



XÁC ĐỊNH CHỈ SỐ KHẢ NĂNG PHỤC VỤ HIỆN TẠI CHO KẾT CẤU MẶT ĐƯỜNG VÀ MỐI TƯƠNG QUAN VỚI CHỈ SỐ ĐỘ GỒ GHỀ QUỐC TẾ

Đinh Văn Hiệp^{1*}

Tóm tắt: Chỉ số khả năng phục vụ hiện tại, *PSI*, được sử dụng rộng rãi để đánh giá tình trạng và khả năng làm việc thực tế của kết cấu mặt đường trong thiết kế, cải tạo và duy tu sửa chữa mặt đường, theo phương pháp AASHTO. Bài báo trình bày việc xác định chỉ số *PSI* và mối tương quan với chỉ số độ gồ ghề quốc tế, *IRI*, trong điều kiện của Việt Nam nhằm đánh giá khả năng phục vụ hiện tại của kết cấu mặt đường một cách thuận lợi và nhanh chóng. Ngoài ra, bài báo trình bày cách xác định giá trị ngưỡng *PSI_i* quy định tham khảo khi cần thực hiện cải tạo hoặc xây dựng lại mặt đường tương ứng với loại mặt đường và cấp đường trong điều kiện của Việt Nam.

Từ khóa: Mặt đường; chỉ số khả năng phục vụ hiện tại; độ gồ ghề quốc tế.

Determination of present serviceability index of pavement structure and its correlation with international roughness index

Abstract: The present serviceability index, *PSI*, has widely been used for design and evaluation of pavement structure specified in the AASHTO method. This paper is to present determination of the index *PSI* and the correlation with the international roughness index, *IRI*, in the Vietnam condition to roughly and cost-effectively evaluate the present serviceability of pavement. In addition, the paper presents determination of the terminal serviceability level, *PSI_i*, for rehabilitation and reconstruction according to pavement types and road classes in Vietnam.

Keywords: Pavement; present serviceability index; international roughness index.

Nhận ngày 10/02/2017; sửa xong 17/3/2017; chấp nhận đăng 21/3/2017

Received: February 10, 2017; revised: March 17, 2017; accepted: March 21, 2017



1. Giới thiệu

Chỉ số khả năng phục vụ hiện tại của kết cấu mặt đường *PSR* (present serviceability rating) hoặc *PSI* (present serviceability index) được sử dụng rộng rãi để đánh giá tình trạng và khả năng làm việc thực tế của kết cấu mặt đường trong thiết kế, cải tạo và duy tu sửa chữa mặt đường, theo phương pháp AASHTO [1, 2]. Việc xác định chỉ số *PSR* hoặc *PSI* là tương đối phức tạp, tốn kém thời gian và kinh phí, trong khi chỉ số độ gồ ghề quốc tế *IRI* hiện nay đang được sử dụng rộng rãi và việc khảo sát thu thập là tương đối đơn giản, nhanh chóng. Do vậy, bài báo sẽ phân tích mối tương quan giữa chỉ số *PSR* hoặc *PSI* và *IRI* để xác định mối tương quan phù hợp với điều kiện của Việt Nam, nhằm mục đích đánh giá khả năng phục vụ hiện tại của kết cấu mặt đường một cách thuận lợi và nhanh chóng. Ngoài ra, bài báo sẽ xây dựng giá trị ngưỡng *PSI_i* quy định khi cần thực hiện cải tạo hoặc xây dựng lại mặt đường tương ứng với loại mặt đường và cấp đường trong điều kiện của Việt Nam.



