

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

الدكتور فادي كنعان\*

الدكتور أكرم رستم\*\*

سمر عبد الكريم ميا\*\*\*

(تاريخ الإيداع 17 / 5 / 2012. قُبِلَ للنشر في 22 / 7 / 2012)

### □ 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  $V_{85}$  للعربات، 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  $(R \& V_{85})$ ،  $(\frac{1}{R} \& V_{85})$ ،  $(\sqrt{R} \& V_{85})$  إذ 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) إذ 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<sup>\*</sup>  
Dr. Akram Rustom<sup>\*\*</sup>  
Samar Meya<sup>\*\*\*</sup>

(Received 17 / 5 / 2012. Accepted 22 / 7 / 2012)

### □ 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 is to develop speed prediction equations on two-lane highways for central roads.

The speed of more than 7500 vehicles was measured during this 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 85<sup>th</sup> percentile curve speed. The variance of speeds between the successive geometric elements was performed to evaluate the road according to safety criterion.

**Keywords:** Operating Speed  $V_{85}$ , Prediction Speed, Two-Lane Highway, Horizontal Curve, Safety Criterion, Regression Models.

---

<sup>\*</sup> Assistant Professor, Department of Transportation Engineering, Faculty of Civil Engineering, Tishreen University, Lattakia, Syria

<sup>\*\*</sup> Associate Professor, Department of Transportation Engineering, Faculty of Civil Engineering, Tishreen University, Lattakia, Syria

<sup>\*\*\*</sup> 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 تأثيراً بعدم توافق عناصر التخطيط [1].

إن التصميم المتجانس للطرق المركزية ذات الحارتين باتجاهين، بوصفها خطوطاً انسيابية يؤدي إلى تجنب التغيرات غير المرغوبة في سرعة القيادة، إذ 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 إذ 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 الأستو 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) التنبؤية 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:****1. 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 الطرقية. لم 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 طريقاً مركزياً رئيساً ذا 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 | $V_h$ كم/سا | الطول الكلي |
|-----------------|-------------|-------------------------|--------------------------|---------------|----------------|-------------|-------------|
| اللاذقية-بانياس | ريفية سهلية | رئيسياً يصل بين         | درجة أولى                | 6-8           | 1-2            | 60          | 38          |
| الساحل-الغاب    | ريفية جبلية | مراكز المحافظات         | درجة أولى                | 8             | 2.75           | 70          | 28          |

جمع البيانات الهندسية للطرق المدروسة:

- طريق اللاذقية-بانياس القديم:

نبين في الشكل رقم (1) 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).

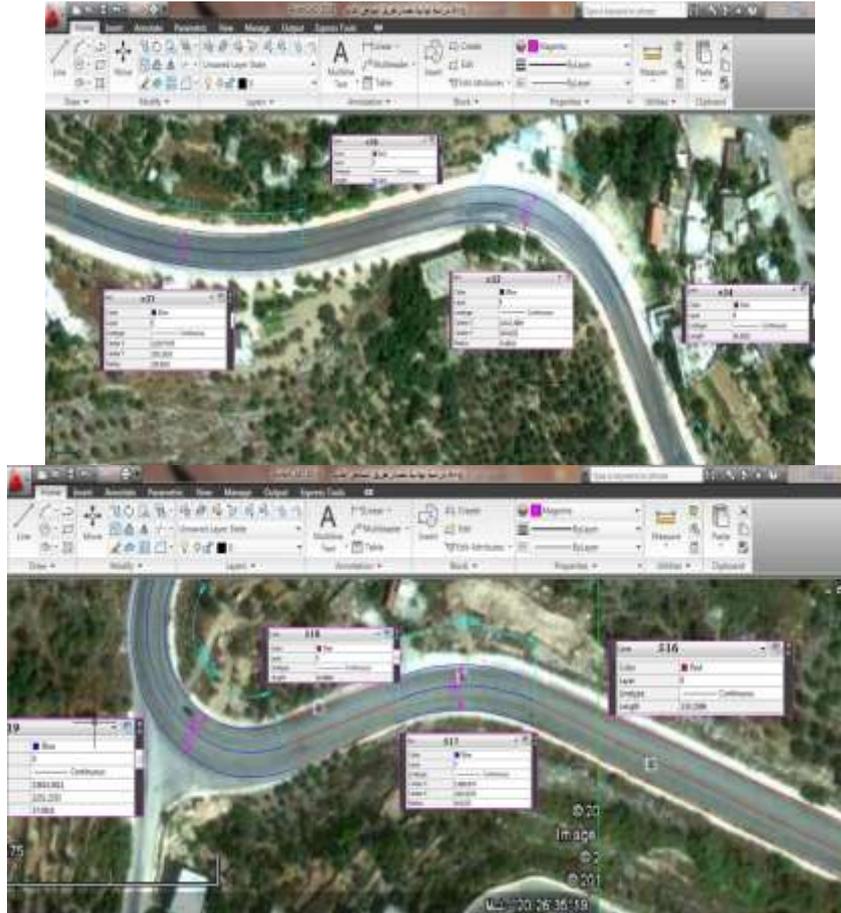
الجدول (2) العناصر الهندسية المتتالية على طريق اللاذقية - بانيناس القديم

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

• 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، تم معالجة هذه الصور بواسطة برنامج AutoCAD وتركيبها لتشكيل مساراً بأبعاد حقيقية حقلية.
- إلياس 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 شفاق، ويكون الطول الكلي المدروس من الطريق حوالي (15.61 كم) كما يبين الجدول (3).

