

# Dalīto sistēmu izmantošana transporta līdzekļu kustības raksturlielumu fiksēšanā un apstrādē

**Mg.sc.comp. Artis Mednis**  
**29.04.2013**



**IEGULDĪJUMS TAVĀ NĀKOTNĒ**

Šis darbs izstrādāts ar Eiropas Sociālā fonda atbalstu projektā  
"Atbalsts doktora studijām Latvijas Universitātē - 2"

Promocijas darba vadītājs:  
Dr.sc.comp. **Guntis Arnicāns**

# Saturs

- Vispārīgs darba raksturojums
- Konspektīvs darba izklāsts
- Galvenie pētījuma rezultāti
- Galvenie secinājumi
- Darba rezultātu aprobācija
- Pateicības

# Tēmas aktualitāte I

- Lēmums ← informācija ← dati:
  - operatīvie dati – apstrāde ļauj samazināt cilvēkam interpretējamo datu apjomu
  - vēsturiskie dati – apstrāde ļauj veidot bāzi situācijas vēlākai analīzei
- Mobili sensoru tīkli:
  - jau eksistējoši mobili objekti (t.sk. auto)
  - **specifiskas** aparatūras platformas
  - **ārēji** sensori
  - datu pārsūtīšana **bez sākotnējas priekšapstrādes**
  - pielietojums **zinātniskos eksperimentos**

# Tēmas aktualitāte II

- Kolektīvie mērījumi (*participatory sensing*):
  - **plaša pielietojuma** aparatūra
  - iebūvēti **iekšējie** sensori
  - datu **sākotnējā priekšapstrāde**
  - pielietojums **praktisku uzdevumu veikšanai**
- Hipotēze:
  - transporta līdzekli, apkārtējo vidi un ceļa infrastruktūru raksturojošo datu ieguvei, sākotnējai apstrādei, apkopošanai un uzkrāšanai ir iespējams izmantot mobilus, uz transporta līdzekļiem bāzētus sensoru tīklus, kas veidoti, implementējot kolektīvo mērījumu pieeju

# Darba mērķis un uzdevumi

- **Mērķis:**

- izstrādāt un eksperimentāli pārbaudīt atsevišķas datu ieguves un apstrādes metodikas, kas balstītas uz kolektīvo mērījumu pieejas implementāciju mobilos, uz transporta līdzekļiem bāzētos sensoru tīklos

- **Uzdevumi:**

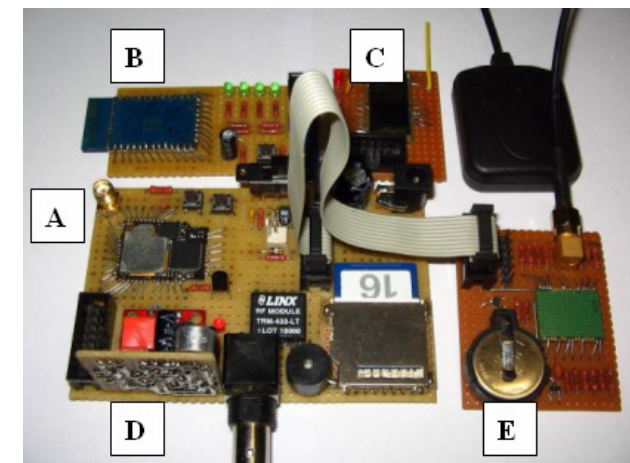
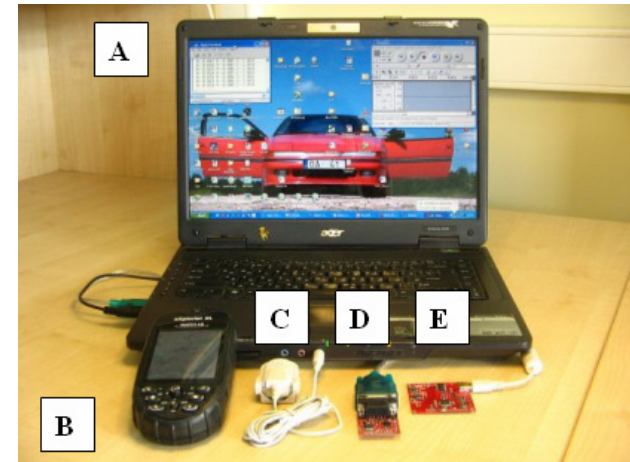
- iegūt teorētisko zināšanu kopumu
- izstrādāt datu ieguves un apstrādes metodikas
- veikt praktiskus eksperimentus ar prototipiem
- veikt eksperimentu laikā iegūto datu apstrādi un analīzi
- apstiprināt vai noliegt hipotēzi par kolektīvo mērījumu pieejas implementācijas iespējamību mobilos, uz transporta līdzekļiem bāzētos sensoru tīklos

