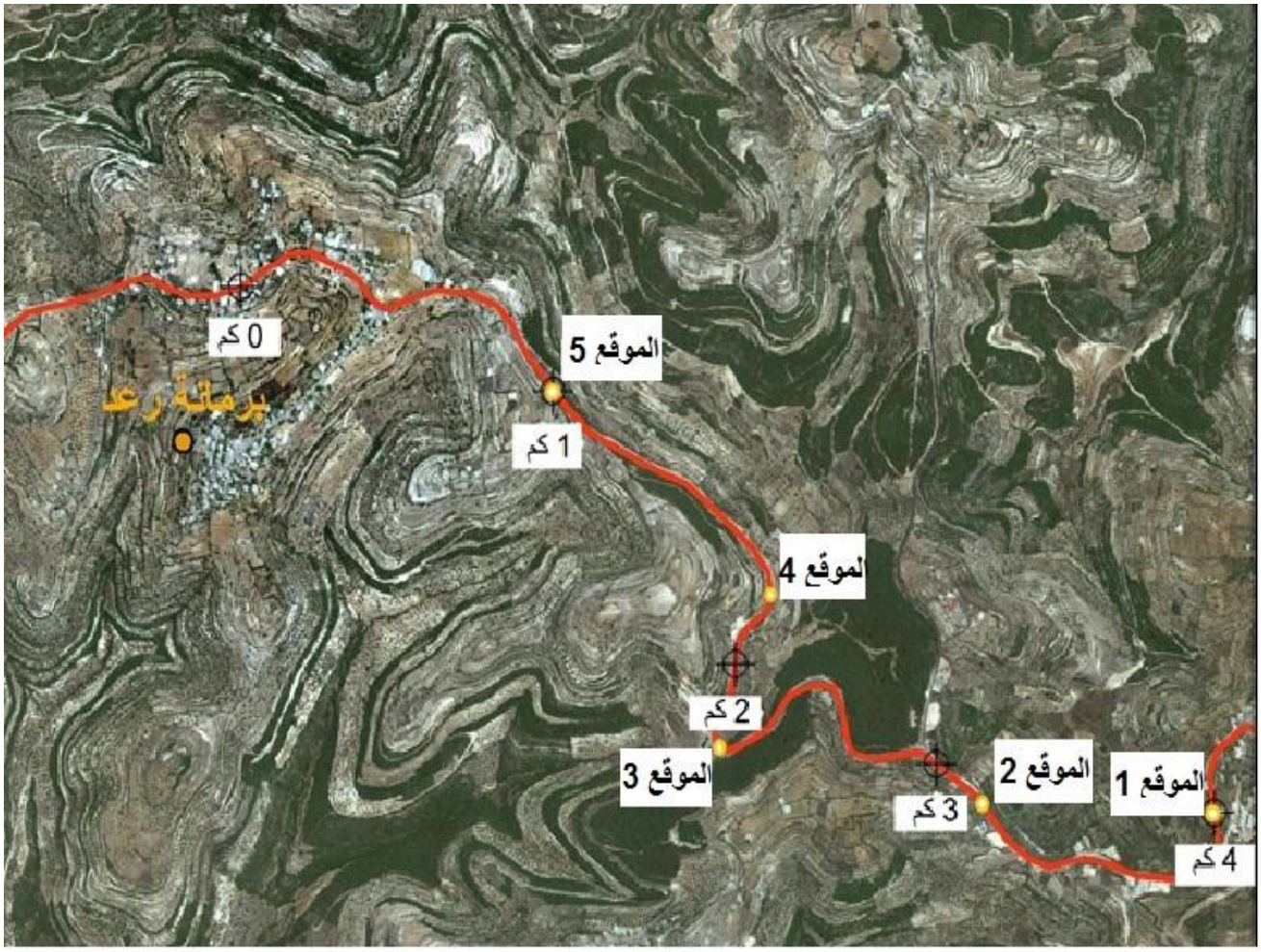
عند اختيارنا للمواقع العشرة تمّ الأخذ بعين الاعتبار المعايير التالية:

1- يجب على مواقع الدراسة أن تُظهر مجــالاً واســعاً مــن مســتويات المــرور، وبالتــالي يجب أن تتم ملاحظة ظروف المرور العالية والمنخفضة.
2- يجب على مواقع الدراسة أن تقع خارج تأثير انقطاعــات المــرور الرئيســة، أي خــارج تأثير إشارات المرور والتقاطعات ذات الحجوم العاليــة، حيــث يجــب تجنــب إشــارات المرور لأنّها تؤدي إلى تشكل أرتــال تســبب انحــراف توزيــع الفواصــل، كمــا يجــب تجنب التقاطعات ذات الحجــوم العاليــة لأنّ تقليــل الســرعة يتطلــب القيــام بمنــاورات الدوران والتي تشوه معدل سرعة الرحلة.
3- التنوع الهندسي أي يجب على مواقع الدراسة أن تشمل المنحنيات والاستقامات.

2-2 وصف مواقع الدراسة (Description of Study Sites) :

شملت المواقع المختارة لتجميع البيانات مواقع متعددة من الطريقين المدروسين وذلك في الاستقامات والمنحنيات و يوضح الشكلان (2-1) و (2-2) المواقع العشرة التي تم إجراء القياسات فيها.

الشكل (2-1) مواقع تجميع البيانات على الطريقين المدروسين



الشكل (2–2) مواقع الدراسة على طريق الشيخ بدر–برمانة رعد

2–3 تقنية تجميع البيانات Data Collection Techniques:

تمّ تجميع البيانات باستخدام جهاز(Via traffic controlling GMBH) Viacount II، أبعاد هذا الجهاز mm(234*260*372)=(W*H*D) وهو مبيّن في الشكل (2–3).

الشكل (2-3) جهاز Viacount II المستخدم في جمع البيانات

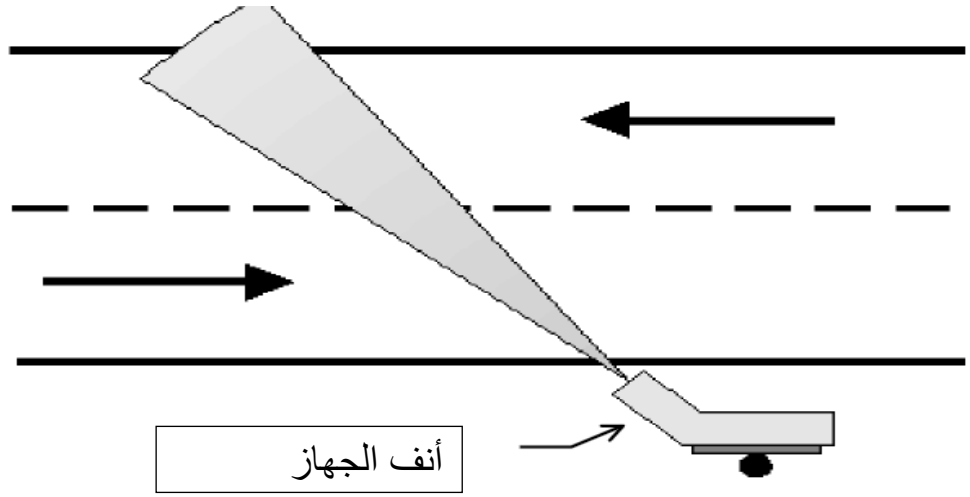
ويتمتع هذا الجهاز بميزات متعددة منها:

1- إمكانية القياس وتجميع البيانات لكلا الاتجاهين في آن واحد.
2- مدة تشغيل طويلة (بطارية واحدة تكفي أكثر من أسبوعين).
3- صغير وخفيف وغلافه صلب.
4- سهولة نقله واستخدامه.

أمّا ميزاته التقنية فهي:

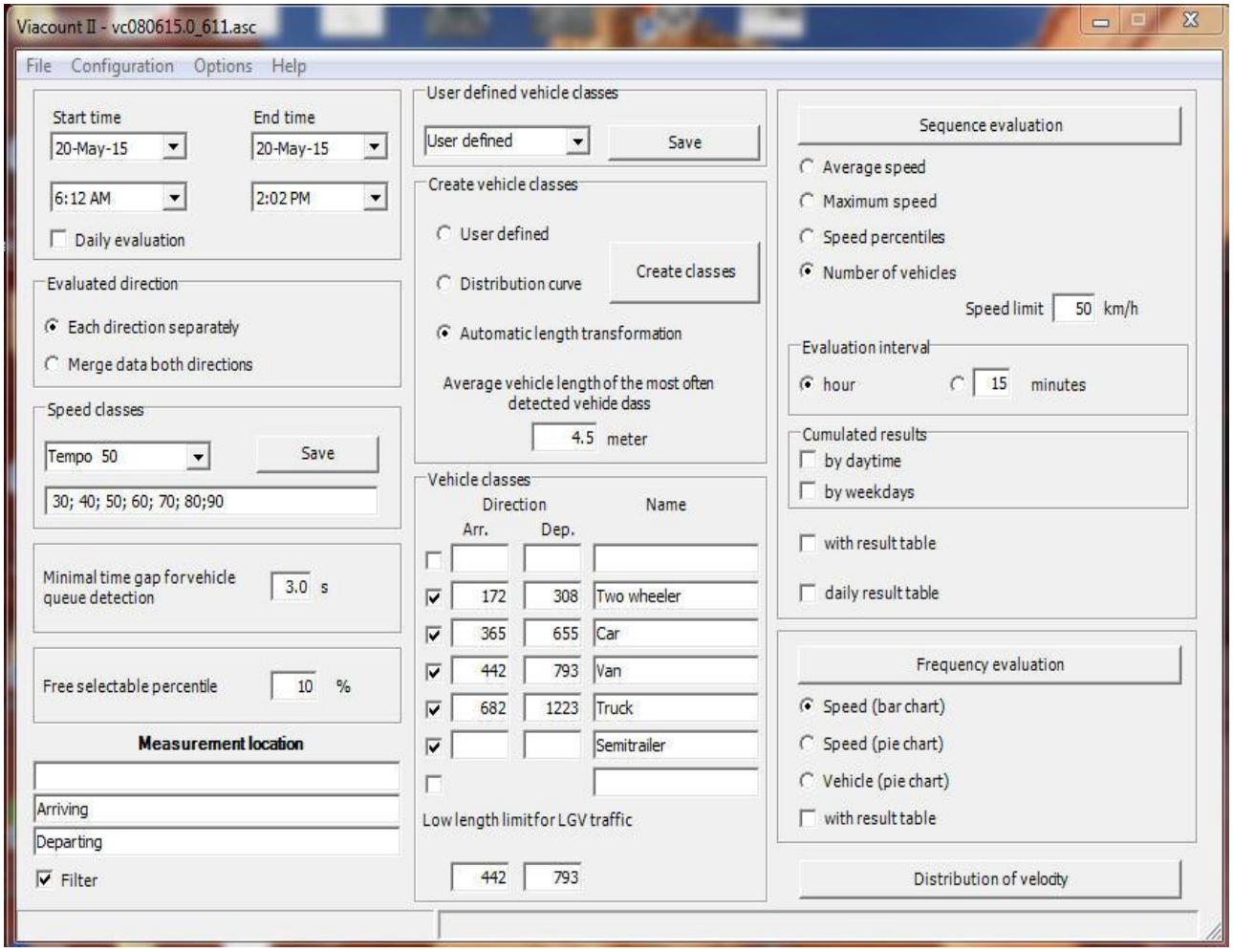
1- يقوم بتجميع البيانات المتعلقة بكل عربة والتي تتضمن السرعة وعدد العربات وتصنيفها واتجاهها والفاصل الزمني بين العربات بالإضافة الى تاريخ ووقت كل قياس.
2- يوجد فيه 10 تصنيفات للسرعة و 6 تصنيفات للعربات.
3- مجال السرعة المقاسة بواسطته تتراوح بين (1-255 Km/h).
4- قابل للتغيير للعربات الواصلة والمغادرة أو لكلا الاتجاهين.
5- يمكنه تخزين بيانات ل 360000 عربة (4MB).
6- امكانية التثبيت على ارتفاع يتراوح بين (0.5-3.2 m).
7- يتم نقل البيانات من خلال الكمبيوتر.

يوضع الجهاز بموازاة الطريق وعلى بعد يتراوح بين (0.5-3)m وبحيث يشكل أنف الجهاز مع الطريق زاوية مقدارها 45° والشكل (2-4) يوضح ذلك.



الشكل(2-4) توضع الجهاز على جانب الطريق

كما أن الجهاز مرفق ببرنامج حاسوبي يستخدم لتحليل البيانات التي سيتم تجميعها خلال فترات القياس، حيث نقوم بنقل البيانات من الجهاز إلى الحاسب عن طريق الكابل الخاص المرفق معه، ويوضح الشكل (2-5) واجهة البرنامج الحاسوبي المرفق مع الجهاز.



الشكل (2-5) واجهة برنامج جهاز Viacount II

2-4 تجميع البيانات Data collection:

تمّ جمع البيانات المرورية في أيام العمل وخلال ساعات النهار، كان الرصف جاف وفي حالة جيدة وذلك خلال فترات جمع البيانات، وتضمنت البيانات المرورية ما يلي:

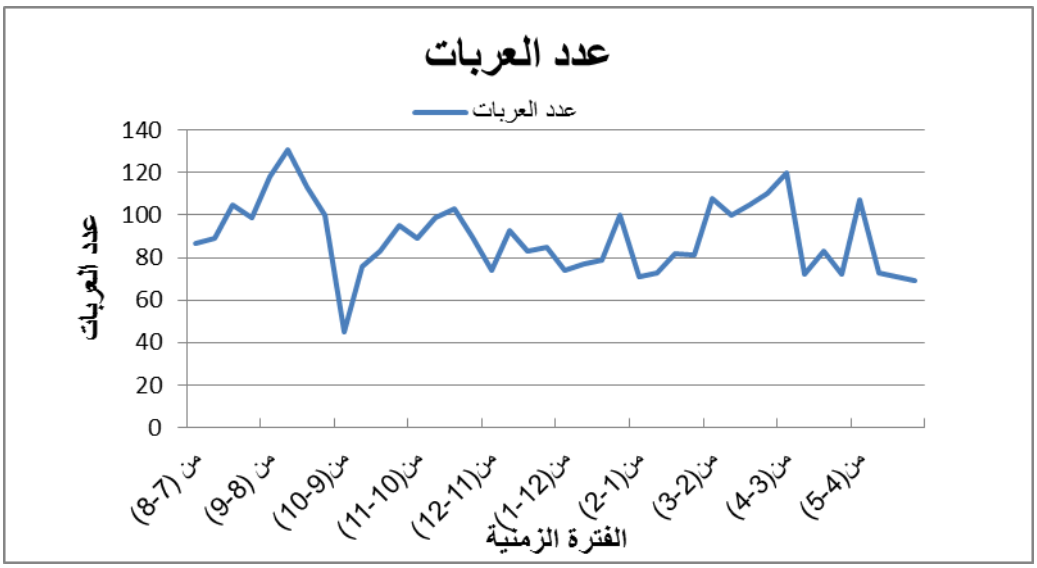
1- الحجوم المرورية.
2- التوزيع الاتجاهي للحركة.
3- تركيب حركة المرور: عربات، شاحنات، باصات، دراجات.
4- سرعة العربات.

5- الفواصل الزمنية بين العربات.

يبيّن الشكل (2-6) طريقة القياس وتوضع الجهاز في الموقع (1).

الشكل (2-6) طريقة القياس في الموقع (1)

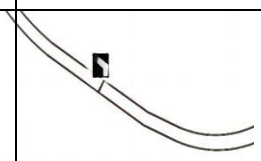
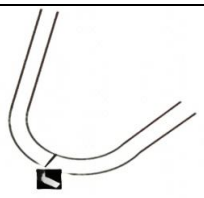
تم إجراء قياسات متعددة على الطريقين المدروسين وتبيّن منها أنّ الذروة الصباحية هي بين(7.45-8.45) وذروة الظهيرة هي بين (2.30-3.30) والتي تعد فترات نقل العمال والموظفين، كما هو مبيّن في الشكل (2-7) والذي يظهر توزع عدد العربات خلال نهار كامل في الموقع (1).

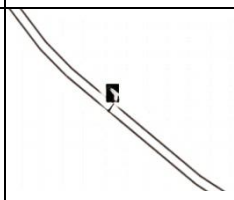
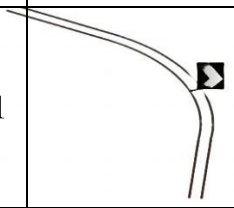
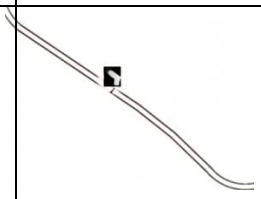
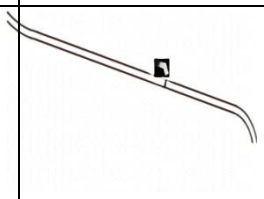
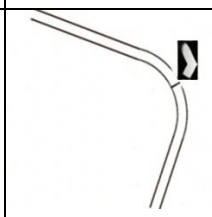
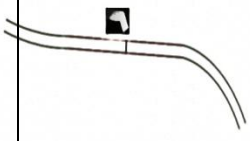


الشكل (2-7) توزع عدد العربات خلال نهار كامل

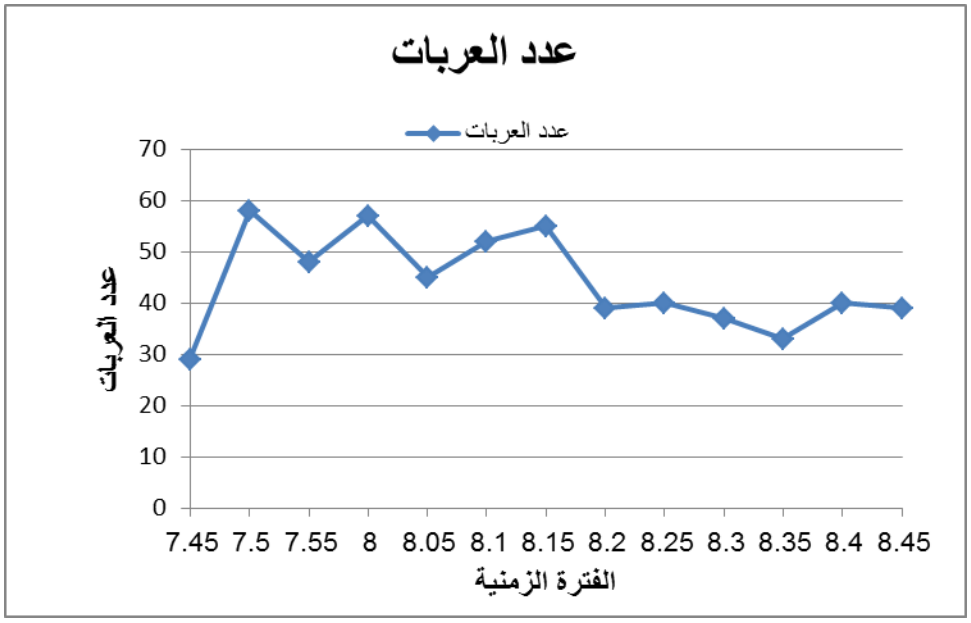
تمّ وضع الجهاز على يمين الطريق بحيث يكون له نفس الاتجاه لجميع المواقع، واعتبرنا اتجاه المرور من الشيخ بدر إلى برمانة رعد للمسار الأول ومن الشيخ بدر إلى القمصية للمسار الثاني، أي تصبح الغزارة بالاتجاه المباشر هي الغزارة المتجهة من الشيخ بدر إلى برمانة رعد ونفس الأمر للمسار الثاني، والغزارة على الحارة الأخرى هي الغزارة بالاتجاه المعاكس، وفي مناطق المنعطفات تم وضع الجهاز في منطقة الذروة، حيث يوجد على طريق (الشيخ بدر –برمانة رعد) 18 منعطفاً، بينما يوجد على طريق (الشيخ بدر – القمصية) 39 منعطفاً، ويبيّن الجدول (2–1) حجوم المرور المقاسة في جميع المواقع وتاريخ هذه القياسات ومدتها.

الجدول (2–1) الحجوم المرورية المقاسة في المواقع العشرة

موقع الدراسة		التاريخ	فترة تجميع البيانات(ساعة)	الغزارة (عربة/ساعة)	معامل ساعة الذروة(PHF)	معدل الغزارة (عربة/ساعة)
الموقع (1)		2015/5/16	8.45–7.45 ص	572	0.9	636
			3.30–2.30 م	385	0.85	453
الموقع (2)		2015/5/21–17	8.45–7.45 ص	433	0.87	498
			3.30–2.30 م	321	0.82	391
الموقع (3)		2015/5/20	8.45–7.45 ص	206	0.81	254
			3.30–2.30 م	168	0.84	200
الموقع (4)		2015/5/20	8.45–7.45 ص	250	0.88	284
			3.30–2.30 م	214	0.75	285

موقع الدراسة		التاريخ	فترة تجميع البيانات(ساعة)	الغزارة (عربة/ساعة)	معامل ساعة الذروة(PHF)	معدل الغزارة (عربة/ساعة)
الموقع (5)		2015/5/21	8.45-7.45 ص	250	0.92	272
			3.30-2.30 م	258	0.72	358
الموقع (6)		2015/5/24-21	8.45-7.45 ص	183	0.88	208
			3.30-2.30 م	131	0.63	208
الموقع (7)		2015/5/25-23	8.45-7.45 ص	177	0.86	206
			3.30-2.30 م	175	0.89	197
الموقع (8)		2015/5/31-23	8.45-7.45 ص	143	0.9	159
			3.30-2.30 م	110	0.8	138
الموقع (9)		2015/5/25 2015/6/1	8.45-7.45 ص	110	0.83	133
			3.30-2.30 م	148	0.92	161
الموقع (10)		2015/5/25 2015/6/1	8.45-7.45 ص	220	0.73	301
			3.30-2.30 م	162	0.65	249

تمّ اجراء القياسات الحقلية في كل موقع لمدة ساعة كاملة ولم تؤخذ لفترات أقل، كما أشارت بعض الدراسات (لمدة 5 أو 15 دقيقة)، وذلك بسبب عدم وجود ازدحام مروري يتطلب مراقبة حركة المرور لفترات قصيرة، والشكل (2-8) يبيّن توزع أعداد العربات كل 5 دقائق خلال ساعة كاملة في الموقع (1).



الشكل (2-8) توزع أعداد العربات كل 5 دقائق خلال ساعة كاملة في الموقع (1)

كما تمّ حساب نسبة المناطق التي لا يمكن التجاوز فيها، وهي تشمل مناطق التضيق ومناطق عدم كفاية الرؤية، وتؤخذ بشكل أساسي مناطق المنعطفات، حيث تمّ حساب أطوال المنعطفات وحساب نسبتها من الطول الإجمالي لكل مسار لتكون هي نسبة المناطق التي لا يمكن التجاوز فيها، وكذلك تمّ ايجاد عدد نقاط الوصل الفرعية لكلا المسارين والموضحة بالجدول(2-2).

الجدول (2-2) نسبة المناطق التي لا يمكن التجاوز فيها وعدد نقاط الوصل الفرعية

الطريق	نسبة المناطق التي لا يمكن التجاوز فيها (%)	عدد نقاط الوصل الفرعية
طريق الشيخ بدر-برمانة رعد	39.9	6
طريق الشيخ بدر-القمصية	41	18

كما تمّ حساب سرعة الجريان الحر لكل صنف من أصناف العربات وذلك من البيانات الحقلية التي تمّ تجميعها بواسطة جهاز Viacount II، حيث أنّ العربات التي تسير بفواصل أكبر من 3 ثوان يمكن اعتبار أنها تسير بسرعة جريان حر، ولذلك تمّ أخذ متوسط سرعة هذه العربات لتكون هي سرعة الجريان الحر، والجدول (2-3) يبيّن هذه السرعات في جميع مواقع الدراسة على الطريقين المختارين.

الجدول (2-3) سرعة الجريان الحر لكل صنف من العربات في كل موقع

صنف العربة	الموقع1		الموقع2		الموقع3		الموقع4		الموقع5	
	اتجاه مباشر	اتجاه معاكس	اتجاه مباشر	اتجاه معاكس	اتجاه مباشر	اتجاه معاكس	اتجاه مباشر	اتجاه معاكس	اتجاه مباشر	اتجاه معاكس
دراجة	48	46	41	40	38	35	43	42	61	62
عربة سياحية	55	52	50	46	41	40	46	49	65	63
فان	52	56	43	42	43	38	44	47	63	64
شاحنة	40	42	32	39	30	32	40	38	54	51
قاطرة	38	40	-	-	31	29	-	34	44	41

صنف العربة	الموقع6		الموقع7		الموقع8		الموقع9		الموقع10	
	اتجاه مباشر	اتجاه معاكس	اتجاه مباشر	اتجاه معاكس	اتجاه مباشر	اتجاه معاكس	اتجاه مباشر	اتجاه معاكس	اتجاه مباشر	اتجاه معاكس
دراجة	46	48	40	42	44	40	43	44	45	41
عربة سياحية	52	51	43	46	42	44	45	46	47	60
فان	50	52	46	43	49	47	48	44	50	57
شاحنة	48	41	41	38	41	38	39	40	43	47
قاطرة	40	40	-	37	38	-	-	41	-	40

نلاحظ من الجدول أنّ هناك تباينات بين السرعات، وذلك حسب موقع جهاز القياس في الاستقامات أو في المنحنيات وحسب واسطة النقل.

كما تمّ ايجاد نسبة التوزيع الاتجاهي للحركة في كل موقع وذلك من خلال ايجاد نسبة الغزارة لكل اتجاه من الغزارة الإجمالية، ونجد أن النسب تراوحت بين 80/20 و 50/50 و يوضح الجدول (2-4) هذه النسب.

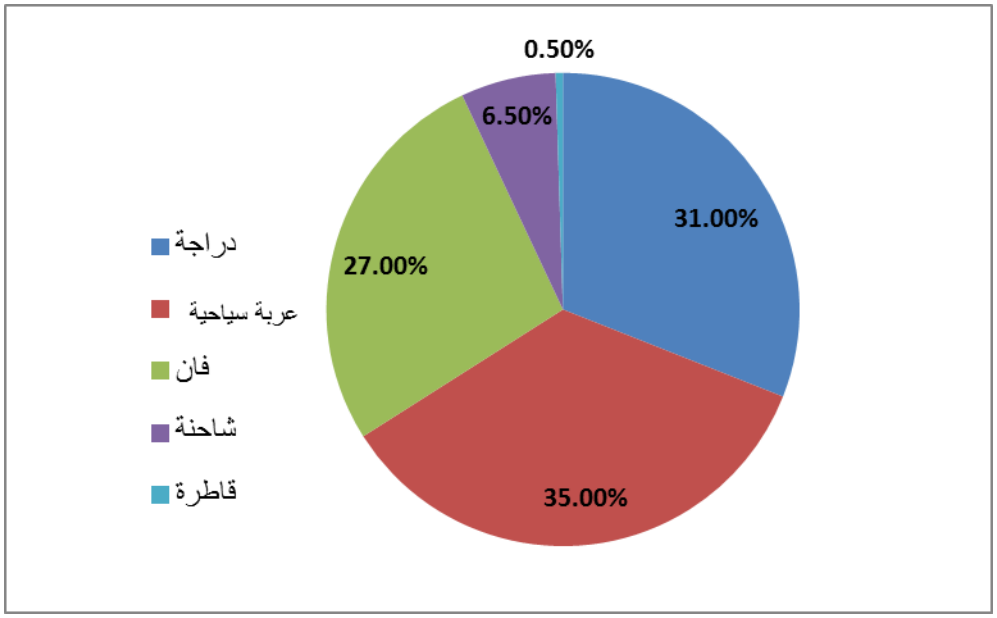
الجدول (2-4) نسب التوزيع الاتجاهي للحركة (عكسي/مباشر)

الموقع	نسبة التوزيع الاتجاهي خلال الذروة الصباحية(7.45-8.45)	نسبة التوزيع الاتجاهي خلال ذروة الظهيرة(2.30-3.30)
1	60/40	50/50
2	44/56	46/54
3	42/58	63/37
4	62/38	40/60
5	60/40	34/66
6	21/79	65/35
7	23/77	54/46
8	41/59	58/42
9	56/44	56/44
10	38/62	80/20

ومن خلال جهاز (Viacount II) تمّ تحديد كل صنف من أصناف العربات (دراجة، عربة خاصة، فان، شاحنة، قاطرة) من حيث العدد والسرعة، والأشكال التالية تبين توزع السرعات والتركيب النوعي للحركة وذلك لكل طريق على حدى.