الجدول (3) العناصر الهندسية المتتالية على طريق الساحل الغاب

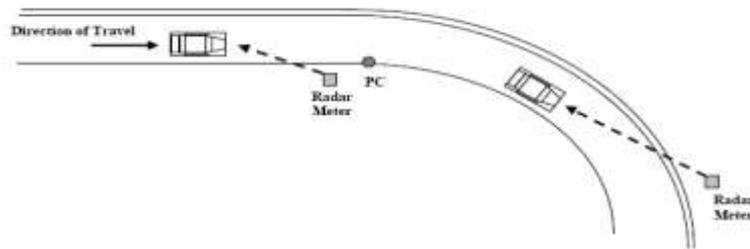
| R(m)     | L(m) | العنصر  | $S_i$    | R(m)     | L(m) | العنصر  | $S_i$    |
|----------|------|---------|----------|----------|------|---------|----------|
| 120      | 75   | منعطف   | $S_{29}$ | 468      | 87   | منعطف   | $S_1$    |
| $\infty$ | 76   | استقامة | $S_{30}$ | $\infty$ | 193  | استقامة | $S_2$    |
| 51       | 105  | منعطف   | $S_{31}$ | 600      | 203  | منعطف   | $S_3$    |
| $\infty$ | 763  | استقامة | $S_{32}$ | $\infty$ | 207  | استقامة | $S_4$    |
| 126      | 70   | منعطف   | $S_{33}$ | 236      | 250  | منعطف   | $S_5$    |
| $\infty$ | 64   | استقامة | $S_{34}$ | $\infty$ | 76   | استقامة | $S_6$    |
| 75       | 83   | منعطف   | $S_{35}$ | 134      | 45   | منعطف   | $S_7$    |
| $\infty$ | 84   | استقامة | $S_{36}$ | $\infty$ | 58   | استقامة | $S_8$    |
| 251      | 112  | منعطف   | $S_{37}$ | 73       | 50   | منعطف   | $S_9$    |
| $\infty$ | 770  | استقامة | $S_{38}$ | $\infty$ | 44   | استقامة | $S_{10}$ |
| 1008     | 201  | منعطف   | $S_{39}$ | 273      | 275  | منعطف   | $S_{11}$ |

|      |      |         |                 |     |     |         |                 |
|------|------|---------|-----------------|-----|-----|---------|-----------------|
| ∞    | 212  | استقامة | S <sub>40</sub> | ∞   | 207 | استقامة | S <sub>12</sub> |
| 1130 | 509  | منعطف   | S <sub>41</sub> | 274 | 122 | منعطف   | S <sub>13</sub> |
| ∞    | 327  | استقامة | S <sub>42</sub> | ∞   | 400 | استقامة | S <sub>14</sub> |
| 1156 | 534  | منعطف   | S <sub>43</sub> | 251 | 104 | منعطف   | S <sub>15</sub> |
| ∞    | 3100 | استقامة | S <sub>44</sub> | ∞   | 133 | استقامة | S <sub>16</sub> |
| 970  | 468  | منعطف   | S <sub>45</sub> | 70  | 50  | منعطف   | S <sub>17</sub> |
| ∞    | 1189 | استقامة | S <sub>46</sub> | ∞   | 42  | استقامة | S <sub>18</sub> |
| 1175 | 411  | منعطف   | S <sub>47</sub> | 37  | 94  | منعطف   | S <sub>19</sub> |
| ∞    | 285  | استقامة | S <sub>48</sub> | ∞   | 38  | استقامة | S <sub>20</sub> |
| 620  | 428  | منعطف   | S <sub>49</sub> | 57  | 60  | منعطف   | S <sub>21</sub> |
| ∞    | 545  | استقامة | S <sub>50</sub> | ∞   | 63  | استقامة | S <sub>22</sub> |
| 1355 | 315  | منعطف   | S <sub>51</sub> | 54  | 166 | منعطف   | S <sub>23</sub> |
| ∞    | 583  | استقامة | S <sub>52</sub> | ∞   | 295 | استقامة | S <sub>24</sub> |
| 1150 | 240  | منعطف   | S <sub>53</sub> | 300 | 78  | منعطف   | S <sub>25</sub> |
| ∞    | 193  | استقامة | S <sub>54</sub> | ∞   | 96  | استقامة | S <sub>26</sub> |
| 336  | 182  | منعطف   | S <sub>55</sub> | 90  | 87  | منعطف   | S <sub>27</sub> |
| ∞    | 114  | استقامة | S <sub>56</sub> | ∞   | 50  | استقامة | S <sub>28</sub> |