# Īss teorētiskais pamatojums

- Dalītās sistēmas
- Statiski un **mobili** sensoru tīkli:
  - mobils parādības pētnieks
  - **mobili sensori**
  - mobila pētāmā parādība
- Mikrofoni
- Akselerometri
- Datu ģeomarķēšana

# Pētījumā izmantotās metodes

- Hipotēžu pārbaude, izmantojot plaša pielietojuma datortehniku
- Viedtālrunu adaptācija specifisku kolektīvo mērījumu vajadzībām
- Speciāla pielietojuma iegultu iekārtu izstrāde



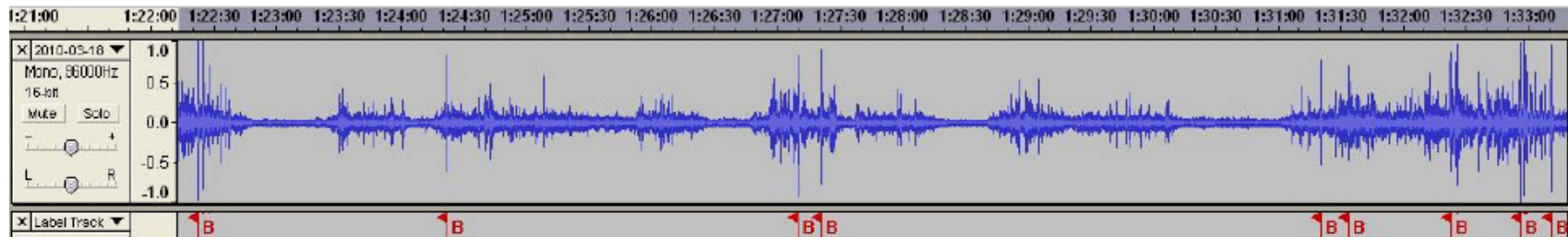
# Piedzīvojumu sacīkšu norises kontrole, izmantojot bezvadu sensoru tīklus

- Mērķis:
  - pārbaudīt bezvadu sensoru tīklu piemērotību mobilu sensoru tīklu izveidē
- Rezultāts:
  - heterogēns piedzīvojumu sacīkšu norises kontroles sistēmas prototips
- Secinājums:
  - bezvadu sensoru tīkli piemēroti turpmākiem pētījumiem mobilu sensoru tīklu izveidē



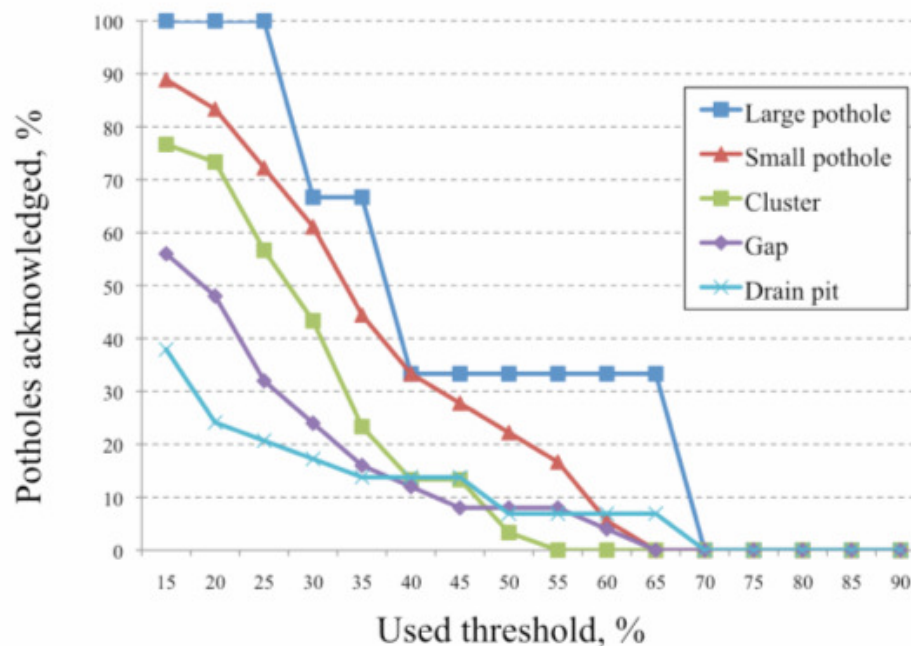
# Ceļa seguma monitorings, izmantojot mobilus sensoru tīklus ar mikrofoniem I

