



АНАЛИЗА, ПРИКУПЉАЊЕ И ОБРАДА ПОДАТАКА ЗА ОДРЕЂИВАЊЕ ПОДУЖНЕ И ПОПРЕЧНЕ РАВНОСТИ НЕДЕСТРУКТИВНОМ МЕТОДОМ

ANALYSIS, COLLECTION AND PROCESSING OF DATA FOR THE DETERMINATION OF LONGITUDINAL AND TRANSVERSE FLATNESS USING A NON-DESTRUCTIVE METHOD.

Дејан Дакић, Факултет техничких наука, НовиСад

Област – ГРАЂЕВИНАРСТВО

Кратак садржај – У мастер раду је дат кратак приказ различитих метода прикупљања података подужне и попречне равности, као и обраде истих. Након тога приказани су каталози који дефинишу граничне вредности (ком интервалу припадају срачунате вредности подужне, односно попречне равности). Такође је приказано дефинисање хомогених потеза. На крају, дат је практичан пример како би се што лакше и боље приближила теоријска дискусија о прикупљању и обради података за подужну и попречну равност.

Кључне речи: Анализа и обрада података, подужна и попречна равност, недеструктивне методе

Abstract

In the master's thesis, a brief presentation of various methods of data collection of longitudinal and transverse flatness, as well as their processing, is given. After that, catalogs are shown that define the limit values (to which interval do the calculated values of longitudinal and transverse flatness belong). The definition of homogeneous sections is also shown. In the end, a practical example is given in order to approach the theoretical discussion on the collection and processing of data for longitudinal and transverse flatness as easily and better as possible.

Keywords: Data analysis and processing, longitudinal and transverse flatness, non-destructive methods

1. УВОД

Иако равност коловоза подразумева директно мерење на терену, за многе стручњаке који користе ове податке је важнији фактор стопа промене равности током времена. Праћење промена вредности током животног века коловоза даје битан увид у то како поједина техничка решења коловоза одговарају јединственим климатским и саобраћајним условима. Истраживања појединачних индикатора подужне равности у склопу научног пројекта Европске фондације за науку [1] такође показују да се параметар IRI употребљава у већини држава Европске уније и САД-у.

НАПОМЕНА:

Овај рад проистекао је из мастер рада чији ментор је био проф. Др. Милош Шешлија

Мерење индекса равности ради праћења стања коловозне површине трасе с аспекта планирања захвата одржавања саме коловозне конструкције један је од важнијих параметра који се примењују у рачунарским програмима за управљање путном мрежом [2] (нпр. HDM-4 модел).

2. КРИТЕРИЈУМИ ЗА НЕРАВНОСТ ПОВРШИНЕ КОЛОВОЗА

2.1. Критеријуми за неравност површине коловоза у Србији

Равност планума асфалтног носећег и хабајућег слоја треба утврдити у произвољном правцу у односу на осовину пута као одступање испод положене 4м дугачке мерне летве или друкчијим адекватним поступком мерења. Висину појединачних мерних места на плануу битуменизиране мешавине уграђене у асфалтни носећи и хабајући слој, треба одредити нивелисањем. Граничне вредности одступања планума битуменизираних мешавина уграђених у хабајући или носећи слој од мерне летве наведене су у табели број 1.

Табела 1 - Граничне вредности одступања равности планума асфалтних слојева

Саобраћајно оптерећење / услови извођења	Гранична вредност одступања равности планума		
	Хабајући слојеви	везни или горњи носећи слојеви (мм)	доњи носећи слојеви
- изузетно тешко, врло тешко и тешко саобраћајно оптерећење: - машинско уграђивање: - у једном слоју - у два слоја (на доњи слој)	≤ 4 -	≤ 8 ≤ 10	≤ 10 ≤ 15
- средње, лако и врло лако саобраћајно оптерећење: - машинско уграђивање	≤ 6	≤ 10	≤ 15
- уграђивање на постојећим коловозима уз уграђивање у сливнике и дилатације, као и ручно уграђивање	≤ 10	≤ 15	≤ 20

2.2. Подужна неравност површине коловоза

Перформанса подужне неравности коловоза – Интернационални Индекс Неравности (IRI) представља меру удобности возње и утврђује се континуалним мерењем на одговарајућем растојању. За поделу на хомогене деонице по параметру подужне неравности користи се метода кумулативних разлика сходно смерницама AASHTO GUIDE for DESIGN of Pavement Structures.

