



УНИВЕРЗИТЕТ У НИШУ  
ЕЛЕКТРОНСКИ ФАКУЛТЕТ



**Жељко Љ. Јовановић**

**ПРИМЕНА ИТ У УНАПРЕЂЕЊУ КВАЛИТЕТА  
ТРАНСПОРТА ПАЦИЈЕНАТА**

ДОКТОРСКА ДИСЕРТАЦИЈА

Ниш, 2020



UNIVERSITY OF NIŠ  
FACULTY OF ELECTRONIC ENGINEERING



**Željko LJ. Jovanović**

**APPLICATION OF IT IN IMPROVING THE  
QUALITY OF PATIENT TRANSPORT**

DOCTORAL DISSERTATION

Niš, 2020

## Подаци о ментору и члановима комисије

ПОДАЦИ О КОМИСИЈИ		
Број одлуке НСВ о именовану Комисије		
Датум именовања Комисије		
Р. бр.	Име и презиме, звање	Потпис
1.		ментор
	(Научна област)	(Установа у којој је запослен)
2.		
	(Научна област)	(Установа у којој је запослен)
3.		
	(Научна област)	(Установа у којој је запослен)
4.		
	(Научна област)	(Установа у којој је запослен)
5.		
	(Научна област)	(Установа у којој је запослен)
Датум и место: _____ . године, Ниш		



## Подаци о докторској дисертацији

Ментор:

Проф. др Драган Јанковић, редовни професор  
Универзитет у Нишу, Електронски факултет

Наслов:

Примена ИТ у унапређењу квалитета транспорта пацијената

Резиме:

Транспорт пацијената је веома важан сегмент пружања медицинске услуге који не сме да утиче негативно на здравствено стање пацијента. Вибрације као резултат разних фактора транспорта имају највећи утицај на његов квалитет, па је развој система за праћење и побољшање транспорта пацијената базиран на мерењу вибрација од великог значаја.

Циљ дисертације је да се помоћу напредних информационих технологија пацијентима и медицинском особљу побољшају услови приликом транспорта. У те сврхе развијен је клијент сервер информациони систем као и модели за мерење вибрација, нивои удобности према медицинском стању пацијента.

Клијентски део информационог система је развијен у виду Андроид апликације која мери удобност транспорта. Измерене вредности шаље на серверски део система ради централизованог прегледа и обраде.

Серверски део информационог система, развијем у виду Јава веб апликације, прикупља информације свих клијената и над њима врши централизовану обраду. Централизовани приступ даје могућност генерисања мапа удобности путева као и разне друге анализе над прикупљеним подацима.

Осетљивост пацијента на транспортну удобност у зависности од његовог медицинског стања такође је анализирана.

Као резултат креиране су табеле класификација и прилагођавања жељеног нивоа удобности сходно пацијентовом медицинском стању.

Сходно сложености проблема, и великог броја фактора који утичу на удобност транспорта, технике машинског учења су имплементирани ради што боље класификације удобности транспорта. Три типа класификатора су тренирана и успешно тестирана. Приказани су и упоређени добијени резултати.

Научна област:

Електротехничко и рачунарско инжењерство (Рачунарство и информатика)

Научна дисциплина:

Медицинска информатика

Кључне речи:

Транспорт, удобност, вибро удобност, транспорт пацијената, информациони систем

УДК:

ЦЕРИФ класификација:

T120, Системски инжењеринг, рачунарска технологија

Тип лиценце  
Креативне  
заједнице:

**CC BY-NC-ND**

## Data on Doctoral Dissertation

Doctoral Supervisor: PhD Dragan Jankovic, professor  
University of Niš, Faculty of Electronic Engineering

Title: Application of IT in improving the quality of patient transport

Abstract: Patients transport is a very important part of the medical services. It shouldn't negatively affect the patient's health. Vibrations as a result of various transport factors have the greatest impact on its quality. That's why the system for improving patient transport quality based on vibration comfort is of great importance.

The aim of the research is to improve the conditions of the patients and the medical personnel transport by using advanced information technologies. For this purpose, a client server information system is developed.

The client part of the information system is developed as the Android application which measure transport comfort. The client part of the information system is developed as an android application that measures the comfort of transportation. It sends measured values to the server part of the system for centralized review and processing.

The server part of the information system, developed as a Java web application, collects information from all the client's applications and performs a central processing. It enables generation of the road map as well as various of other analyzes across the dataset.

The patient's sensitivity to transportation comfort depending on his medical condition was also analyzed. The patient's sensitivity to transportation comfort depending on his medical condition was also analyzed. As a result, tables of classifications and adjustments of the

desired comfort level according to the patient's medical condition were created.

In accordance with the complexity of the problem, machine learning techniques have been implemented for more precise transport comfort level classification. Three types of classifiers have been trained and successfully tested. The obtained results are presented and compared.

Scientific  
Field:

Electrical and Computer Engineering (Computer Science)

Scientific  
Discipline:

Medical informatics

Key Words:

Transportation, comfort, vibro comfort, patient transport, information system

UDC:

CERIF  
Classification:

T120, Systems engineering, computer technology

Creative  
Commons  
License Type:

**CC BY-NC-ND**



# Предговор

Ова дисертација представља резултат вишегодишњег истраживања у више научних области. Помоћ око сагледавања целокупне визије и као највећу захвалност дугујем проф. др Драгану Јанковићу. Његова, пре свега, пријатељска а после и стручна помоћ су биле велики покретач рада на дисертацији.

Овом приликом желим да посебно захвалим професору Александру Пеулићу, на дугорочној сарадњи чији резултати се виде и у овој докторској дисертацији.

Захвалност на стручним саветима и сугестијама дугујем и лекарима Хитне службе у Чачку на помоћи око разумевања проблематике транспорта пацијената и саветима за што успешнију реализацију.

Ова дисертација није само мој успех, већ и успех свих који су били у мојем окружењу јер су посредно утицали на мој рад. Захваљујем се целој породици на подршци и разумевању које ми је много значило.

# Садржај

<b>1. Уводна разматрања .....</b>	<b>1</b>
1.1. Предмет и циљ истраживања.....	1
1.2 . Преглед стања у подручју истраживања .....	4
1.2.1. ISO 2631 мерење вибро удобности .....	7
1.2.2. Преглед научне литературе .....	13
1.3. Преглед дисертације .....	17
<b>2. Транспорт пацијената.....</b>	<b>18</b>
2.1. Разлози за транспорт пацијента.....	20
2.2. Подела транспорта пацијената на основу медијума за транспорт .....	22
2.3. Подела транспорта пацијената на основу организације .....	24
2.3.1. Примарни транспорт пацијената.....	24
2.3.2. Секундарни транспорт пацијената.....	25
2.3.3. Статистика транспорта пацијената у хитној служби Чачак на основу организације .....	26
2.4. Санитетска возила.....	27
2.4.1 Типови санитетских возила .....	27
2.4.2. Карактеристике санитетских возила.....	31
<b>3. Мониторинг удобности транспорта .....</b>	<b>34</b>
3.1. Сензори орјентације и позиционирања уређаја .....	34
3.1.1. Акцелерометар.....	35
3.1.2. GPS.....	36
3.1.3 Остали сензори .....	38
3.2 Орјентација и калибрација уређаја.....	39
3.2.1. Употреба филтра при обради података са сензора – калибрација сензора ...	42
3.2.2. Андроид програмирање – рад са сензорима .....	44

3.3. RXJava – реактивно програмирање.....	46
3.4. Опис функционалности клијентске апликације за мониторинг удобности транспорта .....	48
3.5. Формати креираних фајлова .....	59
3.5.1. KML формат фајла .....	59
3.5.2. TXT и CSV формати фајлова.....	61
3.6. Верификација софтвера.....	62
<b>4. Класификација удобности транспорта.....</b>	<b>64</b>
4.1. Примењене методе класификације .....	65
4.1.1. SVM класификатор.....	65
4.1.2. k-NN класификатор .....	70
4.1.3. Naïve Bayes класификатор .....	71
4.2. Крос-валидација.....	72
4.3. Процена квалитета класификације.....	73
4.3.1. Матрица конфузије.....	73
4.3.2. ROC крива .....	76
4.4 Осетљивост пацијената на транспортну удобност .....	78
4.4.1. Класификација медицинских стања пацијената у класе осетљивости на основу међународне класификације болести.....	78
4.4.1. Класификација и статистика транспорта пацијената у хитној служби Чачак	81
4.5. Резултати класификације транспортне удобност .....	82
<b>5. Информациони систем за централизовану обраду података о удобности транспорта.....</b>	<b>89</b>
5.1. Функционалности регистрованог корисника .....	91
5.1.1. Снимање (upload) мерења на информациони систем.....	92
5.1.2. Преглед мерења .....	94
5.1.3 Приказ мерења .....	94
5.2. функционалности администраторског типа корисника .....	96

5.2.1. Генерисање мапе удобности путева .....	97
5.3. Кластеризација података .....	101
5.3.1. Кластеризација података о удобности транспорта.....	103
5.4. Остали бочни ефекти .....	106
5.5. Могућност примене мерења транспортне удобности на друге категорије транспорта .....	106
5.5.1. Транспорт опасних материја .....	107
5.5.2. Транспорт деце .....	108
<b>6. Остварени резултати, могућности употребе и планови даљег истраживања ...</b>	<b>109</b>
<b>7. Закључак .....</b>	<b>112</b>
<b>8. Литература .....</b>	<b>114</b>
<b>9. Прилози.....</b>	<b>119</b>
9.1. Списак слика .....	119
9.2. Списак табела .....	122
9.3. Списак коришћених скраћеница .....	123
<b>Биографија аутора .....</b>	<b>125</b>

# 1. Уводна разматрања

## 1.1. Предмет и циљ истраживања

Транспорт је веома важан део нашег свакодневног живота. Циљ сваког вида транспорта је да превезе људе, животиње или ствари са једне локације на другу. То је сложен систем у којем учествују путничка, теретна, специјална возила, пешаци, бициклисти итд. Сви они међусобно делују једни на друге у мањој или већој мери утичући на стање у саобраћају. Транспорт се одвија по дефинисаним правилима, али се због великог броја наведених фактора увек може десити нешто неочекивано. Када се оцењује квалитет транспорта обично се мисли на удобност транспорта. Појам удобности транспорта није могуће строго дефинисати јер је у великој мери базиран на субјективном осећају учесника. Међутим, иако је тешко наћи границу између удобног и неудобног транспорта, познати су фактори који утичу на његову удобност. Три најзначајнија фактора удобности су:

- Возач
- Возило
- Услови на путу

**Возач** својим стилем вожње и искуством значајно може утицати на остварену удобност транспорта. Јасно је да у идентичним условима два возача могу имати тотално другачије реакције и решења на неочекивана стања у саобраћају, што као резултат може произвести различите нивое удобности путника.

**Возило** и његово техничко стање у великој мери утиче на удобност транспорта. Новија и савременија возила би требало да пружају удобнији транспорт у односу на старија или неисправна возила. Од делова возила који највише утичу на удобност транспорта треба издвојити гуме, амортизере, квалитет ентеријера и седишта.

**Услови на путу** су вероватно најважнији фактор удобности транспорта. Могу се генерално поделити на статичке и динамичке. Статички фактори који утичу на удобност транспорта су стање коловоза, ударне рупе, избочине, радови на путу, тренутни

метеоролошки услови. Динамички фактори су неочекивани и могу се појавити изненада. У ову групу спадају метеоролошке непогоде, саобраћајне незгоде али чак и дефинисане активности у саобраћају у виду претицања, наглог кочења или промена правца кретања.

Иако се о удобности обично прича у генералном аспекту, ипак постоји неколико **типови удобности** који се могу препознати и јасно разликовати. Најпознатији типови удобности су:

- Вибро удобност
- Амбијентална удобност
- Звучна удобност

**Вибро удобност** се односи на вибрације које осећају путници током транспорта. Утицај изложености вибрацијама је предмет испитивања већ дуже време. Интернационална организација за стандардизацију (ISO) је 1972. године издала стандард: „*A Guide to the Evaluation of Human Exposure to Whole-Body Vibration*” [1] који је и данас у општој употреби. Утицај вибрација на здравље, при раду, седењу, транспорту и другим ситуацијама објашњен је у раду [2]. Генерално је прихваћено да дугорочна изложеност вибрацијама може имати различите штетне утицаје. У ауто индустрији, системи амортизера и ослањања треба да у што већој мери компензују утицај неравнина на коловозу и смање вибрације које се преносе на путнике. Утицај амортизера на удобност путника по разним типовима путева као и моделовање удобности возила презентовани су у радовима [3]–[5].

**Амбијентална удобност** је генерално субјективна категорија на коју утиче ергономија седишта, распоред и дизајн ентеријера. Као посебан део амбијенталне удобности се може посматрати и топлотна удобност (да ли је температура адекватна).

**Звучна удобност** дефинише нивое буке и звукова који се могу преносити са спољашњости на унутрашњост возила. Делимично је субјективна али постоје и дефинисане вредности о прихватљивим и неприхватљивим нивоима буке. Бука од гума такође може утицати на звучну удобност путника [6].

Иако су сви наведени фактори веома значајни за удобност транспорта званично је прихваћено да највећи утицај имају вибрације које осећа путник приликом транспорта.

**Транспорт пацијената** је још специфичнија категорија транспорта јер пацијенти већ имају одређена медицинска стања на која транспорт може утицати негативно. У много случајева пацијента је неопходно транспортовати на одређену локацију ради

пружања медицинске услуге. Циљ транспорта је побољшање здравственог стања пацијента и углавном представља услужну делатност (главна медицинска помоћ треба да буде пружена у медицинској установи) са могућношћу пружања медицинске услуге у току транспорта, ако је неопходно. У ове сврхе се користе санитарска возила, посебно дизајнирана да одговоре на специфичне захтеве транспорта пацијента

**Удобност пацијената** је такође веома специфична јер може зависити од медицинског стања пацијента при идентичним условима транспорта. На нека медицинска стања удобност транспорта има веома велики утицај (труднице, повреде кичме, врата...) па су потребне посебне мере припреме и спровођења транспорта у таквим ситуацијама. Поред ових случајева постоје и ситуације када се не води рачуна толико о удобности већ је неопходно пацијента транспортовати до адекватне медицинске установе у што краћем року ради пружања медицинске помоћи (саобраћајне несреће, изненадно погоршање здравственог стања, итд.).

Могућност **примене информационих технологија** у аспекту повећања удобности транспорта је веома велика. Један од важнијих фактора примене је у широкој распрострањености паметних телефона који су опремљени великим бројем сензора (акцелерометар, GPS...) већ као део стандардне опреме. Напреднији модели имају и много већи скуп сензора. Такође се интензивно развијају и навигациони сервиси, дигиталне мапе али и паметни градови чија инфраструктура може помоћи у планирању и ефикаснијем спровођењу транспорта. Као једна од најдинамичнијих области развоја у последње време издваја се област вештачке интелигенције која у комплексним системима као што је транспорт може имати јако велику примену. Ништа мање није динамично ни на пољу технологија за развој веб и мобилних апликација.

*Применом одговарајућих ИТ техника могуће је унапредити удобност транспорта. На овај начин повећава се квалитет медицинске услуге а самим тим и пораст процента успешног транспорта пацијената, што је заправо и крајњи циљ ове докторске дисертације. Овај циљ може да се посматра изоловано или као део напора да се достигне ниво паметних градова, где би квалитетан транспорт пацијената био једна од карактеристика.*

Примена одговарајућих ИТ техника има за последицу повећање ефикасности пружене услуге, самим тим и очување или побољшање здравственог стања пацијента. Циљ докторске дисертације је реализација информационог система којим се може

значајно унапредити ниво удобности транспорта пацијената у санитетским возилима, као и транспорта уопште. Неки од очекиваних доприноса су:

1. Развој методе мерења потреса пацијента, возача и дијагностичких инструмената у возилу уз развој алгоритама за елиминацију сметњи
2. Развој методологије за одређивање нивоа удобности приликом транспорта и обавештавање возача о потребним корекцијама у вожњи у реалном времену
3. Развој модела машинског учења за класификацију и одређивање нивоа удобности приликом транспорта
4. Развој метода за складиштење измерених вредности у одговарајуће ГИС формате фајлова (KML - енг. *Keyhole Markup Language*) ради прегледа и визуелизације удобности остварене вожње на одговарајућој рути
5. Карактеризација потребних нивоа удобности за различите типове транспорта (примарни, секундарни) и различите типове пацијената, тј. медицинских дијагноза
6. Предложен метод за рангирање возила по нивоима удобности које пружају
7. Предложен метод за рангирање возача по нивоима удобности које остварују
8. Развијен поступак за валидацију транспортних могућности преправљаних теретних возила у санитетска возила или возила уопште
9. Развијен поступак за креирање мапа удобности путева у циљу одабира адекватне путање за наредне транспорте пацијената.
10. Развој апликације за удаљено праћење тренутне удобности али и локације санитетског возила преко серверске апликације у реалном времену

## 1.2 . Преглед стања у подручју истраживања

Утицај вибрација на човека је већ дуже време предмет разних истраживања. Када је тело под утицајем вибрација, делови тела вибрирају различитим амплитудама у зависности од композиције тог дела тела. Вибрације које делују на човека (HV-human vibrations) дефинишу се као ефекти механичких вибрација на људско тело. Понекад су ове вибрације пријатне или информативне (љуљашка, вибромасажер, мобилни телефон). Међутим могу бити и много интензивније у регуларним уловима рада са одређеним алатима (виљушкар, пнеуматски чекић, моторне тестере и сл.). Као посебан тип изложености вибрацијама су и утицаји вибрација малих учестаности, такозвана љуљања.

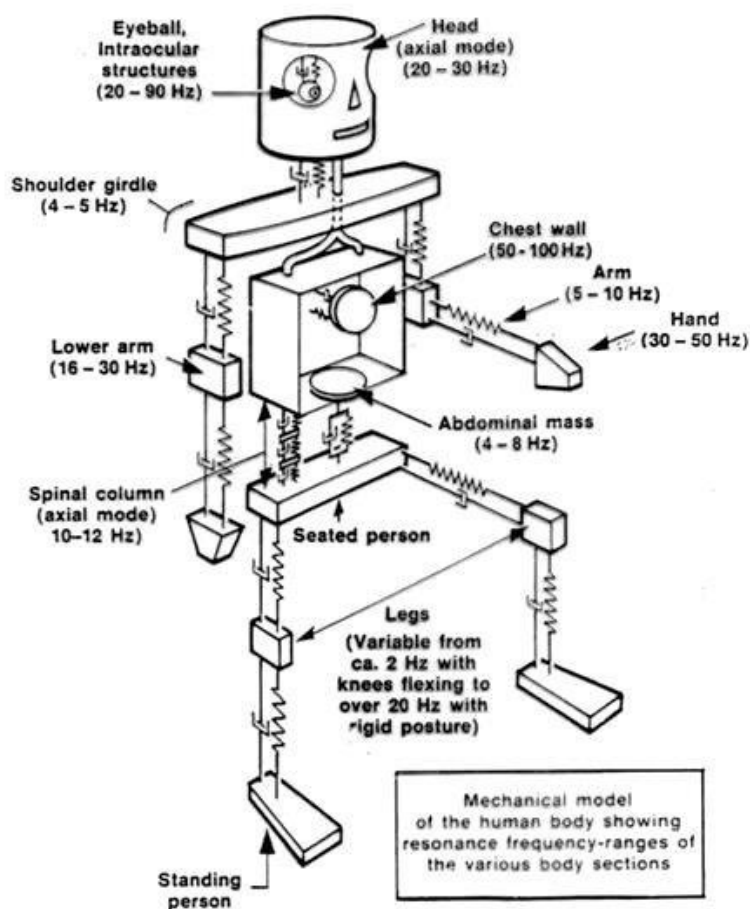


Најпознатија болест из ове категорије је „морска болест“ која се јавља типично на бродовима или код аутомобила са меким ослањањем где су учестаности вибрација у опсегу од 0.1 до 0.63 Hz. Такође, може се осетити мучнина и код употребе љуљашке.

Људско тело је веома сложен механички систем. Слика 1 даје приказ еквивалентне шеме људског тела посматраног као механички систем. Сваки део људског тела означен је са сопственом фреквенцијом.

Фреквенције делова људског тела:

- Глава аксијално 25 Hz
- Очна јабучица 30-80 Hz
- Рамени појас 4-5 Hz
- Грудни кош 60 Hz
- Абдомен 4-8 Hz
- Кичмени стуб 10-12Hz
- Ноге 2 Hz за савијена колена, а и преко 20 Hz за стајање



Слика 1. Еквивалентна шема механичког система људског тела са осетљивошћу на вибрације [7]

Дејство вибрација је још и веће ако се фреквенција којом је тело изложено поклапа са сопственом фреквенцијом неког дела тела.

Област која се бави изучавањем утицаја изложености људског тела вибрацијама се може поделити на две подобласти:

- **Вибрације целог тела** - *whole body vibration* - [1] 2631-1:1997 - Опште вибрације које делују на људско тело као целину, на целу површину тела, када се човек налази у окружењу машине која вибрира или које могу да се пренесу на цело тело кроз место контакта односно структуру ослонца.
- **вибрације шака и руку** - *hand arm vibration* - [8] ISO 5349-2 - Локалне вибрације које делују на поједине делове људског тела који су у непосредном контакту са вибрирајућим системом – најчешће је то систем шака-рука.

Поред поменутих, постоје још неколико стандарда и регулационих директива на нивоу света и Европске уније које регулишу и дефинишу препоруке о начину рада при оваквим условима. Тренутно активни стандарди и директиве:

- British Standard 6841 (1987). [9];
- ANSI S3.18:2002 [10];
- European Directive 2002/44/EC [11];
- The Control of Vibration at Work Regulations [12]
- EN 1789 [13].

На националном нивоу дефинисан је стандард ICS 13.160 (SRPS ISO 2631-1:2014 Mechanical vibration and shock: Evaluation of human exposure to whole-body vibration, Part 1: General requirements).

### **Вибрационе болести**

Као што је већ наведено, изложеност вибрацијама може бити штетна по људско тело па самим тим може довести и до такозваних „вибрационих болести“. Оне су обично класификоване и као „професионалне болести“ јер су последица дугорочног излагања вибрацијама у току професионалног обављања активности.

**ИЗЛОЖЕНОСТ ВИБРАЦИЈАМА = ВИБРАЦИЈЕ + ВРЕМЕ**  
**ВИБРАЦИОНА БОЛЕСТ = ИЗЛОЖЕНОСТ ВИБРАЦИЈАМА + ВРЕМЕ**

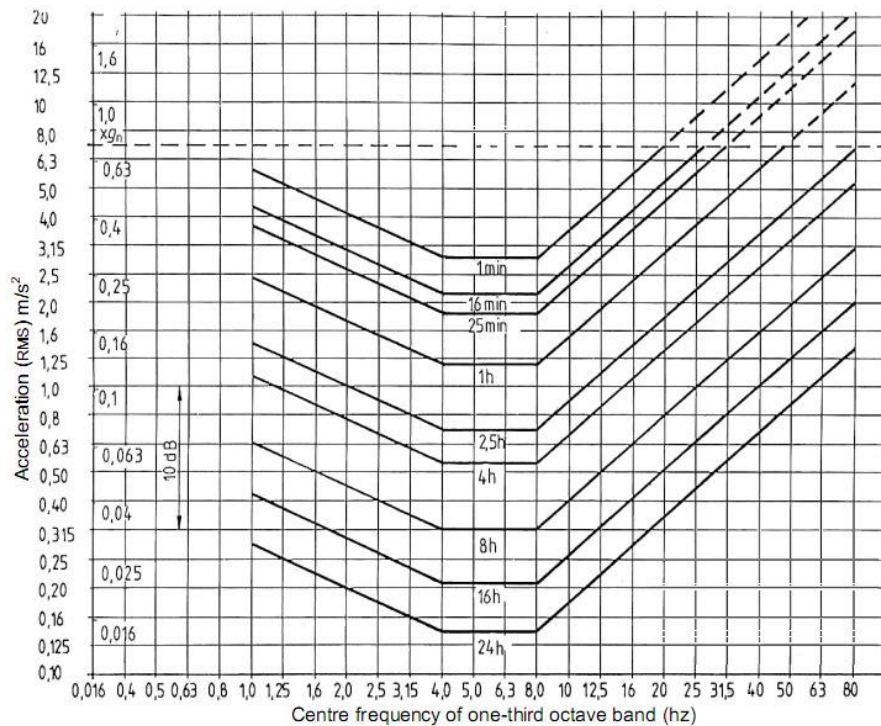
Краткорочне последице изложености вибрацијама могу бити мучнина, вртоглавица, болови у леђима и зглобовима, итд. Дугорочним излагањем вибрацијама може доћи и до трајних оштећења на ткивима, екстремитетима и зглобовима. Најчешће последице су у доњем делу леђа, раменом и вратном појасу као и у пределу стомака.

Иако можда не изгледа тако али вибрационе болести заузимају друго место у категорији професионалних болести са чак 18% у укупном уделу. Само су плућне болести заступљеније. Што се тиче болести проузрокованих вибрацијама шака и руку постоји неколико препознатљивих симптома (болови у подлактици, трњење прстију, белило прстију познато као Raynaud синдром). Вибрацијама целог тела већег интензитета најчешће су изложени возачи тешких и пољопривредних машина. Вибрацијама целог тела мањег интензитета изложени су возачи путничких возила. И једни и други као последицу дугог седења и изложености вибрацијама имају проблеме у доњем делу леђа као и стомаку.

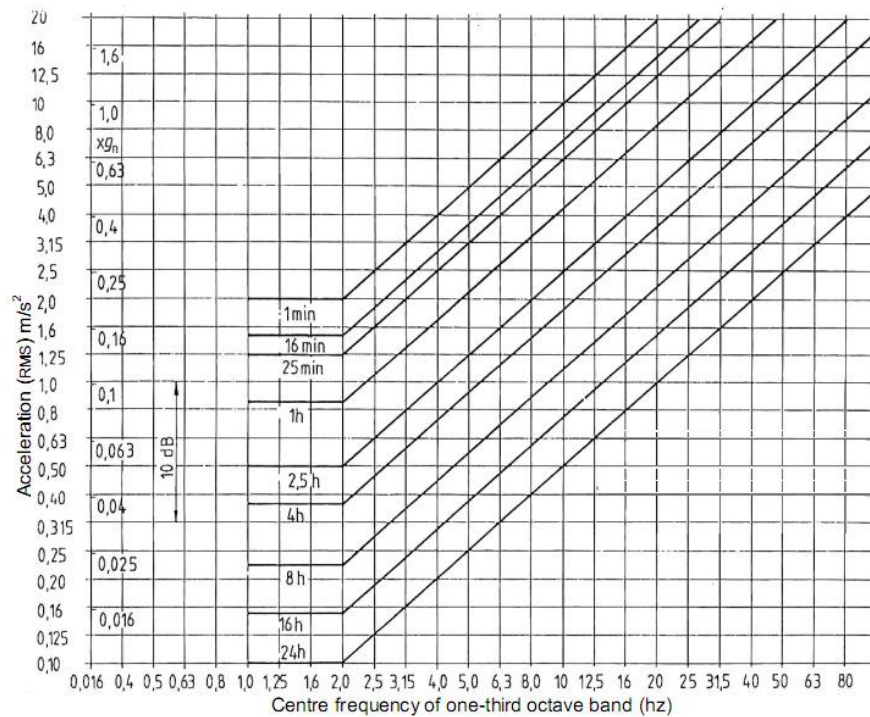
### **1.2.1. ISO 2631 мерење вибро удобности**

Проблем изложености вибрацијама људског тела је препознат и истраживан дуги низ година. Као последица, међународна организација за стандардизацију (ISO, International Organization for Standardization) је 1972. године издала ISO стандард 2631-1: „A Guide to the Evaluation of Human Exposure to Whole-Body Vibration” [1] који се адекватно показао па је и данас у општој употреби. Као и сваки, и овај стандард има за циљ да дефинише процес анализе изложености вибрацијама. Још важније је да је овај стандард увео и појам удобности тј. граничних вредности за оцењивање нивоа удобности.

Анализиран је и дефинисан утицај хоризонталних и вертикалних вибрација. На сликама (Слика 2. Границе вибро удобности за вертикалне вибрације (ISO 2631) и Слика 3. Границе вибро удобности за хоризонталне вибрације (ISO 2631)) су графички приказане границе вибро удобности за вертикалне и хоризонталне вибрације по ISO 2631-1 стандарду.



Слика 2. Границе вибро удобности за вертикалне вибрације (ISO 2631)[10]



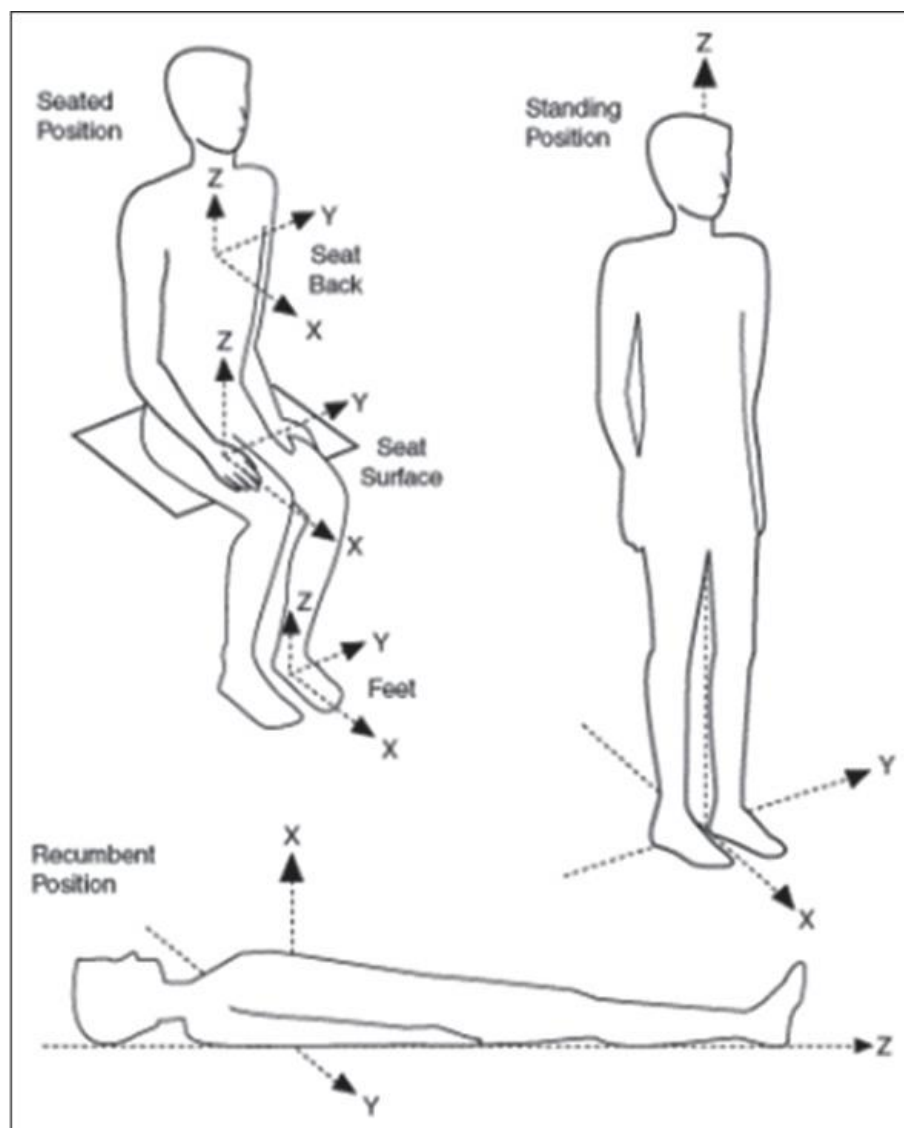
Слика 3. Границе вибро удобности за хоризонталне вибрације (ISO 2631) [10]

Све криве које представљају граничне вредности вибро удобности су истог облика, само су померене у зависности од времена изложености вибрацијама. Што је већи интензитет вибрација краће је време којем је могуће бити изложен без неких значајнијих

последица. Највећа осетљивост на вертикалне вибрације је у опсегу од 4 до 8Hz и том учестаностима је потребно бити најмање изложен.

Што се тиче хоризонталних вибрација, толеранција је нижа него на вертикалне. Осетљивост на вибрације испод 1Hz је посебно дефинисана јер те вибрације изазивају осећај мучнине. Подаци представљени у овом стандарду си базирани на претходним истраживањима. Главни недостатак је везан за недефинисаност међусобног утицаја компоненти различитих фреквенција које засигурно повећавају утисак неудобности.

Ради усаглашавања обележавања оријентације оса, стандард даје и препоруке за обележавање и оријентацију оса у три стандардна положаја путника (Слика 4).



Слика 4. Оријентација оса акцелерометра при седећем, стојећем и лежећем положају путника [10]

Слика 4 приказује положај седења, стајања и лежања. У сва три положаја оријентације оса треба да су подешене на следећи начин:

- X – излази из груди увек
- Y – бочно увек
- Z – у правцу осе тела, излази из главе или из стопала ако се креће са ногама напред

### Поступци оцењивања вибро удобности

Постоји неколико начина за оцену вибро удобности дефинисаних стандардом:

- Ефективна вредност убрзања  $a_{RMS}$
- Тежинска вредност убрзања  $a_w$
- Дневна изложеност вибрацијама  $A(8)$
- Доза вибрација (vibration dose value – VDV)

**Ефективна вредност убрзања** ( $a_{RMS}$ ) се рачуна по формули (1):

$$a_{RMS} = \sqrt{\frac{a_1^2 + a_2^2 + a_3^2 + \dots + a_n^2}{n}} \quad (1)$$

Вредности  $a_1, a_2$  до  $a_n$  представљају вредности измерених убрзања, где је  $n$  број одмерака у посматраном интервалу времена. Свака од вредности у претходној формули представља модул убрзања над све три осе акцелерометра (X, Y и Z) који се рачуна по формули (2).

$$a = \sqrt{X^2 + Y^2 + Z^2} \quad (2)$$

По ISO 2631 стандарду за методу ефективне вредности убрзања дефинисани су опсежи за шест граничних вредности категорија удобности (Табела 1).

Табела 1. Опсежи вредности  $a_{rms}$  за процену удобности

$a_{RMS}$ [m/s <sup>2</sup> ]	Ниво удобности
0-0.315	Удобно
0.315-0.63	Мало неудобно
0.5-1	Мало више неудобно
0.8-1.6	Неудобно
1.6-2.5	Веома неудобно
> 2.5	Екстремно неудобно

Дефинисане су вредности од „удобно“ до „екстремно неудобно“. Нивои удобности „мало више неудобно“ и „неудобно“ се делимично преклапају.

**Тежинска вредност убрзања  $a_w$**  анализира утицај фреквенција вибрација при одређеном убрзању. Рачуна се по формули (3).

$$a_w = \sqrt{\sum_{i=1}^n (w_i a_i)^2} \quad (3)$$

$a_i$  – вредност убрзања у одмерку  $i$

$W_i$  – тежинска вредност за одмерак  $i$  дефинисана стандардом ISO 2631-1 (Слика 5). Мана и ове методе је постојање неслагања око правилног облика тежинске функције, али се сви слажу да је највећа осетљивост у опсегу од 4 до 13 Hz.

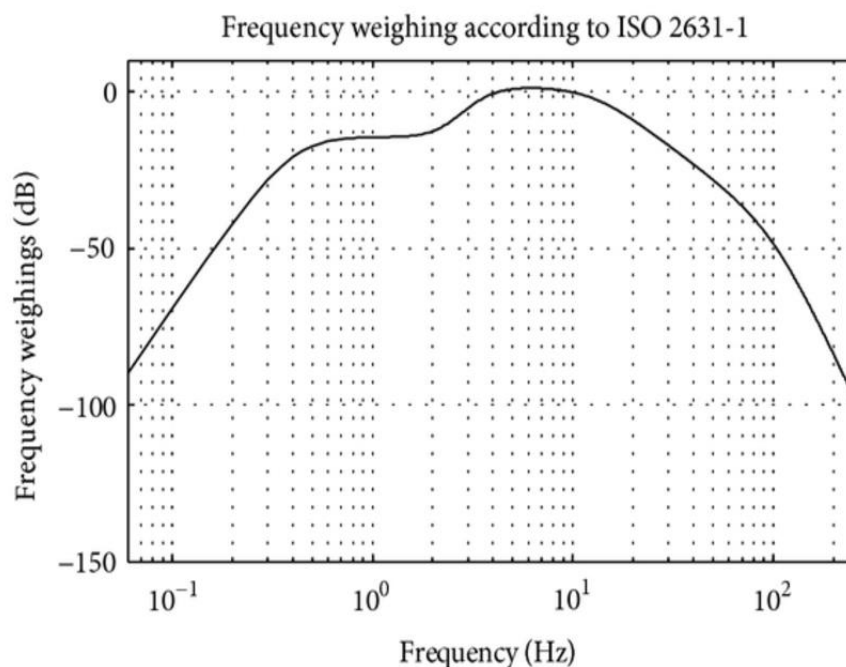
**Дневна изложеност вибрацијама  $A(8)$**  анализира временску изложеност вибрацијама. Представља количину апсорбованих вибрација у  $m/s^2$  а број 8 означава осмочасовно радно време. Рачуна се по следећој формули:

$$A(8) = K a_{wi} \sqrt{\frac{t}{480}} \quad (4)$$

$a_{wi}$  - фреквенцијско тежинско убрзање ( $m/s^2$ )

$k$  - коефицијент множења (x-оса:  $k=1.4$ , y-оса:  $k=1.4$  и z-оса:  $k=1$ )

$t$  - време изложености вибрација у минутима



Слика 5. Тежинска крива дефинисана стандардом ISO 2631-1 [10]

**Доза вибрација (vibration dose value – VDV)** узима у обзир изненадне пикове у вредностима убрзања, тј. нагла скретања и ударце. Такође као резултат даје једну вредност. На прорачун утичу амплитуда, фреквенција као и време изложености вибрацијама. Рачуна се по следећој формули:

$$VDV = \sqrt[4]{\int_0^T a_w^4(t) dt} \quad (5)$$

$a_w$  - тежинско убрзање по формули (3)

T – време изложености вибрацијама

Због четвртог корена VDV је осетљивији на велике пикове убрзања.