### 3. جمع البيانات الحقلية:

تم العمل حقلياً وفق الخطوات التالية:

1. تسجيل فيديو بصور المسار الكامل للطريق المدروس.
2. قياس عرض الطريق المعبد الكلي عند كل موقع مدروس، لاستخدامها في الدراسة التحليلية، والتحقق من دقة الصور الجوية.
3. من المخططات المتوفرة والمستنتجة نستخرج العناصر الأفقية للطريق الداخلة في الدراسة، ونحدد عملياً المواقع التي سيتم فيها القياس الحقلي 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

## 4. قياس السرعة العملية للمركبات عند كل موقع:

الأجهزة المستخدمة:

- عند بدء العمل الحقلّي 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.
- 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، في وقت سير العربات ضمن ظروف الجريان الحر، بمعدل 100عربة على الأقل عند كل موقع. يوضع الجهاز إذ يمكن رؤية النقطة المحددة التي نود قياس السرعة عندها ويجب أن يكون مخفياً قدر الإمكان لأخذ قراءة السرعة من دون أن يكون السائقون متأثرين بها [5]، كما يبين الشكلان (4) و(5). يتم قياس السرعة لاتجاه واحد (مسرب واحد) على كل طريق مدروس؛ فعلى طريق اللاذقية- بانياس القديم تم قياس سرعة العربات المتنقلة من بانياس 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)

## 4. الدراسة التحليلية للبيانات:

- إيجاد قيمة السرعة عند كل موقع على طريق اللاذقية- بانياس القديم: تم استخدام الجهاز الراداري المحمول، أما طريقة عرض البيانات فكانت على شكل صور يظهر في الصورة تاريخ القياس، وتوقيته، والسرعة العملية للمركبة ففي الشكل (6) السرعة العملية للمركبة (88 كم/سا). تمّ 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) رتبنا السرعات تصاعدياً ثم أوجدنا المنحني التراكمي لعدد العربات مقابل السرعة العملية فكانت 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.