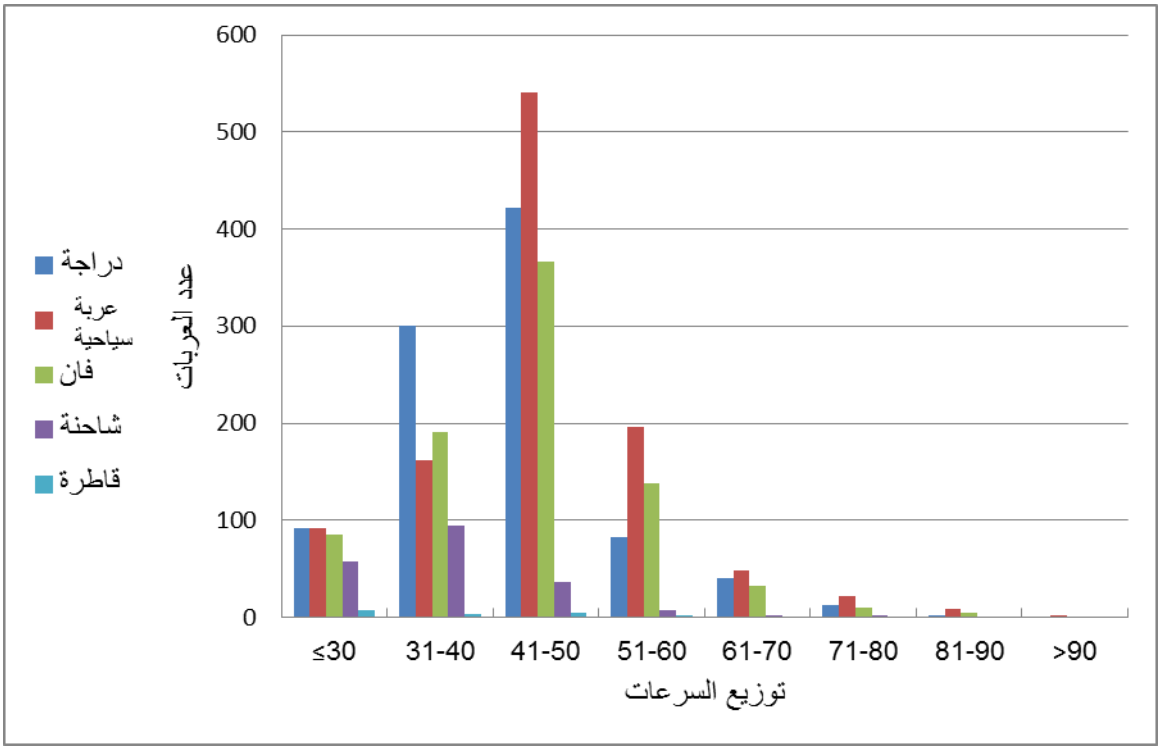
- **<u>المسار الأول (الشيخ بدر- برمانة رعد):</u>**

يوضح الشكل (2-9) التركيب النوعي للحركة على طريق (الشيخ بدر- برمانة رعد)، حيث نجد أن النسبة الأكبر هي للعربات السياحية (35%) تليها الدراجات النارية (31%).



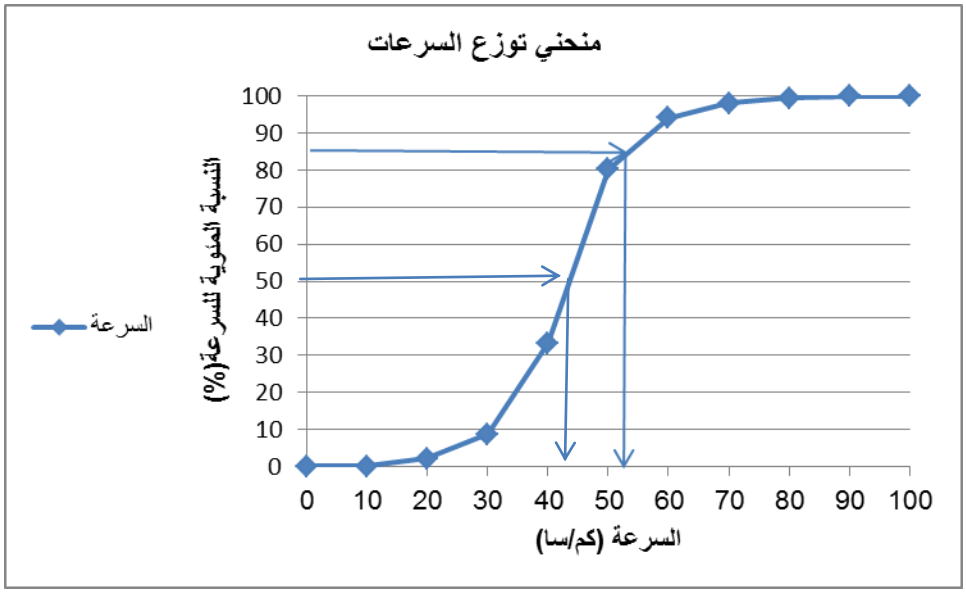
الشكل (2-9) التركيب النوعي للحركة على طريق (الشيخ بدر- برمانة رعد)

كما يوضح الشكل (2-10) توزع السرعات على هذا المسار، ونلاحظ أن النسبة الأكبر من العربات (45%) تسير بسرعات تتراوح بين (41-50) كم/سا.



الشكل (2-10) توزع السرعات على طريق (الشيخ بدر- برمانة رعد)

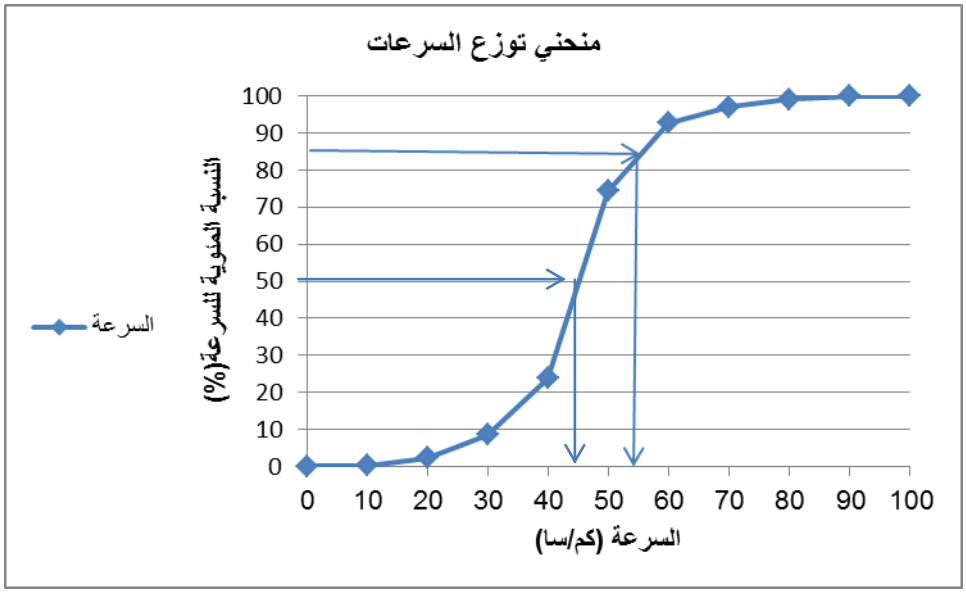
ويوضح الشكل (2-11) منحني توزع السرعات للمسار الأول (الشيخ بدر- برمانة رعد).



الشكل (2-11) منحني توزع السرعات لطريق (الشيخ بدر- برمانة رعد)

نلاحظ من الشكل أن السرعة العملية V_{85} تساوي (52 كم/ سا) والسرعة V_{50} تساوي (43 كم/سا).

أما للعربات السياحية يوضح الشكل (2-12) منحني توزيع سرعاتها.



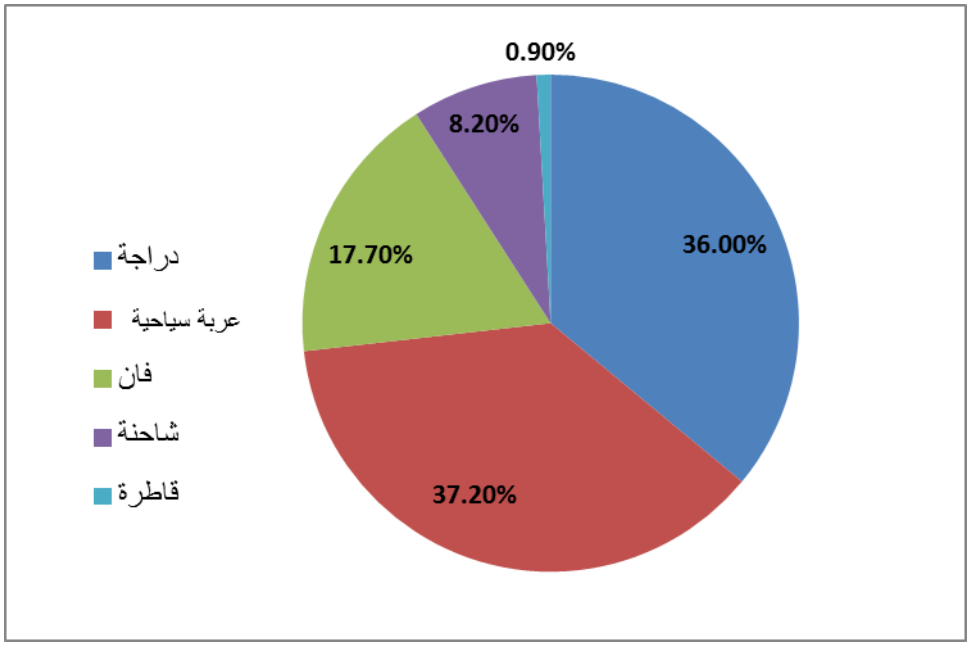
الشكل (2-12) منحني توزع السرعات للعربات السياحية على المسار الأول

ونلاحظ من الشكل أن السرعة العملية V_{85} تساوي (55 كم/ سا) والسرعة V_{50} تساوي (45 كم/سا)، كما أن السرعات العملية والوسطية للعربات السياحية أعلى منها بقليل من

السرعات الإجمالية للعربات ككل، وذلك كون الحجوم المرورية منخفضة بشكل عام والعربات السياحية تشكل النسبة الأكبر منها.

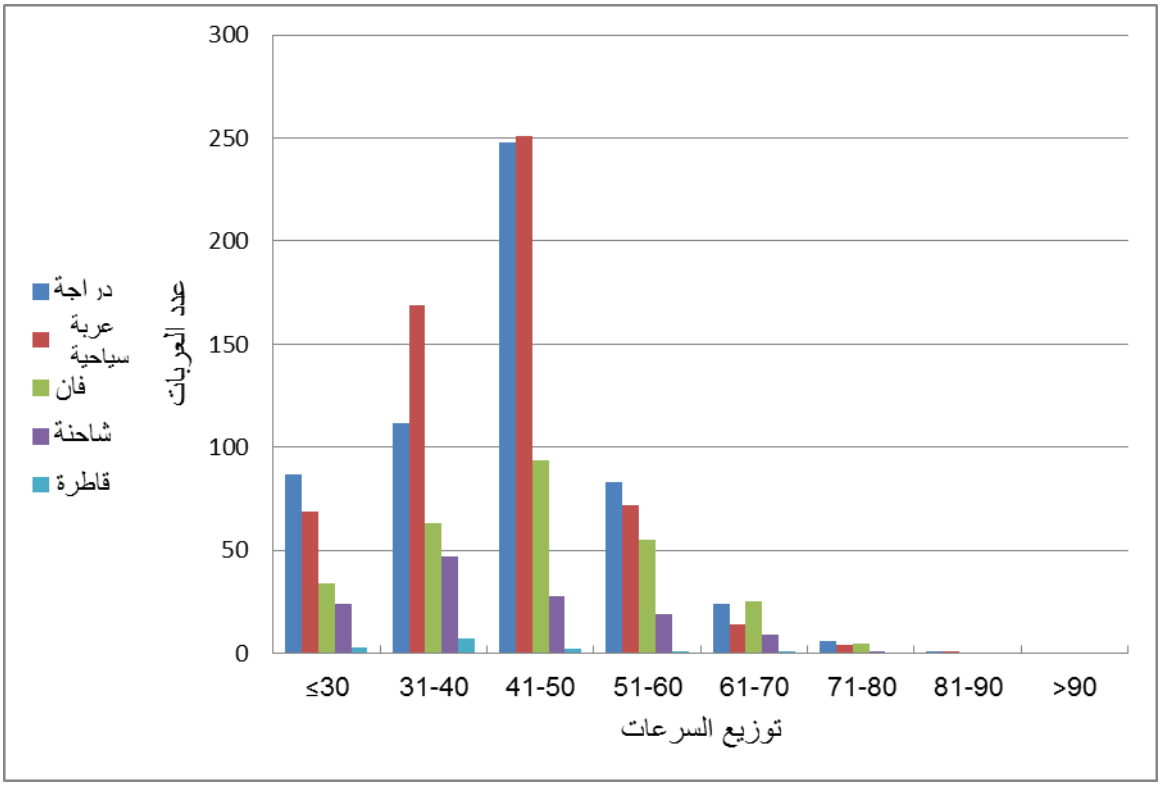
- **المسار الثاني (الشيخ بدر- القمصية):**

يوضح الشكل (2-13) التركيب النوعي للحركة على طريق (الشيخ بدر- القمصية)، حيث نجد أن النسبة الأكبر هي للعربات السياحية (37.2%) تليها الدراجات النارية (36%).



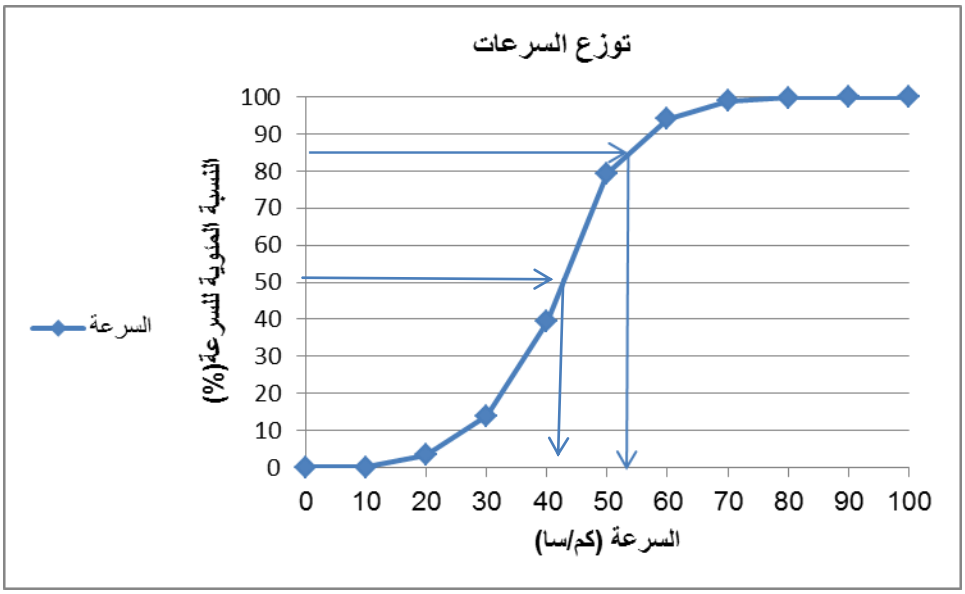
الشكل (2-13) التركيب النوعي للحركة على طريق (الشيخ بدر- القمصية)

كما يوضح الشكل (2-14) توزع السرعات على هذا المسار، ونلاحظ أن النسبة الأكبر من العربات (40%) تسير بسرعات تتراوح بين (41-50) كم/سا.



الشكل (2-14) توزع السرعات على طريق (الشيخ بدر- القمصية)

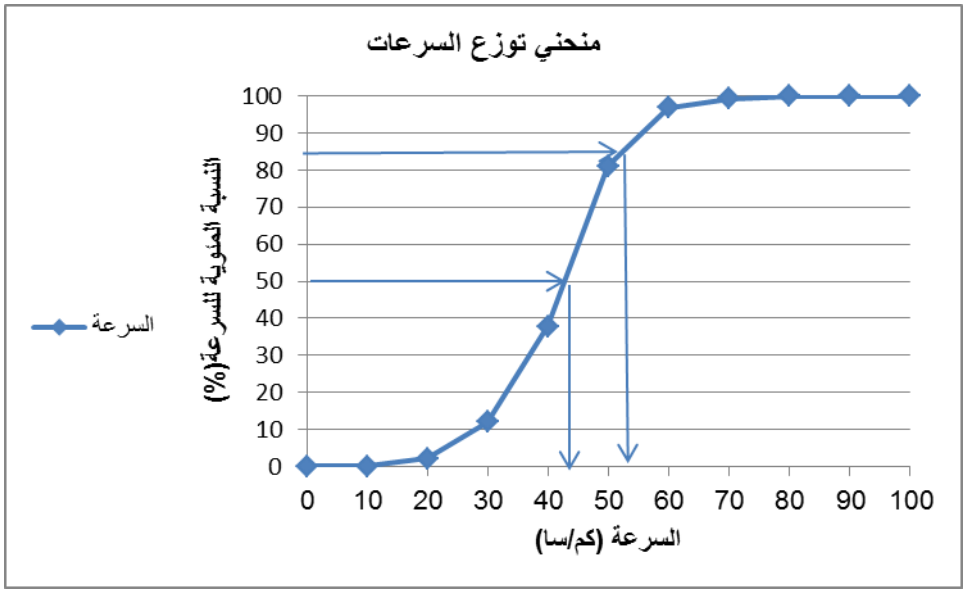
يوضح الشكل (2-15) منحني توزع السرعات للمسار الثاني.



الشكل (2-15) منحني توزع السرعات لطريق (الشيخ بدر- القمصية)

نلاحظ من الشكل أنّ السرعة العملية V_{85} تساوي (53 كم/ سا) والسرعة V_{50} تساوي (42 كم/سا).

أما للعربات السياحية فالشكل (2-16) يوضح منحني توزع سرعاتها.



الشكل (2-16) منحني توزع السرعات للعربات السياحية على المسار الثاني

ومن الشكل نلاحظ أن السرعة العملية V_{85} تساوي (54 كم/ سا) والسرعة V_{50} تساوي (43 كم/سا)، حيث نجد أن السرعات العملية والوسطية للعربات السياحية أعلى منها بقليل من السرعات الإجمالية للعربات ككل، وذلك كون الحجوم المرورية منخفضة بشكل عام وكون العربات السياحية تشكل النسبة الأكبر منها.

إن تأثير المنعطفات على السرعة كان منخفضاً، حيث لم تُلاحظ تباينات كبيرة في السرعة بين الاستقامات والمنعطفات ويعود ذلك إلى أنصاف الأقطار الكبيرة للمنعطفات وإلى الغزارات المرورية المنخفضة وإلى انخفاض السرعة المتوسطة للمسار ككل ولذلك لن ندخل تأثير المنعطفات في التحليل.

إنّ متوسط سرعة الرحلة يساوي السرعة المتوسطة الناتجة، وقد تم حساب معدل سرعة الرحلة لعربات الركاب باستبعاد كل الأصناف ما عدا عربات الركاب، ومن ثم أخذ متوسط سرعتها، كما تمّ حساب سرعة الجريان الحر من خلال حساب معدل السرعة لكل العربات المتحركة بفواصل زمنية أكبر من 3 ثوان وحساب نسبة العربات التابعة (نسبة التتابع) باستخدام إجراء HCM لتقدير PTSF، أي النسبة المئوية للعربات المتحركة بفواصل أقل من 3 ثوان.

2-5 تحليل معايير الأداء للطرق الريفية بحارتين باتجاهين:

Analysis of performance measures for two-lane rural roads

يعرض هذا القسم معايير الأداء التي تمّ اختبارها في هذه الدراسة، حيث تمّ تحديد وتحليل معايير الأداء باستخدام التحليلات الاحصائية والبيانية.

تمّ تعريف كل معيار خدمة وسبب اختياره وميزاته وقيوده، والمعايير المستخدمة في البحث هي:

1- معدل سرعة الرحلة (ATS).
2- معدل سرعة الرحلة لعربات الركاب (ATS_{pc}).
3- معدل سرعة الرحلة كنسبة من سرعة الجريان الحر (ATS/FFS).
4- معدل سرعة الرحلة لعربات الركاب كنسبة من سرعة الجريان الحر لعربات الركاب(ATS_{pc}/FFS_{pc}).
5- نسبة التتابع percent Followers (PF).
6- كثافة التتابع Follower Density (FD).

معيار الأداء الأول المدروس كان معدل سرعة الرحلة (ATS)، حيث استخدمت السرعة كمعيار أداء من أجل الطرق بحارتين باتجاهين في دليل سعة الطرق السريعة (HCM)، وتعرّف ATS كطول مسار الطريق المأخوذ بالاعتبار مقسوماً على معدل الزمن الكلي للرحلة من أجل كل العربات المتحركة على المسار خلال الفترات الزمنية المحددة، حيث أنّATS هي اختيار جيد كمعيار للأداء لأنّها ترتبط بتوقعات مستخدم الطريق لنوعية جريان المرور، وبقدر ما يكون السائقون مهتمين تكون السرعة المؤشر الأهم للازدحام على الطرق بحارتين باتجاهين [17]، فقد وجدت دراسة أعدت في نيوزيلاندا عام 2006 أنّ تقييم مستخدمي الطريق للطرق بحارتين باتجاهين تستند على سرعة سفرهم [15]، كما أنّ السرعة سهلة القياس حقلياً عندما تكون قياسات السرعة في الموقع كافية. بالمقابل هناك تقييدات في استخدام ATS، حيث تفتقر إلى نقاط العلام لمقارنة السرعات في مقاطع مختلفة، وهذه مشكلة لأنّ الطرق بحارتين باتجاهين تملك تنوعاً كبيراً في السرعات التشغيلية حسب الاختلافات في العناصر الهندسية(منحنيات واستقامات) وحدود السرعة، ولذلك فإنّ السرعة

المنخفضة ليست من الضروري أن تشير إلى تشغيل ضعيف أو إلى درجة عالية من الازدحام، إذاً فالطرق بحارتين باتجاهين من أجل قيم ATS منخفضة وحجم مرور منخفض يجب أن تملك مستوى خدمة أعلى من الطريق من أجل قيم ATS منخفضة وحجم مرور مرتفع.

معيار الأداء الثاني الذي تمّت دراسته هو معدل سرعة الرحلة لعربات الركاب (ATS_{PC})، لأنّ سرعات عربات الركاب أكثر تأثراً بزيادة الازدحام من سرعات العربات الثقيلة [12]، ويستخدم ATS_{PC} حالياً كمعيار خدمة للطرق السريعة بحارتين باتجاهين في فنلندا، وقد استخدم أيضاً كمعيار خدمة أساسي في ألمانيا حتى عام 2003، ويستخدم المخططون الألمان حالياً وبشكل غير مباشر ATS_{PC} كمعيار خدمة في حساب الكثافة، حيث تحسب الكثافة بتقسيم الغزارة على ATS_{PC} [3]. قد يكون لاستخدام ATS_{PC} فائدة كونه أكثر تأثراً (حساسية) للزيادة في الازدحام، ولكنه يملك نفس قيود ATS.

معيار الأداء الثالث الذي تمّت دراسته هو معدل سرعة الرحلة كنسبة من سرعة الجريان الحر (ATS/FFS)، حيث تمت دراسة هذا المعيار لأنّه يظهر انخفاض معدل السرعة حسب التفاعل مع العربات الأخرى، ولذلك فإنّ الانخفاض في تفاعل العربة سوف ينتج نسبة عالية من ATS/FFS وبالتالي مستوى خدمة أعلى. الفائدة الرئيسية من معيار الأداء هذا هو أنّه يتعلق بما يتصل بـ ATS,ATS_{PC}. إنّ سرعة الجريان الحر يمكن أن تختلف بشكل كبير من موقع لآخر، ولهذا تستخدم سرعة الجريان الحر كمرجع يسمح بمقارنات واسعة لمواقع مختلفة، ولا يمكن اعتبار ATS/FFS عاملاً أساسياً يدخل في درجة الازدحام كما هو الحال بالنسبة للسرعة.

معيار الأداء الرابع هو معدل سرعة الرحلة لعربات الركاب كنسبة من سرعة الجريان الحر لعربات الركاب (ATS_{PC}/FFS_{PC})، وقد تمّ فحص هذا المعيار لأنّه أولاً مرجح أن يكون أكثر تأثراً للزيادة في الازدحام من ATS/FFS، وثانياً لأنّ سرعات عربات الركاب تتجه لأن تكون أكثر تأثراً بزيادة الازدحام من سرعات العربات الثقيلة، وكما في ATS/FFS فإنّ الفائدة الرئيسية هي أنّها تزودنا بمرجع لمقارنة المقاطع المختلفة للمسار، ولكن من سلبياتها أنها لا تعد عاملاً أساسياً في درجة الازدحام.

معيار الأداء الخامس هو نسبة التتابع، حيث تمّ قياس نسبة التتابع كالنسبة المئوية للعربات التي تسير بفواصل أقل من 3 ثوان في النقطة المختارة، واختيرت 3 ثواني لأنّها تطابق المعيار البديل لـــHCM من أجل PTSF، ولذلك فإنّ نسبة التتابع تساوي تقريباً PTSF. إنّ مصطلح نسبة التتابع مربك قليلاً لأنّ نسبة الفواصل الأقل من 3 ثواني لا تعكس فعلياً نسبة العربات في نموذج التتابع، واستخدمت نسبة التتابع في هذا البحث لأنّها مستخدمة بشكل واسع من قبل دراسات أخرى للطرق بحارتين باتجاهين، وتعتبر نسبة التتابع (عندما تعرف كمعيار بديل من أجل PTSF) عاملاً في حرية المناورة، حيث أنّ حرية المناورة عاملٌ هامٌ يعكس عرقلة السائق حسب إمكانية تجاوز العربات المتحركة ببطء أكثر.

معيار الأداء السادس هو كثافة التتابع أي عدد العربات التي تتبع في حركتها لعربات أخرى في اتجاه تيار المرور على واحدة الطول (Km or Mil)، ويتم حساب كثافة التتابع من خلال ضرب الكثافة بنسبة التتابع وذلك وفق المعادلتين:

$$\text{الكثافة (D)} = \text{الغزارة (Q)} \setminus \text{السرعة المتوسطة (ATS)}$$

$$\text{كثافة التتابع (FD)} = \text{الكثافة(D)} \times \text{نسبة التتابع (PF)}$$

إنّ الفوائد الرئيسية لاستخدام كثافة التتابع هي أنّها تعد عاملاً في مستوى المرور ومنسجمة مع الكثافة، أما السلبية في استخدامها فهي أنّ الكثافة صعبة القياس مباشرة في الحقل، ولكن يمكن تقدير الكثافة بسهولة في المواقع المحددة من نسبة الإشغال أو من الحجم أو من قياسات السرعة.

