تحليل قابلية خدمة الطرق وعلاقتها بقرينة الاستوائية (حالة دراسة سورية)[1]

المهندس لؤي أكرم الخطيب[2] الدكتور المهندس محمد فواز المسوتي[3]
الدكتور المهندس أندراوس سعود[4]

الملخص

تعد قابلية الخدمة مؤشراً على مستوى الخدمة الذي توفره الطـرق لمسـتخدميها ويمكـن استنتاجها من خلال استبيان لآراء هؤلاء المستخدمين فتسمى تقدير قابلية الخدمة الحاليـة (PSR) أومن خلال قياس عيوب سطح الطريق فتسمى قرينة قابلية الخدمة الحالية (PSI). في هذا البحث أُجريتْ قياسات فيزيائية لعيوب سطح الغطاء الطرقي بهدف استنتاج قرينـة قابلية الخدمة الحالية (PSI) وفقاً لطريقة الآشتو، وذلك لثلاث من الطرق العامة في سورية وهي دمشق– حمص, دمشق– الحدود الأردنية, دمشق– الحدود اللبنانية. كما تـم إجـراء استبيان لآراء مستخدمي هذه الطرق بهدف استنتاج تقدير قابلية الخدمـة الحاليـة (PSR) وبيان العلاقة بين (PSI) و(PSR)، وأخيراً تم قياس استوائية هذه الطرق للحصـول علـى قرينة الاستوائية الدولية (IRI) واستنتاج العلاقة بين كل من (PSR),(IRI) وتحديد قيمـة (IRI) المقبولة ضمن ظروف الاستثمار في سورية.

[1] أعد البحث في سياق رسالة الدكتوراه للمهندس لؤي أكرم الخطيب بأشراف الأستاذ الدكتور محمد فواز المسوتي ومشاركة الدكتور أندراوس سعود.

[2] قسم هندسة النقل والمواصلات، كلية الهندسة المدنية - جامعة دمشق.

[3] قسم هندسة النقل والمواصلات، كلية الهندسة المدنية - جامعة دمشق.

[4] أستاذ- قسم هندسة النقل والمواصلات، كلية الهندسة المدنية - جامعة دمشق.

1- مقدمة Introduction:

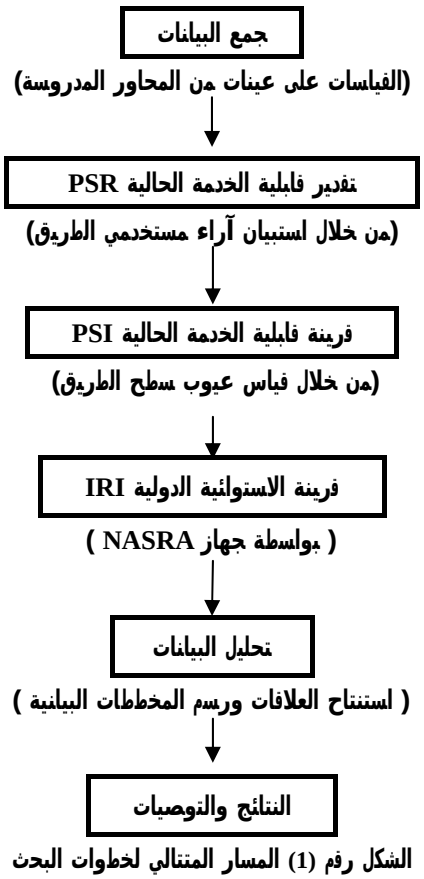
يعد تقويم الوضع الراهن لحالة الطريق من العوامل الجوهرية في مجال صيانة وإعادة تأهيل الطرق، من ثم لابد من استنباط مفهوم لتقويم جودة وأداء الطريق فكان تقـويم قابلية خدمة الطرق، هذا المفهـوم الـذي انتشـر بشـكل واسـع بـين المهندسـين والاختصاصين في هذا المجال. يعود أصل هذا المصطلح لأواخر الخمسينيات مـن القرن الماضي حين أدرك كل من (Cary – Irick) أن قابلية الخدمة عبارة عن قـدرة الطريق في تخديم مستخدميه [3]. كنتيجة لذلك يمكن المقارنة بـين حالـة الأغطيـة الطرقية من حيث الكفاءة الوظيفية خلال مدة زمنية محددة.

أثبتت الدراسات المختلفة أهمية الاستوائية كمؤشر لحالة الطريق حيث تزايد الاهتمـام في العالم بتطوير مؤشر وحيد وعالمي يستخدم كمرجعية لتحديد حالة سطح الطريـق، وبحيث يكون مستقلاً عن تقنيات ومعدات إنشاء الطرق لاختلاف هذه التقنيات من بلد إلى آخر، وفي الوقت نفسه يجب أن يعكس هذا المؤشر رأياً أوسـع نطاقـاً لسـائقي المركبات بالسرعات المتوسطة ويعود ظهور هذا المؤشر إلى منتصف الثمانينيات من القرن المنصرم حيث تم وضع التعريف وطريقة الحساب لما سمي بقرينة الاسـتوائية الدولية (IRI) [4].

يهدف هذا البحث بشكل أساسي إلى تسليط الضوء على العلاقة بين تقدير قابلية الخدمة الحالية وقرينة قابلية الخدمة الحالية، باعتبار أن قابلية الخدمة مبنية على مبدأ أساسـي هو أن المؤثر المهم في رأي مستخدمي الطرق هو الراحة و الأمان والسهولة في أثناء القيادة, وعلى الرغم من كونه رأياً شخصياً يمكن اعتبـاره مؤشـراً لحالـة الطريـق الفيزيائية. كما تم تطوير علاقة بين تقدير قابلية الخدمة الحالية كما هي معرفة في الـ AASHTO وقرينة الاستوائية الدولية، وتم تحديد القيم المقبولة لها ضـمن ظـروف الاستثمار في سورية حيث يمكن استخدام هذه العلاقة في عملية تصميم وإعادة تأهيـل طبقات الرصف.

2- منهجية البحث Methodology of the Research:

من أجل تحقيق أهداف البحث تم اختيار ثلاثة محاور من الطرق العامة في سورية وهي دمشق– حمص, دمشق– الحدود الأردنية, دمشق– الحدود اللبنانية. وقياس كمية كل من العيوب التي تدخل في حساب قيمة PSI وفقاً لمعادلة الـ AASHTO للأغطية الطرقية المرنة، أُجري استبيان لآراء مستخدمي هذه المحاور وقياس استوائيتها واستنتاج قرينة الاستوائية الدولية. ويبين الشكل رقم (1) الخطوات الأساسية المتبعة في هذا البحث:



الشكل رقم (1) المسار المتتالي لخطوات البحث

3- جمع البيانات Data Collection:

لابد لتحديد مدى صلاحية الطريق على القيام بوظيفته في نقل الركـاب والحمـولات بشكل آمن ومريح من مسح حالة سطحه وتقدير نسبة التشوهات الفيزيائيـة الطارئـة عليه. من هذا المنطلق تم القيام بعملية مسح المحاور المدروسة مسحاً بصرياً وتقـويم العيوب الموجودة. حيث تم توزيع كل من هذه المحاور إلى أجزاء وفقـاً للتقاطعـات فيها، ومن ثم تم تقسيم كل جزء إلى قطاعات متساوية بطول (2) كم وكـان يجـري المسح على أول (50) م من القطاع الأول، وثاني (50) م من القطاع الثاني وهكـذا، وتقدير حالة المسافة المتبقية اعتماداً على تلك القياسات مع ملاحظة أن الدراسة كانت تجرى على الحارة الأسوأ.

