

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

رسالة علمية أعدت لنيل درجة الماجستير في الهندسة المدنية اختصاص النقل والمواصلات

إعداد

م. سمير محمد الكريم ميّا

إشرافه

الدكتور المهندس: فادي كنعان الدكتور المهندس: أكرم رستم

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

الدكتور فادي كنعان*

الدكتور أكرم رستم**

سمر عبد الكريم ميا***

□ 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 لأكثر من 7500 مركبة على (47) منعطفاً أفقياً و (24) استقامة واقعة على طريقي الساحل-الغاب واللاذقية-بانياس.

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 ($R^2=0.84$)، وبناء على ذلك تم اعتماد المعادلة التنبؤية التالية:

$$V_{85} = 1.428 \times \sqrt{R} + 36.08$$

تم تطبيق اختبار (Chi-square test) حيث أكد دقة المعادلة المستنتجة.

تم دراسة تباين السرعة العملية V_{85} بين العناصر الهندسية المتتالية (استقامة- منعطف أو منعطفين متتالين) على الطريقتين المدروسين وتقييمهما وفق معايير السلامة المرورية.

الكلمات المفتاحية: السرعة العملية V_{85} ، السرعة التنبؤية، الطرق ذات الحارتين باتجاهين، المنعطف الأفقي، معايير السلامة، نماذج التراجع.

*مدرس- قسم هندسة النقل والمواصلات- كلية الهندسة المدنية- جامعة تشرين- اللاذقية- سورية.

**أستاذ مساعد- قسم هندسة النقل والمواصلات- كلية الهندسة المدنية- جامعة تشرين- اللاذقية- سورية.

***طالبة دراسات عليا (ماجستير)- قسم هندسة النقل والمواصلات- كلية الهندسة المدنية-جامعة تشرين- اللاذقية- سورية.

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

Dr. Fadi kanan*
Dr. Akram Rustom**
Samar Abd- Alkarem Meya***

□ 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 7500 vehicles was measured during the study and collected at (47) curves and (24) straights on two central roads (Sahel-Ghab and Lattakia-Banias).

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 ($R^2=0.84$) and the considered equation is:

$$V_{85} = 1.428\sqrt{R} + 36.08$$

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

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

Key words: Operating speed V_{85} , prediction speed, tow-lane highway, horizontal curve, safety criterion, regression models.

*Professor, Department of Transportation Engineering, Faculty of Civil Engineering, Tishreen University, Lattakia, Syria.

**Associate Professor, Department of Transportation Engineering, Faculty of Civil Engineering, Tishreen University, Lattakia, Syria.

***Postgraduate Student, Department of Transportation Engineering, Faculty of Civil Engineering, Tishreen University, Lattakia, Syria.

مقدمة:

يتم تقييم الطرق حسب معايير السلامة المرورية التي تعتبر شرطاً أساسياً يجب مراعاته منذ المراحل الأولى للتصميم، وقد أظهرت الأبحاث في بلدان أوروبا الغربية أن الاختلاف في سرعة القيادة بين عناصر المسار المتتالية يعتبر من المسببات الأساسية للحوادث على الطرق، كما أن الحوادث على الطرق المركزية هو أكثر تأثراً بعدم توافق عناصر التخطيط [1].

إن التصميم المتجانس للطرق المركزية ذات الحارتين باتجاهين كخطوط انسيابية يؤدي إلى تجنب التغيرات غير المرغوبة في سرعة القيادة حيث تتوافق المعالم الهندسية مع توقعات السائقين وتمكنهم من التحكم بقيادة عرباتهم وارتكابهم أخطاء أقل [2].

أكد الاتحاد العالمي للطرق (PIRAC) أن الحوادث على المنعطفات الأفقية تكون أكثر تكراراً بـ (4-1.5) مرة منها على الاستقامات، وأن العدد الأعظم من الحوادث يحصل على المنعطفات الأفقية ذات أنصاف الأقطار الأقل من 400 م، وأن نسبة (25-30)% من الحوادث المميتة تحدث على المنعطفات الأفقية [3]، 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 وبداية 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 والمستند بدراسته على السرعة العملية V_{85} على مقاطع الطرق [2].

عرف الآثتو السرعة العملية V_{85} بأنها: سرعة قيادة السائقين لعرباتهم ضمن ظروف الجريان الحر وهي نسبة 85% من توزع السرعات المراقبة عند موقع معين، وهذه السرعة مرتبطة بالموقع والخصائص الهندسية للطريق [4].

أهمية البحث وأهدافه:

تتبع أهمية البحث في إدخال مفهوم السرعة العملية V_{85} للمشاريع حديثة التصميم وللطرق المركزية ذات الحارتين باتجاهين أو إعادة تصميم أجزاء منها بغية التقليل من الحوادث المرورية التي تشهدها هذه الطرق والتوصل إلى معايير التصميم الآمن والمتجانس من خلال:

📖 إيجاد معادلات التراجع (الانحدار) التنبئية بالسرعة العملية V_{85} ، من خلال قياس سرعة المركبات عند

المنعطفات الأفقية وربط بيانات السرعة بالبارامترات الهندسية (نصف قطر المنعطف الأفقي) للطريق.

📖 دراسة تباين السرعة بين المعالم الهندسية المتعاقبة (استقامة-منعطف أو منعطفين متتالين) وتقييمها وفق

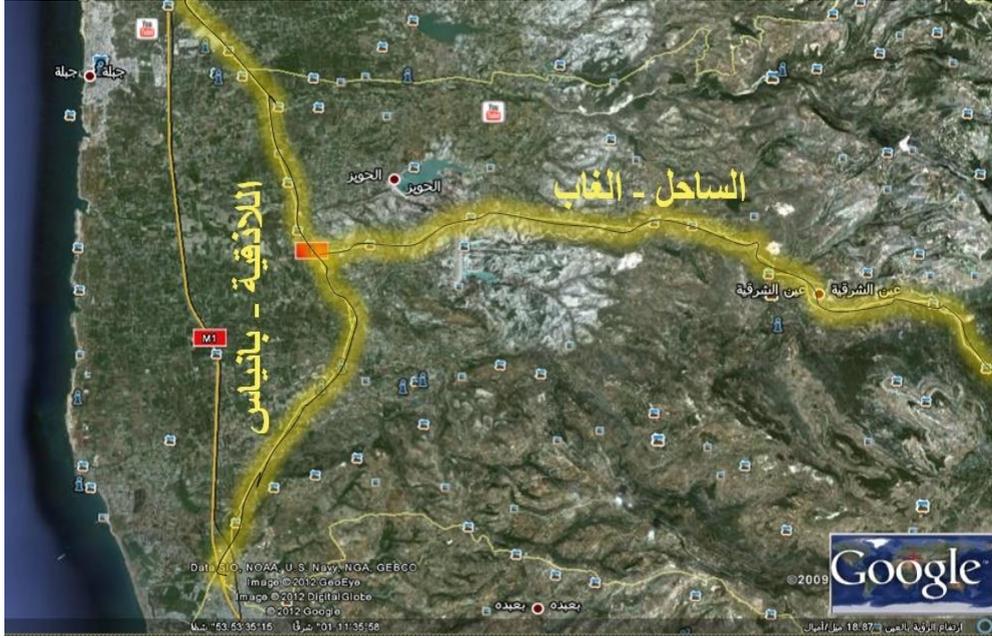
معايير السلامة بهدف تطوير منهجية لتحديد مستوى السلامة المرورية على مقاطع الطرق.