Табела 2. Дозвољене вредности вибрација утврђене стандардом и директивама: приказане су упоредне вредности за тежинско убрзање ( $a_w$ ) и дозу вибрација (VDV). Дефинисане су две граничне вредности (доња и горња).

Табела 2. Дозвољене вредности вибрација утврђене стандардом и директивама:

	ISO 2631-1		Европска Директива 2002	
	$a_w$ [ $m/s^2$ ]	VDV [ $m/s^{1.75}$ ]	$a_w$ [ $m/s^2$ ]	VDV [ $m/s^{1.75}$ ]
Доња гранична вредност	0,43	8,5	0,5	9,1
Горња акциона вредност	0,86	17	1,15	21

Доња гранична вредност - вредност којој радник сме бити изложен уз примену личних заштитних средстава.

Горња акциона вредност - вредност када је послодавац дужан да предузме мере за смањење вибрација.

Све представљене методе имају своје предности и мане и дефинисане су у оквиру стандарда и регулатива. Као главни закључак наводи се да на удобност утичу амплитуда осцилација, спектар фреквенција и дужина изложености вибрацијама. Међутим постоје велике несугласице око тачности тежинске криве. Поред тога, употреба тежинске криве у прорачунима у многоме отежава поступак прорачуна а у поређењу не даје боље резултате у свим случајевима. Сходно овоме, кроз праксу се за најкоришћенију методу испоставила **метода ефективне вредности убрзања [10]** базирана на формули (1).



## 1.2.2. Преглед научне литературе

У претходном поглављу су већ представљени тренутни стандарди и регулативе на пољу вибро удобности који су у званичној употреби. Такође, постоји и велики број научних истраживања у овој области.

У раду [14] аутори су анализирали утицај дужине изложености вибрацијама, као и интервала одмора између изложености. Закључено је да нема неке значајне разлике у нивоу неудобности за интервале 10, 15 или 20 секунди изложености вибрацијама, са периодима одмора од 5 или 10 секунди.

У раду [15] аутори су анализирали повезаност неудобности и укупне дозе вибрација за различите осе утицаја. Приметили су значајне разлике у осећају неудобности у зависности од осе деловања за приближно исте вредности укупне дозе вибрација. Вертикалне вибрације које делују само по једној оси су се показале као мање неудобне него више-осне вибрације истог или мањег интензитета. Ово истраживање показује да нивои и фреквенцијске тежинске шеме дефинисане и представљене ISO стандардом 2631-1 се морају узимати у обзир у комбинацији више оса, тј. у више-осном деловању и да се морају детаљније анализирати..

Акцелерометар је најкоришћенији сензор у овој области. Разлог лежи у томе што он може детектовати и статички утицај гравитације али и динамичке утицаја проузроковане кретањем. Аутори [16, 18] развили су аутоматизоване посматраче у реалном времену и систем процене смера, заснован на проширеном Калмановом филтру (ЕКФ) који раде над подацима са акцелерометра. Аутори [19] детектовали су ударне рупе на основу података са акцелерометра. У приказаном истраживању коришћен је високо-пропусни филтер за селекцију вибрација високе учестаности и елиминисање статичких положаја и ниских учестаности.

Употреба паметних мобилних уређаја у истраживачке сврхе је у константом порасту. Главни узрок је у хардверу који поседују (акцелерометар, жироскоп, GPS сензор, вишејезгарни процесор) па је могуће развити сложене апликације које могу радити са овим сензорима а уједно нису везане за строго контролисане лабораторијске услове и могу се применити у разним сценаријима мерења. Још један важан аспект је њихова доступност, тј. јако велики број људи поседује паметне уређаје па ће самим тим и апликације развијене за њих бити доступне великом броју корисника. У раду [20]

описан је мобилни систем за детекцију путних нерегуларности употребном паметних телефона базираних на Андроид оперативном систему. Аутори су користили само вертикалну осу у својим прорачунима занемарујући бочне утицаје вибрација.

У раду [21] разматрани су проблем праћења транспорта и стања на путевима употребом паметних мобилних уређаја. Такође, циљ је био и детектовање узрока неудобности.

На основу ISO 2631-1 стандарда, изложеност целог тела вибрацијама је ризична по здравље па је неопходно пратити и мерити изложеност вибрацијама. У стандарду је приказано да, у реалним условима, људи који су изложени вибрацијама, су изложени том утицају дуже него што је препоручено. Међутим, иако стандард има дефинисане вредности удобности, сама удобност је јако субјективна и тешка за евалуацију. Аутори радова [22], [23] показали су веома мало поклапање између предвиђеног осећаја удобности дефинисаном по ISO 2631-1 стандарду у односу на субјективни осећај особа изложених вибрацијама. У истраживању су анализирани радници који су радили на тешким машинама на градилиштима, у шумарству као и у рударству. Они спадају у јако ризичну категорију радника јер су веома дуго изложени јаким вибрацијама.

Дуготрајна изложеност вибрацијама на послу може довести и до трајних проблема и оштећења. У раду [24] аутори су показали повезаност између изложености вибрацијама са одласком у превремену пензију. Систем за праћење изложености вибрацијама развијен је у виду Андроид апликације. Код послова где је повећана изложеност вибрацијама доста је заступљенија превремена пензија. Већ је напоменуто да су возачи једна од најризичнијих категорија радника. У раду [25] аутори су закључили да и године као и тежина возача (путника) имају утицај на осећај удобности током транспорта. Више година и неадекватна тежина неповољно утичу на осећај удобности при истим условима транспорта.

Сама тематика транспорта је такође веома актуелна у истраживањима. С обзиром да је саобраћај јако сложен и динамичан систем, аутори рада [26] предлажу употребу система вештачке интелигенције у овој области. Наглашене су предности ових техника у односу на статистичке због динамике промена услова саобраћаја. Због тога је јако важно урадити квалитетно креирање, тестирање и евалуацију модела који би био коришћен у ове сврхе. У раду [27] неуронске мреже су коришћене за предикцију путања приликом транспорта лекова. У раду [28] аутори су анализирали могућност предикције

загушења у транспорту. Показано је да неуронске мреже могу бити ефикасне у овом пољу, и да могу помоћи у раном обавештавању и проналажењу решења приликом загушења у саобраћају. Такође, поменуте технике су коришћене у раду [29] за анализу квалитета јавног транспорта, док у раду [30] за препознавање типова кретања, ходање, вожња, бициклизам, итд. У раду [31] аутори препоручују децентрализован интелегентни транспортни система са дистрибуираном интелигенцијом базираном на техникама класификације.

**Транспорт пацијената** је веома специфична категорија транспорта. Специфичност се огледа у томе што пацијенти као путници имају и неке менталне или физичке проблеме због којих имају другачију перцепцију удобности транспорта. Од свих аспеката који утичу на удобност, генерално је прихваћено да вибрације имају највећи утицај. Ефекат изложености људи вибрацијама у различитим ситуацијама већ је описан.

Транспортна удобности утиче на ментално и физичко стање, чак и здравих путника. Утицај на пацијенте може бити још већи, јер изложеност вибрацијама, буци, неприкладној температури, али и осталим субјективним параметрима, може негативно утицати на психо-физичко стање пацијента.

Транспорт пацијената се може поделити генерално на примарни и секундарни. Примарни транспорт [32] је транспорт пацијената са места повреде или болести до прве медицинске установе која је адекватна за пружање медицинске услуге. Обично ову услугу пружа хитна служба. Секундарни транспорт [33] је транспорт пацијената из једне у другу медицинску установу (међу-болнички транспорт).

Транспорт пацијената се најчешће обавља помоћу амбулантних возила хитне службе. Ова возила су посебно дизајнирана за транспорт пацијената, и требало би да испуњавају правила и регулативе дефинисане у Европском стандарду [13]. Овај стандард дефинише захтеве за дизајн, тестирање, перформансе и опремљеност амбулантних возила која се користе у превозу пацијената.

Дизајн возила хитне службе представљен је у [34]. При дефинисању препорученог дизајна мора се водити рачуна у прилагодљивости разним типовима пацијената, тј. повреда. Уз све то треба омогућити оптималан начин пружања медицинске услуге од стране медицинског особља током транспорта. Препоруке везане за транспорт пацијената са повредама главе представљене су у [35] док пацијенти са

повредама кичме треба да буду транспортовани као што је представљено у [36]. За обе категорије, генерално основна препорука је пажљив и миран транспорт. Сходно овоме, веома важан аспект би било омогућити праћење удобности транспорта пацијената.

У прегледу сродних истраживања виде нека важна запажања која су имплементирана и у предложеној докторске дисертације. Неопходно је анализирати сигнале у све три осе да би се могли детектовати сви узроци неудобности. Интервал прорачуна и одлучивања може бити статички. Субјективни осећај удобности може бити доста другачији од вредности дефинисаних ISO 2631 стандардом.

Са медицинског аспекта, изложеност вибрацијама током транспорта је ризик по здравље, чак и за здраве особе. Ситуација за пацијенте које је потребно транспортовати је још специфичнија јер они већ имају одређене психо-физичке здравствене проблеме. Зато је веома важно развити систем за праћење и евалуацију удобности у свим условима који би се могао најлакше користити и бити доступан што ширем скупу корисника.

Могућности примене информационих технологија су веома велике баш у овом пољу. Паметни телефони су све јачих процесних могућности, а и технике вештачке интелигенције су све моћније и постају довољно ефикасне да се могу користити у сложеним и динамичким системима као што је транспорт у реалном времену. Здравствено стање путника који се транспортује је још једна веома важна ставка у субјективном осећају удобности транспорта. Ова докторска дисертација представља управо спој истраживања у поменутих областима.

## 1.3. Преглед дисертације

Докторска дисертација је организована у пет поглавља. У уводном поглављу дат је кратак опис предмета и циљева докторске дисертације. Након тога, изложен је преглед стања у подручју истраживања са теоретским основама коришћених научних метода. Дат је и преглед тематике сродних истраживања.

Друго поглавље ставља акценат на проблематику транспорта путника са посебним освртом на транспорт пацијената. Представљени су типови транспорта, организација у транспортним службама као и у медицинским установама где је потребно вршити транспорт пацијента. Такође, детаљније су представљене функционалности санитарских возила за правилан транспорт пацијената.

Наредно поглавље као главну тематику има мониторинг удобности транспорта. У овом поглављу дат је преглед неопходних делова за развој апликација за паметне уређаје који би се могли користити у ове сврхе. Дат је преглед доступних сензора, метода за оријентацију и калибрацију сензора, као и начин развоја и организовање архитектуре апликације ради задовољења неопходних захтева. Представљене су главне функционалности апликације за мониторинг удобности транспорта, као и формати резултата њене употребе.

Сложеност параметара који утичу на евалуацију удобности захтева употребу техника вештачке интелигенције. У ове сврхе неколико алгоритама класификације је упоредо тренирано и тестирано у процесу класификације удобности транспорта. Резултати и анализа добијених резултата представљени су на крају овог поглавља.

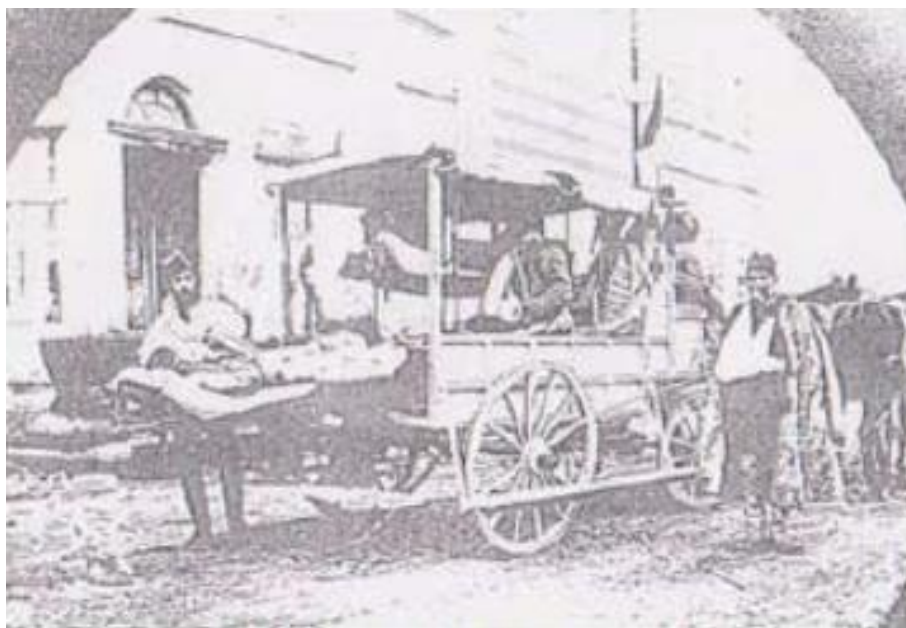
Пето поглавље детаљније представља информациони систем за централизовану обраду података о удобности транспорта. Приказане су функционалности регистрованих корисника, као и администратора целе платформе. Посебно су представљени додатни резултати након прикупљања одређене количине података од стране клијената. Представљена је мапа удобности путева, као и технике кластеризације за ефикаснији преглед информација.

На крају, дата је анализа могућности употребе информационог система у другим сегментима транспорта. Изведени су закључци након целокупног истраживања, уз попис коришћене литературе током израде дисертације.

## 2. Транспорт пацијената

Историјски развој службе за транспорт пацијената је уско повезан са развојем саобраћаја и превозних средстава. За возила која се употребљавају у ове сврхе користи се термин „Санитетско возило“. Служе за транспорт пацијената и пружање неопходне медицинске помоћи током транспорта. Санитетска возила су опремљена инструментима за непрекидни мониторинг и одржавање виталних функције пацијената.

**Историјски развој санитетске службе** на овим просторима описан је у раду [37]. Употреба санитетских возила на територији Београда а уједно и целе тадашње државе датира од 1871. године. Тада су за транспорт пацијената коришћена запрежна возила са простирком од сламе. Већ наредне године у Бечу набављено је и прво право запрежно санитетско возило типа „мунду,, (Слика 6). Са овим возилима је пружана медицинска помоћ у ослободилачким српско-турским ратовима 1876. и 1878. године, као и у Српско-бугарском рату 1885. године. У то време је употребљен и први санитетски воз за евакуације рањеника. Значајнију примену имао је у Балканским ратовима 1912. и 1913. године, као и током Првог светског рата.



Слика 6. Запрежно возило типа „мунду“



Слика 7. Први санитарски аутомобил при војсци, поклон савезника Дринској дивизији током Првог светског рата

За време Првог светског рата савезничке земље су поклониле и први санитарски аутомобил на територије целе Краљевине Србије (Слика 7) за потребе Дринске дивизије. Први санитарски аутомобили сличних особина са савременим санитарским возилима стигли су у Београд 1919. године. У питању су била возила марке „Маг“, „Форд“ и „Интернационал“ а 1937. године и возила марке „Опел-блиц“, који су поседовала и опрему за спасавање у пожарима.

У другом светском рату уништена су сва санитарских возила. Тек након завршетка рата обновљена су два „Опел-блиц-а“ и преправљено десет возила марке „Шкода“ у полу-санитарска возила. Све до 1954. године ово су била једина санитарска возила. Возни парк је обновљен са 20 нових најквалитетнијих санитарских возила марке „Форд“ и „Шевролет“.

Крајем 60-тих и почетком 70-тих година двадесетог века креће и развој домаће аутомобилске индустрије. Фабрике „Застава“ у Крагујевцу, индустрија моторних возила из Новог Места у Словенији и касније фабрика „Цимос-Цитроен“ у Копру производиле су веома квалитетна санитарска возила. Престанак производње возила „застава 1300“ типа комби, из непознатих разлога, учинили су проблем за обнову и унапређење возног парка поново врло актуелним.

У ратном периоду 90-тих година и у послератном периоду за време санкција ситуација је била доста тешка. Није било довољно средстава и могућности за улагање и

обнављање возног парка санитарских возила. Преправљана теретна комби возила су коришћена као санитарска возила.

Тренутно је ситуација доста боља јер је током претходних година дошло до осавремењавања возног парка и набавке одређеног броја нових возила. Тренутно су у употреби углавном комби санитарска возила тип Б марке „Цитроен“, „Фиат“ и „Рено“.

**Ваздушна хитна медицинска помоћ** основана је у Београду је 1985. године. Због специфичности употребе хеликоптера у ове сврхе 1987. године усвојен је Правилник његовој употреби са дефинисаним стањима пацијената који су препоручени за овакав вид транспорта. У питању су хитни транспорти тешко повређених пацијената на велика растојања или транспорт пацијената са тешко приступачних локација. Слика 8 приказује један санитарски хеликоптер и медицинско особље које га опслужује.



Слика 8. Санитарски хеликоптер

Поред санитарског хеликоптера постоје и санитарски авиони који се користе за транспорте пацијената на већим релацијама.

## 2.1. Разлози за транспорт пацијента

Као што је већ наведено, транспорт пацијента треба да буде у циљу побољшања здравственог стања пацијента. Табела 3 представља главне разлоге за транспорт пацијената који су представљени и описани у радовима [38], [39].



Табела 3. Разлози за транспорт пацијента

Разлози за трансфер пацијената	Објашњење
Хитно указивање неге	Приликом саобраћајних несрећа или незгода на радном месту где је неопходно што пре транспортовати пацијента до прве медицинске установе.
Недостатак неопходних усанава	Недостатак неопходних усанава на локацији пацијента. Викендице, приватни поседи или приватне болнице које немају довољно капацитета.
Медицинске истраге	Потреба за специјалистичким испитивањима у циљу истраживања.
Одсуство уобичајене клиничке стручности	Нормална медицинска стручност обично није доступна на локацији за упућивање због одсуства медицинског особља, на пример, потребан васкуларни хирург, празници ...
Специјалистички објекти	Медицинска експертиза или терапеутска интервенција у специјалним објектима.
Повратак у место пребивалишта	Доживљене повреде ван места пребивалишта, па је неопходан трансфер у место пребивалишта.
Не-клинички трансфер	Тренутна недоступност одговарајућег особља за критичну негу на референтној локацији.

За сваки од наведених разлога могуће је детаљније дискутовати о специфичним ситуацијама које захтевају транспорт пацијента. Углавном, главни разлози су указивање неге на месту које је боље опремљено или има специјалистички кадар. Некада хитност интервенције доводи до транспорта пацијента у најближу медицинску установу а не у најприкладнију. На ову тематику постоје и даље дискусије, да ли је већа предност хитна интервенција у не баш адекватну установу, или транспорт у оптималну али удаљенију установу која је компетентнија за конкретно медицинско стање пацијента.

## 2.2. Подела транспорта пацијената на основу медијума за транспорт

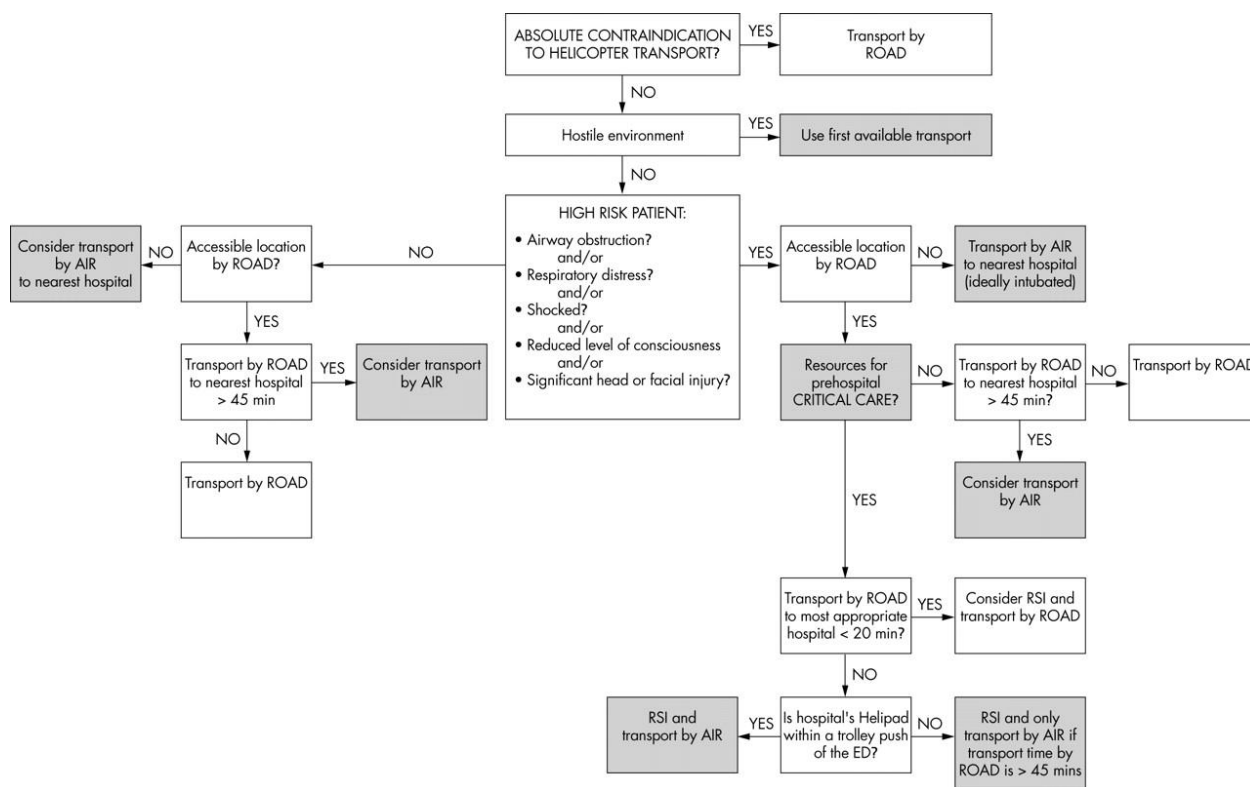
На основу медијума, транспорт пацијената се може поделити на копнени и ваздушни. Копнени саобраћај се обично обавља санитарским возилима која су посебно прилагођена за транспорт пацијената. Ваздушни саобраћај се обавља хеликоптерима или авионима који су такође делимично прилагођени специфичним захтевима за транспорт пацијената.

Велика већина транспорта се обавља копном, а мањи део ваздушним путем. Ваздушни пут се бира у специфичним случајевима (хитност транспорта, временски услови или немогућност приступа месту несреће).

Ваздушни превоз хеликоптером постаје све доступнији, али често се дешава да идеална места за слетање нису у близини крајњег одредишта пацијента. На одабир медијума за транспорт пацијента утичу следећи фактори:

- Медицинско стање пацијента – тип болести
- Хитност премештања
- Доступност превоза
- Приступачност на месту несреће путем и ваздухом
- Саобраћај и временски услови
- Ресурси локалне болнице
- Трошак

Слика 9. Алгоритам прехоспиталног транспорта [39] представља алгоритам прехоспиталног транспорта. Креиран је и описан у раду [39] након анализе и евалуације доступне литературе као и искустава учесника у транспорту.



Слика 9. Алгоритам прехоспиталног транспорта [39]

Као што се види из приказаног алгоритма постоје јасно дефинисани услови када треба извршити транспорт копненим, а када ваздушним путем.

- Уколико нема апсолутних контраиндикација за транспорт ваздушним путем разматра се какво је окружење на којем треба преузети пацијента.
- Након тога анализира се стање пацијента, тј. да ли је пацијент високог ризика.
  - Ако није, онда се проверава да ли је могуће прићи путем и да ли је време транспорта мање од 45 минута (ако није, размислити о транспорту ваздушним путем).
  - Ако јесте, онда чак проверити могућности пружања критичне неге на месту преузимања пацијента, и ако таквих услова нема, да ли је најближа адекватна установа удаљена мање од 20 минута. Ако није, размислити о транспорту ваздушним путем до најадекватније установе за пружање неге.

## 2.3. Подела транспорта пацијената на основу организације

На основу организације у медицинским службама задуженим за транспорт пацијената, подела транспорта се може извршити на:

- Примарни транспорт
- Секундарни транспорт

### 2.3.1. Примарни транспорт пацијената

Примарни транспорт представља транспорт пацијента са локације болести или доживљене незгоде до прве адекватне медицинске установе. Примарни транспорт и неопходна нега пацијента пре смештања у болницу описана је у радовима [32] и [40]. Специфичност овог типа пружања медицинске услуге је што се изводи ван болничког окружења. Самим тим велики број доктора није спреман или прихвата веома стресно овакво пружање помоћи. Овај транспорт се може поделити на:

- ургентни
- регуларни.

**Ургентни** примарни транспорт се спроводи приликом изненадних несрећа и неопходно је хитно пружање медицинске услуге и прве помоћи пацијенту. Такође неопходно је и таквог пацијента што пре транспортовати у најадекватнију или најближу медицинску установу. Чак и у веома добро организованим хитним службама од тренутка доживљења несреће па до транспорта пацијента у медицинску установу протекне између 30 и 45 минута (стизање медицинске помоћи на место несреће, давање прве помоћи пацијенту и припрема за транспорт, транспорт до медицинске установе). Утицај времена пружања услуге на доживљену трауму описан је у раду [41]. Управо ово време и квалитет пружања адекватне услуге може бити пресудан по живот пацијента. Најважније је што пре да се пацијент доведе у примарну медицинску установу. Транспорт се врши већом брзином и комфор није од примарне важности, за већину медицинских стања.

**Регуларни** примарни транспорт представља транспортовање пацијената до медицинске установе на заказане терапије или прегледе. То обично буду пацијенти са

дугорочним медицинским стањима која захтевају редовне терапије које се не могу обављати кући (дијализа, кућна нега, ...).

### 2.3.2. Секундарни транспорт пацијената

**Секундарни** транспорт пацијената представља транспорт пацијента из једне медицинске установе у другу. Разлози за секундарним транспортом су већ уписани у претходном поглављу. Као што је и наведено, постоји велики број клиничких и не клиничких разлога за секундарним транспортом. У раду [33] описан је поступак неговања и праћења пацијента приликом секундарног транспорта.

Постоји и посебна категорија транспорта пацијента, а то је **унутрашњи транспорт** (intrahospital), када је неопходно транспортовати пацијента унутар исте медицинске установе на неки преглед или снимање.

И примарни и секундарни транспорт не би требало да утичу на тренутно стање пацијента, већ да буду у циљу побољшања његовог здравственог стања.

Такође, и све типове транспорта је могуће поделити на:

- ургентне
- регуларне

За **ургентни** секундарни транспорт обично је потребно хитно транспортовати пацијента који је већ смештен у некој медицинској установи, у другу медицинску установу, ради стручнијег прегледа, хитне интервенције од стране стручнијег особља. Транспорт се врши већом брзином и комфор такође није од примарне важности, али има већу важност него код примарног ургентног транспорта.

**Редовни** секундарни превоз је транспорт пацијента који је у стабилном медицинском стању. Превоз се обавља редовном брзином, уз препоруке за одговарајућу удобност.

### 2.3.3. Статистика транспорта пацијената у хитној служби Чачак на основу организације

У току рада на овој докторској дисертацији остварена је сарадња са хитном службом у Чачку. Превоз пацијената у хитној служби Чачак подељен је већ по описаним правилима на наредне категорије:

- Примарни: превоз пацијената са места интервенције у установу примарне здравствене заштите. У оквиру примарног превоза, превоз пацијената је подељен на хитност првог нивоа (хитни транспорт до установа примарне здравствене заштите) и на редовни превоз (превоз од кућних посета до примарне медицинске установе ради редовне интервенције).
- Секундарни: превоз пацијената између медицинских установа. У оквиру примарног превоза, превоз пацијената је подељен на локални и међуградски превоз. Локални превоз је редован превоз. Међуградски превоз је подељен на хитност првог нивоа и редован превоз.

Табела 4. приказује дневни, месечни и годишњи број превоза у Чачанској служби хитне помоћи, подељен по дефинисаним категоријама.

Табела 4. Статистика транспорта у хитној служби Чачак

Број транспорта	Примарни транспорт		Секундарни транспорт		
	Ургентни	Регуларни	Локални	Међуградски	
			Регуларни	Ургентни	Регуларни
Дневни	3-14	10-30	5-16	2-4	10-30
Месечни	80	300	150	20	350
Годишњи	1000	3500	2000	80	4500

Дневне вредности су приказане од минималног до максималног броја, а месечни и годишњи бројеви су просечне вредности. Процентуално најзаступљенији типови транспорта пацијената су регуларни транспорти, где се пацијенти по устаљеном редоследу транспортују до медицинских установа ради заказаних анализа. Ургентни транспорти су мање заступљени и дешавају се изненада.

Поред приказаних транспорта, постоји и један посебан тип транспорта где се пацијенти не превозе, већ медицинско особље возилима хитне службе иде у **кућне посете**. Циљ кућних посета је обилажење пацијената који су на кућном лечењу и давање адекватне терапије. При овим транспортима нема праћења удобности транспорта али се може пратити удобност транспорта медицинског особља, возила и возача.

## **2.4. Санитетска возила**

Избор одговарајућег транспорта и безбедност пацијената су веома важни. Поред фактора предострожности који се могу предузети пре транспорта, током транспорта треба узети у обзир и удобност пацијената. Бука, вибрације и удобност пацијента морају се узети у обзир и у ваздушном и у друмском саобраћају.

У Републици Србији велика већина транспорта пацијената обавља се санитарским возилима копненим путевим. Ова возила су посебно дизајнирана и прилагођена својој сврси. Постоје три типа санитарских возила која су описана у раду [13]. Овај европски стандард прецизира захтеве за дизајн, тестирање, перформансе и опремање путних возила хитне помоћи које се користе за превоз и негу пацијената. Свако возило мора бити прописно опремљено. Опрема у возилу уз медицинску помоћ треба да обезбеди адекватну сигурност пацијента и свих путника у возилу.

### **2.4.1 Типови санитарских возила**

Постоји неколико врста санитарских возила:

- тип А - амбулантна возила за превоз пацијената - пројектована и опремљена за превоз пацијената за које се не очекује да постану хитни (нису ургентни).
  - Тип А1 – намењен за једног пацијента
  - Тип А2 – намењен за једног или више пацијената на носилима или седиштима
- тип Б – амбулантна возила хитне службе - пројектована и опремљена за превоз, основно лечење и праћење пацијената
- тип Ц - амбулантна возила - мобилно одељење интензивне неге - дизајнирано и опремљено за превоз, напредно лечење и надзор пацијената.



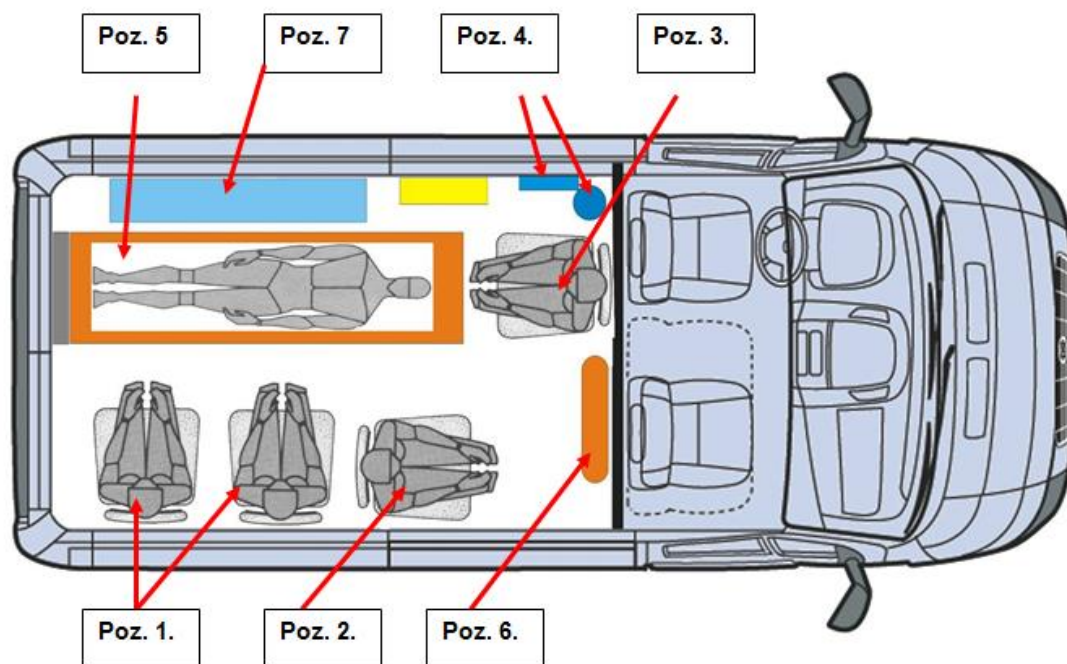
Слика 10. Санитетско возило - тип А



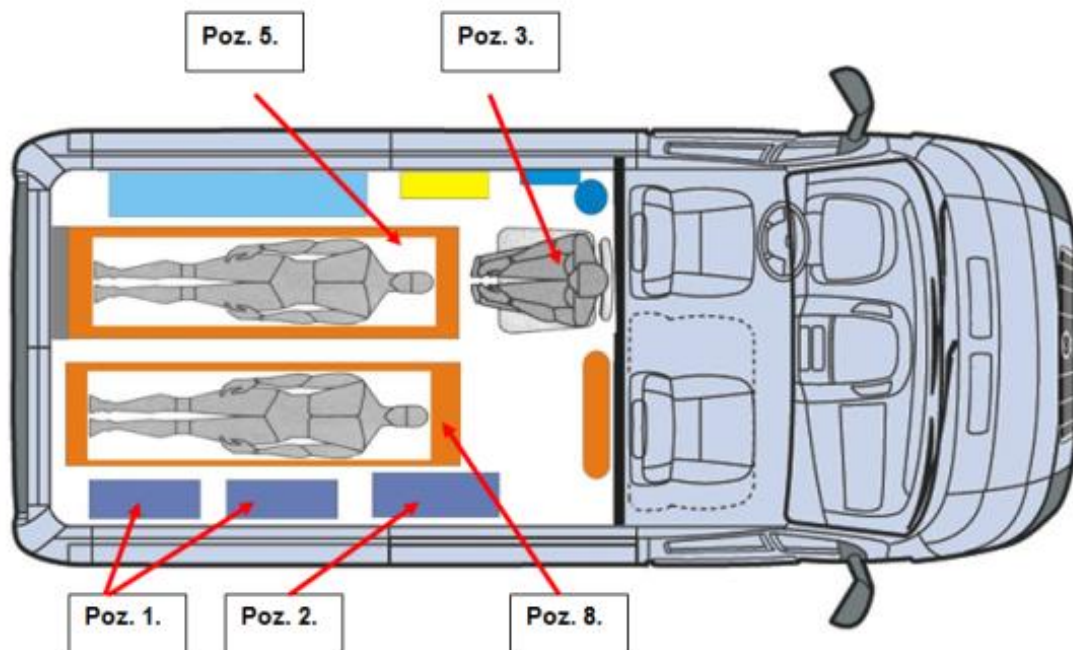
Слика 11. Санитетско возило - тип Б



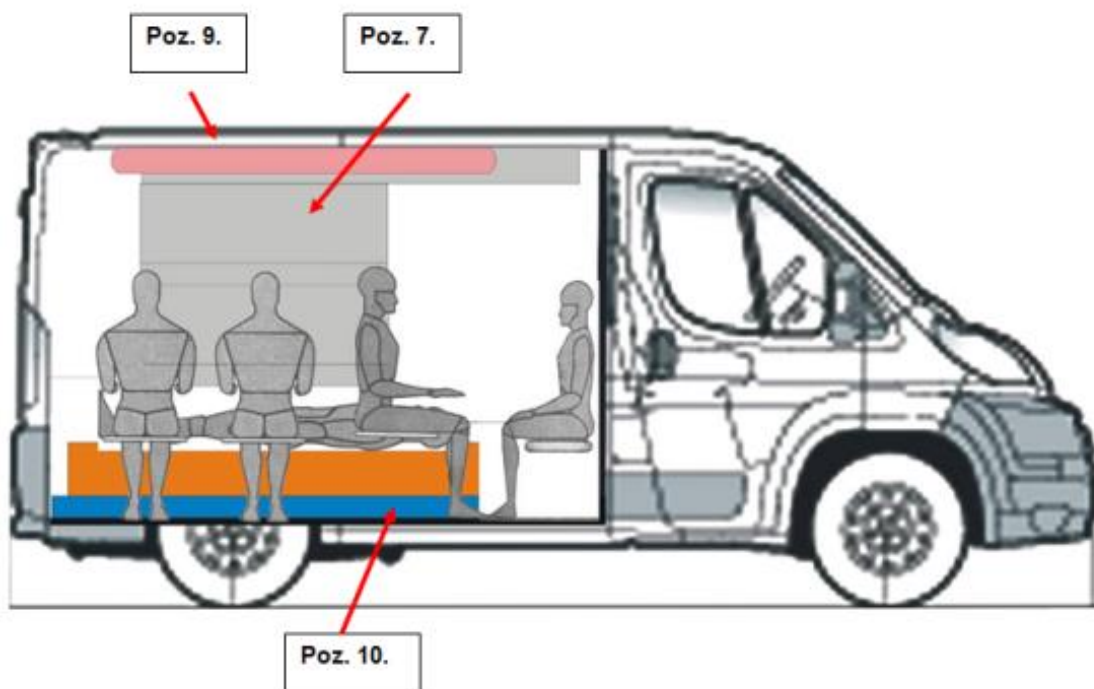
Слика 10. Санитетско возило - тип А приказује мање специјализовано путничко возило прилагођено за транспорт пацијената. Слика 11 приказује најзаступљенији тип санитарских возила (тип Б). У питању су комби возила опремљена за основно лечење и транспорт пацијента. За ова возила постоје јасно дефинисани захтеви [13] који морају бити испуњени да би возила била погодна за транспорт пацијента. Дефинисани су дозвољени нивои буке у унутрашњости возила као и нивои вибрација при којима је гарантована функционалност мерних уређаја. Такође, веома је важан простор за транспорт пацијента, за који постоје јасно дефинисана правила у распореду кревета и опреме, у циљу ефикасног и сигурног транспорта и лечења пацијента. На сликама (Слика 12, Слика 13, Слика 14) приказани су положаји у којима се могу наћи пацијенти и медицинско особље у транспортном делу санитарског возила. Као што је приказано, могуће је имати једно лежеће место и четири седећа. Друга варијанта је са два лежећа места и једним седећим. Постоји и једно помоћно седиште које се може користити по потреби.