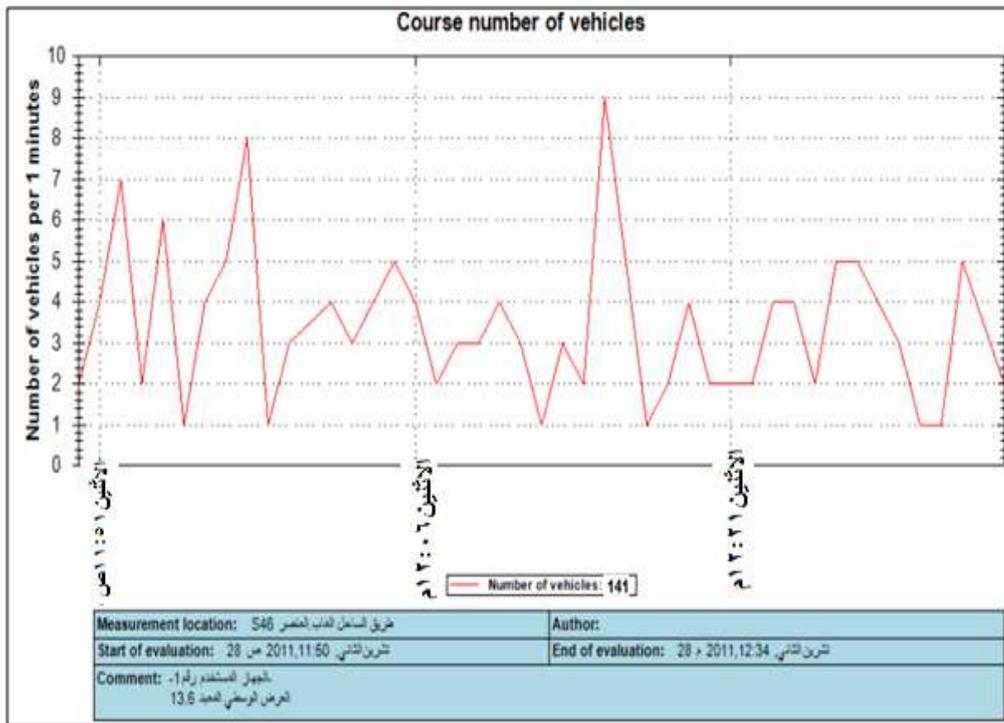


الشكل (7) إيجاد قيمة السرعة  $V_{85}$  باستخدام برنامج Excel

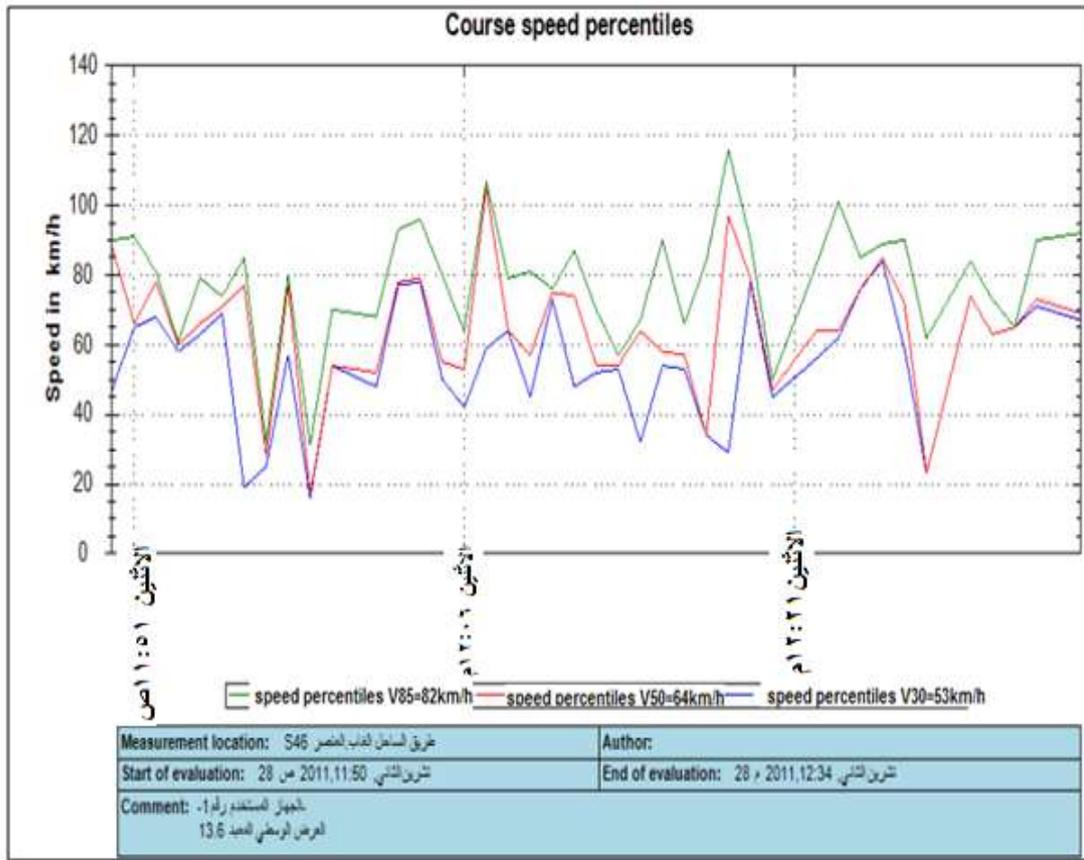


الشكل (6) عرض البيانات بجهاز الرادار المحمول

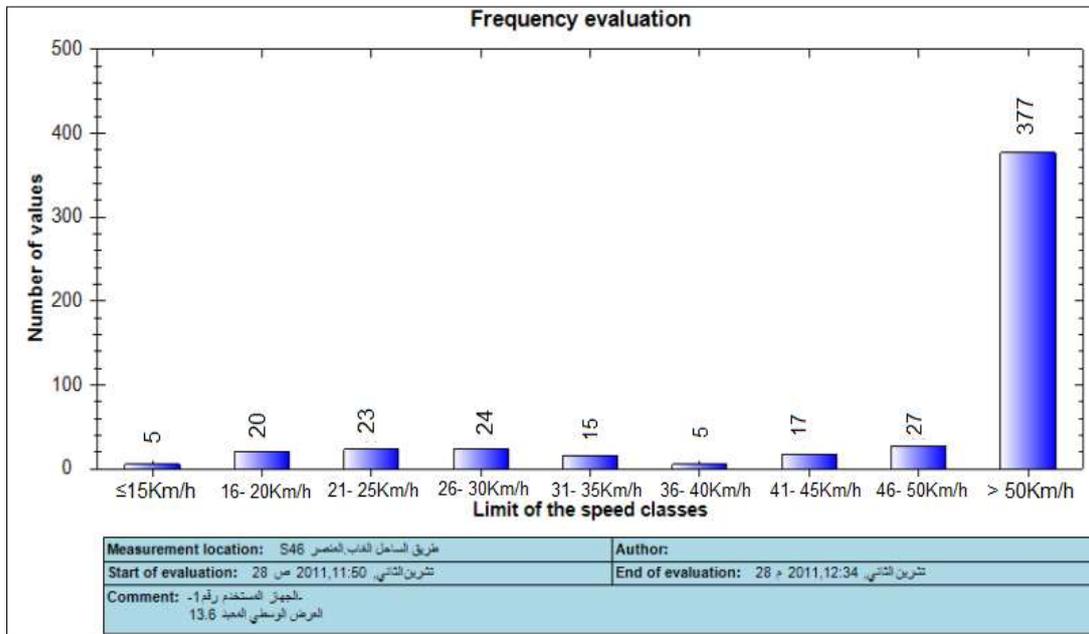
• إيجاد قيمة السرعة عند كل موقع على طريق الساحل - الغاب:  
 الجهاز المستخدم (Via Falcon Truck) تم تنزيل البيانات من الجهاز إلى الكمبيوتر وقراءتها بواسطة برنامج خاص بالجهاز (Via Graph)، ومنه حصلنا على قيم (عدد العربات،  $V_{85}$ ،  $V_{avr}$ ،  $V_{max}$  ومخطط قرصي ومخطط أعمدة لتوزيع لسرعات)، تبين الأشكال (8) و(9) و(10) بعض القياسات الحقلية الناتجة عند العنصر  $S_{46}$ .