طرائق البحث ومواده:

١- اختيار موقع البحث:

جمعت البيانات على طرق مركزية ذات حارتين باتجاهين للحركة في محافظة اللاذقية، عملية اختيار الموقع لم تكن عشوائية إنما مرتبطة بقاعدة البيانات المتوفرة لدى وزارة النقل والمؤسسة العامة للمواصلات الطرقيّة، ولم تتوفر لنا بيانات كافية عن هذا الصنف من الطرق كونها طرقاً قديمة.

تم اختيار طريق اللاذقية- بانياس القديم لتوفر المخططات الرقمية لمشروع تحديث الطريق المنجز من قبل الشركة العامة للدراسات والاستشارات الفنية ولمسافة (15.562 كم) من الطريق، كما تم اختيار طريق (الساحل - الغاب) لأهميته كطريق مركزي رئيسي ذي سرعات عالية يصل بين محافظتي اللاذقية وحماه. تم الحصول على بياناته الهندسية باستخدام برنامجي (AutoCad 2010 & Google Earth). يوضح الشكل (1) خارطة مواقع الطرق المدروسة والجدول (1) مواصفات تلك الطرق.



الشكل (1) خارطة لمواقع الطرق المدروسة

الجدول (1) مواصفات الطرق المدروسة

الطريق	المنطقة	التصنيف الوظيفي الإداري	التصنيف الوظيفي التصميمي	عرض القارعة م	عرض البانكيت م	V_d كم/سا	الطول الكلي
اللاذقية-بانياس	ريفية سهلية	رئيسياً يصل بين مراكز المحافظات	درجة أولى	6-8	1-2	60	38
الساحل-الغاب	ريفية جبلية		درجة أولى	8	2.75	70	28

٢- جمع البيانات الهندسية للطرق المدروسة:

◀ طريق اللاذقية- بانياس القديم:

نبين على الشكل رقم (١) موقع الطريق ومسقطه الأفقي، وتتضمن المخططات الرقمية لطريق اللاذقية - بانياس القديم المسار الحالي ودراسة التوسيع وذلك على جزء من الطريق يبلغ طوله (15.562 كم) ويبدأ من تقاطع مفرق عين شقاق إلى عقدة حريصون [8]، يمكن من خلال هذه المخططات الحصول على كافة العناصر الأفقية (نصف قطر المنعطف الأفقي، طول المنعطف، أطوال الاستقامات) كما يبين الجدول (2).

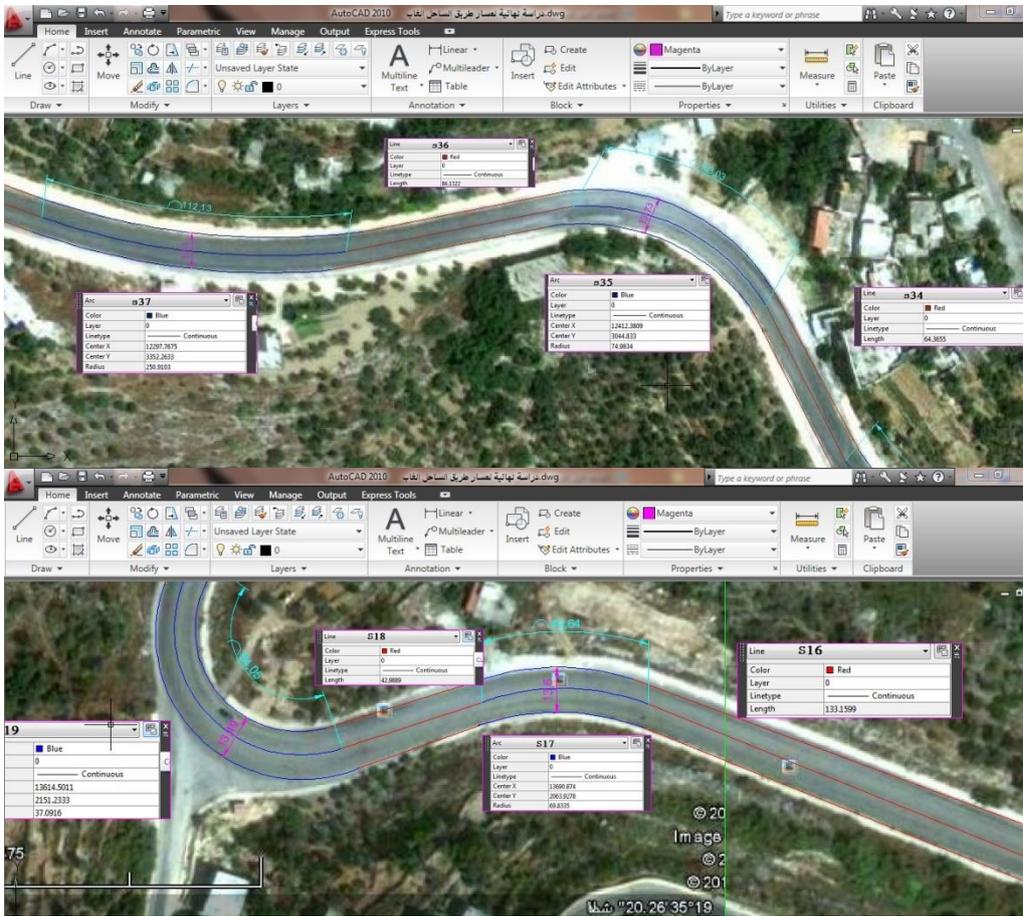
الجدول(2) العناصر الهندسية المتتالية على طريق اللاذقية - بانياس القديم

R(m)	L(m)	العنصر	P _i	R(m)	L(m)	العنصر	P _i
140	60.5	منعطف	P ₂₁	160	24	منعطف	P ₁
∞	1136	استقامة	P ₂₂	∞	208.6	استقامة	P ₂
38	34.5	منعطف	P ₂₃	350	7.2	منعطف	P ₃
∞	352	استقامة	P ₂₄	∞	175	استقامة	P ₄
150	26	منعطف	P ₂₅	250	54.5	منعطف	P ₅
∞	376	استقامة	P ₂₆	∞	500	استقامة	P ₆
300	106	منعطف	P ₂₇	25	16.6	منعطف	P ₇
∞	913	استقامة	P ₂₈	∞	82	استقامة	P ₈
600	81	منعطف	P ₂₉	66	45	منعطف	P ₉
∞	87	استقامة	P ₃₀	∞	575	استقامة	P ₁₀
180	62	منعطف	P ₃₁	500	60.6	منعطف	P ₁₁
∞	741	استقامة	P ₃₂	∞	2458	استقامة	P ₁₂
150	18	منعطف	P ₃₃	300	70.5	منعطف	P ₁₃
∞	474	استقامة	P ₃₄	∞	450	استقامة	P ₁₄
120	57.61	منعطف	P ₃₅	350	69.6	منعطف	P ₁₅
∞	1818.6	استقامة	P ₃₆	∞	837	استقامة	P ₁₆
500	37.8	منعطف	P ₃₇	200	69	منعطف	P ₁₇
∞	1162.4	استقامة	P ₃₈	∞	57	استقامة	P ₁₈
250	73.5	منعطف	P ₃₉	150	80.5	منعطف	P ₁₉
∞	1718.4	استقامة	P ₄₀	∞	21	استقامة	P ₂₀