Слика 12. Опремање путничког простора санитарских возила - стандардно опремање - положај путника - поглед одозго



Слика 13. Опремање путничког простора санитарских возила - стандардно опремање - положај путника - два кревета за лежање - поглед одозго



Слика 14. Опремање путничког простора санитарских возила - стандардно опремање - положај путника - поглед бочно

Санитарско возило тип Ц представља праву покретну амбуланту за транспорт пацијента са могућношћу адекватног праћења медицинског стања. Спољашњи изглед возила типа Ц обично је идентичан као и код возила типа Б, мада то могу бити и посебна

возила. Главна разлика је у унутрашњости пацијентског дела, тј. у опремљености. Такође једна од специфичности је да је положај кревета пацијента у возили тип Ц у средини. Ово даје могућност приступу пацијенту са свих страна у случају потребе за интензивном негом.

## 2.4.2. Карактеристике санитарских возила

За ове типове возила хитне помоћи постоји неколико захтева које возила морају испуњавати. Захтеви се деле и односе на:

- опрему у возачком и пацијентском простору
- перформансе и карактеристике возила

**Перформансе и карактеристике возила** са детаљном спецификацијом захтева представљени су у раду [13]. Испод су наведена нека од важнијих:

1. убрзање - тип А - са 0 km/h на 80 km/h у року од максимално 35с.
2. ниво унутрашње буке - не сме бити већи од 70 dB при 60 km/h до 78 dB при 120 km/h. Одступање од 3 dB је дозвољено.
3. Обавезно постојање АБС система кочења
4. Нето маса возила: неоптерећена маса возила, маса возила према 92/21/ЕЕЦ која укључује возача масе 75 кг и све потребне инсталације
5. Испитивање вибрација и удара за медицинске уређаје у путним возилима хитне помоћи је такође предвиђено. Уређаји морају функционисати у оквиру одступања која је одредио произвођач:
  - укупно убрзање RMS-а 1,6 G;
  - трајање монтаже: 30 мин;
  - максимално убрзање: 15 G;
  - број удара: 1 000;

Поред ових захтева, пацијенти са посебним повредама морају бити превезени и са посебним захтевима. Постоје захтеви у вези са положајем пацијента и потребном опремом. Одељење за пацијенте у возилима хитне помоћи мора бити добро организовано ради ефикасности и безбедности лекара. Дизајн амбулантног дела возила хитне службе представљен је у [34]. Пацијенте са повредама главе и кичме потребно је

превозити што удобније. Препоруке за интра-болнички превоз пацијената са тешким повредама главе приказане су у [35]. Препоруке за транспорт пацијената са повредама кичме су представљене у [36]. Најважнија препорука у оба рада је пажљив и удобан транспорт.

Табела 5. Спецификација опреме у санитетском возилу [42] представља попис важнијих делова опреме у возачком и пацијентском простору санитетског возила.

Табела 5. Спецификација опреме у санитетском возилу

Одељак за возача	Ваздушни јастуци	Два, за возача и сувозача
	Седишта	за возача и сувозача
	Стакла	Затамњење до 75%
Одељак за пацијента	Подручје за улазак	Са десне стране, димензије дефинисане по стандарду
	Седишта	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Минимално два седишта</li> <li>• Обавезни наслони за главу</li> <li>• Појас са везивањем у 3 тачке</li> </ul> Додатна седишта: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Преклопно седиште са десне стране</li> <li>• Преклопно седиште испред</li> </ul>
	Носила	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Главно носило по стандарду ЕН1865-1:2010</li> <li>• Постоље за главно носило</li> <li>• Преклопна столица</li> </ul>
	Медицински системи	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Кисеоник</li> <li>• Инфузија</li> </ul>
	Одељци и преграде	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Медицински отпад</li> <li>• Инфективни отпад</li> </ul>
Отвори на возилу	Врата и прозори	Двоје врата, са десне стране и са задње стране Минимално 3 прозора од којих један на бочним вратима (мора се отварати)
Уношење и изношење		На задњој стани по свим правилима дефинисаним стандардом са сигуран и ефикасан унос и изношење пацијента

Као што је приказано, опрема возила хитне помоћи је дизајнирана да ради у одређеним условима (вибрације мање од 1,6 G RMS, до 1000 потреса ...). Такође треба превозити пацијенте што је могуће удобније. Ово је посебно важно за пацијенте са повредама главе и кичме. Због тога би одељење за пацијенте требало да буде под најмањим могућим вибрацијама, због сигурности пацијената, али и због исправног рада опреме у возилу.

Сходно томе, у овој дисертацији, главни допринос је праћење удобности транспорта пацијената али и целе удобности возила и свих путника који се у њему транспортују.

Реалан проблем у Србији је што се за амбулантна возила користе преправљена теретна комби возила. Проблем је што таква возила након преправки немају адекватан систем ослањања (огибљења), па је транспорт у њима доста неудобнији него што би то требало бити.

### **3. Мониторинг удобности транспорта**

Процес мониторинга транспорта пацијената реализован је као апликација за паметне телефоне са Android оперативним системом, који поседују акцелерометар и GPS пријемник. Минимална захтевана верзија оперативног система Android је 4.1. Апликација је реализована као више-нитна апликација, тј. може да ради више послова паралелно у реалном времену:

- приказ тренутних вредности убрзања по све 3 осе као и вредност тренутног RMS
- прорачун интервалског нивоа вибро удобности
- снимање података у KML или CSV датотеке ради даљег прегледа и анализе.
- слање података на серверски део информационог система

За реализацију овако сложених задатака неопходно је ускладити велики део независних функционалности као и инсталираних сензора у једну функционалну целину. Потребно је пратити више сензора у исто време и реаговати на одређене догађаје који се могу детектовати. Детаљније је неопходно објаснити:

- сензоре за орјентацију и позиционирање,
- RXJava - реактивно програмирање

#### **3.1. Сензори орјентације и позиционирања уређаја**

Паметни телефони у данашње време имају јако велики број уграђених сензора који дају велике могућност употребе. За орјентацију паметних уређаја у употреби су следећи сензори:

- Акцелерометар
- Жироскоп
- Магнетометар

Поред сензора за орјентацију уређаја, паметни телефони су опремљени и са другим сензорима (GPS, сензори осветљења, отиска прста, камера, микрофон...). Са

оваквом опремом паметни телефони постају права развојна окружења погодна за разне апликације.

### 3.1.1. Акцелерометар

Један од најкоришћенијих сензора у паметним телефонима је акцелерометар. Код стандардне употребе телефона користи се за детекцију оријентације телефона. Међутим, акцелерометар има јако велике могућности употребе у разним случајевима коришћења. Могуће је са њим мерити и детектовати покрете, ротације, ударе, брзину и убрзање. Убрзање је главна мерна величина (acceleration - у преводу са енглеског). Када је познато убрзање, могу се израчунати брзина и померај једноструким и двоструким интеграљењем респективно.

Акцелерометри су веома практични за коришћење. Карактеристика одзива им је линеарна у широком фреквенцијском опсегу. Тај опсег је обично од 0.5 Hz до 20 KHz, а специјални типови акцелерометра имају опсеге и преко 50 KHz. Линеаран се огледа у истој осетљивости у свим опсезима рада.

Акцелерометри су конструисани тако да имају велики однос амплитуда које могу регистровати. Тај опсег је скоро 100 000 милиона према 1 ( $10^{11}:1$ ) или у децибелима око 220 dB. Приликом употребе акцелерометра неопходно је да:

- масе објекта на који се причвршћује акцелерометар буде бар 10 пута већа од маса акцелерометра
- динамички опсег појаве (објеката) чије се вибрације мере морају бити у оквиру мерног динамичког опсега акцелерометра
- температура на површини за коју је причвршћен акцелерометар мора бити у оквиру опсега радне температуре акцелерометра (због прегревања губи се осетљивост акцелерометра због деполаризације пиезоелектрочног материјала)
- смањити у највећој могућој мери спољашње негативне утицаје као што су влажност, магнетно поље, велика бука...)

Акцелерометри могу бити уграђени у мерне уређаје али се могу куповати и одвојено. При употреби самосталног сензора, важно је правилно причврстити га на мерни објекат, јер је то има одлучујући утицај на тачност мерења. У правцу који је

нормалан на површину пиезоелектричног акцелерометра осетљивост је највећа. При употреби акцелерометра у мониторингу радних вибрација машина (детекција кварова и нерегуларности у раду), одређивање мерног места је најважније. Препоручује се постављање акцелерометра у више мерних тачака и у више праваца.

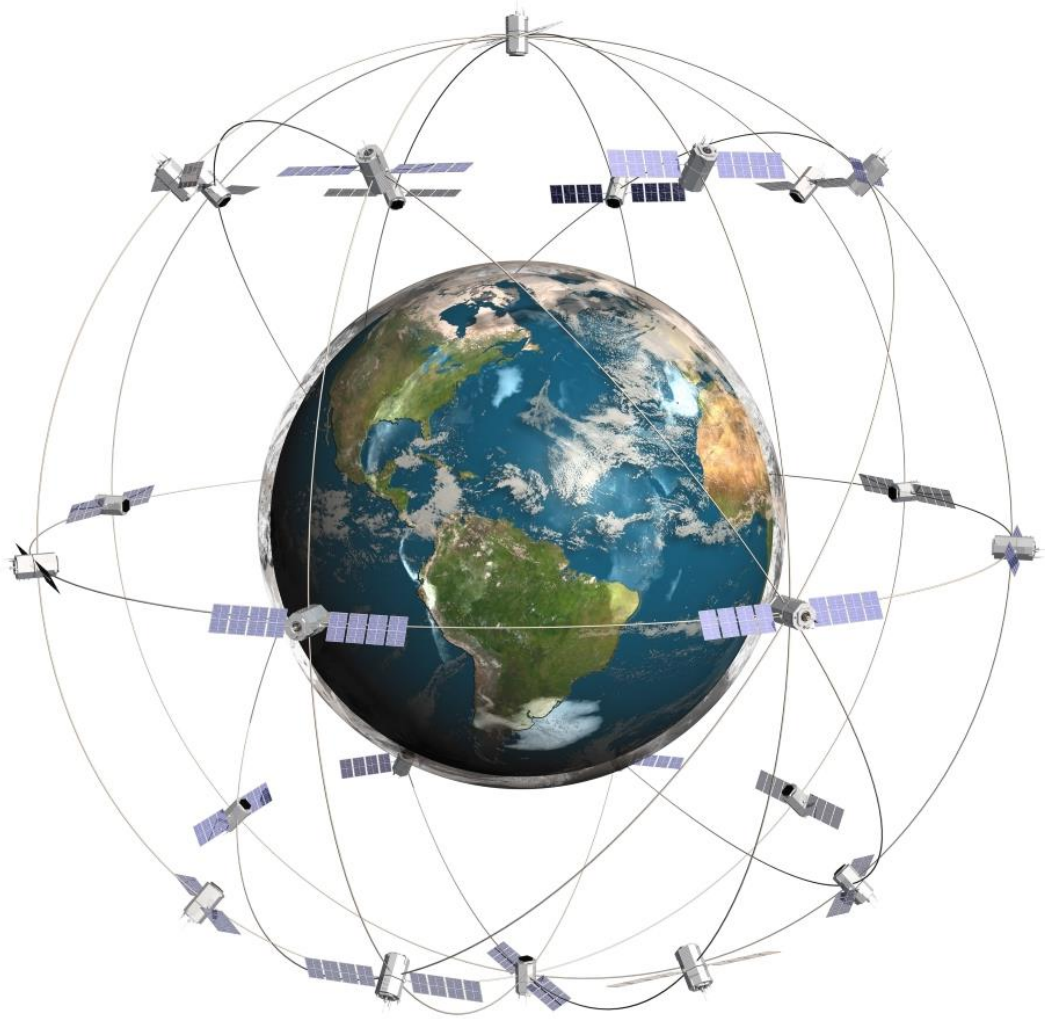
Популарност и практичност употребе акцелерометра огледа се у томе што се са њима може мерити или детектовати динамички али и статички утицаји. Од статичких утицаја акцелерометар детектује интензитет и правац вектора гравитације. Елиминисањем утицаја гравитације, у стању мировања мерења акцелерометра била би једнака нули. У реалним условима, утицај гравитација постоји на свим осама а највећи је на вертикалној Z оси.

### 3.1.2. GPS

Систем глобалног позиционирања (GPS) [43] је глобални навигациони сателитски систем (GNSS). Служи да у било које време пружа поуздане информације о локацији и времену. GPS је глобални систем па ове информације пружа на било којој локацији на земљи. За функционисање је неопходна неометана оптичка видљивост бар 4 GPS сателита. Постоје велике могућности примене и обраде GPS података [44][45].

Првобитно је развијен и реализован за војне потребе SAD-а, а данас је јавно доступан свима. GPS се састоји од 24 радна и неколико резервних сателита распоређених у орбити Земље на јасно дефинисаним локацијама (Слика 15). Сваки од 24 сателита припада једној од шест орбиталних равни. Оне су међусобно равномерно распоређене а у односу на Земљу и екваторијалну раван, нагнуте су под углом од  $55^\circ$ . Свака орбитална раван је скоро кружног облика под међусобним углом од  $90^\circ$  степени са по 4 сателита. Свака од орбита има пречник око четири пута већи од пречника Земље. Сваком од сателита је потребно 12 сати да једном обиђе своју орбиту. Оваквим распоредом изнад сваке локације за земљи се налази бар 4 GPS сателита.





Слика 15. Орбите GPS сателита

Током свог функционисања GPS сателити комуницирају са GPS пријемницима шаљући радио таласе одговарајућег формата на површину Земље. Сви сателити морају имати идеално синхронизоване часовнике и у сигнаlima које шаљу морају бити и њихове тачне локације. GPS пријемници време путовања сигнала са сателита на основу његове локације и брзине којој се креће сигнал (брзина светлости). GPS пријемници одређују своју тачну локацију (географску ширину, географску дужину, надморску висину) на основу свих радио сигнала GPS сателита са којима имају оптичку видљивост. Систем позиционирања се базира на прорачуну удаљености од три или више GPS сателита поступком трилатерације. Поступак се базира на прорачуну пресека сфера удаљености од сателита, где је у ствари пресечна тачка локација пријемника.

GPS сателити су опремљени веома скупим атомским часовницима. Пријемници, са друге стране, због економичности, поседују далеко мање прецизне часовнике, обично са

кристалним осцилатором. Ово, у комбинацији са временом потребним за прорачун удаљености доводи до грешака у прорачуну локација. На прецизност могу утицати и следећи фактори:

- Атмосферски ефекти – јоносфера и простирање таласа, грешка око 0.5м
- Вишеструке путање сигнала – одбијања од зграда, проблем код статичких пријемника који увек примају исти сигнал који долази од одбитака
- Непрецизност података о позицији сателита – на 12.5 минута се шаљу корекције позиција, а у међувремену може доћи до одступања од путање са грешком у прорачуну до 2.5м
- Нумеричке грешке – зависе од алгоритама и процесорске моћи на пријемнику, грешке до 1м
- Остали извори грешака – јаке антене или ометачи

Уз све наведене узроке, грешке су обично у рангу неколико метара што је ипак у великој већини случајева прихватљиво.

### 3.1.3 Остали сензори

Поред акцелерометра и GPS сензора, у последње време још неки имају све већу примену и постају део стандардне опреме паметних уређаја. Испод су наведени неки од њих.

**Жироскоп** [46] је уређај који се користи за навигацију за мерење угаоне брзине и као показивач правца. Као и акцелерометри, и жироскопи су постали лако доступни, приступачни и малих димензија. У телефонима се користи вибрирајући жироскоп. Главна компонента сваког жироскопа је диск на осовини која је монтирана на „кардански обруч“. У комбинацији са акцелерометром, веома је заступљен у радовима везаним за оријентацију уређаја или објеката за које је причвршћен [17], [47]. Једина мана је што је и даље доста мање заступљен у стандардној опреми паметних телефона од акцелерометра, али се она сваког дана све више повећава.

**Магнетометар** је сензор који мери околно гео-магнетно поље за све три физичке осе и служи као компас на мобилним уређајима.

**Барометар** је механички сензор за мерење атмосферског (ваздушног) притиска. Мерење се врши по принципу помераја течности под дејством ваздушног притиска. Као течност се обично користи жива.

**Сензор светлости** мери интензитет, тј. јачину светлости. На телефонима је углавном позициониран на предњој страни уређаја, изнад екрана. Служи за прилагођавање осветљења екрана у зависности од јачине светлости. Ово доприноси уштеди батерије и лакшој видљивости и читљивости садржаја на екрану.

**Сензор близине** детектује близину објеката. Код паметних телефона користи се за закључавање телефона приликом позива ради спречавање детектовања акција контактом екрана и делова глава (ухо, лице).

**Сензор гестикулације (покрета)** употребом инфрацрвених зрака и патерна детекције препознаје кретање руку са циљем делимичног управљање телефоном без додира екрана.

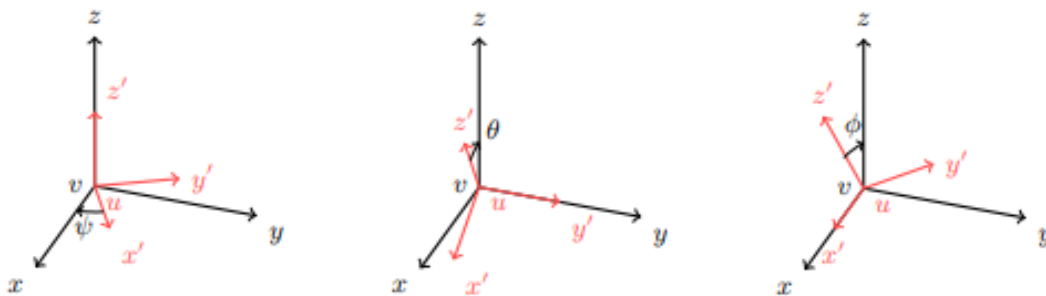
**Сензор отиска прста** је у последње време део стандардне опреме. Задужен је за повећање сигурност при коришћењу уређаја.

## 3.2 Орјентација и калибрација уређаја

Паметни телефони су сада опремљени великим бројем сензора који дају огромне могућности. У циљу гарантовања тачности измерених података, неопходно је пре употребе извршити орјентацију, а након тога и калибрацију сензора.

**Орјентација уређаја** је веома важна јер даје могућност детаљнијег анализирања активности у зависности на орјентацију сензора. Може се посматрати сигнал на једној оси али комплетна орјентација се добија у комбинацији свих оса. Анализирање сигнала без орјентације сензора може довести до тотално погрешних закључака. Сличан сигнал на оси у правцу кретања и вертикалној оси у односу на правац кретања уређаја представљају тотално другачије активности.

Постоји велики број алгоритама за прорачун орјентације уређаја који су представљени у раду [48]. Један од првих алгоритама базиран је на прорачуну Ојлерових углова [49].

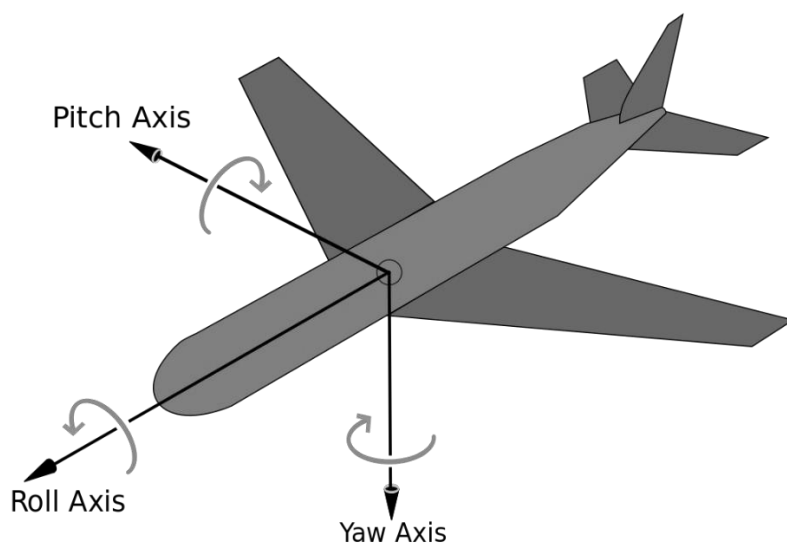


Слика 16. Ојлерови углови, ротација  $\psi$  око z-осе, ротација  $\theta$  око y-осе и ротација  $\phi$  око x-осе

**Ојлерове углове** (Слика 16) је први увео Леонард Ојлер (*Leonhard Euler*) по коме су и добили назив. Представљају три угла који описују ротацију крутог тела око непокретне тачке. Положај сваког тела се може описати помоћу ова три угла. приказује обележене ови углове.

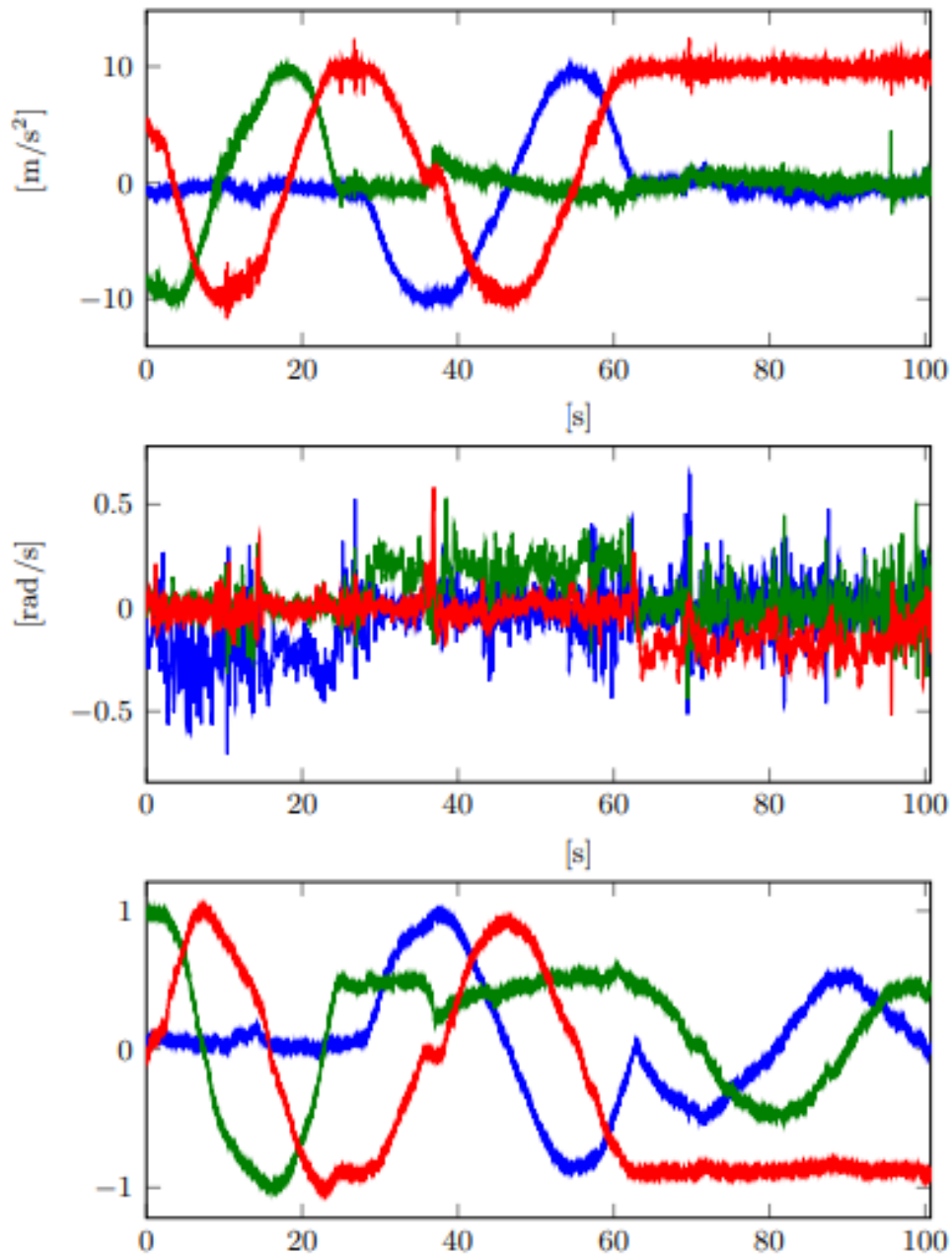
Варијација Ојлерових углова су **Тејт-Брајанови** углови. Ојлерови углови се користе ако се врши ротација око исте осе, а Тејт-Брајанови углови, ако су ротације око различитих оса. У аеронаутици се користе Тејт-Брајанови углови јер су погоднији да опишу кретање објекта (авиона). У питању су следећи углови (Слика 17):

- угао скретања (*енг. yaw*)
- угао пропињања (*енг. pitch*)
- угао ваљања (*енг. roll*)



Слика 17. Тејт-Брајанови углови

Од сензора који се могу користити за оријентацију уређаја у претходном поглављу представљени су акцелерометар, жироскоп и магнетометар. Слика 18 приказује изглед сигнала са наведених сензора за интервал мерења од 100 секунди. Може се видети да сигнали са ових сензора дају јако велику количину информација и осетљиви су за разне активности и догађаје. Појединачном или заједничком анализом сигнала са сензора може се доћи до важних информација и закључака



Слика 18. Сигнали са акцелерометра, жироскопа и магнетометра за 100 секунди мерења

**Оријентација оса у односу на правац кретања уређаја** је веома важна. Омогућава детекцију и анализу разних типова неудобности. За истраживања у оквиру ове дисертације, осе су предефинисане на следећи начин:

- X – правац кретања
- Y – бочно кретање
- Z – вертикално кретање

Дефинисање оријентације оса у зависности оријентације и кретања тела је јако важно јер омогућава анализу узрока неудобности. Конкретно, детектоване велике вредности на некој оси вероватно су последице следећих узрока:

- X – правац кретања – нагло кочење, убрзање, судари
- Y – бочно кретање – пребрзи уласци у кривине, проклизавања, бочни уради
- Z – вертикално кретање – неравнине на путу, рупе и избочине

Након успешне оријентације јако је важно урадити калибрацију акцелерометра. Под калибрацијом се подразумева елиминисање нежељених утицаја на вредности које акцелерометар даје. Један од највећих утицаја је утицај гравитације. Поред утицаја гравитације постоје и разни шумови који могу утицати на тачност мерења па је и њих пожељно елиминисати. Уколико је паметни уређај који поседује акцелерометар идеално вертикално позициониран, утицај гравитације ће бити видљив само на једној оси акцелерометра. Међутим, у реалним условима, паметни уређај је скоро увек под неким углом. Онда је утицај гравитације видљив на бар две осе, а у већини случајева и на све три. За уклањање нежељених ефеката једна од најкоришћенијих техника је употреба филтара због могућности изоловања жељених сигнала.

### **3.2.1. Употреба филтара при обради података са сензора – калибрација сензора**

**Ниско пропусни филтар** (*low pass filter* – LP) пропушта сигнале фреквенција нижих од граничне фреквенције, а елиминише више. Пропуштањем сигнала кроз нископропусни филтар елиминишу се динамички утицаји а остављају статички. Применом LP филтра на сигнал акцелерометра добијају се вредности које

представљају утицај силе гравитације на сваку осу. Формула LP филтра приказана је једначином (6).

$$LPX_i = (aXrow * fc) + LPX_{i-1} * (1 - fc) \quad (6)$$

где је  $LPX_i$   $i$ -то прорачунато LP убрзање X осе акцелерометра,  $aXrow$  је сирова вредност убрзања X осе акцелерометра, а  $fc=0.9$  је коефицијент филтера где при вредности 0.9 „одсеца“ 90% највиших фреквенција.

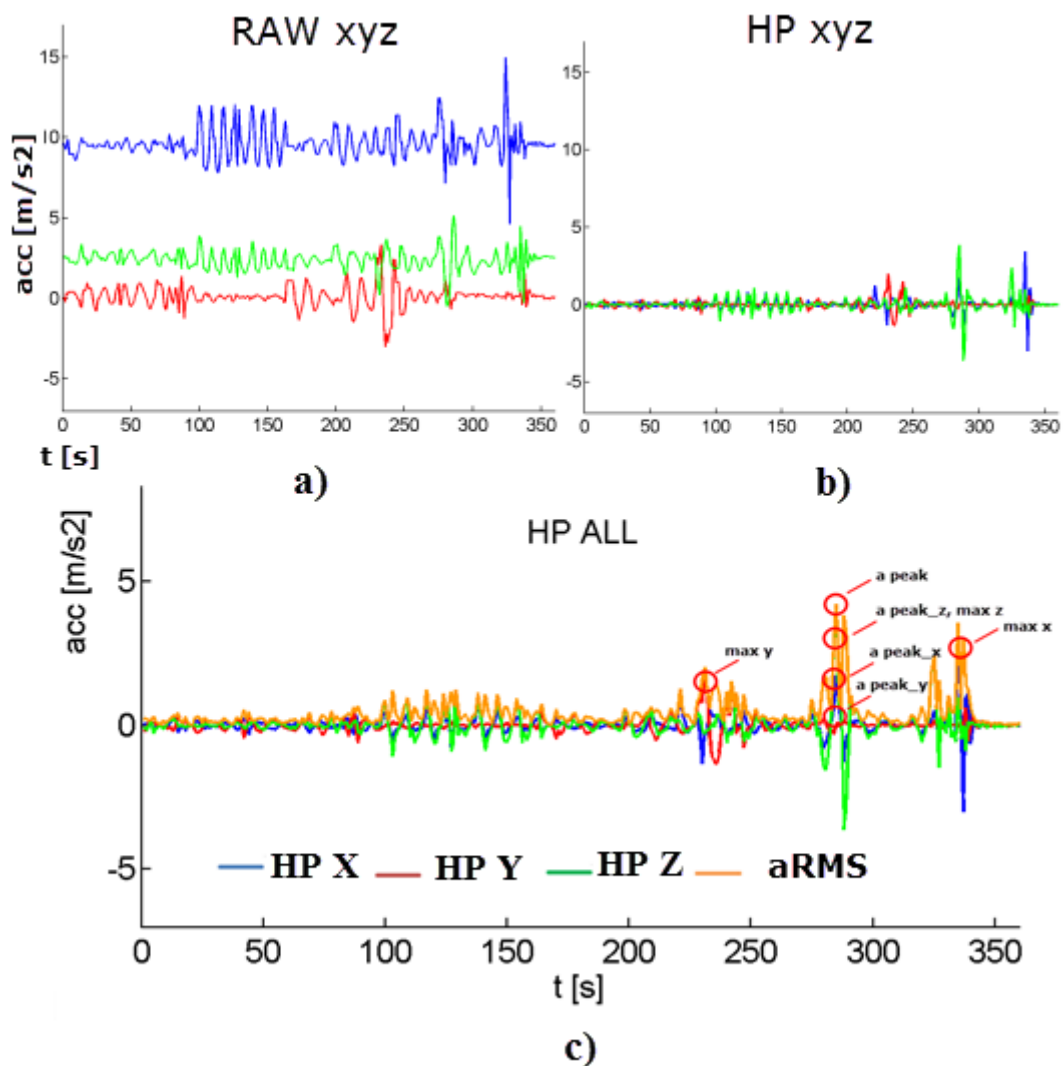
**Високо пропусни филтар** (*high pass filter* – **HP**) супротно од ниско пропусног, пропушта сигнале већих фреквенција од граничне, а одсеца сигнале мањих фреквенција од граничне. Веома су ефикасни у елиминисању утицаја гравитације и осталих шума ниских фреквенција.

Формула примењеног филтра приказана једначином (7) :

$$HPX_i = HPX_{i-1} - ((aXrow * fc) + HPX_{i-1} * (1 - fc)) \quad (7)$$

где је  $HPX_i$   $i$ -то прорачунато HP убрзање X осе акцелерометра,  $aXrow$  је сирова вредност убрзања X осе акцелерометра, а  $fc=0.1$  је коефицијент филтера где при вредности 0.1 „одсеца“ 10% најнижих фреквенција.

**Одабир прорачуна** – Из приказаних формула се види да LP и HP филтри имају веома сличне прорачуне. Ово омогућава лаку промену типа филтра у реалном употреби над сигналима сензора у реалном времену. На овај начин се добија ефикасна могућност промене праћења ниско-фреквентних (утицај гравитације, оријентација и положај уређаја) или високо-фреквентних (вибрације, уради, падови) утицаја вибрација. Пошто је циљ истраживања анализа удобности праћењем вибро-удобности, детаљније је анализиран високо-пропусни HP филтар. Слика 19 даје приказ сировог и филтрираног сигнала за све три осе акцелерометра. Као што је приказано, утицај шума (гравитације и других нежељених ниско-фреквентних утицаја) је успешно елиминисан са свих оса акцелерометра без значајног губитка информација. Пошто се приликом мерења паметни уређај налазио у претежно хоризонталном усправном положају, утицај гравитације је био највећи на X осе. Све осе су филтриране посебно и над сваком филтрираном осом примењене су формуле за прорачун удобности (1)–(3). Кумулативни сигнални са прорачунатим вредностима за један интервал одлучивања приказани су и обележени, Слика 19. с).



Слика 19. Сиров и HP филтриран сигнал све три осе акцелерометра: а) сиров XYZ; б) HP XYZ; в) вредности које се рачунају за један интервал одлучивања

У приказаном интервалу времена може се видети да су сви сигнали у близини нуле када нема потреса, што значи да је динамичка калибрација сензора успешна и да је тај положај нови равнотежни паметног уређаја.

### 3.2.2. Андроид програмирање – рад са сензорима

Пошто су сензори постали стандардан део опреме свих паметних телефона, софтвери за развој мобилних апликација пружили су подршку при раду са сензорима. Приликом развоја Андроид апликација у оквиру SDK (енг. software



development kit) доступни су следећи сензори:

- TYPE\_ACCELEROMETER – мери убрзања укључујући гравитацију [m/s<sup>2</sup>]
- TYPE\_ACCELEROMETER\_UNCALIBRATED – мери убрзања без компензације [m/s<sup>2</sup>]
- TYPE\_GRAVITY – мери силу гравитације [m/s<sup>2</sup>]
- TYPE\_LINEAR\_ACCELERATION – мери убрзања искључујући гравитацију [m/s<sup>2</sup>]
- TYPE\_GYROSCOPE – мери углове ротације око оса [rad/s]
- Остали типови...

Комплетан списак типова сензора и документација за употребну дата је на следећој веб адреси:

[https://developer.android.com/guide/topics/sensors/sensors\\_motion#java](https://developer.android.com/guide/topics/sensors/sensors_motion#java)

Следе примери имплементације сензора убрзања, гравитације и линеарног убрзања.

**Сензор убрзања (TYPE\_ACCELEROMETER)** пружа вредности сирових података са акцелерометра са утицајем гравитације. Следећи код показује како се креира инстанца подразумеваног сензора убрзања:

```
private SensorManager sensorManager;
private Sensor sensor;
...
sensorManager = (SensorManager) getSystemService(Context.SENSOR_SERVICE);
sensor = sensorManager.getDefaultSensor(Sensor.TYPE_ACCELEROMETER);
```

**Сензор гравитације (TYPE\_GRAVITY)** пружа тродимензионални вектор који показује смер и јачину гравитације. Обично се овај сензор користи за одређивање релативне оријентације уређаја у простору. Следећи код показује како се креира инстанца подразумеваног сензора гравитације:

```
private SensorManager sensorManager;
private Sensor sensor;
...
sensorManager = (SensorManager) getSystemService(Context.SENSOR_SERVICE);
sensor = sensorManager.getDefaultSensor(Sensor.TYPE_GRAVITY);
```

**Сензор линеарног убрзања (TYPE\_LINEAR\_ACCELERATION)** пружа тродимензионални вектор који представља убрзање дуж сваке осе уређаја, искључујући гравитацију. Може се користити за откривање покрета. Вредност такође може послужити као улаз у инерцијални навигациони систем који користи мртво рачунање. Следећи код показује како се креира инстанца подразумеваног сензора линеарног убрзања:

```
private SensorManager sensorManager;  
private Sensor sensor;  
...  
sensorManager = (SensorManager) getSystemService(Context.SENSOR_SERVICE);  
sensor = sensorManager.getDefaultSensor(Sensor.TYPE_LINEAR_ACCELERATION);
```

Пошто може елиминисати утицај гравитације, овај сензор је погодан за одређивање брзине објекта, али је потребно на почетку урадити калибрацију за положај сензора и том положају га користити током мерења.

### 3.3. RXJava – реактивно програмирање

RXJava [50]–[52] је једна од првих имплементација такозваног „реактивног програмирања“. Поред опште популарног и прихваћеног концепта *Објектно оријентисаног програмирања*, био је потребан нов концепт који би омогућио начин програмирања оријентисан на догађаје. Прва верзија реактивног језика креирана је од стране Microsoft инжењера Ерика Меијера који је креирао Reactive Extensions, касније познат као ReactiveX. Овај назив се и задржао. ReactiveX је након тога добио верзије за све веће платформе међу којима је била и Јава са својом RXJava верзијом. Прва верзија објављена је у новембру 2014. године а већу надоградњу добила је са верзијом 2.0 која је изашла у новембру 2016. Глава идеја реактивног програмирања је *да су подаци догађаји али су и догађаји подаци*.

RXJava омогућава програмирање асинхроних функционалности кроз одвојене нити. Као додатну и веома важну функционалност, нуди рад над *stream*-овима података. Синхронизација процеса различитих нити је веома ефикасна. Ово омогућава детекцију догађаја и прорачуне у оквиру једне нити и аутоматску акцију у некој другој нити која је последица детектованог догађаја.

Основне компоненте RXJava реактивног програмирања су:

- *observer* - методе која ће бити задужена да нешто прати и осматра
- *observable* – објекат који се осматра
- *subscribe* - повезивање *observer* са *observable* објектом.

