

ŽVYRKELIŲ KOKYBĖS NUSTATYMO TYRIMAS

Ernestas OMILIJONAS, Vytauto Didžiojo universitetas, Žemės ūkio akademija, Inžinerijos fakultetas, el. paštas ernestas.omilijonas@vdu.lt

Santrauka

Šio darbo tikslas – atlikti žvyrkelių kokybės tyrimą naudojantis išmanijame telefone esančiomis sistemomis (GPS, akselerometru, magnetometru). Nustatyta, kad telefono padėtis turi įtakos duomenų tikslumui, montuoto priekyje ir gale rodikliai skiriasi vidutiniškai 2 %. Taip pat duomenų tikslumui įtakos turi ir pasirinktas važiavimo greitis. Nustatyta, kad naudojantis išmaniuoju telefonu galima įvertinti žvyrkelio būklę. Pagal gautus IRI rezultatus buvo nustatyti pasirinktos žvyrkelio atkarpos nelygiausi ruožai.

Reikšminiai žodžiai: IRI nelygumo indeksas, išmanusis telefonas, GPS

Išvadas

Daugelis iš mūsų žino, kad keliavimas nežinomais keliais yra ne pats patogiausias būdas pasiekti kelionės tašką, bet kartu, norint pasiekti kelionės tikslą laiku, mums svarbu žinoti kelio būklę. Taigi jeigu nėra žinoma kelio būklė, mes negalime numatyti, ar kelionės tikslą pasieksime laiku. Ši problema galėtų būti išspręsta, jeigu žinotume alternatyvų kelionės maršrutą tuo keliu, taip pat ir jo būklę.

Išmaniosios technologijos gerokai palengvina vairavimo sąlygas, suteikdamos tiesioginę informaciją apie kliūtis kelyje (LANJEWAR, 2015). Ši informacija gaunama iš keliuose sumontuotos įrangos, stebinčios realias eismo sąlygas, bei naudojantis išmaniosiomis programomis, pvz., Waze, kur vairuotojai gali dalintis informacija apie tai, kokios eismo sąlygos vyrauja keliuose (Hoffmann, Mock, May, 2013).

Pasitelkiant išmanųjį telefoną bei kompiuterį ir inercijos matavimo įrangą, atliekama kelio nelygumų analizė bei pagal GPS, akselerometro ir magnetometro rodmenis nustatoma kelio būklė (Chugh, Bansal, Sofat, 2014). Tai galėtų padėti sutaupyti degalų, padidinti vairavimo komfortą, padidinti saugumo faktorių, būtų aiškiau, kada žvyrkelis turėtų būti tvarkomas (lyginamas).

Tyrimo tikslas – ištirti galimybę nustatyti žvyrkelio kokybę naudojantis išmanijame telefone esančiomis sistemomis (GPS, akselerometru, magnetometru).

Tyrimo uždaviniai

1. Pasirinkti tinkamą metodą kelio paviršiui įvertinti;
2. Pasirinkti tinkamus taškus įrenginiui primontuoti bei tinkamą važiavimo greitį;
3. Atlikti pasirinktos vietovės kelio paviršiaus matavimus keičiant važiavimo greitį ir tvirtinimo taškus.

Tyrimų metodika

Dangos paviršiaus lygumas paprastai charakterizuojamas Tarptautiniu lygumo rodikliu (IRI). Tarptautinis lygumo rodiklis nustatomas matematiškai apdorojus matavimų rezultatus (Douangphachanh, Oneyama, 2013). Matavimų rezultatai – tai kelio paviršiaus nuokrypiai nuo ant jo padėtos kartelės. Galima naudoti ir kitas alternatyvias matavimų priemones, kurioms yra nustatyta jų rodmenų ir lygumo rodiklio verčių koreliacinė sietis. Kelių būklė vertinama pagal vieno kelio kilometro IRI:

- kai IRI indeksas yra nuo 0 iki 4 – gera danga;
- kai IRI indeksas yra nuo 4 iki 7 – vidutinė danga;
- kai IRI indeksas yra nuo 7 iki 10 – prasta danga;
- kai IRI indeksas yra 10 ir daugiau – labai bloga danga.

Tarptautinio lygumo vieneto IRI nustatymo metodika grįsta amortizuotos ir neamortizuotos automobilio masių vertikalių judesių skirtumų sumavimu tam tikro ilgio kelio atkarpose.