◀ طريق الساحل - الغاب:

تم الحصول على البيانات الهندسية لطريق الساحل - الغاب بسبب عدم وجود مخططات كما يلي:

- ✚ استخدام برنامج Google Earth لأخذ صور جوية متتالية لمسار الطريق.
- ✚ بالاستعانة ببعض الأبعاد الحقيقية الواقعية التي تم قياسها حقلياً يتم معالجة هذه الصور بواسطة برنامج AutoCAD وتركيبها لتشكل مساراً بأبعاد حقيقية حقلية.
- ✚ إلباس هذا الطريق من خلال أوامر برنامج AutoCAD باستقامات ومنحنيات تمكنا من الحصول على مخطط أفقي كامل ودقيق للطريق (نصف قطر المنعطف R، طول المنعطف Lc، عرض الطريق W، أطوال الاستقامات LT) كما يبين الشكل(2).



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

من المخطط الناتج نستخرج العناصر الأفقية لطريق الساحل الغاب وذلك اعتباراً من قرية كرم غصونة حتى مفرق عين شقاق ويكون الطول الكلي المدروس من الطريق حوالي (15.61 كم) كما يبين الجدول (3).

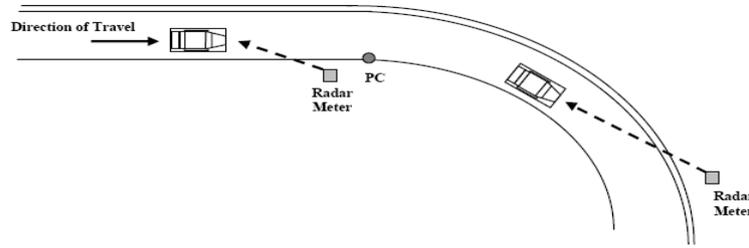
الجدول (3) العناصر الهندسية المتتالية على طريق الساحل الغاب

R(m)	L(m)	العنصر	S _i		R(m)	L(m)	العنصر	S _i
120	75	منعطف	S ₂₉		468	87	منعطف	S ₁
∞	76	استقامة	S ₃₀		∞	193	استقامة	S ₂
51	105	منعطف	S ₃₁		600	203	منعطف	S ₃
∞	763	استقامة	S ₃₂		∞	207	استقامة	S ₄
126	70	منعطف	S ₃₃		236	250	منعطف	S ₅
∞	64	استقامة	S ₃₄		∞	76	استقامة	S ₆
75	83	منعطف	S ₃₅		134	45	منعطف	S ₇
∞	84	استقامة	S ₃₆		∞	58	استقامة	S ₈
251	112	منعطف	S ₃₇		73	50	منعطف	S ₉
∞	770	استقامة	S ₃₈		∞	44	استقامة	S ₁₀
1008	201	منعطف	S ₃₉		273	275	منعطف	S ₁₁
∞	212	استقامة	S ₄₀		∞	207	استقامة	S ₁₂
1130	509	منعطف	S ₄₁		274	122	منعطف	S ₁₃
∞	327	استقامة	S ₄₂		∞	400	استقامة	S ₁₄
1156	534	منعطف	S ₄₃		251	104	منعطف	S ₁₅
∞	3100	استقامة	S ₄₄		∞	133	استقامة	S ₁₆
970	468	منعطف	S ₄₅		70	50	منعطف	S ₁₇
∞	1189	استقامة	S ₄₆		∞	42	استقامة	S ₁₈
1175	411	منعطف	S ₄₇		37	94	منعطف	S ₁₉
∞	285	استقامة	S ₄₈		∞	38	استقامة	S ₂₀
620	428	منعطف	S ₄₉		57	60	منعطف	S ₂₁
∞	545	استقامة	S ₅₀		∞	63	استقامة	S ₂₂
1355	315	منعطف	S ₅₁		54	166	منعطف	S ₂₃
∞	583	استقامة	S ₅₂		∞	295	استقامة	S ₂₄
1150	240	منعطف	S ₅₃		300	78	منعطف	S ₂₅
∞	193	استقامة	S ₅₄		∞	96	استقامة	S ₂₆
336	182	منعطف	S ₅₅		90	87	منعطف	S ₂₇
∞	114	استقامة	S ₅₆		∞	50	استقامة	S ₂₈

٣- جمع البيانات الحقلية:

تم العمل حقلياً وفق الخطوات التالية:

١. تسجيل فيديو يصور المسار الكامل للطريق المدروس.
٢. قياس عرض الطريق المعبد الكلي عند كل موقع مدروس، لاستخدامها في الدراسة التحليلية والتحقق من دقة الصور الجوية.
٣. من المخططات المتوفرة والمستنتجة نستخرج العناصر الأفقية للطريق الداخلة في الدراسة ونحدد عملياً المواقع التي سيتم فيها القياس الحقلية للسرعة (منتصف المنعطف الأفقي ومنتصف الاستقامة السابقة) ويبين الشكل (3) موقع القياس حقلياً بالاستعانة بتسجيل الفيديو والصور الجوية والمخططات.



الشكل (3) تحديد موضع أجهزة قياس السرعة

٤. قياس السرعة العملية للمركبات عند كل موقع:

الأجهزة المستخدمة:

- 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 بشروطي مرور لقياس السرعة على طريق اللاذقية- بانيناس القديم.
- في المرحلة الثانية، تم استخدام جهاز (Via Falcon Truck) المأخوذ من كلية الهندسة المدنية بجامعة تشرين لقياس السرعة على طريق الساحل الغاب وفي مرحلة التحقق من النتائج على كلا الطريقين.

يتم قياس السرعة العملية للعربات في ظروف طقس جاف وخلال النهار وفي أوقات خارج أوقات الذروة بحيث تسير العربات ضمن ظروف الجريان الحر، بمعدل 100عربة على الأقل عند كل موقع، يوضع الجهاز بحيث يمكن رؤية النقطة المحددة التي نود قياس السرعة عندها ويجب أن يكون مخفياً قدر الإمكان بحيث تؤخذ قراءة السرعة دون أن يكون السائقين متأثرين بها [5]، كما يبين الشكلان (4) و(5). يتم قياس السرعة لاتجاه واحد (مسرب واحد) على كل طريق مدروس فعلى طريق اللاذقية- بانيناس القديم تم قياس سرعة العربات المتنقلة من بانيناس والأرياف إلى جبلة وعلى طريق الساحل الغاب تم قياس سرعة العربات المتنقلة من الأرياف إلى جبلة.