- Mērķis:
  - pārbaudīt mikrofonu un plaša pielietojuma datortehnikas piemērotību ceļa seguma monitoringam
- Darbības princips:
  - skaņas datu sliekšņošana ar sliekšņa līmeni 15-90% (**RoadMic**)



# Ceļa seguma monitorings, izmantojot mobilus sensoru tīklus ar mikrofoniem II

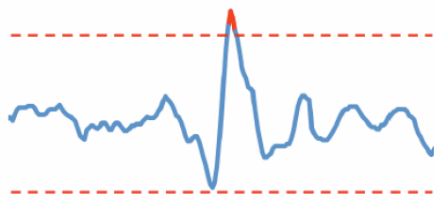
- Rezultāts:
  - atsevišķu ceļa seguma bojājumu klašu fiksēšana ar precizitāti līdz 80%



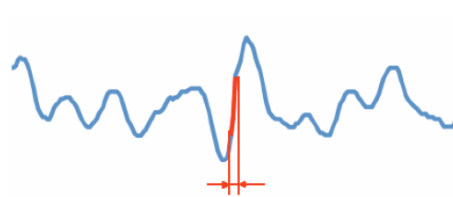
- Secinājums:
  - vienkāršu sensoru un vienkāršas datu apstrādes metodikas izmantošana ļauj iegūt datus ar praktisku nozīmi, kas **atbilst kolektīvo mērījumu pieejas implementācijai**

# Ceļa seguma monitorings, izmantojot viedtālruņus ar akselerometriem I

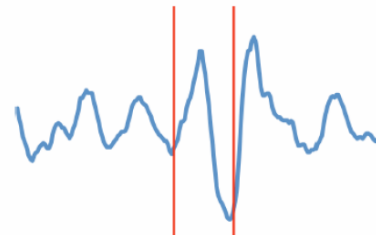
- Mērķis:
  - pārbaudīt akselerometru un viedtālruņu piemērotību ceļa seguma monitoringam
- Darbības princips:
  - 4 akselerometra datu apstrādes algoritmi  
**(Potroid)**



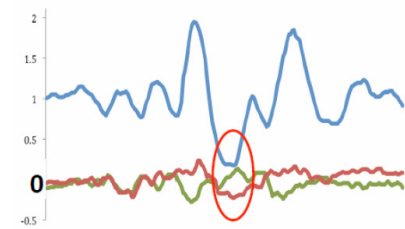
Z-THRESH



Z-DIFF



STDEV(Z)



G-ZERO

# Ceļa seguma monitorings, izmantojot viedtālruņus ar akcelerometriem II

- **Rezultāts:**

- atsevišķu ceļa seguma bojājumu klašu fiksēšana ar precizitāti līdz 90%

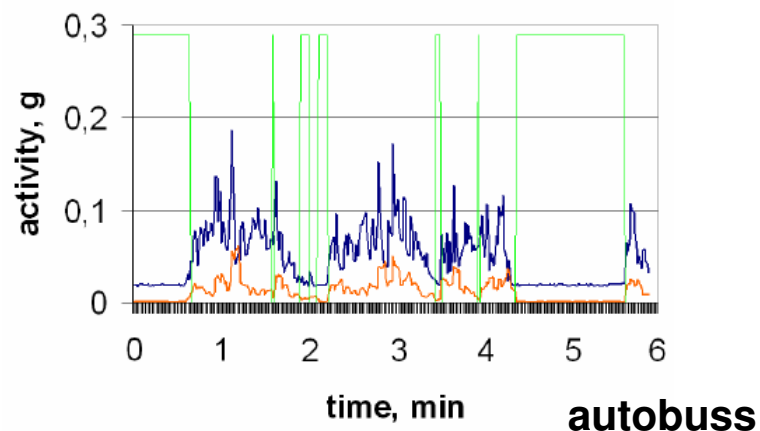
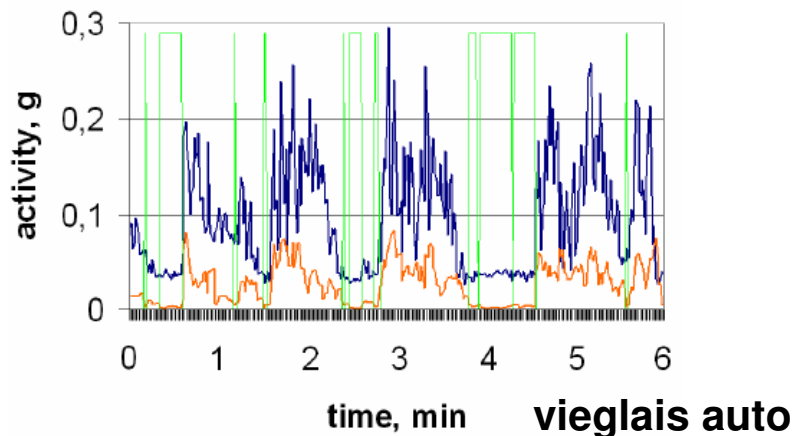
<i>Klase</i>	<i>Z-THRESH</i>	<i>Z-DIFF</i>	<i>STDEV(Z)</i>	<i>G-ZERO</i>
<i>Lielas bedres</i>	3 (100%)	3 (100%)	3 (100%)	3 (100%)
<i>Mazas bedres</i>	15 (83%)	16 (89%)	16 (89%)	14 (78%)
<i>Bedru klāsteri</i>	25 (83%)	27 (90%)	27 (90%)	27 (90%)
<i>Plaisas</i>	31 (78%)	36 (90%)	30 (75%)	27 (68%)
<i>Kanalizācijas aku vāki</i>	10 (59%)	17 (100%)	11 (65%)	8 (47%)
<i>Kopā</i>	84 (78%)	99 (92%)	87 (81%)	79 (73%)