2.3. Попречна неравност површине коловоза(колотрази)

Колотрази представљају трајну деформацију у траговима точкава која настаје услед саобраћајног оптерећења услед:

- 1) Додатног збијања
- 2) Структурне деформације
- 3) Пластичне деформације
- 4) Хабања од гума са клиновима

За оцену попречне неравности примењује се следећи критеријум, приказан у табели бр. 2:

Табела 2 - Критеријум за оцену попречне неравности коловоза

	Врло добар	→			Врло лош
Интезитет	I	II	III	IV	V
Колотрази [мм]	<4.5	4.5-9.3	9.3-14.5	14.5-20.1	20.1-26.4

2.4. Дефинисање хомогених деоница

Хомогени одсек је одређен помоћу одабраног коефицијента варијације, тј. односом између стандардног отклона измерених угиба и њихове средње вредности.

Главни критеријуми коришћени за дефинисање хомогених секција су:

- Саобраћајно оптерећење
- Геометрија (брзина, хоризонтална и вертикална геометрија и ширина пута)
- Тип коловоза (дебљина слојева) и старост конструкције
- Стање (IRI, пукотине, дубина колотрага, текстура, итд.)

2.5. Метода кумулативних разлика

Статистичка методологија често кориштена за идентификацију хомогених деоница је метода кумулативних разлика. Она је релативно једноставна за дефинисање статистички хомогених потеза на бази различитих параметара. Смернице које заступа водич за пројектовање коловозних конструкција ААШТО, дефинише промену параметра дуж одређене деонице у односу на просечну вредност параметра на деоници. У принципу, потребан нам је прорачун кумулативних разлика између стварних и просечних вредности примењеног параметра.

3. ФУНКЦИОНАЛНЕ КАРАКТЕРИСТИКЕ ПОВРШИНЕ КОЛОВОЗА

Када анализирамо стање коловозне конструкције, постоје два кључна фактора:

- 1) Стање носивости (структуре коловоза) и
- 2) Стање функционалних карактеристика, које даље можемо поделити на две кључне категорије:
 - а) Стање оштећености и
 - б) Стање површинских карактеристика коловоза

3.1. Међународни индекс равности (International Roughness Index - IRI)

IRI се узима у обзир и као конструктивни и као површински показатељ због своје важности у моделирању код HDM-4. Базира се на просечном нагибу који представља однос укупних померања вешања стандардног возила и дужине пређеног пута. Неколико су година тестиране прорачунске методе за различите поступке снимања профила коловоза и њихових параметара. Као коначни резултат објављен је рачунарски алгоритам за прорачун референтне величине IRI-ја.

$$IRI = \frac{1}{L} \int_0^{L/v} |\dot{z}_1 - \dot{z}_2| dt \quad (1)$$

4. ТИПОВИ МЕРНИХ УРЕЂАЈА ЗА МЕРЕЊЕ РАВНОСТИ КОЛОВОЗА

Постоје бројни уређаји (типови) за мерење равности путева - од обичне мерне летве до уређаја који се користе ласерском технологијом. Током пола века развоја, инжењери и научници измислили су неколико техника и метода за мерење равност путева. Мерни уређаји се могу поделити у четири општа типа:

1. Систем за мерење равности путева типа одзива (Responsive Type Road Roughness Meters),
2. Директно мерење профила,
3. Индиректно мерење профила и
4. Панели за субјективну оцену.

4.1. Интегратор неравнина (Bump Integrator)

Интегратор неравнина јесте уређај који се састоји од једноосовинске приколице с мерним точком и масивним металним оквиром који представља референтну равну. Мерење се обавља тако да се приколица с мерним точком вуче по мерном профилу коловоза вучним возилом при брзини од 30 до 50 км/ч (препоручљива брзина је 32 ± 1 км/ч). Бројчани резултат добијен мерењем интегратором неравнина користи се за прорачун индекса равности површине пута (R), који се добије из односа вредности интегрисаних помака точка и пређеног размака у односу на време путовања, а изражава се у м/км (или инч/миљу). У оквиру ААШТО теста [3] успостављен је однос између индекса равности (P) и индекса нивоа услуге коловоза (PSI) који се у неким државним управама користи за процену потреба одржавања коловоза.

4.2. Принцип рада профиломера

Профиломери су уређаји којима се мери подужни профил коловозне површине коловоза. Вредности измереног подужног профила мерног правца подлога је за симулирање кретања нормираног динамичког модела четвртине аутомобила, а према ASTM E 1926-98(2003) [4], који се "провезе" по филтрираном (израваном тј, математички трансформисаном) [5] претходно снимљеном подужном профилу коловоза брзином 80 км/ч.

4.3. Инерцијални (ласерски) профиломери

Возила за тестирање квалитета војње опремљена су акцелерометром и једноставним дволасерским профиломером који може да мери равност и текстуру. Акцелерометар је уређај који мери убрзање у једној, две или три ортогоналне осе и нашироко се користе у областима грађевинарства. Такође имају најмање једну камеру која помаже у прегледу података у канцеларији и помаже корисницима да разумеју добијене резултате. Из података о убрзању возила рачунар двоструким интегрисањем прорачунава вертикалне помаке возила у односу на референтну раван односно дефинише тренутну висину акцелерометра смештеног у самом возилу.