الشكل (5) توضع جهاز (الرادار المحمول)



الشكل (4) توضع جهاز (Via Falcon Truck)

٤- الدراسة التحليلية للبيانات:

- إيجاد قيمة السرعة عند كل موقع على طريق اللاذقية- بانياس القديم:

تم استخدام الجهاز الراداري المحمول أما طريقة عرض البيانات فتكون بشكل صور يظهر في الصورة تاريخ القياس وتوقيته والسرعة العملية للمركبة ففي الشكل (6) السرعة العملية للمركبة (88 كم/سا)، يتم قراءة القياس لمائة مركبة على الأقل عند كل موقع سواء كان منعطفاً أو استقامة مستقلة، وتعتبر الاستقامة مستقلة عندما يبلغ طولها أكبر من 200م [2]، ثم يتم قراءة قيمة السرعات العملية للمركبات من الصور وباستخدام برنامج (Excel) نرتب السرعات تصاعدياً ثم نوجد المنحني التراكمي لعدد العربات مقابل السرعة العملية فتكون السرعة V_{85} هي السرعة المقابلة للنسبة 85% كما يبين الشكل (7)، تم إيجاد السرعة العملية V_{85} بهذه الطريقة عند (12) استقامة مستقلة و (12) منعطفاً أفقياً على طريق اللاذقية- بانياس القديم.



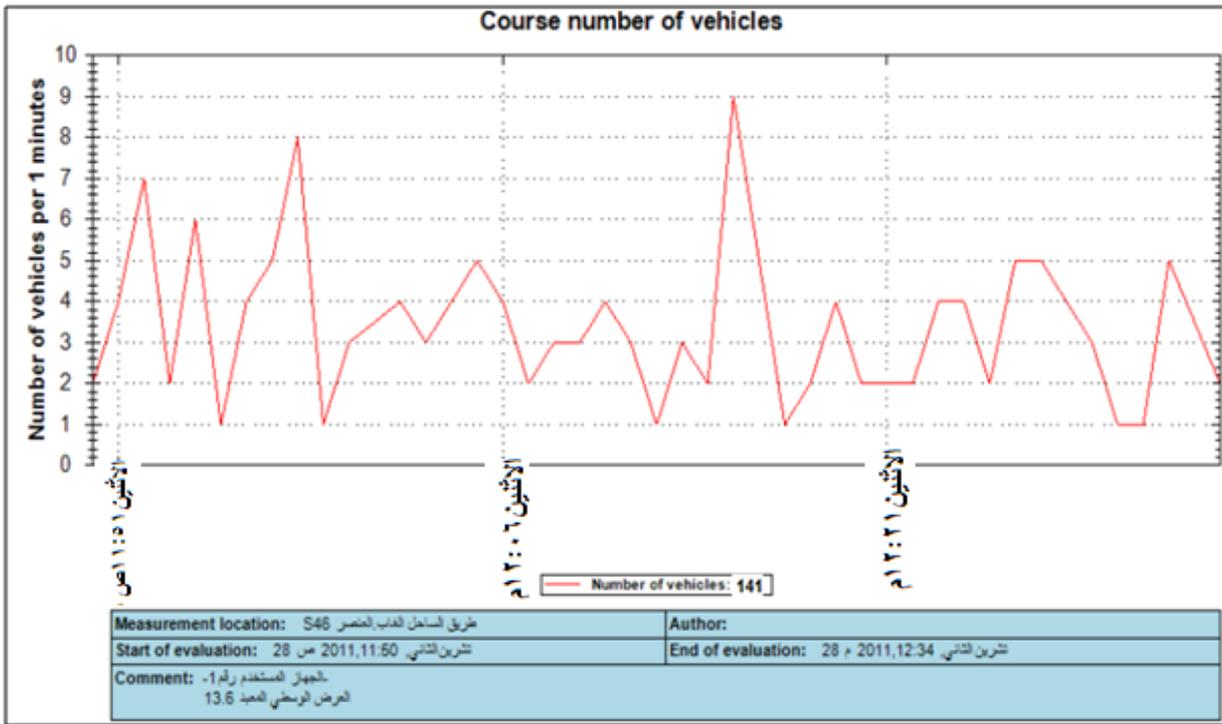
الشكل (7) إيجاد قيمة السرعة V_{85} باستخدام برنامج Excel



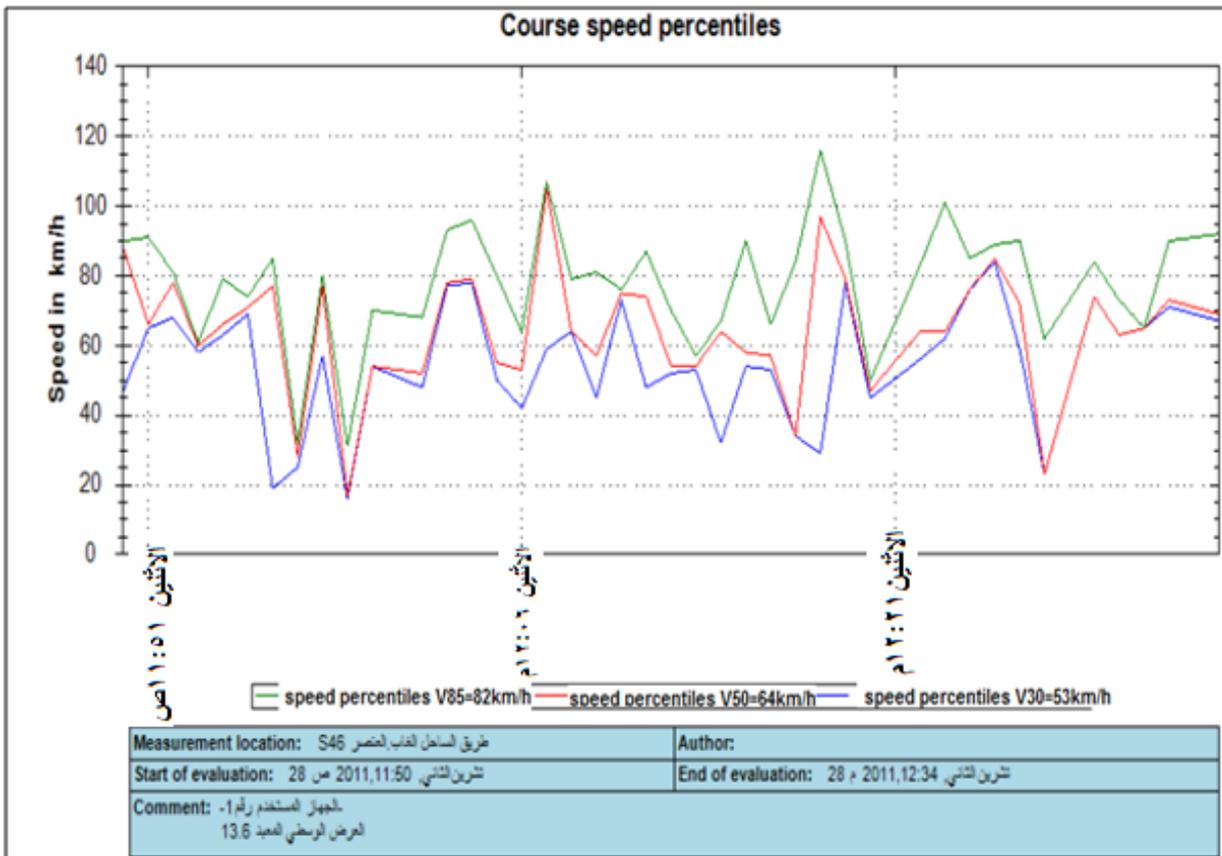
الشكل (6) عرض البيانات بجهاز الرادار المحمول

