

MODIFIKÁCIA KLASIFIKAČNEJ STUPNICE PARAMETRA NEROVNOSTI VOZOVIEK „IRI“ ZOHLADŇUJÚCA DYNAMIKU REÁLNEHO AUTOMOBILU

Bohuš Leitner¹, Martin Decký²

Anotácia: Článok obsahuje základné informácie o spôsobe modifikácie klasifikačnej stupnice medzinárodného indexu nerovnosti vozoviek IRI s ohľadom na dynamickú interakciu vozovka – vozidlo. Cieľom článku je uvedenie niektorých výsledkov objektívizácie klasifikačnej stupnice IRI a návrh jej nových hodnôt.

Kľúčové slová: pozdĺžna rovnosť vozovky, klasifikačná stupnica rovnosti, medzinárodný index IRI, miera nerovnosti C, dynamická interakcia vozovka - vozidlo

Summary: The paper contains basic information about a way of classification scale for international roughness index IRI modification with respect to pavement - vehicle dynamic interaction. The aim of the paper is presentation of some results for objectification scale IRI and determination of new values.

Key words: longitudinal evenness of pavement, scale of unevenness classification, international roughness index IRI, scale of unevenness C, interaction road - vehicle

1. ÚVOD

Z aspektu kodifikácie nových právnych predpisov na hodnotenie účinkov mechanického kmitania na človeka [1] bolo potrebné zohľadnenie ich ustanovení aj do existujúcich klasifikácii rovnosti vozoviek. Pozornosť autorov je sústredená na problém modifikácie (objektívizácie) klasifikačnej stupnice pozdĺžnej rovnosti vozoviek podľa parametra IRI (International Roughness Index). Článok nadväzuje na predchádzajúce práce autorov [2,3], kde boli podrobne prezentované matematické modely simulácie dynamickej interakcie vozidla s vozovkou.

2. DIAGNOSTIKOVANIE POZDĹŽNEJ ROVNOSTI VOZOVIEK V SR

Pre meranie pozdĺžnej rovnosti povrchu vozoviek sú v SR kodifikované normy STN 73 6175 „Měření rovnosti povrchu vozovky latí“ a STN 73 6176 „Měření rovnosti povrchu vozovky kompenzačním viagrafem“. Takéto hodnotenie vozoviek je však považované za „statické“, nakoľko nezohľadňuje dynamickú povahu interakcie

¹ Doc. Ing. Bohuš Leitner, PhD., Žilinská univerzita v Žiline, Fakulta špeciálneho inžinierstva, KTVI, ul.1.mája 32, 010 26 Žilina, Tel. +421-41-5136863, E-mail: Bohus.Leitner@fsi.uniza.sk

² Doc. Dr. Ing. Martin Decký, Žilinská univerzita v Žiline, Stavebná fakulta, KCS, Komenského 52, 010 01 Žilina, Tel. +421-41-5135907, E-mail: Martin.Decky@fstav.uniza.sk

medzi vozidlom – vozovkou. Zo známych dynamických metód hodnotenia pozdĺžnej rovnosti vozoviek sa v podmienkach SR etablovali dva dynamické parametre: **miera nerovnosti „C“** a **medzinárodný index nerovnosti IRI**. Uvedené parametre reprezentujú nielen slovenský, ale tiež celosvetový štandard hodnotenia pozdĺžnej rovnosti vozoviek [4].



Obr.1 Meracie zariadenie Profilograf



Obr.2 Meracia sústava JP VŠDS

V SR sa pre hromadný zber údajov o pozdĺžnej rovnosti vozoviek využíva zariadenie Profilograf (obr.1), ktoré je v správe Cestnej databanky Slovenskej správy ciest. Zariadenie je určené pre meranie rovnosti povrchu vozoviek a jeho hodnotenie prostredníctvom parametra IRI. Index IRI je prepočítavaný na základe známeho pozdĺžneho profilu vozovky, zisťovaného prostredníctvom zabudovanej laserovej jednotky, pričom meranie je realizované pri konštantnej rýchlosti (odporúčaný rozsah je od 50 do 80 km/h).

Zariadenie JP VŠDS - Jednokolesový prívos Vysokej školy dopravy a spojov (Obr.2) je dvojmotová meracia sústava, kvantifikujúca pozdĺžne výškové nerovnosti cestných vozoviek prostredníctvom parametra C. Bližšie informácie o zariadení a jeho používaní je možné nájsť napr. v [5,6].