3-1- إجراءات قياس العيوب Procedures of Measuring Distresses: [6]

نوضح فيما يأتي الأسس التي تم اتباعها عند القياس الفيزيائي للعيوب الموجودة علـى سطح الغطاء الإسفلتي حيث تم مسح أربعة نماذج من العيوب (تلك التي تـدخل فـي حساب قيمة PSI كما سنرى لاحقاً) وهي: التشققات (تمساحية – طولية وعرضـية)– الرقع–التخدد-اختلاف الميل.

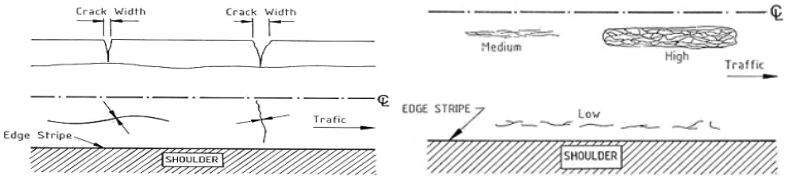
3-1-1- التشققات الكلية Total Cracking Area:

- التشققات التمساحية أو شقوق التعب (الكلل) Alligator/Fatigue Cracking:

يتم القياس بحصر المنطقة المتأثرة بالشقوق وحساب مسـاحتها مـن جـداء الطـول بالعرض.

- التشققات الطولية والعرضية Longitudinal and Transverse Cracks:

يقاس طول محور الشق بالعرض المتأثر بتعرجاته على طرفي هذا المحـور بحيـث تغطي المساحة المحسوبة كامل الشق بتعرجاته. ويوضـح الشـكل رقـم (2) شـكل التشققات وموقعها في الطريق.

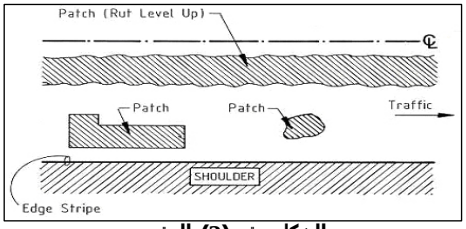


طولية وعرضية **تمساحية**

الشكل رقم (2) التشققات الكلية (تمساحية – طولية وعرضية)

3-1-2- الرقع patching:

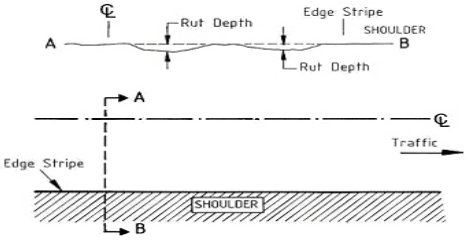
يقاس الترقيع بالمتر المربع للمنطقة المتأثرة. وتجدر الإشارة أنه في حالة إزالة مساحة كبيرة من طبقة القميص الإسفلتي واستبدالها بترقيع لا يعد هذا ترقيعاً. وتحسب الكثافة بقسمة المساحة المتأثرة على المساحة الكلية للمقطع الممسوح. يوضح الشكل رقم (3) شكل الرقع.



الشكل رقم (3) الرقع

3-1-3- التخدد Rutting:

يقاس عمق الأخدود بوضع قدة طولها 1.2 م تتقاطع عمودياً مع محوره ويتم تسـجيل أقصى عمق له. ويوضح الشكل رقم (4) شكل التخدد وموقعه في الطريق.



الشكل رقم (4) التخدد

3-1-4- **اختلاف الميل Slope Variance (SV)**:

ويتم حساب اختلاف الميل بناء على القياسات الإحصائية لفرق المنسوب، وتربط المعادلة رقم (1) بين اختلاف الميل و فرق المنسوب المقيس بالجهاز [2]:

$$SV = \frac{\sum Y_i^2 - \frac{1}{n}(\sum Y_i)^2}{n-1} \quad \ldots(1)$$

حيث: yi فرق المنسوب بين نقطتين تبعدان عن بعضهما 1 feet. مقدرة بـ $(feet\times10^{-3})$

n عدد القراءات.

وفي المسح الحقلي الذي قمنا به تم اختيار عينات عشوائية لكل جزء من المحاور المدروسة وفقاً لطول هذا الجزء، وأخذ (20) قراءة لكل عينة واستنتاج قيمة SV له، مع العلم أننا استخدمنا الطرائق اليدوية في القياس، وهي عبارة عن القدة والمسطرة لمعرفة فرق المنسوب بين كل نقطة والتي تليها.

4- تقدير قابلية الخدمة الحالية Present Serviceability Rating (PSR) :

طور المهندسون العاملون لدى AASHTO نظاماً في مجال اختبارات الطرق، من أجل تقدير حالة سطح الرصف أسموه اصطلاحاً « مفهوم قابلية الخدمة الحالية» والذي يعرف بأنه:« قدرة مقطع معين من الغطاء الطرقي على تقديم سياقة مريحة سلسة في أثناء المرور المختلط وهذا استناداً إلى رأي المستخدم »[7].إن التقدير المستند إلى رأي المستخدم آنف الذكر يدعى: «تقدير قابلية الخدمة الحالية». تتطلب هذه الطريقة استخدام مجموعة من الأشخاص (الذين سيتولون عملية التقدير) يقومون بالسياقة على مقطع من الرصف، ويلاحظون القدرة على السياقة، ويسجلون آراءهم عن قدرة المقطع على تخديم المرور المار عليه على شكل علامات. يعطى كل مقطع من مقاطع الطريق عادة علامات من [5-1]، استناداً إلى رأي مستخدم الطريق والأرقام الأعلى ضمن هذا المجال تشير إلى الحالة الأكثر جودة والأرقام الأقل تشير

إلى الحالة الأسوأ لسطح الرصف، ويقترح الخبراء أن قيمة PSR الأقل من (2.5) لطرق الدرجة الأولى أو (2.0) لباقي الطرق هي القيمة التي تشير إلى ضرورة إجراء إصلاحات لرفع هذه القيمة، ويصبح الطريق خارج الخدمة إذا وصلت قيمة PSR إلى 1.5. [1]