- إيجاد قيمة السرعة عند كل موقع على طريق الساحل- الغاب:

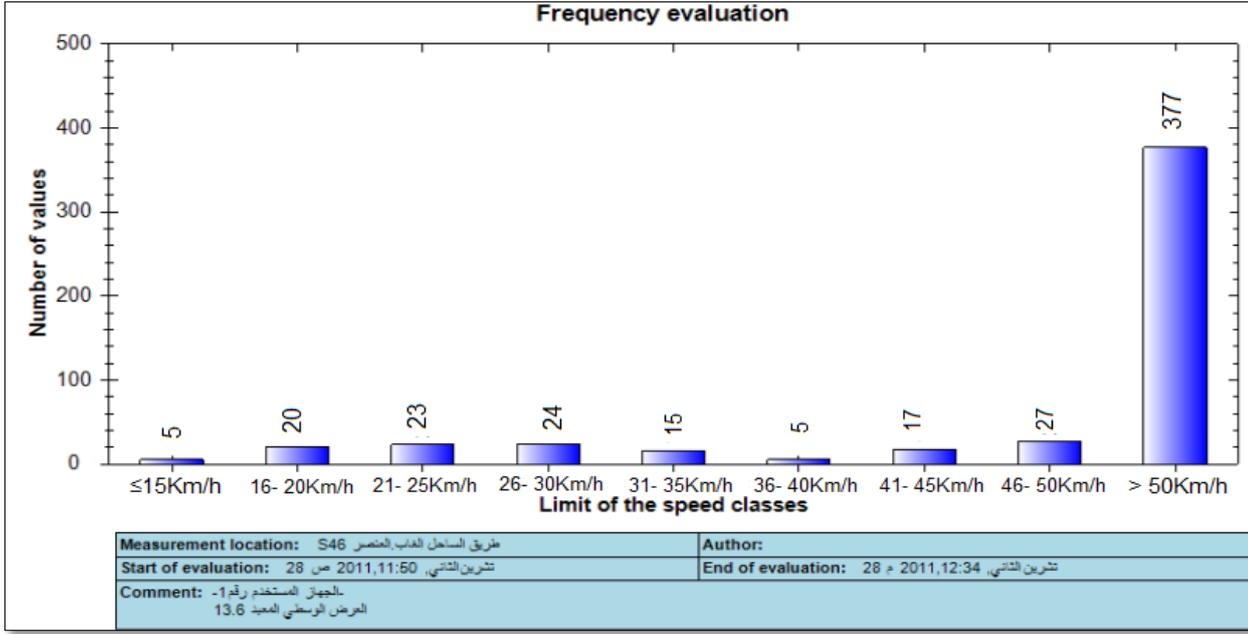
الجهاز المستخدم (Via Falcon Truck) يتم تنزيل البيانات من الجهاز إلى الكمبيوتر ويتم قراءتها بواسطة برنامج خاص بالجهاز (Via Graph)، ومنه نحصل على قيم (عدد العربات، V_{85} ، V_{avr} ، V_{max} ومخطط قرصي ومخطط أعمدة لتوزيع السرعات)، تبين الأشكال (8) و (9) و (10) بعض القياسات الحقلية الناتجة عند العنصر S_{46} .



الشكل (8) مخطط عدد العربات عند العنصر S₄₆



الشكل (9) مخطط السرعة النسبية عند العنصر S₄₆



الشكل (10) مخطط الأعمدة لتوزيع السرعات عند العنصر S₄₆

النتائج ومناقشتها:

١) استنتاج المعادلات التنبؤية بالسرعة العملية على المنعطفات الأفقية:

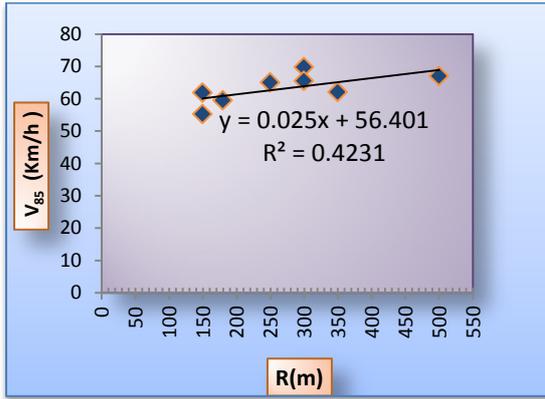
تم دراسة بيانات السرعة عند 12 منعطفاً أفقياً على طريق اللاذقية- بانياس القديم وذلك اعتباراً من العنصر P₁₃ حتى العنصر P₃₉ وكانت نتائج قياس السرعة العملية مبينة بالجدول (4).

الجدول(4)البيانات الحقلية الكلية للمنعطفات الأفقية على طريق اللاذقية- بانياس القديم

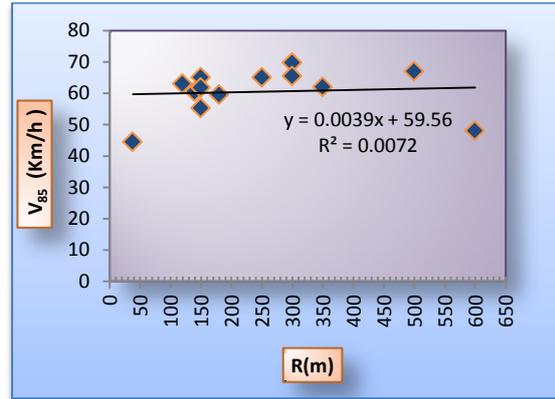
V _{avr}	V _{max}	V ₈₅	عدد العربات	R(m)	P _i
47	84	69.7	100	300	P ₁₃
53	84	62	100	350	P ₁₅
46	65	65	100	150	P ₁₇
52	82	60.5	100	140	P ₁₉
42	75	44.5	100	38	P ₂₁
48	67	55.25	100	150	P ₂₃
56	86	65.5	100	300	P ₂₅
40	83	48	100	600	P ₂₇
53	91	59.5	100	180	P ₂₉
51	79	61.8	100	150	P ₃₁
56	72	63	100	120	P ₃₃
57	92	67	100	500	P ₃₇
55	77	65	100	250	P ₃₉

تمت دراسة مدى تأثير بعض المنعطفات التي لا تحقق شروط الدراسة ($P_{33}, P_{19}, P_{21}, P_{17}$) لأن هذه المواقع باتجاه واحد للحركة والموقع P_{27} عند مفرد رأس العين حيث لا يتحقق الجريان الحر للعربات.

