

الفهرس

الصفحة	الموضوع	الرقم
1	الفهرس	
5	قائمة بالأشكال	
11	قائمة الجداول	
13	المصطلحات والرموز	
14	الفصل الأول..... مقدمة	
15	إشكالية البحث	-1-1
16	أهداف البحث	-2-1
17	تنظيم البحث	-3-1
18	الفصل الثاني..... التنبؤ بالسرعة العملية ٧٨٥ والعوامل المؤثرة عليها	
19	التصنيف الوظيفي للطرق	-1-2
21	الطرق الريفية	-2-2
21	الطرق الشريانية الريفية	-1-2-2
22	نظام الطرق التجميعي الريفي	-2-2-2
22	نظام الطرق المحلي الريفي	-3-2-2
22	أنواع السرعات	-3-2
23	التصميم الانسيابي للطرق	-4-2
23	طرق تقييم تجانس التصميم الهندسي للطرق	-1-4-2
23	طريقة السرعة التصميمية	-1-1-4-2
27	طريقة السرعة العملية	-2-1-4-2

الصفحة	الموضوع	الرقم
27	تجارب البلدان في دراسة معايير انسجام التصميم الهندسي لعناصر الطريق	-2-4-2
27	.....سويسرا	1-2-4-2
28	.....ألمانيا	2-2-4-2
29	.....استراليا	3-2-4-2
30	.....الولايات المتحدة الأمريكية	4-2-4-2
31	تقييم انسجام التصميم باستخدام مقطع السرعة المعتمد في IHSMDM . . .	-3-4-2
35	.....التنبؤ بالسرعة العملية V ₈₅	-5-2
35	العوامل المؤثرة على السرعة العملية	-1-5-2
36	.....نصف قطر المنعطف الأفقي	-1-1-5-2
42	.....طول الاستقامة	-2-1-5-2
47	.....معدل تغير الانحناء	-3-1-5-2
51	.....الثبات الديناميكي	-4-1-5-2
52	.....التأثير المشترك للمسار الأفقي والشاقولي على السرعة العملية	-2-5-2
52	.....المنعطفات الأفقية على الميول	1-2-5-2
53	.....المنعطفات الأفقية المترابطة مع المنحنيات الشاقولية	-2-2-5-2
54	.....المنحنيات الشاقولية على الاستقامة الأفقية	-3-2-5-2
58	الفصل الثالث الدراسة الحقلية العملية	
59	.....اختيار موقع الدراسة	-1-3
61	.....جمع البيانات الهندسية	-2-3
61	.....طريق اللانقية - بانياس القديم	-1-2-3
64	.....طريق الساحل - الغاب	2-2-3

الصفحة	الموضوع	الرقم
69	جمع البيانات الحقلية.....	-3-3
69	خطوات القياس الحقلية.....	-1-3-3
70	الأجهزة المستخدمة في القياس الحقلية.....	-2-3-3
الفصل الرابع		
73	الدراسة التحليلية لإيجاد قيمة السرعة العملية V85	
74	طرق عرض البيانات.....	-1-4
74	جهاز العداد الراداري المحمول.....	-1-1-4
75	جهاز Via Falcon Truck.....	-2-1-4
80	إيجاد قيمة السرعة العملية V ₈₅	-2-4
80	إيجاد قيمة السرعة العملية V ₈₅ على طريق اللاذقية – بانياس القديم....	-1-2-4
95	إيجاد قيمة السرعة العملية V ₈₅ على طريق الساحل – الغاب.....	-2-2-4
الفصل الخامس		
112	استنتاج المعادلات التنبؤية بالسرعة العملية بالعلاقة مع العناصر الهندسية للمسار الأفقي	
113	التنبؤ ومعادلات الانحدار.....	-1-5
113	مفهوم الارتباط والانحدار والتنبؤ.....	-1-1-5
113	خط الانحدار.....	-2-1-5
114	معامل الارتباط ومعامل التحديد.....	3-1-5
114	التحقق من فعالية التنبؤ.....	4-1-5
116	تأثير نصف قطر المنعطف الأفقي على السرعة العملية.....	-2-5
116	المرحلة الأولى استنتاج المعادلات التنبؤية.....	-1-2-5
124	المرحلة الثانية التحقق من صحة المعادلة المستنتجة.....	-2-2-5

<u>الرقم</u>	<u>الموضوع</u>	<u>الصفحة</u>
3-5-	دراسة تأثير الاستقامة على السرعة العملية	132
1-3-5-	تأثير طول الاستقامة	132
2-3-5-	تحديد طول الاستقامة الطويلة	133
3-3-5-	تحديد السرعة المطلوبة	133
4-5-	دراسة تأثير عرض الطريق المعبد على السرعة العملية	134
1-4-5-	تأثير عرض الطريق المعبد على السرعة العملية على المنعطفات	134
2-4-5-	تأثير عرض الطريق المعبد على السرعة العملية على الاستقامة	135
5-5-	تقييم مستوى السلامة على الطرق	136
6-5-	تحديد المجال الأمثل لاختيار نصف قطر المنعطف الأفقي	139
7-5-	التطبيق العملي لنتائج البحث	140
8-5-	النتائج النهائية والتوصيات	141
	ملخص البحث باللغة العربية	144
	ملخص البحث باللغة الانكليزية	145
	المراجع العلمية	146
	الملحق	148

قائمة بالأشكال

الصفحة	الموضوع	الرقم
الفصل الأول		
.....		
الفصل الثاني		
19	مخطط شبكة الطرق.....	الشكل (1-2)
20	التصنيف الوظيفي للطرق وفق الأشتو 2001.....	الشكل (2-2)
29	تحديد السرعة العملية على الطرق ذات الحارتين باتجاهين وفق RAS-L-1995....	الشكل (3-2)
32	خطوات تقييم تجانس السرعة.....	الشكل (4-2)
34	مثال لمخطط مقطع السرعة وفق DCM.....	الشكل (5-2)
35	العوامل المؤثرة على السرعة العملية.....	الشكل (6-2)
36	العلاقة بين (V_{85} & R) وفق المواصفات الألمانية (RAS-L-1995).....	الشكل (7-2)
37	تجانس أنصاف الأقطار المتعاقبة - وفق الإرشادات الألمانية RAS-L-1995.....	الشكل (8-2)
40	التمثيل البياني لنماذج التنبؤ بالسرعة العملية.....	الشكل (9-2)
41	تأثير نصف قطر المنعطف على السرعة العملية من أجل قيم مختلفة للميل - العراق.....	الشكل (10-2)
43	السرعات العملية على الاستقامات مقابل الطول الأفقي للاستقامة.....	الشكل (11-2)
44	السرعة العملية على الاستقامة مقابل العرض الكلي للمعبد.....	الشكل (12-2)
45	مخطط وحساب طول الاستقامة والسرعة عليها.....	الشكل (13-2)
47	علاقة السرعة العملية بمعدل تغير الانحناء تبعاً لعرض الطريق وفق RAS-L (1995) ..	الشكل (14-2)
48	مخطط لنماذج التنبؤ بالسرعة بالاعتماد على CCR.....	الشكل (15-2)
50	علاقة (CCR_s & V_{85}) (Lamm et all.2007).....	الشكل (16-2)
52	العلاقة بين (V_{85} & R) لحالة منعطفات أفقية على الميل.....	الشكل (17-2)
54	العلاقة بين (V_{85} & $1/K$) لحالة منعطفات أفقية مندمجة مع منحنيات شاقولية [7]....	الشكل (18-2)

الرقم	الموضوع	الصفحة
الشكل (2-19)	العلاقة بين (V85 & 1/R) لحالة منعطفات أفقية مندمجة مع منحنيات شاقولية [7]..	54
الشكل (2-20)	المخططات المبعثرة لمعادلات التنبؤ بالسرعة بالاعتماد على 1/R [7].....	57
الشكل (2-21)	المخططات المبعثرة للتنبؤ بالسرعة العملية على المنحنيات الشاقولية على استقامة أفقية [7]	57
الفصل الثالث		
الشكل (3-1)	خارطة لمواقع الطرق المدروسة.....	60
الشكل (3-2)	مثال 1 معالجة الصور الجوية ببرنامج (Auto CAD 2010)	64
الشكل (3-3)	مثال 2 معالجة الصور الجوية ببرنامج (Auto CAD 2010)	65
الشكل (3-4)	مثال 3 معالجة الصور الجوية ببرنامج (Auto CAD 2010).....	65
الشكل (3-5)	قياس العرض المعبد للطريق.....	69
الشكل (3-6)	تحديد موضع أجهزة قياس السرعة.....	69
الشكل (3-7)	جهاز Via Falcon Truck	70
الشكل (3-8)	طرق وضع جهاز Via Falcon Truck	71
الشكل (3-9)	توضع جهاز قياس السرعة بشكل مخفي.....	72
الشكل (3-10)	توضع جهاز الرادار المحمول بشكل مخفي.....	72
الفصل الرابع		
الشكل (4-1)	طريقة عرض البيانات باستخدام جهاز العداد الراداري المحمول.....	74
الشكل (4-2)	تنزيل البيانات باستخدام برنامج Via Graph	75
الشكل (4-3)	واجهة برنامج Via Graph لاستخراج القياسات الحقلية.....	76
الشكل (4-4)	نموذج عن جدول نتائج القياس الحقلية عند أحد المواقع	76
الشكل (4-5)	نموذج عن مخطط قيم السرعات المقاسة.....	77
الشكل (4-6)	نموذج عن مخطط السرعة الوسطية والأعظمية	77
الشكل (4-7)	نموذج عن مخطط السرعات النسبية.....	78
الشكل (4-8)	نموذج عن مخطط عدد العربات المقاسة سرعتها.....	78

الصفحة	الموضوع	الرقم
79	نموذج عن مخطط قرصي لتوزيع السرعات.....	الشكل (4-9)
79	نموذج عن مخطط الأعمدة لتوزيع السرعات	الشكل (4-10)
80	رسم المنحني التراكمي لإيجاد قيمة V_{85} باستخدام برنامج (Excel).....	الشكل (4-11)
81	المنحني التراكمي لإيجاد قيمة V_{85} عند العنصر P_{12}	الشكل (4-12)
81	المنحني التراكمي لإيجاد قيمة V_{85} عند العنصر P_{13}	الشكل (4-13)
82	المنحني التراكمي لإيجاد قيمة V_{85} عند العنصر P_{14}	الشكل (4-14)
82	المنحني التراكمي لإيجاد قيمة V_{85} عند العنصر P_{15}	الشكل (4-15)
83	المنحني التراكمي لإيجاد قيمة V_{85} عند العنصر P_{16}	الشكل (4-16)
83	المنحني التراكمي لإيجاد قيمة V_{85} عند العنصر P_{17}	الشكل (4-17)
84	المنحني التراكمي لإيجاد قيمة V_{85} عند العنصر P_{19}	الشكل (4-18)
84	المنحني التراكمي لإيجاد قيمة V_{85} عند العنصر P_{22}	الشكل (4-19)
85	المنحني التراكمي لإيجاد قيمة V_{85} عند العنصر P_{23}	الشكل (4-20)
85	المنحني التراكمي لإيجاد قيمة V_{85} عند العنصر P_{24}	الشكل (4-21)
86	المنحني التراكمي لإيجاد قيمة V_{85} عند العنصر P_{25}	الشكل (4-22)
86	المنحني التراكمي لإيجاد قيمة V_{85} عند العنصر P_{26}	الشكل (4-23)
86	المنحني التراكمي لإيجاد قيمة V_{85} عند العنصر P_{27}	الشكل (4-24)
87	المنحني التراكمي لإيجاد قيمة V_{85} عند العنصر P_{28}	الشكل (4-25)
87	المنحني التراكمي لإيجاد قيمة V_{85} عند العنصر P_{29}	الشكل (4-26)
88	المنحني التراكمي لإيجاد قيمة V_{85} عند العنصر P_{31}	الشكل (4-27)
88	المنحني التراكمي لإيجاد قيمة V_{85} عند العنصر P_{32}	الشكل (4-28)
89	المنحني التراكمي لإيجاد قيمة V_{85} عند العنصر P_{33}	الشكل (4-29)
89	المنحني التراكمي لإيجاد قيمة V_{85} عند العنصر P_{34}	الشكل (4-30)
90	المنحني التراكمي لإيجاد قيمة V_{85} عند العنصر P_{35}	الشكل (4-31)
90	المنحني التراكمي لإيجاد قيمة V_{85} عند العنصر P_{36}	الشكل (4-32)
91	المنحني التراكمي لإيجاد قيمة V_{85} عند العنصر P_{37}	الشكل (4-33)

الرقم	الموضوع	ص
الشكل (34-4)	المنحني التراكمي لإيجاد قيمة V_{85} عند العنصر P_{38}	91
الشكل (35-4)	المنحني التراكمي لإيجاد قيمة V_{85} عند العنصر P_{39}	92
الشكل (36-4)	المنحني التراكمي لإيجاد قيمة V_{85} عند العنصر P_{40}	92
الشكل (37-4)	مخطط السرعة النسبية العملية V_{85} عند العنصر S_{11}	97
الشكل (38-4)	مخطط السرعة النسبية العملية V_{85} عند العنصر S_{13}	97
الشكل (39-4)	مخطط السرعة النسبية العملية V_{85} عند العنصر S_{15}	98
الشكل (40-4)	مخطط السرعة النسبية العملية V_{85} عند العنصر S_{17}	98
الشكل (41-4)	مخطط السرعة النسبية العملية V_{85} عند العنصر S_{19}	99
الشكل (42-4)	مخطط السرعة النسبية العملية V_{85} عند العنصر S_{21}	99
الشكل (43-4)	مخطط السرعة النسبية العملية V_{85} عند العنصر S_{23}	100
الشكل (44-4)	مخطط السرعة النسبية العملية V_{85} عند العنصر S_{25}	100
الشكل (45-4)	مخطط السرعة النسبية العملية V_{85} عند العنصر S_{27}	101
الشكل (46-4)	مخطط السرعة النسبية العملية V_{85} عند العنصر S_{29}	101
الشكل (47-4)	مخطط السرعة النسبية العملية V_{85} عند العنصر S_{31}	102
الشكل (48-4)	مخطط السرعة النسبية العملية V_{85} عند العنصر S_{32}	102
الشكل (49-4)	مخطط السرعة النسبية العملية V_{85} عند العنصر S_{33}	103
الشكل (50-4)	مخطط السرعة النسبية العملية V_{85} عند العنصر S_{35}	103
الشكل (51-4)	مخطط السرعة النسبية العملية V_{85} عند العنصر S_{37}	104
الشكل (52-4)	مخطط السرعة النسبية العملية V_{85} عند العنصر S_{38}	104
الشكل (53-4)	مخطط السرعة النسبية العملية V_{85} عند العنصر S_{39}	105
الشكل (54-4)	مخطط السرعة النسبية العملية V_{85} عند العنصر S_{41}	105
الشكل (55-4)	مخطط السرعة النسبية العملية V_{85} عند العنصر S_{42}	105
الشكل (56-4)	مخطط السرعة النسبية العملية V_{85} عند العنصر S_{43}	106
الشكل (57-4)	مخطط السرعة النسبية العملية V_{85} عند العنصر S_{44}	106
الشكل (58-4)	مخطط السرعة النسبية العملية V_{85} عند العنصر S_{45}	107

الرقم	الموضوع	ص
الشكل (4-59)	مخطط السرعة النسبية العملية V_{85} عند العنصر S_{46}	107
الشكل (4-60)	مخطط السرعة النسبية العملية V_{85} عند العنصر S_{47}	108
الشكل (4-61)	مخطط السرعة النسبية العملية V_{85} عند العنصر S_{48}	108
الشكل (4-62)	مخطط السرعة النسبية العملية V_{85} عند العنصر S_{50}	109
الشكل (4-63)	مخطط السرعة النسبية العملية V_{85} عند العنصر S_{51}	109
الشكل (4-64)	مخطط السرعة النسبية العملية V_{85} عند العنصر S_{52}	110
الشكل (4-65)	مخطط السرعة النسبية العملية V_{85} عند العنصر S_{53}	110
الشكل (4-66)	مخطط السرعة النسبية العملية V_{85} عند العنصر S_{54}	111
الشكل (4-67)	مخطط السرعة النسبية العملية V_{85} عند العنصر S_{55}	111
112	الفصل الخامس	
الشكل (5-1)	صور جوية لبعض المواقع الشاذة على طريق اللاذقية -بانياس.....	116
الشكل (5-2)	مخطط التبعر ومعادلة الانحدار للعلاقة بين (V_{85} & R) لكافة المنعطفات على طريق بانياس.....	118
الشكل (5-3)	مخطط التبعر ومعادلة الانحدار للعلاقة بين (V_{85} & $1/R$) لكافة المنعطفات على طريق بانياس.....	118
الشكل (5-4)	مخطط التبعر ومعادلة الانحدار للعلاقة بين (V_{85} & \sqrt{R}) لكافة المنعطفات على طريق بانياس.....	118
الشكل (5-5)	مخطط التبعر ومعادلة الانحدار للعلاقة بين (V_{85} & R) بعد إزالة المواقع الشاذة على طريق بانياس.....	119
الشكل (5-6)	مخطط التبعر ومعادلة الانحدار للعلاقة بين (V_{85} & $1/R$) بعد إزالة المواقع الشاذة على طريق بانياس.....	119
الشكل (5-7)	مخطط التبعر ومعادلة الانحدار للعلاقة بين (V_{85} & \sqrt{R}) بعد إزالة المواقع الشاذة على طريق بانياس.....	119
الشكل (5-8)	مخطط التبعر ومعادلة الانحدار للعلاقة بين (V_{85} & R) للطريقين المدروسين.....	121
الشكل (5-9)	مخطط التبعر ومعادلة الانحدار للعلاقة بين (V_{85} & $1/R$) للطريقين المدروسين.....	121
الشكل (5-10)	مخطط التبعر ومعادلة الانحدار للعلاقة بين (V_{85} & \sqrt{R}) للطريقين المدروسين.....	121
الشكل (5-11)	العلاقة بين (V_{85} & R) من أجل أنصاف الأقطار الأقل من 250 م.....	122
الشكل (5-12)	العلاقة بين (V_{85} & R) من أجل أنصاف الأقطار الأكبر من 350 م.....	123
الشكل (5-13)	العلاقة بين (V_{85} & R) من أجل أنصاف الأقطار الأكبر من 500 م.....	123
الشكل (5-14)	العلاقة بين (V_{85} & R) من أجل أنصاف الأقطار الأكبر من 600 م.....	123

الرقم	الموضوع	ص
الشكل (5-15)	مخطط السرعة العملية V_{85} عند العنصر P_1	125
الشكل (5-16)	مخطط السرعة العملية V_{85} عند العنصر P_3	125
الشكل (5-17)	مخطط السرعة العملية V_{85} عند العنصر P_5	126
الشكل (5-18)	مخطط السرعة العملية V_{85} عند العنصر P_7	126
الشكل (5-19)	مخطط السرعة العملية V_{85} عند العنصر P_9	126
الشكل (5-20)	مخطط السرعة العملية V_{85} عند العنصر P_{11}	127
الشكل (5-21)	مخطط السرعة العملية V_{85} عند العنصر S_1	127
الشكل (5-22)	مخطط السرعة العملية V_{85} عند العنصر S_3	128
الشكل (5-23)	مخطط السرعة العملية V_{85} عند العنصر S_5	128
الشكل (5-24)	مخطط السرعة العملية V_{85} عند العنصر S_7	129
الشكل (5-25)	مخطط السرعة العملية V_{85} عند العنصر S_9	129
الشكل (5-26)	صور لبعض المواقع التي لا تحقق شروط الجريان الحر	131
الشكل (5-27)	صور لبعض المواقع التي تحقق شروط الجريان الحر.....	132
الشكل (5-28)	مخطط التبعرث ومعادلة الانحدار للعلاقة بين السرعة العملية وطول الاستقامة.....	133
الشكل (5-29)	العلاقة بين السرعة العملية على المنعطف والعرض المعبد للطريق	135
الشكل (5-30)	العلاقة بين السرعة العملية على الاستقامة والعرض المعبد للطريق	135
الشكل (5-31)	مخطط تعديل المسار على طريق اللانقضية – بانياس القديم / تطبيق عملي/	140
الملحق		
	مخطط يبين المسقط الأفقي لطريق اللانقضية – بانياس القديم	149

قائمة بالجدول

<u>الصفحة</u>	<u>الموضوع</u>	<u>الرقم</u>
الفصل الأول		
.....		
الفصل الثاني		
20	التصنيف الوظيفي للطرق وفق الأشتو.....	الجدول (1-2)
25	القيم الصغرى لأنصاف أقطار المنعطفات الأفقية وفق الأشتو.....	الجدول (2-2)
26	السرعات التصميمية لأنصاف أقطار متساوية ومعدلات متباينة للرفع العرضاني الأعظمي	الجدول (3-2)
39	نماذج التنبؤ بالسرعة العملية على المنعطفات الأفقية.....	الجدول (4-2)
41	المعادلات التنبؤية بالسرعة العملية على المنعطفات الأفقية - العراق.....	الجدول (5-2)
42	المواصفات الألمانية في حال تعاقب استقامة - منعطف RAS-L-1995.....	الجدول (6-2)
48	النماذج المطورة للتنبؤ بالسرعة بالعلاقة مع CCR على مقاطع الطريق.....	الجدول (7-2)
51	تصنيف معايير السلامة وفق Lamm et al 2007.....	الجدول (8-2)
55	معادلات الانحدار للتنبؤ بالسرعة العملية - مرحلة الدراسة الأولية.....	الجدول (9-2)
55	النتائج الإحصائية لمرحلة التحقق من صحة المعادلات التنبؤية.....	الجدول (10-2)
56	المعادلات النهائية المستنتجة للتنبؤ بالسرعة العملية.....	الجدول (11-2)
الفصل الثالث		
60	مواصفات الطرق المدروسة.....	الجدول (1-3)
62	البيانات الهندسية لعناصر المسار الأفقي لطريق اللاذقية - بانياس القديم.....	الجدول (2-3)
66	البيانات الهندسية المتتالية لطريق الساحل - الغاب.....	الجدول (3-3)

الرقم	الموضوع	الصفحة
الفصل الرابع		
الجدول (1-4)	بيانات السرعة للعناصر الهندسية المتتالية على طريق اللاذقية - بانياس القديم	93
الجدول (2-4)	بيانات السرعة للعناصر الهندسية المتتالية على طريق الساحل - الغاب...	95
الفصل الخامس		
الجدول (1-5)	جدول تحليل ANOVA لتقدير فعالية معادلة التنبؤ	115
الجدول (2-5)	بيانات السرعة لكافة المنعطفات الأفقية على طريق اللاذقية - بانياس القديم.	117
الجدول (3-5)	البيانات التي تدخل في استنتاج العلاقة النهائية بين $R & V_{85}$	120
الجدول (4-5)	المعادلات التنبؤية المستنتجة التي تربط بين التابع V_{85} والمتحولات	124
الجدول (5-5)	القيم الإحصائية لدراسة فاعلية المعادلة المستنتجة ومدى دقتها	130
الجدول (6-5)	جدول تحليل ANOVA لتقدير فعالية المعادلة التنبؤية المستنتجة	131
الجدول (7-5)	البيانات الضرورية لدراسة السرعة العملية على الاستقامة	132
الجدول (8-5)	عروض الطريق عند المنعطفات والسرعات العملية المقابلة لها	134
الجدول (9-5)	معايير السلامة المرورية حسب [Lamm et al 2007]	136
الجدول (10-5)	تقييم مستوى التصميم على طريق اللاذقية - بانياس القديم	137
الجدول (11-5)	تقييم مستوى التصميم على طريق الساحل - الغاب	138
الجدول (12-5)	مجالات أنصاف أقطار المنعطفات الأفقية وفقاً لمستوى التصميم	139
الجدول (13-5)	تقييم مستوى السلامة على العناصر المقترحة في مشروع توسيع طريق بانياس	140
الملحق		
	جدول اختبار Chi-square test	150

المصطلحات والرموز

عرض الطريق المعبد	B
معدل تغير الانحناء	CCR
اللجنة الأوروبية لوزراء النقل	ECMT
معامل الاحتكاك الجانبي المفروض	FRA
الاحتكاك الجانبي المطلوب	FRD
البرنامج الدولي لتقييم الطرق	iRAP
نموذج التصميم الآمن الفعال للطرق السريعة	IHSDM
معامل الانحناء الشاقولي	K
مسافة رؤية محددة	LSD
طول الاستقامة	L _T
السرعة التصميمية	V _d
السرعة العملية	V ₈₅
مسافة رؤية غير محددة	NLSD
الاتحاد العالمي للطرق	PIRAC
معامل التحديد	r ²
معامل الارتباط	r
نصف قطر المنعطف الأفقي	R
المواصفات الألمانية	RAS-L
زاوية الانحراف	γ

الفصل الأول

3-1

تنظيم
البحث

2-1

أهداف
البحث

1-1

اشكالية
البحث

مقدمة

1-1- إشكالية البحث

تشكل الطرق الشريانية الريفية جزءاً هاماً من شبكة الطرق، وقد صنفت الأشتو 2001 الطرق الشريانية الريفية إلى طرق رئيسية تصل بين المدن وطرق ثانوية تصل المدن بالبلدات، وقد تكون ذات حاريتين أو متعددة الحارات، وتعتبر الطرق الريفية السريعة ذات الحاريتين أساس نظام الطرق الشريانية الريفية [5].

لقد أكد البرنامج العالمي لتقييم الطرق irap أن أغلب الحوادث المميتة في أوروبا تحدث على الطرق التي تقع خارج المناطق السكنية، وأن 30-40% منها يحدث على الطرق الريفية السريعة الرئيسية (المركزية) [1].

إن حصول الحوادث على الطرق الريفية السريعة يتأثر بشكل كبير بعناصر تخطيط الطريق وبالسرعة الزائدة، وبالتالي تُعدّ السرعة من أكثر المعايير أهمية في تقييم مستوى توافق العناصر الهندسية للطريق [6].

تُعدّ الإصابات الناجمة عن حوادث المرور مشكلة عامة كبرى وسبباً رئيسياً للوفيات والإصابات في العالم، ففي كل عام يموت 1.2 مليون شخص ويتعرض الملايين للإصابة أو العجز نتيجة حوادث الاصطدام على الطرق، وتصل تكلفة الإصابات إلى 1-2% من إجمالي الناتج الوطني لبلدان لا تزال تجاهد لمعالجة مشكلات تنموية أخرى، وقد اعتبرت السرعة الزائدة هي العامل الرئيسي في حوادث المرور من حيث العدد والخطورة، حيث تُعدّ بأنها السبب في ما يزيد عن ثلث الحوادث المؤدية إلى الوفاة، وقد أكد ECMT في منظمة التعاون الاقتصادي والتنمية 2006 أن السرعة الزائدة لا تعني فقط تجاوز السرعة أي القيادة فوق الحد المسموح، إنما هي أيضاً السرعة غير الملائمة أي القيادة بسرعة خطيرة بالنسبة للشروط المحيطة حتى لو كانت ضمن الحدود، وبالتالي فإن تجميع وتحليل البيانات التي تبين مدى انتشار السرعات الخطرة على شبكة الطرق يساعد في توجيه وقياس فعالية برامج إدارة السرعة، حيث تلعب هذه البرامج دوراً أساسياً في أية جهود تهدف إلى تحسين مستوى السلامة المرورية على الطرق، وتتضمن إدارة السرعة عدداً من الإجراءات منها تحديد السرعات القصوى وفرض الالتزام بها والإجراءات الهندسية المخصصة لتخفيض السرعة، حيث يقوم الكثير من البلدان بتحديد السرعة القصوى بمعدلات عالية لا تناسب الشروط السائدة، وبالتالي لا تتحقق شروط السير الآمن، وقد اعتبرت السرعة العملية V_{85} (هي سرعة قيادة السائقين لعرباتهم ضمن ظروف الجريان الحر وهي نسبة 85% من توزيع السرعات المراقبة عند موقع معين) وتفاوت السرعة على طول الطريق كبيانات أساسية ومعلومات مطلوبة

لابد من توافرها للقيام بتحليل شامل لسلوك السائقين كنقطة انطلاق لإعداد استراتيجيات تضمن إدارة أفضل للسرعة [1].

إن التصميم المتجانس للطرق المركزية ذات الحارتين باتجاهين كخطوط انسيابية يؤدي إلى تجنب التغيرات غير المرغوب بها في سرعة القيادة، حيث تتوافق المعالم الهندسية مع توقعات السائقين وتمكنهم من التحكم بقيادة عرباتهم وارتكابهم أخطاء أقل [7].

أكد الاتحاد العالمي للطرق (PIRAC) أن الحوادث على المنعطفات الأفقية تكون أكثر تكراراً ب (4-1.5) مرات منها على الاستقامات وأن العدد الأعظم من الحوادث يحصل على المنعطفات الأفقية ذات أنصاف الأقطار الأقل من 400 م، وأن نسبة (30-25)% من الحوادث المميتة تحدث على المنعطفات الأفقية، وأن معظم الحوادث تحصل عند بداية أو نهاية المنعطفات الأفقية [8]، وهذا يظهر الضعف في الاعتماد الكامل على طريقة السرعة التصميمية كونها تعتمد سرعة واحدة على كامل المسار، بحيث تهمل تباين سرعة العربة بين الاستقامة والمنعطف. فإذا كانت الاستقامة طويلة يمكن أن يصل السائقون لسرعات أعلى من السرعة التصميمية في نهاية الاستقامة و بداية المنعطف الذي يليها، كما أن اختلاف مستوى السلامة المرورية على المنعطفات ذات أنصاف الأقطار المتساوية يؤكد أن جودة التصميم وتجانسه يعتمد بالدرجة الأولى على التوافق بين عناصر التخطيط الذي تتم دراسته من خلال السرعة العملية V_{85} على مقاطع الطرق [7].

يعتمد تصميم الطرق في سوريا على مواصفات الآشتو، وتشهد الطرق الريفية المركزية السريعة الكثير من الحوادث المرورية كون هذه الطرق في معظمها طرق قديمة لا تحقق معايير التصميم الآمن للطرق، ولا تراعي ضرورة انسجام وتوافق التصميم بين العناصر الهندسية المتتالية، لذا كان لابد من البحث في الأسباب المؤدية لحدوث الحوادث من خلال دراسة السرعة العملية V_{85} على هذه الطرق وتقييم مستوى السلامة عليها.

1-2- أهداف البحث:

تتبع أهمية البحث في إدخال مفهوم السرعة العملية V_{85} في المشاريع الحديثة لتصميم الطرق المركزية ذات الحارتين باتجاهين، أو إعادة تصميم أجزاء منها بغية التقليل من الحوادث المرورية التي تشهدها هذه الطرق، والتوصل إلى معايير التصميم الآمن والمتجانس، ليشكل ذلك خطوة لتحديد قيم السرعة القصوى المعلنة على الطرق وفق أسس بحثية وعلمية وذلك من خلال:

📖 إيجاد معادلات التراجع (الانحدار) التنبؤية بالسرعة العملية V_{85} ، من خلال قياس سرعة المركبات عند المنعطفات الأفقية والاستقامات، وربط بيانات السرعة بالبارامترات الهندسية (نصف قطر المنعطف الأفقي، طول الاستقامة، عرض الطريق).
 📖 دراسة تباين السرعة بين المعالم الهندسية المتعاقبة (استقامة-منعطف أو منعطفين متتاليين) وتقييمها وفق معايير السلامة، بهدف تطوير منهجية لتحديد مستوى السلامة المرورية على مقاطع الطرق.

تمت الدراسة في هذا البحث على طرق مركزية ذات حارتين باتجاهين تقع في محافظة اللاذقية، حيث تمت دراسة طريقين هما:

1. طريق اللاذقية - بانياس القديم، وهو يصل بين محافظتي اللاذقية و طرطوس.
2. طريق الساحل - الغاب ويصل محافظتي اللاذقية وحماه.

1-3 - تنظيم البحث:

نظم البحث في خمسة فصول:

- ❑ الفصل الأول: مقدمة توضح الهدف من البحث، وإشكالية طرحه.
- ❑ الفصل الثاني: الأبحاث السابقة للتنبؤ بالسرعة العملية على الطرق السريعة المركزية ذات الحارتين باتجاهين، والبارامترات الهندسية المؤثرة على السرعة العملية V_{85} .
- ❑ الفصل الثالث: يشرح كيفية جمع البيانات الهندسية والدراسة العملية التي تشمل الوسائل والطرق المتبعة في قياس السرعة العملية للمركبات على المعالم المتتالية للطرق المدروسة (استقامات ومنعطفات).
- ❑ الفصل الرابع: الدراسة التحليلية لإيجاد قيمة السرعة العملية V_{85} .
- ❑ الفصل الخامس: استنتاج المعادلات التنبؤية والتوصيات النهائية ومناقشتها.

الفصل الثاني: التنبؤ بالسرعة العملية V_{85} والعوامل المؤثرة عليها

• التصنيف الوظيفي للطرق

1-2

• الطرق الريفية

- 1- الطرق الريفية الشريانية
- 2- الطرق الريفية التجميعة
- 3- الطرق الريفية المحلية

2-2

• أنواع السرعات

3-2

• التصميم الانسيابي للطرق

- 1- طرق تقييم تجانس التصميم الهندسي للطرق
 - 1-1- طريقة السرعة التصميمية V_d
 - 1-1- طريقة السرعة العملية V_{85}
- 2- تجارب البلدان في دراسة معايير انسجام التصميم الهندسي لعناصر الطريق
- 3- تقييم انسجام التصميم باستخدام مقطع السرعة المعتمد في IHSDM

4-2

• التنبؤ بالسرعة العملية

- 1- العوامل المؤثرة على السرعة العملية
 - 1-1- نصف قطر المنعطف الأفقي
 - 2-1- طول الاستقامة
 - 3-1- معدل تغير الانحناء
 - 4-1- الثبات الديناميكي
- 2- التأثير المشترك للمسار الأفقي والشاقولي على السرعة العملية
 - 1-2- المنعطفات الأفقية على الميول
 - 2-2- المنعطفات الأفقية المترابطة مع المنحنيات الشاقولية
 - 3-2- المنحنيات الشاقولية على الاستقامة الأفقية

5-2

التنبؤ بالسرعة العملية V_{85} والعوامل المؤثرة عليها

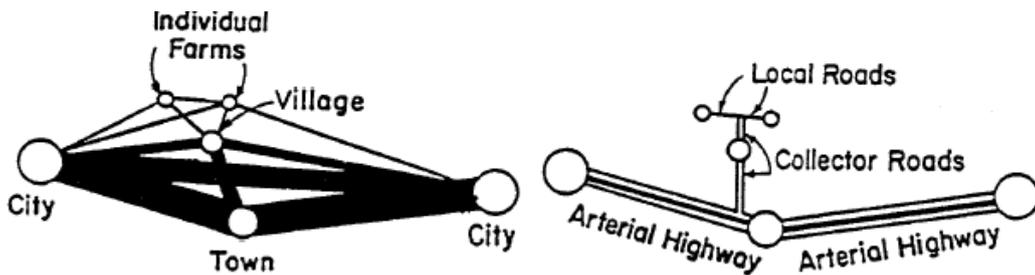
يُعدّ تصنيف الطرق يعتبر أمراً ضرورياً للتعريف بالطريق وتحديد خصائصه الهندسية، وتنظيم وضبط الأعمال الإدارية والقانونية، وتحقيق التواصل بين المعنيين والمهندسين والمدراء والإداريين والعموم... فجدول تصنيف الطرق توضع عادةً لأغراض متعددة مراعيةً الفوارق بين تصنيف الطرق في المناطق المأهولة داخل وخارج المدن.

1-2- التصنيف الوظيفي للطرق وفق AASHTO 2001

يتم تصنيف الطرق وظيفياً تبعاً لخصائص وميزات الخدمة التي تؤمنها الطرق، ويستخدم التصنيف الوظيفي كأداة هامة للتخطيط، ومكملة للتطور الاجتماعي، والاقتصادي.

يستند التصنيف الوظيفي للطرق ضمن مجموعات على تصنيف طبيعة ومسافة السفر فمثلاً حجوم المرور والسفر الضخمة تُرود بخطوط مباشرة من المصدر إلى الجهة المقصودة.

تصنف AASHTO الطرق إلى طرق محلية، طرق تجميعية وطرق شريانية، فالطرق السريعة الشريانية تؤمن الخدمة بين المدن والبلدات الكبرى وتولد الرحلات الأطول نسبياً، أما الطرق التجميعية، فهي تخدم البلدات الأصغر، وتوصلها بالشبكة الشريانية، والطرق المحلية تخدم مسافات التنقل القصيرة وتخدم الأراضي المجاورة للطرق التجميعية. كما يوضح الشكل (1-2)، حيث يشير عرض الخط إلى غزارة المرور النسبية، وحجم الدائرة يشير إلى قوة الجذب للمكان.



الشكل (1-2) مخطط شبكة الطرق

تتوضع الطرق في مناطق ريفية أو مدينية ولكل منها ميزات أساسية تختلف عن بعضها بالكثافة السكانية وبطبيعة استثمار الأراضي، وطبيعة السفر والطرق وكثافة الشوارع وازدحامها، فالمناطق الحضرية هي تلك الأماكن ذات التعداد السكاني الأكثر من 5000 نسمة، وتقسّم إلى مناطق مدينية صغيرة بتعداد

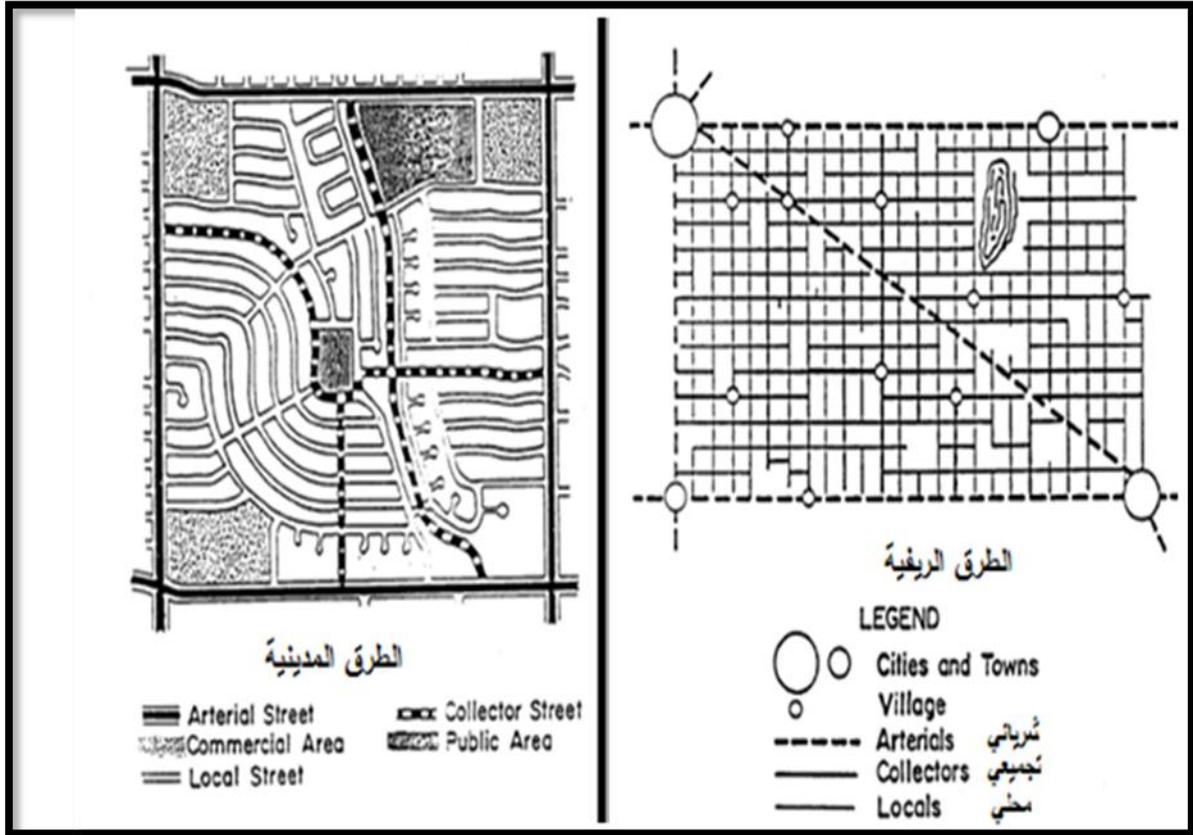
سكاني من 5000 حتى 50000 نسمة ومناطق مدنيية ذات تعداد أكثر من 50000 نسمة، أما المناطق الريفية فهي التي تقع خارج حدود المناطق المدنيية.

وتبعاً لما سبق، فقد صنفت AASHTO الطرق وظيفياً إلى 6 أصناف، ويوضح الجدول (1-2) التصنيف الوظيفي للطرق وفق الأشتو 2001.

الجدول (1-2) التصنيف الوظيفي للطرق وفق الأشتو

الطرق الريفية	الطرق المدنيية
Rural Arterial System الطرق الريفية الشريانية	Urban Arterial System الطرق المدنيية الشريانية
Rural Collector System الطرق الريفية التجميعية	Urban Collector Street System الطرق المدنيية التجميعية
Rural Local Road System الطرق الريفية المحلية	Urban Local Street System الطرق المدنيية المحلية

يوضح الشكل (2-2) مخطط توضيحي للتصنيف الوظيفي للطرق وفق AASHTO 2001 .



الشكل (2-2) التصنيف الوظيفي للطرق وفق (AASHTO2001)

2-2- الطرق الريفية

تعتبر الطرق الريفية (خارج المدينة) من أقدم أنواع المواصلات وتعود بدايتها إلى العصور الأولى لتحضر الإنسان. تطورت الطرق مع تطور وتقدم الحياة البشرية، وعرفت الطرق ذات المعالم والمسارات المحددة منذ عهد التجار القدماء بين أوروبا والصين والهند وكانت مدينة تدمر في القطر العربي السوري تعتبر من المحطات الرئيسية على هذه الطرق، وأسس البابليون والمصريون القدماء شبكات من الطرق القديمة واتى بعدهم الرومان، وطوروا شبكات الطرق التي مازالت تتطور حتى يومنا هذا.

لهذه الطرق أنواع عديدة منها المخصص للنقل والانتقال بين المدن، ومنها المخصص للأغراض السياحية، أو الزراعية، أو لاستثمار الغابات وتطويرها [2].

تمتاز هذه الطرق بمرونتها العالية حيث إنها تستطيع الوصول إلى أي مكان أو مسكن وتعدّ اقتصادية وجيدة سواء للنقل لمسافات قصيرة أو متوسطة أو طويلة. ولها فوائد عديدة في حياة الفرد والمجتمع حيث يتم النقل على هذه الطرق بأسلوبين مختلفين:

- الأسلوب الأول هو النقل المنظم، والمحدد بمواعيد ثابتة، وباتجاهات محددة، كالنقل العام الطرقي المخصص للركاب، وكذلك النقل العام الطرقي المخصص للبضائع.
- الأسلوب الثاني هو النقل الطرقي الخاص غير المنظم أو المحدد بمواعيد ثابتة كالنقل بالسيارات الخاصة وغيرها.

هناك أنواع أخرى من هذه الطرق، كالطرق الحراجية، وهي ذات أهداف استثمارية وتطويرية ووقائية وسياحية، بالإضافة إلى الطرق الزراعية التي تفيدها في استثمار المناطق الزراعية وتطويرها [2].

لقد صنفت الآشتو 2001 الطرق الريفية وظيفياً إلى الأنواع التالية [5]:

2-2-1- الطرق الشريانية الريفية (المركزية)

تشكل الطرق الشريانية الريفية جزءاً هاماً من شبكة الطرق، وقد صنفت الآشتو 2001 الطرق الشريانية الريفية إلى طرق شريانية رئيسية تصل بين المدن الكبيرة (ذات تعداد سكاني فوق 25 ألف نسمة) وطرق شريانية ثانوية تصل المدن بالبلدات، يتم تصميم هذه الطرق وفقاً لحجوم المرور ونوع التضاريس والخصائص العامة للمسار، وقد تكون ذات حارتين، أو متعددة الحارات، وتعتبر الطرق الريفية السريعة ذات الحارتين (اتجاه واحد أو اتجاهين) أساس نظام الطرق الشريانية الريفية.

2-2-2- نظام الطرق التجميعي الريفي

هذه الطرق ذات مسافات سفر أقصر من الشريانية والسرعات عليها معتدلة، تربط مولدات المرور (أي الأماكن الكبيرة مثل المدارس الضخمة ونقاط الشحن وأماكن استثمار المناجم والأراضي الزراعية...) مع البلدات أو المدن، ويجب أن يتناسب توزيع هذه الطرق مع الكثافة السكانية بهدف تجميع المرور من الطرق المحلية، وربط المناطق الريفية النائية مع مولدات المرور الهامة.

2-2-3- نظام الطرق المحلي الريفي

يشمل جميع الطرق الريفية غير المصنفة كشريانية أو تجميعية، ويخدم مسافات التنقل القصيرة وتؤمن هذه الطرق الخدمة للأراضي المجاورة لشبكة الطرق التجميعية .

سيتم التركيز في هذا البحث على الطرق الشريانية الريفية (المركزية) ذات الحارتين باتجاهين للحركة.

2-3- أنواع السرعات

تُعد السرعة من أهم العوامل المعتبرة من قبل السائقين في اختيار بدائل أنماط النقل والطرق، حيث يُقِيم السائقون الطرق تبعاً لما تؤمنه من راحة وأمان وما توفره من وقت ومال، وقد ميزت الآشتو بين ثلاثة أنواع من السرعات [5]:

1. السرعة التصميمية: هي سرعة الأمان القصوى التي يمكن أن يحافظ عليها السائقون فوق مقطع الطريق، وتُعتبر مرجعاً رئيسياً لتحديد المعالم الهندسية للطريق.
2. سرعة الجريان: هي سرعة عربة تنتقل على مقطع الطريق السريع، وتساوي طول مقطع الطريق مقسوماً على الوقت اللازم لانتقال العربة عليه، يُعد متوسط سرعة الجريان المقياس الأكثر ملاءمةً لتقييم مستوى الخدمة، ونفقات استخدام الطريق لجميع العربات، ويُعرف بأنه مجموع المسافات التي تقطعها العربات على مجموع أزمنة الجريان لها، هذا وتتناقص السرعة بزيادة معدل الجريان.
3. السرعة العملية V_{85} : هي سرعة قيادة السائقين لعرباتهم ضمن ظروف الجريان الحر وهي نسبة 85% من توزيع السرعات المراقبة عند موقع معين، وتعد قيمة ديناميكية تصف سلوك السير الحقيقي، وتعكس توقعات السائقين للمسار، وقد اعتمدت كمعيار لتقييم انسجام التصميم وانسيابيته.

يتناول هذا البحث دراسة التنبؤ بالسرعة العملية V_{85} على الطرق الشريانية الريفية الرئيسية (المركزية) ذات الحارتين باتجاهين للحركة وتقييم انسجام التصميم على هذه الطرق.

2-4- التصميم الانسيابي للطرق

إن انسيابية التصميم تعني تحقيق التلاؤم بين العناصر الهندسية للطريق في التخطيط الأفقي والتخطيط الشاقولي، وتحقيق الانسجام بين المعالم المتعاقبة بما يحقق سرعة ثابتة تقريباً على أجزاء الطريق، وبالتالي تجنب التغيرات غير المرغوب بها في سرعة القيادة، وقد اعتمدت العديد من البلدان مفهوم السرعة التصميمية لتقييم انسجام التصميم إلا أن المخاوف التي شابت طريقة السرعة التصميمية في الأبحاث الأخيرة أدت إلى تبني طرائق جديدة، تعتمد دراسة تغيرات السرعة العملية للسائقين على طول مسار الطريق، والتنبؤ بالسرعة العملية بالاعتماد على البيانات الهندسية لعناصر الطريق [7].

2-4-1- طرق تقييم تجانس التصميم الهندسي للطريق

هناك طريقتان أساسيتان لتقييم التصميم المتجانس للطرق الريفية السريعة ذات الحارتين باتجاهين هما طريقة السرعة التصميمية V_d وطريقة السرعة العملية V_{85} ، وتعتبر طريقة السرعة التصميمية الأكثر استخداماً في الولايات المتحدة الأمريكية، بينما طريقة السرعة العملية هي الأكثر شيوعاً في أوروبا وأستراليا [7].

2-4-1-1- طريقة السرعة التصميمية V_d

تعتمد الطريقة الأكثر شيوعاً لتقييم تجانس التصميم في الولايات المتحدة الأمريكية على مفهوم السرعة التصميمية، فمنذ العام 1930 عرفت السرعة التصميمية بأنها "السرعة الأعظمية المنطقية الموحدة على الطريق، ويقصد بها المجموعة الأسرع من سائقي العربات"، ووضع هذا التعريف في الآشنتو عام 1940م. حيث أكدت أن اختيار السرعة التصميمية يتم وفقاً لعلم الطبوغرافيا للأراضي المتاخمة للطريق، وللتصنيف الوظيفي للطرق السريعة [7].

تستخدم السرعة التصميمية لتحديد القيم الصغرى للعديد من المعالم الهندسية للطرق السريعة كأنصاف الأقطار الأصغرى للمنعطفات ومسافات الرؤية، وبالتالي المنعطفات المستقلة تكون ذات سرعات تصميمية مساوية، أو أعلى من سرعة التصميم المختارة.

تعتبر السرعة التصميمية هي القيمة الأصغرى لأي عنصر مصمم، فعلى سبيل المثال يمكن أن يكون طريق بسرعة تصميمية 90 كم/سا ومنعطف واحد فقط على كامل المسار له هذه السرعة، فالسائق قد يفقد عربته بسرعة عملية أعلى من السرعة التصميمية، ويعتبرها آمنة وفقاً لتوقعاته، وبالتالي فإن اختيار السائقين لسرعاتهم يؤدي إلى تباين غير مرغوب بالسرعة بين المعالم أثناء تنقلهم على كامل المسار [7].

تدرس طريقة السرعة التصميمية المسار الأفقي والشاقولي بشكل منفصل ولم تدرس تراكب المسارين إلا من خلال بعض الإرشادات الهندسية التي تراعي رؤية السائقين للمسار مثل تجنب وقوع المنعطف الأفقي الحاد قرب قمة منعطف شاقولي محدب، وألا يصمم المنعطف الأفقي عند نهاية المنعطفات الشاقولية المقعرة.

أكدت الأشتو 2001 أن السرعة التصميمية يجب أن تحقق الدرجة المطلوبة من الأمان والفعالية من خلال مراعاة البيئة المحيطة والناحية الاقتصادية والجمالية والتأثيرات السياسية والاجتماعية، وأن تُناسب السرعة العملية المتوقعة بحيث تكون منسجمة مع توقعات السائقين، فالسائقون لا يضبطون سرعاتهم وفقاً لأهمية الطريق السريع إنما وفقاً للعوائق والظروف الطبيعية المحيطة بالطريق السريع، وحركة المرور عليه، كما يجب أن يشار إلى مناطق تغير السرعة بإشارات السرعة، وإشارات تحذيرية عند المنعطفات على الطرق الريفية السريعة. حيث تظهر بعض المنعطفات درجة أمان ضعيفة [5].

تضع الأشتو 2001 مجال للسرعات يتراوح بين (60-120) كم/سا لتصميم الطرق الريفية السريعة ذات الحارتين باتجاهين، وتختلف السرعات تبعاً للتضاريس وتوقعات السائقين، ففي حالة التضاريس المستوية تكون السرعة التصميمية بين (100-120) كم/سا وفي حالة التضاريس المتعرجة تتراوح السرعة بين (80-100) كم/سا، ومن أجل المناطق والتضاريس الجبلية تكون السرعات ضمن المجال (60-80) كم/سا، وتستخدم السرعة التصميمية لتحديد القيم الصغرى لأصناف أقطار المنعطفات، ومسافات الرؤية، وغيرها من عناصر التصميم الهندسي لمعالم الطريق.

إن العلاقة الأساسية المستخدمة وفق الأشتو لحساب نصف القطر الأصغرى للمنعطف الأفقي هي:

$$R_{\min} = \frac{V^2}{127(0.01e_{\max} + f_{\max})}$$

V: السرعة التصميمية كم/سا.

e_{\max} : معدل الرفع العرضاني الأعظمي m/m

f_{\max} : معامل الاحتكاك الجانبي الأعظمي

من العلاقة السابقة طورت الأشتو الجدول (2-2) الذي يستخدمه المصممون لاختيار نصف قطر المنعطف الأفقي وفقاً للسرعة التصميمية ومعدل الرفع العرضاني الأعظمي، ومعامل الاحتكاك الجانبي الأعظمي.

الجدول (2-2) القيم الصغرى لأنصاف أقطار المنعطفات الأفقية وفق الأشتو 2001

السرعة التصميمية م/سا	e m/m	القيمة الحدية f	R الحسابية m	R التقريبية m	السرعة التصميمية م/سا	e m/m	القيمة الحدية f	R الحسابية m	R التقريبية m		
Design Speed (km/h)	Maximum e (%)	Limiting Values of f	Total (e/100 + f)	Calculated Radius (m)	Rounded Radius (m)	Design Speed (mph)	Maximum e (%)	Limiting Values of f	Total (e/100 + f)	Calculated Radius (ft)	Rounded Radius (ft)
20	4.0	0.18	0.22	14.3	15	15	4.0	0.175	0.215	70.0	70
30	4.0	0.17	0.21	33.7	35	20	4.0	0.170	0.210	127.4	125
40	4.0	0.17	0.21	60.0	60	25	4.0	0.165	0.205	203.9	205
50	4.0	0.16	0.20	98.4	100	30	4.0	0.160	0.200	301.0	300
60	4.0	0.15	0.19	149.1	150	35	4.0	0.155	0.195	420.2	420
70	4.0	0.14	0.18	214.2	215	40	4.0	0.150	0.190	563.3	565
80	4.0	0.14	0.18	279.8	280	45	4.0	0.145	0.185	732.2	730
90	4.0	0.13	0.17	375.0	375	50	4.0	0.140	0.180	929.0	930
100	4.0	0.12	0.16	491.9	490	55	4.0	0.130	0.170	1190.2	1190
						60	4.0	0.120	0.160	1505.0	1505
20	6.0	0.18	0.24	13.1	15	15	6.0	0.175	0.235	64.0	65
30	6.0	0.17	0.23	30.8	30	20	6.0	0.170	0.230	116.3	115
40	6.0	0.17	0.23	54.7	55	25	6.0	0.165	0.225	185.8	185
50	6.0	0.16	0.22	89.4	90	30	6.0	0.160	0.220	273.6	275
60	6.0	0.15	0.21	134.9	135	35	6.0	0.155	0.215	381.1	380
70	6.0	0.14	0.20	192.8	195	40	6.0	0.150	0.210	509.6	510
80	6.0	0.14	0.20	251.8	250	45	6.0	0.145	0.205	660.7	660
90	6.0	0.13	0.19	335.5	335	50	6.0	0.140	0.200	836.1	835
100	6.0	0.12	0.18	437.2	435	55	6.0	0.130	0.190	1065.0	1065
110	6.0	0.11	0.17	560.2	560	60	6.0	0.120	0.180	1337.8	1340
120	6.0	0.09	0.15	755.5	755	65	6.0	0.110	0.170	1662.4	1660
130	6.0	0.08	0.14	950.0	950	70	6.0	0.100	0.160	2048.5	2050
						75	6.0	0.090	0.150	2508.4	2510
						80	6.0	0.080	0.140	3057.8	3060
20	8.0	0.18	0.28	12.1	10	15	8.0	0.175	0.255	59.0	60
30	8.0	0.17	0.25	28.3	30	20	8.0	0.170	0.250	107.0	105
40	8.0	0.17	0.25	50.4	50	25	8.0	0.165	0.245	170.8	170
50	8.0	0.16	0.24	82.0	80	30	8.0	0.160	0.240	250.8	250
60	8.0	0.15	0.23	123.2	125	35	8.0	0.155	0.235	348.7	350
70	8.0	0.14	0.22	175.3	175	40	8.0	0.150	0.230	465.3	465
80	8.0	0.14	0.22	228.9	230	45	8.0	0.145	0.225	502.0	500
90	8.0	0.13	0.21	303.6	305	50	8.0	0.140	0.220	760.1	760
100	8.0	0.12	0.20	393.5	395	55	8.0	0.130	0.210	963.5	965
110	8.0	0.11	0.19	501.2	500	60	8.0	0.120	0.200	1204.0	1205
120	8.0	0.09	0.17	666.6	665	65	8.0	0.110	0.190	1487.4	1485
130	8.0	0.08	0.18	831.3	830	70	8.0	0.100	0.180	1820.9	1820
						75	8.0	0.090	0.170	2213.3	2215
						80	8.0	0.080	0.160	2675.6	2675
20	10.0	0.18	0.28	11.2	10	15	10.0	0.175	0.275	54.7	55
30	10.0	0.17	0.27	26.2	25	20	10.0	0.170	0.270	99.1	100
40	10.0	0.17	0.27	46.6	45	25	10.0	0.165	0.265	157.8	160
50	10.0	0.16	0.26	75.7	75	30	10.0	0.160	0.260	231.5	230
60	10.0	0.15	0.25	113.3	115	35	10.0	0.155	0.255	321.3	320
70	10.0	0.14	0.24	160.7	160	40	10.0	0.150	0.250	428.1	430
80	10.0	0.14	0.24	209.9	210	45	10.0	0.145	0.245	552.9	555
90	10.0	0.13	0.23	277.2	275	50	10.0	0.140	0.240	696.8	695
100	10.0	0.12	0.22	357.7	360	55	10.0	0.130	0.230	879.7	880
110	10.0	0.11	0.21	453.5	455	60	10.0	0.120	0.220	1094.6	1095
120	10.0	0.09	0.19	596.5	595	65	10.0	0.110	0.210	1345.8	1345
130	10.0	0.08	0.18	738.9	740	70	10.0	0.100	0.200	1838.8	1840
						75	10.0	0.090	0.190	1980.3	1980
						80	10.0	0.080	0.180	2378.3	2380
20	12.0	0.18	0.30	10.5	10	15	12.0	0.175	0.295	51.0	50
30	12.0	0.17	0.29	24.4	25	20	12.0	0.170	0.290	92.3	90
40	12.0	0.17	0.29	43.4	45	25	12.0	0.165	0.285	146.7	145
50	12.0	0.16	0.28	70.3	70	30	12.0	0.160	0.280	215.0	215
60	12.0	0.15	0.27	104.9	105	35	12.0	0.155	0.275	298.0	300
70	12.0	0.14	0.26	148.3	150	40	12.0	0.150	0.270	396.4	395
80	12.0	0.14	0.26	193.7	195	45	12.0	0.145	0.265	511.1	510
90	12.0	0.13	0.25	255.0	255	50	12.0	0.140	0.260	643.2	645
100	12.0	0.12	0.24	327.9	330	55	12.0	0.130	0.250	809.4	810
110	12.0	0.11	0.23	414.0	415	60	12.0	0.120	0.240	1003.4	1005
120	12.0	0.09	0.21	539.7	540	65	12.0	0.110	0.230	1228.7	1230
130	12.0	0.08	0.20	665.0	665	70	12.0	0.100	0.220	1489.8	1490
						75	12.0	0.090	0.210	1791.7	1790
						80	12.0	0.080	0.200	2140.5	2140

يوضح الجدول (2-3) الارتياح بطريقة الآشتو، حيث يبين الاختلاف بمعدلات الرفع العرضاني الأعظمي لمنعطفات ذات أنصاف أقطار متساوية ورفع عرضاني متساوٍ، وتختلف في سرعاتها التصميمية [7].

الجدول (2-3) السرعات التصميمية لأنصاف أقطار متساوية ومعدلات متباينة للرفع العرضاني الأعظمي

R	e	e_{max}	V_D
600	0.06	0.06	110
600	0.06	0.08	90
600	0.06	0.10	85
600	0.06	0.12	82

أكد الباحث Krammes أن سرعة التصميم مطبقة فقط على المنعطفات الأفقية والشاقولية وليست على الاستقامات التي تصل بين تلك المنعطفات، فإذا كانت الاستقامات طويلة يمكن أن يصل السائقون لسرعات أعلى من السرعة التصميمية في نهاية الاستقامة، وبداية المنعطف الذي يليها [7].

اعتبرت طريقة السرعة التصميمية الخاصة بالآشتو المعيار الأهم لتصميم الطرق الريفية السريعة في الولايات المتحدة الأمريكية، إلا أن الأبحاث أكدت وجود تناقضات بالتصميم عند الاعتماد الكامل على مفهوم السرعة التصميمية [7].

2-1-4-2- طريقة السرعة العملية V_{85} :

استخدمت السرعة العملية كبديل عن السرعة التصميمية في العديد من البلدان، لتقييم تجانس التصميم [7].

عرفت الأشتو 1994 السرعة العملية بأنها السرعة الإجمالية الأعلى بحيث يمكن للسائقين السفر ضمن الظروف الجوية المناسبة والمرورية السائدة بدون تجاوز لسرعة الأمان المحددة بالسرعة التصميمية.

عرف الباحث Krammes السرعة العملية بأنها سرعة 85 % من عينة السرعات عند موقع محدد [7].

عرفت الأشتو 2001 السرعة العملية بأنها سرعة قيادة السائقين لعرباتهم ضمن ظروف الجريان الحر وهي نسبة 85 % من توزع السرعات المراقبة عند موقع معين، وهذه السرعة مرتبطة بالموقع وبالخصائص الهندسية، وأكدت الأشتو أنه من الخطأ أن يتم تحديد حدود السرعة القصوى على الطرق بشكل اعتباطي وغير مدروس، إنما يجب وضعها، بحيث تقارب حدود السرعة العملية المقاسة لعينة كبيرة من العربات وبمجال (+ 15 كم/سا) مسموح للسائقين [5].

2-4-2- تجارب البلدان في دراسة معايير انسجام التصميم الهندسي لعناصر الطريق

تعدّ سويسرا وألمانيا من أوائل البلدان التي استخدمت مفهوم السرعة العملية لتقييم تجانس التصميم وانسيابية مسار الطريق، وذلك من خلال دراسة مقطع السرعة (speed profile)، وهو مخطط بياني للسرعات العملية على المحور الشاقولي مقابل المسافات على طول الطريق على المحور الأفقي، حيث يكشف تباينات السرعة بين المعالم المتعاقبة للمسار، ويبين المواقع الخطرة والواجب إعادة تصميمها [7].

2-4-2-1- سويسرا

يعدّ منهج تجانس التصميم السويسري للطرق الريفية السريعة الأقدم في أوروبا، فقد حدد التباين في قيم السرعة العملية على طول مسار الطريق من خلال انجاز مقطع السرعة، وذلك باستخدام السرعة العملية على المنعطفات الأفقية، والسرعة الأعظمية على الاستقامات.

استنتجت الأبحاث السويسرية أن السرعة V_{85} تتزايد على المنعطفات الأفقية ذات أنصاف الأقطار الأكبر من 400 م، واعتمدت الأسس التالية لتقييم تجانس التصميم [7]:

◀ يجب ألا يتجاوز الفرق الأعظمي في قيمة السرعة العملية بين المنعطف والاستقامة السابقة، أو بين المنعطف، ومنعطف ذو نصف قطر كبير يليه 5 كم/سا.

- ◀ يجب ألا يتجاوز الفرق الأعظمي للسرعة بين المنعطفات المتعاقبة 10 كم/سا، وأي تباين يتجاوز 20 كم/سا يجب تجنبه.
- ◀ مسافة الرؤية المتوافرة يجب ألا تكون أقل من الطول المطلوب لتغيير سرعة العربة بين المنعطفات المتتالية بمعدل 0.8 م/ثا².
- ◀ يجب إعادة تصميم المنعطف في حال لم تتحقق هذه المعايير في الطريق المصمم.

2-2-4-2 - ألمانيا

تعتمد مواصفات ومعايير التصميم الألمانية للطرق الريفية السريعة على السرعة التصميمية والسرعة العملية، حيث تستخدم السرعة التصميمية لتحديد القيم الصغرى لأنصاف أقطار المنعطفات الأفقية والمنحنيات الشاقولية، وتحديد الميول الأعظمية، فإذا كانت السرعة V_{85} أكبر من السرعة V_d ، فإنها تستخدم لتحديد معدلات الرفع العرضاني، ومسافات الرؤية.

درس الألمان معدل تغير الانحناء CCR (التغير الزاوي الأفقي المطلق لكل وحدة مسافة) وتأثيره على السرعة العملية، وأكدت الإرشادات الألمانية أنه للحصول على التصميم المتجانس يجب أن يتساوى السرعة التصميمية والعملية، وأكدت على ضرورة تعديل المسار الأفقي إذا خالف الشرطين التاليين [7]:

- ◀ يجب ألا يتجاوز الاختلاف الأعظمي في قيمة السرعة العملية V_{85} بين المعالم المتعاقبة 10 كم/سا.
- ◀ يجب ألا يتجاوز الاختلاف بين السرعة العملية والسرعة التصميمية على أي مقطع مدروس قيمة ± 20 كم/سا.

تحدد السرعة العملية في المواصفات الألمانية (RAS-L (1995) حسب طبيعة عناصر المسار [9]:

- من أجل الطرق السريعة ذات اتجاهي حركة منفصلين:

$$V_d \geq 100 \text{ Km/h} \rightarrow V_{85} = V_d + 10 \text{ Km/h}$$

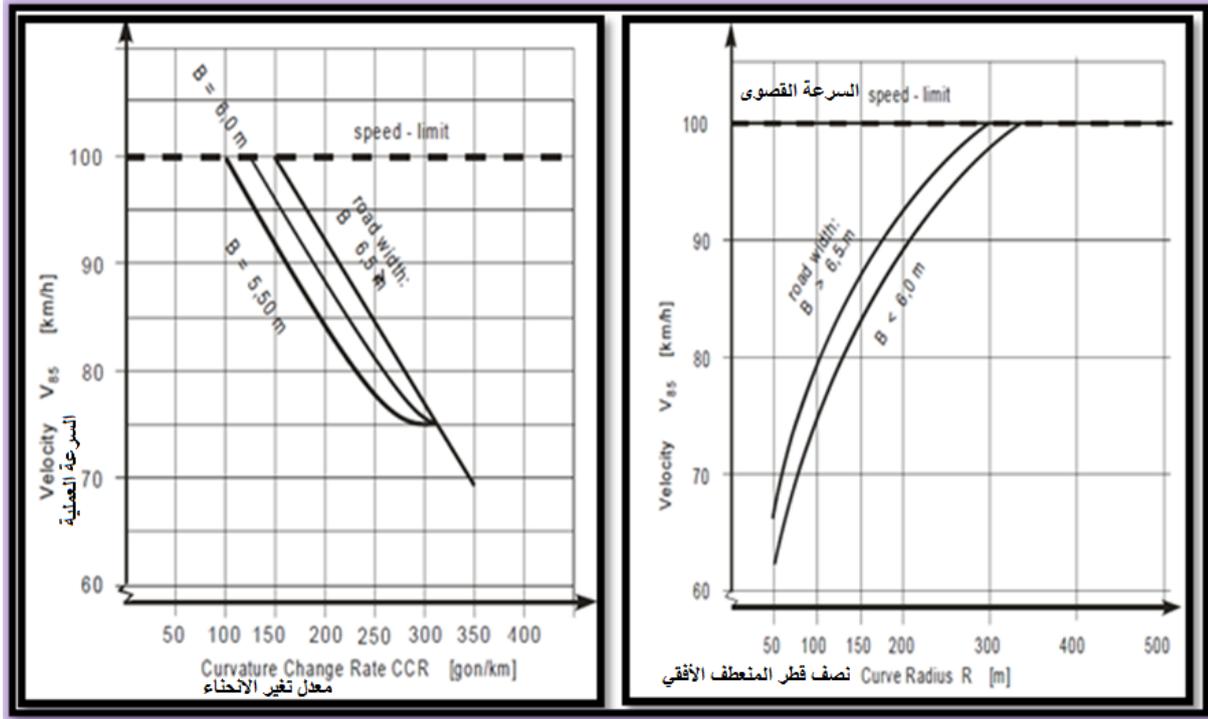
$$V_d < 100 \text{ Km/h} \rightarrow V_{85} = V_d + 20 \text{ Km/h}$$

- الطرق ذات المقطع العرضي 2+1 (حارتي مرور مضاف إليها حارة للتجاوز) حيث السرعات عالية:

$$V_d < 100 \text{ Km/h} \rightarrow V_{85} = V_d + 20 \text{ Km/h}$$

$$V_{85\text{max}} = 100 \text{ Km/h}$$

- من أجل الطرق ذات الحارتين باتجاهين تقدر السرعة العملية بالاعتماد على معدل تغير الانحناء CCR وعرض الطريق B، بالإضافة لنصف قطر المنعطف الأفقي R خاصة في حالة إعادة الإنشاء لجزء من الطريق أو صيانتها كما يوضح الشكل (2-3).