بالنسبة إلى دراستنا تم توزيع استمارة وفق النموذج المرفق في الملحق على عينات من سائقي مختلف أنواع المركبات التي تستخدم المحاور الثلاثة المدروسة ولكلا الاتجاهين (50 عينة لكل اتجاه)، تتضمن هذه الاستمارة أسئلة عن رأي العينة في الطريق من حيث الراحة والسلامة والأمان وسهولة القيادة، مع وضع خيارات للإجابة تشمل سيئ جداً، سيئ، مقبول، جيد، جيد جداً، وإعطاء علامات لكل جواب بدءاً من (1) لجواب سيئ جداً وحتى (5) لجواب جيد جداً، ثم حساب معدل علامات هذه الأجوبة واعتبار النتيجة قيمة PSR وفقاً لرأي كل عينة، أخيراً حساب وسطي قيم PSR لكل اتجاه من المحاور المدروسة. ويبين الجدول رقم (1) النتائج التي توصلنا إليها نتيجة هذا الاستبيان:

الجدول رقم (1) قيمة PSR وفقاً لنتائج الاستبيان

اسم المحور	دمشق حمص	حمص دمشق	دمشق الحدود الأردنية	الحدود الأردنية دمشق	دمشق الحدود اللبنانية	الحدود اللبنانية دمشق
PSR	2.35	2.21	2.92	2.82	2.55	2.50

5- قرينة قابلية الخدمة الحالية Present Serviceability Index (PSI) :

من خلال تكرار طريقة استنتاج الـ PSR تم الربط بين المعدل الوسطي لعلامات التقويم مع نتائج تجارب الآشو في قياس الاستوائية والكميات الفيزيائية للعيوب، وتطوير معادلة تحليل تراجعي تمكنهم من حساب قابلية الخدمة لمقطع ما من الطريق، وسميت قرينة قابلية الخدمة الحالية لتأخذ المعادلة الشكل: [2],[1]

$$PSI = 5.03 - 1.9 \log (1+SV) - 0.01 \sqrt{C + P} - 1.38 (RD)^2 \quad ..(2)$$

حيث: SV اختلاف الميل Slope Variance. مقدرة بـ $10^{-6} \times$ feet.

C أطوال التشققات الرئيسية مقدرة بالأقدام لكل $1000\ feet^2$.

P الرقع الإسفلتية ، مقدرة بـ $1000\ feet^2$ لكل $1000\ feet^2$.

RD عمق الأخاديد بالإنش مقيسة بمسطرة (قدة).

وتجدر الإشارة هنا أن PSR تشير إلى علامات التقويم الموضوعة من قبل مجموعة من الأفراد المقيمين، بينما PSI تشير إلى القيمة المحسوبة بموجب معادلة التحليل التراجعي. وإن الرقمين: PSI , PSR يقيسان شيئاً واحداً ولكن بطريقتين مختلفتين، وهكذا إذا كانت الحسابات ونتائج الاستطلاع صحيحة وجب تطابق الرقمين أي نستطيع أن نقول: PSR = PSI .

وتبين الجداول الآتية قيم PSI التي توصلنا إليها نتيجة مسح عيوب سطح الطريق:

الجدول رقم (2) قيمة PSI لطريق دمشق – حمص

اسم جزء الطريق	طوله	SV	C	P	RD	PSI
	km	$ft \times 10^{-6}$	$ft/1000\ ft^2$	$ft^2/1000\ ft^2$	in	
مدخل دمشق – جسر بغداد	16.000	16.77	0	0	0.394	2.44
جسر بغداد – جسر القطيفة	15.800	25.20	7	35	0.787	1.42
جسر القطيفة – جسر معلولا	8.200	26.60	15	22	0.394	2.02
جسر معلولا – معبر القسطل	20.800	27.97	10	0.25	0.394	2.01
معبر القسطل – جسر النبك	9.900	28.64	8	0	0.315	2.07
جسر النبك – مدخل مشفى دير عطية	10.600	27.05	105	5	0.197	2.12
مدخل مشفى دير عطية – نهاية فارة	16.600	25.24	450	0	0.197	2.07
نهاية فارة – مدخل الحسيا	22.000	26.12	85	18	0.197	2.15
مدخل الحسيا – عقدة شنشار	20.400	27.25	10	11	0.276	2.12
عقدة شنشار - جسر تحويلة حمص	24.81	24.81	27	14	0.394	2.07
المعدل	153.700	-			-	2.05
تقدير قابلية الخدمة الحالية PSR	-	-			-	2.35

الجدول رقم (3) قيمة PSI لطريق حمص – دمشق

PSI	RD	P	C	SV	طوله	اسم جزء الطريق
	in	$ft^2/1000\ ft^2$	$ft/1000\ ft^2$	$ft \times 10^{-6}$	km	
2.38	0.276	5	8	19.80	13.400	جسر تحويلة حمص - عقدة شنشار
2.26	0.197	19	81	22.76	20.500	عقدة شنشار - مدخل الحسيا
1.96	o.394	35	214	25.44	22.000	مدخل الحسيا - نهاية قارة
1.81	0.394	0	336	29.46	16.700	نهاية قارة - مدخل مشفى دير عطية
2.12	0.394	0.5	542	18.67	10.600	مدخل مشفى دير عطية- جسر النبك
1.91	0.591	0	9	22.66	10.000	جسر النبك - معبر القسطل
1.74	0.591	0	52	26.63	21.000	معبر القسطل - جسر معلولا
1.99	0.394	2	25	27.76	8.500	جسر معلولا - جسر القطيفة
1.68	0.591	27	7.5	29.11	16.000	جسر القطيفة - جسر بغداد
2.12	0.394	7	0.7	24.29	16.000	جسر بغداد - مدخل دمشق
2.00	-				154.700	المعدل
2.21	-				-	تقدير قابلية الخدمة الحالية PSR

الجدول رقم (4) قيمة PSI لطريق دمشق – الحدود الأردنية

PSI	RD	P	C	SV	طوله	اسم جزء الطريق
	in	$ft^2/1000\ ft^2$	$ft/1000\ ft^2$	$ft \times 10^{-6}$	km	
2.67	0.197	0.5	66	13.908	5.400	جسر صحنايا - جسر الكسوة
2.70	0.157	0.4	25	14.135	17.600	جسر الكسوة - عقدة السبيل
2.74	0.157	0.4	15	13.710	12.500	عقدة السبيل - جسر جباب
2.74	0.197	0.2	7.5	13.483	10.900	جسر جباب - جسر خبب
2.69	0.118	0.25	10	15.041	11.470	جسر خبب - جسر شفرا
2.59	0.197	3	14	16.174	9.860	جسر شفرا – جسر أزرع
2.67	0.079	5	16	15.409	10.570	جسر أزرع – جسر غزالة
2.73	0.197	1	0	14.050	13.930	جسر غزالة - جسر صيدا
2.73	0.157	0.5	33.5	13.483	8.230	جسر صيدا - مدخل نصيب
2.70	-				100.460	المعدل
2.92	-				-	تقدير قابلية الخدمة الحالية PSR