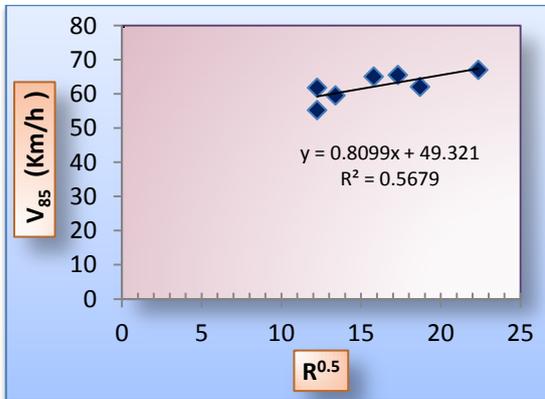
باستخدام برنامج Excel نوجد المعادلة التنبؤية بالسرعة العملية التي تربط ($R&V_{85}$)، نماذج الانحدار (التراجع) تضمنت بالإضافة إلى نصف القطر متحولين في قيمته ($\frac{1}{R}, \sqrt{R}$)، المعيار الأساسي لاختيار النموذج التراجعي الأمثل هو قيمة معامل التحديد R^2 الذي تتراوح قيمته $[0,1]$ وكلما كانت قيمته أعلى دل على ارتباط أكبر بين التابع والمتحول [7]، تبين الأشكال (11)، (12)، (13) و(14) معادلات الانحدار الناتجة.



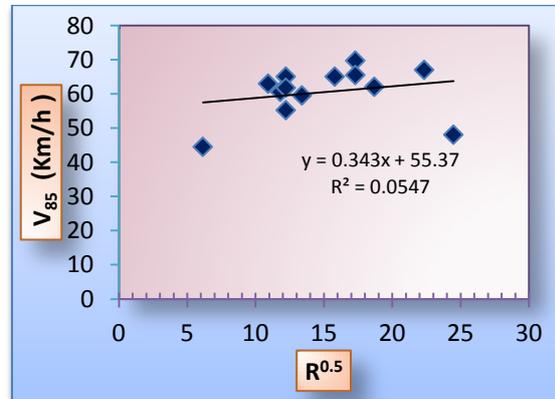
الشكل (12) العلاقة بين ($R&V_{85}$) بعد إزالة المواقع الشاذة



الشكل (11) العلاقة بين ($R&V_{85}$) للقيم الكلية



الشكل (14) العلاقة بين ($\sqrt{R&V_{85}}$) بعد إزالة المواقع الشاذة



الشكل (13) العلاقة بين ($\sqrt{R&V_{85}}$) للقيم الكلية

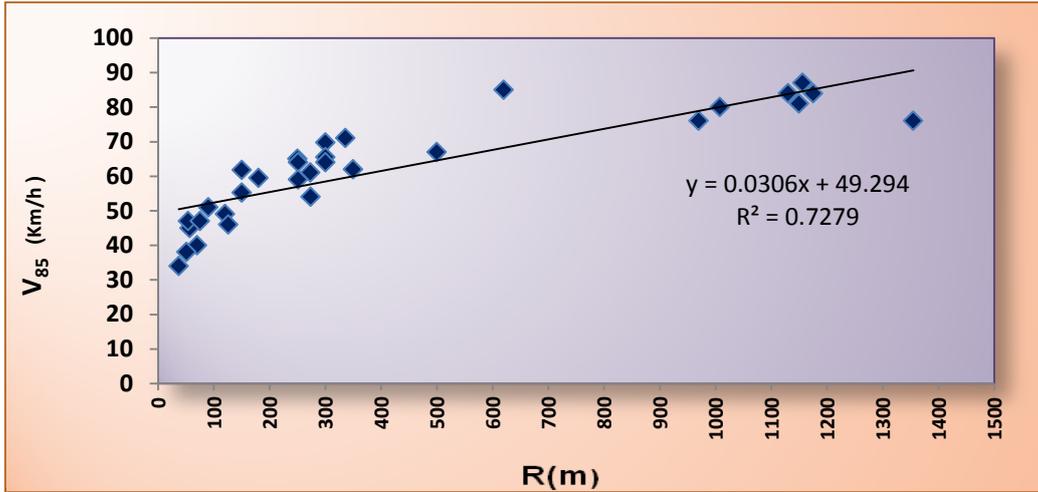
بمقارنة مخططات التبعر ونماذج التراجع (الانحدار) الناتجة عنها ومع قيمة معامل التحديد R^2 نجد أن العناصر ($P_{17}, P_{19}, P_{21}, P_{27}, P_{33}$) تؤثر بشكل كبير على قيمة معامل التحديد وبالتالي يجب أن لا تدخل في استنتاج المعادلات النهائية للتنبؤ بالسرعة العملية.

أما على طريق الساحل الغاب فقد تمت دراسة بيانات السرعة على (23) منعطفاً أفقياً، وذلك اعتباراً من العنصر S_{11} حتى العنصر S_{55} ، يبين الجدول (5) نتائج القياسات الحقلية للسرعة.

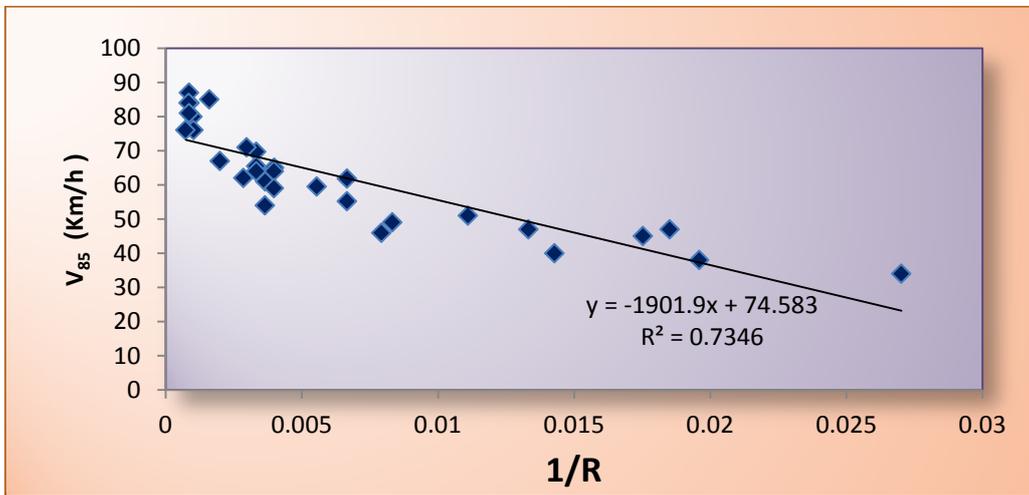
الجدول (5) البيانات الحقلية الكلية للمنعطفات الأفقية على طريق الساحل-الغاب

V_{avr}	V_{max}	V_{85}	عدد العربات	R(m)	S_i
47	80	61	280	273	S_{11}
37	88	54	126	274	S_{13}
44	86	64	100	251	S_{15}
29	55	40	100	70	S_{17}
27	87	34	101	37	S_{19}
35	54	45	100	57	S_{21}
36	54	47	136	54	S_{23}
50	91	64	202	300	S_{25}
39	89	51	102	90	S_{27}
38	63	49	108	120	S_{29}
30	47	38	121	51	S_{31}
34	61	46	102	126	S_{33}
37	58	47	122	75	S_{35}
47	66	59	109	251	S_{37}
59	103	80	107	1008	S_{39}
66	110	84	103	1130	S_{41}
63	108	87	102	1156	S_{43}
54	130	76	101	970	S_{45}
66	111	84	104	1175	S_{47}
63	120	85	101	620	S_{49}
56	117	76	149	1355	S_{51}
62	115	81	136	1150	S_{53}
48	88	71	140	336	S_{55}