Šio eksperimento tikslas yra išbandyti, ar naudojant išmanųjį telefoną galima išmatuoti IRI, nelygumų indeksą. Specifiškai šis tyrimas yra nukreiptas nustatyti skirtumams, kaip važiuojant skirtingu greičiu bei montuojant įrenginį skirtingose vietose kinta nelygumų indeksas IRI. Tai pat atsižvelgta ir į tokius veiksnius kaip vietovė, dienos laikas, lauko temperatūra.

Tyrimui atlikti buvo naudojamas 2006 m. Volkswagen Passat (2.0L TDI) automobilis. Siekiant gauti pakankamai duomenų analizei, pasirinkti 3 skirtingi važiavimo greičiai. Bandymai buvo atlikti važiuojant šiais greičiais: 40 km/h, 55 km/h ir 70 km/h. Šie greičiai buvo pasirinkti kaip dažniausiai pasirenkami vairuotojų žvyrkeliuose. Matavimai buvo

atliekami Vilkaviškio rajone, žvyrkelio tarp Keturvalakių ir Pūstapėdžių ruože 54.563909, 23.094364 iki 54.582371, 23.060423. Skirtumas tarp pasirinktų greičių yra 15 km/h. Matavimams atlikti buvo panaudoti du telefonai – *Samsung Galaxy A50* ir *POCO X3*, kurie buvo montuojami ant prietaisų skydelio (vidurinėje dalyje) ir automobilio bagažinėje. Įtvirtintus telefonus pasirinktuose taškuose buvo atliekami važiojimai:

- visoje 3 km atkarpoje buvo važiuojama pastoviu 40 km/h greičiu, programėlė *Roadbounce* fiksavo IRI reikšmes kas 150 metrų, inercijos matavimo įranga XSENS MTi-30 – kėbulo pagreičius;
- visoje 3 km atkarpoje buvo važiuojama pastoviu 55 km/h greičiu, programėlė *Roadbounce* fiksavo IRI reikšmes kas 150 metrų, inercijos matavimo įranga XSENS MTi-30 – kėbulo pagreičius;
- visoje 3 km atkarpoje buvo važiuojama pastoviu 70 km/h greičiu, programėlė *Roadbounce* fiksavo IRI reikšmes kas 150 metrų, inercijos matavimo įranga XSENS MTi-30 – kėbulo pagreičius;
- surinkti duomenys buvo analizuojami, apdorojami ir sisteminami (*Excel*).

Kadangi kelias yra gana platus ir galima važiuoti tą patį kelią skirtinga danga, susidaro paklaida. Siekiant sumažinti paklaidos galimybę, kuri susidaro dėl skirtingo padangų pėdsako, bandymas buvo atliekamas 3 kartus tame pačiame ruože ir apskaičiuojamas vidurkis. Norint kuo labiau sumažinti šią paklaidą, reikia kuo daugiau kartų važiuoti šiuo ruožu.

Samsung rodė mažesnę nelygumo rodiklį nei *Xiaomi*. Įtakos duomenims galėjo turėti telefone sumontuotų komponentų naujumas. Kadangi pasirinktas išmanusis telefonas *Samsung* yra senesnis nei *Xiaomi*. Žvyrkelio nelygumui nustatyti išmaniuosiuose telefonuose buvo įdiegta programa *RoadBounce*. Ši programa naudoja išmaniajame telefone esančius elektroninius įtaisus GPS ir ekselerometrą ir taip apskaičiuoja vibracijas bei naudojant GPS nurodo, kurioje vietoje nustatomas kelio nelygumas, nurodant tos kelio atkarpos šiurkštumo indeksą IRI. Kelio šiurkštumo indeksas apskaičiuojamas kas 150 metrų.

IRI kelio nelygumo indeksas apibrėžiamas kaip simuliacinis judesys tarp amortizuotos, neamortizuotos masės ir kelio dangos. Šis indeksas apskaičiuojamas pagal 1 formulę (Pawar, Mathew, Saraf, 2017).

$$IRI = \frac{1}{l} \int_0^{L/V} |Z_s - Z_u| dt, \quad (1)$$

čia L – ilgis m;

V – automobilio greitis m/s.

Rezultatai

Atliekant bandymus buvo nustatyta, kad didėjant greičiui nelygumų rodiklis IRI mažėjo, nors standartinės paklaidos žymekliai rodo, kad nelygumų rodiklio minimalios ir maksimalios reikšmės kiekviename greičių diapazone žymiai skyrėsi. Atlikus 6 bandomuosius važiojimus kiekvienos greičių grupės vidutinis standartinis nuokrypis buvo vis mažesnis, todėl tai suteikė nuoseklumo kiekvienam bandomajam važiojimui.

