Mjerenje osovinskog opterećenja vozila u pokretu (WIM) weigh-in-motion

NEVEN B. TODOROVIĆ, Univerzitet u Istočnom Sarajevu,
Saobraćajni fakultet, Doboj, Republika Srpska
MARKO M. SUBOTIĆ, Univerzitet u Istočnom Sarajevu,
Saobraćajni fakultet, Doboj, Republika Srpska

Stručni rad
UDC: 629.3.073.24

Najveće bogatstvo svake države leži upravo u putnim mrežama te države te je stoga potrebno to bogatstvo očuvati od negativnih spoljnih uticaja. Razvoj senzornih tehnologija ponudio nam je više tipova WIM (Weigh in motion-Mjerenje osovinskog opterećenja u pokretu) sistema čija je efikasnost, preciznost i ekonomska isplativost testirana. WIM sistemi sa piezoelektričnim senzorima, savitljivim pločama i mjernim ćelijama imaju širok spektar mogućih aplikacija poput sistema za praćenje opterećenja, sistema za prikupljanje saobraćajnih podataka, sistema upravljanja mostovima i graničnim prelazima itd. Prednosti primjene WIM tehnologija su višestruke i njene koristi osjećaju svi učesnici u saobraćaju (transportna preduzeća, javnost, državni organi saobraćaja). Potencijal WIM tehnologija je prepoznat u vodećim zemljama EU, te ne čudi finansiranje velikog broja projekata sa temom WIM.

Ključne riječi: WIM, mjerenje osovinskih opterećenja vozila u pokretu, senzori

1. UVOD

Saobraćajna infrastruktura predstavlja životnu liniju svake države doprinoseći njenom ekonomskom prosperitetu kroz efikasnija putovanja, povećanje mobilnosti, stimulisanje ekonomskih aktivnosti itd. Značaj zdrave, bezbjedne i efikasne saobraćajne infrastrukture ne može biti prenaglašen, i potrebno je preduzeti korake kojim bi se saobraćajna infrastruktura zaštitila od negativnih spoljnih uticaja.

U uslovima ekonomske krize, da bi ostala efikasna i konkurentna, transportna preduzeća sve više angažuju teretna vozila koja su veća i po veličini i po nosivosti. Ovo predstavlja problem, iz razloga što preopterećena teretna vozila uzrokuju značajne negativne efekte na samom kolovozu što ima za posledicu derangiranje same saobraćajnice, smanjenje perioda eksploatacije, povećanje troškova održavanja i rehabilitacije i dr. Slučajne kontrole i tradicionalne stanice za mjerenje opterećenja nisu više dovoljne u borbi protiv propadanja naših puteva u uslovima povećanih teretnih tokova.

Iz tih razloga, početkom 1950-tih godina prošlog vijeka, napretkom senzornih tehnologija, u svijetu se

razvija novi sistem mjerenja opterećenja vozila u pokretu WIM (Weigh-In-Motion). [1]

Prilikom mjerenja opterećenja na WIM senzorima, teretna vozila ne moraju da se zaustavljaju iznad senzora što predstavlja i najveću prednost ovih sistema. Još jedna prednost ovih sistema je mogućnost umrežavanja sa drugim elementima upravljanja saobraćajem čime se od podataka dobijenih sa WIM senzora stvara dragocjena baza podataka o saobraćaju.

Suština pojma mjerenja osovinskog opterećenja vozila u pokretu ili WIM sistema, data je kroz dve definicije koje su preuzete iz literature: [2], [3]

- WIM sisteme možemo definisati kao sisteme uređaja koji mjere dinamička osovinska opterećenja vozila u pokretu s ciljem procjene odgovarajućeg statičkog osovinskog opterećenja.
- WIM sistem se može definisati kao skup senzora, i prateće opreme koja određuje prisutnost vozila u pokretu na određenim lokacijama, koji u funkciji vremena mjeri i procjenjuje: dinamičke sile na pneumaticima, opterećenja svakog pneumatika, brzinu kretanja vozila, međuosovinsko rastojanje, klasu vozila i druge parametre vezane za vozilo.