3. DYNAMICKÉ PRENOSOVÉ CHARAKTERISTIKY OSOBNÝCH AUTOMOBILOV A ICH SIMULÁCIA

Teoretické hodnoty dynamickej prenosovej charakteristiky zvolených osobných automobilov boli pre rozličné cestné úseky a simulované rýchlosti určované vzťahom

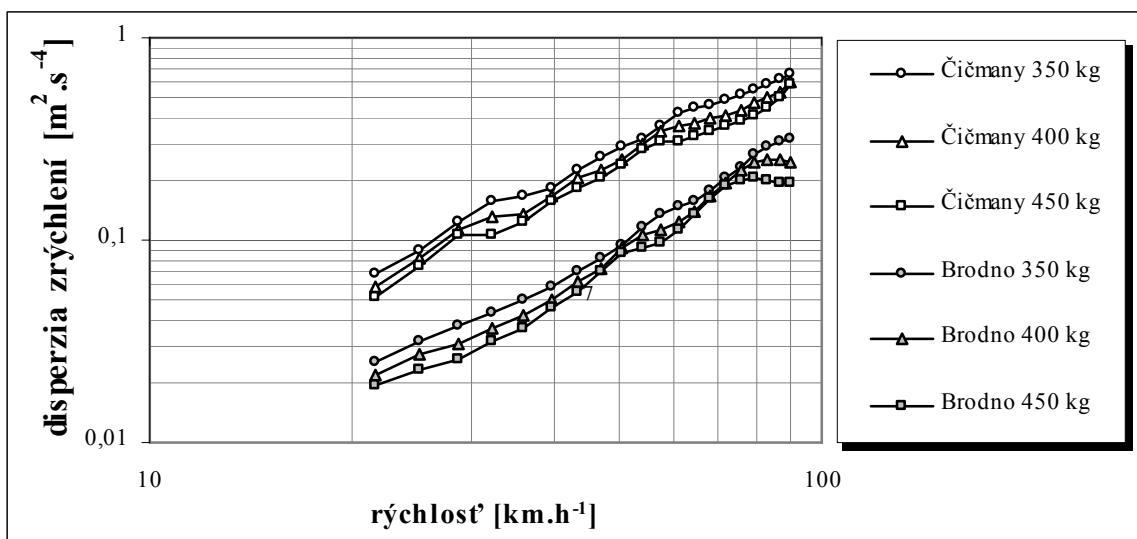
$$I_i = \frac{D_{y,i}}{C_{niv} \cdot v_i} \quad (1)$$

kde C_{niv} je hodnota parametra C zisteného niveláciou [rad.m], $D_{y,i}$ je rozptyl všetkých diskrétnych hodnôt zrýchlení odpruženej hmoty zistených simuláciou pre referenčnú rýchlosť v_i zadanú v $m \cdot s^{-1}$ [$m^2 \cdot s^{-4}$].

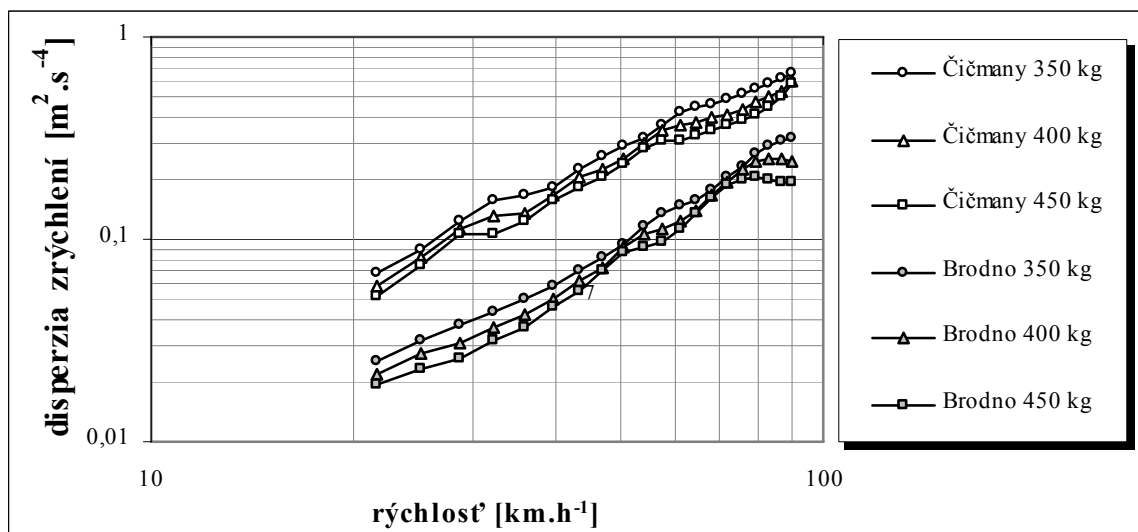
Z dôvodu výraznej závislosti dynamických prenosových charakteristík od hmotnosti odpružených hmôt boli výpočty uskutočnené pre tri prípady zaťaženia:

- hmotnosť udávaná výrobcom (dve osoby – každá 75 kg),
- hmotnosť udávaná výrobcom + 50 kg,
- hmotnosť udávaná výrobcom + 100 kg.

Z hľadiska možnosti porovnania získanej dynamickej prenosovej charakteristiky vybraného typu vozidla - Škoda Fábria (nižšia stredná trieda OA) s inými vozidlami, boli realizované tiež simulácie pre parametre osobného vozidla Honda Accord (vyššia stredná trieda). Výsledky simulovaných disperzií (rozptylov) pre dva vybrané cestné úseky sú v log-log mierke prezentované na obr.3 a obr.4



Obr. 3 Simulovaný rozptyl zrýchlení odpruženej hmoty (predná náprava Š-Fábria)



Obr.4 Simulovaný rozptyl zrýchlení odpruženej hmoty (zadná náprava H-Accord)

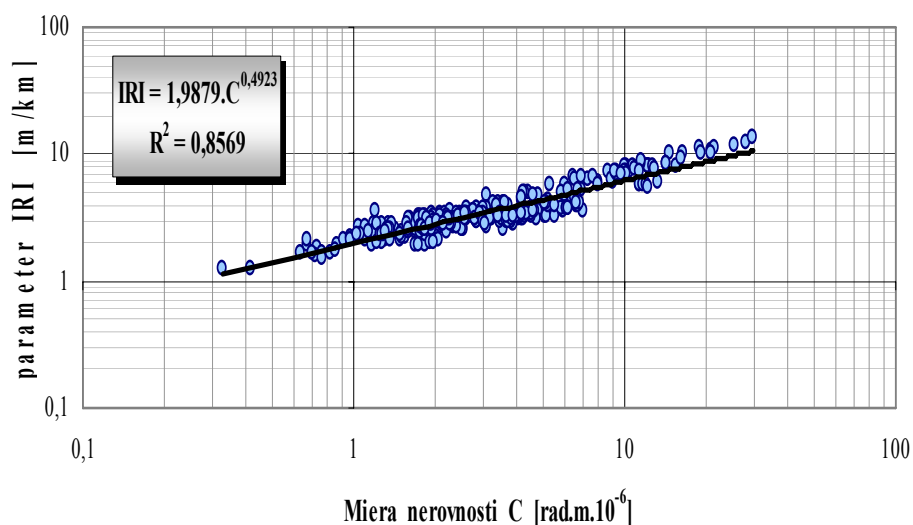
Na základe výsledkov realizovaných simulácií (celkom cca. 7500 simulačných behov) boli určené priemerné hodnoty dynamických charakteristík I, uvedené v Tab1.

Tab.1 Prehľad určených priemerných dynamických prenosových charakteristík I

Priemerná dynamická prenosová charakteristika I [$\text{rad}^{-1} \cdot \text{s}^{-3}$]							
Škoda Fábria				Honda Accord			
Predná náprava		Zadná náprava		Predná náprava		Zadná náprava	
m [kg]	I [$\text{rad}^{-1} \cdot \text{s}^{-3}$]	m [kg]	I [$\text{rad}^{-1} \cdot \text{s}^{-3}$]	m [kg]	I [$\text{rad}^{-1} \cdot \text{s}^{-3}$]	m [kg]	I [$\text{rad}^{-1} \cdot \text{s}^{-3}$]
m_s	9 400	m_s	11 100	m_s	11 800	m_s	9 200
m_s+50	8 150	m_s+50	8 600	m_s+50	10 900	m_s+50	8 100
m_s+100	7 150	m_s+100	7 200	m_s+100	10 200	m_s+100	7 300
Priemer na nápravu				Priemer na nápravu			
8 200 $\text{rad}^{-1} \cdot \text{s}^{-3}$		9 000 $\text{rad}^{-1} \cdot \text{s}^{-3}$		11 000 $\text{rad}^{-1} \cdot \text{s}^{-3}$		8 200 $\text{rad}^{-1} \cdot \text{s}^{-3}$	
Priemer na vozidlo				Priemer na vozidlo			
8 600 $\text{rad}^{-1} \cdot \text{s}^{-3}$				9 600 $\text{rad}^{-1} \cdot \text{s}^{-3}$			