- **Secinājums:**

- viedtālruņi kā plaša pielietojuma iekārtas ar iekšējiem sensoriem optimāli **atbilst kolektīvo mērījumu pieejas implementācijai**

# Transporta līdzekļa stāvokļa monitorings, izmantojot iegultas iekārtas ar akcelerometriem I

- Mērķis:
  - pārbaudīt, vai transporta līdzekļa pamatstāvokļu (braukšana un stāvēšana) noteikšana iespējama, izmantojot tikai datus no 3-asu akcelerometra
- Darbības princips:
  - adaptīva akcelerometra datu sliekšņošana



# Transporta līdzekļa stāvokļa monitorings, izmantojot iegultas iekārtas ar akselerometriem II

- **Rezultāts:**

- automātiska detektēšana līdz 97% transporta līdzekļa stāvēšanas situāciju
- adaptīvā funkcionalitāte ļauj lietot gan vieglajos pasažieru auto, gan satiksmes autobusus

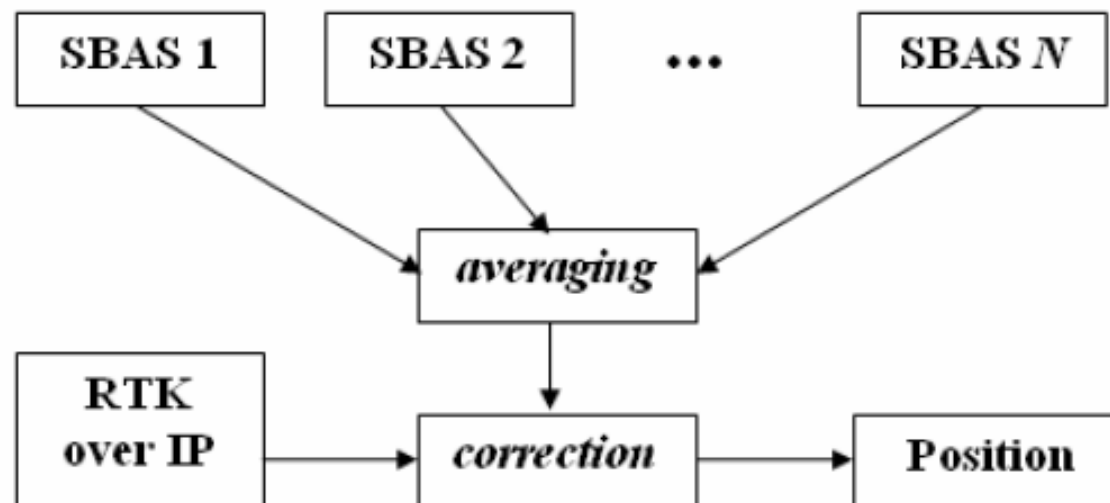
true positive	false positive	true negative	false negative	accuracy	precision
97,80%	0,78%	99,22%	2,20%	98,78%	98,27%

- **Secinājums:**

- arī šādu vienkāršu sensoru un vienkāršas datu apstrādes metodikas izmantošana tomēr ļauj **iegūt datus ar praktisku nozīmi**

Transporta līdzekļa pozīcijas noteikšana, izmantojot vairākus SBAS uztvērējus un datus no lokālām bāzes stacijām I

- Mērķis:
  - pārbaudīt vienlaicīgu vairāku SBAS uztvērēju izmantošanas un papildus datu ietekmi uz transporta līdzekļa pozīcijas noteikšanas precizitāti
- Darbības princips:



Transporta līdzekļa pozīcijas noteikšana, izmantojot vairākus SBAS uztvērējus un datus no lokālām bāzes stacijām II

- Rezultāts:

	1 uztvērējs	2 uztvērēji	1 uztvērējs + korekcijas dati
pozīcijas nobīde Z-D virzienā	1.48 m	0.55m	
	1.48 m		1.30m
pozīcijas nobīde R-A virzienā	1.21 m	1.11m	
	1.51 m		1.31m

- Secinājumi:

- metodika ir potenciāli piemērota GCDC sacensību auto tehniskajam risinājumam
- metodika piemērota izmantošanai uz transporta līdzekļiem bāzētos sensoru tīklos kā **pozīcijas metadatu avots**



Komerčiālas RFID sistēmas drošības pārbaude, izmantojot reversās inženierijas pieeju un plaša pielietojuma aparatūru un programmatūru I

- **Mērķis:**

- izvērtēt konkrētu komerciālu RFID komponentu piemērotību izmantošanai uz transporta līdzekļiem bāzētos sensoru tīklos, analizējot to aizsardzību pret reverso inženieriju

- **Darbības princips:**

- RFID protokola fiziskā un loģiskā līmeņa analīze
- RFID komponentu simulācija, t.sk. neeksistējošas RFID birkas ar patvaļīgi izvēlētu ID numuru simulācija

Komerčiālas RFID sistēmas drošības pārbaude, izmantojot reversās inženierijas pieeju un plaša pielietojuma aparatūru un programmatūru II

- **Rezultāts:**

- metodika, kas ļauj simulēt neeksistējošu RFID birku ar patvaļīgi izvēlētu ID numuru
- vienam ID numuram atbilstoša atbildes ziņojuma ģenerēšana (ieskaitot kontrolsummu) aizņem ~1h

- **Secinājums:**

- metodikas izveides iespējamība norāda uz to, ka konkrētie komerciālie RFID komponenti **nav piemēroti** izmantošanai uz transporta līdzekļiem bāzētos sensoru tīklos tādos gadījumos, kad nepieciešama **augsta drošība**

# Galvenie pētījuma rezultāti I

- Pārbaudīta bezvadu sensoru tīklu piemērotība mobilu sensoru tīklu izveidē
- Pārbaudīts, kādu informāciju par ceļa segumu un tā bojājumiem iespējams iegūt, izmantojot plaša pielietojuma mobilu datortehniku un akustiskos sensorus
- Pārbaudīts, kādu informāciju par ceļa segumu un tā bojājumiem iespējams iegūt, izmantojot viedtālruņus ar iebūvētiem akselerometriem
- Pārbaudīts, vai transporta līdzekļa pamatstāvokļu (braukšanas un stāvēšanas) noteikšana iespējama, izmantojot tikai datus no 3-asu akselerometra

# Galvenie pētījuma rezultāti II

- Pārbaudīta vienlaicīgas vairāku SBAS uztvērēju un papildus datu izmantošanas ietekme uz transporta līdzekļa pozīcijas noteikšanas precizitāti
- Izvērtēta konkrētu komerciālu RFID komponentu piemērotība izmantošanai uz transporta līdzekļiem bāzētos sensoru tīklos, analizējot to aizsardzību pret reverso inženieriju
- Veikta metodiku implementācija prototipu veidā
- Veikti praktiski eksperimenti datu ieguvē un apstrādē
- Veikts izstrādāto metodiku novērtējums

# Galvenie secinājumi I

- Sākotnējā hipotēze uzskatāma par apstiprinātu:
  - izstrādātās metodikas (RoadMic un Potroid) balstītas uz **plaša pielietojuma aparatūras platformām** (PC, viedtālruni, iegultas iekārtas)
  - tiek izmantoti vienkārši **iekšēji** sensori
  - tiek veikti praktiski, ar transporta līdzekļu infrastruktūru saistīti uzdevumi – piemēram, **ceļa seguma monitorings**
  - **lokāli** veiktā iegūto datu priekšapstrāde ļauj samazināt pārsūtāmās informācijas daudzumu