الجدول رقم (5) قيمة PSI لطريق الحدود الأردنية – دمشق

PSI	RD	P	C	SV	طوله	اسم جزء الطريق
	in	$ft^2/1000\ ft^2$	$ft/1000\ ft^2$	$ft \times 10^{-6}$	km	
2.73	0.197	1.5	10	13.60	8.200	مدخل نصيب - جسر صيدا
2.66	0.157	1.2	11	15.18	14.000	جسر صيدا - جسر غزالة
2.53	0.197	4	72	16.40	10.580	جسر غزالة – جسر أزرع
2.61	0.118	5.5	85	15.30	10.000	جسر أزرع - جسر شقرا
2.60	0.197	0	10	16.17	11.420	جسر شقرا - جسر خبب
2.52	0.118	0	8	18.67	10.940	جسر خبب - جسر جباب
2.62	0.157	0.4	10	16.17	12.500	جسر جباب - عقدة السبيل
2.68	0.276	0.75	35	13.14	17.550	عقدة السبيل - جسر الكسوة
2.69	0.079	0.5	10	15.27	5.290	جسر الكسوة - جسر صحنايا
2.63	-				100.480	المعدل
2.82	-				-	تقدير قابلية الخدمة الحالية PSR

الجدول رقم (6) قيمة PSI لطريق دمشق – الحدود اللبنانية

PSI	RD	P	C	SV	طوله	اسم جزء الطريق
	in	$ft^2/1000\ ft^2$	$ft/1000\ ft^2$	$ft \times 10^{-6}$	km	
2.29	0.591	27	116	12.32	13.00	آخر أستراد المزة- جسر الصبورة
2.42	0.551	24	135	11.19	10.00	جسر الصبورة - مفرق الديماس
2.59	0.197	0.197	79	15.18	7.00	مفرق الديماس - مفرق بحير زرزر
2.36	0.472	0.5	6	15.98	8.00	مفرق بحير زرزر- قوس جديدة يابوس
2.42	-				38.00	المعدل
2.55	-				-	تقدير قابلية الخدمة الحالية PSR

الجدول رقم (7) قيمة PSI لطريق الحدود اللبنانية - دمشق

PSI	RD	P	C	SV	طوله	اسم جزء الطريق
	in	$ft^2/1000\ ft^2$	$ft/1000\ ft^2$	$ft \times 10^{-6}$	km	
2.54	0.512	11	142	10.31	8.00	قوس جديدة يابوس- مفرق بحير زرزر
2.30	0.551	21	294	12.32	7.00	مفرق بحير زرزر - جسر الديماس
2.55	0.472	24	95	11.19	10.00	مفرق الديماس - جسر الصبورة
2.01	0.669	37	154	14.59	13.00	جسر الصبورة- آخر أستراد المزة
2.35	-				38.00	المعدل
2.50	-				-	تقدير قابلية الخدمة الحالية PSR

6- قرينة الاستوائية الدولية International Roughness Index (IRI):

6-1- مفهوم الاستوائية Concept of Roughness [2]:

تعبر الاستوائية عن مدى انتظام سطح الطريق والذي يؤثر بشكل واضح في حال عدم انتظامه في الراحة وسهولة القيادة والأمان، الأمر الذي ينعكس على آراء مستخدمي الطريق بما تسببه من شعور بعدم الراحة نتيجة هزهزة السيارة وأرجحتها، فضلاً عن ذلك الزيادة في كلف تشغيل المركبات وصيانتها. من هذا المنطلق قمنا بقياس استوائية المحاور المدروسة باعتبارها مؤشراً مهماً لتقويم الحالة الوظيفية لسطح الغطاء الطرقي.

6-2- إجراءات القياس Procedures of Measuring [12]:

في اختبارنا للطريق المدروس، قمنا باستخدام جهاز قياس الاستوائية (NAASRA) حيث تم جمع قياسات استوائية سطح الطريق على طول مسار دواليب السيارات التي تستخدم الطريق وذلك في الحارة الأسوأ وفق الخطوات الآتية:

أ- نقوم بقياس طول الجزء المدروس من الطريق وذلك باستخدام جهاز قياس المسافات (HALDA) الموصول مع السيارة.

ب- نقوم بوصل نابض الجهاز على المحور الخلفي لعربة خفيفة بحيث يتم نقل الاهتزازات عبر سير نقل الحركة إلى مسنن مربوط مع عداد قراءات الجهاز، حيث تتحرك السيارة على طول المقطع التجريبي بسرعة ثابتة مقدارها 50كم/سا.

جـ- يتم تسجيل القراءات كمجموع تراكمي للانزياحات الشاقولية لسطح الطريق، ويتم تحويل هذه القراءات فيما بعد إلى قرينة الاستوائية الدولية (IRI) وفق المعادلة رقم (3):

$$IRI = \frac{\text{فرق القراءة بين بداية المقطع ونهايته [m]}}{\text{المسافة [Km]}} \times 0.033 + 1.33 \quad \ldots. (3)$$

وتقدر قيمة IRI بـ م/كم أو مم/م. الجداول الآتية تبين قيم IRI التي توصلنا إليها نتيجة القياس:

الجدول رقم (8) قيمة IRI لطريق دمشق – حمص بالاتجاهين

اسم جزء الطريق	IRI	اسم جزء الطريق	IRI
مدخل دمشق – جسر بغداد	4.20	جسر تحويلة حمص - عقدة شنشار	5.25
جسر بغداد – جسر القطيفة	6.69	عقدة شنشار - مدخل الحسيا	6.06
جسر القطيفة – جسر معلولا	7.14	مدخل الحسيا - نهاية قارة	6.08
جسر معلولا – معبر القسطل	6.73	نهاية قارة - مدخل مشفى دير عطية	7.11
معبر القسطل – جسر النبك	8.52	مدخل مشفى دير عطية- جسر النبك	5.59
جسر النبك – مدخل مشفى دير عطية	6.53	جسر النبك - معبر القسطل	5.46
مدخل مشفى دير عطية – نهاية قارة	5.98	معبر القسطل - جسر معلولا	7.43
نهاية قارة – مدخل الحسيا	7.61	جسر معلولا - جسر القطيفة	6.89
مدخل الحسيا – عقدة شنشار	7.62	جسر القطيفة - جسر بغداد	8.70
عقدة شنشار - جسر تحويلة حمص	6.63	جسر بغداد - مدخل دمشق	7.24
كامل المحور	6.74	كامل المحور	6.68

الجدول رقم (9) قيمة IRI لطريق دمشق – الحدود الأردنية بالاتجاهين

اسم جزء الطريق	IRI	اسم جزء الطريق	IRI
جسر صحنايا - جسر الكسوة	3.90	مدخل نصيب - جسر صيدا	4.07
جسر الكسوة - عقدة السبيل	4.62	جسر صيدا - جسر غزالة	4.18
عقدة السبيل - جسر جباب	4.66	جسر غزالة – جسر أزرع	4.40
جسر جباب - جسر خبب	4.30	جسر أزرع - جسر شقرا	4.50
جسر خبب - جسر شقرا	4.85	جسر شقرا - جسر خبب	4.88
جسر شقرا – جسر أزرع	4.82	جسر خبب - جسر جباب	5.24
جسر أزرع – جسر غزالة	4.49	جسر جباب - عقدة السبيل	4.40
جسر غزالة - جسر صيدا	4.40	عقدة السبيل - جسر الكسوة	4.05
جسر صيدا - مدخل نصيب	3.99	جسر الكسوة - جسر صحنايا	4.36
كامل المحور	4.50	كامل المحور	4.44