الشكل (2-3) تحديد السرعة العملية على الطرق ذات الحارتين باتجاهين وفق (1995) RAS-L الألمانية

2-4-2-3- استراليا

اعتمدت معايير التصميم الاسترالية على ما استنتجه Mclean [7]، حيث درس 120 منعطفاً أفقياً على طرق ريفية سريعة ذات حارتين باتجاهين في استراليا، واستنتج أنه عندما تكون السرعة التصميمية أقل من 90 كم/سا، تكون السرعة العملية أعلى من السرعة التصميمية، وعندما تكون السرعة التصميمية أكبر من 100 كم/سا، تكون السرعة العملية أقل من السرعة التصميمية، وهذا خالف الفرضيات السابقة بأن السرعة العملية لن تتجاوز السرعة التصميمية، وأكد أن تقدير السرعة العملية يعتمد على أنصاف أقطار المنعطفات الأفقية والسرعة المطلوبة على الطريق (desired speed) وهي السرعة التي يختارها السائقون للتعامل ضمن ظروف الجريان الحر ودون إعاقة، كما أن اختيار السرعة المطلوبة للمسار في دليل التصميم الاسترالي يتم وفقاً لمجال من أنصاف الأقطار ونوع التضاريس، وبناءً على النتائج التي قدمها Mclean غيرت استراليا معايير تصميمها على الطرق ذات السرعات التصميمية الأدنى من 100 كم/سا وعُدّت أن السرعة V_{85} المقدره هي السرعة التصميمية [7].

2-4-2-4- الولايات المتحدة الأمريكية

هناك العديد من الأبحاث في الولايات المتحدة الأمريكية تناولت السرعة العملية [7]:

Leisch and Leisch (a)

أكد الباحثان أن مفهوم السرعة التصميمية لا يضمن تصميماً انسيابياً للطريق، فالمشكلة الأساسية كانت باختلاف السرعات العملية عندما تكون السرعة التصميمية أقل من 90 كم/سا. وعرفا السرعة التصميمية بأنها السرعة العملية النموذجية التي يحددها التصميم والمعالم الهندسية للطريق، واستنتجا الشروط التالية لضمان التصميم الجيد للطريق:

- ◀ يجب ألا يتجاوز التباين في قيمة السرعة العملية بين المعالم المتعاقبة عن 15 كم/سا.
- ◀ يجب ألا يتجاوز التباين بين قيمة السرعة العملية والتصميمية 15 كم/سا.
- ◀ يجب استخدام مقطع السرعة (speed profile) لوصف تباين السرعة وضرورة تعديل مسار الطريق في المواقع التي تعارض الشروط.

Lamm et al. (b)

اقترح Lamm et al. نموذج مشابه للنموذج الألماني، حيث درس 260 منعطفاً في ولاية نيويورك وعرف السرعة العملية بأنها سرعة 85% من سرعات العربات المتحركة على الطريق المدروس، وبينما استخدمت الطريقة الألمانية معدل تغير الانحناء CCR فإن Lamm أكد أنه لا يوجد اختلاف بين استخدام درجة الانعطاف (degree of curvature) وهي الزاوية المركزية المقابلة لقوس طول وتره 30.5م) وقيمة CCR ، لذا أوصى باستخدام قيمة درجة الانعطاف في الولايات المتحدة الأمريكية، وحدد التصميم المتجانس للمعالم المتعاقبة بالمعايير التالية:

- ◀ التصميم الجيد: عندما يكون التباين في درجة الانعطاف أقل أو يساوي 5 درجات، والفرق في قيمة السرعة العملية أقل، أو يساوي 10 كم/سا.
- ◀ التصميم المقبول: عندما يكون التباين في درجة الانعطاف أقل، أو يساوي 10 درجات، والفرق في قيمة السرعة العملية أقل، أو يساوي 20 كم/سا.
- ◀ التصميم السيئ: عندما يكون التباين في درجة الانعطاف أكبر من 10 درجات، والفرق في قيمة السرعة العملية أكبر من 20 كم/سا.

يحقق التصميم الجيد تجانس وانسيابية مسار الطريق، بينما التصميم المقبول الذي يحوي على تناقضات يمكن أن تؤثر على سلوك السائقين، والتصميم السيئ الحاروي على تناقضات تؤثر بشكل كبير على مستوى السلامة.

Krammes et al. (c)

أنجز Krammes et al. بحثاً يشمل 138 منعطفاً أفقياً في 3 مناطق في الولايات المتحدة الأمريكية، استفاد فيه مما توصل إليه Lamm et al. في دراسته، وأكد ما توصل إليه Maclean بأن السرعة العملية للمنعطفات الأفقية تتجاوز السرعة التصميمية، عندما تكون السرعة التصميمية أقل من 90 كم/سا، حيث استخدم مقطع السرعة لدراسة تباين السرعة العملية V_{85} بين الاستقامة والمنعطف. إن جميع معادلات الإرجاع المستنتجة للتنبؤ بالسرعة العملية ارتبطت بالعناصر الهندسية للمنعطف، بينما اعتبر أن السرعة على الاستقامات هي مقياس للسرعة المطلوبة.

حلل Voigt [7] نفس البيانات المتعلقة بالمنعطفات التي استخدمها Krammes وأضاف تأثير الرفع العرضاني وطول المنعطف وزاوية الانحراف إلى معادلات السرعة العملية، واستنتج أن الرفع العرضاني يزيد من قيمة معامل التحديد لمعادلات التنبؤ بالسرعة، ولم يقترح أي تغيير في نموذج مقطع السرعة.

أنجز Anderson and Krammes [10] بحثاً لدراسة نقصان السرعة بين الاستقامة والمنعطف الذي يليها، وأكدت النتائج الإحصائية أن المواقع ذات النقصان الأكبر بالسرعة ذات معدل حوادث أعلى، واعتُبر التباين في مقطع السرعة (Speed Profile) مقياساً لانسجام التصميم على الطرق الريفية ذات الحاريتين باتجاهين وكدليل لمعدل الحوادث المتوقعة.

طورت النتائج السابقة في الولايات المتحدة الأمريكية، واستخدمت لإنجاز نموذج التصميم الآمن التفاعلي للطرق السريعة IHSDM (interactive highway safety design modle).

2-4-3- تقييم انسجام التصميم باستخدام مقطع السرعة المعتمد في IHSDM

IHSDM: هو مجموعة من أدوات التحليل البرمجية تُستخدم لتقييم سلامة التصميم الهندسي لمشاريع الطرق السريعة، يَخُص مدراء المشاريع والمخططين والمصممين والمدققين. ويساعد مهندس تصميم الطرق لإبداء الرأي بالمخططات في مرحلة ما بعد التصميم، ويتألف من أربعة أقسام كل منها يُقيّم التصميم المقترح من منظور مختلف، ليقدموا بالنهاية تقييماً للأداء العملي الواقعي، ولدرجة الأمان المتوقعة على الطريق المدروس [11] وهي:

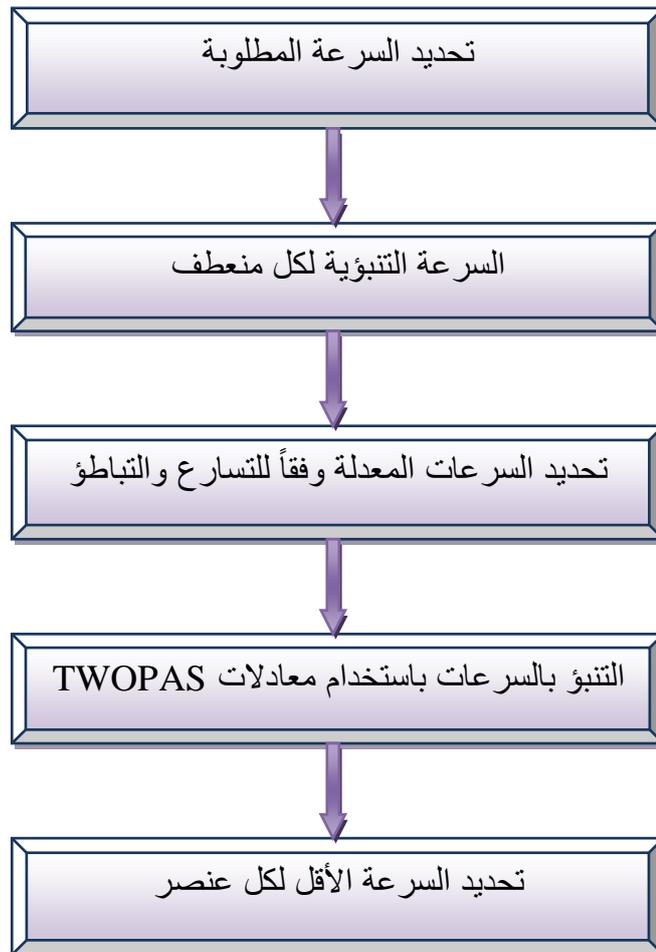
- قسم مراجعة سياسة التصميم وفق الأشتو (PRM) Policy Review Module: يتفحص القيم الحدية الحرجة للتصميم المأخوذة من الأشتو، ويقارنها مع التصميم المدروس.
- قسم التنبؤ بالحوادث (CPM) Crash Prediction Module: يقدر الحوادث المتوقعة.
- قسم التحليل المروري (TAM) Traffic Analysis Module: يختص بالتحليل للعمليات المرورية، ويقدر استيعاب وقدرة الطرق السريعة، ويُقيّم نوعية الخدمة عليه.

قسم تجانس التصميم (Design Consistency Module (DCM) : مراجعة دقيقة ومنظمة لعناصر التصميم بالاستناد إلى الأمان والأداء العملي المتوقع، وهذا القسم يقدر انسجام التصميم وخصوصاً على الطرق الريفية السريعة ذات الحارتين باتجاهين من خلال دراسة السرعة العملية وتقييم ثباتها وفق مقطع السرعة.

مقطع السرعة في DCM شمل أكثر من 200 موقع على طرق ريفية ذات حارتين باتجاهين في ست ولايات أميركية حيث يدمج السرعات التنبؤية V_{85} المقدرة على المنعطفات الأفقية، والمنحنيات الشاقولية والمنعطفات المتراكبة ويقدر السرعات المطلوبة على الاستقامات ليقدّم تقييماً كمياً وفق معيارين:

1. التباين المتوقع بين السرعة التنبؤية V_{85} ، والسرعة التصميمية V_d على طول الطريق.
2. النقصان المتوقع في قيمة السرعات التنبؤية V_{85} بين الاستقامة، والمنعطف الأفقي الذي يليها.

يُقيّم DCM ثبات السرعة على طول الطريق السريع، وفق مجموعة من الخطوات البرمجية الموضحة بالشكل (2-4).



الشكل (2-4) خطوات تقييم ثبات السرعة

يستخدم البرنامج البيانات التالية كقيم إدخال لرسم مقطع السرعة:

- بيانات المسار الأفقي: بداية ونهاية الاستقامة، بداية ونهاية المنعطفات، أنصاف أقطار المنعطفات الأفقية.
- بيانات المسار الشاقولي: الميول الطولية، بداية ونهاية المنحنيات الشاقولية، ونوع المنحني.
- السرعة التصميمية هي السرعة المختارة، لتصميم المعالم الهندسية المختلفة للطريق المطلوب تقييمه، وتؤخذ من الآشتو.
- السرعة المطلوبة: هي السرعة التي يختارها السائقون على الاستقامات الطويلة (أي التي يتجاوز طولها 200م) حيث لا يوجد منعطفات تعيق حركتهم، وتحدد قيمتها بمتوسط السرعات العملية على الاستقامات الطويلة، واعتمدت في IHSDM القيمة 100 كم/سا المحسوبة من 64 استقامة طويلة في 6 ولايات.
- معادلات TWOPAS المعتمدة في IHSDM هي نموذج محاكاة دقيق للمرور على الطرق الريفية ذات الحارتين باتجاهين تعكس تأثير الميل الطولي على سرعة العربة، وتتضمن نماذج رياضية لحساب السرعة بالعلاقة مع الميل، ومعدلات التسارع والتباطؤ، وتستخدم هذه المعادلات في مقطع السرعة، لإظهار تأثير المسار الشاقولي على السرعة.

يتم التقييم النهائي لانسجام تصميم الطريق بالاعتماد على مقطع السرعة. ويوضح مثلاً نموذجياً عنه الشكل (2-5).

تتم دراسة التباين بين السرعة العملية والسرعة التصميمية، وفق الحالات التالية، وتستخدم الألوان للدلالة على كل حالة كما يلي:

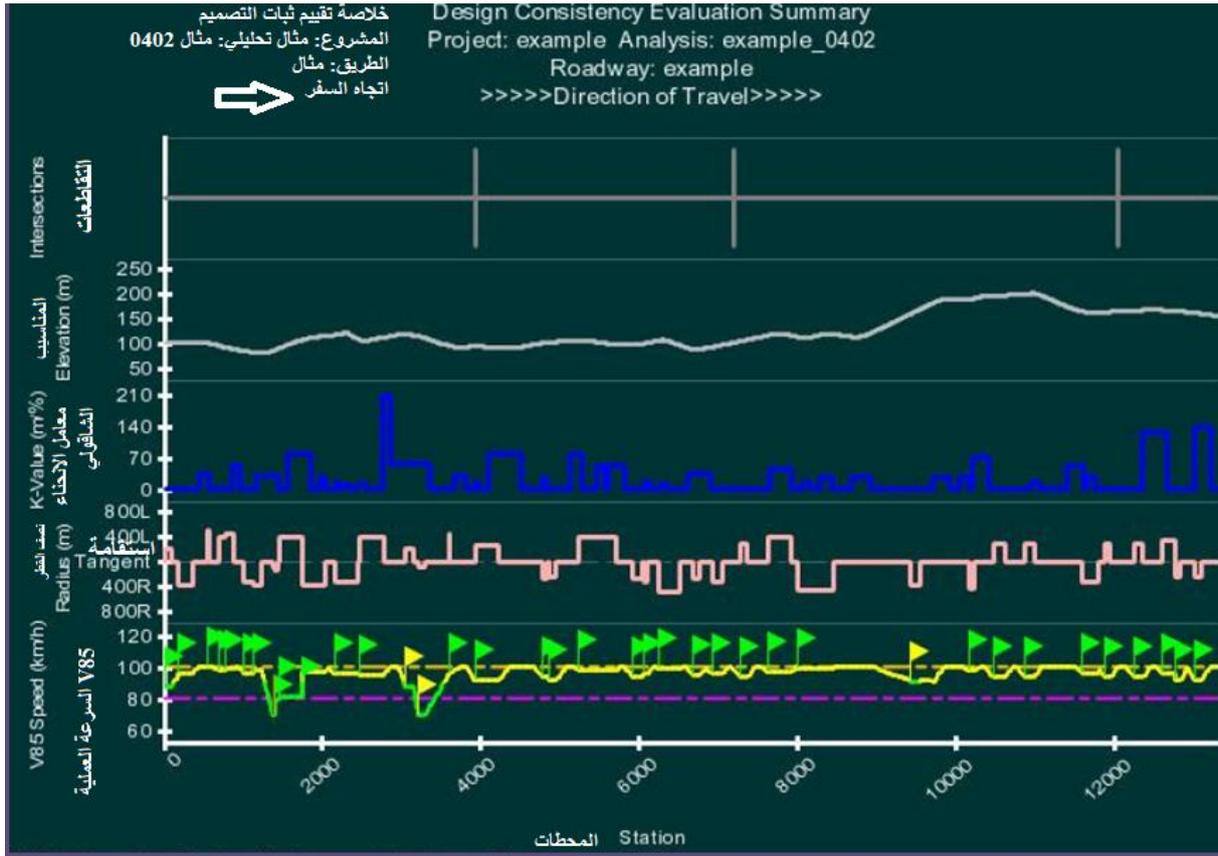
أخضر	$|V_{85} - V_d| \leq 10$	الحالة 1
أصفر	$10 \leq |V_{85} - V_d| \leq 20$	الحالة 2
أحمر	$|V_{85} - V_d| > 20$	الحالة 3

تُستخدم نتائج دراسة التباين بين السرعة العملية، والسرعة التصميمية على مقطع السرعة لإعطاء دلالة فيما لو كانت السرعة التصميمية المستخدمة مناسبة، وللتنبه لعدم استخدام قيم تصميم أعلى من القيم الدنيا المحددة بالآشتو، لأن استخدام قيم أعلى سيؤدي لسرعات عملية أعلى.

تتم دراسة تباين السرعة العملية بين العناصر المتتالية على طول مسار الطريق وفق الحالات التالية ويشار إليها بأعلام ملونة للتمييز بينها:

أخضر	$|V_{85\text{tangent}} - V_{85\text{curve}}| \leq 10$	الحالة 1
أصفر	$10 \leq |V_{85\text{ tangent}} - V_{85\text{ curve}}| \leq 20$	الحالة 2
أحمر	$|V_{85\text{ tangent}} - V_{85\text{ curve}}| > 20$	الحالة 3

تُستخدم نتائج دراسة تباين السرعة العملية على مقطع السرعة لتحديد المواقع التي تحتاج إلى تعديلات في المسار بغية إنقاص الفروق الحاصلة بالسرعة، ولتحديد المواقع التي تحتاج لتعديلات بالمقطع العرضي، أو جوانب الطريق بالإضافة إلى تعيين المواقع التي تتطلب وجود إشارات تحذيرية وأجهزة مرورية لمراقبة السرعة وفرض الالتزام على السائقين، أكدت الأبحاث التي يعتمد عليها **DCM** والموثقة في (Report No. FHWA-RD-99-171, Speed Prediction for Two-Lane Rural Highways) [7] أن معدل الحوادث الوسطي على المواقع التي تحقق الحالة 3 (تباين بالسرعة أكبر من 20 كم/سا) كان ستة أضعاف معدل الحوادث على المواقع التي تحقق الحالة 1 (تباين بالسرعة أقل من 10 كم/سا)، وأن معدل الحوادث الوسطي على المواقع التي تحقق الحالة 2 (تباين بالسرعة يتراوح بين 10-20 كم/سا) كان ثلاثة أضعاف معدل الحوادث للمواقع التي تحقق الحالة 1.



الشكل (5-2) مثال لمخطط مقطع السرعة وفق DCM

2-5- التنبؤ بالسرعة العملية V_{85}

2-5-1- العوامل المؤثرة على السرعة العملية V_{85}

تناولت معظم الأبحاث دراسة السرعة العملية V_{85} على المنعطفات الأفقية على الطرق السريعة ذات الحارتين باتجاهين، حيث ركزت على دراسة تأثير البارامترات الهندسية للمسار الأفقي (خاصة المنعطفات الأفقية) على السرعة العملية.

يوضح الشكل (2-6) أهم العوامل المؤثرة بالسرعة العملية.



الشكل (2-6) العوامل المؤثرة على السرعة العملية V_{85}

عرض الطريق يُقصد به العرض المعبد للطريق، حيث دُرُس تأثيره على السرعة العملية V_{85} مع متحولات أخرى، كنصف القطر، ومعدل تغير الانحناء [7].

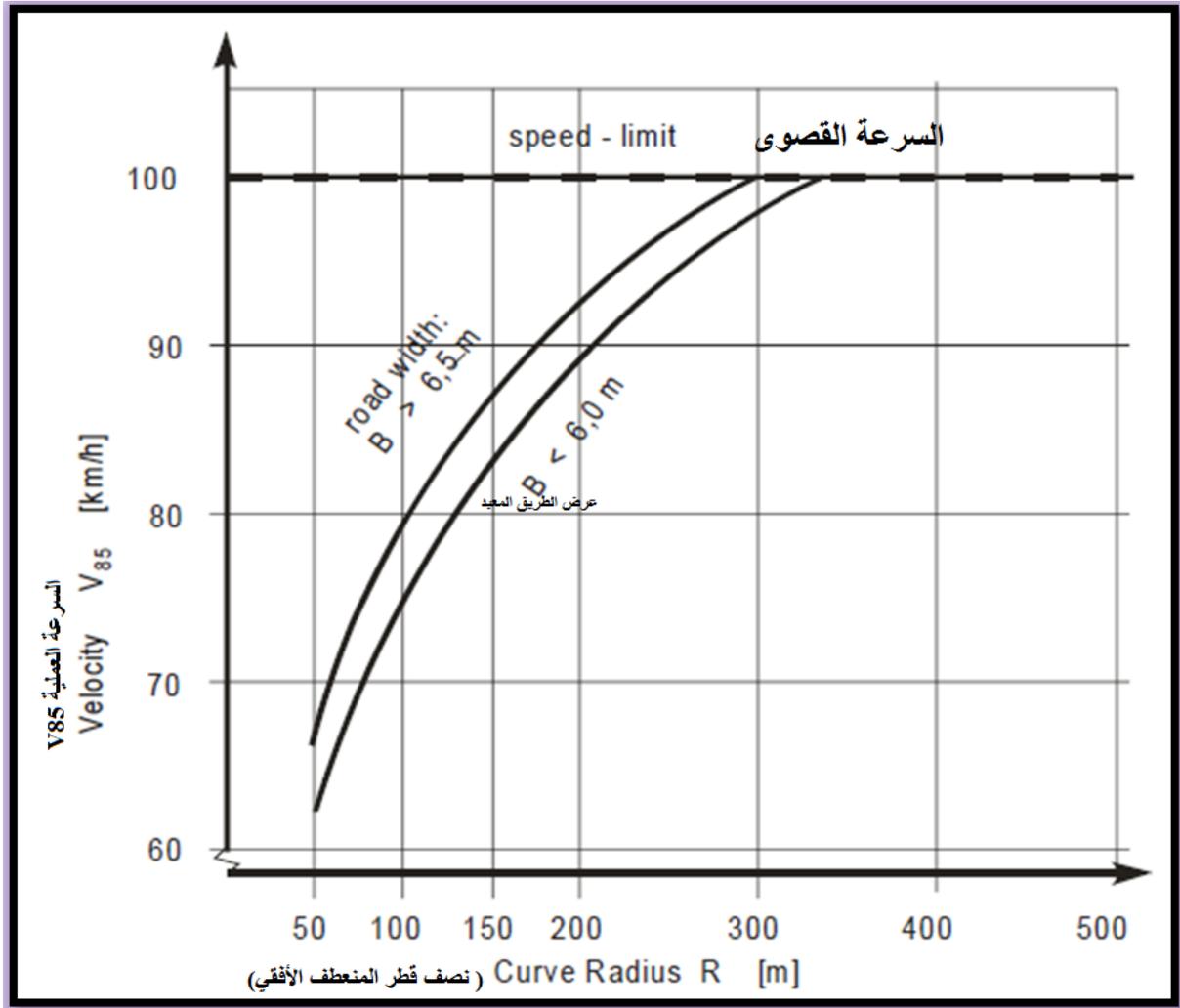
بعض الأبحاث التي قُدمت مؤخراً درست تأثير المسار الشاقولي على السرعة، وقدمت نماذج إرجاع لعلاقة السرعة العملية V_{85} مع معامل الانحناء الشاقولي K ، (ويساوي طول المنحني الشاقولي مقسوماً على الفرق الجبري للميلين المماسين).

يركز هذا البحث على دراسة تأثير عناصر المسار الأفقي (نصف قطر المنعطف الأفقي، طول الاستقامة، وعرض الطريق) على السرعة العملية V_{85} .

Radius of curve - نصف قطر المنعطف الأفقي 1-1-5-2

أشارت الأبحاث أن نصف قطر المنعطف الأفقي هو العامل الأكثر أهميةً للتنبؤ بالسرعة العملية على المنعطفات، لذا فإن معظم الأبحاث استخدمته كمتغير مستقل في التحليل والدراسات الإرجاعية، وأظهرت الأبحاث التأثير الكبير لنصف قطر المنعطف الأفقي على السرعة، وبشكل خاص أنصاف الأقطار الأصغر من 250م، أما إذا كان نصف القطر أكبر من 350م، فإن التأثير يكون أقل [12].

اعتبرت المواصفات الألمانية المنعطف الأفقي عنصراً خطيراً في عملية التصميم، حيث يعتمد السائق على الإدراك البصري لاختيار السرعة الملائمة لقيادة العربة بأمان وراحة على المنعطف. يبين الشكل (7-2) المخطط البياني للتنبؤ بالسرعة العملية اعتماداً على نصف القطر، ويعروض مختلفة للطريق B [9].

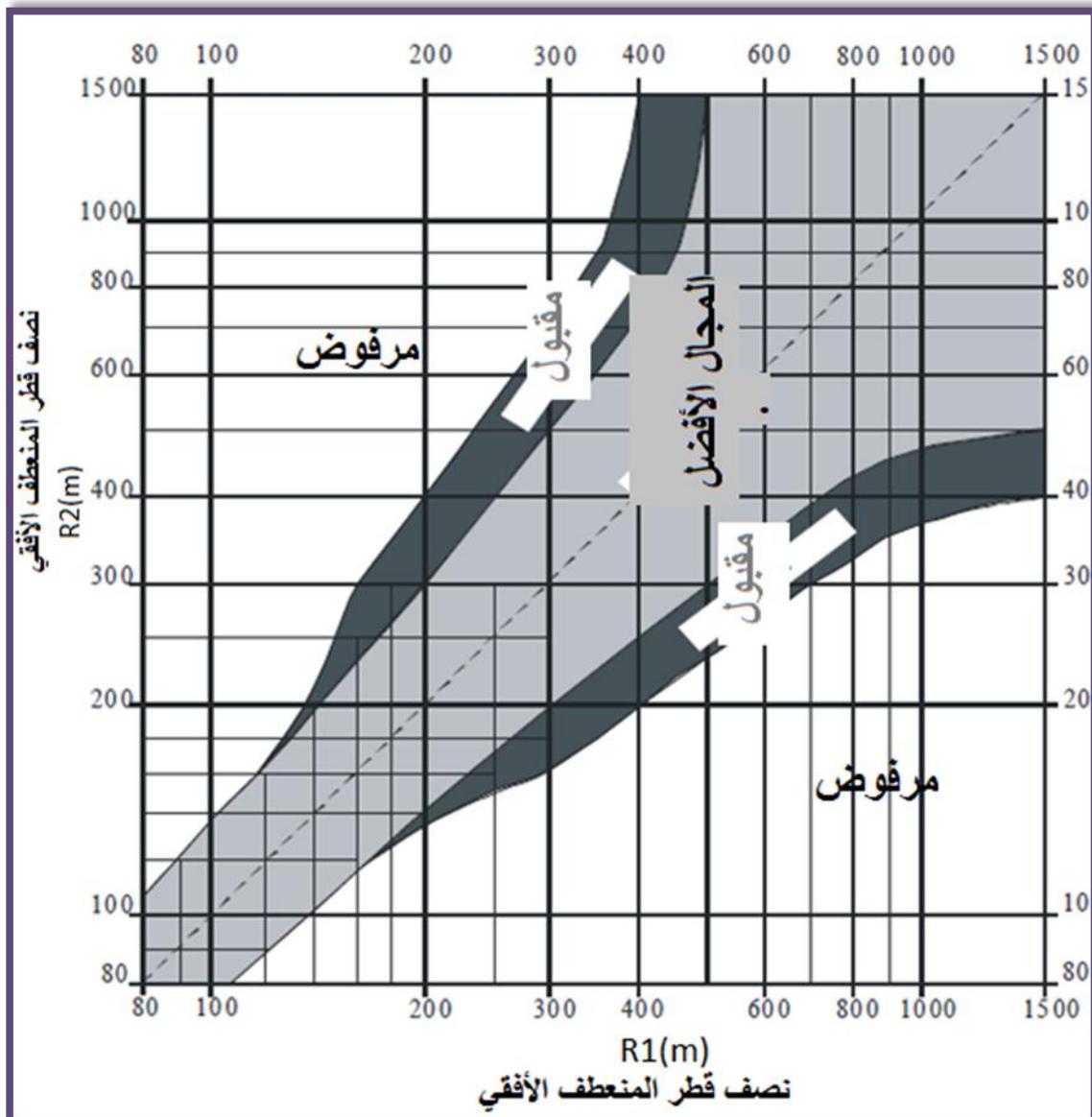


الشكل (7-2) العلاقة بين (V₈₅ & R) وفق المواصفات الألمانية (RAS-L-1995)

إن الاختلاف بين بارامترات العناصر الهندسية المتتالية يؤدي إلى سرعة غير متماثلة على مقاطع الطريق، لذا لابد من تلاؤم العناصر الهندسية للتقليل من الحوادث المرورية التي تسببها التباينات الكبيرة في السرعة.

☞ قارن (Lippold,1995) سرعة السائقين مع الحوادث على الطرق في حالة تصميم متجانس، وآخر غير متجانس، وأكد أن التصميم المتجانس والانسيايبي للطريق يقلل من الحوادث المرورية بشكل كبير [12]، وقد أضيفت هذه النتائج إلى المواصفات الألمانية (RAS-L-1995).

يظهر الشكل (8-2) المخطط البياني الذي يحدد تجانس تصميم المنعطفات الأفقية المتتالية من خلال تلاؤم أنصاف أقطارها [9].



الشكل (8-2) تجانس أنصاف الأقطار المتعاقبة - وفق المواصفات الألمانية RAS-L-1995

درس (Bennet, 1994) السرعة على المنعطف من خلال دراسة ومتابعة السرعة العملية عند 58 موقعاً في نيوزيلاندا تشمل أقواساً أفقيةً واستقاماتٍ واستنتج مايلي [13]:

① أن السرعة تتناقص بتناقص نصف القطر، وأن هناك علاقة خطية بين الانحراف المعياري للسرعة والسرعة الوسطية عند منتصف المنعطف:

$$S = 0.14 * V_m$$

S : الانحراف المعياري للسرعة، كم/سا.

V_m : السرعة الوسطية في المجال $30 < V_m < 95$ km/h.

② عند أنصاف الأقطار الصغيرة يزيد الانحراف المعياري بزيادة نصف القطر ويبقى ثابتاً من أجل قيم أكبر لأنصاف الأقطار، أي يزيد الانحراف المعياري بزيادة السرعة ونصف قطر المنعطف الأفقي R.

③ استنتج معادلة الانحدار التالية للتنبؤ بالسرعة على المنعطفات الأفقية بالعلاقة مع نصف قطر المنعطف الأفقي R والسرعة على الاستقامة التي تسبقه V_a :

$$V_{85} = 61.58 + 0.04854V_a - \frac{4516}{R}$$

V_{85} : السرعة على القوس، Km/h

V_a : السرعة على الاستقامة في المجال $12.8 < V_a < 173.4$ km/h

R: نصف القطر، وهو في المجال $24 < R < 625$ m

أوجد الباحث (Krammes et al., 2000) المعادلة الأكثر شمولية لتأثير المنعطف الأفقي على السرعة العملية في بحثه الذي شمل خمس ولايات في أميركا، حيث اعتمد بالإضافة إلى نصف القطر على طول المنعطف L (m)، وزاوية الانحراف γ (deflection angle)، والتي تعطى بالعلاقة التالية:

$$\gamma = \frac{57.29 * L}{R}$$

حيث γ : زاوية الانحراف (الاتجاه)، deg

R: نصف قطر المنعطف الأفقي، m

L: طول المنعطف الأفقي، m

استفاد الباحثان (Ottesen and Voigt) من الدراسة السابقة وقدموا أشكالاً بديلة للمعادلات التنبؤية [7].

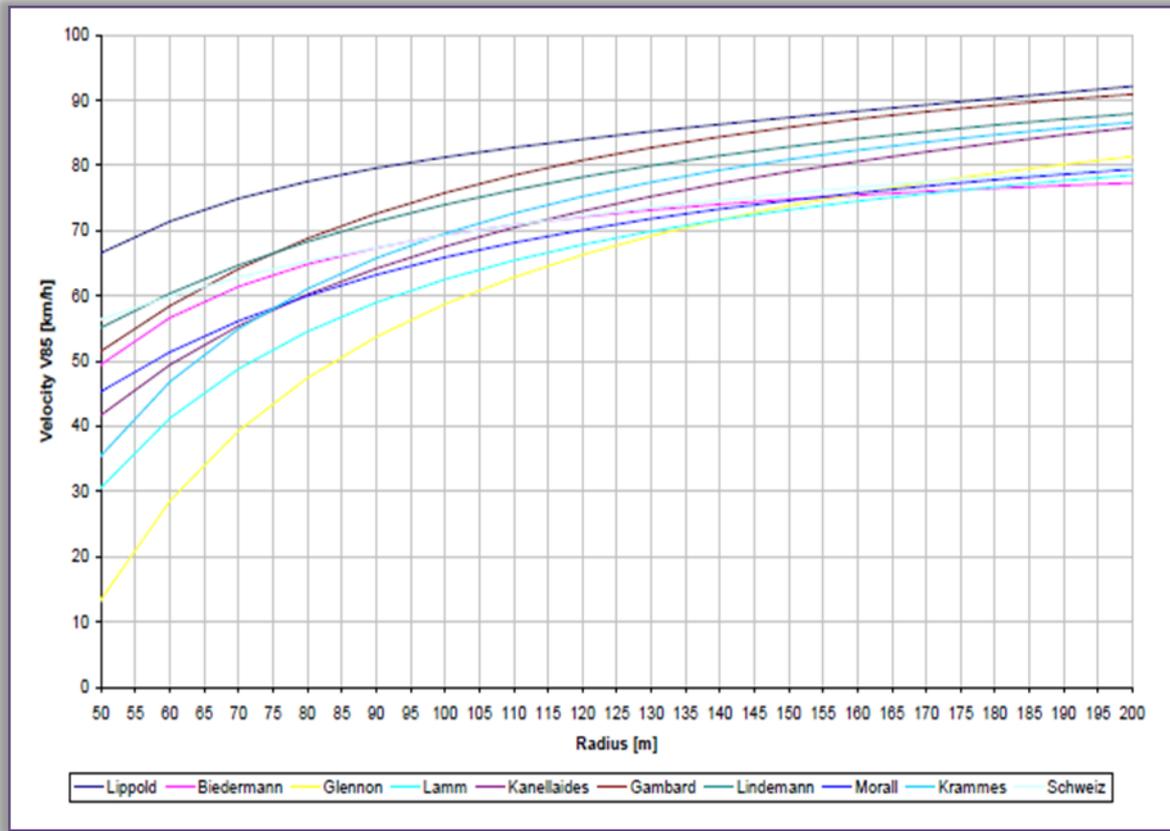
يوضح الجدول (4-2) نماذج عديدة للتنبؤ بالسرعة العملية على المنعطفات الأفقية، وهذه النماذج مختلفة، وتتعلق بالتتابع الرياضية، والبارامترات المعتمدة [12]، [7].

الجدول (4-2) نماذج التنبؤ بالسرعة العملية على المنعطفات الأفقية

DURTH/BIDERMAN/VIET H1983 Germany	$V_{85} = 108.23 - \frac{6508.06}{R} + \frac{287439.55}{R^2}$
BIDERMAN 1984 Germany	$V_{85} = 18.37 + \frac{10.11 * B}{R_m} - 593 * \left(\frac{B}{R_m}\right)^2$
GLENNON et al. 1985 USA	$V_{85} = 104 - \frac{4527.643}{R}$
LAMM/CHOUERI 1987 USA	$V_{85} = 94.436 - \frac{3192.021}{R}$
KANELLAIDES et al. Greec	$V_{85} = 129.8787 - 344.231 * \left(\frac{1}{0.305 * R}\right)^{\frac{1}{2}}$
GAMBARD / LOUAH 1986 France	$V_{85} = \frac{102}{1 + \frac{346}{R^{15}}}$
LINDEANN / RANFT 1978 Switzerland	$V_{85} = \frac{105}{1 + \frac{69.62}{R^{111}}}$
MORALL 1994 Canada	$V_{85} = e^{\left(4.561 - \frac{37.3282}{R}\right)}$
KRAMMES et al. 1993 USA	$V_{85} = 103.6 - \frac{3405}{R}$ $V_{85} = 102.44 - \frac{2742}{R} + 0.012L - 0.09\gamma$
Switzerland 1999 SN 640 080	$V_{85} = \frac{100.5}{1 + 17.346 * R^{-0.792}}$
LIPPOLD 1997 Germany	$V_{85} = 82.461 + 2.817 * B - 0.084 * R + 0.0005 * R^2 - 5092 * 10^{-10} * R^3 - \frac{1559.506}{R}$
OTTESEN 1993 USA	$V_{85} = 103.64 - \frac{3400.73}{R}$
VOIGT 1996 USA	$V_{85} = 99.61 - \frac{2951.37}{R} + 0.0142L - 0.13\gamma + 1.82e$

حيث V_{85} : السرعة العملية، كم/سا. R: نصف القطر، م.

يشير الشكل (9-2) إلى التمثيل البياني للنماذج المذكورة بالجدول (4-2) حيث يشير إلى اختلافات جوهرية في المجالات ذات أنصاف الأقطار الصغيرة، ومع زيادة نصف القطر تتناقص هذه الاختلافات، يعود هذا الاختلاف في نتائج الأبحاث إلى التطور الحاصل في مجال هندسة المركبات، حيث تسمح الهياكل الحديثة بالقيادة بسرعة أعلى وأمان أكبر [12].



الشكل (9-2) التمثيل البياني لنماذج التنبؤ بالسرعة العملية

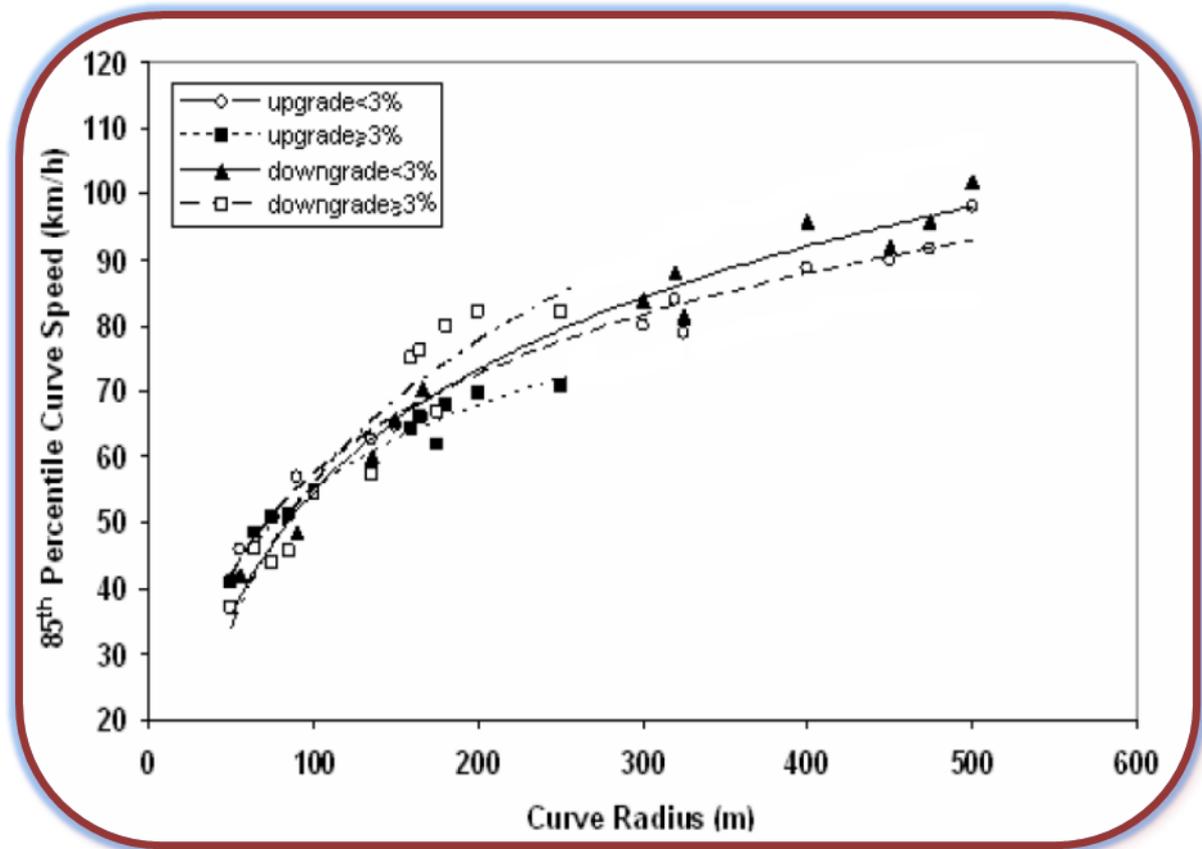
في العراق (2008) درست السرعة العملية على المنعطفات الأفقية، حيث شملت الدراسة طرقاً ذات حارتين باتجاهين في شمال العراق [14]، وتم جمع البيانات من 48 منعطفاً أفقياً، 28 منها استخدم لإيجاد معادلات الإرجاع التنبؤية بالسرعة، حيث أكدت الدراسة أن المتغيرات المستقلة للتنبؤ بالسرعة العملية هي نصف القطر المنعطف R ، والسرعة على الاستقامة التي تسبقه V_{85app} ، وزاوية الانحراف γ ، واستخدم 20 منعطفاً للتحقق من صحة المعادلات باستخدام اختبار Chi-square test الذي بين عدم وجود تباين بين قيم السرعة المراقبة والقيم التنبؤية. يبين الجدول (5-2) المعادلات التنبؤية بالسرعة V_{85} حيث قسمت مقاطع الطريق إلى مجموعات وفقاً للميل الطولي :

الجدول (2-5) المعادلات التنبؤية بالسرعة العملية على المنعطفات أفقية - العراق [14]

r^2	العدد	المعادلة	الميل الطولي %	الباحث
0.998	28	$V_{85C} = 0.79 V_{85app} + 0.0259 R$	صاعد > 3	Ayman A. Abdul- Mawjoud and Gandhi G. Sofia 2008
0.928		$V_{85C} = 17.519 + 0.432 V_{85app} + 0.06802 R$	صاعد $3 \leq$ ← 9.3	
0.998		$V_{85C} = 0.917 V_{85app} + 0.02431 R - 0.3 \gamma$	هابط > 3	
0.994		$V_{85C} = 0.636 V_{85app} + 0.09481 R$	هابط $3 \leq$ ← 9.3	

من خلال دراسة تأثير نصف قطر المنعطف الأفقي، والميل الطولي بشكل مستقل على السرعة العملية توصلت الدراسة السابقة للنتائج التالية المستنتجة من الشكل (2-10) [14]:

- ◀ السرعة العملية تتأثر بالميل الطولي بشكل كبير عندما كان نصف القطر أكبر من 200م
- ◀ عندما نصف القطر أصغر من 150م، فإن السرعة الأعلى تكون عند الميل الهابط الأقل من 3% والسرعة الأقل كانت عند الميل الهابط الشديد، والأكثر من 3%.



الشكل (2-10) تأثير نصف قطر المنعطف على السرعة العملية من أجل قيم مختلفة للميل - العراق

2-1-5-2- طول الاستقامة

أكدت الأبحاث أن طول الاستقامة يعدّ بارامتراً هاماً لتحديد السرعة، وقد أكدت المواصفات الألمانية (RAS-L-1995) أهمية طول الاستقامة عند تعديل، وتخطيط العناصر المتتالية والمتربطة للطريق، فالمنعطفات ذات نصف قطر ($R < 400m$) التي تلي استقامة أكبر من 300م تكون خطيرة بسبب الأخطار الناجمة عن مناورات القيادة نتيجة السرعة العالية على الاستقامة [12].

تم تحديد أطوال الاستقامات الموافقة لأنصاف أقطار في حال تعاقب استقامة - منعطف في المواصفات الألمانية كما يلي:

الجدول (6-2) المواصفات الألمانية في حال تعاقب استقامة - منعطف (RAS - L (1995)

صنف الطريق	طول الاستقامة	R_{min} للمنعطف الأفقي
أتوسترادات وطرق سريعة	$L \geq 600 m$	$R_{min} > 600m$
	$L < 600m$	$R_{min} < L$
الطرق الأخرى	$L \geq 500 m$	$R_{min} > 500m$
	$L < 500m$	$R_{min} > L$

أكد الباحث krammes et al. أنه لا يمكن إيجاد معادلة للتنبؤ بالسرعة العملية على الاستقامات الطويلة، إنما يتم حساب متوسط السرعات على الاستقامات واعتبارها كسرعة مفروضة على الاستقامة، وأكد أن السرعة على المنعطفات الأفقية ذات نصف قطر أكبر من 450م تقترب من السرعة على الاستقامة [7].

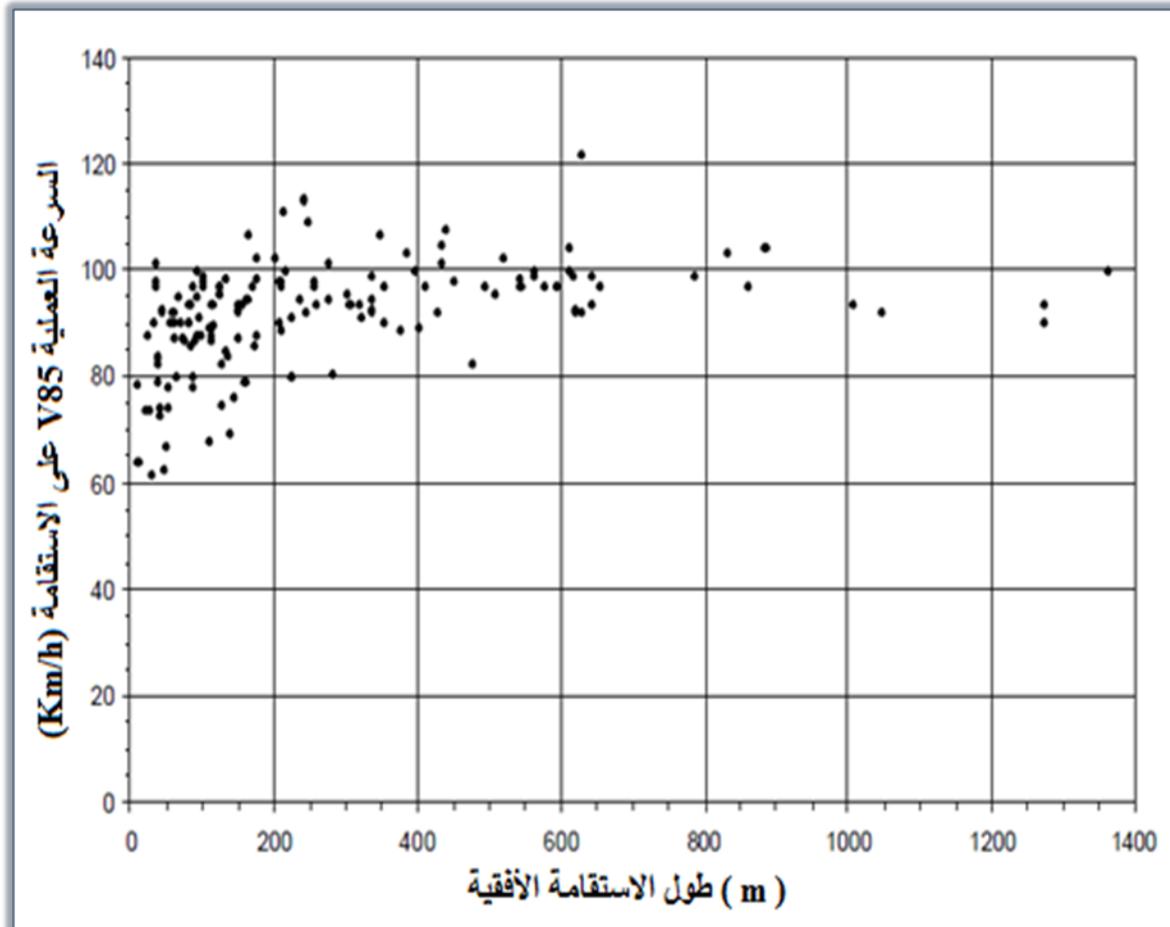
قام (Fitzpatrick et al., 2000) في بحثه لدراسة السرعة العملية على الطرق الريفية السريعة ذات الحارتين باتجاهين في الولايات المتحدة الأمريكية بدراسة السرعة العملية على 68 استقامة طويلة وكانت السرعة المطلوبة المحسوبة تساوي 97.7 كم/سا، وبناءً عليه اعتبر أن قيمة السرعة العملية الأعظمية المطلوبة 100 كم/سا، وقد قسم الاستقامات إلى ثلاثة أصناف: استقامة طويلة، استقامة متوسطة واستقامة قصيرة، وعرف الاستقامة الطويلة بأنها الاستقامة التي يمكن للسائق أن يصل للسرعة المطلوبة ويحافظ عليها، أما الاستقامة المتوسطة، فهي التي تسمح للسائق بأن يتسارع ويصل للسرعة المطلوبة ولكن لا يثبت عليها، وأما الاستقامة القصيرة فهي التي لا تسمح للسائق أن يتسارع للسرعة المطلوبة قبل الوصول للمعلم الهندسي التالي، واستنتج أنه كلما تزايدت حدود السرعة القانونية المعلنة (المسموحة) تزداد السرعة العملية حيث يميل السائقون للقيادة فوق حدود السرعة المسموحة، وتوصل البحث للنتائج التالية [7]:

1. كلما زادت سرعة قيادة السائقين لعرباتهم على المنعطفات، كلما زادت سرعاتهم على الاستقامات الطويلة.

2. المسار ذو المنعطفات الكثيرة يخفض السرعة العملية إلا أنه يشكل خطورة، لأن السائق يصل إلى الاستقامة الطويلة بعد سلسلة من المنحنيات، فيجدها فرصة لزيادة سرعته بشكل خطير.

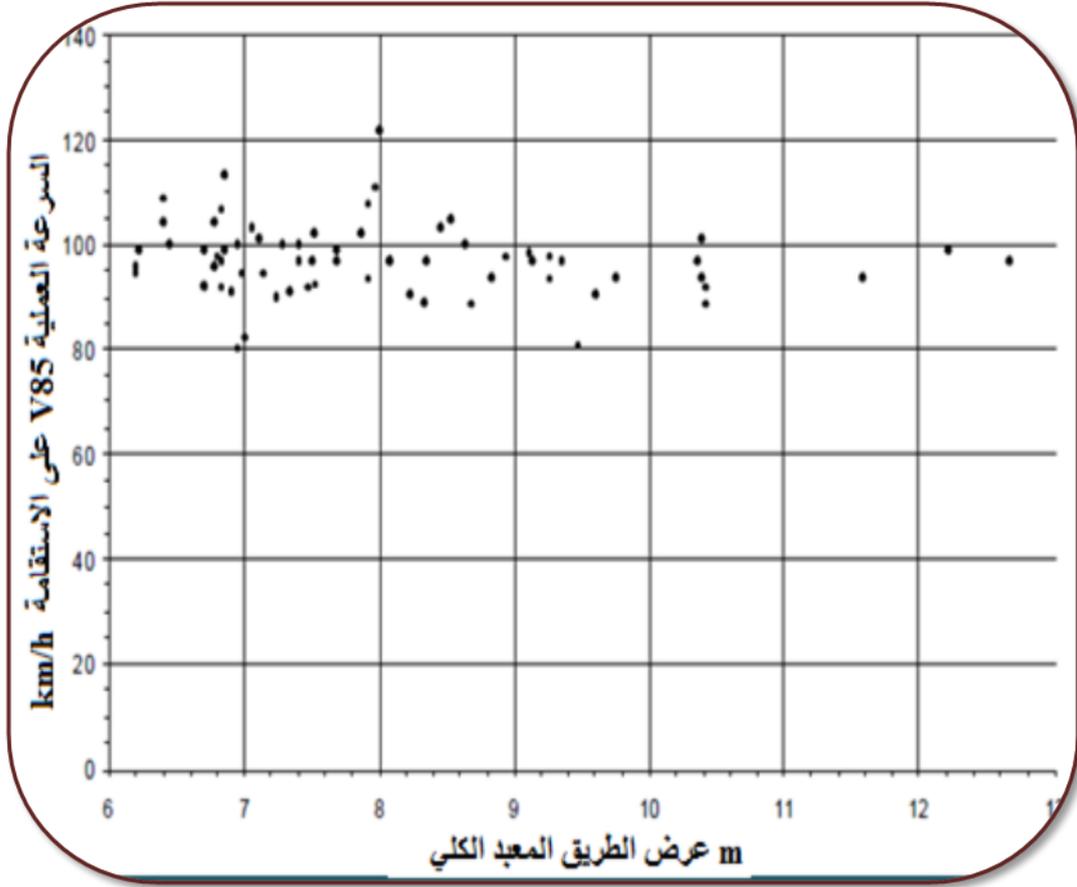
3. تم تحديد طول الاستقامة الطويلة بالاستناد إلى أمرين:

- الدراسات السابقة التي حددت الاستقامة الطويلة بـ 244م
- من المخطط البياني لدراسة السرعة العملية على الاستقامات مقابل طول الاستقامة، واستنتج أنه بعد استقامات بطول 200م تصبح السرعات على الاستقامة ثابتة و ميل خط الانحدار الخفي للاستقامات ذات الطول الأكبر من 200م يساوي الصفر تقريباً، كما يبين الشكل (2-11).



الشكل (2-11) السرعات العملية على الاستقامات مقابل الطول الأفقي للاستقامة

4. من خلال دراسة تأثير عرض الطريق على السرعة للاستقامة الطويلة، من أجل عرض للطريق المعبد تراوح بين (6.7-12.7m) صنفت ضمن ثلاث مجموعات ضيق، وعريض ومتوسط ، حيث استنتج أن عرض الطريق لم يؤثر بشكل هام على سرعة السائقين، كما يبين الشكل (2-12).

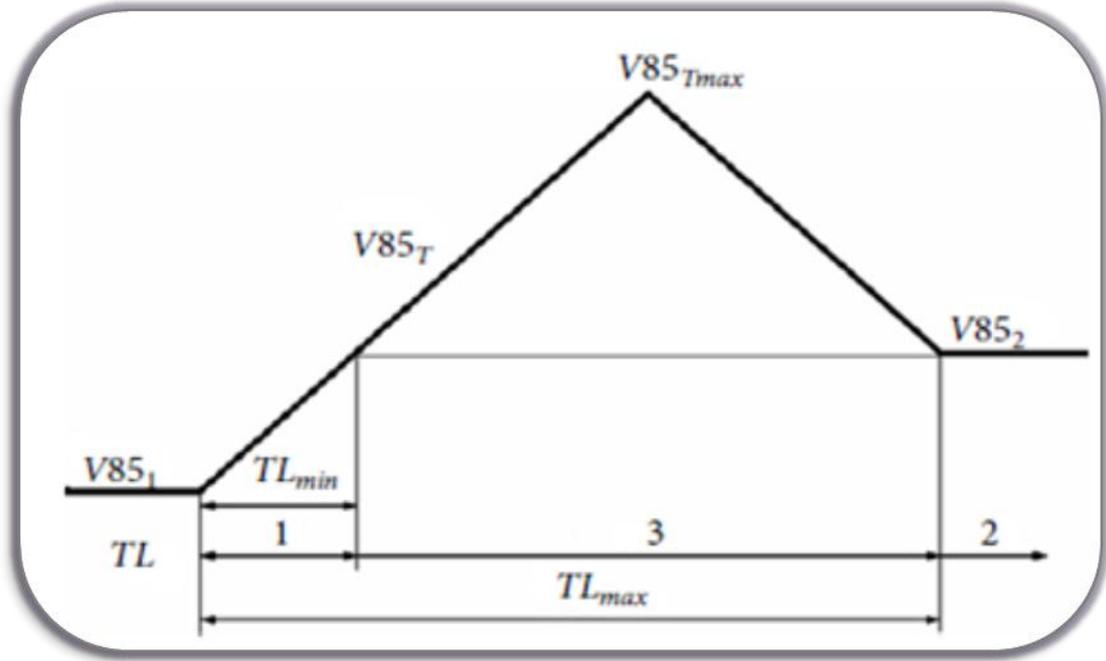


الشكل (2-12)السرعة العملية على الاستقامة مقابل العرض الكلي المعبد

درس (Lamm et al.2003) السرعة العملية على الاستقامات، وقسم الاستقامات إلى مجموعتين:

- الاستقامات المستقلة (الطويلة أو المعتدلة الطول): هذه الاستقامات تؤثر على معدل الحوادث، حيث تكون السرعة على الاستقامة أعلى بكثير من السرعة على المنعطف المجاور.
- الاستقامة غير المستقلة (استقامة قصيرة): تكون السرعة على المنعطف الثاني معتمدة على السرعة على المنعطف الأول.

يوضح الشكل (2-13) مخطط لأنواع الاستقامات، وحساب أطوالها تبعاً للسرعة العملية عليها، وعلى المنعطف السابق، والتالي.



الشكل (2-13) مخطط توضيحي لحساب طول الاستقامة والسرعة عليها [8]

TL: طول الاستقامة.

V_{85Tmax} : السرعة الأعظمية على الاستقامة km/h.

V_{85T} : السرعة على الاستقامة.

V_{85_2}, V_{85_1} : السرعة على المنعطف الأول والثاني.

TL_{max} : المسافة اللازمة (الطول الأعظمي للاستقامة) لبلوغ السرعة الأعظمية V_{85Tmax} حيث تعطى بالعلاقة:

$$TL_{max} = \frac{2V_{85Tmax}^2 - V_{85_1}^2 - V_{85_2}^2}{22.03}$$

TL_{min} : المسافة اللازمة لبلوغ السرعة V_{85_2} حيث تعطى بالعلاقة:

$$TL_{min} = \frac{|V_{85_1}^2 - V_{85_2}^2|}{22.03}$$

تم التمييز بين الحالات التالية [8]:

① عندما $TL \geq TL_{max}$: تعتبر الاستقامة مستقلة، ويكون طولها كاف لبلوغ السرعة الأعظمية V_{85Tmax} ، ويكون هناك علاقة مباشرة بين الاستقامة والمنعطف، حيث تتعلق السرعة على المنعطف بالسرعة على الاستقامة.

② عندما $TL_{min} \leq TL \leq TL_{max}$: تعتبر الاستقامة مستقلة وطولها معتدل، ويكون فيها طول المماس غير كاف لبلوغ السرعة الأعظمية V_{85Tmax} ، وهناك علاقة متبادلة بين كل من الاستقامة والمنعطف، حيث تتأثر سرعة العربة على المنعطف بالسرعة على الاستقامة، وتعطى السرعة على الاستقامة بالعلاقة:

$$V_{85T} = \sqrt{\frac{V_{85_1}^2 + V_{85_2}^2 + 22.03 * LT}{2}}$$

③ عندما $TL < TL_{min}$: تعتبر الاستقامة غير مستقلة وقصيرة، ولا تؤخذ بعين الاعتبار حيث السرعة على المنعطف الثاني تعتمد على السرعة على المنعطف الأول.

تجدد الإشارة إلى أنه في (Lithuania) تمت دراسة السرعة العملية على الاستقامة التي تسبق المنعطف لطرق ذات حارتين باتجاهين، وذلك لتحديد أنصاف الأقطار الأصغرية لحالتي الاستقامة الطويلة، والاستقامة المتوسطة [6]:

(1) حالة الاستقامة الطويلة أي $TL \geq TL_{max}$ ، حيث تبين أنه:

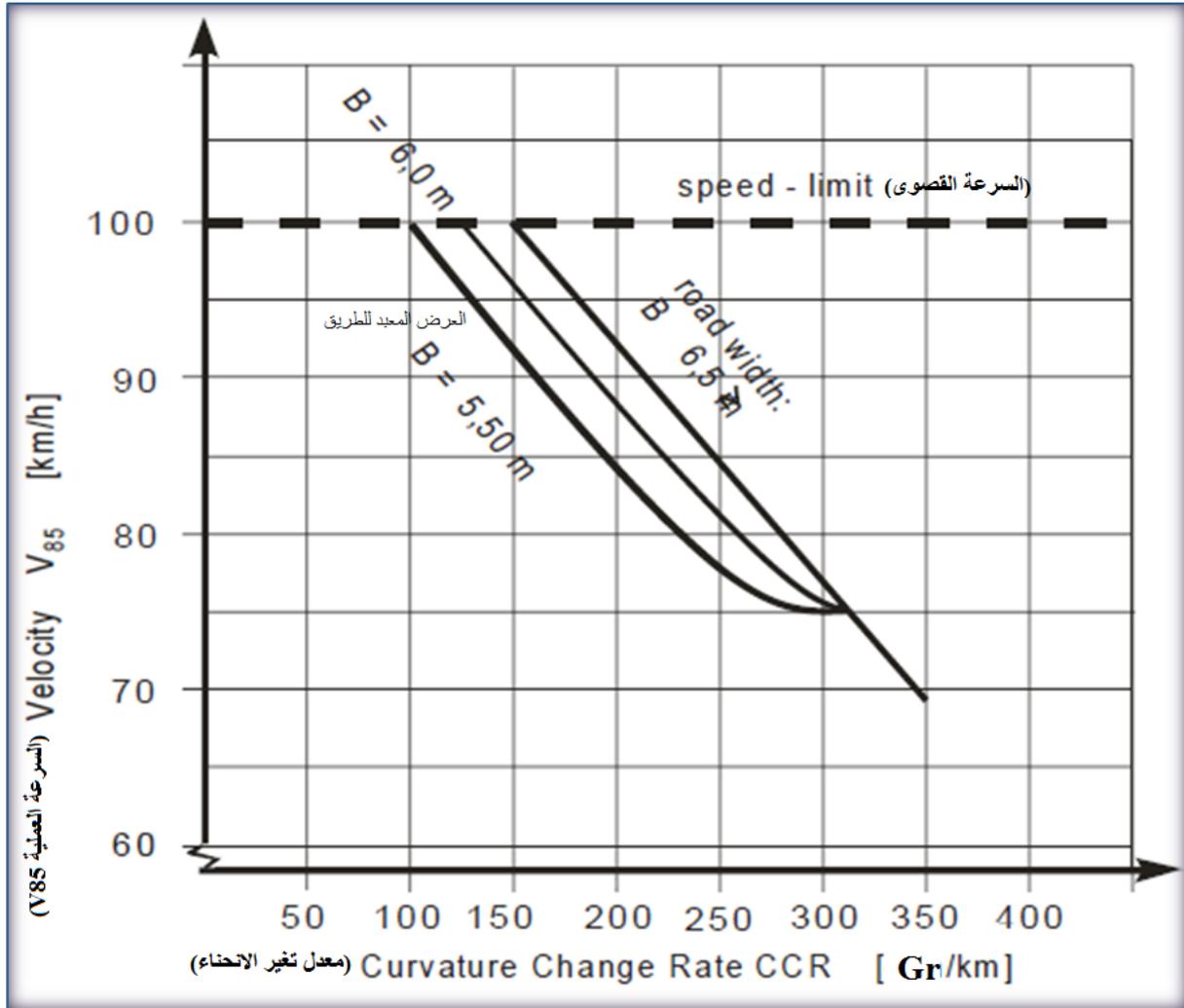
- لا تؤثر الاستقامة الطويلة على السلامة المرورية عندما $R > 400m$
- مستوى التصميم يعتبر مقبول عندما $300 < R < 400m$
- مستوى التصميم خطير عندما $R < 300m$ لأنه يؤدي إلى اختلاف بالسرعة بين الاستقامة والمنعطف قد يتجاوز 20 كم/سا.

(2) حالة الاستقامة المتوسطة عندما $TL_{min} \leq TL \leq TL_{max}$ ، حيث أظهرت الدراسة أن مستوى التصميم جيد عندما $R > 300m$ خلف الاستقامة المتوسطة، حيث يضمن ثبات السرعة العملية V_{85} بين الاستقامة والمنعطف.

2-5-1-3- معدل تغير الانحناء CCR (Curvature Change Rate)

يعرف معدل تغير الانحناء CCR بأنه مجموع زوايا الانحناء الأفقية مقسوماً على طول القطاع المدروس من الطريق، ويتعلق بالخصائص الهندسية للطريق [12].

تتضمن المواصفات الألمانية RAS- L-1995 علاقة السرعة العملية بمعدل تغير الانحناء، والموضحة بالشكل (14-2).



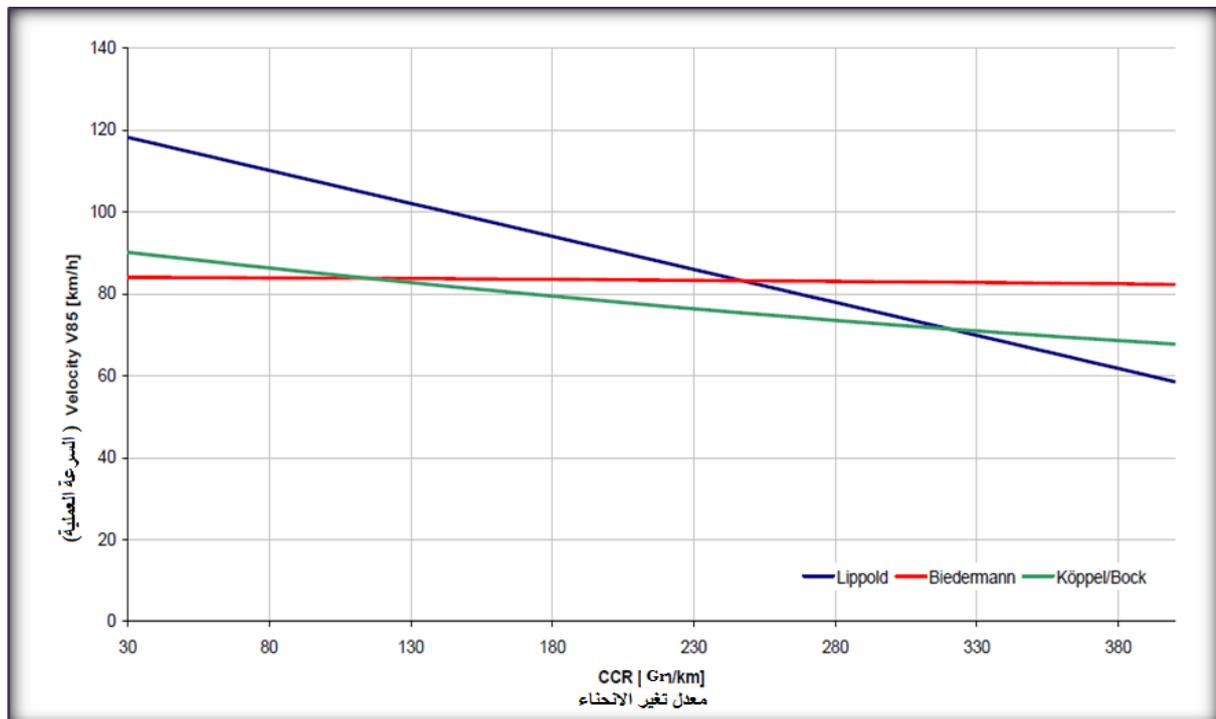
الشكل (14-2) علاقة السرعة العملية بمعدل تغير الانحناء تبعاً لعرض الطريق وفق RAS-L (1995)

وقد طورت العديد من النماذج التنبؤية لتقدير السرعة العملية بدلالة معدل تغير الانحناء، وأكدت الأبحاث على أهمية CCR كبارامتر أساسي للتنبؤ بالسرعة العملية يعكس تأثير معالم الطريق على سلوك السائقين، وكل النماذج المطورة تأخذ بعين الاعتبار عرض الطريق B، كما يبين الجدول (2-7) [12].