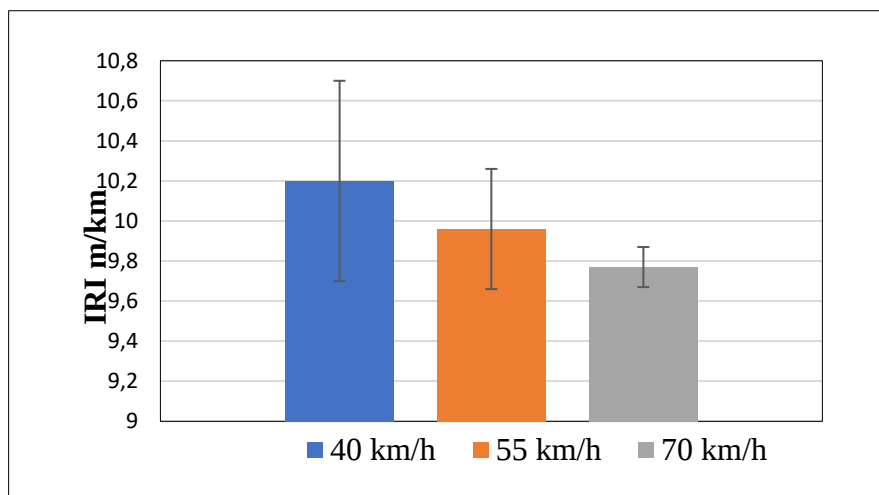
1 lentelė. Tyrimo rezultatai, atspindintys kiekvienos 150 metrų atkarpos IRI

Table 1. Results of the research that shows IRI, which is divided in to 150 meters sections

Atstumas, km	Vidutinis IRI (m/km)			
	40 km/h	55 km/h	70 km/h	Vidurkis
0,15	10,44	9,91	9,64	10,00
0,3	10,60	10,16	9,61	10,12
0,45	10,19	9,88	9,50	9,86
0,6	10,48	10,02	10,11	10,20
0,75	10,32	9,62	9,28	9,74
0,9	10,49	10,22	10,40	10,37
1,05	10,85	10,90	10,16	10,64
1,2	10,51	10,62	10,81	10,65
1,35	10,74	10,00	9,97	10,24
1,5	9,81	9,61	9,40	9,61
1,65	10,18	9,81	9,75	9,91
1,8	10,13	9,88	10,00	10,00
1,95	9,88	10,00	9,83	9,90
2,1	10,62	10,43	10,35	10,47
2,25	10,57	9,85	10,10	10,17
2,4	10,00	9,88	9,61	9,83
2,55	10,74	10,24	9,97	10,32
2,7	10,00	9,72	9,55	9,76
2,85	10,57	9,78	9,66	10,00
3	9,99	9,91	9,81	9,90
Vidurkis	10,36	10,02	9,88	10,08

Sudėliojus skirtingų greičių bei tvirtinimo taškų duomenis, buvo sudaryta lentelė, kurioje pateikti kiekvienos 150 metrų atkarpos IRI vidurkiai. Iš gautų duomenų matyti, kuriame žvyrkelio ruože yra didžiausi nelygumai. Didžiausi

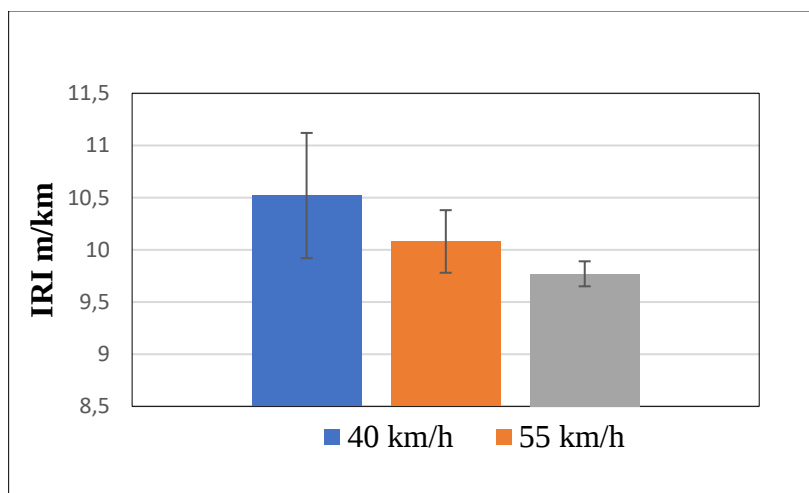
nelygumai užfiksuoti 1,05 km ir 1,2 km žvyrkelio kilometre. Pravažius tą patį kelio ruožą skirtingais greičiais matyti, kad tame pačiame ruože fiksuojamos didžiausios reikšmės, t. y. važiuojant 40 km/h greičiu, gauta IRI reikšmė 10,85, važiuojant 55 km/h greičiu – 10,90 ir važiuojant 70 km/h greičiu – 10,81 m/km. Apskaičiavus kelio atkarpos nelygumų vidurkius buvo nustatyta, kad šį žvyrkelio ruožą reikia lyginti (greideriuoti), kadangi IRI reikšmės viršija nustatytas ribines reikšmes.