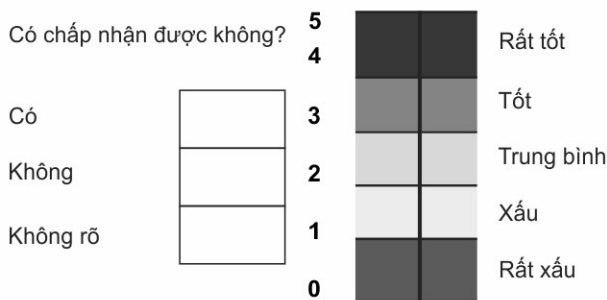
2. Đánh giá tình trạng làm việc của kết cấu mặt đường

Tình trạng làm việc của kết cấu mặt đường được đánh giá thông qua chỉ số khả năng phục vụ hiện tại *PSR* (present serviceability rating). Theo thí nghiệm đường của ASSHO [3], chỉ số *PSR* được xác định dựa trên kết quả đánh giá của đoàn chuyên gia theo thang điểm từ 1,0 đến 5,0 như theo Hình 1. Cụ thể giá trị từ 4,0 - 5,0 là rất tốt; 3,0 - 4,0 là tốt; 2,0 - 3,0 là trung bình; 1,0 - 2,0 là xấu và 0,0 - 1,0 là rất xấu. Mối liên hệ giữa giá trị chỉ số *PSR* với kết quả đánh giá của người sử dụng đường được thể hiện như sau: *PSR* = 0,0 cho mặt đường bị hư hỏng nặng, không thể đi được; *PSR* = 2,0 khi 85% người sử dụng đường không chấp nhận; *PSR* = 2,5 khi 55% người sử dụng đường không chấp nhận; *PSR* = 3,0 khi 12% người sử dụng đường không chấp nhận; *PSR* = 4,2 - 4,5 khi đường mới vừa làm xong; *PSR* = 5,0 khi chất lượng sử dụng đường hoàn hảo.

Trong thí nghiệm của AASHO [3], chỉ số khả năng phục vụ hiện tại *PSI* (present serviceability index) được xác định là hàm số của độ gồ ghề và hư hỏng mặt đường, tương quan với chỉ số *PSR* như trên Hình 2. Thực tế cho thấy có nhiều sự nhầm lẫn giữa chỉ số *PSR* và chỉ số *PSI* là một; tuy nhiên cần lưu ý rằng chỉ số *PSR* và chỉ số *PSI* là khác nhau về bản chất. Chỉ số *PSR* được xác định thông qua đánh giá chủ quan của đoàn chuyên gia, trong khi chỉ số *PSI* được xác định một cách khách quan thông qua các số liệu đo đạc hiện trạng của mặt đường. Có thể xác định chỉ số $PSR = PSI + \Delta$, với Δ là sự chênh lệch của việc chuyển đổi.

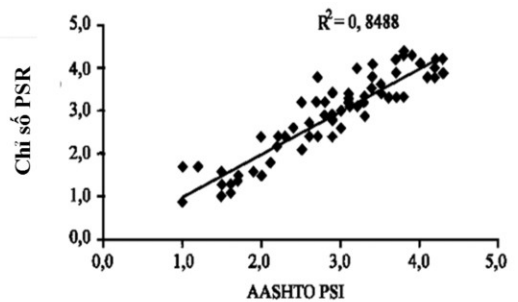
¹ TS, Khoa Xây dựng Cầu đường, Trường Đại học Xây dựng.

*Tác giả chính. E-mail: dvhieps.huce@gmail.com.



Đoạn tuyến đánh giá:

Hình 1. Mẫu thang điểm xác định chỉ số PSR



Hình 2. Tương quan giữa chỉ số PSR và PSI

Chỉ số *PSI* được xác định thông qua hàm số của độ gồ ghề và các hư hỏng mặt đường (vết lún bánh xe, nứt, và ổ gà) đối với mặt đường nhựa và mặt đường bê tông xi măng (BTXM) như theo công thức (1) và (2) tương ứng dưới đây:

Với mặt đường nhựa:

$$PSI = 5,03 - 1,91 \log(1 + SV) - 1,38 \overline{RD}^2 - 0,01(C + P)^{0.5} \quad (1)$$