الشكل (8) مخطط عدد العربات عند العنصر  $S_{46}$



الشكل (9) مخطط السرعة النسبية عند العنصر S<sub>46</sub>



الشكل (10) مخطط الأعمدة لتوزيع السرعات عند العنصر S<sub>46</sub>

## النتائج والمناقشة:

1. 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

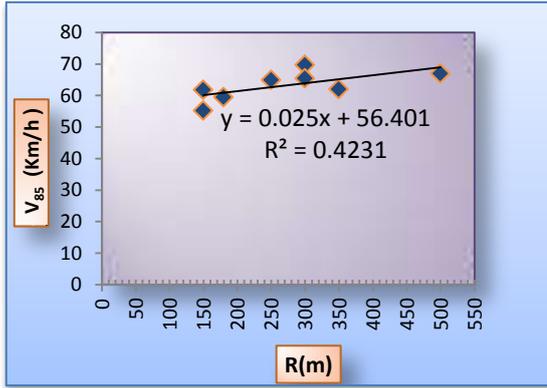
$P_{13}$  حتى العنصر  $P_{39}$ ، وكانت نتائج قياس السرعة العملية مبينة بالجدول (4).

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

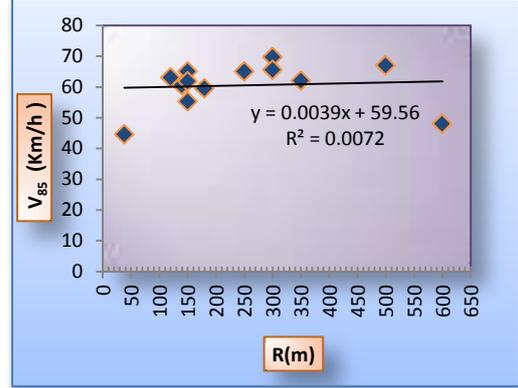
| $V_{avr}$ | $V_{max}$ | $V_{85}$ | عدد العربات | R(m) | $P_i$    |
|-----------|-----------|----------|-------------|------|----------|
| 47        | 84        | 69.7     | 100         | 300  | $P_{13}$ |
| 53        | 84        | 62       | 100         | 350  | $P_{15}$ |
| 46        | 65        | 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  | $P_{39}$ |

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

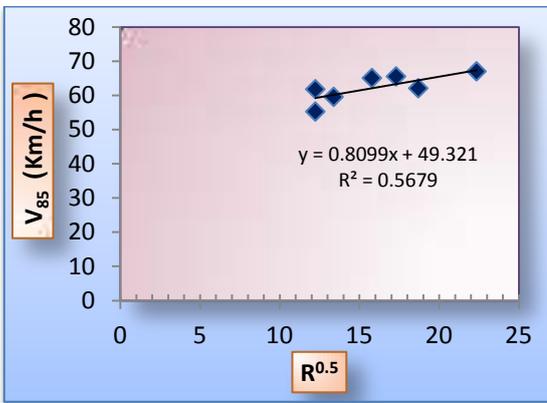
باستخدام برنامج Excel أوجدنا المعادلة التنبؤية بالسرعة العملية التي تربط ( $R$  و  $V_{85}$ )، نماذج الانحدار (التراجع) تضمنت بالإضافة إلى نصف القطر متحولين في قيمته ( $\sqrt{R}$ ,  $\frac{1}{R}$ )، المعيار الأساسي لاختيار النموذج التراجعي الأمثل هو قيمة معامل التحديد  $R^2$  الذي تتراوح قيمته [0,1]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



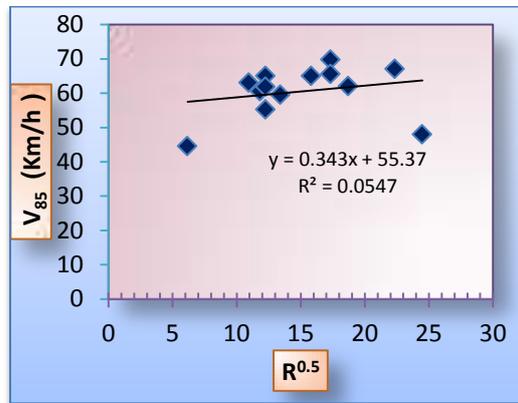
الشكل (12) العلاقة بين (R&V<sub>85</sub>) بعد إزالة المواقع الشاذة