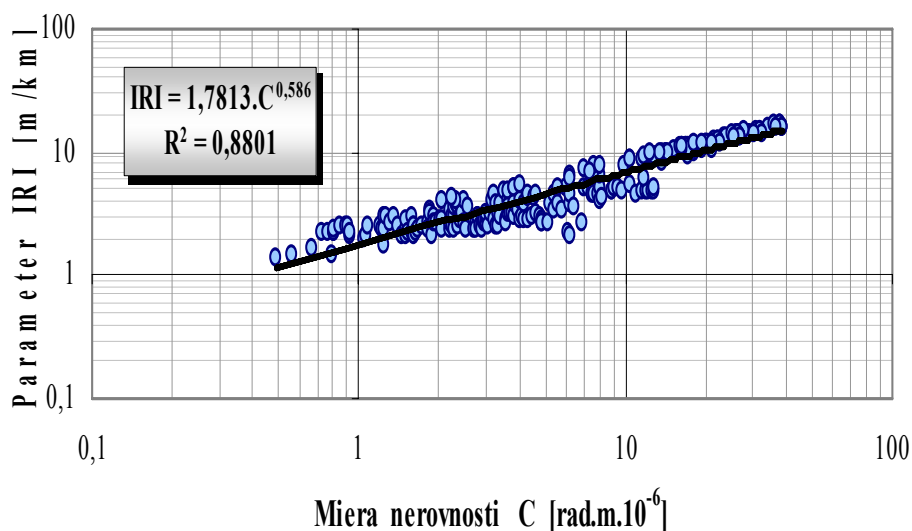
4. EXPERIMENTOM URČENÉ KORELÁCIE PARAMETROV “C” A “IRI”

Pri určovaní korelačných závislostí sa vychádzalo z 10 známych pozdĺžnych profilov 500 metrových cestných úsekov, u ktorých bol presnou niveláciou zameraný pozdĺžny profil s krokom $d=0,25$ m. V spracovanom programe IRI-KCS boli počítané hodnoty parametra IRI pre rýchlosti 90 a 130 $\text{km} \cdot \text{h}^{-1}$, z ktorých boli ďalej počítané hodnoty IRI pre zvolené vyhodnocovacie dĺžky (20, 50, 100 m). Nakoľko parameter IRI je vyhodnocovaný v priestorovej doméne bolo potrebné uskutočniť transformáciu priestorovej domény na časovú (v čase sa štandardne určuje miera nerovnosti C), aby bolo možné pre zvolené vyhodnocovacie intervaly, simulované rýchlosti a dynamické prenosové charakteristiky určiť zisťované korelácie (obr. 5 a Obr.6).



Obr.5 Korelácie parametrov C a IRI pre rýchlosť 90 km/h

Ako hodnota dynamickej prenosovej charakteristiky bola uvažovaná zistená najnepriaznivejšia hodnota dynamického prenosu Škody Fábria $\Rightarrow I = 10\,000 \text{ rad}^{-1} \cdot \text{s}^{-3}$.



Obr.6 Korelácie parametrov C a IRI pre rýchlosť 130 km/h

Zovšeobecnením získaných korelačných závislostí je možné pre uvažované typy komunikácií definovať nasledovné korelačné vzťahy :

- cesty v extraviláne $IRI = 1,99.C^{0,49}$ (2)

- diaľnice $IRI = 1,78.C^{0,59}$ (3)

5. MODIFIKÁCIA KLASIFIKAČNEJ STUPNICE PARAMETRA IRI

Na základe korelačných závislostí (2) a (3) klasifikačnej stupnice parametra C bola odporučená modifikácia klasifikačnej stupnice parametra IRI v súlade s tab.3.