# Galvenie secinājumi II

<i>Metodika (publicēšanas gads)</i>	<i>Aparatūras platforma</i>	<i>Izmantotais sensors</i>	<i>Sensora novietojums</i>	<i>Datu apstrādes veikšanas vieta</i>	<i>Pielietojums ceļa seguma monitoringā</i>
<i>BikeNet (Eisenman et.al. 2007)</i>	<i>sensoru mezgls (Tmote Invent) + viedtālrunis (Nokia N80)</i>	<i>mikrofons</i>	<i>ārējs</i>	<i>attālināti</i>	-
<i>SoundSense (Lu et.al. 2009)</i>	<i>viedtālrunis (Apple iPhone)</i>	<i>mikrofons</i>	<b><i>iekšējs</i></b>	<b><i>lokāli</i></b>	-
<i>BusNet (De Zoysa et. al. 2007)</i>	<i>sensoru mezgls (Crossbow MICAz)</i>	<i>akselerometri</i>	<i>ārējs</i>	<i>attālināti</i>	+
<i>Pothole Patrol (Eriksson et.al. 2008)</i>	<i>iegults dators (Soekris 4801)</i>	<i>akselometri</i>	<i>ārējs</i>	<b><i>lokāli</i></b>	+
<i>Nericell (Mohan et. al. 2008a)</i>	<i>Viedtālrunis (ar Windows Mobile OS)</i>	<i>akselometri</i>	<i>ārējs</i>	<b><i>lokāli</i></b>	+
<i>TrafficSense (Mohan et. al. 2008b)</i>	<i>Viedtālrunis (ar Windows Mobile OS)</i>	<i>akselometri</i>	<i>ārējs</i>	<b><i>lokāli</i></b>	+
<i>NTU (Tai et. al. 2010)</i>	<i>Viedtālrunis (HTC Diamond)</i>	<i>akselometri</i>	<b><i>iekšējs</i></b>	<i>lokāli + attālināti</i>	+
<i>RoadMic (Mednis et. al. 2010)</i>	<i>PC / speciāls sensoru mezgls</i>	<i>mikrofons</i>	<b><i>iekšējs</i></b>	<b><i>lokāli</i></b>	+
<i>Potroid (Mednis et. al. 2011a)</i>	<i>viedtālrunis (ar Android OS) / speciāls sensoru mezgls</i>	<i>akselometri</i>	<b><i>iekšējs</i></b>	<b><i>lokāli</i></b>	+

# Darba rezultātu aprobācija I

- 2 zinātniskie projekti:
  - Viedo sensoru un tīklotu iegulto sistēmu pētījumu un attīstības centrs (ESF)
  - Inovatīvas signālapstrādes tehnoloģijas viedu un efektīvu elektronisko sistēmu radīšanai (VPP)
- 8 publikācijas (t.sk. 5 SCOPUS / 4 ISI)
- 13 zinātniskie semināri un konferences (t.sk. 7 starptautiskas)

# Darba rezultātu aprobācija II

- Konverģence ar kolēģu pētījumiem:
  - 7 publikācijas (t.sk. 2 SCOPUS / 1 ISI)
  - 5 zinātniskās konferences
- Darba rezultātus aprakstošo publikāciju citējamība:
  - 10 citējamības līdz 30.11.2012
  - 4 citējamības kopš 30.11.2012



# Paldies!

- Organizācijām:

- LU DF Datoru inženierijas, iegulto sistēmu un sensoru laboratorijai
- EDI diskretās signālu apstrādes laboratorijai
- EDI kiber-fizikālo sistēmu laboratorijai
- SO Autoliste

- Kolēģiem:

- A.Elstam
- M.Liepiņam
- R.Zviedrim
- A.Gordjušinam
- L.Seļāvo
- G.Kanoniram
- Ģ.Strazdiņam

- *... nav skaidri pateikts cik daudz un ko tieši autors pats ir izstrādājis un projektējis no nepieciešamā speciālā aparatūras nodrošinājuma un cik daudz un ko tieši autors ir programmējis ...*
- 2., 3., 7. un 8. nodaļā aprakstītās aparatūras un programmatūras izstrādes aktivitātes autors ir veicis vienpersoniski. 4. un 5. nodaļā aprakstītās programmatūras izstrādes aktivitātēs būtisku ieguldījumu devis Ģirts Strazdiņš, bet 6.nodaļā aprakstītajās aktivitātēs – Georgijs Kanonirs.
- *... netiek precīzi nodefinēts, kas tad īsti tiek mērīts. Otrajā pielikumā „Ceļa seguma bojājumu klases” gan ir redzamas dažas fotogrāfijas, bet nav doti nekādi formāli kritēriji tam, ko tad īsti nozīmē liela bedre, maza bedre un citi mērāmie objekti. Droši vien, ka pilnīgi precīzi šajā gadījumā to arī nevar izdarīt, bet kaut kādus kvantitatīvus un kvalitatīvus parametrus jau varēja aprakstīt ...*
- *Liela bedre* ir ceļa bojājums, kura izmērs ir lielāks vai vienāds ar tipiska vieglā auto riteņa platumu. *Maza bedre* ir ceļa seguma bojājums, kura izmērs ir mazāks par tipiska vieglā auto riteņa platumu. *Bedru klāsteris* ir vairāki ceļa seguma bojājumi, kuru attālums ir mazāks par tipiska vieglā auto gabarītiem. *Plaisa* ir ceļa seguma bojājums, ko veido atstarpe starp blakus esošiem asfalta segmentiem. *Kanalizācijas akas vāks* ir ceļa seguma bojājums, kas izpaužas kā nosaukumā minetais objekts ar atšķirīgu augstumu no pārējā ceļa seguma līmeņa.