الشكل (11) العلاقة بين (R&V<sub>85</sub>) للقيم الكلية



الشكل (14) العلاقة بين (√R&V<sub>85</sub>) بعد إزالة المواقع الشاذة



الشكل (13) العلاقة بين (√R&V<sub>85</sub>) للقيم الكلية

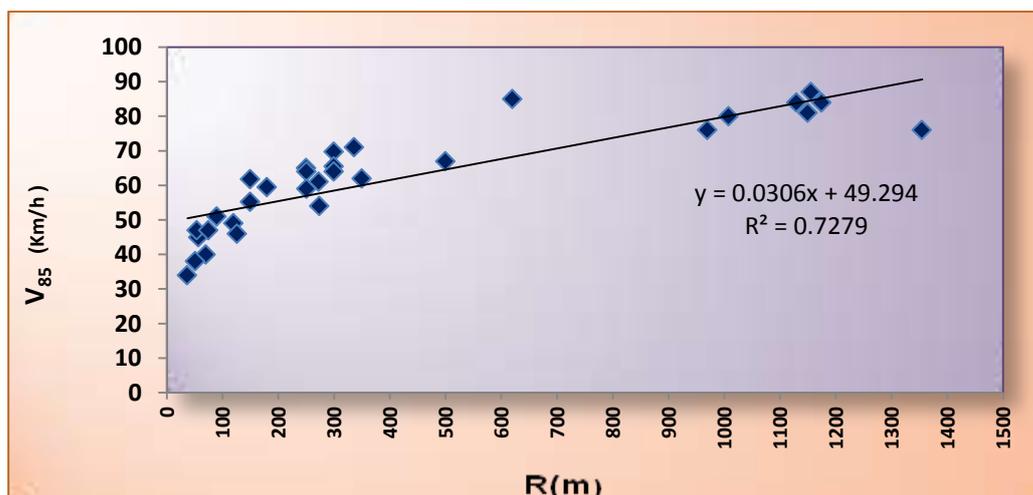
بمقارنة مخططات التبعر ونماذج التراجع (الانحدار) الناتجة عنها، ومع قيمة معامل التحديد  $R^2$  نجد أن العناصر ( $P_{17}$ ,  $P_{19}$ ,  $P_{21}$ ,  $P_{27}$ ,  $P_{33}$ ) تؤثر بشكل كبير على قيمة معامل التحديد، لذلك يجب أن لا تدخل في استنتاج المعادلات النهائية للتنبؤ بالسرعة العملية. أما على طريق الساحل-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

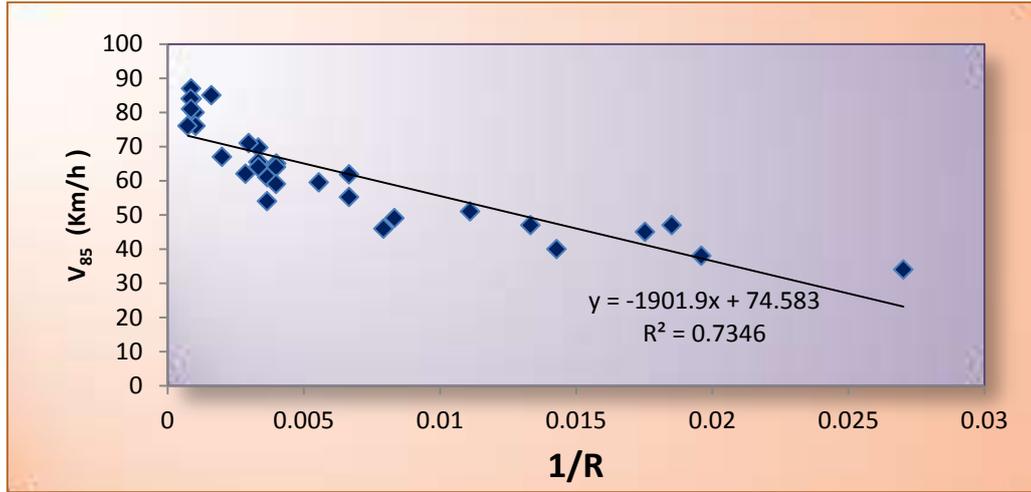
| $V_{avr}$ | $V_{max}$ | $V_{85}$ | عدد العربات | R(m) | $S_i$    |
|-----------|-----------|----------|-------------|------|----------|
| 47        | 80        | 61       | 280         | 273  | $S_{11}$ |
| 37        | 88        | 54       | 126         | 274  | $S_{13}$ |
| 44        | 86        | 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 <sub>27</sub> |
| 38 | 63  | 49 | 108 | 120  | S <sub>29</sub> |
| 30 | 47  | 38 | 121 | 51   | S <sub>31</sub> |
| 34 | 61  | 46 | 102 | 126  | S <sub>33</sub> |
| 37 | 58  | 47 | 122 | 75   | S <sub>35</sub> |
| 47 | 66  | 59 | 109 | 251  | S <sub>37</sub> |
| 59 | 103 | 80 | 107 | 1008 | S <sub>39</sub> |
| 66 | 110 | 84 | 103 | 1130 | S <sub>41</sub> |
| 63 | 108 | 87 | 102 | 1156 | S <sub>43</sub> |
| 54 | 130 | 76 | 101 | 970  | S <sub>45</sub> |
| 66 | 111 | 84 | 104 | 1175 | S <sub>47</sub> |
| 63 | 120 | 85 | 101 | 620  | S <sub>49</sub> |
| 56 | 117 | 76 | 149 | 1355 | S <sub>51</sub> |
| 62 | 115 | 81 | 136 | 1150 | S <sub>53</sub> |
| 48 | 88  | 71 | 140 | 336  | S <sub>55</sub> |