كل معايير الأداء السابقة تنسجم مع توقع مستخدمي الطريق وسهلة القياس حقلياً وتصف ظروف الازدحام وعدم الازدحام. إنّ لـ ATS_{PC} وكثافة التتابع فائدة في أنّهما تنسجمان مع معايير الخدمة للطرق السريعة متعددة الحارات، كما أنّ معايير الخدمة المتعلقة بالسرعة مفيدة في التحليل الاقتصادي.

يوضح الجدول (2-5) تقييم معايير الأداء حسب المعايير الستة المحددة في الدراسة النظرية.

الجدول (2-5) تقييم معايير الأداء [9]

معيار الأداء / الخصائص	ATS_{PC}،ATS	ATS/FFS ATS_{PC}/FFS_{PC}	نسبة التتابع	كثافة التتابع
يعكس توقع مستخدمي الطريق	√	√	√	√
سهولة القياس والتقدير	√	√	√	√
ربط المرور وظروف الطريق		√		√
الانسجام مع معايير الأداء للمنشآت الأخرى	√			√
وصف ظروف الازدحام وعدم الازدحام	√	√	√	√
الفائدة في تحليلات الأمان والاقتصاد والبيئة	√	√		

2-6 طرق تقييم معايير الأداء المستخدمة Methods Used to Examine Performance Measures :

إنّ الهدف الرئيس من هذه الدراسة هو تبيان العلاقة بين معايير الأداء المحددة وبين متغيرات تشكل الرتل أي:

1- الغزارة بالاتجاه المباشر.

2- الغزارة بالاتجاه المعاكس.

3- نسبة العربات الثقيلة.

تؤثر العوامل السابقة بشكل عام على الحركة المرورية على الطرق الريفية بحارتين باتجاهين وخاصة الغزارة، وتعد العربات الثقيلة مكون رئيسي من تيار المرور وكون سرعتها منخفضة مقارنة بالعربات الأخرى فهي تؤثر على الحركة المرورية وخاصة عندما تكون نسبتها عالية، ولذلك تمّت دراسة العلاقة بين نسبة العربات الثقيلة وبين معايير الأداء لمعرفة مدى تأثيرها على الحركة المرورية.

إنّ التوقع العام هو أنّه كلما زاد تأثير هذه المتغيرات الثلاث سوف يزداد مقدار تشكل الرتل على الطرق الريفية بحارتين باتجاهين، وتمّ تبيان العلاقة عن طريق التحليل البياني ودراسة درجة الارتباط بين معايير الأداء وبين متغيرات تشكل الرتل على الطرق الريفية بحارتين باتجاهين.

التحليل الأول هو التحليل البياني للعلاقة بين كل معيار أداء وكل متغير في تشكل الرتل، وكان الهدف من هذا التحليل هو بيان الاتجاهات العامة للعلاقة بين معايير الأداء وبين متغيرات تشكل الرتل.

التحليل الثاني هو حساب درجة الارتباط لتبيان مدى قوة العلاقة بين كل معيار أداء وبين كل متغير من المتغيرات المؤثرة على تشكل الرتل.

الفصل الثالث

تحليل ومعالجة البيانات

Analysis and processing of data

تحليل ومعالجة البيانات

Analysis and processing of data

تمّ إجراء التحليلات الإحصائية والبيانية لدراسة العلاقة بين متغيرات تشكل الرتل ومعايير الأداء، والهدف من ذلك هو دراسة تأثير قيمة متغير تشكل الرتل في كل موقع على قيمة معيار الأداء، والجدول (3-1) يظهر معايير الأداء ومتغيرات تشكل الرتل المدروسة في هذا البحث.

الجدول (3-1) معايير الأداء ومتغيرات تشكل الرتل المدروسة

معايير الأداء	متغيرات تشكل الرتل
1- معدل سرعة الرحلة (ATS) 2- معدل سرعة الرحلة لعربات الركاب (ATS_{pc}) 3- معدل سرعة الرحلة كنسبة من سرعة الجريان الحر (ATS/FFS) 4- معدل سرعة الرحلة لعربات الركاب كنسبة من سرعة الجريان الحر لعربات الركاب(ATS_{pc}/FFS_{pc}) 5- نسبة التتابع (PF) 6- كثافة التتابع (FD)	1- الغزارة بالاتجاه المباشر 2- الغزارة بالاتجاه المعاكس 3- نسبة العربات الثقيلة

يبين الجدول (3-2) قيم الغزارات المرورية خلال فترات القياس لكل اتجاه من الطريقين المدروسين وكذلك قيم معايير الأداء التي تم حسابها في كل موقع من مواقع الدراسة.

الجدول (3-2) قيم الغزارات المرورية ومعايير الأداء في مواقع الدراسة

الموقع	فترة الإحصاء	الغزارة بالاتجاه المباشر (عربة/سا)	الغزارة بالاتجاه المعاكس (عربة/سا)	HV %	ATS (كم/سا)	ATS_{PC} (كم/سا)	ATS/ FFS	ATS_{pc}/ FFS_{pc}	PF%	FD (عربة/كم)
1	ذروة صباحية	236	336	7.5	47	47	0.94	0.94	19.49	0.97
	ذروة ظهيرة	189	196	7.25	45	49	0.978	0.98	13.76	0.6
2	ذروة صباحية	191	242	6.7	44	44	0.98	0.97	18.32	0.79
	ذروة ظهيرة	150	171	7.6	38	38	0.95	1	12	0.474
3	ذروة صباحية	119	87	7.9	39	39	0.975	0.975	17.65	0.538
	ذروة الظهيرة	62	106	9.3	48	49	0.98	0.98	29.05	0.375
4	ذروة صباحية	155	95	5.45	45	45	0.98	0.957	12.63	0.435
	ذروة ظهيرة	85	129	7.7	41	41	1	0.978	5.88	0.122
5	ذروة صباحية	152	98	6	63	63	1	0.969	17.11	0.413
	ذروة ظهيرة	87	171	3.7	59	59	0.983	0.983	6.9	0.102
6	ذروة صباحية	39	144	10.5	50	52	1	1	2.56	0.02
	ذروة ظهيرة	86	45	9.6	47	47	0.979	0.979	10.47	0.191
7	ذروة صباحية	42	135	14	42	44	1	0.977	4.76	0.047
	ذروة ظهيرة	94	81	10.7	42	43	0.967	0.955	13.83	0.31

الموقع	فترة الإحصاء	الغزارة بالاتجاه المباشر (عربة/سا)	الغزارة بالاتجاه المعاكس (عربة/سا)	HV %	ATS (كم/سا)	ATS_{PC} (كم/سا)	ATS/ FFS	ATS_{pc}/ FFS_{pc}	PF%	FD (عربة/كم)
8	ذروة صباحية	59	84	5.1	42	43	0.976	0.977	10.17	0.143
	ذروة ظهيرة	64	46	12.6	45	46	1	0.978	6.25	0.089
9	ذروة صباحية	62	48	8.1	46	46	1	0.978	12.9	0.174
	ذروة ظهيرة	83	65	10.4	41	42	0.976	0.954	13.25	0.268
10	ذروة صباحية	43	177	7.2	54	54	0.964	0.931	9.3	0.074
	ذروة ظهيرة	100	62	8.9	42	43	0.977	0.977	8	0.19

3-1 التحليل البياني Graphical analysis:

لقد تمّ ربط كل معيار أداء مع متغير تشكل الرتل من أجل إجراء التحليل البياني، والهدف من ذلك هو دراسة فيما إذا كان هناك تداخلات بين معيار الأداء وبين متغير تشكل الرتل. يقدّم هذا القسم في البداية الربط بين معايير الأداء وبين الغزارة.

3-1-1 العلاقة بين معايير الأداء والغزارة بالاتجاه المباشر:

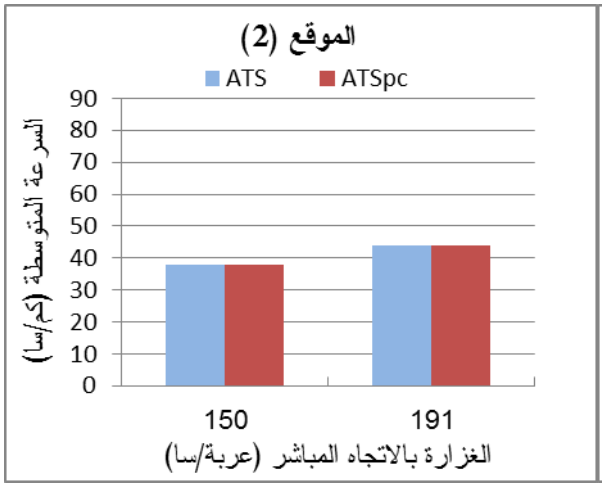
The relationship between performance measures and direct direction flow

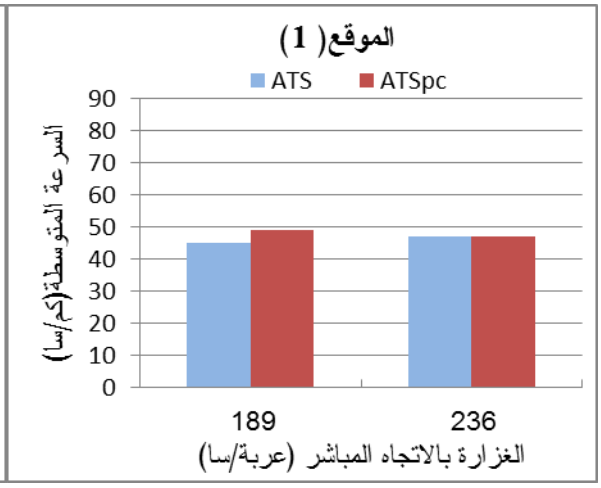
3-1-1-1 العلاقة بين الغزارة بالاتجاه المباشر ومعياري أداء السرعة ATS و ATS_{pc}:

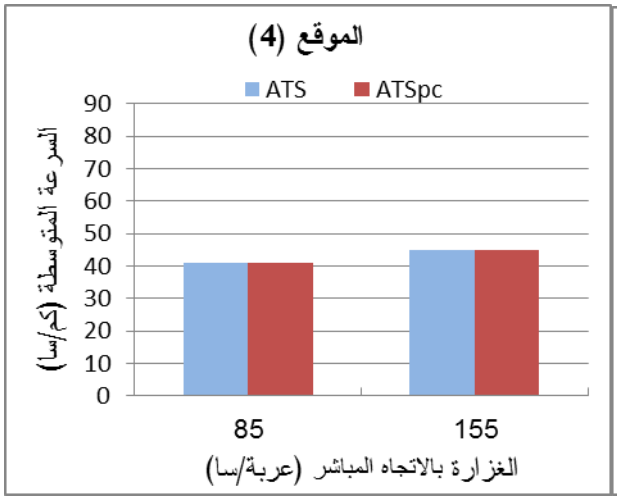
The relationship between direct direction flow and ATS, ATS_{pc}

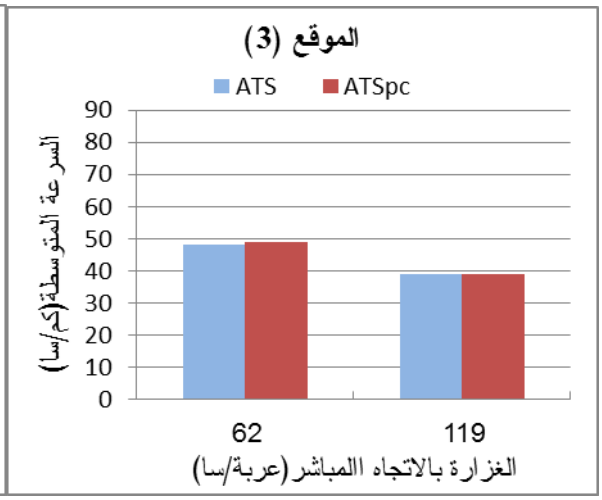
يظهر الشكل(3-1) العلاقة بين الغزارة المرورية بالاتجاه المباشر وبين معياري أداء السرعة ATS و ATS_{pc}، حيث يعتبر التوقع العام لهذه العلاقة أنه كلما زادت الغزارة سينخفض معدل السرعة، والمواقع المتناسبة مع هذا التوقع هي (3-6-9-10)، كما لوحظ

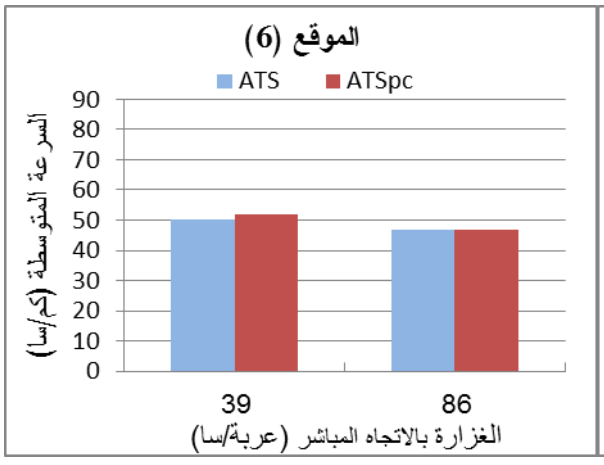
أنّ معدل سرعة الرحلة لعربات الركاب (ATS_{pc}) أكثر توافقاً مع التوقع من ATS وظهر ذلك في المواقع (1-3-6-7-9-10).

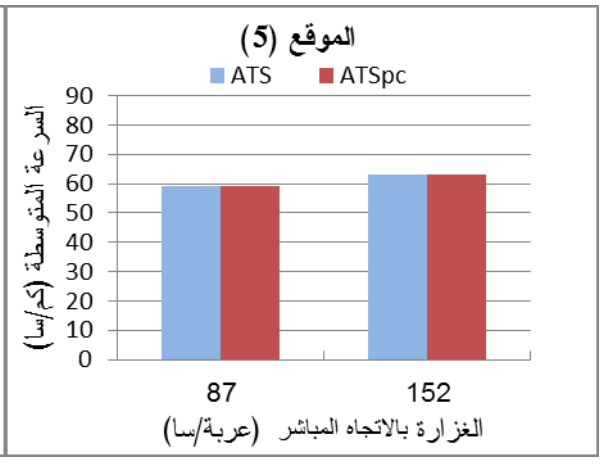












الشكل (3-1) العلاقة بين ATS و ATSpc مع الغزارة بالاتجاه المباشر في مواقع الدراسة

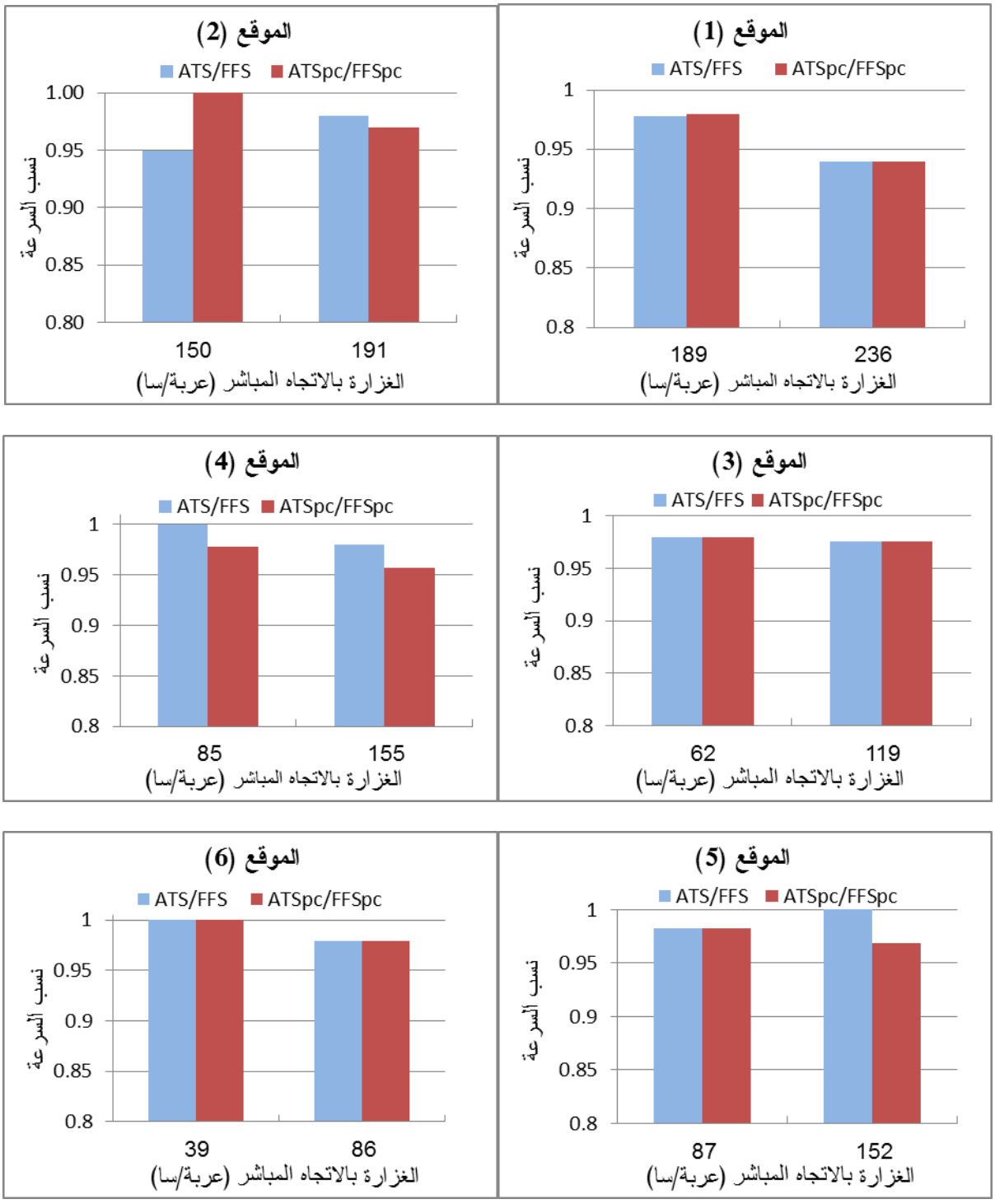
نلاحظ من المخططات عدم وجود تباينات كبيرة بين سرعة العربات السياحية والسرعة للعدد الإجمالي للعربات، وذلك لعدم وجود اختناقات مرورية ولأن العربات السياحية تشكل قسماً كبيراً من العدد الكلي للعربات.

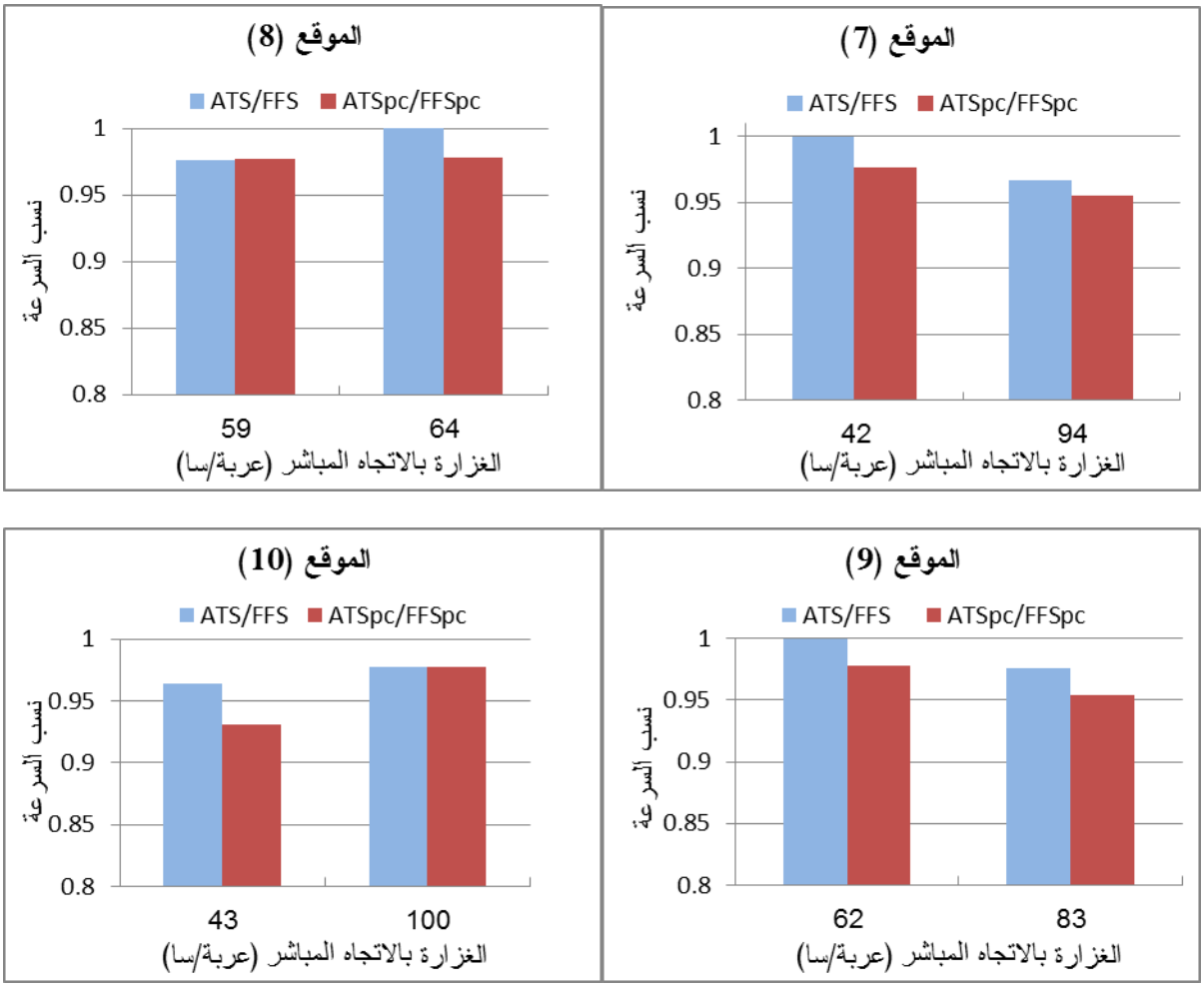
3-1-1-2 العلاقة بين الغزارة بالاتجاه المباشر ونسب السرعة (ATS/FFS و ATS_{pc}/FFS_{pc}):

The relationship between direct direction flow and ATS/FFS، ATS_{pc}/FFS_{pc}

إنّ العلاقة الثانية التي تمّت دراستها هي العلاقة بين الغزارة بالاتجاه المباشر وبين نسب السرعة (ATS/FFS و ATS_{pc}/FFS_{pc})، و تشير هذه النسب إلى معدل انخفاض السرعة في المواقع المدروسة، ووفقاً للتوقع العام لهذه الحالة فإنّه كلما زادت الغزارة

تنخفض نسب السرعة أي تزداد قيم انخفاض السرعة، و يظهر الشكل(3-2) هذه العلاقة في جميع المواقع المدروسة.





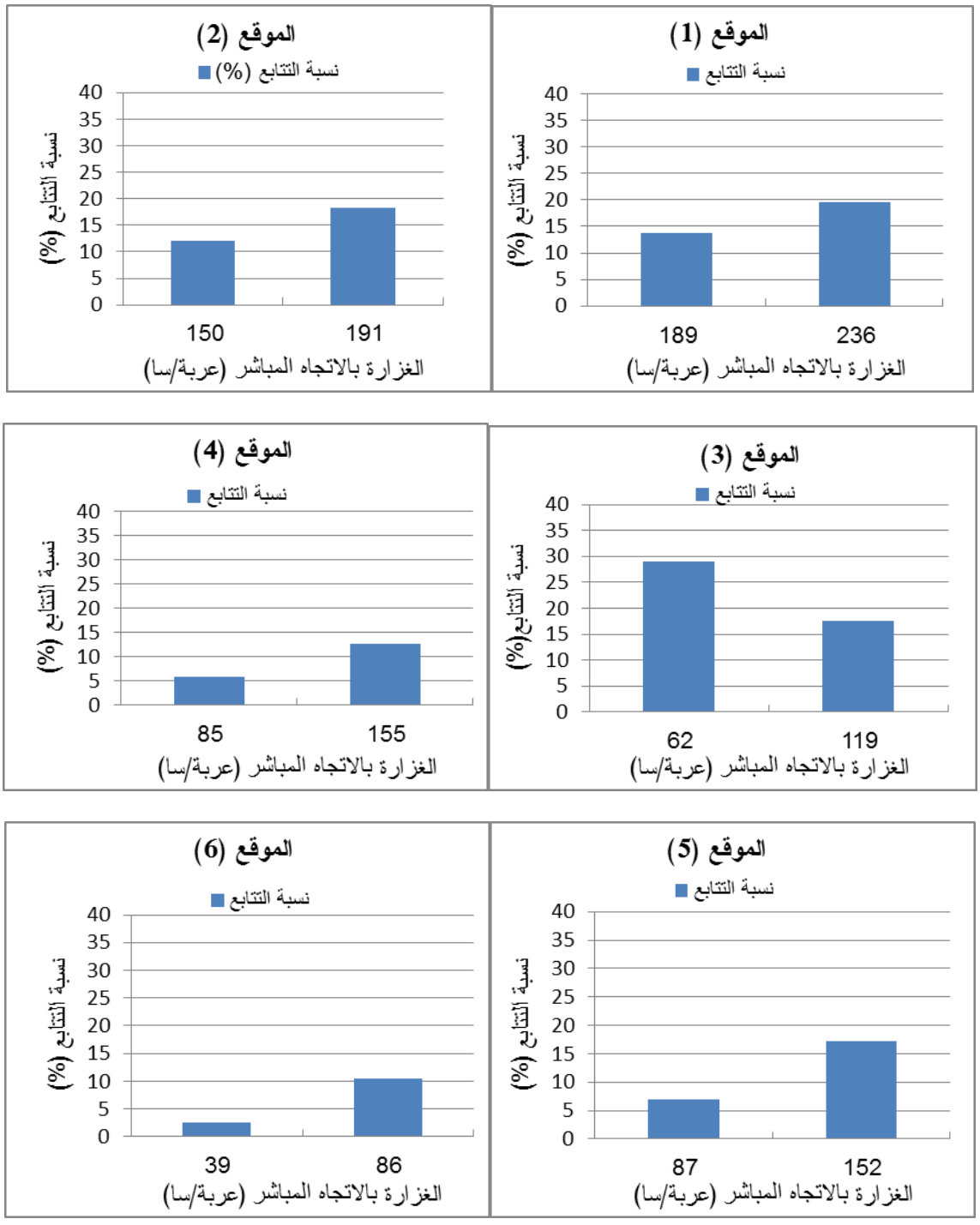
الشكل (3-2) العلاقة بين ATS/FFS و ATSpc/FFSpc والغزارة بالاتجاه المباشر

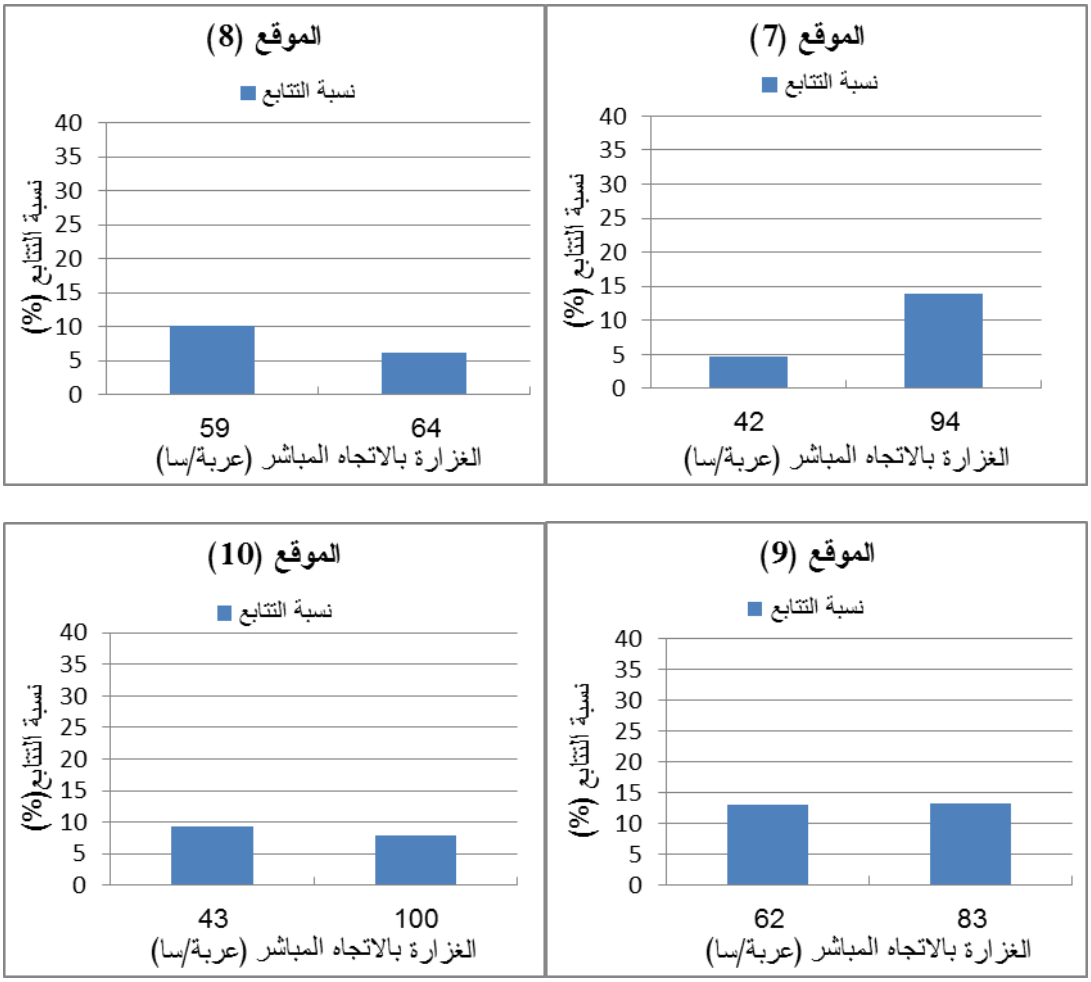
- ✓ نلاحظ من الشكل أنّ المواقع (1-3-4-6-7-9) تحقق التوقع العام للعلاقة الذي أشرنا إليه سابقاً، حيث وجد بأنّ النسبة ATS_{pc}/FFS_{pc} متوافقة معه بشكل أكبر من النسبة ATS/FFS، ويفسر ذلك بأن ATS_{pc}/FFS_{pc} تتأثر بالزيادة في الازدحام بشكل أكبر من ATS/FFS، كما أنّ سرعات عربات الركاب تتجه لأن تكون أكثر تأثراً بزيادة الازدحام من سرعات العربات الثقيلة.
- ✓ يلاحظ أنّ النسب أعلى من 90% وذلك كون الغزارات المرورية بأقصى قيمها لم تتجاوز (236 عربة/ساعة) للاتجاه المباشر، وهي أقل من سعة الطريق بشكل عام (1700 عربة/سا)، وبالتالي فإن العربات تسير بسرعات قريبة من سرعة الجريان الحر.