- *... nav īsti izprotama šīs nodaļas pievienošana darbam. Lasot darbu, radās iespaids, ka nodaļā aprakstītais pētījums ir veikts kādā no projektiem, kuros autors ir piedalījies un pēc tam pētījuma rezultāti ir vienkārši pievienoti disertācijai. Domāju, ka disertācija neko nebūtu zaudējusi no savas vērtības, ja šāda nodaļa darbā arī nebūtu ...*
- 8.nodaļā aprakstītie pētījumi ir motivēti ar nepieciešamību kritiski izvēlēties plaša pielietojuma komponentus, no kuriem veidot kolektīvo mērījumu sistēmas. Nekritiska izvēle un paļaušanās tikai uz specifikāciju var novest pie būtiskiem trūkumiem, t.s.k. nepietiekami augstas drošības.
- *... daļa no darba rezultātiem nav viennozīmīgi traktējami kā atbilstoši kolektīvo mērījumu ideoloģijai par kur pats autors raksta, ka „kolektīvo mērījumu (participatory sensing) pieeju raksturo ikdienā lietojamu mobilu iekārtu izmantošana interaktīvu sensoru tīklu veidošanā”. Visticamāk, ka kolektīvie mērījumi attīstīs jomās, kurās varēs izmantot tieši ikdienā lietojamās iekārtas. Savukārt autors virknē risinājumu piedāvā izmantot speciāla pielietojuma iegultas iekārtas ...*
- Promocijas darba izstrādes laikā ikdienā lietojamo mobilo iekārtu fokuss ir pārvietojies no portatīvajiem datoriem uz viedtālruniem. Nav izslēgts, ka tuvākajos gados var notikt nākošās būtiskās izmaiņas šajā jomā. Kas attiecas uz speciāla pielietojuma iegultām iekārtām, tad autors tās pozicionē kā alternatīvu platformu – respektīvi, metodikas var tikt izmantotas arī uz iekārtām ar ļoti ierobežotiem resursiem.

- *... nav arī Tisti pārlicības par autora izstrādāto metodiku pielietojamību plašos praktiskos kolektīvo mērījumu projektos ...*
- Šādu pārlicību var dot tikai aprobācija reālos plaša mēroga pielietojumos. Metodikas tika izstrādātas zinātnisko projektu ietvaros, kuru nosacījumi zināmā mērā ierobežo šāda veida aktivitātes.
- *... kā saistošo tēmu visam darbam varēja pasniegt nevis kolektīvo mērījumu pieeju, bet gan uz transporta līdzekļiem bāzētu sensoru tīklu (vehicular sensor networks) tematiku ...*
- Uz transporta līdzekļiem bāzētu sensoru tīklu tematika **tika attīstīta jau pirms šā promocijas darba izstrādes**. Būtiskās atšķirības darbam dod tieši kolektīvo mērījumu pieeja, jo padara šo kombinēto rīku principiāli pieejamu plašam lietotāju lokam.
- *... būtisks pienesums noteikti būtu bijusi tāda kā retrospektīva pārskata nodaļa par to, kas ir mainījies un kā autors kādas lietas būtu darījis varbūt savādāk šodien ...*
- Autors piekrīt šim apgalvojumam. Tajā pat laikā zināmu ieskatu minētajā jautājumā sniedz darba sadaļas 4.2 un 5.2, kuras tapušas attiecīgi 2010. un 2011. gadā, un līdz ar to atspoguļo izmaiņas attiecīgajā domēnā 1 gada laikā.

- *... pietrūkst arī autora redzējums un pārskats par to, kādi ir ierobežojumi viņa izstrādātajām metodikām, kuros apgalbos tās nevarētu vai varbūt pat nevajadzētu lietot ...*
- Tā kā ceļa seguma bojājumu detektēšana notiek auto kustības laikā, būtiski mazāka iespēja atrast šādu defektu ir tad, kad auto veic savu kustību lēni, piemēram, veicot pagriezienu krustojumā (62.lpp.) Metodiku precizitāti ietekmē arī GPS metadatu precizitāte un auto pārvietošanās ātrums (45.lpp.)
- *... darbs vietām atspoguļo pretendenta zinātniskos piedzīvojumus promocijas darba izstrādes laikā, jo darba 3. un 8. nodaļas ir visai attāli saistītas ar darba nosaukumā un mērķī iekļauto tematiku ...*
- Darba 3. nodaļā minētās aktivitātes kaut nedaudz, bet ir saistītas ar kopējo darba tematiku, jo minētās sistēmas prototipa implementācija tika veidota un pārbaudīta ar auto orientēšanos saistītā pasākumā.
- *... darbam ir ļoti īsa literatūras apskata nodaļa ar tikai 26 literatūras avotiem, jo lielākā daļa literatūras apskata novirzīta uz citām, diezgan autonomām un savstarpēji vāji saistītām nodaļām ...*
- Autors piekrīt šim apgalvojumam. Tajā pat laikā šāda darba strukturēšana ļauj lasītājam tiešā veidā salīdzināt citu pētnieku aktivitātes un autora pētījumu.