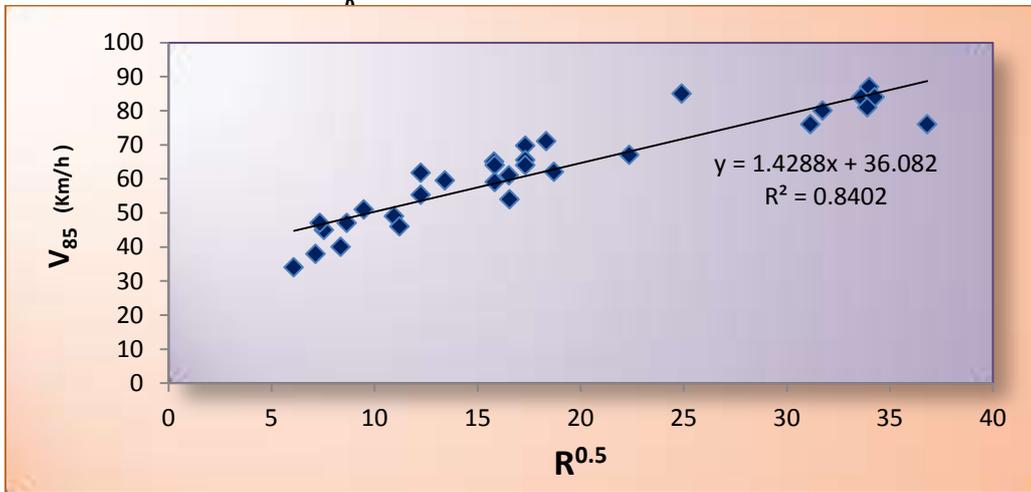
تم إيجاد المعادلات التراجعية للتنبؤ بالسرعة العملية من مخططات التبعثر باستخدام برنامج Excel وذلك لـ (31) منعطفاً منها: (8) منعطفات على طريق اللاذقية-بانياس القديم و(23) منعطفاً على طريق الساحل-الغاب، وكانت نتائج النماذج التراجعية كما هو مبين في الأشكال (15)، (16)، (17)، كما يبين الجدول (6) المعادلات 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:

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

2. 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 اللانقية - 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  $S_9$  كما يبين الجدول (7)، ثم نقارن قيم السرعة

العملية المراقبة  $V_{085}$  مع قيم السرعة المحسوبة  $V_{P85}$  من المعادلة التنبؤية المعتمدة، المقارنة تتم من خلال إيجاد قيمة متوسط الاختلاف المطلق ( $MAE = \text{mean of } |V_{P85} - V_{085}|$ ) 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  $V_{085}$  ومقارنتها مع السرعة العملية التنبؤية  $V_{P85}$

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

إن قيمة  $X^2$  المحسوبة باختبار (Chi-Square Test) أصغر من القيمة الحدية الحرجة المقابلة لمستوى ثقة (95%) إذ ( $X_{\text{crit}5\%} = 19.68$ ) وبالتالي لا يوجد تباين إحصائي مهم 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 ( $S_7, S_9$ ) 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 ( $P_5, P_1$ ) قيم الاختلاف في قيمة السرعة تتجاوز 7 كم/سا إذ نلاحظ أن وجود مفارق وعوائق تجعل العربات لا تسير ضمن شروط الجريان الحر كما هو مبين في الشكل (18)، بينما تظهر في الشكل (19) صور لبعض المواقع التي تحقق شروط الجريان الحر 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

## 3. تقييم مستوى السلامة على الطرق:

تم دراسة الفروق في قيمة السرعة  $V_{85}$  بين العناصر المتتالية، كذلك دراسة الفرق بين السرعة العملية والسرعة التصميمية وتقييم مستوى التصميم على أجزاء من الطرق وفق معايير السلامة [6] يوضح الجدول (8) نتائج كل منها.

الجدول (8) معايير السلامة المرورية حسب [Lamm et al.2007]

| 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$       | 1              |
| $ V_{85i} - V_{85i+1}  > 20$ | $10 \leq  V_{85i} - V_{85i+1}  \leq 20$ | $ V_{85i} - V_{85i+1}  \leq 10$ | 11             |

