



## ANALÝZY GEOMETRICKÝCH PARAMETR VRSTEV KONSTRUKCÍ VOZOVEK Z MRA EN BOD (LASEROVÉHO SKENOVÁNÍ)

Zpracoval: Ing. Josef Žák, Ph.D. (Fakulta stavební VUT v Praze)

### Souhrn

Odchylky skutečného provedení / stavu vrstev konstrukcí vozovek od teoretického (projektovaného) průběhu povrchu konstrukcí vozovek lze analyzovat s pomocí celé řady metod jako je měření podélných nerovností, měření příčných nerovností, analýza odtoku vody, hloubek vyjetých kolejí, plošné analýzy nerovností a do jisté míry je indikativní i měření hluku a analýza odchylek od projektových výšek.

Měření nerovností je založeno na skutečné charakteristice nerovností vyjádřené hloubkou a délkou nerovnosti nebo na základě inkulturní nerovnosti na pohodlí a bezpečnosti silničního provozu.

V technických předpisech používaných v ČR je nejvíce používáno měření povrchových vlastností vozovek pozemních komunikací a letištních ploch pomocí zkoušky latí dle SN EN 13036-7 a SN EN 13036-8 [1], [2] a dále je pro dálnice a pozemní komunikace první třídy používáno měření Mezinárodního indexu nerovností (IRI) jako parametru popisujícího úroveň nerovností na pohodlí a bezpečnosti silničního provozu.

TP 207 [3] uvádí, že referenční zkušební metodou pro stanovení IRI je měření podélného profilu vozovky pomocí měřicího zařízení Dipstick, případně přesné nivelace a následný výpočet IRI. Pro stanovení správnosti se výsledky ze srovnávaných měření zařízením porovnávají s výsledky získanými referenční měřicí metodou. Metody tohoto měření lze rozdělit na dvě skupiny: geometrické a dynamické [4].

### Oblast použití

Možnost použití 3D laserového skenování pro získání údajů o kvalitě povrchu konstrukcí vozovek je známa z předchozích prací [5]. Je možné zaznamenat zvyšující se využití laserových technologií v dopravním stavitelství v České republice. Technologie používající laserové paprsky je běžně používána k navádění stavebních strojů. V geodesii se kontroluje průběh výstavby a zjišťování

kubatur. Cílem ešeného úkolu bylo vyvinout a ověřit metodologii, která bude umožňovat využití již běžně pořízených dat z laserového skenování a z nich poskytnout dodavatelům stavby, laboratorům a objednatelům stavby informace o geometrických kvalitách realizované konstrukční vrstvy bez nutnosti jiného měření nebo doměření.

Dialogové okno programu RIRI je zobrazeno na následujícím obrázku 1. Jak je patrné z obrázku, v dialogovém okně je implicitně nastavena hodnota délky virtuální zkušební latě 4 m. Tuto délku lze změnit a použít program k analýzám příčných nerovností (délka latě 2 m) nebo k analýzám nerovností povrchu s použitím jiných (nenormových) délek zkušební latě.

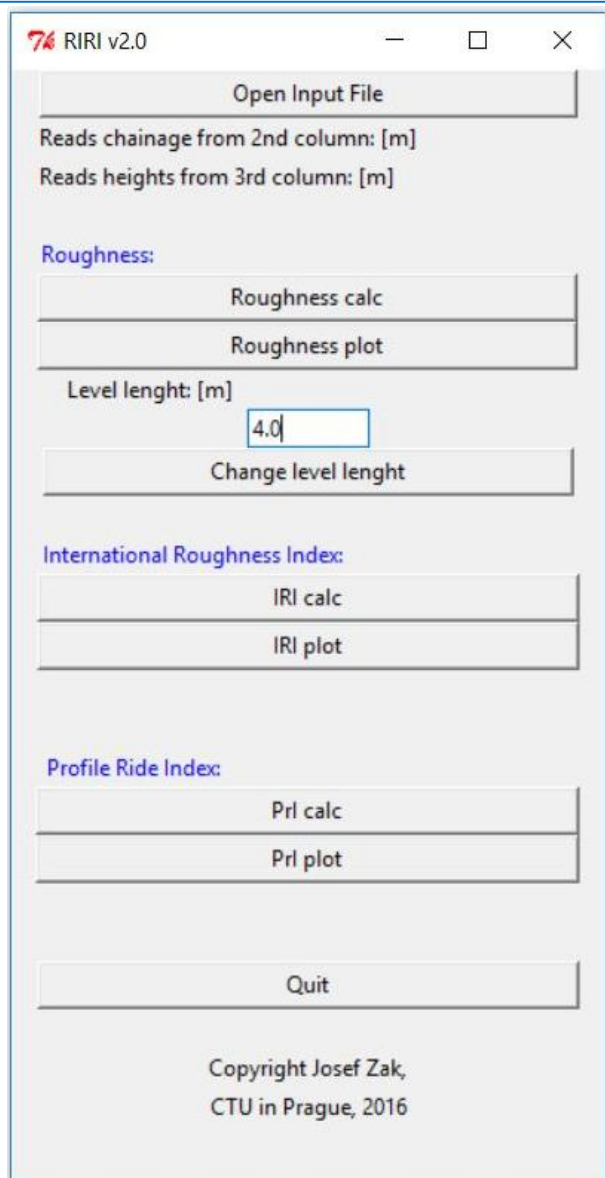
Program RIRI lze tedy použít k následujícím účelům:

- analýza podélných nerovností jednotlivých vrstev konstrukcí vozovek měřenou zkouškou latí,
- analýza příčných nerovností jednotlivých vrstev konstrukcí vozovek zkouškou latí,
- analýza Mezinárodního indexu nerovností (IRI) jednotlivých konstrukcí vozovek,
- určení geometrických parametrů jakéhokoliv povrchu měřenou metodou laserového skenování.

Lze tak účelně použít program tam, kde je obtížné dosáhnout rychlostí potrubných provádění měření jinými metodami (80 km/h). Jedná se o úseky v tví mimoúrovňových křižovatkách nebo úseky, kde je v době potřeby provedení zkoušky umístění dopravní inženýrské opatření nebo jiné omezení provozu.

Účely použití lze definovat i jako jednotlivé úkoly prováděné akreditovanou laboratorní, investorem nebo správou a údržbou pozemních komunikací:

- zhodnocení stavu povrchu pozemních komunikací,
- vyhodnocení úinku navrhované opravy konstrukce vozovky na pohodlí a bezpečnosti silničního provozu,
- kontrola příjímce provedených prací.



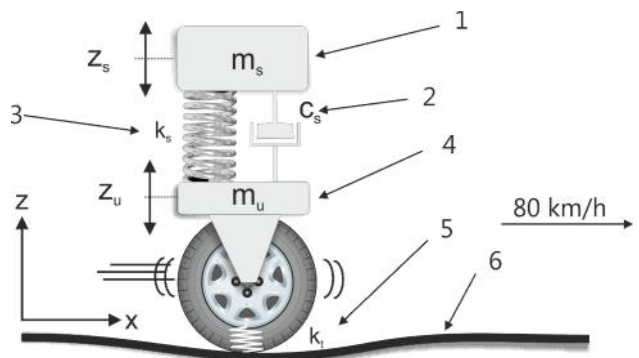
Obr. 1 Dialogové okno programu RIRI.

## Metodika a postup řešení

Za účelem charakteristiky geometrické kvality jednotlivých povrchů vrstev konstrukcí vozovek se provede zaměření skutečného stavu metodou laserového skenování. Z těchto dat se vytvoří mraňob, z něhož se vytvoří triangulovaný digitální povrch. Dále se navrhne trasa (místa) pro určení geometrických parametrů. Z této trasy se vypočtou výšky bodů z triangulovaného povrchu. Dále se v případě analýzy virtuálních latí (příčné a podélné nerovnosti) provádí položení latí v daném úseku. Program rekurzivně nalezneme místo, kde látka na povrchu leží, jak je požadováno dle SN a stanoví nerovnost pod latí.

V případě určení parametrů mezinárodního indexu nerovnosti se s pomocí interpolačního filtru provede určení míst, kde povrch nebyl zaměřen nebo kde existují jiné nerovnosti. Dále se provede určení bodů z triangulovaného digitálního povrchu se

základnou 0,25 m. Provede se výpočet rektifikovaných sklonů a následně i výpočet IRI principem simulace jízdy tvrtvozidla dle obr. 2.



Obr. 2 Zobrazení schématu výpočtového modelu tvrtvozidla (dvouhmotového systému) pro určení IRI.

## Výsledky

Především za účelem urychlení zpracování dat a racionalizace postupu byl vyvinut program nazvaný RIRI. Tento program byl vyvinut v programovacím jazyce Python [6]. Aby bylo možné tento program využívat širší technickou veřejností, bylo jako součástí řešení v CESTI vyvinuto uživatelské rozhraní (GUI) k tomuto programu v modulu Tkinter. Program umožňuje výpočet filtrovaného profilu interpolací za účelem dalších analýz.

Použití programu RIRI obsahujícího metody a postupy řešení jsou popsány v předchozí části.

V obou případech se při provedení těchto analýz uloží textový soubor s výsledky a současně zobrazí graf s výsledky analýz (obr. 3 a obr. 4).