الجدول رقم (10) قيمة IRI لطريق دمشق – الحدود اللبنانية بالاتجاهين

اسم جزء الطريق	IRI	اسم جزء الطريق	IRI
آخر أتوستراد المزة- جسر الصبورة	5.46	فوس جديدة يابوس- مفرق بحيرة زرزر	5.31
جسر الصبورة - مفرق الديماس	5.55	مفرق بحيرة زرزر - جسر الديماس	5.62
مفرق الديماس - مفرق بحيرة زرزر	6.36	مفرق الديماس - جسر الصبورة	5.69
مفرق بحيرة زرزر- فوس جديدة يابوس	6.60	جسر الصبورة- آخر أتوستراد المزة	7.09
كامل المحور	5.89	كامل المحور	6.08

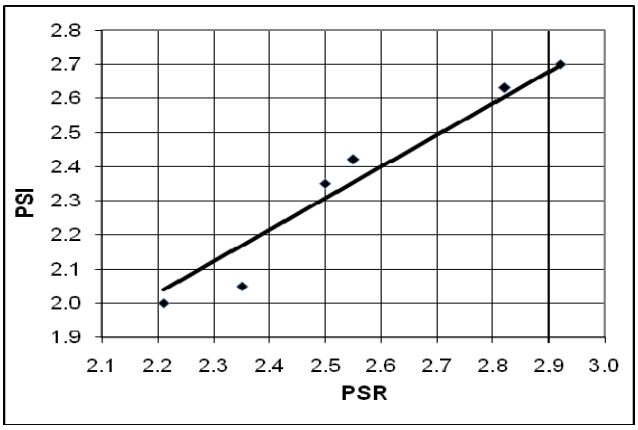
7- تحليل البيانات Data Analysis :

7-1- العلاقة بين (PSR) , (PSI) The Relationship between:

$PSI = 0.923\ PSR \ldots (4)$ بمعامل ارتباط: $R^2 = 0.9456$

اسم المحور	PSI	PSR
دمشق - حمص	2.05	2.35
حمص - دمشق	2.00	2.21
دمشق - الحدود الأردنية	2.70	2.92
الحدود الأردنية - دمشق	2.63	2.82
دمشق - الحدود اللبنانية	2.42	2.55
الحدود اللبنانية - دمشق	2.35	2.50

الجدول رقم (11) قيم (PSR),(PSI)



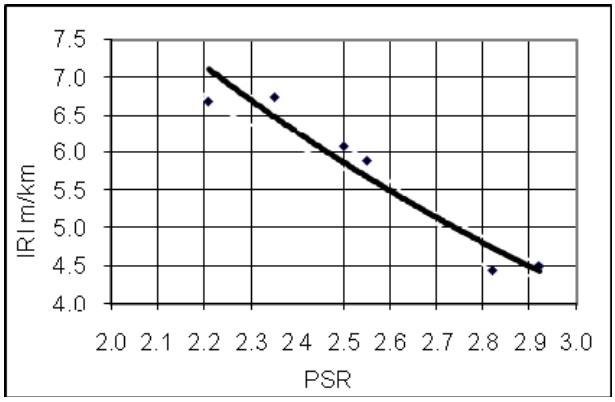
الشكل رقم (5) منحنى العلاقة بين (PSR),(PSI)

2-7- العلاقة بين (PSR) , (IRI) The Relationship between:

$PSR = 4.498\ e^{-0.0995IRI}$ .... (5) بمعامل ارتباط: $R^2 = 0.9268$

اسم المحور	PSR	IRI
دمشق - حمص	2.35	6.74
حمص - دمشق	2.21	6.68
دمشق - الحدود الأردنية	2.92	4.50
الحدود الأردنية - دمشق	2.82	4.44
دمشق - الحدود اللبنانية	2.55	5.89
الحدود اللبنانية - دمشق	2.50	6.08

الجدول رقم (12) قيم (PSR),(IRI)



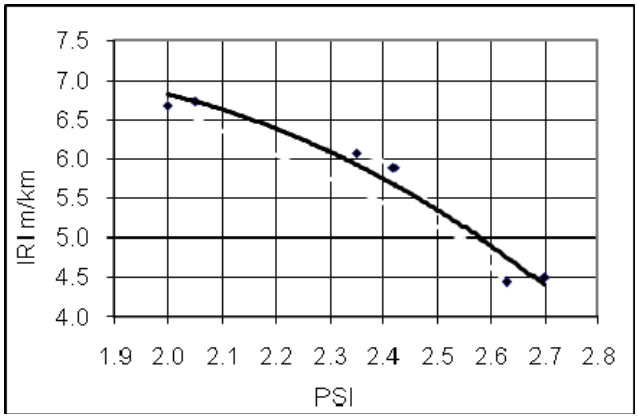
الشكل رقم (6) منحنى العلاقة بين (PSR),(IRI)

3-7- العلاقة بين (PSI) , (IRI) The Relationship between:

$PSI = -0.138IRI^2 + 1.183IRI$.... (6) بمعامل ارتباط: $R^2 = 0.985$

اسم المحور	PSI	IRI
دمشق - حمص	2.05	6.74
حمص - دمشق	2.00	6.68
دمشق - الحدود الأردنية	2.70	4.50
الحدود الأردنية - دمشق	2.63	4.44
دمشق - الحدود اللبنانية	2.42	5.89
الحدود اللبنانية - دمشق	2.35	6.08

الجدول رقم (13) قيم (PSR),(IRI)



الشكل رقم (7) منحنى العلاقة بين (PSR),(IRI)

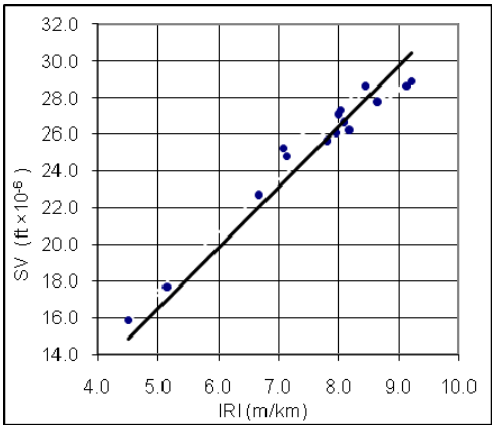
4-7- العلاقة بين (SV) , (IRI) The Relationship between:

بعد أن اخترنا عينات من أجزاء المحاور المدروسة وقياس اختلاف الميل SV ، ثـم قياس استوائية العينة نفسها IRI بهدف إيجاد العلاقة بين (SV),(IRI) ، توصلنا إلـى النتائج الآتية:

- **محور دمشق – حمص:**

IRI	SV	مكان العينة الكم	اسم جزء الطريق
5.16	17.68	3 - 4	مدخل دمشق – جسر بغداد
4.50	15.86	12 - 13	
6.68	22.66	4 - 5	جسر بغداد – جسر القطيفة
8.66	27.73	14 - 15	
8.10	26.60	3 - 4	جسر القطيفة – جسر معلولا
8.46	28.64	4 - 5	جسر معلولا – معبر القسطل
8.03	27.31	17 - 18	
9.15	28.64	5 - 6	معبر القسطل – جسر النبك
8.00	27.05	4 - 5	جسر النبك – مدخل مشفى دير عطية
7.07	25.24	13 - 14	مدخل مشفى دير عطية – نهاية قارة
8.19	26.17	2 - 3	نهاية قارة – مدخل الحسيا
7.96	26.06	18 - 19	
7.80	25.61	4 – 5	مدخل الحسيا – عقدة شنشار
9.22	28.89	17 - 18	
7.14	24.81	11 - 12	عقدة شنشار -جسر تحويلة حمص

الجدول رقم (14) قيم (SV),(IRI)



الشكل رقم (8) منحنى العلاقة بين (SV),(IRI)

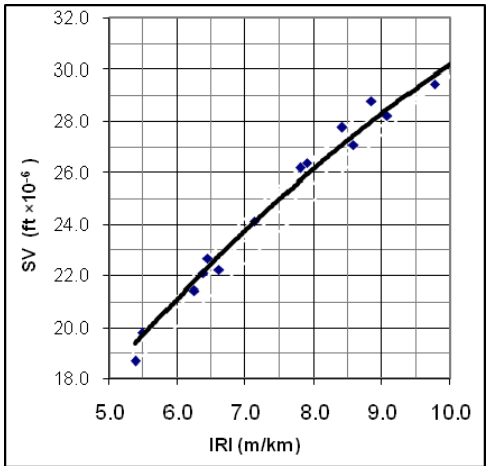
تكون العلاقة في محور دمشق حمص من الشكل:

$SV = 3.307 \times IRI$ …(7) بمعامل ارتباط $R^2 = 0.927$

- **محور حمص – دمشق:**

IRI	SV	مكان العينة الكم	اسم جزء الطريق
5.49	19.80	4 - 5	جسر تحويلة حمص - عقدة شنشار
6.25	21.41	6 - 7	عقدة شنشار - مدخل الحسيا
7.14	24.11	16 - 17	
8.85	28.78	5 - 6	مدخل الحسيا - نهاية قارة
6.38	22.09	15 - 16	
9.78	29.46	2 - 3	نهاية قارة - مدخل مشفى دير عطية
5.39	18.67	5 - 6	مدخل مشفى دير عطية- جسر النبك
6.45	22.66	2 - 3	جسر النبك - معبر القسطل
7.80	26.17	4 - 5	معبر القسطل - جسر معلولا
8.59	27.08	16 - 17	
8.43	27.76	3 - 4	جسر معلولا - جسر القطيفة
9.09	28.21	4 - 5	جسر القطيفة - جسر بغداد
10.14	29.997	14 - 15	
7.90	26.37	3 - 4	جسر بغداد - مدخل دمشق
6.61	22.21	11 - 12	

الجدول رقم (15) قيم (IRI),(SV)



الشكل رقم (9) منحنى العلاقة بين (IRI),(SV)

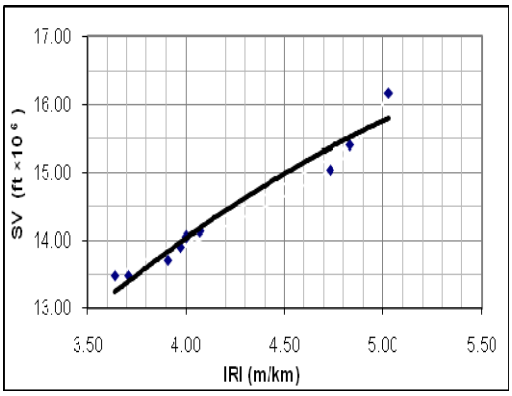
تكون العلاقة في محور دمشق حمص من الشكل:

$SV = -0.1239 \cdot IRI^2 + 4.2598 \times IRI$ …(8) بمعامل ارتباط $R^2 = 0.9836$

- **محور دمشق – الحدود الأردنية:**

IRI	SV	مكان العينة الكم	اسم جزء الطريق
3.97	13.91	2 - 3	جسر صحنايا - جسر الكسوة
4.07	14.13	8 - 9	جسر الكسوة - عقدة السبيل
3.90	13.71	7 - 8	عقدة السبيل - جسر جباب
3.71	13.48	3 - 4	جسر جباب - جسر خبب
4.73	15.04	7 - 8	جسر خبب - جسر شفرا
5.03	16.17	7 - 8	جسر شفرا – جسر ازرع
4.83	15.41	3 - 4	جسر ازرع – جسر غزالة
4.00	14.05	4 - 5	جسر غزالة - جسر صيدا
3.64	13.48	1 - 2	جسر صيدا - مدخل نصيب

الجدول رقم (16) قيم (IRI),(SV)



الشكل رقم (10) منحنى العلاقة بين (IRI),(SV)

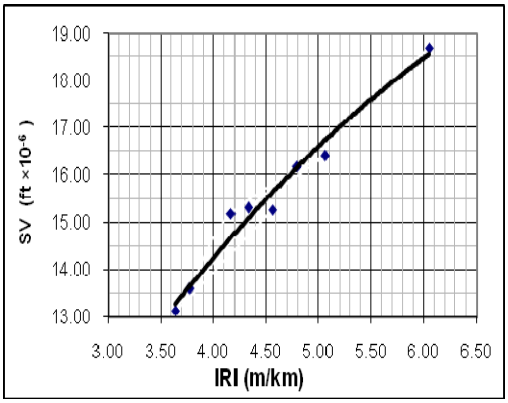
تكون العلاقة في محور دمشق الحدود الأردنية من الشكل:

$SV = -0.3574 \times IRI^2 + 4.94 \times IRI$ …(9) بمعامل ارتباط $R^2 = 0.9517$

- **محور الحدود الأردنية - دمشق:**

IRI	SV	مكان العينة الكم	اسم جزء الطريق
3.77	13.60	5 - 6	مدخل نصيب - جسر صيدا
4.17	15.18	5 - 6	جسر صيدا - جسر غزالة
5.06	16.40	6 - 7	جسر غزالة – جسر ازرع
4.33	15.30	5 - 6	جسر ازرع - جسر شفرا
4.80	16.17	5 - 6	جسر شفرا - جسر خبب
6.05	18.67	4 - 5	جسر خبب - جسر جباب
4.80	16.17	4 - 5	جسر جباب - عقدة السبيل
3.64	13.14	12 - 13	عقدة السبيل - جسر الكسوة
4.56	15.27	2 - 3	جسر الكسوة - جسر صحنايا