لجدول (7-2) النماذج المطورة للتنبؤ بالسرعة بالعلاقة مع CCR على مقاطع الطريق

LIPPOLD Germany 1997	<p>road width 5,0 - 6,0 m</p> $V_{85} = 132,69 + 0,0007 \cdot CCR^2 - 0,399 \cdot CCR$ <p>road width 6,1 - 7,0 m</p> $V_{85} = 123,0350 - 0,1612 \cdot CCR$ <p>road width 7,1 - 8,0 m</p> $V_{85} = 121,6211 - 0,1486 \cdot CCR$
BIEDERMANN 1984 Germany	$V_{85} = 18,37 + 10,11 \cdot B - 0,000297 \cdot B \cdot CCR - 0,00000015 \cdot (B \cdot CCR)^2$
KÖPPEL/BOCK 1979 Germany	$V_{LEv} = 55,65 - 0,532 \cdot CCR + 5,314 \cdot B$ $V_{LEv} = 61,03 - 0,0819 \cdot CCR + 0,0000496 \cdot CCR^2 + 4,85 \cdot B$

يشير نموذج (Biederman 1984) إلى قلة تأثير معدل تغير الانحناء على السرعة العملية V_{85} ، وهذا لا يوافق نموذجي (Lippold 1997 . Koppel/Bock 1979)، اللذين أظهرتا نقصاناً في السرعة بزيادة CCR، كما يوضح الشكل (2-15) التخطيط البياني للنماذج السابقة [12].



الشكل (2-15) مخطط لنماذج التنبؤ بالسرعة بالاعتماد على CCR

نتائج الأبحاث المقدمة في ألمانيا والولايات المتحدة الأمريكية واليونان وإيطاليا أظهرت ارتباطاً كبيراً بين معدلات الحوادث المرورية وتغيرات سرعة القيادة على الطرق ومعدل تغير الانحناء على المنعطفات. \Rightarrow تحسب قيمة معدل تغير الانحناء للمنعطف المفرد بالعلاقة التالية [Pratico et al. 2007]:

$$\begin{aligned} CCR_s &= \frac{\frac{L_{C1}}{2R} + \frac{L_{Cr}}{R} + \frac{L_{C2}}{2R}}{L} * \frac{200}{\pi} * 10^3 \\ &= \frac{\frac{L_{C1}}{2R} + \frac{L_{Cr}}{R} + \frac{L_{C2}}{2R}}{L} * 63700 \quad \frac{Gr}{km} \\ CCR_s &= \frac{\frac{L_{C1}}{2R} + \frac{L_{Cr}}{R} + \frac{L_{C2}}{2R}}{L} * \frac{180}{\pi} * 10^3 \\ &= \frac{\frac{L_{C1}}{2R} + \frac{L_{Cr}}{R} + \frac{L_{C2}}{2R}}{L} * 57330 = \frac{\alpha}{L} * 10^3 \quad \frac{deg}{km} \end{aligned}$$

CCR_s : معدل تغير الانحناء للمنعطف المفرد

$L = L_{C1} + L_{Cr} + L_{C2}$: الطول الكلي للمنعطف، m

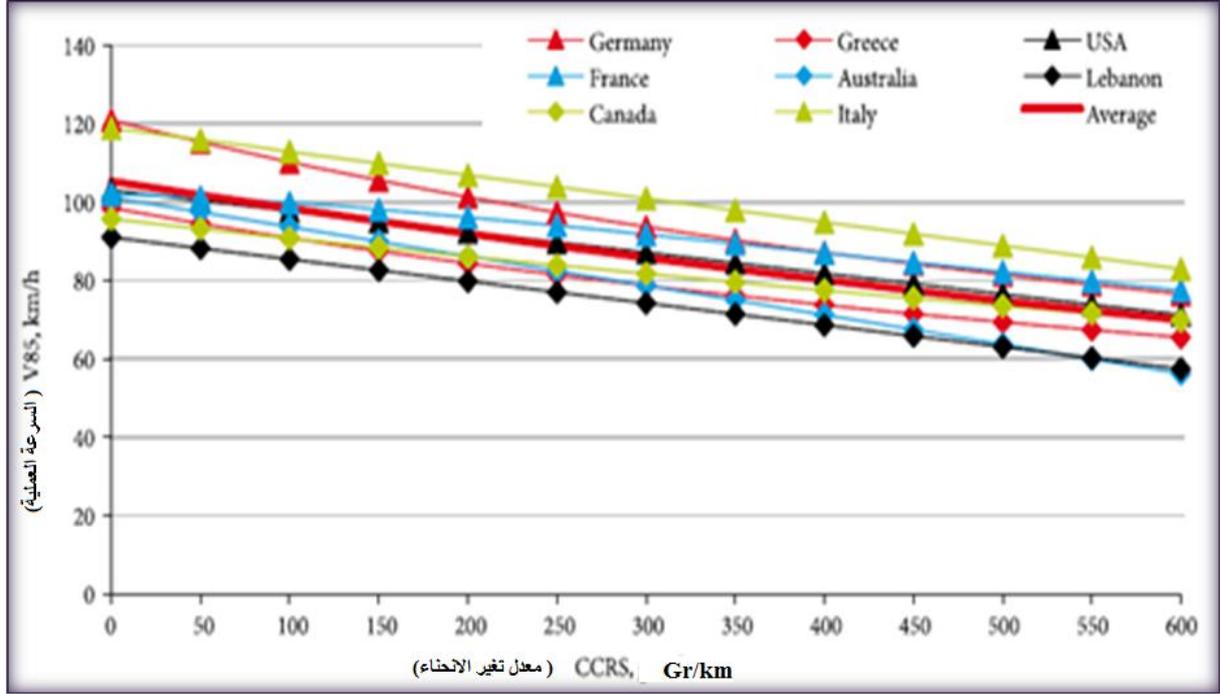
L_{C1}, L_{C2} : أطوال منحنيات الانتقال الأول والثاني، m

α : زاوية الانحراف، deg

R : نصف قطر المنعطف الأفقي الدائري المنعطف، m

\Rightarrow عند إعداد مخططات إعادة الإنشاء للطريق لابد من اختيار السرعة التصميمية بشكل ملائم وألا يتم اختيارها حدسياً، وإنما وفقاً للسرعة العملية V_{85} (Lamm et al. 2007) [16].

تجدر الإشارة إلى أن العديد من الأبحاث أكدت أن جودة تخطيط الطرق توصف من خلال قيمة معدل تغير الانحناء CCR ، ومن الشكل (2-16)، نلاحظ تناقص السرعة بتزايد CCR .



الشكل (16-2) علاقة CCR_s & V_{85} (Lamm et al.2007)

واستنتج [Lamm et al.2007] معادلات الإرجاع العالمية العامة للتنبؤ بالسرعة V_{85} بالعلاقة مع معدل تغير الانحناء CCR:

$$: i < 6 \% \text{ و } CCR_s < 1600 \text{ Gr/km}$$

$$V_{85} = 105.31 + 2 \times 10^{-5} \times CCR_s^2 - 0.071 \times CCR_s$$

$$: i > 6 \% \text{ و } CCR_s < 1600 \text{ Gr /km}$$

$$V_{85} = 86 - 3.24 \times 10^{-9} \times CCR_s^3 + 1.61 \times 10^{-5} \times CCR_s^2 - 4.26 \times 10^{-2} \times CCR_s$$

تحسب قيمة $\overline{CCR_s}$ الوسطية بالعلاقة التالية:

$$\overline{CCR_s} = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} (CCR_{si} \times L_i)}{\sum_{i=1}^{i=n} L_i}$$

$\overline{CCR_s}$: معدل تغير الانحناء الوسطي لأجزاء الطريق المدروس Gr /km.

CCR_{si} : معدل تغير الانحناء على المنعطف المفرد Gr /km.

L_i : طول المنعطف m.

بحساب $\overline{CCR_s}$ نعوض في المعادلات الإرجاعية السابقة لإيجاد \overline{V}_{85} .

تحسب V_d وفقاً لقيمة \overline{V}_{85} على أجزاء الطريق المدروس، أو المعاد إنشاء أجزاء منه.

2-5-1-4- الثبات الديناميكي Dynamic Stability

يعد الثبات الديناميكي معياراً هاماً لتقييم ثبات السرعة على عناصر التخطيط، ويعرف بأنه الفرق بين الاحتكاك الجانبي المفروض FRA "Side friction assumed"، والاحتكاك الجانبي المطلوب FRD "side friction demanded"، ويعطى كل منهما بالعلاقة التالية [16]:

$$FRA = n * 0.925 * ft$$

n : معامل الاحتكاك الجانبي المفروض، ويعطى للطرق القديمة (n=0.6) وللطرق المصممة حديثاً (n=0.4); 0.925: ثابت الترابط بين الاحتكاك الجانبي والطولاني.

tf : معامل الاحتكاك المماسي ويعطى بالعلاقة:

$$ft = 0.59 - 4.85 * 10^{-3} * V_d + 1.51 * 10^{-5} * V_d^2$$

V_d : السرعة التصميمية

الاحتكاك الجانبي المطلوب FRD يعطى بالعلاقة:

$$FRD = \frac{V_{85}^2}{127 * R} - i$$

i : الميل العرضي للطريق في الرفع العرضاني، V_{85} : السرعة العملية لنسبة 85% من العربات

طور (Lamm et al. 2007) منهجاً لمعايير السلامة المرورية لثلاثة مستويات (I, II, III) يتضمن الفرق بين السرعة العملية، والسرعة التصميمية، والفرق بين السرعة العملية على العناصر الهندسية المتتالية، بالإضافة إلى الثبات الديناميكي على المنعطفات الأفقية، حيث يُحسب على كل منعطف بشكل مستقل، كما هو موضح بالجدول (2-8).

الجدول (2-8) تصنيف معايير السلامة وفق (Lamm et al. 2007) [16]

مستويات التصميم			
سيئ - التباين غير مسموح $|CCR_{S_1} - CCR_{S_{1+1}}| > 360$	مقبول - التباين مقبول $180 < |CCR_{S_1} - CCR_{S_{1+1}}| \leq 360$	جيد - التباين مسموح $|CCR_{S_1} - CCR_{S_{1+1}}| \leq 180$	معايير السلامة
$|V_{85_1} - V_d| > 20$	$10 < |V_{85_1} - V_d| \leq 20$	$|V_{85_1} - V_d| \leq 10$	I
$|V_{85_1} - V_{85_{1+1}}| > 20$	$10 < |V_{85_1} - V_{85_{1+1}}| \leq 20$	$|V_{85_1} - V_{85_{1+1}}| \leq 10$	II
$FRA - FRD \leq - 0.04$	$0.04 < FRA - FRD \leq +0.01$	$FRA - FRD \geq +0.01$	III

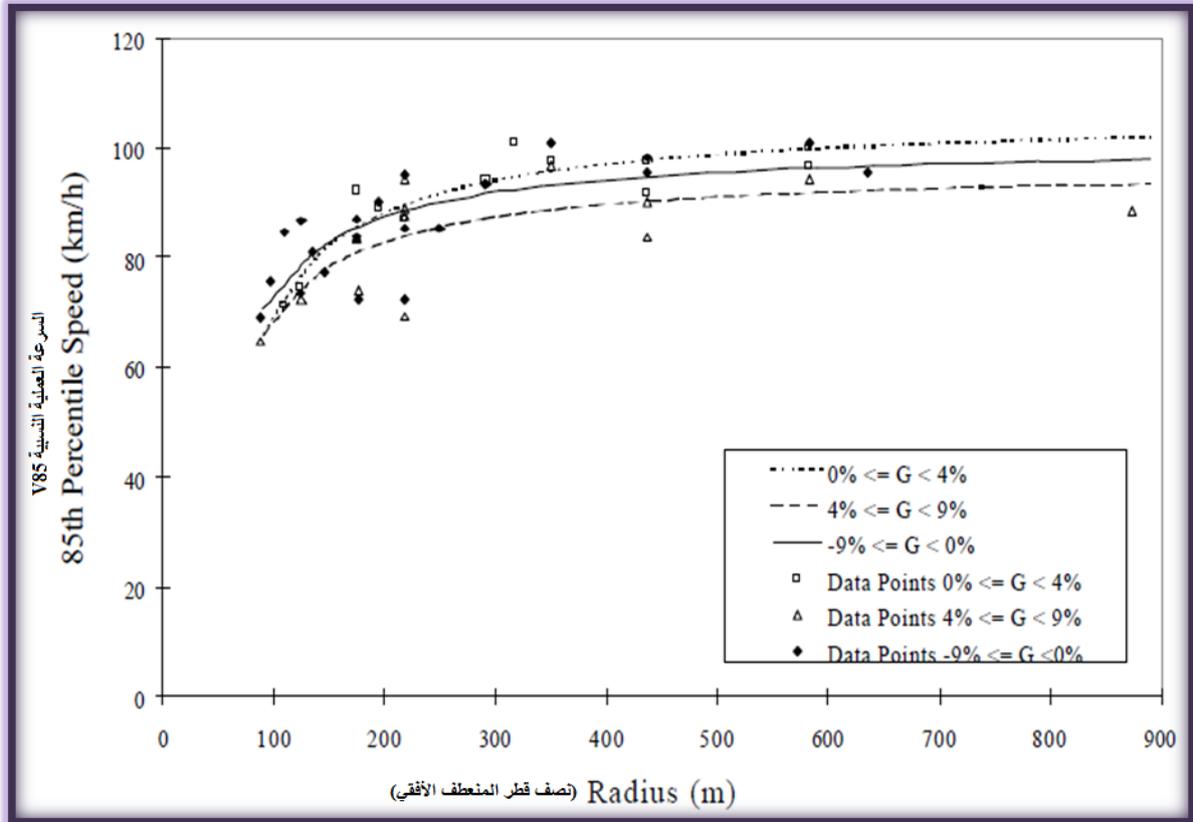
2-5-2- التآثير المشترك للمسار الأفقي، والشاقولي على السرعة العملية V_{85}

قدم (Fitzpatrick et al., 2000) البحث الأوسع لدراسة السرعة العملية وإيجاد النماذج الإرجاعية للتنبؤ بالسرعة [7]، جُمعت البيانات عند 176 موقع لطرق سريعة ذات حارتين باتجاهين في ست ولايات أمريكية وهي: (Washington, Minnesota, New York, Pennsylvania, Oregon and Texas) ، و المصدر الرئيسي للبيانات هو قاعدة بيانات حاسوبية (HSIS (Highway Safety Information System)). وشمل البحث دراسة الحالات التالية:

1-2-5-2 المنعطفات الأفقية على الميول Horizontal Curve on Grade

في الدراسة الأولية تم تقسيم دراسة السرعة على المنعطفات الأفقية تبعاً للميل الطولي وفق ثلاث مجموعات:

سرعات على ميل صاعد ($0\% < G < 4\%$)، وسرعات على ميل صاعد شديد ($4\% < G < 9\%$)، وسرعات على ميل هابط ($0\% < G < 9\%$)، تم قياس سرعة 100 مركبة على الأقل عند مركز المنعطف، ودرست العلاقة بين السرعة العملية V_{85} ، ونصف قطر المنعطف، كما هو مبين في الشكل (17-2).



الشكل (17-2) العلاقة بين (V_{85} & R) لحالة منعطفات أفقية على الميول [7]

حيث استنتج من المخطط البياني (2-17) ما يلي:

- السرعات على الميل الصاعد الشديد الانحدار أخفض من السرعات على الميل المتوسط الانحدار.
- السرعة لا تتأثر بنصف قطر المنعطف الأفقي عندما تكون قيمته $(R > 400 \text{ m})$.
- عندما يكون نصف قطر المنعطف الأفقي $(R > 800 \text{ m})$ تكون السرعة العملية V_{85} قريبة من السرعة العملية المطلوبة على الاستقامات الطويلة، والتي قدرت تقريبا بـ 97.9 كم/سا.
- يعتبر الميل هو العامل الأساسي المؤثر على السرعة العملية عندما يكون نصف قطر المنعطف الأفقي $(R > 800 \text{ m})$ ، وليس نصف القطر.
- تنخفض قيمة السرعة بشدة، عندما يكون نصف القطر $(R < 250 \text{ m})$ مهما كانت قيمة الميل.

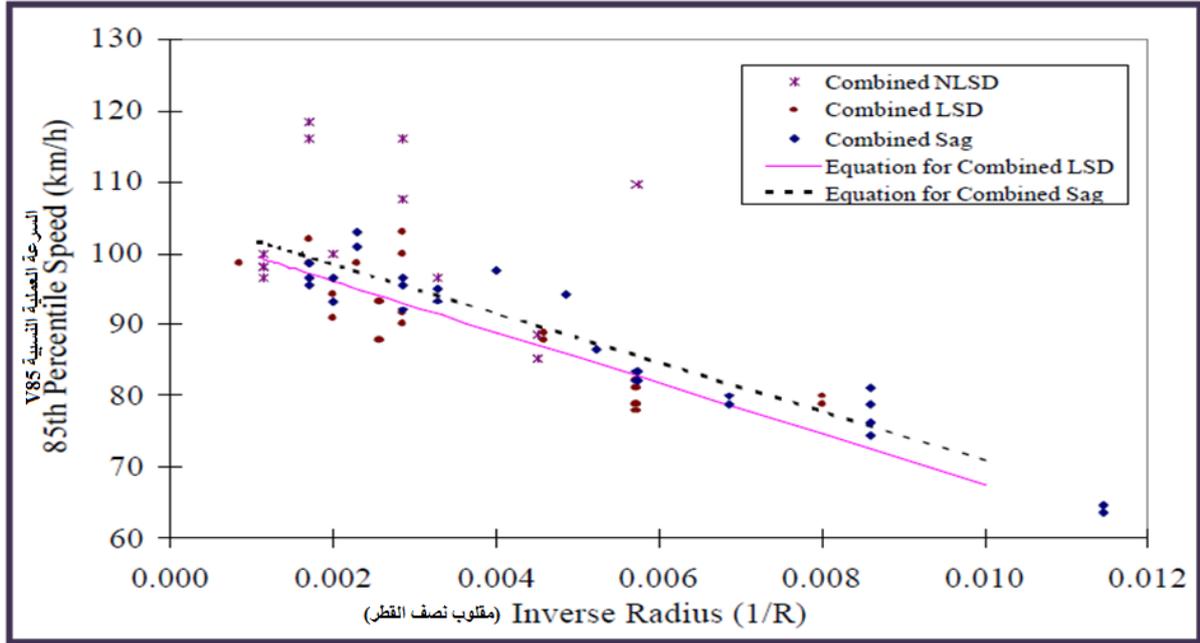
تمت دراسة علاقة السرعة العملية مع متحولين في نصف القطر، وهما $(\frac{1}{R})$ و (\sqrt{R}) لاستنتاج النموذج التنبؤي الأفضل، حيث أشارت النتائج أن المتحول $(\frac{1}{R})$ هو الأكثر أهمية في نماذج الإرجاع، وأعطت العلاقة بين $(\frac{1}{R})$ و V_{85} أعلى قيمة لمعامل التحديد، والمعادلات التي تم استنتاجها في مرحلة الدراسة الأولية لحالة منعطف أفقي على ميل موضحة بالجدول (2-9).

2-2-5-2- المنعطفات الأفقية المترابطة مع المنحنيات الشاقولية

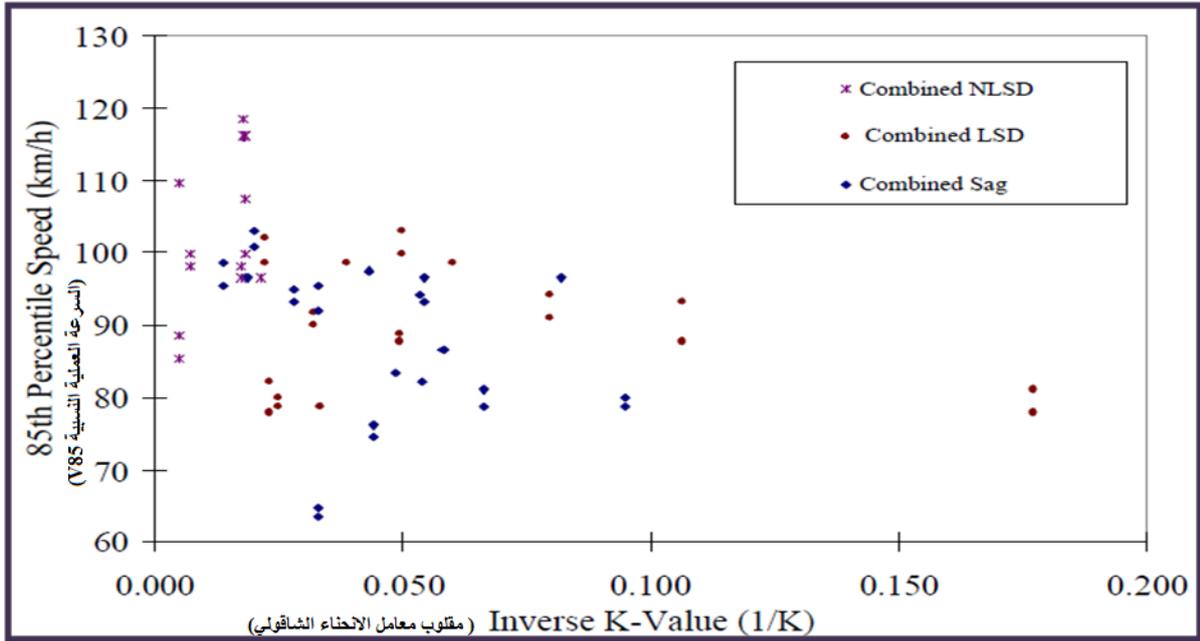
Combination of Horizontal and Vertical Curves

1. المنعطفات الأفقية المترابطة مع منحنيات شاقولية محدبة ذات مسافة رؤية غير محددة NLSD (Horizontal Curve Combined With Non Limited Sight-Distance Crest Vertical Curve)
لم تُظهر الدراسة تأثيراً على السرعة العملية، وذلك لأن المنعطفات الأفقية المدروسة ذات أنصاف أقطار أفقية كبيرة، تجعل السائق غير مضطر لتغيير سرعته حيث يكون الانحناء غير مقيد بالرؤية، وبالتالي لا يؤثر على السرعة، فالسرعة على هذا المنعطف تساوي السرعة على الاستقامة السابقة.
2. المنعطفات الأفقية المترابطة مع منحنيات شاقولية محدبة ذات مسافات رؤية محددة LSD (Horizontal Curve Combined With Limited Sight-Distance Crest Vertical Curve)
شملت الدراسة الإرجاعية العاملين $(\frac{1}{R})$ و $(\frac{1}{K})$ وأكدت أن المتحول $(\frac{1}{R})$ أعطى نتائج أفضل للتنبؤ بالسرعة العملية.
3. المنعطفات الأفقية المندمجة مع المنحنيات المقعرة Horizontal Curve Combined With Sag Vertical Curve
يناور السائق على المنعطفات الأفقية المقعرة بشكل مشابه لمناورته على المنعطفات الأفقية على الميل الصاعد المعتدل، أي أن السرعة على هذه المنعطفات مشابهة للسرعة على المنعطفات الأفقية على الميل $(0\% < G < 4\%)$ ، لذا تم دمج الحالتين بمعادلة واحدة في مرحلة الدراسة الأولية.

يوضح الشكلان (18-2) و(19-2) الحالات الثلاث السابقة.



الشكل (18-2) العلاقة بين $(V_{85} \& \frac{1}{R})$ لحالة منعطفات أفقية مندمجة مع منحنيات شاقولية [7]



الشكل (19-2) العلاقة بين $(V_{85} \& \frac{1}{K})$ لحالة منعطفات أفقية مندمجة مع منحنيات شاقولية [7]

Vertical Curves on Horizontal Tangents - 3-2-5-2

أعطت العلاقة بين $(V_{85}, \frac{1}{K})$ قيمة هامة لمعامل التحديد r^2 في حالة منحنيات شاقولية ذات مسافة

رؤية محددة، وكذلك للمنحنيات الشاقولية المقعرة.

يبين الجدول (2-9) المعادلات التنبؤية المستنتجة للمرحلة الأولى من الدراسة.

الجدول(2-9) معادلات الانحدار (الإرجاع) للتنبؤ بالسرعة العملية - مرحلة الدراسة الأولية [7]

r^2	العدد	المعادلة	الميل
0.92	28	(1) $V_{85} = 106.3 - \frac{3595.29}{R}$	منعطف أفقي على ميل صاعد $0\% < G < 4\%$ المنعطفات الأفقية المندمجة مع منحنى شاقولي مقعر
0.56	14	(2) $V_{85} = 96.46 - \frac{2744.49}{R}$	منعطف أفقي على ميل صاعد $4\% < G < 9\%$
0.59	22	(3) $V_{85} = 100.87 - \frac{2720.78}{R}$	منعطف أفقي على ميل هابط $0\% < G < 9\%$
0.78	16	(4) $V_{85} = 101.90 - \frac{3283.01}{R}$	المنعطف الأفقي المتراكب مع منحنى شاقولي محدب ذو مسافة رؤية محددة
0.54	6	(5) $V_{85} = 111.07 - \frac{175.98}{K}$	المنحنى شاقولي المحدب ذو مسافة رؤية محددة على استقامة أفقية
0.68	5	(6) $V_{85} = 100.19 - \frac{126.07}{K}$	المنحنى الشاقولي المقعر على استقامة أفقية

يبين الجدول (2-10) نتائج المرحلة الثانية من البحث، حيث تم التحقق من فعالية المعادلات المستنتجة للتنبؤ بالسرعة العملية من خلال مراقبة السرعة على مجموعة من المنعطفات، وإيجاد التفاوت بين القيم التنبؤية، والقيم المسجلة للسرعة .

الجدول(2-10) النتائج الإحصائية لمرحلة التحقق من صحة المعادلات التنبؤية[7]

المعادلة(6)	المعادلة(5)	المعادلة(4)	المعادلة(3)	المعادلة(2)	المعادلة(1)	
3	4	4	25	10	22	عدد المواقع
9.91	7.3	4.28	4.67	6.13	3.735	MAE
10	7.3	4.6	5.6	7.8	4.1	MAPE
5.71	2.45	1.44	12.97	7.1	6.46	X^2_{Calc}
7.81	9.49	9.49	37.65	18.31	33.92	$X^2_{5\%Critical}$

MAE متوسط الاختلاف المطلق (Mean absolute difference) = متوسط | المراقبة - التنبؤية |

MAPE متوسط الاختلاف المطلق النسبي (Mean absolute percent difference)

$$MAPE = \text{متوسط} \left| \frac{\text{التنبؤية} - \text{المراقبة}}{\text{التنبؤية}} \right| * 100\%$$

$X^2_{5\%Critical}$: قيم X^2 الحدية وفق اختبار Chi-Square test والمأخوذة من جداول قياسية.

طبق اختبار Chi-Square test، فإذا كانت قيم X^2 أكبر من القيم الحدية ($X^2_{5\% \text{ Critical}}$) المأخوذة من جداول قياسية عندها يمكن أن نستنتج أن هناك اختلافاً إحصائياً هاماً بين القيم التنبؤية، والقيم المراقبة من أجل مجال الثقة المفروض، وقد أكدت الدراسة الإحصائية عدم وجود اختلاف إحصائي هام بين قيم السرعة التنبؤية والمراقبة، ويتم ذلك من خلال حساب قيمة X^2 بالعلاقة التالية:

$$X^2 = \sum_{i=1}^n \frac{(V_{85i \text{ Obs}} - V_{85i \text{ pred}})^2}{V_{85 \text{ pred}}}$$

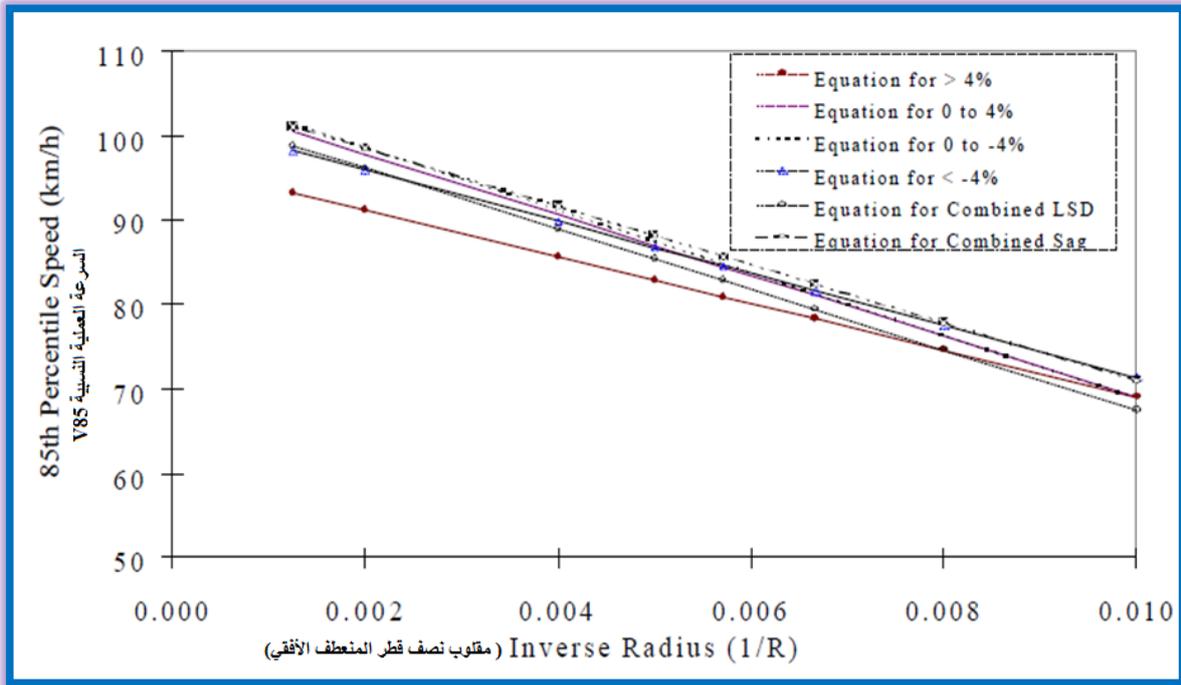
قام Fitzpatrick بجمع البيانات من المرحتين السابقتين، واستنتج المعادلات النهائية للحالات الثلاث: المنعطفات الأفقية على الميول، المنعطفات الأفقية المتراكبة مع منحنيات شاقولية، والمنحنيات الشاقولية على الاستقامات الأفقية. يبين الجدول (11-2) المعادلات النهائية المستنتجة والتي تم اعتمادها في IHSDM.

الجدول(11-2) المعادلات النهائية المستنتجة للتنبؤ بالسرعة العملية [7]

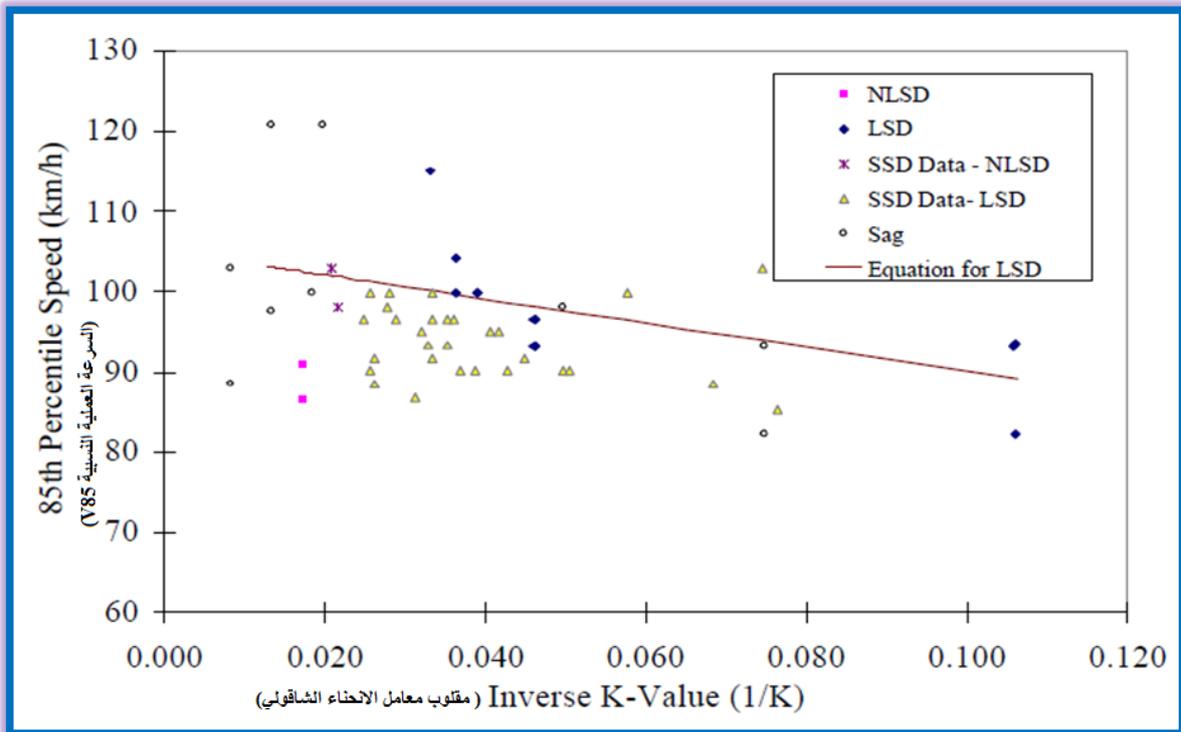
عدد المواقع	المعادلة	حالة المسار	الباحث
25	$V_{85} = 104.82 - \frac{3574.51}{R}$	منعطف أفقي على ميل صاعد 0% < G < 4%	Fitzpatrick et al. 2000
23	$V_{85} = 96.61 - \frac{2752.19}{R}$	منعطف أفقي على ميل صاعد 4% < G < 9%	
25	$V_{85} = 105.98 - \frac{3709.9}{R}$	منعطف أفقي على ميل هابط 0% < G < 4%	
21	$V_{85} = 102.1 - \frac{3077.13}{R}$	منعطف أفقي على ميل هابط 4% < G < 9%	
25	$V_{85} = 105.32 - \frac{3438.19}{R}$	منعطف أفقي متراكب مع منحنى شاقولي مقعر	
22	$V_{85} = 103.24 - \frac{3576.51}{R}$	منعطف أفقي متراكب مع منحنى شاقولي محدب ذو مسافة رؤية محددة	
9	$V_{85} = 105.08 - \frac{149.69}{K}$	منحنى شاقولي محدب ذو مسافة رؤية محددة على استقامة أفقية	
7	$V_{85} = 100.21 - \frac{106.34}{k}$	منحنى شاقولي مقعر على استقامة أفقية	
6	$V_{85} = \text{السرعة المطلوبة على الاستقامة}$	منحنى شاقولي محدب ذو مسافة رؤية محددة على استقامة أفقية	

حيث R: نصف قطر المنعطف (m) ، V_{85} : السرعة العملية (Km/h)

يوضح الشكلان (20-2) و(21-2) المخططات المبعثرة التي تمثل المعادلات التنبؤية المستنتجة.



الشكل (20-2) المخططات المبعثرة لمعادلات التنبؤ بالسرعة، بالاعتماد على $\frac{1}{R}$ [7]



الشكل (21-2) المخططات المبعثرة للتنبؤ بالسرعة العملية، على المنحنيات الشاقولية، على استقامة أفقية [7]

الفصل الثالث

الدراسة الحقلية العملية

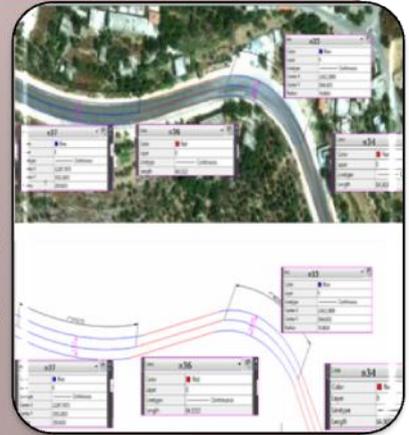
3-1- اختيار موقع الدراسة



3-2- جمع البيانات الهندسية

3-2-1- طريق اللاذقية - بانياس القديم

3-2-2- طريق الساحل - الغاب



3-3- جمع البيانات الحقلية

3-3-1- خطوات القياس الحقلية

3-3-2- الأجهزة المستخدمة في القياس الحقلية



الدراسة الحقلية العملية

تناول القسم النظري من هذا البحث شرحاً للعوامل المؤثرة على سرعة المركبات العملية V_{85} التي تسير على طرق ذات حارتين باتجاهين، بالإضافة للدراسات، والأبحاث السابقة التي درست تأثير عناصر المسار الأفقي والشاقولي على السرعة العملية، وما توصلت إليه هذه الأبحاث من معادلات للتنبؤ بالسرعة العملية في بلدان متعددة تبعاً للظروف المحلية لكل بلد.

تم الاكتفاء في هذا البحث بدراسة تأثير عناصر المسار الأفقي (نصف قطر المنعطف الأفقي وطول الاستقامة والعرض المعبد للطريق) على السرعة العملية، واستنتاج المعادلة التنبؤية بالسرعة العملية على الطرق المركزية ذات الحارتين باتجاهين بالعلاقة مع نصف القطر، تبعاً للظروف المحلية لطرق الجمهورية العربية السورية (طبيعة التضاريس، تصنيف الطرق، معايير تصميم الطرق، ثقافة السائقين ووعيهم ، حدود السرعات المسموحة، القوانين وطريقة تطبيقها وفرض الالتزام بها....) .

يشرح هذا الفصل الدراسة الحقلية العملية التي تشمل جمع البيانات الهندسية للطرق المدروسة، والقياس الحقلية للسرعة العملية للمركبات.

3-1- اختيار موقع الدراسة

جمعت البيانات على طرق مركزية ذات حارتين باتجاهين في محافظة اللاذقية، وعملية اختيار الموقع لم تكن عشوائية بل مرتبطة بقاعدة البيانات المتوفرة لدى وزارة النقل، والمؤسسة العامة للمواصلات الطرقية، وكون هذه الطرق قديمة لم تكن البيانات الهندسية متوفرة بالقدر الكافي، وعوض النقص بمعالجة الصور الفضائية بواسطة برنامج AutoCad.

الطرق ذات الحارتين باتجاهين في محافظة اللاذقية هي طريق اللاذقية - حلب، طريق الحفة - صلنفة، طريق اللاذقية - كسب، طريق اللاذقية - بانياس القديم، طريق الساحل - الغاب.

تم اختيار طريق اللاذقية- بانياس القديم لتوافر المخططات الرقمية لمشروع تحديث الطريق المنجز من قبل الشركة العامة للدراسات، والاستشارات الفنية، ولمسافة (15 كم) تقريباً من الطريق، وتم اختيار طريق الساحل الغاب لأهميته كطريق مركزي رئيسي ذي سرعات عالية يصل بين محافظتي اللاذقية وحماه، وقد تم الحصول على بياناته الهندسية باستخدام برنامجي (AutoCad & Google Earth) 2010. يوضح الجدول (3-1) مواصفات الطرق المدروسة و الشكل (3-1) خارطة لمواقع تلك الطرق.

الجدول (1-3) مواصفات الطرق المدروسة

طريق الساحل - الغاب	طريق اللاذقية - بانباس القديم	المنطقة
ريفية - جبلية	ريفية - سهلية	
رئيسياً يصل بين مراكز المحافظات	رئيسياً يصل بين مراكز المحافظات	التصنيف الوظيفي و الإداري
درجة أولى	درجة أولى	التصنيف الوظيفي التصميمي
8	8 - 6	عرض القارة وسطياً (م)
2.75	2 - 1	عرض البانكيت وسطياً (م)
مفرق عين الشرقية حتى الحدود الإدارية للمحافظة	عقدة البصة حتى مفرق قرفيص	بداية ونهاية الطريق
28	38	الطول الكلي (كم)
70 كم/سا، وبعض المنعطفات صممت على سرعة 60 كم/سا	60	السرعة التصميمية (كم/سا)
80	70	السرعة الأعظمية المسموحة (كم/سا)
من عقدة رأس العين حتى قرية كرم غصونة	من عقدة حريصون حتى مقص جبلة	حدود الجزء المدروس من الطريق
15.600	15.100	الطول الكلي المدروس (كم)



الشكل (1-3) خارطة لمواقع الطرق المدروسة

3-2- جمع البيانات الهندسية

اختلفت طريقة جمع البيانات الهندسية تبعاً للمعلومات المتوفرة عن كل طريق كمايلي:

3-2-1- طريق اللاذقية - بانياس القديم

تتضمن المخططات الرقمية لطريق اللاذقية - بانياس القديم المسار الحالي، ودراسة التوسيع على جزء من الطريق يبلغ طوله (15.1 كم) تقريباً، ويبدأ من تقاطع مفرق عين شقاق إلى عقدة حريصون. ومن خلال هذه المخططات تم الحصول على العناصر الأفقية كافة (نصف قطر المنعطف الأفقي، طول المنعطف، أطوال الاستقامات)، حيث لم تتم إزاحة محور الطريق، ولم يتغير موقع الطريق المدروس عن الحالي، إنما شمل المشروع توسيعاً للطريق، ليصبح المقطع مكوناً من حارتين بعرض 3.75م لكل حارة، وبانكيت معبد بعرض 2م من كل جهة لاستخدامه كطريق وحارة توقف. كما تم الوصل في بعض الأحيان بين الاستقامات، والمنعطفات الدائرية بمنحنيات وصل متدرجة [4].

قمنا بإيجاد البيانات الهندسية لعناصر المسار الأفقي لطريق اللاذقية - بانياس القديم وفق الاتجاه المدروس من (بانياس ← جبلة) من المخططات الرقمية وبالمعاينة على الواقع، وقد تبين مايلي:

- تتطابق المواقع من (P₁ ← P₆) و (P₁₁ ← P₁₅) و (P₂₅) و (P₃₇ ← P₄₀) مع موقع المسار الحالي.
- يوجد تغيير بمسار الطريق، وتعديل بأنصاف أقطار المنعطفات الأفقية عند المواقع (P₂₇)، و (P₇ ← P₁₀).
- تمثل المواقع (P₁₆ ← P₂₄) مواقع ذات اتجاه واحد للحركة، لذا تم إيجاد وحساب أنصاف أقطار المنعطفات، وأطوال الاستقامات من الخط الذي يمثل المسار الحالي للاتجاه المدروس (بانياس ← جبلة)، وذلك باستخدام أوامر برنامج AutoCad2010 عن طريق رسم استقامات وأقواس دائرية مطابقة للطريق الحالي.
- يتضمن المشروع ودراسة التوسيع تصميم عقدة طرقية عند موقع رأس العين تربط طريق الساحل - الغاب بأتوستراد اللاذقية - طرطوس والتي تتمثل بالمواقع (P₂₈ - P₃₄)، لذا تم استنتاج البيانات من الخط الذي يمثل المسار الحالي للطريق.

الطول الكلي المدروس 15.1 كم ويشمل 20 استقامة و 20 منعطفاً، ويوضح المخطط في الملحق المسقط الأفقي لطريق اللاذقية - بانياس القديم، كما يبين الجدول (3-2) البيانات الهندسية للعناصر المتتالية على طريق اللاذقية - بانياس القديم حيث:

R : نصف قطر المنعطف الأفقي، م

L : طول العنصر سواء أكان استقامة أو منعطفاً، م

B : العرض المعبد للطريق (يُقاس حقلياً)، م

الجدول (2-3) البيانات الهندسية لعناصر المسار الأفقي لطريق اللاذقية - بانياس القديم (الاتجاه من بانياس ← جبلة)

الملاحظات	B(m)	L (m)	R (m)	كيلومتر الجاية	النهاية	كيلومتر الجاية البداية	بداية	العنصر	P _i
قرب جسر القطار	14	24.3	160	15103.74	SC12	15127.99	CS12	منعطف	P ₁
	6.6	208.6	∞	14895.15	CS11	15103.74	SC12	استقامة	P ₂
	6.5	7.3	350	14887.87	SC11	14895.15	CS11	منعطف	P ₃
	6.6	175.0	∞	14712.88	CS10	14887.87	SC11	استقامة	P ₄
قرب قرفيص	11.8	54.5	250	14658.33	SC10	14712.88	CS10	منعطف	P ₅
	7.3	500.0	∞	14197.08+39	TC14+39	14658.33	SC10	استقامة	P ₆
تعديل مسار الطريق عند هذه النقاط: وهي عند مدخل البحيرة، تحسب العناصر من المخططات، وتكون نقاط البداية والنهاية ليست النقاط الأساسية على المخططات	8.1	16.6	25	.....	.....	.....	.....	منعطف	P ₇
	7.1	82.0	∞	.....	.....	.....	.....	استقامة	P ₈
	8.6	45.0	66	.....	.....	.....	.....	منعطف	P ₉
	6.6	575.0	∞	13469.85	CT12	.....	.....	استقامة	P ₁₀
	6.4	60.6	500	13409.21	TC12	13469.85	CT12	منعطف	P ₁₁
	6.1	2458.1	∞	10951.09	CS8	13409.21	TC12	استقامة	P ₁₂
	8.7	70.5	300	10880.58	SC8	10951.09	CS8	منعطف	P ₁₃
	6.7	449.8	∞	10430.82	CS7	10880.58	SC8	استقامة	P ₁₄
قرب معمل الكولا	11.3	69.6	350	10361.25	SC7	10430.82	CS7	منعطف	P ₁₅
هذه العناصر مقابلة لمفرق القطيلية في الاتجاه من بانياس إلى جبلة: والطريق عندها باتجاه واحد، وهي لا تقابل نقاطاً أساسية على المخطط. لذا يتم حسابها من أوامر الأتوكاد من المخططات.	6.8	837.0	∞	.....	.....	10361.25	SC7	استقامة	P ₁₆
	11.4	69.0	200	.....	.....	.....	.....	منعطف	P ₁₇
	10.5	57.0	∞	.....	.....	.....	.....	استقامة	P ₁₈
	7.9	80.5	150	.....	.....	.....	.....	منعطف	P ₁₉
	6.5	21.0	∞	.....	.....	.....	.....	استقامة	P ₂₀
	7.8	60.5	140	.....	.....	.....	.....	منعطف	P ₂₁

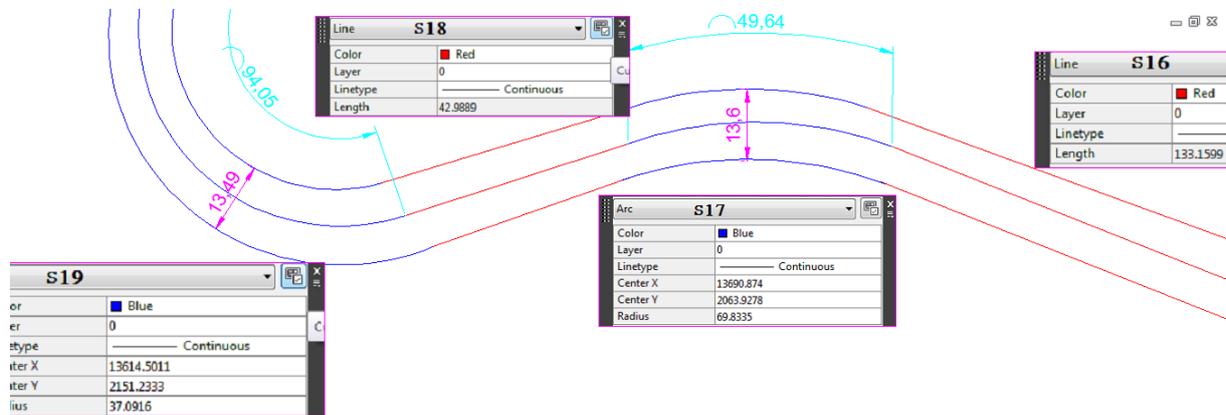
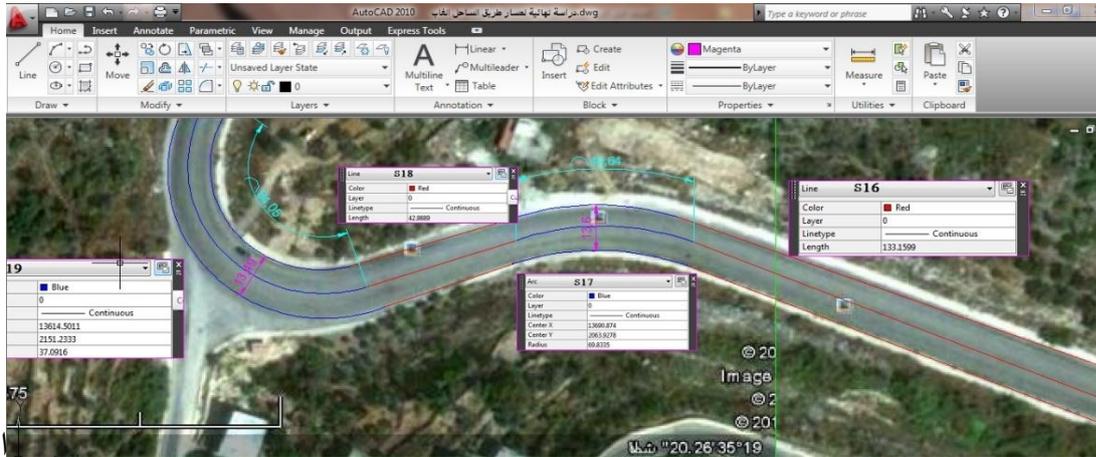
تابع الجدول (2-3) البيانات الهندسية لعناصر المسار الأفقي لطريق اللاذقية - بانياس القديم (الاتجاه من بانياس ← جبلة)

الملاحظات	B(m)	L (m)	R (m)	كيلومتر الجاية	نهاية	كيلومتر الجاية البداية	بداية	العنصر	P _i
هذه العناصر مقابلة لمفرق السخابية، الطريق باتجاه واحد ولا تقابل نقاطا أساسية لذا يتم الحساب من المخططات	7.7	1136.0	∞	.....	.....	.....	.....	استقامة	P ₂₂
	8.2	34.5	38	.....	.....	.....	.....	منعطف	P ₂₃
	6.3	391	∞	7748.93	CS6	.....	.....	استقامة	P ₂₄
	6.1	25.9	150	7723.02	SC6	7748.93	CS6	منعطف	P ₂₅
	6.6	396.0	∞	7327.01	CS5	7723.02	SC6	استقامة	P ₂₆
	7.4	86.87	250	7240.42	SC5	7327.01	CS5	منعطف	P ₂₇
هذه النقاط تقابل موقع رأس العين، حيث هناك تغيير بالمسار الحالي للتريق، وإنشاء عقدة لذا يتم حساب عناصر المسار الحالي من المخططات، وهي لا تقابل نقاطاً أساسية	6.4	913	∞	.....	.....	.....	.....	استقامة	P ₂₈
	7	81.0	600	.....	.....	.....	.....	منعطف	P ₂₉
	6.4	92	∞	.....	.....	.....	.....	استقامة	P ₃₀
	6.9	62.0	180	.....	.....	.....	.....	منعطف	P ₃₁
	6.8	741.0	∞	5358.92	CS4	.....	.....	استقامة	P ₃₂
	6.85	18	150	5340.89	SC4	5358.92	CS4	منعطف	P ₃₃
	10.9	485.0	∞	.....	.....	5340.89	SC4	استقامة	P ₃₄
الطريق باتجاه واحد عند مفرق الحويز، يتم حساب العناصر من المخطط	6	13.5	50	.....	.....	.....	.....	منعطف	P ₃₅
	6.4	1853.0	∞	2992.17	CS2	.....	.....	استقامة	P ₃₆
عند رويسة الحجل	6.9	37.5	500	2954.68	SC2	2992.17	CS2	منعطف	P ₃₇
	6.7	1162.4	∞	1792.24	CS1	2954.68	SC2	استقامة	P ₃₈
	7	73.8	250	1718.39	SC1	1792.24	CS1	منعطف	P ₃₉
مقص جبلة	6.5	1718.4	∞	0	1	1718.39	SC1	استقامة	P ₄₀

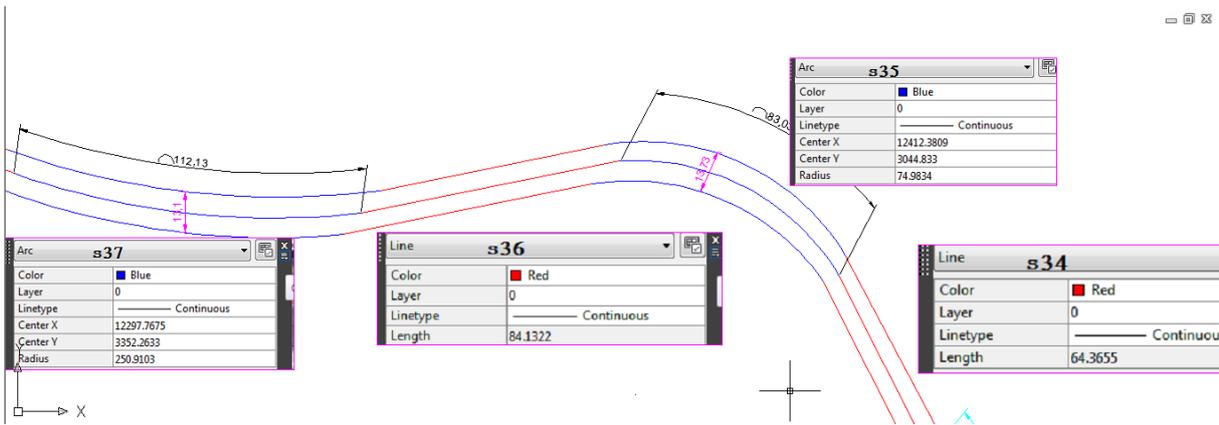
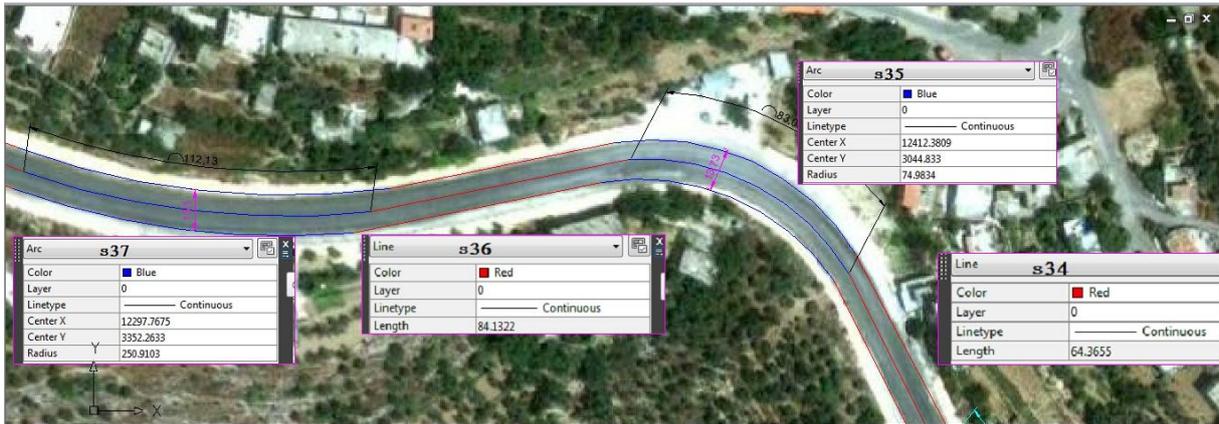
3-2-2- طريق الساحل - الغاب

بسبب عدم توافر مخططات هندسية لهذا الطريق لقدمه، فقد تم الحصول على بياناته الهندسية كما يلي:

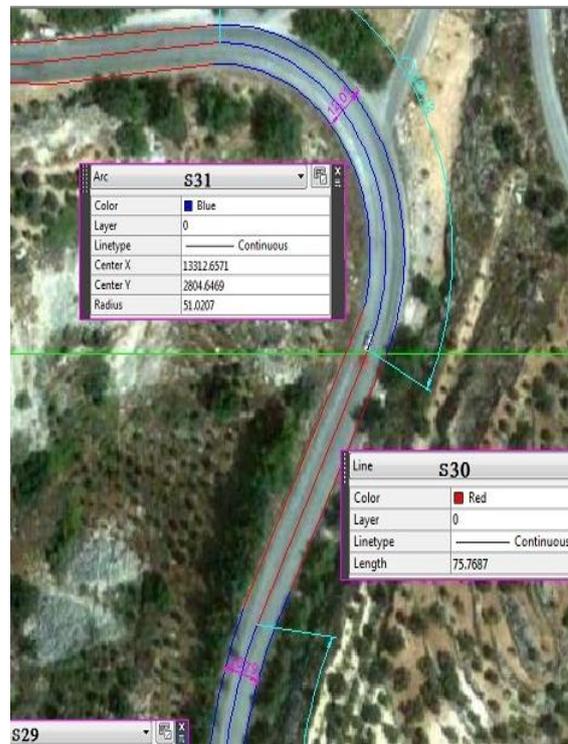
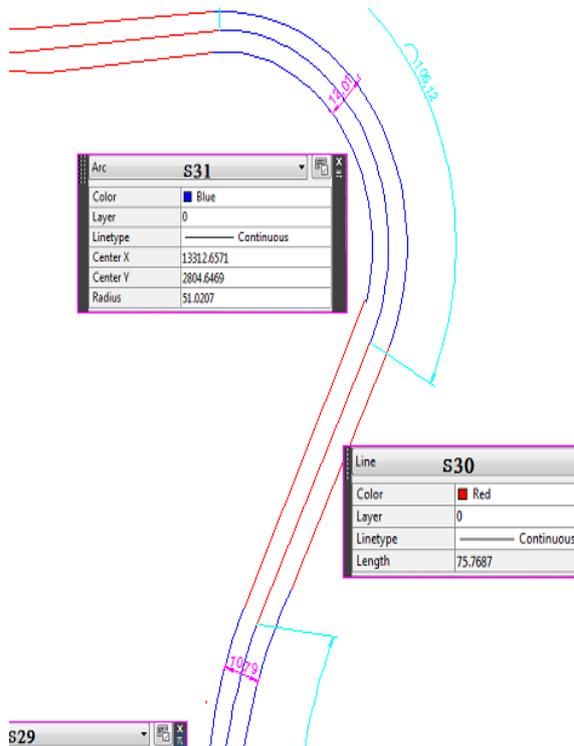
- ✚ استخدام برنامج Google Earth لأخذ صور جوية متتالية لمسار الطريق.
- ✚ بالاستعانة ببعض الأبعاد الحقيقية الواقعية التي تم قياسها حقلياً، حيث تمت معالجة هذه الصور بواسطة برنامج AutoCAD عن طريق الأمر (Scale) ثم تركيبها لتشكّل مساراً بأبعاد حقيقية حقيقية.
- ✚ إلباس هذا الطريق من خلال أوامر برنامج AutoCAD2010 باستقامات (Line)، ومنحنيات (Arc) تمكنا من الحصول على مخطط أفقي كامل ودقيق للطريق (نصف قطر المنعطف R، طول المنعطف Lc، عرض الطريق B، أطوال الاستقامات L_T). تبيين الأشكال (2-3) و (3-3) و (4-3) أمثلة توضيحية عن معالجة الصور الجوية ببرنامج AutoCAD.
- ✚ من المخطط الناتج نستخرج العناصر الأفقية لطريق الساحل الغاب، وذلك اعتباراً من قرية كرم غصونة حتى مفرق عين شقاق، على طريق اللاذقية - بانياس القديم.



الشكل (2-3) مثال (1) معالجة الصور الجوية ببرنامج (AutoCAD2010)، لاستنتاج العناصر الهندسية على طريق الساحل الغاب



الشكل (3-3) مثال (2) معالجة الصور الجوية ببرنامج (AutoCAD2010) لاستنتاج العناصر الهندسية على طريق الساحل الغاب



الشكل (3-4) مثال (3) معالجة الصور الجوية ببرنامج (AutoCAD2010)، لاستنتاج العناصر الهندسية على طريق الساحل الغاب

الطول الكلي المدروس حوالي (15.6) كم، ويشمل 56 عنصراً (28 استقامة و 28 منعطفاً). يوضح الجدول (3-3) العناصر الهندسية المتتالية لطريق الساحل الغاب، وفق اتجاه الحركة المدروس.

الجدول (3-3) البيانات الهندسية المتتالية لطريق الساحل - الغاب، اتجاه الحركة من الأرياف باتجاه جبلة

عرض الطريق B(m)	طول العنصر L(m)	نصف القطر R(m)	العنصر	S _i
14	87	468	منعطف	S ₁
13.7	193	∞	استقامة	S ₂
14.7	203	600	منعطف	S ₃
11.8	207	∞	استقامة	S ₄
11.5	250	236	منعطف	S ₅
9.2	76	∞	استقامة	S ₆
10.7	45	134	منعطف	S ₇
11.5	58	∞	استقامة	S ₈
14.3	50	73	منعطف	S ₉
13.7	44	∞	استقامة	S ₁₀
12.4	275	273	منعطف	S ₁₁
12.3	207	∞	استقامة	S ₁₂
13	122	274	منعطف	S ₁₃
12.9	400	∞	استقامة	S ₁₄
15.5	104	251	منعطف	S ₁₅
14.3	133	∞	استقامة	S ₁₆
13.6	50	70	منعطف	S ₁₇

تابع الجدول (3-3) البيانات الهندسية المتتالية لطريق الساحل - الغاب، اتجاه الحركة من الأرياف باتجاه جبلة

عرض الطريق B(m)	طول العنصر L(m)	نصف القطر R(m)	العنصر	S _i
13.3	42	∞	استقامة	S ₁₈
13.5	94	37	منعطف	S ₁₉
13.2	38	∞	استقامة	S ₂₀
15	60	57	منعطف	S ₂₁
13.3	63	∞	استقامة	S ₂₂
13.6	166	54	منعطف	S ₂₃
10.2	295	∞	استقامة	S ₂₄
12.5	78	300	منعطف	S ₂₅
11.8	96	∞	استقامة	S ₂₆
12.7	87	90	منعطف	S ₂₇
9	50	∞	استقامة	S ₂₈
10.8	75	120	منعطف	S ₂₉
11.3	76	∞	استقامة	S ₃₀
12	105	51	منعطف	S ₃₁
12.6	763	∞	استقامة	S ₃₂
11	70	126	منعطف	S ₃₃
10.6	64	∞	استقامة	S ₃₄
13.7	83	75	منعطف	S ₃₅
11.7	84	∞	استقامة	S ₃₆

تابع الجدول (3-3) البيانات الهندسية المتتالية لطريق الساحل - الغاب، اتجاه الحركة من الأرياف باتجاه جبلة

عرض الطريق B	طول العنصر L	R نصف القطر	العنصر	Si
13.1	112	251	منعطف	S ₃₇
12.6	770	∞	استقامة	S ₃₈
12	201	1008	منعطف	S ₃₉
11.9	212	∞	استقامة	S ₄₀
12	509	1130	منعطف	S ₄₁
11.7	327	∞	استقامة	S ₄₂
12.7	534	1156	منعطف	S ₄₃
12.4	3100	∞	استقامة	S ₄₄
12.1	468	970	منعطف	S ₄₅
13.6	1189	∞	استقامة	S ₄₆
12.7	411	1175	منعطف	S ₄₇
13.1	285	∞	استقامة	S ₄₈
12.4	428	620	منعطف	S ₄₉
12.1	545	∞	استقامة	S ₅₀
12.3	315	1355	منعطف	S ₅₁
13.8	583	∞	استقامة	S ₅₂
14	240	1150	منعطف	S ₅₃
13.1	193	∞	استقامة	S ₅₄
13.9	182	336	منعطف	S ₅₅
13.6	114	∞	استقامة	S ₅₆

3-3- جمع البيانات الحقلية

3-3-1- خطوات القياس الحقلية

تم العمل حقلياً وفق الخطوات التالية:

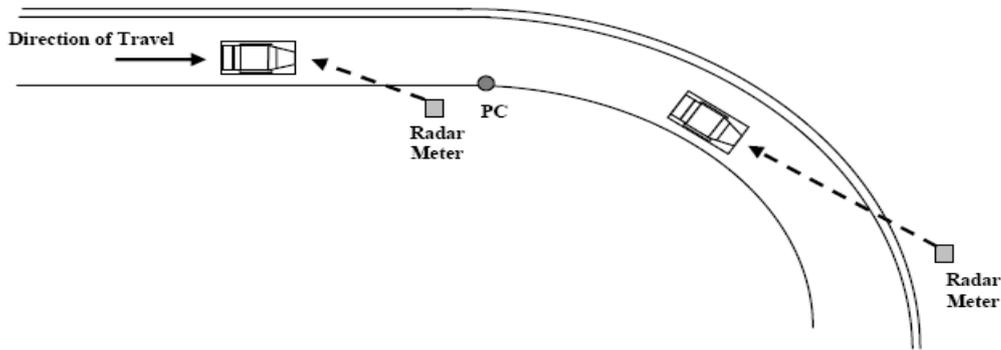
1. تسجيل فيديو يصور المسار الكامل للطريق المدروس.
2. قياس عرض الطريق المعبد الكلي عند كل موقع مدروس، لاستخدامها في الدراسة التحليلية، والتحقق من دقة الصور الجوية.



الشكل (3-5) قياس العرض المعبد للطريق

3. استخراج العناصر الأفقية للطريق المدروسة من المخططات المتوافرة والمستنتجة، من ثم تحديد المواقع عملياً التي سيتم فيها القياس الحقلية للسرعة (منتصف المنعطف الأفقي، ومنتصف الاستقامة السابقة له).

يبين الشكل (3-6) مواقع القياس الحقلية للسرعة التي تحدد بدقة بالاستعانة بتسجيل الفيديو والصور الجوية والمخططات.