Испод је пример Јава кода за ослушкивање промене тренутне локације корисника, праћењем GPS сензора употребом RXJava-е.

```
LocationRequest request = LocationRequest. create()
    . setPriority(LocationRequest. PRIORITY_HIGH_ACCURACY)
    . setNumUpdates(5)
    . setInterval(100);

ReactiveLocationProvider reactiveLocationProvider = new
ReactiveLocationProvider(this);
Subscription subscription = reactiveLocationProvider. getUpdatedLocation(request)
    . subscribeOn(Schedulers. newThread())
    . observeOn(AndroidSchedulers. mainThread())
    . subscribe(new Subscriber<Location>() {
@Override
public void onCompleted() { }

@Override
public void onError(Throwable e) { }

@Override
public void onNext(Location location) {

if (locationOfMaxRms == null) {
    Toast. makeText(AccelerometerActivity. this,
        getString(R. string. GPS_found), Toast. LENGTH_LONG). show();
}

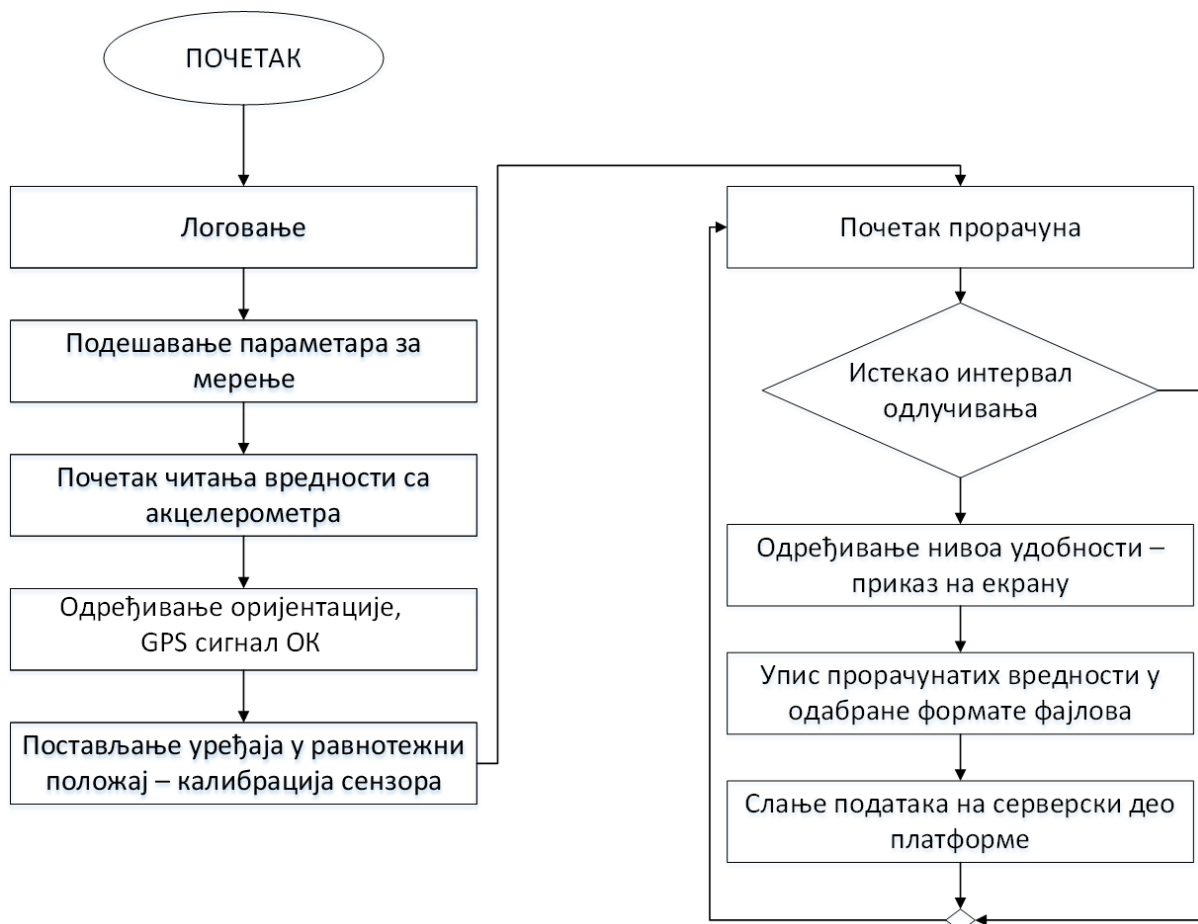
if (locationOfMaxRms != null && minDistanceBetweenTwoPoints > 0) {
    float distanceInMeters = locationOfMaxRms. distanceTo(location);
if (distanceInMeters > minDistanceBetweenTwoPoints) {
        locationOfMaxRms = location;
        locationUpdated = true;
    }
} else {
    locationOfMaxRms = location;
    locationUpdated = true;
}
}
});
```

При мерењу вибро-удобности акцелерометар је најважнији сензор. За чување података о локације потребан је и GPS сензор. Оба сензора је потребно дефинисати као *observable* и дефинисати по *observer* методу за сваки догађај који се жели детектовати. Што се тиче рада са акцелерометром употребном RXJava-е, у реализованој апликацији за мерење вибро удобности дефинише се метода која прати вредности са акцелерометра (*observer*). Након тога дефинишу се вредности са акцелерометра као вредности које је потребно пратити (*observable*). И на крају треба их повезати међусобно тако што се *observable* подаци повежу са *observer* методом преко *subscribe* функционалности.

Потребно је дефинисати *ReactiveLocationProvider* над којим се након тога дефинише *Subscription* као нова нит која ће бити праћена из главне нити. Метода *subscribe* са својом *onNext* методом дефинише шта се ради када се детектује промена локације. На овај начин (реактивно) реализована је комплетна Андроид апликација за мониторинг удобности транспорта.

### **3.4. Опис функционалности клијентске апликације за мониторинг удобности транспорта**

Развијена Андроид апликација за мониторинг транспорта представљена је у овом поглављу. Због своје специфичности и великог броја догађаја који се прате било је неопходно реализовати је реактивним техникама програмирања (RXJava). Апликација у реалном времену има интеракцију са корисном, прати вредности акцелерометра, извршава прорачуне у реалном времену, по потреби очитава локацију са GPS сензора. Поред реактивног рада са акцелерометром и GPS сензором, потребно је податке послати на сервер и снимити у локалне фајлове приликом детекције неког догађаја. Ове активности морају бити реализоване у одвојеним независним нитима да се не би прекинуло ослушкивање сигнала са сензора. Због свих наведених чињеница била је неопходна употреба RXJava-е.



Слика 20. Алгоритам реализоване Андроид апликације за мерење удобности транспорта пацијената

Слика 20 приказује упрошћени алгоритам употребе апликације. По покретању апликације, корисник се мора пријавити (улоговати) са подацима које је користио када је регистровао налог на апликацији.

Први екран служи за подешавање параметара рада апликације. Након подешавања, апликације почиње са иницијалним подешавањима. Прво се хвата GPS сигнал а након тога почиње калибрација уређаја. Калибрација представља одређивање равнотежног положаја без утицаја гравитације, у којем ће се вршити мерење. Да би се уређај калибрисао неопходно је да буде 10 секунди без икаквих вибрација и померања.

Мониторинг вибро удобности почиње рачунањем ефективне вредности убрзања (aRMS) над подацима добијених са акцелерометра након пропуштања кроз HP филтар. Интервал одлучивања је константан са вредношћу која је подешена на првом екрану апликације.

По истеку временског интервала одлучивања, одређује се ниво вибро удобности и обавештава се корисник апликације о измереним вредностима одговарајућим порукама на екрану у реалном времену. Измерене вредности се у позадини, у независним

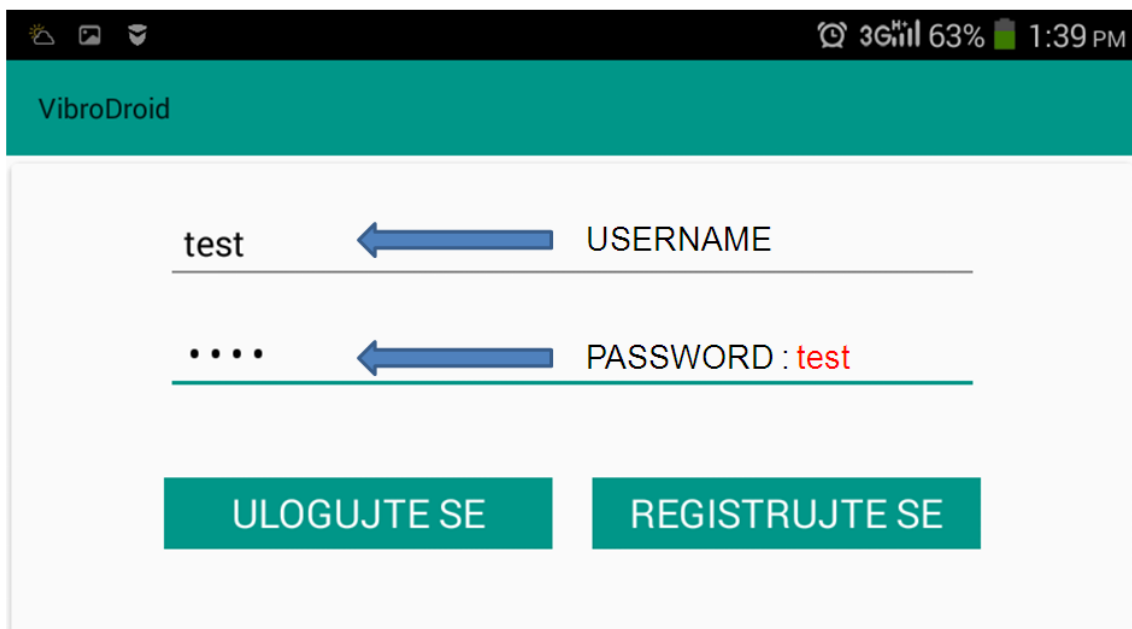
нитима, снимају у одабране формате фајлова за даљи преглед и анализу. Такође, шаљу се и на серверски део информационог система у реалном времену ако је корисник улогован неким реалним налогом чим се активира „online“ режим рада апликације.

**Детаљан приказ екрана апликације** и реализоване функционалности дате су у наредних неколико слика.

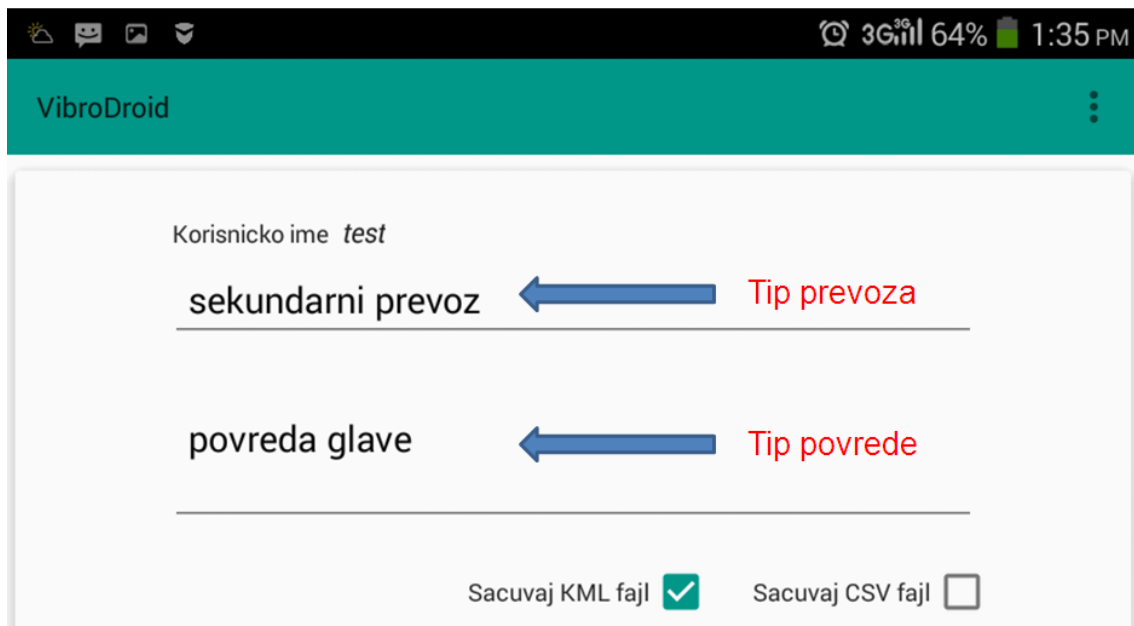
Слика 21. приказује почетни изглед екрана код стартовања апликације. Потребно је унети податке о корисничком имену и лозинци уколико је корисник претходно регистрован. Уколико није, може се регистровати преко опције „Региструј се“ где је потребно унети све неопходне податке и проћи проверу јединствености у систему да би налог био одобрен и могао да се користи. Неопходни подаци за унос:

- USERNAME: корисничко име
- PASSWORD: лозинка за приступ апликацији

Првом употребом апликације потребно је регистровати нови јединствен налог. Након тога, сваки следећи пут, корисник се улогује са параметрима које је унео приликом регистрације.



Слика 21. Приказ рада Андроид апликације ->Login форма реализоване апликације

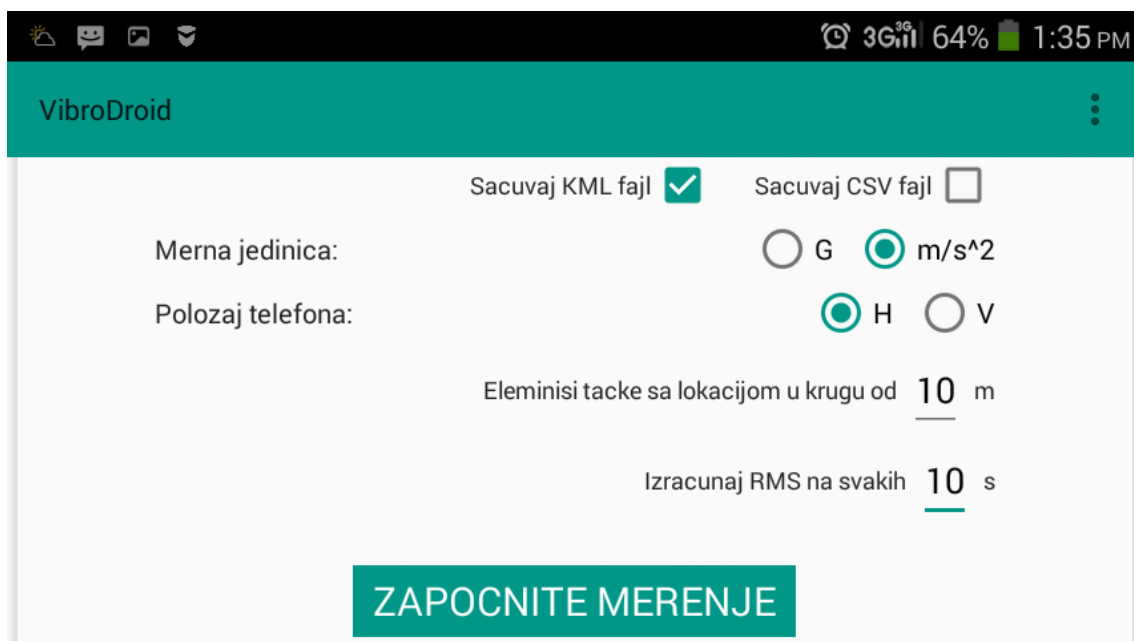


Слика 22. Приказ рада Андроид апликације - Форма за унос назива и описа мерења

Слика 22 приказује форму за унос *назива* мерења уз одговарајући *опис*. Приликом транспорта пацијената, за назив мерења се уноси *тип превоза*, а за опис *тип повреде*. Типови превоза су објашњени и дефинисани у поглављу 2. Неки од типова превоза и повреда су дати испод.

- ТИП ПРЕВОЗА
  - Примарни
  - Секундарни
  - Кућне посете
  - ...
- ТИП ПОВРЕДЕ
  - Већа удобност: повреде главе, кичме, преломи ...
  - Мања удобност: висок притисак, главобоља ...

На основу типа повреде апликације се може подесити да ради са мањом или већом осетљивошћу. Веза између медицинских стања (типовима повреда) и осетљивошћу на вибрације ће бити дефинисана и појашњена касније.



Слика 23. Приказ рада Андроид апликације - Форма за подешавање параметара за конкретно мерење

Слика 23. приказује важније параметре апликације који су остављени кориснику на подешавање:

- ФОРМАТИ ДАТОТЕКА ЗА ТРАЈНО ЧУВАЊЕ ПОДАТАКА:
  - KML – геолокациони XML формат за приказ података на Google мапама у виду обележених маркера
  - CSV – архива свих одмерака све три осе акцелерометра (X, Y, Z) за каснију детаљну „offline“ анализу
- МЕРНА ЈЕДИНИЦА:
  - G или  $m/s^2$ , за чување података у CSV датотеци
- ПОЛОЖАЈ ТЕЛЕФОНА приликом мерења.
  - X – хоризонтални
  - V – вертикални

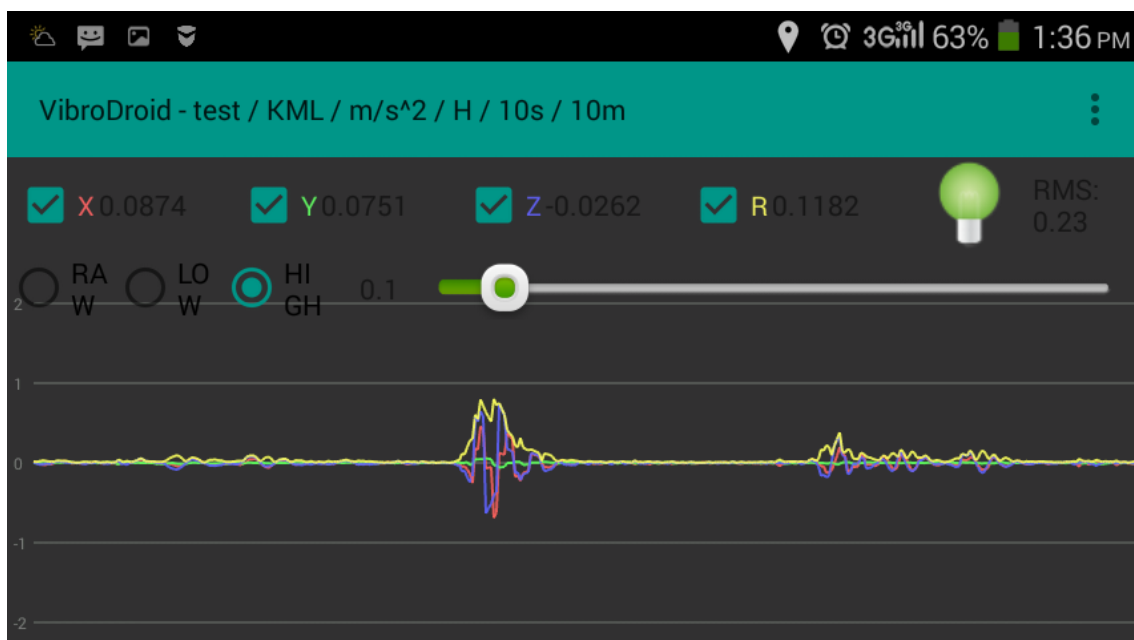
Омогућава анализу правца деловања неудобности када се знају оријентације оса: (X правац кретања, Y бочно, Z вертикално)

- вертикални потреси (рупе и избочине на путу)
- бочни (нагла скретања)
- у правцу кретања (нагла кочења и убрзања)
- ЕЛИМИНАЦИЈА ДУПЛИХ ЛОКАЦИЈА У ОДРЕЂЕНОМ РАДИЈУСУ
  - Подразумевано је 10 m



- Занемарује снимање нове локације која је на мањем растојању од последње унете вредности.
- Погодно када возило стоји у месту, снима само један маркер, уместо више њих
- Уколико се обрише, или се упише вредност 0, снима се свака тачка након сваког интервала одлучивања
- ИНТЕРВАЛ ПРОРАЧУНА УДОБНОСТИ
  - Подразумевано је 10 s, показао се као адекватан интервал упоредним тестирањем више различитих вредности (5, 10, 15, 20)
    - краће време - краћи прорачун и више тачака на мапи,
    - дуже време - дужи прорачун и мање тачака на мапи.

Главни екран апликације (Слика 24) се приказује након свих подешених параметара. Тада почиње цртање вредности убрзања на екрану телефона у реалном времену. На врху екрана, све време рада програма виде се исписана подешавања за конкретно мерење са претходног екрана апликације.



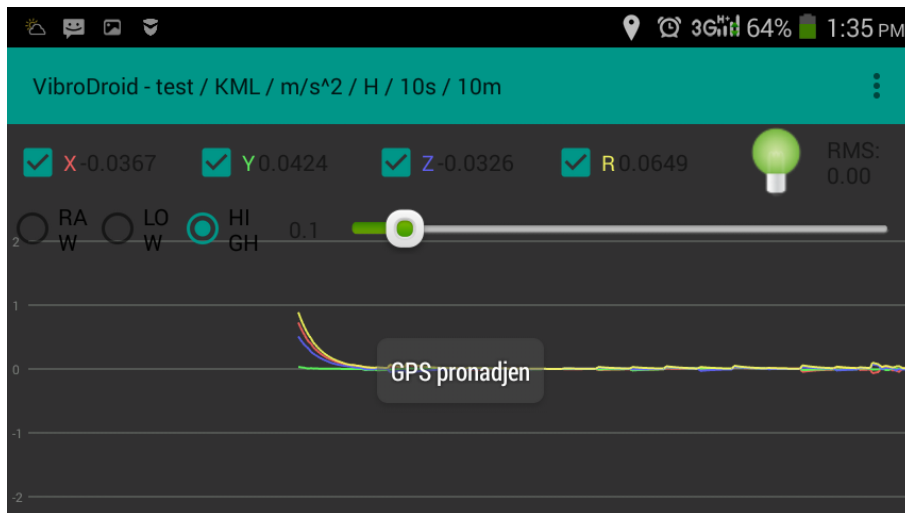
Слика 24. Приказ рада Андроид апликације - Главни екран апликације

- ТРЕНУТНА ПОДЕШАВАЊА – пример
  - **VibroDroid** – назив апликације
  - **KML** – одабрани формат записа у датотеци за чување података
  - **m/s<sup>2</sup>** – одабрана јединица за упис података у датотеку
  - **H** – одабран хоризонтални положај телефона
  - **10s** – подешен интервал прорачуна удобности
  - **10m** – подешено растојање за елиминацију дуплих тачака

На овом екрану, могуће је у сваком тренутку, одабрати шта се жели приказивати на графику. Могућ је избор оса акцелерометра плус модуо убрзања, као и одабир филтра.

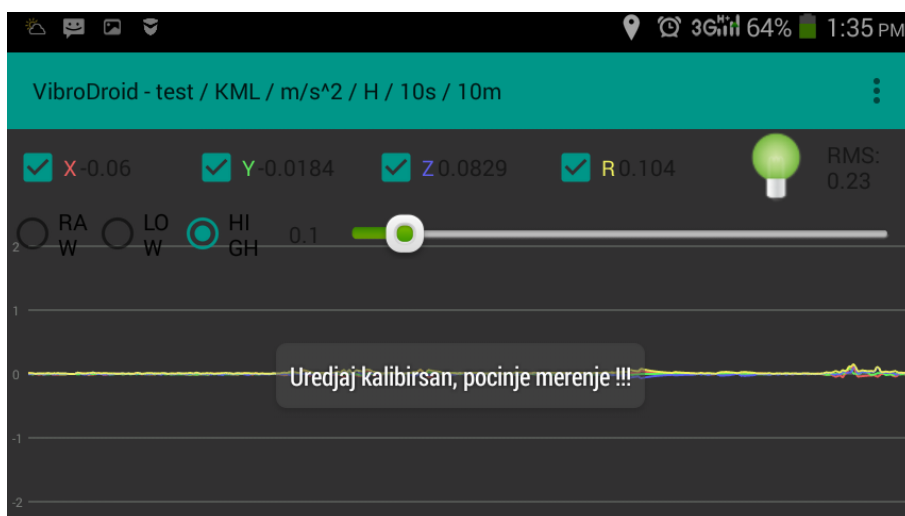
- ИЗБОР ВРЕДНОСТИ ЗА ГРАФИЧКИ ПРИКАЗ
  - **X, Y, Z** – вредности са одговарајућих оса акцелерометра
  - **R** – вредност RMS за сваки одмерак
- ИНДИКАТОР ИНТЕРВАЛСКЕ УДОБНОСТИ
  - **Сијалица** (зелено – удобно, **наранџаста** – средње неудобно, **црвена** – неудобно)
  - **RMS** – измерена вредност удобности
- ОДАБИР ФИЛТРА
  - **RAW** – сирови подаци, без филтра
  - **LOW** – ниско пропусни филтер
  - **HIGH** – високо пропусни филтер
- SLAJDER – коефицијент филтра који се примењује у формулама активног филтра. Служи за подешавање осетљивости (већа вредност, мања осетљивост)

Иако се виде вредности сигнала у реалном времену, прорачун удобности није започет. Прво је неопходно да се пронађе GPS сигнал. Кориснику се приказује порука „GPS пронађен“ након успешног проналажења. Слика 25. приказује овај екран. Приликом првог покретања апликације неопходно је дати дозволе за рад са GPS-ом.

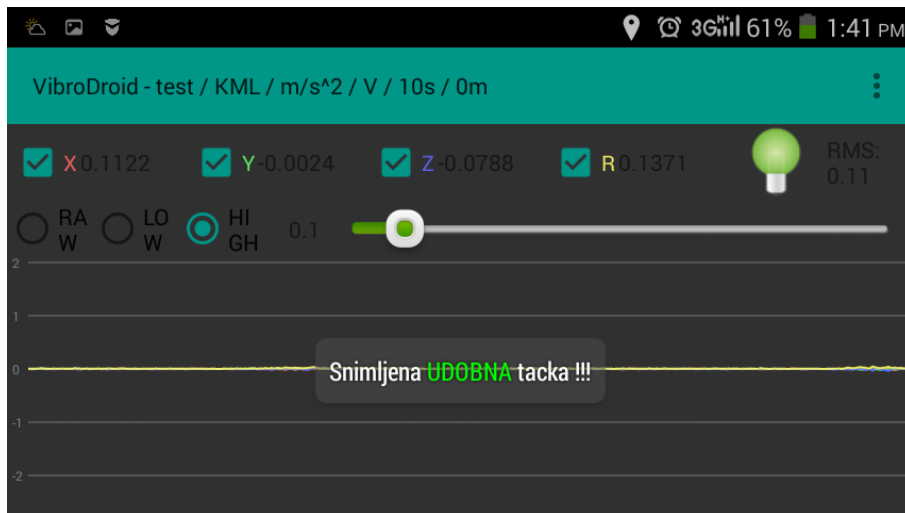


Слика 25. Приказ рада Андроид апликације - Потврда да је пронађен GPS сигнал

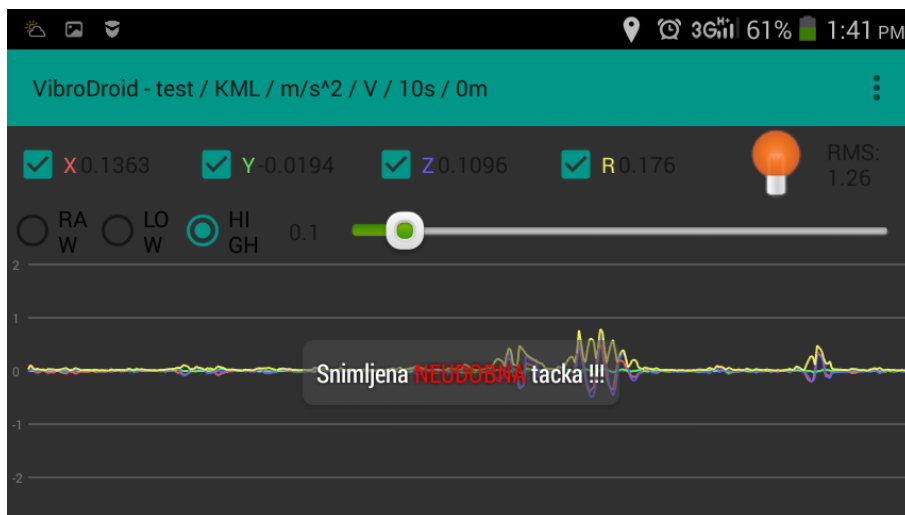
Наредни корак је калибрација и орјентација оса акцелерометра у положај за мониторинг. Овако се уклањају нежељени шумови и статички утицаји гравитације приликом прорачуна удобности. Мерење почиње када се на екрану испише порука „Уређај калибрисан, почиње мерење!!!“. Слика 26. приказује раван сигнал са акцелерометра и исписану поруку као потврду калибрације. Током рада апликације, након истека интервала одлучивања, на основу измерених вредности, приказују се индикативне поруке да су снимљене удобна, средње удобна или неудобна локација тј. интервал вожње. Слика 27. приказује екран апликације након измереног удобног интервала вожње а Слика 28 након неудобног. Поред поруке, приказује се и индикативна сијалица и вредност  $a_{RMS}$  у горњем десном углу екрана.



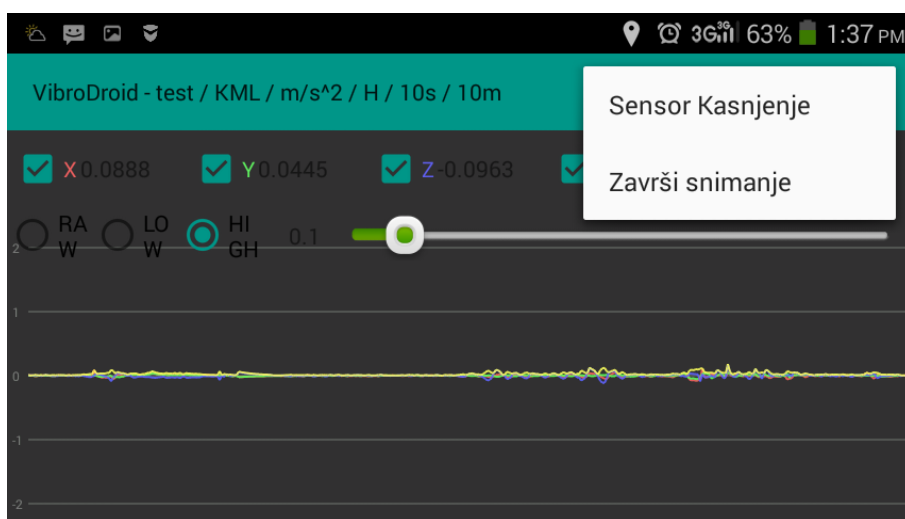
Слика 26. Приказ рада Андроид апликације - Потврда да је уређај калибрисан



Слика 27. Приказ рада Андроид апликације - Приказ приликом снимања удобне локације



Слика 28. Приказ рада Андроид апликације - Приказ приликом снимања неудобне локације



Слика 29. Приказ рада Андроид апликације - Приказ додатних опција

Слика 29. даје приказ додатних опција које су доступне све време током рада апликације. Међу додатним опцијама је подешавање брзине одмеравања сигнала са акцелерометра као и опције за прекид и завршетак снимања.

- Сензор кашњење – режими рада;
  - Најбржи - FASTEST
  - Играчки - GAME
  - Кориснички интерфејс – UI – подразумевано одабрано
  - Нормални - NORMAL
- Заврши снимање
  - Прекида се рад апликације
  - Снимају се подаци у одабране формате датотека

Над сигналима све три осе акцелерометра, константно се рачунају и додатне вредности:

- максималне апсолутне вредности сигнала сваке осе,
- модуо убрзања све три осе,
- aPeak, максимални модуо убрзања, најнеудобнији одмерак у интервалу

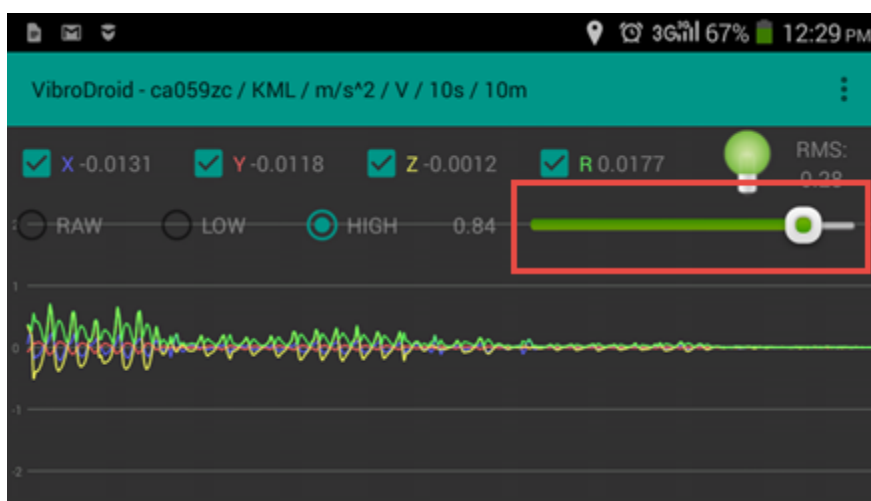
Табела 6. даје приказ прорачунатих вредности за један интервал одлучивања (Слика 19).

Табела 6. Вредности прорачунатих параметара за један интервал одлучивања

Параметар	Вредност
RMS_X	0.287 [m/s <sup>2</sup> ]
RMS_Y	0.238 [m/s <sup>2</sup> ]
RMS_Z	0.401 [m/s <sup>2</sup> ]
aRMS	0.548 [m/s <sup>2</sup> ]
APEAK_X	1.731 [m/s <sup>2</sup> ]
APEAK_Y	0.084 [m/s <sup>2</sup> ]
APEAK_Z	3.846 [m/s <sup>2</sup> ]
APEAK	4.218 [m/s <sup>2</sup> ]
MAX_X	3.414 [m/s <sup>2</sup> ]
MAX_Y	1.975 [m/s <sup>2</sup> ]
MAX_Z	3.845 [m/s <sup>2</sup> ]
Speed	46.35 [km/h]

На основу приказаних вредности може се видети да су по вертикалној Z оси детектоване веће вредности RMS-а у односу на X и Y. Ово је очекивано, јер већина узрока неудобности лежи у неравнинама на путу које се највише детектују по вертикалној оси акцелерометра. Такође, и највећа вредност убрзања детектована је по Z оси, мада је и оса кретања (X) имала једну већу вредност као резултат наглог кочења. Што се тиче максималног модула убрзања по све три осе (aPeak), као што је и напоменуто, израчунат је кад је и детектовано максимално убрзање по Z оси. По приказаним вредностима модула убрзања за све осе (aPeak\_X = 1.731, aPeak\_Y = 1.731, aPeak\_Z = 1.731) Z вредност је дупло већа од вредности на X оси, док је Y оса скоро занемарљива.

Поред ових функционалности, апликација има могућност динамичког подешавања коефицијента HP филтра. Слика 30. Приказ рада Андроид апликације - Подешавање нивоа осетљивости на вибрације, приказује сигнал оса акцелерометра креиран идентичним покретима паметног уређаја али са променама коефицијента филтра. Прва четвртина сигнала је при филтру од 0.1, друга четвртина при филтру од 0.5 док је трећа четвртина са подешеним филтром од 0.9. Последњи део дијаграма је без покрета за демонстрацију да су сигнали приближно једнаки нули кад паметни уређај нема покрета, чак и при динамичкој промени филтра. Ова особина се може искористити за подешавање осетљивости мерења у зависности од типова пацијената који се превозе. На пример: по класификацији светске здравствене организације, групе медицинских стања I, O и P су највеће осетљивости, група G је средње осетљивости, док су групе C, D, F, K, N, најмање осетљивости.



Слика 30. Приказ рада Андроид апликације - Подешавање нивоа осетљивости на вибрације

О овоме ће бити детаљно дискутовано у посебном поглављу „Осетљивост пацијента на транспортну удобност“.

## 3.5. Формати креираних фајлова

По завршетку рада у меморији телефона снимају се KML, CSV и TXT фајлови са називом који садржи време креирања мерења. KML фајлови служе за чување и приказ мерења у ГИС формату помоћу GoogleEarth програма. CSV формат је намењен за интеграцију у друге софтвере, јер је јасно форматиран и могуће га је отворати са разним алатима, међу којима је и Microsoft Excel. TXT формат је намењен каснијем постављању мерења на серверски део информационог система.

### 3.5.1. KML формат фајла

Креирана KML (енг. *Keyhole Markup Language*) датотека се може отворити преко било ког текстуалног едитора ради прегледа у текстуалном формату. Следи пример формата креираног KML документа:

```
<?xml version='1.0' encoding='UTF-8'?>
<kml xmlns='http://www.opengis.net/kml/2.2'>
<Document>
  <name>test</name>
  <description>
    User: ca059zc
    opis merenja: test KML
    jedinica: m/s^2
    polozaj uredjaja: H
    formati: KML
    minimalna distanca izmedju dve tacke: 0m
    minimalno vreme izmedju dve tacke: 10s
  </description>
  <Style id='greenPlacemark'>
    <IconStyle>
      <Icon>
        <href>http://maps.google.com/mapfiles/kml/paddle/grn-blank.png</href>
      </Icon>
    </IconStyle>
  </Style>
  <Style id='orangePlacemark'>
    <IconStyle>
```

```

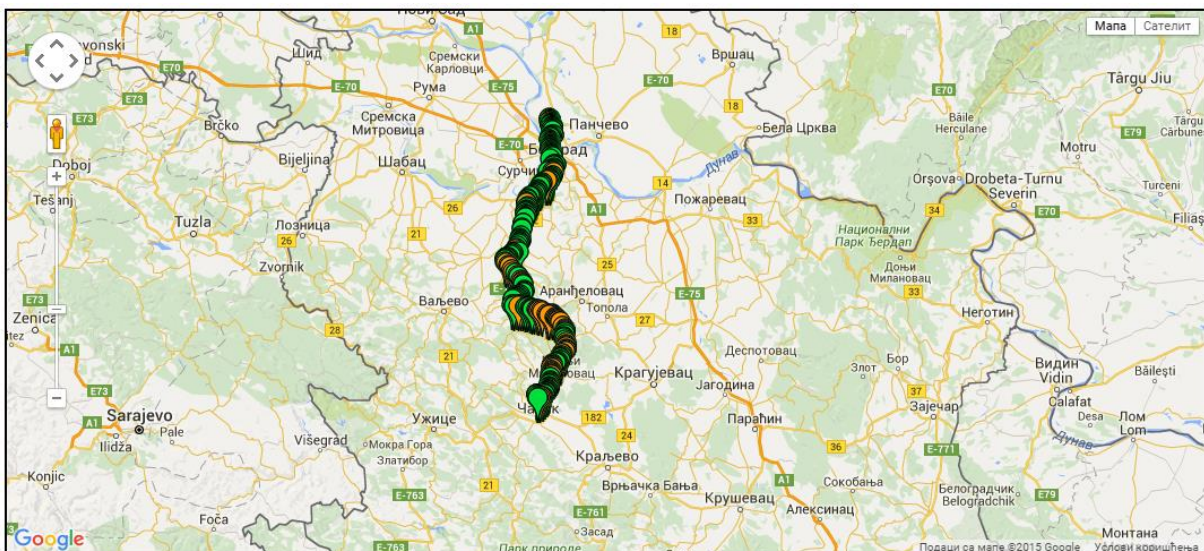
        <Icon>
        <href>http://maps.google.com/mapfiles/kml/paddle/orange-
blank.png</href>
        </Icon>
        </IconStyle>
    </Style>
    <Style id='highlightPlacemark'>
        <IconStyle>
        <Icon>
        <href>http://www.google.com/mapfiles/ms/micons/earthquake.png</href>
        </Icon>
        </IconStyle>
    </Style>
    <Style id='averagePlacemark'>
        <IconStyle>
        <Icon>
        <href>http://maps.google.com/mapfiles/kml/pal4/icon39.png</href>
        </Icon>
        </IconStyle>
    </Style>
    <Placemark>
        <styleUrl>#greenPlacemark</styleUrl>
        <name>1</name>
        <description>
            <![CDATA[Brzina [km/h]: 0
            Altitude: 0
            RMS X: 0.0342
            RMS Y: 0.0227
            RMS Z: 0.1193
            RMS XYZ: 0.1262
            Apeak X: -0.108
            Apeak Y: 0.077
            Apeak Z: 0.667
            Apeak XYZ: 0.6689
            X :0.0088
            Y :0.0494
            Z :0.667
            Vreme: 2016-03-17-11-33-36
            ]]>
        </description>
        <Point>
            <coordinates>20.3448032,43.8973386,0</coordinates>
        </Point>
    </Placemark>
    // OSTALI <Placemark></Placemark>
</Document>
</kml>

```



Као што се може видети документ је XML формата, организован по таговима. На врху су дефинисане XML и KML верзије. Након тога почиње *Document* таг, који се састоји од *name* тага, *description* тага, листе *style* тагова (коришћени за иконице маркера), и на крају листе *placemark* тагова који представљају тачке на мапама. Документ се затвара са *document* и *kml* затвореним таговима. *Placemark* као најважнији таг у себи носи информације о локацији маркера (*point coordinates*) и *description* који се види кликом на маркер а у себи има измерене вредности са клијентске апликације у подешеном интервалу времена.