4.4 Возила за истраживање путне мреже-дигитални ласерски профиломери (Hawkeye 1000)

Мерење функционалних карактеристика коловозне конструкције обавља мултифункционално возило ARRВ Hawkeye Н1000 [6] дигитални ласерски профилер. Опремљена су или са тринаест ласерских профилера или 3D ласерским системом за мерење пукотина. Ова возила су дизајнирана за испитивање већих мрежа локалних самоуправа или државних путева. Осим неравности и макротекстуре, она такође могу прикупљати податке о подужној равности односно колотразима.

5. ЧИНИОЦИ КОЈИ УТИЧУ НА РАВНОСТ КОЛОВОЗНЕ ПОВРШИНЕ ОБЈЕКТА ПУТНЕ ИНФРАСТРУКТУРЕ

- Утицаји саобраћаја

Саобраћај је најважнији фактор који утиче на перформансе коловоза

- Хидролошки утицаји

Вода може значајно ослабити механичке карактеристике отпорности природних шљунчаних материјала, посебно подтла.

- Утицаји подтла

Врсте земљишта од ког може бити сачињено подтло су класификована за изградњу коловоза како би се предвидела својства подлоге.

- Утицај квалитета израде коловоза

Недостатак одговарајућег збијања, затим неодговарајући хидролошки услови током изградње, незадовољавајући квалитет материјала и тачна дебљина слоја (након збијања) директно утичу на перформансе коловоза.

6. АНАЛИЗА ПРИКУПЉЕНИХ ПОДАТАКА

6.1. Анализа трошкова и користи / cost benefit анализа

Cost-benefit анализа представља веома користан инструмент за вредновање и избор јавних пројеката, првенствено оних са животним веком 30 [7] и више година. Она даје информације државним органима и пословним банкама о исплативости улагања, без којих они не могу донети одлуку о финансијској подршци реализације пројекта. Избор најбоље инвестиционе алтернативе остварује се на бази финансијске и економске анализе, као два интегрална дела cost-

benefit анализе. Она обезбеђује процену нето друштвено-економских утицаја јавног пројекта.

ПРАКТИЧАН ДЕО РАДА

7. МЕРЕЊЕ РАВНОСТИ НОВОИЗВЕДЕНЕ КОЛОВОЗНЕ КОНСТРУКЦИЈЕ

7.1. Методе мерења и технички захтеви

Метода мерења дефлексија је дата следећим стандардом:

- SRPS EN 13036-6:2012 – Мерење подужне равности коловоза

Мерење је извршено помоћу колица STPZ-3 Continuous Eight-wheel Viameter која су приказана на слици 1.

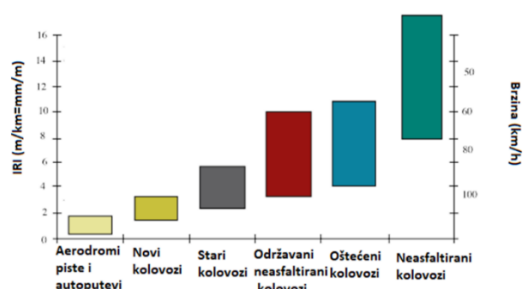


Слика 1- Изглед мерних колица

7.2. Подаци о измереним вредностима и обрада резултата

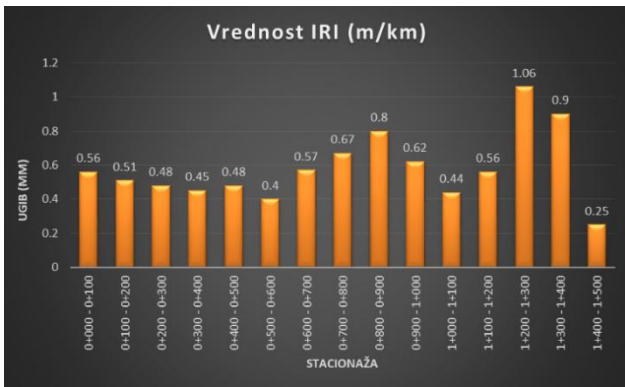
Мерење подужне равности извршено је у улици Светог Николе у Жабљу - II ФАЗА, чија је укупна дужина 1,5 км. Мерење је вршено у обе саобраћајне траке.

Добијене вредности су анализирани и прерачунате у IRI. IRI означава International Roughness Index (Међународни индекс равности) и изражава се у м/км или мм/м. Оријентационе вредности су приказане на слици бр. 2.