الشكل (3-6) تحديد موضع أجهزة قياس السرعة

4. قياس السرعة العملية للمركبات عند كل موقع:

تم قياس السرعة العملية للعربات في ظروف طقس جاف، وخلال النهار، وخارج أوقات الذروة حيث تسير العربات ضمن ظروف الجريان الحر، بمعدل 100 عربة على الأقل عند كل موقع [5]، وتم قياس السرعة لاتجاه واحد على كل طريق مدروس، فعلى طريق اللاذقية- بانياس القديم تم قياس سرعة العربات المتقلة من بانياس والأرياف إلى جبلة، وعلى طريق الساحل الغاب تم قياس سرعة العربات المتقلة من الأرياف إلى جبلة.

3-3-2- الأجهزة المستخدمة في القياس الحقلية:

تم قياس السرعة العملية للمركبات باستخدام الجهازين التاليين:

جهاز الرادار المحمول:

عند بدء العمل الحقلية تم استخدام جهاز الرادار المحمول الذي يقيس سرعات تصل إلى (280 كم/سا) مسافة الالتقاط له 80 م، ونسبة الخطأ 0.1%، والمأخوذ من فرع المرور في محافظة اللاذقية، وهو جهاز يدوي تم استخدامه بالاستعانة بشرطي مرور، لقياس السرعة على طريق اللاذقية- بانياس القديم.

جهاز (Via Falcon Truck):

تم استخدام هذا الجهاز الموجود لدى كلية الهندسة المدنية بجامعة تشرين لقياس سرعة المركبات على طريق الساحل الغاب، وفي مرحلة التحقق من النتائج على كلا الطريقين المدروسين. ويبين الشكل (7-3) جهاز (Via Falcon Truck).



الشكل (7-3) جهاز Via Falcon Truck

وضع الجهاز بحيث يمكن رؤية النقطة المحددة التي نود قياس السرعة عندها ويجب أن يكون مخفياً قدر الإمكان بحيث تؤخذ قراءة السرعة بدون أن يكون السائقين متأثرين بها، كما هو مبين في الأشكال (8-3) و(9-3) و(10-3).



الشكل (3-8) طرق وضع جهاز Falcon Truck Via



الشكل (3-9) توضع جهاز قياس السرعة بشكل مخفي



الشكل (3-10) توضع جهاز الرادار المحمول بشكل مخفي

الفصل الرابع

الدراسة التحليلية لإيجاد قيمة السرعة العملية V_{85}

1-4- طرق عرض البيانات

- 1-1-4- جهاز العداد الراداري المحمول
- 2-1-4- جهاز Via Falcon Truck



2-4- إيجاد قيمة السرعة العملية V_{85}

- 1-2-4- إيجاد قيمة السرعة V_{85} على طريق اللاذقية - بانياس
- 2-2-4- إيجاد قيمة السرعة V_{85} على طريق الساحل - الغاب



الدراسة التحليلية لإيجاد قيمة السرعة العملية V_{85}

يتضمن هذا الفصل تحليلاً للبيانات الحقلية التي تم تجميعها في مرحلة القياس الحقلية، علماً أن طريقة إيجاد قيمة السرعة العملية V_{85} تختلف تبعاً للجهاز المستخدم، وطريقة عرض البيانات فيه.

4-1- طرق عرض البيانات

تختلف طريقة عرض البيانات تبعاً للجهاز المستخدم:

4-1-1- جهاز العداد الراداري المحمول

يُوجّه شرطي المرور الجهاز نحو النقطة المدروسة، ويقوم بالنقاط سرعة المركبات المارة عندها، تخزن البيانات بذاكرة الجهاز بشكل ملفات تحوي صوراً. كل صورة تمثل سرعة مركبة، كما يبين الشكل (1-4).



الشكل (1-4) طريقة عرض البيانات باستخدام جهاز العداد الراداري المحمول

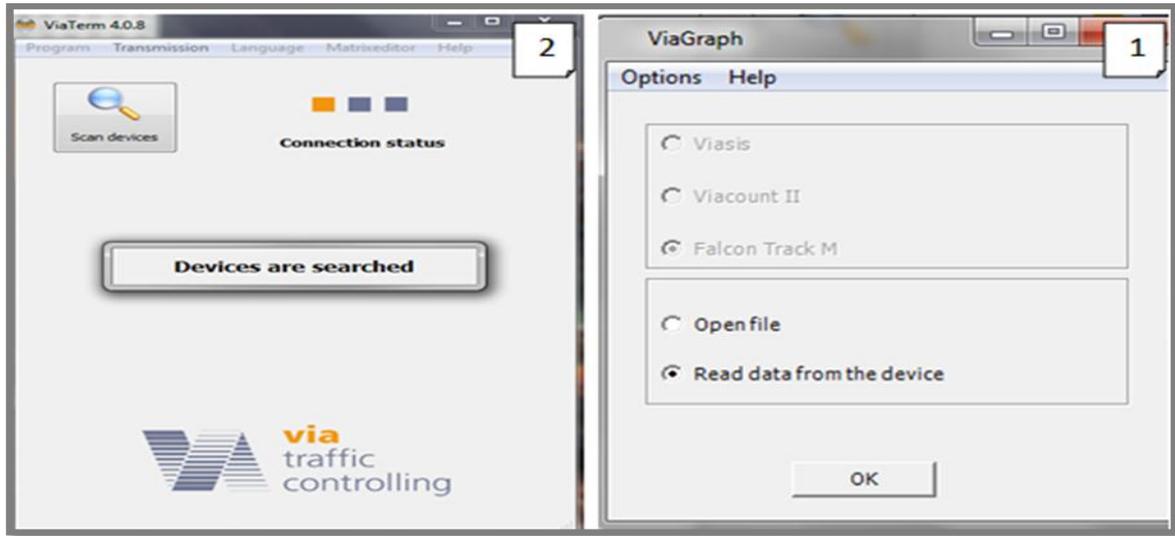
يظهر في الصورة تاريخ أخذ القياس (02.10.11)، وتوقيت القياس (10:35:28)، وحد السرعة المعلنة المسموحة (79) كم/سا. حيث يقوم شرطي المرور بضبط هذا الرقم في الجهاز، أما الرقم (85) فهو يدل على السرعة الفعلية للمركبة في تلك اللحظة عند الموقع المحدد، ويظهر بلون أحمر عند تجاوز السرعة العملية للسرعة المسموحة.

4-1-2- جهاز Falcon Truck

يتم توجيه الجهاز بزواوية معينة، بحيث يقوم بقراءة سرعة العربات عند الموقع المدروس، ولا يمكن معرفة عدد العربات التي تم قياس سرعتها، إلا بعد تنزيل البيانات، وهذا ما يفسر الاختلاف بعدد العربات بين المواقع المدروسة، ويتم عرض البيانات وفق الخطوات التالية:

1. تنزيل البيانات من الجهاز إلى الكمبيوتر، حيث يتم قراءة البيانات من خلال برنامج (Via Graph)

1. نفتح البرنامج فتظهر النافذة 1 نختار نوع الجهاز (Falcon Track M)، ونختار الخيار (Read data from the device)، تظهر النافذة 2 نختار (scan devices) . كما يبين الشكل (2-4)، حيث تحفظ البيانات تلقائياً في (Local Disk(C:) → Viatraffic → ViaTerm).



الشكل (2-4) تنزيل البيانات باستخدام برنامج (Via Graph)

2. عند فتح الملف تظهر نافذة البرنامج، ويظهر فيها تاريخ القياس (start time, end time)، وتوقيت بدء، وانتهاء القياس عند كل موقع كما يبين الشكل (3-4). ويمكن الحصول على البيانات التالية عند كل موقع قياس:

- (result table) جدول نتائج القياس الحقل الذي يتم بناء عليه رسم كافة المخططات، كما يوضح الشكل (4-4)

- مخطط لعدد قيم السرعات المقاسة كما يبين الشكل (5-4)

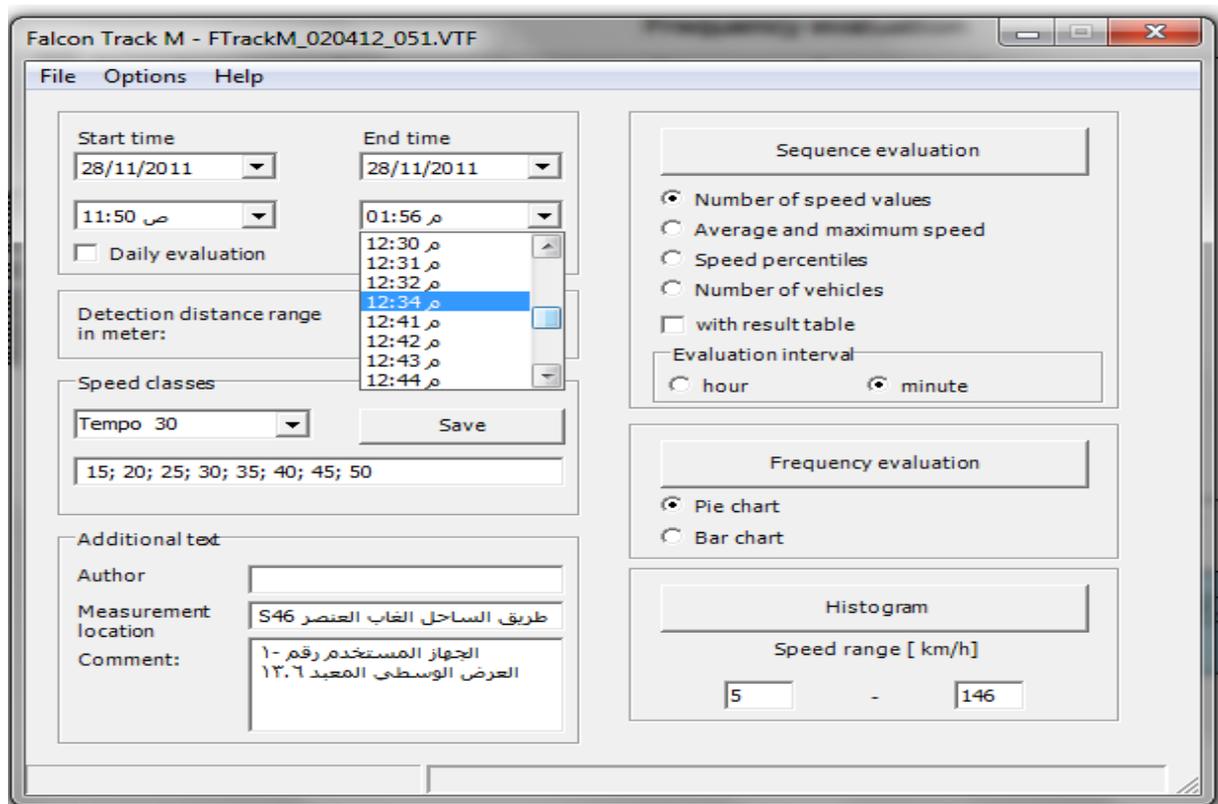
- (Average and maximum speed) السرعة المتوسطة والأعظمية عند الموقع المدروس، كما يوضح الشكل (6-4)

- (Speed percentiles) السرعات النسبية V_{30} ، V_{50} ، V_{85} ، الشكل (7-4)

- (Number of vehicles) عدد العربات المقاسة سرعتها، الشكل (8-4)

- (Pie chart) مخطط قرصي لتوزيع السرعات، الشكل (9-4)

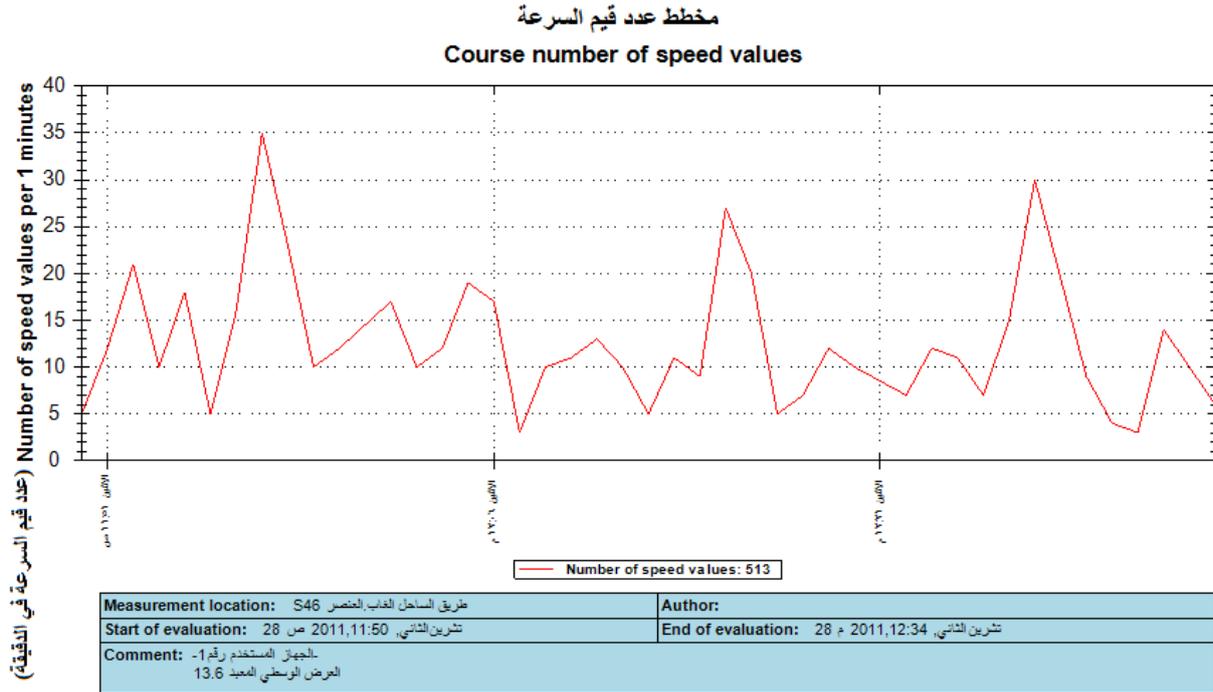
- (Bar chart) مخطط أعمدة لتوزيع السرعات، الشكل (10-4)



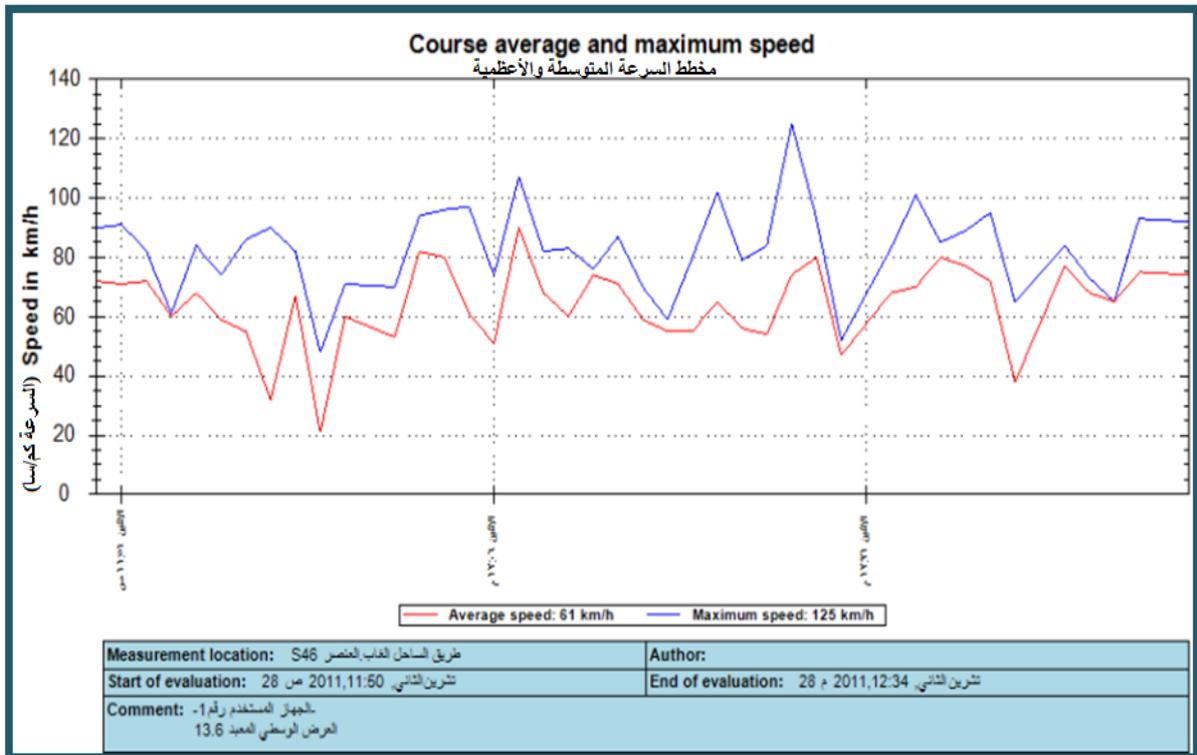
الشكل (3-4) واجهة برنامج Via Graph لاستخراج القياسات الحقلية

Date	Number of speed values	Number of vehicles	Average speed	Maximum speed	v85	v50	v30
28/11/2011 11:50 ص	5	2	72	90	90	88	47
28/11/2011 11:51 ص	12	4	71	91	91	66	65
28/11/2011 11:52 ص	21	7	72	82	81	78	68
28/11/2011 11:53 ص	10	2	60	61	61	60	58
28/11/2011 11:54 ص	18	6	68	84	79	66	63
28/11/2011 11:55 ص	5	1	59	74	74	71	69
28/11/2011 11:56 ص	16	4	55	86	85	77	19
28/11/2011 11:57 ص	35	5	32	90	32	28	25
28/11/2011 11:58 ص	23	8	67	82	80	77	57
28/11/2011 11:59 ص	10	1	21	48	31	17	16
28/11/2011 12:00 م	12	3	60	71	70	54	54
28/11/2011 12:02 م	17	4	53	70	68	52	48
28/11/2011 12:03 م	10	3	82	94	93	78	77
28/11/2011 12:04 م	12	4	80	96	96	79	78
28/11/2011 12:05 م	19	5	61	97	80	55	50
28/11/2011 12:06 م	17	4	51	74	64	53	42
28/11/2011 12:07 م	3	2	90	107	107	105	59
28/11/2011 12:08 م	10	3	68	82	79	64	64
28/11/2011 12:09 م	11	3	60	83	81	57	45
28/11/2011 12:10 م	13	4	74	76	76	75	73
28/11/2011 12:11 م	10	3	71	87	87	74	48
28/11/2011 12:12 م	5	1	59	70	70	54	52
28/11/2011 12:13 م	11	3	55	59	57	54	53
28/11/2011 12:14 م	9	2	55	80	67	64	32
28/11/2011 12:15 م	27	9	65	102	90	58	54
28/11/2011 12:16 م	20	5	56	79	66	57	53
28/11/2011 12:17 م	5	1	54	84	84	34	34
28/11/2011 12:18 م	7	2	74	125	116	97	29
28/11/2011 12:19 م	12	4	80	93	90	79	78
28/11/2011 12:20 م	10	2	47	52	50	47	45
28/11/2011 12:22 م	7	2	68	83	83	64	56
28/11/2011 12:23 م	12	4	70	101	101	64	62
28/11/2011 12:24 م	11	4	80	85	85	76	76
28/11/2011 12:25 م	7	2	77	89	89	85	84
28/11/2011 12:26 م	15	5	72	95	90	72	59
28/11/2011 12:27 م	30	5	38	65	62	23	23
28/11/2011 12:29 م	9	3	77	84	84	74	74
28/11/2011 12:30 م	4	1	68	73	73	63	63
28/11/2011 12:31 م	3	1	65	65	65	65	65
28/11/2011 12:32 م	14	5	75	93	90	73	71
28/11/2011 12:34 م	6	2	74	92	92	69	67

الشكل (4-4) نموذج عن جدول نتائج القياس الحقلية عند الموقع S46

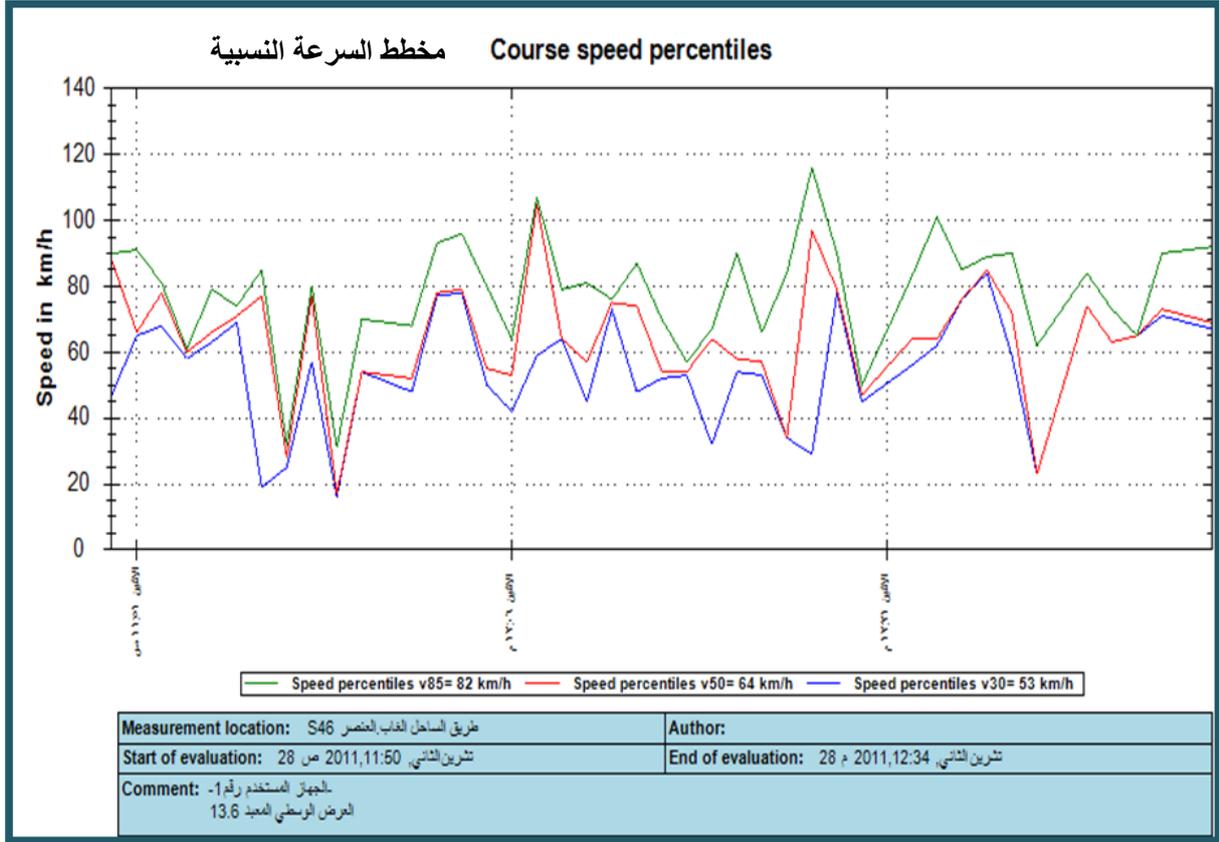


الشكل (5-4) نموذج عن مخطط قيم السرعات المقاسة

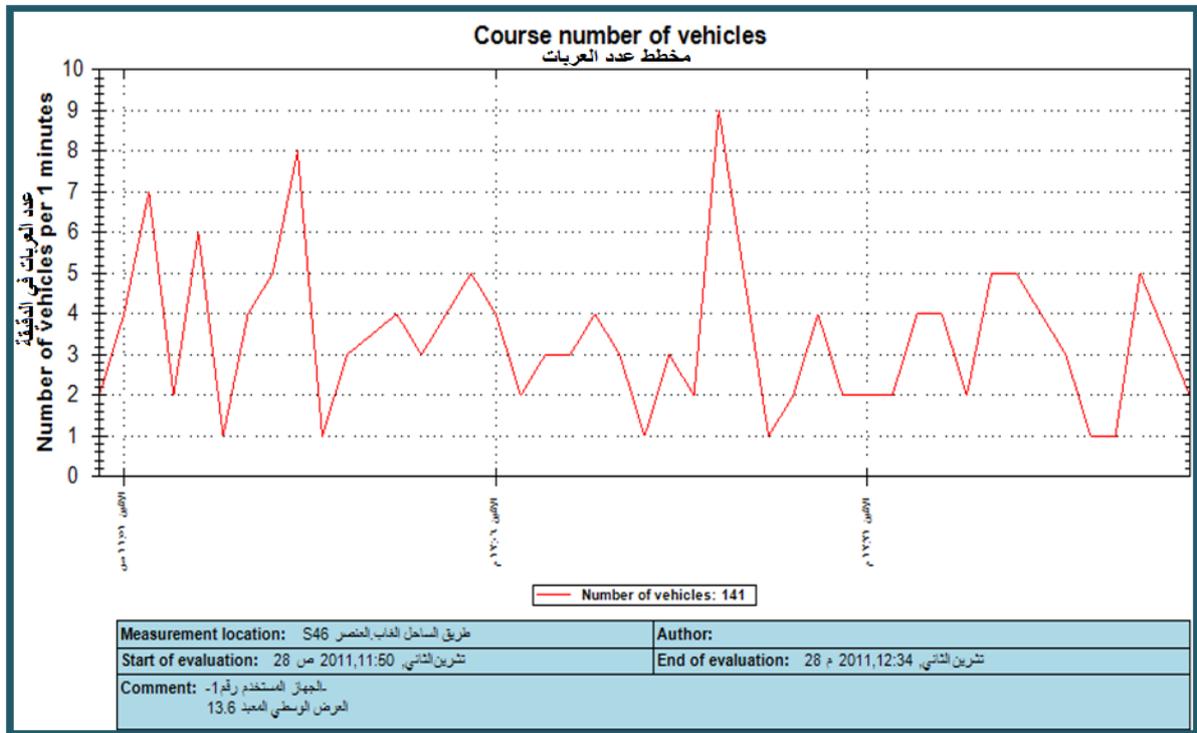


الشكل (6-4) نموذج عن مخطط السرعة الوسطية و الأعظمية

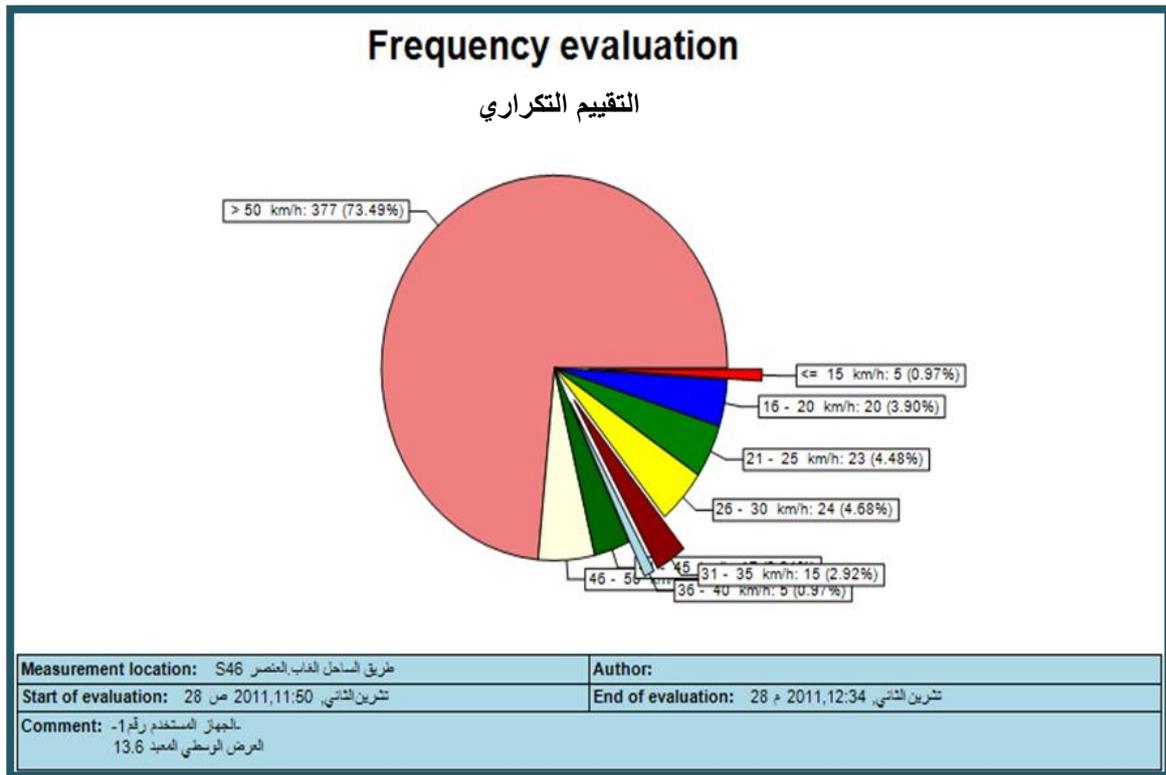
حيث يمثل الخط الأحمر السرعة المتوسطة V_{avr} ، والخط الأزرق السرعة الأعظمية V_{max}



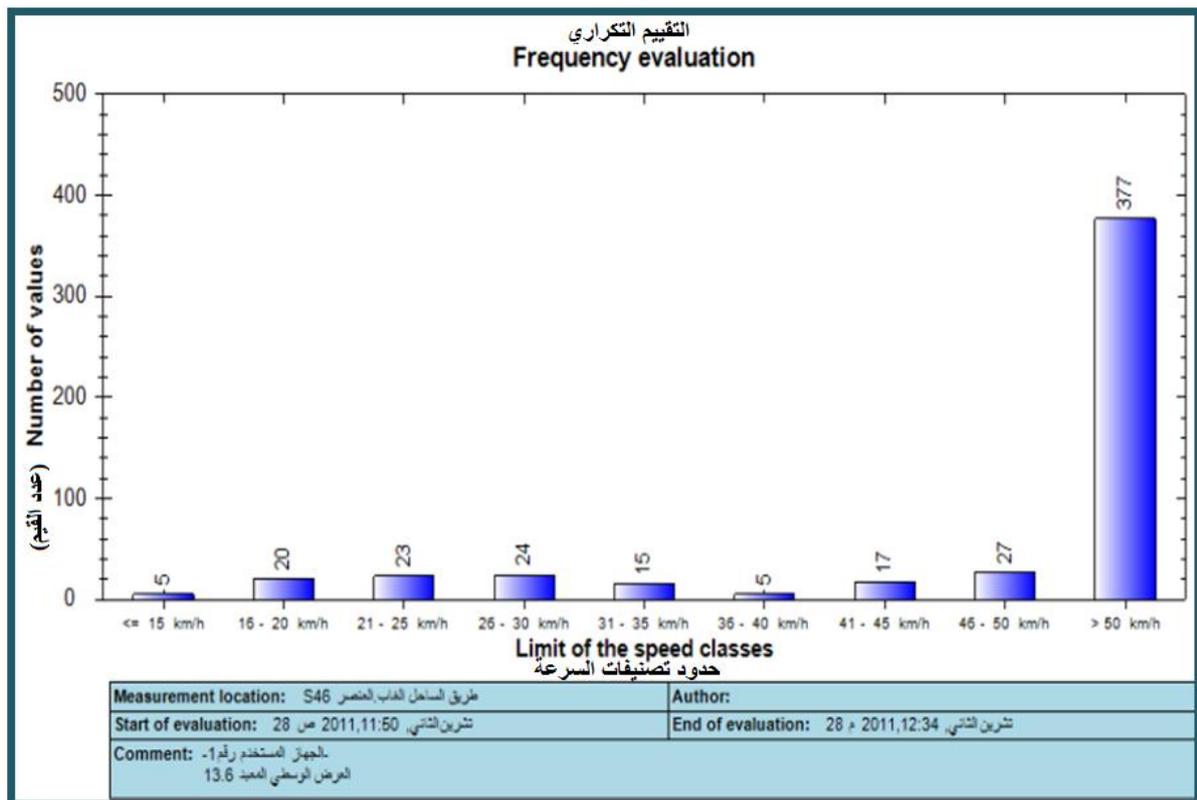
الشكل (4-7) نموذج عن مخطط السرعات النسبية (V_{85} , V_{50} , V_{30}) حيث يمثل الخط الأخضر السرعة النسبية V_{85} ، والخط الأحمر السرعة V_{50} ، والخط الأزرق السرعة V_{30}



الشكل (4-8) نموذج عن مخطط عدد العربات المقاسة سرعتها



الشكل(4-9) نموذج عن مخطط قرصي لتوزيع السرعات



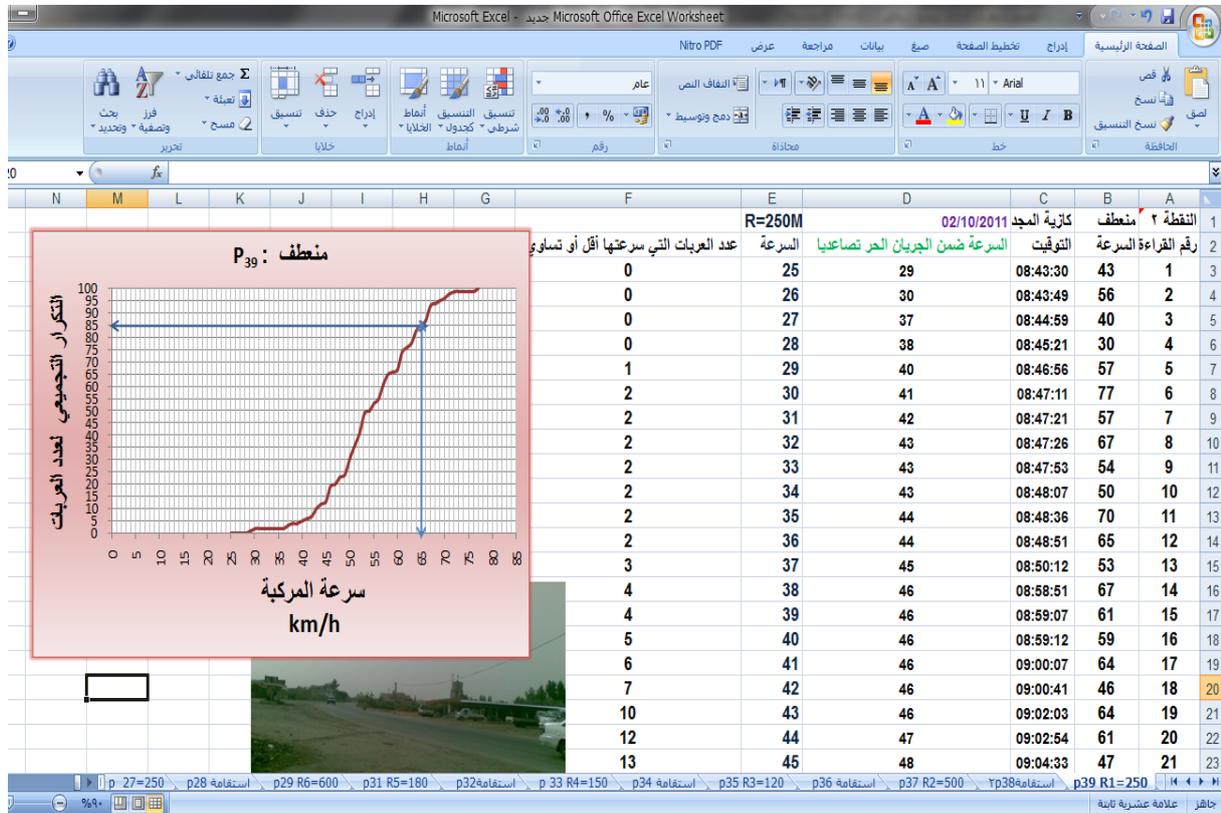
الشكل(4-10) نموذج عن مخطط أعمدة لتوزيع السرعات

4-2- إيجاد قيمة السرعة العملية V_{85}

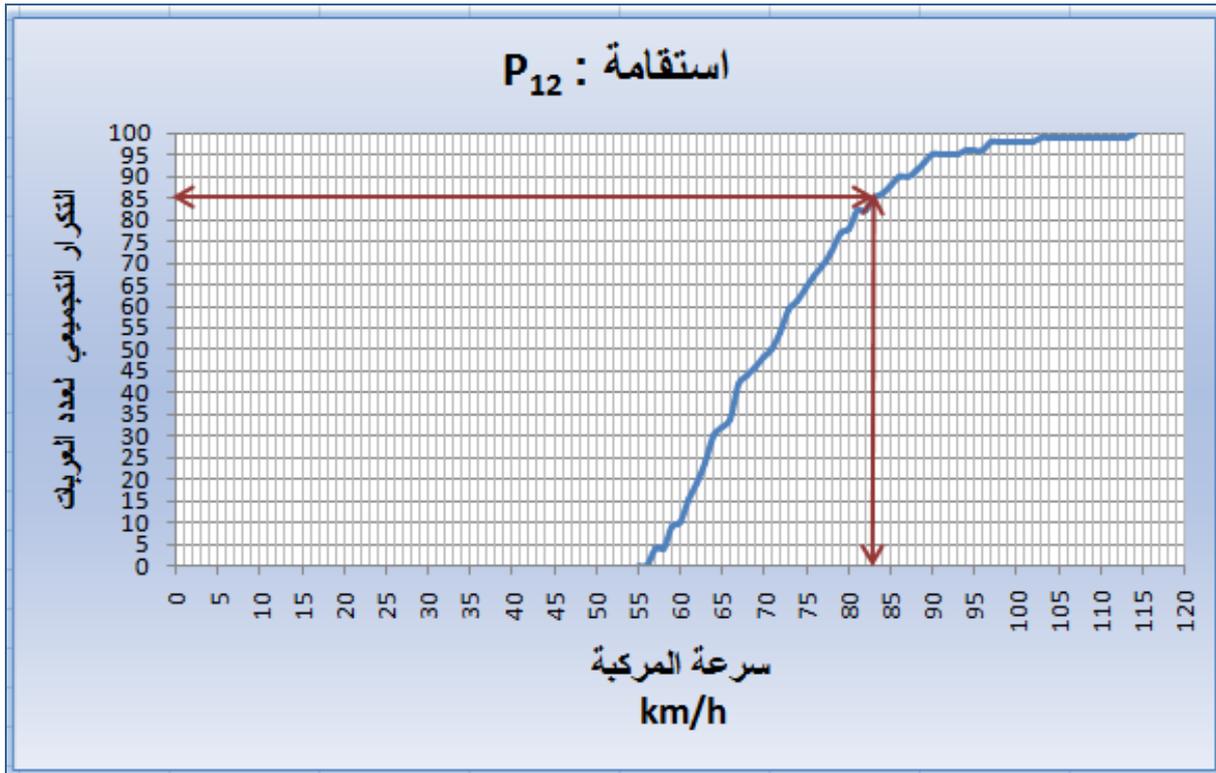
تختلف طريقة إيجاد قيمة السرعة العملية V_{85} تبعاً للجهاز المستخدم ولطريقة عرض البيانات:

4-2-1- إيجاد قيمة السرعة V_{85} على طريق اللاذقية - بانياس القديم

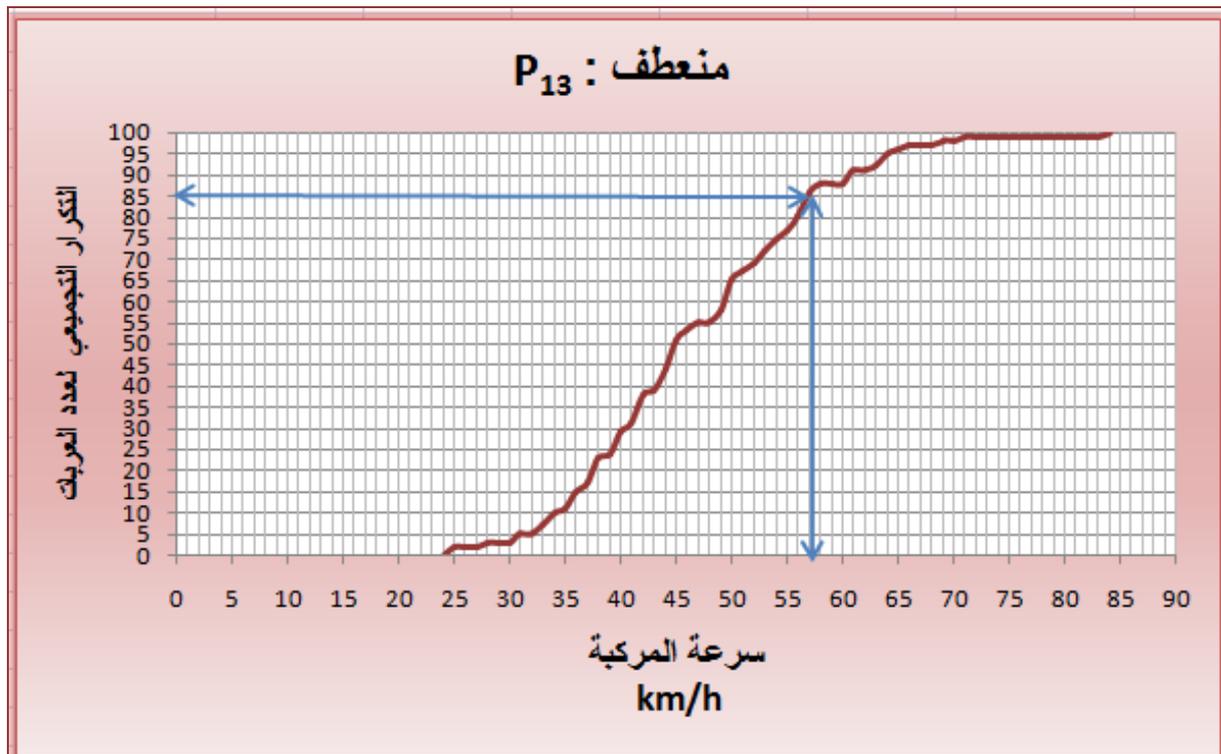
1. تم قياس سرعة 100 مركبة عند منتصف كل منعطف أو استقامة مستقلة على طول المجال المدروس من طريق اللاذقية - بانياس القديم باستخدام جهاز العداد الراداري المحمول.
2. تم قراءة قيم السرعة العملية من الصور الناتجة والموضح مثال عنها بالشكل (4-1)، ثم تحميل القيم بورقة عمل ببرنامج (Excel) كما يبين الشكل (4-11).
3. تم ترتيب السرعات تصاعدياً ثم رسم المنحني التراكمي لتوزع السرعات عند كل عنصر، حيث يمثل المحور الأفقي السرعة العملية، والمحور الشاقولي العدد التراكمي من العربات. أو بمعنى آخر نسبة العربات التي سرعتها أقل أو تساوي قيمة معينة، فتكون السرعة العملية V_{85} هي السرعة المقابلة للنسبة 85%، وتعني أن خمسة وثمانين بالمائة من العربات سرعاتها أقل، أو تساوي قيمة السرعة المقابلة.
4. نوجد قيمة السرعة العملية V_{85} عند كل عنصر مدروس من مخططات المنحنيات التراكمية الناتجة والموضحة بالأشكال من (4-12) ← (4-36)، فمثلاً يبين المنحني التراكمي في الشكل (4-12) أن قيمة السرعة العملية V_{85} عند العنصر P_{12} ($V_{85} = 83 \text{ Km/h}$)، أي خمسة وثمانون بالمائة من العربات سرعاتها أقل، أو تساوي 83 كم/سا.



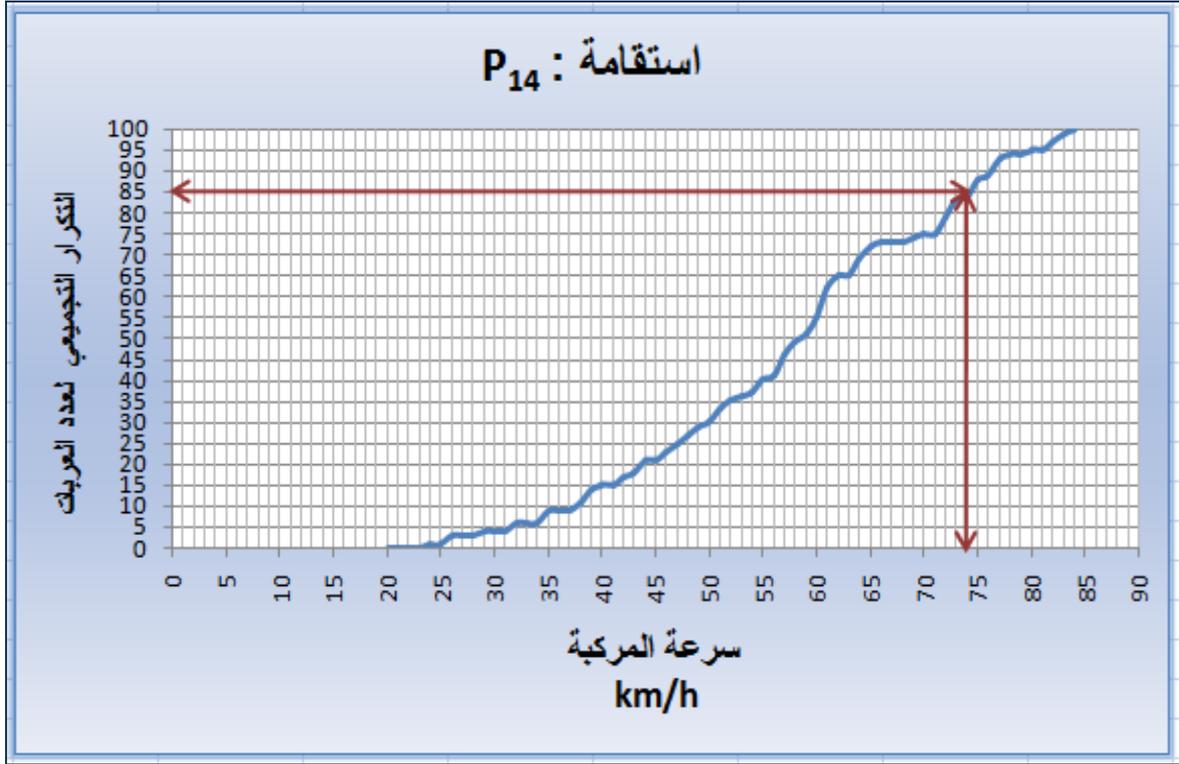
الشكل (4-11) رسم المنحني التراكمي، لإيجاد قيمة V_{85} باستخدام برنامج (Excel)



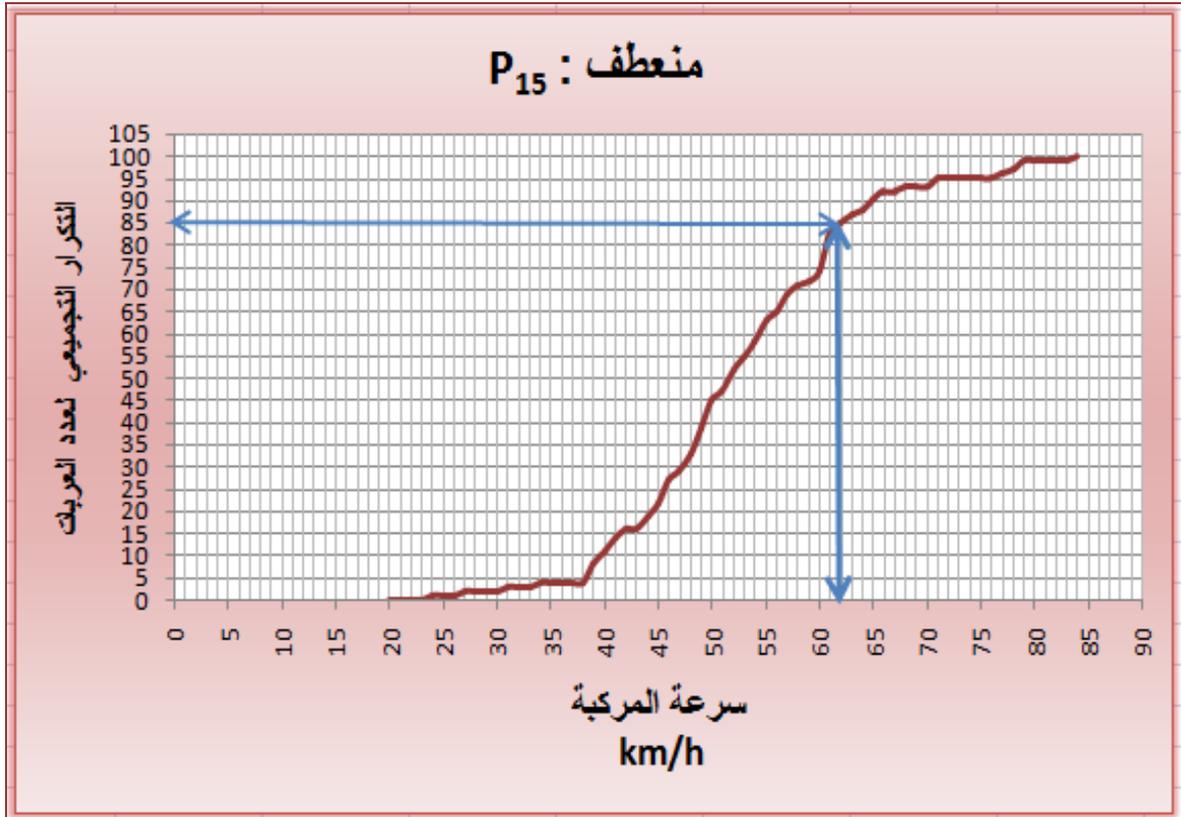
الشكل (4-12) المنحني التراكمي، لإيجاد قيمة V_{85} عند العنصر P_{12} (طريق اللاذقية-بانياس القديم)



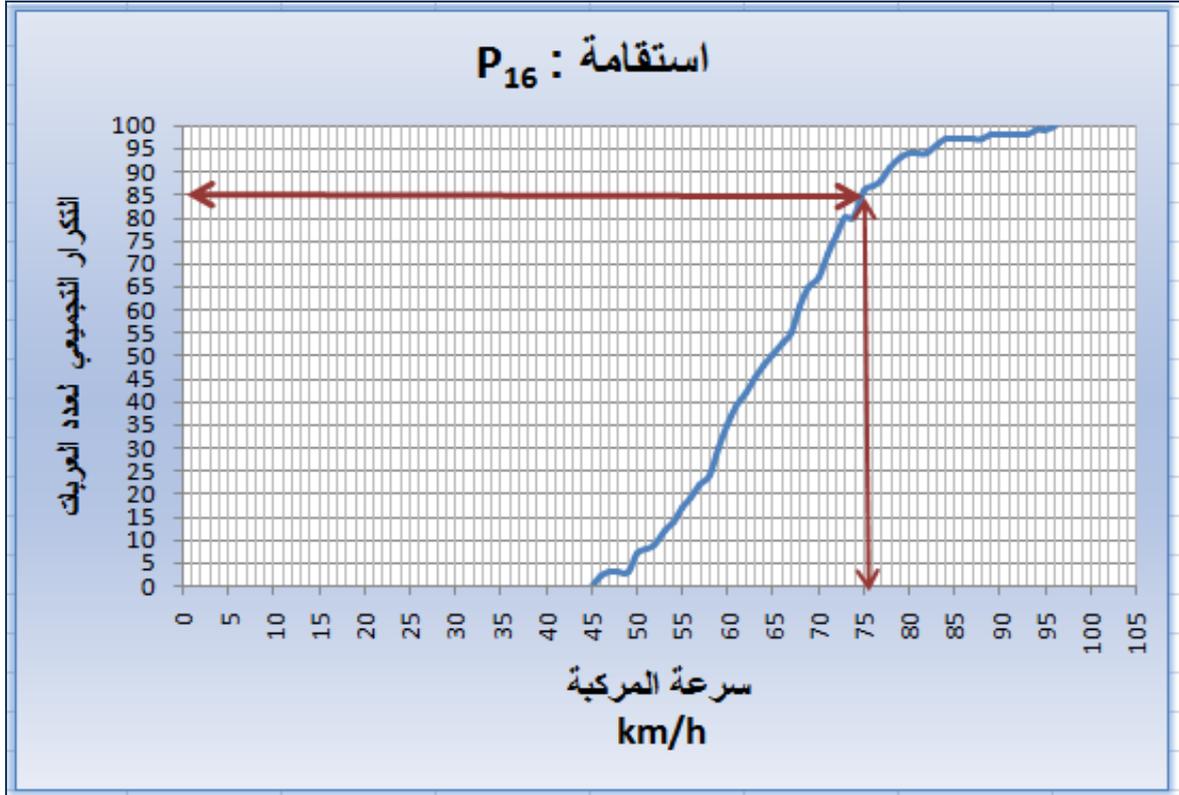
الشكل (4-13) المنحني التراكمي، لإيجاد قيمة V_{85} عند العنصر P_{13} (طريق اللاذقية-بانياس القديم)



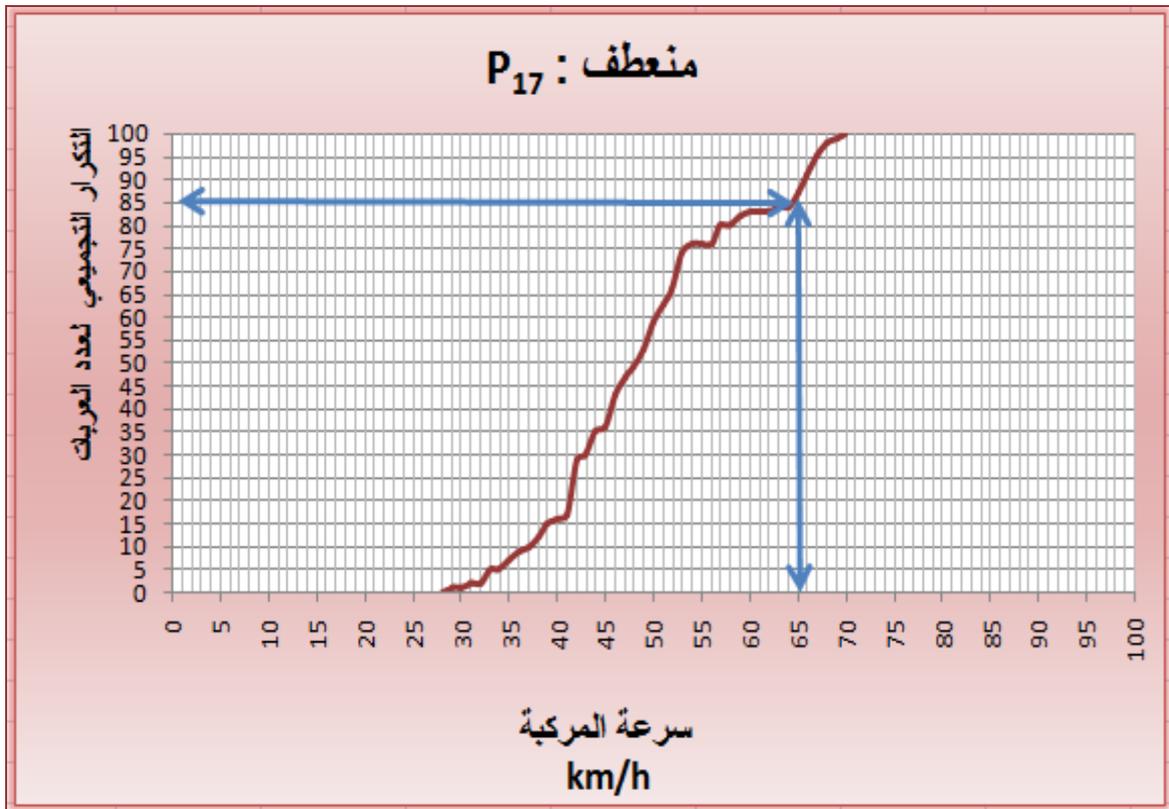
الشكل (14-4) المنحني التراكمي، لإيجاد قيمة V_{85} عند العنصر P_{14} (طريق اللاذقية-بانياس القديم)



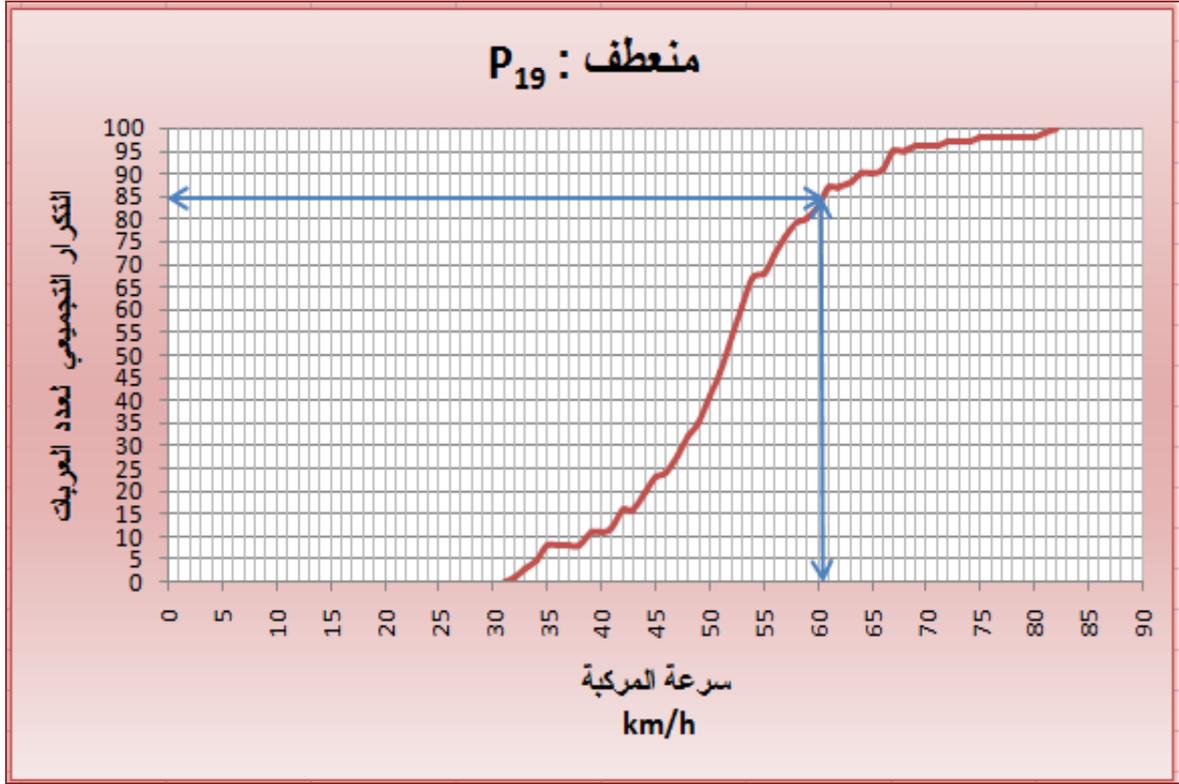
الشكل (15-4) المنحني التراكمي، لإيجاد قيمة V_{85} عند العنصر P_{15} (طريق اللاذقية-بانياس القديم)



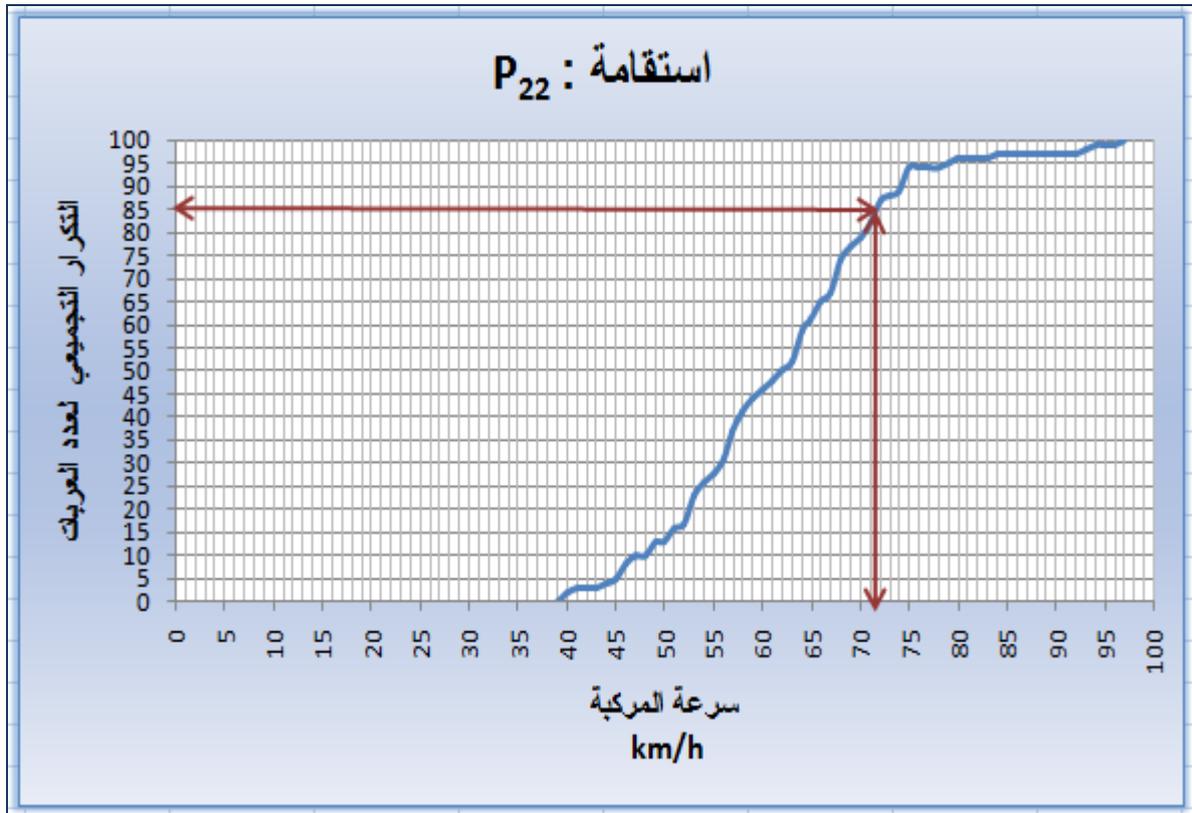
الشكل (16-4) المنحني التراكمي، لإيجاد قيمة V_{85} عند العنصر P_{16} (طريق اللاذقية-بانياس القديم)



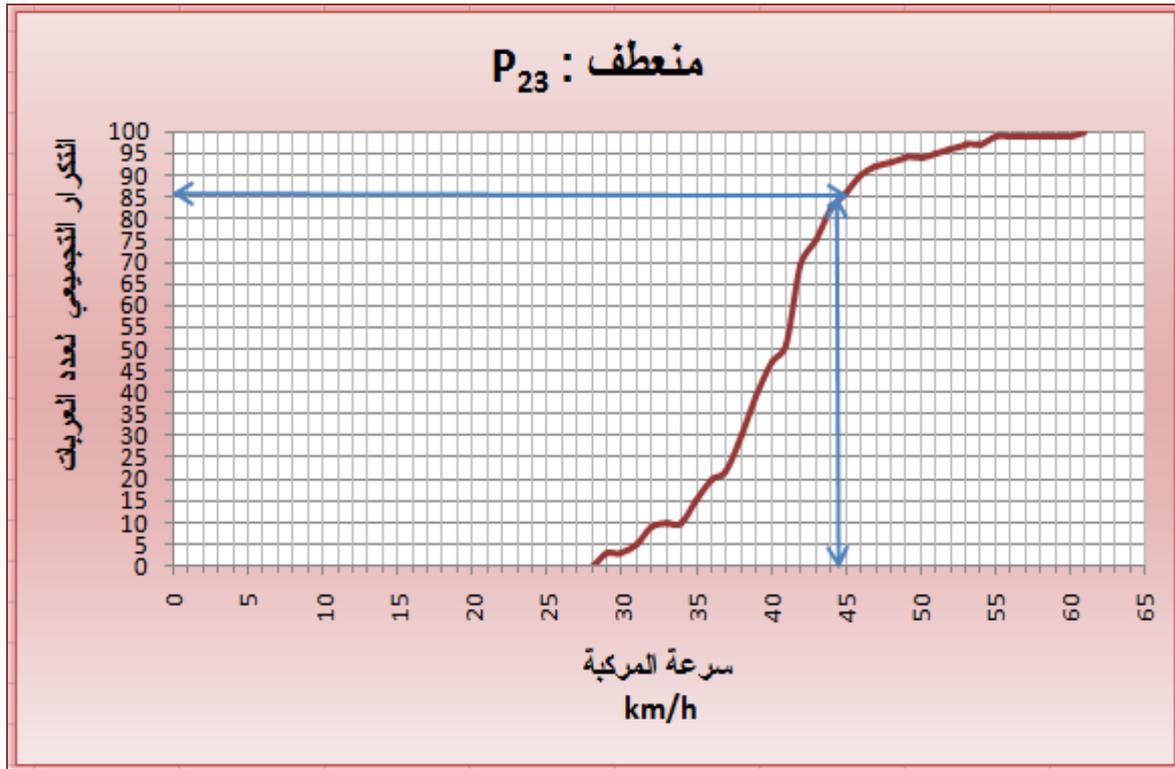
الشكل (17-4) المنحني التراكمي، لإيجاد قيمة V_{85} عند العنصر P_{17} (طريق اللاذقية-بانياس القديم)



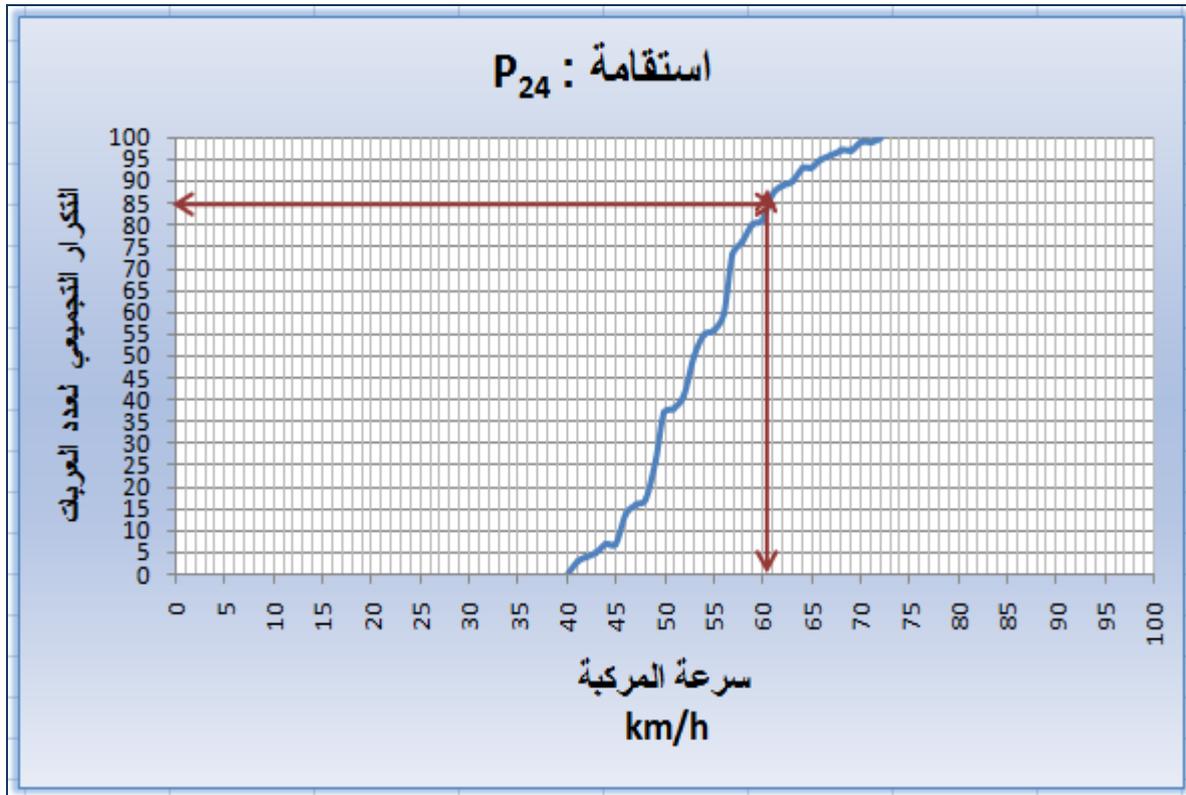
الشكل (18-4) المنحني التراكمي، لإيجاد قيمة V_{85} عند العنصر P_{19} (طريق اللاذقية-بانياس القديم)