За преглед на Google мапама датотеку треба отворити помоћу Google Earth или неког другог GPX *viewer* програма. Слика 31. даје приказ једне креиране KML датотеке помоћу Google мапа.



Слика 31. Приказ креираног KML фајла

Приказана је детектована удобност приликом транспорта на релацији Београд – Чачак. Кликком на сваки маркер добија се приказ измерених вредности на тој локацији.

### 3.5.2. TXT и CSV формати фајлова

Фајлови се снимају на меморију телефона са информацијама у називу раздвојеним са две црте (--) Информацију су следеће: *date* – кад је креирано мерење, *title* – назив мерења, *description* – опис мерења, *user ID* – јединствени ID корисника, *measurement ID* – јединствени ID мерења. Испод је приказан дефинисани формат као и пример креираног фајла.

```
// format
date--title--description--userID—measurementID.txt

// example
2018-04-02-09-02-52--transport—mladenovac to belgrade--13--183.txt
```

Подаци који се налазе у фајлу и користиће се за постављање на серверски део система су такође раздвојени са две црте (--). Сваки ред фајла представља прорачунате вредности за један мерни интервал времена. Редослед је идентичан са редоследом колона у бази података ради лакшег уноса. За ознаку краја реда коришћен је „;“ симбол. Испод је приказан формат једног реда у фајлу као и пример са реалним израчунатим и уписаним вредностима.

```
// format
measurementID -- userID --rmsX--rmsY---rmsZ--aRms--aPeakX--
aPeakY--aPeakZ--aPeak--latitude--longitude--time--speed--maxX--
maxY--maxZ--description;

// example
183--13--0.0627--0.033--0.0917--0.1159--0.4161---0.0571--0.0059--
0.42--44.4534864--20.6799459--2016-04-02-09-03-01--0--0.4161---
0.2515--0.295--merenje;
```

Формат CSV (енг. Comma separated value) фајла је идентичан ТХТ формату фајла само су подаци раздвојени зарезом. Овај формат фајла је погоднији за касније читавање у друге софтверске алате као што је Microsoft Excel и базе података.

## 3.6. Верификација софтвера

Сложеност прорачуна и паралелног извршавања великог броја активности, захтевало је детаљно тестирање и верификацију софтвера. У те сврхе дефинисано је пет тест целина које су индивидуално провераване на тачност података. Ефикасност прорачуна и резултујућих фајлова апликације праћена је у „debugger“ моду Android студија и прегледом и анализом креираних KML и CSV датотека у одговарајућим алатима. Опис тестова:

- **Тест 1: тачност одмеравања вредности са сензора.** Вредности свих оса акцелерометра снимане су у CSV датотеку ради детаљне анализе. Тестирана је тачност подешеног броја одмерака у секунди као и тачност измерених вредности свих оса. Током теста, телефон је померан у предефинисане положаје, у интервалима од по 1s, за које се знало какве вредности треба очекивати. Измерене вредности су се поклапале са очекиваним чиме је тест успешно прошао.
- **Тест 2: прилагођавање оријентације оса акцелерометра.** Телефон је приликом подешавања постављан у различите положаје и подаци са свих оса су снимани у CSV датотеку. У било ком положају, снимљени подаци морају имати планирану оријентацију (X – правац кретања, Y – бочно, Z – вертикално). Снимљене вредности убрзања су биле на очекиваним осам чиме је тест успешно прошао.
- **Тест 3: провера прорачун aRMS и нивоа вибро удобности.** Израчунате вредности над запамћеним подацима у CSV и KML датотекама су поређене са измереним вредности у апликацији. Израчунате и приказане вредности у апликацији су се поклапале чиме је тест успешно прошао.
- **Тест 4: провера тачности формата креиране KML датотеке.** Апликација је тестирана у разним условима где су креирани KML фајлови различитих величина. Након креирања, тестирано је учитавање фајла у неком од програма намењеним за приказ геолокационих датотека. Фајлови су успешно приказани чиме је тест успешно прошао.
- **Тест 5: провера тачности снимљених вредности у KML:**
  - **Тест 5.1: провера тачности снимљених локација.** Прегледом KML фајла и евиденције реалне путање проверавана је тачност снимљених локација. Поклапање путања је потврда да је тест успешно прошао.
  - **Тест 5.2: Провера тачности снимљених вредности локације.** Тачност уписаних вредности снимљеним у CSV датотеке поређена је са подацима који се добијају кликом на маркер. Потврђено је поклапање података чиме је тест успешно прошао.

## 4. Класификација удобности транспорта

Расподела узорака у једну од класа из унапред дефинисаног скупа класа назива се класификација. Класа је јасно дефинисан тип неке појаве или стања која се класификује. Узорци које је потребно класификовати, морају поседовати атрибуте (особине) на основу којих могу бити класификовани али и информацију којој класи реално припадају. Сам процес класификације састоји се од следећих ваза:

- учење
- класификација
- тестирање

У процесу учења, врши се обука класификатора са подацима узорака и информацијама о класи којој припадају. Обучен (научен) класификатор може да класификује узорке у неку од дефинисаних класа на основу вредности атрибута узорка без информација о класи којој припада. Процес тестирања представља поређење класификованих вредности појединачног узорка или групе узорака са класама којима реално припадају. Овим процесом се добија тачност класификације креираног класификатора.

**Према броју класа**, у које се узорци могу класификовати, класификације се могу поделити на:

- бинарне, број класа је 2
- вишекласне, број класа може бити неограничен (n).

**Према припадностима узорака** у процесу класификације могућа је и подела класификатора на:

- једнозначну, без преклапања класа, један узорак припада само једној класи,

- вишезначну, могуће преклапање класа, један узорак може припадати већем броју класа.

Према чврстоћи класификације се деле је на:

- чврсте, резултат класификације је 0 или 1,
- меке, резултат класификације је вредност између 0 и 1.

## 4.1. Примењене методе класификације

Да би се постигао што бољи резултат класификације удобности транспорта пацијената примењена су и упоређена три различита класификациона модела:

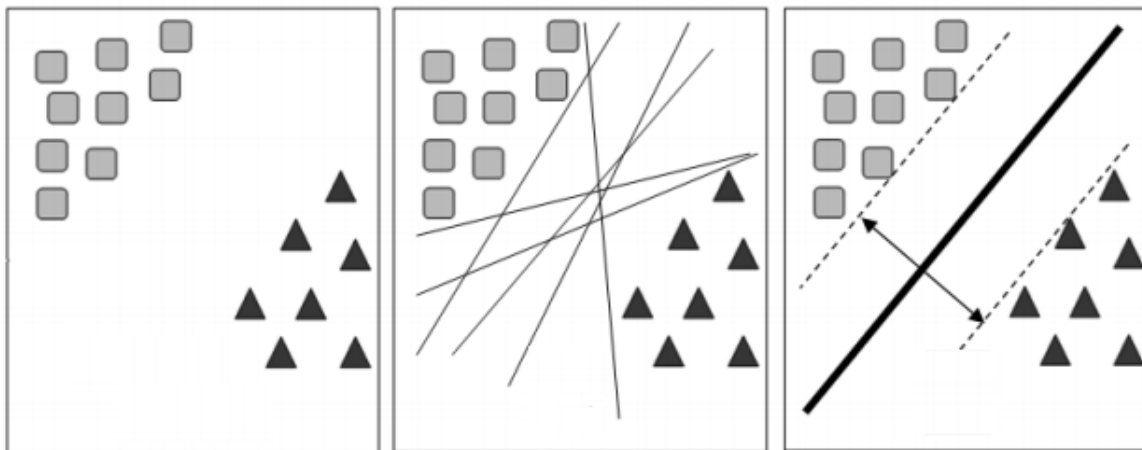
- метода подржавајућих вектора (енг. *Support Vector Machine - SVM*) [53],
- метода к-најближих суседа (енг. *k-nearest neighbors – k-NN*) [54] и
- Naive Bayes метода [55].

Узорке за класификацију је потребно класификовати у три класе са сваким од наведених класификационих модела. Класе којима се придружују узорци су:

- удобан транспорт
- средње неудобан транспорт
- неудобан транспорт.

### 4.1.1. SVM класификатор

Метода подржавајућих вектора (енг. *Support Vector Machine - SVM*) [53] која је развијена је од стране Вапника и сарадника 1992. године је метода за класификацију узорака базирана на идеји векторских простора. Прва верзија SVM класификационог алгорита предвиђена је за бинарну класификацију. Уз одређене модификације, могуће ју је имплементирати и за вишекласну класификацију.



Слика 32. Хипер-раван са демонстрацијом могуће маргине између различитих класа класификатора

Идеја имплементирана у методи заснива се на идеји проналажења раздвајајуће хипер-равни у векторском простору помоћу које су јасно раздвојени сви узорци различитих класа.

Узорци из исте класе налазе се на истој страни равни. Током фазе учења потребно је пронаћи оптималну хипер-раван. Оптимална хипер-раван је простор са максималним растојањем између података за учење (Слика 32). Ово растојање се назива максимална маргина. Након одређивања максималне маргине, класификација се касније обавља по једначини којом је представљена хипер-раван. У фазама класификације и тестирања, за сваки узорак се израчунава његово растојање од хипер-равни и на основу тога се одређује класа припадности. Слика 32. приказује скуп података за класификацију, хипер-раван са потенцијалним као и оптималном маргином која раздваја податке различитих класа.

Раздвајајућу хипер-раван је могуће одредити помоћу неколико метода. Метода подржавајућих вектора има за циљ одређивање оптималне хипер-равни проналажењем максималне раздаљина између тачака и те хипер-равни. Граничне тачке које припадају скупу за учење а налазе се на максималној маргини зову се подржавајући вектори. По њима је ова метода и добила име.

Подаци који се класификују могу бити:

- Линеарно раздвојиви – линеарни SVM
- Са меком маргином – нелинеарни SVM

## Линеарно раздвојиви подаци - линеарни SVM

Карактеристика линеарно раздвојивих података је да се хипер-раван може представити помоћу праве. Слика 32 демонстрира да може бити велики број правих које успешно раздвајају класе али је потребно пронаћи праву која са маргинама чини максималну раван. Ово се постиже прорачуном једначине хипер равни.

Ако је дат скуп података за учење од  $N$  елемената  $X_i, i = 1, \dots, N$ , а сваки елемент представљен вектором димензије  $d$  следећег облика,  $X_i = (X_{i1}, X_{i2}, \dots, X_{id})$ . Сваки податак је придружен одговарајућој класи  $Y_i \in \{-1, 1\}$ . Једначина хипер-равни се може представити на следећи начин:

$$W^T X + b = 0$$

где је:

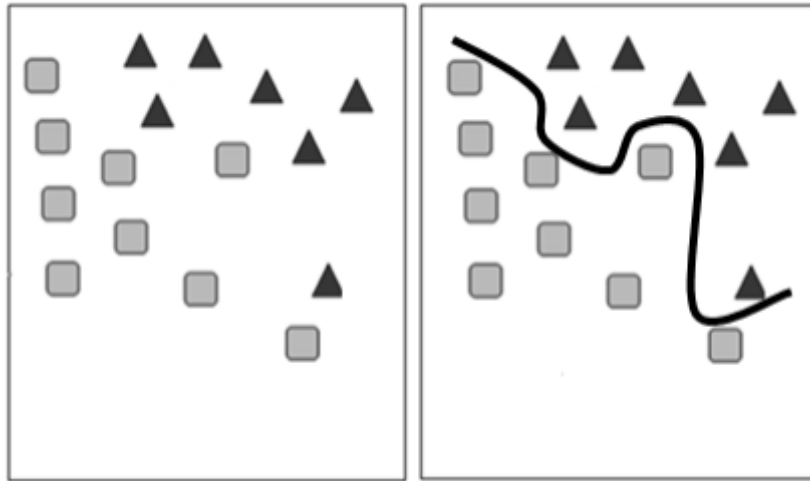
$W$  - вектор тежине који одређује смер хипер-равни,

$b$  - представља удаљеност хипер-равни од центра координатног система.

Непознати узорци се класификују на основу знака претходног израза. Параметре  $W$  и  $b$  треба одредити тако да се добије максимална маргина. Поступак је детаљније описан у раду [56]. Овај проблем се најчешће решава помоћу Лагранжеових мултипликатора [57]. Скуп коефицијената заједно са подржавајућим векторима  $X_i$  дефинише функцију одлучивања.

## Класификација са меком маргином - нелинеарни SVM

Слика 33 приказује веома могућ случај приликом раздвајања класа података јесте случај када су подаци за учење линеарно нераздвојиви.

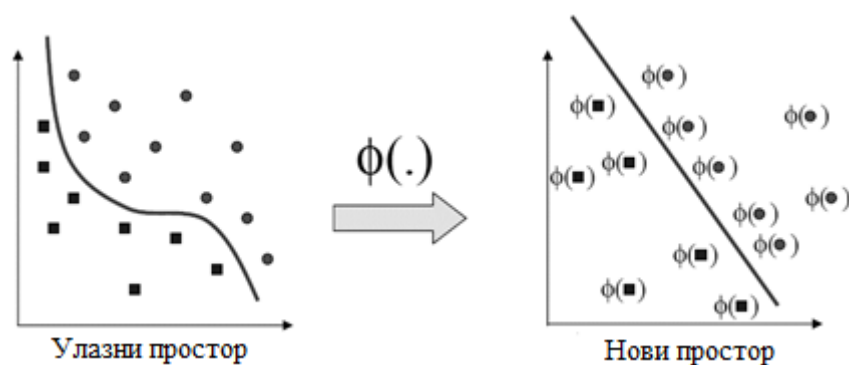


Слика 33. Приказ нелинеарне маргине

У том случају неопходно је увођење додатних прорачуна којим би требало наћи баланс између грешке приликом учења и маргине. Циљ је минимизирати грешку, али ће се и смањити максимална маргина раздвајања.

### Кернел функције (функције језгра)

Други начин решавања проблема нелинеарне области раздвајања је пресликавање векторског простора из тренутног (нелинеарног скупа) у нови простор у коме је скуп за учење линеарно раздвојив. Кернел функција омогућава линеарно раздвајање. Слика 34 приказује демонстрира овај поступак. Математичка теорема (теорема Мерцера [58]) дефинише модел одабира функције пресликавања за дати проблем



Слика 34. Пресликавање основног векторског простора у вишедимензионални простор.



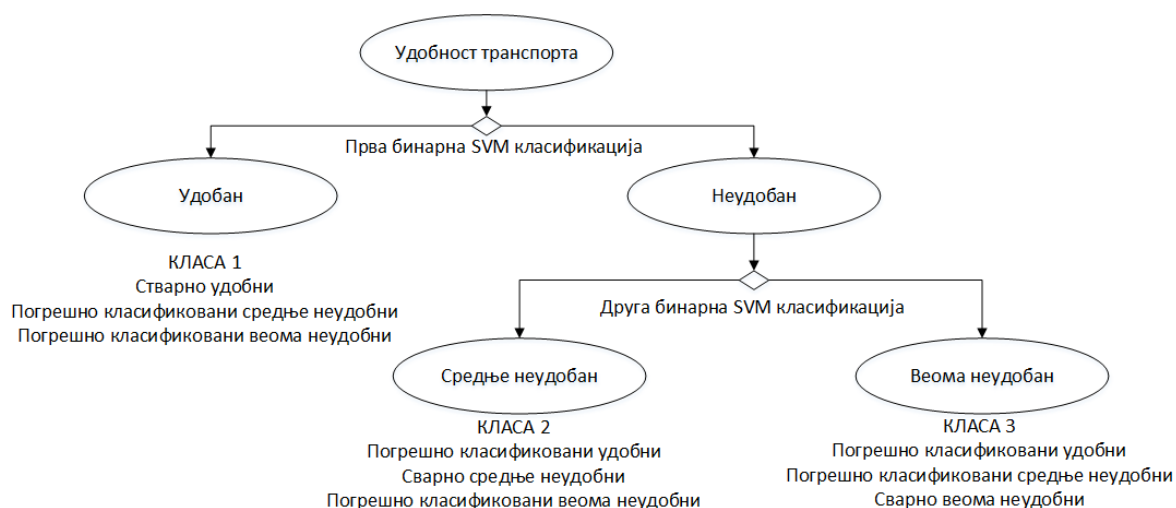
### 4.1.1.1. ТРОКЛАСНИ SVM

Метода подржавајућих вектора (енг. *Support Vector Machine - SVM*) је развијена у основи за бинарну класификацију. За потребе трокласне класификације било је потребно модификовати оригинални алгоритам да подржи класификацију удобности транспорта у три класе:

- удобну
- средње неудобну
- неудобну.

Проблем трокласне класификације раздвојен је на две двокласне класификације да би могле да се користе функционалности двокласног SVM.

Слика 35. приказује трокласну класификацију помоћу две двокласне класификације. Први ниво двокласне класификације раздваја (класификује) вредности на удобне и неудобне (средње неудобне и неудобне). Све вредности препознате као удобне (тачно класификоване удобне вредности и погрешно класификоване средње неудобне и неудобне вредности) су класификоване у „класу 1“. Вредности класификоване као неудобне (тачно класификоване средње неудобне и неудобне, и погрешно класификоване удобне) су прослеђене на други ниво двокласне класификације. Овај ниво класификације је задужен за класификовање у средње неудобно и неудобно.



Слика 35. Дијаграм трокласне класификације помоћу две двокласне SVM класификације

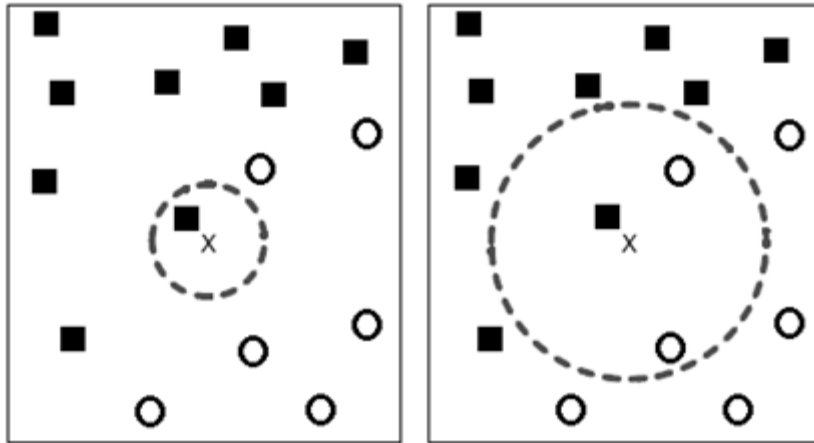
Вредности класификоване у средње неудобно (погрешно класификоване удобне вредности, тачно класификоване средње неудобне вредности и погрешно класификоване неудобне вредности) су класификоване као „класа 2“. У „класу 3“ су класификоване преостале вредности (погрешно класификоване удобне вредности, погрешно класификоване средње неудобне вредности и тачно класификоване удобне вредности).

## 4.1.2. $k$ -NN класификатор

Један од најпростијих и најкоришћенијих метода класификације је метод  $k$ -најближих суседа (енг. *k-Nearest Neighbour* - *k-NN*)[54]. Најважнији параметар ове методе је параметар  $k$  којим је представљен број најближих суседа који улазе у разматрање. Он је и улазни параметар класификације. Узорак се класификује прорачуном растојања од тог узорака до осталих узорака за учење. На тај начин се и одређује  $k$  најближих суседа. Ових  $k$  суседа имају најмање растојање од узорака који се тестира. Након тога узорак се класификује на основу класа свој  $k$  суседа. У случају да нису сви исте класе, узорак се класификује у класу којој припада већина њених  $k$  суседа. Пошто је  $k$  улазни параметар јако је важно правилно га одредити.

- За малу вредност  $k$  класификација ће бити осетљива на шум,
- За велико  $k$ , укључиће се и суседи који припадају другим класама.

За  $k$  се најчешће узима непаран број да би се избегли случајеви када исти број суседа припада различитим класама. Слика 36 приказује пример класификације  $k$ -NN методом за две различите вредности  $k$ . Увођењем тежинских фактора, за сваког од  $k$  суседа, могуће је побољшати  $k$ -NN алгоритам. Тежински фактори представљају инверзан квадрат растојања па ће далеки узорци имати мањи утицај на класификацију. Због овога број суседа може бити већи од  $k$  јер они даљи неће имати значајан утицај на класификацију.



Слика 36. Пример класификације k-NN методом за  $k=1$  и  $k=3$ .

.Главни недостатак k-NN алгоритма је сложеност прорачуна као и велика осетљивост на све атрибуте узорака за класификацију.

### 4.1.3. Naive Bayes класификатор

Naive Bayes класификатор је један од најкоришћенијих вишекласних класификатора. Разлози за ово леже у чињеници да је:

- једноставан
- има добре перформансе
- врло је скалабилан
- може се прилагодити готово сваком проблему класификације.

Bayes-ова теорема [55] представљена је формулом:

$$P(Y|X) = \frac{P(X|Y)P(Y)}{P(X)}$$

где су  $P(Y|X)$  и  $P(X|Y)$  условне вероватноће.

Ако је  $X$  узорак који се класификује са скупом атрибута  $(A_1, \dots, A_n)$ , а  $C$  ознака класе у коју се класификује, онда је  $P(C|X)$  вероватноћа да узорак  $X$  припада класи  $C$ . Циљ сваке класификације је максимална вероватноћа  $P(C|X)$ . За сваку ознаку класе  $C$  израчунава се последична вероватноћа  $P(C/A_1A_2\dots A_n)$  коришћењем Bayes-ове теореме. Након тога, као резултат класификације се усваја класа са максималном вероватноћом.

Велика предност Naive Bayes класификатора је међусобна независност атрибута. За разлику од осталих метода за класификацију Naive Bayes класификатор не претражује читав простор категоријама и вредностима атрибута већ одређује њихову учесталост појављивања.

## 4.2. Крос-валидација

У процесу учења класификатора јако је важно одредити сет узорака за учење и сет узорака за валидацију. Они морају да буду различити и међусобно независни. Требало би да се селекутују на случајан начин. Међутим, то је некада тешко изводљиво а некада није на располагању ни довољно велики скуп података да би се могли креирати одговарајући скупови. У ове сврхе користи се техника крос-валидација (енг. *cross-validation*) која омогућава ефикасно коришћење расположивих података. Употребом ове методе обезбеђује се да се сви расположиви подаци (узорци) користе и за обучавање и за тестирање. Спречава се такозвани *overfitting* и повећава тачност.

Поступак се заснива на подели скупа података на  $K$  делова (енг. *folds*). Сваки део се поново дели на  $K$  делова где се један део користи за тест а остатак за учење (Слика 37). Најчешће се скуп узорака дели на 10 подскупова а то је онда такозвана *10-fold cross validation* ( $k = 10$ ).



Слика 37. Метода крос-валидације

## 4.3. Процена квалитета класификације

Након сваке класификације потребно је проценити њену успешност. Већ је напоменуто да је неопходно обезбедити квалитетан и независан сет податка за учење и тестирање. Техника крос валидације помаже у томе на начин објашњен у претходном поглављу. Процена квалитета класификације представља упоређивање предложене класе класификатора са унапред познатом класом узорка. Као резултат процене квалитета добијају су исправно и неисправно класификовани узорци [59]. Две најчешће технике за процену квалитета класификације су :

- Матрица конфузије (енг. *confusion matrix*)
- ROC крива (енг. *Receiver Operating Characteristic Curve*)

### 4.3.1. Матрица конфузије

Матрица конфузије је један од најстандарднијих алата за анализирање резултата класификације. Приказује резултате у веома јасном облику са нагласком на разликама класификованих вредности у односу на стварне. Детаљније је представљена у раду [60]. Може се користити за више-класну и за двокласну класификацију. За објашњавање најлакше је представити је на примеру двокласне класификације (Слика 38).

Матрица конфузије ( <i>confusion matrix</i> )		Стварна класа		[%]
		Позитивни	Негативни	
Предвиђена класа	Позитивни	<b>TP</b>	<b>FP</b>	PPV FDR
	Негативни	<b>FN</b>	<b>TN</b>	PPV FDR
[%]		TPR FNR	TPR FNR	Генерална тачност [%]

Слика 38. Матрица конфузије код бинарне класификације

Основни елементи матрице су:

- TP (енг. *True Positives*) - стварно позитивни,
- TN (енг. *True Negatives*) - стварно негативни,
- FP (енг. *False Positives*) - лажно позитивни – негативни грешком класификовани као позитивни,
- FN (енг. *False Negatives*) - лажно негативни – позитивни грешком класификовани као негативни.

Елементи матрице за оцењивање квалитета класификације:

- PPV (енг. *Positive Predictive Value - precision*) – показује удео добро предвиђених инстанци неке класе, у укупном броју инстанци које је модел сврстао у дату класу. Другим речима, показује колики део резултата у једној класи је успешно класификован. Дефинише се на следећи начин:

$$PPV = \frac{TP}{TP + FP}$$

- FDR (енг. *False Discovery Rate*) – показује удео погрешно предвиђених инстанци неке класе, у укупном броју инстанци које је модел сврстао у дату класу. Другим речима, показује колики део резултата у једној класи је погрешно класификован. Дефинише се на следећи начин

$$FDR = \frac{FP}{TP + FP} = 1 - PPV$$

- TPR (енг. - *True Positive Rate - sensitivity*) - показује удео добро предвиђених инстанци неке класе у укупном броју инстанци које заправо припадају тој класи. Дефинише се на следећи начин:

$$TPR = \frac{TP}{TP + FN}$$

- FNR (енг. - *False Negative Rate*) - показује удео погрешно предвиђених инстанци неке класе у укупном броју инстанци које заправо припадају тој класи. Дефинише се на следећи начин:

$$FNR = \frac{FN}{FN + TP} = 1 - TPR$$

Матрица конфузије се дефинише тако да има онолико врста и колона колико има и класа за класификацију. За сваку класу, у врстама се уписују класификоване вредности а у колонама стварне. На главној дијагонали су представљени исправно класификовани узорци а ван дијагонале погрешно класификовани узорци.

У последњој колони (крајње десно) налазе се процентуални подаци свих узорака за које се предвиђа да припадају некој класи који су тачно и погрешно класификовани. Ове вредност су PPV и FDR респективно.

У последњој врсти налазе се процентуални подаци свих узорака који припадају некој класи који су тачно и погрешно класификовани. Ова вредности су TPR и FNR респективно.

Крајње доње десно поље у матрици конфузије представља генералну тачност.

Постоји и додатне формула над подацима из матрице конфузије за процену квалитета класификације [61]:

- **Специфичност** (енг. *specificity*) – **TN однос** (енг. *true negative rate*) – показује удео **тачно предвиђених негативних узорака**. Дефинише се на следећи начин:

$$\text{Specifičnost} = \frac{TN}{TN + FP}$$

- **Тачност** (енг. *accuracy*) класификације. Представља проценат успешно класификованих инстанци у односу на укупан број инстанци. Дефинише се на следећи начин:

$$\text{Tačnost} = \frac{TP + TN}{TP + FP + TN + FN}$$

- **Степен грешке** (енг. *error rate*) представља проценат погрешно класификованих узорака. Дефинише се на следећи начин:

$$\text{Stepen greške} = \frac{FP + FN}{TP + FP + TN + FN}$$

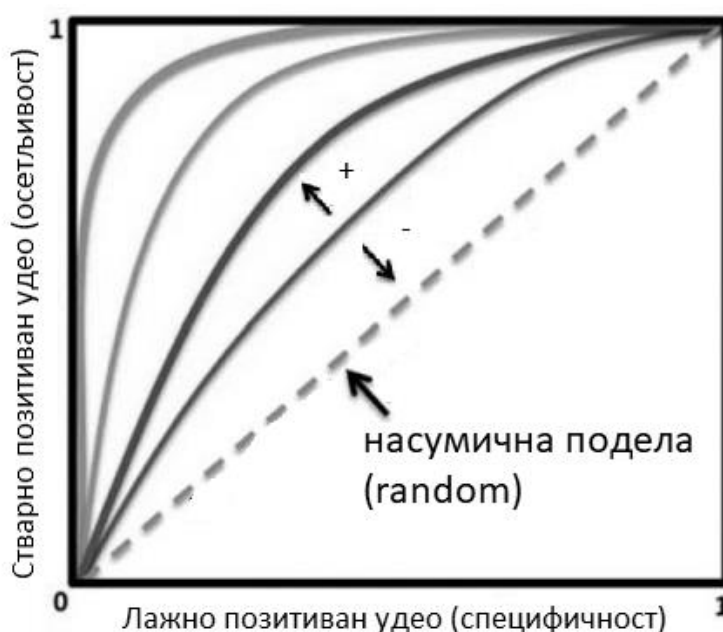
- **Метјуов коефицијент корелације** (енг. *Matthews correlation coefficient*) [62] служи за процену квалитета класификације, чак и код веома различитих

димензија класа. Опсег вредности је од -1 до +1, +1 означава савршено предвиђање, а -1 потпуно неслагање између предвиђених и стварних вредности:

$$\text{Metjuov koeficijent korelacije} = \frac{TP * TN - FP * FN}{\sqrt{(TP + FP)(TP + FN)(TN + FP)(TN + FN)}}$$

### 4.3.2. ROC крива

ROC крива (енг. *Receiver Operating Characteristic Curve*) [63] се користи за графички приказ успешности класификације. Приказује скоро идентичне податке као и матрица конфузије само у графичком формату и већ дуго има примену у алатима евалуације у разним областима [64], [65]. На у-оси су приказане вредности осетљивости (сензитивности), односно показује удео добро предвиђених инстанци неке класе у укупном броју инстанци које заправо припадају тој класи, а на х-оси вредности 1 умањена за специфичности (1 - специфичност) (Слика 39). Испрекиданом линијом је обележена случајна расподела (рандом) са класификацијом 50 %. Са знаком "+" је назначен смер боље класификације, тј. што више график иде ка горњем левом углу то је класификација боља. Са знаком "-" назначен је смер лошије класификације, тј. што даље од горњег левог угла то је класификација била лошија.



Слика 39. ROC крива



Када ROC крива скроз у горњем левом углу има прав угао у питању је савршено препознавања свих (и позитивних и негативних) узорака. У том случају се сустижу тачке максималне сензитивности и максималне специфичности.

Предност употребе ROC криве у приказу тачности класификације лежи у томе што на једном дијаграму може приказивати више ROC кривих. Овај приказ је веома прегледан и интуитиван и веома лак за упоредно поређење тачности различитих класификација. У таквим ситуацијама, крива која се налази изнад и на лево у односу на ROC криву са којом се пореди указује на тест са већом тачношћу.

Један од веома коришћених појмова код употребе ROC криве је појам "површине испод ROC криве" (енг. *Area Under the Curve* - AUC). Вредности површина се могу кретати у опсегу од 0 до 1. Тачност класификације узорака зависи од површине коју захвата ROC крива (већа површина представља већу тачност класификације). Опште правило је да  $AUC > 0.9$  представља одличну класификацију а  $AUC < 0.7$  представа лошу класификацију. Вредности између 0.7 и 0.9 представљају добру класификацију.

## 4.4 Осетљивост пацијената на транспортну удобност

Као што је већ и наглашено, транспорт је веома сложен за анализу и процену удобности. Велики број фактора утиче на осећај удобности, а за неке се опет може рећи да су субјективног карактера. Све што је наведено је ипак било везано за транспорт здравих људи, тј. они који се не класификују у пацијенте са неким медицинским стањем. И сами смо свесни да некад и психичко расположење, метеоролошки услови (висок или низак ваздушни притисак) иако су сви медицински параметри нормални, могу утицати на то како ће путницима пријати транспорт. *Ситуација је још специфичнија када је у питању транспорт пацијената јер они имају неко медицинско стање на које услови транспорта могу утицати неповољно.* Такође, по дефиницији пружања медицинске услуге, *сваки транспорт пацијента је у циљу пружања боље услуге или неге, па никако не би смео негативно да утиче на здравствено стање пацијента.* Због свега наведеног је јако важно анализирати **осетљивост пацијената на транспортну удобност**. Једна од првих ставки које је потребно анализирати су типови медицинских стања пацијента пошто нису сва стања подједнако осетљива на удобност транспорта.

### 4.4.1. Класификација медицинских стања пацијената у класе осетљивости на основу међународне класификације болести

Медицинска стања пацијената имају своје ознаке и шифре које се користе у целом свету ради лакше кооперације и анализе на међународном нивоу. У ове сврхе креирана је класификација медицинских стања пацијената од стране светске здравствене организације под називом (*International Statistical Classification of Diseases and Related Health Problems (International Classification of Diseases) (ICD) 10th Revision - Version:2010, vol. 1. 2010.*) [66]. Овде се налазе сва могућа медицинска стања и пропратни здравствени проблеми. Скоро сваке године излази допуњена верзија. Та стања су у сарадњи са медицинским особљем Хитне службе у Чачку класификоване у 3 категорије осетљивости:

- Ниво 1 – најосетљивији, потребан веома удобан транспорт
- Ниво 2 – средња осетљивост, потребан умерено удобан транспорт

- Ниво 3 – најмања осетљивост, удобност може бити као и код класичних здравих особа које се транспортују, није потребан посебан опрез

Табела 7 приказује списак медицинских стања и класификоване осетљивости.

Табела 7. Списак медицинских стања и класификоване осетљивости

Шифра	Опис	Ниво осетљивости
A00–B99	Инфекције и болести проузроковане паразитима (енг. Certain infectious and parasitic diseases)	
C00–C97	Малигна обољења – тумори (енг. Malignant neoplasms)	3
D00–D48	неоплазме (енг. neoplasms)	3
D50–D89	Болести крви и крвотворних органа поремећаји имунитета (енг. Diseases of the blood and blood-forming organs and certain disorders involving the immune mechanism)	3
E00–E90	Ендокрине, нутриционистиче и метаболичке болести (енг. Endocrine, nutritional and metabolic diseases)	
F00–F99	Душевни поремећаји и поремећаји понашања (енг. Mental and behavioural disorders)	3
G00–G99	Болести нервног система (енг. Diseases of the nervous system)	2
H00–H95	Болести ока и спољашњег уха (енг. Diseases of the eye and adnexa, Diseases of external ear)	
I00–I99	Болести система крвотока (енг. Diseases of the circulatory system)	1
J00–J99	Болести система за дисање (енг. Diseases of the respiratory system)	1, 2
K00–K93	Болести система за варење (енг. Diseases of the digestive system)	3
L00–L99	Болести коже и поткожног ткива (енг. Diseases of the skin and subcutaneous tissue)	

M00–M99	Болести мишићно-коштаног система и везивног ткива (енг. Diseases of the musculoskeletal system and connective tissue)	2, 3
N00–N99	Болести мокраћно полног система (енг. Diseases of the genitourinary system)	3
O00–O99	Трудноћа и порођај (енг. Pregnancy, childbirth and the puerperium)	1
P00–P96	Перинатални период (енг. Certain conditions originating in the perinatal period)	1
Q00–Q99	Конгениталне малформације, деформације и хромозомни ненормалности (енг. Congenital malformations, deformations and chromosomal Abnormalities)	
R00–R99	Симптоми и знаци неквалификовани (енг. Symptoms, signs and abnormal clinical and laboratory findings, not elsewhere classified)	1, 2, 3
S00–T35	Повреде, и одређене друге последице спољних узрока (енг. Injury, and certain other consequences of external causes)	1
T36-T98	Тровања (енг. Poisoning)	
V01–Y98	Екстерни узроци смртности, уједи, падови,.. (енг. External causes of morbidity and mortality)	
Z00–Z13	Контроле од стране радника здравствене службе (енг. Persons encountering health services for examination and investigation)	

Као што се може видети из приказане табеле, нека медицинска стања нису ни класификована јер се ти пацијенти генерално не транспортују унутар возила хитне службе. У транспорту пацијената најзаступљеније су следеће групе медицинских стања:

- I, O и P су највеће осетљивости (ниво 1),
- G је средње осетљивости (ниво 2),
- C, D, F, K, N, су најмање осетљивости (ниво 3),

Нека медицинска стања могу припадати и различитим категоријама и зависности од конкретне дијагнозе унутар одређене категорије. Поред медицинских, класификација разматра и утицај пола и година пацијента.