الجدول رقم (17) قيم (IRI),(SV)



الشكل رقم (11) منحنى العلاقة بين (IRI),(SV)

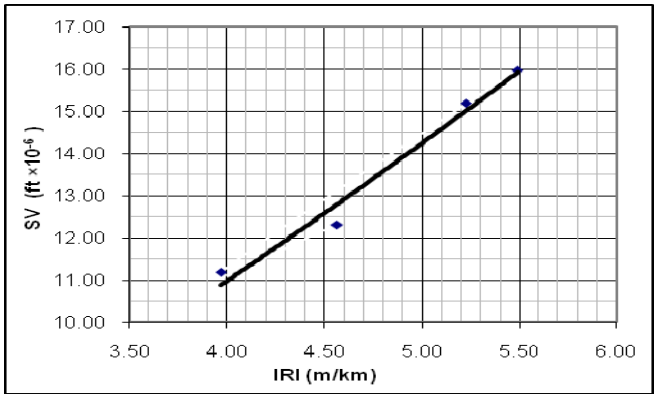
تكون العلاقة في محور الحدود الأردنية دمشق من الشكل:

$$SV = -0.3574 \times IRI^2 + 4.94 \times IRI \quad \ldots(10)$$ بمعامل ارتباط $R^2 = 0.9517$

- **محور دمشق – الحدود اللبنانية**:

IRI	SV	مكان العينة الكم	اسم جزء الطريق
4.56	12.32	1 - 2	آخر أتوستراد المزة- جسر الصبورة
3.97	11.19	4 - 5	جسر الصبورة - مفرق الديماس
5.22	15.18	2 - 3	مفرق الديماس - مفرق بحيرة زرزر
5.49	15.98	2 - 3	بحيرة زرزر- قوس جديدة يابوس

الجدول رقم (18) قيم (IRI),(SV)



الشكل رقم (12) منحنى العلاقة بين IRI),(SV)

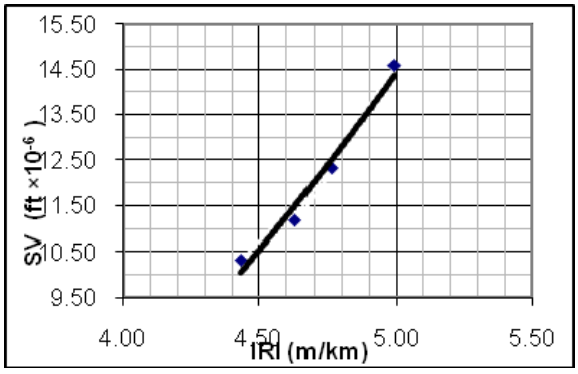
تكون العلاقة في محور دمشق – الحدود اللبنانية من الشكل:

$$SV = 0.1072 \times IRI^2 + 2.3167 \times IRI \quad \ldots(11)$$ بمعامل ارتباط $R^2 = 0.9775$

- **محور الحدود اللبنانية - دمشق:**

IRI	SV	مكان العينة الكم	اسم جزء الطريق
4.43	10.31	5 - 6	فوس جديدة يابوس- بحيرة زرزر
4.76	12.32	5 - 6	مفرق بحيرة زرزر - جسر الديماس
4.63	11.19	8 - 9	مفرق الديماس - جسر الصبورة
4.99	14.59	1 - 2	جسر الصبورة- آخر أتوستراد المزة

الجدول رقم (19) قيم (IRI),(SV)



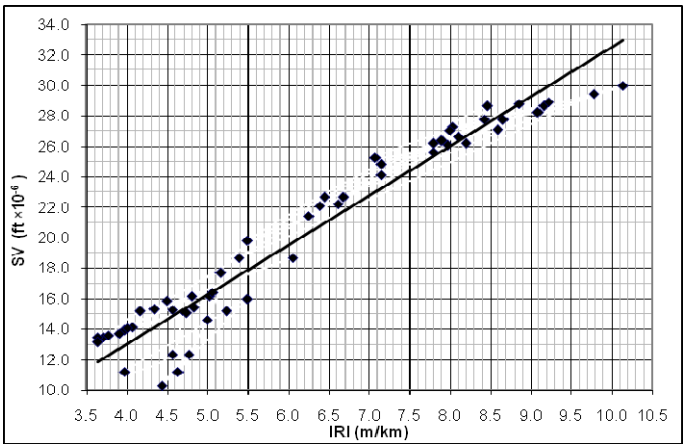
الشكل رقم (13) منحنى العلاقة بين (IRI),(SV)

تكون العلاقة في محور الحدود اللبنانية- دمشق من الشكل:

$SV = 1.1031 \times IRI^2 - 2.6263 \times IRI$ …(12) بمعامل ارتباط $R^2 = 0.9762$

- **العلاقة بين (SV) , (IRI) بالنسبة للمحاور كلّها:**

$SV = 3.25 \times IRI$ …(12) بمعامل ارتباط $R^2 = 0.94$



الشكل رقم (14) منحنى العلاقة بين (IRI),(SV) بشكل عام

7-5- تحديد القيم المقبولة لـ (IRI) Determining the Acceptable:

قمنا برسم العلاقة بين قيم IRI كل من محاور المدروسة (علماً أننا كنا نأخذ لكل 1 كم قراءة لاستنتاج IRI) والنسبة المئوية لتكرار هذه القيمة، وإذا أخذنا قيمـة IRI التـي احتمال تكرارها 50% نجد أنها تساوي إلى 6 m/km (الشكل رقم 15)، ومن ثَم يمكن اعتبار هذه القيمة الوسطية المقبولة لـ IRI ضمن ظروف الاستثمار في سورية وذلك لطرق الدرجة الأولى علماً أننا إذا عوضنا هذه القيمة في المعادلة رقم (5) نجد أن:

$$PSR = 4.498 \times e^{-0.0995.(6)} = 2.48 \approx 2.5$$

أي توافق القيم المقبولة وفقاً لـ AASHTO لمثل هذا النوع من الطرق.

الشكل رقم (15) منحنى العلاقة قيم (IRI) ونسبة تكرارها

8- الاستنتاجات Conclusions:

1) أظهرت النتائج أن آراء مستخدمي الطرق في سورية تأثرت بشكل رئيسي بمدى استوائية الطريق، أما تأثير العيوب كالتشققات والرقع والتخدد فلم يكن لها تأثير يذكر.

2) عند مقارنة النتائج التي توصلنا إليها مع الدول المتقدمة نجد أن السوريين أكثر تحملاً للمشقات التي يواجهونها في أثناء استخدام الطرق للسفر، حيث كان تقييمهم لنوعية القيادة مرتفعاً نسبياً، بمعنى أن المنغصات الظاهرة أقل تأثيراً في عملية التقويم.