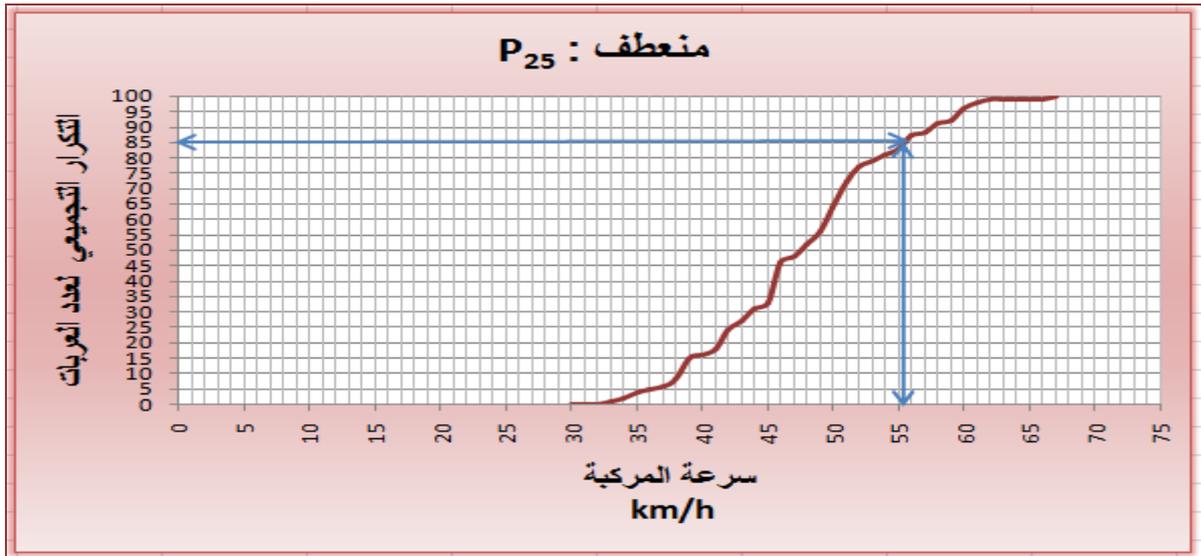
الشكل (19-4) المنحني التراكمي، لإيجاد قيمة V_{85} عند العنصر P_{22} (طريق اللاذقية-بانياس القديم)



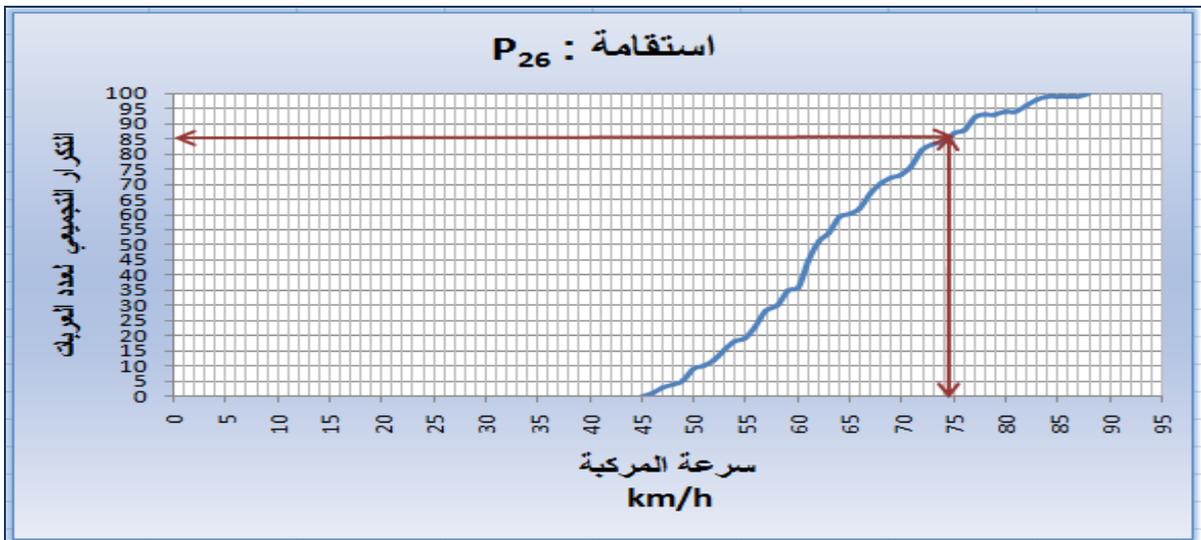
الشكل (20-4) المنحني التراكمي، لإيجاد قيمة V_{85} عند العنصر P_{23} (طريق اللاذقية-بانياس القديم)



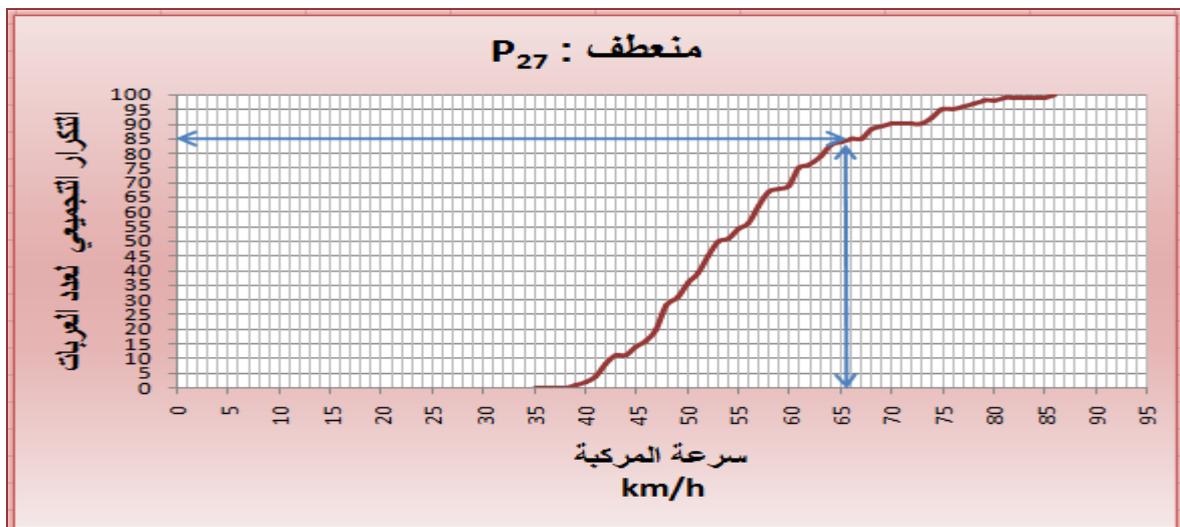
الشكل (21-4) المنحني التراكمي، لإيجاد قيمة V_{85} عند العنصر P_{24} (طريق اللاذقية-بانياس القديم)



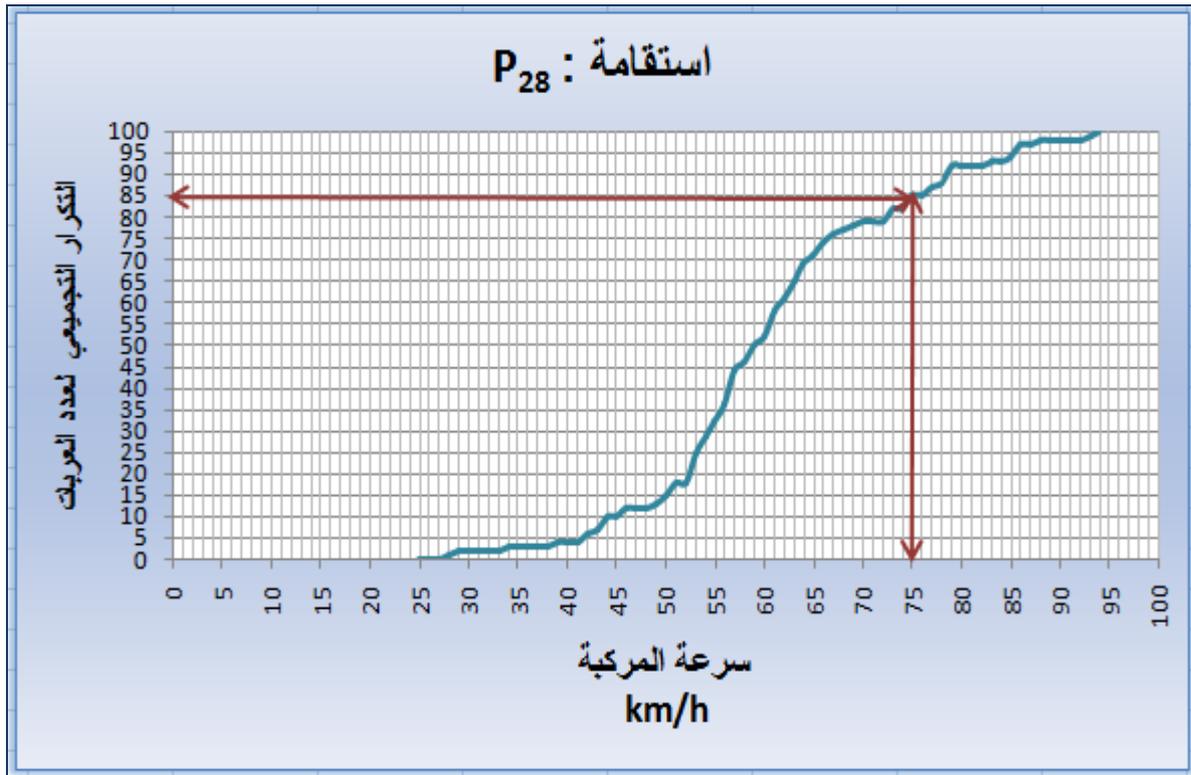
الشكل (22-4) المنحني التراكمي، لإيجاد قيمة V_{85} عند العنصر P₂₅ (طريق اللاذقية-بانياس القديم)



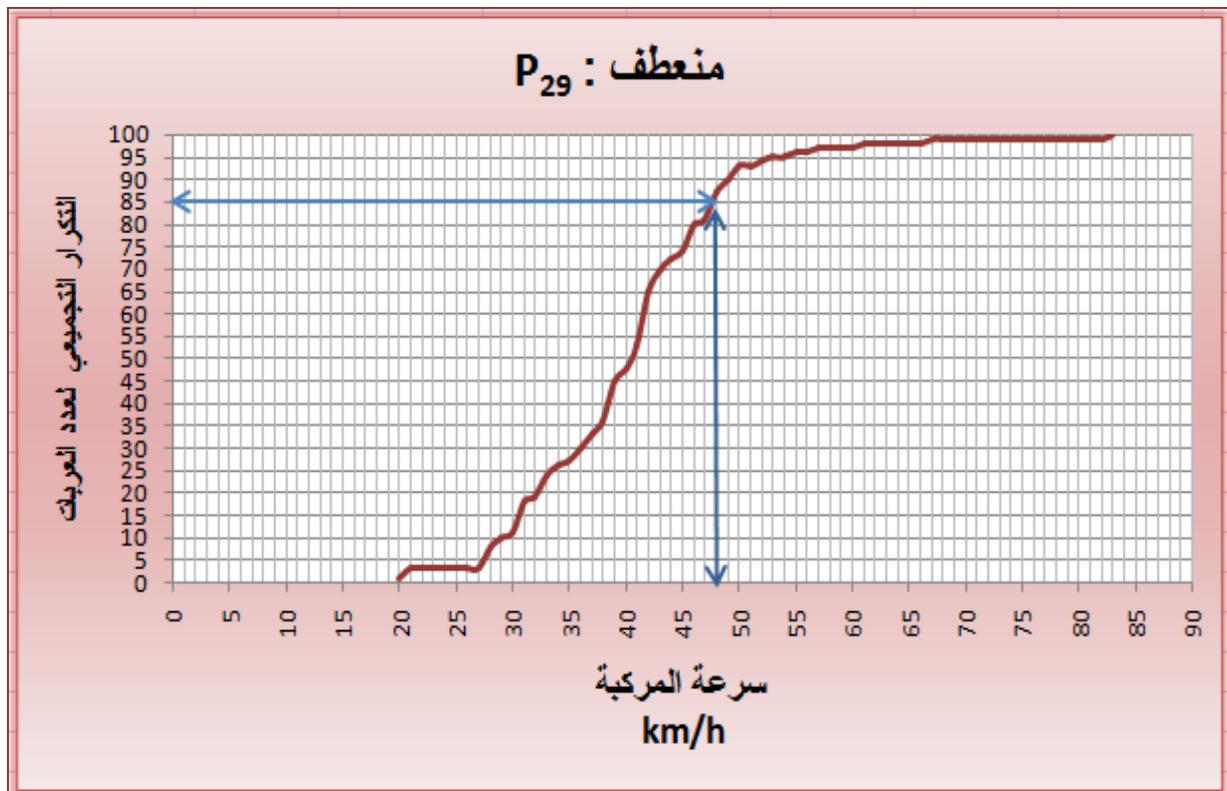
الشكل (23-4) المنحني التراكمي، لإيجاد قيمة V_{85} عند العنصر P₂₆ (طريق اللاذقية-بانياس القديم)



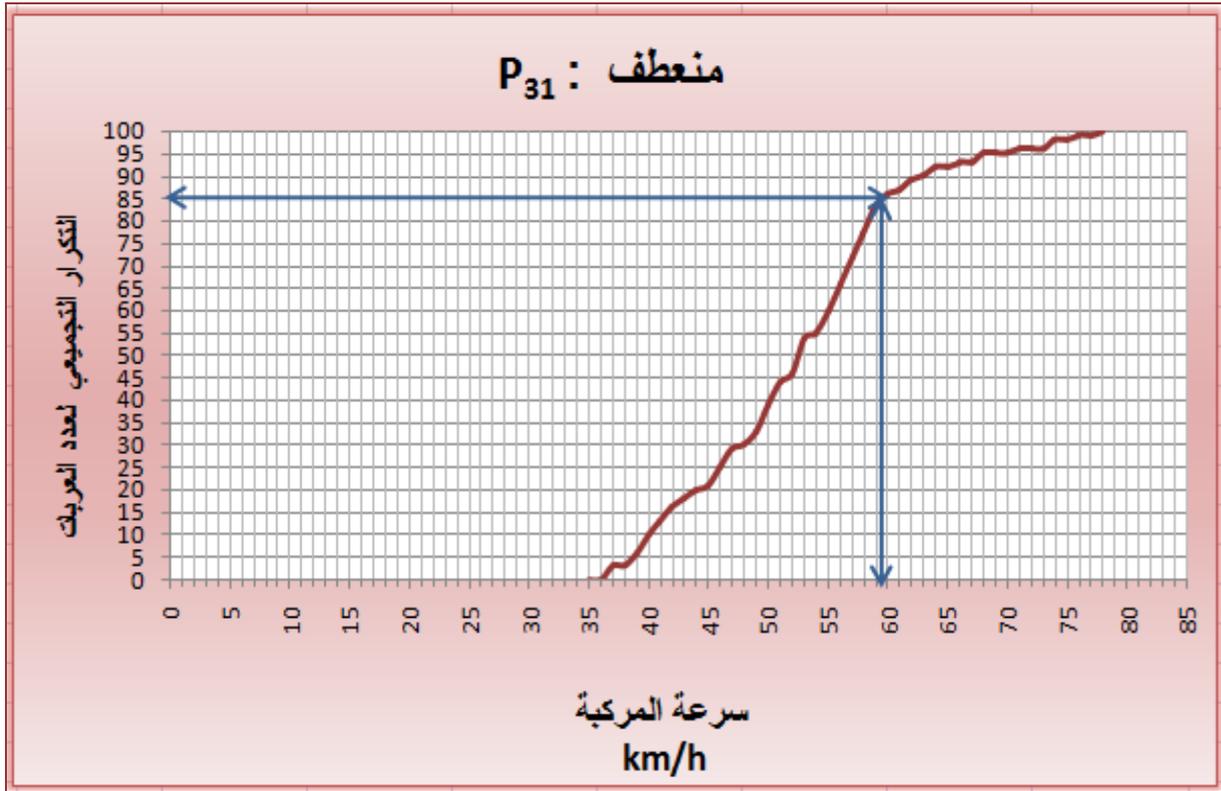
الشكل (24-4) المنحني التراكمي، لإيجاد قيمة V_{85} عند العنصر P₂₇ (طريق اللاذقية-بانياس القديم)



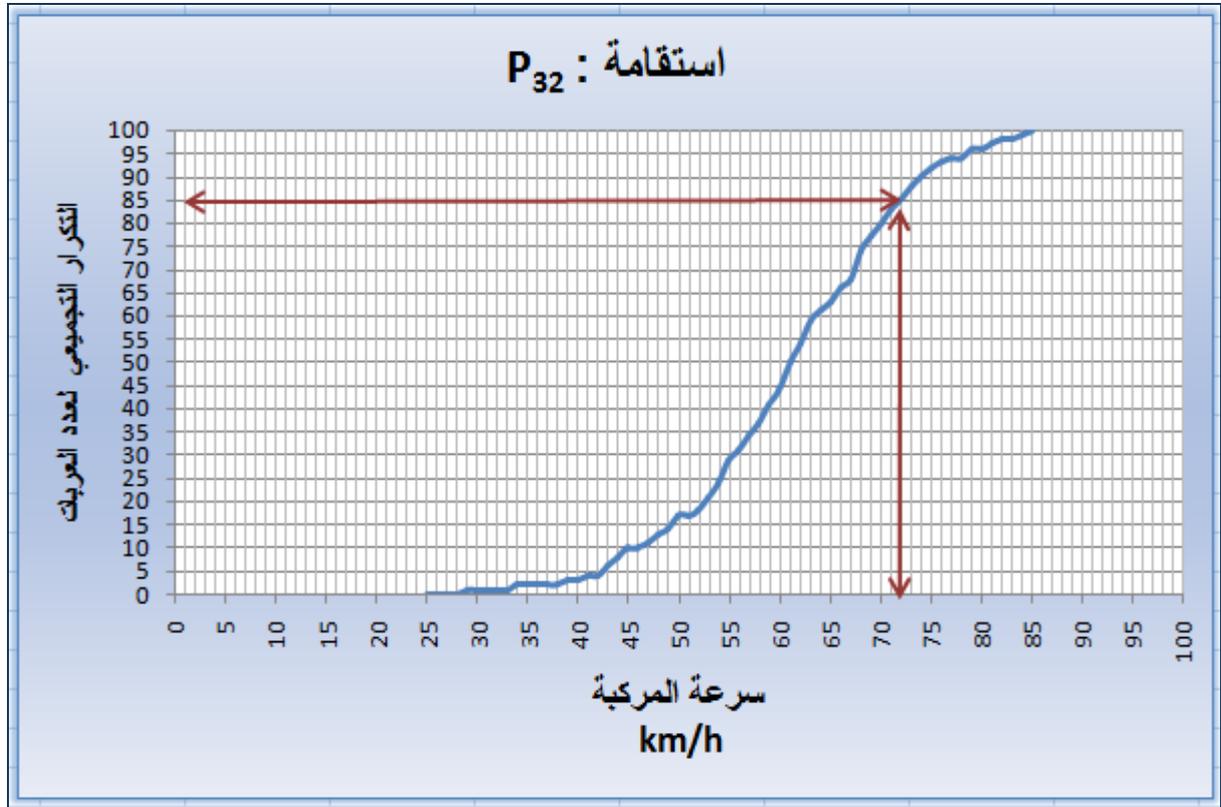
الشكل (25-4) المنحني التراكمي، لإيجاد قيمة V_{85} عند العنصر P_{28} (طريق اللاذقية-بانياس القديم)



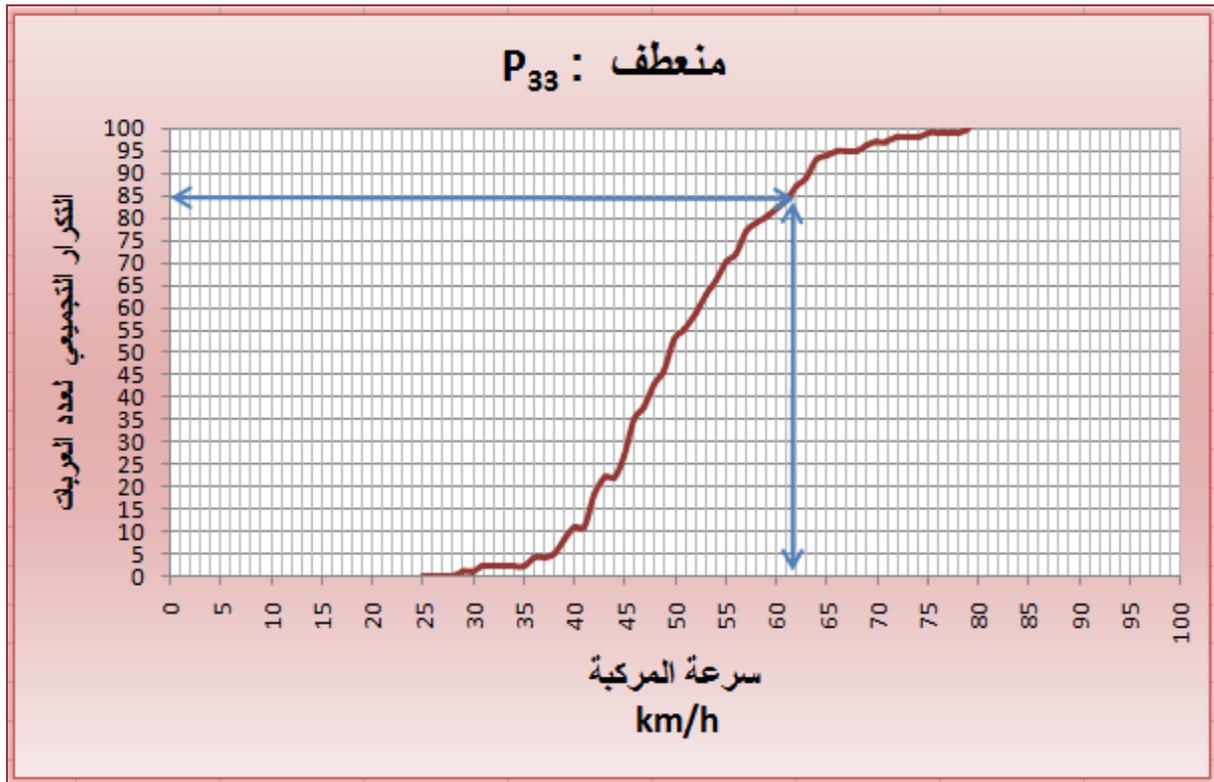
الشكل (26-4) المنحني التراكمي، لإيجاد قيمة V_{85} عند العنصر P_{29} (طريق اللاذقية-بانياس القديم)



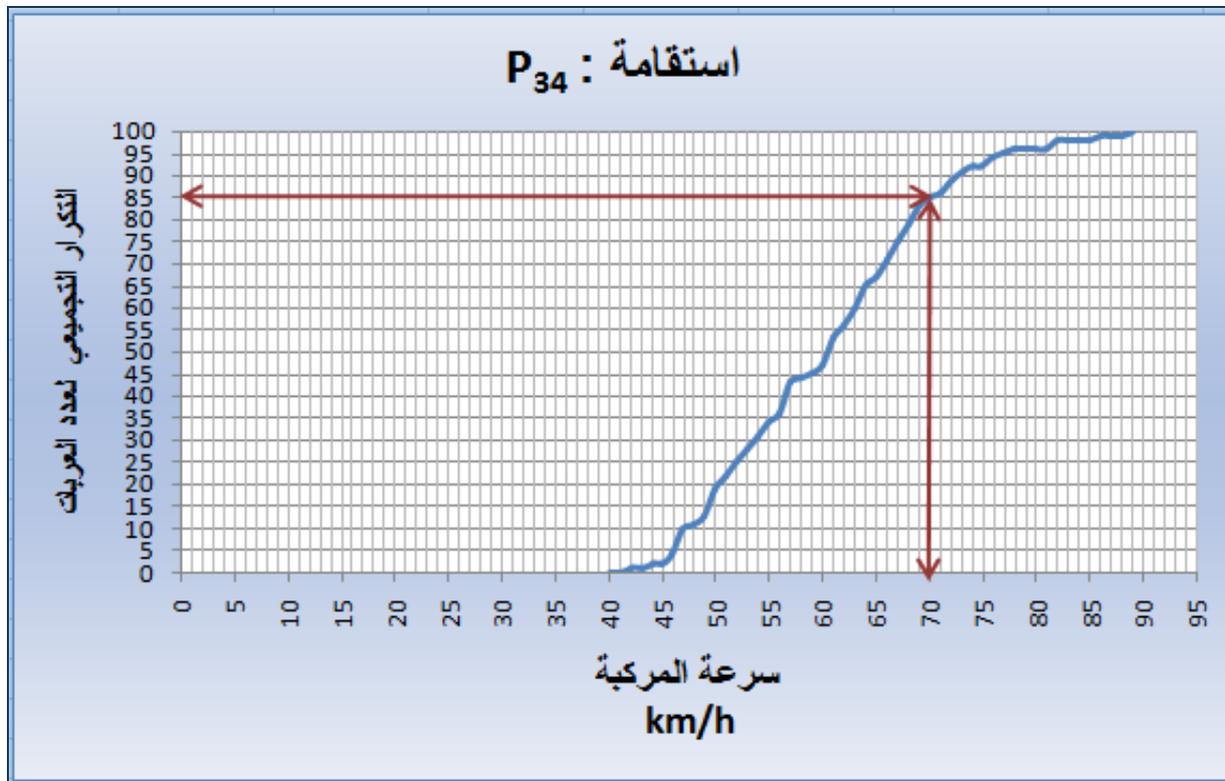
الشكل (27-4) المنحني التراكمي، لإيجاد قيمة V_{85} عند العنصر P_{31} (طريق اللاذقية-بانياس القديم)



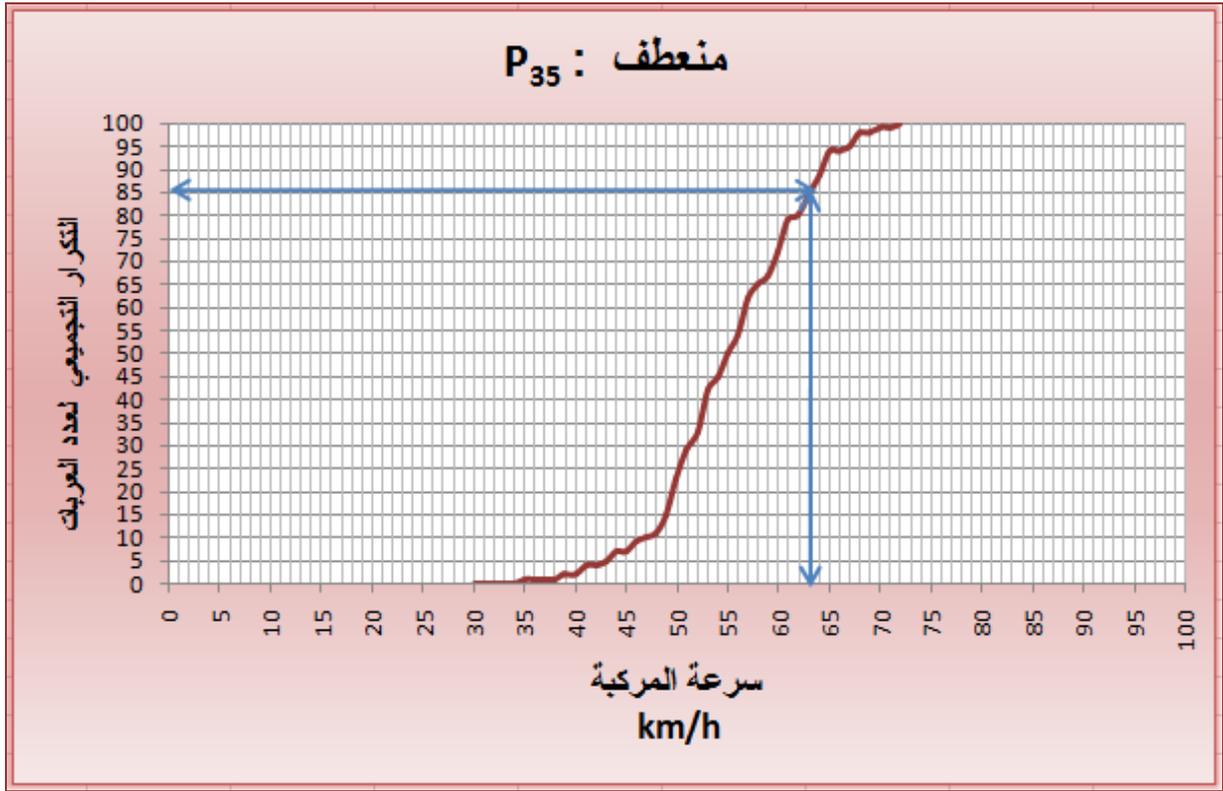
الشكل (28-4) المنحني التراكمي، لإيجاد قيمة V_{85} عند العنصر P_{32} (طريق اللاذقية-بانياس القديم)



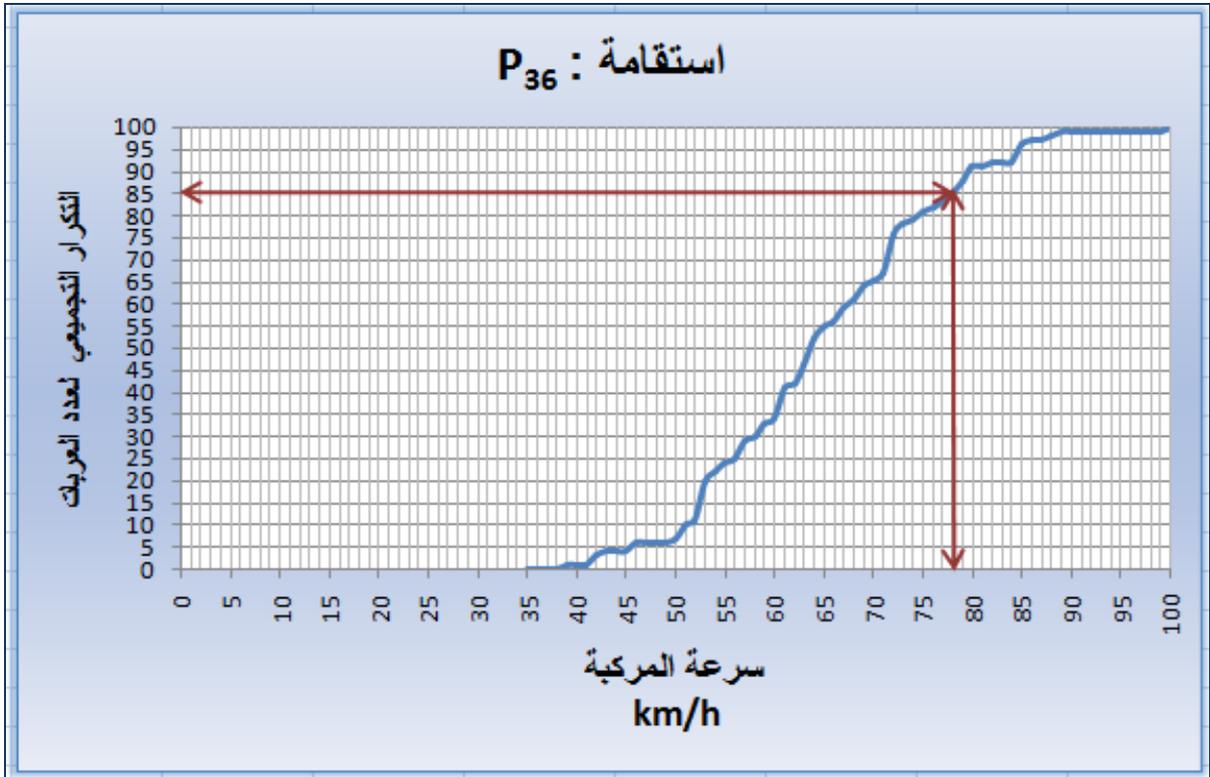
الشكل (29-4) المنحني التراكمي، لإيجاد قيمة V_{85} عند العنصر P_{33} (طريق اللاذقية-بانياس القديم)



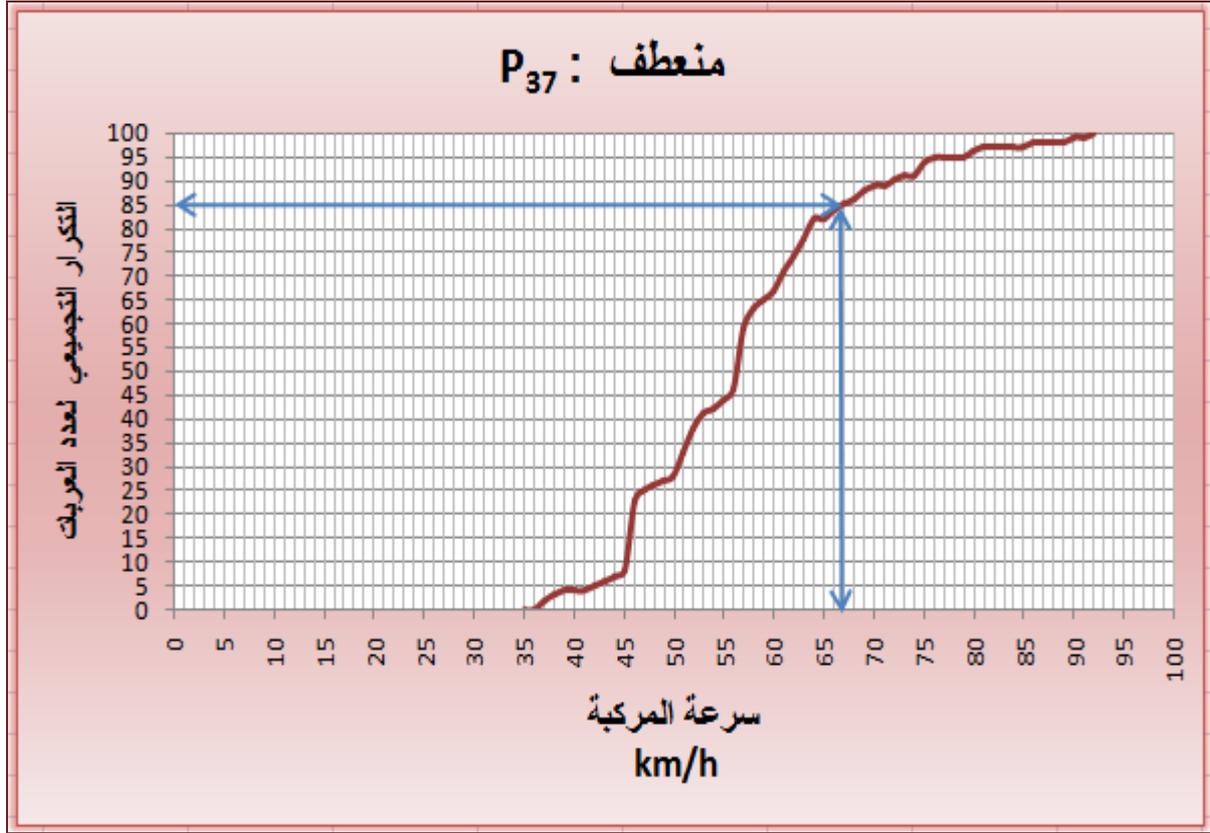
الشكل (30-4) المنحني التراكمي، لإيجاد قيمة V_{85} عند العنصر P_{34} (طريق اللاذقية-بانياس القديم)



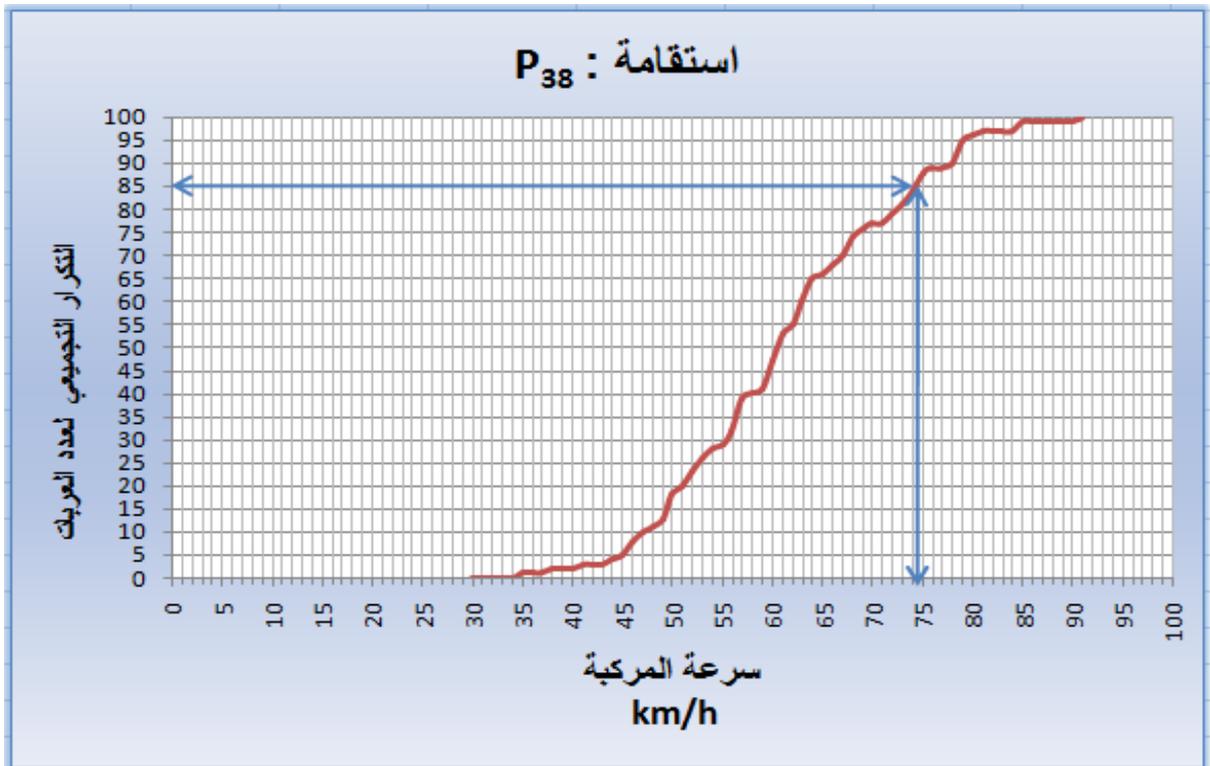
الشكل (4-31) المنحني التراكمي، لإيجاد قيمة V_{85} عند العنصر P_{35} (طريق اللاذقية-بانياس القديم)



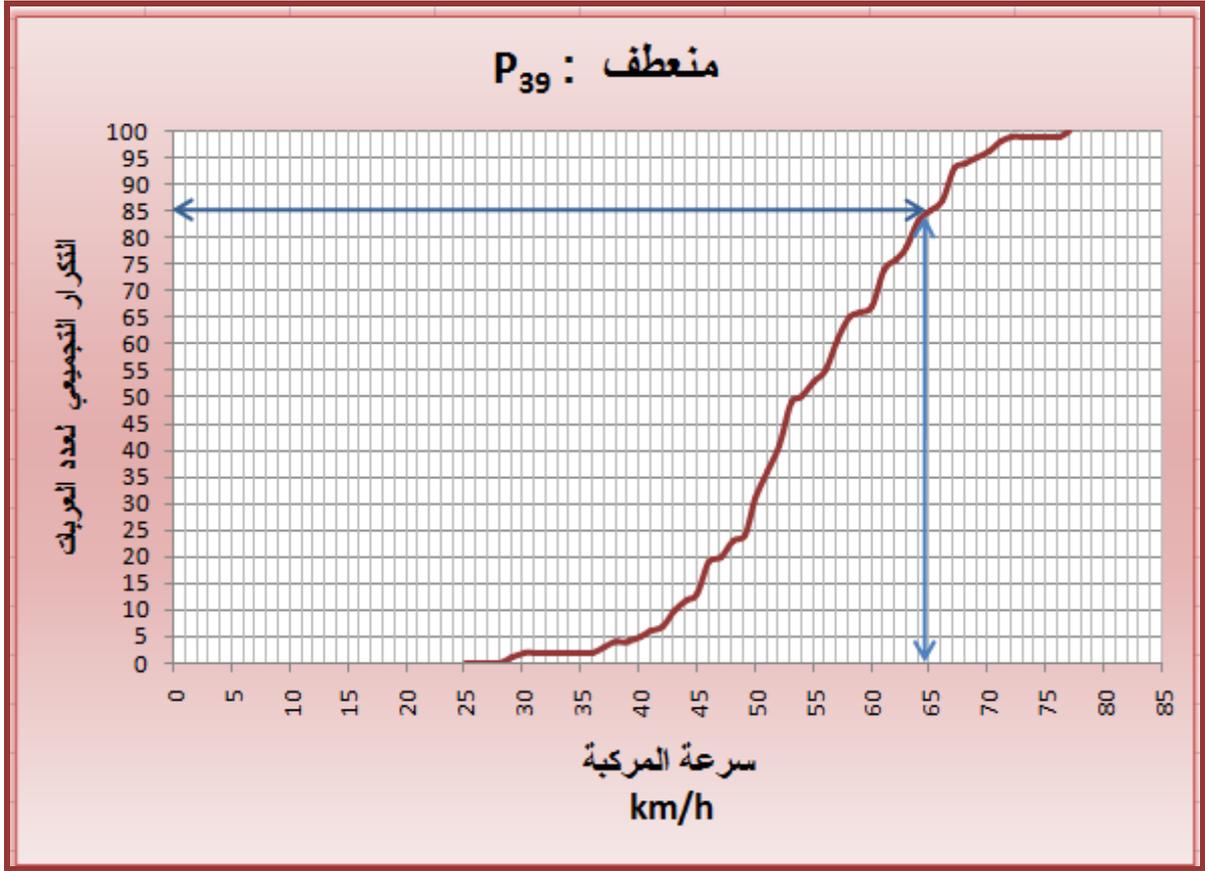
الشكل (4-32) المنحني التراكمي، لإيجاد قيمة V_{85} عند العنصر P_{36} (طريق اللاذقية-بانياس القديم)



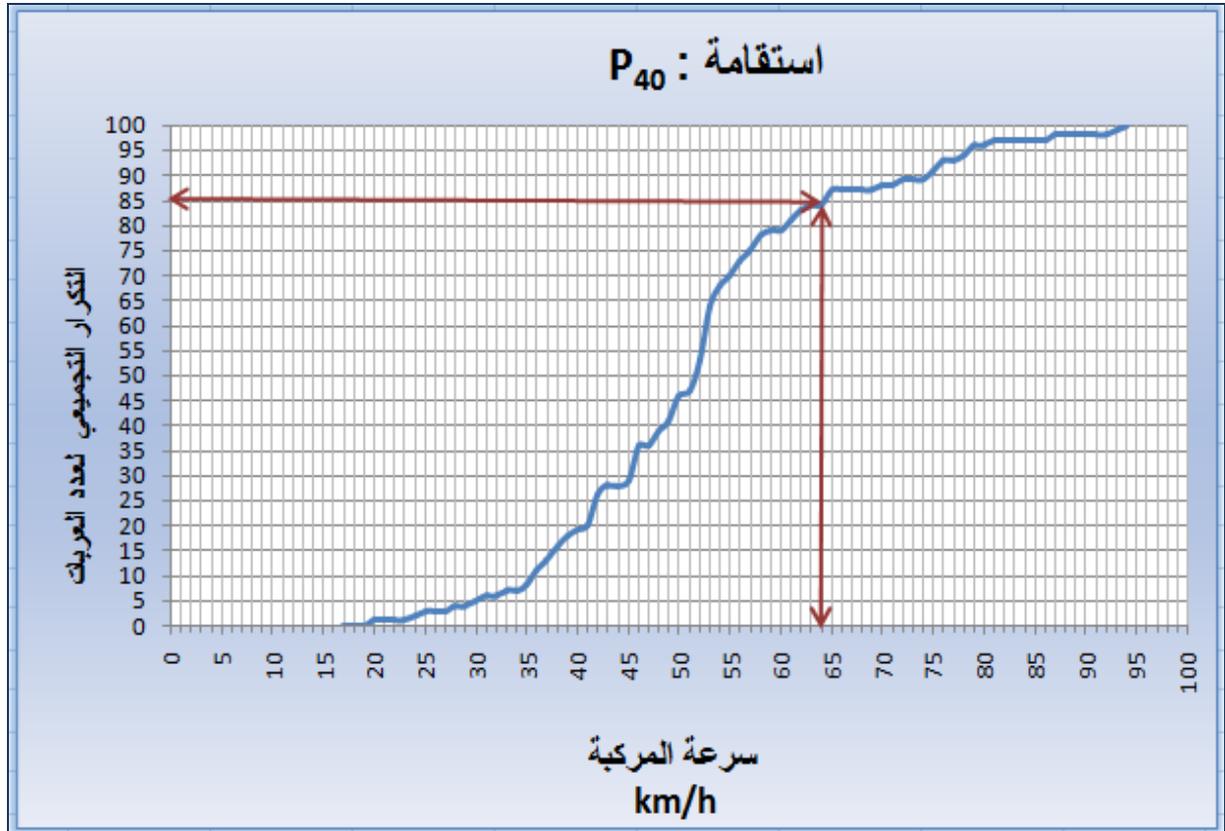
الشكل (4-33) المنحني التراكمي، لإيجاد قيمة V_{85} عند العنصر P_{37} (طريق اللاذقية-بانياس القديم)



الشكل (4-34) المنحني التراكمي، لإيجاد قيمة V_{85} عند العنصر P_{38} (طريق اللاذقية-بانياس القديم)



الشكل (4-35) المنحني التراكمي، لإيجاد قيمة V_{85} عند العنصر P_{39} (طريق اللاذقية-بانياس القديم)



الشكل (4-36) المنحني التراكمي، لإيجاد قيمة V_{85} عند العنصر P_{40} (طريق اللاذقية-بانياس القديم)

يوضح الجدول (1-4) قيم السرعة العملية V_{85} ، والسرعة الأعظمية، والمتوسطة للعناصر المتتالية على طريق بانياس القديم في المرحلة الأولى من الدراسة، وذلك اعتباراً من العنصر P_{12} حتى العنصر P_{40} وفق الاتجاه المدروس (من بانياس ← جبلة).

الجدول (1-4) بيانات السرعة للعناصر الهندسية المتتالية على طريق اللاذقية- بانياس القديم

V_{avr} Km/h	V_{max} Km/h	V_{85} Km/h	عدد العربات	العنصر	P_i
73	114	83	100	استقامة	P_{12}
47	84	57	100	منعطف	P_{13}
58	84	74	100	استقامة	P_{14}
53	84	62	100	منعطف	P_{15}
66	96	75.5	100	استقامة	P_{16}
50	70	65	100	منعطف	P_{17}
استقامة قصيرة غير مستقلة بطول 57 م				استقامة	P_{18}
52	82	60.5	100	منعطف	P_{19}
استقامة قصيرة غير مستقلة بطول 21 م				استقامة	P_{20}
62	97	71.5	100	استقامة	P_{22}
41	61	44.5	100	منعطف	P_{23}
54	72	61.5	100	استقامة	P_{24}
48	67	55.25	100	منعطف	P_{25}

تابع الجدول (1-4) بيانات السرعة للعناصر الهندسية المتتالية على طريق اللاذقية- بانياس القديم

V_{avr} Km/h	V_{max} Km/h	V_{85} Km/h	عدد العربات	العنصر	P_i
64	88	74.5	100	استقامة	P_{26}
56	86	65.5	100	منعطف	P_{27}
61	94	75	100	استقامة	P_{28}
40	83	48	100	منعطف	P_{29}
استقامة قصيرة غير مستقلة بطول 87				استقامة	P_{30}
53	91	59.5	100	منعطف	P_{31}
61	85	72	100	استقامة	P_{32}
51	79	61.8	100	منعطف	P_{33}
61	89	70	100	استقامة	P_{34}
56	72	63	100	منعطف	P_{35}
65	100	78	100	استقامة	P_{36}
57	92	67	100	منعطف	P_{37}
62	91	75	100	استقامة	P_{38}
55	77	65	100	منعطف	P_{39}
52	94	63	100	استقامة	P_{40}

4-2-2-4- إيجاد قيمة السرعة V_{85} على طريق الساحل - الغاب

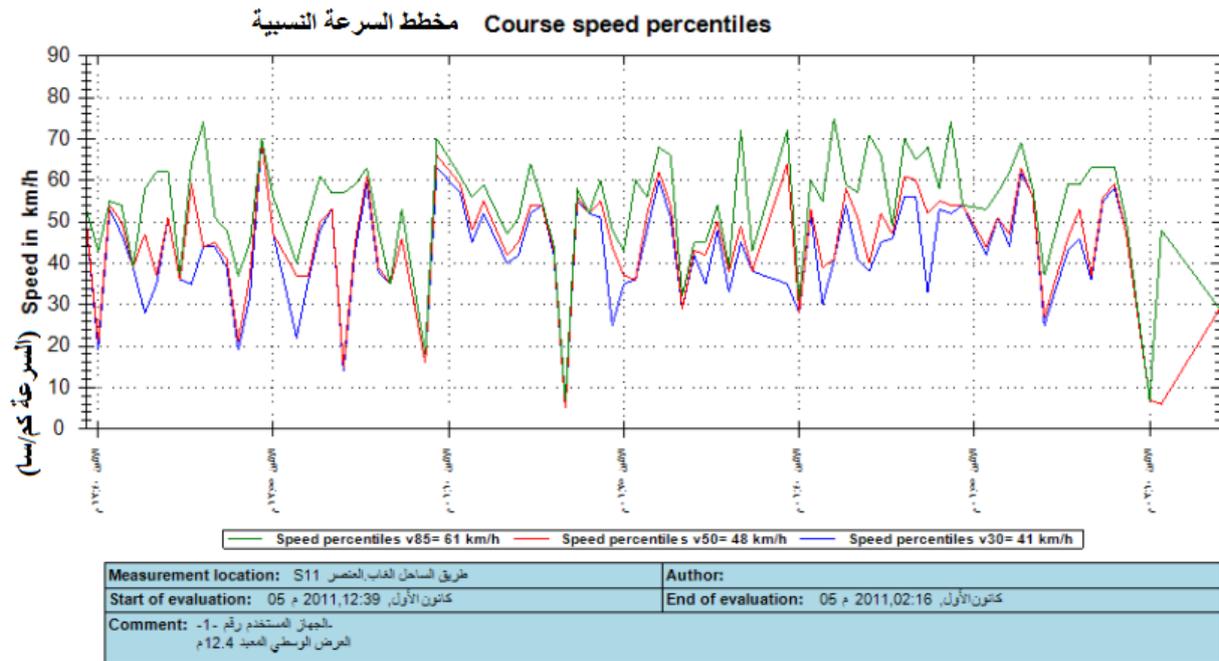
نستخرج البيانات الحقلية للسرعة العملية V_{85} من مخططات السرعة النسبية التي حصلنا عليها من جهاز (Via Falcon Truck) والمبينة في الأشكال من (4-37) إلى (4-67) ، يوضح الجدول (2-4) نتائج القياسات الحقلية للسرعة.

الجدول (2-4) بيانات السرعة للعناصر الهندسية المتتالية على طريق الساحل - الغاب

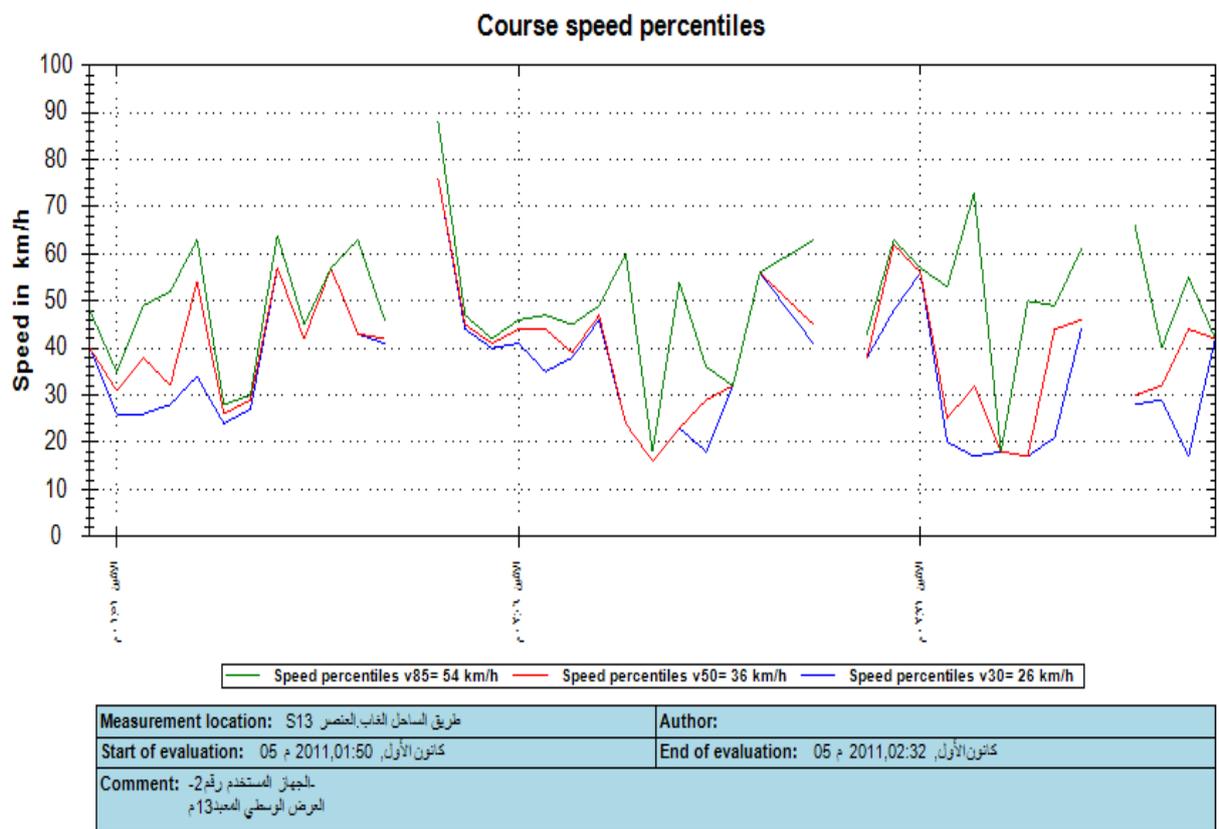
V_{avr}	V_{max}	V_{85}	عدد العربات	العنصر	S_i
47	80	61	280	منعطف	S_{11}
طول الاستقامة 207 م				استقامة	S_{12}
37	88	54	126	منعطف	S_{13}
طول الاستقامة 400 م				استقامة	S_{14}
44	86	64	100	منعطف	S_{15}
طول الاستقامة 133 م				استقامة	S_{16}
29	55	40	100	منعطف	S_{17}
طول الاستقامة 42 م				استقامة	S_{18}
87	34	101	37	منعطف	S_{19}
طول الاستقامة 38 م				استقامة	S_{20}
35	54	45	95	منعطف	S_{21}
طول الاستقامة 63 م				استقامة	S_{22}
36	54	47	136	منعطف	S_{23}
طول الاستقامة 295 م				استقامة	S_{24}
50	91	64	202	منعطف	S_{25}
طول الاستقامة 96 م				استقامة	S_{26}
39	89	51	102	منعطف	S_{27}
طول الاستقامة 50 م				استقامة	S_{28}
38	63	49	108	منعطف	S_{29}
طول الاستقامة 76 م				استقامة	S_{30}
30	47	38	121	منعطف	S_{31}

تابع الجدول (4-2) بيانات السرعة للعناصر الهندسية المتتالية على طريق الساحل - الغاب

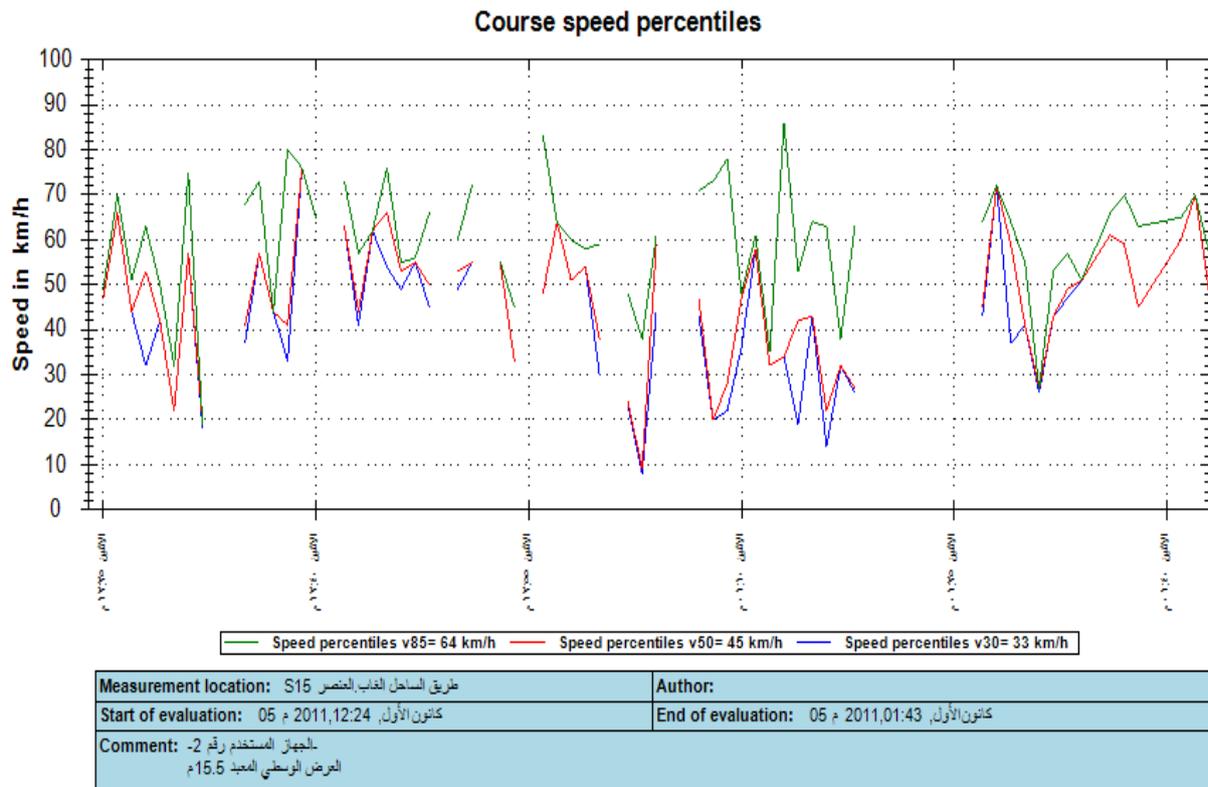
Vavr	Vmax	V85	عدد العربات	العنصر	S _i
56	91	76	191	استقامة	S ₃₂
34	61	46	102	منعطف	S ₃₃
طول الاستقامة 64 م				استقامة	S ₃₄
37	58	47	122	منعطف	S ₃₅
طول الاستقامة 84 م				استقامة	S ₃₆
47	66	59	109	منعطف	S ₃₇
56	91	78	150	استقامة	S ₃₈
59	103	80	107	منعطف	S ₃₉
طول الاستقامة 212 م				استقامة	S ₄₀
66	110	84	103	منعطف	S ₄₁
54	105	81	105	استقامة	S ₄₂
63	108	87	102	منعطف	S ₄₃
74	146	90	150	استقامة	S ₄₄
54	130	76	101	منعطف	S ₄₅
61	125	82	141	استقامة	S ₄₆
66	111	84	104	منعطف	S ₄₇
69	116	85	105	استقامة	S ₄₈
63	120	85	101	منعطف	S ₄₉
64	105	82	156	استقامة	S ₅₀
56	117	76	149	منعطف	S ₅₁
60	98	78	110	استقامة	S ₅₂
62	115	81	136	منعطف	S ₅₃
52	89	69	137	استقامة	S ₅₄
48	88	71	140	منعطف	S ₅₅
طول الاستقامة 114 م				استقامة	S ₅₆



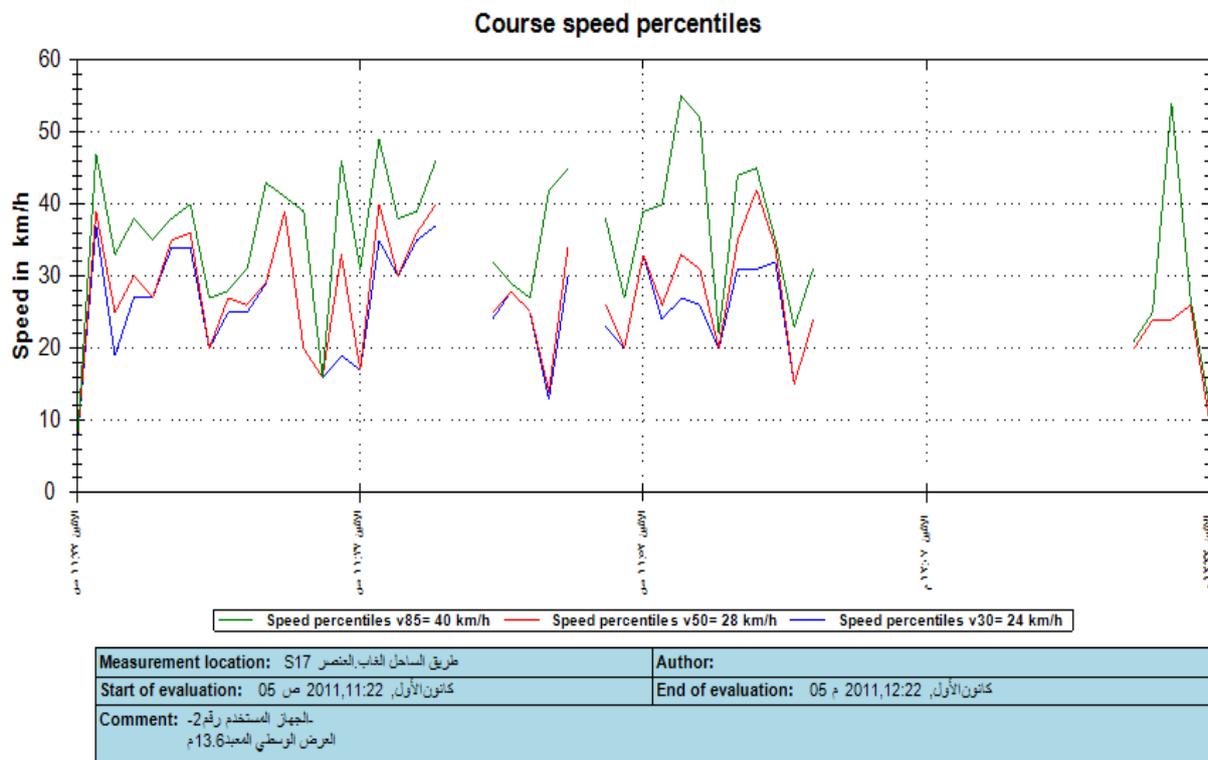
الشكل (4-37) السرعة العملية النسبية V_{85} عند العنصر S_{11} (طريق الساحل الغاب)



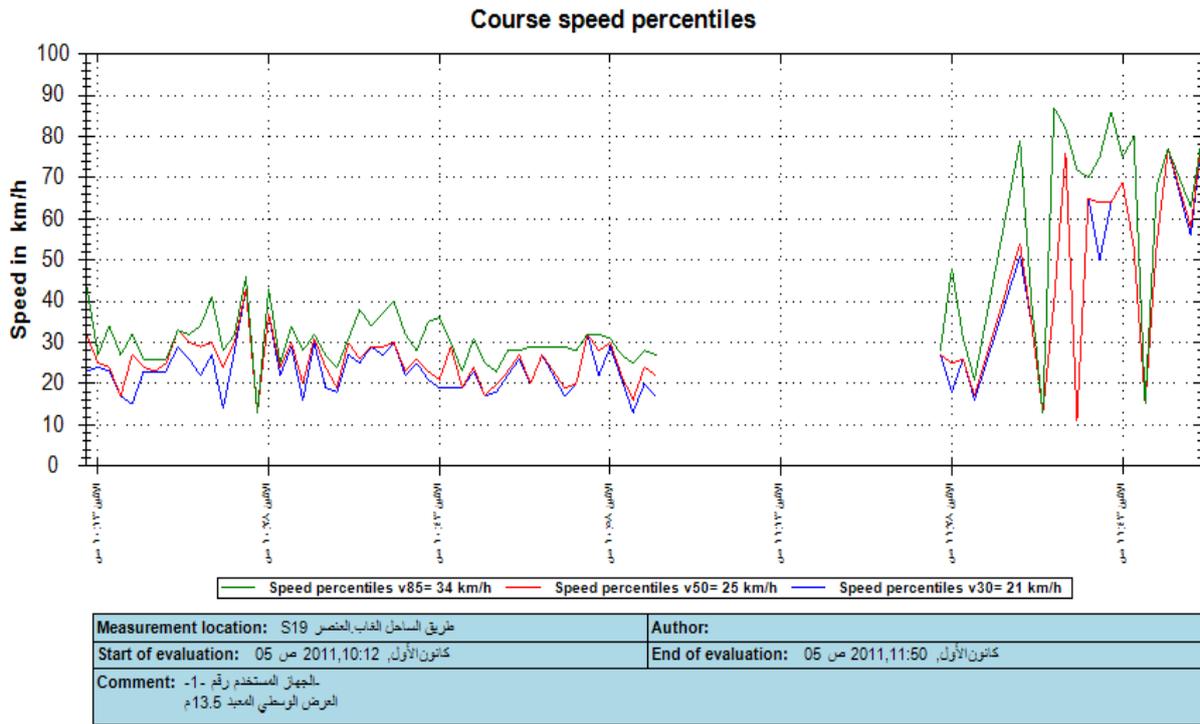
الشكل (4-38) السرعة العملية النسبية V_{85} عند العنصر S_{13} (طريق الساحل الغاب)