#### 4.4.1. Класификација и статистика транспорта пацијената у хитној служби Чачак

Као пример класификације транспорта пацијента дат је делимични приказ извештаја једног месечног транспорта. Просечно око 80 секундарних транспорта буде обављено на месечном нивоу. Табела 8 приказује првих петнаест записа.

Табела 8. Класификација и статистика транспорта пацијената у хитној служби Чачак, пример дела месечне статистике

Редни број	Пол	Годиште	Одредиште транспорта	Дијагноза – медицинско стање	Ниво осетљивости
1	М	2000	BG	Опекотине	2
2	М	2017	BG	Q 61.4	3
3	Z	1942	BG	Тромбоцитопенија	3
4	М	1980	KG	С 71	3
5	М	1974	KG	J 93	3
6	Z	1967	KG	S 22.0	1
7	М	1952	BG	S 72	1
8	М	1977	BG	Опекотине	2
9	Z	1994	KG	Гинекологија	2
10	М	2013	BG	Опекотине	3
11	Z	1944	BG	Пост. Оп. Срчаног залиска	2
12	М	1968	KG	С 34	3
13	М	1957	BG	I 61.5	3
14	М	1950	BG	Z 95.2	2
15	М	1939	BG	I 71.4	3

У оквиру приказаног месеца било је 77 транспорта који су класификовани по нивоу осетљивости. Табела 9 приказује статистику класификације.

Табела 9. Класификација месечног транспорта пацијената по нивоу осетљивости

Ниво	Број транспорта	Процентуални удео [%]
1	18	23.38
2	24	31.17
3	35	45.45

Може се видети да највише, тачније скоро половина транспорта је са нивоом осетљивости 3 (најмање осетљиви). Након тога око 30 % са средњим нивоом осетљивости а око 20% медицинских стања пацијената захтева веома удобан транспорт тј. ниво удобности 1.

Табела 10 приказује класификације по пол. Интересантно је да је две трећине пацијената мушког пола, док само трећина женског.

Табела 10. Класификација месечног транспорта пацијената по полу

Пол	Број транспорта	Процентуални удео [%]
М	53	68.83
Ж	24	31.17

Табела 11 приказује класификација по годинама пацијента. Скоро пола свих транспорта је за пацијенте преко 60 година, а просечна старост пацијената је 53,7 година.

Табела 11. Класификација месечног транспорта пацијената по годинама

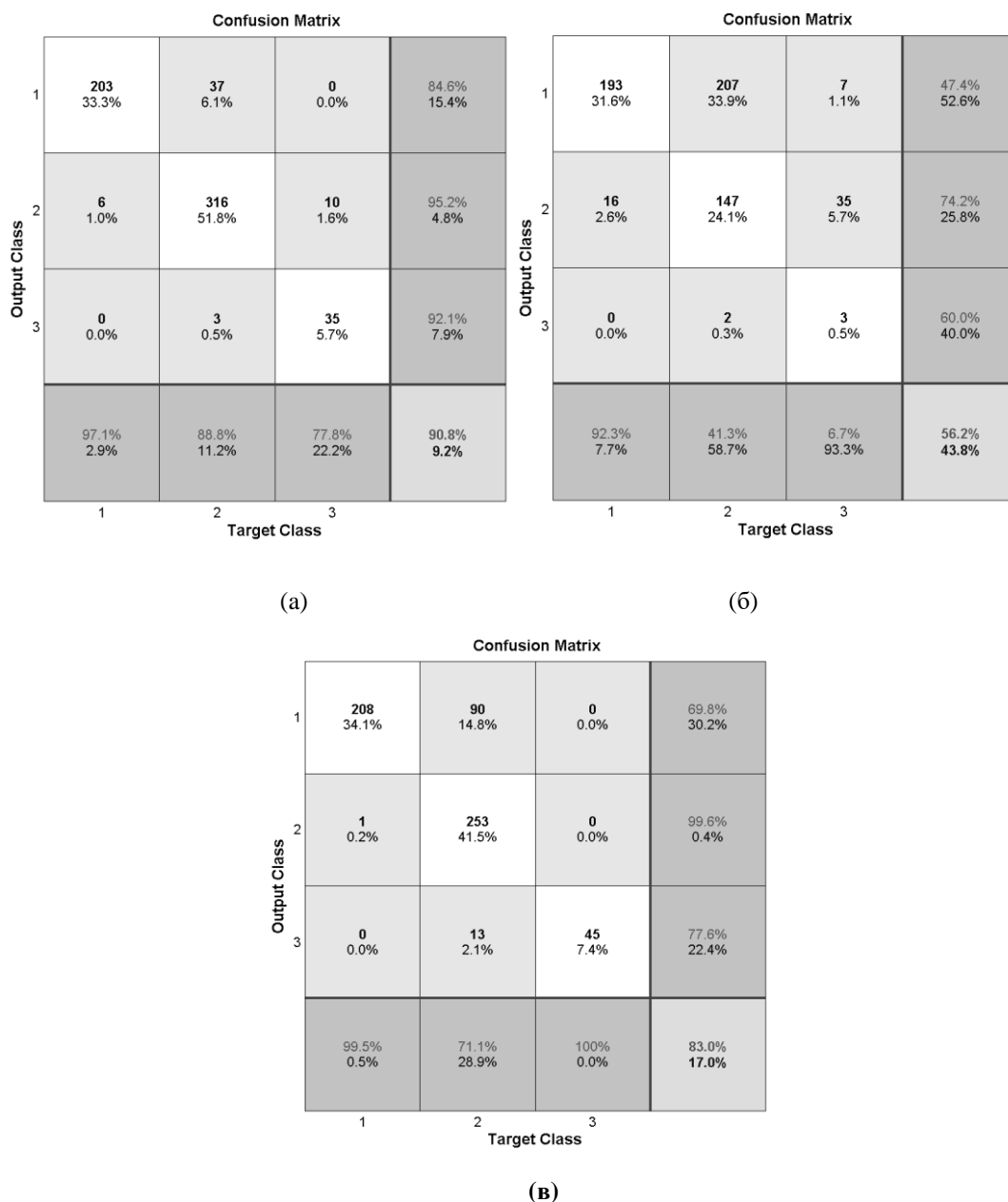
Године	Број транспорта	Процентуални удео [%]
0-20	7	9.09
21-40	13	16.88
41-60	20	25.97
60+	37	48.05
Просечно	53.7 година	

## 4.5. Резултати класификације транспортне удобност

Анализирано је укупно 610 образаца (209 који припадају класи 1, 356 из класе 2 и 45 из треће класе). Сваки образац се састоји од 11 карактеристика (Табела 6) плус подаци са GPS сензора.

Класификатори се обучавају и тестирају користећи крос-валидацију са 10 нивоа како би се осигурало детаљно тестирање са свим узорцима. Помоћу ове технике поделили смо насумичне скупове података у скуп  $K = 10$  различитих скупова. Тренинг се затим изводи на  $K-1$  сету, а преостали сет се тестира. Након тога, понавља се за све могуће комплете тренинга и тестирања. Резултати класификације су средња вредност свих  $K$  резултата.

Слика 40 показује да су резултати класификације SVM бољи од резултата класификације Naive Bayes, са тачношћу од 90,8% према 83%, док је најгори резултат класификације у овом истраживању, однос тачности 56,2 %, добијен је класификационим узорцима помоћу к-НН класификатора.



Слика 40. Матрица конфузије која се састоји од информација о стварним и предвиђеним класификацијама извршеним од стране класификационог система: (а) SVM, (б) k-NN, (в) Naive Bayes

Слика 40 а показује да су резултати SVM класификатора такви да су од 208 удобних (класа 1) интервала вожње 203 правилно класификовани, док је 6 погрешно класификовано као средње неудобно (класа 2). Није било удобне класе која је класификована као веома неудобна (класа 3). Од 356 средње неудобних интервала вожње (класа 2), 316 је тачно класификовано, док је 37 погрешно класификовано као удобне (класа 1), а 3 као неудобне (класа 3). Од 45 врло непријатних интервала вожње (класа 3), 35 их је тачно класификовано, док је 10 погрешно класификовано као средње неудобно (класа 2).

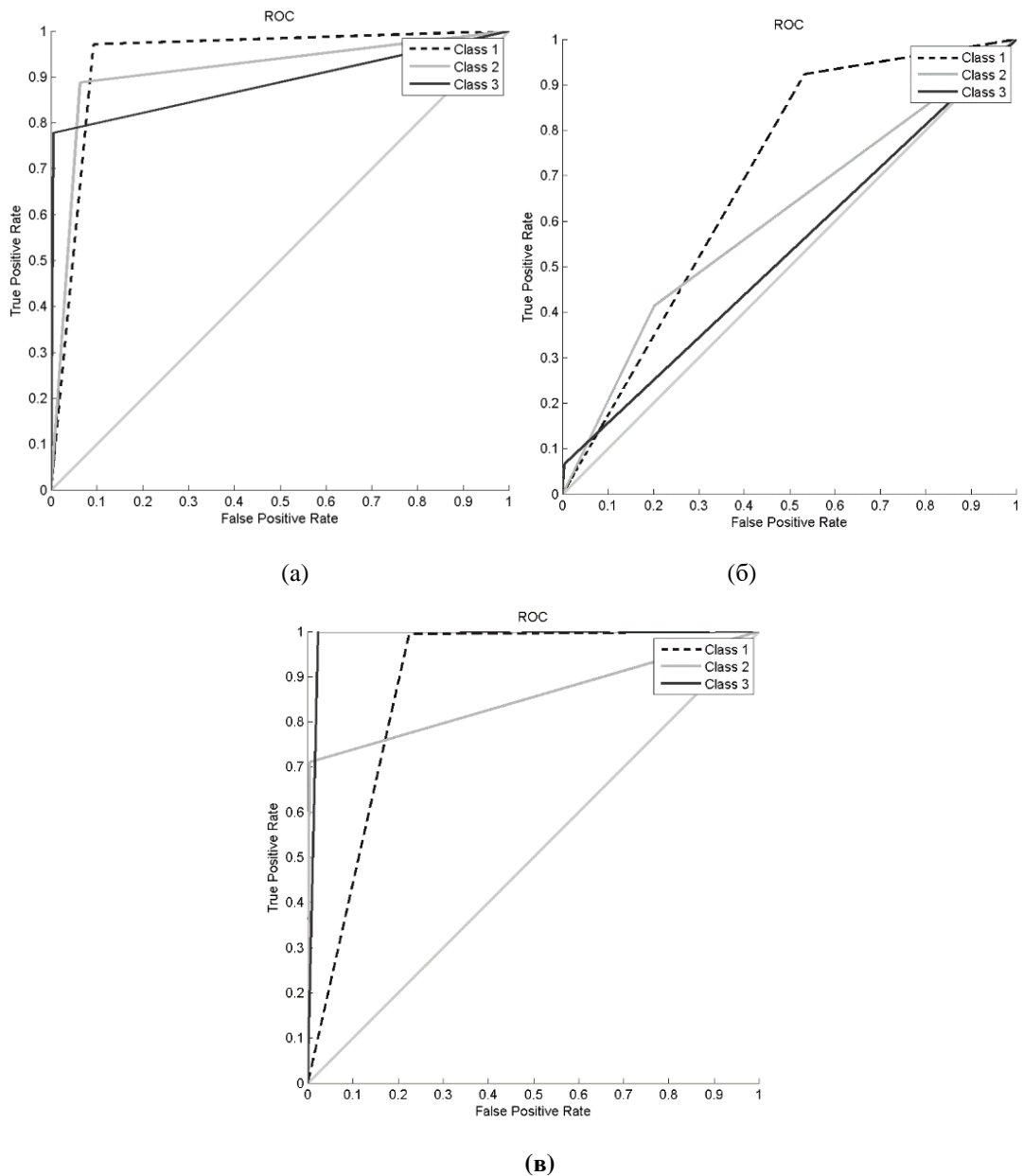
K-NN класификатор је показао добре резултате класификације само за удобну вожњу (класа 1), док су средње неудобне (класа 2) и врло неудобне (класа 3) вожње класификоване са врло ниском тачношћу.

Naive Bayes класификатор показао је сјајне резултате класификације за удобан (класа 1) и врло неудобне интервале вожње (класа 3), чак и бољи од представљеног SVM трокласног класификатор. Проблем се јавља с средње неудобним класификацијама (класа 2). Од 356 средње неудобних интервала вожње (класа 2), 253 је тачно класификовано, док је 90 погрешно класификовано као удобно (класа 1), а 13 као неудобно (класа 3).

Са SVM и Naive Bayes класификаторима није постојала погрешно класификована класа 1 као класа 3 или обрнуто класификација. Према резултатима представљеним матрицом конфузије (Слика 40 а, б, в), препоручује се коришћење SVM и Naive Bayes класификатора, док K-NN треба избегавати.

ROC анализа је такође коришћена за процену учинка предложене методе у разврставању образаца у једну од три класе. Графови ROC криве (Слика 41) потврђују тачност класификације узорака користећи сва три класификатора.





Слика 41. ROC криве за класификацију: (а) SVM, (б) k-NN, (в) Naive Bayes

Да би се предвидела стопа тачности препознавања, графикони се цртају између праве позитивне и лажне позитивне стопе. AUC SVM класификације (Слика 41 а), су највеће, и показује предвиђање најтачнијих резултата класификације. Све у свему, SVM класификатор има најбољу тачност класификације и препоручује се за употребу, док k-NN класификатор треба избегавати.

Високе вредности свих мера класификације добијених са SVM и Naive Bayes класификацијским тестовима указују на то да предложене карактеристике могу бити параметри за одређивање удобности у транспорту.

Након успешне класификације удобности превоза, анализира се неопходно прилагођавање на основу здравственог стања пацијената. Будући да су пацијенти са најмањом осетљивошћу на транспортни комфор (Табела 12, ниво осетљивости 3) посматрани ради прикупљања података, представљени резултати су погодни без прилагођавања за друге пацијенте са истим нивоом осетљивости.

За осетљивије пацијенте (ниво осетљивости 2 и 1 из Табела 12) класификована удобност може бити неприкладна. Ниво комфора 3 (веома непријатно) за пацијенте са нивоом осетљивости 3 је сигурно веома непријатан за осетљивије пацијенте. Нивои комфора 1 и 2 би се могли прилагодити вишем (неугоднијем) нивоу за неке пацијенте. У ове сврхе извршено је прилагођавање комфора на основу пацијентовог здравственог стања, старости и пола, (Табела 12). Анализирају се одвојено, и мушкарци и жене, свих старосних опсега и нивоа осетљивости 1 и 2 ради прилагођавања удобности.

За медицинска стања која су означена као најосетљивија на транспортни комфор (Табела 12, класификована осетљивост 1) прилагођавање се врши за следеће прелазе, из:

- 2 => 3 за млађе од 16 и старије од 55, мушкарци
- 2 => 3 за млађе од 16 и старије од 35, жене
- 1 => 2 за узрасте 0-2 и старије од 55 година, и мушкарци и жене.

За медицинска стања означена као средње осетљива на комфор транспорта (Табела 12, класификована осетљивост 2) прилагођавање се врши за следеће прелазе, из:

- 2 => 3 за млађе од 7 и старије од 55, мушко и женско
- 1 => 2 за узрасте 0-2, мушкарци и жене

Напомена: знак "а => б" означава прилагођавање из нивоа "а" у ниво "б".

Табела 12. Класификовано прилагођавање комфора на основу здравственог стања пацијента, његове старости и пола

Пол	Године	Класификована удобност	Прилагођавање удобности на основу нивоа осетљивости у зависности од медицинског стања пацијента	
			Ниво осетљивости 3	Ниво осетљивости 2
Мушки	0-2	1	2	2
	0-2	2	3	3
	0-2	3	3	3
	3-7	1	1	1
	3-7	2	3	3
	3-7	3	3	3
	8-15	1	1	1
	8-15	2	3	2
	8-15	3	3	3
	16-35	1	1	1
	16-35	2	3	2
	16-35	3	3	3
	36-55	1	1	1
	36-55	2	2	2
	36-55	3	3	3
	56+	1	2	1
56+	2	3	3	
56+	3	3	3	
Женски	0-2	1	2	2
	0-2	2	3	3
	0-2	3	3	3
	3-7	1	1	1
	3-7	2	3	3
	3-7	3	3	3
	8-15	1	1	1
	8-15	2	3	2
	8-15	3	3	3
	16-35	1	1	1
	16-35	2	3	2
	16-35	3	3	3
	36-55	1	1	1
	36-55	2	3	2
	36-55	3	3	3
	56+	1	2	1
56+	2	3	3	
56+	3	3	3	

Табела 13. Статистика свих транспорта

Класификација интервала	Класификована удобности [%]	Прилагођена удобност [%]
Удобни	37.42	30.29
средње неудобни	54.24	55.44
неудобни	8.34	14.37

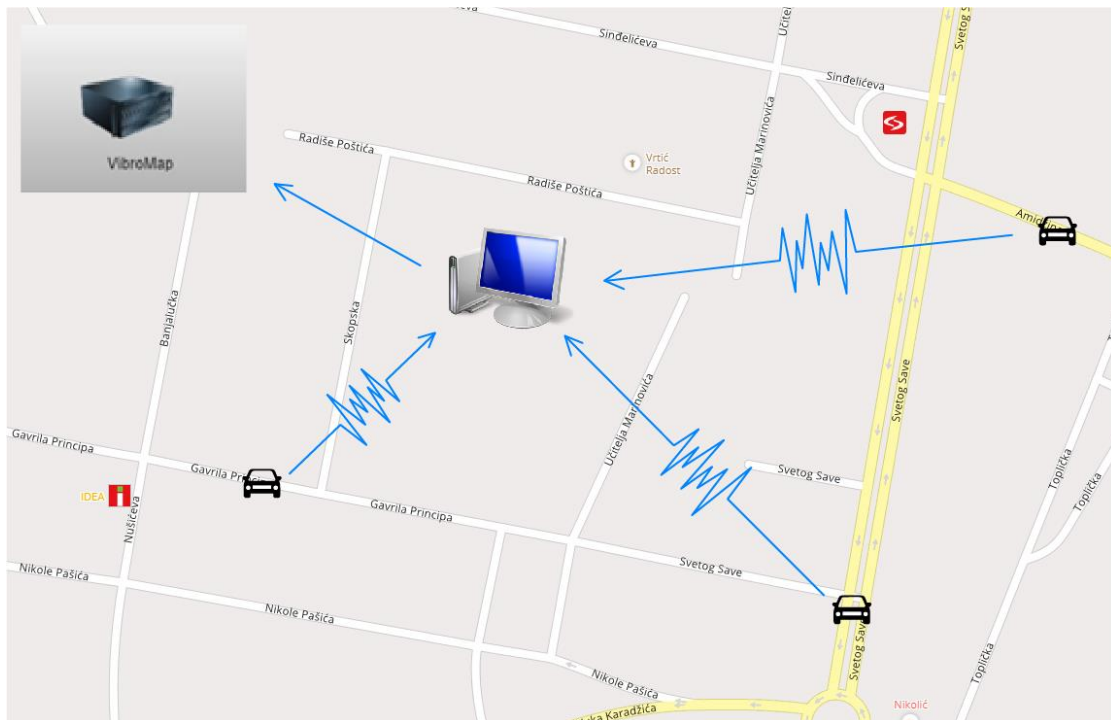
Табела **13** приказује укупну статистику превоза за свих 77 превоза, са и без прилагођавања удобности.

Као што се може видети, проценат класе 2 и 3 повећао се након прилагођавања осетљивости на удобност на основу здравственог стања пацијента. Уз ова подешавања, класификовани подаци о удобности транспорта имају још већи значај јер се узима у обзир медицинско стање. Као што показују резултати, на основу обављених мерења, 30% је било пријатно, 55% било је средње непријатно, док је 14% било непријатно.

## 5. Информациони систем за централизовану обраду података о удобности транспорта

На основу свега напред наведеног, а у циљу централизованог праћења, прегледа и анализе мерења удобности транспорта, развијен је серверски део информационог система. Серверски део клијент - сервер система реализован је у виду Јава Веб апликације која је пројектована у вишеслојној архитектури по *ModelViewController* (MVC) моделу. За презентацију података, тј. *View* слој модела, коришћене су JSP стране. *Controller* слој развијан је употребом *Servleta*, а *Model* слој се базира на *Java bean* класама и *DataAccessObject* (DAO) класама преко којих комуницира са MySQL базом података.

Реализовани систем има за циљ да омогући корисницима централизован преглед и анализу мерења креираних помоћу клијентске Андроид апликације. Слика 42 приказује блок шему употребе информационог система. Као што се може видети, клијенти са било којих локација могу слати податке на серверски део информационог система.

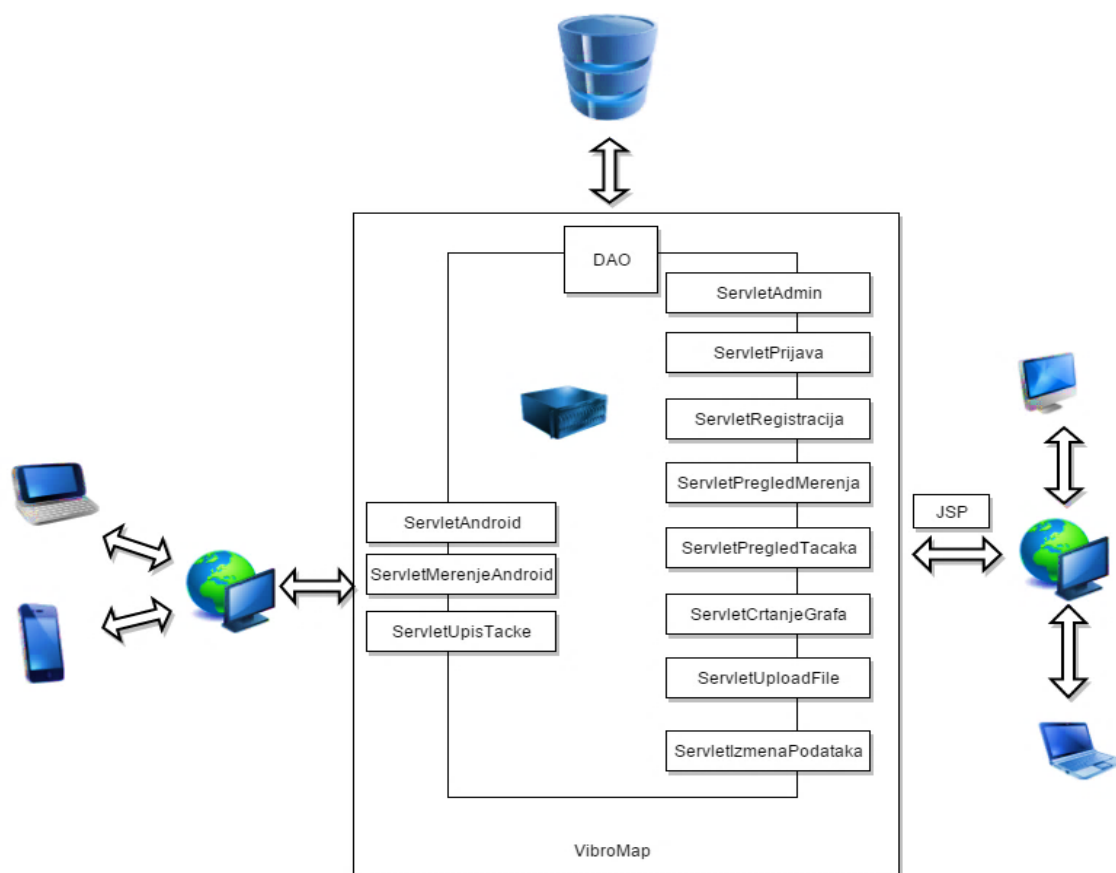


Слика 42. Приказ употребе апликације за централизовану обраду и приказ података

Серверски део информационог система има два важна дела. Први део је задужен за комуникацију са клијентском Андроид апликацијом а други са корисницима сајта. Слика 43 приказује структуру серверског дела информационог система. Као што је приказано главна комуникација обавља се преко *servlet-a*, посебних Јавиних компоненти за динамичке веб стране. Са леве стране су приказани *servleti* за комуникацију са Андроид апликацијом а са десне контролерски *servleti* за веб апликацију. Део који комуницира са клијентском Андроид апликацијом омогућава пренос података од клијента на сервер у реалном времену.

Корисник може користити клијентску Андроид апликацију у два режима рада:

- Online – измерене вредности са клијентске апликације се преносе на серверски део информационог система у реалном времену
- Offline – измерене вредности са клијентске апликације се снимају у виду фајлова на меморији телефона и касније се могу поставити (upload-овати) на серверски део система.



Слика 43. Структура контролера информационог система за централизовану обраду података

Поред ова два режима рада могућа је и њихова комбинација, тј. у *online* режиму одабрати и опцију снимања фајлова на клијентској апликацији. По завршеном мерењу, креиран фајл се може поставити на серверски део система, где систем препознаје да ли је то ново мерење или неко већ постојеће које је креирано *online* режимом рада.

Серверски део овог клијент-сервер информационог система поседује два типа корисника, регистроване и администратора. Регистровани корисник своја мерења креирана преко Андроид апликације може да унесе у базу података унутар веб апликације, а преко њеног корисничког интерфејса да је касније прегледа и анализира.

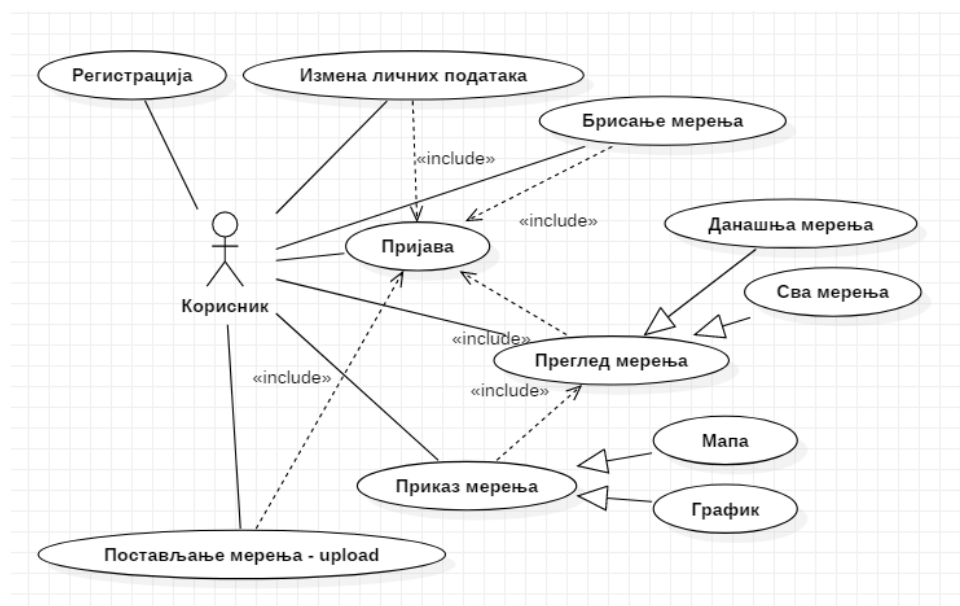
## 5.1. Функционалности регистрованог корисника

Све функционалности које су дозвољене регистрованом кориснику приказане су дијаграмом случајева коришћења (use case diagram, Слика 44):

Као што се може и видети на приказаном дијаграму, најважније функционалности регистрованог корисника су :

- Снимање (upload) мерења
- Преглед мерења (данашња, сва мерења)
- Приказ мерења (мапа или график)

Поред наведених, постоје и функционалности регистрације и измене личних података.



Слика 44. Дијаграм случајева коришћења информационог система за централизовану обраду података

## 5.1.1. Снимање (upload) мерења на информациони систем

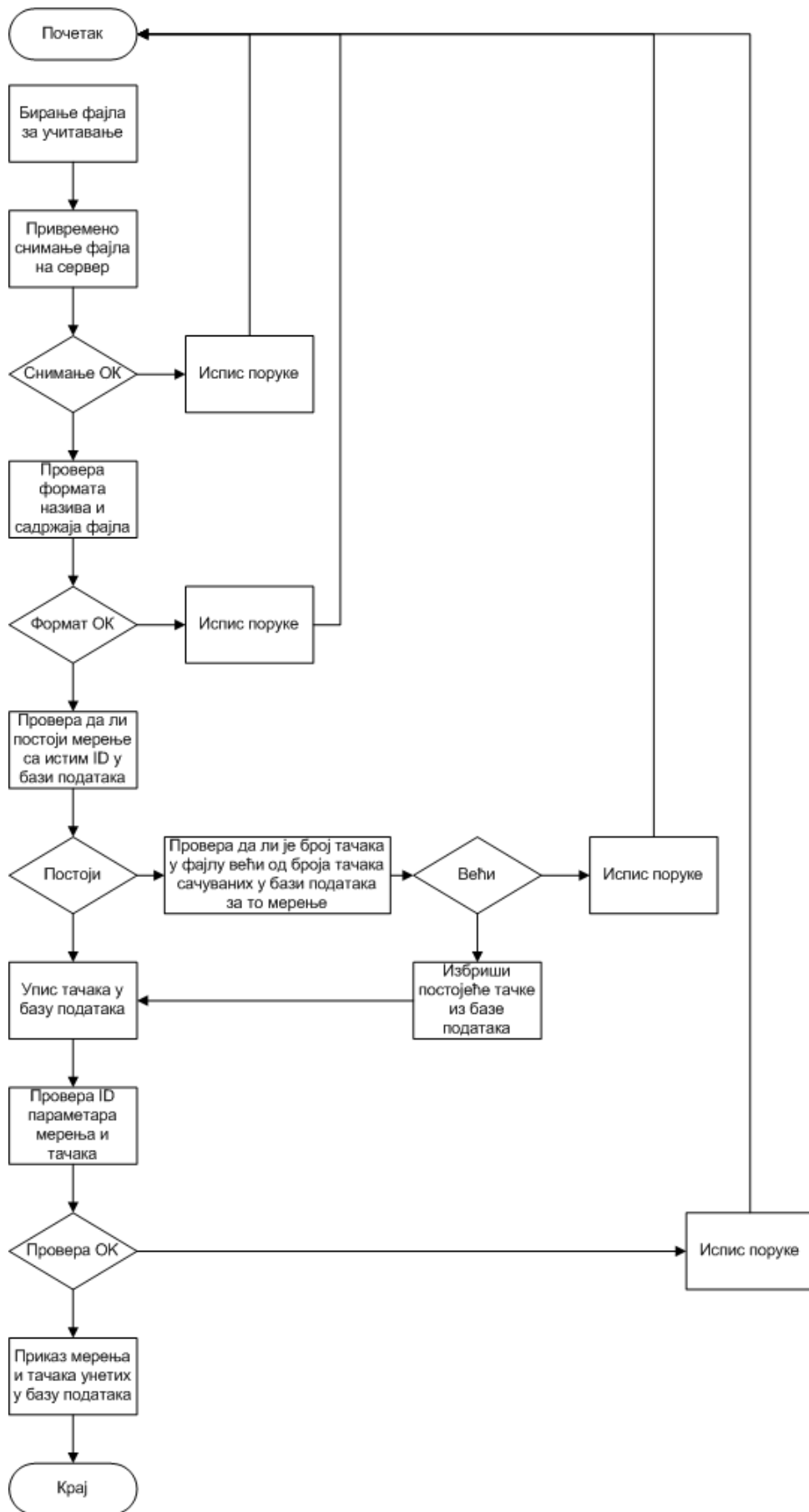
Када корисник повеже мобилни уређај и рачунар, може извршити унос података из запамћеног текстуалног документа у информациони систем. Слика 45 приказује алгоритам снимања мерења на серверски део информационог система.

Преко Веб апликације прослеђује се *Servlet*-и локација датотеке која садржи информације о мерењу. Након одабира датотеке, *Сервлет* `ServletUploadFile` проверава да ли постоји дефинисано одредиште на серверу, на ком ће се привремено складиштити датотеке из којих се учитавају подаци и извршава се копирање датотеке са локалног одредишта на сервер. Затим врши проверу формата назива и садржаја. Ако је формат исправан врши се провера да ли постоји мерење са истим ИД у бази података (ИД мерења из датотеке узет је из назива датотеке). Ако у бази постоји мерење са истим ИД, врши се провера да ли је број тачака за то мерење у бази података већи од броја тачака унутар датотеке која се учитава. Ако је број тачака у бази већи, кориснику се испишу порука којом се обавештава да мерење запамћено у датотеци није валидно и прекида се учитавање датотеке. Уколико је број тачака у датотеци већи од броја тачака у бази, постојеће тачке из базе се бришу, а затим се врши упис тачака из датотеке у базу података. Уколико у бази података не постоји мерење са истом вредности ИД као код мерења сачуваног у датотеци одмах се уписују подаци о мерењу на основу података из назива датотеке, а затим врши и упис садржаја датотеке у базу помоћу унапред дефинисаног упита. Општи облик SQL упита којим се врши копирање садржаја датотеке у базу података:

```
LOAD DATA LOCAL INFILE lokacija_fajla INTO TABLE
naziv_tabele FIELDS TERMINATED BY '--' LINES TERMINATED
BY ';' (nazivi kolona tabele u koju se podaci smeštaju);
```

Подаци се најпре снимају у помоћну („темп“) табелу. Затим се, у зависности од типа тачке врши копирање тачака из „темп“ табеле у табелу „тачке“. Након успешног копирања, врши се брисање садржаја из „темп“ табеле. Такође, након уписа података у базу, датотека се брише из привременог складишта на серверу.

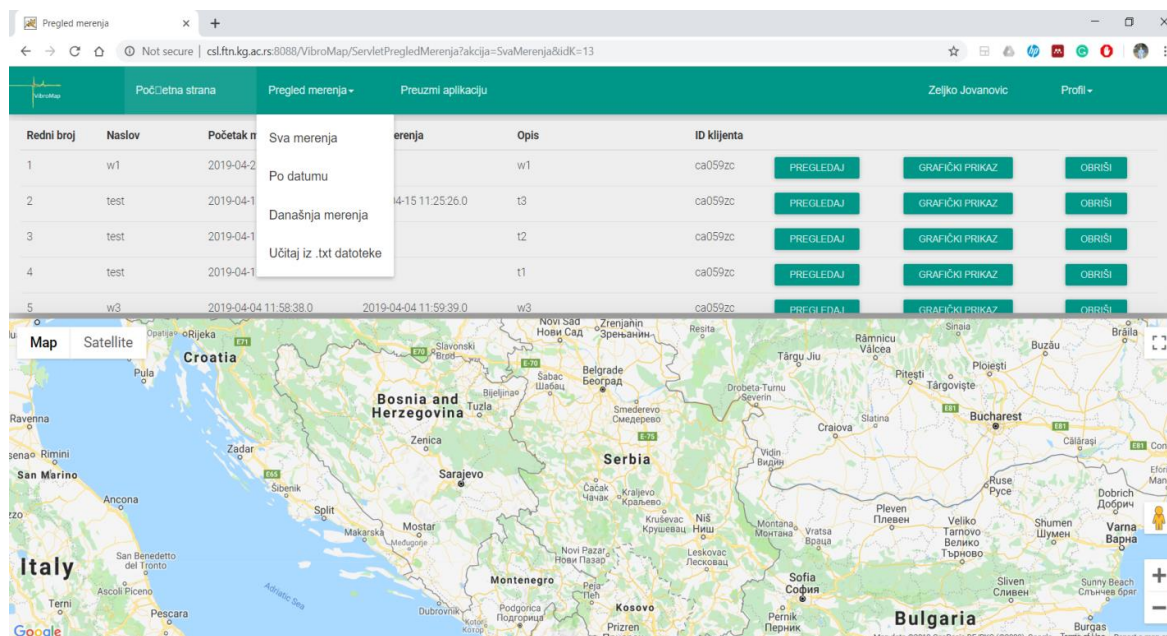




Слика 45. Алгоритам поступка снимања мерења на информациони систем

## 5.1.2. Преглед мерења

Након успешног логовања корисника добија се кориснички интерфејс информационог система (Слика 46).



Слика 46. Приказ корисничког интерфејса уложеног корисника

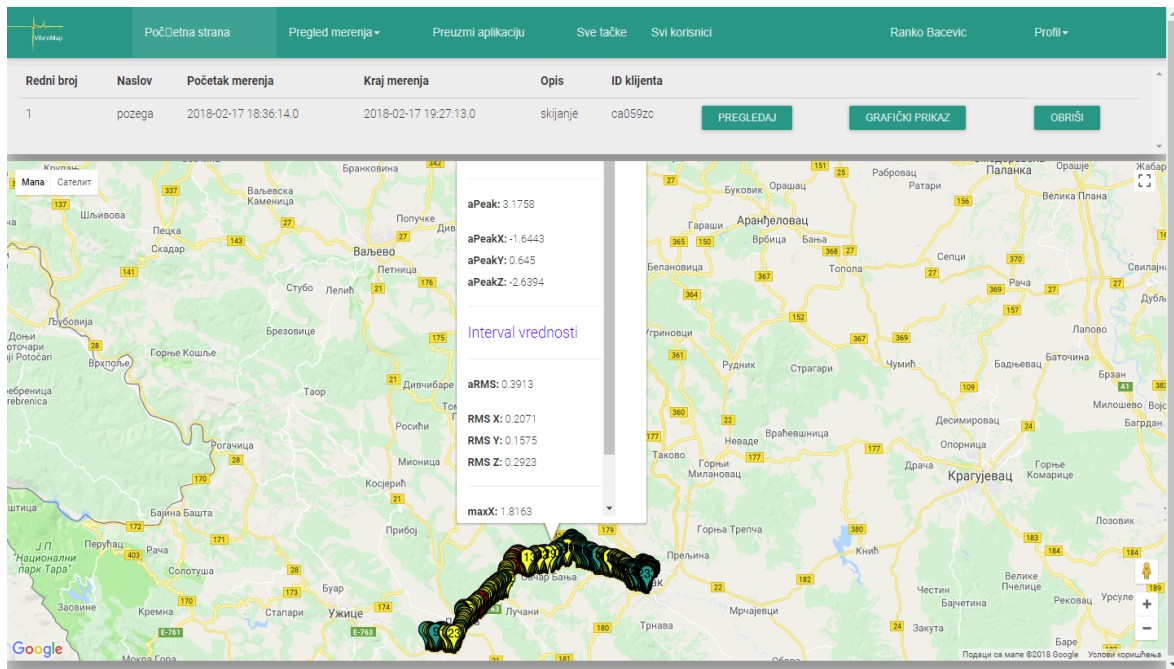
Као што се може видети, главне функционалности корисника су на картици “Преглед мерења”. Корисник може изабрати између прегледа свих мерења, прегледа по датуму, данашња мерења или да уради преглед мерења уčitаног из текстуалног фајла. За преглед по датуму бирају се почетни и крајњи датум између којих је било мерења. Над приказаном листом мерења могуће је урадити приказ и брисање појединачног мерења.