Nakon navedenih mjerenja vrši se obrada podataka i prikazuju se i skladište rezultati te obrade podataka.

Posmatrajući opširniju definiciju WIM sistema, može se zaključiti da se WIM sistemi generalno sastoje od 4 komponente, i to: [4]

Adresa autora: Neven Todorović, Univerzitet u Istočnom Sarajevu, Saobraćajni fakultet, Doboj, Vojvode Mišića 52

Rad primljen: 05.03.2014.

Rad prihvaćen: 25.06.2014.

- senzori za mjerenje opterećenja vozila
- senzori za klasifikaciju i/ili identifikaciju vozila
- jedinica za obradu i skladištenje podataka
- komunikaciona jedinica.

Slika 1 - Osnovne komponente WIM sistema [4]

Senzori za mjerenje opterećenja mogu biti pokretni i fiksirani, tj. mogu biti postavljeni na kolovoz, u prvom slučaju, ili ugrađeni u kolovoznu konstrukciju, u drugom slučaju. Obično se koriste piezoelektrični senzori, savitljive ploče (Bending Plate) i mjerne ćelije (Load Cell). Senzori za klasifikaciju služe za klasifikovanje dolazećih vozila prema odabranom sistemu klasifikacije i tu se obično koriste induktivne petlje, piezoelektrični kablovi, itd.

Senzori za identifikaciju vozila obično sadrže video kamere s ciljem snimanja dolazećih vozila, ili video kamere sa ANPR (Automatic Number Plate Recognizer) tehnologijom, koja služi za automatsko prepoznavanje registarskih oznaka vozila. Jedinica za obradu i skladištenje podataka je obično postavljena kraj kolovoza u fiksiranoj kutiji.

Procesor je direktno povezan sa svim sensorima WIM sistema od kojih prima i analizira informacije koje se skladište u ovoj jedinici. Takođe, iz ove jedinice se vrši napajanje svih ostalih komponenti WIM sistema. Ova jedinica takođe može da bude i komunikaciona jedinica koja zainteresovanim stranama prikazuje rezultate obrade dobijenih podataka sa senzora.

2. VRSTE WIM SENZORA

Senzori za mjerenje opterećenja u pokretu su svakako najvažnija komponenta jednog WIM sistema. Razvoj senzornih tehnologija dao je veliki broj mogućih rješenja kada se radi o sensorima u WIM sistemu, međutim najrasprostranjenije su tri tehnologije, i to: [5]

- Piezoelectric (piezoelektrični) senzori
- Bending Plate (savitljive ploče)
- Load Cell (mjerne ćelije).

2.1 PIEZOELEKTRIČNI SENZORI

Piezoelektrični WIM sistemi se sastoje od barem jednog senzora i dvije induktivne petlje, koje mogu biti prenosive ili ugrađene u kolovoz.

Postavljaju se u saobraćajnu traku normalno na pravac kretanja vozila čime se omogućava istovremen prelazak pneumatika iste osovine. U slučaju kvarnih piezoelektričnih senzora, jedan senzor služi za mjerenje opterećenja na jednom pneumatiku a drugi služi za mjerenje opterećenja na drugom pneumatiku iste osovine. Induktivne petlje se postavljaju prije i posle piezoelektričnih senzora. Induktivna petlja koja se postavlja prije senzora služi za detekciju dolazećeg vozila čime se pokreće niz aktivnosti na samom senzoru, dok induktivna petlja koja se postavlja posle senzora služi za određivanje brzine vozila i međuosovinskih rastojanja baziranih na vremenu potrebnom da vozilo pređe put između induktivnih petlji. Nakon navedenih mjerenja moguće je izvršiti klasifikaciju vozila uzimajući u obzir proračunata međuosovinska rastojanja, broj osovine, dužina vozila i opterećenja vozila.