## Závěr

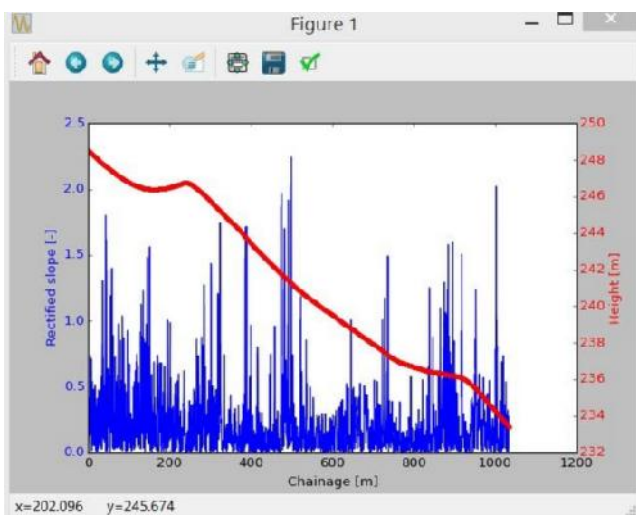
Cílem bylo vyvinout program, který bude volně dostupný technické veřejnosti za účelem zlepšení kvality budovaných vozovek a umožní využití dat z laserového skenování. Dále omezení použitelnosti tohoto programu a dat mraňob bodů na pozicích stanovených na stavbách ke stanovení geometrických kvalit povrchů vrstev vozovek. Porovnání bylo provedeno se dvěma běžně používanými metodami – měření nerovností latí a profilu vozovky přesnou nivelací.

Běžně používaná data na stavbách lze použít k identifikaci geometrických parametrů vrstev vozovek jako je IRI a nerovnosti. Variabilita hodnot rektifikovaných sklonů vypočtených z mraňob bodů je nižší než variabilita hodnot stanovených z profilu měřeného přesnou nivelací.

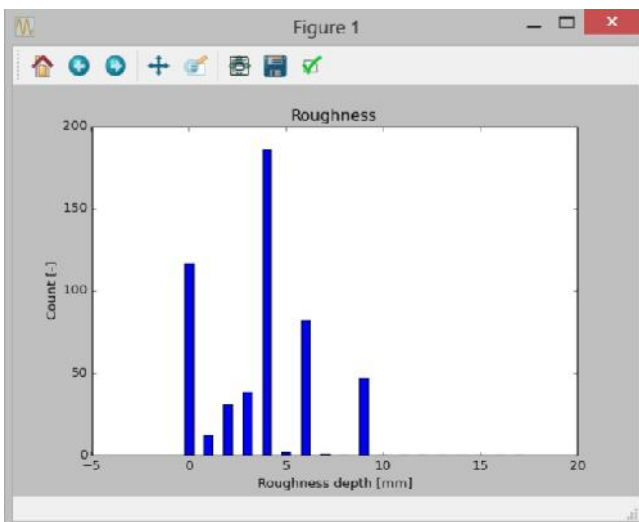
Bylo zjištěno, že pro různé trajektorie, tedy pro různé rektifikované sklonové vypočtených pro různé rovnoběžných trajektorií, je vhodným nástrojem pro

výpočet IRI a rektifikovaných sklonů z dat mrazení bodů.

V rámci aktivity WP1/CESTI byl vyvinut a otestován program RIRI použitelný pro výpočet rektifikovaných sklonů, IRI a nerovností, a to jak pro klasické měření přesnou nivelací, tak jako nástroj pro stanovení geometrických parametrů povrchu vrstvy vozovky z dat mrazení bodů. Program umožňuje vykreslení naměřených hodnot v grafu, kde lze identifikovat vlivy způsobující odchylky kvality povrchu od požadovaných hodnot.



Obr. 3 Graf výpočtených hodnot rektifikovaných sklonů a podélného profilu analyzovaného povrchu v programu RIRI.



Obr. 4 Zobrazení nerovností vybraného úseku v programu RIRI.

## Literatura:

- [1] SN EN 13036-7, „Povrchové vlastnosti vozovky pozemních komunikací a letištních ploch - Zkušební metody - část 7: Měření jednotlivých nerovností povrchu vozovky - Zkouška latí". 2009.
- [2] SN EN 13036-8, „Povrchové vlastnosti vozovek pozemních komunikací a letištních ploch - Zkušební metody - část 8: Stanovení parametrů íné nerovnosti". 2009.
- [3] TP 207, „Experiment přesnosti - Zařízení pro měření povrchových vlastností a pro pohyb vozovek pozemních komunikací".
- [4] J. Sláma a S. Bek, „Analýza nerovností povrchu vozovek". 2016.
- [5] J.-R. Chang, K.-T. Chang, a D.-H. Chen, „Application of 3D Laser Scanning on Measuring Pavement Roughness", *J. Test. Eval.*, ro. 34, . 2, s. 83–91, 2006.
- [6] Python Software Foundation, „Python Language Reference, version 2.7.".