## 5.1.3 Приказ мерења

Креирана мерења је могуће приказати у два формата:

- Приказ на Google мапама са интерактивним маркерима
- Графички приказ

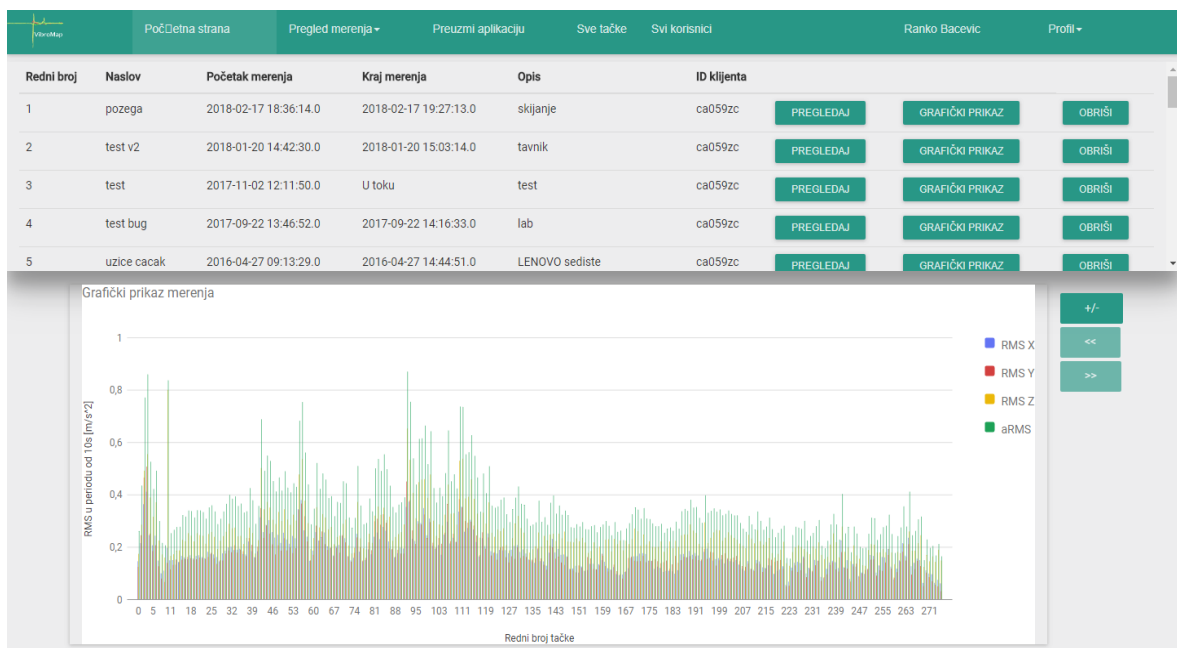
Приказ на Google мапама се добија кликом на дугме “ПРЕГЛЕДАЈ” (Слика 47).



Слика 47. Приказ мерења на Google мапи са приказом измерених вредности кликом на маркер

Маркери су представљени различитим бојама и представљају нивое удобности (зелено – удобно, жуто – средње удобно, црвено – неудобно).

Слика 48 садржи графички приказ селектованог мерења.

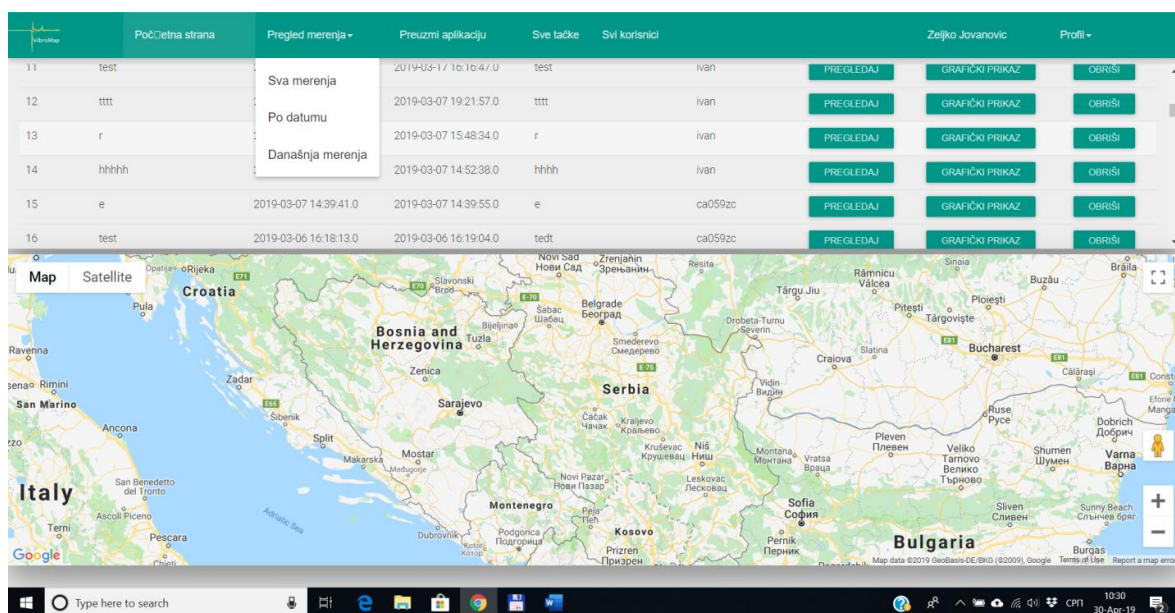


Слика 48. Графички приказ измерених вредности селектованог мерења

Са графика се јасније могу видети нивои удобности по свакој оси, као и који интервали пута су били недовољно удобни. За разлику од приказа на мапама где се виде само 3 нивоа, представљених бојама маркера, на графичком приказу се виде и остварене вредности свих интервала мерења и то у првом нивоу приказа (на мапи је неопходан и клик на маркер). Мана овог приказа је што се не види локација удобности. Комбинованим прегледом мерења добијају се све потребне информације, и локација и вредности.

## 5.2. функционалности администраторског типа корисника

Функционалности администраторског типа корисника су сличне као и регистрованог корисника. приказује изглед корисничког интерфејса овог типа корисника. Највећа разлика је што администратор може да види мерења свих корисника. Поред тога, администратор нема могућност постављања мерења из текстуалних датотека. Највећа разлика у функционалностима је у томе што администратор може да генерише „мапу удобности путева“ кликом на линк „Све тачке“ (Слика 49).

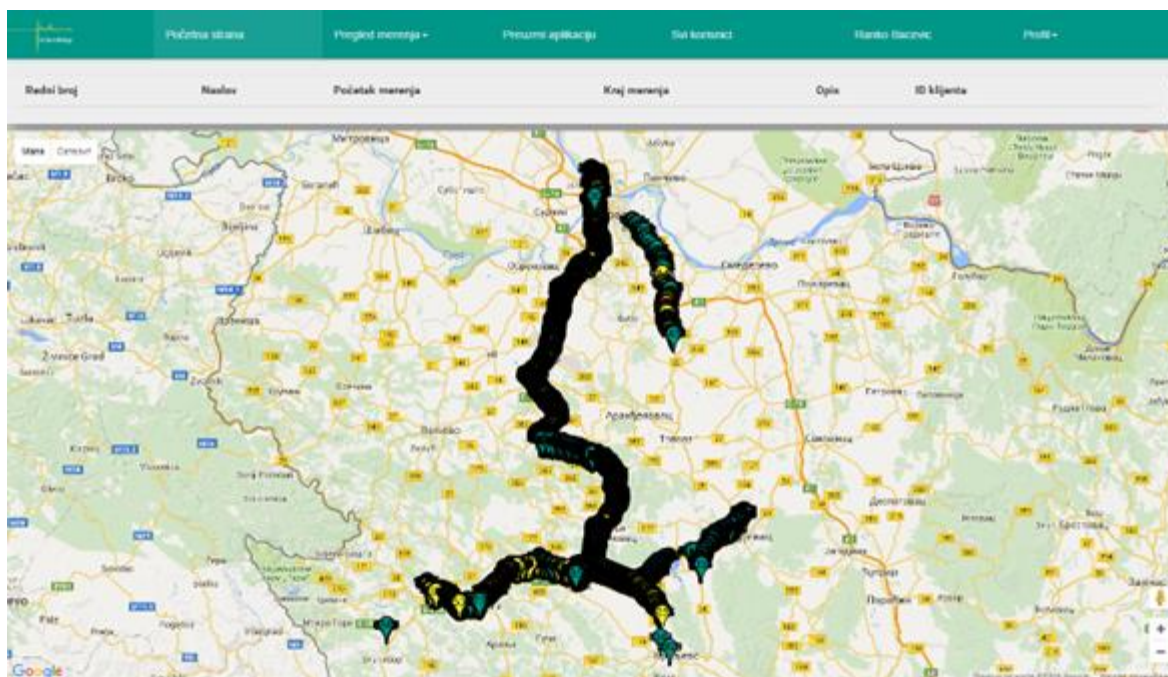


Слика 49. Администраторски кориснички интерфејс

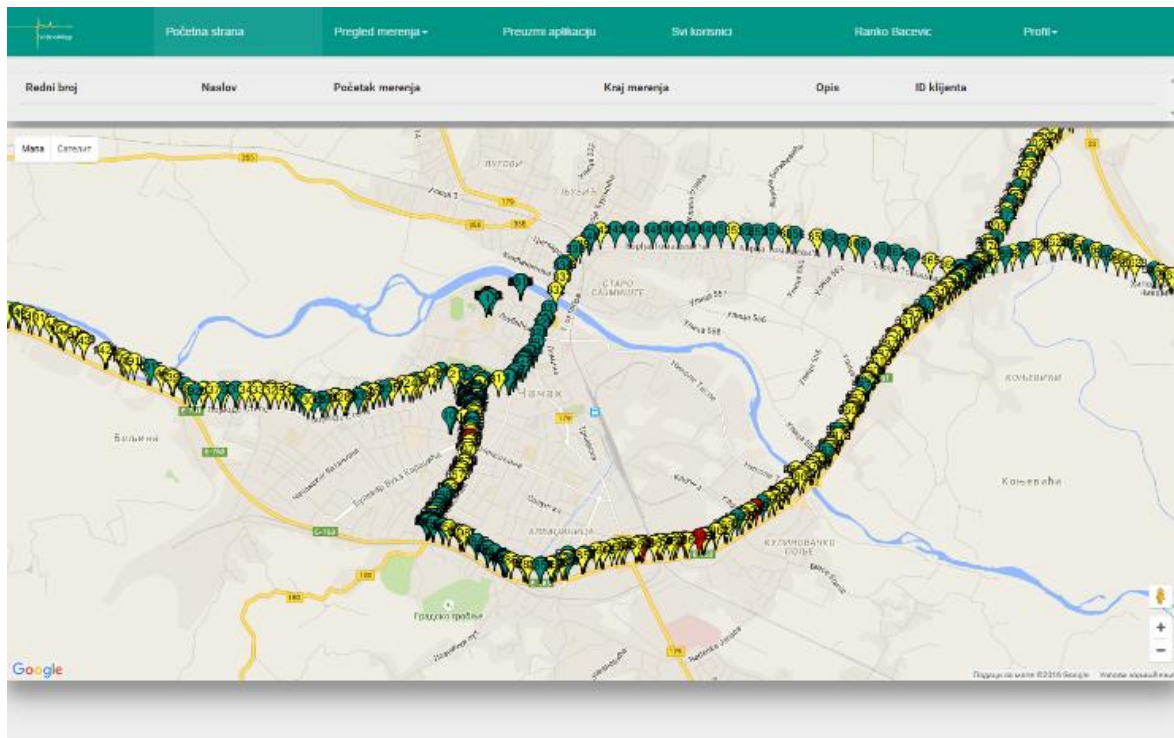
## 5.2.1. Генерисање мапе удобности путева

Од свих прикупљених мерења могуће је урадити детаљнију анализу путева, тј. креирати мапу удобности путева. Са сваким новим мерењем мапа постаје комплетнија и потпунија. Информациони систем је у употреби од децембра 2015. године и резултати добијени током прве возња су снимљени на сервер 7. децембра 2015. године. Била је то релација Чачак - Ужице. До тренутка писања овог документа снимљено је 38 резултата мерења. Ових 38 мерења тренутно чине мапу удобности пређених путева. Слика 50 приказује одзумирану мапу са тренутним подацима из базе података. Овај систем је развијан у Чачку па је самим тим и највећи број возњи урађен са ове локације. Могуће је видети удобности релација Чачак-Ужице, Чачак-Београд, Чачак-Краљево, Чачак-Крагујевац и један део релације Младеновац-Београд.

На овако одзумираној мапи није могуће видети конкретну удобност неке локације због великог броја маркера. Али пошто је мапа интерактивна, могуће ју је зумирати за одређену локацију и детаљније погледати измерену удобност.



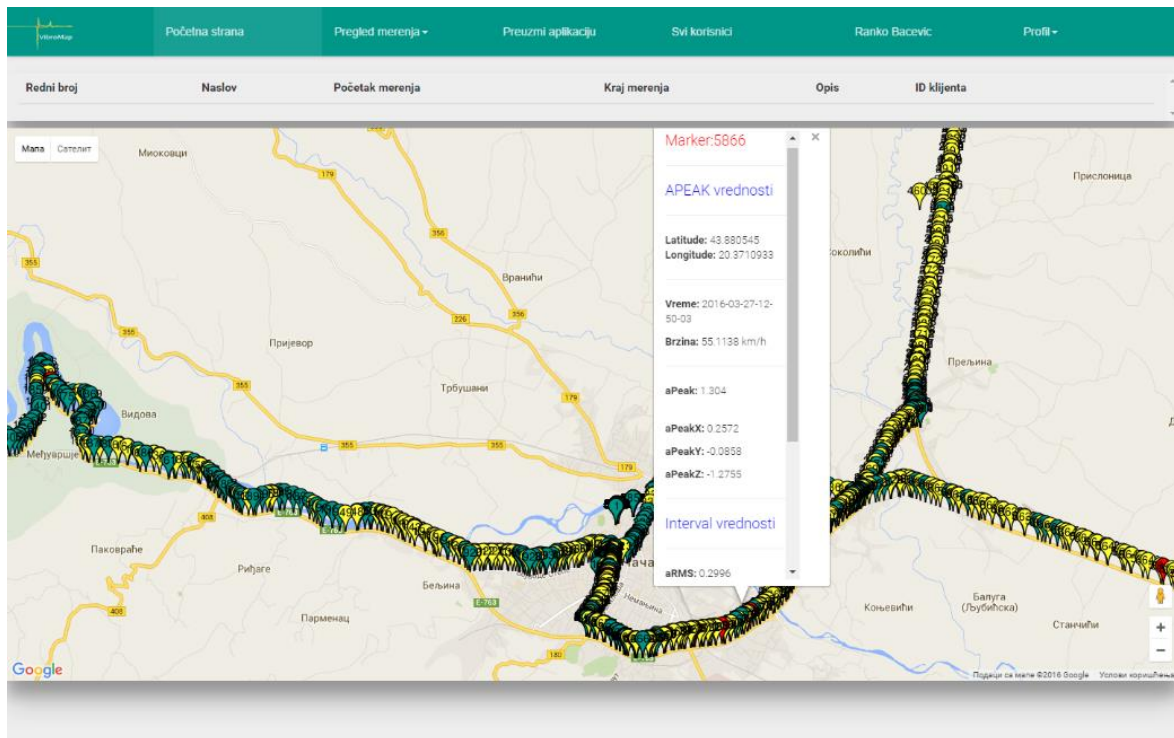
Слика 50. Комплетна мапа удобности



Слика 51. Мапа удобности магистралних путева града Чачка и ближе околине

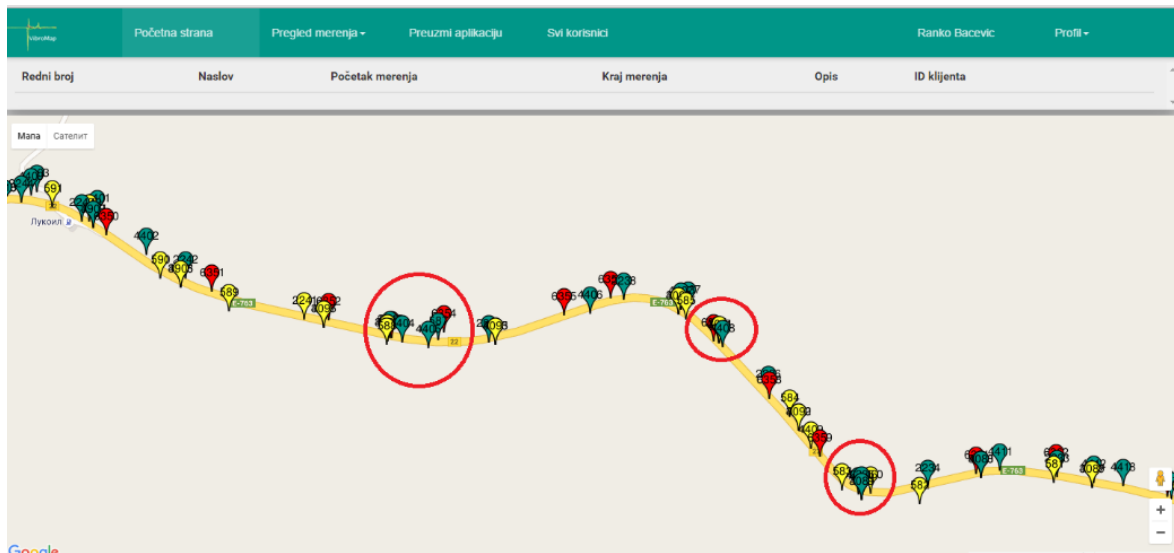
Слика 51 даје приказ удобности путева града Чачка и његове ближе околине. Пошто је до сада апликација коришћена само за међуградске релације, види се да су у граду Чачку и његовој околини обележене главне саобраћајнице које воде ка другим градовима.

Сваки маркер приказан на мапи представља локацију у интервалу од 10с вожње на којој је детектован највећи узрок неудобности. Боје маркера носи први ниво информација, и то са следећим вредностима: зелена - удобна вожња, жута - умерено неудобна вожња, црвена - неудобна вожња. Други ниво информација се добија кликом на жељени маркер (Слика 52). Поред географске ширине, дужине, времена и брзине вожње на конкретној локацији приказане су и информације о РМС вредностима по свакој оси, максималне вредности убрзања по свакој оси, као и детаљније информације о локацији са највећом вредности модула убрзања ( $a_{Peak}$ ). На основу ових информација могуће је детаљније анализирати информације о удобности, тј. правац деловања узрока неудобности.



Слика 52. Приказ информација са конкретне локације кликом на маркер

Са већим бројем возњи систем ће имати све комплетнију мапу и све више информација. Неке релације су пређене за сада само једном, а неке више пута. Слика 53 приказује део релације Чачак-Београд који је сниман више пута.



Слика 53. Приказ релације са више снимања

Може видети да су одређене локације обележене са маркерима истих боја док су неке локације имају блиске маркере са различитим бојама (обележени црвеним круговима). У случају истих боја, значи да је свака возња детектовала исти ниво удобности. У случају маркера различитих боја, значи да су измерене вредности биле другачије при различитим возњама. Постоји више узрока за овакву ситуацију. Први је временски размак између возњи. Могуће је да је нека локација која је била удобна у међувремену имала неки проблем (појава ударних рупа, клизишта, ...) и да је при следећој возњи постала неудобна. Такође, могуће је и да је неудобна локација у међувремену санирана од стране служби за одржавање путева па је самим тим постала и удобна. Други узрок разлике боје маркера лежи у разноврсности возила са којима се вршило мерење. тј., на истој деоници пута различита возила имају различите нивое удобности, сходно класи и луксузу возила.

На основу свих до сада урађених мерења могуће је приказати статистику измерених нивоа удобности. Табела 14. приказује статистику свих 38 урађених мерења.

Табела 14. Статистика генерисане мапе удобности путева

Назив	Вредност (%)
Број мерења	38
Укупан број маркера	6923
Број удобних	3500 (50,56)
Број умерено неудобних	3012 (43,50)
Број неудобних	411 (5,94)

Са обзиром да је апликација коришћена само за међуградске возње, приказана статистика у ствари представља статистику једног дела магистралних путева у Србија. Приказано је да је скоро 6% деоница анализираних магистралних путева неудобно, а да на око 44 % деоница се осећају умерени узроци неудобности. Удобних деоница је било око 50 %.



### 5.3. Кластеризација података

Сваки човек је ограничен количином података које може да опази у јединици времена. Што је већи простор и количина информација који се посматра, теже је уочити жељену информацију.

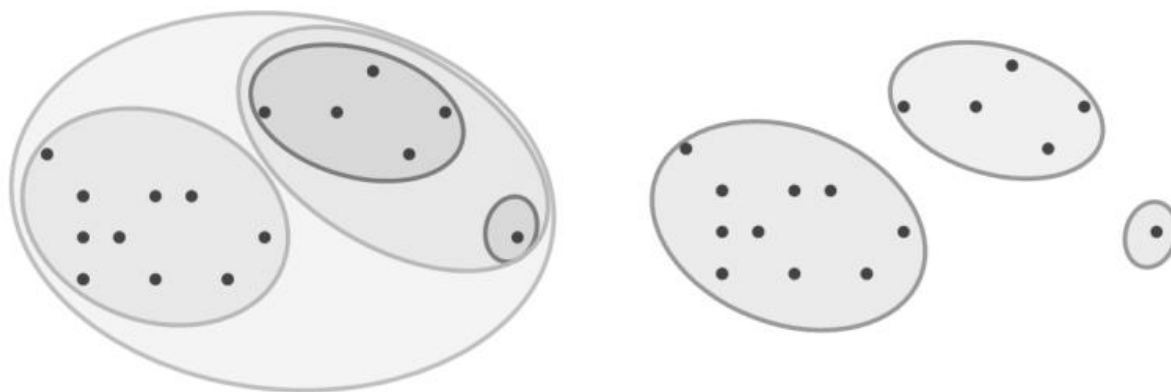
Током сваког транспорта прикупи се велика количина података о комфору за одређени транспорт који се после може анализирати на већ објашњени начин. На удобност утиче више фактора, али најзначајнији су возач, возило и стање пута. На истој локацији могу се измерити значајно различите вредности удобности у зависности од свих наведених фактора. *Проблем је како на основу свих обављених транспорта добити валидне податке о удобности одређене локације.*

Груписањем сродних елемената по неком критеријуму у једну целину ће смањити број елемената који се посматрају, а информације које су приказане постају много уочљивије. Ти ново формирани елементи су у ствари скупови, а могу да садрже мноштво мањих елемената који имају неку заједничку особину који их повезује. *Овако повезани подаци називају се **кластери**, а процес њиховог формирања се назива **кластеризација**.*

Подаци прикупљени од различитих учесника у саобраћају у различитим ситуацијама могу бити груписани (кластеризовани) по географској локацији. Као финални резултат била би пожељна једна информација о генералној удобности локације.

Кластери сами по себи имају велику примену када се врши анализа или обрада података. У једном кластеру могу да буду скупљени милиони информација, али да се она третира као једна која би репрезентовала све елементе од којих је сачињена. Кластер мора да садржи барем један елемент да би постојао. Кластери немају унапред дефинисану величину (број припадајућих елемената), па самим тим број елемената унутар кластера варира од кластера до кластера.

Сваки геолокациони кластер је дефинисан са два параметра, **центар** и **пречник**. Центар представља локацију око које су груписани сви припадајући елементи. Обично представља центар свих елемената па додавање новог елемента у кластер може довести до померања центра кластера (потенцијални проблем). Пречник кластера варира у зависности од потреба. Већи пречник ће обухватити већи број елемената а број кластера ће бити мањи и обрнуто.



Слика 54. Технике кластеризације а) техника хијерархије, б) техника партиционисања

**Технике кластеризације** се на основу радова [67][68], [69] могу поделити на (Слика 54):

- технику партиционисања - елементи се распоређују у раздвојене кластере тако да сваки елемент припада само једном кластеру.
- технику хијерархије - елементи се распоређују у угњеждане кластере који су хијерархијски организовани (сваки кластер припада неком већем кластеру до се не дође до врха или корена кластера којем припадају сви елементи)

### Типови кластера

Кластери се могу поделити у неколико типова:

- Добро раздвојени кластери (енг. Well-separated clusters) - сваки објект је ближи свим објектима свог кластера него било којем објекту ван кластера
- Кластери засновани на центру (енг. Center-based clusters) – сваком објекту, од свих центара кластера најближи је центар кластера којем припада
- Непрекидни кластери (енг. Contiguous clusters) - сваки објект ближи бар једном објекту из тог кластера него било којем објекту ван истог кластера
- Кластери засновани на густоћи (енг. Density-based clusters) - региони велике густине су јасно раздвојени регионима мале густине
- Својство припадања (енг. Property or Conceptual) - кластери који деле објекте, један објекат може припадати већем броју кластера
- Описано функцијом - елементи се придружују кластерима на основу неке дефинисане функције

**Алгоритми кластеризације** дефинишу логику додељивања елемента кластеру. У реалној употреби најкоришћенији су следећи:

- К - кластери (енг. K-means) [70][71]
- Агломеративно хијерархијска кластеризација (енг. Agglomerative hierarchical clustering) [72]
- Кластеризација базирана на густини елемената (енг. Density-based clustering - DBSCAN) [73]

**К-means** представља партиционисану технику кластеризације на којој је број елемената у кластеру познат на почетку. Сваки кластер описан је центром и сваки елемент припада само једном кластеру. *Додавањем елемента у кластер помера се центар кластера па је потребно урадити поновну кластеризацију јер неки елемент након померања центра кластера може бити ближи центру другог кластера па треба бити њему и додељен.*

**Алгоритам агломеративне кластеризације** базиран је на хијерархијској техници кластеризације. Није познат број елемената кластера и на почетку сваки елемент је кластер. У сваком наредном кораку он се придружује другим кластерима и праве кластер вишег нивоа док се на крају не направи један (енг. root) кластер.

**Кластеризација базирана на густини елемената** групише елементе у кластере на основу густине елемената у неком пречнику. Сваки елемент је или централни или ивични или сметња на основу растојања од центра кластера.

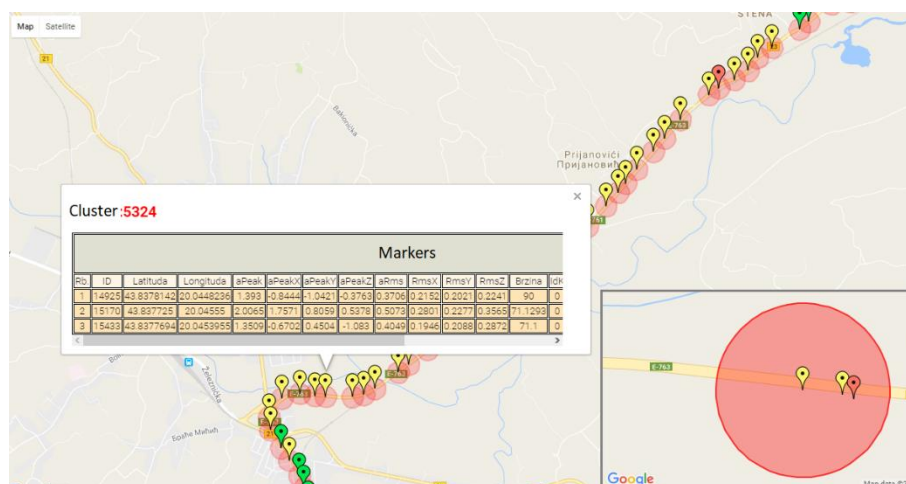
### **5.3.1. Кластеризација података о удобности транспорта**

Претходно прикупљени подаци о удобностима транспорта могу се кластеризовати на основу географске локације (географска ширина и дужина) јер се за сваки интервал одлучивања бележе и подаци са GPS сензора о локацији удобности. Слика 53 демонстрира проблем који је било потребно решити. Поступак реализације система представљен је у раду [74]. Као што је приказано за једну локацију постоји више резултата који могу бити различитих нивоа удобности сходно тренутним условима

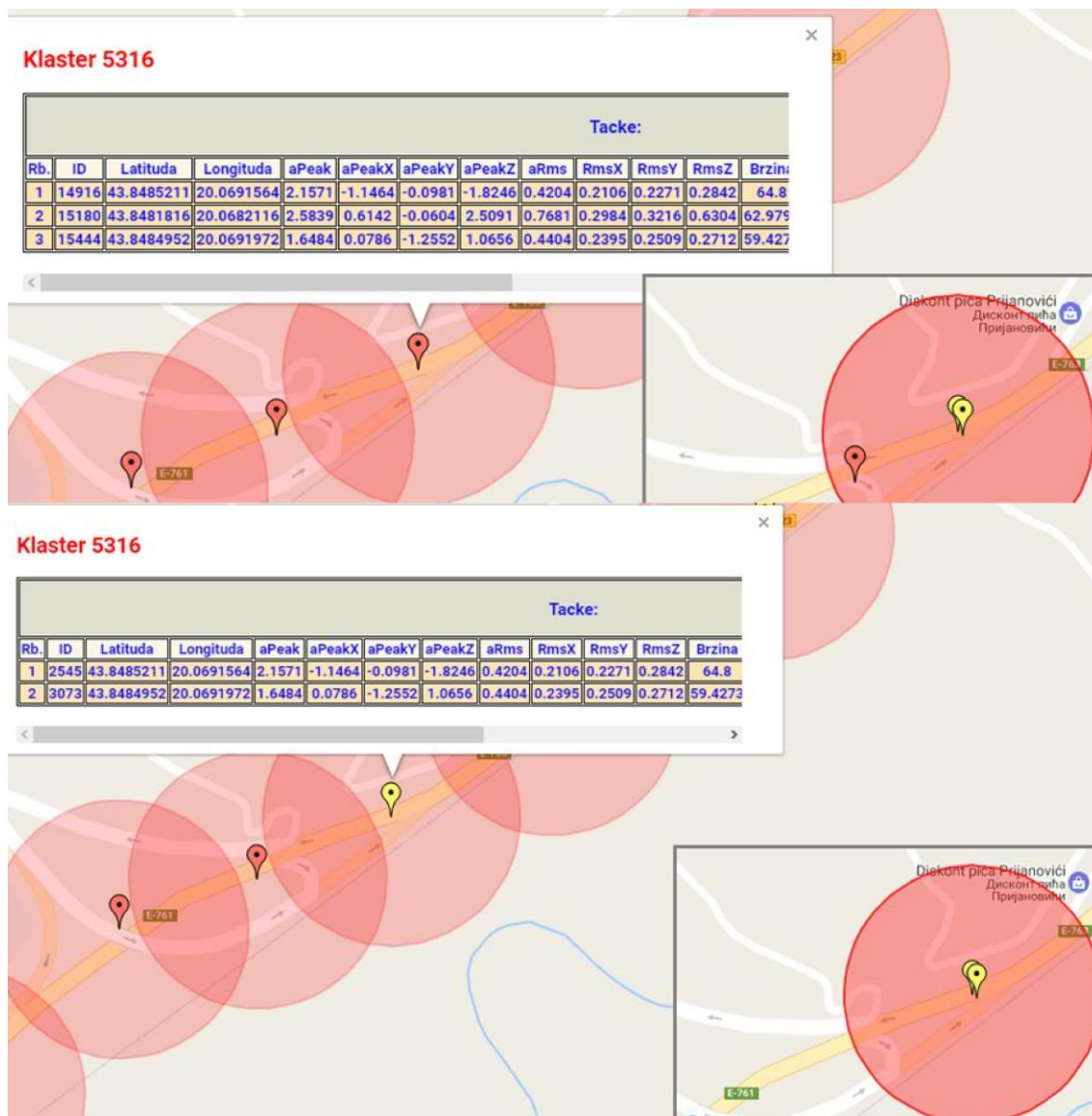
транспорта. За наредне транспорте било би веома корисно када би постојала једна генерална информација о удобности на тој локацији. Ова информација може бити од пресудног значаја при планирању наредног транспорта. Измерене вредности удобности су кластеризоване са дефинисаним пречником кластера на основу локације (географска ширина и дужина). Након груписања базираног на локацији потребно је дефинисати генералну вредност транспортне удобности. Следећи начини прорачуна су могући:

- средња вредност убрзања
- приоритетно рачунање на основу времена - новија мерења већег приоритета
- приоритетно рачунање на основу извора података - вредности измерене са одређеним возилом или возачем могу имати већи приоритет у одлучивању јер се сматрају тачнијим

У конкретном случају одабрана је техника "средње вредности убрзања" која све изворе информација посматра подједнако. У даљим истраживањима друге технике ће бити анализирани. Слика 55 приказује резултат првог нивоа кластеризације. Након овог корака, наредна мерења је могуће снимити на систем у виду CSV фајлова чији формат је већ описан. Они се креирају са мобилном апликацијом након завршеног мерења. Додавањем сваког новог мерења потребна је нова кластеризација (посткластеризација). Разлог за ово лежи у чињеници да се сваком кластеру померио центар и да може бити потребе да се неки елемент пребаци у кластер са ближим центром. То ће утицати и на саму боју маркера који представљају кластере, јер се просечна вредност удобности мења.



Слика 55. Приказ кластера транспортне удобности након кластеризације, клик на кластер приказ елемената који су додељени том кластеру



Слика 56. Приказ кластера пре и после посткластеризације - горњи приказ – пре посткластеризације, доњи приказ – после посткластеризације

Слика 56 приказује разлике у подацима пре и после посткластеризације. Може се закључити да ће кластеризовани приказ удобности транспорта бити интуитивнији за коришћење и веома лако кориснику дати увид у удобности одређене локације.

## 5.4. Остали бочни ефекти

Као што је наведено у уводном поглављу на удобност транспорта утиче велики број фактора. Најважније је међусобно деловање три фактора:

- стање на путу - стање коловоза
- возач
- возило

Приказани резултати се баве анализом генералне удобности која је резултат свих фактора. Кластеризацијом података се ипак фокус ставља на удобност везану за локацију што у ствари представља удобност пута.

Могуће је урадити анализу и по возачима и по возилима над прикупљеним подацима. Као резултат би се могле добити ранг листе возила по удобности, али и возача. Ове информације би се могле користити при одабиру возила или возача сходно медицинском стању пацијента.

## 5.5. Могућност примене мерења транспортне удобности на друге категорије транспорта

Поред транспорта пацијената постоје још неке веома специфичне категорије транспорта. Код ових категорија неопходне су различите процедуре за организацију и извођење транспорта. Испод су наведене само неке од њих:

- транспорт опасних материја
- транспорт деце
- транспорт војне опреме

Свака од категорија има своје специфичности али у свакој аспект удобности транспорта може имати велику улогу. Приказани систем је погодан за праћење удобности транспорта у било ком аспекту примене транспорта, а могуће га је прилагођавати жељеним специфичностима.

## 5.5.1. Транспорт опасних материја

Опасне материје имају негативан утицај на људе и околину. Због тога је јако важно како поступати са њима у току производње, складиштења, транспорта или руковања. Транспорт је чак и много мање опасан од евентуалних последица незгода и дејства опасних материја на људе и околину након незгоде. Зато је веома важно планирати њихов транспорт са циљем минимизације штете у случају незгоде. Око петина свих транспорта, тачније 18%, је транспорт опасних материја.

У планирању транспорта опасних материја, одабир медијума за транспорт је такође од велике важности. Иако је друмски транспорт најзаступљенији, тежи се ка повећању транспорта у осталим видовима транспорта (речни, поморски, железнички) где би било лакше планирати индивидуални транспорт.

Из наведених чињеница јасно је да је било потребно дефинисати правила и регулативе за транспорт опасних материја. Експертски тим, оформљен од стране Уједињених Нација, од 1954. године до 1957. године креира правилнике и регулативе који постају део међународних обавеза свих чланица. Данас су дефинисани следећи правилници са следећим ознакама:

- ADR – друмски саобраћај,
- RID – железнички саобраћај,
- ICAO-TI – ваздушни саобраћај,
- IMDG-CODE – поморски саобраћај,
- ADN – речни саобраћај.

Транспорт опасних материја у друмском транспорту регулисан је кроз ADR – Међународни споразум о превозу опасних роба у друмском транспорту (European Agreement concerning the International Carriage of Dangerous Goods by Road)[75]. У националним прописима Републике Србије транспорт опасних роба је регулисан кроз Закон о транспорту опасне робе (Службени гласник РС, бр. 104/2016).

У друмском саобраћају, према ADR-у постоји 9 класа транспорта нумерисаних од 1 до 9. Неке од класа имају и подтипове па је укупан број класа 13. Запаљиве, експлозивне, отровне, оксидујуће, радиоактивне материје су само неке од класа.

Опасност у наведеним категоријама везана је за ефекте које би роба која се транспортује имала по животну средину у случају незгоде. Због тога је јако важно планирати саобраћајнице [76] за превоз таквих роба као и одабир одговарајуће руте за транспорт [77].

**Транспорт војне опреме и наоружања** је такође важна област. Сва претходно наведена правила важе и за ову област, с'тим што војне регулативе и правила имају додане дефинисане захтеве на пољу организације и управљања транспортом. Сваки транспорт се мора пријавити државним органима и унапред планирати.

Иако се може закључити да би мониторинг транспорта био веома пожељан и применљив у овој области. Што се тиче удобност, за неке од наведених класа је јако важно имати удобан транспорт (нпр. експлозивне или запаљиве материје) док за неке није (нпр. корозивне материје). Поред праћења удобности у реалном времену, планирање будућих транспорта на основу удобности претходних рута је такође од велике важности.

## 5.5.2. Транспорт деце

Транспорт деце је тренутно веома актуелна тема у Републици Србији. Од 1. јануара 2020. године на стази је нови правилник који описује ову веома важну област транспорта. Главна правила су везана за техничку исправност возила и неопходне опреме у аутобусима намењеним за транспорт деце. Појасеви су постали део обавезне опреме на сваком седишту, и сви путници их морају користити током целог транспорта. Техничка исправност возила се потврђује потврдом не старијом од 30 дана. Као и до сада обавезни део опреме су и апарат за гашење пожара као и комплет за прву помоћ..