Slika 2 - Piezoelektrični WIM sistem [5]

Kada mehaničke sile djeluju na piezoelektrični senzor, on generiše određeni napon koji je proporcionalan dinamičkim silama koje prouzrokuje prelazak vozila preko senzora. Kada vozilo prelazi preko senzora, sistem mjeri naelektrisanja generisana od senzora i računa dinamičko opterećenje. Statičko opterećenje se procjenjuje na osnovu dobijenog dinamičkog opterećenja i određenih kalibracionih parametara.

Slika 3 - Princip rada piezoelektričnog senzora [6]

2.2 Bending plate (Savitljive ploče)

Senzor sa savitljivim pločama se sastoji od dvije čelične platforme od kojih jedna mjeri opterećenje

jednog pneumatika, a druga mjeri opterećenje drugog pneumatika iste osovine. I u ovom tipu WIM sistema potrebne su dvije induktivne petlje. Induktivnost ploče se mijenja i proizvodi čitljiv signal kada vozilo pređe preko njega.

Ovi senzori se takođe postavljaju normalno na pravac kretanja dolazećih vozila, i mogu biti prenosivi ili ugrađeni u kolovoz. Funkcije induktivnih petlji su iste kao i u sistemu sa piezoelektričnim senzorima.

Slika 4 - WIM sistem sa savitljivim pločama [5]

Ovi senzori koriste savitljive metalne ploče ispod kojih su instalirani mjerači naprezanja. Kada vozilo prelazi preko ploče, mjerači naprezanja ispod obe ploče mjere intenzitet uvijanja, i WIM sistem proračunava dinamičke sile koje prouzrokuju to uvijanje ploče.

Statično opterećenje se takođe računa preko proračunatog dinamičkog opterećenja i određenih kalibracionih parametara.

Slika 5 - Princip rada senzora sa savitljivim pločama [6]

2.3 Load Cell senzori (Mjerne ćelije)

Tipični WIM sistem sa mjernim ćelijama se sastoji od jedne mjerne ćelije sa dvije vage, najmanje jednom induktivnom petljom i jednog senzora za registrovanje osovine. Kao i kod prethodne tehnologije, mjerne ćelije se postavljaju normalno na pravac kretanja dolazećih vozila. Induktivna petlja prije senzora takođe služi za detekciju dolazećih vozila. Senzor za registrovanje osovine se postavlja posle senzora kojim se određuju međuosovinska rastojanja i brzina vozila.

Mjerne ćelije su napravljene od dugotrajnih materijala kao što je čelik na koje su ugrađeni mjerači naprezanja. U mjeračima naprezanja se nalazi provodnik (žica) kojom teče struja. Kada se ćelija optereti,

prilikom prelaska vozila preko senzora, tada se provodnik blago sabija što rezultuje promjenom otpora kretanja struje. Sistem potom mjeri varijacije struje i računa opterećenja izmjerena na obe vage nakon čega sumira rezultate čime se dobijaju osovinska opterećenja.

Slika 6 - WIM sistem sa mjernim ćelijama [5]

Pored navedenih tipova senzora postoji veliki broj drugih WIM tehnologija međutim princip rada je veoma sličan. U Australiji je najrasprostranjenija WIM tehnologija sa vertikalnim mjeračima naprezanja, dok se u manjem broju koriste prethodno navedene tehnologije, te kapacitativne trake i kapacitativne podloge. Neophodno je još napomenuti senzore sa fiberoptičkim kablovima čiji je prototip napravljen u okviru WAVE projekta u Evropi a princip rada je veoma sličan kao kod piezoelektričnih senzora.