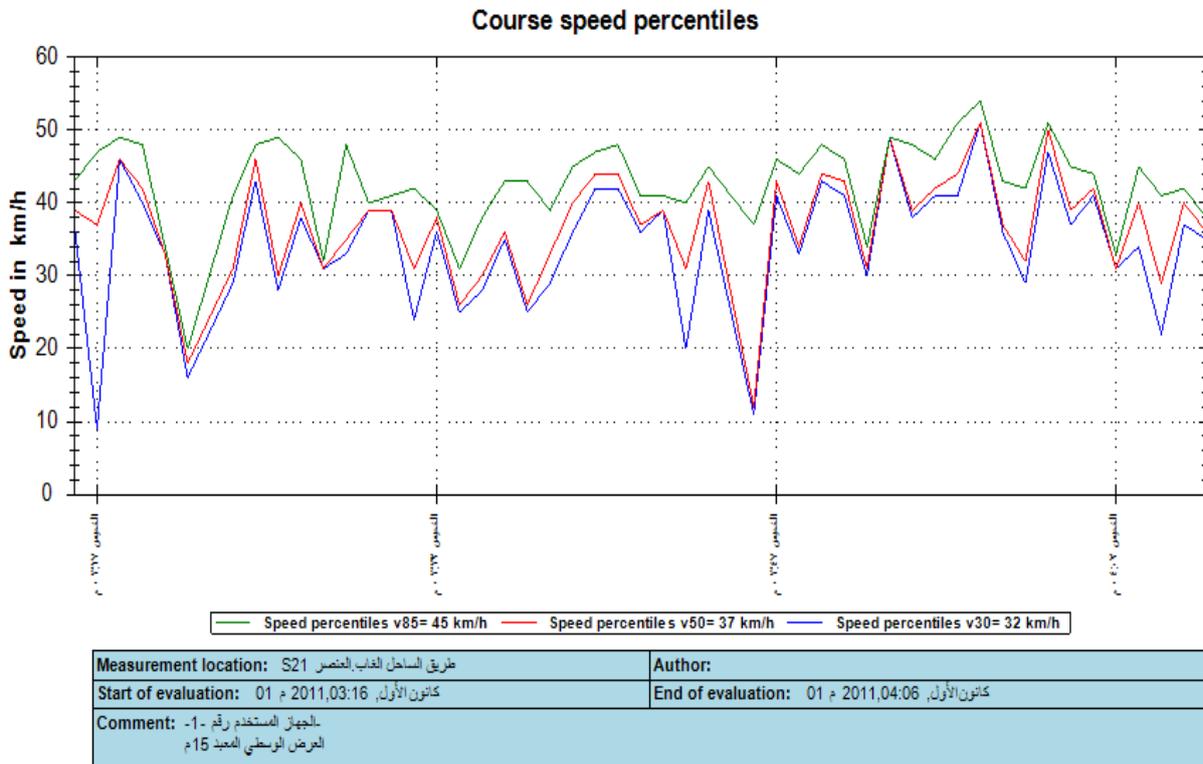
الشكل (39-4) السرعة العملية النسبية V_{85} عند العنصر S_{15} (طريق الساحل الغاب)



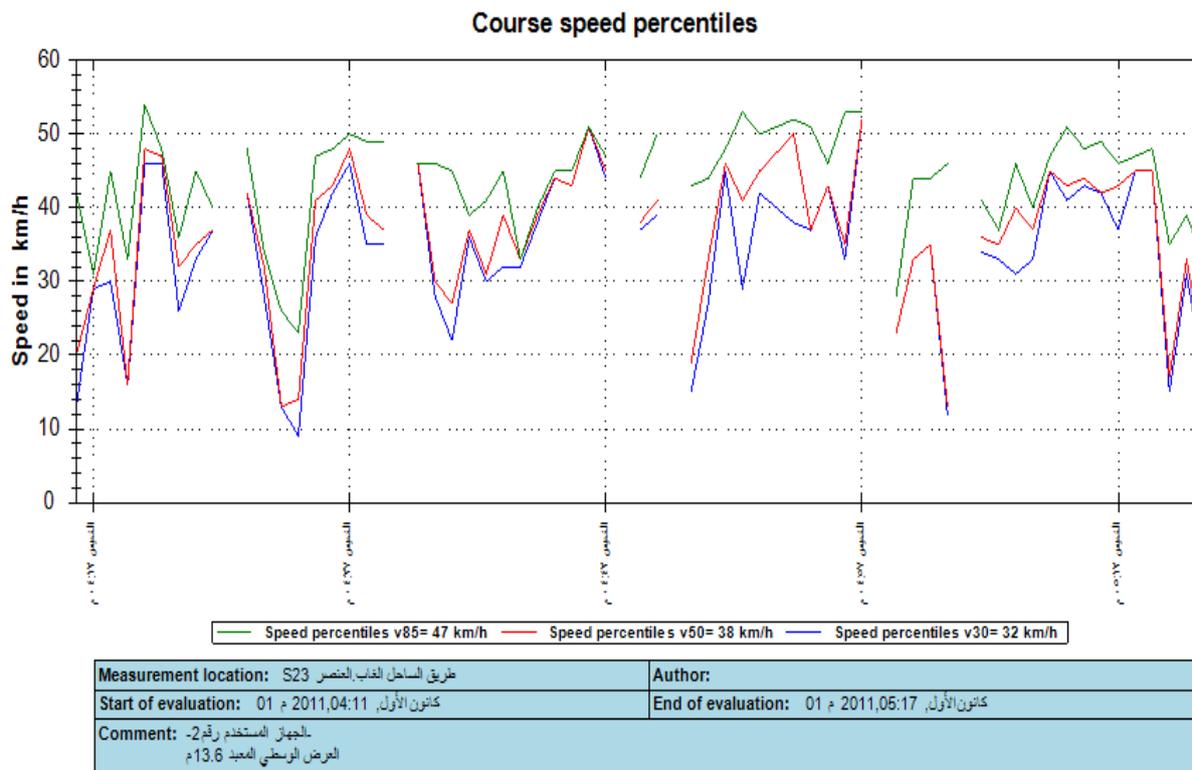
الشكل (40-4) السرعة العملية النسبية V_{85} عند العنصر S_{17} (طريق الساحل الغاب)



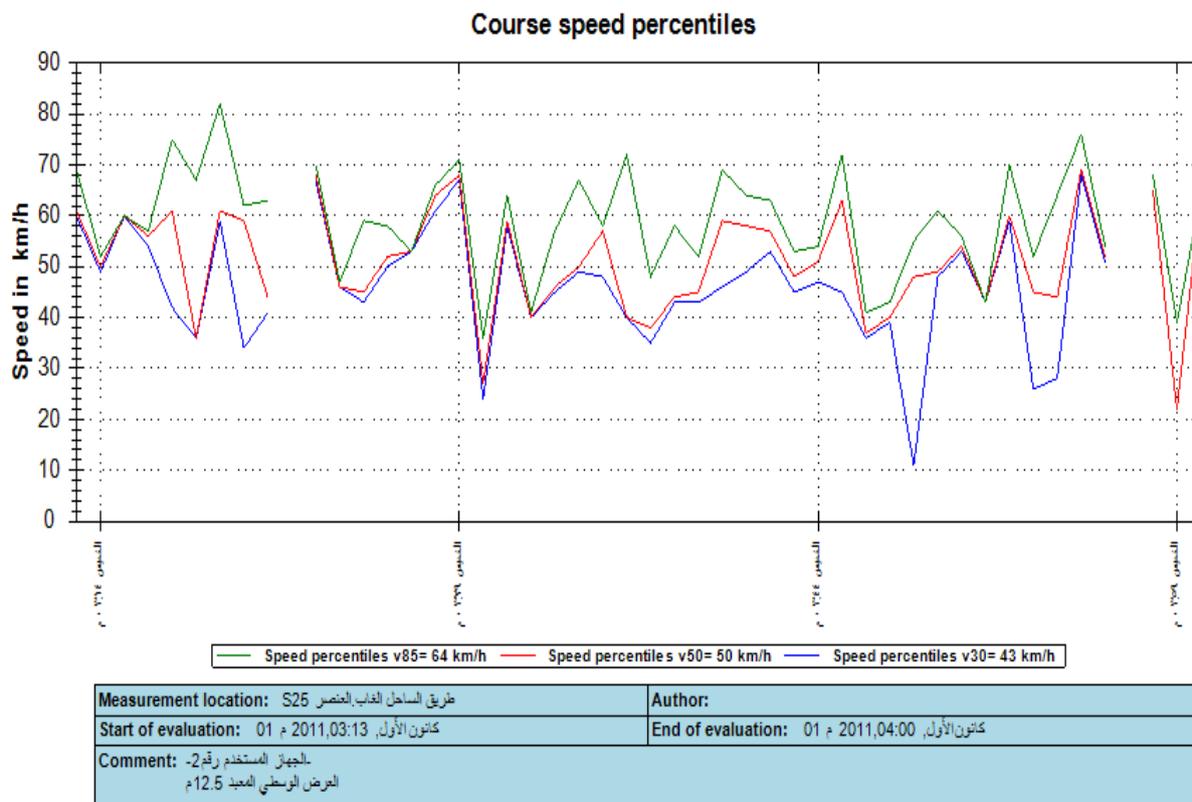
الشكل (4-41) السرعة العملية النسبية V_{85} عند الغنصر S_{19} (طريق الساحل الغاب)



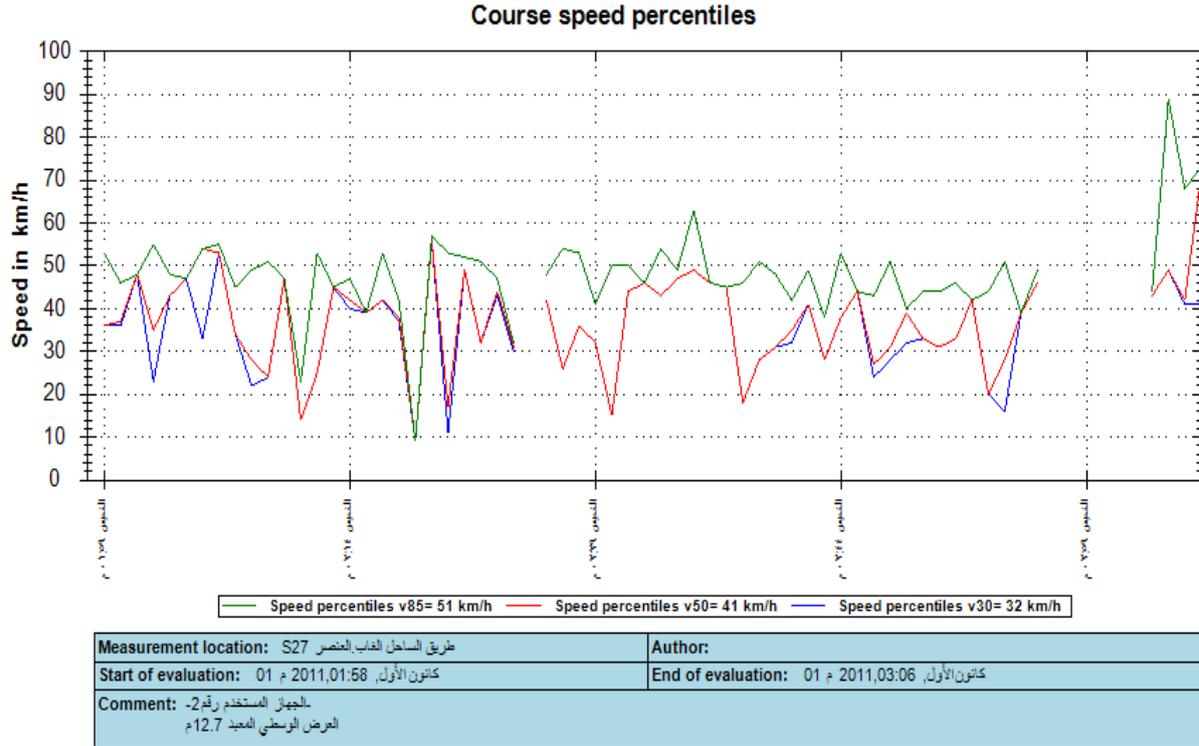
الشكل (4-42) السرعة العملية النسبية V_{85} عند الغنصر S_{21} (طريق الساحل الغاب)



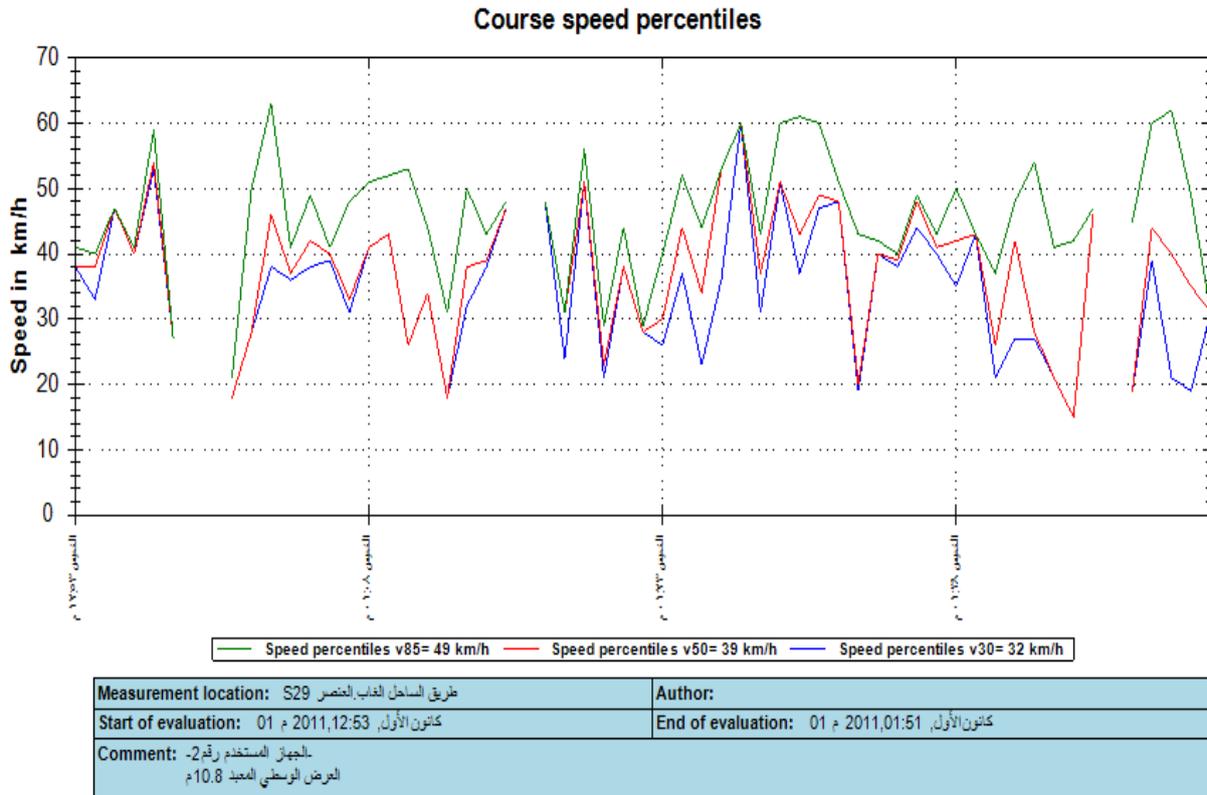
الشكل (4-4) السرعة العملية النسبية V_{85} عند العنصر S_{23} (طريق الساحل الغاب)



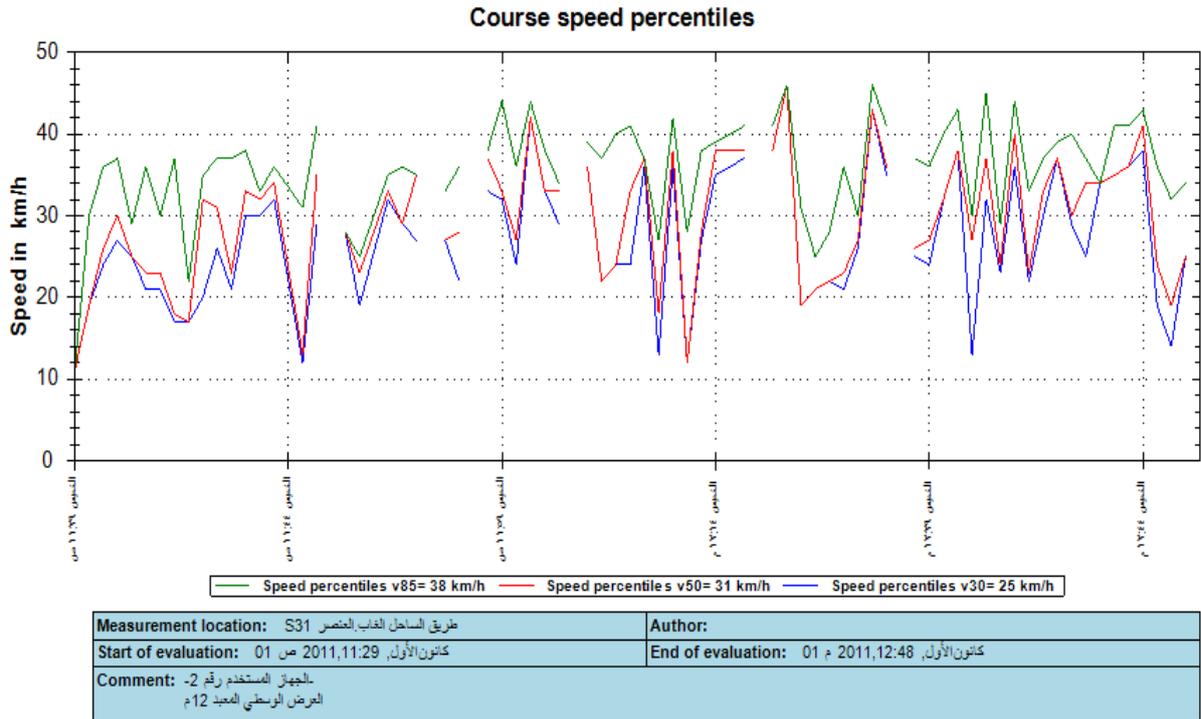
الشكل (4-4) السرعة العملية النسبية V_{85} عند العنصر S_{25} (طريق الساحل الغاب)



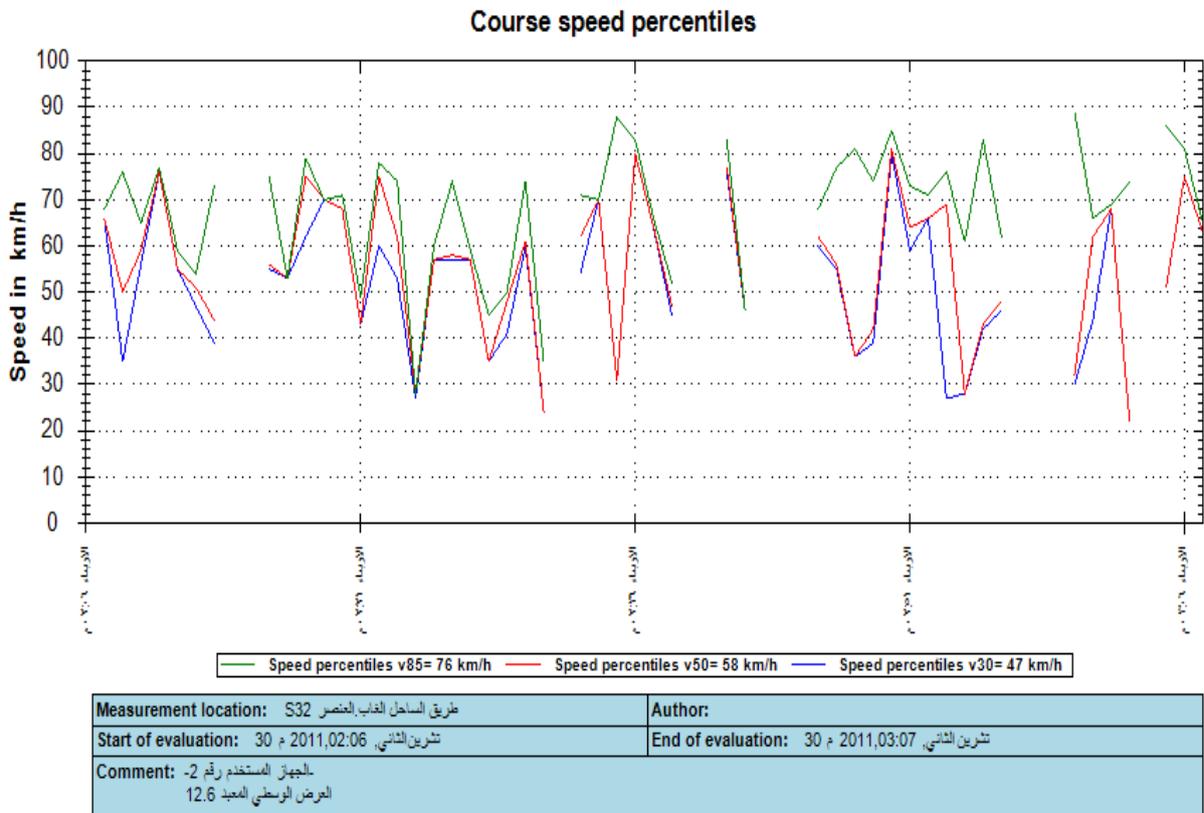
الشكل (4-4) السرعة العملية النسبية V_{85} عند العنصر S27 (طريق الساحل الغاب)



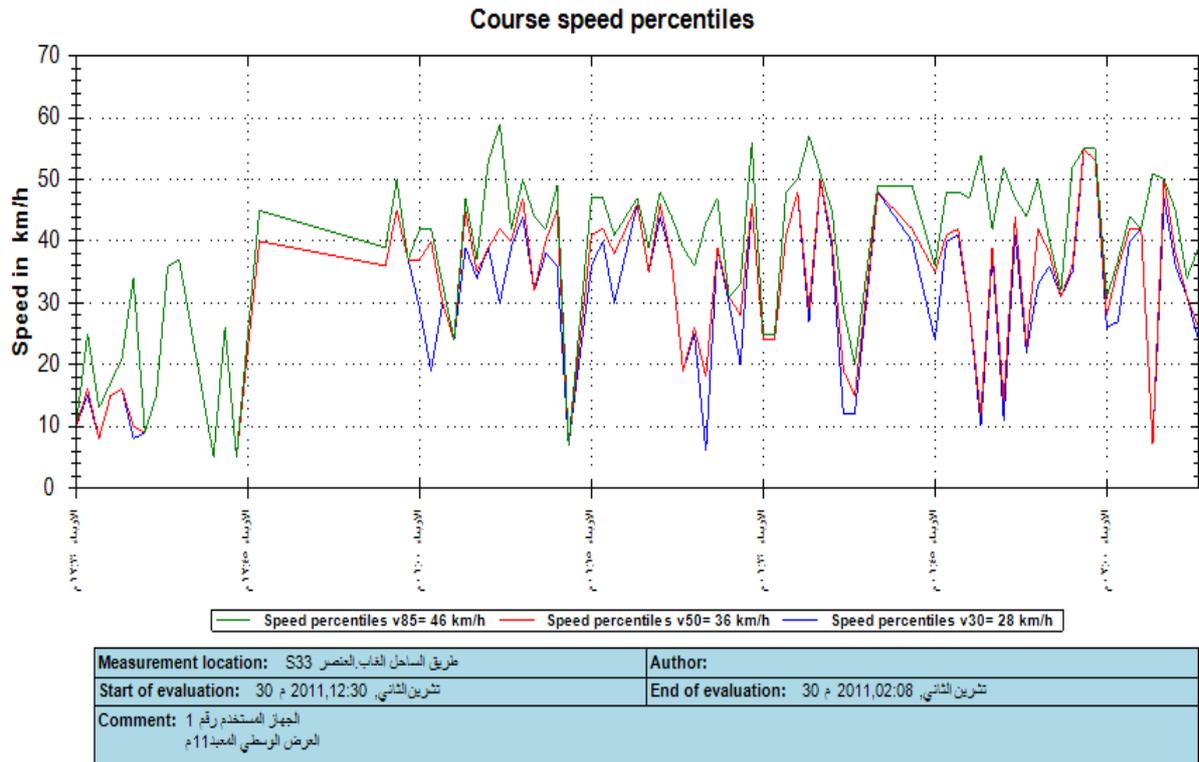
الشكل (4-4) السرعة العملية النسبية V_{85} عند العنصر S29 (طريق الساحل الغاب)



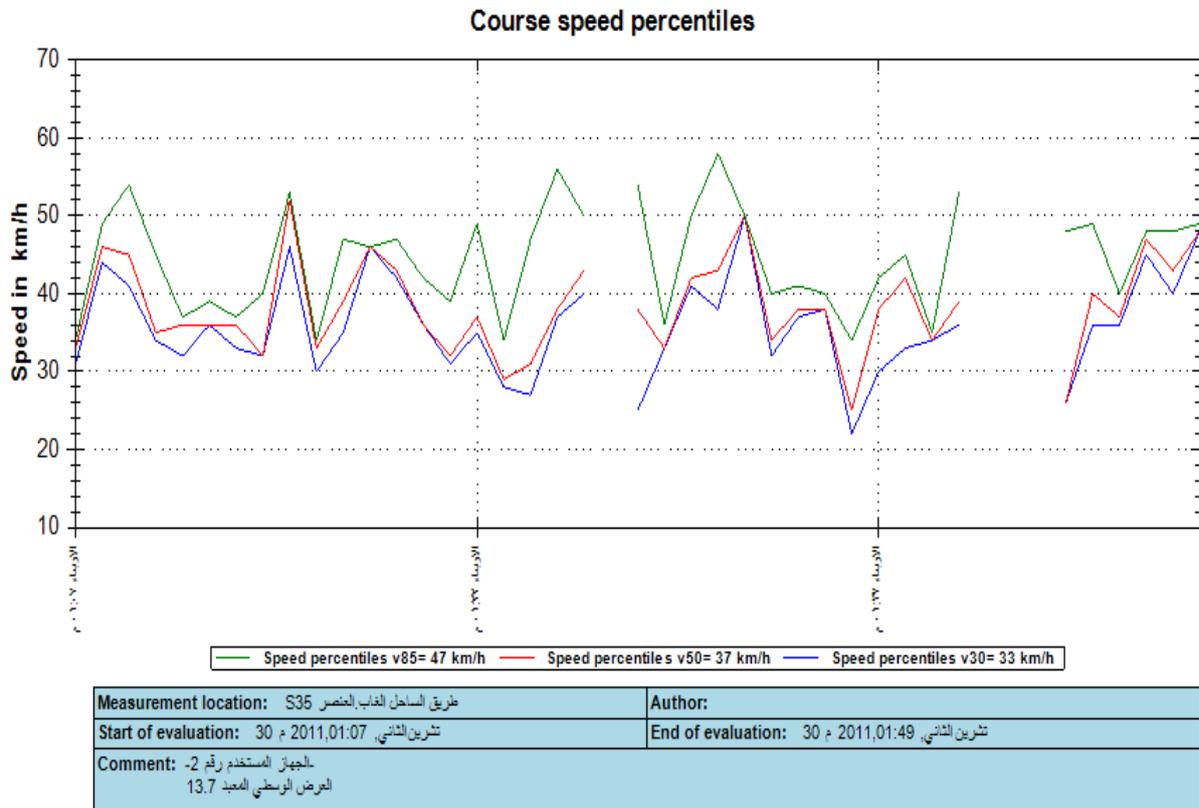
الشكل (4-47) السرعة العملية النسبية V_{85} عند العنصر S_{31} (طريق الساحل الغاب)



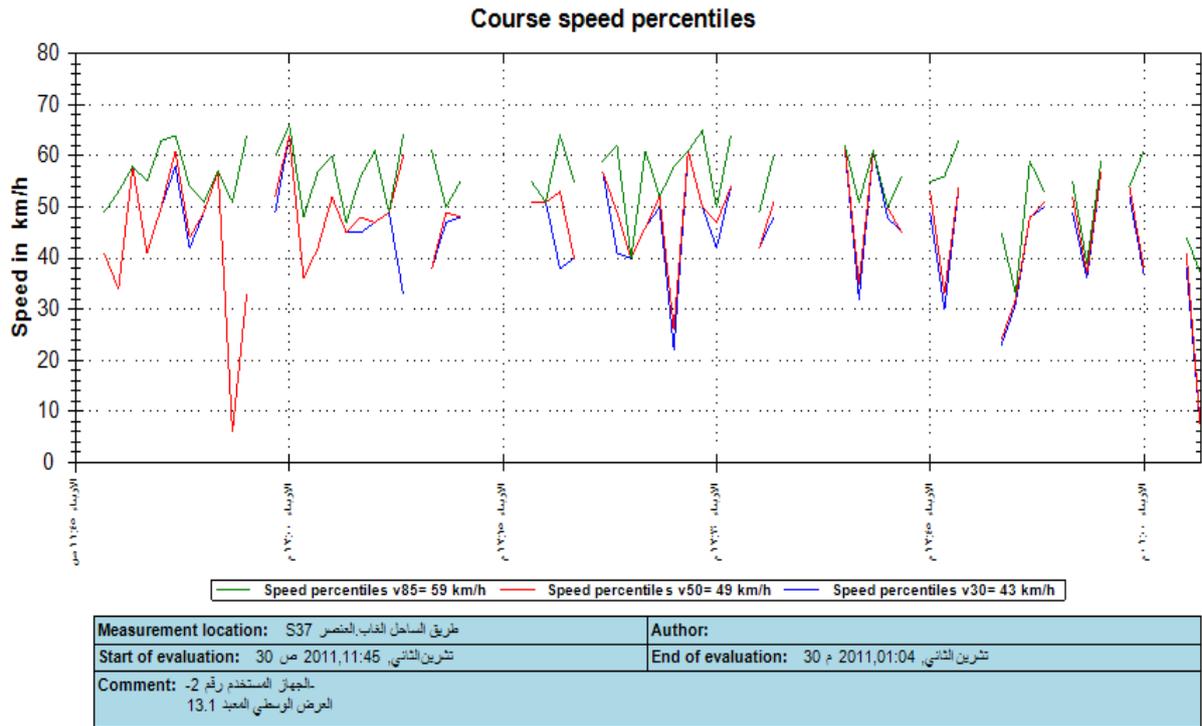
الشكل (4-48) السرعة العملية النسبية V_{85} عند العنصر S_{32} (طريق الساحل الغاب)



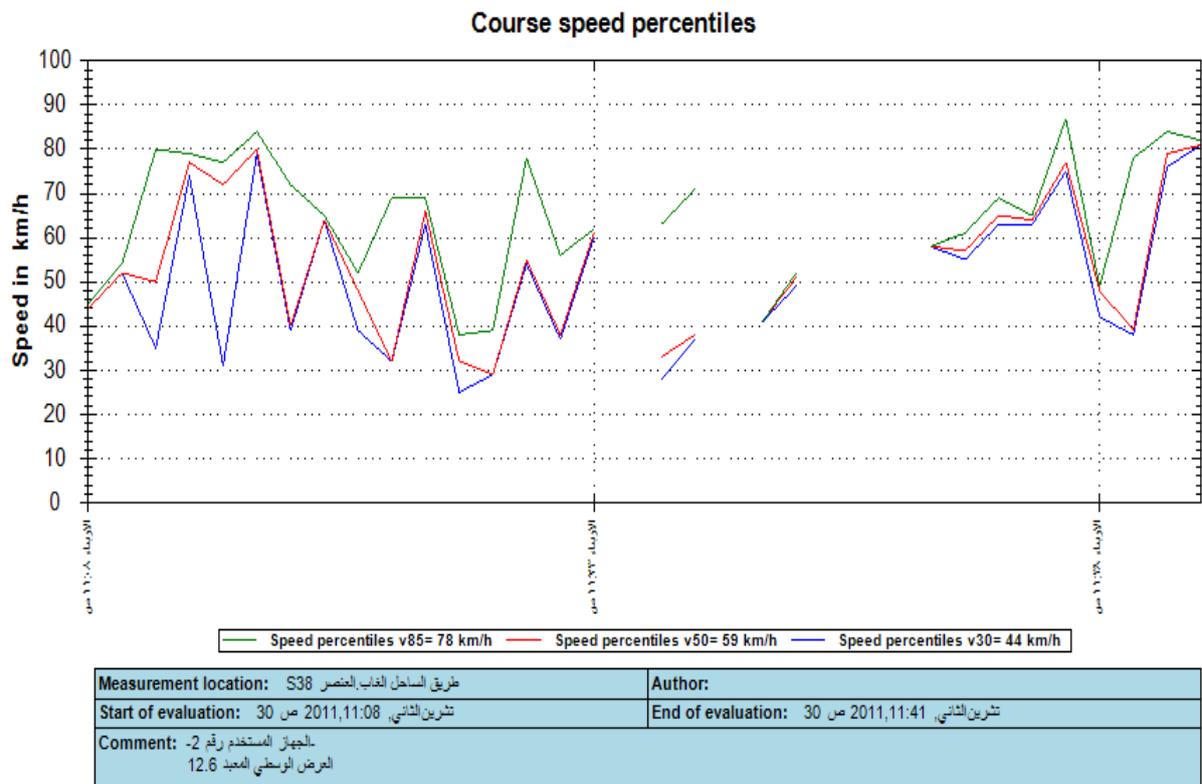
الشكل (4-49) السرعة العملية النسبية V_{85} عند العنصر S_{33} (طريق الساحل الغاب)



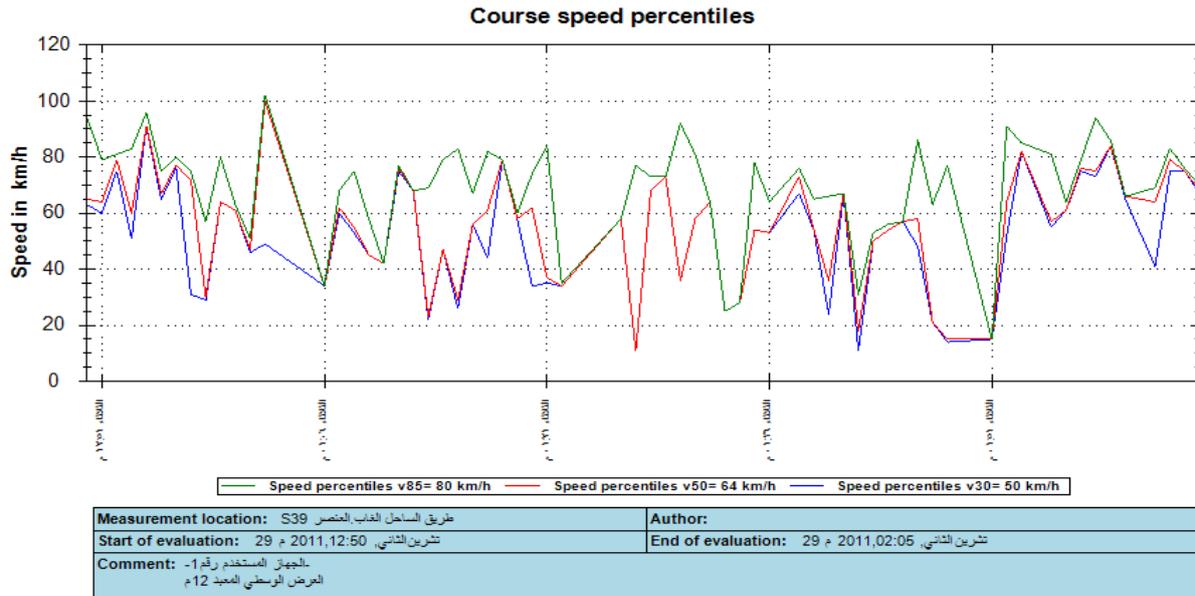
الشكل (4-50) السرعة العملية النسبية V_{85} عند العنصر S_{35} (طريق الساحل الغاب)



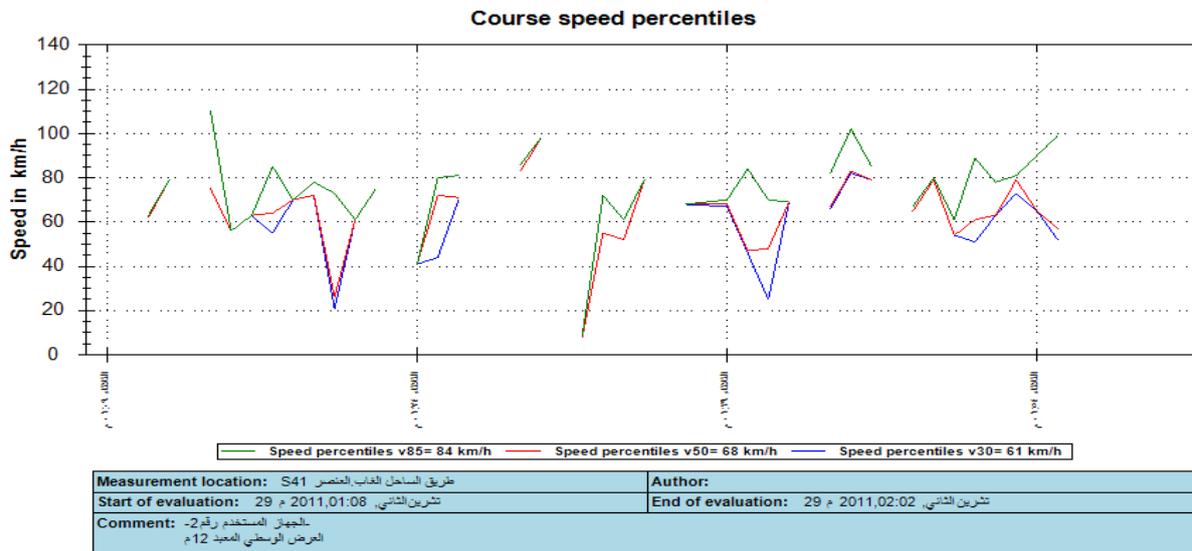
الشكل (4-51) السرعة العملية النسبية V_{85} عند العنصر S_{37} (طريق الساحل الغاب)



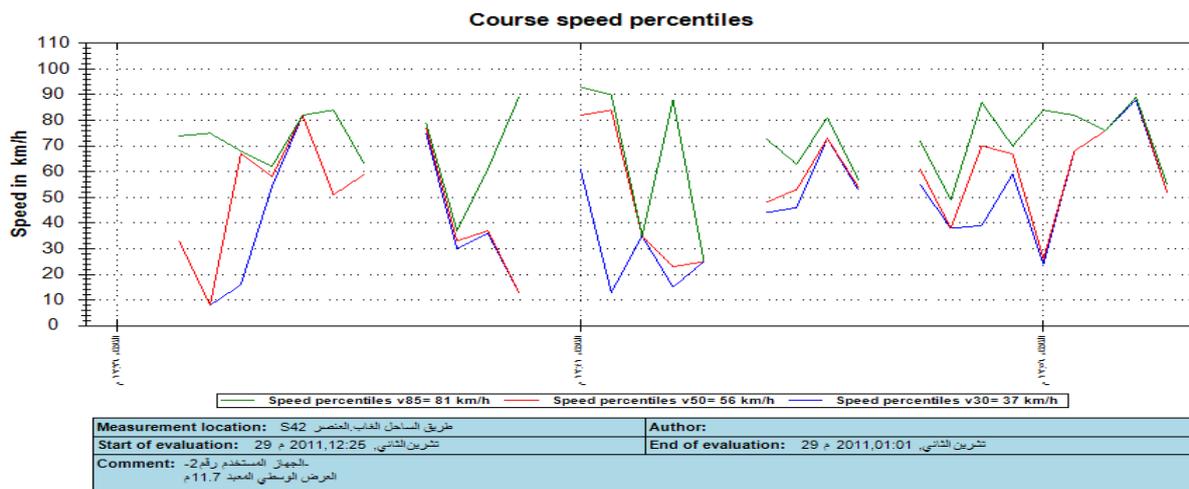
الشكل (4-52) السرعة العملية النسبية V_{85} عند العنصر S_{38} (طريق الساحل الغاب)



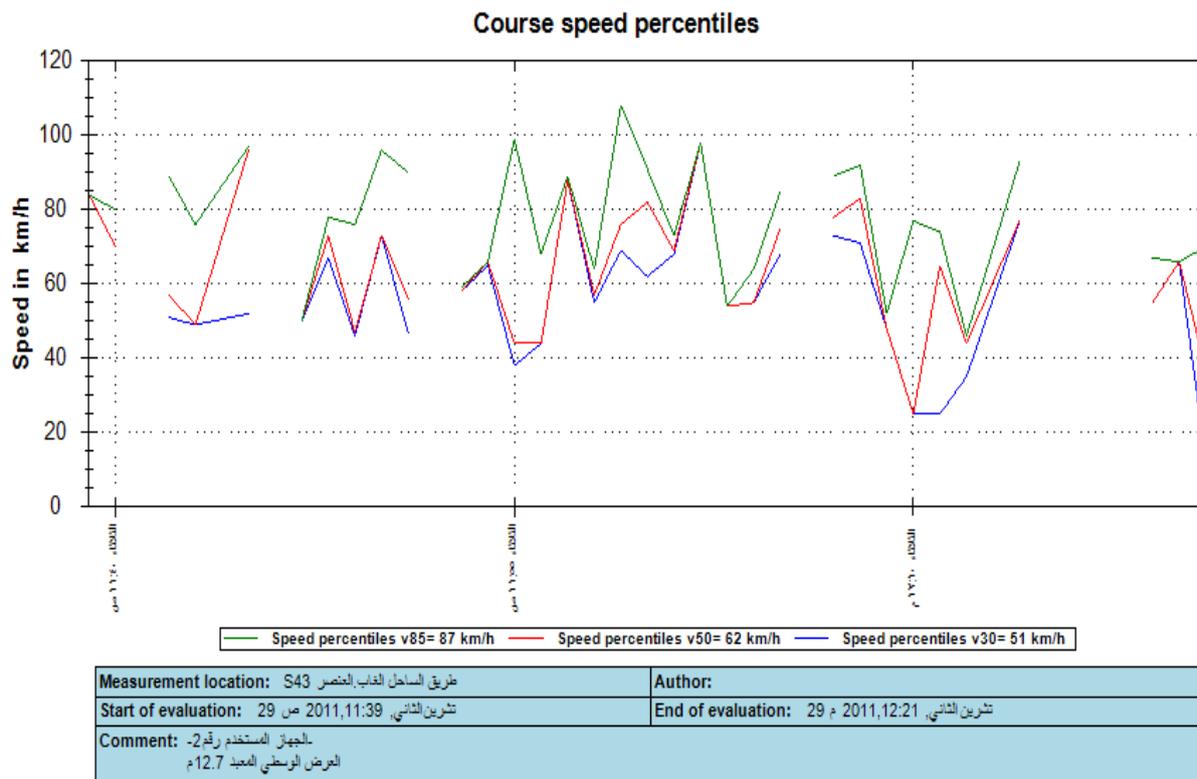
الشكل (4-53) السرعة العملية النسبية V_{85} عند العنصر S_{39} (طريق الساحل الغاب)



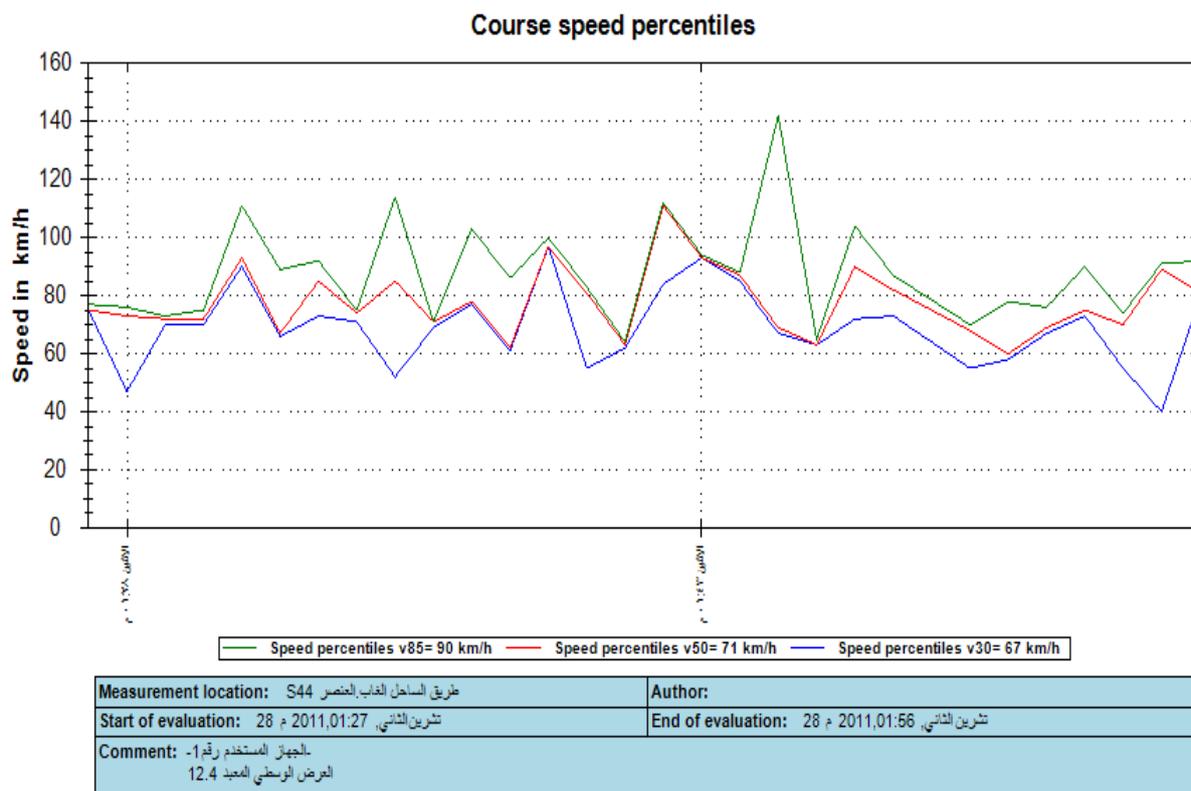
الشكل (4-54) السرعة العملية النسبية V_{85} عند العنصر S_{41} (طريق الساحل الغاب)



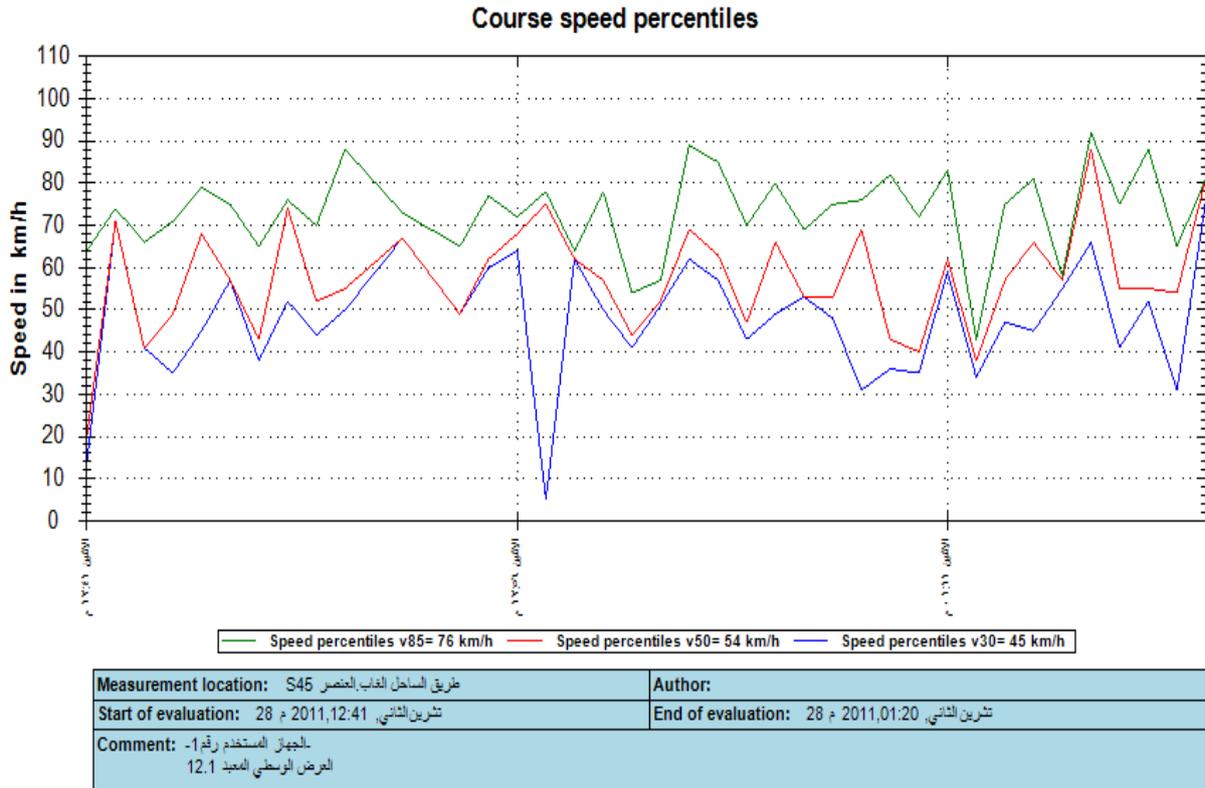
الشكل (4-55) السرعة العملية النسبية V_{85} عند العنصر S_{42} (طريق الساحل الغاب)



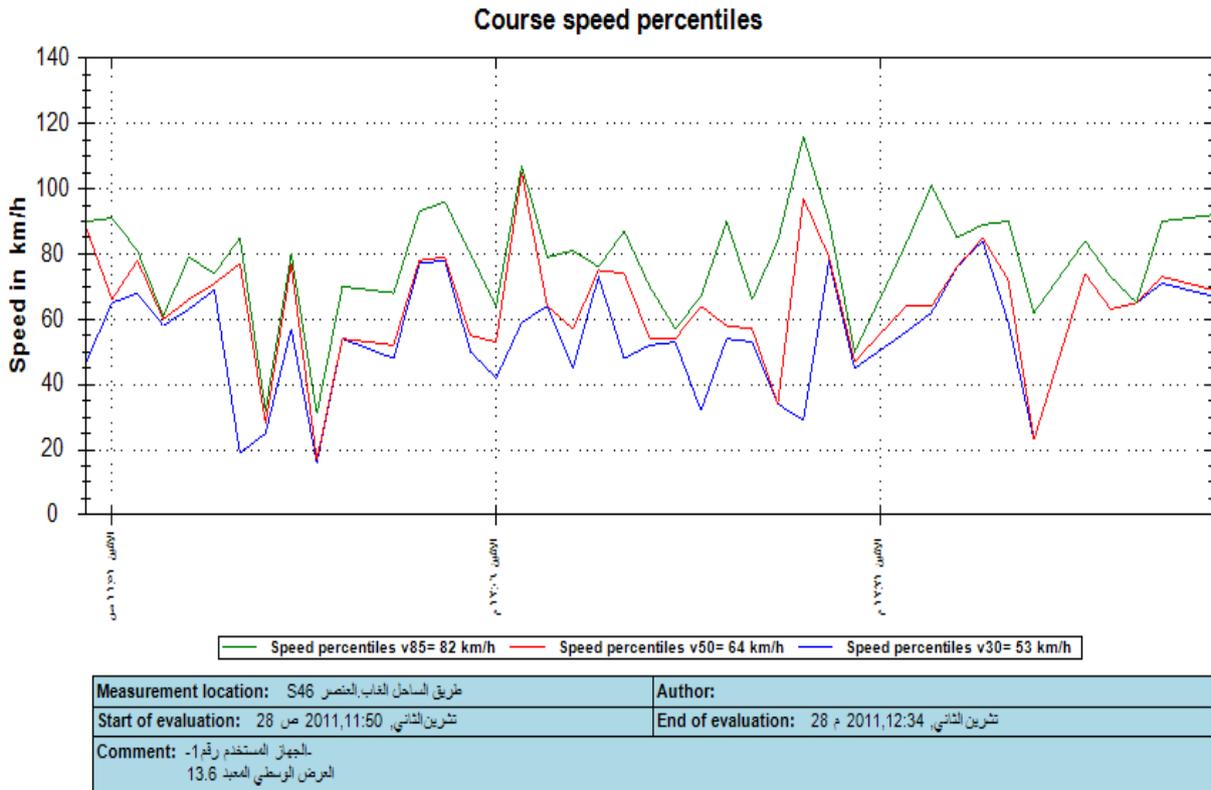
الشكل (4-56) السرعة العملية النسبية V_{85} عند العنصر S_{43} (طريق الساحل الغاب)



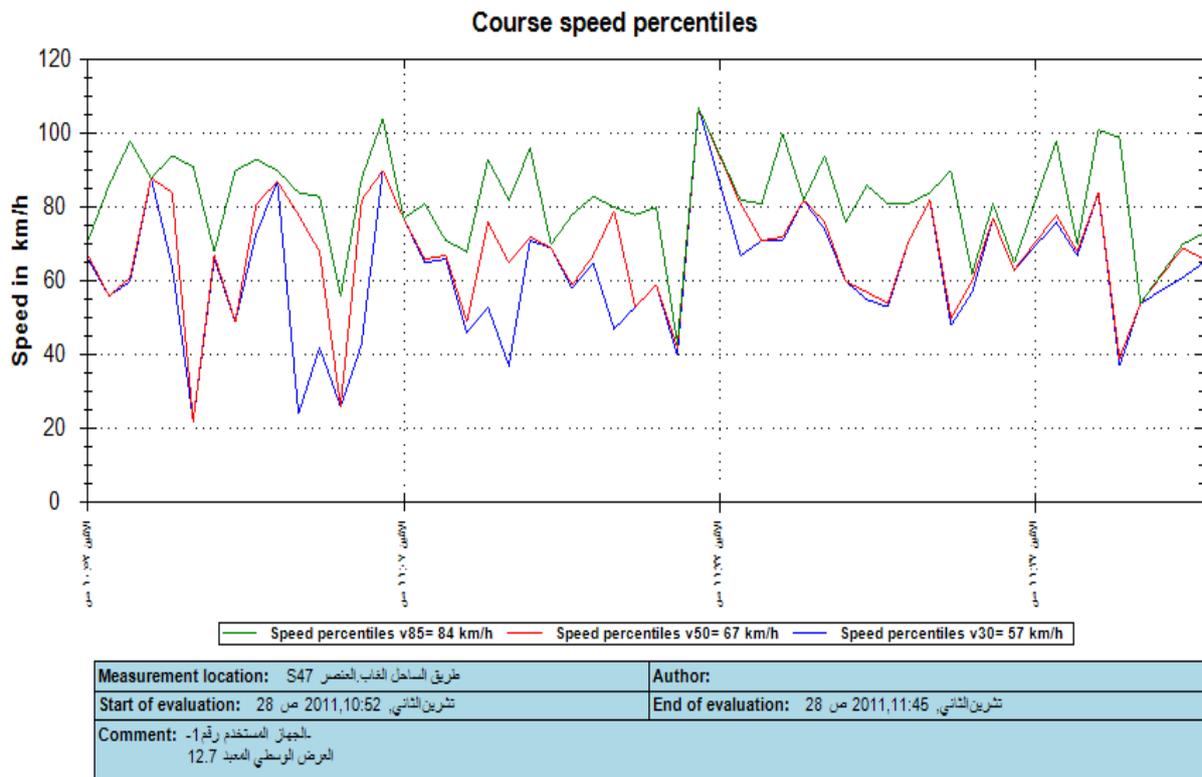
الشكل (4-57) السرعة العملية النسبية V_{85} عند العنصر S_{44} (طريق الساحل الغاب)



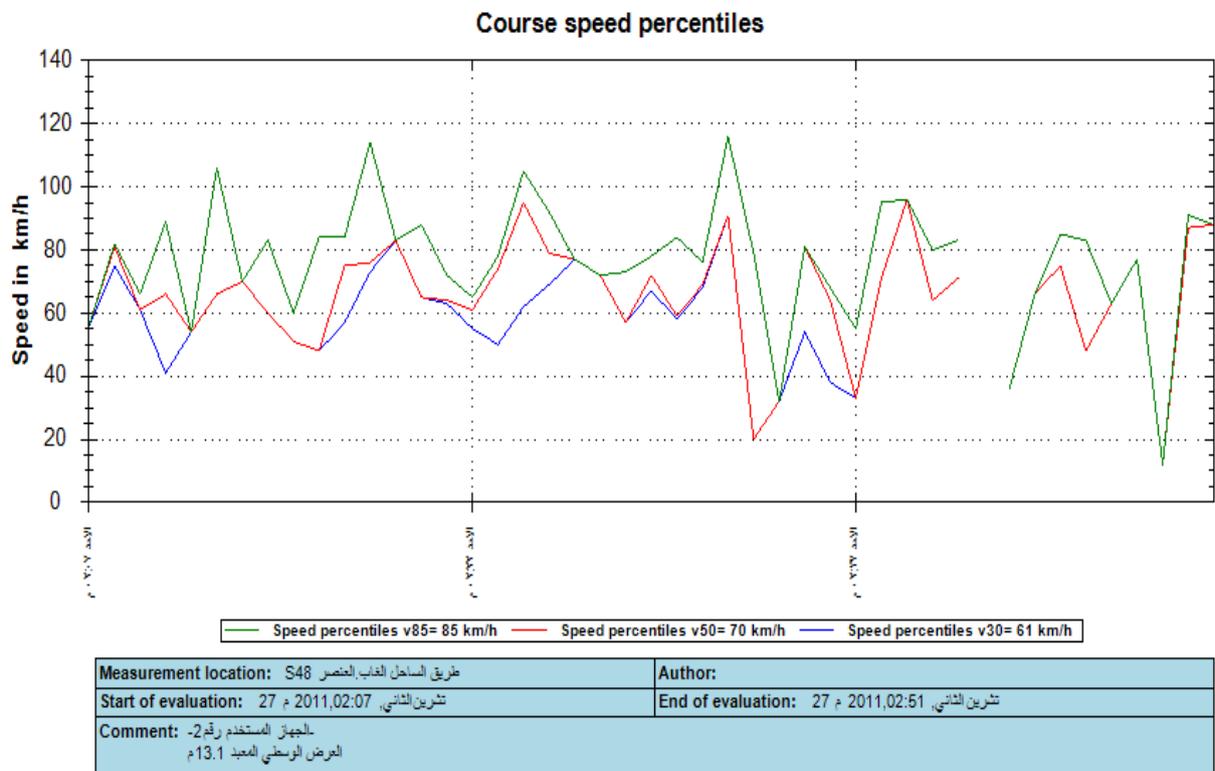
الشكل (4-58) السرعة العملية النسبية V_{85} عند العنصر S_{45} (طريق الساحل الغاب)



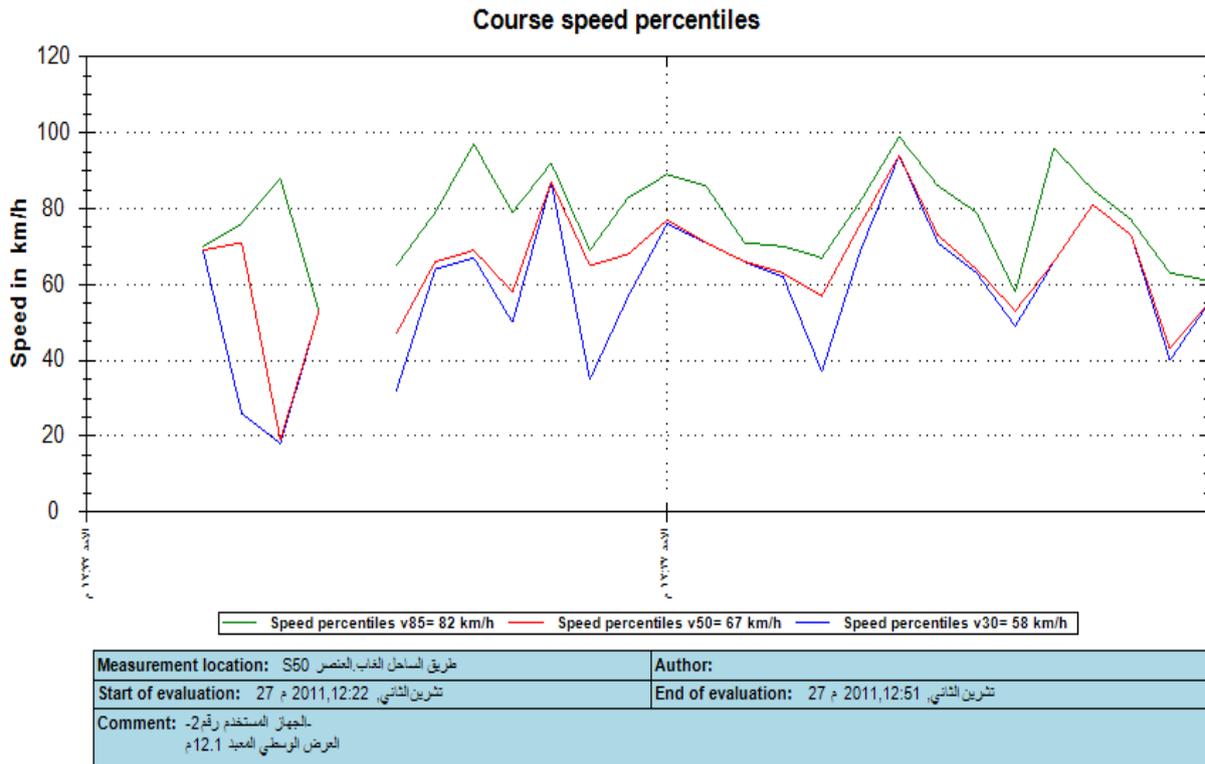
الشكل (4-59) السرعة العملية النسبية V_{85} عند العنصر S_{46} (طريق الساحل الغاب)



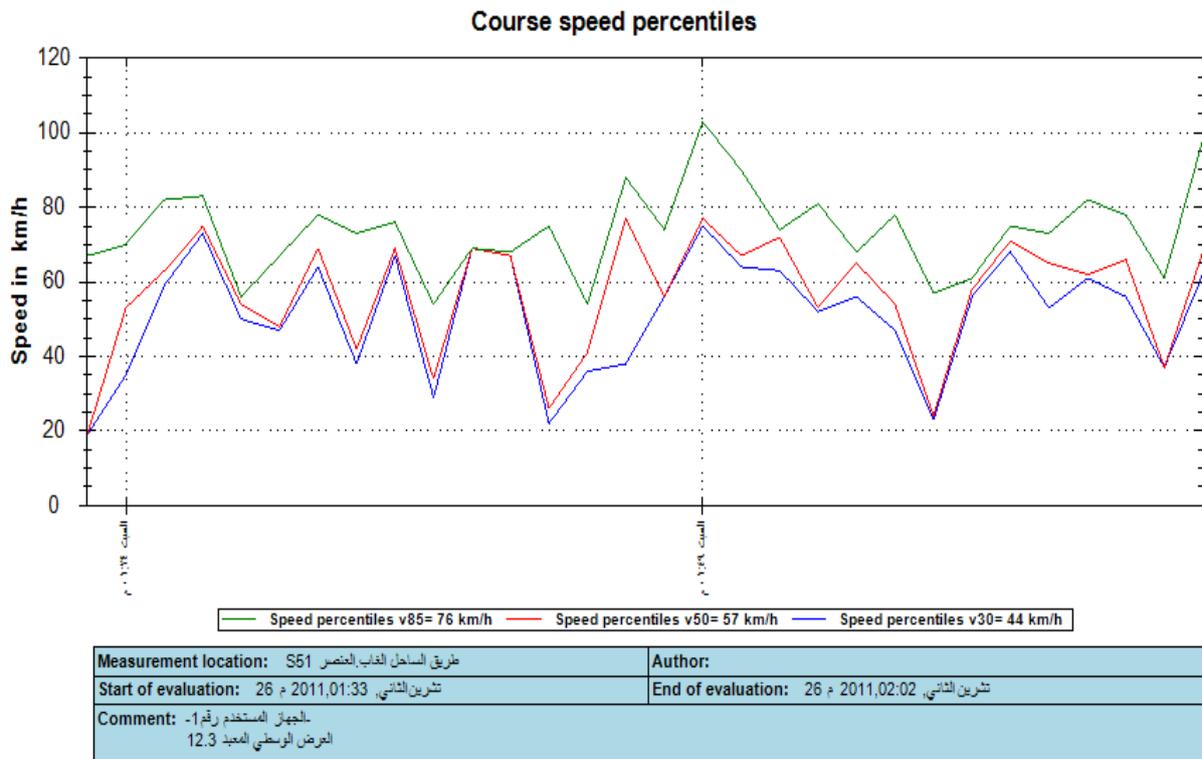
الشكل (4-60) السرعة العملية النسبية V_{85} عند العنصر S_{47} (طريق الساحل الغاب)



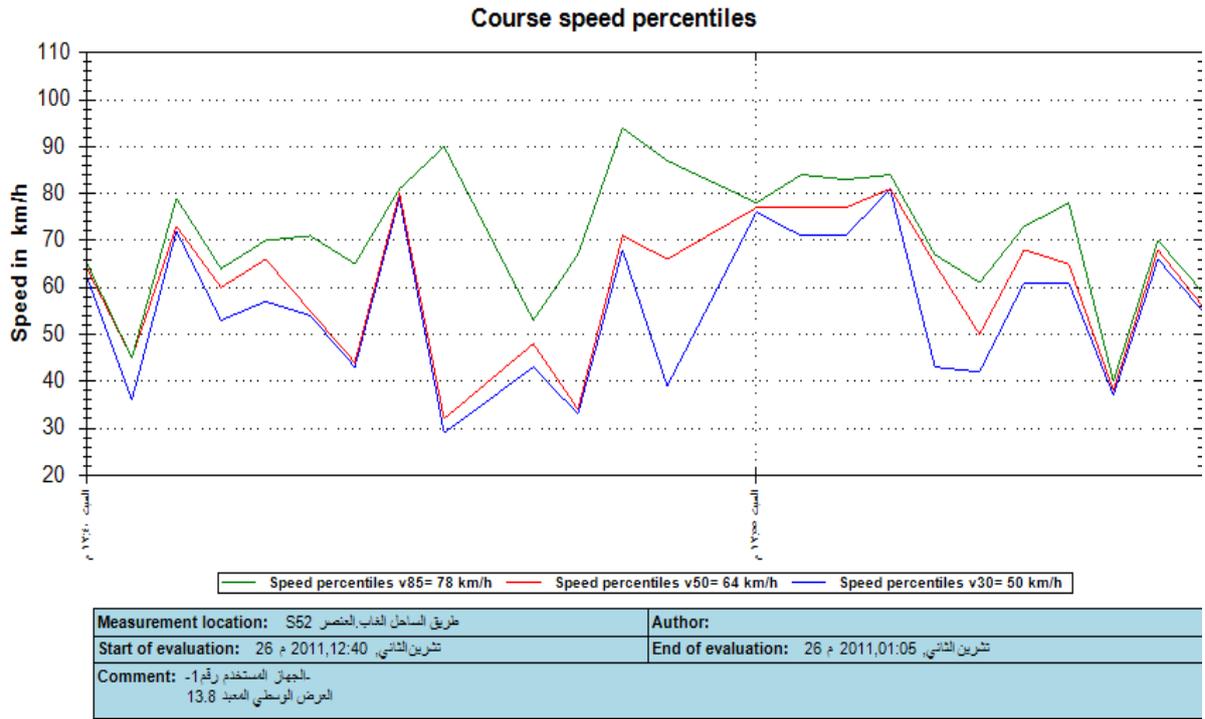
الشكل (4-61) السرعة العملية النسبية V_{85} عند العنصر S_{48} (طريق الساحل الغاب)