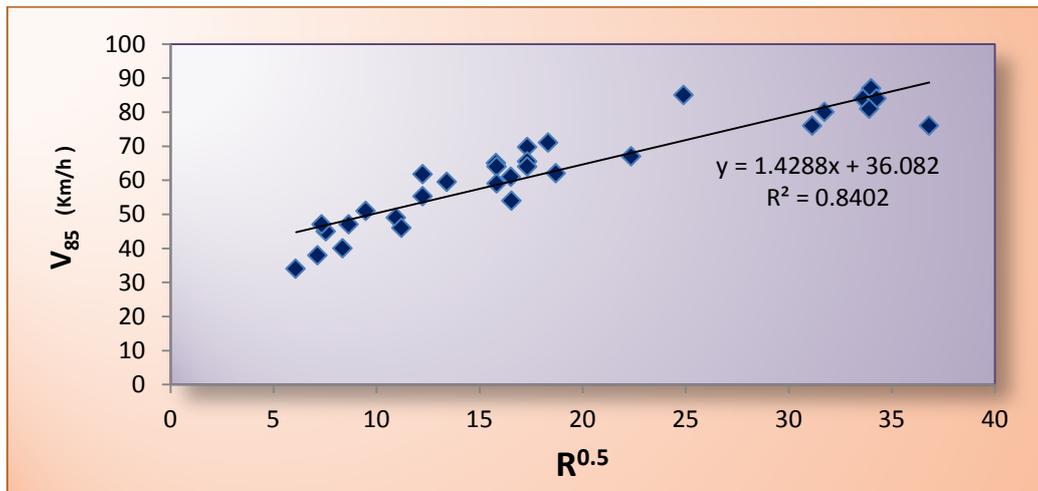
تم إيجاد المعادلات التراجعية للتنبؤ بالسرعة العملية من مخططات التبعر باستخدام برنامج Excel وذلك لـ (31) منعطفاً منها (8) منعطفات على طريق اللاذقية-بانياس القديم، و(23) منعطفاً على طريق الساحل-الغاب وكانت نتائج النماذج التراجعية كما هو مبين في الأشكال (15)، (16)، (17)، كما يبين الجدول (6) المعادلات الناتجة بين التابع V_{85} والمتحولات (\sqrt{R} ، $\frac{1}{R}$ ، R) وقيم معاملات التحديد.



الشكل (15) العلاقة بين (R & V_{85})



الشكل (16) العلاقة بين ($\frac{1}{R}$ & V_{85})



الشكل (17) العلاقة بين (\sqrt{R} & V_{85})

الجدول (6) المعادلات التنبؤية المستنتجة

عدد المنعطفات	R ²	المعادلة التنبؤية	النموذج التراجعي التنبؤي
31	0.727	$V_{85} = 0.03 * R + 49.29$	R & V ₈₅
	0.734	$V_{85} = \frac{-1901}{R} + 74.58$	$\frac{1}{R}$ & V ₈₅
	0.840	$V_{85} = 1.428\sqrt{R} + 36.08$	\sqrt{R} & V ₈₅

نلاحظ أن معامل التحديد الأكبر ($R^2=0.84$) وبالتالي المعادلة المعتمدة للتنبؤ بالسرعة العملية:

$$V_{85} = 1.428\sqrt{R} + 36.08$$

(٢) التحقق من صحة المعادلة المستنتجة:

تم التحقق من دقة المعادلة المستنتجة من خلال دراسة قيم السرعة العملية المراقبة على (11) منعطفاً أفقياً منها (6) منعطفات على طريق اللاذقية بانياس القديم اعتباراً من العنصر P₁ حتى العنصر P₁₁ و (5) منعطفات على طريق الساحل الغاب اعتباراً من العنصر S₁ حتى العنصر S₉ كما يبين الجدول (7)، نقارن قيم السرعة العملية المراقبة V₀₈₅ مع قيم السرعة المحسوبة V_{P85} من المعادلة التنبؤية المعتمدة، تتم المقارنة من خلال إيجاد قيمة متوسط الاختلاف المطلق (MAE= mean of |V_{P85} - V₀₈₅|) وتطبيق اختبار (Chi-Square Test):

$$X^2 = \sum_{i=1}^n \frac{(V_{P85} - V_{085})^2}{V_{P85}}$$

الجدول (7) قيم السرعة العملية المراقبة V₀₈₅ ومقارنتها مع السرعة العملية التنبؤية V_{P85}

V _{P85} - V ₀₈₅	$\frac{(V_{P85} - V_{085})^2}{V_{P85}}$	V _{P85} كم/سا	V ₀₈₅ كم/سا	عدد العربات	R م	العنصر
7.1429	0.94234	54.1429	47	121	160	P ₁
7.7954	0.967718	62.7954	55	112	350	P ₃
8.5686	1.253588	58.5686	50	128	250	P ₅
3.22	0.239898	43.22	40	117	25	P ₇
1.6811	0.059271	47.6811	46	99	66	P ₉
2.01	0.0594	68.01	66	130	500	P ₁₁
1.05	0.014126	78.05	77	141	468	S ₁
2.0587	0.059644	71.0587	69	105	600	S ₃
4.0173	0.27817	58.0173	54	115	236	S ₅
8.61029	1.409175	52.61029	44	119	134	S ₇
8.2808	1.420267	48.2808	40	95	73	S ₉
MAE=4.95	X ² =6.7					

إن قيمة X² 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 [2].

قيمة متوسط الاختلاف المطلق المحسوب (MAE=4.95): نلاحظ من الجدول (7) عند المواقع (S₇, S₉) أن قيم الاختلاف في قيمة السرعة تتجاوز 8 كم/سا وهذا يعود لكون الموقعين يقعان ضمن تجمع سكاني وبالتالي يؤدي إلى نقصان سرعة المركبات العملية، المواقع (P₅, P₁) قيم الاختلاف في قيمة السرعة تتجاوز 7 كم/سا حيث نلاحظ أن وجود مفارق وعوائق تجعل العربات لا تسير ضمن شروط الجريان الحر كما هو مبين في الشكل (18)، بينما يظهر في الشكل (19) صوراً لبعض المواقع التي تحقق شروط الجريان الحر والتي أعطت تبايناً بسيطاً بين قيمة السرعة المحسوبة والقيمة المراقبة.



الشكل (18) صور لبعض المواقع التي لا تحقق شروط الجريان الحر



الشكل (19) صور لبعض المواقع التي تحقق شروط الجريان الحر

٣) تقييم مستوى السلامة على الطرق:

تم دراسة الفروق في قيمة السرعة V₈₅ بين العناصر المتتالية، كذلك دراسة الفرق بين السرعة العملية والسرعة التصميمية وتقييم مستوى التصميم على أجزاء من الطرق وفق معايير السلامة [6] حيث يوضح الجدول (8) نتائج كل منها.