3. KLASIFIKACIJA WIM SISTEMA

U Evropi se koristi klasifikacija WIM sistema u funkciji nivoa preciznosti WIM senzora, nastala na osnovu COST323 projekta, i to: klasa A(5%), klasa B+(7%), klasa B(10%), C(15%), D+(20%), D(25%), E(30%), E(35%)... [7]

Funkcionalni kriterijumi koji moraju biti ispunjeni su dati u narednoj tabeli:

Kriterijum	Domen upotrebe	Klase preciznosti: širina intervala povjerenja α (%)						
		A(5)	B+(7)	B(10)	C(15)	D+(20)	D(25)	E
1. Ukupno opterećenje	>3.5 t	5	7	10	15	20	25	>25
Osovinsko opterećenje:	>1 t							
2. Grupa osovine		7	10	13	16	23	26	>26
3. Jedinu osovinu		8	11	15	20	25	30	>30
4. Osovinu jedne grupe		10	14	20	25	30	35	>35
Brzina	>30 km/h	2	3	4	6	8	10	>10
Međuosovinsko rastojanje		2	3	4	6	8	10	>10

Slika 7 - Funkcionalni kriterijumi (COST323)[7]

Geometrijske karakteristike kolovoza u području WIM sistema su veoma bitan faktor kada se radi o tačnosti mjerenja dinamičkih opterećenja radi procjene odgovarajućih statičkih opterećenja. To je iz razloga što poprečne i podužne sile imaju značajan uticaj na ponašanje vozila u pokretu. Postoji još mnogo faktora koji utiču na preciznost WIM senzora. Sve faktore sa signifikantnim uticajem na preciznost WIM senzora možemo podijeliti u tri grupe, i to:

- karakteristike kolovoza (poprečni profil puta, podužni profil puta, zakrivljenost puta, poprečni nagib, eksploataciono stanje kolovoza-kolotrazi, napuknuća, deformacije, hrapavost...)

- karakteristike vozila (brzina vozila, ubrzanja, usporenja, konstrukcija vozila, sistem vješanja, stanje pneumatika, aerodinamični efekti...) i
- karakteristike okoline (temperatura okoline, temperatura kolovoza, vjetar, led...).

4. PREDNOSTI WIM SISTEMA

Prednosti primjene WIM tehnologija su višestruke i njene koristi osjećaju svi učesnici u saobraćaju, od transportnih preduzeća, preko javnosti, do državnih organa saobraćaja.

Čitav smisao koristi WIM sistema se zasniva na smanjivanju određenih troškova. Za transportna preduzeća, primjenom WIM sistema, znatno se smanjuju operativni troškovi vozila, troškovi vremenskih gubitaka, troškovi saobraćajnih zagušenja itd. Za državne organe saobraćaja koristi se ogledaju u očuvanju investicija u putnu mrežu, smanjenje operativnih troškova, povećanju poštovanja propisa u saobraćaju kao i u samom očuvanju putne mreže. Javnost koristi od primjene ovih tehnologija ogleda kroz smanjenje poreza, povećanje bezbjednosti na putevima.

Slika 8 - Prednosti korišćenja WIM sistema [5]

WIM sistemi imaju dva tipa aplikacija, prikupljanje saobraćajnih podataka i omogućavanje praćenja (pre)opterećenja na putnim mrežama, kroz koje se ostvaruju razne koristi s obzirom na tip aplikacije.

Prikupljanjem saobraćajnih podataka omogućuje se praćenje saobraćajnih tokova u realnom vremenu kroz koje se dolazi do kontrole opterećenja na putevima, praćenja kretanja saobraćajnih tokova preko kojih se dolazi do kvalitetnih baza podataka o saobraćaju što se dalje može koristiti za upravljanje saobraćajem kao i pri procjenama budućeg stanja putne mreže za vremenski optimalne investicije u putnu mrežu u funkciji intenziteta korišćenja određenog puta.

Praćenjem opterećenja na putnoj mreži znatno se olakšava saobraćajno-policijska prinuda, omogućava se identifikovanje preopterećenih teretnih vozila dok se ne utiče na saobraćaj teretnih vozila sa legalnim opterećenjem, tako da dolazi do smanjivanja vremenskih gubitaka na stanicama za mjerenje opterećenja, broja zaustavljanja, zagušenja, saobraćajnih nezgoda

dok dolazi do povećanja stepena inspekcije opterećenja komercijalnih vozila.