3-1-1-3 العلاقة بين الغزارة بالاتجاه المباشر وبين نسبة التتابع:

The relationship between direct direction flow and percent followers

العلاقة الثالثة المبيّنة في الشكل (3-3) هي بين الغزارة بالاتجاه المباشر وبين نسبة التتابع، إنّ التوقع العام لهذه العلاقة هي أنّه بزيادة الغزارة تزداد نسبة التتابع.





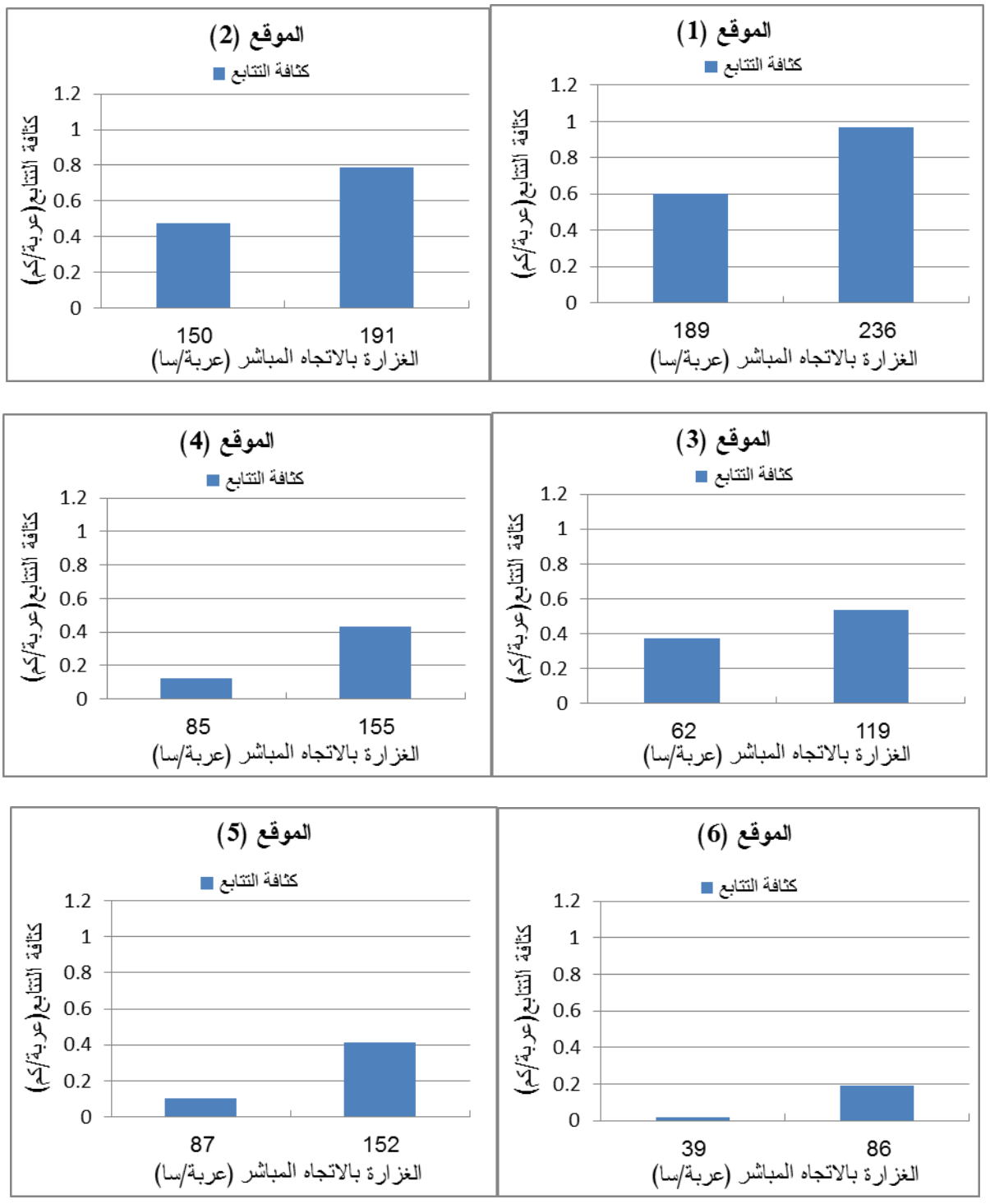
الشكل (3-3) العلاقة بين نسبة التتابع والغزارة بالاتجاه المباشر في مواقع الدراسة

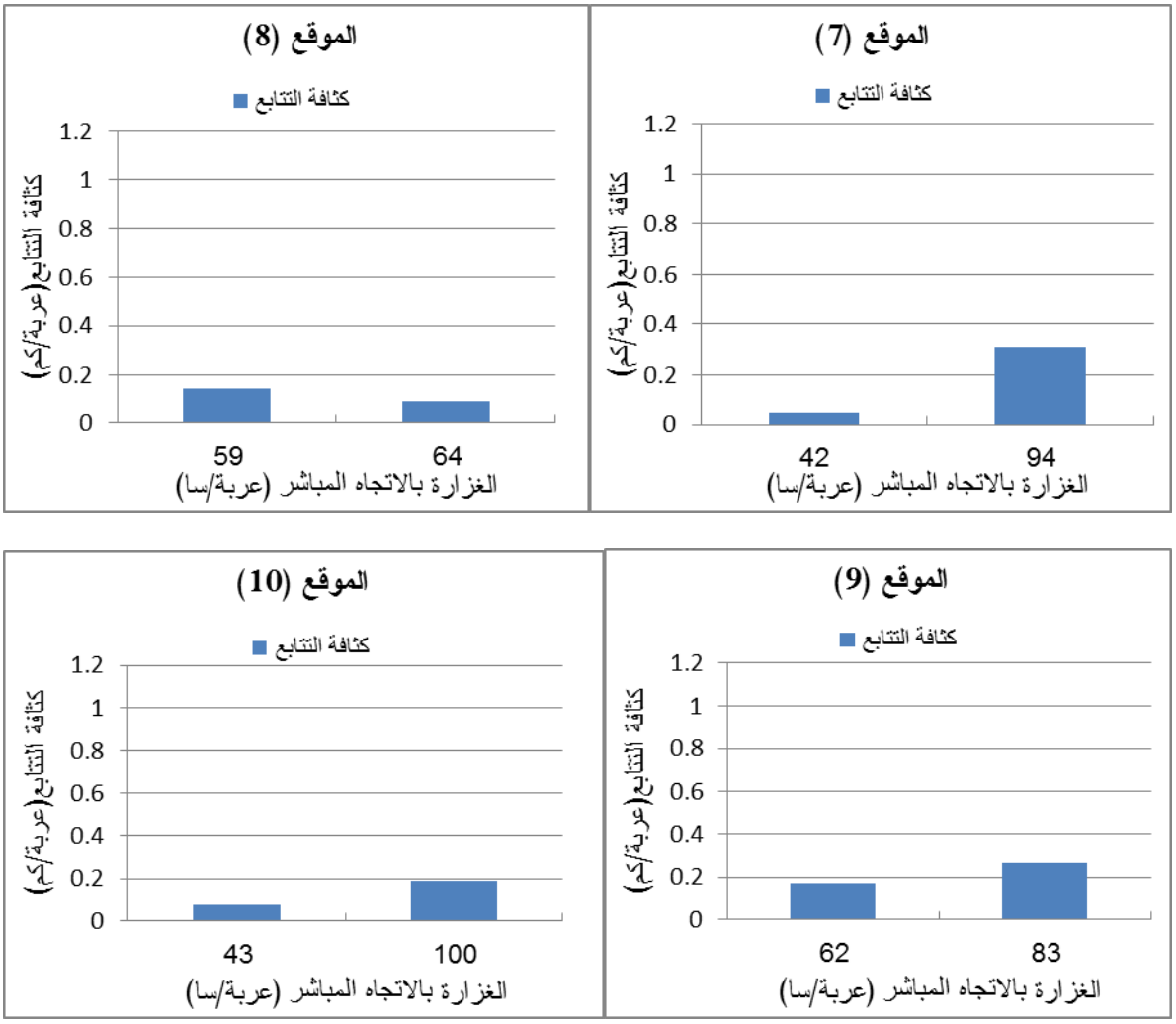
- ✓ نلاحظ من الشكل أنّ التوقع العام محقق في المواقع (1-2-4-5-6-7-9) وهذا منطقي، لأنّه عند زيادة الغزارة تزداد أعداد العربات ذات الفواصل القصيرة وبالتالي تزداد أعداد العربات التي تتبع في حركتها للعربات الأخرى، وبمعنى أصح تزداد نسبة التتابع.
- ✓ نلاحظ من الشكل أن قيم نسب التتابع منخفضة كون الغزارات المرورية منخفضة بشكل عام.
- ✓ لم يتحقق التوقع للعلاقة في بعض المواقع، ويعود ذلك لأسباب مختلفة منها العناصر الهندسية والمرورية وتوزع المرور خلال ساعة القياس.

3-1-1-4 العلاقة بين الغزارة بالاتجاه المباشر وكثافة التتابع:

The relationship between direct direction flow and following density

تمّت دراسة العلاقة بين الغزارة بالاتجاه المباشر وبين كثافة التتابع وهي مبيّنة في الشكل (3-4). إنّ التوقع العام لهذه العلاقة هو أنّه كلما زادت الغزارة تزداد كثافة التتابع.





الشكل (3-4) العلاقة بين كثافة التتابع والغزارة بالاتجاه المباشر في مواقع الدراسة

- ✓ نلاحظ من الشكل (3-4) أنّ العلاقة المتوقعة محققة في جميع المواقع باستثناء الموقع (8)، كما أنّ هذه العلاقة أكثر قوةً ووضوحاً من العلاقات الأخرى.
- ✓ قيم كثافة التتابع منخفضة بشكل عام ويعود ذلك إلى انخفاض قيم الغزارة.

3-1-2 العلاقة بين معايير الأداء وبين الغزارة بالاتجاه المعاكس:

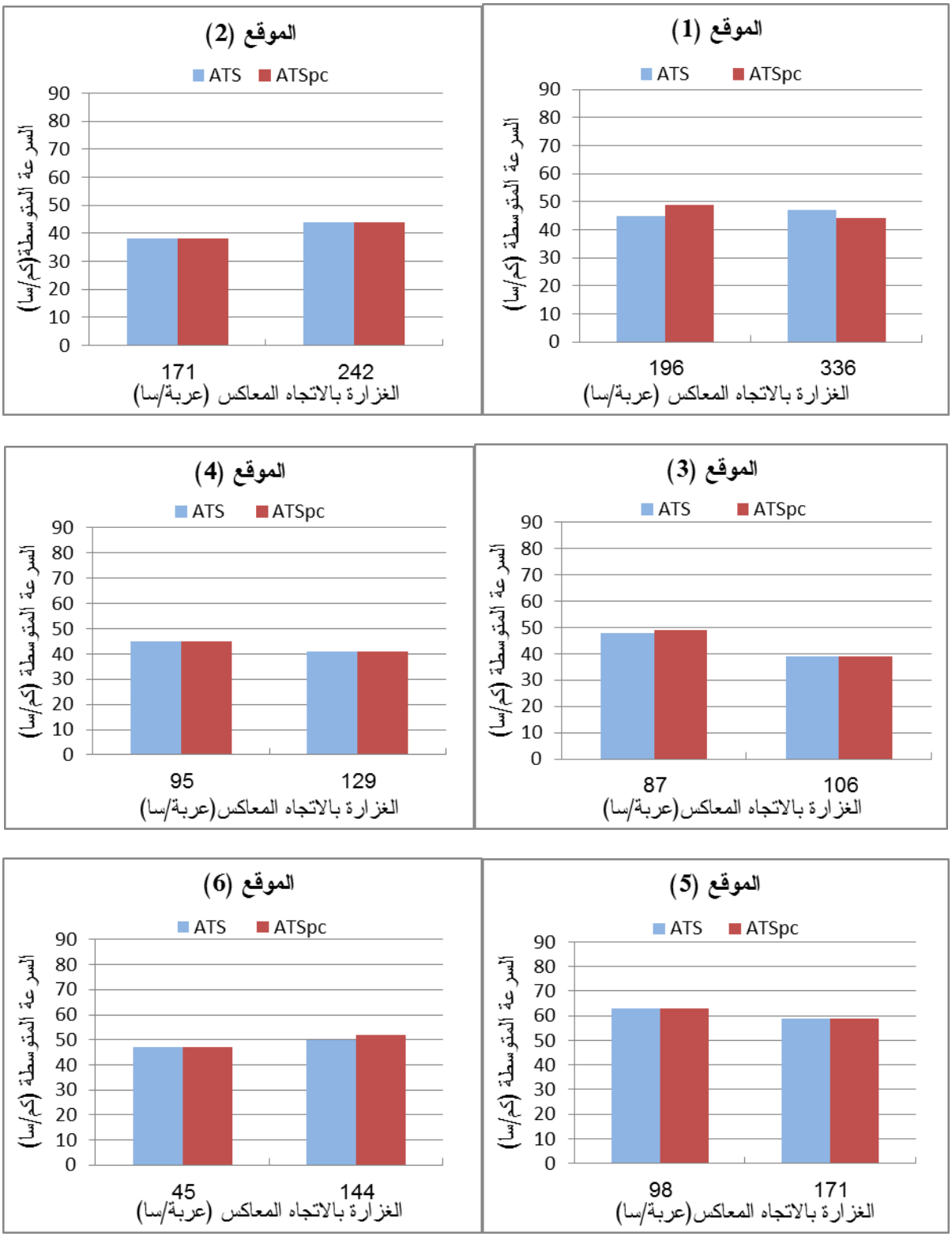
The relationship between performance measures and opposite direction flow

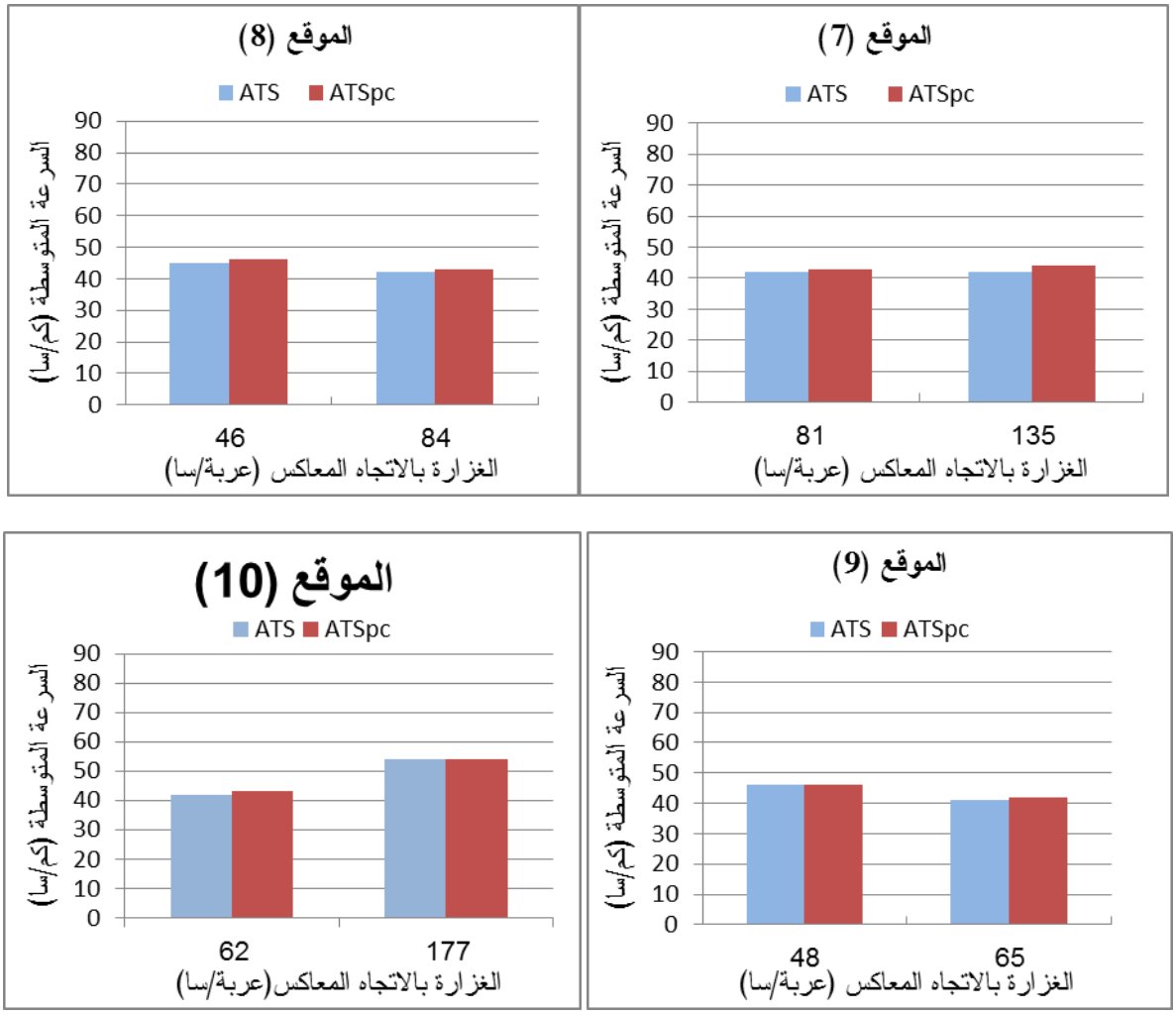
3-1-2-1 العلاقة بين الغزارة بالاتجاه المعاكس والسرعة المتوسطة (ATS_{PC}،ATS):

The relationship between opposite direction flow and ATS, ATS_{pc}

تضمن التحليل البياني دراسة العلاقة بين معايير الأداء وبين الغزارة بالاتجاه المعاكس والذي يشكل أحد المعايير الأساسية في تشكل الرتل على الطرق بحارتين باتجاهين. ويوضح الشكل (3-5) علاقة الغزارة بالاتجاه المعاكس مع السرعة المتوسطة

في جميع المواقع، ونلاحظ من الشكل أنّ ATS و ATS_{pc} أظهرتا شكلاً غير منتظماً، ولكن في الغالب تتجه السرعة للانخفاض كلما زادت الغزارة بالاتجاه المعاكس ولكن بمقدار بسيط.





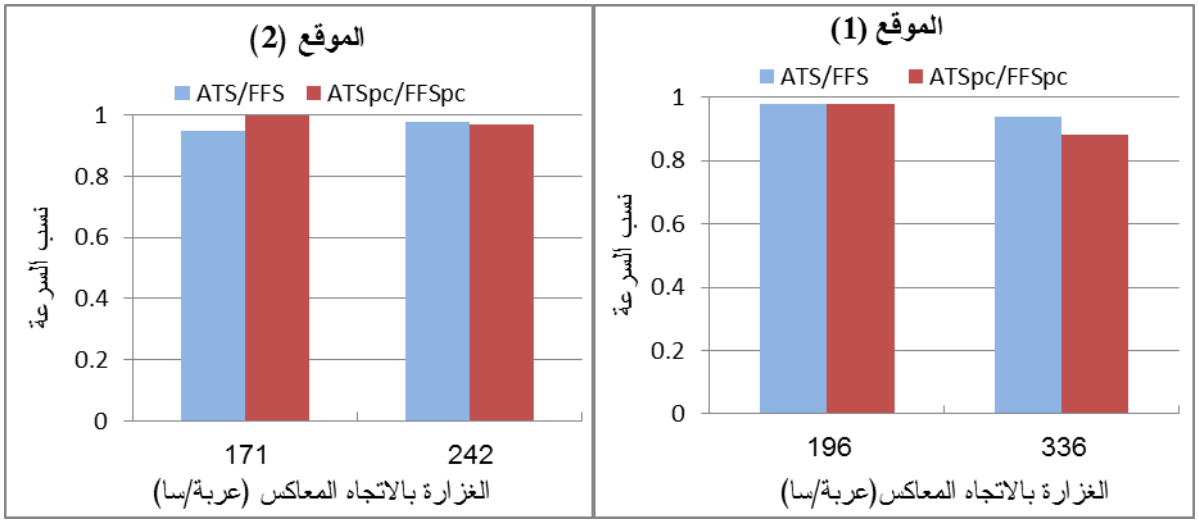
الشكل (3-5) العلاقة بين الغزارة بالاتجاه المعاكس و ATSpc،ATS في مواقع الدراسة

نلاحظ من المخططات عدم وجود تباينات كبيرة بين سرعة العربات السياحية والسرعة للعدد الإجمالي للعربات، وذلك يعود إلى أن الغزارة المرورية منخفضة وإلى أن العربات السياحية تشكل قسماً كبيراً منها.

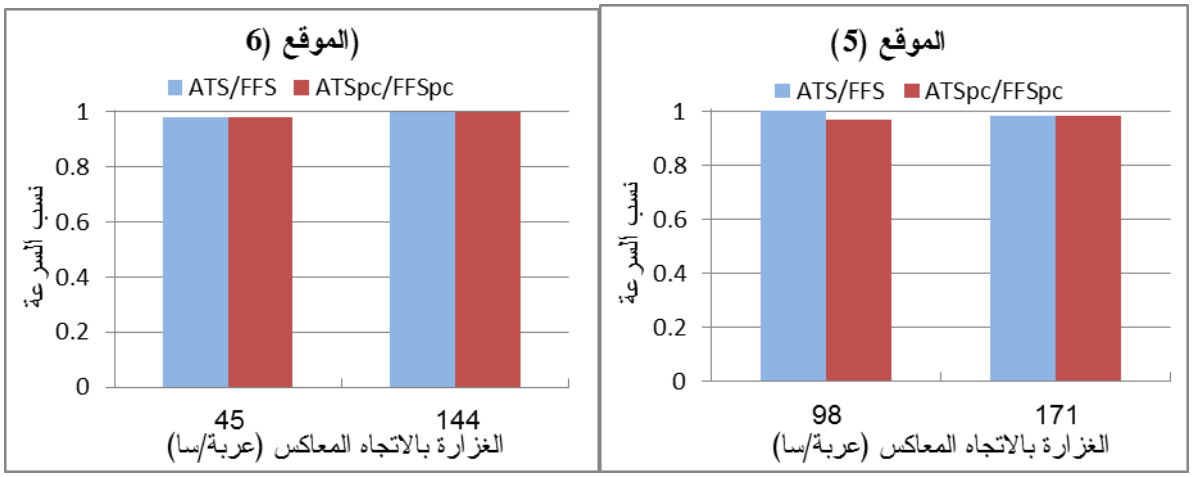
3-1-2-2 علاقة الغزارة بالاتجاه المعاكس مع نسب السرعة (ATS/FFS، ATS_{PC}/FFS_{PC}):

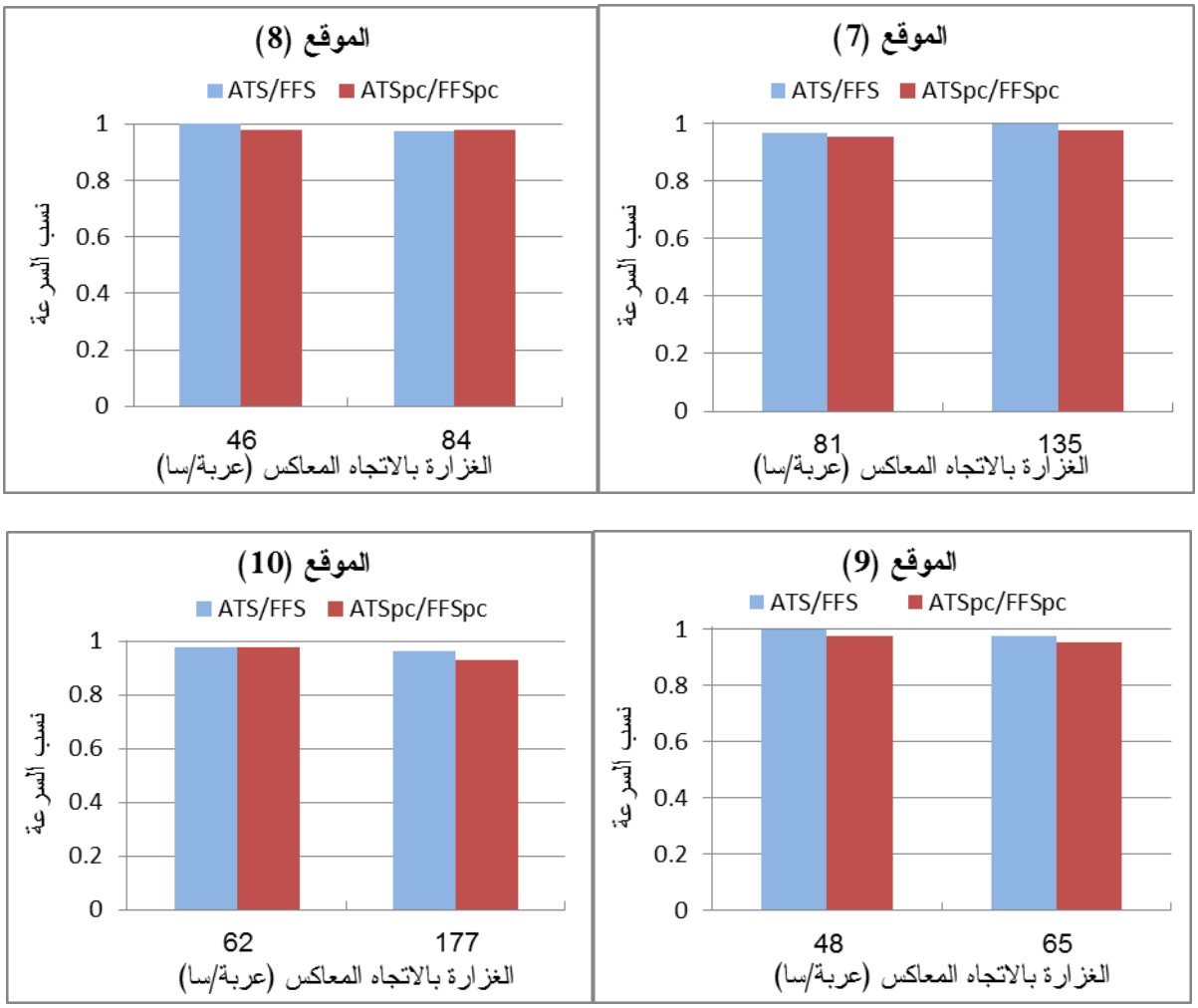
The relationship between opposite direction flow and ATS_{pc}/FFS_{pc}, ATS/FFS

تمت دراسة تأثير الغزارة بالاتجاه المعاكس على نسب السرعة (انخفاض السرعة) ATS/FFS و ATS_{pc}/FFS_{pc} والمبيّنة في الشكل (3-6).