Иако нови правилник регулише услове за транспорт деце у циљу повећања безбедности транспорта, не постоји систем за праћење удобности оствареног транспорта. Самим тим и у овој области би информациони систем за мерење удобности транспорта могао имати веома велику примену и значај. Могући сценарио употребе: праћење аутобуса који превозе децу како би се накнадном анализом утврдио квалитет пружене услуге, стручност возача и квалитет возила. Ова оцена би могла бити један од критеријума за каснији избор превозника приликом спровођења тендера.



## **6. Остварени резултати, могућности употребе и планови даљег истраживања**

Примена информационих технологија у побољшању удобности транспорта дала је велики број позитивних резултата. Испод су укратко издвојени најзначајнији резултати, као и могућности употребе реализованог информационог система.

### **Издвојени и набројани резултати дисертације:**

1. Развијен / реализован метод мерења удобности транспорта анализом сигнала са троосног акцелерометра.
2. Развијен / реализован метод отклањања сметњи на сигнаlima акцелерометра употребом високо пропусног и ниско пропусног филтра чиме се добија могућност анализе утицаја вибрација виших фреквенција или љуљања (нижих фреквенција).
3. Развијена / реализована клијентска Андроид апликација која применом наведених метода мери ниво удобности транспорта уз обавештавање возача о потребним корекцијама у вожњи у реалном времену.
4. Развијен / реализован метод унутар Андроид апликације за складиштење измерених вредности у одговарајуће формате фајлова: KML ради ГИС прегледа и визуелизације удобности остварене вожње на одговарајућој рути, CSV ради снимања на серверски део платформе за мерења која су снимана у „offline“ режиму.
5. Развијен / реализован серверски део Информационог система за централизовано прикупљање, приказ и анализу мерења удобности транспорта.
6. Развијен / реализован „online“ режим рада Информационог система за мерење и удаљено праћење тренутне удобности и локације возила преко серверског дела Информационог система у реалном времену.
7. Развијен / реализован модел машинског учења за класификацију и одређивање нивоа удобности приликом транспорта.

8. Развијен / реализован модел потребних нивоа удобности за различите типове транспорта (примарни, секундарни) и различите типове пацијената тј. њихових медицинских стања.
9. Развијен / реализован поступак за креирање мапа удобности путева у циљу одабира адекватне путање за наредне транспорте пацијената.
10. Развијен / реализован модел геолокационе кластеризације прикупљених података о удобностима транспорта.
11. Могућност рангирања возила по нивоима удобности које остварују (за свако мерење је неопходно логовање корисника па је могуће рангирати возила на основу података о корисничком налогу који је урадио мерење).
12. Могућност рангирања возача по нивоима удобности које остварују (за свако мерење је неопходно логовање корисника па је могуће рангирати возача на основу података о корисничком налогу који је урадио мерење).
13. Могућност валидације транспортних могућности преправљаних теретних возила у санитетска возила.

Иако је остварен велики број резултата, тематика удобности транспорта и примене информационих технологија у овој области је изузетно изазовна. Испод су наведени неки правци даљег истраживања и рада у овој области.

#### **Издвојени и набројани правци даљег рада:**

1. Примена реализованог Информационог система и анализа удобности транспорта код других видова транспорта (транспорт деце, опасних материја, војне опреме...).
2. Примена реализованог Информационог система за утврђивање могућности употребе преправљаних транспортних возила у санитетска упоређујући добијене вредности са измереним вредностима из оригиналних санитетских возила.
3. Примена реализованог Информационог система за утврђивање оптималних услова рада код возача који су изложени вибрацијама ради смањивања болова у лумбалном делу леђа, честих одсуства са посла као и превремене пензије.
4. Развој нових метода вештачке интелигенције које би поред параметара удобности транспорта узимале у обзир и метеоролошке податке као и податка о стању у саобраћају са доступних веб сервиса.

5. Реализација и интеграција јавног сервиса о удобности транспорта у системе паметних градова.
6. Развој напредног модела геолокационе кластеризације прикупљених података о удобностима транспорта са посебним алгоритмима приоритета времена мерења, верификованих возача и возила.
7. Мониторинг нивоа буке током транспорта и интеграција у Информациони систем ради узимања у обзир звучне удобности приликом одређивања транспортне удобности.
8. Мониторинг медицинских параметара пацијента током транспорта и интеграција у Информациони систем у циљу оптималног одређивања транспортне удобности пацијената.

## 7. Закључак

Квалитет транспорта је проблем са којим се свакодневно срећу милиони људи. У зависности од врсте транспорта користе се различити критеријуми за оцену квалитета транспорта. Тежња је да се транспорт учини што ефикаснијим и удобнијим, те је сваки допринос у решавању овог проблема од изузетног значаја за све сегменте људског деловања и живота. Дисертација се управо бави решавањем проблема удобности транспорта у веома осетљивом и специфичном домену транспорта пацијената, мада се добијени резултати и унапређења могу применити и на друге врсте транспорта. Предложено је унапређење у виду развоја клијент-сервер информационог система где клијентски део представља мерне јединице које мере ниво удобности и памте локације које су изазвале неку неудобност, а серверски део система представља веб базирану серверску апликацију која би прикупљала информације са клијентских мерних јединица и вршила њихову централизовану обраду. Клијентски део у виду Андроид мобилне апликације је могуће користити где год је потребно мерење удобности транспорта.

Систем је реализован да поред мониторинга удобности у реалном времену обавештава возача о тренутном нивоу измерене удобности. На овај начин се омогућава корекција стила вожње у складу са потребама пацијента и његовим здравственим стањем. Истраживање о различитим нивоима удобности захтеваним за различите типове пацијената је значајан допринос. То би омогућило динамичнију вожњу где није захтеван велики ниво удобности, али и обрнуто, захтевало од возача удобну вожњу ако је тип повреде такав да су потреси веома непожељни.

Поред предности добијања повратних информација у реалном времену, систем би требао да изврши анализу над снимљеним подацима у циљу поправљања нивоа удобности за наредне транспорте. Дугорочном употребом система сакупиће се довољно информација да се сва доступна возила међусобно рангирају по удобности коју пружају или по возачу који је доступан. На овај начин ће бити могуће да се одабере адекватно возило и возач за наредни транспорт у складу са типом пацијента који се транспортује и другим релевантним околностима.

Како клијентски систем памти локације узрока неудобности, резултат употребе система би требао да представља мапе удобности са обележеним неудобним локацијама. Ово је још један од аспеката поправљања квалитета услуге транспорта јер би омогућио одабир најадекватније путање на основу претходно измерених нивоа удобности као и упозоравање возача на наилазећа места веће неудобности.

Овај систем би могао да се користи и као помоћно средство за утврђивање могућности употребе преправљаних транспортних возила у санитетска упоређујући добијене вредности са измереним вредностима из оригиналних санитетских возила.

Такође, прикупљене информацији је касније могуће пружити као сервис који би се могао инкорпорирати у системе паметних градова и тако допринео целокупном побољшању транспорта.

Сложеност проблематике захтевала је употребу техника вештачке интелигенције у циљу што тачније класификације удобности транспорта. У те сврхе тестирана су и упоређена три класификатора (K-NN, SVM, Naive Bayes). K-NN класификатор је показао добре резултате класификације само за удобну возњу (класа 1), док су средње неудобне (класа 2) и врло неудобне (класа 3) возње класификоване са врло ниском тачношћу. Коришћени SVM класификатор предвиђен за двокласну класификацију је коришћен у два нивоа двокласне класификације, чиме је добијена трокласна класификација. Овај поступак је дао веома добре резултате класификације за све три класе. Naive Bayes класификатор показао је сјајне резултате класификације за удобне (класа 1) и врло неудобне интервале возње (класа 3), чак и бољи од представљеног SVM трокласног класификатор. Проблем се јавља са средње неудобним класификацијама (класа 2). Према представљеним резултатима матрицом конфузије (слика 40 а, б, в), препоручује се коришћење SVM и Naive Bayes класификатора, док K-NN треба избегавати. Развијени модел класификације је дао веома задовољавајуће резултате, али има могућности за проширење. Као даљи рад планира се увезивање података са метеоролошких сервиса у једну већу целину, чиме би и метеоролошки услови утицали на предикцију удобности и на планирање транспорта.

## 8. Литература

- [1] “ISO 2631-1:1997 - Mechanical vibration and shock -- Evaluation of human exposure to whole-body vibration -- Part 1: General requirements.” [Online]. Available: [http://www.iso.org/iso/home/store/catalogue\\_tc/catalogue\\_detail.htm?csnumber=7612](http://www.iso.org/iso/home/store/catalogue_tc/catalogue_detail.htm?csnumber=7612). [Accessed: 08-Sep-2015].
- [2] M. J. Griffin, *Handbook of Human Vibration*. 1996.
- [3] F. Yi and S. Zhang, “Ride Comfort Simulation under Random Road Based on Multi-Body Dynamics,” in *2011 3rd International Workshop on Intelligent Systems and Applications*, 2011, pp. 1–3.
- [4] J. Sun and Q. Yang, “Advanced suspension systems for improving vehicle comfort,” in *2009 IEEE International Conference on Automation and Logistics*, 2009, pp. 1264–1267.
- [5] S. A. Abu Bakar, P. M. Samin, and A. A. Azhar, “Modelling and Validation of Vehicle Ride Comfort Model,” *Appl. Mech. Mater.*, vol. 554, pp. 515–519, Jun. 2014.
- [6] J. Ahmad Kadri, W. M. Wan Zuki Azman, M. N. Zulkifli, M. J. M. Nor, A. Kamal Ariffin, and M. Hosseini Fouladi, “A study on the effects of tyre to vehicle acoustical comfort in passenger car cabin,” in *2011 3rd International Conference on Computer Research and Development*, 2011, vol. 4, pp. 342–345.
- [7] M. J. Griffin, *Handbook of Human Vibration*. 1996.
- [8] “ISO 5349-2:2001(en), Mechanical vibration — Measurement and evaluation of human exposure to hand-transmitted vibration — Part 2: Practical guidance for measurement at the workplace.” [Online]. Available: <https://www.iso.org/obp/ui/fr/#iso:std:iso:5349:-2:ed-1:v1:en>. [Accessed: 23-Jan-2020].
- [9] BSI, “BS 6841:1987 Guide to measurement and evaluation of human exposure to whole-body mechanical vibration and repeated shock,” *BSI*, 1987.
- [10] “ASA S2.72-2002/Part 1 / ISO 2631-1:1997 (R2012).” [Online]. Available: <http://www.techstreet.com/products/1508686>. [Accessed: 09-Sep-2015].
- [11] “Directive 2002/44/EC - vibration - Safety and health at work - EU-OSHA.” [Online]. Available: <https://osha.europa.eu/en/legislation/directives/19>. [Accessed: 09-Sep-2015].
- [12] “Hand arm vibration - Control of Vibration at Work Regulations 2005.” [Online]. Available: <http://www.hse.gov.uk/vibration/hav/regulations.htm>. [Accessed: 09-Sep-2015].
- [13] “BS EN 1789:2007+A2:2014 Medical Vehicles And Their Equipment - Road Ambulances.” [Online]. Available: <http://shop.standards.ie/nsai/details.aspx?ProductID=1775445>. [Accessed: 21-Sep-2015].
- [14] J. Dickey, M. Oliver, P.-E. Boileau, T. Eger, L. Trick, and A. M. Edwards, “Multi-axis sinusoidal whole-body vibrations: Part I - How long should the vibration and rest exposures be for reliable discomfort measures?,” *Low Freq. Noise, Vib. Act. Control*, vol. 25, no. 3, pp. 175–184, Sep. 2006.
- [15] J. P. Dickey, T. R. Eger, M. L. Oliver, P.-E. Boileau, L. M. Trick, and a. M. Edwards, “Multi-

- axis sinusoidal whole-body vibrations: Part II - Relationship between Vibration Total Value and discomfort varies between vibration axes,” *Low Freq. Noise Vib. Act. Control*, vol. 26, no. 3, pp. 195–204, 2009.
- [16] J. Cuadrado, D. Dopico, J. A. Perez, and R. Pastorino, “Automotive observers based on multibody models and the extended Kalman filter,” *Multibody Syst. Dyn.*, vol. 27, no. 1, pp. 3–19, Apr. 2012.
- [17] J. K. Lee, E. J. Park, and S. N. Robinovitch, “Estimation of Attitude and External Acceleration Using Inertial Sensor Measurement During Various Dynamic Conditions,” *IEEE Trans. Instrum. Meas.*, vol. 61, no. 8, pp. 2262–2273, Aug. 2012.
- [18] J. L. Blanco-Claraco, J. L. Torres-Moreno, and a. Giménez-Fernández, “Multibody dynamic systems as Bayesian networks: Applications to robust state estimation of mechanisms,” *Multibody Syst. Dyn.*, vol. 34, no. 2, pp. 103–128, Nov. 2015.
- [19] J. Eriksson, L. Girod, B. Hull, R. Newton, S. Madden, and H. Balakrishnan, “The Pothole Patrol: Using a Mobile Sensor Network for Road Surface Monitoring,” *Proc. 6th Int. Conf. Mob. Syst. Appl. Serv.*, pp. 29–39, 2008.
- [20] A. Mednis, G. Strazdins, R. Zviedris, G. Kanonirs, and L. Selavo, “Real time pothole detection using Android smartphones with accelerometers,” in *2011 International Conference on Distributed Computing in Sensor Systems and Workshops, DCOSS’11*, 2011.
- [21] P. Mohan, V. N. Padmanabhan, and R. Ramjee, “TrafficSense : Rich Monitoring of Road and Traffic Conditions using Mobile Smartphones,” *6th ACM Conf. Embed. Networked Sens. Syst.*, pp. 1–29, 2008.
- [22] K. Plewa, T. R. Eger, M. L. Oliver, and J. P. Dickey, “Comparison between ISO 2631-1 Comfort Prediction Equations and Self-Reported Comfort Values during Occupational Exposure to Whole-Body Vehicular Vibration,” *J. Low Freq. Noise, Vib. Act. Control*, vol. 31, no. 1, pp. 43–53, 2012.
- [23] S. G. Grenier, T. R. Eger, and J. P. Dickey, “Predicting discomfort scores reported by LHD operators using whole-body vibration exposure values and musculoskeletal pain scores,” *Work*, vol. 35, no. 1, pp. 49–62, 2010.
- [24] F. Tüchsen, H. Feveile, K. B. Christensen, and N. Krause, “The impact of self-reported exposure to whole-body-vibrations on the risk of disability pension among men: a 15 year prospective study.,” *BMC Public Health*, vol. 10, p. 305, 2010.
- [25] H. Ayari, M. Thomas, and S. Dor, “A design of experiments for statistically predicting risk of adverse health effects on drivers exposed to vertical vibrations,” *Int. J. Occup. Saf. Ergon.*, vol. 17, no. 3, pp. 221–232, 2011.
- [26] M. G. Karlaftis and E. I. Vlahogianni, “Statistical methods versus neural networks in transportation research: Differences, similarities and some insights,” *Transp. Res. Part C Emerg. Technol.*, vol. 19, no. 3, pp. 387–399, 2011.
- [27] M. MacPherson, J. Burgess, B. McMillan, T. Daviau, and S. M. Tipparaju, *Artificial Neural Network for Drug Design, Delivery and Disposition*. Elsevier, 2016.
- [28] D. D. Massie, K. D. White, and S. F. Daly, “Application of neural networks to predict ice jam occurrence,” *Cold Reg. Sci. Technol.*, vol. 35, no. 2, pp. 115–122, 2002.
- [29] C. Garrido, R. De Oña, and J. De Oña, “Neural networks for analyzing service quality in public transportation,” *Expert Syst. Appl.*, vol. 41, no. 15, pp. 6830–6838, 2014.

- [30] G. Xiao, Z. Juan, and C. Zhang, "Travel mode detection based on GPS track data and Bayesian networks," *Comput. Environ. Urban Syst.*, vol. 54, pp. 14–22, 2015.
- [31] E. Osaba, E. Onieva, A. Moreno, P. Lopez-Garcia, A. Perillos, and P. G. Bringas, "Decentralised intelligent transport system with distributed intelligence based on classification techniques," *IET Intell. Transp. Syst.*, vol. 10, no. 10, pp. 674–682, Dec. 2016.
- [32] T. J. Coats and G. Davies, "Prehospital care for road traffic casualties.," *BMJ*, vol. 324, no. 7346, pp. 1135–8, May 2002.
- [33] A. Gray, "Secondary transport of the critically ill and injured adult," *Emerg. Med. J.*, vol. 21, no. 3, pp. 281–285, May 2004.
- [34] J. Ferreira and S. Hignett, "Reviewing ambulance design for clinical efficiency and paramedic safety.," *Appl. Ergon.*, vol. 36, no. 1, pp. 97–105, Jan. 2005.
- [35] P. Ferdinande, "Recommendations for intra-hospital transport of the severely head injured patient," *Intensive Care Med.*, vol. 25, no. 12, pp. 1441–1443, Dec. 1999.
- [36] N. Theodore *et al.*, "Transportation of patients with acute traumatic cervical spine injuries. In: Guidelines for the management of acute cervical spine and spinal cord injuries," *Guidel. Manag. acute Cerv. spine spinal cord Inj. Neurosurg.*, vol. 2, 2013.
- [37] Z. Durlević, "Osnivanje i razvoj tehničke službe Zavoda - počeci rada i razvoja tehničke službe," *Naučni časopis Urgent. Med. - Halo 194*, vol. 21, no. 1, pp. 35–43.
- [38] S. (Leeds T. H. N. T. Whiteley, I. (North M. G. H. Macartney, J. (Yorkshire A. S. and D. F. T. Mark, H. (University C. L. Barratt, and R. (Airdale N. F. T. Binks, "Guidelines for the transport of the critically ill adult," *Intensive Care Soc.*, 2011.
- [39] J. J. M. Black, "Appropriate use of helicopters to transport trauma patients from incident scene to hospital in the United Kingdom: an algorithm," *Emerg. Med. J.*, vol. 21, no. 3, pp. 355–361, May 2004.
- [40] A. Abellsson, I. Rystedt, B. O. Suserud, and L. Lindwall, "Mapping the use of simulation in prehospital care - a literature review," *Scand. J. Trauma. Resusc. Emerg. Med.*, 2014.
- [41] A. M. K. Harmsen, G. F. Giannakopoulos, P. R. Moerbeek, E. P. Jansma, H. J. Bonjer, and F. W. Bloemers, "The influence of prehospital time on trauma patients outcome: A systematic review," *Injury*, 2015.
- [42] J. Bijedic, "Konstrukcija i oprema sanitetskog vozila," *Med. Transp.*, 2019.
- [43] M. J. Rycroft, "Understanding GPS. Principles and applications," *J. Atmos. Solar-Terrestrial Phys.*, 1997.
- [44] G. Xu, *GPS: Theory, algorithms and applications*. 2007.
- [45] L. Shen and P. R. Stopher, "Review of GPS Travel Survey and GPS Data-Processing Methods," *Transport Reviews*. 2014.
- [46] K. Liu *et al.*, "The development of micro-gyroscope technology," *Journal of Micromechanics and Microengineering*. 2009.
- [47] A. Peulic, I. Milankovic, N. Mijailovic, and Z. Jovanovic, "Remotely analyze spine angle in rehabilitation after spine surgery using acceleration and gyro sensors," in *Proceedings of 2016 13th International Conference on Remote Engineering and Virtual Instrumentation, REV 2016*, 2016.



- [48] M. Kok, J. D. Hol, and T. B. Schön, “Using inertial sensors for position and orientation estimation,” *Foundations and Trends in Signal Processing*. 2017.
- [49] R. L. Pio, “Euler Angle Transformations,” *IEEE Trans. Automat. Contr.*, 1966.
- [50] A. L. Davis and A. L. Davis, “RxJava,” in *Reactive Streams in Java*, 2019.
- [51] A. L. Davis and A. L. Davis, “Android and RxJava,” in *Reactive Streams in Java*, 2019.
- [52] A. Maglie and A. Maglie, “ReactiveX and RxJava,” in *Reactive Java Programming*, 2016.
- [53] B. E. Boser, V. N. Vapnik, and I. M. Guyon, “Training Algorithm Margin for Optimal Classifiers,” *Perception*, 1992.
- [54] G. Guo, H. Wang, D. Bell, Y. Bi, and K. Greer, “KNN model-based approach in classification,” *Lect. Notes Comput. Sci. (including Subser. Lect. Notes Artif. Intell. Lect. Notes Bioinformatics)*, 2003.
- [55] N. Friedman, D. Geiger, M. Goldszmidt, G. Provan, P. Langley, and P. Smyth, “Bayesian Network Classifiers \*,” *Mach. Learn.*, vol. 29, pp. 131–163, 1997.
- [56] I. Pilász, “Text categorization and support vector machines,” in *The Proceedings of the 6th International Symposium of Hungarian Researchers on Computational Intelligence*, 2005.
- [57] P. H. Chen, C. J. Lin, and B. Schölkopf, “A tutorial on v-support vector machines,” *Appl. Stoch. Model. Bus. Ind.*, 2005.
- [58] H. Q. Minh, P. Niyogi, and Y. Yao, “Mercer’s theorem, feature maps, and smoothing,” in *Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, 2006.
- [59] “Introduction to data mining,” *Intell. Syst. Ref. Libr.*, 2011.
- [60] N. Japkowicz and M. Shah, *Evaluating learning algorithms: A classification perspective*. 2011.
- [61] T. Fawcett, “An introduction to ROC analysis,” *Pattern Recognit. Lett.*, 2006.
- [62] B. W. Matthews, “Comparison of the predicted and observed secondary structure of T4 phage lysozyme,” *BBA - Protein Struct.*, 1975.
- [63] W. J. Krzanowski and D. J. Hand, *ROC Curves for Continuous Data*. 2009.
- [64] R. Kumar and A. Indrayan, “Receiver operating characteristic (ROC) curve for medical researchers,” *Indian Pediatrics*. 2011.
- [65] M. H. Zweig and G. Campbell, “Receiver-operating characteristic (ROC) plots: A fundamental evaluation tool in clinical medicine,” *Clinical Chemistry*. 1993.
- [66] World Health Organization, “International statistical classification of diseases and related health problems (ICD),” *World Health Organization*, 2016. [Online]. Available: <http://apps.who.int/classifications/icd10/browse/2016/en>.
- [67] Z. Jovanovic, D. Jankovic, and A. Peulic, “Mobilni sistem za određivanje nivoa udobnosti u vozilu,” in *INFOTEH*, 2016.
- [68] B. Long, Z. Zhang, and P. S. Yu, *Relational data clustering: Models, algorithms, and applications*. 2010.

- [69] B. Basaran and F. Günes, “Data clustering,” in *Intelligent multidimensional data clustering and analysis*, 2016, pp. 28–72.
- [70] N. Salkind, “K-Means Cluster Analysis,” in *Encyclopedia of Measurement and Statistics*, 2013.
- [71] A. Hartigan and M. A. Wong, “A K-Means Clustering Algorithm,” *J. R. Stat. Soc.*, 1979.
- [72] W. About and C. Analysis, “Statistics : 3 . 1 Cluster Analysis Hierarchical agglomerative methods,” *Analysis*, pp. 1–5, 2007.
- [73] M. Daszykowski and B. Walczak, “Density-Based Clustering Methods,” in *Comprehensive Chemometrics*, vol. 2, 2009, pp. 635–654.
- [74] Z. Jovanovic and D. Jankovic, “Transport comfort data clustering,” in *THE SEVENTH INTERNATIONAL CONFERENCE TRANSPORT AND LOGISTICS - TIL 2019*, 2019.
- [75] H. O. Bergesen, G. Parmann, and O. B. Thommessen, “European Agreement Concerning the International Carriage of Dangerous Goods by Road (ADR),” in *Yearbook of International Cooperation on Environment and Development 1998–99*, 2019.
- [76] B. Y. Kara and V. Verter, “Designing a road network for hazardous materials transportation,” *Transp. Sci.*, 2004.
- [77] A. Conca, C. Ridella, and E. Saponi, “A Risk Assessment for Road Transportation of Dangerous Goods: A Routing Solution,” in *Transportation Research Procedia*, 2016.

## 9. Прилози

### 9.1. Списак слика

Слика 1. Еквивалентна шема механичког система људског тела са осетљивошћу на вибрације [7].....	5
Слика 2. Границе вибро удобности за вертикалне вибрације (ISO 2631)[10] .....	8
Слика 3. Границе вибро удобности за хоризонталне вибрације (ISO 2631) [10] .....	8
Слика 4. Оријентација оса акцелерометра при седећем, стојећем и лежећем положају путника [10].....	9
Слика 5. Тежинска крива дефинисана стандардом ISO 2631-1 [10].....	11
Слика 6. Запрежно возило типа „мунду“ .....	18
Слика 7. Први санитарски аутомобил при војсци, поклон савезника Дринској дивизији током Првог светског рата .....	19
Слика 8. Санитарски хеликоптер.....	20
Слика 9. Алгоритам прехоспиталног транспорта [39] .....	23
Слика 10. Санитарско возило - тип А .....	28
Слика 11. Санитарско возило - тип Б.....	28
Слика 12. Опремање путничког простора санитарских возила - стандардно опремање - положај путника - поглед одозго.....	29
Слика 13. Опремање путничког простора санитарских возила - стандардно опремање - положај путника - два кревета за лежање - поглед одозго .....	30
Слика 14. Опремање путничког простора санитарских возила - стандардно опремање - положај путника -поглед бочно.....	30
Слика 15. Орбите GPS сателита .....	37
Слика 16. Ојлерови углови, ротација $\psi$ око z-осе, ротација $\theta$ око у-осе и ротација $\varphi$ око х-осе.....	40
Слика 17. Тејт-Брајанови углови.....	40
Слика 18. Сигнали са акцелерометра, жirosкопа и магнетометра за 100 секунди мерења.....	41

Слика 19. Сиров и НР филтриран сигнал све три осе акцелерометра: а) сиров XYZ; б) НР XYZ; с) вредности које се рачунају за један интервал одлучивања .....	44
Слика 20. Алгоритам реализоване Андроид апликације за мерење удобности транспорта пацијената .....	49
Слика 21. Приказ рада Андроид апликације - Логин форма реализоване апликације ...	50
Слика 22. Приказ рада Андроид апликације - Форма за унос назива и описа мерења...	51
Слика 23. Приказ рада Андроид апликације - Форма за подешавање параметара за конкретно мерење .....	52
Слика 24. Приказ рада Андроид апликације - Главни екран апликације.....	53
Слика 25. Приказ рада Андроид апликације - Потврда да је пронађен GPS сигнал.....	55
Слика 26. Приказ рада Андроид апликације - Потврда да је уређај калибрисан .....	55
Слика 27. Приказ рада Андроид апликације - Приказ приликом снимања удобне локације.....	56
Слика 28. Приказ рада Андроид апликације - Приказ приликом снимања неудобне локације.....	56
Слика 29. Приказ рада Андроид апликације - Приказ додатних опција .....	56
Слика 30. Приказ рада Андроид апликације - Подешавање нивоа осетљивости на вибрације.....	58
Слика 31. Приказ креираног KML фајла .....	61
Слика 32. Хипер-раван са демонстрацијом могуће маргине између различитих класа класификатора.....	66
Слика 33. Приказ нелинеарне маргине .....	68
Слика 34. Пресликавање основног векторског простора у вишедимензионални простор. ....	68
Слика 35. Дијаграм трокласне класификације помоћу две двокласне SVM класификације .....	69
Слика 36. Пример класификације k-NN методом за $k=1$ и $k=3$ . ....	71
Слика 37. Метода крос-валидације .....	72
Слика 38. Матрица конфузије код бинарне класификације .....	73
Слика 39. ROC крива .....	76
Слика 40. Матрица конфузије која се састоји од информација о стварним и предвиђеним класификацијама извршеним од стране класификационог система: (а) SVM, (б) k-NN, (в) Naive Bayes .....	83
Слика 41. ROC криве за класификацију: (а) SVM, (б) k-NN, (в) Naive Bayes .....	85

Слика 42. Приказ употребе апликације за централизовану обраду и приказ података ..	89
Слика 43. Структура контролера информационог система за централизовану обраду података .....	90
Слика 44. Дијаграм случајева коришћења информационог система за централизовану обраду података .....	91
Слика 45. Алгоритам поступка снимања мерења на информациони систем.....	93
Слика 46. Приказ корисничког интерфејса улогованог корисника .....	94
Слика 47. Приказ мерења на Google мапи са приказом измерених вредности кликом на маркер .....	95
Слика 48. Графички приказ измерених удобности селектованог мерења .....	95
Слика 49. Администраторски кориснички интерфејс .....	96
Слика 50. Комплетна мапа удобности.....	97
Слика 51. Мапа удобности магистралних путева града Чачка и ближе околине.....	98
Слика 52. Приказ информација са конкретне локације кликом на маркер .....	99
Слика 53. Приказ релације са више снимања .....	99
Слика 54. Технике кластеризације а) техника хијерархије, б) техника партиционисања .....	102
Слика 55. Приказ кластера транспортне удобности након кластеризације, клик на кластер приказ елемената који су додељени том кластеру.....	104
Слика 56. Приказ кластера пре и после посткластеризације - горњи приказ – пре посткластеризације, доњи приказ – после посткластеризације .....	105

## 9.2. Списак табела

Табела 1. Опсези вредности $a_{rms}$ за процену удобности.....	10
Табела 2. Дозвољене вредности вибрација утврђене стандардом и директивама: .....	12
Табела 3. Разлози за транспорт пацијента .....	21
Табела 4. Статистика транспорта у хитној служби Чачак .....	26
Табела 5. Спецификација опреме у санитетском возилу .....	32
Табела 6. Вредности прорачунатих параметара за један интервал одлучивања .....	57
Табела 7. Списак медицинских стања и класификоване осетљивости.....	79
Табела 8. Класификација и статистика транспорта пацијената у хитној служби Чачак, пример дела месечне статистике .....	81
Табела 9. Класификација месечног транспорта пацијената по нивоу осетљивости .....	81
Табела 10. Класификација месечног транспорта пацијената по полу .....	82
Табела 11. Класификација месечног транспорта пацијената по годинама .....	82
Табела 12. Класификовано прилагођавање комфора на основу здравственог стања пацијента, његове старости и пола.....	87
Табела 13. Статистика свих транспорта .....	87
Табела 14. Статистика генерисане мапе удобности путева.....	100

### 9.3. Списак коришћених скраћеница

Скраћеница	Енглески термин	Српски термин/Значење
ISO	<i>International Organization for Standardization</i>	Интернационална организација за стандардизацију
GPS	<i>Global positioning system</i>	Глобални систем позиционирања
GNSS	<i>Global Navigation Satellite System</i>	Глобални навигациони сателитски систем
HV	<i>Human vibrations</i>	Људске вибрације
KF	<i>Kalman filter</i>	Калманов филтар
EKF	<i>Extended Kalman filter</i>	Проширени Калманов филтар
UKF	<i>Unscented Kalman filter</i>	Нелинеарни Калманов филтар
LP	<i>low pass filter</i>	Ниско пропусни филтар
HP	<i>High pass filter</i>	Високо пропусни филтар
SDK	software development kit	Пакет за развој софтвера
KML	<i>Keyhole Markup Language</i>	Језик за обележавање кључних тачака
CSV	<i>Comma separated value</i>	Вредности раздвојене зарезима
ROC	<i>Receiver Operating Characteristic Curve</i>	
TP	<i>True Positives</i>	Стварно позитивни
TN	<i>True Negatives</i>	Стварно негативни
FP	<i>False Positives</i>	Лажно позитивни
FN	<i>False Negatives</i>	Лажно негативни
PPV	<i>Positive Predictive Value</i>	Позитивно предвиђени
FDR	<i>False Discovery Rate</i>	Удео лажно откривених
TPR	<i>True Positive Rate</i>	Удео стварно позитивних
FNR	<i>False Negative Rate</i>	Удео стварно негативних
AUC	<i>Area Under the Curve</i>	Површина испод криве

ICD	<i>International Classification of Diseases</i>	Интернационална класификација болести
k-NN	k-nearest neighbors	К најближих суседа
SVM	<i>Support Vector Machine</i>	метода подржавајућих вектора
MVC	<i>Model View Controller</i>	
DAO	<i>Data Access Object</i>	
ADR	<i>European Agreement concerning the International Carriage of Dangerous Goods by Road</i>	Европски споразум о међународном превозу опасне робе на путевима



## Биографија аутора

Жељко Јовановић рођен је 24.10.1982. године у Краљеву. Основну школу „Чибуквачки партизани“ у Краљеву завршава као носилац дипломе „Вук Караџић“. У Краљеву завршава и средњу Електро-саобраћајну техничку школу „Никола Тесла“, смер Електротехничар аутоматике.

Прву годину основних академских студија на Техничком факултету у Чачку, смер Рачунарска техника, уписује 2002. године. Дипломирао је 14. фебруара 2008. године са просечном оценом 8.19 и оценом 10 на завршном дипломском раду.

Докторске академске студије уписује на Електронском факултету у Нишу, студијски програм Електротехника и рачунарство, модул Рачунарство и информатика.

По завршетку основних академских студија, почиње да ради на Техничком факултету у Чачку (сада Факултет Техничких наука у Чачку) најпре као сарадник на катедри, а након тога и као асистент на катедри за Рачунарску технику.



## ИЗЈАВА О АУТОРСТВУ

Изјављујем да је докторска дисертација, под насловом:

### **Примена ИТ у унапређењу квалитета транспорта пацијената**

која је одбрањена на Електронском факултету Универзитета у Нишу:

- резултат сопственог истраживачког рада;
- да ову дисертацију, ни у целини, нити у деловима, нисам пријављивао/ла на другим факултетима, нити универзитетима;
- да нисам повредио/ла ауторска права, нити злоупотребио интелектуалну својину других лица.

Дозвољавам да се објаве моји лични подаци, који су у вези са ауторством и добијањем академског звања доктора наука, као што су име и презиме, година и место рођења и датум одбране рада, и то у каталогу Библиотеке, Дигиталном репозиторијуму Универзитета у Нишу, као и у публикацијама Универзитета у Нишу.

У Нишу, \_\_\_\_\_

Аутор дисертације: \_\_\_\_\_

Потпис аутора дисертације:



\_\_\_\_\_

**ИЗЈАВА О ИСТОВЕТНОСТИ ШТАМПАНОГ И ЕЛЕКТРОНСКОГ ОБЛИКА  
ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ**

Име и презиме аутора: \_\_\_\_\_ Жељко Јовановић \_\_\_\_\_

Наслов дисертације: Примена ИТ у унапређењу квалитета транспорта пацијената

Ментор: \_\_\_\_\_ Драган Јанковић \_\_\_\_\_

Изјављујем да је штампани облик моје докторске дисертације истоветан електронском облику, који сам предао/ла за уношење у **Дигитални репозиторијум Универзитета у Нишу**.

У Нишу, \_\_\_\_\_

Потпис аутора дисертације:



\_\_\_\_\_

## ИЗЈАВА О КОРИШЋЕЊУ

Овлашћујем Универзитетску библиотеку „Никола Тесла“ да, у Дигитални репозиторијум Универзитета у Нишу, унесе моју докторску дисертацију, под насловом:

### **Примена ИТ у унапређењу квалитета транспорта пацијената**

Дисертацију са свим прилозима предао сам у електронском облику, погодном за трајно архивирање.

Моју докторску дисертацију, унету у Дигитални репозиторијум Универзитета у Нишу, могу користити сви који поштују одредбе садржане у одабраном типу лиценце Креативне заједнице (Creative Commons), за коју сам се одлучио/ла.

1. Ауторство (CC BY)
2. Ауторство – некомерцијално (CC BY-NC)
3. Ауторство – некомерцијално – без прераде (CC BY-NC-ND)
4. Ауторство – некомерцијално – делити под истим условима (CC BY-NC-SA)
5. Ауторство – без прераде (CC BY-ND)
6. Ауторство – делити под истим условима (CC BY-SA)

У Нишу, \_\_\_\_\_

Потпис аутора дисертације:



\_\_\_\_\_

## ТИПОВИ ЛИЦЕНЦИ КРЕАТИВНЕ ЗАЈЕДНИЦЕ\*<sup>1</sup>

### 1. Ауторство (CC BY)

Дозвољава умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, и прераде, ако се наведе име аутора, на начин одређен од аутора или даваоца лиценце, чак и у комерцијалне сврхе. Ово је најслободнија од свих лиценци.

### 2. Ауторство – некомерцијално (CC BY-NC)

Дозвољава умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, и прераде, ако се наведе име аутора, на начин одређен од аутора или даваоца лиценце. Ова лиценца не дозвољава комерцијалну употребу дела.

### 3. Ауторство – некомерцијално – без прерада (CC BY-NC-ND)

Дозвољава умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, без промена, преобликовања или употребе дела у свом делу, ако се наведе име аутора, на начин одређен од аутора или даваоца лиценце. Ова лиценца не дозвољава комерцијалну употребу дела. У односу на све остале лиценце, овом лиценцом се ограничава највећи обим права коришћења дела.

### 4. Ауторство – некомерцијално – делити под истим условима (CC BY-NC-SA)

Дозвољава умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, и прераде, ако се наведе име аутора, на начин одређен од аутора или даваоца лиценце, и ако се прерада дистрибуира под истом или сличном лиценцом. Ова лиценца не дозвољава комерцијалну употребу дела и прерада.

### 5. Ауторство – без прерада (CC BY-ND)

Дозвољава умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, без промена, преобликовања или употребе дела у свом делу, ако се наведе име аутора, на начин одређен од аутора или даваоца лиценце. Ова лиценца дозвољава комерцијалну употребу дела.

### 6. Ауторство – делити под истим условима (CC BY-SA)

Дозвољава умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, и прераде, ако се наведе име аутора, на начин одређен од аутора или даваоца лиценце, и ако се прерада дистрибуира под истом или сличном лиценцом. Ова лиценца дозвољава комерцијалну употребу дела и прерада. Слична је софтверским лиценцама, односно лиценцама отвореног кода.

---

<sup>1</sup> \* Више о лиценцама Креативне заједнице на адреси: [http://creativecommons.org.rs/?page\\_id=74CC](http://creativecommons.org.rs/?page_id=74CC)