Slika 9 - Aplikacija WIM sistema za prikupljanje saobraćajnih podataka [5]

Slika 10 - Aplikacija WIM sistema za praćenje opterećenja na putnoj mreži [5]

5. PRIMJENA WIM SISTEMA ZA PRISILU (ENFORCEMENT)

Praćenje (pre)opterećenja komercijalnih vozila je svakako jedna od najbitnijih funkcija WIM sistema. WIM sistemi mogu da imaju značajnu ulogu u očuvanju putne mreže jedne zemlje te onda ne čudi velika primjena ovih sistema širom zemalja EU (Francuska, Holandija, Češka Republika, Švajcarska, Slovenija, Grčka...), kao i zemalja izvan Evrope kao što su Sjedinjene Američke Države, Kanada, Australija, itd.

Posmatrajući relevantnu literaturu može se zaključiti da se WIM sistemi najviše koriste kao način borbe za očuvanje mreže državnih autoputeva i puteva većeg ranga, međutim ne može a da se ne zapazi ni upotreba WIM sistema na graničnim prelazima, na mostovima pa čak i u lukama i teretnim terminalima. Sve to ukazuje da se WIM tehnologija shvata veoma ozbiljno u zemljama koje brinu o svojim putevima najvišeg ranga pa ne čudi rezultat pokretanja velikog broja projekata vezanih za izučavanje i standardizaciju WIM sistema i njegovih komponenti. Samo neki od

projekata koji su pokrenuti u Evropi su projekti: COST323, WAVE, TOP-TRIAL, REMOVE, Fi-Wi. Većina ovih projekata su dobijali sredstva iz evropskih fondova što dovoljno govori o ozbiljnosti navedenih. Kroz ove projekte koji su sprovedeni u evropskim zemljama značajan naglasak predstavlja mogućnost primjene prisile u tim državama, koja može biti sprovedena na 5 nivoa (od A do E), i to: [8]

- A. Manualna selekcija

Slika 11 - Manualna selekcija vozila [8]

- - B. Statistika i planiranje aktivnosti

Slika 12 - Vođenje statistike i planirane kontrole [8]

- C. Praćenje i prethodno selektovanje vozila

Slika 13 - Praćenje i prethodno selektovanje vozila [8]

- D. Preventivne akcije

Slika 14 - Profiliranje i provjere transportnih kompanija [8]

- E. Direktna prisila

Manuelna selekcija podrazumijeva nasumičan izbor teretnih vozila čija će se opterećenja mjeriti i takav vid prisile se preporučuje na sekundarnim putevima lokalnog karaktera sa malim protocima teretnih tokova. Porast teretnih tokova na mreži iziskuje vođenje statistike i planiranje kontrola opterećenja u funkciji prostornih i vremenskih neravnomjernosti teretnih tokova.

Slika 15 - Dijagram direktne prisile [8]

Na putevima nacionalnog karaktera preporučuje se praćenje i prethodno selektovanje vozila, pomoću WIM sistema koji se obično postavljaju prije stanica za statičko mjerenje opterećenja, i sprovođenje određenih preventivnih akcija koje podrazumijevaju provjere transportnih preduzeća, tj. izvršavanje profiliranja transportnih preduzeća prema stepenu poštovanja propisa.

Konačno, na putevima najvišeg ranga sa velikim teretnim tokovima preporučuje se automatska prisila, odnosno direktna prisila koja zahtjeva primjenu verifikovanih WIM tehnologija sa visokim stepenom preciznosti WIM senzora.

Slika 16 - Princip kombinovane prisile [8]

Standardizacija i formiranje kako državnih, tako i međunarodnih baza podataka WIM sistema dobija naglašen akcenat poslednjih godina u Evropi. Potrebno je takođe usaglasiti i saobraćajne propise da bi se omogućilo sprovođenje prisile, što je prepoznato od strane država kao glavni problem nekorisćenja WIM sistema masovno. Najveća primjena WIM sistema se odnosi na praćenje i prethodno selektovanje vozila, te je na narednoj slici predstavljena jedna tipična arhitektura WIM sistema koja se postavlja prije statičkih stanica za mjerenje opterećenja na autoputevima.