Với mặt đường BTXM:

$$PSI = 5,41 - 1,78 \log(1 + SV) - 0,09(C + P)^{0.5} \quad (2)$$

trong đó: *C* (cracking) là tỷ lệ diện tích mặt đường đã xuất hiện các khe nứt Cấp 2 và Cấp 3 tính bằng $\text{ft}^2/1000 \text{ ft}^2$ (hoặc $\text{m}^2/1000 \text{ m}^2$) của diện tích mặt đường. Khe nứt Cấp 2 có độ mở rộng lớn hơn 1/8 inch (3,175 mm) (đã phát triển thành mạng lưới), khe nứt Cấp 3 có độ mở rộng lớn hơn 1/4 inch (6,350 mm), nứt thành miếng vỡ rời rạc; *P* (patching) là tỷ lệ diện tích đã xuất hiện ổ gà tính bằng $\text{ft}^2/1000 \text{ ft}^2$ ($\text{m}^2/1000 \text{ m}^2$) và diện tích mặt đường; $\overline{RD}$ (rutting depth) là chiều sâu vết lún bánh xe trung bình của hai vết bánh xe tính bằng inch (2,54 cm); *SV* là phương sai độ dốc được tính theo công thức (3) để xác định độ gồ ghề:

$$\overline{SV} = \frac{\sum y^2 - \frac{1}{n}(\sum y)^2}{n-1} \quad (3)$$

trong đó: *y* là độ chênh cao độ của hai điểm trên vết bánh xe cách nhau 9 inch (22,86 cm) và *n* là số lần đọc. Tham số $\overline{SV}$ được xác định thông qua thí nghiệm đo độ bằng phẳng của AASHTO hoặc qua thiết bị đo độ bằng phẳng CHLOE. Tuy nhiên, thực hiện các thí nghiệm này sẽ rất tốn kém và không còn mang tính ứng dụng trong thực tế. Trong khi đó, chỉ số độ gồ ghề quốc tế *IRI* hiện nay đang được sử dụng rộng rãi và được thực hiện thí nghiệm tương đối đơn giản, nhanh chóng. Do vậy, Hall và Munoz [4] đã xây dựng mối tương quan giữa phương sai độ dốc $\overline{SV}$ và chỉ số độ gồ ghề quốc tế *IRI* như trên Hình 3 và theo công thức (4) như sau:

$$\overline{SV} = 2,2704 IRI^2 \quad R^2 = 0,988 \quad (4)$$

Để tiện cho việc sử dụng ở Việt Nam [5], chỉ số *PSI* được viết lại theo hệ đơn vị mét và được thể hiện theo công thức (5) và (6) cùng với việc thay thế *IRI*:

Với mặt đường nhựa:

$$PSI = 5,03 - 1,91 \log(1 + 2,27 IRI^2) - 8,90 \overline{RD}^2 - 0,01(C + P)^{0.5} \quad (5)$$

Với mặt đường BTXM:

$$PSI = 5,03 - 1,78 \log(1 + 2,27 IRI^2) - 0,09(C + P)^{0.5} \quad (6)$$

trong đó: tỷ lệ diện tích vết nứt *C* tính bằng $\text{m}^2/1000 \text{ m}^2$; tỷ lệ diện tích sửa chữa mặt đường *P* tính bằng $\text{m}^2/1000 \text{ m}^2$; chiều sâu vết lún bánh xe trung bình $\overline{RD}$ tính bằng cm và chỉ số độ gồ ghề quốc tế *IRI* tính bằng m/km.



3. Xác định mối tương quan giữa các chỉ số PSR hoặc PSI và IRI

Chỉ số độ gồ ghề quốc tế *IRI* được sử dụng rộng rãi hiện nay và đã được đưa vào Tiêu chuẩn TCVN 8865: 2011 về kiểm tra và đánh giá độ bằng phẳng mặt đường [6]. Việc xác định chỉ số *IRI* có thể bằng phương pháp trực tiếp hoặc gián tiếp. Phổ biến hiện nay, chỉ số *IRI* được xác định bằng phương pháp đo gián tiếp trên cơ sở phương trình thực nghiệm với độ xóc thông qua thiết bị khảo sát, như là ROMDAS, TRL Bum Intergator [7]. Tốc độ đo chỉ số *IRI* có thể đạt được từ 300 đến 400 km/ngày, với tốc độ đo khuyến nghị là 40 đến 60 km/h. Do vậy, thông qua mối tương quan với *IRI*, việc xác định chỉ số PSR hoặc PSI sẽ thuận lợi và nhanh chóng hơn rất nhiều.