- *... Doctoral thesis seems to be quite fragmented, i.e. several main topics are visible over all work, namely, sensors and sensor networks, mobility and logistics, however separate parts are not well connected. Especially different is the last part, RFID components analysis. Thesis would be more monolithic and sufficient without this part as well ...*
- Yes, the thesis is not dedicated to one narrow topic but includes at least four associated directions - creation of new data collection and processing methodologies, development of corresponding technical solutions, solving of related problems (e.g. determination of the position) and critical evaluation of potentially usable resources (e.g. RFID). The main idea is creation of new "buildings" using already existing general purpose "bricks". Not always the specification of the "brick" can give the warranty about all its core features. In this particular case the "brick" did not pass the evaluation and results were quite interesting. The inclusion of this part in my thesis was motivated by two aspects:
  - o the need to emphasize careful selection of "bricks" without relying only on official specification;
  - o some tendencies to research security problems of already existing solutions as this research <http://math.ut.ee/%7Eearnis/bankauth/>

- *...From the summary of doctoral thesis and provided papers it seems, that quality of the systems (road surface damage, vehicle mode) was estimated just analyzing detected problems. In the dissertation it is mentioned, that, both true positive (TP) and false positive were taken into account, but any formal definition of error calculation is not provided. Moreover, probably it would be more informative to use F-score or similar measure, which is more informative, than just percentage of TPs ...*
- In both topics related to road condition monitoring some of the used statistics methods were adopted from already published papers from other researchers as Pothole Patrol - 5 pothole classes, acknowledgement as 4 positives from 10 tests etc. The reason is rather non-binary true/false situations due different pothole classes with different impact factor as well as the aspect that position measurements during ground truth session and each test drive gives areas and not points. As You already found, TP/TN/FP/FN is used in the topic related to vehicle mode monitoring as there are binary true/false situations - the vehicle is in motion or not.

- *... In vehicle location tracking experiments 2DRMS were chosen as determining factor. But it would be nice to see some practical explanation of the choice, and evaluation of the results from the practical stand-point, i.e. when and what precision is sufficient ...*
- Determining factor 2DRMS was selected due two reasons:
  - it was set in the rules for GCDC competition where we participated as Team Latvia;
  - it is one from two common used metrics for GPS evaluation. Theoretically it means that 95-98% of all measured positions will be within this range. In the case of vehicular applications we needed to distinguish between two adjacent road lanes (participatory sensing) or to provide our own position to other vehicles driving in platoon on highway.
- *... In some cases, e.g. road surface monitoring, vehicle location tracking, experiments were performed only on one road. Does it suffice? Can it cover all interesting conditions?*
- This road fragment was selected for evaluation experiments and therefore documented to acquire the ground truth. Other proof of concept experiments were carried out on different road fragments including city streets and intercity highways. Our ground truth fragment includes main streets with several lanes in each direction as well as small streets with rather bad surface condition. Therefore it represents a wide scope of possible road surface conditions.



- *... Future plans for improving results and, if they are sufficient for practical applications, using them in practice, would better show status ...*
- There are some activities with the aim to use acquired results for practical purpose from members of our research group as well as some interest about cooperation from third parties. As almost all activities were carried out during projects supported by ESF, there were certain limitations for direct commercialization of results during project time.
- *... Choice of devices seem to be mostly based on the set of available devices, not analysis of devices functionality ...*
- As already in some of my previous works, the main emphasis is set on usage of general purpose components. The main research work is dedicated to get some principally new functionality by combination of already existing things and not careful optimization of each separate component.
- *What would happen if during experiment somebody would call smart phone? It would fall?*
- If the question is related to Picture 2.4 (p. 19 in thesis) then I would say "No" because we used a holder for smatphone #3 and specific mat for smartphones #1 and #2. If the question means "Can I use the smartphone for voice communication if I participate in sensing activity?" - it should be configurable in two modes:
  - #1 - in the case of call sensing app will be suspended for the time;
  - #2 - if road monitoring has highest priority, for the time of sensing activity smartphone will be set in mode of simple tablet