3) القيم الوسطية لـ IRI ضمن ظروف الاستثمار في سورية لمثل هذا النوع من الطرق تساوي m/km (6) وهي أعلى من القيم المقبولة عالمياً إذْ يجب ألا تزيد على m/km (4) [7]، لكن العلاقة المستنتجة بين IRI وPSR تعطي قيماً لـ PSR توافق القيمة المعتمدة في الـ AASHTO وهي (2.5).[1] وهذا ما تؤكده النتيجة رقم 2.

9- التوصيات Recommendations:

من خلال البحث يمكن إعطاء التوصيات الآتية:

1) لابد من إجراء عمليات إحصاء دورية تتضمن مسح شبكة طرق المواصلات، نكون من خلالها قاعدة للبيانات. فمثلاً تساعد بيانات الاستوائية التي يتم جمعها على

تحديد الطرق التي يجب أن تعطى الأولوية العظمى في صيانتها، كما لو كـان لـدينا سجل لنتائج قرينة قابلية الخدمة الحالية (PSI) لمقاطع من الطريق المعـرض للتلـف كانت قد أجريت سابقاً، نستطيع من خلال قراءة هذه النتائج أن نتنبأ متى ستحتاج إلى رفع القيمة المقيسة، وبشكل آخر فإن مقارنة سجلات (PSI) مع المتغيرات المدونة في حجم المرور، فضلاً عن استطلاع لآراء مستخدمي الطرق واستنتاج (PSR)، سـوف تساعد في تنظيم الصيانة أو مدى حاجة أي طريق مستقبلاً إلى إعادة تأهيل.

2) يمكن الاستفادة من آراء مستخدمي الطرق من قبيل الاستئناس في عملية التقـويم الوظيفي، ومقارنة هذه الآراء مع نتائج القياسات الأخرى للعيوب، حيث نستطيع إنجاز هذا الموضوع على أكمل وجه باستخدام أجهزة قياس الاستوائية، لأن الاستوائية كمـا رأينا هو العامل الأساسي الذي يؤثر في رأي مستعملي الطريق.

3) دراسة تأثير عدم استوائية الطريق في راحة الركاب وأمانهم, وفي زيادة تكـاليف تشغيل المركبات عليه, والجدوى الاقتصادية من تنفيذ مشروع إعادة تأهيل الطريق.

4) إجراء دراسة تتضمن التقويم الإنشائي لطبقات رصف هـذه المحـاور باسـتخدام الأجهزة المناسبة كجائز بنكلمان وجهاز FWD، ومقارنة النتائج التي سيتم التوصـل إليها ضمن ظروف الاستثمار المحلي مع الكودات العالمية التي تعنى بمثل هذا النـوع من التقويم.

المراجع المستخدمة:

1- AASHTO "Guide for Design of Pavement Structure (1993)" Published by the American Association of State Highway and Transportation Officials.

2- E.J Yoder. M.W.Witczak "Principles of Pavement Design", Second Edition. Published by John Wiley and Sons, Inc. 1975.

3- W.N. Carey and P. E. Irick, "The Pavement Serviceability Performance Concept", Highway Research Board. Record, 1960.

4- K. T. Hall and C. E. Correa, "Estimation of Present Serviceability Inde× from International Roughness Inde×". Transport Research Record, 1999.

5- B. Al-Omari and M. I. Darter, "Relationships Between International Roughness Inde× and Present Serviceability Rating", Transport Research Record, 1994.

6- SHRP (1993). Distress Identification Manual for Long – Term Pavement Performance Project. Srategic Highway Research Program. SHRP P-338. National Research Concil, Washington DC.

7- The International Roughness Index (IRI) and Ride Number, (1994). The Federal Highway Administer Relationship (FHWA).

8- Development of a Method to Determine Pavement Damage Due to Detours, Omar Smadi, and Zachary Hans, Center for Transportation Research and Education, Iowa State University, Sponsored by the Iowa Highway Research Board (IHRB Project TR-470) and the Iowa Department of Transportation (CTRE Project 02-105), Final Report - April 2005.

9- Guide for Mechanistic-Empirical Design of New and Rehabilitated Pavement Structures, Prepared for National Cooperative Highway Research Program NCHRP, Transportation Research Board TRB, National Research Council, August 2001.

10- Rehabilitation Strategies for Highway Pavements, Prepared for National Cooperative Highway Research Program NCHRP, Transportation Research Board TRB, National Research Council, May 2001.

11- Issues in Pavement Smoothness, A Summary Report, Prepared for National Cooperative Highway Research Program NCHRP, Transportation Research Board TRB, National Research Council, March 2002.

12- نشرة وزارة المواصلات حول نظام معلومات صيانة الطرق في سورية .1994

13- د.م. مروان عاصي، هندسة طبقات الرصف- الطرق (2)، منشـورات جامعـة حلب (2003م).

الملحق A

قائمة المصطلحات المستخدمة

- **تقدير قابلية الخدمة الحالية Present Serviceability Rating (PSR):**

هي قدرة مقطع معين من الغطاء الطرقي على تقديم سياقة مريحة سلسة في أثناء المرور المختلط وهذا استناداً إلى رأي المستخدم.

- **قرينة قابلية الخدمة الحالية Present Serviceability Index (PSI):**

هي قرينة تستخدم كمؤشر لتحديد قابلية الخدمة لمقطع ما من الطريق من خلال قياس التغير في الميل والكميات الفيزيائية لعيوبه، وربطها بمعادلة تحليل تراجعي. أو هو الرقم المستنتج من المعادلة اللازمة لحساب معدل قابلية الخدمة بناء على قياسات بعض الخواص الفيزيائية للغطاء الطرقي.

- **قابلية الخدمة Serviceability:**

هي مقياس مقدار إمكانية الطريق لخدمة حركة المرور ضمن مدة المراقبة.

- **قرينة الاستوائية الدولية International Roughness Index (IRI):**

هي المجموع التراكمي للانزياحات الشاقولية لسطح الطريق والتي تقاس بأنواع مختلفة من أجهزة القياس.

- **اختلاف الميل Slope Variance (SV):**

هي القياسات الإحصائية لفرق المنسوب بين نقط متتالية من سطح الطريق تبعد عن بعضها مسافات محددة.

الملحق B

استمارة تقويم طريق

- **اسم المحور:**..... • **الاتجاه:**.....
- **التاريخ:** / / 2006م • **نوع المركبة:**.....

1. ما رأيك في الطريق من حيث الراحة في أثناء السفر؟

☐ جيد جداً ☐ جيد ☐ مقبول ☐ سيئ ☐ سيئ جداً

ملاحظات:.....

---

2. ما رأيك في الطريق من حيث السلامة والأمان في أثناء السفر ؟

☐ جيد جداً ☐ جيد ☐ مقبول ☐ سيئ ☐ سيئ جداً

ملاحظات:.....

---

3. ما رأيك في الطريق من حيث السلامة توفير قيادة سهلة وسلسة في أثناء السفر؟

☐ جيد جداً ☐ جيد ☐ مقبول ☐ سيئ ☐ سيئ جداً

ملاحظات:.....

تاريخ ورود البحث إلى مجلة جامعة دمشق: 2007/8/15.