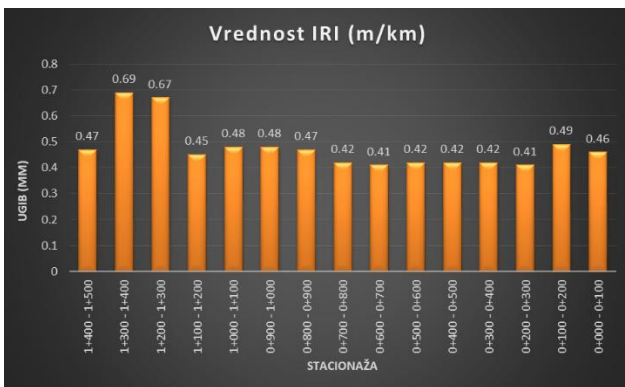


Слика 2- IRI вредности

Измерене IRI вредности приказане су на дијаграмима бр. 1 и 2.



Дијаграм 1- Дијаграм измерених IRI вредности у смеру Жабалњ – Зрењанин



Дијаграм 2- Дијаграм измерених IRI вредности у смеру Зрењанин – Жабалњ

7.3. Квалитативна оцена хомогених потеза

На основу табеле 3, као и података приказаних у претходном поглављу можемо урадити квалитативну анализу хомогених потеза за предметну деоницу. У следећој табели приказаћемо средње вредности за IRI и 85% вредности по хомогеним одсечима, као и квалитативну оцену стања у односу на поменути критеријум:

Табела 3 - Оцена стања коловозне конструкције по хомогеним потезима - IRI

Стационажа	Смер	Хомогени потез	IRIsr (m/km)	IRI 85% (m/km)	Оцена стања
0+000 - 1+200 км	Жабалњ - Зрењанин	I	0,89	0,63	врло добар
1+200 - 1+500 км	Жабалњ - Зрењанин	II	1,21	1,01	добар
0+000 - 1+500 км	Зрењанин - Жабалњ	I	0,78	0,50	врло добар

8. ЗАКЉУЧАК

Коловозна конструкција непосредно утиче на брзину возила, оптерећење мотора, избор преноса, услове рада кочионог система. Изучавање одступања равности профила пута подразумева употребу експерименталних и теоријских истраживања, у која улази разрада начина записа стања реалног профила и њихова накнадна обрада. Резултати који се притом добијају треба да буду статистичке карактеристике основних типова путева, који показују промене параметара коловозног застора у условима реалне

експлоатације под дејством возила, времена, климатских и атмосферских услова.

Прикупљање података и повезане аутоматизоване методе су један од главних градивних елемената текуће контроле у систему управљања саобраћајницама. Један од главних проблема повезаних са методама аутоматизованог прикупљања података је висока цена опреме која је укључена. Циљ овог истраживања је да се развије исплатив систем за равности асфалтног коловоза, када су у питању локалне саобраћајнице нижег значаја односно ранга.

9. ЛИТЕРАТУРА

- [1] COST 354 Action: Performance Indicators for Road Pavements (WG2: Selection and Assessment of Individual Performance Indicators - Draft Final Report, Brussels, November 2006)
- [2] Сршен, М.: Нови приступ пословном суставу за одржавање грађевина - Примјена ХДМ-4 модела у оптималном одржавању и господарењу цестама, Семинар о одржавању цеста, ДГИЗ, Загреб, 2004
- [3] AASHTO test –American Association of State Highway Officials, Washington DC, 1978
- [4] Sayers, M. W.; Gillespie, T. D.; Paterson, W.D.O.: Guidelines for Conduction and Calibrating Road Roughness Measurement, World Bank Technical Paper Number 46, 1986.
- [5] Sayers, M. W.; Karamihas, S. M.: The Little Book of Profiling, University of Michigan Transportation Research Institute, 1997
- [6] Hawkeye 1000 series datasheet: Automated Road Rehabilitation Business Systems Pty. Ltd. Trading as ARRB Systems, 2018.
- [7] Примена cost-benefit анализе у вредновању и избору јавних пројеката (финансијски аспект), Драгана Н. Петровић, Бранко Н. Ђедовић, Никола Ч. Петровић, Vol. 61 Бр. 2 (2013)

Кратка биографија:



Дејан Дакић рођен је у Новом Саду 1992.год. Мастер рад на Факултету техничких наука из области Саобраћајница - Управљање путном мрежом одбранио је 2024. године.
контакт: dakic.civileng@gmail.com

Кратка биографија:



Милош Шешлија Рођен је 1987. године у Новом Саду. У звање истраживача приправника на Факултету техничких наука у Новом Саду изабран је 2011.године, након тога прелази у звање асистента-мастер изабран 2015. године. Ванредни професор на катедри за геотехнику и саобраћајнице је од 2024. године.
контакт: sele@uns.ac.rs