الموقع (1)
ATS/FFS
ATSpc/FFSpc
نسب السرعة
196
336
الغزارة بالاتجاه المعاكس(عربة/سا)
الموقع (2)
ATS/FFS
ATSpc/FFSpc
نسب السرعة
171
242
الغزارة بالاتجاه المعاكس (عربة/سا)

الموقع (3)
ATS/FFS
ATSpc/FFSpc
نسب السرعة
87
106
الغزارة بالاتجاه المعاكس (عربة/سا)
الموقع (4)
ATS/FFS
ATSpc/FFSpc
نسب السرعة
95
129
الغزارة بالاتجاه المعاكس(عربة/سا)


الموقع (5)
ATS/FFS
ATSpc/FFSpc
نسب السرعة
98
171
الغزارة بالاتجاه المعاكس (عربة/سا)
(الموقع 6)
ATS/FFS
ATSpc/FFSpc
نسب السرعة
45
144
الغزارة بالاتجاه المعاكس (عربة/سا)



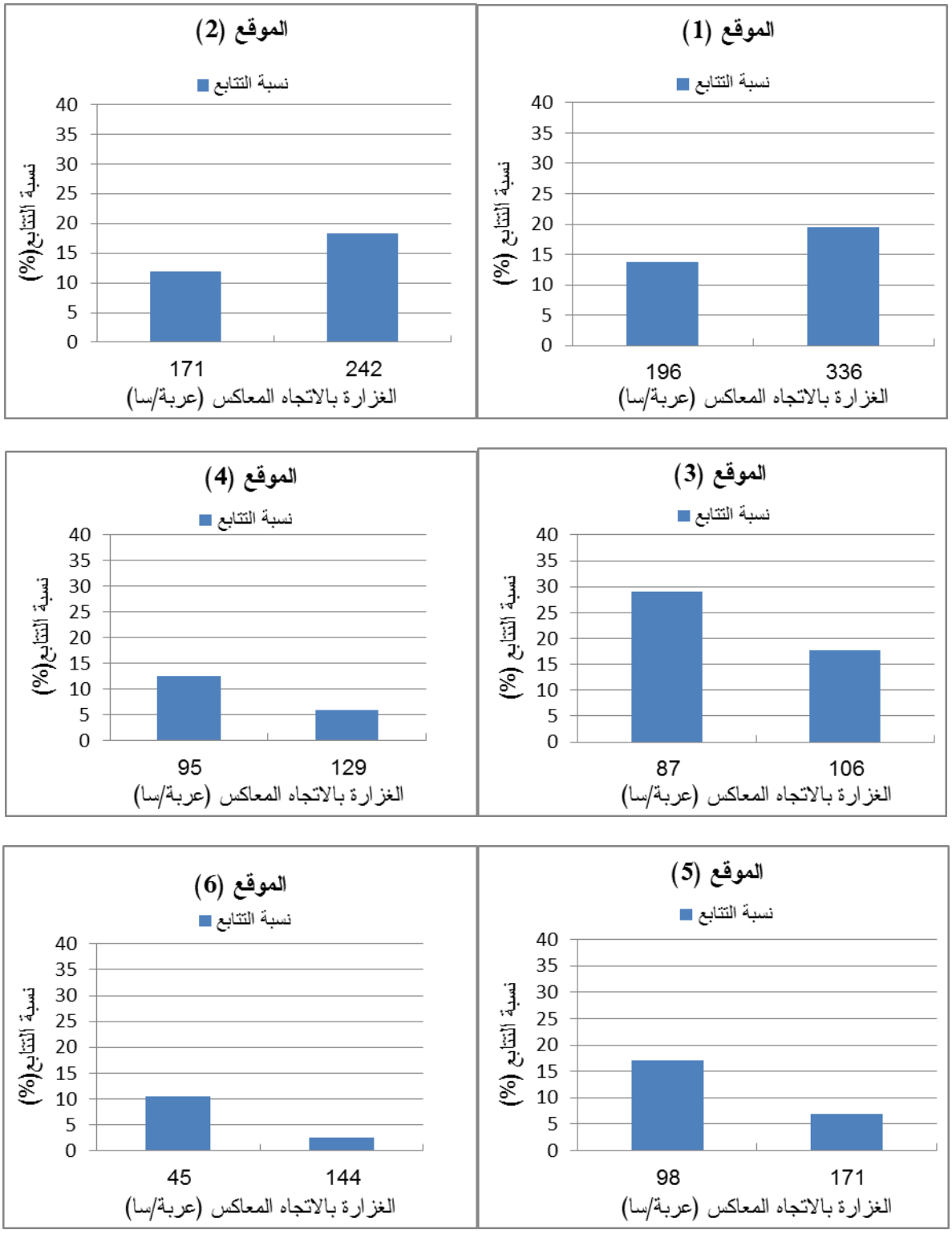
الشكل (3-6) العلاقة بين الغزارة بالاتجاه المعاكس و ATSpc/FFSpc،ATS/FFS في مواقع الدراسة

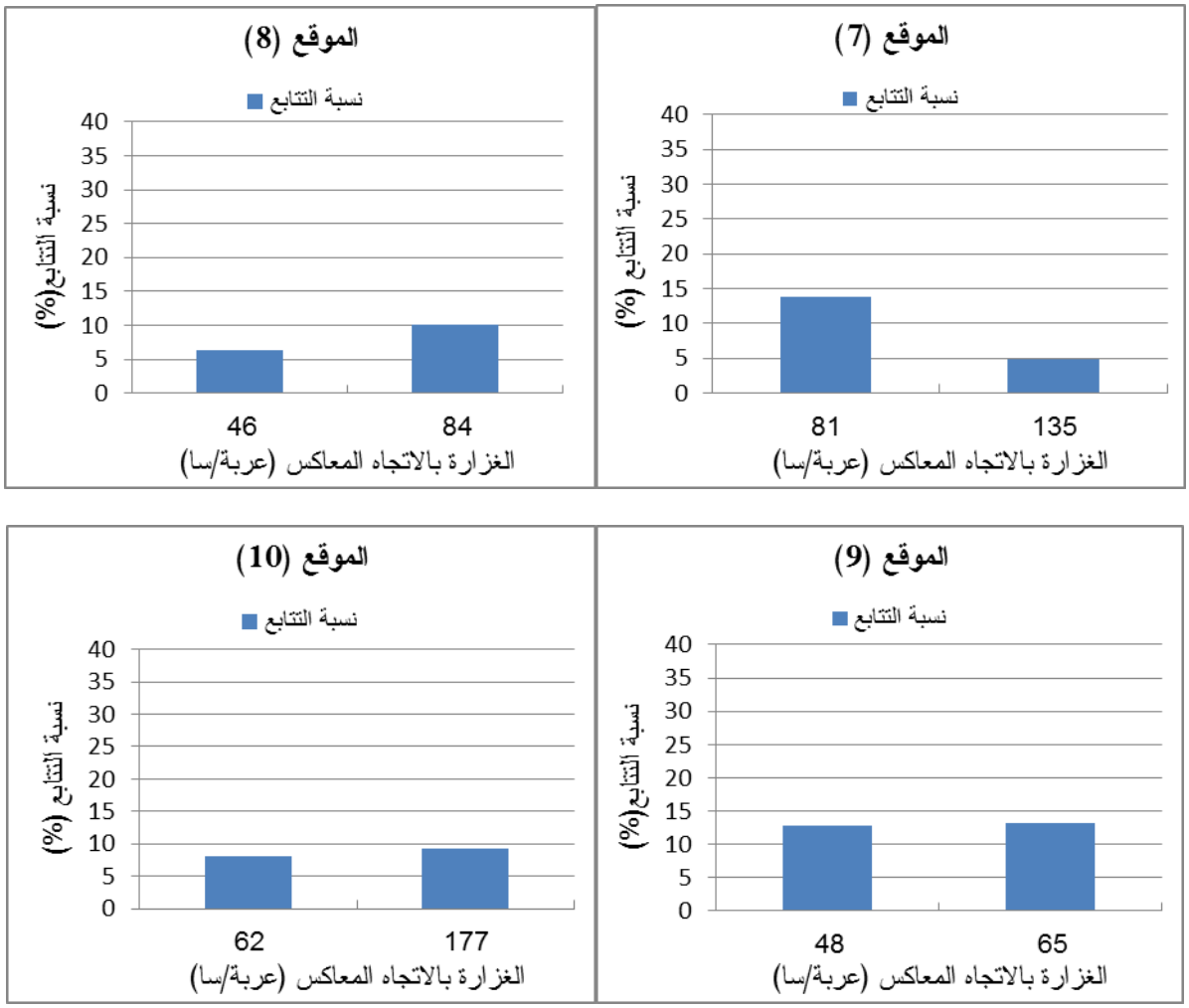
✓ نلاحظ من الشكل أنّ كلاً من ATS/FFS و ATS_{pc}/FFS_{pc} قد أظهرت قيمة منخفضة لانخفاض السرعة مع زيادة الغزارة بالاتجاه المعاكس، ويلاحظ أنّ النسب أعلى من 90% وذلك كون الغزارات المرورية منخفضة.

3-2-1-3 العلاقة بين الغزارة بالاتجاه المعاكس وبين نسبة التتابع:

The relationship between opposite direction flow and percent followers

كما تمّت دراسة العلاقة بين الغزارة بالاتجاه المعاكس وبين نسبة التتابع والمبّينة بالشكل (3-7).


الموقع (1)
نسبة التتابع
نسبة التتابع (%)
40
35
30
25
20
15
10
5
0
196
336
الغزارة بالاتجاه المعاكس (عربة/سا)
الموقع (2)
نسبة التتابع
نسبة التتابع(%)
171
242
الغزارة بالاتجاه المعاكس (عربة/سا)
الموقع (3)
نسبة التتابع
نسبة التتابع (%)
87
106
الغزارة بالاتجاه المعاكس (عربة/سا)
الموقع (4)
نسبة التتابع
نسبة التتابع(%)
95
129
الغزارة بالاتجاه المعاكس (عربة/سا)
الموقع (5)
نسبة التتابع
نسبة التتابع (%)
98
171
الغزارة بالاتجاه المعاكس (عربة/سا)
الموقع (6)
نسبة التتابع
نسبة التتابع(%)
45
144
الغزارة بالاتجاه المعاكس (عربة/سا)



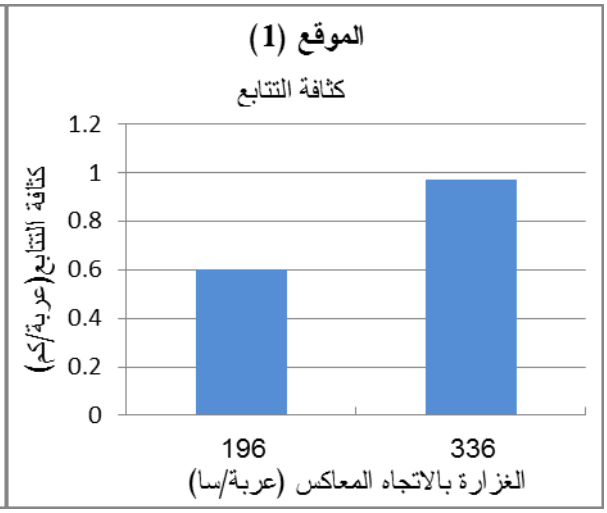
الشكل (3-7) العلاقة بين الغزارة بالاتجاه المعاكس ونسبة التتابع في مواقع الدراسة

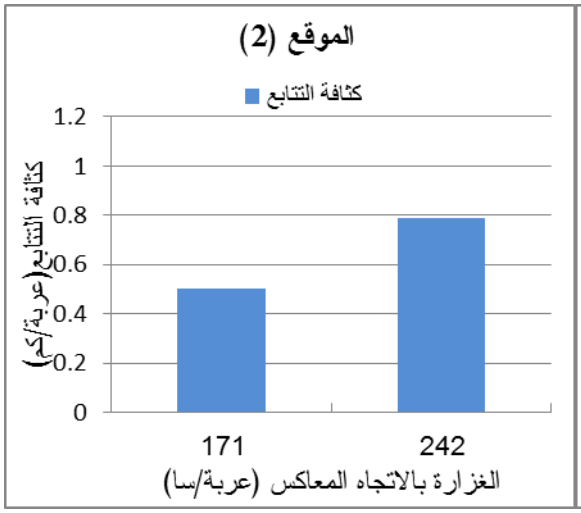
ونلاحظ من الشكل أنّ نسبة التتابع لا تُظهر اتجاهاً معيناً يمكن تمييزه، حيث أظهرت نصف المواقع انخفاضاً لنسبة التتابع مع زيادة الغزارة بالاتجاه المعاكس ونصفها الآخر أظهرت ارتفاعاً لنسبة التتابع وبنسب متفاوتة، أي أنّ علاقة نسبة التتابع مع الغزارة بالاتجاه المعاكس هي علاقة ضعيفة.

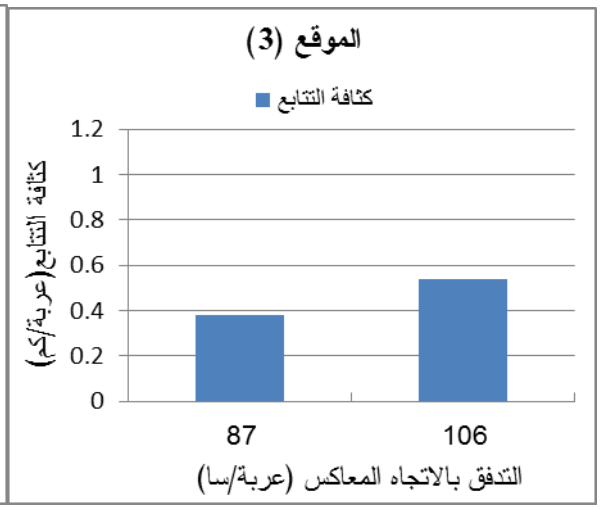
3-1-2-4 العلاقة بين الغزارة بالاتجاه المعاكس وبين كثافة التتابع:

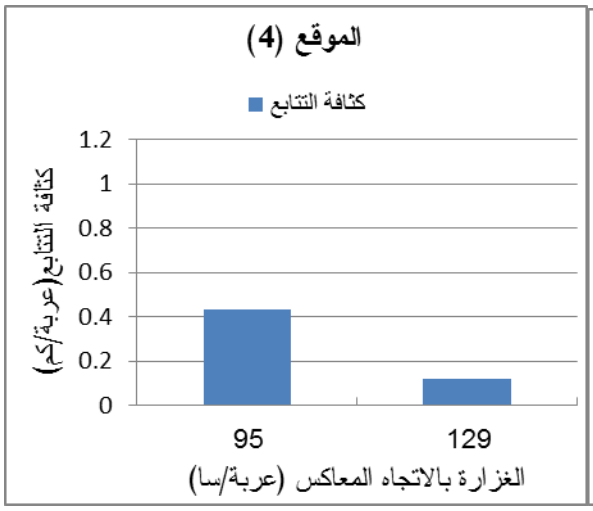
The relationship between opposite direction flow and following density

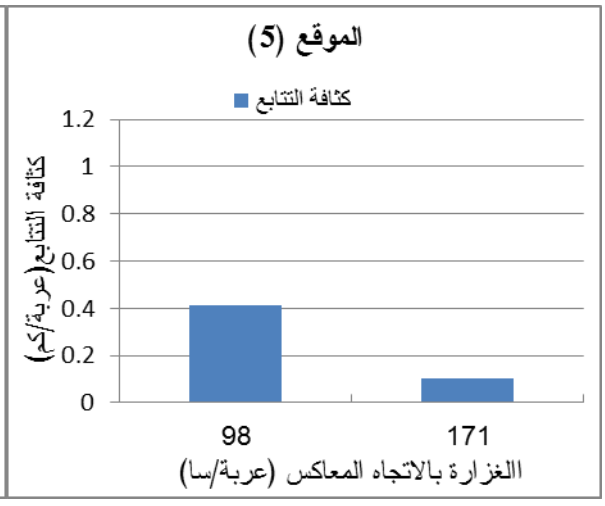
وبنفس الطريقة يبيّن الشكل (3-8) العلاقة بين الغزارة بالاتجاه المعاكس وبين كثافة التتابع.

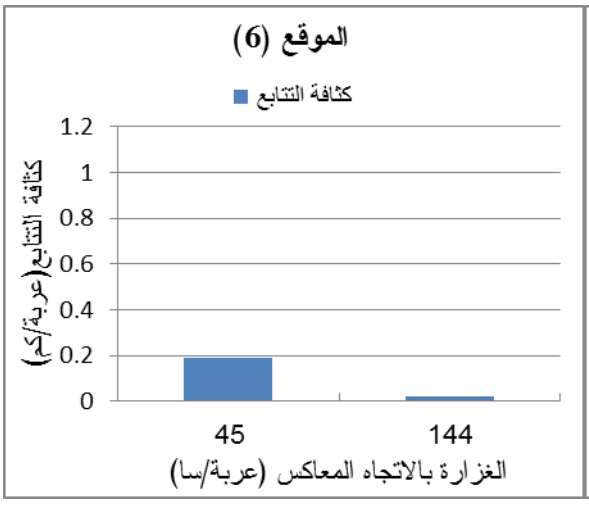

الموقع (1)
كثافة التتابع
كثافة التتابع(عربة/كم)
1.2
1
0.8
0.6
0.4
0.2
0
196
336
الغزارة بالاتجاه المعاكس (عربة/سا)

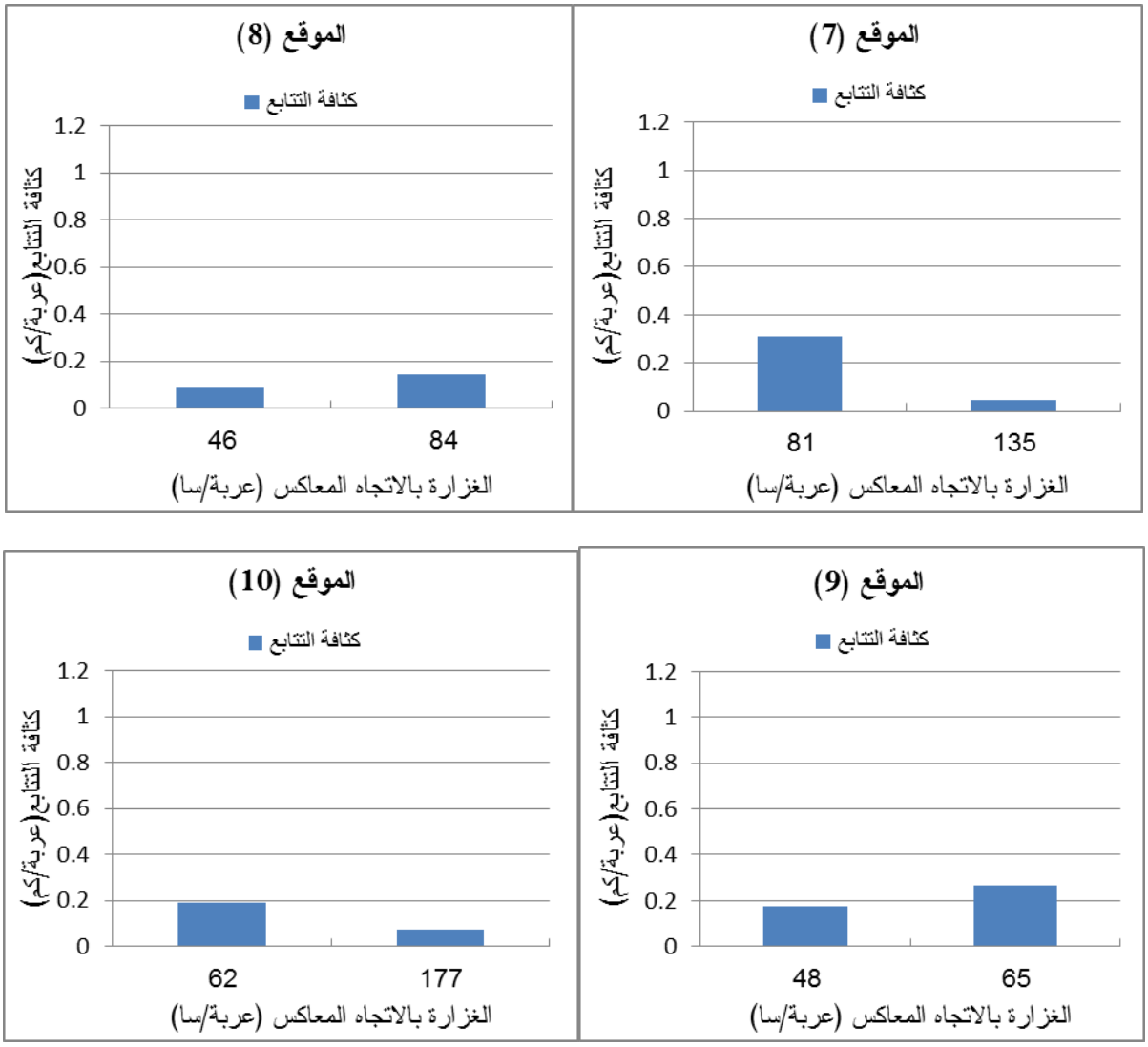

الموقع (2)
كثافة التتابع
كثافة التتابع(عربة/كم)
1.2
1
0.8
0.6
0.4
0.2
0
171
242
الغزارة بالاتجاه المعاكس (عربة/سا)


الموقع (3)
كثافة التتابع
كثافة التتابع(عربة/كم)
1.2
1
0.8
0.6
0.4
0.2
0
87
106
التدفق بالاتجاه المعاكس (عربة/سا)


الموقع (4)
كثافة التتابع
كثافة التتابع(عربة/كم)
1.2
1
0.8
0.6
0.4
0.2
0
95
129
الغزارة بالاتجاه المعاكس (عربة/سا)


الموقع (5)
كثافة التتابع
كثافة التتابع(عربة/كم)
1.2
1
0.8
0.6
0.4
0.2
0
98
171
الغزارة بالاتجاه المعاكس (عربة/سا)


الموقع (6)
كثافة التتابع
كثافة التتابع(عربة/كم)
1.2
1
0.8
0.6
0.4
0.2
0
45
144
الغزارة بالاتجاه المعاكس (عربة/سا)



الشكل (3-8) العلاقة بين الغزارة بالاتجاه المباشر وكثافة التتابع في مواقع الدراسة

- ✓ ونلاحظ من الشكل كما هو في حالة نسبة التتابع بأنّ كثافة التتابع لا تظهر اتجاهاً معيناً يمكن تمييزه، أي أنّ علاقة كثافة التتابع مع الغزارة بالاتجاه المعاكس هي علاقة ضعيفة، والسبب الرئيس لذلك هو القيم المنخفضة للغزارات على الاتجاهين بشكل عام وكذلك الطلب المنخفض على التجاوز.

نلاحظ من خلال التحليل البياني للعلاقات بين معايير الأداء وبين الغزارة بالاتجاه المعاكس أنّ هذه العلاقات أضعف من العلاقات بين معايير الأداء وبين الغزارة بالاتجاه المباشر.