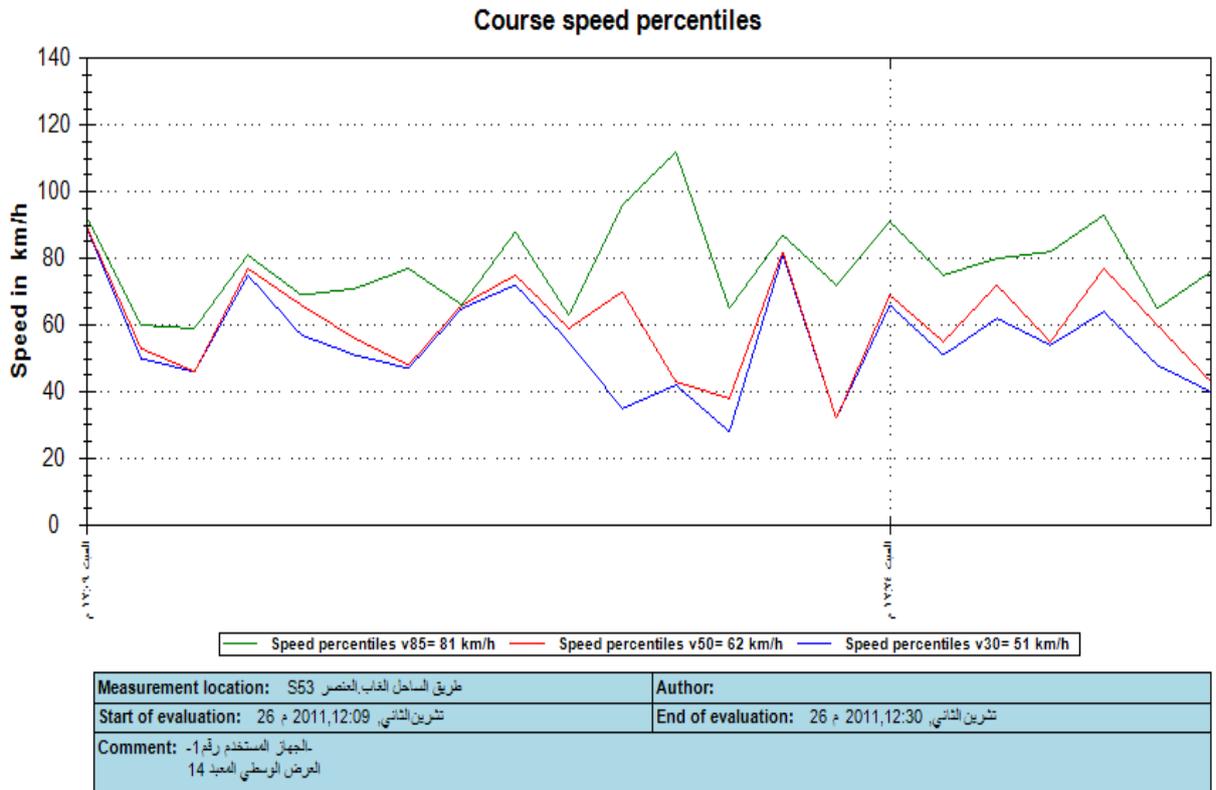
الشكل (4-62) السرعة العملية النسبية V_{85} عند العنصر S_{50} (طريق الساحل الغاب)



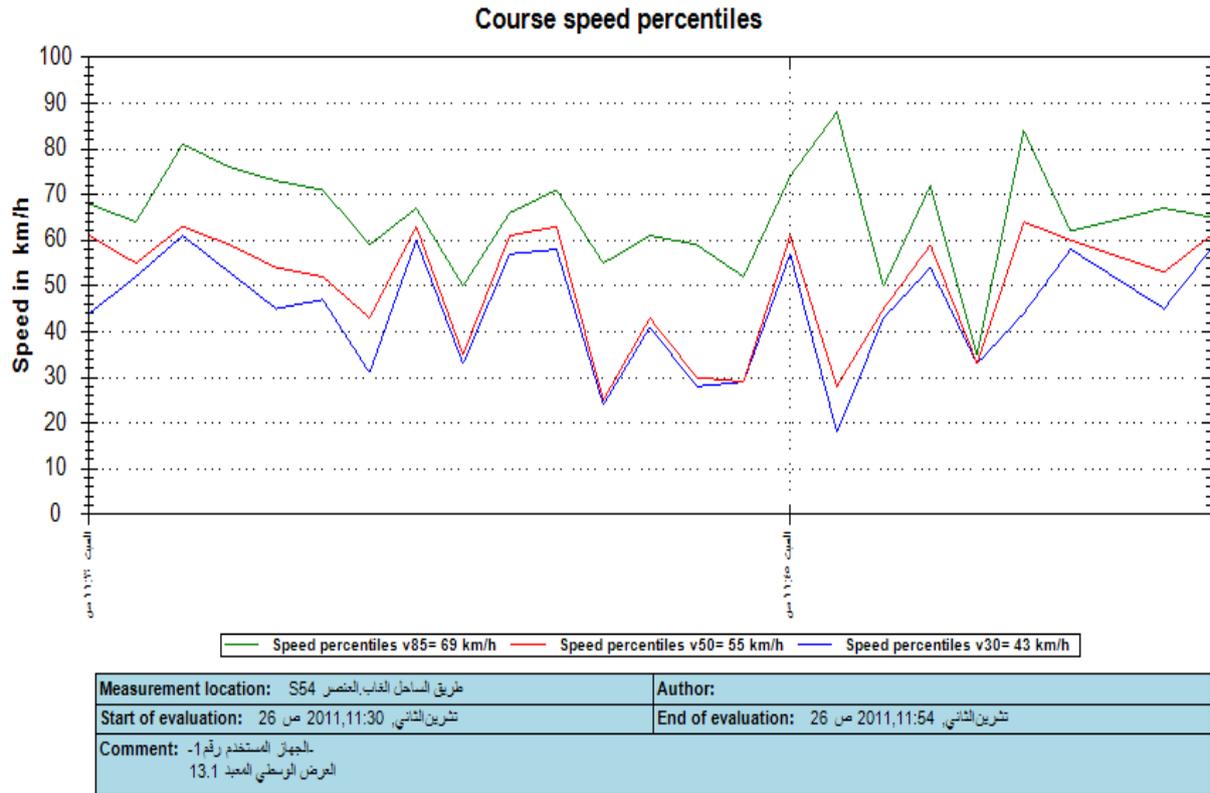
الشكل (4-63) السرعة العملية النسبية V_{85} عند العنصر S_{51} (طريق الساحل الغاب)



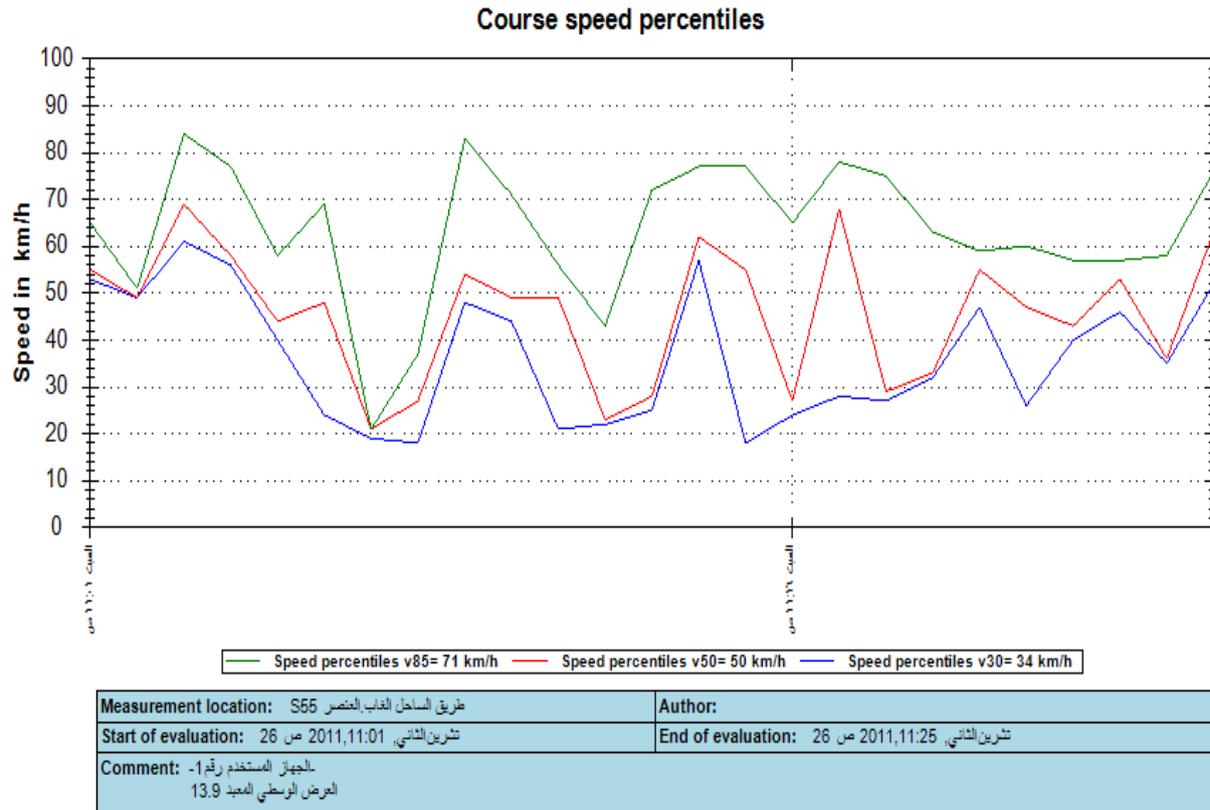
الشكل (4-64) السرعة العملية النسبية V_{85} عند العنصر S_{52} (طريق الساحل الغاب)



الشكل (4-65) السرعة العملية النسبية V_{85} عند العنصر S_{53} (طريق الساحل الغاب)



الشكل (4-66) السرعة العملية النسبية V_{85} عند العنصر S_{54} (طريق الساحل الغاب)



الشكل (4-67) السرعة العملية النسبية V_{85} عند العنصر S_{55} (طريق الساحل الغاب)

الفصل الخامس

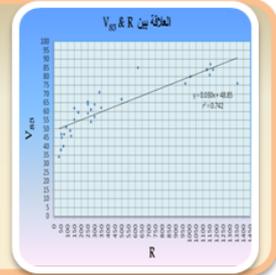
استنتاج معادلات التنبؤ بالسرعة العملية بالعلاقة مع العناصر الهندسية للمسار الأفقي

1-5 التنبؤ ومعادلات التراجع

- 1-1-5- مفهوم الارتباط (Correlation) والتراجع (Regression) والتنبؤ
- 2-1-5- خط التراجع (Regression Line)
- 3-1-5- معامل الارتباط ومعامل التحديد
- 4-1-5- التحقق من فعالية التنبؤ

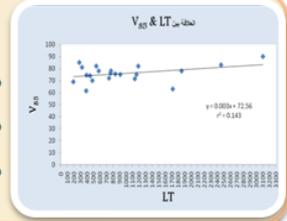
2-5- دراسة تأثير نصف قطر المنعطف الأفقي على السرعة العملية

- 1-2-5- المرحلة الأولى استنتاج المعادلات التنبؤية
- 2-2-5- المرحلة الثانية التحقق من صحة المعادلة المستنتجة



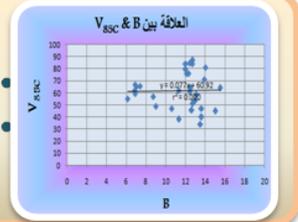
3-5- دراسة تأثير الاستقامة على السرعة العملية

- 1-3-5- تأثير طول الاستقامة
- 2-3-5- تحديد طول الاستقامة الطويلة
- 3-3-5- تحديد السرعة المطلوبة



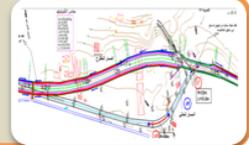
4-5- دراسة تأثير عرض الطريق المعبد على السرعة العملية

- 1-4-5- تأثير عرض الطريق المعبد على السرعة العملية على المنعطفات
- 2-4-5- تأثير عرض الطريق المعبد على السرعة العملية على الاستقامة



6-5- تحديد المجال الأمثل لاختيار نصف قطر المنعطف الأفقي

7-5- التطبيق العملي لنتائج البحث



8-5- النتائج النهائية والتوصيات

استنتاج معادلات التنبؤ بالسرعة العملية بالعلاقة مع العناصر الهندسية للمسار الأفقي

تم في هذا الفصل استنتاج معادلات التنبؤ بالسرعة العملية V_{85} ، ودراسة تأثير العناصر الهندسية للمسار الأفقي (نصف قطر المنعطف الأفقي، طول الاستقامة و عرض الطريق المعبد) على السرعة العملية، واستنتاج معادلات التراجع للتنبؤ بالسرعة العملية من خلال الربط بين البيانات الهندسية الموضحة في الفصل الثالث، والبيانات الحقلية لقيمة السرعة العملية V_{85} التي تم إيجادها في الفصل الرابع، كما تم تقييم مستوى التصميم على أجزاء من الطرق المدروسة وفق معايير السلامة وإظهار جانب من التطبيق العملي لمشروع البحث في تحديد المجال الأمثل لاختيار أنصاف أقطار المنعطفات الأفقية.

5-1- التنبؤ ومعادلات التراجع

5-1-1- مفهوم الارتباط (Correlation) والتراجع (Regression) والتنبؤ (Prediction)

يقصد بالارتباط (Correlation) قياس مدى التلازم والارتباط بين متغيرين مستقلين، فإذا كان التغير في المقدارين في الاتجاه نفسه يكون الارتباط طردياً، أما إذا كان التغير في اتجاهين مختلفين فالارتباط عكسي.

يعد التراجع (Regression) من الموضوعات الإحصائية الهامة، ويعني تحديد العلاقة بين x و y ووضعها بشكل معادلة بحيث يمكن التنبؤ منها عن y بدلالة x ، وهو أسلوب يفيد في عمليات التنبؤ، فالتنبؤ (Prediction) هو طريقة عملية في البحث للوصول إلى المعرفة، ومعناه تقدير بيانات معروفة مبنية على بيانات معروفة، وذات صلة بالظاهرة المدروسة، ويسمى المتغير المُنبئ " المتغير المستقل" والمتغير المُتنبأ " بالمتغير التابع" [3].

5-1-2- خط التراجع (Regression Line)

إن شكل الانتشار يدل الباحث على وجود علاقة بين المتغيرين، وخط التراجع هو خط مستقيم يمر عبر أو قرب أكبر عدد من النقاط، وتحكمه معادلة إحصائية من الشكل:

$$y = bx + a$$

حيث:

y : هي المتغير التابع.

x : المتغير المستقل.

b : معامل التراجع: وهو عبارة عن ميل خط الانحدار ويعبر عن معدل التغير في y عندما تتغير قيم x وحدة واحدة.

a : معدل تغير y عندما $x=0$.

5-1-3- معامل الارتباط ومعامل التحديد

يعبر معامل الارتباط عن الارتباط الخطي بين المتغيرين x و y تتراوح قيمته بين $[-1, +1]$ فعندما يكون

- $r > 0.9$ الارتباط بين المتغيرين متين جداً.
- $0.8 \leq r \leq 0.9$ الارتباط متين.
- $0.7 \leq r \leq 0.8$ الارتباط جيد.
- $r < 0.7$ الارتباط ضعيف.

تفسر قيم معامل الارتباط بشكل أفضل من خلال معامل التحديد r^2 والذي قيمته تساوي مربع عامل الارتباط r وتتراوح قيمته بين $[0, +1]$ ، وكلما كانت قيمته قريبة من الواحد كان التمثيل بواسطة المعادلة الناتجة صحيحاً، وتعتبر قيمة معامل التحديد عن ذلك الجزء من التباين لأحد المتغيرين الذي يمكن تحديده، أو التنبؤ به باستخدام المتغير الآخر، فمثلاً إذا كان معامل الارتباط $r = 0.8$ فإن قيمة معامل التحديد $r^2 = 0.64$ وتعني أن هناك تباين مشترك بين المتغيرين نسبته 64 %، أو بمعنى آخر إن 64 % من التباين في قيمة y يقترن بالمتغير x وهناك 36% من التباين في قيمة y يقترن بعوامل أخرى مختلفة عن المتغير x ويسمى هذا المقدار معامل الاغتراب k^2 حيث $(k^2 = 1 - r^2)$ [3].

5-1-4- التحقق من فعالية التنبؤ

إن الحصول على معادلة لتمثيل العلاقة بين المتغيرين y , x لا يعني نهاية المطاف، إذ إنه يجب معرفة مدى فعالية هذه المعادلة في تمثيل العلاقة المذكورة، وذلك من خلال إيجاد البيانات الإحصائية التالية:

MAE متوسط الاختلاف المطلق (Mean absolute difference) = متوسط |المراقبة - التنبؤية|

MAPE متوسط الاختلاف المطلق النسبي (Mean absolute percent difference)

$$\text{MAPE} = \text{متوسط} \left| \frac{\text{التنبؤية} - \text{المراقبة}}{\text{التنبؤية}} \right| * 100\%$$

▪ Chi-Square Test: نوجد قيمة X^2 حيث :

$$X^2 = \sum_{i=1}^n \frac{(\hat{y}_i - y_i)^2}{\hat{y}_i}$$

فإذا كانت قيم X^2 أكبر من القيم الحدية ($X^2_{5\% \text{ Critical}}$) المأخوذة من جداول قياسية عندها يمكن أن نستنتج أن هناك اختلافاً إحصائياً هاماً بين القيم التنبؤية، والقيم المراقبة من أجل مجال الثقة المفروض.

ANOVA جدول تحليل

- مجموع المربعات الكلية (Sum of Squares) :

$$SST = \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2$$

- مجموع الانحرافات بسبب الانحدار :

$$SSR = \sum_{i=1}^n (\hat{y} - \bar{y})^2$$

- مجموع مربعات انحرافات الأخطاء :

$$SSE = SST - SSR$$

- تُرتب النتائج في جدول تحليل ANOVA كما يلي :

الجدول (1-5) جدول تحليل ANOVA لتقدير فعالية معادلة التنبؤ [3]

مصدر التباين	d.f	مجموع المربعات SS	متوسط مربعات الانحرافات MS	F̂
بسبب الانحدار SSR	1	$SSR = \sum_{i=1}^n (\hat{y} - \bar{y})^2$	$M_{SR} = \frac{SSR}{d.f}$	$\hat{F} = \frac{M_{SR}}{M_{SE}}$
بسبب الأخطاء SSE	n-2	$SSE = SST - SSR$	$M_{SE} = \frac{SSE}{d.f}$	
SST الكلي	n-1	$SST = \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2$		

حيث \hat{y} : قيم التنبؤية النظرية

\bar{y} : المتوسط الحسابي

y_i : القيم الفعلية المراقبة

الفرضية الابتدائية $H_0: r=0$ لا يوجد ارتباط ومعادلة الانحدار لا تعتبر دالة إحصائياً

الفرضية البديلة $H_1: r \neq 0$ ، ومستوى المعنوية $a = 0.05$

نوجد القيمة Fa من جداول فيشر (الموضحة في الملحق) عند مستوى دلالة 5% ، ودرجات حرية

d.f (n -2 & 1) ، إذا كانت قيمة F المحسوبة أكبر من Fa نرفض الفرضية البديلة الابتدائية H_0 ،

وبالتالي الانحدار ، أو الارتباط بين المتغيرين ارتباط حقيقي، ودال إحصائياً.

5-2- دراسة تأثير نصف قطر المنعطف الأفقي على السرعة العملية

تم في هذا البحث دراسة تأثير نصف قطر المنعطف الأفقي على السرعة العملية، وإيجاد المعادلة التنبؤية بالسرعة العملية التي تربط (R & V_{85}) باستخدام برنامج Excel، نماذج الانحدار (التراجع) تضمنت بالإضافة إلى نصف القطر متحولين في قيمته ($\frac{1}{R}, \sqrt{R}$)، المعيار الأساسي لاختيار النموذج التراجعي الأمثل هو قيمة معامل التحديد r^2 ، فكلما كانت قيمته أعلى دل على ارتباط أكبر بين التابع والمتحول، تمت الدراسة وفق مرحلتين:

المرحلة الأولى: استنتاج المعادلات التنبؤية بالسرعة العملية.

المرحلة الثانية: التحقق من صحة المعادلات التنبؤية.

5-2-1- المرحلة الأولى استنتاج المعادلات التنبؤية

شملت هذه المرحلة دراسة السرعة العملية على (36) منعطفاً أفقياً، منها (13) منعطفاً على طريق اللاذقية - بانياس القديم اعتباراً من العنصر ($P_{13}, P_{15} \leftarrow P_{39}$) و (23) منعطفاً على طريق الساحل الغاب اعتباراً من العنصر ($S_{11}, S_{13} \leftarrow S_{55}$).

تمت دراسة تأثير بعض المنعطفات الموجودة على طريق اللاذقية - بانياس القديم التي لا تحقق شروط الدراسة ($P_{17}, P_{19}, P_{23}, P_{35}$ كونها باتجاه واحد للحركة، و P_{29} عند مفرق رأس العين حيث يوجد عقدة طرقية، ولا تحقق شروط الجريان الحر)، ويوضح المخطط المرفق في الملحق المسقط الأفقي للمنعطفات الأفقية الشاذة التي لا تحقق شروط الدراسة.

يوضح الشكل (5-1) صوراً جوية لبعض المواقع على طريق اللاذقية - بانياس القديم التي لا تحقق شروط الدراسة حيث يظهر المنعطف P_{23} ذو اتجاه واحد للحركة، والمنعطف P_{29} عند عقدة رأس العين.

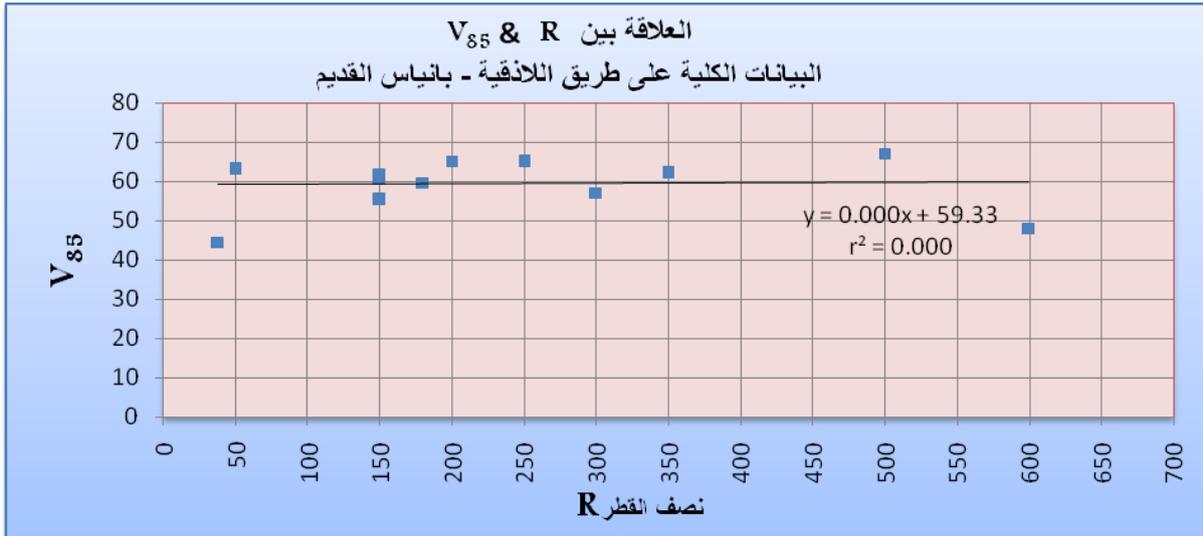


الشكل (5-1) صوراً جوية لبعض المواقع الشاذة على طريق اللاذقية - بانياس القديم التي لا تحقق شروط الدراسة

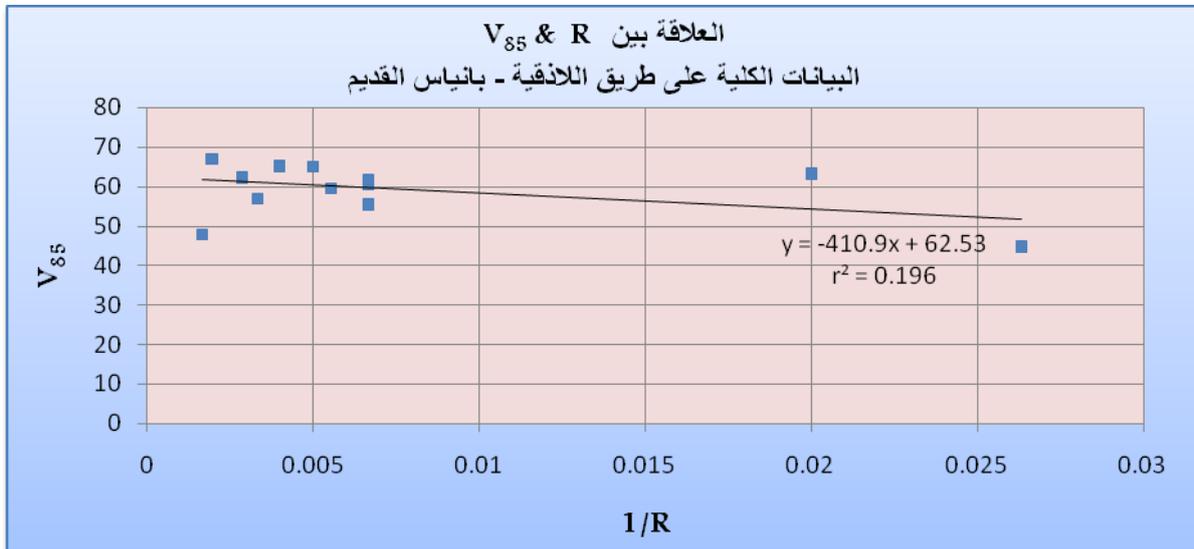
يبين الجدول (2-5) نتائج قياسات السرعة العملية على كافة المنعطفات الأفقية على طريق اللاذقية - بانياس القديم، وتبين الأشكال (2-5) و(3-5) و(4-5) مخططات التبعر، ومعادلات الانحدار التي تربط بين $(R \& V_{85})$ ، $(V_{85} \frac{1}{R} \&)$ ، $(V_{85} \sqrt{R} \&)$ لكافة المنعطفات على الجزء المدروس من طريق اللاذقية - بانياس القديم، وتبين الأشكال (5-5) و(6-5) و(7-5) مخططات التبعر، ومعادلات الانحدار بعد إزالة المواقع الشاذة (اتجاه واحد للحركة ، تقاطع رأس العين) التي لا تحقق شروط الدراسة.

الجدول(2-5) بيانات السرعة لكافة المنعطفات الأفقية على طريق اللاذقية - بانياس القديم

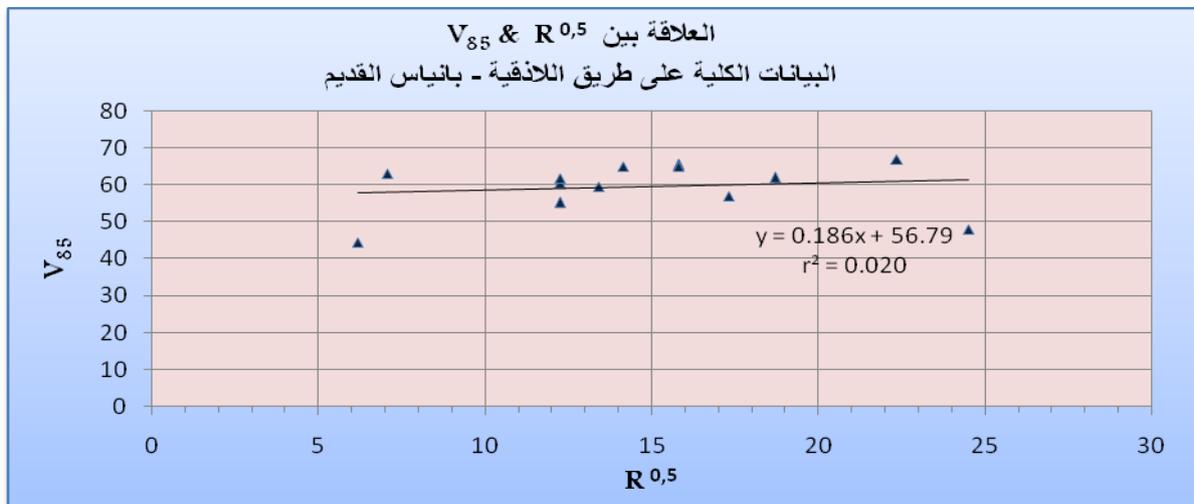
العدد	العنصر	R	V ₈₅	ملاحظات
1	P ₁₃	300	57	
2	P ₁₅	350	62	
3	P ₁₇	200	65	طريق باتجاه واحد للحركة
4	P ₁₉	150	60.5	
5	P ₂₃	38	44.5	
6	P ₂₅	150	55.25	
7	P ₂₇	250	65.5	
8	P ₂₉	600	48	عقدة رأس العين
9	P ₃₁	180	59.5	
10	P ₃₃	150	61.8	
11	P ₃₅	50	63	طريق باتجاه واحد للحركة
12	P ₃₇	500	67	
13	P ₃₉	250	65	



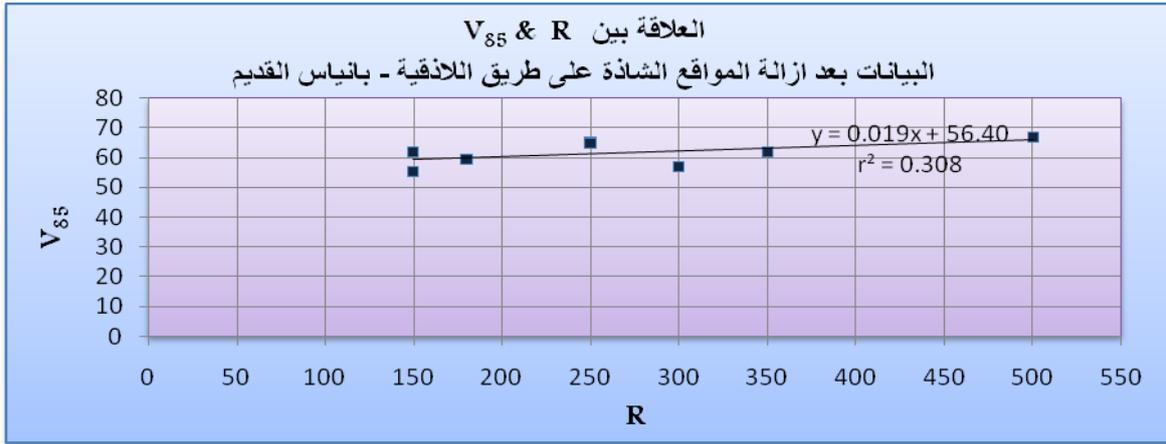
الشكل (2-5) مخطط التبعر ومعادلة الانحدار للعلاقة بين V_{85} & R للمنعطفات كافة على طريق اللاذقية - بانياس القديم



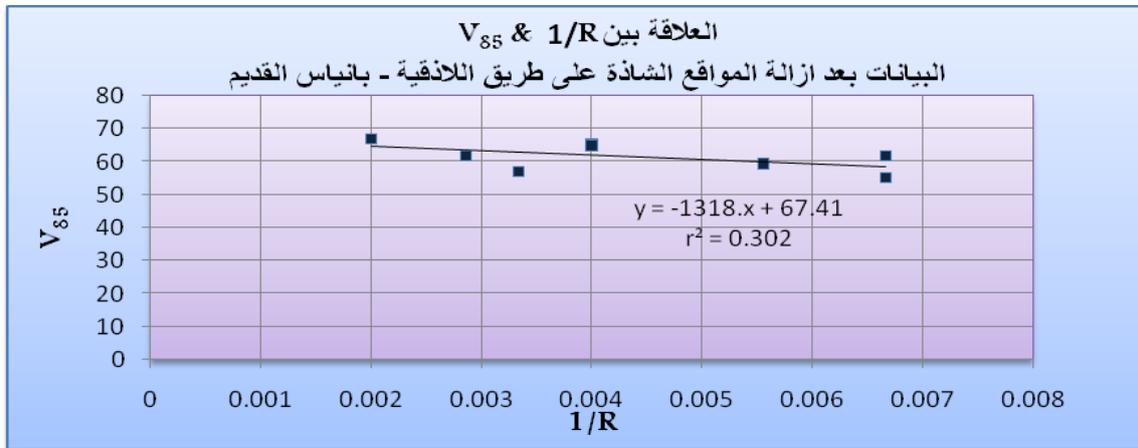
الشكل (3-5) مخطط التبعر ومعادلة الانحدار للعلاقة بين V_{85} & 1/R للمنعطفات كافة على طريق اللاذقية - بانياس القديم



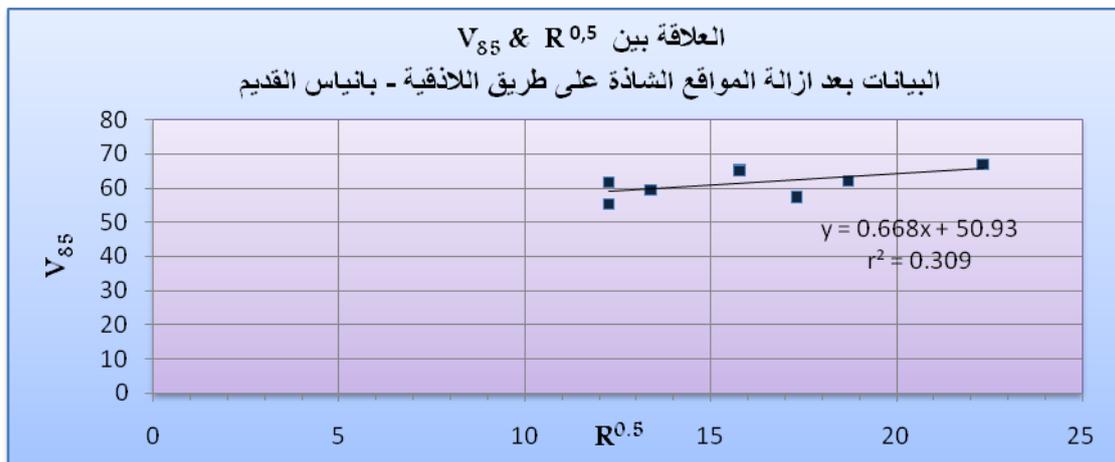
الشكل (4-5) مخطط التبعر ومعادلة الانحدار للعلاقة بين V_{85} & \sqrt{R} للمنعطفات كافة على طريق اللاذقية - بانياس القديم



الشكل (5-5) مخطط التبعثر، ومعادلة الانحدار للعلاقة بين V_{85} & R بعد ازالة المواقع الشاذة على طريق اللاذقية - بانياس القديم



الشكل (5-6) مخطط التبعثر، ومعادلة الانحدار للعلاقة بين V_{85} & 1/R بعد ازالة المواقع الشاذة على طريق اللاذقية - بانياس القديم



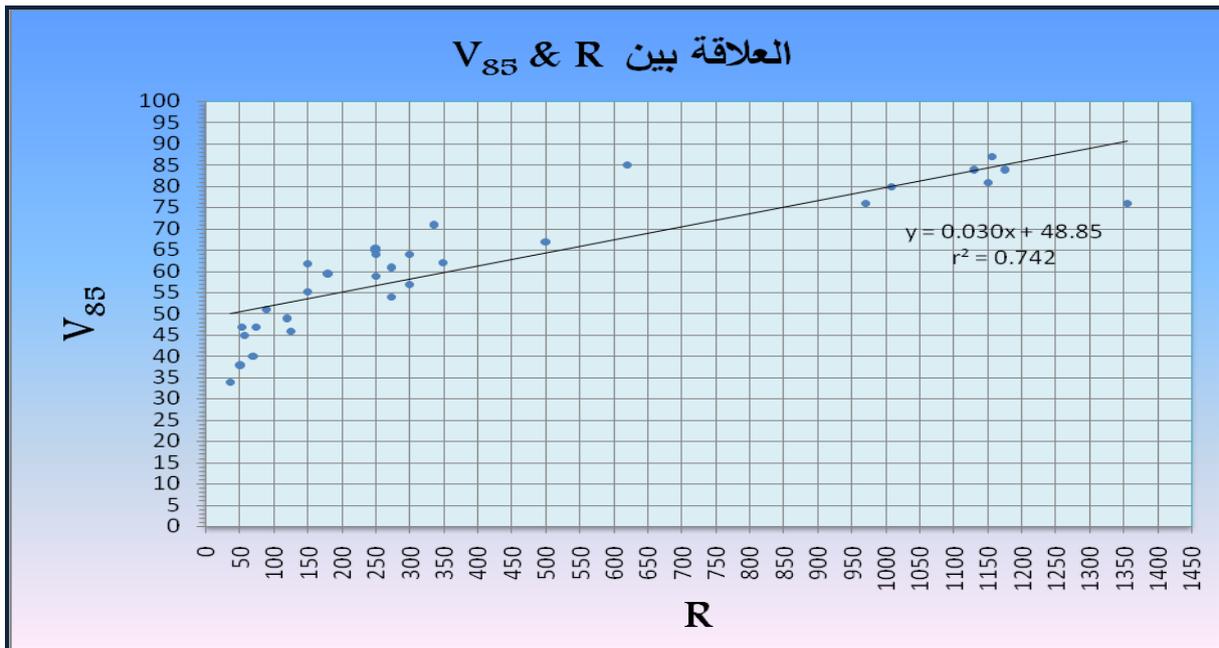
الشكل (5-7) مخطط التبعثر، ومعادلة الانحدار للعلاقة بين V_{85} & \sqrt{R} بعد ازالة المواقع الشاذة على طريق اللاذقية - بانياس القديم

بمقارنة مخططات التبعثر ونماذج التراجع (الانحدار) الناتجة عنها، ومع قيمة معامل التحديد r^2 نجد أن العناصر (P_{17} , P_{19} , P_{23} , P_{29} , P_{35}) تؤثر بشكل كبير، حيث تخفض من قيمة معامل التحديد، وبالتالي يجب ألا تدخل في استنتاج المعادلات النهائية للتنبؤ بالسرعة العملية.

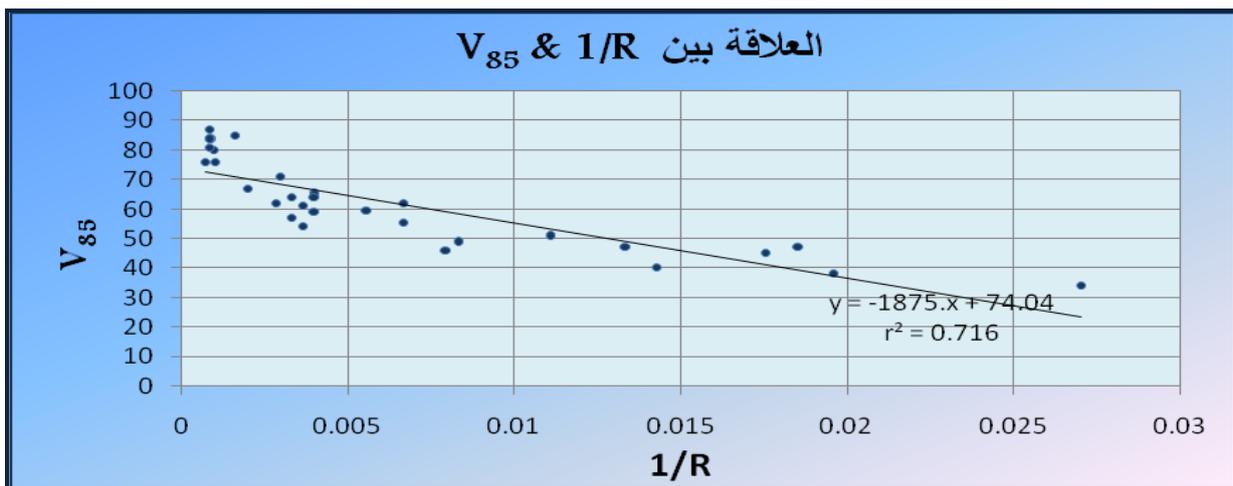
يبين الجدول (3-5) المعطيات التي تدخل في استنتاج معادلات التراجع (الانحدار) للتنبؤ بالسرعة العملية بالعلاقة مع نصف قطر المنعطف الأفقي، وذلك على طريقي اللادقية بانياس - القديم وطريق الساحل - الغاب، وتبين الأشكال (5-8) و(5-9) و(5-10) مخططات التبعر، ومعادلات الانحدار الناتجة بين التابع V_{85} والمتحولات $(\sqrt{R}, \frac{1}{R}, R)$ ، وقيم معاملات التحديد للطريقين المدروسين.

الجدول (3-5) البيانات التي تدخل في استنتاج العلاقة النهائية بين V_{85} & R

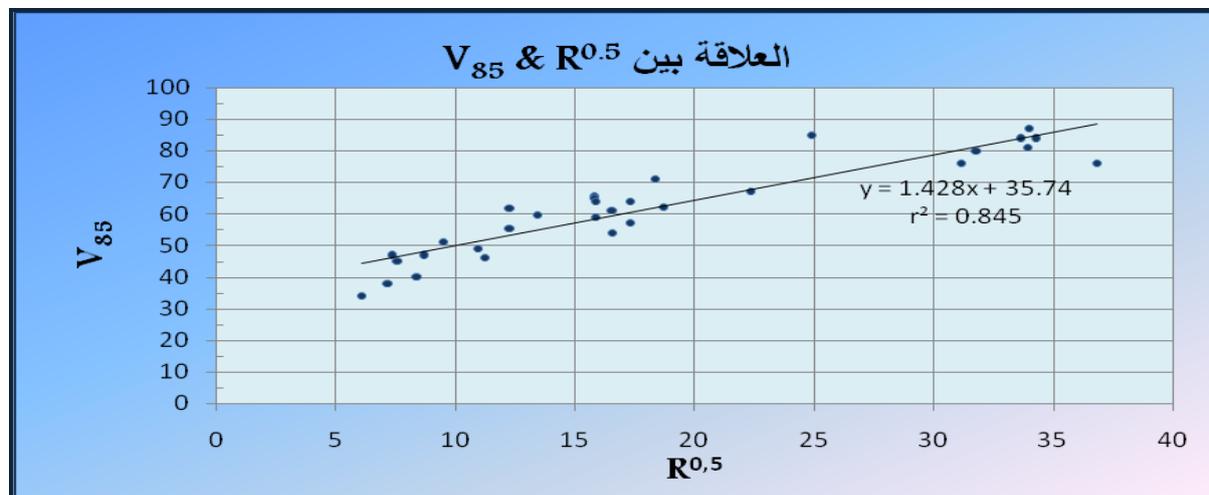
العدد	العنصر	R	V_{85}
1	P ₁₃	300	57
2	P ₁₅	350	62
3	P ₂₅	150	55.25
4	P ₂₇	250	65.5
5	P ₃₁	180	59.5
6	P ₃₃	150	61.8
7	P ₃₇	500	67
8	P ₃₉	250	65
9	S ₁₁	273	61
10	S ₁₃	274	54
11	S ₁₅	251	64
12	S ₁₇	70	40
13	S ₁₉	37	34
14	S ₂₁	57	45
15	S ₂₃	54	47
16	S ₂₅	300	64
17	S ₂₇	90	51
18	S ₂₉	120	49
19	S ₃₁	51	38
20	S ₃₃	126	46
21	S ₃₅	75	47
22	S ₃₇	251	59
23	S ₃₉	1008	80
24	S ₄₁	1130	84
25	S ₄₃	1156	87
26	S ₄₅	970	76
27	S ₄₇	1175	84
28	S ₄₉	620	85
29	S ₅₁	1355	76
30	S ₅₃	1150	81
31	S ₅₅	336	71



الشكل (8-5) مخطط التبعر، ومعادلة الانحدار للعلاقة بين V_{85} & R للطريقين المدروسين.



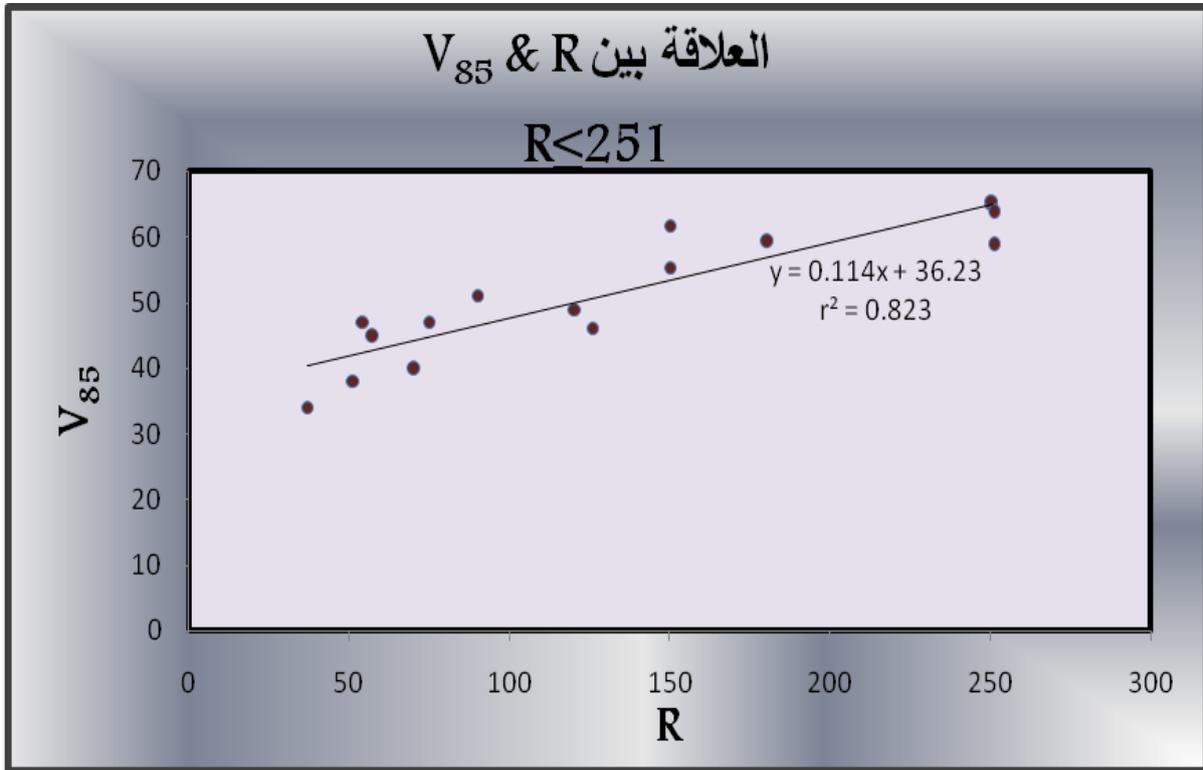
الشكل (9-5) مخطط التبعر، ومعادلة الانحدار للعلاقة بين V_{85} & $1/R$ للطريقين المدروسين.



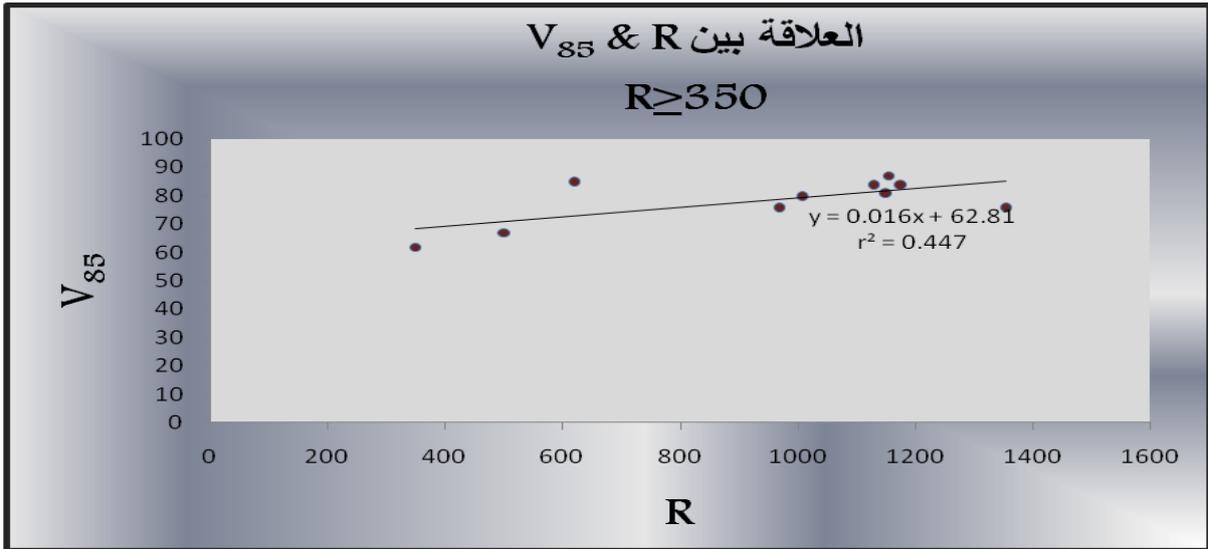
الشكل (10-5) مخطط التبعر، ومعادلة الانحدار للعلاقة بين V_{85} & \sqrt{R} للطريقين المدروسين.

من الشكل (8-5) نستنتج مايلي:

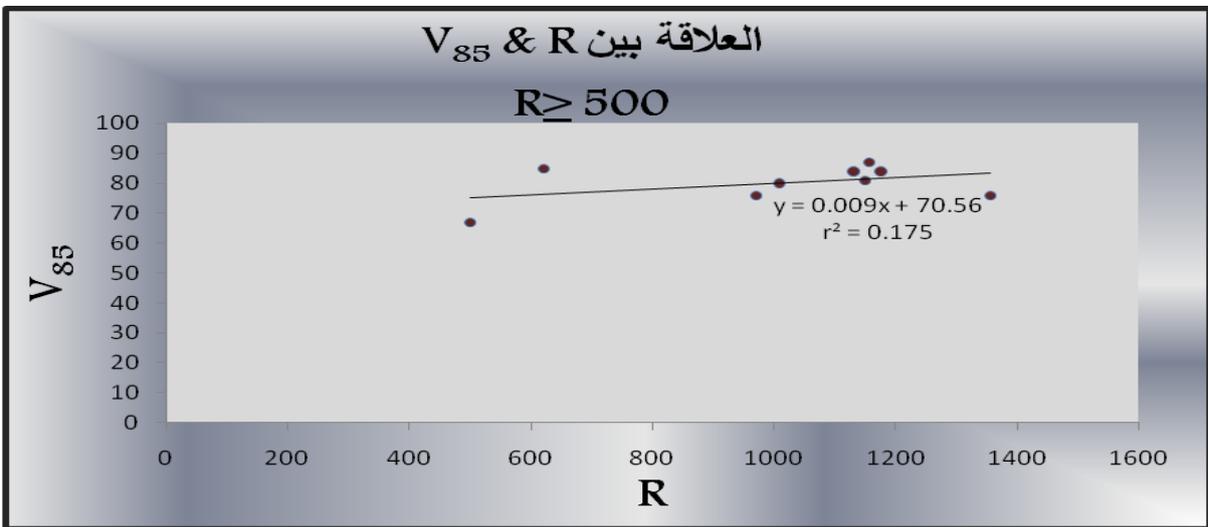
- يؤثر نصف قطر المنعطف الأفقي بشكل كبير على السرعة العملية عندما يكون $(R \geq 251)$ م، وهذا ما أشارت إليه المواصفات الألمانية، ولتأكيد ذلك قمنا بدراسة تأثير المنعطفات الأفقية ذات نصف قطر أصغر من 250 م، كما يبين الشكل (5-11)، حيث أعطت معادلة الانحدار قيمة لمعامل التحديد $(r^2 = 0.823)$.
- يقل تأثير نصف قطر المنعطف الأفقي على السرعة، عندما يكون $(R \geq 350)$ م، حيث تعطي معادلة الانحدار قيمة منخفضة لمعامل التحديد $(r^2 = 0.447)$ ، كما يبين الشكل (5-12).
- عندما يكون $(R \geq 500)$ م ينخفض تأثير نصف قطر المنعطف الأفقي على السرعة بشكل كبير، كما يبين الشكل (5-13) حيث $(r^2 = 0.175)$.
- لا ترتبط السرعة العملية على المنعطف بنصف قطر المنعطف الأفقي، عندما يكون $(R \geq 600)$ م كما يبين الشكل (5-14)، حيث السرعة العملية على المنعطف تقترب من السرعة المطلوبة على الاستقامة المستقلة $(\overline{V_{85T}} = 76 \text{ Km/h})$ ، بينما أكد الباحث (Krammes et al.) أنه عندما $(R > 450)$ لا تتأثر السرعة على المنعطف بنصف القطر وتقترب من السرعة على الاستقامة.



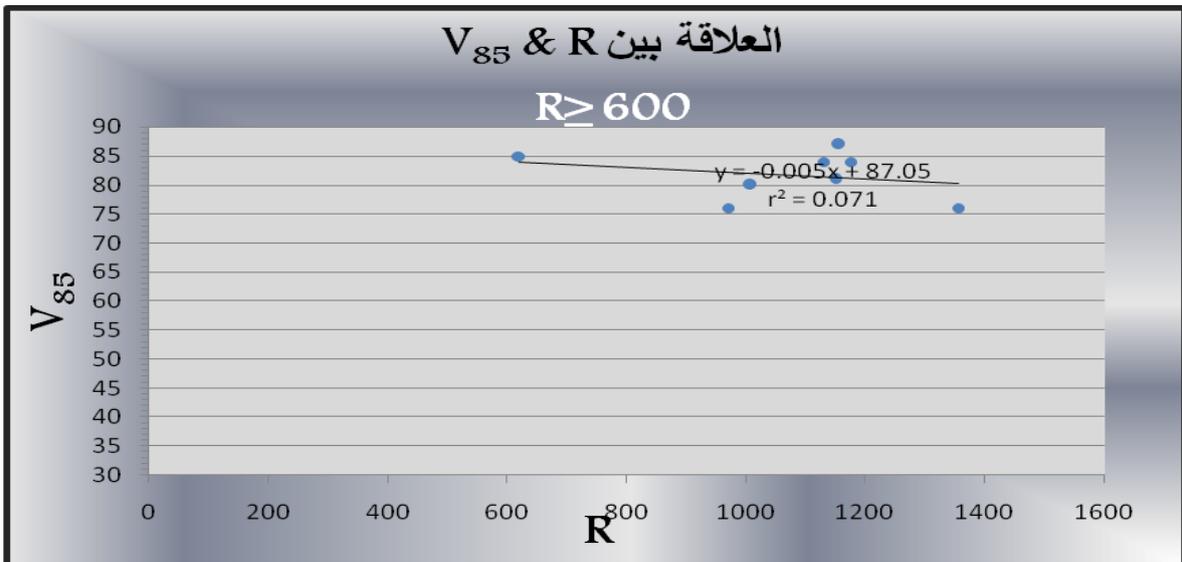
الشكل (5-11) العلاقة بين V_{85} & R من أجل أنصاف الأقطار الأقل من 250 م



الشكل (12-5) العلاقة بين V_{85} & R من أجل أنصاف الأقطار الأكبر من 350 م



الشكل (13-5) العلاقة بين V_{85} & R من أجل أنصاف الأقطار الأكبر من 500 م



الشكل (14-5) العلاقة بين V_{85} & R من أجل أنصاف الأقطار الأكبر من 600 م

يبين الجدول (4-5) المعادلات الناتجة بين التابع V_{85} والمتحولات (\sqrt{R} ، $\frac{1}{R}$ ، R) وقيم معاملات التحديد (r^2) والارتباط (r) والمبينة في الأشكال (5-8) و(5-9) و(5-10).
الجدول (4-5) المعادلات التنبؤية المستنتجة التي تربط بين التابع V_{85} والمتحولات (\sqrt{R} ، $\frac{1}{R}$ ، R)

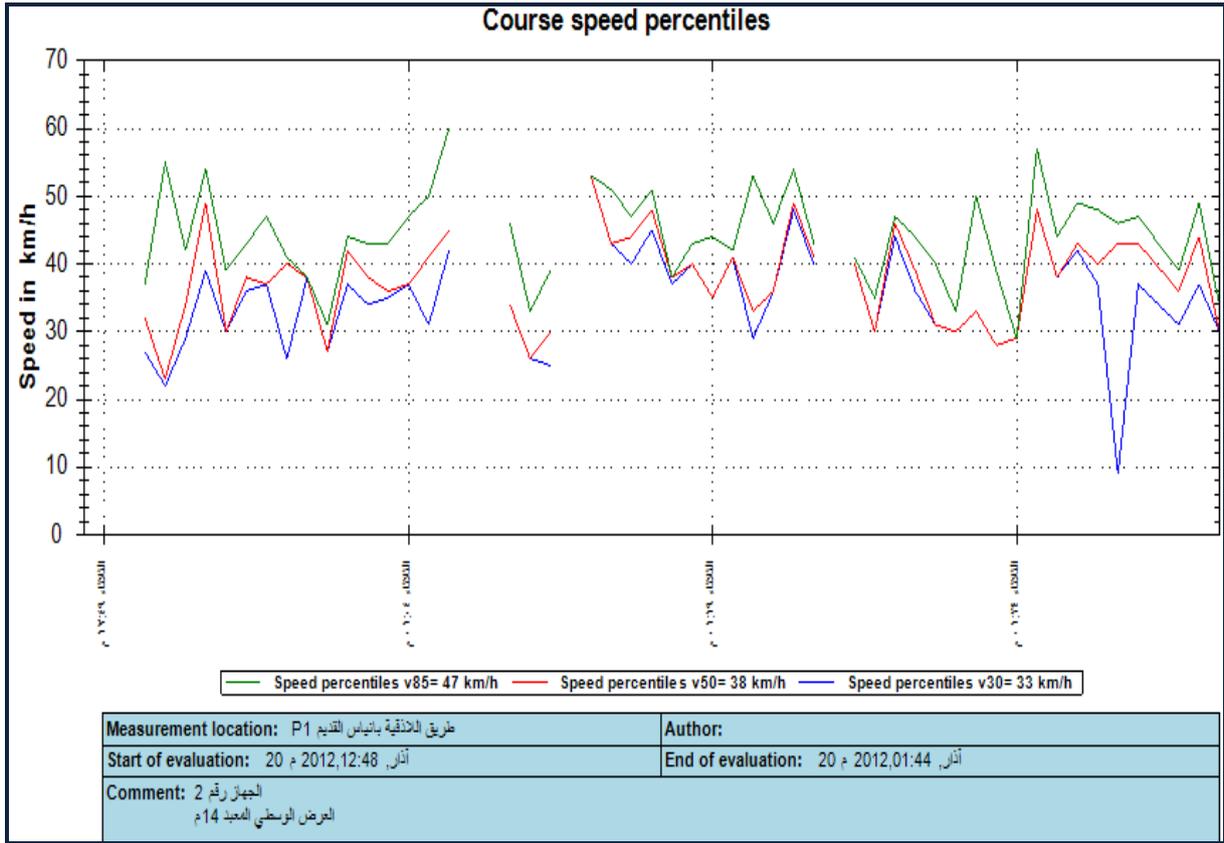
عدد المنعطفات	تقييم الارتباط	r	r^2	المعادلة التنبؤية	النموذج التراجعي التنبؤي
31	ارتباط متين	0.861	0.742	$V_{85} = 0.03 * R + 48.85$	$V_{85} \& R$
	ارتباط متين	0.846	0.716	$V_{85} = \frac{-1875}{R} + 74.04$	$V_{85} \& 1/R$
	ارتباط متين جداً	0.919	0.845	$V_{85} = 1.428\sqrt{R} + 35.74$	$V_{85} \& \sqrt{R}$

نلاحظ أن العلاقة بين ($V_{85} \& \sqrt{R}$) أعطت أكبر قيمة لمعامل التحديد ($r^2 = 0.845$)، وبالتالي فإن المعادلة التنبؤية المعتمدة للتنبؤ بالسرعة العملية استناداً إلى قيمة نصف قطر المنعطف الأفقي هي:

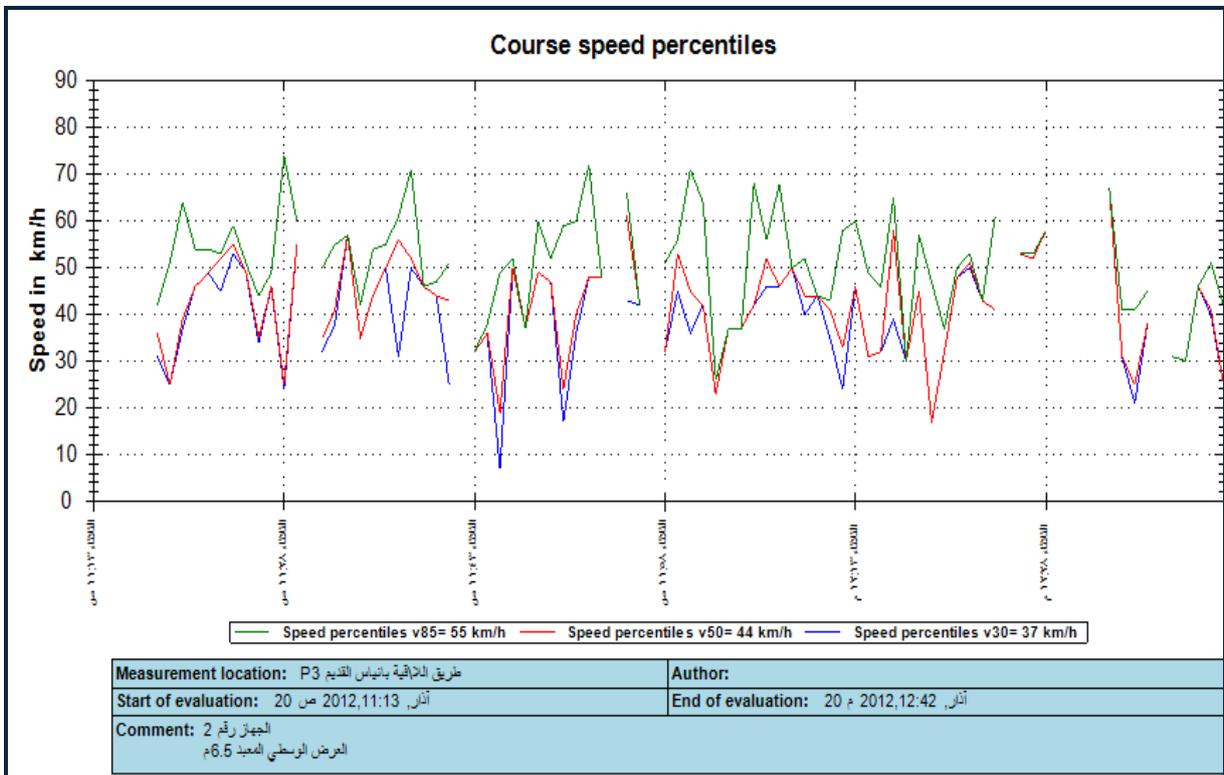
$$V_{85} = 1.428\sqrt{R} + 35.74$$

5-2-2-2- المرحلة الثانية: التحقق من صحة المعادلة المستنتجة

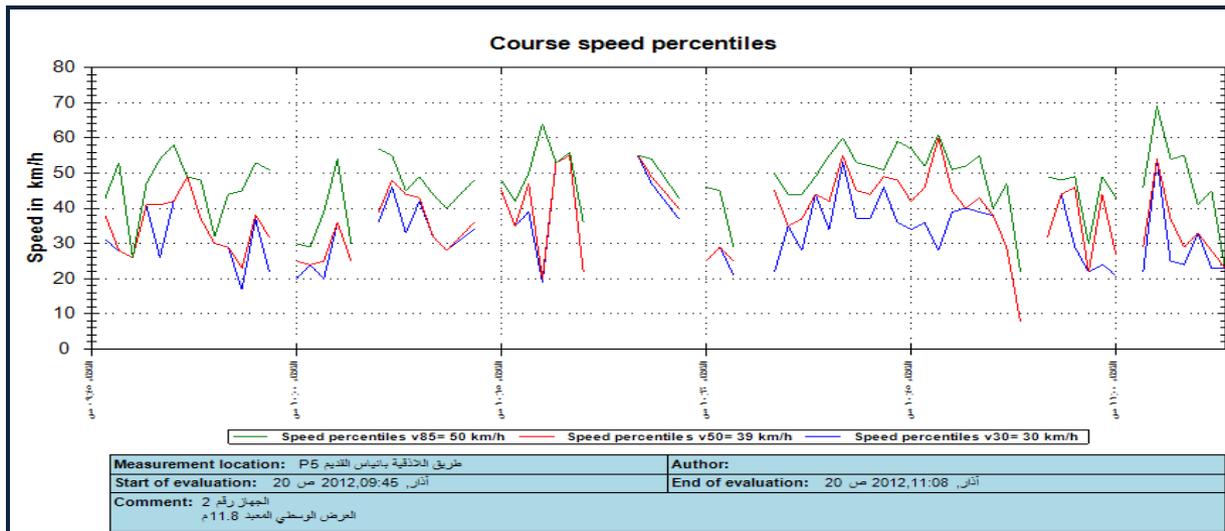
تم التحقق من دقة المعادلة المستنتجة من خلال دراسة قيم السرعة العملية المراقبة V_{085} على (11) منعطفاً أفقياً منها (6) منعطفات على طريق اللاذقية - بانياس القديم، اعتباراً من العنصر P_1 حتى العنصر P_{11} و (5) منعطفات على طريق الساحل الغاب، اعتباراً من العنصر S_1 حتى العنصر S_9 ، ثم مقارنة قيم السرعة العملية المراقبة V_{085} مع القيم التنبؤية V_{p85} المحسوبة من المعادلة السابقة، والتحقق من صحة المعادلة، وفعالية التنبؤ. كما يوضح الجدول (5-5) والجدول (5-6). هذا وقد تم استخدام جهاز (Via Falcon Truck) في هذه المرحلة، حيث تبين الأشكال من (5-15) إلى (5-25) مخططات السرعة النسبية.