Mối tương quan giữa chỉ số *PSR* hoặc *PSI* và *IRI* đã được một số tác giả thực hiện nghiên cứu trên cơ sở dữ liệu thực nghiệm. Hall và Munoz [4] sử dụng dữ liệu thí nghiệm đường của AASHO để đưa ra mối tương quan như công thức (7) và (8) tương ứng với mặt đường nhựa và mặt đường BTXM:

Với mặt đường nhựa:

$$PSI = 5 - 0,2937x^4 + 1,1771x^3 - 1,4045x^2 - 1,5803x \quad R^2 = 0,95 \quad (7)$$

Với mặt đường BTXM:

$$PSI = 5 + 0,6046x^3 - 2,2217x^2 - 0,0434x \quad R^2 = 0,96 \quad (8)$$

trong đó: $x = \log(1 + 2,2704IRI^2)$

Dựa trên cơ sở dữ liệu được thu thập trên đường ô tô từ năm 1976 đến năm 1981 thuộc dự án nghiên cứu tài trợ bởi Ngân hàng Thế giới, Paterson [8] đã xây dựng mối tương quan giữa chỉ số *PSR* và *IRI* cho mặt đường nhựa như công thức (9) dựa trên số liệu của Brazil và một số nước đang phát triển. Mục tiêu của nghiên cứu này là nhằm xây dựng mô hình xuống cấp của đường cho các nước đang phát triển.

$$PSR = 5 \exp(-0,18IRI) \quad (9)$$

Al-Omari và Darter [9] thực hiện nghiên cứu tại một số bang ở Mỹ (Louisiana, Michigan, New Mexico, Ohio, và Indiana) bao gồm cả đường trục đô thị, đường cao tốc đô thị và đường ô tô cao tốc. Mối tương quan giữa các chỉ số *PSR* và *IRI* cho mặt đường nhựa và mặt đường BTXM như theo công thức (10) và (11):

Với mặt đường nhựa:

$$PSR = 5 \exp(-0,24IRI) \quad R^2 = 0,81 \quad (10)$$

Với mặt đường BTXM:

$$PSR = 5 \exp(-0,272IRI) \quad R^2 = 0,66 \quad (11)$$

Gần đây, Solminihac và cộng sự [10], thực hiện nghiên cứu cho đường trục đô thị và đường ô tô cao tốc tại Santiago, Chile với các điều kiện mặt đường khác nhau. Nghiên cứu xây dựng được mối tương quan giữa chỉ số *PSI* và *IRI* cho mặt đường nhựa và mặt đường BTXM như theo công thức (12) và (13) dưới đây:

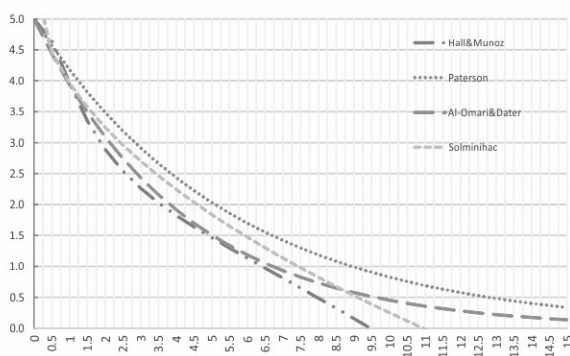
Với mặt đường nhựa:

$$PSI = 5,671 - 1,714IRI^{0,5} \quad R^2 = 0,950 \quad (12)$$

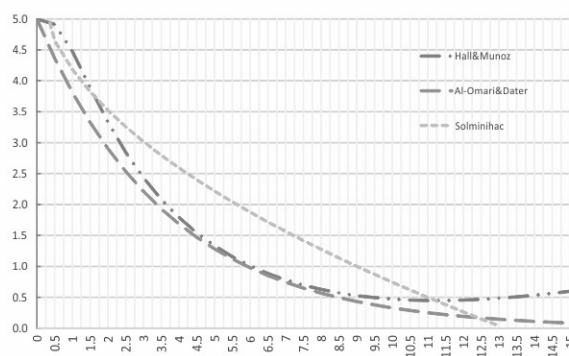
Với mặt đường BTXM:

$$PSI = 5,769 - 1,589IRI^{0,5} \quad R^2 = 0,943 \quad (13)$$

Trong phân tích này, tác giả giả thiết chỉ số *PSI* được xem là có giá trị tương đồng với chỉ số *PSR*, do vậy biểu đồ quan hệ giữa chỉ số *PSI* với *IRI* của các nghiên cứu trình bày ở trên tương ứng với mặt đường nhựa và mặt đường BTXM được thể hiện như trên Hình 4 và Hình 5.



Hình 4. Biểu đồ quan hệ giữa chỉ số *PSI* với *IRI* của mặt đường nhựa



Hình 5. Biểu đồ quan hệ giữa chỉ số *PSI* với *IRI* của mặt đường BTXM

Như được thể hiện trên biểu đồ, đối với mặt đường nhựa, kết quả mối tương quan giữa *PSI* và *IRI* của các nghiên cứu cho thấy tương đối tương đồng. Kết quả của Hall&Munoz rất thống nhất với kết quả của Al-Omari&Darter trong phạm vi số liệu $1,0 \leq PSI \leq 4,5$, điều này được giải thích do nguyên nhân thiếu các số liệu của thí nghiệm AASHO trong phạm vi $PSI < 1,0$ và $PSI > 4,5$ [9]. Đối với mặt đường BTXM, nghiên cứu Paterson [8] không có số liệu, trong khi mối tương quan của nghiên cứu Solminihac tương đối cách xa với nghiên cứu của Hall&Munoz và Al-Omari&Darter.

Bảng 1 dưới đây đưa ra giá trị tương ứng giữa chỉ số PSI và IRI ở giai đoạn xuống cấp của mặt đường nhựa và mặt đường BTXM. Ví dụ, với mặt đường nhựa, $PSI = 1,0$ ở giai đoạn xuống cấp và cần phải cải tạo, giá trị của IRI lần lượt là 6,40 m/km; 6,70 m/km; 7,42 m/km; và 8,95 m/km tương ứng với các nghiên cứu của Hall&Munoz; Al-Omari&Dater; Solminihac; và Paterson. Với cùng giá trị PSI được xác định, giá trị IRI tương ứng theo nghiên cứu Paterson thường đưa ra kết quả cao rõ rệt với nghiên cứu của Hall&Munoz và Al-Omari&Dater, điều này là phù hợp do nghiên cứu của Paterson được thực hiện cho các nước đang phát triển.

Bảng 1. Giá trị tương ứng giữa PSI và IRI ở giai đoạn xuống cấp của mặt đường

PSI	IRI (m/km) của mặt đường nhựa				IRI (m/km) của mặt đường BTXM		
	Hall & Munoz	Al-Omari & Dater	Solminihac	Paterson	Hall & Munoz	Al-Omari & Dater	Solminihac
1,0	6,40	6,70	7,42	8,95	6,05	5,90	9,00
1,5	4,90	5,02	5,93	6,70	4,60	4,42	7,23
2,0	3,56	3,81	4,59	5,10	3,63	3,36	5,62
2,5	2,56	2,89	3,43	3,85	2,91	2,55	4,23



4. Xác định giá trị ngưỡng PSI_t trong điều kiện Việt Nam

Như được phân tích ở trên, tác giả sử dụng mối tương quan Paterson để xác định giá trị PSI tương ứng với IRI quy định theo TCVN 8865: 2011 [6] cho mặt đường nhựa trong điều kiện Việt Nam như Bảng 2. Giá trị PSI thu được cho thấy phù hợp với tình trạng đường và đặc biệt là với điều kiện các nước đang phát triển như Việt Nam. Do vậy, tương quan Paterson cho thấy có tính phù hợp cao khi áp dụng ở Việt Nam. Tuy nhiên, cần chú ý rằng sự tương quan này phụ thuộc nhiều vào sự khác biệt về loại mặt đường và tình trạng mặt đường trong từng trường hợp đánh giá và áp dụng.