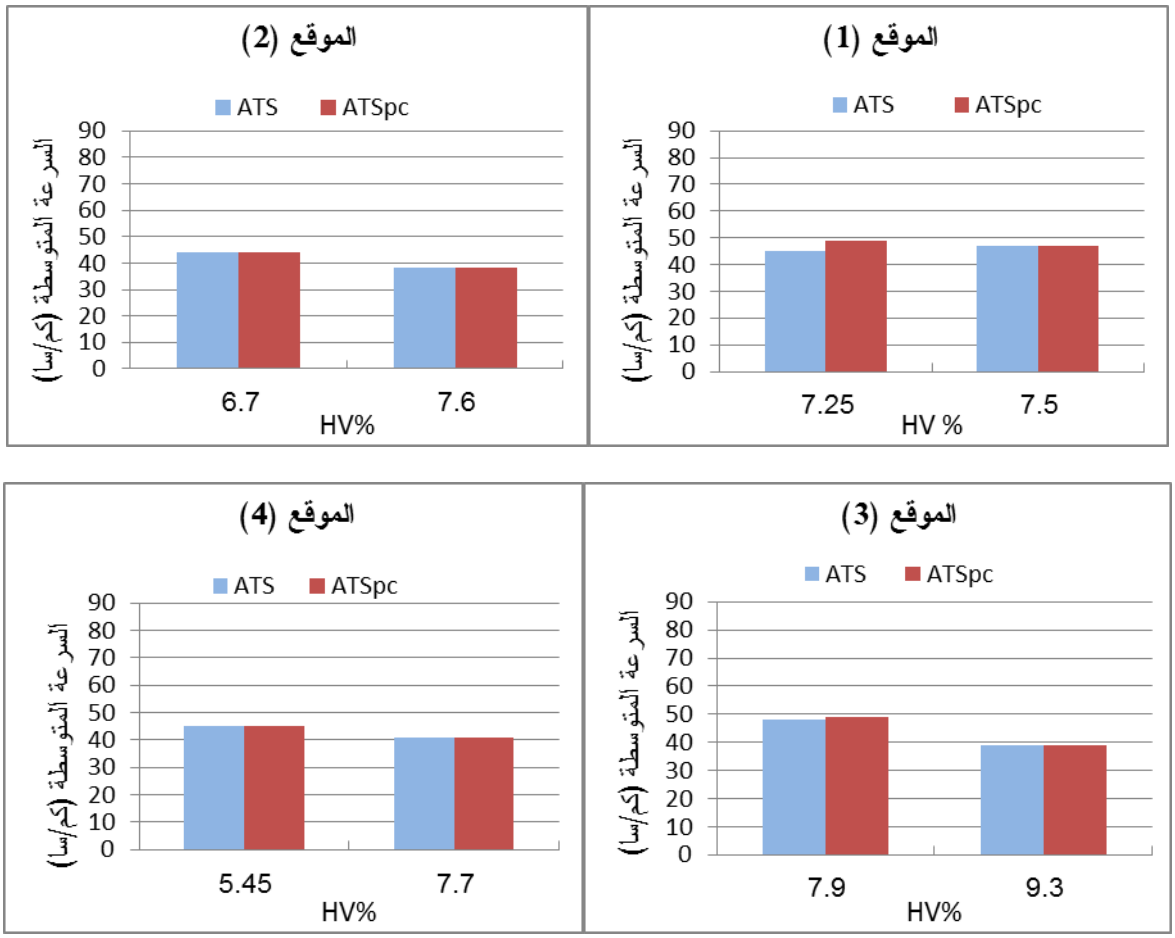
3-1-3 العلاقة بين نسبة العربات الثقيلة (HV%) وبين معايير الأداء:

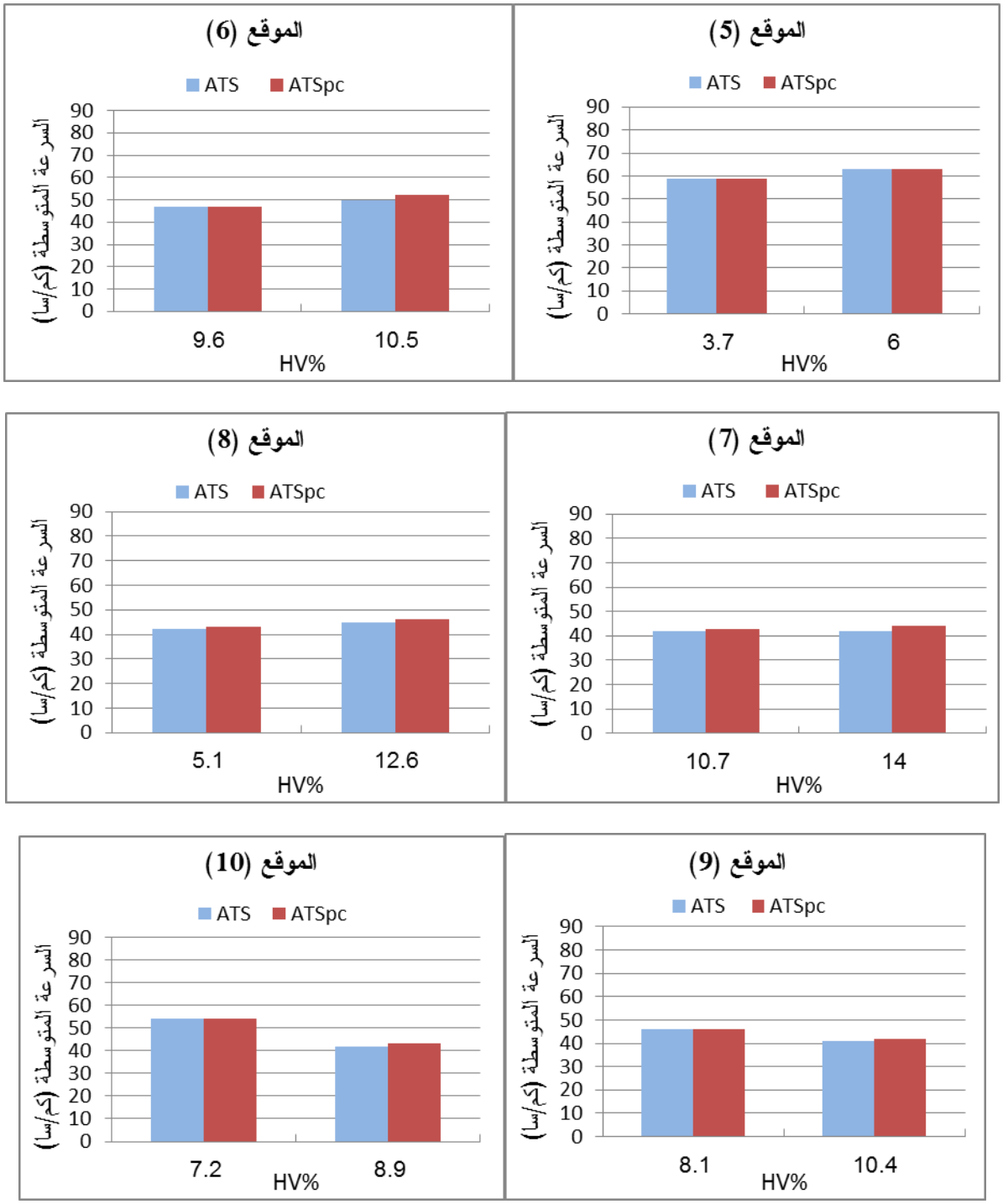
The relationship between performance measures and HV%

3-1-3-1 العلاقة بين نسبة العربات الثقيلة وكل من ATS، ATS_{PC}:

The relationship between HV% and ATS, ATS_{pc}

تم دراسة العلاقة بين نسبة العربات الثقيلة (HV%) وبين معايير الأداء لمعرفة مدى تأثير العربات الثقيلة ضمن تيار المرور، و يوضح الشكل (3-9) العلاقة بين نسبة العربات الثقيلة وبين كلاً من **ATS** , $\mathbf{ATS_{PC}}$.





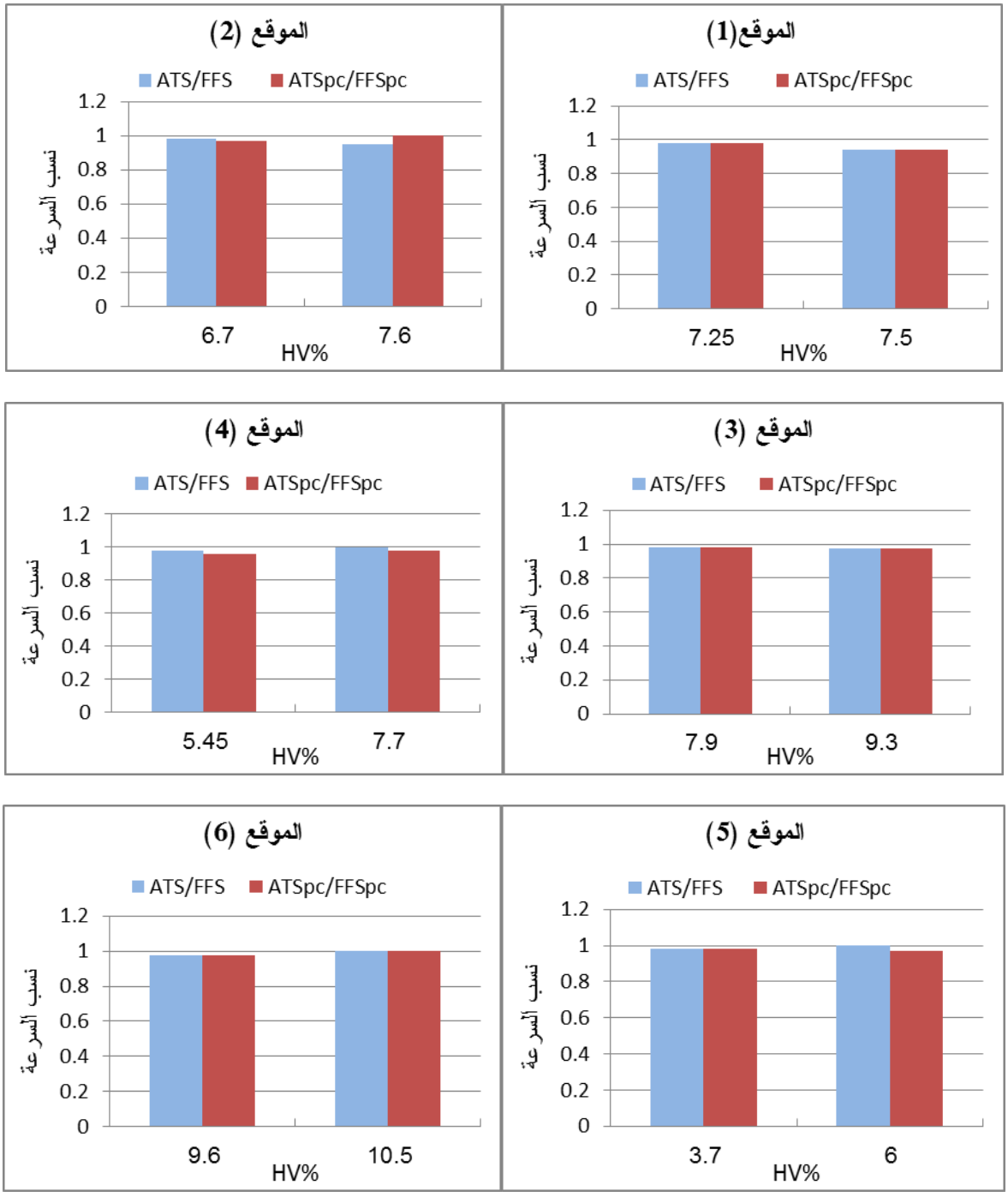
الشكل (3-9) العلاقة بين السرعة المتوسطة ونسبة العربات الثقيلة في مواقع الدراسة

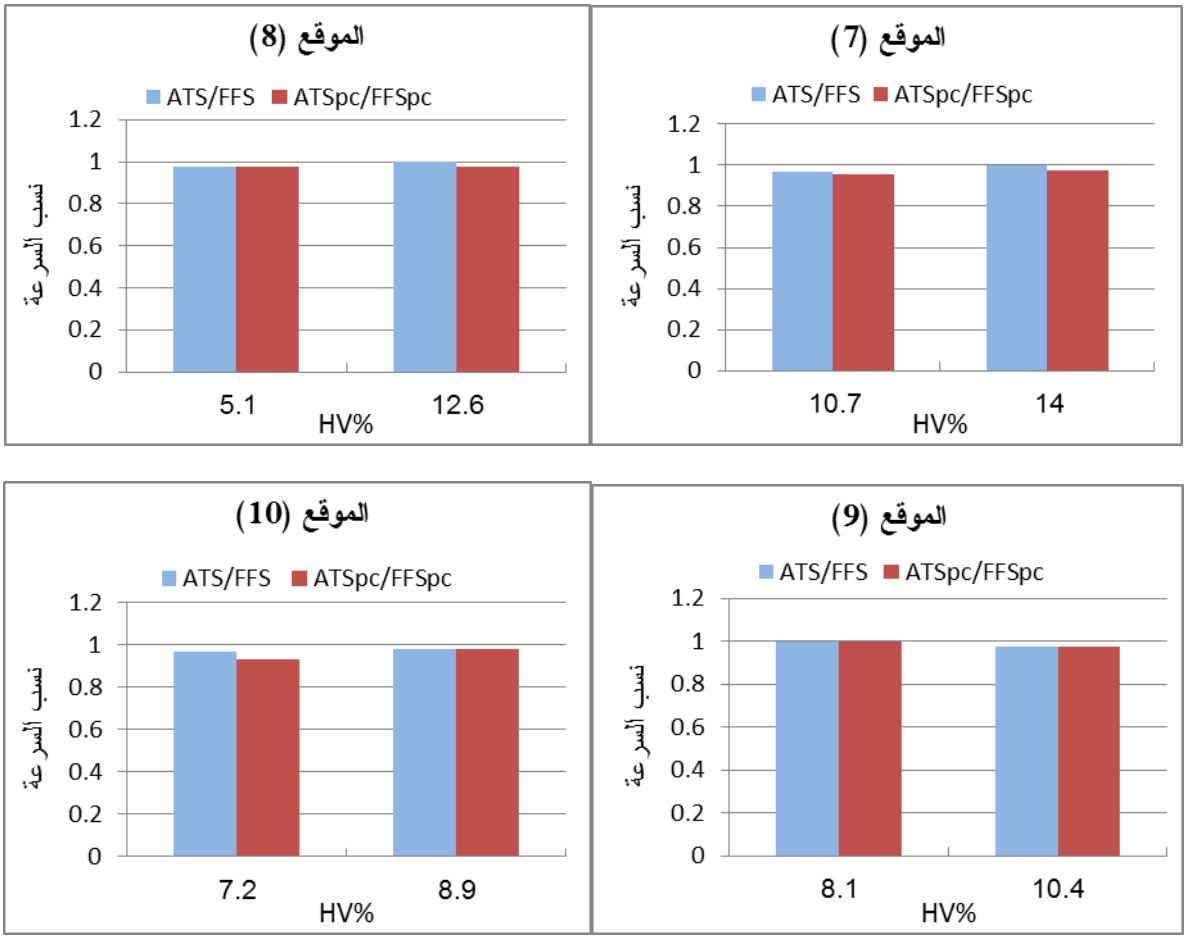
✓ نلاحظ من الشكل (3-9) أنّ العلاقة بين نسبة العربات الثقيلة وبين السرعة (ATS, ATS_{PC}) هي علاقة ضعيفة وليس لها اتجاهاً معيناً، فبعض المواقع يزداد فيها متوسط السرعة بزيادة نسبة العربات الثقيلة وبعضها الآخر ينخفض، حيث يلاحظ نسب منخفضة للعربات الثقيلة ضمن الرتل المروري.

3-1-3-2 العلاقة بين نسبة العربات الثقيلة وكل من ATS_{PC}/FFS_{PC} ،ATS/FFS:

The relationship between HV% and ATS_{PC}/FFS_{PC} ،ATS/FFS

كما تم تشكيل العلاقة بين نسبة العربات الثقيلة وبين كلٍ من ATS_{PC}/FFS_{PC} ، ATS/FFS والشكل (3-10) يبيّن هذه العلاقة.





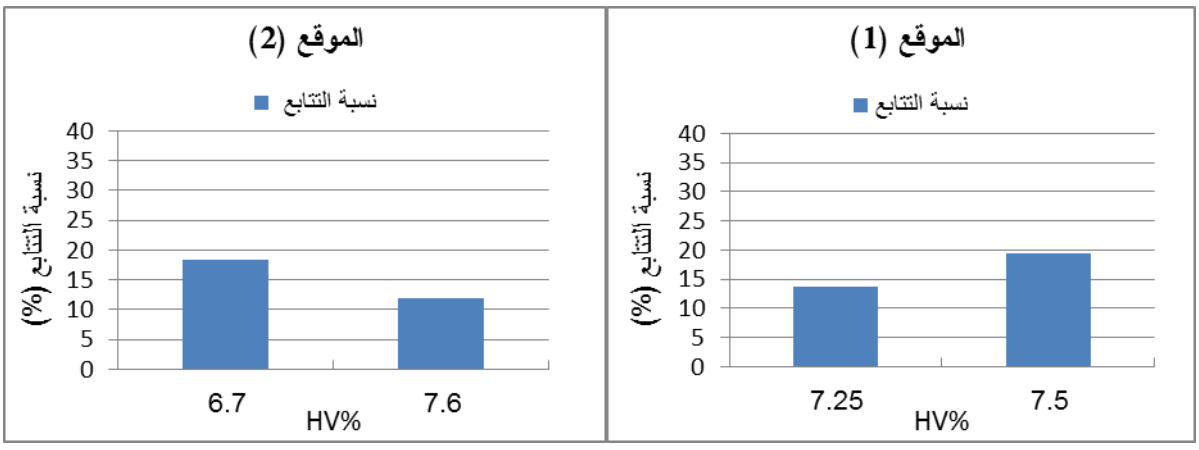
الشكل (3-10) العلاقة بين نسبة العربات الثقيلة (HV%) ونسب السرعة في مواقع الدراسة

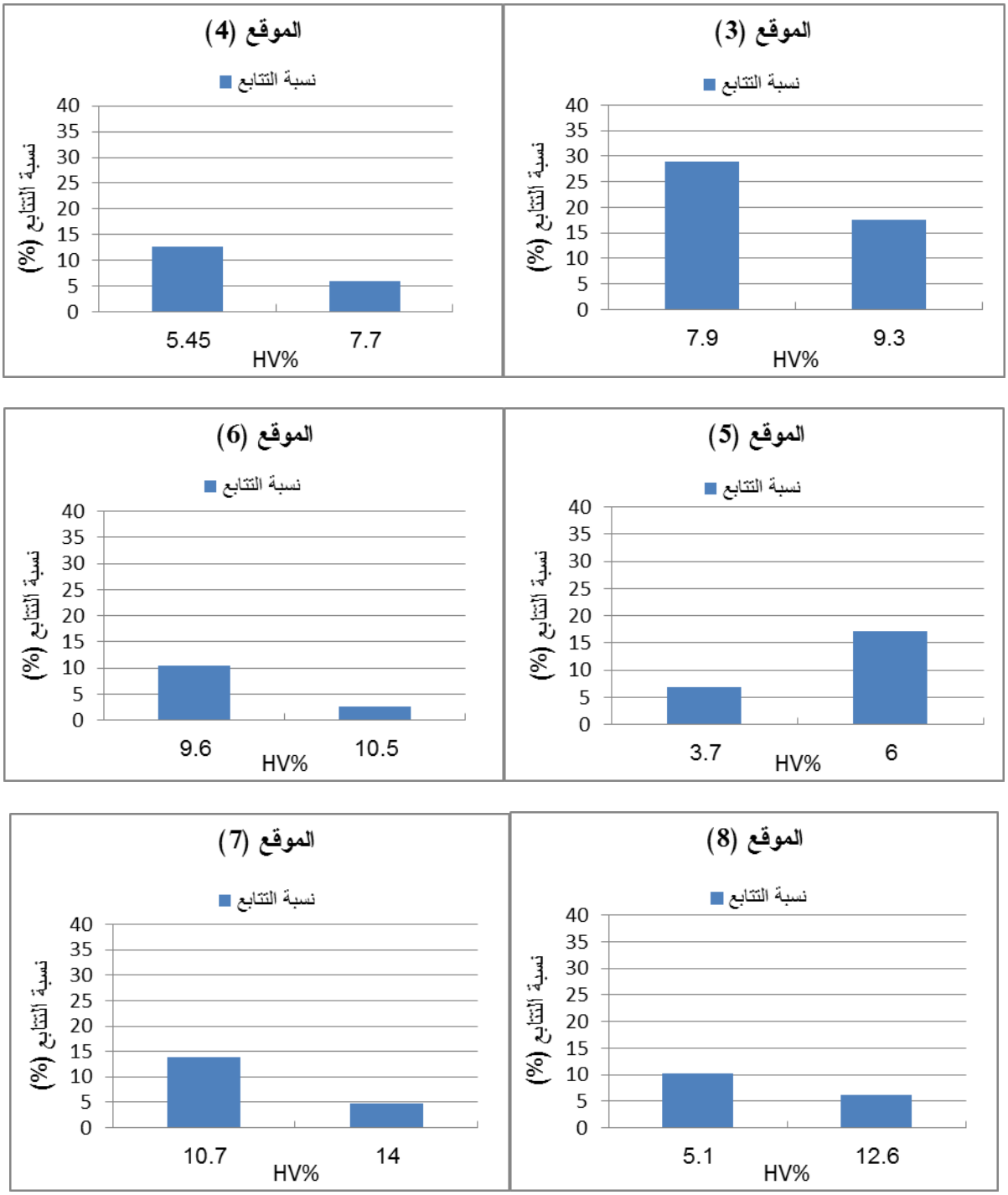
نلاحظ من الشكل أنّ علاقة نسبة العربات الثقيلة مع ATS/FFS و ATS_{PC}/FFS_{PC} ضعيفة نسبياً كما أن قيم النسب أكبر من 90% وذلك يعود للغزارات المرورية المنخفضة.

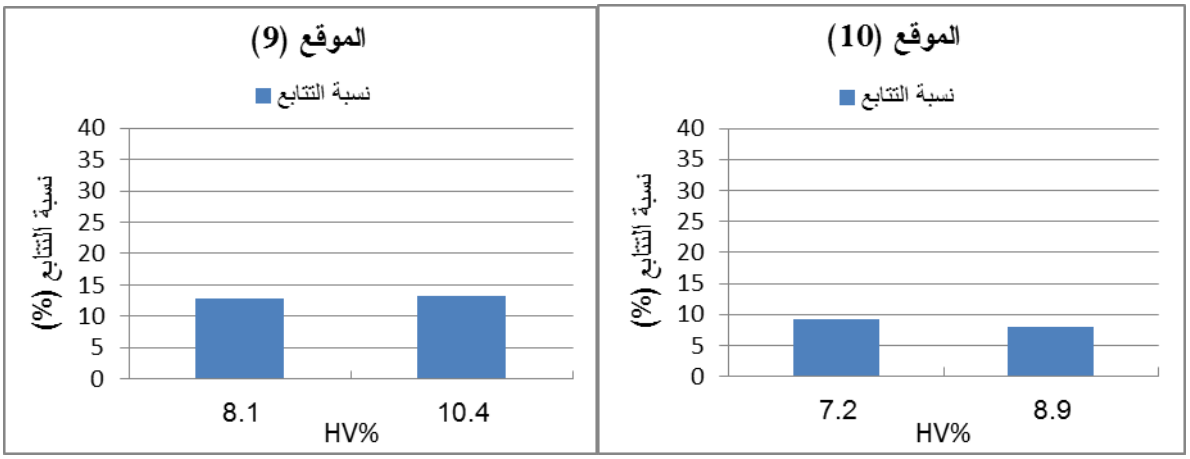
3-3-1-3 العلاقة بين نسبة العربات الثقيلة ونسبة التتابع:

The relationship between HV% and percent followers

وبنفس الطريقة يبيّن الشكل (3-11) العلاقة بين نسبة العربات الثقيلة وبين نسبة التتابع.




الموقع (4)
نسبة التتابع
نسبة التتابع (%)
40
35
30
25
20
15
10
5
0
5.45
7.7
HV%
الموقع (3)
نسبة التتابع
نسبة التتابع (%)
7.9
9.3
HV%
الموقع (6)
نسبة التتابع
نسبة التتابع (%)
9.6
10.5
HV%
الموقع (5)
نسبة التتابع
نسبة التتابع (%)
3.7
6
HV%
الموقع (7)
نسبة التتابع
نسبة التتابع (%)
10.7
14
HV%
الموقع (8)
نسبة التتابع
نسبة التتابع (%)
5.1
12.6
HV%



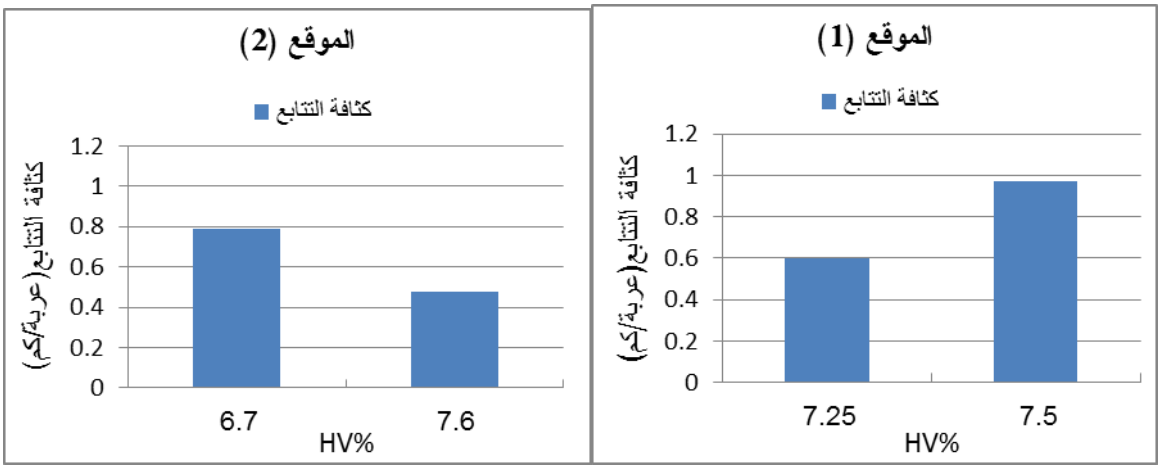
الشكل (3-11) العلاقة بين نسبة العربات الثقيلة ونسبة التتابع في مواقع الدراسة

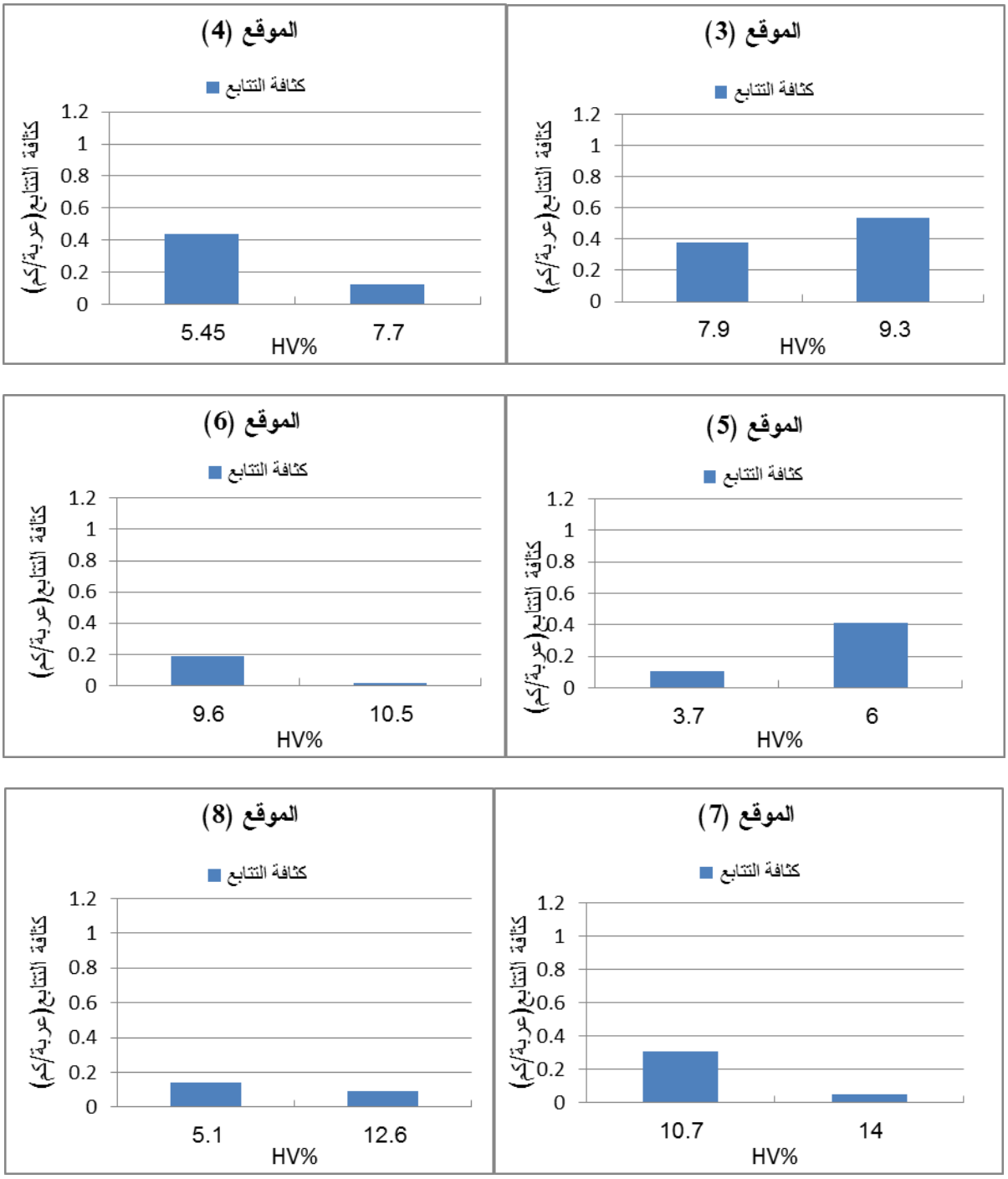
✓ نلاحظ من الشكل أنّه لا توجد علاقة واضحة بين نسبة العربات الثقيلة وبين نسبة التتابع، ففي بعض المواقع انخفضت نسبة التتابع بزيادة نسبة العربات الثقيلة وفي بعضها زادت.