1 pav. IRI lygumo rodiklio žvyrkelio atkarpoje vidurkiai tvirtinant telefoną priekyje

Fig. 1. Averages of IRI roughness index in the gravel road by fixing smartpone in the front of a car.

Iš gautų rezultatų taip pat galima matyti, kad įrenginio montavimas kitoje vietoje, taip pat turėjo nedidelės įtakos rezultatams, gale padėtas įrenginys rodė didesnę nelygumo rodiklį nei priekyje. Kadangi automobilio svoris priekyje didesnis nei gale, tai galėjo būti pagrindinis IRI rezultatų skirtumo veiksnys.



2 pav. IRI lygumo rodiklio žvyrkelio atkarpoje vidurkiai tvirtinant telefoną gale

Fig. 2. Averages of IRI roughness index in the gravel road by fixing smartpone in the back of a car

Gale tvirtinto telefono IRI reikšmės buvo gautos didesnės nei montuoto priekyje. Taip pat galima matyti, kad didinant transporto priemonės greitį nuo 40 km/h iki 70 km/h lygumo rodiklis nuosekliai mažėja nuo 10,52 m/km iki 9,77 m/km, taip atsitinka todėl, kad padidinus automobilio greitį važiuoklė greičiau reaguoja į kelio nelygumus, esant mažesniems kėbulo svyravimams važiuojant didesniu greičiu gaunamos mažesnės IRI reikšmės.

Išvados

1. Atlikus tyrimus buvo nustatyta, kad keičiant išmanaus telefono tvirtinimo vietą kinta ir lygumo rodiklis IRI vidutiniškai 2 %.

2. Naudojantis išmaniuosiuose telefonuose esančiais GPS imtuvais, akcelerometru ir programine įranga galima nustatyti, kurioje žvyrkelio vietoje yra didžiausi nelygumai. Šiuo atveju jie pastebėti 1,05 ir 1,2 žvyrkelio kilometre. Pagal tai galima spręsti, ar reikia lyginti kelią (greideriuoti).

3. Tai pat buvo nustatyta, kad duomenys taip pat kinta didinant važiavimo greitį nuo 40 km/h iki 70 km/h. Didinant greitį svyravimų amplitudė mažėja, IRI reikšmė gaunama mažesnė.

Literatūra

1. Chugh, G., Bansal, D., Sofat, S. 2014. Road condition detection using smartphone sensors: A survey. *International Journal of Electronic and Electrical Engineering*, Vol. 7(6), p. 595-602.
2. Douangphach, V.; Oneyama, H. Estimation of road roughness condition from smartphones under realistic settings, 2013 13th International Conference on ITS Telecommunications (ITST), 2013, pp. 433–439, doi: 10.1109/ITST.2013.6685585
3. Hoffmann, M., Mock, M., May, M. 2013. Road-quality Classification and Bump Detection with Bicycle-Mounted Smartphones. In UDM@ IJCAI, p. 39.
4. Lanjewar, B., Khedkar, J., Sagar, R., Pawar, R., Gosavi, K. 2015. Survey of road bump and intensity detection algorithms using smartphone sensors. *International Journal of Computer Science and Information Technologies*, Vol. 6(6), p. 5133-5136.
5. Pawar, P. R., Mathew, A. T., Saraf, M. R. 2018 IRI (International Roughness Index): an indicator of vehicle response. *Materials Today: Proceedings*, Vol. 5(5), p. 11738-11750.

QUALITY RESEARCH OF THE GRAVEL ROAD

Summary

The aim of the thesis is to make a research of the gravel road by using tools in smartphone such as (GPS, accelerometer, magnetometer) and also analyze other scientific thesis that are relatable with roads quality determination. The results show that smartphone attachment point changing has an affect for data accuracy. It shows that difference between mounting smartphone in the back of a car and in the front is about 2 %. It was also found that the speed of a car has affect for the data accuracy. The results also shows that by using smarptone and internetional roughness index (IRI) it is possible to determine which section of the gravel road is in bad condition and needs grading.

Keywords: IRI roughness index, smartphone, GPS.