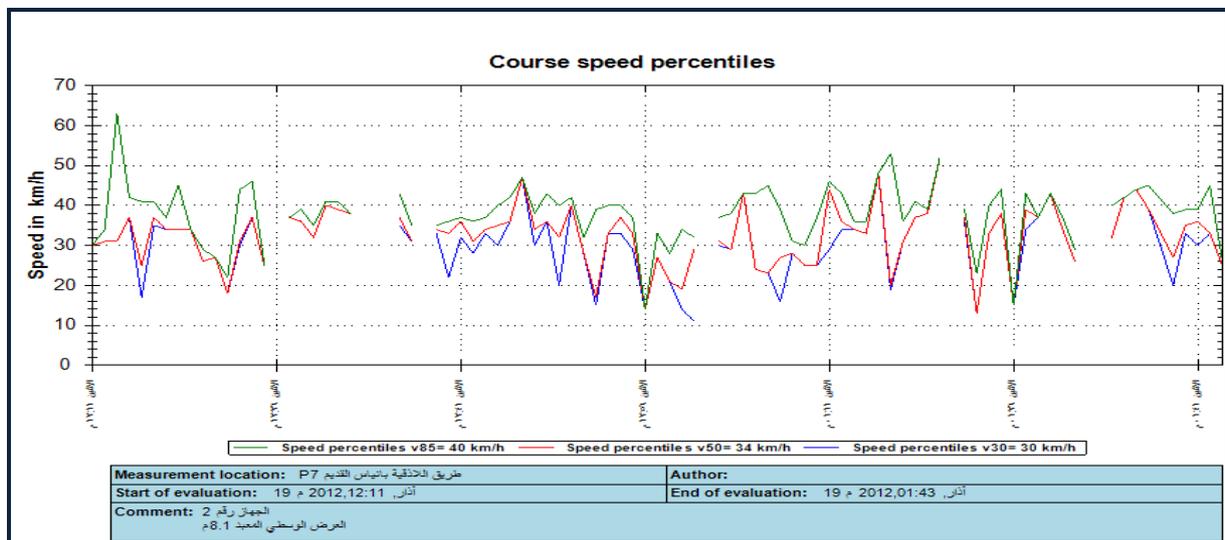
الشكل (5-15) السرعة العملية النسبية V_{85} ، عند العنصر P_1 (طريق اللاذقية-باتاياس القديم)



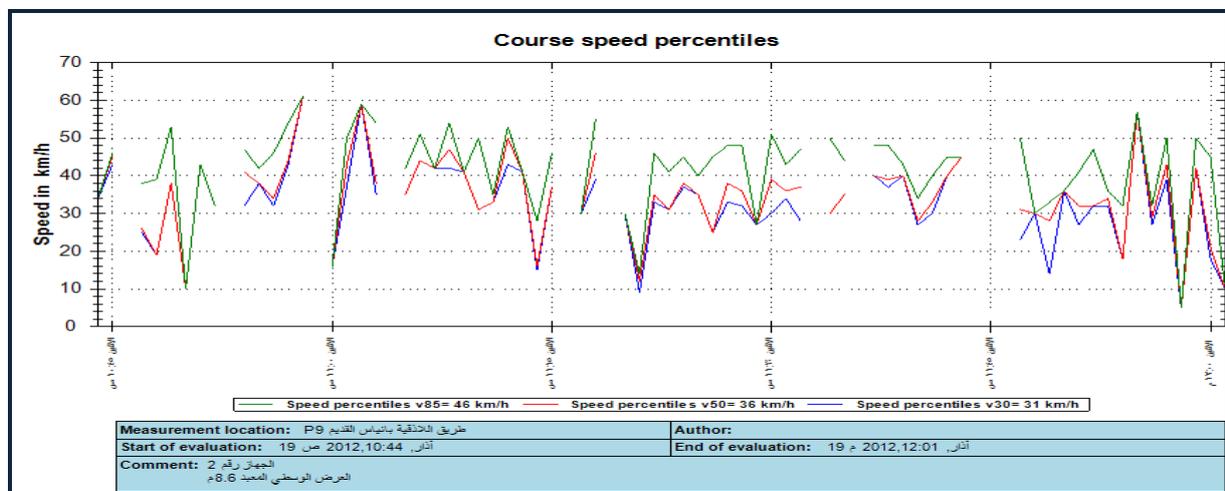
الشكل (5-16) السرعة العملية النسبية V_{85} ، عند العنصر P_3 (طريق اللاذقية-باتاياس القديم)



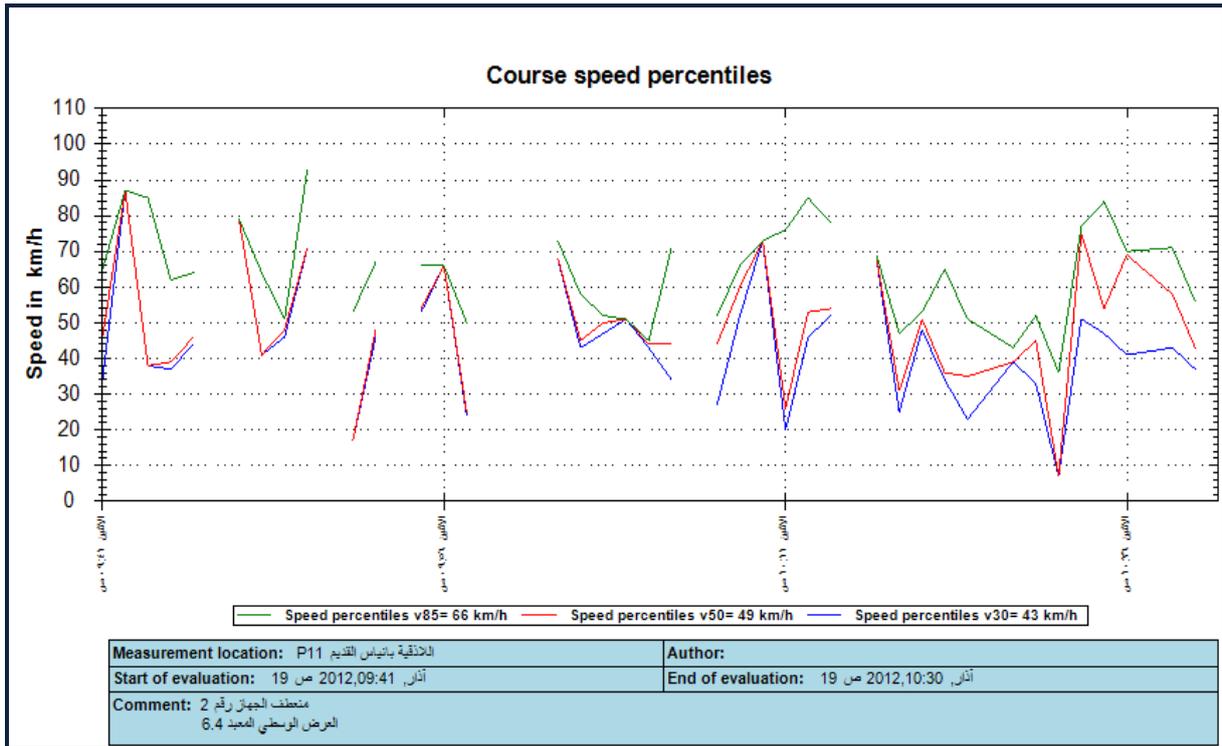
الشكل (5-17) السرعة العملية النسبية V_{85} ، عند العنصر P₅ (طريق اللادقية-بانياس القديم)



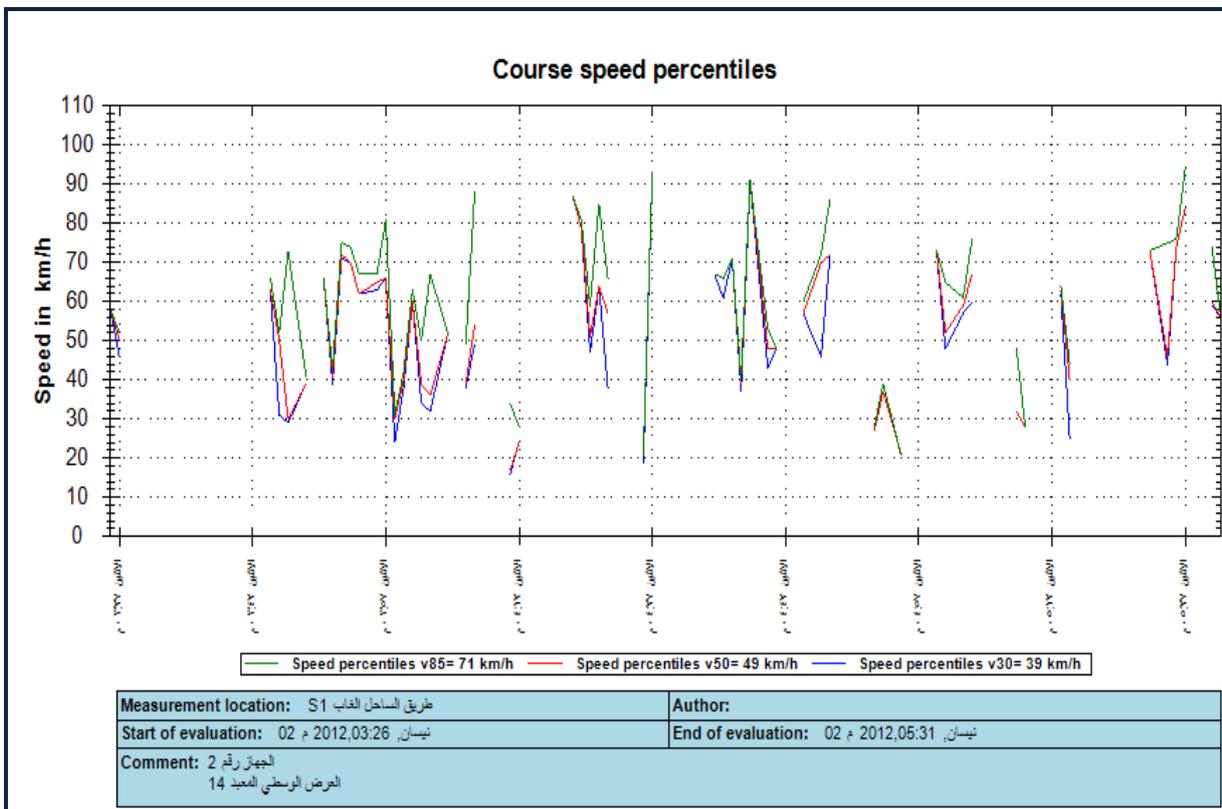
الشكل (5-18) السرعة العملية النسبية V_{85} ، عند العنصر P₇ (طريق اللادقية-بانياس القديم)



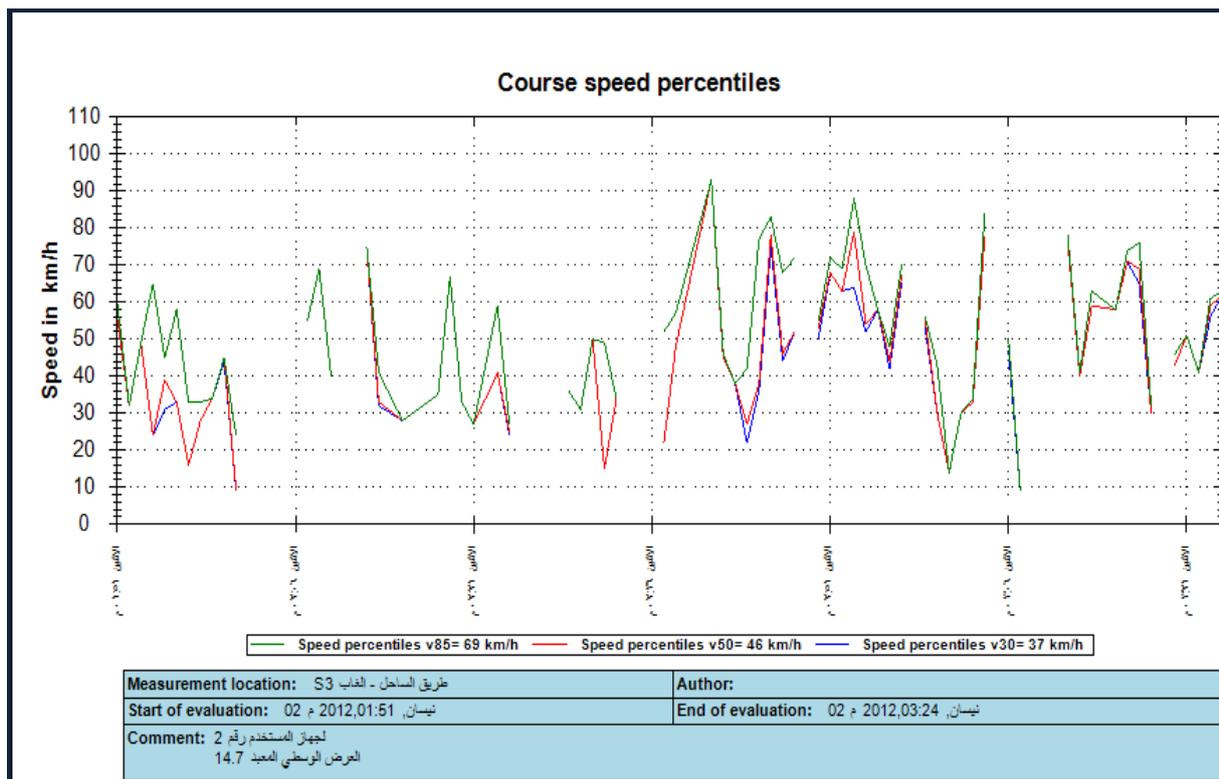
الشكل (5-19) السرعة العملية النسبية V_{85} ، عند العنصر P₉ (طريق اللادقية-بانياس القديم)



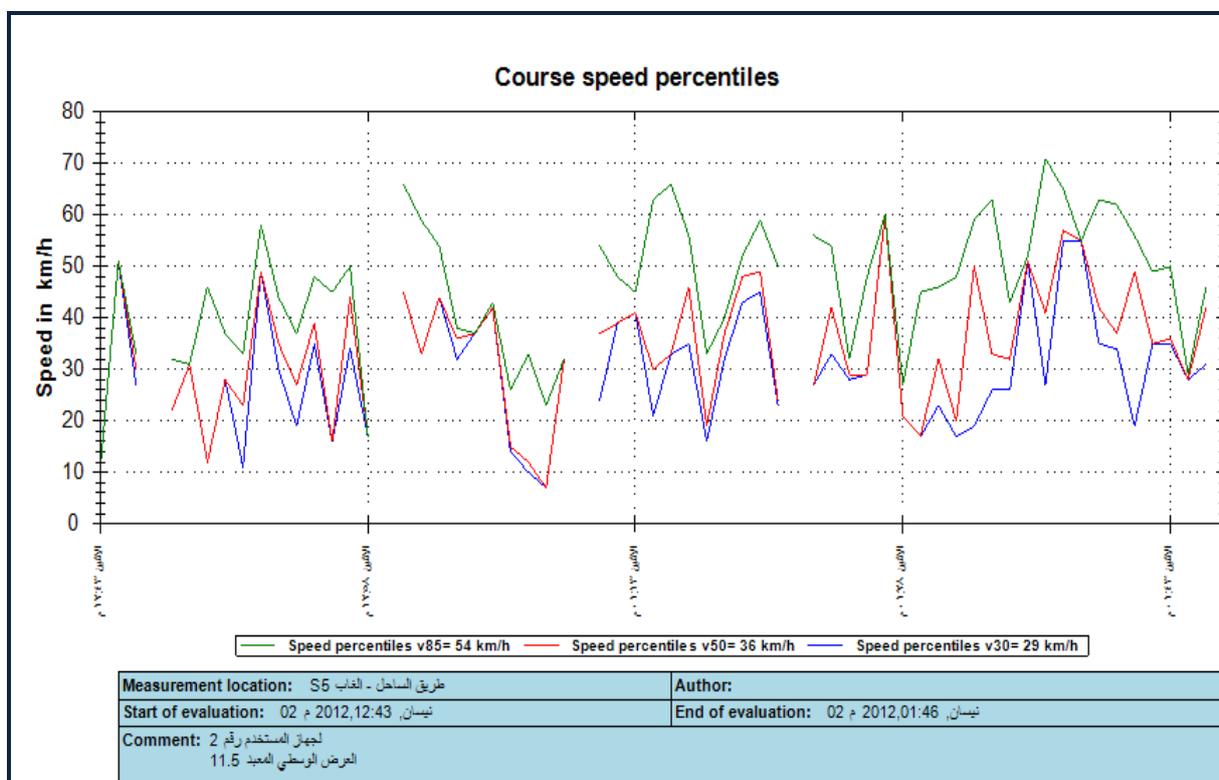
الشكل (20-5) السرعة العملية النسبية V_{85} ، عند العنصر P_{11} (طريق اللاتقية-باتاناس القديم)



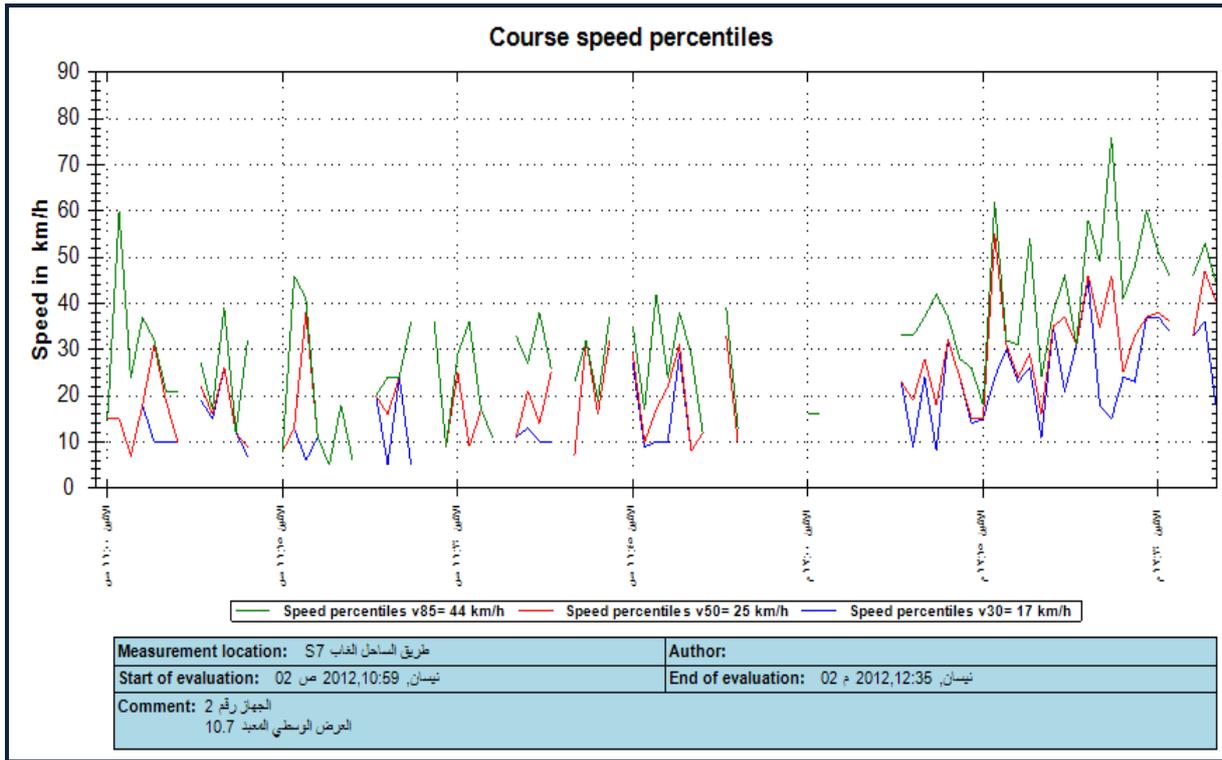
الشكل (21-5) السرعة العملية النسبية V_{85} ، عند العنصر S_1 (طريق الساحل-الغاب)



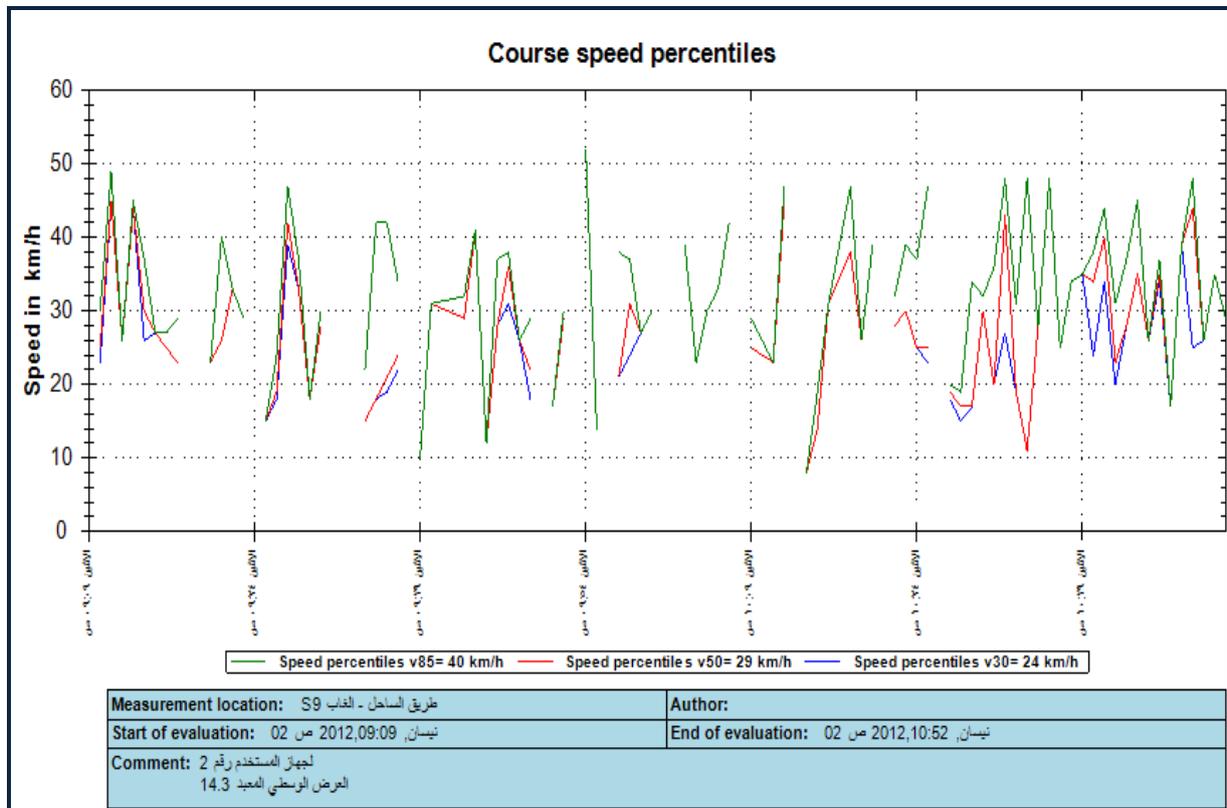
الشكل (5-22) السرعة العملية النسبية V_{85} ، عند العنصر S_3 (طريق الساحل-الغاب)



الشكل (5-23) السرعة العملية النسبية V_{85} ، عند العنصر S_5 (طريق الساحل-الغاب)



الشكل (5-24) السرعة العملية النسبية V_{85} ، عند العنصر S7 (طريق الساحل-الغاب)



الشكل (5-25) السرعة العملية النسبية V_{85} ، عند العنصر S9 (طريق الساحل-الغاب)

الجدول (5-5) القيم الإحصائية لدراسة فاعلية المعادلة المستنتجة ومدى دقتها

$(V_{P85} - \bar{V}_{O85})^2$	$(V_{O85} - \bar{V}_{O85})^2$	$\frac{(V_{O85} - V_{P85})^2}{V_{P85}}$	$\left| \frac{V_{O85} - V_{P85}}{V_{P85}} \right| * 100$	$|V_{P85} - V_{O85}|$	V_{P85} Km/h	V_{O85} Km/h	N عربة	R m	العنصر
0.799	34.917	0.860	12.644	6.803	53.803	47.000	121	160	P ₁
91.133	4.372	0.890	11.937	7.455	62.455	55.000	112	350	P ₃
29.263	8.463	1.187	14.264	8.319	58.319	50.000	128	250	P ₅
100.583	166.645	0.193	6.716	2.880	42.880	40.000	117	25	P ₇
31.002	47.736	0.038	2.833	1.341	47.341	46.000	99	66	P ₉
217.915	171.372	0.041	2.469	1.671	67.671	66.000	130	500	P ₁₁
188.328	327.281	0.286	6.555	4.368	66.632	71.000	141	468	S ₁
317.183	258.917	0.042	2.430	1.719	70.719	69.000	105	600	S ₃
22.736	1.190	0.234	6.376	3.677	57.677	54.000	115	236	S ₅
0.408	79.372	1.309	15.822	8.270	52.270	44.000	119	134	S ₇
24.684	166.645	1.315	16.564	7.941	47.941	40.000	95	73	S ₉
SSR	SST	X ²	MAPE	MAE		\bar{V}_{O85}			
1024.034	1266.909	6.396	8.965	4.949		52.909			

R: نصف قطر المنعطف الأفقي، N عدد العربات المقاس سرعتها عند الموقع المدروس، V_{O85} : السرعة العملية V_{85} المراقبة، V_{P85} السرعة العملية المحسوبة من المعادلة التنبؤية المستنتجة، \bar{V}_{O85} : متوسط السرعات العملية V_{85} المراقبة، MAE متوسط الاختلاف المطلق، MAPE متوسط الاختلاف المطلق النسبي، X^2 اختبار Chi-Square Test، SST: مجموع المربعات الكلية، SSR مجموع الانحرافات بسبب الانحدار.

الجدول (5-6) جدول تحليل ANOVA لتقدير فعالية المعادلة التنبؤية المستنتجة

مصدر التباين	df	مجموع المربعات SS	متوسط مربعات الانحرافات MS	F
بسبب الانحدار SSR	1	SSR= 1024.034	$M_{SR} = 1024.034$	$F = M_{SR} / M_{SE}$ $= 37.947$
بسبب الأخطاء SSE	n-2 =9	SSE= 242.875	$M_{SE} = 26.986$	
الكل SST	10	SST=1266.909		

نوجد القيمة Fa من جداول فيشر عند مستوى دلالة 5%، ودرجات حرية (9 & 1) d.f، نلاحظ أن $F_a = 5.32$ أي $F > F_a$ ، وبالتالي نرفض الفرضية البديلة الابتدائية H_0 ، ونستنتج أن الانحدار، أو الارتباط بين المتغيرين ارتباط حقيقي ودال إحصائياً.

من الجدول (5-5) نجد أن $(X^2 = 6.396)$ أي أن قيمة X^2 المحسوبة باختبار (Chi-Square Test) أصغر من القيمة الحدية الحرجة المقابلة لمستوى ثقة (95%) حيث $(X_{cri5\%} = 19.68)$ ، وبالتالي لا يوجد تباين إحصائي هام بين القيم التنبؤية، والقيم المحسوبة، مما يؤكد صحة المعادلة المستنتجة.

كذلك من الجدول (5-5) نلاحظ أن قيمة متوسط الاختلاف المطلق المحسوب $(MAE = 4.949)$ وقيمة متوسط الاختلاف المطلق النسبي $(MAPE = 8.965\%)$ ، ونجد أنه عند المواقع (S_7, S_9) قيم الاختلاف بين السرعة التنبؤية، والسرعة المراقبة 8 كم/سا. وهذا يعود لكون الموقعين يقعان ضمن تجمع سكاني، وبالتالي يؤدي هذا إلى نقصان سرعة المركبات العملية، والمواقع (P_5, P_1) نجد أن قيم الاختلاف في قيمة السرعة 7 كم/سا تقريباً، حيث نلاحظ أن وجود المفارق، والعوائق يجعل العربات لا تسير ضمن شروط الجريان الحر كما هو مبين في الشكل (5-26)، بينما يظهر في الشكل (5-27) صوراً لبعض المواقع التي تحقق شروط الجريان الحر، والتي أعطت تبايناً بسيطاً بين قيمة السرعة المحسوبة، والقيمة المراقبة.



الشكل (5-26) صوراً لبعض المواقع التي لا تحقق شروط الجريان الحر



الشكل (5-27) صوراً لبعض المواقع التي تحقق شروط الجريان الحر

5-3- دراسة تأثير الاستقامة على السرعة العملية V_{85}

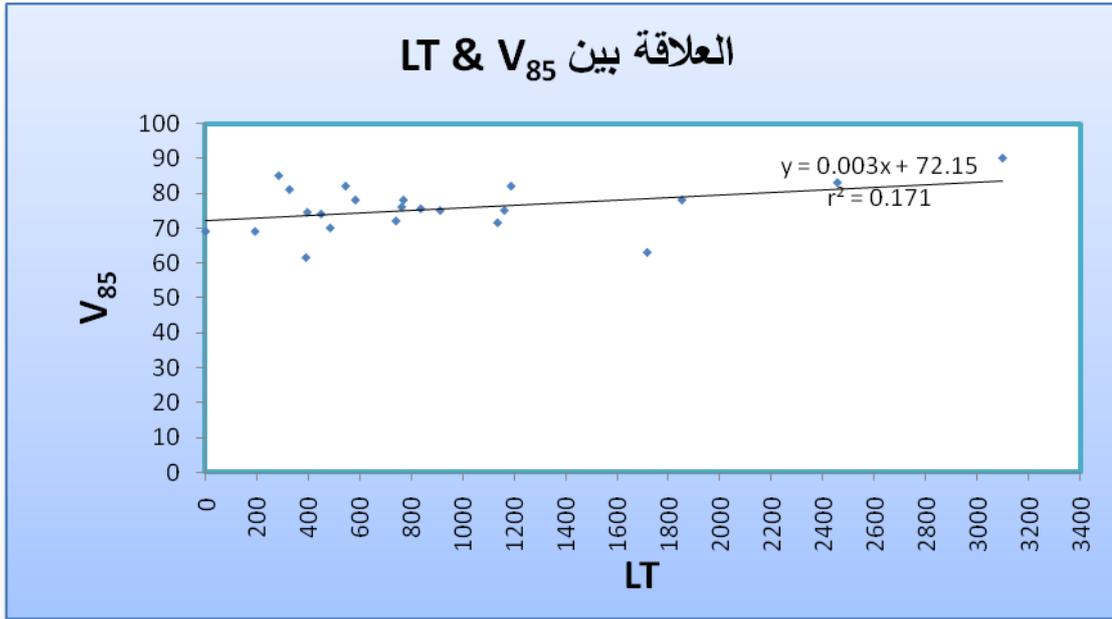
5-3-1- تأثير طول الاستقامة (LT)

قمنا بدراسة تأثير طول الاستقامة (LT) على السرعة العملية V_{85} , عند 22 استقامة منها (13) استقامة على طريق اللاذقية - بانياس القديم و (9) استقامات على طريق الساحل - الغاب، كما يبين الجدول (5-7) بيانات السرعة، والبيانات الهندسية على الاستقامات المدروسة، ويبين الشكل (5-28) دراسة

معادلة الانحدار، ومدى الارتباط بين (LT & V_{85})

الجدول (5-7) البيانات الضرورية لدراسة السرعة العملية على الاستقامة.

V_{85} Km/h	LT m	B m	العنصر	V_{85} Km/h	LT m	B m	العنصر
75	1162.4	6.7	P ₃₈	69	575	6.6	P ₁₀
63	1718	6.5	P ₄₀	83	2458	6.1	P ₁₂
76	763	12.6	S ₃₂	74	449.8	6.7	P ₁₄
78	770	12.6	S ₃₈	75.5	837	6.8	P ₁₆
81	327	11.7	S ₄₂	71.5	1136	7.7	P ₂₂
90	3100	12.4	S ₄₄	61.5	391	6.3	P ₂₄
82	1189	13.6	S ₄₆	74.5	396	6.6	P ₂₆
85	285	13.1	S ₄₈	75	913	6.4	P ₂₈
82	545	12.1	S ₅₀	72	741	6.8	P ₃₂
78	583	13.8	S ₅₂	70	485	10.9	P ₃₄
69	193	13.1	S ₅₄	78	1853	6.4	P ₃₆



الشكل (5-28) مخطط التبعثر ومعادلة الانحدار للعلاقة بين طول الاستقامة والسرعة العملية

نلاحظ من الشكل (5-28) أن معادلة الانحدار الناتجة، أعطت قيمة منخفضة جداً لمعامل التحديد ($r^2 = 0.171$) أي لا يوجد ارتباط بين المتحول التابع V_{85} ، والمتغير المستقل LT.

5-3-2- تحديد طول الاستقامة الطويلة

نلاحظ من مخطط التبعثر في الشكل (5-28) أن ميل خط الانحدار يقترب من الصفر، حيث ($b = 0.003$)، أي لا يوجد هناك تغير بقيمة V_{85} بتغير طول الاستقامة، أي تميل قيمة السرعة V_{85} لتكون ثابتة بعد استقامة بطول 193 م وهو الطول الأصغر المدروس، أي يمكن تحديد طول الاستقامة الطويلة (190م). بينما الأبحاث السابقة حددت الاستقامة الطويلة بـ 200م على الطرق الأميركية.

الاستقامة الطويلة = 190 م

5-3-3- تحديد السرعة المطلوبة

نوجد قيمة السرعة المطلوبة التي تساوي متوسط السرعات العملية V_{85} على الاستقامات الطويلة المدروسة. نجد أن: $V_{85Tmax} = 75.6 \text{ Km/h}$

السرعة المطلوبة = 76 كم/سا

بينما حدد (Fitzpatrick et al., 2000) في دراسته على الطرق الأميركية ذات الحارتين باتجاهين، السرعة المطلوبة بالقيمة (97.9) كم/سا [7].

5-4-دراسة تأثير عرض الطريق المعبد على السرعة العملية

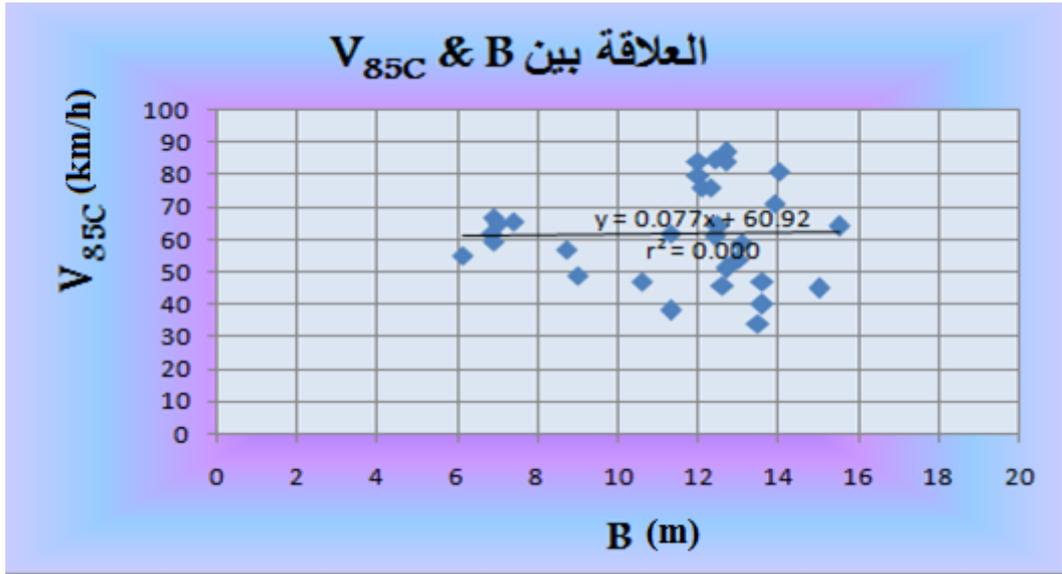
العرض الوسطي للقارعة على طريق اللاذقية - بانياس القديم يتراوح بين (6-8) م، أما على طريق الساحل الغاب، فالعرض الوسطي لقارعة الطريق (8)م. وفي دراسة تأثير عرض الطريق على السرعة العملية يهمننا العرض المعبد من الطريق أي (قارعة الطريق + بانكيت معبد)، لذا تمت دراسة العلاقة بين العرض المعبد للطريق المقاس حقلياً والسرعة العملية على المنعطفات والاستقامات.

5-4-1- تأثير عرض الطريق على السرعة العملية على المنعطفات

يبين الجدول (5-8) عرض الطريق المعبد عند كل منعطف مدروس والسرعة العملية المقابلة حيث توجد معادلة الانحدار، ومعامل التحديد، والارتباط لدراسة العلاقة بين (V_{85} & B). كما هو مبين في الشكل (5-29)

الجدول (5-8) عروض الطريق عند المنعطفات، والسرعات العملية المقابلة لها.

V_{85} Km/h	عرض الطريق m	العنصر	V_{85} Km/h	عرض الطريق m	العنصر
51	12.7	S ₂₇	57	8.7	P ₁₃
49	9	S ₂₉	62	11.3	P ₁₅
38	11.3	S ₃₁	55.25	6.1	P ₂₅
46	12.6	S ₃₃	65.5	7.4	P ₂₇
47	10.6	S ₃₅	59.5	6.9	P ₃₁
59	13.1	S ₃₇	61.8	6.85	P ₃₃
80	12	S ₃₉	67	6.9	P ₃₇
84	12	S ₄₁	65	7	P ₃₉
87	12.7	S ₄₃	61	12.4	S ₁₁
76	12.1	S ₄₅	54	13	S ₁₃
84	12.7	S ₄₇	64	15.5	S ₁₅
85	12.4	S ₄₉	40	13.6	S ₁₇
76	12.3	S ₅₁	34	13.5	S ₁₉
81	14	S ₅₃	45	15	S ₂₁
71	13.9	S ₅₅	47	13.6	S ₂₃
			64	12.5	S ₂₅

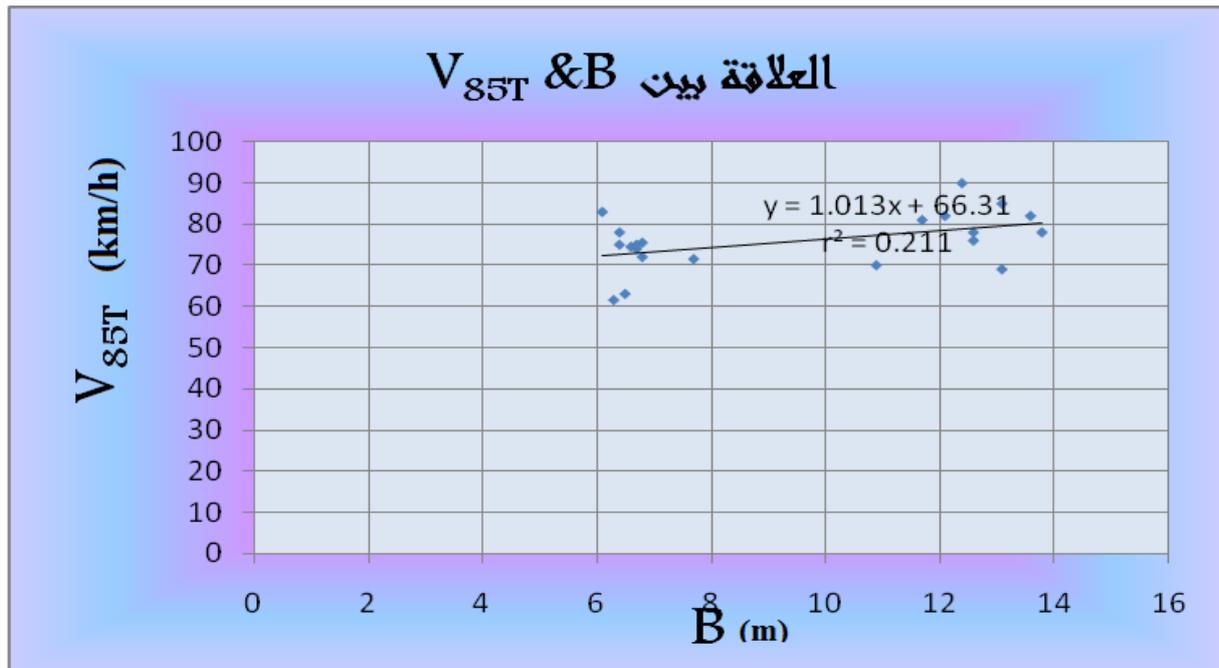


الشكل (5-29) العلاقة بين السرعة العملية على المنعطف والعرض المعبد للطريق

نلاحظ من مخطط التبعثر، ومعادلة الانحدار أنه لا يوجد ارتباط بين عرض الطريق، و السرعة العملية حيث ($r^2 = 0$).

5-4-2- تأثير عرض الطريق على السرعة وعلى الاستقامة

قمنا بدراسة تأثير عرض الطريق على السرعة العملية على الاستقامة. كما يبين الشكل (5-30) حيث نلاحظ أن قيمة معامل الارتباط منخفضة ($r^2 = 0.211$)، وبالتالي لا يوجد ارتباط بين السرعة العملية على الاستقامة، وعرض الطريق المعبد.



الشكل (5-30) العلاقة بين السرعة العملية على الاستقامة والعرض المعبد للطريق

5-5 - تقييم مستوى السلامة على الطرق

تشمل منهجية تقييم مستوى السلامة المرورية على الطرق الخطوات التالية:

- 1- دراسة الفروق في قيمة السرعة V_{85} بين العناصر المتتالية (استقامة - منعطف أو منعطف - منعطف)، كذلك دراسة الفرق بين السرعة العملية، والسرعة التصميمية، وتقييم مستوى التصميم على أجزاء من الطرق المدروسة وفق معايير السلامة الموضحة بالجدول (5-9)[16].

الجدول (9-5) معايير السلامة المرورية حسب [Lamm et al.2007]

مستوى التصميم			معايير السلامة
سيئ	مقبول	جيد	
$> 20|V_{85i} - V_d|$	$10 < \leq 20|V_{85i} - V_d|$	$\leq 10|V_{85i} - V_d|$	I
$> 20|V_{85i} - V_{85i+1}|$	$10 < \leq 20|V_{85i} - V_{85i+1}|$	$\leq 10|V_{85i} - V_{85i+1}|$	II

يوضح الجدول رقم (5-10) نتائج تقييم مستوى التصميم على طريق اللاذقية- بانياس القديم وفق المعيارين (I, II) اعتباراً من العنصر P_0 حتى العنصر P_{40} ، كما يوضح الجدول رقم (5-11) نتائج تقييم مستوى التصميم على طريق الساحل - الغاب وفق المعيار (II) فقط اعتباراً من العنصر S_{25} حتى العنصر S_{55} (وذلك لعدم توافر معلومات عن السرعة التصميمية)، حيث أهملت الاستقامات القصيرة كونها لا تؤثر على السرعة العملية على المنعطفات.

2- جمع بيانات ومعلومات عن الحوادث المرورية تشمل أسباب حصول الحادث، وموقعه بدقة والأخطار الناجمة عن الحادث ومدى علاقة السرعة بأسباب حدوثه، ثم مقارنة ومطابقة هذه البيانات، والتحقيقات مع نتائج المرحلة الأولى أي مع الأجزاء الخطرة ذات التصميم السيئ.

إن عملية تسجيل هذه المعلومات تحتاج إلى خبراء متخصصين في الحوادث، فشرطي المرور ذو خبرات وتأهيل محدودين. لذا سجلات الشرطة لا تزال تعاني من مشكلة نقص في تسجيل الكثير من الحوادث، وهذا ما تم ملاحظته من خلال بيانات الحوادث التي حصلنا عليها من مخفر شرطة مدينة جبلة، ومخفر عين الشرقية، حيث لم تكن المعلومات عن أماكن الحوادث مضبوطة بدقة، وهذا ما أكدته اللقاءات مع العديد من المواطنين الذين أكدوا حصول الكثير من الحوادث في العديد من المواقع، ولم نجد لها أهمية في سجلات الحوادث، وقد بينت سجلات الحوادث تركز الحوادث عند المفارق (مفرق رأس العين، مفرق سيانو، مفرق السخابية، مفرق الحويز).

الجدول (5-10) تقييم مستوى التصميم على طريق اللاذقية - بانياس القديم

I	$|V_{85i} - V_d|$	II	$|V_{85i} - V_{85i+1}|$	V_{85} km/h	L (m)	R (m)	العنصر	P_i
مقبول	14			46	45	66	منعطف	P_9
جيد	9	سيئ	23	69	575	∞	استقامة	P_{10}
جيد	6	جيد	3	66	60.6	500	منعطف	P_{11}
سيئ	23	مقبول	17	83	2458.1	∞	استقامة	P_{12}
جيد	3	سيئ	26	57	70.5	300	منعطف	P_{13}
مقبول	14	مقبول	17	74	449.8	∞	استقامة	P_{14}
جيد	2	مقبول	12	62	69.6	350	منعطف	P_{15}
مقبول	15.5	مقبول	13.5	75.5	837	∞	استقامة	P_{16}
جيد	5	مقبول	10.5	65	69	200	منعطف	P_{17}
جيد	0.5	جيد	4.5	60.5	80.5	150	منعطف	P_{19}
جيد	0.5	جيد	0	60.5		140	منعطف	P_{21}
مقبول	11.5	مقبول	11	71.5	1136	∞	استقامة	P_{22}
مقبول	15.5	سيئ	27	44.5	34.5	38	منعطف	P_{23}
جيد	1.5	مقبول	17	61.5	391	∞	استقامة	P_{24}
جيد	4.75	جيد	6.25	55.25	25.9	150	منعطف	P_{25}
مقبول	14.5	مقبول	19.25	74.5	396	∞	استقامة	P_{26}
جيد	5.5	جيد	9	65.5	86.87	250	منعطف	P_{27}
مقبول	15	جيد	9.5	75	913	∞	استقامة	P_{28}
مقبول	12	سيئ	27	48	81	600	منعطف	P_{29}
جيد	0.5	مقبول	11.5	59.5	62	180	منعطف	P_{31}
مقبول	12	مقبول	12.5	72	741	∞	استقامة	P_{32}
جيد	1.8	مقبول	10.2	61.8	18	150	منعطف	P_{33}
جيد	10	جيد	8.2	70	485	∞	استقامة	P_{34}
جيد	3	جيد	7	63	13.5	50	منعطف	P_{35}
مقبول	18	مقبول	15	78	1853	∞	استقامة	P_{36}
جيد	7	مقبول	11	67	37.5	500	منعطف	P_{37}
مقبول	15	جيد	8	75	1162.4	∞	استقامة	P_{38}
جيد	5	جيد	10	65	73.8	250	منعطف	P_{39}
جيد	3	جيد	2	63	1718.4	∞	استقامة	P_{40}

حيث: $V_d=60$ km/h

الجدول (5-11) تقييم مستوى التصميم على طريق الساحل - الغاب

II	$|V_{85i} - V_{85i+1}|$	V_{85} (km/h)	L (m)	R (m)	العنصر	S_i
		64	78	300	منعطف	S_{25}
مقبول	13	51	87	90	منعطف	S_{27}
جيد	2	49	75	120	منعطف	S_{29}
مقبول	11	38	105	51	منعطف	S_{31}
سيئ	38	76	763	∞	استقامة	S_{32}
سيئ	30	46	70	126	منعطف	S_{33}
جيد	1	47	83	75	منعطف	S_{35}
مقبول	12	59	112	251	منعطف	S_{37}
مقبول	19	78	770	∞	استقامة	S_{38}
جيد	2	80	201	1008	منعطف	S_{39}
جيد	4	84	509	1130	منعطف	S_{41}
جيد	3	81	327	∞	استقامة	S_{42}
جيد	6	87	534	1156	منعطف	S_{43}
جيد	3	90	3100	∞	استقامة	S_{44}
مقبول	14	76	468	970	منعطف	S_{45}
جيد	6	82	1189	∞	استقامة	S_{46}
جيد	2	84	411	1175	منعطف	S_{47}
جيد	1	85	285	∞	استقامة	S_{48}
جيد	0	85	428	620	منعطف	S_{49}
جيد	3	82	545	∞	استقامة	S_{50}
جيد	6	76	315	1355	منعطف	S_{51}
جيد	2	78	583	∞	استقامة	S_{52}
جيد	3	81	240	1150	منعطف	S_{53}
مقبول	12	69	193	∞	استقامة	S_{54}
جيد	2	71	182	336	منعطف	S_{55}

من الجدولين السابقين نلاحظ وجود بعض المواقع الخطرة، حيث الفرق في قيمة السرعة العملية بين المعالم المتعاقبة أكبر من 20 كم/سا. وهذا يزيد من احتمال وقوع الحوادث، كما نلاحظ أن معظم هذه المواقع تتميز بتتالي استقامة طويلة، ومنعطف بنصف قطر صغير، لذا لابد من إعادة تصحيح المسار، وزيادة أنصاف أقطار المنعطفات الأفقية، بما يتوافق مع المجالات المثلى المحددة.

5-6- تحديد المجال الأمثل لاختيار نصف قطر المنعطف الأفقي

تعرف السرعة المطلوبة على الاستقامة بأنها السرعة التي يختارها السائقون للسفر ضمن ظروف الجريان الحر، عندما لا تتم إعاقتهم بمعالم المسار.

إن التصميم الأمثل لمسار الطريق هو الذي يحقق فروقات منخفضة في قيمة السرعة بين العناصر الهندسية المتتالية للمسار، بحيث تكون السرعة على طول المسار ثابتة، وتساوي تقريباً السرعة المطلوبة، وبحيث تحقق فائدة اقتصادية وسلامة على طول الطريق.

لتحقيق التصميم الأفضل للمسار، يجب أن تكون السرعات على أجزاء الطريق تقترب من السرعة المطلوبة، وقد توصلنا في هذا البحث إلى حساب قيمة السرعة المطلوبة على الاستقامات المستقلة الطويلة على الطرق ذات الحارتين باتجاهين حيث $(V_{85Tmax} = 76 \text{ km/h})$. فبالاعتماد على معيار السلامة (II) الموضح بالجدول رقم (5-9) نعوض قيم السرعة في المعادلة التنبؤية المستنتجة $(V_{85} = 1.428\sqrt{R} + 35.74)$. فنحصل على المجال الأمثل لاختيار أنصاف أقطار المنعطفات الأفقية على الطرق ذات الحارتين باتجاهين.

يبين الجدول (5-12) تحديد مجالات أنصاف الأقطار وفقاً لمستوى التصميم

الجدول (5-12) مجالات أنصاف أقطار المنعطفات الأفقية وفقاً لمستوى التصميم

مجال أنصاف أقطار المنعطفات	مجال السرعة km/h	مستوى التصميم
$795 \geq R \geq 450$	$76 \geq V_{85} \geq 66$	جيد
$450 > R \geq 201$	$66 > V_{85} \geq 56$	مقبول
أصغر من 201	أصغر من 56	سيئ

5-7- التطبيق العملي لنتائج البحث

في مشروع توسيع طريق اللاذقية - بانياس القديم هناك تعديل في مسار الطريق الحالي عند النقاط من (P₇ → P₉)، كما يوضح الشكل (5-31) حيث نلاحظ أن أنصاف أقطار المنعطفات المقترحة:

$$\text{نصف قطر المنعطف } P_7'' : R_{P_7''} = 250\text{m}$$

$$\text{نصف قطر المنعطف } P_9'' : R_{P_9''} = 450\text{m}$$

وفق الجدول (5-12) فإن P₉'' يمثل مستوى تصميم جيد و P₇'' ، يمثل مستوى تصميم مقبول، نتنبأ بالسرعة العملية V₈₅ من المعادلة المستنتجة ($V_{85} = 1.428\sqrt{R} + 35.74$) :

$$V_{85 P_7''} = 58 \leftarrow R_{P_7''} = 250\text{m} \text{ تصميم مقبول}$$

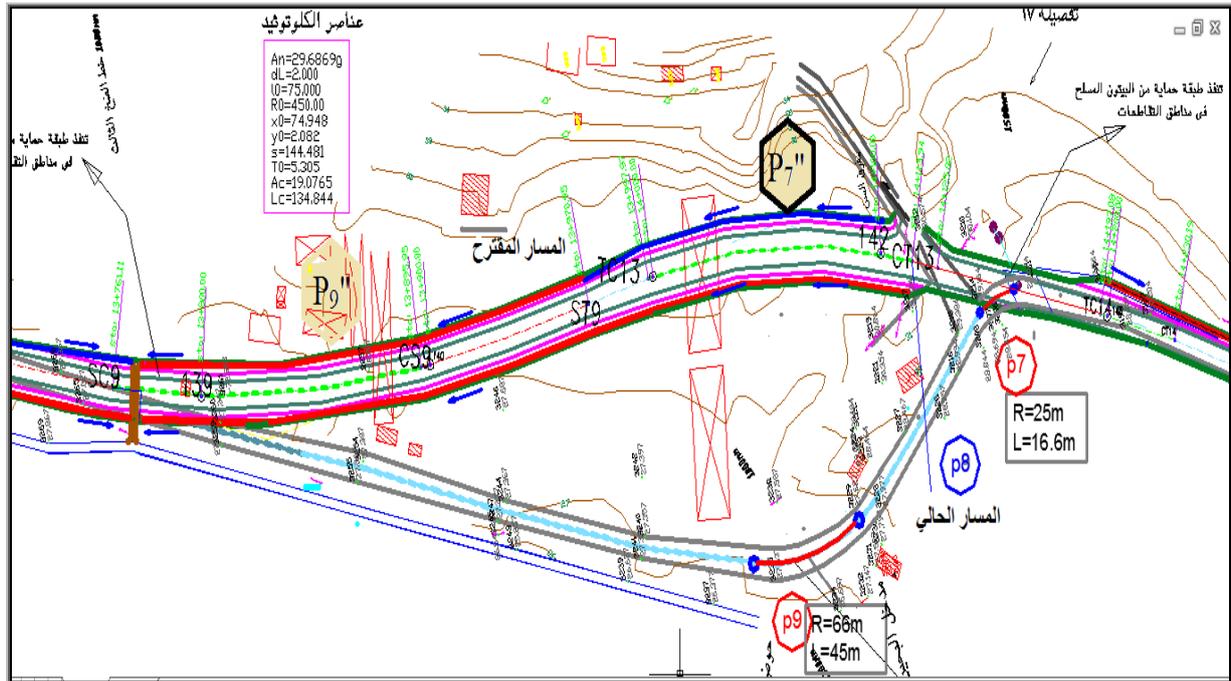
$$V_{85 P_9''} = 66 \leftarrow R_{P_9''} = 450\text{m} \text{ تصميم جيد}$$

وهذا يتوافق مع نتائج هذه الدراسة ، وللتحقق ندرس تباين السرعة على الجزء الجديد من الطريق باستخدام المعيار (II) للسلامة.

الجدول (5-13) تقييم مستوى السلامة على العناصر المقترحة في مشروع توسيع طريق اللاذقية - بانياس القديم

P _i	العنصر	ميزة العنصر	V ₈₅	|V _{85i} - V _{85i+1}|	معيار التصميم II
P ₆	استقامة	L=500	76		
P ₇ ''	منعطف	R=250	58	18	مقبول
P ₉ ''	منعطف	R=450	66	8	جيد
P ₁₀	استقامة	L=500	69	3	جيد

لتحقيق تصميم جيد يجب أن يصمم المنعطف بنصف قطر (R ≥ 450m) عند الموقع P₇ .



الشكل (5-31) مخطط تعديل المسار على طريق اللاذقية - بانياس القديم

5-8- النتائج النهائية والتوصيات :

□ نتائج البحث:

لقد شمل البحث دراسة 15.610 كم من طريق الساحل الغاب من قرية كرم غصونة حتى تقاطع رأس العين، و 15.562 كم على طريق اللاذقية - بانياس القديم اعتباراً من حريصون حتى تقاطع مفرق عين شقاق، كما تم قياس السرعة العملية لحوالي 7900 مركبة على 47 منعطفاً و 22 استقامة، وذلك خلال الفترة بين تشرين أول 2011، حتى نيسان 2012، ودرنا تأثير عناصر المسار الأفقي (نصف قطر المنعطف الأفقي ، طول الاستقامة، وعرض الطريق المعبد) على السرعة العملية V_{85} حيث توصلنا للنتائج التالية:

1- أفضل معادلة تنبؤية للعلاقة بين السرعة العملية V_{85} (km/h) ، ونصف قطر المنعطف الأفقي R (m) وهي تعطي أكبر قيمة لمعامل التحديد ($r^2 = 0.845$)، كانت بدلالة المتحول \sqrt{R} وهي:

$$V_{85} = 1.428\sqrt{R} + 35.74$$

2- لا تشمل المعادلة المستنتجة المواقع ذات الاتجاه الواحد للحركة، حيث أعطت قيماً منخفضة جداً لمعامل التحديد.

3- أكد اختبار (Chi-Square Test) دقة المعادلة التنبؤية المستنتجة، حيث لا يوجد تباين إحصائي هام بين قيم السرعة العملية التنبؤية V_{P85} ، وقيم السرعة المراقبة V_{O85} على المنعطفات، كما دل جدول (ANOVA) أن معادلة الانحدار تعبر عن ارتباط حقيقي بين (V_{85} & \sqrt{R}).

4- المعادلة المستنتجة تعطي قيماً أدق للسرعة في حال عدم وجود عوائق كالمفارق والتقاطعات، أو عدم توضع المنعطف في مكان ذي تجمع سكاني.

5- يؤثر نصف قطر المنعطف الأفقي بشكل كبير على السرعة العملية عندما ($R \leq 250$ m) تقريباً، وتكون العلاقة طردية، ويتناقص التأثير تدريجياً عندما ($600 > R \geq 350$ m)، وتكون السرعة العملية غير متعلقة بنصف قطر المنعطف الأفقي، وتقترب من السرعة على الاستقامة عندما ($R \geq 600$ m).

6- لا يوجد هناك علاقة ارتباط بين طول الاستقامة والسرعة العملية على الاستقامة كما بينت مخططات التبعر ومعادلات الانحدار.

7- حُددت الاستقامة المستقلة الطويلة للطرق المركزية ذات الحارتين باتجاهين بطول $(LT_{max} \approx 190m)$ ، حيث أشارت مخططات التبعر أن السرعات العملية على الاستقامات تصبح ثابتة عندما $(LT_{max} \geq 193m)$.

8- بلغت السرعة المطلوبة على الطرق ذات الحارتين باتجاهين $(VT_{85max} = 76 \text{ Km/h})$.

9- لا يوجد هناك علاقة ارتباط بين عرض الطريق المعبد والسرعة العملية سواء على المنعطف أو على الاستقامة كما بينت مخططات التبعر ومعادلات الانحدار.

10- من خلال دراسة التباين في السرعة العملية V_{85} بين العناصر الهندسية المتتالية للطريق (استقامة - منعطف أو منعطف - منعطف) تم تقييم مستوى التصميم بدلالة معايير السلامة (I، II) وفق [Lamm et al.2007] وبالتالي تحديد الحاجة إلى تعديل في التصميم الهندسي لعناصر الطريق.

11- تم تحديد المجال الأمثل لاختيار أنصاف الأقطار عند تصميم المنعطفات الأفقية على الطرق ذات الحارتين باتجاهين بناء على قيمة السرعة المطلوبة والمعيار (II) للسلامة حيث أن:

• التصميم جيد عندما $(795 \geq R \geq 450)$

• التصميم يعتبر مقبولا عندما $(450 > R \geq 200)$

• التصميم سيئ عندما $(R < 200)$

□ التوصيات

- 1) ضرورة إدخال مفهوم السرعة العملية في التصميم الهندسي للطرق، لأنه يؤدي إلى تجنب التغيرات غير المرغوبة في قيمة السرعة بين العناصر المتتالية، واستخدام المعادلة المستنتجة ($V_{85} = 1.428\sqrt{R} + 35.74$) عند إعادة تصميم منعطفات على طرق ذات حارتين باتجاهين للحصول على القيم المثلى لنصف القطر، من أجل مجال معين للسرعة، تراعى فيها العناصر السابقة، والتالية للمنعطف.
- 2) ضرورة وضع الشاخصات المرورية التحذيرية عند المنعطفات، والاستفادة من السرعة العملية المستنتجة في هذا البحث، في تحديد قيمة السرعة على المنعطفات، و لتحديد السرعات القصوى المسموحة على الطرق .
- 3) العمل على تشكيل قاعدة بيانات كافية عن الطرق المركزية ذات الحارتين باتجاهين تمكن من الحصول على العناصر الأفقية، والشاقولية للمسار لاستخدامها في الأبحاث، والدراسات اللاحقة.
- 4) ضرورة العمل على إعداد قاعدة معرفية حول التحقيق والتحليل والمعرفة الفنية للحوادث، يقوم بها خبراء مختصون لتكون داعماً للبحث العلمي في مجال سلامة الطرق، ولتشكل نقطة انطلاق نحو إعداد استراتيجية تضمن إدارة أفضل للسرعة.
- 5) يفتح البحث آفاقاً واسعة لدراسة تأثير البارامترات الهندسية الأخرى على السرعة العملية V_{85} ، بهدف الوصول إلى معايير التصميم الآمنة للطرق، ورسم مقطع السرعة (Speed Profile).

تطوير نماذج التنبؤ بالسرعة العملية على الطرق المركزية ذات الحارتين باتجاهين للحركة

□ ملخص □

إن اختلاف سرعة القيادة بين العناصر المتعاقبة للطريق، يعتبر من أهم المسببات الأساسية للحوادث المرورية، لذا يهدف البحث إلى إيجاد المعادلات التنبؤية بالسرعة العملية V_{85} للعبوات في مناطق المنعطفات الأفقية والاستقامات، وذلك على الطرق المركزية ذات الحارتين باتجاهين.

أجريت القياسات الحقلية للسرعة لحوالي 7900 مركبة على (47) منعطفاً أفقياً، و (22) استقامة واقعة على طريقي الساحل-الغاب، واللاذقية-بانياس، وقد تم إيجاد معادلات الانحدار التي تعطي قيمة السرعة العملية بالعلاقة، مع نصف قطر المنعطف الأفقي R من خلال دراسة قيم معامل التحديد r^2 للمعادلات التي تربط بين $(R \& V_{85})$ ، $(\frac{1}{R} \& V_{85})$ ، $(\sqrt{R} \& V_{85})$ ، حيث أعطت العلاقة بين $(\sqrt{R} \& V_{85})$ أعلى قيمة لمعامل التحديد ($r^2=0.845$)، وبناء على ذلك تم اعتماد المعادلة التنبؤية التالية:

$$V_{85} = 1.428\sqrt{R} + 35.74$$

تم التأكد من دقة المعادلة المستنتجة من خلال تطبيق اختبار (Chi-square test)، وجدول تحليل (ANOVA).

أكد البحث عدم وجود ارتباط بين طول الاستقامة، والسرعة العملية على الاستقامة، كما أكد أن عرض الطريق المعبد لا يعتبر بارامتر هاماً للتنبؤ بالسرعة العملية سواء على الاستقامة، أو على المنعطف، حيث إن الارتباط ضعيف جداً بين السرعة العملية، والعرض المعبد لمقطع الطريق.

تمت دراسة تباين السرعة العملية V_{85} بين العناصر الهندسية المتتالية (استقامة-منعطف، أو منعطفين متتالين) على الطريقتين المدروستين، وتقييمهما وفق معايير السلامة المرورية، وتحديد المجال الأمثل لاختيار أنصاف أقطار المنعطفات الأفقية.

Developing Operating Speed Prediction Models on Two Lane Highways for Central Roads

□ ABSTRACT □

The variation of the vehicle driving speed between successive alignment elements is one of the main causes of accidents, The objective of this study was to develop speed prediction equations on two-lane highways for central roads.

The speed of more than 7900 vehicles was measured during the study and collected at (47) curves and (22) straights on two central roads (Sahel-Ghab and Lattakia- Baniyas).

In this search, we have concluded the regression equations that give the correlation between the operating speed (V_{85}) and curve radius (R), by studying the determination factor values, we have found the variable (\sqrt{R}) has the largest value ($r^2=0.845$) and the considered equation is:

$$V_{85} = 1.428\sqrt{R} + 35.74$$

A Chi-square test was performed to assess the goodness-of-fit of the equation developed to predict 85th percentile curve speed.

Study concluded that no correlation between length of tangent and operating speed V_{85} .

Study also investigated the effects of pavement width on speeds on long tangents and curves and concluded that pavement width did not affect speeds.

The variance of speeds between the successive geometric elements was performed to evaluate the road according to safety criterion.

المراجع العلمية References

المراجع العربية:

1. دليل إدارة السرعة، الشراكة العالمية للسلامة على الطرق، < www.GRSProadsafety.org >، جنيف، 2008.
2. د. يونس، غسان، د. صيدناوي، جوزيف، د. بوراس، كميل. المواصلات (1). منشورات جامعة تشرين، مديرية الكتب والمطبوعات الجامعية 1997.
3. الرفاعي، عبد الهادي ممدوح، طيوب، محمود محمد ديب. مبادئ الإحصاء. منشورات جامعة تشرين، كلية الاقتصاد، 2011، 297.
4. الشركة العامة للدراسات والاستشارات الفنية فرع المنطقة الساحلية. المذكرة الحسابية لطريق جبلة - بانياس القديم، 2007.

المراجع الأجنبية:

5. *A Policy on Geometric Design of Highways and Streets*, American Association of State Highway and Transportation Officials, 4th edn. Washington, D.C.: AASHTO, 2001.
6. Gintalas, V.; Zilioniene, D.; Dimaitis, M.; Lukosaitis, D.; Lipneviciute, K.; Vitkiene, J. " *Analysis of Design Solutions in The Objective Of Gravel Roads Paving Programme in Terms of Traffic Safety* " The Baltic Journal of Road and Bridge Engineering, DOI: 10.3846/1822-427X.2008.3.93-100, Lithuania, 2008.
7. Fitzpatrick, K.; Elefteriadou, L.; Harwood, D.W.; Collins, J.M.; McFadden, J.; Anderson, I.B.; Krammes, R.A.; Irizarry, N.; Parma, K.D.; Bauer, K.M.; and Passetti, K. " *Speed Prediction for Two-Lane Rural Highways* ", Report No. FHWA - RD -99-171, Federal Highways Administration, 2000.
8. Lamm, R.; Beck, A.; Cafiso, S.; La Cava, G. 2003. *A new procedure for evaluating traffic safety on two-lane rural roads* [CDROM], in Proc of the XXII Ind PIARC World Road Congress. 19-25 Oct, 2003, Durban, South Africa. World Road Association - PIARC, 2003. 10 p.

9. RAS-L Richtlinien für die Anlage von Straßen Richtlinien Teil: Linienführung FGSV, Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen e.V., 1995, Germany.
10. Anderson, I.B., and Krammes, R.A. (2000), "*Speed reduction as a surrogate for accident experience at horizontal curves on rural two-lane highways.*", Transportation Research Record 1701, National Research Council, Washington D.C, pp 86-94.
11. Federal Highway Administration (FHWA). (2004). Interactive Highway Safety Design Model (IHSDM). *design consistency module. Engineer's manual*, Washington, D.C.
12. M. Dietze, D. Ebersbach, Ch. Lippold (TUD), K. Mallschützke (INECO), G. Gatti (POLIBA)." *Road Geometry, Driving Behaviour and Road Safety*". Germany , 2005.
13. Bennett, C.R. "A Speed Prediction Model for Rural Two-Lane Highways". *Ph.D. Dissertation, University of Auckland, New Zealand*, 1994.
14. Mawjoud, A.A. ; Gandhi, G. S. ; "*DEVELOPMENT OF MODELS FOR PREDICTING SPEED ON HORIZONTAL CURVES FOR TWO-LANE RURAL HIGHWAYS*" The Arabian Journal for Science and Engineering. Iraq, 2008.
15. Pratico, F. G.; Leonardi, G.; Scopelliti, F.; Giunta, M. 2007. Assessing road safety levels in a road network on the basis of unlocalised accident data, in *Proc of the 4th International SIIV Congress*. 12–14 Sept, 2007, Palermo, Italy. Available from internet: <http://sed.siiv.it/documenti/63_2848_20080110111905.pdf>.
16. Lamm, R.; Beck, A.; Rusher, T.; Mailaender, T.; Cafiso, S.; La Cava, G. 2007. *How to make two-lane rural roads safer: scientific background and guide for practical application*. WIT Press, UK, 118 p. ISBN-10 1845641566.

التحقق

□ مخطط المسقط الأفقي لطريق اللاذقية بانياس القديم

□ جدول اختبار (Chi-square test)

□ جداول فيشر