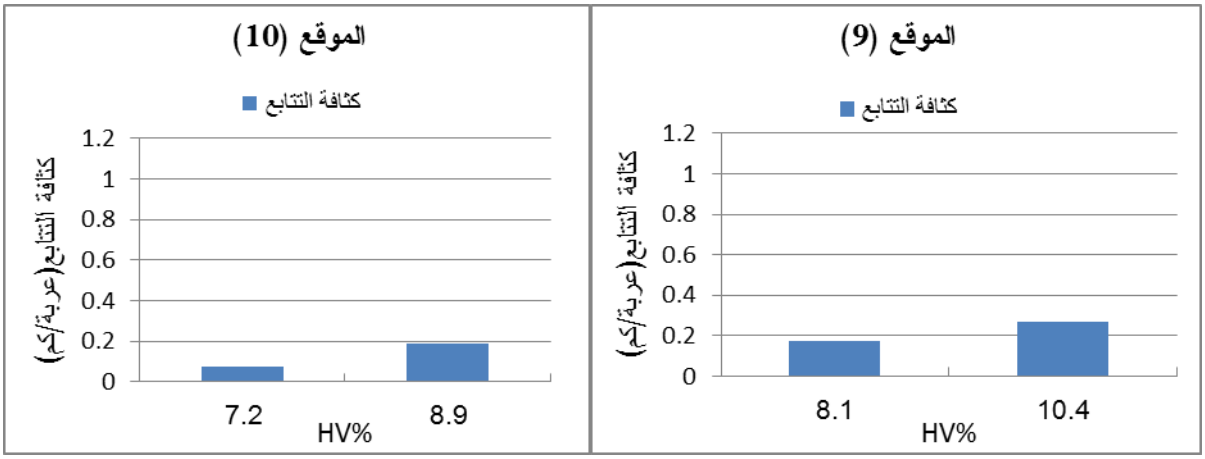
3-1-3-4 العلاقة بين نسبة العربات الثقيلة وكثافة التتابع:

The relationship between HV% and following density

يبيّن الشكل (3-12) العلاقة بين نسبة العربات الثقيلة وبين كثافة التتابع.




الموقع (4)
كثافة التتابع
كثافة التتابع(عربة/كم)
1.2
1
0.8
0.6
0.4
0.2
0
5.45
7.7
HV%
الموقع (3)
كثافة التتابع
كثافة التتابع(عربة/كم)
1.2
1
0.8
0.6
0.4
0.2
0
7.9
9.3
HV%
الموقع (6)
كثافة التتابع
كثافة التتابع(عربة/كم)
1.2
1
0.8
0.6
0.4
0.2
0
9.6
10.5
HV%
الموقع (5)
كثافة التتابع
كثافة التتابع(عربة/كم)
1.2
1
0.8
0.6
0.4
0.2
0
3.7
6
HV%
الموقع (8)
كثافة التتابع
كثافة التتابع(عربة/كم)
1.2
1
0.8
0.6
0.4
0.2
0
5.1
12.6
HV%
الموقع (7)
كثافة التتابع
كثافة التتابع(عربة/كم)
1.2
1
0.8
0.6
0.4
0.2
0
10.7
14
HV%



الشكل (3-12) العلاقة بين نسبة العربات الثقيلة وكثافة التتابع في مواقع الدراسة

✓ نلاحظ من الشكل كما هو الحال في نسبة التتابع أنّه لا توجد علاقةً واضحةً بين نسبة العربات الثقيلة وبين كثافة التتابع، فبعض المواقع تزداد فيها كثافة التتابع بزيادة نسبة العربات الثقيلة وبعضها الآخر تنخفض فيها كثافة التتابع بزيادة نسب العربات الثقيلة.

لقد أظهر التحليل البياني لما سبق بأنّ كثافة التتابع(FD) لها الارتباط الأقوى والأكثر وضوحاً مع الغزارة، تليها النسبة (ATS/FFS) ثمّ نسبة التتابع ونسبة السرعة(ATS_{pc}/FFS_{pc}) ومعدل السرعة(ATS, ATS_{pc})، كما أظهر التحليل البياني أنّ معايير الأداء لها ارتباط قوي مع معدل الغزارة بالاتجاه المباشر أكثر من ارتباطها مع معدل الغزارة بالاتجاه المعاكس ومع نسبة العربات الثقيلة.

- وللتأكد من إجراءات HCM التي تستخدم المعادلات لتقدير PTSF [17]، فقد تمّ حساب قيمة PTSF من خلال المعادلات على المسارين المختارين ومقارنتها مع قيم نسب التتابع التي تم حسابها من القياسات الحقلية في هذا البحث.

طريق (الشيخ بدر- برمانة رعد):

المعطيات:

الغزارة الكلية على الاتجاهين خلال ساعة=572 عربة/ساعة

الغزارة على الاتجاه المباشر=336 عربة/ساعة

الغزارة على الاتجاه المعاكس=236 عربة/ساعة

التوزع الاتجاهي للحركة= 59/41

غزارة أكبر ربع ساعة=158 عربة/ساعة

معامل ساعة الذروة: PHF=0.9

نسبة العربات الثقيلة (HV%): P_T=7.3%

نسبة العربات السياحية: P_R=33.2%

نسبة الأماكن التي لا يمكن التجاوز ضمنها=40%

عدد نقاط الوصل الفرعية مع قطاع الطريق= 2 بالـــــ كم

- حساب PTSF:

$$PTSF = BPTSF + f_{d/np}$$

$$BPTSF = 100(1 - e^{-0.000879vp})$$

- حساب معدل غزارة المرور:

$$V_p = \frac{V}{PHF * f_G * f_{HV}}$$

- نحسب الغزارة الأولية:

$$Vi = \frac{V}{PHF}$$

$$Vi = \frac{572}{0.9} = 636 \text{ veh/h}$$

- حساب معامل تصحيح الميل f_G: من الجداول (ملحق A) نجد f_G=0.94
- حساب معامل تصحيح العربات الثقيلة f_{HV}:

$$f_{HV} = \frac{1}{1 + P_T(E_T - 1) + P_R(E_R - 1)}$$

ومن الجداول الخاصة (ملحق A) نحصل على: E_R=1، E_T=1.5

ومنه: f_{HV}=0.962

$$V_p = \frac{572}{0.9 * 0.94 * 0.962} = 703 \text{ pc/h}$$

وبعد حساب قيمة V_p نقوم بحساب BPTSF :

BPTSF=46.1%

- معامل التصحيح المشترك $f_{d/np}$ لتوزع الحركة حسب التوزع الاتجاهي ونسبة القطاعات التي لا يمكن التجاوز ضمنها (ملحق A): $f_{d/np}$ =12. 8%
- فتكون قيمة PTSF:

$$PTSF=46.1+12.8=58.9\%$$

التحقق من السعة:

$$703<3200\ veh/h$$

أما القيمة الحقلية لنسبة العربات التي تتبع لبعضها والتي حصلنا عليها من خلال استخدام الجهاز لتمييز العربات التي تسير بفواصل أقل من 3 ثوان من مجموع العربات خلال ساعة في الموقع المحدد، وعُبر عنها بنسبة التتابع فهي:

$$PF=19.5\%$$

من خلال مقارنة القيمتين نجد أنّ هناك مبالغة بطريقة المعادلات التي وضعتها HCM لحساب PTSF، كما أنّها لا تتفق مع قاعدة ال 3 ثوان.

<u>طريق (الشيخ بدر-القمصية):</u>

الغزارة الكلية على الاتجاهين خلال ساعة=220 عربة/ساعة

الغزارة على الاتجاه المباشر=177 عربة/ساعة

الغزارة على الاتجاه المعاكس=43 عربة/ساعة

التوزع الاتجاهي للحركة= 80/20

غزارة أكبر ربع ساعة=75 عربة

معامل ساعة الذروة: PHF=0.73

نسبة العربات الثقيلة (HV%): P_T=8%

نسبة العربات السياحية: P_R=37 %

نسبة الأماكن التي لا يمكن التجاوز ضمنها=41%

عدد نقاط الوصل الفرعية =2 بالـــــ كم

- حساب PTSF:

$$PTSF = BPTSF + f_{d/np}$$

$$BPTSF =100(1 - e^{-0.000879vp})$$

- حساب معدل غزارة المرور:

$$V_p = \frac{V}{PHF * f_G * f_{HV}}$$

- نحسب الغزارة الأولية:

$$Vi = \frac{V}{PHF}$$

$$Vi = \frac{220}{0.73} = 301 \text{ veh/h}$$

- حساب معامل تصحيح الميل f_G: من الجداول نجد f_G=0.77
- حساب معامل تصحيح العربات الثقيلة f_{HV}:

$$f_{HV} = \frac{1}{1 + P_T(E_T - 1) + P_R(E_R - 1)}$$

ومن الجداول الخاصة نحصل على: E_R=1، E_T=1.8

ومنه: f_{HV}=0.94

$$V_p = \frac{220}{0.73 * 0.77 * 0.94} = 416 \text{ pc/h}$$

وبعد حساب قيمة V_p نقوم بحساب BPTSF :

BPTSF=30.6%

- معامل التصحيح المشترك $f_{d/np}$ لتوزع الحركة حسب التوزع الاتجاهي ونسبة القطاعات التي لا يمكن التجاوز ضمنها: $f_{d/np}$ =21.5%
- فتكون قيمة PTSF:

PTSF=21.5+30.6=52.2%

التحقق من السعة:

416<3200 pc/h

أما القيمة الحقلية لنسبة العربات التي تسير بفواصل أقل من 3 ثوان من مجموع العربات خلال ساعة في الموقع المحدد فهي:

PF=9.3%

من خلال مقارنة القيمتين نجد أنّ هنـــاك مبالغـــة بطريقـــة المعـــادلات التـــي وضـــعتها HCM لحساب PTSF، كما أنّها لا تتفق مع قاعدة الـــــــ 3 ثوان.

والجدول (3-3) يوضح النتائج التي حصلنا عليهـــا مـــن الحســـاب النظـــري والعملـــي لنســـبة العربات التي تسير بفواصل أقل من 3 ثوان.

الجدول (3-3) مقارنة بين الحساب النظري والعملي لنسبة التتابع

المسار	PTSF% حسب HCM	نسبة التتابع %
الشيخ بدر- برمانة رعد	58.9	19.5
الشيخ بدر- القمصية	52.2	9.3

من الجدول نلاحظ أن هناك اختلاف واضح في حساب نسبة العربـــات التـــي تســـير بفواصـــل أقل من 3 ثوانٍ بين طريقـــة المعـــادلات التـــي اســـتخدمتها HCM لحســـاب (PTSF) وبـــين الحساب العملي لهذه النسبة (نسبة التتابع).

3-2 التحليل الإحصائي (درجة الارتباط):

Statistical Analysis (Correlation Coefficients)

تمّت دراسة العلاقة بين معايير الأداء وبـــين متغيـــرات تشـــكل الرتـــل مـــن خـــلال دراســـة درجة الارتباط، وهذا يمكن أن يساعد على فهم أفضـــل للعلاقـــة بـــين معـــايير الأداء والمتغيـــرات والتي توضح قوة واتجاه العلاقة الخطية بين كل معيـــار أداء وكـــل متغيـــر لتشـــكل رتـــل، ويـــتم حساب درجة الارتباط من خلال العلاقة:

$$\mathrm{Correl}(x,y) = \frac{\sum(x-\bar{x})(y-\bar{y})}{\sqrt{\sum(x-\bar{x})^2 \sum(y-\bar{y})^2}}$$

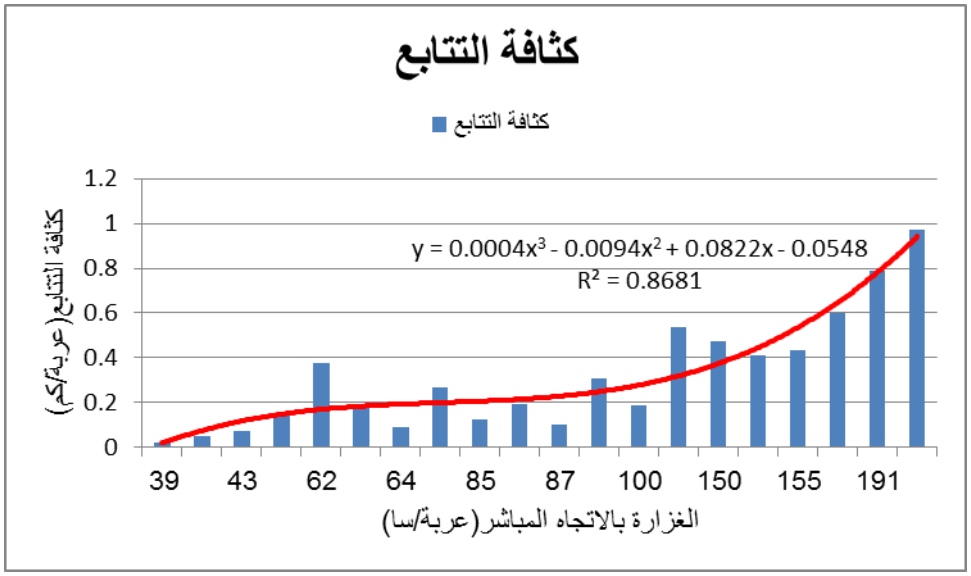
إنّ الجدول (3-4) يظهر درجات الارتباط بـــين معـــايير الأداء وبـــين متغيـــرات تشـــكل الرتـــل لكل المواقع على الطريقين المدروسين.

الجدول (3–4) معاملات الارتباط بين معايير الأداء وبين متغيرات تشكل الرتل

معايير الأداء	متغيرات تشكل الرتل		
	الغزارة (مباشر)	الغزارة (عكسي)	نسبة العربات الثقيلة(HV%)
ATS	-0.0266	(0.121)	-0.416
ATS_{PC}	-0.04	(0.123)	-0.364
ATS/FFS	-0.509	-0.52	(0.255)
ATS_{PC}/FFS_{PC}	-0.211	-0.2554	(0.089)
نسبة التتابع (PF)	0.462	0.18	(-0.275)
كثافة التتابع (FD)	0.924	0.643	(-0.292)

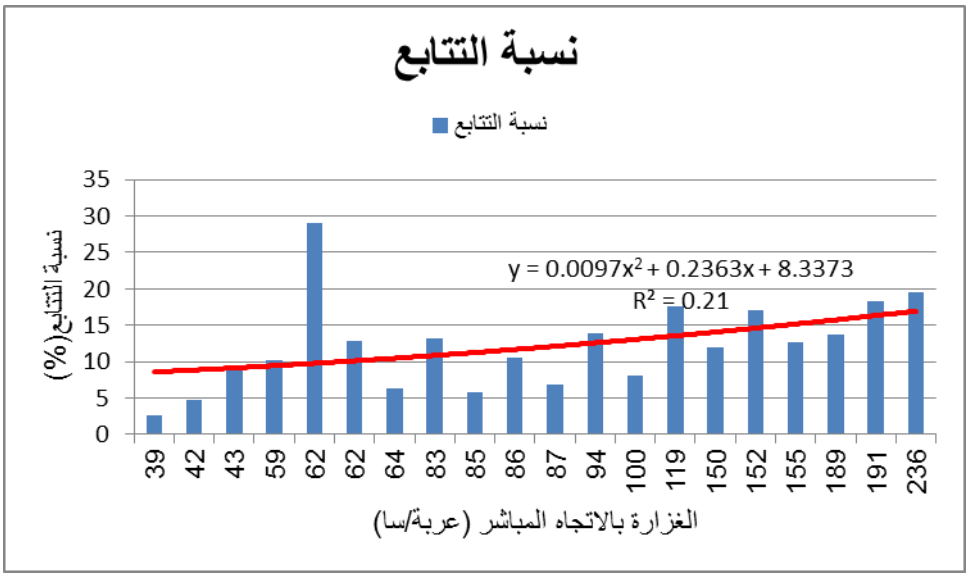
إنّ القيم الموضوعة بين قوسين هي لقيم الارتباط غير المتوافقة مع العلاقات المنطقية المتوقعة بين متغيرات تشكل الرتل وبين معايير الأداء، حيث أنّ أغلبية الإشارات لمعاملات الارتباط هي في الاتجاه المتوقع. على سبيل المثال: أظهرت كل من كثافة التتابع (FD) ونسبة التتابع (PF) علاقات ايجابية مع الغزارة، وهذا يعني أنّ كثافة التتابع ونسبة التتابع تميل إلى الازدياد مع زيادة معدل غزارة حركة المرور، وبالمقابل فإنّ المتغيرات المتعلقة بالسرعة (ATS و ATS_{pc} و ATS/FFS و ATS_{pc}/FFS_{pc}) أظهرت ارتباطات سلبية مع غزارة المرور، وهذا يعني أنّ زيادة حركة المرور تؤدي إلى انخفاض السرعة، كما أنّ كل من كثافة التتابع ونسبة التتابع أظهرت ارتباطاً عالياً وهاماً مع الغزارة المرورية.

يوضح الشكل (3–13) طبيعة العلاقة بين الغزارة بالاتجاه المباشر وبين كثافة التتابع ودرجة الارتباط بينهما.



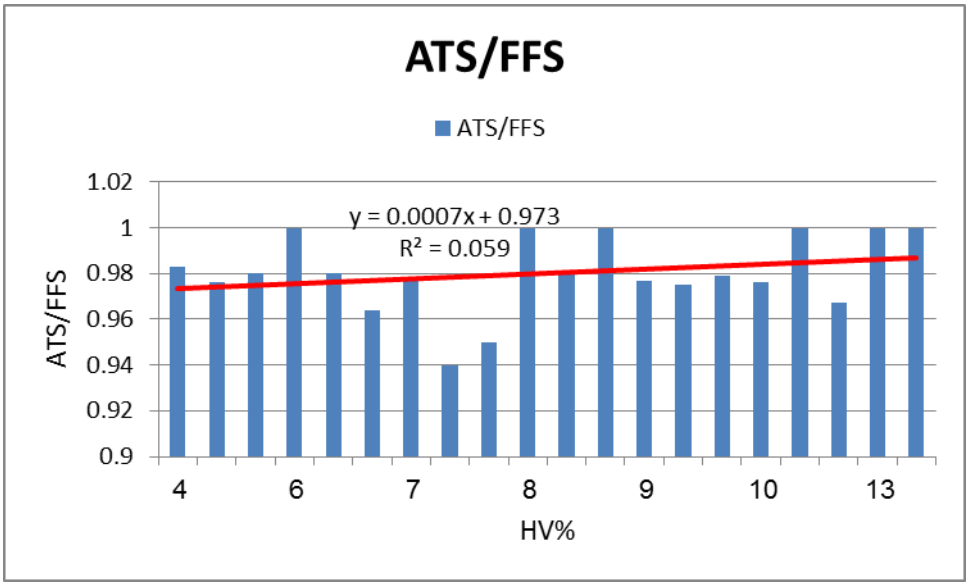
الشكل (3-13) العلاقة بين الغزارة بالاتجاه المباشر وكثافة التتابع

كما يبين الشكل (3-14) درجة الارتباط بين الغزارة بالاتجاه المباشر وبين نسبة التتابع



الشكل (3-14) درجة الارتباط بين الغزارة بالاتجاه المباشر وبين نسبة التتابع

ويوضح الشكل (3-15) العلاقة بين نسبة السرعة (ATS/FFS) وبين نسبة العربات الثقيلة (HV%)، حيث نلاحظ أن هذه النسبة تزداد بزيادة نسبة العربات الثقيلة وهذا غير منطقي ولا يتفق مع التوقع العام لهذه العلاقة.



الشكل (3-15) درجة الارتباط بين نسبة السرعة (ATS/FFS) وHV%

كما نلاحظ أنّ العلاقات مع ATS و ATS/FFS أعلى من تلك مع ATSpc و ATSpc/FFSpc، وهذا يشير إلى أنّ دراسة المعايير المتعلقة بسرعة عربات الركاب لا يجعلنا ندرك التأثر بمتغيرات تشكل الرتل بشكل أفضل.

ونلاحظ من الجدول (3-4) التالي:

1- أظهرت كل من الغزارة بالاتجاه المباشر والغزارة بالاتجاه المعاكس ارتباطات عالية نسبياً مع أغلب معايير الأداء بالمقارنة مع نسبة العربات الثقيلة.

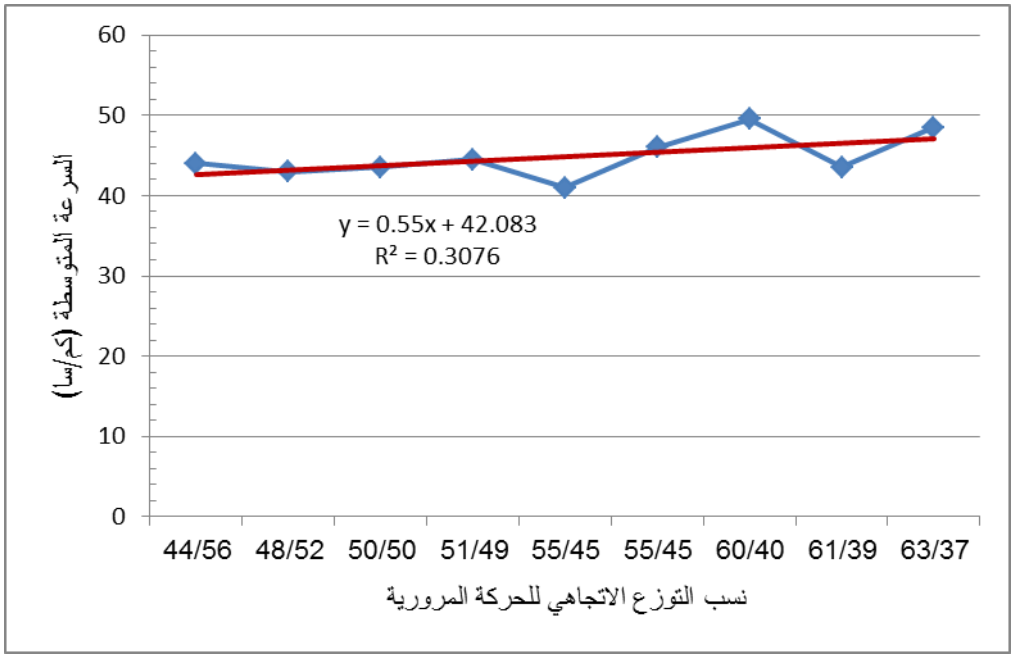
2- تمّ ايجاد علاقات هامة وعالية مع الغزارة بالاتجاه المباشر – الغزارة بالاتجاه المعاكس وذلك بالترتيب التالي: كثافة التتابع –ATS/FFS – نسبة التتابع– ATS_{pc} – ATS_{pc}/FFS_{pc} –ATS على التوالي.

3- أظهرت كل من ATS و ATS_{PC} علاقات هامة مع نسب العربات الثقيلة مقارنة مع باقي معايير الأداء.

3-3 تحليل تأثير التوزع الاتجاهي Analysis effect of the directional distribution:

تتميز الطرق الريفية بحارتين باتجاهين بأنّها تتكون من حارة لكل اتجاه، وبالتالي فإنّ الغزارة المرورية عليها تنقسم إلى قسمين (ذهاب- إياب)، كما أنّ الحركة بأحد

الاتجاهات قد تتأثر بالغزارة المرورية على الاتجاه المعاكس، من هذا المنطلق تمت دراسة تأثير نسب التوزع الاتجاهي للغزارة على السرعة كما هو مبين في الشكل (3-16).



الشكل(3-16) العلاقة بين نسب التوزع الاتجاهي للغزارة والسرعة المتوسطة في مواقع الدراسة

نلاحظ من الشكل أن تأثير نسب التوزع الاتجاهي للغزارة ضعيف على السرعة، حيث أن قيمة الترابط فيما بينهما منخفضة، ويعود ذلك إلى الحجوم المرورية المنخفضة على المسارين المحددين.

3-4 تقييم مستوى الخدمة حسب معدل المرور اليومي الأعظمي:

Evaluation the level of service by average maximum daily traffic

سنقوم في هذا القسم بتقييم الطريق ومعرفة مستوى الخدمة عليه من خلال حساب معدلات المرور اليومية الأعظمية التي تمر عبر مقاطعه المختلفة، ويعرف معدل المرور اليومي بأنه معدل حجم المرور خلال 24 ساعة وذلك لفترة قياس أقل من سنة، حيث يمكن أن تكون لستة أشهر أو فصل معين أو شهر أو أسبوع أو عدة أيام، ويستخدم في:

- تخطيط كافة الأنشطة المتعلقة بالطريق.
- قياس الطلب الحالي على الحركة المرورية.
- تقييم الأداء المروري.

يساعدنا هذا التقييم في بيان مدى تمثيل معايير الأداء المدروسة لمستويات الأداء ومدى التفاعل بين العربات. يوضح الجدول (3-5) مستويات الخدمة للطرق بحارتين باتجاهين وفقاً لمعدل المرور اليومي الأعظمي وتبعاً لنوع المنطقة.

الجدول (3-5) مستويات الخدمة للطرق بحارتين باتجاهين وفقاً لمعدل المرور اليومي الأعظمي ونوع المنطقة[19]

نوع المنطقة	مستوى الخدمة		
	B	C	D
مستوية	4800 -3200	7900 -5300	13500 -9000
متعرجة	2800 -1800	5200 -3500	8000 -5300
جبلية	1300 -900	2400 -1600	3700 -2500

تم حساب معدل المرور اليومي في كل موقع بالاعتماد على القياسات المرورية في ساعة الذروة، حيث يشكل المرور خلال ساعة الذروة (15-25%) من معدل المرور اليومي على الطرق الريفية [17]، وتستخدم غزارة ساعة الذروة في أعمال تصميم الطريق وفي العديد من أشكال التحليل العملياتي، كما تصمم الطرق عادةً لتأمين تخديم الغزارات المرورية بشكل مقبول في ساعة الذروة، كما تستخدم غزارة ساعة الذروة في أعمال التحليل والتقييم لأداء الشوارع والتقاطعات وفق معايير السعة والسلامة وأشكال التحكم وضبط الحركة. يوضح الجدول(3-6) مستوى الخدمة للمسارين المدروسين اعتماداً على قيمة معدل المرور اليومي الأعظمي.