Slika 17 - WIM sistem za praćenje i prethodno selektovanje vozila [9]

6. PRIMJERI WIM SISTEMA U EVROPI

6.1 Francuska

Slika 18 - Lokacije WIM sistema u Francuskoj [8]

- Aplikacija: Praćenje i prethodno selektovanje vozila na autoputevima i putevima rezervisanim za saobraćaj motornih vozila
- 30 WIM sistema instalirano
- Preciznost senzora $\geq C(15\%)$
- Izlazni rezultati: Ukupno opterećenje, osovinsko opterećenje, međuosovinska rastojanja, dužina vozila, brzine, slika vozila, slika registarskih oznaka...
- Korisnici baze podataka: Odsjeci zaduženi za sprovođenje prisile (DREAL), Policija, Žandarmérija, Carina, Ministarstvo Saobraćaja, Odsjeci za puteve i infrastrukturu (državni, regionalni...), naučno istraživačke organizacije (IFSTTAR, CETE, SETRA...)...

Slika 19 - WIM Francuska [8]

6.2 Holandija

Slika 20 - WIM Holandija [8]

Slika 21- Izlazni rezultati WIM sistema u Holandiji [8]

- 20 WIM sistema
- Aplikacija: Praćenje i prethodno selektovanje vozila na autoputevima
- Izlazni rezultati: Ukupno opterećenje, osovinsko opterećenje, dužina vozila, slika vozila, slika registarskih oznaka, klasifikacija vozila...
- Korisnici baze podataka: Odsjeci nadležni za sprovođenje prisile (Rijkswaterstaat), Inspekcije nadležne za transport (IL&T), Odsjeci nadležni za vozila (RDW), Carina...

6.3 Češka Republika

Slika 22 - WIM Češka Republika [8]

Slika 23 - Izlazni rezultati WIM sistema u Češkoj Republici [8]

- Aplikacija: Direktna prisila

- Tehnologija testirana 2011. godine, 2012. odobrena u češkim zakonima
- Specifikacija bazirana na projektima OIML, COST323, ASTM, FiWi
- Maksimalne greške: Osovinska opterećenja ($\pm 11\%$), Ukupna opterećenja ($\pm 5\%$)
- Izlazni rezultati: lokacija, tip i serijski broj senzora, osovinska opterećenja, opterećenja grupa osovina, ukupna opterećenja (izmjerene vrijednosti i dozvoljene), broj osovina, brzina kretanja, slika vozila, registarska tablica sa registarskim oznakama...

7. ZAKLJUČAK

Praćenje opterećenja na putevima je ključna komponenta uspješnog sistema s ciljem očuvanja putne mreže. Porastom teretnih tokova u svijetu, tradicionalni načini mjerenja opterećenja postaju neprikladni u praksi. Vodeće zemlje Evrope su prepoznale taj problem i od 1992. godine, pokretanjem COST323 programa, kreće ubrzani razvoj WIM tehnologija. Međutim, tadašnjim WIM sistemima je bilo potrebno dalje usavršavanje i usklađivanje, te je pokrenut veliki broj projekata sa temom WIM. Rezultati tih projekata su itekako vidljivi, međutim primjena WIM sistema još uvijek nije široko rasprostranjena i uglavnom se u razvijenim zemljama koristi kao alat za praćenje opterećenja i prethodno selektovanje vozila koje treba testirati, sa par izuzetaka aplikacije kao alata direktne prisile. Saobraćaj preopterećenih vozila nije lokalni nego globalni problem, te je stoga potrebno prisilu sprovesti na internacionalnom nivou, na šta je usmjeren značajan napor razvijenih zemalja EU.