الجدول (8) معايير السلامة المرورية حسب [Lamm et al. ٢٠٠٧]

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

يوضح الجدول رقم (9) نتائج تقييم مستوى التصميم وفق معايير السلامة وذلك على طريق اللاذقية-بانياس القديم.

الجدول (9) تقييم مستوى التصميم على طريق اللاذقية - بانياس القديم

II	I	$ V_{85i}-V_d $	$ V_{85i}-V_{85i+1} $	V_{85}	R(m)	L (m)	العنصر	P_i
مقبول		14		46	66	45	منعطف	P_9
مقبول	سيئ	9	23	69	∞	575	استقامة	P_{10}
جيد	جيد	6	3	66	500	60.6	منعطف	P_{11}
سيئ	مقبول	23	17	83	∞	2458	استقامة	P_{12}
جيد	مقبول	9.7	13.3	69.7	300	70.5	منعطف	P_{13}
مقبول	جيد	15	5.3	75	∞	450	استقامة	P_{14}
جيد	مقبول	2	13	62	350	69.6	منعطف	P_{15}
مقبول	مقبول	15	13	75	∞	837	استقامة	P_{16}
جيد	مقبول	0.5	14.5	60.5	200	69	منعطف	P_{17}
جيد	جيد	0.5	0	60.5	∞	57	استقامة	P_{18}
جيد	جيد	0.5	0	60.5	150	80.5	منعطف	P_{19}
جيد	جيد	0.5	0	60.5	∞	21	استقامة	P_{20}
جيد	جيد	0.5	0	60.5	140	60.5	منعطف	P_{21}
مقبول	مقبول	11.5	11	71.5	∞	1136	استقامة	P_{22}
مقبول	سيئ	15.5	27	44.5	38	34.5	منعطف	P_{23}
جيد	مقبول	0.8	16.3	60.8	∞	352	استقامة	P_{24}
جيد	جيد	4.75	5.55	55.25	150	26	منعطف	P_{25}
مقبول	مقبول	14.4	19.15	74.4	∞	376	استقامة	P_{26}
جيد	جيد	5.5	8.9	65.5	300	106	منعطف	P_{27}
مقبول	جيد	15	9.5	75	∞	913	استقامة	P_{28}
مقبول	سيئ	12	27	48	600	81	منعطف	P_{29}
مقبول	جيد	12	0	48	∞	87	استقامة	P_{30}
جيد	مقبول	0.5	11.5	59.5	180	62	منعطف	P_{31}
مقبول	مقبول	12	12.5	72	∞	741	استقامة	P_{32}
جيد	مقبول	1.8	10.2	61.8	150	18	منعطف	P_{33}
جيد	جيد	10	8.2	70	∞	474	استقامة	P_{34}
جيد	جيد	3	7	63	120	57.6	منعطف	P_{35}
مقبول	مقبول	18	15	78	∞	1818.6	استقامة	P_{36}
جيد	مقبول	7	11	67	500	37.8	منعطف	P_{37}
مقبول	جيد	14.5	7.5	74.5	∞	1162.4	استقامة	P_{38}
جيد	جيد	5	9.5	65	250	73.5	منعطف	P_{39}
جيد	جيد	4.5	0.5	64.5	∞	1718	استقامة	P_{40}

الاستنتاجات والتوصيات:

■ الاستنتاجات:

شملت الدراسة 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، تم قياس السرعة العملية لأكثر من 7500 مركبة على 47 منعطفاً و 24 استقامة وذلك خلال الفترة بين تشرين أول 2011 حتى نيسان 2012 حيث توصلنا للنتائج التالية:

✓ أوجدنا المعادلة التنبؤية التي تعطي قيمة السرعة العملية المتوقعة للمركبات على المنعطفات الأفقية بالعلاقة مع نصف القطر، فمن دراسة معامل الارتباط بين كل من (\sqrt{R}) ، $(\frac{1}{R})$ ، وقيمة (V_{85}) وجدنا أن المتحول (\sqrt{R}) أعطى أعلى قيمة لمعامل الارتباط والمعادلة المستنتجة:

$$V_{85} = 1.428\sqrt{R} + 36.08$$

- ✓ لا تشمل المعادلة المستنتجة المواقع ذات الاتجاه الواحد للحركة ولا تشمل مواقع التقاطعات حيث أعطت قيماً منخفضة جداً لمعامل التحديد.
- ✓ المعادلة المستنتجة تعطي قيماً أدق للسرعة في حال عدم وجود عوائق أو عدم توضع المنعطف في مكان ذي تجمع سكاني.
- ✓ تم تقييم مستوى التصميم لجزء من طريق اللاذقية بانياس القديم وطريق الساحل الغاب وفق معايير السلامة المرورية حسب [Lamm et al. 2007].

■ التوصيات:

- ضرورة إدخال مفهوم السرعة العملية في التصميم الهندسي للطرق لأنه يؤدي إلى تجنب التغيرات غير المرغوبة في قيمة السرعة بين العناصر المتعاقبة.
- استخدام المعادلة المستنتجة 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.
- ضرورة وضع الشاخصات المرورية التحذيرية عند المنعطفات ، وتحديد قيمة السرعة على المنعطف من خلال الاستفادة من السرعة العملية المستنتجة في هذا البحث.
- يفتح البحث آفاقاً واسعة لدراسة تأثير البارامترات الهندسية الأخرى على السرعة العملية بهدف الوصول إلى معايير التصميم الآمنة للطرق ورسم مقطع السرعة (Speed Profile).

المراجع:

1. Su, C. W.; Cheng, M. Y.; Lin, F. Bor. 2006. Simulation-enhanced approach for ranking major transport projects, *Journal of Civil Engineering and Management* 12(4): 285–291.
2. K. Fitzpatrick, L. Elefteriadou, D.W. Harwood, J.M. Collins, J. McFadden, I.B. Anderson, R.A. Krammes, N.Irizarry, K.D. Parma, K.M. Bauer, and K. Passetti, “Speed Prediction for Two-Lane Rural Highways”, *Report No.FHWA – RD -99-171*, Federal Highways Administration, 2000.
3. 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 XXIIInd PIARC World Road Congress*.19–25 Oct, 2003, Durban, South Africa. World Road Association – PIARC, 2003. 10 p.
4. *A Policy on Geometric Design of Highways and Streets*, American Association of State Highway and Transportation Officials, 4th edn. Washington, D.C.: AASHTO, 2001.
5. K. Fitzpatrick and J.M. Collins, “Speed-Profile Model for Two-Lane Rural Highways”, *Transportation Research Record No. 1737*. Washington, D.C.: Transportation Research Board, 2000.
6. Lamm, R.; Beck, A.; Rusher, T.; Mailaender, T.; Cafiso, S.; LaCava, 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.
- 7 - الرفاعي، عبد الهادي ممدوح.؛ طيوب، محمود محمد ديب. مبادئ الإحصاء. منشورات جامعة تشرين، كلية الاقتصاد، 2011، 297.
- 8- الشركة العامة للدراسات والاستشارات الفنية فرع المنطقة الساحلية . المذكرة الحسابية لطريق جبلة - بانياس القديم. 2007، 1.