يوضح الجدول رقم (9) نتائج تقييم مستوى التصميم وفق معايير السلامة 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  | i               |
|-------|-------|-----------------|-----------------------|----------|------|-------|---------|-----------------|
| مقبول |       | 14              |                       | 46       | 66   | 45    | منعطف   | P <sub>9</sub>  |
| مقبول | سيئ   | 9               | 23                    | 69       | ∞    | 575   | استقامة | P <sub>10</sub> |
| جيد   | جيد   | 6               | 3                     | 66       | 500  | 60.6  | منعطف   | P <sub>11</sub> |
| سيئ   | مقبول | 23              | 17                    | 83       | ∞    | 2458  | استقامة | P <sub>12</sub> |
| جيد   | مقبول | 9.7             | 13.3                  | 69.7     | 300  | 70.5  | منعطف   | P <sub>13</sub> |
| مقبول | جيد   | 15              | 5.3                   | 75       | ∞    | 450   | استقامة | P <sub>14</sub> |
| جيد   | مقبول | 2               | 13                    | 62       | 350  | 69.6  | منعطف   | P <sub>15</sub> |
| مقبول | مقبول | 15              | 13                    | 75       | ∞    | 837   | استقامة | P <sub>16</sub> |
| جيد   | مقبول | 0.5             | 14.5                  | 60.5     | 200  | 69    | منعطف   | P <sub>17</sub> |
| جيد   | جيد   | 0.5             | 0                     | 60.5     | ∞    | 57    | استقامة | P <sub>18</sub> |
| جيد   | جيد   | 0.5             | 0                     | 60.5     | 150  | 80.5  | منعطف   | P <sub>19</sub> |
| جيد   | جيد   | 0.5             | 0                     | 60.5     | ∞    | 21    | استقامة | P <sub>20</sub> |
| جيد   | جيد   | 0.5             | 0                     | 60.5     | 140  | 60.5  | منعطف   | P <sub>21</sub> |
| مقبول | مقبول | 11.5            | 11                    | 71.5     | ∞    | 1136  | استقامة | P <sub>22</sub> |
| مقبول | سيئ   | 15.5            | 27                    | 44.5     | 38   | 34.5  | منعطف   | P <sub>23</sub> |

|       |       |      |       |       |          |        |         |                 |
|-------|-------|------|-------|-------|----------|--------|---------|-----------------|
| جيد   | مقبول | 0.8  | 16.3  | 60.8  | $\infty$ | 352    | استقامة | P <sub>24</sub> |
| جيد   | جيد   | 4.75 | 5.55  | 55.25 | 150      | 26     | منعطف   | P <sub>25</sub> |
| مقبول | مقبول | 14.4 | 19.15 | 74.4  | $\infty$ | 376    | استقامة | P <sub>26</sub> |
| جيد   | جيد   | 5.5  | 8.9   | 65.5  | 300      | 106    | منعطف   | P <sub>27</sub> |
| مقبول | جيد   | 15   | 9.5   | 75    | $\infty$ | 913    | استقامة | P <sub>28</sub> |
| مقبول | سليم  | 12   | 27    | 48    | 600      | 81     | منعطف   | P <sub>29</sub> |
| مقبول | جيد   | 12   | 0     | 48    | $\infty$ | 87     | استقامة | P <sub>30</sub> |
| جيد   | مقبول | 0.5  | 11.5  | 59.5  | 180      | 62     | منعطف   | P <sub>31</sub> |
| مقبول | مقبول | 12   | 12.5  | 72    | $\infty$ | 741    | استقامة | P <sub>32</sub> |
| جيد   | مقبول | 1.8  | 10.2  | 61.8  | 150      | 18     | منعطف   | P <sub>33</sub> |
| جيد   | جيد   | 10   | 8.2   | 70    | $\infty$ | 474    | استقامة | P <sub>34</sub> |
| جيد   | جيد   | 3    | 7     | 63    | 120      | 57.6   | منعطف   | P <sub>35</sub> |
| مقبول | مقبول | 18   | 15    | 78    | $\infty$ | 1818.6 | استقامة | P <sub>36</sub> |
| جيد   | مقبول | 7    | 11    | 67    | 500      | 37.8   | منعطف   | P <sub>37</sub> |
| مقبول | جيد   | 14.5 | 7.5   | 74.5  | $\infty$ | 1162.4 | استقامة | P <sub>38</sub> |
| جيد   | جيد   | 5    | 9.5   | 65    | 250      | 73.5   | منعطف   | P <sub>39</sub> |
| جيد   | جيد   | 4.5  | 0.5   | 64.5  | $\infty$ | 1718   | استقامة | P <sub>40</sub> |

### 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 بدء من حريصون حتى تقاطع مفرق عين شقاق، تم قياس السرعة العملية لأكثر من 7500 مركبة على 47 منعطفاً و 24 استقامة خلال الفترة بين تشرين أول 2011 حتى نيسان 2012 وتوصلنا 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  $(\frac{1}{R}, \sqrt{R})$  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 التي أعطت قيمة منخفضة جداً لمعامل التحديد.

• المعادلة المستنتجة تعطي قيمة 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. طيوب، محمود محمد ديب. مبادئ الإحصاء. منشورات جامعة تشرين،؛ - الرفاعي، عبد الهادي ممدوح الاقتصاد، 2011، 297. كلية
8. الشركة العامة للدراسات والاستشارات الفنية فرع المنطقة الساحلية . المذكرة الحسابية لطريق جبلة بانياس القديم. 2007، 1.