Bảng 2. Giá trị PSI tương ứng với IRI cho mặt đường nhựa được quy định trong TCVN 8865: 2011

Loại mặt đường	Loại mặt đường	Tình trạng mặt đường			
		Tốt	Trung bình	Kém	Rất kém
Cấp cao A1: Bê tông nhựa chặt.	Đường cao tốc cấp 120, 100 và 80; đường ô tô cấp 80.	$IRI < 2,0$	$2,0 \leq IRI < 4,0$	$4,0 \leq IRI < 6,0$	$6,0 \leq IRI < 8,0$
		$PSI > 3,49$	$3,49 \geq PSI > 2,43$	$2,43 \geq PSI > 1,70$	$1,70 \geq PSI > 1,18$
	Đường cao tốc cấp 60, đường ô tô cấp 60.	$IRI < 3,0$	$3,0 \leq IRI < 5,0$	$5,0 \leq IRI < 7,0$	$7,0 \leq IRI < 9,0$
		$PSI > 2,91$	$2,91 \geq PSI > 2,03$	$2,03 \geq PSI > 1,42$	$1,42 \geq PSI > 0,99$
	Đường ô tô cấp 40 và 20.	$IRI < 4,0$	$4,0 \leq IRI < 6,0$	$6,0 \leq IRI < 8,0$	$8,0 \leq IRI < 10,0$
		$PSI > 2,43$	$2,43 \geq PSI > 1,70$	$1,70 \geq PSI > 1,18$	$1,18 \geq PSI > 0,83$
Cấp cao A2: BTN rải nguội, rải ấm; thấm nhập nhựa, đá dăm nước láng nhựa.	Đường ô tô cấp 60.	$IRI < 4,0$	$4,0 \leq IRI < 6,0$	$6,0 \leq IRI < 8,0$	$8,0 \leq IRI < 10,0$
		$PSI > 2,43$	$2,43 \geq PSI > 1,70$	$1,70 \geq PSI > 1,18$	$1,18 \geq PSI > 0,83$
	Đường ô tô cấp 40 và 20.	$IRI < 5,0$	$5,0 \leq IRI < 7,0$	$7,0 \leq IRI < 9,0$	$9,0 \leq IRI < 11,0$
		$PSI > 2,03$	$2,03 \geq PSI > 1,42$	$1,42 \geq PSI > 0,99$	$0,99 \geq PSI > 0,69$

Trên cơ sở mối tương quan giữa giá trị PSI và IRI như trên, tác giả đề xuất quy định giá trị ngưỡng PSI_t khi cần thực hiện công việc cải tạo hoặc xây dựng lại mặt đường tương ứng với loại mặt đường và cấp đường cho điều kiện Việt Nam, như theo Bảng 3. Giá trị này cho thấy tương đối thống nhất với các nghiên cứu xác định giá trị PSI_t phù hợp với nền kinh tế kém hoặc đang phát triển [10].