Pri určovaní kritérií rovnosti vozoviek prostredníctvom miery nerovnosti C boli uvažované STN ISO normy, zaoberajúce sa ochranou zdravia ľudí pred negatívnymi účinkami mechanického kmitania [7]. Z týchto noriem sa vychádzalo tiež pri tvorbe Nariadenia vlády SR č.40/2002 Z.z., čím je za predpokladu splnenia teoretických úvah zabezpečený súlad modifikovaných klasifikácií so súčasným právnym stavom v SR.

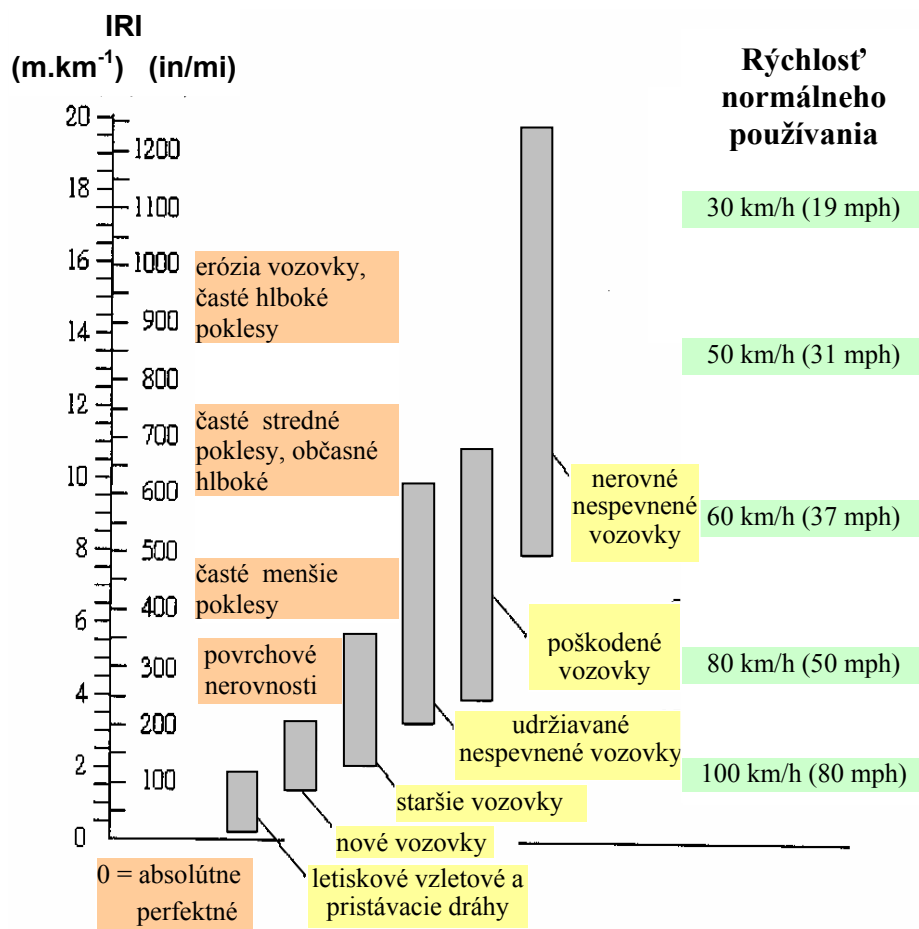
Tab.2 Návrh klasifikačnej stupnice hodnotenia pozdĺžnej rovnosti vozoviek podľa IRI

Klasifikačný stupeň		IRI [m/km] pre komunikácie typu			
Úroveň	Názov	Cesty v extraviláne		Diaľnice	
		Modifikácia	TP 04/2000	Modifikácia	TP 04/2000
I.	veľmi kvalitná	< 2,8	< 1,90	< 1,8	< 1,90
II.	kvalitná	2,8 až 4,4	1,91 – 3,30	1,8 až 2,7	1,91 – 3,30
III.	málo kvalitná	4,5 až 6,1	3,31 – 5,00	2,8 až 4,6	3,31 – 5,00
IV.	nekvalitná	6,2 až 8,6	5,01 – 10,00	4,7 až 6,9	5,01 – 8,00
V.	nevhodná pre premávku	> 8,6	> 10,00	> 6,9	> 8,00

Navrhovaná klasifikačná stupnica je prísnejšia ako klasifikácia podľa TP 04/2000 [8] a predstavuje reprezentatívnu stupnicu s ohľadom na dynamickú interakciu medzi vozovkou a vozidlom a plne vyhovujúcu z aspektu kvantifikácie pozdĺžnych nerovností vozoviek [9] v podmienkach zavedených systémov hospodárenia s vozovkami v podmienkach SR.