Unapređenja na kojima se radi ili će se u budućnosti raditi kada su u pitanju WIM tehnologije su:

- razvoj jačih i pouzdanijih WIM senzora koji bi imali duži radni vijek i bolju preciznost u kojem glavnu ulogu ima WIM industrija;
- smanjenje troškova potrebnih za instalaciju jednog WIM sistema;
- standardizacija metoda kalibracije preciznosti WIM senzora na internacionalnom nivou;
- garantovana tačnost dobijenih WIM podataka koji bi omogućili međunarodnu razmjenu podataka kroz procese standardizacije;
- veći broj aplikacija i korisnika baza podataka WIM sistema koja zahtjeva kooperaciju zainteresovanih organizacija (organi nadležni za sprovođenje prisile, organi nadležni za održavanje puteva...);
- formiranje baze podataka o kompanijama koje su povezane sa transportom tj. profiliranje kompanija

i svrstavanje kompanija prema poštovanju propisa;

- Upotreba WIM sistema kao alata direktne prisile, koje zahtjeva veliki stepen preciznosti WIM sistema, usklađivanje zakona, harmonizaciju rada organizacija čime bi se omogućile visoko kvalitetne kontrole opterećenja kojim bi se značajno očuvala putna mreža, smanjili troškovi održavanja, omogućila fer konkurencija kompanijama na tržištu, itd.

U lokalnim uslovima, poslednjih godina, bilježimo značajan porast ukupne količine prevezene robe u tonama po godinama u drumskom saobraćaju. Problem leži u činjenici da se transport ovih roba obavlja skoro bez ikakve kontrole opterećenja teretnih vozila od strane nadležnih organa. Jedan od glavnih uzroka prerane deterioracije puteva predstavlja saobraćaj preopterećenih vozila, stoga je potrebno što pre početi primjenjivati WIM sisteme i izvršiti njihovu evaluaciju u praksi, te ih umrežiti sa ostalim elementima upravljanja saobraćajem kako bi se WIM sistemi mogli početi primjenjivati kao alat direktne prisile.

LITERATURA

- [1] Regan A., Park M., Nandiraju S., Yang C. (2006), Strategies for Successful Implementation of Virtual Weigh and Compliance Systems in California, University of California, Berkeley.
- [2] McCall B., Vozdracka W. (1997), State's Successful Practices Weigh-In-Motion Handbook, FHWA, Washington D. C., USA.
- [3] Katz Bryan J. (2001), Field and modeling framework for evaluating truck weigh station operations, Master thesis, University of Virginia, Blacksburg, Virginia.
- [4] Peters B., Koniditsiotis C. (2000), Weigh-In-Motion technology, Austroads Inc., Sydney, Australia.
- [5] Zhang Lixin (2007), An evaluation of the Technical and Economic Performance of Weigh-In-Motion Sensing Technology, Master thesis, University of Waterloo, Ontario, Canada.
- [6] Rao Shreenath (2002), Weigh-In-Motion (WIM) detectors, CEE 398 KUC, Dostupno na: dankuchma.com/cee498/presentations/Weigh-In Motion Detectors.ppt (21.03.2014.)
- [7] Laboratoire Central des Ponts et Chaussées (2002), COST323 - Final Report, Paris, France.
- [8] Jacob B., van Loo H. (2008), Weigh-in-Motion for enforcement in Europe, 5th International Conference on WIM, Paris, France.
- [9] UnicamWIM Traffic Monitoring System (2010), High-speed Weigh-In-Motion, CAZEA, Czech Republic, Dostupno na: http://camea.cz/underwood/download/files/unicamwim_en.pdf (21.03.2014.)

SUMMARY

WEIGH - IN - MOTION (WIM)

The biggest wealth of every country lies in its transportation infrastructure so the protection of negative impacts on infrastructure must be provided. The progress of sensor technology proposes today several types of weigh-in-motion systems, which have been tested for their efficiency, accuracy and cost-effectiveness. Technologies of piezoelectric sensors, bending plates and load cells are used for a number of applications comprising weigh enforcement, traffic data collection, bridge and toll control systems and so on. Advantages of using WIM technology are various and its benefits affects all road users (transport companies, public, public transport authorities). Potential of WIM application has been recognized in the leading EU countries, so the existence of the numerous WIM projects.

Key words: *WIM, weigh in motion, sensors*