Bảng 3. Quy định ngưỡng PSI_t khi cần phải thực hiện cải tạo hoặc xây dựng lại mặt đường

Loại mặt đường	Cấp đường	PSI_t
Cấp cao A1: Bê tông nhựa chặt.	Đường cao tốc cấp 120, cấp 100 và cấp 80; đường ô tô cấp 80.	2,0
	Đường cao tốc cấp 60, đường ô tô cấp 60.	1,5
	Đường ô tô cấp 40 và cấp 20.	1,2
Cấp cao A2: BTN rải nguội, rải ấm; thấm nhập nhựa, đá dăm nước láng nhựa.	Đường ô tô cấp 60.	1,2
	Đường ô tô cấp 40 và cấp 20.	1,0



5. Kết luận

Bài báo đã làm rõ bản chất của chỉ số khả năng phục vụ hiện tại *PSR* và *PSI* được sử dụng trong thí nghiệm AASHTO, nhằm đánh giá tình trạng và khả năng làm việc thực tế của kết cấu mặt đường trong thiết kế, cải tạo và duy tu sửa chữa mặt đường. Chỉ số *PSR* được xác định thông qua đánh giá chủ quan của đoàn chuyên gia trong khi chỉ số *PSI* được xác định một cách khách quan thông qua các số liệu đo đạc tại hiện trạng về độ gồ ghề và hư hỏng của mặt đường. Bài báo đã phân tích được mối tương quan giữa các chỉ số *PSI* và độ gồ ghề quốc tế *IRI*, từ đó kiến nghị áp dụng mối tương quan phù hợp với điều kiện của Việt Nam. Kết quả xác định mối tương quan giữa các chỉ số *PSI* và *IRI* để đánh giá khả năng phục vụ hiện tại của kết cấu mặt đường một cách thuận lợi và nhanh chóng thông qua chỉ số *IRI*. Cần chú ý rằng sự tương quan này phụ thuộc nhiều vào sự khác biệt về loại mặt đường và tình trạng mặt đường trong từng trường hợp đánh giá và áp dụng. Bên cạnh đó, bài báo đã trình bày cách xác định giá trị ngưỡng của khả năng phục vụ hiện tại, *PSI*, quy định tham khảo khi cần thực hiện cải tạo hoặc xây dựng lại mặt đường tương ứng với loại mặt đường và cấp đường trong điều kiện của Việt Nam.

Tài liệu tham khảo

1. AASHTO (1993), *Guide for design of pavement structures*, American Association of State Highway and Transportation Officials, Washington D.C., USA.
2. 22 TCN 274-01 (2001), *Chỉ dẫn kỹ thuật thiết kế mặt đường mềm*, Bộ Giao thông Vận tải.
3. AASHTO (1962), *Highway Research Board Special Report 61E*, The AASHTO Road Test, Washington, D.C.
4. Hall K.T., Munoz C.E.C. (1999), *Estimation of Present Serviceability Index from International Roughness Index*, Transportation Research Record 1655, National Research Council, Washington, D.C.
5. Đinh Văn Hiệp (2012), *Nghiên cứu thiết lập hệ thống quản lý chất lượng mặt đường mềm ô-tô cấp cao ở Việt Nam - Nghiên cứu chỉ số khả năng phục vụ hiện tại mặt đường PSI*, Báo cáo tổng kết đề tài cấp Bộ GTVT, mã số DT.103012.
6. TCVN 8865:2011 (2011), *Mặt đường ô tô - Phương pháp đo và đánh giá xác định độ bằng phẳng theo chỉ số độ gồ ghề quốc tế IRI*, Tiêu chuẩn Quốc gia Việt Nam.
7. Bennet C.R., Chamorro A., Chen C., Solminiach H., Flintsch G.W. (2007), *Data Collection Technologies for Road Management*, EastAsia Pacific Transport Unit, The World Bank, Washington, D.C.
8. Paterson W.D.O. (1987), *Road Deterioration and Maintenance Effects, The Highway Design and Maintenance Standard*, HDM-III, The World Bank, Washington, D.C.
9. Al-Omari B., Darter M.I. (1994), "Relationships Between International Roughness Index and Present Serviceability Rating", *Transportation Research Record 1435*, National Research Council, Washington, D.C.
10. Solminiach H.T., Salsilli R., Kohler E., Bengoa E. (2003), "Analysis of Pavement Serviceability for The AASHTO Design Method: The Chilean Case", *The Arabian Journal for Science and Engineering*, Vol.28, 2B. Chile.