الجدول (3-6) مستوى الخدمة تبعاً لقيمة معدل المرور اليومي الأعظمي

	المسار الأول					المسار الثاني				
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
معدل المرور اليومي الأعظمي(عربة/يوم)	2860	2165	1030	1250	1290	915	885	715	740	1100
معدل المرور اليومي الأعظمي الوسطي (عربة/يوم)	1719					871				
مستوى الخدمة	B					A				

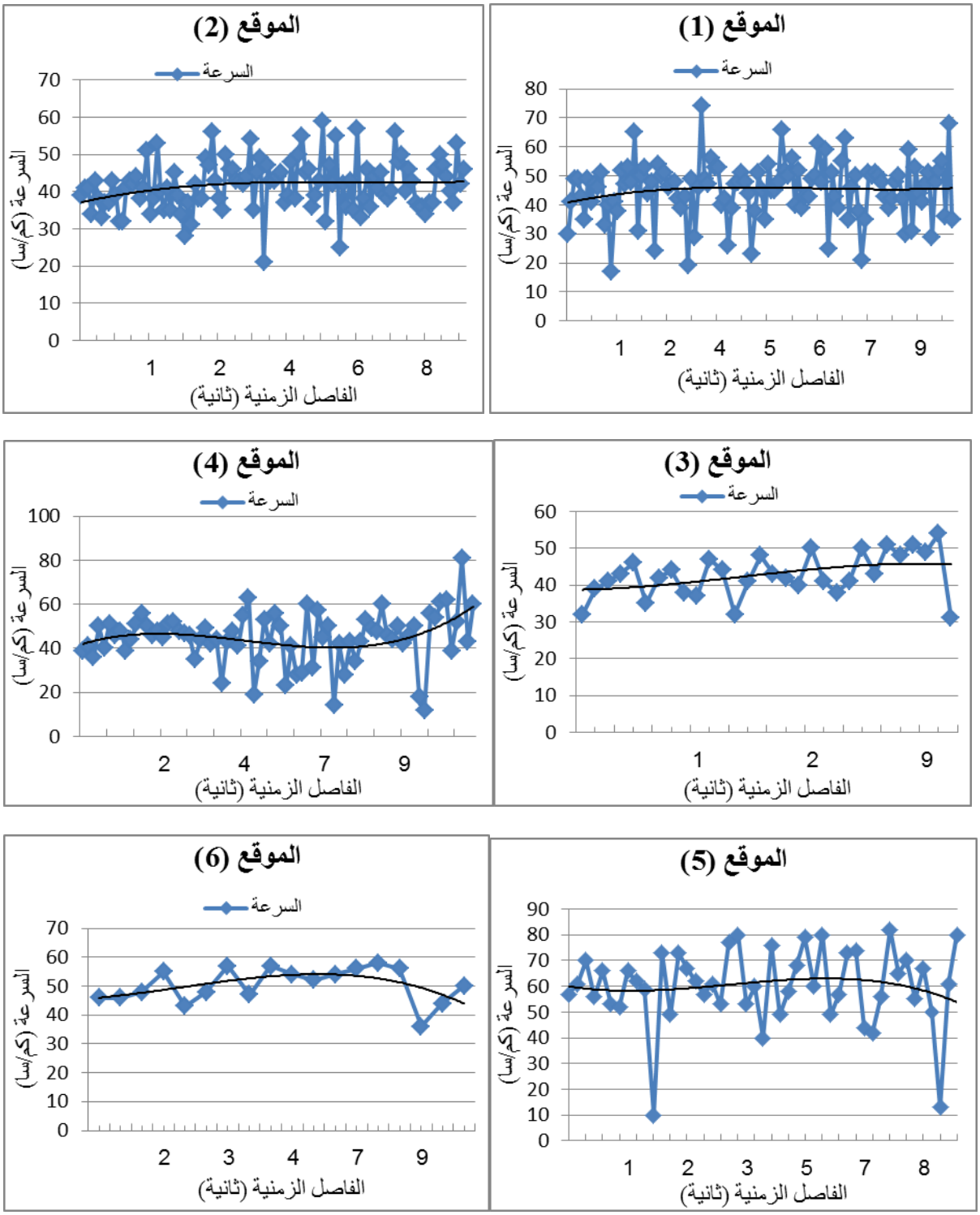
من خلال الجدول نلاحظ أن مستوى الخدمة لطريق (الشيخ بدر- برمانة رعد) هو B في حين أن مستوى الخدمة لطريق (الشيخ بدر- القمصية) هو A، مما يؤكد قيم معايير الأداء التي تم حسابها سابقاً، والتي دلت إلى أنه لا توجد اختناقات مرورية على المسارين وأن مستوى الأداء المروري يبلغ مستويات عالية.

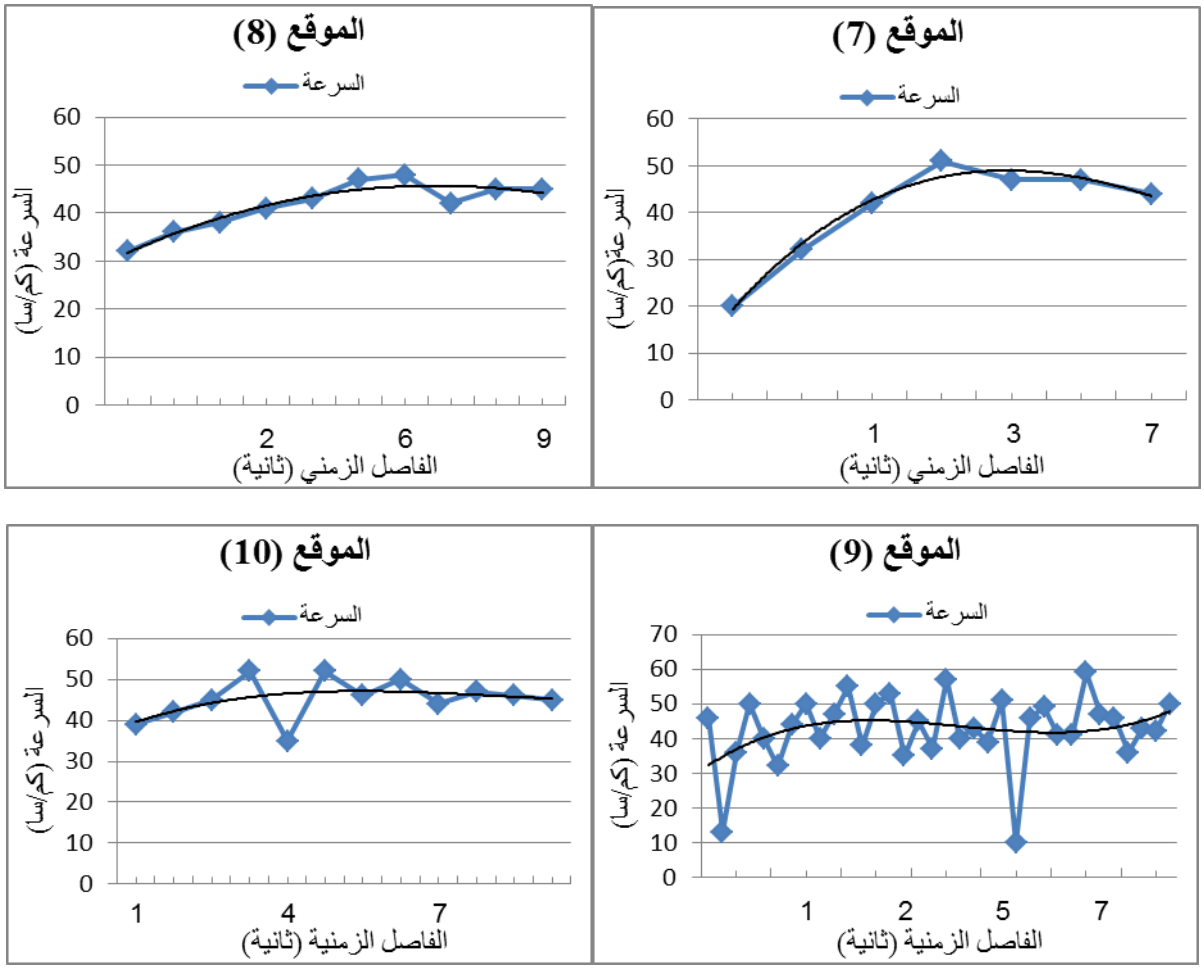
3-5 دراسة ظاهرة تشكل الرتل على الطرق بحارتين باتجاهين:

Study the platooning phenomenon on two-lane rural roads

يناقش في هذا القسم عجز الطرق بحارتين باتجاهين عن توفير فرص تجاوز كافية قد تقود غالباً إلى تشكل أرتال من العربات. إنّ إحدى الميزات الرئيسة لتشكل أرتال العربات هي أنّها تؤثر على سرعة العربات ذات الفواصل القصيرة كما تخفض السرعة المتوسطة للرحلة[5]، وفي محاولة لفهم واختبار تأثير تشكل الرتل على السرعة وعلى الفواصل بين العربات، تمّت دراسة العلاقة (الفواصل – السرعة المتوسطة)، ويهدف هذا التحليل إلى تحليل أي علاقات ممكنة بين فواصل العربات وسرعتها، وبناءً على ذلك تم تشكيل علاقة بين الفواصل والسرعة المتوسطة، حيث تم ربط السرعات لكل عربة فردية

مع الفاصل الزمني المقابل لها. إنّ قيم الفواصل التي تم تحليلها تتراوح بين (1–10) ثانية وذلك لتحديد المجال الذي تتأثر فيه سرعة العربات بالفواصل، وقد تم تشكيل مخطط بياني لكل موقع على حدى للعلاقة بين الفواصل الزمنية والسرعة والمبينة بالشكل (3–17).





الشكل (3-17) العلاقة بين الفواصل الزمنية بين العربات والسرعة

نلاحظ من الشكل (3-17) أنّ الاتجاه العام أو النموذج الذي يمكن أن نصف فيه العلاقة بين الفواصل الزمنية والسرعة هي أنّ السرعة المتوسطة للعربات التي تسير بفواصل تساوي أو أكبر من (1) ثانية تزداد عند زيادة القيمة الحدية للفواصل، وهذه العلاقة واضحة حتى تصل قيمة الفواصل الزمنية حوالي (3) ثوان، عندها تبدأ سرعة العربات بالثبات والتسطح مع زيادة قيمة الفواصل، وهذا يعني أنّه عند قيم الفواصل القصيرة (أقل من 3 ثوان) توجد علاقة مباشرة بين سرعة العربات والفاصل الزمني، وهذا يتوافق مع المفهوم الأساسي لنظريات تتابع العربات المذكورة بالفصل الأول [12, 17].

عندما تصبح قيم الفواصل أكبر من 3 ثوان ينخفض تأثيرها على سرعة العربات، وهذه العلاقة تعني أنّ الفواصل الكبيرة ينتج عنها تفاعل قليل بين العربات، وبالتالي تصبح

حركتها أكثر حرية، ففي حالة الفواصل الكبيرة لا تتعرض العربات للإعاقة من قبل العربات الأخرى، وبالتالي فإنّ هذه العربات تسير بسرعات قريبة من السرعات المرغوبة.

ولتحديد أفضل للعلاقات الظاهرة في الشكل السابق، تمّ وضع معادلات المنحنيات المناسبة للبيانات التي حصلنا عليها من مواقع الدراسة، وتتألف هذه المعادلة من سرعة العربات (Y) بـ (كم/سا) والمستندة على قيم الفواصل (X) بالثوان وقيمة معامل المطابقة (R^2) بين متغيرين، وهذه المعادلات مبينة بالجدول (3-7).

الجدول (3-7) التراجع المضاعف لقيم الفواصل التي تميز السرعة

الموقع	المعادلة الأكثر ملاءمة	معامل التطابق (R^2)
1	$y = -0.5x^3 - 0.0036x^2 - 0.2489x + 40.586$	0.015
2	$y = -0.5x^3 - 0.002x^2 + 0.2143x + 36.912$	0.0475
2	$y = -0.0007x^3 + 0.0271x^2 + 0.0175x + 38.698$	0.1836
4	$y = 0.0004x^3 - 0.034x^2 + 0.781x + 41.289$	0.1142
5	$y = -0.0008x^3 + 0.0452x^2 - 0.5931x + 60.485$	0.0211
6	$y = -0.0085x^3 + 0.1235x^2 + 0.4677x + 45.382$	0.2709
7	$y = 0.1111x^3 - 3.131x^2 + 22.758x - 0.4286$	**0.9733**
8	$y = 0.0029x^3 - 0.3625x^2 + 5.0437x + 27.033$	**0.8859**
9	$y = 0.0031x^3 - 0.1795x^2 + 3.0217x + 29.385$	0.0947
10	$y = 0.0131x^3 - 0.4086x^2 + 3.7787x + 36.192$	0.2063

نلاحظ من الجدول أنّ قيمة (R^2) متفاوتة بين المواقع وتبلغ أعلى قيمة في الموقعين (7-8)، ولكن بشكل عام تسلك اتجاه معين وهو أنّ السرعة على الطرق بحارتين باتجاهين تتأثر بالفواصل بين العربات المتتالية والمتحركة على نفس حارة المرور، والعلاقة بين سرعة السفر بـ كم/سا والفواصل بالثوان غير خطية في الغالب كما هو ظاهر في الشكل (17-3). كما نلاحظ مما سبق أنّ السرعة والفواصل تملك ارتباط مباشر عند الفواصل الصغيرة، ولكن مع زيادة الفواصل تتجه العلاقة بين الفواصل والسرعة للانخفاض.

من التحليلات السابقة نرى أنّ قيمة الفاصل الزمني يمكن أن تستخدم لتمييز العربات التي تتحرك بدون إعاقة خارج أرتال العربات والتي تمثل العربات التي تسير بشكل حر، ومن خلال هذه القيم يمكن تحديد السرعات المرغوبة على الطريق، أي أنّ أي عربات تسير بفواصل أكبر من قيمة معينة (3 ثوان) يمكن أن تسير بشكل حر بدون أي إعاقة من العربات الأخرى وبالتالي تسير وفق سرعتها المرغوبة.

3-6 التزايد السنوي (Annual increase):

دراسة التزايد السنوي للعربات على الطرق الريفية بحارتين باتجاهين سيوضح مدى تأثيره على أداء الطريق من حيث السعة، وباعتبار أن معدل تزايد العربات السنوي في سوريا حتى عام 2011 بلغ 9.9% [1"]، وتم دراسة تأثير هذا التزايد على طريق الشيخ بد- برمانة رعد في الموقع(1) نموذجاً وهو الموقع الحرج على هذا المسار.

تعد دراسة السعة عاملاً هاماً وذلك من أجل دراسة ملاءمة أو كفاءة الشبكة حالياً أو مستقبلاً لاستيعاب الغزارة المرورية المفروضة عليها وذلك من خلال حساب حجم المرور الحالي والمستقبلي ومقارنته بالسعة، ويمكن كذلك من هذا التحليل حساب الزمن الذي ستصبح بعده الشبكة غير قادرة على استيعاب الحركة المرورية المتوقع أن تصل إليها، وهذا يتعلق بتحديد أماكن الاختناقات المرورية الحادة على الطرق الحالية أو المتوقعة مستقبلاً، وتؤخذ قيمة السعة للطرق بحارتين باتجاهين 1700pc/h لكل اتجاه و3200pc/h للاتجاهين[17]، ويبين الجدول (3-8) التزايد السنوي للغزارات المرورية على طريق الشيخ بدر- برمانة رعد.

الجدول (3-8) التزايد السنوي للغزارات المرورية على طريق الشيخ بدر- برمانة رعد

	الغزارة بالاتجاه المباشر(pc/h)	الغزارة بالاتجاه المعاكس (pc/h)	الغزارة بالاتجاهين(pc/h)	السعة(pc/h)
الغزارة الحالية	297	227	524	<3200
الغزارة بعد 10 سنوات	763	584	1347	<3200
الغزارة بعد 20 سنة	1962	1500	3462	>3200

نلاحظ من الجدول(3-8) أنّ الطريق يعمل بعد عشر سنوات ضمن مستوى الخدمة C و D والذي يعد مقبولاً للطرق الريفية، وتبعاً للسعة الأعظمية للطرق بحارتين باتجاهين نجد بأن الطريق المدروس سيصبح غير قادر على تمرير الغزارة المستقبلية بعد 20 سنة والتي ستتجاوز سعته الحالية، مما سيؤدي إلى نشوء اختناقات مرورية، وسيكون هناك حاجة للتفكير بإدخال بعض التحسينات المرورية عليه (زيادة عدد الحارات، زيادة عرض الحارات.....).

الفصل الرابع

الاستنتاجات والتوصيات

Conclusions and Recommendation

الاستنتاجات والتوصيات

Conclusions and recommendation

بعد القيام بتحديد وحساب العديد من معايير تقييم الأداء المروري للطرق الريفية بحارتين باتجاهين، ومن خلال تحليل البيانات التي تم الحصول عليها من الدراسات الحقلية، ومن دراسة العلاقة بين معايير الأداء التشغيلية على طرق المناطق الريفية بحارتين باتجاهين وظاهرة تشكل الرتل، توصلنا إلى النتائج التالية:

1- تم ايجاد الارتباط بين معايير الأداء المحددة وبين متغيرات تشكل الرتل، وتبين أن كلاً من كثافة التتابع ونسبة التتابع لها ارتباط قوي مع متغيرات تشكل الرتل، وبالعكس فإن معايير الأداء المرتبطة بالسرعة مثل معدل سرعة الرحلة ومعدل سرعة الرحلة لعربات الركاب ومعدل سرعة الرحلة لعربات الركاب كنسبة من سرعة الجريان الحر لعربات الركاب كان لها ارتباط ضعيف مع متغيرات تشكل الرتل.

2- الغزارة بالاتجاه المباشر للحركة لها الارتباط الأقوى مع معايير الأداء، وأظهرت النتائج أنّ نسبة العربات الثقيلة ليس لها ارتباطات واضحة مع أغلب معايير الأداء.

3- سعة الطرق بحارتين باتجاهين تتجاوز 3000 عربة/سا للاتجاهين، في حين بينت الدراسة الإحصائية أن الغزارة المرورية لم تتجاوز 600عربة/سا (الموقع 1)، وبالتالي فمن أجل الظروف المحلية وجد بأن المعيار الأكثر توصيفاً للعلاقة بين الأداء المروري وبين تشكل الرتل هو كثافة التتابع.

4- هناك مبالغة في حساب نسبة العربات التي تسير بفواصل أقل من 3 ثوانٍ في طريقة HCM التي اعتمدت المعادلات في حساب PTSF مقارنةً بالحساب الحقلي لها عن طريق حساب نسبة التتابع، حيث بلغت قيمة PTSF وفق HCM 58.9% بينما كانت نسبة التتابع 19.5% حقلياً.

5- تمت دراسة تأثير التوزع الاتجاهي للحركة على الأداء المروري من خلال دراسة تأثيرها على السرعة، وتبين أنّ تأثير نسب التوزع الاتجاهي على السرعة ضعيف.

6- مستوى الخدمة لطريق (الشيخ بدر- برمانة رعد) هو B في حين أن مستوى الخدمة لطريق (الشيخ بدر- القمصية) هو A، مما يؤكد قيم معايير الأداء التي تم حسابها سابقاً، والتي دلت إلى أنه لا توجد اختناقات مرورية على المسارين وأن مستوى الأداء المروري يبلغ مستويات عالية.

7- تمت دراسة تأثير تشكل الرتل على الحركة المرورية، وتبين وجود علاقة مباشرة بين سرعة العربة وبين الفاصل الزمني عند قيم الفواصل المنخفضة (أقل من 3 ثوان).

8- من خلال دراسة التزايد السنوي للعربات على الطريق، وجد بأن الطريق يخدم بمستوى C و D حتى عشر سنوات وبعدها تبين أنّ الطريق سيتطلب مستقبلاً اتخاذ إجراءات تكفل استيعابه للسعة المستقبلية (مثل زيادة عدد الحارات).

التوصيات:

1- استخدام كثافة التتابع كمعيار لتقييم الأداء المروري على الطرق الريفية بحارتين باتجاهين، فهو المعيار الأفضل الذي يعبر عن الأداء التشغيلي للطرق.

2- ضرورة ادخال متغيرات أخرى ذات صلة بالخواص الهندسية للطرق بحارتين باتجاهين (مثل: الميول الحادة، المنعطفات....وغيرها) وذلك بهدف دراسة تأثيرها على الأداء المروري لهذا النوع من الطرق.

3- إجراء أبحاث أوسع باستخدام بيانات من الطرق الريفية ذات الصنف I و III.

4- إجراء المزيد من الأبحاث على كثافة التتابع والمعايير الأخرى باستخدام بيانات من مجموعة واسعة من المواقع ذات الظروف المرورية المتنوعة، وذات حجوم مرورية أعلى وذات نسب عربات ثقيلة أعلى.

المراجع العلمية

References

1. AASHTO. *Geometric Design of Highways and Streets*. American Association of State Highway and Transportation Officials 444North Capitol Street, N.W, Suite 249 Washington, D.C, 2001

2. Al-Kaisy,A; Freedman,Z. *Estimating Performance on Two-lane Highways: Case Study Validation of a New Methodology, Transportation Research Record 2173,* Transportation Research Board, National Research Council, Washington, DC, 2010

3. Brilon, W; Weiser, F. *Two-Lane Rural Highways: The German Experience.* In *Transportation Research Record 1988,* TRB, National Research Council, Washington, D.C, 2006

4. Catbagan, J; Nakamura, H. *Performance Measure Evaluation for Japan Two- Lane Expressways*. CD-ROM. Proceedings of the Transportation Research Board 85th annual meeting, Washington, D.C., January 22-26, 2006.

5. Durbin, C. Traffic *performance on two-lane, two-way highways: Examination of new analytical approaches*. Montana stste university, Bozeman, Montana, June, 2006.

6.Hashim, I; Abdel-Wahed, T . *Evaluation of performance measures for rural two-lane roads* in *Egypt*. Egypt, Alexandria University, 14 August, 2011

7. Harwood, D; Flannery, A; McLeod, D; Vandehey, M. *The Case for Retaining the Level-of-*Service *Concept in the Highway Capacity Manual*. 2001

8. Harwood, D; May, A; Anderson, I; Leiman, L; Archilla, R. *Capacity and Quality of Service of* Two-*Lane Highways*. Final Report, NCHRP Project 3- 55(3).1999

9.Karjala, R.Sarah. *Estimating Quality Of Traffic Flow On Two-Lane Highways*. Montana State University Bozeman, Montana, July, 2008.

10.Luttinen, R. Tapio. *Percent Time-Spent-Following as Performance Measure for Two-Lane Highways*. Transportation Research Board, Transportation Research Record 1776.2001

11. Luttinen, T; Dixon, M; Washburn, S. *Two-Lane Highway Analysis in HCM2000: Draft White* Paper. 2005

12. Luttinen, T. *Capacity and Level-of-Service Estimation in Finland*. Fifth International Symposium on Highway Capacity and Quality of Service.Yokohama, Japan, 2006.

13. Morrall, J; Werner, A. *Measuring Level of Service of Two-Lane Highways by Overtakings*. In Transportation Research Record 1287, TRB, National Research Council, Washington, D.C, 1990.

14. Normann, O.K. *Results of Highway Capacity Studies*. *Public Roads,* Vol. 23, No. 4, June, 1942.

15. Romana, M; Perez, I. *Measures of Effectiveness for Level-of-Service Assessment of Two-Lane Roads*. In *Transportation Research Record 1988,* TRB, National Research Council, Washington, D.C, 2006.

16.Shawky,M;.Hashim,I**.** *Impact of horizontal alignment on traffic performance at rural two-lane highways*, in: Proc. of 4thInternational Symposium on Highway Geometric Design.Valencia, Spain, June 2–5, 2010.

17.Transportation Research Board (TRB), *Highway Capacity Manual (HCM),*National Research Council, Washington, DC, 2000.

18. TRB, (2010). *Highway Capacity Manual.* Fifth Edition, Transportation Research Board of National Academics, Washington, D.C.2010

19. Urban Design Standards Manual. Charter5: Roadway Design, section3: Design Criteria, 29/10/2002

20. Van As, C. *The Development of an Analysis Method for the Determination of Level of Service of Two-Lane Undivided Highways in South Africa.* Project Summary. South African National Roads Agency, 2003.

21. Van As, C. *South African Highway Capacity Research.* TRB Workshop Presentation. South African National Roads Agency, 2007.

المراجع العربية:

1". المكتب المركزي للإحصاء – دمشق – سورية. < http:// www.cbssyr.org >.

الملاحق

APPENDICES

الملحق A

الجداول الخاصة بحساب PTSF

الشكل (A-1) معامل تصحيح الميل لتحديد الزمن الذي لا يمكن التجاوز خلاله للقطاعات بحارتين والقطاعات الاتجاهية

Range of Two-Way Flow Rates مجال معدل الغزارة للاتجاهين (pc/h)	Range of Directional Flow Rates مجال معدل الغزارة للاتجاه الواحد(pc/h)	Type of Terrain نوع المنطقة	
		Level مستوية	Rolling متموجة
0–600	0–300	1.00	0.77
> 600–1200	> 300–600	1.00	0.94
> 1200	> 600	1.00	1.00

الشكل (A-2) معاملات التحويل للشاحنات وعربات الاستجمام لتحديد الزمن الذي لا يمكن التجاوز خلاله للقطاعات بحارتين والقطاعات الاتجاهية

Vehicle Type	Range of Two-Way Flow Rates مجال معدل الغزارة للاتجاهين (pc/h)	Range of Directional Flow Rates مجال معدل الغزارة للاتجاه الواحد(pc/h)	Type of Terrain نوع المنطقة	
			Level	Rolling
Trucks, ET شاحنات	0–600	0–300	1.1	1.8
	> 600–1,200	> 300–600	1.1	1.5
	> 1,200	> 600	1.0	1.0
RVs, ER عربات استجمام	0–600	0–300	1.0	1.0
	> 600–1,200	> 300–600	1.0	1.0
	> 1,200	> 600	1.0	1.0

الجدول (A-3) معامل التصحيح $f_{d/np}$ للتأثير المشترك لتوزع الحركة حسب الاتجاه ونسبة القطاعات التي لا يمكن التجاوز ضمنها على نسبة الزمن الذي تكون فيه حركة العربة خلف عربات أخرى

Two-Way Flow Rate, vp(pc/h) معدل الغزارة على الاتجاهين	(%) Time-Spent-Following Percent Increase in الزيادة في نسبة الزمن الذي تكون خلاله العربة تابعة لعربات أخرى					
	نسبة المناطق التي لا يمكن التجاوز ضمنها% No-Passing Zones (%)					
	0	20	40	60	80	100
200	0.0	10.1	17.2	20.2	21.0	21.8
400	0.0	12.4	19.0	22.7	23.8	24.8
600	0.0	11.2	16.0	18.7	19.7	20.5
800	0.0	9.0	12.3	14.1	14.5	15.4
1400	0.0	3.6	5.5	6.7	7.3	7.9
2000	0.0	1.8	2.9	3.7	4.1	4.4
2600	0.0	1.1	1.6	2.0	2.3	2.4
3200	0.0	0.7	0.9	1.1	1.2	1.4
التوزع الاتجاهي60/40 = Directional Split						
200	1.6	11.8	17.2	22.5	23.1	23.7
400	0.5	11.7	16.2	20.7	21.5	22.2
600	0.0	11.5	15.2	18.9	19.8	20.7
800	0.0	7.6	10.3	13.0	13.7	14.4
1400	0.0	3.7	5.4	7.1	7.6	8.1
2000	0.0	2.3	3.4	3.6	4.0	4.3
≥2600	0.0	0.9	1.4	1.9	2.1	2.2
التوزع الاتجاهي 70/30= Directional Split						
≤ 200	2.8	13.4	19.1	24.8	25.2	25.5
400	1.1	12.5	17.3	22.0	22.6	23.2
600	0.0	11.6	15.4	19.1	20.0	20.9
800	0.0	7.7	10.5	13.3	14.0	14.6
1400	0.0	3.8	5.6	7.4	7.9	8.3

≥2000	0.0	1.4	4.9	3.5	3.9	4.2
التوزع الاتجاهي80/20 = Directional Split						
≤ 200	5.1	17.5	24.3	31.0	31.3	31.6
400	2.5	15.8	21.5	27.1	27.6	28.0
600	0.0	14.0	18.6	23.2	23.9	24.5
800	0.0	9.3	12.7	16.0	16.5	17.0
1400	0.0	4.6	6.7	8.7	9.1	9.5
≥ 2000	0.0	2.4	3.4	4.5	4.7	4.9
التوزع الاتجاهي90/10 = Directional Split						
≤ 200	5.6	21.6	29.4	37.2	37.4	37.6
400	2.4	19.0	25.6	32.2	32.5	32.8
600	0.0	16.3	21.8	27.2	27.6	28.0
800	0.0	10.9	14.8	18.6	19.0	19.4
≥1400	0.0	5.5	7.8	10.0	10.4	10.7

Tishreen University

Faculty of Civil Engineering

Department of Transportation Engineering

Evaluation multi-measures of traffic performance for two- way, two- lane rural roads

The Thesis has been submitted for the degree of Master in Traffic and Transportation Engineering at the Faculty of Civil Engineering

Prepared by

Eng. Mohammad Hasan Ebrahim

Supervised by

Dr.Eng. Akram Rustom

Dr.Eng. Fadi kanan