6. ZÁVER

Vo výstupoch najnovších výskumných aktivít World Road Association [9,10,11] sa uvádza charakteristický rozsah hodnôt parametra v závislosti od druhu ciest (obr.7).



Obr.7 Charakteristické rozsahy parametra IRI v závislosti od druhu cesty [11]

Skutočnosti prezentované v záveroch zo správy sú v súlade s navrhovanou modifikáciou klasifikácie vozoviek, uvedenou v tab.2, kde napr. pre nové vozovky sa uvádza rozsah parametra IRI od 1,3 do 3,1 m.km⁻¹, čo v priemere predstavuje hodnotu 2,2 m.km⁻¹. Uvedená hodnota reprezentuje pre cesty 1. klasifikačný stupeň pozdĺžnej rovnosti a pre diaľnice 2. stupeň. Poškodené vozovky vykazujú priemernú hodnotu 8 m.km⁻¹ čomu odpovedá podľa tab.2 klasifikačný stupeň 4 (nekvalitná) pre cesty resp. 5 (nevhodná pre premávku) pre diaľnice. Prezentované korelačné závislosti

a klasifikačné kritéria sa principiálne zhodujú s najnovšími prácami zahraničných autorov [9, 10, 11, 12] a modifikovaná klasifikačná stupnica vozoviek zohľadňuje všetky najnovšie právne požiadavky definované v SR na ochranu zdravia človeka pred negatívnymi účinkami vibrácií.

POUŽITÁ LITERATÚRA

- [1] Nariadenie vlády Slovenskej republiky č. 40/2002 Z. z. o ochrane zdravia pred hlukom a vibráciami..
- [2] DECKÝ, M.: Simulácia odozvy kmitania vozidiel z aspektu kvantifikácie nerovností vozoviek. In: Horizonty dopravy 4/2002, VÚD, Žilina.
- [3] LEITNER, B., DECKÝ, M.: Počítačové modelovanie stochastických nerovností povrchu vozoviek. In: Horizonty dopravy 2/2003, VÚD, Žilina.
- [4] SAYERS, M., KARAMIHAS, S.: The Little Book of Profiling. Basic Information about Measuring and Interpreting Road Profiles, 1997.
- [5] ČELKO, J. a kol.: Povrchové vlastnosti vozoviek – Prevádzková spôsobilosť vozoviek. Žilinská Univerzita, Žilina, 2001, 233 s.
- [6] MÚČKA, P., DECKÝ, M.: Dynamický model príviesného vozíka na meranie pozdĺžnych nerovností vozovky. Stavební obzor 2/2002, str.59-64.
- [7] STEIN, J., VANOVCAN, F.: Nové zákonné predpisy pre hodnotenie účinkov mechanického kmitania a otrasov na človeka. Horizonty dopravy, 2/2003.
- [8] ČELKO, J., DECKÝ, M.: Meranie a hodnotenie nerovností vozoviek pomocou zariadenia PROFILOGRAPH GE. Technický predpis 04/2000, Slovenská správa ciest, Bratislava, 2000.
- [9] KROPÁČ, O., ŠPRINC, J., ŠPRINC, M.: Výsledky medzinárodného harmonizačného experimentu EVEN FILTER a jejich využití: podélné nerovnosti vozovok. Silniční obzor, 2003, č. 2.
- [10] DUCROS, D., M., PETKOVIČ, L. et al.: FILTER - Experiment Longitudinal Analyses. FEHRL Final Report 2001/1. Paris, Laboratoire Central des Ponts et Chaussées.
- [11] International experiment to harmonize longitudinal and transverse profile measurement and reporting procedure. World Road Association. PIARC technical Committee on Surface Characteristics, 2002.
- [12] SAYERS, M.W., GILLESPIE, T.D., QUEIROZ, C.: The International Road Roughness Experiment (IRRE): Establishing correlation and calibration standard for measurements. World Bank, Technical Paper No. 45, Washington, 1999.

Práca bola podporovaná agentúrou VEGA prostredníctvom projektu č. 1/3154/06.

Recenzent: Ing. Martin Beniač, PhD., Doprastav a.s., Bratislava